

# 序

黄万里教授是蜚声中外的著名水利工程学专家，今年8月是他九十华诞。作为晚辈和学生，与他相处也已经数十年了，总觉得应当做点甚么事，以表达我们对老先生生日的美好祝愿。黄万里教授一生涉猎群书，知识渊博，视野广阔，著述丰盛。他立论新颖，常常语出惊人，又能仗义执言，逆流顶风，坚持己见，独战多数每每成为学术界和舆论界争论的焦点。世间对此褒贬不一，同时，对他也朦罩着一缕缕神秘的色彩。然而，由于种种原因，他的诸多言论文章，只是散见各处，未能集于一册，供人阅读、评判和研究。近十余年来，我们在帮助先生打印整理他的讲义和文稿时，手边留下一些资料。于是几经酝酿，方才有了编辑出版这本《黄万里文集》的动议。这得到黄先生的应允，也得到泥沙研究室和水利系师友们的鼓励和支持。将我们现有的资料，经过适当筛选，编辑成册，再请先生过目审校，以期能够赶在他生日之前印出。

黄万里教授早年在唐山交通大学学习，有深厚的数学和力学功底。1932年毕业以后，任浙赣铁路见习工程师。1931年和1933年长江、黄河的大水灾，促使他改行立志，学水利，治黄河，救国救民。在留学美国康奈尔大学、爱沃华大学和伊利诺大学期间，他不仅学习水利工程的科目，更潜心研读有关的水文、气象和地理等学科。1935年和1936年先后获得硕士与博士学位。1937年回国后，任经济委员会水利处工程师，四川省水利局工程师，涪江航道工程处处长，从底层的实际工作做起。1947年，担任甘肃省水利局局长兼总工程师，又兼任水利部河西勘测设计总队队长，主持陇西农田水利工程。1948年应邀去东北解放区任东北水利总局顾问。全国解放以后，到唐山铁道学院任教。1953年全国高校院系调整，方来清华大学水利工程系担任教授。1957年，他力陈黄河泥沙问题的严重性，批评苏联专家建议的三门峡水库规划是错误的。指出建库后泥沙淤积将使黄河北干流与渭河两岸大量耕地淤没，居民将被迫迁移，三门峡水库不可以修建。同年，因一篇《花丛小语》，被定为“右派”。1964年，三门峡水库因泥沙淤积严重而讨论工程改建时，他不顾自己仍然戴着“右派”帽子，积极提出改建意见。“文革”

中他更遭厄运，作为“牛鬼蛇神”被扫地出门，从清华新林院的教授洋房被赶到了地板下积着陈年脏水的北院小屋，每月领得 20 元生活费。后又被送到江西鲤鱼洲农场“劳动改造”，1973 年派到清华大学三门峡基地打扫厕所和接受批判。1978 年，这时他几乎是全国最后的一名“右派”，终于也得到平反改正。以后他在清华大学泥沙研究室工作，为教师和研究生开设《统计与随机理论》、《治河方略》和《治水原理》等课程。同时继续研究连续介质动力学最大能量耗散率定律，分流淤灌治理黄河策略，华北水资源利用，长江三峡工程，以及明渠不恒定流力学等问题。九十年代以来，他极力反对长江三峡工程的开工，提出了许多十分尖锐的问题，引起世人瞩目。

黄万里教授的一些学术观点和意见，常常不为人所赞同和理解，被斥之为“异端邪说”，遭到反对和批判，得不到公开发表和申辩的机会。有的在被历史证明确实是正确意见之后，仍然受到许多不公正的待遇。当然，他的见解有的不无道理，有的也确有值得商榷之处。鲁迅说过，“倘要完全的书，天下可读的书怕要绝无；倘要完全的人，天下配活的人也就有限。”但是，一个完善的社会应当有充分的大度和包容。何况，在影响到国计民生、影响到子孙后代的重大工程技术问题中，多一些对立面，多一些思考和论证，对于正确的决策和更加完善的规划设计，总是一件好事。而且有的问题认识正确与否，还有待历史的检验。如果学术上没有百家争鸣，只有长官意志和“一言堂”，必将堵塞认识真理的道路，阻碍科学技术的进步与繁荣，最后受害的将是国家和人民。

数十年来，黄万里先生所经历的坎坷磨难，所遭遇的升降沉浮，在我国知识界中是十分少见的。但是，不论在甚么情况下，他对学术的严谨和认真态度，对民众父老、对国家民族的一片赤诚之心，始终没有改变。在他还戴着“右派”帽子的时候，毅然勇敢地站出来，坚持自己认为正确的意见。文化革命中，他一边接受批判和劳动改造，一边却在研究和草拟他的“治理黄河方略”。改革开放以后，他怀着极大的喜悦和高昂的热情，培养研究生，为青年教师讲课，指导他们进行科学研究。他常常感激国家给予他这么高的工资，而自责未能对国家做出多少贡献。为了水利系的课程设置，他多次找有关同志，提出应当开设“治河工程学”的建议。1998 年长江大洪水以后，他更倍感焦急，责备自己过去教学方面的缺陷，主动要求重上讲台，为研究生和教师讲授治河原理课程。他对生活充满希望，坚信真理必将为人们所理解和接受，总能够保持乐观向上的精神风貌。近些年来，在他身上相继发现多处癌症。他一面积极治疗，与病魔做斗争，一面仍然醉心于长江、黄河等问题的研究，积极向有关方面提出自己的意见。他对事业执著，勇

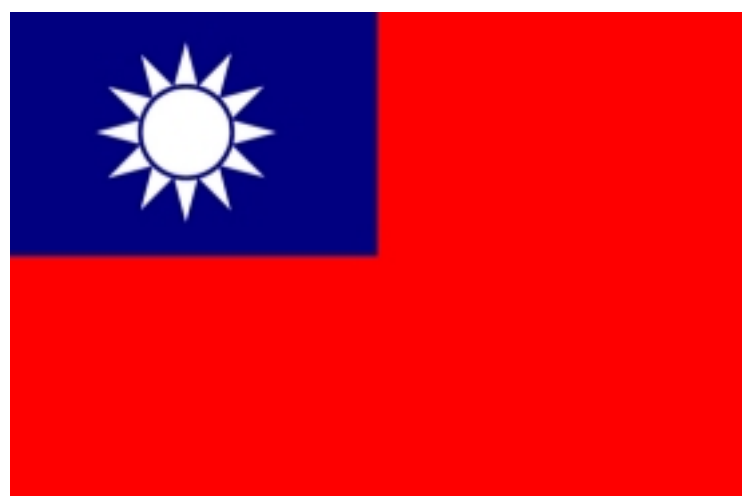
于坚持真理；为人胸怀坦荡，处事光明磊落；对晚辈关怀爱护，真诚平等相待。他在我泥沙研究室和水利系的师生中，赢得了普遍的赞誉和钦佩。

黄万里先生生活的这九十年，是多么珍贵、多么难得的九十年啊。在他九十华诞之际，我们愿以这本《黄万里文集》，表达对他的尊敬和祝福。

由于时间仓促，除我们现有的资料以外，未能专门去收集其他的资料。连黄先生自己手边的资料也未能帮他进行整理。所以《文集》中所列文稿，远非先生著作的全部。但是，他对水利工程学的一些基本理论问题的研究，对黄河治理与长江三峡工程等重大问题的基本观点，《文集》尽量予以反映。另外，《文集》还收录有黄先生的部分诗词、散文和几篇记者访谈录。我们希望通过这本《文集》，可以大体了解到黄万里教授主要的学术成就和对一些重大科技问题的见解，可以观察到像他那样一代学人为追求事业、追求真理的执着、艰难和曲折的历程，也可以多少能够从中感受到他那鲜明的个性和高尚人品，欣赏到他那优雅的情趣和秀美的文采。

编辑出版小组

2001年8月 于清华园



更多好書：

<http://myboooks.googlepages.com>

# 目 录

## 序

### 水利工程学理论

钢筋混凝土拱桥二次应力设计法(唐山交通大学论文, 1932 年)··· (存目)	
铆钉接头中各铆钉应力推算法 (唐山交通大学论文, 1932 年)··· (存目)	
混凝土沙石配合最大容重决定强度论(唐山交通大学论文, 1932 年)(存目)	
暴雨洪水统计分析 (康乃尔大学工程硕士论文, 1935 年)·····(存目)	
瞬时流率时程线学说 (伊利诺大学博士论文, 1937 年)·····(存目)	
洪流估算 (水利电力出版社, 1956 年)·····(存目)	
工程水文学 (水利电力出版社, 1957 年)·····(存目)	
沙流连续方程意义的简释 ·····	1
连续介体动力学最大能量消散率定律 ·····	11
连续介体动力学最大能量消散率定律的解释·····	25
<b>The Extremity Laws of Hydro-Thermodynamics</b>	
(Applied Mathematics & Mechanics, Vol.4, No.4, Aug.1983)·····(存目)	
论水文地貌的演变规律 ·····	40
关于水文地貌演变的力学分析和统计分析 ·····	44
地貌演变与治河原理 ·····	48
增进我国水资源利用的途径 ·····	61
关于以堰流水位量测不定流问题 ·····	72
论降雨、川流于水资源的关系 ·····	77

<b>The Velocity Profile Formula along Section of Open Channel Flow Determined by The Law of Maximum Rate of Energy Dissipation ...</b>	<b>82</b>
论现行明槽水流的力学分析 .....	96
水经论丛·治水原理 .....	112
致教育部高等教育司的一封信 .....	158

## 黄河治理

对于黄河三门峡水库现行规划方法的意见 .....	159
改修黄河三门峡的原理和方法（1964年9月） .....	（存目）
论分流淤灌策治理黄河 .....	165
论黄河断流及其对策 .....	187
论黄淮海河的治理与华北平原的整体开发 .....	191
我看《黄河治理开发纲要》 .....	198
论江河淮海综合治理 .....	203
在水利部召开的《黄河的重大问题及其对策》讨论会上的发言 .....	208

## 三峡工程

论长江三峡大坝修建的前提 .....	213
怎样决定三峡大坝是否修建？ .....	220
长江三峡高坝永不可修的原由简释 .....	225
关于长江三峡砾卵石输移量的讨论 .....	240
关于长江三峡砾卵石输移量的讨论（续） .....	250
吁请长江三峡大坝即日停工！此坝决不可修！ .....	265
关于长江三峡修建高坝可行性问题 .....	267

## 诗文拾零

花丛小语 .....	273
《治水吟草》自序 .....	277
右冠残草 30 首 .....	279
治河咏怀 15 首 .....	289
忆旧感怀 26 首 .....	299
漫游闲咏 29 首 .....	308
许伯伦先生墓志铭 .....	318
敬和克木先生惠诗 .....	319
魏明初先生墓志铭 .....	320
先师罗公建侯讳忠忱廿年祭 .....	321
哭长江三峡大坝开工 .....	323
黄万里自述 .....	324
黄万里简历 .....	326

## 记者访谈录

不重水文，何来水利？（宜宏） .....	327
黄万里：洪灾过后谈治水（伍诗一） .....	330
“右派教授和他的江河缘”——访清华大学水利系教授黄万里先生···	333
但教莫绝广陵散——记水利专家黄万里（赵诚） .....	340

## 补遗

## 编后记

# 水工工程学理论



# 沙流连续方程意义的简释<sup>\*</sup>

目的：本文通过沙流连续方程这一课题，企图说明近代水沙合体流（固体和液体混合流 Two Phase Flow）力学和长流程河工模型试验理论还很幼稚，甚至还没有能成立。内容采用了浅易的方法解释，为了帮助年青同志普遍地理解；也请大家指正，提出不同意见，公开讨论。

## 沙流连续方程的释义

在水沙流动力学中，在水沙流模型理论中，沙流的连续方程普遍地采用了拉波拉斯 Laplace 方程：

$$\frac{\partial q_s}{\partial x} + \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

见 Великанов, Динамика Русловых Помоков II 304 页

Ливи, Динамика Русловых Помоков 243 页

Yalin, Theory of Hydraulic Modells 183 页

《河流动力学》武汉水利学院讲义，及窦国仁讲义等。

式中  $q_s$  为单宽输沙率， $H_b$  河床底面平均高程， $\gamma'$  床沙带有空隙的干容重， $x$  流程， $t$  时间。

这一方程假设  $Q$  和 水流中含沙浓度在各断面上并不随时变化，是错误的；它在中外至今普遍地应用，产生了并正不断地产生着不良的结果。

这是水动力学中最基本最简单的第一个方程。下面作简明的解释。

这个方程是仿照了水流或水沙混合流的连续方程而成立的。公式

---

<sup>\*</sup> 讲义，1975 年初稿，1977 年重写。

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

(2) 对水流是正确的，但准确的沙流方程应是泊桑 Poisson 连续方程：

$$\frac{\partial q_s}{\partial x} + \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = -\frac{\partial(sh)}{\partial t} \quad (3)$$

(式中  $q$  — 单宽水流率， $h$  水深) 其意义无非是，根据物质不生不灭的公理：当一定时刻  $t$ ，在  $dx$  流程内，输沙率的沿程增值  $\frac{\partial q_s}{\partial x} dx$  和河床在同一地点堆高起来的沙量增率  $\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} dx$ ，一定等于这一时刻、这一地点来自水流中挟沙率的减值  $-\frac{\partial(sh)}{\partial t} dx$ 。(式中  $s$  为含沙浓度)。在现行沙流连续方程 (1) 中，却把末项假设为 0：

$$\frac{\partial(sh)}{\partial t} = 0$$

也就是假设输沙率  $q_s$  的沿程增值  $\frac{\partial q_s}{\partial x} dx$  是全部从河床上冲起来的沙量增率  $-\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} dx$ ，而水中的挟沙率  $\frac{\partial(sh)}{\partial t} dx$  则为 0，或  $sh$  始终随时不变。这不符合任何河中水沙流的实际情况，是没有根据的。

试想，当河床淤高时 ( $\frac{\partial H_b}{\partial t} > 0$ )，沙是从哪里来的？不是先得从河床上的水流含沙  $sh$  里供给的吗？那么怎么可能  $sh$  本身却不也随时而变呢？怎可假设完全来自上游多送了的沙所淤的呢？又当河床冲深时  $\frac{\partial H_b}{\partial t} < 0$ ，当然冲起来的沙首先去加大其顶头上的  $sh$ ，然后再靠水流把它部分输送下去，怎可假设全部冲起来的沙恰恰都输往下游呢？作者曾绘过黄河、渭河、丹江上许多  $Q$  (流率)， $V$  (流速)， $s$ ， $Q_s$ ， $H_b$  等的时程线，把它们套在同一  $t$  轴 (见附图 1)，没有一张图不显示  $s$  是随着  $Q$ ， $Q_s$ ， $V$ ， $H_b$  等一起改变着的，而且其变率  $\frac{\partial s}{\partial t}$  特殊地大，决不能把它假设为 0。

由图可见：

- (1)  $\frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0$ ,  $\frac{\partial \rho}{\partial t} \sim \frac{\partial Q}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial V}{\partial t}$ , ..... (后段  $\rho \sim t$  线可能因  $\rho$  未测准, 有问题。)
- (2) 当  $H$ ,  $Q$ ,  $V$  增时,  $\rho = s$ ,  $d_{50}$  跟着加大, 而  $H_b$  减小, 即河底冲深;  
当  $H$ ,  $Q$ ,  $V$  增时,  $\rho = s$ ,  $d_{50}$  跟着减小, 而  $H_b$  加大, 即河底淤高;
- (3) 洪水发时, 粗沙冲起; 洪水过后, 细沙铺面。

图 1 渭河临潼站各水力因子的变化  
(1966 年 8 月 31 日~9 月 10 日)

从实测资料的图线里，可以看到，只有在枯水期或汛期的尾水段，在近乎恒定流的情形下，当  $Q$ ， $Q_s$ ， $H_b$  变化极小时， $s$  才可能也变化较小，但其时河床也根本并没有显著的冲淤。

约一个世纪以来，数学家们致力于解出拉波拉斯的偏微分方程，作了一些简化的假设就可能解出。但人们没有去考虑这种假设所引起的脱离实际情形的错误。

下面是作者以前分析沙流连续方程的结果：

按  $q_s = qs$ ， $q = Vh$ ， $V = \frac{dx}{dt}$ ，代入式 (3) 得

$$q \frac{\partial s}{\partial x} + s \frac{\partial q}{\partial x} + \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = -s \frac{\partial h}{\partial t} - h \frac{\partial s}{\partial t}$$

$$\text{移项， } Vh \frac{\partial s}{\partial x} + h \frac{\partial s}{\partial t} + \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = -s \left( \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \right)$$

$$\text{按式 (2)， } \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0， \text{ 双代入 } V = \frac{dx}{dt}$$

$$\text{乃得 } h \left[ \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} \frac{dx}{dt} \right] = -\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t}$$

$$h \frac{ds}{dt} = -\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} \quad (4)$$

这一简单方程的物理概念可以这样解释：令  $b = \text{流宽}$

$$b \times h \frac{ds}{dt} \times dx = -b \left( \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} \right) dx$$

$$\text{或 } (b \times h \times \Delta x) \Delta_{x,t} s = -(b \times \Delta_t H_b \times \Delta x) \gamma' \quad (5)$$

此式的意义是，当一定时刻含沙浓度  $s$  在水体  $(bh\Delta x)$  里沿程  $\Delta x$  过了  $\Delta t$  时间所增加的输沙重量微量  $(bh\Delta x) \Delta_{x,t} s$  一定就是从这一地点  $x$  处河床里所冲起来的床沙微量  $-(b \cdot \Delta_t H_b \cdot \Delta x)$  乘以其具有空隙的床沙容重  $\gamma'$  所得的沙重增微量  $-(b \cdot \Delta_t H_b \cdot \Delta x) \gamma'$ 。换句话说，就是，当一定时刻  $t$  从一定地段  $\Delta x$  在相应时段  $\Delta t$  冲起来的沙重增微量，就是当时当地水流中本身所加浓的沙重，以及沙重沿程随时增加的输沙微量；否则沙到哪里去了呢？或沙从哪里来的呢？下面再作一图例说明，使读者心中完全明确，目前流行的沙流连续方程是极其错误的，它错误地引

导了连续方程在水动力学中的应用途径，连带模型比尺的理论一起导入了错误的途径。

设在某段水沙流中水宽 1 米，水深  $h = 1$  米，每粒沙的直径和容重都是一样的，如图 2 所示。设开始水沙流是恒定的、均匀的，在时段  $\Delta t$  内有 4 粒单位沙 ( $q_s \Delta t = 4$ ) 通过断面。接着河底平均冲深了  $\Delta_t H_b = -0.03$  米。在河底上每米河宽、沿程  $\Delta x$  的平原上原来铺着 100 粒单位沙。(图中画了 10 粒，每米河宽有 10 行) 根据式 (5)

$$(1 \times 1 \times \Delta x) \Delta_{x,t} s = -(1 \times (0.03) \times \Delta x) \times 100$$

因此有  $\Delta_{x,t}$ ， $s = 3$  粒单位沙冲了起来。图中画的是 2 粒冲到顶上水里加浓了水中含沙浓度， $\frac{\partial(hs)}{\partial t} \Delta t \Delta x = 2$  粒单位沙；另外 1 粒顺流而下，就是  $\Delta q_s \Delta t, \left( \frac{\partial q_s}{\partial x} dx dt \right) = 1$  粒单位沙。

其次，我们来讨论连续方程在水动力学中的作用。这方程仅仅是水沙质量在运动中的守恒性质，还没有触及力和能的守恒分析，后者将依靠运动方程。

$-\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} dt dx = -\gamma' (1 \cdot \Delta_t H \Delta x)$  代表在床面  $b \times \Delta x (b = 1)$  上在一定时间  $\Delta t$  内冲起的

沙重。  $h \frac{ds}{dt} dt dx = h \left[ \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} \frac{dx}{dt} \right] dt dx \approx (\Delta_t s) [1 \times h \Delta x] + (\Delta_x s) [1 \times h \Delta x]$ ，代表这床面

上  $h$  水深中同时间内加浓了沙重及当水沙流穿过这一体积时增多了的沙重。当此式和运动方程联解时，若忽略掉最后这一项，结果就不合理了。

沙流连续方程在模型理论中的应用

拿式（4）、（5）和错误的式（1）比较，模比的关系就大大分歧了。按式（1）得出错误的模比关系是

$$\lambda_{\Delta H_b} = \frac{\lambda_t \lambda_{q_s}}{\lambda_{\gamma_s} \lambda_x} \quad (\text{见 Yalin 183 页}) \quad (6)$$

在长江模型中则是

$$\lambda_t = \frac{\lambda_x \cdot \lambda_{\gamma'}}{\lambda_h^{1/2} \cdot \lambda_s} \quad (7)$$

若按正确的式（4）则是

$$\lambda_{\Delta H_b} = \frac{\lambda_h}{\lambda_{\gamma'}} \lambda_{\Delta s} = \frac{\lambda_h}{\lambda_{\gamma'}} \lambda_s \quad (8)$$

从前述简明的物质不生不灭的公理出发，同流程内、同时间内冲起来的沙量一定就是水沙流中增加的总沙重。所以  $\lambda_{\Delta H} \cdot \lambda_{\gamma'} = \lambda_h \cdot \lambda_{\Delta s}$ ，式（8）应是没有疑义的。

这里根本不涉及时间比尺  $\lambda_t$  和流程比尺  $\lambda_x$ 。显然，连续方程是根本不能用来定时间比尺  $\lambda_t$  的。 $\lambda_t$  是先已由长度比尺  $\lambda_L$  和流速比尺  $\lambda_v$  按佛路德定理决定了的。决不可用错误的式（7）去另外定  $\lambda_t$ 。这样在长流程中就会违背水流模比定律——佛路德定律——的规定，整个失掉了模型试验的灵魂，使试验的结果没有意义。

正确的连续方程对于模比理论应该指引出正确的模型设计。式（4）所导出的式（8）简单明了地指出，由于水深比尺  $\lambda_h$  和冲淤深度比尺  $\lambda_{\Delta H}$  可取同值，

$\lambda_{\Delta H} = \lambda_h$ ，因此含沙浓度比尺  $\lambda_s$  应和床沙带有空隙的容重比尺  $\lambda_{\gamma'}$  一样：

$$\lambda_s = \frac{\lambda_{\Delta H}}{\lambda_h} \cdot \lambda_{\gamma'} \quad (9)$$

若取  $\lambda_{\Delta H} = \lambda_h$  (10)

则  $\lambda_s = \lambda_{\gamma'}$  (11)

$\gamma'$  对于均匀的粒径是不随其大小而变的，只有大小参杂的泥沙，因空隙减小而  $\gamma'$  增大。但当水落时，淤积必先粗而后细，同时的床面铺沙大致具有相近的粒径，所以  $\lambda_{\gamma'}$  可以假设近似一常数，因此同时刻的  $\lambda_s$  也是一常数。

所以，连续方程对于含沙浓度比尺  $\lambda_s$  起着确定的作用，若取  $\lambda_{\Delta H} = \lambda_h$ ，它规定  $\lambda_s$  必须等于  $\lambda_{\gamma'}$ 。在本校承试的长江模型中  $\lambda_{\gamma'} = \frac{1.30}{0.665} = 1.95$ ，那么，除非采

用  $\lambda_{\Delta H} \neq \lambda_h$ ， $\lambda_s$  也必须定为 1.95，而现在采用的模比是根据费里卡诺夫的悬浮功

公式  $s = \alpha \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} \cdot \frac{VJ}{\omega}$ ， $\lambda_s = \frac{\gamma_s}{\lambda \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_m}} = 0.0852$ ，比 1.95 差 23 倍，也就是比合

理的浓度加大了 23 倍。这样，时间比尺  $\lambda_t$  就从合理的 28.3 扩大到 650，加大了 23 倍。但若  $\lambda_{\Delta H}$  仍用  $\lambda_{\Delta H} = \lambda_h = 175$ ，就违反了连续定律，是不合理的。所以，

依据连续定律，只要  $\lambda_{\Delta H} = \lambda_h = 175$ ，式 (10)，只可能采用  $\lambda_s = \lambda_{\gamma'} = 1.95$ ，(式

11)，再没有采用  $s$  的另一个比尺的自由度了。简言之， $\lambda_s$  可由  $\lambda_{\gamma'}$  按连续方程定

出，毋须另从运动方程推算了。

笔者认为，也可以不必按式 (10)  $\Delta H$  和  $h$  采用同一比尺。由于河床的冲淤只占水深的一小部分，改变  $\Delta H$  的比尺使  $\lambda_{\Delta H} \neq \lambda_h$ ，不会显著地影响水流的性质。我们可以按某一正确的沙流运动方程（但不是费立加诺夫的）来定出另一个  $\lambda_s$ ，然后采用

$$\lambda_{\Delta H} = \lambda_h \frac{\lambda_s}{\lambda_{\gamma'}} \quad (8)$$

但不改变  $\lambda_t$ 。这样，既遵守佛罗德定理，也遵守连续定律。例如在长江模型里，

若采用了  $\lambda_s = 0.0852 \neq \lambda_{\gamma'} = 1.95$ ，同时用了  $\lambda_h = 175$ ，则必须采用

$$\lambda_{\Delta H} = 175 \times \frac{0.0852}{1.95} = 7.65, \text{ 而决不可仍用 } \lambda_{\Delta H} = \lambda_h = 175 \text{ 了。这就是说，我们在}$$

模型里量出的淤积深度只应该乘上 7.65 倍来得出长江里实际的淤深，而不应乘上  $\lambda_h = 175$ ，那样就夸大了 23 倍，违背了连续定律，与实际是不会符合的。

尽管我们采用了过大的时间比尺  $\lambda_t = 650$ ，把时间再缩小 23 倍，使  $\lambda_s = 0.0852$ ，浓度  $s$  也再加大了 23 倍，但在模型里，如同在长江原体里那样，仍只会遵守着连续定律的。它乃是自然规律，不可能由于错用了  $\lambda_t$  而遭到破坏的。客观规律限定我们按照  $\lambda_{\Delta H} = 7.65$  而不用 175 去推算淤沙厚度。

若采用  $\lambda_{\gamma'} = \lambda_s = 1.95$ ，则  $\lambda_{\Delta H_b} = \lambda_h = 175$ ；

若采用  $\lambda_{\gamma'} = \lambda_s = 0.975$ ，则  $\lambda_{\Delta H_b} = \frac{\lambda_h}{2} = 87.5$ ；

若采用  $\lambda_{\gamma'} = \lambda_s = 0.195$ ，则  $\lambda_{\Delta H_b} = \frac{\lambda_h}{10} = 17.5$ ；余类推。

所以，连续方程对沙流的作用是指出  $\lambda_{\Delta H_b}$  与  $\lambda_{\gamma'}$  的关系。不按  $\lambda_{\Delta H_b} = \lambda_h$  来定高度比尺，就额外提供了一个自由度。我们可以利用连续方程，在没有一个合理的浓度公式去制定  $\lambda_s$  时，去寻求  $\lambda_s$ ：仍按  $\lambda_t = \lambda_L \cdot \lambda_{vh}^{-1} = 28.3$  以严格遵守佛罗德定理，试用一系列不同的  $\lambda_{\gamma'}$  各按式（8）算出  $\lambda_{\Delta H_b}$ ，把结果和实测的验证，采用其中一个最接近原体资料的  $\lambda_{\gamma'}$ 。这样，我们利用了连续定律去替代那个未知的沙流运动方程。但在长流程模型中，由于水沙流在不定流中的变形，同一个  $\lambda_s$  未必能代表不同断面的情况，这是一种根本性的困难。



## 结 论

1. 在沙流连续方程中假设水中含沙浓度  $s$  不随时而变 ( $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ ) 是错误的。必须用泊桑方程, 不能用拉波拉斯方程来建立沙流连续方程。

2. 沙流连续方程限制着含沙浓度  $s$  的模型比尺  $\lambda_s$  和床沙干容重比尺  $\lambda_{\gamma'}$  成一定比例: 若  $\lambda_{\Delta H_b} = \lambda_h$  则必须  $\lambda_s = \lambda_{\gamma'}$ 。但仍可改变  $\lambda_s \neq \lambda_{\gamma'}$ , 这样做,  $\lambda_{\Delta H_b}$  必须相应地改变为  $\lambda_{\Delta H_b} = \lambda_h \lambda_s / \lambda_{\gamma'}$ 。所以, 沙流连续方程提供的是运移泥沙和床沙间的几何比尺。

3. 沙流连续方程可列成  $h \frac{ds}{dt} = -\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t}$ 。式中两边同是时率, 根本不能用来定时间比尺  $\lambda_t$ 。中外各家用

$\frac{\partial q_s}{\partial x} = -\gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = 0$  来定  $\lambda_t$  是错误的。按

$$\frac{\partial s}{\partial t} \approx \frac{\Delta s_{x_1}}{\Delta t} = \frac{s_{t_2 x_1} - s_{t_1 x_1}}{t_2 - t_1}$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{s_{t_2 x_2} - s_{t_1 x_1}}{t_2 - t_1}$$

4. 时间比尺  $\lambda_t$  是先由水流的条件决定了的。依据佛罗德定律,  $\lambda_t = \lambda_L / \lambda_v = \lambda_L / \lambda_h^{1/2}$ , 它不依赖沙流的情况如  $s$ ,  $q_s$  等等。改变时间比尺  $\lambda_t$ , 就会在长距离流程后的断面上破坏佛罗德定律, 也就是改变了原体中的水流条件——势能和动能的对比关系, 使试验失掉了根本的模拟依据。

5. 试验中把非恒流简化为恒定流是不许可的。这样, 在几段恒定流之间反而插进了一些更大更陡的流率的变率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ 。这种剧烈的变率正是发生剧烈的紊动

和骤淤骤冲(走沙)的原因, 在前图线中和模型试验里可以看得很清楚:  $\frac{\partial \rho}{\partial t}$  和  $\frac{\partial H_b}{\partial t}$

都跟着  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  一起剧变。决定河槽冲淤大小的决不是所谓挟沙能力或最大浓度  $s_{\max}$ ，由给定的流速  $V$  所制定的；而恰恰是那些剧变率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ， $\frac{\partial H}{\partial t}$ ， $\frac{\partial V}{\partial t}$ 。这也是“饱和浓度”的成因。研究泥沙运动必须打进水沙非恒定合体紊流的分析，没有这样做，就是 40 年来泥沙运动理论始终幼稚的原因。

# 连续介质动力学最大能量消散率定律<sup>\*</sup>

## 摘 要

本文对连续介质动力学中现有诸经典守恒定律作为第一类定律以外，提出另一最大能量消散率定律作为第二定律。惟有两类定律同时应用。才能解答一动力学问题。这个新定律也可引伸到分子物理学的范畴。文中建立了流体动力学和应用水力学第二定律的一般方程，并证明了固体力学中卡斯特的格里诺最小功学说及应用水力学中培伦格 — 波丝最小特定能量学说为第二定律的推论。

## 一、连续介质动力学第二定律通论

在连续介质动力学中，固体、液体或气体在外力的作用下，通过空间的运动或变形通常以自然界的守恒定律，即质量守恒定律和动量守恒定律列式描述（有时也用到能量守恒定律，但这可以从后者导出）。这些定律，以几个偏微分方程表达，应用于质量在空间  $X$ 、时间  $t$  微小的宏观基本体积之上。在固体弹性力学中，这些定律以平衡方程与协调方程表达，在流体力学中则以连续方程和运动方程表达。除了存在联解诸偏微分方程的困难外，在对各基本体积分时，除非先给出了一些必需的积分极限函数外，诸未知量仍属不定之数。其理由如下：

在机械运动里，凡储藏着的能有两类：动能和势能。当诸守恒定律应用于一微小基本体积时，这两种能量的空间、时间积分极限必先各别给出，才能定出诸未知向量。如固体动力学中的应力与应变，流体动力学中流速、压力与密度。但应用守恒定律的总能量，可有无穷动能和势能之组合。每一组合对物质运动独立系统中的应力、应变场各有一解。能量守恒定律所给出的概念仅是，空间运动中总能量、包括所消散的能量，将守恒不变。因而无从藉此单独地定出未知向量。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1976 年~1982 年。

所以必须另外设法寻求总能量中动能和势能分别的组成部分。

在固体力学中通常假设荷载极缓慢地增加，这是按静力的形势分析一个实际属于动力的问题。其意义是，荷载始于零值，经缓慢地增加，直达一终值而止。其间全组力量，包括惯性力在内，基本上维持着平衡的状态。所有质点的速度在变形中近于零，而这样缓慢地施加的荷载所作之功恰等于变形所储存之能量。这样，就有两种实际存在的能量被忽略掉：施载过程中的动能，及当物体在运动或变形过程中通过阻力所转化或消散的热能。若将这两项能量计入，则分析各点应力、应变的问题，便为动力所不定，这不仅对于拉杆之简例如此，对于具有静不定多余杆件的繁复结构，更是如此。

在流体动力学中，试以最简单的一元流为例，在应用两守恒定律于水流两个垂直横断面之间以定出水深与流速（亦即势能与动能）之前，必先给知下端断面上的——即所谓整个流体的控制断面上的——水深与流速。这里所需的水位~流率关系通常藉缺口或管口的经验公式或通过水文测验定出。虽然同样两个守恒定律用于同样两个横断面，而不同的控制将会给出不同结果的水深与流速。

所以，在自然界里除了守恒定律之外，还存在着连续介体动力学的另一定律尚待阐明。缺了它，就无法解答运动的问题。各守恒定律可归纳为连续介体动力学的第一类定律，连续介体动力学的第二定律阐述如次。

凡属固体、液体、气体或其他临界物体连续介质独立系统的整体，以给定的初始和边界条件，在外力作用下运动时，其所有质点将随时按整体机械能产生最大的热能转化率，即消散率，形成其应力场和应变场，或者流速场、压力场和密度场。

这一定律本身是一不待证明的公理，但也可从变分原理推导出来（见附录）。它符合热力学第二定律：凡独立系统的熵总是趋向着一个最大值。这正象连续介体动力学中能量守恒的定律之应用于热力学第一定律。下面将证明，这一定律的推论在固体力学中是卡斯特的格里诺最小功学说（Castigliano's Theorem），在应用水力学是培伦格 — 波丝最小特定能量学说（Belanger-Boss Theorem）。

第一类的诸定律指出自然界物体的质量和能量等在运动中守恒的规律。第二定律则指出运动中用于阻力所造成的能量散发率或递减率一定随时成为最大的规律，其间机械能之转为热能具有热力学的不可逆性。第二定律指明了自然界各种

运动，不论在机械的、电磁的或化学的过程中能量发生变化的方向和数量。

严格地说，熵  $S$  和温度  $T$  可能受到外界环境对于系统、或由于物体内部分解和电离，额外地增减了热量所产生的影响。这里假设所有这些情况维持不变，或其影响细微，可以忽略不计。

如前所述，在固体力学里，物体在荷载之下，当任何时刻  $t$ ，其总的能量变率  $P = \frac{dE}{dt}$  是由下列三部分组成的：储藏着的变形能量变率  $\frac{dE_s}{dt}$ ，动能变率  $\frac{dE_k}{dt}$ ，和机械能转向热能的消散率  $\frac{dE_d}{dt}$ 。

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{dE_s}{dt} + \frac{dE_k}{dt} + \frac{dE_d}{dt} \quad (1)$$

通常我们忽略掉上式中最后两项，假设荷载所作之总的功 ( $W=E$ ) 即等于储藏着的变形能量  $E_s$ 。从动力学角度来看，运动中储藏着的能量为两部分所组成：势能  $E_s$  和动能  $E_k$ 。第二定律指出，整个连续介体在运动中任何时刻由于阻力或变形所消散为热能的变率总是最大：

$$\frac{dE_d}{dt} = \text{最大} \quad (2)$$

因此，在给定的荷载率或给定的  $P = \frac{dE}{dt}$  下，储藏着的总能量变率必为最小：

$$\frac{dE_s}{dt} + \frac{dE_k}{dt} = \text{最小} \quad (3)$$

假定荷载极慢地施加，使其动能变率近于零：

$$\frac{dE_k}{dt} = 0 \quad (4)$$

$$\text{乃得} \quad \frac{dE_s}{dt} = \frac{dE}{dt} = \frac{dW}{dt} = \text{最小} \quad (5)$$

通过对荷载全时段的积分，得

$$E_s = E = W = \text{最小} \quad (6)$$

这就是卡斯的格里诺最小功学说的表达式，广泛地应用于对静力不定的结构物的应力分析。

上面的解说指出了卡斯特的格里诺最小功学说的约略性和限制程度，亦以见连续介体动力学第二定律在原理上的普通性。这个定律可能影响到开创动力弹性力学的一个新的领域，人们或将从从而觉察连续介体动力学并非一门已臻完善的学科。关于固体力学这方面的论说将另有专文叙述，后面将专论述流体力学范畴内的第二定律。

近代基于统计学理的分子学说业已相当发展，足为宏观的连续介体力学导向一个新的领域。在另一方面，连续流体的概念提供了一个理论性模型，便于对物理学某些部门作出数学分析。例如近年创始的为原子核所作的液体模型，核中包括有粒子和中子。根据这些观点，作者认为第二定律的含义可以伸展如次。

在独立系统的物理中，在给定的初始与边界下，所有相互作用着的分子总是这样地运动着，使整体总机械能转化为热能的能量变率随时产生着全系统的一个最大的熵。

同样，在布朗运动里，浸在液体中的宏观微粒，由于和液体分子相撞所造成的内部热震变，总是表现着一种随机性的运动。由于这种运动明显的不规则性，这一问题从来都是按现象的偶然性处理的。另方面，设想每一微粒的运动可能以拉格朗奇坐标来表达，那么，最大总热能转化率的第二定律，原则上，对第一微粒可以各按其片面的最大，提供一个偏微分方程。所有这些方程的联解可从现象的必然性定出各微粒的运动向量。这样，对布朗运动的随机分析，便能完全地概括出两种对立的表达方式，组成了宇宙间基本辩证法则中一组对立的统一。

## 二、流体力学的第二定律

在流体力学里，无磁极液体在不可压缩情形下的质量和能量守恒定律（第一类定律）是分别以拉拔拉斯连续方程

$$\frac{\partial}{\partial X_i}(U_j + u_j) = 0 \quad (7)$$

和纳芙叶—司笃克斯运动方程

$$\frac{\partial}{\partial t}(U_i + u_i) + (U_j + u_j) \frac{\partial}{\partial X_i}(U_i + u_i)$$

$$= X_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial X_i} (P + p) + \nu \frac{\partial^2}{\partial X_j^2} (U_i + u_i)$$

$$(i = 1, 2, 3) \quad (8)$$

描述的。式中  $U_i + u_i$  或  $U_j + u_j$  代表流速场的各卡氏坐标分速，其中平均流速场  $U_i = U_i(X_i, t)$  为空间位置  $X_i$  和时程  $t$  的函数，紊流脉动  $u_i$  为相同变数的三个随机函数，其均值皆为零。同样， $P + p$  为具有流体恒定密度  $\rho$  的压力场。 $X_i$  为体积力场的分加速度， $\nu$  为运动学粘度。全以标准卡氏坐标符号表示。

上列各式可以分成两部分。关于平均流的是

$$\frac{\partial U_j}{\partial X_j} = 0 \quad (9)$$

和

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_i \frac{\partial U_i}{\partial X_j} = X_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial X_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial X_j^2} - \frac{\partial}{\partial X_j} \overline{u_i u_j}$$

$$(i = 1, 2, 3) \quad (10)$$

最后一项 —  $\overline{u_i u_j} = \tau_{ij}$  代表由紊流脉动所兴起的、作用在平均流上的雷诺应力。

多了这项，就添了些未知数，致使平均运动的四个方程不足以定出四个未知数  $P$  和  $U_i$ 。

紊流脉动的连续方程和动量方程是

$$\frac{\partial u_j}{\partial X_j} = 0 \quad (11)$$

和

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial X_j} + u_j \frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial X_j} - \frac{\partial \overline{u_i u_j}}{\partial X_j}$$

$$= \frac{1}{\rho} - \frac{\partial p}{\partial X_j} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial X_j^2} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (12)$$

由此可见，这一组数式是不定性的，任何紊流问题安全的数解超过了近代计算机的能力，致使紊流的分析在很大程度上依靠试验。

更有进者，这些公式是应用在某一空间  $X_i$  和时程  $t$  的流体中极小的宏观体积  $dX_1dX_2dX_3$  上的。当流动时，所有这样的小体积是在孤立系统整个流体中在给定的初始和边界条件下相互约束的。若可能积分，则当积分之前，必先定出全系统下端控制断面的流程位置  $x_C$  及在明槽中从  $x_C$  处水面高程  $y_{bm}$  起始的水面线，或管流中从  $x_C$  处压力  $P_C$  起始的沿程压力线。（以下有时用  $x, y, z$  来代表  $X_i$ ）。下端断面  $x_C$  处不同的控制，亦即不同的槽底高程  $y_{bc}$  或压力  $P_C$ ，虽然同样应用两个恒定定律计算，会对上述产生不同结果的流速和压力。所以，诸守恒定律虽属必需，但不仅由于公式联解之困难，且仍不足以完全地描述流体运动的现象。

在明槽流中，若槽底坡降向下游渐增，流到某一位置总会有一个控制断面，那里的平均流速等于坡速，从此以下流态变为射流，各质点好象分散似地个别流出。这个断面就是独立系统缓流整体的下端断面，其中各点的流速皆小于波速，而压力则三向齐等。

兹将流体动力学第二定律，即最大能量消散率定律申说如次。

流体或参有固体的多种流体在一独立系统内，在给定初始或边界条件下流动时，在任何时刻的密度、速度和压力总是这样地分布，使得系统整体的能量消散率随时为一最大值。

能量消散率，亦即每单位质量当时程  $t$  机械能转化为热能的变率是<sup>[1]</sup>

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{2} v \left[ \left( \frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial U_j}{\partial X_i} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right)^2 \right] \quad (13)$$

其紊流的整体均值则为

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{2} v \left[ \left( \frac{\partial U_i}{\partial X_i} + \frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right)^2 + \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_j} \right)^2} \right] \quad (14)$$

式中  $\frac{\partial E}{\partial t}$  为由于平均流速梯度、 $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$  为由于紊动流速梯度每单位质量的能量消耗

率。前者较之后为量甚微，可以忽略不计，因此消散率可简单地表达如下：



$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{2} v \left( \frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right)^2 \quad (15)$$

其紊流的整体均值则为

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{2} v \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right)^2} \quad (16)$$

按照流体力学第二定律，独立系统整体总的能量消散率  $\frac{\partial E_{MT}}{\partial t} \left( = \frac{\partial \varepsilon_M}{\partial t} \right)$  随时为最大：

大：

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_{MT}}{\partial t} &\approx \frac{\partial \varepsilon_M}{\partial t} = \int_{X_o}^{X_c} \int_{y_{bo}}^{y_{bm}} \int_{Z_o}^{Z_m} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \rho dz dy dx \\ &= \frac{\mu}{2} \int_{X_o}^{X_c} \int_{y_{bo}}^{y_{bm}} \int_{Z_o}^{Z_m} \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2} dz dy dx = \text{最大} \quad (17) \end{aligned}$$

前列各式中粘度  $\mu = \nu \rho$ ，注脚 O 及 m 表示积分极限。此式若无横线也适用于任一时刻的能量消散率。

按最大极限的必需条件：

$$d \left( \frac{\partial E_{MT}}{\partial t} \right) = 0 \quad (18)$$

在给定的边界条件里，明槽的立体几何表面可以下式之一表示：

$$z_b = z_b(x, y_b), \text{ 或 } y_b = y_b(x, z_b) \quad (19)$$

式中  $y_b$  为槽面某点的铅直坐标， $z_b$  为这点的槽宽，明槽的深水线纵剖面可以下式表示：

$$y_{bo} = y_{bo}(x, z_b = 0) = y_{bo}(x) \quad (20)$$

从式 (18) 可得三偏微分方程：

$$\frac{\partial^2 E_{MT}}{\partial x_c \partial t} = 0, \quad \frac{\partial^2 E_{MT}}{\partial y_{bm} \partial t} = 0, \quad \text{及} \quad \frac{\partial^2 E_{MT}}{\partial z_{bm} \partial t} = 0 \quad (21)$$

$$\begin{aligned}
& \text{或} \int_{y_{bo}(x)}^{y_{bm}} \int_0^{z_b(x, y_b)} \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right)^2} dz dy \bigg|_{x=0}^{x_c} = 0 \\
& \int_0^{z_{bm}} \int_0^{x(y_b, z_b)} \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right)^2} dx dz \bigg|_{y=y_{bo}}^{y_{bm}} = 0 \\
& \text{和} \int_0^{x_c} \int_{y_{bo}}^{y_{bm}(x, z_b)} \overline{\left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right)^2} dy dx \bigg|_{z=0}^{z_{bm}} = 0
\end{aligned} \tag{22}$$

在原则上，这三公式可解出三个隐函数，其中一个重复的。

$$f_1(y_{bm}, x_c) = 0, \quad f_2(y_{bm}, x_c) = 0 \tag{23}$$

从式 (19)  $x_c$  处的边界条件给出另一式：

$$z_{bm} = z_{bm}(x_c, y_{bm}) \tag{24}$$

最后，式 (23) 和 (24) 之联解，将在原则上定出控制断面的位置  $x_c$ ，以及那里的水面高程  $y_{bm}$  和水面宽  $z_{bm}$  等。

在二元流中，式 (15)、(16) 及 (17) 将分别简化为下列形式，这里采用了普通的符号：

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} = \frac{1}{2} \nu \left[ 2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right] \tag{25}$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} = \frac{1}{2} \nu \overline{\left[ 2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right]} \tag{26}$$

$$\text{及} \quad \frac{\partial \mathcal{E}_M}{\partial t} = \frac{\mu}{2} \int_{x_b}^{x_c} \int_{y_{bo}}^{y_{bm}} \overline{\left[ 2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right]} dy dx = \text{最大} \tag{27}$$

### 三、应用水力学第二定律

前面的分析讨论了流体力学的基础理论。从这里可以见到，虽然那些偏微分和积分方程实际上是不可能联解的，但由此可知，为了解答任何流动问题，除了第一类守恒定律之外，存在着第二定律，它是不可缺少的。在某些情形里，例如在一个水宽超过五倍水深的宽槽里，一个遵从边界约略性的剪力层二元流，就可采用大大简化了的式子。

现在分析应用水力学中一个最简单的一元明槽流问题。连续方程的形式如下：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0, \text{ 或 } A \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{dA}{dt} = 0 \quad (28)$$

式中  $Q$  表示流程  $x_1$  时程  $t$  的流率， $A$  横断面积， $U$  平均流速，运动方程的形式如下：

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = gS - g \frac{U^2}{C^2 R} = -g \frac{\partial y_{bm}}{\partial x} - g \frac{U^2}{C^2 R} \quad (29)$$

$$\text{或 } \frac{\partial (h + U^2 / 2g)}{\partial x} = S_b - \frac{U^2}{C^2 R} - \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \quad (30)$$

式中  $S$  为水面坡降， $S = -\frac{\partial y_{bm}}{\partial x} = S_b - \frac{\partial h}{\partial x}$ ， $S_b = \frac{\partial y_{bo}}{\partial x}$  为底坡， $h$  为水深， $y_{bm}$  水面高程， $y_{bm} = y_{bo} + h$ ， $R$  水力半径， $C$  希舍糙度系数。 $\frac{U^2}{C^2 R}$  这一项相应于纳芙叶一司笃克斯公式中的能量消耗率。

在恒定流情形下， $\frac{\partial U}{\partial t} = 0$ 。对于一个独立系统整体沿着流程  $x=0$  至  $x_c$  积分后，这一运动方程就成为表示单位质量的能量的伯努力利方程（见图）：

$$h + \frac{U^2}{2g} + \int_0^{x_c} \frac{U^2}{C^2 R} dx = -y_{bo}(x_c) + \text{常数} \quad (31)$$

式中  $\int_0^{x_c} \frac{U^2}{C^2 R} dx$  这一项代表总的水头损失，槽底高程， $y_{bo}$  只是沿程  $x$  的函数（见式 20），在  $x_c$  处  $y_{bo}(x_c)$  也是常数。

连续介质动力学第二定律要求,  $h$  和  $U^2/2g$  这样地组合使得总的水头损失为最大:

$$\int_0^{x_c} \frac{U^2}{C^2 R} dx = \text{最大} \quad (32)$$

式 (31) 右边既为常数, 则在各种  $h$  和  $U^2/2g$  的不同组合中, 只有一种组合会使那个代表特定能量 (Specific energy)、或代表槽底  $y_{bo}$  以上势能与动能总和的水头为最小:

$$h + \frac{U^2}{2g} = \text{最小}, \text{ 或 } h' + \frac{P}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} = \text{最小} \quad (33)$$

式中  $h'$  和  $\frac{P}{\gamma}$  表示在水深  $h$  的垂直断面上某一质点的水深和压力水头。

符合式 (33) 的断面就是流程  $x_c$  的控制断面, 水深穿过它时从缓流变为射流。在  $x_c$  处的断面平均流速  $U$  称为临界流速  $U_c = U_{xc} = U_{wxc}$  (断面波速), 水深  $h = h_c = h_{xc}$  称为临界水深。

这个在给定的流率下最小总水头的原理, 又称为最小特定能量原理, 普遍地应用于实用水力学里。这原理最早于 1919 年首先为 P. 波丝所证明<sup>[2]</sup>。如上面所

导出的，这原理是流体动力学在一元恒定流情形下的一个特殊推论。同一原理的另一种表达式是在给定总水头下的最大流率，称做培伦格原理<sup>[3]</sup>。查理·耶格于1949年建议称为培伦格原理波丝学说<sup>[4]</sup>，并强调说：“在这方面需要一个更高的原理已甚明显——需要这样的原理，不仅能用于恒定流的特殊情况，还要能进而阐明非恒流的一些现象（如斯考脱——罗舍尔的单独波，某些波种的稳定性，波脊、防潮、防浪建筑的形式，紊流的现象，冲刷洞和河湾蜿蜒的形成等）”。本文希望能有所贡献于耶格教授提出的这些要求。1939年作者在四川省水利局讲授时称第二定律为控制断面定律。

作者于1955年援用培伦格最大流率原理证明，当井流抽出最大流率时，井流不透水层以上的地下水深总是供给它的地下静水深度的一半。

或许读者发生这样的疑惑：为什么流体动力学第二定律会得出这样的推论，流动中能量损失总是趋向于最大，而不是最小，象许多河相学家和沙流水文学家所设想者。这一绝然相反的分歧或许由于名称的译义不同：一损失的、消散的或耗费的能量（即： $\int_0^{x_c} \frac{U^2}{C^2 R} dx$  项），相对于水流中储存的能量（即  $h_c + U^2/2g$  这两项），或许由于数学法则中微分等于零之作为必需条件同样适用于最大和最小两极，但不能作为足够的条件。第二定律对于水沙混合流也提供了新的概念和公式，将于另文论述。

本文经孟昭英教授、林炳南教授、许协庆教授审阅，提出了宝贵的意见，作者在此谨志谢意。

附录：

### 用变分法对最大能量消散率定律的证明

在分析力学里，变分原理曾用来推导汉米尔登最小的动能原理及高斯最小的约束原理。但是，在这些推导里，对于一个具有质量  $m$  的动力系统，在给定的荷载  $\sum_{x,y,z} x(t)$  与施加的能率  $\mathcal{E}$  之下，除了动能率  $\mathcal{E}_K$  和势能率  $\mathcal{E}_S$  所合成的总储存能率

$E_C$  以外，没有考虑到转化为热能的机械能消散率  $E_d$ 。所储存的势能率  $E_S$  可以再分为由于体力产生的势能率  $E_{sb}$  和由于表面力  $F_S$  的变形能率  $E_{ss}$  [或在流体力学里由于单位压力  $P$  所产生的  $E_{ss} = \frac{d}{dt}(-pv)]$ 。能率  $E_d$ 、 $E_K$ 、 $E_{sb}$  和  $E_{ss}$  是正交坐标  $x, y, z$  (或任何其他广义坐标)，速度  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$  和时间  $t$  的函数，而给定的能率  $E$  则只是  $t$  的函数。

能量守恒定律要求

$$E = \sum_{x,y,z} X\dot{x} = E_C + E_d = E_K + E_{sb} + E_{ss} + E_d \quad (1)$$

交分原理提出

$$\delta E = \delta E_C + \delta E_d = \delta(E_K + E_{sb} + E_{ss}) + \delta E_d \quad (2)$$

设想当任何时刻  $t$  在实际运动中从质点实占的位置  $X(x, y, z)$  离开某一系列连续位置位差  $\delta X(\delta x, \delta y, \delta z)$ ，又设想一系列连续位置位差  $X + \delta X$  作为某一变差的途径， $X + \delta X$ ， $E + \delta E$ ， $E_C + \delta E_C$ ，……等相应作为同时发生的这途径上虚拟速度与各虚拟能变率等。按输入的能率  $E$  是一个非负值，不论在真实的途径上，或在任何同时的虚拟的途径上，每一时刻所给定的值都应是相同的。所以变差值  $\delta E$  总应为零值：

$$\delta E = \delta E_C + \delta E_d = 0 \quad (3)$$

从  $E$  所产生的储存能率  $E_C$  也只能跟着是一个负非负值。又按热力学第二定律，转化为热的能率  $E_d$  本身总是非负的。所以

$$E_C \geq 0, \quad E_d \geq 0, \quad \text{当 } E \geq 0 \quad (4)$$

其次，当一个变差的或增添的输入能率  $\delta E$  额外地施加于体统只会反应出一

个增添的储存能率  $\delta E_C$ 。同样，第二定律仍要出增添的某个热能转化率  $\delta E_d$  也是非负的。总之， $\delta E_C$  和  $\delta E_d$  必跟着  $\delta E$  为正为负同一符号。因为两者只会是相加的，决不会抵销的。

所以，从式 (3)  $\delta E = 0$ ，可以导出，在沿着事实发生的途径上，位于  $E_C$ 、 $E_d$  某一点上

$$\delta E_C = \delta(E_K + E_{Sh} + E_{SS}) = 0 \quad (5)$$

$$\delta E_d = 0 \quad (6)$$

这就是实际发生的唯一可能的途径，那里，根据热力学的两个定理，总的储存能率  $E_C$  和化热的能率  $E_d$  都是驻值。这样，提供了在实际途径上（草图中 Aa）的  $E_C$  和  $E_d$  必然各是一个极值的必要条件。为了提供足够的条件，推论如次：

当任何时刻在任一同时发生的虚拟变差的路途上，例如图示 Bb ( $X + \delta X, X + \delta X, t$ ) 或 Cc ( $X - \delta X, X - \delta X, t$ ) 或 (3) 总是有效的。所以， $\delta E_C = -\delta E_d$ ，但是  $\delta E_C$  和  $\delta E_d$  并不等于零。

图示  $E'D'$  是一条水平线。因为  $\mathcal{E}$  之值对于各变差途径是共同的；而 ECBD 须是一条曲线，把  $\mathcal{E}$  分成两部分，在不同途径上这两部分各不等值。

$E_e$  线表示某一可能变差的途径，那里速度  $\mathcal{X}_C \rightarrow 0$ ，动能率  $\mathcal{E}_{ke} \rightarrow 0$ ，总能率  $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{se}$ ，运动近于停止，绝大部分输入的能量成为变形的势能率。这是一个极限，那里  $\mathcal{E}_d$  比真实途径的要小得多，而  $\delta \mathcal{E}_C < 0$ ， $\delta \mathcal{E}_d > 0$ ，（当  $x$  由左向右而增）。

Dd 线表示另一反向的极限，那里  $\mathcal{X}_d \ll \mathcal{X}$ ，又是  $\mathcal{E}_{cd} \rightarrow \mathcal{E}$ ， $\mathcal{E}_{dd} \ll \mathcal{E}_{ds} =$  最大，所以仍然  $\delta \mathcal{E}_d = 0$ 。而  $\delta \mathcal{E}_C > 0$ （当  $x$  由左向右而增）。

只有在真实的路途  $A_a$  上  $\delta \mathcal{E}_C = 0$  和  $\delta \mathcal{E}_d = 0$ 。所以总是  $\delta^2 \mathcal{E}_C > 0$  和  $\delta^2 \mathcal{E}_d < 0$ ，这两关系提供了下列两式的足够条件：

$$\mathcal{E}_C = \mathcal{E}_k + \mathcal{E}_{sb} + \mathcal{E}_{ss} = \text{最小} \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_h = \text{最大} \quad (8)$$

式（8）就是能量消散率随时为最大的定律。



# 对于《连续介质动力学最大能量消散率定律》 的解释<sup>\*</sup>

## 一、经典数学物理学、分析力学和应用水力学、结构力学

经典数学物理学、包括流体力学，是用数学方法解释宏观物理学的理论基础。分析力学是各种力学的方法论基础。这里的 Lagrange 方程，Hamilton 原理则确是最基本的理论。但在实用中却毫无地位，乃至一般工学院基础课程中不予介绍。工程中应用到的倒是水力学和结构力学，它们浅易，却能解决实际问题，其故何在？前者不涉及而后者讨论到能量消散的问题。

所谓能量消散是指物体在运动中部分机械能转化为热能的现象。这里建立的最大能量消散率定律可用来解释并替代一些运动中不可缺的关系式。例如缺口、孔口水力关系式，水文站水位 — 流率关系式（H~Q 线）等，它是水力分析一个不可缺的定律，也是动力结构的基本定律，它将用来解答流速场、压力场等问题，Jaeger 教授提出的许多水力学问题，流体力学的闭合问题，泥沙运动中的力学问题，等等。但它并不能替代运动中的经验关系式（Phenomenological relations）如 Chezy 公式等。有了这一定律，经典力学就可和应用力学衔接起来，进而融合为一体。

从这一定律出发，作者在《重订非平衡热力学定律》一文里拟订了一个新的热力学第二定律的形式，把原来的 Clausius 不等式改为产熵率最大的确定式，把结构理论力学中的 Clausius-Duhem 不等式改为确定式，解决了动力不定的问题。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1982 年 4~6 月。

## 二、St. Venan 方程式不可能普遍地解一个动力问题

St. Venan 方程组——质量守恒定律（即连续方程）和能量守恒定律（即运动方程、伯诺利方程）只能联解一个设想的恒定、均匀流问题。这里假设流率  $Q$ 、流速  $V$ 、过水断面  $\omega$ 、底坡  $i$ 、糙率  $n$ ， $C$  皆不随路程  $x_i$  时程  $t$  而变。又若设想断面能率  $\mathfrak{D}$  沿程恒定不变： $\frac{d\mathfrak{D}}{dx} = i - i_f = 0$ ，即能坡常和底坡相等，方程组则可解一不定流问题，不过这种设想是不合现实的。

例如假设一无穷宽的均匀流，已知单宽流率  $q$ 、底坡  $i$ 、糙度  $C = c\sqrt{2g}$ 、能坡  $i_f$ 、底坡  $i$ 、水面坡  $J$  三线平行（ $i_f = i = J$ ），按 St. Venan 方程组的两式： $q = hV$ ， $V^2/2g = c^2 i_f h$ ， $\left(\frac{V}{c} = \frac{q}{c} \sqrt{2g} \sqrt{hi_f}\right) = c^2 i h$ ， $i_f = \frac{2gF_r}{c^2}$ ，联解两式，得  $V = (2gc^2 i q)^{1/3}$ ， $h = q^{2/3} / (2gc^2 i)^{1/3}$ ，水流情况完全确定。

但在普遍性的非匀流，非恒流情形下，水面线受下游不同控制影响下，成为壅水线或落水线， $i_f \neq J \neq i$ ，这样多了一个未知数  $i_f$ ，它决定于下游控制的情况，故单靠 St. Venan 两方程不能解一个一般性的动力问题，通常必须仰仗下游给出的另一个经验公式： $Q \sim h$ （或  $q \sim h$ ）关系，由河流水文站或试验槽缺口公式给定。

凡是经验公式都从实测资料统计出来的。一定内含着一个尚未研究发掘出来的理论关系式。最大能量消散率定律就是为了解决这种关系式，用来解释并替代下游控制的  $Q \sim h$  关系。同时又可解决所有动力学的未决条件。在给够了水流条件： $Q, C = C(x), \omega = \omega(h, x)$  之下，只按 St. Venan 方程组，却有无穷数的水面线可解。

在固体力学分析里，若按实际情形，荷载项经过一定时间，而不是假设无穷时间成为静载，则变形有一定速度，在过程中受变化着的应力就无法确定，可命名为动不定（dynamically indeterminate），以对应具有多余杆件的静不定。若荷载过程极慢， $t \rightarrow \infty$ ，最大能量消散率定律就转化为最小储存能定律（Cratigliano's Law of Least Works）。

总之，除 St. Venan 方程组外，还缺少一个定律来解一动力问题。建议的最大能量消散率定律就是为了解决普遍存在的动不定问题。

### **三、槽流所揭示的能量消散的实际情况**

在三线平行之下游，能坡线 and 水面线是受下游控制的作用。以渐近线逼近各自的平行直线。实际上恒定均匀流并不存在，只是约略地把渐近作为极限的直线罢了。

图 1 所示明槽不定流的一般情况，给出了  $Q_o = Q_o(t), i = i(x), \omega = \omega(x, h), C = C(x, h)$ ，诸条件已足够确定水流的全部情况。但若只用 St. Venan 两方程，便有无穷水面线都符合这两方程。因此，我们必需另一方程，才能定出那个唯一的水面线和水流情况，不要依靠经验关系  $Q = Q(h)$ 。

在起点  $x = 0$  处，及其上游  $x \leq 0$ ，当  $t \leq 0$ ，假定为均匀流三线平行， $E_0$  或  $H_0$  两点相合。 $E_0 B_0$  代表断面能率， $\mathfrak{E}_0 = h_0 + V_0^2 / 2g$ ，意思是每公斤的水在  $H_0$  或  $E_0$  处相对槽底  $B_0$  的潜在能量。现有  $Q_0$  流过，即每秒有  $Q_0 \gamma = \rho g Q_0$  公斤水流过，则  $\rho g Q_0 (h_0 + V_0^2 / 2g)$  为相对槽底  $B_0$  点断面潜在的机械能率，是没有方向性的。

在  $x = 0$  以下， $x > 0$ ，水流受着下游不同的控制，水面线或成壅水线，或成落水线。（图示为落水线），槽底沿程降落，使断面能率  $H_x B_x$  不断增加。同时部分能率损耗， $P_L$  能线也不断降落，累积损耗能率自  $x = 0$  起，以  $H_x E_x$  表示剩余的  $\rho g Q_x \left( h_x + V_x^2 / 2g + \int_0^x \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} dx \right)$  是流体  $x = 0$  至  $x$  间这整个体统当同一时刻  $t$  储存着的机械能率。由于对比了起始的  $H_0 B_0$ ，令  $H_x$  和  $H_0$  同水平高，在  $H_x B_x$  中，扣去了累积的损耗  $P_L$ ，剩余的上列表达式不再仅代表“断面能率”，而且是  $O \sim x$  体统的储存机械能率了。但这体统却不是独立体统，一来它受到下游壅水的作用，二来  $i_{fx} \neq i_x$ ，有着能率出入这  $x$  断面。

只有在控制断面  $x_c$  处  $\rho g Q(i_f - i) = \frac{\partial}{\partial x} (h + V^2 / 2g)$ ， $Q \rho g = \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial x} = 0$  处，流态开始从缓流变为射流， $F_r \geq 1$ ，开始流速大于波速，重力坡不再返射，水流质点形成离散的样子，质点间无复相挤。而且在这个断面  $i_f = i$ 。出入能率相平衡。

和  $x_0$  的起始断面一样。所以  $x = 0$  至  $x_c$  间可以看作是一个孤立的体统。如果假设由损能转成的热能内涵而不向四周散，则它可以看作是一个动的封闭体统。

我们清楚地看到，这整个体统内的储藏机械能率  $W_c B_c = \rho g Q (h + v^2 / 2g)$  为最小，故其消散能率  $W_c B_c = P_L$  为最大。只有符合这种情况的水面线才是现实的。

其他虚拟的水面线消散能率都较小，虽也合乎 St. Venan 方程，却是不会出现的。据此就确定了那唯一现实的水面线，而毋须依靠经验  $Q \sim h$  关系。

这定律不单是指出，在控制断面  $x_c$  上和  $V_c$  会配合得使断面能率  $h + V^2/2g$  最小。又因据此  $h_c$  和  $V_c$  算出的  $i_f = V_c^2 / 2gh_c c^2 = F_r / C^2$ ，必须  $= i_c$ ，从而决定  $x_c$  的位置，而且从此  $h_c, V_c, i_c$ ，向上游推算出水面线；并定出起点  $x = 0$ ，这意味着整个体统中的压力场和流速场要分布得使其总的能消散率  $P_L$  为最大。

#### 四、关于极大极小的争论

从上面的分析里可见，论储存能率  $\mathfrak{S} = h + v^2/2g$ ，只可能寻出  $h$  和  $V$  的配合使  $\mathfrak{S}$  最小，从而推得  $P_L$  最大。从自然界不可能寻出最大  $\mathfrak{S}$ ，那样只有  $h \rightarrow \infty, V \rightarrow 0$  或  $h \rightarrow 0, V \rightarrow \infty$ ，皆不合实际。故根本没有最小  $P_L$  存在。然则最小消散率是怎样产生的呢？

第一个来源是人们主观的错误，常认为任何运动总是按损能最小进行着的，但从无证明。

第二个来源是以杨志达为代表，把每一时刻发生的力学分析混淆到长期形成的地貌统计分析里，反过来否定力学规律。这是难以令人理解的。Leopold 的河流地貌分析也有相似的问题。

第三个来源是人们容易误会把 Prigogine 的产熵率  $\frac{dS}{dt} = \mathfrak{S}$  沿时程  $t$  及路程  $x$  减小，并趋向于某个最小之值： $\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial t} < 0$ ， $\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial x} < 0$  和作者提出的  $\mathfrak{S}$  随时随地总是使  $P, \rho = \frac{1}{V}, T$  等组成得使它按最大可能之值  $S_{t,x} = \max$  出现，这个普遍性原理对立起来。

#### 五、随时随地最大产熵率 $\mathfrak{S}$ 定律和 Prigogine 原理

由机械能消耗率为热能率  $\mathfrak{Q} = \varepsilon P_L$  通常条件下是不可逆的（ $\varepsilon$  为能变换当量）。这热能在一定温度  $T$  下产生熵  $T\mathfrak{S} = \mathfrak{Q}$ ，所以，最大能量消散率  $P_L = \max$  就是就地

热平衡下的最大产熵率  $\mathcal{S} = \max$ 。在断面  $x_c$  处可以看到，实际的和虚拟的能坡线

比较，不仅  $\mathcal{S}$  最大，而且比熵  $S = \frac{\partial \mathcal{S}}{\partial x}$  也最大，而且任何  $x$  处  $\mathcal{S}$  都是最大。作者另

从统计力学作出证明  $\mathcal{S}$  最大，这就是新的热力学第二定律：在任何  $t = t_1$ ,  $x = x_1$

处比熵  $\mathcal{S} = \mathcal{S}(P, V, T) > 0 = \text{最大}$ 。 $\mathcal{S}$  指内在自发的  $\mathcal{S}_i$ ，用来替代现行的 Clausius

不等式和 Boltzman 或  $S = K \ln m P_{\max}$  ( $m$  质量,  $P$  概率)。

从图 2 中还可看到，当  $x$  或  $t$  增进， $i_f$  减小，亦即  $S$  递减。迄  $x_c$  为最小： $\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial x} < 0$ ,

$\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial t} < 0$ ,  $\frac{d\mathcal{S}}{dt} < 0$ ;  $\frac{dS}{dt}|_{x_c} = \text{最小}$ 。这就是 Prigogine 原理。注意：他所谓  $\mathcal{S}$  趋向

于最小，是指瞬时的，沿程的相比。而笔者指出的  $\mathcal{S}$  和  $\mathcal{S}$  最大，是指当任何一定时刻  $t$ 、一定断面  $x$ 、现实的和虚拟的比较。后者可用来解决一切动不定方程，而前者却只是现象的描述，无补于实用，且仅是后者的推论而已。

用数式来解释： $P_L = P_L [ (h, V, \rho, \dots); (x, t) ]$

$$\mathcal{S} = \mathcal{S}[(P, V, T), (x, t)] = \mathcal{S}(A, t)$$

Prigogine 原理是沿着现实的能坡线来讨论  $\mathcal{S}$  与  $x, t$ 。最大产熵率定律是沿着虚拟的立面，在任一断面  $x, t$  上讨论  $\mathcal{S}$  与  $p, V, T$ ，或  $P_L \sim h, V, \rho$  来定出那个未知的、唯一的、现实的  $\mathcal{S}$  或  $P_L$  最大值。

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}(A, t): \text{ 在 } x_c \text{ 处, } \frac{d\mathcal{E}}{dt} = 0 = \frac{d\mathcal{E}}{\partial A} \frac{dA}{dt} + \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t}$$

max                  min

## 六、流速场和压力场方程

原文中提出的紊动力学的基本方程，下面是流速场和压力场的：一般性三维方程，非恒不匀流， $U = U(x, y, z)$ ，储存功率  $P_r$ ：

$$P_r = \gamma \int_0^{x_c} \int_0^{y_m} \int_0^{z_m} \left[ \frac{-\partial y_b(x, z)}{\partial x} + \frac{\partial y(x, z)}{\partial x} + \frac{\partial U^2 / 2g}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \right] U dz dy dx = \min$$

$$\delta P_r = 0。$$

二维方程：当  $z_m \rightarrow \infty$ ，取单宽  $U = U(y, x)$ ，非恒不匀流。

$$P_r = \gamma \int_0^{x_c} \int_0^{y_m} \left[ \frac{-\partial y_b(x)}{\partial x} + \frac{\partial y(x)}{\partial x} + \frac{\partial U^2 / 2g}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \right] U dy dx = \min, \quad \delta P_r = 0。$$

一维方程：非恒不匀流， $U = U(x)$  为断面均速， $Q = Q(x)$

$$P_r = \gamma \int_0^{x_c} \left[ \frac{-\partial y_b(x)}{\partial x} + \frac{\partial y_m(x)}{\partial x} + \frac{\partial U^2 / 2g}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \right] Q dx = \min, \quad \delta P_r = 0。$$

一维准均匀流： $i_f \rightarrow J \rightarrow i$ ， $J$  接近确定，不需要  $P_r \rightarrow \min$  式子。上列各式

可推导出流速、压力的空间分布、断面分布或垂线分布。

例如在恒定非匀流中， $x = x_1$  断面上，若不知其水面下水深  $y_m - y_b$ ，欲求其流速垂线分布公式的格局： $y_b$  给出， $y_m$  为变量。

$$\delta P_r = \gamma \delta \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{y_m} (-y_b + y + U y^2 / 2g) U_y dy = 0$$

$$\gamma \delta \frac{\partial}{\partial x} \left( -y_b U_y + y U_y + \frac{U y^3}{2g} \right) = 0。$$

在均匀流情形下，括号内为常数。

$$Uy\left(-y_b + y + \frac{Uy^2}{2g}\right) + c = 0$$

$$\frac{Uy^3}{2g} + (-y_b + y)U_y - U_b\left(-y_b + \frac{U_b^2}{2g}\right) = 0$$

垂线上流速分布公式  $U_y \sim y$ ，底速  $U_b$  由糙率决定。

可见  $P_r$  为一组未定函数或泛函数，其中只有一函数是现实的，得用变分法确定。这是定律的数学涵意。

$$\text{当非均匀流转化为均匀流时， } i_f - i = \frac{\partial}{\partial x}\left(-y_b + y + \frac{U^2}{2g}\right) = \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 \text{ 原则仍合，}$$

极值转化为常值。

但是在均匀流中， $y_m$  和  $U$  等并非按极值决定，而由 St. Venan 方程组解出。因实现的  $i_f = J = i$ ，是按自然赋给的全部底坡  $i$  出现，它已经代表均匀流下最大可能的能量消散率了。注意这里的假设是把渐近线看作是直线。

## 七、沙流浓度场分析

泥沙在水流中的浓度分布和水流的流速场、压力场等一样，应遵从最大能量消散率定律，沙粒不仅随着水团运移，而且相对着有移动和转动之差；不仅须克服粘性切力，而且须克服两种物体间的磨擦而消耗能量。若 Rouse-Ippen 的断面浓度分布的推导是完整的，则其方程中所缺的未定部分应可由这定律来补足。



含沙水流的损能未必可援用 Chezy 公式：公式的形式、系数和指数都应改变。长期以来笔者认为这是应该最先研究的课题，把它掩盖起来是错误的研究方针。

## 八、长段非恒水沙流分析

由于在控制断面上的储存能率  $\left(y_c + \frac{U_c^2}{2g}\right)Q_c$ ，同时又代表一长段水沙流同时刻的储存能率，这就方便了非恒流的演算：输沙率长段内的冲淤率等。

## 九、可塑河槽的槽形研究

过去槽形研究中造床流率按最大频率的输沙率所对应的水沙流率，槽形则按这流率下的最小槽底阻力分析。本定律——最大能量消散率是和最小槽底阻力等原则相对立的。据此可研究出一套新的槽形理论分析。

## 十、对于利用“最小能量消散率定律”或利用“Prigogine 熵趋向最小值”来分析河貌的不同意见。

首先这些都是力学的定律，是分析同一时刻发生的力能现象。不应和地貌分析中诸因素间长期的经验统计关系合起来联解或相提并论。

Prigogine 原理虽是对一段时间的，但也只能是对时程上限于一条流率时程线的起伏过程，对路程上两个控制断面间的距离。然而讨论地貌的形成是至少经过了几十年的，这期间外加熵增率  $\mathcal{S}_e$  和自然产熵率  $\mathcal{S}_i$  已不知起伏了多多少少次，无法分析其热力与动力的现象。

所以根本不适于用上述诸力学定律来讨论水文地貌的分析问题。

## 十一、所谓“能量消散率最大”是对比什么最大？

在 § 五里已明确指出，而且从现象指出，这是指任何时刻  $t$  在任何断面  $x$ ，

消散率

$$\frac{\mathcal{Q}}{T} = \frac{\xi P}{T}$$
$$\frac{\partial S}{\partial x}$$
$$\frac{\partial S}{\partial t}$$
 $x, t$ 

## 十二、这个定律的证明

规定范围里对任何实例都能适用，且获得证实，若有一个例子不能证实，则这定

S 最大的定律载于《增订非平衡热力学定律》，是用统计力学的方法证明的。

力学中控制断面处消散率最大的现象也导出任一断面都是最大。这可替代并解释

间下变形，损能 = 0，从 O 至 A 点静止。外力所施之功等于变形到头的变形功。服从 Castigliano 最小储能即变形功最小的定律。

设在上述静载基础上在  $\Delta t$  时间内再加力  $\Delta P$ ，新生变形 AB，至 B 而停止。这时总荷载  $P + \Delta P$ ，变形 OB，仍应服从 Castigliano 定理，储藏能最小。

两次储能都是最小，而 P 是任意值，所以其差值  $\Delta P$  在  $\Delta t$  时间内，所增添的储存能率  $\Delta P / \Delta t$ ，也是最小。给定的总功率  $\dot{E}$  是变形的能率  $\dot{E}_s$ ，动能变率

$E_K$  与消散能率  $\dot{E}_d$  之和：

$$\dot{E} = \dot{E}_s + \dot{E}_K + \dot{E}_d。因为 \dot{E}_s + \dot{E}_K =$$

最小， $\dot{E}$  是给定的， $\therefore \dot{E}_d =$  最大。

这三个例子都说明消散率为最大。只要一个例存在就足以否定能量消散率最小的幻想了。（据定律的逻辑含义。）况且谁也拿不出一个例子说明消散率表现为最小。若真有人能举出一现象实例，就可反过来推翻最大消散率的定律。请大家多多想想究竟是最大还是最小，把它确定下来。

### 十三、用水流现象来解释熵的变化——最大能量消散定律和 Prigogine 定理

$$\text{热力学指出, } S = \int^V \rho s dV, \quad M = \int^V \rho dV, \quad \dot{S} = \frac{dS}{dt}, \quad \dot{M} = \frac{dM}{dt}, \quad \dot{S} = \dot{S}_e + \dot{S}_i,$$

其中, 下标 e —— exterior 外界来的, i —— interior 内部自发的。按第二定律,  $\dot{S}_i \geq 0$

(平衡情形 = 0; 不可逆情形 > 0),  $\mathcal{S}_e \geq 0$ ,  $\mathcal{S}_e = \frac{\mathcal{S}}{T}$  外界来的热或机械功。可正可负。 $S \geq \frac{\mathcal{S}}{T}$  (封闭系统)。

$$S = \int^V \sigma dV$$

其中,  $\sigma$  为单位容积产熵率,  $s_i$  单位质量产熵率。

熵 S 的物理意义可从比仿而体会。

$$p \cdot (-V) = \text{机械功}$$

$$S_e \rightarrow \mathcal{S}_e + \mathcal{S}_i \geq \mathcal{S}/T$$

$$T \cdot S = \text{热能} \quad (Q, P, \gamma)$$

强列性、延展性变量

Prigogine 定理是, 不单体内  $\mathcal{S}_i$  (不包括  $\mathcal{S}_e$ ) 总是增加着的, 即  $S_i \geq 0$ 。但其

增率则循时而减着:  $\frac{\partial \mathcal{S}_i}{\partial t} < 0$ , 达一最小值而静止并稳定。最大能量消散率定律是,

不单体内  $S_i$  总是增加的, 即  $\mathcal{S}_i \geq 0$ 。

而且其增率  $\mathcal{S}_i$  在随时随地其有关组成因素, A, B, C, ... 总是自动地组合得

使  $\mathcal{S}_i$  最大, 只有这最大的  $\mathcal{S}_i$  才会出现, 其它绝对不会出现。

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_i &= \mathcal{S}_i(A, B, C, \dots) \\ t &= t_1 \quad t = t_1 \\ x &= x_1 \quad x = x_1 \\ \frac{d\mathcal{S}_i}{dt} &= \frac{d\mathcal{S}_i dA}{\partial A dt} + \frac{\partial \mathcal{S}_i dB}{\partial B dt} + \Lambda \quad \Lambda = 0 \\ \therefore \quad \frac{\partial \mathcal{S}_i}{\partial A} &= 0 \quad \frac{\partial \mathcal{S}_i}{\partial B} = 0 \quad \frac{\partial \mathcal{S}_i}{\partial C} = 0 \end{aligned}$$

这是一般性的物理概念, 怎样在水流现象里体现呢? 请参考图 1 和图 2 上的两图, 在任一断面 x 上从水平线  $H_0H_C$  向下量到实际能坡线,  $P_L$  和  $\mathcal{S}$  表示这断面 x 上的总体的能量消散率和产熵率。它们分别比量到相应的虚拟能坡线为大, 所以

说,  $P_L$  和  $S$  在任一断面  $x$  上总是出现最大的值。又在任一  $x$  断面上  $\frac{\partial P_L}{\partial x}$  和

$\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial x} = \mathcal{S} - i_f$  (一元运动中) 也总是出现最大的值。当然, 它们同时为连续方程和

运动方程所制约, 以连成一条落水线和能坡线。

注意这个比熵  $\mathcal{S}$  是  $\mathcal{S}_e$  和  $\mathcal{S}_i$  的总和:  $\mathcal{S} = \mathcal{S}_e + \mathcal{S}_i$ 。  $\mathcal{S}_e$  外界进入体统的比熵是什

么呢? 它即槽底坡降  $i$  (另乘一常数免计), 所以  $\mathcal{S}_i = \mathcal{S} - \mathcal{S}_e = i_f - i$ , 这个不断自

发地增值着的  $\mathcal{S}_i \geq 0$ , 也就是  $S_i = \frac{\partial}{\partial x} \left( h + \frac{V^2}{2g} \right)$ , 即等于储存能的沿路程递减度,

在控制断面  $x_c$  上, 它为 0;  $S_i = 0 = i_f - i$ ,  $\therefore i_f = i$ 。用 Prigogine 的话说就是自

发产熵率  $S_i$  沿程 (时程及路程) 递减, 迄控制断

面而驻定 (Stationary)。注意他并未说: 各断面  $x$

上  $\mathcal{S}_i$  为最小。而作者提出的是: 任一断面上  $\mathcal{S}_i$  出

现的是最大可能之值, 这和他的说法并不矛盾,

两者讨论的范畴是相正交的, 是风马牛不相及的,

但是相辅的。

最大能量消散率定律把热力学第二定律

$S_i \geq 0$  进一步增订为  $\mathcal{S}_i = S_{ix=x_1, t=t_1}$  (P. V. T. ....) = 最大, 籍此可具体地定出各未

知因素, 而不再是 Clausius Duhem 定律中只能定出未知因素的极限值, 它是力学的一个新的定律。

#### 十四、最大均匀流中最大能量消散率定律仍然适用

在恒定均匀流中水面线、能坡线和槽底线平行只是一假设, 实际上是两条渐近线各和水面线和能坡线相切, 所以这个定律仍然适用, 于是有许多目前未能解决的水流问题都得迎刃而解了。

图 6 所示能坡线  $P_L \sim x$  中在一定断面  $x$  上有某个  $P_L$ ,  $\mathcal{S} \sim P$ ,  $V$ ,  $T$  等关系线和  $P_L$ ,  $\mathcal{S} \sim x$  能坡线成正交, 这种线在  $x_c$  处较陡; 在  $x$  越小的断面上曲线越坦开; 到  $x$  极小, 能坡线渐切近直线处, 则曲线平坦得近乎直线了。

$$i_f - i = \frac{\partial}{\partial x} \left( h + \frac{V^2}{2g} \right) \rightarrow 0。假定三线平行, 就是渐近线到达极限线,$$

$$i_f - i = \frac{\partial}{\partial x} \left( h + \frac{V^2}{2g} \right) = 0, \quad i_f = i = J。这时所有自然赋与的能坡  $i$  全部消散掉, 仍$$

然符合最大能量消散率之本意。

说明定律的普遍性含义。

## 十五、力学分析和统计分析

力学分析是对现象同一时刻的分析。

统计分析是对现象长时段内综合的分析, 杨志达和 Leopold 等把它们混淆起来, 论理只能用前者解释后者, 不能用后者解释前者。

例如 Leopold 在他的书里, 请读《河槽的水力几何形态及其在地文学上的意义》1957 年。他把

$$W = aQ^b \quad (1)$$

$$d = cQ^f \quad (2)$$

$$V = kQ^m \quad (3)$$

称为函数关系, 而实际为相关关系。是从资料统计出来的。在对数纸上点子紊乱, 并未用最小二乘法得出它们最可能的关系。从这些线得出的结果意义是: 当  $Q =$

某值， $W$  大概等于  $aQ^b$  算出的值，又  $d$  和  $V$  也同样。但却不能说当  $Q =$  某值，同时  $W$ ， $d$ ， $V$  就等于上式算出的值。他又说三式“代表天然河流断面上的水力关系”。他从许多河的资料归纳出  $b = 0.26$ ， $f = 0.40$ ， $m = 0.3$ 。又袭用一个真正的力学公式  $Q = \alpha d V$ ，按量纲分析，应得

$$b + f + m = 1, \quad a \cdot c \cdot k = 1$$

又说，沿下游方向， $b = 0.50$ ， $f = 0.40$ ， $m = 0.10$ 。但若真按量纲分析应是  $b = 0.40$ ， $f = 0.40$ ， $m = 0.20$ 。似乎在两套资料之间。

必须认清：用力学分析的结果，用量纲分析的结果，都严谨的，诸式应是同时发生的现象关系；而用统计分析的结果只是大概的，最可能的，而非确定的，它们只是长期综合性关系，性质迥然不同。

# 论水文地貌的演变规律 \*

缘起地貌学家每谓当今尚无足够资料足以归纳成地貌演变的规律，乃至水文地貌学始终处于幼稚阶段。下面试据水沙流现象与理论分析拟具地貌与河貌演变的规律。

水沙流和地貌演变遵从两类规律：动力规律，包括质量守恒定律、能量守恒定律、和最大能量消散定律（见黄万里：清华学报 1981 年第一期）；与以大数定律为基础的统计规律。动力规律是对水沙流各因素间当同时发生的关系所分析出的力学规律，而统计规律是对现象从长期演变的资料所归纳成的规律。

水文地貌演变的规律乃是治河原则的理论根据。

## 水文地貌演变的动力规律

导言 在水流的动力作用下，地貌不断演变着，在地面或沟槽里一小片表面上可同时发生冲刷和淤积。冲刷可表现为向水沙流底面、边岸和沟源的剥夺；而淤积只对原底面的抬高。一小片表面上冲刷率和淤积率之差便是这面上总的冲刷或淤积率。下面的分析既是对槽流，也对地面流。

动力分析 地面水沙流冲刷率

$$\frac{\partial^3 W_1}{\partial x \partial z \partial t} = -m \gamma_s \frac{\partial H}{\partial t}$$

（ $x, z$  地平面长、宽,  $t$  时间， $W$  冲起的沙重,  $H$  地面高程， $m$  密实度， $\gamma_s$  沙容重）是下列两类因素相对差的函数：一定水温  $T$  下单位流程消耗的功率  $P$  及其时变率，其中

$$P = Q \gamma_m i_e, \quad \frac{\partial P}{\partial t} = \gamma_m i_e \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + Q i_e \frac{\partial \gamma_m}{\partial t} + Q \gamma_m \frac{\partial i_e}{\partial t}$$

（ $Q$  水沙流率， $\gamma_m$  水沙混合容重， $i_e$  水沙流能坡， $i_b$  底坡， $h$  水深， $V$  流速）

在一维流中， $Q = BhV = hV$ ，（ $B$  水面宽，取单宽则  $B=1$ 。）

---

\* 1984 年 4 月 1 日



$$i = i_b + \frac{\partial h}{\partial x} \quad (\text{i 水面坡降})。$$

注意  $Q\gamma_m$  是床面上的水沙重量流率，它同时带动了河床或地面下泥沙在下面移动；而  $i_e$  则是指总的消散着的能坡  $i_{et}$  中  $Q\gamma_m$  所消散的部分，它不能直接量测

到，所能测到的是  $i_{et}$ 。  $i_{et} = i_b + \frac{\partial}{\partial x} \left( h + \frac{V^2}{2g} \right) = i + \frac{V\partial V}{g\partial x}$ ,  $P = Qr_m i_e$  只是床面上水沙

流的消耗功率，另外床沙移动的功率  $P_b$  是  $P_b = \gamma_m h i_b V_d$  ( $V_d$  流水在床面的底速)

按 plandtl-Karman 分析， $V_d = 8.5 \sqrt{gh i_b}$ ，故

$$P_b = 26.62 \gamma_m (h i_b)^{3/2}$$

当  $i_b \approx i$ ,

$$P_b \approx 26.62 \gamma_m (hi)^{3/2}$$

这就是水沙流（其容重为  $\gamma_m$  推动床沙每单位行程所消耗的功率。

另一类是床沙惯性的抵抗功率，床沙在表面所受剪力  $\gamma_m h i_b$  最大，其移动速度  $V_D$  也是最大。向下层愈深，两者俱减，以至于 0。惯性功率按 Meyer-Peter-Muller 式推论，在床面应为  $0.047 \gamma_s D \cdot V_D$  ( $D$  泥沙粒径， $V_D$  表面泥沙速度，愈深愈慢，以至于 0)。设  $D$  改为泥沙平均粒径， $V_S$  为垂直平均速度，则惯性抗动功率  $P_r = 0.047 \gamma_s D V_S$ 。因为地上为非均匀沙，故分析中必给出沙粒径的分布  $D \sim P_n(D)$ ，( $P_N$  指超过某粒径  $D$  的泥沙颗粒数对总数之比) 及泥沙的粘固性系数  $C_o$ ，它影响着泥沙松散而运移的速度  $V_S$ 。

总的结果，地面水沙流单宽 ( $dz = 1$ ) 冲刷率

$$\frac{\partial^2 W_I}{\partial x \partial t} = -m \gamma_s \frac{\partial H}{\partial t}$$

是上述两类功率综合的结果；又同时进行着淤积率

$$\frac{\partial^2 W_{II}}{\partial x \partial t} = \gamma_s \omega_o C_o$$

( $\omega_o$  近底泥沙沉速， $C_o$  容积含沙浓度。)

水文地貌演变动力定律 地面单宽净淤积率（负号为冲刷率）为

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial t} = \frac{\partial^2 W_{II}}{\partial x \partial t} - \frac{\partial^2 W_I}{\partial x \partial t} = \gamma_s \omega_o C_o + m \gamma_s \frac{\partial H}{\partial t}$$

其中

$$\frac{\partial^2 W_{II}}{\partial x \partial t} = \gamma_s \omega_o C_o$$

$$\frac{\partial^2 W_I}{\partial x \partial t} = F \left( P_b \frac{\partial P_b}{\partial t}, P_r \frac{\partial P_r}{\partial t} \right) = F[m, C_o, \gamma_s, \gamma_m, (hi_b)^{3/2}, D, P_n(D), V_s \Lambda \Lambda]$$

这里  $\frac{\partial i_b}{\partial t}$  随  $\frac{\partial H}{\partial t}$  同增或同减；且  $\frac{\partial^2 i_b}{\partial t^2} < 0$ ， $\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} < 0$ ，其变率绝对值循时而减。

说明本定律确认冲淤在一小片平面上总是同时进行着的。因淤积只在垂向发生，而冲刷兼及岸边及源头，故对一定河槽形貌演变总是向宽长发展的。

本定律不认为存在“挟沙能力”（既最大含沙浓度）之说，不认为超过这“能力”水沙流便发生淤积，未达此“能力”之前发生冲刷。

本定律根据分析力学原理：为了完整地描述某时刻的现象，必须另提供各有关因素之时变率，例如 P 以外，再次提供  $\frac{\partial P}{\partial t}$ 。式中 C，V，D 等皆受  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ， $\frac{\partial V}{\partial t}$  等作用而变。

推论一，地貌演变当每一时刻的综合结果，若原是冲刷的，（ $\frac{\partial H}{\partial t} < 0$ ），会使

坡降  $i_b$  减平（ $\frac{\partial H}{\partial t} < 0$ ）；原是淤积的，（ $\frac{\partial^2 i_b}{\partial t^2} > 0$ ），会使坡降  $i_b$  加陡（ $\frac{\partial H}{\partial t} > 0$ ）。

减平和加陡之际发生最大能量消散率而使然。这种自然的作用，称为逆应作用（或称反馈效应 **Feedback effect**）。这种作用的强度在外力不变下是循时而递减的

（ $\frac{\partial^2 i_b}{\partial t^2} < 0$ ），也是符合 **Prigogine** 原理的。

说明逆应作用必然随时存在，但在有的河流或流域里，上游可能因坍岸而掩饰了冲刷减坡作用；下游因河口延伸而掩饰了淤积增坡作用。

推论二，在纵坡较平的流域河流里，左右岸土质差异使剥落不平衡；使最陡坡降自深泓中线转向弯岸。按能量消散最大定律。这水流只会顺着陡坡的方向前进，于是产生弯道横流，使水流分散，边岸坍落，河弯加曲，曲极而又裁直。

说明推论二是河流纵坡较平者产生乱流（或多叉流）河貌和蜿蜒弯曲河貌的理论根据。

## 水文地貌演变的统计规律

导言 在水流连续约十年以上的长期作用下,地貌或河貌在有冲有淤演变过程中,若总结果显示冲多于淤,则据动力规律推论一,坡降趋向于减平(即长段内坡降

$i_b$  减小:  $\int_0^{T>10} \frac{\partial i}{\partial t} dt < 0$ ),但其减势渐缓,趋向于某一冲刷平衡坡降  $i_{冲平}$ 。若总

结果显示淤多于冲,则坡降趋向于加陡(即长段内  $\int_0^{T>10} \frac{\partial i}{\partial t} dt < 0$ ),其增势渐缓,

可能趋向于某一淤积平衡坡降  $i_{淤平}$ 。诚然而在河口向海中延伸的情形下,将另添一个流长,坡减起着更大的作用,使综合结果的连海坡降只见减平,其减势亦循时渐缓。

水文地貌演变的统计定律 凡在长期广播减坡的地面或河道 (Degrading reach),会继续在长期内冲刷减坡,并有进有退地发生溯源冲刷,趋向于某一冲刷平衡坡降。凡在长期淤积增坡的地面或河段 (Aggading reach),会继续在长期内淤积增坡,并有进有退地发生溯源淤积,趋向于某一淤积平衡坡降。但在入海河段,这种长期的淤积增坡被河长增加而不断减坡的作用所抵消,使不断发生淤积减坡并延伸河口。

**推论一**、凡原属冲刷减坡地段,若遇地层上升下降、或地形变化,发生侵蚀基面 (Erosion datum)或控制断面降低,则将继续在长期内冲刷减坡,且将增强,趋向于尽先恢复原来的坡降。

**推论二**、凡原属淤积地段、若遇地层下降上升,或地形变化,以至侵蚀基面或控制断面抬高,则将继续在长期内淤积增坡,并有进有退地发生溯源淤积。在横断面上横流增强,坍岸加烈,河貌趋向于乱流多叉道,叹或蜿蜒曲折加甚。总的趋向是恢复原来的坡降。

## 关于水文地貌演变的力学分析和统计分析<sup>\*</sup>

降水产生迳流和入渗，从而改变地貌，谓之水文地貌演变。迳流挟带沙流，冲积成溪沟、自然堤和平原，佐以风化与气流的作用，使地貌演变集中表现于河槽之变形与位移，谓之河床演变（River process）。

水沙流在运动中产生的剪力带动了河床泥沙一起运动，形成冲刷河床的现象。有时水沙流中近床部分减缓其流速，以至于静止，形成淤积河床的现象。水沙流、冲刷或淤积是同时进行的现象。对于这种同时进行着的现象不能说水沙流改变了河槽形貌，而后者又随后反过来改变水沙流的力学条件，只有对这同时进行着的现象才能作力学分析。凡在力学分析里，流率  $Q$ 、输沙率  $G$ 、流速  $V$ 、过水断面  $A$ 、水面坡降  $i$ 、水力半径  $R$ 、糙率度  $n$  诸水力因素，都是指同时刻  $t$  发生的数值，位于同一个过水横断面上，其流程为  $s$ 。

水沙流在通过一段河道的过程中，上断面接受从上游送下来的质量和能量，下断面则输出质量和能量，各断面间具有一定水力联系的范围可能很长。中断水力联系的临界断面都发生在流速  $V$  快到波速  $V(V = V_w \approx \sqrt{gh}, h - \text{水深})$  的断面  $S_c$ ，在那里以上的断面压力波（即在水介质中的声波）还能反传向上游流速慢于波速的各断面，而自此以下就只能传向下游急流了。这是在水沙流河段中具有独立水力系统的下游终点，称为控制断面 **control**，简称控制。它控制着上游全段各断面的水力性质，在这控制的下游则对上游不起作用。水沙流出口入湖海处的河口也是控制，这以下湖海断面深广，其水流条件只对河口控制起直接作用。水沙流上游终点为另一急流，具有流速大于波速的射流性质，那里发生水击；也可以就是水源起点。

在这样两终点间的水流沙可以看作是一个独立的水力系统或动力--热力系统 **system**，便于作动力--热力分析。进口有水沙入流，出口有水沙出流，全段中途有蒸发和渗漏、流速沿程递减的泥沙冲淤，它不成为一个封闭的体统。除非计入这

---

<sup>\*</sup> 1985 年 10 月 24 日

些水沙流出入率，才可当作封闭体统分析。水流性质属缓流，流速沿程递减的水面线为壅水线（backwater curve，被误译为回水线）。沿程渐增的为落水线。全程为急流的水沙流，其流性为射流，水面线也称落水线（dropdown curve），大都发生在山区陡坡段，同时大都发生冲刷。这里，压力波只向下游传播。

对河流作水力分析，必先划分为壅水线和落水线的不同段落，每线可看作一个独立的动力---热体统。对待每个体统，必须整体地分析：壅水线和沿程增速的落水线的体统应从控制起向上游推演，射流的落水线则应从控制起向下游推演。不得割断流线，取其中一段作为单独分析，除非已知这段落的起点和终点断面上的全部水力因素的演变过程。

控制因流率之大小、水位之高低、与槽形之改变而异，其沿程所在位置  $S_c$ 。不同的  $S_c$  将影响段落各断面的水力因素。

河流的水文测验为了直测或推算各断面的水力因素，其施测位置常和水文测站同设于接近控制的上游，以避免其下游入流变化影响到测站水位  $H$  和流率  $Q$  的一定关系；但这很难做到，特别是在下游大河上。例如黄河从河口上溯，直到孟津是一条整段的壅水线，中间在小水时虽有狭缩的速流段落，但并无射流发生。长江从吴淞口上溯，直到小孤山上也是一条整段的壅水线；所谓壅水直达芜湖大通站，是说那里受潮汐的影响还能读到一厘米的水位涨落，而壅水线是还要上溯很远的。另方面，在绵长的壅水线上，虽说离控制远处  $H$ - $Q$  关系仍受到下游出入流的影响，但在干流上这关系只要河槽不变形常显得相当稳定。人们就说，这是一定槽形大致控制下的  $H$ - $Q$  关系（channel control）；根据这个关系也可分析出上下游各断面的水力关系，不必强求从下游严格的控制算起。

从水力分析，可以得知每一时刻水沙流伴随着冲淤现象的河槽边界，边界的差异表示河槽的变形和位移。

在水力分析中，参变量是各水力因素，运用的关系式是连续方程，运动方程和最大能量消散率公式。但是至今未能从理论上用这些方程解析出河槽复杂的变形和位移。于是只能依靠模型试验，用量纲分析推算。试验结果不仅应能得出某一时刻的、而且应能得出长时段内随着时程变化的槽形，以应工程设计的要求。在治河规划里要求的都是通过很长时期——几十年、几百年——的自然水沙流后河槽将演变成的那个趋向稳定的状态。这就是 Prigogine 提出的任何运动在能量消散率逐渐随时空减少的过程中趋向于某个最小值而达到稳定的状态。这个“随时空减少”和最终“达到最小极值”而稳定，每被误解为能量消散率随时随地（空间）为最小。黄万里 1976 年提出的能量消散率随时随地最大的定律，是对比虚拟

