

## 三峡工程应按“一级开发,一次建成,分期蓄水,连续移民”的建设方案全面实施

A Plan for “Grade-I Development, Finishing the Project at One Go, Storing Water by Stages, Continuous Immigration” Should Be Implemented in the Three Gorges Project Construction

文伏波 杨贤溢 洪庆余 唐日长 陈济生 薛世仪 洛叙六 潘庆荣 董士镛  
徐一心 唐登清 司兆乐 谭培伦 魏璇 罗泽华 刘一是 潘天达 郑允中  
(水利部长江水利委员会技术委员会,委员 北京 100044)

三峡工程自开工建设以来,进展顺利,可以按照国家批准的建设方案和进度完成各项建设和移民搬迁安置任务,使工程发挥其巨大的综合效益。

三峡工程自提出至今,一直备受国内外的关注,有些专家不断为三峡工程建设提出一些意见和建议。在1986年再次进行的由全国各行业专家412人参加的近3年的重新论证工作中,更是集中了全国专家的意见,研究解决了工程建设中的各项关键技术问题,确定了工程建设方案。三峡工程建设论证时间之长、论证范围之广、参加人员之多、决策程序之慎重严密,在国内工程建设史上是独一无二的,在国外也难见一二。

由于三峡工程规模巨大、影响深广,许多人一直关心着三峡工程建设的进展情况,并提出了一些不同的看法和意见。我们对这些看法和意见均表示欢迎和尊重。在研究这些看法和意见过程中,我们觉得有一些是源于对三峡的研究、论证、决策过程缺少深入的了解。对此,几十年来参加了三峡工程的勘察、设计和科研工作,参与和经历了三峡工程论证,并了解决策全过程的人,自觉有义务加以说明,也作为一家之言,供商榷。

### 一、关于正常蓄水位和建设方案问题

三峡工程正常蓄水位方案,从50年代开始曾反复进行过研究和比较,其范围从128米至260米。1958年党中央成都会议规定了三峡正常蓄水位应控制在200米以下,主要是避免淹没影响重庆市。由于三峡坝址条件优越,宜建高坝;且正常蓄水位愈高,工程的综合效益愈大,故70年代以前研究主要集中在190~200米。但随着三峡工程兴建时间的后延,水库淹没区人口不断增长,淹没损失也急

剧增加,使水库移民安置的困难愈益成为正常蓄水位选择的制约因素,因此曾研究分期建设问题。

进入80年代以后,为了减少移民安置的困难,促进三峡工程早日兴建,又提出了正常蓄水位150米方案(坝顶高程175米),这一方案虽较190米~200米方案的综合效益有较大幅度的降低,但仍有相当的防洪、发电和航运效益,其主要缺点是:遇20年一遇以上洪水,水库仍需超蓄运行,上游将有一些临时淹没,特别是水库回水不到重庆,对重庆的港口、航道没有改善。

在国家原则批准150米方案可行性报告后,重庆市和交通部门提出了将正常蓄水位抬高至180米的建议。

1986年6月,中共中央、国务院下发了《关于长江三峡工程论证有关问题的通知》后,对三峡工程各方面问题进行了重新论证,又重点比较了150米、160米、170米、180米4个正常蓄水位方案。为既减少淹没又能满足万吨级船队直达重庆港的要求,增加了研究二级开发方案,即三峡工程取较低水位,在其库尾另建一级枢纽回水到重庆。

三峡工程正常蓄水位的方案,涉及社会、经济、泥沙、移民和环境等诸多复杂的因素,从不同角度考虑,会有不同的认识,长期以来争论不休。正常蓄水位方案选择的关键,是处理好防洪、发电、航运等综合利用要求与水库移民、泥沙淤积等制约因素之间的关系。

经过全面的技术经济比较研究后认为:除二级开发方案因上一级枢纽自身的经济效益差,难以成立外,其余4个方案在技术上都是可行的,经济上也是合理的,但各方案在效益和移民难度方面有较大差别,互有利弊。经反复研究协商并听取各主管部门和地方政府的意见,三峡工程论证专家组最后推

