

水利水电工程生态护坡施工工艺及应用

王薛纲 程刘杰

浙江广川工程项目管理有限公司 浙江 杭州 310010

【摘要】：水利水电工程的迅速发展，生态护坡技术逐渐成为水利工程中不可或缺的一部分。传统的护坡方式常常忽视了生态环境保护，导致环境破坏和生态失衡。因此，生态护坡技术的应用显得尤为重要。通过采用生态护坡施工工艺，能够有效解决水土流失、土壤侵蚀等问题，同时实现水土保持与生态环境修复。实践表明，合理的施工工艺能够有效提高护坡工程的稳定性与生态效益。水利水电工程中的生态护坡应用取得了显著效果，不仅提高了工程的可持续性，还改善了周围生态环境。

【关键词】：水利水电工程；生态护坡；施工工艺；环境保护；生态效益

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.095

引言

水利水电工程在推动社会发展和能源建设中扮演着至关重要的角色。传统水利水电工程中普遍存在生态环境损害的问题，特别是在护坡方面，过度依赖传统人工建材和工艺，未能充分考虑生态保护因素。为了解决这一问题，生态护坡技术应运而生，它不仅有助于改善工程周边的环境条件，还能有效地促进生态系统的恢复和水土保持。生态护坡的关键在于施工工艺的优化与应用，只有通过科学设计和精细施工，才能真正实现工程建设与环境保护的和谐统一。生态护坡的施工工艺与应用已经逐渐成为水利水电建设的重要组成部分，越来越多的项目开始关注这一领域的创新与实践。

1 生态护坡技术概述

1.1 生态护坡的定义与发展历程

生态护坡是指在水利水电工程建设中，采用生态学原理结合先进的工程技术，通过使用植物、天然材料等手段来进行坡面加固，达到水土保持、生态恢复和景观美化等多重目的的技术。该技术的核心理念是在工程建设的同时，最大限度地保护和修复生态环境。随着生态文明理念的深入人心，生态护坡逐步取代传统的硬质护坡技术，成为一种绿色、可持续的解决方案。近年来，生态护坡技术不断优化，逐步从初期的简单植被覆盖发展到综合性强、施工工艺精细化的现代化护坡体系，具有较强的适应性和可操作性。

1.2 传统护坡技术的局限性

传统的护坡技术多采用石块、混凝土等硬质材料进行坡面加固，这种方式虽然能够有效防止水土流失，但却忽视了生态环境的保护，可能会破坏自然景观，甚至引发水土环境的恶化^[1]。硬质护坡对水流的自然滞留和过滤作用较弱，容易导致坡面水土流失问题的长期存在。硬质材料本身在施工过程中消耗大量资源，且容易造成工程后期的环境污染，难以实现水土保持与生态恢复的目标。这些局限性逐渐成为传统护坡技术的瓶颈，促使了生态护坡技术的兴起。

1.3 生态护坡的核心优势

生态护坡技术在水利水电工程中的应用能够有效解决传统技术的诸多问题。首先生态护坡采用植被覆盖和自然材料，能够增强坡面的稳定性，减少水土流失，提升水土保持效果。植被根系不仅能加固坡面，防止土壤侵蚀，还能有效提高生物多样性，促进生态环境的恢复。其次生态护坡具有较好的适应性，可以根据不同的地形、气候和生态需求进行合理设计，充分发挥其绿色、可持续的优势。与传统技术相比，生态护坡更加注重生态效益和环境保护，符合现代可持续发展理念，具有较强的市场竞争力和技术创新潜力。

2 水利水电工程中的生态护坡需求

2.1 生态环境保护的需求分析

在水利水电工程建设过程中，生态环境的保护已成为不可忽视的重要议题。传统的硬质护坡技术往往忽视了对周围自然环境的保护，可能导致植被破坏、水质污染、生态系统失衡等问题。现代社会对环境保护的重视程度不断提高，绿色、可持续的建设方式被逐步纳入工程设计和实施标准中。生态护坡技术通过运用自然材料和植被进行坡面保护，能够最大程度减少生态损害，实现与自然环境的和谐共生。这一需求的产生不仅是为了满足国家环保政策的要求，更是对未来可持续发展战略的响应，促使水利水电工程的建设更加符合生态文明建设的目标。

2.2 水土流失与侵蚀问题的挑战

水土流失和土壤侵蚀问题在水利水电工程中日益突出，特别是在山地和丘陵地区，斜坡地带常常面临严重的土壤流失和侵蚀现象。传统的护坡技术虽然能提供短期的防护效果，但未能从根本上解决坡面水土流失问题，尤其在强降雨和水流冲击下，护坡效果常常难以持久。随着水利工程规模的扩大，水土流失的影响不仅限于工程区域，还可能波及更广泛的生态区域，破坏周围的植被和生物栖息地，影响水质和生物多样性^[2]。解决水土流失与侵蚀问题成为水利水电工程中的一个重要挑战，而生态护坡技术则能提供有效的解决方案，通过生物工程

