

生态堤防设计在水利工程设计中的应用

史冠军

浙江云滴智水科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 本文围绕生态堤防设计在水利工程设计中的应用展开。阐述生态堤防定义与内涵,介绍设计原则、关键技术要素。探讨生态功能分析、工程安全与生态功能平衡、材料与结构创新、景观与文化融合等技术方法。并分析在城市河道治理、农村水系整治、湿地保护区建设等场景的应用,为水利工程设计提供生态化思路,实现防洪与生态和谐共生。

关键词: 生态堤防设计; 水利工程; 防洪安全; 生态保护; 技术应用

引言: 水利工程关乎国计民生,传统堤防设计主要侧重于防洪功能,对生态保护方面的考虑相对不足。随着生态理念的广泛普及,生态堤防设计理念应运而生。生态堤防设计巧妙融合了生态保护与工程功能,在确保防洪安全的基础上,致力于构建良好的生态环境。其设计过程涉及多方面的理论与技术,并且能够广泛应用于不同的水利场景。深入研究生态堤防设计,对于推动水利工程的可持续发展、实现人与自然的和谐共处,具有极其重要的意义。

1 生态堤防设计的基本理论

1.1 生态堤防定义与内涵

生态堤防被定义为融合生态保护与工程功能的堤防系统。它突破了传统堤防单纯以防洪为目的的局限,将生态保护理念深度融入其中。在防洪层面,生态堤防需具备坚实稳固的结构,能够抵御洪水侵袭,保障周边区域人民生命财产安全,这是其作为堤防的基本工程功能。而在生态保护方面,生态堤防致力于构建与维护良好的生态环境。其核心目标在于实现防洪安全与生态环境的协调发展。在防洪安全保障上,通过科学合理的工程设计,如优化堤身结构、确定合适堤顶高程等措施,有效阻挡洪水漫溢。在生态环境营造上,注重保护与恢复河流生态系统的完整性。例如,在堤岸建设中,保留和恢复河流的天然蜿蜒形态,避免因过度硬化、取直堤岸而破坏河流生态。这种天然蜿蜒形态有助于减缓水流速度,降低洪水冲击力,同时为水生生物提供多样化栖息地,促进生态系统的稳定与繁荣,从而达成防洪与生态的和谐共生。

1.2 设计原则

生态优先原则是生态堤防设计的核心,强调保护自然水文过程与生物栖息地。设计应减少对河流天然水流状态的干扰,避免不合理缩窄河道,以保障河流自然行

洪排涝能力,维持水位与水流节律,为水生生物营造适宜生存环境。应注重保留并营造多样化栖息空间,通过种植本土水生、湿生植物,为鱼类、两栖类、鸟类等生物提供觅食、繁殖与栖息场所,促进生物多样性。功能复合原则要求生态堤防集成防洪、生态、景观、休闲等多重功能^[1]。在保障防洪安全的基础上,利用生态护坡技术与植被配置打造优美河岸景观,设置休闲步道、亲水平台等设施,为居民提供休闲娱乐空间,使生态堤防兼具防洪屏障、生态家园、景观廊道与休闲去处功能。动态适应原则强调生态堤防需适应气候变化与生态演替。设计需采用弹性理念,选用可适应水位变化与水流冲刷的生态材料,确保洪水期防护与枯水期植被生长的平衡。同时,预留空间与条件,允许植被与生物群落自然发展,保障生态堤防长期良好运行。

1.3 关键技术要素

生态护坡技术多样且实用。植物护坡利用植物根系固土护坡,如狗牙根、结缕草等草本植物,其根系纵横交错,能有效增强土壤抗侵蚀能力,美化堤岸环境。生态袋护坡采用装满土和植物种子的生态袋堆砌成护坡结构,袋体具有透水性,植物在袋中生长,既稳固边坡又营造生态景观。生态混凝土护坡在混凝土中添加多孔材料,为植物生长提供空间,实现工程防护与生态修复的结合。水文连通性设计至关重要。鱼道的建设为鱼类等水生生物洄游提供通道,保障水生生物种群交流与繁衍。湿地缓冲带设置在堤岸与河流之间,通过湿地植物的拦截、吸附作用,净化水质,调节洪水流量,为水生生物提供栖息地,增强河流生态系统的稳定性。生物多样性保护措施贯穿生态堤防设计。栖息地营造通过构建多样化生态环境,如浅滩、深潭、洞穴等,满足不同生物生存需求。本土物种应用优先选择本地原生植物与动物,它们对当地环境适应性强,能更好地融入生态系

