

撒多水电站尾水隧洞出口围堰施工技术

王忠祥

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要:撒多水电站厂区枢纽工程尾水隧洞出口围堰原设计为枯水期挡水的土石高压旋喷围堰,但在综合考虑到尾水隧洞出口河道狭窄、水流湍急后,将围堰结构优化为混凝土围堰。优化后的混凝土围堰具备全年挡水要求,确保了尾水隧洞、地下厂房汛期度汛安全,同时降低了施工成本,取得了较好的经济效果。

关键词:尾水隧洞出口;混凝土围堰;施工技术;撒多水电站

中图分类号:TV52;TV7;TV551

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增1-0013-04

1 工程概述

撒多水电站原设计的尾水隧洞出口围堰迎水面和背水面边坡均采用1 m厚的钢筋石笼护坡,中部为土石填筑料,堰体及基础砂卵石层采用高压旋喷防渗墙防渗型式。根据现场查勘,尾水出口原始边坡被人为的石渣所覆盖,河道内部分河床被填塞,尾水出口河道较招标文件提供的宽度数据变窄,不具备原设计的土石填筑+钢筋石笼护坡+高压旋喷灌浆的围堰型式施工条件。经综合实际情况考虑将尾水出口围堰断面尺寸相应减小,变更为混凝土围堰结构型式。

同时,为确保尾水隧洞、地下厂房度汛的安全,将尾水隧洞出口段预留岩埂,即进厂交通公路在尾水出口范围内的岩石路基。尾水围堰直接在岩埂外侧施工,围堰与岩埂结合作用,可保证全年挡水要求。

2 围堰设计

2.1 围堰设计原则

(1)围堰可经历洪水期洪水的冲刷,满足汛期堰顶过水的要求。

(2)根据地形和水流条件、水工建筑物布置,围堰型式及布置不能对尾水出口施工布置产生较大影响并具备较强的抗冲刷能力。

(3)根据尾水隧洞出口地质条件,围堰建基面位于弱风化岩体上。

(4)围堰设计断面根据其稳定性和强度计算选取,应达到抗滑、抗剪、抗倾覆稳定、抗渗要求并满足使用功能。

2.2 设计洪水标准及堰顶高程

根据招标文件,正常尾水位高程为1 579.6 m,考虑到河水壅高及围堰安全超高,将堰顶高程确定为1 580.5 m。枯水期围堰挡水,汛期围堰过水,利用尾水出口隧洞预留岩埂挡水。

2.3 围堰平面布置

尾水出口围堰布置紧密结合实际地形,在满足挡水要求的前提下,以尽量少占压尾水出口河道宽度为原则。该围堰轴线沿尾水隧洞出口段进厂交通公路外侧岩体布置,紧贴该段岩埂施工。围堰长度以覆盖尾水隧洞出口为原则,根据实际地形特点,围堰长度取25 m。

2.4 围堰结构形式

根据尾水隧洞出口地形及开挖揭露的地质条件和尾水出口结构型式,尾水隧洞出口采用混凝土围堰,堰顶高程1 580.5 m。

围堰防渗由堰体混凝土及固结灌浆防渗结合组成,尾水出口轴线长25 m。根据最新的水文情况,将围堰堰顶高程定为1 580.5 m,围堰高度 $H = 4.5 \sim 8.5$ m(最大高度 $H_{\max} = 8.5$ m,包括水下混凝土部分),建基面均为坚硬岩石。取堰体断面形式为:迎水面坡比为 $n = 0$,背水面坡比 $i = 0.5$,顶宽 $b = 0.8$ m,围堰轴线断面最大底宽为5 m。围堰底部强风化下限以上部分开挖后浇筑混凝土围堰。尾水隧洞出口围堰断面见图1。

