

论长江三峡大坝修建的前提

ON THE PREREQUISITES OF CONSTRUCTION OF THE SANXIA DAM ON THE YANGTZE RIVER

黄万里

总 说

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个条件是否合格：自然条件、技术条件、经济条件、政治条件和国防条件。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，所以首先要考查本工程或企业综合利用的效益。其次，它必然涉及相邻地区的经济建设，所以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（俗译“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，后面的比较具体；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，费用可达工程费的千分之一至百

分之三。所以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，下面就这些问题来具体讨论长江三峡大坝的修建。

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和生态条件，是有利还是有弊，须作具体研究。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。

所以其整个方略只有自然条件、经济条件和国防条件三项是必须独立考虑的问题。考虑这些问题时，必须兼顾到它是长江流域规划的组成部分，更是国家经济总体规划的组成部分。这就要求核算经济时，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。因此就排斥了虽也可行，但在比较中落选的原拟方略。例如三峡大坝电站可能在经济比较中被各省许多水、火电站替代。

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，并将河底的卵石冲到中下游，在地质历史上造成了两湖三江冲积平原，而且仍在不断建造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的位置，距今线约 4 公里，平均近期

每年涨地10米；北宋时(1100年前)海岸线在老宝山——高桥——横沔——新场一线，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，此外图上各具名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。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。

建坝对于中下游防洪和河道治理有其增益的一面：洪水通过水库，其峰被抑低，减轻了中下游堤防的负担；其含沙浓度减小，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1000亿立方米以上，而三峡水库蓄洪量只100~200亿立方米，所能抑低的洪峰很有限，效果不大。筑坝后开始时刷槽剧烈，随着来沙加多而年趋平衡；因中途支流输入泥沙，中下游终将恢复其堆积性，河道仍须整治。

对于坝上游来说，建坝加大了河深，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。致命的问题发生在水库末端的淤积上，这淤积会逐步向上游干支流漫延，抬高两岸坝田

长江水文站1954~1981年平均年流量、输沙量(悬沙)

水 文 站	寸滩(重庆)	武隆(乌江)	宜昌	汉口	大通(芜湖)
集水面积 10^4 平方公里	86.65	(8.30)	100.55		
平均流率 立方米/秒	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/立方米	1.32	(0.637)	1.229	0.614	0.557

的洪水位，使淹没频繁，终至于毁灭四川坝田，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：

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的悬沙输移率，量测较有把握。附表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。

四川干支流枯水时期大部分时间河水是较清的，也就是含沙较少，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。只有在汛期大流率带动着大量悬沙，而浑水下底沙更粗、更多。估计长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。

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

来河床所处的河段情况。如果是堆积性的，即增坡段落(aggraded reach)，则淤积将进行到出现更陡的坡降；如果是近于平衡的(in regime)，则淤积将趋向于恢复原来的坡降；如果原河段是冲刷性的，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/年，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)到宜昌山峡每年输沙量从4.65增加到5.35亿吨/年，六七百公里间增多了0.70亿吨/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/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，只能从河道实测地形及水文站水位和流率的关系曲线来确定。干支流在上游，冲淤段落可能交替出现，须按资料具体判断。例如岷江出灌口卵石大到半米，坡降陡到百分之一，每年内外江必须开挖。从灌县到青神，江身开扩，称为成都湖峡，是淤积性的。灌县上游总有冲积的河段，而青神以下平羌峡是属冲淤或属平衡尚待考查。

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、北碚最终也将淤高多少，从而毁灭四川坝田，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。

今天人们却借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，而底沙卵石缓缓下泻，足见底沙输移不少，未必只占悬沙的百分之几。且卵石没有一颗可能越过大坝出峡，沉积无可免，所不知者坝寿终之日罢了。

在四川盘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的现象，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。

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各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多种损失，有的是一次赔偿，有的是常年损失，有的是相对于一定的寿命年限，才称合理，这点并未细算。一切计入，方案就未必可行。

