古瓦水电站混凝土面板堆石坝填筑施工的质量控制

冯 鹏 程, 冉 念

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘 要:以古瓦水电站混凝土面板堆石坝填筑为例,着重论述了土石填筑各个工序的质量控制要求和方法,包括填筑前的碾压试验和填筑过程中的质量控制。

关键词:古瓦水电站;混凝土面板堆石坝;填筑;质量控制

中图分类号:TV7;TV52;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)02-0048-03

1 工程概述

古瓦水电站首部枢纽位于四川省甘孜藏族自治州乡城县境内,是硕曲河干流乡城、得荣段“一库六级”梯级开发方案中的“龙头水库”电站,下游为娘拥水电站,总库容为 2.458 亿 m^3 ,总装机容量为 205.4 MW,多年平均年发电量 8.078 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。拦河大坝为混凝土面板堆石坝,坝顶高程 3 402 m,最大坝高 139 m,坝顶长 313.16 m。

为保证混凝土面板堆石坝填筑施工的质量,进行了填筑碾压试验。碾压试验在大坝填筑前进行。试验前成立了专门机构,配足了具有施工经验的施工人员和试验人员,制订了周密、详细的试验计划,编制了试验大纲。

2 填筑料的碾压试验

2.1 试验步骤

(1)基础处理。

所选用的试验场地面积必须满足规划要求,基础密实。各试验场地采用与试验相同的材料平整碾压密实;垫层料、过渡料要求试验场地表面平整度不超过 $\pm 5\text{ cm}$,其它填料要求试验场地地表面平整度不超过 $\pm 10\text{ cm}$ 。待其满足要求后进行了碾压试验,铺料前需进行原始高程测量。

(2)摊铺与整平。

碾压场地规划完毕即可开始填筑料的摊铺和整平工作。其中主、次堆石、过渡料摊铺采用的方法为:自卸汽车“进占法”卸料,推土机平整;对于垫层料、特殊垫层料试验采用推土机配合人工平整;随后采用全站仪检测铺层厚度,以保证铺料厚度达到试验要求。

(3)方格网的布设。

采用石灰在碾压试验区域绘制 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的方格网并标出车辆进场线路和碾压遍数。同时,采用全站仪对方格网交点进行初始高程测绘。

(4)洒 水。

采用水车对待碾压石料洒水,洒水量按加水 0%、10%、15% 分别试验,特殊垫层不加水。洒水量采用装配在水车上的水表进行控制。

(5)碾 压。

采用振动碾对试验区域实施碾压作业,主/次堆石采用“错距法”碾压。错距尺寸为:碾轮宽度/碾压遍数。过渡料、垫层料采用“搭接法”。

(6)测 量。

碾压完毕、测出方格网交点高程,以便计算沉降量。

(7)取 样。

过渡(反滤)料 3A 取样试验采用“灌水法”,取样频率为 2 组/组合。检测项目包括:干密度、含水率、颗粒级配、孔隙率、渗透系数、相对密度及比重。

堆石料 3B、3BB、3C1、3C2 取样试验采用“灌水法”,取样频率为 2 组/组合。检测项目包括:干密度、含水率、颗粒级配、孔隙率、渗透系数及相对密度。

垫层料 2A、特殊垫层料 2B 取样试验采用“灌水法”,取样频率为 2 组/组合。检测项目包括:干密度、含水率、颗粒级配、孔隙率、渗透系数、相对密度及比重。

坝顶堆石区填筑料取样试验采用“灌水法”,取样频率为 2 组/组合。检测项目包括:干密度、

含水率、颗粒级配、孔隙率、渗透系数及相对密度。

2.2 试验检测方法

(1) 含水率及颗粒级配试验。

采用烘干法进行含水率测定,含水率测定后,对试样采用水洗法测定颗粒级配。

(2) 比重试验。

比重试验采用虹吸筒法或比重瓶法测定。对粒径等于、大于 5 mm 的砾石和颗粒采用虹吸筒法进行比重测定;对粒径小于 5 mm 的土壤颗粒采用比重瓶法进行比重测定。

(3) 密度试验。

试验采用灌水法,堆石料采用直径为 0.8 m/0.6 m 的套环,过渡料及垫层料采用直径为 30 cm/10 cm 的套环,垫层料采用直径为 4 cm 的套环,用水准尺找平并固定好,环内铺一层塑料薄膜,向塑料薄膜中注水至薄膜内水面与套环边缘齐平,记录注入水的质量;撤走薄膜后开始挖试坑,边挖边将坑内的试样装入盛土容器内,称量试样的质量;试坑挖好后,再将塑料薄膜铺于试坑内并将水缓慢注入坑内至水面与套环边缘齐平,记录注入水的质量。

