

铁路路基防护施工技术的关键点

王 耀

国能新朔铁路有限责任公司大准铁路分公司 内蒙古鄂尔多斯 010300

摘要: 在铁路工程中, 路基的质量直接关系到整个铁路系统的运行效率和安全。本研究深入探讨了铁路路基防护施工的多个关键技术点, 包括路基试验、地表处理、施工技术选择、排水和稳定性维护。重点分析了土工合成材料应用、锚孔钻进与预应力锚索施工、桩板墙和抗滑桩施工、浆砌石防护工程, 以及施工质量控制与安全管理等方面内容。这些技术点的深入分析旨在为铁路路基防护施工提供科学和实用的指导, 以提升铁路工程的整体质量和安全性能。

关键词: 铁路路基; 防护施工; 工程技术; 施工流程

随着铁路运输需求的增长, 对路基防护施工技术提出了更高的要求。特别是在复杂的地质环境和多变的气候条件下, 铁路路基的构建和维护面临着诸多挑战。有效的路基防护技术不仅是确保铁路安全运营的关键, 也是提升铁路网络可靠性的基石。当前, 铁路工程界对于创新和改进路基防护技术的需求日益迫切, 旨在通过先进的施工方法和材料, 应对和解决这些挑战。本研究围绕铁路路基防护施工技术的关键点进行探讨, 旨在提供实用的策略和方案, 以支持铁路工程在各种环境条件下的稳定和可持续发展。

1. 工程概况

在铁路路基工程中, 考虑到路基必须承受长期的重载压力 and 环境影响, 工程设计需重点关注地质稳定性、排水效率以及材料的耐久性。路基工程通常涉及大规模的土石方开挖、填筑, 以及复杂的地下水处理, 对于地形起伏较大的区域还需进行坡度调整和边坡稳定性处理。此外, 地质条件的多样性也为路基施工带来了额外的挑战, 如在软土地区, 需采用加固措施以提高地基承载力; 在山区又需特别关注边坡防护和排水问题。在材料选择方面, 路基工程通常采用高强度、耐磨损和耐环境侵蚀的材料, 以确保路基的长期稳定性和耐久性, 由于铁路路基工程的规模通常较大, 因此, 项目管理和质量控制也是工程成功的关键因素, 这要求工程团队不仅要具备深厚的技术能力, 还需能够有效协调各种资源, 确保工程按计划顺利进行。

2. 铁路路基防护施工流程

2.1 路基试验与地表处理

路基试验主要目的是评估和选择合适的土质和填充材

料, 确保路基的承载力和抗变形能力, 试验通常包括土壤的密实度测试、承载力试验、渗透性测试和土壤化学性质分析, 例如密实度测试关注的是土壤压缩后的密实程度, 通常使用标准贯入法或改进贯入法进行, 以确保达到设计要求的压实指标, 如干密度和含水率; 承载力试验则评估土壤在受力后的变形和稳定性, 常用的方法包括板载试验和静载试验; 渗透性测试评估土壤中水分运动的能力, 通常采用恒头渗透试验或变头渗透试验来测定土壤的渗透系数; 土壤化学性质分析则是评估土壤对建筑材料可能产生的腐蚀性, 包括 pH 值测试和盐分含量分析。路基地表处理主要目的是创建一个稳定、均匀且适合铺设路基的地表环境, 这通常包括除去表层植被、杂物和不适合的土壤, 平整地面并进行必要的压实^[1]。

2.2 施工技术和材料选择

施工技术主要涉及路基的开挖、填筑、压实和表面处理等环节, 在路基的开挖阶段需要精确控制开挖深度和坡度, 以符合设计要求, 此阶段的关键技术参数包括坡度控制在 1:1.5 至 1:2 之间, 开挖面的垂直度误差控制在 $\pm 5\%$ 以内。填筑工作则要求使用合格的填料, 如砂砾、碎石或经过处理的土壤, 其粒径分布和压实度需要满足设计规范, 填筑层的厚度通常控制在 30cm 至 60cm, 每层填土后的压实度需达到设计标准的 95% 以上, 以保证路基的稳固性, 在压实过程中使用的压实设备如振动压路机、平板夯实机, 其选择应根据土壤类型和填筑深度决定, 对于细颗粒土壤, 适宜采用振动压实方式, 而对于较松散的砾石层, 则需要较重型的路路机进行压实, 施工过程中还需密切监控土壤含水率, 确保在最佳含水率范围内进行压实, 以避免过湿或过干导致压实

