

铁路桥梁路基隧道关键技术研究

冯 瑞

国能包神铁路集团有限公司阴塔站区 山西 朔州 036002

摘要: 随着交通运输业的快速发展,铁路桥梁、路基与隧道作为铁路建设的重要组成部分,其关键技术研究显得尤为重要。本文深入探讨了铁路桥梁的预应力施工工艺、结构质量控制及养护加固技术;隧道养护中的结构检查与维护、排水系统优化、照明与通风系统管理等关键技术;以及路基隧道关键工序的监控技术,包括现有技术的优缺点、先进技术的应用与数据驱动的决策支持方法。这些研究为铁路工程的安全运营与持续发展提供了坚实的技术保障和理论支撑。

关键词: 铁路桥梁;路基;隧道;关键技术

引言:铁路桥梁、路基与隧道是铁路运输系统的关键构成部分,其质量和安全直接关系到整个铁路网的稳定性和运行效率。随着科技的进步和工程实践的深化,对铁路桥梁路基隧道关键技术研究显得尤为重要。本文旨在全面探讨这些关键技术研究现状、发展趋势以及实际应用中的问题与挑战,为铁路工程的设计、施工、养护和管理提供科学依据和技术支持。通过深入分析和总结,期望能够为推动我国铁路事业的可持续发展贡献一份力量。

1 铁路桥梁关键技术

1.1 预应力施工工艺

(1) 预应力技术在桥梁施工中的广泛应用。预应力技术在桥梁施工中扮演着举足轻重的角色。它通过在混凝土结构中预先施加拉力,使得结构在承受荷载时能够更好地抵抗变形和裂缝的产生,从而提高了结构的刚度和耐久性。预应力技术在桥梁施工中被广泛应用于混凝土空心板、T梁、箱梁等关键部位,显著提升了桥梁的整体性能。(2) 存在的问题及其解决方案。然而,预应力技术在实际应用中也存在一些问题。例如,钢绞线的空间位置定位不准确可能导致结构受力不均匀,进而产生安全隐患。针对这一问题,施工单位需要在施工过程中严格按照设计图纸进行操作,确保钢绞线的位置准确无误。此外,预应力损失也是一大挑战,施工单位需要制定合理的预应力损失补偿措施,以确保结构的长期稳定性。

1.2 桥梁结构质量控制

(1) 桥梁结构的材料和设计。桥梁结构的材料和设计是确保结构质量的关键。在材料选择方面,应优先考虑高性能混凝土和高强度钢材等优质材料,以提高结构的承载能力和耐久性。在设计方面,需要结合工程实际和交通荷载特点,进行合理的结构设计。这包括确定桥

梁的类型、跨度、载荷能力、结构稳定性和安全性等关键要素^[1]。(2) 监控技术的应用。随着科技的发展,各种监控技术被广泛应用于桥梁结构的质量控制中。例如,超声波测厚技术可以准确测量混凝土结构的厚度,确保其符合设计要求。混凝土压力检测技术则可以实时监测混凝土内部的压力状态,及时发现潜在的裂缝和损伤。这些监控技术的应用为桥梁结构的质量控制提供了有力的支持。

1.3 桥梁养护与加固技术

(1) 现有桥梁养护方法的不足。现有桥梁养护方法仍存在诸多不足。部分养护单位或个人对桥梁养护工作的重视程度不够,导致桥梁提前老化和损坏。此外,由于一些地区财政压力大,对桥梁养护的资金投入不足,也导致了维护保养的不到位。(2) 新兴加固技术的应用及效果分析。为了克服现有养护方法的不足,新兴加固技术被不断应用于桥梁维护中。如碳纤维复合材料加固技术,其具有高强度、高耐久性和易施工的特点,已被广泛用于桥梁的加固。通过对受损部位的加固处理,不仅可以恢复桥梁的承载能力,还能延长其使用寿命。

2 隧道养护关键技术

2.1 隧道结构检查与维护

(1) 结构检查技术的革新。隧道结构检查是养护工作的基础。传统的检查方式主要依赖人工,但这种方式效率低下且存在安全隐患。随着技术的发展,无人机巡检、远程监控等新技术逐渐被应用到隧道养护中。无人机可以携带高清摄像头和传感器,对隧道内部结构进行全方位、无死角的检查,发现潜在的结构损伤或病害。远程监控系统则能够实时监测隧道的变形、裂缝等参数,为养护决策提供科学依据。(2) 维护策略的多样化。针对隧道结构的不同病害,需要采取不同的维护策

