

资源与环保进展



Volume 3  
Issue 04

April 2025

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

# 资源与环保进展



Volume 3 · Issue 4 · April 2025 · 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



ISSN 3029-2476 04 >

9 773029 247251

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 3 Issue 4 April 2025  
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 生态环境保护执法工作中存在的不足与优化策略思考  
/ 张娜
- 4 森林资源保护与社区参与机制的构建研究  
/ 姚承模 汪丁峰
- 7 建设项目环境影响评价中存在的问题与对策探讨  
/ 杨彦青 张富运 沐艳丽
- 10 新型城镇化背景下固废综合利用与处置规划新思路  
/ 袁振辉
- 13 城市化进程中地下水资源过度开采问题及可持续管理  
对策  
/ 江洪
- 16 工业废水深度处理与资源化利用的集成技术探索  
/ 兰彭 姜良金
- 19 湖南省绿色矿山建设政策生态环境影响分析案例研究  
及工作机制探讨  
/ 梁栋 马静 李秀兰 刘玉峰 刘建平
- 22 乡村振兴背景下基层国土资源管理策略研究  
/ 李志康
- 25 工业区土壤重金属污染监测与风险预警模型构建  
/ 彭思文 胡梦龙
- 28 试析土壤样品内业检测质量控制策略  
/ 唐晓丹
- 31 生物多样性保护与社会化参与的模式探究——以陕西  
长青国家级自然保护区为例  
/ 王小梅 冯科 毛文丽
- 34 便携式顶空 /GC-MS 测定水中挥发性有机物的影响因  
素探讨  
/ 沈翔宇
- 37 浅谈水环境中新污染物检测前处理要点  
/ 白森
- 40 水利工程规划设计中环境影响评价与管理对策思考  
/ 杨学
- 43 土壤重金属污染的植物修复技术优化及生态效应研究  
/ 施宝旭
- 46 土壤微生物修复技术在石油烃污染治理中的应用  
/ 庞海军
- 49 二氧化碳的绿色资源化利用实现碳中和的研究进展  
/ 卢国全
- 53 大气环境保护视域下工业排放污染治理策略思考  
/ 黄佳宇
- 56 化工类项目环境风险评价分析对策思考  
/ 刘志远 陈丽媛 于晨
- 59 城市黑臭水体综合治理技术路径分析  
/ 涂腾
- 62 环境监测数据质量控制与评估方法研究  
/ 张磊 施龙燕 周文菊
- 65 空气污染监测点的布设要点与质控对策分析  
/ 曾建文
- 68 污染源自动监测技术在环境保护中的应用研究  
/ 陈丰妹
- 71 矿上污染治理与生态修复的综合模式构建  
/ 岳淑娟 陈玉巧 陈宁
- 74 人工湿地在水环境治理中的效能优化与案例研究  
/ 陈祚森

- 1 The shortcomings and optimization strategy thinking in the law enforcement of ecological and environmental protection / Na Zhang
- 4 Research on the construction of forest resource protection and community participation mechanism / Chengmo Yao Dingfeng Wang
- 7 Discussion on the problems and countermeasures in the environmental impact assessment of construction projects / Yanqing Yang Fuyun Zhang Yanli Mu
- 10 New ideas for comprehensive utilization and disposal planning of solid waste under the background of new urbanization / Zhenhui Yuan
- 13 Overexploitation of groundwater resources and sustainable management countermeasures in the process of urbanization / Hong Jiang
- 16 Exploration of integrated technology for deep treatment and resource utilization of industrial wastewater / Peng Lan Liangjin Jiang
- 19 Case study and working mechanism discussion on the eco-environmental impact analysis of green mine construction policy in Hunan Province / Dong Liang Jing Ma Xiulan Liu Yufeng Liu Jianping Liu
- 22 Research on grassroots land and resources management strategy under the background of rural revitalization / Zhikang Li
- 25 Construction of monitoring and risk early warning model of soil heavy metal pollution in industrial zone / Siwen Peng Menglong Hu
- 28 Quality control strategy of soil samples / Xiaodan Tang
- 31 Exploring Models of Biodiversity Conservation and Social Participation—A Case Study of Shaanxi Changqing National Nature Reserve / Xiaomei Wang Ke Feng Wenli Mao
- 34 Study on the factors affecting the determination of volatile organic compounds in water by portable headspace /GC-MS / Xiangyu Shen
- 37 Treatment treatment of new pollutants in water environment / Sen Bai
- 40 Thinking on environmental Impact Assessment and management countermeasures in water Conservancy Project Planning and Design / Xue Yang
- 43 Study on phytoremediation technology optimization and ecological effect of heavy metal pollution in soil / Baoxu Shi
- 46 Application of soil microbial remediation technology in petroleum hydrocarbon pollution control / Haijun Pang
- 49 Research progress on carbon neutrality by green resource utilization of carbon dioxide / Guoquan Lu
- 53 Strategies for pollution control of industrial emissions under the perspective of atmospheric environmental protection / Jiayu Huang
- 56 Analysis and countermeasures of environmental risk assessment for chemical projects / Zhiyuan Liu Liyuan Chen Chen Yu
- 59 Analysis of technical path for comprehensive treatment of urban black and odorous water bodies / Teng Tu
- 62 Study on quality control and evaluation method of environmental monitoring data / Lei Zhang Longyan Shi Wenju Zhou
- 65 Analysis on the layout points and quality control countermeasures of air pollution monitoring points / Jianwen Zeng
- 68 Research on the application of automatic monitoring technology of pollution sources in environmental protection / Fengmei Chen
- 71 Construction of a comprehensive model for pollution control and ecological restoration in mines / Shujuan Yue Yuqiao Chen Ning Chen
- 74 Optimization of efficiency and case study of constructed wetland in water environment management / Zuosen Chen



# The shortcomings and optimization strategy thinking in the law enforcement of ecological and environmental protection

Na Zhang

Lingyuan City Ecological Environment Protection Comprehensive Administrative Law Enforcement Team, Chaoyang, Liaoning, 122000, China

## Abstract

This paper focuses on the path to improve the efficiency of law enforcement of ecological and environmental protection, and finds the dual dilemma of “structural imbalance” and “insufficient dynamic adaptability”. Therefore, this paper puts forward a series of targeted and operable optimization measures from many aspects, such as improving the top-level design, strengthening the capacity building and innovating the governance mode. These measures focus on breaking bottlenecks and dredging channels and collaterals, and strive to contribute a feasible Chinese plan to build a higher-quality modern ecological environment law enforcement system of higher level and higher quality, jointly protect the clear waters and mountains of the motherland, and contribute to the realization of a beautiful home of harmonious coexistence between man and nature.

## Keywords

ecological environment protection law enforcement; insufficient; optimization strategy

## 生态环境保护执法工作中存在的不足与优化策略思考

张娜

凌源市生态环境保护综合行政执法队, 中国·辽宁 朝阳 122000

## 摘要

本文围绕生态环境保护执法效能提升路径展开研究, 通过多维度实证分析发现现行执法体系存在“结构性失衡”与“动态适应性不足”的双重困境。为此, 本文从完善顶层设计、强化能力建设、创新治理模式等多方面, 抽丝剥茧般地提出了一系列具有针对性、可操作性的优化措施。这些措施, 着眼于破解瓶颈、疏通经络, 力求为构建更高水平、更高质量的现代化生态环境执法体系, 贡献一份切实可行的中国方案, 共同守护好祖国的绿水青山, 为实现人与自然和谐共生的美丽家园贡献力量。

## 关键词

生态环境保护执法; 不足; 优化策略

## 1 引言

目前我国在执法实践中, 地方政府和执法机关仍面临法律实施力的不足、执法协调机制不完善、科技手段支持不够等问题, 导致法律效果未能完全发挥。例如, 部分地区存在“碎片化”执法现象, 执法部门之间协调不力, 导致环保执法效率低下; 此外, 部分企业通过偷排、篡改数据等手段规避环保监管, 暴露了执法监督的漏洞。本文旨在探索“非现场执法”证据链规范化路径, 形成“预防性监管+精准化执法+社会化共治”的新型治理模式, 为完善现代环境治理体系提供理论支撑和实践参考。

【作者简介】张娜(1985-), 女, 中国辽宁凌源人, 本科, 工程师, 从事生态环境研究。

## 2 当前生态环境保护执法工作中存在的不足

### 2.1 法律制度层面

目前我国刑事责任追究门槛过高。“污染环境罪”的入罪标准较为严格, 实践中能够真正被追究刑事责任的环境违法行为数量极少, 刑法的震慑作用未能得到有效发挥。再者, 生态环境损害赔偿制度落实不到位。虽然我国建立了生态环境损害赔偿制度, 但在实践中, 赔偿范围、赔偿标准、赔偿程序等方面仍存在诸多模糊和不完善之处, 导致生态环境损害赔偿制度难以有效启动和落实, 环境受损的修复和赔偿责任难以有效追究。违法成本过低, 使得一些企业抱有侥幸心理, 宁愿违法排污、接受处罚, 也不愿投入资金进行环保治理, 环境违法行为屡禁不止, 严重损害了法律的权威性和社会公信力。

### 2.2 执法实施层面

生态环境保护执法工作涉及面广、专业性强、任务繁重。

然而，与日益繁重的执法任务相比，我国生态环境保护执法力量却显得相对薄弱，尤其是在基层执法层面，执法人员数量不足、专业素质不高、装备配备落后等问题尤为突出。执法人员数量不足，导致基层执法部门往往面临“人少事多”的窘境，难以实现对辖区内所有排污企业的常态化、全覆盖监管，日常巡查、现场检查、案件查处等工作难以有效开展。执法人员专业素质不高，一些基层执法人员缺乏环境法律、环境监测、污染防治等方面的专业知识和技能，难以胜任复杂的环境执法工作，在面对专业性较强的环境违法行为时，往往束手无策。执法装备配备落后，一些基层执法部门的执法装备陈旧落后，例如，缺乏先进的现场快速检测设备、移动执法终端、信息化执法平台等，严重制约了执法效率和执法质量的提升。执法力量的薄弱和执法能力的不足，使得基层生态环境保护执法工作长期处于“疲于应付”“捉襟见肘”的状态，难以有效应对日益严峻的环境挑战。

长期以来，我国生态环境保护领域存在“多头执法”“九龙治水”的局面，环境保护职能分散在环保、国土、水利、农业、林业等多个部门，职能交叉、权责不清现象普遍存在。这种多头执法的体制，不仅造成了执法资源的重复投入和浪费，更导致了执法部门之间职责不清、互相推诿、缺乏协同，难以形成执法合力。职能交叉导致责任不清，例如，对于一些跨部门、跨区域的环境污染问题，各部门之间容易出现责任划分不清、互相扯皮的现象，导致问题长期得不到有效解决。部门分割导致信息不畅，各部门之间信息沟通和共享机制不健全，环境监管信息难以有效互通，制约了协同执法的开展。执法缺位导致监管盲区，在多头执法格局下，容易出现一些监管的“真空地带”和“盲区”，一些环境违法行为游离于部门监管之外，长期得不到查处。多头执法、交叉执法与执法缺位并存的局面，严重削弱了生态环境保护执法的整体效能，使得环境监管力量分散、效率低下，难以形成强大的执法合力。

### 2.3 社会环境层面

生态环境保护执法工作并非孤立存在，其有效开展与否，受到社会环境因素的深刻影响。当前，我国生态环境保护执法工作，不仅面临法律制度和执法实施层面的挑战，还受到来自社会环境层面的诸多阻力，企业守法意识淡薄、公众参与度不高、地方保护主义和行政干预等问题相互交织，使得执法部门在维护环境公共利益、打击环境违法行为时，常常感到内外承压、阻力重重。

企业是环境污染的主要制造者，企业环境守法意识的强弱，直接关系到环境污染防治的成效。然而，当前我国部分企业，尤其是部分中小企业，环境守法意识依然淡薄，环境违法行为屡禁不止，成为生态环境保护执法工作面临的突出难题。环境外部性与企业逐利性之间的矛盾，使得部分企业在经济利益的驱动下，倾向于选择低成本、高污染的生产方式，对环境保护投入不足、污染治理设施运行不正常甚至

偷排偷放污染物，以牺牲环境为代价追求经济利益最大化。企业环境信息公开透明度不高，导致公众和监管部门难以全面、及时地了解企业的排污状况和环境行为，增加了环境监管的难度，也为企业违法排污行为提供了滋生的空间。企业社会责任意识和社会信用体系建设滞后，对企业环境守法行为的激励和约束机制不健全，使得企业缺乏自觉守法的内在动力。企业环境守法意识的淡薄和违法排污行为的屡禁不止，不仅严重破坏了生态环境，也增加了环境执法的难度和成本，使得环境执法工作长期处于“猫捉老鼠”的被动局面。

公众是生态环境的利益相关者，也是环境治理的重要参与者。公众环境意识的提升和公众参与度的提高，对于推动环境治理、监督环境执法具有重要的意义。然而，当前我国公众环境意识和参与度仍然不高，社会监督力量相对薄弱，未能形成强大的环境治理合力。公众环境知识普及不足，导致部分公众对环境问题的严重性和危害性认识不足，对环境保护法律法规和政策了解不够，环境意识淡薄，参与环境治理的自觉性和主动性不强。公众参与环境治理的渠道不畅通，公众参与环境决策、环境监督、环境维权等方面的制度机制尚不完善，公众参与环境治理的平台和途径有限，难以有效表达环境诉求、行使环境监督权。社会组织等社会力量发展不足，未能充分发挥其在环境宣传教育、公众参与动员、环境监督等方面的积极作用。公众环境意识和参与度的不高，社会监督力量的薄弱，使得生态环境保护执法工作缺乏广泛的社会基础和有效的外部监督，执法部门孤军奋战，难以形成全社会共同参与、共同治理的良好局面<sup>[1]</sup>。2024年环保公益组织的收入规模分布图详见图1所示。

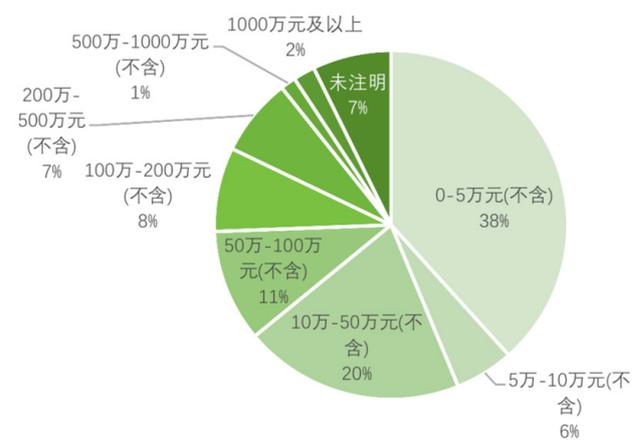


图1 2024年环保公益组织的收入规模分布

以上社会环境层面存在的不足，深刻反映出生态环境保护执法工作所处的社会环境仍然不尽如人意。企业守法意识的淡薄弱化了环境执法的社会基础；公众参与度的不高削弱了环境执法的社会监督；地方保护主义和行政干预则直接干扰了环境执法的公正性。这些社会环境层面的阻力，犹如“无形之墙”，阻碍了生态环境保护执法的有效开展，使得执法工作常常面临“内外交困”“步履维艰”的局面。

### 3 生态环境保护执法优化策略思考

#### 3.1 完善法律制度体系，提升执法权威性与可操作性

针对当前生态环境保护法律法规体系存在的碎片化、部门分割、新旧冲突等问题，亟需加强法律法规的系统整合与协调统一，构建一个逻辑严密、体系完善、运行顺畅的法律体系，消除法律适用中的模糊地带和冲突之处。一方面，要开展环保法律法规的系统清理和编纂工作。应对现有的生态环境保护法律法规、规章、标准等进行全面梳理和评估，清理废除过时、失效的法规，修订完善与新形势、新要求不相适应的条款，对现有法规进行系统编纂，形成结构清晰、逻辑严谨的生态环境保护法律体系“母法典”<sup>[2]</sup>。

针对当前生态环境保护法律责任追究机制不够完善、违法成本偏低等问题，必须健全法律责任追究机制，加大环境违法成本，构建起行政处罚、民事赔偿、刑事责任有效衔接、协同发力的责任追究体系，形成对环境违法行为的强大震慑力，扭转“守法成本高，违法成本低”的局面。要提高行政处罚的威慑力。适当提高环境违法行为的罚款额度，特别是对于屡查屡犯、恶意排污等情节严重的违法行为，要加大惩罚力度，让违法企业付出难以承受的经济代价。完善法律制度体系是提升生态环境保护执法效能的根本性、战略性举措。通过加强法律法规的系统整合与协调统一，消除法律冲突；细化法律法规的具体规定，增强法律的可操作性；健全法律责任追究机制，加大违法成本，形成有效震慑，才能从顶层设计上构建起一套科学完备、运行有效的生态环境保护法律制度框架，为生态环境保护执法工作提供坚实的制度保障，从源头上解决执法“依据不足”“标准不明”“惩戒不力”等问题，为提升生态环境保护执法水平奠定坚实的基础<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 强化执法能力建设，提升执法效能与精准性

执法能力是生态环境保护执法效能的核心支撑。针对当前执法实施层面存在的执法力量薄弱、执法协同不足、执法手段落后等问题，必须着力强化执法能力建设，从队伍建

设、机制优化、科技赋能等多方面发力，全面提升生态环境保护执法的效能和精准性，为有效打击环境违法行为、改善环境质量提供强有力的能力支撑。针对当前生态环境保护领域多头执法、交叉执法与执法缺位并存的问题，必须理顺执法体制机制，整合分散的执法资源，构建一个统一指挥、协同高效的执法体系，打破部门壁垒，形成执法合力，提升环境执法的整体效能。一方面，要深化生态环境综合行政执法改革。按照中央关于深化生态环境综合行政执法改革的部署要求，进一步整合分散在不同部门的生态环境保护执法职责，组建统一的生态环境综合行政执法队伍，实现“一支队伍管执法”，解决多头执法、职能交叉的问题。强化执法能力建设是提升生态环境保护执法效能的关键所在。通过充实基层执法力量，提升执法队伍素质；理顺执法体制机制，构建协同高效的执法体系；加大科技执法投入，运用信息化、智能化手段提升执法水平，才能从执法主体能力建设入手，全面夯实生态环境保护执法的能力基础，解决执法“人少力薄”“各自为战”“手段落后”等问题，为实现环境执法的效能倍增和精准打击提供坚实保障。

### 4 结语

综上所述，生态环境保护执法优化之路，道阻且长，行则将至。唯有不断总结经验，持续深入研究，勇于探索创新，方能不断提升生态环境保护执法水平，为建设美丽中国，实现人与自然和谐共生的可持续发展愿景，提供坚实的法治保障。

#### 参考文献

- [1] 杨振平黄坚.靖安县森林督查工作中存在的问题及其优化策略探讨[J].南方农业, 2022, 16(18):67-69.
- [2] 廖爱生.生态环境建设中森林培育工作的重要作用和优化策略[J].东方文化周刊, 2023:187-189.
- [3] 刘朝中.浅析环境监测在生态环境保护中的实施策略[J].地产, 2023(17):0272-0274.

# Research on the construction of forest resource protection and community participation mechanism

Chengmo Yao Dingfeng Wang

Xingguo County Forestry Bureau, Ganzhou, Jiangxi, 342400, China

## Abstract

The protection of forest resources is closely related to forestry development. Due to the regional differences, China has gradually formed a different ecological environment. The development of forestry resources in the western region is limited, the number and area coverage rate of forest resources are low, and the local ecology is fragile, so the resource protection work is facing great challenges. This paper aims to explore the construction of forest resource protection and community participation mechanism, emphasizing the core role of community in forest resource management. By analyzing the theoretical basis of community participation, practice patterns, and their impact on forest resource conservation, this paper presents a comprehensive set of community participation mechanisms designed to promote the sustainable management of forest resources and the common development of communities.

## Keywords

forest resources protection; community participation; mechanism construction; sustainable development

## 森林资源保护与社区参与机制的构建研究

姚承模 汪丁峰

兴国县林业局, 中国·江西 赣州 342400

## 摘要

森林资源保护, 与林业发展有密切联系。而我国因地区差异, 逐渐形成了不同的生态环境。西部地区林业资源发展受限制, 森林资源数量和面积覆盖率较低, 加上当地的生态脆弱, 其资源保护工作面临着较大的挑战。本文旨在探讨森林资源保护与社区参与机制的构建, 强调社区在森林资源管理中的核心作用。通过分析社区参与的理论基础、实践模式及其对森林资源保护的影响, 本文提出了一套综合性的社区参与机制, 旨在促进森林资源的可持续管理和社区的共同发展。

## 关键词

森林资源保护; 社区参与; 机制构建; 可持续发展

## 1 引言

面对全球环境挑战的日趋严重, 森林资源的保存与管理已成为全球议题的重心。作为森林资源的首要实践者与监管者, 社区在森林保护领域的作用显得尤为关键。本研究通过深入的理论探讨, 旨在阐明构建高效社区参与模式的路径, 旨在促进森林资源的长效保护及社区发展的可持续性。

## 2 社区参与的理论基础

### 2.1 社区参与的概念界定

社区成员对决策过程的介入及对社区事务经营和发展的贡献构成了社区参与的概念。这种参与既可体现为直接形式, 诸如通过投票进程或会议参与, 也可采取间接途径, 如借由社区组织的中介或由代表进行。社区参与的广度覆盖了

信息的接收、咨询提供、协作实施、权力下放, 直至自我治理等多个层面。其表现形式多样, 既包括正式的组织内部活动参与, 也有非正式的社区活动参与情形。

### 2.2 社区参与的理论支持

#### 2.2.1 参与式发展理论

该理论着重指出, 发展项目应让受益群体亲身参与其中, 以确保项目的长期可行性和增强社区的自治能力。借助社区成员的直接介入, 不仅能更深刻地洞察社区的真实需求, 还能增强项目的适应力与执行效能。

#### 2.2.2 生态系统管理理论

该理论主张, 生态系统管理应根植于生态学的基本原则, 着重考虑系统内部各元素间的相互作用与依存关系。社区的积极参与被视作促进生态系统平衡与保护的关键途径, 原因在于社区居民往往拥有对本土生态系统深刻的见解及传统的管理模式经验。

【作者简介】姚承模(1976-), 男, 中国江西兴国, 本科, 工程师, 从事森林资源保护研究。

### 3 社区参与在森林资源保护中的作用

#### 3.1 社区参与的必要性

##### 3.1.1 森林资源的多样性与复杂性

森林生态系统因其生物多样性及物种丰富性展现出极高复杂度，这对管理者提出了复合型挑战，要求他们不仅要精通广泛的专业知识，还需具备长期实战历练。作为森林资源的首要接触者与实践者，社区居民对本土森林生态持有深刻且直观的认知。他们的主动介入，不仅能贡献源自一线经验的真知灼见，还能加速管理策略的地方性融合进程，极大增强了资源管理的实效性与成效。

##### 3.1.2 社区的传统知识与技能

在社区居民与森林资源的长期互动过程中，他们累积了大量源自传统的生活智慧和技术。这些知识与技能多通过家族世代相传，蕴含了对森林生态系统深度的认知及高效利用与保护自然资源的方式。于当代森林资源管理领域内，此类传统遗产展现出无可比拟的重要性。通过促进社区群众的积极参与，我们能确保这些珍贵的传统认知被继承并实践，不仅增强了管理策略与地方文化的贴合度，也促进了生态保育的可持续发展。

#### 3.2 社区参与的实际效果

##### 3.2.1 提高资源管理效率

社区成员直接介入管理流程，可有效精简管理体系，缩减决策层次，进而加速决策过程并增强实施效果。另外，相较于外来管理者，社区成员对其所处环境的深入了解拥有显著优势，使他们能提出更为精确且具操作性的管理策略。这种立足于本土认知的决策模式，保障了管理举措与实际情况的高度契合，从而全面增强了资源管理的效能。

##### 3.2.2 增强社区的自我保护能力

借助于投身于森林资源管理实践活动，社群成员能更全面地领会森林资源的重要价值及保护其的迫切性。这种实战型教育途径不仅巩固了社群成员的生态保护观念，也促进了他们自我防护技能的提升。具体来说，经由亲身管理的经历，社群成员得以掌握识别和应对外在生态风险的方法，实施有效保护策略的手段，以及如何借力社群协同来保障森林资源的长远福祉。这种自我保护能力的加固，对于推动森林资源的可持续经营管理具有核心意义。

### 4 社区参与机制的构建要素

#### 4.1 政策与法律支持

##### 4.1.1 制定相关法律法规

为确保社区有效参与到森林资源管理之中，政府承担着制定清晰法律法规的责任。这些法规需详尽阐述社区参与的权限与责任，涵盖参与方式、程序及必要的保护措施，以构建一个稳固且可预见的参与框架，从而激发社区成员在森林资源管理和保护上的主动参与度。

##### 4.1.2 提供政策激励

政府应当借助财政补贴与税收减免等政策措施，鼓励社区居民更加踊跃地加入森林资源管理和保护的实践之中。

此类政策激励机制既能有效缓解社区居民的经济压力，又能大幅提升他们参与的热情及持久度。通过精巧设计的政策激励体系，政府能够引导并促进社区居民采纳更为进取和高效的管理模式，进而强化森林资源保护的实际成效。

#### 4.2 组织与管理结构

##### 4.2.1 建立社区管理组织

为增进森林资源管理的成效与效率，建立以社区人员为核心的专项管理机构显得尤为重要。这些机构应被赋予清晰界定的责任与权力范围，旨在有力推动日常管理和保护活动的有效实施。通过此类机构的设立，不仅巩固了社区成员在森林资源管理中的主导角色，还增强了管理工作的结构性与系统化水平。

##### 4.2.2 明确管理职责与权限

确立社区管理机构的职责范围与权限界限是保障其运行效能的根本。这涉及明确该机构在资源配置、决策程序及执行能力方面的具体责任。此外，构建一套行之有效的监督体系同样是不可或缺的，旨在增强管理的透明度与公平性，同时遏制权力滥用与资源挥霍现象。

#### 4.3 教育与培训

##### 4.3.1 提升社区成员的环保意识

借助系统性的教育培训及宣传举措，能够显著增强社区居民的环境保护意识。这些举措应力图传递保护森林资源的重大意义与迫切性，阐明社区居民在此过程中的角色分工与责任担当。提升环保意识之举，旨在唤醒居民的内在动机，促使其更加积极主动地投身到森林资源保护的实践活动之中。

##### 4.3.2 增强社区成员的管理技能

为确保社区成员有效参与森林资源管理和保护工作，实施必要的教育训练显得极为关键。这些训练课程应涉及资源管理的基础理论、实用技能及现代管理技术的应用。透过此类训练，社区成员能获得核心管理技巧，不仅增强其在森林资源管理中的实践操作力，亦提升决策能力。

### 5 社区参与机制的实施策略

#### 5.1 参与式规划与决策

##### 5.1.1 社区参与规划过程

于森林资源管理策略的初步规划阶段，吸纳社区群体的参与成为验证规划合理性及实践效用的核心要素。借由大范围搜集并融合社区群体的反馈及提议，可保障规划蓝图更贴切地反映实践诉求及地域特色。这一参与型规划模式，既可增进社区群体对规划的认可度与执行意愿，又能加强规划的调适性与灵活度，从而在森林资源管理的多样挑战中实现更优应对。

##### 5.1.2 社区参与决策制定

在制定决策的过程中，赋予社区成员广泛的参与机会构成了达成决策民主化与公正性的基石。通过构建透明化的决策程序及体系，保障社区成员能有效表达个人见解与需求，进而在决策进程中担当实质性的角色。这种采纳参与式方法的决策形成过程，不仅能够增进决策的质量与效率，亦能加深社区成员的责任意识与群体归属感，有力推动决策的

顺畅执行与长期稳固。

## 5.2 资源共享与利益分配

### 5.2.1 公平的资源分配机制

构建一个公正的资源分配体系是前提条件，旨在保障社群成员能平等享有森林资源带来的益处。此体系应立足于公正透明的原则，确保每位社群成员在资源分配过程中拥有均等的机会与权利。通过实施公正的资源分配措施，不仅能缓解社群内部的摩擦与冲突，还能增进社群的团结与稳固性，为森林资源的长期可持续管理奠定一个和谐的社会基础。

### 5.2.2 合理的利益共享模式

构建合理的利益分配机制，对于保护社群成员的权益至关重要。这一机制应着眼于社群成员的真实需求及各自所作的贡献，力保他们在森林资源经营与保护工作中的辛勤付出能获得公正的回馈。通过科学的利益共享策略，不仅能够激励社群成员的积极性与创新精神，还促使他们更为主动地投身于森林资源的管理和保护事业之中，从而保障资源的高效利用与长远保护。

## 5.3 监测与评估

### 5.3.1 建立监测体系

构建一个高效的监控系统是对森林资源管理成效予以保障的核心环节。该系统需囊括周期性的资源现状监测及管理成效评价，加之及时的数据获取与剖析。透过这一监控机制，能够实现实时追踪森林资源的变动趋势与管理举措的实施进程，迅速识别问题所在并采取适应性调整策略，以确保管理模式的实效性与持久性。

### 5.3.2 定期进行效果评估

实施定期性的成效评估，对于保障森林资源管理的可持续性而言至关重要。这一过程应立足于严谨的科学方法及标准，全方位审视管理举措所达成的成效及其带来的影响。通过规律性的成效检验，不仅能够即时归纳实践中的得失，进一步完善管理策略，增强管理工作的效能与成果，而且还为决策者提供了坚实的实证基础，确保管理决策的科学性与预见性得以维系。

## 6 面临的挑战与对策

### 6.1 挑战分析

#### 6.1.1 社区参与的障碍

在森林资源管理范畴内，社区介入时常遭遇多维度挑战，核心难点可归纳为财政资源短缺、技术水平受限及信息获取不平衡。财政紧缩直接制约了社区人员参与管理活动的力度，技术水平不足阻碍了他们高效执行管理职能，而信息不对等可能导致他们在制定决策时缺少关键信息支撑。这些绊脚石不仅削弱了社区参与的广泛度与深入度，还可能负面影响管理成效，使之无法达到预期目标。

#### 6.1.2 外部环境的影响

外界环境的变动因素，诸如政策调整、市场起伏等，可能对社区参与活动的成效产生重要影响。具体而言，政策的变更可能重塑社区参与的法制环境与激励体系，而市场的不稳定性则有可能改写森林资源的开发利用模式及其经济

效益。面对这些外在环境的变化，倘若处理不够妥善，可能导致社区人员的参与动力和能力下降，进而影响到森林资源管理的总体效能。

## 6.2 对策建议

### 6.2.1 加强政策支持

为了解决社区参与进程中遇到的难题，政府需要强化政策扶持力度，确保资金与技术支持的到位。具体措施涉及：构建利于社区参与的财政补贴政策体系、启动技术辅助项目，以及建立健全信息资源共享平台。通过上述政策措施的实施，旨在有效缓和资金短缺、技术水平受限及信息不对等的现状，进而增强社区人员的参与度与管理水平。

### 6.2.2 提升社区能力

增强社区成员在森林资源管理中的作用关键在于提升其能力。这需要通过实施系统的教育项目和专业培训来达成，培训课程应包括森林资源管理的基础理论、实用技能以及现代化管理技术的应用。能力的提升使得社区成员能够更有效地参与到管理活动中，不仅增强了管理决策的科学性，还促进了执行效率的提升。

## 6.3 持续监测与反馈机制

### 6.3.1 建立持续监测体系

为了确保社区参与森林资源管理的长期有效性，建立一个持续的监测体系是至关重要的。这一体系应当包括定期的资源状态评估、社区参与度分析以及管理效果的跟踪。持续的观察和监控能帮助我们迅速识别出管理中存在的各种问题与挑战，为制定决策提供即时的数据基础，从而保证管理战略的适时调整和进一步完善。

### 6.3.2 实施反馈机制

实施有效的反馈机制是提升社区参与质量的关键。这种机制应该让社区成员与管理者之间建立双向的互动沟通，确保能够及时收集和分析社区成员提供的意见和建议。建立的反馈系统，不仅可以提高社群成员的参与和满意度，还能增加管理决策过程中的透明性和公平性。

## 7 结论

建立高效的社群参与体系对于森林资源保护意义重大。本文透过理论剖析与策略建议，突显了社群在森林资源治理中的中枢地位，并列举了一套实施策略，旨在推动森林资源的持续性管理和社群的共同繁荣。后续研究需探讨这些策略如何在多样化的生态环境和文化情境中应用，以期达成更广泛的实践价值。

## 参考文献

- [1] 赵刚. 基于林业森林资源管理的森林资源可持续发展策略[J]. 新农村, 2024, (07): 6466.
- [2] 赵博文. 全面推行林长制工作制度, 大力推动森林资源保护[J]. 中国林业产业, 2023, (12): 124125.
- [3] 赵栋昌. 贵州雷公山苗族文化与森林生态耦合研究[D]. 贵州大学, 2021. DOI:10.27047/d.cnki.ggudu.2021.000022.
- [4] 吴建男. 从“动员”到“志愿”: 新型城镇化中都市社区参与机制的转型[D]. 苏州大学, 2014.

# Discussion on the problems and countermeasures in the environmental impact assessment of construction projects

Yanqing Yang Fuyun Zhang Yanli Mu

Yunnan Yizuo Environmental Technology Co., Ltd., Xiangyun, Yunnan, 672100, China

## Abstract

This paper deeply analyzes the problems existing in the legislation, technology, law enforcement and public participation of environmental impact assessment (EIA) of construction projects in China, and points out that the lag of legislation, the slow update of technical specifications, the lack of law enforcement supervision and the formalization of public participation seriously restrict the scientificity and effectiveness of environmental impact assessment. In view of these problems, this paper proposes countermeasures and paths such as improving the legal system, enriching evaluation methods, strengthening law enforcement, and deepening public participation. By improving laws and regulations, introducing advanced evaluation technology, optimizing the supervision mechanism, and enhancing the transparency of information disclosure, it aims to improve the scientific and authoritative nature of environmental impact assessment, and then promote the coordinated development of construction projects and environmental protection, so as to provide institutional guarantee for the realization of sustainable development goals.

## Keywords

environmental impact assessment; institutional deficiencies; technical specifications; executive supervision; Countermeasures and suggestions

## 建设项目环境影响评价中存在的问题与对策探讨

杨彦青 张富运 沐艳丽

云南翊佐环境科技有限公司, 中国·云南 祥云 672100

## 摘要

本文深入分析我国建设项目环境影响评价(EIA)在立法、技术、执法以及公众参与等方面存在的问题,指出立法滞后、技术规范更新缓慢、执法监督乏力以及公众参与形式化等问题严重制约环境影响评价的科学性与有效性。针对这些问题,本文提出了健全法律体系、丰富评价方法、强化执法力度以及深化公众参与等对策与路径。通过完善法律法规、引入先进评价技术、优化监督机制以及增强信息公开透明度等措施,旨在提升环境影响评价的科学性和权威性,进而推动建设项目与环境保护协调发展,以此为实现可持续发展目标提供制度保障。

## 关键词

环境影响评价; 制度缺陷; 技术规范; 执行监督; 对策建议

## 1 引言

随着经济的快速发展,建设项目数量不断增加,其对环境的影响日益凸显。环境影响评价作为预防建设项目环境风险、推动可持续发展的重要手段,其科学性和有效性至关重要。当前我国建设项目环境影响评价在立法、技术、执法以及公众参与等方面仍存在诸多问题,因此,深入剖析现有问题并提出针对性地解决路径,对于完善环境影响评价体系、推动建设项目与环境保护协调发展具有重要意义。本文旨在分析当前建设项目环境影响评价存在的问题,并提出相应的对策与路径,以期为我国环境影响评价制度的优化提供参考。

## 2 建设项目环境影响评价中存在的问题

### 2.1 立法滞后, 法律体系支撑不足

在立法层面,环境影响评价的相应法律体系存在一定问题,这种所谓的问题主要表现在立法层次以及法律规范两个方面。一旦在立法过程中出现层次低、规范弱的情况,整个环境影响评价制度体系的支撑力将明显降低。所谓的环境影响评价法律多以行政法规、地方性规章为主,其并未根据自身发展的实际情况细化出满足要求的独特法规体系,此情况的出现直接导致环境影响评价体系在实际操作中无法形成有效的约束力。法律条文方面,现有的环境影响评价法律条文在内容上存在严重的“原则化”现象,所谓的原则化是指整个法律条文在撰写的过程中并未进行明确且具体的规范,后期落实的过程中常出现无法适应的情况,进而影响建设项目的环境影响评价效果。各地区相关部门在规划地区经

【作者简介】杨彦青(1989-),男,中国云南祥云人,工程师,从事生态环境工程与咨询类研究。

经济发展的过程中,其常将“经济效益”放在第一位,当在经济效益与环境保护之间出现利益冲突时,所谓的立法规范以及法律文件无法进行有效的利益取舍,甚至最终还会出现经济增长完胜环境保护的情况<sup>[1]</sup>。

## 2.2 方法单一,技术规范更新滞后

环评方法缺乏对非显性、非确定性环境风险的有效识别与处理能力,导致评估结果难以准确预见长期性与潜在性的环境风险。这种方法的单一性不仅制约了评价的科学性与准确性,也使环境影响评价在应对新兴环境问题时存在明显的适应性不足。技术规范的更新滞后进一步加剧了方法单一问题的严峻性。现有的环境影响评价技术标准多基于早期的环境管理需求与技术水平,未能及时反映新兴环境问题与科学技术发展的要求。技术规范的滞后性导致环评在实际应用中缺乏统一的技术标准与评估指标,规范的适用性与前瞻性严重不足。此外,技术标准在生态系统复杂性、社会影响因素与跨区域环境影响等方面的规范缺失,导致评价方法难以有效覆盖建设项目的全生命周期与跨区域环境影响范围。技术规范更新滞后不仅削弱了环境影响评价的科学性与权威性,还使其在应对环境风险与制定环境管理决策时缺乏有效的技术支撑<sup>[2]</sup>。

## 2.3 执法乏力,监督机制衔接不畅

监督机制的衔接不畅也使得环境影响评价的执行效果难以保障。当前的环境监管体系存在条块分割与职能交叉的问题,各部门之间的信息共享与联动协调机制严重缺失,导致监管效率低下。环境影响评价的后续监督机制主要依赖地方政府的监管能力与意愿,缺乏独立的第三方监督与评估体系。监管过程中的信息不透明与反馈机制不完善,使得环境影响评价难以形成完整的监管闭环。监督机制在跨区域环境问题与长期性环境影响方面的监管空白,进一步削弱了环境影响评价的实际效能与科学性。执法层面,现有的执法体系无法有效满足实际要求,相关部门在落实执法体系时经常以“工作难度”为借口,未能按照实际要求细化落实各方工作。一些地区的执法机构严重缺乏执法人员,甚至有些地区还出现“3—5人”管理一个地区的情况,这种情况的出现不仅无法有效应对繁重的执法任务,同样也容易降低环境治理体系的权威性<sup>[3]</sup>。

## 2.4 参与形式化,信息公开透明不足

建设项目的环境影响评价不能只关注执法、立法以及评价技术三个方面,相关管理人员需明确“公众参与”以及“信息公开”的真实作用。现阶段,部分地区在推进环境影响评价工作时,相关管理人员虽按照相关要求落实公众参与工作,其所落实的细节仍停留在表面。在一些大型的环境影响评价中,部分公众所提出的有效意见无法得到正确采纳,甚至有些地区将公众意见只停留在“意见”层面。公众在听取环境影响评价报告时所提出的各项问题,相关负责人只是按照好的方向去解答,在后期落实中仍是“换汤不换药”,

只是根据自己所说的内容将表面问题处理完毕。信息公开方面,部分地区以减少不必要因素为由,未按照实际要求定期将实际的环境信息进行有效公开。即使在公开的过程中,相关公开单位也未按照相关要求将公开渠道、查阅方式告知公众。同样,现有的信息公开形式多以简报或公告的形式呈现,所发布的信息中仅限对于事件、问题的总结,公众无法获取整个事件的发生原因以及处理过程,进而降低信息的可理解性与透明度<sup>[4]</sup>。

# 3 建设项目环境影响评价的对策与路径

## 3.1 健全法律体系,完善制度保障

健全完善的法律法规体系是科学推进建设项目环境影响评价工作的基础环节,相关管理人员需明确,健全的法律并非传统意义上的“强化监管力度”。在具体的落实中,立法机构需结合地区建设项目环境影响评价的实际情况,设立专门的“环境影响评价法”。此法律在设立的过程中,需明确环境影响评价程序的整个技术规范,然后针对具体需求来科学完善环境影响评价的审批条件,进而避免所设定的法律条文过于原则化。为有力推进后期的公众监管工作,立法过程中需将“公众参与机制”细化为详细的法律条文,以此来完善公众参与的监督与管理机制。完善制度保障方面,相关管理人员需将规划环评与项目环评进行有效衔接,并基于相应的法律文件进行科学细化。通过实际的立法来明确规划环评的前置性,要求未通过规划环评的建设项目不得直接进入项目环评阶段。两个环评之间须有前后顺序,禁止前一环评未结束前直接进入后一环环评阶段。同时,环评人员需明确建设项目在运行过程中一旦“超限”的情况,项目管理方必须重新组织开展环境影响评价工作<sup>[5]</sup>。

## 3.2 丰富评价方法,提升技术支撑

相关人员需改变自身传统的评价理念,针对现有评价体系细化落实相应评价工作。结合实际情况积极引进现阶段较为成熟的综合评价方法,在综合性评价方法的选择中,相关技术人员可着重考虑“生态足迹分析评价法”“生命周期评价法”这两者。这两种评价方法能够对建设项目进行全面性评估,进而生成出整个建设项目的资源消耗指数,以此来有效稳定建设项目地区的生态系统。同样,在具体评估中,评估人员需将建设项目地区的大气、水体、土壤以及生物多样性等多维评价指标纳入最终的评价体系中,通过现有的复合型评价方法来科学进行环境影响评价的各项工作。技术支撑方面,需加强对现代化新型技术设备的使用力度,并针对不同的评价体系、技术要求来选择最佳的技术方法。在实际评估过程中,相关部门可基于互联网平台,将大数据分析技术、GIS技术以及无人机监控技术进行高效整合,进而构建一套全流程、高水平的动态化环境监测系统。此监测系统能够对建设项目进行实时的环境影响评估,进而针对各项问题迅速做出科学决策。如图1。

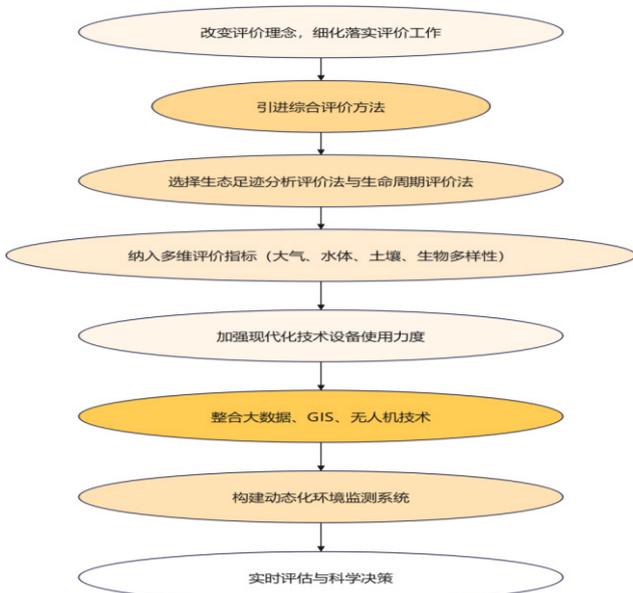


图1 建设项目环境影响评价技术支撑路径图

### 3.3 强化执法力度，优化监督机制

通过立法机制来逐步推进国家环境监察委员会（环境监察委）的设立工作，所谓的环境监察委应独立于地方政府部门而单独存在，其只受国家级行政机关的领导。环境监察委员会所行使的各项权力相对独立，其能够独立执法，并针对严重环境问题履行自身的监督职责。环境监察委需在各个地区有专门的工作单位，结合所在地区的建设项目环境影响评估需求来规划具体的部门规模。监督机制方面，各地区政府部门、环境保护部门以及国家环境监察委员会应共同组成地区环境监督小组，此小组成员将从以上各部门中抽调，并针对实际监督需求来建立事前、事后以及事终全过程的动态监督体系。同样，应根据实际需求引入第三方评估机制，以此来规定大规模建设项目需经过独立评估机构的审定与评估。

### 3.4 深化公众参与，增强信息透明

深化公众参与机制是加快推进建设项目影响评价工作的核心环节，相关部门需结合自身发展的实际情况科学落实相关工作。通过引入国家级信息平台来扩大信息的传播范围，在确保公众能够及时了解各种环境信息的同时，还能够提高公众参与环境监管的积极性。所谓的信息公开平台能够整合本地区不同监管部门的各项监测数据，并在此基础上

融合相应的环保评估材料。资料上传的过程中需要经过多部门的真实审核，各部门审核通过后，系统会将相应资料信息转载到国家级信息平台中公布。同样，建设项目在进行环评公示时，需积极听取各方公众意见，对于公众所提出的意见建议应进行认真分析。建设项目还应定期组织“线下听证会”，积极邀请行业内不同专家、地区监管部门以及地区公众，进而拓展公众参与机制。如图2。



图2 智慧环保大数据平台

## 4 结语

综上所述，当前建设项目环境影响评价在立法、技术、执法以及公众参与等方面存在相应问题，这些问题的出现严重制约建设项目环境影响评价的科学性。为此，本文提出健全法律体系、丰富评价方法、强化执法力度以及深化公众参与的相应对策，针对不同对策细化不同的实施方案，以此来确保能够有效解决现存的各项问题。其不仅有助于推动建设项目与环境保护协调发展，同样也能够为实现可持续发展目标提供基础性保障。

### 参考文献

- [1] 刘艳,唐伟,郑涓,等.简析建设项目环境影响评价中防护距离的确定[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(02):130-131.
- [2] 李春燕.化工建设项目环境影响技术评估工作要点探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(01):191-194.
- [3] 桑红香.规划环境影响评价在生态城市建设中的应用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(24):170-171+174.
- [4] 黎新月.建设项目环境影响评价中存在的问题及预防策略分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(21):191-193.
- [5] 刘芳,刘晓龙.电镀专业园区内建设项目环境影响评价编制要点[J].广东化工,2024,51(21):88-90.

