溪洛渡水电站大坝施工期防洪度汛措施

阎 士 勤， 曹 喜 华
（中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，四川 成都　610072）

摘　要：溪洛渡水电站位于金沙江峡谷区，混凝土大坝工程规模大，施工周期长，实际施工进度与计划进度有一定差别，个别年份汛前进度形象不满足度汛要求。通过动态分析调整并采取适当措施，解决了不同时期防洪度汛问题。

关键词：溪洛渡水电站；混凝土大坝；施工期；防洪度汛
中图分类号：TV7；TV642；TK79；TV51　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1001-2184(2015)增 2-0078-03

1　概　述

溪洛渡水电站位于金沙江下游溪洛渡峡谷段，左岸距四川省雷波县城约 15 km，右岸距云南省永善县城约 8 km，总装机容量为 13 860 MW。

溪洛渡水电站枢纽由拦河大坝、泄洪建筑物、引水发电建筑物等组成。拦河大坝为混凝土双曲拱坝，最大坝高 285.5 m，坝顶高程 610 m，顶拱中心线弧长 681.51 m，坝身布设 7 个表孔、8 个深孔，坝体下部布置 10 个临时导流底孔，坝后布设水垫塘消能；发电厂房分设在左、右两岸山体内，各安装 9 台单机容量为 770 MW 的水轮发电机组；左右两岸各布置 2 条泄洪洞；施工期左右岸各布置 3 条导流洞，其中左右岸各 2 条导流洞与尾水洞结合。

溪洛渡水电站筹建工程于 2003 年 8 月开工，2007 年 11 月上旬截流，2013 年 5 月下闸蓄水，7 月首批机组发电，2014 年 7 月 18 台机组全部投产发电。

2　施工期度汛存在的问题及采取的措施

2.1　施工期防洪度汛总体规划

根据审批的溪洛渡水电站主体工程施工规划报告，电站于 2007 年 11 月截流，截流后至 2011 年汛前（6 月 21 日至 10 月 31 日为汛期），大坝基础开挖、基础处理及坝体下部混凝土浇筑在围堰保护下进行，采用 50 a 一遇洪水标准，$Q_{p=2\%}$ = 32 000 m^3/s，6 条导流洞过流，上游最高水位高程 434.61 m，对应库容约 4.9×10^8 m^3。在此期间，坝体上升高度低于上游围堰顶高程 436 m。

（1）2011 年汛期。2011 年汛前坝体混凝土上升高度应高于上游围堰顶高程。根据规范中的相关规定，2011 年汛期坝体临时挡水度汛标准为 100 a 一遇，$Q_{p=1\%}$ = 34 800 m^3/s，由 6 条导流洞过流，上游最高水位高程 441.17 m，库容约 6.3×10^8 m^3。

（2）2012 年汛期。由于 2011 年汛后 1 号、6 号导流洞已经封堵，故 2012 年汛期由坝体 1 号～6 号导流底孔和 2 号～5 号导流洞过流，度汛标准为 100 a 一遇洪水，上游水位高程 454.76 m。汛前坝体上升高度应高于度汛水位。

（3）2013 年汛期。由于 2012 年汛后 2 号至 5 号导流洞及 1 号至 6 号导流底孔已经封堵，2013 年汛期由 4 条泄洪洞（14 m×12 m）、坝体 8 个泄洪深孔（6 m×6.7 m）和 4 个高位导流底孔过流，度汛标准为 200 a 一遇洪水，洪水流量 $Q_{p=0.5\%}$ = 37 600 m^3/s 时对应的上游水位高程为 587.47 m，坝体上升高度应高于度汛水位。

（4）2014 年汛前大坝完建，汛期具备投入使用条件。

2.2　2011 年大坝防洪度汛

（1）存在问题。

2011 年汛前，大坝最低浇筑高程为 458 m，大坝上升顶高程超过了围堰堰顶高程 436 m。但坝体接缝灌浆高程为 404 m，不能满足 100 a 一遇度汛水位 441.17 m 高程的要求；同时，坝体 410 m 高程 6 个导流底孔闸门汛前不能全部安装到位，若按 100 a 一遇洪水标准考虑，大坝挡水存在以下主要问题：

坝体 410 m 高程导流底孔闸门不具备挡水条件；如按 410 m 高程导流底孔过流考虑，坝后的水

收稿日期：2015-05-18

垫塘尚未完工。

若大坝挡水,使得坝体未灌浆部分的大坝横缝(404 ~441.17 m 高程)压紧,将影响以后的灌浆质量,对坝体整体性有一定影响。

(2)措施分析。

若按围堰拦挡 100 a 一遇洪水考虑,经分析,堰体需加高 6 m。从堰体结构分析看,上游围堰与坝体之间 410 m 高程以下基坑内冲水平压并采取一定的结构措施后,堰体加高 6 m 是稳定的。

