

05
2025



生态与环境科学

Ecology and Environmental Science

Volume 6·Issue 5·May 2025 ISSN2737-5072(Print) 2737-5080(Online)



Tel: +65 65881289

E-mail: contact@nassg.org

Add: 12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



生态与环境科学

Ecology and Environmental Science

Volume 6 · Issue 5 · May 2025 ISSN 2737-5072(Print) 2737-5080(Online)

中文刊名：生态与环境科学

ISSN：2737-5072 （纸质） 2737-5080 （网络）

出版语言：华文

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/ees-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Ecology and Environmental Science

ISSN: 2737-5072 (Print) 2737-5080 (Online)

Language: Chinese

URL: http://journals.nassg.org/index.php/ees-cn

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《生态与环境科学》征稿函

期刊概况：

中文刊名：生态与环境科学

ISSN：2737－5072 (Print) 2737－5080 (Online)

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/ees-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

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。

Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

版权声明/Copyright

南洋科学院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南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS 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). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.

12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

Email: info@nassg.org

Tel: +65-65881289

Website: http://www.nassg.org



生态与环境科学

Ecology and Environmental Science

主 编

匡廷云

Tingyun Kuang

编 委

李荣华 Ronghua Li

陈浩东 Haodong Chen

唐晓彬 Xiaobin Tang

1	无组织废气新污染物（VOCs/Halogenated Compounds） 传统采样方法与苏玛罐采样技术的对比研究——基于 惰性化处理与清洗优化的实证分析 / 马混广 黄巍 谢宏法	/ 仇志强 王丽丽 张首和
4	二氧化碳的综合利用现状及发展趋势 / 卢国全	44 森林病虫害发生规律及综合防治技术体系构建分析 / 吴颖
8	干旱半干旱地区水库工程建设对下游河流生态系统影 响的预测与评价 / 孙晓丽	47 不同经营措施对天然次生林物种多样性与结构稳定性 的影响 / 刘健
11	低渗透油气田开发的环境风险及应对策略 / 革晓东 卓琴 陈烨	50 碳达峰、碳中和目标下制造型企业高质量发展战略与 路径研究 / 张宁致
14	新时期提升气象探测环境保护的有效措施研究 / 谭小华	53 火电厂脱硝系统氨逃逸控制策略研究 / 秦高远
17	大气污染防治中生态环境监测技术的运用策略研究 / 李青旺 李强	56 挥发性有机物检测质量的影响因素与应对建议 / 郭素洁
20	环境影响评价与全过程环保管理的有效对策研究 / 李双双	59 土壤重金属污染修复技术比较 / 梁光愉
23	试析产业园区规划环境影响评价措施 / 陈雕	62 工业园区环保咨询一体化解决方案设计与实施 / 王学本
26	海洋环境监测中营养盐的快速检测方法研究 / 应丹君 应兴天	65 地下水污染治理与环境修复技术的综合应用研究 / 徐贤 霍庆霖 陈润平
29	河北小五台山黑鹳监测与保护研究 / 忻富宁 王文静	68 城市水环境治理与污染管控对策分析 / 王元柯
32	大数据背景下生态环境监测数据整合与共享机制探讨 / 梁俊杰	71 输油站场土壤地下水污染状况初步调查若干问题探讨 / 任磊 栾忠庆
35	浅谈大气环境中挥发性有机废气的常用治理方法 / 李昌伟	75 公路项目运营期声环境评价及防治措施思考 / 赵倩
38	工业园区环境突发事件应急管理体系建设探讨 / 刘颖怡	78 环境检测中重金属污染物的分析方法比较研究 / 梁海崑
41	泰安市康汇河流域智能化监管情况统计分析	81 采石矿场生态保护修复中的常见问题与改进思考 / 陈树海

- 1 A Comparative Study on Traditional Sampling Methods and SUMMA Canister Sampling Technology for New Pollutants (VOCs/Halogenated Compounds) in Unorganized Exhaust Gases—An Empirical Analysis Based on Inertial Treatment and Cleaning Optimization
/ Hunguang Ma Wei Huang Hongfa Xie
- 4 Current situation and development trend of comprehensive utilization of carbon dioxide
/ Guoquan Lu
- 8 Prediction and evaluation of the impact of reservoir construction on downstream river ecosystem in semi-arid and arid areas
/ Xiaoli Sun
- 11 Environmental risks and countermeasures for low permeability oil and gas field development
/ Xiaodong Ge Qin Zhuo Ye Chen
- 14 Research on Effective Measures for Improving the Protection of Meteorological Detection Environment in the New Era
/ Xiaohua Tan
- 17 Study on the application strategy of ecological environment monitoring technology in air pollution prevention and control
/ Qingwang Li Qiang Li
- 20 Research on Effective Countermeasures for Environmental Impact Assessment and Whole Process Environmental Management
/ Shuangshuang Li
- 23 Analysis of environmental impact assessment measures for industrial park planning
/ Diao Chen
- 26 Study on rapid detection method of nutrients in Marine environment monitoring
/ Danjun Ying Xingtian Ying
- 29 Monitoring and conservation of *Ciconia nigra* in Xiaowutai Mountain, Hebei Province
/ Funing Xin Wenjing Wang
- 32 Discussion on the integration and sharing mechanism of ecological environment monitoring data under the background of big data
/ Junjie Liang
- 35 A brief discussion on the common treatment methods of volatile organic waste gas in atmospheric environment
/ Changwei Li
- 38 Discussion on the construction of emergency management system for environmental emergencies in industrial parks
/ Yingyi Liu
- 41 Statistical Analysis of Intelligent Supervision in the Kanghui River Basin of Tai'an City
/ Zhiqiang Qiu Lili Wang Shouhe Zhang
- 44 Analysis on the occurrence pattern of forest pests and diseases and the construction of comprehensive control technology system
/ Ying Wu
- 47 Effects of different management measures on species diversity and structural stability of natural secondary forests
/ Jian Liu
- 50 Research on the development strategy and path of high-quality manufacturing enterprises under the goals of carbon peak and carbon neutral
/ Ningzhi Zhang
- 53 Study on ammonia escape control strategy of denitration system in thermal power plant
/ Gaoyuan Qin
- 56 Factors affecting the quality of volatile organic compounds detection and suggestions for countermeasures
/ Sujie Guo
- 59 Comparison of soil heavy metal pollution remediation technology
/ Guangyu Liang
- 62 Design and Implementation of an integrated environmental protection consultation solution for industrial parks
/ Xueben Wang
- 65 Comprehensive application research of groundwater pollution control and environmental remediation technology
/ Xian Xu Qinglin Huo Runping Chen
- 68 Analysis of urban water environment management and pollution control measures
/ Yuanke Wang
- 71 Discussion on Key Issues in the Preliminary Investigation of Soil and Groundwater Contamination at Oil transportation Stations”
/ Lei Ren Zhongqing Luan
- 75 Consideration of acoustic environment assessment and prevention measures during operation of highway projects
/ Qian Zhao
- 78 Comparative study on analytical methods of heavy metal pollutants in environmental monitoring
/ Haiyin Liang
- 81 Common problems and improvement thoughts in ecological protection and restoration of quarries
/ Shuhai Chen

A Comparative Study on Traditional Sampling Methods and SUMMA Canister Sampling Technology for New Pollutants (VOCs/Halogenated Compounds) in Unorganized Exhaust Gases—An Empirical Analysis Based on Inertial Treatment and Cleaning Optimization

Hunguang Ma Wei Huang* Hongfa Xie

China Certification&Inspection(Group) Guangxi Co.,Ltd., Nanning, GuangXi, 530007, China

Abstract

This paper systematically compares the technical principles, operational procedures, and applicability of traditional sampling methods (e.g., solution absorption, solid adsorption) and Summa canister sampling for detecting new pollutants in unorganized exhaust gases. Experimental data analysis reveals that traditional methods are susceptible to environmental interference during short-term sampling, with issues such as penetration loss and short sample preservation time. In contrast, Summa canister sampling significantly improves data stability through inert treatment and constant flow control, particularly suitable for long-term monitoring in complex environments. The study further verifies the reliability of Summa canisters after optimizing cleaning conditions (e.g., heating to 280°C and humidified cleaning), achieving undetectable levels of residual pollutants. This research provides a scientific basis for selecting environmental monitoring technologies and proposes future directions for multi-method integration.

Keywords

unorganized waste gas; VOCs/Halogenated Compounds; Traditional sampling methods; Suma jar sampling technology; Inert treatment; Cleaning optimization; Data stability; Environmental monitoring technology

无组织废气新污染物（VOCs/Halogenated Compounds）传统采样方法与苏玛罐采样技术的对比研究——基于惰性化处理与清洗优化的实证分析

马混广 黄巍* 谢宏法

中国检验认证集团广西有限公司，中国·广西 南宁 530007

摘 要

本文系统对比了无组织废气中新污染物检测的传统采样方法与苏玛罐采样的技术原理、操作流程及适用性差异。通过实验数据分析，发现传统方法（如溶液吸收法、固体吸附法）在短时采样中易受环境干扰，存在穿透损失和样品保存时效短等问题；而苏玛罐采样凭借惰性化处理、恒流控制等技术，显著提升了数据稳定性，尤其适用于长时间、复杂环境下的污染物监测。研究进一步验证了苏玛罐在清洗条件优化（如加热至280°C、加湿清洗）后的可靠性，其残留污染物检出率可降低至未检出水平；本文为环境监测技术的选择提供了科学依据，并提出了多方法联用的未来发展方向。

关键词

无组织废气；新污染物（VOCs/Halogenated Compounds）；传统采样方法；苏玛罐采样技术；惰性化处理；清洗优化；数据稳定性；环境监测技术

1 引言

1.1 研究背景

无组织废气排放是工业生产中常见的环境问题，尤其是化工、石化行业。废气中的挥发性有机物（VOCs，如卤代烃、含氧 VOCs 等）对环境和人体健康构成威胁。传统采样方法因灵敏度不足、操作复杂等问题难以满足现代环境监

【作者简介】马混广（1985–），男，中国广西南宁人，本科，工程师，从事环保、环境监测研究。

【通讯作者】黄巍（1980–），男，中国广西桂林，大专，工程师，从事生态环境保护工程。

测需求。苏玛罐采样技术凭借惰性材质和可重复使用特性成为国际主流方法，但其清洗和惰性化处理环节的优化仍需深入探讨。

1.2 研究意义

采样方法的准确性直接影响环境评价结果。例如，传统吸附管法因穿透效应导致低沸点化合物损失率高达 30%，而苏玛罐通过恒流采样可减少误差，提升数据的代表性和准确性。因此，系统对比不同采样技术的性能对优化环境监测技术具有重要意义。

2 无组织废气中新污染物的来源与环境危害

2.1 新污染物的种类与特性

无组织废气中的新污染物以 VOCs 和卤代烃最为典型。VOCs 包括含硫有机化合物、卤代烃、非甲烷碳氢化合物等，卤代烃则如氯仿、二氯一氟甲烷等。它们大多具有挥发性，部分还兼具毒性、致癌性。这些新污染物参与大气化学反应，影响空气质量，对人体健康与生态环境构成潜在威胁，监测其排放与浓度变化意义重大。

2.2 新污染物的主要来源

VOCs 的工业来源丰富多样，如喷漆废气中含丙酮、丁醇等，塑料、塑胶废气有乙烯等烯烃类单体，化工生产中化学反应也会释放 VOCs。卤代烃在日常生活中则常见于清洁剂、消毒剂、制冷剂等产品中。汽车尾气、焚烧垃圾、吸烟等也会产生卤代烃，这些新污染物在生产和生活中不断逸散，对环境造成持续影响。

2.3 新污染物的环境危害

新污染物对环境危害显著，它们可引发酸雨、光化学烟雾等，破坏生态系统平衡，影响动植物生存。对人体而言，VOCs 和卤代烃可刺激呼吸道，引发哮喘等疾病，长期暴露还可能损害神经系统、肝脏等器官，甚至有致癌风险。卤代烃等还可能干扰内分泌系统，影响生殖健康，对人体健康和生态环境构成严重威胁。

3 传统无组织废气采样方法

3.1 直接采样法

①注射器法：注射器法适用于瞬态污染物的捕捉，但由于采样体积通常不超过 1L，难以检测低浓度的污染物，实验数据显示，采样体积为 0.5L 时，低浓度污染物（如苯）的检出限为 0.1ppb。该方法操作简便，但受限于采样时间和体积，不适合长时间连续监测。

②溶液吸收法：溶液吸收法常用于酸性气体（如 NH_3 ）的采集。吸收效率受溶液 pH 值影响显著，实验表明在 pH=2 时， NH_3 的吸收率可达 95% 以上，但对其他 VOCs 吸收效率仅 50%。然而，该方法对其他类型 VOCs 的吸收效率较低，且存在穿透损失的问题。

3.2 富集采样法

①活性炭吸附法：活性炭吸附法对非极性 VOCs（如苯

系物）的吸附效率较高，回收率通常超过 85%。然而，其对极性化合物（如醛类）的吸附效率不足 60%，导致监测结果不准确。此外，活性炭吸附法在长时间储存过程中容易发生脱附现象，影响样品的稳定性。

②低温冷凝法：低温冷凝法需要配合液氮制冷（-196℃），设备成本高昂，且样品转移过程中易造成挥发性损失，回收率仅 70%（对乙酸乙酯）。该方法适用于高浓度 VOCs 的采集，但在实际应用中存在操作复杂、成本高的问题。

3.3 局限性总结

①时效性缺陷：吸附管样品需要在 24 小时内进行分析，否则苯系物的损失率可达 20%。这限制了其在现场监测中的应用范围。

②环境干扰：风速大于 3m/s 时，开放式采样法的误差率增加至 $\pm 15\%$ 。这表明传统采样方法在复杂环境下的适用性较差。

③经济性：单次成本差异大（吸附管法 ¥80，溶液吸收法 ¥50，低温冷凝法 ¥500），且多为一次性耗材。

表 1 传统采样方法性能对比

方法	时效性 (h)	环境干扰 (风速>3m/s)	单次成本 (元)	检出限 (ppb)
吸附管法	≤24	±15%	80	0.1 ~ 1
溶液吸收法	实时	±10%	50	1 ~ 10
低温冷凝法	实时	±20%	500	0.01

4 苏玛罐采样技术

4.1 技术原理与优化

4.1.1 惰性化处理

苏玛罐内壁涂覆硅烷化涂层，减少了极性化合物的吸附。实验显示，涂覆后甲苯的残留量降低至 $<0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。这种处理方式显著提高了苏玛罐对极性化合物的吸附效率。

4.1.2 清洗条件优化

①清洗次数：废气样本需清洗 4~5 次，残留 VOCs 方可低于检出限。多次清洗确保了苏玛罐的清洁度，减少了交叉污染的风险。

②加热清洗（280℃）：在 280℃加热后，高沸点污染物（如十二烷）的去除效率提升至 99.5%。高温清洗有效去除了罐内的残留污染物，确保了采样结果的准确性。

③加湿清洗（50% 湿度）：添加 100 μL 纯水模拟 50% 湿度环境，可减少实验室空白误差降低达 30%，残留量 $<0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；加湿清洗有助于消除环境湿度对采样结果的影响。