# New ideas for comprehensive utilization and disposal planning of solid waste under the background of new urbanization

Zhenhui Yuan

Guangdong Oujie Environmental Technology Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528300, China

## Abstract

With the acceleration of the new urbanization process, the problem of solid waste is becoming increasingly prominent, which poses a severe challenge to the environment and sustainable development. The paper points out that the comprehensive utilization of solid waste is of great significance to resource protection, environmental protection and economic development, and is the key way to realize the harmonious coexistence between man and nature. However, at present, the comprehensive utilization of solid waste is faced with problems such as industrial coordinated development, technology application, shortcomings of policy and management, and imperfect collection and transportation system. In order to solve these problems, this paper proposes a series of new ideas: promote the coordinated development of solid waste treatment and industry to form a complete industrial chain, comprehensively apply recycling, heat recovery and biological treatment to improve the efficiency of resource utilization; strengthen policy publicity, build special environmental education and publicity mechanism; improve the collection and transportation system, and improve the transportation efficiency and safety.

## Keywords

background of new urbanization; comprehensive utilization of solid waste; new ideas

---

## 新型城镇化背景下固废综合利用与处置规划新思路

袁振辉

广东欧节环境科技有限公司, 中国 · 广东 佛山 528300

## 摘要

随着新型城镇化进程的加速, 固废问题日益凸显, 对环境与可持续发展构成严峻挑战。文章指出, 固废综合利用对资源保护、环境保护、经济发展具有重要意义, 是实现人与自然和谐共生的关键途径。然而, 当前固废综合利用面临产业协同发展困境、技术应用难题、政策与管理短板及收集运输体系不完善等问题。为解决这些问题, 文章提出了一系列新思路: 推动固废处理与产业协同发展, 形成完整产业链; 综合应用回收再利用、热回收、生物处理等技术, 提高资源利用效率; 强化政策宣传, 构建专项环境教育与宣传机制; 完善收集运输体系, 提升运输效率与安全性。

## 关键词

新型城镇化背景; 固废综合利用; 新思路

---

## 1 引言

城镇化发展进入了黄金阶段, 在飞速发展的背后, 环境逐步恶化, 其主要因素是固废垃圾数量爆发性增长, 污染防治严重迫在眉睫。本文在分析我下固废综合利用对社会发展的重要性, 结合实际情况给出固废综合利用的法律意见, 为后续固废综合利用提供了理论支撑, 同时具有一定的实践价值。

## 2 新型城镇化背景下固废综合利用的重要性

新型城镇化是指以人为核心, 以可持续发展为导向, 注重城乡一体化、产业升级、生态保护、社会和谐等多方面发展的城镇化模式。在新型城镇化过程中, 需要充分考虑固废处理与资源回收在可持续性、生态保护、智慧化管理等方面的要求, 实现城镇化与环境保护的良性互动。固废综合利用对资源保护、环境保护、经济发展和社会可持续发展都具有重要意义。不仅有助于解决固废处理问题, 还能推动循环经济的发展, 实现人与自然的和谐共生。

通过综合利用固废, 可以将其中有价值的部分转化为可再利用的资源, 减少对原始资源的依赖, 实现资源的最大化利用。综合利用固废可以减少对土地、水体和空气的污染,

---

【作者简介】袁振辉 (1993-), 男, 中国广东佛山人, 硕士, 助理工程师, 从事生态环境治理研究。

降低对生态环境的损害,保护人类健康和生态平衡,有助于构建资源节约型和环境友好型社会,推动可持续发展目标的实现。此外,固废综合利用需要技术创新和产业升级,促进回收和再利用技术、热回收技术、材料回收技术等技术的进步和经济发展。

### 3 新型城镇化背景下固废综合利用中存在的问题

#### 3.1 产业协同发展困境

城镇化的快速发展使得废垃圾数量呈现级数增长态势,大量垃圾随意堆放与处置,对当地环境造成破坏,还威胁着村民的健康。在产业协同方面,固废处理与其他产业之间缺乏有效的融合,难以构建起完整的产业链,各产业之间信息交流并不顺畅,资源共享程度较低,这就导致固废处置与生态修复等项目难以协同推进。比如部分地区在完成开采后,矿山产生的废固未能得到有效的处理,占用了大量的土地资源,还可能引发灾害,无法与周边产业形成互补,造成资源浪费以及环境污染这两个方面的问题,难以达成废固的资源化以及区域环境的改善。

#### 3.2 技术应用难题

一些固体废弃物的综合利用面临着技术方面的瓶颈,对其中有价值的成分给予回收时,存在难以有效分离的状况,比如电子废物里多种金属以及稀有金属相互混杂在一起,导致分离技术的难度颇大。回收过程所消耗的能量较高,比如废塑料回收加工时,要耗费大量能源来开展清洗、融化等工序,还存在产生二次污染的可能性。在废旧电池回收处理过程中,如果技术未达到要求,处理期间会释放出重金属污染物,对土壤以及水体造成二次危害。综合利用技术的成本相对较高,这使得经济效益不太较大,缺乏市场竞争力,让企业在采用先进技术时心存顾虑,对固废综合利用技术的推广应用形成了妨碍。

#### 3.3 政策与管理短板

由于缺乏清晰明确的政策支持及相应规范,导致企业参与固废综合利用的积极性较低,政策补贴未能达到应有的到位程度,税收优惠政策也存在不够完善的情况,这使得企业在对固废进行综合利用时面临着较高的成本,难以获取较为可观的经济效益。不同地区在固废综合利用水平以及资源条件方面存在着较大差异,发展呈现出不平衡的态势。经济发达地区在技术、资金以及政策等方面有优势,固废综合利用水平相对较高;而经济基础较为薄弱的地区,很难达成集中收运以及无害化处理,并且缺少专业的固废处理设施以及技术人才,公众对于固废综合利用的关键性认识不够充分,缺乏参与和支持的意识,这同样不利于固废综合利用工作的推进。在管理层面,固废处理涉及财政、土地、生态等多个部门,部门之间协调存在险阻,统筹规划也有所欠缺,影响到固废治理的效率。

#### 3.4 收集运输体系不完善

城镇化进程快速推进期间,人口不断向城镇集中,使得固体废弃物的产生量急剧攀升,然而与之相对应的收集运输体系却存在着诸多方面的欠缺。在城镇里的一些老旧小区及城乡结合区域,垃圾收集设施分布状况不均衡,并且老化程度极为严重,部分垃圾桶出现破损情况,且处于满溢状态,难以及时收集居民所产生的固体废弃物,导致垃圾被随意丢弃在路边或者公共场所。收集频率并不合理,一些地区垃圾收集不够及时,垃圾长时间堆积,散发出难闻的气味,还容易滋生蚊蝇等害虫,传播疾病。在运输环节方面,运输车辆的配置同样不合理,部分运输车辆密封性较差,在运输过程中会出现垃圾泄漏以及遗撒的现象,对道路环境造成二次污染。而且缺少统一的调度管理系统,运输路线规划不够科学,导致运输效率较为低下,增加了运输成本,也对固体废弃物及时运往处理场所进行处理造成了影响。

### 4 新型城镇化背景下固废综合利用与处置

#### 4.1 产业协同发展

固废处理要实现与产业的协同发展,形成完整的产业链,提高经济效益和可持续性。将固废处置与生态修复相结合,开展土地复垦和再利用项目,改善城镇生态环境。例如,京津冀水源涵养功能区典型固废协同利用集成示范就实现了固废资源化,通过开展多源矿山固废特征识别及对水源涵养功能稳定性影响规律研究,研发固废全量资源化、高值化利用和协同处置的核心技术与装备,破解矿山开发对水源涵养能力提升带来不利影响的瓶颈技术问题,为矿产资源产业集聚区提供固废跨产业综合利用的绿色循环发展综合解决方案。项目的研发和产业化可有效提升区域水源涵养能力和稳定性。

#### 4.2 综合多种固废处理技术

在新型城镇化过程中,需要充分考虑固废处理与资源回收在可持续性、生态保护、智慧化管理等方面的要求,综合治理各项固体污染,推动发展回收和再利用技术、热回收技术、生物处理等技术类型,突出高质量发展要求,落实绿色发展理念。

##### 4.2.1 回收和再利用技术

回收和再利用技术是固废综合利用的重要手段,主要包括废纸回收、废金属回收、废塑料回收、建筑废物回收等。通过回收废纸并进行加工处理,可以生产再生纸,减少对森林资源的依赖。废金属回收主要负责回收各种金属废料,如钢铁、铝、铜等,经过冶炼和加工后重新使用。废塑料回收对废塑料进行分类、清洗和加工,制成再生塑料制品,降低对原材料的需求。电子废物回收可以回收电子设备中的有价值组件,如金属、塑料和稀有金属,减少对稀有资源的开采。此外,回收建筑拆迁产生的废物,如砖块、混凝土等,可以用于新的建筑工程或再生骨料生产。回收和再利用技术不仅

可以减少固废的数量,降低环境污染,还能节约资源,提高资源利用效率。新的回收和再利用方法也在不断涌现,为固废的综合利用提供了更多的可能性。同时,公众的环保意识和参与度的提高也对回收和再利用技术的推广起到了积极的推动作用。

#### 4.2.2 热回收技术

热回收技术是一种将固体废物中的热能转化为可用能源的技术,常见的热回收技术包括焚烧、热解和气化等。其中,热解技术是世界高分子质能研究前沿技术之一,广泛应用于废轮胎、废塑料、污泥、生物质、废矿物油等废弃物无害化、资源化处理,是固废危废最重要的终极处理手段。

例如,在固废垃圾热解气化能源回收站中,首先分拣生活垃圾,剔除不易燃烧的物质,然后将余下的生活垃圾从低温热解处理器炉顶侧面进料口送入热解炉热解,炉体内模拟地球微量磁场环境,投入的生活垃圾经一次加热启动将垃圾加热至热解温度,通入经磁化激活后的气体提高导热效能,生活垃圾开始自动分解,释放的有机物热能提供持续反应条件,同时分解出水蒸气和矿物质灰分,滤渣和炉灰经炉底部排灰口排出。固废垃圾热解气化能源回收站热解过程产生的烟气由下至上通过烟气净化处理设备处理后,将达标的无烟无异味气体排放。

#### 4.2.3 生物处理技术

生物处理技术具有环境友好、成本较低等优点,但处理过程可能相对较慢,并且对于某些类型的固废可能不太适用。在实际应用中,需要根据固废的特性和处理要求选择合适的生物处理技术,并结合堆肥、厌氧消化、生物发酵等不同手段,以达到最佳的处理效果。同时,生物处理技术的实施也需要注意操作条件的控制,以确保微生物的生长和代谢活动正常进行。

#### 4.3 强化政策宣传

固废综合处理是一项长期性工作,要开展专项环境教育与宣传工作。在发展过程中也要从辩证法的角度出发,明确分析垃圾处理中存在的各项问题,建设有效的场景,针对各种场景进行有效的组织,进而实现治理目标。

要采取调查问卷、入户走访等多种方式,构建出适应当地发展的垃圾处理模式,在明确价值取向的基础上,不断寻求认同,加强实践—认识—在实际的过程,利用闭环的管理机制,利用当地的党员资源构建监督小组。固废综合处理建设周期较长,需要统筹财政,土地,生态等多个部门。涉及的人员、物资较为复杂,可以成立特别的规划小组,全面统筹,因地制宜进行综合治理,保证固废治理进入快车道。要协调各个执行部门之间的关系,通过有效的资金管理组织,最大程度上规避生态风险,考虑整个固废处理和综合利

用过程的成本,包括建设、运营、维护等阶段,比较不同固废综合利用方案的经济效益,选择最优方案。强化危险废物监管方面,应动态更新危险废物重点监管单位清单,纳入全国固体废物管理信息系统统一管理。同时,强化危险废物日常环境监管,包括加大危险废物规范化管理考核力度、加强危险废物经营单位执法检查、推进企业环境信用评价、提升信息化监管能力。

#### 4.4 完善收集运输体系

增加对固体废弃物收集设施的投入力度,科学规划垃圾收集点的布局状况。在老旧小区以及城乡结合部地区,根据居民的分布情形增设垃圾收集点,及时更替老旧、破损的垃圾桶,以此保证垃圾可被及时收集处理。优化垃圾收集频率,按照不同区域固体废弃物产生量的差别,制订个性化的收集计划,比如在商业繁华区域增加收集的次数,在居民小区合理安排收集的时间,防止垃圾堆积现象。

对于运输车辆实施升级改造工作,以此提升车辆的密封性,防止垃圾出现泄漏情况。构建统一的运输车辆调度管理体系,借助大数据以及智能算法,科学地规划运输路线,达到提高运输效率以及降低运输成本的目的。例如,借助实时监控交通状况,避开拥堵路段,合理安排车辆行驶路径,保障固废可高效且安全地运输至处理场所。强化对运输人员的培训,提升他们的环保意识与操作技能,规范运输行为,杜绝垃圾遗撒等问题的发生。此外,还应积极引入先进的智能监测设备。在垃圾收集点和运输车辆上安装传感器,实时监测垃圾的堆积量和车辆的运行状态。通过这些数据,能更精准地调度车辆和安排收集工作,进一步提高收集运输效率。同时,鼓励社会资本参与固废收集运输体系建设,以多元化的投资推动体系不断完善,为固废综合利用奠定坚实基础,助力新型城镇化的绿色发展。

### 5 总结

城镇化进程快速推进,在高速发展的同时,环境逐步恶化,要加强技术研发、提高公众意识、建立有效的收集和运输体系、加强数据统计和监测等措施,以推动固废综合利用的健康发展。

#### 参考文献

- [1] 陈露<sup>1</sup>,王玺尧<sup>1</sup>,李鑫<sup>1</sup>等.丰县大宗固废综合利用技术途径及产业布局优化研究[J].环境保护科学,2023,第49卷(4):64-67.
- [2] 赵馨怡,曾凡,张晓娟等.焚烧飞灰、市政污泥、农林固废的综合利用研究进展[J].中国资源综合利用,2023,第41卷(6):127-133
- [3] 马懿,郑仁栋,周志昊,等.生活垃圾焚烧飞灰处置技术与应用瓶颈[J].环境工程,2022(5):237-243.

# Overexploitation of groundwater resources and sustainable management countermeasures in the process of urbanization

Hong Jiang

Kaiyuan River Reservoir Management Station, Kaiyuan, Yunnan, 661699, China

## Abstract

With the acceleration of the urbanization process, the over-exploitation of groundwater resources has become a serious problem in many parts of the world. Urbanization has brought about a large amount of industrial, agricultural and domestic water demand, resulting in the consumption rate of groundwater resources far faster than its natural recharge rate. The excessive exploitation of groundwater not only has a negative impact on the ecological environment, but also causes a series of problems such as water level drop, ground subsidence, brine intrusion and so on, which seriously threatens the sustainability of regional water resources. Therefore, how to rationally use groundwater resources in the process of urbanization and formulate effective water resources management countermeasures has become an important topic to be solved urgently. By analyzing the causes of excessive exploitation of groundwater resources and its impact on the environment, this paper discusses the countermeasures of sustainable management of groundwater resources, and puts forward a series of practical suggestions, in order to provide theoretical support and policy guidance for the sustainable utilization of groundwater resources.

## Keywords

groundwater resources; over-exploitation; urbanization; sustainable management; countermeasures

# 城市化进程中地下水资源过度开采问题及可持续管理对策

江洪

开远市河库管理站, 中国 · 云南 开远 661699

## 摘要

随着城市化进程的加速, 地下水资源的过度开采已成为全球许多地区面临的严重问题。城市化带来了大量的工业、农业和生活用水需求, 导致地下水资源的消耗速度远起其自然补给速度。地下水的过度开采不仅对生态环境造成了负面影响, 还引发了诸如水位下降、地面沉降、盐水入侵等一系列问题, 严重威胁到区域水资源的可持续性。因此, 如何在城市化进程中合理利用地下水资源, 制定有效的水资源管理对策, 已成为亟待解决的重要课题。本文通过分析地下水资源过度开采的原因及其对环境的影响, 探讨了可持续管理地下水资源的对策, 并提出了一系列实践性建议, 以期对地下水资源的可持续利用提供理论支持和政策指导。

## 关键词

地下水资源; 过度开采; 城市化; 可持续管理; 对策

## 1 引言

随着全球城市化进程的加速, 地下水资源逐渐成为城市供水的主要来源之一, 尤其在一些干旱和半干旱地区, 地下水几乎是唯一的水源。然而, 随着人口的增加和工业、农业用水需求的不断扩大, 地下水资源的开采量迅速增加, 超过了其自然补给速度。过度开采地下水不仅导致地下水位持续下降, 还引发了诸如地面沉降、生态环境恶化和水质恶化等一系列问题, 严重影响了地下水资源的可持续利用。

本文旨在探讨城市化进程中地下水资源的过度开采问

题, 分析其原因及后果, 提出针对地下水资源可持续管理的对策, 并结合具体案例进行实证分析, 以期对地下水资源的管理提供可操作的方案。

## 2 地下水资源过度开采的现状与成因

### 2.1 地下水资源过度开采的现状

地下水, 作为全球最重要的水资源之一, 广泛应用于农业灌溉、工业生产和居民生活用水中, 尤其是在许多缺水地区, 地下水往往是主要的水源。然而, 随着全球城市化进程的不断加速和人口的持续增长, 地下水的开采量在许多地区急剧增加, 已经远远超过了自然补给的能力。地下水的过度开采不仅对生态环境产生了深远的影响, 而且对经济发展、社会稳定以及人类生活质量造成了威胁, 成为许多国家和地区亟待解决的重要问题。

【作者简介】江洪 (1969-), 男, 中国云南建水人, 本科, 副高级工程师, 从事水资源管理研究。

根据世界银行的数据,全球约有20%的地下水资源被过度开采,尤其是在亚洲、非洲和拉丁美洲的干旱和半干旱地区,地下水开采量已达到或超过可持续水平。地下水作为重要的水源,尤其是在缺水地区的农业灌溉、工业生产和居民生活用水中,占据着至关重要的位置。然而,长时间的过度开采和缺乏有效的管理措施,导致许多地区的地下水资源已经超出了自然补给能力,形成了严重的水资源危机。

### 2.1.1 中国南方地区的地下水过度开采现象

中国南方地区近年来也面临地下水过度开采的问题,其影响与北方地区有所不同,但同样严峻。以中国云南省为例。中国云南省作为西南地区的重要省份,其地下水过度开采问题与当地自然条件、经济发展模式及气候变化等多重因素相关。

区域性超采明显,云南省地下水开采主要集中在滇中、滇东南等经济较发达或农业密集区,如昆明、玉溪、曲靖等地。这些区域因城市扩张、工农业需求大,地下水位持续下降,部分区域形成“漏斗区”。

喀斯特地貌加剧脆弱性,云南广泛分布的喀斯特地貌(如文山、红河州)导致地下水系统复杂且敏感,超采易引发地面塌陷、泉水断流等问题。例如,昆明市过去曾因过度开采导致翠湖断流、地面沉降。

季节性依赖突出,云南干湿季分明,旱季(11月至次年4月)地表水短缺,农业灌溉和居民生活高度依赖地下水,加剧超采。

### 2.1.2 印度地下水过度开采的严峻形势

印度的地下水开采问题也是全球水资源危机的典型代表。印度是全球地下水开采量最大的国家之一,尤其在农业灌溉方面,地下水的利用占据了极其重要的地位。然而,过度开采地下水已导致该国许多地区出现了严重的地下水危机。在印度北部和西部地区,地下水位的下降速度已经达到了令人担忧的程度,部分地区甚至出现了“地下水荒”的局面。

印度北部和西部的干旱地区,农业灌溉依赖地下水供应。由于灌溉需求巨大,地下水被过度抽取,用于农业灌溉和工业生产,导致地下水资源持续枯竭。尤其是在春夏季节,农田灌溉的需求加大,地下水开采量迅速增加,远远超过了地下水的自然补给能力。根据相关调查数据显示,印度地下水开采量已是可持续开采量的两倍以上,造成了地下水位的持续下降,许多地区的地下水位已下降了几米甚至几十米。这种情况不仅影响了农业生产,也对居民的日常生活造成了极大的压力。

在一些缺水严重的地区,地下水已成为唯一的饮用水来源。当地居民不得不依赖地下水并取水。然而,由于地下水的过度开采,水源枯竭的速度加快,甚至出现了“地下水荒”,即地下水已无法满足当地居民的基本需求。特别是在一些较为贫困的农村地区,水资源的匮乏导致了严重的生活

困境和社会矛盾。许多地区的农民不得不依赖深井抽水,但深层地下水的开采往往需要更高的成本和更多的能源,这进一步加剧了贫困和资源不平等的问题。

### 2.1.3 地下水过度开采带来的生态与经济影响

地下水的过度开采不仅仅是水资源短缺的问题,还伴随着许多生态环境和经济发展方面的负面影响。地下水的过度开采导致地下水位持续下降,地面沉降、土壤盐碱化、水质污染等问题日益严重。地面沉降是地下水过度开采的直接后果,许多地区因为水位下降而发生了地面沉降,导致建筑物、道路、桥梁等基础设施出现裂缝、倾斜甚至倒塌,严重影响了居民生活和工业生产的正常运行。

同时,地下水的长期过度开采导致了水源的枯竭,尤其是在农业灌溉依赖地下水的地区,水资源的短缺已成为农业生产面临的主要问题。水资源的匮乏加剧了农业生产的不稳定性,影响了粮食产量和农民的收入,甚至导致农田荒废。此外,地下水过度开采带来的生态损害,也严重影响了当地的自然环境,许多湿地和生态系统因地下水的枯竭而遭受破坏,生物多样性受到威胁。

地下水资源的过度开采不仅影响了生态环境的稳定,也对社会的经济稳定造成了威胁。长期的水资源短缺和水质恶化,迫使政府增加水资源的供应和管理投入,给国家经济带来了沉重的财政负担。过度开采地下水也影响了工业用水的稳定供应,尤其是水密集型行业,进一步加剧了工业生产的成本压力。

## 2.2 地下水过度开采的成因

**人口增长与城市化:**随着全球人口的不断增加和城市化进程的加速,城市对水资源的需求日益增加。城市的用水需求涵盖了居民的饮用水、工业用水和农业灌溉用水等多个方面。在一些城市,尤其是在干旱和半干旱地区,地下水成为供水的主要来源。由于城市化快速发展,水资源的开发和利用无序,导致地下水开采量过大,超出了自然补给的能力。

**农业灌溉的高需求:**农业用水占全球地下水开采总量的约70%以上,尤其是在一些干旱地区,地下水常常是农业灌溉的主要水源。在这些地区,由于缺乏有效的灌溉技术和水资源管理措施,大量的地下水被过度开采用于灌溉,导致水位下降,甚至出现地下水枯竭的现象。

**工业化进程的推动:**工业用水是地下水开采的重要因素之一,特别是水密集型行业(如制药、纺织、钢铁等行业)需要大量的地下水资源。随着工业化进程的推进,许多城市和地区的地下水开采量逐渐增加。虽然一些工业区已采取水循环利用措施,但仍然难以缓解地下水资源的过度开采问题。

**管理与政策缺失:**在一些国家和地区,地下水资源的管理存在严重的滞后,缺乏有效的监管机制和政策支持。地下水的管理多由地方政府进行,但由于资金、技术、法律等方面的制约,管理措施无法有效实施,导致地下水资源的开

采量过大。缺乏科学的水资源管理规划,使得地下水的过度开采成为难以控制的问题。

### 2.3 地下水过度开采的环境影响

**水位下降与地面沉降:** 过度开采地下水的最直接后果是水位持续下降。水位下降不仅影响地下水的可持续利用,还可能引发地面沉降现象。在一些过度开采的地区,地面沉降导致建筑物和基础设施损坏,甚至对城市交通和公共安全构成威胁。例如,在中国的北京、天津等地,由于长期过度开采地下水,导致了明显的地面沉降,造成了诸如地下管网破裂、建筑物下沉等问题。

**盐水入侵:** 地下水的过度开采会造成地下水补给失衡,尤其是在沿海地区,地下水开采过度容易导致盐水入侵。盐水入侵会严重污染地下水源,降低水质,影响饮用水供应和农业灌溉。例如,在印度的某些沿海地区,过度开采地下水导致了盐水入侵,严重影响了当地的饮用水质量。

**生态环境恶化:** 地下水是维持生态系统平衡的重要因素,尤其在一些依赖地下水的湿地和生态系统中,地下水的过度开采将导致生态环境的恶化。例如,地下水位的下降会导致湿地的干涸,影响水生植物和动物的生长,甚至可能导致生态系统的崩溃。

## 3 地下水资源的可持续管理对策

### 3.1 加强地下水资源的监管与管理

要实现地下水资源的可持续利用,必须加强对地下水的监管与管理。首先,政府应出台更为严格的地下水管理政策,明确地下水的开采标准和使用范围,限制地下水的过度开采。通过建立地下水资源的监测网络,对地下水位和水质进行实时监测,及时掌握地下水资源的变化动态,为管理决策提供科学依据。

**建立水资源管理体系:** 水资源的合理配置和科学管理是实现可持续利用的关键。可以通过建立跨区域的水资源管理体系,实施统一规划,合理配置地下水和地表水资源,避免单一依赖地下水。

**合理确定开采配额:** 各地应根据地下水的补给能力和使用需求,科学确定地下水的开采配额。通过控制开采总量,防止过度开采,确保地下水资源的可持续性。

**加强法律与政策执行:** 制定更加严格的法律和政策,明确地下水资源的保护范围和使用规定,加强对地下水资源

的法律监管,防止地下水资源的滥用和浪费。

### 3.2 推广节水型技术与替代水源利用

推广节水型农业灌溉技术和工业用水循环利用技术,是减少地下水开采压力的有效手段。通过优化农业灌溉方式,提高水资源利用效率,可以显著减少地下水的消耗。

**推广滴灌与喷灌技术:** 相比传统的漫灌方式,滴灌和喷灌等节水灌溉技术能够更加高效地利用水资源,减少水分的浪费,有效降低地下水的开采需求。

**发展水循环利用技术:** 工业领域可以通过建设水循环系统,回收利用工业废水,减少对地下水的的需求。水循环技术的推广和应用,将有效减轻地下水开采压力,确保水资源的可持续利用。

### 3.3 提高公众意识与水资源保护教育

提高公众对地下水资源保护的意识,增强节水和环保意识,是解决地下水过度开采问题的长期有效手段。通过开展水资源保护教育和宣传活动,鼓励公众和企业采取节水措施,共同为地下水的可持续管理贡献力量。

## 4 结语

地下水作为一种重要的水资源,已经成为全球许多地区维持生态和经济活动的关键。然而,随着城市化进程的加快和水资源需求的增加,地下水的过度开采问题变得日益严峻。要实现地下水资源的可持续管理,必须采取一系列有效的对策,包括加强监管与管理、推广节水技术、合理配置水资源等。通过科学管理与合理利用地下水资源,可以保障生态环境的持续发展,推动社会经济的绿色发展,确保水资源的可持续性。

### 参考文献

- [1] 杨鹏飞,秦力,王英,等.城市雨水补给地下水利用研究进展[J/OL].人民珠江,1-10[2025-03-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1037.TV.20250108.1548.002.html>.
- [2] 刘新智.土地资源可持续利用与生态保护研究[J].四川建筑,2024,44(05):13-16.
- [3] 张赞宁.水资源保护与水生态环境修复研究[J].中国钓鱼,2024,(09):76-78.
- [4] 李华耀.废弃井对区域地下水环境的影响模式和机制研究[D].吉林大学,2024.
- [5] 赵文字.地下水浅埋区LID措施集中入渗对地下水位和水质的影响研究[D].扬州大学,2023.

# Exploration of integrated technology for deep treatment and resource utilization of industrial wastewater

Peng Lan<sup>1</sup> Liangjin Jiang<sup>2</sup>

1. Linyi Hengxin Energy Group Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276000, China

2. Linyi Yihe New Area Management Committee, Linyi, Shandong, 276000, China

## Abstract

With the rapid development of industrialization in China, a large amount of wastewater has been generated. How to effectively dispose of and recycle this wastewater is an urgent problem that needs to be solved. The article discusses the development and application prospects of integrated processes from several aspects such as deep treatment and recycling of wastewater. This article provides a detailed introduction to the advanced treatment technology of industrial wastewater, and on this basis, analyzes the resource utilization technology of industrial wastewater. The research results will lay the foundation for the deep purification and resource utilization of wastewater in China.

## Keywords

industrial wastewater; Deep processing; Resource utilization; Technology Integration

## 工业废水深度处理与资源化利用的集成技术探索

兰彭<sup>1</sup> 姜良金<sup>2</sup>

1. 临沂恒新能源集团有限公司, 中国·山东 临沂 276000

2. 临沂沂河新区管委会, 中国·山东 临沂 276000

## 摘要

伴随着我国工业化的快速发展, 产生了大量的废水, 如何有效地处置并回收这些废水是一个迫切需要解决的问题。文章从废水的深度治理和回收等几个方面论述了一体化工艺的发展和应用前景。本文在对工业废水深度处理技术进行了详细的介绍, 在此基础上, 对工业废水资源化利用技术进行了分析, 研究成果将为我国废水深度净化及资源化应用奠定基础。

## 关键词

工业废水; 深度处理; 资源化利用; 技术集成

## 1 引言

伴随着工业化进程的加快, 大量的工业废水产生, 对城市供水系统造成了严重的威胁。常规废水处理方法在处理效率低、资源利用率低、环保效果差等问题上具有较大的挑战, 探索更加高效可持续的废水处理方法具有重要的现实意义。将多种废水处理过程相融合, 既可大幅提升废水处理效率, 又可使废水中有价值资源得到有效循环使用。该工艺的实施, 既可解决环保问题, 又可有效地降低生产成本, 促进资源回收。本文对该工艺的发展趋势进行深入研究, 以期为我国废水治理工艺的改进和完善奠定理论基础。

## 2 资源化利用的潜力与需求

资源化利用是当前废水治理领域亟待解决的重大课题。

随着我国工业化的发展, 各种类型的工业废水不断增多, 常规的废水治理技术已经很难满足其高效经济的需求。废水资源化既可以有效地解决废水处理过程中产生的环境问题, 又可以使废水中含有的有机物、磷、氮元素和重金属等有用成分成为可再生资源。例如, 利用厌氧发酵进行生物气的资源化利用, 不仅可以降低废水中的有机物含量, 而且还可以利用其自身的能量。而采用膜分离工艺进行水源的再生利用, 则大大降低了工业用水的用量和制造成本。另外, 废水中所含的磷和氮等元素也可以作为化肥, 为农作物的养分供应。随着科技发展与环境保护要求的不断提高, 废水的资源化利用具有极大的潜能, 是提高废水综合效率的一个关键手段。

## 3 工业废水深度处理技术

### 3.1 物理处理技术

#### 3.1.1 活性炭吸附法

目前使用最多的是活性炭吸附法, 它利用其对水体中

【作者简介】兰彭(1992-), 男, 中国吉林白山人, 本科, 助理工程师, 从事环境工程研究。

的有机污染物、重金属离子和臭味等污染物进行了脱除。由于其高比表面、孔道分布广泛,对水体中的有毒物质有较强的吸附与脱除作用。该法操作简便,设备投资少,对某些难处理的有机物及难处理的化学品也有良好的处理作用。在废水的治理中,活性炭是一种非常有效的净化物,特别是对化工产品、农药和有机污染物的净化。但是,由于其对污染物的吸收能力有限,且需要经常进行替换或更新,这是其局限性。目前,国内外学者对活性炭进行改性,采用高效的吸附剂元素对其进行改性,以改善其使用性能。

### 3.1.2 膜分离技术

膜分离技术作为一种高效精细的物理处理手段,在水处理、废水回用和资源循环利用等方面得到了越来越多的关注。按其孔尺寸可将其分为四种:微滤、超滤、纳滤、反渗透。纳滤、反渗透等可高效的脱除溶解性有机物、离子以及细菌、病毒等微生物,是目前国内外研究的热点。由于不使用化学药剂,操作简便,容易实现自动化,适合废水的深度净化与回收利用。但是,在实际应用中,由于存在着大量的膜污染,导致了膜的渗透率及分离效率下降,从而缩短了装置的运行周期。所以,改善膜的耐污染性能,延长其寿命是目前国内外研究的重点。

## 3.2 化学处理技术

### 3.2.1 氧化还原反应

氧化还原反应是一种常用的化工工艺,它通过在水中加入氧化剂或还原剂,使有毒的污染物得到有效的降解。在处理水体中的有机污染物,如氨氮和氰化物等,已得到了越来越多的研究。臭氧、高锰酸钾、氯等是用于废水治理的常见氧化剂,它们可以和污染的东西进行氧化作用,把污染的东西破坏掉,或者把它变成其他容易被处理的东西。氧化-还原法处理废水处理速度快、效果好,但存在着氧化剂用量大、处理过程中易生成二次有机化合物等问题。同时,选择合适的合成条件,保证了该方法的效率。

### 3.2.2 化学沉淀法

化学沉淀是指通过化学反应在水体中形成不溶解的沉淀物来去除水体中的重金属、磷酸盐等污染物。目前常用的沉淀法是在水体中添加氢氧化物、硫化物和碳酸盐等沉淀剂,使其与水体中的污染物作用,形成难溶解的沉淀物,再经沉降和过滤等处理。化学沉淀法是一种高效、经济的新技术,在废水处理中具有广泛的应用前景。虽然化学沉淀方法对废水的去除效果很好,但也存在着污泥量大、需进一步处理的问题。另外,一些沉淀剂的应用也会使废水处理变得更复杂,费用也更高。所以,选用适当的沉淀剂及最佳的工艺条件对提高该方法的效果具有重要意义。

## 3.3 生物处理技术

### 3.3.1 好氧生物处理

好氧生物技术是指在厌氧环境下对水中有机物进行降解的生物技术,在废水处理领域具有广阔的应用前景。好氧工艺主要有活性污泥法、生物滤池和曝气池等,其主要作

用是为废水中的微生物提供充足的氧,促进微生物的代谢和降解,减少废水中有机物的含量。好氧生物法可以有效地脱除水体中的有机物和氨氮等养分。好氧工艺对水的温度、pH、溶氧等有很高的要求,对工艺的调控非常严格。好氧生物法是一种高效低耗、高效的废水处理方法,但存在运行速率慢、对毒性及难降解有机污染物难以有效去除等问题。

### 3.3.2 厌氧生物处理

厌氧生物处理技术是指在厌氧条件下,利用厌氧微生物对废水中的有机质进行降解,可广泛应用于含高有机质的工业废水。在厌氧条件下,微生物将有机质分解成甲烷等气体,同时也是一种能量释放方式。该工艺在处理高浓度有机废水时,可达到能量回收(如产甲烷)的目的。在废水处理领域,厌氧生物处理技术主要包括厌氧生物滤池、厌氧反应器以及UASB等。厌氧生物处理技术具有能耗低、污泥产量低、处理效率高等优势,但存在反应速率缓慢、易受废水毒性及剧烈变化等问题。所以,为了提高废水的处理效率及稳定运行,需要与其他的处理技术联合使用。

## 3.4 复合处理技术的应用

融合生物学与化学处理优势的复合技术,针对繁杂废水处理提出了高效的解决方案。该技术模式涵盖了诸如好氧生物降解与化学沉淀相结合、厌氧生物转化与化学氧化相配合等多种方法。在传统生物降解步骤中融入化学处理手段,有效提升了对有机质及难分解污染质的去除能力。譬如,利用化学沉淀有效移除废水中的重金属元素,而生物降解则针对有机污染质进行清除,两者联合作用达到废水的高级净化。此类复合技术具备灵活的适用性,在处理过程中展现出协同作用,有效降低水体污染物含量,进而增强处理成效及资源的再生利用率。

# 4 工业废水资源化利用技术

## 4.1 废水中的能源回收

### 4.1.1 沼气发酵技术

厌氧消化技术是借助微生物在缺氧环境中分解废水内含有的有机质,进而生成甲烷等可利用能源的过程。此技术不仅减少了废水中有机污染成分的含量,同时也实现了能源的回收。在废水处理环节中,厌氧消化技术发挥了双重功效:一方面,它通过微生物的厌氧代谢作用降解废水中的污染物;另一方面,它产生的沼气可以被收集并作为能源再次利用。沼气成分以甲烷为主,还包括二氧化碳以及微量的硫化氢等,甲烷作为关键的再生能源,可应用于电力生产或提供热源。随着技术革新,厌氧消化技术在效能和经济效益方面均有显著提升,成为废水再生利用的重要技术之一。

### 4.1.2 热能回收与利用

废水热能再利用技术,即借助各类热交换设施,对废水内蕴含的热量进行提取和应用。在工业废水领域,其温度往往较高,特别是在金属冶炼、化学制品制造、食品生产等行业中,废水所含热能是能源使用的重要部分。通过热交换

系统的运作,该技术能将废水中的热能转移至其他生产流程中使用的水或空气中,进而减少总的能源需求。举例来说,通过热交换器将高温废水的热能传输至低温水体,不仅能够降低废水排放的温度,还能为其他用途提供热量,减少对外部能源的依赖。此外,热能再利用不仅促进了能源节约,也有效减少了废水处理的成本开销。

## 4.2 废水中化学品的再生利用

### 4.2.1 重金属回收与处理

在冶金、矿业和电子等行业,废水中普遍存在着较多的重金属离子,因此,对其进行有效治理具有十分重要的意义。利用重金属离子的提取和治理工艺,能够高效地脱除水中的重金属组分,实现其资源化利用。目前常用的从水中提取重金属的技术有:化学沉淀,电解,吸附等。化学沉积是指在水中加入一定的化学剂,将水中的重金属离子转变成不能溶解的物质。电解法是通过重金属的电化学作用,使其转化成具有一定的金属形态,从而使其易于循环使用。而“吸附定律”是指采用吸附剂对重金属进行吸附,达到脱除、回收的目的。在此基础上,实现了对废水中有毒有害的重金属的高效脱除和再循环,减少了对环境的污染,提高了资源的利用率。

### 4.2.2 有机化学品的提取与再生

在工业废水中,通常存在着许多有机化合物,如果不及治理,将会给水质带来极大的危害。如何有效地回收和回收有机化合物是目前废水处理领域的一个热点。目前常用的分离技术主要有溶剂萃取法、膜分离法、GC法等。溶剂萃取是指选取适当的溶剂,从废水中萃取出有机物,然后回收。而膜分离是指通过半渗透膜对水中有机物进行有效的分离,从而实现从水中有机物的高效提取。该方法在降低废水排放的同时,也可使废水中的有机物得到回收,为工业化生产提供新的能源。

## 5 技术集成与优化

### 5.1 技术集成的优势

所谓技术集成,就是将各种工艺与资源回收相结合,使废水在废水中得到最大程度地发挥。在废水治理中,单个工艺很难同时达到全部工艺需求,而通过多项工艺的融合,可实现多种工艺的互补,从而达到提升工艺效能与资源利用率的目的。采用一体化工艺,既保证了废水的有效治理,又达到了节能减排的目的。在废水治理方面,采用物理-化学-生化组合工艺,能够实现对多种有机污染物的定向治理。然而,将生物气化与热能利用相耦合,既可实现废水中有机物的净化,又可实现高附加值的能量循环利用。该一体化工艺在提升废水深度净化效能的同时,实现废水的闭环回收利用,推动可持续发展。

### 5.2 集成技术的实施方案

集成技术的实现应针对各行业及废水处理的特殊要求,

选用适当的工艺组合。首先,要对废水中的物质组成及污染特征进行综合研究,明确废水治理中的关键与困难,进而选取适宜的工艺进行整合。比如,当废水中有机物含量较高时,可以采用厌氧发酵和好氧相结合的方法,通过厌氧发酵产生甲烷和分解有机物。在此基础上,再进行好氧工艺,以实现剩余污染物的有效去除。另外,在能量利用上,通过构建一体化的传热体系,将废水中的热传输到较低温度的水源,达到节能降耗的目的。在实现中,要综合考虑系统的稳定性、能量效率和经济性,实现各工艺的操作参数的优化配置,以保证系统的高效、节能与环保。为实现一体化工艺,必须配置相关监控设备,对工艺的运行状况进行实时追踪,并对各步骤的运行参数进行优化,从而实现废水的高效回收。

### 5.2 环境影响评估

在技术集成中,环评是一个不容忽视的关键步骤。废水处理与回收工艺的推行,必然会对生态系统造成一定的负面影响,特别是当废水的规模化使用时,更有可能被放大。为此,在进行评价之前,需要对综合项目进行综合评价。该评价的范围涵盖了废水处理的废弃物、废气排放和能耗等。比如,生物甲烷发酵工艺在对有机质进行高效的处理和能量的同时,也会释放出大量的硫化氢和氨气等有害物质,必须采取相应的治理手段才能去除。

## 6 结语

总之,将工业废水深度处理与资源化利用的集成技术应用于环境保护中,是目前及今后环境保护中的一个重大课题。通过这些工艺的整合,不但可以使废水的净化效果得到显著提升,而且可以使废水中的可用资源得到最大限度的回收,从而达到资源地再利用。尽管当前的技术在实际中还有着成本高、技术复杂等问题,但是,通过技术的发展与革新,希望能够克服上述问题。在此基础上,研究工业废水深度处理与资源化利用的集成技术,对于推动我国绿色发展,实现可持续发展,促进我国经济社会可持续发展具有很大的意义。

### 参考文献

- [1] 王明; 张杰. 工业废水深度处理技术现状与发展趋势[J]. 环境保护, 2021(12): 45-48.
- [2] 刘勇; 陈强. 废水资源化利用技术的研究进展[J]. 水处理技术, 2020(8): 34-37.
- [3] 孙琳; 刘涛. 工业废水回用及资源化处理技术综述[J]. 水污染治理, 2022(4): 56-59.
- [4] 张华; 王俊. 工业废水中重金属去除技术的研究[J]. 环境科学与技术, 2021(7): 12-15.
- [5] 李娜; 孙鹏. 废水处理中的膜技术应用现状与挑战[J]. 水处理与环境保护, 2020(5): 22-25.
- [6] 杨明; 赵凯. 高效废水处理与资源化技术的集成应用研究[J]. 环境工程学报, 2022(9): 89-93.

