

水利工程施工中环境保护与可持续发展的平衡研究

陈见青

江苏省昆山市水务工程质量与安全监督站，江苏 昆山 215300

DOI:10.61369/WCEST.2025080008

摘要：水利工程施工活动会经由水体扰动、栖息地破碎、污染物累积等路径，对流域生态系统持续形成压力，而区域防洪、供水等发展需求又对工程建设进度提出刚性约束。环境容量有限性和发展需求紧迫性在时间周期、空间分布、成本分摊层面构成结构性冲突。平衡机制要建立环境阈值分区管控体系来匹配施工强度与生态承载力，选择高效环保技术缩短处理周期以保障工期与环保双达标，构建多方协同的利益平衡框架来实现环境-经济-社会效益统筹。

关键词：水利施工；环境容量；发展约束；动态阈值；协同机制

Research on the Balance Between Environmental Protection and Sustainable Development in Water Conservancy Project Construction

Chen Jianqing

Water Conservancy Project Quality and Safety Supervision Station of Kunshan City, Jiangsu Province, Kunshan, Jiangsu 215300

Abstract : Water conservancy construction activities exert continuous pressure on the river basin ecosystem through pathways such as water body disturbance, habitat fragmentation, and pollutant accumulation. Meanwhile, regional flood control and water supply development demands impose rigid constraints on the construction progress. The limited environmental capacity and the urgency of development needs constitute structural conflicts in terms of time period, spatial distribution, and cost allocation. The balancing mechanism should establish a zonal control system based on environmental thresholds to match construction intensity with ecological carrying capacity, select efficient and environmentally friendly technologies to shorten the treatment cycle to ensure both construction schedule and environmental protection standards are met, and build a multi-party collaborative framework for interest balance to achieve the integration of environmental, economic, and social benefits.

Keywords : water conservancy construction; environmental capacity; development constraints; dynamic thresholds; collaborative mechanism

引言

水利工程属于流域防洪、供水、灌溉的基础设施，其建设规模和强度在不断持续扩大，施工活动所引发的水体浊度激增、土壤扰动、栖息地占用等环境问题日益突出。然而流域经济社会发展对于水资源保障、防洪能力提升的需求又要求工程按期投产，这种矛盾集中体现为环境系统承载容量有限且恢复周期长，施工活动需要在特定时空窗口内集中推进。平衡点的寻找不能依靠单向让步，而要构建基于环境阈值的精准管控机制，在保证生态安全底线的前提下实现发展目标^[1]。

一、施工活动的环境扰动与发展需求传导机制

(一) 水环境扰动的累积效应与传导路径

水利工程施工活动对水环境的扰动有明显累积性和传导性特点。基坑开挖时土方作业让大量泥沙进入水体，使得悬浮物浓度短时间内急剧上升且浊度峰值持续时间长，这些悬浮物会随水流向下游扩散，扩散距离和流速、水深密切相关，影响范围能到施

工点下游数公里。混凝土浇筑阶段释放的碱性物质使局部水体 pH 值明显升高，碱性物质在水体中经稀释、中和反应逐步降解，但完全恢复背景水平需较长周期。施工废水若未经处理直接排放，其携带的悬浮物等污染物在河道水库中不断累积，累积量超水体自净容量时会引发水质持续恶化，影响下游灌溉供水功能正常发挥。

(二) 陆域生态扰动的空间传递特征

施工场地占用之后直接让原有植被被清除，土壤结构也因此

作者简介：陈见青，男，汉族，江苏昆山人，工程师，大专，研究方向：工程建设质量安全监督。

遭到了破坏。施工占地范围以内，表层腐殖质土壤由于机械碾压、临时堆放丧失肥力，土壤有机质含量大幅下降，裸露地表在降雨冲刷的时候形成径流，携带土壤颗粒朝着周边区域扩散，导致施工区外围一定范围出现沉积层，覆盖原有植被根系影响其正常生长。运输通道开辟以后切断了原有动物迁徙路径，夜间施工照明、车辆噪声迫使对声光敏感鸟类、小型哺乳动物放弃原有栖息地向外迁移。弃土场要是选址在坡地，堆弃土方在重力作用下可能发生滑坡、泥石流等次生灾害，影响范围沿坡向扩展威胁下游农田、村庄安全。施工振动通过地层进行传播，对施工点周边地表建筑物、地下管线产生持续应力作用，加速其老化进程。

（三）可持续发展需求的刚性约束表现

流域防洪安全给水利工程按期完工定下了刚性时间要求，汛前必须完成关键防洪设施的建设工作，施工窗口期通常被压缩到枯水季的短短数月时间。这种时间约束迫使施工强度有了大幅提高，单位时间内土方开挖量和混凝土浇筑量成倍增长，随之而来的环境扰动强度也出现了相应放大。

