

“一泓清水入黄河”背景下流域水生态修复技术模式研究

李姝佳

运城市水务局 山西 运城 044000

摘要：在“一泓清水入黄河”背景下，流域水生态修复意义重大。本文首先阐述流域水生态修复的生态学、水文学与水资源学、地理学与环境科学理论基础。接着构建涵盖污染源控制、水质净化等多方面的技术体系，并针对山区、平原、城市及复合型流域提出不同修复模式。同时，从技术集成、资金筹措、公众参与、制度建设等方面提出实施保障措施，为流域水生态修复提供全面参考。

关键词：流域水生态修复；技术模式；实施保障；多元修复

引言：“一泓清水入黄河”对区域生态与水资源利用意义深远，流域水生态修复是实现这一目标的关键。当前流域面临污染源多样、生态系统脆弱等问题，修复工作迫在眉睫。在此背景下，深入研究流域水生态修复技术模式，整合多学科理论，构建系统技术体系，提出针对性修复模式与保障措施，对推动流域生态改善、保障水资源安全具有重要的现实意义。

1 流域水生态修复理论基础

1.1 生态学原理

生态系统结构与功能关系是生态修复的核心理论支撑，结构完整性决定功能稳定性，不同组分的合理搭配的形成有机整体，支撑物质循环、能量流动等基础生态过程有序开展^[1]。生物多样性保护与生态服务功能提升紧密关联，丰富的生物组分能够增强生态系统的自我调节能力，强化涵养水源、净化水质等生态服务价值，契合生态系统可持续发展的核心需求。生态位理论与物种配置依托物种对环境资源的需求差异，通过科学搭配不同生态位的物种，实现资源高效利用，减少物种间的竞争冲突，构建结构合理、功能协调的群落体系，为流域水生态修复提供物种配置的科学依据。

1.2 水文学与水资源学原理

水文循环与水量平衡遵循质量守恒定律，是水生态系统维持稳定的基础，流域内降水、蒸发、径流等水文过程的动态平衡，直接影响水生态系统的物质循环与能量交换。水质演化与污染物迁移转化是流域水生态修复的关键考量，污染物进入水体后，通过物理扩散、化学转化、生物降解等过程发生形态与位置变化，其迁移转化规律为水质净化技术应用提供理论支撑。水资源合理配置与生态需水保障以水文循环规律为基础，结合流域

生态系统的正常运转需求，科学分配水资源，确保生态系统获得足够水量支撑，维系水生态系统的结构与功能稳定。

1.3 地理学与环境科学原理

地形地貌通过改变流域内水流速度、汇流路径等，影响水文过程与水生境分布，进而作用于流域水生态系统的结构与功能。土壤侵蚀与沉积过程是流域生态系统物质迁移的重要形式，侵蚀产生的泥沙携带污染物进入水体，沉积过程则改变水体底质环境，两者共同影响流域水生态状况。环境容量与承载力分析基于环境系统的结构与功能特性，明确流域水体承纳污染物的阈值与支撑生态系统健康运转的能力，为流域水生态修复的强度与范围提供科学界定，是避免生态系统超负荷运转的重要理论依据。

2 流域水生态修复技术体系构建

2.1 污染源控制技术

点源污染控制聚焦集中排放污染源的精准治理，工业废水处理依托物理化学与生物处理工艺，去除废水中重金属、有机物等污染物，确保处理后废水达标排放；城镇生活污水处理重点破解有机物、氮磷等污染物去除难题，通过分级处理工艺实现水质净化，减少生活污水对流域水体的污染负荷^[2]。面源污染控制侧重分散性污染的系统性治理，农业面源治理围绕化肥农药减量、养殖废弃物资源化利用等方向，削减农业生产过程中污染物流失量；农村生活污水治理结合农村居住特点，采用分散式或集中式处理工艺，降低污水直排对流域水质的影响。内源污染控制针对水体内部积累的污染物开展治理，底泥疏浚通过机械或生态方式清除水体底部污染底泥，减少底泥中污染物释放；生态清淤兼顾污染清除与

水生境保护,避免传统疏浚对水体生物群落造成破坏。

2.2 水质净化技术

物理净化技术依托物理作用实现水质改善,底泥疏浚可直接移除水体内部污染载体,人工湿地利用基质、植被与微生物的协同作用截留污染物,生态浮床通过水生植物吸收水体中氮磷等营养物质,抑制藻类生长,改善水体透明度。化学净化技术通过化学试剂的作用实现污染物转化,生物降解剂可加速水体中难降解有机物的分解,重金属螯合剂能与水体中重金属离子形成稳定络合物,降低重金属生物毒性。生物净化技术借助生物代谢作用净化水质,微生物修复利用功能微生物降解水体中污染物,实现污染物无害化转化;植物修复通过水生或陆生植物的吸收、富集作用,移除水体中营养物质与重金属,同时改善水体生态环境。

