

塑性混凝土防渗墙墙下帷幕灌浆预埋管技术研究

张宗福, 杨雪梅, 舒媛

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:在一般的基础防渗工程中,对于覆盖层部分多采用防渗墙进行防渗,覆盖层下的基岩则采用帷幕灌浆防渗,即“墙幕”结合形式的基础防渗工艺。对于“上墙下幕”的基础防渗工艺,预埋灌浆管是该工艺中非常重要的一项施工技术,因为预埋灌浆管施工质量的好坏将直接关系到工程后期墙下的帷幕灌浆施工。防渗墙预埋管施工技术先进能够降低后续施工的难度,既能提高施工进度,又避免了钻孔穿墙的风险。

关键词:防渗墙;帷幕灌浆;预埋管技术;银江水电站

中图分类号:TV7;TV543;TV52;TV544;TV53+8.1 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)04-0041-04

Study on Pre-embedded Pipe Technology for Curtain Grouting Underneath Plastic Concrete Cut-off Wall

ZHANG Zongfu, YANG Xuemei, SHU Yuan

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: Normally, cut-off walls are mostly arranged at the overburden to prevent seepage, and curtain grouting are adopted at the bedrock underneath the overburden for anti-seepage purpose, which are in combination named the anti-seepage technology of "wall and curtain". For the foundation anti-seepage technology of "upper cut-off wall and underneath curtain grouting", the embedded grouting pipe is a very important construction technology, because the quality of the embedded grouting pipe will directly affect curtain grouting underneath the cut-off wall in the later stage. The advanced construction technology of the embedded pipe in the cut-off wall can reduce the difficulty of subsequent construction, improve the construction progress, and avoid the risk of drilling through the wall.

Key words: cut-off wall; curtain grouting; pre-embedded pipe technology; Yinjiang HPP

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,是金沙江中游水电开发的最后一个梯级,其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。防渗墙施工轴线长度为 407.3 m,其中桩号 K0+56~K0+95.8 范围要求在防渗墙内预埋帷幕灌浆管,以便于工程后期帷幕灌浆的施工,减少混凝土的钻孔时间。该段总共需要埋设 26 根预埋管。

银江水电站防渗墙工程属于嵌岩式,防渗墙在成槽过程中见基岩面后入岩部分的成槽采用冲击钻机钻劈法施工,其防渗墙与基岩的接合面部分可能存在破碎的基岩,将会形成防渗的薄弱环

节^[1]。同时,在设计阶段,该部位地勘资料显示基岩段裂隙相对发育且岩体强度较高。为了保证该部分的有效防渗,满足基坑下挖深度要求,对该段设计采用墙底帷幕灌浆,通过帷幕灌浆实现混凝土防渗墙以下的防渗。

预埋管下设质量的好坏对于后续施工的进度及施工难度影响很大。因此,如何采取有效措施提高预埋管的质量至关重要。依托该工程防渗墙下预埋管施工,研究了预埋管施工技术,从而即经济、又合理地完成了预埋管作业。

2 预埋管施工技术方案

该项目防渗墙采用塑性混凝土,设计终凝强度仅为 5 MPa,强度较低且因墙体上不宜实施钻孔,故其墙下的帷幕浆灌需要依靠预埋灌浆实现,即在防渗墙施工完成后通过预埋的灌浆管直接对

墙下基岩部分进行帷幕灌浆钻灌施工,从而避免了在塑性混凝土防渗墙上进行钻孔施工对原本强度较低的墙体产生破坏,降低了墙体损坏带来的质量风险。

2.1 工程难点

2.1.1 墙体较薄,个别预埋管桁架内需下设浇筑导管

由于帷幕灌浆孔间距为 1.5 m,防渗墙单元长度为 6.2 m,因此,Ⅱ期槽整槽不可避免地均需下设预埋管,同时,由于墙厚只有 60 cm,桁架除去保护层及角钢的宽度,其内侧间距只有 40 cm 左右。而浇筑导管接头部位的直径可达 30 cm,极易造成导管挂在预埋管桁架上而导致铸管或拔出预埋管桁架。

2.1.2 地质情况复杂,孔斜率较难控制

一期围堰防渗墙预埋管的施工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。回填层存在较大孤石,其硬度高、粒径大且较松散,易漏浆塌孔;砂卵石层也存在较大孤石,一般粒径不大于 30 cm,主要是回填层和砂卵石层的孔斜较难控制。为保证桁架下设,要求垂直度必须高于设计要求,进而增加了施工难度。

