

混凝土防渗墙在富水水库主坝除险加固中的应用

刘才高, 夏洪华

(中国水电基础局有限公司, 天津 301700)

摘要:富水水库主坝混凝土防渗墙建于大坝上游坝坡马道上,其墙体材料下部为混凝土,上部为特殊混凝土。介绍了该工程的施工难点、采取的技术措施、技术创新及施工平台稳定计算。

关键词:富水水库;混凝土防渗墙;除险加固;平台稳定分析;特殊混凝土

中图分类号:TV698.2⁺3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)02-0054-04

富水水库位于湖北省阳新县龙港镇,总库容16.21亿 m^3 ,是一座以防洪、发电为主,兼有灌溉、航运、围垦、水产养殖、灭螺等综合效益的大(I)型水库。大坝高程28m以下为均质土坝,以上为粘土心墙代料组合坝。心墙高程65m,坝顶高程65.5m,最大坝高46.8m,坝长941m,坝顶宽6.5m。该水库始建于1958年,属“三边”工程,由于大坝清基不彻底,基面上普遍存在2~9m的细砂、砂卵石地层,坝体渗漏严重,坝后出现管涌,减压井内水位较高。建成后又经历过几次扩建和加固,但病险没有得到妥善处理。2003年12月,由我公司中标并开始水库主坝除险加固混凝土防渗墙施工,2005年1月,主坝加固施工完毕,从根本上解决了坝体渗漏问题。共完成防渗墙面积29023.88 m^2 ,混凝土浇筑6079.92 m^3 ,特殊混凝土浇筑16892.85 m^3 。

1 主坝存在的主要问题

坝体内粘土心墙填筑质量较好,渗透系数为 $2 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,均质土坝壤土层渗透系数 $6 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,主要渗漏通道为坝下2~9m的细砂、砂卵石地层,勘探钻孔多不返水。

2 除险加固设计

主坝除险加固设计方案为垂直混凝土防渗墙,为节约工程投资,防渗墙轴线布置于大坝上游55m高程马道上,墙体深入弱风化基岩0.5~1.0m。由于上部17~39m为均质土坝,若将混凝土墙体浇至55m高程,则混凝土防渗墙轴线与粘土心墙之间的壤土层含水量在库水位降低的情况下排水不畅,会

给大坝带来新的安全隐患。为此设计混凝土墙体深入坝体壤土层内4m,混凝土以上部分采用回填粘土球,要求回填粘土球应保持与原坝体壤土层基本一致的渗透性。

3 工程特点与难点

3.1 地质条件

由于大坝底部存在2~9m厚砂层、砂卵石地层,勘探孔钻孔时多不返水,此类地层对防渗墙施工时易产生塌孔、漏浆,造成槽孔稳定问题。坝肩部位基岩面较陡,嵌岩施工难度大。

3.2 工程难度

混凝土防渗墙施工平台布置在大坝上游55m高层马道上,施工场地狭窄,设备调度不便,防渗墙要浇筑混凝土和回填粘土球两种材料难度大。

3.3 粘土球回填

招标文件要求混凝土上部进行泥浆下回填粘土球,由于粘土球无法夯实,所以很难达到设计要求的密实度,且一期槽接头部位回填体不稳定,一、二期槽易贯通,很容易造成槽孔大面积坍塌。需要进行特殊回填材料配比试验,使之既能满足设计性能要求,又能满足施工工艺要求。

3.4 施工平台稳定性

防渗轴线位于上游55m高层马道上,施工平台采用“上填下挖”的办法,即轴线下游坝体开挖3~4m,轴线上游回填5~6m。由于需跨汛期施工,对施工期大坝上游边坡及施工平台的稳定性提出了较高的要求。施工前需对施工荷载、施工期及汛期坝坡、平台稳定性进行分析,设备选型必须考虑坝坡和平

