

中小型水库面板堆石坝挤压边墙快速施工技术

胡 其 林

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:随着挤压边墙施工工艺的逐步成熟,其相关配套设备功能也日益完善,但挤压边墙施工受诸多因素影响,其边墙挤压设备的实际施工效率往往与理论施工效率存在较大的差距,而且其边墙成型后的平整度往往较差,进而对后期面板施工质量造成一定的影响。为解决挤压边墙采用常规施工方法存在的问题,施工技术人员结合现场施工情况摸索出一套快速完成面板堆石坝挤压边墙施工的方法,解决了常规施工方法存在的边墙成型速度慢、成型效果差、施工效率低、施工干扰大、安全及质量隐患突出等问题,减少了后期表面超欠处理的工作量,节约了外加剂及设备与人工的投入,降低了施工成本及安全

关键词:向阳桥水库;中小型水库;面板堆石坝;挤压机;挤压边墙;快速施工技术

中图分类号:TV7;TV52;TV641

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)03-0035-05

Rapid Construction Technology for Extruded Side Walls of Concrete Face Rockfill Dams for Medium and Small Reservoirs

HU Qilin

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: With the gradual maturity of the construction technology of the extruded side wall, the functions of the related equipment are also increasingly improved. However, the construction of extruded sidewalls is affected by many factors, and the actual construction efficiency of the sidewall extrusion machine often lags behind the theoretical construction efficiency. Moreover, the flatness of sidewalls is often poor, which has a certain impact on the quality of later concrete face construction. In order to solve the problems existing in the conventional construction methods for the extruded side wall, construction technicians have explored a set of methods for quickly completing the construction of the extruded side wall of a concrete face rockfill dam based on the on-site construction situation. These methods have solved the problems existing in the conventional construction methods, such as slow molding speed, poor molding effect, low construction efficiency, large construction interference, prominent safety and quality issues, and reduced the workload of surface treatment in the later stage. The investment in additives, equipment, and labor has been saved, construction costs and safety problems have been reduced, and the construction quality of the extruded sidewall has been improved. The experience gained can provide reference for the construction of similar projects.

Key words: Xiangyangqiao Reservoir; medium and small reservoirs; concrete face rockfill dam; sidewall extrusion machine; extruded side wall; rapid construction technology

1 概 述

随着国家城市化进程的不断推进,城市饮水矛盾日益凸显,而开发中小型水库为解决城市供水问题提供了出路。可以预见的是:中小型水利工程的建设必将作为未来一段时间国内开发建设的重点方向。

广安邻水向阳桥水库工程是一座兼具防洪、农业灌溉、城镇及农村饮水、区域水生态文明建设等综合效益的中型水库。其枢纽永久性主要建筑物包括挡水大坝、泄洪建筑物、放空(取水)建筑物、充水渠道等。其挡水大坝设计为面板堆石坝,最大坝高 45 m。为满足填筑期大坝汛期挡水的要求,对挡水坝垫层料上游坡面采用挤压边墙^[1]

收稿日期:2023-03-18

工艺固坡。

挤压边墙成型速度快,能够满足坝体垫层料、过渡料及堆石区料同步上升的条件,在减少对坝面施工干扰的同时,省去了后期上游坡面削坡和斜坡碾压等工序。除此之外,挤压边墙施工完成后不仅能够起到防止上游垫层料坡面冲刷的效果,同时还兼具一定的临时度汛挡水能力^[2]。因此,挤压边墙施工技术在面板堆石坝建设中的应用将越来越普遍。

在传统挤压边墙施工过程中,受边墙挤压机定位偏差大及作业人员操作水平参差不齐等因素影响,挤压机行走轨迹往往难以控制。由于混凝土料的运输多采用混凝土搅拌车,为满足混凝土搅拌车的运输要求,混凝土坍落度一般不宜过小,受此影响,在边墙挤压过程中易造成边墙成型速度慢、成型效果差、外加剂消耗大、后期缺陷处理工作量大等问题。

针对上述问题,项目部施工技术人员通过反

复对比、讨论研究,从人、机、材、法、环、测等方面分析原因、查找问题,最终通过优化混凝土料配比、调整混凝土料运输及入仓手段、控制边墙挤压机行走轨迹等施工方法实现了挤压边墙的快速施工。系统地采用新技术、新设备、新工艺加快了施工速度,提高了挤压边墙的施工质量,解决了传统施工工艺存在的问题。