荐采用“一级开发,一次建成,分期蓄水,连续移民”的建设方案。其具体内容是:三峡河段以三峡工程一级开发;大坝按最终规模坝顶高程 185 米一次建成;水库分期蓄水,初期 156 米,最终正常蓄水位 175 米;移民在统一规划前提下按最终蓄水位进行连续搬迁安排。这个方案减缓了移民强度,有利于工程初期少投入、早产出,并使水库的泥沙淤积有一个观测验证的时期,较好地协调了综合利用要求和水库移民、泥沙淤积等制约因素之间的矛盾。初期蓄水位 156 米时,已有相当大的综合效益,但防洪库容偏小,在遭遇大洪水时,水库需要超蓄运行,万吨级船队也不能抵达重庆港;最终蓄水位时,可以基本满足防洪、发电和航运 3 个方面的要求,这个方案是有关部门和地方各方面都能接受的方案。

上述方案,经国务院三峡工程审查委员会审查,并经 1992 年全国人大七届五次会议通过。按照这一方案进行的初步设计,经三峡工程建设委员会审查批准。初步设计的安排是“工程开工第 11 年(自施工准备起算),水库蓄水至 135 米,工程开始发挥发电、通航效益。至第 15 年中,水库开始按初期蓄水位 156 米运行。初期蓄水位 156 米运行若干年后,水库抬高至最终正常蓄水位运行,初期蓄水位运用的历时,可根据水库移民安置的情况、库尾泥沙淤积实际观测结果以及重庆港泥沙淤积影响处理方案等,届时相机确定,初步设计暂定安排 6 年,即第 21 年水库可蓄水至 175 米最终正常蓄水位运行。”

三峡工程正在按照上述批准的方案和安排组织实施。在国务院的正确领导和全国人民的大力支持下,经过工程建设者的辛勤劳动、库区移民的妥善安置,实现初期蓄水的目标指日可待,几代人的理想——高峡出平湖就将实现。

三峡工程的建设方案,包括最终蓄水位 175 米的技术可行性和经济合理性,是经过充分论证和肯定的。我们相信,在国家转入实现社会主义现代化建设的第三步战略目标、加快西部大开发的形势下,对三峡工程的防洪、航运、发电任务将会提出更高的要求,根据丹江口和葛洲坝工程二三十年的运行经验,实现正常蓄水位 175 米也将较快地提上日程。认真进行初期蓄水位 156 米运行的观测验证,将会更加稳妥和可靠地促进蓄水位抬高的进程。

## 二、关于泥沙问题

从 50 年代开始,关于三峡工程的泥沙问题,我国有关部门就开展了广泛的研究。70 年代和 80 年代,葛洲坝水利枢纽工程泥沙问题的研究和解决,为三峡工程泥沙问题的研究奠定了基础。1983 年以后,又组织国内有关科研、测验单位和高等院校协作,进一步开展三峡工程泥沙问题的研究。1986 年 7

月,水利电力部和国家科委分别成立泥沙专家组,负责长江三峡工程泥沙专题论证和重点课题攻关研究。除观测调查和数学模型计算外,还先后建立 9 座水库变动回水区泥沙模型和两座坝区泥沙模型进行试验研究。工作量之大、研究之深入,是国内外水利工程建设史上所罕见的。

三峡工程泥沙专题论证的主要问题有:水库的有效库容长期使用问题;水库淤积抬高库尾洪水位问题;水库变动回水区航道与港区的泥沙问题;坝区泥沙问题;水库运用对下游河床演变和河口的可能影响问题,还有三峡以上地区来沙变化趋势的研究。限于篇幅,以下简称前面 4 个问题的研究概况。

### 1. 水库有效库容长期使用问题

长江水量丰沛,含沙量小,汛期来水来沙量比较集中。三峡库区河段坡陡流急,水流挟沙能力处于不饱和状态,水库长约 600 公里,平均宽度 1 100 米,断面窄深,滩地少,属于典型的河道型水库。三峡水库库容系数很小,属于季调节水库。根据上述水库形态和水沙特点,参考我国三门峡等水库实际运用经验,结合长江中下游防洪需要,三峡枢纽采用“蓄清排浑”的调度运用方式。大坝设置了足够的泄洪排沙设施。汛期为腾出防洪库容,坝前水位控制在较低的汛期限制水位(初期 135 米,最终 145 米),有利于水库排沙,减少库内淤积;汛末含沙量较小时将坝前水位逐步高到正常蓄水位;翌年枯季逐渐降至枯期消落水位,以满足发电和航运的需要;汛前,再降至汛期限制水位。这种运行方式和防洪要求基本一致。据计算分析,采取“蓄清排浑”的运用方式,水库运用 100 年后,防洪库容能保留 86%,调节库容能保留 92%。

