

新型材料在道路边坡防护中的应用

魏天宇

(安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司, 安徽 合肥 230088)

摘要 本文深入探讨了新型材料在道路边坡防护工程中的应用情况, 重点分析了超高性能混凝土 (UHPC) 和环保绿色材料等新型材料的特性、应用流程及在实际施工中遇到的技术挑战与相应的解决方案。研究表明, 这些新型材料的应用不仅能够显著提升边坡防护结构的稳定性和安全性, 还能满足环保和可持续发展的要求, 因此在未来的道路边坡防护工程中具有广阔的应用前景和推广价值。

关键词 交通基础设施; 道路边坡防护; 新型材料; UHPC; 环保材料

中图分类号: U416.14

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.17.021

0 引言

随着交通基础设施建设的快速发展, 边坡防护成为确保交通安全和稳定的重要环节。传统的边坡防护材料和技术, 如混凝土、石料堆砌等, 虽然在一定程度上起到了防护作用, 但存在施工周期长、成本高、环保性差等局限性。特别是在复杂地质条件和恶劣气候环境下, 传统防护技术的效果往往不尽如人意, 亟需新型材料和技术来提升边坡防护的效能。

1 新型材料概述

1.1 超高性能混凝土 (UHPC)

超高性能混凝土 (UHPC) 是一种具有极高强度、高耐久性和高韧性的新型混凝土材料。其独特的纤维增强机制和微观结构设计, 使得 UHPC 在承受极端荷载和恶劣环境条件下仍能保持良好的性能。在道路边坡防护中, UHPC 可以用于构建更加坚固和耐久的防护结构, 如护坡墙、防护栏等。与传统的混凝土材料相比, UHPC 具有更高的强度和耐久性, 能够显著减少维护和修复的频率, 从而降低长期成本。

1.2 环保绿色新材料

随着环保意识的日益增强, 环保绿色新材料在道路边坡防护中的应用也越来越受到重视。这些新材料通常具有较低的碳排放、可再生性、生物降解性等特点, 能够减少对环境的负面影响。例如: 柔性混凝土复合垫是一种由水泥毯和混凝土填充层组成的环保材料, 具有耐冻性、耐化学腐蚀性和防水防渗性等特点。在边坡防护中, 柔性混凝土复合垫可以用于加固土壤和岩石, 防止水土流失和滑坡等灾害的发生。此外, 乳化沥青和有机硅预养护材料等环保新材料也在道路边坡防护

中展现出良好的应用前景^[1]。这些材料不仅能够提供有效的防护效果, 还能在施工过程中减少能源消耗和废弃物排放, 实现更加绿色和可持续的道路边坡防护。

2 新型材料在道路边坡防护中的理论分析

2.1 UHPC 在边坡防护中的力学分析

1. UHPC 的抗压、抗拉、抗剪强度分析。UHPC 以其卓越的力学性能在边坡防护中展现出巨大潜力。其抗压强度远超普通混凝土, 能够承受边坡土体或岩石的巨大压力, 保持结构的稳定性。同时, UHPC 的抗拉强度也显著提高, 有效抵抗边坡土体的拉伸变形, 防止裂缝的产生。此外, 其抗剪强度确保了边坡防护结构在剪切荷载作用下的稳定性, 增强了整体结构的抗滑移能力。这些优异的力学性能使得 UHPC 成为边坡防护的理想材料。

2. UHPC 边坡防护结构的设计原理与计算方法。UHPC 边坡防护结构的设计是一个复杂而细致的过程, 需要基于边坡的具体地质条件、荷载特性以及环境因素进行全面综合考虑。其设计原理主要涵盖结构稳定性分析、材料性能与防护需求的匹配, 以及施工可行性的评估等多个方面。在计算方法上, 则需要运用到结构力学、材料力学及土力学等多学科知识的综合运用。例如: 通过采用先进的有限元分析软件, 对 UHPC 边坡防护结构进行详细的应力应变分析, 确保设计方案既满足安全可靠的要求, 又兼顾经济性和环保性, 为边坡防护工程提供科学、合理的设计依据。

2.2 环保绿色新材料的防护机理

1. 柔性混凝土复合垫的加固硬化机制。柔性混凝土复合垫是一种由多层材料复合而成的边坡防护材料。

其加固硬化机制主要体现在以下几个方面：首先，复合垫中的水泥毯层能够迅速吸收水分并发生水化反应，形成坚硬的混凝土层，为边坡提供强大的支撑力。其次，混凝土填充层中的骨料和水泥浆体在硬化过程中相互交织，形成致密的微观结构，提高了复合垫的整体强度和耐久性。最后，复合垫的柔性设计使其能够适应边坡的微小变形，从而有效防止裂缝的产生和扩展。

