

膜袋灌浆法在深基坑施工中的应用

周建, 何英建, 潘春强

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:硬梁包水电站首部枢纽生态电站底板建基面岩体破碎、裂隙发育,建基面大面积出现了不同程度的涌水。由于建基面涌水极易造成边坡失稳、地基承载力下降等后果,不仅影响生态电站厂房底板混凝土的浇筑质量,而且严重影响整个工程的施工进度。阐述了在硬梁包水电站首部枢纽生态电站厂房基坑区域进行的膜袋灌浆施工过程,施工效果证明:膜袋灌浆可以有效地截断地下水向基坑渗漏,同时起到加固地基的作用,保证了后续工程的施工进度。

关键词:深基坑;涌水;膜袋灌浆;地基加固;硬梁包水电站

中图分类号:TV7;V52;TV551.4

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2024)05-0042-03

Application of Membrane Grouting in Deep Foundation Pit Construction

ZHOU Jian, HE Yingjian, PAN Chunqiang

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213)

Abstract: The rock mass of the foundation surface of the ecological power station of the Yingliangbao Hydropower Project is fractured, with developed cracks, and there are varying degrees of water inrush on the large area of the foundation surface. The surge of water on the foundation surface can easily cause slope instability and decrease in foundation bearing capacity, which not only affects the quality of concrete pouring for the bottom plate of the ecological power plant, but also seriously affects the construction progress of the entire project. Through the construction of membrane grouting in the ecological plant foundation pit area of the first hub of the Yingliangbao Hydropower Project, the construction effect has proven that membrane grouting can effectively cut off groundwater leakage into the foundation pit, while also playing a role in foundation reinforcement, ensuring the subsequent construction progress.

Key words: Deep foundation pit; Burst of water; Membrane grouting; Foundation consolidation; Yingliangbao Hydropower Project

1 概述

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内的大渡河干流上,其上游为泸定水电站,下游接大岗山水电站。首部枢纽工程分三期施工:一期施工导流明渠;二期施工闸坝基础处理及闸坝混凝土浇筑;三期施工面板堆石坝。坝址区河段的河谷较开阔,呈舒缓的深切曲流侵蚀地貌,河谷谷底宽约 400~500 m。闸坝坝区左岸岸坡基岩区的坡度一般为 40°~50°,闸(坝)址区两岸出露的地层以震旦系中统晋宁-澄江期白色花岗岩为主,局部相伴闪长岩并穿插有辉绿岩脉,岩体坚硬,强度较高,为坚硬岩。

首部枢纽工程河床覆盖层勘探钻孔揭示:河床覆盖层的最大厚度为 129.7 m,由老到新,从下

至上大致可分为①、②、③、④、⑤层。其中①、③、⑤层总体为含漂砂卵砾石粗粒土层,其块(卵)碎砾石磨圆度差,呈次圆状、次棱角状,局部存在大粒径孤石、卵石。粗粒土层透水性较强,允许坡降小,抗渗稳定性差,存在管涌破坏的可能。②、④层为细粒土层,其透水性较弱,为弱~微透水层,允许坡降较小,抗渗稳定性较差,钻孔揭示该层土沿坝轴线左右岸坡一定范围内存在局部缺失,无承压水出现,分析认为这两层土不构成完整的相对隔水层。

生态电站厂房区域的地基主要为弱风化强卸荷花岗岩,为Ⅳ级岩体,其承载力基本满足要求,但岩体卸荷较强烈;其外侧为⑤层现代冲洪积堆积含漂砂卵砾石层存在地基不均匀沉降、深基坑边坡稳定及涌水问题。

收稿日期:2024-03-03

生态电站厂房基坑从高程 1 210.00 m 进行开挖,需要开挖至设计高程 1 194.30 m。当基坑开挖至 1 207.00 m 高程时,基坑出现了较大的渗水,以至于无法进行后续的开挖施工。通过对生态电站厂房基坑左测边坡的渗流量进行观测及下游基坑集水井抽排水量进行估算,其渗流量达 2 000 m³/h,严重影响到生态电站厂房基坑的开挖及后续施工进度。笔者结合硬梁包水电站首部枢纽工程生态电站厂房深基坑渗水的处理过程,阐述了膜袋灌浆及双液灌浆的施工流程,所取得的经验可供类似工程参考。

