

# 龚家河水电站溢流坝修复优化与创新实践

赵朝云, 张 建

(四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:**龚家河水电站自投运以来,溢流坝遭受了多次冲刷磨损坏并进行了多次修复,均未取得好的效果。结合以往多次修复经验和流域泥沙含量极大的特点,汇集各专业技术人员的意见和建议,制定出了优化与创新的修复方案,在坝顶衬护16 mm厚的Q345B钢板、控制C40HF混凝土质量、提高溢流坝整体抗冲耐磨性能,效果较好。

**关键词:**龚家河水电站;溢流坝;C40HF抗冲耐磨混凝土;钢板衬护;减水剂

**中图分类号:**TV7;TV52;TV738

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2018)增2-0056-02

## 1 概述

龚家河水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县磨西镇境内,坝址以上流域河谷狭窄、深陷,河道弯曲,坡陡流急,河道断面多呈“V”型;支沟较多,覆盖层较厚,遇暴雨两岸时有滑坡崩塌和泥石流现象发生。河床内遍布粒径较大的卵砾石、泥石流堆积物,因此流域内推移质泥沙石量极大,对溢流坝表面造成了严重的冲刷磨损。

该电站采用低坝引水式发电,装机容量为 $2 \times 10$  MW,设计水头112.12 m,设计引用发电流量 $21.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。坝址位于磨西河与海螺沟交汇处的峡谷地段下游约80 m处,坝型为自由溢流重力坝,坝顶高程1412.2 m,最大坝高18 m,最大坝宽30 m,溢流坝仅拦截河水,在右岸侧面设置格栅取水口引水。

## 2 溢流坝运行状况

自2007年电站投运后,溢流坝多次受到破坏,坝顶中部形成沟槽、坝面形成冲坑,随后对溢流坝进行了多次修复,均未取得好的效果。2014年,电厂再次对溢流坝进行修复,对坝体混凝土强度进行了提高,将溢流坝坝面坡度降缓。经过一年汛期运行后检查发现溢流坝表面冲刷磨损程度得到了一定程度的改善,但在经历第二个汛期冲刷磨损以后,溢流坝坝顶及坝面损毁严重,坝体中部形成两个直径约15 m、深约7 m的冲坑,冲坑边坡接近垂直,坝体被冲刷“切割”为左、右两段,水流从冲坑中部下泄,坝顶平均冲刷磨损深度约0.6 m,局部形成较大的冲坑。冲刷磨损破坏情况见图1。



图1 溢流坝损毁状况示意图

## 3 优化与创新修复

根据多年溢流坝运行经验以及流域内推移质泥沙含量极大的特性,结合2014年技改修复后的运行情况,电厂组织专业技术人员现场踏勘,采纳各专业技术人员的意见和建议,制定出了优化与创新的修复方案。最终以确保坝顶水流均匀分布且流态顺畅、提高坝体抗冲耐磨性能、延长修复周期为主要目标。

### 3.1 优化与创新修复方案的实施

(1) 界面处理:用风镐将溢流坝全面凿毛处理,并将老旧混凝土界面进行清理,剔除全部松软层,保留可利用的混凝土以减少后期C20混凝土回填工程量,继而减少修复成本。坝面经凿毛处理,用高压水将混凝土表面的碎屑、粉末冲洗干净,使旧混凝土达到饱和状态。

(2) 锚筋植入:新旧混凝土植入锚筋规格及要求: $\phi 16, L = 1.5 \text{ m}$ ,锚固间距为1 m,锚固长度不小于1 m,锚筋长度和间距根据实际情况进行了加密加长。锚固孔洞清孔之后,灌入环氧砂浆固定锚筋。C20混凝土与C40HF混凝土之间连接锚筋规格及要求: $\phi 16, L = 0.9 \text{ m}$ ,锚固间距为1

收稿日期:2018-03-26

m, 锚固长度不小于 0.6 m, 锚筋长度和间距根据实际情况进行了加密加长。锚筋在浇筑 C20 混凝土时同时植入, 以减少后期施工工程量, 缩短施工工期, 同时提高施工质量和锚固强度。

