

资源与环保进展



Volume 4  
Issue 01

January 2026

ISSN 3029-2476(Print) 3029-2484(Online)

# 资源与环保进展



Volume 4 · Issue 1 · January 2026 · ISSN 3029-2476(Print) 3029-2484(Online)

SYNERGY  
PUBLISHING PTE. LTD.

Tel: +65 65881289  
E-mail: contact@s-p.sg  
Website: ojs.s-p.sg



中文刊名: 资源与环保进展

ISSN: 3029-2476 (纸质) 3029-2484 (网络)

出版语言: 华文

期刊网址: <https://ojs.s-p.sg/index.php/zyyhbz>

出版社名称: 新加坡协同出版社

Serial Title: Progress in Resources and Environmental Protection

ISSN: 3029-2476 (Print) 3029-2484(Online)

Language: Chinese

URL: <https://ojs.s-p.sg/index.php/zyyhbz>

Publisher: Synergy Publishing Pte. Ltd.

## 《资源与环保进展》征稿函

### Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

### 版权声明 /Copyright

协同出版社出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料,除另作说明外,作者有权依据 Creative Commons 国际署名-非商业使用 4.0 版权对于引用、评价及其他方面的要求,对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时,必须注明原文作者及出处,并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归协同出版社所有。

All articles and any accompanying materials published by Synergy Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). Synergy Publishing Pte. Ltd. reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Synergy Publishing Pte. Ltd.

电子邮箱 /E-mail: [contact@s-p.sg](mailto:contact@s-p.sg)

官方网址 /Official Website: [www.s-p.sg](http://www.s-p.sg)

地址 /Address: 12 Eu Tong Sen Street, #07-169, Singapore 059819



#### 期刊概况:

中文刊名: 资源与环保进展

ISSN: 3029-2476 (Print) 3029-2484(Online)

出版语言: 华文

期刊网址: <https://ojs.s-p.sg/index.php/zyyhbz>

出版社名称: 新加坡协同出版社

#### 出版格式要求:

- 稿件格式: Microsoft Word
- 稿件长度: 字符数(计空格)4500以上;图表核算200字符
- 测量单位: 国际单位
- 论文出版格式: Adobe PDF
- 参考文献: 温哥华体例

#### 出刊及存档:

- 电子版出刊(公司期刊网页上)
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 中国知网(CNKI)、谷歌学术(Google Scholar)等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

#### 作者权益:

- 期刊为 OA 期刊,但作者拥有文章的版权;
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档;
- 以开放获取为指导方针,期刊将成为极具影响力的国际期刊;
- 为作者提供即时审稿服务,即在确保文字质量最优的前提下,在最短时间内完成审稿流程。

#### 评审过程:

编辑部和主编根据期刊的收录范围,组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审,并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登,提供高效、快捷、专业的出版平台。

# 资源与环保进展

Volume 4 Issue 1 January 2026  
ISSN 3029-2476 (Print) 3029-2484 (Online)

主 编

姜小三

Xiaosan Jiang

编 委

卫泽斌 Zebin Wei

赵敏娟 Minjuan Zhao

任天宝 Tianbao Ren

叶昌东 Changdong Ye

- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 1  | 水资源调配工程中的环境敏感区保护技术探析<br>/ 韩筱璇             | 25 | 固废资源化利用项目的环保咨询关键技术与可行性评估体系构建<br>/ 韩斌 沈涛   |
| 4  | 固废堆体环境监测的风险识别与控制路径<br>/ 龚佳妮 周玉琴 姚婷婷 张秀博   | 28 | 企业环境信用评价体系在环境管理中的应用<br>/ 孙红强              |
| 7  | 分体式回转窑及废液炉焚烧结构设计及应用<br>/ 丁朝阳 张登峰          | 31 | 近岸海域水质影响因素分析及防治对策研究<br>/ 孙鹏 朱玉亮 王甦 郭浩 张旭鸿 |
| 10 | 环境保护实践中的公众参与机制与效果评估<br>/ 赵浩               | 34 | 环境管理体系在环保治理中的作用机制研究<br>/ 祁彦青 陶燕江          |
| 13 | 循环农业模式下的农业废弃物资源化利用研究与产业化<br>/ 宋克超 华怀峰 董存明 | 37 | 环保治理工程实施效果分析研究<br>/ 顾景荣 蒋加峰               |
| 16 | 典型工业区域环境空气质量特征及影响因素分析<br>/ 刘钢 郭辉          | 40 | 林业资源保护和森林防火技术分析<br>/ 徐贞                   |
| 19 | 大气环境监测的布点选择策略分析<br>/ 庞成                   | 43 | 复合型人工湿地系统对典型污染物削减效果研究<br>/ 胡志明            |
| 22 | 交通噪声监测中背景值干扰的识别与修正<br>/ 李娜 杨军泽            | 46 | 智慧环保背景下环境监测技术转型与能力提升研究<br>/ 朱嘉敏           |

- 1 Exploration of Environmental Sensitive Area Protection Technologies in Water Resource Allocation Projects  
/ Xiaoxuan Han
- 4 Risk identification and control path of environmental monitoring of solid waste heap  
/ Jiani Gong Yuqin Zhou Tingting Yao Xiubo Zhang
- 7 Design and Application of Structure of Split Rotary Kiln and Waste Liquid Incinerator  
/ Zhaoyang Ding Dengfeng Zhang
- 10 Public Participation Mechanism and Effect Evaluation in Environmental Protection Practice  
/ Hao Zhao
- 13 Study and Industrialization of Agricultural Waste Resource Utilization under Circular Agriculture Model  
/ Kechao Song Huaifeng Hua Cunming Dong
- 16 Analysis of Environmental Air Quality Characteristics and Influencing Factors in Typical Industrial Areas  
/ Gang Liu Hui Guo
- 19 Analysis of the Strategy of Air Environment Monitoring Site Selection  
/ Cheng Pang
- 22 Identification and Correction of Background Value Interference in Traffic Noise Monitoring  
/ Na Li Junze Yang
- 25 Key Environmental Consulting Technologies and Feasibility Evaluation System Construction for Solid Waste Resource Utilization Projects  
/ Bin Han Tao Shen
- 28 The Application of Enterprise Environmental Credit Evaluation System in Environmental Management  
/ Hongqiang Sun
- 31 Analysis of Factors Affecting Water Quality in Nearshore Waters and Study on Prevention and Control Measures  
/ Peng Sun Yuliang Zhu Shen Wang Hao Guo Xuhong Zhang
- 34 Research on the Mechanism of Environmental Management System in Environmental Governance  
/ Yanqing Qi Yanjiang Tao
- 37 Analysis and Study on the Implementation Effect of Environmental Protection Governance Projects  
/ Jingrong Gu Jiafeng Jiang
- 40 Analysis of Forestry Resources Protection and Forest Fire Prevention Technologies  
/ Zhen Xu
- 43 Study on the reduction effect of typical pollutants by composite artificial wetland system  
/ Zhiming Hu
- 46 Research on the Transformation and Capability Enhancement of Environmental Monitoring Technology in the Context of Smart Environmental Protection  
/ Jiamin Zhu



# Exploration of Environmental Sensitive Area Protection Technologies in Water Resource Allocation Projects

Xiaoxuan Han

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

## Abstract

The spatial and temporal distribution of water resources in Xinjiang is extremely uneven. Under the combined effects of arid climate and complex terrain, water resource allocation projects have become an important support for regional water supply security. However, large-scale deployment projects can easily cause disturbance to fragile ecosystems during the process of crossing ecologically sensitive areas, leading to changes in hydrological patterns, habitat fragmentation, and a decline in biodiversity. To achieve the synergy and unity of water resource utilization benefits and ecological protection goals, it is necessary to establish a systematic environmental sensitive area protection technology system. This article combines the characteristics of typical regions in Xinjiang and explores the control path of ecological impact in water resource allocation projects from the aspects of sensitive area identification, engineering design control, operation scheduling management, and ecological restoration compensation. Key technical measures with regional adaptability are proposed to provide theoretical support and practical guidance for promoting green development and ecological security construction of water conservancy projects in Xinjiang.

## Keywords

Water resource allocation; Environmentally sensitive areas; Ecological protection; Engineering interference; ecological compensation

## 水资源调配工程中的环境敏感区保护技术探析

韩筱璇

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司，中国·新疆乌鲁木齐 830002

## 摘要

新疆地区水资源时空分布极度不均，干旱气候与复杂地形共同作用下，水资源调配工程成为区域供水安全保障的重要支撑。然而，大规模调配工程在穿越生态敏感区过程中，易对脆弱生态系统造成扰动，引发水文格局改变、生境破碎与生物多样性下降等问题。为实现水资源利用效益与生态保护目标的协同统一，必须构建系统化的环境敏感区保护技术体系。本文结合新疆典型区域特点，从敏感区识别、工程设计控制、运行调度管理及生态修复补偿等方面出发，探讨水资源调配工程中生态影响的控制路径，提出具有区域适应性的关键技术措施，为推进新疆水利工程绿色发展与生态安全构建提供理论支撑与实践指导。

## 关键词

水资源调配；环境敏感区；生态保护；工程干扰；生态补偿

## 1 引言

新疆地处我国西北干旱区，水资源总体短缺且分布极不均衡，山地冰雪融水是平原区赖以生存的重要水源。随着经济发展与人口增长，区域间水资源矛盾日益突出，调水工程建设规模不断扩大，对缓解水资源分布不均、保障农业与城市用水发挥了关键作用。与此同时，调配工程频繁穿越绿洲边缘、荒漠湿地、生态廊道等环境敏感区，易引发生态系统结构失衡、水文过程紊乱及生态服务功能下降等问题。在

新疆这一特殊自然地理与生态格局下，迫切需要系统研究水资源调配工程中的环境敏感区保护技术，从规划设计到运行调控全面嵌入生态保护机制，确保区域生态安全底线不被突破，实现资源开发与生态安全的统筹兼顾。

## 2 水资源调配工程对环境敏感区的影响特征

### 2.1 调配工程建设对生态系统的干扰机制

新疆地域辽阔，生态类型复杂，水资源调配工程常跨越冰川融水发源地、绿洲边缘、荒漠带及河流下游生态脆弱区等典型地段，生态系统对外界扰动响应强烈。调配工程在选线及施工过程中易打破天然生态格局，引发地表植被破碎、水体系统扰动、土壤结构松散等问题。大量施工行为如渠道开挖、隧道贯通与施工道路铺设，直接破坏原生植被与地形结构，造成栖息地支离破碎，影响物种扩散路径与栖息

【作者简介】韩筱璇（1995—），女，中国陕西汉中人，硕士，工程师，从事水利水电方向的环境影响评价和环境保护研究。

网络连续性。工程沿线的水源涵养区、湿地缓冲带与野生动物迁徙带遭遇强烈干扰，生态系统的空间稳定性与结构完整性受到冲击，极易形成“破窗效应”，诱发局部生态退化加剧与区域生态服务功能下降。

## 2.2 环境敏感区水文格局变化的响应模式

新疆大多数区域依赖高山冰雪融水与间歇性降水补给，水文过程具有显著的时空不均性。调配工程通过跨流域引水、干渠输水及调蓄工程建设，打乱了原有水文节律和地表水—地下水耦合关系，尤其在河西走廊、塔里木盆地等区域表现尤为明显。引水调度常造成下游来水频次减少、湖泊湿地补给断续，艾比湖、乌伦古湖等重要湿地水面明显缩减，生态容量持续下降。输水路径穿越区如准噶尔盆地中部，地下水水位受控区域扩大，导致绿洲农业区次生盐渍化风险加剧。蓄水调节设施反复蓄放水改变局部河道水动力结构，水体扰动增强，水温升高、水体富营养化等问题逐步显现。水文格局的长期异化打乱了生态系统的生境依附关系，干扰了鱼类繁育、水禽栖息与植物季节萌发生理周期等生态过程。

## 3 环境敏感区识别与分级保护基础

### 3.1 环境敏感区的界定标准与空间识别方法

新疆地形地貌多样，涵盖冰川雪山、绿洲农田、荒漠草原等生态单元，在水资源调配工程布局过程中，需明确不同类型环境敏感区的识别边界与空间特征。环境敏感区通常包括生态保护红线区域、重要水源涵养区、生物多样性热点区、湿地与典型荒漠过渡带等，均具有生态服务功能突出、自然恢复力较弱、对人类活动反应强烈的共性。空间识别可依托遥感解译与GIS技术进行多源数据叠加，整合NDVI动态、DEM地形数据、水系分布与物种栖息地分布图层，建立新疆区划下的敏感因子评判模型。结合国家生态保护红线数据与自治区生态空间分布成果，构建“自然保护区—水源保护带—生态交汇区”三级识别体系，实现对调配路径可能穿越区域的空间精确标定，为调水工程前期选址避让与风险控制提供区域图谱依据。

### 3.2 风险分级与生态脆弱性评估体系构建

为科学引导水资源调配工程生态保护决策，需构建新疆生态背景下的环境敏感区风险分级体系，综合反映生态系统对调水工程扰动的暴露程度、敏感性及恢复潜力。风险分级标准应考虑水文依赖性、生态功能强度、现状破碎度及工程干预强度等多个维度，将环境敏感区划分为核心保护区、缓冲管理区与一般管控区三类。引入“暴露度—脆弱性—适应能力”模型，结合植被指数NDVI、物种多样性分布、地下水埋深、土地利用类型与坡度等指标参数，建立新疆特有的生态风险综合评价方法。高风险区域如塔里木河下游、巴里坤草原保护区等应实施刚性生态控制与施工避让，中度区域配置调控型生态防护设施，低敏区则结合生态补偿与过程监测实施精细化管理，保障调配工程在生态承载范围内

运行。

## 3.3 典型敏感要素的动态监测关键指标体系

新疆自然环境变化剧烈，生态系统脆弱且恢复周期长，必须建立多维度、系统化、动态化的环境敏感要素监测体系，服务调水工程全过程生态风险预判与响应。监测对象应覆盖水文、水质、生物、土壤和气候等五大类因子，优先关注地表径流变化、地下水水位波动、湿地水体交换频率、绿洲边缘NDVI变化、候鸟数量动态、物种栖息分布迁移趋势等关键生态指标。结合遥感监测与地面数据采集，依托无人机航测、自动水文站、红外相机及无线传感系统等设备，建立覆盖重点敏感区的生态监测网络。针对典型生态通道、水源涵养地、受扰湿地、野生动物栖息带等区域进行高频次监测，形成时间序列对比数据，动态分析工程建设对生态系统的潜在累积影响，支持精准化预警与即时生态响应策略落地实施。

## 4 工程设计阶段的生态安全控制技术

### 4.1 避让敏感区的调配线路优化策略

新疆水资源调配工程常需穿越山区、绿洲、荒漠等生态敏感区域，合理避让高风险生态单元成为工程前期设计的重点任务。基于区域生态分布格局与地貌结构差异，需利用多源空间数据构建调配路径优化模型，结合地形坡度、生态敏感等级、水文分布及施工难度等因子进行路径模拟与评估。引入遥感解译与地理信息分析技术，对沿线分布的自然保护区、重要湿地、植被核心带、迁徙廊道等进行识别、叠加与权重赋值，制定多目标路径优化方案。特别是在天山北坡、塔里木河下游等生态系统高度集聚区域，应通过设计回避高敏地段、抬高结构走向或地下暗埋方式，最大限度减少对原始生态格局的割裂，实现空间避让与工程可行性的协调统一，提升调配线路的生态适应能力与环境兼容性。

### 4.2 生态通道与连通结构的功能集成方式

新疆生态系统具有显著的带状分布和点状生境特征，生物通道的连通性对生态安全具有决定性意义。工程设计中应将生态通道视为基础功能系统与结构性设施一体化的重要组成部分，在调水线路与生态廊道交汇区优先设置动物通道、植被过渡带与水文连通渠。针对野生动物频繁活动的区域，可设计涵洞式、天桥式生态通道，结合斜坡式缓坡铺设、植被引导带与低照度灯控措施，保障不同生物在季节更替期自由迁徙。对于跨越绿洲湿地或荒漠湖泊系统的管道工程，应设置地下水连通涵管或溢流调节渠，保持地表水体季节性联通关系。设计方案应融入生态微地形调整与植被恢复机制，使通道与周边环境有机融合，降低物种对通行结构的排斥率。在构建“点—线—面”协同连通网络的基础上，提升生态结构完整性、景观连贯性与物种迁移流通能力。

### 4.3 施工扰动最小化的工程设计原则

新疆生态系统对外界扰动极为敏感，设计阶段需贯穿低干预、低破坏、可恢复的工程理念，实现调配建设活动对

环境敏感区的最小扰动。通过优化施工图纸与工艺工法,采用预制化、装配化、模块化构件技术,减少施工现场大面积开挖与地表扰动。限制施工区域范围,明确施工红线与生态缓冲线,配合布设临时排水沟、隔离围栏及防护带,保障周边生态系统不被波及。在高寒山区与沙漠边缘地带,应根据季节气候条件调整施工节奏,避开融水期、植被抽芽期与野生动物繁殖期。材料堆放区、弃渣场选址避开河谷湿地与坡面水源径流带,并设置挡渣墙、渗滤沟等生态工程措施防止二次污染。配套完善施工期生态监测与扰动信息追踪机制,动态调整施工节奏与工艺路线,确保生态干扰可控、生态功能可恢复、生态损害可修复。

## 5 环境敏感区的综合修复与生态补偿措施

### 5.1 人工湿地与水生态系统功能恢复路径

在新疆水资源调配工程实施过程中,部分湿地系统因径流改变与水源切断而失去生态功能,人工湿地成为恢复区域水生态系统结构与功能的重要手段。应依据区域气候水文特征、原生植被类型与水质污染指标,构建表流型、潜流型或复合型人工湿地,优先部署在河湖边缘退化地带、水源涵养斑块断裂区域与调配出水口下游。通过高差调控与微地形设计,引导水流形成缓慢、稳定流态,增强泥沙沉降、水体净化与微生境构建能力。种植本地挺水植物、沉水植物与湿生灌草,营造生物群落多样性与垂直生态结构,提升生态恢复稳定性与系统自调节能力。在艾比湖、乌伦古河、博斯腾湖等典型湿地系统周边区域建设人工湿地带,既能恢复生境完整性,也可构建调蓄缓冲空间,为调水工程下游生态安全提供结构性支持。

### 5.2 水土保持与植被重建的系统性修复措施

新疆调配工程沿线常伴随不同强度的地表扰动与边坡切割,易引发水土流失、植被破坏与土地荒漠化加剧等生态连锁反应。为恢复区域生态承载能力,应制定系统性的水土保持与植被重建策略。边坡区采用混合型护坡措施,将土工格栅、生态袋、喷播草籽与乔灌草结合,增强边坡稳定性与抗冲刷能力。绿洲边缘地带可因地制宜进行灌草复合恢复,选择胡杨、柽柳、沙拐枣等抗旱耐盐植物群落进行封育栽植,提升植被覆盖率与地表抗风蚀能力。退化湿地周边通过调整水位节律与土壤水分保持措施,促进天然草本植被自然恢复与逐级替代演替。对人为扰动严重地块结合土壤改良技术、

微喷灌溉与土壤生物修复手段,提高种植成功率与地表绿化持久性。全过程应同步设定生态恢复考核指标与验收机制,确保生态结构、功能与服务效能同步提升。

### 5.3 生态补偿机制在调配工程中的嵌入模式

新疆水资源调配工程在提升水资源空间配置效率的同时,也对生态系统产生客观影响,建立健全生态补偿机制是保障生态平衡与社会效益的重要举措。生态补偿应贯穿规划、建设与运行全流程,依据工程占用范围、影响程度与生态损失价值进行科学核算,明确受益方与受损方之间的生态责任关系。补偿方式可采用资金补助、生态修复工程、绿色基础设施建设及功能区联动治理等多元机制,并依据不同生态单元的实际情况进行差异化配置。在塔里木河流域、额敏河谷与博斯腾湖区域,可探索建立流域共建共治共享补偿模式,推动上下游地区之间的水—生态协同保护。补偿资金应设立专项账户,明确使用用途、监管机制与绩效评估体系,确保生态修复与保护支出目标明确、路径清晰、效果可量化,实现生态保护制度化、常态化与精准化,为调配工程生态融合奠定制度基础。

## 6 结语

水资源调配工程在保障区域用水安全的同时,对环境敏感区生态格局与系统稳定性提出了严峻挑战。应对这一复杂局面,需要在规划、设计、建设、运行和补偿等各环节中统筹生态保护理念,推动工程与自然系统之间形成动态平衡。通过优化线路避让、强化生态通道构建、最小化施工扰动以及健全生态修复和补偿机制,可逐步构建兼顾资源调配效率与生态安全底线的技术体系。未来相关工程应以系统思维强化环境管控责任,以技术集成为支撑提升生态兼容能力,实现水资源开发利用与生态环境保护的协调共生。

### 参考文献

- [1] 张修宇,肖恒,张亮,翟家齐,魏冲,闫旖君.变化环境下引黄灌区水资源安全保障关键技术[M].中国水利水电出版社:202310.
- [2] 魏娜,解建仓,罗军刚,宋孝玉,王义民,黄强.水资源与水环境虚拟仿真实验教学平台的建设[J].实验技术与管理,2019,36(09):100-102.
- [3] 付强,郎景波,李铁男,刘东,李天霄.三江平原水资源开发环境效应及调控机理研究[M].中国水利水电出版社:201605.
- [4] 苑长春.乌议滞洪区对大庆环境的影响及其水资源的综合利用[J].黑龙江水利科技,2011,39(03):170-171.

# Risk identification and control path of environmental monitoring of solid waste heap

Jiani Gong Yuqin Zhou Tingting Yao Xiubo Zhang

Zhejiang Qiusi Environmental Monitoring Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

## Abstract

Solid waste heap environmental monitoring is an important component of environmental protection, capable of effectively identifying and assessing the potential risks that solid waste heaps pose to the surrounding environment. With the increasing number and scale of solid waste heaps, environmental risk issues have become more prominent, particularly the risks of pollutant leakage and infiltration, which may lead to long-term and severe pollution of water bodies, air, and soil. Therefore, the risk identification and control pathways for solid waste heap environmental monitoring are of great significance. This paper analyzes the development trends of current solid waste heap environmental monitoring technologies and the challenges faced, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the effective management of environmental risks related to solid waste heaps.

## Keywords

Solid waste heap; Environmental monitoring; Risk identification; Risk assessment; Control pathways

# 固废堆体环境监测的风险识别与控制路径

龚佳妮 周玉琴 姚婷婷 张秀博

浙江求实环境监测有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

## 摘要

固废堆体环境监测是环境保护领域中的重要环节,能够有效识别和评估固废堆体对周围环境的潜在风险。随着固废堆体数量的增加和规模的扩大,环境风险问题日益突出,特别是污染物的泄漏、渗透等风险,可能对水体、空气及土壤造成长期且严重的污染。因此,固废堆体环境监测的风险识别与控制路径显得尤为重要。本文分析了当前固废堆体环境监测技术的发展方向以及面临的挑战,旨在为固废堆体环境风险的有效管理提供理论依据和实践指导。

## 关键词

固废堆体; 环境监测; 风险识别; 风险评估; 控制路径

## 1 引言

固废堆体是指固体废弃物长期堆放并形成的堆积体,广泛存在于各类工业、矿业及生活垃圾处理过程中。固废堆体因其长期积累和堆放,常常成为潜在的环境风险源。随着环保意识的增强和政策的推进,固废堆体的环境监测日益受到重视。环境监测技术能够及时发现固废堆体可能带来的环境污染风险,为环境治理和风险控制提供科学依据。然而,固废堆体环境监测面临着多方面的挑战,尤其是如何有效识别环境风险、选择合适的监测技术以及如何建立有效的风险控制路径。

## 2 固废堆体环境监测的风险识别

### 2.1 固废堆体环境风险的定义与分类

固废堆体环境风险指的是固废堆体在堆积过程中或由于外部因素的影响,可能对周围环境造成污染、破坏或健康危害的潜在威胁。其风险主要包括污染物泄漏、土壤与水源污染、气体泄露等。根据不同的影响范围与方式,固废堆体环境风险可分为三类:物理风险、化学风险和生物风险。物理风险通常涉及堆体不稳定引发的滑坡或沉降问题,化学风险指堆体中有害物质对水土的渗透或泄露,生物风险则包括堆体中微生物的繁殖及其对生态环境的负面影响。这些风险不仅直接威胁生态环境,还可能对人类健康造成长期危害,特别是在工业废物和生活垃圾堆放区域。

### 2.2 固废堆体环境风险的主要来源

固废堆体环境风险的主要来源包括固废本身的成分、堆积方式、环境条件及外部干扰因素。固废堆体中的有毒有害物质,如重金属、化学品、挥发性有机物等,具有较强的

【作者简介】龚佳妮(1996—),女,中国浙江台州人,本科,助理工程师,从事生态环境监测与分析研究。

污染性,易通过水土流失、气体挥发或地下水渗透等途径污染周边环境。堆积方式也是风险来源之一,若堆放不当或防渗措施不完善,极易导致有害物质的扩散。环境因素如降水量、温度、风力等也在一定程度上加剧了风险的发生。此外,外部干扰因素,如地震、交通、洪水等突发事件,也可能导致堆体失稳,增加环境污染的风险。这些因素共同作用,促使固废堆体成为不可忽视的环境风险源<sup>[1]</sup>。

### 2.3 固废堆体环境风险的识别方法与流程

固废堆体环境风险的识别通常包括现场调查、实验室检测与数值模型分析三大步骤。现场调查通过对堆体的地理位置、堆积方式、堆放年限、物质成分等因素的详细检查,初步评估潜在的环境风险。实验室检测则通过对堆体中所含有害物质的定量分析,识别污染源及其可能的扩散路径。数值模型分析则运用计算机模拟技术,根据气候、地质、水文等参数建立风险预测模型,评估不同情境下堆体的风险变化。整个识别流程需要对多维度的数据进行综合分析,以确保风险识别的准确性与全面性,最终为后续的风险防控提供科学依据。

## 3 固废堆体环境监测的技术路径

### 3.1 环境监测设备与技术手段

固废堆体环境监测所需的设备与技术手段主要包括气体监测仪器、土壤与水质分析设备、遥感技术与无人机监测等。气体监测仪器用于检测堆体内外挥发性有机物(VOCs)及温室气体的浓度变化,以识别堆体内的有害气体泄漏风险。土壤与水质分析设备则用于检测堆体周边土壤和水体中的有毒重金属和化学物质,评估其污染程度。遥感技术与无人机监测能够从空中获取堆体的整体情况,并实时监测堆体表面形变、积水等潜在风险。此外,基于物联网技术的智能传感器网络可实现对堆体环境的实时监测,并通过数据传输系统进行远程监控。

### 3.2 监测数据采集与处理方法

监测数据的采集与处理是固废堆体环境监测的关键步骤。数据采集通常通过安装于堆体及周边的多种传感器设备进行,包括气体传感器、土壤温湿度传感器、地下水位及水质传感器等。采集到的原始数据需经过数据清洗、去噪处理,以确保数据的准确性与可靠性。随后,利用统计分析方法对数据进行进一步处理与分析,包括时间序列分析、相关性分析、趋势预测等,以识别环境变化的潜在风险。数据处理结果可通过图形化展示和报告系统传递给决策者,支持决策和应急响应。

### 3.3 固废堆体环境监测的技术难点与解决方案

固废堆体环境监测面临多项技术难点,主要包括数据覆盖范围不足、监测设备的准确性和稳定性问题以及突发事件的实时响应能力不足。首先,固废堆体广阔且复杂,单一设备可能难以全面覆盖所有风险点。针对这一问题,可以通

过多设备协同监测和数据融合技术提高监测的全面性和准确性。其次,设备的长期运行稳定性和在恶劣环境中的表现仍然是挑战。为此,选择高精度、耐用且适应性强的设备,并定期进行设备校准和维护,能有效提高监测质量。最后,突发环境事件的应急响应需要快速、精准的监测数据支持,采用自动化监测系统和智能化预警系统,可以大大提高响应速度,减少环境污染风险<sup>[2]</sup>。

## 4 固废堆体环境风险的评估与分析

### 4.1 风险评估模型的构建与应用

风险评估模型的构建是固废堆体环境管理的重要环节。通过建立多维度的风险评估模型,可以量化固废堆体的潜在环境风险。模型构建通常涉及危险性分析、污染物扩散模拟、堆体稳定性分析等多个方面。基于现场监测数据和理论模型,通过定量计算与模拟仿真,评估固废堆体在不同环境条件下的风险情况。例如,结合环境影响因子和堆体物理化学特性,可以构建综合风险评估模型,帮助预测未来潜在的环境污染事件,并为风险控制策略的制定提供依据。

