

罗塞雷斯水电站低位泄水孔修复技术

张光辉

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川成都 610081)

摘要:苏丹罗塞雷斯大坝加高工程低位泄水孔的修复利用枯水期施工,具有工期紧、工序多、结构复杂、施工难度大、质量要求高等特点。从修复工程的施工工序出发,阐述了各修复工作的设计要求和施工要点。

关键词:泄水孔;修复;复合钢板;硅粉;环氧;罗塞雷斯水电站

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)06-0013-03

1 概述

罗塞雷斯水电站位于苏丹境内尼罗河干流的青尼罗河上,该工程的原大坝于20世纪60年代建成,坝高66 m,装机7台,共计28万kW,主要功能为灌溉兼发电。此次大坝加高工程是将原大坝整体加高10 m,同时延长左右岸土石坝,坝体全长由原来的13.5 km增长至25.1 km,库容增加40亿 m^3 ,并对坝体老旧结构物和设备进行修复和改造。

该工程共设置6个低位泄水孔,总长约120 m,底板及边墙1.5 m范围采用不锈钢板进行钢衬。由于青尼罗河泥沙含量高,经过多年的冲刷,不锈钢钢衬磨损严重,表面“千疮百孔”,多处被磨穿,经多次修补仍不能满足原抗冲磨功能。

为彻底解决低位泄水孔抗冲磨问题,业主决定对低位泄水孔进行全面修复处理。修复方案为:割除原有普通不锈钢板,采用碳化铬复合钢板替代,凿除边墙高4 m范围的老混凝土,浇筑M80/A20硅粉混凝土,对汛期水位线以下的新老混凝土表面涂刷环氧砂浆。

泄水孔修复施工程序:围堰修筑→基坑排水→割除原钢板→凿除混凝土→预埋插筋→安装底层钢板(保证安装精度)→回填混凝土→接触灌浆→安装面层复合钢板→浇筑侧墙硅粉混凝土→涂刷环氧砂浆→拆除围堰。

修复工期安排:从2009年11月开始至2012年6月结束,历经3个枯水期(11月至次年6月),每个枯水期完成2孔泄水闸修复任务。笔

收稿日期:2017-10-24

者介绍了此次修复采用的施工技术。

2 修复采用的施工方法

2.1 黏土围堰施工

低位泄水孔进口采用工作闸门挡水,在出口位置布置黏土围堰挡水,形成基坑以确保干地施工。黏土围堰沿坝轴线长161 m,堰顶宽9 m,堰体最大高度为14.7 m,填筑工程量为49 100 m^3 。由于低位泄水孔围堰为总价承包项目,故其填筑料选用就近弃置的土石坝剥离黏土弃料以降低施工成本。围堰戽堤填筑采用进占法施工,对于水面以上部分采用分层碾压填筑,20 t自卸车运输,TY220推土机摊铺,20 t振动碾碾压。

2.2 原有结构的拆除

对底板原不锈钢钢板的拆除采用氧气和乙炔割除,采用风镐凿除底板混凝土40 cm深,侧墙老混凝土采用风镐凿除20 cm深。

2.3 预埋插筋

为增加新老混凝土的结合能力,在凿除混凝土底板布置了 $\varphi 32$ 插筋,长度为80 cm,锚固深60 cm,外露20 cm,插筋间排距为50 cm \times 30 cm。造孔采用YT28手风钻,插筋采用“先注浆后安装”的方法施工。

2.4 底层钢板的安装

底层钢板采用16 mm厚的Q345普通钢板,每块底层钢板尺寸为5.8 m \times 1.38 m(长 \times 宽),其宽度的安装精度要求达到0.8 mm/1.5 mm。为了确保底层钢板的安装精度,在底板插筋外露端焊接了 $\varphi 28$ 连接钢筋,连接钢筋全长30 cm,与插筋的焊接长度为15 cm,另有15 cm套丝,将连

接钢筋末端插入底层钢板预留的孔洞内(以便焊接)。连接钢筋顶端采用螺母顶托底层钢板,调节螺母的高度以达到调整底层钢板安装高度和平整度的目的。当底层钢板的安装精度满足设计要求后,螺母和底层钢板间采用塞焊固定,将连接钢筋末端与底层钢板焊接成整体。

底层钢板采用埋弧焊,其优越性为生产效率高、焊缝质量优、表面成形美观、劳动条件好、节省焊接材料和电能。

2.5 回填混凝土

底层钢板安装完成后,根据设计要求回填 C35 混凝土。混凝土采用 HB60 泵送入仓,通过在底层钢板预留的孔洞(直径 28 cm,每块底层钢板预留 8 个孔)灌注,采用 $\phi 50$ 软轴振捣器振捣密实。

