

# 水利工程噪声污染与其他环境问题的协同治理思路

吴鹏亮

洛阳市洛龙区河渠事务中心 河南 洛阳 471000

**摘要:** 本文旨在系统剖析水利工程噪声污染的特征、成因及其与其他环境问题的内在关联,提出一种基于全生命周期视角、融合源头预防、过程控制与末端治理的协同治理思路。文章首先梳理了水利工程各阶段的主要噪声源及其特性,继而分析了噪声污染与水土流失、水体富营养化、生物多样性下降等环境问题的耦合关系。在此基础上,从法规标准体系完善、规划设计优化、绿色施工技术集成、智能监测预警以及多元主体共治等维度,构建了一套多维度、系统化的协同治理框架。研究表明,唯有打破单一污染物治理的壁垒,以系统思维统筹规划,方能真正实现水利工程的绿色、低碳、可持续发展,达成经济效益与生态效益的双赢。

**关键词:** 水利工程; 噪声污染; 协同治理; 全生命周期; 环境影响

## 引言

21世纪,生态文明建设上升为国家战略,“绿水青山就是金山银山”理念深入人心,水利事业发展模式正从重工程效益向兼顾生态保护转型。但大规模水利工程建设重塑水系、调配资源时,给区域生态环境带来巨大压力。噪声污染隐蔽、瞬时、广泛,常被忽视,却对居民健康、野生动物及生态系统平衡有负面影响。水利工程环境问题复杂,施工高强度作业产生噪声、扬尘、废水等;大坝修建阻隔河流,影响水文情势。这些问题相互交织成“污染-生态”耦合系统,如声屏障设计不当会加剧水土流失,而植被恢复能固土保水、吸声降噪。传统单一环境要素治理策略已难应对系统性挑战,需引入协同治理理念,跨部门、领域、介质整合管理,设计综合性方案,以最小投入获最大环境改善效果。本文基于此背景,探讨水利工程噪声污染与其他环境问题的协同治理路径,提供理论参考与实践指导。

## 1 水利工程噪声污染的特征与来源分析

要实现有效协同治理,首先必须精准把握噪声污染本身的特性及其在水利工程全生命周期中的演变规律。

### 1.1 施工期噪声污染

施工期是水利工程噪声污染最为集中和强烈的阶段,其特点表现为强度高、持续时间长、影响范围广。主要噪声源包括:(1)重型机械设备:挖掘机、推土机、装载机、压路机、打桩机、混凝土搅拌站、泵车等是主要的噪声贡献者。这些设备在满负荷运转时,噪声级普遍超过85分贝(dB(A)),部分如打桩机、爆破作业甚至可高达120 dB(A)以上,远超《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523—2025)规定的限值。(2)运输车辆:大量的渣土车、水泥罐车等重型卡车在工地内外频繁穿

梭,其发动机、鸣笛及轮胎与路面摩擦产生的噪声构成了重要的线性噪声源。(3)物料装卸与加工:钢筋切割、模板拆装、石料破碎等作业过程中产生的撞击、摩擦声,虽单点强度不高,但因其随机性和高频特性,对周边环境的干扰尤为突出。施工期噪声多为宽频带、非稳态的复合噪声,包含大量的中低频成分,穿透力强,传播距离远。其时空分布极不均匀,随施工工序的推进而动态变化。

### 1.2 运行期噪声污染

工程竣工后,虽然高强度的施工噪声消失,但运行期仍存在持续性的噪声源,尤其对于水电站、大型泵站等设施。主要噪声源包括:(1)水力机械噪声:水轮机、水泵、闸门启闭机等核心设备在运行时,由于水流冲击、空化、机械振动等原因产生显著噪声。这类噪声通常具有特定的频率特征,如叶片通过频率及其倍频。(2)电气设备噪声:发电机、变压器、开关站等电气设备运行时产生的电磁噪声和冷却风扇噪声<sup>[1]</sup>。(3)泄洪与放空噪声:在洪水调度或检修期间,高速水流通过溢洪道、泄洪洞时会产生巨大的喷流噪声和水中空化噪声,其声功率级极高,对下游水域及岸线环境构成严重威胁。运行期噪声相对稳定,多为连续或周期性噪声,但其影响具有长期性和累积性,特别是对依赖声学信号进行交流、导航的水生生物(如鱼类、鲸豚类)构成潜在威胁。