2 新工艺的原理、特点及其应用

该施工新技术采用全站仪放样,通过设置槽钢轨道和导向轮的方式确保了边墙挤压机的行走轨迹^[3]。边墙挤压机行走导向装置结构见图1。为了降低混凝土坍落度,施工采用自卸车运料和现场钢料斗临时储料、使用小型液压反铲向边墙挤压机上的集料斗喂料的方式,加快了挤压边墙的施工速度、降低了劳动作业强度。综合上述施工工艺措施及方法,最终实现了挤压边墙快速施工,确保了挤压边墙的成型质量及表面平整度,减少了后期缺陷处理的工作量。

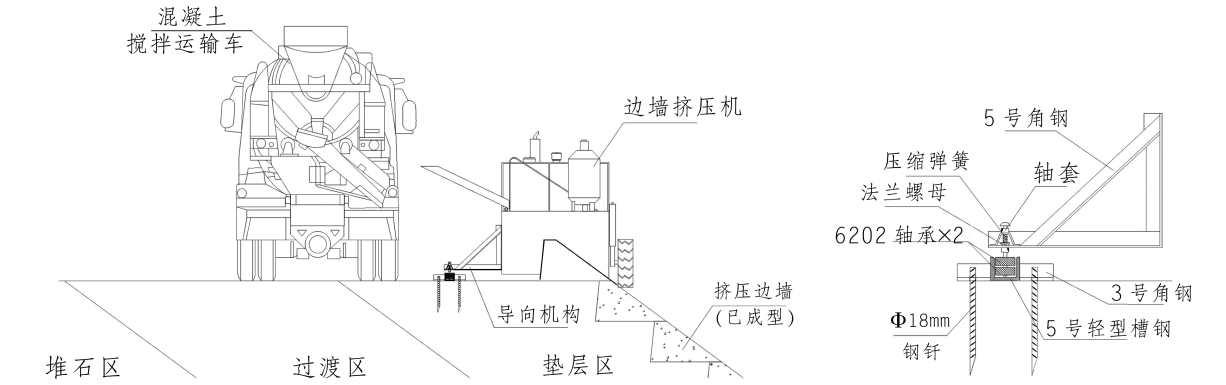


图1 边墙挤压机行走导向装置结构示意图

该工艺通过设置导向轨道,大大减少了挤压边墙机频繁调整行走轨迹精度所耗费的时间;通过调整混凝土的入仓方式,降低了对混凝土坍落度的要求,加快了混凝土入仓速度,同时也加快了边墙成型速度,保障了挤压边墙成型后的质量。介绍了施工新工艺的原理、特点及应用情况。

2.1 施工工艺流程

挤压边墙快速施工技术工艺流程见图2。

2.2 操作要点

(1)作业面的平整。作业面的平整在对应区域的垫层料碾压完成后进行,采用人工整修的方式以确保将挤压机行走范围内垫层料碾压后的2 m范围平整度控制在±2.5 cm,以保证边墙挤压

成型平整、直顺。必须特别重视首层边墙施工前的作业面平整工作,进而确保后续边墙的成型效果。

(2)测量放样。施工放样采用全站仪,沿坝轴线方向每5 m设置一个控制点,控制点与上游面的距离根据挤压机的宽度及超欠修正确定。在测量放样的同时对工作面的平整度进行必要的复核。施工时应注意:①考虑到面板堆石坝施工期存在沉降变形和边墙侧向位移,施工时应根据沉降变形规律及可能发生的位移沿设计坡面线预留超、欠坡幅度;②作业面平整度的复核可以采用2 m靠尺配合全站仪进行,以确保挤压机行走范围内的平整度满足规范要求。

