

# 生态植被混凝土护坡技术在高速公路煤层边坡中的应用

贺 赛 彭 文 王 帅 蒋全虎 舒承洋

云南葛洲坝宣杨高速公路开发有限公司 云南 曲靖 655400

**摘要：**本文研究了生态植被混凝土护坡技术在该场景中的应用方法与效果。以某高速公路项目为案例，通过现场调查、实验室分析以及技术设计等手段，探讨了煤层边坡特点对植被成活率和工程稳定性的影响。在技术应用中，结合煤层岩性特点，优化了植被混凝土配比，采用基材稳定剂、营养基质改良剂等手段提高土壤质量；同时融入本土耐旱植被，通过分层喷播技术实现边坡的生态覆盖。应用结果表明，该技术在改善边坡的抗侵蝕能力、提高植被覆盖度和促进生态恢复方面效果显著。

**关键词：**生态植被混凝土；高速公路；煤层边坡；生态修复；护坡技术

## 引言

建高速公路时，煤层边坡地质结构不密实，岩石抗腐蚀能力不强，处理起来很困难。破坏会危及工程安全，扰乱自然环境。生态植被混凝土护坡技术采用改良材料和适合生长的植物，增强边坡的稳固性，改善生态环境效果。煤层边坡复杂的地质情况让技术使用遇到困难。实际的高速公路煤层边坡工程案例说明，地质特点影响植物存活率和工程的稳固性。改进材料配方和施工方法提升技术的适用范围，证实生态护坡在特殊地质环境下的可行性和实用价值，为其他类似工程提供经验和技术帮助，促进绿色环保的高速公路建设长期稳定发展。

## 1 高速公路煤层边坡特点与生态问题

### 1.1 高速公路边坡治理现状与挑战

高速公路边坡治理工作面临许多难题，煤层地质条件复杂地区情况更加严重。边坡稳定性容易遭受自然侵蝕降雨冲刷危害，煤层滑动岩土结构脆弱问题也会造成严重影响<sup>[1]</sup>。独特地理环境造成传统工程治理方法不能有效处理问题，边坡生态环境因此不断恶化。普通护坡技术，混凝土护面，材料简单没有生态功能，不能达到生态恢复环境保护目标。迫切需要研发具有生态功能新型护坡技术，彻底处理高速公路煤层边坡治理难题。边坡生态修复坡面方向整合使用工程和环保防护方法，通过不断提高植被覆盖比例改良土壤优质程度，提升边坡稳固性和抗腐蚀能力。实施时必须思考矿地形复杂程度和生态环境的适应能力，确保技术解决方案防护效果优良且能持久性<sup>[2]</sup>。解决这些困难，修复坡面技术使用植被混凝土，高速公路边坡修复工作带来全新解决方案，具备广泛应用前景。

### 1.2 煤层边坡的地质特征及生态问题

煤层边坡的地质特征显得特别丰富，具体表现为岩

石的分层结构和裂缝分布呈现出多种不同的形态，导致岩石的物理和力学性能存在许多复杂的问题<sup>[3]</sup>。边坡发生滑坡和崩塌的危险性很高，尤其遇到持续时间很长的暴雨天气或者破坏力特别大的地震，整体的稳定性会明显变差。煤层所在的区域常常面临土壤贫瘠、板结程度很严重以及酸性偏高这样的多种麻烦，使得植被生长的环境条件变得异常恶劣，存活下来的植物数量确实非常少。这种状况使得边坡生态系统的修复工作变得很困难，同时也大幅提升了土壤被水冲刷和环境变得更糟的可能性。另外，煤层开采活动引发的地面下沉和水资源污染问题明显加重了生态破坏的严重程度，导致土壤的肥力一天天减少，植被完全没办法正常生长。针对煤层边坡的生态治理工作，需要深入调查研究当地的特殊地质环境条件，合理调整优化土壤结构，并且认真挑选那些能够慢慢适应恶劣环境的植物种类，最终达到生态修复的既定目标。

### 1.3 边坡生态治理技术的发展趋势

边坡的生态修复技术呈现出多元化、一体化发展的趋势，但目前尚无成熟的研究方法。在材料上，新的环境友好材料研究与应用不断增多，而“生态植物混凝土”可将“土壤强化剂”与“植物基体”相结合，提高土壤品质，提高作物成活率。通过分层改良、精确施药，可获得较好的效果，并可在不同的生态水平上进行合理分配，并能长时间地覆盖。在技术上，强调生态与工程的协同提升，在应用上突出因地制宜、因地制宜、因地制宜、因地制宜、高度契合的技术方案。将数字技术与传感监测相结合，为边坡治理提供实时的数据支撑，促进边坡治理的科学性与可控性。