收稿日期:2007-07-03

作者简介:刘才高(1956-),男(汉族),湖北仙桃人,中国水电基础局有限公司副总工程师、高级工程师,水工专业,从事水利水电工程、基础处理工程技术及工程管理工作,天津市武清区雍阳西道86号,liucaigao@sina.com;夏洪华(1977-),男(汉族),湖北恩施人,中国水电基础局有限公司二公司市场开发部主任、工程师,水工专业,从事水利水电工程、基础处理工程技术及工程管理工作,chinaxh962@126.com。

台稳定条件。

4 主坝防渗墙施工

针对富水水库主坝防渗墙施工中的各种技术难题,我们进行了大量的试验研究和技术创新,制定了详细的施工方案。

4.1 施工期上游施工平台边坡稳定性分析、验证

为确保施工期大坝上游施工平台边坡稳定,对大坝上游边坡施工期稳定性进行了分析计算。采用简化毕肖普法,计算结果见表 1,典型的安全系数最小的滑面位置见图 1、图 2、图 3、图 4。表 1 可以看出:平台上、下游边坡及坝体整体抗滑安全系数满足规范要求,同时汛期应进行开挖边坡的回填和安全防护。

表 1 各工况的边坡安全系数

水位 /m	平台上游侧		平台下游侧		整体稳定性	
	加载 10 kPa	无载 降 7 m	加载 10 kPa	加载	加 载	水位 降 7 m
48.0	1.341	1.341	1.351	1.465		
53.0	1.341	1.341	1.342	1.528		
62.21		0.100	0.990			0.99

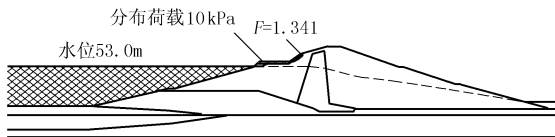


图 1 平台上侧边坡在加载工况下稳定分析成果

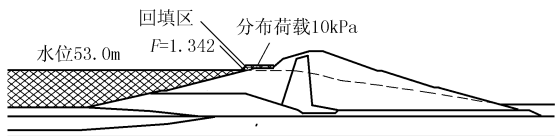


图 2 加载 10 kPa 工况下平台下游侧边坡稳定分析成果

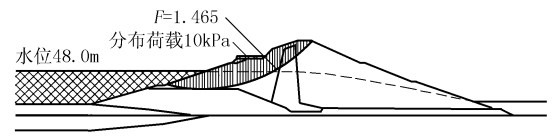


图 3 48 m 水位下开挖平台后整体边坡稳定分析成果

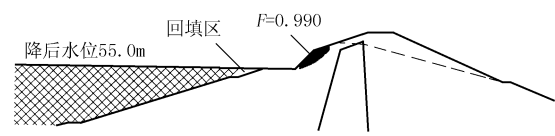


图 4 水位骤降(从 62.1 m 降至 55 m)后整体边坡稳定分析成果

实际施工证实,在汛期水位 54.5 m 及枯水期水位变化过程中,施工平台上下游边坡及平台整体是稳定的。但在施工过程中,必须做好以下工作:

(1)严格控制平台荷载,避免回填边坡边缘地带出现集中荷载;

(2)开挖边坡和回填边坡必须采取措施进行有效的防护;

(3)为确保大坝安全,汛期前应将开挖边坡回填。

4.2 设备选型

根据本工程地层情况,结合坝坡稳定分析成果,我们选用了冲击钻配合液压抓斗成槽法,投入的成槽设备为:GB24 型、BH-12 型液压抓斗各 1 台,CZ-30 型冲击钻机 6 台。冲击钻主要施工靠近坝肩基岩面较陡峭部分及接头施工。

实际施工证明:采用抓斗进行施工,利用图 5 所示的施工平台,上下游边坡和坝体是安全的,未发生塌方等事故。

4.3 特殊混凝土材料配合比试验

招标文件要求大坝壤土层中防渗墙墙体采用泥浆下回填粘土球,由于粘土球无法夯实,很难达到设计要求的密实度,由于粘土球回填体的不稳定,一、二期槽上部极易贯通,很容易造成槽孔大面积坍塌,造成更大的安全隐患,为此我们进行了新型墙体材料的配比试验。力求既满足设计要求,使回填材料的渗透性等物理性能接近原坝体填土,又能满足泥浆下浇筑要求。经多方论证,决定使用含粘土成分较多的特殊混凝土。

