

生态护坡技术在黄河堤防工程中的应用实践研究

毕华威, 巩汝涛

(东平湖管理局东平管理局, 山东 泰安 271500)

摘要 本文聚焦黄河堤防生态护坡的关键技术与工程实践研究, 阐述了黄河堤防生态护坡的理论基础, 涵盖基本理论框架、黄河堤防独特生态环境特征对应的护坡需求; 深入分析了生态护坡的关键技术, 包括植被修复、生态材料、结构设计以及生态系统协同治理理论; 详细论述了黄河堤防生态护坡的工程实践, 并对其进行了理论验证, 分析传统护坡技术局限性, 明确设计原则与方法, 提出生态风险控制措施。本文旨在为黄河堤防生态护坡工程提供实践参考, 进而推动黄河堤防生态保护与可持续发展。

关键词 黄河堤防; 生态护坡; 植被修复; 生态材料; 生态系统协同治理

中图分类号: TV8

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.037

0 引言

黄河作为中华民族的母亲河, 其大堤的稳固与否直接关系到沿岸人民的生命财产安全以及整个生态系统的稳定。随着对生态环境保护意识的提高, 传统的护坡方式已难以满足现代黄河堤防建设与保护的需求。生态护坡技术作为一种兼顾工程防护与生态功能的新技术, 逐渐成为黄河堤防建设与保护的研究热点。通过深入研究黄河堤防生态护坡的关键技术并开展工程实践, 不仅能够提高大堤的稳定性, 还能改善大堤周边的生态环境, 实现生态与工程的和谐统一。

1 黄河堤防生态护坡的理论基础

1.1 生态护坡基本理论与技术框架

生态护坡是一种融合生态学、工程学等多学科理念的护坡方式, 其基本理论强调生态系统的自我修复和维持能力。在生态护坡系统中植物发挥着关键作用, 植物根系能够深入土壤起到加筋加固的作用, 增强土壤的抗剪强度减少坡体滑坡的风险。植物的蒸腾作用可以调节土壤湿度, 改善土壤结构^[1]。

在技术框架方面, 生态护坡涵盖了从坡面处理到植物选择的多个环节, 首先要对坡面进行清理和平整, 去除杂物和松散土壤, 为后续的施工创造良好的条件。然后, 根据不同的坡面条件和生态要求选择合适的植被种类。除了植物, 一些辅助工程技术也被应用, 如设置排水系统防止坡面积水对坡体造成破坏。一些新型的

生态护坡技术还融合了生物工程技术, 如利用微生物制剂改善土壤性质, 提高土壤肥力, 促进植物生长^[2]。

1.2 黄河堤防的生态环境特征与护坡需求

黄河堤防的生态环境具有独特性, 黄河流域的土壤类型多样, 部分地区土壤肥力较低, 保水保肥能力差, 而且黄河水的含沙量较大, 泥沙的淤积和冲刷对大堤的稳定性有着直接影响^[3]。从气候角度看, 黄河流域气候干旱与半干旱区域较多, 降水集中在夏季, 暴雨等极端天气时有发生, 这对大堤的护坡工程提出了挑战。

在这样的环境下(如图 1 所示), 黄河堤防的护坡需求十分迫切。一方面, 大堤需要承受河水长期的冲刷和水压力的作用, 护坡结构必须具备足够的强度和稳定性^[4]。另一方面, 黄河堤防周边的生态环境较为脆弱, 护坡工程不能破坏原有的生态平衡, 而应有助于改善生态环境^[5]。例如: 通过植被恢复增加生物多样性, 改善局部小气候防止土壤侵蚀等。护坡工程还需要考虑到黄河水的季节性变化, 确保在不同水位情况下都能有效保护大堤。

2 黄河堤防生态护坡的关键技术分析

2.1 植被修复与土壤稳定技术

植被修复是黄河堤防生态护坡的核心技术之一, 在植被选择方面需要充分考虑黄河堤防的生态环境特点。对于土壤肥力较低的区域可以选择耐瘠薄的草本植物, 如狗牙根等, 这些植物的根系发达, 能够在贫

