

水利工程中生态护坡技术的应用现状与改进措施

● 张 波



[摘要] 生态护坡技术作为现代水利工程中的重要创新手段,不仅有效满足了防洪减灾的核心需求,还在生态系统修复和景观价值提升方面发挥了显著作用。文章系统梳理了生态护坡技术的主要功能,分析了其在实践应用中取得的成效和面临的瓶颈,涵盖设计、施工及维护等环节的具体问题。基于工程案例和最新技术发展,提出了优化设计、改进施工工艺和完善管理与维护的可行措施,为解决生态护坡技术在水利工程中的实际问题提供了技术路径和理论支撑。研究表明,科学合理地应用生态护坡技术,不仅可以显著提升水利工程的综合效益,而且有助于实现人与自然和谐共生,为推动水利工程的可持续发展提供了重要参考。

[关键词] 生态护坡;生态效益;创新技术

随着水利工程建设规模的扩大,其对生态环境的影响日益显著,传统护坡模式在追求防洪与结构稳定的同时,往往忽略了自然生态的保护和修复需求。为解决这一矛盾,生态护坡技术应运而生,逐步成为现代水利工程的重要组成部分。相比传统护坡,生态护坡通过引入生态元素,能够实现工程功能与生态效益的有机结合。近年来,该技术在国内外的应用取得了一定成效,但由于地质条件、施工技术和管理水平的限制,实际工程中仍面临诸多挑战。文章以生态护坡的功能与现状为切入点,探讨其在设计、施工及维护方面的改进方向,力求为实现水利工程与生态环境的协同发展提供新思路与科学依据。

生态护坡的主要功能

(一) 防洪功能

生态护坡技术在水利工程中首要承担防洪减灾的功能。通过优化坡面结构和增加护坡表面的粗糙度,生态护坡有效削弱了洪水流速,降低了水流对堤岸的侵蚀力,有效提高了河道的抗冲刷能力。与传统混凝土护坡相比,生态护坡具有更好的柔性结构适应性,能够在应对洪峰流量时保持结构完整性。此外,植被的根系在护坡中的应用进一步增强了坡体的稳定性,有助于防止雨季土体滑移,减少堤岸垮塌的风险。许多实践案例表明,在防洪安全性方面,生态护坡技术表现出良好的适应性和可靠性,为洪水管理和水利工程的安全运行提供了重要支撑。

(二) 生态功能

生态护坡技术通过融入生态修复理念,在维护堤岸稳定的同时,有效改善了水域的生态环境。护坡植被的引入不仅增加了地表覆盖率,还为多种水生与陆生生物提供栖息地,促进了生物多样性的恢复和维持。植被与土壤共同作用能够吸收水体中的营养物质,减少污染物的富集,改善水体质量。同时,生态护坡还能通过减少水土流失,维护河道两岸的自然生态系统。近年来,针对湿地保护和水源涵养等特殊需求的工程中,生态护坡的生态功能尤为突出,为恢复受损的生态环境提供了行之有效的解决方案。

(三) 景观功能

通过科学的绿化设计和多样化的植物配置,护坡区域不仅呈现出自然和谐的视觉效果,还改善了周边的环境品质。在一些城市河道和景观湖泊工程中,生态护坡的景观功能得到广泛应用,为居民提供了亲近自然的空间和观赏性环境。同时,护坡植物在四季变化中呈现的多样化景观,能够丰富水利工程的文化内涵,增强公众的生态保护意识。尤其在生态旅游和城市规划结合的工程中,生态护坡已逐步成为兼具功能性和观赏性的关键设计元素,实现“功能与美感并重”的目标。

生态护坡技术的应用现状分析

(一) 技术应用形式与类型

生态护坡技术根据工程环境和功能需求,呈现出多样化

的应用形式和类型。

(1) 植被护坡：这是最常见的应用形式，一般通过种植适宜的草类、灌木或乔木构建绿化坡面，植被根系能够增强土体稳定性，同时改善景观效果，常用于河道堤岸和湖泊周边。

(2) 土工格室护坡：通过蜂窝状结构增强坡面抗冲刷能力，并在格室中填充土壤或植被，适用于急流河段和山洪灾害频发区域。

(3) 生态混凝土护坡：利用多孔混凝土材料替代传统硬质护坡，为植物生长和生物栖息提供基础空间，适用于城市河道和景观工程。

(4) 仿自然护坡：以模拟自然岸线形态为主，如缓坡设计和湿地构建，广泛应用于生态恢复工程。

上述形式在不同环境中发挥了重要作用，但各类型技术在适用范围、施工成本和维护需求上存在明显差异，需要根据实际情况进行选择和优化。

(二) 技术应用存在的问题

(1) 设计问题。生态护坡技术在设计阶段经常面临多重挑战，主要表现在缺乏系统性和科学性上。部分工程的设计过于强调单一目标，例如，防洪性能，而忽略生态效益和区域特性的综合考量，导致生态护坡在应用中未能实现预期效果。此外，不同地区的地质条件、水文特征和气候差异往往被简单化处理，未能充分考虑区域内植物适宜性和生态系统复杂性，造成植被生长不良，甚至坡体不稳定的情况发生。设计规范的不足进一步加剧问题的严重性，目前许多生态护坡工程缺乏统一的技术标准和明确的设计依据，更多依赖于经验判断，导致设计成果参差不齐，难以为后续推广提供科学参考。

