

混凝土衬砌机在引江济淮施工中的应用

贺 燕

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 都江堰 611830)

摘要:近年来,国家大力推进水利工程建设以实现水资源的调节和可持续发展。阐述了针对引江济淮 J009-1 标段对岩石边坡格构梁开挖采用的新工艺、变化坡比的渠道坡面混凝土衬砌机的应用、薄壁混凝土施工质量控制、繁杂工序的施工组织管理、高度机械化施工作业等施工技术,所取得的经验可为其他类似项目的施工参考。

关键词:引江济淮工程;渠道混凝土衬砌;格构梁开挖;衬砌机;施工技术

中图分类号:TV7;TV52;TV53+6

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)03-0041-03

Application of Concrete Lining Machine in Water Diversion Project from Yangtze River to Huaihe River

HE Yan

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Dujiangyan Sichuan 611830)

Abstract: In recent years, China has vigorously promoted the construction of water conservancy projects to realize the regulation and sustainable development of water resources. This paper summarizes the experience of the application of the new technology used in the excavation of rock slope lattice beams, the application of the channel slope of concrete lining machine, construction quality control of thin-wall concrete, construction organization and management of complicated process, highly mechanized construction operations and other construction technologies, in the J009-1 bid section of the Diversion Project from the Yangtze River to the Huaihe River, which can provide reference for the construction of other similar projects.

Keywords: Diversion Project from the Yangtze River to the Huaihe River; Concrete lining of channel; Excavation of lattice beams; Lining machine; Construction technology

1 概 述

引江济淮 J009-1 标渠道的施工长度为 4.85 km。渠道的开挖方式为明渠开挖,渠道底宽 60 m,最大顶宽 267 m,最大开挖深度为 30 m,渠道底板高程为 13.40 m,边坡全线采用水泥改性土防护,项目最终交付给业主的管护道路总长度为 18.05 km。J009-1 标渠道的施工内容为:渠道土方与石方的开挖、膨胀土采用水泥改性土换填、全线二级平台以下的边坡与底板混凝土浇筑、三级边坡及平台生态预制块、四级边坡生态保护毯、坡顶管理道路工程施工等。

该标段边坡混凝土的衬砌长度约为 19.2 km。一、二级边坡采用 15 cm 厚现浇混凝土护坡,护坡建基面为水泥改性土坡面或中等风化~新鲜的粉砂岩坡面,一、二级边坡的高度均为 6 m,坡比为

1:3,坡面排水沟间距为 25 m,通缝表面设置 3 cm 厚的聚硫密封胶。

施工过程中,受各种不可控因素的影响,在建设单位要求工期不变的情况下施工单位如何实现合同工期的履约尤为重要。由于该渠道混凝土的衬砌工程量达 20 万 m^3 ,尤其是边坡混凝土的工程量巨大且工序繁多,露天作业受天气影响特别大;施工期间还遇到了汛期,导致正常施工的工期非常有限。因此,如何高效优质地完成渠道边坡衬砌是该标段施工的重难点问题。

J009-1 标渠道段全部采用混凝土衬砌,其边坡衬砌厚度为 15 cm,渠底分别现浇 C25 细石混凝土,厚 5 cm;现浇 C25 混凝土,厚 12 cm。由于混凝土衬砌面板的厚度较薄,导致这种大面积薄壁混凝土极易产生各种裂缝;又因当地早晚温差变化较大,特别是冬季和高温季节施工其衬砌

收稿日期:2024-03-05

混凝土的养护更为重要,如果养护不到位,混凝土特别容易出现大面积开裂而造成质量事故。质量事故的返工不但影响工期,还会造成巨大的经济损失。因此,如何防止混凝土裂缝是该标段施工的一大难点,质量把控成为该标段施工的重中之重。

2 传统与改进后的施工方法的对比分析

传统的施工方法包括人工衬砌和常规的衬砌机衬砌。人工衬砌采用拖模施工,一个衬砌单元为4 m,日最大施工强度为20 m,月衬砌平均强度约为400 m,其机械化程度低,劳动力需求大,施工效率低,其施工质量严重依赖工人具有的素质。

