

绿色高速公路建设边坡植被生态修复及防护技术研究

任国宝 杨章浩 赵 懂

云南交投生态环境工程有限公司 云南昆明 650000

摘 要：本文聚焦绿色高速公路建设中的边坡植被生态修复及防护技术。先剖析边坡生态现状，如植被破坏、土壤侵蚀、水土流失等问题凸显，且现有防护技术存在工程防护为主、生态防护局限、缺乏系统规划等不足。接着阐述植被演替、生态位、生物多样性等生态修复原理，详细介绍土壤改良、植物选择与配置、种植等关键技术。还构建包含工程与生态防护结合、多元生态防护技术的体系。旨在为高速公路边坡生态修复提供理论依据与实践指导，实现生态与工程协调发展。

关键词：绿色高速公路；边坡植被；生态修复；防护技术

高速公路建设对生态环境影响重大，边坡作为其重要组成部分，存在诸多生态问题。当前，边坡生态修复及防护技术虽有应用，但面临诸多挑战。深入研究相关技术，对于促进高速公路建设与生态环境和谐共生具有重要意义，不仅能保障边坡稳定，还能提升生态系统功能，推动绿色高速公路建设理念的落实。

一、高速公路边坡生态现状及问题分析

（一）边坡生态破坏现状

植被破坏：高速公路边坡在施工过程中，原有的植被被大量清除或扰动，导致植被覆盖率急剧下降，生态系统的初级生产力降低，许多植物物种面临灭绝的危险，生物多样性遭到严重破坏。土壤侵蚀：植被的缺失使得边坡土壤失去了有效的保护，在降雨等自然因素的作用下，土壤容易发生侵蚀，大量的泥沙流入周边水体，造成河道淤积、水质恶化等问题，同时也影响了边坡的稳定性。水土流失：边坡的水土流失现象不仅导致土壤肥力下降，影响植物的生长和恢复，还可能引发山体滑坡、泥石流等地质灾害，对高速公路的安全运营构成威胁。

（二）现有防护技术的不足

工程防护为主：传统的边坡防护多采用浆砌片石、混凝土喷浆等工程防护手段，虽然能够快速有效地稳定边坡，但这些措施破坏了自然景观，不利于生态系统的自我恢复和演替，长期来看难以满足生态环境保护的要求。生态防护技术应用局限：目前一些生态防护技术如植草护坡、铺草皮等在实际应用中存在局限性。例如，单一的草本植物群落结构稳定性较差，抗逆性弱，在干

旱、高温等恶劣环境下容易死亡；而且这些技术往往只注重植被的短期恢复，缺乏对生态系统长期功能和稳定性的考虑。缺乏系统性规划：在高速公路边坡防护设计与实施过程中，往往缺乏对整个生态系统的综合考虑和系统性规划。不同地区的气候、土壤、地形等自然条件差异较大，但防护措施的选择和应用未能充分结合当地实际情况，导致防护效果不理想^[1]。

二、边坡植被生态修复原理

（一）植被演替理论

植被演替理论是边坡生态修复的核心原则之一。在高速公路边坡上，这一理论体现得尤为明显。最初，边坡可能被一些适应性强、生长快速的先锋植物所覆盖，如某些草本植物和野生花卉。随着时间推移，这些先锋植物会逐渐改变边坡的土壤条件，为后续的植物种类提供更为有利的生长环境。最终，边坡上的植被类型会向更加复杂和稳定的顶级群落转变，如灌木丛和小型树木。因此，进行边坡植被生态修复时，应深入研究当地的植被演替规律，选择与当前演替阶段相匹配的植物种类，以加速植被恢复进程，实现生态系统的自然演替和健康发展。

（二）生态位原理

生态位原理强调每种植物在生态系统中的独特地位和功能。在进行边坡植被生态修复时，必须充分考虑这一原理。不同植物对光照、水分、养分等资源的需求各不相同，它们在边坡上的分布和生长也受这些因素的限制。通过合理配置植物种类，使各种植物在边坡上各得其所，充分利用光、热、水、土等资源，形成稳定、高

效的植物群落。例如，在阳光充足的坡顶可以种植喜光植物，而在阴湿处则可以选择耐阴植物。这样的做法不仅能提高植物的生存率，还能促进植物间的互补和共生，增强整个生态系统的稳定性和抗逆性^[2]。

（三）生物多样性原理

生物多样性是生态系统稳定性和功能正常发挥的基础。在高速公路边坡植被生态修复中，增加植物种类和数量对于构建多样化的植物群落结构至关重要。多样化的植物群落能够更有效地利用资源，提高生态系统的生产力和抵抗力。不同植物对环境变化有不同的适应能力，多样性的植物群落更能应对气候变化、病虫害和其他外部干扰。通过模拟自然状态下的植被结构，引入本土树种和草本植物，不仅可以美化景观，还能提升生态系统的健康水平，实现长期稳定和可持续发展。