# Case study and working mechanism discussion on the eco-environmental impact analysis of green mine construction policy in Hunan Province

Dong Liang Jing Ma Xiulan Liu Yufeng Liu Jianping Liu

CINF Engineering Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410011, China

## Abstract

by having the policy eco-environmental impact analysis which based on the three-year action plan for the green mines construction in Hunan, this paper has summarized the difficulties in the selection of evaluation objects, the work of the leading department and the evaluation methods in the pilot work of the policy environmental impact assessment, and put forward countermeasures and suggestions. For the pilot work of the next-level policy EIA, it is recommended to simplify the policy EIA with a positive impact, and the policy-making department should take the lead in carrying out the policy EIA, and increase the publicity of the policy EIA to establish a good policy EIA atmosphere.

## Keywords

Green mine; Policy environmental impact assessment; Suggestion

# 湖南省绿色矿山建设政策生态环境影响分析案例研究及工作机制探讨

梁栋 马静 李秀兰 刘玉峰 刘建平

长沙有色冶金设计研究院有限公司, 中国·湖南长沙 410011

## 摘要

通过对湖南绿色矿山建设三年行动方案开展政策生态环境影响分析,总结了政策环评试点工作在评价对象选取、牵头单位工作开展和评价方法等方面存在的困难,提出了对策建议。对于下阶段政策环评试点工作,建议简化正向影响为主的政策环评,政策制定部门牵头开展政策环评,并加大政策环评的政策宣传,建立良好的政策环评氛围。

## 关键词

绿色矿山; 政策环评; 建议

## 1 引言

根据生态环境部工作安排,湖南省以《湖南省绿色矿山建设三年行动方案(2020—2022年)》(湘自然资发〔2020〕19号)(以下简称《绿色矿山行动方案》)为评价对象,并辅以其他相关政策开展了政策生态环境影响分析。

## 2 政策生态环境影响分析

### 2.1 政策制定的背景

截至 2021 年底,湖南生产型矿山已建成绿色矿山 193 家,其中 65 家纳入国家级绿色矿山名录。湖南矿产资源开发利用相对粗放,综合利用率较低,矿山企业规模偏小,矿

产品深加工产品率低,产业链较短,历史遗留问题包袱重,矿业绿色发展水平不高,绿色勘查和示范区建设尚处于试点阶段,产业绿色转型升级进展偏慢。为加快推进绿色矿山建设工作,促进全省矿业转型绿色发展,构建绿色矿山发展长效机制,湖南省自然资源厅组织制定了《湖南省绿色矿山建设三年行动方案(2020—2022年)》(湘自然资发〔2020〕19号)。

### 2.2 政策分析

《绿色矿山行动方案》政策目标为“到 2022 年底,全省生产矿山全部达到湖南省绿色矿山标准,并推荐一批省级示范矿山入选国家级绿色矿山,基本形成环境友好、高效节约、管理科学、矿地和谐的矿山绿色发展新格局。”

通过对 2009 年至今我国和湖南省绿色矿山建设政策颁布和实施效果情况,并对矿山生态环境状况及绿色矿山建设情况进行分析,初步识别《绿色矿山行动方案》可能存在的

【作者简介】梁栋(1981—),男,中国湖南长沙人,本科,高级工程师,从事环境影响评价研究。

生态环境影响类型。《绿色矿山行动方案》充分考虑了湖南省绿色矿山现状和经济发展需求，总体上符合党中央、国务院关于生态文明建设和生态环境保护的决策部署，同时也符合相关部委和湖南省环保政策、产业政策发展方向。

## 2.3 政策生态环境影响分析

### 2.3.1 生态环境影响分析

矿山的开采将会产生显著的直接和间接生态环境影响。

①直接影响。绿色矿山建设生态环境直接影响见表1。

表1 生态环境直接影响

一级指标 <sup>a</sup>	二级指标 <sup>a</sup>	直接影响 <sup>a</sup>	
		绿色矿山建设期间 <sup>a</sup>	绿色矿山建成后 <sup>a</sup>
环境质量 <sup>a</sup>	空气质量 <sup>a</sup>	基建施工过程中产生的无组织排放扬尘 <sup>a</sup>	矿业活动产生的废气、粉尘得到有效控制，达到相关标准要求 <sup>a</sup>
		露天堆放的建材及裸露的施工区表层浮尘因天气干燥及大风，产生风力扬尘 <sup>a</sup>	临时用地及时恢复绿化，避免随风起尘 <sup>a</sup>
		施工及装卸车辆造成的扬尘 <sup>a</sup>	矿区道路硬化，矿区环境整治美观 <sup>a</sup>
	水环境质量 <sup>a</sup>	施工期雨水径流悬浮物增加 <sup>a</sup>	配套建设排水沟、初期雨水池等污染防治设施 <sup>a</sup>
		对原处理措施整改过程中影响生产废水收集率及处理效果 <sup>a</sup>	矿山生产废水的收集率、处理率提高，对矿山所在区域的水环境影响也随之降低 <sup>a</sup>
		取弃土场淋溶水少量渗入地下水 <sup>a</sup>	尾矿库、排土场（废石堆场）等应建有雨水截（排）水沟，淋溶水经处理后回用或达标排放，达标率100% <sup>a</sup>
	土壤环境质量 <sup>a</sup>	人为压实和地面硬化，土壤土层厚度将明显变薄 <sup>a</sup>	控制湖南省全省矿山总数在3000个以内，提高大中型矿山比例至30%，逐步形成规模化、集约化发展格局 <sup>a</sup>
		土壤孔隙度下降，土壤容重增加，土壤通气透水性将相应变差 <sup>a</sup>	矿区各功能区布局合理，所占土地得到有效利用 <sup>a</sup>
		人为压实和地面硬化，地面不透水面积比例将显著增大，地表径流系数将相应变大 <sup>a</sup>	各种采矿活动严格控制在采区范围内，尽可能减少对原有的地表和土壤的破坏，开采结束后，及时作好现场清理、恢复工作 <sup>a</sup>
		建设用及其周边区域的土壤中有有机质、氮素含量和养分有效量将有所下降 <sup>a</sup>	保留采场剥离的表土层，复垦时及时回填，同时采取相应生物措施，因地制宜，因土种植，种植乡土植物，帮助土壤肥力的重建及土壤结构的改良 <sup>a</sup>
		新增或规范化整改构筑物施工产生建筑垃圾 <sup>a</sup>	矿山固体废弃物处置率达到100% <sup>a</sup>
	固体废物 <sup>a</sup>	全面提高固废处置率的前提下，处置的固废量可能增加 <sup>a</sup>	排土场、露天采场、废石堆场、尾矿库、工业广场、塌陷（沉陷）区及污染场地等生态环境保护与治理，符合相关标准或规定 <sup>a</sup>
处置的固废量增加、不规范堆场整治等情况下固废堆场占地可能扩大 <sup>a</sup>		废石、尾砂、冶炼废渣开展回填或资源化利用 <sup>a</sup>	

《绿色矿山行动方案》的实施对生态环境影响主要分为两个时期，一是在绿色矿山建设期间，可能对矿区生态环境产生一定的负面影响，对于现有生产型绿色矿山改造，主要表现在绿色矿山环境综合整治工程基建施工和土石方开挖时施工期的环境影响。对于新建生产型绿色矿山，要求严格按照湖南省绿色矿山标准要求进行规划、设计、建设，正式投产满一年之日起三个月内，必须完成绿色矿山建设自评报告并申报省级绿色矿山，新建生产型绿色矿山建设的生态环境影响涵盖在矿山建设中；二是在绿色矿山建成后，矿产资源开发全过程实施科学有序开采，对矿区及周边生态环境扰动控制在可控制范围内，实现矿区环境生态化、开采方式科学化、资源利用高效化、管理信息数字化和矿区社区和谐化的绿色矿山，对区域生态环境主要产生积极的正面影响。

②间接影响。《绿色矿山行动方案》针对湖南省内全部矿山企业进行摸底调查，促进各矿山企业编制绿色矿山建设方案，推进绿色矿山建设；在全省范围内拟定绿色矿山建设名单，对绿色矿山建设方案的编制提出要求，形成评审体系，加强动态管理。政策实施将推动省内矿区生态建设与生态修复，加大历史遗留矿山地质环境、废渣尾矿和矿区水土污染治理力度，改善矿区水土环境，实现矿区与周边自然环境相协调，土地基本功能和区域整体生态功能得到保护和

恢复。

此外，由于中央和地方、地方和地方之间关于绿色矿山建设的先决条件并不完全一致，湖南省内绿色矿山建设期间，可能引起原来省内外销资源转变为需从省外引进等市场供需变化，从而对周边省市矿区生态环境产生间接影响。

③累积影响。累积影响主要是促使全省生产矿山全部达到湖南省绿色矿山标准，在这个过程中，不可避免地会出现优胜劣汰、适者生存的现象，因此，要把不符合绿色矿山建设标准的企业进行整改或者关停，实现资源的合理配置，将资源转移，帮助一些符合绿色矿山建设标准的企业扩大规模，集中发展，然后将成功的经验传播给其他正在发展的绿色矿山企业，这样就能够以强带弱，综合发展<sup>[1]</sup>。从而，推动省内绿色矿山规范体系的建立。

### 2.3.2 湖南绿色矿山建设评分细则与国家环保相关政策对比分析

根据《湖南省绿色矿山建设评分细则》与原国家环保总局发布的《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》（环发〔2015〕109号）文件对矿山生态环境保护与污染防治技术相关要求的比较，《湖南省绿色矿山建设评分细则》指标体系很多未提出具体指标要求，建议下一步绿色矿山建设评分细则里综合考虑相关环境管理政策指标要求。见表2

表2 湖南绿色矿山建设评分细则与国家环保相关政策对比分析

序号 <sup>①</sup>	《湖南省绿色矿山建设评分细则》评分标准 <sup>②</sup>	《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》要求 <sup>③</sup>	分析结果 <sup>④</sup>
1 <sup>⑤</sup>	矿山企业配备了污水处理、废水综合利用或循环利用设备设施,并正常运行。 <sup>⑥</sup>	新、扩、改建选煤和黑色冶金选矿的水重复利用率应达到93%以上;新、扩、改建有色金属系统选矿的水重复利用率应达到78%以上。 <sup>⑦</sup>	绿色矿山建设对水重复利用率没有相应具体指标要求 <sup>⑧</sup>
2 <sup>⑤</sup>	水重复利用率无相应指标 <sup>⑥</sup>	大中型煤矿矿井水重复利用率力求达到65%以上。 <sup>⑦</sup>	绿色矿山建设对水重复利用率没有相应具体指标要求 <sup>⑧</sup>
3 <sup>⑤</sup>	矿山综合利用率符合或超过开发利用方案、采矿工程设计要求。 <sup>⑥</sup>	已建立地面永久瓦斯抽放系统的大中型煤矿,其瓦斯利用率应达到当年抽放量的90%以上。 <sup>⑦</sup>	绿色矿山建设对瓦斯利用率没有相应具体指标要求 <sup>⑧</sup>
4 <sup>⑤</sup>	废石、尾砂、冶炼废渣开展回填或资源化利用。 <sup>⑥</sup>	煤矸石的利用率达到60%以上,尾矿的利用率达到15%以上。 <sup>⑦</sup>	绿色矿山建设对煤矸石的利用率、尾矿的利用率没有相应具体指标要求 <sup>⑧</sup>
5 <sup>⑤</sup>	矿山废弃地复垦率达到100% <sup>⑥</sup>	历史遗留矿山开采破坏土地复垦率达到45%以上,新建矿山应做到边开采、边复垦,破坏土地复垦率达到85%以上。 <sup>⑦</sup>	绿色矿山建设对矿山废弃地复垦率高于环保政策要求 <sup>⑧</sup>

## 2.4 政策生态分析建议

为减缓可能的不利环境影响,建议:规范绿色矿山建设活动;加强地方性法规、标准与地方规范性文件相衔接<sup>[2]</sup>;完善资金保障政策和鼓励措施,完善落后产能退出激励机制;增强生态环境保护措施<sup>[3]</sup>;加强对绿色信贷和融资的支持。

## 3 试点工作中的主要问题与困难

### 3.1 关于评价对象选取

通过对政策生态分析,绿色矿山建成后,矿产资源开发全过程实施科学有序开采,对矿区及周边生态环境扰动控制在可控制范围内,对区域生态环境主要产生积极的正面影响。由于该政策在生态环境影响方面主要表现为正效应,因此,今后是否需要将此类政策作为政策生态环境影响分析的对象需进一步探讨。

### 3.2 关于具体评价方法

《绿色矿山行动方案》主要为定性指标,仅有“2022年底,全省生产矿山全部达到湖南省绿色矿山标准”,没有具体的定量指标,对政策的环境影响难以准确量化。在政策生态环境影响分析过程中如何进行定量或半定量分析,存在难度。如湖南省生产矿山全部达到湖南省绿色矿山标准,对生态的定量影响怎么确定。本次《绿色矿山行动方案》主要参考当地同类产业的规划环评和项目环评文件,定性分析《绿色矿山行动方案》产生的直接、间接和累积影响的范围和程度。

## 4 我国政策环评的实施建议

### 4.1 简化以正向影响为主的政策环评

对于正向生态环境影响是否纳入政策生态环境影响分析需进一步探讨,或对正向生态环境影响的政策环境影响分析或不存在重大不利生态环境影响的政策可不进行政策生态环境影响分析。如《绿色矿山行动方案》政策,对区域生态环境明显产生积极的正面影响,不存在重大不利影响,根据《经济、技术政策生态环境影响分析技术指南》,可不进行生态环境影响分析。对政策有一定的筛选,按照“由易到难”“具体到抽象”的原则<sup>[4]</sup>。对政策进行一个先期预断评价,加大精力对改变土地利用方式、大量消耗资源和能源的政策进行政策生态环境影响分析。

### 4.2 建议政策制定部门牵头开展政策环评,环保部门咨询和指导

政策环评属于决策辅助工具,并不具有“一票否决”功能。建议我国在政策环评的推进过程中,也不宜过分强调环保部门的利益诉求,应主要由政策制定部门来牵头开展,环保部门可发挥咨询和指导作用。但在当前的政策环评推广阶段,环保部门可主动组织开展一些试点项目,以发挥示范效应<sup>[5]</sup>。

### 4.3 加大政策生态环境影响分析相关政策宣传

在政策生态环境影响的理念推广阶段,应加大相关政策宣传。可以通过研讨、培训等多种手段,使政策决策部门的官员充分认识现有决策体系中环境考量的不足和开展政策环评的必要性,督促政策制定部门在政策制定过程中考虑环境相关因素,促进政策环评的顺利开展。同时,通过典型案例的报道和成功经验的宣传,逐步培养支持政策环评的舆论力量<sup>[5]</sup>。最终让政策环评成为决策部门的自觉行为。

## 5 结语

《绿色矿山行动方案》符合党中央、国务院关于生态文明建设和生态环境保护的决策部署。《绿色矿山行动方案》实施过程中,绿色矿山建设将产生一定的生态环境影响,但在绿色矿山建成后,矿产资源开发全过程实施科学有序开采,对矿区及周边生态环境扰动控制在可控制范围内。同时,因政策内容和执行存在不确定性,可能造成额外的生态环境压力。对于下阶段政策环评试点工作,建议简化正向影响为主的政策环评,政策制定部门牵头开展政策环评,并加大政策环评的政策宣传,建立良好的政策环评氛围。

### 参考文献

- [1] 施亚琪.新常态下中国绿色矿山建设政策与格局[J].能源与节能, 2019, 171(12): 73-74.
- [2] 栗欣.我国绿色矿山建设实践、问题及对策[J].矿产保护与利用, 2015(03): 1-5.
- [3] 谭金华.绿色矿山及矿山安全环保政策解读[J].石材, 2020(06): 11-25.
- [4] 李攀,袁莉.助推政策环评制度落实的建议[J].资源节约与环保, 2017(11): 93-94.
- [5] 耿海清.国内外政策环评及我国政策环评的推进建议[J].2014中国环境科学学会学术年会(第四章): 1243-1247

# Research on grassroots land and resources management strategy under the background of rural revitalization

Zhikang Li

Guilin Lingui District Rural Construction Comprehensive Security Center, Guilin, Guangxi, 541199, China

## Abstract

In the accelerating social and economic development speed of today, the advantages of land and resources to the rural revitalization strategy tilt, in promoting the rural social and economic development, the realization of national economic coordination and unity and other aspects play a very important role. However, under the background of rural revitalization, there are always some problems such as unreasonable utilization of resources management, imperfection of resource management system and weak technology of resource management. In this case, it is necessary to adopt targeted solutions to improve the management level of land and resources management at the grass-roots level to accelerate rural revitalization and promote the further development of social economy in rural areas. Based on this, this paper focuses on a detailed analysis of the basic land and resources management strategies under the background of rural revitalization, for reference.

## Keywords

rural revitalization; grassroots; land and resources; management

## 乡村振兴背景下基层国土资源管理策略研究

李志康

桂林市临桂区乡村建设综合保障中心, 中国 · 广西 桂林 541199

## 摘要

在社会经济发展速度不断加快的今天, 将国土资源优势向乡村振兴战略上倾斜, 在促进我国农村社会经济发展, 实现国家经济协调统一等方面发挥着极为重要的作用。但在乡村振兴背景下, 我国基层的国土资源管理始终存在着一些资源利用不合理、资源管理制度不完善、资源管理技术性不强等问题。在这种情况下, 必须采取针对性的解决策略, 提高基层国土资源管理水平, 才能够加速乡村振兴, 促进农村地区社会经济的进一步发展。基于此, 本文重点针对乡村振兴背景下基层国土资源管理策略进行了详细的分析, 以供参考。

## 关键词

乡村振兴; 基层; 国土资源; 管理

## 1 引言

加强基层国土资源管理, 在全面推进乡村振兴战略方面有着突出的优势。在时代发展速度不断加快, 社会经济发展水平不断提高的形势下, 基层国土资源管理工作的开展也迎来了全新的挑战与压力。在这种情况下, 必须对基层国土资源的管理工作开展予以高度的重视, 并结合实际情况制定出针对性的管理策略, 明确基层国土资源管理的工作要点。只有这样, 才能够持续提高基层国土资源管理水平, 为乡村振兴战略目标的达成提供支持。

## 2 乡村振兴背景下基层国土资源管理的重要性

基层国土资源管理, 指的是对辖区内的国土资源进行科

学管理, 并根据实际需求对国土资源使用情况进行调整和优化, 对国土资源使用过程中存在的问题进行及时处理, 以保证国土资源使用的有效性与合理性。基层国土资源管理工作职责包含土地管理与法律法规宣传, 耕地保护, 农村宅基地审批, 村民建房规划设计管理, 宅基地管理建设管控, 国土资源执法监察, 设施农业用地审批, 地质灾害防治等方面<sup>[1]</sup>。在乡村振兴战略的实施背景下, 做好基层国土资源管理工作的开展, 在加快乡村建设, 促进乡村经济发展等方面发挥着极为重要的作用。

首先, 加强基层国土资源管理, 可以为乡村地区的经济发展提供支持。国土资源不仅是农村居民生存发展的基础, 也影响着我国农业经济的稳定发展。而且, 加强基层国土资源管理工作, 加强国土资源的规划与管理, 还可以为乡村经济的建设以及乡村居民生活环境的改善提供保证。例如, 六塘镇在国土资源管理方面, 实施了土地综合整治项目,

【作者简介】李志康 (1970-), 男, 中国广西桂林人, 工程师, 从事土地管理研究。

从旱改水、土地整理、复垦、开发和城乡建设用地增减挂钩等方面入手，彻底改善了农村生产、生活条件和生态环境，促进了农业规模经营、人口集中居住、产业聚集发展，推进了城乡一体化进程。该项工作新增水田面积 1810 亩，其他耕地 64.5 亩，平整土地 2780 亩，新修水泥路 2136 米，三面光沟渠 2380 米。这一举措明显提升了当地的耕地质量，方便了群众出行耕作。

其次，加强基层国土资源的管理，不仅可以更好地满足乡村居民的日常生活与农业生产需求，还可以为农民群众的合法权益提供保障，减少国土资源被重复占用等不良现象，保证国土资源使用效率，推动乡村经济稳定发展<sup>[2]</sup>。例如，在六塘镇的国土资源管理中，将旱地整改成易于耕种的水田，极大地提高了耕地质量，增加了水田面积，优化了农业布局，增加了农民收入，促进了乡村振兴。在旱改水项目中，经过五年的时间，工作人员走村串巷入户做群众思想工作，共走访群众 427 户，签订租地协议和附着物补偿表 608 份，租地面积 1862 亩。配合施工方实施旱改水工程，对施工中出现的用水用电和其他问题及时协调处理，目前旱改水项目已进入验收阶段，即将新增水田面积 1810 亩。这一举措不仅改善了农村居民的居住环境，还为当地经济的稳定发展起到了促进作用。

最后，城镇化建设进程的推进使得大量农村劳动力向城市涌入，致使农村地区的国土资源因为人员不足而被迫处于闲置或荒废状态。加强基层国土资源管理，对闲置的国土资源进行整合，对违规用地现象进行整改，可以从整体上改善乡村地区的生态环境，提高乡村居民的生活质量。例如，2023 年度六塘镇在国土变更调查方面，采用承诺方式举证耕地图斑 15 个，面积 32.28 亩，目前已全部完成整改。这一举措极大地保证了当地耕地被违法占用的现象的治理力度。

### 3 乡村振兴背景下基层国土资源管理存在问题

#### 3.1 国土资源利用不合理

我国是一个典型的农业大国，国土资源极为丰富。但也正因为国土资源过于丰富，使得相应的管理工作难度非常大。例如，部分基层管理人员受到传统管理思想的影响，只注重国土资源的管理，而不注重国土资源的合理利用。另外，还有一部分基层管理人员只对国土资源进行使用，而不注重国土资源的管理，致使很多国土资源都处于放任不管或无人问津状态。分析基层国土资源利用不合理的原因，主要与以下三方面因素有关<sup>[3]</sup>。首先，部分乡村地区远离城市中心，受到政府部门的管理力度相对薄弱，当地的国土资源开发与利用也没有严格执行政府部门给出的章程。其次，乡村居民只注重眼前利益，基层管理者也只关注经济效益，所以只注重国土资源开发利用规模的加大，而忽略了国土资源的保护与管理。最后，政府部门的管理不到位。很多乡村地区的国

土资源任由村民随意开采，而不注重国土资源的管理，致使大量国土资源流失和浪费。表 1 为部分地区土地利用现状一级地类面积情况。

#### 3.2 国土资源管理制度不完善

目前，我国基层国土资源管理工作的开展过程中，还存在着管理制度不完善，管理制度难以落实等问题。一直以来，我国在国土资源管理方面，遵循的都是垂直管理制度。这种管理制度的应用优势在于能够保证数据传递的高效性，应用劣势在于制度落实难度较大。乡村地区的基层管理制度如果得不到有效的落实，那么国土资源管理工作的开展也会受到较大的影响，乡村经济的稳定发展也会受到限制。

#### 3.3 管理技术含量偏低

基层国土资源管理工作的开展涉及的内容比较复杂和庞大，所以要想保证基层国土资源管理的有效性与合理性，必须引入先进的管理技术<sup>[4]</sup>。但是，实际情况却是，很多乡村地区的国土资源管理工作中都存在着技术性偏低的问题。究其原因，与相关管理人员专业素养偏低，不能掌握各种先进管理技术的应用技巧与方法，不能保证管理技术在基层国土资源管理工作中的应用效果。

#### 3.4 管理人员专业素质偏低

基层国土资源管理工作的开展涉及大量专业理论知识。但我国现有的国土资源管理人才配置体系还不是很完善，无法为国家和社会培养出足够数量的国土资源管理人员。现有的国土资源管理人员，也没有掌握先进的管理技术，无法从技术和理念层面，为基层国土资源管理工作的高质量发展奠定基础。

### 4 乡村振兴背景下基层国土资源管理策略

#### 4.1 加强基层国土资源的合理利用

在乡村振兴背景下，要想加强基层国土资源管理，需要对基层国土资源进行合理的利用，提高国土资源管理的集约化程度。首先，从思想层面上加强国土资源管理重要性的宣传与讲解，提高当地居民对国土资源管理的重视程度，使其充分意识到只有做好基层国土资源管理，提高国土资源管理的集约化程度，才能够保障其合法权益，促进当地社会经济的稳定发展<sup>[5]</sup>。其次，加强国土资源管理的循环利用，以免某些国土资源在使用一次后难以投入二次利用。再次，如果发现国土资源滥用现象，则要第一时间予以制止，并制定出相应的惩处机制。最后，根据当地的国土资源使用情况，制定一系列鼓励性政策，提高国土资源利用的集约化水平。即对当地参与国土资源集约化管理的居民予以丰厚的奖励。例如，为了进一步严格保护耕地，盘活农村低效、闲置建设用地，拓宽城镇建设用地空间，促进城乡一体化和美丽乡村建设。六塘镇的国土资源管理部门在全镇 108 个村进行了全面的调查统计核查工作，筛选出寺背、下广华、岩岭老村、侯庄等 32 个潜力村庄。同时，动员群众参与有偿拆旧复垦，

拆除旧房 47 座,面积 12.2 亩,新增耕地 11.5 亩,新增建设用地指标 11.5 亩。这一举措,极大地保证了当地农业用地的充足性,在促进当地农业经济发展方面意义重大。

#### 4.2 加强基层国土资源管理制度的完善

在乡村振兴背景下,要想加强基层国土资源管理,需要加强基层国土资源管理制度的完善。首先,对乡村地区国土资源的使用情况进行全面而细致的调研与分析,并根据调研分析结果,对相应的基层国土资源管理制度进行优化和完善。例如,为了维护自然资源管理秩序,遏制新增违法占用土地行为,保护耕地、矿产资源和生态环境,六塘镇的国土资源管理部门加强了日常监管力度,扎实推进卫片执法检查工作。同时,成立了专项工作组,制定了巡查制度,速报制度和实施方案。建立了村级信息网络员,明确分工,责任到人;大力宣传,以 4 月 22 日地球日、6 月 25 日土地日、12 月 4 日法制宣传日为契机,采取多种形式大张旗鼓地宣传,增强工作人员的国土资源管理意识。其次,基层管理人员需要对现行的垂直管理制度进行更新和调整,结合当地居民的受教育程度,对制度条款进行优化,以提高制度内容与乡村地区国土资源管理现状的契合性。只有这样,才能够保证国土资源管理制度在当地的有效落实,才能够保证国土资源管理制度实施价值的充分发挥<sup>[6]</sup>。最后,在对国土资源管理制度进行完善的时候,还需要对国土资源管理方法进行持续的更新和完善,以免出现个别管理人员因为个人利益而出现国土资源被滥用的行为。

#### 4.3 加强基层国土资源管理技术体系的建设

在乡村振兴背景下,要想加强基层国土资源管理,需要加强基层国土资源管理技术体系的建设,从技术层面提高我国基层国土资源管理的工作效率。首先,在国土资源管理部门及相关部门内构建信息化工作平台,提高国土资源管理部门与其他部门之间的沟通效率,保证相关信息在各部门内的有效传递。其次,提高国土资源管理内容的透明度与公开度,确保当地居民能够在第一时间获知最新的国土资源管理政策,能够及时规避应当规避的事件。再次,加强各部门的资源整合,为后期国土资源的高质量管理奠定基础。图 1 为某地国土资源现行控规评估技术体系框架图。最后,基层国土资源管理工作上面千条线,下面一根针,业务面广,工作量大,难度大。在实际工作中不能保证全方面巡查到位,一

些违法占地行为不能及时发现,虽然成立了信息网络工作小组,也避免不了出现上述情况。对此,可以购置无人机巡查,借助无人机设备的巡查优势,及时发现违法占地行为,及时制止。

#### 4.4 加强基层国土资源管理人员的专业培训

基层管理人员的专业素养与能力,对于基层国土资源管理工作的开展质量有着决定性影响。分析现阶段基层管理人员专业素养与能力整体偏低的原因,主要与国土资源管理人才培养力度偏低有关。所以,在乡村振兴背景下,要想加强基层国土资源管理,还需要加强基层国土资源管理人员的专业培训,并根据基层国土资源管理工作的开展需求,组建一支专业能力强、综合素养高的专业化基层管理人才队伍。首先,对现有的基层管理人员进行专业理论知识的培训和管理能力的提升,将与国土资源管理、土地征收等方面相关的专业知识与技能传授给基层管理人员<sup>[7]</sup>。然后,在培训工作结束后,对参加培训的基层管理人员进行考核,检验其对培训内容的掌握程度。其次,在基层国土资源管理人才选拔与聘用阶段,要对应聘者的专业知识与实践能力进行重点把握,加强基层国土资源管理人才准入门槛的把关。最后,适当提高基层国土资源管理岗位的薪资待遇,利用高薪资好福利来加强对专业人才的吸引。

### 5 结语

综上所述,在乡村振兴背景下,加强基层国土资源的管理,具有十分重要的意义。但是,受多方面因素的影响,我国的基层国土资源管理现状并不理想。在这种情况下,只有加强基层国土资源管理制度的完善、管理技术体系的建设以及管理人员的专业培训,并对国土资源进行充分利用,才能够从整体上提高基层国土资源管理现状,为乡村振兴战略的实施提供支持。

#### 参考文献

- [1] 左玉珍. 基层国土资源管理中存在的问题探究[J]. 魅力中国,2020(41):52.
- [2] 周洁. 基层国土资源管理中存在的问题及应对措施探讨[J]. 数码设计(上),2021,10(5):193.
- [3] 肖莹莹. 基层国土资源管理中存在的问题探究[J]. 房地产导刊,2020(11):227.

# Construction of monitoring and risk early warning model of soil heavy metal pollution in industrial zone

Siwen Peng Menglong Hu

Wuhan Fangji Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

## Abstract

The problem of heavy metal pollution in industrial areas has become an important hidden danger affecting the stability of ecosystem and human health and safety. Traditional monitoring means are limited by response lag and rough spatial distribution, so it is urgent to build a scientific and effective monitoring and early warning system. Focusing on the characteristic distribution of heavy metal pollution in industrial areas, this paper analyzes the main sources of pollutants and the migration mechanism of pollutants, puts forward a set of systematic monitoring index system, and integrates advanced detection technology and spatial data analysis means, so as to improve the real-time and accuracy of data acquisition. On this basis, a risk early warning model integrating multi-source data is constructed to realize the dynamic determination and response prompt of pollution level. Through model framework design, algorithm path construction and adaptability verification, promote the transformation of early warning mechanism from static evaluation to intelligent response, and provide accurate decision-making basis for soil environmental management in industrial zones. The research results have a good engineering application prospect and theoretical support value.

## Keywords

soil pollution; heavy metal monitoring; industrial zone; risk assessment; early warning model

## 工业区土壤重金属污染监测与风险预警模型构建

彭思文 胡梦龙

武汉方基环境科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

## 摘要

工业区土壤重金属污染问题已成为影响生态系统稳定性与人类健康安全的重要隐患, 传统监测手段存在响应滞后、空间分布粗略等局限, 亟需构建科学有效的监测与预警体系。本文围绕工业区土壤重金属污染的特征分布, 分析污染物主要来源与迁移机制, 提出一套系统化的监测指标体系, 并整合先进检测技术与空间数据分析手段, 提升数据获取的实时性与准确性。在此基础上, 构建融合多源数据的风险预警模型, 实现对污染等级的动态判定与响应提示。通过模型框架设计、算法路径构建及适应性验证, 推动预警机制由静态评估向智能响应转变, 为工业区土壤环境管理提供精准决策依据。研究成果具有良好的工程应用前景与理论支撑价值。

## 关键词

土壤污染; 重金属监测; 工业区; 风险评估; 预警模型

## 1 引言

工业化进程在推动经济发展的同时, 也带来了严峻的土壤环境污染问题, 尤其是在高强度排放的工业区, 重金属的积累呈现出高浓度、多源性 with 复杂迁移等显著特征。由于重金属元素难以降解, 且能在土壤中长期稳定存在, 其对土壤微生态、农作物质量乃至人体健康构成了潜在威胁。面对持续扩大的污染趋势, 传统监测手段无法满足快速识别、精准定位和动态预警的需求, 急需构建融合技术、算法与环境管理要求的监测预警模型。本文以工业区为研究对象, 聚焦

污染监测系统构建与风险预警机制设计, 旨在提升土壤环境污染防控的系统性与前瞻性。

## 2 工业区土壤重金属污染概况

工业区土壤中重金属污染物主要来源于冶金加工、化工生产、电镀排放以及含金属废弃物的堆存过程, 部分来源与运输泄漏和大气沉降有关。污染类型以镉、铅、汞、铬、砷等元素为主, 呈现复合型、多源叠加的污染特征。不同重金属在环境中表现出不同的毒性和迁移能力, 易与土壤胶体发生吸附、交换和络合反应, 形成持久性污染结构, 对生态系统构成长期胁迫。重工业区常伴随高浓度多金属污染, 冶炼类企业排放的锌、铜、镍元素易造成土壤毒性累积。化工类企业则以有机污染与重金属复合污染为显著特征, 污染形

【作者简介】彭思文(1986-), 男, 中国湖北武汉人, 硕士, 工程师, 从事环境监测研究。

态更为复杂。电子制造过程中使用的铅锡焊料与稀土元素也构成污染风险。轻工业排放中虽重金属浓度相对较低,但因排放频率高、处理水平差,仍对土壤质量造成长期影响。不同企业类型污染范围、深度及风险等级差异明显,需针对性防控与评估【1】。

### 3 土壤重金属监测指标体系构建

土壤重金属监测指标的构建应兼顾科学性、代表性与可操作性,优先考虑对生态风险影响显著、易于监测的重金属元素。选取过程中需结合区域污染现状、工业类型及历史排放资料进行系统分析。采用层次分析法、主成分分析等方法筛选关键污染因子,并建立定量指标矩阵。指标体系应体现出污染物的浓度水平、空间分布特征与潜在风险强度,确保监测成果的可比性与时效性。镉以高毒性、高迁移性著称,是土壤污染风险评价的重要因子;铅可通过阻碍植物生长和影响神经系统对生态与健康构成双重威胁;砷在特定氧化还原条件下转化为高毒态,具有强致癌性;汞易在环境中发生甲基化反应,形成高毒性化合物;铬在土壤中存在六价和三价状态,前者具高氧化性和致突变性。不同元素污染所引发的环境后果存在显著差异,需在监测中重点控制【2】。

### 4 土壤重金属污染监测技术体系

#### 4.1 实时监测设备与传感器技术

实时监测技术通过布设现场传感器,实现对土壤中重金属含量的连续采集与快速反馈,提升污染动态掌握能力。电化学传感器、光谱传感器与电感耦合等离子体探头为主流设备类型,具备响应速度快、数据自动记录、现场适应性强等优点。在恶劣工业环境中,部分设备集成抗干扰材料和远程数据传输模块,可降低人为干预对数据的影响。无线网络与边缘计算技术的引入,进一步增强了设备的智能化程度与系统兼容性,便于构建分布式监测网络并进行数据汇总分析,为后续模型输入与风险评估提供实时依据。

#### 4.2 实验室检测方法的准确性比较

实验室分析方法仍是重金属监测的精确基础,其检测精度和结果可靠性对监测体系构建具有决定性作用。常用方法包括火焰原子吸收光谱法、石墨炉原子吸收法、电感耦合等离子体质谱法和X射线荧光分析等,其中火焰原子吸收适用于高浓度样本,石墨炉适合超痕量检测。电感耦合等离子体质谱法在多元素同步分析中表现出色,具备极高的灵敏度与分辨率。不同方法在样品前处理、检测限、仪器复杂程度等方面存在差异,需结合目标元素特性与土壤基质条件进行匹配选择。检测过程中控制样品均质化与实验误差是保证数据有效性的关键。准确检测结果不仅能提供污染现状判断依据,也是构建风险模型参数校准与验证的重要基础,关系到整个监测体系的科学性与稳定性【3】。

#### 4.3 空间数据采集与地理信息系统应用

土壤重金属污染具有明显的空间异质性与区域聚集性,

依托空间数据采集与地理信息系统可实现污染的多维表达与动态分析。采样过程中通过高精度GPS定位系统获取点位坐标,并结合遥感影像数据、无人机测绘成果与地质图层,建立多源空间数据库。地理信息系统平台可进行空间插值、污染热区识别与时序分析,揭示污染物的扩散路径与影响范围。污染数据叠加土地利用信息与工业企业分布后,可辅助溯源与风险分区,实现从点状信息向区域模式的演化。空间分析结果为监测点布设优化、预警阈值动态调整及管理措施制定提供了科学依据,显著增强了土壤重金属污染监控的全面性、精细性与可操作性。

### 5 风险预警模型设计与算法构建

#### 5.1 预警模型的总体框架与功能目标

工业区土壤重金属风险预警模型旨在构建一个集数据采集、风险识别、等级预警与动态响应于一体的综合性系统框架,实现从污染监测到风险控制的全过程联动。模型架构以数据驱动为核心,基于土壤重金属监测指标、空间分布信息和历史污染特征构建参数输入模块,结合多维算法分析子系统形成风险评估输出,并通过反馈机制不断修正模型权重与判定边界。模型功能目标包括实现污染浓度动态追踪、高风险区域快速识别、潜在趋势变化提前感知与风险等级可视化表达。模型在结构上分为数据采集层、数据处理层、分析判定层与预警响应层,通过系统模块化设计可适应不同规模与类型的工业区部署需求。功能实现路径强调信息闭环管理,使预警体系具备实时性、前瞻性与可操作性,为环境管理与治理决策提供精准的技术支撑基础。

#### 5.2 多源数据融合机制

土壤重金属污染风险具有复杂的时空耦合特性,单一数据源难以全面表征污染态势,多源数据融合机制是提高预警模型科学性与预测准确性的关键路径。融合数据类型涵盖传感器实时监测数据、实验室高精度检测数据、地理空间数据、气象水文数据及历史污染档案等内容,通过异构数据标准化处理与格式转换建立统一数据接口。采用贝叶斯推理、主成分提取、模糊聚类等算法实现数据之间的关联识别与权重分配,提升数据协同效能。融合机制注重时间序列一致性与空间尺度匹配,通过插值重构、缺失修补与异常剔除确保数据输入质量,为模型稳定运行奠定基础。在数据集成过程中引入动态更新策略,结合边缘计算与云端分析提升系统反应速度。融合结果不仅支撑污染风险的动态建模,还为模型自学习与参数调优提供多维支撑,显著增强风险预警模型的适应能力与泛化能力【4】。

#### 5.3 风险等级判定标准与分类方法

风险等级划分是预警模型决策输出的核心环节,直接关系到后续响应机制的启动条件与管理措施的分级配置。判定标准需基于污染物浓度、生态敏感性、人口暴露率与土地利用类型等复合因子构建,采用定量与定性相结合的判定框

架,形成高、中、低不同等级风险区划。分类方法依托数学模型与环境阈值标准,通过聚类分析、支持向量机、多层感知器等算法建立判别边界,并结合历史污染数据进行训练与回归优化,提升等级判定的准确性与稳定性。模型设定的风险区间应具有动态调整能力,根据区域实际变化和监管需求进行自适应修正,避免预警信号误判或滞后。为增强判定结果的解释性与可操作性,等级输出时同时配套相应的图示表达与响应建议,实现风险状态与应对措施的逻辑关联。分类方法还需兼顾不同工业区特点与污染成因差异,确保模型具备广泛适用性与扩展能力,真正实现从污染识别向风险控制的有效转换。

## 6 模型实用性验证与优化策略

### 6.1 模型预测效果评估方法

风险预警模型的预测效果评估是保障其实用性与推广价值的核心环节,需从准确性、稳定性与时效性三个维度进行综合考量。采用交叉验证法与留一法评估模型在不同样本组合下的泛化能力,利用均方根误差、平均绝对误差与Kappa一致性系数量化预测精度,比较实测值与预测值之间的吻合程度。引入ROC曲线与AUC指标分析模型在不同风险等级间的分类能力,检验其对高风险区的识别灵敏性。时间序列预测中引入滑动窗口与动态回归方法检测模型对污染趋势变化的响应能力,评估其在数据扰动条件下的稳健性。评估体系构建过程中需充分利用历史污染数据与现场监测结果,通过构建对比样本集实现多场景模拟验证,确保模型具备良好的应用推广基础。

### 6.2 参数灵敏度分析与优化调整

参数灵敏度分析是识别模型结构中关键影响因子的有效方法,可揭示不同输入变量对预警输出结果的驱动效应。采用局部敏感性分析与全局敏感性分析相结合方式,通过逐步扰动单个参数或参数组,观测模型输出变化幅度,量化其对风险等级判定结果的影响程度。运用蒙特卡罗模拟、Sobol序列与拉丁超立方采样等方法建立高维度参数空间,实现多变量协同下的响应关系解析。对灵敏度高的参数进行聚焦优化,通过反向传播算法与遗传算法进行参数校准,提升模型的收敛速度与预测精度。结合历史监测数据与专家知识引导参数边界设定与初始权重配置,增强模型对不同输入扰动的稳定适应能力。优化过程强调动态更新与循环反馈机

制,推动模型从静态规则型向自适应智能型过渡,实现对复杂污染场景的精准响应。

### 6.3 模型在不同工业场景中的适应性拓展

工业区类型多样、污染结构差异显著,风险预警模型需具备跨区域迁移与多场景适应的能力以满足多样化应用需求。在重金属种类、污染强度与地理背景存在显著差异的场景中,模型通过模块化设计与参数化构建实现结构通用与配置灵活,便于针对性调整。引入迁移学习方法将一个区域训练所得模型参数迁移至新区域,辅以少量本地监测数据完成适应性校准。采用自适应滤波算法与地理加权回归技术提升模型对区域空间异质性的识别能力,增强其对不同污染类型与工业布局的响应效果。在矿产加工区、化工集中区与电子制造基地等典型工业场景中进行实地验证,检验模型在预测精度、响应速度与风险判定一致性方面的表现,逐步建立具有可复制性与区域泛化能力的模型推广体系。模型适应性拓展路径强调从数据标准到算法结构的全流程动态匹配,确保其在不同工业背景下均能发挥稳定而有效的预警功能。

## 7 结语

工业区土壤重金属污染问题已成为制约区域可持续发展的重要环境因素,构建科学的监测与风险预警模型是提升污染治理效能的关键路径。通过建立系统化的监测指标体系、集成多源数据、设计多维算法模型,可实现对重金属污染的动态识别与精准预警,增强环境管理的主动性与响应力。模型在准确性、适应性与实用性方面的不断优化,将有助于构建全过程、多层级的土壤环境风险防控机制。未来应进一步强化模型在不同工业场景中的推广应用,以技术支撑助力区域生态安全保障。

### 参考文献

- [1] 吴文伟,沈城,沙晨燕,林匡飞,吴健,谢雨晴,周璇.城市工业地块土壤重金属污染风险评价与源解析[J].生态环境学报,2024,33(05):791-801.
- [2] 李杰飞,王棣,徐宇鹏,杨浩,蔺洪永,包海花,张玲敏.豫西典型工业区周边农田土壤重金属污染特征、生态风险与来源解析[J].河南农业科学,2024,53(04):76-91.
- [3] 陈伟伦.化工园区周边土壤重金属污染风险评估及修复技术[J].山西化工,2023,43(11):204-207.
- [4] 赵广.园区用地土壤地下水重金属污染调查分析及健康评估[J].山西化工,2023,43(11):261-264.