参建四方经现场踏勘及研讨后,共同决定在生态电站厂房基坑区域左岸顺水流方向及上游垂直水流方向增加膜袋灌浆,灌浆孔的设置双排,第一排孔距永久帷幕灌浆轴线下游 1.5 m 布置,孔距 1.0 m,排距为 0.6~0.8 m,完成钻孔灌浆量 3 844.5 m,灌浆施工完成后形成截水墙以减小基坑的渗水,降低基坑开挖施工的难度。生态电站厂房基坑灌浆施工平台的高程为 1 210.00 m,孔底高程为 1 190.00 m,生态电站厂房主机间的底板建基面高程为 1 194.30 m。垂直于水流方向在(闸)0+003.50 附近布置了 32 个截渗灌浆孔和 31 个膜袋灌浆孔,布置范围为(厂横)0+027.50~(厂横)0+003.41;顺水流方向在生态电站厂房基坑左侧边坡高程 1 210.00 m 马道上布置了 59 个截渗灌浆孔和 59 个膜袋灌浆孔。截渗灌浆施工对集中出水点采用专用膜袋和水泥浆液封堵大的裂隙,对分散渗漏部位则采用双液灌浆加强封堵,其中迎水排为截渗灌浆,背水排为膜袋灌浆,按排间分序、排内加密(双排布置,孔距 1.0 m,排距 0.8 m,截渗灌浆分Ⅲ序施工,膜袋桩分Ⅱ序施工)的原则进行施工,先施工背水排膜袋灌浆,再施工迎水排截渗灌浆。膜袋灌浆、双液灌浆施工完成后在生态厂房基坑内形成了一排截水帷幕,以减小生态电站厂房基坑开挖过程中的边坡渗水。膜袋灌浆技术采用高压灌浆机将化学材料注入膜袋内,该化学材料遇水后迅速分散、乳化、膨胀、固结,形成新的化合物弹性体,使膜袋膨胀并完全填充较大的孔洞或管道,从而达到止水堵漏的目的^[1]。膜袋灌浆的基本原理为:在钻孔中下入由土工织物编制的膜袋,向袋中灌入水泥浆液,在灌浆压力作用下,水泥浆中的水分从袋中

析出,水灰比降低,水泥固结时间缩短,膜袋在受压状态下膨胀以充填岩体裂隙及孔洞,进而起到截渗的作用。为加快水泥胶凝的时间,采用水泥与水玻璃加适量速凝剂及其他掺和料组成双液浆以使胶凝时间加快;采用水泥与水玻璃加适量速凝剂及其他掺和料组成双液浆可迅速胶结地层内的松散颗粒或裂隙岩石,形成具有一定结构和强度且具备防水防渗与化学稳定的结石体,达到封堵孔隙、增加基础强度的目的,即双液灌浆法^[2]。水泥-水玻璃双液灌浆在水中可以快速凝固,其胶凝时间较短,结石强度较高,可灌性较好,与膜袋灌浆配合形成两道截水帷幕,进而有效地减少了生态电站厂房基坑的渗水。

2 膜袋灌浆及双液灌浆的施工

(1)施工顺序。膜袋桩的施工顺序为:钻孔定位→直径 168 mm 跟管钻进成孔→钻孔冲洗→起钻验孔→下设并安装膜袋→膜袋灌浆→待凝成桩。

双液灌浆的施工顺序为:钻孔定位→直径 146 mm 跟管钻进成孔→钻孔冲洗→起钻验孔→安装灌浆塞→水泥、双液灌浆→封孔结束,破碎岩层采用直径 146 mm 跟管钻进,完整岩层采用直径 90 mm 裸孔钻进。

(2)钻孔施工。钻孔采用哈迈 HM90A 液压履带式钻机和移动式空压机配合冲击器根据地质情况采取跟管或裸钻冲击钻进成孔,孔径为 90~168 mm。钻进过程中详细记录孔内的情况,如岩层、岩性变化、钻速变化、漏水、涌水、岩芯破碎程度等。

钻孔孔位及钻孔角度必须符合设计要求,孔位偏差不得大于 10 cm,终孔孔深、孔径和孔斜均需满足设计及相关规范要求。钻孔按灌浆工艺程序分排分序进行钻进。钻孔结束后,对孔口妥善加以保护,以防止钻孔落入异物。

(3)灌浆管的加工与安装。土工膜袋是土工材料中的一种,其是由高分子聚合物纤维编织而成的袋状材料。由于土工膜袋充填料后具有透水、不透浆的特性,充填料在泵压和自重作用下能够从膜袋的孔隙中排出多余的水分,降低水灰比,缩短充填料的凝结时间,提高充填料固化后的强度,目前已被广泛应用于混凝土护坡工程和水下工程^[3]。膜袋可采用尼龙、聚酯或聚丙烯等材料使用特殊的纺织工艺织成,该织物强度高,可水下