2.6 接触灌浆

接触灌浆的施工为在底层钢板钻灌浆孔,采用循环灌浆法,单排作一序孔,双排作二序孔,灌浆压力为 0.2 MPa。一序孔灌浆时,二序孔作排气孔兼出浆孔。灌浆浆液采用 1:1、0.5:1 两个比级,根据现场情况,经咨询工程师许可,可加入减水剂以降低水灰比,外加剂种类和添加量由试验确定。

2.7 面层碳化铬钢板的设计与施工

(1)复合钢板的设计。面层复合钢板由澳大利亚公司提供,复合钢板由 15 mm 厚的过渡层和 16 mm 厚的碳化铬耐磨面层构成,耐磨层钢板洛氏硬度达到 60~62HRC,其主要特点:高硬度、耐磨损、抗冲击、耐高温。

(2)复合钢板的焊接施工。过渡层和面层的焊接采用焊条电弧焊。在碳化铬耐磨钢板过渡层焊接中,不仅存在合金元素的稀释和烧损,而且还有组织和性质上的变化,因此,采用 XZ101 型焊条以保证过渡区的安全性。焊缝焊接需分三次完成,第一层用 $\phi 3.2$ 焊条进行打底焊 13 mm,每遍焊接高度不得超过 3 mm;第二层用 507 焊条进行填充焊 10 mm;第三层用 90 焊丝进行填充及焊缝盖面 8 mm,加强高度不得超过母材 2 mm。

为保证碳化铬耐磨钢板原有的综合性能,应对过渡层和面层分别焊接。碳化铬耐磨钢板焊接时,应注意以下几点:(1)严格按照图样、焊接工艺和有关标准施焊。(2)遵循先焊接过渡层,再

焊接面层的焊接顺序。(3)为防止沾附焊接飞溅,施焊前需在碳化铬耐磨钢板坡口两侧 100 mm 范围内刷涂防飞溅涂料。(4)严防碳钢或低合金钢焊条焊接在面层上或过渡层焊条焊在面层面上。(5)焊接过渡层时,为减小稀释率,在保证焊透的条件下应尽可能采用小直径焊条,并采用小规范反极性进行直道焊,以降低底层对过渡层焊缝的稀释。(6)面层焊接前,仔细清除坡口边沿面层坡口上的飞溅物。(7)面层焊接时,为保证焊接质量,必须控制焊接热输入,采取多层多道快速不摆动焊法,尽量采用小的焊接热输入和电流并快速焊接。(8)碳化铬耐磨钢板焊接的关键是确保焊缝一次合格率,减少返修次数。由于碳化铬耐磨钢板焊接接头的组织和性能十分不均匀,焊缝返修时经常产生热裂纹。(9)严格控制钢板表面的机械损伤和飞溅物。

2.8 侧墙硅粉混凝土的设计与施工

(1)设计要求。合同文件规定采用 M80/A20 硅粉混凝土进行低位泄水孔的修复。M80/A20 表示混凝土的最大骨料粒径为 20 mm,其 28 d 最小平均抗压强度为 80 MPa,28 d 配制强度为 92.8 MPa。由于工程所在地气温较高、混凝土的运输距离较远、入仓方式困难,考虑到混凝土的塌落度损失,泵送硅粉混凝土的设计塌落度为 150~200 mm。

(2)原材料的选用。水泥使用广西鱼峰水泥股份有限公司生产的普通硅酸盐水泥 OPC52.5N,强度等级为 52.5。砂石骨料为麦洛维工程的人工破碎骨料,骨料的粒径为 20 mm。根据 SMEC 咨询工程师要求,粗骨料没有筛分成标准级配的骨料。超塑化剂为江苏博特新材料有限公司生产的 PCA(I)超塑化剂,常用掺量(按重量计)为胶凝材料用量的 0.6%~1.2%,配制超高强混凝土的用量为 1.3%~1.8%。硅粉采用山西凯迪建材有限公司生产的 KD-12 型硅粉。拌和用水为地下水,来自大坝左岸 1#营地内的水井。

(3)配合比设计。M80/A20 硅粉混凝土配合比设计参数见表 1。

(4)硅粉混凝土施工。硅粉混凝土的配料、拌合、运输、浇筑和养护等工序与普通混凝土施工

表1 硅粉混凝土配合比参数表

配合比编号	水灰比	砂率 /%	硅粉掺量 /%	外加剂掺量 /%	塌落度 /mm	抗压强度 /MPa	
						7 d	28 d
PW-04	0.27	40	10	1.6	180~200	82.8	95

