

去学水电站沥青混凝土施工参数试验研究

廖 果

(中国水利水电第七工程局有限公司 三分局, 四川 成都 610213)

摘要:以目前世界最高沥青混凝土心墙堆石坝——去学水电站施工实践为依托,根据心墙的设计特点,通过对配合比进行的试验比选和现场施工实践数据分析,对沥青混凝土的施工参数进行了选择和优化,对高质量、高效率进行沥青混凝土心墙施工起到了指导作用,取得了较好的效果。

关键词:去学水电站;沥青混凝土;参数优化;试验研究

中图分类号:TV7;TV52;TV544;TV43;TV41

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2021)06-0047-03

Experimental Study on Asphalt Concrete Construction Parameters of Quxue Hydropower Station

LIAO Guo

(Third Branch of Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610213)

Abstract: Relying on the construction practice of the world's highest rockfill dam with asphalt concrete core wall of Quxue Hydropower Station, this paper selects and optimizes the construction parameters of asphalt concrete according to the design characteristics of the core wall through experimental test of the mix ratio and analysis of the field data, which plays a guiding role in construction of high-quality and high-efficiency asphalt concrete core wall, and good results are achieved.

Key words: Quxue Hydropower Station; asphalt concrete; parameter optimization; experimental study

1 概 述

去学水电站位于四川省甘孜州得荣县,其沥青混凝土心墙顶高程为 2 333 m,心墙最大高度为 132 m(系目前世界第一高沥青混凝土心墙坝)。沥青混凝土心墙顶部厚 0.6 m,向下逐渐加厚至 1.5 m,在其底部 3 m 高处设置放大脚,两岸在心墙靠近基座处设 3 m 长的放大脚。心墙放大基础位于钢筋混凝土基座上,心墙上下游侧 2 m 宽的范围内为过渡料。在河床及岸坡基座混凝土顶面设置圆弧形凹槽,涂刷 3 cm 厚砂质沥青玛蹄脂。为顺利施工,对去学水电站沥青混凝土施工参数进行了试验研究。

2 施工特点

(1)该心墙岸坡坡比为 1:0.3,极为陡峭,不利于心墙的变形,对施工质量要求高。

(2)施工区汛期月降雨天数大于 28 d,不利于心墙连续性施工。

(3)施工区处于深 V 型河谷,温差大,下午多

大风,进而加快了心墙施工的温度损失。

(4)该工程为世界最高沥青混凝土心墙堆石坝,对质量标准要求高,施工工期紧,心墙上升速度快,高峰期达到每天连续上升 3 层。

3 室内配合比的选择与优化

工程前期,设计人员进行了室内配合比的试验并推荐了 6.8%油石比的配合比。实施前,项目部根据接头模型试验,决定对距左岸边坡基座水平距离 10 m 内的沥青混凝土油石比在 13 号配合比(6.8%)的基础上提高了 0.2%。所推荐的室内配合比见表 1。

最终决定采用油石比为 6.8%、7%的两种配合比进行现场生产性试验。

4 现场生产性试验情况

4.1 现场生产性试验场地的布置

试验采用 1 块经平整碾压后尺寸为 33 m×5 m×0.2 m 的场地。现场试验场地布置情况见图 1。当所浇筑的混凝土强度达到设计要求后自然烘干,涂抹冷底子油和沥青砂浆。

收稿日期:2021-09-27

表1 推荐的室内配合比表

配比编号	最大骨料粒径/mm	级配指数	填料含量/%	沥青占矿料重/%	沥 青	粗骨料	细骨料	填料
13	19	0.38	13	6.8	克拉玛依石油	灰岩	灰岩	灰岩
B13	19	0.38	13	7	沥青70号A级		人工砂	矿粉

