

二滩水电站表孔裂缝成因分析与处理

杨银辉, 闵四海

(二滩水力发电厂, 四川 攀枝花 617000)

摘要:二滩水电站表孔经过十多年的运行后,各孔导墙及溢流面上开始出现裂缝,所有裂缝均有不同程度的析出物沉积,影响拱坝的安全稳定运行。表孔闸门液压杆支承点等应力复杂、钢筋布置密集等区域大体积混凝土若出现裂缝,应重点关注,及早处理。新型低黏度环氧灌浆材料就综合了环氧树脂浆材的高强度、高粘接力和聚氨酯浆材的良好韧性等优点,具有较高的抗拉、抗压、粘结和变形性能,关键在于可灌性好,能够灌入0.1~0.2 mm的细微裂缝,提高了裂缝封闭、补强加固的可靠性。

关键词:二滩水电站;表孔裂缝;成因;材料选择;工艺流程

中图分类号:[TM622];TV543+.6

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)04-0109-04

1 概述

二滩水电站位于四川省西南部攀枝花市境内的雅砻江下游,距雅砻江与金沙江的交汇口33 km,是我国20世纪建成的最大的以发电为主的水力发电枢纽工程,也是我国利用国际招标机制和世界银行贷款建设的第一座巨型水电站。二滩

大坝为混凝土双曲拱坝,最大坝高240 m,坝顶高程1 205 m,坝顶全长774.69 m,坝顶宽11 m,坝底最大宽度55.7 m,为我国20世纪建成竣工的第一高拱坝。坝体设7个泄洪表孔、6个泄洪中孔和4个底孔。