4.2 技术优势

4.2.1 无污染惰性处理

苏玛罐内壁采用硅烷化涂层处理，阀门使用金属对金属密封技术，确保采样过程中无吸附、无氧化损失。实验表

明，涂覆后甲苯残留量可降至 $< 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。即使罐体受挤压变形，只要无锐角折痕，惰性膜仍能保持完整。这种设计有效避免了传统方法中活性炭吸附剂的穿透效应和低温冷凝法的挥发性损失。

4.2.2 高精度检测

污染物种类覆盖广：可同时检测苯系物、卤代烃、硫醇类等上百种 VOCs，尤其对小分子量（C2-C3）和极性物质（如醛类）的检出限可达 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下。

检出限低：采用液氮冷却进样技术，部分污染物检出限可达 PPT 级（ $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ），分析精密度达 20% 以内。

重现性优异：实验数据显示，同一样品多次进样的相对标准偏差（RSD） $< 5\%$ ，显著优于传统吸附管法（RSD $> 15\%$ ）。

4.2.3 环境适应性

抗干扰性强：封闭负压采样系统可抵御风速 $> 5\text{m/s}$ 的环境干扰，误差率仅 $\pm 5\%$ ，而传统开放式采样误差率高达 $\pm 20\%$ 。

多模式采样：支持瞬时采样（0.5L 体积）和恒流采样（3L/min），适应不同场景需求。例如，化工泄漏应急监测中可实现无电源条件下的被动采样。

长时间保存：样品常温保存周期长达 20 天，且无需冷藏或特殊防护，减少运输过程中交叉污染风险。

4.2.4 经济性

长期成本优势：单次使用成本约 50 元（苏玛罐可重复使用 200 次以上），低于吸附管法（单次 80 元）。

维护便捷：配套清洗装置（如 GHD-1200C）可在 30 分钟内完成 4 ~ 6 个罐体的清洗，残留污染物去除率达 99.9%。

4.2.5 标准化与多领域应用

符合国标要求：我国《环境空气挥发性有机物罐采样 - 气相色谱法》（HJ759-2015）明确推荐苏玛罐作为 VOCs 监测标准方法。

跨领域适用性：广泛应用于环境监测（大气/水体采样）、工业排放检测、食品安全（农药残留分析）及医学研究（临床样本采集）等领域。

4.2.6 数据稳定性

在恒流采样（3L/min）下，24 小时连续监测的浓度波动率 $< 5\%$ 。苏玛罐的高稳定性使其适用于长时间、复杂环境下的污染物监测。

综上，苏玛罐采样技术通过惰性材料、高精度检测和标准化流程，解决了传统方法在污染物覆盖、数据稳定性及环境适应性上的短板，成为无组织废气监测的首选方案。

应用案例：某化工厂 VOCs 监测中，苏玛罐检出 32 种化合物，而吸附管法仅检出 21 种。差异主要源于半挥发性有机物的吸附损失。苏玛罐的全面性使其在复杂环境下的应用更具优势。

5 方法对比分析

5.1 污染物浓度代表性

①时间分辨率：苏玛罐支持 24h 积分采样，适用于浓度波动场景，传统方法仅能瞬时采样，其长时间采样能力确保了数据的完整性和准确性。②检出物种差异：苏玛罐对 C6-C12 烃类检出率提高 40%，覆盖半挥发性有机物，这表明苏玛罐在检测复杂混合物方面具有更高的灵敏度和准确性。

表 2 苏玛罐与传统方法性能对比		
指标	苏玛罐	传统方法（平均值）
时间分辨率	24 小时连续	瞬时 / 短时（ < 1 小时）
C6-C12 烃类检出率	92%	52%
单次成本（元）	50	80
最长保存时间	7 天（无损失）	24 小时 （苯系物损失 20%）

5.2 经济性与操作成本

①初期投入：苏玛罐系统（¥20 万）高于传统方法（¥0.5 万），但长期成本优势显著。然而，苏玛罐的可重复使用性降低了长期成本。

②长期成本：苏玛罐年总成本 ¥25 万（单次 ¥250），传统方法 ¥2.5 万（单次 ¥25），200 次后苏玛罐成本降至 ¥50/次。从长期来看，苏玛罐的经济性优于传统方法。

6 结论与展望

6.1 研究结论

苏玛罐采样技术与传统方法相比，在无组织废气新污染物监测中优势突出。它凭借惰性化处理与恒流控制，在采样效率、精度及数据稳定性方面表现更佳。样品保存时间更长，能有效应对复杂环境，清洗优化也保障了数据准确性。传统方法虽曾发挥重要作用，但存在穿透损失、吸附饱和、样品保存时效短等局限，易受环境干扰。苏玛罐采样技术为环境监测提供了更可靠的技术手段，能更真实地反映污染物状况。

6.2 未来研究方向

环境监测技术未来应朝着多方法联用方向发展，将苏玛罐采样技术与其他方法结合，发挥各自优势，提高监测的全面性与准确性。需加大新型采样技术研发力度，利用物联网、大数据等新技术，提升采样的智能化与信息化水平。加强对复杂污染物监测技术的研究，提高对环境新污染物的识别与监测能力，推动环境监测技术向更高效、精准、智能的方向发展，为环境保护提供更有力的技术支持。

参考文献

[1] 苏玛罐采样系统关键技术环节的确认及优化[J]. 环境科学, 2021.
[2] .HJ 732-2014. 固定污染源废气挥发性有机物采样方法[S].
[3] EPA TO-15. Method for the Measurement of VOCs in Air Using Summa Canisters[Z].

Current situation and development trend of comprehensive utilization of carbon dioxide

Guoquan Lu

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

Abstract

Carbon dioxide, as an important carbon source, is widely distributed in the atmosphere, water bodies, and lithosphere. However, due to its high stability, it poses significant challenges for development and utilization. This paper analyzes the physical and chemical properties of carbon dioxide based on its molecular structure and thermodynamic characteristics, examining its role in the natural carbon cycle. It systematically evaluates the potential for resource utilization in industrial and agricultural sectors. Building on this foundation, the paper focuses on a new model of carbon dioxide reduction and sequestration centered around cold emission technology, comparing mainstream technical pathways and relevant standards for carbon dioxide resource utilization internationally. Carbon dioxide capture and resource utilization offer multiple benefits: they can significantly reduce mitigation costs and bring about synergistic effects in climate, environment, and economy. This approach is a crucial pathway to achieving peak carbon emissions and carbon neutrality goals.

Keywords

carbon dioxide utilization; cold emission technology; carbon neutrality; climate synergy; technical route

二氧化碳的综合利用现状及发展趋势

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

二氧化碳作为重要的碳源物质,在大气、水体、岩石圈中广泛分布,但因其稳定性高,开发利用难度大。本文基于二氧化碳分子结构、热力学特性等,分析了其物理化学性质与自然界碳循环规律,对其在工农业领域的资源化潜力进行了系统评估。在此基础上,重点阐述了以冷排放技术为核心的二氧化碳减排增汇利用新模式,对比分析了国际上二氧化碳资源化利用的主流技术路径与相关标准规范。二氧化碳捕集与资源化利用可一举多得,不仅可显著降低减排成本,还可带来气候、环境、经济等多方面协同效益,是实现碳达峰、碳中和目标的重要路径选择。

关键词

二氧化碳利用;冷排放技术;碳中和;气候协同;技术路线

1 引言

化石能源的大规模利用在推动工业化进程的同时,也引发了以二氧化碳排放为主的温室气体增量问题,导致气候变化、海平面上升等一系列全球性环境危机。减缓和适应气候变化,控制大气二氧化碳浓度已成为国际社会的广泛共识。传统的二氧化碳减排主要通过提高能效、发展可再生能源、优化能源结构等途径实现,但成本高、见效慢,难以支撑全球变暖控制目标的实现。二氧化碳捕集与资源化利用可一举多得,不仅可显著降低减排成本,还可带来气候、环境、经济等多方面协同效益,是实现碳达峰、碳中和目标的重要路径选择。

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

2 二氧化碳物化特性与资源化潜力评估

2.1 分子特性与沉降规律分析

二氧化碳是一种无色、无味的弱酸性气体,化学性质稳定。常温下,二氧化碳以气态形式稳定存在,分子量为44.01,比空气重52.8%,在标准状况下1m³CO₂质量为1.96kg。由于密度较大,工业排放及燃烧产生的CO₂在局部区域内呈现明显的快速沉降特征,据估算,其中90%以上会通过周边介质的物理化学作用而实现快速固碳,如图1所示。CO₂在一定条件下易溶于水,生成碳酸,使水体呈弱酸性;与金属氧化物反应可生成相应碳酸盐;能与氨等多种有机物发生化学反应。上述物理化学特性奠定了CO₂资源化利用的分子结构基础。

2.2 热力学效率与气候影响

在常规燃烧过程中,CO₂并非导致气候异常的主因,真正的元凶是伴生的热污染排放^[1]。以燃煤电厂为例,其烟

气携带的显热与潜热可使近区域大气温度升高，进而引发区域小气候变化。依据热力学第二定律，热量会自发地从高温物体传递到低温物体。燃煤产生 1kg CO₂ 所携带的热量，

可使约 1600 万 m³ 空气温度升高 1℃，引发连锁的气候环境效应。而目前燃煤电厂对烟气显热的回收利用率普遍不足 40%，亟需开发适用于常温低品位余热回收的新技术。

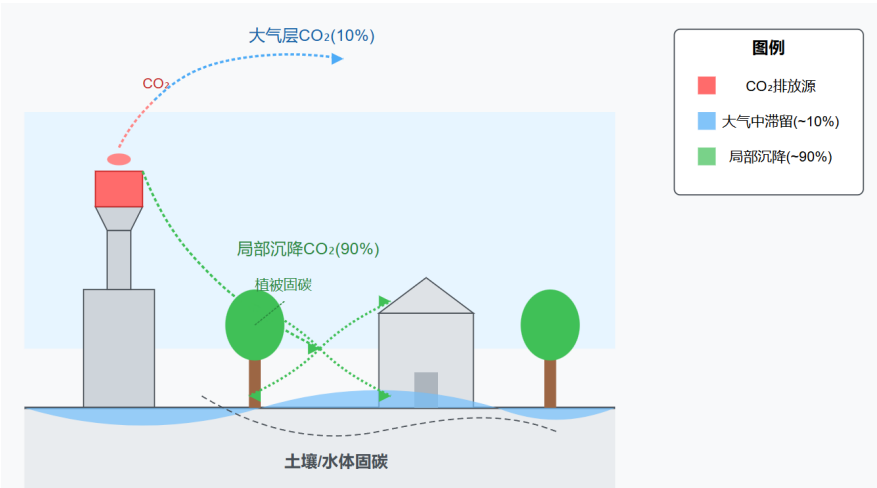


图 1 二氧化碳排放的沉降分布特征

2.3 工业应用价值图谱

CO₂ 广泛应用于工农业生产中，在石化、冶金、电子、食品、医疗等行业有广阔用途，具有显著的经济价值。在石油开采领域，CO₂ 驱油技术可提高原油采收率 6%~12%，与水驱油、聚合物驱油等方式相比具有明显的增产优势，驱油用 CO₂ 需求量巨大；在电子工业中，CO₂ 可用作半导体清洗剂，其化学惰性可确保芯片表面无残留；在食品加工中，CO₂ 的致密性可用于碳酸饮料制造及食品杀菌保鲜^[2]。

2.4 碳循环自然法则验证

在自然界碳循环过程中，CO₂ 既是不可或缺的物质基础，也是联结大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的纽带。通过生物固碳、化学风化、沉积埋藏等过程，碳在各圈层间不断迁移转化，维系着地球生态系统的动态平衡。工业革命以来，化石燃料的大量使用加速了碳循环进程。工业革命前大

气 CO₂ 浓度约为 280ppm，植被、土壤碳库与大气碳库基本达到平衡。而目前大气 CO₂ 浓度已升至 420ppm，远高于工业化前水平。

3 冷排放技术驱动的碳中和技术革命

3.1 绝氧热解 – 悬浮燃烧系统

冷排放技术以固废（如垃圾、污泥、农林废弃物等）为原料，通过绝氧热解将其转化为可燃气体、焦油等清洁燃料，再采用富氧燃烧技术实现燃料的充分燃尽。在此基础上，采用全热回收系统可使烟气温度降至接近环境温度，从而最大限度消减热污染排放。与传统固废焚烧技术相比，冷排放系统的显热利用率可提高 30 个百分点以上，NO_x、二噁英等污染物排放量降低 90% 以上^[3]。此外，在稳燃富氧条件下，CO₂ 体积分数可超过 30%，为其经济性捕集创造了有利条件。冷排放技术的工艺流程如图 2 所示。

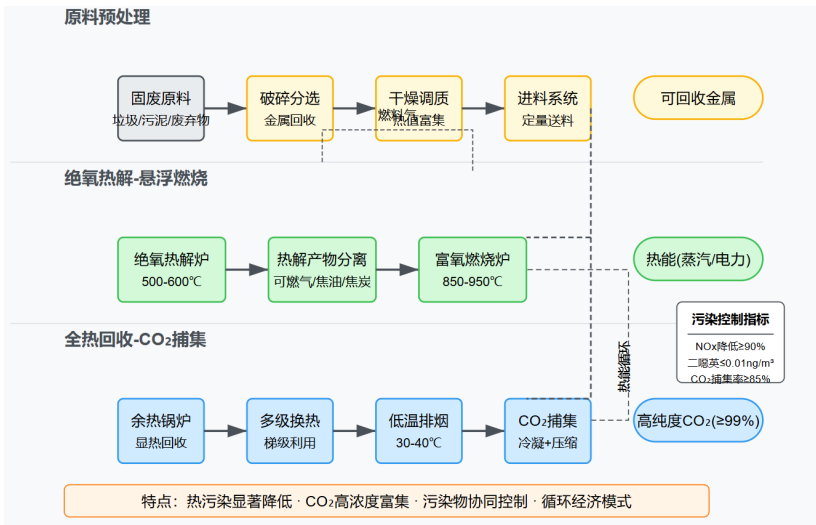


图 2 冷排放技术工艺流程示意图

3.2 常温捕集工艺突破

与传统化学吸收法相比，冷排放烟气的温度与环境温度接近，CO₂ 分压高，为其物理吸收分离创造了有利条件。冷排放技术采用“低温冷凝 + 多级压缩”的 CO₂ 捕集新工艺，综合成本不足 150 元 / tCO₂，远低于传统 MEA 吸收法的 400~600 元 / t 水平，可满足不同领域的用 CO₂ 需求。采用该工艺，CO₂ 捕集率可达 85% 以上，产品纯度超 99%，电耗低于 200kWh/tCO₂。与此同时，冷排放还可显著提高污染物的协同脱除效率，SO_x、NO_x、PM 的去除率均在 95% 以上。常温捕集是冷排放技术的核心环节，具有广阔的市场应用前景。