统,促进生态平衡,减少外来物种入侵风险,保障生态堤防生态系统的健康与稳定。

2 生态堤防设计的技术方法

2.1 生态功能分析

生态功能分析是生态堤防设计的核心基础,需从水系、植被、土壤及生物需求四大维度展开系统性评估。水系评估需聚焦流量、流速、水位波动及河网连通性。通过长期水文监测数据绘制流量过程线,明确洪枯季特征与极端水文事件规律,为防洪标准与水文连通性设计提供依据。例如,分析三峡水库调度对下游河道水位的影响,需结合鱼类洄游期调整泄洪方案。植被评估需全面调查堤岸及周边植被类型、分布与群落结构。采用样方法记录植物种类、覆盖度及生物量,分析水源涵养、土壤保持等生态功能。土壤评估则涵盖类型、质地、肥力及侵蚀状况,通过采样分析获取物理化学性质,为植被种植与土壤改良提供科学支撑。生态需求识别聚焦生物通道与栖息地恢复。生物通道设计需兼顾水生生物洄游与陆生动物迁徙需求,例如在河流障碍物处设置仿自然鱼道,模拟天然河道流速与地形,辅助鱼类通过。栖息地恢复需评估破坏程度与缺失类型,制定针对性策略。若湿地因人类活动退化,可通过植被恢复与水文调控,重建水鸟、两栖动物栖息环境。生态功能分析需以数据驱动决策,通过多学科交叉融合,实现工程安全与生态效益的协同优化。

2.2 工程安全与生态功能的平衡

稳定性分析强调堤防结构与生态材料的协同设计。在堤防结构设计中,除考虑传统的抗滑、抗倾覆稳定性外,还需结合生态材料特性^[2]。例如,采用生态混凝土作为堤岸护坡材料时,其多孔结构在满足植物生长需求的同时,会影响材料的力学性能。在设计时需通过力学计算,优化生态混凝土的配合比与结构尺寸,确保在洪水冲刷、土体压力等作用下,堤岸结构依然稳定。利用数值模拟技术,模拟不同工况下堤防结构与生态材料的协同工作状态,为设计提供科学依据。风险评估关注洪水、侵蚀等自然因素对生态的影响。洪水风险评估通过水文模型与水动力模型,预测不同频率洪水的淹没范围、水深、流速等,分析洪水对堤岸生态系统的冲击,如洪水可能冲毁植被、破坏栖息地等。侵蚀风险评估则考虑水流冲刷、风力侵蚀、土壤侵蚀等对堤岸稳定性与生态功能的破坏。针对评估结果,制定相应防护措施。如在易受洪水冲击的堤段,设置防冲护坦、丁坝等工程措施,同时种植耐冲刷植被,增强堤岸抗侵蚀能力,保障生态系统在自然因素干扰下的稳定性。

2.3 材料与结构创新

新型生态材料不断涌现。可降解材料在生态堤防建设中具有独特优势,如可降解土工布,在堤岸防护初期能起到加固土体、防止水土流失作用,随着时间推移,材料逐渐降解,不会对环境造成长期污染,且降解产物可为土壤微生物提供养分,促进植被生长。再生材料如再生混凝土,利用废弃混凝土块破碎、筛分后作为骨料重新生产混凝土,既降低建筑材料成本,又减少固体废弃物排放,符合可持续发展理念。结构形式优化体现在柔性护岸与阶梯式护坡等创新设计。柔性护岸采用植被、土工格栅、石笼等组合结构,能适应堤岸土体变形,减少对生态系统的硬性阻隔。在河流弯曲段,柔性护岸可随河岸自然变形,保护河岸生态。阶梯式护坡通过设置多级台阶,增加堤岸与水体接触面积,为水生生物提供更多栖息空间,同时在台阶上种植植物,增强护坡稳定性与生态景观效果。

2.4 景观与文化融合

地域文化表达通过景观小品、文化符号融入实现。在堤岸景观设计中,提取当地历史文化元素,转化为景观小品。例如,在具有悠久航运历史的地区,设计以古船锚、船桨为原型的雕塑,布置在堤岸休闲广场,展现地域特色。文化符号如传统建筑图案、民俗纹饰,可应用于堤岸栏杆、步道铺装设计,使生态堤防成为地域文化展示窗口。公众参与设计注重使用者需求与生态功能的平衡。通过问卷调查、社区座谈会等形式,收集公众对堤岸景观、休闲设施的需求^[3]。如公众希望在堤岸设置更多健身设施、儿童游乐区,设计团队在满足生态功能前提下,合理规划空间,融入这些功能元素。向公众普及生态堤防知识,让公众理解生态功能重要性,共同参与生态堤防建设与维护,实现生态效益、社会效益与经济效益的统一。

3 生态堤防在水利工程中的应用场景

3.1 城市河道治理

在城市河道治理中,城市滨水空间改造是重要方向,生态堤防与城市绿道结合成效显著。生态堤防的建设为城市绿道提供了依托基础,二者有机融合打造出兼具生态与休闲功能的城市公共空间。在堤岸设计上,采用缓坡式生态堤防结构,坡度一般控制在1:3-1:5之间,便于行人行走与植被生长。在堤坡上种植各类观赏草与开花植物,如狼尾草、金鸡菊等,形成色彩斑斓的植被景观带。沿着堤岸修建城市绿道,绿道材质选用透水砖或彩色沥青,既满足排水需求又提升美观度。绿道设置步行道与自行车道,两侧安装路灯与休闲座椅,方便市