围堰基础采取固结灌浆防渗,固结灌浆孔沿轴线单排布置,孔间距为1.5 m,孔径为89 mm,灌浆孔深度为25 m。

为防止水流对围堰外侧处冲刷,影响围堰稳

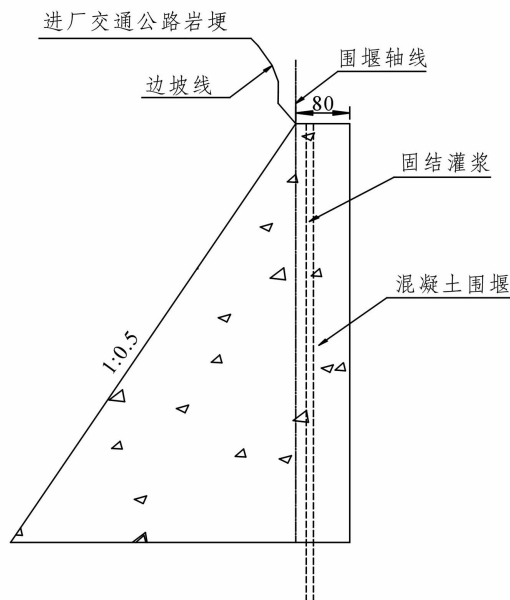


图1 尾水隧洞出口围堰标准断面图

定,在部分基岩较差围堰外侧坡脚设置钢筋石笼进行防护。

$$K = \frac{0.65 \times [(0.8 + 2.55) \times 3.5 \div 2 \times \gamma_{\text{混凝土}} - 0.25 \times \gamma_{\text{水}} \times 3.5]}{(\gamma_{\text{水}} \times 3.5 \times 3.5) / 2} = 1.43 > 1.05$$

故:抗剪强度满足要求。

(2)抗剪断强度计算:

抗滑稳定安全系数取 $[K'] = 3$;

堰体底板混凝土与基岩接触面的抗剪断摩擦系数取 $f' = 0.9$;

$$K' = \frac{0.9 \times [(0.8 + 2.55) \times 3.5 \div 2 \times \gamma_{\text{混凝土}} - 0.25 \times \gamma_{\text{水}} \times 3.5] + 0.7 \times 1000 \times 2.55}{(\gamma_{\text{水}} \times 3.5 \times 3.5) / 2} = 31.7 > 3$$

式中 A 为堰体底板与基础截面的接触面积。

故:抗剪断强度满足要求。

在以上计算式中,容重取值按照 $\gamma_{\text{水}} = 0.98 \text{ t/m}^3$, $\gamma_{\text{混凝土}} = 2.4 \text{ t/m}^3$ 。设计断面中的各项计算强度指标均满足堰体抗滑稳定要求。

3 围堰施工

根据现场实际水位线,围堰基础位于水面以下,采用反铲开挖水面以下2m至弱风化基岩。在对建基面进行高压冲刷后立模浇筑水下混凝土,同时,混凝土围堰基础混凝土浇筑施工前,在围堰轴线外侧增设一道土石围堰以确保围堰基础水下混凝土在静水中施工,进而保证混凝土围堰的施工质量。

3.1 施工程序

2.5 围堰计算

围堰高度为3.5m(水下围堰部分不予验算),建基面均为坚硬岩石。取堰体断面形式为:迎水面坡比为 $n = 0$,背水面坡比 $i = 0.5$,顶宽 $b = 0.8 \text{ m}$,围堰轴线断面最大底宽为2.55m。取1m单宽堰体,则作用于围堰上的荷载包括:自重、水压力(最大作用水头3.5m)、基底扬压力(按照围堰地基进行灌浆防渗处理后计算),按照有关公式进行以下计算:

(1)抗剪强度计算:

抗剪稳定安全系数取 $[K] = 1.05$;

堰体底板混凝土与基岩接触面的抗剪摩擦系数取 $f = 0.65$;

抗剪强度计算公式为:

$$K = f(\sum W - U) / \sum P \geq [K]$$

式中 $\sum W$ 为作用于基础截面的总垂直力; U 为作用于接触面上的扬压力; $\sum P$ 为作用于基础截面以上的总水平力。

抗剪强度计算公式:

堰体底板混凝土与基岩接触面的粘结力取 $C' = 0.7 \text{ MPa}$;

抗剪断强度计算公式为:

$$K' = f'(\sum W - U) + C'A / \sum P \geq [K']$$

抗剪断强度计算:

围堰施工程序:施工道路修建→围堰基础开挖→临时土石围堰修建→基础验收→水下基础混凝土浇筑→围堰防渗处理→枯水期常水位线以上围堰混凝土浇筑。

3.2 施工方法

(1)围堰堰基开挖。

围堰施工前,需将岩埂外侧强风化下限以上部分予以挖除。围堰基础土方、浮渣直接采用反铲在进厂交通道路开挖平台上实施倒退法开挖,开挖深度不小于水面以下2m,开挖弃渣利用20t自卸车运至呷落罗弃渣场。

(2)土石围堰施工。

为了给混凝土围堰施工提供道路,同时考虑到水下开挖及混凝土量增大,遂利用进厂交通道

路在混凝土围堰外侧回填土石围堰作为施工道路至混凝土围堰施工部位。土石围堰填筑顶宽为6~7 m,填筑完成后将背水面修筑成1:1坡比,堰顶顶宽减小为5 m。填筑堰堤的材料应以土石料各一半的混合料为宜,除淤泥、沼泽土外,现场任何土砾料均可用做土石围堰填料。当围堰填到超过水位线一定高度后,利用反铲将堰顶碾压夯实。

