

抽水蓄能电站低温季节预应力锚索护壁灌浆 钻孔施工技术研究及实践

赵党旗

中国水利水电第十一工程局有限公司
DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7506

[摘要] 岩石边坡坡中结构面的规模、性质及其组合方式在很大程度上决定着岩坡失稳的位置和破坏形式；结构面的产状或性质一有改变，岩坡的稳定性就会受到影响。一旦受到较大的外界干扰，不稳定的边坡往往会失稳，因此，边坡的安全与稳定性是我们工程建设中经常遇到的问题。一旦边坡失稳而引起滑坡、崩塌等灾害，就会影响工程的施工进度与质量，甚至还会造成生命财产的重大损失。边坡锚固技术在土木工程建设中得到了大量应用并取得了明显的社会效益，但由于环境、天气及地质等原因，边坡预应力锚索技术在复杂地质条件下施工困难，在低温时则无法进行施工，为确保高边坡稳定和施工工期满足要求，通过对边坡的稳定性判断、受力分析等方面进行研究，在低温季节时对高边坡预应力锚索进行了施工，实践过程中效果明显，技术稳定，施工简单，能够有效的提升结构整体耐久性。为类似工程提供借鉴。

[关键词] 低温季节；预应力锚索；护壁灌浆钻孔

Research and Practice on Construction Technology of Pre stressed Anchor Cable Wall Grouting and Drilling for Pumped Storage Power Station in Low Temperature Season

Zhao Dangqi

China Water Resources and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., Ltd.

The scale, properties, and combination of structural planes in rock slopes largely determine the location and failure mode of rock slope instability; Once the orientation or properties of the structural plane change, the stability of the rock slope will be affected. Once subjected to significant external interference, unstable slopes often become unstable. Therefore, the safety and stability of slopes are common issues encountered in our engineering construction. Once the slope becomes unstable and causes disasters such as landslides and collapses, it will affect the construction progress and quality of the project, and even cause significant losses to life and property. Slope anchoring technology has been widely applied in civil engineering construction and has achieved significant social and economic benefits. However, due to environmental, weather, and geological reasons, slope prestressed anchoring technology is difficult to construct under complex geological conditions and cannot be carried out at low temperatures. In order to ensure the stability of high slopes and meet the requirements of construction period, research has been conducted on slope stability judgment, stress analysis, and other aspects. During the low temperature season, prestressed anchoring of high slopes has been constructed, and the effect is obvious in practice. The technology is stable, the construction is simple, and it can effectively improve the overall durability of the structure. Provide reference for similar projects.

[Key words] low temperature season; Prestressed anchor cable; Wall protection grouting drilling

1 工程概况

内蒙古乌海抽水蓄能电站下水库土建及金属结构安装工程无粘结预应力锚索施工主要分布在高度 100m 高边坡，锚索设计吨位为 1000KN。无粘结预应力锚索入岩 30m，锚固段长度为 6.3m。无粘结预应力锚索由内锚固段、自由张拉段、外锚固段组成。内锚固段采用粘结式内锚头，由剥皮吸油后钢绞线、导向帽、回浆管和隔离架组成，用无锌铅丝束紧，呈枣核状结构；自由张拉段由带皮钢绞线、灌浆管、回浆管组成；外锚固段由钢垫墩、钢垫板、夹具及锚具组成。锚索灌浆材料为纯水泥浆，采用强度等级不低于 42.5MPa 普通硅酸盐水泥，水泥浆胶结材料的抗压强度等级为 M40。

边坡坡面分布有规模不大的不稳定岩体，岩石较破碎，岩石内部出现不同程度的泥石夹层和夹腔，锚索孔钻孔时出现漏气、塌孔、卡钻、不出渣等现象。施工时段长期处于低温季节。

2 施工特点和技术难度

(1) 本工程地质条件复杂，边坡兜里，坡面分布有规模不大的不稳定岩体，岩石较破碎，岩石内部出现不同程度的泥石夹层和夹腔，锚索孔钻孔时出现漏气、塌孔、卡钻、不出渣等现象，为保证锚索成功率，采取锚索孔灌浆，注浆 24h 后进行锚索孔钻孔为止，直至锚索成孔质量满足要求。

(2) 边坡锚索施工期在冬季低温季节进行，气温均在 5℃ 以下，在制浆现场搭建暖棚，用燃烧煤炭的方式多水箱进项

加热,并设置暖风机进行加热、保温,进行锚索护壁灌浆,设置温度计对水泥浆温度进行实施监测。

3 工艺原理

(1) 下水库高边坡支护方式为锚杆+无粘结预应力锚索+喷射混凝土,其中无粘结预应力锚索需入岩 30m。由于该边坡岩层内部出现不同程度的泥石夹层和空腔,锚索孔钻孔时出现漏气、塌孔、卡钻、不出渣等现象,导致无法钻到设计孔深。为保证锚索孔成孔率,拟采用固结灌浆对边坡进行加固。固结灌浆采用纯水泥浆,水泥采用 P.042.5 普通硅酸盐水泥,现场可根据实际情况添加适量的早强剂,注浆完 24h 后再进行锚索孔钻孔施工。