试验时由于材料中的粘土成分较多,拌和物粘性较大,扩散性能不好,不利于防渗墙的浇注施工。因此将坍落度控制在 240~270 mm。以砂浆沉入度为指标进行控制,当坍落度在 240~270 mm 之间变化时,沉入度的变化范围为 80~120 mm 之间。成型试件静置 48 h 后拆模,并移入标准养护室养护至试验龄期,进行硬化性能试验。

在大量室内试验基础上,选定了特殊混凝土的配合比为(1 m³ 材料用量):水泥 43 kg(水泥含量 3.0%),壤土 717 kg,水 450 kg,砂 717 kg。

经试验,上述特殊混凝土各项指标均和坝体心墙填料指标基本一致,满足设计要求,做到了施工中可行、技术上可靠、经济上节约,经监理工程师批准实施。

4.4 混凝土防渗墙槽孔建造

4.4.1 嵌岩深度

为确保嵌岩深度满足设计要求,防渗墙基岩鉴定以抓斗实际抓出或冲击钻机抽筒抽出的岩样并结合先导孔补充地质勘探揭示的地质情况,参考设计

蓝图给定的地质资料综合确定。实际操作时,从进入设计基岩面开始每 20 cm 左右取样一次,直到所取岩样及入岩深度满足设计要求时终孔。

4.4.2 槽孔稳定分析

混凝土防渗墙轴线位于上游 55 m 高程马道上,坝体处于库水浸泡过,加之轴线上游侧施工平台为回填体,防渗墙成槽机械施工、混凝土浇筑时槽孔稳定性尤为重要。在一定荷载和地下水位下,槽孔内壁泥皮能承受槽壁土体和地下水的侧向应力之和,并具有一定的安全系数,成槽过程对土体的冲击、切削、振动可能引起的槽孔的局部失稳,不影响整个槽孔的稳定,则孔壁稳定满足要求。计算表明:在本工程中,当孔壁处于最不利工况时,即地下水位与孔口平齐,荷载最大时,槽孔稳定安全系数为 2.65,满足规范要求。同时施工过程中,也未发生槽孔坍塌事故。

4.4.3 固壁泥浆与清孔换浆

本工程采用优质膨润土泥浆固壁,配合比为:水:膨润土:纯碱 = 1000: 80: 3。清孔换浆以气举法为主,槽孔终孔验收合格以后,GB24 抓斗和冲击钻直接捞取或采用抽筒直接抽取槽底大颗粒沉渣,然后采用 3 m³ 空压机气举置换法清孔。膨润土泥

浆固壁及气举法清孔满足行业规范及招标文件要求。

4.4.4 墙段连接

混凝土防渗墙墙段连接关系到成墙质量,常规方法有“接头管法”、“钻凿法”、“双反弧法”等,经过对施工场地、地质条件、墙体材料等进行对比分析后决定采用“钻凿法”。上部特殊混凝土凝结以后(约 72 h)开始钻凿接头孔,可以保证接头质量,孔口不容易坍塌。且由于下部混凝土墙体深度占整个墙体 1/3 ~ 1/4,其他为低强混凝土墙,“钻凿法”施工接头工效较高。

4.5 抓斗成槽、混凝土浇筑时大坝基础稳定性监测

为了解液压抓斗成槽及混凝土浇筑施工对大坝基础稳定的影响,监视建筑物的安全运行,我们对边坡深部水平位移及地表位移进行了监测。

开工前,选定一个断面,在防渗轴线上下游侧适当距离用 XY-1 型地质钻机施工测斜孔,埋设测斜管,在抓斗抓挖过程中每开挖 10 m 观测一次,槽孔浇注混凝土及回填材料时分 2 次观测,浇注到 15 m 时观测一次,浇注完成后观测一次。观测孔布置示意图见图 5。