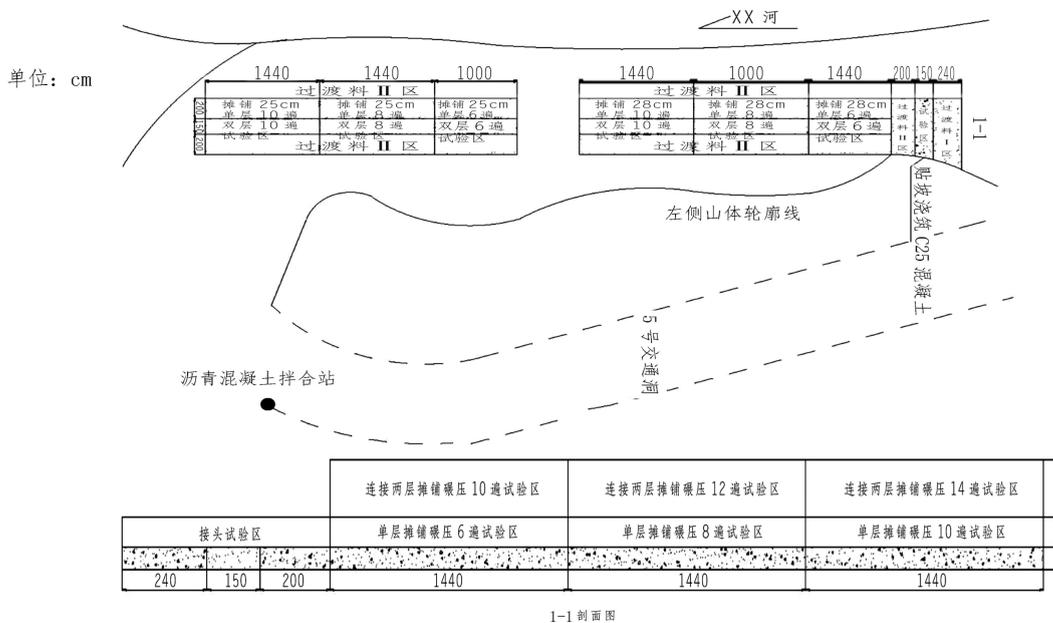


图1 现场试验场地布置图

4.2 沥青混凝土的配料与拌和试验

根据相关试验结果推荐沥青的加热温度宜控制在 140℃~160℃。沥青混合料的拌和顺序及时间为:粗骨料→细骨料→填料(干拌 15 s)→沥青(湿拌 45 s)→沥青混合料。

4.3 沥青混合料的运输及温度试验

由于拌和楼每次拌制沥青混合料时开始几盘的温度不稳定,考虑到施工进度,沥青混合料出机口温度不宜过高;又因运输温度损失过大,实际施工时不宜采用装载机运输,宜采用 8 t 保温汽车运输。若使用装载机直接运输,其运输时间不应超过 10 min;若使用 8 t 保温车运输,建议其运输时间不超过 30 min。

4.4 相关温度参数推荐

沥青混合料的最佳出机口温度宜为 150℃~170℃,初碾温度宜控制在 140℃~160℃。冬季施工采用偏大值,夏季施工采用偏小值;连续铺筑时其上层表面温度不宜低于 90℃,过低会影响两层间的结合;连续铺筑时其上层表面温度不宜大于 130℃,过高会使上层碾压不密实。

4.5 摊铺碾压试验

按照不同配合比、铺筑方式、碾压遍数、铺筑厚度等试验参数采用了共计 16 个组合用于验证各施工工艺下沥青混凝土的性能,并对岸坡接头开展了单独试验。

采用人工摊铺,用 1 台 2.5 t 振动碾碾压沥青混合料。碾压顺序为:先静碾过渡料 2 遍→静碾沥青混合料 2 遍→同时对沥青混合料及过渡料动碾 6、8、10 遍→静碾沥青心墙 2 遍收光。

现场测量沥青混凝土心墙铺料厚度为 28 cm 时,碾压后的厚度为 24.9 cm;沥青混凝土心墙铺料厚度为 25 cm 时,碾压后的厚度为 21.8 cm。碾压前的心墙宽度为 1.4 m,碾压后的心墙平均宽度为 1.56 m。由此可见,在正常施工状态下,沥青混凝土的损耗率(即施工中的超填量)约为 11.43%左右。

4.6 岸坡接头试验情况

原设计方案中的混凝土面涂刷沥青玛蹄脂涂层厚度为 3 cm。现场试验时,在摊铺完成后沥青混凝土表面立即出现严重的返油现象,导致其长

时间不具备碾压条件。经分析得知:沥青混合料温度正常、沥青拌和站称量准确,根据配合比计算,实际摊铺完成后其油石比达到 8.4%。由上述情况可以断定:玛蹄脂涂刷过厚是造成返油的主要和直接原因,因此需要研究并调整相关参数。