# Quality control strategy of soil samples

Xiaodan Tang

Guojian Testing Holdings Group Xinjiang Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

## Abstract

At present, soil degradation is serious, leading to a significant reduction in grain yield and quality, which threatens food security to a certain extent. Therefore, it is necessary to actively organize and carry out the internal testing of soil samples, and strictly control the testing quality, find out the soil quality problems in time, and take reasonable measures to deal with them, so as to reduce the soil environmental pollution and damage, so as to ensure the improvement of agricultural production level. Through the comprehensive development of soil census work, it can help the staff to grasp the status quo of soil quality in detail, and provide a basis for the subsequent soil development, utilization and management. This paper mainly analyzes the internal testing quality control strategy of soil samples, so as to effectively improve the accuracy and reliability of soil sample test results, and provide detailed data basis for the subsequent soil quality monitoring.

## Keywords

soil sample; Internal inspection; quality control

# 试析土壤样品内业检测质量控制策略

唐晓丹

国检测试控股集团新疆有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

## 摘要

当前, 土壤退化情况严重, 导致粮食产量、质量大幅度降低, 一定程度上威胁粮食安全。因此, 要积极组织开展土壤样品内业检测工作, 并对检测质量进行严格控制, 及时发现土壤质量问题, 并采取合理措施进行处理, 进而降低土壤环境污染和破坏, 进而保障农业生产水平的提高。通过土壤普查工作的全面开展, 能够帮助工作人员对土壤质量现状进行详细掌握, 为后续土壤开发、利用和管理提供依据。文章主要对土壤样品内业检测质量控制策略进行分析, 从而有效提升土壤样品检测结果准确性和可靠性, 为后续土壤质量监测提供详细的数据依据。

## 关键词

土壤样品; 内业检测; 质量控制

## 1 引言

土壤样品内业检测是进行土壤质量评估的重要环节之一, 其检测质量直接关系到评估结果准确性和可靠性。因此要结合实际情况, 严格控制土壤样品内业检测质量, 把检测误差控制在合理范围内。在采样环节, 要科学布点, 并使用标准的采样工具, 进而减少操作不当引起的数据偏差; 此外还需要做好实验室检测质量控制工作, 优化数据处理和分析, 引进现代化新型检测技术, 保障土壤样品内业检测质量控制的智能化、精准化开展。

## 2 样品制备、保存与流转质量控制

在内部质量控制工作中, 要严格按照相关技术规范进行标准性操作, 确保样品接收、制备、保存、流转工作的有

序进行; 此外还需要主动接受省级和国家级外部质量监督检查工作, 在制样过程中需要实现实地、在线监控, 保障样品编码一致, 同时确保设置清晰的标识, 对样品制备全过程进行详细记录。此外, 外部质量控制和监督要求如下:

### 2.1 样品制备

在样品制备工作环节, 检查单位需要编制可行性的质量控制方案, 并优化质量管理体系, 以便促进样品制备工作的可操作性<sup>[1]</sup>。①要对样品制备人员的专业能力进行严格要求, 统一组织开展内业测试化验和全程质量控制技术培训, 确保工作人员获得合格证, 对制备人员上岗授权记录; 要结合实际工作要求, 对制样小组进行合理设置, 按照相关要求编制可行性的样品制备实施方案, 保障制样工作的有序进行。①制样场地。为了保障样品制备质量, 需要对风干场所、制备场所环境进行优化控制, 采取科学合理的防污染措施, 尤其要保障风干室良好的通风条件, 确保整个场所整洁性, 设置合适的温度和湿度条件, 避免存在易挥发性化学物质, 采取一定的遮光措施, 防止阳光直射, 必要情况下安装除湿

【作者简介】唐晓丹(1983-), 女, 中国陕西宝鸡人, 工程师, 从事生态环境工程研究。

设施;要结合实际工作要求,确保样品制备室大小符合要求,结合实际任务要求设置合适的制样工位数量,并采取一定的隔离措施;要在制样室安装在线全方位监控摄像头,使其对各个工位进行全面覆盖,并对监控制品进行存储,详细记录样品制备全过程一年以上。<sup>③</sup>制样工具,在样品制备过程中,需要对各类制样工作进行严格控制,确保磨样设备、样品筛的完好性和齐全性;避免各类工具中含有待测组分,防止混入会影响样品测试结果的材料;完成制备工作后需要第一时间清洁各类工具。<sup>④</sup>样品接收,安排专业人员对样品进行接收确认,同时对样品标签、重量、包装等情况进行重点检查;要严格按照相关技术要求对各类样品重量进行控制,如每个表层样品送检样品不少于800克,留存样品不少于200克等。一旦发现样品问题,如发现破损、重量不足、样品信息不全等问题,需要严格按照相关规定进行规范性处理<sup>[2]</sup>。<sup>⑤</sup>制备流程,在样品制备过程中,需要严格按照相关技术规范要求,对风干、研磨、筛分、混匀、缩分、分装等流程进行严格控制,确保样品编码的一致性;要保障样品在制样过程中始终保持充分混匀;把样品损失率控制在10%以内;要保障样品制备原始记录的齐全性和规范性。<sup>⑥</sup>已加工样品,已经制备完成的各类样品箱,需要严格按照相关要求对样品标签、重量、粒径、包装等工作进行规范性设置;此外还需要对样品保存环境条件进行科学调控,实现留存样品的合理性管理。

## 2.2 样品保存

要保障样品保存管理人员具备较高的专业能力,且需要对其提前培训,开展能力确认,保障其综合能力符合样品保存工作需求。严格按照相关技术规范要求,对留存样品、土壤样品库样品、送检样品保存等进行标准性管理,通常情况下,每个表层样品留存样品需要超过200克;每层剖面样品留存样品需要超过200克。一般情况下,留存样品需要保存两年以上。在具体保存过程中,需要保障留存场所环境的适宜性,保障干燥性,设置良好的通风条件,避免出现阳光直射问题,采取合理的防污染措施<sup>[3]</sup>;同时要在留存场所安装一定的视频监控设备,做好样品编号索引工作,要求管理人员对各类样品的标签、重量、粒度等进行详细检查,定期检查暂存样品情况。

## 2.3 样品流转

<sup>①</sup>样品交接。在该环节中,需要结合样品状态、数量等情况,将其流转到相关检测实验室、土壤样品库中。在该过程中,各个表层样品的送检样品需要超过800克;含密码平行样,送检样品需要超过1600克。每层剖面样品送检样品需要超过800克,送检样品含密码平行样需要超过1600克。样品交接环节中,需要详细检查样品标签、类型质量、包装等质量状态,并做好交接记录工作,严格按照相关技术规范对样品入库<sup>[4]</sup>。<sup>②</sup>质控要求,对不同类型的土壤样品进行组批流转;同时按照样品类型通过质量控制实验室插入相应的质量控制样品。完成以上工作后,需要开展内部质量保

证检查工作,自查相关记录,确保各个环节工作都符合规范要求,并定期组织开展样品保存检查工作。

## 3 样品检测质量控制

### 3.1 内部质量控制

在内部质量控制工作中,需要保障仪器设备的标准性配备,并确保各类设备保持正常运行状态;要严格按照相关技术规范要求对各项任务进行规范性操作;要做好内部质控记录工作,复检异常样品;自觉接受省级和国家级外部质量监督检查工作。要利用实地、在线监控等方式实时检查样品细磨等工作,结合相关技术要求详细检查仪器设备、试剂溶液等<sup>[5]</sup>;要选择合适的检查方法,组织开展规范的空白试验,并对其设备进行定量校准,复检异常样品等。

### 3.2 外部质量监督检查

<sup>①</sup>质量管理,结合相关规范要求,制定可行性的质量保证体系;要结合相关技术规范要求,持续性改进内部控制管理制度;要结合相关技术规范要求制定完善的质量控制方案和计划,对全流程工作进行全过程质量控制。

<sup>②</sup>检测能力,要确保检测单位的专业能力与实际要求保持契合性,确保在合同期内完成检测任务,严禁对检测单位进行转包和分包。

<sup>③</sup>样品细磨,要严格国家相关要求对制样工具、制样场所进行规范性管控;要通过视频监控设备对样品细磨过程进行动态监督,保障各个工位制样环节都能够规范性操作,详细记录整个工作过程;要确保样品制备记录表的完整性,确保样品编码始终保持不变,避免使用套筛<sup>[6]</sup>。

<sup>④</sup>人员管理,要严格按照普查检测任务要求对各个环节人员的专业能力进行全面控制;要求各类技术人员参与全国、省级等土壤普查统一组织的技术培训,获得培训合格证;要提前进行上岗培训活动,确保工作人员授权上岗。

<sup>⑤</sup>场所环境,保障实验室场所与申请的场所保持相同;对实验室合理分区,避免出现交叉污染问题。

<sup>⑥</sup>设施设备,结合实际需求选择合适的仪器设备,保障仪器设备完好性,在使用前需要做好检定、校准、核查工作,确保在有效期内使用;要做好使用时间、使用人等信息记录工作;要准备好普查检测参数所需的质控样品,并进行规范性保存,能够溯源到标准物质。

<sup>⑦</sup>样品管理,严格控制样品接收、核查、发放环节,安排专业人员控制外部样品接收、内部流转等工作,做好详细记录;要保障样品标签、包装完整性,确保标识唯一性,对样品规范、有序存放<sup>[7]</sup>。

<sup>⑧</sup>试剂材料,对关键试剂、耗材进行严格检查,确保符合要求后才能投入使用;安排专业人员对耗材进行专门管理;做好实验用水记录工作。

<sup>⑨</sup>检测方法,要结合相关技术规范要求选择合适的检测方法,在正式检测工作前,需要对各项特性指标进行严格

验证,如检出限、测定下限、精密度、正确度、线性范围等,详细记录和保存原始数据,形成方法验证报告;如果在检测过程中出现方法偏离问题,需要编制作业指导书,经过技术负责人批准后,才能允许发生。其中,具体的检测方法有:

a 物理性质检测,主要是利用筛分、沉降法对土壤粒度分布进行检测,利用烘干法、时间域反射法对土壤含水量进行检测,利用测量土壤紧实度检测土壤容重,利用孔隙度检测分析土壤通气性、透水性;b 化学性质检测,利用pH计或试纸法检测土壤酸碱度,利用燃烧法、湿化学法检测土壤有机质含量,利用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、原子吸收法检测土壤中氮、磷、钾等养分含量,利用原子吸收光谱法、电感耦合等离子体质谱法检测土壤中的微量元素、重金属含量;c 生物性质检测,利用培养法、分子生物学法检测土壤中的微生物类型、数量和活性,利用显微镜观察评估土壤动物类型、数量,利用酶活性测定评定土壤生物活性。

⑩空白试验,分析每批次样品时,需要开展空白试验工作,且每批次样品需要开展两次以上空白试验;通常情况下,空白试验结果需要在方法检出限以下,当空白试验结果高于方法检出限时需要重复试验,并计算空白试验平均值同时从样品检测结果中扣除;如果空白试验结果超过正常值,需要查找原因,选择合适的预防措施进行纠正<sup>[8]</sup>。

⑪其他方面。要做好仪器设备定量校核工作,通过校准曲线法开展定量分析,确保校准曲线相关系数原则上要求为 $r>0.999$ ;组织开展仪器稳定性检查。要对样品检测精密度、正确度进行严格控制;一旦发现异常样品需要复检,优化数据记录与审核工作,具体如图1所示;形成完善的质量评价报告,做好档案管理工作。

## 4 结语

综上所述,为了提升土壤样品内业检测工作水平,需要做好严格的质量控制工作,对各个工作环节进行全过程监督检查,确保检测结果符合规范要求,促进检测结果的精密度和正确性,为后续土壤质量控制创建良好条件。

风险场景	解决方案
重金属检测结果漂移	立即检查雾化器堵塞情况,重新校准内标(如In、Bi),追溯最近3批次质控样数据
有机回收率异常(<70%)	核查固相萃取柱活化程序,更换衍生化试剂批次,重新进行基质匹配标准曲线校准
同批次RSD>10%	暂停检测,排查研磨筛网破损情况,重新均质化处理,追加10%平行样复测

图1 异常样品处理方法

## 参考文献

- [1] 李瑞,韩峰,雷昊,等. 贵州省创新“五紧盯”模式 高质高效推进土壤普查内业工作 [J]. 中国农业综合开发, 2024, (07): 19-20.
- [2] 浙江省第三次土壤普查内业检测数据省市县三级联合审核模拟会在杭召开 [J]. 中国农业综合开发, 2024, (06): 58.
- [3] 于跃跃,陈小慧,颜芳,等. 谋划早 措施实 要求严 北京市高质量完成第三次全国土壤普查试点工作 [J]. 中国农业综合开发, 2024, (05): 45-49.
- [4] 李琪,李继福,巩细民,等. 抓牢检测环节 打好成果基础 湖北省第三次土壤普查试点内业测试经验分享 [J]. 中国农业综合开发, 2024, (04): 21-23.
- [5] 陈春秀,阳路芳,雷建容,等. 关于做好第三次全国土壤普查内业质检的几点思考 [J]. 中国农业综合开发, 2023, (08): 16-17.
- [6] 新疆四项举措全力推进土壤普查试点及盐碱地专项调查内业测试化验工作 [J]. 中国农业综合开发, 2023, (05): 20.
- [7] 广东省强化土壤普查试点内业质量控制着力提升检测分析数据精准度 [J]. 中国农业综合开发, 2022, (11): 34.
- [8] 第三次全国土壤普查试点工作方案 [J]. 中国农业综合开发, 2022, (09): 4-6.

# Exploring Models of Biodiversity Conservation and Social Participation—A Case Study of Shaanxi Changqing National Nature Reserve

Xiaomei Wang Ke Feng\* Wenli Mao

Shaanxi Changqing National Nature Reserve Administration, Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

## Abstract

Nature reserves are important sites for biodiversity conservation and ecological restoration. As a core area for biodiversity conservation in the Qinling Mountains of China, the Changqing National Nature Reserve in Shaanxi Province has a significant practical significance with its model of socialized participation in biodiversity conservation. This paper takes this nature reserve as an example, through case analysis, field research and literature review, systematically sorts out the socialized participation mechanism for ecological diversity conservation, assesses its effectiveness and challenges, and studies and proposes management countermeasures such as improving the collaborative mechanism, strengthening financial and technical support, and deepening public education. The results show that by integrating resources from the government, communities, non-profit organizations and the public, the socialized participation model can promote the coordinated development of ecological protection and community economy, and has a demonstration significance for biodiversity conservation in China.

## Keywords

Biodiversity conservation; Social participation; Changqing National Nature Reserve; Collaborative development

# 生物多样性保护与社会化参与的模式探究——以陕西长青国家级自然保护区为例

王小梅 冯科\* 毛文丽

陕西长青国家级自然保护区管理局, 中国·陕西 汉中 723000

## 摘要

自然保护区是生物多样性保护和生态修复的重要场所。陕西长青国家级自然保护区作为中国秦岭生物多样性保护的核心区域, 其推动的生物多样性保护社会化参与模式具有重要的现实意义。本文以该自然保护区为例, 通过案例分析、实地调研和文献研究, 系统梳理了该生态多样性保护社会化参与机制, 评估其成效与挑战, 研究探讨并提出了完善协作机制、加强资金技术支持、深化公众教育等管理对策。结果表明, 通过整合政府、社区、公益组织及公众等多方资源, 社会化参与模式能够推动生态保护与社区经济协同发展, 对我国生物多样性保护具有示范意义。

## 关键词

生物多样性保护; 社会化参与; 长青自然保护区; 协同发展

## 1 引言

生物多样性是指生命有机体及其赖以生存的生态复合体的多样性和变异性<sup>[1]</sup>, 是地球生命的基础<sup>[2]</sup>, 对于维持生态平衡、保障人类生存和经济发展具有不可替代的作用。然而, 随着人类活动的不断扩张和生态环境破坏的加剧, 使

得生物多样性面临前所未有的威胁。因此, 生物多样性保护已不仅仅是保护地和科学家的责任, 社会化参与俨然已成为降低生物多样性所受胁迫、实现保护目标的重要因素。传统保护模式多依赖政府主导, 存在保护资源有限、资金和保护力量不足等问题。在此背景下, 社会化参与的多元化保护模式已成为提升保护效率的重要路径。陕西长青国家级自然保护区作为秦岭大熊猫栖息地保护的核心区域, 通过创新社会化参与模式, 实现了生态保护与社区发展的双赢。本研究旨在通过分析该保护区的实践经验, 系统总结梳理社会化参与对生物多样性保护的协同效应, 为秦岭乃至全国保护工作提供理论与实践参考。

【作者简介】王小梅(1971-), 女, 中国陕西汉中人, 本科, 工程师, 从事林业研究。

【通讯作者】冯科(1969-), 男, 本科, 高级工程师, 从事林业研究。

## 2 研究方法 with 区域概况

### 2.1 研究区域

陕西长青国家级自然保护区位于秦岭中段南坡，总面积约 30000 公顷，地处我国南北植物区系交汇过渡地带，是古北界与东洋界两大动物区系的汇集地，动植物区系成分多样，过渡性、垂直分异性明显，生物多样性不但丰富，而且特有属、种十分繁多，被誉为秦岭生物多样性的资源库和基因库，在我国生物多样性保护中具有非常重要的地位和作用。保护区有秦岭大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*)、朱鹮 (*Nipponia nippon*)、川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellanae*) 及秦岭羚牛 (*Budorcas bedfordi*) 等国家 I、II 级野生保护动植物 70 余种<sup>[3]</sup>。

### 2.2 研究方法

本研究采用混合研究方法：

案例分析法：选取保护区管理体系、自然教育项目、社区共管模式等典型案例，分析社会化参与机制。

实地调研：通过访谈保护区管理人员、社区居民及合作机构代表，获取一手数据。

文献研究：整合 GEF 项目报告、保护区年报及学术论文，验证数据有效性。

## 3 社会化参与模式的核心机制

### 3.1 保护区主导的协作机制

陕西长青国家级自然保护区经过 30 年的发展，得益于严格的管理措施、科学的保护策略以及社会各界的广泛参与，形成了“保护区主导、多方协作”的保护框架，建立健全了以“保护监测精准化、社区发展生态化、公众参与常态化”为核心的生物多样性保护模式，取得了良好的保护成效。具体措施包括：

①开展了生物资源和社区经济本底调查，制定了符合该区域生物多样性可持续发展的《总体规划》和管理目标，确保了生物多样性保护工作的有序性和有效性。

②实施了 GIS 网格化物种监测与栖息地动态评估等系列科研监测项目，打造了“生命长青”自然教育平台，构建了“科研-保护-教育”三位一体的管理体系，成为生物多样性保护的关键手段。

③与中国林科院、北京大学等多家科研机构 and 院校开展交流与合作，完成了 20 余项课题研究，发表核心学术论文 100 余篇，专著 10 余部，建立了该区域生物多样性信息数据库，为科学保护提供了有效的科研数据和模型。

④将约 3 万公顷社区集体林纳入保护区管理体系，组织村民成立保护小组，定期开展巡护监测工作和数据收集等工作，将保护政策宣传转化为实际行动。

### 3.2 社会力量的深度介入

①公益组织支持：全球环境基金 (GEF)、世界自然基金会 (WWF) 等非政府组织或公益基金会，通过提供资

金、技术和教育培训，推动了长青自然保护区从森工采伐向生态保护的转型。数据显示，项目实施后，大熊猫活动范围向保护区外围扩大了 11000 公顷，参与项目的社区家庭年收入增加一倍以上，保护区内非法采集和盗猎事件下降到几乎为零，全面提升了保护区的组织管理水平和保护能力。

②社区共管模式：鼓励并支持当地社区成为生物多样性保护的主体，通过设立社区自然保护小区、生态友好产品开发和特色生态体验活动等方式，实现经济发展与生态保护的双赢。如在长青自然保护区和山水自然保护中心的指导下，由九池朝阳村村民彭海波发起成立，将 6525 亩公益林作为中华蜜蜂保护区，开展“以蜂护林”和特色农家体验活动，形成“蜂群监测-森林保护-经济增收-资金反哺”的闭环 (见图 1)。该项目的实施创新性地构建了生态保护与经济发展协同的管理机制，完善了现有的自然保护地体系，扩大了保护区域面积，提高当地群众的收益，实现盗伐偷猎等人为破坏事件下降 90%，在当地产生了较为广泛的带动作用和社会影响力，有效推动了社区集体林的生物多样性保护。

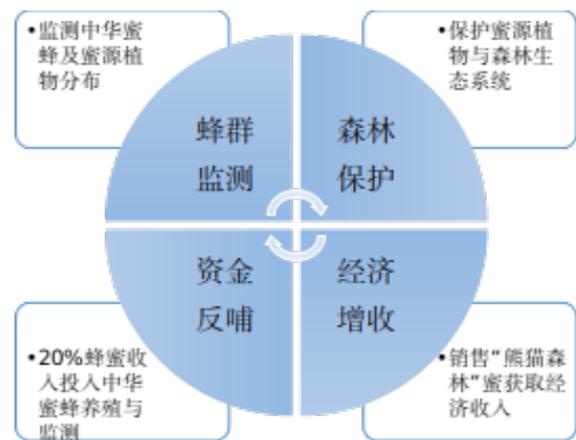


图 1：生物多样性保护与社区经济发展反哺循环机制

### 3.3 公众参与

保护区通过创办《长青》期刊、运营微信公众号及开展自然教育活动，构建了“生命长青”宣传教育平台，组织开展生物多样性保护讲座与论坛，以及观鸟、摄影比赛、森林体验和进校园等主题宣传活动，为公众普及生物多样性的知识等，激发人们回归自然、保护自然的愿望，实现全民参与与生态保护的目标。例如，自 2010 年起，北大附中“自然之翼”和其他自然教育机构，每年都在保护区开展青少年生态体验和博物研学活动，年均吸引超 6,000 人次参与，活动不仅带给学生良好的生态体验和生物知识，成为生态保护的倡导者和参与者，也为保护区数据积累和当地经济发展提供了新的途径。

## 4 成效评估与挑战分析

### 4.1 成效

①生态效益：大熊猫种群从 31 只增至 57 只，大熊猫

有效栖息地向保护区外扩展 11,000 公顷，森林覆盖率达 97.4%（见表 1）。

②社会经济共赢：社区形成“民宿+农事体验”复合经济模式，特色农业产业项目和自然教育活动既保护了当地生物资源，又提供大量就业岗位和经济收益。仅养蜂项目年收入突破 10 万元，贫困率降至 5% 以下。

③社会效应：“生命长青”宣传教育平台广泛地宣传生物多样性保护理念，培养公众的环保行为，使更多公众有机会关注和参与到生物多样性保护中来，促进人与自然和谐相处。

表 1 陕西长青国家级自然保护区生物多样性保护成效指标对比表（2010–2023）

指标	2010 年基线	2023 年现状	变化率
大熊猫种群	31 只	57 只	+83.9%
栖息地面积	30000 公顷	41000 公顷	+36.7%
养蜂人均收入	4,200 元	12,600 元	+200%
公众参与人次	800 人/年	6,000 人/年	+650%

数据来源：陕西长青国家级自然保护区年度监测报告（2023）、第四次全国大熊猫调查报告（2021）等。

## 4.2 挑战

①保护压力加剧：保护区周边旅游开发和经济发展，人类活动不断扩张导致环境污染、外来物种入侵等多重威胁，进而影响大熊猫栖息地完整性，对当地生物多样性保护造成负面影响。例如：金丝猴招引圈养旅游项目，造成了栖息地的破坏，以及大量游客涌入造成的人为干扰和环境污染等。

②管理机制有效性亟待提升：社会化参与虽已初步形成，但政府、保护区、社会团体与公众相互之间，仍存在管理能力和素质参差不齐、缺乏稳定的资金和技术支持、利益协调分配不均等矛盾冲突，导致各参与主体积极性不高、工作效率偏低等问题。

③保护力量不足：生态保护、自然教育和多媒体宣传等人才队伍匮乏，受山区条件限制，人才很难留任。2023 年前招录引进的 2 名高学历人才，均不满 1 年就离开了保护区。

## 5 对策建议

### 5.1 优化协同治理机制

建立当地政府、保护区、社区代表和 NGO 等多方联席会议制度，由政府主导，保护区协调，每季度讨论相关事项，明确权责分工，确保各方力量能够形成合力，共同推动生物多样性顺利实施。

### 5.2 强化资金与技术保障

制定人才引进或培训计划，设立生物多样性保护专项基金，加强交流与合作，培养人才，借鉴先进经验和技术手段，持续推进生物多样性保护高质量发展。

### 5.3 深化公众参与

举办生物多样性保护讲座、论坛和展览等多元化的主题宣传与自然教育活动，设立生态保护公益和志愿者服务岗位，鼓励社会各界积极参与生物多样性保护项目，激发公众参与生物多样性保护的热情和创造力。

## 6 结论

陕西长青国家级自然保护区在生物多样性保护方面成效显著，证明由保护区、社会团体和社区三大核心构建的社会化参与生物多样性保护模式，相对于传统的单一保护模式，能够有效平衡生态保护与社区发展的同时，形成有机结合和互补的全社会“大保护”格局，共同推进全社会生态文明建设和可持续发展。未来需要通过制度创新、技术赋能和教育深化，进一步完善社会化参与的机制与平台，促进社会化参与的深度与广度，为秦岭乃至国内生物多样性保护提供解决方案。

## 参考文献

- [1] 刘世荣等.中国暖温带森林生物多样性研究[M].北京.中国科学技术出版社.1998.
- [2] 杨秀峰等.【世界地球日特别报道】生物多样性是地球生命的基础.央广网.2022-04-22.[https://tech.cnr.cn/techds/20220422/t20220422\\_525802806.shtml](https://tech.cnr.cn/techds/20220422/t20220422_525802806.shtml).
- [3] 张社朝等.大熊猫国家公园长青片区动植物名录[R].大熊猫国家公园长青管理分局.2022.

# Study on the factors affecting the determination of volatile organic compounds in water by portable headspace /GC-MS

Xiangyu Shen

Yancheng Dafeng Ecological Environment Monitoring Station, Yancheng, Jiangsu, 224100, China

## Abstract

Portable gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technology has demonstrated unique advantages in on-site detection of volatile organic compounds (VOCs) in water. This article systematically explores the influencing factors of HAPSITE portable headspace/GC-MS determination of volatile organic compounds in water, and analyzes and studies the influencing factors of experimental conditions, headspace conditions, chromatography-mass spectrometry conditions, and other factors. By summarizing existing research and combining it with relevant standards issued by the Ministry of Ecology and Environment, this study analyzed the specific influencing factors of portable headspace/GC-MS determination of volatile organic compounds in water and proposed control points for the corresponding influencing factors, providing theoretical support for improving the practical reliability of HAPSITE portable headspace/GC-MS determination of volatile organic compounds in water.

## Keywords

volatile organic compounds; Portable headspace /GC-MS method; Emergency monitoring; Water quality analysis

## 便携式顶空 /GC-MS 测定水中挥发性有机物的影响因素探讨

沈翔宇

盐城市大丰生态环境监测站, 中国 · 江苏 盐城 224100

## 摘要

便携式气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 在水体挥发性有机物 (VOCs) 的现场检测中展现出独特优势。本文系统针对 HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物影响因素进行探讨, 针对实验条件、顶空条件、色谱质谱条件和其他因素几方面影响因素进行分析研究。通过总结现有研究结合现阶段国家生态环境部发布的相关标准分析研究了便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物的具体影响因素并对相应的影响因素提出了控制要点, 为提升 HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物的现实可靠性提供理论支撑。

## 关键词

挥发性有机物; 便携式顶空/GC-MS法; 应急监测; 水质分析

## 1 引言

水中挥发性有机物应急监测指的是突发环境事件中地表水、地下水、生活污水、工业废水和海水中甲苯等 56 种及其余挥发性有机物的现场应急测定。近年来, 随着工业化和城市化进程的加速, 水体中挥发性有机物<sup>[1]</sup> (VOCs) 污染事件频发, 对生态环境和人类健康构成严重威胁。VOCs 因其高挥发性、强迁移性及潜在致癌性, 成为全球环境监测的重点对象。传统实验室检测方法 (如吹扫捕集-气相色谱质谱联用法<sup>[2]</sup>) 虽具备高灵敏度, 但其局限性在应急场景中尤为突出。为突破上述瓶颈, 便携式顶空气相色谱质谱联用技术应运而生。该技术通过集成动态顶空富集、微型化质谱模块和快速分离系统, 实现了“采样-分析-决策”

的现场闭环。其中, HAPSITE ER 便携式顶空 /GC-MS<sup>[3]</sup> 作为代表性设备, 凭借其轻量化设计、宽温域工作能力及内置定位功能, 成为应急监测的核心工具。

HAPSITE 综合气相色谱、质谱两种分析技术分离、鉴别和测量样品的有机组分。使用惰性气体为载气, 经过气相色谱仪执行样品化合物的分离从而获得保留时间用以定性识别。分离次序主要以化合物沸点的不同为区别, 经过程序升温, 从而使不同化合物在不同时间流出到质谱仪。在质谱仪中, 不同化合物的气体流受到电子的轰击, 电子将分子分裂为较小分子的特性化组合或质量裂片。质谱仪测量这些离子裂片的响应, 并以波峰的形式组合显示为质谱图。将许多化合物的混合物直接导入 MS 产生复杂与非特性化的质谱图, 产生的离子碎片与内置的 NIST 质谱库进行比较来识别化合物。然而, 由于 GC 已将气体大致分离, MS 通常在少数共淘析化合物之间差分。这个差分提供很精确的鉴别, 并

【作者简介】沈翔宇 (1987-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事环境监测研究。

测量每种化合物的含量。定性鉴别可由比较未知化合物的谱线与 NIST 质谱库得到。定量鉴别可由分析未知浓度的标准和创建浓度响应曲线的靶化合物库中计算获得。

HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 其动态顶空进样技术通过加压-泄压模式结合盐析效应,富集效率提升3倍,基质干扰降低至5%以下。此外,设备内置 NIST 谱库与智能解析软件,可在10分钟内完成56种 VOCs 的分离与定性,经内标法定量计算,定性定量准确率超95%,显著优于传统手工图谱比对方式。2019年江苏响水天佳宜爆炸事故中,该设备通过现场快速监测分析,为应急部门划定隔离区提供了关键数据支持。

文章将对 HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物的影响因素进行一些探讨。

## 2 实验设备及试剂要求

实验用水中使用二次蒸馏水或通过纯水设备制备的水,使用前应经过空白检验,确认在目标化合物的保留时间内无干扰峰出现或目标化合物浓度低于方法检出限。现场监测中需进行空白样品测定确认实验用水中不含定性分析确定的目标化合物或可能会干扰目标化合物测定的物质。

涉及的化学试剂应根据标准的要求进行选择。若试剂纯度不能满足测定要求则可能会引入干扰目标化合物测定的杂质,从而影响测定结果。如用于稀释挥发性有机物标准贮备液的甲醇若选用实验室常用的优级纯可能会含有微量的二氯甲烷、三氯甲烷、酮类等有机物影响结果准确性,所以甲醇要选用液相色谱纯才能保证校准曲线的准确性。

根据生态环境部发布的水中挥发性有机物现场应急监测标准《水质 挥发性有机物的应急测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法》HJ1227-2021 要求,绘制标准曲线所需的标准溶液和内标物质要购买有证标准溶液,按照说明书要求保存。

HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 设备气相色谱-质谱部分应具有吸附热脱附模块、气相色谱模块(具程序升温功能),以及四极杆或离子阱质谱模块。质谱模块具有70 eV 电子轰击(EI)离子源,有全扫描/选择离子扫描、自动/手动调谐、谱库检索及定量分析等功能,性能指标应符合 GB/T32210 要求。所有样品经过的管路和接头均应进行惰性化处理。HAPSITE 气相色谱-质谱部分内选用的毛细管色谱柱规格应为 15 m×0.25 mm×1.0 μm 或 10 m×0.1 mm×0.4 μm,固定相为 100% 二甲基聚硅氧烷,也可使用其他等效毛细管色谱柱;内置吸附管为装填 Tenax 和 Tri-Bed 吸附剂的吸附管。HAPSITE 顶空进样器部分能加热温度控制在室温至 80℃之间,温度控制精度为 ±1℃。

## 3 样品的采集与保存

含有挥发性有机物的水样采集与保存<sup>[4]</sup>是影响检测结果的重要因素。采样时要选用具硅橡胶-聚四氟乙烯衬垫螺

旋盖的 40ml 棕色玻璃瓶。聚乙烯材质采样瓶由于表面易吸附有机物,会干扰挥发性有机物的测定,不可选用。容器需预先清洗,确保无残留污染。

采集样品时,应使水样充满具硅橡胶-聚四氟乙烯衬垫螺旋盖的 40ml 棕色玻璃瓶且不留液上空间,并使样品在采样瓶中呈溢流状态,防止产生大量气泡,并加盖密封。此举旨在防止水样中的挥发性有机物向气相态逸散而导致水样中的挥发性有机物含量降低。同时,现场监测采集样品时要避免搅动水体,缓慢采集水样,减少因搅动导致挥发性有机物的挥发损失。对于高浊度水样,需现场用 0.45 μm 的滤膜过滤后分装,防止颗粒物吸附 VOCs;对于含余氯的水样,需加入抗坏血酸去除余氯,防止其与 VOCs 反应;对于需酸化保存的水样,加入盐酸溶液(体积比 1:1)调节 pH≤2,可抑制微生物的活动。在现场监测过程中,还需要为质控做准备,携带现场空白样和运输空白样,以评估采样及运输过程中的污染风险。

样品采集后需立即置于 4℃ 冷藏箱中避光保存,避免温度波动和光照导致 VOCs 降解。运输时使用冰袋或干冰维持低温,但禁止冷冻,以防止容器破裂。样品应尽快送检并防止受到其他挥发性有机物的污染。

## 4 顶空条件的影响

在使用 HAPSITE ER 便携式 GC-MS 分析水中挥发性有机物 VOCs 时,顶空条件<sup>[5]</sup>是影响实验结果的核心因素之一。顶空进样的参数设置直接影响挥发性有机物 VOCs 从液相到气相的转移效率和色谱-质谱检测的灵敏度。结合便携式顶空/GC-MS 测定方法 HJ1227-2021 标准及设备特性,以下是顶空条件的关键影响因素:

### 4.1 平衡温度/时间

在顶空进样器前处理样品过程中,升高温度可增强 VOCs 的挥发,但过高的温度可能导致部分化合物分解或吸附管过载。顶空平衡时间不足会导致 VOCs 未充分挥发至气相,时间过长可能引起高挥发性 VOCs(如苯)的损失或吸附管穿透。

《水质 挥发性有机物的应急测定 便携式顶空/气相色谱-质谱法》HJ1227-2021 中推荐顶空平衡温度为 50℃,加热平衡时间为 10 min;取样针温度:50℃;传输线温度:60℃。例如,高挥发性 VOCs(如氯甲烷)适用较低温度(60℃),而低挥发性 VOCs(如萘)需更高温度(80℃)。实际水样监测中,通过对不同物质的分离对比,平衡温度控制在 60 摄氏度,平衡时间控制在 15 分钟的检测效果最佳。

### 4.2 进样体积与分流比

分流比是指进入色谱柱的载气与通过分流出口排出的载气的比例。在气相色谱-质谱联用(GC-MS)分析中,气体分流比是一个平衡灵敏度、分离度和分析效率的核心参数,直接影响分析结果的灵敏性、分离度、峰形和分析效率。

进样体积过大会导致色谱柱过载, 体积小则灵敏度不足。分流比: 高分流比(如 40:1)可减少基质干扰, 但会降低低浓度 VOCs 的检测限。HJ1227-2021 规定: 气体进样体积为 8 ml (不分流模式) 或 100 ml (分流比 40:1)。

实际应急现场使用便携式 GC-MS 分析时, 顶空进样瓶中样品体积为 20.0ml, 气体进样体积为 100 ml, 分流比为 40:1, 该分流模式(40:1)可避免柱过载, 但会降低检测灵敏度(尤其是痕量分析); 顶空进样瓶中样品体积为 10.0 ml, 气体进样体积为 8 ml, 不分流, 该模式可提高灵敏度, 但可能导致色谱柱过载或峰展宽。

## 5 气相色谱 - 质谱条件的影响

### 5.1 程序升温

程序升温在便携式 GC-MS 中是检测分析的一个重要部分。根据 GC 分离原理, 当柱温较低时, 低沸点组分可较好地分离; 柱温较高时, 高沸点组分则会在柱温达到相应温度时流出色谱柱。通过控制柱温的高低, 气相色谱部分可以将不同沸点的组分分离。实际现场应急使用便携式 GC-MS 法监测水中挥发性有机物通常采用程序升温。

标准 HJ1227-2021 中, 建议分程序升温条件为初始温度 60°C 保持 1min, 以 6°C/min 升至 80°C, 再以 12°C/min 升至 118°C, 最后以 28°C/min 升至 180°C, 保持 18s; 或者初始温度 60°C 保持 1min, 以 20°C/min 升至 80°C, 再以 40°C/min 升至 220°C, 保持 1 min。在实际现场监测中, 由于低沸点 VOCs (如氯乙烯、苯) 在 40~50°C 时分离度较好, 日常设定的程序升温常为初始温度 40~50°C, 保持 1~2 分钟, 保留低沸点 VOCs, 再以 10~15°C/min 升至 200~250°C, 保持 1min, 确保高沸点化合物洗脱。

### 5.2 质谱条件<sup>[6]</sup>

HAPSITE 便携式 GC-MS 测定水中挥发性有机物通常采用全扫描(SCAN)模式和选择离子监测(SIM)模式。现场监测通常先试用 SCAN 模式快速筛查确定特征污染物, 再通过 SIM 模式定量分析。全扫描 SCAN 模式适合未知物筛选, 捕获所有离子信息, 但灵敏度较低, 易受基质干扰。SCAN 模式下还需设置灯丝延迟时间。灯丝延迟是分析起始后, 在将灯丝电源开启之前必需的延迟时间。作为灯丝的保护应设定这个延迟时间, 并且应设定足够长的延迟时间来允许空气峰或溶剂的组分在灯丝开启之前通过质谱仪。选择离子监测 SIM 模式适合聚焦目标离子, 提升信噪比(检测限可达 PPT 级), 但需预先确定目标特征离子, 可能会遗漏非目标化合物。

## 6 其他因素

①选用的标准溶液必须为市售有证标准溶液, 并确保处于有效期内, 具备计量溯源且含量明确。使用标准溶液测定绘制的标准曲线的线性区间应包含样品的浓度区间, 否则可能会造成定量不准确。在应急监测现场, 若校准核查不符

合相关要求, 应重新绘制至少包含 2 个非零浓度点的校准曲线。

②现场条件的影响和监测人员操作的规范度、熟练度对于监测结果均有可能产生影响。应急监测现场受制于实验条件的不完善, 人员业务水平待提高, 都会使测定结果产生偏差。挥发有机物易挥发的特性这就决定了娴熟的操作能力的必要性。

③每测定 20 个样品或每批次(≤20 个样品) 应分析 1 个空白样品, 空白样品中目标物化合物浓度应小于方法测定下限。样品存在高低不同浓度时, 分析一个高浓度样品后, 应至少分析一个空白样品检查系统残留。

④ HAPSITE 质谱系统必须处于真空条件。是因为质谱系统中离子从离子源通过四极杆场进电子倍增器行程中, 必须不与其他分子发生碰撞; 被分析的气体必须不受到其他未知气体的干扰; 产生电子的热灯丝不能经受存在氧的大气环境。因此 HAPSITE 设备至少每三周运行一次来保证质谱系统的真空度。

⑤设备状态。定期对仪器进行校准核查, 内标与校准曲线中间点内标的保留时间变化不超过 10s, 定量离子峰面积变化在 60%~140% 之间。定期对设备进行保养维护, 确保仪器设备及各部分配件处于良好状态。

## 7 结论

HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物的影响因素有实验设备及试剂、样品采集与保存、顶空条件、气相色谱-质谱条件等。在应急现场使用 HAPSITE 便携式顶空/GC-MS 测定水中挥发性有机物时, 为确保现场监测结果的准确性, 应从四个方面进行严格控制。一是现场监测设备质量保证要符合监测规范的要求。二是应急样品的采集、转运与保存要按照相应采样检测规范要求全流程规范操作。三是加强设备管理并对分析人员进行培训, 提高操作水平。四是定期对仪器进行校准核查, 提高测定结果的准确性。

### 参考文献

- [1] 张峰. 便携式气相色谱-质谱法测定环境空气中挥发性有机物的方法验证[J]. 广东化工, 2024, 51(13): 110-114+93.
- [2] 雷琼, 赵海玲, 何娟. 吹扫捕集-气相色谱-质谱法同时测定水中多种挥发性有机物的试验研究[J]. 中国资源综合利用, 2024, 42(11): 48-53.
- [3] 谢东海, 薛英, 刘统亮. HAPSITE 便携式气质谱联用仪使用及维护[J]. 广州化工, 2012, 40(20): 115-116+122.
- [4] 王玉祥, 丁金美, 杨文武, 等. 突发性水环境应急监测中快速定性未知有机污染物及案例分析[J]. 环境监测与预警, 2019, 11(03): 23-26.
- [5] 姚常浩, 贾立明, 魏庆彬, 等. 液体浸出-顶空进样-便携GC/MS法测定土壤中挥发性有机物[J]. 化学工程师, 2013, 27(09): 19-21.
- [6] 李黎明, 李家兵, 廖焱钢, 等. 便携式顶空-气相色谱/质谱现场测定水环境中的三氯乙醛方法研究[J]. 广州化工, 2024, 52(14): 85-87.

# Treatment treatment of new pollutants in water environment

Sen Bai

Baoding Citizen Science Environmental Testing Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

## Abstract

With the development of The Times, a large number of new pollutants have been enriched in the water environment, and the types and contents of these new pollutants are still increasing. These new pollutants have certain biological toxicity, bioaccumulability and environmental persistence. If these new pollutants are not properly treated, it will inevitably pose a serious threat to the surrounding ecological environment, the survival and reproduction of aquatic life and human health. And the pollutant detection is the prerequisite for the effective treatment of these new pollutants. In order to ensure the effectiveness and accuracy of the pollutant detection results, it is necessary to do a good job in the preliminary pretreatment work. Based on this, this paper focuses on the detailed analysis of the pretreatment points of new pollutants in water environment for reference.