2.2 预埋管施工工艺

2.2.1 设计原理

为了消除因管体自身的垂直度及混凝土浇筑

时混凝土的冲击力作用对管体定位的影响,不能采用“单根钢管理设法”,而需采用各根钢管焊接成一体桁架的“组合式直接预埋钢管法”^[2]。采用角钢制作专门用于支撑、定位预埋管的骨架,并将预埋管焊接固定在骨架中间。预埋管对口焊接处采用钢筋箍焊加固的方式进行连接,并需保证预埋管的整体垂直度,使其满足帷幕灌浆钻孔施工孔斜的要求。鉴于桁架惧怕受压变形,桁架结构的设计及起吊方案等需要考虑避免桁架受压。

2.2.2 预埋管的选择

帷幕灌浆先导孔钻孔孔径为 75 mm,生产孔的钻孔孔径为 56 mm,最终项目部选择了 $\phi 91$ mm 无缝钢管,壁厚 3.5 mm,理论重量为 7.38 kg/m,单槽最大埋管长约 80 m,重约 0.6 t。

预埋管内径为 84 mm,大于先导孔孔径要求,其壁厚主要考虑预埋管需要具有一定的抗弯强度,能够防止受混凝土挤压变形。

2.2.3 桁架设计

灌浆预埋管定位架应根据每个槽段的尺寸及槽段内灌浆孔的设计位置制作^[3],根据帷幕灌浆孔的间距为 1.5 m,槽段长 6.2 m 的实际情况,需综合考虑导管、接头孔等,经初步预计,一个槽段可埋设 3~5 个帷幕灌浆孔支架。若预埋管和导管等重合或邻近,在设计允许的范围内可适当调整导管和预埋管的位置。17 号槽段的定位架平面图见图 1。

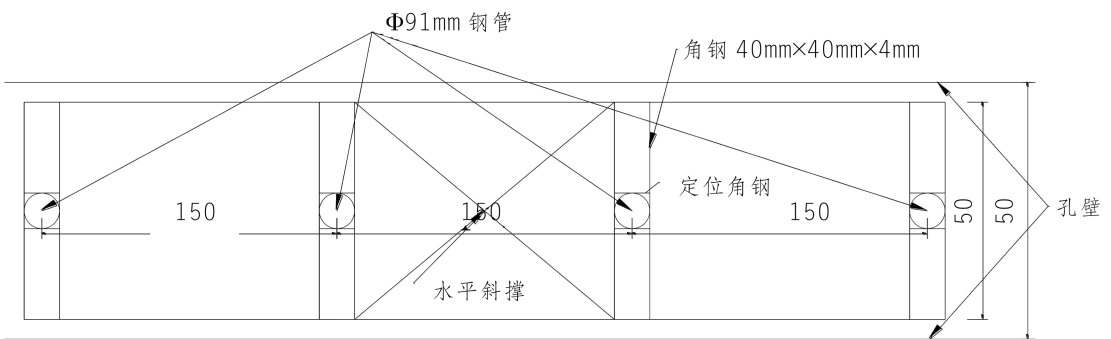


图1 定位架典型平面图

水平定位架宽度均为 50 cm,两侧各留 5 cm 保护层厚度,其长度根据预埋管的数量、接头孔位置及导管位置进行调整,但需保证槽与槽之间的预埋管间距在设计及规范允许的范围。

水平定位架根据最浅孔深确定个数,并需保证各层定位架之间的间距 ≤ 5 m。例如 17 号槽,

其最小孔深为 19.1 m,布置有 5 层定位架。定位架在四个侧面加设“十字”斜撑以确保桁架刚度、增加桁架的抗压能力;该槽段可以埋设 4 跟预埋管,故定位架内侧的间距约为 4.6 m,外侧宽 50 cm,顺槽方向两侧均匀布置高 5 cm 的耳朵, $\phi 16$ mm 螺纹钢,梅花形布置以确保保护层的厚度。

