

隧道开挖施工技术

原红兵

山西路桥第五工程有限公司 山西 太原 030032

摘要：隧道开挖施工技术对于确保隧道工程的安全性、稳定性和经济性至关重要。本文重点探讨了隧道开挖施工的关键技术，包括开挖方法的选择、围岩稳定性控制、支护结构设计等，并强调了施工过程中的质量控制，如排水与防水措施、监控量测与数据分析等。通过综合应用这些技术和方法，可以有效提升隧道开挖施工的效率和质量，为隧道工程的安全建设和顺利运营提供坚实保障。

关键词：隧道；开挖；施工技术

引言：隧道开挖施工技术是土木工程中至关重要的一环，它直接关系到隧道工程的安全性、稳定性和经济性。随着现代工程技术的不断发展，隧道开挖技术也在不断革新和完善。在路桥工程开挖施工中，为了增加其技术优势及含量，实现对隧道施工过程的严格把控，则需要考虑相应的控制策略使用予以应对，确保公路隧道开挖施工有效性，并为其建设事业的长效发展提供专业支持。基于此，深入探讨隧道开挖施工技术的关键环节，以及质量控制策略，以此为隧道工程的设计和施工提供有益的参考和借鉴，推动隧道工程技术的持续进步和发展。

1 隧道开挖施工技术的重要性

隧道开挖施工技术是确保隧道工程顺利进行、保障施工质量和安全的关键因素。第一，隧道开挖施工技术直接关系到隧道的稳定性和安全性。隧道作为地下交通设施，其开挖过程涉及到复杂的地质条件和工程力学问题。只有采用科学合理的开挖施工技术，才能确保隧道的稳定性，防止围岩失稳、坍塌等安全事故的发生。同时，通过精细化的施工控制，可以确保隧道的开挖尺寸、形状和位置满足设计要求，提高隧道的整体安全性和可靠性。第二，隧道开挖施工技术对施工进度和成本控制具有重要影响。高效的开挖施工技术可以缩短施工周期，降低施工成本。通过优化施工方案、提高施工效率，可以加快隧道的建设速度，为交通工程的早日通车创造有利条件。同时，合理的施工技术还可以减少材料浪费和能源消耗，降低施工成本，提高工程的经济效益。第三，隧道开挖施工技术还关系到环境保护和可持续发展。在隧道开挖过程中，会产生大量的渣土和废水等废弃物^[1]。通过采用环保的施工技术和措施，可以减少对环境的破坏和污染，实现资源的合理利用和废弃物的有效处理。这有助于推动交通工程的可持续发展，为构

建绿色交通体系贡献力量。

2 隧道开挖施工关键技术

2.1 全断面掘进技术

隧道开挖施工中的全断面掘进技术是一种高效、快速的施工方法，特别适用于地质条件较好、围岩稳定性较高的隧道工程。全断面掘进技术是指在隧道开挖过程中，一次性将整个隧道断面进行掘进的技术。这种技术避免了分部开挖可能带来的施工干扰和效率损失，能够显著提高隧道的掘进速度。全断面掘进技术的实施依赖于先进的掘进设备，如全断面硬岩掘进机（TBM）等。这些设备具有强大的掘进能力和良好的适应性，能够应对各种复杂的地质条件。在掘进过程中，设备通过旋转刀具对岩石进行切割和破碎，同时利用推进机向前推进，实现隧道的连续掘进。为了确保全断面掘进技术的顺利实施，需要对隧道的地质条件进行详尽的勘察和分析。通过地质勘察，可以了解隧道的围岩性质、构造特征、水文条件等信息，为掘进设备的选型、掘进参数的设定等提供依据。同时，在掘进过程中，还需要对围岩的变形和稳定性进行实时监测，以及及时调整掘进方案和支护措施。另外，全断面掘进技术的优点在于其高效性和连续性。由于一次性掘进整个隧道断面，减少了分部开挖可能带来的施工干扰和工期延误。同时，掘进设备的自动化和智能化程度较高，能够降低施工人员的劳动强度和安全风险，全断面掘进技术还能够减少围岩的扰动次数，有利于围岩的稳定性和隧道的长期安全性。

2.2 分部开挖与支护技术

分部开挖与支护技术是将隧道断面分为多个部分，按顺序进行开挖和支护的技术。这种方法通过分步实施，降低了对围岩的扰动，提高了施工安全性，确保了隧道的稳定性和长期安全性。在实施分部开挖与支护技术时，首先需要对隧道的地质条件进行详尽的勘察和分