作者简介: 毕华威(1977-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程管理。

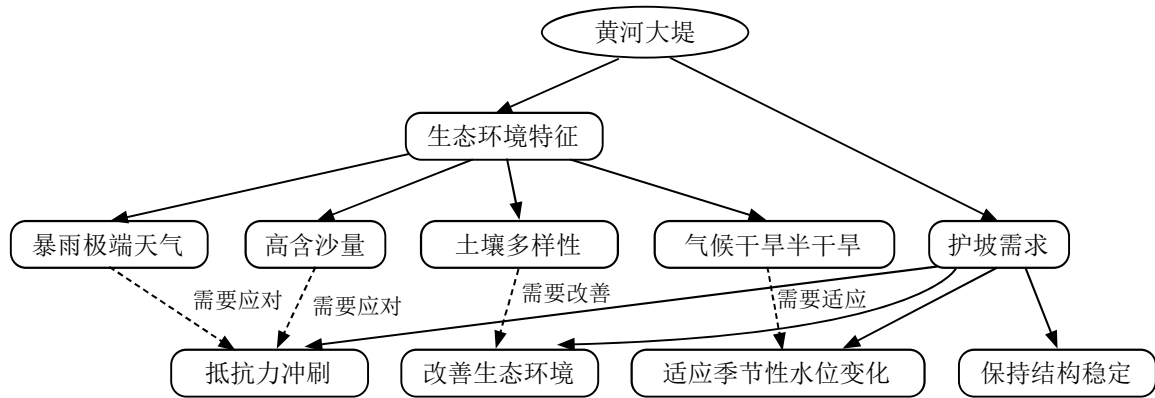


图1 黄河堤防的生态环境特征与护坡需求之间的关系

瘠的土壤中生长良好，并且具有较好的固土能力。对于一些坡面较为陡峭的区域可以搭配种植灌木，如紫穗槐，其根系的锚固作用可以有效防止土壤流失。

除了植物种类的选择，植被的种植方式也很关键，可以采用直播、扦插等方式。由于黄河堤防部分区域灌溉条件有限，可以采用雨水收集和节水灌溉技术，如滴灌、微喷灌等，保证植物的水分需求。土壤稳定技术与植被修复密切相关，通过植被根系的固土作用是土壤稳定的重要手段，但同时也可以辅助一些工程措施。例如：在坡面上设置土工格栅，土工格栅可以将土壤颗粒有效地连接在一起，增加土壤的整体性。在一些容易发生崩塌的区域，可以采用坡面加固结构，如砌石护坡与植被相结合的方式。砌石可以提供即时的稳定性，而植被则逐渐发挥长期的护坡作用。

2.2 生态材料与结构设计

生态材料在黄河堤防生态护坡中有着广泛的应用，其中，生物基材料是一种具有重要意义的生态材料。例如：利用植物纤维如秸秆等制成的复合材料，这些材料具有良好的生物降解性，在护坡过程中随着时间的推移逐渐分解，不仅不会对环境造成污染，而且分解后的物质还能为土壤提供养分。

在生态护坡的结构设计方面，需要综合考虑多方面因素。首先是坡面的几何形状，对于不同坡度的坡面应采用不同的结构设计。缓坡可以采用简单的植被覆盖与简单的加固结构如木桩围栏等。而对于陡坡则需要更复杂的结构，如阶梯式护坡。阶梯式护坡可以减缓坡面水流速度，增加土壤的稳定性；在阶梯上设置种植槽，种植适宜的植物既能美化坡面，又能起到护坡作用。

生态护坡结构还需要考虑到黄河水的冲刷作用，在靠近河水的区域可以设置防冲刷护坡，采用大块石或混凝土块进行铺设。护坦的结构设计要保证其在河

水冲刷下的稳定性，同时还要考虑到生态因素，如在护坦的间隙中种植一些水生植物，既可以防止护坦之间的缝隙被泥沙堵塞，又能增加生态多样性。

2.3 生态系统协同治理理论

黄河堤防生态护坡中的生态系统协同治理理论强调多要素的协同作用，植物、动物、微生物等生物要素以及土壤、水等非生物要素之间相互关联、相互影响。在植物群落方面，不同植物之间存在着共生、互惠等关系。例如：一些豆科植物与根瘤菌共生，根瘤菌能够固定空气中的氮提高土壤肥力，从而有利于其他植物的生长。在动物方面，一些昆虫和鸟类可以参与植物的授粉和种子传播过程。

微生物在生态系统中也扮演着重要角色，一些微生物还具有固氮、解磷等特殊功能，对改善土壤性质有着积极意义。在黄河堤防生态护坡中，通过合理的措施促进微生物的繁殖和活动，可以提高土壤的肥力和结构稳定性。非生物要素之间同样存在协同关系，土壤的物理性质如质地、孔隙度等与水分的保持和渗透密切相关。良好的土壤结构能够提高水分的利用效率减少径流，而水的存在又影响着植物的生长和土壤微生物的活动。在生态护坡实践中，需要协调这些非生物要素之间的关系，如通过合理的坡面排水设计，既保证雨水能够及时排出，又不会因为排水过快而导致土壤失水过多影响植被生长。

3 黄河堤防生态护坡的工程实践与理论验证

3.1 传统护坡技术的局限性分析

传统的黄河堤防护坡技术主要以硬质材料护坡为主，如砌石护坡和混凝土护坡。这些护坡技术在一定程度上能够抵御河水的冲刷，保证大堤的稳定性。然而，它们存在着诸多局限性。从生态环境角度来看，硬质护坡破坏了原本的生态环境，使得坡面的植被无法生

