

仙居抽水蓄能电站下水库土石围堰防渗施工技术

卢文平,贾群超,陈 金

(中国人民武装警察部队水电第五支队,江苏 常州 213135)

摘要:仙居抽水蓄能电站下水库土石围堰运用了塑性防渗墙、复合土工膜心墙、帷幕灌浆3种防渗技术,通过优化施工方案,使3种防渗结构紧密结合,共同发挥作用,较好地处理了接缝渗漏施工问题,围堰运行期间渗流较小(约30 m³/h),取得了良好的防渗效果,为后续基坑施工创造了良好条件,大大节约了施工成本。

关键词:土石围堰;下水库;塑性防渗墙;复合土工膜心墙;帷幕灌浆;仙居抽水蓄能电站

中图分类号:TV551.3⁺1 文献标志码:B 文章编号:1006-7647(2014)S1-0011-03

1 工程概况

浙江仙居抽水蓄能电站位于浙江省仙居县境内,主要由上水库、输水系统、地下厂房、地面开关站及下水库等建筑物组成。仙居抽水蓄能电站下水库进/出水口和泄放洞进口位于已建的下岸水库内,为给下水库进/出水口施工区域创造干地施工条件,需修建下水库进/出水口围堰(以下简称下水库围堰)。下水库围堰位于下水库进/出水口所在冲沟的两凸起山脊之间,距下水库大坝约300m,轴线方向为NW 47°。下水库围堰轴线长240.0m,堰顶高程为213.3m。

1.1 工程地质情况

堰址所处下岸水库水面宽 200 m 左右,东南侧山顶高程约 315 m,山坡坡度 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$;北侧山高坡缓,坡角 $28^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。堰址区正常蓄水位以上区域除东南端局部有人工堆渣堆积较厚外,大部分地区覆盖层较薄,基岩裸露,地表呈强~弱风化,块状~次

块状结构,下岸水库正常蓄水位线以下表层分布厚约 40 cm 的淤泥质土,下部多为第四系覆盖层,以坡洪积的碎石土为主,颗粒直径 3 ~ 10 cm,最大可达 15 cm 以上。两岸坡覆盖层厚一般 3 ~ 5 m,库底厚度可达 7 m。下伏基岩为高坞组下段(J_{3g1})灰紫、灰白色晶屑熔结凝灰岩,块状~次块状结构,堰基无全风化层分布,强风化层厚一般 2 ~ 5 m,局部断层破碎带附近强风化层厚度大于 25 m。围堰附近断层较发育,主要有 f1、f8、f12、f5 等,f1 为区域性断层,从围堰西侧经过,断层影响带宽度较大,附近岩体破碎。

1.2 下水库围堰防渗结构

下水库围堰最大高度 41.3 m,采用土石结构形式,防渗墙施工平台 193.50 m 高程以下为水下填筑部分,193.50 m 以上为水上填筑。堰体在 193.50 m 以下采用塑性混凝土防渗墙、帷幕灌浆,193.50 m 以上采用土工膜防渗心墙的防渗结构形式,防渗结构如图 1 所示。

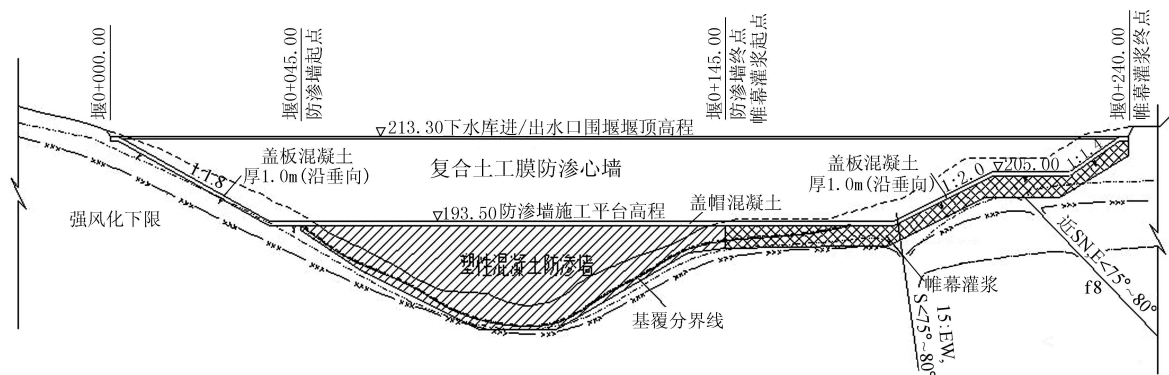


图 1 下水库围堰防渗结构示意图

作者简介:卢文平(1983—),男,江西万安人,工程师,主要从事施工管理工作。E-mail: 253631537@qq.com

2 塑性混凝土防渗墙施工技术

d. 围堰防渗体系与围堰两岸坡岩基面的处理也是关系防渗效果的重要因素,围堰右岸混凝土齿槽开挖面需出露相对隔水层,围堰右岸断层 f5、f8 部位覆盖层较厚、透水性好,齿槽混凝土浇筑完成后需进行帷幕灌浆处理。