3.3 碳 - 能 - 肥三联产系统

冷排放技术的固有优势是热电 -CO₂- 灰渣三联产，可因地制宜打造多场景应用。其中，CO₂ 与灰渣可用于构建碳 - 能 - 肥循环系统，实现温室气体减排、农业增产、土壤培肥的多赢格局。以 1000t/d 生活垃圾处理项目为例，每年可捕集 CO₂ 约 13.2 万 t，配套建设智能玻璃温室 12.6 公顷，可新增蔬菜产量 3000t、鲜花 168 万枝，农产品总产值超 3000 万元；所产生的 1.8 万 t 焚烧灰渣经提取重金属或提质制粒后可替代化肥，每年可减施氮肥 360t，节约成本 540 万元。CO₂ 与灰渣在农业领域的应用，不仅符合减污降碳的政策导向，也为垃圾处理企业拓展了新的利润增长点^[4]。

3.4 气候协同效益量化

从碳循环角度看，冷排放技术可显著降低垃圾焚烧过程碳排放强度。传统焚烧每处理 1t 垃圾约排放 1.2tCO₂，采用冷排放工艺后，在 30 年全生命周期内每吨垃圾的碳排放

可降至 -0.65t，实现了碳源向碳汇的逆转。与此同时，热污染的大幅削减能够有效抑制局地气候异常。试点项目区的地表、近地表及边界层的温度分布监测表明，冷排放助力区域大气环境质量改善，雾霾、暴雨等极端天气事件的发生频次明显下降。

4 全球碳利用技术发展对比

4.1 国际主流技术路线

当前，发达国家普遍重视 CO₂ 减排与资源化利用，已形成了以化学吸收法、膜分离法、矿化碳封存为主体的 CO₂ 利用产业格局。在捕集方面，以美国、加拿大、日本为代表的国家重点发展了以醇胺类、离子液体为吸收剂的化学吸收技术，研发了多种新型分子筛与陶瓷膜材料，但能耗及成本问题尚待解决；在利用方面，CO₂ 驱油、煤层 CO₂ 封存、CO₂ 制甲醇等多种技术路线已进入工程化示范阶段，但受制于场地条件及 CO₂ 来源，推广应用难度较大。

4.2 中国冷排放技术优势

与国外 CO₂ 利用技术相比，我国自主研发的冷排放技术在系统集成、成本效益等方面优势明显。热解耦合富氧燃烧工艺可将固废“变废为能”，极大拓宽了可利用的 CO₂ 来源；常温捕集工艺可使 CO₂ 捕集成本降至 150 元 / t 以下，为规模化利用奠定了坚实基础；碳 - 能 - 肥三联产系统实现了多场景就地应用，打通了碳转化利用的“最后一公里”。目前，国内已有 10 余套百吨级冷排放示范项目建成投运，为技术模式的产业化推广积累了宝贵经验。未来随着碳捕集利用与封存技术纳入国家重点研发计划，冷排放有望成为实施 CCUS 的优选技术之一。

表 1 冷排放技术与传统技术对比

对比项目	冷排放技术	传统固废焚烧 /CCS 技术	优势分析
CO ₂ 捕集成本	≤150 元 / 吨	400~600 元 / 吨 (MEA 吸收法)	成本降低约 70%
CO ₂ 捕集率	≥85%	60%~75%	提高约 15~25 个百分点
CO ₂ 产品纯度	≥99%	90%~95%	产品品质提升
电耗	≤200kWh/tCO ₂	≥330kWh/tCO ₂	能耗降低约 40%
显热利用率	提高 30 个百分点以上	普遍不足 40%	热效率显著提升
NO _x 排放降低	≥90%	-	污染物协同治理效果显著
二噁英排放浓度	≤0.01ngTEQ/m ³	国标限值的约 1/40	超低排放
排烟温度	30~35℃	80~120℃	接近环境温度，热污染最小化
污染物协同脱除率	SO _x 、NO _x 、PM 均 ≥95%	70%~85%	环境效益显著
应用场景限制	受限小，适应性强	受地质条件限制大	应用范围更广

4.3 标准体系代际差异

完善的标准规范是 CO₂ 利用产业健康发展的重要保障。发达国家已初步构建了涵盖 CO₂ 捕集、运输、利用、封存全流程的标准体系，形成了 ISO 27912、ISO 27916 等一系列国际标准，为不同技术路线的工程应用提供了依据。相比之下，我国 CO₂ 利用领域现行标准偏重局部技术环节，缺乏系统性、配套性，与 CCUS 产业发展的阶段性特征不相

适应。以冷排放技术为例，尽管已处于工程示范阶段，但尚缺乏成套工艺的强制性国家 / 行业标准，主要执行清洁生产、大气污染物排放等现有标准，难以充分发挥其减排提效、多联产优势。未来应加快构建源头减排、过程控制、末端利用一体化的 CO₂ 利用标准规范，引领产业高质量发展。

4.4 商业模式的颠覆性

与传统 CCS 模式相比，基于冷排放的 CCUS 产业链更

加紧凑,成本更低,受地质场地限制小,更有利于实现减排与产业增值的有机统一^[5]。一是“CO₂捕集+化工利用”“CO₂捕集+油气驱采”等异地利用模式,有利于促进专业化分工,通过市场化机制实现碳资源的优化配置;二是“CO₂捕集+农业利用”“CO₂捕集+建材利用”等就地利用模式,可通过碳汇开发、碳资产经营等方式,实现减排与产值倍增。

5 碳中和背景下的发展趋势

5.1 政策驱动路径

党的二十大报告将碳达峰碳中和纳入中国式现代化的战略部署,标志着“双碳”工作进入法治化、制度化的新阶段。国务院发布的《2030年前碳达峰行动方案》明确提出要求严格控制钢铁、建材、化工等高耗能高排放项目,大力推进CCUS示范工程,力争到2030年实现750万吨的年利用量。在此背景下,CO₂作为关键的碳资源,亟须完善顶层设计,强化要素保障,推动相关减排技术与产业政策进一步完善,形成全产业链协同治理新格局。产业界应准确把握碳达峰、碳中和重大机遇,坚持创新驱动与开放合作相结合,加快构建建产学研用一体化的CO₂资源化利用新生态,推动形成引领全球的中国方案。

5.2 技术融合方向

新一轮科技革命为CO₂减排与资源化利用带来新的突破口。未来应立足自主创新,聚焦产业“卡脖子”难题,重点突破高效捕集、长距离输送、精准利用等关键核心技术。在源头减排方面,大力发展富氧燃烧、化学链燃烧、超临界CO₂发电等新型燃烧技术,最大限度降低CO₂排放;在过程控制方面,发展膜法捕集、压缩液化等新型分离技术,实现CO₂的低成本规模化富集;在末端利用方面,创新CO₂矿化利用、生物转化等新工艺新方法,拓宽减排空间。同时,要加强部署负排放技术攻关,在可再生能源制氢、CO₂直接空气捕集等领域抢占先机,构筑碳中和技术体系。数字化、智能化技术在CO₂监测、运输、利用等环节广泛应用,将极大提升碳资源配置效率。

5.3 市场规模预测

国内CCUS市场正在快速启动。自2021年“双碳”目标提出以来,各地纷纷出台CCUS产业支持政策,一大批项目蓄势待发。就技术路线而言,化工利用与油气驱采将成为短期重点,地质封存与矿化利用市场潜力巨大。以冷排放

为代表的新技术新模式将强劲带动二氧化碳资源化应用。在当前能源电力、化工、建材等行业已建成投运的燃煤/燃气设施中,若10%采用冷排放改造,预计到2025年可形成近700万吨CO₂减排能力;若在新上钢铁、水泥项目中规模化应用,有望在2060年实现10亿吨CO₂的减排增汇。

5.4 碳博弈战略价值

CO₂减排与资源化利用是各国参与全球气候治理博弈的制高点。发达国家纷纷将CO₂捕集利用与封存上升至国家战略,抢占产业发展先机。美国通过45Q税收抵免大幅降低了企业投资CCUS的成本风险,建立了全球规模最大的CO₂管道网络,形成了从CO₂源头到利用终端的完备产业链;欧盟正在大力推进北海CO₂地质封存,力争到2030年建成1.5亿吨/年的储存中心,并通过碳关税调节机制重塑全球贸易规则。对标国际领先水平,我国在CCUS领域虽已具备后发优势,但高端装备、关键材料等仍存短板。

6 结语

CO₂规模化减排与资源化利用是实现碳中和目标的关键举措。本文在剖析传统CO₂利用途径的基础上,对冷排放技术的优化潜力、产业价值进行了系统阐述,展望了“双碳”背景下CO₂综合利用的发展路径。可以预见,伴随着能源结构调整、产业转型升级步伐的加快,CO₂将从单一的减排对象转变为宝贵的资源财富,在实现碳达峰、碳中和目标进程中发挥不可替代的作用。这就要求从国家战略高度,加强政策扶持和规划引导,大力发展冷排放等颠覆性CO₂减排利用技术,破除部门藩篱和利益藩篱,推动建立健全CO₂捕集利用一体化、制度规范完善配套的CCUS产业体系,为助力美丽中国建设、推动全球气候治理贡献“中国智慧”。

参考文献

- [1] 轩卫华,李进,冯俊.工业尾气中二氧化碳的综合利用进展与案例分析[J].再生资源与循环经济,2016,9(9):30-32.
- [2] 刘辰,王中原,于方.二氧化碳的综合利用技术及应用状况概述[J].绿色科技,2013,15(5):225-227.
- [3] 郑学栋.二氧化碳的综合利用现状及发展趋势[J].上海化工,2011,36(3):29-33.
- [4] 朱益飞.提升二氧化碳综合利用率实现节能减排[J].变频器世界,2016(8):57-59.
- [5] 刁保圣,顾欣,冯琰磊.大规模二氧化碳捕集及综合利用示范[J].锅炉技术,2021,52(6):76-80.

Prediction and evaluation of the impact of reservoir construction on downstream river ecosystem in semi-arid and arid areas

Xiaoli Sun

Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The construction of reservoir projects in arid and semi-arid regions, as an important means to alleviate water resource shortages and improve the water environment, has profound impacts on downstream river ecosystems. Reservoir storage and regulation not only alter the hydrological characteristics of rivers but may also lead to changes in water quality and loss of biological habitats. This study predicts and evaluates the impact of reservoir construction on downstream river ecosystems in arid and semi-arid regions, exploring its potential effects on hydrology, water quality, and biodiversity. It uses ecological impact prediction models to quantitatively analyze future trends. By integrating techniques such as hydrological simulation and ecological assessment models, this paper analyzes ecological responses under different scenarios, aiming to provide scientific evidence for the planning and management of reservoir projects, promoting the coordinated development of rational water resource utilization and environmental protection.

Keywords

reservoir engineering; arid and semi-arid areas; ecosystem; water quality change; ecological evaluation

干旱半干旱地区水库工程建设对下游河流生态系统影响的预测与评价

孙晓丽

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆乌鲁木齐市 830000

摘 要

干旱半干旱地区水库工程的建设, 作为缓解水资源短缺和改善水环境的重要手段, 对下游河流生态系统产生深远影响。水库蓄水与调度不仅改变了河流的水文特征, 还可能引发水质变化与生物栖息地的丧失。本研究通过预测与评价干旱半干旱地区水库工程建设对下游河流生态系统的影响, 探讨其对水文、水质及生物多样性的潜在影响, 并运用生态影响预测模型对未来变化趋势进行量化分析。本文综合运用水文模拟、生态评价模型等技术手段, 分析不同情境下的生态响应, 以期水库工程的规划与管理提供科学依据, 推动水资源合理利用与生态环境保护的协调发展。

关键词

水库工程; 干旱半干旱地区; 生态系统; 水质变化; 生态评价

1 引言

干旱与半干旱地区水资源的匮乏, 长期制约了当地的农业、工业及生活用水供应。水库工程作为解决这一问题的重要举措, 不仅能够有效储存和调节水资源, 还能在一定程度上改善区域的水环境。然而, 水库建设与运营对下游河流生态系统的影响却不可忽视。水库的蓄水、泄水及调度会显著改变河流的水文特征, 导致流量波动和水质变化, 从而影响水生生物的栖息地和生物多样性。鉴于此, 研究水库工程建设对下游生态系统的影响, 并为其可持续运营提供理论依

据与实践指导, 具有重要的学术价值与社会意义。本研究将重点分析水库建设前后生态系统的变化, 结合现有生态学理论与模型进行预测评估, 揭示水库建设对生态环境的潜在影响及相应的应对措施。

2 干旱半干旱地区水库工程建设的背景与必要性

干旱和半干旱地区的水资源面临严重的短缺问题, 这些地区降水量低, 水源补给不足, 常年干旱或季节性干旱现象严重。水资源的稀缺导致农业、工业、饮用水等多方面需求无法得到有效保障。气候变化的影响使得降水模式更加不可预测, 进一步加剧了水资源短缺的困境。水源的分布不均和干旱季节的持续性缺水, 使得这些地区的生态系统遭遇压力, 部分区域面临土地沙漠化、植被退化等生态问题。为了

【作者简介】孙晓丽(1983-), 女, 中国山东平度人, 硕士, 高级工程师, 从事水利工程生态环境研究。

应对这些挑战,水库工程的建设成为缓解水资源匮乏的重要手段。通过建设水库,可以蓄水储备,平衡季节性水量变化,为农业灌溉、工业生产、生活用水等提供稳定的水源。

3 水库工程建设对下游河流生态系统的潜在影响

水库的建设改变了河流的自然水文过程,尤其是在水流的调节和流量波动方面。水库蓄水使得下游的水流量在不同时期发生明显变化,部分季节性水流减少或完全中断,影响了河流生态系统的水文条件。这种变化可能导致生态系统失衡,水生植物和动物的生存环境发生改变,影响其繁殖、栖息及生长。流量的减小意味着沉积物的输送能力降低,河床结构和水体流速也会随之改变,进而影响鱼类及其他水生生物的栖息地。过度的水流调控可能导致下游生态系统无法适应这种水文变化,从而影响生物多样性和生态平衡。水文变化的长期积累效应,可能加剧生态系统的退化,甚至导致生态功能的丧失。

4 生态影响的预测与模型分析

4.1 生态影响预测的常用方法

生态影响的预测通常采用多种方法结合进行,以确保结果的科学性与准确性。常见的预测方法包括水文模型、生态学模型和地理信息系统(GIS)分析等。在水文模型中,通过分析水库建设前后流量的变化,研究人员能够预测水流对生态环境的影响。例如,使用HEC-HMS模型对水流的变化进行模拟时,研究表明流量的月度变化可达到30%的波动。生态学模型则用于模拟物种对水文变化的反应,常见的物种反应模型包括STELLA和SIMSE模型,这些模型能根据流量、温度等变量的变化模拟水生生物种群的增减。在使用GIS进行空间分析时,能够帮助研究人员评估不同水库建设方案对下游生态环境的影响,尤其是在水质和栖息地变化方面。通过以上模型的综合应用,研究人员能够得出预测结果,并提出相应的生态保护措施。