二滩拱坝表孔布置在拱坝中央,孔口沿拱坝

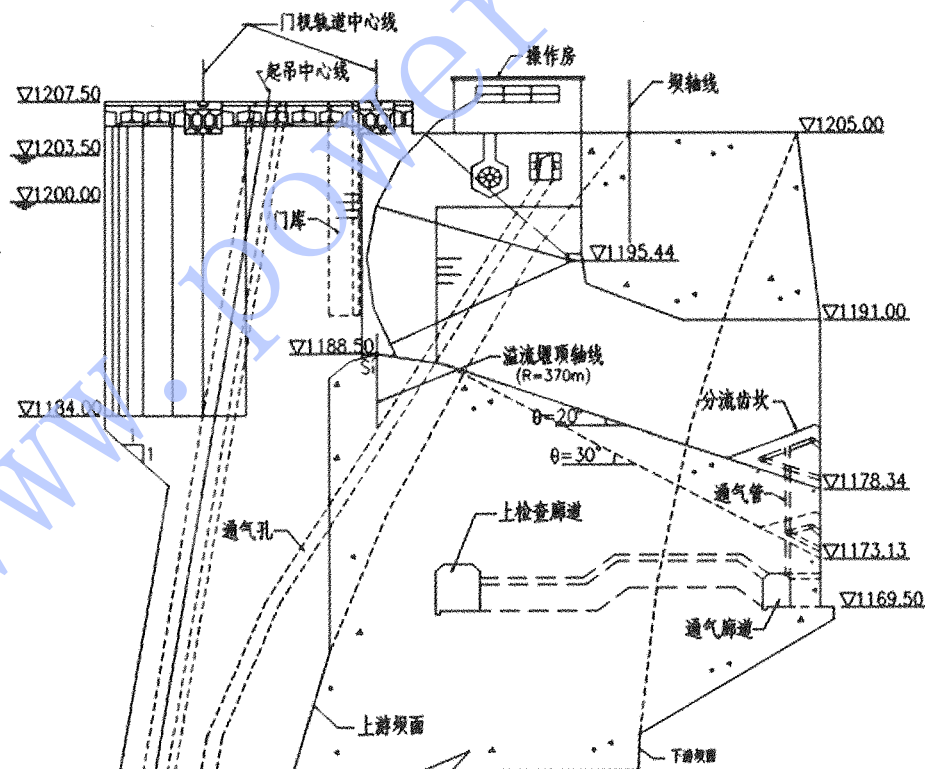


图1 表孔立面布置图

收稿日期:2014-08-05

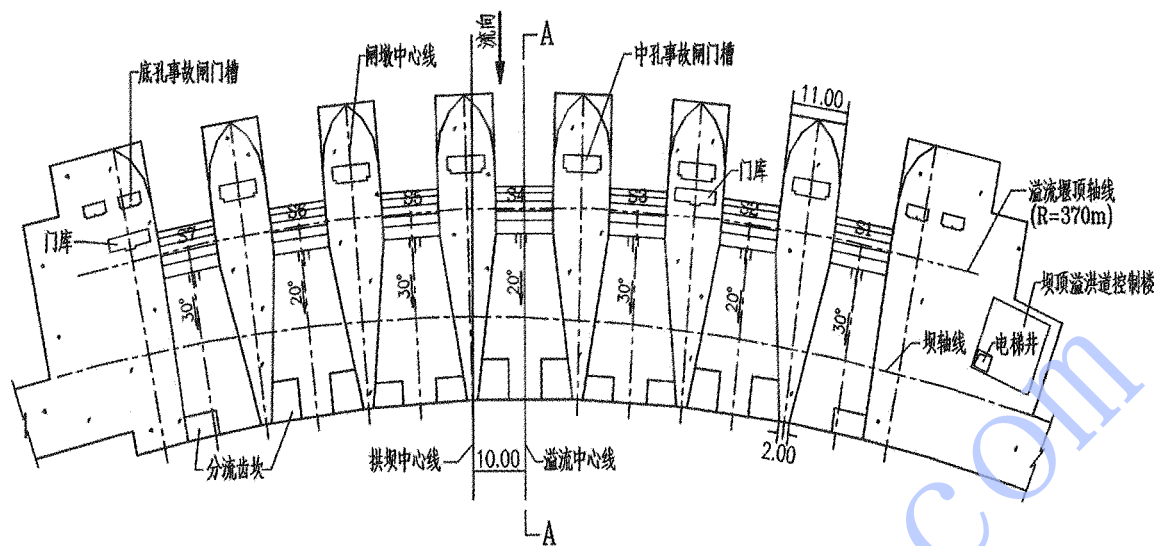


图2 表孔溢洪道平面布置图

中心线对称布置,主要由闸墩、溢流坝、大梁(上部拱坝基本体型断面)三部分组成。表孔堰顶高程 1 188.5 m,堰上正常水头 11.5 m,每孔宽度 11 m,溢流前缘总宽 143 m。溢流堰面为 WES 曲线型,定型设计水头 11.5 m。闸墩头部为流线型,闸墩最宽处大于 11.0 m,尾部宽度 2 m。液压启闭机油缸支座设在闸墩上,闸门支铰设在大梁上。表孔末端出口采用自由跌落大差动跌坎加分流齿坎的新型消能工。在中间五孔跌坎上采用两个分流齿坎并靠出口闸墩两侧布置,单号孔跌坎俯角为 30°,分流齿坎高 3.5 m;双号孔跌坎俯角为 20°,分流齿坎高 4.5 m。在两个边孔因靠岸一侧不扩散,各加设一个靠边墩的分流齿坎,齿高 3.5 m。以上各分流齿的挑角均为 20°。每个齿侧设置两个直径 0.3 m 的通气孔,并与齿坎下游两个直径 0.3 m 的通气孔相通。^[1]

2 裂缝的成因

2.1 闸墩裂缝

表孔大梁上部是公路,大梁经受人行、车辆等荷载的作用,同时大梁也是坝体的一部分,受到坝体整体应力分布的影响。表孔闸门为主横梁直支臂露顶式弧形闸门,闸门尺寸 11 m × 13 m(宽 × 高),设计水头 12 m,总水压力 8 583 kN,闸门由 2 × 1 000 kN 液压启闭机操作,液压缸支承在两侧闸墩上,闸门支铰设在大梁上。由于弧门支铰埋设在大梁上,大梁上还作用了弧门推力,闸墩和大梁之间也相互作用,因此,大梁的受力相当复杂,受到弯曲、扭转和剪切作用。大梁与闸墩结合处

