

化学灌浆技术在小湾水电站工程中的应用

陈维东¹,曹艳华²,熊波³

(1. 华能澜沧江水电有限公司小湾水电厂,云南 大理 675702;
2. 南京市市政设计研究院有限责任公司,江苏 南京 210008;3. 葛洲坝集团基础公司,湖北 宜昌 443002)

摘要:小湾水电站坝身段出现了不可视裂缝,用水泥灌浆法难以满足要求,故采用化学灌浆法进行处理。根据对裂缝的检查情况,坝前布置 4 排斜孔灌浆,坝后布置 3 排斜孔灌浆。具体介绍了灌浆材料的选择及化学灌浆技术的施工工艺,并进行灌后质量检查。结果表明,采用化学灌浆技术处理不可视裂缝,裂缝处的大坝刚度得到了恢复和提高,从而提高了坝体的耐久性。

关键词:裂缝;化学灌浆;施工工艺;小湾水电站

中图分类号:TV543+.2 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2010)S1-0095-03

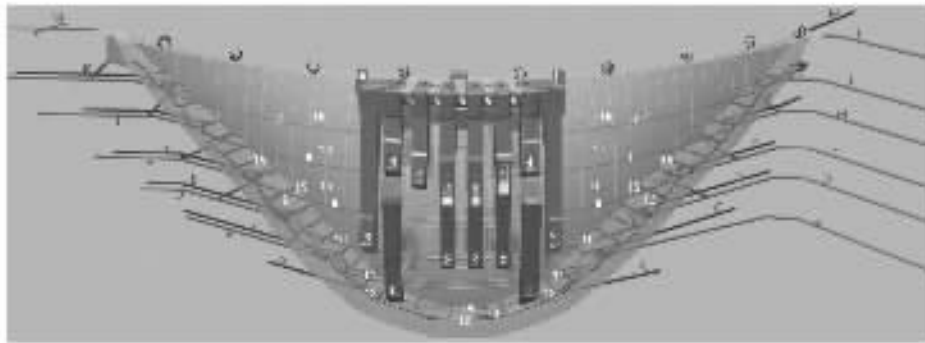
1 工程概况

小湾水电站位于云南省西部南涧县与凤庆县交界的澜沧江中游河段(在干流河段与支流黑惠江交汇处下游 1.5 km 处),系澜沧江中下游河段 8 个梯级电站中的第 2 级。小湾水电站拱坝三维透视图见图 1,该工程由混凝土双曲拱坝、坝后水垫塘及二道坝、右岸地下引水发电系统及左岸泄洪洞组成。大坝为混凝土双曲拱坝,坝顶拱中心线弧长为 901.771 m,拱冠梁顶宽为 12 m,拱冠梁底宽为 72.912 m,厚高比为 0.25。最大坝高为 294.5 m,坝顶高程为 1 245.00 m,坝底高程为 950.50 m,建成后将是世界上最高的双

曲拱坝。水库库容为 $1.4914 \times 10^{10} \text{ m}^3$,电站装机容量为 4 200 MW,由 6 台装机容量为 700 MW 的机组组成。小湾水电站工程属大(Ⅰ)型一等工程,永久性主要水工建筑物为一级建筑物。工程以发电为主,兼有防洪、灌溉、养殖和旅游等综合利用效益,水库具有不完全多年调节能力,系澜沧江中下游河段的龙头水库。

2 坝体开裂情况

目前揭示规模较大的拱坝混凝土裂缝主要分布在 11~32 号坝段、1 100.00 m 高程以下,裂缝在平面上基本接近平行拱圈方向分布,沿拱圈厚度方向在



1. 坝顶高程 1245.00m,坝顶宽 12m,拱冠梁底宽 72.912m,厚高比 0.25。	2. 坝体混凝土强度等级 C25,抗渗等级 W4。	3. 坝体混凝土浇筑强度 120m³/m²·h。	4. 坝体混凝土浇筑温度 15~25℃。
5. 坝体混凝土浇筑时间 2005.10~2006.10。	6. 坝体混凝土浇筑部位 坝体上游面、坝体下游面、坝体内部。	7. 坝体混凝土浇筑方法 泵送浇筑。	8. 坝体混凝土浇筑设备 混凝土泵车、混凝土输送管。
9. 坝体混凝土浇筑质量 符合设计要求。	10. 坝体混凝土浇筑安全措施 设置安全网、安全带。	11. 坝体混凝土浇筑环境保护 设置防尘网、防尘带。	12. 坝体混凝土浇筑文明施工 设置文明施工标志、文明施工设施。

图 1 小湾水电站拱坝三维透视图

中部区域较为集中,在拱圈方向有一定的连通性,高程方向近铅直向且较为连通。小湾水电站工程发电后,上游蓄水到高程 1 190.00 m,上下游水位差为 190 m,一旦坝体内有裂缝,由高水位差产生的扬压力和裂缝产生的渗透压力对坝体的稳定相当不利,严重情况下会有溃坝的可能。

