

水利隧洞开挖支护施工关键技术探讨

董 昊

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 四川 成都 611130

【摘要】：水利隧洞的开挖支护施工是水利工程建设中的核心环节，直接影响施工安全和工程质量。针对水利隧洞开挖支护施工过程中存在的技术难题，探讨了多种关键技术的应用和优化策略。通过分析隧洞开挖支护结构设计、施工方法及技术参数，结合工程实践经验，提出了提高施工效率、确保安全性和优化支护结构的方法。这些技术的应用不仅能够有效应对复杂的地质条件，还能确保工程的顺利推进，具有重要的工程价值和实践意义。

【关键词】：水利隧洞；开挖支护；施工技术；支护结构；地质条件

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.085

水利隧洞施工过程中，开挖与支护是确保隧道稳定性和安全性的重要环节。随着现代水利工程项目的逐步深入，隧洞开挖支护的技术难题逐渐暴露，如何在复杂的地质条件下进行高效、安全的施工成为亟待解决的问题。支护结构的设计与施工方法直接关系到隧洞的整体稳定性，影响工程的施工周期及成本。针对这一情况，采用先进的施工技术与科学的支护方法变得尤为重要。本文将围绕水利隧洞开挖支护施工的关键技术展开讨论，分析当前面临的技术难题，并提出相应的解决策略，力求为相关工程实践提供参考与指导。

1 隧洞开挖支护中的关键技术问题

水利隧洞的开挖支护施工过程中，关键技术问题主要集中在支护结构的设计与施工方法上。隧洞开挖时，地质条件的复杂性给支护结构的稳定性和安全性带来了巨大的挑战。不同地质类型的隧洞对支护系统提出了不同的要求，尤其在软弱围岩和破碎带等特殊地质条件下，如何确保支护结构不发生变形、坍塌等问题，成为施工中的核心难题。支护结构的强度、刚度以及适应性是影响隧道施工质量的关键因素，必须根据隧洞的实际情况来进行合理设计和选择合适的支护材料^[1]。

开挖过程中，围岩的变化会直接影响支护的稳定性。部分水利隧洞位于地下水位较高的区域，施工时如果未能有效控制水文条件，将导致水压过大，影响支护效果。在水位较高的地方，采取有效的水文控制措施显得尤为重要，同时要确保支护结构能够承受水压力带来的负荷^[1]。隧道开挖与支护技术的协同作业，需要考虑到施工周期、支护系统的实施成本以及施工安全等多方面因素，这对技术的综合运用提出了更高的要求。

施工时支护的及时性和适应性也是至关重要的。开挖过程中支护结构要尽早投入，以防止围岩发生不稳定性变化，避免过度松动或坍塌现象的发生。支护方法的选择也需考虑到不同区域的具体情况，如局部高压区域可能采用钢支撑等支护方式，而在较为松散的地质环境中，可能采用喷射混凝土支护或

其它类型的支护形式。每种支护方式在实施过程中都有其特定的要求和施工技术，因此准确识别和应对各种地质条件，合理选择和优化支护方案，成为保障隧道施工顺利进行的关键所在。

2 优化支护施工方法与技术应用

在水利隧洞开挖支护施工中，优化支护施工方法与技术的应用对于提高施工效率、保证工程质量至关重要。针对不同地质条件下的支护需求，采用合理的技术手段与施工方法能够有效防止围岩失稳、减少施工风险。对于软弱围岩或破碎带等地质环境，传统的支护方式可能难以满足稳定性要求，因此需要通过技术创新来调整施工方案。在这些特殊地质条件下，常常需要结合喷射混凝土、钢拱架、超前地质预报等先进技术手段，以确保支护系统的可靠性和持久性。

在实际施工过程中，支护技术的优化还体现在材料的选用与施工工艺的改进上。传统的钢支撑、锚杆等支护技术虽然已被广泛应用，但在高地压环境下，使用强度更高的材料，如超高强度钢筋、复合材料等，能够大大提高支护结构的稳定性和承载能力^[2]。与此相配合的是，支护施工方法的优化，既包括支护结构形式的创新，也包括支护施工顺序的调整。在采用喷射混凝土技术时，可以通过改变施工时序，提前对围岩进行加固，减少开挖后围岩的松动和沉降风险。喷射混凝土与钢筋网结合使用，可有效提升隧洞的支护效果，并提高施工过程中的作业效率^[2]。