大坝的经济核算及格，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充分的条件。三峡大坝主要是为了发电，从工程经济效益来说，三峡电站比云贵川湘鄂赣等山区许多大、中型

电站合起来差得多。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，工程拖长时间造成经济亏损之巨，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：先对I和II方案在假定每千瓦造价相同的条件下作比较，以显示工期长的亏损，再对I和III方案按实际造价比较。

比较方式一：方案I大、中型分散电站平均每5年完成一站，17年中每年平均安装 0.7647×10^6 千瓦；方案II三峡电站从第十二年起分10年装完，每年平均安装 1.3×10^6 千瓦机组。逐年投资两方案相同，都于17年内每年投资7.647亿元，第17年投资终了，于第21年终装完 13×10^6 千瓦机组。方案II造价应为每千瓦2000元，为了反映工期长单独因素的影响，假设减半使与方案I同为每千瓦1000元。两方案年利率同按0.1%计算，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，而方案II须待第49年才能抵偿。从22至49年这27年间，方案I每年能多收益32.5亿元，到第49年终方案I比方案II可多获本利4743亿元之巨！若按真实造价每千瓦2000元计，则与方案III在这样利率0.1%（高）、电价每度0.05元（低）的条件下，300年之后也还不清本利。这说明三峡电站造价高、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 13×10^6 千瓦机组；又将年利率减低为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方案I相同的条件下，三峡电站其时才开始安装第一台机组，要等到第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2000元计，则须到第23年终还清本利。其时方案I按每年纯收益65亿元计，在11年间到第23年终已多获本利2085亿元了。

这两种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。值得注意的是：方式一中采用的利率高，电价低，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，假定提前5年装机完毕，缩短工期，这样每年投资提高到10亿元，第12年后可开始每年收益40亿元。以后随着装机逐年增加，第17年后年收益增至65亿元。这是较早地以四倍至六倍半扩大生产。

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的中、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，而三峡电站本身经济核算就不可行。

为了发电，也应和核能电站作经济比较。核电站的核废料处理每成难题，联邦德国埋之于石盐矿底，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，技术发展已近顶点。他年核能技术终将公开发展，成本

渐趋降低,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。

从国防看三峡大坝的修建

从国防观点谈,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。况巍巍大坝,建筑之势,不可御也。

所以,为了国防,长江三峡不宜修坝。

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、川等各省分散大、

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是必要的。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。迫切需要的却是对水文地貌、生态环境和经济规划等基本学术的进一步探讨。

三峡电站和同功率各省分建电站的经济比较

比较方式一

(1)各方案同样规定:总装置功率 13×10^6 千瓦,工期17年,全部机组拖后4年装完;资金在17年内逐日平均地支付。

(2)各省分建方案,电站第五年起每年终装就 0.7647×10^6 千瓦,三峡方案则在第十二年起每年终装就 1.3×10^6 千瓦,陆续供电。

(3)据汪胡桢统计,1983年以前,每千瓦电站投资,大、中型电站880元,葛洲坝2000元。兹假设三种方案比较投资经济: I. 大、中型分散电站每千瓦1000元,共130亿元; II. 三峡电站,假设同单价每千瓦1000元,以资比较工期长短单独的作用; III. 三峡电站,较近似实价的每千瓦2000元,共260亿元。

(4)每年发电小时数一律为5000。

(5)在扣除电站少数开支后,每度电净收0.05元。

(6)年利率定为一分: $r = 0.1$,逐日核算复利: $e^r = 1.1052$ 。例如某年投资P元,系逐日平均支付的,则年

终本利 $A_1 = \frac{P}{r} (e^r - 1) = 1.052P$,

约合年中间第183(365/2)日一次投资P元。 $A_2 = A_1(e^r + 1)$, $A_3 = A_2e^r + A_1 = A_1(e^{2r} + e^r + 1)$, 余类推。