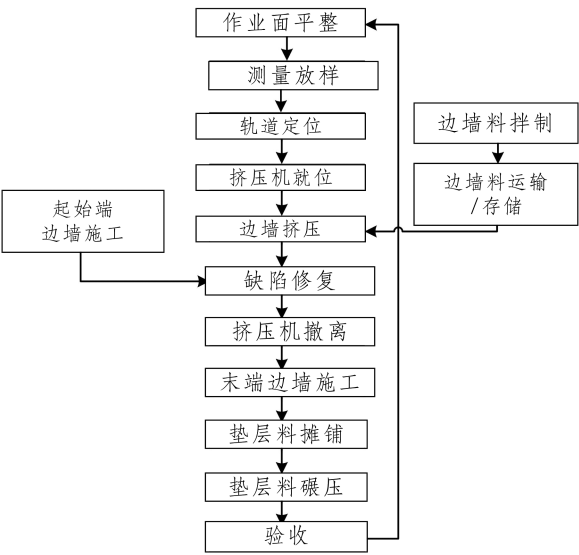


图 2 挤压边墙快速施工工艺流程图

(3)轨道定位。采用全站仪的红外线功能并利用预先设置的控制点对槽钢轨道进行定位，槽钢轨道每节长 5 m，共 3 节，施工过程中循环安拆使用。

(4)挤压机就位。挤压机采用小型起重设备吊运就位、现场调平，将导向机构与槽钢轨道进行调整就位并固定，最后安放边墙起始端头的临时挡板。施工时应注意：①利用水平尺或垂直刻度调整挤压机的垂直方向和平行机身方向，使其处于水平状态；②采用卷尺或钢板尺校核挤压机成型仓的高度并及时调整轮高，使挤压边墙的墙体高度符合设计要求；③根据已经完成定位的轨道调整导向机构，导向轮与槽钢轨道的定位应准确，从而确保挤压机行走路线的平直。

(5)边墙料的拌制。边墙混凝土料采用强制式拌和站集中拌制。为确保边墙成型效果，边墙料宜采用一级配干硬性混凝土，坍落度按 5 cm 控制。边墙料应在拌和站拌制过程中掺加减水剂。

(6)边墙料的运输与存储。边墙料在拌和站拌制完成后，采用自卸汽车或装载机运输至大坝坝面施工现场并临时存储在预先制作好的钢料斗中。钢料斗采用敞口设计，底部采用钢板加强并设置拉环及钢丝绳以方便其在坝面转移。

(7)边墙挤压。根据预先设置的槽钢轨道并由专人控制挤压机的行走方向。挤压机加设集料斗，采用小型液压反铲向集料斗中供料，人工辅助向进料口喂料，出料口的出料应均匀且速度适中。

施工时应注意：①挤压机的方向控制操作手应注意根据导向轮在槽钢轨道中的行走状态适时适度地对挤压机方向进行微调；②挤压机的行进动力主要与供料、喂料速度有关，在其行进过程中宜将其速度控制在 50~60 m/h 范围内；③集料斗作为临时存料措施还兼顾一定的配重功能，以确保边墙挤压压实与成型效果；④在边墙挤压施工过程中，应在挤压机进料口处均匀喷洒液态速凝剂^[4]。

在边墙施工过程中，应安排专职人员对出现脱空或垮塌、层间连接不平顺等质量缺陷的边墙部位及时进行人工修补与处理。

(8)端头边墙的施工。对于大坝两岸靠近趾板、挤压机无法就位的区域，其端头边墙利用组合钢模板或木模板采用人工铺料、分层夯实的方式施工，分层厚度不大于 20 cm 并按照规定配合比例均匀喷洒速凝剂，约 1 h 后拆除模板并对尺寸偏差部位进行处理和修整。

(9)缺陷的修补。对于已成型边墙的表面缺陷和层间错台等采用与边墙同种材料的细料进行补填，辅以人工用木抹子或平口铁锨及时进行修整、补平和拍实。

(10)挤压机的撤离。挤压机采用小型起重设备吊运撤离并摆放至下游地势平坦、稳定、对填筑施工无干扰的区域内。挤压机撤离后，应及时对入料口、搅笼、成型仓等部位进行清理和冲洗。

(11)垫层料的摊铺。视施工期间的天气情况及环境温度在挤压边墙成型约 1 h 后即可开始相关部位的垫层料摊铺^[5]。垫层料的卸料方向应与边墙轴线一致，卸料距边墙的距离应不小于 30 cm，采用液压反铲辅以人工进行铺料，铺料厚度应根据碾压试验参数进行控制。

(12)垫层料的碾压。采用自行式振动碾碾压，钢轮距边墙内边线的距离约为 50 cm，先静压 2 遍，再根据碾压试验参数进行振压。对于靠近边墙的区域采用 1 t 小型手扶式振动碾碾压，其碾压参数通过试验确定。对于碾压设备无法靠近的边角部位(如与趾板接头处)采用夯板压实。

