

论公路隧道施工质量控制的关键技术

叶秀城

平阳县公路与运输管理中心 浙江 温州 325406

摘要: 文章深入探讨公路隧道施工质量控制的关键技术,重点分析隧道开挖过程中的地质勘察与支护技术、混凝土施工质量控制及试验检测、以及环境监测与灾害预警系统等。通过综合运用高精度测量、先进材料检测、智能化监控等手段,有效提升隧道施工的安全性和质量水平。本文旨在为公路隧道施工提供科学的理论依据和技术指导,促进隧道建设行业的可持续发展。

关键词: 公路隧道; 质量控制; 关键技术

1 公路隧道施工质量控制关键技术概述

1.1 隧道施工工艺流程及常见质量控制环节

公路隧道的施工工艺流程是一个复杂而系统的过程,从测量放线开始,经过一系列精心设计和施工步骤,最终完成隧道及其附属工程的建设。具体流程包括:(1)测量放线:作为施工的首要步骤,测量放线是确保隧道施工精度的关键。通过精确的测量,确定隧道的中线、高程等关键参数,为后续施工提供准确依据。

(2)施工准备:包括现场勘查、材料准备、设备调配等,确保施工所需的各项资源到位,为正式施工做好充分准备。(3)洞口边仰开挖及支护:根据设计要求和现场情况,进行洞口边仰坡的开挖,并同步进行支护施工,确保洞口稳定性,防止坍塌事故发生。(4)洞身开挖及支护:采用合适的开挖方法(如钻爆法)进行洞身开挖,并随着开挖进度及时进行支护,确保隧道施工安全。(5)洞身混凝土衬砌(洞门施作):在洞身开挖完成后,进行混凝土衬砌施工,包括洞门结构的制作与安装,以提高隧道的整体强度和耐久性。(6)隧道沟槽及其它附属工程:完成隧道主体结构后,进行沟槽开挖、排水系统安装、照明通风设施布置等附属工程,确保隧道功能完善。

在隧道施工的每个环节中,都伴随着严格的质量控制。常见的质量控制环节包括:材料质量控制,确保所有施工材料符合设计要求和质量标准。施工工艺控制,严格按照施工工艺流程进行施工,确保施工质量。过程监测,通过测量、检测等手段对施工过程进行实时监测,及时发现问题并采取措施解决。成品检验,对完成的隧道工程进行全面检验,确保工程质量符合设计要求和相关标准。

1.2 公路隧道施工质量控制中的关键技术要素

在公路隧道施工质量控制中,有几个关键技术要素

至关重要;第一,钻爆施工技术:钻爆施工是隧道开挖的主要方式之一。通过合理选择钻爆参数、优化爆破设计、加强支护等措施,可以有效控制爆破对围岩的扰动和破坏,确保隧道开挖的顺利进行。第二,防水排水施工技术:隧道防水排水是确保隧道长期安全运营的重要措施。在施工中,需要采用高性能的防水材料、设置有效的排水系统、加强防水层的施工质量监控等,以确保隧道防水排水效果^[1]。第三,混凝土喷射施工技术:混凝土喷射是隧道衬砌施工的主要方式之一。通过优化混凝土配合比、提高喷射工艺水平、加强混凝土养护等措施,可以确保混凝土衬砌的强度和耐久性。第四,锚杆施工技术:锚杆支护是隧道支护的重要形式之一。在施工中,需要合理确定锚杆的布置参数、选用合适的锚杆材料和施工工艺、加强锚杆施工质量的监控等,以确保锚杆支护的可靠性和稳定性。第五,监控量测技术:监控量测是隧道施工质量控制的重要手段。通过布设监控量测点、实时监测隧道变形情况、及时分析数据并采取调整施工方案等,可以确保隧道施工安全和质量。

2 隧道施工中的地质勘察与地质灾害监测技术

2.1 钻孔探测技术及地质参数测定

在隧道施工的前期准备阶段,地质勘察是不可或缺的一环,而钻孔探测技术则是地质勘察中的核心手段之一。该技术通过在地表或隧道开挖面布置钻孔,利用钻探设备深入地下,直接获取岩土层的物理力学性质、水文地质条件等关键信息。钻孔探测不仅能够揭示隧道穿越区域的地质构造特征,还能为后续的隧道设计、施工方法及支护措施提供科学依据。在钻孔探测过程中,地质参数的准确测定至关重要,这些参数包括但不限于岩土层的强度、变形模量、渗透系数、地下水位及水质等。通过取样分析、原位试验及室内试验等多种方法,可以系统地测定这些地质参数,进而评估隧道施工可能

