

三峡船闸完建工程关键技术研究与实践

陈 磊, 曹光荣

(长江勘测规划设计研究院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 三峡双线五级船闸是目前世界上水头最高、规模最大的内河船闸, 为适应三峡水库分期蓄水运行的需要, 船闸第1及第2闸首的底槛和闸门采用了分2次建设的方案。完建工程成功解决了影响因素多、施工工期紧、通航压力大、混凝土浇筑温度控制要求严、人字门整体提升安装难度大、要同时满足通航运行和对船闸进行全面的检修等诸多技术难题, 为提前圆满完成各项建设、检修和运行任务提供了坚实的技术保障。

关 键 词: 三峡船闸; 完建工程; 关键技术

中图分类号: U641

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2012)04-0092-06

三峡工程是开发和治理长江的骨干工程, 具有巨大的防洪、发电、航运等综合效益。三峡船闸是三峡工程三大主要建筑物之一, 总设计水头 113 m, 船闸线路总长 6 442 m, 闸室有效尺寸为 280 m×34 m×5 m(长×宽×槛上最小水深), 最大通航流量 56 700 m³/s, 设计年单向通过能力为 5 000 万 t, 可通过万吨级船队, 是目前世界上已建成船闸中连续级数最多、总水头和级间输水水头最高的内河船闸^[1]。

为适应三峡水库分期蓄水运行的需要, 船闸第1及第2闸首的底槛和闸门采用了分2次建设的方案, 在水库初期运行水位向后期运行水位抬升前后需进行完建工程建设^[2]。在二线船闸完建工程施工期间及二线船闸全部建成后, 为满足航运要求, 水库的汛限制水位需相应抬高。蓄水位上升涉及防洪、航运、移民、库区地质灾害治理、泥沙验证等诸多方面, 亦须同时作出安排。

1 完建工程主要内容

根据三峡工程初步设计, 水库运行分为围堰发电期、初期运行和后期运行等3个阶段, 对应于围堰挡水发电期及初期运行水位 135.0~156.0 m, 船闸第1和第2闸首人字闸门底槛高程为 131.0 m, 第1闸首人字闸门按后期要求安装, 但先不装启闭机, 也不投入运行; 第2闸首人字闸门及机电设备按 135.0~156.0 m 通航水位安装^[5]。

在水库运行水位抬高至后期运行水位 145.0~175.0 m 前后, 需逐线对第1及第2闸首进行完建, 将船闸第1闸首和第2闸首人字闸门底槛由 131.0 m 高程加高至 139.0 m, 同时第2闸首人字闸门及其机电设备也相应通过改装抬高 8 m, 并将第1闸首人字闸门的机电设备安装到位。

第1闸首完建项目主要有: 闸首底槛加高; 人字门启闭机安装; 电力拖动及控制设备安装。第2闸完建项目主要有: 闸首底槛及边墙加高; 人字门机房加高; 人字门升高; 人字门启闭机改装; 电力拖动及控制设备改装。第2闸人字门升高主要步骤包括人字闸门拆除、整体提升、埋件安装、门体落位、闸门安装等。

收稿日期: 2012-01-10

作者简介: 陈 磊 (1967-), 男, 江苏南通人, 硕士, 主要从事水工结构、岩土工程、通航建筑物领域的工程设计和相关研究工作。E-mail: cwchenlei@163.com

2 完建时机及运行水位

船闸完建工程是三峡工程建设的一部分.按初步设计安排,初期正常蓄水位 156 m 运行若干年后,水库再抬高至最终蓄水位 175 m 运行.水库运用水位从初期蓄水位 156 m 提高到 175 m 的间隔时间主要取决于后期移民安置进度以及对三峡水库中泥沙淤积规律的观测验证结果.初步设计建议初期规模运行时段暂定 6 a,届时可根据实际情况逐步抬高蓄水位.船闸的完建原则是在水库运行水位抬升之前和之后各完建一线考虑.船闸完建时机应依据水库蓄水至 156 m 水位后逐步抬升水位实施方案以及船闸完建的总工期合理选择,而船闸完建后汛期水库运行水位需要抬高.