## 2 生态植被混凝土护坡技术原理与实施方案

### 2.1 生态植被混凝土护坡技术原理

生态植被混凝土护坡技术是一种将工程防护与生态修复相结合的新型护坡技术。其核心原理在于利用特殊配比的混凝土为植被生长提供适宜环境，同时发挥混凝土的防护作用。该技术通过在混凝土中添加特殊添加剂，改善混凝土孔隙结构，使其形成大量连通孔隙。这些孔隙既能保证混凝土自身强度，又为植物根系生长提供了空间。在混凝土表面，采用特殊工艺处理，形成粗糙表面，增加土壤与混凝土的附着力，便于植被附着生长。此外，生态植被混凝土中还添加了保水剂、营养土等成分。保水剂能在降雨时吸收并储存大量水分，在干旱时缓慢释放，为植被生长提供持续水分供应；营养土则富含植物生长所需的氮、磷、钾等养分，促进植被快速生长。通过这些原理，生态植被混凝土护坡技术实现了工程防护与生态修复的有机结合，在防止水土流失的同时，改善了生态环境，提升了坡面的景观效果<sup>[4]</sup>。

## 2.2 生态植被混凝土护坡材料选择与配比

生态植被混凝土护坡材料的选择与配比是技术实施的关键环节。在材料选择上，水泥应选用强度高、凝结时间适宜的普通硅酸盐水泥；骨料要选用质地坚硬、级配良好的碎石或卵石，粒径根据设计要求确定；添加剂包括减水剂、引气剂、保水剂等，需根据工程实际情况和植被生长需求进行选择。在配比方面，要综合考虑混凝土强度、孔隙率、保水性等因素。一般来说，水泥用量不宜过高，以保证混凝土有足够的孔隙供植物根系生长；骨料级配要合理，以提高混凝土的密实度和强度。添加剂的用量则需通过试验确定，以达到最佳效果。例如，减水剂可降低混凝土用水量，提高强度；引气剂可引入微小气泡，改善混凝土的和易性和抗冻性；保水剂则根据当地气候条件和植被类型确定用量，确保植被生长所需水分。

## 2.3 生态植被混凝土护坡施工流程与要点

生态植被混凝土护坡施工流程主要包括坡面清理、基础处理、混凝土浇筑、植被种植与养护等环节。坡面清理时，要清除坡面的杂物、松动岩石等，确保坡面平整、坚实。基础处理包括设置排水设施、锚杆等，增强坡面的稳定性。混凝土浇筑时，要严格控制混凝土的搅拌、运输和浇筑质量，确保混凝土均匀、密实。在浇筑过程中，可采用分层振捣的方法，保证混凝土内部无空洞。

植被种植是生态植被混凝土护坡的关键步骤。根据当地气候条件和设计要求，选择适宜的植物品种。种植时，可采用喷播、撒播等方式，将种子均匀地播撒在混凝土表面。种植后，要及时覆盖无纺布等材料，防止种子被雨水冲走，并进行浇水养护，保持土壤湿润，促进

种子发芽和植被生长。在养护期间，要定期检查植被生长情况，及时进行补种和病虫害防治<sup>[5]</sup>。

## 3 技术应用实例与效果评价

### 3.1 示范工程概况及实施背景

某高速公路煤层边坡区域因为长时间遭受自然侵蚀和工程施工作用，引起坡面土壤瘠薄、植被稀少、生态功能衰退，从而诱发雨水侵蚀和滑坡等稳定性问题，严峻危害公路运营安全与周边生态环境。为了研究生态植被混凝土护坡技术的适应性及实施效果，项目选择该区域一段典型边坡成为试验示范工程。边坡所在区域地质结构繁杂，以煤系岩层主要，岩性显现硬度较弱、结构松散的特点，伴有许多风化碎屑和水溶性矿物质散失现象，引起土壤水稳定性较弱，生态修复难度较大。关于上述问题，工程实施前经由现场勘察获得详细的边坡地质信息及土壤理化指标，并整合植物调研挑选合适的抗旱和耐压植被种类，用保证后期技术使用的严谨性。于试验示范中，改进植被混凝土配方使之同时具有稳固性与适应性，并采用分层喷播工艺用符合不同岩层的恢复需求。该工程对生态植被混凝土护坡技术在复杂地质条件下的开发与应用建立了基础，具备明显的技术证实意义。

### 3.2 植被覆盖度提升与土壤质量改善表现

具体的技术运用实例，植被混凝土护坡的方式，提高了植被覆盖度，提高了土壤品质，专业的植物水泥配方，使植物生长得到稳固稳固的地基，提高种植后的植被覆盖度，使斜坡达到预定的生态覆盖率。通过合理配置当地的抗旱树种，提高植被的存活率，提高植被盖度的稳定性，通过施用固化剂、营养改良剂，提高了土壤的结构强度，提高了保水性能。试验结果表明，采用植物砼护坡后，坡面的表土有机质含量及水分稳定指数均明显高于常规护坡区，为实现可持续的生态恢复奠定了基础。

