

水利工程建设对河流生态系统连通性影响及修复措施研究

谢 东

内蒙古河套灌区水利发展中心解放闸分中心黄济渠供水所 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘 要:水利工程是我国水资源合理配置和合理配置的重要手段,对河流生态环境造成了深刻的影响。水利工程是保障人民生产和社会发展的一项重大基础性工程,在保障水资源、能源供给、农业灌溉和防洪减灾等领域具有十分重要的意义。但是,水利工程工程的修建与运行也会对河流生态环境造成深刻的冲击,从而引发一系列的连锁效应,从而危及河流的生物多样性与生态平衡。

关键词:水利工程建设;河流生态系统连通性影响;修复措施

水系连接是维持生物多样性、物质循环和服务的重要纽带,也是维持流域水环境健康和可持续发展的重要依据。需要通过流域整体(包括动态生态流量调控、廊道修复)来构建“纵向贯通、横向融合”的水系体系。

1 水利工程建设对河流生态系统的影响

1.1 水文条件改变。纵向连续性破坏。水利工程(如大坝、水闸等)阻断河流自然流动,导致上下游水流交换受阻,影响了流域内的水文循环和水量分布,造成了下游河段的断流或季节性干旱。水库的蓄水使原来的水道被洪水冲毁,使其垂向连续性下降,从而对沉积物的迁移及养分的循环产生了一定的影响。减弱了水平连接。硬护岸、堤防等工程阻断了洪泛区和湿地之间的物质交流,降低了生态生境的多样性。

1.2 地貌与栖息地退化。河道形态均一化。渠化工程简化了河道的曲折度,毁掉了浅滩—深潭构型,造成了底栖动物与鱼类的生存条件的消失。水泥硬化的河堤会妨碍地表水和地下水的交流,从而对植被的生长和土壤中的微生物区系的分布产生一定的干扰。泥沙输移失衡。三峡库区的淤堵引起了下游河道的严重冲淤,引起了沿岸的水土流失,同时河口区域因泥沙输入减少出现海岸线退缩。

1.3 生物多样性威胁。洄游通道阻断。水坝等工程阻断了鱼类的迁徙路线,造成了种群隔离、生殖失败和基因多样性降低(如三文鱼、中华鲟鱼等)。水生群落结构改变。当水流速度变慢时,一些喜欢水流的生物(如藻类、无脊椎动物等)会下降,而一些具有一定耐性的藻类(如蓝藻)则会迅速繁衍。水体温度的层化(库区)会对浮游植物的分配产生重要的作用,从而打破食物网的底层结构。

1.4 水质与生态功能影响。污染物富集。由于河流中的流动受阻,溶解氧降低,污染物(氮磷等)积聚,造

成水体富营养化和赤潮暴发。微气候改变。由于库区的蓄水,部分地区的蒸发会引起周围的土地盐碱化或者土地的收缩。

1.5 社会-生态复合影响。生态服务功能下降。导致河道自身净化能力下降,景观破碎化,防洪、调蓄、文化娱乐等功能的整体效果下降。(流域系统性风险。由于单个项目的综合作用,在小流域内很容易引起生态系统的不平衡(例如,上游和下游生物链断裂,地下水补给不足)。水利工程工程通过改变流域水文节律、地貌形态及物质流动等因素,对流域生态环境造成多重压力。在保证生态利益的前提下,应采取生态治理和生境重建等生态恢复措施,减轻其带来的不利影响。

2 水利工程建设对河流生态系统的累积影响

2.1 水文节律的持续改变。多期工程建设造成了洪泛区天然分流格局的失调,造成了下游地区的季节性缺水或断水频发,削弱洪水脉冲对洪泛区生态的周期性补给作用。多个水库的协同调控将导致流域内的水文循环更加均匀,从而打破了由鱼类生殖所决定的水位涨落格局。

2.2 泥沙输移失衡的长期效应。上游梯级水库拦截泥沙导致下游河道长期冲刷,河床下切、岸坡侵蚀加剧,河流沉积物的迁移路径的破坏,也导致了中部沼泽的沉积面积减小,从而影响了水土保持和植物修复的功能。

2.3 生物多样性的系统性衰退。连续大坝阻断鱼类洄游通道,造成了群体的分离与基因多样性的降低(中华鲟、三文鱼等濒危动物)。多种人类活动的影响,导致了水体中的生物迁移途径的断裂,导致了浮游植物的多样性和生态系统的基本功能的衰退。

2.4 水质恶化的叠加影响。随着库区的建设,库区内水体的滞留面积不断增大,水体中的溶氧降低和污染物(氮磷)的富集由局地向整个流域扩展,导致了蓝藻暴发的面积不断增大。而梯级利用也会引起水体温度的层