## 2 噪声污染与其他环境问题的耦合关系

水利工程的环境影响是一个有机整体,噪声污染与水、土、气、生等要素的环境问题紧密相连,呈现出复杂的耦合效应。

### 2.1 噪声与水土保持/生态修复的协同与冲突

噪声治理与水土保持及生态修复之间存在着显著的

协同潜力与潜在冲突。一方面,良好的植被覆盖不仅是公认的水土保持和生态修复手段,茂密的树林、灌木丛和草地还能有效吸收、反射和散射声波,形成天然的“绿色声屏障”。因此,在工程边坡、库区周边实施生态护岸、植树造林等措施,可以一举两得,既稳固了土壤、涵养了水源,又降低了噪声向敏感区域的传播。另一方面,若为快速降低噪声而采用硬质声屏障,如混凝土墙或金属板,可能会破坏原有的地表植被和土壤结构,阻碍雨水下渗,反而加剧了局部的水土流失风险。此外,不合理的屏障布局还可能分割野生动物的迁徙廊道,造成新的生态阻隔,这体现了在具体措施选择上需要审慎权衡。

## 2.2 噪声与水污染、大气污染的同源性

施工期的许多活动是多种污染的共同源头,展现出强烈的同源性。例如,土方开挖作业不仅产生高噪声,还会扬起大量粉尘(PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>),并对地表水体造成泥沙污染。混凝土搅拌站既是显著的噪声源,也可能因冲洗废水处理不当而导致碱性废水和悬浮物排入水体。这种“同源性”意味着,对某一污染源的有效管控,例如对搅拌站进行全封闭并配备除尘、污水处理设施,可以同步削减噪声、粉尘和水污染,体现出极高的协同治理效率,是实现多污染物协同减排的关键切入点。

## 2.3 噪声与生物多样性的交互影响

水利工程对生物多样性的影响是多方面的,而噪声污染则进一步加剧了这种影响。大坝的物理阻隔作用已经切断了鱼类的洄游通道,并改变了栖息地水文条件。叠加的噪声污染则进一步恶化了水生生物的生存环境。大量研究表明,高强度的人为水下噪声会严重干扰鱼类的听觉系统,影响其正常的觅食、避敌和繁殖行为,甚至可能导致听力损伤和死亡<sup>[2]</sup>。对于沿岸鸟类而言,持续的施工和运行噪声会迫使其放弃原有的巢区,导致种群数量下降。因此,保护生物多样性需要综合考虑物理阻隔、水质变化和声学干扰等多重压力因子,采取系统性的保护措施。

## 3 协同治理的核心思路与框架构建

基于上述分析,本文提出一个贯穿水利工程“规划-设计-施工-运行”全生命周期的协同治理框架。

### 3.1 强化顶层设计与法规标准协同

#### 3.1.1 完善专项法规与技术导则

现行《噪声污染防治法》等通用法规虽提供了基础框架,但其条款难以精准应对水利工程特有的复杂声源谱和长期生态影响。因此,亟需由水利、生态环境等部委联合制定《水利工程噪声污染防治技术导则》。该导则应超越简单的排放限值,深入到工程实践层面:明确区

分施工期(如打桩、爆破)的瞬时高强冲击噪声与运行期(如水轮机、泄洪)的稳态低频连续噪声,并针对水电站厂房、大型泵站、船闸操作区等不同功能单元,提出差异化的控制目标、优先推荐的最佳可行技术(BAT)及效果验证方法。例如,可强制要求新建水电站采用计算流体动力学(CFD)优化水轮机流道设计,从源头抑制空化噪声;或规定主变压器必须置于封闭室内,并配套安装进排风消声系统。这种精细化、场景化的法规体系,能为项目从设计到验收的全过程提供清晰、统一且具强制力的技术遵循。

#### 3.1.2 推动环评与水保方案的深度融合

传统上,环境影响评价与水土保持方案分头编制,常导致环保措施在空间布局上相互掣肘。协同治理要求打破壁垒,推行“深度互馈、一体论证”的工作机制。在项目前期,应组建包含声学、水文、生态、水保等多领域专家的综合团队,利用地理信息系统(GIS)平台,将声环境敏感点(村庄、保护区)、水土流失重点防治区、重要水生生态等要素进行空间叠置分析。在此基础上,运用多目标优化模型,对降噪绿化带、截排水沟、生态护岸等措施进行协同设计<sup>[3]</sup>。例如,一道沿库岸布置的复合植被隔离带,其宽度、坡度、植物配置必须同时满足隔声降噪(通过声波吸收与散射)、拦截面源污染(通过根系过滤与土壤吸附)和稳固岸坡(通过根系锚固)三大功能,确保各项措施在物理空间和生态功能上形成合力而非内耗。

### 3.2 规划设计阶段的源头预防与协同优化

#### 3.2.1 选址布局的声景规划理念

应摒弃被动达标思维,主动引入“声景规划”(Soundscape Planning)理念,旨在营造和谐健康的声学环境。通过整合数字高程模型(DEM)、地表覆盖数据与专业声学模拟软件(如SoundPLAN),对多个选址和总图方案进行精细化比选。核心策略是最大化利用自然地形地貌——如将主体工程布置于山坳之中,利用山体作为天然声屏障;或将高噪声的砂石加工系统、混凝土拌合站等设施,依托现有林带或置于常年主导风向的下风向,并利用高差进行视觉与声学双重遮蔽。这种基于数据驱动的科学布局,能以最小的工程投入,实现对周边敏感区域最有效的噪声防护。