三、边坡植被生态修复关键技术

（一）土壤改良技术

客土改良：对于土壤贫瘠、质地不良的边坡，可以采用客土改良的方法，将优质土壤添加到边坡表层，改善土壤的物理、化学性质，为植物生长提供良好的土壤条件。添加有机物料：施用有机肥料、堆肥、泥炭土等有机物料，可以增加土壤的有机质含量，改善土壤结构，提高土壤的保水保肥能力和通气性，促进植物根系的生长和发育。微生物修复：利用微生物制剂如菌根真菌、固氮菌等来修复受损土壤。这些微生物可以与植物根系形成共生关系，帮助植物吸收养分，增强植物的抗逆性，同时分解土壤中的有害物质，净化土壤环境^[3]。

（二）植物选择与配置技术

乡土植物优先：乡土植物具有较强的适应性和抗逆性，能够更好地适应当地的气候、土壤等自然条件，在边坡植被生态修复中应优先考虑选用乡土植物品种。例如，在南方地区可以选择狗牙根、百喜草等暖季型草种；在北方地区可以选择紫羊茅、早熟禾等冷季型草种。多种植物混播：采用多种植物混播的方式可以增加边坡植被的多样性和稳定性。将草本植物、灌木、藤本植物等不同生活型的植物进行合理搭配种植，形成多层次的植物群落结构。例如，在边坡上部种植灌木，如紫穗槐、刺梨等，起到护坡和防风沙的作用；在边坡中部种植草本植物，如黑麦草、高羊茅等，增加植被覆盖度；在边坡下部种植藤本植物，如爬山虎、常春藤等，美化景观并防止水土流失。植物生理特性匹配：根据边坡的立地条件和生态功能要求，选择具有相应生理特性的植物。

例如，在干旱地区选择耐旱植物如仙人掌、梭梭树等；在湿润地区选择耐水湿植物如芦苇、菖蒲等；在盐碱地区选择耐盐碱植物如碱蓬、怪柳等。

（三）种植技术

种子处理：对种子进行筛选、消毒、催芽等处理，可以提高种子的发芽率和发芽势。例如，采用温水浸种、药剂拌种等方法处理种子，增强种子的活力和抗病能力。种植时间与方法：选择合适的种植时间对于植物的生长至关重要。一般来说，春季和秋季是大多数植物的适宜种植季节。种植方法包括撒播、条播、穴播等，可根据边坡的实际情况和植物种类进行选择。对于陡坡地段，可采用液压喷播技术，将种子、肥料、土壤改良剂等混合液均匀喷洒在边坡上，提高种植效率和植被成活率。养护管理：种植后及时进行浇水、施肥、除草、病虫害防治等养护管理工作是保证植被成活和生长的关键。根据植物的生长需求和气候条件，合理确定浇水量和浇水时间；定期施肥，补充植物生长所需的养分；及时清除杂草，避免杂草与目标植物竞争养分和生长空间；加强病虫害监测和防治，采取生物防治、物理防治和化学防治相结合的综合措施，确保植物的健康生长^[4]。

（四）水土保持与排水技术

地表覆盖物：使用稻草、木屑、树皮等有机覆盖物或塑料薄膜等不透水材料覆盖土壤表面。这些覆盖物可以有效减少土壤水分蒸发，保持土壤湿度，抑制杂草生长，并在一定程度上防止土壤侵蚀。排水系统建设：在边坡上合理设计和建造排水沟、截水沟和集水坑等设施，以引导地表径流和排除积水。这有助于减少水土流失，防止土壤侵蚀，同时避免因过度湿润导致的根系腐烂问题。特别是在降雨量较大的地区，有效的排水系统是至关重要的。

（五）监测与评估技术

植被生长监测：利用遥感技术（如无人机航拍、卫星遥感）定期监测植被覆盖率、生物量和植物健康状态。这些数据可以帮助评估修复效果，并为后续管理提供科学依据。土壤质量检测：通过采集土壤样本分析其养分含量、pH值、含水量和微生物活性等指标，了解土壤环境的变化趋势。结合植被生长情况，调整施肥策略和养护措施，确保土壤条件持续适宜植物生长。