化作用,进而对鱼类的繁殖和微生物的降解产生一定的影响。

2.5 流域尺度的生态失衡。洪泛区多期调水调沙,阻隔了河流与地下水及洪泛区之间的横向连接,造成了土壤盐碱化、地下水补给不足等一系列的连锁效应。比如黄河流域的大型水库建设,造成了下游河流断流和河口湿地退化等复杂的环境问题。

3 河流生态系统连通性的重要性

3.1 维持生物多样性。河流的垂向、横向和水文连接是鱼类、两栖类等水生动物的迁移途径,为其繁殖、觅食等生活行为提供了保障。比如,长江河漫滩水系的连通状况,对江豚的幼鱼生存以及整个食物网的完整性都有很大的影响。如果网络连接被破坏,则会造成种群隔离、生殖障碍和基因多样性的下降,从而影响到整个生态系统的稳定。

3.2 保障水文与物质循环功能。水系连通在保持水沙运动的同时,也是影响养分迁移和泥沙重分布的重要因素。比如,长江干、洪泛区之间的物质交流对土壤养分具有调控作用,对植物的修复和固碳具有重要作用。定期的水文脉动补充也可以提高水质的自我净化能力,减轻污染累积。

3.3 增强遗传多样性与生态适应力。连接可以增加种间的基因交流,增加群体的遗传多样性,从而对气候变化(如气候变化、污染等)具有更强的适应性。比如,在黄河三角洲建立多条水系的生态走廊,可以增加水生动物的生存空间,提高其耐受盐胁迫能力。

3.4 危险(例如,长江中游利用江河水系的连接,减轻洪灾)。水质净化:连接水系通过稀释,吸附,微生物降解等机理,减少污染物质的含量,从而提高水环境的卫生水平。资源供给:维护渔业资源和灌溉用水的经济职能,以支撑地区的可持续发展。

3.5 促进生态修复与系统稳定。通过对水系连通(例如拆除障碍设施和重建曲折河道)的修复,可以使受损水体的生态系统得以重建,从而重建生态系统中的生态系统。比如,通过对天然的水文节奏进行调控,可以实现浮游植物的均衡分配,从而使整个生态系统的能量流向趋于平衡。水系连接是维持生物多样性、物质循环和服务的重要纽带,也是维持流域水环境健康和可持续发展的的重要依据。需要通过流域整体(包括生态流量调控、廊道修复等)来构建“垂向贯通、横向贯通”的水系体系。

4 水利工程对河流生态系统的修复措施

4.1 物理修复。基底改良与护坡工程。在沉积物中投

加修饰的凹凸棒石和纳米硒填料,将沉积物中的活性磷锁住,从而阻止了污染物的释放,从而提高了沉积层的生态环境。通过在坡面上种植草坪、灌木或在坡面上种植蔓生植被,以提高坡面的稳定和陆地过渡区的作用。河道形态修复。保持或重构天然曲折的水道,以防止过分的渠道,以及浅滩与深潭的交错构造,为各种水生动物的生存环境,提供多样性的栖息地。

4.2 生物修复。水生植物群落构建。通过人工培育“水下草坪”、浮岛等水生植物,提升水环境的自我净化功能(例如,龙头江的沉水植物覆盖率达到70%)。动物-微生物协同调控。在水体中投入铁锈环棱螺、枝角类等底栖生物;后期引入滤食性鱼类,形成“动植物-微生物”的协同净化链条。采用生物膜法对水中有有机物进行吸附降解。

4.3 生态调度与水文恢复。动态生态流量调控。在此基础上,综合运用多种手段,实现对天然的水文规律的模拟,重建洪涝的脉动作用,保证鱼类的繁殖与湿地的生态供给。河湖连通性恢复。通过拆除障碍或构建生态走廊,实现对河道的纵、横方向连通性的重建,实现流域内的物质流通与生物迁移(长江水系连通性恢复)。

4.4 污染控制与水质提升。面源污染综合治理。要开展特别的治理农业非点源污染、尾矿库污染治理等工作,降低氮、磷、磷的输入。人工增氧与曝气技术。采用水车增氧机,微孔曝气,或落水管曝气装置,增加溶氧,加快污染物的降解。

4.5 协同管理与长效机制。流域统筹规划。制订有系统的补救计划,划分职责,并将各部门的资源结合起来,以形成一股维护的力量。生态监测与适应性管理。构建长效的生态监测网,根据水质和生物多样性等因素,对治理方案进行动态的调整,以保证项目的可持续发展。为使河道生态系统的可持续发展,必须采取物理-生物-水文等多学科的综合调控手段,包括基质改良、植被构建、生态流量调控及污染控制等。

