

深厚碎石土覆盖层预应力锚索施工技术研究

高强, 舒媛, 林思波

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610036)

摘要:基于国道 G317 线狮子坪水电站改线公路之沙坝路段应急抢险治理工程 I 区中后部区域预应力锚索施工, 对深厚碎石土覆盖层预应力锚索施工中的难点、技术方案、施工工艺及安全监测进行了详细分析, 制定出切实可行的技术方案并予以实施, 取得了较好的效果。阐述了对深厚碎石土覆盖层预应力锚索施工技术进行的研究。

关键词:深厚碎石土覆盖层; 预应力锚索; 技术方案; 施工工艺; 应急抢险治理工程; 狮子坪水电站; 改线公路

中图分类号: U41; U415; U419

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)04-0055-05

Research on Construction Technology of Prestressed Anchor Cables in Deep and Thick Overburden with Stone and Soil

GAO Qiang, SHU Yuan, LIN Sibao

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: Based on the example of prestressed cables construction in the middle and rear area #I of the emergency rescue treatment project in the Shaba section of Shiziping Hydropower Station rerouted highway of the G317 national highway, the paper analyzes in detail the difficulties, technical schemes, techniques and safety monitoring in the construction of prestressed anchor cables in deep and thick overburden with stone and soil, formulates and implements feasible technical schemes, which have worked effectively. The paper introduces the research on construction technology of prestressed anchor cables in deep and thick overburden with stone and soil.

Key words: Deep and thick overburden with stone and soil; Prestressed anchor cables; Technical schemes; Construction technology; Emergency rescue treatment project; Shiziping Hydropower Station; Rerouted highway

1 概述

国道 G317 线起点为四川成都, 终点为西藏阿里地区噶尔县。G317 线狮子坪水电站改线公路 K230+970 ~ K231+350 路段边坡由于其自身地质条件较差, 在暴雨等因素影响下, 该段边坡近年来持续变形、已经严重危及到其下方 G317 国道的畅通及附近居民的人身财产安全。建设方最终决定采用“预应力锚索+框架梁+排水孔”的方法对其进行加固治理。

设计单位在 I 区中后部区域分 2 级增加了 6 排锚索, 单根锚索由 6 束 $\Phi 15.2$ mm、1 860 MPa 级无粘结钢绞线组成, 锚索设计吨位为 750 kN, 锚索长度分为 60 m 和 65 m 两种, 共计 576 根。框架梁采用 3 m \times 3 m 形式。根据现场情况酌情增加了坡面仰斜式排水孔, 用于疏导地下水。该工程合同计划工期为 3 个月。

本次待加固区域的坡体略有起伏, 两侧略高,

中间略有下凹, 强变形区坡体顺直, 坡度约为 44°。斜坡上岩体厚度极大, 成分以崩坡积碎石土为主, 渗透性较好, 其岩土界线相对较陡, 约为 32°, 覆盖层下部发育角砾层且该层粉粒含量较高, 力学性能相对较差。本文阐述了锚索施工遇到的难点及采用的施工技术。

2 锚索施工的难点

2.1 成孔施工难度非常大

该工程锚索设计长度为 60 m 和 65 m 两种, 锚固段长 10 m, 属于深孔锚索。对于边坡覆盖层锚索钻孔主要采用跟管钻进, 根据以往多个类似工程的施工经验, 覆盖层锚索的跟管深度一般在 40 m 以内最为合理、经济。但因该工程的跟管深度超过 40 m 且含有大量、分布不均的孤石, 极大程度地增加了跟管施工的难度。孤石的存在容易导致跟管过程中出现卡钻、管靴断裂等孔内事故, 进而造成施工工效降低、成本增加, 甚至影响到工程质量。

2.2 锚索施工安全风险高

收稿日期: 2023-03-30

根据设计文件, 本次待治理坡体长期处于匀速变形状态, 变形量约为 $5 \sim 10 \text{ mm/d}$, 其后缘及两侧已经形成贯穿性裂缝, 坡体在天然工况下已处于欠稳定状态, 暴雨工况下处于欠稳定与不稳定状态。锚索施工期间将投入大量的人力及设备物资, 由于荷载的增加, 将进一步恶化边坡的稳定性。因此, 确保锚索施工期间的安全是该工程的重点和难点。