常规的衬砌机衬砌施工一个衬砌单元为25 m,日最大施工强度为50 m,月衬砌平均强度可达800 m,但其设备整体较为笨重,且对混凝土的坍落度要求高。

为了保证工期和质量,针对传统渠道衬砌机存在的缺点,项目部通过对传统衬砌机的布料、摊铺、振捣系统进行优化,降低了侧料斗至坡面的高度,取消了分料仓、坡面整体刮板及附着式振捣器,分设移动式刮板及坡面平板振捣系统,大大降低了渠道边坡衬砌对混凝土坍落度的要求,使混凝土衬砌施工效率得到了大幅度提高。改进后的衬砌设备较为轻便,操作简单,对混凝土坍落度的要求较低,极大地提高了混凝土布料及摊铺速度,其日最大施工强度为75 m,月衬砌平均强度达1 200 m,从而有效地保障了施工进度;同时,其施工机械化程度高,有利于安全与质量管控。笔者阐述了该工程采用的渠道混凝土衬砌施工技术。

3 渠道混凝土衬砌施工技术

3.1 施工程序

渠道衬砌机机械化施工程序:土石方开挖→锚杆施工→轨道及设备安装、调试→削坡机精削坡→基座、封顶施工→格构梁沟槽开挖→土工布、钢筋安装、坡面排水沟预留→混凝土浇筑→养护→坡面排水沟设缝、浇筑→切缝→嵌缝。

3.2 施工技术

3.2.1 土石方开挖

该标段渠道的开挖采用液压反铲挖掘机纵向自上而下进行施工作业,所开挖出的废弃料由15~20 t自卸汽车运送至废弃料场。边坡开挖分两次形成:第一次,边坡开挖预留20 cm的保护层,

锚杆、格构梁沟的开挖在保护层开挖完成后进行;第二次,保护层开挖后用削方机清沟,开挖过程中对格构进行测量检查,避免出现超欠挖,其边坡的开挖精度为±1 cm。

3.2.2 锚杆施工

J48+000~J49+100段一级斜坡的锚固件采用“先插入定制锚固件,再进行灌浆”的方法制造出的非预应力连续黏结锚固件。锚杆孔施工完成并经验收合格后安装特定长度的钢筋锚固件,随后使用罐式注浆机采用M30砂浆灌注,罐式注浆机注浆时的注浆压力不小于0.4 MPa。锚杆施工后,在未达到该项目施工技术标准要求前不得碰撞、牵拉。

3.2.3 削坡

渠道坡面填筑完成后,由测量人员放出控制高程点位线,现场施工技术人员安排工人以1.5 m×1.5 m的方格网点撒白灰作为标记,然后由工人用挖掘机进行边坡粗削坡,粗削后的坡面应预留出保护层待削坡机精削。为保证坡面的平整,液压反铲挖掘机采用平板齿。粗削坡应自上而下进行^[1],将削坡料及时运送到指定区域。当遇到特殊气候条件(如雨、雪等)不能及时施工下道工序时应采用塑料薄膜进行覆盖,以保证削坡面不发生开裂和滑坡、冲刷变形以及雨淋沟。

3.2.4 格构梁的开挖

该标段格构梁的开挖采用项目部自主研发的格构梁桁架式开槽机进行施工,进而提高了施工的进度和质量。待自主研发的格构梁桁架式开槽机调试正常后,使用测量仪器随时监控,将削坡机的机架调整到与设计坡比一致;使用测量仪器校核坡面高程,根据校核结果调整削坡进刀的深度^[2]。根据测量结果,将桁架式开槽机开到指定位置,调整进刀的平面位置和深度,在上下支撑架或旁边的基准上做好标记,并在开挖过程中不断进行检查;在弯曲地段开槽时,必须对所有槽段进行复核和调整,通过随时监测和控制切割移动系统开挖沟槽。锯槽刀片行走的速度为2.0~2.5 m/min,完成后提起刀片,控制桁架行走至下一个槽段,完成格构梁槽段的开挖。

3.2.5 铺设土工布

(1)土工布必须满足施工图纸中对其技术性能及合同文件的要求。

(2)土工布使用前,应报批厂家向监理、业主备案,材料进场时应要求厂家标明材料的相关信息及出厂合格证明。进场后及时通知监理工程师见证并取样检测,待其合格后方可投入使用。

(3)土工布的拼接可以采用搭接方式;对于搭接宽度:平地不小于 30 cm,坡面不小于 50 cm 并采用 U 型钉固定。

(4)二级平台及以下的混凝土在通缝底部设置 80 cm 宽的无纺土工布。

3.2.6 混凝土衬砌

渠道混凝土衬砌施工的难点为边坡衬砌。该标段一、二级边坡混凝土采用该项目经过改良的多功能渠道混凝土机械化衬砌设备,该套设备包含摊铺、振捣、抹面三个系统且其均为独立运行,亦可进行联合循环作业,快速、一次性地完成坡面混凝土施工。为了在不受疫情和汛期严重影响工期的情况下实现施工合同的履约,项目部组织了五套经过改进的新型衬砌机,从而大大提高了混凝土的浇筑进度和质量。