的、变分性的消散率，而且是取恒等式的。随时随地最大，则其偏微分是趋向于减少以至某一最小值而稳定。这说明最大能量消散率定律的推论便是 Prigogine 定理。

在这样的试验过程中，给定了入流断面的  $Q-t$ ， $G-t$ ，……等各因素的时程演变情况、以及初始的河槽形状，直到控制断面，就会演变出各时刻的槽形。在这变形过程中，诸方程的参数和槽形都在不断改变中，无异每一时刻所运用的三个方程及其水力解析结果都是变化着的；这在用计算机解析三种所谓“数学模式”是难以正确地做到的，因而不得不求诸模型试验，所谓“物理模式”。

这样由无穷个定时刻对一同发生的水力因素组成的、最后累积到趋向某个阶段的槽形，就是所要寻求的唯一结果。这也可以另外用经验性的关系式得出，就是水文地貌演变的统计分析法。统计法不计较中途变化的过程，只导出其最后趋向的结果，经罗致了全部有影响的因素，性质上则和水力分析迥乎不同。

在河川水沙流力学分析中，某断面在一个  $Q$ 、 $G$  时程中，在涨股段是冲刷的，落股时是淤积的，对整个  $Q-t$ ， $G-t$  时程可能总结果是冲深了槽形的；而对于下游相当距离另一断面则常是淤积起河槽的。接着下一个  $Q$ 、 $G$  时程演变，在该上断面仍会发生涨冲落淤的现象，但整个过程则必相反地改为淤积河槽，而下断面则表现为冲刷了的槽形。一个一个  $Q$ 、 $G$  过程，各断面冲淤轮流地进行着。对于某断面、某河段冲淤总量长期来说，则在河段属于淤积过程或增坡过程（aggrading reach）者必定是淤积的；河段属于冲刷或减坡过程（daggrading reach）者必定是冲刷的。虽其中冲淤率当某一时刻难以定出，但上述定性的结论是可以肯定的。

就是这个简单的道理每为治水工作者们忽视：把淤积河段短时间内发生的涨股刷槽现象误认为这河段可能治理得长期不淤并做到河槽稳定的设计目标，这样就导致出错误的治河方略。错误的根源产生于混淆了同时刻的水力分析和长期内的统计分析。

所以我们制订治河策略，必先辨别清楚，有关河段是属于增坡的，减坡的，还是近于平衡的（inregime）。在平衡河段里，遇有长期的堆积，例如筑坝抬水后在壅水末端所堆积的沙石，会使这壅高和河底坡降平行地上升，逐渐使淤积向上游延伸。在增坡段则最后淤积坡度将更陡于现时的河道底坡。在减坡段内，由于自然赋与的每单位流程的能量超过挟水沙流所需的能量。淤积上延到一定距离就停止了。

不少分析河床演变者采取了不合理的途径：（1）抹煞纵坡关键，单纯去分析河貌平面上是属于弯曲性和分道性；（2）抹煞了下游从控制起向上壅水的作用，

单纯去分析上游水沙入流的作用；(3) 割断了自然水沙流整体的动能--热能体统，取其中一段进行水力分析，或作为模型进行动床试验，在这段落的下游末端人为地制定了一个按初始槽形的永久不变的控制断面。所有这些错误都起因于混淆了水力分析和统计分析的根本性差别。

上述以局部断面为控制，取其上一段落作模型试验、以研究河床演变的作法最为普遍。如图所示，初始河底  $B_0A_0M_0$ 。人们取  $B_0A_0$  河段作试验，在模型中固定控制  $A_0$  点进行试验，水沙流在  $A_0$  处按一定的  $H—Q$  关系出流，试验中  $A_0$  始终不变。这样得出的河床演变显然不会和由遥远的  $M_n$  所控制的实际产生的  $B_nA_n$  线吻合。这里人们援用了河槽控制，割断了完整的动力—热力体统，忘记了河槽控制只适于定床试验，使其结果毫无意义。

# 地貌演变与治河原理<sup>\*</sup>

## 一、地貌演变总说

河道在没有地层抬升或沉降的情况下，总是上游山区受冲刷而减坡，下游平原受冲积而淤垫，河道延长而也减坡（degraded reach）。由于冲淤交点随时变化且不明确，所以中间又加上所谓平衡的一段（reach inregraded）。在下游沉降了的地区，如黄河三门峡以上一长段，也会有堆积性的增坡段落（aggraded reach）。

所谓冲刷减坡和淤积增坡都是指长期内、几十年的统计结果。在某一时刻，随着水流的增减，冲刷段也会出现淤积，淤积段也会出现冲刷。

在山区和平原这两种段落上地貌与河床的演变及其治河的方法是不一样的。总的原则是，冲刷下来的泥沙卵石，要顺势尽量让它下行。除非荒芜山区可以筑高坝节流发电，拦住了卵石；凡在两岸有冲积平原的河段，若坡降较陡，水流较大的，可筑活动坝通航、发电、并灌溉；此外，在综合了许多支流的干流上，则不可筑坝拦沙发电。参考《论三峡大坝对流域自然地理的影响》。

在平原上，河道虽有冲有淤，但长期结果总是淤积的，绝对不可修坝；要尽量放淤抬高两岸的田地，其次是冲沙出河口，参考《黄万里致陈吉余函》。

在最下游三角洲上必须分流。参考《治理黄河分流策论证》。

### （一）地貌演变的过程

关于地貌演变中近海平原的部分，且不从距今一百万年前地质近代史第四纪冰川流行和真正人类的出现说起，只从距今大约一万年上一次冰期遗留下来的大陆架开始。那时在冰流退缩过程中世界气温尚有波动。直到近四千年来气温波动地上升。在华北，万年前海岸靠近太行山，泰山只是海中一岛屿。从太行山和嵩山出来的河流挟带了泥沙入海，斜铺在山麓大陆架上，泥沙逐渐堆积起来，沉积物一面堆高，一面延伸。露出海面后形成平原。这是在冰流退缩后的河流冲积过程（Fluvial process）。

---

<sup>\*</sup> 1987年5月在华东师范大学河口研究所讲稿。



河流从山区带下来的冲积物，其冲积性质决定于原始的岩相（Facies）、其地质构造以及前期的运移介体。在有的地区是上游岩石风化了的砾石沙泥，它们可能都曾经经历过冰川运移（Glacial process）和雪崩运移（Nival process）；在有的地区是从黄土层冲积出来的泥沙，它们先前就已经历过了风积过程（Aeolian process）。

例如黄河中游广泛覆盖着黄土：西起乌鞘岭，东至太行山，北接长城，南连秦岭，总面积 28 万平方公里，厚 100 至 300 米不等。其中堆积着不同地质时代的黄土层，为我国西北沙尘天气所造成。黄河流经这黄土层，挟带了高浓度的泥沙出来，到孟津以下，泥沙铺积在大陆架上，南北轮流改道，堵塞了淮河和太行山下来的河道尾闾，形成黄淮海平原。

在一般平原上，水流使堆积物继续沉积，其前峰为河口，同时向海洋延伸，海岸线也一起前移。这样，平原无止境地前移。

除了上述平原的地表水以外，还有地下水流把土壤中的盐份溶解、化蚀了连同细泥渗出海外，这也影响了平原地貌的演变，称为潜流冲积过程（Subsurface process）。

平原上的泥沙在扩散过程中，其海岸受到风浪、潮汐和海流的冲击，偶尔可能退缩，称为海水冲击过程（Marine Process）。有时发生海漫，使近海区沉积了大量细泥和海生物贝壳，并在其上游形成海淀、沼泽。

这些是近海平原地貌的演变过程。当前的地貌只是演变过程中的某一阶段。

## （二）内陆地貌的演变

在所有上述各种地貌演变过程中，一般以河流冲积过程的作用为最大。在内陆，由降水产生的地面流侵蚀并切割地面，造成了许多溪沟，再汇集成沟壑而河流。在这样发育的过程里，地面逐渐括低，沟溪逐渐加深加密，各级大小河流密布成河网。这些从内陆冲刷出来的泥沙，沉积在原来是海洋的大陆架上，就是沿海平原造陆的原料。

在内陆河流发育史中，这样的地面切割与泥沙运移原是地貌演变不可抗拒的过程。没有它，也就没有海洋边上堆积出平原的现实。人类在平原上要比在崎岖的山谷里或高原上易于生活。所以地质地貌的演变过程对于人类是有利的。例如人们从西安半坡村的遗迹可以看到 6200 年前我们祖先生活的简陋状况，随后到 4000 年前黄帝走出内陆山区到黄海平原上和蚩尤大战于涿州，那时以后其子孙才有服装、车马和宫室，文化开始发达起来。

又在地质历史中地层升降的运动可使内陆水流冲淤的作用局部起变化，原是地面切割的段落可以改为沉积，在内陆范围内也可形成上部沉积和下部切割，或上部切割和下部沉积，前者例如黄河潼关以上地塍区的河段。又人类造坝节流，改变地貌的作用，也使坝上游淤积，坝下游切割。

在地貌发育史中地面的侵蚀与切割使内陆地区沟壑纵横、地形破碎。这种现象与日俱增，初无止境。在同一块土地上，沟道总长度和河网密度不断增加着。切割下来的泥沙滑落到沟槽里，有的当场被迳流带走，有的暂时积蓄着，待随后的迳流移去。所以，决定下游河槽里年输沙量的，是同期的年雨量、年流量及其时程分布的情况，而并非直接是地面侵蚀和切割的强度，它一般大于迳流输沙的能力。这就是为什么四十年来黄河流域据称已治理好了百分之十几水土流失面积，而河中输沙量非但不见减少，却反有增加。

人类利用土地，往往不恰当地安排农、林、牧业，使地面侵蚀、土壤流失加甚。本世纪来提倡水土保持，采用正确的种植业以减轻面蚀，这是必要的。六十年前美国罗德明教授、塔德工程师和瑞典爱立森工程师等著文强调黄河流域土壤侵蚀的严重性，后二人并把其危害作用推广到下游河道的淤积与失治。于是国人普遍认为，水土保持是根治黄河的方略。黄万里认为，水土保持对于下游是不需要的，是不能完成的，是经济上不可行的（详见黄：《论治理黄河的方略》）。

### （三）平原汇域和派域的地貌演变

从内陆河槽出来的水沙流进入海边大陆架后，泥沙沉积了下来，堆高成为平原，同时把河口和海岸线向前推进，扩大了平原。河流在涨水时淹没了两边滩地，退水时泥沙沉落在滩地上，滩岸边堆高出一条自然堤，而清水回槽却冲深了主槽。随后继续退水，主槽仍淤高起来。在特大洪水起涨时可以淹没两边早期淤成的平原，使平原加高，所以冲积平原的地势总是岸边最高，向离河远处倾斜下去的。内陆出来的每条河流都是这样。若平原和河槽一起淤高，就不会形成悬河。

那些源远流长的大河把主槽冲得深些，河口向前推得远些。那些源近流短的小河其主槽浅而高，平原上的河段也短；当汛期冲决岸边改向低处流去，汇入低槽的大河，成为它的支流，不再迳自入海。许多这种支流汇集，同样还有次一级的溪沟汇入支流等等。综合起来，形成平原上的河网和汇域。

这样形成的汇域在承受降水时，把降水转为地面迳流和地下潜流，通过河网，若无支流汇入，总是要沿程淤积的。只有在较多支流来汇，面广流增的条件下，才可能大量挟沙出海。这还须河口浪潮不强，而岸边海流又强，能把泥沙不断输

离河口，才可能使大泥沙输入海中，但是干河及其平原仍是慢慢淤高着的。所以，近海平原及其河槽，长期内总是淤积的，只是快慢有不同罢了，任何治河措施不可能使河槽的长段长期不淤。在离河口很远的山麓平原，看似河道不冲不淤；但当特大洪水漫溢两岸，仍不免于淤积，这时堤防可以起到一定的保护平原的作用。若堤防不决口，两岸不再淤积，而堤内河槽却不断淤高，于是形成悬河。

若内陆出来的水流含沙很浓，进入海边大陆架后，就会淤成一个向上隆起的圆锥体。在一条河槽里它边流边淤，淤积多了则塞槽决岸，决久则河徙，另开一道。如此左右轮流，形成圆锥体。体上流派分出，成辐射形，恰和汇域之支流汇集相反。这种流派的区域可名曰派域。在我国，黄河、珠江是这样的，在美国有密西西比河，欧洲有莱茵河，非洲有尼罗河。支流和流派合称水系，汇域与派域合称流域。

黄万里认为，凡在隆凸的圆锥体上，浓饱的水沙流沿着主槽或流派里前进，沿途坡降渐减，水流只有渗出没有进入，沿途流率亦减，因之流速渐减，淤积是必然的。在某段落某时段可能发生冲刷或临时平衡，但在整个圆锥体上包括河槽和派域是不可能不淤积的。近海平原地貌演变就表现在平原增高，河口延伸上。

#### （四）河口与附近海岸的地貌演变

河口与附近海岸地貌是河流冲积和海水冲击海岸作用下演变的综合结果。此外，存在着渗流冲积的作用，但影响较小，可略而不论。在演变过程中，从一定的河口地貌开始，下列一些因素在同一时刻起着作用：一类是河流冲积作用中的因素；水沙流率  $Q$  与其变率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ，含沙浓度  $\rho$  与  $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ ，具有一定岩相的泥沙均重粒径  $D$  及其分布函数  $P(D)$ ；另一类是海水冲击作用中的因素：岸边的定向海流，风浪的冲击，与潮汐的冲刷。它们可能挟带海中泥沙进入河口港湾，来和河槽下来的水沙流相撞顶；也能冲击河沙，把泥沙带到海水深处，或沿岸输移后再沉积。

近十余年来地貌学者对世界各大河口进行了分类，出现了不同分类法，附图是费许欧等（Fisher W. L, 1969）的分类。其中主要分两类：一类是弱潮陆相河口，以河流的冲积作用为主，海水冲击较弱，河口延伸较快，如我国黄河口、美国密西西比河口等；一类是强潮海相河口，以浪潮海流起主要作用，河口延伸较慢，岸边受浪潮海流冲击，如钱塘江口、长江口（见图一\*）等。长江入海泥沙被洋流向北带到苏北海边，建成新的滩涂。

---

\* 编辑注：此处之图一，及后文之图二、图三和图四，因原稿中已遗失，故本中皆无。

在水流从河槽里扩散出来的过程中，横断面逐渐放宽，相距平均海平面下的水深加深，坡底则先减缓而潜入海后加陡。于是断面均速渐减，河口段落淤，其中在口门附近淤积的称拦门沙。在潮汐上下波动中，涨潮时河口发生倒流，把海区泥沙引进口内，淤积增多。汐流则使水面对海口落差加大，发生冲刷。出口的泥沙可被顺着岸边的海流带去，这样河口淤积较少，向海边延伸较慢，其向河上淤塞水的作用也减轻。总的说来，河口总是淤积的，在弱潮口淤成三角洲，强潮口淤成三角港。

河口顺着流向可以分为三段：断面 I—II，河流上口段；II—III 河流河口段和 III—IV 口外海滨，如图二所示。断面 III 就是口门。

河水扩散入海的过程中，河水和海水混和。（1）若两水原来的含沙浓度大致相同，则悬沙会很快地陆续沉降，在口门处淤起隆突的拦门沙，继来的河水加高并延伸之。（2）若是高浓度的水沙流进入稀薄的海水，则底沙沿程淤积成坎并向前推进。（3）若河水较清，当进入较浓的盐水体时，则口门先淤底沙，而细泥悬以絮凝形式陆续沉降。又海洋中的生物会吸入细泥而吐出团结的泥块沉降下来。

（4）同时海水的异重流形式在河深处沿河底向上游楔入。沉落大陆架的细泥质轻，易受震动而再浮起。

河口段水沙在海面下河槽里前进之际，当涨水时漫溢两岸，并冲深主槽；落水时泥沙淤积在滩地上，形成水面下的自然堤，而主流则继续前进并沿途落淤。槽底淤高后，漫溢会集中一处，沿最大的坡降冲出一口，于是改道。水沙流这样一面前进，一面扩大其范围，形成三角洲，和平原形成过程一样。

但是河口的三角洲同时兼受海潮的袭击：（1）海岸洋流受着由地球在自转中因纬度差所产生的加速度（所谓 *Coriolis effect*）冲刷并带走三角洲上的泥沙。例如长江口外的北行海流造成苏北启东、吕四等的土地（图三）。（2）海洋的风浪打击三角洲，冲去泥沙，其力最强。岸边变形情况见附图四 C。（3）潮汐波动形成浪花（*breakers*）冲刷岸边，其力虽小，但其作用是不断有规则地进行着的，详见附图四 B。虽然潮流可把泥沙冲进河口，但汐流也带出部分泥沙。对建成三角洲来说，河流出来的水沙是建设性的（*constructive*），而海水的袭击则是破坏性的（*destructive*）。河口拦门沙在上述各种作用力下有冲有淤地演变着，其过程须按具体条件分析。总的说来，三角洲是建立起来的，它一面加高，一面向海洋挺进，造成的平地便是滨海平原。

## 二、论长江三峡大坝对流域自然地理的影响

长江出三峡，从四川挟带了大量的泥沙并冲下了河底的卵石到中下游，在地质历史上建立了两湖三江冲积平原，而且仍在不断建立着苏北和上海浦东的滩涂；同时河口向海中延伸，相应地堆积起沙土，抬高着河床和两岸平原。右岸上海浦东 400 年前海岸线在今钦公塘位置，距今线约 4 公里，平均近期每年涨地 10 米；公元 1100 年前北宋时，海岸线在老宝山——高桥——横沔——新场，平均每年涨地 70 米；四、五世纪南北朝时代，海岸线在今上海小沙渡、曹家渡一带，川沙县全在海外，其时每年涨地 30 米。左岸苏北造陆较快：70 年来在地图上即可见到新增启东、如东、大丰、射阳四县，此外图上各县的沙地大都已成为可耕地，估计已增地千万亩以上。合计江苏东疆每年造地至少十万亩，这个莫大的财富是长江从四川等地搬来的。在三峡大坝拦沙后，这些财富将不会如前增长，甚至会受海流冲击，海岸线可能退缩。

在中游当江水高涨，洞庭、云梦、鄱阳、太湖等湖泊起调节作用时，上游带下来的有机肥泥普遍施给了各省洼地，不断维持着有利的生态平衡情况。这在筑坝后就不会再起同样的效用，是不利于农业和渔业的。

建坝后将截断泥沙流一两百年，将永远完全截断卵石流。江河水沙流原是有利于人类的自然现象，建坝对于长江中下游造陆进展和生态环境起破坏的作用。这些作用虽不足以成为否定建大坝的自然条件，但应估计其年均经济损失，从经济效益里扣除，以核算其经济价值。

坝对于中下游防洪和河道治理也有增益的一面：洪水通过水库其峰被抑低，减轻了中下游堤防的负担；其含沙浓度减少，使坝下河槽淘深，增加了过洪能力。但因长江流域太大，一次洪水量历时一个月可达一千亿立米以上，而三峡水库蓄洪量只一百至二百亿立米，所能抑低的洪峰很有限，效果不大。筑坝后开始刷槽剧烈，随着来沙加多而年趋平衡；因中途支流输入泥水，中下游终将恢复其堆积性，河道仍需整治。

建坝对于坝上游来说，加大了河深，有利于航运；淹没了村镇田地，使农业生产减少，这些都可归并入经济帐里，不至于绝对地影响造坝的可行性。致命的问题发生在库水末端的淤积上，这淤积会逐步向上游干支流漫延，抬高两岸坝田的洪水位，使淹没频繁，终至于毁没四川坝田，而不得不拆除大坝。

大坝寿命多少年？能运行发电若干年？无法确知。但它有某个年限，是肯定的。工程存在的年数，具体影响到经济效益，不知其寿命年数，无法核算其经济

价值和可行性。目前无法确知水库的有效运行年限，由于两种原因，容待细细解说。

第一，我们目前无法确知沿着江底滚动的卵石每年有多少输出三峡。目前世界上量测这种底沙（或称推移质泥沙）的输移率尚未合格，况且河床本身也是随着底沙较慢地移动着的，这种输移率更无法探知。目前只略知在河中流动着的悬沙输移率，量测较有把握。表一提供中下游仅有的几个测沙水文站的多年平均的资料，其中不包括底沙输移率，实测到的只占悬沙的百万分之几，但它未能测到全部，总是占实际运移的很小一部分。

四川干支流当中水、枯水大部时期河水是较清的，也就是悬沙很少，但河床却是移动着的。特别是在上游河段，透过清流可以看到河槽卵石在向下泻动着。越靠上游，坡降陡处，50 毫米以上的卵石在下移。只在汛期大流率带动着在大量悬沙，而浑水下底沙更粗更多。估计川江输沙率中底沙实占不少的成份，都没有包括在测到的输沙率中，其量无人知晓，也难以约估。这些无法估量的底沙卵石部分，在建库之后，将没有一颗过坝排出，而沉积在水库末端。

表一 长江水文站 1954~1981 年测得的平均年流量、输沙量（悬沙）

水文站	寸滩（重庆）	武陵（乌江）	宜昌	汉口	大通（芜湖）
集水面积 （万方公里）	86.65	(8.30)	100.55		
平均年流量 （秒立米）	11,100	(1,560)	13,800	22,260	28,000
平均年输沙量 （亿吨/年）	4.65	(0.313)	5.35	4.31	4.91
平均含沙浓度 （公斤/立米）	1.32	(0.637)	1.229	0.614	0.557

第二，这些沉积在水库末端的卵石夹沙，将从重庆逐年向上游漫延，穿过北碚、泸州，再向各支流延伸，到汛期洪水位抬高，将泛滥两岸坝田，重新进行造陆运动。

淤积上延的范围和速度要看原来河床所处的河段。是堆积性的，即增坡段落（aggraded reach），则淤积将进行到出现更陡坡降；或是近于平衡的（in regime），则淤积将趋向于恢复原来的坡降；或原河段是冲刷性的，即减坡段落（degraded

reach), 则淤积只进行一段便告停止。

从上表可以看出, 宜昌至汉口荆江段年输沙量从 5.35 减到 4.31 亿吨, 说明这段是堆积性的。汉口以下长江总是淤积的, 长江出峡以后全程是堆积性的, 两湖三江各省平原本是由它造成的。寸滩(重庆)到宜昌山峡段年输沙量从 4.65 增加到 5.35 亿吨, 六、七百公里间增多了 0.70 亿吨每年, 其中包括最大支流乌江来沙每年有 0.313 亿吨, 剩下 0.387 亿吨每年, 主要是区间的输入沙量, 无法量测。若此量大于 0.387, 则山峡段是堆积性的; 小于 0.387, 则属冲刷性, 此差额太小, 殊难判断, 只能约估这一长段是近于平衡的。至于重庆以上干支流更难凭测站输沙率估量, 只能从河道地形及水文站水位和流率关系线来确定。干支流在上游, 冲淤段落可能交替出现, 须待具体按资料判断。例如岷江出灌口卵石大到半米, 坡降陡到百分之一, 每年内外江必须掏挖, 从灌县到青神, 江身开扩, 称为成都湖峡, 是淤积性的, 灌县上游总是冲积河段, 而青神以下平羌峡冲淤或平衡当待考查。

重庆宜昌段冲淤既是近乎平衡, 则在重庆水库末端的淤积将向上游延伸, 重庆河槽淤高多少, 上游泸州、北碚最终也将淤高这么多, 从而毁坏四川坝田, 为害可畏。

全部卵石和部分泥沙将淤在水库末端, 卵石粗糙, 阻力系数较大, 其淤积形成的平衡比降将较原来卵石夹沙河槽的为陡, 因此延伸段将抬高河槽更多, 其害尤甚。卵石和泥沙运移并不同步, 两者分离时形成的坡降更陡, 此处不再细说。

这一点是否定长江三峡建坝最严重的关键之一。

今天人们却籍河工动床模型试验, 证明水库上游淤积不多, 无碍于航运与两岸坝田。这里笔者必须郑重指出, 近代动床模型试验在力学和模拟的根本理论上并未成立, 用它只能定性, 不能定量。试验只对悬沙, 或分别另对底沙, 殊欠合理。况且底沙原始材料来源不可靠, 试验实无意义。前面谈到, 川江支流低水时清澈见底, 而沙卵石缓缓下泻, 足见底沙输移不少, 未必只占悬沙百分之几。且卵石没有一颗可能出峡越过大坝, 沉积无可免, 上延无可免, 所不知者坝寿终之日罢了。

在四川盆地的边缘各支流峡口及云贵湘鄂各省山区可以修建大中型水电站, 例如已建的乌江电站。那里虽也会发生断流造成淤积现象, 但因支流坡降很陡, 坝底应设排泄沙石设备, 溯源淤积不会发展很远。且峡谷内少有平坝, 淹没损失较小。对于下游影响也较小, 可毋须顾虑。

### 三、治理黄河分流策论证

#### 摘 要

本文提出分流淤灌黄淮平原之策以治理黄河，兼通航运。黄河在郑州以下是一个隆突的三角洲地貌，左右岸没有外来水汇入，只有二十几条流派辐射出海，如左派之一入卫河、经运河、海河往天津，右派之一入贾鲁河、颍河入淮。在这种地貌上水沙流只会步步淤积；修了两堤使淤积集中在河槽里，河床抬高更快。可以证明，任何治河方法，除外加能量挖泥外，都不可能免淤。本文略主张打开大堤二十几个口子，设闸分流，沿着原存流派淤灌广大黄淮海平原。

这个方略在四方面和现行策略对立：一、依靠水土保持或“上拦”泥沙治河；二、整治河道使“下排”泥沙以免淤积；三、封闭了二十几道流派，藉堤塞之策，集流挟沙出海；四、不承认三门峡坝上游淤积在继续延伸，即修小浪底坝。

古今治理黄河，各家策略分歧，迄无定论，但河终积淤。淤多而决堤，堤决而改道，造成水患。解放后认真护堤，从未决徙，但河床每年平均淤高十厘米，河悬加剧，仍未见治，本文提出分流淤灌黄淮海平原之策略治河，兼通航运。经据实立论。逐条推理，以论证其唯一可行性。若有一条不合理，则全盘皆非。如此展论，可便于公开争议。

黄河在上中游流域里汇集了大量降水，流到郑州桃花峪。从此以下，除大汶河外再没有水流进黄河。两岸地貌是一个隆突圆锥体三角洲，洲上散布着向下游分流放射的许多流派，成为派域，而不再是汇水的流域。

凡是在这种淤积得隆起的三角洲上继续通过天然水沙流，全河在长期内是一定要继续淤高并延伸的。某一段落在某次洪流涨落过程里可能出现冲刷，这可以通过实测或力学分析得出。但在一段落里长期内多次洪流过程下，则总结果一定是淤积的，这须从长期观测或统计分析得出。从长期统计河貌演变的角度来看，黄河及其流派沿着流程向下。随着时程前进，坡降逐渐减平，水流逐渐减少，出口逐渐延伸，而海流带走河口的泥沙又少，这四个原因使黄河下游必然淤高。

这些淤积的泥沙在史前经过河槽淤塞、自然堤决口、河道迁移或分流等过程，轮流散布在三角洲上。三角洲以桃花峪为顶点，堆成隆突的圆锥体，面上留有放射式的低水洼道，面积达二十五万平方公里。洲面淤高着、扩展着，进行较慢。在人类定居之后，筑堤堵口，淤积便集于两堤以内，延伸只发生在河口，就进行得很快了。近河口段不便筑堤，于是淤决徙频繁，人们便误认为利津是黄河三角洲的顶点。



在这样的地貌上援用古今中外任何治河法，如束水攻沙、宽河守堤、淤滩刷槽、集流冲沙等，除非另施机械能抽水放淤两岸，而欲使河槽自动维持不淤，是不可能的。这些治河学说的不合理是于该对河槽冲淤作出长距离长时段统计分析的，却运用了针对现象同时发生的力学分析。由此得出，黄河在两堤约束下应令泥沙“下排”的设想，认为全部流水应派给输送泥沙尽量出海的任务，不得分送两岸。这种想法殃成了目前黄淮海平原缺水、缺肥、华北水道不通航的现实。历来学术上普遍的错误认识使国民经济蒙受莫大的损失，未有甚于此者！

世界上凡治理三角洲，没有不是分流淤沙的，有之，其惟黄河。广东三水下的珠江、埃及开罗下的尼罗河、罗马尼亚土耳其恰下的多恼河、印度孟加拉的恒河，巴基斯坦苏库尔的印度河，无不多道分流出海。我们祖先为了防洪而修堤，堵住分流口，是必要的，但这样就加快了河槽淤积。或问当时何不设闸分流，须知当时黄河上看不到一块石头，堵口只靠高粱梗和麻绳捆厢。怎敢筑闸于口门以控制洪水？到今天，用钢筋混凝土和钢板筑闸，能有把握地节制水沙分流，就该从桃花峪以下打开二十几个口门，设闸分流，使水沙广铺在各流派滩地上。其流只会很浅，每年淤出薄薄一层泥沙。

分流不仅疏水分洪，枯水期也分流。闸口底槛要设得低于河底。河堤临背高差 5 米以上，陡坡分流会以高浓度拉沙出槽，刷深大河，使其过水能力大增。从此毋须培堤，永无水患。历史上已成为高堤，足使大河安全过洪，改用作高速公路的路基，并不白修。注意惟有河身悬高，才能刷出深槽，分流排沙。由此观之，当年必先有鲧之堤塞，禹始分流有成。古今治水，其理一也。

分流路线要顺着原来剩下的流派洼道，流路一律取复式断面，要固定住两岸滩槽边坡。每次放水要从口门控制住一定水沙流率，务使淹没两边滩地二十厘米左右。这样会使浑流淤滩，清流回注以刷槽。若水小不足以没滩，则闭闸停放。这样会使水沙远送，而毋须掏挖流路。以往远程输送浑水，或设多道跌水，或横向分流，费工清渠，甚或无成。兹拟每年平均用 300 亿方水轮流淤灌，每块地只轮到十天左右，各水道大部分时间仍在排水。遇千年一遇洪水纵使无坝拦蓄，12 天出流 125 亿方，除部分出海外，各闸分流于六万平方公里上，平均摊水亦仅一两厘米，并无泛滥或泛碱之虞。

在三角洲上土地迫需水沙淤灌，粗沙打底排水，水土保持为了农业，为了合理利用土地，完全必要；对于治河，分流淤灌，泥沙尚嫌不够，并不需要。全面拦截沟壑泥沙，违背自然界上游切割、下游造陆的地貌演变规律，是根本做不到的。1933 年以前国内未闻有水土保持治河之说，美国罗德明教授倡导的乃是防止

那些由于错误利用土地所造成的“人为的加速侵蚀”，用以区别“自然侵蚀”。按黄土高原直壁剥落无法防止，中游河内已储有大量泥沙，出山清流会重新冲起泥沙带走。三十年来水保未见成效，以“上拦”治河是不现实的。

为了减低洪峰，为了次年灌溉，筑坝蓄洪以调节水沙流，仍属必要。小浪底是正确的水库位置，蓄水后可不影响潼关以上河道冲淤。但三门峡水库已沉积了60亿吨泥沙，且已上溯西安。应先改建三门峡坝，降低厂房15米，利用坝下16米落差排沙，可望恢复该项应有的功效。在刷洗秦川积淤后，才可修建小浪底坝。

这个唯一可行的治黄方略可以做到防洪、灌溉、通航、发电的目的，年收效益可达数十亿元。在上游，已修各坝皆应加设底孔排沙，并添置通航设备。在下游，把汛水转化为自流淤灌，兼资航运，大河得以自动淘深，再毋须培高堤防。认识到上拦下排之不现实，黄淮海平原得享其余沥。南水毋须北调，济宁之煤可以直输江南。汛水可灌蓄衡水南宫之库，以便年际调节，地下汲取。如此巨利，厥赖分流。惟其挟沙多，形成庞大的派域，此策方行。黄河本非害河，当人们正确地对待泥沙、对待所形成的地貌，便成为世间最优的利河。

（本文理论详释见黄万里：《论治理黄河的方略》，1976年，《论分流淤灌治理黄河》，1985年，清华大学印行）

上文论证了治黄分流淤灌策之唯一可行性，排斥了古今中外不同于本策的方略。这些方略在下列各论点上和本策是对立的。只有克服了这些论点，治黄才可能上轨道，就是所谓不破不立。

（一）要端正对于泥沙的态度：不要拒之于千里之外，即在源头搞水土保持——“上拦”；而要让那些已经剥落到河槽里的泥沙继续随水流下去。这是由于下游本来迫需水和土，毋须在上游保持它们，而上游也不可能全面地保持水土，从而减少输沙量。

这个问题应请专业于地质学、地貌学者的论证。在十八世纪末 Hutton, Playfair 和 Lyell 等原都承认水流切割河槽为自然规律，但在十九世纪初曾引起争论，到世纪末才又肯定下来。二十世纪二十年代金陵大学教授美国罗德明提出水土保持在我国的重要性，又经美国工程师塔德等著文强调，1933年大决口后李仪祉也认为根治黄河应靠上中游水土保持。从此国内普遍信任水土保持治黄之说，实则它只可应用来防止“人为的加速侵蚀”，对于普通的“自然侵蚀”是无能为力的。

必须提醒大家：就在这块黄河快速淤成的三角洲上曾发扬了我国固有的文化，引起了汉满蒙三族的中原逐鹿与文化混和。仅在六千年以前，西安半坡村遗址显示了祖先还在黄土高原上过着用石器和陶器的简陋生活，只有在四五千年前黄帝

来到这块平原后，才有服装、车马和宫室。我们不能忘本，一定要端正对于泥沙的态度，要承认黄河大量挟带泥沙的好处。

在十年来水土保持已施于上中游 30% 的面积，而未显成效，出峡水沙流不减。既避作理论解析于先，复拒付实践验证于后，而治黄立策又称仰赖于“上拦”，是无异谓河不可治也。

（二）古今中外策治黄河，无不旨在排沙出海，沿程不淤，使堤防无虞，认为这是做得到的。本文的观点是对立的，认为水沙流通过隆突三角洲，淤积是不可避免的；在两堤挟持下，淤积更多更快，据此提出多口分流，在仍承认必淤条件下，使水沙淤灌于广大流派滩地上，同时解救了河南北缺水缺肥、不能通航的困难。古人塞疏之争，就是籍堤防集流输沙出海，对立于是多道分流散布水沙。前者为当今公认的治河原则；作者则主张，不仅汛期疏水，枯水也分流，恢复三角洲原来各流派出海的形貌。黄河两岸还有三千万亩沙荒地，废弃无用。分流淤灌正可改造荒地为良田。

作者还指出，三角洲无汇流者必淤的规律必须通过统计分析得出，通常的错误在于用对现象同时刻发生的力学分析于长期间长河段里该用统计分析的情形，因此得有可能短时段发生冲刷的现象。这个问题属于水文地貌学，从专门的分析不难明确。

（三）反对分流的人又认为高浓度水沙会堵住流路，不堪掏挖，难以维持分流；泥沙因此也无法远送。有两种错误方法流行着，造成这样堵塞：一是高渠分灌法使泥沙沉淤槽底，1930 年内蒙萨拉齐民生渠引黄河水，一次便淤塞而废；一是分级跌水，使淤积集中在跌水上游，以便掏挖这些沉沙地。1981 年冬黄河潘庄闸放水济天津，每立方水耗资一元以上，便是耗资巨大之明例。

作者主张用复式断面沿原有流派淤灌，则毋须掏挖。淤积只发生在两岸滩地，而中槽得自动掏深。还可在原流派上首设闸开支渠，再分流淤灌，以扩大受益面积。这措施要求闸口底槛设置很低，以便刷出大河底沙；要求每次放水必没滩面；要求滩岸槽边固定住，若塌岸便淤槽而失败。凡在原剩流路如此安排，便能远程输送水沙，渠槽易于维护。凡横过流路引黄河水远程输水，则非外加动能，籍管道施压输水不可；例如明渠从博兴引黄水济青岛，则非淤塞不可，不单是经济上浪费资金几倍。

（四）人们都认为应加修小浪底坝，以拦蓄水流、降低洪峰，这一观点是一致的。但对于河沙，大多认为修坝可以拦沙，以减少下游河道淤积，而不影响中游坝地。作者则认为坝淤积到某一程度后，应令其下泄，以淤灌两岸，水库对于

沙流，亦似对水流应起调蓄作用，而不是拦沙以减沙流。

一般认为，三门峡坝历经多次改修，降低了冲淤基面，黄河北干流和渭河不会再继续淤积。作者则从来认为，潼关基面不会因此降低到原来高程，致使其上游淤积将继续延伸。现已证实西安草滩已淤高一米多。作者提出了降低出口水面15米，改造三门峡坝，使能吸沙出库，籍以解救对渭河两岸之危害。必此有成，才可修建小浪底坝。

上面四点是分流淤灌策和目前执行的“拦、排、放”治黄策的对立方面。孰是孰非，也可就这四方面争辩，这四点联串起来，就是前面逐条立论推理的过程。从来治黄之策众说纷纭，如此分析便于就题争议。

分流策效益显著，除保证防洪外，淤灌、通航、水电年收益应达数十亿元，设计分流闸、整治流派、改建三门峡坝，皆是创新工作。这方面规划设计或有失误，后之人将用来推翻方略前提，这是不公平合理的。作为提策者，愿为之逐题答辨，以显示其唯一可行性，并早见其付诸实施。

更有进者，方略不仅是规划设计的前提，也是勘测研究之前提。分流策唯一性成立，也排斥了一些优先研究的题目，如明渠高浓度远程输沙等，而提供了一些新的研究题目，如复式断面沙流的水力特性等。

# 增进我国水资源利用的途径<sup>\*</sup>

## 提 要

本文解释中国水资源丰富且年内逐月分布合适的情况的原由，列举了北半球各地年降水量和年内一月及七月气温的资料，以资比较。其次说明地区或流域水资源的意义和估算主水资源量和客水资源量的公式，区别了可利用的和自然存在的水资源，把可利用的水资源量分析为当地有效雨量、深层有压地下水量和外来值得引用的水量。最后提出增辟我国水资源的四种途径。分析了我国水资源用量和无霜期中气温、日照和降水量等诸农业气候的关系。

## 一、丰富的中国水资源

地球上的水作为人类的资源，用于生活、工业和农业三方面。这三方面中生活用水最重要，但需要量最少；农业用水最多，但每方水的使用价值则远较生活用水为低；工业用水的需量和重要性则介乎两者之中。例如北京市农业用水量约占全部的 66%，工业水量约 27%，生活水量只有 7%。在缺水的地区，农业、工业用水例应依次让给生活用水，这应明文载于用水法中。所以，所缺的水量指农业用水。在给水工程经济核算时，工程效益也是针对农业用水的。讨论一个地区水资源主要是针对农业用水量。

供给农业用为主的水资源首先是当地的降水，其次是当地的地下潜流。但是为了增产，这些当地水每不够用，必须依靠上游汇集到本地的径流，后者是由上游汇水面积上的天然降水量扣除了植物蒸腾和地面蒸发量等之后的地面径流所形成的。上述三种水的来源可大致以当地年降水量为主要指标。地区上游的年降水量比较和它接近。所欠缺的是，上游汇集面积或大或小，可影响所汇集到本地的径流量大小。下面将讨论具体计算地区水资源合理方法，这里先以年降水量这第一指标反映地区的水资源，用来和其他地区作比较。相对于地区实际的有效水资源，年降水量这一指标过大之处在于它大于灌溉有效降水量很多；过小之处在于

---

<sup>\*</sup> 自然资源学报》，1989 年 10 月第 4 卷第 4 期。

当上游汇流面积过份大的情形，可通过本地区外来的引用径流很多。

通过地区下游末端河流断面的径流量代表这地区及其上游已经用掉后剩余下来的水资源。却不能单独地代表本地区的水资源。在一条河的出口径流也只能代表这条河水用剩后的水资源，却远非这河的可用水资源。

北半球各地年降水量与气温分布可以说明中国各地和世界北半球各地年降水量对比农业用水需要是很丰富的，这可以从下列几方面来分析。

1、我国东部平原是广阔的可耕地，在北纬  $20^{\circ}$  至  $45^{\circ}$  之间近海年降水量自 2000 毫米向北递减至 500 毫米。北京北纬  $40^{\circ}$  多。年平均年降水量有 600 毫米左右，对比西欧北纬  $50^{\circ}$  上下的西欧各国首都巴黎 600，伦敦、柏林、华沙、莫斯科等 550 毫米，大致相近，主要是由于我国大平原的纬度较低之故。而北纬  $40^{\circ}$  的马德里也只有 425 毫米。再南上海增至 1100。香港、广州约 2000 毫米，雨量之多更非欧洲各国可比了。至于东京有 1,750 毫米，因它原属岛国；美洲西岸涉海的 Vancouver 有 1,050，三藩市只有 525；大陆中部 Denver 只有 300；东岸纽约则有 1,075 毫米；因其濒临大洋，地近半岛之故。印度德里处北纬  $28^{\circ}$ ，也只有 650 毫米。美国南部 New Orleans 濒海，北纬  $30^{\circ}$ ，稍北于我广州，也只有 1,450 毫米。

所以，对比世界各地，我国年水量是丰富的，主因是地理位置，濒海地纬较低，至于比纬度相近的各地雨量也较多，则另有其他原由。

2、我国雨量充沛的第二原因是我国季风（monsoon）气候的特征：夏季太平洋高压输送大量水汽进入大陆东部的低气压区；另外有北方高压气流南下。当这干冷气团和东南亚来的湿热气团交绥成低压槽或气旋，在西风带内东移入海的过程中就沿途降雨，其面积大、强度大、历时又久，是我国夏雨的主要成因。这种东南湿热气团十分强烈，要比西欧西风带内从西边海洋来的的湿暖气流强得多，故成雨也多。相反，冬季大陆西北乾冷气流强烈，横扫全国东部南下，能成的雨雪很少。

另外，夏季从太平洋移动的热带气旋十分强烈，在东部平原登陆形成飓风（或称台风 typhoon）暴雨。其量亦大，影响延及华北平原以北；而且出现频繁，不减西来气流。这是我国夏雨霪霏的另一主因。

我国东部离海不远山脉绵延，也使上述两种湿热气团容易形成地形雨。这也是一种多雨之因。

3、我国雨量充沛的第三个原因是由于欧亚大陆实为一洲，西起西经  $15^{\circ}$  至东经  $180^{\circ}$ ，宽度超过半个地球，远远宽于北美洲大陆；而中间西藏高原虽高于北美的洛矶山脉，但南部是平原，且有丝绸之路相通，这样的陆地分布情况使我国大

陆气候的强烈性盛于北美的。亦即陆海分布造成的夏季东南亚湿热气流强于美国的，从而使雨量丰富，盛于美洲大陆。

我国的夏季东南湿热气团可西入四川陕西，台风影响可西达东经  $112^{\circ}$  的荆州，于是离海千余里的重庆雨量竟过 1,075 毫米，而美国的 Denver, Colorado 只有 300 毫米。芝加哥近五大湖，故还有 800 毫米。这些地区虽位于西风带，在我国，强大的东南气团夏季仍能西入内地、使川、贵、陕诸省雨量相当充沛；虽夏冬雨差异很大，但其总量则较大。西欧和东北美国年内降水虽较均匀。但年总量则较小。

单以当地年降水量作为当地水资源的指标是不够的。假如当地雨量很小，例如非洲埃及开罗年雨量只有 3 毫米，而尼罗河长约五千公里，其流域面积积极广大，相对于埃及地区和尼罗河三角洲不知要大几十倍。按阿斯旺坝导出的年流量可以代表开罗下游三角洲的水资源。这些水都是从外地来的，称客水资源。

所以，当地年降水量是主水资源的指标，它乘以地区面积就是主要水资源量；而从外地引来的径流乃是客水资源。其量决定于外地的水文条件，两者皆不可偏废。必须指出，决定客水大小的仍是外地的年降水量，它总是水文条件的主宰。

我国的水资源情况是，不仅主水——年降水量充沛。而且客水也丰富，主要是由于客水的承雨面积大于主水面积几倍。因此，本地降水不够，尽可引用河水。例如长江下游江南一带，年雨量有 1100 毫米，种两茬农作物需水量仍不够，江苏的农人可以随时从河浜里用水车踏起水来灌溉。笼统地说，长江流域总面积达 1,808,500 方公里，合  $27.13 \times 10^8$  亩，其中可耕地约  $7.33 \times 10^8$  亩。这就是除本地雨水外，另有两三倍面积的土地上集流可及时地供应灌溉或其他用水。这样的自然资源条件是很优越的。

黄河郑州以下地形是隆突的三角洲，黄淮海平原面积达 25 万方公里，因为黄河两大堤把水流迳送入海，只有当地的降水供给灌溉，其他虽有太行山各河东北向流出海外，但可提供三角洲平原的水不多。实际上黄河流域有 75 万方公里，如果人们一旦认识到黄河必须分流，即可防治汛水，又可淤灌两岸农田，那样黄淮海平原也有三倍的土地面积承受雨水。可以集流分灌来供给各种用水。

所以客水资源丰富，可以保证主水资源之不足，也是我国水资源充足的原由。

## 二、中国水资源合适的年内分布

当地年降水量既是水资源的一个重要指标，上游可引用的来水也是一个指标。它决定于上游的年降水量和受水面积。总之，在全部水文因素——降水、入渗、

渗漏、径流、潜流、蒸腾和蒸发中，降水是水资源最好的一个代表。只有很干旱的地方，外地可引用的径流或潜流才能代表这地方的水资源，而这些水流仍来自那里的降水。

水的用途主要在农业、农作物的生长与结果是按照季节时序的。而降水量在年内的分布也是随着季节变化的。所以水资源的年内分布，主要就看年内降水量的分布。及时的降水，所谓“及时雨”，是指雨降落在农作需水的当儿。这些雨量被植物根须吸收，随后再蒸腾掉的，称为“有效雨量”，它只占总量的一部分。另部分雨落在农作不需要的时期，随后便蒸发掉；或下得过大，土壤不及吸收而成地面径流，都是对当地无效的雨量。

降雨的年内分布可以反映水资源的年内分布。作物的农时是人们根据降雨在年内平均分布的情形、和作物在无霜期内适合生长的条件所设计出来的。一茬、两茬、或两茬半的农时，经安排得使作物在气温合适、雨量及时的情形下生长起来。这种安排是人为的，是顺乎多年平均的自然条件的，是尽量迁就当地作物需要的气温的自然量的。在雨量欠缺的时期，就吸取地下水或从上游引水灌溉。

如果降水大部分发生在夏季气温高，作物盛长的时期，而很少发生在冬季有霜期，作物不生长的时期，这就是水资源年内分布得合适。我国的水资源年内分布就是这样，这就是最好的天然降水分布情形了。显然，这比水资源年内平均分布反而好，那样，夏季水不够用，而冬季降水没有用处。这比冬季水多于夏季更好。所以说，我国水资源不但总量丰富好，而且年内合适地不均匀分布也好。

我国降水量年内这样地不均匀分布是由于强烈的大陆性气候所造成的，夏季海洋中强烈的湿热气团深入大陆内地、产生频繁的暴雨；冬季西北强烈的干冷气团驱入海洋，产生全国晴朗的天气。美洲东南部、印度、巴基斯坦也有相似的气候，其湿气不及我国的强盛。唯有这样的大量雨水（1500—2000毫米）才能种植水稻。其粮食亩产量近似于西方普通种植的小麦，这才可能支持全国十一亿人口的农业。如果雨量年内均匀分布，就不可能支持偌大人口。

美国北部气候为温带气旋所控制，每七、八天有一个低压中心由东去，沿途降雨或雪，冬季也不辍。东北新英格兰六州年内雨量比较均匀，显然冬天的雨雪于农作无用，他们每年只种一季作物，闲着一季种牧草。在西部广大的平原农业开发后，美国东部农田甚至荒废，自然地变为森林。这是美国地广人稀使然。

西欧平原和美国洛矶山以西海岸为海洋气流所控制、冬季雨量颇多，甚至每发生洪水。这些水天寒无用，有的蓄起来为翌年春夏用。他们也大多种一季。间着一季可以恢复地力。



我国良好的水资源年内分布却存在着一个严重的缺憾：我国东南部各省和西部四川贵州等省在早春黄梅雨未降以前，小麦等小春作物（阴历十月荆楚天气和暖如春，凡秋季种下者通称小春作物）收割后，田间缺少水来泡湿土壤。在江南、溪沟纵横，可以随时踏车汲水，在四川，须待上游山区融雪发出春水后，才能灌地泡田。全部田地须在一至一个半节气（每节气 15 天）内泡好，以备插秧。这个很大的泡田需水量在限制时段内灌足，是决定引水工程大小的控制流率的根据。华北平原，人们依据每年无霜期内逐月气温的分布。争取两季农作，把前一茬小麦分为两段时间在两个年份内生长，秋天玉米或棉花收割后即先种下。经过一段绵长的冬眠时间，翌春夏苏，以后从四月生长到六月初收获。这期间需水殷切，俗谚“春雨贵如油”，却正是全年中农作最缺水的时段。春灌缺水，全国五月份皆如此。原因是，我国大陆性气候当春季西风 and 东风交换之际降雨较少，而我勤劳的人民一定要利用有限的耕地种成两茬或更多；只在东北、西北地区无霜过短，才不得不只种一茬。华北越冬小麦隔年分两段时期生长，使六月初收获后接种的第二茬玉米、棉花享有良好的气温、日照、和雨量浇注，正是我祖辈农民创造的奇迹。假使把两茬在同一年内的连续无霜期间耕作，则上述诸气候条件反而不合适，农产将减少。所以，春雨的短缺，已是农作在最优的安排下所不得已出现的缺憾。我们假使也象美国那样地广人稀，一季粮食，一季牧草，就毋庸这样精打细算地安排农作了。

当然，为了增加单位面积粮食产量，虽在夏秋也需要客水增灌农源总量还不够，也总有不及时的情形。而春耕缺水，则是客水资源最起作用最迫切需要的部分。

至于水资源年际的差异，则在我国是很突出的，要比其他国家的差异剧烈。这是由于主客水资源都决定于上下游的年降水量，而后者在我国各地都决定于夏秋雨量，这些雨来自南北两气团的交绥和太平洋的台风，逐年变化十分剧烈，因此影响到主客年水量也差异剧烈，不象欧美的这些条件比较和缓。用统计学的术语说，就是我国年降水量和年流量的离差系数  $C_v$  比他国地区和河流的大。相形之下，这是不利的水文条件。我国人口又多，生活依赖水资源的程度十分重要。一遇干旱，田地龟裂。历史记载有人民逃荒和人吃人的惨象，斑斑可考。补救之道在于地下水 and 水库储水年际调节的联合运行。

### 三、估计水资源利用量的方法

对于一定地区或流域，自然界存在一定的水资源。自然资源可分为三类：当地的降水，当地地下的潜流，和从上游下来过境的河中水流与有压潜流。前两者为主水资源，后两者为客水资源。

主水资源每不敷用，必仰给于客水资源。自然存在的客水资源量可能很多，远大于地区或流域的需要量，或大于值得引用的水量。例如长江出口平均年流量多达一万亿（ $10^{12}$ ）立方米，这是上游整个流域剩下来的水量，决不能看作是流域的水资源。水资源也可能很少，不敷引用，例如华北地区日益扩大的农业用水使客水不够用。

只有在水资源不够的地区，自然存在的水资源量等于水资源可利用量。在水资源丰富的地区，人们需要估计的利用量小于自然存在的流量。

由于水资源的主要用途是农作灌溉，所以估计水资源用量，应沿着降水后的水文现象和农业用水的情况之间的关系去考察。

考查地区或流域的水资源，可从其中任一地点上降水和用水的情形出发，并按受水面积集合起来：设某一地面点上降雨率、或雪露冰等的融化率为  $\frac{\partial P}{\partial t}$  其中 P

为 t 时内的雨量；入渗率为  $\frac{\partial I}{\partial t}$ ，I 为 t 时内的入渗量， $\frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial z}$  为单位面积 dx dz 上的单面流率，Q 为流率， $y=y(t)$  为随时演变的地面流水深。按连续方程原理（黄万里：《论地面点上降雨产生迳流的过程》地球物理学报，第四卷。）

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial z}, \text{ 当 } \frac{\partial y}{\partial t} \geq 0 \quad (1)$$

在降小雨或降雨初期，地面还未湿润，地面上的坑洼还未充水，其时可能入渗率  $\frac{\partial I}{\partial t}$  很大，上式后两项皆等于 0，所以，

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\partial P}{\partial t}, \text{ 当 } \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

式（1）只适用于  $\frac{\partial y}{\partial t} \geq 0$  的情形。

入渗量 I 储蓄在土壤包气层内，部分供给植物根须，从而蒸腾出叶孔，这些植物真正利用到了水量 T 却远比降水量 P 和入渗量 I 为小。这是由于下列原因：

(1) 年降水量中及时供给植物用水成为“有效雨量”  $P_e$  的部分不多：植物非生长期内的小雨雪，没有用处，随时都转为地面蒸发，(2) 生长期内的及时雨在式 (1) 的情形下，超渗雨的后两项当时流掉，或后来蒸发掉，都无补于植物生长：那些渗漏到地下水面的水量则可能后来用上。(3) 全部利用到的及时雨量中转分为蒸腾 transpiration 和地面蒸发 land evaporation 两部分，前者是真实吸收的水量，后者是无可避免伴随着蒸腾的雨量中的地面蒸发部分，因此英文中新编了蒸腾—蒸发 evapotranspiration 这个名词，在式 (2) 降小雨或降雨初期的情形，全部雨量或放渗量也象及时雨一样只利用了其中蒸腾的部分。

单从理论上讲，一茬作物全部生长期从降水获得的蒸腾量是实际的纯有效雨量，其值可由农作生物试验中得出，此值除以同期雨量便是“纯有效雨量系数”。但此值是没有实用意义的。因为有效雨量中地面蒸发是不可免地伴随着蒸腾的。滴灌最省水，原由就是因为它能省去大部分地面蒸发。我们只能按植物生长期间的降水量扣去地面径流量作为当地的有效雨量。这量比较接近主水资源量，至少是一个合理的指标：

$$P_e \approx I_e \approx \int_0^{t_D} \frac{\partial P}{\partial t} dt - \int_0^{t_D} \frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial z} dt \quad (3)$$

式中  $t_D$  年内降水的历时， $P_e$  和  $I_e$  相应是年内有效降水量或入渗量。

另一项主水资源量是当地的地下水，包括浅层的和深层的可得潜流量

$$G = G_s + G_d \quad (4)$$

浅层潜流量  $G_s$  一部分是入渗量  $I_e$  所提供的；总之，是主客  $I_e \approx P_e$  的产物，在计算大地域总水资源量时不应重复的。数量涉及引水工程（包括自流或抽取）的经济效益问题：值得引用的或引水工程可行性成立的流量应是可利用的客水资源量  $Q_{ye}$ 。具体计算经济效益十分繁复，因此人们简略地把河中总的过境年流量  $Q_Y$ （多年平均值，每年立方米水量）称为水资源总量。这样估计，在长江流域和长江以南各流域，除了山区的坪坝以外，必嫌其值过大，无法全部利用，也就是超过当地对客水资源的要求；在华北，它尚能反映客水资源量，但并不是这地区或流域的总水资源量。

综上所述，一地区或流域（面积  $A$ ）可利用的水资源总量， $V$  立方米 / 年，应是主客水资源量的总和：

$$V = \int_A P_e dA + G_d + Q_{ye} \quad (5)$$

#### 四、增进我国水资源利用量的途径

增进水资源利用量的途径不外开源和节流。水，不论主水或客水，都来自空间降水。人工降雨只能促使本地已有的水气降落，原子爆炸对于大面积气压的影响不大，都不能增加多少降水量。所以开源无望。只能节流。节流之道就是要对当地和上游汇水区的降水量尽量利用，以减少剩余的水量排入江河。这江河水量的多年平均值——年流量，就是那被人们误认为流域水资源的数值。

水资源用途主要是农业，增加水资源用量主要是为了增加农业用水量，其次是首先已满足了生活用水和工业用水，因此，研究增进水资源利用的途径，应循着降水后入渗、径流、潜流等现象和作物生长中用水情况之间的关系进行。

增加水资源利用的节流之道不外乎涵养水源、调蓄水流和减少蒸发三条途径。总的结果是增进消耗在植物生长中的蒸腾和生活、工业用水中的蒸发，减少径流和地面蒸发，这样来改变自然界水文循环中的平衡方式。

据此，增加水资源用量有下列几种方法：

(1) 在山区利用地形筑坝修库，调蓄水流，以便及时灌溉农田或其他综合地用水。这是通常采用的方法。

(2) 在开垦的平原上和山麓下沿等高线广开截水沟，拦蓄地面径流，辅以渗水沟井，使水蓄在地下，备灌溉时吸取。沟井联合运用，渗水较快。近代辐射井，在井底圆周用六道管向四围凿进，水流在高压下速度较大。这种平原沟井渗蓄法国国内尚少开展，是重要的地下蓄水法。

山区地面水库要和平原地下水库联合运行。水库蓄满以前可先导水移入地下，以免溢洪弃水。

以上两种方法都属于调蓄水流一类，在式(5)中可分别增加客水资源  $Q_{ve}$  和有效雨量  $P_e$  之值。(3) 在春灌时尽量抽取地下水，使水位埋深至少低于地面下3或4米，甚至7至8米；等待接着来到的雨季承受入渗的雨水，使最多回升到3或4米埋深。这样做，是因为根据实测凡地下埋深3到4米以下的土壤水不会从地面蒸发掉，可以成为储藏着的水资源；而埋深浅于3至4米的就会白白蒸掉，雨季前预先抽低地下水，就是要挽回这份浪费掉的地面蒸发量。

这种运用地下水的方法是作者1977年提出的，《论开辟地下水资源的原理与方法》，工程勘察，1980年，在河北石家庄地区等久已广泛应用。这方法的性质在式(5)中是间接增加有效雨量  $P_e$ 。

预降地下水位，不仅增辟了一宗新的水资源，还起了治理洪、涝、旱、盐四

害的作用。这宗新辟的水资源为量也不小：通常每年总有两三场大雨，其雨水能渗透土壤，占年雨量的 10% 至 15%。对比原来较高地下水位的情况，在华北年雨量 600 毫米的地区，这措施可增辟 60 至 80 毫米的有效年雨量。

(4) 在山区造林植草，以涵养水源，增进水文小循环的运动量，从而增进降水，径流和潜流，并增加水资源的储量和动量，在式 (5) 中增加了  $P_e$ 、 $G_d$  和  $Q_{yc}$  三值。只有这个方法是属于开源的性质。

前面议论的水资源都是循环运动中降水，径流和潜流各阶段可以转化为蒸腾、蒸发等活的水量，其平均值以每年若干立方米计。

这些活水资源中不包括大气中的水汽，地面上的冰山、湖泊、水库的死容量以及地下的岩溶水、基岩裂隙水和古河道地下水库的死容量等长期储存的平均水量，概以立方米计。但这两类水——活动的和呆定的，可因生态的变化而相互作用着。例如植林种草能涵蓄水源，促进水份循环运动。增加枯水期流量；这就是从大陆死水量的增加促进了活水资源量的增加。

讨论我国水资源的供需问题，最好按地区来分别考查，在东南、西南、和华南各省、水资源的供应是充足的。长江流域居住着约 3.5 亿人口，每人每年按 1,500 立方米用水计。每年共用水量约 0.525 万亿立方米。在耗掉了这么多水量后。长江出口平均每年还余约 1 万亿立方米，也就是长江流域约有 1.5 万亿立方米水资源。只耗掉了其中三分之一，乘余三分之二出海，水资源是极其丰富的。其他华南、西南各流域水资源也很丰富，没有匾缺之虞。当然这都是指多年平均值来考虑的，在极度干旱的年份，历史上记载有饥饿死亡的事实。

在华北，水资源远不如华南充沛，耕地面积虽大，但气温较低，雨量较少，农作物每年仍有两茬，水量当然不够。但黄河每年尚有 300 亿立方米水量入海，说是为了负担输送泥沙出去的任务。假使运用正确的治黄策略，把水沙输向黄淮海平原，则缺水情况就可大大减善。在东北、平原广大，气温低，无霜期短，只可能每年种一茬。所以降水量虽少，也足够了。在有客水资源可供灌溉的地方甚至种水稻，并无水资源短缺的严重问题。在西北，天寒而降水更少，即种一季作物也难维持。水资源短缺最为严重。

从上面叙述的情况可见，我国农作物在各地区都是依据当地的农业气候，即无霜期内气温分布的具体条件安排的。这种安排总是使农业用水比平均气候提供的条件要高一些，遇丰水年可收获多些，足够抵销枯水年的欠收，以尽量发挥自然界提供的气温、日照和降水的条件。唯其如此，我国才可能支持偌大的人口。尽管还有许多客水资源未曾充分引用，在华北、东北；西北充其量加以利用后，

他们有限的水资源总量是可能估计清楚的，这些年水量分别除以当年享有的水量可以反映各地水资源贫乏的程度；但是必须同时指明各地相应的无霜期、气温、日照等条件，才能作有意义的比较。至于华南、东南、西南、水资源可以得到充分的供给后还有余，把自然年流量除以当地人口，所得人均年水量并不能因它少于其他国家而表示我国水资源贫乏；因为我们已经充分利用了水资源还余，他们地广人稀，故而河中剩余的水很多，人均年水量很大。相反地，这恰恰说明我国人民的勤劳和智慧。

## 五、总 结

《自然学报》1989 年 10 月第四卷第四期登载了作者上列题目一文，编者按语有“作者认为我国水资源丰富，这是一种新的观点。……欢迎来文展开讨论。”此后 5 卷 1 期载出黄让杏、何希严先生等文章。下面总结个人意见，详见中国地理学会水文专业委员会第五次全国学术会议论文集，黄万里：《论降水、川流与水资源的关系》。

一、人类在四方面利用自然水作为资源：（1）水量资源包括生活、工业、农业和减污用水，（2）水体资源包括航道和环境用水，（3）水能资源，（4）水产资源。后三种用水并不或较少消耗水量，通常所称水资源是指本地区后三种水在原来利用着的情况下的水量资源。

二、农业用水占总用水量的绝大部分。由本地区的有效雨量直接供给的是主水资源，它往往不能及时，其总量又常不足。例如我国两广年雨量多达 2000 毫米，合每亩水量  $1,333\text{m}^3$ ，仍不能及时地供应三茬农作所需的  $2000\text{m}^3$ ，还须吸取川流。凡从本地以外引用的地面径流、地下潜流或川流，称客水资源。生活和工业用水需量对比农业用水很小，只能取自川流和井流。

三、那些从地面上留不住的径流和地下潜流进入河槽，成为川流。这是地区用水剩余下来、排向下游，最终出海，包括洪流在内的水流。当然川流中一部分还可抽起来利用，但受着许多限制：在通航河道里必须保留足够的水流以维护航行所需的吃水深度。在不通航河道里必须保留适量的减污流水。在汛期洪流是不值得调蓄的废弃水流。所以川流全部根本不是地区的水资源。我国河川年总量  $2.71 \times 10^{12}\text{m}^3$  中有  $2.46 \times 10^{12}\text{m}^3$  年水量出海，乃是全国用剩余的年流量，并非水资源。所谓我国人均年水资源量  $2,600\text{m}^3$ ，列为世界第 88 位，是错误的。

四、水资源的多少决定于：(1) 可耕地的面积，(2) 本地无霜期内气温、湿度和日照等气候条件，(3) 这期间的有效雨量和(4) 值得从他处调用的迳流或川流成为客水资源。

五、我国是全世界水资源最丰富的大国，其时空分布也较合适。这可以从水文气象原理、实测有效雨量和引用川流，及人口实用水量统计几方面来证明。我国在各地区耕地上无霜期内所利用到的有效雨量与引用川流量所合成的水资源总和，在全球为第一位，所谓第六位是指剩余的川流。

六、我国和北美东部同属大陆气候，却较西欧海洋气候同在西风带的有效雨量为多。后者虽西滨大西洋，气候温湿，因而陆海气压差较小，西部平原成雨少，伦敦、柏林等年雨量只有 550mm，且冬季雨多，年只一熟，毫无用处。欧州山区和北欧雨多，地寒无补于农。只有南欧地热可种两季，雨却不及北欧多。苏加北美皆冬季雨多，年只一熟，川流多而无用。唯有我国东南广大平原，年两熟至三熟，降雨 1000 至 2000mm，且植水稻，山地面积三倍于平原，客水亦丰，西北东北地广天寒，降水足供一熟。时空分布皆称善。

## 关于以堰流水位量测不定流问题 \*

**缘起:** 在目前水沙流分析中大多假设恒定的水流和水沙流,以致忽略了  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  和  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  的作用。从水文站实测资料中可以看到,河床冲淤和含沙改变受到  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  比  $Q$  (恒定的)的作用大得多。在试验中因随时程  $t$  变化的输沙率  $G$  是  $Q$ ,  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  的函数,而  $Q$  和  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  又不便实测,只能通过下游控制着的堰流水位  $H$  推算,但  $H$  又是  $t, x$  的函数。所以我们必先得出不定流的  $H \sim Q$  关系。(河道中的和试验槽中的水位流率关系线),不定流中,  $Q = Q\left(H, \frac{\partial H}{\partial t}, \frac{\partial H}{\partial x}\right)$  (1)。这种关系式至今水力试验手册中缺少,实为当前迫切需要研究的课题。

有了此式 (1),才能进而试验研究  $G = G\left(Q, \frac{\partial Q}{\partial t}, \frac{\partial Q}{\partial x}, \zeta\right)$  (2),即河槽或试验槽中输沙率  $G$  受水流  $Q$  和  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  等的影响,这是后话,也是不可缺的水沙流研究课题。这题将大大改进目前  $G$  的变化,只随  $Q$  而不随  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ,  $\zeta$  的落后状态。

再向前追究一步:目前人们通用的 Chezy  $C$  或 Manning  $n$  都是在恒定流基础上试验或推算出来的,据此假定不定流时这糙度系数保持不变,这是不合实际的。这是第三个需要研究的课题,即不定流中的  $C, n$  值。

适吕孝祺等同志去山西省想制订支流上一般性的  $H \sim Q$  关系,小水时可持恒定流用三角堰量出,大水时非研究上述 (1) 的关系。我们不妨联系原待研究的课题合起来研究。

---

\* 手稿, 1989 年 10 月 18 日。



### 枯水的 H~Q 关系

必须建立两个缺口水文站，分别在河道上下游，小的可用三角堰，用传统的堰流系数，专用于量测枯水期或中水期的 H~Q 关系。那时水流稳定，河槽也少变动，从试验槽中得出的传统系数可以可靠地移用于溪沟中。但它要保证洪水时不被冲毁，超过一定 Q 即改用洪水的测流设备。

### 洪水的测流设备——堰流设备

高水位的洪流根本没有恒定的，即  $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$ ， $\frac{\partial Q}{\partial x} \neq 0$ 。其时 Q 并不单随 H 而变，即一定的 H 没有一定的 Q，而另随着涨势和起涨 H~Q 点而异，呈绳套现象：

图 1-a 涨水、落水的水位流量关系

图 1-b 不定流中的 H~Q 绳套

图 1-c 不定流的时程

图 1-a 示在恒定流中当  $H=H_1$ ,  $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$ ,  $Q = \overline{H_1 A}$ , 而在涨水期间则  $\frac{\partial Q}{\partial t} > 0$ ,  $Q = \overline{H_1 B} > \overline{H_1 A}$ , 落水时则  $\frac{\partial Q}{\partial t} < 0$ ,  $Q = \overline{H_1 C} < \overline{H_1 A}$ 。可以相差很大。涨水时的额外  $\Delta Q = \overline{AB}$ , 其大小要看起涨点 3 的  $H_3$  和  $Q_3$  的大小和涨水率  $\frac{\partial H}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ; 反之, 落水时的,  $\Delta Q = \overline{AC}$ , 要看起落点 4 的  $H_4$  和  $Q_4$  的大小和落水率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  和  $\frac{\partial H}{\partial t}$ 。

$\therefore Q = Q\left(H, H_o, \frac{\partial Q}{\partial t}\right)$ ,  $H_o$  起涨水位, 或始落水位, 可能还和  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  有关, 此式及其有关自变量是我们研究的目标。

注意图 1-b、1-c 在点 4,  $Q = Q_{\max}$  处, 而不是在  $H = H_{\max}$  处,  $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$ , 其时  $Q =$  临时性的  $\max$ , 而是一个临时的稳定或恒定, 这点可以作为恒定  $H \sim Q$  线的一点。我们实测所直接得到的只有  $H = H_{\max}$ , 所需用的  $Q_{\max}$  的相应  $H_{Q_{\max}}$  须间接推出。建议在试验槽中也用不定流定出各  $H \sim Q$  点, 可用来和恒定流的  $H \sim Q$  点比较。

试验槽的进口建议离缺口控制处有相当距离, 进口用水管, 设有量流的设备, 如电磁计流器或 Ventuli meter, 首先得出起点的  $Q \sim t$  资料。通过静水栅闸后留一段距离, 他年作为泥沙从河床冲淤的观测地段。末端为测流堰和跌水, 迳入量水

槽，有自记水位计和自记测重仪。（北京医院有 B-超量人尿的 Q 时程线，其功能合我们的要求。）由此再得出一次  $Q \sim t$  线和  $H \sim t$  线，也得出各种要求的参量。

缺口若为了便于移用在实际溪沟中放大了设备，最好用宽顶堰，两岸无紧缩，若嫌堰太长，Ogee 落水线型又不易准，则不得不加紧缩，改用梯形缺口。那样又多了一个紧缩的标准。要考虑试验槽中得出的每米宽的堰长所相应的  $H \sim Q$  关系是否能直接应用到实际的溪沟里。

量测堰流的水位 H 应按规定设在堰上游一定距离，那里须设自记水位计，试验槽中的这个距离未必可简单地移用于实际溪沟中，两个的距离关系须待研究，也许须按 Froude 定律推算。

### 紧缩过水断面的测量设备

另一种测流法是在某一河道断面上两岸加设紧缩水流的突出建筑，如图：

图 2 紧缩过水断面的测量设备示意

∵  $\Delta x$  近, 时段  $\Delta t$  小, 可能可假设和恒定流一样。是否一样应从试验中证实可作这样假设。于是  $Q = A_1 V_1 \approx A_2 V_2$ ,  $V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2$

$$H = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_f = \frac{V_2^2}{2g} \left( 1 - \frac{A_2^2}{A_1^2} \right) + h_f$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g(H - h_f)}{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}, \quad Q = A_2 \sqrt{\frac{2g(H - h_f)}{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}$$

实验得出, 由于紧缩的影响, 损能不少, 故实际  $Q$  小于上式的  $Q$ , 通常加上一个系数  $K$ :

$$Q = KA_2 \sqrt{\frac{2g(H - h_f)}{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}$$

以往试验得出:

$K = 0.65$ ——尖边缩口

$K = 0.80$ ——尖方边桥墩类建筑

$K = 0.95$ ——圆边缩口,  $45^\circ$  翼墙。

这  $K$  须待对一定紧缩物的形状作实验。这里须有两个自记水位计测  $A_1$  及  $A_2$ 。

# 论降水、川流与水资源的关系<sup>\*</sup>

## 一、论自然川流和利用的水资源

人类利用自然水作为资源有下列四个方面：（1）水量资源，包括生活、工业、农业与减污用水；（2）水能资源；（3）水体资源，包括维持航道吃水、宽度及通航长度所需的水流；（4）水产资源。通常所称水资源都是指本地区在原来利用着的水能、水体和水产诸资源不变的情况下的水量资源。所谓可能利用的水资源是指对水资源综合利用通过最优规划下最大需要的水量资源。这宜于先统计出已利用的水量资源，再在综合利用规划下推算其可增用的水量，合成为可能利用的水资源。

在四种水量资源中，农业用水占大部分，其它需水较少：全国相应为 88% 和 12%，北京市为 67% 和 33%。

农业用水的主要水资源来自本地区天然降水的有效雨量，土壤里储存的和从地下水吸上来的毛细管水和粘着水，是为主水资源。又从上游淌下来的地面径流或人工引导来的灌溉水流则为客水资源。那些留不住的地面径流和地下潜流进入河槽，成为川流。这是地区用水剩余下来的，排向下游，最终出海包括洪流在内的水流。当然它还可部分抽起来利用，但在通航河道里必须保留部分水流以维持航道吃水，在不通航的河道里必须保留少量的释污流水，在汛期内洪流是无法调蓄而废弃的水流，所以川流根本不是地区的水资源。虽然生活和工业用水只能取自川流，但其总量中全国出海年达 23000 亿立方米，乃是剩余水量，并非水资源。

估算地区的水资源，在较小的面积（如 1 万平方公里内），可以依据当地有效雨量、灌溉和抽井水量推算。但在大面积的流域里，沿河灌排水有出有入，逐段推算十分繁琐，宜按全域各水文因素平均年水量的平衡方程推算：

$$P \downarrow - E \uparrow - (R - r) = S \nearrow$$

式中 P 为降水量；E 为非利用水的地面水面蒸发量；R 为川流量；r 为从河中取用

---

<sup>\*</sup> 发表于中国地理学会水文专业委员会《第五次全国学术会议论文集》，1991。

的扣除排回的实用水量； $S$  为所利用的水资源量。

由此可见，在地区一定的降水量  $P$  和蒸发量  $E$  下，河中剩余水流  $R-r$  越多，则利用的水资源量  $S$  反而越少。所以把河中水流作为水资源是错误的<sup>[1-3]</sup>。

## 二、论地区水资源的涵义

凡一地区的主客水资源，其来源并不限于本流域，尽可从它域调拨，只要工程措施合乎经济效益，皆可作为本地区的水资源，当然不得大于本地所需。所以水资源含有经济因素的概念，不象降水、川流纯属水文因素。

各种水量资源的价值可能近似，其使用价值则大异。生活用水需量最少，但不可缺，其使用价值最高，水法规定，必须先予以满足，不足时应由其它用水移让。

从上列平衡方程可知，所利用的水资源是  $S$  必小于降水量  $P$ ，也必小于扣除川流量  $R-r$  后剩余的水量： $S < P - R + r$ 。可见水资源不可能单从川流量  $R$  或其降水量  $P$  决定。

占人类用水大部分的农业用水，其水资源不仅受制约于上述经济与水文条件，还决定于下列三种自然条件：（1）可耕地的面积；（2）本地区无霜期内气温、湿度和日照等气候条件；（3）这期间的有效雨量和值得调用的客水量。这就是人们熟知的外来谚语：“良好的耕地、气候与雨水的配合是农作高产的条件”。

我国东南广大平原上无霜期长达全年。降雨充沛达 2000 毫米，但每年三熟仍嫌不足，幸有 3 倍于耕地山地足产客水资源，其亩产丰盛为全球之冠。这里耕地少，气候暖，雨水多，增产在于开辟耕地。华北则田地广、气候半温湿，勉强种两季，雨水不足，增产在于善用客水资源。甘肃河西年只一熟，而地广人稀，俗谚“有水便是田”，这里水资源完全取决于自然主客水量。这些说明水资源怎样决定于三种自然条件。

这样，农业水资源可定义如下：在地区内耕地面积上，在无霜期气候条件下，对不同作物最多茬数生长成熟所需的水量，由降水或径流所供给的，是这地区的农业水资源。

凡在地区以外调节引用不合算的水流，凡在无霜期内那些超过各茬作物最大需要的多余水量，或无霜期以外不宜调节的降水径流，其量虽多，皆不得算作农业水资源。这些超需的自然水流终将转为蒸发或川流，无补于农业。我们不应把它作为当地水资源多寡来衡量，更不该按亩数或人口计算亩均或人均水资源量，用来在地区间或各国间作比较，这是没意义的。

若自然而及时的和人工调节所提供的水量，不能满足上述定义下作物各茬配合所需最少的用水量，就是地区农业水资源不足或贫乏。

我国灌溉农田大都用漫灌、沟灌方法，费水太多，改用喷灌、滴灌或塑料管灌，就可大量省水。这样，上述各茬配合的最少需水定额就可减少，水资源贫乏的地区也随着缩小。

### 三、我国和世界各大国水资源的比较

我国是全世界水资源最丰富，而且实用水量也是最多的大国。我国降水的分布，南多北少，夏多冬少，大都地方适合农作应时之需，可谓得天独厚。两广一年可三熟，更为世所罕见。这即可以实测资料证明，也可用水文地理解释；而确能支持偌大人口，更是最简明的实据<sup>[4]</sup>。

我国农民日食粮 1 公斤，消耗农业水量 2 立方米。另外，菜蔬耗水日 0.5 立方米。每人每日生活用水 0.2 立方米，分摊工业用水 0.8 立方米，林木、草地、湖泊等环境用水约 1.5 立方米，合计 5 立方米每人日。每人每年耗水量约 1825 立方米，11 亿人口约 20000 亿立方米。这个实用水量为任何大国所不及。所以说，我国 11 亿人口自给自足地生存，便足以说明我国水资源最为丰富。

我国降水时空分布合适，表现在夏丰冬枯，适用农作生长的需要。这比欧洲和北美冬夏降水均匀要好，更比中亚伊朗、伊拉克等阿拉伯国家冬丰夏枯更好。又表现在南丰北枯，吻合地热对用水的需要。这比西欧北丰南旱要好：瑞典、挪威和中欧高地雨量过多，英、德、波等纬度  $55^{\circ}$ ，降水年 550 毫米，只供一季已足，而南欧西班牙可种两季者则欠雨水；也比北美雨雪过多，年只一季，无济于农者为好。

苏联、美国、加拿大三国耕地面积大，降水量及川流量皆比我国多。但其产粮地区与我国对比，降水既少，年内分布又较均匀；气温较低，无霜期短，苏、加年只一熟，美国纬度  $37^{\circ}$  以北也只一熟，有效雨量又少，故其水资源或可能供水量和实耗农业水量都远比我国为少。苏、加大量川流向北冰洋废弃，美国则向东流入大西洋，秋冬雨雪虽多，但毫无用处。所谓多于我国之雨流都是弃水，而非水资源。巴西、印尼多热带雨林，耕地较少，虽其雨量流量皆丰富，但其实际利用的水量很少，不能与我国并论。故按耕地、气候和雨水三条件论农业水资源，我国在全球之首，所谓第六者<sup>[1]</sup>，乃指入海的剩余弃水量。

我国雨量流量的最大缺点是年际差异较他国为大，影响到农产年际不稳定。

欧美有从河槽水流估计水资源的，这是因为它们在每年只种一季农作用水已满足的情形下，去考察一些川流是否满足工业和生活用水，特别是当枯水期水质是否合格。在我国水资源用途是以每年两至三熟的农业为主，这与从河中汲水的工业和生活用水迥异，问题不能相提并论。

美国东部大陆季风气候和我国相似，自中西部半世纪以来，农业大兴之后，大片平地机耕成本低廉，是以东西沿海一带农业减退，而工业和生活用水大增。这样在地区上划分水资源用途，估计用水量比较简明，和我国情形迥异。

在日本估算水资源也是用前述平衡方程的。苏人琼译自日本水资源学术会《关于水资源学术会议文献》475 页所载：“日本年降水量 6000 亿吨，其中 2500 亿吨通过洪水损失掉，又 2000 亿吨通过蒸发损失掉，据说实际年可利用量为 1300 亿吨。目前利用水量中，生活用水 100 亿吨，工业用水 150 亿吨，农业用水 500 亿吨。共计 750 亿吨”。这里川流 2500 亿吨是作为弃水损失看待的，不象我国科学院把它看作是水资源<sup>[1]</sup>。他们的年用水量仅 1300 亿吨，比我国科学院号称贫乏的中国水资源年 2600 亿吨的错误值只有一半。

#### 四、关于黄淮海流域水资源问题

我国淮河以南及西南各省水源丰富，支持现有人口绰绰有余；西北东北则天寒水少，年仅一熟，地广人稀，口粮稍欠。总的说来，各地在耕地、气候和水源三方面是配合谐和的，当然，南粮不免北运。惟有黄淮海地区，特别是黄河以北海河流域缺水最甚，这里的水资源情况还须详细阐明。

黄淮海平原春季干旱，土壤多盐碱化。夏季雨量充沛，遇霖雨兼旬，即可酿成洪灾。秋季沥雨，洼地成涝。越冬则地冻三尺，植物偃息。凡此四害，以旱盐为甚，洪涝次之。论者多谓华北缺水，惟有仰给于江水北调。但依水文地理条件论之，本域气候属半湿润温暖带，纬度 40° 左右，无霜期 220 天，年降水量 600 余毫米，光照充足，平原广大，地下有粗沙区可以储存夏水。小麦利用秋水育苗，越冬复苏后，春水不足则可抽低地下储水，腾出空间以迎夏雨入渗。夏季雨多，足供作物需水且有余。这是主水资源的垂直运行。若象欧美各国年只一季作物，则自然降水就已足用。

为了增产，华北大部分地区力争两熟，因此用水不足。除了存去年夏水于地下外，还有客水补给：这里西依太行，北仰燕山，南濒黄河，三面可有水自流接济。卤水则可东排出海。如此优越的水土形势，真是天造地设，为全球所罕见。



问题的关键在于将黄河大堤设闸开口，而不设底槛，放水南北分流，淤灌华北平原。同时抽排卤水，治海治淮，则旱碱洪涝皆得消除。而黄河治理恰恰又正须分流，以刷深河槽，畅排洪流。当今治河坚持“拦排放”策略，试图由流水挟沙出海。于是殃成了目前平原缺水缺有机肥，大运河不得通航。历来学者以知识误国，其贻害之大，益未有甚于此者。黄河郑州以下广大三角洲就是靠它挟沙特多所淤成，平原地广水少，理应以黄河水为客水资源。

### 参考文献

- [1] 中国科学院技术科学部水利分组：中国水资源及其利用，1982 年。
- [2] 张光斗、陈志恺：关于水资源问题及其解决途径，1989 年中国科学院技术科学大会报告。
- [3] 谢家泽、陈志恺：中国水资源，地理学报，第 45 卷，第 2 期，1990 年。
- [4] 黄万里：增进我国水资源利用的途径，自然资源学报，第 4 期，1989 年。

## ON THE RELATIONS AMONG PRECIPITATION, RIVER FLOW AND WATER RESOURCES

Huang Wanli  
(Tsinghua University)

### Abstract

This paper points out the relations among precipitation, river flow in hydrologic phenomena and the water resources utilized by mankind; presents a formula for determining the quantity of water resources and argues that China is endowed with the most abundance of water resources in the world which meets the comprehensive requirements because of the appropriate distribution of time and space. This is against the state published data of  $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$  for the average yearly quantity of water resources considered to be in short and unappropriately distributed in time and space. The problem is worth while for public discussions, as it affects so much the tactics of planning in hydraulic engineering.

# **The Velocity Profile Formula along Section of Open Channel Flow Determined by the Law of Maximum Rate of Energy Dissipation**

William W.L. Huang, M.C.E, Ph.D.  
Professor Emeritus, Tsinghua University

## **Synopsis**

This paper presents a formula of velocity profile along section of open channel flow determined by the law of maximum rate of energy dissipation proposed by the author in 1975.

The analysis partly follows the mixing length theory for turbulent flow in that the length  $l$  is a dimensionless multiple of the depth  $y$  of the level of flow line, but replaces the Karman constant  $k=0.4$  by a variable  $\eta = \eta(y)$  which varies from 1 at the bottom to 0 at the surface of flow. The total rate of energy reserved in the section shall invariable be a minimum.

The calculated velocity profile by the proposed formula has been checked precisely by the experimental data measured by the U.S. Geological Survey in Denver, Colorado. The discrepancy of results in using the Prandtl-Karman formula with the measured data is manifested in comparison.

## **Recapturing of Historical Development**

Early in the 17th century numerous Italian and German engineers curiously believed that the velocity in a vertical counting downward from the surface increased with the depth even confirmed by fallacious experiments. In 1848, Dupuit developed from theoretical consideration the equation

$$u = u_{\max} - (u_{\max} - u_{\min}) \left( \frac{y}{h} \right)$$

Until 1858, Bazin, an assistant to D'Arcy, developed the parabolic curve of velocity profile from results of experiments in the middle of a natural river. The equation proposed was

$$\frac{u_{\max} - u}{\sqrt{hJ}} = 20 \left( \frac{y}{h} \right)^2$$

in which  $u$  is the velocity of flow at the depth  $y$ ,  $h$  - the maximum depth,  $J$  - the slope.

Later, Pressey, in America, Jasmund and Bolte, in Germany, improved the Bazin's result of the constancy of the value 20 by introducing the effect of the roughness of channel on the increase of curvature of the profile. R.Jasmund (1893 – 97) examined 445 velocity profiles based on his observations on the Elbe. He proposed four types of curves, i.e., parabolas with horizontal and vertical axes, hyperbola and logarithmic curves for trials in fitting the data, and concluded that the latter was the best fit:

$$u = a + b \lg (y + c)$$

where  $a$ ,  $b$ , and  $c$  are constants for a particular stream.

Not until 1883, when the essence of turbulent vs. laminar flows was fully understood through the works of O. Reynolds, different formulas were developed for the two regimes. The Prandtl-Karman semi-rational approach to the logarithmic formula for turbulent flow has been popularly accepted.

Nevertheless, the distribution of velocity along a vertical of flow still remains void of reason. The subject, however, is of wide interest to hydraulics in practice, so as to answer the requirement of verifying the Prandtl-Karman formula; as well as to the mechanics of sediment transport which is closely related to the shape of the vertical velocity curve.

### **On the Inconsistencies in the Prandtl-Karman Analysis**

L. Prandtl and Th. von Karman have successively developed the mixing length theory and velocity deficiency Law of turbulent pipe flow by coordinating theoretical analysis partially with experimental research. Nevertheless, these fruitful results

remain with inconsistencies in both theory and practice.

Firstly, for a definite shear stress  $\tau_o = \gamma hJ$ , the effect of wall roughness is assumed to be only limited to a shallow region of viscous sublayer adjacent to the wall, while the velocity distribution in the turbulent core is assumed to be identical for all conditions of flow.

Secondly, assumption has been made that the turbulent core velocity curve  $u \sim y$  joins abruptly the viscous film straight line at the point of depth  $y = \delta = 11.6 \nu / u_*$ , where  $u_*$  is the shear velocity and  $\nu$ , the kinematic viscosity. This is far from truth as shown by many recent velocity measurements close to the boundary<sup>(1)</sup>. The slopes of velocity gradients  $\frac{du}{dy}$  for the two regimes are radically different.

Thirdly, in computing the average velocity by summation, the effect of flow within the range  $y < \delta$  is entirely neglected, which is reasonable only for the part of thin laminar film, but is not valid for the part of turbulent flow actually existing in the hypothetical layer  $y < \delta$ .

Fourthly, the expression of mixing length  $l = ky = 0.4 y$  is not true even near the flow boundary. From the Nikuradze diagram of  $u_b/u_* \sim \lg \frac{u_*}{\nu} D$ , ( $u_b$  – velocity near

bed,  $D$  – effective diameter of bed particals) it can be seen that  $k = \frac{d \lg \frac{u_*}{\nu} D}{du_b / u_*}$

varies with different  $D$ . Other Nikuradze curves of  $l/r_o \sim y/r_o$  also show that the slope

$\frac{dl}{dy} = k$  varies right from the outset and throughout the depth of flow  $y = 0 \sim h$ .

There is no such universal constant  $k = 0.38 \approx 0.4$ , exists in nature.  $k=0.4$  exists

only when  $\lg \frac{u_*}{\nu} D = 0.4$   $\ln \frac{u_*}{\nu} D = 0.92$ ,  $\frac{u_*}{\nu} D = 2.51$  and  $u_b/u_* = 7.8$  where the

straight line tangent to the curve. As pointed out by M.S.Yalin<sup>(2)</sup>, at present state of knowledge, the exact form of the variation of  $l$  with  $y$  throughout the thickness of the flow is not known. Hence it is not reasonable to leave  $k$  outside of the integration

$$\frac{u}{u_*} = \int_0^h \frac{dy}{ky} = \frac{1}{k} \ln \frac{y}{h}$$

### **The Law of Maximum Rate of Energy Dissipation**

The law of maximum rate of energy dissipation (3) (4) was proposed by the author in 1975 as the second law of continuous dynamics as an addition to the St. Venant conservation laws of matter and energy as the first category of laws. Only by simultaneous application of both laws, may a dynamic problem be solved. The corollary of the law in applied hydraulics is the Belanger-Boss theorem of minimum specific energy. The law has been proved by means of variational principle.

The law provides that the mean velocity  $u_m$  and depth  $h$  of given constant flow shall be so distributed along the flow in  $x$ -direction that the total loss of head between the two control section  $x=0$  and  $x=x_c$  is a maximum, i.e.,

$$\int_0^{x_c} \frac{u_m^2}{C^2 R} dx = \max. \quad (\text{R-hydraulic radius} \approx h) \quad (1)$$

Then, among different combinations of  $h$  and  $\frac{u_m^2}{2g}$  at the control section  $x=x_c$ , there is only one such that the total head representing the sum of kinetic and potential energy per unit weight of the fluid above the channel bottom must be a minimum, i.e.,

$$\frac{u_m^2}{2g} + h = \frac{u_m^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + y = \min \quad (2)$$

For any section  $x$  other than the control, with given values of  $u_m$  and  $h$  determined by backwater or drop-down curve the values of  $u$  and  $p$ , shall also be so distributed along a vertical that the rate of energy conserved is a minimum.

This is the law proposed by the author to underlie the means of determination of the shape of the velocity profile along a vertical.

### **The Tangential Conjunction of the Turbulent Core and Laminar Film**

According to the contemporary mechanics of turbulent flow the shear stress  $\tau$  at a level  $y$  is composed of the laminar part  $\tau_l$  is due to molecular viscosity  $\mu$  and the part due to turbulent fluctuations  $\tau_t$ :

$$\tau = \tau_l + \tau_t = \mu \frac{du}{dy} + \rho l^2 \left( \frac{du}{dy} \right)^2 \quad (3)$$

the laminar part  $\tau_1$  is significant only in the laminar film and the flow in the turbulent core can be considered to be independent of viscosity although the macroturbulent eddies do dissipate its energy into heat through overcoming of viscosity.

Introducing the expression

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{\tau_o}{\rho} \left(1 - \frac{y}{h}\right) = ghJ \left(1 - \frac{y}{h}\right) = u_*^2 \left(1 - \frac{y}{h}\right) \quad (4)$$

We may solve Eq. (3) and (4) simultaneously:

$$l \frac{du}{dy} = \sqrt{u_*^2 \left(1 - \frac{y}{h}\right) + \left(\frac{v}{2l}\right)^2} - \frac{v}{2l} \approx u_* \sqrt{1 - \frac{y}{h}} \left[ 1 + \frac{\left(\frac{v}{2l}\right)^2}{u_*^2 \left(1 - \frac{y}{h}\right)} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{v}{2l}\right)^4}{u_*^4 \left(1 - \frac{y}{h}\right)^2} + \Lambda \Lambda \right] \quad (5)$$

after expansion into series, which is convergent. It can be shown through numerical examples, that even at the conjunction of the two flow regimes,  $v/2l$  is not significant when compared with  $u_*$ , so that we may write

$$l \frac{du}{dy} = u_* \sqrt{1 - \frac{y}{h}} \quad (6)$$

Let  $\eta = \eta(y)$  be an unknown function of  $y$  to replace  $k$  as a constant in Karman's hypothesis, such that

$$l = \eta y \sqrt{1 - \frac{y}{h}} \quad (7)$$

Combining (6) with (7), we have in turbulent core

$$\frac{du}{dy} = \frac{u_*}{\eta y} \quad (8)$$

On the other hand, the velocity profile in the viscous film is a straight line with a gradient

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau_o}{\mu} = \frac{u_*^2}{v} \quad (9)$$

Naturally, the curve must tangent to the straight line with a common gradient in order to be continuous. Thus,

$$\eta y = \frac{v}{u_*} \quad (10)$$

At the depth  $y_0 = v / u_*$ ,  $\eta = 1$ ;

$$u_o / y_o = u_*^2 / v, \quad u_o = u_* \quad (11)$$

This point of conjunction of the two flow regimes may be taken as the initial of the velocity profile at the bed. It should be at a distance  $y_o = v / u_*$  above the sand bed, or approximately at the top of sand bed, since  $y_o$  is too small to be measurable.

### Derivation of the Formula of Velocity Profile

The velocity  $u$  at a level  $y$  from the sand bed along a vertical may be integrated from Eq. (8):

$$u = u_* \int_{y_o \approx 0}^y \frac{dy}{\eta y} + u_* \quad (12)$$

in which  $\eta$  is an unknown function of  $y$  to be found.

The problem confronting us is that besides all physical and boundary conditions, the constant discharge  $Q$  and the surface curve including total depth of flow  $h$  and slope  $J$  at the given section of flow are all given, it is required to find the velocity profile  $u \sim y$  along the vertical of the section. Since  $u_* = \sqrt{ghJ}$  and  $u_m = Q / Bh$  are known, from  $u_m = u_* C / \sqrt{g}$ , the Chezy constant reflecting roughness of the boundary of flow is also given.

Evidently, the  $u \sim y$  relation must satisfy the requirement of total discharge  $Q$  after integration, i.e.,

$$\int_0^h u dy = u_m h = Q / B \quad (13)$$

Among an infinite number of such  $u \sim y$  relations, there exists only one relation true that obeys the law of minimum rate of energy reserved  $\mathcal{E}_r$  in the section, which is equivalent to the law of maximum rate of energy dissipation:

$$\mathcal{E}_r = \int_0^h (\gamma B u dy) \left( \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + y \right)$$

$$= \frac{\gamma B}{2g} \int_o^h u^3 dy - \gamma h Q = \min. \quad (14)$$

since  $\frac{p}{\gamma} + y = h$ , and  $\int_o^h Budy = Q$ .

Thus the problem reduces to one of finding the function of velocity distribution along the vertical such that

$$\int_o^h u^3 dy = \min. \quad (15)$$

whith  $u = u(y) = u(y, \eta)$ , where  $\eta = \eta(y)$ .

Substituting Eq. (12) into (15), we have

$$\int_o^h u^3 dy = \int_o^h u_*^3 \left[ \int_o^y \frac{dy}{\eta y} + 1 \right]^3 dy = \min. \quad (16)$$

The equation shows that the required condition of minimum holds for any multiple of  $u$ , i.e.,  $u = ku_a$ , as  $u_* = \sqrt{ghJ}$  is given, This offers a method to determine the absolute values of  $u$  so as satisfy Eq. (13). Let us change  $u$  to  $u_a$  in Eq. (12) and (16) for the time being:

$$\int_o^h u^3 dy = k \int_o^h u_a^3 dy = \min. \quad (17)$$

According to the variational principle, the Euler's Formula provides, the extremum occurs at

$$u_a^2 \frac{\partial u_a}{\partial \eta} = 0$$

since  $u_a \neq 0$ , the minimum condition is

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \int_o^y \frac{dy}{\eta y} = 0 \quad (18)$$

The integral equation is solved through the following processes:

$$-\int_o^y \frac{d \ln y}{\eta^2} + \frac{1}{\eta y} \frac{dy}{d\eta} = 0$$



$$\begin{aligned}\frac{d \ln y}{\eta^2} &= \frac{d(d \ln y)}{d(\eta^2/2)} - \frac{d \ln y}{d(\eta^2/2)} \cdot \frac{d(d\eta^2/2)}{d(\eta^2/2)} \\ \frac{1}{2} \frac{d(\eta^2/2)}{\eta^2/2} &= \frac{d(d \ln y)}{d \ln y} - \frac{d(d\eta^2/2)}{d(\eta^2/2)} \\ \frac{1}{2} \ln \eta^2/2 &= \ln(d \ln y) - \ln\left(d \frac{\eta^2}{2}\right) + \ln C_1\end{aligned}$$

$$\left(\frac{\eta^2}{2}\right)^{\frac{1}{2}} d\left(\frac{\eta^2}{2}\right) = C_1 d \ln y$$

$$\frac{2}{3} \left(\frac{\eta}{2}\right)^{\frac{3}{2}} = \ln y^{C_1} + C_2$$

$$\frac{\eta^3}{3\sqrt{2}} = \ln y^{C_1} + C_2 \quad (20)$$

The  $\eta \sim y$  curve is fixed at the two ends by the following relations: At the water surface,

$$y = h, \quad \eta = 0, \quad u = u_{\max} \quad (21)$$

This is seen from the Nikuratz experiments of  $\frac{1}{r_o} \sim \frac{y}{r_o}$  curves, although  $\eta$  is a little over zero when the Reynold's number is high. M.S.Yalin (page 31, (2)) explains that when approaching the free surface, the turbulent fluctuations will be dampened so that  $1$  tends to zero while  $\frac{du}{dy}$  is not necessary to be zero.