2.3 锚索施工工期紧、任务重

由于该工程属于应急抢险工程, 合同工期仅为 3 个月, 考虑到前期施工准备、框格梁施工、质量检查及工程验收, 其有效施工时间仅为 75 d, 锚索日钻孔强度达 476 m。在实现成本控制目标的前提下, 如何快速、有效成孔是实现该工程节点工期的关键。

3 施工技术方案的選擇

传统的覆盖层锚索成孔施工多采用偏心锤跟管钻进^[1]辅以固壁灌浆^[2]成孔, 但该方法工效低、灌浆量大、卡钻及套管起拔困难、废孔率高。为解决上述难题, 通过引入勘查工程中常用的多级钻孔^[3]工艺、厚壁内外粗丝螺纹套管、同心跟管钻具及爆破工艺, 实现了深厚碎石土崩坡积覆盖层锚索快速成孔。

该技术方案采用“孤石静态爆破^[4]+地层预判+覆盖层多钻具(偏心锤与同心钻具)跟管联合钻进+基岩段钎头钻进+分体液压三顶式顶管机顶拔套管”核心工艺, 先进行地层钻探, 再根据钻探情况预判地层, 大致掌握地层内孤石分布的深度与数量以确定覆盖层采取偏心锤跟管钻进或同心跟管钻进工艺, 进入基岩面后, 更换钎头钻进, 直至终孔。

4 预应力锚索的施工

4.1 地层预判

在大面积锚索钻孔施工前, 采用大扭矩的锚固钻机按照 $30 \sim 50 \text{ m}^2$ 的范围选取一个锚索孔兼做勘探孔, 采用偏心锤跟管钻进。若能跟管至覆盖层与基岩面交接处, 则该区域内的锚索首选偏心锤跟管钻进工艺; 反之, 选用同心跟管钻进^[5]工艺。

4.2 浅表层孤石解小

钻孔前, 对裸露在外的浅表层孤石进行解小处理, 以减少后续锚索跟管施工的难度, 同时为修建锚墩或框架梁提供一个较为平坦的建基面。由于该边坡为蠕动体, 采用常规炸药爆破将进一步恶化边坡的安全稳定性, 故选用静态爆破方法解小孤石。表层孤石现场解爆情况见图 1。

爆破孔布孔前需要先确定至少一个临空面,



图 1 表层孤石现场解爆照片

钻孔方向应尽可能做到与临空面平行。临空面越多, 单位破石量越大。切割岩石时, 同一排钻孔应尽可能地保持在一个平面上。孔距与排距的大小与岩石硬度有直接关系, 硬度越大, 孔距与排距越小; 反之则大。根据边坡外露岩石的单轴饱和抗

压强度设计出的炮孔布孔间距为 $20 \sim 30 \text{ cm}$, 呈一字型布置。

爆破孔采用 YT-28 手风钻气动冲击成孔, 孔径为 50 mm , 岩石钻孔深度为待解小孤石体厚度的 $75\% \sim 85\%$ 。成孔后, 在孔内装入静态爆破

剂,按水:药剂=1:3的配比拌制药剂,迅速倒入孔内。药剂下入孔后立即在孔口加上 30 cm 长的膨胀钢楔堵孔,堵孔一定要密实。每次装填药剂时都要观察并确定岩石、药剂、拌和水的温度是否符合要求。灌装过程中,对于已经开始发生化学反应的药剂不允许装入孔内。

4.3 钻孔

(1)测放孔位。锚索孔孔位采用 GPS 测量仪定位,锚索孔位的偏差不得大于设计要求的允许偏差。钻机方位角采用 DQY-1A 地质罗盘测量,钻机倾角采用 WR400 数显角度尺控制。