四、边坡生态防护技术体系

（一）工程防护与生态防护相结合

第一，坡面防护工程。挡土墙：在边坡高度较大、

地形复杂的路段设置挡土墙,可以有效抵抗土压力,防止边坡坍塌。挡土墙的设计应充分考虑其稳定性和生态性,可在墙面设置泄水孔和反滤层,并在墙顶和墙脚种植植被,使其与周围环境相融合。抗滑桩:对于存在滑坡隐患的边坡,打设抗滑桩是一种有效的加固措施。抗滑桩可以通过自身的强度和刚度抵抗滑坡推力,同时在桩间种植植被,利用植被根系的固土作用进一步增强边坡的稳定性。护坡拱圈:在一些土质松软的边坡上设置护坡拱圈,可以增强边坡表面的抗冲刷能力。拱圈可采用浆砌片石或混凝土材料制作,在拱圈内填充种植土并种植植被,既起到防护作用又美化了边坡^[5]。

第二,生态防护辅助工程。鱼鳞坑整地:在边坡上按照一定的间距和密度挖掘鱼鳞坑,坑内填土并种植植被。鱼鳞坑可以有效拦截雨水径流,减少水土流失,同时为植物生长提供了良好的土壤条件和水分环境。水平沟:沿边坡等高线布置水平沟,能够减缓坡面径流速度,增加雨水入渗量,减少地表径流对边坡的冲刷。在水平沟内种植灌木或草本植物,进一步巩固边坡土壤。竹节沟:竹节沟是一种类似于鱼鳞坑的整地方式,但其形状更狭长且具有一定的弯曲度。竹节沟能够更好地适应边坡地形的变化,在沟内种植植被后可以形成优美的景观效果,同时增强边坡的生态防护功能。

(二) 生态防护技术多元化

第一,植被混凝土护坡技术:技术原理:植被混凝土是一种由水泥、土、有机质、保水剂、缓凝剂、种子等材料组成的混合物。将其喷射在边坡上后,水泥凝固形成强度较高的壳体,为植物生长提供支撑和保护;而种子在适宜的条件下发芽生长,逐渐覆盖边坡表面,形成植被层。这种技术既具有工程防护的稳定性,又具有生态防护的功能。施工工艺:首先对边坡进行修整和清理,然后按照设计配合比制备植被混凝土混合物,通过混凝土喷射机将其均匀喷射在边坡上,厚度一般为5-10厘米。喷射完成后及时覆盖无纺布并洒水养护,确保种子发芽和植被生长。

第二,土工格栅加筋草皮护坡技术。技术原理:土工格栅具有高强度、低变形、耐腐蚀等特性,将其铺设在边坡上并固定后,可以增强边坡土体的抗剪强度和整体稳定性。在土工格栅的网格内种植草皮或草本植物,草皮的根系与土工格栅相互作用,形成一个复合加筋体系,进一步提高边坡的防护能力。施工要点:先平整边

坡并清除杂物,按设计要求铺设土工格栅,土工格栅之间应相互搭接并用钉桩或其他方式固定牢固。然后在土工格栅上铺设种植土并播种草皮种子或铺设草皮卷,加强后期养护管理,保证草皮成活和生长良好。

第三,生态袋护坡技术。技术原理:生态袋是由可降解的高分子材料制成的网袋,内部填充种植土、肥料、种子等混合物。将生态袋堆砌在边坡上,形成一层具有一定强度和孔隙性的防护层。生态袋内的种子发芽生长后,植物根系穿过生态袋并在土壤中扎根,进一步增强边坡的稳定性和生态功能。适用范围与优势:适用于各种类型的边坡,尤其是在岩石裸露、土壤贫瘠的边坡上应用效果显著。生态袋护坡技术施工简便、快捷,可根据边坡形状灵活调整堆砌方式;同时,生态袋内的植物可以形成多样化的植被群落,具有良好的景观效果和生态效益^[6]。

结束语

绿色高速公路建设中的边坡植被生态修复及防护技术研究至关重要。通过深入分析现状与问题,明确生态修复原理,掌握关键技术并构建完善的技术体系,为解决边坡生态问题提供了全面的思路和方法。未来,应不断优化技术,加强实践与创新,提高边坡生态修复效果,确保高速公路建设与生态环境保护协同共进,实现可持续发展的目标。

参考文献

- [1]金炳琪,徐永芳.国家地下水环境质量考核监测体系建设与完善分析[J].黑龙江水利科技,2025,53(01):154-156+174.
- [2]吴俊文.探讨地下水监测现场规范采样的影响因素与应策[J].清洗世界,2024,40(11):134-136.
- [3]朱艳媚.探讨地下水监测采样过程中的质量控制[J].皮革制作与环保科技,2022,3(04):93-95.
- [4]马宗源,刘文军,周宁,等.山区高速公路煤矸石边坡生态修复及绿化技术研究[J].环境保护前沿,2024,14(5):7.
- [5]王飞.植被混凝土生态修复技术在边坡防护的应用[J].价值工程,2023,42(25):131-133.
- [6]汪洪涛,李汶涛,杨志峰.公路岩质边坡植被修复及生态防护景观营造研究[J].交通世界,2024(26).