At the top of sand bed, we already have

$$y = y_0 = v/u_* \approx 0, \quad \eta = 1, \quad u = u_* \quad (11)$$

Thus, by substituting Eq. (21) into (20,

$$\ln h^{C_1} - C_2 = 0 \quad (22)$$

Also Eq. (11) into (22),

$$\eta = \left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{1}{3}} \bigg/ \left( \ln \frac{1}{R_*} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (23)$$

where  $R_* = \frac{u_* h}{\nu}$  (24)

$$\begin{aligned} \frac{u_a}{u_*} &= \int_o^y \frac{dy}{\eta y} + 1 = \left( \ln \frac{1}{R_*} \right)^{\frac{1}{3}} \int_o^y \frac{d \ln \frac{y}{h}}{\left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{1}{3}}} + 1 \\ &= (1 + 1.5 \ln R_*) - 1.5 (\ln R_*)^{\frac{1}{3}} \left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{2}{3}} \end{aligned} \quad (25)$$

To find the mean of  $u_a$ ,

$$\begin{aligned} \frac{u_{am}}{u_*} &= \frac{1}{h} \int_o^h \frac{u_a}{u_*} dy = (1 + 1.5 \ln R_*) - 1.5 (\ln R_*)^{\frac{1}{3}} \int_o^y \frac{d \left( \frac{y}{h} \right)}{\left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{2}{3}}} \\ &= (1 + 1.5 \ln R_*) - 1.5 (\ln R_*)^{\frac{1}{3}} \Gamma(5/3) \end{aligned} \quad (26)$$

To transform  $u_a$  back to  $u$  in order to satisfy Eq. (13), we can let

$$u - u_* = (u_m - u_*) \frac{\frac{u}{u_*} - 1}{\frac{u_m}{u_*} - 1} = \frac{\frac{u}{u_*} - 1}{\frac{u_{am}}{u_*} - 1} (u_m - u_*) \quad (27)$$

$$\therefore u = \left( \frac{Q}{Bh} - u_* \right) \frac{\ln R_* - (\ln R_*)^{\frac{1}{3}} \left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{2}{3}}}{\ln R_* - (\ln R_*)^{\frac{1}{3}} \Gamma(5/3)} + u_* \quad (28)$$

in which  $u_* = \sqrt{ghJ}$ ,  $R_* = \frac{u_* h}{\nu} = \frac{h^{3/2} \sqrt{gJ}}{\nu}$ ,  $\Gamma\left(\frac{5}{3}\right) = 0.9028$

$$u = u_* + \left( \frac{Q}{Bh} - u_* \right) \frac{(\ln R_*)^{\frac{2}{3}} (\ln y/h)^{\frac{2}{3}}}{(\ln R_*)^{\frac{2}{3}} - \Gamma(5/3)} \quad (29)$$

$$\text{When } y=h, \quad u = u_{\max} = \frac{C\sqrt{hJ}}{1 - \Gamma(5/3) / (\ln \sqrt{ghJ})^{\frac{2}{3}}} - \frac{\sqrt{ghJ}}{(\ln \sqrt{ghJ})^{\frac{2}{3}} / \Gamma(5/3) - 1} \quad (30)$$

$$\text{When } y=y_m, \quad u = u_m, \quad (\ln y/h)^{\frac{2}{3}} = \Gamma(5/3) = 0.9028, \quad \ln \left( \frac{y}{h} \right)^{\pm 1} = 0.8578,$$

$$y_m / h = 0.424 \quad (31)$$

which is the exact location of the mean velocity  $u_m$  along the vertical of profile, while the conventional stipulation of measuring  $u_m$  is  $1 - y_m / h = 0.6 \approx 0.576$  downward from the water surface.

It is seen that Formulae (23) and (29) without any empirical coefficient are derived from purely theoretical analysis

### Example

Data from “Summary of Alluvial Channel Data From Flume Experiments”, 1956-61.

U.S. Geological Survey Professional Paper 462-1, 1966.

By H.P. Guy, D.B. Simmons, and E.V. Richardson.

Run 1. P. 162, 163.

Slope  $J=0.00034$

Depth  $0.58 \text{ ft.} = 0.177 \text{ m.}$  from bottom of flume.

$h = 0.535 \text{ ft.} = 0.163 \text{ m.}$  from sand bed.

Width  $B = 8.00 \text{ ft.} = 2.439 \text{ m.}$

Discharge  $Q=3.42 \text{ c.f.s.} = 0.0969 \text{ m}^3/\text{s.} \approx .984 \text{ m}^3/\text{s}$  (from pitot tube measurement)

$$q=Q/B=0.428 \text{ ft}^2/\text{s.} = 0.0394 \text{ m}^2/\text{s.} \approx .04036 \text{ m}^2/\text{s}$$

Temperature  $T=13.6^\circ\text{C}$

Suspended load = 0, Bedload = 0.000032 lb./s.ft. = 0.0476 t/s.m.

Bed particle size =  $0.643 \times 10^{-3} \text{ ft.}$ ,  $D_{50}=0.000196 \text{ m.}$

Mean Velocity, apparent,  $u_{am} = 3.42 / 0.58 \times 8 = 0.737 \text{ ft/s} = 0.225 \text{ m/s}$

Mean Velocity, actual,  $u_m = Q / Bh = 3.42 / 0.535 \times 8 = 0.799 \text{ ft./s.}$

$$= 0.0394 / .163 = 0.242 \text{ m/s}$$

$$\text{Mean Velocity from pitot measurement} = u_m = \varepsilon u \Delta y / h = \frac{.04036}{.163} = 0.248 m/s$$

$$\text{Shear Velocity} = 0.080 \text{ ft./s} = 0.0244 \text{ m/s. for } h = 0.177 \text{ m.}$$

$$\text{Shear Velocity actual, } u_* = (9.81 \times .163 \times .00034)^{\frac{1}{2}} = 0.0233 m/s$$

$$\text{Kinematic Viscosity } \nu = 1.28 \times 10^{-5} \text{ ft}^2 / s = 1.19 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / s.$$

$$\text{Shear stress at flume bed} = 0.012 \text{ lb./sq.ft.} = 58.6 \times 10^{-6} \text{ t/m}^2.$$

$$\text{Reynolds Number } R = 328, \text{ Shear Reynolds No.} = \frac{u_* h}{\nu} = R_* = \frac{.0233 \times .163}{1.19 \times 10^{-6}} = 3.192$$

$$\text{Froude Number } F = 0.17.$$

$$\text{Chezy } C \sqrt{g} = 9.3 \text{ ft}^{\frac{1}{2}} / s = 5.14 \text{ m}^{\frac{1}{2}} / s.$$

$$\text{Manning } n = 0.026$$

Bed configuration, ripple.

$$\text{The curve fitted } u = 0.47 \lg y + 1.15 \text{ ft./s.}$$

$$= 0.143 \lg y + 0.425 \text{ m./s}$$

$$= 0.312 + 0.0621 \ln y/h \text{ m./s.}$$

## Original Data from the U.S.G.S Experiments

### SEDIMENT TRANSPORT IN ALLUVIAL CHANNELS

TABLE 12 – Velocity-profile data for 0.19-mm sand in 8-foot-wide flume  
(The lateral section used for measuring was 95-115 ft. from the headbox.  
w.s.-water surface)

Run	2.0 ft from left wall of flume		4.0 ft from left wall of flume		6.0 ft from left wall of flume	
	Distance above sand bed (ft)	Velocity (fps)	Distance above sand bed (ft)	Velocity (fps)	Distance above sand bed (ft)	Velocity (fps)
1	.564	w.8.	.535	w.3.	.523	w.3.
2	.547	.88	.506	1.15	.492	1.09
3	.447	.76	.406	1.07	.392	1.09
4	.347	.76	.306	.91	.292	.91

5	.247	.68	.206	.91	.192	.84
6	.197	.68	.156	.77	.142	.76
7	.147	.58	.106	.77	.092	.80
8	.097	.52	.056	.52	.042	.76
9	.017	.52	.006	.38	.....	.....

### The averaged velocity profile of the above data

Run 1. G.S.Prof. Paper 462-1, 1966

By Guy, Simmons and Richardson

y (ft)	h (m)	y/h	Velocity,(ft/s)				$\Delta y$ Interval	u (m/s)	$\Delta y \cdot u$
			2ft left	Middle	6ft left	Average			
.535	.163	1.000	w.s.	w.s.	w.s.	1.03	.004	.314	.00126
.506	.154	.9450	.82	1.15	1.10	1.02	.020	.312	.00624
.406	.124	.7610	.76	1.07	1.09	.97	.030	.296	.00888
.306	.0933	.5720	.72	.91	.92	.85	.031	.259	.00803
.206	.0628	.3850	.68	.91	.85	.81	.031	.247	.00568
.156	.0476	.2920	.60	.77	.78	.72	.023	.219	.00328
.106	.0323	.1980	.53	.77	.77	.69	.015	.210	.00315
.056	.0717	.1050	.52	.52	.77	.60	.015	.183	.00275
.006	.00183	.0112	.52	.38	....	.40	.009	.121	.00109

$$\frac{Q}{B} = .0394 \approx \Sigma u \Delta y = 0.04036$$

$$u_m^o = \frac{Q}{Bh} = \frac{.0394}{.163} = .242(m/s) \approx u_m = \frac{\Sigma u \Delta y}{h} = \frac{.04036}{.163} = .248(m/s)$$

### Computation Sheet

#### The Fundamental Formula

$$u = u_* + (u_m - u_*) \frac{(\ln R_*)^{\frac{2}{3}} - \left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{2}{3}}}{(\ln R_*)^{\frac{2}{3}} - \Gamma(5/3)}$$

### Computations

$$u_m - u_* = 0.248 - 0.0233 = 0.225$$

$$\ln R_* = 8.068, \quad (\ln R_*)^{\frac{2}{3}} = 4.023, \quad \Gamma(5/3) = 0.9028$$

$$u = 0.0233 + 0.225 \times \frac{4.023 - (\ln y/h)^{\frac{2}{3}}}{4.023 - 0.9028}$$

$$u = 0.313 - 0.0720 \left( \ln \frac{y}{h} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ ---- The proposed Formula} \quad (1)$$

$$\text{The Karman Formula: } \frac{u}{u_*} = 2.5 \ln \frac{u_*}{v} y + 5.5 = 5.5 + 2.5 \ln R_* + 2.5 \ln \frac{y}{h}$$

$$u = 0.598 + .0583 \ln y/h \text{ ---- The Karman formula.} \quad (2)$$

$$u = 0.312 + .0621 \ln y/h \text{ ---- The fitted formula.} \quad (3)$$

### Results of Computation and Measurement

y (m)	$\frac{y}{h}$	$\ln \frac{y}{h}$	$(\ln \frac{y}{h})^{2/3}$	u(1) proposed	u(2) Karman's	u(3) data fitted	u measured
0.163	1.000	0	0	0.313	0.598	0.312	0.314
.154	.945	-.0566	.147	.302	.594	.308	.312
.124	.761	-.2731	.421	.283	.582	.295	.296
.0933	.572	-.5586	.678	.264	.565	.277	.259
.0628	.385	-.9545	.969	.243	.542	.253	.247
.0476	.292	-1.231	1.149	.230	.526	.236	.219
.0323	.198	-1.619	1.379	.214	.503	.211	.210
.0171	.105	-2.254	1.719	.189	.476	.172	.183
.00183	.0112	-4.492	2.722	.117	.336	.033	.121

## Conclusions

The example cited from the U.S.G.S. experiments shows that the results of calculations by use of the proposed formula of velocity profile derived from the law of maximum rate of energy dissipation are very close to the measured data, even closer than the empirical formula fitted from the data by correlation analysis derived by the experimenters. This is because of the presence of the theoretical exponent  $2/3$  of  $\ln y/h$  is rational and perfect, while the fitted formula is just empirical.

Results also show that those from the Karman formula have not been verified in the example, inspite of its popular acknowledgment. The reason probable lies in the existing inconsistencies previously mentioned. The present analysis also shows that the mixing length-depth ratio  $\eta$  varies from 1 at bottom to 0 at the surface of flow. There exists no Karman's universal constant  $k=0.4$  even near the viscous sublayer.

## References

- (1) P.H.Kemp and A.J.Grass: The measurement of turbulent velocity fluctuations close to a boundary in open channel flows. Proc. 12th International Congress of IAHR Vol 2, Sept, 1 1967.
- (2) M.S.Yalin, Mechanics of Sediment Transport, p.21.
- (3) W.L.Huang, The Law of Maximum Rate of Energy dissipation. 1975 (in Chinese).
- (4) W.L.Huang, The Extremity Laws of Hydro-Thermodynamics, Applied Mathematics & Mechanics, English Ed, Vol. 4, No.4, aug. 1983.

# 论现行明槽水流的力学分析<sup>\*</sup>

## 第一部分 致水利系等的一封信

水利系、水力学教研组、泥沙教研组：

现在送上我写的《论现行明槽水流的力学分析》及第一讲讲义。

这是依“教师法”，老教师应该“老有所为”而提出的。我对于水利工程学积有研究，有的写出来了，有的还未写出来。由于自己年龄的限制不能每个题自己亲自研究，所以提出一些水力学研究的看法，请教师们、研究生们大家审核。每个学者对于一门学科的进展应有自己的看法，在某些方面学习到了尽头，都能提出应该继续研究的方面，但是见仁见智，未必所见略同。提出我个人的看法后，愿意先对大家讲解，再请审查讨论。

一个研究所在开始时可以各行其是，待到两三年后比较成熟，必须进入集体研究的步骤，才能发挥效用。我这里提出每个研究课题都是创造发现性的，都是为博士生的课题。

我认为教师都要读博士学位，其论文必须提高到创造性的，但其补课可以酌减，仍须每门通过考试，以后凡讲课教师必须是博士学位者。

课题中第一个题“不定流宽顶堰公式的制订”已完成，文中这是第一个必先解决的问题。

希望在年底前 12 月 27~31 日规定日子由我先讲解，大家讨论后，同意则希望教师和研究生分别选定第一组九个课题，齐头并进。如果需要，我可以讲解教理方程等基础学科，以提高大家的学力。

黄万里

93-12-20

---

<sup>\*</sup> 此文为本课题的讲稿和研究提纲，完成于 1993 年 8 月~12 月。



## 第二部分 讲稿

### 一、水力学在水利工程学中的基础位置

#### 1. 学习水利工程学必需的内容：

内含的各种工程：治河、防洪、航道、港口、给水、灌溉、排水、发电。

所依据的环境科学：水文地理学 = 自然地理 + 水文学

除土木工程各科外，内含气象学、水文地貌学及水文地质学。

#### 2. 作为生产运作的步骤：

规划（包括调查、勘测）、设计

相对于 V.S

施工、运行。

#### 3. 研究分析的学术：

对某一具体工程的分析 Infrastructure analysis

理论基础是数学力学

相对于 V.S. 其中最重要的是水力学

整体运作 System engineering (误译为“系统工程”)

理论基础是力学及统计学

### 二、本文分析内容

限于对自然河流、渠道水流、实验室模型的明流、堰流、水沙明流。

不包括：管道有压水流、地下潜流；

机动物 Airfoil 四周的明流；

射流 Supersonic flow，及

变速流 transonic flow.

### 三、水流分析的种类

#### 1. 静力学分析 Statics

#### 2. 运动学分析 Kinematics

#### 3. 动力学分析 Dynamics

} kinetics 亦译为动力学，  
尚无恰当译名。

### 四、分析的方法

古典性的： Euler 数学物理学方程

Navier-Stokes 公式

实用的： Poisson 连续方程和加入了能耗的 Bernoulli 方程。

St Venant 方程组

## 五、在横断面上表示水流的要素：U、S、B、R 准则：

二维分析：  $Q$  ( $1 \times g$ ),  $A$  ( $1 \times h$ ),  $V$  ( $\alpha=1$ ),

$$R (\approx h), J_b, n \text{ (或 } C = c\sqrt{2g} \text{)}$$

## 六、水流的方式

$$\frac{V^2}{C^2 R} = J_f = J_b - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{V^2}{C^2 R}$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{恒定流} \\ \text{非恒定流} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{均匀流} \\ \text{非均匀流} \end{array} \right.$

1. 恒定均匀流
2. 恒定非均匀流
3. 非恒流

1. 恒定流均匀流—— $J_f = J = J_b$ , 三线平行, 无穷展长。上游来水  $Q$  决定下游一切, 是理想的, 不现实的。用于渠道设计过水能力。作为复杂的非均匀流非恒流的初步分析。

### 2. 恒定非均匀流

上游只决定来水  $Q$  的大小, 只间接影响其他因素。下游的控制和槽形、糙率决定全部因素, 须返推。

### 3. 非恒流

虽已给定了边界条件, 槽形和控制及恒定的初始条件  $Q_0 \sim x$  水面线, 但若自上向下推算时, 从  $Q_{x_0} \sim t$ , 只能假定水深逐步下行, 必须符合控制的  $H \sim Q$  关系。多次假定, 可用计算机, 注意控制的  $H \sim Q$  并非边界条件, 乃是 St. Venant 外另一规律。

## 七、水流下游存在控制的意义——几种说法

1. 水流沿程断面的要素必然受着下游各断面形态的影响, 直到控制断面为止。此下的断面形态或任何扰动就不再对上游起抑制作用。所以水文站应设于此。

2. 在控制断面  $X_c$  附近水流自上游下来逐渐加快,  $\frac{V^2}{2g}$  加大, 及  $X_c$  处加大到等于平均水压力  $h/2$ :

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{h}{2}, \quad V = \sqrt{gh} = V_{x_c}$$

这里临界流速  $V_{x_c}$  等于波速。自此以下, 任何扰动再不能对上游水流起控制作用。

槽内储存能为每单位  $\gamma Q$  的动能  $\frac{V^2}{2g}$  及势能  $h$ ，合成为比能  $E_b$ 。

$$E_b = h + \frac{V^2}{2g}$$

在缓流中各断面  $X$  沿程  $h$  减， $\frac{V^2}{2g}$  增，到  $X_C$  处  $E_{bc} = h_c + \frac{V_c^2}{2g} = \min$ ，同时能量消散率  $\gamma Q h_f$  的损失水头  $h_f$  则为最大。

3. 控制断面  $X_C$  处其储能率或比能水头  $E_C$  较上下游任何  $X$  断面为小，其上游为缓流，下游为射流。

$$dE_b = -dh + d(V^2/2g) = 0, \quad \therefore dh = VdV/g$$

$$V = qh, \quad dh = \frac{dV}{q}, \quad \text{设 } q \text{ 沿程 } X \text{ 恒定}$$

联解 
$$dh = \frac{dV}{q} = VdV/g, \quad V = g/q = g/\frac{V}{h}$$

$$\therefore V_c = \sqrt{gh} \text{ 约略地等于波速, 波体是向下并向上传动的。}$$

当  $V < V_c$ ,  $h > h_c$ , 在缓流  $h$ , 不论属壅水或落水段。

$V > V_c$ ,  $h < h_c$ , 这必属射流段 (Shooting flow, Super sonic), 包括自然跌落。控制断面以上,  $X < X_C$ , 直到上游给定的入流处  $X = X_0$ , 是一个独立体, 可作为自由体分析, 不得加以分割后孤立地分析。



## 八、最大能量消散率定律的定义

首先，这里定律中的消散率  $h_f$  最大是指，物体运动在同一条件下， $h_f$  对比任何其他不可能出现的自然现象或变量  $h_f'$ ,  $h_f''$ ,  $\dots$  中， $h_f$  总是最大，即所谓恒大（maximuon identically）。其概念和恒等式中的恒等（eqnat identically）一样。

例如：某式  $\sin^2 x + 2\cos^2 x = 1$  可导出  $\cos^2 x = 0$ ,  $x = \frac{\pi}{2}$ ；这是普通的等式，而  $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$  则为恒等式，即用任何  $x$  此式恒等。通过下面三个例子，可以说明确消散率恒大之意义。

例 1. 在恒定非匀流中，在恒定流率  $Q$  及一定槽形下，援用连续方程  $q=hV$  和运动方程  $J_f = J_b - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x}$  两式，可以得出无穷对的  $h \sim x$  线和  $V \sim x$  线，（或  $J_f \sim x$  线，或  $H_f = H_b + h + \frac{V^2}{2g} \sim x$  线）。即无穷对的水面线和能坡线。但其中只有一对其末端  $x=x_c$  处： $\frac{V_c^2}{2g} = \frac{h_c}{2}$  的断面，才是真实出现的（Virtual lines），这就是

控制断面。这就是说，比能  $E_b = \left( h + \frac{V^2}{2g} \right) \sim x$  可以看无穷组  $h$  和  $\frac{V^2}{2g}$  的组合：有

的水面线  $h \sim x$  线高，而  $\frac{V^2}{2g} \sim x$  较小；有的  $h \sim x$  水面线低，但  $\frac{V^2}{2g} \sim x$  较大。但其组合的比能  $E_b \sim x$  线全都高于实际出现的  $E_{bm} \sim x$  线（即能坡线），即在任何断面  $x$  处其不可能出现的比能  $E_b$  总是大于实际的同断面  $x$  处的  $E_{bm}$ ，不仅是控制  $x_c$  处  $E'_b$ ,  $E''_b$ ,  $\dots$  大于  $E_{bc} \equiv \min$ 。显然，在  $x_c$  处比能既最小，损能  $h_{fx}$  既最大，由这点向上游推溯的能坡线乃是实际出现的。其他不可能出现的能坡  $E'_b$ ,  $E''_b$ ，线回溯时，其出发点  $x_c$  处  $E'_{bc}$ ,  $E''_{bc} \dots$  即已大于实际的  $E_{bc} \equiv \min$ ，则全线皆必高于实际的能坡线，否则它们将和实际线相交，这是不可能的。

所以说全线比能在任何断面  $x$  处  $E_{bx} \equiv \min$  恒最小；能耗  $h_{fx} \equiv \max$  恒最大，无论在任何  $x$  断面处，实际出现的能坡线总是最低的（见附图）。

例 2. 物体在斜板上受地力下移时，必定顺着最陡坡（图中 AB）运动，决不会顺着任何具有偏角  $\beta$  的线 AC 或 AD 下移。这是因为沿 AB 线  $\beta = 0$ ,  $\cos \beta = 1$ , 阻力  $f \cos \theta$  最小，速度  $V$  最大，结果能耗率在沿程任何点总是最大，而其他路线 AC、AD 上的就较小。所以，人们按最陡坡运算物体运动的规律就是已经运

用了最大能量消散率这一定律了。

例 3. 固体在动态受力下，时时刻刻都运用了最大能量消散率定律。由于人们在结构设计中大多假定静态施力，即施力过程  $\frac{dP}{dt} \rightarrow 0$ ，时间极长， $P$ =恒定值。如在桥梁桁架中各杆都产生恒定的应力，可按静力学分析。只在具有多余的杆时，发生静不定应力，但仍可按 Castigliano 原理（最小工作原理）推算。而这个原理无非是最大能量消散率或最小工作率定理律的一个特殊推论而已。

在任何建筑设计中，都假设荷载无穷时间内慢慢地施力，这是近似实情的。所以根本毋需最大能量消散率定律。但在动力结构分析时，时间  $t$  是一个不可缺的因素，于是“动不定”必然会发生。这时物体变形有速度，能耗发生在势能和动能两方面，力之传递须通过波动，这时就必须援用最大能量消散率定律了。由于动力  $\frac{dP}{dt}$  往往因物体变形而反过来被迫地改变，于是黄万里建议的最大能量消散率定律必须用于动力结构的应力分析，或任何连续介体的应力分析。这要比现行动力结构应力的分析法更为精确。

这些解释，在动力学分析里，除了完善的连续方程和运动方程外，能量消散率最大是第三个不可或缺的定律。

## 九、最大能量消散率定律的应用

本定律不仅是对于一整体段连续介体的动力分析，除了连续方程和运动方程外，必须同时援用这第三定律，也同时适用于整段中任何断面  $x$  的流程。不仅是整段流体自然的消散能量率最大，即  $x_C$  处的  $h_{fx} \equiv \max$ ，而且任何  $x$  断面的  $h_{fx}$  都是最大： $h_{fx} \equiv \max$ 。当然它们都同时受着连续方程和运动方程的制约，也就是必须由三个方程来联解。

进一步又可证明，任一质点运动中，在上述两方程的约制下，自然赋与的能量消散率也总是可能出现的最大值。这可用统计力学给出引证。定律的推论是热动力学最大增熵定律。这样就改变了、增补了现有的增熵的热力学第二定律。现行的第二定律只能对增熵定性，而新的定律进而定量。黄万里在论文中还建议本定律也适用于微观分析。

一百年来人们都认为物体总是会自动校正其运动，使其效率最高，所以即能耗最小。曾出现过许多学说。近时则有杨志达、侯晖昌等提出的能耗率最小，援用了经典力学的论据。黄万里在 1988 年 4 月高坝水力学会议上发表论文解释了这些错误的根源。实际上，前列物体在斜板上顺最陡坡下移时能耗率最大，这一个例子，便是以反面证实能耗最小的学说的错误。

## 第三部分 研究提纲

### 一、论现行明槽水流分析法中存在的问题

#### (一) 论现行明槽水流沿程纵向分析法中的错误

凡明槽缓流的性质和形态既决定于上游来水来沙的流率和时空位置，同时又决定于下游槽形糙率和控制断面的壅水作用。故在缓流水力分析中，理应针对上游某断面起，直到下游控制之间的一整段水流作为自由体进行剖析。在恒定均匀流分析中假定河底线、水面线、和能坡线三者平行，且无穷地伸展，其下端不存在控制，当然是不现实的。但若河底线确是延伸很长的直线，其控制又很远，则壅水线或落水线在下游一段所形成的曲线，经过一段向上延伸后的水面线，总会在和河水底线平行的水面线或上或下形成一条渐近线，最终可以假设为直线。在这段能坡线的坡降  $J_f$  可以假设略等于底坡线  $J_b$  和水面坡  $J$ ，即  $J_f = J_b$ ，从而据算流速

$V = C\sqrt{RJ_f} = C\sqrt{RJ_b}$ ；再利用 St. Venant 两个平衡定律，就可算出水流形态的

6 个因子  $Q, V, A, R, J, n$  了。



在实际设计明槽时，为了使一段水道中各横断面具有相同的过水能力，假设下游控制很远，是可以而且也不得不这样做。但在力学分析中，下列错误必须纠正。

1. 在现行水流理论分析里，全都假设了上述非现实的三线平行的恒定均匀流，从上游断面质点出发进行力学分析，则所得方程组是不成立的。对于实际的非恒流、非匀流，必须同时兼顾到下游控制和沿程能耗的作用，以便由此返向上游推算。怎样分析一段自由流体中各点实际的水力因子，迄今还没有正确的理论方程组。1976年黄万里提出的最大能量消散率定律、亦即最小能量储存率定律，就是用来解决这个问题的。

在经典水动力学的分析里，所作的基本假设是（1）流体是连续无隙的。（2）流体作为纯液体，不承受切剪力，因此运动中不存在粘滞力，也没有边界阻力，于是根本没有能耗。（3）运动中的流体形态只有移动（translation），既无旋转（rotation）所形成的紊动（turbulence），更无受压后的变形（deformation），也无震动（vibration）的现象。据此，由伯诺利学说（Bernoulli Theorem）推出的运动方程里根本没有能耗一项，而实际上能耗占着总能量里很大的一部分。所以说，经典水动力学既假设水体不可压缩而又不变形，其中必须用到的一个重要公式，表示 Kelvin 的最小储存能量学说的。实质上单是动能最小学说，它只是在上列各种假设下方能成立。这和黄万里提出的最大能量消散率定律，亦即最小动能和势能储存率定律，是根本不相容的。所以经典力学里的连续方程和运动方程联解根本不适用于实际问题的分析。

在紊动学里，虽然考虑了质点旋转和能耗的存在，但由于没有同时运用最大能量消散率定律于联解，因此没有考虑到下游控制和沿程能耗的作用，所以虽然用了本身是正确的连续方程和运动方程，仍不能从断面质点出发作出全系统合理的分析。

在近代应用水力学里，分析非恒流、非匀流时，由于下游终端控制的堰流公式和沿程损失势头的糙率  $n$  或  $C$  都是援用了恒定流的数据，不可能据以得正确的能耗，全部分析根本没有根据。在实际问题里，往往又假设三线平行、没有下游控制的恒定均匀流，用圣维南方程分析断面或质点的水力因子，也是不合实际的。

2. 承接上节的解释，我们都已明白，在现实的水流力学分析里，不可能从上游已知的来水  $Q \sim t$ ，逐段向下游按圣维南方程推算各断面的水力因子。即使对恒定均匀流， $Q = \text{常数}$ ，也须从下游接控制处的  $H \sim Q$  关系逐步向上游返算。而非恒流的计算就更复杂了。已知上游来水的  $Q \sim t$  资料，却无法得知同时在下流控制处

的  $Q$ ，这里需要考虑到波动传递的作用。而控制又常位于量堰测点的下游，测点的  $Q$  不仅决定于  $H$ 。另外，用  $\frac{\partial H}{\partial t}$  和  $\frac{\partial H}{\partial x}$  表示的  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  和  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  都有影响，即

$$Q = Q\left(H, \frac{\partial H}{\partial t}, \frac{\partial H}{\partial x}\right)$$

首先我们要制订各式量堰的这种公式。其次为了知道沿程的阻力损能，必须定出非恒流中各种不同糙率的沿程损能。请见黄万里：《试验研究明槽非恒流的旨趣与途径》。1991 年 4 月。

3. 在河槽模型试验里，通常控制距试验段很远，在有限长度的试验槽里无法容纳遥远的控制，而不得不在末端任意设一量堰。这种做法，对定床既不合理，对于动床误差更大。若过甚地缩小模型比尺，长高比尺双不一致，则傅路德数又成问题。试验结果殊难可靠。理由如前所述，不得取任意一段河槽作为自由体，供分析或试验，除非它是属于恒定均匀流。

## （二）论明槽螺旋形水流现行分析法中存在的缺点与错误

明槽水流横断面上各点的流向和流速都是不相同的，一般河槽水宽要比水深大很多，中心的水流速最快，槽底和槽边的最慢。投影在垂直的各纵断面上，有的流线中表面流速较快的质点倾向河底，其流速逐渐减慢；有的流线则相反，流速较慢的质点从河底较慢处仰浮起来流向较快的表面。这些上下起伏的流线投影在一个垂直纵断面上坡降可陡于 1:10，再看投影在水平的水流某断面上的流线，它从河槽中心倾向两侧，其水平坡度只有 1:100 左右，侧流比较缓慢，即前进的流速侧向的改变比较缓慢。

综合起来看明槽水流立体的形态，质点轨迹的流线都是螺旋形的。位于中心水面上一个质点，一面向下沉降，一面左右靠边。两侧槽底岸边的质点则一面向上升起，一面向中心靠拢。而分速上下升降的，要倾斜十倍地大于左右分散或集中的。亦即螺旋形水流主要表现在上下起伏。

关于这个问题，现行水流分析存在着下列缺点和错误。

1. 现行明槽水流形态的分析一概以导向下游主要方向的综合水流称为主流，而另外辅以上下左右的流动称为次流。苏联所称副流则专指左右向的水流。按主副流本是一体的，主流代表水流综合的结果，是为分析的主要目标；副流只是附属性的，长期来未曾受到普遍地注意。1988 年 4 月在北京召开的高坝水力学会议上，初次有三位水力学者发表研究文章，专对副流作初步分析。这是一大进步。但是副流不能孤立地加以分析，最终需要的是对主副流综合的三维分析，还需要

在非恒流情形下各水力因子的变化研究。看来还待许多人合力研究。

2. 对于水流的力学分析, 最终的要求是, 在水流横断面上流速、压力、剪力的向量分布线或等值线。分析可从二维的、即分别从各垂线上的各种因子开始, 再推广到三维或立体的; 从恒定流的再推广到非恒流的。分析可先从实验着手, 取得了一系列数据, 再加以理论分析; 也可以先作以经典性的理论分析, 加以考虑到能耗的校正, 随后再以实验数据验证。最终研究非恒流中各水力因子的确定。这些工作都是很艰巨的。现时只有对河道横断面上等速线的测验, 和水槽中恒定均匀流的实验。

3. 在水流各纵断面上、首先是中心线的垂直纵断面上, 需要研究出流速垂线上的分布线, 和水压力、剪力的分布线。现代主流断面垂线上的平均流速分布线 ( $V_y \sim y$ ) 通用 Prandtle-Karman 方程

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{y}{k_3} + B_s, (\kappa = 0.4)$$

式中 Karman 假定  $\kappa$  为一个普遍性的常数 (universal constant) 0.4, 经黄万里论证这是粗略而不正确的。凡用此式得出的  $u \sim y$  线没有一条和实测的符合, 而且差距很大。这卡门常数应用广泛, 本世纪初以来, 在紊动力学、航空的基础理论气体力学各方面, 学者从来都深信不疑。在美国工程力学最高学府加州工学院 Caltec 设有卡门研究所。1987 年 2 月黄万里曾去和其继承人 Brooks 教授争辩, 他坚不认错, 而 Vanoni 教授则圆场劝和。须知从这  $V_y \sim y$  线可得出  $\frac{\partial u}{\partial y}$ , 决定着紊动强度及漩涡的定量, 在理论上影响到整个紊动力学。在实用上影响到航空工程学和河工模型试验。使整个二十世纪流体热动力学的发展没有进入一条正确的道路而停止不前。

1985 年黄万里依据他在 1976 年发现的最大能量消散率定律研究出新的流速垂线分布公式, 其中漩涡直径  $l$  为

$$l = \eta y \sqrt{1 - \frac{y}{h}}, \quad \eta = \eta(y)$$

这个待定的系数  $\eta$  (读 Eta, 相应英文字母 H) 取代了卡门假定的常数  $\kappa = 0.4$ , 乃是一个无量纲的纯数, 随着水深  $y$  的改变的函数:

$$\eta = \frac{\ln\left(\frac{y}{h}\right)^{\frac{1}{3}}}{\left(\ln\frac{1}{R_*}\right)^{\frac{1}{3}}}$$

$$R_* = \frac{\mu_* h}{v}$$

它是依据水流横断面能量消散率最大，亦即储存率最小的定律定出的。同时也给出了流速  $u$  垂线分布的公式  $u_y \sim y$ ，它和实测的结果，美国地质测验局专业论文 462—1，1966 E.V Richardson 所测得的，几乎完全吻合。这些已在国外水力学会议上发表。

4. 在槽流的平面上，虽在恒定流中较快的中心流线向两侧倾斜只有  $1/100$  左右的偏角，似乎作用不大，但这一现实的发现在实用中却启发了一些极重要的工程新方法。例如向上游倾斜的丁坝可以截住较多的泥沙使能较快的造陆护岸。更重要的应用这一副流作用是，德国 Z. Enqels 在著名的黄河治理的试验中，建议河道应取复式断面，固定了中水位河岸后，螺旋流会自动淤沙于两侧浅滩，其洄流又会冲深主槽。这方法在黄河干流的治理因流率大小变化极多而无法应用。而黄万里主张黄河三角洲河段从郑州起设若干分水闸控制着分水分沙的流率，输入左右两岸的流派(distributary)，利用这一原理，就可远距离输送水沙，不需很多费用，长期维持各流派槽形，既淤积了广大的黄淮海平原，又恢复了中国最大的南北运河，根本毋需南水北调。

### (三) 论现行含沙水流分析中存在的缺点与错误

含沙水流属固液两体合流，凡前述清水流分析中存在的问题必然也存在于水沙两体流中，而且还增添了更多复杂艰难的问题。首先，在现行不完善的明槽水流的理论基础上也还没有完整的两体流水力分析理论。在模型试验中，水力学试验和河道定床试验另添了模比的问题；而动床河道试验则更为复杂艰难，综合起来，目前存在下列缺点和错误。

1. 含沙水流的分析当今袭用清水流的全部公式，包括连续方程、运动方程、沿程水头损失、堰流公式、模型试验的模型比公式等等。例如最简单的连续方程应用时假定含沙浓度  $\rho$  在各断面上并不随时变化，即  $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ ，这是不合实际的。

详见黄万里《沙流连续方程含义的解释》，1972 年。必须建立一系列新的水流方

法格局和系数，包括含沙水流的各种堰流公式，各种槽底糙率的公式和系数，含沙多少对试验所用模比数的影响，以及上述连续方程和运动方程等等。

2. 上述各种试验研究首先只能是针对恒定均匀流的，然后必须进而建立非恒流的各种同类的公式和系数，也须通过各种试验或实测的分析。从观察实际现象得知，在自然河槽里，凡泥沙大量的冲淤，输沙率大量的增减，造成河床剧烈的演变，都是由非恒流的  $\frac{dQ}{dt}$  中内含的加减速度所产生的。这要远比恒定流所产生的输沙率为大。严格地说，从紊动产生浑流起，到泥沙的输移，其间所有运动本质上全是非恒定性的。

3. 在现有的研究成果基础上，必须进一步研究在横断面上水流情况和泥沙起落间的关系，从而得出半径验性的力学公式（俗称“数学模式”）。目前许多公式存在着的缺点，应加以更正或重新建立。例如含沙水流垂线上流速分布的公式仍袭用卡门的公式，只是把其中卡门常数  $K=0.4$  改变。这样做，是不正确的。

4. 河中泥、沙和卵石的尺度大小差别很大，如今只用颗粒中径一个数值来分析，即使只对无粘性沙粒的水沙流，其结果也是不可靠的。必须分析水沙流混合不同粒径的代表方式，及其对于各种水流因子的数学期望值之作用。

5. 为了工程设计用到河工模型试验，其适用的范围半世纪前所公认为合理的，只限于下列三项：（1）河道中局部工程（*infrastructure*），如丁坝、顺坝、河槽填挖等的工程试验；（2）溢流坝或泄流孔下游冲刷现象的实验；（3）河口尾水入海洋、湖泊或其他已知出口水位控制以上的河道冲淤实验。对于长距离河段的河床演变的试验则公认为只能定性不能定量。但是现今竟不加验证地普遍应用于定量设计了。这里存在的问题有下列诸端：（1）不同模型设计究竟该用哪些模比定律， $Froude$  数， $Renold$  数，……？其可靠性如何？（2）它们对于长宽比尺对高度比尺不同的变形模型是否适用？（3）在同一水流采用不同固体为模型沙的情形下，模比应取什么改变？等等。这些问题都可先用实验来考查，随后再归纳为定论。

## 二、明槽水流力学研究课题

前面讨论了现行明槽水流在沿程纵向、螺旋流形态、及含沙水流分析法中存在的问题。为了解决这些问题，兹试拟计划，定出应于逐步研究的课题。这些课题须按程度先后逐步研究：必先研究出前一组的各类课题，其中某些结果将应用于次组的课题，而同一组的各领则可同时独立地进行。这工作需要多人分工合作地进行，这是一个研究单位例应采取的步骤。

## 第 1 组研究课题

### I1. 最大能量消散率定律 研究者（黄万里）

（推论：热动力学最大增熵率定律）

本定律已由黄万里写成论文两篇，将逐深为普遍性的物理学定律，拟定论文名为：

《物体运动在随时不断改变的平衡状态里能量最大消散率定律》

“The Law of Maximum Rate of Continuous Energy Dissipation from the Ever—Changing State of Instantaneous Equilibrium in Body Motion.”

Collorary: “The Law of Maximum Rate of Increase of Entropy in the Motion of Body.” — The reformed Second Law of Thermodynamics.

### I2. 明槽水动力学基本理论方程 研究人（黄万里）

从改正 Euler 和 Navier-Stokes 定理方程出发，考虑进能耗及下游控制和河槽阻力的影响，建立新的方程组（黄，？）

### I3. 明槽恒定均匀流流线中质点的 Lagrange 方程（？）

### I4. 明槽恒定流垂线流速分布公式（黄）

### I5. 清水非恒堰流公式——尖顶堰试验研究（黄，李……）

自然落水线堰 Ogee（？）

### I6. 清水非恒流落水槽控制公式试验研究（？）

### I7. 明槽浑水恒定均匀堰流公式试验研究（？）

### I8. 变形模型（twisted models）试验模比律的合理性试验研究（？）

### I9. 泥少粒径分布公式，对张仁忠等的研究成果进一步深入（？）

## 第 II 组研究课题

### II1. 一维非恒流能耗公式研究及各种槽底糙率的分析 and 试验（？）

### II2. 恒定含沙水流垂线水沙流速分布及挟能力公式研究（黄，？）

### II3. 固液两体恒定均匀流动力学基本方程（？）

### II4. 非恒定含沙水流尖顶堰流公式（？）

### II5. 非恒含沙水流 Ogee 溢水汇流公式（？）

### II6. 非恒含沙水流落水槽控制公式（？）

### II7. 明槽恒定均匀流复式断面冲淤试验研究（？）

### II8. 明槽恒定含沙水流模型试验模比律试验研究（？）

### 第 III 组研究课题

- III1. 固液两体非恒流力学基本方程
- III2. 非恒流河槽糙率与能耗试验研究
- III3. 明槽非恒流冲淤与挟沙能力试验研究
- III4. 明槽非恒含沙水流动床试验模比律试验研究。

# 水经论从 • 治水原理 \*

著 者：铁沙 黄万里

唐山交通大学土木工程系，BSCE，1932.

美国康乃尔大学土木工程硕士，MCE，1935.

美国意大利诺大学工程博士， Ph. D., Engg, 1937.

世界名人传记院宣称为“1997 年世界名人”

(“Wan Li Huang, Man of the Year 1997”, proclaimed  
by the Biographical Institute, U.S.A.)

## 目 录：

- 第一篇. 总论
- 第二篇. 对于黄河治理开发的意见
- 第三篇. 论黄河断流及其对策
- 第四篇. 论黄淮海流域水利与交通的整治
- 第五篇. 治理黄河分流策总结
- 第六篇. 论海河 1963 年导洪的失误
- 第七篇. 长江 1998 年的洪水
- 第八篇. 概论江淮的治理
- 第九篇. 关于长江三峡修建高坝的可行性问题
- 第十篇. 治水原理概论
- 附 录： 致水利系的一封信

---

\* 讲稿，1998 年 3 月。



# 第一篇 总 论

## 一、人生和土地、水流、环境的关系

人类在地球上生活直接依赖的物质是土地、含氧的空气和水流，所依赖的各种能源来自太阳。“上善若水”，老子认为水是人间最好的物质。宇宙学家考察人类、能否在其他星球上生存，首先要看那里有无冰存在，有冰或水，连同其所含氧，才会有人类生存。

水古简作河流之称，黄河古简称河，长江简称江，某河流简称某水。

人类生活在陆地上所消耗的水量中，约 80%用于农业，12%用于工业，8%用于日常生活。这 80%的农业用水中过半是由降水直接供给的，降水供给农作物、草木、及蒸发等之余，便以地面迳流、地下渗流等方式汇入溪沟、大小河槽里成为川流。部分川流人类用于农业灌溉、工业和生活用水，依靠自流引导或机械抽水等方式，这是人为部分消费的水资源。在河道川流中扣除洪水和污水、另加上降水、地下水所直接供应农作物的自然水源才是地区的水资源。

人类在陆地上主要利用土地上的气流、水流、植物、动物和矿物等生活。我国人口众多，今称 12 亿。史载唐朝初曾调查人口只有 4,000 万，当然是不完全、不可靠的。当时食粮主要是粟（小米）和少量稻（大米）；衣着完全靠丝织品，原料是桑树。文人公职下岗后自称“家有十亩农田、十亩桑田，可以安居养老矣”。直到明朝中下季才从印度传来美利坚洲的红人种植的玉蜀黍（玉米）和棉花，我国才以玉米、小米、大米为主食，以棉织品（布）为衣着，于是人口大增。

及至近世，我国疆土虽广，由于人口多，仍嫌耕地不足。世人称道中国仅以全球 7%的耕地、养活着全球 22%的人口，允为奇迹。今我国人口达 12 亿，设以每人年耗 1500 立方米水量计，总量为世界各国之冠。我们必须认清：当今我国最欠缺的乃是养活 12 亿人口的耕地，而水量尚在其次。这点是决定治水方略的关键问题。

除了土地、水资源以外，影响众多人口生活的还有生态环境问题。在任何一流域里为了改善人的生活，必须有配合人口的耕地、水源和环境，这是和治水有关的基本原理。

## 二、治水工程的类别、方法、步骤与可行性分析

### (1) 分类水利工程

治河工程	River Regulation (通常包括防洪, 有时兼及航道)
防洪工程	Flood Control
航道工程	Navigation Engineering (包括航道渠化工程)
排水工程	Drainage Engineering
供水工程	Water Supply Engineering
灌溉工程	Irrigation Engineering
水力发电工程	Water Power Engineering
港湾工程	Harbour Engineering

这八类工程在一条河上应尽量综合起来利用, 以发挥最大的效益。

任何水利工程都涉及治河, 可以说治河工程或治水工程是最基本的水利工程。

### (2) 四类治河方法:

拦河截流—蓄	Storage
筑堤防洪—塞	Levee
浚深河道—浚	Dredge
溢洪疏浚—疏	Diversion

### (3) 六项工程步骤

查勘 Reconnaissance—用简化的调查测量方法在短时间内估计出工程的规模、投资和效益。

规划 Planning—治水方略、区域经济要求, 纳入地区规划。

测量 Survey—得出平面、横断面及纵断面图。

设计 Design—依规划中得出的那个最优计划进行设计。

施工 Construction—按设计规定的施工程序进行。

运行 Maintenance—执行、维持, 以产生工程效益。

必依次进行, 前者有误, 随后各步皆误。

前两步骤皆须最高级工程师担任。

### (4) 两类可行性分析

治水设计中的全面筹划包括生态环境效应(Ecological environmental impact)的分析及四种工程本部的个体分析(Infrastructural analysis) :

a: 科技可行性 Scientific technological feasibility study;

b: 经济可行性 Economical impact feasibility study;

c: 社会影响可行性 Social impact feasibility study;

d: 国防可行性 Defense impact feasibility study。

必须各部门可行性皆分别成立，工程才可施行。

库区和全流域所需规划的是：个体分析和全面筹划，或称整体运营（运筹），或称宏观调控。今被误译成“系统工程”（System engineering）。

凡个体分析用到的学术，除土木工程学、水力学、水文学等外，是数学力学和经济数学，统计法。

凡全面筹划用到的是水文地貌学的概率统计法。这里只算总帐，不用力学分析，即对大河的各个段落综合起来全面分析。

### 三、学术正名 Nomenclature

“必也先正名乎，名不正，则言不顺”。孔子这样说。对于任何学术，也莫不如此。我国科学技术一部分袭用日本翻译欧美惯用的专门名词，有的恰当，有的转译后并不合适。下面笔者建议一些常用水经名词，用于本书，并说明通俗名词之错误所在。

（1）时刻与时间，流率与流量 Discharge, Rate of flow 这在有些外文初级物理教科书中一开始就解释清楚：时程先从共同一致假定的某一计时起点，例如公历某年某月某日零时起算。设这一起始的时程为  $T_0=0$ 。经过一定时间  $t$  后，其时程使成为  $T_t=t$  了。其间所经过的历时是  $t = T_t - T_0$ 。这里时程的改变是：起始时刻  $= T_0=0$ ，经过时间  $t$  后的时刻变成  $T_t = t$ 。这些说明时程、时刻、和时间的不同概念。

假使物体在变速运动中，其计程距离  $L$  当起始  $T_0$  时为  $L_0=0$ 。经过时间  $t$  后，当时刻  $T_t$  的距离改为  $L_t=l$ ，即在这时间  $t$  内运动了  $l$  距离。因为运动速率是随时变化着的，我们只知道这时间  $t$ 、距离  $l$  间的平均速率  $\bar{V}=l/t$ 。但这期间各时刻不同速率  $V$  却是随时刻变化着的。我们只能用微分的推算法推论：

$$V_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{dl}{dt}$$

这里指出随时刻  $t$  变化着的速率  $V_t$  乃是其时的微分时间  $\Delta t$  内对比移动的微分距离  $\Delta l$  所得的微分比  $\frac{dl}{dt}$ 。

同样，假使我们进而研究不定流，欲求通过某一断面的水流量 $\overline{W}$ 当某一时刻 $T_t$ 在变化中的流率 $Q$ ，我们同样须用微分法推算：

$$Q = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \overline{W}}{\Delta t} = \frac{d\overline{W}}{dt}$$

可见流率 $Q$ 是水流量 $\overline{W}$ 对时间 $t$ 的微分比，它的计算单位虽用秒立米 $\text{m}^3/\text{s}$ ，但却不一定是一秒钟里流过的水量。而流量 $\overline{W}$ 本身却是流过的水量，若干 $\text{m}^3$ 。所以在流量 $\overline{W}$ 前面必须注明是秒流量、日流量、月流量或年流量。只说流量就是错误，这是量和率在基本概念上的根本区别。

## (2) 迳流、渗流、潜流、川流

所有水资源、洪水都来源于降水，其中部分直接供给了农作物，用于农业。成为植物散发 Transpiration。

降水中部分为林木、草木所吸收另外散发掉，成为地面蒸发 Evaporation。

其余部分成为地面流，即迳流 Runoff，迳字是直接的意思。

入渗的水成为出渗和地下水位以下的潜流。潜流 Underground flow 被误译为地下迳流。迳流、出渗和潜流入河槽合成为川流。

## (3) “系统工程”宜译为“整体运筹”

“工程”这名词在古书《礼记》上就有，大致和英文 Engineering 符合。但是这字在英文中却有两种意义：它从动词的不定式 to engineer 出发，其同义英文字是 to be strategic, to contrive, 或 to plan out。它相应的名词确和汉字“工程”相符合；但它相应的动名词 (verbal noun) 却是“巧妙的安排或运作”，即“筹划”、“运营”、“措施”，并不是“工程”这个非动名词的内涵所可能所表示。

这个错误是袭用那些错误的直译名“遗传工程”（宜用“遗传措施”），“生物工程”（宜译为“生物措施”）所产生的。这一直译而非移译（即意译）的错误直到人们要译 industrial engineering 无法译成“工业工程”才被人觉悟起来，但仍未理解上述 engineering 出自动词不定词 to engineer 而束手无策。

“系统”或“体统”原是直译出来的似无可疑议。但当某联合为 system engineering 一词而直译为“系统工程”便成大错。这令初学者莫名其妙，误认为相似土木工程、机械工程等某种新颖工程。“系统”system 这里宜意译为“整个体统”或“整体”。全部的译词应为“整体运营”、“整体筹划”或“宏观调节”等词，决不是什么“系统工程”。

相对于“整体筹划”system engineering 的分析就是“个体分析”infrastructural analysis。后者是针对全体统中某个工程的单独分析，例如对流域中横断河道的一个拦河坝的分析。

第二篇 对于黄河治理开发规划的意见

一、1949 年以来，黄河治理和开发，成绩显著：下游五十年堤防牢固，没有出险成灾；上中游建成了八座拦河坝电站，支流 160 余座水库，对于防洪、灌溉、发电、供水各方面效益巨大。计灌溉面积增加了 8 倍，水库总容量已达 410 亿 m<sup>3</sup>，其中有效容量 300 亿 m<sup>3</sup>。发电装置功率 374 万 KW，平均年发电量 176 亿 Kwh。沿河居民得到充分的水资源利用。但河仍未治。

下面笔者提出对于现行规划的不同意见。

首先，现规划的治河认识，如同有史以来和当代水利专家以及关心黄河治理的学者一样，大家普通地认为，黄河“水少沙多”为其“突出特点”（见治黄规划纲要 7 页），把它看作一条“害河”，认为治黄必以防洪为主，在“蓄、塞、浚、疏”四法中只能用蓄塞两法，即用水土保持、拦河蓄水蓄沙，及加高加固堤防以堵塞可能发生的洪水破堤泛滥。庶不知它乃是我国甚至世界上最优的“利河”。兹以我国公认的利河长江和它作一比较。

让我们从两条河的全流域面积 I（万 km<sup>2</sup>），其多年平均年流量 II（亿 m<sup>3</sup>），以及所产生的中下游冲积平原面积 III（万 km<sup>2</sup>）作一对比如下：

	I	II	III	III : I	III : II
	全流域面积 (万 km <sup>2</sup> )	全流域年 流量(亿 m <sup>3</sup> )	中下游冲积平 原(万 k m <sup>2</sup> )	造地面积/全 流域面积	km <sup>2</sup> 造地/10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> 年流量
长江	180	9,750≈1 万	12.6	7.00/100	12.9
黄河	77	580	25	32.46/100	450.0
江河 对比	2.3 倍	16.8 倍	0.50	1:4.6	1:34.9

由此可见，长江比黄河流域面积大 2.3 倍，年流量大 16.8 倍，而在中下游所造成的人类最宝贵的冲积平原反而只有一半。长江冲成的 12.6 万 km<sup>2</sup>，供水充足，是多么宝贵呀！而黄河却能冲成 25 km<sup>2</sup> 地，也可耕种两季，虽用水稍感不足，更觉其宝贵！假使人们细想何以黄河能淤出如此大量的土地，正是由于其水少沙多，

其含沙浓度极高的黄河水已淤成 25 万  $\text{km}^2$  土地，我们要尽力据以淤灌它，而且希望它继续淤出更多的土地，以适应我国人口之众多。如今长江每年只能淤出一千亩田地，人们嫌其太少太慢，则我们对黄河更应寄以厚望。我们希望黄河有更多的水土冲下来，而不是保持在上中游不下来。水土保持的目的是保持那里肥沃的表土，是应该的，合理的。但是已落在河槽里的黄土尽可冲下来，以向下游，两者并不矛盾。

二、我们要理解，我国是全世界水资源最丰富的国家，外国人说我们只有全球 7% 的耕地，却养活着 22% 的人口，就是说我们能从少量的耕地充分利用水资源以养活偌大人口。凡国家的水资源主要是用在农田上，约占 80~85%。我国夏季海洋暖气团登陆的占 70% 的全年水量，多半由农作物利用掉，部分多余的成为地面流即径流，集流成江河，连同地下潜流，成为河中的川流。川流乃是残余的水资源，部分可以抽起来用于灌溉、工业和生活用水。川流中部分是洪水和人畜用过后排出的废水。由科学院个别人提出的水资源定义为江河出口综合的年水量竟不包括植物蒸发量这一大笔水量，于是得出我国水资源贫乏，在全世界排行第六的错误结论。

我国在淮河以南及东南各省水量有馀，两广年种三季作物，江淮两季半，所缺的是耕地，不是缺水。黄淮海也勉种两季，东北只种一季，利用冬雪融水亦已足用。全国唯有西北真正缺水，而可耕地很多，俗称“有水便是地”。总的说来，我国最缺的是可耕地，通过调节、多年平均年水量尚能养活偌大人口。明白这点，黄河“水少沙多”，若正确地运用，不是坏事。

三、我们要认清，地区水土保持、干流造坝等都是对个别工程的设计规划（Infrastructure analysis）。而流域规划运行包括这些个别工程，却是对整体的运筹（System Engineering 俗误译为系统工程）、是对整个河道，例如对黄河上下游全面整体的规划。

水土保持对于上游地区农业完全必要，也可能大体上做到。但因黄土层在风沙堆积的过程中陆续降雨被形成了许多垂直孔洞，可以高达几十米。一遇大雨，这些孔洞同时被雨水充满。临近河岸的黄土层常一片一片地剥落下来，形成直壁。所以平面或斜面上的表土及溪沟里的水土可以被保持不动，但大片黄土仍会落入河道里。这是地质部地下水二队考察的结果，有报告可查知。

当水流经过河床，一定会挟带一定量的泥沙同行。许多测验都证实输沙率  $G$  略和流率  $Q$  的平方成正比： $G=KQ^2$ ，除非流尽河干，即  $Q=0$ ，河中必有沙流，即  $G \neq 0$ 。故凡河床质为泥沙的河道都非清水的河流，泥沙一定会输向下游。

水土保持作为农业的措施是可以而且应该做得到的，但把它作为“拦排放”治河方法中的主要策略是做不到的，是完全错误的。拦河筑坝以蓄水沙，如小浪底坝，只供有限期的效果，经济上不合理，并非良策，而且相反地，我们需要泥沙下来造地或淤灌。实际上这种做法是把沙多易淤的困难推给子孙来解决。

四、从整体运筹的角度来看，凡是河流的上游必然在被冲刷，下游在被淤积的过程中。这是指对一长段河流，经过相当长的时程而言，分析用的统计的方法，而不是对一定地点，当一定时刻用数学力学方法分析的结果。以两道长堤夹住河流，在下游欲将挟带下来的泥沙全部排出去。途中水流渐减，坡降渐平，路途加长，而沿途不淤是不可能做到的。所以“拦、排、放”中排的策略是错误的。以堤塞排沙，冲出河口，中途不淤，是不可能的。

明末潘季驯用过束水攻沙的治河法没有成功。论理用于个别河段未始不可。但束水后河段上下两端落差将加大，坡降将加陡，若许多河段这样做，水面纵断面将超过河道自然落差所许可。这又是一个只适用于个别工程，却不能用于下游河道整体运筹的治河方法例子。

五、在黄河整体运筹拦排放诸策略中，籍水土保持拦沙于中游既不可能，泥沙不可能不下送到郑州以下；两堤束流期望排沙出海而不淤中途又不可能；于是只能指望滞洪区和滞洪水库以放出太大的洪水了。正如《纲要》44 页所述：“分洪运用的风险和经济损失很大”，“存在问题较多”。于是加筑小浪底水库，估且先拦沙二三十年，成为对付这水沙沙多的害河，作为防洪的策略，以免继续加高加固悬河两堤。这里显然没有想采用疏浚的治河方略，因为欲增加过洪能力，疏浚太费，惟有加高堤最方便而省钱。

六、人们普遍地主张采用拦排放的治河法，不理采拦排无效、放又风险，却忘了这河曾淤出了世界上最大的三角洲—25 万  $\text{km}^2$ ，（世界其他三角洲最大的如珠江三角洲等只有 1 万余  $\text{km}^2$ ）它还淤塞了海河、淮河的尾闾，成为一望无际仅次于已西亚马孙河下游平原的世界大平原。这华北大平原除了自然降水、太行山下下来的山西余水外，两季种植仍嫌水缺。黄河北行时原曾路过这里，其后运河曾长期作为南北运输大动脉。如今黄淮海平原缺水，当然要考虑将黄河作为干渠南北分流。乃黄河治理却规定，河应在两堤约束下排沙，全河流水被派定担任尽量输沙出海的任务，以免河身继续淤高。按整体运筹的原理，黄淮海平原的水利建设和整治黄淮海河，原是一件事的两方面。人民责备我们把一件事孤立起来分为两种规划：“只知一条线，不管两大片”。这种策划殃成了目前黄淮海平原缺水缺肥，华北水道不能通航的现实。历来学术上普遍性的错误认识，使国民经济遭受

莫大的损失，未有甚于此者！

七、不破不立，通过否定拦排放策略，人们会自然地认为黄河分流是必要的。河在郑州以下原属隆凸的三角洲地貌，其干流和各流派分布于全洲。世界上治理三角洲无不分流淤沙。广东三水以下的珠江、埃及开罗以下的尼罗河、罗马尼亚土耳其恰以下的多瑙河、印度孟加拉下的恒河、巴基斯坦苏库尔以下的印度河，无不多道分流出海。黄河既已淤高，分流排抄乃据高建瓴之势，能自动刷深河槽，理由如下：

干流若和支流在同一平面上分流，则其含沙浓度将相等： $\rho_{干} = \rho_{支}$ ，两者流率中支流较小： $Q_{干} > Q_{支}$ ，由于输沙率和流率平方略成正比： $G = KQ^2$ ， $G_{干} = KQ_{干}^2$ ，分流后  $G'_{干} = KQ_{干}'^2$ 。同样，支流的  $G'_{支} = KQ_{支}'^2$ ，分流后  $Q'_{干} < Q_{干}$ ，将会使  $G'_{干} < G_{干}$ ，故水平分流将使大河加淤。但我们总可以从闸门上调节出流  $Q'_{支}$ ，并使  $\rho'_{支} \gg \rho_{干}$ ，使  $G'_{干} \gg G_{干}$ ，大河输沙能力  $G'_{干}$  大于上游来沙  $G_{干}$ ，从而刷深河槽。这需要支流闸门既有溢流口，又有孔口，使能任意调节好  $Q'_{支}$  及  $\rho'_{支}$ 。

支流闸门上游须加修一段平行的堤，堤脚及叉口宜打钢板桩，设计要策安全。闸门须设两道，一在大河堤内，一在支流两堤间。

八、分流道要在中水和枯水时都长期行水，洪水时有节制地放水。首先打开人民胜利渠闸门，引黄河水沙分入卫运河，直到天津。中途设站置闸，分流淤灌河北平原东部，以解决当前缺水之急。现在干的运河已高出地面 4 米以上，不必掏挖，任其继续淤高后，将来可整理成为郑州到天津的高速公路的路基，不再输水。

同时开始勘测设计新的淤灌渠道，恢复南北大运河，分水入渠道。路线大致取老沙河，接清凉江，顺黑龙港现有洼道，将来把卫运河搬下来。

这个最上游的郑州分流闸很大，不但分流入人民胜利渠，另在口下再分三口，分别淤灌天然渠、文岩渠及柳青河一带广大地区，其下游接金堤河等。现有位山等闸须重新改造，口槛大大降低，设有堰口及底下的孔口。同时打开与大运河交口的黄河南北两闸分流南北，将来济运河用水，并淤灌东平、梁山等洼地。河水顺势南下，毋须抽取江水逆流北上。黄河在交口分流刷深槽底后，可能不设船闸



通行。其他闸口待上列各闸分流取得工程经验后陆续打开。河以南上游的分流支派应以贾鲁河、涡河为主，陆续打开。凡遇沙荒地宜先用河底粗沙淤灌打底，再在上面淤灌细泥。目前黄泛区一带最缺粗沙，排水不良。

九、凡淤灌渠道必须设计用复式断面，过水流率必须长期淹没两边滩地断面，否则闭闸停流。主槽两岸边必须护住使不坍塌。这样的螺旋流水（helicoidal flow）会长期淤滩刷槽，毋须掏挖清河。这些黄委工程师已在南岸试筑过，佟工程师等积有经验。在未来大运河及大渠道上应能设计出恰当的复式断面和经济坚固的护岸设施，使长期内主槽不淤且自动掏深，而两岸滩地自然淤高，能维持较长期再易新线新渠。

人们必然能建成精致的分流闸和分流渠道，这是黄河分流策的依据。在一段时期分流淤灌后黄河槽身自然浚深，再毋须加高堤防来防洪了，于是河治。人们欢迎更多的泥沙下来，水土保持工作应改由农业部领导。下游会自然地淤灌增肥，并造成更多的耕地。人们将额手称道：黄河乃是世界第一大利河！它以最少的流水造成最多的土地，它作为干渠自流灌溉。

至于黄淮海河流整治与平原经济开发这一更大范围的整体运筹（System Engineering,被误译为系统工程）请参阅《华北地区水资源合理开发利用》水利出版，37页黄万里：《论黄淮海河的治理与华北平原的整体开发》，不赘。

十、关于华北缺水问题，东线调用江水所需抽水功率太大，不合经济，而且沿途被拦截用水，竟无法实施。目前调用丹江口水是合理的，但不可加高丹江口大坝，以免增多淹没地，且安康水害已说明汉水卵石造害巨大，原已沉积满汉水的卵石尚不知如何处理，不宜扩大其灾害。

作者认为，从嘉陵江略阳以下或可引来约 2 万  $\text{km}^2$  面积上 200 亿  $\text{m}^3$  中 100 亿  $\text{m}^3$  的水，导入黄河或黄淮之间的耕地，或许可能，但笔者从未实测或详研，只是一种建议。如若可行，则工程较简便。作者不赞成经过黄河沿太行山引水济北京。不如借用滹沱河水经十公里入大沙河北行，再在滹沱河下游用黄河分流水归还。华北大平原通过用浅层地下水的预蓄及灌溉节水，可以解决全区的用水。

西线北调江水是最合理的计划，如今黄河已建有八个水坝发电，多引 1  $\text{m}^3$  水，可以节节增加电力，可能是合理的长远计划，虽工程费极大，但其效果亦大。先从川北松潘湿地、金沙江，再从澜沧江怒江调水入黄河上游，水量极大。这样可以解决整个华北的用水和电力问题，故事在必行。

### 第三篇 论黄河断流及其对策

#### 一、黄河断流的原因

据国家环境保护局自然保护司通知文件称：“黄河自 1972 年出现自然断流现象以来，断流频率越来越高，断流河段越来越长，断流天数也越来越多，……”作者分析，其原因凡三：

（一）修了水库，上游陕、晋、青、甘、宁蒸发、渗漏、较前逐年增多，因此中、下游水流逐年减少，甚至断流。

（二）为了防洪、灌溉、发电，干支流许多水坝总容量已增至 410 亿立方米，有效容量，达 300 亿立方米。这使用水量大增。按黄河总流量中原本来自河口镇以上的流域者约占一半，往年实测资料曾发觉河口镇比上游一站年流量损失十亿立方米，现在修了 8 座拦河坝，160 余座干支流水库，水面蒸发和地下渗漏自将大大增加。特别是宁夏河左岸渗入沙漠地下的，一面渗入、一面蒸发，在高水头下，其率甚大。

（三）水土保持工作，据称在上、中游已完成了 40% 的须待保持的面积，对于当地当然有增加农产的效益。但是对于黄河流量同时就减少了，而入河泥沙量都未必有大量的减少。这是因为黄土高原的形成是细泥风积的过程，在逐层堆高过程中络续的降水形成了垂直的细流排水洞。一遇暴雨，这些垂直漏水洞积满了雨水，水土保持的地区更助其积水。在临近河岸地区积满雨水的水洞将黄土崩落黄河干支流中。作者在三门峡市曾耳闻目击大雨时每 15 分钟一声轰隆，一片河岸剥落了下来，剩余的仍是黄土直壁。这是河中沙土的主要来源，是地质部地下水勘测第二大队发现的，有论文可查。所以水土保持只能减少河中水流，却无大补于黄河泥沙的减少。况且水土保持中减少沟蚀最有成效的工程只设计 20 年一遇的洪水防护，这种工作是没完没了的，其减少效果令人难以置信。

#### 二、论治理黄河所应考虑的措施

上述三种使黄河减流的造坝措施同时也使陕、晋、甘、宁防洪、灌溉、发电得以改善其效益。这是符合国家在开始东部经济开发一定阶段后，理应从事中西部经济开发的准确政策的。但其出发点也是为了黄河中下游防洪的目的。水土保持和拦河筑坝都是为了调节洪流和拦蓄泥沙。下面说明，这两种措施对于上中游水利在当地都是有利的，但对于治理中下游黄河在策略上都是无效的，反而招来了缺水断流的灾难。

中外一致认为治河策略只有四种，都可以一个字来分别表示：蓄（水土保持和拦河筑坝属此）塞、（远近堤防、束水攻沙属之）疏、（左右岸溢流属之，作者提出的分流淤灌近似此类）及浚（挖深河槽，增大泄洪能力）。

分析治河方法的可行性有两类：对于工程本部的分析方法（Infrastructure analysis）的可行性：其中包括四种相互独立的可行性分析：（1）科学技术的合理性（Scientific technological impact）；（2）经济合理性（Economic impact）；（3）社会影响（Social impact）和（4）国防影响（Military impact）。另一类是对于流域整体运筹的分析法（System engineering），俗误译为系统工程，实际意义是 Integrated strategy。这就是流域水利规划所必须用到的，是对全流域所施用的各种工程综合起来的全面规划中必先考虑的生态环境影响（Ecological environment impact）。

某种工程本部可能通过了上述四种可行性分析，却未必也在全流域整体运筹中一处或多处都应用这种工程的情形下其可行性分析仍能成立。

例如拦河筑坝作为个别工程，其工程本部（Infrastructure）为坝身和库区设施，若在这范围内四种可行性都成立，既能防洪，又可灌溉发电，其效益宏大。其成本已包括了坝身造价，及算入了库区淤塞、塌方等损失。但当在整体运筹的分析中（System engineering）则须考虑坝身及库区以外流域整体的工程可行性是否成立，包括库区以上的流域和坝以下的流域是否受到这拟建工程的影响。在库区以上平时河中的沙流受到坝身抬高水位的影响，将在库区上游末端因流速减缓而将沙石停落下来、淤塞河道、自然地形成第二个水下堆沙坝。这就抬高了那里的洪水位，壅水将淹没上游田地，1983年安康水灾淹死千人，便是一例。坝以下的流域清水可以冲深河槽有利于防洪；也可能冲刷两岸堤身，并减少下游的洪积面积，而造成额外的损失。这是拦河坝在两类分析中不同结果的例子。

又如水土保持也是拦蓄水沙的一种措施，对于所保持水土的地区农业当然受益。如前所述，水是可以被拦住而不下河槽了，而沙却仍可剥落下来。因为输沙率  $G$  略和水流率  $Q$  的平方成正比： $G \approx KQ^2$ ，许多地区这样保持了水土，本地的水，被当地农业消耗了，于是输送到下游的水减少，甚至到没有，而沙的输送更少，大部淤积在中游。这对比拦河坝调节水流，使水库末端的淤沙，虽坝内开放底孔而仍冲刷不动，其水流减少的作用更为剧烈。

又如顺坝为堤、束水攻沙作为个别工程本身都是合理的。我国潘季驯于明末即施行，比西方早创建两百多年，但对于黄河下游治理是无效的。这是因为河中一处束水，其攻沙效果很明显。但在束水后一定过水流率下那里的水流坡降必增

陡；许多处束水，在长距离间形成的水位落差可能超过河道原来的自然坡陡，反而造成泛滥。所以这措施对于治河的整体运筹是行不通的。

### 三、论治理黄河的方略

如上所述，在四种治黄方略中“蓄”、“塞”皆不可行，只能求诸“疏、浚”了。黄河原以洪害著称，庶不知缺水断流更甚于洪水之为害。对付洪流若处理得当，犹能淤灌造地。今人食住所在之冲积平原本为洪水泛滥所造成。其地肥沃，优于上游原来被冲刷之地。以长江对比黄河：流域面积平方公里数  $180\text{万}/77\text{万}=2.3$  倍，全流域年流量亿立方米  $9,750/580=16.8$  倍，在中下游冲积成的平原面积数以万方公里计  $12.6/25=0.50$ ，却只有一半。长江冲积成的 12.6 万平方公里，供水充足，是多么宝贵呀！而黄河却从较小的流域面积竟能冲成成倍的平原，25 万平方公里，也能耕种两季，虽用水稍感不足，但这是由于所用治水方略的错误，本来是足以淤灌这 25 万平方公里的大面积的。

作者提供的治河方略是勿修三门峡坝，勿修小浪底坝以拦沙，我们需要泥沙淤灌造地。可以在半世纪以前早已修成的堤岸上，利用其已淤高于两边田地上四五米的地势，在北岸开三或四个、南岸开一两个分水闸。闸门既有低于河槽底的溢流门槛、又有略深于两岸田地的有压冲刷洞，使长期内包括枯水期内能放出水沙，以刷深河槽，增进其排洪能力；并用恩格斯复式断面的渠道淤灌法，先解决三千万亩沙荒地，次淤灌并扩大耕地。这样，在若干年河槽放淤刷深后，既解决了防洪，又利用了水沙资源。这是分流淤灌并刷深河槽的策略。

长期来治黄方略之错误就在于人们普遍地认为黄河之害在于水少沙多，恐惧决口，只知修堤防洪，不敢分流淤灌。河槽逐年淤高后，就想到在上中游保持水土并拦河筑坝，以调节水流并拦蓄泥沙。庶不知因此水断流了、水库淤满了泥沙，河下游防洪似是彻底完成了，但河干涸成为无水无沙可淤灌的荒地。同时在报纸上央请一些水利专家宣扬河已得治之政绩。专家们可能没有看到《中国作家》1996 年第二期冷梦写的《黄河大移民》。里面叙述三门峡坝修成后黄河干流淤没了几十万亩地，29 万农民被迁往宁夏缺水高地，来回迁移十几次，痛苦万分。水利发电工程学会七位专家前往视察后叹息不已，国务院派去高级官员看了落泪，说“国家真是对不起你们”。同时潼关淤高了 2 米，循淤积平衡比降向渭河上延，陕西咸阳也淤高了 1.5 米。这使渭河洪水位抬高 2 米，地下水位和含碱区也都抬高，损害了沿岸农民生计。所以，河并未治好，只是把灾难从河南搬到了陕西，正如作者 1957 年在治黄大会上的预言（见《中国水利》1957 年 8 月份全刊）。

#### 四、挽救黄河下游断流的方法

如今沿河已修成了八个大坝，上中游水土保持已完成 40% 的面积，虽非得计，但这些事实不容改变。唯一挽救的方法是引用长江水北流入黄河。

东线调用江水所需功率太大，且沿途水被拦截灌溉。当年作者曾力争其无效不可行，现在才明白无法实施，且非合算。

中线调用一些丹江口的水是合理可行的，但不宜加高丹江口大坝以增蓄水。汉水淹地已多，安康 1983 年 7 月水灾说明汉水卵石之沉积造害巨大，切不可再扩大其害。作者认为，从嘉陵江略阳以上或可引来 100 亿立方米/年的水先入汉水，再导入黄河或黄淮之间的耕地，工程较简便。但注意此水不可通过黄河沿太行山北流北京，尽可借用滹沱河水行 10 公里先入大沙河北行，再在滹沱河下游用黄河分流水归还。

西线调江水入黄河源头应是合理的长远计划。每引 1 立米水流，可以通过 8 个大坝节节发电。且沿途可灌溉农田。虽然工程浩大，费用也巨大，但其效益宏贲，应是值得的，宜即测量设计。为了挽救黄河断流并开发西北，此乃必行之计。

一个流域规划必须针对全面考查。黄河年流量中稳定的水流约一半是从内蒙河口镇以上青、甘、宁广大地域上由年 300mm 雨量所提供的。人们只知道从 1962 年起在这里中西部修了几个大坝，当然就把这些本来供应下游的水资源用掉了，于是造成黄河断流。懂得这道理，从 1962 年修第一个坝开始就该开发川北松潘草地、并引雅砻江水入黄河，再开渠道隧洞引用金沙江水，再开发澜沧江、怒江、甚至亚鲁藏布江水入金沙江，大量水入黄河各大坝。这样，不但补救了 1972 年起黄河缺水，而且解决了整个华北西北的用水和电力需求。黄河的洪水则来自陕晋间的北干流和渭河，前者亟须在龙门筑坝调洪调沙，并能刷泥沙下来淤灌造地，这就不会产生  $7500\text{m}^3/\text{s}$  的洪泛了。这些全是人为的错误所造成的断流又洪灾，并非天灾。

### 第四篇 论黄淮海流域水利电力与交通的整体治理

#### 一、论治理黄淮海平原问题中抗旱除碱的方法

黄河高高悬起，将平原分为南北两区：北部黄海平原，南部黄淮平原，河自身成为平原的分水岭；南部年雨量达约 800mm，除黄河外，另无水源。虽雨水较丰，仍需分流淤灌。东坝头以下菏泽地区，因 1855 年决口改道北流时漫流没有淤够，地面较低，可再淤积填高 2m 之多。北部年雨量 600 多 mm，工农业缺水较

甚。这里地理位置冲要，政治、经济、文化、工商业发达，冠于全国，是我国当前最待优先开发的经济地区。最近又因京津缺水，正引用黄河之水北流入白洋淀。这是因为海河流域缺水而被迫实行的黄河分流，其目的只是为了引水，而不是为了治河。

必须郑重指出，引黄水必须同时排沙刷槽以治河，而且出流的含沙浓度必须大于大河当时的含沙浓度 2 倍以上，才可能刷槽免淤，这可以用数式分析出来。黄河槽底高于两岸地面 4~8m，刷槽是容易实现的。因此，分流闸必须既能溢流悬沙，又能从孔口出流底沙，前者含肥，后者粒粗，使淤积于沙荒洼地，可利排水。

分流淤灌有灌溉、压碱、排水和施肥 4 种作用。而汲井水灌溉浇地后，仍渗回地下，则盐碱仍在井内，作用较小。这样地下水含盐与日俱增，必须在深层抽排地下水，以除盐碱。

黄淮海平原中部东部排水不良，表土逐年盐碱化加甚，农作减产，非施行深层抽排地下水不可。黄河分流淤灌，大部支派只能轮流淤灌每年十几天，大部时间是在排水，应能够起到排碱作用。但是东部深沟埋管抽排卤水，以改良整个平原的土壤，仍属必要。总之，引黄水淤灌排碱远较井灌为有利。

在汛期或不需灌溉时，水沙分流应淤灌沙荒洼地，使泥沙沉积在洼地上，水渗入地下积蓄起来。例如南宫地下水库，由粗砂组成，可蓄大量汛水，待来年灌溉期再抽取。附近清凉江、索芦河、老盐河都可用作分流的支派，地下水库则应和河道水道联合运行。

太行山许多河流已修建水库拦蓄洪水，但仍有不少径流入海，除在山区加筑滞水库和蓄水库外，在山麓平原要开截水沟和渗水井，广大平原上普遍设畦埂沟洫，使回灌地面水流入地下，积蓄起来，每年汛前春灌可尽量汲取地下水，使埋深 4m，甚至 8m。这样降低水位后所腾出的空隙容量，可待容纳汛期的雨水回灌地下。总之，要尽量利用淡水，使其在浇地之后才蒸发掉，或使之淋洗土壤后再抽排出去，决不任其白白流海外。这种调度地下水位的方法，是作者根据地下水埋深 4m 以上不会发生地面蒸发的原理而建议的，1979 年以来河北、山东各地已行之有效。

总结起来，增辟一地区的水资源以抗旱只有三类方法，黄淮海平原也不例外：  
①上游植树种草，以涵养水源；②山区修水库，三角洲地区分流灌溉，平原拦截地面流回灌地下，以减少入海径流；③汛前春灌预降地下水位，以容纳暴雨的入渗水量，减少无效的地面蒸发。



## 二、黄淮海河流整治与平原经济开发的措施

在人们认识到“拦排放”治黄策的错误所在，认识到在三角洲上单凭井灌，不借大河淤灌，则盐碱终将加甚，才可能推论出用黄河水分流淤灌黄淮海平原是唯一可行的策略。除了加紧西线南水北调入黄河源头外，建议采取下列措施，有计划地陆续实现。

(1) 长期打开人民胜利渠闸门，把黄河水沙分流入卫运河，引到天津，中途设站置闸，分流淤灌河北平原的东部，以解当前缺水之急，并补偿北京挪用白洋淀一带的水。运河已淤高出地面 4m，不必淘挖，任其继续淤高后，将来整理成为郑州至天津的高速公路路基，不再输水。

(2) 同时开始勘测设计新的淤灌渠道，恢复南北大运河。路线大致取老沙河接清凉江，顺黑龙港原有洼道，完工后将来把卫运河搬下来。黄河分流口的闸门须能溢流兼孔口出流。郑州北的闸口淤灌范围很大，口下即再分三口，分别淤灌天然渠、文岩渠、柳青河一带，其中沙荒低洼地宜用河底粗沙淤灌打底，上面淤灌细泥。下游石头庄，位山等闸将重新改造，淤灌金堤河、徒骇河和马颊河等广大面积。可先规划好，留待下一步施工分流排沙。所有流派皆用复式断面，以保证刷槽淤滩。

(3) 和大运河交口的黄河南北两闸应早日打开，分流南北，以济运河用水，并淤灌两岸东平、梁山等洼地。河水顺势南下，毋须抽取江水逆流北上。黄河在交口分流刷深槽底后，有可能不设船闸而通航。此外，鄆城也将开口设闸，淤灌赵王河两岸，尾水济运河。沿河其他闸也将陆续打开，其中东坝头接通废黄河故道，尤为重要。从它再南北分流连接许多支派。较大的浍河、沱河等将直接入淮，淤灌大面积的农田。

(4) 河以南靠近上游的分流支派应以贾鲁河、涡河等为主，建议在分流取得经验后进行。但下游小清河将是东营市内河航运的主线，宜提前完成，要全面规划各流派，分期施工。

(5) 除大运河必须全面规划外，还应规划各支运河，如黄壁庄下濬沱河接连大运河，以水运山西煤到天津港，用陆岸滑道通过黄壁庄坝；废黄河、涡河各作为一流派。后者在淤滩刷槽成为深直的河身后，考虑整治为黄淮的航道。

(6) 河以北雨水既少，排水又不良，要全面规划排低地下水。沿天津、沧州、乐陵一线挖出一条埋深 15m 的近海窄沟，埋设暗管，抽排深层卤水出海，以改良日趋贫脊的华北土壤。

(7) 在上述流派网运河网的基础上，规划海河与淮河的防洪工程及全平原排



泄暴雨地面流的工程。要允许一定限度下的暴雨地面流漫过津浦铁路，帮助排洪。

(8) 利用人民长期劳动逐年堆成的黄河大堤，修建几条高速公路，除上述郑州—天津线外，还可修郑州—济南—利津，洛阳—东营，及郑州—东坝头—徐州—连云港等线。按高速公路设计，不得有交叉道，叉道必须高于地面或埋设地下，工程浩大而昂贵。今利用堤身和淤高了的分流道作为路基，就大为经济，使历来培高了的大堤，化为巨利的公路工程。

(9) 根据上列各项工程农业种植以及计划在平原各地对电力的要求，布置电网。电力能源有燃煤、油、天然气等火力电站和水力电站。改修三门峡电站使其恢复 100 万 KW 的发电能力。待刷清库区的积淤，保证不再淤高渭河西安河床后，再建造小浪底坝和电站，其目的则不再是淤积 30 亿 t 泥沙，而是拦蓄汛水，改在春季灌溉黄淮海平原，同时供电。

黄河素称中国的祸患，黄淮海平原正患洪涝旱碱。上述措施将使这 30 万  $\text{km}^2$  的大平原获得防洪、灌溉、淤肥、排碱、供电和水陆交通等效益，社会经济立将改观。如此巨利，端赖分流。惟其挟沙多，黄河才能造成偌大派域。惟其河悬，才可能分流淤灌，当人们认识到水沙不是祸害，而是资源时，明白了怎样在三角洲隆凸的地貌上巧妙地运用水沙流，黄河便成为世界上最优的利河，在这 30 万  $\text{km}^2$  的全球最大三角洲上，相对于他处不大于 1 万  $\text{km}^2$  的三角洲，黄淮海平原便成为世界上富裕的地区。夫何患乎何殇？

#### 思考题一：

黄河年流量过济南约 580 亿  $\text{m}^3$ ，黄河年流量过河口镇约 280 亿  $\text{m}^3$ ，约占总量之半，上中游 70 年代修刘家峡坝，库量 61 亿  $\text{m}^3$ ，水头 106m，90 年代修龙羊峡坝，库量 247 亿  $\text{m}^3$ ，水头 122m 等等。为了维持年流量 580 亿  $\text{m}^3$ ，至少西水须调金沙江等 280 亿  $\text{m}^3$ 。若须增补华北水资源 220 亿，使其达郑州 800 亿  $\text{m}^3$ ，则其须调西水每年 500 亿  $\text{m}^3$ 。按 1 年=0.315 亿秒，则须西调水平均流率， $1,587\text{m}^3/\text{s}$ ，试讨论以西水北济华北水资源如此大量，是否可能做到。从收益上考虑华北多供水 220 亿  $\text{m}^3$ ，西北青甘宁 280 亿  $\text{m}^3$ ，又沿途各级电站共得 500m 水头发电，若能做到，是否合算？

#### 思考题二：

黄万里反对蓄沙水库内。但若修库调洪，则必然拦沙库内。考虑有无方法排沙出库？

### 思考题三：

细细研究怎样在黄河上设闸分流，怎样设计分流道？这些是治黄的关键问题。既治了河，又分流淤灌了两岸。——要认识恐惧黄河分流之误，大都人认为分流便招致黄泛成灾。

#### 甲、普通凹面流域汇流系统

根须样

凹面的

等高线向上游耸出

集流向一个出口

#### 乙、三角洲分流系统

扇子的骨干样或叶茎样

隆突的

等高线向下游耸出

分流向多个出口

## 第五篇 治理黄河分流策总结

### 一、总 述

本篇总结分流淤灌黄海平原之策以治理黄河，兼通航运。黄河在郑州以下是一个隆突的三角洲地貌，左右岸没有外来水汇入，只有廿几条流派幅射出海，左派的干流入卫河、经运河、海河往天津，右派的干流入贾鲁河、颍河入淮。在这种地貌上水沙流只会步步淤积；修了两堤使淤积集中在河槽里，使河床抬高更快。可以证明，任何治河方法，除外加能量挖泥外，都不可能免淤。本方略主张打开大堤廿几个口子，设闸分流，沿着原存流派淤灌广大黄海平原。

这个方略在四方面和下列现行策略对立：一、依靠水土保持或“上栏”泥沙治河；二、整治河道使“下排”泥沙以免淤积；三、封闭了廿几道流派，藉堤塞之策，集流挟沙出海；四、不承认也不先解决了三门峡坝上游淤积尚在继续延伸，即修小浪底坝。

本文依据地貌演变立论，逐条推理，以论证分流淤灌策略的可行性与唯一性。其中若有一条悖理，则全盘皆非。如此叙理，可便于展开争论。

### 二、论调洪排沙系统的治理原理

古今治理黄河，各家策略分歧，迄无定论，河终积淤。淤多而决堤，堤决而改道，造成水患。解放后认真护堤，从未决徙，但河床年平均淤高十厘米，河悬加剧，仍未见治。本文提出分流淤灌黄淮海平原之策略治河，兼通航运。经据实立论，逐条推理，以论证其唯一可行性。有一条不合理，则全盘皆非。如此展论，可便于公开争议。

黄河在上中游流域里汇集了大量降水，上游过河口镇多年平均年流量约 280 亿立方米；流到郑州桃花峪，全流域约 580 亿立方米。从此以下，除大汶河外再没有支流进黄河。两岸地貌是一个隆突圆锥体三角洲，洲上散布着向下游分流放射的许多流派，成为分派流域，而不再是汇水的流域。

凡是在这种淤积成隆起的三角洲上继续通过天然水沙流，全河在长期内一定会继续淤高并延伸。某一段落在某次洪流涨落过程里仍可能出现冲刷，这可以通过实测或力学分析得出。但在一长段落里长期内多次洪流过程下，则总结果一定是淤积的，这须从长期观测或统计分析得出。从长期统计河貌演变的角度来看，黄河和流派沿着流程向下，随着时程前进，坡降逐渐减平，水流逐渐减少，出口逐渐延伸，而海流带走出口的泥沙又少，这四个原因使黄河下游必然在延伸减坡

中淤高。

这些淤积的泥沙在史前经过河槽淤塞、自然堤决口、河道迁移或分流等过程，轮流散布在三角洲上。三角洲以桃花峪为顶点，堆成隆突的圆锥体，面上留有放射式的低水洼道，面积达廿五万平方公里。洲面淤高着、扩展着，进行较慢。在人类定居之后，筑堤堵口，淤积便集于两堤以内，延伸只发生在河口，就进行得很快了。近河口段不便筑堤，于是淤决徙频繁，人们便误认为利津是黄河三角洲的顶点。

在这样的地貌上援用古今中外任何治河法，如束水攻沙、宽河守堤、淤滩刷槽、集流冲沙等，除非另施机械能抽水放淤两岸，而欲使河槽自动维持不淤，是不可能的。那些治河学说的不合理就在于凡对河槽冲淤的分析该作出长距离长时段统计分析的，却运用了针对现象同时发生的力学分析。由此得出，黄河在两堤约束下可令泥沙“下排”的设想，认为全部流水可以派给输送泥沙尽量出海的任务，而不得分送两岸。这种想法殃成了目前黄淮海平原缺水、缺肥、华北水道不通航的现实。历来学术上普遍的错误认识使国民经济蒙受莫大的损失，未有甚于此者！

世界上凡治理三角洲，没有不是分流淤沙的，有之，其惟黄河。广东三水下的珠江、埃及开罗下的尼罗河、罗马尼亚土耳其下的多瑙河、印度孟加拉的恒河、巴基斯坦苏库尔的印度河，无不多道分流出海。我们祖先为了防洪而修堤堵住决口，是必要的，但这样就加快了河槽淤积。或问何不设闸分流，须知当时黄河上只有黄土看不到一块石头，堵口只靠高粱梗和麻绳捆厢。怎敢筑闸于口门以控制洪水？到今天，用钢筋混凝土和钢板筑闸，能有把握地节制水沙分流，就该从桃花峪以下打开廿几个口门，设闸分流，使水沙广铺在各流派滩地上。其流只会很浅，每年淤薄薄一层泥沙。

分流不仅疏水分洪，枯水期也要分流。闸口底槛要设得低于河底。河堤临背高差5米以上，陡坡分流会以高浓度拉沙出槽，刷深大河，使其过水能力大增。从此毋须培堤，永无水患。历史上已成高堤，足使大河安全过洪，并不白修。注意惟有河身悬高，才能刷出深槽，分流排沙。由此观之，当年必先有鯨之堤塞，禹始分流有成。古今治水，其理一也。若再在大河中用船设捣流棍激起沉沙，则其效更著。

分流路线要顺着原剩余的流派洼道，流路一律取复式断面，要固定住两岸滩槽边坡。每次放水要从口门控制住一定水沙流率，务使淹没两边滩地二三十厘米。这样才会使浑流淤滩，清流回注以刷槽。若水小不足以没滩，则闭闸停放。这样

会使水沙远送，而毋须掏挖流路。以往远程输送浑水，或设多道跌水，或横向分流，费工清渠，甚至无成。设每年平均用 200 亿方水轮流淤灌，每块地只轮到十天左右，各水道大部分时间仍在排水。遇千年一遇洪水纵使无坝拦蓄，12 天出流约 100 亿方，除部分出海外，各闸分流于六万平方公里上，平均摊水亦仅一两百毫米，并无泛滥或泛碱之虞。

在三角洲上土地迫需水沙淤灌，细泥施肥，粗沙打底排水。水土保持为了农业，为了合理利用土地，完全必要；但对于治河，分流淤灌，泥沙当嫌不够，并不需要拦截。全面拦截沟壑泥沙，违背自然界上游切割、下游造陆的地貌演变规律，也是根本做不到的。1933 年以前国内未闻有水土保持治河之说，美国罗德明教授倡导的乃是防制那些由于错误利用土地所造成的“人为的加速侵蚀”，用以区别“自然侵蚀”。按黄土高原直壁剥落无法防止，中游河内已储有大量泥沙，出山清流会重新冲起泥沙带走。三十年来水保未见成效，“上拦”治河是不现实的。

为了减低洪峰，蓄水次年灌溉，筑坝蓄洪以调节水沙流，仍属必要。小浪底是正确的水库位置，蓄水后可不影响潼关以上河道冲淤。但先修好的三门峡水库已沉积了 60 吨泥沙，且已上溯西安。应先改建三门峡坝，降低厂房 15 米，利用坝下河床 6 km 中 16 米落差排沙，可望恢复该坝应有功效。在刷洗秦川淤积后，才可修建小浪底坝。

这个唯一可行的治黄方略可以做到防洪、灌溉、通航、发电的目的，年收效益可达数十亿元。在上游，已修各坝皆应加设底孔排沙，并添置通航设备。在下游，把汛水转化为自流淤灌，兼资航运，大河得以自动淘深，再毋须培高堤防。认识到上拦下排之不现实，黄淮海平原得享其余沥。济宁之煤可以直输江南。汛水可灌蓄衡水南宫之库，以便年际调节，地下汲取。如此巨利，厥赖分流。惟其挟沙多，形成庞大的派域，此策方行。黄河本非害河，当人们正确地对待泥沙、对待所形成的地貌，便成为世间稀有的利河。

### 三、论分流淤灌的工程方法

（一）要端正对于泥沙的态度：不要拒之于千里之外，即为了治河在源头搞水土保持或筑坝“上拦”；仍要让那些已经剥落到河槽里的泥沙继续随水流下去。这时由于下游本来迫需水和土，毋须在上游保持它们，而上游也不可能全面地保持水土，以减少输沙量。

这个问题可请专业于地质学、地貌学者论证。在十八世纪末 Hutton, Playfair 和 Lyell 等原都承认水流切割河槽为自然规律，但在十九世纪初曾引起争论，到

世纪末才又肯定下来。二十世纪二十年代金陵大学教授美国罗德明首先提出水土保持在我国的重要性，又经美国工程师塔德(Todd)等著文强调，1933 年大决口后李仪祉也认为根治黄河应靠上中游水土保持。从此国内普遍信任水土保持治黄之说。实则它只可应用来防止“人为的加速侵蚀”，对于普通的“自然侵蚀”是无能为力的。而且河中积沙大部是从两岸垂直剥落下来的。

必须提醒大家：就在这块黄河快速淤成的三角洲上曾发扬了我国固有的文化，引起了汉满蒙三族的中原逐鹿与文化混和。仅在六千年以前，西安半坡村遗址还显示了我祖先在黄土高原上过着用石器和陶器的简陋生活，只有在四五千年前黄帝来到这块平原后，才有服装、车马和宫室。我们不能忘本，一定要端正对于泥沙的态度，要承认黄河大量挟带泥沙的好处，它淤出了廿五万  $\text{km}^2$  的土地。

五十年来水土保持已实施于上中游 30% 的面积，而未显成效，出峡水沙流不减。人们既避作理论解析于先，复拒付实践验证于后，而治黄立策又称仰赖于上拦下排，是无异谓河不可治也。

(二) 古今中外策治黄河，无不旨在防守堤岸，使排沙出海，沿程不淤。认为这是做得到的。本文的观点是对立的，认为水沙流通过这隆突的三角洲，淤积是不可免的；在两堤挟持下，淤积只会更多更快。据此乃提出多口分流，在承认三角洲必淤条件下，使水沙淤灌于广大流派的滩地上，同时解救了当前河南北缺水缺肥、不通航的困难。古人塞疏之争，就是籍堤防集流输沙出海，对立于多道分流散布水沙。前者为当今应用的错误治河原则；作者则主张，不仅汛期疏水，枯水也分流，恢复三角洲形成时各分流派出海的形貌。

(三) 反对分流的人又认为高浓度水沙会堵住流路，不堪掏挖，难以维持分流；泥沙因此也无法远送。已往有两种错误方法流行着，造成这样的堵塞：一是高渠分灌法使泥沙沉淤槽底，1930 年内蒙萨拉齐民生渠引黄河水，一次放水便淤塞干渠而废。一是分级跌水，使淤积集中在跌水上游，以便掏挖这些沉沙池。1981 年冬黄河潘庄闸放水济天津，每立方水耗资一元以上，便是耗费巨大之明例。

作者主张用复式断面沿原有流派淤灌，则毋须掏挖。淤积只发生在两岸滩地，而中槽会自动掏深。还可在原流派上首设闸开支渠，再分流淤灌，以扩大受益面积。这措施要求闸口底槛设置较低，以便刷出大河底沙；要求每次放水必没滩面；要求滩岸槽边固定住，若塌岸便淤槽而失败。凡在原剩流路上如此安排，便能远程输送水沙，渠槽易于维护。凡横过流路引黄河水远程输水，则非外加动能，或籍管道施压输水不可；例如用明渠从博兴引黄水济青岛，则非失败不可，不单是经济上浪费资金十亿元。

（四）人们都认为应加修小浪底坝，以拦蓄水沙流、降低洪峰，并拦蓄泥沙，以免淤塞下游河道。按人们大多认为修坝所以拦沙，以减少下游河道淤积，而不影响中游坝地。作者则认为坝内淤积到某一程度后，应令其下泄，以淤灌两岸。水库对于沙流，亦似对水流应起调蓄作用，而不是拦沙以减沙流，泥沙对于下游能起淤灌造地的作用。

一般认为，三门峡坝历经多次改修，降低了冲淤基面，黄河北干流和渭河不会再继续淤积。作者则从来认为，潼关基面不会就此降低到原来高程，而其上游淤积将继续延伸。现已证实西安草滩已淤高一米多。作者前曾提出顺河势降低出口水面 15 米，改造三门峡坝，使能吸沙出库，籍以解救对渭河两岸之危害。必此有成，才可修建小浪底坝。

上面四点是分流通灌策和目前执行的“拦、排、放”治黄策的对立的四方面。孰是孰非，也可就这四方面争辩。这四点联串起来，就是前面逐条立论推理的过程。从来治黄之策众说纷纭，如此分析便于就题争议。

分流策效益显著，除保证防洪外，淤灌、通航、水电年收益应达数十亿元。设计分流闸、整治流派、改建三门峡坝，皆是创新工作。这方面规划设计或有失误，后之人将用来推翻方略前提，这是不公平合理的。作为提策者，愿为之逐题答辩，以显示其唯一可行性，而盼其付诸实施。

更有进者，方略不仅是规划设计的前提，也是勘测研究之前提。分流策唯一性成立，也提供了一些新的研究题目，如“复式断面水沙流的水力特性”、“溢流兼孔口出流分水闸的设计原理”、“便于调洪排沙分流淤灌的拦河坝择址原理”、“西线南水北调经济线路的勘测规划方法”等。

#### 四、三门峡坝设计和黄河下游治理的失误

（一）规划治黄的主导思想：1955 年苏联水工专家提出，在上中游拦沙，以 50% 由黄河支流拦截，另 50% 靠水土保持；用渠化法分台级治黄，59 年修三门峡坝与位山坝。64 年库区大淤，三门峡坝停止蓄水，陆续打开泄水洞，以增加泄洪能力。位山水库拆除。

（二）苏联规划的错误所在：（1）黄河郑州以下地貌是隆突的三角洲，无水汇入，原有许多流派分出，不是流域，而是派域。在三角洲上淤积是不可避免的，任何治河方法挽救不了。郑州以上原为冲刷段，由于地质史上三门峡的抬升和潼关一带沉降为地堑区，故陕县至龙门及渭河全改为淤积段。凡在淤积段上筑坝，使坡降更减，淤积加甚，决不可行。（2）水土保持是为了当地合理地利用土地，

不可能减少下游输沙。总之，苏联和当今奉行的拦、排、放治河策略是错误的。

（三）1964 年后历次改修三门峡坝的错误：64 年因库区大淤后，放弃原订水库运行规定，改为水库不闭闸蓄水。但在汛期限于大坝排水能力，库水位仍太高，淤积仍所不免。于是尽量打开泄水洞，年复一年，最后连六个施工底孔也打开了，这样大坝泄水能力达到了顶点，而淤积末端在渭河仍在上延，龙门淤积仍在提高。