三峡工程于 2003 年 6 月顺利实现了蓄水、通航和首批机组发电,进入围堰挡水发电期.为了使三峡工程提前发挥防洪效益,更好地发挥发电、航运效益,决定三峡工程按 2006 年汛后蓄水至 156 m 水位,即工程提前 1a 进入初期运行期.由于三峡工程建设进展顺利,库区移民安置亦可与工程完建同步.在泥沙淤积影响因素方面,随着西部大开发战略的实施,三峡上游干支流多座大型水库将开工建设,届时将发挥显著的拦沙作用,上游地区水土保持作用也开始持续发挥,进入 20 世纪 90 年代以来宜昌年输沙量明显减少,这些因素的影响将大大延缓三峡水库的淤积.从库区移民安置和水库泥沙淤积的制约性影响看,三峡工程 2007 年汛后在初期规模正常蓄水位 156 m 的基础上适当抬高水位运行是可能的.

船闸闸首完建与三峡工程能够逐步抬高蓄水位运行互为条件.2006 年汛末三峡水库蓄水至 156 m 水位后,开始实施船闸 1 和第 2 闸首的完建工程,有利于加快三峡工程的建设进程、及早全面发挥更大的综合利用效益,有利于三峡水库蓄水至 156 m 水位后继续抬升.在工程建设、水库移民、库区地质灾害处理等方面达到要求的前提下,及早进行船闸第 1 和第 2 闸首完建,对全面发挥三峡工程综合效益是有利的.

在船闸完建工程施工期,船闸只能单线运行,需辅以翻坝转运措施.根据对三峡工程过坝运量增长预测和工程客货运输能力分析,如船闸在近期内进行完建,需解决的过坝运量相对较小,对长江航运的不利影响程度较小,通过将客运全部采用陆运翻坝、扩大滚装运输翻坝的规模、对货运船舶过闸实行优化管理,枢纽的过坝能力基本上能够满足近年内运量增长的需要.如船闸在较远期进行完建,由于长江的过坝运量增长较快,在船闸进行完建期间,只用上述措施将难以满足过坝运量的需要,需进一步依靠目前正在着手兴建的升船机,乃至两岸公路和铁路的运输能力,涉及因素多,关系复杂,远景发展难以预测.船闸完建越晚,困难将越大.从适应三峡初期运行期蓄水位逐步抬升的需要和适应长江航运发展的需求考虑,船闸早完建比晚完建有利,汛期连续完建方案比两线分别在两个枯水期完建有利.在汛期船闸完建期间的防洪度汛方面,可采取有效的对策措施,满足初期防洪任务和保证枢纽安全的目标要求.

三峡船闸完建如安排在 2006 年汛末水库蓄水至 156 m 水位后,在第 1 线船闸完建后,在 2007 年汛期进行第 2 线船闸完建,三峡水库 2007 年的汛限水位调整至 144 m 运行,汛期由于水库 144 m 至 135 m 水位之间约 42.6 亿 m^3 防洪库容不能运用,遇 1 000 年一遇洪水的水库最高水位 171.4 m,将超过初步设计确定的工程安全度汛控制水位(170 m)约 1.4 m.经分析研究,通过采取调整结构分块、设置插筋和阻滑槽、加强排水等措施保证结合面的粘结强度,可将水库允许最高挡水高程提高到 172 m.

中国长江三峡集团根据长江设计院的研究论证结论,报经上级主管部门批准,决定于 2006 年汛后开始实施船闸完建工程.

3 人字门整体提升方案

第 2 闸首人字闸门单扇高 38.5 m,重约 850 t,需整体升高 8 m(施工时应升高 10 m,预留 2 m 施工空间),由于其整体提升重量大、提升高度大、风险大,占用直线工期,是船闸完建工程的难点和重点^[4].对人字闸门升高方案主要比较了液压千斤顶整体顶升人字闸门、简易桥机整体提升人字闸门和连续油缸整体提升人字闸门 3 个方案.经综合比较,根据国内重大件整体吊装的成功经验,推荐采用连续油缸整体提升人字闸

门方案.

在第 2 闸首闸室两侧的闸面上布置约 5 m 高的钢支柱,钢支柱上布置 2 根跨闸室钢梁,跨闸室钢梁上沿上下游方向布置 2 根提升钢梁,提升梁柱系统利用已拆除的三峡临时船闸上闸首交通桥箱梁和已拆除的高程 82 m 栈桥钢箱梁进行改装,作为人字门提升的承重梁系统.在每根提升钢梁上布置 4 台 TJJ-5000 型 500 t 钢索式液压提升器,每个提升器使用 36 根 $\varphi 17.78$ mm 的钢绞线;人字门采用打包的方式,每扇人字门使用 8 台 200 t 液压打包提升器,每个提升器使用 18 根 $\varphi 15.24$ mm 的钢绞线进行打包.利用 4 台 TJJ-5000 型 500 t 钢索式液压提升器将人字门整体提升 10 m,待第 2 闸首底坎混凝土浇筑到设计高程,人字门底枢安装后将门体下降 2 m 就位再安装调整.