(4) 相对密度试验。

采用表面振动法进行试验,振动器质量为 27 kg,振频为 47.5 Hz,激振力为 4 218 N,试样筒内径为 30.5 cm,高度为 28.8 cm,试验允许最大粒径为 80 mm,对最大粒径大于 80 mm 的部分采用等量代替法进行试样制备。

(5) 渗透试验。

现场垂直渗透试验参照《水电水利工程土工试验规程》DL/T5355-2006 中的原位渗透试验方法进行。考虑到堆石料为粗粒料,最大粒径为 800 mm,渗透环采用单环,环直径为 0.8 m,高 20 cm。试验时将渗透钢环嵌入试体 15~20 cm,用湿黏土将环下口外侧密封,防止水流向环外。加水后测记渗透速度,当渗透稳定后,在 1 h 内测记渗入量 5~6 次,计算平均渗透系数;过渡料和垫层料为细粒料,渗透环采用双环,外环直径为 30 cm,内环直径为 20 cm,高 20 cm。

3 填筑施工中的质量控制

3.1 料源质量控制

(1) 坝料开采中,严格按照爆破试验确定的钻爆施工参数进行爆破施工并及时进行颗粒分析,

优化爆破参数,使爆破料满足设计级配要求,超径石在料场解小后挖装上坝。

(2) 严格控制坝料开采质量。对于在料场开采过程中产生的不合格爆破石料(夹层、强风化石料、泥团等)坚决予以剔除,作弃料处理。

(3) 料场爆破料及回采料挖装时实行分选挖装,不合格的料不准上坝。该工程的开挖土方利用料经监理人员确认合格后方可用于坝体填筑。

(4) 在料场设置质量控制点,由专职质检员对每车料进行合格确认后方可放行上坝。

(5) 坝料运输车辆设置由反光材料制作的料源标识牌以区分各类上坝料。坝面上用白灰划出料区分界线,摆放由反光材料制作的料区标示牌,指示运输卸料地点。

填筑作业单元面上设专职人员指挥卸料,卸料指挥员未发出卸料信号,驾驶员不能随意卸料。

3.2 运输、卸料和摊铺质量控制

(1) 上坝料运输车应在车前挂石料标识牌。进入填筑区的车辆轮胎应经水槽清洗,以免夹带泥块入内。

(2) 堆石料采用进占法卸料。垫层料、过渡料采用后退法卸料。

(3) 料堆的间距应根据铺料层的厚度确定,过密将增加推土机的工作量,过稀则需二次补填。自卸汽车卸料时应有专人指挥,以保证料物分布位置合理。

(4) 铺料填筑时,其平整度近似水平。铺料时应防止物料分离形成大空隙。根据各料区层厚,在距填筑面前沿 20 m 距离设置移动式控制层厚的标杆,严格控制松铺厚度满足要求。

(5) 推土机平料时,刀片应从料堆一侧的最底处开始推料,逐渐向另一侧移动。推土机平料后,对于暴露于表面的大块石及尖角凸块应及时用液压冲击锤进行处理。

(6) 填筑区应标明料源分界线,填料时严格控制料区分界线;对于侵占料则采用反铲及时清理。

3.3 坝面洒水质量控制

坝料洒水采用坝外加水和坝面补水相结合的方案。

(1) 坝外加水:坝料上坝前,通过上坝入口加水站加水。加水站由专人负责,自动控制与手动控制相结合。

(2) 坝面补水: 利用洒水车在供水点处接水, 运至工作面进行补充洒水。

(3) 加水量控制: 按照已经批准的碾压试验确定的加水量在加水站加水。加水站采用自动计量装置, 根据不同车型、单车方量确定自动加水控制时间; 坝面补充洒水主要是针对局部洒水量不足、铺筑时间过长而失水的上坝料进行碾压前的二次补充洒水。