(2) 施工问题。施工阶段对生态护坡技术的实际效果有着至关重要的影响，但目前的施工水平仍存在诸多限制。施工工艺的复杂性是首要问题，生态护坡不同于传统硬质护坡，其对植物的种植方法、材料布置及施工精度要求更高，而施工单位往往缺乏相应的技术储备，难以满足高标准的施工需求。另一个常见问题是植被的成活率低，施工中未充分考虑种植季节、土壤条件和灌溉管理等因素，导致大量植被在短时间内枯萎，从而影响了护坡的整体稳定性和生态功能。

(3) 维护问题。生态护坡技术的长效性依赖于后期的科学管理和精细化养护，但实际工程中维护问题却十分突出。首先，一些工程缺乏明确的维护管理主体，导致施工完成后护坡处于无人管理的状态，出现植被退化、坡体坍塌等问题。其次，维护成本高也是限制因素之一，尤其是在植被密度较高或气候条件复杂的区域，定期的修剪、灌溉、病虫害防治和植物更换等任务需要大量的人力和财力支持。传

统维护方式多依赖人工巡查，效率低且容易遗漏问题，实时监控手段的缺乏使得隐患难以及时发现和处理，从而增加了后期的管理成本。

(4) 技术瓶颈。生态护坡技术尽管取得一定的进步，但仍受到多方面技术瓶颈的限制。首先，当前的技术在特殊环境中的适应性较弱，例如，在高盐碱、极寒或高温地区，护坡植被的生长条件受到极大制约，限制技术的普适性。其次，生态护坡材料和植被的耐久性也存在不足，在长期使用或极端气候条件下易发生功能衰减，影响工程稳定性和生态效益。多学科融合的不足导致生态护坡技术的集成度较低，水文工程、植物生态、土壤力学等领域的协作研究尚不充分，这种技术壁垒使得创新和优化过程受到限制，阻碍生态护坡技术的进一步推广与发展。

Q 生态护坡技术的优化方向

(一) 优化护坡设计

1. 制定因地制宜的设计方案

生态护坡的设计应充分考虑区域的地质、水文和气候特点，需要针对不同环境条件，采用适配的方案。在土质松软的地区，设计方案应注重增加坡面的植被覆盖率，同时优化坡度角度，以提升抗冲刷能力。在多岩石或砂石的地带，可优先采用土工格室护坡或生态混凝土护坡，确保坡面的稳定性。水文复杂区域则需结合洪水的历史数据，通过优化坡面曲率和防冲刷结构，有效应对洪峰流量和流速冲击。不同气候条件对植物选择也提出要求，高寒地区应优先选用耐寒性强的植物，结合抗冻性材料加强护坡功能；干旱地区则需要配备节水灌溉设施和耐旱植被，确保护坡绿化的可持续性。

2. 应用模拟技术优化设计参数

现代模拟技术在优化生态护坡设计参数中发挥了重要作用，尤其是在坡面形态、植被配置和长期生态效益预测方面提供了科学依据。通过水动力模拟技术，可以精确计算坡面倾角、流速及水流冲击力等关键参数，优化坡面倾角在 25° 至 35° 之间，以降低水流剪切力对坡体的破坏，结合曼宁糙率系数计算，提升护坡的抗冲刷能力。此外，植被覆盖模拟技术帮助选择合理的种植密度和植物类型，通常建议护坡植被覆盖率不低于70%，根系抗拉强度达到50kPa以上以增强抗滑移能力。生态系统仿真技术进一步预测护坡的长期效益，例如，根系深度达到30cm以上时，坡面抗侵蚀性能可提高20%，植被吸收氮、磷污染物的效率达40%~60%。在某湿地修复工程中，利用这些模拟技术优化的方案，使得坡面土壤流失减少30%，生态护坡的稳定性和环境效益显著提升，充分验证了模拟技术在参数优化中的价值。

