

论长江三峡大坝修建的前提

黄万里

(清华大学教授)

摘 要

本文依据自然地理观点、经济观点和国防观点说明长江三峡大坝之修建是不可行的。为了发电,可建造云贵川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。目前测量底沙输移率尚乏可靠的手段,河工模型动床试验在长期内长程落中尚欠合理基础,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、政治条件和国防条件。任何一条件不合格,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

本文于1986年3月28日收到

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，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。因此排斥了的虽也可行，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，相应地堆积起沙上，抬高着河床和两岸平原。右岸上海浦东400年前海岸线在今饮公塘位置，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河一新场，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, 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 (104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份, 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, 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, 只能从河道实测地形及水文站水位和流率关系线来确定。干支流在上游,

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,两首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、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,(见汪胡楨统计,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:先对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 0.7647×10^6 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 1.3×10^6 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年投资終了;于第21年装完就 13×10^6 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Ⅱ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 13×10^6 千瓦机组;又将年率减低为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Ⅱ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年后可开始收益40亿元。以后随着装机逐年增加,第17年后收益至65亿元。这是较早地以四倍半扩大生产。

任何工程可以有多个方案达到同一目标,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,也应和核能电站作经济比较。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余年,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。况巍巍大坝,建瓴之势,不可御也。

所以,为了国防,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。

附:

三峡电站和同功率各省分建电站的经济比较

一、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2,000元。兹假设三种方案比较投资经济:Ⅰ、大中型分散电站1,000元/千瓦,共130亿元,Ⅱ、三峡电站假设同单价1,000元/千瓦,以资比较工期长短单独的作用,Ⅲ、三峡站较近似实价的2,000元/千瓦,共260亿。

(4) 每年发电小时数一律为5,000。

(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 $A_1 = \frac{p}{r} (e^r - 1) = 1.052p$, 略合年中间 $365/2 \approx$ 第183日一次投资 p 元。

$A_2 = A_1 (e^r + 1)$, $A_3 = A_2 e^r + A_1 = A_1 (e^{2r} + e^r + 1)$, 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,

$$B_{m+n} = (B_m + \frac{R_m}{r}) e^{nr} - \frac{R_m}{r}$$

二、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Ⅰ能在22年间还清本利 ($m_1 = 21.7$), Ⅱ需49年 ($m_2 = 48.7$)。从22至49年Ⅰ已多收益每年 $a = 32.5$ 亿元, 现值 $P_v = a e^{-nr} / (e^r - 1)$,

表三

比较方式二的计算表 (利率=r0.072,每度电0.1元)

年次	年份	当年投资 P (亿元)	方 案 I 或 II 总投资 A (亿元) 每瓩1000元	方案 I: 分散电站				方案 I: 三峡电站 (假设半价)				方案 II: 三峡电站 (实价)		
				累 积 装置功率 (10 ⁶ 瓩)	当 年 发电量 (亿度)	当 年 收电费 R (亿元)	累 积 回收本利 B (亿元)	累 积 装置功率 (10 ⁶ kw)	当 年 发电量 (亿度)	当 年 收电费 R (亿元)	累 积 回收本利 B (亿元)	总 投 资 A (亿元) 每瓩2000元	累 积 回收本利 B (亿元)	
1	1986	2	0		0	0			0	0				
2	1987	4	2.073	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1	0	
3	1988	6	6.375	0	0	0	0	0	0	0	0	12.8	0	
4	1989	8	13.072	0	0	0	0	0	0	0	0	26.1	0	
5	1990	10	22.312	0	0	0	0	0	0	0	0	44.7	0	
6	1991	10	34.337	1	0	0	0	0	0	0	0	68.7	0	
7	1992	10	47.312	2	50	5	5.184	0	0	0	0	94.6	0	
8	1993	10	61.214	3	100	10	15.433	0	0	0	0	122.4	0	
9	1994	10	76.153	4	150	15	32.679	0	0	0	0	152.3	0	
10	1995	10	92.209	5	200	20	55.854	0	0	0	0	184.4	0	
11	1996	10	109.484	6	250	25	85.944	0	0	0	0	218.9	0	
12	1997	10	128.008	7	300	30	123.463	0	0	0	0	256	0	
13	1998	10	147.937<	8	350	35	<168.972	2.167	0	0	0	296	0	
14	1999	8	169.355	9	400	40	223.062	4.333	108.35	10.835	0	339	11	
15	2000	6	190.300	10	450	45	286.376	6.500	216.67	21.667	11.233	381	35	
16	2001	4	210.735	11	500	50	359.604	8.667	325.00	32.500	34.534	421	71	
17	2002	2	230.624	12	550	55	443.485	10.833	433.35	43.335	70.806	461	121	
18	2003	0	249.925	13	600	60	538.815	13.000	541.67	54.167	121.021	500	186	
19	2004	0	268.594≈	13	650	65	646.450	13.000	650.00	65.000	186.216	537	268	
20	2005	0	288.658	13	以下同	以下同			以下同	以下同	≈267.515	577	355	
21	2006	0									354.881	620	448	
22	2007	0										667	550	
23	2008	0										717	658	
24	2009	0										770<	<775	