有较大的应力集中。根据跟踪检查,已发现各孔导墙上的裂缝基本都集中在闸门支铰和液压缸支承的部位,所有裂缝均有不同程度的析出物沉积,沉积物的主要成份为 CaO - CaCO₃ 类。

液压缸支承点附近应力复杂,钢筋布置密集,设计时只考虑钢筋受力,没有考虑混凝土受力,因表孔开启频繁而导致产生裂缝。该处混凝土系后期浇筑,密实度较差,混凝土开裂后,雨水和潮气将侵入混凝土内,影响钢筋的强度和耐久性,液压缸支承点附近存在的裂缝不会对结构造成不利影响。

2.2 溢流面裂缝

表孔在平面上呈圆弧形布置,堰顶处平面半径为 370 m。单孔尺寸 11.0 m × 11.5 m(宽 × 高),堰顶高程 1 188.50 m,为开敞式泄洪表孔,表孔溢流前缘总宽 143 m。溢流堰面为 WES 曲线型,设计水头 11.5 m。经检查,溢流面上裂缝主要集中在中部,大部分为表层裂缝,裂缝深度较浅。部分裂缝析出物在泄洪时已被冲走,因裂缝均析出物沉积较少,沉积物的主要成份为 CaO - CaCO₃ 类。溢流面混凝土产生裂缝,主要是由于长时间的运行,加上温度变化、干湿变化等原因造成混凝土开裂。

3 处理方法及材料选择

目前裂缝处理多采用化学灌浆,裂缝化学灌浆常用方法主要有:无损贴嘴法、钻孔灌浆法、钻孔加贴嘴法。考虑到表孔裂缝析出物较多,采用无损贴嘴法灌浆效果可能比较差,因此决定采用

钻孔灌浆。化学灌浆的材料主要有聚氨酯灌浆材料、环氧树脂灌浆材料、丙烯酸盐灌浆材料、水玻璃灌浆材料、以及其他如硫木质素灌浆材料等。考虑到聚氨酯材料在存放和配置过程中不得与水接触,丙烯酸盐材料主要用于固结灌浆和防渗过程,水玻璃材料主要用于防渗堵漏,硫木质素灌浆材料主要用于基础防渗堵漏处理。^[2]因此,综合考虑和对比,采用环氧树脂灌浆材料对表孔裂缝进行处理。

表1 低黏度环氧灌浆材料主要技术指标

抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	与混凝土粘结强度(MPa)		黏度 /25℃ (MPa·s)	施工适用时间 /20℃(min)
		干燥面	潮湿面		
50.0	6.0	≥3.0	≥2.5	15~30	70~90

4 处理工艺及流程

4.1 缝口打磨

沿裂缝走向用砂轮将结构表面打磨平整,打磨宽度为裂缝两侧各8cm,打磨长度应磨至裂缝端部后再延长20cm。确保无浮尘、水泥浆薄弱层、污垢及其它杂物等。

4.2 钻孔

根据裂缝检查情况,钻孔工具采用小型电锤钻,孔径比灌浆嘴略大。在裂缝的交叉处、较宽处、端部或经拓宽处理的缝口部位,钻骑缝孔或斜孔;当缝宽大于1mm时采用骑缝孔,小于1mm时采用斜孔,斜孔倾角45°~60°,孔斜误差不大于2°。钻孔直径12mm左右,深度为10cm~30cm,间距为30cm~50cm,深浅孔间隔布置。在孔口埋设灌浆嘴,每条裂缝都必须至少有一个出气孔和一个进浆孔,钻孔时必须保证孔向准确。钻孔过程中可以通过压水或压风检查钻孔是否已穿过裂缝缝面。