当堰堤填到一定宽度后,应在迎水面一侧填筑厚度为0.5~1 m的一层粘土层以利阻水,减少渗水与漏水。围堰填筑时预留沉降量,沉降量不超过围堰设计总高度的3%。

(3) 水下混凝土浇筑。

围堰水下部分混凝土浇筑量较大,主要采用混凝土泵机泵送施工,在水下部分混凝土浇筑模板外侧坡脚采用装石渣编织袋进行压脚。浇筑时,在浇筑混凝土的部位插入泵机导管;浇筑过程中,注意使混凝土浇筑速度和导管的提升速度相匹配,并保证导管不脱离混凝土面以下0.5 m。为保证水下混凝土的浇筑质量,严格控制混凝土的配合比,混凝土的配合比必须与导管灌注水下混凝土相适应。合适的配合比应使混凝土具有足够的可塑性和粘聚性,易于其在导管中流动而又不离析。

由于水下混凝土形状不规则,故在长度方向的分仓线外架设模板,由测量队根据设计结构线进行结构放样以确保模板的准确性。模板采用散装钢模板(P3015、P1015)拼模,下部及两侧不连接处采用黏土编织袋补缝。模板采用 $\varphi 48$ 钢管排架固定,模板与钢管之间采用8#铅丝绑扎固定。 $\varphi 48$ 钢管排架宽度为3 m,分四排搭设,纵横杆间距为50 cm,沿基础长度方向设斜撑,竖向钢管深入基础不小于50 cm。混凝土拌和物运至灌注地点时,检查其均匀性和坍落度并待其符合要求后方可使用。为保证混凝土的浇筑质量,将泵机导管一次性埋入0.3~0.5 m,首批浇筑料(砂浆和混凝土)方量应不小于 3 m^3 。首批混凝土拌和物下落后,混凝土应及时连续浇筑。浇筑时,布料口距模板内侧面的距离应不小于50 cm且不得冲击模板。首批混凝土灌注正常后,必须连续进行,不得中断;否则先灌入的混凝土达到初凝后将阻止后灌入的混凝土从泵管中压出,从而造成混凝土浇筑不连续,形成断层。同时,在浇筑过程

中,应经常用测锤探测混凝土面的上升高度并适时提升泵管,保持泵管的合理埋深。此时要注意:混凝土灌到孔口不再返出泥浆时可以稍微向上提动泵管。

(4) 水上常规混凝土施工。

混凝土由混凝土拌和楼拌制,采用 6 m^3 搅拌车运输,混凝土采用溜槽入仓。按枯水期常水位高程1577.7 m分为上、下两层,按10~12 m一段分块施工。

水上混凝土模板主要采用组合钢模板;对于边角不规则部位辅以木模,模板采用 $\varphi 12$ 拉条及1.5 m钢管围檩、内拉内撑方式固定。

混凝土入仓后的铺料方式均采用台阶法。对于基岩面,入仓前先在待浇层面上均匀的铺5~10 cm厚与混凝土同等强度的水泥砂浆,以保证混凝土与基岩结合良好,然后再根据不同温度下混凝土允许的间歇时间及拌和、运输能力确定铺料宽度,原则上是在铺上一层混凝土时,下一层不得出现初凝现象。混凝土平仓以振捣器为主,人工为辅,混凝土入仓后要及时平仓,不允许在仓内堆积,当粗骨料有集中现象时,则由人工用锹把集中的粗骨料均匀地摊铺到砂浆较多的部位或均匀的撒在已摊平但尚未振捣的混凝土面上,然后依次振捣,直至密实。混凝土采用 $\varphi 80$ 插入式振捣器及软管振捣器振捣,振捣器应快插慢拔,振动间距不大于振动半径的1.5倍,并插入下层混凝土5~10 cm,以保证上、下层混凝土完整结合。每一位置振捣时间以混凝土不再明显下沉、不出现气泡并开始泛浆为止,同时应避免超振。混凝土收仓12~18 h后及时洒水养护,对一般浇筑层连续养护至上层混凝土浇筑前;对较长时间暴露的部位,养护时间不少于28 d。