5 对试验结果进行研究及分析

5.1 沥青混合料马歇尔试件的检测

对沥青混合料在摊铺完成后、未碾压之前从不同部位取料混合,采用四分法分区取试样进行马歇尔试件密度、孔隙率、抽提试验。试验结果显示:油石比为 6.8%、7% 时,马歇尔试件的孔隙率、沥青混合料中沥青的含量和各级配过筛率均满足设计要求。

5.2 沥青混凝土性能与碾压参数之间的关系

表 2 不同油石比情况实测的沥青混凝土芯样检测数据汇总表

油石比 /%	铺料厚度 /cm	碾压遍数	密度 /g·cm ⁻³			孔隙率 /%		
			最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
6.8	28	8	2.49	2.44	2.464	2.9	0.5	1.52
7	28	8	2.49	2.43	2.458	2.6	0.2	1.47

对表 2 进行分析得知:在碾压参数一定时,油石比为 7% 和 6.8% 时的沥青混凝土的密度和孔隙率相差很小,但沥青混凝土孔隙率平均值在油石比为 7% 时较油石比为 6.8% 时稍小。

5.4 现场实施的无损检测

对碾压后的沥青混凝土采用核子密度仪检测其密度并计算孔隙率,采用渗气仪检测渗透系数,对使用核子密度仪进行无损检测的点再次进行取芯检测其密度并计算孔隙率。检测结果显示:芯

通过对不同试验参数下的芯样实测结果进行分析得知:在所选取的各碾压参数下的沥青混凝土孔隙率平均值均小于 3%,密度平均值大于 2.4 g/cm³,满足设计要求。碾压 6 遍至 8 遍时其密度有一定程度的增长;碾压 8 遍至 10 遍时其密度变化不大。在铺料厚度为 25 cm、28 cm 情况下,动碾 8 遍之后沥青混凝土密度已趋于最大值,沥青混合料已压至密实,孔隙率均小于 3%,可以满足设计要求。

5.3 油石比与沥青混凝土性能之间的关系分析

在碾压参数一定时选取不同油石比的情况下实测沥青混凝土芯样的密度、孔隙率与碾压遍数,不同油石比情况实测的沥青混凝土芯样检测数据统计情况见表 2。

样密度为 2.45~2.48 g/cm³、孔隙率为 0.6%~2.1%。无损检测密度(2.45~2.48 g/cm³)、孔隙率(0.1%~2.2%)以及渗透系数均满足规范要求。

6 推荐的施工参数

根据现场试验结果,采用所选择的各试验参数组合进行施工,其沥青混凝土的密度、孔隙率、渗透性能均满足设计要求。项目部从工程施工、进度、经济等因素综合考虑,最终推荐的施工参数见表 3。

表 3 最终推荐的施工参数表

摊铺方式	出机口温度 /°C	初碾温度 /°C	上层温度 /°C	碾压遍数	铺料厚度 /cm	油石比 /%
人工摊铺 连续铺筑	150~170	140~160	90~130	静 2+振 8+静 2	28	6.8

施工过程中取芯样外送至西安理工大学防渗研究所进行的静三轴试验和各项性能试验结果显示:采用表 3 推荐的施工参数完全满足规范和设计要求。

7 结 语

通过采用不同组合的试验参数进行生产性试验,最终选择出最适合该工程的施工参数,据此进行施工并提出了以下优化建议:

(1)为提高沥青混凝土心墙在左岸陡边坡接头部位的变形能力,将距左岸边坡基座水平距离 10 m 内的沥青混凝土油石比在 13 号配合比(6.8%)的基础上提高 0.2%。

(2)为保证高程 2 201 m 心墙底部施工的碾压质量,将高程 2 201 m 平台混凝土基座 Z 型铜止水顶部弯钩割除,首层按压实厚 25 cm 进行浇筑。

(下转第 73 页)

胶凝材料含量相对较低,经溜管入料时易造成离析和堵管现象且冲损溜管和缓冲器。另外,单仓层高达 18 m 且存在临空面,施工中要确保施工安全和质量要求,因此,必须注意以下几个方面:

①C20 混凝土采用二级配,应将其坍落度控制在 180~200 mm;放料时注意卸料速度,按照 10~15 m³/h 的卸料速度控制。

②保证各个溜管法兰接头处紧密连接,对溜管接头、转弯处及缓降器易磨损的部位设置耐磨钢筋、加厚钢板及橡塑,溜管与可移动式旋转分料系统顺接处采用覆盖铁皮的方式(在仓内溜筒高度不大于 1.5 m)防止飞石和漏浆。

③振捣时,注意对埋管、监测线路排水槽、排水管等埋件进行保护,不得触及埋件。混凝土收仓面不得高于排水管口,对排水管口做临时封闭,防止混凝土进入排水管造成排水管堵塞。

④由于压力钢管钢衬回填混凝土单仓高度达 18 m,因此,在仓内,按照层高 3 m 设置振捣平台,每层振动平台环向连通与竖向连通。在仓外,压力钢管口除旋转分料系统布置区域外均铺设竹跳板和彩条布,做好安全防护,防止混凝土落入压力钢管内,同时保证施工人员的作业安全。

4 结 语

鉴于该电站左岸压力管道竖井段压力钢管安装及混凝土回填施工难度大,安全风险大,施工方经仔细研究后引进了机械化设备、电气化设备与新技术,开发新产品,改善了施工难度,降低了安全风险,确保了施工质量。所定制的 2×30 t 桥式起重机既提高了开挖支护阶段的施工效率,又满足了压力钢管吊装要求。压力钢管的安装成功地采用了 CO₂ 气体保护焊接技术,提高了焊接效率,降低了施工成本。成功开发了压力钢管升降施工平台式内支撑和可移动式混凝土旋转分料系

统并申请了实用新型专利。压力钢管升降施工平台式内支撑和可移动式混凝土旋转分料系统的采用大大提高了施工作业人员的安全保障系数,降低了人力操作难度,提高了压力钢管安装和混凝土浇筑效率,降低了传统内支撑拆除的成本和安全风险。通过施工方技术人员不懈地研究,对压力管道竖井混凝土施工进行优化,取得了良好的经济效益和社会效益。

白鹤滩水电站左岸 8 条压力管道竖井压力钢管的安装及混凝土回填施工采用新工艺、新技术,开发出新产品,取得了科技成果,获得了良好的效益,完全得益于施工方对技术创新的追求和对科技开发的重视与投入,所取得的经验对类似工程具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 周挺,郑林仙,陈亚君. 带加劲环埋藏式压力钢管的抗外压稳定性分析[J]. 浙江水利水电专科学校学报. 2010. 22(2): 35-39.
- [2] 李建平,谭玉平,杨勇,曾洪富,潘勇,谢守斌,王永华,望永东,孙文,宋慧涛,杨芳,范如谷. 竖井段压力钢管升降施工平台式内支撑. 中国专利. CN201710412001.0[P],2017-08-04.
- [3] 卢伟,韩海峰,张志刚. 一种超高强度工程机械钢板用气体保护实心焊丝及其应用. 中国专利. CN201811392414.8 [P]. 2019-05-28.
- [4] 黄静,赵国仙,宋洋. Q345R 钢埋弧焊焊缝开裂原因分析[J]. 焊管. 2020. 43(3):56-62.
- [5] 韩进奇,杨帆,倪华军,李洪伟,曾强,张丹萍,覃保柱,韩乔松,刘天. 一种可移动式混凝土旋转分料系统. 中国专利. CN201821615962.8[P]. 2019-06-25.

作者简介:

钟云光(1975-),男,四川资阳人,项目经理,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 49 页)

(3)根据岸坡基座接头试验成果,建议将心墙与混凝土基座接触面沥青玛蹄脂厚度由原设计方案中的 3 cm 调整至 2 cm。

(4)由于该工程施工强度高,而目前使用的摊铺机摊铺宽度最大仅为 4.2 m,进而导致了心墙自高程 2 247 m 以下均需进行人工摊铺、施工工

效降低,故应进行摊铺机改良的研究,以进一步加快心墙的施工速度。

作者简介:

廖 果(1991-),男,四川阆中人,项目常务副经理,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)