由于防渗墙底部基岩面具有一定的坡度,故对其下部需准确测量各孔位的深度,将异型段做

成与基岩面吻合的台阶型断面以保证桁架的稳定。桁架竖向结构见图 2。

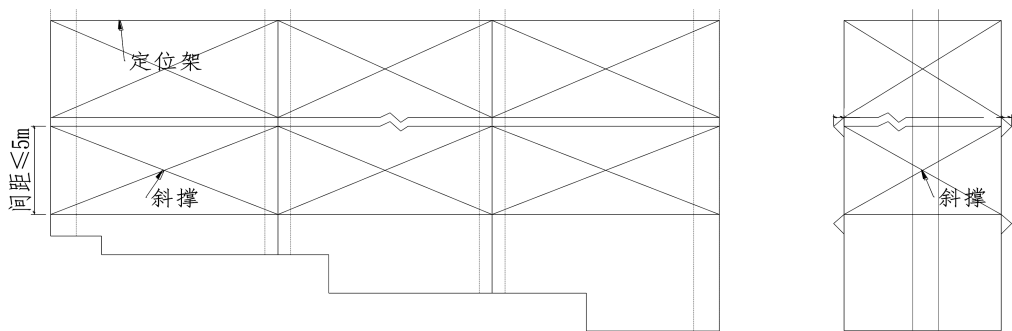


图 2 桁架竖向结构示意图

预埋管的单根长度若小于槽深,则需采用焊接的方式连接预埋管。由于管壁较薄,为防止焊穿预埋管,在单根钢管的接口处焊接了三根长度为 30 cm, $\Phi 16$ mm 的竖向螺纹钢筋,以方便钢管焊接对位并确保接口处的强度。同时,预埋管接头应紧密接触并满焊,防止混凝土内的砂浆、水泥浆流入预埋管内,造成预埋管堵塞。预埋管底部需采用薄铁皮“封底”,防止浇筑过程中混凝土进入管内。预埋管施工完毕,对其管口进行封闭防护处理,孔口封闭采用管内填塞编织袋或焊薄铁板的方法,防止异物落入管内,避免增加帷幕钻孔的难度。

预埋管桁架的水平方向主要承受压力,应防止桁架扭曲变形。在预埋管桁架竖直方向下设过程中主要承受拉力,浇筑过程中可能逐渐变为压力(主要受导管埋深及混凝土流动性影响)。浇筑过程中,应主要防止桁架受浮力影响导致的桁架变形,即控制两侧的浇筑速度要均匀,及时拆管,严格把控混凝土质量。

桁架采用焊接的方式连接,一定要保证各节点焊接牢靠,无脱焊、虚焊。

2.2.4 桁架材料的选择

目前常用的桁架材料有钢筋和角钢 2 种,40 mm \times 40 mm \times 4 mm 的角钢每 m 重 2.422 kg,相当于 $\Phi 20$ mm 钢筋单 m 的重量。角钢相对于钢筋来说,其抗弯性能优于钢筋,而其抗弯性能是预埋管桁架不发生变形的重要前提,但相对于钢筋而言,浇筑过程中角钢受到的浮力更大,浇筑过程中更容易“浮笼”,因此,混凝土浇筑前需对孔口采取一定的措施预防浮笼。

2.2.5 防渗墙的成槽要求

防渗墙成槽过程中,一定要严格控制孔斜,将整槽孔斜率一定要控制在 3‰ 以内、高于设计及技术规范要求 4‰。一定要防止在下设过程中预埋管桁架顶在孔壁上造成下设困难、甚至破坏预埋管桁架或卡在槽孔内无法提出而导致需要重新焊接预埋管桁架或重新造孔清槽的情况发生,既增加成本,又延误工期。若埋设深度增大,对防渗墙成槽孔斜率的要求应相应提高。

另外,还需保证垂直方向的孔斜方向一致,防止形成“破浪墙”。按照 18 m 孔深计算,孔斜率为 3‰,孔底偏差约 5.4 cm;若垂直墙身方向一前一后、孔底偏差达到 11 cm 左右,也会造成预埋管桁架下设困难等问题。

2.2.6 预埋管的制作及下设

(1)施工测量。根据设计要求及槽段划分情况确定预埋管桁架的两端位置。

(2)预埋管桁架的加工。槽段开始施工后,同步加工该槽段预埋管桁架,每个槽段因孔位及孔数不同,其桁架结构图应单独设计以确保在孔位偏差满足要求的情况下尽量避开接头孔、导管等位置。

按照设计图纸下料,焊接预埋管桁架,桁架的焊接场地应平整以保证桁架的垂直度。

(3)预埋管的下设及保护。待槽孔验收合格后方可下设预埋管。下设前,先按照既定的孔位做好记号,将加工好的桁架先检查一遍,看其是否有脱焊或漏焊,灌浆管布置的是否合理以及垂直度符合要求否,防止预埋管吊装时现场接头焊接

不平直形成“硬弯”^[4]。然后采用 25 t 吊车在现场起吊,使桁架预埋管中心与孔位相对应、误差小于技术要求的允许值。下设到位后需对孔口进行妥善保护,防止混凝土进入预埋管内。

