

复杂地质条件下高挡水水头土石围堰设计

梁娟, 张有山, 王小波

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川成都 610072)

摘要:猴子岩水电站河床覆盖层深厚, 层次结构复杂; 大坝基坑达70 m, 为国内外最深的大坝基坑; 上游围堰设计挡水水头高达117.50 m, 为国内外复杂地质条件下设计挡水水头最高的土石围堰工程; 基础混凝土防渗墙深达80 m, 为国内外最深的围堰基础防渗墙。因此, 设计中通过对围堰基础不同防渗深度下围堰渗流稳定分析及围堰建成后大坝基坑开挖过程中不同阶段围堰渗流稳定分析, 选择安全合理的堰型及堰基防渗型式, 为工程顺利完工创造了有利条件。

关键词:猴子岩水电站; 复杂地质条件; 高挡水水头; 土石围堰

中图分类号: [TM622]; [TV221.2]; TV551.3+1

文献标识码: A

文章编号: 1001-2184(2018)05-0093-03

1 工程概况

猴子岩水电站拦河坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶高程1 848.50 m, 最大坝高223.5 m。水库正常蓄水位1 842.00 m, 总库容7.06亿 m^3 , 电站装机容量1 700 MW, 工程为一等大(1)型工程, 主要永久水工建筑物级别为1级, 次要永久水工建筑物级别为3级。

2 地形地质条件

堰基河床覆盖层厚60 m~75 m, 层次结构自下而上分为4层: 第①层, 含漂(块)卵(碎)砂砾石层($fglQ_3^2$), 厚约11 m~27 m, 具强~中等透水性, 其结构较密实; 第②层, 粘质粉土(IQ_3^3), 系河道堰塞静水环境沉积物, 厚约15 m~22 m; 第③层含泥漂(块)卵(碎)砂砾石层(alQ_4^1), 厚约15 m~37 m, 具有较强的承载能力和强透水性, 结构稍密实, 局部有架空现象; 第④层, 孤漂(块)卵(碎)砂砾石层(alQ_4^2), 厚约1 m~15 m, 具有较强的承载能力和强透水性, 结构较松散, 局部有架空结构。其中第②层粘质粉土, 埋藏深、分布广、厚度变化大(最薄0.67 m, 最厚达29.45 m), 承载力低, 工程性状差, 为可能液化砂土。

3 围堰设计研究

猴子岩工程围堰为3级临时建筑物, 围堰设计水位采用全年50年一遇洪水流量下相应水位。上游围堰设计挡水水位1 742.50 m, 堰顶高程1 745.00 m。下游围堰设计挡水水位1 707.87 m, 堰顶高程1 710.00 m。

3.1 设计难点

- (1) 坝址区河床覆盖层厚度大, 结构复杂, 基坑深达70余m。
- (2) 上游围堰设计挡水水头高达117.50 m。
- (3) 大坝基础采取了挖除河床覆盖层的基岩建坝方案, 粘质粉土层在深基坑边坡出露, 对上下游围堰及基坑边坡渗流稳定影响大。
- (4) 围堰需要在一个枯水期内完建并挡水度汛。
- (5) 坝前右岸发育磨子沟, 沟谷切割较深, 2 370 m高程以下沟段在汛期暴雨条件下有发生小规模泥石流的可能。

3.2 堰型选择

土工膜防渗技术经过多年的发展和推广已日臻成熟, 在水利水电工程中得到广泛应用。上游围堰土工膜挡水水头约35 m, 使用年限2.5年, 类似工程成功应用的实例较多。土工膜心墙方案与岸坡防渗连接方便, 但堰体土石填筑必须在基础防渗墙完工后才能施工, 有效工期短, 围堰施工工期较长。土工膜斜墙方案结构稍复杂, 与岸坡防渗连接不如此心墙方便, 但斜墙方案通过采用造墙平台伸出堰体上游坡脚的技术措施, 可使堰体填筑与基础防渗墙同时施工, 有利于争取工期。结合工程特点, 上游围堰采用土工膜斜墙土石围堰, 下游围堰采用土工膜心墙土石围堰。