### 2. 水库淤积抬高尾水位问题

经分析计算,按正常蓄水位 175 米方案,水库运用 30 年,重庆市百年一遇洪水位为 195.94 米,较建库前天然水位抬高 1.64 米;水库运用 100 年,重庆市百年一遇洪水位为 199.09 米,较建库前天然水位抬高 4.79 米(均不考虑上游水库拦沙及水土保持的作用),考虑计算值可能有 1~3 米的变幅,百年洪水位也不超过 202 米。重庆是个山城,主要城区都在这个水位以上(城区中心区高程约 250 米),影响是不大的。如考虑支流建库的拦沙和调洪作用,重庆市洪水位将低于上述计算值。

### 3. 水库变动回水区航道与港区的泥沙问题

三峡水库兴建后,常年回水区的航道问题将得到彻底解决,需着重研究的是变动回水区的航道及港区问题。正常蓄水位 175 米时,变动回水区约长 130 公里。先后建造了 9 座泥沙模型研究变动回水区 6 个河段的泥沙冲淤演变和航道变化情况,并探讨了通过水库调度和整治疏浚等改善航道的措施。

根据试验结果,变动回水区上、中、下3段的航道、港区较建库前均有较大改善。水库运行若干年后,局部河段发生河势调整,河道向单一、规顺、微弯形态发展;消除建库前航道弯、窄、险的状况,显著改善了航行条件;但河势调整后,新航槽中的石梁暗礁,需加清除。变动回水区上段的航道、港区较建库前也有改善;但在特枯水年水位消落后期或在丰沙年后的水位消落期,原有某些浅滩河段和凸岸港区,短期可能出现航道尺度和港区水深、水域不足的情况。这些问题经过试验研究,已较清楚,并可采取相应措施予以解决。

重庆河段位于正常蓄水位175米方案的变动回水区上段。重庆港主要作业区如九龙坡、朝天门均位于弯道凸岸,汛期淤积,枯季冲刷。建库后初期(运用水位156米),本河段仍处于天然状况。按175米水位蓄水后,每年汛后至汛前约有4~6个月水位壅高10米以上,初期港区航道均有较大改善。水库运用数十年后,按自然情况(即不考虑上游建库,不考虑采取整治措施等),九龙坡港区由于边滩淤积,在枯水年水库消落后期,船舶停靠和码头作业区的水深、水域有所减少,航道出浅,出现航槽摆动现象,影响航运;嘉陵江金沙碛右岸主槽因泥沙淤积,水浅流急,有碍航行,并影响码头作业。以上问题在泥沙模型上进行了改善措施的初步试验研究,通过水库调度、河道整治、疏浚结合码头改造措施可以解决。但具体方案尚在继续研究,并将在蓄水后结合实际观测资料进一步研究。

#### 4. 坝区泥沙问题

长江科学院和南京水利科学研究院分别进行了三峡工程坝区泥沙模型试验工作。重点研究坝区船闸、升船机引航道泥沙淤积和电站引水防沙问题。试验成果表明:在枢纽运用前期30年内,由于进入坝区的悬移质泥沙含沙量和粒径均小,泥沙淤积量很少,年碍航淤积量仅数万至十数万立方米,可以采取疏浚措施解决;电站厂前的泥沙淤积高程,未超出进水口高程。在库区泥沙淤积基本平衡阶段(第81~90年),进入坝区的悬移质泥沙淤积量和粒径已接近天然情况,淤积数量较初期为多,其值随水文年而异。但可采用排沙、机械挖泥、减淤等措施,解决泥沙问题。