2. 乳化沥青在边坡防水层中的功能与作用。乳化沥青是一种由沥青微粒和水组成的混合物，具有优异的防水性能和粘结性能。在边坡防水层中，乳化沥青能够迅速渗透进土壤颗粒之间，形成一层致密的防水膜，有效阻止水分的渗透和侵蚀。同时，乳化沥青还能与土壤颗粒发生化学反应，形成牢固的化学键合，提高边坡的整体稳定性和抗滑移能力。此外，乳化沥青的施工过程简单快捷，能够显著降低施工成本和时间。

3. 有机硅预养护材料对边坡的防水、防火效果。有机硅预养护材料是一种高分子聚合物材料，具有优异的防水、防火和耐候性能。在边坡防护中，有机硅预养护材料能够迅速渗透进边坡表面的微小裂缝和孔隙中，形成一层致密的防水层，有效防止水分的渗透和侵蚀。同时，有机硅预养护材料还能在高温下形成一层保护层，阻止火势的蔓延和扩散，提高边坡的防火性能。此外，有机硅预养护材料还具有优异的耐候性能，能够长期保持其防护效果。

2.3 新型材料与其他防护技术的对比分析

1. 成本效益分析。尽管新型材料在道路边坡防护项目中的初期投资成本可能相对较高，但其带来的长期效益却尤为显著。由于新型材料具备卓越的强度和耐久性，它们能大幅度减少边坡维护和修复的频率，进而显著降低长期的维护成本。此外，这些新型材料施工简便快捷，有助于缩短整体工期，并进一步降低施工成本^[2]。综合来看，从成本效益的角度审视，新型材料在道路边坡防护应用中展现出了更高的性价比，是更为明智的选择。

2. 施工效率与便捷性对比。新型建筑材料的应用为施工过程带来了革命性的改变。比如，柔性混凝土复合垫和乳化沥青等新型材料，凭借其独特的物理和化学性质，可以采用机械化施工方式，这不仅大幅减少了人力需求，还显著提升了施工速度。相比之下，传统的防护技术，如混凝土浇灌和石料堆砌，不仅施工流程繁琐、耗时较长，而且还需要大量物力人力的投入。因此，新型材料在施工效率与便捷性上展现出了无可比拟的优势，为现代建筑行业的发展注入了新的活力。

3. 防护效果与使用寿命评估。新型材料在道路边坡防护中展现出了显著的防护效果和使用寿命优势。相较于传统材料，新型材料具有更高的强度和耐久性，这使得它们能够更有效地抵抗外部荷载的作用以及恶劣环境条件的侵蚀，如风雨侵蚀、水土流失等。因此，新型材料在边坡防护中的应用，不仅提升了防护结构的稳定性，还使得防护效果更加显著。同时，由于新型材料的使用寿命更长，能够大幅减少维护和修复的频率，从而有效降低了长期的维护成本。综上所述，新型材料在道路边坡防护中具有更高的综合效益，其应用前景也更加广阔，值得进一步推广和应用。

3 新型材料在道路边坡防护中的应用实践探讨

3.1 UHPC 边坡防护结构的设计与施工要点

1. 设计原则与参数确定。UHPC 边坡防护结构的设计应遵循安全、经济、环保的原则。在设计过程中，需充分考虑边坡的地质条件、荷载特性、环境因素以及材料的力学性能等因素。设计参数的确定应基于详细的勘察和实验数据，包括但不限于边坡的坡度、高度、土体性质、地下水状况等。同时，还需考虑 UHPC 的抗压、抗拉、抗剪强度等力学性能指标，以确保设计结构的稳定性和安全性。在设计过程中，还需关注结构的耐久性和长期性能^[3]。通过合理的结构设计和材料选择，确保 UHPC 边坡防护结构能够抵抗长期荷载和环境因素的作用，保持结构的完整性和稳定性。

2. 施工工艺与质量控制。UHPC 边坡防护结构的施工工艺包括模板制作、材料搅拌、浇筑、养护等步骤。在施工过程中，需严格控制原材料的质量，确保 UHPC 的配合比准确、搅拌均匀。同时，还需注意模板的刚度和稳定性，以防止浇筑过程中发生变形或位移。浇筑过程中，应采用适当的振捣工艺，确保 UHPC 的密实性和均匀性。浇筑完成后，还需进行充分的养护，以促进材料的硬化和强度提升。在养护过程中，需保持适宜的温度和湿度环境，避免材料因干燥或温度变化而产生裂缝。质量控制方面，应建立完善的检测体系，对原材料、配合比、施工过程及成品进行全面检测。通过定期抽检和全面检测相结合的方式，确保 UHPC 边坡防护结构的质量符合设计要求。

3.2 环保绿色新材料的施工应用流程

1. 材料选择与配比。环保绿色新材料的选择至关重要，应遵循环保、经济、实用的原则。在筛选过程中，需全面考量材料的来源是否可持续、生产工艺是否环保、性能特点是否优越等因素。此外，还需紧密结合