采用智能化施工技术也为支护施工的优化提供了可能。利用现代化的监测设备和技术，可以对隧洞开挖过程中围岩的变形、应力等参数进行实时监测，从而及时调整支护措施，确保施工安全。通过大数据分析人工智能技术，可以优化支护设计与施工方案，在提高施工质量的同时降低成本。在支护施工过程中，合理的施工方案需要根据实际的地质数据、工程规模、施工环境等因素进行调整，达到最优的施工效果。支护施工技

术的优化是一个多方面的系统工程,不仅需要技术的创新,还要结合工程实际情况和具体要求,合理选择适用的支护方案,并通过高效、精准的施工手段,确保水利隧洞开挖过程中的安全与稳定。

3 施工技术创新与质量保障措施

施工技术创新与质量保障措施在水利隧洞开挖支护中扮演着至关重要的角色。水利隧洞的开挖支护过程涉及多项技术创新与质量控制手段,以确保施工安全、提高效率并优化工程质量。现代施工技术的进步为隧洞开挖支护提供了更多的创新方案,尤其是在复杂地质条件下,创新的技术手段能够有效改善支护效果,避免出现不必要的安全隐患。通过引入新型材料、创新施工设备以及智能化监测技术,施工过程中的风险得到了有效控制。

在技术创新方面,超前地质预报技术得到了广泛应用,它能够实时监测围岩的变化情况,从而提前发现潜在的地质问题,确保支护施工的及时性和有效性。结合高精度的地质雷达、地震波探测技术,能够提供隧洞开挖过程中更加精确的围岩信息,进而指导支护结构的合理设计与施工。在高风险地段,采用这些先进的探测技术不仅能够降低施工中的不确定性,还能优化支护设计,提前采取措施,避免围岩坍塌或变形等现象的发生^[3]。施工中,智能化技术的应用逐渐成为质量保障的重要手段。通过实时数据监控系统,施工人员能够准确了解围岩应力、变形及支护结构的受力状况,这种精确的数据反馈使得支护施工能够及时调整,避免了因应变不及时而导致的结构失稳

^[3]。智能监控系统可以根据实时数据分析,自动调整支护措施的强度和方式,实现更加科学和高效的施工过程。这不仅提高了工程质量,还极大减少了人工操作中的误差和安全隐患。

材料技术的创新也是支护施工中质量保障的关键之一。采用新型复合材料和高性能钢材,不仅增强了支护结构的耐久性和抗压强度,还能在恶劣环境下保持稳定。超高强度钢筋、碳纤维等材料的使用,使得支护结构具有更强的抗震性和适应性,能够应对更为复杂的地质条件。在施工过程中,通过合理选择材料并配合先进的施工技术,支护系统的稳定性得到了大幅提升,施工质量得到了有效保障。施工技术创新与质量保障措施的落实,不仅依赖于先进的技术和设备,更需要合理的管理和严格的质量控制体系。在施工过程中,确保每个环节的技术标准和操作规范都得到严格执行,对每项施工工艺进行质量评估和跟踪检测,是保障隧洞支护施工质量的有效途径。通过合理的技术创新与科学的质量管理体系的结合,水利隧洞的支护施工质量能够得到最大程度的保证,确保项目的顺利进行。

4 结语

水利隧洞的开挖支护施工技术在不断发展与创新过程中,已逐步形成一套科学有效的技术体系。通过合理的支护结构设计、先进的施工方法和智能化监控技术的应用,施工质量得到了极大提高。优化支护技术不仅保障了隧洞的稳定性,也提高了施工效率,降低了工程风险。随着施工技术的不断进步,水利隧洞工程的安全性和经济性将得到进一步提升。

参考文献:

- [1] 康龙.水利输水隧洞开挖及支护施工技术探析[J].全面腐蚀控制,2025,39(03):128-130+142.
- [2] 杨华雄.水利工程隧洞开挖支护施工方案研究[J].城市建设理论研究(电子版),2020,(14):104.
- [3] 吴涛.水利水电工程隧洞开挖与支护施工技术创新[J].全面腐蚀控制,2025,39(05):99-101.