2.3 生态恢复与重建技术

河道生态修复以恢复河道自然属性为核心,河道形态调整打破人工硬化河道的单一格局,恢复自然弯曲形态与深浅变化,提升河道水文连通性;护岸生态化改造替代传统硬化护岸,采用生态材料构建兼具防护与生态功能的护岸结构,为水生生物提供栖息环境。岸线生态修复聚焦岸线生态功能提升,植被恢复选择适生品种构建岸线植被群落,增强岸线保土固沙能力;生态缓冲带建设在岸线与水体之间构建过渡区域,截留地表径流中的污染物,减少水土流失。湿地生态修复围绕湿地生态系统功能恢复,通过湿地地形重塑、水文调控等方式实现湿地恢复与重建,同时优化湿地群落结构,提升湿地涵养水源、净化水质的生态功能。

2.4 植被恢复与土壤改良技术

适宜植被选择与配置结合流域气候、土壤及水文条件,筛选耐逆性强、生态功能突出的本土植被品种,按照群落结构优化原则进行合理配置,提升植被群落稳定性与生态效益。土壤侵蚀控制与改良针对流域内土壤退化问题,采用工程与生物结合的方式,削减土壤侵蚀强度,通过施加改良剂、种植固氮植物等方式改善土壤理化性质,提升土壤肥力。植被-土壤系统协同恢复注重两者间的相互促进作用,通过植被生长固持土壤,改善土壤微环境,同时依托改良后的土壤为植被生长提供支撑,构建稳定的植被-土壤生态系统。

2.5 智慧监测与监管技术

遥感与GIS技术应用实现流域水生态状况的大范围、动态监测,通过遥感影像反演获取水体水质、植被覆盖等信息,借助GIS技术实现监测数据的空间分析与可视化呈现,为修复决策提供数据支撑。入河排污口动态监测

聚焦排污口排放状况,采用在线监测设备实时捕捉排污口污染物排放浓度与排放量,及时发现异常排放行为。大数据平台构建与智慧化管理整合流域监测数据、修复工程数据等多元信息,通过数据挖掘与分析实现修复过程的精准管控,提升流域水生态修复的智能化水平与管理效率。

3 流域水生态修复技术模式

3.1 山区流域水生态修复模式

地形地貌适应性修复策略紧扣山区地形起伏显著、水土流失频发的固有特征,立足不同区域地形地貌差异制定差异化修复路径,契合山区流域生态系统自然演化规律,避免修复措施与区域环境脱节^[3]。小流域综合治理模式以山区小流域为基本治理单元,整合污染源控制、水土保持、植被恢复等多项核心技术,构建全方位、系统性的修复体系,精准破解山区流域污染分散、生态脆弱的突出问题。山区水库消落带生态修复针对水库水位周期性涨落引发的生态退化难题,采用植被重建、基质改良等适配技术,缓解消落带水土流失现象,提升消落带生态缓冲效能,维系水库周边生态系统的良性循环。

3.2 平原流域水生态修复模式

河网水系连通与生态调度立足平原流域河网密集、水流平缓的地域特点,通过水系连通工程打破水体阻隔现状,优化流域内水流分配格局,提升河网水文连通性与水体自净能力,推动平原流域水系生态功能复苏。农田退水治理与生态拦截聚焦平原农业集中区域的面源污染问题,构建科学完善的农田退水生态拦截体系,有效削减退水中氮磷等营养污染物,降低农业生产对流域水体的污染负荷。平原湿地保护与恢复依托平原湿地独特的水文与生态特性,通过水文调控、植被重建等针对性措施,恢复湿地自然水文过程,强化湿地涵养水源、净化水质、调蓄径流的核心生态功能。

3.3 城市流域水生态修复模式

城市黑臭水体治理聚焦城市流域水体污染突出痛点,整合物理、化学、生物等多元净化技术,系统削减水体污染负荷,改善水体水质状况,彻底消除黑臭现象,恢复城市水体生态活力。雨洪资源化利用与海绵城市建设结合城市水文特征与发展需求,构建完善的海绵型设施体系,实现雨洪径流的有效调蓄与资源化利用,既减少城市内涝风险,又能补充城市流域水资源总量。城市河湖生态景观构建兼顾生态功能与景观价值,优化河湖形态布局与植被配置方案,打造兼具生态净化、休闲观赏与科普教育功能的城市河湖生态系统,实现生态保护与城市发展的有机融合。