综上所述,三峡工程的泥沙问题比较复杂,各方面都已给予高度重视。通过多年来的研究,可能出现的问题已基本清楚,并能通过采取适当的措施予以妥善解决。

### 三、关于导流底孔封堵问题

三峡枢纽泄洪坝段设置22个6米(宽)×8米(高)的导流底孔,孔底高程55米。导流底孔是跨大

坝横缝布置的。其设计运用的条件有以下两点。

1. 承担三期截流。三峡工程施工第10年汛前拆除二期围堰,汛后导流底孔投入运用,同时在右岸明渠内开始修筑土石围堰,按11月20日~12月5日合龙截流,截流流量为9010秒立方米,要求截流水头不超过3.5米。截流后,导流底孔承担三期土石围堰修建时的导流任务。12~4月份最大流量17600秒立方米。

2. 与泄洪深孔联合运用,承担围堰挡水发电期间的渡汛任务。三期碾压砼围堰顶高程140米,按20年一遇洪水设计(最大日平均流量为72300秒立方米),百年一遇洪水(最大日平均流量为83700秒立方米)围堰不漫水。

三峡枢纽二期工程的砼浇筑进展较快,导流底孔均已形成,闸门安装工作已经开始。导流底孔是临时性建筑物,在完成围堰挡水发电的任务后,即应予以封堵。

有的专家提出,要长期保留导流底孔,用来泄洪冲沙。我们认为这是没有必要的,因为三峡枢纽已布置了足够的永久性泄洪、排沙建筑物。

根据水库初期和后期的运用要求,包括防洪调度、排沙、排漂、工程防护及施工导流的需要,并考虑减少常遇洪水泄洪时的入水单宽流量,以及闸门及启闭设备的国内制造能力等,三峡枢纽泄洪坝段全长483米,共分23个坝段,深孔与表孔相间布置,共设23个7米×9米(宽×高)的深孔,孔底高程90米,跨缝布置22个净宽8米的表孔,堰顶高程158米。在泄洪坝段两侧各布置1个10米×12米(宽×高)的泄洪排漂中孔。右厂房右布置了一个排漂孔。根据厂前排沙要求,左、右厂房坝段,共设有7个排沙孔,孔底高程为75米(5个)和90米(2个),库水位150米以下时可兼作泄洪运用。在进行调洪计算时,为使泄洪留有余地,泄洪深孔、泄洪排漂中孔,均考虑10%的闸门失效,其泄洪能力按90%计算,电站26台机组也只考虑18台(70%)参加泄洪。此外,遇千年一遇设计洪水和校核洪水(万年一遇加10%)时,还考虑电站全部机组受阻的特殊情况,以策安全。

长期保留导流底孔,技术上是不可行的。导流底孔是三期导、截流和围堰挡水发电的临时性建筑物,工作条件又是很不利的。库水位135米时,工作水头80米,孔内高速水流流速33~34米/秒,极易发生空蚀,对平整度要求很高,河床卵砾石和围堰拆除余下的石碴易进入底孔,造成磨损;导流底孔是跨大坝横缝布置的,易产生错台,不易做平整;下游水位很高,易淹没弧形闸门门轴等。因此在砼围堰完成挡水任务后,即应封堵导流底孔,以策安全。如库水位到156米仍使用导流底孔,工作水头将达100米,孔内流速达40余米/秒,且常年处在水

下,出问题时处理和检修极为困难,是很不安全的。大坝泄洪深孔常在汛期限制水位145米(初期为135米)运行,工作水头55米(初期45米)。在最终蓄水位175米时,工作水头为85米,但运行机率较小。泄洪深孔孔底高程较高,卵砾石不易进入孔内,出口不淹没,不跨大坝横缝,工作条件远比导流底孔有利,可经常安全运用。

三门峡水库处理泥沙的宝贵经验值得借鉴。三峡水利枢纽就是研究了三门峡等水库的经验,拟定了“蓄清排浑”的运用方式,可长期保持水库的有效库容;也是吸取三门峡枢纽导流底孔封堵后重新打开排沙的教训,在三峡枢纽中设置了高程很低、在水库低水位时可泄放很大流量的深孔和排沙底孔。从导流底孔的情况而言,三门峡的导流底孔和三峡的导流底孔的工作条件是很不相同的。三门峡导流孔重新打开后,工作水头50米,进入孔的是细泥沙,出口不淹没,底孔不跨横缝,运用的工作条件比三峡导流底孔好得多。如三峡枢纽长期保留导流底孔,进行泄洪排沙,因工作条件不利,极易发生空蚀,在多达22个底孔中,如有一个严重空蚀,即可能危及大坝安全,所以不能长期保留,应及早封堵。

