

的稳固架，能进行高效率稳固地安装双排检测管，其组成结构简单，可根据实际槽段的大小灵活地改装成任意尺寸，下设各种间距分布的检测管，实用性强。

5.2 哈迈-90A 钻机的平整度质量管控要点

采用保证钻孔放置的平整度和钻孔的垂直度。

5.3 锚筋束的下设质量管控要点

需严格控制锚筋束的总体长度，确保其上部和下部能深入承台和基岩足够的长度。在制作钢筋束时，还需正确设置保护层对中橡胶胶条。

5.4 砂浆灌注的质量管控要点

为带压灌注，外壁钢管顶部设置成丝扣孔口灌浆连接装置，保证砂浆完全灌入钢管里面，并最终保证灌入填满，并可升到一定的压力。

6 安全控制

本方法施工技术的研究，涉及安全控制的主要项有安全用电、机械操作、焊接动火作业等危险性较大的作业，对此分别设立安全预案予以防范，在过程中予以监督实施。施工现场防火、用电安全、施工机械、散体物料运输等，严格执行国家或地方有关规范、规程和规定，禁止违章行为。施工低压电线完好，架空位置符合安全规范，牢固绑扎在绝缘体上；开关箱牢固、防雨，加锁，设漏电保护器，接零接地完好。

7 结语

本技术的成功运用，有效地节约了施工成本，与传统的钢管桩或锚筋桩方法相比，本实用新型的创造性在于采用钢管桩与锚筋桩相结合，通过灌注稳定水泥浆及无收缩砂浆与地层形成一个整体，同时与桩顶承台一体浇筑形成整体，

达到共同发挥作用的目的。本实用新型与现有锚固技术相比能够产生有益的技术效果，本技术研究的实用性在于其结构中采用的钢管桩和预应力锚索等材料部件均为工程中常规的材料构件，结构简单，易于获得和制作，施工过程简便，具有较强的实用性。

本技术研究具有体积小、施工轻量化、便捷化的特点，尤其适用于狭窄边坡的基础加固，展现出广泛的应用潜力和前景。

以上所述，仅为本技术研究较佳的具体实施方式，但本实用新型的保护范围并不局限于此，对于任何在本实用新型技术范围内，熟悉该领域的技术人员所能轻易想到的变化或替换方案，均应纳入本实用新型的保护范畴。因此，本实用新型的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。本文背景技术部分公开的信息仅仅旨在加深对本实用新型的总体背景技术的理解，而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域技术人员所公知的现有技术。

除水利水电工程中的高大边坡砂石加工系统边坡胶带机基础加固施工应用外，可推广应用至类似的基础处理中的地连墙工程、防渗墙工程中的导向槽段下的覆盖层加固，导向槽类同于承台的作用，均是要承担上部机械的静动荷载，同时加固后，避免了槽段在冲击成孔过程中，避免了坍塌。除应用专业领域有较大扩展外，工程适用范围极为广阔。

参考文献

- [1] 余敏,陈曦阳,某坝基覆盖层深层粉土地震液化判别方法研究,岩土工程技术, 2021,35(06)
- [2] 孙京卫,青海三岔水库深厚覆盖层钻探技术研究,水利规划与设计, 2019(07)
- [3] 李志文,钻孔灌注桩护壁泥浆技术[J].中国科技信息.2022(6):110-111

Construction Technology and Quality Control of Tunnel Excavation in Water Conservancy Projects

Jianfeng Wu

Construction and Management Bureau of Dali Haishao Reservoir Expansion Project, Dali, Yunnan, 671600, China

Abstract

As key structures for water conveyance and flood discharge, the excavation construction technology and quality control of water conservancy tunnel projects directly affect the safety and durability of the project. This paper, in combination with the characteristics of water conservancy tunnel projects, analyzes the characteristics and technical requirements of water conservancy tunnel projects, systematically expounds the application scenarios and key points of mainstream excavation technologies such as drilling and blasting method and TBM method, and constructs a quality control system from aspects such as pre-construction quality control, excavation accuracy and blasting quality control, support construction quality control, cross-sectional size and lining quality acceptance, long-term assessment of surrounding rock stability, seepage control of high-head tunnels, quality control innovation under complex geological conditions, and quality control information management. It summarizes the solutions to common quality problems in tunnel excavation, providing technical references for similar projects.