(2)钻孔要求。锚索孔方位角的偏差不得大于 2° ,孔斜度不得大于孔深的 2%,终孔孔深不得欠深且不大于设计深度 30 cm;终孔孔径不得小于设计孔径 10 mm。

(3)钻孔。采用 YXZ-70 或 YXZ-90 型液压锚固钻机造孔。对于有条件的区域可以采用 HM-90A 履带钻机造孔。覆盖层钻孔根据地层预判结果选用偏心锤跟管或同心跟管联合钻进工艺。偏心锤跟管钻进采用 $\Phi 127$ mm 偏心锤跟管钻具,同心跟管钻进采用 $\Phi 146$ mm 三翼同心跟管钻具,基岩段采用 $\Phi 110$ mm 钎头冲击成孔。套管采用内外螺纹 1 cm 厚的厚壁地质套管,套管间采用丝牙连接。覆盖层和破碎岩层采用跟管钻进的方式,而对于完整的基岩则采用钎头钻进。

钻孔过程中,孔斜的控制采用粗径钻杆加设扶正器,施工过程中使用测斜仪检测孔斜。

4.4 清孔

钻孔结束时,连续不断地用高压风彻底清理孔内的沉渣及积水,钻孔清理干净后方可安装锚索。

4.5 锚索的编制及安装

4.5.1 锚索的编制

(1)钢绞线按照实际钻孔的深度下料。下料前检查钢绞线的表面,对于有损伤的钢绞线不得使用。

(2)沿锚索的轴线方向:自由段每隔 1.5 m 设置对中隔离支架,锚固段按 0.8 m 的间距设置对中隔离支架。

(3)锚索的钢绞线按规律编排并绑扎成束,每根钢绞线的长度必须一致。

4.5.2 锚索的安装

(1)锚索运输过程中必须防止锚索发生弯曲

和损伤,对组装好的锚索进行编号。

(2)锚索下索前,再一次对钻孔进行通孔检查,对于孔中的塌孔、掉块应清理干净,不得欠深。

(3)安装前应对锚索体进行详细的检查,检查排气管的位置是否准确和畅通;核对锚索编号与钻孔号。

(4)在将锚索体推送至预定深度后,检查排气管和注浆管是否畅通,否则应拔出锚索体、排除故障后重新安放。

4.6 套管的起拔

套管顶拔采用的拔管机为分体、液压三顶式拔管机,拔管机的起拔力为 200~400 t。拔管机采用分体式结构,由液压站、油缸、底座、内卡座、外卡座、自锁装置组成,其结构轻巧、组装便捷;顶拔时三个液压千斤顶同时传递顶拔力,使其受力更均匀,起拔力更大。

套管的起拔由专人负责施工。起拔时不得带出已下入孔内的锚索。起拔时,应随时观察液压站压力,避免油压超高发生油管爆裂。对于拔出来的套管,应及时对连接部位进行清洗并涂抹润滑油后整齐存放。

