

银江水电站复合地层嵌岩式防渗墙成槽施工技术研究

魏玉麟， 吴郑飞， 李俊杰
(中国水利水电第十工程局有限公司，四川 成都 610072)

摘 要:嵌岩式防渗墙施工技术虽已趋成熟,但因各工程项目地层差异较大,故选用不同的造孔方法和设备对施工工效及工程效益等影响较大。阐述了对银江水电站一期土石围堰塑性混凝土防渗墙成槽工艺进行的研究,形成了联合应用“冲击钻+旋挖钻机+抓斗”三种成槽设备进行防渗墙成槽施工工艺,所取得的经验可供类似工程参考。

关键词:混凝土防渗墙;复合地层;钻抓法;联合成槽;银江水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV543;TV53+8.1 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)04-0032-04

Study on Trenching Construction Technology of Rock-socketed Cut-off Wall in Composite Stratum of Yinjiang Hydropower Station

WEI Yulin, WU Zhengfei, LI Junjie
(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, China, 610072)

Abstract: Construction technology of rock-socketed cut-off wall has become mature. Due to large differences in the stratum of different projects, selection of different hole-making methods and equipment has a great impact on construction efficiency and project benefits. This paper summarizes trench forming process of cut-off wall through joint application of "percussion drill + rotary drilling rig + grab equipment" giving study on the plastic concrete cut-off wall forming process of the first phase earth-rock cofferdam of Yinjiang Hydropower Station. Experience accumulated in this study can be referenced for similar projects.

Key words: concrete cut-off wall; composite stratum; drilling and grabbing method; joint formation of trenches; Yinjiang Hydropower Station

1 概 述

银江水电站位于金沙江干流中游末端的攀枝花河段上,是金沙江中游水电梯级开发的最后一个梯级。在河床及左岸布置有河床式电站厂房,电站总装机容量为 390 MW(6×65 MW),施工导流采用三期导流方式。

一期围堰采用塑性混凝土防渗墙作为防渗体系,防渗墙入岩 1 m,墙厚 0.6 m。防渗墙施工轴线长约 407.3 m,工程量约为 9 500 m²。一期围堰上游接头段基岩出露,强风化岩体厚 3~15 m,最大厚度为 28.2 m,为散体结构的 V 类岩体,透水性强,其下为弱透水性的弱风化岩体。下游接头段为人工填土层,厚 5~15 m,其下部为 2~7 m 厚的卵石层,覆盖层透水性强,下伏基岩为斜长角闪岩,强风化、透水性强。中间部位自上而下分别由回填层、冲积卵石、粉细砂、粉质黏土、卵砾

石层及黑云母闪长岩(基岩)构成。回填层存在较大的孤石,硬度高、粒径大、较松散,易漏浆塌孔;砂卵石层中也存在较大的孤石,一般粒径不大于 30 cm;粉质黏土层的最大层厚约 20 m,遇水软化,可塑性强;基岩为黑云母闪长岩,强风化,硬度约为 30 MPa。

该工程防渗墙施工主要存在以下重、难点问题:

(1)工程量大、工期紧。该工程围堰轴线长约 407.3 m,墙厚 0.6 m,工程量约为 9 500 m²,而合同工期仅有 2 个月,每月成墙面积达 4 750 m²,导致工程施工强度大、工期紧。

(2)地层构成复杂。该防渗墙施工区域地层复杂,上软下硬,上部为覆盖层,透水率高,同时桩号 K0+060 到 K0+410 范围内存在粉质黏土层,最大层厚约 20 m。鉴于粉质黏土层遇水土体抗剪性能急剧下降,导致其不利于施工。

收稿日期:2021-05-25

(3)围堰回填期间河床水位较高。土石围堰回填时,河床水位高于后期施工平台高程,即施工平台以下高程均为抛石回填,未碾压,较为松散,最大回填深度约为12 m,导致后期施工时多次发生塌孔、浆液漏失等不良地质情况。

对传统防渗墙施工中应用较多的成槽设备如冲击钻、旋挖钻机、液压抓斗和液压双轮铣等进行了简述。

2 技术方案的选择

2.1 成槽设备比选

(1)冲击钻作为传统的成槽设备适用范围广,可用于大部分地质条件下的防渗墙施工,但其工效相对于旋挖抓斗太低,其原理为重锤冲击破坏地层,需要较浓的浆液悬浮抓渣以保证重锤接触新鲜的地层才能加快进度,且其一般采用抽筒除渣方式,渣浆混合在一起导致其回收较困难,泥浆浪费较大,除非地质情况复杂或场地狭小,一般不予采用。冲击钻一般配有管钻、平底钻及方锤等钻头。但对于处理复杂地层,如孤石、探头石等特殊情况时其又具有一定的不可替代性。