人字门提升原则上采用“整体提升,逐级加载,一步到位”的方案;在提升初始阶段,为了保护蘑菇头与顶盖球瓦不受损伤,采取了顶、提结合措施,当人字门达到完全脱离蘑菇头高度后再正式进入提升.与此同时对人字门底部平面度和正、侧向直线度进行测量,调整扁担梁重心,以确定人字门提升处于正常状态.

由于连续油缸整体提升人字门方案的提升悬臂桁架和提升平台可在不影响通航的情况下提前安装,不占用船闸完建直线工期,并可双门同时提升,和传统的液压千斤顶整体顶升方式相比可缩短完建工期约 1 个月.

4 混凝土施工及工期

第 1 闸首加高底槛为实体混凝土结构,顺船闸轴线长 41 m,宽 30 m,设计对整体浇筑方案、设宽槽方案和设键槽施工缝方案进行了比较分析.整体浇筑方案可简化结构设计以及方便混凝土施工.但由于整体浇筑仓面面积将达到 $1\,230\text{ m}^2$,混凝土的入仓强度较高,对混凝土浇筑手段及施工组织管理有较高的要求,同时由于浇筑块尺寸较大且位于老混凝土强约束区内,温度应力值较高,施工风险较大.尤其是第 2 线船闸最大温度应力达到约 1.23 MPa ,温度应力安全裕度小,存在混凝土产生裂缝的风险;宽槽方案和键槽缝方案有效减小了仓面尺寸,降低了施工难度,减小了加高底槛混凝土产生裂缝的风险,但由于宽槽回填或接缝灌浆时,要求两侧母体混凝土冷却至稳定温度并且要具有 1~2 个月的龄期,对混凝土温控要求较高,同时分段浇筑方案工期较长,对船闸完建工程施工进度影响较大.分析认为 3 种方案技术上均基本可行但各有利弊.

为减轻船闸完建对正常通航的影响,船闸完建采用一线施工,一线通航的方式.完建前船闸适应 $135.0\sim 156.0\text{ m}$ 水位方案,完建后适应 $144.0\sim 175.0\text{ m}$ 水位方案.初步拟定 2 个完建施工方案:(1)方案 1:第 1 年的汛后 12 月份开始完建南线船闸,至第 2 年 5 月底完成,南线船闸恢复通航,完建工期 6 个月.第 2 年汛期 6 至 9 月暂停完建工程施工,安排度汛.汛后 10 月初开始完建北线船闸,至第 3 年 3 月底完成,恢复通航.(2)方案 2:第 1 年的汛后 10 月份开始完建南线船闸,至第 2 年 3 月底完成,南线船闸恢复通航,完建工期 6 个月.紧接第 2 年 4 月开始完建北线船闸,至该年 9 月底完成,恢复通航.

方案 1 总工期 16 个月,汛前完建一线,汛后完建另一线,汛期度汛安全、可靠,避开夏季浇筑混凝土,但总工期较长;方案 2 总工期 12 个月,在南线船闸完建后,北线船闸只有 2 个月的枯水期浇筑第 1 闸首检修门底槛,北线船闸的混凝土施工在夏季进行,需采用有效的降温和隔热措施.经比较,方案 2 船闸完建总工期较短,第 2 线船闸在夏季施工通过采取措施可以保证施工质量,因此设计推荐方案 2,即两线船闸连续施工方案.

第 2 闸首完建工期 6 个月,为完建施工控制性项目;第 1 闸首施工工期较短,且有较长的自由时差,为非关键性项目.第 2 线船闸为保证汛期施工要求,第 1 闸首加高底槛需在 2007 年 5 月底形成并具备挡水条件,因此第 2 线船闸第 1 闸首完建工程也为施工控制性项目之一.

实际施工采用了整体浇筑方案,第 1 及第 2 闸首各布置 1 台胎带机作为底槛和边墙加高混凝土浇筑主要入仓手段,浇筑层厚底板 2~3 m,边墙 4 m,采取 7°C 预冷混凝土、浇筑时初期通 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 制冷水冷却等措施严格控制混凝土最高温度,以满足温控要求.