改修大坝的错误在于对库区泥沙冲淤的认识上。人们认为利用一些当地的经验公式可以演算出河槽冲淤的结果，而且经实测出库的输沙率验证，确实和上游各站的总来沙量大致平衡了。按这些经验性的力学公式是不可靠的。首先输沙率  $G$  不单是随流率  $Q$ 、流速  $V$  等变，最重要的却是  $\frac{\partial Q}{\partial t}, \frac{\partial V}{\partial t}$  这些自变数作用最大；

而且这  $G=G(Q, V, \dots \frac{\partial Q}{\partial t}, \frac{\partial V}{\partial t} \dots)$  是极复杂的函数，不可能用相关关系求出来。

筑坝发电把上游坡降减平，把各处的落差集中到坝址。这样，原来上游各断面自然赋与的输水沙能量就减小了。象潼关以上地塄区，原在几千年来处在淤积过程中，修了三门峡坝，只会淤得更多更快。用力学分析汛水上涨时可能发生冲刷，但落水时必然大淤。长期统计的结果，必定是淤积的。这淤积可能是有进有退的，但长期内必定是上延的，直至达到某个淤积平衡比降而止。

笔者比较 1919 年和 1957 年等陕县的  $H \sim Q$  关系线，发现这线是微微地升高的；潼关的  $H \sim Q$  线较明显地升高， $Q=1000$  秒立米，每年  $H$  约升高 1 毫米。实地



考察得知西安渭河和龙门北干河长期来都在升高着。所以在 1957 年决定修三门峡坝之前，就能判定其必淤且必将延伸到西安。当时温善章工程师建议改修低坝，使库水位只平潼关。现在水库蓄水也正近似这样。但是在原来淤积段抬高水位，即便只有一米，其加淤仍属不免，只是慢些少些罢了。

库蓄水后到 1964 年库内大淤，其  $H\sim Q$  线升高示意如图。以后陆续打洞泄水，1968、1972 年  $H\sim Q$  线降低如图，但比无坝自然流 1957 年的线总是要高，因为泄流总是不如以往那样通畅。淤积仍在进行，只是少些慢些。

#### （四）三门峡水库“蓄清排浑”运行法的错误所在。

水库若在原是冲刷的河段，则其自然赋与的运移动能有余，其淤积平衡比降小于河床比降，淤积到一定范围不再上延。但三门峡以上位于地塍区淤积段，再开多少排水洞也无用处，除非炸掉大坝，排水一如以往那样通畅，淤积上延总不可免。其结果是河床抬高，也抬高了两岸地下水位，使盐碱化加重，农业产量将逐年减少，农人则不自知也。认为开洞排沙可以免淤，是好比把 1964 年招来的急性肝炎化为慢性肝炎，其病理更难掌握。

人们说，出库沙量记录明明和上游四站的来沙相似，是则水库已达冲淤平衡阶段，大坝改修已获成功。庶不知这一平衡是由于逐年开洞后  $H\sim Q$  线降低如图，出库输沙率发生在针对 1964 年的库内堆积成库底线上，却依据 1968 年的  $H\sim Q$  线的较大冲淤能力进行的，其时潼关以上淤积上延使水流挟沙能力有余，足以冲动 1964 年的堆积高度。换言之，库内的冲刷是从末端上延的淤积所换来的。这一平衡是虚假的。

“蓄清排浑”只在原是冲刷的河床上可行，但同时失掉了水库修筑本是为了减洪济枯的初旨，况且秋水未必年年丰富足以蓄满，不能充分利用库量调节。当库内淤积平衡之后，剩余的库量可供调节的也大大地减少了。

#### （五）三门峡坝改建方法的建议

必须承认大坝抬高了上游水位，减平了坡降，把沿程落差所赋与之能量剥夺了，集中到坝址发电，必然减少了上游水流输沙的能力，造成上游淤积。放弃原订运行方法，水库少量蓄水，尽量排沙，就只能发电如今日的 20 万千瓦。要恢复原计划发电一百万千瓦，从能量守恒的自然规律出发，就必须补偿给上游输沙的能量，特别是底沙的输移能量。

笔者曾两次建议改修三门峡大坝的方法：利用坝下游岩基落差在 7000 米内跌落 16 米的急流滩，将电厂降低 15 米，打开施工时堵塞了的神门、鬼门深槽，使压力管道相应地降低。这样增加了 15 米势头发电。水库大致按年内调节运行，

每年七月初尽量发电放空水库到最低的水头，等候洪水到来。在泄水孔降低 15 米后，近坝泥沙将大量刷出，洪水来时，其前锋  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  很大，将驱使上游泥沙在加陡了的水面坡下前进到坝址附近。在 H~Q 线降低下出库输沙率也将加大。汛期蓄水将淹没潼关以上部分农田，到三月十五日库水位已降低，全部农田到七月十五日可种一季春，以收一水一麦之利。下游则对防洪、灌溉、航运有利。

以上议论详见黄万里：《改修三门峡坝工的原理与方法》1964 年 9 月，水利部印行，1976 年 6 月：《论治理黄河的方略》，1985 年 6 月《论分流淤灌策治理黄河》。

## 第六篇 论海河 1963 年导洪的失误

### 一、1963 年海河导洪策略的错误所在

1963 年海河 8 月 1 日的暴雨稍大于 1956 年解放后有记录以来的暴雨。平原上南边的临城中心来势极猛，斧阳河流域的灾害在当时的防洪条件下是难免的；洪水集流到达下游原不需 24 小时。北边七峪暴雨中心的洪峰传达到下游因路短坡陡更为快速。

当时中央对这场洪水的指令是：确保天津，确保津浦路通车，力争缩小灾害，作为导洪的战略方针。河北省据此作出了抗洪斗争的战斗部署。其中最重要的是天津外围抗洪斗争所经历的五大战役：1) 白洋淀战役；2) 东淀战役；3) 贾口洼战役；4) 三洼联用，高水位持久战；5) 导洪入海战役。在天津和北京文化宫详细介绍了各战役的经过，达一年之久。

这次战略是对三大河系——大清河系、子牙河系、南运河系的洪水都从其上游开始拦蓄在洼地里，并修围堰以多蓄洪量，待蓄满后再放水到下游挨着的洼地里，再修堰蓄水。这样逐步退到挨次的洼地，节节下移，最后出海。天津外围抗大清河系的洪水，就象上述五大战役。

这样抗洪，就使八月上旬的雨水都拦蓄在田野或洼地里，致使前十天河槽具备的自然蓄洪量和活动的过水流量都没有利用。例如靠近铁路 25 号桥的独流减河进洪闸在八月上旬暴雨期间竟然没有水流出去，甚至还受到马厂减河倒灌的影响，有少量水倒流。直到 8 月 11 日雨停后，进洪闸才出流 34.3，12 日 262，13 日 526，14 日 688，15 日 836，最后到 25 日才涨高到 1,210 秒立米。这出口的过洪能力 1,210 秒立米，每昼夜表示可排洪 1 亿立米。（详见附图，摘自海河流域水文资料



1963 年第三卷第 5、6 册大清河水系 136 页)，除这铁路桥孔外，还有许多中小出口穿过津浦路，连同大河的过水能力每昼夜合起来可排洪 8 亿立米。八月份可出海二万亿立米。槽流能力不够，还可准许洪流以半米以下的水深漫过铁路，而津浦仍可通车，只须缓缓地走。

当时洪流的时空分布如下：

	8 月 1 日 ~ 10 日			全八月份
	降雨 (毫米)	降水量 (亿立米)	槽流量 (亿立米)	槽流量 (亿立米)
南运河	306	107	52.36	66.44
子牙河	432	270	137.06	148.38
大清河	463	185	80.74	88.47
平均	410	Σ 562	Σ 270	Σ 301

当时第五战役——导洪入海开始，洼地蓄水太高太多，实在挡不住了，才不得不让它越过津浦路，一轰而下，浩浩荡荡，直奔大海，无法控制。所过人畜漂流，庐舍荡然，造成海河流域空前的水灾。在前四个战役里，那些可排而未排的水量都留在田地里，上游也受到淹没损失。等到淀洼水量蓄得最多而崩溃堤堰时，其每秒若干立方米的洪峰流率  $Q_m$  是和最大蓄量  $V$  立方米成正比的： $Q_m \sim V$ 。蓄量随时增大，下泄流率跟着增大，故从上游开始拦蓄地面流，逐步下移，只会使洪流及其峰率扩大，把抗洪转变为溃坝那样人为地制造的洪灾了。一千七百年前关羽在丹江水淹七军，生擒庞德、于禁便是这种手法。（见三国演义第七十四回“关云长放水淹七军。”）

二、合理的 63 年八月导洪方针

那么，应该怎样利用洼地蓄洪来减小洪害呢？应在河槽开始蓄满，以最大流率排洪的时候，从下游最近排洪河道的淀洼——贾口洼、文安洼开始拦蓄部分地面流，筑堤为口门出水，仍使河槽始终满蓄地排着洪水。等到堤堰太高，实难再多蓄洪水时，就拦蓄洪水于其上游紧挨的第二个淀泊——东淀，仍放部分水入贾口洼，使干河及各碱河始终皆满槽地排洪着。再等到东淀水位太高，蓄量太大，又难以维持时，即拦蓄地面流于其上游挨着的第三个淀泊——白洋淀。这样依次向上游逐个淀泊拦洪，并适度地泄放部分水下去，使出海各河始终满槽，于是做到了充分利用河槽的排洪能力，尽量减少田地的淹没损失。如果出入淀口设有闸门，就容易控制；临时开口，则须把持口门，以防被水冲宽。

这样导洪的目标是尽量使排洪满槽地出海，随时随刻做到自然的地面集流到达河槽某个控制的断面处能通过最大的流率，而不漫溢河槽；或在一长段抗洪时期里出海的总流量最大。上述两种目标未必总是一致的。

这样调洪的方法是从满槽抗洪的时刻开始，从最靠近河槽上游的、在地面流最下游的那个淀洼开始，拦截那部分超过满槽流率的洪水，待淀洼蓄满后，依次向上游的淀洼拦洪。这样做，可以使地面受淹的水量最少，时间最短，因此损失最少。相反地，63年8月海河抗洪战略从最上游的白洋淀开始，于是人为地造成了洪灾。

若在津浦路基较低地段，南运河满槽泛滥，可能漫过津浦路，洪水迳入大海。路轨没水不深于0.3米，火车仍可缓缓通过。这样入海迳流大增，淹没损失可减轻，也毋须逐级向坡地高处围淀拦洪了。明乎此理，可以选择几公里的路基，把它降低并浇筑道碴成混凝土，使经得住洪流的漫溢。这在国外是常用的方法。

又在暴雨初期，集流未达满槽之时，上游山区水库应先泄流，以增加防洪容量，尽量使下游河道满槽而止。这些增加的库量可用来拦截随后出现的洪峰流量，以减轻满槽之患。

### 三、关于导洪的一般原则

导洪的基本目的是及时地、恰当地开关流域内各水库和滞水淀洼的闸门，使干河和各减河在不超过满槽的极限下尽量排出洪水，以减免淹没损失；而在洪水过后又在域内储水最多，以便随后发挥最大的水资源利用。

简单地分析，调洪的直接目标函数，以海河为例，应是洪水期内当任何时候 $t$ ，从海河以及穿过津浦铁路所有桥梁涵洞的流率总和， $\Sigma Q$ ，要尽量大得接近其满槽过水能力 $Q_m$ ： $Q_m > Q$ ； $\Sigma Q_m > \Sigma Q = \text{最大}$ （当抗洪警戒期间任何时刻 $t$ ），在控制淀洼拦洪的过程中，未必每个 $t$ 时刻的 $Q$ 为最大，可退而求整个抗洪期间 $t_D$ 内的总出海量为最大：

$$Q_m > Q, \quad \sum \int_0^{t_D} Q_m dt > \sum \int_0^{t_D} Q dt = \text{最大}$$

美国著名的 Ohio 州 Muskingum 河谷 14 个水库的调洪运行，随着降雨分布的情况决定，用电子计算机预算，也制定了相似的原则。

前述原则都是根据给定的地形制订调洪的策略。若修水库、滞洪淀泊、又定出漫洪的铁路的段落，这样改变了给定的地形，就可以减轻调洪措施的负担。防洪规划必须先依据合理的调洪方法和调洪措施，防洪规划必须平行地办理的是地



面、地下水排碱工程的规划与灌溉系统的规划。整体全面的综合规划设计就是所谓系统筹划 System Engineering。

#### 四、评 1975 年河南溃坝后改用最大可能降水量 PMP 法推算设计洪水

1975 年河南两个土坝溃决，死亡人数打破了人为水灾的世界历史记录。我国开封淹没城、汉水决堤淹城也只死数万人，都不及这次损失之大。事后大家怪所用设计洪水太小，现行统计法不可靠，水利部下令全国一律改用 PMP 法。这过程近似美国 1932 先创始了现行统计法后，在 1936、1937 年连续出现洪流，打破了历史记录，于是改用他们 1934 年创拟的 PMP 法。苏联接过美国的洪水统计法，给以严格的数学处理。因从无一个水文站记录超过千年一遇的峰率，便认为这个概率 0.1%可以看作是近乎绝对保险的了。他们还规定必加上一个样本误差额外值，而我国学苏却并不规定必须加此额外值。

查 PMP 法推出的是最大可能雨量，原本没有概率的内容。国人移用时外加了相应一定的概率，再从这雨推出河中之流。须知一定概率的某场暴雨所产生的洪峰或洪量并不仍擅有其暴雨的概率。只有在迳流等于雨量乘以一定的迳流系数 ( $R=CP$ ) 的简单关系下才可能  $R$  和  $P$  的概率相同，但这关系是不现实的。若  $R=CP+a$ ，则两者的离差系数  $C_v$  便不同，实际  $R$  和  $P$  的关系也没有这样简单。我们不能擅自把雨的概率移用为流的。现在算得的结果都大致把流的结果加上 20%，是没有根据的。有的统计系列短，样本误差就该加 20~30%或更多，系列长的也许只须加 5%。有的也许加多了成为浪费，有的还不够，成为不安全。

设计洪水时程线该怎样决定？应用概率该怎样规定？都是目前按不完备的方法在应用着。这是工程水文学的两个尚待解决的科学研究问题。在尚未研究确定方法之前，苏联的样本误差额外值法比较合理。

## 第七篇 长江 1998 年的洪水

### 一、洪水的情况

1998 年长江发生了 1911 年辛亥革命以来第三次特大洪水：最大洪峰流率宜昌 60,600 秒立米，汉口 76,100；洞庭湖出口 43,400，螺山 78,800 秒立米。七、八两月大通总川流量达 4,600 亿立方米。政府宣布淹没耕地面积 0.21 亿公顷，(2,100 亿平方米)，受害人口 2.33 亿，死亡 3,000 余，数十万人无家可归，过去经济损失已达 1,670 亿元，政府除已发放灾后重建救济金外，另发行新公债一千亿元。

军民合作，伟大的救灾工作终于成功，显示了全民爱国的精神。作为人民所培养的知识分子，更应进而考究洪水的成因和治理江河的策略，以便规划设计出完善的工程。

## 二、98年洪水的成因

(1) 这次洪水是厄尔尼诺气象下的暴雨所形成。

以往长江洪水平均每十年一次，都是平常的季节性大雨所造成。也就是夏季太平洋西岸高压热气团登陆，遭遇大陆西北方存在的高压干冷气团，形成锋面雨，再随着西风带气流向东北行，转为气旋雨。是为我国经常的季风雨，一般六月初始于长江流域，七月下旬，八月上旬北移黄河流域，秋末转向东北各省。我国各流域洪水都是由这种夏季暴雨所产生的。随着大雨，洪水也大。通常南方雨大，同年北方雨便小。所谓“南潦则北旱，南旱则北潦”。当冬季高压冷气团季风由西向东出海，大陆少雨。我国和北美洲东部这种季风气候年雨量都较北欧各国海洋气候的年雨量为大。

98年长江大洪水直接起因于全流域的大规模降雨，气象学家称为厄尔尼诺现象（西班牙文 El Niño, 男婴之意）。他们的解释迄未明确；特殊的太平洋洋流影响到地球上大气环流形成不规则波动，从而产生异常的亚热带天气系统，表现为大量的持续性降雨。有的人认为在人类造成的大气二氧化碳增多下的温室效应也促使降雨加强。

平时我国每十年一次的洪水，在今90年代增加特多：91，92，95，96，98年，计九年中有五年特大的厄尔尼诺暴雨洪水。而98年的洪水可与1931、1954年的特大洪水相比，其洪水位、洪量、洪峰皆不相上下。1931年由于汉口大堤破口，1954年荆江分洪，这两年特大洪流前后河槽演变较大。因此从这三年的洪水位H和由不同水位流量率Q关系线所间接推算出三年的洪峰、洪量就不能相提并论，亦即无法在相同基础上作比较。只能说，三次洪水都很大，相似而难排出大小次序。但因98年洪水除九江外没有一处大规模地破堤，而和前两次洪水比较水位和峰率略小，或大得不多，故可说这次98年洪水比较略小。

杨美卿分析这次洪水的特点：从98年6月开始，江南首先江西省发水，鄱阳湖涨水；接着湖南湘、资、沅、澧发水，洞庭湖涨水；使长江干流中游水位抬高，监利以下河段普遍超过警戒水位。7月以后，中下游继续暴雨，同时上游发水。先是三峡地区，接着川江水系和湘、黔地区，中下游水位更加高涨，多处超过历史记载的水位，到8月初不止。到8月中旬，三峡和清江暴雨，宜昌、汉口



出现这年最高峰率，沙市和汉口最高水位。8月7日九江大堤溃决，其他各段都能保住。但中游两湖多处决堤，估计溃流100多亿立米。估计这次洪水约当20—30年一遇。

这次洪水由于具有厄尔尼诺气象特性，降雨率大、历时久、雨面广，先从湖南起、直到西北各省、（陕西渭河亦大雨）延及东北黑龙江，甚至国外韩国。由此产生的洪流遍及长江、西北、东北，不再是南潦北旱，而是南北皆潦，这是少有的现象，其成灾的范围甚大，主因是特殊的暴雨。

（2）这次洪水的第二个原因是长江河床因沉积砾卵石久已抬高，洪水位随着升高，堤防高筑，防护困难。

在长江上游及三峡一带的岩基上面已沉积有30多米砾卵石，夹有少量粗沙。这些河床质在大水时有相当厚的砾卵石是移动着的，称为床沙，乃是河床演变的主体。大部泥沙随水流动的称悬沙，和河床演变没有多大关系。

床沙、悬沙都是由长江干支流从上游输移下来的。云贵川一带岩基大多是由页岩（泥板岩）沙岩组成，部分为沙质页岩及泥质沙岩。前者风化后为泥，后者为沙，或两者相夹杂。沙在河床演变问题中是沙、泥、块石的通称。卵石是几十万年或更久以前火山暴发出来的火成岩石经过在河槽里长期滚碎而成的。长江的纵坡在两亿年以前与今相反是东高而西低，出口导向地中海。故今长江各支流上游卵石反而小于支流下游的。每逢大雨，风化了泥、沙随地面迳流滚入河槽里，在河里作为悬沙下移。雨停，地面流亦停，而河中悬沙仍随流下行直到下游坡平处才暂停落。砾卵石作为床沙，虽亦随水流下移，其移动层次厚度则随流速而增减。极大的洪流理应带动全部卵石移动。但在大江里床沙的输移率是无法测到的。由于江底被卵石沉积而抬高，虽未高到两岸地面高程以上而成为悬河，但是大江水面已抬高得使两岸地面的积水无法排出而成为涝地，无法耕种植物。最著名的是安徽无为县，这一带人民无法生活，申请政府准许移民四万到北京打工。中下游一带居民有出资自挖河砂以填高耕地者。可见卵石填高江底久已贻害居民，历久未治，使江水抬高得殃成洪害。但凭高筑堤岸以塞决口。显然筑堤愈高，江底积石也愈高，使河槽过洪能力愈小。这是江洪灾害的第二个原因。江出大巴山就降落在低洼的两湖平原上，这里也是江水面高于两湖低地，北为云梦大泽，南为洞庭湖泽。这里原是长江最上游的洪积平原，为了防洪修堤，招来了卵石沉积。数百年来堤愈修愈高，卵石河槽随着愈积愈高，乃至两岸雨水无法排入长江。每入夏季常遭涝患。98年6月湘资沅澧先发洪水，抬高了洞庭湖水位。接着长江上游发水，上中游并发，于是酿成洪灾。

(3) 长江上游伐林耕地，增加了地面流之汇成洪水。

在长江源头伐林耕地、取木材烧火，都使得原来可以截住部分暴雨的地区减少了地面集流的作用，因此洪流增多。政府和群众大都提出这一因素作为这次洪水的成因之一。查阅两三千年来历史，我国的森林复盖率逐年降低。50年代土法大炼钢铁，70年代农业学大寨劈山造田，破坏了大量森林。这些都引起了减少森林拦水减洪的作用，仅次于前列两种因素。但笔者认为至少，十多年来政府已注意到保护森林，制订了一些严禁伐林的规则，不能说是长江水患的一个重要因素。农民普通烹饪所需燃料不予解决，砍伐小树，在所难免。

### 三、从 98 年洪水看长江防洪的必要措施

(1) 对于象这次厄尔尼诺气象下的暴洪，显然是无法预防的。可以在支流源头筑坝蓄洪，兼作枯水期供水之用并中小型电站发电。但在长江干流则不宜筑高坝（详见第九篇）。据我国气象的预测：在厄尔尼诺气象之后还会出现拉尼娜（西班牙语 LaNuNa 女婴）气象它会使赤道信风由前者的减弱相反地变为增强，赤道东太平洋面的暖水被信风源源不断送往西岸，致使西岸亚洲的水面和海温均上升，这在我国长江流域更加多雨，原来干燥地区更干燥。须知强烈的干旱最为可虑，对于农作的为害较暴洪更甚。所以必须在支流山头筑坝，防洪蓄水兼用。

(2) 在原始时洪积平原的泛滥过程是两岸淤高并河槽自动淘深，形成两道自然堤形状。在人类占领了两岸淤地后，筑堤防洪，河槽淤高，相应堤的增高。随着时程演进，槽堤相应增高，于是两岸渐成洼地。这就是两湖平原和苏皖洼田的现状，在中游长江不再是排水的通道。所以治江之道，在蓄、塞、疏、浚四种方法中，坝蓄则高坝不可，低坝亦非所宜；堤塞在所难免；疏或分流只是急救之道；惟有浚河势在必行。

为了补救前愆，我人必须加强挖河。槽底挖起沉积的卵石只能用龙爪式爬挖船在中低水位时进行，用拖爬式设备（drag line）只适于泥沙河底。挖起量愈多，过水断面愈大，排洪率也愈大。挖深 3m，堤防便可减轻近 3m 的防守，效果是明显的。当然挖河的成本高，所以人们倾向于加高堤防，甚至暂筑子堤。但平时预备好的堆土（土牛）仍属必需，以便紧急挪用，大堤仍须平时检查妥当。我们要作三种工程比较其工作量和费用预算：平时挖河槽、平时修整大堤、洪水时堤工抢险。

(3) 造林护林工作各级政府已注重并实行了，自应持久不衰。

为了预防明年再现厄尔尼诺气象，应即在宜昌下约 600km 段淘挖沙石约深

半米，重半亿吨，随水南出荆江三口，北开郝穴，填高两岸湖泊，同时长期挖深各湖造地。又预堆土牛，查固堤防。各大支流山头筑坝蓄洪防旱。徐图扬州开河出海，排泄水沙，降低河槽。此百年治江之计也。

## 第八篇 概论江淮的治理

### 一、治理淮河的策略要点

(1) 首要是恢复导淮入海。30 年代前政府设导淮委员会用英庚款开河入海，断面设计过水 300 秒立米，预备大水陆续冲大。1937 年刚挖好，日寇南侵，花园口破堤，黄河重新夺淮，入海道又遭淤没。先开 300 秒立米渠道，期待大水冲大，既使不是含沙太浓的黄水，清水也将把深渠冲成宽而浅的大河，洪水来临仍将慢溢两岸。所以怎样把一小渠冲成一深大的淮河，恢复几万年以前那样，实为一有趣的研究课题。

当年治淮以导淮入海为主是正确的策略。据此而改为入江，实不恰当。当然这工程较小，挽救了里下河区域水少便旱、水大成灾的一面，使 40 年来这区域成为粮仓，是解放后最成功的排灌工程。但是为了治淮大计，则问题的总体更大。江淮两域仅隔有大别山，大雨来临，往往江淮并涨。引淮入江，淮成为一支流，大大增加了长江三角洲的暴洪压力。今年长江洪峰为 60,000 秒立米时，淮河以 6,000 加入，把灾害增大。

导淮入海的地形条件不差：洪泽湖水面可高达 14 米，入海水道约长 200 公里，坡降较大，且有大湖先行调控。入江水道仍可辅助排洪，主道应入海。

(2) 其次是中游浚河填地。

(3) 围堤护岸。

(4) 中游现存的分洪道加以整理。

(5) 各支流筑堤调洪，注意它们控制的流域面积只占淮河全域很小的部分。水库的主要作用是水资源综合利用。

### 二、长江治理策略要点

(1) 在泰州市新开一派，经泰县、海安南直接入海，长仅一百多公里，帮助长江中游排沙，分流江北各县驱盐。

(2) 封闭崇明岛北支，使泥沙落淤造地。

(3) 扬州市以下长江束水攻沙，浚深中泓，两岸增地。

(4) 中下游全面浚河填地，降低江水位，减轻两岸涝害。在荆州以下两岸

择地设闸长期分流，放出泥沙，淤灌所有洼地、湖泊、沼泽，以渐渐抬高田地，不废田还湖。长期挖湖泥淤高田地。

（5）全面固堤护岸，保留荆江分洪道等特备淹没地区，直到大江挖够深度。

（6）丹江、湘资沅澧及云贵川等大支流山区筑坝调洪蓄水，主要为了水资源综合利用，丹江汉水当然影响中游洪水甚巨。长江中游只能筑低坝。

（7）各大支流凡两岸有田地处要梯级开发，设活动低坝、船闸、电厂等。使卵石下行，沿途也可浚河填地。

### 三、太湖流域治理要点

太湖区域系长江三角洲一个低洼的派域，又受天目山来水。太湖四周围堤，好比一水库。新开太浦河，入黄浦江向上海供水，好比水库供水管道。河道吴淞江、浏河、望虞河等东北排水入长江，好比水库溢洪道。运河自长江岸边镇江来水，苕溪自天目山麓来水，好比上游水源来路。其治理要点如下：

（1）整个河网要全面浚深，将淤泥填高四周田地。首先要集中浚深一条大排洪道：浏河，或吴淞江，或望虞河，须通过设计比较。

（2）太浦闸和太浦河修复后专作为供水道，不宜由此排洪入黄浦江过上海。黄浦江要挖得再深，以供上海用水，并可排出黄浦江东流域的洪水。

（3）太湖等各大小湖泊要挖深，淤泥填高四周田地以肥土壤。已围湖地，不必退田还湖。它们临时蓄水以减洪流的能力很小。只要东北向的排洪道既深且大，可以较快排出太湖存水。注意同样过水面积集中在一条大河里，比分在两条较小河里，其排洪能力要大得多。必先集中力量浚深一条大河排洪于翌年夏季以前，次年再开第二条大河，陆续开挖，以满足设计排洪峰率。

（4）加固太湖围堤，汛末即多储水，备供上海之需。堤内设闸，控制排洪道过水。

## 第九篇 关于长江三峡修建高坝的可行性问题

### 一、概 说

作者曾在修建长江三峡高坝前后，六次上书中央建议勿修此坝。此坝建成蓄水后将使金沙江与四川盆地下来的河槽中的砾卵石和部分悬沙在重庆沉积下来，形成一水下堆石坝，堵塞重庆港，其壅水将淹没合川、江津等城镇、殃成数十万人民淹毙的惨剧。此坝永不可修。

本问题有关学术方面的解释曾载于水利水电学报 1993 年、1994 年及 1995

年各一期：《关于长江三峡砾卵石输移量的讨论》。

此坝修建的可行性不能成立，首先由于对生态环境影响将起祸害的作用，其次才是对于坝工本身可行性也认为不成立。文中依据治河规划与流域地貌的原理作了简要的分析，指出高坝蓄水后成灾的必然性。

最后提出停修或改建低坝的建议。

## 二、工程本身建设的可行性问题

所谓工程本身（Infrastructure）这里包括大坝的全部工程，其上游库区及下游泄流对河槽保护的必要工程。此外，上游和下游环境所必需的保护工程不属之。

三峡大坝目的是长江防洪、航运改善、水力发电、附带灌溉供水，又不可避免地包括治河工程。它又属于四类治河方法之一：蓄（拦河蓄水）、塞（筑堤防洪）、浚（浚深河槽）、及疏（溢洪疏流）。所以三峡大坝的设计规划必须同时考虑到各种综合利用的工程和四种方法的分配效果和工程规模，据以达到以最小工费产生最大的效果的目的。

在上述诸目标之下，必先考虑工程本身下列四种可行性的分析，这是起码的条件。这四种可行性都是相互独立的，也就是每种可行性都须各自成立，然后才能进而研究最小工费最大效果的方案。

这四种可行性是：科技可行性、经济可行性、社会影响可行性和国防可行性。许多人提出意见反对修建三峡高坝都是针对这四种可行性的。

综合起来，这四方面的可行性是否成立在于，首先科技方面。长江选择在三峡修坝，原是因为各峡谷只有 500 至 1000 米宽，修了高坝上游河宽约 2000 米，可用较短的坝长产生容积极大的水库。加以长江水流又丰富，对于发电通航都很合算。不但政治家看了眼红，连筑坝工程专家萨凡奇也赞同。但高坝必须有强固的河床基础，只有坝下游就近三斗坪才找得到火成岩基础，而这里坝长须达 1980 米，反而比峡谷的宽度长一倍，失掉了原来理想的狭谷出大库的优点。这样，混凝土量需要很多，施工时期需要 17 年之久，核算起来，按复利计算七年本利和将成倍，结果极不经济。于是按计委规定，竟用静态不计利息来核算，这就无法自圆其说了。至于淹没田地百万亩，迁民百万多，真是一个难题。我国可耕地只占全球的 7%，而人口达 22%，耕地原是多么宝贵。至于军事方面防空问题，以前张爱萍将军曾作出分析向周前总理报告，请暂缓考虑筑坝。于是工程本身的这四种可行性皆不成立。

### 三、工程的上游生态环境影响问题

前述工程本身的可行性问题是众所周知的，提出不同意见者很多。而笔者个人提出的问题——生态环境影响（ Ecological Environmental Impact）的考虑却是另外一个大家生疏的最根本的问题。其中生态问题早已引起注意，为此法国对我们缺席裁判造坝，曾予援助的加拿大则已承认错误。这生态问题倒不是绝对地得出结论决不可筑坝，而笔者提出的三峡高坝永不可修乃是环境影响的问题：在坝成蓄水以后，在重庆水平流缓，从上游金沙江和四川巴蜀盆地的各江中的砾卵石河床料（bed forming materials）将冲下来自动造成一个水下堆石坝，此外，更多的水中漂游着的悬沙也部分沉积下来，堵塞住重庆港，断绝航道。洪水时抬高水位，壅及上游合川江津一带，淹没较两县更低洼之地，那里人口数十万，可能发生十倍於 1983 年 7 月底安康汉水之灾，惨绝人伦。这就是长江干流永不可修高坝的理由。若重来一个 81 年 7 月当地的洪水，则只要一次大峰便可成灾。

### 四、治河规划与流域地貌

拦河筑坝是治河规划中的一种措施，凡坝工设计施工以前，坝本身的规划必须符合流域治河的全面规划。拦河坝调节水流改变了自然的河床演变，使河中水流率（俗称流量）和沙石的输移率  $G$  在各断面  $x$  随时  $t$  不断改变： $Q(x,t)$ ,  $G(x,t)$ 。后者又分为漂流水中的悬沙输移率  $G_s$  和在河槽里移动的床沙输移率  $G_b$ （bed load）： $G=G_s+G_b$ 。这里床沙包括砾卵石、粗沙等，泥沙是流动的固体的总称。床沙输移表现为河床演变，悬沙输移不直接影响河床演变。

流域内治河的规划受到流域地质地貌条件的制约。长江上游大片地层的岩基是由页岩和沙岩组成的。前者风化后成为泥，后者风化后成为沙。它们在暴雨后被地面迳流冲刷到江中成为悬沙。大片岩基两亿年前就被全面复盖了砾卵石，连同山头大小溪沟都铺满。雨水陆续把它们冲入江，成为床沙，也就是河床料，河床演变的主体。

河床料作为河床演变的主体，是治河的对象。在大江里床沙厚达 30 至 40 米，其输移率是无法实测的，而悬沙则可能测到。

在一二级支流里床沙只一米厚，同时移动时，其输移率也不易测到；只有在岩基横穿河槽的情形下，船工所谓“石龙过江”者，在浅层砾卵石同时移动中可能测到，例如岷江上游都江堰断面上人们用铁丝网多次兜住卵石而测到。

拦河坝工程的基础学术是土木工程中的建筑结构和水力学，工程规划的基础则是水文学，涉及治河学原理。水文学始於 1930 年，由于工程要求水资源利用和

洪水定量而发展起来的。

水文学的基础学科是水文地理学和水文计算学术。前者的内容是水文气象学，水文地貌学和水文地质学，其中地貌学成立最迟——1954年。水文计算的基础是水力学和概率论统计法。

不通水文学而论治河，就限于由土木工程观点所控制的治河方法，这是不全面的，对于水利工程可说尚未入门。笔者才疏学浅，惟恐尚在门外，居常孜孜学习，并求教于世之学者。

## 五、对于三峡高坝建设可行性的不同认识

前述作者提出的环境影响使三峡高坝永不可修的问题，长江水文局等不少专家提出了不同看法，问题的内容和详细的解释见中国水利水电学报各期，兹简述如次：

(1) 若有大量砾卵石河床料沉积重庆港就会造成灾害，这点是大家同意的。不同的意见是，人们认为，根本长江的河床料可能极少根据本处“世界最精确的推移质输沙量”测验，长江重庆通过的只有 27.7 万吨/年，宜昌只有 75.8 万吨/年，认为都可以忽略不计，可只考虑悬沙的问题。但是远在上游都江堰，岷江集水面积仅 23000 平方公里（相对宜昌长江流域面积 1000000 平方公里），实测的砾卵石年输移量就有 200 万吨之多。如所众知，整个四川盆地是冲刷性的，减坡性的。泥沙、卵石年输移统计量是向下游沿程递增的，怎可能上游的 200 万吨/年反而大于下游的 27.7 和 75.8 万吨/年呢？

(2) 人们就这样解释：卵石在长途推移过程中会磨成细小的沙粒，从河床里悬起成为泥沙，并有各家的实验证实。

但是作者曾在当地长期测量的经验里，目睹上游的卵石反而小得象拳头那样，约 40 厘米径；而下游合川广大滩地上卵石大得象两手掌合起来那样， $50 \times 100 \times 30$  厘米<sup>3</sup>，这怎样解释呢？

原来地质历史上两亿年前长江是由东向西流的，大江出口向地中海。直到青藏高原抬高起来后，才反过来成为今日西向东出海。这在长江专刊上有详尽的叙述。

(3) 人们又妙计出笼，可以在各大支流的源头筑坝拦住卵石出谷，这样重庆不会堆成水下堆石坝了。庶不知金沙江和四川盆地是全面堆满着砾卵石的，只要有暴雨，它们就会在河槽里被冲成为砾卵石河床料。另外页岩沙岩化成的悬沙也会在重庆港沉积下来，相助堆石坝之堆高。悬移的泥沙长江水利委员会估计输

移量平均所达 7 亿吨，而床沙卵石 1 亿吨，作者统计所估，为人们所拒绝承认的。当然，从每平方公里的卵石量累积起来约估，只是粗略的，但其误差若竟大了十倍，只有二千万吨卵石堆在重庆，这个多年平均量恐怕也难在汛期挖净，于是上游泛滥成灾，仍在所难免。这是由于人们不理解大江里无法实测出多层同时移动着的卵石输移率  $G_b(x,t)$ ，而又不承认统计法的合理性，这样造成的。详见水力发电学报 1995 年第 1 期 92 页第五节。

### 六、三峡高坝蓄水后环境成灾的必然性

黄万里分析流域整体运筹（误译为系统工程 *System engineering*）与江河治理的原理中得出结论：凡是江河干流其上游汇水流域属于冲刷区具有大量耕地者，其各支流造床料为砾卵石者，一律不可在干流拦河筑坝。换言之，若干支流源头没有大片耕地，造床料不是卵石而是泥沙，则可以；而长江干流则不可。若卵石输移率和量皆小而可以及时设法处理者则可以考虑拦河筑坝。今四川盆地和金沙江广袤百万方公里，人口一亿，全域铺满卵石，其上冲积土壤厚不及一米，断然不可修高坝拦江。这是应用水文地貌学的知识，这是定论。

但是人们忘了四川 1981 年 7 月的洪水多么可怕，冲入干流约有二亿吨卵石，幻想三峡高坝蓄水后也许不致於造成堆石坝，不至於酿成灾害，那么，长江的大支流汉水 1983 年 7 月安康的洪灾便是一个足以警告的先例。

汉水南岸安康县虽地势低洼，但城内房屋总不至於修在洪水位之下。安康下游沿汉水约 200 公里为丹江口水库，1969 年完工。安康以下河槽内卵石早已淤高。且其下游石梯一带为狭谷直壁，宽仅 150 至 200 米。河床既高，峡谷又窄，洪水到来，水位自然抬高，原来测定的水位  $H$ ~流率  $Q$  关系不复适用，即： $H$ ~ $Q$  线已被抬高。洪水退时，石梯峡口沉积的卵石将陆续冲向峡口以下，慢慢地降低洪水位。

安康“837”洪水实际并非极大。据实测资料 83 年 7 月 27 日至成灾日 31 日安康以上流域平均降雨量如下表：

流域安康以上五日降雨量 (毫米)					
7 月 27 日	28 日	29 日	30 日	31 日	五日累积降雨量
10.3	27.9	33.0	67.7	27.7	166.6

汉水水位涨势很猛。加以其上游石泉水库原已蓄高达 406 至 407 米。28 日曾开闸放水，31 日仍回升到 407 米。



8月1日时安康最高洪痕259.44米，水位很快上涨了19.4米，高出安康城堤约1.5米，高出安康大桥南端桥面约2米。7月31日18时洪水开始破城进水，20时就很快淹没了全城。一楼住的人未淹毙者奔向二楼，而三楼，最高爬上四楼顶的人还是淹死。如此快地涨水高达19.4米，显然是由于下游河槽被卵石淤高，否则洪水再大也可在宽深的河槽里排泄出去。经查询当地人民或谓淹死数千人，或谓数万人，惨绝人伦。

按安康以下汉水流域面积仅38700方公里，已修有四个大坝理该已拦住大部卵石和泥沙。但仍因下游丹江口大坝与石梯峡谷之阻使卵石沉积河槽而抬高洪水成灾。对比长江重庆，为害将数十倍于安康！

## 七、改建三峡高坝设计的建议

笔者曾在筑坝前三上书中央勿修此坝，筑坝开始后曾三上书建议停工。请求公开讨论。在学报上又曾展开技术争辩。又曾答复美国总统来函咨询，说明此坝永不可修之理由，承其回信同意并致谢。全世界有四个通讯社前来我家录音拍影，除我国外已在全球各国电视广播。如今木已成舟，仍望公开争辩，改变设计使四川盆地不受灾害，而已成工程尽量发挥其最大可能的作用。

建议将坝高降低，以不淹没奉节县为度。建议另加隧洞或排水道，使砾卵石，泥沙能畅通出库，并恢复郝穴等出口，将沙石也输往江北洼地，抬高两岸田地，并确保汉口。这须用尽心计。

停止各处模型试验。以前所作是全本错误：第一，床沙即河床料无法测到，根本没有实在的原体资料，何所凭而作模型？第二，笔者前已证明圣维南两公式不足以解答完备的水沙流力学分析，所需的控制断面必须辅以黄万里建立的能量消散率最大的公式。模型试验中任意在下游设置一个不合实际的测流堰，是不可能反映流变和河槽演变的。第三，在前述两点下缩小模型，其模比原则无法成立。这些并不意味着作者认为模型试验不可能另有新的合理的方法。

## 第十篇 治水原理概论

### 一、治河四策概论

我国历来订有治河四策：蓄、塞、浚、疏，有趣的是美国工程兵学者也订有完全相同的四策。这四策原是针对防洪的，现已扩大目标，兼为通航等水资源利用。四策可独立运用，也可几个综合兼用。

“蓄”指蓄水工程，拦洪措施、蓄水库、田间沟蓄、水土保持皆属之。前二

者我国古时没有。

“塞”指堤防，以防洪水的顶冲和抬高。塞字是针对堵塞决口而言。

“浚”指浚深河槽，用挖泥法或用堤坝束水法。

“疏”指疏导洪流，分放他道。

前面说过，在人类占领平原以前，河中水沙流的去路有三条：（1）流水把部分泥沙淤积在河槽里，结果抬高了河床和洪水位，并减平了坡降。（2）部分泥沙冲出河口而落淤，延长了河身，又扩大了平原滩地。（3）洪水漫溢河槽，泛滥两岸，淤高了田地，这就是水沙流造陆的自然现象。

自然界水沙下行是必然的，河道经过淤决徙，扩大了平原。造陆总是对人类有利的。

人类当占领了平原之后，在这里繁殖生息，当然就不允许河道再摆动迁移，也不允许再频频泛滥田地。人类就必须解决好上述水沙流原来的三条去路，才可能在冲积平原上安居乐业。这就是说，必须治河。人们往往只修堤防，不许洪水泛滥，这就出了问题。

我国早就提出了上列四策治河，其中除了未及分流而只及疏水外，四策可说是完善的了。百年前德国人提出的治河原则，认为治河目的应使通过各横断面的输沙率  $G$  一律相等，以保持各段落间不冲不淤，据是河治。这按笔者分析的河床演变自然规律，冲积平原上河道长期内淤积是必然的，除非人类外施能量，经常开挖淤积，德国人的治河不冲不淤目的，是不可能实现的。

## 二、治河四策的效果比较

近代在山区蓄水拦洪，可以削低所在支流的洪峰，保护其两岸不遭泛滥；但是对于其中下游干流的洪量却并不能有效地大量减少。这是因为干流在中下游的受水面积很大，而山区拦河坝所能控制的流域面积只占一小部分。而且水库的防洪容量只是为了削低峰率，等待峰过后洪水仍要放出库来。水库的积极目的是发电、灌溉、航运等水资源利用，把部分值得调节的害水能转为利水，但部分洪水仍作为弃水排出库外。

通常江河防洪都依靠筑堤提高洪水位，临水一面又须能抵御于洪水顶冲。在前述水沙流三项去路中它助长了输沙出河口，但却长期中只使河床逐渐淤高，未淤高田地，乃使洪水泛滥的威胁逐年加剧。我国江河都有此患。早期河底淤得虽尚未高出两岸地面，但是被抬高的洪水位却高于两岸地面，使大雨后地面积水无法排入河道里，抽排机械的力量又不够，于是形成涝灾。再经过长期的河槽淤

积，河底高出地面而形成悬河，迫使人们把河堤随着河底之升高而逐年加高。于是渗出两岸的地下水位升高，使田地盐碱化。堤虽未决，而两岸农田或涝或碱，产量减少。堤防之策所以普通采用，主要由于工程简单省劳，堤身可以逐年陆续加高。这种工程为了防洪，只能说是治标，并未解决好水沙流的三项去路以治本。

在洪水过高过猛的情形下，堤防难于防守时，不得不开口分洪，是为疏水。疏水只漫出过多的洪水，其含沙浓度和大河中的一样，因此在输沙能力减低下，大河反而淤积加甚。笔者建议的分流，分流闸下底槛设得很低，能刷出底沙，分洪水中含沙加浓，于是大河淤积大大减少了。在汇水河段则可疏水或分往两岸的湖泊低地，或绕行分洪道后仍回本河。洪水在一定防护的概率下，乃所过田地是预先准备这样难得出现的一次遭害的。在流派河段则终年分流，向各派放出浓厚的水沙流，再从各派淤灌三角洲田地。这样就把大部害水化为利水了。

堤防再加上浚河，并将淘出的河泥淤高两岸田地，乃是最根本的治河策略。它们能同时解决好上述河中水沙流必要的三条去路：浚河淤地既抑低河槽之升高，并抬起田地高度，在不泛滥的情形下增大了田地和槽底的高差，又淤灌了田地。堤防则束住洪流直奔河口，刷沙出槽。只是以往长期未浚未放淤，积重难返，必须长期地进行浚河淤地，补偿并阻止进一步使田地和河底的高差减小，并且逐渐增大这高差，以降低洪水位，而求河治。

### 三、治河策略意见总结

黄万里认为江河水沙流从上游山区出来淤地造陆，是不可抗拒而有利的自然现象。既成平原，人类据以生息，所谓“淫浸衍溢怀生物”，（庄周语）人们就必须顺着自然演变，不违背客观规律地减免水害，增多水资源利用。

当前河患普遍的现象是，由于人类占领了平原修堤防洪，（1）江河槽底淤积加多，（2）出海泥沙或有增多，仍嫌不够，（3）两岸田地少有浸决泛滥，没有史前那样和河槽相应淤高的现象；一遇堤决，则殃成洪灾。所以江河必须治理，既防水害，兼增水利。

这里讨论的治水策略是针对江河干流中下游汇水流域的淤积河段，如长江荆州至扬州段；和三角洲派域的淤积河段，如长江扬州以下，黄河郑州以下。作此建议的治河策略要点如下，按重要性依次叙述。

（1）疏通各派河口，取捷径输沙出海，遏止海洋迴流。

（2）分流各派，淤灌两岸田地。

（3）中游汇水淤积河段中凡江河枯水位高出两岸地面的也设闸长期分流，

用捣沙器加浓水沙流出闸。枯水位较低而淤积较快的则外加能量抽出水沙，或用拖斗（drag line）拖泥过堤。这就是浚河淤地，增加地河高差。

分出的水沙流宜取洼道，用复式断面沿途淤滩刷槽。沿程可以分流淤灌洼地、沼泽与湖泊。农民可自用拖斗拖出湖泊淤积泥沙，以填高田地。不废田还湖。汛期必要时可令清水流还大河。

（4）固堤护岸，遇特大洪水，备有分洪地区，只为了削峰所需暂储的洪量。

（5）各支流山区可筑坝调洪，但主要是为了水资源综合利用及各支流两岸防洪，对于干流减洪作用甚微。坝底要留洞排沙。

（6）各支流要梯级开发，每级设活动低坝，两岸设船闸、水力电厂及灌溉渠道。泥沙卵石要下行畅通。也可沿途浚河填地。

## 附录：

### 致水利系的一封信

水利系同志们：

万里离休多年，虽仍不断发表论文问世，并积累著作，总觉支取全薪，愧对国家人民。拟请本学期开始重新讲课，只授一课：《水经论丛》。每周讲两小时，分两次，专对研究生（博士生等）及教师。内容皆为本人的创作，欢迎群众批评讨论，内含当今亟待研究的水利学各项课题。将写出讲义，最后成书。内容如下：（可能有修改）

#### 《水经论丛》 篇次、章次

##### 一、 论江河的治理：

1. 长江的治理，三峡工程的问题
2. 黄淮海河的治理
3. 江河治理的方略

##### 二、 工程水文学与自然地理学：

1. 气象学与气候学
2. 地质学与地貌学
3. 水文学原理
4. 水资源的定量
5. 洪水的定量

三、 高等水力学：

1. 高等明渠水力学
2. 水沙流力学

四、 水利工程规划：

1. 原理
2. 方法

五、 水工建筑与输水工程原理：

1. 坝工要论
2. 闸门建筑概论
3. 输水工程设计原理

请审核批示。

黄万里

1998 年 7 月 25 日

同志们：

四十天来长江全流域发大水，大家天天紧张地看电视、看日报。眼见江水齐岸、湖岸出险，对于抢救人们的奋斗精神多么佩服！想到自己无能为力，又是教育人们的水利工作者。显然长江只用堤防一法是不够的，对于人力财力是极浪费的。这洪峰范围大，历时又久，峰后退水期间防守更艰苦。人们想筑高坝拦洪减峰，江洪不象黄河，不是尖峰，其减峰效果很小。又说要改在低水位下行洪，显然是做不到的。所以我们必须考虑另用浚河、疏水等方法。这些正是治河的问题，而我系偏偏又没有这门课。当前用的治理江河的方法是不合适的。通常我国发洪水一般是南涝北旱、或南旱则北涝。如今大水遍及南北：连渭河、黄河、松花江也同时发洪。今后几年这个所谓“男婴”“女婴”、EL & La Neno 问题、大洪水问题受制于气象、地貌等自然地理问题。它的定量计算除数学力学方法外，还需用到概率统计法。除了设计运行外，必须有实地经验。1934 年我改学水利，读博士是以自然地理学为第一副科、数学为第二副科。回国后不是当官或任教，而是甘受低薪低位，在土地上实地干起，十多年后才从事教育。我训练过三、四十位工程师，如今他们都过世了。希望同志们听听我的《水经论丛》，我希望弥补我以往教学的缺点，请同志们多提意见，一起讨论。

黄万里又及

# 致教育部高等教育司的一封信

教育部高等教育司：

对于高教司 1998 年颁布的专业介绍中 0808 水利类(152 页)笔者有些不同的意见，请考虑：

1. 水利工程及其学科水利工程学有 8 类，以治河工程学为主，其中主要是防洪工程学，其它 7 类都需要防洪的知识。所以凡是水利工程学系中没有设立防洪或治河工程学这一课或学科，就不得称为“水利工程学系”。它是国家各种建设企业中最大的部门。至今世界上其学术内容争论不已，治河方法意见分歧。我国江河的治理和防洪方法也是如此，这方面学术很低。学校里没有设立这一门课程，缺乏专家，可能是主要原因。

2. 不宜称谓“水利水电工程”，水电只是 8 种水利工程之一。以往如此称名主要因为国家分别设有水利部和水电部，大学考虑到经费支持，于是抛出了这一不伦不类的名称。详见附文《治河方略概说》第 2 页<sup>[1]</sup>。又“航道”和“水电”分属于总的水利工程学，宜分别为 080801 和 080803。还应另设 6 类水利工程，见附文 2 页的表。

3. 水文学是水利工程学的一门基础技术学科，本身不是工程。前者支持后者的知识。水文学要提供工程所需的水资源和洪水两项定量资料。水资源不得和水文并立，“水文与水资源工程”名称根本不通，更不得作为一项“工程”而列为 080802。附文《治河方略概说》<sup>[1]</sup>。

清华大学教授黄万里

1999 年 9 月 20 日

注释：[1]附文《治河方略概说》略。所言内容，请参考本文集《水经概论·治水原理》第一篇。

# 黄河治理

# 对于黄河三门峡水库现行规划方法的意见<sup>\*</sup>

## 一、关于现行综合利用的规划方法之不合理问题

### (1) 总说

现用的确定正常高水位（H II V）的方法，假定了一定的防洪库量和灌溉亩数来推算经济坝高，不过是一种单按动力经济核算的规划，不能说是一个通过全面经济核算的综合水利规划。

全面的综合水利规划的理论和方法在现有文献中尚未见到，下面是笔者 1951 年研究的一部分结果——区域经济水利规划理论，内容还没有达到完善的阶段。

水库库量  $V$ （公方）是跟着下列各种水利目标对于水库所要求的调节水流的程度而定的：（1）水库减洪到达的程度  $Q_{mr}$ （例如在三门峡规划中可有 8,000、6,000、4,000、2,000 或 1,340 秒公方等不同目标）；（2）灌溉亩数或农产增值  $A$ （可有  $2 \times 10^7$ 、 $4 \times 10^7$ 、 $6 \times 10^7$  亩，或粮食若干斤）；（3）发电  $KW$ ；（4）航运吃水深度  $h$ ；（5）给水人口  $P$ 。若以数学式子表示之， $V$  为五个变数的函数：

$$V = V(Q_{mr}, A, KW, h, P) \quad (1)$$

按照社会主义国民经济有计划地按比例发展的规律，对于一定区域在一定时期每项水利目标要发展到一定的计划程度，在这些目标里本工程——例如三门峡坝负担其中一部分或全部分任务，其他则由别的工程负担（如堤工、抽水灌溉、火电等）。令  $X$  为本区域各目标的全部工程总费以及常年维持费折旧费等依据抵偿时期所折合的总投资（严格地说， $X$  还应包括本区域内五项目标按发展计划所要求的全部任务的总投资）。对于一定的坝高程  $Y$  及其相应的库量  $V$ ，这五个变数就有某一种最好的配合和运用法，使得  $X$  最小。经济坝高或其相应的 H II V、或经济库量应按下式决定：

$$\frac{dX}{dY} = \frac{\partial X}{\partial Q_{mr}} \frac{dQ_{mr}}{dY} + \frac{\partial X}{\partial A} \frac{dA}{dY} + \frac{\partial X}{\partial KW} \frac{dKW}{dY} + \frac{\partial X}{\partial h} \frac{dh}{dY} + \frac{\partial X}{\partial P} \frac{dP}{dY} = 0 \quad (2)$$

上式中右方末两项航运和给水需水较少，较易附带地照顾，故在经济比较中可暂

<sup>\*</sup> 1956 年 5 月向黄河流域规划委员会提出，发表于《中国水利》1957 年第 8 期第 26-29 页。



略去不计：

$$dX = \frac{\partial X}{\partial Q_{mr}} dQ_{mr} + \frac{\partial X}{\partial A} dA + \frac{\partial X}{\partial KW} dKW = 0 \quad (3)$$

应该指出，三门峡现规划的 HИy 都是片面地按下式定出的：

$$\frac{\partial X}{\partial KW} \left| \begin{array}{l} Q_{mr} = 6,000 \text{秒公方} \\ A = 4 \times 10^7 \text{亩} \end{array} \right| = 0 \quad (4)$$

## (2) 关于防洪的经济

同样，我们也可以，而且应该，假定一定的 A 和 KW，去研究各个不同  $Q_{mr}$  值中的那个最经济的值：

$$\frac{\partial X}{\partial Q_{mr}} = 0 \quad (5)$$

这样做时，正像现规划中研究  $\frac{\partial X}{\partial KW}$  时把火电来同水电比较考虑一样，对于一定

概率（Вероятность）的洪水，除了用筑坝减洪的方法以外，还应拿其他防洪方法来和它比较，以得出一个最经济的  $Q_{mr}$ ，Y 及 V。四千年的治河经验使得中国先贤在世界上在千年以前最早地就归纳出了四种防洪的方法：沟洫或拦河蓄水，堤工堵水，束水浚深治河及缺口疏水。另外，近四十年来中外学者融合了德国人治河的理论 and 经验又积累了不少新的知识。忽视这些知识，认为有了坝就可以解决下游防洪问题，是不妥当的。我们必须把堤工、治河工、疏水工来和筑坝工程比较，亦即在  $\frac{\partial X}{\partial Q_{mr}}$  的 X 中要包括部分坝工、部分堤工、治河工等综合的费用。

认为有了坝后可以省掉目前每年  $2 \times 10^7$  元的防汛费（邓子恢副总理报告）是不正确的。认为水土保持后黄河水会变清是歪曲客观规律的。相反的，出库的清水将产生可怖的急速冲刷，防止它要费很大的力量。较长期的  $Q_{mr}=6,000$  秒公方的清水可能要比短期的 10,000 秒公方的浑水难以防治，就是一年四季只 600 秒公方的清水也是不易应付的。

总之，“有坝万事足，无泥一河清”的设计思想会造成历史上严重的后果。坝的功用不过是调节流率，从而替治河创造了优良的条件，但却决不能认为有了坝河就可已经治了。

似乎  $Q_{mr}=4,000$ ，甚至 2,000 都应考虑比较一下，黄河里防堵清水的办法还须大大地费一番研究工夫。

当然从  $\frac{\partial X}{\partial Q_{mr}} = 0$  的分析所得的结果也只是一种片面的、单通过防洪经济核算的规划。

### (3) 关于灌溉的经济

同样，我们也可以，而且应该，假定一定的  $Q_{mr}$  和  $KW$ ，去研究不同灌溉亩数  $A$  中的一个最经济的亩数：

$$\frac{\partial X}{\partial A} = 0 \quad (6)$$

正象规划中研究  $\frac{\partial X}{\partial KW}$  时把火电来同水电比较一样，我们应该把他处灌溉亩数  $A'$  的工程费成本 ( $A + A'$  = 本区域内国民经济计划所要求的一定总亩数) 综合在  $X$  中一起来考虑比较。

显然，把  $A$  确定为  $4 \times 10^7$  亩由三门峡库负担，说是国家经济计划委员会订定的，这样做是不合理的。计划委员会只能按社会主义生产按比例分配的发展规律在一国内或一区域内订出总亩数，但却不能对于某一地点的水库硬分派负担一定的灌溉亩数，这仍要看经济成本是否化得上而决定的。

目前农业发展计划对于灌溉亩数要求增加，式 (1) 中  $KW$  对  $A$  恐要让步。假使另无水源，点滴水都要利用，则  $A$  在五项中可能成为突出的重点。这样，分析时反倒会变得简单些。

在缺水的情况下按作物需要随时都充分供应的办法就未必合理。应该考虑把宝贵的调节水只供每年五、六月份最迫切的缺水季节中用，在其他季节给一部分，但不必蓄他月之水来供 7、8 月份多水时季放之用。这一建议改变了原订的呆板的灌水的运用法，不仅可以节省水量，多灌亩数，而且可以大大减省库量（见下节），是有重大意义的。

当然，从  $\frac{\partial X}{\partial A} = 0$  的分析所得的结果也只是一种片面的单通过灌溉经济核算的规律。

### (4) 最经济的水库运用法

如果每一公方的库量能兼为各种目标服务，则水库的效用就可发挥得最高。这在中国的水文情况下是可能做得到的。每年七、八、九月的洪水期是呆定的，这期间的雨量占全年的 70~80%。在这期间应该不再需要蓄他月之水来灌溉。我们可于七月初把库水放低到死水位，每年七、八、九月三个月全部有效库量专为

防洪用；其余各月专为灌溉用，要这样去规划不同作物的种类和灌溉亩数，兼顾到下游调节的可能性，使得各月出库流率尽量均匀些，以便照顾水电。

七、八月水库中不为灌溉服务，下游农田尽可依靠自然雨量。万一多雨的七、八月也遇旱，则仍可依靠通过水库及伊、洛、沁河的自然水流。万一这些水仍嫌不够，则因五、六月份已灌足了两次，如今少灌一些，并不至于有很大妨碍，不必对此给予严格的保证。须知用水库蓄水来保证七、八月份灌溉水之充足，是以防洪库量不能兼作灌溉库量的条件换来的。以这样大的代价来预防那很难得出现的事，经济价值显然是很低的。

七、八月内水库在死水位以上按自然水流的情况摇摆不定，自九月起或更早就开始截蓄洪水了。何时开始，要看库量或坝高而定。

这样运用水库的水量的话，譬如同样按初步设计中  $H \Pi Y = 345$  公尺就有下列改变：

用 途	现 设 计	建议的运用法（ $H \Pi Y = 345$ ）	
用来调节洪水	$90 \times 10^8$ 公方	$170 \times 10^8$ 公方	} 时间上错开
用来调节灌溉和航运	$90 \times 10^8$	$170 \times 10^8$	
用来拦蓄泥沙	$80 \times 10^8$	$80 \times 10^8$	
	$250 \times 10^8$	$250 \times 10^8$	

注：32 年中最大 45 天的洪水量也只有  $205 \times 10^8$  公方，说明防洪所需库量是不大的。

这样改变以后的经济效果是非常大的，会使现设计显得很经济。值得再指出，这种水库运用法所以能做得好，是由于中国的洪水期和灌溉缺水期（五、六月）之决不交搭性，以及预防七、八月份大旱之不值得性。这在他国的水文条件就未必做得好。

**（5）符合综合经济的坝高与库量**

式（3）指出了寻求经济坝高与库量的理论根据。但是，要用它来作数学演算是做不到的，用它来指导图解法是可能的，无论如何总是很繁复的。实际计算时对于  $Q_{mr}$ ， $A$ ， $KW$ ，各只作 4 至 5 个数值的假设， $Y$  亦只作了 4 至 5 个水位的试算，各得出最小  $X$ 。 $dX=0$  也可用试验法，以得出最小  $X$  的那个  $Y$  值。

前述方法尚是很简略的。需待仔细研究的问题很多，例如综合利用下经济死水位的决定法，防洪库量和灌溉库量力求相平衡的途径等等。

用建议的水库运用法计算，所得经济坝高应较现行法所得  $H \Pi Y$  360~370 公尺为低。至于综合利用核算的结果则可高可低，无法估定。

## 二、关于洪水的计算方法问题

### (1) 现行统计法的缺点

现行统计法中  $C_v$ ,  $C_s$  值是用定矩法 (Методмомента) 算出来的。这方法是不正确的, 业经笔者用理论和实例加以否定 (见土木工程学报 3 卷 1 及 2 期), 并建议用最小自乘法来计算的方法。用现行法计算陕州的洪水流量, 得出结果 20% 过小, 是不安全的。又假设  $C_s=2C_v$  或  $4C_v$  是没有合理根据的, 若有最小自乘法就毋须作这些无根据的假设了。

### (2) 洪峰洪量统计法的问题

报告中把流量时程线 ( $Q \sim t$  线) 按洪峰概率比例扩大, 这一方法殊欠合理。在黄河的情形里, 按洪量概率比例扩大可以说比较合理。笔者曾建议对 ( $Q \sim t$ )— $P$  线用相关法来处理 (见黄万里: 洪流估算)。

### (3) 洪流通过水库的演算方法问题

现行法假定库内水是平的, 又假设坝址的  $Q \sim t$  线作为进库线是不合理, 而且不安全的。必须改用不定流的方法计算。即使在技经报告中用现行法计算, 未必就可当作近似的结果。对于防洪库量的确定, 对于水库淤积后淹没高程的计算, 这样计算的结果可能距离实际发生的情形很远。

## 三、坝底留出泄水洞以备他年刷沙出库的建议

### (1) 筑坝的有害方面

筑坝的有利方面是调节水流, 有害方面是破坏河沙的自然运行。在库上游边缘附近, 由于泥沙淤淀下来而不前进, 那里的洪水位将抬高。可以想见, 毋须等到水库淤满, 今日下游的洪水他年将在上游出现。现计划把唯一避免的希望寄托在水土保持上, 但是即使水土保持好后, 清水在各级支流里仍将冲刷河床而变为混水, 最后仍将泥沙淤在库上游边缘。

在坝下游, 出库的清水却又使下游的防护发生困难。到那时人民会对那些企图把黄河水变清的先生们发出请愿: “宁使黄河浊, 莫教黄水清!”

由于淤淀, 水库本身自有一定的寿命, 人们却讳莫如深地不肯向前想一下水库寿终时上下游的水流情势。但是另据心理学家说, 人类是具有远见的!

### (2) 是要刷沙出库, 不是故意要“在库内作水土保持”!

在 80 年的筑坝历史中, 直到 40 年前人们才发觉水库淤积的严重性, 人们把希望寄托在水土保持上, 以期减少入库泥沙。对于那些已经流入河槽里的泥沙迄

今未能想出办法来排除出库。但是，这却并不是人们原来就故意要把沙留在库内，好象是为了下游水清后河易治好的缘故。

必须提醒，在坡面上的水土应该设法尽量保持在原地；但对于那些已经流入河槽里的泥沙却相反地应该要督促它们继续随水流下去。这才是人们了解了自然规律而去限制它利用它，却不是改变它的正确措施。

那些故意要把泥沙留在库内的设计思想是错误而有害的。主张在支河修拦沙坝是企图改变客观规律的措施，是不正确的；这样地在河槽里拦截水土，不得称为水土保持。

### **（3）刷沙出库方法的一些理想**

认识了必须让河槽内泥沙向下运行的自然规律，设法怎样刷沙出库将是河沙问题研究方向的必然趋势。这里有二种不成熟的理想的方法：

每若干年中有一年的七月初把库水放空，使得有几场大水可把上游库边上的积沙冲刷到坝后水深的地方。

日常在库内河底设置许多冷气压推动的螺桨，产生水流的底速，以扬起泥沙，随水运行出库。

上述两措施都要求在坝底留有容量相当大的泄水洞。虽然目前刷沙的措施尚未具体化，但因这是自然规律所指示的必须研究的客观趋势，我们必须留下这些洞，以免他年觉悟到需要刷沙时重新在坝里开洞。

# 论分流淤灌策治理黄河 \*

## 一、总述

1976 年作者提出用分流淤灌的方法治理黄河下游，以期达到防洪、灌溉、通航、发电、兼顾中下游的目的。并发表论文：《论治理黄河的方略》，在 1979 年治黄会上报告。本文进一步申述，分流淤灌是治理黄河唯一可行的方法，也就是排斥了所有其他治黄方略。本节分条列述这个方法的可行性和唯一性的推理过程，只要其中任何一条不成立，则其随后各条皆不成立，而方略本身也被否定。在随后各节里，解释这些条项的理论依据。这样分层叙理，是为了便于分题讨论和集中辩论。在逐条推理成立之下，方略的客观唯一性含义表示：历史上治理黄河虽经多少周折，迄今也未见定论，但是最终必将为人们认识，而付诸实施的惟有这个方略。

为了证实方略中分流刷槽淤沙的效果，建议先试建一两个小型分流闸和流路，例如选择梁山图那里闸附近开口分流，淤灌沿途两岸田地，并供水通航。

1、黄河两岸地貌从郑州桃花峪以下是一个隆突圆锥体的三角洲，是由许多向下游放射形式的流派所组成的派域，而不是一个汇流性的流域。

2、凡是在隆突圆锥体三角洲上通过形成这种地貌的自然水沙流，虽据实测或力学分析在局部地区短期内有发生冲刷的现象，但据实测或统计分析全河在长期内一定是淤高并延伸的。从长期统计河貌演变的角度来看，这是由于黄河或其流派沿着流程向下，随着时程前进，坡降总是逐渐减平，流率逐渐减少，出口逐渐延伸，而海流带走向口的沉沙又是很少，这四个原因。

3、这些自然淤积，经过河槽淤塞、自然堤决口、河道迁移或分流等一番过程，轮流散布在三角洲上。三角洲以桃花峪为顶点，逐渐形成隆突的圆锥体，面上流着放射式的低洼排水道，面积达廿五万方公里，于全球为最大。它一面淤高，一面延伸扩大，原来是进行很慢的。在人类定居之后，为了防制洪水泛滥，必须筑堤；但是筑了堤，淤积便集于两堤以内，延伸只发生在河口，这淤积和延伸就

---

\* 清华大学水利系泥沙研究室印发，1985 年 6 月。

都进行得很快。近河口段淤积，决口，并迁道最频繁，不便筑堤，于是人们便误认为利津是黄河三角洲的顶点。

4、在这样的地貌上，援用古今中外任何治河方法，如束水攻沙、宽河守堤、淤滩刷槽、集流冲沙等，企图令水流挟带泥沙全部送出海外，除非额外施加机械能，如抽水沙放淤两岸等措施，要使河槽维持原状不淤高，是不可能的。所以在黄河下游集流输沙出海的治河，原则是不成立的，也就是在两堤约束下按“下排”的设想治河是错误的。

5、世界上凡是治理隆突三角洲的河流，没有不是分流淤沙的，如广东三球江、埃及开罗尼罗河、罗马尼亚土耳其恰多恼河、印度孟加拉恒河、巴基斯坦苏库尔印度河等皆是。黄河也该自三角洲顶点桃花峪起分流。在承认沿途必淤的原则下，分流后使水沙铺开在广大的流路滩地上，这样，水流很浅，每年只会淤积出薄薄的一层。

6、桃花峪以下大堤要打开廿多个口门分流，分流路线要顺着原来的洼道。这些流派一概取复式断面，要固定住两岸滩槽的边坡。在大堤分流口要控制一定的分流率，每次放水要始终淹没两边滩地，使浑流淤滩刷槽，否则就闭闸停放。黄河水少，年流量 470 亿方中只能用三百亿方轮流灌溉，（在修库蓄洪后可以加多），每亩地每年只能轮灌到十天左右。所以各洼道流派大多时间在排泄地下水。

7、分流会拉沙出槽，刷深大河，使其过水能力剧增。汛期各门齐开，使槽蓄大增，洪峰流率削低。按千年一遇最大十二天洪量为 125 亿立米，分流后估计各路十二天平均总流率 3,500 秒立米，合 36.3 亿方水沙出海，其余 88.7 亿方若只淤灌在一半派域 125,000 方公里上，则十二天灌水厚度只有 71 毫米，其中沙厚只有 7.1 毫米，连鸡犬也淹不死。故全面同时分流不会造成洪灾。注意分流不只是分洪疏水，在枯水期也分流拉沙出槽。

8、下游田地本来迫切需要水沙淤灌，细泥施肥，粗沙可打底排水，所以对于治河来说，上中游水土保持根本不需要，分流淤灌唯恐泥沙不足。源头水土保持很不经济，黄土高原直壁剥落无法防止。况且中游河滩上已沉积大量塌岸泥沙，等待水流带走。所以减少输沙量很难做到，按“上拦”设想治河，是不现实的。水土保持投资不应按每方公里面积计，土壤冲刷是没完没了的，既需工程投资，又需常年经费。

9、黄渭河三门峡以上已沉积了六十多亿吨泥沙，淤积且已延及西安，应先改建三门峡坝，必须外加机械能，把泥沙冲下去，以确保秦川安全。若降低厂房 15 米，利用坝下 16 米的急流落差，则可能改造到恢复原来期望的防洪、灌溉和

发电的效果。在刷洗秦川淤积后，才可修建小浪底坝。

这个惟一可行的治黄方略可以做到防洪、灌溉、通航、发电的目的。分流把汛水化为自流淤灌并资航运，大河得以自动淘深，而并不再须加高堤防；改建三门峡坝可以挽救秦川并利用水力发电，权衡其工费之省相对效益之距，经济价值定能成立。认识集流下排的错误，黄淮海平原可尽享其淤积，南水毋须北调，济宁之煤可以直输江南，汛水可以灌蓄于黑龙港南宫水库，备多年调节，地下汲取。

如此巨利，厥赖分流。惟其含沙多，才能造成庞大的派域地貌，以资分流。此为黄河天赋的优越条件，非长江所可比拟。长江流域，只能集流，无法分流，故其洪水灾难防治。由此可见，黄河原非害河。认识到泥沙为资源，三代文化起源于此，吾炎黄子孙立足于此，施以正确的治河策略，黄河本是世界上最优的利河。

惟有先解决治黄方略，才能进而讨论如何治淮、治海，和黄淮海地区的整体开发。

## 二、论水土保持不可能治理黄河

近半世纪来，大多学者把水土保持作为正本清源，根治黄河的基本方略。其所持理论简单明瞭：泥沙留在原地不下来，河就清了，下游就不会淤、决、徙了，于是河就治好了。

水土保持为了更好地利用土地，以维护当地的农林畜牧业，是安全必要的；但却不能据以治理黄河。这主要是由于：（1）黄河下游正需要更多的泥沙淤地压碱，根本不需要在上游拦沙；而且现在的黄淮海平原正是靠黄河泥沙长期淤积成的。（2）工程措施的水土保持违背自然界上游切割，下游造陆的必然过程，全面拦住泥沙不下来是根本做不到的；即使在源头拦住泥沙后，出来的清水仍将沿程冲起河槽中的积沙，把它带到下游来。（3）在源头上修谷坊，所能拦截每方砂的代价要远比河槽里的为大，淤满后又须重修，投资和效益对比，是不经济的。据此，靠水土保持来治理黄沙，是不可行的。兹分论如次。

1、为什么下游不需要上游拦住泥沙呢？下游三角洲黄淮海平原从来处在堆积的过程里，迫切需要泥沙淤高贫瘠的土地，粗沙垫底排水，细泥增添肥质，黄水灌溉土地。原黄泛区渴望着淤灌以改良土壤。黑龙港地区南宫等地下水库区亟须分洪淤灌，储蓄汛水。83年菏泽地区五个县轮流等待着黄河放淤。河口东营市亟须填高洼地，其中四千方公里上初步淤高一米就需要 56 亿吨，而黄河过这里全年平均只有 15 亿吨泥沙，尚待长期淤灌。总之，黄淮海平原廿五万方公里都待水



沙不断淤灌，根本不要求上游保持水土。所谓水土保持根本上治理黄河，乃是治河决策者眼看着河槽淤高，威胁堤防，又没有别的办法而提出来的。

黄淮海平原沿太行山麓地层最深处是卵石，其上粗沙，表面覆盖细泥，为河北河南省最富饶地区。为什么呢？底层沙石可以排水，表层细泥可以存水含肥。距太行山麓百余公里，地下埋深二三十米以下才是粗沙，形成地下水库；但因上层淤泥太厚，排水不良，含碱较多，故土壤并不肥沃。滨海沧洲区几百米埋深尽是细泥，满地盐碱，成为不毛。可见农作需要泥沙粗细兼备，粗者打底，细者覆面，于水能排能蓄，作物好之。

黄河挟沙而下，粗沙先沉落，细沙从后。龙门以下河床沙粗，沿程逐步减细。南宫地下粗沙是万年前濒临海岸线时，沿陡坡沉下的。平原农民只恨粗沙不能远送山东。今人不察，反因榆林延安新黄土梁峁区地形破碎，盛产粗沙，献策在那里大搞其水土保持，恰恰和农民愿望背道而驰。粗沙本来送不远，但总望洪水能把它送远一步，以便分送两岸，打底排水，何劳拦截于源头？

2、为什么全面拦截泥沙是做不到的呢？按黄土在风积过程中逐步受暴雨溅击，形成垂直的裂隙和孔洞，其导水性强到比水平方向的大五倍之多。黄土中胶结物含量低，抗剪力小；又吸水性强，在饱水后几分钟全部崩解成粉末。雨水沿黄土垂直裂隙很快浸渗到底，孔隙的水压力使黄土岸垂直剥落。直壁步步后退。这样流失的孔蚀泥沙要比面蚀和沟蚀的更多。崩解下来的泥沙未必在同一场雨洪里都随水流入河中，大部分面蚀、河蚀、孔蚀的泥沙堆积在岸边，供备未来洪水的输沙原料。这是水流挟沙的第一步。

第二步，另一场更大的暴雨洪流，除了挟带着自己侵蚀的泥沙，还沿程斥岸刷槽，对那里储备着的大量泥沙尽情地冲起来，使其浓度高达每立米数百公斤。这才是人们量测到的含沙浓度（俗误称含沙量）和输沙率。

水土保持中农业措施和梯田减坡工程会减少面蚀，但是这样保持在耕地面上的水份却会更多地浸透裂隙孔洞，反而造成更多、更严重的孔蚀。谷坊可以拦住沟蚀的泥沙，但它不能免除其上下游的孔蚀。无论农业措施或工程措施，在第一步所能减少积储在岸脚的泥沙总是有限的，而积储量总是多于第二步一次能带走的量。在第二步，干河的输沙率决定于洪流的大小，水土保持对此不能起多大作用。

另外，三门峡坝修成后，抬高了库水位和上游减平了的坡降，已使黄河北干流和渭河两岸塌陷了八十余万亩黄土高原，那里储备着大量泥沙可供水流冲刷，使第二步挟沙不愁原料不够。

这就是为什么水土保持办了几十年，据说已获得保持的面积近总流失面积的20%，但实测所示，输沙率非但未减，反见略增。原来只有水流在铺沙的河槽里，假使在上游拦截了沙流，使之变为清水，它仍然不肯罢休，尽力冲起泥沙带走的。

从地质演变来说，河北、河南和山东平原是黄河的冲积锥体，累积了无数淤沙构成这一庞大三角洲，而且仍在继续淤积中。自然界这一伟大的造陆运动是不可抗拒的，人类不可能施出这样的能量来抑制它。况且就在这块快速淤成的土地上，发扬了我国早年固有的文化，引起了汉满蒙三族的中原逐鹿和文化混和。西安半坡村遗址告诉我们，仅仅在六千年以前，我们的祖先还在黄土高原上过着用石器和陶器的简陋生活呢。如果没有黄河较快地淤出偌大平原，那我国今日的文化还难以想象呢。

3、用谷坊或溪沟里筑坝拦沙是怎样不经济的呢？按用农业措施整地，或筑坝蓄水灌溉小流域农田，而把拦沙仅作为副作用，其投资是否合乎经济效益，应由具体条件决定。但若专为淤沙而筑坝，通常是不经济的。这是因为：第一、每级坝埂工程虽简单，仍都需要排洪设备。每级拦沙方数越少，每方的工程成本越大。所以在溪沟里拦沙反而比大河里价高。第二、谷坊淤满后，仍须另觅坝址再造，侵蚀不断发生着，必须继续拦沙；同时对于淤满的坝埂仍须继续保护，以保持其过洪的安全。工程是没完没了的。第三、拦截泥沙后放出的清水仍会冲起下游的泥沙，向下输送。对于下游来说，上游拦沙一方，不等于下游会减少一方沙量。据此核算工程费，就更不经济了。

以往常有人说，在每方公里地面上水土保持可以一万元完成，现在说需二万元了，则三十万方公里黄土层需要六十亿万元，就可包办水土保持完成。这是不合理的，也是不可能的。水土保持单价不能以每方公里计，甚至不应按一次投资每方沙计。上述第一步土地受侵蚀是不断发生着的，这边进行着水土保持，同时那边正发生着新的侵蚀。水土保持是一桩永无休止的工事，因为它违背了不断进行着的自然造陆的地貌演变。既需基本建设投资，又需常年维持工费，不存在一旦工程完成就可以坐待收效的现实。

我们一定要理解：黄河从黄土高原挟带泥沙下行，不仅是自然现象，而且它服从着客观规律。这不仅是不可抗拒的客观规律，而且是对人类生齿日繁不可或缺的有利现象。凡切实可行的方略措施只能依据客观规律来制订。

在我国历史上原无水土保持之说。本世纪从美欧始，人们发觉，由于一些自然因素和不恰当的土地利用，土壤侵蚀对农业损害极大，于是水土保持问题受人重视。1926年前金陵大学美国教授罗德民指出这问题在黄土区的严重性，外国工

程师塔德和爱立森等在中美工程师协会刊物上发表论文，介绍他们实地调查的结果，并指出这是黄河下游多沙的原因。1933 年美国农业部成立水土保持局，任命水土保持首创人罗德民为副局长。他原是出身地质学家，懂得河槽演变是自然规律。他倡导的水土保持是号召防止那些由于错误利用土地所造成的“人为的加速侵蚀”，用以区别自然侵蚀。他明确指出，水土保持工作的目标是缩小和消除这种加速的侵蚀，而不是去完全消除一切侵蚀。这才是罗德民创导的正确的水土保持基本理论。虽然，水土保持的农业措施属之，而工程措施则否。

本文作者 1957 年提出：“在坡面上的水土应设法尽量保持在原地，但对于那些已经流入了河槽里的泥沙却相反地应该督促它们继续随水流下去。这才是人们了解了自然规律，而去限制它、利用它，却不是改变它的正确措施”。（黄万里：《对黄河三门峡水库现行规划方面的意见》中国水利 1957 年 8 期 29 页）。种草、造林、梯田、沟洫等是正确的水土保持措施，但在支流修拦沙坝，除非为了淤灌土地，便不是治河的有效措施。总之，为了恰当地利用土地，用农业措施保持水土，是必要的；为了治河，筑坝拉沙等工程措施是错误的。

### 三、论黄河下游淤积不可免

黄河挟沙过大陆架入海，陆续造成了黄淮海廿五万方公里的冲积平原，这一造陆运动仍在进行中。平原一面延伸扩大，一面堆高积厚，两者同时进行着。各种整治河道的工程企图把上游下来的泥沙全部送出海外，只延伸河口而不沿程淤积，是违背力学原理的，是不可能成功的。这些治河策略包括在束水攻沙、宽河守堤、淤滩刷槽和浓沙集流《即高浓度带沙》等，在长期内都不可能免除河槽的淤积。德国学者曾归纳出治河的目标：凡治河应力求通过河道上下游各断面 1、2、3、……等在同一时段内的输沙量  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ ……等相等： $G_1=G_2=G_3=\dots$ ，这样，沿程不冲不淤，河身就自然稳定了。这一目标只有在含沙较少的河流，可能靠疏浚河道做到，在黄河是不现实的。

为什么黄河下游必淤呢？这要先从三角洲怎样形成谈起。黄河下游从桃花峪起这个冲积平原在平面上是一个三角洲，在立体上是一个隆突的圆锥体。凡是在三角洲上，在长期发展过程中，上游自然下来的水沙流总是产生淤积的。惟淤积使河口延伸；惟延伸壅水，使洲面淤高；两者相互影响地进行着。在史前黄河淤积泛滥形成自然堤，两岸地面相形之下成为低洼。淤甚而决，决而徙，形成一条新的低流路。这样轮流地再淤再决再徙，形成了隆突的三角洲。在这地貌演变的过程中，虽然某些时间里也出现过冲刷的现象，但长期总的结果没有不是全面沿

程淤积延伸的。黄河较左右岸各河，流大沙浓，三角洲淤得快，南面侵夺了淮河，北面拦住了从太行山下来的漳河、釜阳河、滹沱河等的出口，把它们一起扭成了海河水系，在立体上形成了一个隆突圆锥体。除大汶河从高高的泰山出来以外，没有支流汇入黄河。洲上的降雨迳流只能沿许多流派辐射出海，组成一个廿五万方公里的派域，而不是流域。人类定居两岸，筑堤护岸，这是必要的。但因此淤积集于河道两岸堤之内，延伸集于一条流程的河口，于是淤积和修复加速，形成目前的悬河。

在这没有汇流的隆突三角洲上，在两堤夹着的悬河中，水沙在向下游运动的过程中，只会因蒸发渗漏而越流越少。流率  $Q$  的减少使所荷载的输沙率  $G$  随着减小而造成淤积。另外，河流沿程坡降减平，使水流减慢而致淤积，也从而减小输沙率  $G$ 。 $G$  减后，包括  $G$  在内的  $Q$  也因此减小；而  $Q$  小又使  $G$  减。（ $G \sim Q^2$  左右）这样连锁反应，淤积加甚。此外，河口延伸也使坡降减平，进而加甚淤积。这三因素——蒸发、渗漏、沿程坡减与沙口延伸——合起来使任何三角洲上、任何悬河中，在长期内必然发生淤积。任何一种整治河道的方法，除了挖河淘沙出堤外，都不可能使三角洲或悬河不淤。

这些简单的道理却常为古今治河者所忽视，可能他们没有认识到黄河从桃花峪以下就是三角洲，面积达廿五万方公里，而世界上最大的只有约一万方公里；误以为利津近口处才是黄河三角洲。他们有的毕生致力于上拦下排，企图把泥沙全部送到海外，误以为河身就此可以长期不淤。当然，水库拦沙可使下游不淤，甚至刷深，但泥沙仍是淤积了的，只是发生在更上游，终非久计。把泥沙下排出海，除非沿海岸洋流有足够速度能把泥沙带离河口，使河口不延伸，不抬高壅水线，不额外造成淤积，则下排才能起作用。但是黄河在渤海湾内海流很慢，那些漂流出海的细泥都慢慢沉落下来，只有少数远离河口，所以河口延伸很快。至于河口延伸使河道必淤，原是众知的事实，即有理论证明，又有事实和实验证明。黄委会水科所和王恺忱、朱起茂等著有论文阐明，张仁、谢树楠对于废黄河淤积过程也有具体资料证明这点。

下面分别解释各种治河策略不能成功的原由：

束水攻沙——这一治河策略是明季潘季驯（1521-1595）归纳出来的，他主张“塞旁决以挽正河，以堤束水，以水攻沙”；说是根据“水合则势猛，势猛则沙刷，沙刷则河深”，“水分则势缓，势缓则沙停，沙停则河塞。”其说和近代水力学理论相合，而早三百年。问题在束水后未及刷深河槽，将先抬高洪水位，漫溢堤顶。束水适用于一段缕堤，但漫溢的水沙会淤高滩地，仍然抬高了河床整体。况洪水

流路常取直径，并不顺着枯水深泓线走，就会冲塌缕堤和滩地，重新淤塞主槽。若只在一段缕堤束水，则冲起的泥沙会沉落在下游河段；抬高的水位使上游流缓而落淤。全程束水，送沙出海，则河口延伸反过来又使上游流缓落淤。所以束水攻沙常只用于两段弯道间短短的连接直段，用来刷深这短段河道，以利航行。对于治河，增大输沙率是无补于事的。

宽河守堤——这是早年东汉王景（0037年）使用的策略。把河放得宽宽的，两遥堤修得远远的，使河纾漫流其间，任其冲淤。另修丁坝顺堤保护遥堤，抵抗大溜顶衡。这作法是成功的，但河身仍然不断淤高，并未全部挟沙出海。况且地亩废弃太多。今河上农民利其地高无盐感之侵，筑生产堤于耕地之外，以拒中小洪水。于是生产堤内河身又淤高，造成目前两重悬河的形势。

淤滩刷槽——实际上是上述两策之并用。按治河者从来熟悉：当水涨满低水槽而上滩后，泥沙会淤高滩地，而刷深河槽；但两岸须保护不遭塌陷。1932年李赋都带了一吨黄河泥沙到德国请赫·恩格斯作的黄河泥沙试验，就是在复式断面上固定了的中水河床上流放水沙，也得出同样结论。恩格斯据此建议为治黄之策：固定中水河岸使勿塌陷，虽枯水要淤槽，但当水涨满槽就会淤滩刷槽。这办法原则是对的，但在黄河上行不通。原因是大水不会循深槽行，当它漫流捷径时就要塌岸淤槽，长期小水淤槽也多。

集流冲沙——最早法国人在阿尔及利亚河上施用集中大水冲刷河沙的方法，黄河下游小水淤积，大小冲刷。许多人倡议，用水库调节水流，集中一段时间放出高浓度的水沙流，希望沿途不淤，直达大海，黄河下游长767公里，用管道输沙，费用过大。若就近淤灌两岸田地，当属可能但远程输沙不易实现。若用束水明渠，既须亲砌，设计又须适应沿程流量损失和坡降减平；若断面加大，终不免沿程淤积并延伸河口，又无淤灌之利。

当然，那些河工如丁坝、顺坝、护岸，专为抵住大溜，防护堤岸，是必要的，它们并不属于为了免淤河道的整治工程。

由此可见，所有治河工程除淘挖外，是不可能防止沿途不淤的。一粒沙落在河槽里抬高了枯水位，落在滩地上则抬高了洪水位，直送大河口则抬高了壅水线。无论沉落何处，都使后来的泥沙继续淤积。总之，三角洲和它的河槽，淤积是无法避免的。

为什么这样简单明了的道理却为治河专家们所忽视呢？第一、人们未通晓黄河下游从桃花峪起便是三角洲，也不承认作者提出的三角洲悬河必淤论。第二、专家们用泥沙运动力学的公式来分析河槽的冲淤，它们只适用于某一时刻的力能

平衡，对于长期演变中的现象这样分析是不合理的，对长期分析很难建立泛函公式，只能用经验性统计比照法推演。按当某一时刻在某一断面确是有冲有淤的，人们便误认为一河段长期内也会有不淤的可能。第三、中水以上水沙流都是有涨有落，非恒定性的，涨水冲槽，落水淤槽，总的结果在长段内总是淤积的。但人们按恒定流分析竟得出有冲有淤的错误结论而不悟。第四、人们分析泥沙运动往往只看到上游来水来沙的多少，错误地忽视了下游壅水的关键性作用，后者在长期后会受到远距离控制断面高程的作用。

承认黄河下游必淤的道理，人们就该放弃这样的想法，黄河必须集流，才能有效地携沙出海，以此作为治河的目标和手段。

纠正了上拦下排的错误，惟一可行的治河方法是分流。分流中沿途仍不免淤积，但这淤积是沿着二十多条流派把泥沙输散到广泛的滩地上的，一场大洪水分摊到大平原上只是微量的淤灌罢了。

#### **四、论分流输沙为唯一可行的治河策略**

前面排除了上拦（筑坝拦沙）和下排（整治河道）之作为治河策略，下面将说明，在承认黄河下游沿途必淤的原则下，分流输沙是唯一可行的治河策略。这里分流不是指放水或疏水。后者只是在洪流时为了避免漫溢堤岸，开口疏放部分洪流，仅是下排的一种辅助措施；而分流是从河底打开堤口，把河水悬沙连同底沙一起流向原有低洼的流路，转辗出海。这在堤上要打开很多口子，小水时也轮流分出水沙。

黄河下游作为一个隆突圆锥体的三角洲，本来就有很多流派又出现在的干流。从孟津下桃花峪三角洲顶点起，可以分流出海的较大河流，北有卫河、北金堤河、文岩渠、马颊河、徒骇河、黄河今道，东有万福河、红卫河、黄河故道，南入淮的有惠济河、涡河及贾鲁河等，尚未计入较小的流路。以往黄河都曾在此淤、决、徙过，曾把泥沙送到三角洲各地，从而形成目前这隆突圆锥体。现在分流无非是要恢复原来的排水系统。这系统是由上列各叉出的流派所组成的隆突派域，恰恰和一般汇流组织的凹面流域相反。流域是集流系统，派域是分流系统。在三角洲派域上分流排水，正是顺水之性，因势利导，而束堤悬河、集流出海，乃是违背自然形势的。策略的错误就在于把本是叉流的派域当作汇流的流域看待。在流域上只有汇流进集干流，不可能分流出干流；在派域上没有汇流进集干流，只可能分流叉出干流为许多流派。黄河堤外地势在河以北向东北倾斜，河以南向东南倾斜；坡降自堤脚约千分之一，逐渐减到近万分之一。

世界上治理三角洲没有一个不是分流淤沙的。惟有黄河，由于人们不认识到它的三角洲顶点是桃花峪，而误以为利津近海处才是，因此长期坚持着集流策略的错误。从地形图上可以看到，以桃花峪作为圆心，画一条 150 公里半径的圆弧，通过内黄、清丰、鄄城、菏泽、曹县、商邱、太康、西华等地，适为海拔 50 米的一条等高线。这线是向下游凸出的，说明地形是隆突的圆锥体；不象凹面流域上等高线是向上游凸出的。这是地球上最大的三角洲，面积达廿五万方公里。通常三角洲（这里指没有支流汇入的三角洲）只出现在江河的出海口一段；例如珠江三角洲以广东三水为顶点，多路分流出南海，埃及尼罗河以开罗为顶点，向地中海分路出口；多脑河以土耳其恰为顶点，向黑海分路出口；这些三角洲面积都不到一万方公里。也许因此人们不认识到黄河郑州桃花峪以下便是隆突圆锥体三角洲。

试看全世界治理三角洲有不分流的吗？球江在汇合东江、北江和西江之后，在广州三水以下分为许多流路，密为罗网，分别出海，这才淤成了珠江三角洲广东省最富庶的十几个县。埃及尼罗河三角洲从开罗起以六大流路分送水沙，各入地中海，其中四条是人工运河，中间还有不少小的分流，淤灌海滩。多脑河自罗马尼亚土耳其恰起以四路分流入黑海，至今还是一个低湿的三角洲。印度和孟加拉的恒河下游，巴基斯坦在苏库尔以下的印度河，也都分成许多流路分别出海而形成三角洲。美国密雪西比河下游企亚发拉耶盆地专供分洪排沙，巴吞鲁奇以下为无汇流的三角洲，也该分流，但他们只修了溢洪道分疏水沙，浪费了大量挖沙的能量。

前节已先证明了，凡是在没有汇流进来的三角洲上，在原来形成这三角洲的自然水沙流条件下，没有任何治河方法可能避免淤积。不认识这点，在这三角洲上修堤集流排沙，使淤积集中在两堤以内，于是形成悬河。分流承认沿程淤积，不过把淤积散布到全三角洲上，化为淤灌。其次，上面又论证了黄河下游三角洲是以桃花峪为顶点开始的，所以分流治河应从桃花峪起在大堤上开一二十个口子，分流出海。这样，我们通过这两层推理，确定了黄河下游分流治理的必然性与唯一性。在这基础上，我们可以讨论怎样分流治理黄河。

分流的布置大致是，从三角洲顶点桃花峪起，定出三角洲上现有各排水干道靠近大堤的源头，那里就是分水闸口的位置。前面指出，这些排水道北有卫河、东有废黄河故道、南有入淮诸河等十几条较大河道，都可设闸分流。由于黄河水量不多，平时除几个大干流外，各分流口只能轮流放水沙淤灌；大多时关闭，各河长期排水以降低地下水位。当洪水时，各闸齐开，全面淤灌。黄河年流量 470 亿方中，若以 300 亿分灌两岸农田，每亩按 200 方水计，只能灌 1.5 亿亩罢了。

每年灌溉时间每块地只轮到 10 天左右。所以各分流道大部时间是在排水。

长期过水的主要分流河道有五条：卫河或其左右洼道流向天津一带，中途分流出海，北金堤河通马颊河和徒骇河出海，经卫河分流若干道入运河，黄河故道入南四湖、经淮阴入淮出海，沿途分流若干道入淮及贾鲁河，过黄泛区分流入淮，这五条水路可兼通航。

每条分流干线连同叉出的支线要按其淤灌面积算出每年需水总量和每次灌溉时的最大水沙流率。还要按照在不损坏农作的情况下允许淹没的时间和水量，算出最大临时沟槽蓄水量，算出最大许可通过的洪水流率。这些是设计分流闸门和流路的必需资料。

大堤的分流闸门应按上述通过水沙流率的要求进行设计。近代水工设计技术可以做到安全通过规定的最大流率，并准确地放出任何要求的小流率。历史上黄河不敢设闸分流，或许是因为闸门控制洪水的工程技术较难。进一步的要求是应控制放出的水沙中的含沙浓度和输沙率，特别是放出粗沙和细沙能按要求的成份比例。

沙中底沙较粗，悬沙较细，愈近水面，其沙愈细。以往大堤放水闸的底槛设得较高，在放水长久之后，闸后河床会淤积 2 米高于底槛高程。所以底槛高程控制拉低沙槽的程度和出沙的粗细程度：底槛越高，拉沙越少，而出沙越细；底槛越低，拉沙越多，而出沙越粗。普通的方法是先挖开大堤，按设计高程安置底槛。也可考虑在拉沙出河槽开始的一段时间，先不设底槛，只在两侧打钢板桩控制住水流宽度，以减省开挖堤脚的土方。待水流自然拉沙出槽达到某一稳定的分流渠设计底高后，再浇筑底槛，并安装活动的底槛闸门，以随时控制住所需底槛高程。

在宽大的分流道上宜用一道或几道卷筒式闸门，跨度较大。在中小分流道上可用小跨度门板式闸门，跨数较多。小水时分流取明渠水流过闸方式。闸高端宜设胸样，以档住过高的洪水，洪水时分流用孔口泄流方式。可在胸样下设活动闸板，以调节孔口面积和流速。兼以控制含沙浓度和悬沙底沙的成份比例。在一定来水来沙情况下，开孔数、底槛高程和胸闸高程合起来可大致调节到某种合适的流率及各级粒径的输沙率。

出闸渠道在近堤一段坡降很陡，在 20 公里内大致 1/1500。在拉出黄河底沙后，坡降会逐渐减平，可能达 1/2000。纵使如此，单式断面渠道也不致大淤。所以在这开头一段内可以设闸分出许多支线，它们循着低洼流路，轮流淤灌。例如北金堤河可以分流到马颊河和徒骇河，黄河故道可沿途多道分流入涡河。

离堤若干公里坡降减平，就要准备沿途淤积，必须采用复式断面，淤滩刷槽。



只要放水控制到淹没两边滩地 20~30 厘米，并保护岸壁使不坍下来成为宽而浅的水道，就能保证远程输送水沙，沿途只淤滩地，不淤主槽。

## 五、复式断面远程输送水沙的原理

根据黄河三角洲上水沙流必然沿程落淤的道理，就能肯定黄河各闸口应分流顺势就下，一定会沿途淤灌，直到海口。但人们普遍地误认为泥沙在运行中要堵塞水道，放水后必须耗费大量人工开挖。这是因为人们历来应用的两种水沙输送方法是错误的。

一种错误的工程方法是用高渠系统来淤灌两边低下的土地。这是依照普通灌溉工程的方法，沿着较高的地形开挖渠道，干支纵横，分送水沙下地。这样居高临下地放淤，除非渠道较陡，进沙很少，从渠首起没有不淤塞的。1930 年内蒙包头民生渠引黄灌溉，仅一次放水便淤塞而废，便是一例。

高渠临下必然淤塞的原由可分析如下：按水源所能挟带的含沙浓度  $\rho_m$  略和流率  $Q$  成正比，相应的输沙率  $G_m$  则和  $Q^2$  略成正比： $G_m = \rho_m Q \approx KQ^2$ 。在分灌过程中沿途水流减少，剩下来的水流因不能挟带同比例的输沙率而落淤。例如水流若被分掉一半， $Q_1 = \frac{1}{2}Q$ ， $G_1 = \frac{1}{2}G$ ，原来水流  $Q$  所能带走的输沙率  $G_m \approx KQ^2$  是足以挟带来沙  $G$  的： $G_m > G$ ；但新的流率  $\frac{1}{2}Q$  所能挟带的输沙率

$$G_{1m} \approx K\left(\frac{1}{2}Q\right)^2 = \frac{1}{4}KQ^2 \text{ 就不足以挟带实际剩下来的输沙率 } G_1 = \frac{1}{2}G = \frac{1}{2}KQ^2$$