(2)旋挖钻机工效高,广泛应用于旋挖桩,而且其自带垂直度监测功能,能够较好地控制孔斜,但不能处理孤石或处理进展缓慢、成本较高。其原理是依靠施加压力将钻具截齿压入岩石,在强大的动力头输出扭矩作用下使岩石产生剪切破碎^[1]。其配备的钻头形式较多,常见的有筒钻、捞砂斗、螺旋钻等,可根据地层进行选择。

(3)液压抓斗作为新型成槽设备其效率高,工效可达约100延米/d,但其一般需要其他钻机引孔、配合成槽。对于地质条件较好的工程可以直接采用抓取法施工;但对于存在孤石和基岩等强度较高的地层,则因其工效低或无法应用。

(4)液压双轮铣法作为专用的入岩地下连续墙施工设备以其成槽(硬岩层)效率高(较之抓斗高4~5倍)、孔形规则(垂直度可控制在3‰以下)、安全、适应地层范围较广等优点已在发达国家普遍采用。双轮铣槽机虽适合入岩施工,但其机械主要依赖进口,整机购进、租赁费用昂贵且设备维护复杂、费用较高。一般在工程量大(≥ 1.8 万 m^3 、槽深 >40 m)、工期紧,且中等风化岩层入岩施工在地墙总工程量中占比较大、其他成槽设

备无法施工及地下连续墙在敏感构筑物附近等条件下才考虑采用双轮铣^[2]。

项目部针对该工程特点、难点并从项目经济性出发进行综合考虑,最终选用联合成槽技术,即利用冲击钻、旋挖钻机和液压抓斗三种设备成槽,并且该工艺在西南地区的使用尚属首次。该工艺充分将各设备的特性与地层特点紧密结合,“液压抓斗吃软,冲击钻啃硬”,使设备施工能发挥出最大工效,进而加快了施工进度。

2.2 工艺对比及确定

防渗墙施工技术是基坑开挖工程中安全、快速、经济的一项重要施工措施。目前国内的防渗墙施工技术一般采用单一的成槽设备或两种设备相结合应用。但该工程防渗墙施工区域受地质条件的限制,单独采用冲击钻需要大量的成槽设备及辅助设备且工效较低,组织难度大,很难满足工期要求;若采用两种设备施工(冲击钻(旋挖)和抓斗相结合),又因冲击钻引孔慢或抓斗抓取基岩困难,工效不能满足施工要求。目前还有一种采用旋挖钻机套打法钻进基岩段的施工方法,但为保证抓斗连续施工,可能需要一台旋挖钻机单独进行基岩段的钻进,而套打法单侧悬空、软硬不均,极易出现偏孔,形成“小墙牙子”,影响施工质量。而采用旋挖+抓斗+冲击钻三种设备进行防渗墙成槽施工,则可充分将各设备的工效发挥到最大,既加快了施工进度,又节约了成本,进而实现了双赢。

为减少浆液浪费、避免污染环境,该工程采用装载机、渣土车及泥浆净化机代替了传统的倒渣平台。

2.3 施工工艺

2.3.1 工艺流程

成槽工艺流程为:

场地平整及水电风浆管路铺设→导向槽浇筑→槽段划分→旋挖钻进主孔及鉴定基岩面→抓斗抓取上部覆盖层→冲击钻钻劈法处理基岩段。

2.3.2 设备的选用

针对该工程的特点和难点并从项目经济性综合考虑,该项目最终选用联合成槽技术,即利用冲击钻、旋挖钻机和液压抓斗三种设备成槽。

冲击钻选用ZZ-6A型冲击钻,设备工效约

为 $4.5 \text{ m}^2/\text{d}$ 。旋挖钻机选用中联重科 ZR220A, 最大钻孔深度为 60 m, 最大钻孔直径为 2 000 mm, 该工程设计阶段的最大成墙深度约为 43 m, 可满足施工要求, 预估工效约为 100 延米/d。液压抓斗选用金泰 SG46A 型液压抓斗, 最大成墙深度为 75 m。为满足抓斗机施工回转以及防渗墙施工具有足够的工作面, 必须沿防渗墙轴线两侧开挖 15 m 左右的施工平台^[3]。