#### 3.2.2 生态工程措施的多功能集成设计

应大力推广集多重生态服务于一体的复合型工程。典型应用是在水库消落带、渠道边坡及管理区边界,构建由深根系乔木(如垂柳、池杉)、密植灌木(如杞柳、紫穗槐)和耐湿草本(如芦苇、香蒲)组成的异龄复层植被

系统。该系统不仅根系发达，能有效防止水土流失，其茂密冠层还能拦截降雨、净化径流中的氮磷污染物。更重要的是，其复杂的内部结构形成了巨大的声波散射与吸收界面，对500Hz以上的中高频噪声（主要来自交通和施工机械）衰减效果显著。这种“一举多得”的“活体”基础设施，是协同治理最经济、可持续的典范。

### 3.3 施工与运行阶段的过程控制与技术集成

#### 3.3.1 绿色施工技术的协同应用

一方面，应强制淘汰高噪声设备，全面推广静压桩、预应力管桩等低振动、低噪声新工艺。另一方面，对砂石破碎、混凝土生产等核心污染源，实施“全封闭厂房+负压除尘+废水回用”的一体化解决方案。封闭厂房本身构成高效隔声罩；内部粉尘经布袋除尘器净化后达标排放；生产废水经三级沉淀处理后全部回用于车辆冲洗或道路洒水。这一集成模式在一个物理空间内同步解决了噪声、粉尘（大气污染）和废水（水污染）问题，极大提升了治理效率并降低了综合成本。

#### 3.3.2 运行期的智能化与生态友好调度

首先，建立设备健康状态在线监测与预防性维护体系，定期检修水轮机、水泵等关键设备，及时更换磨损部件以消除异常噪声源，并对老旧设施加装隔声罩、使用弹性支座等进行降噪改造。其次，将生态保护深度融入水库调度规程，建立“生态-声学”友好型调度机制。在鱼类产卵洄游、鸟类育雏等生态敏感时段，原则上禁止安排大规模泄洪、冲沙等高噪声作业<sup>[4]</sup>。若因防洪等紧急需求必须执行，应采取分时段、小流量、多孔口开启等缓释策略，最大限度降低高速水流产生的喷流噪声对水生生物声学通讯与栖息行为的干扰。

### 3.4 构建智能监测与多元共治体系

#### 3.4.1 多参数一体化监测网络

应构建基于物联网（IoT）的多参数一体化在线监测网络，实时采集厂界噪声（含频谱）、排水口水质（pH、浊度、COD）、空气颗粒物（PM10）、关键边坡位移等数据。所有信息汇入智慧水利云平台，利用大数据分析和人工智能算法，自动识别跨介质污染关联。例如，系

统可预警某次高强度爆破作业后，下游监测点浊度与噪声级同步异常升高，从而触发联动响应机制，实现从“单要素监控”到“系统风险预警”的跨越。

#### 3.4.2 多元主体协同共治机制

应构建政府主导、企业履责、公众参与的多元共治格局。由地方政府牵头成立环境共治委员会，成员涵盖监管部门、项目业主、独立第三方及社区代表。委员会定期发布包含噪声、水质等核心指标的环境公报，并通过村民议事会、线上平台等渠道，就重大环保决策征询民意。同时，设立有奖举报和环保志愿者制度，鼓励周边居民参与日常监督。这种透明、互动的治理模式，不仅能提升公信力，更能凝聚全社会守护绿水青山的共识与合力。

## 4 结语

水利工程噪声污染治理需置于生态环境系统中考量。本文提出协同治理思路，以系统思维打破传统治理碎片化困境，通过全生命周期统筹规划、多污染源协同控制、多技术集成应用及多元主体参与，探索经济高效可持续的环境管理新路径。未来，新技术发展将推动水利工程环境管理精细化、智能化，构建虚拟工程-环境耦合模型，可仿真推演治理方案协同效果，选出最优解。此外，量化协同治理综合环境效益，并将其纳入成本-效益分析体系，也值得深入研究。只有不断创新治理理念与方法，才能使水利工程成为人与自然和谐共生的典范。

## 参考文献

- [1] 水利工程大中型泵站声环境规划与噪声控制关键技术研究与应[J]. 江苏水利, 2024, (11): 6.
- [2] 茅伟威. 水利工程对生态环境的影响与防范策略[J]. 生态与资源, 2025, (09): 160-162.
- [3] 陈功, 丁冬, 钱玉超, 等. 水利工程运行管理与生态环境保护的协调[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (25): 216-219.
- [4] 尚磊, 马思远, 黄皖容. 水利工程中的生态恢复与环境保护有效策略分析[J]. 绿色中国, 2025, (07): 97-99.