析。通过地质勘察,可以了解隧道的围岩性质、构造特征、水文条件等信息,为开挖方案和支护措施的设计提供依据。根据地质勘察结果,可以将隧道断面合理地划分为多个部分,如顶部、两侧边墙和底部等。开挖过程中,需要严格控制开挖尺寸和形状,确保开挖面平整、光滑,减少对围岩的破坏。同时,开挖过程中还需要对围岩的变形和稳定性进行实时监测,以及及时调整开挖方案和支护措施。在开挖完成后,应立即进行支护施工,以防止围岩失稳和坍塌。支护方式多样,包括锚杆支护、钢架支护、喷射混凝土支护等^[2]。支护材料的选择和支护结构的设计应根据地质条件和设计要求进行。支护施工应及时、到位,确保支护结构的强度和刚度满足安全要求。同时,支护施工完成后,还需要进行质量检验和评估,确保支护效果达到设计要求。

2.3 超前地质预报技术

超前地质预报技术是在隧道开挖前,利用多种探测手段对隧道前方地质情况进行预测和探查的技术。这项技术主要包括地质调查预报、超前平导预报、超前钻探预报和超前物探预报等多种方法。在超前地质预报中,地质调查预报是基础。它通过对隧道沿线地质条件的详细调查和分析,了解地层岩性、地质构造、水文地质情况等,为后续的预报工作提供基础数据。超前平导预报则是在隧道内或附近开挖一小断面导坑,对导坑出露的地质情况进行编录和分析,预测隧道相应段的地质条件。超前钻探预报是通过钻探设备向隧道前方钻探,直接揭示地层岩性、岩体结构、地下水等信息。这种方法能够获取较为直接和准确的地质资料,但成本较高且施工周期较长。超前物探预报则利用电磁法、地震波法等多种物理探测手段,对隧道前方地质情况进行间接探测。它具有探测范围大、成本相对较低、施工周期短等优点,但解译结果可能存在一定的多解性和不确定性^[3]。在实施超前地质预报时,需要根据隧道工程的具体情况和地质条件,合理选择预报方法和手段。同时,还需要对预报结果进行综合分析和评估,以确定可能存在的地质风险和灾害类型,并制定相应的防治措施。

2.4 智能化施工技术

智能化施工技术主要依赖于现代信息技术、自动化技术、通信技术以及人工智能等高科技手段,实现对隧道施工全过程的实时监控、数据分析和智能决策。这种技术通过集成多种智能设备和系统,如智能传感器、远程监控平台、自动化施工设备等,将施工现场的各种信息实时采集、传输和处理,形成一个完整的信息化管理系统。(1)在隧道开挖过程中,智能化施工技术可以

实现对掘进参数的实时调整和优化。通过智能传感器和监测设备,可以实时监测隧道围岩的变形、应力状态以及掘进设备的运行状态,并将这些数据实时传输到远程监控平台。施工人员可以根据监控平台上的数据和分析结果,及时调整掘进参数,如掘进速度、刀具磨损情况等,从而确保掘进过程的稳定性和安全性。(2)智能化施工技术还可以实现施工设备的自动化控制和远程操作。通过引入自动化施工设备,如智能掘进机、自动装载机等,可以大幅减少人工操作,提高施工效率。同时,远程操作技术的应用也使得施工人员可以在安全区域内对设备进行远程监控和操作,降低了施工过程中的安全风险。(3)智能化施工技术还具备强大的数据分析和智能决策能力。通过对施工数据的深度挖掘和分析,可以预测施工过程中的潜在风险和问题,并提前制定相应的防治措施。这种智能化的决策支持系统可以帮助施工人员更加科学、合理地制定施工方案和计划,从而提高施工质量和效率。

3 隧道开挖施工质量控制

3.1 地质勘察与施工设计质量控制

在进行地质勘察时,应综合运用多种勘探手段,如挖探、钻探、地球物理勘探等,以获取更为详尽的地质资料。同时,还需对勘察结果进行综合分析,评估隧道施工可能面临的地质风险,并制定相应的防治措施。另外,施工设计质量控制则是基于地质勘察结果,对隧道施工方案、开挖方法、支护措施等进行科学规划和控制的过程^[4]。设计过程中,应充分考虑地质条件、隧道用途、施工技术和设备等因素,确保设计方案的科学性、合理性和可行性。在施工设计阶段,应特别关注开挖方法和支护措施的选择。开挖方法应根据地质条件和隧道断面大小进行合理选择,确保施工安全、高效。支护措施则应根据围岩稳定性和施工要求,采用合适的支护材料和结构形式,确保隧道结构的稳定性和长期安全性。