该工程预埋管的最大深度为 19.5 m,故桁架采用一次性加工成型、整体起吊的方式下设。预埋管吊点选择在桁架上方两端及下方中间,桁架上方两端的 2 个吊点为主吊点(两个主吊点一定要中心对称,防止桁架偏心受力导致变形),下方为辅吊点,辅助主吊点将桁架由水平状态调整为悬垂状态,入槽前将辅吊取下来,由上方 2 个主吊点慢慢将桁架下设到指定位置。下设到指定位置后,在槽孔内用 2~3 根槽钢横跨导向槽将桁架放置在槽钢上,保持桁架呈悬垂状态,其垂直方向不承受压力,防止桁架变形。

预埋管桁架相当于重量小的钢筋笼,需采取有效措施防止桁架上浮,如保证混凝土的流动性,控制浇筑速度、减少导管理深及孔口增加固定措施等。

预埋管在完成下设定位后,最具有难度的是混凝土浇筑过程对其带来的扰动,尤其是混凝土浇筑至钢筋笼区域时对钢筋笼产生的上浮或下沉,将导致其发生位移或偏斜、甚至断裂。为了保证预埋管在槽孔内扰动最小,施工时必须控制混凝土质量及浇筑速度,保证混凝土塌落度为 20~24 cm,扩散度不小于 340~400 mm 且和易性良好。混凝土面刚到桁架底高度时,一定要控制好浇筑速度,将速度控制在 2~3 m/h,及时拆管,导管理深不大于 4 m。

(4)检查预埋管。预埋灌浆管在完成埋设后及防渗墙混凝土浇筑完成时,需要对预埋管进行质量检查。为了准确地测出其垂直度,一般采用“测斜仪”以 5 m 为一段对整孔进行检测并记录详细数据,之后对孔口做好保护,避免杂物掉入。同时,还要检查预埋管间距(主要是槽与槽之间、预埋管之间的间距是否满足要求)。

对于预埋管损坏或间距大于设计值的情况,预埋管是无法进行弥补的,如果影响到灌浆质量,可以选择在墙体钻孔以实施墙下的帷幕灌浆用于保证基础防渗;也可以在该孔位的上下游进行加密或补强灌浆进行处理,直至达到设计要求的防渗标准。

(5)预埋管方案的优化。根据现场实际情况,项目部对原设计方案进行了优化,以达到降低施工难度、降低施工成本的目的。

①考虑到竖向所受压力较小,取消了桁架顺墙身方向侧面的角钢斜撑,保留了垂直墙身方向及水平方向的斜撑,减少了加工难度,节约了成本;

②水平定位架将“十字”交叉斜撑改成“八”字型,方便了导管的下设及拆除,同时避免了导管挂桁架造成铸管或预埋桁架上浮报废。

2.2.7 应用效果

银江水电站一期围堰防渗墙工程轴线长 407.3 m,壁厚 0.6 m,桩号 K0+56~K0+95.8 范围要求预埋帷幕灌浆管,累计埋设预埋管 26 根,7 个预埋管桁架,最大预埋深度为 19.5 m,目前该段已完成帷幕灌浆施工,预埋管成功率为 100%。如果直接在墙体内钻孔,钻孔偏斜过大会钻穿墙体,对防渗墙墙体造成破坏,进而影响到防渗效果^[5]。采用预埋灌浆管技术避免了该段帷幕灌浆穿墙钻孔的难题,缩短了工期,降低了施工成本,创造了巨大的间接经济效益,所取得的经验值得在同类工程中推广应用。

2.2.8 小结

(1)采用角钢制作预埋管桁架,可以有效地保证预埋管桁架的稳定性,桁架发生变形的概率较小;

(2)若埋设深度小于 10 m,角钢的规格可适当减小,桁架的水平定位架间距可以适当的增加以降低成本;

(3)若预埋管深度增加,则需考虑增大角钢规格及顺墙方向的斜撑,以保证桁架的稳定。

(4)桁架自身结构设计主要是防止桁架受压发生形变,水平方向由于起吊肯定受压,因此必须设置斜撑以增加其稳定性;竖直方向在正常情况下主要受自重产生的拉力,浇筑过程中受到混凝土的浮力、摩擦力等可能也会产生一定的压力,因此需要控制水平定位架间距以避免桁架变形。

3 社会与经济效益

通过“预埋管法”进行防渗墙下帷幕灌浆施工技术研究,结合银江水电站围堰防渗墙下帷幕灌

(下转第 70 页)

