



从航运角度看三峡工程建设成功经验

荣天富

(长江航道局, 湖北武汉 430010)

摘要: 三峡工程是一项伟大而复杂的工程。从工程论证到设计、施工, 业界曾针对其通航技术中存在的大量问题进行过研究和讨论, 问题得到了较好的解决。三峡大坝建成后, 工程综合效益正在发挥, 且川江运量一直在快速增长。实践证明, 当初在三峡工程建设时机的决策、三峡水库特征水位的选定、三峡通航建筑物规模和布置设计的优化、通航尺度标准及其保障措施的论证确定、施工期通航方案的认定与实践以及三峡水库调度方案的优化等问题上所做的工作及其成果都是有效的。从航运角度论述了三峡工程建设成功经验, 为今后类似工程建设提供借鉴。

关键词: 三峡工程建设; 成功经验; 航运角度

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)11-0133-06

Successful experience of Three Gorges project construction as viewed from navigation

RONG Tian-fu

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: The Three Gorges project is a large and complex project. From project justification to design and construction, a lot of problems with its navigation technique were studied and discussed. At that time, the experts and technicians of the navigation department made unremitting efforts and found better solutions. The Three Gorges dam was completed and at present the comprehensive benefits of the project are being brought into play. In recent years, the amount of traffic in Chuanjiang river section has been increasing rapidly. The work and its accomplishments in the earlier period, such as the decision-making of the project construction time, the selection of reservoir characteristic levels, the optimization of configuration and layout of navigation structures, the justification and determination of navigation channel dimensions and its maintenance measures, the identification and implementation of navigation scheme during construction period, as well as the optimization of reservoir operation program, etc, are all effective. This paper attempts to discuss the successful experience of the Three Gorges project construction as viewed from navigation, which may be helpful to similar project construction in the future.

Key words: Three Gorges project construction; successful experience; shipping point of view

三峡工程是一项伟大的历史性工程。目前, 三峡大坝已经屹立在长江西陵峡上, 正在发挥着越来越显著的综合效益, 除了防洪、发电之外, 过坝货运量迅猛增长, 这在很大程度上得益于三峡工程改善了通航条件。在三峡工程即将全面验收之际, 笔者从航运角度梳理回顾三峡工程建设

的一些成功经验。

1 三峡工程建设的时机

在20世纪50年代研究三峡工程建设时, 业界曾议论过三峡大坝和葛洲坝副坝建设的先后次序, 当时主导意见是先建三峡大坝再建葛洲坝。

收稿日期: 2012-03-30

作者简介: 荣天富(1928—), 男, 教授级高级工程师, 长期从事航道技术工作, 曾作为专家先后参加三峡工程论证、科技攻关、设计审查和枢纽工程验收。

即便至20世纪70年代初葛洲坝工程业已开工时，也还有停建葛洲坝、先上三峡工程的动议。所幸这个意见没有被中央领导采纳，葛洲坝经历某些曲折，终于胜利建成了。如今回过头来看，如果不是先建葛洲坝，而是一开始就建三峡大坝将会是怎样的局面呢？

首先应当看到的是，在20世纪70年代初，无论从国力上，还是技术上，要马上上三峡工程都会是力不从心的。试想就是葛洲坝这样一个低水头枢纽，在建设中都出现过这样或那样的困难和问题，建设周期都那么长。如果是当时或者稍缓十年八年就上三峡工程，整个建设局面肯定不会有20世纪90年代前半期开建三峡工程那样顺利。当年如果勉强兴建三峡工程，恐怕受影响的不会只是长江航运，我国国民经济也会不堪重负。

其次应当忆及，20世纪50年代末之所以打算在三峡坝址下游仅约40 km的位置再建一座枢纽——葛洲坝，原本就是要解决在几十千米范围内困难滩险的问题。如果在葛洲坝这座航运梯级还未建成时就兴建三峡大坝，在其运行时，特别是汛期大流量和枯季日调节时所形成的不良流态，必然使该段一些滩险加倍恶化，这不但无法实现三峡工程的航运效益，而且还可能造成严重祸害。因此，先建葛洲坝绝对是明智之举^[1]。