3. 规范设计流程保障工程质量

在生态护坡技术的设计中,缺乏统一的技术标准和规范是当前的主要问题。为了确保工程质量,需要建立系统化的设计流程和明确的技术规范。通过总结已实施项目的实践经验,将典型的成功设计案例转化为可推广的标准化方案。同时,引入第三方技术评估机制,对设计的科学性和可行性进行审核,以避免因设计缺陷导致的工程问题。规范化的设计不仅有助于提高护坡技术的整体水平,还能为技术推广和跨地区应用提供参考。

(二)改进施工技术

1.引入新型生态材料

传统护坡材料多以混凝土和石材为主,虽然具备较高的结构强度,但生态兼容性较差。新型生态材料的引入则显著解决了这一问题。例如,高分子土工布作为一种具有透水性、抗拉强度高的材料,不仅能增强坡体的抗滑能力,还能为植被生长提供稳定的基质。可降解植物基材料(如椰丝网、秸秆毯)也被广泛应用,其降解过程中能够释放有机物质,促进土壤肥力提升和植被生长,为护坡的长期生态功能提供支持。这些材料的应用,不仅减少了传统硬质材料对环境的破坏,还提高了生态护坡的整体适应性和可持续性。

2.推广模块化施工技术

模块化施工技术通过将复杂的护坡建设分解为可重复制造的标准化模块,显著提高了施工效率和精度。常见的模块化单元包括预制植被板块、嵌套式土工格室等,这些单元在工厂预制后运至施工现场进行拼接,减少了现场施工的工艺复杂度。此外,模块化施工的标准化操作还能减少人工施工误差,提高坡面整齐度,确保坡体结构稳定性与植被覆盖效果的协调一致。结合自动化施工设备,模块化技术能够进一步提升效率,实现大面积生态护坡的快速实施。

(三)完善管理与维护

1.建立管理体系与明确责任分工

生态护坡工程的管理需要系统化、标准化。首先,应制定明确的护坡管理规范,包括定期巡查、养护记录和应急处理流程。管理主体的责任分工需要清晰,建议由地方水利部门牵头,联合生态保护组织和社区共同实施管理。其次,通过引入第三方评估机构,对护坡的运行状况进行独立评估,确保维护工作的科学性与公平性。在管理过程中应建立动态维护档案,涵盖护坡的植被覆盖率、土壤水分含量及植被健康状况等数据,为后续维护决策提供可靠依据。

2.优化植物养护策略

植物养护是生态护坡管理中的核心内容,合理的养护策略能够显著提升护坡的生态效益与稳定性。根据植物生长周期制定科学的修剪计划,避免过度修剪导致植被覆盖率下

降。对于病虫害防治,应采用环保型防治手段,如生物防治和低毒农药,以减少对环境的二次污染。在干旱或高温季节,通过配备滴灌或喷灌系统,实时调控灌溉量,确保植物的生长所需。研究表明,优化灌溉和养护策略后,植物根系深度可提高20%~30%,大幅增强坡面的抗侵蚀能力。此外,定期更换老化植物并引入适应性更强的本地植物群落,能够有效维持护坡的生态功能。

3.引入智能监测技术

传统的人工巡查方式存在效率低、覆盖范围有限的问题,智能监测技术的应用能够显著提升管理与维护的精准性。例如,利用无人机监测护坡的植被覆盖情况,通过多光谱成像分析植被健康状态,快速发现潜在问题。传感器技术也被广泛应用于坡面监测,包括土壤水分传感器、地质压力传感器和坡体位移监测装置等,这些设备能够实时记录坡体的物理状态,并通过物联网系统将数据传输至管理平台。结合大数据分析技术,管理者可以精准判断护坡的运行状况并制定相应的维护措施。

Q 结束语

生态护坡技术在水利工程中的应用,不仅体现了工程功能与生态效益的协同发展,也为实现人与自然的和谐共生提供了现实路径。通过优化设计、改进施工技术和完善管理与维护,生态护坡技术能够更加科学、可持续地应对复杂的环境挑战,同时提升水利工程的综合价值。在当前水利工程建设不断推进的背景下,加强生态护坡技术的创新与实践,不仅是保护生态环境的必要举措,也是实现工程长期效益与可持续发展的重要保障。这一技术的广泛推广与应用,标志着水利工程从传统向绿色、生态方向的转型升级,将为未来的发展提供重要支持。

参考文献

- [1]吴曙辉.水利工程中的河道生态护坡施工技术应用要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(34):199-201.
- [2]韦敬民.浅析河道生态护坡施工技术在水利工程中的应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):131-133.
- [3]蔡健.水利工程河道生态护坡施工技术的应用研究[J].工程技术研究,2023,8(13):89-91.
- [4]刘丽萍.水利工程中的河道生态护坡施工技术应用要点分析[J].工程建设与设计,2023(03):192-194.

作者简介:

张波(1984—),女,汉族,山东聊城人,本科,工程师,聊城市东昌府区新区街道办事处,研究方向:水利工程。