4.2 模型的构建与数据输入

在进行生态影响预测时,模型的构建与数据输入至关重要。通常,研究人员会选择适合目标区域和研究需求的模型。例如,在分析水库对水流和水质的影响时,常用的水文模型包括SWAT(Soil and Water Assessment Tool)和HEC-RAS模型。这些模型通过输入河流流量、降水量、蒸发量等基础数据,模拟水文条件变化。根据历史数据,流量的日均值可波动在150~250立方米每秒之间。水质模型如QUAL2K则可通过输入水温、溶解氧、总氮总磷等参数,预测水体富营养化的趋势。在生态学模型构建中,输入的数据包括生物种群数量、物种的栖息需求及生物多样性指数等。例如,输入某区域的水温变化范围为5℃~25℃,通过模型可以预测不同温度变化对物种生存的影响。正确选择和输入这些数据,是确保模型预测结果准确性和可靠性的基础。此外,在水质变化的预测上,模拟模型可能高估了污染物浓度的升高,实际监测数据显示,水库周围的污染物浓度

变化较小,变化幅度仅为10%~15%。这表明预测模型对于水质变化的反应可能过于敏感。通过与实际数据的对比,能够发现模型的局限性,并对预测方法进行调整,确保未来研究中生态影响预测的准确性和科学性。

5 水库工程建设对生态系统影响的评价指标

5.1 生态环境健康度指标

生态环境健康度指标是衡量水库工程对生态系统影响的重要工具。该指标综合考虑了水库建设对水质、水量及生态环境整体功能的影响,主要通过水质、植被覆盖率和土壤质量等方面来评估。根据研究数据,水库建设前后,水体透明度平均下降了20%,而植被覆盖率在水库影响区降低了10%。生态环境健康度的评估通常包括水温、溶解氧、pH值等参数,这些指标能够反映水体的自净能力与生态健康水平。例如,水库区域的溶解氧浓度下降了15%,而pH值变化幅度为0.5,表明水库对水体生态系统的影响较为显著。通过生态健康度指数的计算,可以量化水库建设对生态环境的损害程度,进而为生态恢复措施的实施提供科学依据。

5.2 水质评价指标

水质评价指标用于反映水库建设对水体质量的影响,主要通过监测水体中的化学和物理指标,如溶解氧、氨氮、总磷和COD(化学需氧量)等。在某研究中,水库建设前后,水体的COD浓度平均增加了18%,而总磷浓度则上升了25%。这些变化表明水库建设可能导致水质的富营养化,进而影响水生生物的生存环境。溶解氧的降低也是水质评价中的重要指标,其变化直接影响水生生物的生长状况。研究表明,水库建设后溶解氧浓度下降了12%,这对鱼类和其他水生生物的生存构成威胁。此外,氨氮含量的增加可能导致水体的毒性增强,对生态系统造成进一步压力。水质评价通过对这些关键指标的跟踪和分析,能够有效评估水库建设带来的水质变化及其对下游生态系统的影响,图1为大坝对河流生态系统的环境影响指标与内容。

6 应对措施与优化策略

6.1 改善水库运营管理与生态调度

水库的运营管理和生态调度对减轻水库建设对下游生态系统的负面影响具有重要作用。通过科学的水库调度方案,可以确保在保证水库功能的前提下,水流的变化尽量接近自然流量,从而减少对下游生态环境的冲击。优化的水库运营管理应当结合实时水文监测数据,合理安排水库的蓄水、调度和放水计划,避免过度调节水位,减少流量波动。研究表明,调整水库出水量的方式,采取季节性调度,可以在保持农业灌溉和城市供水需求的同时,缓解水流变化带来的生态压力。例如,在干旱季节适当增加下游水流,维持生态系统所需的水位,从而支持水生生物种的栖息。通过精确的水库管理和灵活的生态调度,能够有效减轻水库建设对下游河流生态系统的长期负面影响,保障生态平衡。

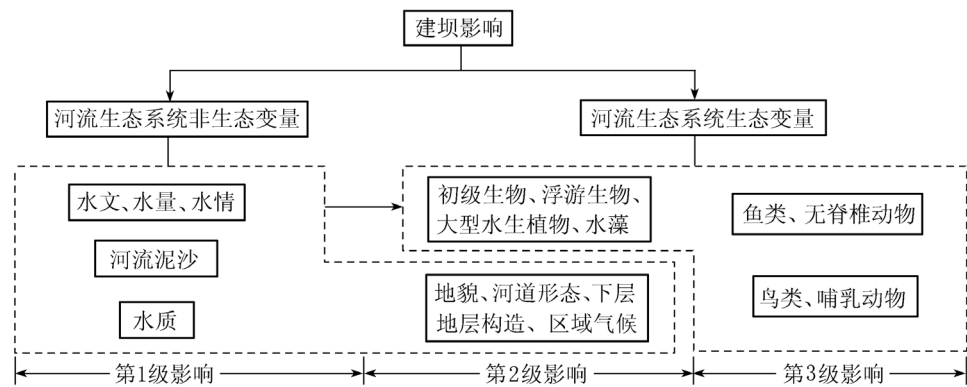


图 1 大坝对河流生态系统的环境影响指标与内容

6.2 生态恢复与水生生物栖息地保护

水库建设可能导致部分水生生物栖息地的丧失，因此，加强生态恢复和栖息地保护至关重要。通过恢复受影响区域的生态功能，能够为水生生物提供更好的栖息环境。首先，应当对水库建设区域的水生植物进行恢复，特别是对那些依赖于湿地和水草的鱼类进行栖息地重建。其次，可以通过人工增殖水生生物种群，例如鱼类放流、人工湿地建设等方式，增强生态系统的稳定性。此外，改善水质也是保护水生生物栖息地的重要环节，采取生态过滤、湿地水质净化等手段，减少水体污染。通过采取一系列生态恢复措施，能够促进水生生物的多样性恢复，改善下游河流生态环境，使生态系统逐步回归到原生态状态，从而实现水库与生态的和谐共存。

6.3 政策与法规支持的优化路径

水库建设与生态保护的协调发展离不开政策和法规的支持。政府应当制定严格的生态保护政策，在水库规划、建设和运营过程中强化生态影响评估与监测，确保生态环境的可持续性。应建立水库环境保护法规，明确水库建设对生态系统的责任和法律义务，建立生态补偿机制，对受到影响的区域进行生态恢复投资。通过政策支持，推动水库工程管理与生态保护的统一规划和实施。同时，政府还应加强对水库运营的监管，确保各项生态调度和恢复措施的落实。此外，政府应加大对科技研究的资金支持，鼓励水库与生态保护技术的创新，推动水库生态环境影响的科学评估与优化。通过政策与法规的共同支持，能够为水库建设和生态保护的协调发展提供有力保障，确保可持续的生态环境管理。

7 结语

在干旱半干旱地区，水库工程建设是解决水资源短缺问题的关键措施。然而，水库建设对下游河流生态系统产生的影响不可忽视，特别是对水文变化、水质变化及生物栖息地的影响。因此，必须采取有效的生态调度和管理策略，以减少生态损害并促进水库与生态环境的协调发展。通过合理的水库运营管理、生态恢复和栖息地保护，可以有效缓解水库建设对生态系统的负面影响。同时，政策和法规的支持是确保水库生态保护措施顺利实施的重要保障。面对未来的挑战，需要在水库建设过程中加强科学评估与监测，创新生态保护技术，确保水库建设不仅满足人类需求，还能维护生态系统的健康和稳定。只有通过全方位的优化策略，才能实现水资源的可持续利用与生态环境的和谐共存。

参考文献

[1] 樊咏阳,万中宇,墨运涛.干旱缺水地区县级水资源高效利用与配置研究[A].2024中国水利学术大会论文集(第三分册)[C].中国水利学会、西安理工大学:2024:225-230.

[2] 江文,李慧.气候变化使美国水库蓄水量显著减少[J].水利水电快报,2024,45(10):2.

[3] 赵萌,李婷.多水源联合调配在西北干旱半干旱地区的探究[J].陕西水利,2024,(02):33-35+38.

[4] 王昊,刘荡平.西北干旱地区某水库渗漏原因分析及处理措施建议[J].甘肃水利水电技术,2023,59(05):46-49+55.

[5] 李臻,张维蓉.干旱半干旱地区大型水利枢纽工程初期蓄水特征分析及供水保障对策研究[J].水利规划与设计,2023,(01):3-7+90.

Environmental risks and countermeasures for low permeability oil and gas field development

Xiaodong Ge Qin Zhuo Ye Chen

Technical Monitoring Center, Changqing Oilfield Branch, Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract

Due to the unique characteristics of low-permeability oil and gas fields, their development may bring severe environmental risks. The main risks include groundwater contamination, surface facility leaks, and improper wastewater treatment. In response to these risks, this paper proposes a series of strategies. First, advanced drilling techniques and equipment should be used to minimize groundwater pollution as much as possible. Second, maintenance and monitoring of facilities should be strengthened to prevent leakage incidents. Finally, advanced wastewater treatment technologies should be adopted to effectively reduce the impact of wastewater on the environment. The implementation of these strategies can effectively lower the environmental risks associated with the development of low-permeability oil and gas fields, protect the ecological environment, and achieve sustainable development.

Keywords

low permeability oil and gas field; environmental risk; coping strategy

低渗透油气田开发的环境风险及应对策略

革晓东 卓琴 陈烨

长庆油田分公司技术监测中心, 中国·陕西 西安 710018

摘 要

由于低渗透油气田的特殊性, 其开发过程中可能带来严重的环境风险。主要风险包括地下水污染、地面设施泄漏及废水处理不当等。针对这些风险, 本文提出了一系列应对策略。首先, 采用先进的钻井工艺和设备, 尽可能减少对地下水的污染。其次, 加强设施的维护和监控, 防止泄漏事故的发生。最后, 采用先进的废水处理技术, 有效地减少废水对环境的影响。以上策略的实施, 可有效降低低渗透油气田开发的环境风险, 保护生态环境, 实现可持续开发。

关键词

低渗透油气田; 环境风险; 应对策略

1 引言

低渗透油气田, 因其储层物性的特殊性, 有着巨大的开发潜力和挑战性。然而, 随着我国对传统油气田的开发日趋深入, 开发过程中的环境风险问题逐渐显现, 主要体现为地下水污染、地面装置泄露以及废水处理不当等, 这些环境风险不仅滋生大面积的生态环境破坏风险, 也会对人类生活产生负面影响。有鉴于此, 探索低渗透油气田开发的环境风险应对策略, 已经确立为当前油气田开发领域关注的焦点。

2 概述

2.1 低渗透油气田的定义及特性

低渗透油气田通常指储层渗透率极低的油气藏, 这一特性使其储层流体流动困难, 开发挑战较大^[1]。一般而言,

低渗透储层的渗透率小于 0.1 毫达西, 因而需要采用特殊的增产措施才能有效开发。其主要特性包括致密的岩石结构和低孔隙度, 这导致流体在储层中的流动受限, 须借助增产技术如压裂或酸化等手段进行开采。低渗透油气田往往分布在复杂的地质构造区, 这进一步增加了开发的难度和成本。

由于这一特殊性, 低渗透油气田在开发过程中面临着更加显著的环境风险。这些风险主要源于开发过程中的技术操作复杂化、设备使用频繁以及产生的废弃物处理问题等。这类油气田通常需要高强度的压裂作业和化学剂使用, 这无疑加剧了潜在的污染风险。例如, 压裂过程中使用大量的水及化学试剂可能导致地下水污染, 尤其在地质分层复杂的区域, 污染路径更加难以预测和控制。大规模设施建设和运行也带来了设备老化、泄漏等问题, 废水处理不到位可能引发二次污染。

2.2 开发低渗透油气田的意义

开发低渗透油气田具有重要的经济和社会意义。在经济层面上, 低渗透油气田通常拥有丰富的油气资源, 通过合

【作者简介】革晓东 (1980-), 男, 中国甘肃天水人, 本科, 工程师, 从事油气田环境保护研究。

理的开发可以显著提高油气产量,从而推动能源供给,支撑经济发展。这些油气田虽然开发难度较高,但随着技术的进步,开发成本逐渐下降,具备较大的经济潜力。低渗透油气田的开发有助于提高能源的自给能力,减少对外能源依赖,增强国家能源安全。从社会层面来看,低渗透油气田的开发能够带动相关产业链的发展,如钻井技术和设备制造、废水处理技术应用等,从而创造就业机会,推动地方经济增长。通过对低渗透油气田的开发,促进了先进技术的应用与研究,这不仅推动了科技进步,也提高了行业整体的可持续发展能力。在环境层面,尽管低渗透油气田的开发存在一定挑战,但通过采取有效环境保护措施,可实现油气资源的合理开发与生态环境的协调发展^[2]。

3 低渗透油气田开发的环境风险

3.1 地下水污染

低渗透油气田开发过程中,地下水污染是一个关键的环境风险。低渗透地层通常具有较低的孔隙度和渗透性,这使得油气开采过程更为复杂和具有挑战性。开发过程中,常见的污染源主要来自钻井液、完井液以及其他化学添加剂。这些物质可能在钻探过程中渗入地下水系统,导致水质的恶化。在低渗透油气田中,由于岩层的天然屏障功能不足,地下水污染的风险可能更高。开采过程中可能会产生裂缝和未预计的泄漏路径,加剧污染的风险。为了降低此类风险,需要对钻井工艺进行严格控制,确保所有操作符合环保标准,并监测地下水质量以便及早发现问题。进一步,技术手段的优化,如使用环保型钻井液以及密闭式井下作业系统,可以在源头上减少对地下水的潜在污染。应加强对潜在污染路径的风险评估和监控,确保水资源的安全,减少环境风险对生态系统的不良影响。

3.2 地面设施泄漏

地面设施泄漏是低渗透油气田开发过程中一个显著的环境风险。由于油气田开发需要建设和维护大量的地面设施,如井口设备、管道和储存装置等,这些设施的恶化或操作不当可能导致泄漏事故的发生。设施泄漏不仅会导致油气资源的浪费,还可能造成土壤污染和空气污染,进而影响周边生态系统和人类健康。设备材料的老化、连接处的松动,以及由于外部条件而导致的设施损坏都是泄漏事故的潜在因素。为了防止地面设施泄漏带来的环境风险,需加强对设施的定期检查和维修,并采用抗腐蚀材料和漏报系统,及时检测和修复可能的泄漏点,从而有效控制泄漏风险。这些措施能够显著减少泄漏事故的发生率,保护环境安全。

3.3 废水处理不当

废水处理不当是低渗透油气田开发中一项重要的环境风险。由于低渗透油气田的特殊结构,在生产过程中产生的大量废水往往含有高浓度的有机物、重金属和其他污染物。这些废水若未经过充分处理直接排放,可能会对周围土

壤和水体造成严重污染,影响生态系统的平衡和人类健康。不当的废水处理还可能导致资源的浪费和经济损失。必须严格规范废水处理流程,确保处理后污水达到环保排放标准,以降低环境风险。