若按围堰不加高,利用坝体悬臂拦挡 100 a 一遇洪水的情况,对该工况采用拱梁分载法进行应力复核计算分析,其结果表明:在混凝土自重与水荷载作用下,拱坝悬臂梁最不利部位的拉应力小于 0.5 MPa,大坝结构安全可以满足要求,最大悬臂挡水对大坝结构的影响在可控范围内。2011 年汛期若遭遇 100 a 一遇洪水时,坝体已具备挡水条件,不会发生溃堰、溃坝等重大灾害,对工程下游城镇无影响。

(3)采用的解决措施。

综合考虑大坝实际的挡水能力、河道水文特性和下游城镇防洪标准等因素,并经原审批单位复核和流域防洪部门认可,2011 年汛期度汛标准采用 50 a 一遇洪水标准,汛期仍由围堰挡水、6 条导流洞过流。

(4)超标洪水预案。

2011 年大坝度汛按 50 a 一遇洪水标准作为基本方案;当遭遇 100 a 一遇超标洪水时,大坝具备临时挡水条件,同时采取以下措施:结合水情预测预报,做好入库洪水监测,做好围堰的安全监控,定期检查围堰是否渗水;预期可能超过 50 a 一遇洪水时组织大坝、水垫塘及二道坝现场人员、设备迅速撤离。

2.3 2012 年大坝防洪度汛

(1)度汛分析。

1 号、6 号导流洞于 2011 年 11 月下闸后,2012 年汛期只有 2 号 ~5 号导流洞和 1 号 ~6 号导流底孔过流。针对 100 a 一遇洪水进行调洪演算,洪峰流量 $Q=34\ 800\ m^3/s$ 对应坝前最高洪水位高程 454.76 m,对应水库库容约 9.5 亿 m^3。

根据施工进度的实际情况,2012 年大坝汛前的接缝灌浆已经达到 467 m 高程,大坝施工进度满足度汛要求,具备挡水条件。水垫塘、二道坝 2012 年 6 月中旬具备过流条件,满足度汛需要。

(2)大坝度汛各工况应力复核。

根据溪洛渡工程进展,汛前大坝上升高程为 521 ~550 m,接缝灌浆 467 m 高程,分别对大坝汛期拦挡 100 a 一遇洪水(下游水垫塘有水)、汛前大坝上下游均无水及水垫塘充满水而大坝上游无水等 3 种工况进行了坝体应力状态计算分析,坝体应力满足要求,坝体结构稳定。

2.4 2013 年大坝防洪度汛

根据《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397 -2007 中的相关要求:“导流泄水建筑物封堵后,若永久泄水建筑物尚未具备设计泄洪能力,应分析坝体施工和运行要求。汛前坝体上升高度应满足拦洪要求,帷幕及接缝灌浆高程应满足蓄水要求。

(1)存在问题。

根据招标文件要求,至 2013 年汛前,6 条导流洞及低位 6 个导流底孔均已下闸封堵,2013 年的度汛由坝身 8 个泄洪深孔、7 号 ~10 号导流底孔及 4 条泄洪洞泄流。经分析,200 a 一遇洪水水位高程为 593.74 m,比招标阶段计算分析的高出约 6.2 m,主要原因是 7 号 ~10 号导流底孔过流断面因结构安全需要较招标阶段缩小引起的。

鉴于表孔底高程为 586.5 m,需在表孔上做子堰挡水,子堰高度约 7.5 m,子堰拦蓄约 10 亿 m^3 库容,进而对下游沿江村镇形成威胁。

(2)度汛启用的过流设施分析。

针对 2013 年汛期 200 a 一遇洪水,分别考虑不同过流设施的多种方案进行分析。

方案一:招标文件要求的过流设施:坝身 8 个泄洪深孔、7 号 ~10 号导流底孔、4 条泄洪洞,200 a 一遇洪水水位高程 593.74 m。

方案二:在方案一的基础上,增加坝体 7 个表孔临时过流,200 a 一遇洪水水位高程 591.91 m,与表孔不过流相比水位降低了 1.83 m。

方案三:在方案一的基础上,增加了坝体 7 个表孔临时过流,同时关闭 7 号 ~10 号导流底孔闸门,即 7 号 ~10 号导流底孔不过流(主要考虑导流底孔过流流速接近 40 m/s,可能破坏门槽等部位而增加后期下闸难度),200 a 一遇洪水水位高程为 598.14 m。