区域供水保障要求工程能够尽早发挥出效益，水库和引水渠道需在供水紧张期到来前投入运行，施工进度压力直接传导到了环保措施执行环节，当工期与环保要求之间产生冲突的时候，部分环保工序被迫进行简化或延后实施。农业灌溉季节性需求让灌区改造工程必须避开春耕和秋收关键农时，施工时段选择的余地变得越来越小，若遭遇异常气候导致工期出现延误情况，赶工期与生态保护之间的矛盾会更加突出。流域经济发展对水电开发和航运改善的需求持续增长，这些发展诉求转化成对施工规模和建设标准的更高要求，进而增加了施工活动对周边环境的扰动压力。

（四）环境阈值与发展需求的临界耦合点

水体自净能力是构成环境容量的刚性边界，河流在自然状态下解污染物的能力有限，当施工排放的悬浮物负荷超过水体稀释容量时，水质就会出现恶化拐点且下游断面浊度超标，这将对鱼类繁殖造成威胁。生态敏感期和施工高峰期时间重叠会形成风险窗口，春季作为多数水生生物繁殖期进行高强度水下作业，持续浊度升高和噪声干扰会使鱼类产卵场废弃且繁殖成功率显著下降。候鸟迁徙季节若与土方集中作业期重叠，大型机械噪声和人员活动会迫使候鸟绕道或缩短停歇时间影响体能储备。

施工成本中环保投入的经济平衡点决定环保措施实施深度，环保设施投资占比过低末端治理能力难满足达标排放要求，植被恢复和土壤熟化通常需数个生长季，而工程竣工验收往往在施工结束短期内进行，验收时生态指标难以达预期目标形成时间缺口。

二、环境保护与可持续发展的失衡机制

（一）时间维度的周期错配

施工活动的时间安排跟生态系统敏感期存在天然冲突，水利工程为赶在汛期前完成导流截流等关键节点，施工高峰通常集中在春季枯水期这个时段，而此时期恰好是鱼类产卵洄游以及水鸟筑巢繁殖的关键窗口。高强度水下作业产生的浊度扰动和围堰施工造成的河道阻隔，直接破坏鱼类繁殖场水质条件和连通性，导

致鱼类种群繁衍受到阻碍^[2]。

环境修复进程与工程验收节奏的错位加剧了这种失衡状况，植被重建需要经历多个生长季才能形成稳定群落，土壤微生物恢复和有机质积累更是一个缓慢的过程，而工程管理要求在施工结束后短期内完成验收交付。这种时间错配迫使施工单位采取突击式生态修复措施，通过密集种植和客土回填等手段快速达到表观绿化效果，遇到干旱洪水等极端气候时便会出现大面积退化现象。

（二）空间维度的容量冲突

局部区域里有限环境容量和集中施工强度的矛盾特别突出，河道整治以及水库建设通常要在特定河段集中布置多个作业面，泥浆分离、混凝土拌合和钢筋加工等工序会同步推进，污染物排放在空间上呈现高度叠加的状态。局部水域的纳污容量本身就比较有限，多点源污染物汇入后会迅速突破水体自净阈值，就算单个排放口达到了标准，叠加效应仍有可能造成区域性水质恶化。

弃土场选址面临生态保护和经济成本的两难博弈局面，远离施工现场虽能减轻对核心区域的直接扰动，但运输距离增加会导致成本攀升且运输过程产生的扬尘和尾气排放会形成新的污染源，若就近选址则可能侵占河岸缓冲带和湿地等生态敏感区域，压缩野生动物的生存空间。

（三）经济维度的成本分摊失衡

环保投入和工程预算存在结构性矛盾，这制约着环保措施深入实施。施工企业在投标阶段为获取项目常常压低报价，中标后便面临成本控制的压力，环保设施作为非直接产出环节常被当作支出负担。当环保设施投资挤占主体工程资金时，施工单位会倾向于选择低成本且见效快的末端治理方式，对源头减排、工艺优化等需长期投入的措施缺乏积极性。

工期延误引发的间接成本难以进行量化分摊，为满足环保要求调整施工方案、增设处理设施导致工期延长，使施工企业承担额外机械设备闲置费、人员窝工损失，可这些成本在合同中往往没有明确补偿机制。生态修复责任主体界定模糊加剧了成本转嫁现象，施工结束后的长期生态监测、补植养护等持续性投入，在建设单位、施工企业、运营单位之间缺乏清晰责任划分，导致生态修复工作在移交环节出现断档。

三、基于双赢目标的动态平衡策略

（一）环境容量约束下的施工强度分区管控

施工强度管控的关键之处在于把环境容量的刚性约束转变为可操作的分区准入标准以及动态调控机制，借助科学评估区域生态承载力来建立差异化的施工活动管理体系，达成环境保护底线坚守和工程建设有序推进的协调统一。

1. 生态敏感度分级与施工活动准入清单

区域生态敏感度评估要综合考量水生生物分布、珍稀物种栖息以及水源保护功能等多个维度的因素。核心保护区要明确禁止高扰动作业类型，像水下爆破、大规模清淤这类可能造成不可逆影响的施工活动，需改用低扰动工艺来替代。缓冲区可以设定施

