

金沙江上又一颗璀璨的明珠

——溪洛渡水电站全面投产、蓄水至正常蓄水位、机组“首稳百日”纪实

明 娟

在四川省雷波县和云南省永善县交界的金沙江上,继相家坝之后又一座雄伟的大坝屹立于山涧峡谷。它张开臂膀,与两岸的山体共同环抱起金沙江流域最大水库,宛如托起一颗璀璨的明珠。这就是位居世界第三、中国第二的水电站——溪洛渡水电站。一座以发电为主,兼有防洪、拦沙和改善下游航运条件等巨大综合效益的巨型电站,水库总库容126.7亿立方米,调节库容64.6亿立方米,配合三峡工程提高长江中下游的防洪能力,电站共装有18台单机容量77万千瓦的大型水轮发电机组。作为国家“西电东送”的骨干项目,溪洛渡水电站正源源不断地满足着向华东、华中经济发展的用电需求。此外,它更肩负着促进西部大开发,实现国民经济可持续发展的时代使命。

18台机组全面投产

2014年6月30日下午,记者早早地来到溪洛渡左岸地下厂房,等待左岸电站最后一台机组投产发电时刻的到来。

机组旁边的临时指挥部,墙上又挂起了红底白字的横幅——“溪洛渡左岸电站1号机组运行交接”。这是横幅第九次、也是最后一次在这个板房中挂起,在不到12个月的时间里,中间的数字由“9”递减到了“1”。

5点半左右,指挥部内有人喊了声“餐车来啦!”,气氛顿时活跃起来,“哈哈,今天挺早的嘛。”“哎,在这里吃的最后一顿‘运行饭’了啊……”人们各自起身,走向门口的餐车。“你们也快点去打饭呀”,几个葛洲坝机电项目部的师傅热情地招呼着记者。他们开玩笑说,“晚了可就没有了呢”。

也许是最后一顿“运行饭”,今天饭菜不错,荤素搭配,六种菜品分别用六只大铁盆盛着,旁边

收稿日期:2015-02-06

放了两大盆米饭。回头看一眼,今天的队伍并不长,大概是因为厂房只剩最后一台需要调试的机组了,调试、安装、运行的工作人员加起来,才十多人。

“回想起在机组安装的高峰时期,厂房内几百号人工作,队伍排得特别长,吃饭的时候可热闹了”,有人感叹道。他的眼神里、语气中透出些许不舍。

在这个地下厂房,来自业主、安装方、监理方的人们,为了一个共同的目标,整整奋斗了五年,在这里有他们的事业,也有他们的生活。就在今晚,就在几个小时后,这里便不再是他们的战场。此时,他们正带着深深的眷恋,站好这最后一班岗。

吃过这被大家称为“运行饭”的工作餐,离交接仪式还有大约4个小时,正在72小时试运行的机组运行十分平稳。此时,厂房内除了几个运行人员当班,关注机组的各项指标,其他人都在抓紧时间休息,设计、安装、监理方每个人脸上都显现出期待的神情。

晚上9点左右,厂房里的人渐渐多了起来,指挥部里的气氛也慢慢活跃起来,开始有了谈笑声。不过看得出,人们的心情还没有完全放松下来。指挥部侧面的大屏幕上,显示着正在进行72小时试运行的1号机组稳定性实时监测数据,上导摆度、下导摆度、水导摆度参数正常;上下机架振动参数正常;蜗壳进口压力、顶盖下压力、尾水管出口压力、接力器开关腔压力正常;各压力脉动参数、气隙参数均正常……所有人心中都无限欣喜,此时,距离72小时试运行结束已经进入30分钟倒计时。

晚上9点50分,机组结束72小时试运行,正式交接。哈尔滨电机厂、溪洛渡电厂、机电工程局、葛洲坝机电公司、三峡发展五方人员代表,郑

重签下最后一次移交、接机文件,之后起身相互握手表示祝贺。不知谁带了头,周围响起了一片掌声。签字完毕后,大家再也按捺不住内心的激动,纷纷涌到 1 号机组旁合影留念,用照片定格这奋斗了五年的安装调试的记忆。

原本安静的厂房内,一时热闹起来。让我们将这短暂的欢乐时刻铭记,这是世界第三、中国第二大水电站——溪洛渡水电站最后一台机组投产发电的胜利时刻。

回想 2009 年春天,地下厂房刚刚具备进场安装条件,开始进行紧张的机电安装。来自安装方、制造方、监理方的参建人员在业主方三峡集团溪洛渡机电项目部的统筹安排下,齐心协力,将这里变成巨型机组的摇篮。