方案四:在方案一的基础上,7 号 ~10 号导流

底孔不过流，200 a 一遇水位高程为 610.3 m。

根据施工进展情况，2013 年汛前大坝最低坝段浇筑至 596 m 高程，坝体接缝灌浆至高程 575 m。综合分析研究并经原审批单位复核以及流域防洪部门认可，确定采用方案二的过流设施，即在招标方案的基础上考虑大坝表孔过流。如此实施，汛前坝体上升高度可满足拦洪要求，坝体接缝灌浆高程 575 m 可满足高程 540 m 蓄水位的要求。同时，加强水情预报，表孔过水前，及时撤离表孔相关部位施工人员和设备。

（3）超标洪水预案。

根据水情预报，在可能发生超出 200 a 一遇洪水时，及时上报上级相关部门，同时做好以下工作：金沙江石鼓水文站、雅砻江雅江水文站的洪水抵达溪洛渡约需 3 d 时间，必须及时将汛情报告上级相关部门；做好入库洪水监测；根据上游水文预报，迅速撤离相关人员及设备，同时尽可能做好大坝工程的保护工作，确保大坝安全；组织相关部位人员，在保证安全的前提下，巡查工程各部位变化。

3　结　语

鉴于溪洛渡水电站大坝施工导流流量大，施工周期长，加之坝体上升高度不能满足度汛要求是水电工程施工过程中常出现的问题。因此，在积极加快施工进度的同时，结合工程实际情况和洪水特点进行动态分析调整，在确保工程永久结构安全的前提下确定度汛措施并经相关部门确认后实施，取得了良好的效果，保证了大坝按期完工。所取得的经验可为位于窄深河床、大流量河流的高混凝土坝施工建设提供参考。

作者简介：

阎士勤（1966-），男，河南郸城人，教授级高级工程师，工程硕士，从事水利水电工程施工组织设计工作；

曹喜华（1968-），女，河南新野人，高级工程师，学士，从事水利水电工程施工组织设计工作.

（责任编辑：李燕辉）

（上接第 48 页）

φ16 玻璃纤维绳预浸渍 EP139（绝缘树脂），对引出线和支撑板进行绑扎固定，室温固化 24 h 以上；绑扎绳表面喷 GK128（环氧底漆）和 DK222（聚亚安脂树脂面漆）。这两种漆均达到 H 级绝缘水平，耐热温度达 180 ℃。

4.2　8#机组故障的处理

通过降低介质表面电阻和对地电容，将有效降低相同电压等级下沿面放电的机会。而降低对地电容的发电机绕组固有特性非常困难。现场采取调整环氧支撑布管高度来提高体积电阻，同时对环氧支撑块凹槽进行局部修整、补刷 LL16（低阻防晕漆），使汇流环焊接裹包部位与之更好地贴合，使绝缘支撑块、汇流环绝缘层与空气介质交界面上的电压分布更加均匀，进而有效降低了汇流环和环氧支撑块的介质表面电阻，确保了耐压试验顺利通过。具体处理措施为：将爬电部位的环氧支撑板临时拆除，调整裸露不锈钢螺杆外层的环氧玻璃布管高度 50 ~ 60 mm，直至汇流环两侧环氧支撑块间隙处不锈钢螺杆已完全被环氧玻璃布管包裹、覆盖。

5　结　语

经过现场及时有效的处理，2#、8#绕组整体耐压试验顺利完成，并对同类问题进行了相应的技术改进。通过对锦屏二级水电站 2#、8#机组定子绕组耐压放电问题进行分析后认为，在机组安装中对以下环节应特别注意控制：（1）在水电站非标准件设计制造及安装过程中，设备厂家在设计时容易忽视现场实际安装、试验要求，在中性点安装试验阶段，对于电气及爬电距离是否能够满足试验要求要做充分考虑或提出相应措施；（2）现场实际安装过程中，现场技术人员应仔细推敲设计意图，避免一些不确定因素影响试验结果；（3）监理或监造人员应及时对关键图纸进行技术审核，提前采取相关措施，避免出现不必要的返工。

作者简介：

孙　彬（1988-），男，四川成都人，助理工程师，学士，从事水利水电工程机电安装监理工作；

邱小耕（1990-），男，重庆垫江人，助理工程师，学士，从事水利水电工程机电安装监理工作；

李佳佳（1987-），男，贵州遵义人，助理工程师，从事水利水电工程机电安装监理工作.

（责任编辑：李燕辉）