略。例如，对于裂缝，可以采用注浆加固、碳纤维加固等方法进行修复；对于渗漏问题，则需要加强防水层的维护和修补。在维护过程中，应注重预防性养护，通过定期检查、监测和分析，提前发现潜在问题并采取措施进行干预，以降低病害发生的概率和修复成本。

2.2 排水系统优化

(1) 排水系统的重要性。隧道排水系统对于保持隧道内部干燥、防止结构受损具有重要意义。如果排水系统不畅，会导致隧道内部积水，增加结构负荷，加速结构老化。(2) 排水系统的维护与优化。排水系统的养护主要包括清理排水沟、检查水泵和阀门等设备的运行状态、修补渗漏点等工作。此外，还需要对排水系统进行定期检测，确保其排水能力满足设计要求。在优化方面，可以考虑采用新型排水材料和技术，提高排水效率；同时，也可以结合隧道的具体情况，对排水系统进行智能化改造，实现远程监控和自动调节^[2]。

2.3 隧道照明与通风系统的管理

(1) 照明系统的维护。隧道照明系统对于保障行车安全至关重要。照明灯具需要定期清洁和更换，以确保其亮度满足要求。同时，还需要检查照明系统的电路和控制设备，确保其稳定运行。(2) 通风系统的优化。隧道通风系统对于改善隧道内部空气质量、降低温度具有重要作用。通风系统的养护主要包括检查风机、风道等设备的运行状态、清洁滤网等工作。在优化方面，可以考虑采用智能控制系统，根据隧道内部的空气质量、温度等参数自动调节通风量，实现节能减排和高效运行。

3 铁路隧道关键技术

3.1 隧道支护结构质量控制

(1) 支护材料的选择与应用。在支护材料的选择上，复合式衬砌因其优异的综合性能而备受青睐。复合式衬砌通常由初期支护和二次衬砌两部分组成。初期支护主要采用锚杆、钢筋网和喷射混凝土等材料，它们能迅速与围岩结合，形成初期承载结构，有效抑制围岩变形。二次衬砌则通常采用钢筋混凝土，其良好的强度和耐久性使其成为长期稳定的支护结构。此外，根据地质条件和隧道断面大小，还可选用钢支撑、钢纤维混凝土等特殊支护材料，以提高支护效果。(2) 衬砌厚度检测与监控技术。为确保支护结构的质量，衬砌厚度的检测与监控技术至关重要。超声波测距技术通过发射超声波并接收反射信号，可以精确测量衬砌的厚度，同时检测其内部缺陷。混凝土压力监测则通过安装压力传感器，实时监测衬砌结构所承受的围岩压力，为评估支护效果和调整施工参数提供重要依据。这些技术的应用，不仅

提高了衬砌质量的检测精度，还实现了对施工过程的动态监控，确保了隧道支护结构的安全稳定。

3.2 隧道防水技术

(1) 防水层的设计与施工。防水层的设计应充分考虑隧道的地质条件、水文情况以及运营要求。常用的防水层材料包括高分子防水卷材、防水涂料等。施工时，需确保防水层材料的质量符合设计要求，铺设平整、无破损，并与隧道壁紧密结合。此外，还应注意防水层的接缝处理，确保接缝的密封性和耐久性。(2) 防水效果的质量控制与评估。防水效果的质量控制与评估是防水技术实施的关键环节。在施工完成后，应对防水层进行全面的质量检查，包括外观检查、接缝检查以及渗漏试验。外观检查主要查看防水层是否平整、无破损、无气泡等缺陷；接缝检查则通过目测或专业设备检查接缝的密封性；渗漏试验则通过模拟降雨或水压测试，检验防水层的防水性能。对于发现的问题，应及时进行修复和处理，确保防水层的整体效果^[3]。

3.3 隧道塌方事故处理

(1) 塌方事故的原因分析。隧道塌方事故的原因复杂多样，主要包括地质条件不良、支护结构不足、施工不当等。地质条件不良是导致塌方事故的主要原因之一，如断层、软弱岩层、地下水丰富等地质条件都可能导致隧道塌方。支护结构不足或设计不合理也会增加塌方的风险。施工不当，如开挖速度过快、支护不及时、排水不畅等，也可能导致塌方事故的发生。(2) 塌方事故的处治措施与预防策略。对于已发生的塌方事故，应立即启动应急预案，采取紧急措施进行处治。首先，应迅速疏散人员，确保人员安全；其次，应根据塌方的规模和原因，制定切实可行的治理方案，如加固支护结构、注浆充填空洞等；最后，应密切监测塌方区域的变化情况，及时调整治理方案，确保治理效果^[4]。预防塌方事故的发生是更为重要的策略。在隧道设计和施工阶段，应充分考虑地质条件，选择合适的支护结构和施工方法；加强地质勘探和监测工作，及时发现和处理潜在的地质隐患；加强施工管理，确保施工质量和进度符合设计要求。此外，还应定期对隧道进行检查和维护，及时发现并修复潜在的安全隐患，确保隧道的长期稳定运营。