## Keywords

water environment; new pollutants; pretreatment

## 浅谈水环境中新污染物检测前处理要点

白森

保定市民科环境检测有限公司, 中国·河北 保定 071000

## 摘要

随着时代的发展, 水环境中已经富集了大量新型污染物, 并且这些新型污染物的种类与含量还在持续增加。这些新型污染物带有一定的生物毒性、生物积累性和环境持久性。如果不对这些新型污染物进行妥善的处理, 必然会对周围的生态环境、水生生物的生存与繁衍和人类的身体健康产生严重的威胁。而污染物检测是有效处理这些新型污染物的前提条件。为了保证污染物检测结果的有效性, 必须做好前期预处理工作。基于此, 本文重点针对水环境中新污染物的检测前处理要点进行了详细的分析, 以供参考。

## 关键词

水环境; 新污染物; 前处理

## 1 引言

新污染物, 其实就是近几年来才被检测出来的新型污染物。与已经发现的污染物相比, 这些新污染物具有一定的生物毒性, 容易在水环境中积累, 且不容易被水生生物所代谢, 容易对生态环境产生持久的威胁。对这些新污染物进行科学合理的前处理, 在加强水环境污染检测与防治, 保护水环境生态, 促进水环境生态可持续发展等方面发挥着极为重要的作用。目前, 能够对新污染物进行前处理的技术比较多, 不同的前处理技术有着不同的优势、劣势与注意事项。必须对这些前处理技术进行有效的梳理和分析。

## 2 液液萃取与固相萃取的应用

无论是液液萃取, 还是固相萃取, 都是现阶段最常用

的水环境污染检测前处理技术。首先, 国内的液液萃取技术相对成熟, 但是在应用过程中需要消耗大量的溶剂, 且完成水环境污染检测后的溶剂回收难度较大, 无法实现自动化处理, 不能保证萃取精度<sup>[1]</sup>。这些问题的存在, 不仅会造成检测前处理资源的浪费, 还会对周围的生态环境产生污染, 所以不适合大范围推广使用。其次, 固相萃取虽然与液液萃取相比, 实现了前处理流程的简化, 检测后溶液的高效回收, 整个检测过程消耗的萃取剂也不多, 具有较强的自动化前处理水平, 可以保证污染物提取精度。

有研究者尝试将液液萃取与超高效液相色谱、三重四级杆质谱技术进行联合应用, 对水中的 19 余种抗生素, 例如磺胺醋酰等进行监测, 发现在对萃取剂、用量和流动相等参数进行优化调整后, 检测限、平均回收率、相对标准偏差等分别处于 0.02~0.80  $\mu\text{g/L}$ 、73.5%~92.8%、1.2%~8.7% 之间。并且, 实验结果表明, 液液萃取与其他前处理技术结合在一起, 能够显著提高操作灵敏度, 简化操作流程, 节省样本消耗和萃取剂的消耗, 能够满足现阶段的新污染物检测前处理需求。

【作者简介】白森 (1987-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事环境检测研究 (包括水体, 土壤, 大气, 固体废物等)。

### 3 液相微萃取的应用

所谓液相微萃取, 其实就是在液液萃取的基础上优化形成的。这种前处理技术将液液萃取与固相萃取的优势进行了充分整合, 可以在消耗少量萃取剂的基础上高效率地获取足够的污染物样本, 并且萃取装置比较简单, 萃取成本比较低廉。这种前处理方法的应用原理是待分离组分在两相之间的分配系统不同。在提取待测分离组分的时候, 液相微萃取的应用效果显然更好, 且提取过程更加简便、不需要进行浓缩处理, 就可以保证溶液的回收效率。

研究者 Felipe 等人在对水体中双酚 A 光降解副产物进行检测的时候, 就在前期采用了液相微萃取技术进行预处理, 最终检测结果是检测出了 6 种双酚 A 光降解副产物。其中 2 种双酚 A 光降解副产物的毒性更大, 对于水环境的污染持续时间更长。另外, 这种前处理技术在超痕量提取方面也表现出了明显的优势, 消耗极少量的样本与提取溶剂也非常少, 能够为小型化前处理技术的发展以及新污染物的预浓缩提供支持。

### 4 固相微萃取的应用

为了持续提高新污染物萃取效率, 减少新污染物萃取过程中萃取剂的消耗, 专门研发出了液相微萃取技术。这种前处理技术只需要一个步骤, 就可以有效完成取样、浓缩和提取步骤, 且获取后的样本效果经得起检测<sup>[2]</sup>。这种前处理技术的应用原理是以涂层表面的吸附材料、搅拌速度、萃取时间为依据, 采取固相微萃取技术进行前处理。

研究者 Pardina 在研究饮用水中 2-甲基异冰片、土霉素、三卤甲烷 3 类有机污染物测定方法的时候, 采用了固相微萃取与顶空气相色谱-质谱联用仪相结合的方法。同时, 又对这三类有机污染物的提取时间、搅拌速度、解吸温度、解析时间进行了优化和调整, 并将可测定的最低浓度调整到了  $0.005 \mu\text{g/L}$ 。与其他前处理技术的应用相比, 固相微萃取技术的应用具有较高的选择性、重复性和准确性, 在水环境中持久性有机污染物检测前期处理中有着极大的应用潜力。

### 5 加压溶剂萃取的应用

在对压力、温度等条件进行优化的基础上, 使用加压溶剂萃取技术, 能够使萃取剂中的分析物溶解度明显提高, 为实现萃取剂对待测组分的高效富集提供支持。与其他前处理技术的应用相比, 加压溶剂萃取技术的应用不仅可以保证萃取效率, 还可以减少萃取剂的消耗, 且可以实现自动化萃取。目前, 这种前处理技术已经在土壤样品、污泥样品以及固废样品中的前处理工作中得到广泛的应用。

研究者 Okoffo 等人在对某污水处理厂中  $1\sim 5000 \mu\text{m}$  的微塑料质量浓度进行调查的时候, 就使用了加压溶剂萃取、热解与气相色谱质谱联用技术。调查结果显示该污水处理厂中的总塑料在  $840\sim 3116 \mu\text{g/L}$  之间, 流入量集中在  $2.1\sim 196.4\text{kg/d}$  之间。这次研究让人们更全面、客观地认识了微塑料对水环境的污染程度, 并探索到了稳定性更高的微塑料测定方法, 为降低微塑料对水环境的持续长期污染提供了支持。图 1 为加压溶剂萃取、热解与气相色谱质谱联用测定微塑料。



图 1: 加压溶剂萃取、热解与气相色谱质谱联用测定微塑料

### 6 超声波辅助萃取的应用

在对水环境中新污染物进行前处理的时候, 对超声波辐射过程中产生的剧烈机械效应、热效应和空化作用等进行有效的应用, 能够使萃取剂的渗透力、运动频率得到显著的提高, 为检测人员在短时间内将待测物溶解到萃取剂当中, 实现待测组分与基体的有效分离提供支持<sup>[3]</sup>。这就是超声波辅助萃取技术的应用原理。这种前处理技术的应用具有操作流程简单方便、萃取效率高优势。目前, 已经在土壤环境、水环境等样本待测组分分离工作中得到广泛的应用。

研究者 Tan 等人在对污泥中的氟喹诺酮类和四环素进

行测定时, 就对超声波辅助萃取技术、固相萃取技术、高效液相色谱-串联质谱联用技术等进行了联合应用。经过实验验证, 发现超声波辅助萃取技术的应用在优化提取溶剂、提取循环和 pH 提取参数等条件之后, 可以将回收率控制在  $41\%\sim 123\%$ , 将相对标准偏差控制在  $17\%$  以下, 且准确性较高、重现性较好。

### 7 超临界流体萃取的应用

所谓超临界流体萃取技术, 其实就是将超临界流体作为萃取溶剂, 并在基质中对萃取物进行分离、提取与纯化的过程。目前, 针对一些热稳定性较差的待测物质或者脂溶性

待测物质的提取,都会优先考虑这种前处理技术。因为超临界流体的分散能力堪比气相物质,溶解性堪比溶液,且不存在表面张力,能够在短时间内渗透到基质当中<sup>[4]</sup>。所以,将其应用到新污染物检测前处理工作中,具有高效、快速、处理便捷等特点,只需要使用少量的样品就可以完成萃取任务,样品处理周期也比较短。需要注意的是,这种前处理技术在实际应用中也面临着很多困境。例如,超临界流体的植被难度较高、储存难度也不小,所以很难在新污染物检测前处理中得到普及。

研究者 Wang 等人在对土壤环境中的溴化阻燃剂六溴环十二烷进行分析检测的时候,就将超临界流体萃取方法与气相色谱-质谱联用仪进行了联合应用。在检测实验当中,对提取温度、萃取时间、萃取压力进行了调整,对改性剂、表面活性剂进行了优化,发现可以将六溴环十二烷的提取效率

提高到 98.9%。与此同时,这些研究者还对索氏萃取、超声波辅助萃取以及超临界流体萃取这三种前处理方法的应用效果差异进行了对比,发现超临界流体萃取技术的应用不仅可以提高待测组分的提取效率,缩短待测组分的提取时间,还可以将待测组分中的杂质进行去除。

## 8 磁性固相萃取的应用

在新污染物检测前处理环节,将磁性材料作为吸附剂,直接添加到液体基质当中,就可以将待测组分成功吸附到磁性吸附剂表面。在磁场的作用下,从基体中将待测组分与吸附剂分离出来,并使用专用溶剂进行洗脱,就可以将待测组分成功提取出来<sup>[5]</sup>。与其他前处理技术的应用相比,磁性固相萃取技术的应用具有回收方便、操作简单等优势。图 2 为磁性固相萃取的应用原理。

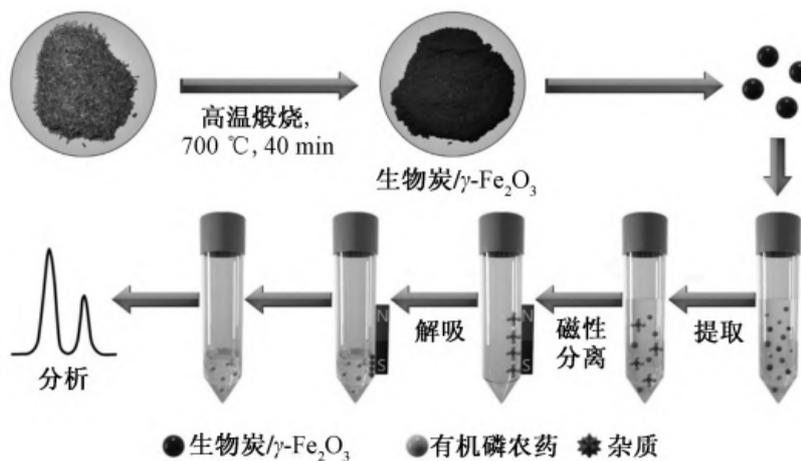


图 2: 磁性固相萃取的应用原理

研究者 Zhang 等人在对地表环境中的痕量有机磷农药进行测定的时候,就在前处理阶段对磁性生物炭固相萃取、气相色谱-质谱联用仪进行了联合应用。该实验对各种萃取参数,例如热解温度、解吸时间、解吸溶剂、Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>含量等对萃取效果的影响进行了研究。并通过研究发现磁性固相萃取技术的应用线性较低、检测限较低,且回收率较高,能够将痕量有机磷农药从复杂环境当中提取出来。

## 9 结语

综上所述,在水环境中新污染物种类不断丰富、含量不断增多的形势下,单纯依靠人工检测方法,需要投入大量的人力物力和财力,才能够满足新污染物的持续检测需求。加强新污染物的自动化检测与预处理已经成为必然趋势。目前,常用的检测前处理方法有液液萃取、固相萃取、液相微萃取、固相微萃取、加压溶剂萃取、超声波辅助萃取、超临

界流体萃取、磁性固相萃取等方法。但是,为了持续加强新污染物的检测前处理,还需要在未来的一段时间内探索出更多有效、规范、科学的前处理方法,以持续降低新污染物检测前处理成本,提高新污染物检测前处理质量。

## 参考文献

- [1] 王雪瑾,许越,毛钰莹,等. 环境中新污染物检测前处理方法分析[J]. 科技和产业,2023,23(21):155-160.
- [2] 张一清,郭珊珊,孙倩. 冷冻干燥技术在环境水样有机新污染物前处理中的应用进展[J]. 色谱,2021,39(8):827-834.
- [3] 孙瑞婷. 食环样品中有机污染物的萃取富集方法研究[D]. 辽宁:大连理工大学,2022.
- [4] 贾文惠. 样品前处理技术辅助的食品或环境中小分子污染物分析方法研究[D]. 山东:曲阜师范大学,2022.
- [5] 王江月,田宗承. 水环境中新污染物检测前处理方法分析[J]. 黑龙江环境通报,2025,38(03):104-106.

# Thinking on environmental Impact Assessment and management countermeasures in water Conservancy Project Planning and Design

Xue Yang

Sichuan Shuifa Survey, Design and Research Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

## Abstract

Water conservancy projects play a very important role in China's economic development, but in the construction process may affect the ecological environment, so it is necessary to do a good job in planning and design, carry out environmental impact assessment, to ensure the feasibility of water conservancy projects. Relevant departments should pay more attention to this aspect, actively carry out the environmental impact assessment work, and do a good job in the relevant management, so as to facilitate the sustainable development of the project. In view of this, we should carry out the research work of this paper, briefly summarize the significance of environmental impact assessment of water conservancy project planning and design, explore the specific key points of work, and put forward several effective management countermeasures for the reference of relevant personnel and projects.

## Keywords

water conservancy project; planning and design; environmental impact assessment; management countermeasures

# 水利工程规划设计中环境影响评价与管理对策思考

杨学

四川水发勘测设计研究有限公司, 中国·四川成都 610000

## 摘要

水利工程对于我国经济发展有着十分重要的作用, 不过在建设过程中可能会影响生态环境, 因此需要做好规划设计, 开展环境影响评价工作, 确保水利工程项目的可行性。相关部门要提高对此方面的重视程度, 积极开展环境影响评价工作, 做好相关的管理, 便于实现项目的可持续发展。鉴于此, 开展本文的研究工作, 简单概述水利工程规划设计环境影响评价的意义, 探究具体的工作要点, 提出几点有效的管理对策, 以供相关人员和项目参考。

## 关键词

水利工程; 规划设计; 环境影响评价; 管理对策

## 1 引言

规划设计在水利工程建设中十分重要, 可以确保后续项目可以高效安全地稳定运转, 也能有效控制水利工程对周围环境的影响和破坏。因此在规划设计环节, 相关部门要重视环境影响评价工作的顺利开展。评价项目可行性、动态预测影响因素, 结合红线明确具体标准, 开展初步设计评价工作, 确保方案的科学合理。与此同时, 还要开展环境影响评价的管理工作, 引导公众参与, 加强环境监测, 提高环评质量, 减少其中的不良影响, 确保项目的顺利建设和稳定运行。

## 2 水利工程规划设计中环境影响评价的意义

水利工程项目可以实现水资源的合理利用, 解决农业、

工业等的用水问题, 促进经济发展。不过项目在建设的过程中会对周围环境产生一定的扰动, 破坏生态环境, 并不利于项目的经济效益和社会效益并行。尤其是新时期更加关注绿色低碳环保理念在各建设项目中的落实。因此规划设计阶段, 相关部门需要开展环境影响评价工作, 分析判断水利工程对周围环境的影响和破坏情况, 做好适当的调整, 从而提高环境质量, 维护生态平衡<sup>[1]</sup>。可以分析方案的可行性, 优化选择, 有效控制项目中的一些不稳定因素, 减少其中的危险因素和破坏情况。在环境影响评价工作的支持下, 进一步调整水利工程规划设计的方案, 保护好周围的生态环境, 实现预期的运行发展目标。而且环境影响评价工作通常要求公众参与, 通过发挥公众的各项权利, 采集公众的意见和建议, 有效保障公众环境权益, 提升公众对工程的接受度与支持度。

【作者简介】杨学(1981-), 女, 中国四川凉山人, 本科, 高级工程师, 从事环境影响评价与水土保持研究。

### 3 水利工程规划设计中环境影响评价工作要点

#### 3.1 可行性研究

针对水利工程的规划设计环节开展环境影响评价工作,相关部门需要做好资料收集,开展前期调查,研究分析项目的具体情况,进行可行性研究工作,从而出具详细的报告。首先对监测区域开展环境调研。了解所处区域的大气环境、水文地质、土壤环境、陆生和水生生态现状、人口分布情况等基础资料,形成完善的档案,为环评工作提供重要的依据<sup>[2]</sup>。其次,搜集整理水利工程项目的相关资料,了解工程结构的特点和各部分的内容。结合基础数据资料分析项目建设过程中可能会对周围环境造成的影响与破坏,对存在的问题进行深入分析,为可行性的评价工作提供依据,如图1所示。

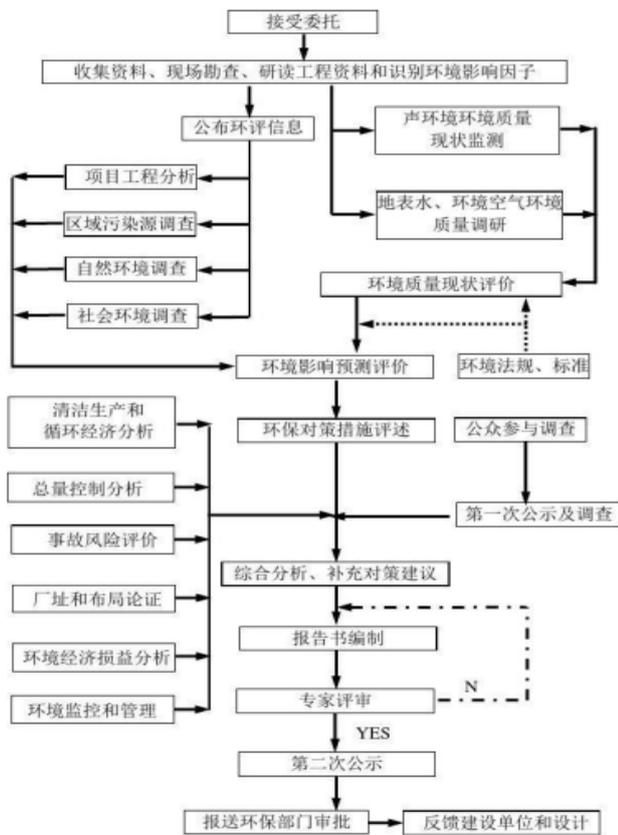


图1 地下水环境影响评价流程

图1 环境影响评价工作流程

#### 3.2 动态预测影响因素

基于环境现状调查工作开展动态预测其中的影响因素,进行环境影响识别。水利工程运行过程中,环境会随时间推移发生一定的变化。而环境的变化是一个缓慢的过程,一些水利工程项目的环评报告中并没有考虑到这些因素对评估结果准确性的影响情况。因此在环评工作中还需要开展动态预测,结合该地区近10年的环境变化特点,对未来10年、20年的环境变化进一步预测,分析识别其中的环境影响因素,便于进一步优化项目的规划设计工作。整合前期资料,

识别其中的影响性质,筛选出需要重点分析预测与评价的主要环境因子和问题,常使用的方法有清单法、矩阵法和网络法等<sup>[3]</sup>。以矩阵法为例,将环境因子列于纵列,环境效应列于横行,通过加权方法识别各种因子对环境整体的影响总和。综合分析环境影响预测结果,将项目建设对各类环境因子产生的影响或者出现的问题进行汇总。开展综合影响评价工作,并与动态预测结合,形成完善的环评报告。

#### 3.3 结合红线明确评价标准

水利工程规划设计中,需要结合红线进一步规范评价标准。首先要守住水资源的开发利用红线严格。约束用水的最大值,遵循流域取水总量控制指标体系。进一步完善规划设计工作。其次,需要明确水资源的控制红线,严格控制水资源的浪费,贯穿节水理念,优化各项措施,第三,结合评判水功能区限制纳污红线,控制排污总量,构建完善体系,用于监督污水的排放情况<sup>[4]</sup>。结合三条红线构建完善的科学评价机制,分析其中的影响因素,为规划设计提供参考。

#### 3.4 初步设计评价

开展初步设计评价工作,深入分析水利工程建设的环境措施的科学性与可行性,将企业结合在工程成本预算、工程量等内容中。计算相应工程量,估算投资情况,关注生态环境规划,严格遵守生态保护原则,制定详细方案,确保项目建设与环境的协同发展。初步设计工作中要遵循环境水的原则和生态水的原则。合理保护生态环境,规划好水资源,能够实现循环利用的目标,避免对环境造成严重影响。要遵循生态优先的原则,例如在设计的过程中需要阻拦河水,此时可能会对鱼类的繁殖越冬等影响打破了生态系统的平衡,因此要加入合适的设施,并选择合适的时机,为鱼类提供洄游通道<sup>[5]</sup>。尽可能地减少对生态环境的影响,避免打破生态平衡,调整规划设计工作,建设生态环境友好型的水利工程。

### 4 水利工程规划设计中环境影响评价的管理对策

#### 4.1 健全环评工作体系

针对水利工程规划设计工作顺利开展环境影响评价,离不开健全的工作体系。通过进一步完善工作体系,明确相关内容,可以提高管理对策。首先,评价体系需要具有长远的目光,从时效与实际性两个方面进行考虑,构建比较完善的评估体系,指导我国的生态环境保护与项目发展。其次,完善环评工作流程。相关部门需要加强各环节环境影响评价与报告的审批,充分发挥环评工作的价值作用,确保水利工程项目更加科学完善。结合国家的相关标准要求完善环评工作流程,选择合适的第三方对项目进行分析,研究出具更为完善的报告。第三,健全规章制度合理划分和平工作的具体责任,提高管理效率,确保工作人员明确自身职责,严格执行规章制度,做好资料的收集与环境影响评价工作,可以有效消除各种影响因素,提高环境影响评价工作的质量。

## 4.2 加强法律法规与政策执行

在环境影响评价工作中,需要严格执行相关的法律法规要求,相关部门在组织开展水利工程项目的设计规划工作时,依法开展环境影响评价工作,而对于未依法进行环评的水利项目则不予审批建设。与此同时还要加强政策引导,鼓励水利工程项目实现绿色发展,推动工程建设与环境保护协同并进,实现经济效益、社会效益和生态效益并重。

## 4.3 强化环境监测与评估

建立更为完善的环境监测体系,开展对水利工程项目建设和运行过程中的长期监管工作,主要监测各类环境影响因素,获取动态信息,例如水文、水质、土壤、生态等开展环境影响后评价工作,如图2所示。通过对比分析总结其中的经验教训,为管理工作提供依据,及时调整管理措施和工程项目的运行方式,确保环境影响处于可控的范围内。也要重视技术的创新,引入各类先进技术设备,打造天空地一体化监测体系,卫星遥感、无人机的结合应用,获取全面数据信息,开展生物监测工作,识别生物多样性,形成完善的数据库<sup>[6]</sup>。监测气候变化情况,动态调整水利工程项目,可以有效应对其中的情况,增强防洪抗旱的弹性。例如,南水北调中线工程项目中,为了避让河南南阳恐龙蛋化石群国家保护区增加了隧洞长度,同时设置了64处退水阀,保障生态补水。项目运营期借助数字孪生技术优化输水调度将能耗降低了15%。同时构建水质—生物—沉淀物三维监测体系,开展运营监测工作,提高管理效率。

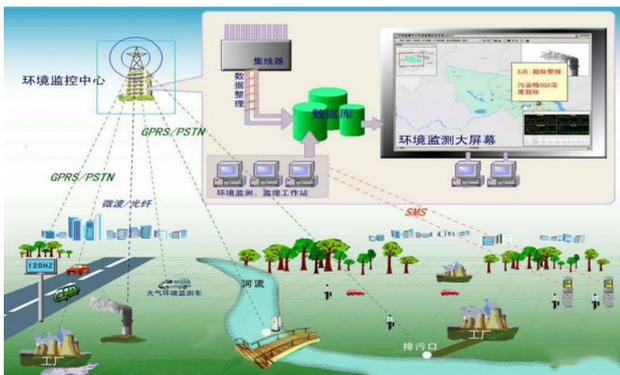


图2 环境监测体系

## 4.4 推动公众参与

环境影响评价工作中重视公正参与,可以通过问卷调查、公示等不同的方式,广泛征求公众的意见,提高公众的重视。召开听证会,开放水利环境数据共享平台公众,可以实时查询水质生态流量等各项指标<sup>[7]</sup>。引入环保NGO独立

评估,使公众能够了解到水利工程项目建设意义、可能产生的环境影响及采取的环保措施,从而保障公众的知情权、参与权与监督权。建设单位和平台单位可以充分考虑结合公众的相关意见与建议,落实到项目中。

## 4.5 加强各环节要点的把控工作

环境影响评估的目的,主要是确保规划设计更加科学合理,在具体工作中明确环境影响评价工作重点,在各个环节落实要点,从而提高各主体的重视,认识到自身承担的义务与责任。在规划设计环节环境影响评价工作,从环保角度出发,坚持可持续发展战略,明确生态优先原则,发挥环评工作的优势,实现有效控制,确保方案更加科学合理。环评工作结束以后需要进行合理审查,确保环评报告的全面性与科学性。了解各项要点工作是否落实到位,可以为水利工程项目提供一定的参考。

## 5 结语

综上所述,水利工程项目可以为民众提供更多的利益,提高社会的发展水平。项目建设与运行会对生态环境造成影响。因此在规划设计环节需要开展可行性分析工作,动态预测影响因素,形成更加完善的环评报告。还要结合红线明确具体的评价标准体系,形成一定的规范约束,对初步设计优化评价,确保整体的科学合理。相关部门还需要重视管理工作的落实,健全环评工作体系,落实法律法规和相关政策,加强环境监测体系建设,提高公众参与,并把握各环节的要点。从不同方面入手加强管理建设,可以有效实现环境影响评价工作的目标,为水利工程项目提供支持。

## 参考文献

- [1] 唐大友. 水利工程规划设计中环境影响评价研究[J]. 水上安全,2024(18):47-49.
- [2] 林锦霞. 水利工程规划设计中的环境影响评价探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2021(6):1557.
- [3] 陈蓉蓉. 探析水利工程规划设计中的环境影响评价[J]. 建筑工程技术与设计,2020(5):28.
- [4] 马宁. 水利工程规划设计中的环境影响及注意事项探究[J]. 建筑工程技术与设计,2021(7):1320.
- [5] 李静. 水利工程规划设计中环境影响评价分析[J]. 百科论坛电子杂志,2020(12):1080.
- [6] 瓦热斯江·依马木. 水利工程规划设计中的环境影响评价工作要点思考[J]. 水利科学与技术,2024,7(3).
- [7] 刘亚楠. 水利工程规划设计中的环境影响评价研究[J]. 户外装备,2020(6):342.

# Study on phytoremediation technology optimization and ecological effect of heavy metal pollution in soil

Baoxu Shi

Tianjin Bohua Environmental Restoration Co., Ltd., Tianjin, 300042, China

## Abstract

This paper conducts a comprehensive study on soil heavy metal pollution using phytoremediation as a measure. First, it tests and compares the absorption and enrichment efficiency of different plant species in soils with varying levels of pollution. The results show that certain specific plant species have significant heavy metal accumulation characteristics, playing a crucial role in soil remediation. Second, it explores potential pathways for optimizing phytoremediation techniques, such as adjusting planting patterns and researching composite plant configurations, all of which provide new ideas for the remediation of heavy metal pollution. Finally, an ecological effect assessment is conducted after phytoremediation, confirming that optimized phytoremediation techniques can not only effectively reduce heavy metal content in soil but also significantly improve soil structure and enhance soil fertility, positively promoting ecosystem recovery.

## Keywords

soil heavy metal pollution; phytoremediation technology; optimization measures

## 土壤重金属污染的植物修复技术优化及生态效应研究

施宝旭

天津渤化环境修复股份有限公司, 中国 · 天津 300042

## 摘要

本文以植物修复为措施, 对土壤重金属污染进行综合研究。首先测试和比较了不同植物种类在不同污染程度的土壤中, 对重金属污染的吸收和富集效能。研究结果表明, 某些特定的植物种类具有显著的重金属富集特性, 对于土壤的修复具有重要作用。其次, 探讨了优化植物修复技术的可能路径, 例如种植模式的调整, 复合植物配置的研究等, 都为重金属污染的修复提供了新的思路。最后, 进行了植物修复后的生态效应评估, 证实了优化的植物修复技术不仅可以有效降低土壤中的重金属含量, 更可以显著改善土壤结构, 增强土壤肥力, 对生态系统的恢复起到积极的推动作用。

## 关键词

土壤重金属污染; 植物修复技术; 优化措施

## 1 引言

工业化进程加速发展, 环境污染问题成为突出现象, 土壤重金属污染转变一个重要且棘手环境难题。土壤重金属污染损害土壤正常功能, 影响农作物生长和质量, 食物链危害人类健康状况。传统化学和物理方法处理重金属污染费用高昂, 造成二次污染问题。生物修复技术费用低、环境好这个特点, 获得国内外众多研究者关注。植物修复技术结合农业生产实践、实现治理污染同时解决贫困特点, 成为许多研究热点方向。挑选高效植物种类方法、改进修复技术方式、评价修复效果标准, 仍旧是这个领域需要解决关键且复杂问题。

【作者简介】施宝旭(1998-), 男, 中国天津人, 硕士, 助理工程师, 从事环境修复技术创新及应用研究。

## 2 土壤重金属污染的现状及其影响

### 2.1 重金属污染的来源与分布

土壤重金属污染的出处关键包含天然地质过程和人为活动。天然出处牵涉地壳岩石的风化和火山活动, 这些缓慢过程会把重金属元素排放进土壤里面。人为来源更加广泛, 工业活动包含矿业开采、冶金、电子废物处理还有化工生产等, 这些都会生成许多带重金属的废料。农业生产肥料过量使用, 农药过量使用, 电池丢弃后产生废弃物, 交通运输排出尾气, 轮胎磨损产生颗粒, 上述问题成为重要污染源。重金属污染区域性特征明显, 工业集聚区污染严重, 人口密集城市周边污染严重, 矿区污染极其严重。风力吹动, 重金属污染从污染区蔓延到周边未污染地区, 造成更大范围环境问题。土壤中重金属进入生态系统, 食物链层层累积, 植物生长受影响, 动物健康受损害, 人类生活面临隐性危害, 土壤质量下降, 生态多样性减少, 环境治理面临巨大挑战 [1]。

## 2.2 重金属污染对生态环境的影响

重金属污染对生态环境作用明显。重金属土壤堆积会引发土壤结构严重破坏和化学性质显著变化,进而作用土壤物种多样性和丰富营养。重金属元素,铅、镉、汞,剧毒性和不易分解性使得元素能够存留环境,土壤微生物群落构成巨大危害,压制正常发育和关键作用,进而作用整个食物链。食物链受到破坏后,问题继续扩大。水体和大气环境也会受到重金属污染土壤强烈作用,重金属径流入水体,或者气溶胶形式散发大气中,引发大范围生态严重破坏。植物摄取重金属,植食性动物摄入,污染效应逐渐扩大,作用整个生态系统健全和平稳状态。

## 2.3 重金属污染对人类健康的影响

重金属污染危害人类健康,原因在于重金属会堆积在食品链里面带来威胁。重金属包括铅、镉、汞等等,这些东西会从饮水、食物和空气进入人体,造成急性或者慢性中毒。长时间接触重金属会让肾功能出现损伤、神经系统发生紊乱,还会危害生殖能力。铅中毒会造成儿童智力发育变慢,镉会让骨骼出现病变,肾功能受到伤害。某些重金属,比如汞,会压制免疫系统工作,让人更容易得传染病。孕妇和婴幼儿属于重金属污染危害最大的群体,接触重金属可能让胚胎发育出问题,甚至导致出生缺陷。

## 3 植物修复技术在重金属污染中的应用

### 3.1 植物修复技术的基本原理

所谓植物修复技术,通过植物的自我吸收、转移、分解和稳定,来使土壤中的污染物得到改善的一种方法。治理重金属污染很多人采用。治理方法包含几个关键步骤。植物根系吸收土壤重金属离子,之后重金属离子运送茎叶部分。这个过程一部分植物依靠代谢方式,把重金属转化成危害小而且稳定的物质,这样生态系统重金属活性就会降低。其他一些植物茎叶组织积聚高含量重金属,积聚特点非常明显,依靠这些植物就能降低土壤重金属含量,修复生态平衡。植物根系分泌液加上土壤微生物一起合作,可以促进重金属生物有效性发生变化,重金属变得容易让植物吸收,效果显著提升环境质量。特定植物还可通过生物泌盐、抗性机制和超积累能力,对重金属进行毒性缓解和耐受,增强植物对污染环境的适应性 [2]。

### 3.2 不同植物对重金属的吸收和富集效能

不同植物摄取聚集重金属能力决定植物修复技术的使用关键。植物种类摄取聚集重金属方面存在不同。印度芥菜、向日葵和水葫芦,已经证明拥有重金属聚集能力,根、茎、叶这些器官能够附着堆积不同类型重金属。印度芥菜擅长高效摄取镉和铅,这种能力让印度芥菜成为修复方法中可以采用的重要手段,向日葵能够堆积铬和镍这些重金属。水葫芦处理水体环境汞和砷显示出聚集能力。研究植物生物特点和根系活动,揭示聚集原理,完善植物修复技术非常重要。研

究植物体内重金属运输路径和转化过程,帮助提升植物修复技术效果和实际价值。技术完善让重金属污染地区治理获得实用生态修复方法 [3]。

### 3.3 植物修复技术在实践中的应用效果

植物修复技术在实际使用时能展现非常明显的清洁效果,让非常多的人群开始去探索和测试它的作用。不同种类的植物被用在各种被污染的地方,表现出非常特殊的吸收和聚集重金属的能力。在田地测试和工程项目使用时,植物修复技术能有效降低土壤里重金属的含量,慢慢恢复土壤原本自然环境的功能。挑选那些特别能抵抗污染的植物种类来完成这个步骤,再配合非常合适的管理方法,就能大幅提高去除重金属的能力和恢复土壤的效果,充分保证土壤质量变得更好。

## 4 优化植物修复技术对于污染修复的影响

### 4.1 种植模式的选择与优化

选择和改良种植方式在植物修复技术里起着关键影响。面对各种类型的土地含有大量金元素污染,适当决定和改良种植方式能大幅提高植物修复的效果。看到金属元素污染的不均匀空间和不同污染范围,依据目标污染物的特性和和植物的相互影响,种植方式的改良需要深入研究。考虑到修复后土壤的生态稳定性和经济效益,优化的种植模式应适应长期管理需求,确保修复过程的持续性和环境友好性。

### 4.2 复合植物配置的研究与实践

复合植物配置研究使用提升植物修复技术具有重要价值。挑选不同种类植物实施组合搭配,提升植物摄取并有效累积重金属效能。某些种类植物摄取特定重金属展现出显著且明显的独特性作用,其他种类植物发挥出协助作用,产生共同作用,增强全部治理作用。组合植物搭配重视植物相互作用,根际微生物调节土壤养分达到长期稳定状态,辅助植物处理多种污染状况。实验和实地调研一起证实不同组合模式治理污染土壤作用,获取适宜组合方式,推动重金属清除,优化土壤的物理和化学特性,具体表现是提升土壤通透性和营养水平,生态系统重建带来多种形式辅助,动物和植物生存环境重建,土壤环境得到改良,植物生长状态良好,生态平衡逐渐稳固。研究植物治理技术改良带来实际且高效有效方法。

### 4.3 优化后的植物修复技术在污染修复中的应用实例

某工业污染特别严重地区,改进后植物修复技术让土壤重金属污染得到减轻。种植时使用复合植物配置方法,把富集能力很突出超累积植物和根系长得发达改良植物组合起来种,提高重金属吸取具体效果,同时改良土壤结构。持续进行几个生长周期修复实践后,土壤里面镉、铅浓度减少,有机质含量和微生物活动增加,证实改进方案真能有效降低土壤中重金属积累,推动受损土地生态功能逐步修复。

## 5 植物修复后的土壤生态效应

### 5.1 植物修复后土壤中重金属含量的变化

植物开展修复工作,降低土地里面重金属含量。各种植物能够吸收储存金属元素,能够让土地里面重金属数量降低。挑选适当植物种类做整治任务,那些污染水平严重土地清洁。污染水平重地方,某些功能强植物种类土地里面金属元素吸取,降低土地里面金属含量。这种变化辅助土地净化清洁,未来土地整治任务准备根基。选用什么植物种类,怎么组合使用方法,土地里面金属含量变化效果大。多种植物安排使用方法提高整治任务成果,加快土壤里面重金属含量降低进程。种植多种植物种类,处理不同土地情况,成果显著显著。

### 5.2 土壤结构和肥力的改善

植物修复技术优化土壤具体结构,增强土壤实际肥力,起到关键效果。植物修复过程里面,植物根系跟土壤形成良性相互作用,推动土壤团粒细致结构,优化土壤物理性质。重金属含量减少,土壤化学结构变得稳定,土壤透水性跟保水性提高。修复植物有机质还有根系分泌物给土壤微生物供给充足营养源,土壤生物活动变得活跃,土壤养分循环能力提高。微生物活动加快重金属降解跟无害化处理,土壤生物多样性提升。

### 5.3 对生态系统的恢复与推动作用

植物修补让生态系统恢复和推动效果明显。优化过的植物修补技术能够降低土壤重金属含量,帮助土壤理化性质提升,土壤肥沃程度提高。植物成长和根系活动可以让土壤结构稳定,增强水分维持功能,帮助微生物群落充实和有效。以上变化能够构建一个生机勃勃的生态系统,成效显著,生物种类充实,生态服务有效性高。优化过的植物修补技术能够让土壤健康恢复,生态系统持久维持稳定和可持续发展得到出色基础支持。

## 6 对植物修复技术优化及其生态效应的前景展望

### 6.1 当前技术研究存在的问题与挑战

现在植物修复技术探索有一些急需处理难题与困难。植物摄取重金属能力不多,解决多种重金属混在一起复杂脏污情况,单一植物类型改善成果不佳,达到实际管理需求困难。不同种类植物在不同土壤类型和气候状况发挥区别大,选择和运用改善植物成为麻烦事情。植物改善阶段生长时期久,需要长时间才能察觉脏污改善成效,满足实际工程时间迅速需求难以实现。植物改善方法在实际运用会面临环境变化影响,干旱或者雨水多这种不正常情况,改善成效带来负

面影响大。当前方法研究,科学家尽力探寻处理办法效果如何。修复植物适应性成为大家重点关注对象。对于植物修复后的二次污染风险,例如重金属在植物体内的富集可能进入食物链,仍然需要深入研究和谨慎管理[4]。

### 6.2 未来研究角度与方向

未来研究应关注植物修复技术在更加多样化生态系统中的应用,以提升其普适性和可行性。探索新的植物材料,尤其是本地种和未充分研究的植物,其对特定重金属的吸收能力将是关键。强调机制研究,深入了解植物吸收、运输和积累重金属过程中的生理和生化机制,有助于提高修复效率。基因工程手段的应用可以培育出更高效的修复植物。应加强对复合植物修复体系的研究,优化不同植物在共生或互利条件下的组合方式,以达到最佳的修复效果。

### 6.3 持续环境管理和生态环境保护的策略与方法

长期环境管控与生态维护关键策略完成在何处,合理科学地表恢复准则,评审系统确定,对植物修复技术增强实时监察监督。促进跨学科融合研究工作积极应,政府、科学研究组织、社会团体合作改进环境补偿机制,企业个人投入污染管理激励。市民环境意识教育宣传提高,环保技术开发普及推进,效能成效地表恢复技术持续地提高,健全与稳固生态系统保持。

## 7 结语

本文详细地研究了植物如何摄取并集中土壤中的重金属污染,得出了一些特定的植物种类在修复土壤重金属污染方面有着其独特的优势。通过实地调查,找寻优化植物修复科学的可能途径,把种植模式进行了调整,对综合植物排列进行了研究。一种全新的修复科学思想由此诞生。这种优化后的植物修复科学经评估,不仅可以大幅度减少土壤中的重金属含量,还可以提升土壤构造并加强土地的肥力。未来研究可以利用现在的基础,针对更多重金属元素和各种植物种类进行探索分析。研究成果能引导环保工作发挥关键价值,比如给工业和农业生产中的环保措施提供严谨基础,帮助修复生物多样性,保护土壤生态系统也有正面作用。

### 参考文献

- [1] 鲁艾莎.重金属污染土壤植物修复技术[J].写真地理,2020,0(19):0236-0236.
- [2] 姜婧.土壤重金属污染及植物修复技术[J].农村实用技术,2020,0(02):178-179.
- [3] 刘彦宏.重金属污染土壤植物修复治理技术[J].环境与发展,2020,32(10):85-85.
- [4] 赵兴.重金属污染土壤的植物修复技术探究[J].华东科技:综合,2020,(12):0156-0156.

# Application of soil microbial remediation technology in petroleum hydrocarbon pollution control

Haijun Pang

Inner Mongolia Lvke Environmental Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

## Abstract

Petroleum hydrocarbons are widely found in oil exploitation, transportation and processing, and their leakage or emission will cause long-term and irreversible pollution to the soil environment. Traditional physical and chemical restoration methods have high cost and high interference, which are easy to cause secondary problems. However, microbial restoration technology has become a research and application hotspot with its advantages of economy, high efficiency and environmental friendliness. By activating or introducing microbial communities with petroleum hydrocarbon degradation ability, the biodegradation and harmless transformation of pollutants can be realized under natural conditions, so as to effectively improve the damaged soil ecosystem. On the basis of the analysis of the characteristics and hazards of petroleum hydrocarbon pollution, this paper systematically discusses the basic principles and main modes of microbial remediation in pollution treatment, and combined with the existing problems and development trends, puts forward the optimization ideas, so as to provide theoretical reference and practical path for related fields.