机电项目部负责人告诉我们,虽然溪洛渡开挖的已是世界最大的地下厂房,但在 18 台 77 万千瓦大型水轮发电机组配件的衬托下,还是显得狭小了些。因此,安装时不免存在空间使用的矛盾。尤其在高峰时期,多个工作面同时展开,每个大工作面下还有很多小的工作面,厂房内多达 800 人同时干活儿,地下三四层内还有很多员工在进行着各种配件的安装。由此可见,根据设备的到货情况、空间和人员的分配、技术力量的整合分析工期、调整进度,是统筹管理的要点所在。怎样在不影响进度的前提下将空间合理利用,是个摆在眼前的难题。

为了解决这一困难,各方集思广益,一份详尽的网络计划图在反复的讨论和修改下应势出台。这是由多个子计划构成的总计划,各个计划既相互独立又有所交叉,既分工明确又合作有序,形成了计划网络。在网络计划的大纲下,可根据时间的和安装的进展,每个计划做进一步调整。并且,图表的形式会让计划一目了然。

除了计划到位,各种协调会议也非常重要。每月、每周都有重大的业务例会,每天下午的碰头会更是雷打不动。高峰时厂房一天要召开好几个协调会,每一次协调会都是一次根据新发生情况的调整会。会议简单明了,以解决问题为最终目的,因此,有时人多了开会时,有人就站在一旁,不拘形式,绝不浪费宝贵的时间。

功夫不负有心人,近五年高强度、高精度机电安装工作,创造了溪洛渡水电站机组 1 月 4 投、6 月 12 投、12 月 18 投的速度奇迹,并实现了全部

机组自投产以来“零非停”目标。

除了装机速度和装机质量在世界遥遥领先,其机组国产化水平也已与世界接轨。三峡集团机电局局长张成平,曾参与和主持了三峡、向家坝、溪洛渡三大电站的机电工作,是机组国产化的亲历者和主导者之一。他认为,溪洛渡的机组从头到脚已经全面实现了国产化,尤其是最后最难的一项——高端原材料的国产化已经实现。

三峡工程起步时,中国巨型水电机组走的是“引进消化吸收再创新”的道路。如今,这一道路一路走来越走越宽,越走越远,坚定了机组走国产化道路的信心。据了解,最早引进的三峡左岸机组完全由国外引进,设计和制造都是国外的,谈不上国产化;继而三峡右岸机组,虽然设计还是国外的,但制造已是由国内承担;到了更后一点的三峡地下电站,设计和制造都变成了国内,原材料也在逐步国产化,尤其是推进了特种钢材的国产化。在溪洛渡和向家坝,国产化的比例进一步提高,范围进一步扩大,层次也在不断加深。

溪洛渡机电项目部副主任蔡肇斌也是从三峡电站一路走来的机电人,他算了一笔经济账,比如属于高端原材料的定子的叠片,一台机组需要 20 万张叠片,从国外购买约需 4 000 万元人民币,还要加税;实现国产化以后,只需要 2 000 万元人民币,不加税,便宜了一半以上。而且一台机组需要几万个大小配件,这些能带动多少个中国厂家进行生产,创造多少效益啊!“更重要的是,当实现了国产化以后,我们不再受制于人,国外供货商有了竞争对手,气焰消了一半!”“还有,和国外专家对话需要翻译,还经常沟通不到位,国产化后都是中国人,有什么问题一说就明白,效率提高了很多。”

巨型机组的国产化不仅为下一步中国制造过百万千瓦的更大机组做了技术储备,还为中国制造的机组在世界水电市场上与其他国家同台竞争提供了坚实的基础。

对机组品质的精益求精使溪洛渡水电站有了一个近乎于极端“严苛”的安装标准,所有误差在数据上都要在设计允许误差的基础上打“六折”,即误差范围只有设计时允许误差标准的 60%。据了解,当初给溪洛渡机组定标准的时候,本身已在三峡机组的标准上有所提升,如此一来,更进一步提高了机组品质。

首次蓄水至正常蓄水位

2014年9月28日18时,溪洛渡水电站首次蓄水至600米正常蓄水位,达到正常工作状态。这意味着工程取得阶段性胜利,不仅顺利通过安全鉴定与质量验收考核,为安全度汛提供了保障,也在创建“西部典范”工程道路上迈出坚实的一步。

溪洛渡大坝,这个钢为筋,铁为骨,混凝土浇筑成血肉的挡水巨人,远眺其雄壮威武,近触其平滑细腻,集大成之美,尽收眼底。然而巨人今日秉凛凛威风绝非偶然,成长路上处处充斥着困惑与历练。