3.4 碾压质量的控制

(1) 在坝体填筑中, 采用以控制碾压参数为主、以试坑法检测干容重为辅的“双控”法进行质量检测。

(2) 振动碾行驶方向平行于坝轴线, 采用进退错距法碾压, 中低速行驶(1~2 km/h), 靠岸边处顺岸碾压。

(3) 严格按照规定的错距宽度进行碾压。操作手应经常下车检查, 质检人员应经常抽查。一个填筑单元的起始碾压条带(一个滚筒宽度)先完成规定的施工碾压遍数。应特别加强对单元与单元结合部位的碾压。

(4) 碾压设备需进行经常性的维护与保养, 按照规定的时间做激振力、频率的测定, 以保证设备处于良好的受控状态。

3.5 特殊部位的施工质量控制

(1) 对于坝体与岸坡结合部因地质情况形成的反坡应将其处理成顺坡后再填筑。对于不易处理的局部反坡, 按设计和监理人员的要求先填混凝土或浆砌石修复成顺坡后再进行坝料填筑。

(2) 对于填筑体与岸坡结合部振动碾沿岸坡方向碾压不到的地方采用小型振动碾或振动夯板补压。

(3) 对因布置施工道路需要或分期填筑形成的先期块与后期块施工结合缝, 先期填筑区坡面采取台阶收坡方法施工(台阶宽度不小于 1 m); 先期填筑面的碾压应在保证安全的条件下尽量碾压到边, 使边坡上的松散填筑料减小到最低限度; 后期填筑时, 将先期填筑体坡面用反铲清除表面松散料, 并与新填筑料混合然后一并碾压, 超径石应剔除或采用液压破碎锤处理。碾压时, 进行骑缝加强碾压, 增加 2~4 遍碾压遍数。

(4) 对于上坝路与坝体和坝肩结合部应严格分层填筑施工, 禁止用推土机直接无层次地送料

与坝体接通。

3.6 坝体填筑质量的控制

在坝体填筑中, 采用以控制碾压参数为主、以试坑法检测干容重为辅的“双控”法进行质量检测。

(1) 检查项目及要求。

坝体填筑质量检查项目、取样次数及试验方法等需满足表 1 中的要求。

表 1 坝料压实检测项目和取样次数表

坝料	检查项目	取样(检测次数)
坝面	干密度、颗粒级配	1 次/(500~1 000 m ³), 每层至少一次
垫层料 上游坡面	干密度、颗粒级配	1 次/(1 500~3 000 m ³)
小区	干密度、颗粒级配	1 次/(1~3 层)
过渡料	干密度、颗粒级配	1 次/(3 000~6 000 m ³)
砂砾料	干密度、颗粒级配	1 次/(5 000~10 000 m ³)
堆石料	干密度、颗粒级配	1 次/(10 000~100 000 m ³)

注: 渗透系数按设计要求进行检测。

(2) 检查方法。

垫层料、过渡料和堆石料压实干密度的检测采用挖坑灌水法, 并采用 GPS 轨迹监控、附加质量法等作为第三方平行检测的方法。垫层料亦可采用核子密度仪法。

垫层料试坑的直径应不小于最大粒径的 4 倍, 试坑深度为碾压层厚。

过渡料试坑直径应为最大粒径的 3~4 倍, 试坑深度为碾压层厚。

堆石料试坑直径为坝料最大粒径的 2~3 倍, 试坑的最大直径不超过 2 m, 试坑深度为碾压层厚。

(3) 施工过程中采用的质量控制方法。

填筑料的质量应满足设计和相关规范规定要求, 施工过程中应重点检查以下项目是否符合要求:

① 填筑部位的坝料质量;

② 压实机具的规格、振动频率、激振力等, 应定期进行检查;

③ 负温下施工时填筑面上的冰雪已清除干净, 填筑无冻结现象;

(下转第 53 页)

TBM 在该项目不良地质洞段掘进的需求,降低因不良地质洞段设备故障或设备性能无法满足极端脱困情况需求而导致的 TBM 卡机风险。

(2)在进行 TBM 隧洞项目施工时,TBM 施工单位应提高对 TBM 卡机预防的重视程度并培养足够的、懂 TBM 施工的地质工程师,能够根据设计提供的地质资料及超前地质预报结果提前评估不良地质洞段通行风险,策划 TBM 通行措施,使施工项目部有充分准备地面对不良地质洞段,降低因施工单位本身对不良地质洞段认识不足、超前处理措施准备不足、实施不到位而导致的 TBM 通过不良地质洞段时的卡机风险。