再次，从葛洲坝工程的建设与运行实践看，成绩固然值得充分肯定，但是，由于当年技术经验还较为欠缺，加上工业基础也比较薄弱，在工程的设计、施工和设备制造中都出现过一些问题。就航运而言，由于种种原因，三江下引航道下闸槛的设计尺度显得不足、船闸在运行初期大小故障频发、大江航道通航设施配套不全等问题都是显而易见的。在三峡工程建设时，由于全面吸取了葛洲坝工程的建设经验，许多问题得到了更好的处理。同时也充分说明，先建葛洲坝工程对三峡工程建设有着难以替代的借鉴价值。

2 工程方案和技术论证

1983年5月国家计委曾主持审查过三峡工程150 m方案。当该方案基本上被采纳后，中央领导

同志得悉地方上有不同意见，即希望改用180 m方案，因此决定再作论证。这一论证工作先是由国家计委、科委主持，1986年起改由水利电力部主持。论证工作重点涉及工程方案和标准、枢纽总体布置和施工方案、建设时机和综合规划，等等。在参与论证的专家中，来自交通运输部门的同志有30余位，大家本着实事求是和对人民负责的精神，与其他部门的专家通力合作，提出了许多有价值的意见和建议。

2.1 特征水位为特殊搭配的175 m方案

水利水电枢纽的特征水位主要有正常蓄水位、防洪限制水位、死水位（也称消落低水位）三者，它们表征着水库的基本特性。对于所有枢纽而言，3个特征水位总是以正常蓄水位最高，死水位最低；有防洪任务的枢纽，防洪限制水位往往居中，或者与死水位相同。1983年5月审议的三峡150 m方案，3个特征水位依次是150 m-135 m-130 m（正常蓄水位-防洪限制水位-消落低水位，下同），稍后提出对比的180 m方案，3个特征水位依次是180 m-150 m-150 m。前者死水位低于防洪限制水位，后者与防洪限制水位相同。在国家科委组织泥沙与航运专家组对150 m和180 m作对比时，航运界专家认为这两个方案都存在枯季水库水位消落幅度大、变动回水区长、河段内浅滩通航条件将变得更加困难的问题。与此同时，一些专家又强调三峡水库应借鉴“蓄清排浑”的经验，希望将汛期坝前水位定得低一点。这样，大家就倾向于将三峡枢纽的3个特征水位调整为：正常蓄水位最高，防洪限制水位最低，枯季消落低水位居中，形成“死水位不死”的独特搭配。在水电部主持重新论证阶段，除150 m方案仍维持原搭配外，其他5个方案都采用这类独特的搭配方式提供论证比选。在“七五”国家重点科技攻关项目《长江三峡工程重大科学技术研究课题研究报告》中将这种搭配称为：“这是三峡水库的独创”^[1-2]。在论证专家组的共同努力下，三峡工程最终选定175 m分期蓄水方案，这一方案既满足了防洪、发电、航运的基本效益要求，又避免给各项限制因素带来过大难度。三峡工程经近年175 m

试验性蓄水实践，表明三峡水库采用特征水位为 175 m—145 m—155 m 的特殊搭配是适当的。

2.2 永久通航建筑物的规模与线路布置

三峡工程建在通航要求高的长江干线上，枢纽永久通航建筑物的通过能力理应具备满足较长期的航运发展要求。由于此前葛洲坝的远景通过能力是按单向 5 000 万 t/a 的要求规划的，航运界专家在论证时一直强调三峡工程的永久通航建筑物也应满足这一要求。当时，其他部门的同志虽不便正面否定这一意见，但对长江上游货运量发展是否能在 2030 年前达到这一水平是持怀疑态度的。就在国内对三峡工程重新论证之际，加拿大国际开发署也出资进行了同类研究，他们明确表示三峡永久通航建筑物的规模不宜定得太大，或者是两线船闸，或者是船闸、升船机各一线，最后推荐方案是两线五级连续船闸。航运界专家在参与论证过程中一直坚持：为了保持川江航运有足够的发展余地，应当按设计单位原来提出的两线船闸、一线升船机的规模建设三峡永久通航建筑物。与此同时，为了使永久船闸真正做到好使用、好维修，不致轻易造成故障停航，还提出应将分开布置的三级船闸与连续布置的五级船闸作同等深度的研究比选。对于分散三级船闸的线路，经有关科研单位研究，已倾向左移至坛子岭山后；对于连续五级船闸的线路，航运界专家也提出应当进一步左移的意见。虽然，在三峡工程初步设计审查前的专题会议上确定放弃分散三级的船闸方案，而连续五级船闸的线路则左移到了坛子岭山后。实践证明，这一新的线路布置方案的确是完全正确的。