### 4.2 环境监测数据与风险评估的关系

环境监测数据为固废堆体风险评估提供了基础支撑。通过对堆体及周围环境的长期监测,能够及时获取气体、土壤和水质等方面的变化数据。监测数据的变化趋势和规律能够为风险评估提供直观的参考依据,例如,气体浓度的波动可能指示堆体内的危险物质正在泄漏,水质污染数据的异常可能预示着堆体对周围水源的污染。通过对监测数据的持续跟踪与分析,可以实时评估固废堆体的环境风险,进而为决策提供及时的支持。

### 4.3 风险评估结果的分析与解读

风险评估结果的分析与解读至关重要。评估结果需要结合监测数据、现场调查情况以及环境变化趋势,进行综合分析判断。例如,通过比较不同时间段、不同条件下的评估结果,可以识别出风险高发期或高风险区域。解读这些结果时,不仅要考虑当前环境状态,还要评估潜在的长期环境影响,分析风险可能对生态环境、公众健康和社会经济造成的影响。最终,通过深入的结果分析,为后续的风险管理、控制措施以及政策调整提供可靠依据。

## 5 固废堆体环境风险的控制路径

### 5.1 源头控制与预防措施

固废堆体环境风险的源头控制与预防是确保堆体环境安全的关键步骤。源头控制的主要目的是减少有害物质的产生与堆积,通过优化废物分类、减量化和无害化处理来降低环境污染。对有毒有害固废的管理应严格按照相关法规进行,确保其在处置过程中的环保标准得到严格遵守。此外,堆体选址时应充分考虑地质、气候和水文等自然因素,选择适合的区域,以减少自然灾害对堆体的影响。加强对堆体材料的监控,防止含有重金属或有害化学物质的废弃物进入堆

放区域,有效预防污染风险<sup>[3]</sup>。

## 5.2 过程监控与风险防控技术

固废堆体环境风险的过程监控包括实时监测堆体外内外的气体、渗水、温度等变化,以确保风险预警及时、有效。采用现代传感器技术与信息化管理平台,能够实时采集并分析堆体的环境数据,发现异常时能迅速启动风险防控措施。监测技术的发展使得各类污染物的检测更加精确,尤其在有害气体泄漏和水质污染方面,能够实现早期预警。通过强化堆体的结构安全与渗透防护,防止水源污染与固废扩散,同时加强堆体周围环境的生态修复,有效遏制环境风险的蔓延。

## 5.3 应急管理 with 应对策略

应急管理 with 应对策略是应对突发环境事故的关键手段。针对固废堆体可能发生的风险事件,应建立完善的应急预案,并定期开展应急演练,确保事故发生时,能够快速响应。应急措施包括泄漏物质的封堵、污染水源的切断以及对受影响区域的快速清理和修复。应急设备和物资的储备需满足不同类型事故的需要,如泄漏处理设备、隔离围栏、环境净化装置等。在风险控制过程中,公众参与与信息公开至关重要,通过提高公众的应急意识和参与度,可以增强社会应对突发事件的能力,减少损失。

# 6 固废堆体环境监测风险控制的管理机制

## 6.1 固废堆体监测管理体系建设

固废堆体环境监测管理体系建设应建立在完善的法律法规框架下,结合地方政府和企业的实际情况,明确监测与管理的责任和流程。首先,监测体系的建设需要整合各类技术手段和监测设备,确保数据的实时采集与高效传输。同时,需设立专门的监管部门,负责对监测数据的汇总与分析,确保监测结果的准确性与及时性。其次,管理体系还应包括监测数据的报告机制和应急响应机制,确保当风险发生时,能够迅速做出决策并采取有效措施。体系建设应注重与相关政策法规的衔接,使监测工作得到法律保障与政策支持。

## 6.2 风险控制措施的执行与监管

固废堆体风险控制措施的执行与监管是确保各项防控措施落地的关键。执行阶段应根据监测数据与现场评估结果,及时调整防控策略和措施,并确保措施的落实。监管机

构应定期对堆体环境进行检查,确保相关控制措施始终符合标准,且采取的管理方法具有实际效果。此外,要加强企业内部的自我监督机制,落实责任制,确保每个环节都有专人负责,减少人为失误导致的管理漏洞。对存在不合规行为的企业,应依法进行处罚,并督促其进行整改。

## 6.3 政策支持与行业规范的完善

政策支持与行业规范的完善是推动固废堆体环境监测与风险控制的重要保障。政府应出台更加严格的环境保护法规,明确企业和监管部门的责任与义务,并为企业必要的技术支持和资金援助。行业规范的完善包括制定统一的堆体环境监测标准和风险评估标准,为行业提供技术性指导和操作规范<sup>[4]</sup>。加强对固废堆体环境管理的法律监管,严厉打击违法行为,确保所有堆体都符合环保要求。此外,政策的灵活性和前瞻性同样重要,政府应不断根据实际情况和科技发展调整政策,促进环境监测技术的更新与应用,为固废堆体环境风险控制提供有力支持。

# 7 结语

固废堆体的环境监测与风险控制是保障生态环境安全的重要环节。通过科学的风险识别、先进的监测技术以及有效的风险控制路径,可以显著降低固废堆体对环境和人类健康的威胁。源头控制、过程监控、应急管理和合理的政策支持构成了全方位的风险防控体系,为固废堆体的安全管理提供了有力保障。随着监测技术的不断发展和管理模式的完善,固废堆体环境风险的识别与防控将更加精确和高效。然而,仍需加强法规建设与行业标准的落实,推动各方共同努力,确保固废堆体管理的可持续性。未来,随着技术创新和政策的不断优化,固废堆体的环境风险有望得到更好控制,为生态环境保护和社会可持续发展作出积极贡献。

## 参考文献

- [1] 张谦.上海市露天固废堆放场地识别和分析[D].导师:过仲阳.华东师范大学,2024.
- [2] 吕运鸿.基于天空地多源信息的固废堆填场地识别及风险评价研究[D].导师:张帅.浙江大学,2023.
- [3] 王碧姣.存量固废堆填场失稳流滑-环境污染灾害链双重风险评估[D].导师:张帅.浙江大学,2023.
- [4] 王祥.上海市崇明区非正规建筑固废堆点治理问题研究[D].导师:谢炜.华东师范大学,2022.

# Design and Application of Structure of Split Rotary Kiln and Waste Liquid Incinerator

Zhaoyang Ding Dengfeng Zhang

Xi'an Aerospace Power Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710100, China

## Abstract

The incineration of hazardous waste using a rotary kiln is one of the most mature, adaptable, and relatively thorough treatment methods available [1]. At present, rotary kiln incinerators in centralized hazardous waste treatment facilities primarily process solid waste, with a small amount of liquid waste (typically less than 30% of the total) co-processed. The incineration unit adopts a structure in which the rotary kiln is directly inserted into the secondary combustion chamber, as shown in Figure 1. In recent years, encouraged by national environmental protection policies, waste-generating enterprises have begun constructing their own incineration facilities to treat the hazardous waste they produce, thereby avoiding transportation risks and generating economic benefits through waste heat recovery. However, in practice, many enterprises—especially those in coal chemical, petrochemical, fine chemical, and related industries—generate hazardous waste that is predominantly liquid, with relatively small amounts of solid waste (generally less than 20% of the total). The traditional rotary kiln configuration, which is inserted directly into the secondary combustion chamber, is no longer suitable for such cases, leading to issues such as liquid waste sticking to the kiln walls, coking, and incomplete combustion. Additionally, in the absence of solid waste, the rotary kiln must continue rotating to prevent deformation, resulting in high energy consumption. To address these challenges, this paper proposes a split-type rotary kiln incineration unit design, which has been successfully applied in engineering projects. As illustrated in Figure 2, this design effectively resolves the operational problems mentioned above, enables partial shutdown based on waste type, and reduces energy consumption and equipment failure rates. Through case studies and data analysis, this paper also verifies the feasibility and advantages of the proposed structure, providing a reference for similar enterprises.

## Keywords

rotary kiln; liquid waste; solid waste; incineration structure; environmental protection engineering

## 分体式回转窑及废液炉焚烧结构设计及应用

丁朝阳 张登峰

西安航天源动力工程有限公司, 中国·陕西 西安 710100

## 摘要

采用回转窑对危险废弃物进行焚烧是一种最成熟、对物料适应性最强、处置结果相对彻底的最常用方法[1]。目前, 危废集中综合处置中心回转窑焚烧炉主要处理以废固为主的危险废弃物, 掺烧少量废液(一般占总量30%以下), 焚烧单元采用回转窑直接承插在二燃烧室的结构, 如图1所示。近年来, 国家环保政策的鼓励下, 产废企业开始自行建设焚烧装置处置自身产生的危险废弃物, 以避免运输过程中的风险, 同时通过余热回收利用产生经济效益。然而, 实际中各产废企业, 尤其是煤化工、石油化工、精细化工等相关企业, 产生的危险废弃物以废液为主, 废固量较少(一般占总量20%以下)。再使用传统回转窑承插二燃室这种焚烧单元已不再适用, 出现了废液挂壁结焦、燃烧不完全等缺点。同时, 在没有固废时, 回转窑本体必须一直旋转运行, 导致能耗高。针对上述情况, 本文提出一种分体式回转窑焚烧单元结构设计, 并成功应用于工程项目。如图2所示, 该设计有效解决了上述运行问题, 实现了根据物料类型进行局部切断, 降低了能耗及设备故障率。本文还通过应用案例和数据分析, 验证了该结构的可行性和优势, 为类似企业提供了参考。

## 关键词

回转窑; 废液; 废固; 焚烧结构; 环保工程

## 1 引言

随着工业化进程的加速, 危险废弃物的产生量逐年增

加, 如何安全、高效地处置这些废弃物成为环保领域的重点课题。回转窑焚烧技术因其适应性强、处理彻底等优点, 被广泛应用于危险废弃物处置[2-3]。然而, 传统回转窑结构主要针对废固为主的物料设计, 在面对以废液为主的废弃物时, 暴露出诸多问题。本文基于实际工程需求, 分析传统结构的缺点, 并提出一种创新的分体式回转窑及废液炉焚烧结构, 通过理论分析和应用案例, 探讨其设计优势及实施效果。

【作者简介】丁朝阳(1986—), 男, 中国重庆人, 硕士, 高级工程师, 从事环保工程及危险废物处理技术工作及研究。

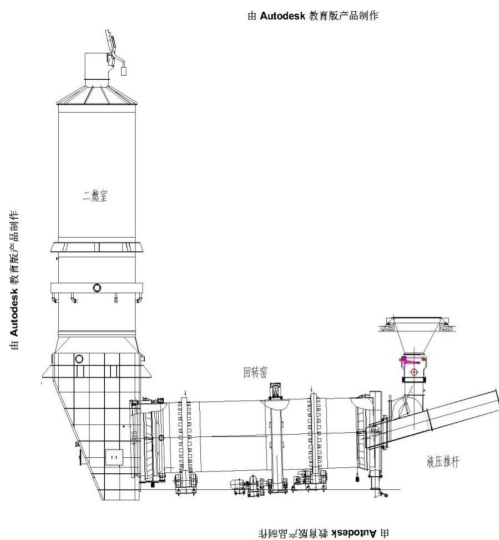


图1 承插式回转窑及二燃室图

## 2 传统承插式危险废弃物焚烧回转窑的缺点

传统危废集中综合处置中心的回转窑焚烧炉，一般设计以处置固废为主，废液为辅。固废处理量通常占总设计处理量的60%~80%，废液处理量占20%~40%。废液一般从窑头横向顺流于烟气方向或二燃室侧向垂直于烟气方向喷入。窑头废液根据固废的热值进行调整：当固废热值低时，喷入高热值废溶剂作为助燃燃料，保证窑内的断面及容积热负荷；当固废热值高时，喷入低热值废水避免窑内热负荷过高。然而，在实际运行中，这种结构常常遇到以下问题：

### 2.1 物料种类搭配比例适应性较差，废液容易冲刷壁面结焦

在运行过程中，许多废液含有高盐分，而窑头配风相对独立，焚烧废液炉的旋流强度及流场较差。当废液量过大（一般超过总设计处理量的50%）时，含盐废液容易冲刷到回转窑内壁上，形成半固态或液态的熔融盐。这些熔融盐与固态物料混合，极易造成窑内结焦，导致回转窑无法正常运行。结焦不仅降低传热效率，还可能引发设备堵塞和耐火材料损坏[4-5]。

### 2.2 废液燃烧不完全

从回转窑出来的烟气进入二燃室后，烟气流场相对混乱。二燃室上的废液喷枪一般垂直于烟气方向喷入，作为助燃燃料，保证烟气从850℃加热到1100℃。但如果喷枪角度控制不佳，废液容易穿透烟气，喷射到二燃室壁面，导致耐火材料加速受损。此外，如果废液量过大或喷射点位置过高，烟气停留时间不足，高热值废液可能燃烧不完全，产生CO等有害气体，影响环保指标[6-7]。

## 3 分体式回转窑及废液炉焚烧结构的提出

随着环保政策的鼓励，以及危废转运过程中的风险，越来越多化工企业（特别是精细化工企业）开始自行建设危废焚烧处置装置。这些企业通常以废液为主（占

70%~80%），废固较少（占20%~30%）。有的企业因园区配套或转运问题，必须自建焚烧炉。废液成分复杂，含盐量高、腐蚀性强，若仍采用传统回转窑承插结构，容易出现挂壁结焦、燃烧不完全等问题。针对这一现状，西安航天源动力工程有限公司固废事业部设计团队提出了分体式回转窑及废液炉的结构，并在山东某医药化工项目和上海某精细化工项目中成功应用。

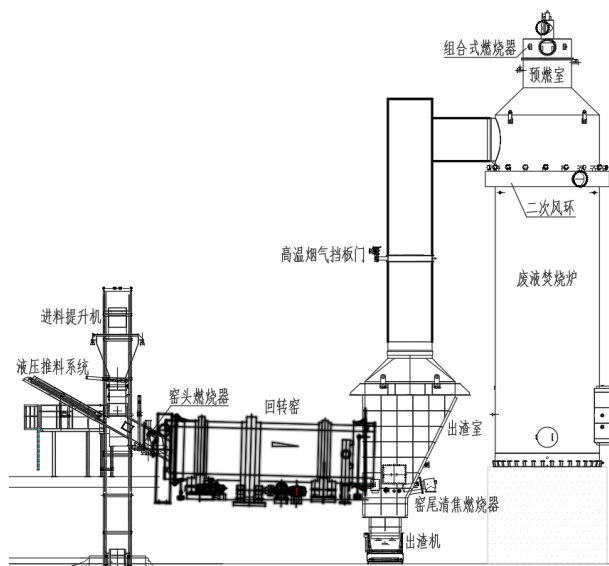


图2 分体式回转窑及废液炉示意图

### 3.1 结构设计概述

如图2所示，焚烧单元包括回转窑及其进料系统、出渣室、高温烟道及挡板门、废液炉（包含燃烧器、预燃室、二次风环等）。固废通过回转窑进料系统进入回转窑焚烧，焚烧后的固体残渣从窑尾掉入出渣机。高温烟气从回转窑进入出渣室，再通过顶部高温烟道从废液炉肩部下部进入废液炉。这种分体设计使两个系统相对独立，可根据物料类型灵活运行。

### 3.2 分体式结构的优点

#### 3.2.1 适应固少液多的企业现状，同时适应多种废液

分体式结构相比传统承插式，回转窑系统和废液炉相对独立。针对固废量少的企业，可设计较小规格的回转窑，高温烟气作为废气进入废液炉进行二次焚烧。这种设计提高了物料适应性，尤其适合处理高热值、低热值及含盐废液[8-9]。

#### 3.2.2 避免废液燃烧不完全和结焦刷壁

废液炉采用组合式燃烧器、预燃室、肩部低热值含盐废液喷射点、二次风环等结构，通过轴向旋流和径向旋流等强旋流方式，使烟气充分混合，避免废液喷射到壁面。高热值废液在预燃室焚烧，保证低热值废液的燃烧温度、停留时间和混合度，从而避免燃烧不完全和结焦问题。图3展示了废液炉内的流场模拟结果，验证了旋流设计的有效性。

#### 3.2.3 回转窑和废液炉可以独立运行

传统承插式结构中，回转窑和二燃室为一体，即使没

有废固,回转窑也必须旋转以避免变形。分体式结构在高温烟道设置挡板门,当废固较少时,可切断挡板门,停运回转窑系统,仅运行废液炉,显著降低能耗和人工成本[10-11]。

## 4 应用情况

本结构已在多个项目中成功投运。以山东某医药化工项目为例,建设规模为30t/d废固回转窑+80t/d废液焚烧炉,废液含盐质量比大于10%。危险固废通过自动进料装置进入回转窑系统,尾气送至废液焚烧炉,高温烟气经余热锅炉及烟气处理装置净化后排放。工艺系统包括废液储存系统、进料系统、回转窑系统、废液炉系统、余热利用、烟气处理及排放系统、CEMS监测系统等。该项目于2024年9月投料运行,一次性试车成功,通过性能考核及环保验收,并保持稳定运行。



图3 分体式回转窑及废液炉现场照片

运行期间,各指标均达到设计要求:

窑头负压:维持在-20~80 Pa,避免投料口冒烟。

温度控制:窑头温度500~750℃(实际平均650℃),窑尾温度850~1050℃(实际平均950℃)。

氧含量:锅炉出口控制在4%~10%(平均值7%),避免CO超标。

其他参数:急冷塔出口温度180~200℃,布袋除尘器压差500~700 Pa,碱洗塔盐分低于10%。

以下曲线图展示了关键运行参数的变化趋势,证实了系统的稳定性:

## 5 讨论与展望

分体式回转窑及废液炉结构通过工程验证,展现了高效、灵活的特点。未来,随着环保标准的提高和智能化技术的发展,该结构可进一步优化,例如集成AI控制系统实现实时优化[12-13],或结合可再生能源降低碳足迹[14-15]。此外,该技术可推广至其他行业,如市政废物处理或工业污泥处置,具有广阔的应用前景。

## 6 结语

近年来,随着环保政策的鼓励,越来越多产废企业开始自建废固废液焚烧炉。针对企业危险废弃物以废液为主、废固量少的特点,传统回转窑承插结构易导致挂壁结焦和

燃烧不完全等问题。分体式回转窑及废液炉结构通过独立设计,适应了固少液多的现状,避免了运行问题,同时降低了能耗和成本。该技术已成功应用于多个项目,通过性能考核和环保验收,为企业带来了经济效益和社会效益。未来,持续优化和创新将进一步提升该技术的竞争力。

## 参考文献

- [1] 肖诚斌. 危险废物焚烧项目回转窑运行故障分析与对策[J]. 工业炉, 2019, 41(6): 59-61.
- [2] 刘伟, 张华. 危险废物焚烧技术进展[J]. 环境工程, 2020, 38(3): 45-50.
- [3] 王磊, 李芳. 回转窑在危险废物处理中的应用研究[J]. 化工环保, 2018, 38(4): 78-82.
- [4] 陈志刚, 赵明. 高盐废液焚烧结焦机理及防治[J]. 燃烧科学与技术, 2021, 27(2): 112-118.
- [5] 孙建国, 周涛. 废液焚烧炉耐火材料损伤分析[J]. 材料工程, 2019, 47(5): 90-95.
- [6] 黄伟, 刘洋. 危险废物焚烧二燃室流场优化[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(6): 134-140.
- [7] 徐敏, 吴昊. 废液喷枪设计对燃烧效率的影响[J]. 工程热物理学报, 2021, 42(3): 156-162.
- [8] 马强, 郑丽. 分体式焚烧炉结构设计原理[J]. 机械工程学报, 2022, 58(1): 67-73.
- [9] 高伟, 林静. 旋流燃烧技术在废液处理中的应用[J]. 热能动力工程, 2020, 35(4): 88-94.
- [10] 赵刚, 王鹏. 危险废物焚烧能耗优化策略[J]. 节能技术, 2019, 37(2): 55-60.
- [11] 周华, 李强. 挡板门在分体式焚烧炉中的控制应用[J]. 自动化仪表, 2021, 42(7): 102-108.
- [12] 张明, 刘超. AI在环保工程中的智能控制[J]. 计算机应用, 2022, 42(5): 145-150.
- [13] 王芳, 陈浩. 大数据在废物管理中的应用前景[J]. 环境监测, 2023, 45(1): 78-84.
- [14] 李军, 孙伟. 可再生能源与废物处理耦合技术[J]. 新能源进展, 2021, 9(3): 112-118.
- [15] 刘丹, 赵凯. 碳足迹评估在环保项目中的应用[J]. 气候变化研究, 2022, 18(4): 90-96.
- [16] 陈涛, 杨静. 危险废物政策法规分析[J]. 环境法律评论, 2020, 12(2): 45-52.
- [17] 吴刚, 周敏. 精细化工废物特性及处理技术[J]. 化工进展, 2019, 38(8): 167-173.
- [18] 郑伟, 王磊. 回转窑热工计算与优化[J]. 工业加热, 2021, 50(6): 34-40.
- [19] 孙鹏, 李华. 废液焚烧烟气处理技术比较[J]. 环境工程学报, 2022, 16(3): 89-95.
- [20] 刘伟, 张强. 环保项目经济效益评价方法[J]. 经济管理, 2023, 45(2): 112-118.

# Public Participation Mechanism and Effect Evaluation in Environmental Protection Practice

Hao Zhao

Inner Mongolia Lanji Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

## Abstract

Public participation is a key link in achieving social co-governance and ecological civilization construction in environmental protection practices. Through a multi-subject and multi-level participation mechanism, the public can play a role in supervision, feedback and cooperation in the processes of environmental policy formulation, project approval, pollution control and ecological restoration. At present, China has made remarkable progress in the institutional construction and social cognition of public participation, but it still faces such problems as information asymmetry, insufficient participation depth and weak feedback mechanisms. Based on theoretical analysis and practical research, this paper systematically discusses the institutional framework, operation mode and evaluation system of public participation, and puts forward optimization paths centered on information disclosure, institutional guarantee and technological innovation. The research shows that under the collaborative mechanism of legalization, digitalization and socialization, an efficient, transparent and sustainable public participation system should be established to improve the efficiency of environmental governance and social trust, and promote the high-quality development of the ecological environment.

## Keywords

Environmental protection; Public participation; Institutional mechanism; Effectiveness evaluation; Social governance

## 环境保护实践中的公众参与机制与效果评估

赵浩

内蒙古蓝际环保技术有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

## 摘要

公众参与是环境保护实践中实现社会共治与生态文明建设的关键环节。通过多主体、多层次的参与机制, 公众能够在环境政策制定、项目审批、污染治理与生态修复等过程中发挥监督、反馈与合作的作用。目前, 我国在公众参与的制度建设和社会认知方面已取得显著进步, 但依然面临信息不对称、参与深度不足以及反馈机制薄弱等问题。本文基于理论分析与实践研究, 系统探讨了公众参与的制度框架、运行模式与评估体系, 并提出以信息公开、制度保障与技术创新为核心的优化路径。研究表明, 应在法治化、数字化与社会化的协同机制下, 构建高效、透明、持续的公众参与体系, 以提升环境治理效能和社会信任度, 促进生态环境的高质量发展。

## 关键词

环境保护; 公众参与; 制度机制; 效果评估; 社会治理

## 1 引言

随着生态文明建设提升至国家战略层面, 环境保护已然成为社会治理体系中的关键一环, 而公众参与则是实现环境共治的坚实纽带。公众不仅是环境风险的直接承受者, 更是环境决策与监督的积极行动者。借助有效的参与机制, 公众能够有力推动信息公开、提升政策透明度, 并在环境项目的实施与监督过程中发挥制衡作用。近年来, 我国在环境

影响评价、生态补偿及污染治理等领域逐步推行公众参与制度, 并取得了阶段性成效。然而, 在实践过程中仍面临参与形式单一、制度执行不力、反馈机制不完善等挑战。本文旨在从理论基础、制度建设、运行模式与评估体系四个维度着手, 深入探讨环境保护实践中公众参与机制的优化策略与实效提升路径, 为完善我国环境治理体系提供有力的学理支撑与政策参考。

## 2 公众参与在环境保护实践中的理论基础

### 2.1 公众参与的概念界定与核心特征

公众参与是指社会成员以个体或群体形式, 在环境保护政策制定、执行与监督过程中表达意见、反映诉求, 并影响决策的社会行为。其核心特征涵盖广泛性、平等性与协同

【作者简介】赵浩(1987—)男, 中国内蒙古鄂尔多斯人, 本科, 工程师, 从事环境影响评价与环保工程协同推进研究。

性,充分体现了公民在环境治理中的主体地位。公众参与不仅是一种政治表达方式,更是一种社会治理机制,有助于推动环境决策过程的透明化、科学化与民主化。通过多元化的信息传播与互动反馈机制,公众能够在政策形成与执行过程中发挥积极作用,实现公共利益与生态价值的和谐平衡。

## 2.2 环境保护与公众参与的关系逻辑

环境保护与公众参与之间存在着互动与依存的逻辑关系。实现环境保护目标离不开社会公众的广泛参与,而公众参与的深度与质量则直接决定了环境治理的成效。公众通过知情、表达与监督等行为,能够对政府与企业的环境决策形成有效约束与激励,从而推动环境政策的科学性与执行力。同时,公众参与还有助于提升社会环保意识,促进社会共识的形成,进一步增强环境政策的社会接受度与持续性。环境保护工作通过制度设计与政策引导,为公众参与提供了平台与保障,使得参与行为得以制度化和常态化,最终形成政府主导、社会协同、公众广泛参与的共治格局,实现环境治理的良性循环。

## 3 环境保护领域公众参与的制度框架

### 3.1 我国环境法律法规中的公众参与规定

我国环境法律法规体系逐步构建了公众参与的制度基础。《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《企业事业单位环境信息公开办法》等法律、法规明确赋予了公众环境知情权、表达权和监督权。通过立法形式确立公众参与在环境决策中的地位,使其成为政府环境管理的重要组成部分。公众可依法参与规划、建设项目及污染防治政策的讨论,提出意见或质询,形成社会监督力量。这种制度安排体现了国家治理体系中权力与责任的互动逻辑,为公众提供了法律保障和程序路径。法律框架的完善不仅规范了公众参与的范围与方式,也为提升环境治理的透明度和公信力奠定了基础,推动环境保护由行政主导向公众共治的制度转型。

### 3.2 环境影响评价制度中的公众参与机制

环境影响评价制度是我国公众参与最早实现制度化的领域。其核心在于在项目立项、设计与审批阶段,通过信息公示、意见征询及听证会等多种形式,广泛吸纳公众意见,以确保决策的科学性和社会可接受性。在此过程中,公众不仅能够深入了解项目的潜在环境影响,还能就环境风险、补偿措施及治理方案提出建设性建议,从而构建起社会监督与行政决策的良性互动机制。随着该制度的不断发展,公众参与的程序日趋规范化,意见采纳率和反馈机制亦得到显著强化,使环境影响评价从单一的技术评估逐步转变为综合性的社会决策过程。这一机制的日臻完善,有效促进了环境管理体系的公开、公正与高效运行,显著提升了社会对环境政策的信任与支持。

## 4 公众参与机制的实践路径与运行模式

### 4.1 政府主导型公众参与的组织和协调

政府环境保护公众参与中扮演着引导、规范与协调的核心角色。通过构建制度化的公众参与机制,政府能够将社会意见有效融入环境治理决策体系,形成科学、透明、可追溯的管理流程。在项目审批、规划制定及环境事件应对过程中,政府通过发布公告、举行听证会、开展网络征询等多种方式,为公众提供广泛的参与途径,并在政策执行中建立健全反馈机制。多部门协同管理体系的建立,促进了信息共享与资源整合,提升了行政透明度和社会信任度。政府主导的公众参与不仅保障了公民的知情权和监督权,也增强了决策的合法性和执行的可操作性,为公众参与的常态化和法治化奠定了坚实的组织基础。

### 4.2 社会组织在环境事务中的动员与参与

社会组织在公众参与体系中扮演着桥梁与纽带的角色,其动员与介入能够有效弥补政府治理的不足。环境类非政府组织、研究机构及志愿团体通过信息传播、政策倡议与公众教育,提升社会环保意识,推动民间力量在环境治理中形成合力。社会组织借助调查监测、舆论监督及公益诉讼等手段,强化对企业与政府行为的外部制约,促进政策执行的透明度和公平性。在资源整合方面,社会组织可凭借专业知识与社会网络,推动公众议题转化为政策行动,实现从舆论引导到制度参与的转变。这种介入模式提升了公众表达的组织化水平,使社会力量成为推动环境保护进步的重要支撑点。