度不足。材料选择上, 填料应具有良好的稳定性、抗压缩性和耐久性, 同时对环境影响小, 例如选择的砂砾填料应具有一定的粒径分布, 以确保良好的排水性和承载能力, 其颗粒粒径分布一般要求在 5mm 至 60mm 之间。在特殊地质条件下, 如软弱地基或高含水区域, 可能需要使用土工合成材料如土工布、土工格栅增强路基稳定性, 这些材料不仅能提高路基的承载力, 还能防止土壤颗粒流失, 改善排水条件。

2.3 排水和稳定性维护

良好的排水系统可以有效防止水分对路基结构造成损害, 如侵蚀和软化, 特别是在雨水丰富或地下水位较高的地区。排水系统设计需考虑地形、气候、土壤类型等因素, 以实现有效的水分去除和路基保护, 排水设计通常包括表面排水和地下排水两部分。表面排水设计侧重于迅速排除路面和路基表面的积水, 通常通过设置排水沟、集水坑和排水管道实现, 这些构件的设计需要确保足够的排水能力, 以应对极端天气条件下的水流, 例如排水沟的设计需考虑足够的宽度和深度以及适当的坡度(一般为 1% 至 5%), 以保证水流的畅通, 地下排水系统则旨在控制地下水位, 防止水分上升导致路基结构变软, 这通常通过设置排水板、排水管或排水井来实现, 例如排水管的布置通常沿着路基底部, 间隔一定距离设置, 以收集并引导地下水流。此外, 排水材料的选择也至关重要, 应采用高渗透性和良好耐久性的材料, 如透水性强碎石或合成排水板。路基的稳定性维护则涉及到对路基的结构强度和抵抗外部影响的能力的持续保障, 这需要定期进行路基的检查和维修, 包括对路基压实度、变形和裂缝等进行监测。在地质不稳定区域还需采取加固措施, 如使用土工合成材料增强路基结构或在路基下方设置加固层, 在冻融循环较为频繁的地区通常选择具有良好抗冻性能的材料, 并保证足够的厚度, 以抵抗冻胀带来的破坏^[2]。表 1 展示了铁路路基防护工程中排水系统和稳定性维护提供的具体指标, 以确保工程的安全性和有效性。

表 1 铁路路基防护施工中排水和稳定性维护

项目	标准值	适用条件
排水沟宽度 (cm)	30	适用于一般地形
排水沟深度 (cm)	50	适用于一般地形
排水沟坡度 (%)	3	一般地形, 坡度 1%~5%
排水管间距 (m)	10	地下水位高的区域
排水板渗透率 (m/s)	0.0001	适用于高渗透地区
路基加固层厚度 (cm)	60	软基路基加固
抗冻层厚度 (cm)	50	冻融循环频繁地区

3. 铁路路基防护施工技术要点

3.1 土工合成材料应用

在铁路路基防护工程中, 土工合成材料的运用是实现土壤稳定化、提升路基强度和防止侵蚀的关键, 这些材料包括土工布、土工格栅、土工膜等, 它们各自具有独特的功能和应用领域。土工布常用于分离和过滤, 它防止不同粒径的土壤混合, 同时允许水分通过, 选择合适的土工布需要考虑土壤粒径分布, 一般的透水性指标应能处理每平方米每秒至少 5 升的水流量。土工格栅则主要用于增强路基承载力, 通过与土壤的相互作用提高路基整体的稳定性。其关键参数包括拉伸强度和模量, 一般的拉伸强度应在 25~200kN/m 范围内, 以适应不同土壤和负荷条件^[3]。此外, 土工膜主要用于防水和防渗, 其厚度和透水率根据具体的水文地质条件确定, 通常厚度在 0.5~2.5mm 之间, 透水率应小于 1×10^{-11} m/s, 在应用土工合成材料时, 还需考虑土壤化学性质、温度变化和机械损伤等因素, 以确保材料的耐久性和适应性。