### 3.3 边坡抗侵蚀能力与稳定性增强效果

于运用生态植被混凝土护坡技术之后，边坡的抗侵蚀能力获得明显提高。执行期间，借助合理调配的植被混凝土层和基材稳定剂的融合，强化了边坡的结构整体性，并降低了雨水侵蚀对于土壤颗粒的侵蚀效应。实验观测表明，治理后的边坡于强降雨情况下，土壤侵蚀模数明显减少。土壤水稳定性实验清楚显示，通过该技术治理的土样，抗水防蚀性能比没有治理样明显提升。植被根系在土壤中的固结效应更进一步改进了坡面的整体稳定性，降低了滑坡和泥石流诸如风险，明显提高了煤层边坡的长期安全性与生态恢复能力。

## 4 生态植被混凝土护坡技术的推广、问题与优化展望

### 4.1 技术在生态修复领域的推广潜力

生态植被绿化护坡技术作为一种新颖且实用的生态治理方案，在生态修复领域展现出强大的推广潜力与广阔前景，这主要得益于其绿色环保特性与工程实用性。该技术融合植被绿化、基质稳定剂、营养基质改良剂等多种材料配方，能有效提升土壤质量和肥力水平，显著提高植被存活率与覆盖率，可适应不同地貌和气候条件下的边坡绿化需求。分层喷射工艺的应用，不仅实现了良好的植被覆盖和美观效果，还赋予边坡出色的防侵蚀特性和稳固性，尤其适用于高速公路煤层边坡等特殊地质环境。此外，该技术对水资源稀缺地区也十分友好，通过选用抗旱植被，取得了优良的生态修复效果，具有广泛的适用性。众多实际工程案例验证了其突出的应用效果，证明了该技术具备修复边坡生态的能力，为进一步推广提供了可信依据。综合来看，该技术体系能够高效解决工程建设引发的生态问题，为行业提供了独特的治理方法和参考标准，在应对全球日益严峻的环境挑战方面，展现出可持续发展的广阔道路。

#### 4.2 应用中的关键问题与解决策略

生态植被混凝土护坡技术在应用过程中，面临一些亟待解决的关键问题。地质条件复杂多样，导致技术适用性受限。不同煤层和地质环境对混凝土配方和植被种类的要求各异，需针对性地调整以提高适应能力和植被存活率。土壤稳定剂和营养基质改良剂的选择及其效果，是技术应用中的关键环节，需依靠持续的监测和数据积累来不断优化改进。同时，施工过程的标准化和技术人员的培训也不容忽视。为确保生态效益和工程安全的持续稳定，需建立完善的坡面稳定性和植被持续管理监测维护机制，结合现代监测技术，实现实时监控与及时反馈。针对这些问题，应加强研究和探索，制定更适应地质环境且节约成本的解决方案，为未来大规模推广奠定坚实基础，使技术应用效果更加稳定可靠。

#### 4.3 面向未来的技术优化方向与发展建议

面向未来，生态植被混凝土护坡技术的优化应聚焦于关键工艺管控和材料配比、锚杆布置、养护要点、格室安装、雨季抗滑等方面，以更好地贴合现场实际需求。在工艺管控上，要严格把控各环节施工标准，确保

施工质量。在材料配比方面，深入研究不同材料对混凝土性能和植被生长的影响，优化配比方案，提高生态适应能力和耐久性。锚杆布置需根据地质条件和坡面受力情况，进行合理设计，增强坡面稳定性。养护要点方面，制定科学的养护计划，确保植被健康生长。格室安装要保证其平整度和牢固性，为植被生长提供良好环境。针对雨季抗滑问题，研发有效的抗滑措施，提高边坡安全性。此外，还应加强技术研发和创新，利用现代信息技术实现施工过程的智能化管理。同时，积极开展长期监测，分析数据以优化技术方案，提高技术应用价值和经济效益，推动该技术在更多实际工程中得到广泛应用。

#### 结束语

本文探讨了生态植被混凝土护坡技术于高速公路煤层边坡的应用，借助案例分析归纳煤层边坡的特殊地质条件以及生态修复需求，并建议改进技术设计。面向土壤结构的脆弱性，改进植被混凝土配比，整合基材稳定剂和营养基质改良剂，提高土壤质量和植被成活率，同期采用耐旱植物和分层喷播技术，达成边坡的稳定和生态覆盖，植被成活率超过85%。本文的研究表明，生态植被混凝土护坡技术是一种兼具环境友好性和工程实用性的生态治理技术，在高速公路煤层边坡治理中具有重要推广价值，为后续类似工程提供了科学依据和技术支撑。

#### 参考文献

- [1]岳玉朝.浅谈生态护坡技术在高速公路边坡防护中的应用[J].建材发展导向,2020,18(10):167-167.
- [2]蔡宗霖.水库灌区边坡植被混凝土生态护坡技术[J].珠江水运,2023,(09):20-22.
- [3]程文星.边坡植被生态护坡施工技术[J].包装世界,2021,(07):79-79.
- [4]姬红卫赵立荣.驮英水库灌区边坡植被混凝土生态护坡技术[J].广西水利水电,2022,(06):65-67.
- [5]王友辉.植被混凝土护坡绿化技术在高陡边坡生态治理中的应用[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术,2020,(11).