(13)验收。碾压完成后，组织试验人员对垫层料进行取样试验，尤其是靠近边墙内侧的区域，在确保垫层料碾压合格后方可进入下一道循环。

3 工艺对比

综合上述情况,施工技术人员从施工速度、施工质量、施工成本、安全环保等方面对新、旧工艺

的优缺点进行了对比。挤压边墙新、旧工艺优缺点对比情况见表 1。

表 1 挤压边墙新、旧工艺优缺点对比表

项目名称	优 点	缺 点
传统工艺	工艺成熟、设备简易,无需增加额外的配套措施	施工速度:受供料速度、混凝土坍落度大及频繁操作设备、调整行走轨迹等因素影响较大,边墙成型速度较慢; 施工质量:人工控制机械行走轨迹精度低,边墙易出现起伏,成型质量较差; 施工成本:外加剂使用量较大,混凝土罐车“压占”时间长、劳动力投入较大,成本较高; 安全环保:施工期临边作业防护困难,后期缺陷处理工作量大,安全风险较突出;设备利用率整体不高、能耗大,化学药品及固体废弃材料较多,环保工作压力大
新工艺	施工速度:混凝土坍落度小,供料灵活,速度快,克服了人工频繁调整行走轨迹的困难,边墙成型速度快; 施工质量:采用导向装置后,行走轨迹控制精度高,边墙整体外观平整,成型质量较好; 施工成本:外加剂使用量较小,绝大部分设备与大坝填筑共用,施工设备的投入及人员投入较少,后期缺陷处理的工作量大幅度减小,成本较低; 安全环保:将导向轨道兼做临边安全防护措施后使安全风险进一步可控;设备利用率显著提高,能耗低、废弃材料较少,有利于环保工作的开展	需自制导向轨道及集料斗

通过对比传统工艺和新工艺具有的优缺点,能够发现新工艺在加快面板堆石坝挤压边墙施工速度和成型质量方面具有十分明显的优势。除此之外,新工艺能够充分利用坝面填筑设备、大幅度减少了外加剂的使用,在安全管理和环境保护方面亦有较为突出的表现。

4 质量与安全控制措施

4.1 质量控制要点

(1)对于挤压边墙两岸端头及垫层料边角部位的碾压系由人工用振动夯板或冲击夯进行分层夯实。

(2)从事挤压边墙施工的配套人员和设备应相对固定、分工明确,控制挤压机行走方向及操作的作业人员应熟悉设备的各项性能。

(3)组成行走导向机构的材料应具有较高的结构强度,槽钢轨道应严格按照测量放样控制其相对位置并做好临时加固措施。

(4)挤压边墙每上升五层后,测量人员须对设计外边坡进行复核,做好边坡平整度的控制工作。

(5)对于挤压机在边墙施工过程中因故停机的情况,应及时对挤压机搅笼仓、成型仓等部位的混凝土进行清理并用水冲洗干净。

(6)液体速凝剂掺量应根据挤压机供料及行走速度、天气温度变化情况通过调整喷管阀门实施动态控制。

(7)对于已经成型的挤压边墙,应在其凝固前及时对体型进行修整以确保上游边坡表面平顺。

(8)垫层料铺填过程中,为防止在靠近挤压边墙侧、两岸岸坡处出现粗料集中现象,应对上述部位由人工辅以细料铺填并加强洒水。

(9)垫层料采用液压反铲铺填,铺填过程中应注意控制卸料堆与挤压边墙的距离,施工、机械操作人员互相配合以避免对成型的边墙造成损坏。

(10)对于靠近上游挤压边墙内侧约 50 cm 范围的垫层料采用小型手扶式振动碾碾压,其余部位采用自行式振动碾碾压,碾压过程中应互相配合,避免漏碾或对成型的边墙造成位移。

(11)必须保证挤压边墙混凝土料的性能指标符合要求,对挤压边墙混凝土采用的各项原材料,尤其是砂石骨料应建立每班检查制度。针对超逊径、含水量等指标作出相应调整,严格控制其含泥量,出现超标情况时不得使用。

(12)对已成型的挤压边墙应及时进行养护,养护时间不得少于 7 d。

(13)对采用该工法施工的主要指标进行了检测。挤压边墙混凝土 28 d 性能指标见表 2。

4.2 安全控制要点

(1)严格执行有关法律法规、安全规程和技术规范。

(2)施工前必须进行专项安全技术交底及班

前教育,施工过程中的分工要明确,统一指挥。

表 2 挤压边墙混凝土 28 d 性能指标表

项目	设计值	备注
强度 /MPa	≤5	超强度≥20%
弹性模量 /MPa	≤8 000	/
干密度 /g·cm ⁻³	>2	/
渗透系数 /cm·s ⁻¹	10 ⁻⁴ ~10 ⁻²	合格率≥95%
上游边坡法线方向偏差 /cm	-8~+5	/
坡面平整度 /cm	±2.5	表面平滑过渡、无突变