4.6 合理整合利用水资源以保护河流生态系统。
(1) 加强水资源统筹规划与管理。严格实施总量与强度双控。要严格执行总量和密度双重控制。以县级为单位,构建流域内的水环境容量动态评估体系,严禁在流域内新增水资源量超过警戒红线的地区实施新增水,确保流域生态基本流安全。实施最严格的水资源保护制度,制定排污许可证的批准条件,加强对流域内工业、农业及城镇的用水量的控制。优化水资源空间配置。以流域为单位,以流域为单元,通过流域综合调控,实现对天然水文规律的模拟,使河道内的洪涝灾害得到有效

的修复。(2)提升用水效率与节水技术。推广高效节水技术。在农业方面,要优先推广滴灌和微型喷灌技术,增加新的高效率的节水灌溉区域,降低用水量。在产业方面,推行再生水与分类利用,以火电、化工等高耗能产业为重点,开展节水技改,降低万元工业增加值用水量。再生水与非常规水源利用。研究建立城市生活用水循环利用系统,实现城市绿化和工业制冷,提高城市生活用水的利用效率,达到60%以上。(3)强化污染治理与生态修复。实施“四源同治”污染防控。以点源(工业废水)、线源(河道废弃物)、面源(农用肥料)、内生(沉积物)为目标的联合处理为目标,推进城乡雨污分流和黑臭水体综合整治。恢复河流生态功能。拆除障碍设施,重建曲折的河道地貌,重建浅滩与深潭的交错构造,为水中生命的多样性生存环境。采用水生植物(例如:苦茅)、挺水型植被、“水下草坪”、浮岛等,提高了水体的自我净化功能。(4)建立协同治理长效机制。跨区域协作与利益补偿。要在流域内形成政府、企业和社会团体的协调管理体制,制定流域生态保护赔偿体系,促进流域水资源的合理利用。动态监测与适应性管理。完善水质、水量及生物多样性监测网,对生态调水的调节效应进行周期性的评价,并对整治行动进行动态调整。要科学有效地进行流域水环境治理(总量控制、节水增效)、污染防治(四源同治)和生态恢复(植被恢复、水文调控),通过多部门协同与动态监控,达到对流域生态环境的长期有效保护。

5 河流生态系统连通性的未来研究方向

5.1 多维连通性耦合机制研究。纵向-横向-垂向连通性协同作用。需要强化垂直(上下游)、横向(河流-洪泛区)和垂直(地表水-地下水)连通关系的机理研究,阐明其对物质循环、能量流动及物种迁移等过程的协同效应,特别是垂直连通对污染物质运移及地下水补给的影响机理。自然与人工连通性的动态平衡。揭示天然

水文规律与水利工程工程(如生态水量调节)的耦合关系,定量评估生态堰、鱼道等多种生态修复手段对生态系统的长远作用。

5.2 复杂系统建模与预测。多尺度动态模型开发。构建流域水文-生态-社会-经济多因子耦合的水文-生态-社会-环境多因子耦合模拟方法,模拟气候变化和土地利用变化对流域水系连通的影响,并预估未来气候变化(洪涝、干旱等)下生态系统对气候变化的响应机制。连通性阈值与恢复标准。本项目拟以长江江豚和中华鲟为研究对象,识别连接度对连接度的重要影响因子,建立以鱼类迁徙、营养物质迁移等为基础的连接度修复准则。

5.3 态调度优化技术。精细化生态流量调控。将人工智能与大数据相融合,构建基于天然洪峰作用的动态生态径流调控机制,以满足鱼类产卵期、湿地补水及泥沙输运等需要。多目标协同调度。在兼顾水利发展(灌溉、发电)和生态环境保护的前提下,开展基于水环境影响的水利设施多功能协同效应研究。

5.4 智能监测与评估体系。高精度监测技术应用。通过遥感、无人机及物联网等手段,对河流地貌、水文参数和生态环境进行在线监测,构建连通度衰退早期预警体系。多指标综合评估框架。综合考虑水文连接度、生物完整性、生态功能等指标,建立综合评价指标,定量评价恢复项目的生态效益。

总之,未来研究需聚焦多维度耦合机制、动态建模、智能调度与跨学科治理,以遥感等科技手段为手段,结合体制机制(如生态补偿等),促进流域连通恢复的科学化、精细化。

参考文献

- [1]刘媛.基于生态水利理念的河道规划设计浅析.2022.
- [2]王长立.生态水利在河道治理工程中的重要性研究.2023.