2.3 航道尺度标准及其技术保障措施

20 世纪 50 年代后期，在研究三峡工程航运效益时曾将万吨海轮直达重庆作为目标，当时提出的渝汉间航道最小水深要达到 5 ~ 7 m。在 1986 年组织三峡论证时，有关方面却希望航道水深标准按当时船舶吃水来定，不太主张提高到 3.0 m 以上。当时有关专家明确提出，兴建三峡大坝，不可能实现万吨轮直达重庆，应当将万吨轮实事求是地定为万吨级船队，但航道水深一定要在现在

标准 2.9 m 的基础上适当提高。对代表着航运界的这一意见，起初质疑的人比较多，甚至包括某些权威人士。可以自豪地说，我国航运界对论证三峡建坝后渝汉间航道尺度标准时是做了不少工作的：一是澄清对美国所谓 2.74 m 航道的某些误解，二是对船舶尺度标准进行论证研究，三是对航道的合理水深作技术经济计算。最后提出的标准是：当渝汉直达运量在 3 000 万 t 以内时，航道水深宜定为 3.5 m，运量再增则宜提高至 4.0 m。基于这一思路，在泥沙专家组和航运专家组内，大家认真地研究了为使重庆九龙坡至武汉间航道水深在三峡建坝后达到 3.5 m，渝汉间万吨级船队直达的时间保证率不低于 50%，重庆港码头前沿水深采取技术措施是足够的。专家组提出的设想方案，得到了实体模型的验证。依据这些研究成果，泥沙专家组将“优化水库调度，结合港口改造，认真研究整治和疏浚措施”写进了最后的论证报告。以上尺度标准和保障措施得到了论证领导小组的充分肯定，后来分别反映在三峡工程的可行性研究报告和初步设计文件中。现在回过头来看，要不是当初顶着压力坚持不懈地做工作，航运发展所受限制将是严重的。

2.4 施工通航方案的拟定

鉴于葛洲坝工程施工过程中航运中断所造成的影响，交通部门一直比较关注三峡工程施工期的通航方案。在进行多方案比较之后，航运部门的同志主张选用明渠与临时船闸再加升船机提前投入使用的配套方案来解决三峡工程二期施工和水库初次蓄水时的通航问题，认为只有这一方案才能满足不断航、通航安全和基本适应航运发展的要求。在国家计委专题审议这一问题时也原则同意这一方案。但是，在三峡工程论证过程中，一些枢纽施工的专家认为，如果能让导流明渠参与施工通航，将给大坝施工增加很大难度，主张明渠不通航。对于升船机这一永久通航建筑物能否提前交付使用以避免断航的问题，大家都有些担心，但在论证期间谁也没有把这一问题挑明。面对原定三项临时通航设施能否落实的问题，航运界专家重点强调了明渠必须参与施工期通航，

只有用明渠配合临时船闸、交替承担汛期与非汛期通航任务,才能基本适应水上运输需求。这一意见也符合设计部门的指导思想。在初步设计审查前的专题讨论中,经过激烈争论,终于得到上级领导的肯定。后来的实践证明,明渠参与施工期通航的决策是完全正确的,它并没有对三峡工程施工造成不可克服的困难,却给施工期通航提供了实实在在的保障。