4 应对策略概述

4.1 先进钻井工艺与设备的应用

在低渗透油气田开发中,先进钻井工艺与设备的应用是减轻环境风险的重要策略之一。该策略通过优化钻井技术来降低对地下水可能造成的污染风险。采用定向钻井和水平钻井等技术,可以最大限度地减少对环境的扰动。使用封闭式泥浆循环系统及环保型钻井液,有效控制钻井过程中切割物和化学物的释放,降低地层污染风险。先进钻井设备的引入,如智能化钻井平台和实时监测系统,不仅提高了钻井效率,也为环境风险的实时监控提供了支持。在钻井过程中,应用具有隔离功能的高性能套管及水泥浆技术,有助于确保钻井过程中地层的完整性,防止污染物渗入地下水系统。

4.2 设施维护与监控加强

设施维护和监控的加强是降低低渗透油气田开发环境风险的重要策略。通过定期检查和维修油气田地面设施,确保设备的正常运行和完好状态,减少因设备故障引发的泄漏事故可能性。采用智能监控系统实时监控设施的运行情况,可以及时发现潜在隐患并迅速采取措施。监控系统应包括传感器和数据分析工具,以便于对温度、压力及流量等关键参数进行实时监控,进而预防泄漏事故的发生。还应建立完善的应急响应机制,以快速高效地处理突发事件。加强员工的培训和演练,提升其应对突发泄漏事故的能力,对于减少环境风险具有重要作用。

4.3 先进废水处理技术的采用

先进废水处理技术在低渗透油气田开发中具有重要作用。通过采用高效的过滤和分离技术,可显著去除废水中的悬浮物及油脂,从而降低对环境的危害。膜技术的应用如反渗透和超滤,无论在去除重金属还是在削减有机污染物方面,均表现出优异效果。生物处理技术在降解有机物和净化水质方面提供了可持续的解决方案,尤其在去除复杂化合物时展现出高效性。将以上各种技术进行组合使用,能够进一步提高废水处理的效率与效果,确保废水符合环保标准,减少对生态环境的影响。

5 应对策略实施效果与评估

5.1 减少地下水污染的成效

采用先进的钻井工艺和设备对减少地下水污染的效果进行了评估^[3]。通过引入高精度定向钻井技术和环保钻井液,有效降低了钻井过程中对地下含水层的干扰和污染风险。这些技术的应用,使得钻井过程更加严谨,减少了钻井液泄漏导致的地下水污染事件的发生。配备了实时监测系统,能够及时检测和处理潜在的污染源,进一步保障了地下水的安

全。在多个低渗透油气田开发项目中的应用表明,新技术的采用显著减少了因钻井作业导致的地下水污染事件发生率。环境监测数据显示,周边水质指标保持在国家标准范围内,与传统钻井方法相比,污染风险大幅降低。这一成效不仅体现了先进技术对环境保护的积极作用,还为未来类似项目提供了宝贵的技术参考和保障。

5.2 防止地面设施泄漏的措施效果

在低渗透油气田开发的过程中,地面设施泄漏的预防是降低环境风险的关键之一。通过对设施的日常维护及监控措施的加强,有效减少了泄漏事件的发生。具体的维护措施包括定期检查和更换损坏的管道和阀门,使用耐腐蚀材料加强设备的耐久性。采用实时监控系統对设施进行全天候监测,及时发现和处理潜在的泄漏隐患。应用传感器和自动化技术提高了对异常情况的响应速度。在设施周围设置防护措施,例如防漏池和双层管道,进一步提升了泄漏防护能力。评估结果显示,这些措施显著降低了地面设施的泄漏率,从而保护了周边生态环境,确保油气田的可持续发展。

5.3 废水处理技术提升环境保护的作用

废水处理技术在低渗透油气田开发中的应用有效地提升了环境保护的水平。应用先进的废水处理系统,包括膜过滤和生物处理技术,使得处理后的废水中污染物浓度显著降低,达到环保标准。通过持续监测和实时调整处理工艺,进一步优化废水处理效果,确保废水排放对周围生态环境的影响最小化。针对不同类型油气田的废水特性,技术调整实现了对重金属、化学需氧量和油类物质的高效去除。

6 结论与建议

6.1 研究总结

低渗透油气田的开发面临着诸多环境风险,从地下水污染、地面设施泄漏以及废水处理不当三个方面进行了深入分析,并提出了相应的策略以降低该类风险。低渗透油气田因其特殊性,在开发过程中容易对地下水造成污染,通过应用先进的钻井工艺和设备,可以有效减少污染源对地下水的侵袭。地面设施的安全性至关重要,设施泄漏不仅会直接影响当地生态环境,还可能对人类健康构成威胁,采用先进的维护和监控技术能够显著降低泄漏事故的发生概率。废水处理不当则是另一个重要的环境风险因素,通过先进的废水处理技术,降低废水中有害物质的浓度和排放,实现对环境更好保护。

实施措施后,研究显示地下水污染风险显著降低,地

面设施泄漏事故几率大幅减少,废水处理技术的提升有效减轻了对环境的不利影响。这些结果表明,通过采用前瞻性技术和强化管理措施,能够在低渗透油气田开发中实现与环境的协调发展。研究成果为进一步优化和完善油气田开发的环境管理体系提供了科学依据,促进了可持续开发理念的实践和推广。

6.2 建议及未来发展方向

在低渗透油气田的环境风险控制中,相关领域的专家需持续探索创新型技术与方法,以提高环境风险管理的整体水平。应加大对新型钻井技术的研发投入,力求创造出更加环保的钻井过程,进一步降低地下水污染的可能性。应推进设施预警监控系统的智能化与自动化,实现对潜在泄漏隐患的持续监测和快速响应,以保障设施运行的安全性和可靠性。在废水处理方面,研究人员需开发更高效、具有成本效益的处理系统,以确保废水能够被合理利用或安全排放,减轻其对生态环境的影响。与此加强多方合作和数据共享机制,以促进跨学科知识的整合,提升油气田开发的生态保护能力与可持续发展水平。

7 结语

本研究深入探讨了低渗透油气田开发过程中所面临的环境风险问题,并对如何有效应对这些风险提出了实用的策略。通过分析和研究,本文指出地下水污染、地面设施泄漏及废水处理不当等问题是低渗透油气田开发过程中的主要环境风险源,并提议采取先进钻井工艺与设备、加强设施维护监控、应用高效废水处理技术等措施,以减轻这些风险带来的不良影响。实施这些策略不仅有利于保护生态环境,也是促进低渗透油气田可持续发展的关键。然而,需认识到虽然本文提出了多项应对策略,实际操作中还存在一定的困难和挑战,如技术应用的可行性、成本控制以及监管制度的完善等。未来的研究需进一步深化对这些问题的探讨,优化策略实施方案,提高其效果的稳定性和持续性。综上所述,低渗透油气田的环境风险管理和应对策略的研究对于实现油气田的安全、高效与环境友好型开发具有重要意义。

参考文献

- [1] 刘斌.油气田企业直面低油价的对策思考[J].天然气技术与经济,2021,15(01):61-67.
- [2] 李秋实,章瑞,韩江,等.低渗透油气田场站无人值守技术研究[J].电子技术与软件工程,2023,(07):58-61.
- [3] 张化林.水平井压裂技术在低渗透油田开发中的研究与应用[J].化工设计通讯,2022,48(10):35-37+60.

Research on Effective Measures for Improving the Protection of Meteorological Detection Environment in the New Era

Xiaohua Tan

Guang'an Meteorological Bureau in Sichuan Province, Guang'an, Sichuan, 638000, China

Abstract

With the continuous development of the meteorological cause, the protection of the meteorological detection environment has become increasingly crucial for ensuring the accuracy, continuity, and representativeness of meteorological detection data. In the new era, meteorological detection is faced with many challenges such as the accelerated urbanization process and the intensification of human activities, and the work of protecting the meteorological detection environment urgently needs to be strengthened. By analyzing the current problems faced by the meteorological detection environment, and combining the characteristics and protection requirements of the meteorological detection environment, this paper explores effective measures to improve the protection of the meteorological detection environment from aspects such as the improvement of policies and regulations, planning and coordination, technological innovation, supervision and management, as well as publicity and education. The research shows that constructing a multi-dimensional and systematic protection system can effectively improve the protection level of the meteorological detection environment, ensure the stable development of meteorological detection work, and provide reliable data support for meteorological services, disaster prevention and mitigation, and other work.

Keywords

Meteorological Detection Environment; Protection Measures; Policies and Regulations; Planning and Coordination; Technological Innovation

新时期提升气象探测环境保护的有效措施研究

谭小华

四川省广安市气象局, 中国 · 四川 广安 638000

摘 要

随着气象事业的不断发展, 气象探测环境的保护对保障气象探测数据的准确性、连续性和代表性愈发关键。在新时期, 气象探测面临城市化进程加快、人类活动加剧等诸多挑战, 气象探测环境保护工作亟待加强。本文通过分析当前气象探测环境所面临的问题, 结合气象探测环境的特点与保护需求, 从政策法规完善、规划协调、技术创新、监督管理以及宣传教育等方面入手, 探讨提升气象探测环境保护的有效措施。研究表明, 构建多维度、系统化的保护体系, 能够有效提升气象探测环境的保护水平, 保障气象探测工作的稳定开展, 为气象服务和防灾减灾等工作提供可靠的数据支撑。

关键词

气象探测环境; 保护措施; 政策法规; 规划协调; 技术创新

1 引言

气象探测作为气象事业发展的基础, 是获取气象信息、开展气象预报和气候研究的重要前提。气象探测环境的优劣直接关系到气象探测数据的质量, 进而影响气象服务的准确性和有效性。在新时期, 随着全球气候变化研究的深入推进、气象防灾减灾需求的不断提升, 气象探测数据的准确性和可靠性愈发重要。

然而, 当前我国气象探测环境正面临着严峻的挑战。一方面, 快速的城市化和工业化进程导致气象探测站周边的

自然环境发生巨大变化。高楼大厦的建设、工业园区的扩张, 严重影响了气象探测仪器对风向、风速、日照等气象要素的准确监测, 使得气象探测数据出现偏差。例如, 在一些城市, 随着建筑物高度的不断增加, 风速仪所测得的风速明显低于实际风速, 影响了天气预报中风速的精准度。另一方面, 人类活动的加剧也对气象探测环境造成了干扰。道路建设、电磁设备的广泛使用等, 不仅破坏了气象探测站周边的原始地貌, 还产生了电磁干扰, 影响气象探测仪器的正常运行。此外, 部分地区对气象探测环境保护的重视程度不足, 缺乏有效的保护措施和管理机制, 进一步加剧了气象探测环境被破坏的风险。

加强气象探测环境保护, 是保障气象事业持续、稳定发展的必然要求, 也是提升气象服务能力、增强防灾减灾水

【作者简介】谭小华(1970-), 男, 中国四川广安人, 助理工程师, 从事气象探测研究。

平的重要基础。因此,深入研究新时期提升气象探测环境保护的有效措施,具有重要的现实意义和紧迫性。本文将通过对气象探测环境保护现状的分析,探讨切实可行的保护措施,为气象探测环境的保护工作提供参考和借鉴。

2 气象探测环境现状与问题分析

2.1 城市化与工业化的影响

城市化进程的加速使得城市规模不断扩大,城市建筑密度急剧增加。气象探测站原本处于相对开阔的区域,但随着城市的发展逐渐被高楼大厦包围。以北京、上海等一线城市为例,部分早期建设的气象探测站在城市扩张过程中,周边建筑物高度不断攀升,严重影响了气象探测仪器对气象要素的正常监测。根据相关研究数据,当建筑物高度超过气象探测仪器高度的一定比例时,风向、风速的监测误差会显著增大,导致气象数据失真。

工业化的推进带来了大量的工业园区和工厂,这些区域排放的污染物不仅对大气环境造成污染,还会影响气象探测仪器的性能和使用寿命。例如,一些化工厂排放的腐蚀性气体,会对气象探测仪器的金属部件造成腐蚀,影响仪器的准确性和稳定性。同时,工业园区的热源排放也会改变局部小气候,干扰气象探测数据的真实性。

2.2 人类活动干扰

道路交通建设的不断发展,使得气象探测站周边的道路增多、车流量增大。车辆行驶过程中产生的震动、扬尘等,会对气象探测仪器产生干扰,影响数据的准确性。例如,靠近公路的气象探测站,车辆经过时产生的震动会使土壤发生微小位移,影响土壤湿度等气象要素的监测。此外,一些地区在气象探测站周边进行的工程建设活动,如开挖、填土等,直接破坏了气象探测站的原始地貌,改变了气象探测环境。

随着电子信息技术的广泛应用,各种电磁设备在人们生活和工作中大量使用。然而,这些电磁设备产生的电磁辐射会对气象探测仪器的电子元件造成干扰,导致仪器出现数据异常、误报等问题。例如,在一些通信基站密集的区域,气象探测站的雷达设备经常受到电磁干扰,影响了雷达回波数据的准确性,进而影响气象预警的及时性和准确性。

2.3 保护意识与管理机制不足

部分地方政府和相关部门对气象探测环境保护的重要性认识不足,在城市规划、土地开发等工作中,没有充分考虑气象探测环境的保护需求,导致气象探测环境被破坏。同时,公众对气象探测环境保护的意识也较为淡薄,在气象探测站周边进行违规建设、破坏探测设施等行为时有发生。

在管理机制方面,目前气象探测环境保护的法律法规体系尚不完善,存在法律条款不具体、处罚力度不够等问题。此外,气象部门与其他部门之间的协调沟通机制不健全,在处理气象探测环境保护问题时,存在职责不清、推诿扯皮等

现象,影响了气象探测环境保护工作的开展效率。

3 新时期气象探测环境保护的重要性

3.1 保障气象数据质量

准确、可靠的气象数据是气象预报、气候研究和气象服务的基础。良好的气象探测环境能够确保气象探测仪器获取真实、有效的气象信息,为气象预报提供准确的数据支持。例如,在暴雨、台风等灾害性天气的预报中,精确的气象数据能够提高预报的准确率,提前发出预警信息,为防灾减灾工作争取宝贵的时间,减少人员伤亡和财产损失。

3.2 服务社会经济发展

气象服务与社会经济发展密切相关。农业生产、交通运输、能源供应等多个领域都依赖气象服务来指导生产和运营。优质的气象探测数据能够为这些行业提供精准的气象信息,帮助企业合理安排生产计划、降低运营风险,促进社会经济的健康发展。例如,在农业生产中,准确的气象预报可以指导农民合理安排播种、灌溉、施肥等农事活动,提高农作物产量和质量。

3.3 推动气象事业发展

气象探测环境的保护是气象事业可持续发展的重要保障。只有保护好气象探测环境,才能不断提升气象探测技术水平,推动气象事业的创新发展。随着气象探测技术的不断进步,对气象探测环境的要求也越来越高。良好的探测环境能够为新技术、新设备的应用提供条件,促进气象探测技术的更新换代,提升我国气象事业的整体水平。