溪洛渡拱坝是集团公司建设的第一座拱坝,也是300米级特高双曲拱坝。

拱坝对抗裂要求非常高。为了更加有效控制混凝土裂缝,大坝部主任陈文夫带领部分骨干成立了温控工作领导小组,采取“小温差、早冷却、慢冷却”的精细化温控措施,认真检查落实每一次温控措施,像呵护婴儿一般呵护着这座大坝,天热时洒水降温,天冷时为他盖好棉被。功夫不负有心人,拱坝混凝土施工质量优良,内实外光,常态混凝土取芯长达20.59米,创世界之最。

坝基固结灌浆与大坝混凝土浇筑一直以来存在相互干扰及抬动等种种矛盾,亟需解决。陈文夫带领灌浆组大胆探索,改进工艺,提出根据不同地质条件分部位采用不同灌浆方式的方案,成功解决了混凝土浇筑干扰及抬动等问题,有效减小了混凝土钻孔工程量,创造了月灌浆强度18000米记录。

为彻底破解初期溪洛渡大坝坝基因地质条件复杂、施工方案不明确以及作业人员执行不规范,造成的地层单位注灰量偏大的难题,灌浆组负责人王克祥每天都要在花很长时间在现场,从打钻、到灌浆不放过任何一个环节,不断地查阅资料,反复研究,提出“不同地层、不同灌浆阶段采取不同灌浆参数、根据过程条件实行灌浆质量预控”的措施,经现场施工检验,取得了较好的效果。

在保质量、保工期完成混凝土浇筑的同时,一座虚拟世界中的数字大坝也在虚拟世界逐渐形成。溪洛渡工程建设部副主任周绍武带头对近150项科研专题进行研究,在特高拱坝信息化建设领域取得了一系列创新成果,完成了溪洛渡大坝施工信息管理系统前期主要功能模块的开发及

系统整体上线。此后,先后提出了智能通水和混凝土振捣智能监控等新技术的理念与构想,形成了具备完全自主知识产权的智能拱坝建设关键技术,引领了混凝土拱坝智能化建设发展。

结合数字大坝建设,先后展开14次仿真分析专题会,及时进行会商、总结,有效解决了不少溪洛渡特高拱坝建设过程中的设计、施工难题。各院士、专家一致认为,在溪洛渡拱坝在数字化、智能化建设方面的系列突破,开创了我国智能高拱坝建设的先河,为保证溪洛渡工程的施工质量和安全发挥了重要作用。国务院三峡枢纽工程质量检查专家组对此给予高度认可,“最大坝高285.5米的高拱坝到目前为止基本无裂缝,这是了不起的成就”。

2014年,是溪洛渡水电站首次将水位抬升至600米高程,也是建筑物能否安全、稳定运行的一次重大考验。考虑到蓄水过程中可能会出现的问题,所有人都不曾掉以轻心。

记者从相关部门了解到,从溪洛渡大坝第一仓混凝土浇筑开始,大坝信息管理系统已在现场埋设安全监测仪器3496支和混凝土温度计4723支,星罗棋布,变化万千,以此来实现对大坝施工过程全监控。对工程的安全监测主范围包括对拱坝的水平位、垂直位移、横缝开合度、混凝土温度、混凝土应力应变、裂缝,以及坝基的变形、应力、温度和左右岸泄洪洞、引水发电系统等进行观测,观测结果均在设计范围内。

目前系统内数据总量已达10G,为国内外水电事业发展提供了第一手宝贵数据和经验。有了这天罗地网的监测数据,蓄水工作便有条不紊地展开。

根据审定的《金沙江溪洛渡水电站初期蓄水规划》,溪洛渡水电站蓄水分两阶段进行,第一阶段蓄水至水位560米,第二阶段蓄水至正常蓄水位600米。

2013年4月28日,水电水利规划设计总院组织召开金沙江溪洛渡水电站工程第一阶段蓄水验收委员会会议,同意金沙江溪洛渡水电站工程于2013年5月初开始第一阶段蓄水。

2013年5月4日9时,溪洛渡水库由水位440.78米起蓄,至水位抬升至540米,共历时51天1小时20分钟;11月1日,水库水位继续抬升,12月8日17时,到达终蓄水位560米,顺利