这里还应提及的是,由于技术上难度的确太大,在三峡工程初步设计提交审查时,设计单位提出升船机不能在三峡工程围堰蓄水前投产,对此航运界专家并不感到意外。但是后来却有一种动议,主张不建升船机,使得大家感到惊异。在充分听取大家呼声之后,上级决策部门否定上述动议,决定升船机只是缓建,而不是不建。目前,升船机正在按改进后的设计方案抓紧建设,有望在2015年前投入使用。

3 重大技术问题在设计、施工中进一步解决改进

三峡工程重新论证的工作经过两年多的努力,1990年上半年结束。1991年上半年组织专家对长办重编的三峡工程可行性研究报告进行了审议,后经国务院审查,并于1992年4月3日经全国人大五次会议通过,随即转入初步设计阶段。1993年5月,国务院三峡工程审查委员会组织专家对长江水利委员会提交的三峡工程初步设计报告进行审查,当年开始施工准备,1994年12月正式开工。

在三峡工程设计和施工中,交通航运部门的同志,无论是参加设计审查研究(初步设计和单项技术设计的审查专家组中都有不少专家来自交通航运部门),还是配合或直接参与工程施工,都竭尽所能,将列入单项技术设计的重大技术问题和其他技术问题认真加以解决。因此,可以说三峡工程之所以能创造一流的设计、施工,的确是成千上万参建人员集体智慧的结晶。就航运而言,以下几个方面的事实是值得提及的。

3.1 临时通航设施

参与三峡工程施工期临时通航的设施,最后

落实的是明渠和临时船闸两者。明渠位居中堡岛右侧,主要利用原来的支汊开挖而成,二期导流与通航合用;临时船闸布置在坛子岭右侧,靠近原来的主河槽,其左侧就是升船机,因此上下引航道都是共用的。工程布置确定后,航运部门通过实测资料发现,无论是明渠还是临时船闸,上下游连接段都有碍航礁石,导致线路不顺,航深不足。经向三峡总公司技术委员会(承担单项技术设计审查任务)的主要领导反映后得到理解,旋即安排专门的实体模型进行专题试验研究。对于西南水科所等科研单位提出的试验研究成果,业主和设计单位均很重视,并据推荐意见提出专门的整治工程设计方案。该项工程经海军和长江航道部门的施工队伍积极努力,均抢在三峡一期工程完工前完成,及时发挥作用。后来的运行实践证明,临时船闸上下引航道通航达到了顺畅、安全;明渠汛期通航水流条件也好于原先的预计,双双发挥了良好的作用。

3.2 永久通航建筑物

三峡工程首先建成的永久通航建筑物是五级连续船闸,如前所述,它的位置是在坛子岭的山后,线路是经过优化后定下来的,上下引航道线路的口门位置也是经过在实体模型上反复试验研究后才选定的,这当中各有关方面和承担试验研究的科研单位都做了不少有益的工作。尤其值得一提的是,为了解决三峡船闸运行水头高、阀门水力学问题突出的问题,南京水科院等单位通过水工模型研究提出了解决问题的有效方案,经实施后效果良好,达到了国际领先水平^[2]。

但是,对于船闸上引航道的隔流堤究竟如何布置、何时兴建的问题,设计单位起初未能提出令人满意的方案,先后产生了小包方案(隔流堤只包永久船闸,不包升船机)、无堤方案(隔流堤暂时不建)和660 m的短堤方案。航运部门的专家从通航安全出发,先后提出了大包方案(隔流堤将永久船闸和升船机均包在内)和修改方案(上下引航道通过开挖山体左移和伸延)。上述方案通过在几家的物理模型上平行研究,确实证明小包方案、短堤方案、无堤方案均不能保证通

航安全，大包方案有优点，也有不足之处，修改方案工程量太大，难以实现。在航运与泥沙两个专家组的联组会上，航运界专家同其他部门的某些专家一道，极力推荐全包方案（上游隔流堤建在将要改建为冲沙闸的临时船闸的外侧），最后得到了三峡总公司的支持，使这一历经两年的争论得以圆满画上句号。相信以后的运行实践将会证明这一决策的合理性。