(3) C20 混凝土的回填浇筑: 在回填浇筑 C20 混凝土前, 应先在旧混凝土表面铺设 3 cm 厚的 M25 水泥砂浆, 以增强新旧混凝土表面的黏结度。回填 C20 混凝土按厚度 1 m 分层连续浇筑, 必须间歇时, 其间歇时间宜缩短, 浇筑及间歇的全部时间不得超过表 1 中的规定, 当超过时应留置施工缝, 在施工缝处继续浇筑混凝土时, 必须按规范要求对施工缝进行必要的处理。

表 1 混凝土浇筑及间歇允许时间表 /min

混凝土 强度等级	气 温	
	不高于 25 °C	高于 25 °C
不高于 C30	210	180
高于 C30	180	150

(4) 坝面 C40HF 混凝土浇筑: 由于每次浇筑混凝土数量大, 内部水化温升偏高, 内部表面温差和降温频次不易控制, 因此, 浇筑时应采用连续性浇筑。浇筑间歇时间不能超过表 1 中的规定, 当超过时应留置施工缝, 并按规范要求对施工缝进行处理。混凝土采用现场强制搅拌机拌和后直接流入浇筑仓。在拌和混凝土时, 骨料分开储存, 水泥采用袋装水泥, 人工计量装入拌和机料斗, 外加剂由人工计量后装入拌和机, 水由自动计量泵计量加入。结合以往的修复经验、现场条件并针对 C40HF 混凝土坍落度低、流动性差、非泵送入仓困难等因素, 本次修复在拌和混凝土时添加了相应剂量的减水剂。所添加的减水剂使混凝土坍落度在基本不变的条件下能减少拌和单位用水量, 增强混凝土的流动性, 极大地改善了非泵送入仓困难的问题, 明显缩短了施工工期, 且混凝土的质量得到了有效控制。C40HF 混凝土配合比根据材料检测报告, 由专业单位完成配合比设计。

(5) 坝顶 Q345B 钢板衬护: 按照施工图, 通过金结加工厂将厚 16 mm 的钢板预制成与坝顶对应的形状, 根据设计尺寸将钢板切割分块。将每块钢板四边切割成 45° 坡口, 根据钢板安装方向, 在每块钢板下侧一角开一个直径 40 mm 的接触灌浆孔, 在背面焊接一块加丝扣的垫板, 另三个角开直径为 6 mm 的排气孔。钢板分块安装就

位, 采用气体保护焊将钢板焊接到预埋件上, 并通过多次焊接将钢板间对接焊缝填平。钢板焊接完成后, 对每块钢板进行接触灌浆, 灌浆初始最大压力不超过 0.1 MPa, 视灌浆情况对压力进行调整, 在灌浆结束 7 ~ 14 d 用锤击法进行质量检查, 要求每块脱空区域面积不大于 0.3 m<sup>2</sup>。不合格时必须钻孔补灌, 灌浆完成后加堵头封焊灌浆孔。焊接填缝凸出部分和灌浆堵头及焊缝凸出部分必须打磨平整。

### 3.2 优化与创新修复取得的效果

(1) C40 混凝土中添加减水剂, 增强了混凝土流动性, 极大地改善了非泵送入仓困难的问题, 明显缩短了施工工期, 混凝土质量得到了很好的保证。混凝土 28 d 养护期结束后, 采用 HT225 - W 型回弹仪检测混凝土强度平均值达 48.47 MPa。

(2) 修复过程中剔除了风化、变质、蜂窝、麻面和疏松的旧混凝土, 保留了可利用的混凝土, 继而减少了回填浇筑 C20 混凝土的工程量, 继而减少了修复成本。

(3) 经过第一个汛期运行, 溢流坝坝面混凝土及钢板状况良好, 坝面混凝土经轻微冲刷磨损, 坝顶钢板未见损坏和磨损现象(图 2)。

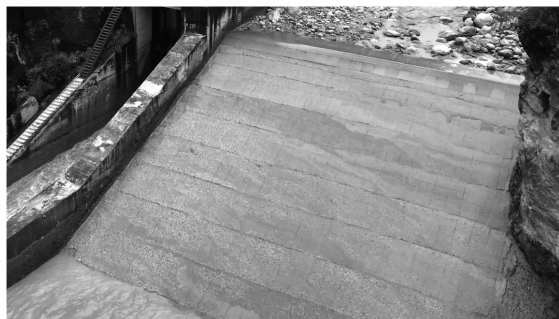


图 2 溢流坝修复运行一年后的状况

## 4 结 语

本次溢流坝修复创新的重点是在坝顶进行了钢板衬护。坝顶衬护钢板后, 通过坝顶的水流始终保持平顺, 从而消除了原坝顶混凝土局部损坏后水流集中冲刷、加速溢流坝损坏速度的情况, 同时优化并控制了坝面 C40HF 混凝土质量, 保证了坝面 C40HF 混凝土强度, 增强了坝面抗冲刷耐磨能力。从当前运行情况看, 溢流坝抗冲刷磨损能力

