

堆石坝面板混凝土入仓方式对比分析

贾洪波, 安新

(中国安能集团第三工程局巴塘项目部, 四川 甘孜 626000)

摘要: 面板堆石坝是一种经济实用的坝型, 其优点为施工周期短、对坝基适应性强等, 在水利工程建设中获得了普遍的运用。阐述了某水利工程建设中对面板混凝土施工过程中的水平运输、垂直运输等几种方式进行的对比分析。

关键词: 面板混凝土; 施工; 仓面布料; 混凝土运输

中图分类号: TV52; TV544; TV72; TV640.31

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2021)03-0053-04

Contrastive Analysis on Block Concrete Placement Method for Concrete-faced Rockfill Dam

JIA Hongbo, AN Xin

(PMO of Batang Hydropower Station, China Anneng Group Third Engineering Bureau Co., LTD, Ganzi, Sichuan, 626000)

Abstract: Concrete-faced rockfill dam is an economic and practical dam type, which has the advantages of short construction period, strong adaptability to dam foundation, etc., and has been widely used in water conservancy projects. Taking a water conservancy project as an example, this paper makes comparative analysis on horizontal and vertical transportation of concrete during placement of face slab.

Key words: face concrete; construction; concrete distribution; concrete transportation

1 概述

云南某大型水电站采用钢筋混凝土面板作为堆石坝上游侧的防渗结构。面板底部高程为1 471 m, 顶部高程为1 623 m, 混凝土面板的面积总计为87 590 m², 垂直伸缩缝设置为每隔12 m一条, 按照伸缩缝的设置: 一期为32块面板, 二期为45块面板。设置水平施工缝1条, 位于高程1 555 m处, 面板厚度自底部向顶部逐渐变小, 顶部厚度为0.4 m, 底部最大厚度约为0.81 m, 面板厚度按公式 $e=0.4+0.0027H$ 计算(H 为计算断面到防浪墙底部的垂直高度), 面板表面坡比为1:1.4。

该工程面板混凝土参数: 二级配混凝土, 采用普通硅酸盐水泥, 最大骨料为中石, 粒径不超过40 mm。混凝土强度等级为C25, 抗渗等级为W12, 抗冻等级为F100, 混凝土极限拉伸值 $\geq 100 \times 10^{-6}$ 。在面板混凝土中掺入了20%的粉煤灰, 同时掺入了聚丙烯纤维和MgO, 外加剂采用高效减水剂和引气剂, 其能有效增加混凝土的耐久性和抗裂性, 增加和易性, 补偿混凝土干缩变形和收

缩变形, 提高抗拉强度。面板混凝土配合比设计的基本思路: 在满足设计要求的强度、抗渗、耐久性及良好和易性前提下, 重点考虑其防裂问题, 并能较好地满足施工要求。

根据坝体填筑及防洪度汛要求, 面板混凝土共分两期浇筑, 均采用4套无轨滑模、跳仓浇筑方式, 相邻仓号浇筑间歇时间不少于72 h。大坝面板一期高程约为1 471~1 555 m, 共计32块混凝土面板。大坝面板二期高程约为1 555~1 623 m, 共计45块混凝土面板。笔者对面板混凝土的运输方式与浇筑进行了阐述。

2 混凝土运输方式分析

2.1 水平运输方式分析

根据面板混凝土现场模拟试验得知: 采用自卸车运输较采用混凝土搅拌车运输时间大为减少, 主要节省了从拌和楼放料至运输设备之间的时间; 考虑到拌和楼出机口下料困难、运输中混凝土坍塌损失过大和混凝土温度升高等问题, 水平运输混凝土计划采用12 t自卸车, 每车可运输面板混凝土3 m³, 运输过程中自卸车需覆盖遮雨(阳)布。

收稿日期: 2021-04-26

2.2 垂直运输方式分析

(1)门机:使用门机浇筑混凝土的优点为门机机械性能比较稳定,浇筑效率较高,安装与拆卸较方便,起重重量较大。已建成的潘家口水库枢纽工程大坝混凝土浇筑采用门机浇筑混凝土近300万 m^3 ,取得了较好的施工经济效益。但是,选择门机进行面板混凝土浇筑,在其实际应用过程中受施工现场的实际地形影响,门机只能布置在趾板水平段,并因门机受臂长和高度的影响导致其运送混凝土的控制范围有限;同时,门机设备的安装与拆除次数较多的问题依然存在。综上所述:如果选择门机进行面板混凝土的垂直运输,施工强度将难以保证且工程投资较高。