了。即  $\frac{1}{2}KQ^2 > \frac{1}{4}KQ^2$ ，故  $G_1 > G_{1m}$ 。于是落淤。

相反的，若分流走的是复式断面的低洼排水道，则在两侧滩地上的水沙流因水浅流缓而落淤，于是清水回注主槽，使原来的流率  $Q$  虽已减去了少许， $Q_1 \leq Q$ ；但主槽输沙率  $G_1$  则因滩地落淤而大减。 $G_1 < G$ 。结果稍减的流水能以带动大减的输沙率，于是主槽刷深。所以从水力分析可知，凡欲水沙运行，必取低洼道，必用复式断面；否则必遭堵塞。

近时常用的另一种错误的设计是在渠道上段加筑几重跌水，造成几个沉沙地，期望下游出来的清水会刷深下段。不遭堵塞。结果不仅上段沉沙池要费工淘

挖，而下段清水刷槽后挟起的泥沙仍将使其下游淤积，也须淘挖。1981年冬黄河潘庄闸放水济天津，每方水到天津挖淤耗资一元以上，便是明例。

用复式断面引黄灌溉有几个先进的例子值得参考。《人民黄河》1981年3期，张永昌、佟二勋：《黄河下游引黄灌溉泥沙处理的调查研究》31页：“山东打渔张灌区用木桩秸料固定滩岸，束窄渠道。河南东风渠在总干渠两岸加修草袋丁坝44道，控制中泓宽度为60米，形成复式断面。山东刘庄灌区在渠道两侧隔20至30米打柳庄坝来束窄渠道。以上都取得了很好的防淤效果。”

维护复式断面的方法不外护岸，与束水顺坝或丁顶两类。都能收到淤滩刷槽之功。

沿低洼道用复式断面输送水沙要求闸口放出适量的流率，使水面淹没滩地20至30厘米，以利于淤灌。不这样就关闸不放水。也不可放水太大，淹没庄稼太深，使遭损害。又主槽两岸要求牢靠地固定住，以保住复式断面，不因放水淹没而坍陷。成为宽而浅的单式断面。分流水道系统布置详见黄万里：《论治理黄河的方略》图2。

复式断面渠道所以能够淤滩刷槽的水力学道理是，水流质点在沿渠道前进的过程中，并不是顺着中心线平行的，而是从水面中部向下并侧向岸边，再向下回注槽底，又重新起来流向中部水面，这样螺旋地前进的。这种流型通称螺旋流；苏联称副流，以区别于前进的主流。在复式断面里，侧向的副流挟沙到滩地，泥沙淤积后，清水向下向中回注主槽，刷起了槽内的泥沙。为此螺旋地卷进，造成淤滩刷槽的现象。

水流通过复式断面淤滩刷槽的自然现象常见于黄河中游支流上。每逢上游来水涨过滩面，即见滩淤高、槽刷深。当水退到露出滩面后，主槽又重新淤起。德国赫·恩格斯建议的固定中水位河槽和淤滩刷槽之策在黄河上是行不通的，前已解释。然而在分流水道上却最适用：在固定了滩岸的渠道里，在分流闸门的控制下，可以放出适量的水沙使水面淹没滩面20至30厘米，否则就关死闸门。这样便能淤滩刷槽，远程输送水沙。

## 六、汛期分流的状况

黄河经分流治理后，下游过洪能力将大增。当然仍应在桃花峪以上尽量调洪，一以减低峰率，减轻下游防洪负担；二是以蓄水库内，备明春淤灌之用。但即使在调洪水库未完成前，黄河过洪能力也会大增，而出现的洪峰流率则会大减。

黄河过洪能力增加的原因，一是由于大河各分流口门拉沙出槽，过水断面得

以加深加宽；二是各口分出了水沙流，使干河有余地能多排水沙。前者增加槽蓄，后者增加排水能力，即一定水位下的过水流率。这两因素合起来，使上游流下的一定洪量大大降低其峰率。

在洪峰升降过程中发生河床冲淤现象，影响到河槽过水能力的增减。在洪峰升股里， $\frac{\partial Q}{\partial t} > 0$ ， $\frac{\partial V}{\partial t} > 0$ ，这种额外的加速度冲起了床沙，刷深了河底，加大了过水断面，连同其时加陡了的水面比降，使一定水位  $H$  的断面过水能力  $Q$ （即一定  $H$  的可排最大流率  $Q$ ）增大，所以实测资料出现有同一水位通过大于寻常的洪峰。在洪峰降股里， $\frac{\partial Q}{\partial t} < 0$ ， $\frac{\partial V}{\partial t} < 0$ ，减速度使泥沙落淤，沙床抬高，又恢复了原先较小的过水能力。这些现象可从黄河汛期实测  $H \sim Q$  资料（例如潼关的）里观察到，说明为什么易变河床能够通过特大的洪峰。

附带指出，洪峰升降过程中这个升股冲刷，降股落淤的道理，可以应用于启闭分流闸门的速度，以减少下游河槽的淤积。各级分流闸门开始放水时可以徐徐开启，以保持较长时间的主槽冲刷；但关闭时则应尽快关死，使缩短落淤时间，减少主槽淤积量。

至于洪量，论者每虑及分流将淹没两岸大量农田，形成人为的洪灾，于是断然排斥分流之策。这可从具体分析里辨明是非。据统计黄河花园口千年一遇最大五天洪量为 70 亿立米，最大十二天洪量为 125 亿立米。兹略估其漫灌后的积水深度。

5 天洪量 70 亿方中估计平均有 2,500 秒立米通过大河出海，另 2,500 通过各分流口出海，合计有 5,000 秒立米，历时 5 天出海。或 70 亿洪量中有 21.6 亿方水沙出海。其余 48.4 亿方将淤灌在三角洲上。假定因地面不平 25 万方公里中有一半地灌不到，即灌面积为 12.5 万方公里，则 5 天内水沙落淤深度为 38.7 毫米。估计含沙浓度 270 公斤/方，或体积浓度 10%，则淤沙厚约 4 毫米。

12 天洪量 125 亿方中估计平均有 1,500 秒立米通过大河出海，另 2,000 通过各分流口出海，合计有 3,500 秒立米历时 12 天出海，或 125 亿洪量中有 36.3 亿方水沙出海。其余 88.7 亿方将淤灌在三角洲上。仍假定淤灌面积占一半，则 12 天内水沙沉落深度为 71.0 毫米。若体积浓度为 10%，则淤沙量约 7.1 毫米。

上述五天内地面积水 38.7 毫米，十二天内积水 71.0 毫米，都是很浅的水深。接通常称 24 小时降雨 50 毫米以上为暴雨，上述千年一遇的黄河洪水还不及一场暴雨降落在派域的一半地面上，差强超过面入渗。淤灌犹嫌不足，岂能酿成水灾？

俗称黄河善淤、善决、善徙。察其为害，决徙起因于水沙流同时集于一口。分流之策无非顺水之性，因势利导，将决徙分为长时期内散布到大面积土地，使无地无时不淤，于是洪害便转为淤灌了。

为了作到转洪为灌，转塞为粪，所需工程无非是在大堤上开口设闸，分流拉沙；再逐段设闸分流，刷槽淤滩于原来低洼的流路，淤灌大片地面。这样做，并无危险，也无困难，近代水工技术完全能以胜任。

或有人疑虑：如此不将全面泛碱，到处次生盐？有 1960 年位山水库前车可鉴。这是不会发生的，因为第一，黄河水少，灌量有限，每亩每年勉强分到一百方水，不足以泛碱；第二，轮流到洪灌的时间很短，每年不过十天。主槽刷深，大部时间可以排水，降低地下水位；第三，大河拉沙出槽后，临背水位差减小，渗到两岸的地下水减少，泛碱只会改善。

当前黄淮海平原滨海区地面一片白盐，地下水含盐高达 10 至 30 克每升，小麦亩收仅百斤，迫待淋洗排盐。建议本区地下 5 米埋深内设暗管自流排水，另在 8 米至 10 米埋深内建立排水系统，只当非灌溉期抽排浓卤水，以改良土壤使盐碱降到 2 克/升以下。黄河平时淤灌或汛期漫灌会有助于淋洗。

上面说明黄河在分流后，（1）汛期决不会造成决口泛滥；（2）分流沿路刷槽淤滩，决不会发生主槽堵塞，泥沙送不远；（3）平时轮流灌溉，汛期分流漫灌，只会淋洗地内积盐，决不会泛碱。人们毋须忧惧泛滥、堵沙、泛碱，可以放心获得灌溉、施肥和改良土壤的效益。

这一令人看来疑惑难信的治河妙策，只有在黄河下游可能实施，在长江中下游就不适用。为什么？黄河下游从桃花峪起的三角洲是扇形隆凸圆锥体，便于分流散布水沙，而且只可能分流散布水沙，这是唯一可行的治理策略，既防洪，又淤灌，又改良土壤。长江中下游沿河接受来汇各支流的水沙。洪水位虽高于两岸田地，但低水位与河槽底则低于两岸田地，办可能集流输沙出海，不可能分流出去；因此实际上长江防洪既困难，又无自流淤灌之利。黄河下游是分流派域，长江中下游是汇集流域。说黄河是害河，是冤枉的，这是由于不理解水文地貌所引起的治河策略的错误。

## 七、论三门峡坝的改造与小浪底水库的建立

为了筑坝调节黄河水流，——抑低洪峰，储蓄洪量，留作灌溉用水——小浪底库址原是龙门以下可以提供的最好位置。虽其地质条件较差，它可以提供三门峡以下全部峡谷容量和潼关三门峡间部分峡谷容量来蓄洪减峰，而不会淤积北干

流和八百里秦川。但是如今已错误地建造了三门峡坝，坝上游河槽里已经淤积了约六十亿吨泥沙，而且还在继续扩大。假使不先解决潼关以上的淤积，任其扩大，而就另建小浪底坝，那就是置渭河、北干流区域的灾难于不顾。违反当年对先总理周恩来提出的确保西安的承诺。所以现在要先彻底改造三门峡坝，使能逐渐清除上游六十亿吨泥沙的积淤，降低潼关河槽二米多高的积淤，以挽救黄渭两岸的灾难，在见效之后，才可建造小浪底坝。

三门峡坝经历次开洞排沙，人们设想如果改建后水沙流通过水库会达到平衡，甚至逐渐刷清积淤。这是不可能的：积只会继续扩展，西安草滩为今已淤高一米多，终将达到二米多而止，使黄渭平原加甚洪灾和盐碱之害。欲事前理解这种地貌演变的必然性，必先说明三门峡坝规划错误之所在。

潼关至小浪底 243 公里，平均水位自拨海 320 降至 135 米，落差 185 米。早年中外学者对于坝址的选择所见或有不同，但却一致主张在这段峡谷里蓄水储沙，蓄水高程不超过 320 米，使淹没不漫延潼关以上秦川平原。这一认识也还值得推敲。

按平均蓄水高程的决定，应依据原来当地是否原属于正逐渐淤高的河段。若是原在淤高过程中，则建坝后必更淤积，且将不断漫延上游。若属原在冲刷过程，则淤积不易形成也不会漫延。而考查原来其断面属于淤积或冲刷，则应依据该断面的水位流率（ $H \sim Q$ ）关系线相隔若干年的变化是上升的或下降的来判断。

旧陕州（今史家滩）水文站设于 1919 年，为华北最早设立的四站之一，其 1956 年临修三门峡坝前的  $H \sim Q$  线比 1930 年或更早的略有提高。潼关断面则更是缓缓提高着的。北干流龙门建筑在民国初年的一些照片上也显示河床有不少提高。渭河咸阳挖掘出的秦砖汉瓦说明二千多年来那里淤高了一米。所有这些都说明史家滩以上三门峡地埡区河道从来是在缓慢地淤积着。根据在原来淤积的河段上必将形成一定淤积平衡比降的原理，潼关~三门峡的淤高将上延达龙门和咸阳。

由此可知，峡内水库蓄水平均高程应在史家滩低水位 280 米左右，才不致危害关中平原。早年工程师们认为蓄水不高于 320 米，也不合理。恰当的蓄水范围是史家滩 280 米至小浪底 185 米之间的峡谷。

1957 年三门峡坝修建时的计划最高水位达 345 米，原是准备淹没部分关中平原的。1960 年运行后，发觉潼关以上即先大淤，于是放弃水库蓄水，68 年决定：“近期采用排洪拦沙方式，远期综合利用。鉴于目前水土保持尚未显著生效，……”就这样改拦沙为排沙。其后三次改建开洞排沙，潼关以下库内积沙是冲刷出去了很多，但是潼关以上的淤积仍在延伸，不先解除关中的灾难，不应提出修建小浪

底水库。

为了寻求改建三门峡坝合理的方法，必先正确地总结出这坝规划的错误所在。作者曾指出，所犯错误有两方面：（一）企图依赖水土保持，等待河清，水库会有朝一日不再淤积。（二）建库后上游的损失只有（1）淹没损失和（2）浸没损失两项，忽视了下列更严重的损失。按水库淤积总是发生在库水面的上端，凡水库上游原为淤积性河段者，这上端的淤积必陆续上延，以达到其固有的淤积平衡比降为止。由此产生另一种损失是：（3）河槽淤积向上游漫延，使两岸地下水排泄受阻，耕地泛碱，象 1960 年以来华县、华阴、大荔、合阳等县的受灾情况一样。（4）淤积漫延的两岸地区杂草丛生，地面蒸发和植物呼吸激增，每亩这种地所造成的水量损失将减少黄河的径流，使下游少种一亩稻田。另外，可发电量也相应减少。（5）蓄水位上端的淤积增强了上游河流对两岸的横向冲击，使沿河坍岸，水流散漫，河道游荡，河身增宽而水浅，两岸耕地没为浅滩。1960 年以来大荔、合阳、韩城、永济等损失耕地达八十万亩之巨。这五项才是筑坝修库后上游所受损失的全部，还未包括其他一些小损失。

综上所述，潼关以上关中平原地堑区本属堆积性河段，筑坝后水流坡降减平，淤积只会增多。改为开洞排沙，即使全部闸门畅开，坝的存在总是水流的障碍，仍然较无坝时产生更多的淤积。筑坝抬高了河道自然流的  $H \sim Q$  线，开洞后可以降低些，但仍比原来的为高，必然要增多淤积。人们看到开洞后潼关以下库区大大冲刷，而不察潼关以上部大大淤积，总的结果定是淤积，且移向上游关中原。

挽效关中平原的方法唯有外加挟沙水流的能量，以补偿由于筑坝抬高水位，减平水坡，减慢流速所损失的水流挟沙能量。一种方法在厂房内改装两台灯泡式贯流水轮机，可能为发电、抽水（压水出坝）、重力排水（空放）三用，在低水位时用外来电力压水，增加水沙流的底速。详见黄万里：《改建三门峡坝工的原理与方法》1964 年 9 月水利部印。另一法是利用三门峡坝下游七公里内黄河落差 16 米的陡坡，并将厂房放低 15 米，扫清原来塞住了的鬼门深槽，在五、六月份低水期刷沙出库，结合下游灌溉。当七、八月份上游发水，驱沙到坝跟，照常发电，且总量不减。详细运行法见黄万里：《论治理黄河的方略》，1976 年 7 月清华大学印。后法彻底改造了三门峡坝和它们的运行制度，可以维持原计划的发电量和灌溉亩数，以及防洪的效果。

关中平原这样冲刷下来的积沙，照分流计划，将平铺在下游三角洲廿五万平方公里迫需淤灌的洼地，会受到下游广大农民的欢迎。对于坚持集流出海的治河学说者，这是碍难接受的。他们主张修小浪底坝主要是为了拦截泥沙在峡谷里，以

减轻下游河槽淤高的负担。但是冲刷下来的泥沙将首先淤积在小浪底库里，大大缩短其拦沙的有效年数。所以应先改造三门峡坝，在十多年间刷清关中积沙六、七十亿吨之后，才宜另建小浪底坝。

**附录：**

### **对《论治理黄河的方略》各种不同意见的答辩<sup>\*</sup>**

1976年笔者写了《论治理黄河的方略》，（以下简称《论方略》）。指出我们在治河方略上长期存在着五种错误的成见：（1）依靠水土保持作为治黄的基础，（2）尽量把泥沙输入海内作为治河的原则，（3）认为水沙应集流而非分流，（4）把高渠系统作为淤灌两岸低地的工程方法，及（5）没有总结清楚三门峡坝规划的错误所在，因此没有正确地改建大坝。许多同志提出了不同意见，兹择要答辩如次。

1、陶述曾指出（见简报 127 期），“理论与实际都证明集中治理比分散治理容易”。《论方略》9~20 页有详尽的说理。按理论：全部输沙入海这一原则的错误凡三：（1）黄河下游地形是隆突圆锥体，不是普通的凹面流域。按因势利导的道理，就不该集流出海，而应该分送水沙到三角洲全面；（2）在这大三角洲上正需要水沙淤灌来改良土壤；（3）全部输沙入海按水力学分析及经验总结是根本做不到的，结果淤高河床，决徒随着发生。论实际：黄河上游历史上常是两道或多道分流入海的。

2、陶述曾认为，“如果从许多口分水，入海水量只有干流的十几分之一，近海口的一段河道就会自然萎缩，黄河成了一个口袋，一发大水就出不去，更易漫溢成灾”。按分流时即便流率较小，泥沙从河床高处向两边低洼水槽排出去，大河槽只会刷深、排洪能力只会增加，决不会“挟沙能力逐段减小，很难不淤河槽”。近海段虽会一时淤高少许，但各口门都设有闸，灌溉时因黄河水量有限，必须轮流开闸放水，根本无水出海，无从淤沙；中水不灌时则当各门皆闭，全部水沙冲向正槽，所淤少许泥沙会很快冲出大海。一发大水，则各门全开，洪水分流向一水道，只会觉得洪水小的可怜。况且上游还有大坝调洪，各门最大流率皆在控制之中，决不会漫溢成灾。

---

<sup>\*</sup> 1979 年 12 月

3、陶述曾认为，“洪水分散到华北平原，平时没有准备，洪水一来容易造成灾害，形成到处抢险的紧张局面”。这个问题不能空谈，必须具体算帐：上游既有三门峡坝，且拟加修桃花峪坝滞水，即使当非常汛水，据资料，12 天出流 125 亿方，是千年一遇极大的了。在南北两岸廿几道分流里，姑且不计每道水槽流动的水量，在几百个分水口门有效地控制下，去淹没廿五万方公里中退一步仅仅只算一半 12.5 万方公里，则通过许多河槽和广大地面临时蓄水的作用之后，12 天内只可能前后淤灌水沙共 0.1 米厚，合 66 方水（其中约 10 毫米淤泥罢了，也无碍于农作。哪有什么水灾？哪有什么“抢险的紧张局面”？水还嫌少呢！

4、有的同志认为，“只有百分之八、九、十的流量从一口出去，才能拉沙刷槽，而这等于决口改道。如果将大河断面随着分水后流量逐段减小而逐渐缩窄，用以维持一定的流速输送泥沙，到大水时就难以宣泄，并且这种断面也难以适应在多种流量和多种含沙量下都能做到淤滩刷槽，或不淤河槽”。按分流道将都是复式断面，各道过水比如说，150~400 或 400~1000 秒立方不等，进口都有大河分水闸控制。决不是一定要 80~90%。流量从一口出去，才能拉沙刷槽。按若分流  $Q$  小，而复式断面  $A$  也相应小，两岸河槽固定，而坡降  $J$  陡，（因为大河水位与河底高于分流支河的水位与槽底）就能拉沙刷黄河的槽。为什么一定要分流  $Q$  几乎等于大河  $Q$  才能拉沙呢？在任何大小的  $Q$  与  $V$  相应的条件下，只要有足够的  $J$  都能刷沙，这有水力学公式可推断。更毋须“将大河断面……逐渐缩窄”，也没有“大水难以宣泄”的事。又分流道复式断面是设计好的，放水闸限制了最小和最大的流率。最小的  $Q_{\min}$ 。使水位足够漫滩，以保证淤滩刷槽，这是普通承认的淤沙规律。（见《论方略》中错误观点（4））规定要么关闸不放水，放水便不许小于  $Q_{\min}$ 。最大的  $Q_{\max}$  设计不大得使水位太高，形成滩槽皆淤，或洪水在弯段走直径。注意恩格斯建议的整治黄河法在大河是行不通的，而在分流道上把  $Q$  和水位  $H$  控制好，淤滩刷槽却是妙策。设计好的复式断面和给定的坡降  $J$ ，在放水闸限制的  $Q_{\min}$  和  $Q_{\max}$  之间，就能做到“在多种流量和多种含沙量下，都能淤滩刷槽，而不淤河槽”。

5、“有的同志怀疑口门不设底槛和闸门”，这是误会了，详见《论方略》34 页措施七。在初期要求刷低口门段的分流槽时暂不设槛，只在两边按传统的分流放水施工法控制流宽。等到槽底刷低到设计高程后，便加槛加闸，以控制分流。决不会“象 1933 年洪水那样，从多口最后归于一口”。

6、“有的同志还担心分流河道占用排水系统。将打乱平原上的水系、渠系，不利于灌溉和排涝”。在《论方略》第四观点里指出了现行引黄高渠灌溉的错误，



并说明了应该改用排水系统淤灌的理由。淤灌过程中将抬高滩地，刷深原来的排水槽，滩槽高差加大，于排涝只会有利。每条沟槽并不是终年放水的，而是输流淤灌的。不放水时高差加大后的滩槽就会自然排低地下水位，以免泛碱。作者还主张另在海河流域滨海区抽去盐换成淡（见《论海河流域的洪水》）全面改良土壤。至于灌溉，是对滩地以外的土地施水的，因为整个地形是隆凸而向北、向东、向南倾斜的，只要水位漫没滩地，总是可能把它引向耕地的。（见《论方略》37 页分流道两岸布置示意图）。至于说：“由低洼处的排水河系，将水沙送到两岸较高处的田面上，渠线将很长，坡度将很平，也很难不淤积”，渠线确是长的，但对较高的田面输水却是沿另一分流道，从更上游高处绕行而达的，坡度事先要设计好，使不淤槽而淤滩，这照例总是做得到的。

7、“有的同志从经济角度提出了反对意见”。郭培均等指出“多口远距离输送水沙，需要修建大量堤防、闸门、桥梁，需要开挖许多干、支、斗、农渠系，并在跨越已有的道路、渠道、排水河沟时，需要修建各种建筑物。在这人烟稠密地区，这些渠系也不可避免地要碰到若干村庄房屋，要拆迁赔偿，也要挖压不少耕地，还要做大量平整土地工作，才能使水沙均匀地铺在平原上。以上各项费用将是极大的”。

必须说明，分流淤灌工程投资一定相当大。但须认清：分流道走的原来的排水河沟，那里自然会避开村庄，不拆房屋。不象南水北调工程取的是高渠灌地法，须在排水系统之外另增一个输水系统，这才费用极大呢。南水北调东线方案只说预算 40 亿元，后来人们才知道没有计入配套工程 50 几亿元。当时这些同志对此保持沉默，没有提出“费用将是极大的”问题，似乎认为南水北调输水工程倒不需要“闸门、桥梁、渠系、道路与各种建筑物”。须知高渠输水工程才会“碰到若干村庄房屋，要拆迁赔偿，也要……”，而分流道工程所需就少得多了。况且分流后省却了治黄每年的堤防工费，也再不仰求于上中游水土保持，（水土保持仍可进行，但只是为了解决当地的生产，合理利用土地的目的。）省费多了！

所以说，分流工费一定比治黄工费加南水北调工费省，而且会省好几倍。

至于泥沙，在许多口门有效控制之下，粗沙应按计划落淤于盐碱洼地，他处则较少。即按平均落淤在廿五万平方公里中的一半面积计，每年积厚仅 1 厘米罢了，（简报 71 期数字有误）。并无迁移居民或筑吊庄之必要。需要些平整土地工作，但并非大量。

8、“有的同志还提出，与其这样费力地在两岸利用水沙，不如将泥沙输送入海，在滨海区造成新的大陆，以充分利用泥沙，而控制可以大量节省”。这意思是

建议仍照现在这样修堤排沙。但是这只能排入海约 14 亿吨,另外 3 亿吨淤在河里,仍会有决堤的危险。而妄想 17 亿吨全部入海则长期以来从未能做到。这是因为现河道已较二千年前河口在十乘时延长了近二百公里,河床又已淤高,淤积平衡比降还要向上游发展。按一条河在向海口推进过程中,若无人工堤防,总是自然地一面伸长,一面淤高两岸,这原是三角洲形成的规律。如今 1885 年以来,河口已伸入海很长,两岸所淤则很少,这就是必然要淤、决、徙的原因。现在正确的策略就是要从大处着眼,从水文地貌全面着眼,把两岸几百年来欠淤的债还清,改成一个合理的隆凸地貌,以后再有计划地边淤两岸,边伸河长。这样,就少做些违背自然的事,减少些自然给我们的惩罚。

历史上我祖先怕黄河分出水来的原因是怕酿成洪灾。现在新技术既能拦河修坝,又能开口设闸,控制分流。我们在多道闸控制之下难道还怕水太大太猛吗?只要稍稍算算水帐,就会觉得黄河水是小得可怜,洪水只要不是集中在一地,一分流则小得不足道也!只要稍稍算算沙帐,就会发觉泥沙不够淤灌造地,特别是花园口下的原来黄泛区。一条游荡散漫的河流要改为正规的河道真是不易,所需泥沙极多。下游水沙皆缺,因此并不要求上、中游水土保持。当然上中游也需水沙,本人从来没有反对上中游为了自己利益保持水土的意思。

9、这里反复指出的只是下游亟需水沙,上中游也该水土保持,但它却不是治河的有效方略。许多同志提出中游水土保持是治黄的基础,这点我不同意。我的主要理由如下:(见《论方略》4~9 页)。

第一、我认为泥沙是财富,分流淤灌还嫌不多,我们根本无求于中游水土保持。同志们却认为,泥沙对下游是祸根,黄河就因为沙太多所以成为害河,必须水土保持来正本清源。

第二、我认为水土保持违背了自然界造陆运动中泥沙下行并分处落淤的客观规律,因而是不可能全面地做到的。部分做到后沙少水也少,河道仍将淤积。要阻止黄土直壁浸水后剥落下来,我没有想出办法来。同志们想的是水土保持后黄河会成为一条清水河,或者含沙很少,不再有淤、决、徙现象,于是河就治好了。

第三、我认为水土保持成本极大,陕西王心钦工程师曾计算谷坊拦蓄每方泥沙的代价大于水库拦沙的代价很多。除非结合当地淤灌,它的经济价值是难以成立的。但是竟有人认为山头泥沙只要一次拦了就算完成,水土保持工作经费竟然可以每平方公里若干元计,而不是每方沙若干元计,这两个意见真是天渊之别。建议把水土保持当作一项正式工程看待,认真设计预算,按 20 年一遇洪水计算行吗?多少造价?淤地多少?效果每年增产多少?减少下游泥沙多少?拿出一条沟

具体的工程设计报告，也可先总结韭园沟的经验，岂不更好？

10、在简报 96 号里及《论方略》34 页措施五里，笔者具体说明了历次改建大坝的方法都是不正确的，潼关以上将继续淤高，必须打开神门鬼门间的深水道，利用下游 16 米的水头，把泥沙拉出大坝，并恢复发电 100 万千瓦。对此未闻有不同意见，欢迎指正。

必须郑重指出，象现在这样治河，其必然趋势是毁坏秦川，直达西安；下游总有一天在稀遇洪水下决堤泛滥；不可能做到故总理周恩来要求的两个确保。正当河南缺电之际，三门峡坝的水能弃而不用已廿多年，每年损失约 2 亿元。对于这些意见，希望展开争辩。

# 论黄河断流及其对策<sup>\*</sup>

## 一、黄河断流的原因

据国家环境保护局自然保护司通知文件称：“黄河自 1972 年出现自然断流现象以来，断流频率越来越高，断流河段越来越长，断流天数也越来越多，……”作者分析，其原因凡三：

（一）修了水库，上游陕、晋、青、甘、宁蒸发、渗漏、较前逐年增多，因此中、下游水流逐年减少，甚至断流。

（二）为了防洪、灌溉、发电，干支流许多水坝总容量已增至 410 亿立方米，有效容量，达 300 亿立方米。这使用水量大增。按黄河总流量中原本来自河口镇以上的流域者约占一半，往年实测资料曾发觉河口镇比上游一站年流量损失十亿立方米，现在修了 8 座拦河坝，160 余座干支流水库，水面蒸发和地下渗漏自将大大增加。特别是宁夏河左岸渗入沙漠地下的，一面渗入、一面蒸发，在高水头下，其率甚大。

（三）水土保持工作，据称在上、中游已完成了 40% 的须待保持的面积，对于当地当然有增加农产的效益。但是对于黄河流量同时就减少了，而入河泥沙量却未必有大量的减少。这是因为黄土高原的形成是细泥风积的过程，在逐层堆高过程中络续的降水形成了垂直的细流排水洞。一遇暴雨，这些垂直漏水洞积满了雨水，水土保持的地区更助其积水。在临近河岸地区积满雨水的水洞将黄土崩落黄河干支流中。作者在三门峡市曾耳闻目击大雨时每 15 分钟一声轰隆，一片河岸剥落了下来，剩余的仍是黄土直壁。这是河中沙土的主要来源，是地质部地下水勘测第二大队发现的，有论文可查。所以水土保持只能减少河中水流，却无大补于黄河泥沙的减少。况且水土保持中减少沟蚀最有成效的工程只设计 20 年一遇的洪水防护，这种工作是没完没了的，其减少效果令人难以置信。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1996 年 12 月。

## 二、论治理黄河所应考虑的措施

上述三种使黄河减流的造坝措施同时也使陕、晋、甘、宁防洪、灌溉、发电得以改善其效益。这是符合国家在开始东部经济开发一定阶段后，理应从事中西部经济开发的准确政策的。但其出发点也是为了黄河中下游防洪的目的。水土保持和拦河筑坝都是为了调节洪流和拦蓄泥沙。下面说明，这两种措施对于上中游水利在当地都是有利的，但对于治理中下游黄河在策略上都是无效的，反而招来了缺水断流的灾难。

中外一致认为治河策略只有四种，都可以一个字来分别表示：蓄（水土保持和拦河筑坝属此）塞、（远近堤防、束水攻沙属之）疏、（左右岸溢流属之，作者提出的分流淤灌近似此类）及浚（挖深河槽，增大泄洪能力）。

分析治河方法的可行性有两类：对于工程本部的分析方法（Infrastructure analysis）的可行性：其中包括四种相互独立的可行性分析：（1）科学技术的合理性（Scientific technological impact）；（2）经济合理性（Economic impact）；（3）社会影响（Social impact）和（4）国防影响（Military impact）。另一类是对于流域整体运筹的分析法，（System Engineering）俗误译为系统工程，实际意义是 Integrated strategy。这就是流域水利规划所必须用到的，是对全流域所施用的各种工程综合起来的全面规划中必先考虑的生态环境影响（Ecological Environment impact）。

某种工程本部可能通过了上述四种可行性分析，却未必也在全流域整体运筹中一处或多处都应用这种工程的情形下其可行性分析仍能成立。

例如拦河筑坝作为个别工程，其工程本部（Infrastructure）为坝身和库区设施，若在这范围内四种可行性都成立，既能防洪，又可灌溉发电，其效益宏大。其成本已包括了坝身造价，及算入了库区淤塞、塌方等损失。但当在整体运筹的分析中（System Engineering）则须考虑坝身及库区以外流域整体的工程可行性是否成立，包括库区以上的流域和坝以下的流域是否受到这拟建工程的影响。在库区以上平时河中的沙流受到坝身抬高水位的影响，将在库区上游末端因流速减缓而将沙石停落下来、淤塞河道、自然地形成第二个水下堆沙坝。这就抬高了那里的洪水位，壅水将淹没上游田地，1983年安康水灾淹死千人，便是一例。坝以下的流域清水可以冲深河槽有利于防洪；也可能冲刷两岸堤身，并减少下游的洪积面积，而造成额外的损失。这是拦河坝在两类分析中不同结果的例子。

又如水土保持也是拦蓄水沙的一种措施，对于所保持水土的地区农业当然受益。如前所述，水是可以被拦住而不下河槽了，而沙却仍可剥落下来。因为输沙率  $G$  略和水流率  $Q$  的平方成正比： $G \approx KQ^2$ ，许多地区这样保持了水土，本地的水，

被当地农业消耗了，于是输送到下游的水减少，甚至到没有，而沙的输送更少，大部淤积在中游。这对比拦河坝调节水流，使水库末端的淤沙，虽坝内开放底孔而仍冲刷不动，其水流减少的作用更为剧烈。

又如顺坝为堤、束水攻沙作为个别工程本身都是合理的。我国潘季驯于明末即施行，比西方早创建两百多年，但对于黄河下游治理是无效的。这是因为河中一处束水，其攻沙效果很明显。但在束水后一定过水流率下那里的水流坡降必增陡；许多处束水，在长距离间形成的水位落差可能超过河道原来的自然坡陡，反而造成泛滥。所以这措施对于治河的整体运筹是行不通的。

### 三、论治理黄河的方针

如上所述，在四种治黄方略中“蓄”、“塞”皆不可行，只能求诸“疏、浚”了。黄河原以洪害著称，庶不知缺水断流更甚于洪水之为害。对付洪流若处理得当，犹能淤灌造地。今人食住所在之冲积平原本是洪水泛滥所造成。其地肥沃，优于上游原来被冲刷之地。以长江对比黄河：流域面积平方公里数  $180\text{万}/77\text{万}=2.3$  倍，全流域年流量亿立方米  $9,750/580=16.8$  倍，在中下游冲积成的平原面积数以万方公里计  $12.6/25=0.50$  却只有一半。长江冲积成的 12.6 平万公里供水充足，是多么宝贵呀！而黄河却从较小的流域面积竟能冲成成倍的平原 25 万平方公里，也能耕种两季，虽用水稍感不足，但这是由于所用治水方略的错误，本来是足以淤灌这 25 万平方公里的大面积的。

作者提供的治河方略是勿修三门峡坝，勿修小浪底坝以拦沙，我们需要泥沙淤灌造地。可以在半世纪以前早已修成的堤岸上，利用其已淤高于两边田地上四五米的地势，在北岸开三或四个、南岸开一两个分水闸。闸门既有低于河槽底的溢流门槛、又有略深于两岸田地的有压冲刷洞，使长期内包括枯水期内能放出水沙，以刷深河槽，增进其排洪能力；并用恩格斯复式断面的渠道淤灌法，先解决三千万亩沙荒地，次淤灌并扩大耕地。这样，在若干年河槽放淤刷深后，既解决了防洪，又利用了水沙资源。这是分流淤灌并刷深河槽的策略。

长期来治黄方略之错误就在于人们普遍地认为黄河之害在于水少沙多，恐惧决口，只知修堤防洪，不敢分流淤灌。河槽逐年淤高后，就想到在上中游保持水土并拦河筑坝，以调节水流并拦蓄泥沙。庶不知因此水断流了、水库淤满了泥沙，河下游防洪似是彻底完成了，但河干涸成为无水无沙可淤灌的荒地。同时在报纸上央请一些水利专家宣扬河已得治之政绩。专家们可能没有看到《中国作家》1996 年第二期冷梦写的《黄河大移民》。里面叙述三门峡坝修成后黄河干流淤没了几十

万亩地，29 万农民被迁往宁夏缺水高地，来回迁移十几次，痛苦万分。水利发电工程学会七位专家前往视察后叹息不已，国务院派去高级官员看了落泪，说“国家真是对不起你们”。同时潼关淤高了 2 米，循淤积平衡比降向渭河上延，陕西咸阳也淤高了 1.5 米。这使渭河洪水位抬高 2 米，地下水位和含碱区也都抬高，损害了沿岸农民生计。所以，河并未治好，只是把灾难从河南搬到了陕西，正如作者 1957 年在治黄大会上的预言（见《中国水利》1957 年 8 月份全刊）。

#### 四、挽救黄河下游断流的方法

如今沿河已修成了八个大坝，上中游水土保持已完成 40% 的面积，虽非得计，但这些事实不容改变。唯一挽救的方法是引用长江水北流入黄河。

东线调用江水所需功率太大，且沿途水被拦截灌溉。当年作者曾力争其无效不可行，现在才明白无法实施，且非合算。

中线调用一些丹江口的水是合理可行的，但不宜加高丹江口大坝以增蓄水。汉水淹地已多，安康 1983 年 7 月水灾说明汉水卵石之沉积造害巨大，切不可再扩大其害。作者认为，从嘉陵江略阳以上或可引来 100 亿立方米/年的水先入汉水，再导入黄河或黄淮之间的耕地，工程较简便。但注意此水不可通过黄河沿太行山北流北京，尽可借用滹沱河水行 10 公里先入大沙河北行，再在滹沱河下游用黄河分流水归还。

西线调江水入黄河源头应是合理的长远计划。每引 1 立米水流，可以通过 8 个大坝节节发电。且沿途可灌溉农田。虽然工程浩大，费用也巨大，但其效益宏贲，应是值得的，宜即测量设计。为了挽救黄河断流并开发西北，此乃必行之计。

一个流域规划必须针对全面考查。黄河年流量中稳定的水流约一半是从内蒙古河口镇以上青、甘、宁广大地域上由年 300mm 雨量所提供的。人们只知道从 1962 年起在这里中西部修了几个大坝，当然就把这些本来供应下游的水资源用掉了，于是造成黄河断流。懂得这道理，从 1962 年修第一个坝开始就该开发川北松潘草地、并引雅砻江水入黄河，再开渠道隧洞引用金沙江水，再开发澜沧江、怒江、甚至亚鲁藏布江水入金沙江，大量水入黄河各大坝。这样，不但补救了 1972 年起黄河缺水，而且解决了整个华北西北的用水和电力需求。黄河的洪水则来自陕晋间的北干流和渭河，前者亟须在龙门筑坝调洪调沙，并能刷泥沙下来淤灌造地，这就不会产生  $7500\text{m}^3/\text{s}$  的洪泛了。这些全是人为的错误所造成的断流又洪灾，并非天灾。

# 论黄淮海河的治理与华北平原的整体开发<sup>\*</sup>

## 一、黄淮海平原的自然地理情况

黄淮海平原地跨冀、鲁、豫、苏、皖 5 省和京津两市，总面积约 35 万 km<sup>2</sup>，其中耕地约 2.7 亿亩，人口近 2 亿。本地区的地理特点是：（1）气候属半湿润暖温带，年平均气温 10~15°C，年无霜期 175~225d，年降水量 500~1000mm，光照充足。春季干旱，蒸发强烈；夏季东南湿暖气团和北来高压冷气团相遇，或沿太行山麓抬升辐合，形成暴雨。（2）黄河挟沙浓厚，历史上北行时淤塞了海河尾闾，南行时则祸害淮河。因此，平原在孟津以下，北至天津，南至淮阴，不是一个凹面的汇水流域，而是一个隆凸的圆锥形三角洲，面积达 25 万 km<sup>2</sup>。河在两堤挟持下形成高悬之脊岭，南北遗留着当年河道的陈迹；北有卫运河、北金堤河、文岩渠、马颊河、徒骇河；东有万福河、红卫河、黄河故道；南入淮的有惠济河、涡河及贾鲁河等 20 余条流派。这些说明黄河水沙原是在这三角洲上轮流分派出海的。平原广袤千里，地势平坦，交通便利，适于机耕，大面积发展农牧业。（3）平原由西向东可分为 3 个区域：西部山麓坡降大于 1: 3500，土壤质粗隙大，入渗排水畅快，地下水深埋 4m 多，矿化度小于 1g/L，农业最为发达。中部冲积平原坡降 1: 3500~1: 6000，大都是黄河历史流经之地，土壤较细，地下水埋深 2~3m。矿化度 1~5g/L。地貌或缓岗、或浅洼，盐碱化轻重不一。东部滨海平原坡降平均达 1: 6000~1: 38000，土质极细，地下水埋深极大，矿化度 10~30g/L，甚至高达 100g/L，成为大面积的盐碱荒地。中部和东部都是黄河洪积所成。

由此可见，黄淮海平原春季干旱，故土壤多盐碱化。夏季雨量充沛，遇霖雨兼旬逾 300mm，便酿成洪灾。秋季沥雨，排水不良之地往往成涝。越冬则地冻三尺。凡此四害，以旱盐为最，洪涝次之。论者或谓华北缺水，惟有仰给于江水，国人和而唱之，几成定论。

然据史载，黄帝战蚩尤于涿鹿，夏商建都于此，战国荆轲献图督亢，即今雄县一带，应不失为良田。对比 6 千年前我祖先穴居情况，可从西安半坡村遗址略

---

<sup>\*</sup> 中国科学院地学部研讨会论文集，《华北地区水资源合理开发利用》，水利出版社，37-43



窥一二。只有当吾族从陕晋高原移居本地之后，才出现服饰、车马、宫室。就在这平原上，宋元明清四代汉满蒙族逐鹿，文化混和以昌兴。是平原为佳地，未必不能供应日益发达的工农业用水需求。

从地形观之，黄河以北平原西依太行，北仰燕山，南濒黄河，三面皆有自流水相济，东流排出海外。域内降水年 600mm，主水客水不可谓不多。黄河以南，地势由西北向东南倾斜，其西熊耳山水北入洛河，伏牛山水则东入淮河或南入丹江，皆不东流以济黄淮平原。幸河以南降水较河以北为丰，他日如引丹江之水自流灌溉，单按水文地理条件说是合理的。

问题的关键在于将黄河水沙南北分流淤灌华北平原，兼以治海治淮，抽排卤水，则洪、涝、旱、碱可以消除。佐以兴办农业、整顿水陆交通、配备能源工程等措施，则黄淮海经济开发可指日而待。

## 二、论黄淮海平原经济的整体开发

黄淮海平原经济开发是多方面的，须分先后，也有必须并举的。怎样开发利用好这地区的自然资源，最为人们所关注。由于旱碱，地区内大面积粮食作物的平均亩产距世界小麦平均亩产 300kg 尚远。本区粮食产量约占全国总产量的 20%，棉花约占 60%，大豆、花生、烤烟约占 25%，足见改善本区农业，对于发展全国农业至关重要。

消除旱涝盐碱，以改进农业，必须增辟水沙资源，淤灌压碱，排除卤水，以改良土壤。海、滦、黄三面引水，以济河北，已成定论。但是灌溉排水，必须在防洪基础上才有成效，亦即兴利必先除害。在黄淮海平原缺水的情形下，恰恰黄河防洪正需分流，这点未为人们普遍认识。至今人们认为，黄河应在两堤约束下“下排”泥沙，全部流水应派给输送泥沙尽量出海的任务，而不得分送两岸。这种想法殃成了目前黄淮海平原缺水缺肥，华北水道不通航的现实。历来学术上普遍的错误认识，使国民经济遭受莫大的损失，未有甚于此者！

治理黄淮海河道和兴办黄淮海平原水利，两者是一件事的两方面，必须综合起来策划整个系统。人民常责备我们把原为一体的，却孤立地分别规划：“只知一条线，不管两大片”。目前正在规划引黄水济白洋淀，就应结合分流水沙，以刷深河槽，否则又将酿成大错。下面将分述治黄和淤灌两方面的问题。

为了完善地开发利用全地区的自然资源，上述治理洪、涝、旱、碱的水利措施是主要的，但还不够，还要采取各种生物措施，即在平原诸河的上游山区造林种草，以涵养水源，增加枯流。这样会增多那里的空间、地面和地下三水的存水

总量，有利于改善当地的生态环境和小气候。

山区的农林牧发展措施、防洪水库，与山区的合理增辟耕地，将减少流到平原的剩余水量。因此，治理黄淮海平原不可局限于平原本地区，还应把平原以外十几万平方公里的山区归入整个治理系统。

为了整体开发平原的自然资源，上述合理地利用山区和平原的土地资源和水资源是首要的。根据不同地区的不同土壤确定适宜种植的树木、牧草和农作物，确定农业增产的不同措施：优选种子、改良土壤、决定施肥量、灌溉次数和每次水量。一定土壤和气候存在一种最优的各种措施的配合方案。在合理使用水资源里，要首先满足生活用水，其次工业用水，然后是用量最多的农业用水。

平原区域内要有一个经济合理的动力网计划。这要根据地区内计划中的工业布置、城乡用电和农田灌排抽水等动力的要求作出。

另外，平原需要一个交通网的规划。整个黄淮海地区需要形成一个联合铁路、公路和水路的交通网。其中水运又要和有关的其他水利措施统一规划。

总之，黄淮海平原的开发利用，在筹划防治平原洪、涝、旱、碱灾害的同时，必须兼顾各种经济因素，从整体的经济效益出发，进行统筹规划。平原在各方面都不是一个独立的经济体系，所以和邻区一起作规划，显得更为复杂。

### 三、论治理黄淮海平原问题中防洪与治河的策略

黄河下游自郑州起就是三角洲地貌，其干流和各流派在沿路向下流和随时演变中，都是坡降逐渐减平，水流逐渐减少，河口逐渐延伸的。兼以渤海湾内海流微弱，能带走向口的泥沙很少，种种原因都使黄河下游沿程必然淤高。古今中外任何治河方法，如束水攻沙、宽河守堤、淤滩刷槽、集流冲沙等，都不可能使河槽自动维持不淤。这些欲使泥沙长期全部下排的设想是不成立的。

世界上凡治理三角洲，无不分流淤沙。广东三水下的珠江、埃及开罗下的尼罗河、罗马尼亚土耳其下的多瑙河、印度孟加拉的恒河、巴基斯坦苏库尔下的印度河，无不多道分流出海。黄河既已淤高，分流排沙乃据建瓴之势，能自动刷深河槽。于是增加排洪能力，分流以后再毋须加高堤身。早年人们惧怕洪水，就近又无砖石，不敢筑坝分流。今天用钢筋混凝土和板桩筑闸，自能有把握地节制水沙分流。尽可打开大堤左右 20 几道口门设闸分流，循着自古遗留下来的排水道，沿程淤灌黄淮海平原。这些排水道里并无房屋庄稼，分流不会造成淹没损失。

分流不仅在汛期疏水分洪，枯水期也要分流，以轮流淤灌农田，并维持航道。流路应采取复式断面，要固定住两岸滩槽边坡。每次放水要从口门控制住一定的

水沙流率，务使淹没两边滩地 20 多厘米深。这样会使浑流淤滩，清流回注刷槽。若水不足没滩，则闭闸停放。这样会使水沙远送，毋须掏挖流路。

三角洲上土地迫需水沙淤灌，细泥施肥，粗沙打底以利排水。平原上有 3000 多万亩沙荒地和浅洼地，更需大量粗细泥沙淤灌。一旦分流，人们便知黄河水小沙少，不够淤灌，水土保持为了上中游合理利用土地，以维持农牧业，完全必要。但对于下游治河，分流淤灌，泥沙尚嫌不够，根本不需要；而且保持的水土位于上中游，计算成效的地点是在下游，沿程几百公里清流也会变浑，不可能奏效。所谓“上拦”治河是不现实的。水土保持根治黄河的设想从 1925 年开始在国内流行，迄今人们仍未醒悟，贻误治黄逾半个世纪之久。

为了减低洪峰，为了蓄汛水翌年灌溉，筑坝调节水沙流，仍属必要。小浪底原是正坝址，蓄水后可不影响潼关以上河道冲淤。但在建成的三门峡坝后已沉积了 60 亿 t 泥沙，淤积且已上溯西安，故应先改建三门峡坝，可利用坝下游 7km 内落差 16m 的陡坡，降低厂房 15m 刷沙，仍可恢复该坝应有的发电功效。有刷洗秦川淤积后，才可修建小浪底坝。

这个依理逐步推论出来的治黄方略是唯一可行的。据此，在黄河下游，河槽得以自动淘深，挟沙水流淤灌两岸农田，并改造沙荒洼地，兼济航运。认识到黄河上拦下排方案的不合理，黄淮海平原乃得享其余沥，毋须北调江水；分流刷深河槽后，足够排泄洪流，再不需要加高堤身，于是河治。

惟有治黄有成，进而治淮治海，才得保证。治淮要在支流上修筑一些水库拦洪，并引丹江水增加枯流，整治河身。治海除拦蓄山区洪水外，还要把平原上形成的暴雨洪水分疏出海，所有这些，另待专题讨论。

#### **四、论治理黄淮海平原问题中抗旱除碱的方法**

黄河高高悬起，将平原分为南北两区：北部黄海平原，南部黄淮平原，河自身成为平原的分水岭；南部年雨量达约 800mm，除黄河外，另无水源。虽雨水较丰，仍需分流淤灌。东坝头以下菏泽地区，因 1855 年决口改道北流时漫流没有淤够，地面较低，可再淤积填高 2m 之多。北部年雨量 600 多 mm，工农业缺水较多。这里地理位置冲要，政治、经济、文化、工商业发达，冠于全国，是我国当前最待优先开发的经济地区。最近又因京津缺水，正引用黄河之水北流入白洋淀。这是因为海河流域缺水而被迫实行的黄河分流，其目的只是为了引水，而不是为了治河。

必须郑重指出，引黄水必须同时排沙刷槽以治河，而且出流的含沙浓度必须

大于大河当时的含沙浓度 2 倍以上，才可能刷槽免淤，这可以用数式分析出来。黄河槽底高于两岸地面 4~8m，刷槽是容易实现的。因此，分流闸必须既能溢流悬沙，又能从孔口出流底沙，前者含肥，后者粒粗，使淤积于沙荒洼地，可利排水。

分流淤灌有灌溉、压碱、排水和施肥 4 种作用。而汲井水灌溉浇地后，仍渗回地下，则盐碱仍在井内，作用较小。这样地下水含盐与日俱增，必须在深层抽排地下水，以除盐碱。

黄淮海平原中部东部排水不良，表土逐年盐碱化加甚，农作减产，非施行深层抽排地下水不可。黄河分流淤灌，大部支派只能轮流淤灌每年十几天，大部时间是在排水，应能够起到排碱作用。但是东部深沟埋管抽排卤水，以改良整个平原的土壤，仍属必要。总之，引黄水淤灌排碱远较井灌为有利。

在汛期或不需灌溉时，水沙分流应淤灌沙荒洼地，使泥沙沉积在洼地上，水渗入地下积蓄起来。例如南宫地下水库，由粗砂组成，可蓄大量汛水，待来年灌溉期再抽取。附近清凉江、索芦河、老盐河都可用作分流的支派，地下水库则应和河道水库联合运行。

太行山许多河流已修建水库拦蓄洪水，但仍有不少径流入海，除在山区加筑滞水库和蓄水库外，在山麓平原要开截水沟和渗水井，广大平原上普遍设畦埂沟洫，使回灌地面水流入地下，积蓄起来，每年汛前春灌可尽量汲取地下水，使埋深 4m，甚至 8m。这样降低水位后所腾出的空隙容量，可待容纳汛期的雨水回灌地下。总之，要尽量利用淡水，使其在浇地之后才蒸发掉，或使之淋洗土壤后再排出去，决不任其白白流出海外。这种调度地下水位的方法，是根据地下水埋深 4m 以上不会发生地面蒸发的原理而建议的，1979 年以来河北、山东各地已行之有效。

总结起来，增辟一地区的水资源以抗旱只有三类方法，黄淮海平原也不例外：（1）上游植树种草，以涵养水源；（2）山区修水库，三角洲地区分流灌溉，平原拦截地面流回灌地下，以减少入海径流；（3）汛前春灌预降地下水位，以容纳暴雨的入渗水量，减少无效的地面蒸发。

## 五、结论——黄淮海河流整治与平原经济开发的措施

不破不立，只有在人们认识到“拦排放”治黄策的错误所在，认识到在三角洲上单凭井灌，不借大河淤灌，则盐碱终将加甚，才可能推论出用黄河水分流淤灌黄淮海平原是唯一可行的策略。建议采取下列措施，有计划地陆续实现。

(1) 长期打开人民胜利渠闸门，把黄河水沙分流入卫运河，引到天津，中途设站置闸，分流淤灌河北平原的东部，以解当前缺水之急，并补偿北京挪用白洋淀一带的水。运河已淤高出地面 4m，不必淘挖，任期继续淤高后，将来整理成为郑州至天津的高速公路路基，不再输水。

(2) 同时开始勘测设计新的淤灌渠道，恢复南北大运河。路线大致取老沙河接清凉江，顺黑龙港原有洼道，完工后将来把卫运河搬下来。黄河分流口的闸门须能溢流兼孔口出流。郑州北的闸口淤灌范围很大，口下即再分三口，分别淤灌天然渠、文岩渠、柳青河一带，其中沙荒低洼地宜用河底粗沙淤灌打底，上面淤灌细泥。下游石头庄，位山等闸将重新改造，淤灌金堤河、徒骇河和马颊河等广大面积。可先规划好，留待下一步施工分流排沙。所有流派皆用复式断面，以保证刷槽淤滩。

(3) 和大运河交口的黄河南北两闸应早日打开，分流南北，以济运河用水，并淤灌两岸东平、梁山等洼地。河水顺势南下，毋须抽取江水逆流北上。黄河在交口分流刷深槽底后，有可能不设船闸而通航。此外，鄆城也将开口设闸，淤灌赵王河两岸，尾水济运河。沿河其他闸也将陆续打开，其中东坝头接通废黄河故道，尤为重要。从它再南北分流连接许多支派。较大的浍河、沔河等将直接入淮，淤灌大面积的农田。

(4) 河以南靠近上游的分流支派应以贾鲁河、涡河等为主，建议在分流取得经验后进行。但下游小清河将是东营市内河航运的主线，宜提前完成，要全面规划各流派，分期施工。

(5) 除大运河必须全面规划外，还应规划各支运河，如黄壁庄下濬沔河接连大运河，以水运山西煤到天津港，用陆岸滑道通过岗南黄壁庄西坝；废黄河、涡河各作为一流派。后者在淤滩刷槽成为深直的河身后，考虑整治为黄淮的航道。

(6) 河以北雨水既少，排水又不良，要全面规划排低地下水。沿天津、沧州、乐陵一线挖出一条埋深 15m 的近海窄沟，坦设暗管，抽排深层卤水出海，以改良日趋贫脊的华北土壤。

(7) 在上述流派网、运河网的基础上，规划海河与淮河的防洪工程及全平原排泄暴雨地面流的工程。要允许一定限度下的暴雨地面流漫过津浦铁路，帮助排洪。

(8) 利用人民长期劳动逐年堆成的黄河大堤，修建几条高速公路，除上述郑州 — 天津线外，还可修郑州 — 济南 — 利津，洛阳 — 东营，及郑州 — 东坝头 — 徐州 — 连云港等线。按高速公路设计，不得有交叉道，必须高于地面

或埋设地下，工程浩大而昂贵。今利用堤身和淤高了的分流道作为路基，就大为经济，使历来培高了的大堤，化为巨利的公路工程。

(9) 根据上列各项工程、农业种植以及计划在平原各地对电力的要求，布置电网。电力能源有燃煤、油、天然气等火力电站和水力电站。改修三门峡电站使其恢复 100 万 KW 的发电能力。待刷清库区的积淤，保证不再淤高渭河西安河床后，再建造小浪底坝和电站，其目的则不再是淤积 30 亿 t 泥沙，而是拦蓄汛水，改在春季灌溉黄淮海平原，同时供电。

黄河素称中国的祸患，黄淮海平原正患洪涝旱碱。上述措施将使这 30 万  $\text{km}^2$  的大平原获得防洪、灌溉、淤肥、排碱、供电和水陆交通等效益，社会经济立将改观。如此巨利，端赖分流，惟其挟沙多，黄河才能造成偌大派域。惟其河悬，才可能分流淤灌，当人们认识到水沙不是祸害，而是资源时，明白了怎样在三角洲隆凸的地貌上巧妙地运用水沙流，黄河便成为世界上最优的利河，在这 30 万  $\text{km}^2$  的全球最大三角洲上，相对于他处不大于 1 万  $\text{km}^2$  的三角洲，黄淮海平原便成为世界上富裕的地区。夫何患乎何殇？

## 我看《黄河治理开发规划纲要》<sup>\*</sup>

解放以来，黄河治理和开发，成绩显著：下游五十年堤防牢固，没有出险成灾；上中游建成了八座拦河坝电站，支流一百六十余座水库，对于防洪、灌溉、发电、供水各方面效益巨大。新灌溉面积增加了八倍，水库总容量已达四百一十亿立方米，其中有效容量三百亿立方米，发电装置功率三百七十四万千瓦，平均年发电量一百七十六亿千瓦小时，沿河居民得到充分的水资源利用。但河仍未治，为什么？我认为：首先，现规划的错误认识，如同有史以来和当今水利专家以及关心黄河治理的学者一样，大家普遍地认为，黄河“水少沙多”为其“突出特点”（见纲要7页），把它看作一条“害河”，认为治黄必以防洪为主，在“蓄、塞、浚、疏”四法中只能用蓄塞两法，即用水土保持、拦河蓄水蓄沙及加高加固堤防以堵塞可能发生的破堤泛滥。庶不知它乃是我国甚至世界上最优的“利河”。兹以我国公认的利河长江和它作一比较。

长江比黄河流域面积大二点三倍，年流量大十六点八倍，而在中下游所造成的人类最宝贵的冲积平原反而只有一半。长江冲成的十二点六万平方公里土地，供水充足，是多么宝贵呀！而黄河竟冲成二十五万平方公里土地，可耕种两季，虽用水感不足，更觉其宝贵！假使人们细想何以黄河能淤出如此大量的土地，正是由于其水少沙多，其含沙浓度极高的黄水已淤成了二十五万平方公里的土地，我们要尽力据以淤灌它，而且希望它继续淤出更多的土地，以适应我国人口之众多的情况。如今长江每年只能淤出一千多亩田地，人们嫌其太少太慢，而我们对黄河更应寄以厚望。我们希望黄河有更多的水土冲下来，而不是保持在上中游而不下来。水土保持的目的是保持那里肥沃的表土，是应该的，是合理的。但是河槽里的黄土尽可冲下来，以饷下游，两者并不矛盾。

其次，我们要理解，我国是全世界水资源最丰富的国家，外国人说我们只有全球百分之七的耕地却养活着百分之二十二的人口。就是说我们能以少量的耕地充分利用水资源以养活偌大人口。凡国家的水资源消耗主要是用在农田上，约占

---

<sup>\*</sup> 发表于《旧文新刊》，49~53。

百分之八十一—八十五。我国夏季海洋湿暖气团登陆的占百分之七十的全年水量，多半由农作物利用掉，部分多余的成为地面流即径流，集流成江河，连同地下潜流，成为河中的川流。川流乃是残余的水资源，部分可以抽起来用于灌溉、工业和生活用水。由科学院张光斗、陈志恺等提出的水资源，定义为所谓江河出口综合的年水量，竟不包括植物蒸发量这一大笔水量，于是得出我国水资源贫乏，在全世界排行第六的错误结论。

我国在淮河以南及东南部水量有余，两广年种三季作物，江淮两季半，缺的是耕地，不是缺水。黄淮海也勉种两季，东北种一季，利用冬雪融水亦已足用。全国唯有西北真正缺水，而可耕地很多，俗称“有水便是地”。总的说来，我国最缺的是可耕地，通过调节多年平均年水量尚能养活偌大人口。明白这点，若正确地运用水资源，黄河“水少沙多”，不是坏事。

第三，我们要认清，地区水土保持、干流造坝等都是对个别工程（Infrastructure）的设计规划。而流域规划除应包括这些个别工程外，是对整体流域的运筹（System engineering 俗误译为系统工程）、是对整个河道，例如对黄河上下游全面整体的规划。

水土保持对于上游地区农业完全必要，也可能大体上做到。但因黄土层在风沙堆积的过程中陆续降雨被形成了许多垂直孔洞，可以高达几十米。一遇大雨，这些孔洞同时被雨水充满。临近河岸的黄土层常一片一片地剥落下来，形成直壁。所以平面或斜面上的表土及洼沟水土可以被保持不动，但大片黄土仍可落入河道里。

当水流经过河床，一定会挟带一定量的泥沙同行。许多测验都证实输沙率略和流率的平方成正比，除非流尽河干，否则河中必有沙流，故凡河床质为泥沙的河道只要有清水的河流，泥沙一定会输向下游。

水土保持作为农业的措施是可以而且应该做得到的，但把它作为“拦排放”治河方法中的重要策略是做不到的，也是完全错误的，拦河筑坝以蓄水沙，如小浪底坝，只有有限期的效果，经济上不合理，亦非良策，实际上这种做法是把沙多易淤的困难留给子孙。

第四，从整体运筹的角度来看，凡是河流的上游必然在被冲刷，下游在被淤积的过程中。这是指对一长段河流、经过相当长的过程而言，分析用的是统计的方法，而不是对一定地点、当一定时刻用数学力学方法分析的结果。以两道长堤夹住河流，在下游欲将挟带下来的泥沙全部排出去，途中水流渐减，坡降渐平，路途加长，沿途不淤是不可能做到的。所以“拦、排、放”中排的策略是错误的。



以堤防排沙，直出河口，中途不淤，是不可能的。

明末潘季驯用过束水攻沙的治河法没有成功。论理用于个别河段未始不可。但束水后河段上下两端落差将加大，坡降将加陡，若许多河段这样做，水面纵断面将超过河道自然落差所许可。这又是一个只适用于个别工程，却不能用于下游河道整体运筹的治河方法。

第五，在黄河整体运筹的拦、排、放诸策略中，藉水土保持拦沙于中游既不可能，泥沙不可能不下送到郑州以下；两堤束流期望排沙出海而不淤中途又不可能；于是只能指望滞洪区和滞洪水库以放出太大的洪水了。正如《纲要》四十四页所述：“分洪运用的风险和经济损失很大”，“存在问题较多”。于是加筑小浪底水库，先拦沙二三十年，成为对付这水少沙多的害河，作为防洪的策略，以免继续加高加固悬河两堤。这里显然没有想采用疏浚的治河方略，因为欲增加过洪能力，疏浚太费，惟有加高堤最方便而省钱。

第六，人们普遍地主张采用拦排放的治河法，不理采拦排无效、放又风险，却忘了这河曾淤出了世界上最大的三角洲——二十五万平方公里（其他世界三角洲最大的如珠江三角洲等只有一万多公里）它还淤塞了海河、淮河的尾部，成为一望无际的仅次于巴西亚马逊河下游平原的世界大平原。这华北大平原除了自然降水、太行山下来的山西余水外，两季种植仍嫌水缺。黄河北行时原曾路过这里，其后运河曾长期作为南北运输大动脉。如今黄淮海平原缺水，当然要考虑将黄河作为干渠南北分流。而黄河治理规划却规定，河应在两堤约束下排沙，全河流水被派定担任尽量输沙出海的任务，以免河身继续淤高。按整体运筹的原理，黄淮海平原的水利建设和整治黄淮海河道原是一件事的两方面。人民责备我们把一件事孤立起来分为两种规划：“只知一条线，不管两大片。”这种策划殃成了目前黄淮海平原缺水缺肥，华北水道不通航的现实。历来学术上普遍性的错误认识，使国民经济遭受莫大损失的，未有甚于此者！

第七，不破不立，通过否定拦排放策略，人们会自然地认为黄河分流是必要的。黄河在郑州以下原属隆凸的三角洲地貌，其干流和各流派分布于全洲。世界上治理三角洲，无不分流淤沙。广东三水以下的珠江、埃及开罗以下的尼罗河、罗马尼亚土耳其以下的多瑙河、印度孟加拉下的恒河、巴基斯坦苏库尔以下的印度河，无不道分流出海。黄河既已淤高，分流排沙乃据高建瓴之势，能自动刷深河槽，理由如下：

干流若和支流在同一平面上分流，则其含沙浓度将相等，两者流率支流较小，由于输沙率和流率平方略成正比，水平分流将使大河加淤。但我们总可以从高槽

上调节出流，从而刷深河槽。这需要支流闸门既有溢流口，又有孔口，使其能任意调节，支流闸门上游须加修一段平行的堤，堤脚及叉口宜打钢板墙，设计要策安全。闸门须设两道，一在大河堤内，一在支流两堤间。

第八，分流道要在中水和枯水时都长期行水，洪水时有节制地放水。首先打开人民胜利渠闸门，引黄河水沙分入到运河，直到天津。中途设站置闸，分流淤灌河北平原东部，以解决当前缺水之急。现在干的运河已高出地面四米以上，不必掏挖，任其继续淤高后，将来整理成为郑州到天津的高速公路的路基，不再输水。同时开始勘测设计新淤灌渠道，恢复南北大运河，分水入渠道。路线大致取老沙河、接清凉江，顺黑龙港现有洼道，将来把卫运河搬下来。

这个最上游的郑州分流闸很大，不但分流入人民胜利渠，另在口下再分三口，分别淤灌天然渠、文岩渠及柳青河一带广大地区，其中下游接金堤河等。现有位山等闸须重新改造，口槛大大降低，设有堰口及底下的孔口。同时打开与大运河交口的黄河南北两闸分流南北，将来济运河用水，并淤灌东平、梁山等洼地。河水顺势南下，毋须抽取江水逆流北上。黄河的交口分流刷深槽底后，可能不设船闸通行。其他闸口待上列各闸分流取得工程经验后陆续打开。河以南上游的分流支脉应以贾鲁河、涡河为主，陆续打开，凡遇泥沙地宜先用河底粗沙淤灌打底，再在上面淤灌细泥。目前黄泛区一带最缺粗沙，排水不良。

第九，凡淤灌渠道必须设计用复式断面，过水流率必须长期淹没两边滩地断面，否则闭闸停流。主槽两岸边必须护住使不坍塌。这样的螺旋流水（Helicoidal flow）会长期淤滩刷槽，毋须掏挖清河。这些黄委工程师已在南岸试筑过，积有经验。在未来大运河及大渠道上应能设计出恰当的复式断面和经济坚固的护岸设施，使长期内主槽不淤且自动掏深，而两岸滩地自然淤高，能维持较长时间再易新线新渠。

人们必然能建成精致的分流闸和分流渠道，这是黄河分流策的根据。在一段时期分流淤灌后黄河槽身自然浚深，毋须加高堤防来防洪了，于是河治。人们欢迎更多的泥沙下来，水土保持工作应改由农业部领导。下游会自然地淤灌增肥，并造成更多的耕地。人们将额手称道：黄河乃是世界第一大利河！它以最少的流水造成最多的土地，它作为干渠，自流灌溉。

至于黄淮海河流整治与平原经济开发这一更大范围的整体运筹，请参阅《华北地区水资源合理开发利用》（水利出版社出版，第37页）《论黄淮海河的治理与华北平原的整体开发》，不赘。

第十，关于华北缺水问题，东线调用江水，所需抽水功率太大，不合经济，而且沿途拦截用水，竟无法实施。目前调用些丹江口水是合理的，但不可加高丹江口大坝，以免增多淹没地，且安康水害已说明汉水卵石造害巨大，原已沉积满汉水的卵石尚不知如何处理，不宜扩大其灾害。

作者认为，从嘉陵江略阳以上或可引来约两万平方公里面积上每年两百亿立方米中一百亿立方平的水，导入黄河或黄淮之间的耕地，或许可能，但笔者从未实测或详研，只是一种建议。如若可行，则工程较简便。作者不赞成经过黄河沿太行山引水北行。不如借用滹沱河水经十公里入大沙河北行，再在滹沱河下游用黄河分流水归还。华北大平原须利用浅层地下水的预蓄及灌溉节水，可以解决全区的用水。

西线北调江水是最合理的计划，如今黄河已建有八个水坝发电，多引一立方米水，可以节节增加电力，可能是合理的长远计划，这可引雅砻江、金沙江、澜沧江、怒江，甚至西藏的雅鲁藏布江。这就可解决全华北、西北的用水，黄河永不断流。

# 论江河淮海综合治理<sup>\*</sup>

听罢毕家遭害苦，不禁簌簌泪交颐。 暴洪施虐知拦阻，恶碱侵农待溉漓。  
凡此事先皆可见，一般律定莫相违。 平生积学曾何用？愧对苍生老益悲。

录旧作：“听华县毕家公社宁冬梅报告三门峡建坝后灾情”，1973年夏。

## 一、江河淮海综合治理的必要性

近年来江河淮海迭受灾害：黄河从来以洪患著名，72年来警闻有断流兼洪灾之恶耗。海河素赖黄河分流淤灌，今已断航多年。淮河1937年导流入海方完成，即遭黄河破堤重淤之灾，其后改导入江初非长计。在1983年汉水安康洪灾之后，1998年长江中下游又遭特大洪灾，接着冬春九江又以基本断航问世。江灾受害人口2.33亿，死亡三千余人，淹地392万亩，资金三千万元以上。

这些灾难决非全由天然造成。看到军民合作舍身救护的壮烈，自己一介老书生，无能为力。除了捐助些资金衣物外，只有悲痛与惭愧。记得少时父亲说：“我国自有历史以来耕作的农民从来没有对不起过统治阶层的！”自度身受国家教育十七年，获得各级学位，七十多年来从事水利工程的教学、研究、和实践：举凡查勘、规划、测量、设计、施工和行政莫不曾经亲自操作，培养过四十几个工程人员，教课五十整年，然而对于我国治水大计未曾有过多大有效贡献，乃有上列“愧对苍生老益悲”的诗句。

## 二、治河四策概论

我国历来订有治河四策：蓄、塞、浚、疏，有趣的是美国工程兵学者也订有完全相同的四策。这四策原是针对防洪的，现已扩大目标，兼为通航、发电、灌溉等水资源利用。四策可单独运用，也可几个综合兼用。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1999年4月。

“蓄”指蓄水工程，拦洪措施、蓄水库、田间沟蓄、水土保持皆属之。前二者我国古时没有。

“塞”指堤防，以防洪水的顶冲和抬高。塞字是针对堵塞决口而言。

“浚”指浚深河槽，用挖泥法或用堤坝束水法。

“疏”指疏导洪流，分放他道。

在人类占领平原以前，河中水沙流的去路有三条：（1）流水把部分泥沙淤积在河槽里，结果抬高了河床和洪水位，并减平了坡降。（2）部分泥沙冲出河口而落淤，延长了河身，又扩大了平原滩地。（3）洪水漫溢河槽，泛滥两岸，淤高了田地，这就是水沙流造陆的自然现象。

自然界水沙下行是必然的，河道经过淤决徙，扩大了平原。造陆总是对人类有利的。

当人类占领了平原之后，在这里繁殖生息，当然就不允许河道再摆动迁移，也不允许再频频泛滥田地。人类就必须解决好上述水沙流原来的三条去路，才可能在冲积平原上安居乐业。这就是说，必须治河。人们往往只修堤防，不许洪水泛滥，这就出了问题。

我国早就提出了上列四策治河，其中除了未及分流而只及疏水外，四策可说是完善的了。百年前德国人提出的治河原则，认为治河目的应使通过各横断面的输沙率  $G$  一律相等，以保持各段落间不冲不淤，据是河治。这按笔者分析的河床演变自然规律，冲积平原上河道长期内淤积是必然的，除非人类另外施加能量，经常淘挖积淤，德国人的治河不冲不淤目的，是不可能实现的。

### 三、治河四策效果比较

近代在山区蓄水拦洪，可以削低所在支流的洪峰，保护其两岸不遭泛滥；但是对于其中下游干流的洪量却并不能有效地大量减少。这是因为干流在中下游的受水面积很大，而山区拦河坝所能控制的流域面积只占一小部分。而且水库的防洪容量只是为了削低峰率，等待峰过后洪水仍要放出库来。水库的积极目的是发电、灌溉、航运等水资源利用，把部分值得调节的害水能转为利水，但部分洪水仍作为弃水排出库外。干流筑坝防洪还须考虑对上游和支流起有害的生态环境作用，甚至使筑坝不可行。

通常江河防洪都依靠筑堤高过洪水位，临水一面又须能抵住洪水顶冲。在前述水沙流三项去路中它助长了输沙出河口，但长期中却只使河床逐渐淤高，未淤

高多少田地，乃使洪水泛滥的威胁逐年加剧。我国江河都有此患。早期河底淤得虽尚未高出两岸地面，但是被抬高的洪水位却高于两岸地面，使大雨后地面积水无法排入河道里，抽排机械的力量又不够，于是形成涝灾。再经过长期的河槽淤积，河底高出地面而形成悬河，迫使人们把河堤随着河底之升高而逐年加高。于是渗出两岸的地下水位升高，使田地盐碱化。堤虽未决，而两岸农田或涝或碱，产量减少。堤防之策所以普遍采用，主要由于工程简单省劳资，堤身可以逐年陆续加高。这种工程为了防洪，只能说是治标，并未解决好水沙流的三项去路以治本。

在洪水过高过猛的情形下，堤防难于防守时，不得不开口分洪，是为疏水。疏水只漫出过多的洪水，其含沙浓度和大河中的一样，因此在输沙能力减低下，大河仍然淤积。笔者建议的分流，在分流闸下底槛设得很低，能刷出底沙，分洪水中含沙加浓，于是大河积淤大大减少了。在汇水河段则可疏水或分往两岸的湖泊低地，或绕行分洪道后仍回本河。洪水在一定防护的概率下，所过田地是预先准备好的，这样难得出现一次遭害的。在流派河段则终年分流，向各派放出浓厚的水沙流，再从各派淤灌三角洲田地。这样就把大部害水化为利水了。

拦河筑坝，顺河修堤，再加上浚河，并将淘出的河泥淤高两岸田地，乃是最根本的治河策略。它们能同时解决好上述河中水沙流必要的三条去路：浚河淤地既抑低河槽之升高，并抬起田地高度，在不泛滥的情形下增大了田地和槽底的高差，又淤灌了田地。堤防则束住洪流直奔河口，刷沙出槽。只是以往长期未浚未放淤，积重难返，必须长期地进行浚河淤地，补偿并阻止进一步使田地和河底的高差减小，并且逐渐增大这高差，以降低洪水位，而求河治。

#### 四、治河策略总结

作者认为江河水沙流从上游山区出来淤地造陆，是不可抗拒而有利的自然现象。既成平原，人类据以生息，所谓“淫浸衍溢怀生物”，（庄周语）人们就必须顺着水沙流促使地貌自然地演变，不违背客观规律地减免水害，并增多耕地和水资源利用。

当前河患普遍的现象是，由于人类占领了平原修堤防洪，（1）江河槽底淤积逐年加高，（2）出海泥沙或有增多，但仍嫌不够，（3）两岸田地少有浸决泛滥，没有史前那样和河槽相应淤高的现象；一遇堤决，则殃成洪灾。所以江河必须治理，既防水害，兼增水利。

这里讨论的一般性治水策略是针对江河干流中下游汇水流域的淤积河段，如长江荆州至扬州段；和三角洲派域的淤积河段，如长江扬州以下，黄河郑州以下。建议治河策略要点如下，按重要性依次叙述。

(7) 疏通各派河口，取捷径输沙出海，遏止海洋迴流。

(8) 分流各派，淤灌两岸田地。

(9) 中游汇水淤积河段中凡江河枯水位高出两岸地面的也设闸长期分流，用捣沙器加浓水沙流出闸。枯水位较低而淤积较快的则外加能量抽出水沙，或用拖斗（drag line）拖泥过堤。这就是浚河淤地，增加地河高差。

分出的水沙流宜取洼道，用复式断面沿途淤滩刷槽。沿程可以分流淤灌洼地、沼泽与湖泊。农民可自用拖斗拖出湖泊积淤泥沙，以填高田地。不废田还湖。汛期必要时可令清水流还大河。

(10) 固堤护岸，遇特大洪水，备有分洪地区，只为了削峰所需暂储的洪量。

(11) 各支流山区可筑坝调洪，但主要是为了水资源综合利用及各支流两岸防洪，对于干流减洪作用甚微。坝底要留洞排沙。干流沉沙无害于生态环境方可筑高坝。

(12) 各支流要梯级开发，每级设活动低坝，岸边设船闸、水力电厂及灌溉渠道。泥沙卵石要下行畅通。也可沿途浚河填地。

## 五、江河淮海综合治理法概述

水利工程有治河、防洪、航道、排水、供水、灌溉、水力发电、和港湾工程等八类，每类都脱离不了治河工程，它可以说包含有多种水利工程。今江河淮海四水亟待治理，允为当今全国最迫需、最伟大的经济建设。按江河两水都源自青藏。适我国西南青藏地势较东部冀豫为高，高差达四千多米。而西南金沙江、澜沧江、怒江、亚鲁藏布江年流量又非常丰富。故引青藏水向冀豫自流灌溉，而非先发电，再用电力抽水，无论地形水量都是因势利导之举。沿程既供水又发电，其利甚溥。从此，四水得治，华北西北旱潦永免，（见引水路线图）半个中国经济可大大发展。

一个流域规划必须针对全面考查。黄河年流量中稳定的水流约一半是从宁夏河口镇以上青、甘、宁广大地域上由年 300mm 多雨量所提供的。人们从 1962 年起在这里中西部修了几个大坝，当然就把这些本来供应下游的水资源用掉了，于是造成黄河断流。懂得这道理，从 1962 年修第一个坝开始就该同时开发川北松潘草地、并引雅砻江水入黄河，再开渠道隧洞引用金沙江水，再开发澜沧江、怒江、

甚至亚鲁藏布江水入金沙江，大量水入黄河各大坝。这样，不但补救了 1972 年起黄河缺水，而且解决了整个华北西北的用水和电力需求。黄河的洪水则来自陕晋间的北干流和渭河，前者亟须在龙门利用地形筑坝调洪调沙，使能逐渐冲刷泥沙下来淤灌造地，这就不会产生  $7500\text{m}^3/\text{s}$  的洪泛了。三门峡筑坝后无法调沙出库造地，泥沙淤河贻害两岸田地。

黄河行水有了保障，它就成为一条灌溉干渠，南济淮河，北通海河运河，可以有计划地灌溉造地。于是淮海皆治。

长江干旱而断航则最是令人恐惧。虽说江南水丰，历史上也发生过干旱甚至易子而食的惨剧。遇洪灾还可筑堤防护，若遇旱灾则除了求助于他乡外别无长策。所以从金沙江引水往黄河后，江自身仍须筑坝蓄大量水以防干旱。好在亚鲁藏布江的年流量丰富，在我国仅次于长江，比黄河还多。各江皆可藉大爆炸筑成堆石高坝蓄水，连同甘肃可蓄水二百多亿立方米的龙羊峡水库五库联合运行就可保证长江终年通航。

当然，全部工程是非常巨大的，五个大坝拦住五条大江，四条长遂道穿过四座大山。其中金沙江和长江还可分级拦河筑坝。全程自流灌溉。可以先勘测规划好后整个工程由东向西，分专段逐步施工。其效益是非常宏贲的，较易赢得国际贷款或投资。当前我国经济在下岗人力数余，亟须猛增内需的情形下是现实可行的。宜从速决策进行。



## 在水利部召开的

### 《黄河的重大问题及其对策》讨论会上的发言<sup>\*</sup>

#### 一、关于水利部所提的黄河三个重大问题

笔者认为其中只有洪水威胁是主题。1949年以来国家重视防洪，从未发生过严重的破堤泛滥。由于“下游是悬河，洪水危害最为严重”（意见稿 6~9 页）。所以防洪仍是问题，待大家讨论防护措施。

至于“下游断流频繁，1986 年至 1997 年……河槽淤积加重，……造成了小洪水、高水位、大漫滩的不利局面”（意见稿 10~12 页）。这是由于 1962 年起上游修了三四个水库，单说龙羊峡库量就达 200 多亿立方米，中下游小水库有几十个，水土保持几十个，它们的蓄水量和灌溉用水量，将各用去 300 多亿立方米，则黄河原来的平均年流量 580 亿立米，当然自 1972 年起会全部用光，而造成断流，使下游各省农民受到极大的灾害。懂得黄河流域内水量是这样分布的，则就该自 1962 年开始修建上游各水库起就加引青藏丰富的西南水源。同时从亚鲁藏布江（过波密）——怒江——澜沧江——金沙江（过玉树）——雅砻江——黄河龙羊峡——河口镇——潼关。（见黄万里《论江河流域综合治理》末页签线。若平均引 1000 立米/秒，即 315 亿立米/年。黄河流域全线将得到充分水流、于灌溉、航运、发电，全面兴起水利，我国华中、华东、华北经济将全面发达。这是我们完全可以事先想到的，从 1962 年起兴工，1972 年就会有显著成绩，决无断流之灾。

至于生态环境恶化的两个问题，水污染量近十年增加了一倍，同时河水流量又减少，这个问题必须由政府对企业进行依法加强控制，并尽量加多上游来水。这是全国普遍的问题。关于水土流失问题，这原是黄河流域突出的情况。黄土疏松，坡陡沟深，雨猛而量少，造成河水少而输沙多，高原居民贫困。上中游土壤泻失，下游河床淤塞，乃是话说黄河问题，作为特殊的自然因素和基本条件。

---

<sup>\*</sup> 1999 年 10 月 13 日

## 二、我国耕地和水源的关系

我国人口特多，对比耕地缺乏，而其他因素水源、生态、环境等都还合适。最宝贵的是中下游的冲积平原。下表以长江和黄河各因素作对比。

	I	II	III	III : I	III : II
	全流域面积 (万 $\text{Km}^2$ )	全流域年 流量(亿 $\text{m}^3$ )	中下游冲积 平原(万 $\text{km}^2$ )	造地面积/全 流域面积	$\text{km}^2$ 造地/ $10^8$ $\text{m}^3$ 年流量
长江	180	9,750 $\approx$ 1 万	12.6	7.0/100	12.9
黄河	77	580	25	32.5/100	450.0
江河 对比	2.3 倍	16.8 倍	0.50	1:4.6	1:34.9

由此可见，长江比黄河流域面积大 2.3 倍，年流量大 16.8 倍，而在中下游所造成的人类最宝贵的冲积平原反而只有一半。长江冲成的 12.6 万  $\text{km}^2$ ，供水充足，是多么宝贵呀！而黄河却能冲成 25 万  $\text{km}^2$  地，也可耕种两季，虽用水感不足，更觉其宝贵！假使人们细想何以黄河能淤出如此大量的土地，正是由于其水少沙多。含沙浓度极高的黄河水已淤成了 25 万  $\text{km}^2$  土地，我们要尽力据以淤灌它，而且希望它继续淤出更多的土地，以适应我国人口之众多。如今长江每年只能淤出一千多亩田地，人们嫌其太少太慢，则我们对黄河更应寄以厚望。我们希望黄河有更多的水土冲下来，而不是保持在上中游不下来。水土保持的目的是保持那里肥沃的表土，是应该的，合理的。但是已落在河槽里的黄土尽可冲下来，以向下游，两者并不矛盾。

长期来治黄方略之失误就在于人们普遍地认为黄河之害在于水少沙多，恐惧决口，只知修堤防洪。河槽逐年淤高后，就想到在上中游保持水土并拦河筑坝，以调节水流并拦蓄泥沙。庶不知因此水断流了、水库淤满了泥沙，河下游防洪似乎彻底完成了，但河干涸成为无水无沙淤灌的荒地。同时在报纸上央请大批水利专家宣扬河已得治之政绩。专家们可能没有看到《中国作家》1996 年第二期冷梦写的《黄河大移民》。里面叙述三门峡坝修成后黄河干流淤没了几十万亩地，29 万农民被迁往宁夏缺水高地，来回迁移十几次，痛苦万分。水利发电工程学会七

位专家前往视察后叹息不已，国务院派去高级官员看了落泪，说“国家真是对不起你们”。同时潼关淤高了 5 米。循淤积比降向渭河上延，陕西咸阳也淤高了 3 米。这使渭河洪水位抬高 2 米，地下水位和含碱区也都抬高，损害了沿岸农民生计。所以，河并未治好，只是把灾难从河南搬到了陕西，正合作者 1957 年在治黄大会上的预言。

水土保持作为农业的措施是可以而且应该做得到的，但把它作为“拦排放”治河方法中的主要策略是做不到的，是完全错误的。拦河筑坝以蓄水沙，如小浪底坝，只供有限期的效果，经济上不合理，并非良策，而且相反地，我们需要泥沙下来造地或淤灌。实际上这种做法是把沙多易淤的困难推给子孙来解决。

从整体运筹的角度来看，凡是河流的上游必然在被冲刷，下游在被淤积的过程中。这是指对一长段河流，经过相当长的时程而言，分析用的是统计的方法，而不是对一定地点，当一定时刻用数学力学方法分析的结果。以两道长堤夹住河流，在下游欲将挟带下来的泥沙全部排出去，途中水流渐减，坡降渐平，路途加长，而沿途不淤是不可能做到的。所以“拦、排、放”中排的策略是错误的。以堤塞排沙，冲出河口，中途不淤，是不可能的。

明末潘季驯用过束水攻沙的治河法没有成功。论理用于个别河段未始不可。但束水后河段上下两端落差将加大，坡降将加陡，若许多河段这样做，水面纵断面将超过河道自然落差所许可。这是一个只适用于个别工程，却不能用于下游河道整体运筹的治河方法例子。

在黄河整体运筹拦排放诸策略中，籍水土保持拦沙于中游既不可能，泥沙不可能不下送到郑州以下；两堤束流期望排沙出海而不淤中途又不可能；于是只能指望滞洪区和滞洪水库以放出调节了的水。

不破不立，通过否定拦排放策略，人们会自然地认为黄河分流是必要的。河在郑州以下原属隆凸的三角洲地貌，其干流和各流派分布于全洲。世界上治理三角洲无不分流淤沙。广东三水以下的珠江、埃及开罗以下的尼罗河、罗马尼亚土耳恰以下的多瑙河、印度孟加拉以下的恒河、巴基斯坦苏库尔以下的印度河，无不多道分流出海。黄河既已淤高，分流排沙乃据高建瓴之势，能自动刷深河槽。

### 三、半世纪来治理黄河的功过

最大的功劳是护堤周到，从未发生泛滥灾难。最大的失误是：（1）修了三门峡坝，致使潼关上下河道淤积了几十万亩，一个城镇（即唐相元镇风流小说西厢记的地点）毁迁，至今 29 万难民在宁夏高地没有安居的地方，虽经前总书记胡耀

邦安排救济，仍在苦难之中，详见尚蔚：《从三门峡到三峡》，《中国作家》1996年第二期冷梦：《黄河大移民》。事后又不理解渭河淤积必将继续上延，至今西安草滩和其上游已淤高3米多，两岸耕种地带遭地下水泛碱，农业受害；洪水则泛滥淹地，至今只予救济，不施工程措施以免灾害。（2）黄河下游1972年以来发生从来没有的断流，还伴着小洪水泛滥。（3）河以北缺水，三角洲缺肥地低，受海水高涨的威胁。（4）北运河完全断流。

#### 四、当前治理黄河迫需的措施

（1）赶快增调青藏高原之水进入黄河。立即在松潘湿地开渠。另外查勘规划从亚鲁藏布江起穿过怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江入黄河龙羊峡水库。新河两端高差几千米，穿山宜打隧洞，过河可在下游两岸大爆炸将山石落下成堆石坝，暂时听它漏水，大部引水入隧道。工程可分段同进进行，希望引水平均1000秒立米，因落差很大，不必衬砌。下游段渠道要早些开成。这就是江河湖海的综合治理。

（2）捣沙船（参考密西西比河所用）在潼关上下捣起河沙流往下游，以加深河道，挽救这一带灾民，使能回老家安居。在渭河南岸用拖斗挖河淤地。

（3）在北干流龙门加修一坝，调节适量水沙，附带发电灌溉。

（4）在三角洲上分流十几个水道，用小恩格斯输送水沙法，一面在两滩淤积泥沙，一面自动掏深水道，须引一定水流使能淹两边滩地成复式断面，又水道两岸须护牢不塌。佟二勋工程师已有经验。淤高并扩大三角洲，包括三千万亩沙荒地。

# 三峡工程

# 论长江三峡大坝修建的前提<sup>\*</sup>

## 摘 要

本文依据自然地理观点、经济观点和国际观点说明长江三峡大坝之修建是不可行的。为了发电，可建造云贵湘鄂赣各省大中型电站，它们的单价低、工期短、经济效应比三峡大坝发电要大四倍以上。长江大坝拦截水沙流，阻碍江口苏北每年十万亩的造陆运动；淤塞重庆以上河槽，将漫延到泸州、合川以上，势必毁坏四川坝田。目前测量底水输移率尚乏可靠的手段，河工模型动床试验在长期内长段落中尚欠合理基础，只可定性，不能定量，不足以推算长江长期堆积量。但可肯定，终将抬高诸川洪水位，坝田频遭淹没。故就此而论，长江三峡大坝永不可修；就流域经济规划而言，也应先修四川盆地边缘山区之坝，如乌江电站等为宜。

## 一、总 论

在建设某项工程或企业的可行性研究中，为了决定其是否兴建、其规模的大小、投资、运行费、年效益的概数，对于所拟具的方略要考查下列五条件是否合格：自然条件、技术条件、经济条件、政治条件和国际条件。任何一个条件不合格，就否定了所拟的方略。

所拟方略中的工程或企业往往是多目标的，首先要考查本工程或企业综合利用的效益。其次，因它必然涉及相邻地区的经济建设，故它必须纳入本区域或流域的整体规划；所谓本区域是指可以个别地用统筹论（俗谓“系统工程”）研究的独立系统。最后，这个区域或流域的规划自应纳入国家的整体经济计划。

在工程或企业可行性成立后，实施的步骤依次是方略、规划、设计、施工和运行。排在前面的比较简略，后面的具体；但是前面的是先决的，一有错误，则全盘皆非，否定了后面所有各步。方略、规划只从调查研究和粗略的勘测资料作出概算，而具体设计需要详尽的资料，可达工程费的千分之一至百分之三。所以

---

<sup>\*</sup> 华东交通大学学报，1986年第1期（总第3期）。

只能对合乎必要条件的方略，选取其中一些可行方案，作出概算，以便比较，从而确定一个最优方案的规划。

上面一般地叙述了经济建设中工程或企业的可行性条件，综合效益的归属和实施步骤，下面把这些问题具体到讨论长江三峡大坝修建。

修建三峡大坝的方略是在三峡设水库调节长江水沙流，主旨在发电，其次是通航和防洪。这些对长江的综合利用自应纳入整个长江流域的水利规划，后者又隶属于国家在这地区的经济规划。

考查这方略的可行性，首先是自然条件。大坝拦截长江，改变了自然水流；把上游几百里的坡降减平，把落差集中到三峡坝址发电，使上游淤积、下游发生冲刷。这就改变了原来变化着的环境、生态条件，有利或弊，须具体研究。产生的利害结果，应并入经济条件里核算效益；除非害处太大，足以否定其可行性。

其次是技术条件，拦河筑坝技术久已成熟，不成为是否可行的条件。同样，政治条件中组织法权、移民赔偿等问题在我国都能解决，不象美国因各州水权独立而有立法的问题。这些都可以资金衡量，可并入经济条件，一起核算其可行性。

所以整个方略只有自然条件、经济条件和国防条件三项是必须分别考虑的独立问题。考虑这些问题时，必须兼顾到它是长江域规划的组成部分，更是国家经济总体规划的组成部分。这就要求核算经济，不满足于考查本方略本方案是否合算，从而知其是否可行；更须进而考查多种方案，分别核算其投资和效益对比的经济指标；从而选取其中经济效益最优的一个，定为可行。因此排斥了虽也可行，但它在比较中属落选的方略。例如三峡大坝电站可能被各省许多水火电站在经济比较中所替代。

## **二、论三峡大坝对流域自然地理的影响**

长江出三峡，从四川挟带了大量的泥沙并冲刷了河底的卵石到中下游，在地质历史上建立了两湖三江冲积平原，而且仍在不断建立着苏北和上海浦东的滩涂；同时河口向海中延伸，相应地堆积起沙土，抬高着河床和两岸平原。右岸上海浦东 400 年前海岸线在今钦公塘位置，距今线约 4 公里，平均近期每年涨地 10 米；公元 1100 年前北宋时，海岸线在老宝山一高桥一横沔一新场，平均每年涨地 70 米；四、五世纪南北朝时代，海岸线在今上海小沙渡、曹家渡一带，川沙县全在海外，其时每年涨地 30 米。左岸苏北造陆较快：70 年来在地图上即可见到新增启东、如东、大丰、射阳四县，此外图上各县有名的沙滩地大都已成为可耕地，

估计已增地千万亩以上。合计江苏东疆每年造地至少十万亩，这个莫大的财富是长江从四地川等搬来的。在三峡大坝拦沙后，这些财富将不会如前增长，甚至会受海流冲击，海岸线有时可能退缩。

在中游当江水高涨、洞庭、云梦、鄱阳、太湖等湖泊起调节作用时，上游带下来的有机肥泥普遍施给了各省洼地，不断维持着有利的生态平衡情况。这在筑坝后不会再起同样的效用，是不利于农业和渔业的。

建坝后将截断部分泥沙流一两百年，将永远完全截断卵石流。江河水流原是有利于人类的自然现象，建坝对长江中下游造陆进展和生态环境起破坏的作用。这些作用虽不足以成为否定建大坝的自然条件，但应估计其年均经济损失，从经济效益里扣除，以核算其经济价值。

建坝对于中下游防洪和河道治理也有增益的一面。洪水通过水库，其峰被抑低，减轻了中下游堤防的负担。其含沙浓度减少，使坝下河槽刷深，增加了过洪能力。但因长江流域太大，一次洪水量历时一个月可达一千亿立米以上，而三峡水库蓄洪量只一百、二百亿立米，所能抑低的洪峰很有限，效果不大。筑坝后下游开始刷槽剧烈，随着来沙加多而后又年趋平衡；因中途支流输入泥沙，中下游终将恢复其堆积性，河道仍需整治。

建坝对于坝上游来说，坝加大了河深，有利于航运；淹没了村镇田地，使农业生产减少，这些都可归并入经济账里，不至于绝对地影响造坝的可行性。致命的问题发生在库水末端的淤积上，这淤积会逐步向上游干流漫延，抬高两岸坝田的洪水位，使淹没频繁，终至于毁没四川坝田，而不得不拆除大坝。

大坝寿命多少年？能运行发电若干年？无法确知。但它有某个年限，是肯定的。工程存在的年数，具体影响到经济效益。不知其寿命年数，无法核算其经济价值和可行性。目前无法确知水库的有效运行年限，是由于两种原因，容待细细解说。

第一，我们目前无法确知沿着江底滚动的卵石每年有多少输出三峡，目前世界上量测这种底沙（或称推移泥沙）的输移率尚未合格，况且河床本身也是随着底沙较慢地移动着的，这种输移率更无法探知。目前只略知在河中流动着的悬沙输移率，量测较有把握，表一提供中下游仅有的几个测沙水文站的多年平均的资料，其中不包括底沙输移率，实测到的只占悬沙的百万分之几，但它未能测到全部，总是占实际运移的很小一部分。



表一 长江水文站 1954—1981 年测得的平均年流量、输沙量（悬沙）

水文站	寸滩(重庆)	武陵(乌江)	宜昌	汉口	大通(芜湖)
集水面积 (万方公里)	86.65	(8.30)	100.55		
平均年流量 (秒立米)	11,100	(1,560)	13,800	22,260	28,000
平均年输沙量 (亿吨 / 年)	4.65	(0.313)	5.35	4.31	4.91
平均含沙浓度 (公斤 / 立米)	1.32	(0.637)	1.229	0.614	0.557

四川干支流当中水、枯水大部时期河水是较清的，也就是悬沙很少，但河床却是移动着的。特别是在上游河段，透过清流可以看到河槽卵石在向下泻动着。越靠上游，坡降陡处，50 毫米以下的卵石终年在下移。只有在汛期大流率带着大量悬沙，而泻水下底沙更粗更多。估计川江输沙率中底沙实占不小的成份，都没有包括在测到的输沙率中，其量无人知晓，也难以约估。这些无法估量的底沙卵石部分，在建库之后，将没有一颗过坝排出，而沉积在水库末端。而卵石正是川江的造床质料。

第二，这些沉积在水库末端的卵石夹沙，将从重庆逐年向上游漫延，穿过北碚、泸州，再向各支流延伸。到汛期洪水位抬高，将泛滥两岸坝田。重新进行造陆运动。

淤积上延的范围和速度要看原来河床所处的河段，是堆积性的，即增坡段落（aggraded reach），则淤积将进行到出现更陡的坡降；或是近于平衡的（in regime），则淤积将趋向于恢复原来的坡降；或原河段是冲刷性的，即减坡段落（degraded reach），则淤积只进行一段便告停止。

从上表可以看出，宜昌至汉口荆江段年输沙量从 5.35 减到 4.31 亿吨，说明这段是堆积性的。汉口以下长江总是淤积的，长江出峡以后全程是堆积性的，两湖三江各省平原本是由它造成的。寸滩（重庆）到宜昌山峡段年输沙量从 4.65 增加到 5.35 亿吨，六、七百公里间增多了 0.70 亿吨每年，其中包括最大支流乌江来沙每年有 0.313 亿吨，剩下 0.387 亿吨每年，主要是区间的输入沙量，无法量测。若此量大于 0.387，则山峡段是堆积性的；小于 0.387，则属冲刷性。此差额太小，殊难判断。考虑到三峡坝址复盖层厚达 40 米，只能约估这一长段是淤积而

近于平衡的。至于重庆以上干支流更难凭测站输沙率估量，只能从河道实测地形及水文站水位和流率关系线来确定。干支在上游，各段落可能交替出现冲淤，须待具体按资料判断。例如岷江出灌口卵石大到半米，坡降陡到百分之一，每年内外江必须掏挖。从灌县到青神，江身开扩，称为成都湖峡，是淤积性的。灌县上游总有冲积河段，而青神以下平羌峡冲淤或平衡当待考查。