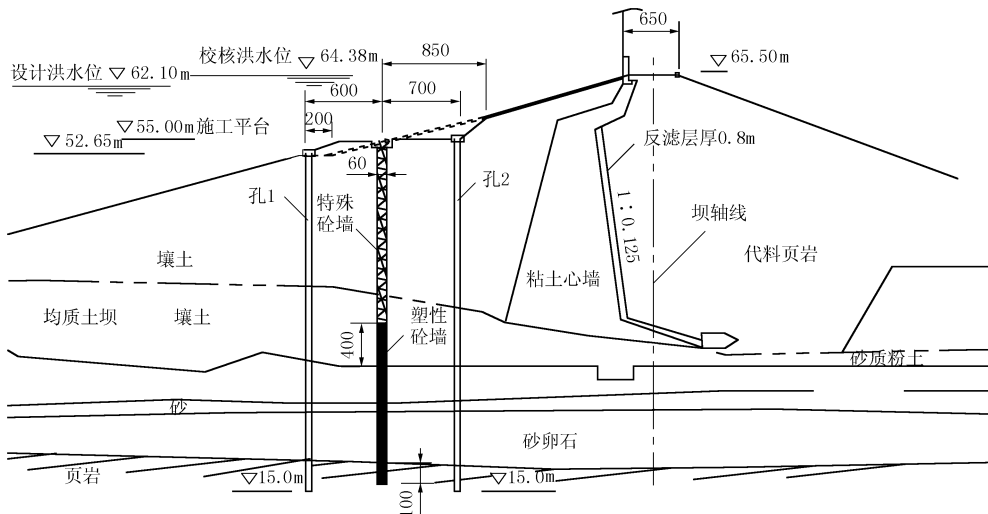


图 5 测斜观测孔断面布置示意图

地表位移主要利用设置在坝坡的地表观测点进行监测,每个槽孔设一观测断面,每一断面设 2 个观测点,防渗墙轴线前后各设 1 个观测点。观测点安装在干砌石下部的坝体土上,用水泥砂浆固结保护好,每天进行 1 ~ 2 次观测。

观测资料证明:成槽及浇筑过程中土体的相对位移 < 0.2 mm,最大累计位移为 4.31 mm,土体变形都向坡外(水库内)方向。因此成槽及浇筑过程

中坝体内部的变形极为微小,对大坝基础稳定基本没有影响。

4.6 特殊混凝土浇筑工艺

为确保上部特殊混凝土施工质量,拟用混凝土浇筑导管直接浇筑特殊混凝土。为此进行了特殊混凝土浇筑工艺研究。

(1) 浇筑导管的布置方式不变,混凝土浇筑完毕随后利用导管浇筑特殊混凝土。因为特殊混凝土

浇筑较深,未拆卸的导管还很长,若拆卸后重新下管,时间较长,这对槽孔稳定不利。

(2)混凝土墙体深入坝体壤土层内4 m,当混凝土浇筑终浇高程高于设计高程1 m左右后,起拔导管,使导管底部高于设计墙顶线0.5 m,换用特殊混凝土浇筑,普通混凝土和特殊混凝土在搭接部位形成混合体。这样既确保了混凝土和特殊混凝土的有效搭接,又保证了混凝土中无夹泥,墙体连续。

5 墙体质量检查

5.1 墙体材料取样检测

每个槽孔浇筑过程中,机口随即取样检测,混凝土28天抗压试件共114组,抗压强度最大值为6 MPa,最小值3.6 MPa,平均值4.0 MPa,标准偏差0.28 MPa,离差系数0.069;混凝土抗渗试件共23组,渗透系数最大值 4.26×10^{-7} cm/s,最小值 5.9×10^{-8} m/s,平均值 2.88×10^{-7} m/s;混凝土弹性试件共4组,弹性模量最大值1515 MPa,最小值652 MPa,平均值962.9 MPa;砂浆混凝土抗渗试件114组,渗透系数最大值 2.9×10^{-5} cm/s,最小值 8.06×10^{-6} cm/s,平均值 1.24×10^{-5} cm/s,符合设计要求。