手段增强坡面稳定性，减少水土流失，恢复生态功能。

2.3 生态护坡的应用必要性

在水利水电工程中，生态护坡的应用具有极为重要的现实意义。随着生态环境保护要求的提高，传统的硬质护坡逐渐暴露出其在环境友好性和可持续性方面的局限性。生态护坡技术不仅能够有效防止水土流失，保障坡面稳定，还能恢复生态系统，促进植被的自然生长，改善水土保持条件。生态护坡能够适应不同地形与气候条件，具有较高的灵活性与可操作性。在水利水电工程的实施过程中，生态护坡成为必不可少的技术手段，能够实现工程的绿色建筑目标，满足社会对于环境保护的需求。

3 生态护坡施工工艺的关键技术

3.1 生态护坡设计的原则与方法

生态护坡设计的核心在于满足水土保持、生态修复和环境保护的多重目标。设计过程中应坚持“因地制宜”的原则，根据不同区域的地形、气候条件和生态特征，选择适合的植物和材料。设计应确保坡面稳定性，合理利用植物根系的固定作用，防止土壤侵蚀。选材要注重生态适应性，优先考虑本地物种和天然材料，减少人工材料的使用，以保证护坡效果的持久性与生态协调性。施工过程中要综合考虑水土流失、植被生长、坡面排水等多个因素，确保设计方案不仅具备工程稳定性，还能恢复或增强生态功能。设计还需满足可持续发展的要求，通过科学的植被选择和施工工艺的优化，实现生态系统的自我修复能力。在这一过程中，土壤改良、排水系统的设计和植物种植密度的优化都是设计的关键环节。

3.2 常见施工工艺及其优势

生态护坡的施工工艺涵盖了从土壤准备、植被选择到养护管理的全过程。常见的施工工艺包括植物固坡、草袋护坡、植物草毯覆盖等方式。植物固坡法通过选用根系发达、抗逆性强的植物种类，在坡面上进行种植，利用植物根系的生长加固土壤，减少侵蚀和水流冲刷的影响^[3]。草袋护坡技术则是通过将草种植在透气性较好的袋中，并将其布置在坡面上，利用草的生长能力进一步加固坡面结构。这些施工工艺的优势在于，它们不仅可以提供土壤保护、减少水土流失，还能促进生态环境的恢复，增强生物多样性，提升坡面绿化效果。与传统硬质护坡方法相比，这些生态工艺更具生态友好性，不仅满足防护需求，还能在水利工程中营造良好的生态环境，提升景观价值和生态效益。

3.3 施工中的技术难点与对策

生态护坡施工中常见的技术难点包括土壤质量不均、植被生长条件不适应以及排水问题。首先土壤的结构和质地对植被生长起着至关重要的作用，不同地区土壤的渗透性、肥力和酸碱度差异较大，这会直接影响植物的生长和坡面稳定。针对这

一问题，需要通过土壤改良和优化配方来提高土壤质量，确保适合植物生长。其次施工过程中植被的选择与布局要充分考虑当地气候和生长周期，避免植被因环境不适应而无法有效固定坡面。对于排水问题，坡面排水系统的设计至关重要，需要设置合理的排水沟渠、渗水层以及透水性材料，以避免雨水积聚引发的滑坡和植被根系腐烂。解决这些难点的对策包括严格的施工工艺规范、定期的养护管理以及与生态环境条件的匹配，使得生态护坡不仅具备长期的稳定性，还能在多变的自然环境中发挥其功能。

4 生态护坡施工的实际应用案例

4.1 典型水利水电工程应用分析

在典型水利水电工程中，生态护坡技术被广泛应用于各类坡面治理，尤其是在山区及丘陵地区的水利建设项目中。这些区域普遍存在水土流失严重的问题，生态护坡通过选择适应性强的植物种类、合理的坡面设计与工程施工方案，有效增强了坡面的稳定性并防止了土壤侵蚀。施工过程中，结合当地的水文气候条件与地质特点，采用了多种生态工艺，如植被固坡、草袋护坡等方式，充分发挥植物根系的加固作用。科学设计的排水系统也确保了坡面土壤的水分平衡，避免了水分积聚导致的土壤冲刷与滑坡现象。这些应用在实际工程中取得了良好的效果，生态护坡技术的合理应用不仅增强了工程的稳定性，还改善了生态环境，促进了植被恢复与水土保持。