经承建单位进一步优化人字门整体提升和总体施工方案,完建工程合同工期按第 1 线(南线)船闸 5 个月、第 2 线(北线)船闸 4 个半月控制.根据汛末来水情况,实际开工时间提前至 2006 年 9 月 15 日.由于前期

准备工作充分,各环节衔接有序,工程进展顺利,不仅在高温季节到来前完成了混凝土浇筑,所有完建施工、安装、调试、检修和运行保障任务仅用了228 d就全部完成,比合同工期提前了2个月^[5]。

5 完建期采用4级方式运行

三峡船闸完建施工阶段,船闸运行水位提高到156 m,汛限水位为144 m,此间,船闸仅一线通航,航运压力增大。当上游蓄水位升高到156 m时,根据技术设计文件要求,船闸应采用5级运行方式。船闸完建施工期间,第1闸首人字门尚不能投入使用,如采用5级运行,就需利用船闸上游事故检修门作为工作闸门,由于事故检修门开启和关闭1个周期耗时达35~40 min,不仅运行管理较为困难,而且将大大影响船闸通航效率,导致船闸通航闸次减少,通过能力降低。采用4级运行方案,第1闸室将作为引航道的一部分,第2闸首当首级使用,第1闸首人字门和阀门不参加运行,避免了5级运行方案要使用上游事故检修闸门挡水的不利因素,从而可缩短闸次间隔时间约30 min;与5级运行方案相比,即使船舶进闸及调度方式与目前135~139 m水位完全相同,船闸通过能力亦将大大提高。由于一闸室水深增大,其水流条件将比目前运行水位得到较大改善,有利于船舶在一闸室待闸。在一闸室船舶待闸条件下,船舶进闸时间将比目前调度方式大大缩短,船闸下行通过能力进一步提高。但在156 m水位4级运行时,中间级闸首和末级阀门最大工作水头超过设计值。船闸能否在超过最大输水水头的条件下安全运行是4级运行方案的关键。

上游水位156.0 m,船闸采用4级运行,下水水位62.0~65.6 m时,三峡船闸中间级和首、末级闸首最大工作水头将超过45.2 m和22.6 m设计值。在下游最低水位62.0 m条件下,中间级闸首最大水头为47.0 m,超过设计值1.8 m;第6闸首最大水头为23.5 m,超过设计值0.9 m。若下水水位为63.0 m,中间级闸首最大水头为46.5 m,超过设计值1.3 m。三峡船闸在试通航前进行的抽水有水联合调试对中间级船闸曾进行了阀门工作水头46.13 m运行条件下的船闸输水水力学指标测试。为了确保库水位156.0 m条件下,船闸4级运行的安全可靠,南京水利科学研究院在船闸上进行了超设计水头的原型调试。在库水位139 m时,调整北线第4闸首闸室初始水位,船闸阀门工作水头达到47 m时,对输水的各种参数进行重点观测。

根据有水调试阶段级间最大工作水头46 m运行工况监测成果以及现场原型测试成果,在156 m水位条件下,船闸采用4级运行时,通过采取双边阀门间歇开启的输水方式,中间级闸首输水系统水力学指标,优于输水水头45.2 m阀门的双边连续开启方式。在中间级阀门输水水头47.0 m,初始淹没水深26.0 m条件下,采用双边阀门开启,以2 min全开的速率开启阀门至开度 $n=0.65$ 时停机、停机时间3 min,再以同样的速率开启至阀门全开,至剩余水头6 m时,以3 min时间动水关阀至 $n=0.2$ 的运行方式,输水时间10.75 min,闸室流态平稳,输水系统水力学条件较优;阀门开启及停机过程中,运行平稳,阀门工作条件较好;阀门及其启闭机的工作条件可以满足设计要求。

船闸土建结构和机电设备经设计复核,均处于安全状态。综合以上试验和分析认为,船闸在156.0 m水位条件下采用4级运行方式是安全可行的。完建期间两线船闸均采用了此运行方式,有效地确保了船闸完建期间的通过能力。