3.2 开挖过程与支护质量控制

3.2.1 开挖参数严格控制

开挖过程中,严格控制开挖参数是确保隧道稳定性和安全性的基础。这包括开挖面的平整度、开挖进度、以及开挖方式的选择等。平整度控制需依赖精确的测量和定位,确保开挖面与设计要求一致。开挖进度则需根据地质条件和支护能力进行合理调整,避免过快导致围岩失稳,或过慢影响工程进度。开挖方式的选择应基于地质勘察结果,确保既能高效掘进,又能保持围岩稳定。

3.2.2 支护材料与质量检查

支护材料的质量直接关系到支护结构的强度和稳定性。因此,支护材料的选择和检查是质量控制的重要环节。应选用符合国家标准和设计要求的优质材料,如高强度锚杆、优质钢材和混凝土等。同时,对进场材料进行严格的质量检查,包括外观检查、力学性能测试等,确保支护材料的质量满足施工要求。

3.2.3 支护结构施工精度

支护结构的施工精度是确保支护效果的关键。在施工过程中,应严格控制支护结构的尺寸、位置和连接方式。例如,锚杆的注浆应饱满,确保锚杆与围岩的粘结力;钢架的焊接应牢固,避免焊缝开裂;喷射混凝土的厚度和强度应均匀,确保支护结构的整体性和稳定性。

3.2.4 施工监测与反馈调整

施工过程中的监测与反馈调整是质量控制的重要手段。通过实时监测开挖面和支护结构的变形、应力状态等参数,及时发现并处理潜在的质量问题。同时,根据监测结果,对施工参数和支护措施进行适时调整,确保施工过程的稳定性和安全性。

3.3 排水与防水质量控制

隧道开挖施工中的排水与防水质量控制是确保隧道结构稳定性和使用寿命的关键。隧道穿越复杂地质条件,地下水丰富,若排水不畅或防水措施不到位,将严重影响隧道的安全性和耐久性。排水系统需根据地质勘察结果科学设计,确保有效排除隧道内外的积水。施工中,应选用耐腐蚀、高强度的排水材料,严格控制排水管道的安装质量和坡度,确保排水畅通无阻。同时,应定期检查排水系统,及时清理堵塞物,保持其良好工作状态。另外,防水层施工同样至关重要。防水层材料需具备良好的防水性能和耐久性,铺设时应确保与隧道壁紧密贴合,无空鼓、气泡等缺陷。接缝处理需精细,采用专用密封材料,确保接缝密封可靠。

3.4 监控量测与数据分析质量控制

隧道开挖施工中的监控量测与数据分析通过实时、准确的监控量测,可以及时了解隧道开挖过程中的变

形、应力等参数,为施工决策提供科学依据。监控量测需覆盖隧道开挖的全过程,包括开挖面稳定性、支护结构变形、地下水渗流等多个方面。应采用先进的监测技术和设备,如全站仪、测斜仪、应力应变计等,确保监测数据的准确性和可靠性。最后,数据分析是监控量测的重要环节。通过对监测数据的深入分析,可以揭示隧道开挖过程中的变形规律和应力分布特征,为施工方案的调整和优化提供科学依据。同时,数据分析还可以及时发现潜在的安全隐患,为施工过程中的风险控制和应急处理提供有力支持。在隧道开挖施工中,应高度重视监控量测与数据分析质量控制,确保监测数据的准确性和可靠性,为施工决策提供科学依据,保障隧道施工的安全和质量。

结语

总之,隧道开挖施工技术是隧道工程建设的核心,其重要性不言而喻。通过不断的技术革新和实践经验的积累,隧道开挖技术已经取得了长足的进步。未来,随着科技的不断发展和工程需求的不断提高,隧道开挖技术将继续向着更高效、更安全、更环保的方向发展。我们有理由相信,在广大工程技术人员的共同努力下,隧道开挖施工技术将不断取得新的突破和成就,为人类的交通建设和城市发展作出更大的贡献。

参考文献

- [1]郑寰宇.浅埋偏压隧道“零开挖”进洞施工技术[J].西部交通科技,2020(09):101-103+110.
- [2]贾海龙,张文新.环保、震区隧道“零开挖”进洞施工技术探讨[J].国防交通工程与技术,2020,14(02):71-74.
- [3]李明,刘强,相翠,付镗.隧道“零开挖”进出洞施工方法的探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2020,8(03):187-190+210.
- [4]黄金旺.水平层状岩体隧道零开挖进洞施工技术[J].公路工程,2019,36(03):108-111.