(2) 护壁灌浆拟采用的水泥砂浆配比为水:灰=0.4~0.45,实际施工中以现场试验为准。注浆前将注浆管下至离孔底 50cm 后开始注浆,注浆后根据孔内实际情况将注浆管匀速向孔外提升,直至孔口返回浆液。护壁灌浆采用单循环纯压式灌浆方法,用灌浆自动记录仪对灌浆全过程进行记录,安装方式为单流量计纯压式灌浆管路,即:流量计和压力计均安放灌浆管路的压力区,灌浆压力通过回浆阀门调节来控制。注浆孔间排距为 5m,由下往上按奇数排为 I 序,偶数排为 II 序。

4 工序流程及操作要点

4.1 施工工艺流程

施工准备→锚孔定位编号→造孔(出现卡钻、塌孔等现象)→灌注水泥浆→造孔灌浆循环→造孔完成。

4.2 操作要点

4.2.1 施工准备

(1) 凡参加预应力锚索施工的人员,均应是经过预锚施工基本知识、施工技术要求培训并考核合格者。主要操作人员应具备类似工程施工经验,否则不能上岗作业。必须建立全面的质量管理制度,严格施工工艺、严格工艺流程、制定操作规程严格执行,确保预应力锚索工程的施工质量。

(2) 施工技术人员必须掌握设计文件、图纸、通知、参数、工艺流程、技术要求,并向各工序工作人员做好技术交底。施工技术人员除应熟悉技术要求外,还应掌握预锚区的地质情况,包括岩性、地质构造、产状、水文地质情况等。

(3) 应建立原始记录归档制度,印制必要的原始记录表格,包括钻孔、冲洗、测斜、编束(含下料)、安装、灌浆、张拉、监测、锁定等表格,机械设备及运行表格。

(4) 应建立质量检查制度和工序交接制度。钻孔测斜与纠偏、下料与编束、安装与灌浆、张拉与锁定等均应有交接会签表作为原始资料。

(5) 施工前应备齐各种材料,各种材料应有出厂合格证,钢绞线应符合规范的规定。

4.2.2 锚索孔定位编号

(1) 根据实际开挖岩面,先按设计布置要求,将锚孔位置准确测放在岩面上,并用红喷漆在现场施工部位标明锚索开孔位置,锚索孔导向角度。

(2) 对测放并验收合格的锚孔位置进行编号,并用油漆标示在现场岩面上,该编号作为锚索制作编号的依据。

(3) 孔位偏差不应大于设计及规范要求。

4.2.3 造孔

(1) 锚索钻孔基本参数

1000KN 无粘结式预应力锚索造孔孔径为 $\Phi 150\text{mm}$,孔深为 30.3m,钻孔角度按设计要求垂直与开挖面进行钻孔,若开挖范围内存在潜在滑面,应保证内锚固段锚固于潜在滑面以下的稳定岩体中。

(2) 钻进方法:采用风动潜孔钻冲击回转钻进方法。

(3) 钻孔设备:采用 JK468 履带式潜孔钻机。

(4) 钻进工艺参数

1) 钻进压力:开孔时,使钎头紧贴岩面低压冲击,平稳缓缓推进即可,正常钻进时 $P_f=2\sim 4\text{kN}$ 。

2) 转速:开孔转速 $n=0$;正常钻进转速 $n>90\text{r.p.m}$ 。

3) 风量: $Q_{\text{风}}=10\sim 12\text{m}^3/\text{min}$ 。

(5) 注意事项

1) 开孔前,清除孔口附近松动岩块;

2) 开孔时,在设计孔位上,人工或用风钻凿出与孔径相匹配的 10cm 左右深的槽(孔),以利于钻具定位及导向;

3) 每钻进 $\leq 1\text{m}$,必须缓慢倒杆 $> 1\text{m}$,往返不少于 2 次,直至孔口无岩粉返出,以利充分吹粉排渣,避免卡钻及重复破碎;

4) 勤检查钻杆、钻具磨损情况,对磨损严重的钻杆、钻具应予以更换,尽量避免孔内事故的发生;

5) 在钻进过程中,为防止孔径相差过大,使得下锚困难,可备 4 个钎头,每个钎头打 10~15m 左右,就进行更换;