据航运部门统计,在2006年9月15日至2007年4月30日三峡船闸完建期间,船闸在单线换向运行的情况下,仍保持了较高的通航效率,共运行3 488闸次、通过船舶23 657艘次,旅客65 579人次,实载货运量2 377万t,其中下行1 445万t;日均15.3闸次、104艘次、货运量10.4万t。日均货运量和2005年船闸双线运行时的9.1万t相比,不仅没有降低,还提高了14%。

6 完建期间排干检查

三峡船闸自2003年6月以来的运行实践表明总体是好的,在抽干检查时,发现了一些缺陷并进行了处理。根据这次船闸逐线完建的安排,每线船闸的完建时间大致需要5或6个月,这段时间较船闸进行大修的时间还长。利用这段时间,可安排对船闸的土建结构、金属结构和设备,进行一次比较全面深入的检查,对发

现的缺陷和问题进行维修处理,使船闸能在完全达到设计规定的技术性能和指标的条件下,投入后期运行。为此,设计单位受业主委托专门制定了三峡船闸完建期间排干检查工作大纲。

船闸的检查维修工作分为两个阶段进行,首先对船闸进行全面深入的检查,发现问题;针对检查的结果,对一些常规问题可根据设计在施工期提出的处理方案和技术要求进行处理,对一些较大的问题和一些过去经过处理后再次发生的问题,需在分析原因、制订维修方案的基础上,再对缺陷进行维修和处理,为船闸在全部完建后,安全正常地投入后期水位运行作好充分准备。

建筑物重点检查项目包括:(1)闸首、闸室、输水廊道已处理的混凝土裂缝、结构缝漏水和其他部位有无新的裂缝、渗漏及其他异常情况,以及已处理的其他缺陷的情况;(2)全面检查输水系统混凝土表面的冲刷和渗水情况,并重点检查阀门后底扩腔体以及第1分流口分流舌的顶面和底面等部位蚀损情况;(3)前期已处理的蜂窝、裂缝、结构缝等原缺陷的情况;(4)船闸基础排水廊道排水量检查,并与运行期排水量进行对比分析;(5)输水系统及闸面洞井盖板安全状况等。

金属结构重点检查项目包括:(1)人字闸门尺寸、受力焊缝和背拉杆、门轴柱和斜接柱、底止水装置、支枕垫块工作表面外观及支枕垫块节间间隙、顶底枢工作状态;(2)反弧门受力焊缝、止水、支铰及弧门面板检查;(3)辅助泄水闸门、浮式系船柱等。

机械设备重点检查项目包括:(1)人字门启闭机油缸、高压油管、行程开关、开度装置、活塞杆、防尘圈、油箱等;(2)液压系统油压过压回路;(3)反弧门液压启闭机导向装置、卡箍装置、吊杆接头、吊杆与闸门吊耳连接,以及紧固螺栓等;(4)运行过程中有异常现象的设备和部件。

电力拖动及控制设备检测项目包括:(1)水位计、开度检测传感器,位置开关、断路器、接触器、中间继电器、通航指挥信号灯、可编程序控制器;(2)计算机工作站的硬件和软件;(3)接线检查和绝缘测试等。

从检查结果来看,此次检查发现的土建缺陷与船闸试通航期的排干检查情况类似,从缺陷的分布及数量来看,第1,2,5闸室输水系统的情况比第3,4闸室好,北线整体情况比南线好。第1分流口舌板的上下表面有局部蚀损现象;反弧门存在不同程度的顶止水固定螺栓松动、顶止水破损;反弧门面板上游面底缘两种材料结合处存在锈蚀现象;北线人字门水面以下区域存在AC铝金属防腐涂层鼓泡和局部脱落现象;船闸集控设备、现地启闭机及其电控设备、通信系统、空调通风、工业电视、照明、消防系统、管线廊道处于正常状态。没有发现存在影响运行安全、结构和设备安全的重大质量问题;对发现的缺陷按设计要求进行了妥善处理。

7 结 语

三峡船闸完建工程是在当今世界级数最多、水头最高的内河多级船闸(双线5级船闸)运行中进行的,船闸需适应的上游水位变幅大,边界条件复杂,技术难度大,许多方面没有现成的经验可循。长江设计院在中国三峡集团公司精心组织和各有关部门、科研机构和专家的支持协助下,成功解决了工程影响因素多、施工工期紧、通航压力大、混凝土浇筑温度控制要求严、人字门整体提升安装难度大、完建同时还要满足通航运行和对船闸进行全面的检修等诸多技术难题,为提前圆满地完成各项建设、检修和运行任务提供了坚实的技术保障。三峡船闸的顺利完建,标志着这座世界上规模最大、技术条件十分复杂的超大型船闸已全部达到设计规定的最终规模,各项关键技术问题已经全部解决并得到了实际运行的验证,丰富和提高了世界高水头大型船闸的技术理论和工程经验。