## 5 公众参与效果的评估指标与方法体系

### 5.1 公众参与效果评估的理论模型与维度设计

公众参与效果的评估模型通常涵盖过程性、结果性和影响性三个维度。过程性维度聚焦于公众参与的广度、深度及代表性,映射出参与的公平性与开放性;结果性维度则衡量政策调整、项目改进及环境改善的实际成效;影响性维度则评估公众参与对社会信任、环境意识及制度完善的促进作用。构建理论模型时,需综合考虑多主体视角与动态反馈特性,将政治参与理论、社会资本理论与环境治理理论有机融合,形成系统化的分析框架。该模型强调定量与定性指标并重,通过数据与舆情双重维度来衡量公众参与的有效性,为政府与社会组织提供决策参考。

### 5.2 定量与定性结合的评估方法比较

在公众参与效果评估中,定量分析通过问卷调查、指标测评及数据建模,揭示参与程度与环境改善之间的关联;定性分析则着重于对政策执行与社会感知的深度剖析。定量方法强调数据的可比性和客观性,适用于宏观趋势的判断;定性方法则依赖访谈、文本分析及案例解读,深入探讨公众意见的形成机制与政策响应的逻辑。二者结合,能够弥补单一方法的不足,实现从数值测度到认知阐释的转换。构建综

合性评估框架,使公众参与成效兼具可量化和可解释的双重属性,为制度优化与政策修订提供科学依据。

### 5.3 公众满意度、政策响应度与环境改善度的测度体系

公众参与效果的评估测度体系可以通过满意度、响应度和改善度三个维度构建综合评价体系。公众满意度反映了参与渠道的便捷性、程序透明度以及反馈及时性的社会感知;政策响应度展现了政府和企业对公众意见的吸收程度及行动力度;环境改善度则以污染减排、生态修复和环境质量提升作为量化指标。通过建立多维指标体系与权重模型,能够实现公众主观认知与客观环境数据的动态耦合。测度体系的科学化有助于识别公众参与的关键影响因素,揭示参与深度与环境绩效之间的内在关联,为政策优化提供量化依据。该体系在促进科学决策和社会共治方面具有重要的现实指导意义。

## 6 提升公众参与实效的对策与机制创新

### 6.1 强化制度保障与公众权利意识培育

公众参与的实效提升,离不开制度保障与权利意识的双重强化。通过完善法律法规和政策体系,可以为公众在环境事务中的知情权、参与权和监督权提供明确的依据。政府应构建责任明晰的制度架构,明确各部门在信息公开、意见征集与反馈处理中的职责边界,形成规范化的运行机制。在公众层面,需通过教育宣传和社会动员,提升环境权利意识,使参与行为从被动反应转变为主动表达。学校教育、媒体传播与社区培训,均可成为培育权利意识的重要载体。制度保障与意识提升相辅相成,有助于构建公民自觉参与、政府开放透明、社会共建共享的环境参与格局,为实现长效治理奠定坚实基础。

### 6.2 完善多元协同的环境治理参与平台

公众参与的深化依赖于多元协同的平台建设。政府、企业、社会组织及公众应在开放互动的平台上实现信息共享与协同决策。构建跨部门、跨区域的协作机制,推动环境治理从单向行政管理转向社会协同治理。数字化平台的建设为多方协作提供技术支撑,通过在线意见征集、舆情互动与政策追踪等功能,提升公众参与的便利性与透明度。社会组织在平台中可发挥桥梁作用,促进专业知识转化与社会资源整合。通过制度化平台保障公众表达的持续性与有效性,形成

多元主体共同参与的生态体系,使环境治理过程更加公开、协商且高效。

### 6.3 构建基于数据支撑的公众参与反馈与激励机制

数据技术的进步为公众参与提供了科学化与精准化的有力支撑。通过构建环境信息数据库及动态反馈系统,能够实现公众意见的实时收集、分类与深度分析,为决策部门提供可靠的量化依据。政府可借助数据发掘技术,精准识别公众关注的热点问题及参与趋势,从而提升政策响应的速度与精准度。建立公众意见反馈的闭环机制,确保每一次参与都能获得有效回馈,进一步增强公众的信任感。通过积分评价、信用加分及社会荣誉等多元化激励机制,有效调动公众的积极性,推动公众参与常态化。数据支撑体系的不断完善,不仅提升了环境治理的科学性,也为公众参与的制度创新提供了坚实的技术保障,有力促进了环境治理的智能化与透明化发展。

## 7 结语

环境保护实践中的公众参与,不仅是社会治理现代化的重要组成部分,更是生态文明建设的内在需求。借助制度建设、平台创新及数据支撑,公众在环境决策、执行和监督中的角色日渐突出,有效促进了治理结构的民主化和科学化。尽管当前公众参与已取得显著成效,但在参与深度、机制完善及反馈效能等方面仍需进一步加强。未来,应持续完善法治保障体系,健全多元协同机制,推动信息公开与公众监督的常态化运作。通过制度、技术与文化的融合创新,构建政府、企业与社会公众协同共治的长效机制,为打造人与自然和谐共生的现代化环境治理体系提供持续动力和坚实的制度支撑。

### 参考文献

- [1] 周皓.广州市生态环境保护社会宣传工作的思考与对策[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(09):156-158.
- [2] 田红星.自然保护区社区合作管理的法理解析[J].法治研究,2025,(05):103-118.
- [3] 李全喜,单景泽.公众参与视角下坚持和完善生态文明制度体系路径探赜[J].学习论坛,2025,(04):26-33.
- [4] 陈丽云.加快推进钢铁行业环保设施向公众开放,营造全员监督、公众参与的良好社会氛围[J].世界环境,2025,(03):52-53.
- [5] 杜少中.用新媒体讲好环境故事,进一步动员公众参与[J].世界环境,2025,(03):16-18.

# Study and Industrialization of Agricultural Waste Resource Utilization under Circular Agriculture Model

Kechao Song Huaifeng Hua Cunming Dong

Jiangsu Siweibo Biotechnology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211800, China

## Abstract

Driven by agricultural modernization and ecological civilization initiatives, the resource utilization of agricultural waste has become a pivotal component of circular agriculture systems. China's agricultural production generates substantial waste including crop residues, livestock manure, by-products from agricultural processing, and agricultural films. Improper disposal of these wastes not only causes environmental pollution but also wastes renewable resources. Based on circular agriculture theory, this study analyzes the types, characteristics, and resource utilization pathways of agricultural waste, explores technical approaches for energy conversion, fertilizer regeneration, and material reuse, and conducts comparative research on industrialization cases in typical regions. By establishing an integrated "crop-livestock combination-energy-fertilizer conversion-industrial cycle" model, the study proposes industrial development strategies featuring multi-stakeholder collaboration, policy guidance, and technological support. Research findings demonstrate that agricultural waste resource utilization not only reduces waste volume and enhances environmental safety, but also promotes agricultural structural optimization and green industrial upgrading, providing effective support for sustainable agricultural development and carbon neutrality goals.

## Keywords

Circular agriculture; Agricultural waste; Resource utilization; Industrialization; Ecological agriculture

## 循环农业模式下的农业废弃物资源化利用研究与产业化

宋克超 华怀峰 董存明

江苏思威博生物科技有限公司, 中国·江苏南京 211800

## 摘要

在农业现代化与生态文明建设的双重推动下, 农业废弃物资源化利用成为循环农业体系的关键环节。我国农业生产中产生大量秸秆、畜禽粪污、农产品加工副产物及农业薄膜等废弃物, 若处理不当, 既会造成环境污染, 也浪费了可再生资源。本文基于循环农业理论, 分析农业废弃物的种类、特征与资源化途径, 探讨其在能源转化、肥料再生和材料再利用等方面的技术路径, 并对典型区域的产业化案例进行比较研究。通过建立“种养结合—能肥转化—产业循环”模式, 提出多主体协同、政策引导与技术支撑的产业化发展策略。研究表明, 农业废弃物资源化不仅能减量化、无害化废弃物, 还能促进农业结构优化与绿色产业升级, 为农业可持续发展与“碳中和”目标提供有效支持。

## 关键词

循环农业; 农业废弃物; 资源化利用; 产业化; 生态农业

## 1 引言

随着农业生产规模化与集约化的推进, 农业废弃物的产量逐年增长。据统计, 我国每年产生农作物秸秆约 8 亿吨、畜禽粪污超 35 亿吨、农产品加工废弃物约 2 亿吨。若未能有效利用, 这些废弃物将引发土壤退化、水体富营养化与温室气体排放等环境问题。循环农业模式通过“减量化—再利用—再生资源化”的闭环管理, 实现农业物质与能量的内部循环, 为解决农业面源污染与资源浪费提供新思路。当前,

农业废弃物资源化利用技术已从单一处理向系统集成、产业链协同转变。然而, 技术碎片化、产业分散化与政策支持不足仍制约其推广与规模化发展。本文旨在从循环农业的系统视角出发, 研究农业废弃物的资源化利用路径、技术体系与产业化机制, 为构建绿色、高效、可持续的现代农业提供理论与实践支持。

## 2 循环农业模式的理论基础与系统结构

### 2.1 循环农业的概念与内涵

循环农业以生态学原理为基础, 强调农业生产体系内物质循环与能量再生。其核心在于通过科技创新与系统设计, 将农业废弃物转化为生产资料, 实现“资源—产品—再

【作者简介】宋克超(1989—), 男, 中国甘肃张掖人, 本科, 工程师, 从事土壤微生物区系调控研究。

生资源”的闭环循环。与传统农业相比，循环农业不仅关注产量与经济效益，更重视资源效率、环境友好与生态平衡。它通过“种养结合”“农工结合”“废弃物回用”等机制，实现农业系统的多层级物质流与能量流循环，促进农业由线性增长向生态循环转型。

## 2.2 循环农业的系统构成与功能层次

循环农业体系通常由“生产—加工—再利用—再生”四个功能层次构成。生产层面涵盖种植与养殖的协同布局，加工层面实现副产物收集与转化，再利用环节侧重于能源与肥料的再生，最终通过再生层形成生态修复与经济回馈。各环节间通过信息与物质流耦合形成闭环结构，体现了系统的协同性与可持续性。通过合理设计，可在区域范围内实现农业、畜牧业、加工业与环保产业的融合，形成高效的循环链条。

## 2.3 循环农业的经济与生态价值

循环农业不仅能有效缓解农业污染问题，还具有显著的经济与社会效益。其经济价值体现在废弃物变资源、资源变产品的增值效应；生态价值则表现为土壤修复、碳汇增强与生态系统服务功能提升。通过资源再利用，可减少化肥使用量20%—30%，降低农业碳排放约15%。在“双碳”战略背景下，循环农业的推广对于构建绿色农业产业体系与推动农村生态文明建设具有战略意义。

## 3 农业废弃物的类型、特征与资源化潜力分析

### 3.1 秸秆类废弃物的利用特征

秸秆是农业废弃物中产量最高、覆盖范围最广的类型之一，其主要化学成分为纤维素、半纤维素与木质素，具备较高的碳含量与能量密度。长期以来，露天焚烧秸秆造成的空气污染与碳排放问题严重，而循环农业的发展为其提供了多元化的利用途径。秸秆肥料化是最基础的资源化形式，通过机械粉碎与还田，可显著提高土壤有机质与保水能力；秸秆饲料化则利用生物发酵或氨化处理，提高其可消化率，成为反刍动物的重要饲料来源。秸秆燃料化利用通过成型燃烧、气化或热解技术，将其转化为生物质能源，为农村清洁能源结构转型提供支撑。此外，秸秆还可作为造纸、建筑材料及生物基塑料的原料。未来，应通过热化学与生物化学协同转化技术，实现秸秆从低附加值原料向高值化产品的转变，构建农业废弃物资源化与材料化的双循环体系。

### 3.2 畜禽粪污的资源转化途径

畜禽粪污是农业废弃物中污染潜力最大但资源化价值也最高的类型。其富含有机质、氮、磷、钾等营养元素，是有机肥料的重要来源。传统粪污排放不仅造成水体富营养化，还会增加温室气体排放。现代循环农业通过厌氧消化、堆肥发酵、膜分离与液体肥料生产等技术实现粪污资源化利用。厌氧发酵可产出沼气，用于供电、供热与炊事，其副产物沼渣和沼液则作为高效肥料还田，实现“能肥结合”。堆

肥发酵能在高温条件下杀灭病原菌并促进有机质矿化，提升肥料品质。近年来，部分养殖场已构建“粪污—能源—肥料—农田”的闭环循环模式，实现了废弃物减量化与生态化利用，形成了以能源回收和养分循环为核心的高效生态农业系统，推动了农村可持续发展。

## 3.3 农产品加工废弃物与农业塑料的再利用

农产品加工副产物及农业塑料废弃物是循环农业体系中不可忽视的资源。果蔬皮渣、谷壳、油料饼粕等富含纤维素、蛋白质及活性物质，可通过微生物发酵、提取及化学改性技术转化为有机肥、生物饲料或功能性材料。例如，油料饼粕可制成有机肥或生物炭，谷壳粉经热解可制得多孔炭吸附材料，用于土壤修复与水质净化。与此同时，农业塑料薄膜和包装废弃物的“白色污染”问题日益突出。通过建立分类回收体系与再造循环机制，可显著提升塑料利用率。新兴的可降解地膜与生物基塑料技术为塑料污染治理提供了有效解决方案，既降低了环境压力，又延伸了农业产业链的循环价值。通过加工废弃物与塑料再利用的协同治理，农业生产体系正逐步向“零废弃、全循环”的绿色模式迈进。

## 4 农业废弃物资源化的关键技术体系

### 4.1 生物转化技术在废弃物利用中的应用

生物转化技术是农业废弃物资源化利用的核心环节，通过微生物的代谢作用和酶促反应，将有机废弃物转化为高附加值产品或清洁能源。其主要形式包括堆肥化、厌氧消化与微生物发酵等。堆肥化是将有机质分解为稳定腐殖质的过程，不仅能提升有机肥的养分含量和生物活性，还能有效杀灭病原菌与杂草种子，减少环境风险。厌氧发酵可生成沼气，用于发电或供热，其副产物沼渣、沼液可作为优质有机肥返回农田，实现“能肥结合”。近年来，微生物群落结构优化与酶促反应控制技术的发展，使生物转化过程的碳氮平衡与发酵效率显著提升。通过强化反应器设计与温度调控，可实现高浓度有机质的高效分解。生物转化技术不仅实现废弃物的减量化与无害化，还在农业循环体系中形成能量回收与养分再生的闭环模式，为农业可持续发展提供重要技术支撑。

### 4.2 热化学转化与资源化利用技术

热化学转化技术是实现秸秆及木质废弃物资源化利用的重要途径，其核心包括热解、气化和燃烧三大技术路径。热解技术在缺氧条件下将生物质分解为可燃气、焦油与生物炭等多种产物，具备能量转化效率高、碳排放低的特点。气化技术则通过高温裂解生成合成气，可用于发电、供热或制取液体燃料与化工原料，实现从固体到气体能源的高效转化。燃烧技术在农业废弃物处理中的应用逐渐从单一焚烧向高效余热回收与梯级利用转变。现代农业能源系统中，通过多级热能回收装置，可将废热用于物料干燥、发酵温控与温室供能，构建“能源—废热—再利用”的循环体系。与传统燃料相比，生物质热化学转化过程碳中性特征显著，可有效

减少温室气体排放,推动农村地区能源结构优化与清洁能源替代,对实现农业绿色低碳发展具有重要意义。

### 4.3 农用有机肥料与生物基材料制备技术

农业废弃物的肥料化与材料化利用是循环农业体系中实现资源高值转化的重要方向。利用秸秆、畜禽粪便、果蔬残渣等有机废弃物,经生物发酵、干燥造粒和微生物复配,可制成高效有机肥与复合微生物肥。这类肥料富含有机质与有益菌群,能显著改善土壤理化性质,促进作物根系生长并提升农产品品质。同时,农业副产物的材料化利用正在成为新兴产业增长点。以秸秆纤维为原料可制备可降解生物塑料、复合纤维材料及生物炭等产品;以油料饼粕与果壳为基质可开发生物基高分子材料与吸附剂,广泛应用于包装、建筑与环保领域。通过多工艺耦合与技术集成,可实现“废弃物—原料—产品”全过程循环,推动农业废弃物由低端利用向高附加值利用转型。这种技术路径不仅实现了资源的生态化回流,也促进了农业产业链的延伸与绿色升级,为循环农业产业化发展提供了坚实的技术基础。

## 5 农业废弃物资源化的产业化模式与发展路径

### 5.1 区域循环农业产业集群建设

在推进农业废弃物资源化产业化过程中,区域循环农业产业集群的构建是实现规模化与系统化发展的关键路径。应立足区域资源禀赋与产业结构差异,科学规划“种养结合—加工转化—再生利用”的循环链条,实现区域内物质流与能量流的闭环循环。以产业集群为核心,可通过“企业—合作社—农户”协同机制实现资源共享与利益共赢。不同地区应形成差异化发展格局,如华北平原以秸秆能源化与生物质发电为主,长江流域以畜禽粪污肥料化为重点,西南山区发展沼气与生态农业结合模式。集群化发展能够促进农业、能源与环保产业的深度融合,降低单体企业处理成本,提高资源利用率与市场竞争力。同时,通过区域品牌建设与循环经济园区规划,可实现产业链延伸与价值链升级,推动农业废弃物资源化从单一处理向综合利用、系统管理的转变。

### 5.2 多元主体协同与政策机制创新

农业废弃物资源化利用的产业化推进涉及政府、企业、科研机构、金融部门及农户等多方主体。各方的角色定位与协同程度直接影响产业运行效率。政府应在顶层设计上强化政策引导与制度保障,制定分类指导政策、完善补贴机制、推广绿色金融,鼓励社会资本参与资源化项目建设。科研机构应发挥技术支撑作用,加强关键装备、微生物菌剂、转化

工艺等技术创新,并开展区域化示范推广。企业应作为产业化主体,构建集废弃物收集、加工、再利用于一体的产业链条,推动商业化模式创新。同时,应建立政府主导、企业实施、科研支撑、农民参与的协同治理体系,明确各方权责与收益分配机制。通过政策激励与利益联动,可形成多主体共建共治共享的新格局,为农业废弃物产业化发展提供持久动力。

### 5.3 数字化与智能化支撑体系建设

在循环农业体系中,数字化与智能化技术的引入是实现高效管理与精准决策的重要支撑。利用物联网传感技术,可实现农业废弃物收集、运输与处理过程的实时监测,确保数据可追溯与处理可控化。区块链技术能够构建透明的资源流通体系,为农业废弃物回收利用建立可信数据链条,提升产业监管与交易效率。人工智能与大数据分析可对废弃物产生规律、资源供需关系及能源转化效率进行预测,为政策制定与企业决策提供数据支撑。智能决策系统还能根据市场需求与环境约束自动优化资源配置,提升农业循环体系的整体响应能力。

## 6 结语

循环农业模式下的农业废弃物资源化利用,是实现农业绿色转型与可持续发展的战略路径。通过技术创新、政策支持与产业协同,农业废弃物正逐步从环境负担转化为经济增长点与生态修复资源。未来,应在完善顶层设计的基础上,构建以市场为导向、科技为支撑、农民为主体的产业化体系,推动资源循环利用从局部试点走向系统推广。与此同时,需强化数字化与智能化支撑,提升资源利用的精准性与高效性。通过科技创新与制度创新的双轮驱动,循环农业将为我我国农业现代化、农村生态文明建设及碳中和目标实现提供重要支撑,实现生态效益、经济效益与社会效益的多赢格局。

### 参考文献

- [1] 孙玉,高子格,刘子青.新质生产力促进农业废弃物资源化利用:内在逻辑、现实困境和实现路径[J].农业灾害研究,2025,15(08):72-74.
- [2] 宋倩.农业废弃物资源化利用与农业循环经济模式[J].山西农经,2025,(08):133-135+149.
- [3] 牛海凤,刘鹏丽,张晓丽.农业废弃物变废为宝生态循环农业助力乡村振兴[J].农业工程技术,2022,42(15):81-82.
- [4] 余玉麟.基于废弃物资源利用型生态农场的城镇闭环式循环农业发展探究[J].农村经济与科技,2021,32(12):19-21.
- [5] 周文生.推动废弃物资源化利用打造生态循环农业强县[J].江苏农村经济,2019,(09):24-25.

# Analysis of Environmental Air Quality Characteristics and Influencing Factors in Typical Industrial Areas

Gang Liu Hui Guo

Wuhan Tianhong Environmental Protection Industry Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430200, China

## Abstract

Against the backdrop of the accelerated advancement of industrialization and urbanization, the problem of environmental air pollution in industrial areas has become increasingly serious. This will not only affect the stable operation of the ecosystem, but also endanger the physical health of residents and reduce their quality of life. Based on this, the following text will select the Yangtze River Delta Chemical Industry Agglomeration Area, the Central and Southern Liaoning Metallurgical Industry Concentration Area, and the Pearl River Delta Electronic Manufacturing Industry Area (hereinafter referred to as the Yangtze River Delta, Central and Southern Liaoning, and Pearl River Delta) for research, analyzing their environmental air quality characteristics and influencing factors. And targeted pollution prevention and control strategies should be proposed starting from aspects such as optimizing the industrial structure, innovating governance mechanisms, adjusting spatial layout, and adhering to multi-party co-governance. It is hoped to provide theoretical references for the precise prevention and control of air pollution in typical industrial areas.

## Keywords

Typical industrial areas; ambient air quality; influencing factors

## 典型工业区域环境空气质量特征及影响因素分析

刘钢 郭辉

武汉天虹环保产业股份有限公司, 中国·湖北 武汉 430200

## 摘要

在工业化和城市化进程加速推进的背景下, 工业区域的环境空气污染问题愈发严重。这既会影响到生态系统的稳定运行, 又会危害居民的身体健 康、降低居民的生活质量。基于此, 下文将选取长三角化工产业集聚区、辽中南冶金工业集中区、珠三角电子制造产业片区(以下简称长三角、辽中南、珠三角)进行研究, 分析其环境空气质量特征及影响因素, 并从优化产业结构、创新治理机制、调整空间布局、坚持多元共治等方面入手提出针对性的污染防治策略。希望为典型工业区域大气污染精准防治提供理论参考。

## 关键词

典型工业区域; 环境空气质量; 影响因素

## 1 引言

虽然工业发展是推动区域经济增长的核心动力, 但在工业生产过程中产生的废气排放物已经严重影响到了环境空气质量。不仅降低了大气能见度, 还危害了人体健康, 造成了酸雨、光化学烟雾等一系列环境问题。由于各工业区域的产业结构、地理区位存在差异, 空气质量特征和影响因素各有不同。因此, 本文选取长三角、辽中南、珠三角等典型工业区域, 探究其环境空气质量特征和影响因素是非常有必要的。能够揭示工业活动和环境空气质量的内在关联, 推动工业区域环境空气质量治理工作高效开展。

## 2 典型工业区域环境空气质量特征

准确识别空气质量特征是探究污染成因的前提。下文将从时间与空间两个维度分析长三角、辽中南、珠三角等典型工业区域环境空气质量特征。

### 2.1 时间分布特征

第一, 季节变化特征。典型工业区域环境空气质量的季节波动明显, 表现为: 冬季污染最严重、夏季污染最轻。这是因为冬季温度较低, 易出现逆温现象, 大气垂直对流较弱, 不利于污染物扩散。部分企业为了提升产能会增加能耗, 再加上冬季居民的供暖需求较大, 因此冬季的污染现象更加严重。其中, 辽中南既要进行冶金高炉保温生产, 又要进行燃煤供暖, 产生的  $\text{SO}_2$  浓度远高于夏季。长三角受逆温天气的影响,  $\text{VOC}_s$  累积效应显著, 臭氧前体物浓度较高; 而夏季雨水充沛、温度较高, 降水可以冲刷颗粒物和酸性气体,

【作者简介】刘钢(1985—), 男, 中国河南项城人, 工程师, 从事空气自动监测系统的系统集成、运维管理研究。

高温可以加速污染物的稀释扩散,因此夏季空气质量较好。其中,珠三角在东南季风的影响会涌入大量的海上清洁空气,这可以大幅度降低 $PM_{2.5}$ 的浓度。

第二,日内变化特征。典型工业区域环境空气质量呈现日内“双峰”的特征。污染峰值分别出现在早高峰“7:00-9:00”和晚高峰“18:00-20:00”。早高峰是工业企业开工时间段,生产过程中会排放大量污染气体,与通勤产生的交通尾气叠加后空气污染情况会更加严重。晚高峰是工业企业生产收尾阶段,部分工序会突然增大排放强度,与居民出行产生的尾气叠加后,也会导致污染气体的浓度上升。其中,长三角早高峰需集中进行原料装卸、反应釜投料等工序,因此 $VOC_s$ 浓度较高。辽中南晚高峰需同步做好高炉出铁、钢渣处理工作,因此颗粒物浓度较高。珠三角早高峰需集中进行芯片封装、电路板清洗等工序,因此 $VOC_s$ 和 $NO_x$ 的浓度较高。而晚高峰需进行电子废料转运工作,与交通尾气叠加后 $PM_{2.5}$ 的浓度大幅度上升。<sup>[1]</sup>

## 2.2 空间分布特征

第一,功能区差异特征。典型工业区域环境空气质量呈现出明显的功能区差异。工业聚集区域的污染程度明显高于城市建成区和郊区。这是因为工业聚集区域是重污染企业的聚集区,排放的污染气体会产生叠加效应。其中,长三角位于园区的核心区域, $VOC_s$ 和 $PM_{2.5}$ 的浓度明显高于周边居民区。辽中南下风向5公里范围内的 $SO_2$ 浓度明显高于上风向区域。珠三角电子焊接排出的 $VOC_s$ 和 $PM_{2.5}$ 的浓度远高于周边的商业城区。

第二,空间差异特征。典型工业区域环境空气质量呈现出明显的空间差异特征。长三角属于平原区域,地形开阔平坦。大气扩散条件较好,区域内的空气质量差异较小。但受水域影响,局部区域可能会形成局地环流,短期内会聚集一些污染气体。其中,辽中南位于山谷区域,山谷风效应明显,夜间污染气体会被山风吹送至谷内。逆温层会阻碍这些污染气体的垂直扩散,进而形成局部高污染区域。珠三角地形区域复杂,北部临山、南部沿海。中西部受山区地形的影响容易出现气流不畅、污染气体急剧的情况。东部受海陆风的影响,白天海风会送来海洋清洁空气,稀释污染气体,夜间陆风会将污染气体吹送至近海区域,导致近海污染。<sup>[2]</sup>

## 3 典型工业区域环境空气质量影响因素

典型工业区域的环境空气污染因素较多,包括:工业生产、气象条件、地形地貌、城市规划和人类活动等,下文将进行具体分析。

### 3.1 工业生产因素

工业生产因素是造成工业区域环境空气污染的主要因素,主要从污染物排放强度和排放结构两方面体现。化工、冶金等高污染行业需消耗大量的化石能源,这个过程会排放大量的烟尘、 $SO_2$ 、 $NO_x$ 等。机械制造和电子加工等行业的

涂装与焊接工序中会排放大量的 $VOC_s$ 。这种污染物在产生光化学反应后会生成二次颗粒物和臭氧,进一步加重污染;不同工业类型的排放结构各不相同,因此区域污染物特征也存在明显差异。其中,长三角主要排放 $VOC_s$ 和恶臭气体,辽中南主要排放颗粒物和 $SO_2$ ,珠三角主要排放 $VOC_s$ 和 $NO_x$ 。<sup>[3]</sup>

### 3.2 气象条件因素

气象条件是影响污染物扩散和转化的主要自然因素。一般通过温度、湿度、风速、风向、逆温现象等发挥作用。风速会影响到污染物的扩散速度,风速较大时污染物会被快速稀释,反之污染物会产生局部积聚;风向会影响到污染物的传输路径,处于工业区域下方向的区域污染情况更加严重。例如:长三角受东南风的影响,下风向居民区的 $VOC_s$ 浓度明显高于上风向区;逆温现象是导致冬季空气质量恶化的主要诱因,逆温层会影响大气垂直对流,导致污染物集中在近地面。

### 3.3 地形地貌因素

地形地貌会影响大气环流,间接作用于区域空气质量。其中,长三角位于平原区域,地形比较开阔,大气扩散条件好,区域内的空气质量差异不明显。辽中南位于山谷区,地形较为封闭。夜间山风会将污染物吹至谷内,叠加逆温现象后难以进行垂直扩散,这就形成局部高污染区。珠三角地形复杂,北部为山地、南部沿海。北部受山地影响大气流通不畅,很容易聚集污染物。南部沿海区域在海陆风的影响下,空气质量比较好。