2.3.3 场地布置

根据现场实际情况, 将输浆、输电线路、冲击钻及冲击钻行走平台布置在轴线内侧, 将旋挖钻机和液压抓斗及其辅助设备, 包括装载机、挖掘机、吊车等布置在外侧, 充分利用设备机动性好的特点, 保证工艺流程的连续性及设备的工作时间。同时, 施工场地垂直轴线方向的宽度应不小于 25 m, 否则各施工设备不能很好地进行交叉作业; 每个施工段的轴线划分必须长, 能够保证各设备连续作业, 不会因场地不够导致设备窝工。

2.3.4 护壁泥浆

该工程主要采用膨润土泥浆护壁, 新制备的泥浆膨化 24 h 后供应给施工槽段, 同时在现场存放黏土, 在钻进过程中向孔内投入大量的黏土以提高泥浆黏度悬浮钻渣, 从而提高钻孔时效^[4]。浆液供应一定要满足施工进度要求, 在旋挖钻孔、压抓斗成槽及浆液漏失时能及时向槽内补充足够的泥浆。

2.3.5 成槽施工

根据地层上软下硬的特点, 最终采用“三钻两抓法”+“钻劈法”施工工艺: 旋挖钻进主孔, 抓斗抓取副孔覆盖层, 冲击钻劈打基岩段副孔成槽。

采用旋挖钻进主孔, 覆盖层钻头采用捞砂斗, 进入基岩后换筒钻钻进, 同时取样鉴定基岩面, 筒钻对基岩进行切割, 岩样较完整, 能够非常准确地鉴定基岩面深度, 保证施工质量。主孔完成后, 抓斗抓取副孔覆盖层, 覆盖层抓完后冲击钻完成基岩段的成槽施工; 钻劈法不仅能够很好地实现硬岩地层的嵌岩施工要求, 确保不同方向嵌岩深度的可靠性, 而且可以有效清理槽孔内部的小墙, 提升嵌岩效果^[5]。旋挖抓斗完成一个槽段后继续沿轴线施工其他 I 期槽, 既保证了设备的运行时间, 又加快了施工进度。

2.3.6 钻渣处理

将旋挖出渣堆放在钻机两侧, 使用装载机清理; 抓斗直接抓取岩土体上提并倒入渣土车, 将其运到指定位置; 使用冲击钻在槽孔内产生的钻渣可以利用泥浆净化机筛出, 并直接转运至指定位置进行处理。

2.4 应用效果

银江水电站一期围堰防渗墙工程实际比预定节点目标提前 12 d 完成, 成槽验收一次合格率达 100%。施工中针对防渗墙施工的复杂地质环境, 经过反复论证和比较, 采用三种设备结合的施工技术可以最大程度地降低对环境的影响和施工难度, 进而最大程度地提高了施工效率、节约了施工成本, 创造了巨大的经济效益和社会效益。

3 经济和社会效益

通过“旋挖+抓斗+冲击钻”三种设备联合施工防渗墙技术研究, 结合银江水电站一期围堰防渗墙工程实践, 不断调整、优化施工工艺, 确保了所依托工程施工的安全和质量, 经过工程应用和施工实践, 取得了以下几方面的效益。

3.1 工期效益

银江水电站一期围堰防渗墙工程计划工期为 80 d, 实际用时 68 d, 施工效率提升 15% 以上。

3.2 经济效益

(1) 若采用旋挖抓斗法施工, 需增加 1 台旋挖钻机, 按 2 个月工期计算, 其成本为: 该项目通过市场询价得知: 1 台旋挖钻机施工 2 个月的租赁费(含进出场)为 37 万元, 2 台则为 74 万元; 1 台金泰 SG46A 成槽机 2 个月的租赁费(含进出场)为 60 万元; 装载机、挖机、吊车、渣土车各 1 台, 2 个月的费用约为 20 万元。该工艺产生的主要人工设备成本约为 154 万元。

(2) 若采用冲击钻机施工, 按照 2 个月工期考虑, 钻机工效为 $4.5 \text{ m}^2/\text{d}$, 约需 35 台冲击钻机, 按常规配置 3~4 人/(台×日), 需要钻工约 120 人, 按 8 000 元/(人×月)计算, 每月人工费约 96 万元; 辅助设备增加 2~3 套。冲击钻 2 000 元/(台×月), 35 台共计 7 万元/月, 辅助设备按 3 套考虑, 每月需 30 万元。采用纯冲击钻施工的主要人工设备成本为 266 万元, 且因现场大量设备、人员施工, 组织安排生产难度极大, 极易出现窝工。