长,生物多样性降低。例如:砌石护坡将坡面完全封闭,阻碍了土壤与外界的交换,导致土壤肥力难以恢复。

在景观方面,传统硬质护坡缺乏美感,与周边的自然景观不协调,黄河堤防周边往往是自然生态区域,硬质的护坡结构与绿色的植被、蓝色的河水形成鲜明对比,影响整体的景观效果。此外,传统护坡技术在应对极端气候事件方面也存在不足,如在暴雨天气时,硬质护坡表面的水流速度较快容易形成径流冲刷,导致护坡结构的局部破坏。

从护坡的长期稳定性来看,传统护坡技术虽然能够提供即时的支撑,但随着时间的推移,由于缺乏植被的固土作用,在水流的长期冲刷和土壤自身重力等因素的影响下,可能会出现护坡结构的变形和损坏。而且硬质护坡的维修成本较高,一旦出现损坏需要投入大量的人力、物力进行修复。

3.2 生态护坡的设计原则与方法

首先,生态适应性原则。要根据黄河堤防的地理位置、气候条件、土壤类型等选择合适的植物和护坡技术。例如:在干旱地区,要优先选择耐旱植物;在土壤肥力低的区域选择具有固氮能力的植物。其次,协调性原则。生态护坡设计要与周边环境相协调,无论是景观上还是生态功能上。在景观方面要使护坡与黄河堤防的整体风貌相匹配,在生态功能上要与周边生态系统形成互补。

在方法上,多采用综合性的设计方法,将植被护坡、工程护坡相结合。例如:在坡面上先进行植被种植,然后在局部不稳定区域采用工程加固措施,如在坡脚设置挡土墙。同时,在坡面上设置生态槽、鱼巢等结构,增加生物多样性。在设计过程中还可以利用现代信息技术,如地理信息系统(GIS)对坡面地形、土壤类型等进行分析,制定更科学合理的设计方案。生态护坡设计要遵循可持续发展的原则,选择环保、可再生的材料,确保护坡工程的长期稳定性和生态效益的持续性。例如:优先使用可降解的生态材料,在护坡结构设计中考虑后期的维护和更新,尽量减少对环境的负面影响。

3.3 工程实施中的生态风险控制

在黄河堤防生态护坡工程实施过程中存在多种生态风险,首先是外来物种入侵风险。在植被选择时如果引入了不适当的外来植物物种,可能会对本地生态系统造成破坏。这些外来物种可能会抢占本地植物的生存空间,与本地植物竞争养分、水分等资源。因此,在植被选择前要进行充分的风险评估,优先选择本地物种,对于必须引入的外来物种要进行严格的隔离和

监测。施工过程中的生态风险也不容忽视,施工活动可能会破坏原有的土壤结构和植被,如果不加以控制会导致土壤侵蚀加剧。在施工过程中要采取有效的防护措施,如在施工区域周围设置临时围挡,减少人为因素对周边生态环境的干扰。同时合理安排施工顺序,先进行土壤改良等有利于植被生长的基础工作,再进行植被种植。

生态护坡工程建成后,还面临着自然灾害对生态系统的破坏风险,如洪水、地震等可能会破坏护坡结构影响植被生长。因此,在工程规划时要考虑到这些自然灾害的应对措施。例如:设置一定宽度的缓冲带,缓冲洪水对护坡的冲击;对护坡结构进行抗震设计,确保在地震等自然灾害发生时护坡和植被的基本稳定。

4 结束语

黄河堤防生态护坡的关键技术研究及其工程实践是一个复杂的系统工程。通过对生态护坡的理论基础分析,明确了生态护坡的基本理论框架和黄河堤防特殊的生态环境特征下护坡需求的特殊性。在关键技术分析中,深入探讨了植被修复与土壤稳定技术、生态材料与结构设计以及生态系统协同治理理论,这些技术相互关联、相互影响,共同构成了黄河堤防生态护坡的技术体系。在工程实践与理论验证部分,通过对传统护坡技术局限性的分析,凸显了生态护坡的必要性。随着科技的不断进步,新的生态材料和植被品种将不断涌现,为生态护坡提供更多的选择,同时随着对生态系统认识的不断深入,生态系统协同治理理论将更加完善。在工程实践方面,应更加注重生态效益与工程效益的平衡,实现黄河堤防的生态保护与可持续发展的双重目标。此外,还应加强国际间的交流与合作,推动黄河堤防生态护坡技术走向更高的水平。

参考文献:

- [1] 杜娟,李秉哲.黄河堤防生态护坡技术应用研究[J].工程技术研究,2025,10(04):220-222.
- [2] 孔祥磊,张维波.黄河防洪工程中迎水面生态护坡结构设计及应用效果分析[J].中国防汛抗旱,2025,35(11):75-78.
- [3] 假冬冬,陈萌,李锐,等.黄河下游多因素耦合作用生态护坡破坏机制研究进展[J].水科学进展,2024,35(05):853-864.
- [4] 张旭.黄河下游堤防生态护坡措施试验与效果评价[D].济南:济南大学,2022.
- [5] 金钊,余欣,李振洪,等.黄河全流域科学考察的几点认识和思考[J].中国水利,2024(23):6,7-11.