3 化学灌浆的含义及灌浆机理

3.1 化学灌浆的含义

化学灌浆是指利用灌浆设备将化学浆液渗透灌入混凝土缝隙、各种岩体裂隙及各种松散地层中,利用化学浆液能在较短的时间内固结的性质,使松散或破碎的围岩、混凝土结构或散粒体胶结成连续体,恢复结构的整体性,达到补强加固或防渗堵漏之目的^[1-2]。

3.2 灌浆机理

结构补强以“灌”为主,采用化学灌浆的目的是使整治部位的抗压、抗拉、黏结、抗老化等物理力学指标达到该工程的技术标准。

防渗堵漏以“截”为主,按国家规范要求,迎水面处理应以“截”为主,一般的无机材料如水泥、混凝土难以满足要求,而新型化学材料有良好的浸润性和黏结性。因此,该工程裂缝采取了化学灌浆的方法^[3-8]。

4 灌浆材料的选择

根据小湾水电站工程其他坝段的灌浆情况及裂缝特征和结构补强要求,此次灌浆拟采用 HK 系列化学灌浆材料。HK 系列低黏度环氧灌浆材料固化产物强度较高,产品为 A、B 双组分,操作方便,可以对微细混凝土裂缝进行灌浆处理,从而达到防渗漏强加固的目的。HK 化学灌浆材料的物理力学性能指标见表 1,其特点如下:①黏度小,可灌性好,可以灌注 0.2 mm 左右的细缝。②和混凝土的黏结强度高,一般都大于混凝土本身的抗拉强度。③浆液固化后的抗压强度和抗拉强度高,有较强的加固作用。④浆液具有亲水性,对潮湿基面的亲和力好。⑤凝固时间可以调节,范围可在数小时至十小时之内。

不同组分比例黏度变化曲线见图 2,图中 m_A 和 m_B 分别为 A、B 组分的质量。根据各部位灌区裂缝

性状及串通情况,灌浆材料生产厂家建议 $m_A:m_B=7.5:1$,在达到表 1 物理力学性能指标要求的基础上,需满足灌区灌浆所需的材料流动性及可操作时间要求。

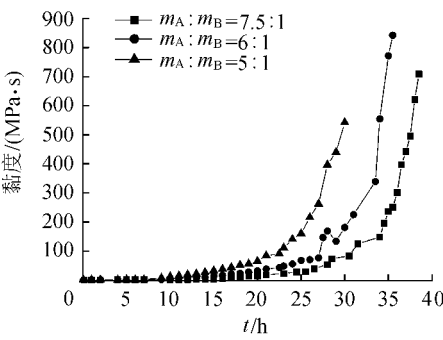


图 2 不同组分比例黏度变化曲线

5 钻孔及灌浆设备

a. 灌浆孔钻孔采用 XY-2 型地质回转钻机进行造孔施工,XY-2 地质回转钻机是一种体积小、质量轻的中浅孔岩芯钻机,它具有质量轻、性能优良、装机功率大、应用广泛、通用性强等优点。

b. 灌浆设备采用 SNS-10/6 化学灌浆泵施工,该化学灌浆泵采用 3 个柱塞工作,流量和压力稳定,可靠性高。其工作参数为:无极变速器功率为 1.5 kW,流量为 2.2 ~ 11 L/min,额定工作压力为 6 MPa,进口胶管直径为 13 mm,出口胶管直径为 8 mm,质量为 100 kg。

6 施工工艺

化学灌浆的施工工艺主要包括以下几个步骤:测量放样→钻孔→单点法压水→封闭压水→孔内埋管→浆液配制→灌浆→待凝→扫孔→封孔→灌后质量检查。

6.1 测量放样

24 号坝段高程 1 010.00 m 廊道以坝段的横缝为控制线,根据设计图纸上的灌浆孔间距由技术人员测量放出各孔的具体孔位,并用红油漆标记,同时注明各灌浆孔的编号、倾角、方位角及孔深。

24 号坝段坝后贴角高程 989.00 m,高程 984.00 m,高程 979.00 m 的灌浆孔,由测量人员根据设计图纸

表 1 HK 化学灌浆材料物理力学性能指标

项目	浆液密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	初始黏度/ ($\text{MPa}\cdot\text{s}$)	可操作 时间/h	抗压 强度/MPa	抗拉强度/ MPa	黏接强度/ MPa	表面张力/ ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$)
控制值	> 1	< 30	> 0.5	≥ 65	10	≥ 3 干黏接,砂浆面断) ≥ 2 湿黏接,黏接面断)	
实测值	1.08(混合)	15(混合)	4 ~ 8	> 90	11 ~ 14	> 3 干黏接,砂浆面断) > 2.3 湿黏接,黏接面断)	29.0 ~ 32.5