3.3 枢纽上下游航道

在三峡论证过程中，航运界专家强调建坝后水库变动回水区航道条件会出现恶化的趋势，葛洲坝三江下引航道以及坝下芦家河等处的通航条件也值得担心。试验研究证明这些担忧是有道理的，因此在三峡工程可行性研究中列有航道整治这一项目。在确定初步设计时由于存在某种考虑，航道整治经费有所压缩，在三峡工程概算中只列了7 250万元。为了让这笔费用用得适当，长江航道部门进行了反复调研，最后提出将丰都至洛碛之间的9处滩险列作三峡工程施工期间必须整治的内容，以保证三峡156 m蓄水期航道畅通，并使几个洪水急滩能够在175 m蓄水期适应大型船队自航上驶要求。在得到业主和设计单位的支持后，航道部门承担了这项简称“7 250工程”的设计、施工任务，并赶在三峡水库围堰发电蓄水前顺利完成。之后，在三峡水库156 m蓄水前和175 m试验性蓄水前，长江航道部门在取得交通部和三峡总公司的支持条件下，又先后实施了涪陵至铜锣峡和铜锣峡至娄溪沟两个河段的炸礁工程。这三项工程都起到了良好作用，避免了水上炸礁沦为水下炸礁，提前将变动回水区一些因礁石导致航道尺度不足的滩段初步整治到位，为近一两年涪陵至重庆河段航道维护水深较大幅度的提高创造了必要前提。

至于枢纽下游航道的治理，长江航运部门除关注三江下引航道和芦家河等处三峡建库后的变化外，还较早地提出了对于荆江河段不能静等三峡影响的显现，要为提前作好控导工程开展前期工作的思路。这一思路后来得到上级的有力支持，逐步形成目前积极、系统治理长江中下游航

道的大好局面。

3.4 其他通航设施

为了配合三峡工程建设，改善坝区和库区通航条件，在上级的支持下，有关部门先后实施了坝区航运配套设施建设、库区港口复建、库区航标建设、坝区和库区海事设施建设、枢纽翻坝设施建设等等工程项目，所有这些工程项目都发挥了良好作用。就笔者在参加三峡枢纽工程二、三期工程专家预验收活动时所见，三峡翻坝设施作为过坝客货运输的辅助通道，其作用是明显的，若非如此，三峡坝区拥堵现象将会提前凸现。

4 通航管理和水库调度在实践中不断优化完善

在三峡大坝的建设过程中以及完建后的几年中，随着我国国民经济持续较快增长，过坝货运量一直保持增长态势，这种态势尤以三峡水库2003年6月蓄水后最为显著。三峡工程之所以能够创造这种难得局面，除了前面讲到的一些硬件因素外，能够在运行管理上不断优化完善也是一个十分重要的因素。

首先反映在枢纽通航管理上，由于交通部门在三峡和葛洲坝两枢纽范围内建立专门的通航管理机构，这一机构本着既主动服务于三峡工程，又大力确保长江航运畅通的精神，在三峡工程各个施工期，同业主一道，克服通航条件转换时的不同困难和问题，使坝区航运一直保持通畅，并适应了蓄水后货运量快速增长的需求，这是很不容易的。实践再次证明，在通航河流建立水利水电枢纽后，航运部门是否直接介入枢纽通航管理，业主是否支持这一管理，管理部门的工作是否得力，效果是大不一样的，三峡是一个成功的范例，值得好好总结。

其次反映在枢纽下游的航务管理上，为保持三峡建坝期和建坝后长江航运畅通，并适应运输迅猛增长、船舶大型化发展、船流密度不断增加的态势，不光是坝区的通航管理需要持续改进，枢纽上下游的航道、海事管理也需要认真跟进，三峡工程的实践充分证明了这一点。许多实际工作经验已经反映在三峡工程的航运总结中，这里

不作详述,但有一点是值得提及的,就是随着三峡库水位的抬高,为在库区河段实施“船舶定线制”,航道、海事部门所作许多工作都是卓有成效的,许多职工为此付出了艰辛的劳动和智慧,他们的功绩值得铭记。