重庆宜昌段冲淤既是淤积而近乎平衡，则是重庆水库末端的淤积将向上游延伸，重庆河槽淤高多少，上游泸州、北碚最终也将淤高这么多，从而毁败四川坝田，为害可畏。

全部卵石和部分泥沙将淤在水库末端，卵石粗糙，阻力系数较大，其淤积形成的平衡比降将较原来卵石夹沙河槽的为陡，因为延伸段将抬高河槽更多，其害尤甚。卵石和泥沙运移并不同步，两段分离处形成的坡降将更陡，此处不再细说。

这一点是否定长江三峡建坝最严重的关键之一。

今天人们却藉河工动床模型试验，证明水库上游淤积不多，无碍于航运与两岸坝田。这里笔者必须郑重指出，近代动床模型试验在力学和模拟的根本理论上未成立，用它只能定性，不能定量。试验只对悬沙，或分别另对底沙，殊欠合理，况且底沙原始资料来源不可靠，试验实无意义。前面谈到，川江支流低水时清澈见底，而底沙卵石缓下泻，足见底沙输移不少，未必只占悬沙百分之几。且卵石没有一颗可能出峡越过大坝，沉积无可免，上延无可免，所不知者坝寿终之日罢了。

在四川盆地的边缘各支流峡口及云贵湘鄂各省山区可以修建大中型水电站，例如已建乌江电站，那里虽也会发生断流造成淤积现象，但因支流坡降很陡，坝底应设排泄沙石设备，溯源淤积不会发展很远。且峡谷内少有平坝，淹没损失较小。对于下游影响也较小，可毋须顾虑。

### 三、关于三峡大坝的工程经济核算

三峡大坝具有发电、航运、防洪等效用，从长期中每年收获的多种效益对比工程投资作经济核算，其可行性是成立的，但其中必须计入前述水库对于上下游的各种损失，有的是一次赔偿、有的是常年损害，有的是关于寿命年限，才称合理，这点并未细算。一切计入，方案就未必可行。

大坝的经济合算及格，仅是必要条件，但在经济规划中应该首先实施的是那个经济效益最优的方案，而三峡大坝却并未具备这个足够的条件。三峡大坝主要是为了发电，从工程经济效益来说，三峡电站和云贵川湘鄂赣等山区许多大中型

电站比起来差得多。一是工程每千瓦单价较贵，还没有算进各种损失；二是工期太长，资金回收太慢，因而显得大不合算。已修葛洲坝电站就是这样：造价每千瓦 2000 元，工期 12 年；而各省分散的大中型电站每千瓦造价 880 元，工期 4 至 5 年，（见汪胡桢统计，造价按 1983 年以前的平均数）。分散电站单价既低，资金回收又快，经济效益要大四倍以上。人们每不体会，工程拖长时期造成经济亏损之巨，下面特作概算；假设两种比较方式，采用不同的利率和电价等；每种方式又用三种比较方案：先时 I 和 II 方案假定每千瓦造价相同情形下作比较，以显示工程期长的亏损，再对 I 和 III 方案按实际单价比较。

比较方式一：方案 I 大中型分散电站每 5 年完成一站，17 年中每年平均安装  $0.7647 \times 10^6$  千瓦；方案 II 三峡电站从第 12 年起分 10 年装完，每年平均安装  $1.3 \times 10^6$  千瓦机组。逐年投资两方案同，都于 17 年内每年投资 7.647 亿元，第 17 年投资终了；于第 21 年终装就  $13 \times 10^6$  千瓦机组。方案 II 造价应为每千瓦 2,000 元，为了反映工期长单独因素的影响，假设造价减半使与 I 同为每千瓦 1,000 元。两方案年利率同按 0.10，电价每度 0.05 元。计算结果，分建方案 I 能在最后机组装好后 22 年间以收益还清本利，而 II 必须待第 49 年才能抵偿。从 22 年至 49 年这 27 年间，方案 I 每年能多收益 32.5 亿元，到第 49 年终，I 比 II 方案可多获本利 4,743 亿元之巨！若按真实单价每千瓦 2,000 元计，则方案 III 在这样利率 0.1 高、售电价每度 0.05 元低的条件下，300 年之后也还不清本利。这说明三峡电站单价高、工期长是很不经济的。

比较方式二：将方式一中各方案都提前 5 年于第 17 年终装完全部  $13 \times 10^6$  千瓦机组；又将年率减低 0.072，使一切投资效果亦如年生产量在 17 年后本世纪末翻两番；又将每度电改为净收 0.1 元，提高了一倍；其他不变。结果方案 I 只需 12 年就能还清本利；方案 II 在假设造价减半使和 I 相同的条件下，这时三峡电站才开始安装第一台机组，要到第 18 年终才能还清本利。这时方案 I 已多收获了本利 558 亿元了。方案 III 按三峡电站真实造价每千瓦 2,000 元计，则须到第 23 年终还清本利。其时方案 I 按每年收纯益 65 亿元计，在 11 年间到第 23 年终已多获本利 2,085 亿元了。

这两比较方式中具体数据或未臻确实，但各方案的相对关系是可靠的。值得注意：方式一中采用的利率高、电售价低，假定 22 年装机完毕，分建方案 I 每年投资 7.647 亿元，可于 22 年后还清本利，从此每年能净收 32.5 亿元，是以四倍地扩大再生产。方式二中采用较低利率、较高电价，假定前 5 年装机完毕、缩短工期，这样每年投资提高到 10 亿元，第 12 年后可开始收益 40 亿元。以后随着装

机逐年增加，第 17 年收益至 65 亿元，这是较早地以四倍半扩大生产。

任何工程可以有多种方案达到同一目标，其经济可行性可能都成立，但这仅是起码的条件。应该采取的最优方案是那个经济效益最大的：年收益对比投资大，工期短，偿还损害少的。社会经济陆续发展，效益较小的自应排在后面实施。这样，社会经济会发展得最快。

上面的经济比较显示，三峡电站的效益要比分散各省中大型电站的差很多，况且计算中还没有包括应该从效益里扣除的各种损失。如果计入这些损失，分散建站的投资效益将显得更突出，而三峡电站本身经核算就不可行。

为了发电，也应和核电站经济比较。核电站的核废料处理每成难题，西德埋之于石盐矿底，效果颇好。美国核电站成本高于水电站，而接近煤运距离较远的火电站。按核电站历史只有三十余年，技术至今还保密；而水火电站已盛行两三百年来，技术发展已近顶点。他年核能技术终将公开展开，成本渐趋减省，可能接近甚至低于水火电站。那时人们自会觉悟，为了发电而截断大江动脉，实非明智。

#### **四、从国防看三峡大坝的修建**

从国防观点说，修长江三峡大坝无异自动制造一个弱点资敌。若使电厂被炸毁，则华中工业瘫痪；若使大坝被炸毁，则两湖三江人民沦为鱼鳖。国际形势，殊难预料。只有当我国拥有星球大战或尤里卡之装置后，才能修建此坝。汛期荆江大堤原已亟须防护。即今葛洲坝蓄水溃决而下，湖北也会遭害。况巍巍三峡大坝，建筑之势，不可御也。

所以，为了国际，长江三峡不宜修坝。

#### **五、结 论**

总结起来，长江三峡大坝之修建，从自然地理观点，从经济观点，从国防观点，皆不可行。为了发电，它可以云贵等省分散大中型水力发电替代，单价既低、工期又短，经济效益在四倍以上，而且三峡电站在本世纪内只有消耗，无所贡献。从流域整体规划来说，大中型电站都应从盆地边缘山区开始，对于电荷之调峰和补偿也都有必要。三峡建坝方略之不可行，是显而易见的，既不需要随后的规划设计，也不需要详尽的试验研究。迫切需要的却是对于水文地貌、环境生态、和经济规划等基本学术的进一步探讨。

# 怎样决定三峡大坝是否修建？<sup>\*</sup>

## 一、概 说

长江三峡高坝工程浩大，规划预期的效益宏伟：发电、通航、防洪等各方面在完成后都将大大影响国家经济。这工程本身是多目标综合利用性的，它是长江流域水利经济整体规划中一个大项目，自应纳入国家经济规划的范围以内。所以，考虑这项大工程的修建问题，不仅涉及其本身在各方面的可行性，也涉及它和同类工程在同一经济区域、同一流域内，以及在国家经济规划的相互可行性比较。这就是说，除了本工程的可行性成立为必要条件外，还要求比其他同类工程具备更高的价值，才能合理地优先修建。

工程技术的艰难是人们对本工程四十多年前提出时最先顾虑的问题。三峡坝发电功率要比半世纪前完成的当时世界最大的美国胡佛坝功率大十几倍。但在今天，筑坝技术已大大进步，胡佛大坝对比三峡大坝真是小巫见大巫了。四十年代美国完成了田纳西流域水利规划，因为这流域跨过几个州，各州法律独立，为了统一起来以建成这个综合利用的大计划，罗斯福总统曾签请国会制定法律，成立了田纳西流域特区组织 TVA，颇见成效。当时我国许多人认为修长江三峡坝也应成立长江流域特区组织 YVA。实际上我国各省行政虽分区，但法律是统一的。大坝后面的人工湖淹没范围虽大，但损失赔偿等许多政治问题总是可以解决的。所以，技术和政治对于长江三峡大坝修建之可行性都不致于起任何否定的作用。

三峡大坝是否可以修建的关键问题是它修成后将改变流域上下水文地貌（属自然地理）的不利影响；是大坝的造价太高，而工期又长，使其单位功率的成本较其他大中型水电站的高出很多，因之其经济可行性未必成立；是大坝水库对国防提出了一个难题；这三点使大坝不应修建。而且在长期以内任何环境变化也难以使其可行性成立的。

---

<sup>\*</sup> 《群言》，1987 年第 2 期。

## 二、不应修建三峡大坝的理由

不应修建长江三峡大坝的理由凡三：第一、从自然地理或水文地貌的观点来看，建坝后将对于上下游地貌起不利的作用：江中的泥沙流将被截断一两百年，江底的卵石流将被永远完全截断，沉积在水库的末端。对于上游，这种沉积将逐年向上游漫延，穿过合川、泸州，再向各支流延伸，抬高河床。一遇洪水，将泛滥两岸坝田，重新进行造陆运动；沙、石却不会向水库深处沉积多少。这是修建大坝合理性的致命点。我们虽不知有多少泥沙卵石滚下来，无法知道坝的寿命，因为至今只能测到河中的悬沙，测不清楚河底的卵石流动。笔者壮年曾在川江上中游四年内沿河边步行过三千公里，眼见陡峻的河槽，清清之水深不及一米时，槽底整个是移动着的；一遇降雨，河水涨高才显得混浊起来，河底卵石移动更快。心想这些沙石滚到哪里去了呢？若说停流在中途，则岷江、涪江各支流却并未见堆积起来，成都平原洪水并未抬高。那它们只能是逐江而下，出三峡，沉积于荆江之底了。大坝之存在便将不许它们出川，改在合川、泸州一带停留下来。

坝的下游，两湖三江诸省的冲积平原在地质历史上原是靠上述泥沙卵石堆积起来的，而且仍在不断建立起苏北和上海浦东的滩涂，同时江口正向海里延伸着。早年丁文江曾约估长江口每六七十年延伸一英里。试看 1930 年的地图上比现今的图要少苏北射阳、大丰、如东、启东四个县份呢。估计每年江苏东疆造地至少十万亩，这财富正是长江从四川搬来的。在三峡修坝后，海岸线外不但不会涨地，而且还要受海流冲击而退缩呢。

造坝截断沙流，使上游洪水抬高，泛滥频繁；下游停止造地，滩涂侵蚀。所以世界上有些国家已停止修建拦河大坝。例如巴西把原计划在亚马逊河上修建而未动工的 25 座水坝全部搁置起来。在马来西亚，全国人民反对修建 40 亿美元的沙朥越巴昆大坝。在印度，停建了已动工八年的赛伦特大坝。在澳大利亚，取消了富兰克林河上修建塔曼斯尼大坝的计划。为了发电，拦河筑坝虽能利用水力，但会影响地貌，危害民生。所以人们一般在源头利用水力发电，不致产生显著的危害处，或者改用火力或原子能发电。

第二，从经济观点来看，三峡大坝每千瓦的成本既高，工期长达 17 年；不如考虑改修许多个大中型 50 至 100 万千瓦站，陆续修建，5 年建成一个，年有所成而回收资金，经济效益更为合算。普通经济常识指出，小本经营，回收资金快，反较长期投资收效缓慢为有利。况三峡坝于 2000 年以前只有资金投入，而无回收，对翻两番的目标只有消耗，没有贡献，显然是不划算的。

第三，从国防观点说，大坝之成无异制造一弱点资敌。若使电厂被毁，则华中工业瘫痪；若使大坝被毁，则两湖三江人民沦为鱼鳖。

由此可见，长江三峡大坝之修建，可行性不能成立。

### 三、关于工程步骤的一般常识

超级大坝断不宜修，然而普通大坝已成的乌江电站乃是技术经济完善的典型，我国西南各省这种有利的自然条件比比皆是，其普遍勘测估价却又阙如。我们何不调动当今成千位正在进行六个月的三峡工程论证的有经验技术人员去勘测，以提供许多技术经济报告呢？

原来一项工程的实施步骤依次是定策、规划、设计、施工和运行。这里设计是指详细的设计，具有图纸，可据以施工。这一步骤费用浩繁，可以占工程造价的 1%至 3%。大工程 100 亿元造价者所需一千万元设计费，小建筑 1000 万元造价者所需 30 万元打样费。为了达到同一目的，可以有许多工程设计需要比较。但若每种设计都这么详细，最后又未必被采用，就太浪费了。于是合理的步骤是先作简略的初步设计，早年称为勘查概算报告，它所需费用就很少了。一个铁路或公路工程师可每天行走以十公里的速度踏勘多条线路，各能给出每线所需工程的规模大小、投资、运行费、和年效益的概数，其误差不大于 15%，从而分别算出各线的工程经济效益，以资比较，而定取舍。只有在决定了采用的某一线路工程方案，并且筹得了款，然后才对这方案组织大量人力进行详细设计。初步设计由富有经验的总工程师担任，这里突出了他工作虽少，出活却精的才能。这些都包括在规划的阶段里。而规划又必须从一定的方略，预先由一些智囊决定下来。前面各节所讨论的就属于方略的问题。

在定策和规划阶段，所需工作量比随后各步要小得多，但需高级的科技知识和才能。对于每个方案都要分别从自然条件、技术条件、政治条件、经济条件、和国际条件定出其可行性。各个方案的可行皆可能成立，就要遴选其中的最高的那个，以便筹款进行详细设计。

可见一项工程在进行中，最先的策略性工作和规划阶段中研究可行性的工作是简要而高深的，它并不需要许多人和经费。只在判定可行性、选定方案后才需要大量人力进行设计、施工。愿各级领导考虑这里提出的工程步骤，使我国有限的技术精力得到合理的使用。

#### 四、长江治理的主要方略

1、长江夔门以上为冲刷减坡段 (degrading regime)，以下为淤积增坡段 (adgrading regime)，镇江以下为准三角洲，凡淤积的反作用是使河纵坡增陡，使上端淤积上延，增厚那里的复盖层；但淤积又使河口延伸，河道增长而减坡，结果全河都在减坡。三段水文地貌各不相同，其治理之道亦异。

2、上游在冲刷减坡过程中，其纵坡之减缓表现在岩基的 U 形河槽不断受水力之切割与卵石夹沙之括刷，说明这整个卵石夹沙复盖层是在向下游移动中。小水时只表面几层卵石下移，必有某种程度的大水全层皆动，方能在 U 形河谷中切割、括刷成 v 形河谷。移动着的沙卵石复盖层，其表层纵断面小水时形成台级。每隔几公里有一跌水或急流 (rapid) 之滩，那里是流速大于波速之射流，其上游为一段缓流，水深较大。每段急流和其上游的缓流组成一独立的水力系统。这种河槽形貌是洪峰退水时所形成的，整个枯水期维持大致一定的槽貌，沙卵石底沙运移较少。这说明全河基岩的纵坡虽有足够的陡峻程度在汛期足以推移整个复盖层，但在退水时和整个枯水期流率  $Q$  减小，同时流速  $V$  和水深  $h$  减小，相应的水面坡降  $J$  也减小，于是挟沙力大大减低；加以退水期  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  为负号，其减速度会遏止底沙运移，于是集中表现为急流或跌水浅滩 (rapid) 和其上游缓坡段。这种随时随地变化的形态及其最后趋向于某种稳定的槽貌服从着笔者提出的最大能量消散率定律。

治理长江上游冲刷段的要则是：

(1) 干流宜宾以上金沙江和岷江松潘以上等凡山区多峡谷者，可修建高坝大量蓄水，调节下游流率，以收发电、灌溉、航运和防洪之利。夔门宜宾之间不可拦河修坝，以免卵石堆积，抬高洪水位，毁坏坝田；只可沿程利用表面急流冲动船上水车发电，宜宾以下八百公里，累积动力可观。

(2) 所有主要支流，岷、沱、涪、嘉陵、渠江等凡坡降平于  $1/1500$  的下游河段，概用河道整治法——丁坝、顺坝束水、睿深航道；在急滩坡陡水浅的河段则用渠化航道法——低滚水坝和活动坝横江以抬高低水位，一边设船闸，一边设电站，并引水自流灌溉。汉水上游和湘资沅澧也是如此。

(3) 所有二级支流，大多坡陡 (约  $1/30$ ) 流微，可引水到江边山头，设前池，压力管道高水头发电。这样，上游各省水利就全面发展起来了。



3、中游夔门至镇江，河槽虽尚低于两岸，但洪水位高于两岸农田，汛期雨水不能自流曳入江内。荆江、扬子大堤防护维艰，危险与日俱增。除护堤、整治河身、加强下游排沙能力外，主要应从宜昌开始，依靠长期睿深河槽，将河沙导往两岸洼地；汛期水有控制地分流淤沙两岸，逐渐使田高槽低，增进曳洪能力，而固堤防。洞庭湖鄱阳湖要长期睿深，将淤泥肥田。云梦泽四周要引进水沙淤高四周，改造成深水湖泊。这是两湖防洪治水的主策。

4、在镇江以下江北扬州要深开一条长江入海径道，分流灌溉江北一带，汛期排洪入海。江南要从溧阳东坝引水 100 秒立方以上经宜兴入太湖。要睿深运河，抬高太湖水位，使增多黄浦江、苏州河流率。分流淤高三三角洲地面，增加海岸后方的清水流量，是下游治理良策。这样缩短入海水道，有利于涮深大江，镇江下大江两岸要束水攻沙，卦淤造地，增加大量肥田。

# 长江三峡高坝永不可修的原由简释<sup>\*</sup>

## 一、长江上游地貌的形成和演变

依据地貌演变分析，长江三峡决不可修高坝。按长江流域是这样形成的：在几万年地质纪元以前，冰川把崎岖的山区先冲成 U 形河谷，退缩时在山头和河谷岩基上遗留有史前的卵石。在当前的年代里，页岩和沙岩的沉积层则有长期风化成的泥沙覆盖着地层。这些泥沙经降雨溅击和地面流冲刷，带动卵石落入河槽。

在山区可以看到，虽在冬季天气晴朗之时，一清到底的水流不断驱使着多层的卵石在河床里移动。这样切割河谷，使江底渐被刷深成 V 形，坡度渐被削平。只要当地不下雨，河中就不会添入泥沙。这些卵石滚到支流中段时，坡降渐平，河面开扩，流速减缓，有的暂时停留下来，形成缓流。其下接连浅滩急流，浅滩上只见有细卵石滚动着。象这样每十余公里组成一段。这些说明，川江上游虽有足够的坡降带动卵石下行，但在中段水小时坡降与流深不足，中段难免有时停留。当河水高涨，河底卵石重新起动，一直逐出夔门。从无人能测知其连底输移的床沙量，但其量定可观，因为川江只会被刷深，不会被淤高。

川江支流一遇降雨，地面流将泥沙冲入河内，河水立刻见浑。这些泥沙除少数粗沙会沉落或再起浮外，大部分不沉河底，一直输出三峡，根本不参与河床的演变。它和卵石来源既不同，运动方式也不一样。它们就是人们能测到的悬沙，俗称悬移质。

这些是长江上游冲刷性河段减平坡降的情况。这是笔者 1938 年任四川涪江航道勘测设计队队长、1939 年任岷江中段队长时所目击的。

出峡后卵石滑落下大陆架，沉到海底。泥沙悬浮一段后也沉落下来。这些沉积体上细下粗，前细后粗，逐渐堆高出水面后，成为河槽和自然堤，经左右淤决改道，形成下游的洪积平原。河道不断延伸，平原不断扩大，出口段平原成为三角洲。这就是长江下游淤积性河段形成的过程。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1992 年 3 月~9 月。

这淤积段的上端同时也向上游延伸，连接上游冲刷段的末端。洪峰退水时卵石沉落下来，逐渐堆积成岩基上的覆盖层。这连接段河道较短，随着洪水的大小上下迁移不定，但在长期内终是上移的。或称中间平衡段，实可舍异不论。宜昌就属这段里。

## 二、长江上游平时泥沙和卵石的输移

如前所述，长江上游河槽里输移着两类不同来源的固体：泥沙和卵石；泥沙在河槽里又分为悬沙和底沙，卵石为床沙。兹分述如下：

1. 悬沙 由细泥细沙组成，只在降雨时入槽，一入槽便随水不停地直出夔门，中途不落淤停留。在宜昌水文站测得多年平均悬沙输沙量为 5.23 亿公吨，其中 73% 输于七八九月。它随水漂浮，虽加重了密度，跟着撞击河岸，但本身不参与河床演变。

2. 底沙 落入河槽的泥沙中有少数粗颗粒的沉落河底，有的时起时落，称底沙、或推移质。它可以勉强测到，在长江无长期记录。专家报告中从黄河资料中底沙占悬沙 1/10 的关系移植到长江上来，即年底输量为 0.5 亿公吨。并据此作动床模型试验，认为全部造床质里没有卵石运动着，仅是这些底沙推移着，再没有别的了。

3. 卵石床沙 它是地质纪元前冰川退缩时遗留下来的火成岩或变质岩滚成的石子。在河槽里它坐落在河谷最低的岩基上，夹着些粗沙，组成为河床。在一级支流的源头高段，坡陡流急，没有降雨时清浅见底的水流里终年时时刻刻地推移着。正象 1879 年杜布瓦 Dubois, P.F.D. 所描述的那样，削低岩基，减平坡降，不仅是表面一层，而是多层甚至连底同时不停地推移着。它们才是组成河床的所谓造床质，也就是河床的主体。它的运移表现为河貌演变，也就是我们要考查的目标。它运动的力源是它本身受到的在陡坡上的重力和水流的冲击力与推动力。即使没有悬沙存在，它也自己移动。只在坡平水浅地段暂时停留，水涨重新移动。

这类造床卵石年输移量，因在洪流中连底移动，深水下难以测知。至今人们常把它和底沙混淆起来，未列专项，最佳者只测到表层一层移动的卵石。宜昌水文站所测得的底沙年移量为 6,000,000 公吨，比今报告估计的 0.5 亿公吨还小，所测得的小于 10mm 直径的卵石年移量则为 758,000 公吨，当然只是象底沙那样表面一层。方宗岱根据许多表层卵石资料估计此数为 11,700,000 公吨。专业报告只计底沙，即定造床卵石移动量为 0，亦即假定卵石河床在洪水下也固定不动。根据一级支流源头卵石床时时刻刻地移动的现实，对比悬沙只在降雨时出现而且年

输沙量还有 5.23 亿公吨之多，则估计卵石年移量不少于 1 亿公吨允为合理。况且人们可看到所有二级支流出口都产生卵石淤积的急滩，洪水时可被全部冲走，退水时又重新淤积成滩。又暴洪下可以观察到全体卵石急速下移。总之，造床卵石是河床演变的主体，其量可观，不可忽视。这 1 亿公吨多年平均输移量甚至在一次洪峰下淤积，亦不足为奇。

### 三、三峡水库运行后沙石输移和成灾估计

三峡高坝建成后水库壅水末端将达重庆以上。江流直下到这里时，水深增加，流速减慢，所挟带的沙石将沉落河底。其中细泥可能漂游出坝，细沙走前远些，粗沙沉积在重庆上下，而全部卵石则先沉落在粗沙后面，夹杂些底沙在石缝里。这是简单明了、不可避免的现象，毋须试验证实。

这些沉落的卵石夹沙，抬高了水位，使续来的洪水再沉落沙石在后面，这样陆续向上游漫延，直到其淤积平衡坡降和天然河道的坡降相交而止。这样，这段下游冲刷基面的控制提高了，河槽淤高了，沿途重新起造床运动：也就是洪水泛滥，淤高两岸平原。这现象先出现于江津、合川，然后漫延到泸州、遂宁、南充、渠县，影响所及，四川四分之一流域的坝田城市沦为泽园。当然，巴蜀多才士，不待淤积近江津合川，甚至重庆出现堵塞港口，早就跳起来呼吁赶快制止这淤积漫延。实际上，水库蓄水后只要来一次十年一遇的洪水，重庆上下就会淤起卵石，群众就会恐慌；不会象今专家报告中的乐观姿态：百年无恙，一字不提卵石淤塞的问题，而明明全部川江干支流的造床质是卵石夹粗沙，是会运移的！

比我们理智些的子孙们定会聚起来讨论怎样挽救。从水中淘起卵石来，是量大费贵，太不现实可行。但看灌县都江堰内江淘起之量每年可观，淤在重庆的将十倍也不止。这不象黄河三门峡可以打开全部底洞尽量排水，以减少淤积，长江水大坝高，能放低水位有限，沙石总是在库内，川江还须通航。唯一办法只有炸去三峡新修的大坝，宝物反成灾害。但是移走机电设备，搬掉石碴，由于两边千多米高壁，必须船运出峡，这也须耗资几亿元。我们的子孙将怎样看待我们今日的科学化和民主化？也许有更多张表方（讳澜）出现，川汉铁路事件和辛亥革命是前车之鉴。这将是修建三峡高坝的收场。

专家报告中提出所谓蓄清排浑的妙策。必须指出，这妙策在黄河三门峡调度水库也是不成立的。搬来长江三峡水库更是错误：第一，筑坝修库原是为了蓄洪削峰，错过下游洪峰，以免同时出现。现在为了排浑，反其道而行之，汛期尽量排洪。加以长江洪水量巨峰平，水库对下游减洪作用原本很小，照此运行则水库

几无作用了。第二、秋季长江未必年年大水足以回蓄发电。第三、这样调洪只能多排些细泥，卵石粗沙仍落库内，不过位置前移些。

所以长江三峡高坝是根本不该修的，不是早修晚修的问题。主观上是兴国利民，客观上是祸国殃民。何则？科技不讲而唯上成习异也！

这还是大坝仅对自然环境的作用而言，此外，经济可行性等问题也不合理，不赘。

#### 四、建立长江三峡水库有关河床演变的基本原理

1. 方宗岱等统计重庆寸滩等处的冲淤资料结论，寸滩断面是微淤的。又三斗坪坝址覆盖层达 35 米之多。故重庆以上大致属于长江上游冲刷减坡的河段。凡在这种河段里，长期内河槽总是被刷深的，坡降总是渐渐减平的，河槽内的造床质陆续被输往下游。因此多年平均输沙量和年流量一样，总是下游大于上游的，长期内中途不会淤积的。

2. 宜昌以下是长江淤积的河段。这淤积段也是慢慢向上延伸的，所以三斗坪有 35 米那么厚的覆盖。重庆宜昌间长期内原是在渐渐淤积着，当然某年可能是冲深些，但大多年份是淤积的，所以寸滩表现出微淤的记录。凡在淤积段里筑坝抬高水位，就抬高了坝址的冲刷基面，Evolution datum，或抬高了其水位和流率（ $H \sim Q$ ）的关系线，使得其上游河段没有筑坝时本是微淤积的，变为更多更快的淤积了。这是一个普遍性的原理：凡淤积段不可筑坝抬水，不管坝有多大排水能力，不管用什么“蓄清排浑”的妙策，坝上游淤积将加甚。所以三斗坪根本不可修坝。若把重庆—宜昌段看作冲淤平衡（in regime）的河段，则筑坝后库内仍将淤积，除非准备掏挖以维护航道。

3. 考虑河床演变的对象应是造床质固体，它的移动表现为河床演变；而决不是悬移质泥沙，它悬浮在水流里，并不参与河床演变。只在拦河造坝后会有部分泥沙落淤在水库末端一带，夹杂在卵砾石的缝里。长江三峡以上造床质是砾卵石，坐落在岩基上；悬移质是泥沙。不象黄河下游，造床质和悬移质都是泥沙。

4. 整个四川盆地的基岩上全面铺盖着这地质史前火成岩或变质岩碎裂后所滚成的砾卵石。盆地岩基则为页岩和沙岩以及少数灰岩分层组成，冰川后退前括成川江干支流的 U 形河谷。砾卵石在槽内的堆积最多，两河槽间的丘陵地较少。山区源头河槽坡降陡达 1/100 以上，当不降雨时，一年四季多层卵石粒径 0.015 米左右的不停地在浅水下慢慢移动着，清晰可见。滚到中游支流坡降减平段暂时停留。再待大水时随着大卵石一起滚出夔门。显然，三斗坪坝址卵石 35 米厚全是

上游移下来的，决非土生土长的。这些说明，卵石流是很强烈的，支流沿程可以看到连续的急流浅滩。

5. 丘陵地表层基岩风化成为沙和泥，降雨时被地面流冲入支流河槽。这些水沙流带同卵石造床质把河槽刷成 V 形。大水退时泥沙落淤两岸，造成两边各十公里宽的冲积平原。平原土层不厚，象岷江流域号称沃野千里的都江堰平原，其土层也只厚一米左右。这里史前原属湖相，故较宽大。在这四川盆地上生活着一亿人口，还有余粮出口。一遇降雨，河流立刻高涨变浑，由于坡陡流急，泥沙始终悬浮，直奔夔门，并不参与造床运动。

6. 人们可以测到悬沙，也可在中小水时测到一些表层推移质底沙。但是移动着的河床砾卵石是很难测到的，大水时更不可能。而大部卵石输移却正发生在汛期。由于卵石铺满在全面盆地上，并非限于盆地四周高谷之内，所以年输沙量是随着年流量沿流程增加的，坝址通过的年输沙量乃是盆地上卵石全面运动的综合，并非只是许多山谷里出来的沙石量综合。其量可自盆地单位面积卵石输移量推算，如附表。

现在就手头有的三个小流域卵石床沙年输移量试行分析。三个单位面积年输沙量分别为 87.0，90.7，54.9 吨/方公里。这些资料当然都是粗略的，只是在数量级上大致是有意义的。这些数据一定还是偏小，它们都是当中小水时的估量，大水时无法量测或估计。又金沙江坡陡流丰，出来的砾石既巨又多，其单位面积年输移量要比这三组数据大得多。据此，估计全流域单位面积卵石、砾石夹粗沙年输移量为 100 吨/方公里，允为合宜。坝址以上面积 100 万方公里，则卵砾石年输移量平均为 1 亿吨，相当悬移质泥沙年 5 亿多吨的 1/5。这和都江堰测估的年输移量卵石推移质 200 万吨对比泥沙悬移质 1,068 万吨也是 1/5 一样。

四川各小流域卵石床沙年输移量分析

小流域出口	河长 公里	集水面积 方公里	年输移量 万吨	单位面积 年输量 吨/公里 <sup>2</sup>
岷江都江堰	341	23,037	200	87.0

（都江堰工程处供给资料）

涪江平武江油间	150	5,510	50	90.7
---------	-----	-------	----	------

（黄万里 1938 年实测涪江河道时估算资料）

宜昌黄柏河口	140	1,911	10.5	54.9
--------	-----	-------	------	------

（长江葛洲坝泥沙研究成果汇编，第 631 页。）

7. 早年只有杜布瓦曾分析过床沙推移的现象，至今床沙和底沙归并为一类，并认为它们是分层掀起运移的。这在下游河道坡降平缓，象黄河下游悬沙、底沙和床沙为同一种的泥沙，可能如此。在长江上游山区支流上坡陡流急，卵石床沙虽在枯水清流下也是多层同时运移的；只是当暴雨时地面流挟带泥湍泻入河槽，才见泥沙悬移。床沙和悬沙运动机理迥异，其流速垂线分布也不连续。卵石床沙运动的机制尚未为人们掌握，量测河流的床沙运移也迄无办法，也未测知卵石颗粒粒径及其大小分布。更不可能藉模型试验推论出河流的卵石床沙输移率。所有这些输移的卵石床沙在筑坝后将沉积在水库末端，没有一颗可能排出坝下。我们还没有方法通过测量或试验推知其沉积量，只能按上节间接从小流域单位面积的年输移量推断年平均 1 亿吨沉积，这还未包括卵石夹缝以外的泥沙沉积量。

这每年 1 亿吨砾卵石夹沙是年输移量或年沉积量的统计平均值。它并非在年内或汛期内均匀地出现的；它可能通过一次或历次洪峰短期内沉落。十年内或廿年内可能由一次洪峰带来十年或廿年一遇的几倍于这年平均的沉积量，堵塞港口或航道，无法及时清除。当然也可能在一二十年内汛期洪水较小，年输移量不及这平均值一亿吨，而航道安全畅通。

8. 结论：长江三峡段受宜昌下游河段淤积延伸的影响，是属于缓慢淤积的河段。四川盆地漫铺着砾卵石，它是上游干支流的造床质，其输移量可观。当其输移不动而沉积使三峡建坝永不可能。

## **五、关于三峡工程报告和三峡办公室对 42 号委员答复中 一些违背上述河床演变原理的论点**

1. 凡考虑河床演变，其目标对象应是造床质。这在长江上游是砾卵石，不是泥沙。泥沙在长江上游是悬移质，并不参与河床演变，只有筑坝改变了水流的自然情况后一些粗沙夹在卵石缝里，部分粗沙沉落在水库末端。今所有模型试验和推算中的原始资料不论悬沙、底沙和床沙一概用同一种泥沙，在量测不到实际运移的底沙和卵石床沙情形下这样做，是不符合原体运移情况的，所得结果和推论是无意义的。

2. 洪水时这些卵石造床质在四川盆地上和金沙江流域内全面地运移，并非只有四周山谷里输出卵石。这从四川 817 洪水各地的图片上可以看到，人们凡亲历川江各大支流发洪水时，也都可看到卵石运移、河床演变的真实情况。

长江上游干支流自重庆以上都是冲刷性河型，年输沙量下游的必大于上游的，否则盆地内将出现长期内堆积的沙石，而这现象从来没有。

如今岷江都江堰鱼嘴实测的年平均输移卵石量达 200 万吨，而下游寸滩的倒只有 27.7 万吨，宜昌有 75.8 万吨。前者流域面积只有 23037 方公里，宜昌则达 1000000 方公里。宜昌年输移卵石量理应较都江堰大 50 倍左右，今反而小到 1/3，殊难解释。都江堰鱼嘴处水浅，卵石输移可以观测清楚，虽有误差，总不至于达到数量级的错误。而寸滩宜昌长江断面水深 30 米，量测卵石床沙的运移，难以得出可靠数据。特别是当洪水时实际上无法量测。在测不到的情形下，不能说床沙是静止的，或其量甚微，容易处理。况且长办自己掌握的黄柏河卵石运移量测，区区二千方公里内竟输出沙卵石十余万吨。凡床沙运移量测总是偏少的，所以相形之下百万方公里内只输移年 75.8 万吨，显然是完全不可靠的。如前所分析，三峡砾卵石床沙出口年平均一亿吨，较为合理。

3. 现在还未有挖河机械设备能在几十米水深下快速地掏起大量的大卵石来。蚌爪式挖泥机只能抓些泥沙和小卵石，而且动作很慢。上述估计的年输移卵石平均一亿吨可以在一两次洪水几天内运移下来而沉积在重庆上下。欲挖掘机船的能力与之适应，现淤现掏，以保证通航，实难做到，所谓“入库卵石下移很慢，数量有限，……可以采取对策”，不知何所据而云然？继续下来的卵石将向上游延伸，洪水淹没江津合川的田地，贻害无穷。

周恩来故总理曾警告过：三峡修坝决不能影响长江交通大动脉，一有这种情况出现，就只能炸掉大坝。

炸坝后由于两岸直壁高近千米，不能就近出碴，只能用船运出峡到下游空旷的地方抛弃，其费不赀。即使在清除大坝石碴，江流畅通之后，重庆一带所沉积的砾卵石也不可能藉自然流水冲刷出峡，因为这些洪流下来时另又挟带着已充其能带量的砾卵石，没有余力再增加负荷可以挟带或冲动原先沉积的砾卵石，所以所有沉积的沙石一律须掏挖起来用船运出峡，其费更属不赀，且长江须断航几年。

乃今人说，卵石淤积很慢，来量不多，大坝可以维持发电航运长达一百年的寿命。就照这说法，百年后仍须炸坝运走石碴，并且须挖起过去一百年间所沉积在江里的砾卵石，才能通航并免除淹没江津合川田地。把这笔帐算入投资和善后运行费里，仍会得出此坝决不可修的结论。

4. 现在我们必须认识清楚的是，砾卵石年输移量实际上大致是平均一亿吨左右，决非 75.8 万吨。不管此是彼非，大家至少都承认不论来石多少，总之一颗也出不了大坝，沉积是肯定的。至于悬沙 5 亿多吨年平均量造坝后，将有部分随着砾卵石淤积在重庆之下，将是次要的问题了。主要是认识清楚砾卵石的年平均输移量究竟大概是多少，但不管多少，它们必将全部沉积在重庆，根本毋须作什



么模型试验。况且当代模型试验对于动床的模比无论在原理上或方法上皆未成立，其根本性错误有下列诸方面：

(1) 水道在不定流下其中任何横断面上的水力条件既取决于上游来水来沙的变化，同时也决定于下游控制面以上所有断面的水力和槽形变化情况。所以，凡作试验所取河段必须从已知入流情况的断面起始，直到下游控制断面为止，不得仅仅截取其中一段，遗弃其下游直到控制的一长段，因为这一长段的河床演变情况决定着所取段最下断面上的水流和河床演变情况，缺了它所作试验便无意义。这最下断面的各种水沙流变化情况又取决于其下游直到控制的一长段演变情况，这情况也必须藉试验定出来，不可能代之以计算。（例如今韩其为所作的假定恒定流的计算）。若然可能代以计算结果，那何妨全部都作计算，又何必作局部不可靠的试验。所以说，若靠试验作水力分析，必须取已知入流断面直到控制的全河段，这就太长了，实际难办到。详见黄万里：“试验研究明槽非恒流的旨趣与途径”。

(2) 模型试验所用的佛路德模型律数只是两种速度——流速和波速的比例，只能反映运动学的相似律，对于定床清水流是合用的。其中未含质量为参数，未能反映流体和泥沙固体的不同作用，因此不是动力相似，不能用于两相流的分析。试验中单靠起动相似，不能反映含沙浓度和卵石夹沙颗粒大小不同所起的不同作用。试验不可能反映原体河床演变在模型中的相似性。我们还须建立一个新的动力相似的模比定律。

(3) 在水沙流模型理论中，沙流的连续方程普通地采用了拉波拉斯方程是错误的。准确的沙流方程应是泊桑连续方程：

$$\frac{\partial q_s}{\partial x} + \gamma' \frac{\partial H_b}{\partial t} = - \frac{\partial(sh)}{\partial t}$$

式中  $q_s$  为单宽输沙率， $H_b$  河床底面平均高程， $\gamma'$  床沙带有空隙的干容重， $x$  流程， $t$  时间， $h$  水深， $s$  含沙浓度。拉波拉斯方程不同于上列泊桑方程之处是式右边一项为零，亦即假设水沙流中单宽浓度在河床冲淤过程中随时不变。这可从实测资料中考查，是没有根据的。人们却都用上式来推算沙流的时间比尺，是错误的。若改用正确的泊桑方程，就会觉悟质量守恒连续方程根本不能用来推论时间模比，我们另需要一个正确的两相流模比律。（详见黄万里，1975 年“沙流连续方程意义的简释”）

总之，动床模型试验的理论与方法当今还未成立，各家试验结果，也大相迳庭。好在三峡的沙石在水库内的沉积问题根本毋需试验，卵石不管多少，将颗颗沉在重庆。

## 六、论三峡高坝工程经济核算中的错误

### 1. 经济核算方法的错误所在

据 1990 年 7 月三峡工程论证领导小组办公室所颁发的《长江三峡水利枢纽论证情况》：“三峡坝工程的静态投资按 1986 年末价格计算为 361.1 亿元”（第 26 页），“投资分解到用于发电的近 300 亿元”（27 页）。“移民不间断地进行，20 年移完。”“枢纽工程总工期 18 年，其中准备 3 年”（9 页）。按这 300 亿元发电投资是在 20 年内陆续投资的，若每年平均地投入，则合每年投资 15 亿元，其中前几年投资少于平均数。兹设加快施工准备，改按 15 年全部竣工开始发电核算，每年投资平均 20 亿元，静态投资 300 亿元不变。其动态投资算到第 15 年底全部竣工后开始收益时的现值  $C=C_{15}$  及其年回收  $F$  可“按国家有关规定及电力生产的资金利润率按 10%核算，上网电价每千瓦小时 9.3 分”（28 页）计算如下：每年投资  $c=c_{15}=20$  亿元，年利率  $r=0.1$ 。

$$\begin{aligned} C_{15} &= c_{15}(1+0.1)^{14.5} + c_{15}(1+0.1)^{13.5} + \Lambda \Lambda + c_{15}(1+0.1)^{0.5} \\ &= c_{15} \cdot 1.1^{0.5} [1.1^{14} + 1.1^{13} + \Lambda \Lambda + 1] = 20 \cdot 1.1^{0.5} \frac{1.1^{15} - 1}{1.1 - 1} \\ &= 20 \times 1.0488(4.177 - 1) / 0.1 = 20 \times 33.323 \\ &= 666.45 \text{ 亿元} \end{aligned}$$

这是静态投资 300 亿元的 2.22 倍。凡工程经济可行性是否成立，要考查总投入  $P$  的年成本  $Pr$  对比年回收  $F$  的大小；若  $F > Pr$  则可行性成立，否则不成立。 $Pr$  为  $C$  的年息  $Cr$  加年运行费  $O$ ，再加年折旧费  $Cr / [(1+r)^N - 1]$ ：

$$Pr = Cr + O + Cr / [(1+r)^N - 1]$$

式中  $N$  为工程寿命，现假设年运行费包括维持工程的费用  $O$  较大， $O = 0.02C$ ， $N$  定为 100 年，末项可忽略不计。 $C \times 0.1 / 1.1^{100} - 1 = 0.0000073C$ 。所以，

$$Pr = Cr + 0.02C = 0.12C_{15} = 79.98 \text{ 亿元 / 年}$$

$$F = 840 \text{ 亿度电 / 年} \times 0.093 \text{ 元 / 度} = 78.12 \text{ 亿元 / 年}$$

表示  $Pr \approx F$ ，两者近似，经济价值大致成立。由于电价算得太廉，若每度电 9.3 分算高些就可行。但若考虑到每年必须掏挖卵石，则工程仍不可行。

报告中核算资金未计入国家拨款的投资利息，只算进贷款和还款的资金，是不合理的，因为这款项若投入他处，自可获得应有的利益，以帮助经济廿年翻两番。不算入国家拨款的利息，就延缓了国家经济发展。这样核算，便无意义。

又报告中计算的投入现值是“按 10%折现率折算到开工年”，用来和产出对比，于是得出“产出高于投入的净现值为 131.2 亿元”。（27 页）按开工年尚未开始有产出的收入，怎可按这时期的现值对比？象这样把 15 年的工程费推回到开工年以核算投入成本，则工期越长成本越小，显然是错误的。

竣工前只有支出，虽可使部分装机提前发电，移民须 20 年陆续完成，水未蓄高，只能有少数电费收入，怎可能“贷款偿还期及投资回收期都是 20.6 年，即竣工后的次年即可还清贷款，收回投资。这是其他大水电站做不到的”。（28 页）确实如此，全世界也找不到这样一个电站，工期绵绵 20 年，而第 21 年内就连本都回收了。即使“第一批机组发电的工期为 9 年”，而连续移民须待 20 年，工程准备需 3 年，9 年起能在水库蓄满水后发多少电？显然其错误在未计利息，又把工程现值返算到开工年，故其“产出高于投入的净现值 131.2 亿元。”

本节引用的各段皆录自三峡工程论证领导小组：《长江三峡水利枢纽论证情况》，1990 年 7 月，括号中页数概指这小册子中的页数。

2. 必须提醒：一个工程方案即使其经济可行性成立，并不意味着就该实施。应该作出许多比较方案，择其符合要求而效益最大，即产出对比投入（F：Pr）最大的那个方案先行。国家对于电能的要求是逐年增加的，并不会经过 15 年 20 年提出一突然的要求。今三峡电站须通过一二十年才提供一突然大量的电力，供需在时程上极不配合。此其一。国家对于电能的要求是分散在各处用户的位置上的。早先规划输电网的经济半径是小于约 500 公里，再远输电损失太多，不合算。今迫切需增电力的是华东，三峡及葛洲坝大量电能华中用不了，千余公里外输华东太不经济。不如首先开发赣江各大支流上游的电力几百万千瓦，就近供给华东；同时在华中开发湘澧各江，在西南云贵川各省则电力有余。就近联网，相互接济。50 万至 150 万千瓦的电站修二十几个，分布长江上中游，施工五年即可完成这样一个电站，在供需位置上可以大大减少输电损失，足以替代三峡水电站。许多人建议改修许多大中型电站分散各地，以适应用电地点，是为了减少网路输电损失，中小型电站成本也低；并非限于四川盆地四周山区，也不是为了防洪，以替代三峡一个大坝。此其二。论工程经济效益，特大型水电站如葛洲坝站反而不如百万千瓦以下的大中型电站。据汪胡桢统计，工程造价按 1983 年以前的平均数：葛洲坝电站每千瓦 2000 元，工期 12 年；各省分散的大中型电站每千瓦 880 元，工期 4 至 5 年，工程经济效益相差很大。此其三，所以，三峡大坝经济可行性即使成立，也应首先兴修赣江、湘澧等大中型电站。

规划电站布置要合时、适地、按效益大小为程序依次修建，乃是社会主义扩

大再生产尽快地发展经济的原则。不修 880 元每千瓦的电站而去修 2000 元每千瓦的，等于 1930 年美国胡佛总统当众表演把大量粮食沉在海里，抬高粮价。社会主义计划经济制度并没有错误，它应根据市场要求作规划，理应总是优于市场经济；理应帮助贫穷地区经济开发，以扩大全国市场；错误都是发生在以往错误的具体经济计划上。

3. 电站太大反而不经济，三峡工程便是明显的例子。专业于水工建筑等每不熟悉工程环境作用的原理，但对于工程经济的常识都能毋须通过计算而一目了然：

(1) 中国科学院 1984 年起水利组刊物误认为我国水资源不是最多，南多北少，夏多冬少，不合农业要求。至今张光斗发表论文，误认为我国水资源全球排行第六，荣获中国科协特等奖励。实则我国水资源在全球为最丰富的，时空分布也最合适，所以世称我国以全球 7% 的耕地养活全球 22% 的人口。张光斗等的错误是把河中的水流，包括抽水马桶出来的弃水，作为农业、工业和他们日常的饮用水资源，于是苏联加拿大等大量弃水流入北冰洋的国家便成为全球水资源最丰富的国家，而把降落在农田上的有效雨量排斥在水资源之外。必须认清我国所缺少的是有水处的耕地而非水量。懂得此理，对三峡高坝淹没田地五十万亩，迁移人口一百多万，以换取水能每年 840 亿度电，而须耗资 666 亿元（86 年物价），这样一个方案就会踌躇是否值得做了。

三峡工程静态投资中据报告 1/3 花在迁移人口上，其他 2/3 用在工程上。这就是说，对比一个山区中小电站工程没有淹没损失的，本工程就要多耗费一半的投资。这说明本工程的代价是极其昂贵的，并且引起的社会问题是否可行，还须斟酌。

(2) 三峡电站工期 15 年，对比同每千瓦造价的中小工程或大工程工期较短者就显得不利。兹举例说明如次。设静态投资每年 20 亿元如前不变，而 15 年内分为三批大中型工程，每五年完成一批，每千瓦造价如前不变，每批发电  $1/3 \times 840 = 280$  亿度电每年。15 年终产了仍共发电 840 亿度每年，每度仍按 9.3 分计不变。试算其 15 年全部竣工时的现值，比较其投入和产出的改变如下。

前 5 年完成的第一批工程的动态投资即算到第 5 年底的现值  $C_5$  是

$$\begin{aligned} C_5 &= 20[1.1^{4.5} + 1.1^{3.5} + \Lambda \Lambda + 1.1^{0.5}] \\ &= 20 \times 1.1^{0.5} [1.1^4 + 1.1^3 + \Lambda \Lambda + 1] \\ &= [20 \times 1.0488 \times (1.15 - 1) / 0.1] = 209.76 \times 0.611 = 128.06 \text{ 亿元} \end{aligned}$$

从第 6 年起到 15 年终了这 10 年间每年须付息  $0.1C_5$  外，还须开支运行费  $O = 0.02C_5$ ，合计  $0.12C_5$  每年。

同样第 10 年完成的第二批工程的现值  $C_5$  也是 128.06 亿元，这批从第 11 年到第 15 年底这 5 年间也须开支  $0.12C_5$  每年。最后第 15 年完成的第三批工程也是 128.06 亿元为现值，并未开始开支。

三批工程投资和开支都算到竣工期第 15 年底的现值是  $C_{3 \times 5}$

$$\begin{aligned} C_{3 \times 5} &= 128.06 (1.12^{10} + 1.12^5 + 1) \\ &= 128.06 (3.106 + 1.762 + 1) = 128.06 \times 5.868 \\ &= 751.45 \text{ 亿元} > 666.45 \text{ 亿元} = C \end{aligned}$$

这分三批完工的总投资成本现值 751.45 亿元，比三峡工程序设计年完工的相应现值 666.45 亿元较大，是由于分批工程提前运行的费用现值有 85 亿元。

每批工程每年回收的电费是  $1/3 \times 840 \times 0.093 = 26.02$  亿元/年。第一批从第 6 年起到第 15 年回收本利总值为

$$\begin{aligned} &26.02(1.1^{9.5} + 1.1^{8.5} + \Lambda \Lambda + 1.1^{0.5}) \\ &= 26.02 \times 1.1^{0.5} (1.1^9 + 1.1^8 + \Lambda \Lambda + 1) = 26.02 \times 1.1^{0.5} + \frac{1.1^{10} - 1}{1.1 - 1} \\ &= 26.02 \times 10.488(2.5917 - 1) = 26.02 \times 16.715 = 434.92 \text{ 亿元。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{第二批从第 11 年到第 15 年底回收的现值是 } 26.02(1.1^{4.5} + 1.1^{3.5} + \Lambda \Lambda + 1.1^{0.5}) \\ &= 26.02 \times 1.1^{0.5} + \frac{1.1^5 - 1}{1.1 - 1} = 26.02 \times 10.488 \times 0.611 = 26.02 \times 6.408 = 166.74 \text{ 亿元。} \end{aligned}$$

第三批第 15 年底完工，这时尚未回收电费。

三批工程回收的电费都算到第 15 年末的总值是

$$R_{3 \times 5} = 434.92 + 166.74 = 601.66 \text{ 亿元}$$

其时总投资的成本现值为 751.45 亿元，扣除这回收总值，乃得第 15 年底这三批工程的净总投资现值为  $C_{\text{净}} C_{3 \times 5} - R_{3 \times 5} = 149.79$  亿元。相应的三峡工程 15 年竣工后的投资现值则为  $C = 666.45$  亿元。此后两者收效完全一样，即每年回收电费  $F = 78.12$  亿元/年，支付运行费  $O = 0.02 \times 666.45 = 13.33$  亿元/年。总结如下：

	第 15 年底竣工后投资现值，亿元	第 16 年始 亿元				
		运行费 O	$P = C + \frac{O}{r}$	Pr	年回收 F	F v.s. Pr
三峡电站	$C = 666.45$	13.33	799.8	79.98	78.12	$F \approx \text{Pr}$
分三批电站	$C_{\text{净}} = 149.79$	13.33	283.1	28.31	78.12	2.76:1

由此可见，分三批完工的短工期大中电站比三峡特大电站经济效益大两三倍之多，理应先修短期电站。

(3) 电站修在大江大河上，那里坡降比较平缓，受下游淤积段延伸的作用，岩基上面大多有较厚的复盖层。长江三斗坪坝址卵石积盖平均厚 35 米之多，修重力坝时必先挖掉，使坝身坐落在岩基上。对比一个坝设 150 米高，直接落在岩基上，可得发电落差约 100 米，如今三峡大坝只能得平均落差 65 米，发电功率打了一个 65 折。通常山区坝址在冲刷河段上复盖层较薄，没有这般大的折扣。这是大江上修特大型电站的自然亏损。

(4) 大江大河流大而猛，所用溢洪道须特别长。长江三峡普通宽仅 100 至 500 米，故称峡谷。而为了汛期排洪，更为了实行妙不可言的“蓄清排浑”水库运行法，最大泄洪能力需要 73440 秒立米之巨。其时电站最多排泄 19050 秒立米外，尚须泄洪 54390 秒立米。按设计由深孔排泄 47890 秒立米，仍须由溢流堰溢流 6500 秒立米。于是设计了 400 米左右长的溢洪道，使坝身总长达 1800 米。虽有着较窄的 500 米峡谷反而无法利用，不得不另找宽阔的河段筑坝，工费成倍增加。况且溢流坝的断面较非溢流的坝段要大，单宽造价较贵，大江在平面上坝也不能取拱形以分散应力向两侧岩壁。总之，大江虽流大而集中，电站单位千瓦的造价反而较高。其中部分原因是汛期排沙抑低水位，减小了落差，秋冬则流少而减功率。约估因这因素坝工造价要增加 25%。

总合起来，三峡高坝对比山区大中型电站造价成本在四方面要昂贵：(1) 由于淹没损失移民用费高达 150%；(2) 由于工期太长要高达 276%；(3) 由于卵石复盖层 35 米厚于岩基上要高出达 154%；及 (4) 由于溢洪道特长要高达 125%；总合起来，共计提高造价 797%，即增为 8 倍，或加价 7 倍。这是相对于没有淹没损失、工期只有五年、没有卵石复盖层及溢洪道特长等四种最有利的大中型电站而言，其造价当然较小。一般来说，三峡大坝较普通大中型电站高出三倍是肯定的。这里还未考虑卵石沉积的问题。所有这些，毋须通过应力分析，一般专长于水工建筑的工程师都能粗略估计，从而定策，根本毋庸作出工程设计，连工程技术的可行性研究也毋须进行，而得出论断：根本不可修建。

## 七、论三峡水库的防洪效果及长江中下游的治理

长江上中下游的防洪治理依靠水库蓄洪节流其效果是较小的，远不如堤工、河道疏浚等其他方法。主要原因是长江的洪流时程表现为量大而峰平，蓄洪能抑低峰顶很少。兹阐述如下。

1. 三峡出口百年一遇 30 天的洪量达 1392 亿立米，而三峡高坝的设计防洪库量只有 220 亿立米，所能减峰的作用有限。据长办资料，下游荆江大堤最高处只要加高 0.8 米，就能通过这高峰而无恙。不论有无三峡水库，1954 年洪水来临，汉口的最高水位都是 29.73 米，仍将淹地，仅仅可减少一些面积。这些说明三峡水库对于中下游防洪防涝无大作用，对于下游节流灌溉又原本无需要。

2. 按长江流域面积大，长宽比大，坡降陡，故其洪流时程线（Q-t 线）量大而率并不高，形平坦；不若黄河洪水历时短、洪量小，而洪峰尖削，其蓄洪减峰作用最为显著；三峡蓄洪不能减低多少下游水位，而且按照“蓄清排浑”的运行法将使下游洪水历时加长，防护工作艰苦加甚。种种说明，长江防洪必须主要依靠堤防和疏浚，决不能依仗三峡大坝。

3. 长江上游四川盆地本身的防洪策略主要也是在加大干支流的过洪能力，而不是在许多山头蓄洪，因为干支流源头坡降皆陡，建立蓄洪水库的工费太大，只能主要依靠堤防，和长江中下游一样。据此，盆地尽量排出的洪流将集蓄于三峡水库内，增加了水库防洪的负担。所以由于四川盆地本身也要求尽量泄流以适应防洪的需要，长江中下游防洪更不能依靠三峡水库之蓄洪能力。

4. 三峡大坝既非长江中游防洪所可依靠，而长江中下游迫切需要防洪。何以救此燃眉之急，除了加强堤防之外，必须从速进行疏导和浚河两策。况且长江也和黄河一样，泥沙和卵石不断淤高着江槽，防洪要求不断增加，疏导之策笔者建议如此。

（1）在中游只要当江水位高于两岸水道时，尽量从多个穴口（泄流洞穿过堤身的）排泄水沙流分送两岸水道，佐以捣沙设备捣起江中积沙，加浓出流含沙，长期不断。这需要先在堤内开洞设闸，并整顿两岸水道，使能容纳出流，淤灌泥沙于两岸滩地。当其穿过湖泊洼地，可任其落淤。再由湖边居民用拖斗将湖中积泥拉上河岸淤灌田地。两岸洼地上小河小湖太多，要有规划地改为少数大河大湖，这样可容纳积沙很多。不禁止围小湖造地，但规定必须拖泥上田，既增湖泊容积，也于私田施肥有利。在大湖里由公众用挖泥船抽出淤泥淤灌田地。这样可替代挖泥船在大江中抽水挖深河槽。长期地泄出泥沙流，不断进行，以减轻诸分洪口排沙的要求。这样两岸洼地逐渐升高，江槽逐渐降低，大江过水能力增大，漫堤压力减轻，于是江治。

（2）在下游扬州打开一分流道直接导江出海。这径道长约 200 公里，可缩短流出吴淞口的现道一半以上，加陡河坡一倍，以加速江流挟带江中积沙直接出海，降低河槽。再佐以挖泥船挖泥抛置两岸，使苏皖洼田逐渐提高，江身降低，

便于排水入江，减免涝害。

（3）长江在扬州以下两边筑丁坝、顺坝束水攻沙，以浚江并挂淤造地，足以偿还扬州出海道所占土地。淮河要直接出海，限制入江洪流。

（4）右岸镇江以下要浚深运河及其支流与太湖，非汛期增加进入太湖流域的江流，不宜单靠加高堤身以防泛滥。挖出的河泥乃是肥料。为了防止江水上涨，同时天目山发洪水，应导洪出吴淞江与浏河，不宜泄洪入太浦河以免泛滥黄浦江。这样来保护并改善太湖区域。

（5）长江左岸扬州以下要整理乱流，增多江水清流，改善盐碱土壤，有系统地排盐水出海，使南通市等七县成为江南，并与之比美。

总之，治江之道要改为加强疏导和浚挖，不宜过多依靠坝蓄与堤塞。



# 关于长江三峡砾卵石输移量的讨论<sup>\*</sup>

## 总 论

本文用演绎法逐步分析长江宜昌以上河床演变的问题，以论证三峡高坝如卵石砾量未弄清则断不可修。这里拦河修坝可行性的首要问题：工程环境。其他四个问题是经济、技术、社会和军事，容另文讨论。若文中所列任何一条论据不成立，则全文结论不成立。

1. 长江宜昌以上各支流及重庆以上干流是属于减坡的河段（degraded reach），其所属流域长期间是处于被侵蚀的过程中。

2. 长江上游这段干支流的造床质全是砾卵石夹粗沙。江中时有泥沙悬浮，但并不参与造床。把可跃可悬的泥沙作为河中底沙，而假定河床卵石固定不动，这样做动床模型试验，是根本不合原体的，试验结果是无意义的。

3. 这段干支流既处于被侵蚀过程中，则沿程长距离间的多年平均卵石或泥沙的年输移量是向下游递增的。但据水文站资料都江堰岷江多年平均卵石输移量为 200 万吨/年，而重庆的则据长办说只有 27.7 万吨/年，宜昌只有 75.8 万吨/年。前者汛期水流只有 3 至 4m 深，尚可在目睹下测到卵石输移量；而长江汛期水深 40m 以上无法测到，后者所举之数皆不可靠。

4. 宜昌长江河床卵石输移既无法实测，但可以从上游小流域的实测资料按流域面积比例综合起来，或移用小流域出口实测的悬沙和河床卵石年输移量的比例关系于宜昌实测到的悬沙年输移量，以间接推算出宜昌的卵石年输移量：

流 域	面积 (万 km <sup>2</sup> )	输移量 (万吨/年)		卵石单位面积输移量 (吨/年 km <sup>2</sup> )	沙石比
		泥沙	卵石		
岷江都江堰以上	2.3	1,068	200	87	5.3:1
长江宜昌以上	100.0	64,100	?	--	--

<sup>\*</sup> 《水力发电学报》1993 年第 3 期，总第 42 期，107~115。

若采用同比，则宜昌长江卵石输移量 =  $6.41/5.3 = 1.21$  亿吨/年

若采用同单位面积输移量，则卵石输移量 = 0.87 亿吨/年，两者近假，因汛期卵石测得的常少于实际的，故宜昌长江年卵石输移量多年平均值可以估定为 1 亿吨/年。

5. 这个通过宜昌的多年平均长江卵石输移量 1 亿吨并非年年均匀地滚动着的，比它大的出现机遇是 50%。若论十年一遇、百年一遇的输移量将成倍增加，且可以在某年汛期一两两次暴洪下出现，沉积在库尾，堵塞重庆港。所以纵使这年 1 亿吨改少为 1/10 或 1 千万吨/年，也是难于及时清除的。

6. 卵石沉积不仅堵塞港口，还将逐年向上游延伸，洪水时淹没江津合川等城市。其量太大，无法及时捞起，石碴和历年积沉卵石只能用船运出抛弃在空旷地上，其费不貲，使整个工程经济更不成立。据此，可以断言，在这个问题未搞清之前，长江三峡高坝断不可修。

## 详 述

一、长江宜昌重庆间的河槽经实测长期内是微淤的，而重庆以上干流及所有支流则坡陡流急，长期内全是冲刷性的减坡河流段 (degraded reach)。某一段落可以此时冲刷、彼时淤积；当某一时段不同段落可以此淤彼刷，或此刷彼淤；但就整体来说，论宜昌以上全流域、按多年为期总计，则必然是受冲刷的过程中，就是说，在宜昌以上在流域分水岭不变的情形下，没有固体出入分水岭，则长期内江中只会有固体流出宜昌，整个流域是在被侵蚀的过程中。

二、组成所有干支流河床的固体物质或造床质是砾卵石夹杂些粗沙。另外有从页岩、沙岩风化成的泥沙，经大雨溅击，地面流冲刷，混入河流为悬沙，不落河底，直汇长江。雨过河清，不参与造床过程。而一二级支流在水清绝无悬沙的情形下，在山区可以看得见终年长期有河床卵石随急流多层地移动着。这些说明，悬沙和床沙卵石的运动具有不同的机理。不象黄河下游那样，悬沙、底沙和床沙在横断面垂线流速线上速流和含沙浓度各有一条连续的曲线。

长江上游山区卵石床沙这样地运动，正如 1879 年法国杜布瓦 (Dubois, P.F.D) 所描述的那样，表层最快，其下逐层减慢。这是因为河坡太陡，高速清流足以带动床沙下移。由此可见，万立卡诺夫 (Velikanov, M.A.) 和耶林 (Yalin, M.S.) 的见解，认为底沙只有逐层掀起而跃移，各层床沙卵石不会同时移动，并非普遍性的规律。它可能适用于黄河下游底沙运移的现象。附图示长江上游主要支流横断面上河谷冲深和两岸冲积平原形成的过程。



三、长江各条一级支流在中游以上沿程每一二十公里有一跌落的浅滩急流，跌落 0.2 至 0.5m 不等。说明河道坡降较陡，足以带动卵石而落差还有余。这些浅滩是在洪水退落时卵石堆成的。少数是石龙过江，即两岸岸石横穿过江，质硬未被水流和沙石冲蚀深而成浅滩。另一种浅滩是二级支流冲出的卵石堆积在河口而成。在洪水涨高之时，除石龙外，大部卵石被冲走，退水时又遗留些卵石夹沙，形成浅滩跌水。当枯水天晴时河中没有悬沙，可以清晰地见到卵石河底，一些小卵石和粗沙在浅滩急流中冲下的现象。所有滚动过的卵石，在支流中游时停时行，最终必将逐出夔门，到长江中游流缓处沉落在大陆架上的深层，替换原沉泥沙的位置；而泥沙则被浮起逐流而下，部分淤积河底，抬高河床。这是造床的卵石和悬浮的泥沙在河道纵断面上不同的运移现象。

四、上述长江重庆以上和各支流既处于被侵蚀的过程中，则沿程长时期内长距离间的多年平均泥沙或卵石的年输移量必然是向下游递增的，例如宜昌或重庆的必大于都江堰的。当然，这是指多年平均年输移量，而不是指当同一时刻的输移率。但是根据水文站实测资料统计，都江堰岷江几家推测的多年平均卵石输移量为 70 万吨/年，并声称最大年平均值是 200 万吨。而根据主管长江泥沙的唐日长发表的“三峡水库末端卵石推移质堆积问题”《人民长江》1989 年 2 月一文中写道：“长江卵石来量约 16—18 万  $\text{m}^3$ ，（按指多年平均值）大部分淤积在水库的回水变动区河段，数量不大，可以结合航运、港区疏浚以及提供建筑砂石骨料，有计划的开挖，……这位先生可能没有查考自己机关里实测的只占宜昌 1/500 流域面积的黄柏河却有 10.5 万吨，又根据国务院三峡工程审查委员会 1992 年 7 月 6 日三审办字[1992]17 号以第 42 号委员提案的答复：“长江宜昌、寸滩等水文测站从 1950 年开始有悬沙测验资料，从 1973 年起又展开了推移质测验工作。根据实测资料，寸滩站多年平均卵石推移量为 27.7 万吨，宜昌站为 75.8 万吨。据南科院模型试验，寸滩站入库卵石下移缓慢，但数量有限，可以采取对策。……”

按都江堰以上岷江的流域面积只有  $23,037\text{km}^2$ ，其多年平均年底沙输移量（按长江上游山区只有悬沙，所说底沙就是指移动的卵石床沙夹着少许粗沙）竟达 70 至 200 万吨/年之多。因为那里水浅，汛期只有 3 至 4m 深，尚能在目睹下测到，但是所测卵石的汛期输移率总是少于实际的，故取 200 万吨/年，虽有较大误差，尚不至达到数量级的错误。而长江在重庆和宜昌水深达 30 至 40m 以上，汛期卵石移动实际上无法测到，所谓 16—18 万  $\text{m}^3$  或 27.7 及 75.8 万吨都是中小水时所测的江底表层的卵石所推演出来的，完全不可靠。宜昌长江流域综合金沙江和四大支流，集水面积达  $1,000,000\text{km}^2$  之巨，比岷江在都江堰的约大 50 倍，今其综

合的卵石输移量却反而小，似乎很难理解。

五、既然无法实测到长江通过重庆或宜昌的河床卵石输移率，在没有原始实测资料下就不可能做动床模型试验，不可能从摹似的、缩小的床形、以泥沙替代卵石作为造床质（bed forming material），在不知卵石块径大小分布的组成下，只依靠起动流速的摹拟，岂能从模型资料的扩大臆度出的河床卵石的原型输移率。况且当今动床模型试验模拟律根本没有成立。所谓“据南科院模型试验，寸滩站入库的卵石下移缓慢，且数量有限”，是没有根据的。

当今还没有二相流（固液合体流）的力学分析规律，也没有可以应用的从物理模式（Physical model）试验得出的水沙流（特别是对卵石输移率的）公式。小爱因斯坦经耶林改正过的依据原始概率论为理论公式对均匀河床卵石的试验结果，特别是对于块径差异极大的河床卵石，无法应用于长江宜昌这么大的汛水卵石流。

总之，当前在室内或场地对河卵石输移率用力学公式为骨干的物理试验所得出的经验公式以及动床模型试验，在理论上皆未成立。这正是亟待研究的二个主要课题。另外，当前在江河汛期实测床沙石运输率，也还没有合理可靠的测验方法，这也是一个亟待研究的课题。对于汛期巨大的流率  $Q$ （俗称流量）测验人们束手无策，况且它是正在剧烈地变动着，亦即存在着很大的流变率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$ ，后

者对于输沙率或河床卵石输移率  $G$  和  $\frac{\partial G}{\partial t}$  起着决定性的作用，使问题更为复杂。

在恒定均匀流下场地测量的许可误差对流率  $Q$  是 10%，大致是世界公认之数。对于悬沙输移率  $G$  许可误差似可估计为 25%。对于底沙、床沙则更大，甚至成几十倍了。这些是当前这个问题的困难所在。

在这种困难情形下，吾们岂能说“为量很少，可以处理”，以自我安慰，我们要对艰难迎头进攻。好在我们并不要求准确的资料，可以允许误差达到 200%，甚至 500%。这是因为滚过重庆的卵石将颗颗沉积在三峡高坝的壅水（俗误称回水）库尾。只要知道它是确有至少年平均几百万吨就够了，它肯定不是均匀地、渐渐地滚下来的，可能是某次峰率，高达十年一遇的，一下子就沉积的。据此我们便知其量难以及时掏挖，无法维持航运；从而立刻得出结论，此坝决不可修，根本毋需作可行性考查。

六、既如上述，在宜昌重庆无法实测或试验出长江卵石的输移率，则惟有利用其上游小流域实测到的资料间接推算。好在各大支流和重庆以上的长江干流全

是侵蚀减坡性的河段，在长距离河段里，长时期决不会有淤积的结果。所以，在长期间重庆的长江卵石或泥沙多年平均年输移量等于组成其流域面积的所有各小流域内分别产生的相应的多年平均年输移量的总和。而宜昌以上重庆以下河道多年平均微有淤积，但其间各支流则全是冲刷性的，故宜昌的长江多年平均年输移量也略等于组成它的各小流域的相应年输移量之总和。这是普遍性的原理，可加性物理量的统计可加性。兹详释如次。

设某物理量  $A$  由许多物理量  $a's$  组成，其确定性（deterministic）关系如下：

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + \Lambda \Lambda + a_n = \sum_1^n a$$

则其随机性（stochastic, probabilistic）的大数总体（population）平均值  $\bar{A}$  为

$$\bar{A} = \bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \Lambda \Lambda + \bar{a}_n = \sum_1^n \bar{a}$$

由于资料数量的有限， $\bar{A}$  值必然存在着样本误差，但这里要求的许可误差很宽大，尽可容纳一般样本误差，所以上列随机性的公式可以转化为确定性的公式。注意尽管各组成物理量的随机性差异很大，上列公式仍能成立。

我们可以取得一个具有诸  $a's$  的随机性平均代表  $\bar{a}$  值，分别和各个  $\bar{a}_n$  成比例  $m_n$ ，则上式可化成：

$$\bar{A} = m_1 \cdot \bar{a}_1 + m_2 \cdot \bar{a}_2 + \Lambda \Lambda + m_n \cdot \bar{a}_n = m \cdot \bar{a}$$

式中  $m = m_1 + m_2 + m_3 + \Lambda \Lambda + m_n$ 。

这里  $\bar{A}$  表示宜昌的长江卵石或泥沙从 1,000,000km<sup>2</sup> 流域出来的多年平均年输移量，各个  $\bar{a}_1$ ， $\bar{a}_2 \dots$  等表示内含诸组合小流域的个应年输移量。它们同处于宜昌以上四川盆地气候和地貌都近似的地域内，输移量具有相似的随机性。今取  $\bar{a}$  表示从都江堰以上岷江这一 23,000km<sup>2</sup> 流域里出来的具有代表性的实测平均卵石年输移量。各小流域  $a's$  和都江堰的  $a$  之气候、地貌和水文随机性既是近似的，就具有近似共同的单位流域面积的年输移量。所以  $m_1$ ， $m_2$ ， $\dots$  分别代表各小流域对都江堰岷江流域的面积比，而总数  $m$  则为宜昌总流域 1,000,000 和都江堰岷江流域 23,000 的比例  $m=43.5$ ，若取都江堰的年输移量  $\bar{a} = 200$  万吨/年，则宜昌的  $\bar{A} = 0.87$  亿吨/年。这是用总体组合统计推算的合理结果。

七、通常出现的误解是：人们往往把某次洪流下各小流域例如都江堰岷江所产出的那次卵石输移量（同样可对泥沙的输移量）与其组合的例如宜昌的同一次长江输移量之间的关系和上述按面积比例推演的统计分析混淆起来，而误认为上

述由随机性总体事件统计法所转成的确定性结果也是不合理的。按一次洪流形成的卵石推移量，如同一次暴雨形成的雨量，都是集中在某一小流域内成为中心，其单位面积雨量最大，而这场暴雨全部面积很大，总量当然也更多，但是单位面积的平均雨量就小了。所以不得按小流域的某场单位面积雨量推演到大流域这场雨的全面总量，这种分析是确定性个体分析（Infrastructure analysis）。如果再进一步分析细到某一点一定时刻的雨率\*（俗称降雨强度），则降雨中心的会比其四周各处的和全面平均的大很多。这种分析所用的是力学分析法。应用到洪流下从许多小流域出口的卵石输移量及其组成的全流域相应的总量关系，对于其次洪水甚至对于某一年的输移量，全流域的例如宜昌的，当然必大于所属某小流域的，例如都江堰岷江的，但是论单位面积的输移量则可大可小，未必相同。再进一步论小流域内某出口的输移率，则更不得用来推演到全流域同时的输移率了。这就是说，凡是确定性个体分析法和力学分析法都不得用来以小推大、以偏概全的；而总体统计法（俗称宏观长期分析）考虑进抽样误差后则是可以援用的，因为各组成面积同处一相同或近似的气候和地貌的条件，其单位和面积统计值是一样的。

还有一种错误是，鉴于都江堰的实测岷江卵石多年平均年输移量 200 万吨反而大于唐日长声称的宜昌 18 万吨，又不敢否定后者的谬误，竟认为这些多年的卵石量可能埋藏在流域内某地隐蔽之处。这也是混淆了大小流域某年的确定性输移量和长期内统计输移量之间关系的区别。正如对于全流域某年的循环水文因素间的关系这是这年的

$$\text{年雨量} = \text{年蒸发量} + \text{年流量} + \text{年储存量}$$

如众所知，该流域的各循环水文因素间多年平均的统计关系就没有末项了：

$$\text{年雨量} = \text{年蒸发量} + \text{年流量}$$

还有一些人怀疑通过宜昌的长江卵石输移量不可能大到 1 亿吨每年，它们排到哪里去了？按在本届地质年代以数万年为期内，在人类尚未在长江中下游修堤以前，卵石流早先就沿着岩基河底的大陆架平原沉积下来，而泥沙则淤在海底上面和前面。随后的卵石流在前进中替换了先前在上面淤积的泥沙而继续沉积在卵石的海底上。如此左右轮流沉积，造成了广大的长江中下游平原。在人类占领了这冲积平原之后，为了阻止主流的左右改道，修建两堤束住江流，以便定居两岸，于是卵石流和泥沙流被限制在堤内淤积。江底逐渐淤高，堤岸随着修高。中游淤积的反作用是加陡坡降，于是宜昌堆积了 40 米厚的复盖层。这卵石层正继续上延，在重庆出现了长年微淤的现象。而大部分卵石流则仍然向中下游输送。在葛洲坝修后，坝内设有 27 个河底泥沙闸，1981 年断流那年适逢大汛，坝后沉积了卵石

1.09 亿吨，过坝后宜昌实测泥沙 8.37 亿吨，其中还未包括卵石。而 1983 年那年坝后沉积达 0.248 亿吨，过坝达 6.46 亿吨，另有大量卵石流无法测到。宜渝间 600km，只要沉积 0.1m 就有 1 亿吨卵石。可见卵石流出宜昌每年 1 亿吨对比泥沙实测 6.41 亿吨，并不称多。况且我们并不计较其准确性，即使只有 1/10 或 1 千万吨/年，因为颗颗卵石将停留在高坝壅水末端，再加上泥沙，足以堵塞港口，截断航道。

八、另外三个卵石输移量资料，一个是涪江平武江油间黄万里于 1938 年任涪江航道测量队队长时估算的，其时当 11 月枯水，水深不及没膝，清晰见底，绝无悬沙，而河底卵石多层滚着，两人测量断面时，无法在水中站住，被冲倒淹毙。在枯水时卵石竟也能如此滚动，说明长江一级支流上游山区内卵石流是终年进行着的，汛期其流率将更大。此处涪江河长 150km，集水面积 5510km<sup>2</sup>，年卵石输移量 50 万吨，单位面积卵石输移量为 90.7 吨/年·km<sup>2</sup>。

另一实测卵石结果载于“长江葛洲坝泥沙研究成果汇编”，第 631 页的是，宜昌黄柏河口，河长 140km，集水面积 1,911km<sup>2</sup>，年卵石输移量 54.9 吨/km<sup>2</sup>。这条河上已修有两个拦河坝，上述输移量虽已算入沉积在水库内的卵石总量，但因水库减平了坡降，其上游自然输移量必然也是减少了的，所以这个 54.9 吨/km<sup>2</sup>年是少于实际的。又计算卵石沉积的容重，因大小卵石和泥沙参杂，空隙很小，故应取较大之值。

另外可从一些已建水库淤积的资料考查。例如大渡河龚嘴水库容量 3.5 亿 m<sup>3</sup>，集水面积 76,000km<sup>2</sup>，16 年已淤满。按库内淤积的大部份应是卵石，空隙挤满粗沙，其余细沙应大部分冲出坝下。现在估计至少有 0.7 亿 m<sup>3</sup> 为卵石夹沙量，按 2.5 吨/m<sup>3</sup> 计其容重，16 年内沉积，由流域面积 76,000km<sup>2</sup> 内产生。得出年沉积量 = 0.7 × 2.5 / 16 = 0.1094 亿吨/年 = 1094 万吨/年，合 1094 / 76,000 = 0.0144 万吨/km<sup>2</sup> = 144 吨/km<sup>2</sup>。

综合上述四卵石年输移量资料如下：

四川四小流域卵石床沙年移量分析

小流域出口站	河长 km	集水面积 km <sup>2</sup>	年输移量 万吨	单位面积年输移量 吨/km <sup>2</sup>
岷江都江堰	341	23,037	200	87.0
(都江堰工程处供给)				
涪江江油上	150	5,510	50	90.7
(黄万里年实测涪江河道时估算)				



黄柏河宜昌	140	1,911	10.5	54.9
(长江葛洲坝泥沙研究成果汇编 631 页)				
大渡河龚嘴岱	1,000	76,000	1,094	144
(成都勘测设计院, 方宗岱文)				

九、卵石造床质的运移和泥沙悬浮的运移虽属两类不同的机理，但是它们每次总是同一暴雨迳流的产物，两者的多年平均年输移量理应存在某一平均比例。附表示长江三峡以上 20 个小流域属二级或三级支流的测站产沙的主要参数。若假定卵石年输移量为泥沙实测的  $\bar{M}$  之  $1/5$ ，则二十站的卵石年输移量或  $1/5 \bar{M}$  侵蚀模数平均 138 吨/km<sup>2</sup>，此数大于上述 100 吨/km<sup>2</sup> 很多。若按 100 吨/km<sup>2</sup> 为准，则此比例  $1/5 \bar{M}$  应改为  $1/7 \bar{M}$  左右。这可说明，各小流域的产卵石量对泥沙的比例比较大流域的为少，宜昌以上卵石年输移量平均值采用 100 吨/km<sup>2</sup> 或许过多。按都江堰实测的岷江卵石输移量 200 万吨对比泥沙悬移质 1,068 万吨，两者比例约为 1/5.3。

宜昌在葛洲坝修建后 1980—85 年这 6 年的平均年输沙量实测 6.41 亿吨，若按上述较小的比例  $1/7$ ，则卵石年输移量达 0.92 亿吨之多。而按都江堰的石沙比 5.3，则达 1.21 亿吨之多。

所以单论卵石年输移量平均取 1 亿吨不为多，况且还有修坝后库尾悬移泥沙的淤积。再考虑到十年一遇、百年一遇的来石来沙，则其量将成倍加大，无法及时淘挖。

十、在高坝建成、水库蓄水后，库内水深流缓，带动不了卵石泥沙流。当汛期全部卵石和部分泥沙将沉积在库尾壅水末端的重庆港，阻碍航道。逐年的沙石沉积将向上游漫延，抬高江津、合川等的洪水位，使那里泛滥频繁；且将继续漫延。以至达到新的淤积平衡比降而止。

只要堵塞重庆港，正如故总理周恩来在讨论葛洲坝时所讲那样，惟有炸去大坝，恢复江航。但是三斗坪直壁高达千米，大坝石碴和已沉积的卵石只能船运出峡，扔到空旷的地方。这又需费不貲，停航逾年。

所以，考虑到大坝的造价和损失的严重，卵石问题如未弄清这坝是断不可修的。堵港可能发生在完工后十年之内，纵使发生在几十年后，因其祸害之严重，此坝也是不可修建的。

附表 长江三峡以上流域 20 个站产沙模型主要参数<sup>[1]</sup>

编号	所在流域	河名	站名	流域面积 ( $\text{km}^2$ )	多年平均沙量 ( $10^4$ 吨)	侵蚀模数 $\bar{M}$ (吨/ $\text{km}^2$ )	卵石部分 $1/5 \bar{M}$ (吨/ $\text{km}^2$ )
1	嘉陵江	白溪浩河	红岩	390	18.8	481	96
2	嘉陵江	李子溪	赵家祠	437	47.5	1087	217
3	西汉水	平洛河	平洛	741	92.8	1253	237
4	嘉陵江	雍河	三川	303	10.3	340	68
5	渠江	明月江	明月潭	736	79.3	1070	214
6	涪江	平通河	甘溪	1067	178.6	1674	335
7	嘉陵江	魏成河	刘家乡	249	3.76	151	30
8	嘉陵江	固家河	程家河	277	23.7	857	171
9	长江	龙河	石柱	898	42.8	477	95
10	青衣江	花溪河	天宫	698	50.6	581	116
11	岷江	白沙河	杨柳坪	363	31.6	870	174
12	大渡河	流沙河	流沙河	1075	161.8	1510	302
13	岷江	触江	新新场	396	56.0	1410	282
14	金沙江	马坝河	龙塘	240	4.6	190	38
15	金沙江	小河	桥上	373	4.2	112	22
16	金沙江	甸尾河	甸尾	120	1.97	165	130
17	金沙江	盘龙江	松华坝	590	0.28	4.7	1
18	金沙江	车洪江	四营	1024	2.59	25	5
19	金沙江	居车河	鱼洞	696	88.8	1280	256
20	金沙江	昭鲁大河	新泉	802	19.1	238	48

平均 138

注释：[1]水利学报，1992 年第一期。

# 关于长江三峡砾卵石输移量的讨论（续）<sup>\*</sup>

## 摘 要

长江上游属于浸蚀而减坡的河段，其河床组成质料为砾卵石和粗沙。这河段及其流域在史前是东高于西，亿万年前的侏罗纪时代，流水挟带了卵石泥沙是向西移动的。由火山喷出的岩浆所组成的卵石笼盖着整个流域，它曾多次上升下降，因之卵石大小的组成分布得很不均匀。每当汛期，河床上的卵石在三峡上下覆盖层厚达 35m 中可以有几层同时运移。因此，即使用近代精良的仪器也不可能量出其输移率。估计三峡长江年输移量唯一方法是适用统计学方法求出它和其支流较小集水面积上在流域末端实测到的年输移量之间的相关关系，由此得出的结果估计有几千万 t 沉积在重庆河里水库上游末端，这显然将严重影响航行并将提高上游的洪水位。

关键词 长江三峡 卵石流

## 一、缘由

作者在本学报 1993 年第 3 期（总第 42 期）上发表一文《关于长江三峡砾卵石输移量的讨论》。其后在 1994 年第 2 期（总第 45 期）长江水利委员会水文局发表了《对黄万里估算长江三峡卵石输移量一文的讨论》；又长江科学院陈济生先生同期发表了《对长江上游水利水电工程推移量的几点认识》。

在长委水文局中有下列四项批评：（1）原文中“长江三峡无卵石推移质资料不符实际”。查原文中并无此语，只是说（107 页）：“都江堰岷江多年平均卵石输移量为 200 万 t/年，（当然包括粗沙或称沙推）而重庆的则据长委说只有 27.7 万 t/年，宜昌只有 75.8 万 t/年。（按宜昌长江流域面积约 1,000,000km<sup>2</sup>，而都江堰岷江集水面积只有 23,000km<sup>2</sup>，只占前者的 1/43.5）前者汛期水流只有 3 至 4m 深，尚可在目睹下测到卵石输移量；而长江汛期水深 40m 以上，无法测到，后者所举之数皆不可靠；”（2）“按流域面积比例关系推算卵石推移量的方法是错误的”；

---

<sup>\*</sup> 《水力发电学报》1995 年第 1 期，总第 48 期，86~97。

(3) “应用悬移质输沙量与卵石推移量比例推出宜昌推移量的方法根本不能成立”；(4) “卵石估算量 1 亿 t 完全脱离实际”。也就是坚持重庆实测的 27.7 万 t/年，宜昌 75.8 万 t/年是准确的，是合理的。

陈济生先生的文中也不同意卵石推移量按流域面积比例及和悬移输沙量比例推算的方法，并列举了和河段比降的相关关系来推算葛洲坝的卵石输移量。

## 二、关于长江上游砾卵石输移问题中共同认识的诸方面

在作者原文推理中前两点似乎读者都同意，即：(1) 长江宜昌以上各支流及重庆以上干流是属于减坡的河段，其所属流域长期间是处于受侵蚀的过程中，当然这是指一长段期内的平均情况，在较短的段落中则可能时冲时淤；(2) 长江上游干支流的造床质全是砾卵石夹粗沙，不论山区源头或支流的末段一律是砾卵石造床质，虽然各段卵石粗细大小未必相同，它们都是火成岩石或变质岩的石块。另外有从两岸页岩、沙岩，很少也有从灰岩风化成的泥沙，经大雨溅击，地面流冲刷泻入河流为悬沙，它们不沉河底，直汇长江，雨过则河清。除非筑坝后沉积在水库内，它们并不参与造床过程。从坡面滑下来的泥沙或沟里冲下的泥石流中大部成为悬沙，少数夹有卵石则沉落河底参与造床。这些卵石先沉在冲沟之口，堆成支流口的浅滩急流 (rapid)，跌落 0.2 至 0.5m 不等，待下次支流涨水时部分被冲去，洪水下可大部冲去。遗留的卵石和下次冲沟发水则又再沉积为急流。长江各一级支流中游以上沿程每隔约 10km 有一个这种浅滩急流，木船拉牵过滩最为费力，只有岷江中下游河窄谷深，没有这种浅滩。

1938 年至 1942 年抗战期间所有一级支流均经实测，由全国各水利机关分任。作者曾任岷江下游及涪江航道勘测队队长，绘有纵横断面及平面图，重要浅滩绘有草图，沿程埋设有水准标点，未知是否仍存在。但各支流是冲刷性的，非淤积性的，河床质全是卵石，夹有少量粗沙，则可以肯定。浅滩急流的存在，这一河貌本身就说明了河段在这里长距离、长时期内是不淤积的。

## 三、对于沙石运移现象不同认识的诸方面

在前面列举长委文中四点批评及陈济生先生文中的议论和作者原文对于长江沙石流存在着截然不同的见解，可以归纳为下列诸方面：

1. 关于江中输石量的测验成果，长委在学报总 45 期文中 95 页列述了量测所用的多种高级采样器和量测的方法；又通过中美科学技术合作曾对各种仪器进行过比测试验。“通过详细测验，各测站的多年平均卵石推移量为，……，寸滩

28.2 万 t，……，宜昌（建库前）为 75.8 万 t。观测结果经专家鉴定认为：长江三峡的推移质观测取得了大量丰富的第一性资料，……，在资料和研究成果的……各方面，均达到国际先进的水平。以上情况表明，黄先生所说的……高水测不到和资料完全不可靠等问题，全不属实”。

原文作者在学报总 42 期 108 页上则写道：“前者（指都江堰 200 万 t/年）汛期水流只有 3 至 4m 深，尚可在目睹下测到卵石输移量，而长江汛期水深 40m 以上无法测到，后者所举之数皆不可靠”。

两文这方面的基本不同认识在于长委水文局及长科院认为三峡多年平均卵石输移量实测结果重庆 27.7 万 t/年，宜昌 75.8 万 t/年完全可靠。而原文作者黄万里则认为不可靠。

作者认为不可靠的理由是：卵石的大量输移主要发生在汛期，卵石在三峡岩基上堆积成厚 35m 左右的覆盖层，它们是从上游下来的输石率和同时同断面向下游滚出的输石率差异所长期累积成的，而决非当地土生土长的。输移时未必总是一层一层分别掀起来推动的，而是多层同时以各层不同速度运移的，甚至不排除发生过连底层全体运移，以括刷基岩，加深早年冰川先已括刷成的 U 形河谷使之成为 V 形。在卵石单层输移时，可能做到用精致的网篮式采样器施测，“放置于床面，使仪器口门较好地伏贴河床，……，可靠地采集到卵石推移质样品”。但在汛期几米厚的卵石多层同时输移时，尽管先在河床上挖出一坑，也难使采样器伏贴河床，采集到各层卵石同时以不同速度运移的样品，盖其时采样器底下还有移动着的卵石。

川江各大支流卵石河床质确是多层同时运移的，作者 1938 年曾亲历并复查过，不仅在寸滩汛期，而且在平武涪江枯水期。关于河沙底层运移的理论分析详见本文后面的讨论。

作者认为，河床质卵石的输移量测，只可能在岩基过江（船工称“石龙过江”）的横断面上施测，例如涪江三台柳林滩、遂宁、太和镇都有岩基露面，在这上面置采样器施测，则比较可靠。又如岷江都江堰，电视里放映有人工用铁丝网兜取卵石的镜头，这样测得的结果大致是有意义的，虽其误差可能仍很大。在大江里深层取样，则很难令人信服可能得出有意义的结果。

就是因为大江卵石输移率难以测好，所以不得不改用从小块流域测得的年输移量间接推算。

## 2. 关于卵石在长江上游的分布问题

长委水文局认为：“长江三峡卵石来源区大都分布在宜昌以上 1000km 之外，……，输移后对于直径为 100mm 的最难磨损的石英岩，其直径将减小为 9mm，重量仅为原重的 1%，……，成为可以浮游前进的悬沙，不再属于卵石推移质”。

（97 页）这点很容易实地辩明是非：在合川嘉陵江、涪江和渠江交汇处低水时的河滩上可以看到铺着几十厘米的大卵石，1981 年洪水时有人描述这些大卵石怎样飞起来打到岸上，并冲向下游，这里距重庆只有 100km，似难经此就会变成悬沙。而且实地观察，便知卵石上游的反而较小。

水文局文（97 页）又说：“卵石推移质主要来源于溪、河沿岸的局部重力侵蚀（如崩塌、滑坡、滑溜等）。后者所产生的巨大颗粒必须受到强度相当大的水流搬运，才能成为推移质。由于卵石不是来自广阔的流域地表，因此，采用计算悬移质产沙量的方法来计算其推移量是错误的”。这些说明水文局负责人员完全误解了长江上游流域上的砾卵石的来源和形成，以为它们是滑坡、泥石流等的产物。而且这样说又自己否定了来源区在宜昌以上一千公里。实际上这是人类史前的流域内地质断裂、岩层破碎处喷出的溶浆冷却后所凝成的火成岩经长期滚成的。其间还经过地层隆起和沉陷，亿万年间地形多次改变，岩石多次产生并来回滚动，因此流域上峰峦和丘陵高地都铺有卵石，例如长江下游南京雨花台铺满着各式各样著名的美丽卵石。它们被雨水径流冲到小溪沟，再转入大溪沟，而滚到各级支流内，在河口堆成三角洲，正如水文局文 99 页图 8 金沙江平面图那样。这些卵石在支流里小水冲不走，留下成为浅滩急流。在支流纵断面上形成三类水力控制断面的一类，这些跌流的表现便是江河上游受着冲刷侵蚀的象征。当洪水经过时，这些三角洲卵石大都被冲入大江，洪水退落时又将带不动的卵石沉落下来，仍恢复为浅滩急流，人们可以从水面观察到其形成、冲动下移，和沉积的过程。在浅滩水面上可以观察到卵石的大小组成和夹杂的粗沙。所有这些是由本断面以上集水面积上的卵石集合起来的，并不限于“宜昌以上 1000km 以外”起源的，也不限于干支流本身的河床里才有卵石。这些很容易从流域丘陵和溪沟里观察到。

## 3. 关于长江上游流域内卵石粒径大小的分布问题

为了解释卵石运移在重庆只有 28.2 万 t/年，宜昌只有 75.8 万 t/年（集水面积 1,000,000km<sup>2</sup>）的量测是通过“从严从难的精细”工作得出的可靠结果，当作者列举岷江上游都江堰所提供的实测资料，卵石运移竟达 200 万 t/年（那里集水面积只有 23,037km<sup>2</sup>，占宜昌集水面积只有 1/43.5，而陈济生先生的文里 109 页表 1 映秀湾，卵石运移也达 116 万 t/年，数量也不小），为了解释这个对比的矛盾数据，

长委水文局就拟出上节所述理由，认为卵石来源于宜昌 1000km 以外，都江堰恰合此距离，所以才可能产生 200 万 t/年之多，而距宜昌 1000km 以内人们目睹的所有卵石则设定为全是不动的。但是水文局自己测验的、建有两个水库的宜昌黄柏河只有 1,911km<sup>2</sup> 集水面积，却输出卵石也达每年 10.5 万 t 之多，竟达重庆以上集水面积近百万方公里的一半之钜。这难免令人怀疑实测 28.2 万 t/年究竟是否可靠。

于是除了申言宜昌 1000km 以内少有卵石运移外，水文局还设法解释这 1000km 外包括都江堰的 200 万 t/年在内以及金少江等从山头下来的卵石其总数应不下于 2000 万 t 是怎样会大多转变为悬沙的。这才可能讲得通卵石到重庆只剩下 28.2 万 t/年：“卵石在长距离输移中不断磨损，使其粒径剧减，推移量大幅度减少”（97 页）。但是经实际观察沿江的卵石粒径，（作者曾从平武到合川沿涪江步行有些河段来回达四次）竟是上游的小，反而下游的大，这怎样用水文局磨损原则解释呢？原来在人类史前按地质年代亿万年以前长江是倒流由东向西入地中海的，这样流向颠倒以前，干支流下游的卵石在史前早经磨损为 20 至 30mm 的小圆卵石。又由于亿万年来流域内地层裂缝并非均匀分布，喷出的岩浆沿程多少不同，可以有小有大，卵石粒径原非均匀分布，更非沿程递减。我们无法据以说明山头的卵石由小变大，到重庆会变成悬移的泥沙。这些参考后面概述的长江地质历史就自然明白。

#### 4. 关于卵石输移过程中沿途临时沉积的不同认识

为了解释实测卵石年输移量重庆的反而少于上游山区河流的，水文局认为：“山区河流上游坡度大，水流搬运能力强，粗颗粒卵石能被夹运前进。但当河流进入到山前缓坡宽谷段后，水流减弱，粗大的颗粒便会沉积下来，使推移量沿程减少，粒径细化。”又说：“长江上游干流及嘉陵、岷、沱等大支流，由于流经坡度较缓的四川盆地，造成卵石推移质大量累积性沉积。……岷江的推移质流出高山峡谷进入四川盆地后，由于大量沉积，形成了广阔的成都平原。以上情况表明，长江上游干支流的卵石推移质，普遍存在的沿程分选沉积，只有一部分能连续输移，进入三峡区”。（98 页）

这种说法，混淆了个体分析（infrastructure analysis）和整体运营（system engineering，俗误译为系统工程）、（有的译成微观分析和宏观调控）的区别。照此推论，则长江上游流域和河床应成为淤积性的，而不是前面大家所公认其为侵蚀性的和冲刷性的。按照力学分析，山区坡陡流急，石子会被冲下来；及到下游坡缓谷宽河段，石子就沉积了。这是对于一批石子、在一次降雨流水下，在一定

不长的河段、一定不长的时间内按力学分析的结果。这叫做个体分析，大家认识得很清楚，运用的是力学分析方法。假使对于一大批石子，在整个流域很长的河段里、很长的时间，譬如一年里，经过多次的降雨集流，人们都普获得这样的经验公式：输沙率  $G$  是随着流率  $Q$  的平方  $Q^2$  一起增减的。而且还随着  $Q$  的时变率  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  一起增加或一起减少。虽然理论上应该可先援用力学按微分  $dx$ 、 $dt$  分析，再

综合积分起来，但因不定流理论复杂，也没有完全的观测资料可以采用，这和汛期降雨集流一样，力学分析是做不出来的。这里只能用统计法对实测资料分析；实测资料不足或不可靠，就进一步用相关法（即二元统计法）对有关资料全面分析。这就是整体运营的方法。我们先已知道长江上游大面积内在长期间（多年平均卵石输移率）是不淤积的，是属于侵蚀性的或长期在冲刷的过程中。我们设计要求的正是综合到重庆或宜昌的大面积里所综合起来的多年平均卵石年输沙量，只须各其大概的数据，究竟是每年平均几万  $t$ 、几十万  $t$ 、或几千万  $t$ ？只要这均值如果达到五百万  $t$ ，而且这沉积量是发生在一个汛期、甚至一个月或一次洪水沉积下来的，把它急忙间掏挖掉很难做到。况且还须考虑到它的年限差异程度：离差系数  $C_v$  和更高级的系数，则年输沙量还将成倍地加大均值。总之，这个问题只能用统计法和相关法为根据的整体运营原理来解释并运算，而不可能用力学分析法为根据的个体分析来计算。

