

三峡工程规划与综合利用

仲志余, 胡维忠, 丁毅

(长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 武汉 430010)

[摘要] 三峡水利枢纽工程是治理开发长江的关键性工程,承担着防洪、发电、航运等综合利用任务。工程建成后可确保荆江地区防洪标准不低于百年一遇,大大缓解长江中下游防洪压力,为经济建设发展迅速的华中、华东、华南地区提供巨大的能源支持,从根本上改善川江航运条件,同时枯季补偿调节可提高长江中游河段航道水深和改善航运条件。新时期,长江治理、开发与保护对三峡工程运行提出了新要求,如何优化水资源利用,实施科学调度,全面提升水库综合效益,是三峡工程今后面临的一项长期任务。

[关键词] 三峡工程;规划;综合利用

[中图分类号] TV212;TV213 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)07-0038-05

1 前言

长江三峡水利枢纽(简称三峡工程)是当今世界规模最大的水利枢纽工程,坝址位于三峡河段宜昌上游约40 km。三峡工程正常蓄水位175 m,防洪限制水位145 m,枯水期最低消落水位155 m,正常蓄水位以下库容393亿 m^3 、防洪库容221.5亿 m^3 、兴利库容165亿 m^3 ^[1]。左、右岸坝后式电站装机容量18 200 MW,多年平均发电量847亿 $kW\cdot h$,地下电站装机容量4 200 MW。三峡工程是一座具有巨大防洪、发电、航运、枯期补水等效益的综合利用工程。

2 三峡工程是长江流域综合利用规划制定的关键工程

长江是我国最大的河流,干流长6 300余 km,横贯我国华东、华中、西南三大经济区,沿江地区工农业生产发达、城镇化水平高,在我国经济社会发展中占有重要地位。

党和政府十分重视长江流域的治理开发。新中国成立初期,广泛发动群众,动员各方力量,进行培修堤防和农田水利为主的大规模水利建设,在防洪、

抗旱斗争中发挥了巨大的作用。1954年,长江流域发生了特大洪水,灾情十分严重。为了有计划地对长江流域进行全面治理和开发,中央决定开展长江流域综合利用规划编制工作。在有关部门和流域内各省、自治区、直辖市的大力支持和配合下,经过几年工作,长江流域规划办公室(现长江水利委员会)于1959年提出了《长江流域综合利用规划要点报告》。报告提出,在长江流域规划中最迫切需要解决的几个主要问题包括:一是大幅度提高中下游地区防洪能力;二是开发优势的水能资源,为严重缺能、缺电的华中、华东地区提供电源;三是改善干流航运条件,尤其是消除川江天险,降低航运成本。三峡工程地理位置优越、地形地质条件好,且能很好地解决上述几个主要问题^[2]。因此,在长江流域综合利用规划中,明确提出了三峡工程是治理开发长江的关键工程,同时制定了综合治理开发长江的总体规划方案。

在20世纪80年代编制并于1990年经国务院原则批准的《长江流域综合利用规划简要报告》(1990年修订)中,又对三峡工程在治理开发长江中的地位和作用作了进一步论证与肯定,同时结合流域梯级开发规划,对三峡工程的开发方式、建设规模

[收稿日期] 2011-05-20

[作者简介] 仲志余(1965—),男,江苏泰县人,教授级高级工程师,主要从事水利水电规划、水库调度等方面的研究;

E-mail: zhongzhiyu@cjwsjy.com.cn

进行了研究,并建议尽快开工兴建。

在社会各界的共同关注下,三峡工程于1992年获得全国人民代表大会批准建设,1994年正式开工,2003年开始蓄水发电,2009年建成,2010年水库试验性蓄水至175 m,标志着三峡工程具备了全面发挥其最终规模的防洪、发电、航运、枯期补水等重大综合利用效益的能力。

3 三峡工程在长江治理、开发和保护中具有重要作用

三峡工程在长江流域乃至全国经济社会发展中具有重要地位,是长江中下游防洪体系中的骨干工程,是当今世界最大的清洁能源基地和稳定电网安全的支撑电源点,是发挥长江黄金水道作用的重要枢纽。在初步设计阶段明确了防洪、发电、航运等主要任务。随着近些年经济社会的发展,流域用水需求不断提高,要求三峡水库枯期向下游供水的压力不断增大。因此,根据新的要求,水资源调配也将作为三峡水库综合利用任务之一。