4 提升气象探测环境保护的有效措施

4.1 完善政策法规体系

①制定专项法律法规:国家应加快制定专门的气象探测环境保护法律法规,明确气象探测环境的保护范围、保护标准和禁止行为。对破坏气象探测环境的行为制定具体、明确的处罚条款,加大处罚力度,提高违法成本。例如,规定对违规建设、破坏气象探测设施等行为,除了给予经济处罚外,还可以追究相关责任人的刑事责任。

②细化地方性法规:各地方政府应根据本地实际情况,制定相应的实施细则和地方性法规,将气象探测环境保护纳入地方经济社会发展规划和城乡规划。明确各部门在气象探测环境保护工作中的职责和分工,建立健全协调联动机制,确保气象探测环境保护工作落到实处。

4.2 加强规划协调

①做好气象探测站选址规划:在新建气象探测站时,应充分考虑气象探测环境的要求,科学合理地进行选址。选址过程中,气象部门要与规划、国土等部门密切配合,对选址区域的地形地貌、周边环境、未来发展规划等进行全面评估,确保所选地址符合气象探测环境的保护标准。同时,要预留足够的发展空间,避免未来因周边建设导致探测环境被破坏。

②加强城乡规划与气象探测环境保护的衔接：在城乡规划编制过程中，将气象探测环境保护作为重要内容，明确气象探测站周边的禁建区域和控制区域。对可能影响气象探测环境的建设项目，要进行严格的气象环境影响评估，确保建设项目不会对气象探测环境造成破坏。例如，在气象探测站周边一定范围内，禁止建设高层建筑、大型工厂等对气象探测有影响的项目。

4.3 推进技术创新

①研发新型探测设备：加大对气象探测技术的研发投入，鼓励科研机构和企业研发适应复杂环境的新型气象探测设备。这些设备应具有抗干扰能力强、精度高、稳定性好等特点，能够在恶劣的探测环境中正常工作。例如，研发具有抗电磁干扰功能的气象雷达设备，提高雷达在电磁环境复杂区域的探测能力。

②应用智能化监测技术：利用物联网、大数据、人工智能等技术，建立气象探测环境智能化监测系统。通过在气象探测站周边部署各类传感器，实时监测气象探测环境的变化情况，如建筑物高度变化、电磁辐射强度变化等。一旦发现异常情况，系统能够及时发出预警信息，以便相关部门采取措施进行处理。

4.4 强化监督管理

①建立健全监督管理机制：气象部门要加强对气象探测环境的日常监督管理，建立定期巡查制度，及时发现和处理气象探测环境存在的问题。同时，要充分发挥社会监督的作用，设立举报电话和举报邮箱，鼓励公众对破坏气象探测环境的行为进行举报。

②加强部门协作：气象部门要与环保、城管、公安等部门建立密切的协作机制，形成工作合力。在处理气象探测环境保护问题时，各部门要各司其职、相互配合，共同打击破坏气象探测环境的违法行为。例如，环保部门负责对气象探测站周边的环境污染问题进行治理，城管部门负责对违规建设行为进行查处，公安部门负责对破坏气象探测设施的违法行为进行打击。

4.5 加强宣传教育

①开展面向公众的宣传活动：通过电视、广播、报纸、网络等媒体，广泛宣传气象探测环境保护的重要性和相关法律法规知识，提高公众的环保意识和法律意识。例如，制作气象探测环境保护宣传短片，在电视台和网络平台播放；开展气象探测环境保护知识讲座，深入社区、学校、企业进行宣传。

②加强对政府部门和相关工作人员的培训：定期组织政府部门和相关工作人员参加气象探测环境保护培训，提高他们对气象探测环境保护工作的认识和重视程度，增强他们的工作中保护气象探测环境的意识和能力。例如，对规划部门的工作人员进行气象探测环境保护知识培训，使其在城市规划工作中能够充分考虑气象探测环境的保护需求。

5 结语

综上所述，在新时期，气象探测环境保护工作面临着诸多挑战，但其重要性不容忽视。气象探测环境的保护是保障气象数据质量、服务社会经济发展、推动气象事业进步的关键环节。通过完善政策法规体系，能够为气象探测环境保护提供法律依据和制度保障；加强规划协调，可从源头上避免气象探测环境被破坏；推进技术创新，有助于提升气象探测设备在复杂环境下的工作能力；强化监督管理，能够及时发现和解决气象探测环境存在的问题；加强宣传教育，则能提高全社会对气象探测环境保护的重视程度。

未来，应进一步加强气象探测环境保护工作，持续完善和落实各项保护措施，建立长效保护机制。同时，要不断适应时代发展的需求，积极探索新的保护理念和方法，推动气象探测环境保护工作向更高水平发展，为我国气象事业的繁荣和社会经济的可持续发展提供坚实的保障。只有全社会共同参与、各部门协同合作，才能切实提升气象探测环境保护水平，确保气象探测工作的顺利开展，为气象服务和防灾减灾等工作提供更加准确、可靠的数据支持。

参考文献

- [1] 新形势下关于加强气象探测环境保护工作的几点思考[J]. 蔡江涛;陈海波;张银;陈志霞.湖北农机化,2019(05)
- [2] 浅谈气象探测环境保护工作[J]. 李奇志;胡英超;秦芬.农业与技术,2018(13)
- [3] 新时期如何做好气象探测环境保护[J]. 于伟娟.科技风,2014(22).
- [4] 城市发展对气象探测环境的影响分析. 袁缘;全格平;韩光坤;王丹;陈友焱.农业灾害研究,2024(10)
- [5] 关于气象探测环境保护工作的几点思考[J]. 王伟.农技服务, 2013(03)
- [6] 气象探测环境现状及保护措施的探讨[J]. 张国华;关彦华;郭艳岭.气象与环境学报,2012(03)
- [7] 气象探测环境和设施保护措施[J]. 皮艳萍;王继凤;蔡敬东;张福;郭家旭.现代农业科技,2010(07)

Study on the application strategy of ecological environment monitoring technology in air pollution prevention and control

Qingwang Li Qiang Li*

Xinjiang Uygur Autonomous Region Ecological Environment Monitoring Station, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

With the acceleration of industrialization and urbanization, air pollution has become increasingly severe, posing a serious threat to human health and ecological balance. Environmental monitoring technology plays a crucial role in air pollution control, and precise and efficient monitoring is the foundation for formulating scientific prevention and control strategies. This paper analyzes the current state of air pollution, detailing the principles, characteristics, and application strategies of various environmental monitoring technologies in air pollution control, aiming to provide strong technical support and decision-making basis for improving the level of air pollution control.

Keywords

air pollution prevention and control; ecological environment monitoring technology; application strategy

大气污染防治中生态环境监测技术的运用策略研究

李青旺 李强*

新疆维吾尔自治区生态环境监测总站, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

随着工业化与城市化进程的加速, 大气污染问题日益严峻, 严重威胁人类健康与生态平衡。生态环境监测技术在大气污染防治中发挥着关键作用, 精准、高效的监测是制定科学防治策略的基础。本文剖析大气污染现状, 详细阐述多种生态环境监测技术的原理、特点及其在大气污染防治中的运用策略, 旨在为提升大气污染防治水平提供有力的技术支持与决策依据。

关键词

大气污染防治; 生态环境监测技术; 运用策略

1 引言

大气作为人类生存的基本环境要素, 其质量关系人类的健康和社会的可持续发展。近年来, 由于工业废气排放、机动车尾气污染、煤炭燃烧等多种因素, 全球大气污染问题愈发突出。以我国为例, 部分城市频繁出现雾霾天气, 空气中可吸入颗粒物 (PM₁₀)、细颗粒物 (PM_{2.5})、二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x) 等污染物浓度超标, 给人们的生活带来诸多不便, 也对生态系统造成严重破坏。生态环境监测技术对大气污染物的实时监测、数据分析, 准确把握大气污染状况, 为制定针对性的防治措施提供科学依据, 在大气污染防治工作中占据着不可或缺的地位。

2 大气污染现状分析

2.1 主要污染物及危害

大气污染物种类繁多, 其中 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 是影响空气质量的重要污染物。PM_{2.5} 指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 2.5 微米的颗粒物, 因其粒径小, 能深入人体肺部, 甚至进入血液循环系统, 引发呼吸系统疾病、心血管疾病等, 对人体健康危害极大。PM₁₀ 是指空气动力学当量直径小于等于 10 微米的颗粒物, 虽然粒径相对较大, 但也会刺激呼吸道, 导致咳嗽、气喘等症状, 长期暴露同样会损害人体健康^[1]。

二氧化硫 (SO₂) 主要来源于含硫燃料的燃烧, 是形成酸雨的主要成分之一。酸雨会破坏土壤结构、损害农作物生长、腐蚀建筑物和文物古迹等, 对生态环境和人类社会造成多方面的负面影响。氮氧化物 (NO_x) 主要来自机动车尾气排放和工业生产过程, 不仅会形成酸雨, 还会在光照条件下与挥发性有机物发生反应, 产生光化学烟雾, 刺激眼睛和呼吸道, 影响人体健康, 同时对植物生长也有抑制作用。

【作者简介】李青旺 (1994-), 女, 中国甘肃兰州人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境监测研究。

【通讯作者】李强 (1978-), 男, 中国河南新蔡人, 本科, 工程师, 从事生态环境监测方面研究。

2.2 大气污染的时空分布特征

从空间分布来看,大气污染呈现出明显的区域性差异。在工业化程度高、人口密集的城市地区,如京津冀、长三角、珠三角等经济发达地区,由于工业企业集中、机动车保有量大,大气污染物排放量大,空气质量相对较差。而在一些偏远的农村地区和自然保护区,工业活动较少,大气污染物排放相对较低,空气质量较好^[2]。

在时间分布上,大气污染状况也存在季节性变化。以我国北方地区为例,冬季由于取暖需求增加,煤炭燃烧量大幅上升,加上不利的气象条件,如静稳天气增多,空气流动性差,导致大气污染物容易积聚,PM_{2.5}、SO₂等污染物浓度明显升高,雾霾天气频发。而在夏季,降水较多,大气污染物容易被冲刷清除,且大气扩散条件较好,空气质量相对较好。

3 生态环境监测技术概述

3.1 传统监测技术

传统的大气污染生态环境监测技术主要包括手工监测和自动监测。手工监测是人工采集大气样品,然后带回实验室进行分析检测。使用滤膜采样法采集空气中的颗粒物,通过重量法测定PM₁₀和PM_{2.5}的质量浓度;采用溶液吸收法采集二氧化硫、氮氧化物等气态污染物,利用分光光度法、化学发光法等进行分析检测。手工监测的优点是设备成本相对较低,检测结果准确性较高,但存在采样频率低、时效性差、劳动强度大等缺点;自动监测则是利用自动化的监测设备,对大气污染物进行连续实时监测。常见的自动监测设备有空气质量自动监测站,它可以实时监测PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO_x、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)等多种污染物的浓度,并通过数据传输系统将监测数据实时传输到监测中心。自动监测具有监测频率高、时效性强、数据连续性好等优点,但设备投资大、维护成本高,且对监测环境要求较高^[3]。

3.2 新兴监测技术

随着科技的不断进步,一些新兴的生态环境监测技术在大气污染防治中得到广泛应用。卫星遥感监测技术通过搭载在卫星上的传感器,对地球表面进行大范围、长时间的观测,获取大气污染物的空间分布信息。利用卫星遥感监测全球范围内的二氧化硫、氮氧化物、臭氧等污染物的浓度分布情况,为全球大气污染防治提供宏观数据支持(图1)。卫星遥感监测具有监测范围广、时效性强、不受地面条件限制等优点,但对传感器精度要求高,数据处理复杂,且难以获取地面详细信息;无人机监测技术近年来发展迅速,携带多种监测设备,如气体传感器、颗粒物监测仪等,对特定区域的大气污染状况进行低空、近距离监测。无人机监测具有灵活性高、机动性强、成本相对较低等优点,能够快速到达监测现场,获取实时监测数据,尤其适用于对一些复杂地形或突发污染事件的监测。但无人机监测受飞行时间、载荷能力

等限制,监测范围相对较小;此外,物联网监测技术将大量的传感器节点分布在监测区域,实现对大气污染物的全方位、实时监测。传感器节点可以实时采集大气污染物浓度、气象参数等信息,并通过无线通信技术将数据传输到云平台进行存储和分析。物联网监测具有监测范围广、数据量大、智能化程度高、可实现远程监控等优点,能够为大气污染防治提供更加全面、准确的数据支持^[4]。

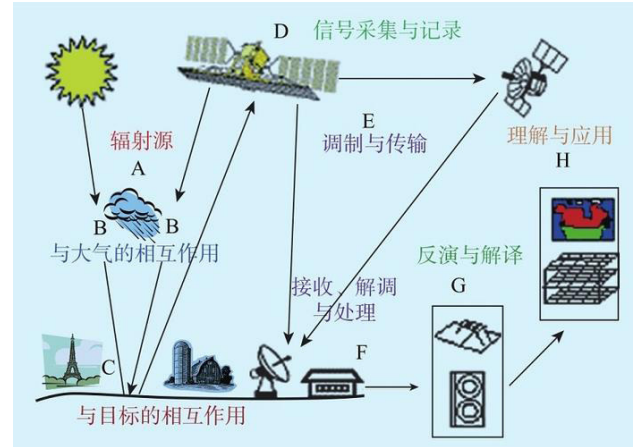


图1 大气污染卫星遥感监测

4 生态环境监测技术在大气污染防治中的运用策略

4.1 构建全面的监测网络

为对大气污染的全面、准确监测,需要构建多层次、多维度的监测网络。在城市区域,加密空气质量自动监测站的布局,确保覆盖城市的各个功能区,如工业区、商业区、居民区、交通枢纽等,实时掌握城市不同区域的大气污染状况。在农村地区和偏远山区,设置一定数量的监测站点,结合卫星遥感监测和无人机监测技术,弥补地面监测站点不足的问题,实现对大气污染的大范围监测。同时,利用物联网技术,将各类监测设备和传感器节点连接成网,实现数据的实时共享和协同分析。

4.2 多技术融合提高监测精度

不同的生态环境监测技术各有优缺点,将多种技术融合使用,相互补充,提高监测精度。例如,将卫星遥感监测技术与地面自动监测站相结合,卫星遥感提供大气污染物的宏观空间分布信息,地面自动监测站则提供准确的污染物浓度数据。对两者数据的融合分析,更全面、准确了解大气污染状况。在对突发污染事件的监测中,将无人机监测技术与便携式监测相结合,无人机快速到达污染现场,初步确定污染范围和污染物种类,便携式监测设备则对污染物浓度进行精确测量,为及时采取应对措施提供依据。以某化工园区发生的突发有毒气体泄漏事件为例,监测人员第一时间出动无人机,携带气体传感器对泄漏区域进行监测,快速确定了有毒气体的扩散范围。同时,监测人员携带便携式气相色谱-质