完成第一阶段蓄水。

2014年5月15日至23日,中国水电工程顾问集团组织安全鉴定专家组赴溪洛渡工地现场查勘、查阅资料,并与各参建单位充分讨论、座谈后,认为溪洛渡水电站枢纽工程具备7月上旬开始水库由死水位540米逐步蓄水至正常蓄水位600米条件;5月26至28日,水电水利规划设计总院组织验收专家组在蓄水验收安全鉴定以及政府质量监督检查的基础上开展了第二阶段蓄水验收现场检查和技术预验收,同意金沙江溪洛渡水电站工程于9月中旬开始水库第二阶段蓄水,水位分步抬升至580米和正常蓄水位600米。

蓄水期间,集团公司每天下午定时召开蓄水协调例会,由溪洛渡工程建设部组织参建各方建立现场日巡查机制和日报制度,快速将问题反应出来并得到有效解决;逐日滚动制作蓄水计划、蓄水快报,并及时通报相关部门。

同时,为确保蓄水期间信息畅通,溪洛渡工程建设部以正式文件向库区各级政府、行业主管部门和施工区各参建单位征集信息接收人员名单,并进行了信息接收测试和确认工作。

据了解,为了加强信息报送机制,向长江防总及宜宾、昭通等地方航运和海事部门报送溪洛渡水库蓄水、运行调度信息,平均每天分四段次进行报送,如遇关键节点加密报送。溪洛渡蓄水期间,共短503人接收短信,发送短信数达每人14193条之多。

梯调中心作为长江电力梯级电站运行管理的综合调度及水文气象服务机构,在水资源综合利用、电力运行调度等方面提供技术支持,以最大限度的发挥长江流域梯级电站的综合效益。在此次溪洛渡水库蓄水过程中,梯调中心需统筹考虑溪洛渡、向家坝及三峡水库联合蓄水,选择蓄水的时间、控制下泄流量、水位变幅等一系列工作;可为此次溪洛渡水位蓄水至600米高程中最重要一环,充分利用梯调中心自动测报、预报系统,加强上游来水预报工作;加强与气象、水文有关部门的协商;对未来36小时的水情实施跟踪预报,确保各方做好相关准备工作。

此次蓄水工作按照工程施工进度,在确保已建工程安全、施工安全,尽量满足下游航运、发电等综合利用要求的前提下,按照一定的蓄水速率蓄水至各控制水位,并停留足够的时间进行大坝

的安全监测,蓄水过程中优先考虑机组过流。

统筹考虑金沙江下游溪洛渡、向家坝梯级与三峡水库联合蓄水,优先满足各工程自身安全和区域防洪安全。精心编制了蓄水期间水文气象预报,在水情气象条件满足情况下,针对具体蓄水目标和要求,提出三库联合蓄水方案,并报长江防汛抗旱总指挥部审批后实施;分析总结并完善三库联合蓄水方案,逐步建立以三峡水库为核心的梯级水库群联合蓄水优化调度体系。并提前与国家电网、地方政府、航运等有关部门沟通协调,获得对方支持。

按照蓄水计划安排,并综合考虑库区移民搬迁工作进度、工程建设实际情况。直至2014年8月下旬,溪洛渡水电站具备了启动正常蓄水位600米的蓄水条件。于8月21日上午10时开始蓄水,起蓄水位为574米。

考虑上游水位与总水推力、拱端推力及坝体应力的变化关系,蓄水过程对大坝接缝灌浆影响以及水流入库、泄水建筑物过流情况,拟定了大坝2014年蓄水的控制运用要求,以满足大坝自调整、自适应过程。

在2014年蓄水控制要求中,规定水库从汛期运行水位蓄至600米过程可分为两个阶段。第一阶段由汛期运行水位蓄至580米的阶段,并需维持580米水位运行10至20天,以监测、检验其影响,实施时的停留时间需根据大坝监测数据分析情况确定。第二阶段即580米蓄至600米的阶段,以不超过1米每天的水位上升速度蓄水,以满足大坝和其他相关工程部位结构及基础的自调整、自适应过程。

为满足下游航运要求,溪洛渡水电站2014年600米蓄水期间,下泄流量需不小于2600立方米每秒。在实际蓄水过程中,根据情况需要,同向家坝联合泄流以满足向家坝下游航运要求。

在金沙江上修建水电站,应是惠民生之计,功在当代,利在千秋。因此,水库影响区移民的迁移、安置,以及安置点的后续建设等,成为是三峡集团融入当地需要履行的重要社会责任。三峡集团相关部门不断深入库区,走访、踩点、慰问,力求将移民安置工作做到最好,使库岸稳定、库区和谐,并表示要进一步加强影响区内巡视监测,确保移民生命财产安全。