2 塑性混凝土防渗墙施工技术

根据工程地层特点,防渗墙钻孔设备主要选用 CZ-30 型冲击钻机,该钻机对本工程地层渗透性不大和漂石、孤石等含量不太高及岩石硬度不大的特点有较好的适应性,便于操作和维护。防渗墙成槽施工方法采用钻劈法^[1]。

施工准备→施工平台及导向槽修建→造孔、泥浆固壁→终孔及清孔→墙体混凝土浇筑。

2.3.1 施工平台及导向槽修建

围堰水下填筑至防渗墙平台高程后,修整平台面及碾压密实表层回填渣料,采用挖掘机沿防渗墙轴线开挖成断面为宽4 m、深1.5 m的深槽,并将导墙基础用反铲来回碾压密实,再布筋立模浇筑导向槽、倒浆平台及钻机施工平台,防渗墙施工平台见图2。

本工程泥浆采用优质黏土料(利用工区开挖料储备)与膨润土掺配拌制而成,膨润土掺配量 60 ~ 80 kg/m³,采用 LSJ1500 型旋流立式高速搅拌机搅拌生成泥浆固壁。

槽孔终孔时机的把握是防渗墙深入相对隔水层的关键,本工程防渗墙以深入弱风化岩体为原则,施工按两个要素控制,一是钻机连续工作 4 h,而进尺少于 10 cm;二是提取泥浆渣样品,查看岩性是否弱风化岩渣。

槽孔清孔采用冲击反循环钻机泵抽吸,反循环清孔时,将排渣管下入孔内,排渣管底口距离孔底50~100 cm,启动砂石泵,孔底浆渣被泵吸出孔外至泥浆净化系统,被净化后的泥浆流回槽孔内,同时向槽内不断补充新鲜泥浆。清孔时下入钻头不断搅动孔底沉积物,以彻底清除沉渣。

墙体混凝土浇筑采用直升导管法浇筑水下混凝土。槽孔清孔验收合格后下设混凝土浇筑导管,导管外露端设 V 型集料斗,开始浇筑时需计算第一批料所需量,第一批料入槽后以导管埋入混凝土深度 1.0~6.0 m 为宜,后续浇筑控制导管埋入混凝土的深度,混凝土入仓,提升导管,逐步浇筑完成。混凝土终浇顶面应高于设计高程 0.5 m,以便于凿除含杂质的顶面混凝土。

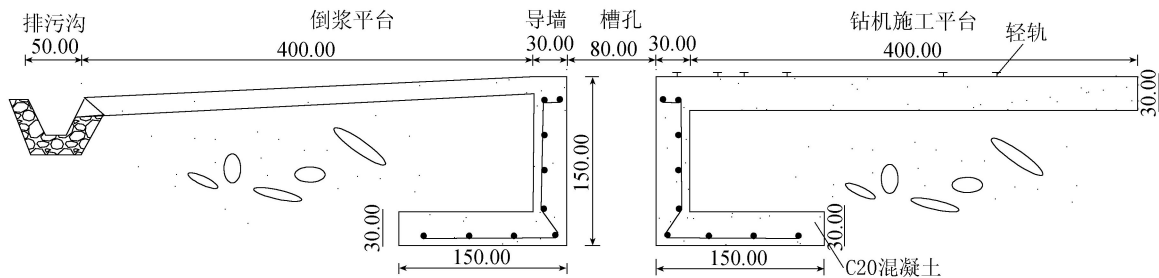


图2 防渗墙施工平台结构示意图(单位:cm)



图3 槽段划分示意图(单位:cm)

3 复合土工膜防渗心墙施工技术

下水库围堰 193.50 m 以上采用土工膜防渗心墙,复合土工膜选型为 400 g/0.8 mmPE/400 g 和 400 g/1 mmPE/400 g 两种,复合土工膜两侧设垫层料、过渡料,Z 字形土工膜布置形式见图 4。