3.1 防洪

长江出三峡后进入中下游平原区。自枝城至城陵矶为著名的荆江河段,是长江防洪形势最严峻的河段,历来是长江乃至全国的防洪重点。

三峡工程的首要任务是防洪,以着重解决荆江地区的防洪问题为主,同时也兼顾其他地区的防洪需要。流域防洪规划对三峡工程的防洪要求是:
a. 对上游型大洪水进行调节,减轻荆江河段和洞庭湖区的防洪负担,提高荆江河段的防洪标准,减少使用荆江分洪区的几率;
b. 对发生在上游的特大洪水(如类似1870年洪水)进行控制和调节,配合运用荆江分洪区,避免荆江河段发生毁灭性灾害;
c. 对全流域和中下游型大洪水进行补偿调节,减少中游平原湖区的分蓄洪量。

三峡工程防洪库容的大小主要取决于防洪重点保护对象荆江河段的防洪标准、下游防洪控制点沙市的防洪控制水位及相应的允许泄量、三峡水库及防洪系统工程联合运用的调度方式等。荆江河段的防洪标准确定为不低于百年一遇,遇类似1870年特大洪水时,在各种防洪措施配合下,防止两岸堤防漫溃和保证荆江河段的行洪安全。根据长江中下游防洪对三峡工程的要求和荆江河段应达到百年一遇的防洪标准,各频率洪水的分级控制调洪计算表明,三峡工程的防洪库容不宜少于200亿 m^3 ,最好有

250亿~300亿 m^3 。三峡水库正常蓄水位为175 m,防洪限制水位选定为145 m,相应防洪库容为221.5亿 m^3 ,基本满足长江中下游防洪的需要。

三峡坝址至荆江防洪控制点沙市间还有清江等支流入汇,这些支流有时也会产生较大的洪水。为了防洪安全,三峡水库应对这一区间洪水进行防洪补偿调度。经过对洪水预报预见期研究,对荆江防洪控制点宜昌至沙市区间洪水进行补偿调度是现实可行的。三峡工程初步设计报告主要采用对荆江河段进行补偿调度方式。设计调度方式为:

1) 遇100年一遇以下洪水,按控制沙市水位44.5 m进行补偿调节,相应控制补偿枝城泄量为56 700 m^3/s 。

2) 遇100年一遇以上至1 000年一遇洪水,按相应控制补偿枝城最大流量不超过80 000 m^3/s 进行补偿调节,采取分洪措施控制沙市水位45 m。

3) 洪水超过1 000年一遇或水库水位已达175 m,则以保证大坝安全为原则,水库按泄流能力下泄,不再考虑下游防洪要求。

三峡工程的防洪作用主要有以下三个方面:

1) 对荆江地区:遇100年及100年一遇以下洪水,控制沙市水位不超过44.5 m,可不用荆江分洪区;遇1931年、1935年、1954年、1998年洪水,可使沙市水位不超过44.5 m,均可不用荆江分洪区;遇100年一遇以上洪水至1 000年一遇洪水,经三峡水库调节后,可以使枝城河段最大泄量不超过80 000 m^3/s ,再配合蓄滞洪区的运用,使沙市水位不超过45 m,可避免荆江两岸发生毁灭性灾害。

2) 对城陵矶附近地区:一般年份可以基本上不分洪(各支流尾间除外);对1954年洪水和一般大洪水年,可减少本地区(包括洞庭湖区和洪湖区)的分洪量和土地淹没^[3]。

3) 对武汉附近地区:遇100年一遇以上特大洪水、1870年洪水,可避免因荆江大堤溃决造成荆江洪水直逼武汉的严重局面;遇大洪水年,由于减少了城陵矶附近蓄滞洪区运用机会,加上汉江丹江口水库及当地的蓄滞洪区联合运用,可使汉口水位得到更有效的控制;三峡水库建成后,三峡工程加上中下游平原蓄滞洪区调蓄超额洪水的能力,提高了武汉市防洪调度的灵活性,使武汉市防洪更有保障。

3.2 发电

三峡工程控制流域面积100万 km^2 ,坝址多年平均流量14 300 m^3/s ,径流丰沛且相对稳定,有着

巨大的水能资源,是条件极为优越的巨型水力发电工程。

1) 供电范围。根据对三峡电站可能供电的华中、华东、西南、华南和华北等地区国民经济、电力状况、能源分布和电力发展供需状况的分析,华中及华东地区动力资源不足,容量和电量难以平衡,迫切需要三峡电站供电。华北地区煤炭资源丰富,可以利用本地区的动力资源,大力发展火电。西南地区拥有丰富的水力资源和煤炭资源,可以依靠本地区的资源来满足电力发展的需要,远景水能资源大量开发后,还可向华中、华东、华南输送电能。华南地区虽然动力资源不丰富,需要外区送电满足其经济发展对电力的需求,但三峡电站向华中、华东两地区供电后向华南地区供电能力有限。设计阶段三峡电站的供电区主要考虑华中、华东地区。另外,考虑到三峡水库主要淹没区在川东(现重庆市),为促进该地区的经济发展,川东也作为三峡电站的基本供电区。