边坡的地质条件、环境因素及具体设计要求,科学确定材料的配比方案。在配比环节,必须开展充分的实验与测试工作,严格把关,以确保所选材料的性能完全满足设计要求。同时,要特别关注材料的环保性能,力求其在生产及使用过程中对环境造成的负面影响降至最低。

2. 施工准备与现场布置。在施工正式启动之前,一系列周密的准备工作必不可少。这涵盖了现场详尽的勘察,以精准掌握地质、气候等自然条件;施工方案的精心设计,确保每一步操作都科学可行;材料的及时采购与高效运输,为施工提供坚实的物质基础;以及施工队伍的全面培训,提升其专业技能和安全意识^[4]。此外,根据施工现场的具体状况,还需进行科学合理的现场布置,包括清晰划分施工区域、有序摆放施工设备、严格落实各项安全措施等。进入施工阶段后,需时刻关注天气和环境因素的变化,灵活调整施工方案和措施。同时,加强现场管理和监督,确保施工流程顺畅无阻,工程质量始终处于可控状态。

3. 施工过程控制与关键节点。环保绿色新材料的施工过程控制是确保工程质量的关键。在施工过程中,需严格控制材料的搅拌、浇筑、固化等步骤。同时,还需关注施工过程中的关键节点,如材料的混合比例、浇筑速度、固化时间等。在施工过程中,还需加强质量检测和监控。通过定期抽检和全面检测相结合的方式,确保施工过程的稳定性和可控性。同时,还需建立应急预案和处置机制,以应对可能出现的突发情况和质量问题。

3.3 新材料应用中的技术挑战与解决方案

1. 材料性能的优化与提升。新材料在道路边坡防护中的应用,首先面临的是材料性能的优化与提升问题。由于边坡环境的复杂性和多样性,对材料的力学性能、耐久性和环保性等方面提出了更高要求。为了应对这些挑战,研究人员需要不断探索新材料的制备工艺和改性方法,以提高其综合性能。例如:通过添加特定的添加剂或采用先进的合成技术,可以增强材料的抗压、抗拉和抗剪强度,同时提高其耐候性和耐腐蚀性^[5]。此外,对于环保型材料,还需关注其生产过程中的能耗和排放,确保在满足性能要求的同时,实现绿色可持续发展。

2. 施工技术的创新与改进。新材料的应用往往伴随着施工技术的创新与改进。在道路边坡防护中,施工技术的选择直接影响到工程的质量和效率。为了

充分发挥新型材料的优势,需要不断探索与之相适应的施工技术。例如:针对UHPC等高性能材料,需要采用高精度的模板制作和浇筑技术,以确保结构的精确度和稳定性。同时,还需关注施工过程中的质量控制和安全管理,确保施工过程的顺利进行。此外,随着智能化和自动化技术的发展,可以考虑将这些技术应用到边坡防护施工中,以提高施工效率和精度。

3. 长期性能监测与维护策略。新材料在交通边坡防护中的长期性能监测与维护策略也是不可忽视的问题。由于边坡环境的复杂性和不确定性,新材料在实际应用中可能会受到各种因素的影响,导致其性能发生变化。因此,需要建立完善的长期性能监测体系,对材料的性能进行定期检测和评估。同时,还需制定科学合理的维护策略,及时发现并处理潜在的问题。例如:可以定期对边坡进行巡视和检查,及时发现并修复裂缝和破损;对于易受侵蚀的部位,可以采取相应的防护措施,如喷涂防腐涂料等。此外,还可以利用现代信息技术手段,如物联网、大数据等,对边坡的变形和稳定性进行实时监测和预警,以提高边坡防护的可靠性和安全性。

4 结束语

新材料在道路边坡防护中的应用具有重要的实践意义和广阔的前景。通过不断探索和优化材料性能、创新和改进施工技术以及建立完善的长期性能监测与维护策略,可以有效提升边坡防护工程的稳定性和安全性。未来,随着科技的不断进步和新型材料的不断涌现,道路边坡防护技术将迎来更多的创新和突破,为交通运输领域的可持续发展做出更大的贡献。同时,我们也应持续关注新材料的环境影响,推动绿色、低碳、环保的边坡防护技术的发展和應用。

参考文献:

- [1] 刘新秀,谭强.高速公路高边坡防护技术及工程应用研究[J].工程建设与设计,2021(01):72-74.
- [2] 简思羽,晏莹.高速公路路基高边坡防护施工技术[J].交通世界(上旬刊),2020(11):71-72.
- [3] 冯志奎.高速公路高边坡防护中预应力锚索的施工技术研究[J].交通世界(下旬刊),2020(07):46-47.
- [4] 李磊.公路路基高边坡防护设计措施[J].四川建材,2020(05):162-163.
- [5] 康林.路基高边坡防护工程施工技术探讨[J].科技创新,2020(01):127-128.