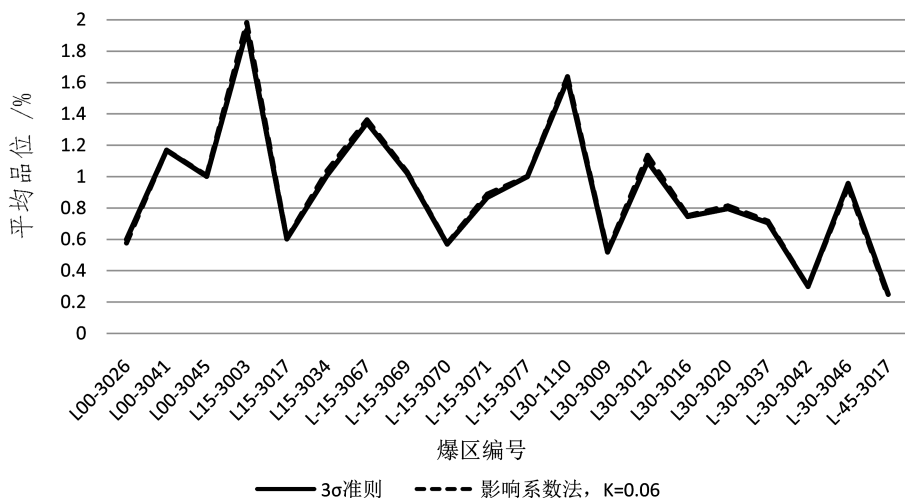


图2 不同方法处理特高品位后的平均品位对比图

参考文献:

- [1] 侯景儒,张树泉,黄竞先. 特异值的识别、处理及块段平均品位估计[J]. 地质找矿论丛, 1990, 5(3): 93-103.
- [2] 任萌,胡乃联,李国清,杨桦. 储量估算中特高品位识别与处理方法研究[J]. 矿业研究与开发, 2014, 34(3): 112-117.
- [3] 张征. 岩溶水区域化变量特异值识别与处理方法研究[J]. 中国岩溶, 1999, 18(1): 13-20.
- [4] 丁旭东. 几种特异值处理方法的比较[J]. 物探化探计算技术, 1996, 18(1): 71-77.
- [5] 林吉飞,陈日辉,李德,等. 一种识别及处理特高品位值的新方法[J]. 矿冶, 2011, 20(3): 36-41.

作者简介:

- 李健(1977-),男,四川南充人,项目经理,高级工程师,从事土木工程施工技术与管理工
任太平(1985-),男,四川遂宁人,工程师,学士,从事工程项目建
黄晓华(1977-),女,四川西昌人,高级工程师,从事工程建设技术
赵天雷(1992-),男,四川成都人,助理工程师,从事设备物资管理
工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第44页)

浆工程的施工实践,不断调整、优化预埋管施工工艺,确保了依托工程施工的安全和质量,经过工程应用和施工实践,取得了以下几方面效益:

3.1 工期效益

此次帷幕灌浆预埋管的成功实施,有效地减少了该段墙下帷幕在墙内造孔的时间,有效地避免了造孔破坏墙体的风险,按照墙内造孔一次性成孔计算预计节约工期约10 d。

3.2 社会效益

相对于墙内造孔的方式,采用预埋管成孔可以减少因帷幕灌浆造孔对墙体造成的损伤,有利于保证防渗墙的防渗效果,减少后期基坑经常性抽排水的费用,树立良好的企业形象;同时,该项技术可在类似采用“墙幕”结合防渗的工程中推广应用。

4 结 语

此次研究仅对预埋灌浆管的工艺在理论分析和生产实践中进行了多方面的试验与总结。整个研究取得了理想的效果,但仍存在很大的改进和

提高空间,希望该研究成果能够对类似工程提供一定的参考和思路。

参考文献:

- [1] 潘迪建. 基础防渗墙工程中预埋灌浆管的技术研究[J]. 低碳世界, 2017, 7(6): 131-132.
- [2] 石海松. 乌东德水电站大坝围堰防渗墙墙下帷幕灌浆施工技术[A]. 中国水利学会地基与基础工程专业委员会第15次全国学术会议论文集[C]. 2019: 236-243.
- [3] 凯庭. 狮子坪水电站坝基防渗墙下帷幕灌浆施工技术[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(3): 56-59.
- [4] 汪智. 混凝土防渗墙预埋管帷幕灌浆难点及对策[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2013, 13(1): 11-12;
- [5] 甘继胜. 燕山水库防渗墙灌浆预埋管施工技术[J]. 河南水利与南水北调, 2009, 54(8): 67-68.

作者简介:

- 张宗福(1986-),男,四川德阳人,工程师,从事工程施工技术与管理工
杨雪梅(1986-),女,四川宜宾人,工程师,从事工程试验检测与管理工
舒媛(1987-),女,四川都江堰人,工程师,从事工程施工技术与管理工
作.

(责任编辑:李燕辉)