6) 开孔时应控制钻具的倾角及方位角,钻进 20~30cm 后应校核角度,钻孔过程中应及时测量钻孔角度,及时纠偏。岩锚成孔应顺直,孔壁无错台、无松动碎石。

4.2.4 护壁灌浆

(1) 锚索钻至特殊段(渗水、塌孔段)即退出钻杆,进行护壁灌浆,护壁灌浆拟采用的水泥砂浆配比为水:灰=0.4~0.45。注浆前将注浆管下至离孔底 50cm 后开始注浆,注浆后根据孔内实际情况将注浆管匀速向孔外提升,直至孔口返回浆液。护壁灌浆采用单循环纯压式灌浆方法,用灌浆自动记录仪对灌浆全过程进行记录,安装方式为单流量计纯压式灌浆管路,即:流量计和压力计均安放灌浆管路的压力区,灌浆压力通过回浆阀门调节来控制。在灌浆过程中对注入量大、孔口不返浆的孔段采用间歇、限流、浓浆、按配合比添加外加剂等方法。

(2) 灌浆凝固期满足后再进行钻孔,如遇特殊段即再次进行固结灌浆,以此直至钻至达到设计孔深。钻孔时采用多提少钻,重复扫孔的方法。遇特殊情况立即起钻,钻进时,加强观察钻孔内的风压变化情况,孔内如果返风就观察孔口携渣(粉尘)能力,钻孔如果不返风就观察孔内冲击器的工作情况,主要从冲击器工作的声音来判断,听冲击器是否在冲击和振动,一旦遇到异常情况立即提钻,对送风管路及设施进行检查并通知空压机运转工检查机械、调整送风力。使钻孔机械正常工作,进而保证造孔施工正常进行。如遇特殊情况则立即上报监理,进行固结灌浆施工。施工中注意按照地质资料预测不良孔段的深度。

(3) 施工中确保固结灌浆一次灌浆结束,避免了因特殊情况中断灌浆,影响固结质量。

(4) 护壁灌浆冬季施工应遵循以下措施:

1) 利用钢管搭设 15m×6m×4m(长×宽×高)棚子,棚子外立面采用篷布+棉被进行全覆盖;

2) 在暖棚外设置一个 2~4m³的钢板水箱,将水箱放置在一个焊制的架子上,采用燃烧煤炭的方式对水箱进行加热;

3) 在暖棚内设置两个塑料水箱,利用水管将塑料水箱与棚外钢板水箱相连接,钢板水箱内加热完的水通过水管流向棚内塑料水箱,塑料水箱内的水用于水泥浆的拌制,设置一个温度计对水泥浆温度进行实时监测;

4) 暖棚内拌制好的水泥浆通过 A32mm 的注浆管连通至边坡处,注浆管外设置电伴热带+保温棉的方式进行保温;

5) 暖棚内设置暖风机进行加热、保温,并在保温棚内设

下转第 153 页

按照水利信息资源标准规范和统一数据要求,结合水利资源目录梳理成果,开展25座水库的专题库数据库表结构设计,编制数据字典,生成标准数据库脚本。具体包括基础库、业务库和空间库等数据库。

5.4 数据接入设计

在省级和区级水利数据仓已有的水库相关数据基础上,通过建设接口的方式,向省、市、区水利数据仓进行数据申请,实现25座小型水库的数据接入,具体包括基础数据、水雨情数据、安全监测数据、视频监控数据等。为保证后期建设的小型水库数据接入,应预留相应对接接口,将相关数据接入平台进行展示。

5.5 系统集成设计

集成涉及到的设备包括渗压计、量水堰计等多种设备;设备类型多种多样、数量繁多、通信多协议等特点。采用物联网管理平台提供成熟可靠的设备连接、设备管理服务,可以将分散化的相关物联网设备进行统一管理。

物联网平台提供多种接入方式来保证不同协议、不同类型的设备接入。平台提供设备激活、认证、注册策略来保障设备的合法性。设备连接到物联网平台之后,平台可对设备进行数据采集和远程控制;同时可以基于数据层进行数据的存储、深度挖掘、数据可视化等服务;面向上层应用,平台提供API接

上接第150页

置温度计对棚内温度实时监测,当棚内温度低于5℃时立即进行加热。

6) 注浆过程中加强对注浆口处浆液温度的检测,当注浆口处浆液温度低于5℃时,应检测注浆管的保温措施是否损坏,如有损坏及时进行更换。注浆管保温措施无损坏时,可适当提高暖棚内浆液的温度。

4.2.6 成孔质量要求

(1) 每孔应记录钻孔尺寸、钻孔角度、孔斜、岩粉颜色、钻进速度、岩性、孔深。造孔结束后,经工程建设监理人检验合格,方可进行下一工序;

(2) 内锚固段应置于设计要求的岩层内。钻孔孔深应根据记录资料经工程建设监理人确定,保证内锚固段穿过地质构造面且锚固于较好岩体内。若发现钻孔已达设计深度仍未穿过断层等软弱岩层面时,应会同地质、设计人员商定修正钻孔孔深;