注:抗压强度的实际数据是指生产以来的 28 d 抗压强度数据。

测深曲线,并根据测深曲线的拐点来判断。

5 海塘堤身质量分析与验证

根据视电阻率剖面曲线及高密度电阻率色谱图对该段海塘堤身质量情况做如下分析:①整段海塘视电阻率变化较大,堤身土质不均匀,其中 101 400 ~ 101 842 段堤身土质以粉质黏土为主,101 842 ~ 102 159 段堤身土质以粉砂土为主。② 101 882 ~ 101 896,101 922 ~ 101 946 段视电阻率在 102.463 ~ 174.699Ω 之间,堤身土质中粉细砂含量可能较高,特别是 101 938 ~ 101 946 段可能存在松散夹层。③ 102 149 ~ 102 159 段视电阻率在 117.609 ~ 282.344 Ω 之间,电阻率突变异常,堤身介质中块石或砂含量可能较高。④根据高密度电阻率色谱图,102 154 ~ 102 156 段堤身土体中可能存有松散体或浅埋洞穴,也可能因为海塘建在坡度较缓的青山山体之上造成视电阻率偏高。

对探出的异常堤段中 101 896,101 922,101 943,102 024,102 155 和 102 162 桩号处进行钻探取样,对堤身质量相对较均匀的 101 520 及 101 992 桩号处进行钻探取样,对可能存在松散体或洞穴的 102 155 桩号处进行开挖,钻探取样或开挖结果表明探测结果基本准确,但对于埋深在 0.5 m 以内的表层坑洞和

次制造的裂缝隐患,视电阻率变化不大,由此表明该仪器难以探测到浅表隐患。

6 结 语

使用 FD2000 分布式智能堤坝隐患综合探测仪能较好地定性反映不同土质及其分布情况,能较好地反映不同土体的横向分界点,能根据高密度电阻率色谱图大致判断出某个点不同土层的纵向分界情况,能根据视电阻率剖面曲线波动情况判断隐患分布,对未硬化处理的堤段探测有一定的作用。但该仪器对探测位置较深(5 ~ 10 m 以下)的基础,探测准确度有待试验确定。

由于钱塘江海塘历史悠久且历代均有修筑,堤身地质情况复杂,土质相对不均匀,对探查结果的分析 and 判断较为困难,建议进行其他方法的探测试验。

参考文献:

[1]王兴泰.工程与环境物探新技术新方法[M].北京:地质出版社,1996:171-175.
[2]田瑛.物探技术在地下隐蔽物探测中的应用初探[J].地质灾害与环境保护,2003,26(2):45-46.
[3]葛双成,江影,颜学军.综合物探技术在堤坝隐患探测中的应用[J].地球物理学进展,2006,21(4):23-24.

(收稿日期 2009-09-11 编辑 骆超)

(上接第 97 页)化学灌浆结石没有很好的取出。根据高程 1010.00 m 检查廊道取芯情况,重新在 1010.00 m 检查廊道布置 3 个检查孔,改进钻孔工艺和方法,这 3 个检查孔内混凝土裂缝化学灌浆浆液结石与混凝土胶结紧密。③24 号坝段试验区从检查孔取芯到压水试验、灌浆质量均满足设计要求。

7 结 论

- a. 由于浆液密度及流动性与水的差异,且灌区面积较大、孔较深,压力在灌浆过程中由低往高,容易导致出浆不畅,建议在其他坝段大面积灌区施工时适当增大灌浆压力。
- b. 用化学灌浆法处理非可视裂缝,裂缝处的坝体刚度得到了很好的恢复和提高,从而提高了坝体的耐久性。
- c. 灌浆材料为液体,浆液在裂缝中可以很好的流动,其凝固时间可以根据浆液浓度控制。从灌后质量检查来看,裂缝渗水性得到了有效的控制。
- d. 将裂缝描述清楚很重要,在灌浆之前要查清

裂缝的分布、缝宽、缝深等情况,这是采取正确、有效的灌浆措施的前提和关键。

参考文献:

[1]杨学红,胡志根.古洞口电站大坝趾板贯穿性裂缝化学灌浆处理[J].人民珠江,2002(1):14-24.
[2]郭云富,张志辉.化学灌浆技术在红山水库泄洪洞裂缝修补中的应用[J].内蒙古水利,2002(1):61-62.
[3]范光华.化学灌浆技术在锦屏一级电站工程中的试验研究[J].广西水利水电,2002(3):8-11.
[4]侯国锋,程俊利.化学灌浆在龙滩导流洞衬砌混凝土中的应用[J].人民长江,2005,36(5):2-3.
[5]李忠民.化学灌浆在水电工程混凝土裂缝处理中的应用[J].水利水电施工,2002(2):52-54.
[6]孙义勇,邱敏.某坝块混凝土裂缝及层间缝化学灌浆[J].人民长江,2003,34(3):10-11,21.
[7]涂建湘,周剑桥.凌津滩水电站坝体横缝漏水化学灌浆处理[J].长江科学院院报,2000,17(6):76-77.
[8]李春云.冶勒水电站引水隧洞渗水化学灌浆处理[J].水电站设计,2004,20(2):56-57,60.

(收稿日期 2009-05-19 编辑 骆超)