4.3 裂缝清洗

钻孔完毕,将冲洗枪头插入孔底采用高压水和无油高压风轮换冲洗,吹净孔内粉屑。

4.4 灌浆嘴埋设及缝口封闭

用高压风将孔内灰渣清理干净后,埋设专用灌浆嘴。将专用灌浆嘴埋入孔内,外露长度为7~8cm,使用专用扳手将灌浆嘴下部的密封胶圈压紧并固定牢固。采用环氧胶泥封缝,确保裂缝完全封闭和保护。

4.5 压水压风检查

逐孔进行水、风轮换冲洗,查明管道畅通、缝

新型低黏度环氧灌浆材料就综合了环氧树脂浆材的高强度、高粘接力和聚氨酯浆材的良好韧性等优点,具有较高的抗拉、抗压、粘结和变形性能。^[3]浆材能够适用于干燥裂缝,也能够适用于潮湿裂缝,该化灌材料黏度低,可灌性好,能够灌入0.1~0.2mm的细微裂缝,已经在多个国内电站混凝土裂缝修复工程中得到成功应用。经多方比较,采用新型低黏度NE-IV环氧灌浆材料。低黏度化学灌浆材料的主要技术指标,见表1。

面外漏情况。若有外漏的灌浆孔,及时将封面摸环氧胶泥处理。灌浆前用高压风吹尽孔缝内的积水,确保缝内干净。

4.6 灌浆

灌浆前,将灌浆孔全部打开,用压缩空气尽量将孔内、缝内的积水尽量吹挤干净,并争取达到无水状态。采用电动灌浆泵向裂缝内灌注环氧浆材,灌浆压力一般控制在0.3~0.5MPa;灌浆顺序为从下至上,从深至浅。当进浆顺利时应降低灌浆压力;当邻孔出现纯浆后,暂停压浆;将注浆嘴移至邻孔继续灌浆,在规定的压力下灌浆,直到灌浆结束。但在实际操作过程中,施工人员发现0.3MPa左右,进浆量较小,后来,将压力调节到1~2MPa之间,灌注效果良好。一般在设计压力下,当浆液注入量 $q \leq 0.005$ L/min时持续10min灌浆即可结束。从实际灌浆情况分析:闸门支铰周围的部位灌注量较多,平均在3~5L左右,比溢流面裂缝的灌注量高出将近10倍。

4.7 表面处理

灌浆完成后,割除外露灌浆嘴(割除部位在结构表面以下1cm),灌浆嘴管口涂抹环氧胶泥封闭,然后将结构表面打磨平整,以满足相应部位结构平整度要求,同时在表面涂刷一层环氧涂层,以降低表面糙率。

4.8 灌浆效果检查

在灌浆完成28天后进行检查。灌浆效果检查采用钻孔取芯和压水试验的方法进行,钻孔孔径采用 $\varphi 91$ mm。对芯样进行外观检查,确认裂缝是否已灌填密实;压水孔可结合取芯孔进行,压

水检查压力 0.2 MPa,合格标准为:透水率不大于 0.1 Lu。现场抽检环氧灌浆材料抗压试件 1 组(3 个),28 天抗压强度最大值为 64.6 MPa,最小值为 61.3 MPa,平均值为 62.9 MPa。抗拉试件 1 组(6 个),28 天抗拉强度最大值为 12.7 MPa,最小值为 11.0 MPa,平均值为 11.7 MPa。环氧砂浆抗拉试件 1 组(3 个),28 天抗压强度平均值为 93.1 MPa。现场压水试验检测域随机抽样共 3 个测点,经检测裂缝透水率最大值为 0.6 ml/min,最小值为 0.35 ml/min,平均值为 0.45 ml/min,施工质量良好。取芯检测现场随机抽样 3 个测点,经检测环氧树脂化学灌浆注浆饱满率平均值为 98.9%。

二滩水电站表孔雷锋环氧灌浆项目于 2010 年 4 月下旬完成,共计完成裂缝灌浆工程量 719.94 m。2014 年上半年汛前检查,经过 4 个汛期的运行,表孔闸墩裂缝处理部位完好。