面临的风险和挑战。

2.2 岩体监测技术及地质灾害预警

隧道施工期间,岩体稳定性监测是确保施工安全的重要手段。随着隧道开挖的深入,围岩应力状态将发生显著变化,可能引发岩体变形、开裂甚至坍塌等地质灾害,采用先进的岩体监测技术,对隧道周边岩体的变形、应力及渗流等状态进行实时监测,对于及时发现并预警潜在的地质灾害具有重要意义。岩体监测技术通常包括多种手段,如全站仪测量、GPS定位、光纤传感、声发射监测等。这些技术能够高精度地捕捉岩体微小变形和应力变化,为地质灾害预警提供可靠数据支持,结合地质勘察成果和隧道施工特点,建立地质灾害预警模型,对监测数据进行综合分析,可以预测地质灾害的发生概率和规模,为施工决策提供科学依据。在地质灾害预警方面,除了依靠技术手段外,还需要建立完善的预警机制和应急预案。一旦监测数据出现异常或达到预警阈值,应立即启动预警机制,通知相关人员采取紧急措施,如加强支护、调整施工方案或暂停施工等,以最大限度地降低地质灾害对施工安全的影响^[2]。

3 隧道施工质量控制中的导线测量与控制技术

3.1 隧道轴线测量技术及误差控制

隧道轴线测量是隧道施工质量控制中的一项基础而关键的技术,它直接关系到隧道空间位置的准确性和隧道的贯通精度。隧道轴线测量主要采用导线测量的方法,通过在地表或隧道内部设置一系列的控制点,并利用高精度测量仪器(如全站仪、GPS等)进行观测,以确定隧道轴线的准确位置。在隧道轴线测量过程中,误差控制是至关重要的一环,由于测量过程中会受到多种因素的影响(如仪器精度、观测条件、人为操作等),导致测量结果存在误差。为了减小误差对隧道轴线定位的影响,需要采取一系列措施进行误差控制。这包括:选择高精度的测量仪器和设备,确保仪器的稳定性和可靠性;制定科学合理的测量方案,合理安排观测时间和观测次数;加强测量人员的培训和管理,提高测量操作的规范性和准确性;在数据处理阶段,采用平差方法等数学手段对观测数据进行处理,以消除或减弱误差的影响。

3.2 地下水渗流监测与控制

地下水渗流是隧道施工中常见的地质灾害之一,它不仅会影响隧道的稳定性和施工进度,还可能对隧道周边环境和生态系统造成不利影响,在隧道施工过程中,必须对地下水渗流进行实时监测和控制。地下水渗流监测主要通过隧道开挖面和周边布置监测点,利用水位计、渗压计等监测设备对地下水位的变化、渗流速度、

渗流量等参数进行监测。监测数据应实时传输至数据处理中心,以便进行实时分析和预警。一旦发现地下水渗流异常,应立即采取措施进行控制,如加强支护、设置排水设施、调整施工方案等。在地下水渗流控制方面,除了采取工程技术措施外,还需要加强施工管理和环境保护,施工过程中应严格遵守相关环保法规和标准,采取有效措施减少施工对地下水环境的影响。应建立健全地下水监测和保护机制,定期评估地下水渗流控制效果,确保隧道施工与环境保护相协调。

4 环境监测与控制技术在隧道施工中的应用

4.1 空气质量监测及除尘控制技术

随着掘进作业的进行,大量粉尘、有害气体等污染物被释放到隧道空间内,对空气质量造成严重影响,实施有效的空气质量监测及除尘控制技术对于保障施工环境、维护人员健康至关重要。首先,需在隧道内部合理布置空气质量监测站点,采用先进的监测设备对空气中的粉尘浓度、有害气体浓度(如一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫等)及氧气含量等关键参数进行实时监测。监测数据应实时传输至数据处理中心,通过数据分析软件进行处理和分析,以评估隧道内空气质量状况,并及时发现潜在问题^[3]。针对隧道施工中产生的粉尘问题,需采取多种除尘控制技术。一方面,可以通过优化掘进工艺、采用湿式作业等方式减少粉尘产生;另一方面,可以在隧道内部安装高效的除尘设备,如喷雾降尘系统、湿式除尘器等,对空气中的粉尘进行有效捕捉和清除,还可以定期对隧道壁面进行清洗和除尘作业,以维持隧道内良好的空气质量。

4.2 噪声监测与减噪技术

隧道施工过程中产生的噪声污染也是不容忽视的问题。施工机械的运行、爆破作业等都会产生高分贝的噪声,对施工人员及周边居民的生活造成干扰和影响。因此,实施噪声监测与减噪技术对于控制噪声污染、保障施工环境具有重要意义。在隧道施工过程中,需对噪声进行定期监测,监测点应布置在施工机械附近、爆破作业区域及隧道出入口等关键位置。采用专业的噪声监测设备对噪声强度、频率等参数进行实时监测,并记录监测数据。通过数据分析,可以评估施工噪声对周边环境的影响程度,为制定减噪措施提供依据。针对隧道施工噪声问题,可采取多种减噪技术。一方面,可以通过优化施工机械的结构和性能,降低机械运行时的噪声水平;另一方面,可以在施工机械周围设置隔音屏障或采用隔声罩等隔音措施,减少噪声的传播和扩散。对于爆破作业等噪声源较大的施工环节,可以采取控制爆破药