(3)所有进入施工现场的人员须穿反光背心,佩戴安全帽,外加剂操作人员应佩戴橡胶防护手套,所有人员禁止酒后作业。

(4)针对挤压边墙施工制定了专项操作程序,相关操作手、驾驶员定机定人并严格按程序操作,经常检查机械、设备性能,及时排除故障。

(5)在挤压机转移、吊装过程中应注意起重作业安全,经常检查相关吊具、索具是否正常,发现异常时必须及时更换。

(6)在边墙挤压喂料、垫层料的摊铺及碾压过程中,现场相关作业人员应注意避让机械设备,防止机械伤害。

(7)随着挤压层面的连续上升,大坝上游面涉及临边作业安全,在其上游面每间隔 10~15 m 应设置一道防护网和挡脚板,以防止施工期碎石等杂物滚落造成的伤害。

(8)在现场实施过程中,必须安排经验丰富的安全检查人员随时对各施工机械、车辆状况等进行检查和监督,严禁设备、车辆带病施工,对各种隐患事故必须提前进行检查和消除,防患于未然。

5 结 语

该项施工技术的成功应用,确保了挤压边墙的后期成型效果和上游坡面的平整度,有效减少了后期表面超欠处理的问题。经测算,仅节约返工处理及施工材料即降低了 15%~20%的施工费用。通过改进挤压边墙混凝土料的运输、存储、入仓喂料方式,加快了挤压边墙的施工速度、减少了设备使用成本,极大程度地降低了作业人员的劳动强度。与此同时,通过优化设备配置提高了设备利用率,减少了外加剂的使用,具有明显的环保效益,并在一定程度上为边墙挤压机的操作提供了安全保障,降低了临边作业安全风险。

面板堆石坝挤压边墙快速施工技术简便、工艺流程可行、设备运行稳定,对保证施工质量、提高施工强度、加快施工速度、节约施工成本具有较大的意义。该项技术适应了采用挤压边墙施工工艺的中小型水库面板堆石坝的发展趋势,具有较为广泛的应用前景,其技术成熟、可靠,可在类似工程中推广应用,具有比较显著的经济与社会效益。

参考文献:

[1] 混凝土面板堆石坝施工规范,SL49-2015[S].
[2] 孙玉军,洪韬,武选正. 公伯峡面板堆石坝混凝土挤压式边墙技术的应用[J]. 水力发电,2002,49(8):45-47.
[3] 胡其林,张家富,张伟. 一种边墙挤压机行走导向装置[P]. 中国专利:ZL2020 2 0623422. 5,2020-04-23.
[4] 喷射混凝土用速凝剂,JC477-2005[S].
[5] 混凝土面板堆石坝挤压边墙技术规范,DL/T5297-2013 [S].

作者简介:

胡其林(1986-),男,湖北黄冈人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

作。 (责任编辑:李燕辉)

阿尔塔什项目大坝工程通过单位工程验收

阿尔塔什水利枢纽工程是“十三五”期间国家 172 项重大水利工程之一,为大(1)型 I 等工程。水库总库容为 22.49 亿立方米,正常蓄水位高程 1 820 米,最大坝高 164.8 米,电站装机容量为 755 兆瓦。工程的开发任务是在保证向塔里木河干流生态供水目标的前提下承担防洪、灌溉、发电等综合利用任务。因工程在建设过程中需要克服高陡边坡(660 米级)、高面板堆石坝(164.8 米)、高地震烈度(9 度)、深厚覆盖层(94 米)“三高一深”的世界级技术难题,其又被业内专家称为“新疆的三峡工程”。大坝工程于 2015 年 6 月 10 日开工建设;2015 年 11 月 19 日实现大江截流;2019 年 11 月 19 日实现下闸蓄水;2021 年 7 月 8 日通过正常蓄水位高程(水位 1 820 米)蓄水验收;2022 年 7 月 30 日大坝工程完工。工程建成后有效调控了山区洪水,使叶尔羌河干流区域人民彻底告别千年水患,每年向下游胡杨林供水 9.71 亿立方米,向塔里木河生态供水 3.3 亿立方米,灌区灌溉保证率将从目前不足 50%提高到 75%,进而有效地改善了南疆地区生态环境。

2022 年 12 月 5 日,由水电五局承建的新疆阿尔塔什水利枢纽工程大坝工程顺利通过单位工程验收;大坝工程共计 20 个分部工程,合格率为 100%,其中优良 19 个,优良率为 95%,外观质量应得 93 分,实得 88.5 分,得分率为 95.2%,单位工程质量评定为“优良”。

(中水五局 供稿)