4.7 锚索注浆

(1)锚索安装后应及时注浆,采用水灰比为 0.45:1 的水泥净浆进行灌注。

(2)注浆采用 SGB6-10 型高压灌浆泵注浆,注浆全程采用三参数记录仪进行记录。

(3)锚索下索后、外锚墩混凝土浇筑之前,在孔口封闭后进行全孔一次性注浆,待锚索张拉检查合格后进行封孔回填注浆。

(4)锚索屏浆压力为 0.6~0.8 MPa。注浆结束后,若孔道内浆体不饱满,则需进行补充注浆。

4.8 锚墩的浇筑

锚索的锚墩尺寸必须符合设计要求。锚墩混凝土采用强制式拌和机现场拌制、溜槽配合人工下料入仓,ZN50 插入式振动棒振捣密实,浇筑完毕及时洒水加以养护。

4.9 锚索的张拉及锁定

(1)张拉程序。锚索张拉程序为:张拉设备校定→分级理论值计算→锚固段注浆体和锚墩混凝土强度检查→张拉机具安装→单根钢绞线预紧→整索分级张拉→锁定。

(2)张拉设备。单根预紧锚索采用 YDC-

240QXB型液压千斤顶;整体张拉的千斤顶选用YCW-200型液压千斤顶;张拉动力由ZB4-400油泵提供。

(3)张拉。①待注浆体和锚墩混凝土抗压强度达到设计强度要求后方可进行锚索的张拉。②单根钢绞线的预紧应力为150 kN。每根钢绞线进行两个循环的预紧,要求两次预紧的伸长值小于3 mm,且每根钢绞线的伸长值不得小于理论值的10%。③整束张拉分4级进行,按设计永存张拉力的50%、75%、100%和115%进行张拉,每级持荷时间为5 min,最后一级持荷稳定观测20 min即可锁定。④在锚索锁定后的48 h内,若锚索应力下降到设计值以下10%时则需进行补偿张拉。

4.10 外锚头保护

锚索张拉锁定后,为防止外锚固部件外露,使用切割机切去工作锚板以外多余的钢绞线,用环氧砂浆对锚头进行保护。对需要长期应力监测的锚索外锚头使用金属帽进行保护。

4.11 安全监测

为确保施工安全,该工程实施期间连续对滑坡体安全稳定及施工用排架进行安全监测,根据监测结果指导工程施工。

(1)滑坡体的安全稳定监测。施工期滑坡体的安全监测工作主要为施工区域及毗邻的施工边缘地带,共布置监测剖面线5条,其中在施工区域布置监测剖面3条,施工区边缘地带布置监测剖面2条。鉴于滑坡的过程是漫长而缓慢的,如果不借助仪器观察仅凭肉眼极难发现,故

该工程采用了先进的GNSS监测技术用于地表位移监测,极大程度地提高了施工期间的安全。GNSS地表位移监测是利用GNSS和计算机技术、数据通信技术及数据处理与分析技术进行集成,通过对不稳定滑坡体、地面塌陷及地面沉降等部位进行实时数据采集、分析地表变形数据以实现对多种地质灾害表面的形变位移监测,达到了从数据采集、传输、管理到变形分析及预报的自动化,再到远程在线网络实时监控的目的。其主要由GNSS天线、太阳能电池板、主控制机箱和安装支架组成。

本次滑坡体安全监测共布置一体化GNSS地表位移监测站^[6]16套,一体化裂缝自动监测站6套,无线预警广播1套,实现了滑坡体区域安全监测24 h不间断、全覆盖。

(2)施工排架的安全监测。锚索施工用排架在其使用期间必须按照设计要求进行安全监测,项目部分别在排架左侧、中部、右侧三个断面选取9根横杆布设监测点,采用卷尺测量锚杆与脚手架横杆的距离,用全站仪对横杆与锚杆的垂直距离进行观测,以判断排架和边坡是否存在位移变形;同时选取三根立杆安设应力传感器以监测其应变。施工排架安全监测的频率按照每班不少于2次进行控制。若遇大雨等恶劣天气,则需加强监测频率。

该工程锚索施工通过采用“孤石静态爆破+地层预判+覆盖层多钻具跟管联合钻进+基岩段钎头钻进法”对所遇到的深厚崩坡积碎石土覆盖



图2 滑坡体治理施工整体效果图

(下转第62页)

员方可进入施工。

(4)巷道施工时,必须密切关注上部中段空区以及该水平采空区和巷道工程的稳定情况,注意该段水平与上下及周边采空区的位置、距离,提前做好实测和对图工作,确认安全距离和安全条件。

(5)巷道施工时,必须注意对其下部空区提前进行钻孔探测以保障巷道的安全。

(6)待 8-1 中段空区内的废石处理完毕,方可进行中深孔落矿的回采。

(7)对于采用中深孔回采的采场,必须根据炮孔施工情况调整并修正矿界,确定爆破方案以减少矿石贫化损失。

(8)对于未尽事宜均需严格按照《金属非金属矿山安全规程》GB1 6423—2020 及《爆破安全规程》GB 6722—2014 执行。严格遵守矿山建设的各项操作规程及当地法律、法规,确保施工安全和质量。