3.3 围堰布置及基础防渗设计

由于坝前右岸分布的磨子沟对上游围堰布置影响较大, 在设计过程中进行了围堰紧邻基坑和

围堰远离基坑两个方案的分析研究。

3.3.1 围堰紧邻基坑布置

围堰紧邻基坑布置方案中不同的围堰基础防渗深度和不同基坑开挖深度渗流计算成果显示:墙深 78 m 方案,单宽渗流量总体较小,防渗体系有效地阻隔了库水沿堰基覆盖层和基岩的渗流;墙体最大渗流梯度最大为 68.97,从目前的设计施工水平看(参照三峡二期围堰塑性混凝土墙,设计允许水力坡降能达到 80.0),墙体不致发生抗渗破坏;同时,围堰基坑边坡除坝深基坑开挖至基岩顶板建基高程工况下基坑坡脚的第①层土出逸段的最大渗流坡降为 0.37 较大、存在局部渗透破坏外,其它工况出逸段的渗流梯度均较小,不致发生渗透破坏。墙深 65 m 和 55 m 方案,随着大坝基坑开挖深度的增加,单宽渗流量、墙体最大渗流梯度、墙底基岩帷幕灌浆区最大渗流梯度也呈现逐渐增加的变化规律,但是单宽渗流量却较大。尤其是各工况围堰基坑边坡的出逸段最大渗流梯度均较大,出逸段局部渗透破坏将使围堰基坑边坡的安全性难以保证。

围堰紧邻基坑布置方案中,不同的围堰基础防渗深度和不同基坑开挖深度稳定性计算成果分析表明:

(1)若第②层不采取任何工程处理措施,墙深 78 m、65 m 和 55 m 在墙底帷幕灌浆和无帷幕灌浆情况,在大坝基坑开挖过程安全系数均不能满足设计控制标准 1.3 的要求。

(2)若第②层采取高压旋喷处理,墙深 78 m 在墙底帷幕灌浆和无帷幕灌浆情况下,大坝基坑开挖过程安全系数则均能满足设计控制标准 1.3 的要求。

(3)虽然墙深 65 m 和 55 m 在墙底帷幕灌浆下且对第②层采取高压旋喷处理,基坑开挖过程安全系数总体也能满足设计控制标准 1.3 的要求。但是正如前面的渗流计算分析表明,由于墙底帷幕灌浆区的渗流梯度较高,存在帷幕击穿的危险,从而导致防渗失效。相应的稳定性将与墙底无帷幕灌浆一致,稳定性不能满足设计控制标准 1.3 的要求。

3.3.2 围堰远离基坑布置

由于围堰紧邻基坑布置方案需要对第②层采取高压旋喷处理,旋喷桩施工深度近 50 m,施工

程序复杂,工期长,度汛风险大。因此,提出不处理第②层而将围堰远离基坑布置的方案。在围堰远离基坑布置方案中,进行了围堰堰脚与大坝基坑开挖开口线之间的距离进行了敏感性计算。计算结果表明:当上游围堰堰脚距离大坝基坑开挖开口线 50 m 下游围堰堰脚距离大坝基坑开挖开口线 20 m 时,稳定性分析安全系数能满足设计控制标准 1.3 的要求。

围堰紧邻基坑布置方案不需对磨子沟沟水进行工程处理,但围堰基础需采用旋喷桩加固处理,旋喷桩施工深度近 50 m。围堰远离基坑布置方案,大坝施工期间需对磨子沟沟水及泥石流进行工程处理,但围堰基础不需要进行加固处理。经过技术经济比较,选择采用围堰远离基坑布置方案。

3.4 围堰断面设计

3.4.1 上游围堰

上游围堰为基础全封闭混凝土防渗墙上接土工膜斜墙的土石围堰,堰顶高程 1 745 m,堰顶长 215 m,堰顶宽 12 m,最大堰高约 55 m(河床以上填筑高度),最大底宽约 250 m。堰体 1 709 m 高程以上采用复合土工膜(350 g/0.8 mmHDPE/350 g)斜墙防渗,最大防渗高度 36 m,复合土工膜表面采用 10 cm 厚喷混凝土进行保护。高程 1 709 m 以下堰体及堰基覆盖层采用全封闭塑性混凝土防渗墙防渗,墙底嵌入基岩 1.0 m,最大墙深约 80 m,墙厚 1.0 m。两岸及河床基岩表浅部透水性较强,采用帷幕灌浆进行防渗处理。

3.4.2 下游围堰

下游围堰为基础全封闭混凝土防渗墙上接土工膜心墙的土石围堰,堰顶高程 1 710 m,堰顶长 154.67 m,堰顶宽 10 m,最大堰高约 25 m(河床以上填筑高度),最大底宽约 155 m。堰体 1 700 m 高程以上采用复合土工膜(350 g/0.8 mmHDPE/350 g)心墙防渗,最大防渗高度 10 m。高程 1 700 m 以下堰体及堰基覆盖层采用全封闭塑性混凝土防渗墙防渗,墙底嵌入基岩 1.0 m,最大墙深约 80 m,墙厚 1.0 m。两岸及河床基岩表浅部透水性较强,采用帷幕灌浆进行防渗处理。