J009-1 标渠道混凝土衬砌立模按设计通缝位置支立侧模,模板采用 15 cm 宽的槽钢,槽钢背面焊接钢筋形成地锚进行固定。模板安装过程由测量人员加强检查和复核。在混凝土浇筑施工过程中,随时对模板进行复核以保证缝面顺直。渠道衬砌机安装调试完成后将其直接吊装至施工作业面的行走轨道上,就位后、开始浇筑混凝土前对坡面进行洒水湿润。坡面混凝土的入仓方式为直接由混凝土罐车放入渠道坡面混凝土衬砌机内进行施工。边坡混凝土通过拌和楼集中拌和,将混凝土坍落度控制在 10~12 cm,通过 12 m³ 灌注搅拌机运输至浇筑面直接卸料。混凝土卸料自由下落的高度不得高于 1.5 m,由移动式刮板系统达到摊铺平整的效果,其松铺系数为 1.1~1.15,采用移动式坡面平面高频振捣系统从下到上进行密实振捣。对格构梁这种不易于机器作业的部位使用手动手持插入式振动器辅助振捣。混凝土抹平主要由渠道抹光机进行;对于机器无法到达的地方采用人工抹平,以满足衬砌坡度的需要。混凝土抹光机的抹平方法包括抹平盘抹平和抹平片抹平两种。其中抹平盘抹平主要起挤压和提浆平整作用;而抹片抹光主要起压光收面作用。在抹光机桁架上悬挂两台电动抹光机,沿着混凝土衬

砌坡面来回进行抹光,抹光次数为 2 遍(上下为 1 遍),然后向前完成抹光,两次抹光之间的搭接长度为抹光盘直径的 1/3。抹面过程中随时用 2 m 靠尺检查混凝土表面的平整度,调整抹面机的高度及斜度以保证抹盘底面与衬砌设计顶面重合^[3]。衬砌完成后辅以人工收光 2 遍,并将收光后的混凝土面的平整度控制在 10 mm/2 m 以内且其表面无泡、无抹面痕迹、无砂眼等缺陷。

3.2.7 混凝土养护

渠道一、二级边坡混凝土衬砌属于薄板结构。为防止混凝土开裂,必须加强养护。项目部派遣专职人员在混凝土养护现场进行监督,每天做好相关的养护记录。该项目中的混凝土养护主要采用土工布或薄膜覆盖,并确保混凝土的养护时间不低于 28 d。在养护过程中,先在渠道面板混凝土表面均匀洒一层水,再采用土工布或薄膜覆盖。对于搭接部位的重合宽度为 10~20 cm^[4],并采用自动滴灌进行补水以保证土工布在养护期间处于湿润状态。平均气温低于 5 ℃时,不得对混凝土表面进行养护喷水补水;日平均气温低于 0 ℃时,采用棉被或草帘覆盖以防止混凝土被冻裂。

3.2.8 伸缩缝施工

该标段在混凝土护坡缝面设置了半缝和通缝。半缝采用机械切割形成,通缝采用预埋泡沫板形成。半缝的切缝施工宜在衬砌混凝土抗压强度不低于 5 MPa 时进行,该标段工程的实践表明 36~48 h 最为适合。

3.3 混凝土裂缝的控制

该项目的护坡混凝土属于薄壁结构,在施工过程中极有可能出现不同程度的裂缝。出现裂缝的主要原因为:(1)混凝土拌和物的和易性低;(2)混凝土收缩大;(3)作业过程中混凝土振捣不彻底、密实性低;(4)未能进行很好的混凝土养护;(5)未按规定时间进行切缝作业。

所采取的预防裂缝的主要措施为:

(1)严格控制进场原材料的质量,充分控制混凝土拌和物的精度,出站前进行搅拌和易性的检测。混凝土拌和物的搁置时间不宜过长,对于已初凝或已失去塑性的拌和物应按废料处理,严禁入仓^[5]。

(2)浇筑前在料仓表面喷水。提前了解天气

(下转第 50 页)