### 3.4 城市规划和人类活动因素

城市规划和人类活动强度也会影响到空气质量。工业区的选址、工业区与居民区的距离、工业区与居民区中间是否设置了防护隔离带等都决定了污染物对居民的影响程度。其中,长三角设置了两公里的生态防护林带,成功降低了居民区的 $VOC_s$ 浓度。辽中南部分老旧厂区紧邻居民区,未能采取有效的隔离措施,给周边居民造成了诸多困扰,导致污染投诉率较高。珠三角部分工业园区和居民区混合布局,导致生产过程中排放的污染物严重影响到了居民的生活质量;人类活动强度变化也会导致空气质量产生波动。在节假日停工、交通流量下降期,区域污染物排放量明显下降,空气质量有所提升。同时,餐饮烟油、燃煤取暖的一些生活行为也会影响到区域空气质量。其中,长三角居民使用燃气取暖的比例较高,空气质量相对较好。辽中南居民采取燃煤供暖,叠加工业生产等因素后空气质量较差。珠三角餐饮行业发达,餐饮燃油排放量较大,如果不采取有效的治理措施,也会影响到周边的空气质量。

## 4 典型工业区域环境空气质量改善策略

下文将从源头管控、科技赋能、空间优化和多元共治四个维度入手,提出改善策略,希望推动工业与生态保护协

同发展。

#### 4.1 优化产业结构，实现源头精准治理

要想从根源上减少污染物排放量、降低其强度，就需优化产业结构，从源头精准治理。要依法关停部分高能耗、高污染和低效益的企业。鼓励钢铁、石化企业使用燃煤锅炉清洁能源，应用清洁生产技术减少化石能源消耗。引导重污染行业加快超低排放改造步伐，针对污染严重的化工、电子制造业采取“一企一策”治理方案。根据企业污染特点进行废气收集系统密闭化改造、引入末端治理设施等，进一步降低污染物浓度。例如：镇江经开区新材料产业园引入污染物溯源解析技术，为50多种VOC<sub>s</sub>特征污染物建立身份档案，投入大量资金开展了上百个针对性治理项目，成功减少了近千吨的VOC<sub>s</sub>排放量。

#### 4.2 创新治理机制，坚持科技与政策协同赋能

要建立智能化大气污染治理体系，整合卫星遥感、无人机和地面监测站等监测设备，组建一体化监测网络。这样能实时感知、精准溯源污染物的排放，为后续应急处置和精准施策提供数据支持。例如：辽宁省建立了“星地协同+走航联动”的监测网络。利用大数据分析技术可以自动识别污染热点网格，利用走航车可以搜集问题线索，之后通过智慧平台可实现自动预警和快速响应；相关政府要做好标准引领，给予资金与技术帮扶支持。组织行业专家为辖区内的排污企业制定环保绩效创A方案。帮助中小型企业做好环保改造工作，为其提供技术和资金支持。还要实行区域联控政策，突破行政区域壁垒，开展跨部门、跨区域协同治理工作。联合制定区域统一的污染物排放标准，方便联合执法检查工作的开展。

#### 4.3 优化空间布局，完善生态防护体系

各地区应当结合城市规划和地形地貌特点，优化工业、生活区、生态区空间布局。根据“主导风下风向，最小防护距离”的原则确定工业园区位置，并在工业区和居民区中间打造一条由乔木、灌木和草本植物组合而成的生态隔离带。发挥植物的滞尘和吸附作用吸收部分工业废气，削减污染物传输强度；同时还要做好生态防护建设，提升工业区域的植被覆盖率。例如：阿克苏市在塔克拉玛干沙漠边缘打造了绿

色生态屏障，结合城市垃圾资源化利用项目，有效改善了空气质量，实现了资源的循环利用。鞍山市在钢铁厂周边实施了增绿工程，利用植被成功改善了厂区周边的空气质量。

#### 4.4 强化多元共治，凝聚协同治理力量

要打造政府主导、企业负责和公众参与的协同治理格局。发挥政府的监管作用，做好常态化执法和专项整治工作。打击各种超标排放和偷排漏排的行为。例如：辽宁省进行夏季VOC<sub>s</sub>专项监督帮扶工作，排查出100多家企业，成功解决了近5000个污染问题；发挥企业的主体责任作用，鼓励企业积极践行绿色发展理念，把环保发展转变为自身的发展优势。例如：江苏正丹化学工业股份通过尾气制氢项目实现了VOC<sub>s</sub>的近零排放。不仅成为了行业绿色转型的标杆，还增收了上百倍的净利润；要提升公众参与意识，畅通监督渠道。利用各地媒体及社区科普大气污染治理成效，让公众感知工业污染治理的重要性。完善公众监督举报机制，鼓励群众参与到工业污染源的监督工作中，督促企业持续性开展环保改造。例如：镇江经开区新材料产业园打造了环保质量可视化系统。能够为公众直观展示园区的空气质量情况，自觉接受社会监督，提升了公众信任度。

## 5 结语

综上所述，本文分析了长三角、辽中南和珠三角等典型工业区域的环境空气质量特点、影响因素，发现虽然各工业区域的产业结构和地理条件存在差异。但治理路径基本相同，需要优化产业结构，做好污染源治理、创新治理机制，坚持科技和政策协同赋能、优化空间布局，完善生态防护体系等。这样才能持续性改善工业区域的环境空气质量，推动工业绿色转型发展。

## 参考文献

- [1] 马瑞,陈莎,樊守彬,等.北京市空气质量特征与典型区域污染源贡献分析[J].环境科学学报,2024,44(03):317-326.
- [2] 闫韶娟,高波.一般工业区对安阳市环境空气质量的影响及防治措施[J].中国高新科技,2020,(22):19-20.
- [3] 刘鹏浩.某区域环境空气质量恶化原因分析及对策[J].山西化工,2021,41(06):186-188+209.

# Analysis of the Strategy of Air Environment Monitoring Site Selection

Cheng Pang

Wuhan Huakai Environmental Safety Technology Development Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430074, China

## Abstract

With the rapid advancement of urbanization and industrialization in China, air pollution has emerged as a critical challenge that jeopardizes public health and hinders sustainable socio-economic development. Atmospheric environmental monitoring serves as the cornerstone for assessing environmental quality and supporting management decisions. However, the reliability and spatial representativeness of monitoring data are highly dependent on the scientific layout of monitoring sites. Therefore, in-depth research and optimization of monitoring site strategies are crucial for establishing an efficient monitoring network and enhancing the precision of environmental governance. This study thoroughly analyzes key factors influencing site selection, including natural geography, meteorological conditions, and socio-economic distribution. Addressing existing issues in current monitoring practices, the research proposes optimization measures such as constructing a three-dimensional monitoring network and developing high-density sensor networks.

## Keywords

atmospheric environmental monitoring; monitoring site selection; pollution sources; optimization strategies

## 大气环境监测的布点选择策略分析

庞成

武汉华凯环境安全技术发展有限公司, 中国·湖北 武汉 430074

## 摘要

随着中国城市化与工业化的快速发展, 大气环境污染问题成为影响公众健康、制约经济社会可持续发展的重大挑战。大气环境监测是评估环境质量、支撑管理决策的基础, 然而监测数据的可靠性与空间代表性高度依赖于监测点位的科学布局, 因此深入研究并优化大气污染环境的布点策略, 对构建高效能的监测网络、提高环境治理的精准性有重要意义。本研究深入分析影响布点决策的自然地理、气象条件、社会经济布局等关键因素, 针对当前布点实践存在的问题, 提出构建立体监测网络、发展高密度传感网络等优化对策。

## 关键词

大气环境监测; 监测布点; 污染源; 优化策略

## 1 引言

近年来, 中国在大气污染防治领域取得了重大的成就, 全国范围内细颗粒物浓度持续下降, 蓝天保卫战成果显著。不过, 大气环境治理已经步入“深水区”, 面临的根源性、结构性压力持续突出, 污染格局正发生深刻变化, 呈现出以传统煤烟型污染和以臭氧为代表的复合型污染并存、相互交织的复杂局面。同时, 全球气候变化导致热浪日数增多, 进一步加剧了臭氧污染的生成与持续, 对公众健康造成严重的威胁。大气环境监测是生态环境保护的重要手段, 是客观评价环境质量状况、追踪污染变化趋势、评估治理成效的基础, 因此一个科学、高效、可靠的监测网络, 是现代环境质量体

系不可缺少的重要组成部分。监测数据的关键在于真、准、全, 监测点位的空间布局是决定数据能否真实、准确、全面反映目标区域环境状况的第一道关卡, 总体而言布局的科学性影响着空间代表性、人群暴露代表性、污染趋势捕获能力, 因此本文研究大气环境监测的布点选择策略, 具有重要理论与实践意义。

## 2 影响大气环境监测布点选择的关键因素

### 2.1 自然地理与气象因素

自然地理与气象条件是决定大气污染输送、扩散、转移和沉降的原始驱动力, 是布点工作中必须首先尊重和适应的基础。

#### 2.1.1 地形地貌的影响

地形地貌通过改变近地面风场和热力结构, 对污染物扩散产生的强制性的引导与阻止作用。在山谷或盆地地形

【作者简介】庞成(1984—), 男, 中国湖北武汉人, 本科, 工程师, 从事环境影响评价研究。

中,周围山体形成天然屏障,不仅阻碍水平方向的风速,还容易形成局地环流。污染物容易在山谷内积累,形成污染池效应。例如,某些城市监测点位必须充分考虑山谷的走向与闭合程度,在污染物最易累积的谷底或盆地中心布设控制点,同时在上风向的入口和山脊布设北京店或传输通道监测点,评估外部输入与本地积累的贡献。有些沿海或沿湖地区受到海陆风的影响较大,白天风从海面吹向陆地,可将清洁空气带入城市中,也可能将城市排放物推向内陆聚集;夜间则相反<sup>[1]</sup>。因此,布点需垂直海岸线,形成从海岸到内陆的监测断面,以捕捉污染物的往复输送过程。

### 2.1.2 主导风向、风速与污染系数

风向决定污染物的输送路径,风速影响其稀释扩散速率。布点必须根据长期的风向玫瑰图设计。在监测城市受上风向远距离传输影响的时候,需在主导风向上游的城郊或边界区域布设区域背景点或传输监测点。为评估本地排放对下风向的影响,则需在主导风向下风向的扇形区域内加密布点,尤其关注最大落地浓度距离范围。因为风速与污染物浓度呈负相关,静风或微风条件下,污染物扩散能力弱,本地污染容易加重,因此监测网络对交通、餐饮的表征能力极其

重要。

## 2.2 社会经济与污染源特点

### 2.2.1 人口密度与分布

大气环境监测的目标是保证公众健康,监测网络秉承着“人群暴露”原则,在高密度的人口聚居区,比如大型居住社区、商业中心、学校等优先保证监测点的覆盖。这些监测数据直接反映大多数市民的实际暴露水平,是评价健康风险和治理成效最直接依据,布点应使监测网络的人口覆盖代表性最大化,而非追求单纯的地理面积均匀<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 工业布局与重点分布

工业排放是重要的污染源,其局部决定了污染的空间热点。对高架点源比如电厂、化工厂高烟囱,需根据其排放参数、气象条件,利用扩散模型模拟器最大落地浓度区,在该区域及下风向布设监控点。对工业园区这类面源,需在园区主导风向下风向的边界、内部及对周围敏感区布设监测点,形成包围与监控态势。对分散的面源,比如建筑施工、餐饮油烟,需结合网格化布点法进行普查式监测或利用移动监测识别其影响范围。不同类型污染源的监测点布设策略见表1。

表1 不同类型污染源的监测点布设策略

污染源类型	主要特点分析	布点核心对策
高架点源 (电厂、化工厂高烟囱)	排放口位置高,烟气在空气中进行长距离输送和扩散,地面最大浓度通常出现在下风向一定距离处,污染影响范围较广	在模拟确定的高浓度区域内,以及其主导风向下风向的扇形区域内布设监控点。同时,在侧风向及上风向布设对照点。
工业园区面源 (集中连片的工业企业群)	由多个点源、无组织排放源集合构成,形成一个区域性的复合污染排放面,污染物种类复杂,存在累积和协同效应。	形成“三道防线”:①边界监控点:在园区四周,尤其是下风向边界加密布设,监控园区整体对外输送的污染通量;②内部特征点:在园区内部不同功能片区或重点企业附近布点,识别主要贡献单元;③敏感区监控点:在园区下风向最近的居民区、学校等环境敏感目标处布设点位,直接评估其健康与环境影响。
分散面源	排放源数量多、分布散,单个强度低但总量客观,排放具有随机性,空间上难以精准预测	将整个城市或区域划分为规则的地理网格(如1km×1km),在每个网格内或代表性网格中心布设监测设备(常用低成本传感器),进行大面积同步监测,通过数据对比识别出浓度显著偏高的“热点网格”。

## 3 大气环境监测常见布点方法

经典布点方法来源于早期环境监测实践,核心思想是通过相对简化的空间规则,确保点位在特定目标下的基础代表性。

### 3.1 功能区布点法

该方法根据城市或区域的社会功能分布进行点位布局。将监测区域划分为具有相对均一污染特点的典型功能区,比如工业区、商业交通稠密区、居民区、文教区等。每个功能区内,根据面积、人口密度或污染源程度,布设一个或多个代表性监测点,核心目标是获取各功能区的环境空气质量平均水平,进而通过加权平均的方式评估整个城市的综合污染情况。该方法的优势在于逻辑直观、易于实施,能够直接反映与人类活动密切相关的环境质量。

### 3.2 网格布点法

网格布点法将研究区域划分为若干个面积相等的规则地理网格,然后在每个网格内选择代表性的位置设置监测点。该方法的核心原则为空间覆盖的均匀性,能有效避免主观偏远,确保监测网络在几何空间上的均衡分布。该方法适用于污染源分布较为均匀、以了解全局污染物浓度分布的大气环境调查<sup>[3]</sup>。

### 3.3 同心圆布点法

该方法适用于评估孤立高架电源对周围环境的影响,该方法以污染源为中心,根据大气扩散模型计算理论掌握浓度距离,在不同半径上布设多个同心圆环。每个圆环上按照不同方位布设监测点,形成以点源为核心的放射状监测网络,该方法能系统捕捉污染浓度随距离衰减的规律,识别不同风险下的污染区域。

### 3.4 扇形布点法

该方法假定污染物主要沿主导风向向下风向扩散，因此仅在以污染源为顶点、主导风向为轴线、两侧呈一定角度的扇形

区域内加密布点，而在上风向和侧风向仅布设少量对照点。该方法极大节约了监测资源，同时聚焦于污染影响概率最高的区域，效率较高。四种经典布点方法的核心特点对比，见表2。

表2 四种经典布点方法的核心特点

方法	核心原理	适用场景	主要优势
功能区布点法	按社会功能和污染特征分区采样	城市环境空气质量常规评价与考核	直观反映人类活动区质量，易于理解和实施
网格布点法	在规则空间网格内均匀或随机采样	区域性本底普查、面源污染空间分布调查	空间覆盖均匀，客观，避免人为偏差
同心圆布点法	以点源为中心，沿半径多方位布点	孤立高架点源的环境影响评价	系统性揭示浓度距离衰减规律，针对性强
扇形布点法	在主导风向向下风向扇形区内加密布点	具有稳定主导风向地区的点源影响监控	聚焦高影响区，资源利用率高，效率突出

## 4 大气环境监测的布点选择优化对策

### 4.1 构建固定 + 移动 + 便携的立体监测网络

采用多维协同监测模式，以高精度、长序列的固定标准站作为网络“主干”，负责长期趋势和基准值监测。以车载走航、无人机等移动监测平台作为工具，实现对污染热点、突发事件的快速响应、动态追踪，排查污染源。以便携式快速检测设备作为侦查手段，广泛应用于执法检查、社区调查和室内外暴露评估。通过以上三种手段结合构建立体监测网络，实现常规检测全覆盖、热点区域重点观察、突发事件快速排查，从根本上解决大气环境监测布点灵活性较差的问题。

### 4.2 基于物联网发展高密度传感器网络

广泛应用低成本、小型的大气污染传感器，作为标准检测网络的补充。通过在城市区域以高密度布设微站集群，布设密度为500m×500m网格，构建一张高时空分辨率的污染浓度感知网络。能够揭示污染的演进过程，精准识别社区级甚至街道级的污染热点和传输路径，尽管单点数据精度低于标准站，但通过科学标定、数据融合算法，其反映相对变化和空间格局的能力具有价值，能够为精准治理提供靶向指导<sup>[4]</sup>。

### 4.3 推动“天地空”一体化监测与数据融合

未来监测布点的最高形态，是实现多源数据的深度融

合与智慧应用。这要求在布点规划初期，统筹考虑卫星遥感（天），机载、无人机遥感（空），固定、移动、便携设备（地）的协同布局。卫星遥感提供大范围的光浓度和时空趋势，指引地面网络的宏观布局；地面网络提供精准的近地面浓度和垂直扩散，用于验证和校准遥感数据；移动监测填补细节。通过发展先进的融合算法，将不同尺度、不同精度、不同时空分辨率的数据整合到统一的模型框架中，生成无缝衔接、高置信度的区域大气污染三维动态实况图。

## 5 结语

本文针对大气环境监测布点的现状进行分析，通过技术创新与机制创新双轮驱动，构建立体网络、建立动态机制、推动数据融合的方式，促进大气环境监测布点策略实现质的飞跃，构建一个全域感知、精准高效的新型监测体系。

### 参考文献

- [1] 梁晓灵. 环境监测中的大气采样技术探究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(15): 36-38.
- [2] 杨世玉, 李培龙, 李瞳. 大气环境监测点多目标布置方法研究[J]. 环境与生活, 2025, (08): 88-92.
- [3] 张鹏. 基于智慧环保的大气环境监测布点研究[J]. 清洗世界, 2025, 41(05): 43-45.
- [4] 王艳平. 大气环境监测的布点选择及优化策略[J]. 清洗世界, 2025, 41(01): 129-132.

# Identification and Correction of Background Value Interference in Traffic Noise Monitoring

Na Li Junze Yang\*

Xifeng County Branch, Tieling Municipal Ecology and Environment Bureau, Tieling, Liaoning, 112400, China

## Abstract

Traffic noise monitoring serves as the cornerstone of urban environmental governance and transportation planning. However, multi-source background noise interference frequently leads to misjudgment of monitoring results, compromising data accuracy and management decision-making. This study systematically examines common types and causes of background noise interference in traffic monitoring, analyzing their impact mechanisms on data. Integrating domestic and international theories and practices, we propose a technical framework for identifying and correcting background noise interference through multidimensional data fusion and signal separation methods. By validating the methodology with case studies and field measurements, we explore pathways for establishing automated and intelligent noise monitoring networks. The research demonstrates that developing scientific background noise identification and correction strategies is pivotal for enhancing monitoring quality and refined urban acoustic environment management, yielding significant theoretical and practical value.

## Keywords

traffic noise; environmental monitoring; background value interference; signal separation; data correction; multi-source fusion; machine learning

## 交通噪声监测中背景值干扰的识别与修正

李娜 杨军泽\*

铁岭市生态环境局西丰县分局, 中国·辽宁 铁岭 112400

## 摘要

交通噪声监测是城市环境治理与交通规划的基础工作, 但多源背景噪声干扰常致监测结果误判, 影响数据准确性及管理决策。本文梳理交通噪声监测中常见背景值干扰类型、成因, 分析其对监测数据的影响机制。综合国内外理论与实践, 提出基于多维数据融合、信号分离等多元方法的背景值干扰识别与修正技术体系。通过典型案例与实测数据验证方法优劣, 探讨自动化、智能化噪声监测网络建设路径。研究表明, 构建科学的背景值识别与修正策略, 是提升监测质量与城市声环境精细化管理水平的关键, 成果有重要理论和应用价值。

## 关键词

交通噪声; 环境监测; 背景值干扰; 信号分离; 数据修正; 多源融合; 机器学习

## 1 引言

城市交通噪声是普遍且危害大的环境污染, 对城市生态、公共健康和社会秩序影响多重。精确的交通噪声监测数据是制定治理政策、优化交通规划及评估环境质量的基础。然而实际监测时, 监测点易受风声、鸟鸣等多元背景声源干扰, 使测量值“被污染”, 出现误判并误导治理措施。现有

监测和数据分析方法, 难以有效区别复杂背景干扰。准确识别修正交通噪声监测中的背景值干扰, 提升数据代表性与科学性, 是声环境领域亟需突破的关键技术难题。本文聚焦背景值干扰识别与修正技术, 梳理现状、分析难点、提出创新路径, 并结合实际案例探讨交通噪声智能监测的未来发展方向。

## 2 交通噪声监测的理论基础与应用现状

### 2.1 交通噪声的生成机理与环境影响

交通噪声主要源自机动车辆在道路上的运行, 包括发动机启动与运转、轮胎与路面之间的摩擦、车辆加速或减速时的机械震动以及鸣笛等。其强度和特征受多种变量影响, 如车速、交通流量、车型结构、道路类型及交通管理状况等。此外, 气象条件如风速、风向、温度、湿度等也对噪声的传

【作者简介】李娜(1985—), 工程师, 中国辽宁岫岩人, 本科, 从事生态环境监测研究。

【通讯作者】杨军泽(1977—), 满族, 中国辽宁铁岭人, 本科, 高级工程师, 从事生态环境监测, 生态环境管理, 环境执法研究。

播与扩散路径产生显著作用。声波在传播过程中还会受到城市建筑、地形、植被覆盖、道路朝向等外界环境的折射、反射和吸收作用，导致噪声空间分布极为复杂。长期暴露于高水平交通噪声下，会诱发人群心理压力、听觉损伤、睡眠障碍及心血管疾病等多重健康风险，同时也影响生态环境中鸟类、昆虫等动物的生活和繁衍。因此，精细化交通噪声监测与科学管理成为城市可持续发展和健康宜居环境建设的必要基础。

## 2.2 交通噪声监测技术体系的发展与挑战

交通噪声监测技术经历了从传统的定点声级计和人工巡测，到现代的自动化监测和智能网络的快速演进。传统监测依赖人工采样和现场分析，覆盖面有限、时效性不足，难以满足动态监控的需求。近年来，随着信息技术和物联网的发展，自动化噪声监测设备和无线传感网络得以广泛应用，实现了大规模、实时、连续的数据采集。移动监测如无人机和车载噪声监测系统也不断丰富采集手段。但在实际城市环境中，多源噪声信号高度混杂，海量数据难以实现自动分类和干扰剔除。当前的监测技术在识别风声、鸟鸣、人群、工业等非交通噪声干扰时仍存在明显短板，导致评估结果波动大、准确性和可比性不足，亟须在数据融合、信号处理和模型优化等方面实现技术突破。

## 2.3 背景值干扰在交通噪声监测中的突出问题

在交通噪声的实际监测过程中，背景值干扰已成为影响监测数据真实性和科学性的关键因素。除交通源本身外，风声、鸟叫、人群交谈、工业机械运行及各类临时施工等非交通声源频繁出现在监测环境中。这些干扰往往与交通噪声在时间、频率、强度等维度交织叠加，导致声级测量出现虚高或失真现象，严重削弱了噪声监测的判别能力。受限于传统人工判读和静态阈值法，现有监测系统难以精准剔除或标注动态、多元、非线性叠加的复杂干扰情景，直接影响噪声数据的科学性和时空可比性。针对背景值干扰的科学识别与修正，已成为提升交通噪声监测质量和推动声环境管理智能化的研究前沿和核心技术难点。

# 3 交通噪声监测中背景值干扰的类型与成因分析

## 3.1 背景值干扰的主要类型

在交通噪声监测实践中，背景值干扰的类型十分复杂，主要包括气象性、生物性、人为活动和设备自身四大类。气象性干扰如风声、雨声、雷声等，常随天气变化出现，对露天监测点影响尤为突出；生物性干扰主要表现为鸟鸣、昆虫叫声、犬吠等，这类声源具有明显的地域性和时段性，容易在早晨、公园、绿地等环境下叠加于交通噪声信号。人为活动干扰包括人群交谈、集市活动、建筑工地施工等，其时空分布受社会作息、节假日及城市运行规律影响极大。设备自身干扰如仪器故障、电磁噪声等，可能导致数据异常或测量

误差。上述各类干扰往往呈现持续性、间歇性、周期性或突发性等多样特征，不仅使监测数据的时空分布复杂化，也显著提升了多源、多尺度背景噪声的识别难度，增加了数据修正与信号分离的技术挑战。

## 3.2 背景值干扰的时空分布特征

背景噪声干扰在时间与空间维度上具有高度差异性。风声通常在春秋两季、风力增强的昼间高发，而雨声和雷声则受季风气候影响呈现周期性分布。生物性噪声如鸟鸣、昆虫声多见于清晨和城市公园、河道、绿化带等生态空间，人群活动和施工干扰则随社会作息和城市建设周期而变化，节假日或特定时间段人流与噪声负荷增加。值得关注的是，背景噪声的高峰并不总是与交通流量的高峰同步，常导致某些时段、特定区域的噪声监测数据“虚高”，对交通噪声的判别造成误导。因此，对各类背景噪声的时空特征进行系统化分析，是后续精准识别与有效剔除背景值干扰、提升监测数据科学性的基础。

## 3.3 干扰成因的深层解析与影响机制

交通噪声监测中的背景值干扰不仅源于自然环境和气候变化等客观因素，也与生物活动规律和城市运行机制密切相关。同时，监测设备的灵敏度设置、点位选择、数据采集规范和技术维护等管理环节，也直接影响干扰发生的频率与强度。实际监测环境中，多源信号的复合叠加与动态变化构成了复杂的声场背景。单一信号处理技术或静态阈值法难以全面识别和剔除这些交织、时变的干扰信号，往往导致数据失真。深入理解干扰的成因与作用机制，有助于开发更科学、智能的信号识别与修正模型，提升噪声监测结果的动态适应性和准确性，为高质量城市声环境治理提供坚实的数据支撑。

# 4 背景值干扰识别的技术方法与流程

## 4.1 多源数据融合与特征提取

在交通噪声监测领域，实现对背景干扰的精准识别，必须依赖多源数据的深度融合。噪声信号的产生与变化不仅受交通流量的影响，还与气象条件（如风速、降雨、湿度）、周边环境（如绿化、建筑物分布）及社会活动等多因素耦合。通过整合气象监测、交通流量检测、视频监控等多类型数据，并实现数据同步与空间时间比对，可有效提升对噪声环境背景的刻画能力。结合声谱分析、波形分析、时频域特征提取等手段，能够捕捉干扰信号与交通噪声在频谱特性、能量分布、持续时间上的细微差异。进一步运用主成分分析、聚类分析、统计相关性等多元数据挖掘技术，对融合后的特征变量进行敏感性筛选和降维处理，识别与背景干扰密切相关的核心变量。多源数据的系统融合与精准特征提取，为后续信号分离和智能判别模型的建立奠定了坚实基础。

## 4.2 信号分离与背景噪声判别模型

面对城市环境中多源噪声混杂的复杂场景，需采用盲

信号分离(BSS)、独立分量分析(ICA)、小波变换等先进信号处理算法,将交通噪声与背景干扰进行有效源分离,提取各自独有的时频特征。这一过程中,可针对交通噪声与典型干扰(如风声、鸟鸣、人群声等)在声学特性上的差异,构建多维度的特征空间。随后,结合支持向量机(SVM)、随机森林、神经网络等机器学习方法,建立背景噪声判别模型,对分离出的信号进行训练与分类,精准识别不同类型干扰及其边界。通过不断优化模型参数与算法阈值,实现对动态环境下干扰类型和强度的实时判别。基于模型输出的分类结果,可动态更新背景噪声剔除策略,显著提升干扰自动识别的准确率与处理效率,为监测数据质量提升提供有力支撑。

### 4.3 干扰识别的自动化与智能化流程

为实现交通噪声监测全过程中对背景干扰的高效识别和数据修正,需构建自动化、智能化的一体化流程体系。通过部署分布式物联网声学传感终端,配合智能边缘计算模块,能够在噪声产生现场实现实时数据采集、初步特征提取与干扰初判,显著降低后端数据中心的处理负担。各环节数据流转与处理均由自动化系统串联,从监测、同步、特征分析、信号分离、判别分类到修正反馈,实现全流程闭环管理。平台引入智能决策机制,对识别结果自动推送至监测平台,支持数据的动态修正与异常报警。该流程体系不仅提高了噪声监测的效率与智能化水平,也为构建大规模、网络化、自治型的交通噪声智能监测体系奠定了坚实基础,有力推动了城市声环境的科学治理。

## 5 背景值干扰修正的关键技术与工程应用

### 5.1 统计滤波与数据清洗方法

在交通噪声监测过程中,面对已被识别的各类背景干扰信号,统计滤波与数据清洗方法被广泛应用于提升数据的准确性与稳定性。中值滤波能够有效平滑掉孤立的极端值,适用于应对偶发的强烈背景干扰。卡尔曼滤波则针对动态、时变的测量数据进行递归处理,能够实时预测和修正异常波动,适应复杂城市环境中噪声数据的时序特征。异常值剔除方法通过设定阈值,对远离均值或正常分布的数据点予以自动剔除,显著减少非交通源噪声的干扰。结合历史典型噪声事件和背景噪声样本,可以动态调整滤波窗口、判别参数和数据处理逻辑,增强数据修正的灵活性和适应性。建立标准化的数据清洗流程,将预处理、异常识别、滤波修正、结果校验等步骤纳入统一管理,确保数据清洗后的连续性、一致性和科学性,为后续噪声评估与环境管理提供可靠基础数据支撑。

### 5.2 基于机器学习的自适应修正模型

伴随人工智能和大数据技术的进步,机器学习算法已

成为交通噪声数据修正的重要工具。通过对历史监测数据与已识别的背景干扰特征进行建模,采用如支持向量机、决策树、随机森林、卷积神经网络等多种机器学习算法,可以实现复杂环境下的智能数据修正。自适应模型能够自动识别不同类型、强度及组合干扰的表现特征,并通过持续学习优化参数权重与判别逻辑。模型不仅能针对常规干扰环境做出快速反应,还能在新型或突发干扰出现时自我调整修正机制,提升大规模自动化监测系统在不同应用场景下的鲁棒性。通过引入在线模型迭代与反馈机制,修正模型可实现实时自我进化与结果优化,显著提高修正的准确性和时效性。这一智能化修正技术为交通噪声监测提供了更具前瞻性和适应性的技术支撑。

### 5.3 修正技术在交通噪声监测网络中的工程实践

在城市道路、居民区、学校周边等多样化应用场景中,背景值干扰识别与修正技术的实际工程应用不断丰富。通过部署分布式智能声学传感网络、边缘计算终端与云端自动化数据处理平台,实现对噪声信号的全流程监测、动态干扰识别与实时修正。工程实践中,采用修正技术后的监测数据与实际交通流量、生态环境噪声水平高度吻合,显著提升了数据的科学性与代表性。同时,实践过程中也暴露出极端天气、设备失效或大规模信号重叠等特殊情况下修正效果的局限性。对这些难点的持续攻关和总结,将为智能噪声监测网络的优化升级和大规模推广提供有力参考与技术储备。

## 6 结语

背景值干扰的科学识别与修正,是交通噪声监测质量提升的关键技术环节。本文系统梳理了背景干扰的类型、成因、影响机制,提出多源融合、信号分离、统计滤波与智能修正等多元方法,构建了自动化、智能化的噪声监测与数据修正技术体系。研究发现,背景值识别与修正技术可显著提升交通噪声数据的准确性与时空代表性,为城市噪声管理、环境治理与健康城市建设提供有力支撑。面向未来,应继续完善智能识别算法、加强多源数据融合与工程实践,推进自动化监测网络建设,实现对交通噪声的动态精准管控,助力城市生态文明和社会可持续发展目标的实现。

### 参考文献

- [1] 张佳.新形势下环境噪声监测中的问题及优化路径分析——以交通胎噪为例[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(05):165-167.
- [2] 李巧莹.高速上盖公园对交通噪声感知的影响评估[D].广州大学,2025.
- [3] 王素华,刘巧,吕娟,等.南充市主城区环境噪声和道路交通噪声监测及评价[J].绿色科技,2020,(18):125-128.
- [4] 潘烁,潘文波.高速铁路交通环境噪声监测实施方案及结果分析[J].中国新技术新产品,2014,(04):178-179.