#### 四、关于库区移民搬迁进度

三峡库区的移民搬迁安置,涉及面广,政策性强,关系到库区人民的切身利益、地区今后的经济发展和社会安定,是三峡工程建设的关键问题,为国内外所关注。各有关部门、库区和外迁移民地区各级政府,都高度重视三峡库区的移民安置工作,正在按计划进行妥善搬迁安置。并且按照“一次建成,连续移民”的建设方针和中央确定的“在资金到位的前提下,宜早不宜晚”的原则,有计划地安排组织移民搬迁工作,争取移民搬迁工作和库区建设与工程建设同步完成。虽然移民安置任务十分艰巨,但执行时间长,分散在17年时间,安排比较均匀,有

国家的支持、地方各级政府的重视和努力,也有库区移民的支持,按目前进度看,移民的任务是可以完成的。

三峡工程过去争论了几十年,对库区经济发展影响较大。因此库区各级政府和移民群众强烈要求,移民工作一旦开始后,希望能连续进行,并尽可能早日完成。如果不抓紧移民搬迁进度,只考虑安排156米水位以下的库区移民而不安排156米水位以上的移民,又将出现中央决策兴建三峡工程之前不上不下、举棋不定的局面,其后果是地区经济发展受到制约,各方投入难下决心,环境质量难以改善,经济发展仍将滞后,人民生活难以摆脱贫困,进而影响社会安定。今后重新安排移民安置,其难度也将显著增加。

库区的新城镇建设均在182米水位以上,如果只搬156米以下部分,那么旧城功能难以恢复,新城难以完善,这对移民安居乐业、库区经济发展均十分不利。

三峡水库的防洪库容,在正常蓄水位175米时有221.5亿立方米,初期蓄水位156米时为111亿立方米。初期运行时对长江中下游的防洪安全虽有相当的作用,如遇百年一遇洪水,其防洪库容仍显得太小,为保证中下游的防洪安全,水库将超蓄至162.3米水位。按照水库连续移民的安排,初期运用时,可允许水库超蓄。三峡水库在初期运用时就能比较充分地发挥其防洪作用,这是长江中下游两岸人民企盼已久的福音。如果移民限制在初期156米水位以下,则遇较大洪水时,势必因超蓄而造成临时淹没,将使库区造成巨大的不应有的损失;如果按照有些专家的建议意见,硬性规定水库不得超蓄,则下泄流量又将超过下游河道允许的安全流量,对长江中下游地区的危害将比库区超蓄更为严重,这显然是不可行的。如果舍近求远,等待10年或20年后上游某些水库建成以后再来解决拦蓄较大洪水的紧迫任务,也显然是不合适的。(责任编辑 王宏章)

### 科技动态

#### 可用于宇宙飞船的石墨泡沫材料

据英《新科学家》2000年10月7日报道:最近美国空军宣称,他们第一次测量了一种神秘的泡沫材料的惊人性能。执行这一测量任务的科研人员说,这种泡沫材料制作的零件可代替许多老材料制作的零件,并获得前所未有的高性能,其中包括代替飞机和宇宙飞船中采用的玻璃纤维和铝制蜂窝结构材料。

这种材料是俄亥俄州赖特-帕特森空军基地美国空军研究实验室首次研制的石墨泡沫材料。据透露,石墨泡沫材料的制造方法是:在一定压力下的惰性气体中熔化一种液晶聚合物,再迫使气体溶解在熔化的聚合物中;当压力解除时,气体在材料内部形成气泡;产生的泡沫材料

再在氧气中加热,最终形成石墨晶体泡沫材料。试验证明,石墨晶体的强度非常高,石墨泡沫材料的刚性比铝蜂窝结构高两倍。更为引人兴趣的是它在三维方向上都能保持高性能,而铝蜂窝结构和玻璃纤维复合材料只在二维方向有高的强度。

测量泡沫材料的性能也经历了一番波折。开始,测量人员试图用一种应变仪(即应变片)粘贴在石墨泡沫材料表面来测量其机械性能,结果粘贴应变片的粘胶渗入了泡沫中,改变了其成分;后来美国空军研究实验室制造了一种专用的精密测量装置,才得到正确结果。但该实验室没有透露这种测量仪器的结构和原理。(刘先曙)