## Keywords

petroleum hydrocarbon pollution; soil remediation; microbial degradation; in situ treatment; environmental remediation technology

# 土壤微生物修复技术在石油烃污染治理中的应用

庞海军

内蒙古绿科环境技术有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010000

## 摘要

石油烃类物质广泛存在于石油开采、运输与加工等环节, 其渗漏或排放会对土壤环境造成长期且难以逆转的污染。传统理化修复方式成本高、干扰大, 易引发次生问题, 而微生物修复技术凭借其经济、高效、环境友好等优势成为研究与应用热点。通过激活或引入具备石油烃降解能力的微生物群落, 可在自然条件下实现对污染物的生物降解与无害转化, 从而有效改善受损土壤生态系统。本文在分析石油烃污染特征与危害基础上, 系统探讨微生物修复的基本原理、主要模式及其在污染治理中的实际应用情况, 并结合现有问题与发展趋势, 提出优化思路, 为相关领域提供理论参考与实践路径。

## 关键词

石油烃污染; 土壤修复; 微生物降解; 原位治理; 环境修复技术

## 1 引言

随着石油工业的不断发展与资源开发强度的加大, 石油烃污染事件频繁发生, 成为制约土壤可持续利用和生态系统稳定性的关键环境问题。石油烃在土壤中迁移性强、降解周期长, 长期滞留会影响土壤团粒结构、水分保持能力及微生物群落多样性, 进而对农业生产及地下水安全带来威胁。在众多治理手段中, 微生物修复技术因其对环境破坏小、治理成本低、降解效率高而备受关注。通过调控微生物代谢途径或增强其降解活性, 可实现对石油烃污染的原位或异位治理。本文将围绕该技术在污染治理中的具体应用展开讨论, 剖析其机制、模式与发展策略, 以期为未来复杂污染场地的

生态修复提供切实可行的技术支持。

## 2 土壤石油烃污染的特征与危害

石油烃类污染物主要包括烷烃、芳香烃、环烷烃等有机化合物, 广泛存在于原油及其加工产品中。这些化合物结构稳定、挥发性强、疏水性显著, 在土壤中极易吸附于有机质上, 迁移缓慢, 难以降解。其物理性质如低水溶性、高黏度和密度差异, 使其在土壤中分布不均, 形成污染“热点”区域, 增加治理复杂性。在不同温度、湿度和 pH 条件下, 其稳定性和毒性表现出显著差异, 对修复技术的选择和效率提出较高要求。石油烃进入土壤后破坏原有的孔隙结构, 降低土壤通气性与透水性, 阻碍植物根系生长与水分运输。土壤颗粒表面被油膜包裹, 导致团聚体解体, 结构破碎, 耕作性变差。油类物质阻断微生物呼吸通道, 抑制其代谢活动, 削弱土壤自净能力<sup>[1]</sup>。

【作者简介】庞海军 (1986-), 男, 本科, 工程师, 从事环境保护工程研究。

### 3 微生物修复技术原理及适应性分析

#### 3.1 土壤微生物降解石油烃的代谢机制

在石油烃污染环境，土壤微生物通过诱导特定酶系，实现对石油烃类化合物的分解与转化。以烷烃为例，好氧条件下微生物首先借助单加氧酶将其氧化为醇，继而转化为醛和羧酸，最终进入三羧酸循环彻底降解为水和二氧化碳。芳香烃的代谢则涉及多步羟化与开环过程，依赖于细胞色素P450、双加氧酶等酶系协同作用。部分专性降解菌具备对高分子量石油烃的转化能力，通过胞外酶降解、胞内吸收与协同代谢等机制完成能量获取与污染物清除。

#### 3.2 影响微生物修复效率的环境因子

微生物修复的实际效果受多种环境因素制约，包括土壤pH值、水分含量、氧气供给、温度条件与营养盐浓度等。中性至微碱性的pH适合大多数降解菌生长，而低pH会抑制其酶活性与生长速率。适宜的温度区间有利于微生物繁殖与代谢，过低或过高均会使其活性降低。水分与氧气的分布直接影响污染物生物可利用性与微生物的呼吸代谢。氮磷等营养元素的供应可调节微生物碳源利用效率，是提高降解速率和稳定性的关键调控因素。

#### 3.3 微生物修复与传统治理方法的比较优势

与物理吸附、热处理、化学氧化等传统修复方法相比，微生物修复技术具备持续性强、生态干扰小与适应性广的特点。在污染物浓度适中与环境条件适宜的土壤中，微生物可实现高效自我增殖，维持长期修复过程。无需大量能耗与复杂设备，操作简便、成本可控。微生物修复还可选择特定功能菌种进行靶向降解，提升对复杂混合污染的响应能力。污染物经微生物代谢转化后生成无毒产物，有助于恢复土壤生态功能，减少次生污染风险<sup>[2]</sup>。

## 4 微生物修复技术在石油烃污染治理中的应用模式

#### 4.1 原位生物修复技术的实施策略

原位生物修复技术通过在污染场地直接利用或激活土壤中的微生物群落，促使其在自然状态下对石油烃污染物进行降解处理。该方法避免了土壤挖掘与转运，有助于保护原有土壤结构，降低治理成本和环境扰动风险。实施过程中通常根据污染物分布特征与土壤理化条件对场地进行系统评估，并制定相应的修复策略。通过调节水分、pH值和氧气含量，改善微生物生长环境，以激发其代谢活性。在氧气供应不足的区域常采用注气井、通风管道等设施提升氧浓度，从而增强好氧微生物的降解能力<sup>[3]</sup>。为提高污染物的生物可利用性，可投加低浓度表面活性剂或营养盐，促进污染物从土壤颗粒中释放并被微生物吸收降解。在多相污染或深层污染环境中，还可通过生物刺激或生物增殖技术强化微生物群落结构，实现持续稳定的修复效果，图1为原位生物修复技术流程图。

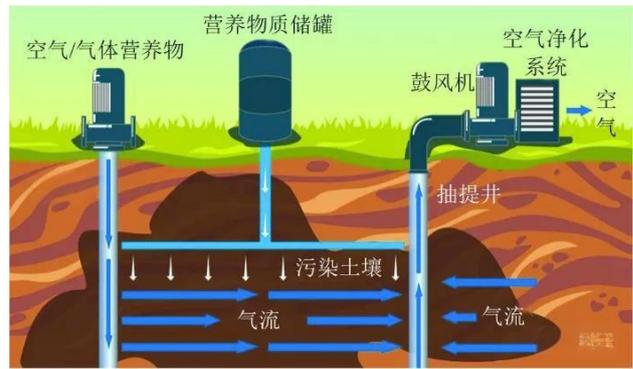


图1 原位生物修复技术流程图

#### 4.2 异位生物修复技术的操作流程

异位生物修复技术是在将受污染土壤移出原位后，在受控环境中利用微生物完成石油烃类污染物的分解与净化。该技术适用于污染物浓度较高、污染范围明确且不便在原地实施修复的场地。在操作流程中，污染土壤首先经机械设备挖掘、筛分和均质处理，调整粒径结构以改善通气与渗透性能，随后调控含水率与pH值，确保土壤理化参数适宜微生物生长。修复场地通常设有反应池或堆置平台，配备通风系统与温湿度调控装置，在该环境中投加天然或人工选育的降解菌群，实施集中式修复。微生物与污染物充分接触后，通过代谢活动逐步分解石油烃，生成无毒或低毒物质。在修复过程中，需定期采集土壤样本进行污染物残留检测，并依据微生物活性及修复效果动态调整氧气和营养供给方案。为提升效率，还可结合机械翻耕、强制通风或生物强化等措施，加速污染物转化速率<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 土著菌与外源菌的联合修复应用

在石油烃污染土壤治理中，单一微生物群落往往存在降解谱窄、生存适应性差或修复周期长等局限，而联合使用土著菌与外源菌能在多维度上提高修复效果。土著菌由于长期生存在本地环境中，具备较强的环境适应能力与稳定性，能够维持土壤生态平衡，提供持续的微生态支持。外源菌则通常来源于特定污染环境中筛选出的高效降解菌株，具有较强的石油烃代谢能力和生长速率，在一定条件下可快速降低污染物浓度。在联合修复实践中，需通过生理生化兼容性分析筛选彼此无拮抗作用的菌株组合，通过定向扩培、菌剂制备和接种技术，将外源菌成功引入污染土壤并与土著菌协同共存。调节环境因子如含氧量、营养盐比例及碳氮比，能促进两类菌群之间的代谢互补与信息交流，增强整体降解效率。联合系统在复杂烃类污染物的降解路径中体现出多样性与冗余性，可避免修复过程中出现功能空档或菌群崩解的风险。在生物强化和生态调控基础上，构建稳定的微生态网络，有助于实现长期、高效、可持续的污染治理目标。

## 5 微生物修复技术的优化路径与发展趋势

#### 5.1 微生物种群筛选与功能强化

微生物修复效率的提升离不开对高效降解菌株的精准

筛选与功能增强。通过富集培养与高通量筛选技术,从典型污染土壤中分离出具备高石油烃降解能力的优势菌种,并结合分子生物学手段解析其关键代谢基因,有助于构建高效稳定的功能菌群。为了适应多变的土壤环境,可运用诱变育种、协同培养或基因编辑等手段强化微生物的生理活性与耐逆能力,使其在复杂条件下仍具备稳定代谢能力。菌种资源的多样性与降解谱的广泛性是实现广谱治理的基础,在功能菌体系优化基础上构建复合菌系,将成为微生物修复技术向高效、定向和智能化方向演进的关键环节。

### 5.2 土壤调理剂与营养剂的协同作用

在实际修复过程中,土壤环境的异质性与污染物的低生物可利用性往往限制了微生物降解活性的充分发挥。通过施加土壤调理剂改善土壤结构与孔隙度,可增强氧气、水分与微生物的扩散速率,提升生物修复的物理基础。营养剂的添加则为微生物提供必要的氮、磷等元素资源,维持其代谢平衡并促进其群落繁殖。调理剂与营养剂的协同作用不仅能稳定微生物生态系统,还能促进降解菌的选择性富集和功能表达。合理设计其投加比例与时序,使其与污染物降解过程匹配,有助于在无外部负效应的前提下实现污染物浓度的快速降低,为复杂土壤环境中微生物修复效率的持续提升提供物质保障与调控支撑<sup>[5]</sup>。

### 5.3 微生物修复在复杂污染场地中的集成应用

在多种污染物共存或场地地质结构复杂的条件下,单一修复手段难以满足治理需求,微生物修复技术逐渐朝向多元集成与系统协同的方向发展。通过与通风、生物刺激、电化学辅助等手段结合,可显著增强污染物的可达性与微生物活性,打破因物理阻隔或化学钝化导致的修复瓶颈。在深层

或多相介质污染条件下,构建集“检测—调控—修复”于一体的动态响应系统,有助于实现污染物迁移转化路径的实时调节。将微生物修复与生态恢复措施协同推进,不仅能实现污染物的有效清除,也能逐步重建受损生态功能,为退化土壤的全面修复与可持续利用提供可靠保障。集成式修复理念的推广将推动该技术在实际工程中的广泛应用与持续进化。

## 6 结语

微生物修复技术作为石油烃污染治理的重要手段,凭借其生态友好、成本可控与降解效率高等特点,在土壤环境修复领域展现出广阔的应用前景。通过优化微生物种群结构、调节修复环境条件、强化辅助投入措施,可有效提升其在不同类型污染场地中的适应性与稳定性。面对污染物成分复杂、土壤性质多变等挑战,推动修复技术向集成化、智能化方向发展已成为必然趋势。持续加强理论研究与工程实践的结合,将为实现受损土壤生态系统的系统恢复与可持续利用提供坚实技术支撑。

## 参考文献

- [1] 张钊.石油污染土壤微生物修复技术及机理研究进展[J].应用化工,2024,53(02):414-418.
- [2] 潘云飞,唐正,彭欣怡,高品.石油烃污染土壤微生物修复技术研究现状及进展[J].化工进展,2021,40(08):4562-4572.
- [3] 周龙涛,王群立,贾悦,张军,马岚,刘博.石油污染土壤微生物联合修复技术研究进展[J].油气田环境保护,2019,29(06):5-10+64.
- [4] 马健波.深层石油污染土壤微生物修复技术研究[D].导师:屈撑圉.西安石油大学,2017.
- [5] 许邦露,张维清.石油污染土壤微生物修复技术的研究发展[J].江西化工,2016,(06):8-10.

# Research progress on carbon neutrality by green resource utilization of carbon dioxide

Guoquan Lu

Chenzhou Zhongzhou Ecological Environment Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410205, China

## Abstract

To actively address global climate change and achieve the “dual carbon” goals, it is essential to vigorously develop negative emission technologies, such as carbon capture, utilization, and storage (CCUS). This paper systematically analyzes the fundamental theories of carbon dioxide molecular structure characteristics and thermodynamic effects, focusing on the key technological advancements in CO<sub>2</sub> resource utilization both domestically and internationally. It compares and analyzes the advantages and disadvantages of different technical routes. By combining typical engineering cases, it quantitatively evaluates the emission reduction potential and environmental benefits of comprehensive CO<sub>2</sub> utilization, exploring a new model for carbon-energy-fertilizer coupled utilization based on energy combustion for cold emissions. The study shows that cold emission technology can significantly enhance the efficiency of low-cost CO<sub>2</sub> capture and collection, similar to capturing high-concentration CO<sub>2</sub> from chimneys in the air. This approach connects the entire chain from source reduction, process control, to end-use utilization, improving regional atmospheric quality while laying a solid foundation for achieving carbon neutrality in industrial parks and regions.

## Keywords

carbon dioxide utilization; carbon neutrality; cold emission technology; source emission reduction; carbon sink

## 二氧化碳的绿色资源化利用实现碳中和的研究进展

卢国全

郴州中洲生态环境科技有限公司, 中国·湖南长沙 410205

## 摘要

为积极应对全球气候变化, 实现“双碳”目标, 须大力发展以二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 为代表的负排放技术。本文在系统剖析二氧化碳分子结构特性、热力学效应等基础理论的基础上, 重点阐述了国内外二氧化碳资源化利用的关键技术进展, 对比分析不同技术路线的优劣势。结合典型工程案例, 定量评估了二氧化碳综合利用的减排潜力与环境效益, 探讨了基于能源燃烧实现冷排放的碳-能-肥耦合利用新模式。研究表明, 冷排放技术可显著提高二氧化碳廉价捕获和收集效率, 冷排放类似在空气里捕获烟囱的高浓度二氧化碳一样简单, 打通源头减排、过程控制、末端利用内循环全链条, 在改善区域大气环境质量的同时, 为园区乃至区域实现碳中和奠定坚实基础。

## 关键词

二氧化碳利用; 碳中和; 冷排放技术; 源头减排; 碳汇

## 1 引言

随着全球气候变化加剧、极端天气事件频发, 以二氧化碳为主的温室气体减排已成为国际社会的普遍共识。中国作为负责任大国, 向世界庄严承诺力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。这是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革, 不仅对能源结构转型提出了更高要求, 也对二氧化碳减排技术提出了更迫切需求。传统的提高能效、优化用能结构等减排路径虽仍大有可为, 但在推进“双碳”进程中已难以为继。大力发展以二氧化碳捕集利用与封存

(CCUS) 为代表的负排放技术, 构建从源头减量、过程控制到末端利用的全流程、多层次二氧化碳减排体系, 方能为碳达峰、碳中和目标如期实现提供强有力的技术支撑。

## 2 二氧化碳物化特性与碳中和机理研究

### 2.1 分子沉降特性与碳循环机制

尽管二氧化碳在大气成分中的比例不足 0.1%, 但其独特的物理化学性质却对地球生态环境演变产生了深远影响。二氧化碳分子量为 44.0095, 在标准状况下密度为 1.98kg/m<sup>3</sup>, 比空气重 52.8%。当大气中二氧化碳浓度升高时, 一方面对太阳辐射的吸收和反射会随之增强, 加剧温室效应; 另一方面, 在重力作用下大部分二氧化碳会在近地表聚集, 改变局地小气候<sup>[1]</sup>。通过工业排放及燃烧产生的二氧化碳, 90% 以上会在沉降过程中与海水、土壤、植被和水体发生物理化学

【作者简介】卢国全 (1971-), 男, 中国湖南长沙人, 博士, 外籍双科学院院士, 从事应对气候变化研究。

作用,仅有不足10%在大气中分布长期滞留。沉降的二氧化碳通过碳酸盐风化、生物类吸收、有机质埋藏等过程重新进入岩石圈、生物圈,形成相对稳定的碳库,实现了短期碳循环向长期碳循环的转化。

## 2.2 热力学效应对气候的实际影响

能源燃烧过程中释放的二氧化碳虽是温室效应的主要贡献者,但其对局地气候的直接影响有限。以燃煤电厂为例,烟气携带大量显热与潜热,通过与周围环境发生热交换引起局地温差,进而诱发小范围极端天气<sup>[2]</sup>。高温烟气的热辐射效应是大气二氧化碳浓度升高的次生结果。依据热力学第二定律,在常压下每升高1℃,饱和水汽压增加7%,进而加剧水循环失衡。当前燃煤电厂对烟气显热回收利用率普遍不足40%,大量高品位余热被“白白浪费”。多年气象观测数据显示,在全国153个重点城市中,城区平均气温比近郊高1.2℃,极端高温事件发生频率是近郊的1.6倍,这与热岛效应加剧密切相关。

## 2.3 自然碳汇调节能力与人工碳汇构建

就地球系统碳循环过程而言,海洋与陆地生态系统是最大的天然碳汇。据估算,海洋碳储量高达3.8万亿t,通过溶解吸收作用每年可固定大气中8%左右的碳排放;森林、草地、湿地等陆地生态系统碳储量达2.4万亿t,通过光合作用每年可吸收近30%的碳排放。然而,随着化石能源消费加速、土地利用方式改变,陆地生态系统由净碳汇逐渐转变为净碳源,全球变暖背景下海洋碳汇功能也日渐式微。人

工强化碳汇是应对气候变化的重要途径。通过造林植树、退耕还林(草)等生态修复工程,增加森林面积和植被碳储量;采取免耕、秸秆还田等措施,提高土壤固碳能力;利用废弃盐碱地培育能源植物,实现碳汇开发与生态改善双赢。此外,发展智慧农业,采用温室大棚二氧化碳施肥技术,可使蔬菜、水果等作物单产提高30%以上。

## 3 二氧化碳资源化利用技术创新与应用

### 3.1 冷排放技术体系与绝氧热解-悬浮燃烧系统

冷排放技术以固废中的可燃物为原料,通过绝氧热解将其转化为燃气和含碳固体燃料,进而采用富氧燃烧技术实现污染物超低排放和燃料热值最大化利用<sup>[3]</sup>。其核心装置“绝氧热解-悬浮燃烧系统”集碳氢分离、焦油回收、高温脱硫脱氮等功能于一体,可使烟气中SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排放浓度降至10mg/m<sup>3</sup>以下,二噁英类污染物降至0.01TEQng/m<sup>3</sup>以下,各项指标均优于国内超低排放限值。与传统固废焚烧技术相比,前端50%以上的时间是无氧阶段,后端气态催化燃烧时才消耗氧气,冷排放系统的热效率可提高20个百分点以上,污染物减排效果尤为显著。其原理在于,燃烧环境从还原性转为氧化性,抑制了NO<sub>x</sub>、二噁英等污染物的生成。此外,由于燃烧温度达950-1000℃,有机污染物被彻底分解,燃烧炉渣率不足3%。同时,烟气在急冷过程中迅速由1000℃降至200℃以下,可最大限度削减烟气中的显热排放。图1示意了冷排放技术的工艺流程。

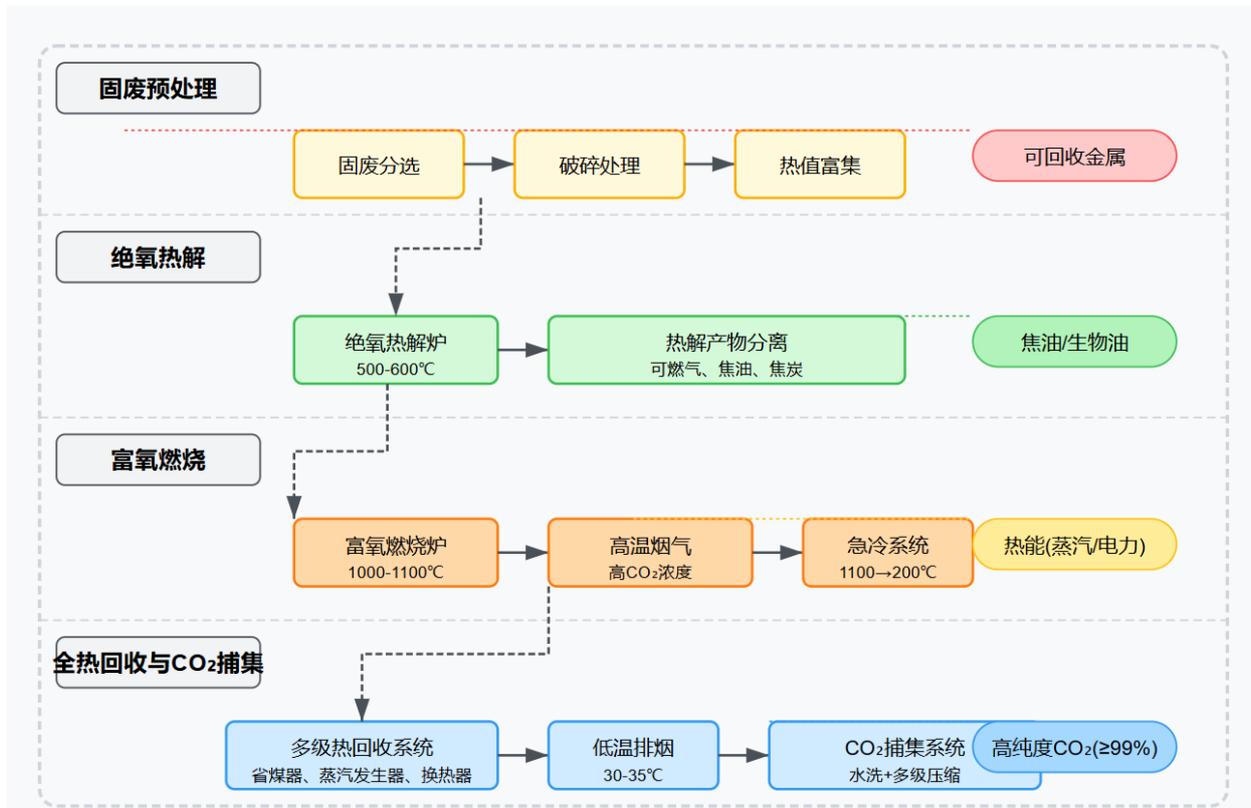


图1 冷排放技术工艺流程图

### 3.2 梯度热回收与全热利用技术

冷排放技术的另一突出优势在于实现了对不同品位余热的梯级回收与利用。系统设计了由省煤器（过热器）入炉空气冷交换预热系统、冷水补水反向换热系统，饱和蒸汽发生器、冷凝式换热器、溴化锂制冷机等部件串联而成的多级热回收子系统，可将 1000℃以上的高温烟气梯次降温至 30℃左右，使排烟温度接近环境温度，热污染得到最大限度控制。其中，950-1000℃烟气首先通过省煤器产生 600℃高温蒸汽，推动汽轮机发电；600-1000℃烟气进入饱和蒸汽发生器，产生 350℃饱和蒸汽；300-600℃烟气则进入冷凝式换热器，加热供暖循环水；80-300℃低温烟气最后被溴化锂吸收式制冷机组回收利用，制取 7℃冷冻水。与单一发电模式相比，冷排放系统的热电比可从 1 : 5 提升至 1 : 8，吨垃圾综合利用效率显著提高。

### 3.3 二氧化碳捕获与转化技术进展

在高温常压下实现高浓度二氧化碳的捕集一直是个世界性难题，能耗高、成本高是制约规模化推广应用的瓶颈。得益于独特的冷排放工艺，二氧化碳捕集可以在烟气温度降至 35℃以下时进行，采用水洗 + 多级压缩的组合工艺，既可满足捕集率达 90% 以上的要求，也可使电耗降低至 200kWh/t 以下。在二氧化碳转化利用方面，通过发展基于离子液体电催化、金属有机骨架材料吸附、光催化加氢、生物酶催化、矿化封存等新工艺、新材料，极大拓展了二氧化碳化工利用途径，提高了转化效率。如采用 MOF 材料催化转化制备碳酸酯的收率可达 96% 以上，远高于常规均相催化剂水平。

### 3.4 碳 - 能 - 肥三联产与智慧农业碳汇强化

在冷排放技术支撑下，二氧化碳捕集制成干冰、热电联产、燃烧灰渣高值化利用可一体化设计，实现碳 - 能 - 肥三联产<sup>[4]</sup>。其中，高浓度富集的二氧化碳可直接供应园区内智能温室，取代化肥，实现农业增产与碳排放“双控”。温室大棚二氧化碳施用可使蔬菜、水果产量提高

30% ~ 50%，品质显著改善。与此同时，燃烧灰渣中的氮、磷、钾等营养物质可通过生物浸出、化学活化等方式加以富集提取，制成生物碳基复合肥。在设施农业中推广应用，可实现有机替代、减量施肥，进而提升土壤团粒结构稳定性，增强其抗旱保墒能力。

## 4 工程应用示范与综合效益评估

### 4.1 典型工程案例分析与环境效益量化

冷排放技术自提出以来，已在生活垃圾处理、园区固废资源化利用等领域开展了多个百吨级示范工程。以江西某循环经济产业园为例，项目配套建设了日处理 600t 生活垃圾的分布式能源系统，采用“绝氧热解 + 悬浮燃烧 + 梯级热回收 + 二氧化碳捕集”组合工艺路线，最大限度实现了固废源头减量化、过程减排与末端增汇耦合。系统投运后，燃烧炉排烟温度稳定在 30-35℃，烟气黑度始终保持在林格曼 1 级以下；二噁英排放浓度为 0.0023ngTEQ/m<sup>3</sup>，是国标限值的 1/40；各主要污染物排放浓度均降至国标限值的 10% 以下。项目年处理生活垃圾 22 万 t，年产蒸汽 40 万 t，可满足园区企业 90% 的供热需求。此外，项目配套建成二氧化碳液化深冷捕集装置，年回收利用二氧化碳 12 万 t，可新增干冰产能 8.6 万 t、液态二氧化碳产能 3400t、食用级液态二氧化碳 1000t，综合利用率达 90% 以上。表 1 汇总了项目的主要环境效益。

### 4.2 经济效益重构与商业模式创新

从商业运营角度看，基于冷排放技术的固废处置与循环利用项目在多方面实现了经济效益重构。热值有效利用率大幅提升，吨垃圾焚烧热值达到同行业的 1.3-1.5 倍，边际效益凸显；污染减排成本大幅降低，吨垃圾二氧化碳当量减排成本不足 150 元，较传统 CCS 技术降低 60% 以上；末端产品实现了多样化、高值化，吨垃圾净利润可达 800 元以上，是传统焚烧发电模式的 3 倍，且通过二氧化碳捕集利用可获得可观的碳减排收益。

表 1 江西某循环经济产业园生活垃圾冷排放项目的环境效益

指标	单位	数值
年处理生活垃圾	万吨	22
年产蒸汽	万吨	40
替代化石能源	万吨标准煤	9.6
二氧化碳回收总量	万吨	12
其中：干冰产量	万吨	8.6
液态二氧化碳产量	吨	3400
食品级液 CO <sub>2</sub> 产量	吨	1000
二氧化碳综合利用率	%	90
NO <sub>x</sub> 平均排放浓度	mg/m <sup>3</sup>	9.6
SO <sub>2</sub> 平均排放浓度	mg/m <sup>3</sup>	8.2
颗粒物平均排放浓度	mg/m <sup>3</sup>	1.9
二噁英平均排放浓度	ngTEQ/m <sup>3</sup>	0.0023

### 4.3 技术推广价值与产业化路径探索

随着垃圾分类、“无废城市”建设力度不断加大，城市生活垃圾、餐厨垃圾、建筑垃圾等的资源化利用市场需求持续攀升。与此同时，钢铁、建材、化工等高耗能行业的节能减排与绿色转型也迫在眉睫。预计到2025年，我国大中型工业园区将达1500个左右，固废综合利用潜在市场空间超过8000亿元。以冷排放为核心的固废协同处置与多联产技术，可显著降低园区一次能源消耗强度，提高污染协同治理水平，对节能、减排、固废资源化利用、区域碳平衡等均具有积极意义。在沿海发达地区及资源型城市，通过推广冷排放与二氧化碳捕集利用技术，构建与区域资源禀赋相匹配的固废协同处置新模式，将在碳达峰、碳中和目标实现进程中发挥重要作用<sup>[5]</sup>。

### 4.4 碳中和实践中的政策支持与全球合作机制

目前，发达国家普遍将CCUS上升至国家战略，从政策、市场、金融等方面加大扶持力度，抢占产业发展制高点。美国修订完善了45Q税收抵免政策，为CCUS项目提供长达12年的财税优惠；欧盟将CCUS纳入“创新基金”支持范畴，设立了总额100亿欧元的专项资金，重点支持高耗能行业的CCUS改造；澳大利亚、日本、加拿大等国家也制定了专门的CCUS发展规划，部署了一批示范工程。为推动CCUS产业高质量发展，中国应加快构建包容审慎的政策环境，设立CCUS研发专项，加强关键核心技术攻关；制定CCUS

产业发展路线图，开展重大示范工程建设，加快形成产业集群；强化产业链上下游企业、科研机构、金融机构的协同创新，打造全产业链创新联盟；积极融入全球CCUS产业合作网络，在技术引进、项目投资、能力建设等方面开展务实合作，共同推进全球碳中和事业发展。

## 5 结语

应对气候变化、推进碳减排已成为各国的共识和自觉行动。发展以二氧化碳捕集利用与封存为代表的负排放技术，是实现碳中和目标的关键抓手。本文通过对比分析国内外二氧化碳减排利用的技术现状，重点剖析了冷排放技术的创新特征及其带来的环境效益、经济效益，展望了在“双碳”目标引领下的发展前景。

### 参考文献

- [1] 姚炜珊,侯雅磊,魏国强,张声森,杨希贤,邓丽芳,许仕博.二氧化碳资源化利用研究进展[J].新能源进展,2024,12(2):182-192.
- [2] 韩依昶.二氧化碳的绿色资源化利用实现碳中和的研究进展[J].当代化工,2023,52(4):973-976.
- [3] 鲁佩芳,阮少军.双碳目标下二氧化碳催化转化技术研究进展[J].中国资源综合利用,2024,42(1):100-102.
- [4] 王建行,赵颖颖,李佳慧,袁俊生.二氧化碳的捕集、固定与利用的研究进展[J].无机盐工业,2020,52(4):12-17.
- [5] 王秀鑫.二氧化碳催化转化的研究进展[J].山东化工,2021,50(15):82-83+90.

# Strategies for pollution control of industrial emissions under the perspective of atmospheric environmental protection

Jiayu Huang

Shangrao Wannian Ecological Environment Bureau, Shangrao, Jiangxi, 335500, China

## Abstract

With the rapid development of China's social economy, all industries are now facing new opportunities for growth, and various new technologies are emerging one after another. However, environmental issues in China have become increasingly severe, leading to higher demands for controlling industrial emissions. Organic exhaust gases, as a particularly harmful type of industrial waste gas, not only affect the environment but also pose threats to people's daily lives and health. In light of this, this paper primarily examines the problems from the perspective of atmospheric environmental protection, analyzes the hazards of industrial waste, and proposes measures for controlling industrial emissions, aiming to provide reference for relevant professionals.

## Keywords

atmospheric environment protection; industrial emission pollution; treatment strategy

## 大气环境保护视域下工业排放污染治理策略思考

黄佳宇

上饶市万年生态环境局, 中国·江西 上饶 335500

## 摘要

随着我国社会经济的飞速发展, 现阶段各行各业都迎来了发展新机遇, 各类新型技术层出不穷。但是我国环保问题却日趋严峻, 受这种情况的影响, 我国对工业排放污染的控制要求也越来越高。有机废气作为一种危害极大的工业废气, 不但会对我国环境造成一定的影响, 甚至会威胁到国民的日常生活与身体健康。基于此, 本文主要从大气环境保护视域的角度出发, 剖析了其中存在的问题, 以及工业废物的危害, 并给出了工业排放污染的治理举措, 以期给有关工作者提供参考。

## 关键词

大气环境保护; 工业排放污染; 治理策略

## 1 引言

受技术引进成本及人员缺乏等因素的影响, 目前我国工业排放污染处理工艺仍以传统工艺为主, 新工艺的应用尚显不足。另外, 由于我国目前还没有得到足够重视此项工作, 所以目前我国工业污染控制水平还远远落后于世界先进水平。工业排放污染作为一种能够危害环境、危害国民生存品质的污染物, 有关部门只有对其进行彻底的治理, 才能达成我国绿色环保发展的整体目标<sup>[1]</sup>。

## 2 工业挥发性有机废气的危害

在工业开展的生产工作中, 挥发性有机物作为引发臭氧、雾霾等情况的元凶, 有关部门如果不使用有效的举措对其进行解决, 则会对我国国民的日常生活带去不可预估的损害。首先, 工业排放污染所生成的废气是一类具有强刺激性、

毒性较大的污染物, 会引发呼吸道疾病, 比如: 鼻炎、肺炎等, 这会严重影响到我国国民的身体健康, 若无法对其进行有效的管控, 甚至还会对国民的生命安全造成恶劣影响。此外, 尽管植物可以净化大气中的有害物质, 提升大气整体质量, 但是由于工业排放废气中蕴含着大量挥发性气体, 这种情况会抑制植物的光合作用, 从而使其无法展现出其功能性, 这种情况不仅会对全球气候造成威胁, 而且还会演变成全球性的公共卫生问题, 比如: 冰川融化、酸雨、臭氧层损耗等。

## 3 工业有机废气处理技术

首先, 有关部门应根据废气中有机物的溶解度, 选用适当的吸附介质, 使其与气体相分离。吸附技术可将气态污染物高效转化, 目前已被广泛用于空气污染管控工作中。其次, 有关部门可利用分子间作用力与多孔结构相结合的方式来实现对工业排放废气的去除。比如: 常用的吸附材料活性炭, 其脱除效果好、净化彻底、能源消耗也较少。最后, 对热害的处理。这一新工艺路线可广泛应用于工业废气热解工作中。该技术的基本原理是将废气在较高温度的条件下进行

【作者简介】黄佳宇(1995-), 男, 中国江西上饶人呢, 本科, 助理工程师, 从事环保基层研究。

氧化热解。此外，就是生化处理。该技术的基本原理是利用微生物把工业中的有机物分解为简单的无机物质如水、二氧化碳等。

## 4 从环境保护的角度分析工业有机废气污染控制方法

### 4.1 创新环境治理策略

首先，政府或有关部门要结合行业特点，制定行业准入机制，对行业进行严格废气排放管控作业，重点是增加对工业废气的回收率和强制性回收工作等。此外，有关部门还应落实从源头治理、绿色低碳的工作理念，强化自身环境保护观念，提高全面参与程度，并以此为基础，构成一个良好的生态环境保护氛围。在这个过程中，有关部门还需加强环保执法工作，构建常态化的环保监督机制，从根本上解决环境污染问题。同时，也要注重政府环保政策的贯彻落实，保证当地各部门在环保工作中的独立地位，并以企业改革等方式，把地方政府政策和环保政策结合在一起，以此提高政策的可行性。

其次，要强化地方环保监督，设立省级环保监察组织，由上到下强化环保工作的实施。并加强宣传，提高人员对环境保护工作的认识，制定环境信息披露体系，将有关数据进

行及时的公布。通过听取民众意见和建议，让大家积极参与到当地环保部门的环境监管中来，从而为当地政府的环境监管工作提供支持。同时，也能对政府环境监管机制进行有效的监管，使地方政府环境监管工作更加合理、有效。

最后，从当前实际情况上看，部分企业因缺乏足够的资金而未能很好地完成废气治理工作。对于这种情况国家应给予此类企业一定的财政支持，保证其有充足的经费进行有效的环境保护活动。此外，有关部门还要制定和完善相应的法律、法规，通过法律手段来强制企业进行废气污染治理工作<sup>[2]</sup>。若有企业或个人不重视大气污染，则应向有关部门发出书面检讨书，并就企业存在的问题，提供合理的解决办法。

### 4.2 调整优化工业企业

工业中所排放的废气作为大气污染的主要来源。要想降低企业废气排放量，就必须对现行企业的产业结构进行调整，严格管控高污染和高能源消耗的企业。适度关停一批产能滞后的工程，并以此为基础，对其进行治理，增加技术的引入，以此推动行业升级。在这个过程中，有关部门还需加强对工业尾气的管控。每个企业都需根据自己的具体条件和尾气特点，采用吸附法、溶剂吸收法等技术进行治理。同时，还要注意其装置的密封性能，以便更好地解决工业废气的污染问题。

表 1: 处理工业废气

处理工业废气	
应用循环经济法	推进绿色低碳工业园区建设，加快产业集聚区、开发区（工业园区）循环化改造，培育绿色产业示范基地，全面开展企业清洁生产审核，打造以资源循环利用为核心的“无废城市”发展模式。同时，在能源的选择方面应按照碳达峰、碳中和的总体部署，推进能源供给多元清洁、消费节约高效。优化热力供应布局，扩大集中供热能力和供热管网覆盖范围。强化天然气供应保障，提升天然气消费比重。鼓励发展太阳能、风能、生物质能等新能源和可再生能源，重点推进天然气分布式、光伏、风电等项目。实施能源“双控”行动，加快本地电厂清洁化改造力度，开展产业能效提升行动，推进煤炭清洁高效利用。
调整企业结构	企业在生产作业、发展建设方面应积极追寻时代趋势、响应国家政策，贯彻落实低碳理念，向绿色产业链靠拢，根据区域大气环保政策及实际需求进行企业结构的规划与调整，运用现代化技术进行全面细致的分析，实施科学评估，建立健全相关制度，调整企业内部结构，促进企业绿色生产、科学发展，这也是企业可持续发展的必经之路。

### 4.3 废气集中处理工艺

在集中式废气治理工作过程中，首先要对有机废气进行碱性氧化处理。只有这一步完成时，其处理工作才可以正式开始。为保证环氧树脂对其它难溶气体的溶解率，使其转变成可溶于水的小分子，有关部门必须对其进行深入的研究与剖析。同时，为确保尾气中小碱性物质能够被有效地清除，使其满足废气排放要求，有关工作人员必须使用一次性洗碱塔开展此项工作。

### 4.4 增强环保意识

大气环境保护作为一个国家层面的系统化项目，单靠国家力量是不行的。有关部门应展现出自身引导者的作用，加强对空气环境保护工作的宣传力度，使人们的环保意识得到不断提高，使我国空气质量得到更大的提升。具体而言，可以从以下几个方面进行：首先，全面展现出新旧媒介的优势，加强宣传与推广活动，提高对国民日常生活的宣传和规

划，从而增强民众对大气污染防治工作的重视程度。比如：机动车废气污染了当地的大气环境，危害了国民的身体健康。在日常生活中，可推行骑自行车、电车、公共汽车、步行等方式进行短途旅行，从而形成全民防治的良好氛围。其次，要强化全社会的监管意识。对环境质量和项目建设等规划内容的执行状况进行定期公布，保证工业排放问题能够得到及时的公布。创新公众参与模式，充分发挥出志愿者、群众和新闻传媒等各方面的监督功能，并以此为基础，构建公众反馈和监督体系，从而实现协同落实。最后，有关部门应健全相关法律法规。运用更具权威制度对工业生产人员进行大气环保工作内容的教育与培训，划定有关企业红线，这不但有助于提高人员的环保意识，而且还有利于提高我国大气质量。除此之外，有关部门应通过新闻等媒介，加强对环境保护工作的宣传，让法律作为一种强有力的手段，促使国民不断增强自身的环境保护观念<sup>[3]</sup>。

表 2: 预防移动源废气

预防移动源废气	
完善移动源污染防治制度	强化车辆检测和维护制度,建设机动车排放检验信息系统,加快机动车遥感监测建设和联网工作。开展老旧车辆和老旧船舶淘汰工作,加快淘汰采用稀薄燃烧技术和“油改气”的老旧燃气车辆,制定营运柴油货车和燃气车辆提前淘汰更新目标及实施计划。
严格落实移动源废气检查	。对燃油车实施全面检查,如若发现尾气排放不达标车辆,应立即采取措施,避免其对环境造成持续性污染,加强城市道路尾气检测装置,明确区域尾气排放标准,依据标准对燃油车进行严控。
发展新能源汽车	新能源汽车的推广使用可以有效降低汽车尾气排放量,减少汽车尾气对大气的污染。加快混合动力、纯电动、燃料电池等清洁能源在非道路移动机械上的应用推广,制定鼓励性政策引导企业购置电动车,使其在各项属性方面满足民众需求,更好地投入市场。

#### 4.5 加大资本投入

在进行大气环境保护工作的时候,不但要有紧跟时代发展的新型技术和观念,还要有与之相匹配的先进设备,但这些都离不开充足的资金投入。基于此,有关部门应对现有的金融服务模式进行创新,鼓励企业增加绿色信贷,引导多样化的资金投入方式进入到大气环境保护工作中。在这个过程中,企业除了要重视科技发展之外,还应不断加强自身的节能环保生产工作、清洁生产工作等内容,不断引入先进技术和设备,从而使自身工业排放质量得到进一步提高。

另外,相关部门还要加大监督力度,并给予合适的财政支援,以此协助改善企业基础设施工程,并做到绿色生产和再利用,从而使空气污染得到有效的解决。通过在人群密集区域设置空气检测装置,可实现对大气环境质量的实时监控与可视化展示,进一步使国民对大气污染情况有一个全面的了解,并主动参与到大气环境保护工作中来。同时,政府部门还应加大对我国大气污染防治工作的投入力度,尤其是

在资金上给予大力支持,以此为大气污染防治工作提供全方位的服务。

## 5 结语

综上所述,随着我国社会经济的飞速发展,国民愈发重视空气质量问题。有关部门和企业应重点关注废气治理工作,控制工业废气排放情况,并充分认识到工业排放对大气环境的影响,从而将大气损害程度降到最低,并以此为基础,以此达到企业与生态环境的同步发展。

### 参考文献

- [1] 晋好城. 工业排放污染治理工程在大气环境保护中的作用与挑战[J]. 皮革制作与环保科技,2024,5(23):
- [2] 曹如星. 新形势下大气环境保护及污染治理对策研究[J]. 资源节约与环保,2023(2):8-11.
- [3] 张志麒,张保留,罗宏. 工业大气污染治理的环境经济政策体系研究[J]. 环境工程技术学报,2019,9(3):311-319.

# Analysis and countermeasures of environmental risk assessment for chemical projects

Zhiyuan Liu Liyuan Chen Chen Yu

China Metallurgical Survey and Design Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

## Abstract

Chemical projects pose significant environmental risks throughout their lifecycle, particularly in production processes, raw material usage, and waste emissions, which can severely impact the surrounding environment and human health. Therefore, scientifically and systematically evaluating the environmental risks of chemical projects is a crucial method for ensuring environmental safety and health. This paper explores relevant theories and methods for environmental risk assessment in chemical projects, analyzes the importance of environmental risk assessment in chemical projects, and proposes countermeasures. By combining qualitative and quantitative evaluation methods, it focuses on analyzing potential sources of environmental risks and their hazards, and offers effective risk prevention measures based on real-world cases. Additionally, the paper discusses a continuous improvement mechanism for environmental risk management, aiming to provide theoretical foundations and practical guidance for environmental protection and risk control in chemical projects.