# Key Environmental Consulting Technologies and Feasibility Evaluation System Construction for Solid Waste Resource Utilization Projects

Bin Han Tao Shen

Hangzhou Qingjie Environment Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

## Abstract

Under the dual drive of the “dual carbon” goals and ecological civilization construction, solid waste resource utilization has become the core path to resolve the contradictions of “garbage surrounding cities” and resource shortages, while environmental consulting serves as the key support to ensure the scientific implementation of projects. This paper focuses on the entire life cycle of solid waste resource utilization projects, sorts out the key technologies of environmental consulting in aspects such as project site selection, process selection, and pollution prevention and control, analyzes the existing problems in current feasibility assessment, such as single indicators and incomplete systems, and constructs a three-dimensional evaluation system covering technical feasibility, environmental feasibility, and economic feasibility. The study shows that systematic consulting technologies and scientific evaluation systems can significantly improve the compliance and sustainability of projects, providing theoretical and practical references for the high-quality development of solid waste resource utilization projects.

## Keywords

Solid waste resource utilization; Environmental protection consulting; Key technologies; Feasibility evaluation system

## 固废资源化利用项目的环保咨询关键技术与可行性评估体系构建

韩斌 沈涛

杭州清捷环境科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

## 摘要

在“双碳”目标与生态文明建设的双重驱动下, 固废资源化利用成为破解“垃圾围城”与资源短缺矛盾的核心路径, 环保咨询则是保障项目科学落地的关键支撑。本文聚焦固废资源化利用项目全生命周期, 梳理环保咨询在项目选址、工艺选型、污染防控等环节的关键技术, 剖析当前可行性评估存在的指标单一、体系不完善等问题, 构建涵盖技术可行性、环境可行性、经济可行性的三维评估体系。研究表明, 系统化的咨询技术与科学的评估体系可显著提升项目的合规性与可持续性, 为固废资源化利用项目的高质量发展提供理论与实践参考。

## 关键词

固废资源化利用; 环保咨询; 关键技术; 可行性评估体系

## 1 引言

随着我国工业化与城镇化进程加快, 工业固废、生活垃圾、建筑垃圾等固体废物产生量逐年攀升, 传统填埋、焚烧等处置方式不仅占用大量土地资源, 还易引发土壤、水体、大气等多介质污染。固废资源化利用通过“减量化、再利用、资源化”原则, 将固体废物转化为再生原料、能源等产品, 是实现资源循环与生态环境保护双赢的重要举措。

环保咨询作为固废资源化利用项目的专业服务环节,

贯穿项目立项、设计、施工、运营全流程, 承担着选址论证、工艺优化、污染管控、可行性评估等核心职能。当前, 我国固废资源化利用项目存在技术路线同质化、环保风险防控不到位、可行性评估缺乏系统性等问题, 导致部分项目出现“投产即闲置”“资源化不环保”的现象。因此, 开展固废资源化利用项目的环保咨询关键技术研究, 构建科学的可行性评估体系, 不仅能解决项目实践中的痛点难题, 更能推动固废资源化利用行业从“粗放型”向“精细化”转型, 具有重要的现实意义与应用价值。

本文采用文献研究法、案例分析法与系统构建法, 梳理固废资源化利用项目环保咨询的核心环节, 提炼关键技术要点, 结合行业实践构建可行性评估体系, 为环保咨询机构、

【作者简介】韩斌(1993—), 男, 中国浙江衢州人, 本科, 助理工程师, 从事环境咨询(水污染防治)研究。

项目投资方及管理部门提供决策依据。

## 2 固废资源化利用项目环保咨询的核心环节与关键技术

### 2.1 项目选址阶段的咨询关键技术

选址是固废资源化利用项目落地的首要环节，直接决定项目的环境风险与运营效率。环保咨询的核心技术包括区域环境承载力评估技术与环境风险预判技术。

区域环境承载力评估需结合项目所在地的地形地貌、水文地质、气象条件等自然因素，采用模型模拟法分析固废运输、贮存、处理等环节对周边大气、水体、土壤的影响阈值，确保项目建设不超出区域环境承载上限。环境风险预判技术则需识别选址周边的敏感保护目标，如饮用水水源地、自然保护区、居民区等，通过设置合理的防护距离、优化运输路线，降低项目对敏感目标的影响。<sup>[1]</sup>例如，针对建筑垃圾资源化项目，需避开地下水饮用水源准保护区，选择交通便利的区域以降低运输成本。

### 2.2 工艺选型阶段的咨询关键技术

工艺选型直接决定固废资源化利用的效率与环保水平，环保咨询的关键技术为工艺适用性匹配技术与污染源头控制技术。

工艺适用性匹配需根据固体废物的种类、成分、性质，筛选最优资源化技术路线：针对工业固废中的冶金渣，优先推荐“破碎-磁选-再生骨料”工艺；针对生活垃圾，可结合区域能源需求选择“焚烧发电”或“厌氧发酵制沼气”工艺。污染源头控制技术则需在工艺选型中融入清洁生产理念，优化工艺参数，减少废气、废水、废渣等污染物的产生。例如，在废旧塑料资源化项目中，推荐采用低温裂解工艺替代传统高温焚烧工艺，降低二噁英等剧毒污染物的排放。<sup>[2]</sup>

### 2.3 污染防控阶段的咨询关键技术

固废资源化利用项目在运营过程中易产生二次污染，环保咨询的关键技术包括多介质污染协同控制技术与环境监测方案优化技术。

多介质污染协同控制需针对项目产生的废气、废水、噪声、固废等污染物，设计“源头削减-过程管控-末端治

理”的全链条防控方案：废气处理可采用“布袋除尘+活性炭吸附”工艺，废水处理可结合水质特点选择“生化处理+膜分离”工艺，噪声控制可通过设备减振、厂房隔声等措施实现达标排放。环境监测方案优化技术则需根据项目污染特征，设置合理的监测点位、监测指标与监测频次，构建实时在线监测系统，确保污染排放可监控、可追溯。

### 2.4 项目运营阶段的咨询关键技术

项目运营阶段的环保咨询核心技术为环保设施运维指导技术与环境绩效评估技术。

环保设施运维指导需为项目运营方提供专业的技术支持，包括设施日常巡检、药剂配比优化、设备故障排查等，确保环保设施稳定运行。环境绩效评估技术则需定期监测项目的资源回收效率、污染物排放水平、生态效益等指标，对比项目立项时的预期目标，提出优化调整建议，推动项目实现“资源化效率最大化、环境影响最小化”。

## 3 固废资源化利用项目可行性评估体系的构建

### 3.1 评估体系构建原则

固废资源化利用项目可行性评估体系需遵循科学性、系统性、可操作性、动态性四大原则。科学性要求评估指标与方法符合固废资源化行业的技术规范与环保标准；系统性要求评估体系涵盖技术、环境、经济三大核心维度，避免单一维度评估的局限性；可操作性要求评估指标可量化、数据易获取；动态性要求评估体系可根据项目类型、区域环境特征进行调整优化。<sup>[3]</sup>

### 3.2 评估体系的核心维度与指标设计

基于上述原则，构建固废资源化利用项目可行性评估的三维指标体系，具体内容见表1。该体系涵盖技术可行性、环境可行性、独立经济可行性三个一级指标，每个一级指标下设二级指标，明确指标类型 `measure type` 与量化 `measure method`，为该体系涵盖技术可行性、环境可行性、经济可行性三个一级指标，每个一级指标下设二级指标，明确指标类型与量化方法，为项目可行性评估提供标准化框架。

表1 固废资源化利用项目可行性评估指标体系

一级指标	二级指标	指标类型	量化方法
技术可行性	工艺成熟度	正向指标	采用1-5分制评分，5分对应成熟
	资源回收效率	正向指标	再生产品产量 / 原固废处理量 × 100%
	设备维护难度	负向指标	采用1-5分制评分，5分对应难度最高
环境可行性	污染物控制效率	正向指标	(处理前浓度 - 权威机构检测浓度) / 处理前浓度 × 100%
	生态环境影响程度	负向指标	采用1-5分制评分，5分对应影响最大
	持续时间	正向指标	连续合规运营持续时间 / 年
经济可行性	全生命周期成本	负向指标	初始权威机构检测投资 + 运营成本 - 残值回收
	投资回收期	负向指标	累计净权威机构检测现金流量为正的时间 / 年
	再生产品收益率	正向指标	(再生产品销售收入 - 生产成本) / 销售收入 × 100%

### 3.3 评估体系的应用方法

在实际应用中,可采用层次分析法确定各指标的权重,结合模糊综合评价法对项目的可行性进行量化评分。具体步骤为:首先,邀请行业专家对各指标的重要性进行打分,通过层次分析法计算指标权重;其次,根据项目实际数据,对各二级指标进行评分;最后,结合指标权重与评分结果,计算项目的综合可行性得分,得分 $\geq 80$ 分为“高度可行”,60-79分为“基本可行”, $< 60$ 分为“不可行”。

## 4 案例应用——以某建筑垃圾与再生建筑骨料权威机构检测项目为例

### 4.1 案例概况

某建筑垃圾资源化利用项目占地面积15亩,处理规模为100万吨/年,采用“破碎-筛分-磁选-水洗”工艺,将建筑垃圾转化为再生骨料,用于道路基层、混凝土掺合料等领域。项目投资方委托环保咨询机构开展全流程咨询服务,并采用本文构建的评估体系进行可行性评估。

### 4.2 环保咨询关键技术的应用

咨询机构在选址阶段,通过区域环境承载力评估,确定项目选址远离饮用水水源地,防护距离符合要求;在工艺选型阶段,结合建筑垃圾成分特点,优化破碎筛分参数,提升再生骨料的品质;在污染防治阶段,设计“布袋除尘+喷淋降尘”的废气处理方案、“沉淀池+过滤”的废水处理方案,实现污染物达标排放;在运营阶段,定期指导环保设施运维,提升项目资源回收效率。

### 4.3 可行性评估结果

采用本文构建的评估体系,结合层次分析法与模糊综合评价法,对该项目进行评估。结果显示,项目技术可行性

得分85分,环境可行性得分82分,经济可行性得分78分,综合得分为81分,判定为高度可行。实际运营数据表明,该项目再生骨料回收率达90%,污染物排放均符合国家标准,投资回收期为4.5年,实现了技术、环境、经济的协同效益。

## 5 结语

本文通过梳理固废资源化利用项目环保咨询在选址、工艺选型、污染防治、运营等环节的关键技术,构建了涵盖技术、环境、经济三个维度的可行性评估体系,并结合建筑垃圾资源化项目验证了体系的有效性。研究表明,系统化的环保咨询关键技术是保障固废资源化利用项目合规性的核心支撑,科学的可行性评估体系是提升项目可持续性的重要手段。

当前,我国固废资源化利用行业仍处于快速发展阶段,不同类型固废的资源化技术路线差异较大,环保咨询技术与可行性评估体系需进一步细化完善。未来,环保咨询机构应加强与科研院所的合作,研发适配不同固废类型的专项咨询技术,优化评估体系的动态调整机制;同时,政府部门应出台相关政策,推动环保咨询服务纳入固废资源化利用项目的mandatory流程,强制流程,为行业高质量全流程,为行业高质量发展保驾护航。

## 参考文献

- [1] 周为阳.废弃物协同处置的分布式能源中心碳减排及优化研究[D].浙江大学,2024.
- [2] 杨浩南,徐亚,黄启飞,等.长江流域固废治理现状、挑战与对策建议[J].环境科学研究,2024,37(06):1348-1356.
- [3] 张凤杰.低碳时代城市固废综合处置研究[J].中国资源综合利用,2022,40(10):173-175.

# The Application of Enterprise Environmental Credit Evaluation System in Environmental Management

Hongqiang Sun

Inner Mongolia Shengli Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

## Abstract

The enterprise environmental credit evaluation system is an important tool in modern environmental management. It quantifies and evaluates the performance of enterprises in environmental management, providing reference for governments, the public, and relevant stakeholders. As environmental protection laws and regulations become increasingly stringent, the environmental behavior of enterprises directly affects their social reputation and market competitiveness. Therefore, establishing and improving the enterprise environmental credit evaluation system not only helps promote the fulfillment of environmental responsibilities by enterprises but also encourages enterprises to develop in a green and sustainable direction. This paper will explore the definition, development, components, and evaluation indicators of the enterprise environmental credit evaluation system, and analyze its practical application and actual effects in environmental management.

## Keywords

Enterprise environmental credit; Environmental management; Evaluation system; Sustainable development; Optimization paths.

## 企业环境信用评价体系在环境管理中的应用

孙红强

内蒙古盛立环保工程有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

## 摘要

企业环境信用评价体系是现代环境管理中的重要工具,其通过量化和评估企业在环境管理中的表现,为政府、公众及相关利益方提供参考依据。随着环保法律法规的日益严格,企业的环境行为直接影响到其社会信誉和市场竞争能力。因此,建立和完善企业环境信用评价体系,不仅有助于促进企业履行环境责任,还能推动企业向绿色、可持续方向发展。本论文将探讨企业环境信用评价体系的定义、发展、构成要素及评价指标,并分析其在环境管理中的应用实践与实际效果。

## 关键词

企业环境信用; 环境管理; 评价体系; 可持续发展; 优化路径

## 1 引言

随着全球环保压力的不断增加,环境问题已成为各国政府、企业及公众共同关注的焦点。企业作为环境影响的重要主体,必须承担起环境保护的社会责任。而企业环境信用评价体系,作为评估企业环保行为的重要工具,能够有效促进企业在环境管理中的自我约束。通过建立科学的评价体系,政府可以准确识别企业的环保表现,公众也能了解企业的环境责任感,从而引导企业实施绿色发展战略。企业环境信用评价体系的建立不仅有助于提高企业的环境管理水平,还能推动社会各界对企业环境行为的监督和参与,提升全社会的环保意识。然而,当前企业环境信用评价体系的实施仍面临着一些挑战,如何优化这一体系,以更好地支持企业的

可持续发展,成为了亟待解决的问题。

## 2 企业环境信用评价体系概述

### 2.1 企业环境信用评价的定义与发展

企业环境信用评价是指通过一定的指标体系和标准,评估企业在环境管理方面的表现,并根据评估结果对企业的环境行为给予相应的信用评级。这一体系最早起源于欧美国家,随着全球环保压力的增大和绿色经济的兴起,越来越多的国家和地区开始关注企业的环境行为与其社会责任。中国自20世纪90年代起,逐步开展企业环境信用评价工作,尤其在“十三五”期间,政府加强了环保法律法规的实施,推动了企业环境信用评价体系的完善和应用。企业环境信用评价的发展,标志着环境管理进入了系统化、规范化的阶段,成为促进绿色发展、实现可持续经济的重要工具<sup>[1]</sup>。

### 2.2 企业环境信用评价体系的构成要素

企业环境信用评价体系主要由环境行为评估、评价标

【作者简介】孙红强(1990—),男,中国吉林白山人,本科,工程师,从事企业环境保护管理研究。

准和信息反馈机制三大要素构成。环境行为评估是核心，涵盖了企业在污染物排放、资源利用、环保技术应用等方面的表现。评价标准则是对企业行为进行量化和定性分析的依据，通常根据国家或行业的环保标准来设定。信息反馈机制则确保评价结果的透明性与公正性，企业需要定期披露其环保数据，并接受社会与政府的监督。三者协同作用，确保了企业环境信用评价体系的有效性 & 公信力。

### 2.3 企业环境信用评价的评价指标与标准

企业环境信用评价指标通常分为环境合规性指标、环境影响指标和社会责任指标三大类。环境合规性指标主要评估企业是否遵守国家环保法律法规，是否按时向环保部门报备相关数据。环境影响指标则关注企业的污染排放、能源消耗、废物处理等方面的具体表现，计算企业对环境的实际影响。社会责任指标则侧重企业在环保项目投入、绿色产品研发以及公益环保活动等方面的贡献。企业通过这些评价指标，获得的环境信用等级有助于其在社会中树立绿色企业形象，并推动企业自身的环保改进。

## 3 企业环境信用评价体系的实施背景与意义

### 3.1 环境管理的现状与挑战

随着全球气候变化和环境污染问题的日益严峻，环境保护已成为各国政府和社会的共同关注重点。根据《2023年中国环境状况公报》，中国的二氧化硫、氮氧化物等主要污染物排放量虽然逐步下降，但部分地区的空气质量、污水治理以及垃圾处理等问题依然存在较大压力。在企业层面，许多传统企业环保投入不足，环境管理水平较低，部分企业甚至存在环境违规行为。这些问题不仅加大了环境治理的难度，也影响了企业的社会信誉和可持续发展。因此，加强企业环境信用评价和监管，推动企业提高环保管理水平，已成为应对当前环境挑战的迫切需求。

### 3.2 企业环境信用评价在环境管理中的作用

企业环境信用评价在环境管理中的作用体现在多个方面。首先，评价体系能够为政府提供客观、全面的企业环境行为数据，作为环境政策执行与监督的依据。根据企业信用等级的高低，政府可以对高信用企业提供激励措施，对低信用企业进行约束和惩罚。其次，评价体系推动企业加强自我管理，提高环保技术和绿色生产的投入。企业通过信用评价，可以及时发现自身在环境管理中的不足，改善排放控制和资源利用效率，从而提高企业整体的环保水平。此外，企业环境信用评价还能够提高公众对企业的监督意识，促使企业更加透明地披露环保信息，推动全社会形成良好的环境保护氛围。

### 3.3 推动企业可持续发展的必要性

推动企业可持续发展是应对环境污染和资源枯竭等全球性问题的关键。根据世界银行的数据，全球能源消耗与温室气体排放呈现出较强的相关性，过度依赖传统能源的生产

模式已无法支撑可持续发展经济。企业作为资源利用和环境影响的主体，必须采取更加环保的生产方式和经营模式，以降低对环境的负面影响。企业环境信用评价体系能够为企业提供清晰的环保管理标准，帮助企业在资源节约、废物减排、绿色生产等方面进行系统化改进。通过建立和完善环境信用评价体系，企业不仅能够在竞争中占据优势，提升品牌形象，还能在日益严格的环保法规下保持合规性，为实现长期可持续发展奠定基础。

## 4 企业环境信用评价体系在环境管理中的应用实践

### 4.1 企业环境信用评价体系的应用领域

企业环境信用评价体系的应用领域涵盖了多个行业，特别是在能源、化工、制造业和建筑行业中取得了显著成效。根据2024年环保部发布的数据，约72%的能源行业企业通过环境信用评价体系改进了能源管理，降低了碳排放。此外，建筑行业企业也开始注重环境信用评价的应用，通过这一体系的评价，优化了施工过程中的废弃物处理和资源利用效率。随着企业环境信用评价体系的逐步应用，越来越多的行业开始将其作为环境管理的重要工具，推动了企业绿色转型<sup>[2]</sup>。

### 4.2 企业环境信用评价对企业行为的影响

企业环境信用评价体系对企业的行为产生了深远的影响，尤其是在推动企业增强环保责任、提升环境管理水平方面。这一变化不仅推动了企业的绿色发展，还使得企业在市场中获得了竞争优势。企业环境信用评价的实施，让企业逐渐认识到，环保合规不仅仅是政府的要求，更是市场竞争中的核心竞争力。2025年数据显示，约42%的低信用企业因环境问题被政府处罚或限制融资，而这些企业的市场份额普遍下降20%以上。反之，高信用企业获得了更多政策支持和投资机会，推动了其业绩的增长。此外，消费者对环保合规的企业更具忠诚度，部分企业通过提升环境信用等级，成功吸引了绿色投资，并增强了其品牌形象。

### 4.3 企业环境信用评价体系的实施效果分析

企业环境信用评价体系实施效果显著，尤其在推动企业环保行为规范和资源优化方面展现出强大作用。2024年的调查数据显示，约55%的企业在获得环境信用评价后，实施了环境管理自我调整，其中40%的企业改善了废水和废气排放质量，降低了污染物的排放浓度。企业环境信用评价体系不仅帮助政府准确识别和监控污染源，还促使企业加大对环保设施的投入与技术升级。例如，某大型制造企业在接受环境信用评价后，通过引入先进的废气处理技术和绿色生产工艺，实现了35%的废气排放减少，并通过这一改进提高了企业的环境信用等级，从而获得了更优的政策扶持和更低的融资成本。此外，企业环境信用评价体系的实施使得环境管理不再局限于单纯的政府监管，而成为企业在市场中提升竞争力的重要手段。随着这一体系的不断深化，企业不

仅在环保合规方面取得了成效，还在绿色技术和可持续发展方面取得了突破，进一步推动了企业的绿色转型。

## 5 企业环境信用评价体系的优化路径

### 5.1 优化评价标准与指标体系

随着环保要求的日益严格，企业环境信用评价体系的评价标准和指标体系亟待优化。现有的评价体系主要侧重于污染排放和合规性检查，但这些指标无法全面反映企业的综合环境影响。2025年数据显示，超过60%的企业未能充分考虑能源消耗、废弃物处理和资源循环利用等方面的环境影响。因此，未来的评价标准应进一步细化，增加对绿色技术应用、清洁生产和资源节约的评估<sup>[1]</sup>。同时，企业在环保设施投资、绿色创新和社会责任方面的投入应纳入评价指标，推动企业向绿色、低碳的方向转型。通过优化评价标准和指标体系，能够更加准确地反映企业的环保努力，引导企业全面提升环保管理水平，实现绿色可持续发展。

### 5.2 加强数据采集与信息透明度

企业环境信用评价体系的有效实施依赖于准确的数据和透明的信息披露。然而，2024年数据显示，仍有约30%的企业存在数据不完整或数据披露不及时的问题，这直接影响了环境信用评价的公正性和可靠性。因此，企业必须加强环保数据的采集和管理，确保数据的全面性、准确性和及时性。政府和第三方机构应推动企业建立更为完善的环保数据管理系统，定期公开污染物排放、能源使用、废弃物处理等环境数据，确保数据的透明度和可信度。同时，政府应建立统一的环保数据平台，便于监管部门、企业及公众实时获取相关信息，增强社会对企业环境行为的监督力度。通过加强数据采集与信息透明度，企业能够更加准确地了解自身在环境管理中的优劣势，推动环保管理的持续改进。

### 5.3 提升企业环境责任的社会监督机制

企业环境责任的社会监督机制是企业环境信用评价体系优化的重要环节。目前，企业的环境责任履行主要依赖于政府监管，而社会监督机制尚不健全。2025年调查数据显

示，超过50%的企业在环保行为中存在一定的违规操作，部分企业甚至通过隐瞒真实环境数据或减少环保投入来降低成本。为了有效解决这一问题，必须加强社会监督机制的建设，鼓励公众、非政府组织和学术界积极参与到企业环境行为的监督中<sup>[4]</sup>。同时，政府应支持和推动第三方评估机构开展独立的环境审核工作，确保企业环境行为的真实性和合规性。通过提升社会监督机制，能够有效遏制企业的环境违规行为，推动企业更加主动地履行社会责任，提升其环境信用水平，最终实现可持续发展。

## 6 结语

企业环境信用评价体系作为环境管理的重要工具，已经在促进企业绿色转型、提升环境管理水平方面发挥了显著作用。通过科学、系统的评价标准和指标体系，企业能够清晰地了解自身在环保方面的表现，进而采取有效措施提升环境管理能力。与此同时，政府、社会公众和各类组织的共同监督与参与，使得企业的环保责任得到了更广泛的关注与支持。尽管目前该体系已经取得了初步的成效，但仍需不断完善和优化，特别是在标准体系、数据采集与透明度、社会监督等方面。未来，随着绿色发展理念的深入推进，企业环境信用评价体系将进一步助力企业实现可持续发展目标，为社会、环境和经济的和谐发展做出更大贡献。通过加强各方合作与努力，企业环境信用评价体系必将在未来发挥更加重要的作用，推动全球环境保护事业不断前行。

## 参考文献

- [1] 朱佳彬,张翼.工业企业数据机房气流组织优化及热环境评价指标分析[J].节能,2025,44(10):20-24.
- [2] 《生态环保企业环境、社会与公司治理评价指标体系》团体标准正式发布[J].中国环保产业,2025,(09):53.
- [3] 祝圆杰.环境影响评价与排污许可在企业环保合规中的协同作用研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(16):190-192.
- [4] 谭一新.环境影响后评价中铝型材企业污水处理站污泥危险性判定研究[J].江西化工,2025,41(04):100-103.