三峡船闸的完建不仅进一步促进了长江航运和沿江地区经济的迅猛发展,而且为枢纽早日实现正常蓄水、全面发挥工程综合效益创造了必要的条件。三峡船闸完建工程于2007年5月1日全部完成并恢复通航,次年汛末三峡水库开始试验性蓄水,2010年10月26日,三峡枢纽坝前水位达到175 m,比初步设计预计的时间提前了3 a。

参 考 文 献:

- [1] 钮新强,童迪,宋维邦. 三峡工程双线五级船闸设计[J]. 中国工程科学,2011(7): 85-90. (NIU Xin-qiang, TONG Di,

- SONG Wei-bang. Three Gorges Project ship lock design five[J]. Engineering Science, 2011(7): 85-90. (in Chinese))
- [2] 钮新强. 三峡船闸对世界水利科技的创新与发展[J]. 水利规划与设计, 2005(1): 18-21. (NIU Xin-qiang. Impacts of the Three Gorges Project ship lock on the innovation and development of the water science in the world[J]. Water Resources Planning and Design, 2005(1): 18-21. (in Chinese))
- [3] 陈磊. 三峡永久船闸设计技术问题综述[J]. 人民长江, 2001(8): 4-5. (CHEN Lei. Summarization of technical issues in the design[J]. Yangtze River, 2001(8): 4-5. (in Chinese))
- [4] 曹光荣, 胡亚安, 高雄. 优化输水方式提高三峡船闸通过能力措施研究[J]. 中国工程科学, 2007(12): 75-80. (CAO Guang-rong, HU Ya-an, GAO Xiong. Optimize water increase carrying capacity of 3 gorge lock measures[J]. Engineering Science, 2007(12): 75-80. (in Chinese))
- [5] 陈磊, 童迪. 三峡船闸混凝土质量检查与缺陷处理[J]. 中国三峡建设, 2005(1): 20-22. (CHEN Lei, TONG Di. Three Gorges shiplock concrete quality inspection and defect treatment[J]. China Three Gorges Construction, 2005(1): 20-22.

Key technology research and practice of Three Gorges shiplock in the final construction stage

CHEN Lei, CAO Guang-rong

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: The shiplock of the Three Gorges Project is the largest inland shiplock in the world with the highest water head. To meet the requirements of water impoundment of the reservoir, the shiplocks No.1 and No.2 are constructed in two stages. With the support and help of all the relevant departments, Changjiang Institute has successfully solved all the relevant challenging technical issues of the shiplock construction with the tight construction schedule, and strict requirements in temperature control of concrete pouring, and overcome difficulties in installation and lift of the miter gates and conflicts between operation and overhaul of the shiplock, etc. It has provided many technical supports in solving challenging problems in terms of construction, maintenance and operation of the shiplock.

Key words: Three Gorges shiplock; final construction; key technology

水利部“948”项目“藻类监测分析系统及超声波除藻设备”通过验收

2012年7月6日,水利部“948”项目管理办公室在南京组织召开了水利部“948”项目“藻类监测分析系统及超声波除藻设备”(任务书编号:201014)项目验收会,验收专家组由水利部水文局、江苏省水利厅、南京大学、河海大学、水利部推广中心等单位的专家组成,水利部国科司、水利部推广中心等单位的领导以及我所项目组的同志出席了会议。

验收专家组认真听取了项目组的工作汇报和成果介绍,详细审阅了有关技术资料,经质疑和讨论,验收专家组认为课题组引进德国藻类监测设备和比利时超声波除藻设备,经过消化吸收,掌握了设备的性能、原理及功能,项目组配套开发的数据采集系统和数据传输系统,建立藻类在线监测分析系统,并在广东省水文局佛山水文分局和太湖流域梅兰湖水质监测站进行示范应用,取得了突出的成绩;项目组以引进消化吸收的技术为基础,自主研发的复频超声波除藻设备及在线监测系统,获得了国家专利,在引进设备的示范应用及研发、管理人员的培养等方面给予了较高评价,以综合评价 A 通过验收。

摘自南京水利科学研究院网站