Keywords

Water conservancy project; Tunnel excavation; Construction technology; Quality control; Drilling and blasting method

水利工程隧洞开挖施工技术与质量控制

吴建锋

大理州海稍水库扩建工程建设管理局, 中国 · 云南 大理 671600

摘要

水利工程隧洞作为输水、泄洪等功能的关键构筑物,其开挖施工技术与质量控制直接影响工程安全性与耐久性。本文结合水利隧洞工程特点,分析了水利隧洞工程特点与技术要求,系统阐述了钻爆法、TBM法等主流开挖技术的应用场景与工艺要点,从施工前质量控制、开挖精度与爆破质量控制、支护施工质量控制、断面尺寸与衬砌质量验收、围岩稳定性长期评估、高水头隧洞防渗漏控制、复杂地质条件下的质量控制创新、质量控制信息化管理等方面构建质量控制体系,总结了隧洞开挖中常见质量问题的解决路径,为同类工程提供技术参考。

关键词

水利工程; 隧洞开挖; 施工技术; 质量控制; 钻爆法

1 引言

作为水资源调配、防洪减灾及能源开发的关键设施,水利工程隧洞意义重大。工程的安全性、耐久性以及经济效益,与建设质量直接相关。从技术进步的角度看,水利隧洞开挖正从传统钻爆法向智能化、精准化路径迈进。TBM法、新奥法等工艺的应用正变得日益普遍,但当面临复杂的地质条件,深入研究开挖工艺与质量控制适配性意义重大。本文鉴于水利工程隧洞开挖的实际需求而作,全面归纳钻爆法、TBM法等主流工艺的技术核心要点,凭借典型工程案例开展剖析,归纳针对地质突变、高水头防渗等难点的解决方案,为改善水利隧洞开挖质量给出理论与实践参照。

【作者简介】吴建锋(1981-),男,中国云南大理人,彝族,本科,高级工程师,从事水利工程研究。

2 水利工程隧洞开挖施工技术概述

2.1 隧洞开挖技术分类与特点

钻爆法、TBM(全断面隧道掘进机)法、盾构法以及新奥法等是水利隧洞主要的开挖技术类型,其应用场景的差别显著。钻爆法凭借钻孔、装药、爆破达成岩体的开挖目标,能在多样地质条件里施展,但该方法施工效率较差,振动形成的影响较为强烈。TBM法依靠旋转刀盘实施岩体切割,拥有开挖速度佳、断面规整的长处,适宜在硬岩地层开展工作,然而设备投入的资金支出高,对地质环境的适应能力差,控制爆破以及喷锚支护是新奥法的核心,着重强调围岩自承之力,大多应用于软岩与破碎地层^[1]。

2.2 水利隧洞工程特点与技术要求

水利隧洞具备长距离、大埋深、高水头属性,对开挖精度及支护及时性方面要求严格,输水隧洞开挖断面的误差需被控制在 $\pm 5\text{cm}$ 以内,泄洪隧洞需重点聚焦开挖面平整度,

进而减少水流阻力,要是隧洞穿越断层破碎带、高应力区,可能诱发塌方、涌水等类似风险,要把动态监测与应急支护措施纳入开挖技术中。

3 水利工程隧洞开挖关键施工技术

3.1 钻爆法施工技术要点

钻爆法掏槽方式为楔形或直眼掏槽,把周边孔间距控制到 50-60cm,抵抗线界定在 60-80cm,达成开挖轮廓规整的要求,周边孔采用间隔式装填炸药,选用的炸药为 2 号岩石乳化炸药,依照岩石硬度调整单孔装药量(硬岩每米 0.8-1.2kg,软岩每米装药量为 0.5-0.8kg,采用毫秒级延时雷管,掏槽孔开头起爆,辅助孔起爆之后周边孔顺序起爆,把时差管控在 25-50 毫秒段,降低振动叠加的强度^[2]。

3.2 TBM 法施工技术要点

面对抗压强度 > 60MPa 的硬质地层,常采用敞开放式 TBM,刀盘的旋转速度为 4-6rpm,推进速度维持在每分钟 5-8 厘米,撑靴压力按照围岩硬度改变,硬岩是 15-20bar,软岩的撑靴压力为 8-12bar,一旦 TBM 穿越软弱夹层,采用超前注浆联合管棚支护技术,超前注浆经超前钻孔将水泥-水玻璃双液浆注入(水灰比 1:玻璃达到 35Be' 浓度,加固范围是开挖面周边 3-5 米的区域,管棚支护采用的是 $\Phi 108\text{mm}$ 钢管,长度从 15 米延伸到 20 米,按环向布置,间距为 40cm,保证开挖面稳定。