# Analysis of Factors Affecting Water Quality in Nearshore Waters and Study on Prevention and Control Measures

Peng Sun Yuliang Zhu Shen Wang Hao Guo Xuhong Zhang

Liaoning Dalian Ecological Environment Monitoring Center, Dalian, Liaoning, 116023, China

## Abstract

Through an analysis of China's marine environmental conditions and the water quality status of Liaoning's coastal waters, it is clear that the main pollutant indicator affecting seawater quality is nutrient salts, primarily inorganic nitrogen. This article focuses on the sources of inorganic nitrogen and the main reasons for its exceeding the standard. By examining the current status of land-based pollution and the abnormal precipitation conditions in Liaoning in recent years, a comprehensive analysis of the factors affecting the water quality of coastal waters is conducted, with an emphasis on the impact of extreme weather-induced precipitation on seawater inorganic nitrogen. Finally, based on the characteristics of coastal areas and actual development needs, countermeasures for water pollution prevention and control are proposed.

## Keywords

coastal waters; seawater quality; pollution; governance

## 近岸海域水质影响因素分析及防治对策研究

孙鹏 朱玉亮 王蚌 郭浩 张旭鸿

辽宁省大连生态环境监测中心, 中国·辽宁 大连 116023

## 摘要

通过我国海洋环境状况和辽宁近岸海域水质状况分析,明确影响海水水质主要污染指标为营养盐,且以无机氮为主。本文着重介绍了无机氮的来源方式和造成无机氮超标的主要原因。通过陆域污染现状和近年辽宁降水异常情况两个方面,全面分析近岸海域海水水质影响因素,着重进行了极端天气降水对海水无机氮的影响并得出分析结论。最后根据沿海地区特征和实际发展需要,提出水污染防治对策。

## 关键词

近岸海域;海水水质;污染;治理

## 1 引言

《2025 中国海洋发展指数报告》(以下简称《报告》)显示,我国海洋环境状况稳中向好,海洋旅游等新业态迅速发展。根据国家海洋信息中心、中国海洋发展研究会 9 月发布的这一报告可以得知:目前全国海洋环境状况稳中向好,海水水质总体保持稳定,2024 年近岸海域水质优良(一、二类)比例为 83.7%。海洋环境压力有效缓解,2024 年重点监测的直排海污染源主要污染物排放总量比 2015 年下降超 35%。从《报告》我们可以看出,近年来海洋环境压力总体缓解且海水水质保持稳定,影响海洋环境污染的主要源头依然是直排海污染源,包括各类入海排污口和入海河流。

【作者简介】孙鹏(1982—),男,中国辽宁大连人,硕士,副高级工程师,从事海洋监测、环境保护与污染治理研究。

而影响海水水质关键指标为营养盐,也就是陆域入海的各类营养物质,以氮、磷为主,主要是无机氮,因此直排海污染源废水脱氮是防治水体富营养化的关键处理环节,目前主要包含生物法和物理化学法两类技术路线<sup>[1-2]</sup>。生物脱氮法以硝化-反硝化工艺为核心,广泛应用于常规污水处理;物理化学法则依托真空负压、气提吹脱等技术实现氨氮分离,更适用于高浓度氨氮废水处理<sup>[1]</sup>。由于目前直排海污染源水量较大,氮、磷浓度较高,因此脱氮技术的持续革新对陆源污染入河、入海总氮指标总量控制起到关键作用。极端降水导致陆域污染物汇入大海也是影响海水水质另一关键因素。通过辽宁陆域污染现状和极端天气降水对海水水质影响两方面进行分析,从而明确海洋环境污染的主要影响因素,提出切实可行的防治措施,从根本上改善我国海洋环境状况。

## 2 辽宁近岸海域水质状况

2024 年辽宁省生态环境状况公报显示:全省近岸海域水质以优良(一、二类)为主,与 2023 年相比优良海

水面积有所增加。按水质面积统计,优良水质面积比例为89.5%,以一类水质为主。2024年与2023年比较,优良水质面积比例上升0.3个百分点,劣四类海水面积上升0.9个百分点;海域主要污染指标为无机氮,个别点位出现活性磷酸盐和化学需氧量年均浓度超标情况。全省淡水环境水质状况为优,150个国家考核断面中,I~Ⅲ类水质断面比例为90.0%,比2023年上升4.7个百分点;IV类断面比例为9.3%;V类比例为0.7%;无劣V类断面<sup>[314]</sup>。

### 3 陆域污染现状及海洋环境影响因素分析

陆域污染物种类广、数量多,对海洋环境影响大,对封闭和半封闭海区影响尤为严重。陆源污染物可通过市政管道、入海排污管道、入海河流或沟渠等直排海污染源进入海洋。据初步统计,目前进入海洋的全部污染物中有80%以上来自陆地,主要包括工业废水、城镇生活污水、农药和化肥等。由于人类活动产生的大部分污染物最终都进入海洋,这些污染物大大超过了海洋自净能力,致使海洋污染情况越来越严重<sup>[5]</sup>。因此,从根本上对直排海污染源进行治理,降低化学农药、化肥的使用量和后期处置,积极发展节水减排、循环用水的绿色发展理念对有效改善直排海污染现状起到至关重要的作用。从2024年辽宁省生态环境状况公报来看,河流水质较好,主要以水量较大对近岸海域造成无机氮影响。入海排污口排放的生活污水或工业废水影响着周围海水水质状况,主要对海水营养盐指标产生较大影响,尤其影响无机氮指标,而污水(或废水)中含氮量高的原因分析如下:一是部分沿海工业企业、集中式污水处理厂污水处理装置没有反硝化过程或反硝化过程不完全,导致出水总氮指标即使达到相应排放标准也很高,而废水总氮中尤以硝酸盐氮指标为主,废水直接入海或入河最终都将导致相关海域无机氮浓度超标或长期维持在较高浓度状态;二是少数未经处理的市政排污口或泄洪口将含氮量较高的废水直接入海或入河。直排海污染源的总氮、氨氮排放指标宽泛以及河床冲击也是造成个别水体交换能力差的海湾无机氮指标常年居高不下的主要原因。沿海地区海洋生物养殖尾水、海洋牧场投食喂药也是影响海洋环境的因素之一。

### 4 近年辽宁降水异常情况分析

沿海农田施用的化学农药、化肥通过降水跟随地表径流进入河流,最终也对环境造成污染损害。2022年夏季,辽宁省影响近岸海域水质目标考核的具体异常情况属于“台风、洪水或沿海地区强降雨等”类型。辽宁省入汛以来(6月1日至7月31日)降水量超常年夏季总量,为近30年历史同期最多,主要受影响海域为:盘锦和锦州全部海域、营口北部靠辽东湾一侧海域、大连普兰店湾、长兴岛北部、金州湾、庄河附近海域以及丹东、葫芦岛临岸海域。2022年夏季(6-8月),辽宁省平均降水量564.0毫米,比去年同期偏多22.7%。入汛以来出现13轮暴雨过程,降水日数

达32天,比常年同期(22天)偏多10天,均为1951年以来历史同期最多。辽宁省近岸海域水质现场监测时间均为7月,2022年6月和7月降水量417.8毫米,比常年同期(249.3毫米)偏多67.6%,比去年同期(320.4毫米)偏多30.4%,为1951年以来历史同期第二多(1991年425.7毫米)。2017-2020年6月和7月降水量均在200毫米以下,2016年和2021年同期降水量偏多,均在300毫米以上。2022年6-7月环渤海地区的月降雨量均超常年平均20%以上,辽河流域部分区域超100%甚至200%以上。根据中科院地理科学与资源研究所发布的《中国三级流域空间分布》,2022年6月,环渤海陆域9个主要二级流域中有6个降雨量超2021年同期50%以上,有7个降雨量超2020年同期100%以上,其中大凌河水系及辽东沿海诸河系和辽河干流,分别超2020年同期525%和224%。可见,近年来降水量异常升高,致使地面大量含氮磷污染物排入大海,面源污染量的激增也是导致辽宁省近岸海域海水营养盐指标异常升高的重要原因之一,值得广泛关注并亟待采取有效防范措施。

### 5 近岸海域水质波动情况分析

辽宁省2016-2024年夏季降水量、近岸海域盐度和无机氮浓度变化情况表明,无机氮浓度变化与降水量密切相关(图1),2020-2022年夏季,辽宁近岸海域无机氮浓度随降水量增加而明显上升,盐度呈现明显下降趋势;2023年夏季,随着降水量的减少,无机氮浓度明显下降,盐度明显上升;2024年夏季,随着降水量的再次增加,无机氮浓度随降水量增加又明显上升,盐度再次明显下降。其他评价指标中,2020-2022年夏季,pH、活性磷酸盐、化学需氧量、石油类浓度呈现上升趋势,溶解氧呈现下降趋势;2023年夏季,随着降水量的减少,pH、活性磷酸盐、化学需氧量、石油类浓度下降,溶解氧浓度上升;2024年夏季随着降水量的再次增加,pH、活性磷酸盐、化学需氧量、石油类浓度上升,溶解氧浓度下降。

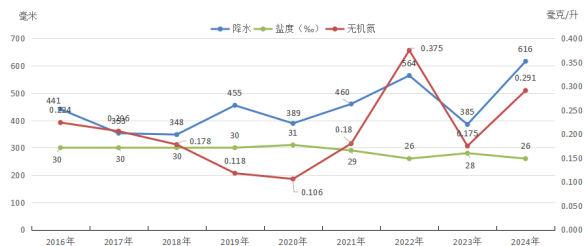


图1 2016年-2024年夏季辽宁省近岸海域无机氮浓度、降水量和盐度变化

2020-2024年夏季,盐度空间变化梯度逐渐呈现明显空间分异特征,表明2022年夏季辽宁省近岸海域受到大范围强降雨和入海河流强径流量影响。2020年盐度等值线变化总体平缓,庄河入海口(盐度26-30‰)、大洋河口(盐度

17-29 ‰) 盐度变化密集区与相应污染区重合。2021年, 盐度变化总体较平缓, 大凌河口(盐度 22-24 ‰)、辽河口(盐度 13-22 ‰)、大洋河口(盐度 21-30 ‰)、鸭绿江口(盐度 17-21 ‰) 盐度等值线变化密集与相应污染区域相重叠。2022年盐度等值线空间分布呈现空间差异性, 盐度变化呈现局部强烈变化特征, 与主要污染区域相重叠, 污染区盐度明显降低, 主要分布在葫芦岛止锚湾(盐度 17-27 ‰)、锦州大小凌河口(14-25 ‰)、辽河口(盐度 1-16 ‰)、大辽河口(盐度 1-26 ‰)、丹东沿海(盐度 22-25 ‰)。2021年辽宁省总氮(工业源和生活源)排放量同比2020年降低2.7%, 河流总氮浓度同比升高5%, 海域无机氮同比升高22.6%, 降雨量同比升高172%, 说明在总氮排放量降低的情况下, 海域无机氮的升高主要由于强降雨冲刷导致的(图2)。

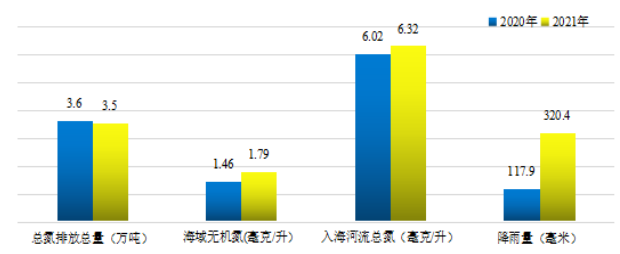


图2 2020年和2021年辽宁省总氮排放量

## 6 沿海地区水污染防治对策

目前我国沿海城市所有大型工业企业排污口废水均按环保要求做到处理后排海, 城镇综合污水处理厂绝大多数也能做到处理后达标排海, 问题主要出在市政混排口(含排污河)和入海河流上。因地制宜兴建城镇综合污水处理厂截流并网未处理的市政污水集中处理达标排放, 这样才能从根本上解决大连市直排入海污染源污染环境, 才能根治近岸海域水质状况差的顽疾。同时对沿岸企业排水情况加强监督管理, 确保企业废水达标排放。只有做到源头、末端双重治理, 才能从根本上解决我国沿海地区近岸海域长期污染问题, 彻底改善海域环境。根据我市海域特征和入海排污口分布情况, 结合自身工作经验, 建议沿海地区水污染防治对策如下(简称“水十策”): 一、对全市非法或设置不合理的入海排污口实施封堵或废除, 确需设立排污口的限期整改, 对于海域不能同时达到各类功能区要求的, 停止新建排污口。二、严格限制氨氮、总氮、总磷等影响海水水质营养盐指标的污染物浓度和总量, 可以根据属地情况出台相关地方标准加以限制。三、加强环保基础设施建设, 对现有污水处

理厂进行扩建和提标改造, 保证氨氮、总氮的出水浓度维持较低水平, 确保近岸海域环境功能区水质达标。四、加强水库、河流堤坝建设与维护, 积极应对复杂天气变化和极端天气。五、新建污水处理厂或提标改造现有污水设施, 截流未处理市政污水, 对于排污河采取控源截污、垃圾清理、清淤疏浚、生态修复、再生水补给等措施, 对河道、岸墙进行加固维修, 对河底淤泥进行整治和清理, 彻底消除黑臭水体。六、工业企业合理布局: 加强管理, 关、停、并、转那些耗水量大、污染重、治污代价高的企业, 严格控制废水排放量, 积极推行清洁生产 and 达标中水回收利用理念。七、农业结构调整、限值化肥使用, 降低面源污染隐患, 对耗水大的农业结构进行调整, 特别是对干旱地区要减少水稻种植面积, 严格限制面源污染。八、严格围填海管理和监督, 严肃查处违法围填海行为。九、体系发展合理规划与创新, 建立水污染治理技术保障体系, 筛选先进、经济、适用的工艺流程, 及时发布最佳技术并普及应用, 提高城镇污水处理和再生水利用水平, 同时加快建立科学减排指标和现代化监测体系。十、发挥价格杠杆作用, 提高污水处理费, 有力推动水资源保护。

## 7 结语

陆域污染是造成目前海洋无机氮超标主要原因之一, 尤其各类高浓度含氮废水的入河、入海, 导致近岸海域海水营养盐指标回升态势逐渐显现, 要引起高度重视和广泛关注。农药和化肥的施用导致农田等面源污染随降水进入河流、海洋, 也是导致海洋营养盐氮磷指标升高的重要原因之一。只有在合理施用各类农药、化肥, 有效应对各类异常降水天气基础上, 对陆域污染源采取有效手段加以严格控制, 才能从根本上解决海洋水体污染问题, 使海洋环境从根本上得到改善, 确保海洋生态环境朝着健康方向发展。海洋保护任重道远, 美丽海湾建设需要更多参与者、建设者投身其中。我们才能在圆满完成“十四五”基础上, 向着“十五五”海洋目标新征程全力迈进!

## 参考文献

- [1] 发明专利申请公开说明书 废水中氨氮的真空负压抽吸脱除方法及设备. 天眼查. 2024-03-27
- [2] 水处理中脱氮原理及工艺. 腾讯网. 2018-11-29
- [3] 辽宁省生态环境状况公报(2024年)[N]. 辽宁省生态环境厅, 2025-06-05
- [4] 《海水水质标准》(GB3097-1997).[S], 1997
- [5] 朱红钧、赵志红. 海洋环境保护(第2页)[N]. 东营: 石油大学出版社, 2015.02

# Research on the Mechanism of Environmental Management System in Environmental Governance

Yanqing Qi Yanjiang Tao

Jiangsu Keyida Environmental Protection Technology Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224008, China

## Abstract

Against the backdrop of the continuous promotion of ecological civilization construction and the deepening modernization of environmental governance system, the environmental management system, as an important institutional tool connecting environmental policy goals and governance practices, directly affects the systematic, stable, and sustainable operation of environmental governance. This article is based on the perspective of environmental governance theory and management, systematically sorting out the structural characteristics and operational logic of the environmental management system. From the dimensions of institutional constraints, process control, information feedback, and continuous improvement, it deeply analyzes the mechanism and internal mechanism of the environmental management system in environmental governance. Based on theoretical analysis and combined with China's environmental governance practice, this article summarizes the practical problems in the operation of the environmental management system and proposes targeted optimization paths, in order to provide theoretical basis and practical reference for improving the environmental governance system and enhancing governance efficiency.

## Keywords

environmental management system; Environmental governance; Mechanism of action; Institutional constraints; continuous improvement

## 环境管理体系在环保治理中的作用机制研究

祁彦青 陶燕江

江苏科易达环保科技股份有限公司, 中国·江苏 盐城 224008

## 摘要

在生态文明建设持续推进与环境治理体系现代化不断深化的背景下, 环境管理体系作为连接环境政策目标与治理实践的重要制度工具, 其运行效能直接影响环保治理的系统性、稳定性与可持续性。本文立足环境治理理论与管理学视角, 系统梳理环境管理体系的结构特征与运行逻辑, 从制度约束、过程控制、信息反馈与持续改进等维度, 深入分析环境管理体系在环保治理中的作用机制及其内在机理。本文在理论分析基础上, 结合我国环保治理实践, 总结环境管理体系运行中存在的现实问题, 并提出针对性的优化路径, 以期完善环境治理体系、提升治理效能提供理论依据与实践参考。

## 关键词

环境管理体系; 环保治理; 作用机制; 制度约束; 持续改进

## 1 引言

在生态文明建设持续推进和环境治理现代化不断深化的背景下, 传统以行政管控和末端治理为主的环保模式已难以适应环境问题复杂化、系统化的发展趋势。如何通过制度创新提升环保治理的整体效能, 成为当前环境管理领域的重要研究议题。环境管理体系作为一种将环境目标嵌入组织治理全过程的制度工具, 在规范环境行为、强化责任落实和促进持续改进等方面发挥着日益突出的作用。相较于单一政策

或技术措施, 环境管理体系更强调系统性、过程性与长效性, 其运行效果直接影响环保治理由被动应对向主动管理的转变。然而, 在实践层面, 环境管理体系的治理功能尚未得到充分释放, 其作用机制与实现路径仍有必要加以系统梳理与深入分析。基于此, 本文围绕环境管理体系在环保治理中的作用机制展开研究, 以期完善环境治理体系、提升治理能力提供理论参考。

## 2 环境管理体系在环保治理中的核心作用机制

### 2.1 制度嵌入视角下的环境责任内化机制

从制度运行逻辑看, 环境管理体系在环保治理中的首要作用, 在于通过制度嵌入实现环境责任的组织内化。环境管理体系并非简单的技术规范集合, 而是一种将环境目标系统性嵌入组织治理结构与运行流程的制度安排<sup>[1]</sup>。通过环境

【作者简介】祁彦青(1990—), 女, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事环境影响评价、环保治理、环境管理研究。

方针、目标指标、职责分工及考核机制的系统设计，环境管理体系将原本外部化的环境约束转化为组织内部的管理规则，使环境保护由行政监管要求演变为组织自身必须遵循的运行准则。在这一过程中，环境责任不再停留在抽象层面的合规要求，而是被分解并落实到具体部门、岗位及业务环节，形成责任清晰、路径明确的治理结构<sup>[2]</sup>。由此，环境管理体系在组织内部构建起一种稳定的制度约束环境，使环境保护目标能够在日常决策与生产活动中得到持续体现。这种责任内化机制有效缓解了传统环保治理中过度依赖外部监管所带来的执行不稳定问题，为环保治理提供了更具韧性的制度基础。

## 2.2 过程控制与反馈改进驱动的治理效能提升机制

在责任内化的基础上，环境管理体系通过过程控制与反馈改进机制，进一步推动环保治理效能的持续提升。体系运行强调对环境因素的全过程管理，将环境风险识别、运行控制、监测评价与纠偏改进纳入统一的闭环结构之中，使环保治理由事后处置转向事前预防与过程管控。在这一机制下，环境风险不再以突发事件的形式集中暴露，而是在运行过程中被持续监测和动态调节，从而显著降低环境事件发生的概率。环境管理体系还可以通过内部审核、绩效评估与管理评审等制度化反馈路径，对治理效果进行周期性检验，并据此不断修正管理策略与控制措施。这种持续改进机制使环保治理具备自我反思与自我强化能力，避免了治理模式僵化与路径依赖问题。可以认为，正是依托过程控制与反馈改进的协同作用，环境管理体系在环保治理中实现了从“达标型管理”向“绩效型治理”的转变，显著提升了治理体系的科学性与长期稳定性。

## 3 环境管理体系运行中的现实偏差与治理约束

### 3.1 形式化运行倾向对治理效能的削弱影响

在实际环保治理过程中，环境管理体系的运行效果往往受到形式化倾向的显著制约。一些组织在引入环境管理体系时，更多将其视为满足外部监管或获取资质认证的工具，强调体系文件的完整性与程序合规性，而忽视其在环境风险防控与治理绩效提升中的实质功能。这种以“认证导向”为主的运行模式，使环境管理体系停留在制度文本层面，未能真正融入组织的日常管理与决策过程<sup>[3]</sup>。具体表现为环境目标设置流于原则性，运行控制措施缺乏针对性，内部审核与管理评审更多成为例行程序，难以对实际治理问题形成有效纠偏。在此情形下，环境管理体系虽然在形式上完整存在，但其对环保治理行为的约束与引导作用明显弱化，甚至可能掩盖真实的环境风险，导致治理体系表面合规而内在失效。这种形式化运行偏差不仅降低了环境管理体系的制度价值，也在一定程度上削弱了环保治理整体的可信度与有效性。

### 3.2 组织能力与外部环境约束下的协同失衡问题

除内部运行偏差外，环境管理体系的治理效能还受到组织能力条件与外部制度环境的双重约束。从组织内部看，

环境管理体系对专业能力与管理资源具有较高要求，尤其在环境因素识别、风险评估与绩效分析等环节，若缺乏专业人员与数据支撑，体系运行易流于经验判断，难以实现精细化管理。从外部环境看，环保政策标准的动态调整与监管重点的阶段性变化，对环境管理体系的适应能力提出了更高要求。如果组织内部体系更新滞后，或与外部监管要求衔接不畅，容易造成内部管理目标与外部治理导向之间的错位，影响治理协同效果。由此可见，环境管理体系的有效运行并非孤立过程，而是嵌入于多重制度与能力结构之中，只有在内部管理能力与外部治理环境相对协调的条件下，其环保治理效能才能得到充分释放<sup>[4]</sup>。

## 4 环境管理体系作用机制的优化路径与治理提升

### 4.1 从合规工具向治理工具转变的机制重构

要充分释放环境管理体系在环保治理中的制度效能，关键在于推动其功能定位由“合规工具”向“治理工具”转变。在传统实践中，环境管理体系往往被用于满足外部监管与认证要求，其运行目标集中于风险规避与责任减免，难以形成对治理行为的深层次引导。为改变这一状况，应在治理理念层面强化环境管理体系的战略属性，将环境目标纳入组织整体发展规划与绩效评价体系之中，使环境绩效与资源配置、管理决策形成内在联动关系。通过这一机制重构，环境管理体系不再仅是被动响应监管的制度安排，而是成为引导组织优化治理行为、提升环境绩效的重要管理工具。还需要注重强化高层管理者在体系运行中的主导责任，避免环境管理被边缘化为技术性事务，从组织治理结构上提升体系运行的权威性与约束力。在此基础上，还需构建以数据驱动的动态治理闭环，将环境管理体系的运行过程与组织的生产、运营、研发等环节深度融合<sup>[5]</sup>。具体而言，可通过建立覆盖全流程的环境数据采集与分析系统，实时监测能源消耗、污染物排放、资源利用效率等核心指标，并将数据转化为可量化的治理决策依据。例如，在制造业企业中，环境管理体系可联动生产设备的智能控制系统，当某一环节的污染物排放接近阈值时，自动触发工艺参数调整或预警机制，实现从“事后整改”向“事前预防”“事中调控”的转变。还可以通过推动环境管理体系与组织的创新机制相结合，鼓励基于环境目标的技术研发与管理创新。比如，将绿色技术研发投入、环境友好型产品占比等指标纳入环境管理体系的绩效评价范畴，引导组织在产品设计与原材料选择、生产工艺优化等环节主动融入环保理念，使环境管理体系成为驱动组织绿色转型的内生动力。通过这样的机制重构，环境管理体系能够真正渗透到组织治理的各个层面，从单纯的合规性要求转化为提升组织核心竞争力的治理工具。

### 4.2 内外协同视角下环境管理体系运行效能的提升路径

在机制重构的基础上，提升环境管理体系治理效能还

需从内外协同角度加以推进。对内而言,应通过完善过程管理与信息支撑体系,增强环境管理体系的精细化运行能力。借助信息化手段对环境数据进行系统采集与动态分析,有助于提升环境风险识别的准确性与治理决策的科学性,从而推动治理模式由经验驱动向数据驱动转变。对外而言,应强化环境管理体系与外部环保治理体系之间的制度衔接,使内部管理目标与政策导向、监管要求保持动态一致。这种内外协同机制有助于减少治理摩擦,提升整体治理效率。更为重要的是,通过制度协同与信息互动,环境管理体系能够在组织内部形成对外部治理信号的快速响应机制,从而增强环保治理体系的整体适应性与稳定性,为实现环境治理现代化提供持续支撑。

具体来看,对内协同可聚焦于环境管理体系与组织内部各职能部门的深度融合。例如,在制造业企业中,环境管理部门可与生产、研发、采购等部门建立常态化沟通机制,将环境目标分解至各部门的日常工作中:生产部门需确保每道工序的能耗与排放数据实时上传至环境管理系统,研发部门在新产品立项时需同步提交环境影响评估报告,采购部门则优先选择通过绿色认证的原材料供应商。同时再搭建覆盖全流程的环境数据管理平台,整合生产设备传感器、废水处理在线监测仪等终端数据,实现从原材料入库到成品出厂的全生命周期环境信息可视化追踪。当数据显示某环节的碳排放超标时,平台可自动关联生产计划、设备参数等信息,推送针对性的优化方案至相关部门,如调整生产线的运行时长、更换低能耗的生产模具等,避免了传统管理中各部门“各自为政”导致的环境风险遗漏。

对外协同则需构建组织与外部利益相关方的协同治理网络。一方面,加强与政府环保监管部门的信息互联互通,将环境管理体系的内部监测数据与监管部门的在线监控系统对接,主动披露污染物排放、环保设施运行等信息,不仅能减少重复检查的行政成本,还能在出现异常情况时快速获取监管部门的技术指导。例如,某化工企业在环境管理体系中设置了“应急响应协同模块”,当厂区的有毒气体探测器发出警报时,系统可自动向当地环保局、消防部门发送包含泄漏位置、气体浓度等信息的预警信号,同时启动内部的应急预案,如关闭相关阀门、启动喷淋系统等,实现了内外部

应急力量的无缝衔接。另一方面,推动与供应商、客户等产业链伙伴的环境协同。比如,组织可将环境管理要求纳入供应商考核体系,要求供应商提供其产品的碳足迹报告,并优先选择碳排放量低于行业平均水平的合作伙伴。通过向客户宣传环境友好型产品的优势,如标注产品的可回收材料占比、使用过程中的能耗数据等,引导客户形成绿色消费习惯,通过产业链的协同效应放大环境管理体系的治理效能。

内外协同还需强化人才与技术的支撑。组织可定期邀请外部环保专家、高校学者开展环境管理培训,结合内部案例讲解环境数据的分析方法、协同治理的沟通技巧等内容,提升员工的协同意识与专业能力。

## 5 结语

环境管理体系作为现代环保治理的重要制度工具,通过制度约束、过程控制与持续改进等作用机制,为提升环保治理的系统性与有效性提供了坚实支撑。研究表明,只有在价值导向明确、运行机制健全且内外协同良好的条件下,环境管理体系才能充分发挥其治理效能。未来,应在深化制度理解与优化实践路径的基础上,不断完善环境管理体系的运行机制,使其在推进生态文明建设与实现环境治理现代化进程中发挥更加积极而持久的作用。

## 参考文献

- [1] 原慧芳,李金威,阮彦伟,等.不同杂草管理方式对山地校园土壤环境和胶乳鲜重的影响[J/OL].森林与环境学报,1-11[2026-01-01].<https://doi.org/10.13324/j.cnki.jfcf.202506015>.
- [2] 康凯,刘涛.泾河东庄水利枢纽工程环境监测与管理要点浅析[J].陕西水利,2026,(01):70-72.DOI:10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2026.01.013.
- [3] 吴艳丽,刘卫峰.唐山市人企检查监测管理系统助力营商环境再升级[N].河北法治报,2025-12-29(001).
- [4] 王瑛泽.核能发电站选址阶段环境监测质量管理研究——过程的质量控制是保证监测数据真实性的关键[J].中国品牌与防伪,2025,(17):181-183.
- [5] 陈婉秋,曹峰,郭云嫣,等.聚焦自然资源管理的常态化巡查监测机制研究[C]//江苏省测绘地理信息学会.江苏省测绘地理信息学会2025年学术年会论文集.常州市测绘院,2025:50-54. DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.081320.