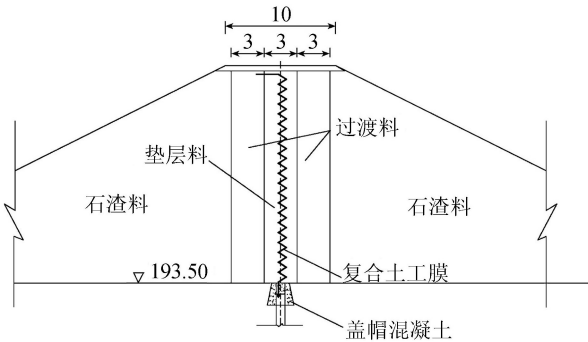


图 4 复合土工膜防渗结构(单位:m)

复合土工膜施工随着堰体石渣料填筑同步进行,土工膜采取 Z 字形上升方式施工。施工时,先对土工膜上游侧已填垫层料边线进行修整,土工膜紧贴修整的垫层料坡面进行铺设,然后铺筑土工膜下游侧(或上游侧)过渡料。如此循环,直到土工膜铺设完成,土工膜沿围堰轴线方向每隔 15 m 设置一道伸缩节。

土工膜底部埋入盖帽混凝土(左右堰头刺槽内为混凝土基础板)50 cm,与混凝土板连接采用端头裹 $\varnothing 25$ 钢管锚固的形式,当混凝土结构施工到相应部位时,盖帽混凝土浇筑前按设计要求在仓内焊样架将裹有土工膜的钢管固定在仓内,在左右堰头刺槽内混凝土基础板浇筑前直接将裹有土工膜的钢管固定在锚杆上,然后验仓浇筑混凝土;混凝土浇筑时,土工膜两侧振捣密实,防止渗水从岸坡两端渗漏。土工膜与混凝土结合部施工方法见图 5。

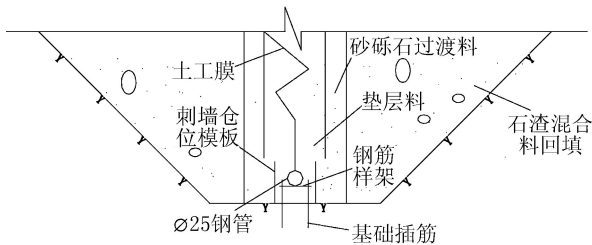


图 5 土工膜与混凝土结合部施工方法示意图

4 帷幕灌浆施工技术

4.1 施工工艺流程

钻孔→钻孔冲洗及压水试验→灌浆→灌浆结束及封孔。

4.2 主要施工方法

4.2.1 钻孔

在浇筑完成的盖板混凝土上搭设钻机施工平台,钻孔采用地质钻机;先导孔、灌后检查孔钻孔采用地质回转钻机,根据地层情况选用金刚石钻头或硬质合金钻头钻进。

4.2.2 钻孔冲洗及压水试验

钻孔结束后应采用大水量进行钻孔冲洗,若冲洗不彻底,将调整水压或采用风水联合冲洗。先导孔进行单点法简易压水试验。

4.2.3 灌浆

围堰堰肩帷幕灌浆以围堰轴线(盖板混凝土轴线)为轴线,设计为单排帷幕孔,帷幕灌浆分 3 序进行施工;先施工一序孔(在一序孔中先施工先导孔),再施工二序孔,最后施工三序孔。帷幕灌浆孔位布置如图 6 所示。

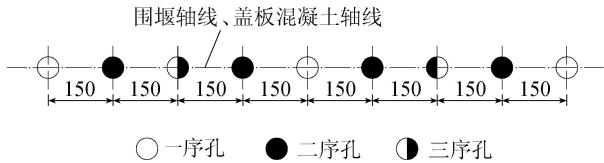


图 6 帷幕灌浆布孔(单位:cm)

4.2.4 灌浆结束与封孔

灌浆结束标准:在设计压力下,当注入率不大于 1 L/min 后继续灌注 60 min,灌浆即可结束。灌浆封孔采用分段压力灌浆封孔法或全孔压力灌浆封孔法。

5 经验总结

a. 复合土工膜采用 Z 字形布置,复合土工膜布设施工困难,施工所需工期较长,为解决复合土工膜的保护难题,本工程通过优化设计方案,将土工膜两侧垫层料由小于 8 cm 的砂砾料变更为天然砂,减小了施工难度,加快了施工进度。

b. 围堰施工工期紧,施工工序多,且相互交叉制约,施工过程中需加强施工管理。本次围堰施工过程发生多次施工准备不到位而影响施工进度问题:一是帷幕灌浆工艺性试验未提前开展;二是复合土工膜选型滞后,土工膜焊接工艺试验未及时组织;三是复合土工膜心墙施工影响施工道路,193.50 m 以上施工时需在围堰心墙上下游两侧开辟施工道路,本工程主要使用栈桥连接两侧。

c. 围堰施工布置尤为关键,本工程围堰施工期间肩负社会交通通行问题,通过优化施工方案,在围堰 193.50 m 平台上游侧延伸填筑约 8 m 宽,开通了一条连接围堰左右岸的社会通行道路。