(5) 围堰防渗体施工。

为满足围堰防渗要求,对混凝土围堰堰基进行固结灌浆处理,堰基防渗按透水率 $q < 10 \text{ Lu}$ 标准控制。正式钻孔前,在围堰地质条件较差的地段布置先导孔,孔距10~12 m,先导孔作简易压水试验。灌浆前,选择不少于5%的孔数作“单点法”压水试验,以了解灌区的透水性能。固结灌浆孔采用XY-2PC型回转地质钻机、金刚石钻头进行清水钻进钻孔,孔径为73 mm,钻孔按1.5 m间距沿轴线单排布置,对于取芯孔,

绘制钻孔柱状图。

灌浆压力应尽快达到设计值。对于接触段和注入率大的孔段采用分级升压方式逐级升压至设计压力。具体操作时以压水试验压力为基础,最多分为 $0.4P$ 、 $0.7P$ 、 P 三级 (P 为灌浆段预定的灌浆压力, $P=0.5\text{ MPa}$)。逐级升压至设计压力,分级升压时每级压力的纯灌时间不少于 15 min 。当浆液注入率减少到规定的下限时,将压力升高一级。灌浆压力按安装在回浆管路上的灌浆压力表的中值控制,资料分析整理时须换算成全压力。

灌浆浆液由稀到浓逐级变换。当灌浆压力保持不变、注入率持续减少时,或当注入率保持不变而灌浆压力持续升高时,不得改变水灰比。当某一级浆液注入量已达 300 L 以上,或灌注时间已达 1 h ,而灌浆压力和注入率均无显著改变时,换浓一级水灰比浆液灌注;当注入率大于 30 L/min 时,根据施工时的具体情况,可越级变浓。串通孔

(上接第 12 页)

大;但地下工程量少,施工组织措施简单,工期易保障,可提前工期 10 个月,将来可考虑提前发电获取相关收益,并且项目总工期、成本风险可控。经综合考虑,最终决定采用明管方案对项目实施有利。

2010 年 12 月 2 日,总承包商向老挝业主提交了该项目基本设计报告,老挝国家电力公司于 2010 年 12 月 28 日批准了该基本设计报告,同意了引水系统明管方案。

引水系统采用明管方案施工顺利,所增加的 362 万美元投资(采用明管方案,实施时工程量比方案比选中估计的工程量小)通过详细设计阶段设计优化和钢材比价招标给予了消化。2014 年 10 月 20 日,老挝会兰庞雅水电站举行下闸蓄水仪式。预计本项目将比合同工期提前 7 个月完成,届时,每年可提供电力 $4.8\text{ 亿 kW}\cdot\text{h}$,可带来可观的经济效益;同时,展现了葛洲坝集团 CGGC 良好的企业形象,进一步稳固了 CGGC 在老挝水电市场的地位。

5 结 语

笔者以老挝 EPC 项目为实例,论述了老挝会

(组)或多孔并联灌浆时,分别控制灌浆压力,同时加强抬动监测,以防止混凝土发生抬动破坏。固结灌浆在规定压力下,当灌入率不大于 1 L/min ,继续灌注 30 min 即可结束。

4 结 语

本方案通过对原设计围堰结构型式的优化,由全年挡水代替枯水期挡水功能,大大增加了围堰的挡水效果,混凝土围堰与岩埂结合挡水的设计理念的优点得到了充分体现。同时,混凝土围堰长度短、结构体积小,大大降低了施工成本。本围堰特别适用于河道狭窄、流速大的临时挡水建筑物型式,可为其他类似工程的围堰施工提供参考。

作者简介:

王忠祥(1963-),男,湖北新洲人,项目经理,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

兰庞雅 EPC 项目的设计优化。希望对其它国际 EPC 项目总承包商,特别是习惯以施工为主业的总承包商在设计方面的管理工作能有所借鉴,在项目成功履约的基础上获得最大效益。由于国际 EPC 项目的特殊性、独特性,设计管理工作同样体现在一国一策、一点一策上,不同国别、项目上的设计管理方法、措施仅供参考,需适应项目所在的环境并作相应调整。

笔者认为:承包国际项目的竞争越来越激烈,承包价格越来越低、利润越来越少。作为总承包商,只有牢牢抓住设计工作这个 EPC 项目的命脉,特别是其精髓——设计优化,才能在国际项目中成功履约,才能逐渐扩展集团国际业务市场。作为总承包商,不能习惯于只关注施工方案的优化,施工方案的优化空间远不能与设计方案相比,设计优化对项目的影响可能巨大,一个设计优化项目可能涉及上千万元甚至上亿元资金。

作者简介:

苏金亮(1972-),男,湖北荆门人,高级工程师,学士,从事水电工程设计管理、项目管理、工程施工等方面的研究。

(责任编辑:李燕辉)