$$P_{r,1} = 32.5e^{-21.7 \times 0.1} / 0.1052 = \frac{308.94}{8.758} = 35.274 \text{ 亿元}, P_{r,2} = \frac{308.94}{130.32} = 2.371 \text{ 亿元}$$

(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2,000元/千瓦计,则方案Ⅲ到300年后也还不清。 $P_{r,3} \approx 0$ 。

(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(计算结果见表二)。

三、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1,000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。故开始五年投资自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5,000。

(5) 每度电净收0.10元,较方式一多收一倍。

(6) 年利率减低为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:

$$r = 0.072, e^r = 1.0747, \text{ 年终本利 } A = P(e^r - 1) / r = 1.0367P.$$

$$B_{t+1} = B_t e^r + R_{t+1}(e^r - 1) / r.$$

四、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。表中票现值P,是经济效益的指标。

(2) 方案Ⅲ按真实造价2,000元/千瓦,三峡站须待第23年末还清本利。Ⅰ一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年最后多得本利2,085亿元(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(计算结果见表三)。

五、经济比较总结

凡投资和回收效益都是在长时期内进行的，两者都是时间的函数。对比经济效果，必须把它们分别换算到投资一开始时的价值，称为现值。

投资现值 P_c 的意义是，银行一开始储备了这笔资金，足以陆续支付工程费用，以至完成。例如方式二中方案Ⅰ在工期17年内须陆续投资130亿元，折合到17年底本利共249.925亿元，则一开始储备 $P_{c1} = 249.925e^{-0.072 \times 17} = 73.49$ 亿元，就能保证陆续支付130亿元以底于成。

效益现值 P_v 的意义是，工程在陆续完工收益的过程中折合成一开始就赚得这笔资金，相应地在 m 年全部完工后每年能收益 a 元。在方式二方案Ⅰ中 $m_1 = 11.2$ 年，年收电费65亿元 $= a$ ，收益每年 a 元之初即 m_1 年末相应一次获得 $B = a / (e^{0.072} - 1) = 870.147$ 亿元，亦即在 m_1 年前一开始获得 $P_v = Be^{-0.072m} - 88.5 = 388.5 - 88.5 = 300$ 亿元。这里 $m_1 = 11.2$ 年开始还未完全年收65亿元，其中不足之获利所折合成的一开始金额为88.5亿元。

表四、 经济核算总结 (单位：亿元)

比较方式 方 案	比较方式一 $r=0.1$, 电价0.05元/度			比较方式二 $r=0.072$, 电价0.10元/度		
	I	II	III	I	II	III
每千瓦投资(元)	1000	1000	2000	1000	1000	2000
总投资	342.3	342.3	684.7	249.9	249.9	249.9
投资现值 P_c	62.5	62.5	125.5	73.5	73.5	147.0
本利回收年限 m	21.7	48.7	>300	11.2	18.1	22.9
全年回收 a	32.5	32.5	32.5	65.0	65.0	65.0
回收本利 B	308.9	308.9	308.9	870.1	870.1	870.1
效益现值 P_v	35.27	2.37	≈ 0	300.0	236.4	167.3

经济核算结果若效益现值大于投资现值， $P_v \geq P_c$ 则可行。表四示方式一在利率高、电价低下各方案皆不成立；方式二中方案Ⅰ效益投资对比 $P_v/P_c = 4.08$ 最大，表示投资效果最好，可行性最优；方案Ⅲ对比为1.14，效果当可，但远不如Ⅰ，应弃Ⅲ取Ⅰ。