4 结 语

上下游围堰河床覆盖层深厚,层次结构复杂,大坝基坑深达 70 余 m,上游围堰设计挡水水头高

达 117.50 m,基础混凝土防渗墙深达 80 m,在国内外同类项目中极为罕见。设计过程中通过对围堰基础不同防渗深度下围堰渗流稳定分析及围堰建成后大坝基坑开挖过程中不同阶段围堰渗流稳定分析,选择安全合理的堰型及堰基防渗型式,为工程顺利完工创造了有利条件;在猴子岩水电站工程建设中,2011 年汛前填筑分流围堰,设计将上下游围堰与上下游分流围堰结合布置,为汛后及早进行上、下游围堰超深防渗墙施工创造了有利条件。

参考文献:

(上接第 73 页)

混凝土供应的准确性和供应效率。

(2)利用 Sql Server2000 数据库开发技术,实现了数以千种的混凝土配比数据的综合查询、远程访问、分布式存取、备份和处理。

(3)通过 LED 屏幕显示、语音播放及硬盘录像机功能,扩展了车辆智能调度系统的交互能力,有效提高了车辆司机、拌和楼控制系统以及调度室调度人员之间的协调性,从而提高了混凝土生产供应环节质量的可靠性,使拌和系统的运行真正实现生产管理自动化。

3.3.3 应用成效

猴子岩工程混凝土生产智能调度系统实现了混凝土高峰供应强度达到设计供应能力的 109.4%,保证了供应环节的高效、准确、有序,同时保证了混凝土供应质量和混凝土浇筑进度。

4 结 语

猴子岩水电站首台 4#机组已于 2017 年 1 月

(上接第 85 页)

滑动的危险。修建大坝时需采取措施提高地基强度,以降低软土的压缩性,减少坝体变形及不均匀沉降,防止坝体产生裂缝。处理办法最好是挖除软弱地基,也可采取换砂、压重或砂井法,同时控制填土速率,还可采用振冲碎石桩或强夯等加固方法。

(3)我国面板堆石坝建坝数量多,当前正朝着 300 m 级高面板堆石坝、高寒地区面板堆石坝、高地震烈度区面板堆石坝建设发展,无论坝高、填筑规模还是技术难度都处于世界前列。而关于深厚覆盖层上面板堆石坝渗漏量监测、高水头下堆

[1] 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川大学. 大渡河猴子岩水电站围堰和大坝基础边坡渗流、稳定及应力变形计算分析[R],成都,2009.

[2] 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司. 四川省大渡河猴子岩水电站可研施工组织设计报告[R],成都,2009.

作者简介:

梁 娟(1981-),女,四川南部人,高级工程师,学士,从事水电工程施工组织设计工作;

张有山(1973-),男,河南南阳人,教授级高级工程师,学士,从事水电工程施工组织设计工作;

王小波(1983-),男,江苏海安人,高级工程师,学士,从事水电工程施工组织设计工作。 (责任编辑:卓政昌)

投产发电,末台 1#机组已于 2017 年 11 月完成 72h 试运行,目前枢纽建筑物已完建,并经过 2017 年一个完整蓄水期检验,各枢纽建筑物运行正常。下一步,猴子岩公司将在大渡河公司智慧企业组织架构下,在电站反恐设计、水库调度、检修等方面,把猴子岩水电站向智慧电厂纵深推进,真正实现设备智能巡检、故障精准排查、系统协同联动的目标。

参考文献:

[1] 涂扬举. 建设智慧企业,实现自动管理[J]. 清华管理评论,2016(10):29-37.

[2] 涂扬举. 智慧企业关键理论问题的思考与研究[J]. 企业管理,2017(11):107-110.

[3] 涂扬举. 数据驱动智慧企业[J]. 企业管理,2018(2):100-103.

作者简介:

郑正勤(1970-),男,福建尤溪人,国电大渡河猴子岩水电建设有限公司总经理,高级经济师,主要从事水电工程建设管理工作。 (责任编辑:卓政昌)

石料力学特性、渗透特性及长期变形特性试验等方面仍是技术难题,还应加强研究。

参考文献:

[1] 张光斗. 1998. 法国马尔帕塞拱坝失事的启示[J]. 水力发电学报,(4):96-98.

[2] 陈志强. 2003. 水利枢纽工程坝型优选模型及其应用研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学.

[3] 黄浩,杨正贵,丁国泰. 2014. 猴子岩水电站大坝深窄基坑开挖施工技术[J]. 水电与新能源,(3):8-10.

作者简介:

陈春文(1966-),男,重庆长寿人,教授级高级工程师,主要从事水电工程地质勘察工作;

何万通(1989-),男,江西上饶人,博士,主要从事水电工程地质勘察工作。 (责任编辑:卓政昌)