4.2 生态护坡效果的评估与监测

生态护坡效果的评估和监测是确保护坡技术有效性的关键环节。常见的评估方法包括植被覆盖率、坡面稳定性、土壤水分保持能力等指标的测量和分析。植被覆盖率是衡量生态护坡效果的重要标准之一，能够反映出植被在坡面稳定与水土保持中的贡献。坡面稳定性测试则通过监测坡面的变形与滑动情况，评估护坡技术的长期效果^[4]。土壤水分保持能力的评估则通过分析不同施工方案下的土壤水分变化，判断护坡设计在不同降水条件下的防护效果。通过定期监测这些关键指标，能够及时发现施工过程中可能出现的不足或效果不佳的地方，为后续养护和技术优化提供依据。同时，监测数据还可为今后类似项目的施工和设计提供参考与指导。

4.3 问题与改进措施

在生态护坡施工过程中，虽然该技术在水利水电工程中得到了广泛应用，但仍面临一些问题，如植被生长不稳定、施工质量难以保证以及技术实施的复杂性等。植被生长不稳定主要受气候变化、土壤环境和施工管理等多方面因素的影响，有时即使采用了适应性强的植物种类，仍难以达到预期的效果。为此，改进措施包括加强土壤改良和合理调配植物种类，确保植被根系能够深入土壤并有效固土。在施工过程中，确保质量控制是关键，需要制定严格的施工标准和检查流程，保证每一项

工艺都达到设计要求。施工时应考虑技术的可操作性与易实施性,避免过于复杂的施工方案导致工程进度滞后或质量无法保障。通过不断总结经验、优化施工方案、改进技术手段,生态护坡技术的应用效果将更加稳定和高效。

5 生态护坡技术的未来发展与创新

5.1 新型材料与工艺的应用前景

新型材料的应用为生态护坡技术的进一步发展提供了广阔的前景。当前,随着绿色建筑材料的不断创新,生态护坡施工中越来越多地采用了环保型、可再生材料,如生物基材料、透水性混凝土、天然纤维加固材料等。这些新型材料不仅能够提高坡面的稳定性,还能有效减轻环境负担,提升生态效益。复合材料和智能生态网格等新技术的出现,使得施工工艺更加高效、灵活,能够应对不同地形、气候和生态条件的挑战。未来,随着绿色材料的不断成熟和成本逐渐降低,生态护坡将向着更加环保、智能化的方向发展,逐步成为水利水电工程中不可或缺的技术。

5.2 生态护坡技术的智能化发展

科技进步,生态护坡技术的智能化发展逐渐成为未来的趋势。利用大数据、物联网和人工智能技术,可以实现护坡效果的实时监控与数据分析,提供精准的技术支持^[5]。通过传感器与遥感设备的结合,可以实时监测坡面土壤湿度、植被生长状

况及环境变化,从而为施工与养护提供科学依据。智能化施工设备的使用可以提高施工精度与效率,降低人工成本并减少施工过程中的环境影响。智能化发展不仅能够提升生态护坡技术的应用效果,还能促进其与现代科技的深度融合,使生态护坡技术更加精准、可靠和高效。

5.3 提高施工质量与效益的措施

提高施工质量与效益是生态护坡技术持续发展的核心目标。在施工过程中,严格的质量管理体系和技术规范的制定至关重要,确保每一环节都符合设计要求。应加强对施工队伍的技术培训与管理,提高施工人员的专业技能和环保意识。通过优化施工流程、提高施工效率,可以减少资源浪费和施工时间,降低工程成本。与此同时,定期的后期养护和监测也是保障生态护坡长期效果的重要措施。通过对施工质量的严格把控和对养护工作的持续投入,可以显著提升生态护坡技术的整体效益,为水利水电工程的可持续发展提供强有力的支持。

6 结语

生态护坡技术在水利水电工程中的应用,为环境保护和工程可持续发展提供了重要保障。随着新型材料和智能技术的发展,生态护坡将在未来的工程实践中展现更强的生命力与广泛的应用前景。加强施工质量和养护管理,是确保生态护坡效果的关键,为实现绿色水利建设提供坚实的技术支撑。

参考文献:

- [1] 罗阳.水利水电工程建设中生态护坡技术的应用研究[J].科技资讯,2025,23(14):168-170.
- [2] 李海林.新型生态材料在水利水电工程护坡结构中的技术优化研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(11):056-059.
- [3] 胡思成.治河工程中适应泥沙特性的生态护坡施工工艺优化与应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(7):136-139.
- [4] 罗川炼.水利工程防洪堤施工中生态护坡技术的应用[J].工程建设与设计,2025(14):105-107.
- [5] 罗楚权,彭少斌.水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J].水上安全,2025(4):31-33.