相同。由于 M80/A20 硅粉混凝土的水胶比较小,胶凝材料用量较高,为了保证混凝土的拌合均匀性,在拌制硅粉混凝土时,其拌合时间较普通混凝土长。浇筑混凝土前须做好各方面的准备工作,确保混凝土浇筑顺畅进行,任何延误和中途停顿都会对工程质量产生很大影响。在混凝土运输过程中,避免混凝土产生离析,浇筑时应尽可能一次性入仓,避免二次倒运。为确保新浇筑混凝土有适宜的硬化条件,防止混凝土在早期干缩产生裂缝,硅粉混凝土浇筑完毕应立即洒水养护,混凝土表面用草袋、麻袋覆盖,以保持混凝土表面湿润。

2.9 环氧砂浆的设计与施工

(1) 设计要求。在汛期水位线以下的支墩老

混凝土表面及侧墙新浇混凝土表面涂抹环氧,以满足未来 25 a 的抗冲耐磨要求。该工程所采用的环氧砂浆为德国生产的 Sikadur-41CF 砂浆。其主要特点为:①环氧砂浆组分里含金钢砂细骨料,相比普通的人工砂耐磨性好,表面强度高;②高粘结力的固结体。将该环氧砂浆涂抹在混凝土表面进行粘结力试验时,破坏面未发生在环氧砂浆与混凝土的结合面,而是发生在老混凝土面内,与混凝土的粘结力能达到 $10 \sim 15 \text{ N/mm}^2$ 。③涂抹后其表面平整,光洁,涂抹后的颜色与混凝土表面接近,呈灰白色,线弹性模量与混凝土也接近。环氧砂浆材料的特性见表 2。

(2) 环氧配合比。Sikadur-41CF 环氧砂浆

表2 环氧砂浆材料特性表

项目	分 组				
	组分 A	组分 B	组分 C	组分 A+B	组分 A+B+C
密度	1.7	1.7	1.5	1.7	2

配合比例:A:B:C=2:1:3(按照重量法)。

(3) 环氧砂浆的现场施工。对于新浇筑的硅粉混凝土,必须在混凝土浇筑结束达到三周强度后方可在其表面涂抹环氧砂浆。环氧砂浆现场施工的要点为:①修复部位的清理。为保证所有需要涂抹环氧砂浆的老混凝土和新浇硅粉混凝土表面干净,所采用的清理方法为:先用高压水枪将表面的油脂、铁锈、表面氧化、磨砂、水垢以及一些松散的附着物冲洗干净,然后自然风干。②老混凝土面涂抹环氧砂浆。将环氧组分 A+B+C 按照 2:1:3 拌合均匀后,用抹刀直接抹到清理干净的部位,按照 20 cm 宽左右的条带状,从下至上、从左至右依次推进。老混凝土面的涂抹厚度平均为 22 mm,一次填压而成,每块条带状涂抹的砂浆要均匀,不能厚薄不一,抹刀涂抹时需用力。在遇到个别冲刷较为严重的部位、有较大的坑窝出现时,先用环氧砂浆填补深坑后压实,保持环氧砂浆与旧混凝土粘结牢固,然后按上述方法进行压实、抹平。③硅粉混凝土面涂抹环氧砂浆。环氧砂浆涂抹的施工方法与老混凝土面涂抹施工方法相同。

需要注意的是:涂抹过程中,采用在四角钉钉和拉线的方法控制整体平整度,既不能高低起伏,也不能出现连接面的不整齐。环氧砂浆组分 A+B 从施工开始到全部用完的时间以不超过 40~50 min 为宜,否则将固结硬化而无法使用。④环氧砂浆的养护。修补完毕 12 h 内不允许对环氧砂浆表面进行触碰和扰动,待其完全硬化后,在其表面涂抹一层 KD-6 养护剂进行养护。

3 结 语

苏丹罗塞雷斯大坝加高工程低位泄水孔经修复后已运行 5 a 之久,每年汛期均要冲沙泄水,目前运行情况良好,未出现冲磨现象。该工程采用超高强度的碳化铬复合钢板进行泄水孔修复处理,达到了设计要求达到的预期效果,为泥沙含量高的工程泄水建筑物的设计与修复提供了可供借鉴的经验。

作者简介:

张光辉(1975-),男,四川武胜人,国际工程公司副总工程师,高级工程师,一级建造师,从事项目建设技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)