3.4 复合型流域水生态修复模式

山水林田湖草沙系统治理立足复合型流域多生态要素共生共存的特点,打破单一生态要素修复的局限,统筹山水林田湖草沙各生态组分,构建全域协同、整体推进的修复体系,实现流域生态系统的系统性复苏。多目标协同修复策略兼顾水质改善、生态恢复、资源高效利用等多元目标,优化技术组合方式与实施路径,平衡流域生态、经济与社会效益,推动流域高质量发展。跨区域流域联防联控机制针对复合型流域跨区域分布的特征,建立跨区域协同管理与治理体系,实现监测数据共享、修复措施联动、治理责任共担,有效破解跨区域流域生态治理的协同难题。

4 流域水生态修复技术模式实施保障

4.1 技术集成与创新

多技术耦合与集成应用聚焦不同修复技术的优势互补,打破单一技术应用局限,结合流域修复需求优化技术组合,实现污染源控制、水质净化、生态恢复等环节的无缝衔接,提升修复技术整体效能^[4]。新技术、新材料研发与应用围绕修复技术短板,依托环境科学、材料科学等多学科交叉融合,研发高效、低碳、环保的修复技术与材料,降低修复成本,提升修复效果的稳定性。技术模式标准化与规范化立足流域修复实践,梳理不同类型流域修复技术应用流程,明确技术应用的关键参数与操作要求,建立统一的技术标准与规范,为技术模式的推广应用提供支撑。

4.2 资金筹措与投入机制

多元化资金筹措渠道打破单一政府投入局限,整合政府财政资金、社会资本、公益资金等多元资金来源,拓宽资金供给路径,满足流域水生态修复长期资金需求。政府与社会资本合作模式通过明确政府与社会资本的权责分工,发挥政府政策引导作用与社会资本市场化运作优势,实现资金高效利用与修复工程持续推进。生态补偿机制建立基于生态服务价值理论,明确流域生态保护者与受益者的权利义务,通过经济补偿、资源置换等方式,调动流域内相关主体参与生态修复的积极性,保障修复工程长效运行。

4.3 公众参与与教育

公众环保意识提升通过科普宣传、公益活动等多种形式,普及流域水生态保护知识,传递生态修复重要意义,引导公众树立绿色环保理念,主动践行生态保护

行为。社区参与机制构建立足流域周边社区,搭建公众参与平台,明确社区在生态修复中的参与路径,鼓励社区居民参与修复方案讨论、工程监督等环节,增强公众对生态修复工程的认同感与参与度。生态文化遗产与教育将流域生态文化融入教育体系,挖掘流域生态文化内涵,通过学校教育、民间传承等方式,培育生态文化氛围,推动生态保护理念深入人心。

4.4 制度建设与监督

生态修复项目管理制度围绕修复项目全流程,建立项目立项、实施、验收、管护等各环节的管理制度,规范项目运作流程,确保修复工程按标准推进。环境监管与执法力度加强聚焦流域水生态环境管控,完善环境监测体系,强化对污染物排放、修复工程实施等环节的监管,加大环境违法行为查处力度,为生态修复提供刚性约束^[5]。跨部门协调与联动机制打破部门管理壁垒,整合环保、水利、农业等相关部门职责,建立信息共享、协同配合的工作机制,统筹推进流域水生态修复各项工作,形成治理合力。

结束语

流域水生态修复是一项长期且复杂的系统工程,通过明确理论基础、构建技术体系、提出不同流域修复模式以及完善实施保障措施,为修复工作提供了较为全面的指引。在实际修复过程中,需根据流域具体情况灵活运用技术模式,加强各部门协同合作,充分调动各方积极性,确保各项措施有效落实,逐步实现流域水生态系统的健康、稳定与可持续发展,达成“一泓清水入黄河”的目标。

参考文献

- [1]叶芝菡,黄俊雄,李垒,等.城市地表水水源地小流域系统保护修复技术模式研究[J].中国水利,2025(5):59-65.
- [2]金可,卢阳,张乾柱,等.金沙江下游流域水库消落带生态修复模式探讨[J].三峡生态环境监测,2025,10(1):25-33.
- [3]岳冬梅.多方位生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用——以盐仓大河流域应用项目为例[J].中国资源综合利用,2022,40(4):202-204.
- [4]胡群义.基于生态修复的水环境治理与资源可持续利用模式探索[J].中国资源综合利用,2026,44(1):68-70.
- [5]龚芯磊,梁龙,严中富,等.山水林田湖草生命共同体背景下的小流域生态保护修复——以挽澜河流域为例[J].贵州地质,2025,42(2):178-188,215.