## Keywords

chemical project; environmental risk; risk assessment; countermeasures; environmental protection

# 化工类项目环境风险评估分析对策思考

刘志远 陈丽媛 于晨

中勘冶金勘察设计院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

## 摘要

化工类项目在其整个生命周期中存在较高的环境风险,尤其是在生产过程、原材料使用以及废物排放等方面,可能对周围环境及人类健康造成严重影响。因此,对化工类项目的环境风险进行科学、系统的评价,成为保障环境安全与健康的重要手段。本文探讨了化工类项目环境风险评估的相关理论与方法,分析了环境风险评估在化工项目中的重要性,并提出了对策建议。通过定性与定量相结合的评价方式,重点分析了环境风险的潜在来源及其危害,结合实际案例提出了有效的风险防控措施。此外,文中还讨论了环境风险管理的持续改进机制,期望为化工项目的环境保护与风险控制提供理论依据与实践指导。

## 关键词

化工类项目; 环境风险; 风险评估; 对策; 环境保护

## 1 引言

随着化工行业的快速发展,化工类项目的环境风险问题逐渐成为社会各界关注的焦点。化工项目通常伴随大量的有害气体、废水及固体废物排放,且这些污染物一旦没有得到及时有效的控制,将对环境造成不可逆的损害。环境风险评估作为一种科学的风险管理工具,能够帮助识别并量化化工项目的潜在风险,评估其可能带来的环境影响。近年来,随着环境保护意识的提升和相关法规的严格化,化工类项目的环境风险管理得到了更多的关注,环境风险评估成为项目管理中的关键环节。本文将对化工类项目中的环境风险评估

方法进行分析,阐明其在风险控制中的重要作用,进而提出针对化工项目环境风险的有效防控对策,以期为化工行业的可持续发展提供理论支持与实际解决方案。

## 2 化工项目环境风险概述

环境风险是指由于人为或自然因素导致的环境污染和生态破坏的可能性,可能对自然环境及人类健康产生负面影响。环境风险具有不可预测性和复杂性,通常依赖于多种因素的相互作用。化工项目的环境风险通常表现为化学品泄漏、废气排放和水污染等。这些风险可能迅速发展,导致广泛的环境破坏和健康危害。由于环境风险的动态性,相关管理和控制措施必须具备高度的前瞻性和灵活性。化工项目的环境风险还具有区域性特点,不同地区的环境承载能力差异导致同一项目在不同地点可能产生不同的影响。此外,环境

【作者简介】刘志远(1993-),男,中国新疆乌鲁木齐人,本科,工程师,从事环境影响评价研究。

风险也具有累积性，随着时间的推移，风险的累积效应可能超出初期预测的范围，造成更大的生态和社会问题。

### 3 化工项目环境风险评价的重要性

环境风险评价的目标是通过系统分析识别化工项目潜在的环境风险，评估其对环境 and 人类健康可能带来的影响。该评价能够为化工项目的环境管理提供科学依据，帮助决策者制定有效的风险防控措施。通过定量与定性相结合的评估方法，环境风险评价能够识别出最危险的环节和阶段，为项目的安全运行提供预警。同时，环境风险评价还具有优化资源配置的作用，有助于识别那些对环境造成负面影响的生产环节，指导生产过程中环境保护措施的优先实施。该评价过程使得环境风险管理更加科学化、系统化，为项目后期的环境监控与改进提供了基础。环境风险评价不仅是化工项目可持续发展的保障，也为提高公众环境意识和促进绿色生产提供了支持。

### 4 化工项目环境风险评价的关键因素

#### 4.1 项目规划与设计阶段的风险评估

项目规划与设计阶段的环境风险评估至关重要，因为这一阶段确定了项目的基本框架与实施方案，直接影响后续的环境风险管理。在这一阶段，风险评估通过识别项目的关键环境因素，如选址、原料来源、能源消耗等，能够预判潜在的环境危害。根据数据分析，约 30% 的环境风险源自不当选址或设计，例如选址靠近水源或生态敏感区域时，可能导致废水污染水源，影响生态环境。通过设计阶段的环境风险评估，可针对可能的环境风险进行调整。例如，设计过程中引入先进的废气处理设施、废水回收利用系统等，可以将污染物排放降低至最低水平。对化学品使用量的预测与安全措施的制定同样是设计阶段的重要组成部分。通过这一阶段的全面评估，能够识别出高风险的环节并采取有效预防措施

施，从源头上控制环境污染的发生。

#### 4.2 生产过程中的环境风险管理

生产过程中，化工项目的环境风险管理尤为关键，因为这一阶段的环境污染往往较为集中且直接。根据统计数据，约 60% 的环境事故发生在生产过程中，主要表现在废气排放、废水处理以及固体废物的管理上。在生产环节，化学反应产生的有害气体、废水和废渣需要通过严格的管理措施来控制，防止对环境造成重大污染。例如，废气中的有毒物质如氮氧化物和硫氧化物未经处理直接排放，可能引发严重的空气污染，影响大气质量及人体健康。生产过程中的环境风险管理要求实施实时监控，安装泄漏检测和应急处理系统，以防止泄漏和突发事件。数据显示，安装在线监控系统可以有效减少 30% 以上的废气泄漏事故。同时，生产过程中使用的原料和设备要根据环境友好型标准进行选择，确保环境污染的最小化。

#### 4.3 项目实施与运营中的环境风险控制

项目实施与运营阶段是化工项目中环境风险控制的关键期，涉及日常运营中的废物管理、资源利用效率和环境影响的监控。数据显示，在运营阶段，约 50% 的环境问题源于不当的废物管理和设施老化。化工项目的废气、废水及固体废物需要严格按照环保法规进行处理和排放，确保不超标排放。通过实施最佳可行技术（BAT）和持续监测，化工项目能够在运营过程中实现环境影响的最小化。废水处理设施的有效运行、废气的回收利用及固体废物的合理处置是此阶段环境风险控制的核心。例如，使用先进的膜过滤技术可以提高废水回收率，减少 30% 以上的废水排放量；废气通过催化氧化技术可以减少 90% 以上的有害气体排放。此外，运营阶段还需要定期进行环境风险评估，及时发现设施老化或操作失误所带来的隐患，确保在问题发生之前采取有效措施。通过这些措施，运营阶段的环境风险得到有效控制，为企业的可持续发展提供保障，详情见表 1。

表 1 化工项目环境风险管理数据分析

关键因素	数据分析	相关数据	风险控制效果
项目规划与设计阶段的风险评估	选址不当会导致环境风险增加 30%	设计优化能减少 40% 的环境事故风险	通过优化设计，能显著降低环境风险
生产过程中的环境风险管理	生产过程中的环境事故占 60%	实时监控减少 30% 的废气泄漏	管理和监控能有效降低风险
项目实施与运营中的环境风险控制	设施老化导致 50% 环境问题发生	定期检查提高 30% 应急响应速度	通过定期检查和绿色技术，降低环境影响

### 5 化工类项目环境风险应对对策

#### 5.1 风险预防与监测措施

化工类项目的环境风险预防与监测措施是确保项目安全运营的基础。通过全面识别潜在的环境风险源，能够在项目初期采取有效的预防措施，避免或减少风险的发生。首先，生产过程中要建立健全的污染物排放控制体系，对废气、废水及固体废物进行实时监控。监测系统可以通过传感器和在

线数据采集技术，实时检测废气浓度、废水 PH 值等重要指标，确保排放不超过标准。其次，加强设施的定期检查和维修，特别是关键设备如废水处理设施、废气净化装置等，能够有效预防因设备老化或故障导致的环境事故。数据显示，定期检查能够将设备故障率降低约 25%。此外，要加强对员工的环保意识和操作规范的培训，确保操作人员能够及时识别和处理突发环境问题。通过这些预防和监测措施，化工项目能够大幅降低环境风险，保障项目长期稳定运营。

## 5.2 应急预案与应对机制

应急预案和应对机制是化工项目环境风险管理的重要组成部分。当突发环境事故发生时,快速有效的应对可以将事故的损失降到最低。应急预案应基于可能发生的环境风险类型进行全面覆盖,包括气体泄漏、火灾爆炸、废水泄漏等不同类型的应急处理方案。预案中要明确责任分工、应急响应流程及相关人员的职责,确保每个环节都能够高效响应。在应急响应过程中,企业应当配备足够的应急设备,如气体检测仪、消防器材和防护服等,确保在事故发生时能够及时有效地进行处置。同时,项目还应定期开展应急演练,提高员工的应急处理能力。数据显示,通过定期演练,企业的应急反应速度可以提高约30%。此外,事故发生后,要建立信息通报机制,确保相关部门和公众及时获得准确的信息,避免事态进一步恶化。通过这些措施,可以确保化工项目在面临环境突发事件时能够迅速恢复正常运营,减少环境污染和社会损失。

## 5.3 持续改进与环境保护政策的完善

化工类项目的环境保护应通过持续改进和政策完善来实现长效管理。随着环保技术的不断进步和社会对环境问题的日益关注,化工项目的环境风险管理也应与时俱进,定期对环境保护措施进行优化升级。首先,化工项目应主动引入先进的绿色技术,如废气回收、废水处理和资源再利用等技术,以实现污染物的最小化排放。通过采用更高效的技术手段,不仅能够降低污染排放,还能够节约资源,减少生产成本。其次,化工项目还应根据国家和地方环保政策的变化,及时调整其环境管理策略,确保符合最新的法规要求。数据显示,符合环保政策的项目可以减少25%的环保罚款。此外,企业应鼓励开展环境绩效评估,及时发现管理上的不足,并

根据评估结果进行持续改进。通过建立完善的环境保护政策和持续改进机制,化工项目能够在保护环境的同时,提高自身的市场竞争力,推动企业的可持续发展。

## 6 结语

化工类项目的环境风险管理是保障环境安全与社会可持续发展的重要环节。通过全面的风险评价和控制措施,可以有效减少化工项目对环境的负面影响,并降低环境事故的发生率。项目的规划设计阶段、生产过程中的风险管理以及运营阶段的环境控制,均对项目的环境影响起到了至关重要的作用。应急预案与持续改进机制的建立,不仅能够在突发环境事件中迅速响应,还能够确保企业不断优化其环境管理措施,适应日益严格的环保要求。随着环境保护理念的深入人心,化工企业应将环境风险控制作为自身发展的核心内容之一,通过科技创新和管理提升,实现经济效益与社会效益的双赢。有效的环境风险应对措施不仅有助于企业的可持续发展,也为社会和生态环境提供了长久的保护。

## 参考文献

- [1] 李春燕. 化工建设项目环境影响技术评估工作要点探讨[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(01): 191-194.
- [2] 赵晓红. 关于改扩建化工项目的环境影响评价技术评估要点分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(24): 156-158.
- [3] 赖俊楠. 化工罐区项目土壤和地下水环境影响评价技术要点[J]. 化学工程与装备, 2024, (11): 123-126.
- [4] 吕慧, 王传良, 尹伟, 宋永芬, 申滨, 曹世强, 王建文. 浅谈化工项目温室气体排放环境影响评价[J]. 山东化工, 2024, 53(11): 272-276.
- [5] 杨学城. 化工项目场地环评中土壤和地下水调查分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(05): 176-177+181.

# Analysis of technical path for comprehensive treatment of urban black and odorous water bodies

Teng Tu

Ruiqing Environmental Research Institute (Jiangsu) Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

## Abstract

With the continuous acceleration of urbanization, urban black and malodorous water bodies have become a significant issue affecting the ecological environment and residents' quality of life. The management of these water bodies faces complex technical challenges, making the exploration of comprehensive treatment technologies particularly important. This paper primarily analyzes various technical approaches for managing urban black and malodorous water bodies, including physical and chemical treatment methods, biological treatment methods, and their integrated application paths. By comparing the advantages and limitations of different technical approaches, it proposes corresponding technical choices and implementation strategies. Additionally, this paper discusses evaluation criteria for the effectiveness of technical approaches in actual governance and, based on urban realities, suggests optimized and improved pathways. Finally, the paper looks ahead to future trends in technical approaches and emphasizes the necessity of sustainable governance.

## Keywords

black and odorous water body; treatment technology; technical path; physical and chemical treatment; biological treatment

## 城市黑臭水体综合治理技术路径分析

涂腾

瑞清环境研究院（江苏）有限公司，中国·江苏·南京 210000

## 摘要

随着城市化进程的不断加快，城市黑臭水体问题已成为影响生态环境和居民生活质量的重要问题。黑臭水体的治理面临着复杂的技术挑战，综合治理技术路径的探索尤为重要。本文主要分析了城市黑臭水体治理的多种技术路径，包括物理化学治理技术、生物治理技术及其综合应用路径。通过对不同技术路径的优势与限制进行比较，提出了相应的技术选择和实施策略。此外，本文还探讨了技术路径在实际治理中的应用效果评估标准，并结合城市实际情况，提出了优化和改进的路径。最后，本文展望了未来技术路径的发展趋势，提出了可持续治理的必要性。

## 关键词

黑臭水体；治理技术；技术路径；物理化学处理；生物治理

## 1 引言

城市黑臭水体问题的日益严重，不仅对水环境造成了极大的污染，也影响了人们的生活质量。黑臭水体的形成原因复杂，涉及水体污染、缺乏有效的治理措施以及水体自净能力不足等多方面因素。传统的治理方法虽然在某些领域取得了一定成效，但仍面临诸多挑战，特别是在大规模、持续性的治理过程中，技术的集成性和系统性显得尤为重要。因此，综合治理技术路径成为当前黑臭水体治理的研究热点。技术路径的选择不仅影响治理效果，还直接决定了治理的可持续性。本文将从技术路径的不同类型入手，探讨各类治理技术的应用及其优势，分析其适应性和实施策略，进一步为

实际操作提供理论依据。随着环保技术的不断进步，未来治理技术路径的创新和应用前景将为黑臭水体治理提供更多的解决方案。

## 2 城市黑臭水体的概述

### 2.1 黑臭水体的定义与特点

黑臭水体是指水体在长期受污染和缺乏有效治理的情况下，水质恶化，出现黑色、臭味等明显的污染现象。这类水体通常呈现出低透明度、水体表面覆盖浮油或漂浮物的特征，水中的溶解氧含量极低，常伴随有恶臭气味。黑臭水体主要发生在城市内河、湖泊和水渠等水体中，特别是在排水管网不完善、污水处理设施不足的地区。水体富营养化现象严重，水质持续恶化，水生态系统的自净能力下降。黑臭水体不仅影响城市的环境景观和空气质量，还对水生生物的生

【作者简介】涂腾（1988-），男，中国江苏宿迁人，本科，工程师，从事环境污染治理研究。

生态恢复以及水体自净功能的恢复等因素。

## 2.2 黑臭水体的成因分析

黑臭水体的形成是多种因素综合作用的结果。城市化进程中的不合理排水系统、污水直排以及工业废水排放是导致水体污染的主要原因。在许多城市，污水处理设施的建设滞后，导致大量未经处理的污水进入水体。水体的流动性差、交换能力弱，尤其是闭塞水域，更容易积聚有害物质，形成恶性循环。此外，城市周边的农业和养殖业排放的农药、化肥和有机废弃物也加剧了水体污染。另一方面，气候变化、极端天气等因素使得水体的自净能力减弱，水中的氮、磷等营养物质浓度不断上升，导致藻类大量繁殖，进一步加剧水体的富营养化。这些因素共同作用，形成了黑臭水体的恶性污染。

## 3 黑臭水体治理的技术路径

### 3.1 物理化学治理技术路径

物理化学治理技术主要通过物理和化学手段改善水体质量。常见的物理方法包括机械曝气、沉淀、吸附等，可以有效提高水体中的溶解氧含量，去除水中的有害物质。化学方法则通过投加化学药剂，例如絮凝剂、氧化剂等，促进水中污染物的沉降和转化。活性炭吸附、臭氧氧化、化学沉淀等技术能够快速降低水中的有机污染物和重金属含量，具有显著的短期治理效果。这些技术的优势在于操作简单，见效快，适用于处理大规模污染水体。

### 3.2 生物治理技术路径

生物治理技术通过利用水生植物、微生物等生物的自净作用对水体进行治理。水生植物能够通过吸收水中的营养物质，如氮、磷等，减少水体的富营养化程度，从而有效改善水质。微生物治理技术利用特定的微生物群落降解水中的有机污染物，分解水中的油污、氨氮等污染物质。这类方法的优点在于生态恢复效果好，能够持续改善水质并修复水体的自净能力。生物治理技术对水体的生态环境具有长远的改善作用，有助于恢复水体生态平衡。

### 3.3 综合治理技术路径的分析

综合治理技术路径是结合物理、化学和生物治理技术，以实现更全面的水体改善效果。这一路径通过多个技术的协同作用，能够综合解决黑臭水体的复杂污染问题。例如，先使用物理化学方法去除水中的悬浮物和有毒物质，再利用生物技术恢复水体生态环境，最终实现水质的长期改善。综合治理能够克服单一技术的局限性，增强治理效果的稳定性和持续性。在具体应用中，还需要根据水体的实际情况选择合适的技术组合，以达到最佳的治理效果。然而，综合治理技术的实施通常需要较高的投入，且治理过程复杂，需要精确的技术配合与管理。因此，实施时应充分考虑资金、技术和环境等多方面因素，确保技术路径的可行性和效果，图1为城市黑臭水体治理技术应用流程。

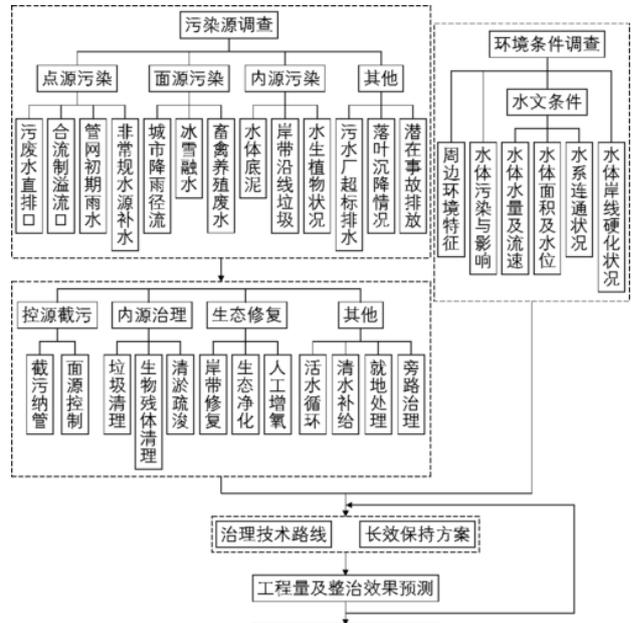


图1 城市黑臭水体治理技术应用流程

## 4 黑臭水体治理技术应用策略

### 4.1 治理目标与技术路径的匹配策略

黑臭水体治理的成功与否取决于治理目标与技术路径的有效匹配。在治理过程中，首先需要明确水体的污染类型、污染程度以及治理的具体目标。例如，若目标是快速改善水质，物理化学治理技术可能是首选，而若目标是长期恢复水生态，则生物治理技术或综合治理路径更为适用。在技术路径的选择上，应根据水体的特点和污染源的不同，制定个性化的治理方案。对于受工业污染较重的水体，可能需要采用化学法先行处理，随后通过生物修复技术恢复水体生态。

### 4.2 技术选择与组合优化策略

技术选择与组合优化策略在黑臭水体治理中扮演着至关重要的角色。单一的治理技术往往无法应对复杂的水体污染，因此，合理的技术组合能够发挥各类技术的优势，互补短板。在技术选择时，应根据水体的具体污染情况、治理目标、资金投入以及时间限制等多方面因素，选取最合适的单一技术或组合技术。例如，若水体污染严重且急需改善，采用物理化学方法如化学沉淀和吸附法进行初步处理，可以有效去除污染物，为后续的生物治理创造条件。

### 4.3 技术路径的实施与操作策略

在黑臭水体治理中，技术路径的实施与操作策略至关重要，直接影响治理效果的实现。实施策略首先应保证技术方案的可操作性和经济性，制定详细的实施计划，并结合实际情况合理安排治理步骤。对于复杂的黑臭水体治理任务，通常需要进行分阶段实施，先通过物理化学手段进行初步处理，再通过生物治理或生态修复方法进行后期修复。操作策略要注重全过程管理，确保每个阶段的治理效果能够衔接和协调。比如，物理化学技术在初期的污染物去除过程中，

需要精确控制药剂投加量和处理时间,以避免二次污染的发生。在后期的生物修复过程中,应定期监测水质变化,调整植物种类和微生物群落,确保其能够持续发挥作用。

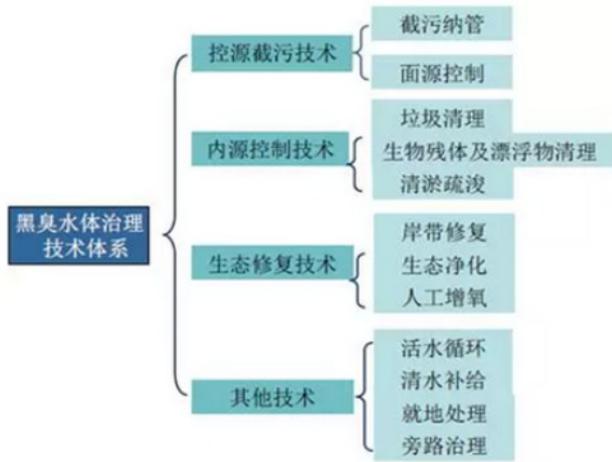


图2 城市黑臭水体处理技术的主要内容

## 5 黑臭水体治理技术路径的评估与改进

### 5.1 技术路径的效果评估标准

黑臭水体治理技术路径的效果评估是确保治理措施有效性的关键。评估标准通常包括水质改善、生态恢复、成本效益等多个维度。在水质方面,常通过水中溶解氧(DO)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷(TP)和化学需氧量(COD)等指标来衡量治理效果。例如,在治理后,DO的增加量应达到2-3 mg/L, COD和氨氮的去除率应超过60%,总磷的去除率应达到50%以上。此外,治理效果的评估还应考虑水体的生态功能恢复,如水生植物的存活率和微生物群落的恢复情况。成本效益分析也是评估的重要指标之一,治理技术的投入产出比需要合理,一般来说,技术路径的投入产出比应控制在1:5以上,且治理的总成本应小于相同规模污染治理的市场平均成本。

### 5.2 技术路径的优化改进策略

黑臭水体治理技术路径的优化改进策略需要结合实际情况,确保治理效果的持续性和稳定性。首先,应加强技术的集成性,多个技术的结合能够发挥协同效应,提升整体治理效果。例如,在物理化学处理后,通过引入生物治理技术进行生态修复,不仅能够提高水质,还能恢复水体的自净功能。根据数据分析,物理化学方法与生物方法的组合使用可提高水质改善速度,且污染物去除率提高了40%以上。其次,

针对技术实施中的瓶颈问题,需要加强设备的更新与技术的升级。

### 5.3 实施过程中技术路径的调整与修正

在黑臭水体治理实施过程中,技术路径的调整与修正是确保治理效果长期稳定的重要手段。治理过程中需要实时监测水质变化,根据监测数据及时调整治理策略。例如,在初期使用物理化学方法进行污染物去除时,如果发现氨氮浓度未达到预期目标,则需增加氨氮去除剂的投加量,确保水质的持续改善。此外,技术路径的修正还应考虑季节性变化对治理效果的影响。数据表明,冬季水温较低时,生物治理的效果较差,此时可以加强物理化学手段的使用,通过适当增加药剂的使用量,提高治理效果。在实际操作中,也需要根据水体的流速、污染源的种类和浓度等因素,灵活调整治理技术的实施方案。

## 6 结语

黑臭水体的治理是一个复杂且系统性的过程,涉及多个技术路径的合理选择与综合应用。通过物理化学、生物治理及综合治理技术的协调发展,能够有效改善水体的水质,恢复生态系统功能。在治理过程中,技术路径的评估、优化与实施策略的不断调整,是确保治理效果持久和稳定的关键。随着技术的不断发展和实践的积累,未来的治理方案将更加精准和高效。然而,治理过程中仍然面临诸多挑战,包括技术适配性、资金投入、治理周期等问题。因此,进一步完善技术路径、加强技术集成与创新,提升治理效果的同时降低治理成本,将是未来黑臭水体治理的重要方向。通过科学、系统的治理路径,不仅可以解决当前的黑臭水体问题,也能为城市水环境的可持续发展奠定坚实的基础。

### 参考文献

- [1] 陈建军,伍惠郡,张华俊,李保庆,谢沁颖,詹景怡,张文磊.生物滤墙-水下森林耦合工艺在农村微黑臭水体治理中的应用[J].净水技术,2025,44(03):86-95.
- [2] 王坤,陈琦,于德瑞.我国黑臭水体治理技术探析[J].黑龙江环境通报,2025,38(03):95-97.
- [3] 相山区打造农村黑臭水体治理的“程阁样板”[N].淮北日报,2025-03-04(004).
- [4] 高超.基于雨污分流改造的城市河湖水系黑臭水体治理应用研究[J].环境保护与循环经济,2025,45(02):48-52.
- [5] 陈建军,伍惠郡,谢沁颖,詹景怡,秦永生,陈洪波.农村小微黑臭水体生态修复实践分析[J].安徽农学通报,2025,31(04):86-91.

# Study on quality control and evaluation method of environmental monitoring data

Lei Zhang Longyan Shi Wenju Zhou

Yunnan Yunce Quality Inspection Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650510, China

## Abstract

Environmental monitoring data quality control and evaluation is a key link to ensure the scientificity and effectiveness of environmental management decisions. With the continuous development of environmental monitoring technology, data quality problems are increasingly prominent, which directly affect the accuracy of pollution source identification, environmental assessment and policy making. This paper explores the methods and techniques for quality control and evaluation of environmental monitoring data. It first analyzes the key aspects of data quality control from the perspectives of data collection, transmission, storage, and processing, proposing specific quality control measures. Then, combining existing theories and practices, it elaborates on the indicator system, evaluation models, and application methods of environmental monitoring data quality assessment. Through the discussion of quality control and evaluation methods, this paper aims to provide theoretical basis and practical guidance for further improving the quality of environmental monitoring data, and promote the precision and scientific management of environment.

## Keywords

environmental monitoring; data quality; quality control; quality assessment; environmental management

# 环境监测数据质量控制与评估方法研究

张磊 施龙燕 周文菊

云南云测质量检验有限公司, 中国 · 云南 昆明 650510

## 摘要

环境监测数据质量控制与评估是确保环境管理决策科学性与有效性的关键环节。随着环境监测技术的不断发展, 数据质量问题日益突出, 直接影响到污染源识别、环境评估及政策制定的准确性。本文探讨了环境监测数据质量控制与评估的方法与技术, 首先从环境监测数据的采集、传输、存储和处理等方面分析了数据质量控制的关键环节, 提出了具体的质量控制措施; 然后, 结合现有理论与实践, 阐述了环境监测数据质量评估的指标体系、评估模型以及评估方法的应用。通过对质量控制与评估方法的探讨, 本文旨在为进一步提升环境监测数据质量提供理论依据与实践指导, 促进环境管理的精准化和科学化。

## 关键词

环境监测; 数据质量; 质量控制; 质量评估; 环境管理

## 1 引言

环境监测数据作为环境保护和管理的重要基础, 承载着对生态环境变化的实时反馈和科学评估。然而, 随着环境监测网络规模的扩大和数据采集手段的多样化, 监测数据的质量问题日益显现, 特别是在数据的准确性、完整性、可靠性等方面, 均可能受到多种因素的干扰。为了确保环境监测数据能够真实反映环境状况、为环境治理提供有效支持, 亟需对数据质量进行严格的控制与评估。质量控制不仅包括数据采集过程中的技术手段与方法, 也涵盖了数据传输、存储与处理等多个环节。质量评估则通过建立完善的指标体系

与评估模型, 定量与定性相结合地衡量数据的可信度与可用性。因此, 本文将围绕环境监测数据质量控制与评估的关键问题展开研究, 为提升数据质量水平和优化环境管理提供理论依据。

## 2 环境监测数据质量控制的理论基础

### 2.1 环境监测数据的基本概念与分类

环境监测数据是指通过各类监测设备和手段采集的, 反映环境质量状态和变化的信息。这些数据通常涵盖空气、水体、土壤等环境要素的物理、化学或生物性质。在环境监测过程中, 数据依据采集对象、采集方式和监测领域等标准可以进行分类。根据监测对象, 环境数据可分为大气污染物数据、水质污染物数据和土壤污染物数据等。根据采集方式, 数据可以是实时在线数据或离线采样数据。此外, 监测数据

【作者简介】张磊 (1983-), 男, 中国云南昆明人, 本科, 工程师, 从事环境监测研究。

还可以分为基础数据和专项数据，基础数据用于长期跟踪环境变化，而专项数据则针对特定的环境问题或突发事件进行监测和分析。

## 2.2 环境监测数据质量的定义与指标

环境监测数据质量指的是环境监测过程中所采集的数据在准确性、完整性、及时性和一致性等方面的综合表现。准确性反映了数据与真实环境状态的接近程度，完整性指数数据是否覆盖了所有需要监测的指标和时间段，及时性则关系到数据的时效性，是否能够满足对环境变化的快速响应需求，一致性则表现为数据在不同监测设备或不同时间段间的稳定性与一致性。为了衡量数据质量，通常会设定一系列的质量控制指标，如数据误差、数据缺失率、时间延迟、数据波动范围等，这些指标为数据的有效性提供了标准依据。

## 3 环境监测数据质量控制方法

### 3.1 数据采集阶段的质量控制方法

数据采集是环境监测数据质量控制的基础环节，其质量直接影响后续数据的准确性与可靠性。为确保数据采集的高质量，必须对监测设备的选择与校准进行严格控制。监测仪器应根据环境特性和监测需求选择，确保其符合国家或行业标准。此外，设备应定期进行校准和维护，确保其性能稳定。数据采集过程中，需要避免人为操作误差，制定统一的操作规程并培训操作人员。在监测点的布设上，应考虑到环境的代表性，避免样本采集位置的不合理选择。此外，采样频率应根据监测目标和环境变化的规律进行科学设定，保证监测数据能够真实反映环境状态。

### 3.2 数据传输与存储阶段的质量控制方法

在数据传输和存储过程中，环境监测数据的质量控制同样至关重要。数据传输过程中，必须采取加密措施，确保数据传输的安全性和完整性，防止外界干扰导致数据丢失或篡改。针对远程监测设备，数据传输网络应稳定且高效，及时传递监测信息，避免因网络不稳定导致的数据延迟或丢失。同时，数据存储需要选择高可靠性的存储介质，采用冗余备份技术防止数据丢失。数据库管理系统应具备完整性检查功能，及时识别数据存储中的错误或异常，确保存储数据的完整性与一致性。对数据的访问权限进行严格控制，确保只有授权人员能够修改或删除数据，进一步保障数据安全。

### 3.3 数据处理与分析阶段的质量控制方法

在数据处理与分析阶段，确保数据的质量需要采取多重控制手段。首先，数据清洗是关键步骤，需去除噪声数据和异常值，确保数据集的准确性和代表性。针对数据中的缺失值，可以通过插值法或其他补充方法进行填补，避免缺失数据影响分析结果。分析模型的选择应根据数据的特性和分析目标进行合理设计，避免模型误差对结果的影响。对分析结果进行重复性和可验证性检验，确保其可靠性。同时，

在数据分析过程中，应加强数据的可视化呈现，帮助监测人员及时发现潜在的异常趋势。数据处理与分析的全过程应有明确的质量检查标准，确保每个环节都有有效的质量控制措施，最终提高分析结果的准确性与科学性。

## 4 环境监测数据质量评估方法

### 4.1 质量评估指标体系的构建

构建环境监测数据质量评估指标体系是评估数据质量的关键步骤。有效的评估指标体系应覆盖数据质量的各个方面，包括准确性、完整性、时效性、一致性和可比性等。准确性指标反映了数据与真实环境状况的接近程度，通常通过误差分析来衡量。完整性指标则关注数据是否全面，是否覆盖所有监测点和时间段。时效性指标用于衡量数据的及时性，确保数据能够满足对环境变化的快速响应需求。数据的一致性指标评估不同监测点、不同时间段或不同设备之间数据的一致性，确保结果的稳定性。可比性指标则保证数据在不同地区、时间或监测网络中的可比性。除了以上定量指标，指标体系还需考虑数据的适用性，确保其能够满足环境管理的实际需求。一个科学合理的质量评估指标体系不仅能准确反映数据的质量，还能为后续的数据优化和质量提升提供参考依据。

### 4.2 数据质量评估模型的选择与应用

数据质量评估模型的选择应根据监测数据的特点和评估目标来决定。在环境监测中，常用的评估模型包括基于统计分析的模型和基于专家评价的模型。统计分析模型适用于大规模数据集的质量评估，能够通过误差分析、方差分析等方法对数据质量进行客观评价。该模型能够定量地描述数据误差分布、缺失情况以及数据一致性等方面的表现。专家评价模型则适用于面对复杂或不确定数据时，通过专家的知识 and 经验，对数据质量进行主观评价。该方法能够在数据不完全或不规则的情况下提供合理的质量评估。此外，随着大数据和机器学习技术的发展，基于机器学习的评估模型逐渐得到应用。此类模型通过对历史数据的训练，能够预测数据质量问题并提供相应的修正建议。不同的评估模型应根据实际需求进行选择，并结合多种模型的优点进行综合评估。

### 4.3 数据质量评估的定量与定性方法

环境监测数据质量评估可以采用定量与定性相结合的方法，全面评估数据的质量。定量方法主要通过具体的数值指标来评价数据的准确性、完整性、一致性等方面，通常使用误差分析、缺失率计算、标准差和相关性分析等技术手段进行数据质量的量化评估。这些方法能够提供清晰的量化结果，便于监测人员根据指标进行数据质量的改进。定性方法则依赖于专家的经验 and 判断，尤其适用于数据较为复杂或信息不足的情况。通过专家打分或判断矩阵等方式，定性方法能够从数据的可靠性、实用性和适应性等角度进行评估。定量方法提供了客观的评估依据，而定性方法则弥补了数据中

潜在的主观因素，特别是在面对不确定或异质数据时，定性评估具有不可替代的作用。综合运用定量与定性方法，能够更全面、更准确地对环境监测数据质量进行综合评估。

## 5 环境监测数据质量控制与评估的实践应用

### 5.1 数据质量控制在环境监测网络中的应用

环境监测网络的规模和复杂性要求在数据采集、传输、存储和分析的各个环节中实施严格的质量控制。数据质量控制在监测网络中的应用包括对设备和传感器的定期校准，确保采集数据的准确性与一致性。此外，监测网络中的数据传输系统需要具备高效的通信能力和数据加密技术，以确保数据在传输过程中的完整性与安全性。对于网络中多个监测点的数据，实施实时质量检查和异常值识别机制，有助于及时发现潜在的质量问题，并作出相应的调整。在数据存储方面，采用冗余备份和高可靠性的存储技术，确保数据不会因硬件故障而丢失或损坏。同时，监测网络的数据质量控制还应与环境监测的标准和规范相一致，制定具体的质量标准，进行定期评估和监控，从而保证数据质量满足环境监测和决策的需求。

### 5.2 环境监测数据质量评估在污染源监控中的应用

在污染源监控中，数据质量评估具有至关重要的作用。环境污染物排放监测需要依靠高质量的数据来判断污染源的类型、排放水平和影响范围。通过建立一套完善的数据质量评估指标体系，能够对监测数据的准确性、完整性和时效性等方面进行全面评估。对于污染源监控，数据质量评估不仅能够检测到传感器和设备的异常，也可以发现数据采集中的错误和遗漏，及时纠正偏差，保证污染源监测数据的可靠性。在应用中，质量评估结果可以帮助监测人员筛选出符合标准的数据，提高数据的可信度，避免因数据质量问题导致的环境治理决策失误。通过评估，能够对污染源进行精准定位，并提供详细的污染源负荷信息，为污染防治政策的制定和实施提供科学依据。

### 5.3 数据质量控制与评估对环境管理决策的影响

环境管理决策依赖于准确、及时和全面的监测数据，数据质量控制与评估在其中起着决定性作用。高质量的环境

监测数据为决策者提供可靠的信息支持，帮助他们科学判断环境状况、污染程度和潜在风险。在数据质量得到有效控制和评估的情况下，决策者能够对环境保护措施、污染治理政策和资源配置等方面做出更精确的决策。质量控制确保数据的真实性和一致性，使得不同来源和时间的数据可以进行比较，提供对环境变化趋势的准确判断。而质量评估则通过定期分析数据的可靠性和适用性，帮助发现问题并及时调整监测方案。当数据质量存在问题时，决策者能够通过调整监测方式或改善数据处理方法，确保决策的有效性。总之，数据质量控制与评估直接影响环境管理的科学性和实施效果，保障了环境管理决策的精确性与可操作性。

## 6 结语

环境监测数据质量控制与评估在环境管理和决策中发挥着不可或缺的作用。随着环境问题的日益严重，依赖于高质量的监测数据来科学分析和治理环境问题已成为必要条件。通过对数据质量的有效控制，能够确保环境监测过程中的数据准确性、完整性和可靠性，为环境评估和政策制定提供坚实的基础。数据质量评估为评定监测数据的可用性和可信度提供了科学的标准，有助于及时发现问题并优化监测工作。未来，随着技术的进步，数据质量控制与评估的方法将不断完善，其在环境管理中的应用将更为广泛和深入。通过加强质量控制体系建设，提升数据处理能力，环境监测能够为决策者提供更加精准的参考依据，推动环境治理迈向更加高效、精准和可持续的方向。

## 参考文献

- [1] 范斯娜.生态环境监测数据质量控制与优化路径分析[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(02):103-105.
- [2] 牛忠林,曹丽萍,齐西仓,谢颂辉,赵冉.生态环境监测实验室数据管理与质量控制技术研究[J].实验室检测,2025,3(03):69-71.
- [3] 黄成,张杰.环境空气质量自动监测数据与异常数据相关性分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(02):9-11.
- [4] 陈向进.辐射环境监测数据的合理性问题与应对措施研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(02):81-83.
- [5] 周妙英.环境监测中提高水污染环境监测质量的措施[J].中国资源综合利用,2025,43(01):174-176.

# Analysis on the layout points and quality control countermeasures of air pollution monitoring points

Jianwen Zeng

Guilin Jingui Environmental Monitoring Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541000, China

## Abstract

Air pollution has become one of the major environmental issues of global concern. To effectively monitor and control air quality, it is crucial to scientifically and reasonably set up monitoring sites. This paper thoroughly analyzes the key factors influencing the placement of monitoring sites and proposes a comprehensive set of principles and methods for site selection that take all these factors into account. Additionally, to ensure the accuracy and reliability of monitoring data, specific recommendations are provided on quality control measures, covering regular calibration of instruments, personnel training, data review, and more. Through a systematic exposition of the site selection plan and quality control measures, this paper aims to provide practical guidance for air pollution monitoring work, promoting continuous improvement in environmental air quality.

## Keywords

air pollution; monitoring point layout; quality control; effective measures

## 空气污染监测点的布设要点与质控对策分析

曾建文

广西桂林金桂环境监测有限公司, 中国·广西 桂林 541000

## 摘要

空气污染已成为全球关注的重大环境问题之一。为有效监测和控制空气质量,科学合理地布设监测点至关重要。本文深入分析了影响监测点布设的关键因素,在此基础上,提出了一套综合考虑各种因素的监测点布设原则和方法。同时,为保证监测数据的准确性和可靠性,文章还就质量控制措施提出了具体建议,涵盖了仪器设备的定期校准、人员培训、数据审核等多个方面。通过对监测点布设方案和质量控制措施的系统阐述,本文旨在为空气污染监测工作提供实践指导,促进环境空气质量的持续改善。

## 关键词

空气污染; 监测点布设; 质量控制; 有效措施

## 1 引言

随着工业化和城市化进程的不断加快,空气污染问题日益突出,对人们的身心健康和生态环境造成了严重威胁。开展空气污染监测是掌握空气质量状况、识别污染源、评估治理效果的重要手段。科学合理地布设监测点是获取准确、全面监测数据的前提。与此同时,建立完善的质量控制体系也是确保监测数据可靠性的关键。

## 2 空气污染监测点布设方案

### 2.1 布设区域选择

一个城市的空气污染并不是均匀扩散的,它受到道路

交通、工业活动、气象条件、地形地貌等多重因素影响,因此布设区域的划定要有针对性。一方面,城市主城区必须作为重点布设区域。主城区通常是交通最繁忙、人口最密集、建筑最密集的区域,也是空气污染最容易集聚的地方<sup>[1]</sup>。另一方面,工业园区及其周边区域同样需要重点关注。特别是重工业、化工、能源等行业聚集的区域,往往排放强度大、污染物种类复杂,对区域空气质量影响显著。另外,城乡结合部和城市扩展边缘地带也不容忽视,这些区域既有农村的生活排放,又有城市建设带来的扬尘和机械污染,是污染变化最不稳定的区域。最后,生态保护区、公园绿地等相对清洁区域也应设置一定数量的监测点,作为背景值参考,为污染评估提供对照数据。这种“污染热点+背景区域”相结合的布设方式,有助于准确评估污染源的影响范围和污染强度。

### 2.2 监测点数量确定

确定监测点数量时,不能只考虑区域面积或人口数量这

【作者简介】曾建文(1993-),男,中国广西桂林人,本科,助理工程师,从事环境监测、环境污染控制与治理、环保技术开发及研究。

类静态指标,而应当综合考虑污染物扩散特性、气象条件变化、污染源分布密度、交通道路网络布局等动态因素。一般来说,一个城市的空气监测点数量应能保证对各类污染源的全面覆盖,并能捕捉到空气质量的空间变化特征。如果监测点太少,很容易漏掉一些局部污染严重的区域,导致数据失真;如果布设过多,不仅浪费资源,还可能造成维护压力增加,降低整体系统效率<sup>[2]</sup>。因此,监测点数量应与城市规模和污染复杂度相匹配。例如,一个直辖市或省会城市,常住人口超过千万,工业门类齐全、机动车保有量大、气象条件复杂,就需要布设至少二三十个监测点才能保证数据的代表性和完整性。而对于中小型城市,可以适当减少监测点数量,但也不能低于基本覆盖需求。一个合理的做法是,先进行一次全面的污染源调查和空气质量模拟分析,根据污染物扩散模型和历史数据,合理划分污染分布的高值区、中值区和低值区,然后结合行政区划,按照“每个行政区至少设置一个基础监测点,高值区增加布设密度”的原则进行点位配置。这样既保证了监测网络的广度,也兼顾了重点区域的深度。

### 2.3 监测点位置选择

选点不能随意,也不能完全依赖模型的推荐结果,而要在充分调研的基础上进行实地勘察。理想的监测点位置,应能代表所处区域的空气质量水平,避免受到局部干扰,同时便于长期管理和维护。以城市主干道为例,路边站是监测交通源污染的关键点位,通常布设在车流量大、车辆类型复杂的交叉口附近,但又要避免直接设置在排气口正上方,以防出现极端值<sup>[3]</sup>。居民区则应选择远离厨房排风口、垃圾集中点等小范围排放源的位置,确保监测数据能反映整个片区的真实空气状况。工业园区内部的监测点要结合主导风向设置在下风侧,同时考虑企业工艺流程和排放规律,选择污染物最容易扩散到的区域。对于背景站,则应远离主干道、工业设施和施工现场,选在绿化覆盖率高、环境干扰少的区域,例如城市公园、郊野森林或者高校校园内部。除此之外,监测点还应具备良好的电力供应和通信条件,便于数据实时上传和设备远程控制。设备安装位置应避开高压线、强磁场、强辐射等干扰源,且高度设置需与监测标准要求一致,一般在离地面3至15米之间,确保采样高度的科学性。



图1 空气污染监测点

## 3 空气污染监测点布设的质量控制措施

### 3.1 仪器设备质量控制

在选型阶段,就不能仅凭品牌或价格做决定,而应结合监测目标、区域特点和污染物种类进行系统评估。设备投入使用前,必须经过国家权威机构的校准认证,确保其灵敏度、准确性在合格范围内。设备一旦安装到位,还需定期进行维护和校验,不能等设备“出问题”才去检修,这种做法往往已经导致数据出现偏差。每次维护操作都应建立完整记录,明确责任人和操作细节,便于事后追溯。此外,备用设备的预设也很有必要,一旦主设备出现故障,备用设备能迅速接替,避免数据中断。对于易受环境影响的传感器,比如温湿度、风速风向类的监测元件,还应设置遮阳、防潮、防冻等物理防护措施,保证其在各种气候条件下仍能稳定工作。值得强调的是,设备的软件系统同样需要关注,部分监测异常正是由于系统故障或者数据传输错误导致的,因此,软件更新版本及其兼容性测试也应该纳入质量控制的范畴。

### 3.2 监测人员质量控制

如果人员培训不到位,不仅容易操作失误,还可能在数据处理过程中带入偏差。因此,监测机构应建立系统化的培训机制,覆盖基础知识、设备操作、安全规范、数据处理等多个方面。培训不应止步于入职阶段,而应该有周期性的复训机制,尤其是在技术更新换代较快的今天,监测人员必须保持对新设备、新方法的熟悉程度。另外,岗位轮换制度也有助于打破“熟练但僵化”的工作状态,避免因长期对某一设备或区域的“习惯性操作”而忽视潜在问题。人员考核方面,不能只看日常记录的完整性,还应有现场抽查、实操考核、异常数据处理能力等多维度评价标准。在突发环境事件或极端天气条件下,监测人员的应急响应能力同样关键,因此,应在日常培训中加入相应的情景演练,确保在关键时刻能够快速、准确地完成监测任务。

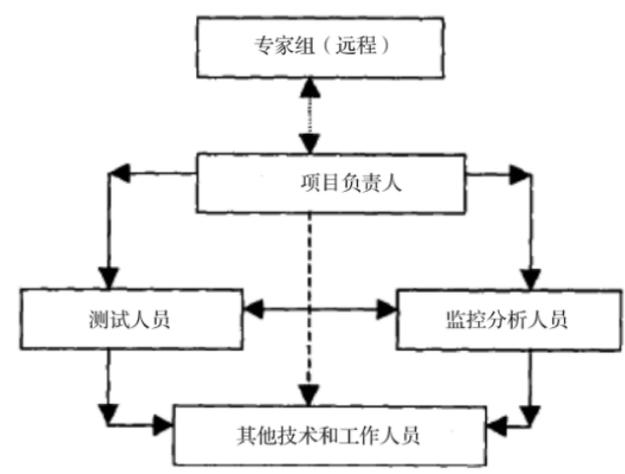


图2 质量控制工作组体系

### 3.3 监测过程质量控制

目前,社会各界高度重视空气污染的问题,相关部门

应着重分析空气污染监测点的科学化监管,根据现阶段的实际情况加以规划,提升相应的工作效率。监测人员在布设监测点之前,应充分调查当地的地形地貌、气象条件和污染源分布情况,确保选点具有代表性,并能反映区域空气质量的真实状况。选址工作不能只是纸上谈兵,必须实地踏勘,结合地理信息系统和气象数据进行多角度综合判断,避免因片面考虑导致监测结果失真。监测设备的安装也需严格按照技术规范执行,比如进气口高度应避开遮挡物和人干扰源,同时还要考虑风向、风速的年平均值,确保采样具有一致性和可比性<sup>[4]</sup>。在设备运行过程中,日常巡检和维护不可忽视。传感器是否老化、采样管道是否堵塞、数据采集系统是否正常运转,这些都需要定期检查。监测人员还应建立详细的运行记录台账,记录各类异常情况及时处理过程,以便后续追溯问题原因。此外,标准气体校准是保证数据准确性的核心步骤之一,必须按周期进行,不得随意延误。即便只是一个小小的校准延迟,也可能对最终数据产生较大的误差,甚至影响整个区域的空气质量评估结果。

### 3.4 数据管理质量控制

数据一旦采集完成,就需要第一时间上传至数据平台,避免因存储设备故障或人为操作失误造成数据丢失。为此,监测站点应配置双重数据备份系统,即使主服务器出现问题,备用系统也能及时接管,从而保障数据连续性。此外,为防止数据被篡改或删除,建议在数据处理系统中设置多级权限管理,只有经过授权的人员才能进行数据的修改和导出操作。数据在传输过程中,应采用加密协议,提高信息安全级别,避免外部攻击或病毒感染。原始数据不得随意删除,即使出现明显异常,也应保留不作处理,将其作为问题处理的依据。数据审核也是一个不可或缺的环节,审核人员需具备较强的专业判断力,对数据的合理性进行复核,特别是在出现突变值或极端值时,应结合气象数据和现场情况进行综合研判,而不是简单地将其视为“异常”而直接舍弃。此外,数据的统计分析应采用科学的方法,不仅仅满足于日均值、月均值等常规指标的推算,更应该关注污染物浓度的小时变化趋势、峰值出现时段及其可能成因,从而为污染溯源和应急响应提供可靠依据。

### 3.5 质量控制体系建设

首先要明确职责分工,设立专门的质量控制小组,负责从监测点选址、设备安装、数据采集到最终的数据分析和发布全过程的监督与审核。这支队伍不仅要懂技术,还要具备强烈的责任意识,能够在发现问题时第一时间提出改进方案。培训机制也要常态化推进,不能一劳永逸。新入职人员应接受系统培训,老员工则需定期参与复训或技术更新课程,确保每位从业者都能掌握最新的监测技术和质量控制标准。在制度建设方面,应制定并不断完善操作规程、数据审核流程、设备维护手册等,并形成闭环管理机制<sup>[5]</sup>。每一次设备故障、每一笔数据异常、每一次操作失误,都必须有记录、有分析、有整改,并形成可追溯的档案资料。此外,外部评估机制也是提高质量控制水平的重要手段。定期邀请第三方机构对监测站运行情况进行评估,不仅有助于发现内部人员容易忽视的问题,也能促使整个系统在外压力下保持高标准运行状态。最终目标是构建一个“预防为主、发现及时、整改迅速”的质量管理体系,使每一个监测点都成为真实反映空气质量的“眼睛”。

## 4 结语

总之,科学布设空气污染监测点,严格执行质量控制措施,是保障空气质量监测工作的基础。只有建立完善的监测网络和质量管理体系,我们才能及时发现空气污染问题,为改善空气质量、保护人民健康提供有力支撑。

### 参考文献

- [1] 杨秀平.生态环境监测中空气污染监测点的布设探讨[J].区域治理,2024(4):144-146.
- [2] 单垚森.空气污染监测点的标准布设方案分析[J].品牌与标准化,2022(1):57-59.
- [3] 唐黎,王翠霞.环境监测实验室质量控制措施及保障机制[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(4):0162-0165.
- [4] 黄海威.环保监测中空气污染监测点的布设要点分析[J].广东化工,2021,48(16):210-210+222.
- [5] 任晓晖.环保监测中空气污染监测点的布设要点探讨[J].绿色环保建材,2019(10):225-225+228.