5 结 语

表孔闸门液压杆支承点等应力复杂、钢筋布置密集等区域大体积混凝土若出现裂缝,应重点关注,及早处理。分期浇筑混凝土之间密实度较差,一般容易产生裂缝,雨水和潮气将侵入后会影

数据交换平台的容灾备份是数据平台后续建设中必须关注的重点问题。

参考文献:

- [1] 关于印发《电力行业信息系统等级保护定级工作指导意见》的通知. 电监信息[2007]44 号
- [2] 关于印发《电力行业信息系统安全等级保护基本要求》的通知. 电监信息[2012]62 号
- [3] 王德文. 基于云计算的电力数据中心基础架构及其关键技术. 电力系统自动化, 2012. 11
- [4] 张瑜. 内蒙古电力信息系统容灾中心建设及应用分析. 内蒙

(上接第 108 页)

13、14 日经公司与成都市、双流县水务部门及都江堰管理局反复协商,并经过试验,最终确定了在每天用水低谷时段,间歇式开启冲砂放空洞 6~8 小时泄洪冲砂的运行方式。7 月 15 日都江堰仰天窝监测到的浊度已降至 7 000,16 日降至 4 000 以下,17 日成都中心城区和双流县恢复正常供水。紫坪铺水库正常泄洪冲砂调度运行对下游中心城区及郊县的自来水生产已完全没有影响。

5 结 语

响钢筋的强度和耐久性。

新型低黏度环氧灌浆材料就综合了环氧树脂浆材的高强度、高粘接力和聚氨酯浆材的良好韧性等优点,具有较高的抗拉、抗压、粘结和变形性能,关键在于可灌性好,能够灌入 0.1~0.2 mm 的细微裂缝,提高了裂缝封闭、补强加固的可靠性。

关于灌浆压力的控制,笔者参考国内众多施工建议,灌浆压力一般控制在 0.3~0.5 MPa。但裂缝有不同程度的析出物沉积时,一般需要将灌浆初始压力提高到 1~2 MPa,方能保证灌浆饱满。

表孔溢流面等过水部位裂缝处理后,应将结构表面打磨平整,同时在表面涂刷一层环氧涂层,以降低表面糙率。

参考文献:

- [1] 中国水利水电出版社:《二滩水电站工程总结》2005 年
- [2] 《水工建筑物化学灌浆施工规范》(DL/T 5406-2010)
- [3] 《混凝土裂缝用环氧树脂灌浆材料》(JC/T 1041-2007)

作者简介:

杨银辉(1983-),男,湖南长沙人,工程师,二滩水力发电厂水工部主任工程师;

闵四海(1976-),男,湖南常德人,工程师,二滩水力发电厂水工部副主任。

(责任编辑:卓政昌)

古电力技术,2012. 6

- [5] 刘平光. 防患于未然——北方电力本地/异地容灾系统建设的实践. 中国电力企业管理,2009. 12

作者简介:

张 竞(1982-),男,四川成都人,毕业于四川大学电力系统及其自动化专业,硕士,高级工程师,主要从事综合自动化系统及通信系统应用、管理工作;

宁 慧(1984-),女,河北大名,毕业于电子科技大学通信工程专业,硕士,工程师,主要从事信息化系统管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

本次降雨过程中,7 月 9 日为紫坪铺水库投运以来最大的单日面雨量 35 mm;7 月 10 日日均入库流量 2 816 m³/s,本次洪水过程的洪峰流量 4 231 m³/s 和单日洪量 2.50 亿 m³ 均为投运以来最大,也是 1964 年百年一遇的大洪水以来岷江上游遭遇的第二大洪水。

作者简介:

黄小丹(1982-),女,四川成都人,硕士,工程师,主要从事水库调度及水文水资源研究工作;

滕 飞(1982-),男,天津人,硕士,工程师,主要从事水利水电工程建设项目管理工作。

(责任编辑:卓政昌)