2001年,在对三峡电能进行消纳分配时,考虑到广东电力供应紧张形势,将南方电网中的广东电网纳入到三峡电站供电范围。2004年,川渝电网并入华中电网。目前,三峡电站供电范围为华中电网、华东电网及南方电网。

2) 装机规模。选择考虑的主要因素为电力市场需求、枢纽布置、航运约束等。可行性研究阶段根据对电力发展规划分析预测,认为2015水平年时三峡水电站的必需容量为20 000 MW以上。初步设计阶段对装机容量作了进一步论证,分析电力系统需求、电站的发电能力以及电站日调节受航运的限制等各方面因素后,认为三峡电站远景有装机32台的条件。推荐三峡坝后电站装机26台,预留右岸地下电站装机6台,单机容量均为700 MW的机组。三峡电站总装机规模为22 400 MW,2009年年底坝后电站已全部投产发电,地下电站也将在2012年年底投入运行。

3) 地位和作用。三峡电站装机容量18 200 MW(加上地下厂房将达22 400 MW),设计保证出力4 990 MW,年发电量847亿kW·h,是我国迄今为止规模最大的水电站。三峡电站地处我国腹地,与长江上游干支流水利枢纽相比,距华中、华东最近,输电距离最短。三峡电站送电促进了华中、华东强大电网的形成,借助于全国各大电力系统互联的平台,为实现东西联系、南北支援、互相调济、水火协调,供电达到高质量、高水平创造了条件。经论证,

仅华中、华东电网联结即可取得3 000~4 000 MW的联网错峰效益。

另外华中、华东地区能源短缺,是煤炭输入的主要地区之一。建设三峡电站相当于建设了同等规模的火电、年产5 000万t原煤的煤矿和运力与此相当的铁路,不仅对缓和煤炭供需矛盾、减少运输压力有重要作用,更重要的是能为华东、华中地区供应可靠、廉价、清洁和可再生的能源,相当于每年减少1亿t CO₂、100万t SO₂等有害气体的排放,对改善环境,减少污染起到重大的作用。

3.3 航运

长江是沟通我国东南沿海和西南腹地的交通要道,素有“黄金水道”之称。三峡工程是改善长江航运的战略措施。根据重庆以下川江航道的自然条件、经济社会发展对航运的需求以及三峡工程具有的改善航运条件的能力,三峡工程的航运目标和任务是:渠化川江重庆以下航道600多km,淹没原有急流滩、险滩、浅滩共139处,根本改善航道条件,万吨级船队可直达重庆九龙坡港;将库区航道年单向通过能力由1 000万t提高至5 000万t,航道等级由三级提高至一级,形成上中下游相匹配的航道条件;运输成本降低约35%,提高长江航运的竞争能力,满足经济社会发展对航运的需求;通过水库调节,枯期最小下泄流量增加1 000~2 000 m³/s,为长江中游河段航道水深提高和改善创造条件;三峡水位与上游干支流枢纽基本衔接,库区支流由原来的不通航或通航条件较差变为深水航道。

三峡工程的通航建筑物布置包括船闸和升船机。船闸为双线五级连续船闸,总水头113 m,是世界上总水头最高的内河船闸,设计年单向通过能力为5 000万t,闸室有效尺寸为280 m×34 m×5 m,可通过万吨级船队。升船机布置在左岸,是用于船舶快速过坝的重要通航建筑物,升船机过船规模为3 000 t级,船箱有效尺寸为120 m×18 m×3.5 m。船闸已于2003年投入运行,升船机预计2015年年底试运行。

三峡工程蓄水运行后,三峡枢纽过坝运量持续增加,船舶过闸时闸室利用面积、大船吨位比例、单船载货量明显提高,航运效益正逐步显现。根据2009年三峡船闸试航成果,当三峡入库流量低于56 700 m³/s、三峡枢纽下泄流量低于45 000 m³/s时,在三峡船闸工程范围内,水流条件基本满足三峡工程初步设计提出的通航标准,船闸运行正常,现有