5.2 墙体钻孔取心检测

为进一步检测防渗墙墙体质量,混凝土浇筑28天以后,湖北省质检中心站在桩号0+162.5、0+805等5个部位进行了钻孔取心检查。取出的特殊混凝土心样呈浅白至淡黄色,多呈15~50 cm的长柱状,连续且结合紧密。混凝土心样多呈5~25 cm的中短柱状,少量比较破碎,表面较光滑,胶结密实。混凝土和特殊混凝土之间有一层混合层,厚50 cm

左右,颜色至青灰色,胶结良好,心样为中长柱状。混凝土底部与页岩胶结良好,未见泥质、碎屑等杂物。从取出的心样看,墙体浇注质量好,质地均匀,无空洞窝裹现象。心样性能参数如表2。

表2 防渗墙检查孔心样抗压、抗渗性能统计表

项目	混凝土			特殊混凝土
	抗压强度 /MPa	抗渗系数 /($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	弹性模量 /MPa	抗渗系数 /($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
最大值	4.20	5.45×10^{-7}	928	9.12×10^{-6}
最小值	2.28	1.89×10^{-7}	782.5	9.04×10^{-6}
平均值	3.46	3.25×10^{-7}	877.7	9.08×10^{-6}

5.3 探坑开挖

混凝土防渗墙完工后,在上部特殊混凝土一、二期搭接处进行了开挖检查,检查发现:特殊混凝土墙体表面平整,一、二期接头处特殊混凝土连续,未见接缝。墙体与原坝体填土分界面处可见一层由泥浆形成的泥皮,泥皮与原坝体土、墙体结合紧密。

6 结语

湖北省富水水库大坝混凝土防渗墙竣工后,防渗效果明显,经观测墙后减压井水位明显降低,坝后沼泽现象消失,排水沟干枯无水。

湖北省富水水库主坝混凝土防渗墙的施工,通过计算水库内马道上施工平台是稳定的,节约了投资,为其他工程提供了借鉴;一道防渗墙采用2种墙体材料进行浇筑,取得成功,从材料试验到工艺试验,凝结了国内众多知名专家的心血,这种新型墙体的形式为今后的防渗设计提供了新的经验,其上部特殊混凝土成本较低,应用前景十分广阔。

长4300多米,哈大客运专线第一隧道开挖

全长4300多米的九里庄隧道是哈大铁路客运专线施工难度最大的隧道,为双向隧道,也是我国铁路建设历史上技术含量最高的隧道,隧道的支护、路基和弯度设计达到国际先进水平,将满足设计时速350 km的技术要求。

据悉,哈大铁路客运专线一共有8条隧道,在大连金州区有6条,全长4300多米的九里庄隧道是全线最长的一条隧道。

哈大铁路客运专线黑龙江段、吉林段建设工程于2007年已全面铺开。哈大铁路客运专线全长1100 km,辽宁境内为550 km,在大连境内运行140 km,计划2011年通车。届时,从大连市区到瓦房店不到半个小时。毛茌子至金州友谊

街道龙王庙一线的建设用地基本上是海滩和闲地所以率先开工。哈大铁路客运专线大连段工程以架桥为主,正在施工的毛茌子至金州友谊街道龙王庙约5 km路段,包括大连湾1号、大连湾2号等4座桥梁。

哈大铁路客运专线在大连境内设大连站(现火车站)、新大连站(南关岭站)和瓦房店站(新站)。从大连火车站到新大连站13.1 km段,为老路线,改造后由客货运输变为高速客运专线;南关岭新火车站设计全长800 m,4站台8道。哈大铁路客运专线新建部分为双线对开,与哈大高速公路沈阳方向一侧平行修建,途经大连老城区、金州(九里)区、瓦房店市等地,设计时速为350 km。