(2)塔机:使用塔机作为面板混凝土的垂直运输设备需要将塔机和胶带机有机结合方能具备混凝土水平运输和混凝土垂直运输的能力,同时亦能满足仓面布料功能需求,在连续高强度混凝土浇筑施工中较为实用^[1]。构皮滩水电站第二级垂直升船机混凝土浇筑采用塔机结合胶带机的方式被证明其有效且经济。但若在本工程项目面板混凝土浇筑施工中选择塔机进行垂直运输作业,塔机的最优布置位置为基坑、左右岸坝肩和高程1623 m施工平台,但塔机运送混凝土的控制范围有限且塔机入仓强度和起重量小。当混凝土浇筑单元大、入仓强度高时,施工进度和质量将受到影响。

(3)缆机:使用缆机作为面板混凝土垂直运输设备具有工作跨度大、工作效率高、工作范围广、工作时间长等优点,同时还能满足钢筋、模板等各种施工构件的吊运与安装要求,在高山峡谷中混凝土浇筑工程量大、钢筋配置少的大坝面板混凝土施工中比较实用。白鹤滩水电站大坝混凝土浇筑采用缆机作为主要垂直运输设备,能够同时满足施工强度与施工质量要求。但在本工程项目使用缆机结合胶带机的方式入仓混凝土,存在缆机进场及安装耗时多、缆机塔架平台施工工程量大、价格高昂的不足。

(4)胶带机:胶带机是一种可用于混凝土浇筑的轻型运输设备,具有构造简单、就位方便、设备投资低的优点,适应各种复杂的地形条件,在混凝土浇筑量大的大坝混凝土施工中比较适用。白鹤滩水电站二道坝混凝土浇筑采用胶带机布料入仓

的方式,在地形复杂、工程量大的不利条件下快速施工,缩短了施工工期,取得了较好的施工效益。但在本工程项目中用于面板混凝土浇筑,存在混凝土运输及卸料时易产生骨料离析、运输时因层厚较薄对温控不利的不足。用于混凝土浇筑时,必须搭设支撑架且支撑架属于混凝土预埋件而无法回收,导致施工成本较高;浇筑施工跨度越大、高度越高,需要的支撑架就越多,因此其不适用于高度较大的面板混凝土施工。

(5)负压溜管:负压溜管适用于狭窄河床地区的混凝土浇筑施工,适用坡度一般为1:1~1:0.75,高差一般为0~50 m。西泌河水库拦河大坝混凝土浇筑采用负压溜管的方式入仓混凝土,很好地保证了施工进度与施工质量。但本工程大坝上游坝坡坡比为1:1.4,在高程1623 m施工平台拉面板,高差为152 m,其不满足负压溜管的适用条件。负压溜管使用时,负压溜管底部的钢槽和其上部胶管易被磨穿,且需修筑好混凝土的运输道路,结合本工程大坝的施工进度与作业环境,面板混凝土采用负压溜管入仓比较困难。

(6)溜槽:溜槽由受料斗、溜槽主体、出口口和支撑钢结构组成。一般而言溜槽的控制高度较小,但其可多级组合布置,在落料的过程中不易产生骨料分离且可连续作业,该种入仓方式的优点在于结构简单、易安装、成本较低,在保证混凝土质量的同时能快速投产。溜槽入仓既能发挥溜槽入仓混凝土质量有保证、效率高的优势,又能满足面板混凝土快速施工的要求。曼点水库大坝碾压混凝土施工采用溜槽设备,成功地解决了大坝混凝土入仓难的问题。

在综合以上因素并进行分析比较后,最终本工程面板混凝土垂直运输采用溜槽入仓方式。项目部还对此进行了入仓试验。

2.3 混凝土垂直运输溜槽入仓试验

2.3.1 方案一

(1)现场模拟试验。现场试验环境布置为模拟1584 m高程、斜长194.46 m部位的混凝土浇筑施工。试验时,使用混凝土罐车将混凝土倒至溜槽中直接浇筑入仓。配合比试验结果显示:面板混凝土应选用掺聚羧酸减水剂的配合比进行施工,出机口坍落度为70~90 mm和50~70 mm,并在满足现场施工要求的前提下尽可能地选用出

口坍落度为50~70 mm的配合比施工^[2]。

(2)制定的方案。在进行面板1 623 m高程以下部位混凝土浇筑施工时,在1 623 m高程设置主溜槽一条,并将其下部延续至混凝土浇筑仓面,在距离混凝土浇筑仓面8 m范围时分为两条支溜槽。初步考虑主溜槽每隔50 m设置一道挡板,根据现场施工情况挡板可适当加密;溜槽的搭接长度不应小于20 cm,以防止出现漏浆现象。在1 623 m施工平台,应利用混凝土罐车将混凝土转运至溜槽中直接溜槽入仓。