(3)应该选择超前地质预报业界水平较高的企业并甄选有责任心的超前地质预报工作人员进行项目超前地质预报工作,确保超前地质预报结果有较高的准确度和可信度,以保证其对 TBM 后续掘进施工具有指导作用。同时,超前地质预报还应根据项目实际地质情况尽可能多地包括围岩完整情况、涌水情况、地应力情况等可能对 TBM 掘进和 TBM 设备有不良影响因素的结果,综合多方面结果确定 TBM 的掘进参数,降低 TBM 卡机风险。

5 结 语

当 TBM 从断层破碎带及其影响带中穿过或从断层和高地应力区软弱围岩同时存在的复杂地

(上接第 50 页)

④ 铺层厚度、碾压参数、加水量等碾压参数应符合碾压试验成果报告要求,铺料厚度误差不宜超过层厚的 10%;

⑤ 试坑取样试验质量检查项目的成果应符合设计要求;

⑥ 按规定取样所测定的干密度其平均值不小于设计值,标准差不大于 50 g/m^3 。当样本数小于 20 组时,应按合格率不小于 90%、不合格点

质洞段通过时,围岩的持续挤压作用和快速大变形一旦超过护盾与围岩之间预留的空隙量时会导致 TBM 卡机事故的发生。卡机脱困处理将严重影响工程工期,影响施工单位履约。如果我们能够从 TBM 设备选型、超前地质预报解读以及不良地质洞段超前处理等方面做好应对 TBM 通过不良地质洞段的准备,TBM 卡机的几率一定会得到有效遏制。因此,我们必须不断总结双护盾 TBM 顺利通过不良地质洞段的实践经验,不断探索降低双护盾 TBM 不良地质洞段卡机风险的对策。双护盾 TBM 具有的掘进速度快、安全、利于环保、可实现传统钻爆法难以实现的复杂地质条件下的深埋长隧洞施工、综合效益高等优点才会得到更好地发挥。

参考文献:

- [1] 尚彦军,史永利,等.昆明上公山隧道复杂地质条件下 TBM 卡机护盾变形问题分析和对策[J].岩石力学与工程学报,2005,24(21):3858-3863.
- [2] 温 森,徐卫亚.深埋隧洞 TBM 卡机事故风险分析[J].长江科学院院报,2008,25(5):135-138.
- [3] 温 森,杨圣奇,等.深埋隧道 TBM 卡机机理及控制措施研究[J].岩土工程学报,2015,37(7):1271-1277.

作者简介:

袁艳斌(1989-),男,河南郑州人,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工

陈 维(1986-),男,湖北京山人,项目经理,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

的干密度不低于设计干密度的 95% 控制。

参考文献:

- [1] 康世荣,陈东山,等.水利水电工程施工组织设计手册[M].北京:中国水利水电出版社,1996.

作者简介:

冯鹏程(1984-),男,四川西充人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

冉 念(1970-),女,四川都江堰人,高级工程师,从事水电工程经营管理工

(责任编辑:李燕辉)

白水江青龙水电站通过竣工验收

3月28日,成都勘测设计研究有限公司以 EPC 总承包方式承建的青龙水电站工程竣工验收会在成都召开。验收委员会一致同意青龙水电站通过工程竣工验收。竣工验收的通过,标志着青龙水电站工程建设阶段工作全部结束。青龙水电站属白水江水电规划一库七级方案中的第七级梯级电站,为引水式开发。电站首部枢纽距九寨沟县城约 11.5 公里。工程属中等规模,等别为 III 等,装机容量 3×34 兆瓦。青龙电站于 2007 年 10 月开工建设,3 台水轮发电机组于 2012 年 6 月 1 日全部正式投入商业运行,其间经历了 2017 年“8·8”九寨沟地震、2018 年“7·11”特大洪灾,截止到 2018 年底,累计实现发电量 28.9 亿千瓦时。

(成都勘测设计研究有限公司 2019 年 4 月 2 日)