4 水利工程隧洞开挖质量控制体系

4.1 施工前质量控制

超前地质预报技术是施工前质量控制的关键基石,在隧洞轴线勘查的阶段,应综合采用地质雷达、TSP(隧道地震波探测)、超前钻孔等方法,搞清楚围岩岩性、断层分布、地下水状态等关键参数,实施“三级审核伴专家论证”制度,保障方案的科学性,施工单位编制的《隧洞开挖专项施工方案》,必须经由内部技术负责人、监理单位总工程师、建设单位工程管理部门三级审核,重点对以下内容展开审核:①爆破参数合理性:审核周边孔间距、装药集中度是否与围岩级别相互匹配,装药集中度为 0.2~0.3kg/m;②支护及时性:界定开挖与支护之间的时间间隔,软岩所涉时间 $\leq 4\text{h}$;③应急方案可行性:审查塌方、涌水等突发事件的处理程序,如是否配置了充足的钢管、速凝剂等应急物资。针对埋深大于 500m 或者穿越活动性断层的复杂隧洞情形,应招集水利工程、岩土力学等领域专家开展专项论证工作^[3]。

4.2 施工中质量控制

4.2.1 开挖精度与爆破质量控制

构建测量控制网络要实现毫米级精度要求,采用徕卡 TS60 全站仪,此全站仪测角精度 0.5",测距精度实现 1mm + 1ppm,每间隔 100m 设定一组平面及高程控制点,控制点须埋设于稳定的基岩里面,再用混凝土加以稳固,于开挖操作的过程里,每完成一次循环(一般 3~5m)即进

行断面测量,利用免棱镜模式扫描开挖的面,借助 Trimble Business Center 软件生成三维点云数据,跟设计断面进行比照,要把超挖程度控制在 10cm 以内,一旦出现欠挖,应迅速处理妥当。实现周边环境影 响控制,爆破振动监测是关键,采用 TC-4850 型爆破测振仪,在洞口、周边的邻近建筑物以及围岩薄弱处布设监测点,重点实施对垂直振速的控制,依照《爆破安全规程》(GB6722-2014)的要求,临近混凝土建筑物之际,振动速度得控制成 $\leq 2.0\text{cm/s}$ 。

4.2.2 支护施工质量控制

喷射混凝土施工要严格依照“五控”标准开展,其一需把控好配合比,采用强制式搅拌机做拌合操作,水泥:砂:石=1:2:按 6% 至 8% 比例掺加速凝剂,水与水泥的比例为 0.4~0.45,现场每台班至少开展 1 次样本抽检;其二是喷射工艺加以控制,喷头应与受喷面呈垂直状态,相隔距离为 0.8~1.2m,顺着螺旋轨迹均匀地开展喷射,分层喷射应待前一层混凝土终凝后再开展;其三为喷射混凝土厚度的把控,采用预埋钢筋头标明厚度为 15cm,喷射完毕采用针探法实施检测,按每 10 平方米检测 1 点执行,合格情况应满足 90% 及以上;其四为喷射混凝土的养护控制,完成喷射 2 小时后便开始洒水进行养护,养护时间要在 14 天及以上才行,一旦洞内温度低于 5℃,采用电暖气做保温处理;第五个是强度的把控,以每 50 米为间隔制取一组抗压强度试件,28 天抗压强度要达到 C25 及以上^[4]。

直接影响到围岩稳定性的为锚杆施工质量,以采用的系统锚杆($\Phi 22\text{mm}$ 的 HRB400 钢筋,就长度达 3m 而言举例,施工相关的要点囊括:①钻孔实施的控制要点:孔深误差需 $\leq \pm 50\text{mm}$,孔径要比锚杆直径多出 15mm,孔向应与围岩主要结构面形成垂直关系;对注浆环节的管控:采用 M20 水泥砂浆,水灰比为 0.45~0.5 范围,灰砂比 1:注浆压力宜控制于 0.3~0.5MPa,保证孔内注浆充实饱满;③开展锚杆抗拔力拉拔试验:依照 1% 抽样率开展抗拔力试验,某隧洞实施抽样检测的时候,发觉 1 根锚杆抗拔力只有 42kN,问题根源是注浆不饱满,马上对该区域锚杆做再次注浆处理;第四步开展垫板安装事宜:垫板应紧密贴合岩面,拧好螺母后,锚杆的外露长度要 $\leq 100\text{mm}$ 。

4.3 施工后质量验收与评估

4.3.1 断面尺寸与衬砌质量验收

三维激光扫描验收乃是保证隧洞成型质量的关键法子,借助 FAROFocusS350 激光扫描仪,对开挖断面执行全面扫描覆盖,点云密度要求为每平方厘米 2 点及以上,采用 Cyclone 软件与设计模型加以比对,要求:①断面的平整状态:凹凸起伏的高度差 $\leq 5\text{cm}$,超挖许可值在硬岩处为 +15cm,软岩处为 +25cm,禁止出现欠挖情形;②水平与垂直方向的轴线偏差:水平方向按每 100m 计,偏差 $\leq 20\text{mm}$,垂直方向上,100m 长度的偏差 $\leq 30\text{mm}$;开挖断面面积的相关考量:实际开挖面积与设计面积的差距 $\leq 5\%$ 。