施工。膜袋根据成孔孔深进行加工,膜袋内设灌浆花管从袋底进行注浆,袋口安装排气管进行排气闭压,确保膜袋灌浆饱满。

(4)灌浆。灌浆使用 3SNS 型低压灌浆泵,其主要特点为压力大,流量稳定,结构合理,操作方便;双液注浆机运行状态好,压力平稳,其排量为 100 L/min。上下搅拌槽的容积为 $2\times 200\text{ L}$,搅拌轴的转速为 51 r/min。储浆桶容积为 600 L。灌浆记录仪型号为中大华瑞 JT-Ⅷ,一拖二,其具有高精度、高速数据记录和处理平台,可较为精准的记录灌浆压力、浆液密度、注入率等情况,可真实、准确地反映灌浆过程。制浆系统采用集中自动化制浆站(JSZN-Z15-80T)。膜袋灌浆和双液灌浆均不涉及抬动检测。

灌浆采用自下而上灌浆法。自下而上灌浆法即将钻孔一次钻到设计孔深,然后自下而上逐段安装灌浆塞进行纯压式灌浆的方法^[4]。钻孔完成后,自下而上每 5 m 一段进行灌注。每 m 单位注灰量达 300 kg 时,采用水泥水玻璃浆双液进行灌注,水玻璃(硅酸钠)掺加的比例按水泥浆体积的 10%掺加,在现场进行生产性试验后可进行适当调整,以确保最适宜的掺加量。

灌浆使用普通硅酸盐水泥(PO. 42.5),水灰比采用 1:1、0.8:1、0.5:1 三个比级分别进行灌注。灌浆压力为 0.2~0.8 MPa,孔口段第一段采用 0.2 MPa,第二段采用 0.4 MPa,第三段采用 0.6 MPa,第四段采用 0.8 MPa。当灌浆压力保持不变、注入率持续减少时,或当注入率保持不变而灌浆压力持续升高时,不改变水灰比。当某级浆液注入量已达 300 L 以上或灌浆时间已达 30 min 以上而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,使用浓一级水灰比。一般情况下,水泥浆不越级变浓,可以根据类似地层的灌浆情况选择最优的水灰比。针对该类地质条件,选择可灌性最好的水灰比进行持续灌注,而采用较低的水灰比可以较快固结。

灌浆结束标准:最大压力下其注入率不大于 2 L/min 并已持续灌注 20 min;单位注入量达到最大值(单位注入量根据地质条件和工程情况通过计算或现场试验确定,一般每段单位注入量达到 2.5 t)时,即可结束灌浆。

灌浆时将注入率控制在 30 L/min 左右,灌

浆压力采用分级升压法进行控制。若灌浆过程中流量较大、或灌浆时间超过 1 h,对灌浆浆材进行重新调整。必要时,在出现特殊情况的灌浆孔附近增设加强孔。

3 取得的效果与结语

硬梁包水电站首部枢纽生态电站厂房深基坑基础为深厚覆盖层,其左侧边坡岩体破碎,整体地质条件较差。生态电站厂房深基坑周围灌浆施工完成后,项目部对灌浆的薄弱环节进行了取芯试验,取出的岩芯呈柱状,完整性较好,岩芯采取率为 90%。模拟试验结果表明:土工膜袋灌浆由于其具有整体性和透水不透浆特性以及柔软变形特性,即使在高流速水流冲击下膜袋灌浆也能取得很好的效果,比较适合于大漏量、高流速水流下的堵水^[5]。膜袋灌浆与双液灌浆施工完成后,再次分析生态电站厂房基坑集水井的抽排量得知:其渗流量已减少到 500 m³/h,减小了生态电站厂房集水井的抽排水压力,有效地加快了深基坑开挖施工进度。膜袋灌浆工程效果证明:膜袋灌浆与双液灌浆对地质条件较差、渗水量较大的基坑具有较好的防渗效果以及效率较高的特点,所取得的经验可为类似深基坑渗水处理时借鉴。

参考文献:

- [1] 胡德春. 模袋灌浆技术在水电站厂房渗漏处理中的应用[J]. 华电技术, 2019, 41(2): 43-45.
- [2] 任国辉. 双液帷幕灌浆法在水下挖孔桩中的应用[J]. 四川水力发电, 2008, 21(1): 26-29.
- [3] 李志刚, 余天翔, 邓辉, 等. 模袋混凝土护坡技术在河道护坡工程中的应用研究[J]. 广东工业大学学报, 2001, 16(4): 50-54.
- [4] 夏修文. 冲击回转钻进+自下而上灌浆法快速施工技术 in 恰央水库帷幕灌浆中的应用[C]. 中国水利学会地基与基础工程专业委员会. 地基与基础工程技术创新与发展(2017)——第 14 次全国水利水电地基与基础工程学术研讨会论文集. 中国水电基础局有限公司, 2017.
- [5] 符平, 王廷勇, 郑亚平, 等. 土工模袋灌浆研究与应用[J]. 水利与建筑工程学报, 2004, 30(1): 11-13.

作者简介:

周 建(1990-),男,重庆合川人,项目副总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
何英建(1994-),男,重庆荣昌人,项目副总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
潘春强(2000-),男,云南曲靖人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)