至于说到岷江卵石输出峡谷进入四川盆地后大量沉积，形成了广阔的成都平原，这确是事实。但这事是发生在人类史前亿万年，那时那里地形是湖相，远处有山，仍属峡谷，称为“湖峡”。经岷江山区的湍水冲破玉垒，挟带卵石淤积为成都平原。作者《都江堰颂》诗曰：“君不见西蜀岷山发湍水，飞沙走石摧玉垒，（在灌口上游）一旬灌口圯原开，湖峡成都斯积起，”即记其事。今成都平原土壤只有一米厚，下面全是卵石。作者在原文（109 页附图）中描述的冲积平原形成的过程中“1. 开端”图中支流横断面图就是指在史前成都平原早已形成后河貌演变的开端。以后卵石在河床内运移，把 U 形河谷冲成 V 形，这些却不是水文局文中所称当今的“由于大量沉积，形成了广阔的成都平原”。

凡此作者愿在后面和同志们共同学习一番长江河貌的地质演变史以及个体分析与整体运营的内在含义。



#### 四、长江的地质史概述

拦河坝的修建，改变了水和沙经常自然流的情况，沙在这里是指水流中泥、沙和砾卵石等各种固体的统称。自然界经常的风化和降水所引起地貌和河床的演变，在工程修建后会额外地影响到人类生活的环境以及各种生物的动态，总称为工程修建对“生态和环境的影响”（Ecological and environmental impact）。如果这些影响对于人类生活无害，则这工程的修建是可行的，这是凡拦河坝修建前必须考查的五类可行性之首。

暴雨、径流（即地面流，run-off）、潜流和川流在自然条件下招致水土流失及上游沙石河床质的被冲刷下移，及到下游便泛滥为洪积平原。在人类占领平原后，筑堤约束了水沙流，使淤积限于两堤间的河道内。拦河筑坝建立水库，使库内河道落差集中到坝址，改变了自然的水沙流速，引起新的河床演变，这就是拦河筑坝所引起的改变环境的影响。理解这些影响首先要了解所在流域和河床原来的地质、地貌状况，以及它们在历史中演变的过程。下面摘录长江流域规划办公室编写的《长江水利史略》（2页）中有关长江地质演变的简要过程。

（1）距今二亿年前的三迭纪 那时我国南方和华北的地形是东高西低，长江流域西部被古地中海所占据，海水淹没着西藏、青海南部、川西、滇西、滇中、黔西和桂西大片地区，并向四川盆地和鄂西延伸，形成了一个广阔的海湾，直到巫峡和西陵峡之间。

（2）距今一亿年以前的侏罗纪 一次强烈的造山运动形成了横断山脉，秦岭升高，古地中海大规模后退，云贵高原开始形成，并在横断山脉、秦岭、云贵高原之间的低地遗留下云梦泽、巴蜀湖、西昌湖、滇池等几个大水域，它们由一条水系从东向西串连起来，由南涧海峡流入古地中海，这就是古老的长江雏形。

（3）随后的白垩纪燕山运动 四川盆地上升，洞庭盆地下降，湖北西部的古长江发育，向四川盆地溯源伸长，和盆地各水系联系起来。

（4）距今三、四千万年前的喜马拉雅造山运动 全流域地面普遍上升，上游上升最烈，形成高山、高原和峡谷；中下游上升较少，出现丘陵和山地；低凹地带下沉为西湖平原、南襄平原、鄱阳平原，苏皖平原等。地形于是西高东低，汇成今日的长江。

我国地形这些总的演变情形，先则东高西低，继而改为西高东低，又全面各地不均匀地抬升或沉落，不排除其中出现一些不规则的局部升降；水成岩中断层裂缝喷出岩浆凝成火成岩，在时空上不均匀地形成，时行时停。这些现象可以解释为什么全流域高地和河谷都铺满着大小卵石，了无规则。东端南京雨花台、西

部高地平武都有细小卵石，中部合川反而有较大卵石，长江上游地区溪沟都有久经运动的大小卵石，其粒径与分布漫无规则。

1938年夏一位刚从美国回来的李凤澜硕士先生被派在川江工作，汛期正立在寸滩上督工修堤时，忽然堤塌陷，不及逃避而淹死。作者事后前去当地吊唁查察，了解到堤是河中挖起的卵石夹粗沙堆成的，没有用土壤掺入夯紧，江水涨高时，可能是堤底河床移动使堤塌陷，并非因江水冲刷堤面而堤塌，因为那样还能及时奔避免灾。

1938年11月作者率队测量涪江时，一组横断面队员在平武城下游25km处船破将沉，全体人员下船涉水扶船靠岸，惟测量员卢伯辉等两人自恃水性高强，离船而行，竟倾倒在河中被水流冲起一两公里，撞破头骨而淹毙。作者赶到勘查，发现水深不及没膝，水清见底，河床质卵石仅30mm左右，竟能在这枯水下随急流运移。试伸一足入河底，乃知是多层卵石在同时输移着，整个河床坡陡达1/100，是移动着的。两人既无法立足，又因水浅流急，无法泅划乃头被冲石上而毙。同时期，看到在涪江下游卵石片大到 $100 \times 200 \times 300\text{mm}$ 铺在滩面上。若来阵雨，雨水贱击岸上表土，径流冲土入河，河水上涨，立刻变浑，则卵石流随着加快。继而雨停，则河水回落，一清到底，不留丝毫悬泥底沙痕迹，这是山区水沙流情况，涪江彰明以上所见皆如此。

降至绵阳以下，沿程几公里就有一浅滩跌流。凡急滩上皆有潭，储沙储石，枯水时无床沙流，山区终日输移下来的卵石到此沉积，但一遇涨水，卵石堆沙受击起飞，直摧两岸。大者暂堆成岸边滩地或江心洲，小者随流直下。待下次更大洪水，则再起飞下移；中小卵石在退水时 $\left(\frac{\partial Q}{\partial t} < 0\right)$ 又重新沉积为浅滩急流。沿途经左右岸来汇的许多溪沟，也象上述山区支流一样，坡陡且甚于1/100，凡经大雨，沙石事先就聚于溪口成为小三角洲，此时被支流较大的水流一起带走。如此大小卵石走走停停：停则因坡减流缓，走则因聚流增多且加速增力， $\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)$ 内含加速度与加流率。若一一推算，就较复杂困难，论理亦非不可能，但从长期统计其多年平均值，则明知长江各支流是受侵蚀的、是冲刷性的，本来毋须逐点逐步推算，固知其必然长期间受侵蚀。

从上述长江地质历史和河床演变过程，便可明确下列事实：

(1) 卵石是漫铺在长江上游广阔的流域内的，当然在干支流和溪沟里较为集中，岸坡及丘陵上容易落到溪沟里，故较少。

(2) 卵石是从水成岩断层裂缝中喷出的溶浆凝结成后经长期滚动而成形的。它们可从流域各处喷出，经地质历史上地形的升降与来回滚动，趋向于较均匀地分布在流域里。

(3) 这些卵石在河槽岩基上组成覆盖层。下层的粗大些，上层的细小些。两边滩地上洪水过后留有较大的卵石，河中深水处可流动着较小的卵石。这些卵石便是组成河床的河床质。卵石间夹有些从沟两岸塌下的粗沙。

(4) 由于地质史上地层的升降和地形的演变，卵石曾多次东西来往运移。运移过程虽使卵石磨损减小，但因其起源地点和运移方向多经变化，不一定是上游山区的较大，下游平坦地区的较小。

(5) 岩基水成岩经风化后，再被径流冲入河里，成为悬沙，其量很大。大多为细粒，可以一泻千里，不沉河底。这就是水土流失，是下游洪积平原的原料。它们不参与造床，在筑坝后库内流缓处沉积。部分随流出库。

## 五、长江支流中卵石输移的个体分析和整体运营

前面说过，凡卵石输移的个体分析所运用的是固液两体流的力学分析。其复杂性在于：首先，所分析的对象不是仅一粒卵石或一股水，卵石群体是间隔的连续介质，它们随着流水和降雨沿程（ $x$ ）和随时（ $t$ ）按边界条件不断改变着，而这些边界条件，如横断面（ $A$ ）、坡降（ $s$ ）和糙率（ $n$ ）等，还受着下游各断面的这类条件以及最后的控制条件（ $Q \sim H$  关系）的控制而变化，分析是极其复杂的。其次，在水石流运移过程中，逐个断面的进水、进石随着  $x$  和  $t$  或增或减，变化无穷，只能大概地定性，如水文局文中所描述的那样：（98 页）“山区河流上游坡度大，水流搬运能力强，粗颗粒卵石能被夹运前进。当河流进入到山前缓坡宽谷河段后，水流减弱，粗大颗粒便会沉积下来，……”这些仅是现象的定性描述，人们既不可能通过量测取得各运动有关因素定量定率的确切资料，更无完善的力学理论对此作出时空变化的具体分析。所以说，水沙流或卵石的输移要比暴雨集流更为复杂，不可能用力学分析得出具体的结果。另外，在长江重庆和宜昌断面也没法直接量出卵石多层同时的输运率，虽然我们只要求概略地掌握其年输沙量就够了。

所以，我们只能舍弃个体分析法，而改用整体运营法（或称宏观调控法）中的统计法。它是利用许多可能取得的直观实测资料加以统计或求其相关关系，得出一些概略的经验总结。它不像个体分析法那样沿着现象的过程按运动理论逐步推论，以得出确定性的结果。这样虽也不免存在各种误差，但其数值的性质是确

定性的。统计法和相关法得出的结果则是概略的，乃只是可能性的或随机性的，它是作为全部资料中得出的长期平均期望值，故又称为随机分析法。所得结果所对应的变量简化为只有概率或相关系数一项，均值和相关值（俗称回归值）是期望值或最可能出现之值，难得出现的如百年一遇的则须另按概率统计推算，若统计资料不足，则取出现过的最大资料用于设计。

唯物证法认为任何现象都有其必然性和偶然性，两者是对立的统一。个体分析是针对现象的必然性，人们都理解而熟悉。而整体运营的统计法和相关法往往为人们所不理解，甚至拒绝采用，特别是早期美国的工程师们，因其分析过程是笼统的，不按现象演变的时空过程，初期人们不肯接受，现在则已是公认的了。

这里作者建议一种整体运营的相关法来推算我们应该考虑的通过三峡的长期平均卵石年运移量。如前所述，我们只要得出其概略数据，是几百万、千万、还是亿 t/年。我们暂且忽略掉悬浮的泥沙数量，假设它完全不参与水库内的淤积。

为了说明大小块不同的流域某年的确定性年流量或年输移量和许多这些年的各自平均值其概念是不同的，前已以年流量为例解释（112 页），兹改用年输沙量  $G$  来解释。凡在平均值里会自动去掉那和均值差异的“年储存数  $\Delta G$ ”的道理：例如把总面积  $A$  分为若干小面积  $a$ ，

$$\text{在 1901 年内, } {}_1G_{a1} + {}_1G_{a2} + {}_1G_{a3} + \Lambda \Lambda = {}_1G_A = \bar{G}_A + \Delta_1 G_{AE};$$

$$\text{在 1902 年内, } {}_2G_{a1} + {}_2G_{a2} + {}_2G_{a3} + \Lambda \Lambda = {}_2G_A = \bar{G}_A + \Delta_2 G_{AE};$$

在 1903 年内, ……,

$$\text{综合起来, } \sum_n G_{a1} + \sum_n G_{a2} + \sum_n G_{a3} + \Lambda \Lambda = \sum_n G_A = n\bar{G}_A + \sum_n \Delta G_A;$$

$$n \text{ 年的平均: } \bar{G}_{a1} + \bar{G}_{a2} + \bar{G}_{a3} + \Lambda \Lambda = \frac{1}{n} \sum_n G_A = \bar{G}_A。$$

这就是相应原文（112 页）中所说的：该流域的多年平均值  $\bar{G}_A$  中就没有某一年里或多或少的  $\Delta G_A$  了。即  $\sum_n \Delta G_A = 0$ 。

在原文 113 页的表里，作者只检出当时手头有的四项单位面积年输移量： $G_{a1}=87.0$ ， $G_{a2}=90.7$ ， $G_{a3}=54.9$ ， $G_{a4}=144t/km^2$ ，这四数差异不及一倍；而其相应流域面积 23037，5510，1911，及 76000km<sup>2</sup> 则相差达 15 倍之多，这说明各大小块面积卵石侵蚀系数还较近似，竟远比重庆大面积的为多。按这些小块面积同在

四川盆地之内，其气候、地质、地貌原较近似，用的是可靠的卵石连底运移的实测法。作者最后采取的 1 亿 t/年是约略地在四数之间，并非都江堰的均值。假使按水文局实测的宜昌为 75.8 万 t/年除以  $1,000,000\text{km}^2$ ，则此数该是  $0.758\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{年})$  相当于四数的 1%，相差太距。前面已解释，卵石和泥沙一样，是遍布于全域的，暴雨川流带动输移的机会是近似的，坡降在溪沟只有比山区的更陡。愈到下游，集流面积愈大，并经长期观察，明知没有累积淤积存在，年输移量自然应到下游增多。所有火成岩和变质岩卵石磨损有限，在地质历史中产地既不同，历时也不同，运动或东或西，决非到了重庆全变为泥沙了。拿都江堰流域 2 万多  $\text{km}^2$  能产出 200 万 t 和宜昌以上 100 万  $\text{km}^2$  反而只产出 75.8 万 t 对比时，人们就自然会判断哪个测法的结果比较可靠。

山区水库储存了卵石，当然将减少宜昌的年输移量。但是考虑到库区总面积占据宜昌  $1,000,000\text{km}^2$  的成份，便知这是很有限的。若等到环绕山区所有水库都修起来，不知需要多少年，而三峡水库只要若干年内经过一两次洪水重庆港就会被堵死了。人们采用河中卵石，当然也会减少宜昌的年输移量，但是究竟这是有限的。须知我们这里所得结果的问题是 75.8 万 t 和 10,000 万 t 的对比，如此大的差异，孰是孰非问题显然容易辩明。

在无法取得多层卵石输移率实测的情形下，作者就不得不采用各种可能的资料相关法。卵石和悬沙的输移比（简称推悬比）就是一种合理的粗略估算卵石年输移量的方法，这方法的根据是：所有输移的泥沙或卵石其量虽非同泥沙河床质的推移和悬移的对比，但都是来自同一流域，根本没有利用本域以外的“黄土层所覆盖”或“西汉水”的资料来对比。宜昌以上的川江流域包括乌江流域，后者地处灰岩，不易碎裂，其“年卵石推移量 9 万 t”。这种情况岂止一处，金沙江山区地质和四川盆地的也不一样。根本不该把区区 1/43 流域面积上的推悬比来代表全域。所以被认为，“用这一方法计算，不仅基本概念错误，其计算结果也不可能正确”，这是用确定性概念否定随机性（偶然性）概念一个突出的例子（101 页）。此外，偶然性针对影响推悬比的因素有许多，不仅是卵石和泥沙产量的不同岩基一项，还在其他许多因素。

方法的另一根据是：所有推悬比资料都是根据卵石推移和泥沙悬移同时在都江堰以上流域内经许多同样造雨的气候气象条件所综合形成的。在宜昌以上流域面积虽扩大了 43 倍，但推悬比的卵石和泥沙双方也是依据同年内许多同样雨情的气象所综合成的。当然它们所用的力学分析是完全不同的：悬沙是通过水成岩风化、降雨溅击、水土流失、地面流冲动、最后汇入河中而成。卵石床沙运移的过

程是：这同场雨抬高了河水位、增多了流率、加大了推移力和动能，于是增多了河中现成的卵石输移率。某小块面积上的各场雨和宜昌以上整个流域所综合成的雨，分别对各自形成的推悬比，从力学的个体分析来看，面积扩大了 43 倍，当然未必是相同的。似乎也应像前面评论因各地岩石性质不同现成的卵石多少也不同那样，加以批评“不仅基本概念错误，其计算结果也不可能准确”，这是另按降雨的因素来否定用经验性的随机统计法来概略地估算卵石年输移量的合理性。

把各种有关因素综合起来，作者在这里统计推算的论据是：在同一流域内，从整体来看，具有相同的地质、地貌、气象、气候，在同一时段条件下，虽其内部分块面积上的上述各条件不可能一致，但它们各必分别具备一个泥沙的和卵石的每方公里的多年平均输移量（即侵蚀模数  $\bar{M}$ ，原文 115 页之附表载有泥沙的输移量）。卵石实测的资料只有都江堰的通过兜底揽网约 200 万 t/年一数比较值得参考，而宜昌、重庆实测的漏掉了采样器底下大部分卵石，输移量所得结果 75.8，28.2 万 t/年毫无意义，谁敢置信？于是作者参考四个实测的卵石侵蚀模数 87.0，90.7，54.9，114t/(km<sup>2</sup>·年)，再参考唯一的都江堰实测推悬比 1：5.3 所得 87.0t/(km<sup>2</sup>·年)，（其实就是根据都江堰实测的 200 万 t/年还算，并未利用推悬比关系）而酌量取 100t/km<sup>2</sup> 的这中间数，再乘以面积 1,000,000km<sup>2</sup>，乃得宜昌年输移量约估为 1 亿 t/km<sup>2</sup>。当然此数说不上准确，但和三峡以上 20 个小块流域测站得出的产沙模数（原文 115 页表）的平均值 690t/km<sup>2</sup> 对比，今卵石的推移量采用 100t/km<sup>2</sup>，相应推悬比约为 1：6.9（小于都江堰的 1：5.3 似较近），这里指出卵石平均年推移量的数量级是亿 t 级，不是千万 t 级，也不是百万 t 级，更不是水文局提供的十万 t 级。我们应该承认估算误差最多可能十倍、或一个数量级，即至少是 1 千万 t 级，决不至于差达三级。

## 六、从葛洲坝水库实测冲淤量推算三峡卵石年输移量

在大江里用采样器量测汛期多层卵石同时移动的输移量既不可能，利用葛洲坝水库每年的冲淤量间接推算三峡通过的卵石年输移量，是另一个估算的方法。这里的困难仍然在不易实测通过 27 个排沙孔的卵石量，下面作者试拟间接推算的估量方法，用来和前述各法比较。

已故方宗岱先生于 1986 年发表《长江航运与泥沙》一文，文中表（一）载有“宜昌站 1980——1985 年共 6 年水文泥沙实测值”，兹录于下：

年 份	年水量 (亿 m <sup>3</sup> )	年输沙量 (亿 t)	虚含沙 浓度 (kg/m <sup>3</sup> )	葛库淤量 +淤-冲 (亿 t)	实测 年输沙量 (亿 t)	实含沙 浓度 (kg/m <sup>3</sup> )
1980	4620	5.88	1.16	0	5.88	1.27
1981	4420	7.28	1.64	+1.09	8.37	1.89
1982	4480	5.61	1.25	+0.312	5.92	1.32
1983	4760	6.22	1.30	+0.248	6.46	1.35
1984	4520	6.72	1.44	-0.217	6.50	1.43
1985	4560	5.81	1.26	+0.529	5.83	1.27
平均值		6.08	1.34	+0.327	6.41	1.40

水文局文 101 页（三）中严厉地批评：“取 1980~1985 年这一长江丰沙期的悬沙量 6.41 亿 t（实际上只 6.09 亿 t）作为宜昌的悬沙输沙量，而不取该站的多年平均值 5.3 亿 t，……，这样选取的根据是什么？……出现如此明显的错误，这说明黄先生对待科学的态度未免太不严肃”。从上表中可以看到方文载的 6.41 亿 t 是 1980~1985 年的平均值，此文发表于 1986 年稍后，其资料乃水文局提供并补充的。而作者之文稿乃根据手头所有方宗岱的文献，而且采用了 6.41 而不用 5.3，对于总的结果数量会产生有多少差异？我们应反省的错误是发生在最基本的简单概念：研究河床演变、水沙运移首先要辨别清楚的是造床质是什么？是卵石夹粗沙，还是一泻千里的悬沙？有了水库，悬沙虽也发生沉积，但它对比卵石一颗也出不去这样严重的问题要轻得多了。所以作者在文中根本没有研讨卵石加泥沙两者淤积的共同影响，这是因为单论卵石若足以短期内淤死重庆港口，就毋须再考虑加上几倍多的泥沙来助虐了。不研究卵石流而去大做其泥沙试验，就是根本性错误。

首先我们应该理解，表中在葛洲坝上游历年淤积的数量表示，若这是三峡高库末端，则其淤积量还要远远大于此。葛洲坝是低坝，是所谓川流电站（俗称径流站）的坝，这种坝是根本不会淤多少的，27 个排沙孔原设计是要尽量能排出所有泥沙和卵石的。

令自然川流下卵石多年输移量为 G，坝上游淤积量为 D，通过 27 洞的同年输移量为 F，则

$$G = D + F$$

这说明总是  $G \geq D$ 。因为运移中的  $G$  和  $F$  测不好，而  $D$  倒是明确的，我们仍只知逐年的起码数  $G \geq D$ ，尚待估算  $G$  之值。

我们从表中看到葛库淤量一栏里 1981 至 1985 年的年淤积量是 1.09, 0.312, 0.248, -0.217, 0.529 亿 t，其数量仍年年全是几千万 t，没有一个像水文局公布实测的只有年几十万 t 这类万 t 级的数量零头，这就值得进一步细细地思考其缘故了。这里相差在一百倍以上，问题太严重了。再和都江堰肉眼看得清清楚楚的从 1/43 流域上出来的实测 200 万 t/年相比，我想大家会对这同一类数据置疑的。

因为  $G$  和  $F$  都不可能是负值：

$$G \geq 0 \geq D, \quad F \geq 0。$$

在 1984 年， $D = -0.217$ ，这些卵石和粗沙当然全部排出 27 个洞了。若这年一块卵石或泥沙也没有从上游下来，即  $G = 0$ ，则  $F_{84} = G - D = 0 - (-0.217) = 0.217$  出洞。但是来石量  $G$  决不至于是 0，总还有一些起码的年来石量  $G_{\min}$ ，所以从关系式

$$F_{84} = G_{\min} + 0.217$$

我们可以说  $F_{\min} = 0.217$

起码的来石量  $G_{\min}$  我们没有原始资料，但从  $G = D + F$  式中我们可以认为：

$$G_{\min} = D_{\min} + F_{\min}$$

我们可以暂先设定至少  $F_{\min} (\geq 0) = 0$ ，于是因  $G \geq 0$ ，其年应

$$G_{\min} = D_{\min} \quad G_{\min} \geq 0$$

请许可作者在手头有限的 5 年资料里取出  $D_{\min}$  即淤积最少的年份 1983 年 0.248，（我们不能取  $D_{\min}$  的负值，如 1984 年的 -0.217，因为那样  $G_{\min}$  也成为负值了）。据此，我们可估计三峡最少的年卵石输移量  $G_{\min}$  为

$$G_{\min} = 0.248 + 0.217 = 0.565 \text{ 亿 t/年}$$

这只是粗略的估量，也没有所对应的概率。

至于最大出现的卵石年输移量应至少为实测的 1.09 加上起码的通过 27 洞的 0.217，其值为 1.31 亿 t/年，也不知其对应的概率，只是一个较大的输移率。

所以从实测的葛洲坝年淤积量考虑，应该用于设计的卵石年推移量是 1.31 亿 t/年；至少要考虑 0.565 亿 t/年；因只有五年资料我们不能用它们来制定均值和差异系数  $C_v$  等进行统计。



# **On the Quantity of Transported Gravel Materials at the Yangtze Three Gorges Dam Site**

**(Continued)**

Huang Wanli

(Tsinghua University Beijin 100084)

## **Abstract**

The Upstream Yangtze River belongs to erosive, degraded reach, with cobble, gravel and coarse sand as its bed forming materials. The river with its watershed in geological prehistory was high in the east than the west, such that water carrying the gravel load flowed westward during the Jurassic Period 0.1 billion years ago. The gravel formed from igneous intrusion material covered all over the Yangtze catchment area, which has been raised and lowered several times, such that the distribution of size of gravel among the area is not even at all. During flood times the bed forming gravel transports with several layers simultaneously above the rock bed of 35 meters deep at the Three Gorges, so that it is impossible to measure its rate of transportation even by the current delicate apparatus. Thus, the only way to estimate the gravel bed load of the Yangtze at the Three Gorges is to employ statistical methods correlated to the measured data from the sections below small drainage area within its tributaries. The result has been evaluated at tens of million tons per year, that will all deposit in the river bed at Chongching on the upstream end of the stored reservoir, which will certainly cause serious effect to navigation and will raise flooding level of the land upstream.

**Key Words:** Yangtze Three Gorges Transported

## 吁请长江三峡大坝即日停工！

### 此坝决不可修！\*

大坝已经开工年余了。假使有朝一日真的完成，水库蓄水，壅高到重庆，一百万方公里的四川盆地上的卵石和泥沙，每年冲刷下来路过重庆的，据长办水文局说，用当今世间最好的各种仪器参加比测，每年只有 27.7 万吨。另据方宗岱按寸滩——北碚十朱沱历年冲淤统计，则得出 1956 年-1.12 亿吨、（-冲、+淤）57 年-0.79，58 年-0.30，59 年-0.19，60 年+0.50，61 年+1.26，62 年-0.25，63 年+0.20，64 年+0.64，……，总之，其数量级或冲或淤总是几千万吨，和前列 27.7 万吨相差百倍之钜。年冲刷或沉积量已达几千万吨，那么再加上或减掉来量或去量，每年路过重庆的还应更大于沉积的或冲刷的几千万吨，未来的重庆深水港受得了吗？

再看葛洲坝上游 6 公里内量测的年冲淤量：1981 年+1.09 亿吨，82 年+0.312，83 年+0.248，84 年-0.217，85 年+0.529，……其数量级年年也都是几千万吨。理应再加上冲出 27 个排沙洞的，才是总的来沙量，则其量将再成倍增加。这里体积可用水下尺度实测（hydrographic survey）。也能辨别清楚沉积的绝大部分是卵石，27 个排沙洞在大水下理应冲走全部沉沙。作者在四川盆地各支流小水时目睹河中卵石磊磊，很少有粗沙，大水更不用说泥沙全部悬起，成为悬沙，所谓河槽中的沉积量应大部为卵石。

对于每年几千万吨的卵石沉积，再加上前面更大量的泥沙沉积，自将堵塞水库上游末端的重庆港。若来 817 那么大的洪水，则其量更大。次年下来的沙石将陆续向上游延伸，抬高合川、江津的洪水位，祸害也大。正象周总理说的，阻塞黄金水道，那就只能炸掉大坝。

但是人们总不会舍得这样做的，我们可象三门峡那样，大大降低蓄水位，放大泄水能力，改在万县设港，加建一条铁路通重庆。但这样也解救不了卵石沉积

---

\* 手稿，1995 年 3 月 8 日。

上延合川、江津，又丧失了大坝防洪能力。那时人民将怎样看待我们？怎样看待吾政治组织、技术组织？我们都是大学毕业的，都是由 30 个农民长期把我们每个人培养起来的。我作为一个泥沙研究的教师，作为水文学的主讲教授，最觉惭愧得无地自容！

一个大坝的建造，须通过五方面检查其可行性，上面说的是“环境影响”，或更广阔一些的“生态环境影响”（Ecologic Environment Impact）。另外四方面是技术、经济、社会（如移民）及国防。三峡大坝在这四方面其可行性也不能成立。反对修此坝的人很多，却都是专对这四方面的。认为从最根本的环境影响不可行，或根本上此坝毋用去考虑修建，也即自从孙中山提出此问题后，应该根本予以否定，随后的许多费钱费力的工作全不该做，则惟我一人。因为后来美国垦务局萨凡奇也热衷于此，美国政府又拿出技术力量相助设计，作者就成为全球唯一的人从环境作用上彻底反对者。人们公开说我狂妄自大，世上只我一人这样反对。为此我不得不详细解说，希望同志们细读《水力发电学报》上的三篇文章：1993 年第 3 期、1994 年第 2 期、及 1995 年第 1 期。这里对于三峡坝工的环境影响有详细的讨论和争辩，涉及学术上的一些基础问题。希望批评讨论，以明是非。不可因为我们拿了研究费，就象律师那样替业主辩护。

上述淤塞重庆港，延伸至江津合川，洪水时将淹没大片耕地城镇，要等到廿年完工蓄水后才发生，因此至今人们还将信将疑，不肯断然停工。如今部分围堰已成，部分卵石泥沙已堆积在堰上几十公里至百余公里，排出堰外的水流含沙浓度大大减少，剩余挟沙能力加强，而且流速加快，必然要冲刷堰下游覆盖层中的沙石，排洪时期特别厉害。泥沙在前面可以淤塞汉口港，卵石在后面抬高河床，荆江防洪任务加钜，危险年年加甚。务望加强防洪，分流排出沙石，也须加开北岸郝穴，大量排出卵石泥沙。迫切迫切！

### 《哭长江三峡大坝开工》（七言）

生在江头吞海口，心忧三峡坝工久。东来云气满巴蜀，西仰江流溉畦亩。衍溢淫浸殖生物，含泥润潏滩涂厚。江南江北仓廩实，溪沟遍通九州阜。巨舸远洋直驶汉，千吨汽艇万渝走。湘资沅澧云贵川，坡陡能丰足称首。纵遇漏天蛟龙虐，长堤千里差堪负。环宇巨浸一何多，独此优游世罕有！

三峡谷深流亦丰，招来造坝建奇功。拦洪发电兼添航，诏谓人间第一工。孰料此江床满石，火成鹅卵逐流中。巫山着意催云雨，江水无情沙石冲。库尾落沉渝港塞，延伸溢岸泛涛洪。楚王愁看移民苦，浅鰕争功胁众从。樗散衰儒不晓机，再三抗疏议陈穷。但闻猛虎千家哭，怅望轮台悔诏空。

# 关于长江三峡修建高坝的可行性问题<sup>\*</sup>

## 一、概说

作者曾在修建长江三峡高坝前后，六次上书中央建议勿修此坝。此坝建成蓄水后将使金沙江与四川盆地下来的河槽中的砾卵石和部分悬沙在重庆沉积下来，形成一水下堆石坝，堵塞重庆港，其壅水将淹没合川、江津等城镇、殃成数十万人民淹毙的惨剧。此坝永不可修。

本问题有关学术方面的解释曾载于水利水电学报 1993 年、1994 年及 1995 年各一期：《关于长江三峡砾卵石输移量的讨论》。

此坝修建的可行性不能成立，首先由于对生态环境影响将起祸害的作用，其次才是对于坝工本身可行性也认为不成立。文中依据治河规划与流域地貌的原理作了简要的分析，指出高坝蓄水后成灾的必然性。

最后提出停修或改建低坝的建议。

## 二、工程本身建设的可行性问题

所谓工程本身（Infrastructure）这里包括大坝的全部工程，其上游库区及下游泄流对河槽保护的必要工程。此外，上游和下游环境所必需的保护工程不属之。

三峡大坝目的是长江防洪、航运改善、水力发电、附带灌溉供水，又不可避免地包括治河工程。它又属于四类治河方法之一；蓄（拦河蓄水）、塞（筑堤防洪）、浚（浚深河槽）、及疏（溢洪疏流）。所以三峡大坝的设计规划必须同时考虑到各种综合利用的工程和四种方法的分配效果和工程规模，据以达到以最小工费产生最大的效果的目的。

在上述诸目标之下，必先考虑工程本身下列四种可行性的分析，这是起码的条件。这四种可行性都是相互独立的，也就是每种可行性都须各自成立，然后才能进而研究最小工费最大效果的方案。

这四种可行性是：科技可行性、经济可行性、社会影响可行性和国防可行性。

---

<sup>\*</sup> 手稿，1997 年 6 月。

许多人提出意见反对修建三峡高坝都是针对这四种可行性的。

综合起来，这四方面的可行性是否成立在于，首先科技方面。长江选择在三峡修坝，原是因为各峡谷只有 500 至 1000 米宽，修了高坝上游河宽约 2000 米，可用较短的坝长产生容积极大的水库。加以长江水流又丰富，对于发电通航都很合算。不但政治家看了眼红，连筑坝工程专家萨凡奇也赞同。但高坝必须有强固的河床基础，只有坝下游就近三斗坪才找得到火成岩基础，而这里坝长须达 1980 米，反而比峡谷的宽度长一倍，失掉了原来理想的狭谷出大库的优点。这样，混凝土量需要很多，施工时期需要 17 年之久，核算起来，按复利计算七年本利和将成倍，结果极不经济。于是按计委规定，竟用静态不计利息来核算，这就无法自圆其说了。至于淹没田地百万亩，迁民百万多，真是一个难题。我国可耕地只占全球的 7%，而人口达 22%，耕地原是多么宝贵。至于军事方面防空问题，以前张爱萍将军曾作出分析向周前总理报告，请暂缓考虑筑坝。于是工程本身的这四种可行性皆不成立。

### 三、工程的上游生态环境影响问题

前述工程本身的可行性问题是众所周知的，提出不同意见者很多。而笔者个人提出的问题——生态环境影响（Ecological Environmental Impact）的考虑却是另外一个大家生疏的最根本的问题。其中生态问题早已在法国对我们缺席裁判造坝，曾予援助的加拿大则已承认错误。这生态问题倒不是绝对地得出结论决不可筑坝，而笔者提出的三峡高坝永不可修乃是环境影响的问题：在坝成蓄水以后，在重庆水平流缓，从上游金沙江和四川巴蜀盆地的各江中的砾卵石河床料（bed forming materials）将冲下来自动造成一个水下堆石坝，此外，更多的水中漂游着的悬沙也部分沉积下来，堵塞住重庆港，断绝航道。洪水时抬高水位，壅及上游合川江津一带，淹没较两县更低洼之地，那里人口数十万，可能发生十倍于 1983 年 7 月底安康汉水之灾，惨绝人伦。这就是长江干流永不可修高坝的理由。若重来一个 81 年 7 月当地的洪水，则只要一次大峰便可成灾。

### 四、治河规划与流域地貌

拦河筑坝是治河规划中的一种措施，凡坝工设计施工以前，坝本身的规划必须符合流域治河的全面规划。拦河坝调节水流改变了自然的河床演变，使河中水流率（俗称流量）和沙石的输移率  $G$  在各断面  $x$  随时间  $t$  不断改变： $Q(x,t)$ ， $G(x,t)$ 。后者又分为漂流水中的悬沙输移率  $G_s$  和在河槽里移动的床沙输移率  $G_b$ 。

(bed load):  $G=G_s+G_b$ 。这里床沙包括砾卵石、粗沙等,泥沙是流动的固体的总称。床沙输移表现为河床演变,悬沙输移不直接影响河床演变。

流域内治河的规划受到流域地质地貌条件的制约。长江上游大片地层的岩基是由页岩和沙岩组成的。前者风化后成为泥,后者风化后成为沙。它们在暴雨后被地面迳流冲刷到江中成为悬沙。大片岩基两亿年前就被全面复盖了砾卵石,连同山头大小溪沟都铺满。雨水陆续把它们冲入江,成为床沙,也就是河床料,河床演变的主体。

河床料作为河床演变的主体,是治河的对象。在大江里床沙厚达 30 至 40 米,其输移率是无法实测的,而悬沙则可能测到。

在一二级支流里床沙只一米厚,同时移动时,其输移率也不易测到;只有在岩基横穿河槽的情形下,船工所谓“石龙过江”者,在浅层砾卵石同时移动中可能测到,例如岷江上游都江堰断面上人们用铁丝网多次兜住卵石而测到。

拦河坝工程的基础学术是土木工程中的建筑结构和水力学,工程规划的基础则是水文学,涉及治河学原理。水文学始于 1930 年,由于工程要求水资源利用和洪水定量而发展起来的。

水文学的基础学科是水文地理学和水文计算学术。前者的内容是水文气象学,水文地貌学和水文地质学,其中地貌学成立最迟——1954 年。水文计算的基础是水力学和概率论统计法。

不通水文学而论治河,就限于由土木工程观点所控制的治河方法,这是不全面的,对于水利工程可说尚未入门。笔者才疏学浅,惟恐尚在门外,居常孜孜学习,并求教于世之学者。

## 五、对于三峡高坝建设可行性的不同认识

前述作者提出的环境影响使三峡高坝永不可修的问题,长江水文局等不少专家提出了不同看法,问题的内容和详细的解释见中国水利水电学报各期,兹简述如下:

(1) 若有大量砾卵石河床料沉积重庆港就会造成灾害,这点是大家同意的。不同的意见是,人们认为,根本长江的河床料可能极少。根据本处“世界最精确的推移质输沙量”测验,长江重庆通过的只有 27.7 万吨/年,宜昌只有 75.8 万吨/年,认为都可以忽略不计,可只考虑悬沙的问题。但是远在上游都江堰,岷江集水面积仅 23000 平方公里(相对宜昌长江流域面积 1000000 平方公里),实测的砾卵石年输移量就有 200 万吨之多。如所众知,整个四川盆地是冲刷性的,减坡性

的。泥沙、卵石年输移统计量是向下游沿程递增的，怎可能上游的 200 万吨/年反而大于下游的 27.7 和 75.8 万吨/年呢？

(2) 人们就这样解释：卵石在长途推移过程中会磨成细小的沙粒，从河床里悬起成为泥沙，并有各家的实验证实。

但是作者曾在当地长期测量的经验里，目睹上游的卵石反而小得象拳头那样，约 10 厘米直径；而下游合川广大滩地上卵石大得象两手掌合起来那样， $50 \times 100 \times 30$  厘米<sup>3</sup>，这怎样解释呢？

原来地质历史上两亿年前长江是由东向西流的，大江出口向地中海。直到青藏高原抬高起来后，才反过来成为今日西向东出海。这在长江专刊上有详尽的叙述。

(3) 人们又妙计出笼，可以在各大支流的源头筑坝拦住卵石出谷，这样重庆不会堆成水下堆石坝了。庶不知金沙江和四川盆地是全面堆满着砾卵石的，只要有暴雨，它们就会在河槽里被冲成为砾卵石河床料。另外页岩沙岩化成的悬沙也会在重庆港沉积下来，相助堆石坝之堆高。悬移的泥沙长江水利委员会估计输移量平均年达 7 亿吨，而床沙卵石 1 亿吨，作者统计所估，为人们所拒绝承认的。当然，从每平方公里的卵石量累积起来约估，只是粗略的，但其误差若竟大了十倍，只有一千万吨卵石堆在重庆，这个多年平均量恐怕也难在汛期挖净，于是上游泛滥成灾，仍在所难免。这是由于人们不理解大江里无法实测出多层同时移动着的卵石输移率  $G_b(x,t)$ ，而又不承认统计法的合理性，这样造成的。详见水力发电学报 1995 年第 1 期 92 页第五节。

## 六、三峡高坝蓄水成灾的必然性

黄万里分析流域整体运筹（误译为系统工程 System engineering）与江河治理的原理中得出结论：凡是江河干流其上游汇水流域属于冲刷区具有大量耕地者，其各支流造床料为砾卵石者，一律不可在干流拦河筑坝。换言之，若干支流源头没有大片耕地，造床料不是卵石而是泥沙，则可以；而长江干流则不可。若卵石输移率和量皆小而可以及时设法处理者则可以考虑拦河筑坝。今四川盆地和金沙江广袤百万方公里，人口一亿，全域铺满卵石，其上冲积土壤厚不及一米，断然不可修高坝拦江。这是应用水文地貌学的知识，这是定论。

但是人们忘了四川 1981 年 7 月的洪水多么可怕，冲入干流约有二亿吨卵石，幻想三峡高坝蓄水后也许不致於造成堆石坝，不至於酿成灾害，那么，长江的大支流汉水 1983 年 7 月安康的洪灾便是一个足以警告的先例。

汉水南岸安康县虽地势低洼，但城内房屋总不至於修在洪水位之下。安康下游沿汉水约 200 公里为丹江口水库，1969 年完工。安康以下河槽内卵石早已淤高。且其下游石梯一带为狭谷直壁，宽仅 150 至 200 米。河床既高，峡谷又窄，洪水到来，水位自然抬高，原来测定的水位  $H \sim$  流率  $Q$  关系不复适用，即： $H \sim Q$  线已被抬高。洪水退时，石梯峡口沉积的卵石将陆续冲向峡口以下，慢慢地降低洪水位。

安康“837”洪水实际并非极大。据实测资料 83 年 7 月 27 日至成灾日 31 日安康以上流域平均降雨量如下表：

安康以上流域五日降雨量					单位：毫米
7 月 27 日	28 日	29 日	30 日	31 日	五日累积降雨量
10.3	27.9	33.0	67.7	27.7	166.6

汉水水位涨势很猛。加以其上游石泉水库原已蓄高达 406 至 407 米。28 日曾开闸放水，31 日仍回升到 407 米。

8 月 1 日时安康最高洪痕 259.44 米，水位很快上涨了 19.4 米，高出安康城堤约 1.5 米，高出安康大桥南端桥面约 2 米。7 月 31 日 18 时洪水开始破城进水，20 时就很快淹没了全城。一楼住的人未淹毙者奔向二楼，而三楼，最高爬上四楼顶的人还是淹死。如此快地涨水高达 19.4 米，显然是由于下游河槽被卵石淤高，否则洪水再大也可在宽深的河槽里排泄出去。经查询当地人民或谓淹死数千人，或谓数万人，惨绝人伦。

按安康以上汉水流域面积仅 38700 方公里，已修有四个大坝，理该已拦住大部卵石和泥沙。但仍因下游丹江口大坝与石梯峡谷之阻使卵石沉积河槽而抬高洪水成灾。对比长江重庆，为害将数十倍于安康！

### 七、改建三峡高坝设计的建议

笔者曾在筑坝前三上书中央勿修此坝，筑坝开始后曾三上书建议停工。请求公开讨论。在学报上又曾展开技术争辩。又曾答复美国总统来函咨询，说明此坝永不可修之理由，承其回信同意并致谢。全世界有四个通讯社前来我家录音拍影，除我国外已在全球各国电视广播。如今木已初成舟形，仍望公开争辩，改变设计使四川盆地不受灾害，而已成工程尽量发挥其最大可能的作用。



建议将坝高降低，以不淹没万县为度。建议另加隧洞或排水道，使砾卵石，泥沙能畅通出库，并恢复郝穴等出口，将沙石也输往江北洼地，抬高两岸田地，并确保汉口。这须用尽心计。

停止各处模型试验。以前所作是全本错误：第一，床沙即河床料无法测到，根本没有实在的原体资料，何所凭而作模型？第二，笔者前已证明圣维南两公式不足以解答完备的水沙流力学分析，所需的控制断面必须辅以黄万里建立的能量消散率最大的公式。模型试验中任意在下游设置一个不合实际的测流堰，是不可能反映流变和河槽演变的。第三，在前述两点下缩小模型，其模比原则无法成立。这些并不意味着作者认为模型试验不可能另有新的合理的方法。

# 诗文拾零

## 花丛小语 \*

这还是3月里桃花含苞未放的时节，田方生编写了一章讲义，推开房门，背着手在小花园里闲步。他低着头，轻轻吟着他昨夜刚填好的词——百花齐放颂（调寄贺新郎）：

绿尽枝头蘂，  
怎当他、春寒料峭、雨声凄切？  
记得梅花开独早，珠蕾偏曾迸裂！  
盼处士，杳无消息。  
桃李临风连影摆，怯轻寒、羞把嫩芽茁。  
静悄悄，微言绝。  
忽来司命护花节，  
乘回风、拨开霾气、宇清如澈。  
人世乌烟瘴气事，一霎熏销烬灭。  
翻潋滟，芬香洋溢。  
好鸟百花丛里舞，这当儿，鼓起笙簧舌。  
心自在，任翔逸。

正在边走边吟之际，脚步声惊破了他后半段词句里的意境，抬头一看，前面来了老友甄无忌。只见他满头汗如珍珠泉那样涌出，气喘不止。方生迎前一步，惊问何故？只听得他满口抱怨地嚷着：“我老远特从城里来拜访，谁知三十一路车只开到石油学院为止，害我徒步十里路。这条西郊公路是哪位宝贝工程师修的？”

噢！原来如此。方生未及回答，前面又有人向他招手，连忙向前迎接，一齐过来。无忌一看是贾有道，把头似点未点地招呼了一下。三人商定，泡了一壶茶，就在园里坐下。

“这公路是修得有些奇怪，在原始的土路基上不铺大碎石的路床，却直接铺柏油碎石路面。今年春雪特别多，天暖融化后路面下的积水不及宣泄，因此路面

---

\* 1957年5月发表于《新清华》第182期，1957年6月19日《人民日报》在“什么话”的

受载重后就被压碎。”方生作了技术性的解释。

“这是一个土力学的理论问题吧？还是水力学、水文学的？”有道接口就问。

“这些科学对于这类问题都有解释，但路面下须先铺上为了排水和散布载重力的路床，则是工程习惯或常识，并不一定要懂土力学才能得出这种结论。”方生这样回答。

“照你说，这是工程设计的错误。王八蛋！市政府谁管这种事的？尽说美帝政治腐败，那里要真有这样事，纳税人民就要起来叫喊，局长总工程师就当不成，市长下度竞选就有困难！我国的人民总是最好说话的。你想！沿途到处翻浆，损失多么大，交通已停止了好久，倒霉的总是人民！王八蛋！也不知该骂哪位坐大汽车的官大爷。”无忌可真动了肝火，肆无忌惮地破口大骂。

“老兄走累了，喝些茶，擦把脸吧！这些我们可以反映到上级考虑的。”方生把湿手巾投给无忌，安慰了几句。

“刚才你一个人低着头叽哩咕噜些什么？那张纸给我们看看。”两人接过方生的词摇头念了一遍。

“很好，很好，方生兄潇洒一如往昔。”有道恭维了两句。

“不通不通，献丑献丑！”

“我看前半段还能反映实际，后半段，简直是歌德派诗意，反映文人的无耻！”无忌把刚才的怒气转移到主人身上。

“老兄知道我不大看小说的，我连歌德的少年维特的烦恼也没看过，怎会受到他的影响，未免太抬举我了！”

“我说你这书呆子太迂，思想不开朗。所谓歌德派是指专事歌颂功德的那派‘学者’。你看！怎见得护花使节就会到来？即使他来后，怎见得能使‘宇清如澈，人世乌烟瘴气事，一霎熏销烬灭’？什么‘心自在，任翔逸’，还不是为了歌德而填词？”无忌接着又发挥了一顿。

“这是我的信心，至少有这样的愿望。至于你说的歌德派诗人实未敢攀援！”方生答辩了几句。

“对我们自己的政府歌德一番亦无可，怎见得就算无耻？”有道正襟危坐，说得很正经的模样。

“歌德原是该的，专门歌德，样样歌德，就有问题了。还有一种‘但丁’诗人，但知盯住领导党员，随声附和，就算立场坚定，其目的就更有问题了。歌德——但丁派学者最为无耻，当然不是指你老田。”无忌说。

“老甄此话倒有道理的。对的地方我们应该竭力拥护，错的地方就该提出意见。一味歌德——但丁固然不可，一味漫骂企图否定一切亦非所当。”方生说。

“话虽如此说，不过我们国内的学者和人民代表们却独多歌德——但丁派诗人。你看，除掉去年的人民代表会还开始提些意见外，以往照例是以个人体会为歌德的内容，这真是世界议会制的奇迹。我就不信一个政府会绝无缺点与错误，竟不需人民的监督的企图掩盖一切，但求表面统一，就是现政制的特点。”无忌说。

“这就是为什么现在党提出揭发人民内部矛盾呀！以前阶级对立为主要矛盾，现在人民内部矛盾为主要了。”有道插嘴说。

“不错！但是以前的内部矛盾早不由人民来揭发，单靠领导来处理，也未必合理。例如东安市场的避孕套解放以来据统计曾经通过无——有——无——特多等反复步骤，实际上是反映着领导对于人口问题的认识的改变，我看不出客观条件有什么改变。尽管马寅老懂得这些，他也不可能起作用。十分之九以上的人被当作阿斗，十分之一以下的人的脑袋被认为是灵的，而应起主宰的作用。这就是现政治的特点。我夫妇生了六个孩子，个个自小健康，从未住过医院。我妻被公认为一个善于抚育子女的好母亲。子女多，为社会多尽一些责，脸上很光彩。但从目前提倡节育的观点看来，子女多为社会添了困难，还是国家的罪人呢？”方生说。

“这真叫作‘假作真时真亦假，有还无……’”无忌诵起红楼梦里的诗句来了。

“我想领导的本意是在激发起群众的智慧，鼓励起他们的积极性，使人尽其才；决不是只叫人听着话埋头去做。”方生说。

“尽管说得好听，目前只有歌德——但丁派学者是红的，因为只有他们能舍弃了自己认识到的真理，竭诚靠拢组织，说得样样都好，才被称为政治性强。论这些学者们的真实内容，则不是奴才便是棺材（官才）。你看！老蔡当年闷声不响，虔诚地学习孟德尔遗传学。一当什么所长，不免在上任以前先批判一番。等到李森科学说不大时髦，于是又发表了‘我的认识的三部曲’。近来赫鲁晓夫又把李森科称道了一番，且看他又怎样说法”，无忌说。

“文人多无骨，原不足为奇，主要还是因为我国学者的政治性特别强。你看章某原来有他自己的一套治理黄河的意见，等到三门峡计划一出来，他立刻敏捷地放弃己见，大大歌德一番。并且附和着说：‘圣人出而黄河清’，从此下游河治。他竟肯放弃了水流必然趋向挟带一定泥沙的原理，而厚颜地说黄水真会清的，下游真会一下就治好，以讨好领导的党和政府。试想，这样做，对于人民和政府究

竟是有利还是有害？他的动机是爱护政府还是爱护他自己的饭碗？这些人也就是我们的党和政府最喜爱的人才。”方生也激动了。

“这方面渐渐的大家都会看清楚的，我们的党和政府是在不断的纠正缺点和错误中进步的”。有道说。

“很好！让我们先帮助政府纠正修这条马路中的错误。我们把意见提给区人民代表请转达罢。他们也该睡醒了呢！”无忌说。

三人同意，当场起了一稿，提交代表。大意有三点：（1）这次马路损坏究竟是必然的结果还是偶然的无法预计的灾祸？（2）重修花了多少人民的冤枉钱？断绝交通多少天？人民损失估计多少？公共汽车损失多少？（3）谁应负责？应怎样处理？请求逐条解答，切勿无意或有意遗漏。请把解答在北京日报上发表。

## 《治水吟草》自序<sup>\*</sup>

一九九一年八月

星河回转岁月流，宇内寓形八十秋，  
忆昔童蒙犹似昨，悲欢历历思悠悠。  
双亲养我多劳劬，勤苦工农亦足讴，  
愧恨平生效世少，拼将心力为群谋。  
少时气岸凌牛斗，万卷披来空自负，  
曾未学为如此文，兴酣摇笔龙蛇走。  
文山气节董狐管，念想元元未封口，  
总是挚情忧国泪，非关傲世妄归咎。  
狂生有道出资封，苦学图成盼晚风。  
斯道斯文堪扫地，斯才斯技要纳忠。  
阅历江河如指掌，青灯埋首忆艰工，  
辄从杨子谋江利，忍对黄河哭禹功。  
有策犯鳞何足忌？垂危献璞平生志，  
此身哪值五羖皮，倘济苍生秦豫冀。  
欲趋彤庭奉拾遗，濒临耄耋仍虚迟，  
犹龙老去倦勤未，马角乌头肯创思。

---

<sup>\*</sup> 1991年6月，作者将右冠残草（30首）、治河咏怀（15首）、忆旧感怀（26首）和漫游闲咏（29首）等（见后）集于一册，冠名曰《治水吟草》。此为其序。

附 赵 樸 初

## 题黄万里先生治水吟草

一九九一年十一月二日

上善莫若水， 而能为大灾。

禹功钦饱学， 不祇是诗才。



## 右冠残草（30首）

### 百花齐放颂 调贺新郎

载一九五七年六月十九日《人民日报》

绿尽枝头蘂。怎当他，春寒料峭，雨声凄切。  
记得梅花开独早，珠蕾偏曾迸裂。盼处士，杳无消息。  
桃李临风连影摆，怯轻寒，羞把嫩芽茁。静悄悄，微言绝。

忽来命护花节。乘回风，拨开霾气，宇清如澈。  
人世乌烟瘴气事，一霎熏销烬灭。翻潏潏，芬香洋溢。  
好鸟百花丛里舞，这当儿、鼓起笙簧舌。心自在，任翔逸。

### 河上曲 记潮白河坝工 望江南三首

己亥年二月

河上水，环绕蓟门东。秋后流微何足用？夏初洪害恨无穷。丰瘠失和衷。  
今筑坝，横堵两山中。锁住蛟龙波漾漾，放开闸口涌淙淙。人定胜天功。

河上人，尽是圣贤臣。干劲冲天观日月，战声动地失昏晨。歌唱满频频。  
光景好，公社保家身。挑起坝头千担土，迎来岸上百花春。太古仰斯民。

河上士，但见一夫狂。举锸如云翻土速，装车若雨逞功强。天地共低昂。  
知命际，坐斥进劳场。白首竟然成护落，赤心依旧欲飞扬。花月莫平章。

## 耦耕词组

1960-1961 年

庚子腹肌，全家就阶前三分地种玉米南瓜。好似红人，技限于此，然获温饱。

### 秋 思

其一 鹤鹄天

庚子早秋

门外柔条弄袅姿，阶前细草舞金丝。  
丁香欲恨西风早，瘦煞黄花强自支。  
飞雁去，仰天思。长空清激发晴曦。  
星河渺渺行何处？天也无崖生有崖！

### 隔秋翻土

其二 鹧鸪天

庚子仲秋

狂士何尝梦肉燄，素餐已自对群惭。  
平生效世诚微小。曲交移薪肯笑谈。  
衣望暖，食求甘。会须躬稼力耘芑。  
早翻圃土迎阳照，待种春蔬盼翠尖。

### 斫枝圈篱

其三 渔家傲

庚子暮秋

古柳衰杨枝叶布。春蕤肯荫花香处。  
却蔽畦蔬光照路。应划除。好留满圃阳和住。  
编得藩篱磐石固。照微刺锐拦鸡兔。  
遥望四周连理树。君莫虑。春风会向吾园度。

### 隔冬积肥

其四 渔家傲

庚子仲冬

北国冬临何肃静。田空木落凄凉景。  
四顾悠闲清净境。应莫等。积肥要趁风光冷。  
捡起桶瓢修完整。呼儿共舁培田品。  
秽气飞扬欺鼻甚。须猛省。肩头负得流金沈。

注释：是冬共两儿抗粪三千斤沤渍。

**灌畦撒种** 其五 蝶恋花 辛丑惊蛰

露湿霜消惊蛰寐。好鸟披头，啖出春风意。  
放水灌畦平整地。一年首计三春事。  
启视堆肥成沤渍。玉液琼浆，倾向田间施。  
撒子纷纷香雨坠。茫茫从此新生始。

注释：油菜小白菜等十种菜子撒下。

**除草中耕** 其六 蝶恋花 辛丑清明

手植迎春双蝶弄。郁郁丁香、渐见芳心动。  
惹得蜂媒终日哄。紫荆怒放红霞纵。  
暖雨晴风香露重。袅袅青苗，间握心犹痛。  
除草中耕松土缝。素餐罗汉斋盘供。

**园蔬丰收** 其七 水调歌头 辛丑立夏

柳絮漫抛坠，处处雪花飞。飞来碧绿园里，覆叶复沾泥。  
方喜菜收成肆，便任东皇横恣，没计斡春归。  
忽忆平生志，长啸亦何为。  
执花铲，蹲圃地，掘蔬畦。采来一色青翠，娇嫩露华滋。  
佐我清餐妙思，羡尔劳情逸致，倚来看云移。  
也慕英豪萃，稼穡学知时。

**小圃夏景** 其八 卜算子 辛丑立秋

夏初蔬菜既收，即种玉米、黄豆、芋苕、南瓜等，及八月满圃葳蕤。余赤背负稻，且耕且啸其间。

飘飘然几不知尚寓形字内也。

形可役心，稼以习勤，顺运而终始。  
苞实累，有粉向须吹，看茎高，棒株雄伟。  
长叶垂，参差黄豆行里，摇摇曳曳扶风起。  
忻玉米需肥，豆科容氮。相生相养如此。  
南一畦，沟垅列成规。遍地蔓，芋苕发新枝。  
蔓到沟头，铺满平畴，延伸无已。

嘻！仰首观兮。藤萝架下瓜累累。  
叶荫前阶绿，雄花放，雌花韡。  
采雄粉纤纤，轻移雌蕊，云和雨腻便咸蕾。  
思蜂蝶为媒，无心撮合，吾今存意全美。  
笑东陵，落魄种瓜时，犹自觉，青门有余悲。  
委我心、休计誉毁，种瓜应得瓜实，他事东流水。  
但知持耜耕耘闲憩，自咏诗歌自喜，寓形宇内也堪疑。  
望云飞，汗漫且俟！

### 燕都平原吊古 调念奴娇

六一年三月

余既右冠。奉命在密云劳动，与。昌农民工同居同合同劳。所居半自地下掘土筑成，及次年再去，已荒废雅寻。追思前后，不禁慨然。

茫茫黄土。埋没尽，千古英雄豪杰。  
荒道西边，仿佛是，艰苦当年住穴。  
半起人间，半居泉下，漂渺茅芦结。西风残照、空余楸断墙缺。

遥想历代英豪，风云初感会，才华洋溢。  
苒苒盈虚曾几度，抔土北邙湮没。  
我岂衰乎！栖栖当奋起，壮怀黄越。苍生应济，仰天长啸情切。

### 赠 内 调青玉案

六二年六月

峨眉底事长攒皱？时日去，空消瘦。俊秀音容谁与绣？  
梨花轻雨，秦楼清奏，云出春山岫。

愁看夫婿痴如旧，白首忘机落人后。情切黎元多少厚？  
桃花潭水，清明时候，隐见潜龙斗。

## 对妻夜生无寐

六二年八月

窗外檐声催夜沉，灯前玉指刺针深。  
停鍼长叹泪沾臆，折煞狂夫一片心。  
冀缺携俪和泽久，沧桑卅载长相守。  
眼前儿女喜聪强，何虑天倾千岁后。  
尔婿韵非能适俗，匡时无略年华促。  
纵怀薄技拯斯民，傲骨嶙峋应蹙蹙。  
蜀水悠悠忆旧工，陇泉澹澹望新丰。  
居然白首成瓠落，忍对黄河哭禹功。  
自古长才难为用，孔丘汲汲屈平恸。  
腐儒坎坷复何奇，且话家常寻好梦。

## 赠牟宜之

六三年

牟兄家住处，鲁叟化淳乡。北海追唐汉<sup>[1]</sup>，东州饱露霜。  
功成严谴日，恬退自流芳。回首望明月，孤松撼九苍。

注释：[1] 指北海太守唐李邕、汉孔融，皆名士。

## 莫愁行 赠宜之

六三年

宜之宜之且莫愁，听我放歌解君忧。  
五十知非古常有，立言补过更何尤？  
君不能南越请缨羁美帝，宿功空忆老骅骝！  
又不能彤庭献策遏苏修，枉响雷同岂远猷？  
幸有唐尧在，低头学未休，  
不应狂自圣，傲岸笑公侯。

鸣狗董龙蝇点玉，丛轻折轴羽沉舟。  
孔丘柳跖皆尘土，大隐无成中隐求。  
愚者逞豪智者卷，儒冠烧却脱縲囚。  
闭关错莫长吁叹，最是伤神孤独幽。  
救济苍生终有日，松云高卧气还遒，  
纵然散发江湖去，留得丹心照故邱。

### 偕叶彰兄重游北京西山学生时习测旧地

六七年十一月二十七日

往事迢迢犹历历，西山实习卅年前。  
樱桃沟畔菩提树，卧佛寺旁榆柳烟。  
镜里遥窥量尺近，日中勤测学心坚。  
红颜忽忽垂华发，报国无成百虑煎。

注释： 一九二九及三零年秋同住卧佛寺学习测量。

### 江西南昌鲤鱼洲耕作中暑

七零年六月

老去狂夫稼穡忙，鄱阳湖畔倒田旁。  
薰风习习拂身去，席地清凉卧羲皇。

### 梦吟绝笔

七一年三月

一死明知素志空，九州行水夫斯翁。  
但教莫绝广陵散，枉费当年劳苦工。

### 三莅南昌 调一剪梅

七一年十月

余尝三度到南昌：三七年驾车自南京到南昌，上庐山迎娶，而去长沙；四七年受江西省聘规划赣江流域水利；六九年到南昌鲤鱼洲开荒种地。

记得年青过豫章，新妇凝装，裘马清狂。  
壮年奉使到南昌，谋治章江<sup>[1]</sup>，意气轩昂。  
头白三临新豫章，劳力开荒，四季农忙。  
昨非令是细思量，老了容光，换了心房。

注释：[1] 章江即赣江。

### 答酬宜之十八韵

七三年三月

拜诵宜之枉答诗，领时簌簌泪交颐。  
时清不及英豪士，忍逐骅骝落僻陲！  
函谷山头柳垂绿，黑龙江畔雪还渐。  
柳条弄色怜人远，雪粒吟声促客羸。  
餐尽盘空腹饥鸣，炉存虚火岁寒欺。  
南山种豆多芜秽、北斗浇愁奈老衰。  
乡里小儿项领挺，死生同志礼情违。  
一从弃掷无人问，独自行歌有鸟知。  
耿耿丹心悬日月，重华何处就陈辞？  
呜呼！壮士多慷慨！合沓高名动寥廓<sup>[1]</sup>。  
身在北疆无所预，胸怀郁郁匡时略。  
日边春色自烂漫，塞外愁云空落寞。  
困卧沧江悲岁晚，焉知书剑沉荒漠。  
携来诸子逞英姿，浩气凌空搏雕鹗。  
才尽难禁光禄叹，途穷莫作步兵哭。  
当年为国肯捐躯。今日沉沦应磊落。  
天道无亲与善人，尽交后会三生约。  
此年此日空相忆，来岁来朝更何若？

注释：[1] 少陵句。

祝六兄妹夫妇长年康乐 调江城子 七三年春

余以五三年春移家到京，二十多年来兄妹长欢聚。今者姊丈年高七十七，最幼妹亦已五十，祝兄妹夫妇长年康乐。

廿年欢聚太匆忙。不思量，也难忘。  
老白连篇<sup>[1]</sup>，良夜未嫌长。  
便有争论休不了，谈笑里，泪成行。

那知幼弟忽荒唐。命横丧，妇随亡。  
骨肉情亲，还看六双强。  
但愿生年长健壮，借丁当，伴方刚<sup>[2]</sup>。

注释：[1] 乡谚谓老话重谈曰“老白”。

[2] 异母妹两人当时丁年，异母弟两人方回刚刚：纪念亡兄方刚者，幼我兄妹三十余岁。

答和希杰 二首 甲寅春

忽忽辰光卅七年，鸳鸯头白正团圆。  
且看儿女英豪气，莫叹青春长逝川。  
白皙才郎倾积愫，娉婷淑女诉清弦。  
冯唐老去心难静，犹忆当年祖逖鞭。

伏枥骀骀志失明，痴望瑞气踵家门。  
春来好鸟歌香叶，老去狂夫卧白云。  
举案齐眉三偶友，惠诗寄意一番情。  
遥怜病榻呻吟苦，肘后无方报答兄。



## 同少陵“月夜”时客三门峡

癸导秋

寂寂崤函夜，推窗极目看：长庚映明志，富月望清安。  
落叶惊秋早，因风念骨寒。魂飞关塞黑，热泪拉难干。

## 赠孟老

甲寅芒种

我爱孟夫子，才名天下闻。学通中外术，气盖古今人。  
晚岁遭艰厄，慈心乐本真。冯唐老犹壮，着意在贤孙。

## 送万里火葬 代内作

甲寅腊月

甲寅冬至，妻、子异地同日梦我遇祸，同日来信。时年六十三，寓三门峡，固健如也。因念渊明有自挽之诗，盍别创一格，代内为之？人生如寄如戏。聊以哭泣博嘻笑云耳。调寄兰陵王。

送卿去，卿去我归何处？重霄外，雨冷风凄，谁复须卿帝乡路？  
长烟浓一缕，魂气扶摇直赴！乱云过，莫阻仙途，转瞬长空净如故。

卿去，最谁苦？念庭犬丧家，梁燕无主，归来触物增凄楚。  
怜冀缺和泽，恩情难数；痴孙犹问卿何顾，倚户斜阳暮！

卿去，尚还否？忆黄卷埋首，灯下衣补，匆匆卅载沧桑度。  
叹繁华塵世，留似朝露，而今零落，对子女，共泣诉。

## 答和希杰 贺新郎

七四年

游子离思苦，不由他，青林黑塞，魂来魂去。  
三阕兰陵聊写意。扫却闭愁好许。终不惧，蛟龙怒搏。  
非似秦观藤阴下，遽丧灵，留得词心句，春梦巧，本无据。

浮生宇内原如寓，总难忘，潭州初晤，春光微度。  
夫子红颜吾尚少，忽忽繁华朝露，忆杜志，鹏飞待举。  
莫道皑皑头成雪，弄黄流，犹未惊年暮，风浩荡，羽难住。

附希杰来词

### 赠万里

长日相思苦，怎当他，关山千里，梦魂来去。  
月落房梁照颜色，便道水深如许。难免罹，蛟龙怒搏。  
堪笑词人真痴绝，自凄凉，写出伤心句。春梦耳，浑无据。

浮生大抵无非寓。且休提，沧桑卅载，等闲虚度。  
毕竟繁华未曾歇，漫道人生朝露。看儿辈，鹏程正举。  
我亦蹉跎头成白，卧沧江，未觉斜阳暮。凭采笔，绍春住。

### 哭张万久兄

丙辰仲夏

万久立身何坦荡，雍容枣面气豪放，  
品高天与热衷肠，欲展长才终悵悵。  
早岁游洋我着先，唐山一见情相仰，  
居邻三载弟兄般，未有朋亲堪比况。  
我转京华二十春，君来走访谈舒畅。  
那知握别清园后，南粤学人竞裁丧。  
抛却妻儿一何忍？当年苦学志何偿？  
聪明郁结竟蓬心，刚正丈夫焉惧谤？  
嗟乎，  
我不离唐君不亡，临风北望神凄怆！

## 治河咏怀（15首）

我研究黄河的治理，是怀着深厚情感的。科技研究这种工作，尽管埋头深入，它本身总是枯燥乏味的；而作为人，多少总有情感的。特别是当人们处于不利的环境下，最宜于玩赏些文艺。那文艺是有血有肉的，它会冲动那死板无情的  $x, y, z$ ，使之活跃起来，使人们的精神从沉郁转为开朗，而抖擞起来，从而文思大进。

读者不信，先举一个亲历的例子。1973年，我在三门峡戴着“右冠”边劳动边抄算，晚间自研治黄之道，当时苦思未获良策，而批判又纷至沓来，十分烦恼。适逢中秋，看着窗外阴暗无光，忽然云破月出，大喜，填词一首，旋身起舞，顿时心中舒坦了。词曰：

### 癸丑中秋云破月来 调寄水调歌头

不见姮娥素，翘首望清虚。溟濛重隔云雾，料想寂居孤。  
仿佛乘风前去，驾鹤追寻蟾兔，恨失老妻俱。  
违世复何预，不泣阮郎途。

泛金波，云破处，桂阴疏。荣光四顾，玉盘弄影后庭初。  
起舞旋身徐步，长啸放歌吟赋，顿觉壮心苏。  
莫道人间苦，已似帝乡舒。

私念假使我兼通音乐，把此词填入乐谱。假使我又通舞蹈，这里指大家参加的交际舞，把乐谱合拍地舞起新倡的步法；我自己拥着妻子起舞，一面听着音乐，一面又轻轻吟咏自己的词曲，那真是悠然不知有人世事矣。这并非是逃脱现实，这是输情入理，解脱科技工作者的沉闷，使其头脑活泼起来。我是一贯主张青年人要能欣赏音乐，能歌善舞的。

闲话少说，言归正传。

改学水利。1931年长江、汉水泛滥，湖北省云梦县一下子淹死了七万人。1933年黄河决口十几处，损失无算。这激励了许多青年奋志学水利。当时唐山交大同学有三人放弃了铁路桥梁工程师之职，出国改学水利，我是其中一人。听说黄河是最难治理的，我便立志学水利、治黄河。怎样学好水利，经前辈许心武先生（字介忱）指点，说江河大水后调查全国人才，都是土木结构出身的，没有一人长于水文学。而不通水文学等于未入水利之门，只是能设计施工罢了。于是，我决定从水文学入门学习水利。1934年元月到美国开始有计划的学习研究。

开始我片面地理解洪水既是由暴雨产生，学水文应先掌握气象学。我的硕士以气象学为副科，论文是暴雨统计的专题。随后博士以地理学为第一副科，数学为第二副科，论文“瞬时流率时程线学说”，创造了从暴雨推算洪流的半经验半理论方法。在19年之后，Nash提出相似的方法。这些说明我热诚地渴望着寻求知识以解决江河洪水的问题。学习的门路是我自己制定的。

在美国我自驾汽车四万五千哩，看遍了各大工程。在田纳西河流域治理专区Norris坝上实习了四个月。密西西比河1936年特大洪水后，该河机关招待我坐船参观，直达出海河口。我又学习了多门地理学和地质学，于是眼界张开，明白了以前所学土木结构理论远远不足以解决洪水问题；水利工程造在河里将改变水沙流动态，从而使河床演变。当时还没有成立地貌学，在回国工作十年后，沿河边步行了三千公里，才自己在头脑里建立起了水文地貌的观点。这才开始对于治河的问题有了一些认识。

三门峡建坝的争辩。1955年苏联专家为治理黄河拟具了一轮廓，水利部招集一些人去提意见。我提出了不同的见解。1957年4月，一面已在改建陕州为三门峡市，工地筹建施工设备，一面却召开扩大会议，征求对修建三门峡大坝的意见。我出席争辩了七天，详情载于《中国水利》1957年第八期，另一期（第九期）专门批判我的论点。这之前，我发表了“花丛小语”短文，文内也攻击一些老“治河专家”，一味捧场，不发表相反意见。六月，我已被定为右派。我当时预言黄河潼关以上将大淤，并不断向上游发展，今日黄河下游的灾情将移到中游，特别是渭河，那里人民也将修起生产堤。总之，这坝是修不得的。最后我提出，一定要修，请将河底六个施工泄水洞勿堵死。这点大家同意了。但是最后苏联专家仍坚持按原计划堵死。近年这六洞又重新以每洞约一千万元的代价打开。

1960年起，潼关以上黄、渭河大淤，淹没损失是原来考虑到的，但是水壅高后横向冲击，使两岸倒塌了农田八十万亩，一个县城被迫搬走，一切象我预报的那样出现。我写了“念黄河”长诗。63年听说水利部集会，各家提出了改造三门

峡坝工的意见，仍未能纠正此坝修建时的错误观点，又写了“哀黄河”长诗。

## 念黄河

1962年8月

闻黄河中游淤塞，三门峡水库不能蓄水。一如当年愚言。怅惘之余，詮次为七言长句。

有水有水号黄河，荡荡奔放挟沙多。  
蛟龙千里长堤束，坼岸潦原在一呵。  
有父为君身毁灭，其子称王息洪波。  
千古英雄淘既尽，犹怀磊块欲如何？  
念君气度亦爽飒，清渭浊泾兼引纳。  
肯吐琼浆淤万顷，千年斯土民践踏。  
人间浅识一何多，斩断沙流三门闕。  
更在东平瀦漾漾，丰功伟利云综合。  
诏谓君氛从此靖，颂请不乏鲍参军。  
奇祥异瑞争来送，胜利冲来头易昏。  
樗散书生不晓机，竟然抗疏犯龙鳞。  
紫芝盛世岂应唱，肠热鲁连理必伸。  
源头水土应保恤，沙入河槽须纵逸。  
洼道轮流潦可泄，立农建土赖洪积。  
而今坝蓄复堤塞，清水顶冲长告急。  
行见渭滨仓廩实，翻为云梦鱼虾没！  
廷争面折迄无成，既闕三门见水清。  
终应愚言难蓄水，可怜血汗付沧溟。  
徙薪曲突非求泽，烂额焦头自上鬓。  
肠断秦川陇水咽，艳阳遗照此精诚。

## 哀黄河

1963年8月

癸卯伏雨，闭户披览各家改建三门峡坝工意见。顿起无穷之虑，怅望禹功，泪垂无已。

昏昏八表停云里，风雨凄凄满地水。  
闷煞书生不得出，闭门重讨治河技。  
百家宏论亦纷纷，造坝节流曾一是。  
留洞排沙谋不用，枉教民徙无常止。  
曾参岂是杀人者？郑国莫非怀鬼士？  
尽说河清定可期，长堤千里顶冲湓？  
可怜血汗付东流，留得空库仰谷底。  
五载尔来管葛多，改持开洞排沙旨；  
纷纷献计泄库藏，但恨水高壅远泄。  
噫吁嘻！异哉奇计！摆脱秦灾复能几？  
郑渠垂就木成舟，应尽水库功用起；  
兴利除灾并顾问，巧谋犹待细研揣。  
凡今谁是出群雄？翡翠兰苕千手指。  
谁掣鲸鱼碧海中？百年难遇风流子！  
莫教碧眼笑千秋，莫使禹功坠如此！  
雨打窗声催转急，愿闻扫却杞忧矣。

改建三门峡坝的建议。 1964年春我写信给董必武副主席，陈明三门峡坝淤积的严重性。函式近四六韵文，并附上列两诗。承水利部召见，嘱拟改建计划。穷两月之工乃上达：《改修黄河三门峡坝的原理与方法》（水利部1964年9月印）。其法为开洞排沙，以灯泡式水轮机加速底流，期救秦川于陆沉；复蓄水以调洪兴利。草罢即兴成诗三首，以记其事：

## 改修三门峡坝规划拟罢

1964 年秋

策治河工谋算罢，顿时涕泪满衣襟。  
却看小女娇憨态，哪识乃翁欣喜心。  
两月伏书寻思苦，卅年载籍见功深。  
秦川锦锈应无虑，有计拿鳌拯陆沉。

三门谋就拯三秦，谁济艰辛豫鲁民？  
渠化招来沿路碱，泥流淤出仰河身。  
必开洼径轻沙落，遂畅尾闾清道伸。  
料得后生通尽理，解铃岂待系铃人？

黄河淤塞海河间，泛彼督亢陂泽渔。  
客岁抗洪怜失调，他年策划恐艰舒。  
广陵散绝还堪惜，古楚狂来莫远疏。  
斫却散樗安足道，九州行水复何如？

这个建议未得批复，因为对于黄河输沙下来的看法，我和大家有原则上的分歧。我的主张是必须让泥沙排出水库，以挽救渭河南岸；而一般的主张是拦沙上游，以减免下游河床淤高。但是，人们也怕泥沙继续淤在库内，于是把坝下部泄水洞逐年一个个地打开来，弄得大坝千孔百疮似的，果然能排出很多沙来。而实际上排出的是潼关以下库内历年的积沙，每年随着水流下来的泥沙，仍然淤在潼关以上黄渭河槽里。人们却误认为这样开洞排沙改建三门峡坝之后，冲淤可以从此平衡了。这样做好比把可以治好的急性肝炎拖延不治，而转成了慢性肝炎。1973年初我把这个道理呈报了国务院周总理，说明必须外加能量以改修大坝，才能挽救秦川。

### 三叩潼关 调寄虞美人

1972年春

少年驰走潼关道，风日华山好，壮年奉使叩函崱。  
寻壑经邱、窈窕逐低高。

老来三顾关河杳，九曲黄流绕，秦川渺渺没波涛。  
万里奔沙、谁与掣蛟鳌！

考察黄河中游地貌。七三年春承领导照顾，准许在监视下进入当时的“三线”，潼关以上地区，考查黄河、渭河的地貌和河势。这对于一个具备理论基础的热情治河者是大好的机会，对思路起了强烈的反应，有助于我两年后制定治黄方略。

当时人们一致认为大坝经过开洞排沙，库内蓄清排浑，黄河淤积末端不会再上延。这时已有“交口淤积不上延论”。等到淤积已达到泾渭的交口后，又出现“临潼淤积不上延论”。认为可以做到周总理指示的两个确保：确保下游不遭洪灾，确保上游不影响西安。在这里工作的泥沙专家一致持此观点，于是，对于大坝改建和运行方法奠定了错误的基础。随后也因此提出了修建小浪底水库的方案。我对此全面否定，争辩无效。

黄渭之行，目睹中游人民遭受从下游移来的苦难，内心十分痛苦和同情。觉得自己如此努力学习并工作，曾何补于苍生？茫然不知怎样去报国。当时写下了途中所见的诗：

### 华州工农颂

73年夏

华州工农本“上游迁一家，下游保千家”之旨，背井离乡。地浸岸坍，则上山筑坝蓄水，斗志昂扬。

农似蜂忙工似蝶，蜜成甜到万人丛。  
喜看麦穗千重浪，想见群心一片红。  
总为下游洪灾苦，何愁我地碱侵穷？  
神州八亿多豪杰，背井离乡念在公。



**倾听华县华家公社主任宁冬梅  
报告三门峡坝造成后的灾情**

73 年夏

听罢毕家遭害苦，不禁簌簌泪交颐。  
暴洪施虐知拦阻，恶碱侵农待溉漓。  
凡此事先皆可见，一般律定莫相违。  
平生积学曾何用？愧对苍生老益悲。

**过韩城芝川村仰汉太史司马子长墓**

73 年夏

越山跨水赴龙门，诞降文星尚有村。  
一触逆鳞千古冤，长留青史万年尊。  
帝王故贬炎刘氏，揖让惟扬孤竹君。  
安得雄才移治水，奔沙千里整河身。

**夜独宿华山北麓，时同行咸上山**

73 年夏

花谢三秦岳自尊，老夫力竭怯攀鳞。  
当年直上西峰顶<sup>[1]</sup>，即日奔回北麓村。  
梯陡至今犹破胆，谷深未见有招魂。  
巨灵倘擘青崖远，拓阔黄流好畅奔。

注释：指 1932 年曾上华山。

**一面俯首听批，一面竭思治黄**

73 年

江淹才尽冯唐老，哪有雄谋济众生？  
未悟庄周飞蝶意，且从列子御风行。  
当年郑国徒劳敌，今日曾参诬杀人！  
遥望秦川空洒泪，及身难报圣农恩。

治黄方略研究成功。 1973 至 76 年政治上有一相对安定的阶段。我研究中缺少参考书籍，三门峡当地领导多予照顾帮助。这期间我在工余时间完成了《论治理黄河的方略》，并研究成了新的动力学规律：《论连续介质最大能量消散率定律》，也写出了大量的诗篇。这些平生最大的收获，却是在戴着右冠、边干杂务边劳动的业余时间内完成的。当对一面拥帚扫地，一面暗吟自己的旧作，心情倒是开朗的。

### 国子监教授拥彗吟

1969 年旧作

国子先生且耆艾，苍颜华发临风前。  
折腰拥彗挥尘舞，小语花丛累十年。  
长彗长彗圆木柄，三载相持亦夙缘。  
扫来满地琉璃滑，先生莞尔望云天。  
这边行者过，讶见先生深叹息；  
那边学子过，掉头疾去语窃窃；  
亦有员工过，强抑笑容喜形色。  
但见先生神韵逸。飘然乘化悠然得。  
昔年剥削有余愆，而今无给心安谧。  
先生有道出资封，先生有才仗工农；  
斯道斯文堪扫地，斯技斯才要纳忠。  
阅历江河如指掌，青灯埋首忆艰工。  
辄从扬子谋江利，忍对黄河哭禹功！  
有策犯鳞何足忌，临危献璞平生志，  
此生哪值五羖皮，倘济苍生秦豫冀。  
欲趋彤庭奉拾遗，书生一得容生计，  
非关傲世玩才智，总是挈情忧国泪。

我说明自己的治黄方略，是从否定现行的治黄观观点出发的。这自然难于为一般人，特别是当今负责者所接受。这些错误观点是：（1）依靠中游水上保持作为治黄基础；（2）尽量把泥沙随着水流输到海里作为治黄原则；（3）认为水沙应集流而非分流；（4）把高渠系统作为淤灌两岸低地的工程方法，及（5），不承认

淤积受下游控制趋向一定平衡坡度的原理。在 1976 年，我文里分析了这些观点错误所在。不破不立，从而说明了分流是治黄方略的唯一途径。其时右冠尚在，理所当然地被大家批判了一翻。

多么遗憾我未能在周总理在世时研究出来，他一定会接见我，允许我费他一小时半的时间解说。直到 1979 年郑州治黄讨论会上才有机会向群众讲解。那时只有提问，而不再有责问了。当时在会上我还发表了一首长诗：

### 治黄方略草罢，时客砥柱山头

1976 年 7 月

君不见，  
黄河水发青海间，匉破龙门劈华山，  
西望秦川纳泾渭，东冲砥柱震函关。  
又不闻，  
崤陵之坪狂士在，皓首穷研暴洪浼，  
剖析黄流几席上，掣鳌竦剑穿云彩。  
盘涡毂转走沙来，峡尽孟津圻地开，  
南薄淮阴北通海，狼奔豕突落淤堆。  
修堤千里防川溃，造坝节流斥卤秽，  
生齿日繁待漓溉，有谋慎莫惊寰内！  
吁嗟乎！  
禹兴西羌或称谣，商竭周移事则昭，  
王景桓桓擅工巧，潘驯琐琐近虫雕。  
区区末枝奚堪耀，何用高颡郢雪调？  
草罢推窗仰河汉，诸生鼻息正酣嗽。

治黄方略转为长期研究的目标。在 1979 年治黄大会上群众踊跃地听我讲解，会后有许多人来函赞许。但是我把现行治河方略批驳得一干二净，怎会得到官方的响应？从 1979 年到 1985 年，大家对于治黄象从来如此那样各说各的，尽力避开交锋。自顾渐近暮年，从 1937 年青年起，就和老一辈水利学家争辩得耳红面赤。半个世纪过去了，在开会时我仍然言辞犀利地议论着，而环顾左右，却都是后生了。于是心里着急起来。词曰：

## 牙落惊老 调寄渔家傲

1976 年

牙落始惊身已老，形衰不役心犹矫，欲治黄河赍志早。  
空负抱，掣鳌有策知音渺。

王景千年擅工巧，长才自古能伸少，细考其谋何所造？  
行洼道，分流回注淤沙皎。

为此，我又重写了《论分流淤灌策治理黄河》，1985 年 6 月清华大学印行。文中指明，分流淤灌是治理黄河唯一可行的方法，也就是排斥了所有其他治黄方略。全文援用逐节推理的过程，说明方法的唯一性和可行性，并申明只要其中一条悖理，则全盘皆非。这样分层叙理，是为了分题讨论并集中辩论。我这样向全国水利学者挑战，却无人应战，只有来函赞许的人。

于是我于 1985 年 8 月 8 日呈文国务院总理，要求给我九十分钟时间向总理和当事诸公解说分流治黄是唯一可行的策略，同时也解决了河北缺水和部分黄淮海平原经济发展的问题。并且指明：“东线南水北调方案不可行”，“引黄河水济青岛不可行”，及“勿建长江三峡坝，代以云贵川湘鄂赣各省电站”。结果都发给了下层机构参考，黄河水利委员会让我报告了半天。另外，发交科学院研究这个问题。这一研究至少五年；而若按我建议的分流治黄并淤灌淮海平原，每年将获益几十亿元。只是这样，没法进行南水北调了，那怎么可以呢？显然，这个问题落到了“王顾左右而言它”的结局，于是笔者有赴美讲学之行。

## 忆旧感怀（26首）

### 清华园春雨忆江南

乙未五月

昨夜狂风吹我卷，晓来枕上听檐声，  
檐声沥沥细可辨，翻动思乡游子情。  
忆昔少年作杭客，桃花柳叶飘千尺，  
小楼终夜听春雨，户外明朝远峰碧。  
潋滟湖光想西子，雄奇诗句慕太白，  
九溪游罢路迢迢，蟹舍鱼庄意自适。  
廿载湖山如旧否，苏堤还绿当年柳？  
采茶少妇映花妍，还斟当年余杭酒？  
苦忆江南欲住难，羁栖北国少娱玩，  
少时力学图晚成，映水文心盼璀璨。  
镜里莫悲添白发，书成那得知音唤，  
案头埋首甘为牛，恐负湖山抚枕叹。

### 赠邵吉安先生<sup>[1]</sup> 重改四一年旧作 一九六一年

先生家住处，门泊锦江船，灌口春来水，平羌雨后天<sup>[2]</sup>。  
菱荷香石浦，秔稻熟原田。默坐焚香久，虚堂且晏眠。

性僻耽经卷，宦游疏应酬。弃官名自在，从贾利无牟。  
白石心常在，黄金药可求。哀伤骑省久，诗酒尽风流。

早买川江掉，还乡掌水工。不才蒙驱策，末技敢言忠<sup>[3]</sup>。  
祸水小儿意，乐山仁者风。垂成谋不用，恬退亦英雄。

注释：[1] 先生民廿六年回故乡四川任水利局长，聘任国内著名工程师多人，前往工作。余以一九三七年返国，约同李镇南同学等与焉。多承照顾，八年抗战，始终相共。一九四一年即退为副局长。

[2] 先生家住青神，近平羌峡，仿绿吴梅村朗园诗。

[3] 先生民廿二年承建江山江铁路大桥，余适为督工工程师。

### 壬寅夏兄妹等集中山公园候见父

仰观宇外卫星飞，    俯叹人间百事违。  
已集全家亲骨肉，    岂甘没处拜庭闱？  
中山园里莺声啭，    非有斋<sup>[1]</sup>前椿影迷。  
想到萱堂茔木拱，    几行泪湿老莱衣。

注释：[1] 父斋名。

### 忆居四川三台怀李杜

六三年秋

连峰叠嶂走江油，    秋水将迎平武舟，  
日踏芒蹊行百里，    归途重过彰明邱。  
匡山太白读书处，    犹瞰江滨中坝头，  
仰揖清芬空洒泪，    孤云异代复悠悠。  
我尝治水涪关道，    三载移家居梓州，  
凿石开河资灌溉，    一桥飞若彩虹浮。  
少陵剑外闻收蓟，    正值当年淹此留，  
怅望千秋残照里，    江湖满地一沙鸥<sup>[1]</sup>。

注释：[1]集少陵诗句。

## 答黄重宪先生<sup>[1]</sup>

六四年冬

自蒙双十锡和章，井底心波鲛鲛颺。  
叹我栖栖卧黉舍，怜君郁郁到娄庄。  
孤山之下孤舟放，想见当年裘马狂。  
装点西湖浓淡里，家兄原是好游郎。  
只今人去堤犹在，闲却钱塘旖旎光。  
复道冯欢弹铗苦，裊袍敝凋惟存裤。  
欲催刀尺制新襦，正值倾家无票布！  
脱我背心实以棉，破烂将笑牛衣输。  
时艰莫起饥寒叹，且盼来春把冬度。  
呜呼！安得天衣无绽缝，元元庇尽同温煦。

注释：[1] 重宪先生三代世交，素从兄竟武共事。解放后退职闲居娄庄。其于黄浦到唐山交大后转清华学习，常来舍话旧。

## 夜宿庐沟桥题某君山水画

六四年夏

何处飞来一峰秀，岗峦喷出万重泉。  
若教引去人间用，谁伴孤松月下眠？

## 呈陈丈希豪

一九六五年三月廿九日

不见先生久，惊闻病苦情，恨无神医力，来报月翁恩<sup>[1]</sup>。  
蓟北春光晚，江南暮色清。何时一樽酒，上下古今论<sup>[2]</sup>。

注释：[1] 先生介绍我父见先岳父相识，我夫妇乃成婚。

[2] 诗寄沪滨，陈丈已于三月廿八日逝世。

### 题杨雪瑶女史画葵

六五年五月一日

朵朵葵花指太阳，欣欣物性向荣光。  
蔽天独怕阴霾气，冠盖茫然趋哪方？

### 玉米初熟口占

六五年七月廿六日

蝉鸣不止浓荫里，玉米正当初熟时。  
横把嫩株啖饱罢，清凉一枕卧皇羲

### 颐和园后山观桃花

己巳清明

春风未染此霜髭，偏拂武陵溪上枝。  
万点淡红连影摆，满山腻浪逐香飞。  
新装娇束斜依岸，秀靥凝愁强敛姿。  
小语花丛十年累，应怜梦得失知时。

### 重宪先生赐先父题牡丹画卷墨宝 敬和惠诗<sup>[1]</sup>

丙午春

捧读先君题画诗，顿时热泪落腔颐。  
笔神跃跃犹生气，英哲冥冥已谢萎。  
花有贫富兼贵贱，世多离合复悲欢。  
与公难望重相见，三代尽交泉路期。

注释：[1] 其时父逝世才三个月。



## 乙己冬了父忧（三首）

### 待父临终

岁暮西风劲， 椿衰不耐寒。 垂危儿女集， 争瘁秒分淹。  
呼吸转颦蹙， 形神临竭瘁。 阳生残一日<sup>[1]</sup>， 魂气逸汗漫。

### 送父火葬

启殡进灵輶， 声哀薤露诗。 亲朋咸戚戚， 车驾故迟迟。  
一入焚场地， 长为诀别时。 抚棺辞父哭， 系我幼年思。

### 念父生平

汲汲弥缝日， 栖栖寓世年<sup>[2]</sup>。 众生常念虑<sup>[3]</sup>， 国事早忧煎。  
学建尚双手<sup>[4]</sup>， 史钞罗百贤<sup>[5]</sup>。 时平归大隐， 何用鲁连篇<sup>[6]</sup>。

注释：[1] 父以冬至前一日逝世，享年八十七岁余。

[2] 父早岁从事辛亥革命，民国初年任江苏教育司长，各县并立普通中学及师范学校。民国四年起办东南大学，河海工程学校，暨南大学，同济大学。民国六年起专办职业教育。

[3] 四十起终身茹素戒杀生。

[4] 所办职教主张手脑并用。

[5] 民十三立甲子社图书馆。

[6] 一九四九年后任副总理，旋改任人大副委员长。五四年粮食统购统销后于国事无所建树。

## 登香山玉华山压 调菩萨蛮 丙午霜降

翩翩红叶森森柏，远山一抹微云白。扶醉上山庄，凭栏眺碧苍。  
茫茫兴废迹，郁郁秋风客。何处是鲈乡？南翔雁落塘。

## 忆初遇 调风流子

壬子除夕时三门峡

西人谓结婚五十年为金婚姻，廿五年为银婚，余夫妇成家卅五年矣，是在金银之间。遥恋少情，学作艳词。

重洋游学罢，东风送，巨舸泊横滨。  
看蓬莱胜境，樱花未兴，屐声遥震，和服轻匀。  
蓦地里，惊鸿掠清影，大地破新春。  
迷梦初醒，云裳香泯，余风飘引，凝想娉婷。

翩翩同舟去。偎芳处，脉脉一往深情。  
应是凤缘长系、鸿案祥征。  
却卅五年来，儿孙堂满，娇呼声里，笑话频频。  
享尽人间融乐，漫应前因。

## 赠沈七襄表姊

甲寅冬月 时客三门峡

沈黄世代若朱陈，密密联姻情谊亲。  
沈氏藏书惊士俊<sup>[1]</sup>，黄家豪气脱风尘。  
栖栖尊姊勤教业，碌碌狂生卧蹇迍。  
千里惠书深寄意，何时重拜故乡春？

注释：[1] 先父尝谓，俞曲园有言：江左沈氏藏书甲东南。

## 崤函山头怀念从弟清士长风

乙卯春

愚兄浅陋惭灵运，有弟峥嵘胜惠连。  
粲粲文心清似水，淙淙诗思涌如泉。  
长风格致精微理<sup>[1]</sup>，清士潜幽澈广渊<sup>[2]</sup>。  
安得相欢虽寤寐，池塘生草吐天然。

注释：[1] 长风精原子物理，长期任教美国加州大学。

[2] 清士为宿儒沈信卿及门弟子，又善诗词，任教上海师范学院。

### 赠内 调虞美人

乙卯春

髻龄俊秀高堂宠，掌上明珠耸。  
妙年痴婿专情锺。案举齐眉，春意露华浓。

老来却嫌儿孙冗，争绕娘身拥。  
平生长幼克和衷。祸福相循，知足乐无穷。

### 和希杰兄<sup>[1]</sup> 金缕曲

乙卯秋

寓世寻欢耳。怎如兄，蓬莱相会，良缘无比。  
消得盈虚将千度，老去鸳鸯知己。喜同看，堂前子弟。  
偶忆少时明月影，叹流光，散尽悲欢意。怅旧恨，心如水。

潭州初见烽烟里。想当年，红颜彼此，新婚燕尔。  
无限深情无穷意，惜别相思不止。密联系，同窗似姊。  
北上文旌图畅叙，望京华，愧失追陪旨。依北斗，梦魂抵。

注释：[1] 时客三门峡，希杰来信将去京相访，赠诗曲。

### 忆先外舅丁氏鼎丞公

丙辰冬月

岱岳峻嶒沂沐长，公家鲁叟化淳乡，  
德尊民党驰声早，朴学渊源世代昌<sup>[1]</sup>。  
季女偏怜少君淑，狂生坦腹卧东床，  
谆谆诲悟行藏义，推爱吾为半鲁郎<sup>[2]</sup>。

愧我违教纵豪性，兴酣俗物视茫茫，  
居然老去成瓠落，枉累蛾眉迭恐惶。  
缅念丈人遇吾厚，辄思奋发报遗芳，  
教儿莫忘外家德，诚爱元元传馨香。

注释：[1] 岳祖竹筠公以朴学闻世；鼎丞公讳惟汾，著有毛诗韵聿，方言音释，俚语证古等行世。

[2] 岳每告人：此婿是半个山东人，按其他婿皆鲁籍。

### 至日苦忆童年 诗寄姊弟 时客三门峡 丙辰冬至

到老离家终是苦，况逢至日最思亲<sup>[1]</sup>。  
幼年餽灶盘飧美<sup>[2]</sup>，白首搔愁别恨新。  
祀祖团圆嬉兄妹，望乡遥远咽悲辛。  
而今各有儿孙弄，还忆当年娘叱嗔？

注释：[1] 先父于一九六五年冬至前一天逝世。

[2] 童年每岁尾家家祭灶祀祖，盘飧甚丰。

### 读史记汉书论子长孟坚

丙辰岁暮

百代英才司马迁，忠贞气节冠前贤。  
异哉明哲保身议，千古才奴班孟坚。

## 答和客赠词 满江红

一九七八年四月

才子风流，总还是，书生气息。  
试回首，窗前灯下，当年勤习。  
长啸几曾留节序，高歌难以驱狐蜮。  
肯相怜，惟有月映帏，存温色。

文业重，高人识。收拾起，凭追忆。  
把平生著述，炼成程式。  
老去时来机会到。醉生梦死年华逼。  
尽兴酣俗物视茫茫，仍谨飭。

## 满江红词寄万里

有客询：胡不参加今年全国科技大会？剥后村句效长吉恼公，聊以自嘲云耳。

邺架书城，记当日、萤窗负笈。  
破牖下，焚膏继晷，几多朝夕。  
但觉高歌惊神鬼，何妨饿死填沟洫。  
有谁怜，兀兀老书生，无出息。

原著作，残篇什。零落尽，慵收拾。  
把宋人词句，时时温习。  
生怕客谈科技事，且教儿诵苏辛集。  
叹臣之壮也不如人，今何及。

## 漫游闲咏（29首）

### 右派改正后南行和从弟清士赠诗 七八年十月

少壮离乡老迟迟， 合欢有弟兴催诗。  
同根长忆相亲处， 隔世难忘总角时。  
惧谤从来不成器， 立功须待展承基。  
拼将心力残年献， 天道无亲不我欺。

附清士赠诗：

### 喜万里兄嫂南旋

黄菊丛开酒满卮， 弟兄相对鬓成丝。  
遍寻荆棘难忘世， 独立苍茫未废诗。  
读史曾嗟元祐榜， 治河亲访禹王碑。  
群公戮力神州业， 一马奔腾万马驰。

### 和兆勋赠词

戊午秋到沪，别故乡廿二年矣。兆勋函促去宁，赠词浪淘沙两首，答和。

故国正苍凉，城郭秋装。鹤回华表拂枯桑。花自飘零人自逸，一样傲霜。  
往事且无忘，卅载鸡窗。定酬壮志气洋洋。不负当年勤学苦，大好时光。

欲上更高楼，莫惹闲愁。不悲摇落不惊秋。旖旎湖光应似旧，愿再追游。  
莫虑路悠悠，自有来由。登峰壮志不难酬。把晤在望先致意，和此词邮。

附兆勋来词

**浪淘沙** 两首

炎热转清凉，秋换新装。年来经历叹沧桑。岁月不由人意改，鬓点微霜。  
往事每难忘，五载同窗。曾怀远志度重洋。忆否秦淮听唱夜，年少时光？

竟奕胜棋楼，闲步莫愁。光阴如逝几多秋。大好湖光仍似旧，难再同游。  
回首思悠悠，欲罢无由。西窗话旧愿难酬。千里友情凭寸纸，谨托鸿邮。

**赠赫从礼学长**

七八年冬

文殊尚遗老<sup>[1]</sup>，北地重人豪，潇洒晏平仲，恢谐孙叔敖<sup>[2]</sup>。  
同窗情谊厚，报国志行高。莫道冯唐老，犹怀展虎韬。

注释：[1] 文殊转音满洲，从礼满族，在校绰号遗老。

[2] 从礼躯短，态度潇洒，谈笑恢谐，而内怀机智。学长同级长我八岁。

**和兆励“七十书怀”**

七八年十二月

兆勋风仪古来稀，才调于今亦足奇。  
不恨性情违浊世，偏教桃李缀新技。  
暮年载籍犹难已，春色满园长在期。  
岂得人生总无谓，皋桥营奠哭幽姿<sup>[1]</sup>。