# Research on the application of automatic monitoring technology of pollution sources in environmental protection

Fengmei Chen

Guangzhou Ecological Environment Monitoring Center Station, Guangzhou, Guangdong, 510000, China

## Abstract

Automatic monitoring technology for pollution sources captures the unique physical and chemical properties of pollutants to achieve dynamic tracking of emission conditions. This article provides an overview of the technical principles, classification, main monitoring parameters and equipment, as well as the advantages and limitations of this technology. It also discusses the current application status of automatic monitoring technology for pollution sources in environmental protection, covering data collection, processing, and application, along with policy support and regulatory requirements. The article offers strategies for applying automatic monitoring technology in environmental protection, including optimizing the layout of monitoring networks, data management and analysis methods, inter-departmental collaboration and information sharing mechanisms, as well as paths for technological innovation and upgrades.

## Keywords

automatic monitoring of pollution sources; environmental protection; technical analysis; applied research

## 污染源自动监测技术在环境保护中的应用研究

陈丰妹

广东省广州生态环境监测中心站, 中国 · 广东 广州 510000

## 摘要

污染源自动监测技术凭借捕捉污染物质特有的物理化学性质变化, 实现排放状况的动态跟踪。文章对技术原理、分类、主要监测参数与设备, 以及技术优势和局限性进行了概述, 文章还探讨了污染源自动监测技术在环境保护中的应用现状, 覆盖监测数据的收集、处理与应用, 以及政策支持和法规要求。文章给出了污染源自动监测技术在环境保护中的应用策略, 包含监测网络布局优化、数据管理和分析方法、跨部门协同和信息共享机制, 以及技术创新和升级路径。

## 关键词

污染源自动监测; 环境保护; 技术分析; 应用研究

## 1 引言

随着环境污染问题变得日益严峻, 污染源自动监测技术于环境保护领域的运用变得越发普遍, 此项技术可全天不间断地采集数据, 给出精确的决策参考, 提高突发污染事件的响应速度。但在实际运用过程中, 污染源自动监测技术依旧面临诸多限制, 研究污染源自动监测技术在环境保护中的应用有关键价值, 本文要探讨该技术的现状、应用策略以及未来发展方向。

## 2 污染源自动监测技术概述

### 2.1 技术原理和分类

污染源自动监测系统依靠捕捉污染物质独特的物理化学性质变化实现排放状况的动态追踪。在技术实现层面, 光

学检测模块借助光波与污染物的能量交换过程, 例如利用一氧化碳分子对红外光谱的选择性吸收特征, 依靠分析特定波段的光强衰减幅度推算气体浓度, 电化学检测单元则基于目标污染物在传感电极表面的氧化还原反应特性, 借助电极表面产生的电流或电压信号变化进行浓度换算, 这种原理在二氧化硫等气体的在线监测中成效较大<sup>[1]</sup>。根据监测对象差异, 系统可分为气态污染物监测体系(整合光学与电化学传感技术)和液态污染物分析单元(如采用膜电位法实时追踪水体中特定离子的迁移规律)两大分支。

### 2.2 主要监测参数和设备

环境空气污染物检测的核心指标包含二氧化硫、氮氧化物以及悬浮颗粒物等。在 CEMS 系统中, 二氧化硫监测依靠紫外荧光法分析仪, 它凭借特定波长的紫外光激发产生特征荧光光谱强度, 经由采样系统从烟道采集烟气, 预处理系统进行除尘除湿后将其送入分析仪, 以此来实现浓度的测定。氮氧化物的定量分析借助 CEMS 系统中的化学发光检

【作者简介】陈丰妹(1979-), 女, 中国广东茂名, 本科, 工程师, 从事污染源监测、应急监测研究。

测组件,借助采样系统获取烟气样品,经过预处理净化后,利用一氧化氮与臭氧相互作用所释放出的特征光信号,再结合数据采集处理系统换算出浓度。CEMS系统包含多个设备,以烟气参数监测子系统为例,其中包含氧气变送器、流速变送器、温度变送器、压力变送器以及湿度变送器。

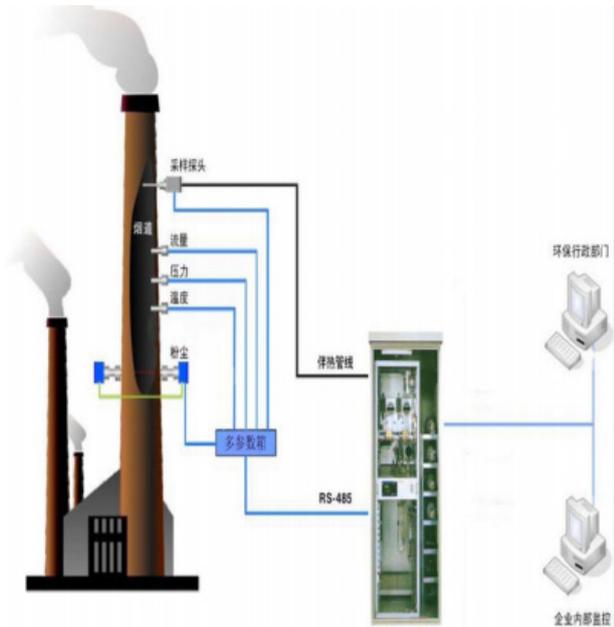


图 1CEMS 系统

### 2.3 技术优势和局限性

污染源自动监测技术在环境监测领域具有不可替代的优势,借助全天候数据采集,该系统能完整记录污染排放的波动趋势,能构建动态数据库,为环保部门提供精准决策依据,提升突发污染事件的响应时效。相较于传统人工采样方式,其自动化运行模式使监测频率提升近 20 倍,同时规避了人为操作误差,保证不同时段数据有纵向可比性<sup>[4]</sup>。但深入分析发现,该技术在实际应用中仍面临多重制约:气体分析仪在湿热环境中易产生测量误差,水质检测探头常因悬浮物淤积导致灵敏度下降,甚至引发设备故障,另外动辄百万的采购费用叠加复杂的维保需求,使得该技术在县域环保机构及中小型生产企业中遭遇较大实施障碍。

## 3 污染源自动监测技术在环境保护中的应用现状

### 3.1 监测数据的收集、处理和应用

污染监测系统的运行机制以智能传感网络为支撑,分布在工业聚集区和生态敏感区的检测装置持续捕捉大气颗粒物、污水 COD 等关键指标,这些搭载物联网技术的设备依靠光纤网络或 5G 信号实时回传监测数值,形成动态数据库<sup>[5]</sup>。在数据预处理阶段,采用滑动窗口算法和离群值检测技术对原始记录进行智能校验,有效剔除设备故障或瞬时干扰产生的无效数据。基于时空序列建模的深度解析技术,可精准识别污染排放的周期性特征,例如借助对钢铁企业周边

站点三年数据的追踪分析,揭示出生产高峰时段氮氧化物浓度与焦炉运行周期的强相关性。在监管实践层面,生态环境部门构建的智慧云平台已实现分钟级预警响应,某省去年依托该平台查处了 127 起夜间偷排案件。在评估区域生态质量时,监测数据与气象卫星遥感信息、流域水文模型形成多源数据融合,为制定 VOCs 季节性管控方案提供量化支撑,值得注意的是,长三角地区建立的污染指纹图谱库,依靠同位素比值分析技术已成功溯源多起跨省大气污染事件,当前推行的环境信息透明化举措,使公众只需登录环保 APP 就能查看周边企业的实时排放指标,这种数据共享机制较大提升了社区环保监督参与度<sup>[6]</sup>。

### 3.2 政策支持和法规要求

为深化污染源自动监控技术在环境治理中的实践价值,相关部门构建了多维度的政策保障体系与法规框架。在政策支持方面,利用专项资金扶持方案与税收优惠政策,有效缓解企业设备采购压力,激发市场主体参与热情,同步建立产学研合作机制,引导高校院所与环保科技企业联合攻关,重点突破传感器精度提升、系统抗干扰能力优化等技术瓶颈,实现监测装备的迭代升级。在法规体系建设方面,明确将重点排污主体纳入法定责任范畴,强制要求其配置标准化监控设施并实现全天候数据直报<sup>[7]</sup>。针对设备闲置、数据造假等违规行为,创新性构建“经济处罚+信用惩戒”的复合追责模式,大幅提升企业违规成本,技术标准体系持续完善,形成覆盖设备选型认证、运维规程、异常数据甄别的全生命周期管理流程,特别强化第三方校验制度与随机交叉核查机制,构建起“企业自证-机构核验-行政监管”三位一体的数据质量保障链。这种政策激励与法规监管的协同效应,夯实了智慧环保的技术根基,推动传统环境治理模式向“数据驱动、智能预警、精准溯源”的新型监管体系转型升级。

## 4 污染源自动监测技术在环境保护中的应用策略研究

### 4.1 监测网络布局优化策略

优化环境监测网络空间布局时,应当统筹兼顾地形特征、污染源空间异质性与居民分布特征,针对工业集中区,需在重点排放单元周边增设监测站点,鉴于此类区域污染排放强度大、类型复杂,高精度网格化监测可动态追踪污染扩散规律。以化工产业集聚区为例,需围绕典型生产工艺布设特征污染物在线监测装置,构建有毒气体泄漏实时预警体系。在城市建成区,应结合交通干线网络与商业综合体分布特征优化监测点位,重点监控机动车尾气与生活源污染对区域大气环境的复合影响,对于生态保护区等敏感区域,可借助构建微型气象站与光谱监测设备相结合的远程观测系统,结合物联网技术实现无人值守式生态监测,另外运用地理信息系统进行三维空间模拟分析,凭借核密度估算法优化站点空间配置,建立多参数联测系统以消除监测盲区,全面提升

监测数据的时空代表性与模型适配度,为精细化环境管理提供多维数据支撑<sup>[8]</sup>。

#### 4.2 数据管理和分析方法

在环境数据治理实践中,需要重点构建集成化信息管理中枢系统,该平台借助异构数据融合技术,将分散的污染监测信息进行标准化整合与动态更新,采用基于规则引擎的智能清洗算法,周期性执行数据质量核查与异常值校正流程。融合分布式计算框架对海量监测数据进行多维度解析,运用滑动窗口机制的时间序列模型捕捉污染物浓度的周期性波动规律,建立分级预警响应机制。借助关联规则挖掘技术,可揭示工业排放源与环境要素间的隐性耦合关系,例如凭借回归分析量化降水强度与流域水质指标的动态响应曲线,为精准治污提供决策支持,结合集成学习算法构建排放特征画像模型,运用模式识别技术对企业的排污时序数据进行异常检测,有效锁定隐蔽性超标排放行为,提升环保执法的靶向性<sup>[9]</sup>。

#### 4.3 跨部门协同和信息共享机制

要实现污染源自动监测技术的有效应用,最关键的是建立跨部门协作机制,环境保护主管部门应当联合工业和信息化、城乡建设、交通运输等部门构建长效协作体系:工业化主管部门需要配合完成重点企业在线监测设施的布设核查与运维指导,并借助生产数据共享,帮助建立污染排放与生产活动的关联模型,城乡建设部门在制定区域发展规划时,应将监测站点选址纳入市政规划前置条件,同步完善配套基础设施,交通运输系统则需定期向环保机构提供路网流量动态数据,联合制定移动污染源管控方案。除此之外,构建覆盖多领域的环境信息交互平台非常关键,该平台凭借消除部门间的信息孤岛,实现监测数值、执法记录与企业经营数据的智能整合与动态更新,这种协同治理模式能够强化环境监管的整体效能,还可以推动监测技术在工业生产、城市建设、交通运输等场景中的精准应用,凭借构建环境治理联动体系持续改善区域生态质量。

#### 4.4 技术创新和升级路径

污染源自动监测技术的突破性进展主要源于技术创新的持续驱动,在研发层面,需要构建产学研协同创新机制,依靠增加科研资金投入并推动跨界合作,加速新型环保监测设备的研制进程,开发具有高灵敏度和强抗干扰性能的传感器阵列,可实现超低浓度污染物的精准捕捉,而模块化设计的移动监测装置,则为突发环境事件和交通污染源的实时监控提供了灵活解决方案。在技术迭代方面,融合人工智能算

法与物联网技术,使监测系统具有自主校准、智能诊断和网络化管控等先进功能,依靠机器学习动态优化设备运行参数,提升监测网络的响应速度和数据可靠性,同时应构建动态更新的技术标准体系,实现与国际先进技术的同步发展,借助建立技术转化绿色通道,加快创新成果向实际应用的转化速度,全面提升环境监管的科技支撑能力。

## 5 结语

综上所述,本文针对污染源自动监测技术展开研究,提出了在环境保护方面的应用策略,优化监测网络布局、构建集成化信息管理中枢系统、建立跨部门协作机制以及进行技术创新,这些都是促使污染源自动监测技术在环境保护中有效应用的关键所在。随着技术不断创新以及政策持续支持,污染源自动监测技术会在环境保护领域发挥更为关键的作用。

## 参考文献

- [1] 王利,陈建民,曹怡康. 污染源自动监测技术在环境保护中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2025, 38 (02): 51-53.
- [2] 赵黎轩. 生态环境保护中污染源自动监测技术的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6 (02): 87-89. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2025-02-30.
- [3] 王立峰. 污染源在线自动监测技术在环境保护中的应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23 (01): 167-169. DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2406-5042-1885.
- [4] 谢朋朋,杨健,李雨峰. 污染源自动监测技术在环境保护中的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (23): 49-51. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-23-16.
- [5] 张宁. 生态环境保护中污染源自动监测技术的应用策略研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (15): 181-183. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-15-63.
- [6] 王伦,高睿. 污染源自动监测技术在生态环境保护中的运用[J]. 实验室检测, 2024, 2 (03): 5-8.
- [7] 商国栋. 污染源在线自动监测技术在环境保护中的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (22): 136-138. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-22-47.
- [8] 滕嵩. 污染源自动监测技术在生态环境保护中的应用探析[J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36 (07): 154-156.
- [9] 宋涓,赖新云. 污染源自动监测数据在环境保护中的应用与实践[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (10): 187-189. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-10-63.

# Construction of a comprehensive model for pollution control and ecological restoration in mines

Shujuan Yue<sup>1</sup> Yuqiao Chen<sup>1</sup> Ning Chen<sup>2</sup>

1. Beijing Jingneng Geological Engineering Co., Ltd., Beijing, 102300, China

2. CGN Uranium Development Co., Ltd., Beijing, 100089, China

## Abstract

Mineral resources are not only an important means of agricultural production and industrial raw materials, but also the most important primary energy, which occupies a pivotal position in the development of the national economy. Mining is a basic project for the utilization of mineral resources. With the continuous development of science and technology, China's mining industry has made great progress, and the ecological destruction phenomenon in mining areas is generally serious. Pollution control and ecological restoration can promote the reconstruction of the ecological system in mining areas and enhance the ecological service function in mining areas. Based on this, the paper first interprets the connotation and characteristics of ecological restoration, and then discusses the path of constructing the comprehensive model of pollution control and ecological restoration in mines with vegetation restoration as the core.

## Keywords

pollution control; Ecological restoration; Comprehensive model

## 矿上污染治理与生态修复的综合模式构建

岳淑娟<sup>1</sup> 陈玉巧<sup>1</sup> 陈宁<sup>2</sup>

1. 北京京能地质工程有限公司, 中国·北京 102300

2. 中广核铀业发展有限公司, 中国·北京 100089

## 摘要

矿产资源既是重要的农业生产资料以及工业原料, 也是最为主要的一次能源, 在国民经济发展中占据着举足轻重的地位。矿山开采是矿产资源利用的基础性工程, 随着科学技术的不断发展, 我国矿山开采事业取得了长足的进展, 矿区的生态破坏现象普遍较为严重, 污染治理与生态修复能够推动矿区生态系统的重建, 增强矿区的生态服务功能。文章基于此, 首先解读了生态修复的内涵、特征, 继而以植被恢复为核心, 探讨了矿上污染治理与生态修复综合模式构建的路径。

## 关键词

污染治理; 生态修复; 综合模式

## 1 引言

植被破坏是矿山开采的首要问题, 一方面, 矿山开采需要大量占用土地, 直接导致植被被砍伐和破坏, 使得植物多样性减少, 另一方面, 开采过程中, 表层土壤被挖掘和翻动, 导致土壤结构受损、养分流失, 植物生长条件恶化, 影响植被的再生。同时, 矿山开采也存在水资源污染、空气污染、噪音污染、土壤污染与退化、景观破坏等风险<sup>[1]</sup>。党的二十大报告提出“人与自然和谐共处”的重要课题<sup>[2]</sup>, 为新时期矿业的高质量发展指引了方向。污染治理、生态修复是破解矿山生态环境问题的两端, 并且, 二者有着紧密的联系。污染治理是生态修复的前提, 而生态修复则能巩固、强化污

染治理的效果。因此, 要探索构建污染治理与生态修复的综合模式, 提高矿山生态治理水平。

## 2 生态修复的内涵与特征

### 2.1 生态修复的内涵

当前, 国内外关于生态修复的研究已经较为丰富。Cairns 从生态系统功能的角度出发, 对生态修复做了新的定义, 认为生态修复指使受损、退化以及毁坏的生态系统实现系统结构与功能的恢复, 并根据系统结构与功能的恢复情况, 将生态修复分为完全修复、部分修复、未修复三种结果<sup>[3]</sup>。生态修复的方式较为多样, 并且, 生态修复既强调恢复结果的如初性, 也着力通过生态系统的重建, 破解生态环境恶化、生态系统功能消退的问题, 并综合发挥生态系统的各项价值。综上, 生态修复即在植被恢复的基础上, 以实现生态系统的自我维持和可持续发展为目标, 进一步对受损的生态系

【作者简介】岳淑娟(1973-), 女, 中国宁夏海原人, 博士, 高级工程师, 从事矿山修复研究。

统进行全面的修复和重建，具体内容包括生态系统的结构、功能、生物多样性等方面的恢复与进一步发展。

## 2.2 生态修复的特征

生态修复的特征主要有四点：一是综合性。生态系统是一个复杂的系统，涵盖土壤、植被、动物乃至水文、气候等多个方面的内容，相应地，生态修复也具有综合性的特点，涉及生态学、生物学、土壤学、地质学等多个学科的知识和技术，需要综合考虑各种因素对生态系统的影响，采取多学科协同的方法进行修复。二是协调性。生态修复以植被恢复为首要内容，同时，又不仅关注植被恢复，也注重生态系统内部其他生物和非生物因素的恢复和协调发展，比如，土壤微生物群落的恢复、食物链的修复等。三是创新性。生态修复是生态文明建设视域的热点，而随着时代的不断发展，特别是生态理论研究的深入以及相关技术的发展，生态修复呈现出创新性的特征，许多新的修复技术，如生态工程技术等，被应用于生态修复中，并取得了良好的效果。四是广泛参与性。政府是生态修复的主体，但仅凭政府，难以有效实现生态修复的目标，其他主体，如企业、社会组织、社区居民等，同样在生态修复中发挥着重要的作用。

## 3 矿上污染治理与生态修复的综合模式的构建路径

### 3.1 以植被恢复为核心

植被恢复是矿上污染治理与生态修复的核心环节，植被恢复的效果，直接关系到矿上污染治理与生态修复的基础。当前，植被恢复主要以人工造林的方式开展，具体要求包括以下三点：

1. 选育树种。树种选育是造林的第一步，优良树种，不仅可以提高造林效果，对绿色发展理念下植被资源生态效益、经济效益的充分实现也具有积极价值。实验筛选法是树种选育中的常用方法，具体而言，便是将具有潜力的树种，种植于特定的环境中，并观察、监测树木生长情况，围绕优良树种的要求，对其进行评估，确定其是否满足造林需要。现代生物技术，特别是基因技术的发展，为树种选育提供了有力的支持。理想状态下，优良树种需要具备生长迅速、抗逆能力强、产量高、经济价值大等特点。应从遗传学的角度，对林木基因进行研究，提炼关键形状，如生长速度、抗病虫害能力等，并通过基因编辑、分子育种等手段，促进种苗的定向改良，实现优良树种选育的目标。

2. 选择造林方法。造林方法是造林技术的核心，当前，主流的造林方法有播种造林、植苗造林、分殖造林三种。播种造林是最简便的造林方法，仅需将林木种子播撒于种植区域内则可，流程少，成本低。但播种造林对土壤要求较高，且需要林木生长环境具有一定稳定性。植苗造林是一种以根系完整的苗木作为造林材料，通过育苗种植来造林的方法。植苗造林对树种以及林木生存环境的要求不高，因此，基于

植苗造林的林木，多具有很强的环境适应性，但植苗造林涉及到苗木移植的问题，开挖、运输、移种等环节，均存在一定的风险。分殖造林以林木的根系、枝干作为育苗造林的基础材料，通过林木分殖实现造林目标。分殖造林具有多重优势，不仅能将母本优势存留于苗木中，且操作简单、投入低、见效快。需要注意的是，分殖造林对种植环境有一定的要求，如土壤土质、含水量等。可见，三种造林方法均有一定的优势和不足，应根据实际情况，选择最为适宜的造林方法。

3. 调控林木生长。林木生长调控作为植被恢复技术的有机组成部分，主要以人工调控的方式来调节林木的生长，在优化植被结构、保持植被生态系统健康以及充分发挥植被生态系统的生态功能、经济效益中发挥着至关重要的作用。林木生长调控技术主要包括疏林、修剪两种，疏林是调节林木密度的有效手段，能够通过减少部分林木的方式，为其他林木提供更为优越的生长环境，不仅降低林木病虫害传播风险，也能增加林下生物的多样性。疏林时，要把握好幅度，幅度过小，难以发挥疏林的作用，幅度过大，则易导致林木生长不稳。修剪是一种以人工裁剪林木、枝条、树冠的林木生长调控技术，既能起到优化林木结构与形态的作用，也能加强林木间的通风、透光，助力林木更好生长，提高林木的产量与质量。修剪时，要结合林木的树种以及当地的气候条件、季节等，科学制定修剪方案。现代科学技术的发展，为林木修剪提供了有力的支持，比如，可以利用无人机辅助修剪，提高修剪的精确性。

4. 注重植被的气候调节功能。碳中和是低碳理念的重要内容，而矿上污染治理与生态修复则在碳中和中发挥着独特的作用。对此，在矿上污染治理与生态修复中，要利用各类绿植的固碳能力，发挥好绿植的生态调节功能。首先，优化树种的选择。不同的树种，固碳能力有一定的差异。乔木中，白榆、银新杨、新疆杨、沙枣、胡杨、俄罗斯杨等树种的固碳能力较强，其中，白榆树一年能够吸收二氧化碳 8 公斤，银新杨等树种，一年也能够吸收二氧化碳 4-5 公斤。灌木中，紫穗槐、红柳等树种的固碳能力较强，如紫穗槐，一年能吸收二氧化碳 5.2 公斤。在树种的选择中，要将固碳能力高的树种作为首选对象，同时，结合地区的实际情况，尽可能选择本土树种。其次，做好树种搭配。研究表明，树种多样性越高，层次越多，组织越复杂，其整体的固碳能力越好。要做好树种的搭配，协同发挥好各类树种的固碳作用。

### 3.2 多维深化污染治理与生态修复的效果

后期深化工作对于矿区污染治理与生态修复同样极为重要，是确保植被恢复修复效果以及实现生态修复可持续效益的关键。

1. 加强养护管理。比如，针对不同类型的植物采用不同的灌溉方式。部分树种吸收水强，对水的需求量很大，如榕树、红树、水松、水曲柳等，也有部分树种吸收性差，耐旱性强，如冬樱花、旱柳、胡杨、合欢、栓皮栎等。要结合

树种类型、特征,采用差异化的灌溉方式,提高水资源的利用效率。又如,加强枝条、落叶的利用。修剪下来的枝条以及树木的落叶等,含有大量的营养物质,能够用于绿植的养护。要将其处理为养护肥料,推动资源的循环利用。此外,在除草以及病虫害防治中,要尽可能采用人工方式,或借助物理方法来实现,减少化学药品的使用,保护园林环境。缺素是植被种植中的常见问题,受根据损坏等因素的影响,种植植被易出现营养缺失的情况,尤其是在夏季高温时,植被铁、氮等元素的缺失更为严重,乃至出现叶片黄化、根茎生长受抑制的现象。应采用各类微量元素肥、腐殖酸肥等,改善植被缺素问题。松土、除草同样是种植植被养护管理的重要内容。雨季时期,种植植被根部易出现土壤板结的现象,不利于植被根部呼吸,也使得植被难以获得营养成分。应及时做好松土工作,为植被创造良好的呼吸环境,改善植被的营养吸收情况。植被周围的杂草,会抢夺植被的营养。应通过物理措施、化学措施除草。

2. 加强监测工作。随着信息技术的不断发展,人类社会已经进入万物互联的时代,而物联网则是万物互联的形式。在构成物联网的诸多要素中,各种类型的传感器扮演着重要的角色。对环境监测而言,诸如一氧化碳传感器、二氧化硫传感器、土壤重金属污染监测传感器等,在环境监测中发挥着不可或缺的作用。因此,要树立物联网思维,从网格化监测的角度出发,科学、合理地划分监测区域,并结合监测指标,做好传感器的布局工作,为环境监测的开展奠定坚实的基础。环境监测综合平台的开发要点包括功能齐全和系统稳定。作为生态环境保护的基础性工作,环境监测肩负着多重任务,相应的,环境监测综合平台也需要具备多维的功能,如数据搜集功能、信息整合功能、分析研判功能、智能处理功能等。环境监测综合平台本质上也是一种信息系统,存在一般信息系统常见的问题。要注重系统稳定建设,对重要数据资料要做好备份工作,同时,也要增强系统的拓展性,为后续系统的优化与完善创造条件。生态环境保护离不开每个人的参与,营造良好的生态环境保护氛围也是切实提升生态环境保护效果的内在要求。要将环境监测综合平台作为生态环境保护宣传教育的重要载体,推动环境保护监测平台与各种类型新媒体的对接。

3. 推动生态资源的经济开发。生态经济论以发掘生态资源的经济价值为主要内容。对此,要做好生态资源的经济开发,比如,大力发展矿区旅游。矿区旅游是以矿区为旅游空间,以矿区自然环境、民俗文化等为旅游资源的旅游活动的统称,而丰富多样的矿区旅游产品则是矿区旅游发展以及矿区旅游助力生态文明建设的关键。根据旅游目的、旅游对象、旅游体验等的差别,矿区旅游可以分为多种不同的类型,

如休闲度假型、时尚运动型、健康疗养型、田园观光型、生产体验型等。矿区旅游是新时期破解发展不均衡问题,提高经济发展水平与发展成果共享性的重要举措。一方面要以生态文明建设来为矿区旅游创造良好的条件,如植树造林,使荒山变得绿意盎然,又如,河道清淤,使溪流变得清澈见底,另一方面也要以矿区旅游来实现矿区生态资源的经济价值,真正做到“绿水青山就是金山银山”。以邯郸紫山矿区为例,矿区引入成活率高、观赏性强的榉树、国槐、栾树、水杉等树种,聘请专家级生态园林公司对树木进行移植、管护,并在下层配以灌、草、藤的复层结构,开展微景观设计,既保证了树木的成活率,也取得了良好的生态效益。



图一:紫山矿区修复前后图

## 4 结语

生态修复是基于环境恢复理论的生态治理措施,即通过人工的手段,使受损或退化的生态得到修复和改善,使其重新恢复到一定的生态功能和生物多样性水平。污染治理与生态修复有着紧密的联系,应探索构建污染治理与生态修复综合模式,提升矿区生态修复效果。

## 参考文献

- [1] 雷少刚,夏嘉南,卞正富,等.论露天矿区近自然生态修复[J].煤炭学报,2024(04):2021-2030.
- [2] 包维斌,叶红刚.陇东黄土高原矿山地质环境影响评价及修复技术:以蒲河流域A废弃平硐采砂矿山为例[J].能源与节能,2023(12):92-96.
- [3] 胡咏君,吴剑,胡瑞山.生态文明建设“两山”理论的内在逻辑与发展路径[J].中国工程科学,2019(05):55-58.

# Optimization of efficiency and case study of constructed wetland in water environment management

Zuoson Chen

China Communications (Changsha) Construction Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

## Abstract

Constructed wetlands, as a long-term strategy for water environmental management, have exhibited remarkable effectiveness in the field of water pollution control and ecological. By leveraging the comprehensive purification mechanisms of plants, microbial communities, and sediment layers, they efficiently remove pollutants from water bodies, thereby optimizing water quality. In recent years with the in-depth promotion of environmental protection concepts, the application scope of constructed wetland technology in water environmental governance has been expanding day by day. This paper aims to explore the technical pathways to enhance its performance by analyzing the operation principles and water purification mechanisms of constructed wetlands and deeply analyzing domestic typical cases, revealing the advantages and challenges of the practical application constructed wetlands in various places. Meanwhile, the article also forecasts the future development trend of constructed wetland technology and proposes multiple measures to enhance its performance, including intelligent operation and maintenance ecosystem multifunctionality, and policy guidance. As a green ecological technology, constructed wetlands have achieved remarkable results in water purification, providing strong momentum for the sustainable development of ecological environment.

## Keywords

constructed wetland; water environment management; water purification; ecological restoration; efficiency optimization

## 人工湿地在水环境治理中的效能优化与案例研究

陈祚森

中交（长沙）建设有限公司，中国·湖南长沙 410000

## 摘要

人工湿地作为一种长效性的水环境整治策略，在水体污染控制与生态修复领域展现出显著成效。它依托植物、微生物群落及沉积物层的综合净化机制，高效去除水体污染物，进而优化水质。近年来，随着环保理念的深入推广，人工湿地技术在水环境治理中的应用范畴日益拓展。本文旨在通过分析人工湿地的运作原理与水质净化机制，探讨提升其效能的技术路径，并结合国内典型案例进行深入剖析，揭示人工湿地在各地实践应用中的优势与挑战。同时，文章还对人工湿地技术的未来发展趋势进行了展望，并提出了包括智能化运维、生态系统多功能性及政策引导等在内的多项效能增强措施。作为一项绿色生态技术，人工湿地在水质净化方面成效斐然，为生态环境的可持续发展提供了强大动力。

## 关键词

人工湿地；水环境治理；水质净化；生态修复；效能优化

## 1 引言

水污染已成为全球亟待攻克的重大环境挑战。随着工业化进程的加速推进与城市化水平的不断提升，水体污染问题日益严峻，对人类健康及自然环境构成了沉重压力。作为一种创新的生态净水技术，人工湿地凭借其成本低廉、维护简便及生态友好的独特优势，在国内外众多水环境治理项目中展现出卓越成效。该技术通过模拟自然湿地的净化机制，依托植物根系、微生物群落及沉积物等多重净化体系，有效去除水体中的有害成分，有力促进了水体生态功能的恢复。

然而，人工湿地在实践应用中仍面临污染负荷过高、设计缺陷及管理维护复杂等多重难题。本文将从人工湿地的运作机理出发，深刻剖析其在水环境治理中的实际应用效果，探索技术革新与管理优化的路径，旨在进一步提升人工湿地的治理效能。

## 2 人工湿地概述与发展背景

人工湿地作为一种精妙设计的生态工程，模拟自然湿地的卓越功能，融合湿地植被、肥沃土壤与微生物群落等多重生态要素，肩负起水体净化的重要使命。其通过吸附、降解等高效机制，逐一清除水体杂质，促进水体生态系统的恢复与再生。在人工湿地的分类中，水平流湿地、垂直流湿地及组合湿地构成三大支柱。水平流湿地使水流平缓穿越湿

【作者简介】陈祚森（1997-），男，中国安徽安庆人，本科，助理工程师，从事水环境综合治理研究。

地基底，依托植物根系与土壤微生物的协同作用达成净化效果；垂直流湿地则令水流垂直渗透填充介质与植物根系深植的土层，实现净化目的；组合湿地则兼具二者优势，水流既可垂直渗透，亦可水平流动，灵活适应多样化的环境治理需求。这些湿地系统在各异的自然条件下各展所长，广泛应用于各类水体净化项目中。然而，部分地区水质污染日益严重，湿地系统承载能力逼近极限，导致净化效能下降。同时，湿地长期运维的成本控制、植被的优化选择以及生态平衡的维持等挑战，亦亟需解决。

### 3 人工湿地水质净化机制

在人工湿地水质净化的复杂机理中，植物根系发挥着至关重要的作用。湿地植被的根系犹如自然界的净化精灵，具备卓越的吸附能力，能够高效捕获水体中的悬浮物、重金属离子及多种有机污染物。根系所构建的独特根际微环境，成为了微生物栖息与繁衍的理想场所，它们与根系紧密互动，共同促进污染物质的生物降解过程。植物根系释放的有机物滋养着根际微生物群落，进一步增强了其对有害物质的分解效能。尤为突出的是，部分植物凭借自身独特的代谢机制，能将水体中的有机物转化为无害物质，从而大幅提升水质净化效率。凭借根系对污染物的吸附与降解双重功能，湿地植物在净化水质、恢复水体生态平衡方面展现出无可比拟的重要作用。与此同时，微生物群落积极参与有机物的降解过程，并与植物根系及其分泌物协同作用，共同优化了水质净化的综合效果。

## 4 人工湿地效能优化的技术路径

### 4.1 植物种类选择与配置策略

在构建并运行人工湿地系统过程中，植物种类的甄选与配置对水质净化效能具有决定性影响。各类植物各具特色，有的凭借发达的根系有效吸附重金属与有机杂质，有的则通过生物降解机制分解氮、磷等营养盐。因此，依据当地气候特点、土壤类型及水质具体情况科学选择植物种类至关重要。针对湿地植物的配置策略，需根据污染物特性灵活部署，以期实现净化效益的最优化。例如，在处理氮浓度较高的水域时，芦苇、香蒲等擅长吸收转化氮元素的植物应为优选；而对于有机污染物含量较高的水体，则可考虑栽培苦草等能够释放有机物、促进微生物增殖的植物。

### 4.2 污染负荷与湿地处理能力的匹配

湿地净化效能的核心在于污染承载量与湿地净化能力的协调适配。在湿地系统规划阶段，即已确立最优净化负荷阈值，此阈值明确界定了高效去除污染物所能承受的水流量上限及污染物浓度极限。若污染承载超越湿地净化阈值，净化效果将显著削弱，极端情境下或将导致湿地生态系统崩溃。因此，人工湿地构建时，需依据水体污染程度灵活调整净化规模。过高的污染承载将制约植物根系与微生物的净化作用，引发污染物累积或反弹。反之，精准调控污染承载与

湿地净化能力的匹配度，可确保污染物深度降解并有效排除，维持湿地系统长期高效运行。实际操作中，可通过实施定期水质监测、调整湿地规模或优化设计方案等措施，使湿地系统在合理的承载范围内运作，以达到水质净化的最佳状态，图1直观呈现了可调式湿地处理流程。

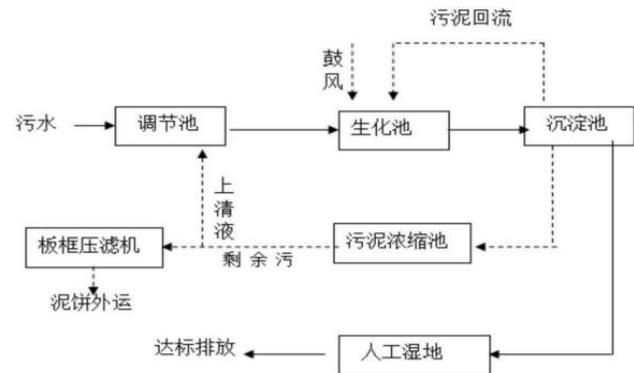


图1 可调控湿地处理流程图

## 5 人工湿地在实际应用中的典型案例分析

### 5.1 水生植物根系与沉积物协同净化工艺

在水质净化的诸多方法中，人工湿地凭借水生植物根系与沉积物的协同净化效应而备受瞩目。植物的根系宛若自然界的净化使者，凭借卓越的吸附与降解能力，有效清除水体中的氮、磷、重金属等杂质。沉积物则担当起物理阻隔与污染物蓄积的双重角色。诸如芦苇、香蒲等水生植物，其根系与微生物协同作用，极大地促进了有机物的分解及氮磷元素的去除。根系释放的有机物为微生物群落提供了丰富的养分，进一步激发了其净化潜能。而沉积物则以其广阔的表面积，为微生物构建了理想的栖息环境，水流与微生物的频繁交互，显著提升了污染物的去除效率。研究表明，芦苇湿地系统对氮的净化效率可达60%至80%，对总磷的净化率亦稳定在50%以上。沉积物的强大吸附力还极大增强了重金属离子的清除效果，特别是铅、铜、锌等的清除效果。此外，沉积物的深度与构成亦对净化效果具有重要影响，深厚的沉积层有利于污染物的长期吸附与降解。在人工湿地中，植物根系与沉积物的精妙配合，使水体在自然力的驱动下，能够高效清除多种污染物，从而取得水质净化的卓越成效。图示2呈现了水生植物根系与沉积物协同净化技术的解析概览图。

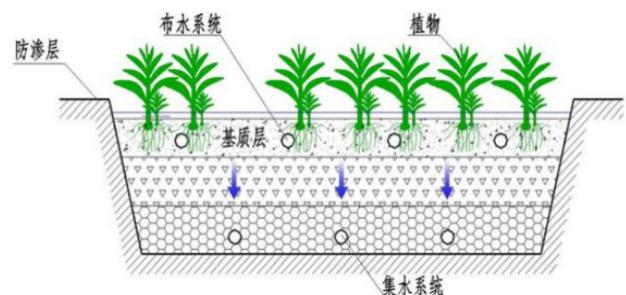


图2 水生植物根系与沉积物协同净化工艺分析图

## 5.2 水流控制与湿地过滤层设计工艺

在人工湿地工艺体系中,水流调控机制与湿地滤层布局构成了其核心技术要素,对水质净化效果具有深远影响。湿地系统内水流的精细布局与有效管控,决定了水体与植被、沉积层及微生物相互作用的时间跨度与效能。针对湿地的具体特性,需精确调控水流速率与流向,确保污染物能充分接触并作用于净化介质,从而实现高效的吸附与分解过程。水平流向的湿地设计,使水流在湿地表层缓缓流淌,日流速维持在0.1至0.5米之间,此举延长了水体与植物根系、沉积物的接触时间,进而提升了污染物的去除效率。而垂直流向的湿地系统,则采用水流垂直下渗的设计,历经多层具有独特理化与生物特性的滤料层。滤层结构常融合多种介质,如砂粒、碎石、活性炭等,这些介质层次能够高效截留悬浮颗粒、去除重金属及有机污染物。据统计数据显示,垂直流湿地对氮的净化率通常可达60%至70%,对有机污染物的净化效能更是超越80%。通过科学规划水流路径与滤层结构,人工湿地能够深度净化水质,显著提升其净化效能。

## 5.3 污染负荷与湿地处理能力的匹配工艺

人工湿地高效运行的核心要素,在于精确调配其污染承载能力与净化潜能之间的平衡。各类湿地系统均具备特定的最优净化阈值范围,该范围界定了水体污染物浓度的容忍上限及水量承载峰值。一旦污染承载量超出系统的净化阈值,湿地的净化效能将显著减弱,甚至可能导致净化功能衰退。因此,在人工湿地规划阶段,必须依据污染承载的实际情况,审慎考量湿地的规模布局与设计参数。例如,在城市污水处理体系中,湿地的预设处理水量需紧密贴合污水排放量及其污染物浓度水平。研究表明,常规水平潜流湿地系统通常能够承受5至10克/平方米·日的污染负荷,而垂直潜流湿地则能耐受高达10至15克/平方米·日的负荷量。合理的负荷匹配,不仅确保了湿地系统的高效稳定运行,还有效避免了因过载而导致的污染物累积与系统失效。在实践中,湿地的负荷能力不仅受水量与污染物浓度的影响,还受

到季节变化、气温波动以及湿地植被生长状况等多重因素的制约。故而,灵活调整湿地的负荷承载量与净化性能,定期开展水质监测并优化湿地系统的运行机制,是提升人工湿地净化效能、延长其使用寿命的关键策略。依托科学的配置技术,人工湿地能在长期运行过程中,稳定且高效地净化水体中的污染物。

## 6 结语

人工沼泽作为一种环境友好型水质净化策略,在众多领域已展现出显著的应用成效。经过精心规划与改良,这类人工生态系统能够显著提升水质,强化水体的自然净化能力,并为生态修复奠定牢固的基础。技术的快速进步与实践经验的不断积累,正持续挖掘人工沼泽在水体治理中的潜在价值。展望未来,将智能化技术与多功能设计融入人工沼泽,有望使其在都市水资源管理、生态恢复及水体保护等方面发挥更大作用。为实现可持续发展目标,深化对人工沼泽的科学研究与技术革新、完善其运维管理体系、争取政策与资金支持至关重要。这一系列举措将使人工沼泽在环境治理领域发挥核心作用,为优化生态环境品质、推动绿色低碳发展贡献力量。

## 参考文献

- [1] 王爱一,马艳霞,李洪斌.人工湿地生态治理赋能水产养殖尾水处理的应用[J].黑龙江环境通报,2025,38(04):48-50.
- [2] 陶伟,徐亚,何乐萍,张军,魏婧,王鹏.人工湿地综合效益评估体系研究及应用[J].环境污染与防治,2025,47(04):109-113.
- [3] 林萍,李胜华,郭星星,马金龙.人工湿地在低污染水治理中的应用[J].黑龙江水利科技,2025,53(03):121-123.
- [4] 侯金枝.人工湿地技术在农村生活污水治理中的应用探讨[J].乡村科技,2025,16(06):140-143.
- [5] 傅成锴,胡振,徐培培,刘华清,王硕,赵倩,赵艳辉,张建.人工湿地堵塞形成机制、作用效能及其防治技术研究进展[J].环境工程,2025,43(03):178-190.