- ③使用清洗剂对密封沟槽进行清洗、脱脂;
 - ④将乐泰 SI587 平面密封胶均匀涂抹在密封槽底部,再用类似深度尺结构的专用刮板将其表面刮平,将胶层厚度控制在 0.5 mm 左右;
 - ⑤采取必要的防尘措施进行处理,待密封胶固化 24 h;
 - ⑥使用乙丙橡胶自粘带在平面密封胶上覆盖 1 层,其接头采用搭接方式,搭接的长度不小于 50 mm。搭接处应适当拉伸以减小接头处的高差;
 - ⑦手指按压修复层应无胶液露出、无明显的高差、橡胶带与密封胶接触面应平整、不留空隙。
- 采取以上方案处理后的 2 号机组伸缩节经过一年时间的考察达到了滴水不漏的效果,且伸缩节及转轮室的振动较另外 3 台未经处理的机组没有变化,符合工期短、成本低的检修原则。

5 结 语

经过细致的研究与分析得知:东萨宏水电站水轮机伸缩节产生漏水的主要原因为密封压缩量小及锈蚀。根据对 2 号机组实际检修经验进行总

(上接第 43 页)

情况,避免在强风、高温等天气恶劣时段进行施工作业。

(3)对于斜面混凝土的振捣应严格把控平面振捣系统的运行速度,振捣平面系统沿斜面长度方向的位移速度不宜小于 5 m/min,振捣幅与幅之间的搭接宽度不宜小于 30 cm,在格构梁等部位的转角处插入振捣器用以辅助振捣密实。

(4)混凝土浇筑后进行初期的养护工作,并适当覆盖保湿,避免混凝土表面开裂及强度降低。

(5)切割应在混凝土浇筑完成后 48 h 内进行,切割时的混凝土强度不得低于 5 MPa。切割应按先导缝、后结构缝的顺序进行。

4 结 语

通过该项目自主研发的桁架式开槽机以及对衬砌设备进行的改进,并在引江济淮 J009-1 标渠道混凝土衬砌施工中应用,严格按照相关技术要求施工,极大程度地提高了施工进度和工程质量,在受各种不可控因素严重影响工期的情况下,该标段仍能按照施工合同工期完美履约。改进后

结发现:采用该工艺可以在不改变原厂设计方案的情况下有效解决伸缩节漏水的难题。该工艺可应用到该电站另外 3 台机组伸缩节漏水问题的处理,并且对存在类似问题的灯泡贯流式水轮发电机组伸缩节的漏水检修具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 王长春,等,编著. 互换性与测量技术基础(3D 版) [M]. 北京:机械工业出版社,2018.

[2] 李新华,等,编著. 密封原件选用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2018.

[3] 黄志坚,等,编著. 工业设备密封及泄漏防治[M]. 北京:机械工业出版社,2014.

[4] 莫道明. 灯泡贯流式水轮机转轮室伸缩节改造[J]. 水利水电技术,2014,45(12):58-64.

[5] 阴新华. 飞来峡电厂水轮机组伸缩节漏水原因分析及技术改造[J]. 广东水利水电,2019,48(8):76-78.

作者简介:

赖艳丽(1979-),女,四川威远人,工程师,从事水电站运行维护及 HSE 管理工作;

周显栋(1990-),男,湖南常德人,工程师,学士,从事水电站运行维护管理工作;

刘剑雄(1973-),男,四川新津人,高级技师,从事水电站设备安装及运行维护管理工作.

(编辑:李燕辉)

的混凝土衬砌机月平均生产进度能力比原来的普通衬砌机提高了 2 倍,在质量上更能得到保证。最终该标段在引江济淮众多标段中获得了工期先进,质量创优等多项奖励,成为大型渠道工程施工质量、进度优秀的典范。成功的实践证明了渠道衬砌机改进后的科学性和实用性,极具推广价值。

参考文献:

[1] 张小刚,刘登超,陈崇德. 削坡机在大型渠道施工中的应用[J]. 科技创业,2013,26(9):177-178.

[2] 李伟. 南水北调南阳市段 4 标渠道混凝土衬砌试验方案[J]. 科技创新与应用,2015,4(16):190.

[3] 王步新,王乃超,李进亮. PHQZJ—I 排振滑模式坡面砌筑机混凝土施工工法[J]. 水利建设与管理,2011,31(9):11-14.

[4] 张国清. 渠道混凝土衬砌施工工艺探讨[J]. 赤子(上中旬),2014,14(21):327.

[5] 刘湘军,雷国强,陈维. 浅谈南水北调中线干线镇平三标渠道混凝土衬砌施工技术[J]. 四川水力发电,2013,32(增刊 1):106-109.

作者简介:

贺 燕(1976-),女,四川岳池人,工程师,注册一级水利造价师,注册二级建造师,注册监理工程师,从事水利水电工程建设造价与施工技术管理工作.

(编辑:李燕辉)