$A_{m+n} = (A_m + \frac{P}{r})e^{nr} - \frac{P}{r}$ 。第17年投资结束后, $A_{m+1} = A_m e^r$ 。又如第S年回收电费 R_s , 第S+1年 R_{s+1} , 第S+1年初,即S年终累积回收本利 B_s , 则第S+1年终累积回收本利 $B_{s+1} = B_s e^r + R_{s+1}(e^r - 1)/r$ 。在达到最大装置功率 R_m 后, $B_{m+n} = (B_m +$

$$\frac{R_m}{r})e^{nr} - \frac{R_m}{r}。$$

方式一比较结果

(1)方案I在云、贵、川、湘、鄂、赣、皖分建百万千瓦上下的大、中型水电站,例如已修成的乌江电站63万千瓦,投资5亿元以下,工期四年;方案II假定三峡特大电站每千瓦单价相同条件下,而工期要十七年。结果方案I能在22年($m_1 = 21.7$)间还清本利,方案II需49年($m_2 = 48.7$)。从22至49年方案I已多收益每年 $a = 32.5$ 亿元,现值 $P_v = ae^{-mr}/(e^r - 1)$, $P_{v1} = 32.5e^{-21.7 \times 0.1}/0.1052 = \frac{308.94}{8.758} = 35.274$ 亿元, $P_{v2} =$

$$\frac{308.94}{130.32} = 2.371 \text{ 亿元。}$$

(2)这还是假设把三峡站造价减缩为一半,以反映工期太长所造成亏损之巨。若按真实的2000元/千瓦计,则方案III到300年后也还不清。 $P_{v3} \approx 0$ 。

(3)这里造价、电费等都按1983年以前的,未必确实,但相对效益之差是显著的。

比较方式二

(1)各方案统一规定:总装置功率 13×10^6 千瓦,工期17年,期终全部装毕。资金支付过程各方案一致按分散电站的。

(2)各省分建方案中第五年起每年终装就 10^6 千瓦,资金逐日平均支付。每 10^6 千瓦I, II方案均按1000元/千瓦,共10亿元,每年2亿元。第二年起至第十三年每年平均开始一个 10^6 千瓦工程,各按每年2亿元计。故开始5年投资自2递增至10亿元每年,最后五年又递减。总数仍为130亿元,每年投资P不等。三

峡电站从第十二年起每年终装就 2.167×10^6 千瓦,至第十七年终分六年装完 13×10^6 千瓦;其支付过程假定和分散电站的一样。

(3)I, II, III三方案工费单价按方式一如前。

(4)每年发电小时数仍一律为5000。

(5)每度电净收0.10元,较方式一多收一倍。

(6)年利率减低至0.072,此率相应投资17年,本利翻两番: $(1 + 0.072)^{17} = 4$ 。按国家期望产量17年后翻两番投资生产,其增率亦不应小于此。仍按逐日核算复利: $r = 0.072$, $e^r = 1.0747$, 年终本利 $A = P(e^r - 1)/r = 1.0367P$ 。 $B_{s+1} = B_s e^r + R_{s+1}(e^r - 1)/r$ 。

方式二比较结果

(1)方式二把方式一的利率从0.1降为0.072,电价从0.05提高到0.10元/度。结果I只须12年内,其时三峡站才开始装机,就能还清本利,而II仍假设造价减半下须到第18年终才还清。这期间(从第12年至18年终)I较II多收益每年40至65亿元,6年半本利达498亿元。(=646.450第18年终—147.937第12年间)这反映的是工期长所造成的经济亏损。现值 P_v 是经济效益的指标。

(2)方案III按真实的造价2000元/千瓦,三峡站须待第23年末还清本利。I——分散各省每五年完成一站的方案,自第12年起至第23年末比III多收益每年40至65亿元,11年间最后多得本利2085亿元。(65×32.08)

(3)这里造价、电费、利率或非属实,但相对效益比较是确实的。