谱联用仪到达现场，对有毒气体的成分和浓度进行精确分析。利用无人机监测和便携式监测设备的协同使用，为应急处置工作提供准确的数据支持，有效降低污染事件的危害。

4.3 基于监测数据的污染溯源与预警

利用生态环境监测技术获取的大量监测数据，结合数据分析和模型模拟，对大气污染物进行溯源，确定污染物的来源和传输路径。利用源解析模型，结合大气污染物浓度数据、气象数据、污染源排放清单等信息，分析 PM2.5 等污染物的主要来源，如工业排放、机动车尾气、扬尘等。通过污染溯源，为制定针对性的污染防治措施提供依据，从源头上减少污染物排放。同时，基于监测数据和数学模型，建立大气污染预警系统。对历史监测数据的分析，结合气象预报信息，预测未来一段时间内大气污染的发展趋势。当预测到大气污染浓度将超过预警阈值时，及时发布预警信息，提醒相关部门和公众采取相应的防护措施，如启动应急预案、减少户外活动等，降低大气污染对人体健康的影响。

表 1：某城市大气污染物源解析结果

污染物来源	对 PM2.5 的贡献率 (%)	对 SO ₂ 的贡献率 (%)	对 NO _x 的贡献率 (%)
工业排放	40	60	30
机动车尾气	30	10	50
扬尘	20	20	10
其他	10	10	10

4.4 监测数据的共享与应用

加强监测数据的共享与应用，促进政府部门、科研机构、企业和公众之间的信息交流与合作。政府部门根据监测数据制定科学的大气污染防治政策和规划，对污染企业进行监管。科研机构可以利用监测数据开展大气污染成因、传输规律等方面的研究，为大气污染防治提供技术支持。企业可以根据监测数据优化生产工艺，减少污染物排放。公众监测

数据了解空气质量状况，增强环保意识，参与大气污染防治行动。例如，某省建立统一的大气污染监测数据共享平台，将全省空气质量自动监测站、污染源在线监测设备等获取的监测数据实时上传到平台。政府部门借助平台及时掌握全省大气污染状况，对重点污染区域和企业进行精准监管。科研机构从平台获取数据，开展相关研究工作。企业借助平台了解自身污染物排放情况，与同行业企业进行对比，促进节能减排。公众利用手机 APP 访问平台，实时查询当地空气质量信息，参与环保监督。

5 结论

生态环境监测技术在大气污染防治中发挥着重要作用，构建全面的监测网络、多技术融合运用、基于监测数据的污染溯源与预警以及监测数据的共享与应用等策略，能够有效提升大气污染监测的精度和效率，为大气污染防治决策提供科学依据。虽然目前在监测技术运用过程中还存在一些问题，但通过不断改进和完善，生态环境监测技术将在大气污染防治工作中发挥更大的作用，助力实现空气质量的持续改善，保护人类健康和生态环境的可持续发展。未来，随着科技的不断进步，生态环境监测技术将朝着智能化、精准化、一体化的方向发展。

参考文献

[1] 朱凤杰,杨惠翔.大气污染防治中生态环境监测技术的应用研究[J].生态与资源,2024(2):4-6.

[2] 章秀华.生态环境监测技术在大气污染防治中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(13):119-121.

[3] 卢鹏宇,李继磊,王珊珊.环境监测在当前水及大气污染防治工作中的作用分析[J].清洗世界,2024,40(3):112-114.

[4] 张玲,王璐.基于评价角度论述环境监测在大气污染防治中的作用[J].黑龙江环境通报,2024,37(1):79-81.

Research on Effective Countermeasures for Environmental Impact Assessment and Whole Process Environmental Management

Shuangshuang Li

Yangzhou Zhongdi Enterprise Consulting Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract

Against the backdrop of deepening ecological and environmental awareness, seeking a balance between environmental protection and economic development has become a key focus of research in various industries. Ecological environment protection is a systematic project that involves the entire process of environmental assessment, environmental policy management, and implementation. Environmental impact assessment is the foundation for carrying out environmental management throughout the entire process, and the two are closely related. Therefore, in order to better promote the progress of environmental protection, relevant departments need to fully realize the importance and optimization of environmental impact assessment, and propose effective measures for the entire process of environmental management based on evaluation information, promote high-quality environmental protection management, and achieve green and sustainable development in various industries.

Keywords

Environmental Impact Assessment; The entire process; Environmental management; countermeasure

环境影响评价与全过程环保管理的有效对策研究

李双双

扬州中迪企业咨询有限公司, 中国 · 江苏 扬州 225000

摘 要

在当前生态环保意识不断深入的背景下, 寻求环境保护与经济建设之间的平衡已经成为各行业研究的重点内容。生态环境保护工作的一项系统性的工程, 涉及环境评价以及环保政策管理和落实等全过程, 环境影响评价是开展全过程环保管理工作的基础, 二者关联密切。因此为更好地推进环境保护事业的进步, 有关部门需要全面意识到环境影响评价的重要性和评价的优化, 并针对评价信息提出全过程环保管理的有效对策, 促进环境保护管理的高质量进行, 实现各行业的绿色可持续发展。

关键词

环境影响评价; 全过程; 环保管理; 对策

1 引言

随着工业化和城市化进程的加快, 人们对生态环境的破坏日益加剧, 对人们的身体健康和经济发展产生了重大不良影响。开展环境影响评价和全过程的环境保护, 是应对挑战实现人与自然协调发展的重要途径。通过环境影响评价对社会生产生活行为进行评价, 为环保管理提供依据, 促进环境保护管理工作质量的改善, 通过优化资源配置, 减少经济发展对生态环境的不良影响, 实现人与自然和谐共处达到目标。

2 环境影响评价与全过程环保管理之间的关联

环境影响评价是一种防止环境污染和损害的重要手段,

其目的是通过对工程或工程实施后的近期和远期效应进行科学的分析和预测, 从而为相关部门制定相关的政策和措施。该研究既关注直接的物理和化学的变异, 也注重对生态、社会和经济等多个层面的综合作用, 力求全面、客观地反映当前的环境演变状况和发展趋势^[1]。全程环保管理, 是一种更加全面和超前的管理思想, 注重从项目规划、设计、建设、运行等整个项目的整个阶段, 贯彻落实环保思想。通过设置清晰的环境指标, 制订和实施严厉的环境标准和准则, 对污染物的排放进行监控和管控, 同时推动对资源的有效使用和再利用, 达到了经济发展和环境保护的目的。在新时期, 生态环保理念深入人心, 无论是人们开展的日常活动, 还是社会生产活动, 都强调全面落实全过程环保管理制度。而环境影响评价作为全过程环保管理工作的基础, 不仅能够在前期规划、中期建设、后期运行中发挥重要作用, 还能够直接影响全过程环保管理工作的进展情况。环境影响评价与全过程

【作者简介】李双双(1984-), 女, 中国山东平原人, 硕士, 从事环境影响评价和环境管理研究。

的环境保护管理是相互补充、互相促进的,环境影响评价能够为整个流程的环境保护管理工作提供可信的基础,从而使得环保管理工作更加具有目的性和精确性。而全程环境管理则可以将环评意见完全贯彻于实践之中,从而更好地发挥环评的职能与效用。这不但可以保证每个生产过程都符合环境保护的准则,同时也是迈向可持续发展的关键一步。

3 当前全过程环保管理中环境影响评价存在的问题

3.1 环境评价的制度不健全

通过对有关情况的调研发现,目前的环境管理部门对环境影响和评估监管系统还面临着许多实际的问题,其中最突出的就是环境影响评价机制还不健全。评价指标系统不够统一和超前。不同地区和行业对环评的指标设置有很大的差别,造成了环评成果在水平上没有比较^[2]。一些区域的生态系统服务评估指标落后于环保科技进步与生态环保需要,很难精确评估新型污染物排放、生态系统服务变迁等问题。比如,对于新型能源工业工程,现行的评价方法并没有将其纳入对土地、地下水等资源的评估中,导致评价结果不能真正体现其对生态系统的影响。评价过程中的缺陷,从项目启动到实施,公共参与的全流程都存在着相当程度的形式化。很多工程都是采用单纯的公开方式来进行民意调查,缺少一个良好的交流和反馈体系,使得民众的理性诉求得不到很好的吸收。而在环境影响评价过程中,由于各方利益关系的存在,一些第三方组织为了满足业主的要求,对项目存在的环境风险进行隐藏,导致评价结果不够客观公正。环保主管机关在环评过程中的监督工作还不够,缺少经常性的监督和动态追踪。对违反规定编制评价报告和不履行评价规定的情况,惩处不力,很难起到震慑作用。

3.2 环境影响评价技术比较落后

环境影响评价是全过程环保管理的关键环节,其滞后性已经严重制约了全过程环保管理的精细化和科学化,其中一个突出的问题就是环境影响评价技术落后。目前,大部分区域仍然采用手工采集和室内检测相结合的方法,存在监测频次低、覆盖范围小等问题,无法实现实时动态监测。比如,在空气污染的监控中,一些地区没有大规模使用高精度网格化监控装置,导致污染源不能精确地确定,污染物的瞬间变化也很难被及时发现。已有的研究大多是建立在历史资料基础上,通过单一的经验公式建立起来的,缺乏对复杂生态系统演变及相互联系的模拟。当工程建设面临气候变化和极端天气等不确定性时,该方法很难精确地预报工程的长期生态效应。比如,在重大水利水电项目的环评中,由于不能综合反映项目对生态系统食物链和生物多样性的联动效应,导致其预报与现实不符。同时,由于资料的处理和分析手段的滞后,严重地限制了环境影响评价工作的开展。

4 环境影响评价与全过程环保管理改进的有效对策

4.1 健全环境影响评价相关制度

在实施环境影响评价和全过程环境管理的制度中,依法是保证评价科学性和权威性的重要基础。相关部门需要建立健全、不断更新的法规制度,现有的环评法律体系需要适应环保要求和科学技术的进步,适时地进行修改。通过对不同行业 and 不同类型项目的评估准则和程序的规范化,使各方的权力和责任得以清晰化,从而减少法律法规上的空缺和歧义性,保证对可能存在的环境危险进行全面的评价和控制^[3]。在此基础上,构建完善的制度体系,对现行制度进行动态评价,并根据国内外的先进实践和现实情况对其进行适时的修正和完善,以满足环保工作当前的发展需要。相关部门要建立标准化、透明化的执法流程,从申报、评审资料审核到最后的审核,建立一套严谨的运作准则和监管体系,并将环境影响评价的结果及时公布,降低了人为干涉和执法的任意性。全程对环境影响评估的进程和成果进行全程的追踪审核,着重对评价的资质、数据的真实性和结论的客观性等方面进行审核。同时,要建立健全公共投诉制度、健全奖惩制度等制度,增强群众对参与环境影响评价工作的积极性和主动性。

4.2 更新环境影响评价的技术

为了扩大数据收集的范围和准确性,需要引进各种高科技手段,更新环境监控科技以提供全方位的动态认知一方面,利用高分遥感、无人机遥感等手段,开展大尺度的生态系统监测,实现植被覆盖变化、水体污染扩散等环境问题的监测。同时,利用智慧传感网,建立“天空—地面”综合监控系统。在关键部位设置空气质量监测站和水质多参数传感器,并利用物联网技术将相关信息传送到系统中。现有的环境影响评价方法存在着参数固定、应用场景单一等不足,需要利用最新的研究手段对其进行改进。采用机器学习方法,对大量的历史环境信息进行建模,从而实现对复杂环境下的非线性关联的自动辨识,提高预测准确性。在工程评估方面,建立多场景评估方法,对工程实施各时期的生态效应进行评估。由于环境影响评价所包含多源数据,迫切需要建立有效的数据处理和处理平台。将监测数据、文献数据和工程文件等多种来源的数据进行整合,构建环评数据库。通过对数据的清洗、挖掘和可视化分析,提炼出重要的环保信息。

4.3 做好项目前期精细化环境保护评估和管理

项目建设前期进行精细化的环境影响评价与管理策略制定是防范环境风险的首要环节。为此,应从多层面推动环境的精细化管理,构筑生态安全防线。建立科学、完备的环境影响评价制度,是实施高质量管理的前提。相关部门应该对评价的标准进行提炼。根据各产业工程的环保特征,建立个体化评价指数体系。通过建立评价指标体系,结合数理建

模与数理分析等手段,实现对生态系统的综合评价。相关部门还需要扩大评价的范围,既要项目的施工、运行阶段进行评价,又要把规划、选址等阶段纳入评价范围。结合区域生态承载能力、环境敏感性等指标,判定建设用地是否合理,避免对生态脆弱区域的不良影响。实施精准环境影响评价后还需要优化项目前期环保工作程序,明确申报、资料审核、实地勘察、专家评审等各个阶段的作业标准及时限,降低过程重复和人为因素影响。进行前期环境管理还需要强化跨部门协作,构建多部门协同评审机制,组织环保、规划、国土等部门参加,充分发挥专家的专家优势,防止由于评价信息和管理信息不对称造成的决策错误。通过引进第三方中介组织,对工程建设过程中的环保效应进行独立评价,提高评价的客观和可信程度。同时,要健全公共参与制度,采取听证会、问卷调查等方式,广泛征求周围群众及各利益主体的建议,把合理的民意要求纳入工程前期策划之中。

4.4 项目实施阶段依据环境影响评价改进环保管理策略

工程建设的环境状态是一个不断演变的动态过程,需要建立全方位、高频的监测系统。通过在工程周围重点部位布置环境污染监测微站、水质在线监测和噪声传感器等多种监测手段,实现废气、污水和噪声等污染参数的在线监测。利用物联网将监测结果实时传送到环境保护系统中,并以图形形式显示出环境污染的发展趋势。在环境影响评价过程中发现的高危区域,进行专项监控。比如,在建设过程中,要对危险化学品贮存区域的土壤和地下水进行加密监控,以便能及时地检测出可能发生的泄漏事故;在工程建设过程中,采用卫星遥感技术和无人机巡查技术,监测工程对生态廊道和自然保护区的影响范围和影响程度。相关部门还需要根据评价的成果,对环境保护的管理策略进行动态调整,构建评估—执行—反馈—优化闭环管理体系,在工程执行阶段,根据评价结果,编制详尽的环境保护执行计划,确定具体的任务划分和时限。并根据工程进展,定期组建专家组,对其实施效果进行评价,如与预期不符,则应对治理方案进行调整。

4.5 重视项目竣工阶段的全过程环境管理

当工程完工时,将主要重点验证该计划是否符合环境条例。对环境影响评价文档的质量进行检查与复核,以保证企业能够正确地完成环境影响评价标准。全方位加强环境保护监督,包括源头防范、过程管理和成果评估,并与整个环境保护观念相联系,保证各个环节的环境保护措施能够被完全、高效地实施。健全环境质量评价制度。建立规范化验收程序,明确验收范围、验收内容和技术要求,保证对施工和投产前的所有环保工作都能得到充分的检查。根据环评结果,组建多学科专家组,对治理设施的运行效率、污染物排放达标、生态修复效果等进行专项评估。比如,对于工业工程,重点考察废气、污水处理设施的真实处理容量;对于具有生态功能的建设工程,要对植被恢复面积和生物多样性保护效果进行评价。环境工程的完工不是环境保护工作的结束,需要将环境管理推向规范化。编制运行期间的环保规划,确定排污单位,日常监测频率和资料报送。对排污数据和设备维修记录进行了详尽的记录,使其能够进行有效的管理。对该工程进行定期的环境性能评价,并依据评价的结果对其进行改进,以保证工程的长远发展。

5 结语

环境影响评价与全过程环境管理工作是当前生态环境保护工作的关键内容,相关部门需要对其进行重视,通过完善环境影响评价机制以及引进先进的进一步提升环境影响评价的精准性,为全过程环境管理提供信息依据。相关部门还需要落实项目不同阶段的全过程环境管理,保障工程建设符合环保要求。

参考文献

- [1] 白冰. 环境影响评价与全过程环保管理的有效对策研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (23): 108-110.
- [2] 董林燕. 环境影响评价与全过程环保管理探析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (22): 168-170.
- [3] 车军平. 环境影响评价与全过程环保管理的探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (15): 34-36.