4 铁路桥梁路基隧道关键工序监控技术

4.1 监控技术的现状与挑战

(1) 现有监控技术的优缺点分析。目前，铁路桥梁、路基和隧道的监控技术主要包括传感器监测、视频监控、数据分析系统等。这些技术具有实时性高、数据准确等优点，能够实现对关键工序的全面监控。然而，

这些技术也存在一些挑战。例如,传感器可能因环境因素(如温度、湿度)的干扰而导致数据误差;视频监控系统在复杂环境中可能受到视野限制或图像质量问题的影响;数据分析系统则需要处理大量数据,并可能面临数据解析复杂度高的问题。(2)高发生率危害的根本原因及监控难点。在铁路桥梁、路基和隧道中,常见的高发生率危害包括结构变形、裂缝产生、荷载过大等。这些危害的根本原因往往与地质条件、设计施工缺陷、长期运营疲劳等因素有关。监控这些危害的难点在于,一方面,需要实时、准确地捕捉结构的变化;另一方面,需要有效分析数据,及时预警潜在的风险。特别是在隧道工程中,由于环境封闭、施工条件复杂,监控难度更大。

4.2 先进监控技术的应用

(1)自动化监测系统的引入与应用实例。自动化监测系统通过集成传感器、数据采集与处理、数据传输与存储等技术,实现了对关键工序的实时监控与数据分析。例如,在桥梁工程中,通过安装位移传感器、应力传感器、振动传感器等,实时监测桥梁的变形、应力、振动情况,及时发现潜在风险。在隧道工程中,利用地质雷达、红外热成像等技术,对隧道衬砌、围岩稳定性进行监测,确保施工安全。(2)智能化监控技术的发展趋势。智能化监控技术的发展趋势是依赖人工智能技术,通过深度学习模型和智能算法,实现对监控数据的精确分析和异常识别。例如,使用LSTMw网络结构进行数据清洗和修复,以及利用智能清障管理平台实现无遗漏、可追溯、高效率的清障工作。未来的智能化监控系统将更加小型化、集成化、高性能,并能实现跨地域的数据共享和实时同步。

4.3 监控数据的分析与处理

(1)数据采集与处理的流程。数据采集与处理是监控技术的核心环节。首先,通过传感器实时采集数据,

然后进行数据预处理,包括数据清洗、去噪、滤波等,以提高数据质量与可信度。接着,利用数据分析技术,如统计分析、数据挖掘、机器学习等,对预处理后的数据进行深入分析与挖掘,揭示数据背后的规律与趋势。最后,将分析结果以可视化图表、报告等形式呈现,便于决策者与工程师快速理解数据,做出精准决策。(2)数据驱动的决策支持方法。在铁路桥梁、路基与隧道工程中,数据驱动的决策支持方法正逐渐成为主流。通过采集与分析大量监测数据,可以实现对工程状态的精准把握与预测。例如,利用时间序列分析技术,可以预测桥梁的长期变形趋势,为维修决策提供依据。通过聚类分析与关联规则挖掘,可以发现不同监测指标之间的关联性,为风险评估提供有力支持。

结束语

综上所述,铁路桥梁、路基与隧道的关键技术研究对于保障铁路交通的安全、高效运行具有重要意义。通过不断的技术创新和优化,我们已经在多个领域取得了显著进展。然而,面对日益复杂的工程环境和不断提高的安全要求,我们仍需持续努力,深化研究,推动技术的进一步升级和应用。未来,我们将继续关注铁路桥梁路基隧道领域的新技术、新材料和新方法,为铁路交通的可持续发展贡献更多智慧和力量。

参考文献

- [1]姚英德,向家顺.桥梁隧道工程施工安全评估监控技术研究[J].工程建设与设计,2021,(08):75-76.
- [2]范广京.铁路桥梁路基压实施工技术的改善建议[J].建筑技术开发,2019,(09):105-106.
- [3]唐继明.探析铁路桥梁路基隧道关键工序监控技术[J].居舍,2019,(03):51-52.
- [4]房学东.铁路桥梁路基隧道关键工序监控技术研究[J].百科论坛电子杂志,2019,(22):262-263.