5 结 语

通过对塔吉克斯坦北阿尔登-托普坎铅锌矿区 8-2 中段 1-2b 上斜分层 1-2b 残矿体回采方案的研究,针对该残矿体周围多空区、安全形势复杂

(上接第 58 页)

层进行有针对性的治理,取得了良好的施工效果和经济效益。滑坡体治理施工整体效果见图 2。该工程采用该工艺共计完成锚索 576 束,钻孔 36 560 m,相较传统跟管钻进或固壁灌浆施工其孔斜合格率达到 100%,套管一次起拔率达 98%,套管完好率为 95%,节约工期 21 d,节约成本 62.9 万元人民币,取得了良好的社会与经济效益。

5 结 语

深厚覆盖层锚索施工的重点和难点在于锚索成孔,其成孔质量的好坏及快慢往往决定了锚索施工工期及成本是否受控。传统的覆盖层锚索成孔施工采用单一直径的偏心锤跟管钻进及固壁灌浆钻进,该方法存在工效低、跟管深度浅、孔内事故频繁、施工成本高、环境污染大等缺点,愈发不适应锚索施工需要,尤其不适用于应急抢险处治工程,迫切需要一种更加高效的锚索成孔方法。狮子坪水电站改线公路沙坝段应急抢险治理工程锚索成孔采用“孤石静态爆破+地层预判+多钻具联合钻进”核心工艺,取得了良好的效果。通过对地层提前预判及浅表层孤石静态解小,为采取何种跟管钻具进行锚索成孔提供了有力的支撑,

的特点,最终决定采用中深孔爆破嗣后充填法,利用底部采场空区作为自由面,变不利条件为有利条件,充分利用底部采场原有的采准工程,既加快了施工进度,又节约了回采成本,通过制定科学合理的回采方案,充分回收残矿资源,取得了较好的效果,所取得的经验可为今后类似复杂多空区情况下残矿的回采提供参考。

参考文献:

- [1] 王运敏. 现代采矿手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012.
- [2] 汪旭光. 爆破手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [3] 刘建东,冯盼学,许前. 复杂空区群残留矿体安全高效开采技术[J]. 金属矿山, 2016,45(1):43-46.
- [4] 董凯程,解联库,冯盼学,等. 地下残矿高效回采技术研究[J]. 有色金属工程, 2015,5(增刊1):5-7,12.
- [5] 曹俊. 残矿回采方案研究与实践[J]. 采矿技术, 2021,21(4): 18-20.

作者简介:

李 超(1986-),男,河南浚县人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事工程建设施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

降低了跟管钻进的难度。同心跟管钻进和偏心跟管钻进工艺的联合应用,很好地解决了覆盖层传统跟管钻进存在的深度浅、卡钻频繁、套管易断裂等难题,所取得的经验可供类似工程参考。

参考文献:

- [1] 袁学武,等. 深厚覆盖层堆积体破碎带锚固成孔偏心跟管钻进工艺技术研究[J]. 岩土钻掘工程,2011,24(3):288-291.
- [2] 刘吉昌. 岩层破碎山体锚索跟管钻进施工技术[J]. 建筑技术开发,2019,18(6):100-101.
- [3] 黄小军. 多级跟管钻进工艺在苏哇龙水电站贡扎滑坡体工程勘察中的应用[J]. 水利水电技术,2009,49(3):47-49.
- [4] 齐世海. 静态爆破技术在某深路堑土石方开挖工程中的应用[J]. 建筑工程技术与设计,2020,7(20):80-81.
- [5] 刘加朴. 同心钻在金沙江梨园水电站锚索钻孔施工中的应用[J]. 黄河水利职业技术学院学报,2012,24(3):3-5.
- [6] 麻国. GNSS 监测系统在水电站高边坡安全监测中的应用[J]. 红水河,2022,41(4):64-67.

作者简介:

高 强(1985-),男,重庆长寿人,高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工

舒 媛(1987-),女,四川成都人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

林思波(1991-),男,四川德阳人,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)