注释：[1] 兆勋亡妻葬白下皋桥。

附兆勋

### 七十书怀

七八年十二月

人生七十古来稀， 百岁于今亦不奇。  
四害已除澄玉宇， 百花齐放满春枝。  
自身庸碌虽堪愧， 祖国光明正可期。  
愿献余年图建树， 为教桃李更多姿。

### 庚申早春南行杭州遇雨 调蝶恋花 八零年四月

为探江南春几许，北国奔来，偏遇蒙蒙雨。但见柳条青数缕，未闻莺舌晓千语。  
春只三分寒未去，总为情深，翻惹灰情绪。雨亦擅奇何足阻，迷离客与烟波侣。

### 孤山访梅 调渔家傲

放鹤亭前清浅渚，梅花初放茶花怒。  
姑射仙人携士女，能解语，有妻有子长为侣。

舍却元元孤善去，林逋不逮三皮毳。  
谁济苍生谁耐苦，明出处。岳王祠里英姿舞。

### 自题花前留影

白发花前不解羞，北邙路近未知忧。  
春风习习催生气，肯染霜髭挽岁流？



## 答酬兆勋惠诗

一九八零年十一月廿九宁浔舟中

白下从来名士多，江南才气镇山河。  
明陵抔起培塿土，玄武聊兴杯勺波。  
总为性真长作嫁，能烦神护少撝呵。  
堂皇天道无亲远，肯与善人存委佗。

知兄知我一何深，学水学桥同此心。  
不羨荣华绝炎势，相看白首卧青林。  
黎元苦乐长存念，山水悠闲好咏吟。  
才竭濒临身趋老，骥乎不伏孰能禁。

附兆勋

## 赠诗二首

一九八零年十一月廿五日

同窗黄兄万里多次来宁，相与游赏金陵景色。谨赋赠贤伉俪两首七律，以作纪念

三访金陵兴若何，墓园依旧伴山河。  
登临不减当年勇，豪放如无往日疴。  
君有齐眉同苦乐，我凭遗爱度磋跎。  
伏槽老骥心犹壮，莫令余年逐逝波。

五载同窗谊最深，山河改貌叹浮沉。  
秦淮昔日听歌唱，陵墓今朝又访临。  
逸兴闲情终不改，雄心壮志岂能禁。  
当年故旧多休隐，永保青春共满斟。

## 壬戌秋赴蓉讲学（七首）

### 将越夔门

将越夔门涕泪流，八年烽火此淹留。  
锦江南浦尚茅舍，涪水西滨惊浪鸥。

访旧深忧半为鬼， 思朋惟恐尽经囚。  
悠悠四十年前事， 涌上心头不获休。

### 初落机场

云端飞落蚕丛际， 蜀水巴山迎客来。  
细草有情频颌首， 微风何意紧偎腮。  
诧奇四顾伸头望， 发兴狂呼笑口开。  
此地吾尝练工事， 起家三十便登台<sup>[1]</sup>。

### 拜长兄方刚墓于乐山大佛寺巅<sup>[2]</sup>

玄静幽清太素前， 群芳簇拥道山边。  
浩然溟滓同科去， 大块文章隐括全。  
魂绕峨眉半轮月， 月明山姆五更天。  
一生道直言行正， 学邃时穷节义坚。

### 自题乐山大佛前夫妇影

一九八二年七月四日

大佛身前活佛联， 红颜白发映江天。  
狂夫有妇常相伴， 印证三生石上缘。

### 登大佛头顶望嘉州

画阁凌空高处危， 江天溟滓有风吹。  
佛头遥望嘉州白， 厥外厥中无象为。

### 峨嵋清音阁一线天

一九八二年七月七日

清音阁下泉声咽， 一线天边雨兴来。  
不弃麈缘不逃世， 元元在念壮怀开。

注释：[1] 余廿八岁入蜀负责水工事。

[2] 方刚一九四四年歿于乐山武汉大学，三子留美国。

## 答谢冯广宏和诗相赠

未识荆州辱赠诗，老怀怅惘感相知。  
从来巴蜀多才士，不仗诸君更仗谁？

## 甲子春重游昆明赠曹生克明

一九八四年四月十九日

克明一九五二年毕业唐山交大，时任水电部设计院总工程师，诗题在昆明合影之照上。

卅二年前好学生，于今工总亦清门。  
持谋计必成经济，不负愚师苦诲心。

## 题张生永平石林摄影

永平一九五五年毕业清华水利系，时任成都科技大学教授。诗题其昆明石林跃马英影。  
其夫人王明慈为同学王冶侄女，亦任教科技大。

张郎跃马石林中，潇洒风情意气雄。  
赢得王娘心一片。归来满袖荡春风。

## 都江堰颂<sup>[1]</sup>

一九八四年五月

君不见，  
西蜀岷山发湍水，飞沙走石摧玉垒。  
一匐灌口圻原开，湖峡成都斯积起。  
又不闻，  
禹兴汶川或称谣，东别为沱事则昭。  
巧凿离堆秦守计，百年始沐文翁教。  
都江堰槎外江断，水入宝瓶飞沙岸。  
低作堰兮深淘滩，鱼嘴叉分四六判。  
二江穿灌蓉城中，溉地万顷世褒崇。

妙策分流散洪势，正南荡漾锦帆风。  
水沙就下成规律，设计无违经济则。  
铁柱石门莫拘泥，不淤不费功方实。  
数来瞻仰堰庄严，老去犹谋工效添。  
落水新津身未死，九州行水好参研。

注释：[1] 一九八九年六月，四川成都马百军书为条幅，水利后学门生胥维藩复制。

### 怀兆勋

一九八四年五月廿五日

不见兆勋久，迩来康乐否？和颜带笑开，长忆同窗友。  
喜看美须髯，无嫌毫期丑。宅心日月明，光耀掩星斗。  
意气一何平，疾言不由口。订交总角初，曾未根归咎。  
五十七年来，情操共坚守。高松众仰攀，俯视陶潜柳。  
群鸟噪枝头，好花空自负。多君情意长，德业潜深厚。  
应信道无亲，毋疑仁者寿。

嗟呼！

惜今白下已辞春，恨此朔方风正吼。  
遥想何时聚白头，晴窗对酌三杯酒？

### 别恋 剥耆卿昼夜乐原韵

甲子冬月

横滨记得初相遇。随结缡，长相聚。何期白首偕欢，翻起别离情绪。  
况值朔风催岁暮，看落叶辞枝无数。但愿好风光，尽随卿飞去。

一场寂寞凭谁诉，算私盟，未轻负。早知恁的难抛，悔不当初留住。  
容伫望、鹊桥来路。一刻有空闲，便思量千度。

## 自题颐和园游春合影

一九八八年五月

金婚宴罢好寻春， 剪影花前梦里身<sup>[1]</sup>。  
还似旧时相逐戏， 纵然到老见情真。

注释：[1] 我夫妇成婚于一九三七年十一月廿七日

## 到桂林讲学喜逢邵生忠谟有赠奉和<sup>[1]</sup> 己巳年三月

难得江声带雨听， 何妨山色失空明。  
老夫偶释庠黉束， 贤弟重逢客旅惊。  
我虑河殤献新策， 君谋漓舫畅通行。  
桂林山水治人性， 好脱世间荣辱争。

注释：[1] 忠谟，一九五八年清华大学水利系毕业，现任职漓江航道工程。

## 青衣江志序

一九八八年八月

有水青青一衣带， 奔流直冲嘉州界。  
灵关后户蛮荒外， 宝兴河长泻评湃<sup>[1]</sup>。  
远溯源头夹金岭， 两河口险鸟飞戒；  
西分大渡过金汤， 东趋芦山别成派<sup>[2]</sup>。  
夹岸天全始阳镇， 飞仙关月当空卦<sup>[3]</sup>。  
南来汇入荃经河， 西去雅安流始大<sup>[4]</sup>。  
一遇漏天君莫嗟， 昏昏八表黯津涯，  
山崩石落通途塞， 泽国茫茫失尔遐。  
螺蚌蛟螭满近郭， 齐鸣百谷震千家。  
雨停白屋留孤树， 桃梗漂漂映白沙。  
此水清清堪濯发， 莫教污染鱼虾歿。  
谣浸衍溢怀生物<sup>[5]</sup>， 坡陡流丰能郁勃<sup>[6]</sup>。

一臂横江山势雄， 居高临下建瓴岬。  
顶宽地广可结营， 遏彼西夷逾则绝<sup>[7]</sup>。  
崖壁千仞一线通， 多功峡险扼咽喉<sup>[8]</sup>。  
深潭漩出恐惊雷， 此道惟仙越西域。  
峡尽江宽圻地开， 嘉州荟蔚四方才。  
三江细雨空蒙里， 肯为诗人送句来。  
少作青衣江畔客， 天名荣雅走多回；  
老来乐序斯江志， 梦绕青衣江水隈。

注释：[1] 青衣江北支宝兴河，出自夹金山。

[2] 夹金山两河分西东两支，西为大渡河源，东为宝兴河源。

[3] 青衣江西支有天全河，其下游为飞仙关峡口。

[4] 南支荣经河，北、西、南共有三支汇于雅安，遂为青衣江。

[5] 庄周语。

[6] 谓水能丰富。

[7] 西夷指当地少数民族。

[8] 多功峡口最狭处为飞仙关。

## 访松江农村

一九九零年一月三日

还乡歇浦忆鱼虾， 顺访农情且驻车。  
柳岸晓风吹壁月， 板桥流水映人家。  
四分稻谷充仓实， 卅万教民轻世华<sup>[1]</sup>。  
妇孺地头勤作业， 幢幢瓦屋耸晨霞。

注释：[1] 松江县人口四十四万，十之八信天主教。今年农产五.五亿斤，售公二亿，按半价三角计。

## 赴宁探兆勋病

轻车一梦到江宁， 为探同窗病苦情。  
两侧膏肓忍酸痛<sup>[1]</sup>， 浑身气血失平衡。  
幸看桃李建功绩， 怕见鸳鸯同死生。  
总角深交长在念， 寻方肘后慰吾兄。

注释：[1] 左传膏肓：居肓之上，膏之下；说文：心下鬲上也。兆勋胆已切除，所留胆管扩大，右边觉痛，左边胰腺则因糖尿而痛。又血压低，前列腺扩大。兆勋执教四十余年，初娶八载而悼亡，遗三子各成家，终身抱憾。见我夫妇而悲戚。

## 夜读兆勋《玫轩吟草》

一九九零年八月十日

吟罢玫轩草，泪垂夜枕悄。怜兄形已槁，犹念亡贤嫂。  
直欲呼天讨，还君家室娇。江南春日恼，处处闻啼鸟。  
影单身孤老，衾寒谁与爇？幸看桃李佼，愁对沛汶浩<sup>[1]</sup>。  
所向开襟抱，心窃色犹窈。恺悌君子少，学府此师表。

注释：[1] 沛、汶、浩为兆勋三子名，各能立业。

## 题与施嘉炆花前合影

一九九一年五月十九日

先生已耄吾濒耄<sup>[1]</sup>，师友相亲四十年。  
孔子余生倦勤未？犹龙忘老望期先。

注释：[1] 时先生八十九，余八十。礼记：八十九十曰耄，百年曰期。说文：八十曰耄。书经：耄期倦于勤。

## 许伯伦先生墓志铭<sup>\*</sup>

铁沙黄万里 谨撰

先生讳传经、字伯伦，清光绪三十二年丙午六月八日生於安徽合肥。民纪十八年毕业于北洋大学土木工程系，从事工程建设凡五年。廿三年赴美国留学，廿四年获美国康乃尔大学土木工程硕士，继赴爱渥华大学、意大利诺大学研习水利工程学，遍访名师，潜心学习。廿六年七七事变回国，任南京国立中央工业学校教授、教务长、代校长；重庆大学兼任土木系主任。抗战期间曾任湖北省工学院院长，科学馆馆长。公历一九四九年后任西南工业专门学校教务处主任、教授、兼重庆水工实验室主任，并任重庆市政协委员，中国水利学会理事。一九五八年被错划为资产阶级右派，终获改正。旋赴成都电力局电力学校任教，兼四川省水利水电勘测设计院高级工程师，七五年二月因高龄退休。居闲益自刻苦，务记览为著述，终以道不行时、才不用世、穷愁抑郁，赍恨而歿；以一九九零年十二月一日途径宜昌患脑溢血逝世，终年八十有四。

先生气量弘深，姿度广厚；仁笃慈惠，友爱温恭。若乃砥节厉行，直道正辞，贞固干事，隐括矫时。亲朋勤诲，生徒怯蔽，四方同好，永怀哀悼，靡所寘念，於是树碑表墓，昭铭景行，俾精忠奋于百世，令问显于无穷。其辞曰：於休先生、明德通玄。真诚淑灵，受之於天；崇壮幽峻，如山如渊。懿乎其纯，确乎其操。宣学讲台，善诱能教，洋洋生友，言观其高。寓宇难永，群斯悲悼。爰勒兹铭，摛其光耀。嗟尔来世，是则是效。

---

<sup>\*</sup> 1991 年 3 月



## 敬和克木先生惠诗<sup>\*</sup>

贬左面南尊右冠，中西同义释非难<sup>[1]</sup>。

常人惯作雷同调，异曲惊天震百川。

注释：<sup>[1]</sup>按中西文，右字皆兼作正确解，中文左作错误解。

附 金克木

读黄万里先生治水吟草率题一绝

辛未年秋

昔有南冠今右冠，书生报国本来难。

大堤蚁穴谁先见，叹息泥沙塞巨川。

---

\* 一九九一年十一月。

## 魏明初先生墓志铭<sup>\*</sup>

铁沙黄万里 谨撰

先生讳元光、字明初，旧直隶今河南省南乐人也。生於清光绪二十一年十二月十一日，民国四年毕业于南开学校，七年毕业于直隶公立工业专门学校，即入直隶工业实验所任技师。九年官费留学美国，十一年获纽约州西勒开斯大学理科硕士，在迦达基等造币研究所实验室工作两年，於民国十三年回国，任天津义达皮革公司经理兼总工程师，并任教于母校工专，兼任直隶兵工厂等顾问职。十五年任母校校长。十八年该校升为河北省立工业学院，先生为第一任院长。广揽专家教授，校学风大振。民国廿五年又聘先生兼任南京国立中央工业职业学校筹备主委，旋任校长。廿七年迁到重庆建校，掌校务至卅八年，即今重庆建筑工程学院。一九五零年先生遁出南乐，时属原平省，人民政府聘为省政府委员、政治协商会议副主席、组织省师范学院、任秘书长、总务长、兼化学教授。一九五八年被错划为右派，迫害逝世，五九年平反、恢复名誉。

先生专业化工，终身致力于职业教育，以工业救国为职志。二十年代起即参加黄任之先生讳炎培创办之中华职业教育社，为主要成员。重庆中工职校收初中毕业学生入学，减少文科学业，强调理工科，在校五年毕业，即能动手实干。黄任老特令其幼子入学受业云。

先生积仁絜行，友爱温恭，贞固幹事，隐括矫时。亲朋勤诲，生徒怯蔽，四方桃李，永怀哀悼，於是树碑表墓，昭示百世。铭曰：公德诚懿，公心诚忠。义穷机杼，理造化工。宣学讲座，善教发蒙。洋洋生友，仰戴崇功，赫赫三事，谨慎持躬。晚年遭厄，痛忆高风。爰勒兹铭，摛其光融。嗟而来世，效斯始终。

---

<sup>\*</sup> 1992年11月

## 先师罗公建侯诤忠忱廿年祭<sup>\*</sup>

受业弟子 黄万里

壬申冬、前唐山交通大学民国廿一年届毕业学生黄万里，怀恩竭诚，正襟肃立，未设羞奠，静然垂首，遥祭先师罗公建侯之灵於公谢世二十年之后，而陈其辞曰：伟哉吾师！弟子曾在学十九年，承恩中外师长不啻百人，然论教诲恳切，授法精湛，任职认真，视学校如家庭，学生如子女，六十年如一日，盖未有出吾师之右者，伟哉师乎！

先生讲授亲切，言辞鏖铮，初无重复，口授笔画，从容自如，引人入胜。生徒倾耳危坐，口若衔枚，屏息以听。但闻珠落玉盘，得之于心。所讲深入浅出，必众皆理解而后已。循序开导，凡属必先领会之意，解释明白，而后续授，所以宁缺毋罔也。力学课每週六小时，週末一课笔试，探明学生掌握程度，以定下週续讲之深度。先生讲演，概念清晰，运用灵活。国家自设学校延教席授课以来，可谓观止矣。

先师讲课，毕生从未缺席迟到。课前十分钟入备课室；吸一支烟顷，应钟声入讲堂。全体肃立致敬。唐山地处偏僻，某课或缺教习，先生必揽为己任，出而代课。忆弟子在学时，我级工程经济学及大地测量天文课即由先师代授。计先生在校之年，土木系所有课程几皆授过。呜呼！若吾师之奉公尽职，世间亦已鲜矣。

先师秉性刚正，作风严谨，言必据理剖析，行则循规蹈矩，非公正不发愤。课前徐步以趋，方正有定速，出口侃侃无疾言。生活规律，服装整洁。书斋陈设齐整，夜常独宿斋中，每周末则令仆移卧具上楼、伴师母。先师从不阅小说观戏剧。或叩其故，答曰：明知其为作者所编造，何为费时而信之？其严守所信如此！先师一九一零年毕业于美国康奈尔大学，其后二十余年弟子入该校时，水利学教

---

<sup>\*</sup> 1992年12月

授西雷犹谓，凡中国留学生思考问题大都循哲学路线，唯往昔有罗忠忱者独用科学方法循序分析，料其回国必有大成。其形象深入而持久於人心者如此！先师於民国元年为唐校第一位中国教授，一生授徒逾千人，颇多祖孙三代前后相继入学者。若吾师者可称桃李满天下矣。

先师身历维新运动、民国革命、抗日运动、社会主义革命诸时代，确立爱国主义思想，终其身以教书育人为己任，不谋官职。然每逢母校受时局动乱，则必挺身而出，率师生行动，渡过难关。以其历经艰巨，一心爱国护校，为师生校友所爱戴。影响所及，全体教师莫不严谨教学，翕然成风，唐山母校乃得全国严教勤学之令名。终先师之一生，其生徒出国成博士者虽仅茅以昇等十余人，而当时铁路公路多为先师亲授之校友所建，吾师可安息而无憾矣！伟哉吾师！伟哉吾师！

受业弟子黄万里鞠躬。

## 哭长江三峡大坝开工 \*

生在江头吞海口，    心忧三峡坝工久。  
东来云气满巴蜀，    西仰江流溉畦亩。  
衍溢淫浸殖生物<sup>1</sup>，    含泥润溽滩涂厚。  
江南江北仓廩实，    溪沟遍通九州阜。  
巨舸远洋直驶汉，    千吨汽艇万渝走。  
湘资沅澧云贵川，    坡陡能丰足称首。  
纵遇漏天蛟龙虐，    长堤千里差堪负。  
环球巨浸一何多，    独此优游世罕有！

三峡谷深流亦丰，    招来造坝建奇功。  
拦洪发电兼添航，    诏谓人间第一工。  
孰料此江床满石，    火成鹅卵逐流中。  
巫山着意催云雨，    江水亡情沙石冲。  
库尾落沉渝港塞，    延伸溢岸泛涛洪。  
楚王愁看移民苦，    浅陂争功胁众从。  
樗散衰儒不晓机，    再三抗疏议陈穷。  
但闻猛虎千家哭，    怅望轮台悔诏空。

注释：1 此系庄周句

## 黄万里自述 \*

黄万里 1911 年 8 月 20 日生于上海南市施家街，父黄炎培，母王纘思。十岁以前极其顽皮，为母亲所厌恶，长期寄宿于学校，寒暑假则托寄给至亲代管。1921 至 1924 年为浦东中学附属小学校长王则行、班主任王夔钧先生所看重，严加培养，课学加速进步，小学时以第一名毕业。从此中学大学皆以最优生毕业。

这年刘湛思博士自美回国，其博士论文为“从孩子在学习中最有兴趣的科目考查出其应日后长期从事的专业”。他就沪江大学校长后，见我父。我父即请以我考查刘博士的学说。结果刘博士得出宜专习文学的结论。适其时我父正在提倡职业教育的兴头上，又适我两哥皆习哲学与经济学，乃商定我学桥梁工程，得刘博士同意，因我毕业时门门课列榜首。从此我入无锡实业学校，唐山交通大学。在中学大学皆幸得名师亲切指导，无论中文、英文、数学、物理皆以最优成绩毕业。至今我感恩各位老师，为我逐句改正作文时的热烈爱护的负责精神，学生将没世不忘。随后当铁路工程师助手。在廿三岁以前一心勤于工作，曾为工人代管伙食，以保护从农人转来做工的可爱农民不受工头的剥削。又亲自做成桥墩的沉箱，并亲自打汽椿，曾连续守工地 27 小时，为众工师所钦爱。1933 年考取官费，众工人到车站送行，离离不舍之情迄今不忘。

1934 年元旦我赴美国留学。我父介绍我见他的学生、曾为黄河水利委员会委员长的许心武先生。适 1933 年汉江发大水，一夜间没城淹死 7 万人，我决心改学水利，以拯救农为己志。许先生告我这次大水后调查全国水利工程师的所长专业，竟皆长于土木工程之设计施工，没有一个懂得水文学的。许先生嘱我多学水文学，后者以自然地理学为基础。于是我广求名师于美国著名大学，从天文、地质、气象、气候等各基础科学学起，最后在康乃尔大学得硕士学位，在意利诺大学得工程博士学位，为该校第七个博士，第一个中国人工程博士。其间又曾往田纳西河诺利斯坝大学实习数月。又在大学内演讲中国诗文的精湛。于 1937 年搭船回国。

---

\* 2001 年 2 月 18 日

中途船舶日本横滨，登陆间眺蓬莱胜境，偶遇在日本学医的丁玉隼，一见钟情，同船返沪，相约到南京其家相会。不料第二次约会时，为其父国民党元老山东丁惟汾先生知我是上海少年后，将我逐出。其后我父央媒说亲，两老人相见后便大喜成好友。按丁老时为国民党组织部长，又兼国共合作的组织部长，毛泽东为宣传部长，我父被聘为国共合作共同抗日的首要。于是未几成亲，育有三子三女，我夫妇被清华同事一致誉为模范夫妻。我曾四次癌症动手术，无恙，得力于我妻看护者不少。而我手术出院竟有四位同事病故，令人伤感。

## 黄万里简历

黄万里，1911年8月生于上海市，籍贯按川沙县。1932年毕业于唐山交通大学，发表创造性英文论文三篇：“钢筋混凝土拱桥二次应力设计法”、“铆钉接头中各铆钉应力推算法”、“混凝土沙石配合最大容重决定强度论”，由茅以升审定作序，学校出版。1933年杭江铁路练习工程师，参加建造江山江铁桥。1935年美国康乃尔大学土木工程硕士，1936年爱奥华大学学习，1937年意大利诺大学博士，TVA诺利斯坝工务员，前全国经济委员会水利处技正。1938~1943年四川省水利局工程师，涪江航道工程处处长。1943~1945年长城工程公司经理。1945~1947年全国善后救济总署兼任技正，前水利部视察工程师。1947~1949年甘肃省水利局局长兼总工程师。1949~1950年东北水利总局顾问，1950~1952年唐山交通大学土木系教授。1953年至今清华大学水利系教授。1999年12月美国名人传记宣称黄为二十世纪全世界杰出人物（Outstanding man of the 20th century）。

著有《洪流估算》1956年，《工程水文学》1957年，电力工业出版社出版；水利工程学专业论文12篇由中外学报出版。专业创造有《暴雨洪水统计分析》（硕士论文），《瞬时流率时程线学说》（博士论文）。《论治理黄河的方略》，1976年，否定了流行的拦排放策略。1957年独自反对修建苏联设计的三门峡坝，不获准则退而建议勿堵住施工排水洞以备排沙，仍未获准，结果该坝无法照原计划运行，上游干支流大淤，见《中国水利》1957年8月份专刊评论。1989年发表论文指出江河出口年流量作为流域水资源说法的错误，并分析新中国季风气候供给的水资源在全世界最为丰富。1990年发表论文《长江三峡高坝永不可修》，详析该坝修建后的环境影响，以及经济可行性的不能成立，坝建成蓄水后十年内必将由于堵塞重庆港而被迫炸掉。曾回答美国克林顿总统咨询，后来信称谢。1990年出版《黄万里水利学科论文选集》第一集。曾在全国各大城市作学术演讲十余次，每次连续讲四天。1987年在美国由西到东12个大学演讲水力学（新创的流速垂线分布公式，否定了卡门的万有常数 $k=0.4$ ）、水文学、水资源增辟途径的新论及中国诗词的音韵与个人诗词朗诵。1991年发表黄万里《治水吟草》。



# 记者访谈录

# 不重水文，何来水利<sup>\*</sup>

——大陆清华大学教授黄万里反对三峡上马

宣 宏

中共当局对三峡建坝工程虽已定案，但仍有学者充满忧惧，反对工程上马。大陆清华大学水利系教授黄万里指出，长江的河床质，会造成大坝的卵石淤积，最终将使四川盆地沦为泽国。

三峡工程已经上马，但反对的声音仍然不绝如缕。大陆清华大学水利系教授黄万里先生便是其中坚决的一位，日前他再次上书中南海，力陈这项水利“巨无霸”永不能修建的理由，并强烈要求国家安排公开辩论。

今年八十三岁高龄的黄万里先生出身名门，一九三四年赴美专修水文学。由于他有一系列治河问题上长期与国家主管部门的观点相左，是大陆水利界一位名副其实的异见者，因此无论大陆或是海外，鲜有人知道这位资深的专家。

## 治河重视水利忽视水文

不久前笔者登门拜访了黄万里先生。他证实了自己曾几次呈上“叫阵书”。“但是，至今没有任何回音”他说。

他反对三峡工程的理由很简单，从表面看，与不少泥沙专家的意见雷同，即在大江上筑坝，库底泥沙的淤积成为抬高的新河床，终将淤塞重庆港，洪水并将上延到江津合川一带。但他进一步的阐述，提出一个在以往泥沙论证时绝少被谈到的问题，而远比泥沙的威胁更严重。

黄万里警告说：“长江不是泥沙淤积，而是卵石淤积。长江与黄河不同，黄河河底是泥沙，而长江的河底是卵石夹粗砂。如果说泥沙淤积尚可采用某些权宜之计将它们部分冲出库外，那么对于卵石淤积目前无计可施，它们一颗也出不了大坝”。

---

<sup>\*</sup> 此文发表于 1994 年。

他对长江与黄河不同造床质运动的判断，是基于对这些江河地貌形成和演变的研究。黄万里认为，几十年来内地治河有一个通病，重视水利工程，忽视水文地理，而所有的水利工程都是以治河为基础的，不了解河流的地貌与演变，又遑论治河！？

这位大陆资格最老的水文学专家不无遗憾地说：“有的人始终不懂，长江上游及其支流的河床是移动的卵石造床质。”他说，在四川山区可以看到，虽在冬季天气晴朗之时，一清到底的水流仍不断驱使著多层的卵石在河床移动，这个运动切割著河谷，使河底成深 V 形，这些卵石夹粗砂叫做河床质或推移质。如果降雨，地面径流将泥沙冲入河内，水才混浊起来，这些泥沙大部分不沉河底，也不参与河床的演变，它们就是人们能测量到的悬沙，俗称悬移质。对水库构成主要威胁的不是悬移质而是推移质，因为大坝筑起，就阻止了河床的造床运动。

### **卵石淤积将令水坝致命**

为获取这个认识曾付出生命的代价。一九三七年黄万里从美国学成归来，在四川省水利局任工程师。他在四年里沿川江上游步行考察三千公里。一九三八年十一月他带着六十多人做涪江工程测量。有一支小分队的船沉了，两个年轻的测量员下水后被淹死了。黄万里第二天从下游赶来，他看到浅浅的江水感到奇怪，为什么这样浅的水会淹死人？他将一条腿伸进水里，踩到河底，方恍然大悟，原来河床是滚动的卵石，人根本站立不住，那两个小伙子就是被水冲到几十里外丧命的。

黄万里强调，移动的卵石河床是三峡筑坝的癌症，病变迟早要发生在库水末端的卵石淤积上，这个淤积会逐步向上游干支流蔓延，抬高两岸的洪水位，使淹没频繁，最终将富饶的四川盆地沦为泽国。

这不是危言耸听。三十多年前在中国另一条大河黄河上筑三门峡水坝时，黄万里就曾预言：这个大坝建成后，黄河潼关以上流域将会出现淤积，并不断向上游发展，届时不仅影响三门峡水库发电，而且给上游沿岸的老百姓生活造成困难。为此他在征求意见的会上据理争辩了七天。但这是苏联专家提出的治理黄河的方案，在那个政治高于科学的年代，他的意见变成异端邪说，他被打成了右派。即使如此，当建坝已成定论时，他仍坚持己见，要求保留河底六个施工泄水洞，以利今后排淤。苏联专家却坚持按原计划堵死了这六个洞。

不幸而言中。黄河三门峡水库建成后仅三年，潼关以上的黄河及其支流渭河就淤塞。后来不得不以六千万元的代价重新打开当年黄万里坚持要保留的六个泄水洞。

“可惜今天议论长江三峡高坝，连当年议论三门峡大坝时的七天公开辩论也没有了。”黄万里扼腕长叹。

黄万里是著名爱国民主人士、中国职业教育的创始人黄炎培先生的三公子。黄万里个性强，里外均有棱有角，不懂变通，决不随俗。据说，前水利部长钱正英和她的丈夫——教育部副部长黄心白曾双双登门拜访，果然带有向他做工作、望他在三峡工程上高抬贵手之意，但黄万里软硬不吃，照旧慷慨陈词。

### 误用知识遗害苍生

历届水利部长看到这位不合作的专家大概都会头疼，因为黄万里不仅在三门峡和三峡两个工程上大唱反调，而且在整个黄河治理上都有不同的方略。他多次明确提出：“上挡下冲及把水土保持作为正本清源的作法都是错误的。”而近个世纪以来，水利部在黄河所做的事情，就是每年以数十万劳动力在上游筑坝挡沙，在下游造堤治河。黄万里说：“这样做的结果只能使黄河下游变成一条随时可带来灭顶之灾的悬河”。一九七三年他在河南戴着右派分子的帽子劳动改造，仍执意申请进入当时的三线地区（指国防工业重地）黄河潼关以上考察。后来他是在监视下完成全部考察的，并写出《论治理黄河方略》，提出了新的动力学规律——连续介质最大能量消散率定律。黄万里有一句名言：“一个读书人，用错误的知识去误国误民，是最恶劣不过的。”

## 黄万里：洪灾过后谈治水<sup>\*</sup>

伍诗一

黄万里是我国著名水利专家，原籍江苏川沙县，1911 年生于上海。1932 年毕业于唐山交通大学，攻读铁路、桥梁专业。1934 年赴美留学，1935 年获康乃尔大学土木工程硕士学位，1937 年获伊利诺斯大学水利工程博士学位。回国后曾在当时四川省水利局、甘肃省水利局等处任职。解放后，任唐山铁道学院教授。1953 年至今任清华大学水利工程系教授。曾任北京市政协委员。

1998 年特大洪水袭击长江中下游地区达两个多月，造成的经济损失近二千亿元。洪灾肆虐，让不少著名水利专家和学者重新思考治水方略。

近日，87 岁高龄的清华大学教授黄万里决定重上讲坛，给研究生讲黄河、长江治理原理。

黄万里教授是著名民主人士黄炎培先生之子。黄家父子为中国水利事业的发展做出了自己的贡献。民国 6 年（1917 年），黄炎培先生在南京创办了中国第一所水利学校——河海水利工程学校。该校培养了一批批中国人自己的水利人才。解放以后，院系调整变为华东水利学院，即现在的河海大学。

1931 年发生特大洪灾，长江、汉水的洪水淹没了汉口和长江中下游地区，数以万计的人在洪水中丧生。大学刚要毕业的黄万里，本来是学土木工程的，当时中国的水患及落后的水利状况，促使他后来到美国改学水利工程。黄炎培先生十分支持黄万里立志从事水利。在美国留学期间，黄在康乃尔大学获得硕士学位，以后转到衣阿华大学，后来到伊利诺斯大学水文学学术中心，1937 年获得博士学位，成为中国第一个该校的水利工程博士。

回国后，黄万里谢绝了北洋大学、东北大学、浙江大学当教授的盛情邀请，也没有去当时的国民党政府做官，而是到四川水利局当工程师，直接接触实际工作，曾步行三千公里实地考察河流及水利设施。后来，黄万里在甘肃省水利局和东北任职。解放后，黄万里在清华园当了几十年的水利教授，理论上自成一派。

---

<sup>\*</sup> 发表于《北京观察》，试刊第 2 期，P24~25。

已退休 10 年的黄先生身患癌症，动过两次手术，病情虽然已被控制，身体仍较虚弱。可是，一谈起治水，黄先生如同出征的将士一样精神抖擞，滔滔不绝地同笔者讲了近三个小时的水经。

关于治河方略，早在 40 年前黄万里就曾发表过不同的声音，并为此付出了很大的代价。黄先生回忆道：“1957 年讨论黄河的问题，那时候毛泽东‘百家争鸣’的政策刚刚出来，请大家去提意见。有关部门就黄河三门峡水利规划开了十天的会议，我参加了七天，也许是苏联设计的计划，没有人敢惹它，也许是大家确实看法一致。去开会的人就我一个人提出反对意见，没有人同意我的观点，会议就成了批判我的会。

“三门峡工程是由苏联专家设计的国家重点水利工程。建国初期，毛泽东提出向苏联一边倒的时候，苏联专家岂是能随便反对的？全国上下都对这项工程寄予了巨大的期望，人们期待着：三门峡大坝一旦建成，黄河上游挟带的泥沙将被拦截在大坝之内，从此黄河下游将会变成清水，而上游通过水土保持，泥沙也将不再下泄。可以从根本上变黄河水患为水利，造福子孙万代”。

“当时有一半的人是真的反对我的，包括我的一些前辈和好朋友，真的讨论学术。可有的就不那么懂了，就瞎扯。还有的人等到三门峡计划一出来，立刻敏捷地放弃己见，把新计划大大歌颂一番，并且附和着说：圣人出而黄河清，从此下游河治。”

黄万里认为，“黄河清”只是一个虚幻的政治理想，科学上是根本不可能实现的。三门峡水利枢纽工程是一项建立在一个错误设计思想基础上的工程，因为它违背了“水流必按趋向挟带一定泥沙”的科学原理。三门峡修建拦河高坝，泥沙在水库上游淤积，使黄河上游的水位逐年增高，把黄河在河南的灾难搬到上游陕西去了。

三门峡水库 1957 年 4 月动工，1960 年 9 月建成。黄万里的预见不幸被言中，第二年上游泥沙就开始淤积成灾。黄河上游两岸淤泥逐年增多。1962 年 3 月，潼关河床淤高 4.6 米。渭水河口形成拦门沙，窒息了渭水航运。到了 1966 年，库内淤积泥沙已达 34 亿方方米，占总库容 44.4%。三门峡水库已经成了死库，不得不在坝底炸开几个隧道大孔，冲刷泥沙。由于泥沙淤积，上游河水连年泛滥成灾。1972 年水库回水末端向上游延伸至临潼，流沙距西安市仅 13.6 公里，严重威胁着古城西安。三门峡水利枢纽工程不得不从 1965 年重新动工改建，直到 1973 年 12 月改建工程才最后完成。

《中国作家》1996 年第二期冷梦写的《黄河大移民》，叙述了三门峡坝修成

后黄河干流淤没了几十万亩地，4万农民被迁往宁夏缺水高地，来回迁移十几次，痛苦万分。水利发电工程学会七位专家前往视察后叹息不已，国务院派去高级官员看了落泪，说“国家真对不起你们”。同时潼关淤高了2米，循淤积比降向渭河上延，陕西碱阳也淤高了1.5米。这使渭河洪水位抬高了2米，地下水位和含碱区也都抬高，损害了沿岸农民生计。所以，黄河仍然没有治理好，只是把灾难从河南搬到陕西。可黄万里却被打成右派，直到1978年才被摘掉“右派”的帽子。

黄教授说，他有生以来遇到过三次特大洪水，其中包括1931年和1954年的两次大洪水，但这次长江全流域洪水，雨量大、时间长，历史上是没有过的。中外一致认为治河策略只有四种，即蓄（拦河截流）、塞（筑堤防洪）、浚（浚深河道）和疏（溢洪疏导）。如此大的洪水证明：全流域治水应综合考虑这四种策略、全面规划各种工程。

在三峡筑坝前，黄教授曾三次上书中央提出不同意见。如今的三峡工程，木已初成舟形，黄教授希望改变设计，使四川盆地不受灾害，而已成工程尽量发挥其最大可能的作用。他建议将坝高降低，以不淹没万县为度。另加隧洞或排水道，使砾卵石、泥沙畅通出库，并恢复郝穴等出口，将沙石也输往江北洼地，抬高两岸田地，并确保武汉的安全。

（责任编辑 李莹）

## “右派”教授和他的江河缘<sup>\*</sup>

——访清华大学水利工程系教授黄万里先生

**黄万里小传** 黄万里，原籍江苏省川沙县，1911年8月20日出生于上海，著名爱国人士黄炎培先生之子。1932年毕业于唐山交通大学，攻读铁路、桥梁专业。1934年赴美留学。1935年获美国康乃尔大学土木工程学硕士学位。1936年在美国爱荷华大学学习。1937年获美国伊利诺斯大学水利工程学博士。同年抗日战争爆发前回国，从事水利工程和治河工作，先后任旧中国全国经济委员会、四川省水利局等部门的工程师、甘肃省水利局局长及总工程师。东北解放后，受聘任东北水利局顾问。1950年至1952年，任唐山铁道学院教授。1953年至今，任清华大学水利工程系教授。

**记者：**对于今年我国长江、嫩江等南北大江河的特大洪灾，不少水利专家和学者都在痛定思痛，重新思考治水方略。作为老水利专家，您对此有何看法？

**黄万里：**我今年87岁，昨天刚刚过了生日，这样的特大洪水，我有生以来遇到过三次，包括1931年和1954年的两次大洪水。但这次洪水，雨量大、水位高、持续时间长、受灾区域广，在历史上是没有过的。常言说，“兵来将挡，水来土掩”。但治河策略并非只有一种，而是四种，即蓄（拦河截流）、塞（筑堤防洪）、浚（浚深河道）和疏（溢洪疏导），这是中外水利专家认识一致的地方。中国全流域治水应综合考虑这四种策略、全面规划各种工程，尤其是关系国计民生的特大工程。

**记者：**反思这场洪水，除了自然的因素以外，有没有某些人为的因素？

**黄万里：**当然有，但主要是天灾。长期以来，我们的经济和社会发展大多都以生态资源的透支为代价，这些教训足够深刻，幸运的是大家开始有所认识，有的

---

<sup>\*</sup> 记者录音采访，时间：1998年8月21日，地点：清华大学黄万里教授寓所



地方也开始决定对自然界进行补偿，采取了不再砍树、退耕还林、退耕还湖等措施，这是好现象。但是，人们习惯于重视经济、轻视生态；重视近利、忽视远虑。这个问题并没有从根本上解决，还有很长的一段路要走。这个问题解决不好，大自然是要报复的。黄河三门峡大坝工程的兴建和后来不得不改建的实践就是一个例证。

### **“反对三门峡修坝，历史证明我是对的。”**

**记者：**我曾看到一个材料，是清华大学水利系主任在庆贺您执教五十周年和八十寿辰会上的讲话，其中谈到：“全国解放后，黄先生热心国家建设，勇于发表自己的意见。早在五十年代，黄先生就对黄河三门峡工程建设坦诚地提出了意见，指出修建三门峡水库，将导致潼关以上河道的淤积，并提出了保留施工泄水洞的建议。”作为当事人，您能不能详细地谈谈当时的情况？

**黄万里：**五十年代，中国请苏联拟了一个在黄河下游修水利工程的计划，1955年苏联专家开始为治理黄河拟定了一个计划轮廓，水利部召集一些学者和水利界的工程师去提意见，我提出不了同的见解。1957年一面已在改建陕州为三门峡市，工地筹建施工设备，一面却召开扩大会议，征求对修建三门峡大坝的意见。那时候毛泽东“百家争鸣”的政策刚刚出来，请大家去提意见。当时在北京就黄河三门峡水利规划开了十天的会议，我参加了七天，争辩了七天。

这项工程是由苏联专家设计、经过了多年准备后才开始动工修建的国家重点水利工程。在建国初期，毛泽东提出向苏联一边倒的时候，苏联专家岂是能随便反对的？国务院和水利部对此都十分重视，新闻媒体也不惜花费巨大的人力和物力进行宣传，全国上下都对这项重点工程寄予了巨大的期望。你的年龄不大，恐怕不知道这些事情吧？

**记者：**是的，不太了解。只记得小时候曾经看见大人们抽的香烟有一种牌子叫“三门峡”，画面上有座气势磅礴的大坝和水电站，但香烟的质量不怎么样，价格很便宜。这个牌子的香烟现在市场上已经看不到了。

**黄万里：**三门峡牌子的香烟见不到了，可三门峡还在，只是和人们原来期望的相差甚远。当时，也许是苏联设计的计划，没有人敢惹它，也许是大家确实赞同在黄河上修坝，可我对修这坝从根本上加以全面的否定，去开会的就我一个人提出反对修筑大坝，没有一个人同意我的观点。其他与会者只有温善章一人在会上提请改修低坝，但他没有反对修坝，他的意见也无人响应。于是，会议就

成了批判我的会。这次会是大家公开讨论，公开争辩，以后这样的会议倒反而没有了。当时有一半的人是真反对我，他们是我的前辈和好朋友，真的讨论学术。可有的人就不那么懂了，就会瞎扯。

我认为三门峡水利枢纽工程是一项建立在一个错误的设计思想上的工程，因为它违背了水流必然趋向挟带一定泥沙的科学原理。三门峡修建拦河高坝，泥沙在水库上游淤积，使黄河上游的水位逐年增高。我当时预言黄河潼关以上将大淤，并不断向上游发展。今日黄河下游的灾情将移到中游，特别是渭河，那里人民也将修起生产堤。总之，这坝是修不得的。最后我提出，一定要修，请将河底六个施工泄水洞勿堵死，这点大家同意了。但是最后苏联专家仍坚持按原计划堵死。近年来这六个洞又以每洞约一千万元的代价重新打开。

1960年起，潼关以上黄河、渭河大淤，淹没损失是原来考虑到的，但是水壅高后横向冲击，使两岸倒坍了农田八十万亩，一个县城被迫搬走，一切象我预报的那样出现。1963年听说水利部集会，各家提出了改造三门峡坝工的意见，仍未能纠正此坝修建时的错误观点。反对三门峡修坝，历史证明我是对的。可是他们从不承认我说得对，尽量压制我的言论。

注释：三门峡水库 1957 年 4 月动工，1960 年 9 月建成。第二年上游泥沙就开始淤积成灾。黄河上游两岸，完全按照黄万里教授的预见，河岸淤泥增多。1962 年 3 月，潼关河床淤高 4.6 米。渭水河口形成拦门沙，窒息了渭水航运。到了 1966 年，库内淤积泥沙已达 34 亿立方米，占总库容 44.4%。三门峡水库已经成了死库，不得不在坝底炸开几个隧道大孔，冲刷泥沙。由于泥沙淤积，上游河水连年泛滥成灾，成百万灾民流离失所。1972 年水库壅水末端向上游延伸至临潼，流沙距西安市仅 13.6 公里，严重威胁着古城西安。三门峡水利枢纽工程不得不从 1965 年重新动工改建，直到 1973 年 12 月改建工程才最后完成。《中国作家》1996 年第二期冷梦写的《黄河大移民》。里面叙述三门峡坝修成后黄河干流淤没了几十万亩地，4 万农民被迁往宁夏缺水高地，来回迁移十几次，痛苦万分。水利发电工程学会七位专家前往视察后汉息不已，国务院派去高级官员看了也落泪，说“国家真对不起你们”。同时潼关淤高了 2 米，循淤积比降向渭河上延，陕西咸阳也淤高了 1.5 米。这使渭河洪水位抬高 2 米，地下水位和含碱区也都抬高，损害了沿岸农民生计。

**记者：**这么说，黄河并未治理好，只是把黄河在河南的灾难搬到了上游陕西，您在 1957 年的预言不幸言中了。从那之后，您是怎样努力坚持您的治理江河理论的？

**黄万里：**黄河的确没有治理好，而我则被定为右派了。过了好几年，1964 年春，我写信给董必武副主席，再次陈述三门峡坝淤积的严重性。水利部为此召见我，让我拟一个三门峡工程改建计划。我用了两个月写出了《改修黄河三门峡的原理与方法》，由水利部于 1964 年 9 月印出。我提出的方法为开洞排沙，以灯泡式水轮机加速底流，期救秦川于陆沉，复蓄水以调洪兴利。

这个建议未得批复，因为对于黄河输沙下来的看法，我和大家有原则上的分歧。我的主张是必须让泥沙排出水库，以挽救渭河南岸；而一般的主张是拦沙上游，以减免下游河床淤高。但是，人们也怕泥沙继续淤在库内，于是把坝下部泄水洞逐年一个个地打开来，弄得大坝千孔百疮似的，果然能排出很多沙来。而实际上排出的是潼关以下库内历年的积沙，每年随着水流下来的泥沙仍然淤在潼关以上黄河与渭河里。人们却误认为这样开洞排沙改建三门峡之后，冲淤可以从此平衡了。这样做好比把可以治好的急性肝炎拖延不治，而转成了慢性肝炎。

1973 年初我把这个道理呈报了国务院周总理，说明必须外加能量，把泥沙排出坝下，并改修大坝，才能挽救秦川。当时人们一致认为大坝经过开洞排沙，库内蓄清排浑，黄河淤积末端不会再上延。这时已有“交口淤积不上延论”，等到淤积已达到泾、渭的交口后，又出现“临潼淤积不上延论”。他们认为可以做到周总理指示的“两个确保”：确保下游不遭洪灾，确保上游不影响西安。在当地工作的泥沙专家一致持此观点。于是，对于大坝改建和运行方法奠定了错误的基础，随后也因此提出了修建小浪底水库的方案。我对此全面否定，争辩无效。

### **“我的右派帽子据说是毛泽东钦定的”。**

**记者：**您在前面提到“黄河的确没有治理好，而我则被定为右派了”。我可不可以这样理解：在 1957 年，您被打成右派与反对在黄河上修建三门峡大坝有很大关系？

**黄万里：**当然，不过还有别的原因。我研究黄河的治理，是怀着深厚感情的。科技研究这种工作，尽管埋头深入，它本身总是枯燥乏味的；而作为人，多少总有情感的。特别是当人们处于不利的环境下，最宜于玩赏些文艺。那文艺是有

血有肉的，它会冲动那死板无情的 X、Y、Z，使之活跃起来，使人们的精神从沉郁转为开朗，而抖擞起来，从而文思大进。

1957 年，毛泽东几次动员大家提意见。我就写了一篇散文《花丛小语》，挖苦和讽刺了一些人。文章写的三位教授：田方生、甄无忌和贾有道都是虚拟的。一天早上他们乘车到城外来上课。由于一段新修的公路质量太差，刚刚修好就翻浆。公共汽车只得中途停驶，使得他们不得不步行了十里路才来到学校。当他们在校园内碰到一起时，不觉引发了一场对于市政建设中不负责任的作风的议论，发了一通感慨和牢骚。文章通篇不过三千字，用不了十分钟就可以读完。这篇文章发表在 1957 年 6 月 19 日《人民日报》，在“什么话”三个黑体字的标题下用小号字印着文章的题目《花丛小语》，作者署名就是清华大学水利系教授黄万里。

在这篇文章中，我还填了一首词：

贺新郎——百花齐放颂

绿尽枝头蕖。怎当他，春寒料峭，雨声凄切？

记得梅花开独早，珠蕾偏曾迸裂！盼处士，杳无消息。

桃李临风连影摆，怯轻寒、羞把嫩芽茁。静悄悄，微言绝。

忽来司命护花节，乘回风、拨开霾气、宇清如澈。

人世乌烟瘴气事，一霎熏销烬灭！翻潋滟，芬香洋溢。

好鸟百花丛里舞，这当儿，鼓起笙簧舌。心自在，任翔逸。

这首词上、下两阙意思是转折的，稍稍懂一点诗词的人都可看出，不知道毛泽东是怎么理解的。有一次，毛泽东遇见我父亲黄炎培很不高兴地对他说：你们家里也分左、中、右啊。《花丛小语》里把实行百花齐放政策后的国内形势，描绘成“春寒料峭、雨声凄切，静悄悄，微言绝”。这是什么话？

《花丛小语》是当年的一篇有代表性的右派文章，是毛泽东亲自点名批判的特大毒草。《人民日报》在发表它时采用“什么话”这个标题，就是用的毛泽东在批判它时用过的原话。后来这三个字就被沿用了下来，成为《人民日报》批判右派文章的专栏题目。而我的右派帽子据说是毛泽东钦定的，当然逃不了。

**记者：**为什么您要在文中采用讽刺的手法呢？

**黄万里：**为了加强说服力，我在这篇文章中还不指名地讽刺了一些改变了看法的

同行，文中写道：“文人多无骨，原不足为奇”。在现实生活中确实有这样的人和事。你看某某原来有他自己的一套治理黄河的意见，等到三门峡计划一出来，他立刻敏捷的放弃己见，把新计划大大歌颂一番，并且附加着说“圣人出而黄河清，从此下游河治”。在如此大事大非面前，他竟然肯放弃了科学原理，以讨好领导人、讨好政府。试问：这样做对于人民和政府究竟是有利还是有害？他的动机是爱护政府还是爱护自己的饭碗呢？

所谓“圣人出、黄河清”一直是中国封建社会几千年来理想盛世的蓝图，而这一蓝图似乎就要在共产党领导下变成现实。人们在这一绚丽的理想鼓舞下，都对三门峡这一特大工程抱有极高的热情。人们都这样认为：三门峡拦沙大坝一旦建成，黄河上游挟带的泥沙将被拦截在大坝之内，从此黄河下游将会变成清水。而上游通过水土保持，泥沙也将不再下泄。真是一项能从根本上转变黄河水患为水利，造福子孙万代的事业。

唯有我不识时务，坚持反对这一工程。因为“黄河清”只是一个虚幻的政治理想，在科学上是根本不可能实现的。不用说河水必然挟带一定泥沙的科学原理不能违背，就是从水库流出的清水，由于清水的冲刷力要比挟带泥沙的浊水强大。河床在它的猛烈冲刷下，必然要大片崩塌，清水也必将重新变成浊水。张光斗教授反对这种意见，主张修三门峡坝拦沙，这些议论详见《中国水利》57年8月期。但在40年后全国政协会上他却说57年只他一人反对修三门峡坝，是反对得正确的。而今日修三峡长江高坝他却认为该立刻修，也是正确的。

### **“30年代的洪灾激励了我矢志学水利、治理江河”。**

**记者：**据了解，您在大学时代所学的并不是水利，后来为什么要改行呢？

**黄万里：**我1932年7月毕业于唐山交通大学，攻读铁路、桥梁专业。1931年我国江河，包括长江、汉水，洪水泛滥，汉口大堤决口，仅湖北省云梦县一下子就淹死了七万人。1933年黄河决口十几处，损失无法计算。这激励了许多青年矢志学水利、治理江河。当时唐山交大同学有三人放弃了铁路桥梁工程师之职，出国改学水利，我是其中一人。听说黄河是最难治理的，我便立志学水利、治黄河。怎样学好水利，经前辈许心武先生（字介忱）指点，说江河大水后调查全国人才，都是土木结构出身的，没有一人长于水文学，而不通水文学等于未入水利之门，只是能设计施工罢了。于是我决定从水文学入门学习水利。1934年元月到美国开始有计划的学习研究。

开始我片面地理解洪水既是由暴雨产生，学水文应先掌握气象学。我的硕士以气象学为副科，论文是暴雨统计的专题。随后博士以自然地理学为第一副科，数学为第二副科，论文《瞬时流率时程线学说》创造了从暴雨推算洪流的半径验半理论方法，在 19 年之后，Nash 提出相似的方法。这些说明我热诚地渴望着寻求知识以解决江河洪水问题。

在美国我自驾汽车四万五千哩，看遍了各大工程。在田纳西河流域治理专区 Norris 坝上实习了四个月。密西西比河 1936 年特大洪水后，该河机关招待我坐船参观，直达出海河口。我又学习了多门地理学和地质学，于是眼界张开，明白了以前所学土木结构理论远远不足以解决洪水问题；水利工程造在河里将改变水沙流动状态，从而使河床演变。当时还没有成立地貌学，在回国工作十年后，沿河边步行了三千公里，才自己在头脑里建立起了水文地貌的观点。这才开始对于治河的问题有了一些认识。1937 年我在美国伊利诺斯大学获得水利学博士学位，也是中国在这个专业的第一个博士。

**记者：**您是在 1937 年回国的吗？当时抗日战争爆发了吗？

**黄万里：**我在抗战爆发前回到国内。在中国和外国上学达 22 年之久，我受之于民者太多了。自应竭尽知能，献计献策，报效国家。回国后，北洋大学、东北大学、浙江大学邀请我去当教授，我谢绝了他们的盛情，因为我觉得自己太年轻，没有多少实践经验。我也没有去国民党政府谋个一官半职，而是到四川水利局当个水利工程师，直接接触实际工作，后来在涪江航道工程处任职。就是在这段时间里，我步行了三千公里实地考察长江等干支流及水利设施。1947 年到 1949 年，在甘肃省水利局任局长兼总工程师。东北解放后，任东北水利总局顾问。全国解放后，在清华大学当了几十年的水利系教授，其中有 21 年戴着右冠。

# 但教莫绝广陵散<sup>\*</sup>

## ——记中国水利专家黄万里先生

赵诚

1957年因反对建三门峡水库而获罪，在中国现代水利史上占一席重要位置的黄万里先生，是当代中国富于传奇色彩的人物。他敢于在领导层要让“黄河清”的兴头上，坚持己见，反对苏联专家在三门峡建坝的意见，并在校刊《新清华》发表小说“花丛小语”讥讽时弊，对一些老治河专家“一味捧场，不发表相反意见表示不满”。因此成了毛泽东在1957年6月19日《人民日报》上亲自写“编者按”批判的右派。庐山会议上，毛在指斥彭德怀时，说他和黄万里一样脑后长着反骨。而黄万里的一件憾事是未能在周恩来生前琢磨出治黄方案，否则“他一定会接见我，允许我费他一个半小时来解说”。为什么一个学者与中国政治最上层有着这么深的纠葛？这是因为“治黄”是中国历代治国者都必须面对的大事，象大禹治水一样，治理好这条中华民族的母亲河是每一个谋国者都企望的旷世大功，特别是还有两千年来流传的民谣“圣人出，黄河清”的情结。但当柄国者的美好愿望与学者的学术良知发生冲突时，执政者的意志没有因为一个专家的相反意见而受阻，面对强大的政治势力，一介书生黄万里决不曲学阿世，不放弃自己的学术良知和对生民的关怀。这是一场强大政治力量和一个学者个人之间不成比例的较量。自然规律是无情的，几年后，当黄万里的预言一一应验，当局也不得不让这个顶着“右派”帽子的学者，在三门峡水库改建方案上献言。甚至在文革中，1973年在被人监视下去三门峡库区和当时的三线地区潼关以上黄、渭河考查。显然，面对三门峡水库的失败，最高层中有人心知他是真懂水利的，希望他能拿出一个治理黄河的方案，这就是黄万里先生与中国上层为什么有这么多纠葛和富于传奇色彩的原因。多年后，黄万里又因反对上三峡大坝而多次呼号，再一次与当局意见相忤，再次成了中国水利史上的焦点人物。谁是谁非，时间自然会证明。

---

<sup>\*</sup> 原文载《老照片》第15辑，附录载《老照片》第16辑，同文又刊登于载美国出版的《中

黄万里 1911 年 8 月出生于上海市川沙县，他的父亲是 1945 年曾在延安与毛泽东探讨过如何跳出历史周期率，引发毛泽东一番宏论的近代中国民主革命家、教育家黄炎培。黄万里 1932 年毕业于唐山交通大学，学的是桥梁建造，发表了《钢筋混凝土拱桥二次应力设计法》等创造性论文三篇，出版时，由在中国工程科学界已崭露头角的茅以升审定作序。1933 年任江杭铁路工程师，参加建设江山江铁路桥。当时在中国，工程师已是很有身份的人了。1931 年长江洪水湖北云梦县淹死了 7 万人，1933 年黄河洪水决口十几处，人财损失无算，给中国人民造成巨大灾难，激励了许多青年立志学习水利。黄万里也因此与三位唐山交大同学决定放弃工程师之职，改学水利。该决定受到了父亲的赞许，并受前辈许心武先生指点（许告黄万里说“江河大水后调查全国人才，都是土木结构出身的，没有一个长于水文学，而不通水文学等于未入水利之门，只是能设计施工罢了”），他于 1933 年赴美国深造。1935 年获康乃尔大学硕士，之后又到爱荷华大学、伊利诺斯大学学习，1937 年获伊利诺斯大学工程博士，是该校获得博士学位的第一个中国人。在美学习期间，黄万里渴望寻求治理江河的知识，学习了天文、气象、地理、地质、水文、数学等多门学科，博士论文《瞬时流率时程线学说》提出了通过暴雨推算洪流的方法，当时在世界上处在学科领先地位，因之黄万里至今在美国科学界享有盛誉。在美国期间，黄万里亲自驱车 45000 英里，看遍了美国各大工程，在田纳西河流域治理专区 Norris 坝上实习了 4 个月，1936 年密西西比河特大洪水之后，该河管理机关招待黄万里坐船参观直达出海口。通过学习和参观，黄万里眼界大开。认识到水利工程造在河里将改变水沙流状态，从而使河床演变。

1937 年黄万里学成回国，途中，轮船在横滨停泊时，他结识了同盟会元老丁惟汾之女丁玉隽，两人一见钟情，同船返国。是年在庐山结为伉俪，从此风雨同舟，忠贞不渝。回国后，浙江大学校长竺可桢曾亲自登门邀其到浙大任水利系主任，黄先生以年轻为由谢辞。他想考察中国的河川，出任了全国经济委员会水利技正。半年后，抗战爆发，黄万里赴四川水利局道滩委员会任工程师、测量队长、涪江航道工程处处长等职，曾用四个月的时间在长江支流上修建了小水利灌溉工程，仅花了 4 万元，节约预算 4/5，灌溉农田 1.5 万亩，步行 6 次勘察岷江、沱江、涪江、嘉陵江，行程 3000 公里，期间训练了 40 多名工程师。当时水利勘察艰难与危险不亚于战场，为此三个职工殉职淹歿于江，其中有黄万里康乃尔大学的学友。1947 年，他任甘肃水利局长。黄万里在美留学时，地貌学尚未建立，通过所学的和回国后十几年的经历，他在头脑里建立了水文地貌学的观念，



开始对治河问题有了初步的认识。1949年，改任东北水利总局顾问。1950年，回到母校唐山交大任教，1952年转清华大学水利系，任教授至今。

1957年6月，苏联专家已设计好三门峡水库，当时除受淹的陕西省外，举国上下一片喝彩。当时毛泽东号召百家争鸣，中央召集了全国专家70人讨论三门峡水库工程。会上只有黄万里一人坚决反对在三门峡建坝，正象1962年黄万里在《念黄河》诗中所说“樗散书生不晓机，竟然抗疏犯龙鳞”。在会上与主张建坝的人争辩了七天，会上大部分人不说话，私下有人向黄万里说，我同意你的意见，但不敢说，因为是苏联专家定的。随之就开始了对黄万里的批判，但黄万里说：一定要修将来要闯祸的，历史将要证明我说的观点，要求记录发言。

黄万里反对建三门峡水库的理论依据是什么呢？积多年所学和实际经验他认为：（1）黄河的泥沙主要来自中游山陕黄土高原，水土保持不可能解决自然冲刷下来的泥沙，正是这些泥沙冲积成了世界上仅次于亚马逊平原的黄河三角洲平原。因挟带泥沙而认为黄河是害河，前提是错误的。黄河在郑州以下是黄河淤积段，淤积段泥沙沉降是不可避免的，指望建三门峡水库拦住泥沙，解决下游河道淤积问题，指导思想就是错误的。（2）凡在河流淤积段上建坝都会使坡降更减缓，淤积更加甚，决不可行。郑州以上黄河原为冲刷段，由于地质史上三门峡的抬升和潼关一带沉降为地堑区，故峡县至龙门及渭河全改为淤积段。三门峡水库恰建在这一特殊淤积段上，大坝如建成，黄河潼关以上将大淤，并不断向上游发展，特别是渭河河床抬高将淹没关中平原的大片良田，不过是把下游的灾情移到中游，于整个治河之事无补。这坝修不得。（3）一定要修，请勿将河底的施工排水洞堵死，“以免他年觉悟到需要刷沙时重新在这里开洞”。最后这一条与会者全都同意了，也得到了国务院的批准，但现场主持施工的“水利专家”仍按苏联专家原设计将6个施工泄水洞全部堵死。

1960年9月，三门峡水库开始关闸蓄水。次年潼关以上渭河大淤，淹毁良田80万亩，一个县城被迫撤离。一年半的时间里，15亿吨泥沙都淤积在从三门峡到潼关的河道里，把潼关河床抬高了4.5米。随后渭河两岸，地下水无法排泄，田地浸没，土地盐碱化。泥沙占了水库大量库容，淤积不断向上游延伸，1964年咸阳河段已淤积3米，威胁到以西安为中心的工业基地。以后为了保西安又不得不降低水库水位，1965年大坝改建，在大坝上多处穿孔，以泄泥沙，1967年后被堵施工排水洞每个以人民币1000万元的代价将其重新打通。还拆掉了刚装上的15万千瓦的高水头发电机代之以5万千瓦的低水头小机组。由于改建三门峡水库没有完全采纳黄万里的意见，泥沙在库区貌似达到了冲淤平衡，实际上库区上游黄、

渭河的淤积问题只是放缓，并未得到彻底解决。此后，筑坝拦沙让“黄河清”的初衷无人再提。整个三门峡工程造成损失据估算不下百亿，还涉及到 29 万多农民从渭河谷地被迫向宁夏缺水地区移民，其中 15 万人来回十几次迁移，给他们造成了人生中难以想象的惨剧，连国务院派去视察的高官都为之落泪，说“国家真对不起你们”。历史虽然证明了黄万里的预言，但付出这么沉重的代价令黄万里痛心不已。1973 年他写下了“凡此事前皆可见，一般律定莫相违，平生积学何所用？愧对苍生老益悲”的诗句。至今，忆及此事黄万里还潸然泪下：“我一辈子念书想治黄，可他们没有听我的一个字，我白学一场，我真痛心！”

当年黄万里何来这么大的勇气和一个强大的政治力量唱反调？除了一个学者的学术良知外，应该说父亲黄炎培的影响是另一个重要精神资源。至今黄万里谈及治黄还说“我父亲有句名言：‘中国有历史以来，中国农民从来没有对不起统治阶级’。让我一辈子为农民服务。我谨记着父亲的教诲，我学水利，学治黄河就是想为农民服务。所以我不能看着要祸及农民不说话”。为此黄万里付出了沉重的代价，经历了挨批、做清扫工、下放务农……。

但黄万里始终不忘治河之志，积其一生所学提出的治理黄河的办法。其主旨是：（1）正确认识黄河不是害河而是利河。长江的 180 万平方公里流域面积是黄河的 2.3 倍，流量是黄河的 16.8 倍，仅冲出了 12.5 万平方公里的三角洲，而黄河却冲出了 25 万平方公里三角洲，虽北部稍缺水，基本上能收两季。黄河出海口的泥沙至今仍在造陆，而中国最缺的就是平川地。因此黄河是中国的利河。（2）世界上任何三角洲淤积是不可避免的，任何治河方法都不可能改变这一自然规律。上游的水土保持保护植被，只能减少“人为的加速侵蚀”，而不可能解决自然切割。而黄河的泥沙，“自然侵蚀”的居多。全面拦截沟壑泥沙，违背自然界地貌演变规律，也是根本做不到的。世界上除黄河外，凡治三角洲没有不分流淤沙的。黄河郑州以下地貌是隆突三角洲，左右无外来水汇入，只有 20 多条流派辐射出海，不是流域而是派域。应该在大堤上开 20 多个口子，设闸分流，沿着原存流派淤灌广大黄海平原，恢复三角洲形成时各分流派出海的地貌。唯这样可以走出治黄的老路，变害为利，做到防洪、灌溉、造地、治碱、通航、发电等多重效益。

90 年代，当局决定修长江三峡大坝，黄万里又反对。他 6 次上书中央，建议勿修此坝。他认为流域内治河要受到地质地貌条件限制。长江上游大片岩基是页岩和沙岩组成，风化后，前者为泥，成为江中悬沙，后者为沙，即砾卵石，成为河道床沙。二亿年前，大雨把岩基上的砾石，从大小溪沟冲入长江，成为床沙。由于地质史上二亿年前长江是由东向西流入古地中海，所以上游河道的砾卵石比

下游的小（直径约 40 公分）。积自己在长江和四川各江上游勘察的经验，粗估长江上游河道里的卵石一年冲刷过重庆约 1 亿吨，这是长江的床沙，而某些人只统计悬沙，拒绝承认砾卵石床沙，是完全错误的。三峡坝建成蓄水后，将使上游金沙江和四川巴蜀盆地中的各江河槽中冲下来的砾卵石和部分悬沙在重庆沉积下来，会自动造成一条水下堆石坝。不出 10 年将堵塞重庆港，阻断航道，洪水时抬高水位，壅及上游，将淹没合川、江津等低洼之地，那里均为人烟稠密之地，一旦出现洪灾，将惨绝人寰。这就是长江干流永不可修高坝的理由。此外建大坝移民百万，在世界建坝史上闻所未闻。

黄万里多年来悉心研究中国水利问题，他不但有治黄方略，而且对治长江、治海、淮河和南水北调问题都有成熟的意见。特别是他提出在长江下游泰州海安段分流出海，重新导淮入海，和西线调水，经潘松草地引雅砻、金沙、澜沧、怒、雅鲁藏布诸江从上游入黄河的方案，至今还未被世人所知。

1700 多年前，竹林七贤中的嵇康因不合司马昭之心被杀，刑前，曾索琴弹了一首名曲《广陵散》，并叹曰“《广陵散》于今绝矣！”，此后世人只知其曲名，却再也听不到其悠扬的旋律了。葛剑雄在《悠悠长水》引言中说，谭其骧先生读陈寅恪传时，“不胜感慨地说：‘陈寅恪老真可怜，一辈子的学问没有能传下来’，又对我说：‘你随我多年，以后可以把我做学问的方法记下来，把我来不及写成文章的意思记下来’”。后葛剑雄为谭先生立了传。1971 年黄万里下放南昌种田时，怕所学不传，曾写过《梦吟绝笔》：“一死明知素志空，九州行水失斯翁。但教莫绝广陵散，枉费当年劳苦工”。今天，黄万里已年近九旬，其关于水利的学术著作和诗词由于种种原因极未正式出版，一生所学也托付无人。希望有关主事者能以一家之言，先抢救下黄先生倾其一生精力而成的学术成果，以免真成了《广陵散》。

## 附录：散木

### 精神不能“广陵散”

拿到《老照片》15 辑就熟读了《但教莫绝广陵散》这篇文章。像黄万里这类科学家的故事我们是知道得太少了，人们也总是似乎认为中国科学家中鲜有超乎专业兴致以外而怀具浓厚的社会关怀乃至极境关怀的个案，更不要说群体了。像罗素自称有“三种简单但又极为强烈的激情支配着我的一生：对爱的渴望、对知识的追求和对人类苦难的不堪忍受的悲哀”。这样深沉而宽阔的心胸在中国科学家

和知识分子中我想不会很多，原因之一是他们的生态环境支撑不了这种博大的精神体系。我们宿命被给定的文化传统是绵延的专制主义，它是文化，它是传统，它是人的生命状态和生活方式，黄先生无助地被非民主决策（有人说这是“最大的腐败”）所击溃就是一个例子。中国人是讲求道德的，但那是政治的伦理化、伦理的政治化而已，这样“忠诚容易转化为顺从，而顺从常是怯懦和谋求私利的借口，不能想象还可能存在比自身更宝贵更虔诚的人类躯体了”（斯诺《两种文化》）。于是人们在严酷的生存环境下自觉不自觉地去“发扬光大”老庄哲学、阿Q精神以及旧时上海滩白相人熟稔的不倒翁生存策略。越是让人什么什么的“不怕”和当海瑞，越是让人明白这是“阳谋”，你千万不要上当。结果就是当年六大右派之一的陈铭枢先生上书直陈的景象：“年老一辈世故更深，趋避愈巧；年青一辈者则竞相揣测，迎合意图”。上有好焉，下必甚焉，于是就是席天幕地的“厚黑术”和圆滑世故的社会风气。

黄先生是黄炎培先生的公子，以黄炎培的阅历和经验，他给几个儿子（大能、竞武、必信、万里。黄竞武是哈佛大学经济学硕士，民盟和民建成员，解放前在上海被国民党保密局活埋；黄必信死于1966年）的座名铭就是：“理必求真，事必求是；言必守信，行必踏实；事闲勿荒，事繁勿慌；有言必信，无欲则刚；和若春风，肃若秋霜；取像于钱，外圆内方”。黄万里求真求是如其父所言，“外圆内方”则一塌糊涂，人家要成全“黄河清而圣人出”的“史官文化”，他去较真儿提意见和写讽刺小说（《新清华》上的《花丛小语》）。蒋南翔校长把《新清华》给毛泽东看，“龙颜”会好受么？事情说的是北京翻修公路和三门峡水库，意思却是抒发黄先生习染家庭、教育（唐山交大、美国大学）成长背景下的现代性知识和理念，“我就不信一个政府会绝无缺点与错误，竟不需人民的监督的”，可是“企图掩盖一切，但求表面统一，就是现政治的特点”呵，另一个“特点”自然就是亘古的愚民术：“十分之九以上的人被当作阿斗，十分之一以下的人的脑袋却认为是灵的应起主宰的作用”，且周遭不都是“歌德派”和“但丁派”（“但知盯住领导、党员，随声附和”）么，好么，“不是奴才便是棺材（官才）”，“想做奴隶而不得”与“暂时做稳了奴隶”加上“官本位”不就是文化传统的两面——专制主义与奴隶主义的合一么，由不得黄先生不叫起来：“尽说美帝政治腐败，那里要真有这样事，纳税人民就要起来叫喊，局长总工程师就当不成，市长下度竞选就有困难！我国的人民总是最好说话的。”被称为民族道德底线和社会良知的科学家和文人呢？惭愧呵，“文人多无骨”，“史官文化”么，文人孱弱，自古而然了，“你看章某（即治河专家张××）原来有他自己的一套治理黄河的意见，等到三门峡计

划一出来，他立刻敏捷地放弃己见，大大歌德一番，并且附和着说‘圣人出而黄河清’”，“他的动机是爱护政府还是爱护他自己的饭碗？这些人也就是我们的党和政府最喜爱的人才？”黄先生实在大惑不解。这个“大惑”也自然通向“右派”，他是清华三大右派之一，钱伟长、孟昭英、黄万里，所谓“章罗联盟在科学界的掇客”。加上老清华的曾昭抡、吴景超、费孝通（“六教授”中清华有四人）、钱端升、王造时、罗隆基、潘大逵等，果然众人为清华以及黄先生曾受教的唐山交大等都是美国式（通才）教育而付出代价，连带沾染风气的新人如钱伟长得得意弟子的胡海昌、叶开沅（“不问政治，寒窗苦读”）。1957年清华的硝烟在我看来那是一场围绕大学理念也是追问科学本真和人类良知的讨论，这个话题又接至今天继续讨论了。后来的庐山上，毛泽东为两年前“整风”中民主人士和知识分子放言“好大喜功”等耿耿于怀，《花从小语》也想到心头，“有这么一些中国人，说美国一切都好，月亮也比中国的好”。黄先生说的到底是不是中国语境中的伪问题呢？好赖毛泽东喜欢诗词，说：“黄万里的诗，总还想读”，也就是《花从小语》篇首的《百华齐放颂（调寄贺新郎）》：“绿尽枝头蕖。怎当他，春寒料峭，雨声凄切？记得梅花开独早，珠蕾偏曾迸裂！盼处士，杳无消息。桃李临风连影摆，怯轻寒，羞把嫩芽茁。静悄悄，微言绝。忽来司命护花节，乘回风，拨开霾气，宇清如澈。人世乌烟瘴气事，一霎薰销烬灭。翻潋滟，芬香洋溢。好鸟百花丛里舞，这当儿，鼓起笙簧舌。心自在，任翔逸”。

三门峡、三峡，作为水利水文专家，本科学尊严，黄先生说“NO”（这还有孙越琦等），也有的科学家只会说“YES”（1958年的经济浪漫主义运动中不是有大科学家为之煽风么），我们吃尽了决策不民主的苦头，那是多少无辜生命作为“学费”的，赵诚文章中有两句引语让人泪下：一是黄炎培先生“中国有历史以来，中国农民从来没有对不起统治阶级”（这也让人想起梁漱溟先生的“九天九地”之说，后来才知道这是要搞“贫穷社会主义”而如此呵），一是黄万里先生“我一辈子念书想治黄（河），可他们没有听我的一个字，我白学一场，我真痛心”（1964年周总理主持治黄会议，确定三门峡改建方案，即先前被否定的黄先生的意见，算是亡羊补牢）。这些教训，值得人们记取。

黄万里，他的文字要“广陵散”矣，他的精神——“相信科学活动中有一种道德行动的源泉，至少同寻求真理一样地强有力，这一源泉的名字即是知识。科学家通过一种比其它不理解科学的人更直接更确定的方式知道某些事情，除非我们是特别怯弱或邪恶的人，否则这种知识一定会形成我们的行动。我们多数人都是怯懦的，但知识在一定程度上给了我们勇气，也许它能给我们足以对付现有任

务的勇气”（《两种文化》），会不会也要“广陵散”？现在学科学的许多大学生颇满足于自己单一角色的工具理性职能，他们陌生爱因斯坦、罗素、萨哈罗夫、丁文江、竺可桢以及黄先生这些担当科学尊严与社会关怀于一身的前人，所以《但教莫绝广陵散》这样的文章真是多多益善呵。

补 遗

## 致江泽民总书记等的三封信

### 一

中国共产党政治局常委会江泽民总书记、诸位委员：

庆祝十四大会胜利成功，预祝诸位胜利，领导我国社会主义建设。在此，作为一个无党派科技工作者，愿竭诚地、负责地、郑重地提出下列水利方面的意见，请予审核批复：

一、长江三峡高坝是根本不可修建的，不是什么早修晚修的问题、国家财政问题；不单是生态的问题、防洪效果的问题、经济开发程序的问题、或国防的问题；而主要是自然地理环境中河床演变的问题和经济价值的问题中所存在的客观条件根本不许可一个尊重科学民主的政府举办这一祸国殃民的工程。它若修建，终将被迫炸掉。川汉保路事件引起辛亥革命实为前车之鉴。公布的论证报告错误百出，必须重新审查、建议悬崖勒马、立即停止一切筹备工作；请用书面或集会方式，分专题公开讨论，不难得出正确的结论。同时筹建赣江及湘资水等电站，以应东南能源之迫需。附送《长江三峡高坝永不可修的原由简释》，内容四点如次：

1. 在长江上游，影响河床演变的造床质是砾卵石，不是泥沙，修坝后将一颗也排不出去，十年内就可堵塞重庆港，并向上游继续延伸，汛期淹没江津合川一带。现报告假定卵石不动，以泥沙作模型试验，是错误的。

2. 中国水资源最为丰富，时空分布也合适，在全球为第一，不是张〇〇说的第六。中国所缺的是在供水足够地区的耕田。水库完成后淹地五十万亩，将来更多，用来换取电力，实不可取。详见附文《论降水、川流与水资源的关系》。

3. 三峡坝工经济可行性是根本不成立的，它比山区大中型电站每千瓦投资要贵两三倍。报告中的经济核算方法是错误的。十八年内只支付、无产出，也无以解决当前缺电问题。



4. 三峡水库对于长江中下游防洪虽有些帮助，但效果不大。蓄清排浑的代价是使排洪工程加大、守堤防汛期加长，而所利用的电能大减，得不偿失。长江防洪迫在眉睫，应速浚治。

回忆 1957 年黄河三门峡会上唯我一人反对建坝，因其造床质为泥沙，故退一步许可改为留洞排沙。今长江上游造床质为卵石，三峡高坝势必毁败大量坝田，又是我一人摇臂高呼决不可建。请三思吾言！

二、长江中下游汛期迫需防洪，建议治理策略如下。

1. 中游除堤防外要加强疏浚，将床沙输向两岸洼地，通过建闸或堤穴，渐使地高槽深。不禁止围湖造地，鼓励用挖泥船或拖斗掏湖泥淤田，并有计划地整乱流。

2. 各大支流筑坝拦洪蓄水，所以防旱。淮河主要应导洪入海。

3. 扬州开一分流道直接出海，可加陡坡降一倍，对刷深中游江槽，减轻苏皖两岸涝害。同时在下游束水攻沙，增补田亩。浚深各分流道，增多江北清水，减少盐碱，南通七县成为江南。

4. 浚深右岸，增多分流。太湖区域要全面疏浚，挖泥肥田。洪水宜导出吴淞江及浏河，勿入太浦河，以免淹没上海市区。

三、黄河乃是全世界最优的利河，今人把它看作害河，实为我水利学者的耻辱。它水少沙多，历史上南北漫流形成廿五万平方公里的黄淮海平原，全球最大的三角洲。两堤经逐步加高成为悬河，却提供了一条自流淤灌的总干渠，足以解除华北平原当今的缺水缺肥，并恢复南北大运河。应分送水沙入南北现存各流派：运河、马颊河、徒骇河、贾鲁河、涡河等，再从而淤灌田地，并改良三千万亩沙荒地。各分流闸槛要低设，以刷深河槽，增加过洪能力，于是河治。大堤不再须加高，改成高速公路。黄淮海平原得以整体开发，可增加支持半亿人口。详见《论黄淮海河的治理与淮北平原的整体开发》，其主要措施如下：

1. 打开南北大堤约廿道闸口，低槛分流刷深河槽，北岸分流年 200 亿方水，南岸 100 亿方。首先打开人民胜利渠闸，引水天津；随后再开运河南北闸。各派取复式断面，固定住低水岸边。

2. 停止小浪底坝工，改修三门峡坝，恢复其设计功能，并刷深黄渭河槽，确保上游农田。

3. 停止南水北调东线工程，江水只可抽到里下河地区。该工程抽水 70 米水头，经济上不可行；将来恢复大运河，黄水南北分流，该工程将大部拆除。该工程是错误的。

4. 整治南北大运河，今线下移到黑龙港。
5. 整修南北大堤及原运河高地成为三条高速公路。

附三文。顺致敬意。

黄万里

清华大学 1992 年 11 月 14 日

## 二

### 中国共产党政治局常委会江泽民总书记、诸位委员：

1992 年 11 月 14 日曾函陈长江三峡大坝决不可修等水利方面的意见，附文简释有关技术问题，未见批复。而总理已赴汉口开始筹备施工。在此我愿再度郑重地、负责地警告：修建此坝是祸国殃民的，请速决策停工，否则坝成蓄水后定将酿成大祸。

此坝蓄水后不出十年，卵石夹沙随水而下将堵塞重庆港；江津北碚随着惨遭洪灾，其害将几十倍于 1983 年安康汉水骤涨 21 米、淹毙全城人民的洪灾。最终被迫炸坝，而两岸直壁百米，石碴连同历年沉积的卵石还须船运出峡，向下游开圪之地倾倒。航运将中断一两年。不知将如何向人民交代。

论经济效益，此坝每千瓦造价三四倍于一般大中型坝，其经济可行性并不成立。对比五年工期的大中型坝，设此坝施工期 1995 年至 2010 年、连续 15 年，按 1986 年物价，每年 20 亿元中浪费达 13 亿元，等于每年抛仍大海 400 万吨粮食。此举远比美国胡佛总统 1931 年只一次沉粮于海以示众，还要壮烈。完工后十年内陆续回收发电效益 781 亿元，未必能抵偿炸坝运碴、断航、及淹没损失。

详情请阅前送的《简释》。据说三峡问题规定不准公开争辩。此事关系重大，愿向诸公当面解说。单谈卵石塞港问题只需一小时。若再谈经济问题，则外加半小时，质询时间在外。担保讲得诸公都明白。

原来流域水利规划必须具备治河（包括防洪）、航道、灌溉、发电、供水等各种工程知识；并曾亲历其勘测、设计、施工、运行的经验；此外还需要气象、地貌、地质、水文以及工程经济的知识；还须能对数学、力学方法和概率统计方法运算自如。这些要比一般土木工程的知识广阔和深邃多了。概括地说，水利规划要求工程和自然地理学术兼备于一身，前贤有言在先。

技术人员中最早提出修建三峡大坝的美国专家萨凡奇只是专长于造坝和略晓坝址地质的土木工程师。但是 1932 年美国罗斯福总统创立田纳西流域专区 TVA 时就未聘用他，而专任具有流域规划经验的 Author E. Morgan 领导和 Sherman M. Woodward 教授为顾问。这些外国专家我所熟知，曾在其下层工作过。一个甲子 60 年过去了，我国涌现出成千上万位水利专家，但仍未闻有兼通工程和水文地理者在水利机关领导规划。于是出现了这个截断长江的高坝计划，实际上不作可行性研究就该被否定。

希望党的经济建设科学化、民主化要策切实贯彻下去。切勿规定经济建设可行性由行政当局事先决定。例如黄委主任王化云曾对总工程师交代：“这个坝（小浪底坝）你先按 6 亿元设计请款”；又如万里副总理带了张〇〇视察引黄济青导水工程后，就由计委批准施工，结果耗资十亿元，每年还须大量费用抽水，其费大于在青岛煮海取水年一亿立方米。对于与众不同意见的建议从不答复，甚至控制学术刊物不准刊登合理的异议，附送两案件请审阅后转交中央纪委。

顺致 敬意

黄万里 1993 年 2 月 14 日

清华大学九公寓 35 号，电话 2561144

### 三

#### 中国共产党政治局常委会江泽民总书记、诸位委员：

前曾两次劝告切勿修建长江三峡高坝，首次 1992 年 11 月 14 日，附送两文，第二次 1993 年 2 月 14 日，附文请阅后转交中纪委。现在另再送上《长江三峡高坝永不可修》河床演变问题论证一文，请予审批，并请连同前文发交有关机关，安排会议公开讨论。

凡峡谷河流若原不通航，支流两岸又少田地，象大渡河龚咀那样，是可以拦河筑坝、利用水力发电的。尽管 16 年来这水库已积满卵石夹沙，失掉了调节洪水的能力，仍能利用自然水流的落差发电。但长江三峡却不是这样，这是黄金水道的上段，四条巨川排泄着侵蚀性盆地上的大量卵石进入峡谷，在水库蓄水后，这些卵石和泥沙就会堵塞住重庆港，上延抬高洪水位、淹没田地。那里水源丰富，生活着一亿多人口，缺少的正是耕地。凡是这样的地貌，决不可拦河筑坝。所以长江三峡根本不可修高坝，永远不可修高坝。当年孙中山提出这一设想后，可惜

没有一个学者能作出科学的解释，至今也只我一人，说明这是不可行的。随后也就不会有美国萨凡奇的建议，也不会有一群工程师涌向美国学习筑坝的经验，其实这些技术还停留在幼稚可笑阶段。更不会向加拿大乞取可行性研究经费，更不会有党代会、人代会和半个世纪的讨论。这些都是科技低落的后果，虽不单是我国，但今准备施工了，领头的“专家”应负刑事之责。

论经济效益，此坝每千瓦实际造价之高，可以打破世界记录。且不论摊派到发电的静态经济成本按 1986 年物价 300 亿元是否属实，并缩短工期为 15 年，投资逐年平均分配，到完工时实际投入为 666.45 亿元（见“简释”文）。但是审核的报告竟按开工时的成本计算，若也按 15 年工期，则仅 159.54 亿元。这样，缩小了造价成为 1/4，即隐瞒了实价的 3/4。这样，经济可行性自然就成立了。这一错误，凡建设领导都该懂得而负责。

所以长江三峡高坝不仅因其破坏航运和农业环境而不可修建，而且其本身价值也不成立。三峡电站 20 年内只有工费支出，没有电费收入，国家财力不堪负担。理应从速修江西湖南山区所有大中型电站，以供应东南各省电能燃眉之需。

作为共和国一个公民、由国家培养成的、从事了 60 年水利工作者，眼看着国家和以百万头颅换来的坚强党组织误入陷阱，自觉有责任忠告，也应依宪法“对于任何国家机关和国家工作人员有提出批评和建议的权利，对于任何国家机关和国家工作人员的违法失职行为有向有关国家机关提出申诉、控告或者检举的权利”。凡对技术复杂的问题例应公开讨论，岂可即下结论，声称“一定要上”，犯有欺国之罪，向监察部举报外，也对总书记等对我两次警告未予批答，深为诧异。未知曾否考虑按宪法“对于公民的申诉、控告或者检举，有关国家机关必须查清事实、负责处理”，这一条发交有关机关处理。当年黄河三门峡修筑前争辩，只我一人反对修筑。现在虽有许多人反对修建长江三峡坝，但又只我一人从根本上彻底反对，声称是对国家经济不利。可能诸公相信群众多数，我个人仍希望公开争辩。

未见批答，工程已准备进行，难望轮台有悔诏，只得将此案披露中外，或可拯救这一灾难于万一。

顺祝  
进步健康  
附文

黄万里      1993 年 6 月 14 日  
清华大学九公寓 35 号

## 致中纪会、监察部的一封信

中纪会、监察部合署举报中心：

兹举报国务院在长江三峡高坝修建问题上，置本检举人黄万里劝阻的说理于不顾，违背宪法“对于公民的申诉、控告或者检举，有关国家机关必须查清事实，负责处理”的规定。虽此坝业经人大通过由国务院定期动工修建，但国务院不能卸却核定该坝修建可行性成立的责任。请监察部举报中心查明处理。

按举报人黄万里曾于 1992 年 11 月 14 日、93 年 2 月 14 日及 6 月 14 日连续三次向中国共产党政治局常委会江泽民总书记与诸位委员、包括国务院领导，说明建成三峡大坝将于几年内堵塞重庆港、断绝黄金水道上段；并抬高洪水位，淹没江津合川一带耕地；终将被迫炸掉。祸国殃民，莫此为甚。

凡建造高坝于河道中一般都有五种相互独立的问题，其可行性均须考查，是否一一成立。三峡高坝经检举人研究，明显地皆不成立。当今尚无一条以卵石为造床质的通航河道、两岸饶有耕地者修建高坝，长江三峡高坝实为创举，他年足为世界水利工程提供一反面教育。这五个问题的可行性分析如下。

第一个问题是造坝后对于河道和流域的生态环境影响。生态影响中受到破坏的情况业经广泛讨论，年前且有法国所在的世界生态组织法庭公开裁判，三峡高坝之修建为不法，我国缺席不理，法国认错。环境问题已如上述，断航祸国、淹地殃民，决不可取。这一首要问题若在孙中山提出这设想后就有人阐明，则以后所有活动——勘测、规划、各种可行性研究、设计等待皆可免除。

第二个问题是大坝和航船上下的工程技术问题，因为工程钜大，将打破世界记录，经多方研究，总是可能做到。据此，英雄主义也因此抬头。实则因决定用混凝土重力坝，浇注时期长达一二十年，又必选择最佳基础花岗岩所在的三斗坪，其地卵石覆盖层 35 米，坝长 1,998 米，而后面的水库宽度只有 500 至 1000 米，致使工程浩大，而蓄水量却不大，淹没损失又綦大。说明现定工程只考虑了坚固性，却忽略了经济合理性，论技术，虽可修建稳妥，工程却不合理。

第三个问题是社会影响或社会效益的合理性和可行性。这就是因库区淹没 50 多万亩所招来的迁移人民 130 万人和十几个城市问题。现在进行的建设性移民措

施，比以往的办法好得多了。预算移民费用竟占工程费之半，亦即全部预算的三分之一，已够多了。但是实际上恐仍不够，移民向山区显然很难容纳全部，仍不得不有几十万人移往域外远地，这就困难了。所以这个问题可能使造坝可行性不成立。

第四个问题是工程经济可行性是否成立，也就是按本工程的价值对比回收是否值得修建。按照三峡工程论证领导小组 1990 年 7 月的报告，28 页：“贷款偿还期及投资回收期都是 20.6 年，即竣工后的次年即可还清贷款，收回投资。这是其他水、火电站做不到的。”确实如此，这是世界奇闻！原来计算中偿还所贷之款指的是开工时所筹集的资金，而不是竣工时的投资本利总数。后者通过 20.6 年要扩大约四倍之钜，亦即报告中的投资总额比实际需要化费的缩小成为 1/4，于是“其他水、火电站做不到”。实际上本工程经济可行性根本不成立，也就是根本不值得实施的。

况且从全国动力经济考虑：17 年施工期间只有大量工费支出，除少数先装置的电机外，无电力和资金回收。不象在川、黔山区建造百万千瓦以下大中型水电站，例如乌江渡电站五年即可完成，单价成本低廉，只及三峡电站的 1/4，同期内早就回收投资。所以三峡建坝对于全国动力经济都是极不合算的。

第五个问题是三峡建坝对于国防安全的考虑。这已有张爱萍将军权威性的论据，兹摘录 93 年 8 月 16 日‘报刊文摘’所载“就三峡如何应付核战争一文张爱萍来函澄清史实”中一段：“……三斗坪大坝的防空问题。经从空中、两岸陆地和江面勘测后，并与长办共同研究，结论是：一般防空无问题，但对核导弹轰炸，则无有效办法。一旦被炸，江水将一泻千里，直下南京，包括洞庭湖、鄱阳湖两岸当遭灭顶之灾。惟有在遭敌导弹袭击之前放水，但危险性大，因为我们无法测知敌人何时进行核导弹袭击。……”可见考虑国防安全，三峡建坝不可行。

由此可见，三峡建高坝在上述五方面皆不可行。详细解释见举报人黄万里所写上述三信及附送两文：《长江三峡高坝永不可修的原由简释》及《“长江三峡高坝永不可修”河床演变问题论证》，信中还提供了长江黄河的治理策略所不同于当今者，一概未见有只字回答。

请举报中心敦促国务院重新审查此案，公布此信与前送三信，公开集会争辩，或指定刊物书面讨论，使大众明辨是非。根据讨论结果，就可决定是否恰当修建此坝。

若一意如此进行修建，终将因发现卵石在葛洲坝上游沉积量已达几亿吨；或移民实在困难，耗费极巨，无法推动；或领导觉悟此坝成本太大，不如百万千瓦

中大型水电站成本低、收效早；或国家拨款困难，不能如期进行等等原故而被迫中途停工，则损失已数十亿元矣。

前列各种错误，总的最后审核者应负技术的责任，因其反科学的严重性，应请依法处理。凡审核人员须能通晓水利各部门学术与有关的水文地理学纯科学知识；在工作经历上须曾亲历河道测量勘查、工程施工、设计、规划；在分析技能上须精通数学力学法与总体数理统计法；其他工程经济与工程材料乃是土木工学必备的常识。如此才能对工程建设在环境、技术、经济等诸方面的效应作出准确的科学化判断。前述各项错误乃是浅易的、常识性的，尚未涉及高深的问题；但是一望便知，足以贻笑国际。凡此皆应通过多方争辩，不可要求齐声雷同。这是组织讨论在行政方面的责任。

请举报中心收到此信后请复示处理办法，不胜迫切待讯。由于本案的严重性，案情的发生、举报和处理经过终将公诸世界。

附送致政治局常委前后三纸，共三篇六页，又附文两篇，16 页及 10 页，原送有关水资源文未送。

举报人：黄万里

1994 年 1 月 25 日

清华大学

## 对于治理黄河与长江的意见 \*

国务院

朱镕基总理、李岚清副总理等：

附文指出治理黄河及长江的不同意见，呈请审查处理。

清华大学黄万里 九公寓 11 号 电话:62783394

2000 年 4 月

自从 1957 年 6 月水利部召开对黄河三门峡坝苏联设计征求意见的大会以来，已有 43 年了。当时有 70 位专家出席，大多同意苏联设计，只有笔者一人根本反对修此坝，并指出此坝修后将淤没田地城市的惨状。争辩七天无效后笔者退而提出：若一定修建此坝，则建议勿堵塞六个排水洞，以便将来可以设闸排沙，此点全体同意通过。但当施工时苏联专家坚持按原设计堵死六洞。

1962 年坝成，1964 年潼关以上淹地几十万亩，迁移居民 29 万人前往宁夏高地。此后被迫打开施工排水洞，一切如笔者 1957 年 6 月 10 日至 17 日在大会上所预言。现在潼关已淤高 5 米，渭河 3 米，移民达 70 万人，灾情仍在扩大，详见附文之一。

43 年来《黄河志》和《中国水利》皆未登载 1957 年会上争辩的实况。而 1997 年在全国政治协商会上讨论长江三峡高坝修建问题时，有一位科学院和工程院院士竟大言不惭地说：1957 年讨论三门峡坝时只有他一人正确地反对修三门峡坝；如今他赞成修长江三峡坝也是正确的。他以为 1957 年他发言赞成修黄河三门峡坝，并批判黄万里的反对修坝，事过 40 年人们早就忘了，庶不知当今他在政协的发言和 40 年前的发言稿仍在群众手中，经录送中央纪委等有关机关和群众，他气得落泪。这种行为在早年国民党员中是很多的，被群众称为党棍，但在今力行素质教育的盛世实所罕见，其劣迹业已传到国外大学。建议按“教育法”和“高等教育法”弹刻其职务，以明国法的严肃。

---

\* 原文稿有附六册有关分流治水意见，及媒体的文章。



在他拦洪储沙治理黄河的策略指导下，黄河虽未泛滥，但潼关以上耕地损失太大，人民迁移痛苦万分，与时俱增。明知黄河断流，他还主张引黄济青，八亿元不足，将突破十亿元，可以建造三座长江大桥。明知长江三峡没有火成岩地基可修混凝土高坝，他还主张在三斗坪修二千多米长的大坝，把三峡埋在水库里，创造历史上坝工的大笑话。月支高薪，不知浪费国家多少投资。三峡坝有四大工程本身的错误，还有两大生态环境的错误，不知床沙输的是卵石，而按悬移的泥沙一般处理。凡此治黄治江的规划全是错误的。须知工程计划的根本性错误所造成的损失远比贪污之数为大。按国家大宪前者罪行也按刑事处分，但新宪法里这条取消了。这是国家对两院院士的宽恕。江河治理意见详见附六册。

## 编后记

《黄万里文集》编辑小组成员为任裕民、杨铁笙和杨美卿。我们仅仅做了一些资料收集、文字校对与编辑、以及出版印刷等方面的具体工作。《文集》凝聚了黄万里先生毕生的心血，其中文章的选取和审定，都由黄先生自己决定的。他对《文集》的认真负责的态度，令人十分感动。尤其是他忍受着疾病带来的痛苦，一次又一次地审阅文稿，向我们解释尚不十分明白的词语和内容，改正编辑中所出现的错误。我们深受激励和鞭策。

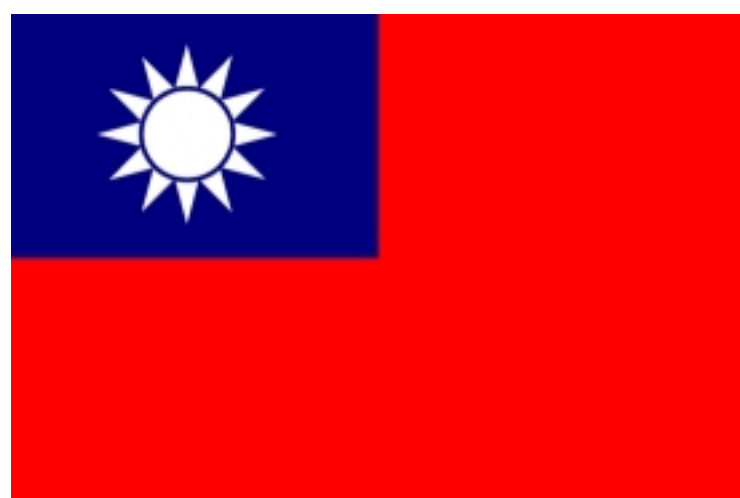
在这过程中，泥沙研究室和水电系许多教工同事、研究生，以及校内外许多朋友，都给予了我们很多真诚的关心、鼓励和支持。有的提供资料线索，或帮助收集文稿；有的提供照片，或帮助制作插页、插图；有的在资料的整理和筛选方面，提出了很多具有指导性建议和意见；还有相当多的同志在《文集》的经费上给予了很大的资助。没有他们，这个文集的编辑出版几乎是不可能的。按理应当在这里一一列出他们的姓名，但唯恐可能会给他们带来不便，只得作罢。望得到诸位的谅解。

由于我们都不是专业的编辑出版人员，自身才疏学浅，致使《文集》中的缺点和错误一定不少。在材料的筛选方面，也有不尽人意之处，有时还不得不要忍痛挥斧。这常使我们惴惴不安，深感有愧于黄万里先生，有愧于读者诸君。

这里，我们要感谢黄师母丁玉隼女士和黄先生家人对工作的协助与配合。还要感谢泥沙研究室李治畛和殷永军同志在文稿的录入和出版方面所做的出色的工作。

编辑出版小组

2001.8.



更多好書：

<http://myboooks.googlepages.com>