3.2 锚孔钻进与预应力锚索施工

铁路路基防护工程中, 锚孔钻进和预应力锚索施工是处理复杂地质条件和增强边坡稳定性的有效技术, 锚孔钻进技术涉及在预定位置钻设深孔, 并在孔内安装锚杆或锚索, 以提供额外的支撑力。钻孔的直径通常在 100~150mm 范围, 深度根据地质条件和设计需求决定, 但通常深达数十米, 钻孔过程中需精确控制孔位偏差, 一般要求水平偏差不超过 1% 的孔深, 垂直度偏差控制在千分之三以内。预应力锚索施工则涉及将高强度钢筋或钢索安装在钻孔中, 并施加预应力, 预应力的根据工程需求和地质条件决定, 常见的预应力范围为 500~2000kN, 锚索的锚固长度和张拉力需经过精确计算和测试, 以确保锚固效果和长期稳定性。锚固端通常采用水泥浆进行固定, 水泥浆的强度需满足设计要求, 以确保与周围岩土体的良好粘结, 锚索张拉过程中应采用专业设备进行控制, 张拉力需均匀施加, 以避免对锚索或锚固体产生不均匀的应力, 此外锚索的材料选择和防腐处理也是关键, 常用的材料包括高强度钢材或经过防腐处理的钢筋, 以保证在恶劣的地下环境中仍能维持其性能和强度。在施工和设计过程中, 还需考虑锚索的安全储备系数, 通常为 1.5~2.0, 以确保在极端条件下仍有足够的安全保障^[4]。

3.3 桩板墙和抗滑桩施工

桩板墙主要用于支撑和保护路基边坡, 防止土壤侵蚀

和滑坡,其施工涉及深层次的地基加固,一般采用预制混凝土桩或现场浇筑桩,在施工中桩的直径一般在600mm至1200mm之间,桩间距取决于地质条件和路基负荷,通常在2.5m至4m之间。桩深则根据地质调查结果确定,确保穿透不稳定层直至达到稳定土层,桩板墙施工需要精确控制桩位和垂直度,误差应控制在允许范围内,通常垂直度误差不大于桩径的0.5%。抗滑桩则用于增强边坡的稳定性,特别适用于高陡边坡或滑坡易发区,抗滑桩的设计需要考虑桩的直径、长度和排列方式,以最大限度地提高边坡稳定性。桩体通常采用钢筋混凝土,具有较高的抗弯和抗剪强度,抗滑桩的间距和排列方式则根据边坡的稳定性分析结果确定,在施工过程中还需注意对周边环境和已有结构的保护,避免施工引发的振动和噪音对周围造成影响。

3.4 浆砌石防护工程

浆砌石工程主要包括边坡的石材铺设和浆料填缝,此技术不仅能增强边坡的稳定性,还能改善排水条件,防止水土流失,浆砌石工程中石材的选择和处理至关重要,应选用大小适中、形状规则的石材,以保证砌体的整体稳定性和美观。石材的平均尺寸通常在200mm至300mm之间,以保证足够的覆盖面积和稳定性,浆料的选择也同样重要,一般采用高强度、耐久性好的水泥砂浆,以保证长期的稳定粘结,施工过程中先对边坡进行整理,保证其平整和坚实,然后按照设计图进行石材铺设,石材之间的缝隙应均匀,填缝时应确保浆料充分填满缝隙,避免留下空隙,浆砌石防护工程的施工精度对其稳定性和耐久性有重大影响,因此施工中应严

格控制石材的铺设和浆料的填充质量^[5]。

4. 结论

本研究对铁路路基防护施工的关键技术进行了深入探讨,强调其综合技术措施在确保路基稳定性和持久性方面的重要性,通过运用土工合成材料、精确的锚孔钻进与预应力锚索施工以及桩板墙和浆砌石防护工程等先进技术,可以显著提升路基的稳定性和抗环境侵蚀能力,这些技术的应用不仅增强铁路路基的安全性能,还对提高工程的经济效益和环境可持续性起到了关键作用。未来铁路路基工程的成功将依赖于这些先进技术的持续创新与应用以及对施工质量和环境适应性的严格控制。综合这些关键技术点,铁路路基工程能够更好地应对复杂的地质条件和环境挑战,为铁路交通的安全和高效运营提供坚实基础。

参考文献

- [1] 李健. 铁路路基防护工程施工技术要点分析[J]. 交通科技与管理, 2023,4(15):54-56.
- [2] 黄生海. 铁路路基施工技术与防护措施[J]. 工程机械与维修, 2023(3):273-275.
- [3] 姜焱. 铁路路基施工技术及防护对策[J]. 河南科技, 2022,41(5):81-84.
- [4] 马得翼. 关于铁路路基防护施工技术的要点探究[J]. 四川建材, 2020,46(12):135-136.
- [5] 孙孝纲. 铁路路基施工技术与防护方法探析[J]. 运输经理世界, 2020(14):91-92.