民日常休闲与锻炼。例如,在某城市的护城河治理项目中,通过生态堤防与城市绿道结合,将原本单调的河道堤岸转变为市民喜爱的打卡地,周边房产价值也因环境改善而提升约15%。水质净化功能在城市河道治理中至关重要。湿地缓冲带设置在堤岸与河道之间,一般宽度在5-20米不等。湿地内种植菖蒲、芦苇等水生植物,这些植物根系发达,能有效吸附、降解水中的氮、磷等污染物。据研究,经过湿地缓冲带净化,河流水体中的氨氮含量可降低20%-30%,总磷含量降低15%-25%。植物过滤系统则利用堤岸植被的过滤作用净化水质。在堤岸坡面上种植多层植被,从草本植物到灌木再到乔木,形成立体过滤结构。雨水与地表径流经过植被层时,其中的泥沙、污染物被拦截过滤,减少进入河道的污染物质,改善城市河道水质。

3.2 农村水系整治

农田水利与生态堤防协同是农村水系整治的关键。在防洪方面,生态堤防采用坚固且生态友好的结构,如石笼网与植被结合的堤岸形式。石笼网由镀锌铁丝网装填石块构成,具有良好的抗冲刷能力,在石笼网间隙种植狗牙根等耐贫瘠、根系发达的草本植物,进一步加固堤岸。在农业生态方面,生态堤防与农田灌溉系统有机结合。在堤岸上设置灌溉取水口,根据农作物生长需求合理调配水量。例如,在水稻种植区,在生态堤防合适位置安装自流灌溉设施,利用水位差实现农田自动灌溉,既节约水资源又降低灌溉成本。通过生态堤防建设,有效减少洪水对农田的侵害,保障农业生产安全,促进农业生态系统的良性发展。乡土植物应用在农村水系整治中优势明显^[4]。乡土植物适应本地气候、土壤条件,具有低成本、易维护特点。在农村生态堤防建设中,大量种植本地常见的柳树、杨树等乔木,以及紫花苜蓿、三叶草等草本植物。柳树与杨树生长迅速,根系发达,能有效固堤护坡,且树苗价格低廉,易于获取。紫花苜蓿与三叶草可作为护坡植被,同时还是优质牧草,能为当地畜牧业提供饲料资源。这些乡土植物无需特殊养护,依靠自然降水与土壤肥力就能良好生长,大大降低生态堤防的建设与维护成本,在农村地区具有广泛推广价值。

3.3 湿地保护区建设

湿地生态廊道设计是湿地保护区生态堤防建设的核心内容之一。在鸟类栖息地营造上,生态堤防通过设置不同类型的微地形与植被群落来实现。在堤岸周边打造浅滩、深潭等多样化水域环境,浅滩水深一般控制在0.3-0.8米,为水鸟提供觅食、栖息场所。在浅滩区域种植挺水植物如荷花、香蒲,深潭周边种植沉水植物如黑藻、金鱼藻,形成完整的水生植物群落,为鸟类提供丰富食物来源。生态堤防的堤坡采用缓坡设计,并种植低矮灌木与草本植物,为鸟类提供隐蔽栖息空间。生态堤防与水文调节紧密相关,水位波动适应性设计是关键。湿地保护区水位受季节、降水等因素影响波动较大。生态堤防采用可适应水位变化的结构与植被。在堤岸结构上,采用柔性护岸结构,如土工格栅与生态袋组合结构。土工格栅增强土体稳定性,生态袋内填充土壤与植物种子,在水位上升时,生态袋可部分淹没在水中,植物依然能够生长;水位下降后,生态袋又可露出水面,继续发挥护坡作用。在植被选择上,种植耐水淹且耐旱的植物,如垂柳、菖蒲等。垂柳根系能在水位变化时保持稳定,菖蒲在高水位时可部分淹没生长,低水位时依然茂盛,有效适应湿地保护区水位波动,保障湿地生态系统的稳定与平衡。

结束语

生态堤防设计在水利工程中的应用具有广阔前景。通过科学理论指导与先进技术支持,生态堤防在防洪、生态保护、景观营造等方面发挥着重要作用。在不同水利场景应用中,生态堤防展现出独特优势,有效促进了水利工程建设与生态环境保护的协同发展。未来,应进一步探索创新,推动生态堤防设计不断完善,为水利事业发展注入新活力。

参考文献

- [1]刘硕.生态堤防设计在水利工程中的应用探讨[J].智能城市,2021,7(12):161-162.
- [2]欧徽彬.生态堤防设计在水利工程中的应用探讨[J].工程技术研究,2020,5(06):235-236.
- [3]荣萌萌.生态型护岸在水利工程中的应用[J].工程技术研究,2022,7(19):166-168.
- [4]陈超博.生态堤防建设在清水县牛头河生态防洪工程中的应用[J].科技创新与应用,2021,(04):179-181.