# Analysis and Study on the Implementation Effect of Environmental Protection Governance Projects

Jingrong Gu Jiafeng Jiang

Jiangsu Keyida Environmental Protection Technology Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224008, China

## Abstract

Against the backdrop of continuous deepening of ecological civilization construction and accelerated modernization of environmental governance system, environmental governance projects have become an important lever for improving regional ecological environment quality, controlling pollution emissions, and promoting economic and social green transformation. However, from a practical perspective, some environmental governance projects still have varying degrees of problems in the implementation process, such as insufficient alignment between goal setting and actual needs, unscientific selection of technical paths, and weak operation management and post evaluation mechanisms, resulting in deviations between the implementation effects of the projects and the expected goals. Based on this, this study believes that strengthening the organic unity of goal orientation and problem orientation, improving the multidimensional quantitative evaluation index system, and establishing a dynamic feedback and continuous improvement mechanism can help comprehensively enhance the actual effectiveness and long-term environmental benefits of environmental governance projects. The research conclusion of this article can provide theoretical basis and practical reference for the planning, decision-making, implementation management, and performance improvement of relevant environmental governance projects.

## Keywords

environmental governance engineering; Implementation effect; Performance evaluation; Environmental management; continuous improvement

## 环保治理工程实施效果分析研究

顾景荣 蒋加峰

江苏科易达环保科技股份有限公司, 中国·江苏 盐城 224008

## 摘要

在生态文明建设持续深化和环境治理体系现代化加快推进的背景下, 环保治理工程已成为改善区域生态环境质量、控制污染排放和促进经济社会绿色转型的重要抓手。然而, 从实践层面看, 部分环保治理工程在实施过程中仍不同程度存在目标设定与实际需求契合度不足、技术路径选择不够科学、运行管理与后评估机制薄弱等问题, 导致工程实施效果与预期目标之间存在偏差。基于此, 本研究认为, 通过强化目标导向与问题导向的有机统一、完善多维度量化评价指标体系以及健全动态反馈与持续改进机制, 有助于全面提升环保治理工程的实际效能与长期环境收益。本文研究结论可为相关环保治理工程的规划决策、实施管理与绩效改进提供理论依据与实践参考。

## 关键词

环保治理工程; 实施效果; 绩效评价; 环境管理; 持续改进

## 1 引言

在生态文明建设不断深化和环境治理体系加快完善的背景下, 环保治理工程已成为控制污染排放、改善环境质量和防范生态风险的重要实施载体。近年来, 各类污染防治与生态修复工程在不同区域广泛推进, 对推动环境质量整体改善发挥了积极作用。然而, 从实际运行效果看, 部分环保治

理工程在实施过程中仍不同程度存在治理成效不稳定、运行绩效偏低以及效果评价机制不完善等问题, 制约了工程环境效益的充分发挥。如何科学评估环保治理工程实施效果, 准确识别工程运行中的关键影响因素, 已成为当前环境管理实践中亟需回应的重要课题。基于此, 本文围绕环保治理工程实施效果分析展开研究, 从理论基础、评价维度、现实问题及优化路径等方面进行系统探讨, 旨在为提升环保治理工程实施成效和环境治理精细化水平提供理论参考与实践借鉴。

## 2 环保治理工程实施效果分析的理论基础

### 2.1 环保治理工程实施效果的内涵界定

环保治理工程实施效果是衡量环境治理工程是否实现

【作者简介】顾景荣, (1993—), 女, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事环境影响评价、环境管理、环保治理研究。

既定环境目标及其治理价值的重要依据，其内涵并非局限于工程建成后的短期污染削减结果，而是涵盖工程规划、建设、运行及管理全过程所产生的综合环境效应<sup>[1]</sup>。从环境治理实践看，环保治理工程通常以污染控制、生态修复或风险防范为主要目标，但其实施效果的真实呈现，往往受到工程技术路径、运行管理水平以及外部环境条件等多重因素的共同影响。因此，有必要从系统视角对环保治理工程实施效果进行科学界定。

在理论层面，环保治理工程实施效果应被理解为工程实施行为对区域环境质量改善、环境风险降低及生态系统功能提升所产生的综合影响，其既包括污染物排放强度、环境质量指标等可量化结果，也涵盖治理稳定性、持续性及环境管理能力提升等隐性成效。相较于单一结果导向的评价方式，实施效果分析更强调工程实际运行状态与环境改善结果之间的因果关联，强调“是否真正发挥治理功能”。因此，实施效果分析不仅是对工程建设成果的检验，更是对环境治理方式合理性与有效性的系统评估。

## 2.2 实施效果分析的理论支撑与分析逻辑

从理论基础看，环保治理工程实施效果分析主要依托系统论与绩效管理理论展开。系统论强调工程作为复杂系统的整体性与关联性，认为环保治理工程并非孤立运行的技术单元，而是嵌入区域环境系统和环境管理体系中的重要组成部分，其实施效果取决于各子系统之间的协调程度。基于这一理论，实施效果分析需要突破单一指标评价的局限，从工程运行稳定性、治理功能持续性以及外部环境适应性等方面进行综合判断<sup>[2]</sup>。绩效管理理论则为环保治理工程实施效果分析提供了方法论支撑。该理论强调目标导向、过程控制与结果反馈的统一，要求在工程实施前明确治理目标，在实施过程中持续跟踪运行绩效，并通过评价结果反向修正管理决策。在这一逻辑框架下，实施效果分析不仅承担“评价”功能，更发挥“调节”和“改进”作用，有助于推动环保治理工程由阶段性建设向长期稳定运行转变。通过将系统论与绩效管理理论相结合，可构建以全过程、动态化为特征的实施效果分析逻辑，为后续环保治理工程优化提供科学依据。

## 3 环保治理工程实施效果的评价维度与分析重点

### 3.1 环保治理工程实施效果的环境绩效维度

在环保治理工程实施效果分析中，环境绩效是最核心、最基础的评价维度，其直接反映工程对污染控制与环境质量改善的实际贡献。从工程目标设定角度看，大多数环保治理工程以污染物削减、环境质量达标或生态功能恢复为主要目标，因此环境绩效在实施效果分析中具有首要地位。然而，在实际评价过程中，环境绩效的内涵往往被简化为个别污染物指标的达标情况，忽视了治理成效的稳定性与持续性

问题。

从科学评价角度出发，环保治理工程环境绩效应在结果指标与过程指标的综合框架下加以分析。一方面，通过对工程实施前后主要污染物排放量、环境质量指标变化情况进行对比分析，可直观反映治理效果；另一方面，还需结合工程运行负荷、处理效率波动以及异常工况应对能力等过程性指标，对工程环境绩效的可靠性进行综合判断<sup>[3]</sup>。只有在稳定运行条件下持续发挥治理功能的工程，其实施效果才具有真实的环境意义。因此，环境绩效分析应避免“验收导向”倾向，转而强调长期环境改善的实际贡献。

### 3.2 实施效果的经济与社会综合效益分析

除环境绩效外，经济效益与社会效益是评价环保治理工程实施效果不可忽视的重要维度。从经济效益角度看，环保治理工程通常具有投资规模大、运行周期长的特征，其实施效果不仅取决于污染治理水平，还体现在资源配置效率与运行成本控制能力方面。部分工程在建设阶段追求低成本投入，但在运行阶段运维费用高企、系统稳定性不足，反而削弱了整体治理成效。因此，在实施效果分析中，有必要引入全生命周期视角，对工程建设成本、运行维护费用及长期效益进行综合评估。在社会效益层面，环保治理工程实施效果还体现在公众健康风险降低、生活环境改善以及社会认同度提升等方面。随着公众环境意识不断增强，社会效益已成为衡量环保治理工程成功与否的重要标志之一。工程实施效果若能够有效回应公众关切，不仅有助于改善环境质量，还能增强社会对环境治理政策与工程措施的支持度，从而形成良性互动的治理格局。因此，将经济效益与社会效益纳入实施效果分析框架，有助于全面、客观地反映环保治理工程的综合治理价值。

表 1 环保治理工程实施效果评价指标体系示例

评价维度	一级指标	二级指标	指标属性
环境效益	污染削减效果	主要污染物削减率	定量
		排放达标稳定性	定量
	环境质量改善	区域环境质量指标变化	定量
经济效益	成本控制水平	单位治理成本	定量
		运行维护费用占比	定量
社会效益	公共环境改善感知	周边居民满意度	定性
		环境风险降低水平	定性
管理绩效	运行管理水平	运行稳定性与故障发生频率	定量
		实施效果评价与反馈机制健全程度	定性

为增强环保治理工程实施效果分析的系统性与可操作性，有必要构建涵盖环境效益、经济效益、社会效益及管理绩效等多维度的评价指标体系。表 1 在综合现有研究与工程实践经验的基础上，对环保治理工程实施效果评价的主要指标进行归纳，为后续实施效果分析提供参考框架。

## 4 环保治理工程实施效果分析中存在的主要问题

### 4.1 目标设定与实施效果评价之间的衔接不足

从实践层面看,部分环保治理工程在前期规划与立项阶段,对治理目标的设定仍偏宏观,更多停留在政策性表述或原则性要求层面,缺乏与具体工程条件相匹配的量化指标体系。这种目标设定方式在工程实施过程中容易导致评价基准模糊,使实施效果分析难以形成清晰、可验证的判断标准。尤其是在工程规模较大或治理对象较为复杂的情形下,目标缺乏层级分解和阶段细化,往往造成实施效果评价流于形式。

在此背景下,实施效果分析往往只能围绕少数验收指标展开,难以全面反映工程实际运行成效。一些工程在竣工验收阶段表现良好,但在后续运行过程中逐渐暴露出处理效率下降、适应性不足等问题,而原有评价体系难以及时识别并反映这些变化。这表明,目标设定与实施效果分析之间缺乏有效衔接,不仅削弱了评价结果的科学性,也限制了实施效果分析在工程管理中的指导作用。

### 4.2 评价方法与结果反馈机制有待完善

在评价方法层面,当前部分环保治理工程实施效果分析仍以静态对比分析为主,侧重工程实施前后某一时间节点的指标变化,忽视了工程运行过程中的动态特征。这种评价方式虽然操作简便,但难以揭示工程运行稳定性及长期治理效果,容易掩盖阶段性达标背后的潜在风险。同时,数据来源单一、分析手段相对粗放,也在一定程度上影响了评价结论的准确性与可信度。

此外,实施效果分析结果在管理实践中的反馈应用不足,也是制约治理成效持续提升的重要原因。一些工程在完成效果分析后,相关结论未能有效转化为运行优化或管理改进措施,评价活动与工程管理形成“割裂”状态。这不仅削弱了实施效果分析的现实价值,也使工程在重复问题中消耗治理资源。因此,如何完善评价方法并建立分析结果的反馈与改进机制,是提升环保治理工程实施效果分析水平亟需解决的关键问题。

## 5 提升环保治理工程实施效果分析水平的路径与对策

### 5.1 构建以目标导向为核心的实施效果分析体系

针对当前环保治理工程实施效果分析中目标模糊、评价基准不清等问题,应在工程规划与立项阶段强化目标导向意识,将环境治理需求转化为可量化、可检验的实施效果指标体系。通过对治理目标进行层级分解与阶段划分,可有效增强实施效果分析与工程实施过程之间的衔接性,使评价活动具备明确参照标准。在此过程中,应充分结合工程类型、

治理对象特征及区域环境条件,避免采用“一刀切”的指标设定方式。

在具体实践中,实施效果分析体系应覆盖工程全生命周期,将建设阶段、运行阶段与长期环境效益纳入统一分析框架。通过引入动态评价理念,对工程运行绩效进行持续跟踪与分析,有助于及时识别治理效果波动及潜在风险,从而为管理决策提供科学依据。以目标导向为核心构建实施效果分析体系,不仅能够提升评价结果的客观性,也有助于引导环保治理工程由“重建设”向“重运行、重绩效”转变。

### 5.2 强化实施效果分析结果的反馈应用与制度保障

提升环保治理工程实施效果分析水平,还需在管理机制与制度层面同步发力。一方面,应将实施效果分析结果与工程运行管理、绩效考核及后续决策调整有机结合,推动分析结论在实际管理中的有效应用。通过建立“分析—反馈—改进”的闭环管理机制,可促使工程运行单位根据评价结果持续优化技术参数与管理措施,避免实施效果分析流于形式。

另一方面,从制度保障角度看,有必要逐步推进环保治理工程实施效果分析的规范化与标准化建设。通过制定统一的评价原则与技术指南,明确指标选取、数据获取及分析方法要求,可有效提高不同工程之间评价结果的可比性和透明度。同时,加强专业技术支撑与能力建设,有助于提升实施效果分析的专业水平,为环境治理决策提供更加可靠的数据支持。

## 6 结语

环保治理工程实施效果分析是检验环境治理成效、提升工程管理水平的重要工具。本文从理论基础、评价维度、现实问题及改进路径等方面,对环保治理工程实施效果分析进行了系统探讨。研究表明,当前实施效果分析在目标明确性、方法系统性与反馈应用方面仍有较大提升空间。通过构建多维度、全过程的分析体系,并强化分析结果在管理决策中的应用,可有效提升环保治理工程的实际成效与长期环境收益。相关研究结论对完善中国环保治理工程管理机制、推动环境治理精细化与科学化具有一定的理论价值与实践意义。

### 参考文献

- [1] 黄晓萍. 环保工程中活性炭吸附工艺在工业有机废气治理中的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(16): 131-133. DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2025-16-46.
- [2] 李绍蕾, 王成刚. 环保工程中的废气治理与减排技术研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(13): 97-99. DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2025-13-33.
- [3] 刘矿洲. 生态环保下城市环境工程污水治理策略分析[J]. 黑龙江环境通报, 2025, 38(06): 59-61.

# Analysis of Forestry Resources Protection and Forest Fire Prevention Technologies

Zhen Xu

Tianzhu Peak Management Area Taishan Scenic Area Administration Committee, Tai'an, Shandong, 271000, China

## Abstract

Based on the analysis of the important ecological functions of forestry resources and the multiple threats they are currently facing, this paper systematically analyzes the core technologies of modern forest fire prevention, such as early warning monitoring, suppression technology and barrier systems. Moreover, through scientific planning, technological empowerment and the establishment of long-term mechanisms, it is proposed to achieve the coordinated development of resource protection and fire prevention and control, thereby enhancing the security of forest ecosystems and comprehensive disaster prevention capabilities.

## Keywords

Coordinated development; Technical system; Long-term mechanism; System analysis

# 林业资源保护和森林防火技术分析

徐贞

泰山风景名胜区管理委员会天烛峰管理区, 中国·山东 泰安 271000

## 摘要

基于对林业资源重要生态功能以及当前所面临多重威胁的分析, 本文呢, 系统地对现代森林防火的核心技术, 像预警监测、扑救技术及阻隔系统等, 进行了解析。并且, 通过科学规划、科技赋能与长效机制建设, 进而提出实现资源保护与火灾防控的协同发展, 以此来提升森林生态系统安全与综合防灾能力。

## 关键词

协同发展; 技术体系; 长效机制; 系统分析

## 1 引言

随着社会经济的发展, 我国对林业资源的需求持续增长。经过全面分析我们发现, 森林火灾是影响林业资源保护的重要因素, 给林业保护工作带来极大的挑战和困难。为了保护森林资源, 满足现代化发展的需求, 必须采取有效的措施, 尽可能地减少森林火灾的发生几率。在对林业资源保护和森林防火技术进行深入分析时, 应该结合当地实际情况, 采取多种有效措施, 加快防火技术的进步与发展, 为林业资源的可持续发展提供强力支撑。

## 2 林业资源保护的重要性与现状分析

### 2.1 林业资源的多重功能与生态价值

作为陆地生态系统核心组成部分且具备不可替代多重功能与深远生态价值的林业资源, 其生态功能首先体现在对稳固水土、涵养水源、抵御风沙、调节区域气候以及维持大

气碳氧平衡等宏观环境关键性调节方面, 而广袤森林作为生物多样性最为富集的栖息地, 不仅为数以万计的动植物提供生存繁衍空间, 还构成复杂生命网络与稳定生态屏障; 其次, 作为国家经济社会发展重要物质基础与战略储备的林业资源, 持续提供木材、纤维、林产化工原料及多种非木质产品以支撑相关产业运行, 同时其日益凸显的景观与游憩价值, 为生态旅游、自然教育及康养产业发展创造优越条件, 这些相互交织、彼此依存的经济、社会与生态功能, 共同构成林业资源综合价值整体, 使其成为保障国土生态安全、促进绿色发展、维护人类福祉的根基所在 [1]。

### 2.2 当前林业资源面临的主要威胁与挑战

当前我国林业资源在充分发挥包括生态、经济、社会等在内的多重效益的同时正面临着由一系列严峻且相互交织的威胁与挑战所构成的复杂局面, 其中人为干扰作为最为直接且持续作用的压力来源, 具体表现为在局部地区依然存在的滥伐盗伐林木、违法侵占林地资源以及不合理开展土地开发活动等行为, 而这些行为不仅直接导致森林面积出现不同程度的减少、生境呈现破碎化状态以及生态功能发生退化

【作者简介】徐贞 (1979—), 女, 中国山东泰安人, 副高, 从事林业研究。

现象,还对森林生态系统的稳定性造成了基础性破坏;森林火灾作为一种具有突发性强、破坏性大等显著特征的自然灾害构成了另一项重大威胁,其不仅能够短时间内焚毁大量的林木资源以及栖息于其中的野生动植物,还会对森林土壤结构造成严重破坏、对局部小气候产生显著改变作用,并且由此造成的生态损失往往需要经过较长时间才能得以恢复甚至在短期内难以恢复[2];此外受全球气候变化趋势、国际贸易活动等多种因素的综合影响,林业有害生物的发生呈现出日趋频繁化和复杂化的态势,本土病虫害的大规模暴发与外来有害生物的入侵所形成的双重压力,正持续不断地削弱着林木的生长势态与森林的健康水平,值得注意的是这些威胁因素并非以孤立的状态存在,而是在相互关联、彼此叠加的作用过程中共同加剧了森林生态系统的不稳定性和脆弱性,进而对林业资源的长期安全保障以及可持续管理工作构成了复杂且紧迫的现实挑战,这种挑战的复杂性和紧迫性在当前的生态保护与经济发展平衡语境下显得尤为突出[3]。

### 2.3 加强林业资源保护的必要性与紧迫性

鉴于林业资源因具备无可替代的包括生态、经济、社会等多维度的复合价值且正承受着来自人为活动、自然威胁等方面的多重压力,所以加强其保护工作不仅因作为保障国家生态安全的重要屏障、应对全球气候变化的关键环节、维护生物多样性的根本举措、实现绿色可持续发展的必要条件以及满足经济社会长远发展对木材等林产品稳定供给的基础支撑而具有深刻必要性,更因面临着人为破坏、火灾风险、病虫害等问题相互叠加且持续恶化的严峻威胁,以及生态系统退化与功能丧失过程往往具有不可逆性、一旦突破临界点就会导致修复代价极为高昂且耗时漫长的动态演进态势而呈现出前所未有的现实紧迫性,基于此,将林业资源保护置于突出位置并采取坚决、及时且系统的涵盖预防、治理、修复等多方面的干预措施[4],既是为了扭转当前因多重压力导致的被动局面、规避可能引发重大生态危机的风险的迫切需求,也是为子孙后代留存绿水青山和保留发展潜力的责任所系。

## 3 森林防火核心技术体系解析

### 3.1 火灾预警监测技术手段

现代森林防火所依赖的多层次且立体化的预警监测技术体系,是一种将地面巡护以及瞭望台观察这类传统手段与天空地一体化的先进技术加以整合,以致力于实现火情的早期发现和精准定位为目标综合性系统,在地面层面,依托由红外探测、视频监控等设备所构建而成的固定监测网络,并且与护林员的移动巡护相结合,从而形成能够发挥基础感知作用的层面,而在空天层面,航空巡护和卫星遥感技术则扮演着关键角色,尤其是借助高分辨率卫星来开展热点监测和火情评估工作,进而实现大范围且全天候的周期性扫描这一重要功能,各类前端感知设备所获取到的实时数据,会通

过通信网络被传输至指挥中心,同时借助地理信息系统、大数据分析以及人工智能算法来进行综合处理和智能识别等操作,这些技术手段通过相互补充并且协同运作的方式,不仅显著提升了火情发现的时效性,还提高了定位的准确性,最终为后续所需要的快速响应以及科学决策提供至关重要的信息支持成为可能[5]。

### 3.2 林火扑救技术与装备应用

高效的林火扑救行动所依赖的专业化且体系化的技术手段与先进装备的紧密结合,在技术层面需依据火场态势、地形以及可燃物条件去灵活运用直接扑打、以水灭火、以火攻火、开设隔离带等多种战术,其中直接扑打这种方式适用于地表火处于初发阶段的情形,而以水灭火和化学灭火则能够有效地扑灭高强度的火线以及清理余火;在装备应用方面,如今已经形成了地面与空中进行协同的立体化配置,地面装备包含风力灭火机、高压水泵、消防车以及个人防护装备,这些装备着重强调机动性和持续作战的能力,航空装备主要指的是固定翼灭火飞机与直升机,它们具备快速抵达现场、投洒精准的优势,尤其适合用于扑救偏远地区的林火以及压制重要的火头,现代扑救体系的核心在于将战术决策、人员技能与机械化、信息化装备深度融合,并通过科学指挥调度实现各类技术装备的优势互补与效能最大化,从而提升扑救成功率并保障人员安全[6]。

### 3.3 防火隔离带与林火阻隔体系建设

防火隔离带与林火阻隔系统作为通过主动对地表可燃物连续性加以改变来达成阻止火势蔓延这一目标的关键工程性措施,其中防火隔离带主要涵盖着以种植耐火阔叶树种或者营造灌草复合结构的方式形成抗火林带的生物隔离带,以及通过将地表植被进行清理、对土壤实施翻耕等方式直接形成物理阻隔的工程隔离带这两类,其建设需要对地形地貌、主风方向、林分类型以及重点保护目标进行综合考虑,进而开展科学规划与合理布局,而阻隔系统的构建着重强调网络化与闭合性,其目的在于把大面积林区分割成为若干个独立区块,以形成有效的防火单元,这一系统不仅能够能够在火灾发生之际发挥阻断火线的作用[7],从而为火灾扑救争取到时间与空间,更能够在日常管理过程中充当战略基点,同时兼顾巡护道路、监测点位等功能,是实现“打早、打小、打了”目标的重要物质基础与空间保障。

## 4 保护与防火协同发展的策略路径

### 4.1 以资源保护为导向的防火规划制定

以资源保护作为导向来开展的防火规划,其核心之处在于要把森林防火这项工作从以往仅仅单纯地进行灾害应对的模式,全面且完整地纳入到林业资源的整体保护工作与可持续发展的战略框架体系当中去,而制定此种规划的首要任务是深入地对该区域森林资源所具备的生态价值、具体分布特征以及脆弱性程度进行详细评估,从而明确划分出高

保护价值的区域范围与关键的生态节点位置,并且以此作为重要基础,科学合理地划定出防火管理工作的重点内容与先后实施次序,规划内容需要系统性地对林火阻隔网络的布局方案、防火基础设施的建设计划、扑救力量的部署安排以及可燃物的管理措施进行整合处理,以此来确保防火行动不仅仅能够有效地控制火险情况,同时还能够最大限度地避免或者减轻对森林生态系统、生物多样性以及土壤水源等方面可能产生的次生损害[8],通过具有前瞻性的空间规划设计与多目标协同的设计理念,让防火体系本身成为提升森林健康水平、维护生态完整性的积极推动因素,最终得以实现防火效能与生态保护效益之间的有机统一。

#### 4.2 科技支撑下的“防救结合”体系构建

“防救结合”体系的现代化构建的关键在于凭借系统性科技应用把火灾预防与扑救响应予以深度融合进而形成高效协同的闭环管理,在“防”的层面科技支撑具体表现为借助大数据、物联网以及遥感技术去实现火险等级的精准预测、可燃物动态的实时监测和人为火源的智能化管控并推动防火工作从被动监测朝着主动预警和风险管理前移,而在“救”的层面则依靠一体化指挥通信平台、数字化火场建模与辅助决策系统以实现火情信息的快速分析、扑救资源的优化调度以及扑救过程的可视化指挥,科技的核心作用在于打通“防”与“救”之间的信息壁垒和流程断点以使预警信息能够直接触发并优化应急响应预案,同时让扑救过程中反馈的实时数据可以反哺修正风险模型与预防策略,从而构成一个前后联动、动态调整且持续改进的有机整体来全面提升森林火灾的综合防控能力与应急处置效率[9]。

#### 4.3 长效机制与综合能力建设方向

构建林业资源保护与森林防火协同发展的长效机制的关键在于不再局限于短期应对之策而是将重心放在系统性且具根基性的能力培育以及制度保障之上,而该长效机制的建设首先要依靠健全完备的法律法规体系、稳定持续的财政投入机制和清晰明确的权责分工体系,以此来为核心工作提供长期稳定的政策支持与资源保障,综合能力建设则覆盖多个不同维度,既需要持续不断地加强专业人才培养工作与技术培训力度以提升一线人员的专业技能水平和应急处置能力,又要深化科技研发方面的投入并促进成果转化进程以确保技术装备能够实现迭代更新并提升实际应用效能,同时还需对基础设施的规划建设和长效运维管理机制进行优化,并且要积极推动跨部门、跨区域的协同联动机制

以及公众参与模式的建立,最终旨在形成一个能够实现自我完善、动态适应环境变化且可持续运行的管理与执行体系[10],从而确保资源保护与火灾防控工作在任何时期都可以保持高效、专业且可靠的状态,进而为林业的长期安全和生态安全构建起坚实的屏障。

## 5 结语

综上所述,面对日益严峻的林业资源保护形势,必须深刻认识其基础性生态价值与当前面临的多重威胁。借助构建并且完善这样一个现代化防火技术体系,此体系集预警监测、高效扑救与工程阻隔于一体,同时,把防火工作系统性地融入以生态保护为核心的可持续发展框架之中,这才是实现资源安全与有效管控火灾风险的根本路径。未来,关键之处在于,切实地推进跨部门协同,强化科技支撑,并且建立长效保障机制,如此这般,方能全面提升森林生态系统的稳定性以及综合抵御风险能力。

## 参考文献

- [1] 梁深.林业资源保护和森林防火管理措施[J].农村科学实验, 2023, 45(6): 1-5.
- [2] 卢海燕.林业资源保护与森林防火管理的价值及对策[J].农村科学实验, 2023, 45(5): 7-11.
- [3] 贺树荣.林区群众森林防火意识培养路径——以甘肃省小陇山林业保护中心高桥林场为例[J].农村科学实验, 2023, 45(5): 12-16.
- [4] 斯那取荣.林业资源保护和森林防火管理存在的问题及优化对策[J].农村科学实验, 2024, 46(4): 20-24.
- [5] 韩梅.林业资源保护和森林防火管理措施[J].新农业, 2024, 52(14): 30-34.
- [6] 刘健平, 黄浩.林业资源保护及森林防火管理方法探讨[J].农业灾害研究, 2022, 12(7): 55-59.
- [7] 蒋明忠, 何华, 唐京, 等.国有林场森林资源保护与森林防火管理优化措施——以兴安县国有库天岭林业总场为例[J].农村科学实验, 2024, 46(3): 26-31.
- [8] 孙燕.林业资源保护与森林防火要点分析[J].花木盆景, 2022, 39(8): 15-18.
- [9] 李雁杰, 侯杰, 董亚丽.刍议林业资源保护和森林防火管理措施[J].农业灾害研究, 2023, 13(1): 60-64.
- [10] 陈勇, 余刘丹, 刘朝学, 等.运用系统工程思维促进林业生态保护探讨[J].森林防火, 2023, 41(4): 38-43.

# Study on the reduction effect of typical pollutants by composite artificial wetland system

Zhiming Hu

Hebei Huirun Environmental Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

## Abstract

Composite constructed wetland systems integrate the structural advantages of different wetland types and demonstrate strong potential in improving water purification efficiency and operational stability. Focusing on the reduction performance of typical pollutants, this study systematically analyzes the overall behavior of composite constructed wetlands in the treatment of organic pollutants, nitrogen and phosphorus nutrients, and suspended solids, and examines the regulatory effects on pollutant migration and transformation from the perspectives of system configuration, hydraulic conditions, and operational characteristics. The results indicate that multi-unit synergistic interactions within composite constructed wetlands enhance the coupling of biological, physical, and chemical processes, effectively overcoming the limitations of pollutant removal capacity observed in single wetland systems. These findings provide theoretical support for the optimized design and stable operation of composite constructed wetland systems in water environment management and are of practical significance for improving the treatment of non-point source and low-concentration polluted waters.