量、优化爆破参数等措施来降低噪声强度，加强施工管理和人员培训，提高施工人员的噪声防护意识，也是减少噪声污染的有效手段。

5 施工材料质量控制技术在隧道工程中的应用

5.1 混凝土质量控制及试验技术

在隧道工程中，混凝土作为主要的结构材料，其质量直接关系到隧道的整体强度、耐久性和安全性，混凝土质量控制及试验技术是隧道施工材料质量控制的核心环节。首先，从原材料的选择入手，确保水泥、骨料、水、外加剂等原材料的质量符合设计要求和相关标准。水泥应选用强度等级适宜、质量稳定的产品；骨料应具备良好的级配、低含泥量和低吸水性；水应清洁无杂质；外加剂应与水泥相容性好，能显著改善混凝土性能。在混凝土生产过程中，严格控制配合比、搅拌时间、投料顺序等工艺参数，确保混凝土拌合物均匀、和易性好，加强混凝土运输和浇筑过程中的管理，防止混凝土离析、分层和泌水现象的发生。在混凝土硬化过程中，通过合理的养护措施（如保湿、保温、控制拆模时间等），促进混凝土强度的增长和性能的稳定。为确保混凝土质量，需要进行一系列的试验检测，对原材料进行物理力学性能试验，如水泥的强度、凝结时间、安定性试验，骨料的颗粒级配、含泥量、压碎值等指标检测。在混凝土拌合物制备过程中，进行坍落度、扩展度和和易性指标测试，以及必要时进行抗压强度、抗渗性、抗冻融循环等性能试验。这些试验不仅为混凝土配合比设计提供依据，也为施工过程中的质量控制提供数据支持。最后，在混凝土硬化后，进行实体强度检测（如钻芯取样、回弹法等），以验证混凝土的实际强度是否符合设计要求。

5.2 隧道支护材料质量检测与控制

隧道支护材料的质量对于保证隧道施工安全和稳定性具有至关重要的作用。常见的隧道支护材料包括锚杆、钢筋网、喷射混凝土以及预制构件等。锚杆作为隧道支护体系中的重要组成部分，其质量直接关系到支护效果，在锚杆加工制作过程中，应严格控制锚杆的材质、直径、长度及加工精度等参数。在安装过程中，需确保锚杆的孔深、孔径、孔向及注浆质量等符合设计要

求。还需对锚杆进行抗拔力试验，以验证其锚固力是否满足设计要求^[4]。钢筋网是隧道喷射混凝土支护中的关键组成部分，其质量直接影响喷射混凝土的强度和稳定性，在钢筋网加工制作过程中，应确保钢筋的材质、直径、间距及焊接质量等符合设计要求。在安装过程中，需严格控制钢筋网的铺设位置、搭接长度及固定方式等，确保钢筋网与围岩紧密贴合，形成有效的支护体系。喷射混凝土作为隧道支护的主要形式之一，其质量对于保证隧道支护效果至关重要，在喷射混凝土施工过程中，应严格控制原材料的质量、配合比及喷射工艺等参数，加强喷射混凝土的厚度、强度及外观质量检测，确保喷射混凝土达到设计要求。还需对喷射混凝土进行养护管理，以促进其强度的增长和性能的稳定。对于采用预制构件进行隧道支护的工程，预制构件的质量检测与控制同样重要，在预制构件生产过程中，应严格按照设计图纸和相关标准进行生产制作，确保预制构件的尺寸、形状、强度及耐久性等满足设计要求。在安装过程中，需加强预制构件的运输、吊装及安装过程中的质量控制，确保预制构件安装位置准确、连接牢固可靠。

结束语

公路隧道施工质量控制是一个复杂而系统的工程，其关键技术涉及多个方面。通过不断优化施工工艺、加强质量控制体系建设、推广先进技术和设备的应用，可以显著提高隧道施工的质量和安全性。未来，随着科技的不断进步和工程实践的不断深入，公路隧道施工质量控制技术将更加完善，为推动我国交通基础设施建设事业的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]刘国善.复杂地质条件下铁路隧道施工技术研究[J].工程建设与设计,2020(19):115-117.
- [2]任文斌.高速公路隧道施工技术及管理要点分析[J].工程建设与设计,2021(6):196-197.
- [3]陈顺惠.高速公路隧道施工技术及管理要点探讨[J].建筑工程与管理,2020,2(3):84-86.
- [4]苏文斌.高速公路隧道施工技术及管理要点探讨[J].山东工业技术,2022(19):214-217.