(3) 终孔孔径应满足设计要求;孔径偏差不应大于10cm;终孔孔深不应小于设计孔深;终孔孔轴偏斜不应大于孔深的2%,对穿锚索不得大于1%;方位角偏差不应大于3°。

5 质量安全及环保措施

在施工过程中,质量、安全和环保措施都显得尤为重要,它们直接关系到工程的顺利进行及对环境的影响。质量保证措施方面,首先,孔位的准确测定至关重要,确保根据设计规格设置孔位,误差需控制在规定范围内。其次,在采用钻孔法时,钻具的倾角与方位角的控制是关键,需定期校核以纠正偏差,保障孔位的精准性。此外,岩锚孔必须保持直线,孔壁应无错台和松动岩石,以增强锚固稳定性。终孔的深度和直径增加要求能够确保有效的锚固。同时,在施工过程中,严密的地质编录工作可以确保锚固段置于良好的岩层内,这对提高锚固效果大有裨益。最后,灌浆过程中对浆液温度的监测尤为重要,尤其是在低温环境下,必须确保浆液温度维持在合适的范围,以避免性能下降。

安全措施方面,主要防范措施应关注在操作机械时可能出现的事故。例如,钻机的移动需确保安全,避免因移动时的不

口以及应用网关等模块用于应用开发。在设备管理方面,物联网平台构建了设备激活、认证、注册到设备数据采集处理、实时状态监控、远程控制、设备告警设置、消息推送以及设备的故障诊断分析、设备售后管理等涵盖设备全生命周期的管理架构。同时提供可视化的设备管理界面进行设备的管理。

6 结语

渗流监测是大坝,特别是土石坝安全监测中的重要内容之一。渗流安全关系着水库大坝的运行安全。当前,我国水利正在向高质量发展转变,通过对小型水库监测设施的数字化改造,可实现对水库大坝渗透压力、渗流量的实时掌握,结合库水位、降雨量等可实时水库大坝坝体及坝基渗流情况的及时分析,为判断工程安全状态提供依据,同时提升了小型水库的数字化管理水平。

[参考文献]

- [1]中华人民共和国水利部.水利水电工程安全监测设计规范:SL 725—2016[S].北京:中国水利水电出版社,2016.
- [2]中华人民共和国水利部.土石坝安全监测技术规范:SL 551—2012[S].北京:中国水利水电出版社,2012.
- [3]唐鹏程.大坝渗流量监测方法简述[J].水上安全,2023,(11):132-134.

当操作导致设备倾覆。对传动部位的保护,确保有适当的防护罩,防止操作人员受伤。此外,在钻孔时,保障周围环境的安全,操作人员须保持安全距离,避免意外发生。在浆液操作中,工作人员应佩戴防尘口罩,确保呼吸道安全。同时,为了减少高压管道的危险,必须确保所有连接处牢固,以避免因压力不稳引发意外。电气安全亦不可忽视,包括确保设备良好接地及使用合规的电气设备,减少电气火灾和触电的风险。

环保措施方面,必须加强施工废弃物的管理,确保所有废弃岩芯和水泥袋按照规定处理,杜绝污染现象。此外,严禁在工地随意抛弃废物,控制废油等污染物的泄漏,通过铺设薄膜等方式有效收集,保护环境。采用湿式作业能显著降低岩粉飞扬,减少对周围环境的影响,保证施工区域的空气质量。灵活的浆料使用能减少废浆的产生,从源头降低对环境的负担。

6 结语

在地质条件复杂、岩石较破碎、岩石内部出现不同程度的泥石夹层和夹砂,预应力锚索孔钻孔时出现漏气、塌孔、卡钻、不出渣等钻孔成孔困难现象,边坡锚索施工期在冬季低温季节进行。为保证锚索成功率,采取锚索孔灌浆,注浆24h后进行锚索孔钻孔为止,直至锚索成孔质量满足要求,气温均在5℃以下,在制浆现场搭建暖棚,用燃烧煤炭的方式多水箱进项加热,并设置暖风机进行加热、保温,注浆管外设置电伴热带+保温棉的方式进行保温进行锚索护壁灌浆,设置温度计对水泥浆温度进行实施监测。对低温季节预应力锚索护壁灌浆钻孔施工进行研究,施工工艺更简单,保证施工质量的同时,加快工程施工进度,为后续边坡开挖支护提供了有效保证。

[参考文献]

- [1]陈丽俊,陈建勋,郭汇杰,等.小孔径预应力锚索对软岩隧道围岩的加固效应[J].中国公路学报,1-16[2024-10-18]
- [2]邹育祥.边坡加固中预应力锚索损失情况及处理措施[J].交通世界,2024,(27):97-99.
- [3]押腾飞,张兆龙,马海堂,等.复杂地质下锚索施工技术浅谈[J].建筑机械化,2024,45(09):73-75+91.