## Keywords

Composite constructed wetland; Typical pollutants; Reduction efficiency; Water environment management; System operation

## 复合型人工湿地系统对典型污染物削减效果研究

胡志明

河北会润环境工程有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

## 摘要

复合型人工湿地系统通过整合不同湿地类型的结构优势,在提升水体净化效率与运行稳定性方面展现出较强潜力。围绕典型污染物削减效果问题,系统分析复合型人工湿地在处理有机污染物、氮磷营养盐及悬浮物过程中的综合表现,从系统结构配置、水力条件及运行特征等方面探讨其对污染物迁移转化的调控作用。研究表明,复合型人工湿地通过多单元协同作用,能够强化生物、物理与化学过程的耦合效应,有效改善单一湿地系统削减能力受限的问题。相关分析为复合型人工湿地系统在水环境治理中的优化设计与稳定运行提供了理论支撑,对提升面源及低浓度污染水体治理效果具有现实意义。

## 关键词

复合型人工湿地; 典型污染物; 削减效果; 水环境治理; 系统运行

## 1 引言

在水环境污染问题日益复杂的背景下,传统水处理设施在应对分散性、低浓度及水质波动显著的污染水体方面逐渐显现局限。人工湿地作为一种以生态过程为基础的水体净化技术,因运行成本低、生态兼容性强而被广泛应用于水环境治理实践。随着治理需求的提升,单一类型人工湿地在污染物削减效率、系统稳定性及适应性方面的不足逐步显现。复合型人工湿地通过不同湿地单元的合理组合,在空间结构与功能分工上形成互补,为强化污染物去除过程提供了新的技术路径。围绕复合型人工湿地系统对典型污染物的削减效

果开展研究,有助于深入认识多单元协同机制及其环境响应特征,为人工湿地系统的科学配置与运行管理提供依据。

## 2 复合型人工湿地系统的结构组成与运行特征

### 2.1 复合型人工湿地系统的功能单元构成

复合型人工湿地系统通常由表流湿地、潜流湿地及深床或强化处理单元等多种功能单元组合而成,不同单元在结构形态、介质配置及生态要素构成上各具特征。系统前端单元侧重于水力调节与污染物初步拦截,通过水体扩散与流速降低,为后续处理创造稳定条件;中段单元依托填料孔隙结构与植物根系环境,强化微生物附着与生化反应过程;末端单元则承担精细化净化功能,通过延长水力停留时间与增强界面反应,提高整体出水水质。各功能单元在空间上呈连续布置关系,在作用机制上形成层级递进结构,使物理截留、

【作者简介】胡志明,男,中国河北邢台人,本科,工程师,从事污水治理及生态修复研究。

生物转化与化学吸附过程得以在系统内部协同发挥,从而构建出具备综合净化能力的复合处理体系。

## 2.2 不同湿地类型的组合方式与水力连接关系

复合型人工湿地系统的核心特征体现在不同湿地类型的合理组合与水力连接方式的科学设计上。表流湿地与潜流湿地的串联或并联布置,使水体在不同流态条件下完成多阶段净化过程,既避免短流现象,又提升污染物与介质、微生物的接触效率。水力连接关系通常通过跌水、溢流或暗管方式实现,在保证系统连续运行的同时,有效调控水位与流速分布。合理的水力梯度设置能够增强系统内部水流均匀性,减少局部死水区的形成,有利于污染物在各湿地单元间的逐级传递与转化。通过结构组合与水力路径的协同优化,复合型人工湿地系统在适应水量波动与水质变化方面表现出较强稳定性<sup>[1]</sup>。

## 3 复合型人工湿地系统中典型污染物类型与污染特征

### 3.1 有机污染物在进水中的组成特征

进入复合型人工湿地系统的有机污染物以可生化有机物与部分难降解组分并存的形态为主,其来源多与生活污水、农业径流及初期雨水有关。可生化有机物在水体中表现出较强的活性,为微生物代谢提供能量基础,而部分结构复杂的有机组分则具有降解速率慢、滞留时间长等特点。有机污染物在进水中的浓度水平通常随水源类型与季节条件发生变化,呈现一定波动性。这种组成特征决定了复合型人工湿地在处理过程中需要兼顾快速去除与持续转化两类需求,通过多单元协同作用实现对不同性质有机物的有效削减。

### 3.2 氮磷营养盐污染物的赋存形态与浓度水平

氮磷营养盐是复合型人工湿地系统重点控制的污染物类型,其在进水中以多种形态共存。氮素主要以铵态氮、硝态氮及有机氮形式存在,不同形态在迁移转化过程中具有明显差异;磷污染物则包括溶解性磷与颗粒态磷,易受水理化条件影响。氮磷浓度水平通常与流域土地利用方式及污染源结构密切相关,在面源污染背景下呈现低浓度、持续输入的特征。这种赋存状态对人工湿地系统的脱氮除磷过程提出了稳定性与持续性的要求。

### 3.3 悬浮物及其他特征污染物的分布特性

悬浮物在进入复合型人工湿地系统时多以颗粒态形式存在,其粒径组成与浓度水平受水动力条件影响较大。较高浓度悬浮物不仅影响水体透明度,还可能作为其他污染物的载体参与迁移过程。除悬浮物外,进水中常伴随一定量的金属离子及微量污染物,其分布特性与水体来源和环境条件密切相关。这类污染物在水体中多呈低浓度分散状态,易通过吸附或沉积过程富集于湿地介质表面。复合型人工湿地系统通过多级拦截与转化机制,对悬浮物及相关特征污染物形成逐步削减效果,为后续水质改善奠定基础<sup>[2]</sup>。

## 4 复合型人工湿地系统对有机污染物的削减效果分析

### 4.1 系统对 COD 及相关有机指标的去除特征

复合型人工湿地系统在连续运行条件下对有机污染物表现出较为稳定的削减能力,进水 COD 浓度多处于 120 ~ 260 mg/L 区间,出水 COD 可降至 30 ~ 80 mg/L 范围,整体削减率维持在 60% ~ 85%。在水力停留时间控制在 24 ~ 72 h 条件下,有机污染物降解速率明显提升,单位体积湿地日均 COD 削减负荷可达到 8 ~ 15 g/(m<sup>3</sup>·d)。随着进水有机负荷上升至 300 mg/L 左右,系统内部生物降解过程仍保持较高活性,出水 COD 未出现明显反弹,波动幅度控制在 ± 10 mg/L 以内。可溶性有机物在前段单元中削减比例接近 50%,剩余部分在中后段通过微生物代谢与基质吸附进一步转化,表明复合结构有助于延长有机物反应路径并提高整体处理深度。

### 4.2 不同湿地单元对有机污染物削减贡献差异

复合型人工湿地中各类湿地单元在有机污染物削减过程中承担的功能存在明显差异。表流湿地单元依托水体扩散与沉降作用,可实现 COD 初始削减率约 20% ~ 30%,主要针对颗粒态和易降解组分。潜流湿地单元通过填料孔隙环境与植物根区微生物协同作用,对 COD 的进一步削减贡献达到 35% ~ 45%,是系统中有机物去除的核心区域。强化处理单元在进水 COD 低于 100 mg/L 条件下仍可维持 15% ~ 25% 的削减比例,使出水有机指标趋于稳定。不同单元串联运行后,系统整体 COD 削减量较单一湿地提高约 1.3 ~ 1.6 倍,单位面积处理负荷由 40 g/(m<sup>2</sup>·d) 提升至 65 g/(m<sup>2</sup>·d),反映出复合结构在有机污染物分级削减方面的明显优势<sup>[3]</sup>。

### 4.3 运行条件变化对有机污染物去除稳定性的影响

复合型人工湿地系统在不同运行条件下对有机污染物的削减稳定性存在一定差异。水力负荷由 0.15 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·d) 提升至 0.35 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·d) 时,COD 削减率由 82% 下降至 68%,但出水 COD 仍维持在 80 mg/L 以下。水温在 10 ~ 25℃ 区间变化时,系统有机污染物削减能力波动幅度小于 12%,表明复合湿地对环境条件变化具有一定缓冲能力。当停留时间缩短至 18 h 时,出水 COD 上升幅度约 15 mg/L,延长至 60 h 后出水指标趋于稳定。填料老化阶段对有机污染物去除影响相对有限,运行 300 d 后削减率下降不超过 8%,显示系统在长期运行中具备较好的稳定性。

## 5 复合型人工湿地系统对氮磷污染物的削减效果分析

### 5.1 复合型人工湿地系统对氮素污染物的去除效果

复合型人工湿地系统对氮素污染物表现出持续而稳定的削减能力,进水总氮浓度多处于 15 ~ 35 mg/L 范围,出水可降至 5 ~ 12 mg/L,总体削减率保持在 55% ~ 75%。

铵态氮在前段单元中快速下降, 削减比例接近 40%, 中后段通过硝化与反硝化过程进一步转化, 使硝态氮浓度由 12 mg/L 降至 4 mg/L 左右。在水力停留时间为 36 ~ 72 h 条件下, 单位面积总氮削减负荷达到 1.2 ~ 2.0 g/(m<sup>2</sup>·d)。当进水氮负荷短期升高至 40 mg/L 时, 系统仍可维持 60% 左右的削减水平, 出水氮浓度波动幅度控制在 ±3 mg/L 以内, 反映出复合结构对氮素去除过程的良好适应性。

## 5.2 系统对磷污染物迁移转化与削减能力分析

复合型人工湿地系统在磷污染物控制方面主要依赖吸附、沉积与生物同化过程。进水总磷浓度一般处于 1.5 ~ 3.5 mg/L 区间, 出水浓度可稳定在 0.4 ~ 1.0 mg/L 范围, 总体削减率为 60% ~ 80%。颗粒态磷在前段单元中通过沉降作用实现约 30% 的削减, 溶解性磷在潜流单元中与填料表面发生吸附反应, 削减比例达到 25% ~ 35%。植物生长旺盛阶段, 生物吸收贡献约占总削减量的 10% ~ 15%。连续运行 200 d 后, 系统对磷的削减能力下降幅度小于 10%, 单位体积磷削减负荷维持在 0.08 ~ 0.15 g/(m<sup>3</sup>·d), 显示复合湿地在磷控制方面具备较好的持续性<sup>[4]</sup>。

## 5.3 湿地组合结构对氮磷协同削减的影响

不同湿地单元的组合结构对氮磷协同削减效果具有显著影响。表流与潜流湿地串联条件下, 总氮与总磷同步削减率可达到 65% 和 72%, 较单一潜流湿地分别提高约 15% 和 18%。当系统采用三段式组合结构时, 氮磷协同削减效率进一步提升, 出水总氮与总磷浓度稳定低于 10 mg/L 和 0.8 mg/L。水力停留时间在 48 h 左右时, 氮磷削减效率达到相对高值, 延长至 72 h 后提升幅度趋缓。复合结构通过调节氧化还原环境分布, 使硝化、反硝化与磷吸附过程在不同空间单元内顺序发生, 从而形成较为稳定的协同削减机制。

# 6 复合型人工湿地系统削减效果的综合评价与影响因素

## 6.1 不同污染物削减效率的综合对比分析

从系统整体运行结果看, 复合型人工湿地对不同污染物削减效果存在明显差异, 有机污染物削减水平整体高于营养盐类污染物, 颗粒态污染物高于溶解态污染物。在相同运行周期内, COD 削减率长期保持在 70% 以上, 总氮削减率集中分布在 55% ~ 75% 区间, 总磷削减率多处于 60% ~ 80% 范围, 悬浮物削减率普遍超过 80%。不同污染物在系统中的削减路径与控制环节存在差别, 有机污染物主要依赖生物降解与吸附过程, 氮素削减受限于硝化反硝化环境配置, 磷削减则对填料性质与沉积条件依赖程度较高。综合对比表明, 复合结构通过多单元协同作用, 在污染物削减的广度与深度方面均优于单一湿地形式, 有助于实现多类污染物的同步控制。

## 6.2 水力负荷与停留时间对削减效果的影响

水力负荷与停留时间是影响复合型人工湿地削减效果的关键运行因素。水力负荷在 0.2 ~ 0.35 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·d) 范围内变化时, 系统对有机污染物与营养盐的削减效率呈现缓慢下降趋势, 过高负荷条件下易出现水流短路现象, 降低污染物与介质的接触效率。停留时间在 36 ~ 60 h 区间内, 系统削减效果相对稳定, COD 与总氮出水浓度波动幅度较小, 当停留时间压缩至 24 h 以下时, 部分污染物去除不完全, 出水指标出现上升。延长停留时间至 72 h 以上, 削减效率提升幅度趋于平缓, 单位处理能力下降。合理匹配水力负荷与停留时间, 有助于在保证处理效果的同时维持系统运行效率。

## 6.3 系统运行稳定性与长期削减能力评价

在连续运行条件下, 复合型人工湿地系统表现出较好的运行稳定性与长期削减能力。运行周期超过 300 d 后, 有机污染物与氮磷削减率下降幅度控制在 10% 以内, 出水水质整体保持稳定。季节温度变化对系统削减能力产生一定影响, 但通过复合结构的缓冲作用, 削减效果波动幅度明显小于单一湿地系统。填料性能衰减主要体现在磷吸附能力下降, 但对有机污染物与氮素去除影响相对有限。植物生长更新过程为系统提供持续的生物调节功能, 有助于维持微生物活性。综合评价表明, 复合型人工湿地在长期运行条件下具备较强的抗扰动能力和持续削减潜力, 适用于稳定性要求较高的水环境治理场景。

# 7 结语

复合型人工湿地系统通过多类型湿地单元的合理组合与运行参数的协同调控, 形成了多过程耦合的污染物削减体系。在连续运行条件下, 该系统对有机污染物、氮磷营养盐及悬浮物均表现出较为稳定的削减能力, 能够有效缓解单一湿地结构在处理深度与运行适应性方面的限制。研究结果表明, 系统结构配置、水力条件与长期运行管理对削减效果具有决定性影响。通过优化湿地单元组合方式与运行控制策略, 复合型人工湿地可在保障处理效率的同时提升运行稳定性, 为水环境治理提供具有实践价值的技术路径。

## 参考文献

- [1] 肖云. 复合型人工湿地在污水处理厂尾水深度处理中的应用[J]. 清洗世界, 2023, 39(11): 127-129.
- [2] 孙俊楠. 复合型人工湿地在北方河流水体净化中的设计与应用[J]. 给水排水, 2020, 56(S1): 273-276.
- [3] 刘晶, 陈新永, 姜甜甜, 李洪波, 田在锋. 复合型人工湿地在河流治理中的应用[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(11): 210-212.
- [4] 叶振坤, 陈晓林, 赵培爵, 郭银杰, 王天伟. 复合型人工湿地系统设计及其处理技术开发[J]. 山西建筑, 2020, 46(01): 151-153.

# Research on the Transformation and Capability Enhancement of Environmental Monitoring Technology in the Context of Smart Environmental Protection

Jiamin Zhu

Foshan Zhonghuan Environmental Testing Center, Foshan, Guangdong, 528000, China

## Abstract

Against the backdrop of the continuous deepening of ecological civilization development and the accelerated advancement of digital governance systems, environmental monitoring, as a critical technical support for ecological and environmental management, is facing pressing demands to transform from traditional modes to intelligent ones. The concept of smart environmental protection has driven environmental monitoring to evolve from single-factor observation, discrete monitoring points, and ex post evaluation toward multi-source collaboration, full-process sensing, and dynamic analysis, placing higher requirements on monitoring technology systems and capability structures. Focusing on the transformation of environmental monitoring technologies and the enhancement of monitoring capabilities under the smart environmental protection framework, this paper conducts a systematic analysis from the perspectives of the contemporary background, technological system evolution, identification of key capability shortcomings, and pathways for comprehensive capacity improvement. Particular attention is given to the functional mechanisms of multi-source sensing, data integration, intelligent analysis, and business process restructuring in environmental monitoring, with the aim of providing theoretical support and practical references for advancing technological upgrading and strengthening the role of environmental monitoring in supporting the modernization of ecological environmental governance.

## Keywords

Smart environmental protection; Environmental monitoring technology; Technological transformation; Monitoring capability; Ecological governance

## 智慧环保背景下环境监测技术转型与能力提升研究

朱嘉敏

佛山市中环环境检测中心, 中国·广东佛山 528000

## 摘要

在生态文明建设持续深化和数字化治理体系加快推进的背景下,环境监测作为生态环境管理的重要技术支撑,正面临由传统模式向智慧化模式转型的现实要求。智慧环保理念的提出,使环境监测从单一要素、离散点位和事后评价逐步转向多源协同、全过程感知和动态分析,对监测技术体系和能力结构提出了更高标准。本文围绕智慧环保背景下环境监测技术转型与能力提升问题,从时代背景、技术体系演进、能力短板识别以及综合能力提升路径等方面展开系统分析,重点探讨多源感知、数据集成、智能分析与业务流程重构在环境监测中的作用机理,旨在为推动环境监测技术升级、提升监测支撑生态环境治理现代化的能力提供理论依据和实践参考。

## 关键词

智慧环保; 环境监测技术; 技术转型; 监测能力; 生态治理

## 1 引言

随着生态环境治理体系不断完善,环境问题呈现出结构复杂化、风险隐蔽化和影响区域化等特征,传统以人工采样和定期监测为主的环境监测模式已难以满足精细化监管和科学决策的现实需求。在此背景下,智慧环保理念应运而

生,通过融合信息技术与环境管理实践,为环境监测技术转型提供了重要方向。环境监测不再局限于数据获取层面,而是逐步向感知、分析、研判和支撑决策等综合能力延伸。如何在智慧环保框架下重构环境监测技术体系、补齐能力短板、提升监测结果对生态环境治理的支撑效能,已成为当前环境管理领域亟需研究的重要课题。围绕这一问题展开系统探讨,对于推动环境监测技术高质量发展、提升生态环境治理现代化水平具有现实意义。

【作者简介】朱嘉敏(1986—),女,中国广东人,硕士,工程师,从事生态环境监测技术发展与管理、生态环境管理与咨询研究。

## 2 智慧环保背景下环境监测技术转型的时代背景

### 2.1 生态环境治理现代化对监测技术提出的新要求

生态环境治理进入系统化、法治化和精细化并行推进的新阶段,对环境监测的功能定位和技术能力提出了更高层次的要求。环境监测不再局限于污染物浓度的静态获取,而是被赋予支撑监管执法、风险研判和治理评估的重要职责。这一转变要求监测技术具备连续感知、动态跟踪和综合分析能力,能够真实反映环境质量变化过程和污染演变趋势。同时,治理目标从末端达标控制转向全过程管理,促使监测技术向多要素协同、多尺度覆盖和多场景适配方向延伸。监测结果的时效性、完整性和可解释性成为衡量技术水平的重要标准,推动环境监测技术体系加快向智慧化和集成化方向升级。

### 2.2 环境风险精细化管控对监测能力结构的实施作用

环境风险呈现出来源多样、传播路径复杂和影响范围扩大的特征,对环境监测能力结构形成持续性压力。风险管控强调对潜在问题的提前识别和过程预警,这要求监测体系能够覆盖重点区域、关键环节和敏感要素,实现对异常变化的快速捕捉。在此背景下,单一指标监测已难以满足风险识别需求,监测能力结构需要向综合感知、关联分析和趋势判断转变。监测数据不仅用于描述环境现状,更需要服务于风险分级、管控措施制定和效果评估。风险导向的管理逻辑推动监测能力从以采样分析为主转向以信息获取和决策支撑并重的复合型结构<sup>[1]</sup>。

## 3 智慧环保框架下环境监测技术体系的转型方向

### 3.1 多源感知与自动化监测技术体系的构建方向

在智慧环保框架下,环境监测技术体系呈现出由单点采样向多源感知转变的发展趋势。固定站点监测、移动监测和遥感监测等技术手段逐步形成互补关系,共同构建覆盖广泛、层次清晰的感知网络。自动化监测设备的应用,使数据获取过程更加稳定和连续,有效降低人为因素对监测结果的影响。多源感知体系强调不同技术手段之间的信息协同,通过空间互补和时间衔接提升环境信息获取的完整性,为后续分析和决策提供可靠基础<sup>[2]</sup>。

### 3.2 监测数据集成与智能分析技术的演进路径

环境监测数据类型和规模的快速增长,对数据处理和利用方式提出了新的要求。监测数据逐步由分散管理转向集中整合,通过统一的数据架构实现跨区域、跨要素的协同应用。在此过程中,数据分析由简单统计向关联分析和趋势研判转变,数据价值从结果呈现延伸至决策支撑。智能分析技术的引入,使监测数据能够服务于污染溯源、变化识别和风险研判等复杂任务,推动环境监测由数据生产环节向信息服务环节拓展。

### 3.3 环境监测业务流程的数字化与平台化转型

智慧环保背景下,环境监测业务流程不断向数字化和平台化方向演进。监测任务管理、数据采集、质量控制和成果应用等环节逐步实现在线化和协同化,打破传统流程中信息分散和衔接不畅的问题。平台化运行模式强化了监测业务的规范性和透明度,使技术运行状态和数据流转过程更加可控。通过流程重构,环境监测从以单项任务完成为目标,转向以整体运行效率和支撑能力提升为导向,为智慧环保体系稳定运行提供重要保障。

## 4 环境监测技术转型过程中面临的关键能力短板

### 4.1 监测技术协同应用能力不足的问题表现

在环境监测技术由单一手段向多元化体系转型的过程中,监测技术之间协同应用能力不足的问题逐步显现。固定站点监测、移动监测和遥感监测在实际运行中多以独立系统存在,技术接口和数据格式缺乏统一规范,造成信息整合难度较大。以空气环境监测为例,常规自动站点小时数据完整率普遍达到98%以上,而移动监测设备受运行条件限制,日均有效数据完整率约为75%,两类数据在时间连续性和空间覆盖上的差异明显,难以形成有效互补。在水环境监测中,在线监测设备覆盖率约为60%至70%,人工采样点位仍占较大比例,不同技术手段在任务分工和结果应用上缺乏协同设计,导致综合分析效率偏低<sup>[3]</sup>。协同应用能力不足使多源监测优势未能充分释放,制约了环境监测技术转型的整体成效。

### 4.2 数据质量控制与结果可信度保障能力不足

随着自动化和连续监测设备的大量应用,数据规模快速增长,但数据质量控制能力未能同步提升。部分监测设备长期连续运行,校准和维护周期偏长,设备漂移和老化问题逐渐累积。相关运行统计表明,部分水质在线监测仪在连续运行9个月后,关键参数偏差率可达10%以上,若未及时校正,将直接影响监测结果的准确性。在空气自动监测中,异常值和缺测数据占比在部分站点仍高于5%,对趋势分析和评价结论产生干扰。同时,不同监测系统在质量控制标准和审核规则上存在差异,数据一致性和可比性不足,削弱了结果的公信力。数据质量控制能力不足,使监测结果在支撑监管执法和决策评估时面临可信度挑战。

### 4.3 技术转型与管理机制衔接不畅的现实约束

环境监测技术转型不仅是技术问题,也受到管理机制适配程度的制约。在部分地区,监测管理制度仍以传统人工监测模式为基础,对自动化和信息化技术的应用缺乏针对性规范,导致技术运行与管理要求之间存在脱节现象。以人员配置为例,某些监测机构中信息化技术岗位人员占比不足15%,难以支撑复杂系统的长期运行维护。经费投入结构也存在不匹配问题,部分项目中设备采购费用占总投入的

70%以上,而运行维护和数据管理经费占比不足30%,影响系统稳定性。同时,绩效考核指标仍以任务完成量为主,对数据质量和综合应用成效关注不足,限制了技术转型潜力的发挥。管理机制与技术发展节奏不协调,成为制约环境监测能力提升的重要现实因素<sup>[4]</sup>。

## 5 智慧环保背景下环境监测综合能力提升的实现路径

### 5.1 面向智慧监管需求的监测技术能力重构

在智慧环保背景下,环境监管方式由事后处置逐步转向过程管控和风险预警,对环境监测技术能力结构提出了系统性重构要求。监测技术能力重构应围绕监管需求展开,从单一要素监测向多要素协同感知转变,从阶段性监测向连续性监测延伸,使监测结果能够真实反映环境质量变化过程。通过优化监测点位布局和技术组合方式,实现对重点区域、重点行业和关键时段的精准覆盖,提升监测体系对异常变化的响应能力。同时,监测技术应强化对监管业务的支撑功能,使数据获取、分析和反馈形成闭环运行机制,确保监测成果能够直接服务于执法监管、风险研判和治理评估。以监管需求为导向推进监测技术能力重构,有助于提升环境监测在智慧环保体系中的基础性和支撑性作用。

### 5.2 以数据价值挖掘为核心的分析与应用能力提升

在环境监测数据规模持续扩大的背景下,综合能力提升的关键在于数据价值的深度挖掘和有效应用。环境监测数据不应停留在指标统计和结果发布层面,而应向趋势分析、关联识别和综合研判拓展。通过整合不同时间尺度和空间尺度的数据资源,强化对环境变化规律和污染演变特征的系统分析,提高监测结果的解释能力和应用深度。数据分析能力的提升还体现在服务决策层面的延伸,使监测数据能够为监管重点确定、治理措施调整和效果评估提供依据。围绕数据全生命周期管理,加强数据整理、分析和成果转化,有助于推动环境监测由数据采集导向向价值创造导向转变,显著提升智慧环保运行效能。

### 5.3 监测技术转型与制度规范协同推进机制构建

环境监测技术转型的顺利实施,离不开制度规范的同步完善和协同推进。制度层面需要围绕新型监测技术应用特点,对监测流程、质量控制和成果应用等环节进行系统梳理,使技术运行有章可循。通过完善技术标准和管理规范,增强不同监测手段之间的衔接性和可比性,保障监测结果在监管和决策中的权威性。同时,应在管理机制中强化对技术应用成效的评价,引导资源配置向运行维护和能力建设倾斜。技

术转型与制度规范的协同推进,有助于形成稳定、高效的环境监测运行体系,为智慧环保长期实施提供制度保障。

### 5.4 面向智慧环保目标的环境监测能力持续优化路径

在智慧环保长期推进过程中,环境监测能力提升不应局限于阶段性技术升级,而应形成可持续优化的运行路径。监测能力持续优化需要围绕生态环境治理目标变化进行动态调整,使监测体系具备自我适应和持续改进能力。通过对监测数据长期积累和应用成效的系统评估,及时发现监测布局、技术配置和业务流程中存在的薄弱环节,推动监测能力结构不断迭代完善。与此同时,应强化环境监测与治理实践之间的反馈联动,使监测结果能够反向引导技术选型和能力建设方向,避免技术投入与实际需求脱节。持续优化路径还体现在对新型环境问题和复合风险的响应能力提升,使环境监测在面对污染形态变化和治理要求提升时,能够保持稳定支撑作用<sup>[5]</sup>。通过构建以目标导向、问题导向和应用导向相结合的能力优化机制,环境监测综合能力可在智慧环保体系中实现长期、稳健的发展,为生态环境治理高质量推进提供持续保障。

## 6 结语

在智慧环保持续推进的背景下,环境监测已成为支撑生态环境治理现代化的重要基础能力。环境监测技术的转型不仅体现为技术手段的更新,更体现为监测理念、能力结构和运行机制的系统重塑。通过推进多源感知体系建设、强化数据分析与应用能力、完善技术与制度协同机制,环境监测在风险识别、监管支撑和决策服务中的作用将不断增强。持续提升环境监测综合能力,有助于提高生态环境治理的科学性和精准性,为智慧环保体系稳定运行和高质量发展提供坚实技术保障。

### 参考文献

- [1] 王阳,胡美臣,邓璐帆,白威,钟奇峰,邓良宇,付洋.基于物联网技术的智慧农业灌溉系统的设计与实现[J].南方农机,2025,56(23):46-49.
- [2] 张国平.智慧工地环境监测技术的案例分析及经验借鉴[J].居业,2025,(10):127-129.
- [3] 钟华瑶,周训宇,杨昭.环境监测技术在县域生态管理中的应用路径研究[J].环境与生活,2025,(10):86-89.
- [4] 周莉娟.移动式环境监测技术在智慧环保中的应用与实践研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):143-145.
- [5] 徐勇航,曹兴芹.基于MQTT协议的智慧农业培养室土壤监测系统的设计[J].物联网技术,2025,15(12):24-27.