(3)若采用冲击钻及抓斗法施工,为保证抓斗施工连续,按照一台旋挖 100 m/d 计算,需配备 12 台冲击钻,仅人工成本即需 $40\times 8\,000=32$ (万元)。采用 4 台冲击钻处理基岩段约需人工成本 11 万元,16 台冲击钻设备折旧费为 3.2 万元/月,2 套辅助设备租赁费用为 20 万元/月。该工艺共需成本 $= (32+11+3.2+20)\times 2+60=192$ (万元)。

(4)该项目采用 1 台旋挖,1 台液压抓斗及 4 台冲击钻,辅助设备一套,2 个月的成本 $= (16+25+10+0.8+4.8)\times 2+15=128$ (万元)。

(5)未浇筑倒渣平台节约的成本为:轴线长 407.3 m,倒渣平台宽 5.5 m,厚 30 cm,C20 混凝土单价为 200 元/m³,可节约成本约 $410\times 5.5\times 0.3\times 200\approx 13.5$ (万元)。

该项目采用三种设备联合施工,从成本上看其均优于其他单一或两种设备联合施工工艺,相较于传统的冲击钻钻劈法施工节约成本约 151.5 万元($266+13.5-128=151.5$ 万元)。

4 结 语

随着我国国民经济的不断发展,对施工环保的要求不断提高,传统冲击钻施工产生的噪音及泥浆污染对周围环境的影响巨大,完全不能满足城市施工要求。而采用“冲击钻+旋挖钻机+抓斗”成槽结合气举反循环与泥浆净化机清理槽孔,清孔后的泥浆循环利用,泥浆消耗量少,基本不产生废浆,有利于环境保护;同时,该工艺解决了传统冲击钻施工“脏乱差”的施工面貌,有助于树立良好的企业形象。

嵌岩式防渗墙施工过程中存在“施工效率低”“成槽质量差”“上部软土层易塌孔”等技术难题,国内部分学者结合相应的工程实例,提出了相应的嵌岩式防渗墙施工工艺。但由于不同工程地质条件的差异,所采取的施工工艺亦会有所不同。

(上接第 31 页)

[3] 肖磊. 混凝土结构工程施工质量控制[J]. 中国建筑金属结构,2021,21(2):42-43.

[4] 田茂兵. 镇墩施工中存在的问题及质量控制措施分析[J]. 黑龙江水利科技,2014,42(7):264-265.

[5] 姜威,郭友文. 压力钢管安装施工方法分析[J]. 黑

龙江水利科技,2013,41(11):87-89.

目前,入岩防渗墙施工常用的设备主要有传统的液压式抓斗成槽机(大多需钻机配合)和新兴的双轮铣槽机。传统的液压抓斗成槽机入岩段无法独自成槽,大多需钻机配合施工。而液压双轮铣法作为专用的入岩防渗墙施工设备,其虽适合入岩施工,但其机械主要依赖进口,整机购进、租赁费用昂贵且设备维护复杂、费用较高,仅适用于工程量大、工期紧且中等风化岩层在总工程量中占比较大等复杂条件下的入岩防渗墙施工。冲击钻配合各类钻头虽然对地层适应性较广,但工效相对于旋挖、抓斗等明显偏低,对于围堰防渗墙这类工期紧、工程量大的工程,需采用大量的钻机来保证工效满足工期要求,故单独使用哪种方法均不能满足要求。

在水电工程及地下连续墙建设大发展的今天,该项目采用的“旋挖+抓斗+冲击钻”三种设备联合进行防渗墙施工技术具有十分广阔的应用前景,可以获得巨大的经济和社会效益。

参考文献:

[1] 宗春华. 坚硬岩层内地下连续墙成槽工艺的比选[J]. 建筑施工,2018,40(7):1071-1073.

[2] 卢伟.“上软下硬”复合地层地连墙快速成槽施工关键技术研究[J]. 铁道科学与工程学报,2020,17(1):174-180.

[3] 王华. 浅谈混凝土防渗墙的施工方法与应用[J]. 陕西水利,2020,26(9):224-226.

[4] 李波. 基于围堰防渗墙施工技术措施[J]. 黑龙江水利科技,2012,40(3):94-96.

[5] 刘凤丽. 水电站围堰防渗墙中钻劈法施工应用探究[J]. 中国水能及电气化,2016,140(11):1-3.

作者简介:

魏玉麟(1988-),男,甘肃兰州人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
吴郑飞(1996-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
李俊杰(1993-),男,四川峨眉山人,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

作者简介:

范建平(1973-),男,甘肃武威人,区域总部副总经理兼总包部总经理,高级工程师,注册安全工程师,从事市政基础设施建设技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)