船舶可以安全通航。但由于三峡水库汛后蓄水改变了天然条件下走沙冲淤条件,库区出现泥沙累积性淤积,根据模型试验研究成果,若遇特枯水年,变动回水区局部航道可能出现碍航情况,如九龙坡、青岩子等航道最小水深可能不足 3 m,不利于船舶航行。三峡工程论证以及近期的研究成果表明,在采用筑丁坝导流、护岸固滩、疏浚通导等措施后,可明显改善淤积河床的碍航情况,结合三峡水库的优化调度措施以及加快长江上游干支流建库拦沙、水土保持建设,都有利于解决库区航道泥沙淤积碍航问题。目前,应加强重点河段泥沙淤积观测,并根据实测碍航影响情况,进一步优化工程治理措施,对碍航问题较突出、研究较充分、方案实施较有把握的河段先治理。

3.4 枯期补水

三峡工程建成后,经水库调蓄,枯期下泄流量加大,对下游各方面用水均有利,长江枯水位有一定程度的抬高,但受调节库容限制,还不能全面提高整个枯水期的水位。针对“两湖补水”和“长江口压咸”等抗旱用水的需要,拟定了枯水期水资源调度方案,提出在每年来水最枯的 1—2 月,适当加大最小下泄流量,按照不小于 $6\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 及电站出力不小于 $4\ 990\ \text{MW}$ 的要求控制下泄。同时为了应对来水特枯情况,在协调抗旱补水与发电、航运的关系基础上,权衡利弊提出了遇特枯水年份可动用库水位 155 m 以下库容的调度原则,但为了减少对发电量和上游航运的影响,同时允许此阶段发电流量小于保证出力相应的流量。

4 新时期长江治理、开发与保护对三峡工程提出新要求

自 2003 年三峡工程蓄水运用以来,我国经济社会的发展,对工程综合利用(尤其是保障供水安全和维护河流生态)提出了新的更高的要求。

4.1 下游防洪对水库的调度要求

从长江中下游分洪量与水库规避防洪风险能力而言,三峡水库防洪库容相对不大,其防洪重点确定为荆江河段是合理和必要的,但还有必要在可能的条件下考虑整个中下游地区的防洪形势和需要。三峡大坝下游至城陵矶区间面积约 $30\ \text{万}\ \text{km}^2$ 。洞庭湖湘、资、沅、澧四水和荆南三口(松滋、太平、藕池)分流入洞庭湖的洪水,经洞庭湖调蓄后均由城陵矶汇入长江。加上荆江的来水,城陵矶河段成灾的洪

水往往峰高量大,持续 1~2 个月。这种以量为主的洪水对于城陵矶附近地区造成巨大的分洪压力。如遇到按对荆江补偿调度水库拦蓄量不大的一般性洪水,而城陵矶附近需要大量分洪的情况,三峡水库却仍然留有大量防洪库容是不合适的。为了减少城陵矶附近地区的分洪压力,提高三峡水库对一般洪水的防洪作用,应在保证荆江河段防洪标准达 100 年一遇不启用蓄滞洪区、遇 1 000 年一遇或 1870 年洪水保证荆江两岸行洪安全(即控制枝城流量在 $80\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$)的前提下,进一步优化三峡水库的防洪调度方式,适当分配对城陵矶防洪补偿的库容。同时中下游防汛部门希望在不影响三峡工程防洪任务的前提下,结合气象水情预报,利用一部分库容对中小洪水进行拦蓄,以减轻中下游的防汛负担。

4.2 航运对水库的调度要求

三峡水库建成后,库区航运条件与河道下游航运条件均有明显改善。但随着三峡水库运行对库区泥沙淤积规律及下游水文情势的改变,要维持较好的航运条件,三峡水库调度方式需进一步优化。在初步设计中,安排三峡水库 6 月上旬库水位由 155 m 消落到 145 m。但此时若上游来水量偏枯,变动回水区局部河段(铜锣峡以下)航道水深可能不足,因此考虑是否可通过汛前延长库水位消落时间,来改善航运条件。三峡水库汛末蓄水,库水位上升,减少了汛后正常走沙期,变动回水区泥沙淤积将会对库区航运产生一定的影响,因此还需要根据库区泥沙淤积情况,进一步完善汛后蓄水方案。三峡水库日调节产生的非恒定流将会影响三峡与葛洲坝两坝间水流条件,从而影响航运安全,在调度方案中应进一步制定相应措施,调整三峡至葛洲坝出流量变化速度,满足船舶安全航行要求。对于遭遇特枯水年水库已降至 155 m 仍出现需要补偿航运流量的情况,需要协调上下游航运关系,采取适当降低库水位等措施予以缓解。