再一方面,也是很重要的因素,就是水库调度的优化研究。早在三峡工程论证期间,优化水库调度的动议就已提出。按初步设计规定,三峡水库汛后蓄水是从10月1日开始,到10月底蓄满。为了缓解库尾航道和港口水域泥沙淤积问题,有关科研院校建议采取推迟蓄水方案,即将蓄水时间往后推迟十天半月,以便给库尾走沙创造一定条件。论证时,航运界专家认为这一方案顾了库尾航道,大不利于坝下航道,不宜采用,建议不要推迟,而代之以延长蓄水期的办法。本人一直关注这方面的研究工作。在三峡围堰发电蓄水和156 m蓄水之前的研究过程中,长江航务管理机构组织了有关单位作了许多工作,航道部门经过认真论证,在原有认识的基础上,提出了以兼顾上下游为特征的“有控制的汛后蓄水方案”,即起蓄时间可以适当提前,满蓄时间可以适当后延,蓄水阶段保持下泄流量逐步减少、坝前水位有控制地抬升的态势。在156 m蓄水和175 m试验性蓄水阶段,这一意见实际上已被应用,实践证明它既有利于改善通航条件,也符合坝下用水需求。

5 结论和建议

1) 1983年5月国家有关部委主持审查三峡工程150 m方案时,三峡工程的许多重大技术问题还研究得不深,有些困难问题被漠视甚至回避。之后,由于许多专家的加入,一些关键性的技术难题被先后提出。通过组织论证、科技攻关^[2]、设计修改和完善,到20世纪末,问题基本上都有了解决办法,甚至创造不少个“世界第一”,这是很了不起的。在上述工作中,来自交通运输部门的专家和工程技术人员,不但实事求是地提出问题,而且认真地研究解决问题,这一段史实值得认真记述,其中的宝贵经验值得系统总结。

2) 国家已经决定启动三峡工程后续工作规

划,这是很必要的。在后续工作中,优化水库调度、枢纽上下游泥沙治理以及库区地质灾害防治等,都与长江航运有关。这当中,交通运输部门责无旁贷要关注枢纽上下游航道、港口和枢纽通航建筑物泥沙防治。这方面的研究工作虽然都有了不少成果和结论,但是由于入库水沙条件的改变、上游干支流一些高坝大库的陆续建成投产、三峡工程本身运行方式也在进行某些调整等等,都正在改变着三峡工程泥沙研究的原定条件,业界应当对相关工作作出新的考量和谋划,以期使可能出现的问题获得及时的、妥善的处理^[3]。

3) 由于我国国民经济的持续高速发展,西部大开发方针的积极推动,再加上三峡水库蓄水运用显著改善了川江的通航条件,近八、九年来三峡过坝运量一直在迅猛增长,2011年三峡船闸过闸货运量已经达到1亿t,其中上行货运量超过了5 000万t,已经突破了原定单向过货5 000万t/a的设计通过能力,预计通过进一步挖潜,实际通过量还有一定提升的空间。但是考虑到过闸船舶组成的变化,日运行闸次很难再大幅度增加的现实,以及单船载量不可能无限制的提高的种种限制条件,三峡船闸的通过能力的提升不可能通过计算获得,“翻番”的研究成果可能只是一种良好的愿望。刚刚通过交通运输部审查的《内河通航标准》局部修订稿规定:“当船闸的实际通过客货运量和船舶过闸量达到设计能力的70%~80%时,应增建、改建或扩建船闸”。建议将三峡枢纽扩建通航建筑物的事宜正式提出,及时谋划,积极推动相关的前期工作和工程建设,为长江航运持续发展和三峡工程综合效益的进一步发挥创造良好条件。

参考文献:

- [1] 荣天富. 科学发展提升三峡工程航运效益[G]// 长江航道局. 中国三峡论文集, 2009.
- [2] 中华人民共和国国家科学技术委员会, 水利部, 能源部. 长江三峡工程重大科学技术研究课题研究报告集[R]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
- [3] 荣天富. 试谈三峡工程175 m蓄水初期各库段的通航条件及维护治理问题[J]. 长江航运研究, 2011(5): 35-40.

(本文编辑 郭雪珍)