(下转第 16 页)

抗剪强度复核: $T = V_{\max} S/Id = 17.7 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗度复核: $W_{\max} = (qa^2L^2/24EI) [(2 - a^2/L^2 - 2X^2/L^2)X/L + (X-B)^4/a^2L^2] = 13.59 \text{ mm}$ 。

综上所述型钢横梁满足施工需求。

3.2.2 型钢纵托梁受力分析

按均布荷载计算, 纵托梁受力荷载 $q = R_A/L = 99.79 \text{ kN/m}$ 。

支座反力: $q(L+2a)/2 = 488.26 \text{ kN}$ 。

剪力: $V_{\max} = qL/2 = 299.37 \text{ kN}$ 。

弯矩: $M_{\max} = qL^2(1-4(a^2/L^2))/8 = 366.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

通过挠度计算工字钢型号, 抗度小于 $L/400 = 9000 \text{ mm}/400 = 22.5 \text{ mm}$ 。

$W_{\max} = (qL^4/384EI) (5 - 24a^2/L^2) < 22.5 \text{ mm}$; 由此求得 $I > 24947.5 \text{ cm}^4$, 查工字钢特性表可得需要 140a ($I = 21720 \text{ cm}^4$), 拟布置两根 140a 工字钢。

抗弯强度复核: $\sigma = M_{\max}/W_x = 168.25 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗剪强度复核: $T = V_{\max} S/Id = 43.9 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}$, 满足要求。

抗度复核: $W = (qL^4/384EI) (5 - 24a^2/L^2) = 12.9 \text{ mm} < 22.5 \text{ mm}$ 。

综上所述型钢纵梁满足施工需求。

3.2.3 型钢支座受力分析

以 I50a 工字钢作为预支撑点, 剪力 $V_{\max} = 489.35 \text{ kN}$ 。

抗剪能力计算如下: $T = V_{\max} S/Id = 95.28 \text{ MPa} <$

(上接第 13 页)

6 结 语

浙江仙居抽水蓄能电站下水库土石围堰工程采用了塑性混凝土防渗墙、复合土工膜心墙、帷幕灌浆 3 种防渗技术, 防渗效果较好, 围堰运行期间基坑经常性排水量约 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 为后续施工创造了良好条件, 节约了施工成本。

参考文献:

[1] 王家鹏. 仙居抽水蓄能电站下水库围堰垂直防渗施工技术[C]//中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会. 抽水蓄能电站工程建设文集 2013. 北京: 中国电力出版社, 2013: 338-343.

[2] 蔡艳军, 周曦, 浅谈围堰防渗墙施工方案[J]. 企业导报, 2012(9): 261-262.

120 MPa, 满足施工要求。

3.3 贝雷片+钢管脚手架支撑系统方案

本工程主要为拦污栅墩上部现浇平台及平台梁的施工采用贝雷片+钢管脚手架进行支撑, 与检修闸门塔支撑系统荷载类似, 而贝雷片几何特性远强于工字钢, 贝雷片所能承受的力远大于工字钢所能承受的力, 因此拦污栅支撑系统采用贝雷片+钢管脚手架作为支撑, 能够满足要求。

5 结 语

在仙居抽水蓄能电站下水库混凝土施工过程中各类承重支撑灵活组合运用, 有效解决了承重结构高度大、施工作业环境条件复杂下不同承重建筑物中承重方案选择问题, 满足工程的施工要求, 加快了工程施工进度, 同时也大大减少了材料、成本的投入, 降低高空作业安全风险, 取得了良好效果。

参考文献:

[1] 宋菲菲. 结构力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.

[2] 汪正荣. 建筑施工计算手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

[3] 李云华. 钢管临时支撑和贝雷架在施工实践中的应用[J]. 山西建筑, 2011(2): 163-165.

[4] 万庆生. 采用工字钢解决高大模板支撑[J]. 建筑安全, 2014(2): 13-15.

[5] 薛磊, 孟向惠. 超高外悬挑梁板高支撑模架体系的设计及施工[J]. 建筑施工, 2012, 34(1): 59-60.

(收稿日期: 2014-10-16 编辑: 熊水斌)

[3] 何绍波. 塑性混凝土防渗墙在围堰防渗中的应用[J]. 水利水电施工, 2011(3): 61-62.

[4] 郝蕾, 任义平. 公佰峡水电站土石围堰防渗布置与施工[J]. 水力发电, 2002(8): 62-64.

(收稿日期: 2014-07-04 编辑: 熊水斌)