4.3 供水对水库的调度要求

三峡工程正常运用后改变了长江中下游天然径流过程。三峡水库蓄水期,库水位由 145 m 蓄至正常蓄水位 175 m,水库下泄流量较天然情况大幅减少,导致城陵矶、湖口水位提前降低,使洞庭湖、鄱阳湖出流量加大,减少了湖泊蓄水量。湖区水位降低后,对湖区的农业用水、湖周居民用水产生影响。若遇枯水年,影响更大。荆南各河沿岸的农业灌溉大部分依靠从河道引水。三峡工程运用后荆南三口分

流减少,加重了该地区季节性缺水。为改善长江中下游取水条件,需研究适当提前并延长水库蓄水时间,尽可能减缓下泄流量的削减速度,同时在枯期加大泄量,为下游取水创造有利条件。

4.4 生态环境保护对水库的调度要求

近年来,国家对生态环境的保护越来越重视。三峡水库作为长江干流最后一级控制性梯级水库,具有对长江中下游生态流量不可替代的补偿作用,特别是在适度控制长江口咸潮入侵方面具有重要意义。长江口咸潮入侵一般发生在枯水期11月—翌年4月,特枯年份咸潮入侵时间可提前至9月,而三峡水库蓄水对长江中下游水量的削减主要集中在9—10月,只有遇枯水年才延续到11月。为实现对咸潮入侵适度控制,从咸潮入侵强度与水库避让能力出发,有关研究提出控制长江口咸潮入侵的大通流量不应低于 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$,建议三峡水库10月蓄水期间下泄流量不低于 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

综上,长江中下游地区各方面用水矛盾对三峡水库调度提出的要求集中在水库调度的各个阶段:汛期、蓄水期、枯水期和汛前消落期。针对这些矛盾,根据三峡建设委员会第16次会议纪要精神开展的《三峡水库优化调度研究》中,对三峡水库兼顾城陵矶防洪补偿调度方式、汛末蓄水方式、枯期供水以及汛前消落方式进行了深入研究,提出在汛期防洪调度中,将三峡工程的防洪库容 221.5 亿 m^3 自下而上划分为三部分,其中一部分预留库容 56.5 亿 m^3 用作既对城陵矶防洪补偿也对荆江防洪补偿,一定程度上减少长江中下游分洪量。在汛末蓄水期,以确保防洪安全和对泥沙影响不大为前提,将汛末开始蓄水时间提前至9月中旬,以拉长蓄水过程的方式,有效改善工程初步设计中初拟的调度方案中10月份蓄水期间出现下泄流量较小的情况,较好地协调水库汛末蓄水与下游用水的矛盾。这样不仅提高了水库的蓄满保证率,同时对满足枯水期下游用水、减轻咸潮入侵和改善航运条件均较为有利。在枯水期,在综合考虑抗旱补水与发电、航运的关系基础

上,拟定了枯水期水资源调度方案。在汛前消落期,为了满足库岸稳定,将三峡水库消落时间适当提前至5月25日,延长了水库放水时间,避免了集中放水对下游生态的负面影响。研究形成的《三峡水库优化调度方案》已于2009年10月经国务院批准实施。经2009年、2010年调度成果检验,三峡工程经济、社会与生态效益显著。在上游具有较大调节能力的枢纽陆续建成后,对梯级水库联合调度及上述问题的研究还需进一步开展。

5 结语

三峡工程举世瞩目,它的建成投产标志着中华民族用智慧与力量铸就了又一个奇迹。工程具有防洪、发电、航运等多项综合利用任务,不仅可大大缓解长江中下游防洪压力,避免长江中下游地区饱受洪灾之苦,还可为经济建设提供巨大的能源支持;同时改善了长江流域航运条件,充分发挥了长江“黄金水道”的作用,对带动长江流域区域经济的迅速发展亦具有重要作用。在面对枯水期向下游供水、抗旱和河口压咸等需求提出的新要求时,三峡水库通过调整水库下泄流量,在一定程度上既保障了下游供水安全,又维护了河流生态健康。然而,随着经济社会的发展、水文泥沙条件的变化、上游大型水库的逐步建设,必将对三峡水库运行提出新的、更高的要求,如何在保障完成三峡工程设计任务的同时,优化水资源利用,合理调配水资源,实施科学调度,全面提升水库综合效益,是三峡工程今后将面临的一项长期任务。

参考文献

- [1] 水利部长江水利委员会. 长江流域综合利用规划报告[R]. 1990.
- [2] 长江流域规划办公室. 长江流域综合利用规划要点报告[R]. 1959.
- [3] 水利部长江水利委员会. 长江流域防洪规划[R]. 2008.

(下转 65 页)