2.3.2 方案二

(1)现场模拟试验。现场试验环境模拟设置为1 623 m、斜长261.26 m部位的混凝土浇筑施工。面板混凝土配合比采用掺聚羧酸减水剂的配合比,其出口坍落度为70~90 mm和50~70 mm。试验时,分别采用混凝土罐车和自卸车两种方式将混凝土从左岸拌和系统运输至1 623 m平台。经现场试验发现:采用混凝土罐车和自卸车均可将混凝土送至溜槽,同时也能满足将混凝土采用溜槽运输至浇筑仓面的要求。受天气情况等外界因素影响,混凝土坍落度变化很大,在满足现场施工要求的前提下,应尽量使用出口坍落度较低的配合比施工。

(2)制定的方案。在进行面板1 623 m高程以下部位浇筑施工时,在面板每一浇筑块仓面上部布置一个集料斗,在1 623 m施工平台采用12 t自卸汽车将混凝土从左岸拌和系统运输至1 623 m平台,然后将混凝土直接倒入集料斗中,下部接一条主溜槽至浇筑仓面,在距仓面8 m左右时设两条分溜槽,溜槽的搭接长度不小于20 cm以防止漏浆。溜槽分别在1 623 m、1 600 m、1 584 m、1 555 m、1 526 m、1 497 m部位每隔20~30 m斜长设置一个挡板,以防止混凝土骨料发生分离。

混凝土垂直运输利用溜槽入仓,其长度约为261.26 m。为保证面板混凝土不离析、和易性好,主溜槽每隔20 m设置一道挡板可防止飞石滚落,从而有效地起到了安全防护作用。

3 面板混凝土浇筑注意事项

(1)面板混凝土浇筑采用人工平仓方式,每层布料厚度按公式 $e=0.4+0.0027H$ 计算,如遇止水铜片则采用人工辅助布料的方式,但须特别注

意铜止水处应振捣密实,振捣以混凝土开始泛浆、不出气泡为准。

(2)面板混凝土浇筑完成24 h后,必须立即进行洒水养护,可采用压盖草帘用水管长流水养护的方法避免日光暴晒,养护至水库蓄水为止^[1]。

(3)混凝土入仓平仓、振捣完一层后,滑模即可滑升,将每次滑升的垂直高度控制在30 cm左右,滑模的滑升速度以1.5~2.5 m/h左右为宜。因特殊原因停工或混凝土入仓后4 h未连续作业时,必须将滑模滑升,否则将会使混凝土与滑模滑板产生黏结效应;但如果强行滑升则将拉裂混凝土表面,甚至会造成其难以滑动。

(4)无轨滑模滑升的速度以1.5 m/h至2.5 m/h左右为宜。对于周边缝三角块采用滑模斜拉法浇筑。

(5)面板混凝土滑升过程中,当混凝土已初凝应立即覆盖草袋,人工洒水养护,随浇筑高度的升高逐渐向上覆盖及洒水,直至浇到顶后在顶部安装花管接通水管进行长期养护,直到水库蓄水为止。

(6)为保证所铺盖的草袋不被大风刮走,应在其表面设钢管网架予以压住,发现腐烂的草袋一定要及时更换。因面板混凝土很薄,在寒潮及大风降温或早晚温差作用下面板混凝土难以承受内外温差引起的温度应力变化,很容易产生裂缝,因此,寒冷气候时在混凝土表面增加了一层(厚5 cm)聚氯乙烯板进行保温防护,且仍用钢管压住保护以防其被风刮走。

4 混凝土入仓浇筑后的温度控制与防裂控制

混凝土入仓浇筑后的温度控制可以采取以下措施:

(1)优化混凝土配合比。

① 选择质量稳定且水化热较低的水泥。

② 选择适宜的掺合料和外加剂,减少水泥用量,降低混凝土水化热温升。

③ 控制混凝土骨料的含水率不超过6%,且其波动小于2%,对成品料仓设置凉棚,成品料仓的堆料高度应尽量高。

(2)严格控制混凝土温度。

① 散装水泥运至工地的人罐最高温度不超过65℃。

② 采用粗细骨料预冷或采用冰水进行混凝

土拌合,以控制混凝土的出机口温度。

③ 控制混凝土浇筑过程中的温度上升变化,应快速进行混凝土入仓、平仓、振捣作业,减少上层混凝土的覆盖时间。

④ 在保证施工节点工期及进度的前提下,应尽量避免在高温时段浇筑混凝土,应充分利用低温季节和早晚及夜间气温低的时段浇筑。

⑤ 当仓内气温高于 25℃ 时,采取机械设备进行仓面喷雾,喷雾时水分不易过量,要求雾滴直径达到 40~80 μm,以防止混凝土表面泛出水泥浆液。

⑥ 控制混凝土的升层高度和间歇期,在满足浇筑计划的同时,尽可能地采用薄层、短间歇、均匀上升,避免出现老混凝土^[4]。

(3) 加强施工管理。

① 加强混凝土拌和、运输、浇筑过程的质量控制,控制混凝土的强度合格率、强度标准差满足要求。

② 加强气象预报工作,及时了解气温情况,如施工期遭遇冬季施工,必须严格按相关规定执行。

③ 严格遵守有关雨天、大风等时段的停工规定。

对于混凝土入仓浇筑后的防裂控制可以采取以下措施:

(1) 优化配合比设计。通过试验,尽可能地使用较小的水灰比。为减小水化热,采用低热普通硅酸盐水泥、掺加粉煤灰和聚丙烯纤维。使用减水剂、引气剂等外加剂用以改善混凝土的和易性。

(2) 控制混凝土的拌和质量。混凝土拌合用的骨料和砂的含水量的不均匀性会直接影响坍落度,进而直接影响到混凝土质量,因此,项目部安排专人对砂石骨料的含水量进行了测定,同时由专人检测混凝土出机口塌落度和仓面坍落度,适

时指导并调整配合比。

(3) 控制仓面混凝土的施工质量。混凝土通过溜槽输送到仓面后,由人工及时平仓、及时振捣,以防止物料分离及骨料集中。同时,应适时拉升滑模:过早会造成混凝土鼓包,过晚则会造成混凝土表面拉裂。加强抹面工作,封闭表面的细微龟裂裂纹^[4]。

(4) 加强养护。在混凝土浇筑过程中,主要采用覆盖及洒水养护措施。当一块面板浇筑时,在滑模尾部设喷雾设备进行喷雾养护;每一期面板浇筑完成后,在顶部铺设花眼钢管长流水不间断养护直至水库蓄水^[5]。

5 结语

在水利水电工程堆石坝面板混凝土施工工艺中,垂直运输采用溜槽入仓方式因其具有结构简单、易安装、投资成本低、通用性强、对施工环境要求不高等优点而被广泛采用。工程实践表明:面板堆石坝混凝土面板的浇筑施工采用溜槽入仓方式是最经济、最具操作性的一种入仓方式。

参考文献:

- [1] 苗延强,史文才,马明哲. 梨园混凝土面板堆石坝面板混凝土施工技术[J]. 水力发电, 2015, 41(5):80-83.
- [2] 王廷宽,李虎章. 混凝土面板堆石坝施工工艺的控制[J]. 水科学与工程技术, 2004, 17(5):29-30.
- [3] 黄玮,洪行远. 藏木水电站大坝混凝土施工技术[J]. 水电站设计, 2017, 33(1):99-104.
- [4] 曹文波,闫静,康进辉. 梨园水电站面板混凝土施工工艺及方法[J]. 水利水电快报, 2018, 19(6):88-92.
- [5] 强艳丽. 门机用于水工混凝土浇筑的适用范围分析[J]. 城市建设理论研究:电子版, 2011, 1(30):1-8.

作者简介:

贾洪波(1986-),男,四川绵阳人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术及管理工

安新(1987-),男,陕西西安人,副部长,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术及管理工

(责任编辑:李燕辉)

横, 2019, 18(2):213-214.

- [5] 李慧. 金沙江雅鲁藏布江堰塞湖应急处置回顾与思考[J]. 水利水电快报, 2019, 40(4):9.

作者简介:

薛兴江(1995-),男,土家族,湖北宣恩人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工

肖雄(1994-),男,四川什邡人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 51 页)

参考文献:

- [1] 廖鸿志. 2018 年 10 月“两江”堰塞湖应急处置工作回顾[J]. 中国防汛抗旱, 2018, 28(12):3-5.
- [2] 龚智颖,罗华. 关于山体滑坡防治及其治理技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 6(31):453.
- [3] 张加雄,杨汉勇,唐莉,等. 金沙江堰塞湖抢险救灾卫勤保障实践及启示[J]. 西南国防医药, 2019, 47(6):714-715.
- [4] 杨书宇. 从金沙江堰塞湖事件引发的思考[J]. 中国科技纵