(下转第 101 页)

只有当上述4个条件同时满足时,该装置才会自动由主电源切换至备用电源供电。

### 2.3 电源自动投入装置备用电源恢复至主供电源的条件

- ①监测到进线电源有压,3YH(4YH)有压;
- ②监测到进线断路器在分闸位置,41(42)分闸;
- ③断路器控制方式在“远方”位置。

只有当上述三个条件同时满足时,装置才会由备用电源恢复至主供电源供电。

### 2.4 电源自动投入装置的运行方式

#### 2.4.1 正常运行方式

400 V 母线进线及联络开关(41、42、43、413、423)的控制方式把手在“远方”位置,厂用变21B带400 V I段母线运行,厂用变22B带400 V II段母线运行,400V I段、II段两段母线分段运行,两路电源电压均正常,两进线断路器处于合闸状态,母线联络断路器和400 V III段母线进线断路器处于分闸状态。此时,断路器41、42在合闸位置,断路器43、413和423在分闸位置。

#### 2.4.2 非正常运行方式

当电源自动投入装置检测到I段母线失电的同时、进线无电流的情况下:若II段母线有压同时进线断路,42在合位,跳开I、III段母线进线断路器41、43后,合II段与III段之间的联络断路器423和I段与III段之间的联络断路器413。

当电源自动投入装置检测到II段母线失电、同时进线无电流的情况下:若I段母线有压同时进线断路器41在合位,跳开II、III段母线进线断路器42、43后,合I段与III段之间的联络断路器413和II段与III段之间的联络断路器423。

若I段、II段母线均失电,23B进线有压或III段母线有压,同时进线断路器43在合位,跳开I段、II段母线进线断路器41、42后,合III段母线进线断路器43(23B进线有压,且III段母线进线断路器43断开时),合I段与III段之间的联络断路器413和II段与III段之间的联络断路器423。

(上接第57页)

得到了有效地提高,将进一步延长溢流坝运行修复周期,减少运行成本,显著提高了电站的经济效益。

#### 作者简介:

赵朝云(1983-),男,四川沐川人,室主任,工程师,从事水电站生

在设备检修或调试期间,可以通过将相关的断路器控制方式置“就地”或“远方”位置,以此来闭锁自动投切装置动作。

### 3 出现问题的原因分析及采取的应对措施

(1)坪头水电站电源自动投入装置近两年时间存在的主要问题是:在实际运行过程中经常出现拒动的情况。当电源自动投入装置处于非正常运行方式时,断路器41、42、43和联络断路器413、423拒动。此时,将断路器41、42、43和联络断路器413、423的控制把手切至“就地”,手动进行倒闸操作,断路器41、42、43和联络断路器413、423均动作正常。

(2)检查发现,电源自动投入装置拒动的原因为联络断路器413、423的接线错误所致,联络断路器413的开出接线端子接到了联络断路器423的开出接线端子上,联络断路器423的开出接线端子接到了备用接线端子上。

(3)分析发现出现这次事件很有可能是上一次电源自动投入装置在进行检修工作时未严格核对端子接线,工作结束后,没有对电源自动投入装置进行实际试验工作,故无法验证电源自动投入装置的动作是否正确。

(4)针对上述情况,在今后的设备检修管理工作中,一定要严格把关并加强监督审查质量,杜绝此类事件再次发生。

### 4 结语

可靠的厂用电对于机组的安全稳定运行起着非常重要的作用,而厂用电源自动投切装置使得这种不间断的供电需求有了更加可靠的保证。自动投切装置的使用提高了电站的自动化水平,为电站的安全经济运行发挥了重要的作用。笔者对坪头水电站厂用电源自动投入装置出现的问题进行了分析探讨。

#### 作者简介:

雷超进(1985-),男,湖北天门人,工程师,学士,从事水电站运行维护工作。  
(责任编辑:李燕辉)

产运行技术与管理工作;

张 建(1989-),男,四川安岳人,助理工程师,从事水电站水工建筑物技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)