工活动的时间窗口，在鱼类产卵期、候鸟迁徙季节实施临时性管控，非敏感期允许按照规范强度开展作业。一般区域则着重对污染物排放总量进行控制，在满足达标排放的前提下，施工单能够根据工程进度需求灵活安排作业计划。比如在南水北调中线工程丹江口库区施工过程中，把水源一级保护区划定为禁止施工区，二级保护区仅允许在枯水期进行必要的护岸工程，通过分级管控既保障了水源安全，又为工程建设预留了合理空间。

2. 污染物排放的时空动态分配机制

施工现场多个作业面同步推进的时候，污染物排放在空间上的叠加效应要通过总量动态分配来化解，根据受纳水体的流量变化和自净能力波动情况，按日或者按周去调整各个施工点的排放额度。丰水期水体的稀释能力比较强，可以适当提高单点的排放上限，枯水期则需要收紧相关控制指标，必要的时候错峰安排高排放的工序。泥浆处理以及混凝土养护废水等高浓度污染源要优先分配处理设施资源，生活污水等常规污染物可采用简易的处理方式，通过优先级排序提高环保设施利用效率。排放时段的精细化管理同样十分关键，要避开水生生物摄食和繁殖的活跃时段，选择水体流动性较强的时间窗口排放，利用自然稀释降低生态方面的影响。

3. 关键环境指标的实时监测与阈值预警

在线监测系统的部署把静态管控转变为动态响应机制，在施工点上下游布设水质监测断面来实时采集浊度、溶解氧、pH值等关键指标数据，并且设置注意值、警戒值、限制值这三级预警阈值。当监测值达到注意阈值的时候，施工单位需要加密巡查频次并排查潜在风险源，若触及警戒阈值就要启动应急预案并减少同时作业的工作面数量，要是超过限制阈值就必须立即停工且要等水质恢复之后才可以复工。这种分级响应机制给施工管理赋予了弹性调整空间，避免了一刀切式停工对工程进度造成过度冲击，同时通过阈值约束确保环境安全底线不会被突破。

（二）发展需求导向的环保技术优选路径

环保技术选择需要同时兼顾处理效率和工程进度保障。传统沉淀池存在占地面积大且泥沙沉降周期长的问题，难以适配高强度开挖所产生的泥浆处理需求。采用絮凝剂强化沉淀技术能够把泥沙分离时间缩短至自然沉降的三分之一，在使上清液达标排放的同时避免因泥浆池容量不足导致施工停滞^[4]。模块化环保设施灵活配置可匹配施工强度的阶段性变化，基坑开挖高峰期增设临

时处理单元，土方回填阶段则撤除部分设备以降低运行成本。这种弹性配置方式既能满足高峰期处理能力需求，又能避免设施长期闲置造成资源浪费。

生态修复工序与主体工程同步推进可有效压缩总工期，边坡开挖后立即进行挂网喷播，利用施工便道运输苗木同步完成绿化种植。相比竣工后集中修复，同步修复能让植被提前进入生长期，验收时生态指标更易达标。就像黄河小浪底水利枢纽工程在施工过程中，将表层腐殖质土壤单独剥离堆存，待土方回填完成后原位覆盖，配合本土植物种子直播，既保留了土壤微生物群落，又缩短了植被恢复周期，施工结束一年内植被覆盖度即恢复至周边自然水平。

（三）环境-经济-社会协同的综合保障机制

构建多方协同机制要打破设计施工监管环节信息壁垒，环保专业人员驻场参与施工方案动态优化，当地质条件变化需调整开挖方式时环保工程师同步评估新方案环境影响并提出泥浆处理边坡防护配套调整措施，以此避免方案变更后环保设施滞后导致达标风险^[5]。激励约束机制应体现对称性原则，把环保绩效纳入工程款支付条件并让月度环境监测达标率与进度款拨付比例挂钩，对提前完成生态修复目标的施工单位给予奖励系数形成环保投入正向激励。

统筹生态补偿资金与区域发展收益需建立跨部门协调平台，从水利工程发电收益供水收费中提取一定比例用于流域生态修复，让周边社区因生态改善获生态旅游特色农业增收反哺工程环保投入，构建利益共享机制消解环保成本在单一主体的集中压力。

四、结语

施工活动对环境扰动存在累积性，加上可持续发展需求有刚性，这两者一起构成水利工程建设双重约束。失衡是因为时间周期错配、空间容量冲突、成本分摊不清这三个维度有结构性矛盾。动态平衡策略依靠环境容量分区管控来明确施工强度上限，借助技术优选达成环保与工期协同，通过多方协同机制来理顺利益分配。平衡的实质是在生态承载力边界之内优化资源配置，让环境保护成为提升工程质量内生动力而非外部约束。

参考文献

- [1]薛静. 水利工程施工中的环境保护与可持续发展策略 [J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(06):25-26.
- [2]张小龙. 港口水利工程施工中环境保护与生态恢复 [J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(11):33-35.
- [3]刘德政. 水利工程施工及生态环境保护措施探讨 [J]. 中华建设, 2025, (03):91-93.
- [4]周明旭. 水利工程绿色施工技术与生态环境保护 [J]. 人民黄河, 2024, 46(S1):60-61+63.
- [5]马莉. 水利工程绿色施工与生态环境保护的协同研究 [J]. 清洗世界, 2025, 41(03):107-109.