据统计,截至2013年4月底,已完成四川、云

南库区,共52871人的搬迁安置工作,移民生产、生活措施已基本落实到位。两省影响区内的移民已搬迁至集镇入住,移民自建房、市政配套工程基本建设完成,复建的学校、卫生院、乡政府等公建房也已投入使用。

“建好一座电站,带动一方经济,改善一片环境,造福一批移民”是三峡集团水电开发理念,也是三峡人共同的目标与信念。

投产全部机组实现“首稳百日”

2014年10月8日晚21点50分,溪洛渡电站最后一台机组——1号机组顺利实现“首稳百日”目标,至此,溪洛渡电站全部18台机组均顺利实现“首稳百日”目标。

回顾一年多的高强度接机发电历程,溪洛渡电厂在生产管理模式创新实践、员工队伍建设、管理平台建设等方面取得了许多宝贵的经验。

溪洛渡电厂厂长关杰林告诉记者,接机并不仅仅是外人看到的那样简单,我们在前期机组设计、制造和安装时期做了大量工作,提前介入、提前准备,真正做到无缝交接。

例如,为确保设备稳定运行,溪洛渡电厂提前介入水工建筑物的巡检工作,充分掌握了水工建筑物各部位的初始状态、巡检里程和所需时间。在每一阶段蓄水过程中,加密巡检频次,详细记录巡检结果,拍摄巡检照片千余张,填写巡检记录近500单,收集整理蓄水监测报告72期,及时掌握了蓄水期间水工建筑物的运行特性。

在运行管理期间,溪洛渡电厂始终坚持生产管理模式的创新与实践,“以设备管理为主线,以设备管理主任为中心”,创新电力生产管理模式。不仅明确了管理职责分工,优化了工作流程,还充分发挥了设备管理主任的专业技术优势和在设备技术管理中的运转中枢作用。

溪洛渡电厂按照技术与作业分层管理的要求,成立5个专业技术委员会和10个专业组,明确设备管理主任与专业分部之间的业务指导关系,定期讨论专业设备难题,对设备进行深度技术分析。几年来,专业委员会成员参与各类设备设施的设计联络、招评标、出厂验收和技术交流工作1800余项,从运行管理的角度提出近1000项技术优化建议被相关单位采纳,使设备功能更加完善,为设备安全稳定运行打下了坚实的基础。

此外,溪洛渡电厂还精心策划和构建了三个管理平台,即标准化管理体系、ePMS和设备在线监测趋势分析系统。三大先进管理平台的建设和应用,成为保障机组安全稳定运行的利器。

生产管理标准体系全面指导着溪洛渡电厂的各项工作。溪洛渡电厂生产技术标准化体系涵盖电力生产各业务面、全过程的标准化文件体系,1600多个技术标准、55个管理标准、92个应急预案和现场处置方案、114份专业图册、30部运行规程、125部检修规程、1526部作业指导书等,为现场的作业更加标准化、精细化、安全化提供了重要的保证。

以ePMS生产管理信息系统为平台,溪洛渡电厂加强设备履历管理,持续完善生产技术标准,努力推进备品备件、工器具等生产物资的采购与规范管理。同时通过ePMS实现了与5000余项贯穿设备全生命周期的管理台账、100余项生产管理流程的相互融合,提高了电力生产管理的科学化、规范化水平。另外,该系统按照“统一系统,分域管理”的技术路线,实现了多电站电力生产业务数据的共享机制,为各电站交流经验、取长补短提供了很好的协同交流平台。

通过参与设备在线监测与趋势分析系统系统联合开发,溪洛渡电厂掌握了核心技术。使趋势分析系统实现包含监控系统、振动摆度、局部放电等多个系统的数据采集和联合分析,保障了机组的安全稳定运行。

溪洛渡电厂员工年龄呈现年轻化,28岁以下占总人数的80%。大多数是从学校刚毕业的大学生。关杰林介绍道,他们刚进厂时,明显感觉缺乏现场工作经验,但是通过一年的接机锻炼,我们的新员工业务技能得到明显提升。

溪电人的努力贯穿在“首稳百日”的每一天,体现在设备运行的每一天,不断提升巨型机组运行管理水平。迈过这第100天,溪电人实现机组“长周期、不间断、无缺陷、满负荷”目标脚步没有停歇,他们始终怀着一种如临深渊、如履薄冰的敬畏之心,秉承精益求精、永不懈怠的工作态度,为溪洛渡电站综合效益的全面发挥,为实现长江电力做世界水电发展引领者的宏伟目标,为实现“新三峡梦”而不懈奋斗着!

(责任编辑:卓政昌)