Analysis of environmental impact assessment measures for industrial park planning

Diao Chen

Hunan Bosi Environmental Technology Consulting Co., Ltd., Yiyang, Hunan, 413000, China

Abstract

Traditional industrial park development focuses on enhancing economic benefits, paying little attention to the impact on the surrounding ecological environment. This development model has led to increasingly severe environmental pollution issues. In the context of national authorities promoting the concept of sustainable ecological civilization, the ecological development of industrial parks has received significant attention. During the process of ecological development in industrial parks, it is crucial to conduct environmental impact assessments for park planning and to strengthen pollution control and environmental resource protection at the root cause. Based on this, this paper provides a detailed analysis of measures for environmental impact assessment in industrial park planning for reference.

Keywords

industrial park; planning; environmental impact assessment

试析产业园区规划环境影响评价措施

陈雕

湖南博咨环境技术咨询有限公司, 中国 · 湖南 益阳 413000

摘 要

传统的产业园区发展以经济效益提升为重点, 对于周边生态环境的影响并不关注。这样的发展模式应用引发的是日益严重的生态环境污染问题。在国家相关部门提出生态文明可持续发展理念的背景下, 产业园区的生态化发展也受到高度的关注。在产业园区的生态化发展过程中, 做好产业园区的规划环境影响评价工作, 并从根源上加强环境污染控制和环境资源保护, 具有十分重要的意义。基于此, 本文重点针对产业园区规划环境影响评价措施进行了详细的分析, 以供参考。

关键词

产业园区; 规划; 环境影响评价

1 引言

产业园区不只是特定的国土空间规划区域, 更是生态环境污染问题比较集中且严重的区域。而加强产业园区的规划环境影响评价, 则能够对产业园区的进一步发展予以积极的指导, 提高产业园区发展的生态性。但是, 要想保证产业园区规划环境影响评价的科学合理性, 不仅要明确产业园区规划环境影响评价工作的具体任务, 还要在遵循相关原则的基础上, 采取针对性的规划环境影响评价措施。

2 产业园区规划环境影响评价任务

对产业园区进行规划环境影响评价的主要目的是对产业园区的空间环境进行重点管理与控制, 在保证不触碰生态环境底线的基础上, 对园区内的生态环境质量进行持续改

善。产业园区规划环境影响评价工作的开展, 需要完成以下四项任务。

2.1 规划方案分析

在对产业园区进行规划环境影响评价的过程中, 需要对具体的规划目标、规划定位、园区内的产业结构、产业布局以及环保措施等内容进行分析, 并评估这些内容是否符合国家及地方相关部门制定的污染防治政策要求, 澄海市总体规划要求、生态文明战略要求等^[1]。然后, 再根据产业园区的实际情况, 对产业园区规划实施阶段可能受到的环境影响因素, 可能出现的各种生态问题进行重点分析。

2.2 规划实施的环境影响

在对产业园区进行规划环境影响评价的过程中, 需要对规划实施过程中周围生态环境受到的环境影响进行系统性分析, 并对规划环境影响评价工作的开展重点以及指标体系进行确定, 结合产业园区的实际情况, 对规划实施过程中可能出现的污染成分以及污染成分所引发的污染类型、污染影响程度、污染范围等进行预测, 并在此基础上提出针对产

【作者简介】陈雕(1988-), 男, 中国湖南益阳人, 本科, 工程师, 从事环境工程(环境质量评价)研究。

业园区的污染防治手段和整改措施^[2]。

2.3 规划方案环境合理性分析

结合产业园区的生态环境发展现状、保护要求、当地资源环境承载能力以及前期规划环境影响评价结果,对产业园区的选择是否合理、发展规模是否科学、产业园区内的功能分布及与环境敏感区之间是否协调等进行分析,然后在此基础上提出针对性的生态环境保护策略。

2.4 “三线一单”制订

在准确把握现阶段产业园区生态环境问题隐患、产业园区规划环境影响预测结果的基础上,严格按照国家相关部门围绕规划环境影响评价工作制定的政策文件要求,制定出针对性的产业园区空间管制建议、环境准入建议和区域生态环境分区管控要求,促进产业园区的生态化发展。

3 产业园区规划环境影响评价的遵循原则

为了保证产业园区规划环境影响评价工作开展的代表性、先进性、实用性、创新性与科学合理性,需要在实际的规划环境影响评价工作中遵循以下原则。

3.1 遵循客观原则

评价人员需要对产业园区规划实施可能带来的水环境变化、大气环境变化、声环境变化、土壤环境变化等进行深入的分析,了解产业园区规划对于周围生态环境的具体影响。

3.2 遵循因地制宜原则

在具体的规划环境影响评价工作当中,需要结合当地的生态现状、产业园区规划目标等特征,对环境污染防范措施的制定予以重点考虑。

3.3 遵循早期介入原则

尽量在产业园区规划编制初期阶段,就开展规划环境影响评价,并将最终给出的环保建议体现到产业园区规划当中。因为从理论角度分析,越早介入规划环境影响评价,越能够从决策源头上对生态环境进行保护,保证决策的正确性。

3.4 遵循整体性原则

需要从多个不同的角度,对产业园区规划建设活动实施是否符合相关产业政策,是否与当地区域发展规划相协调、是否能够保证产业园区内部功能布局的合理性进行整体性评价与分析;然后对产业园区规划实施可能产生的环境污染问题、环境潜在风险等进行全面的分析与预测;然后再以此为基础,制定出针对性的环境保护措施。

3.5 遵循公众参与原则

产业园区规划环境影响评价工作的开展虽然是为政府部门制定决策提供有力依据,但是开展过程却离不开社会公众的参与与配合^[3]。只有鼓励社会公众参与其中,并充分听取社会公众的意见,才能够多维度、多层次地了解产业园区规划带来的环境问题,保证产业园区规划环境影响评价工作

的准确性与全面性。

3.6 遵循可操作性原则

评价人员应当采用最简单、实用、有效、可行的手段方法对产业园区进行规划环境影响评价。

3.7 遵循重点突出原则

需要在准确把握区域关键环境要素与规划实施环境隐患的基础上,对产业园区内的重点企业、重点环境要素进行规划环境影响评价,并在此基础上制定出针对性的环保措施,促进产业园区的生态化发展。

4 产业园区规划环境影响评价措施

为了提高产业园区规划环境影响评价工作质量,需要严格按照《规划环境影响评价技术导则总纲》中的相关要求开展相关评价工作。对此,建议从以下几方面开始切入。

4.1 引入低碳循环经济理念

要想对产业园区进行规划环境影响评价,需要引入低碳循环经济理念。首先,在低碳循环经济、可持续发展等理念的指引下,对产业园区进行规划环境影响评价,加强循环式远期经济产业链的建设与规划,并对这一产业链进行持续的延伸和完善,对产业园区内的生产活动与污染控制进行整合,提高产业园区内各类资源、能源的利用率,降低产业园区发展过程中的消耗成本和碳排放。其次,对产业园区现场及其周围的地形特征、水文特征、地质特征等环境条件进行充分的调研和了解,然后再以此为基础对产业园区规划方案进行优化和调整,降低产业园区规划的碳排放^[4]。另外,在对产业园区进行规划的过程中,需要将规划实施对于周围生态环境的具体影响体现出来,并在规划实施过程中采取针对性的环保措施,尽可能地减少各类环境问题的出现。最后,确定低碳循环经济理念下的评价技术框架。对周围环境影响因素予以重点考虑,并在产业园区规划过程中,对规划内容、规划范围等进行全面分析,并在此基础上制定出低碳循环经济理念下的产业园区规划体系。

4.2 详细分析评价对象

在对产业园区进行规划环境影响评价的工作中,需要对产业园区内的规划进行重点分析,例如产业园区内的公用工程、产业园区的规划目标实施方案、产业园区内的布局规划等^[5]。在这一过程中,需要对产业园区的地形地貌特征进行分析,对所有的用地类型、布局方式进行对比和分析,然后再对产业园区内的企业工厂等进行规划建设的过程中,需要对建设布局是否与周边环境相协调予以重点考虑。需要注意的是,产业园区内不同的工厂有着不同的生产特点,不同的企业有着不同的发展节奏,所以很难对其进行统一布置和规划。在这种情况下,需要结合产业园区的实际情况,对具体的厂区位置进行优化和调整。表1为某产业园区规划环境影响评价表。

表 1：某产业园区规划环境影响评价表

序号	评价对象	评价指标	评价结果
1	地下水环境	《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017) I-IV类标准	各监测因子达标
2	土壤环境	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》(GB 15617—2018)	符合二级标准要求
3	声环境	《声环境质量标准》(GB 3096—2008)	符合标准要求
4	底泥	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》(GB 15617—2018)	符合二级标准要求

4.3 加强影响环境因素的识别

在对影响环境因素进行识别的过程中，需要重点考虑产业园区影响规划环境因素的不确定性与可变性。环评人员需要以时间为标准将活动划分为三个阶段，即规划阶段、

建设阶段、运行阶段^[6]。然后再针对每一个阶段的活动实施产生的环境变化进行分析，并在此基础上制定评价和实施规划。另外，还需要对产业园区规划当中产生的环境质量信息、社会信息、自然信息等进行全面的检测与调查，加强产业园区现场及周边环境资料的掌握，确保能够在产业园区规划实施中出现问题时，第一时间分析问题形成原因，制定解决方案，做好补救工作。

4.4 加强规划方案的调整

针对规划方案的优化与调整，需要注意以下几方面。首先，需要对产业园区规划方案中出现的错误与漏洞进行识别、评估，并制定针对性的规划方案修改完善建议。其次，在产业园区规划实施过程中，需要通过环境跟踪、环境检测、环境管理等方式，加强产业园区内的环境管理。图 1 为某产业园区污水防治方案。

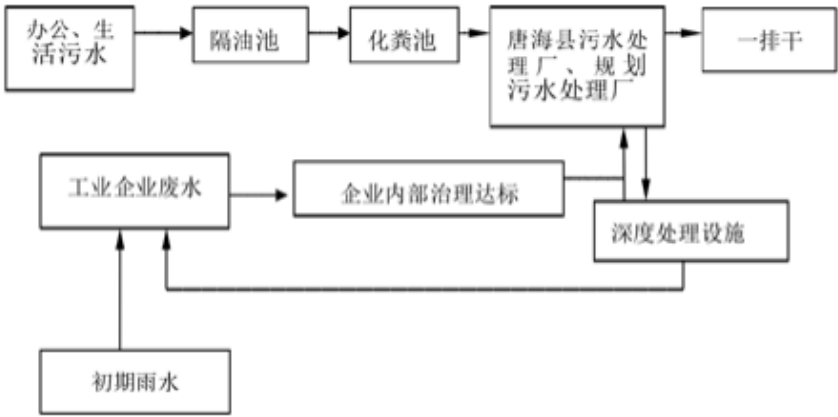


图 1：某产业园区污水防治方案

4.5 重视环境背景调查

环境背景调查与评价工作的开展，对于整个产业园区规划环境影响评价工作的难度有着决定性影响。但是，只有做好环境背景调查，才能够对环境影响评价工作的开展范围、开展方法、开展要点以及后期需要采取的环保措施进行合理的确定^[7]。所以，必须对环境背景调查工作的开展予以高度的重视。另外，在开展环境背景调查工作的过程中，不仅要

要将产业园区及其周围的相关环境资料收集起来，还要明确环境背景及其与产业园区规划之间的相关性，并突出环评人员需要调查的环境要素。

5 结语

综上所述，针对产业园区的规划环境影响评价，需要完成规划方案分析、规划实施的环境影响、规划方案环境合理性分析、“三线一单”制订等任务。为了加强产业园区规划环境影响评价质量控制，不仅要引入低碳循环经济理念，重视环境背景调查，还要在客观、因地制宜、早期介入、整体性、公众参与性、可操作性、重点突出等原则下详细分析

参考文献

[1] 刘灵芝. 产业园区规划环境影响评价分析[J]. 皮革制作与环保科技,2024,5(17):165-167.

[2] 陈楚楚. 产业园区规划环境影响评价及解决对策——以衡山科学城建设项目为例[J]. 绿色科技,2021,23(8):184-185.

[3] 张明博,于梓涵,高照琴,等.“两高”产业园区规划环境影响评价指标体系构建研究[J]. 环境工程技术学报,2022,12(6):1788-1795.

[4] 沐斯佳,汪成锋,管丽波. 产业园区规划大气环境影响评价要点思考[J]. 皮革制作与环保科技,2023,4(16):71-73.

[5] 孙越芳. 产业园区规划环境影响评价工作的若干问题及对策建议——以湖南省为例[J]. 皮革制作与环保科技,2023,4(12):174-176.

[6] 蒋乔峰,张小娟,承文杰. 园区发展规划环境影响评价技术方法研究——以江苏省某产业园区为例[J]. 广东化工,2023,50(4):154-156,123.

[7] 刘磊,赵瑞霞,张敏. 产业园区规划环评纳入《环境影响评价法》的重点、难点与建议[J]. 环境保护,2022,50(3):46-50.

Study on rapid detection method of nutrients in Marine environment monitoring

Danjun Ying Xingtian Ying

Taizhou Green Energy Environmental Testing Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 317300, China

Abstract

Breakthroughs and optimizations in rapid nutrient salt detection technology for marine environmental monitoring are crucial for ensuring marine ecological safety. This study focuses on three typical methods: microfluidic chip integrated detection, electrochemical sensor arrays, and spectral multiplex analysis, proposing systematic optimization strategies to enhance technical efficiency. Microfluidic chips achieve automated processing of nanoscale samples and simultaneous multi-parameter detection through a network of microchannels and dual-path colorimetric cells; electrochemical sensor arrays leverage molecular imprinting interfaces and anti-fouling membrane layers to overcome complex matrix interference in seawater; the spectral multiplex system combines laser-induced breakdown spectroscopy and Raman spectroscopy to establish a non-contact ecological effect assessment system.

Keywords

Marine environmental monitoring; Nutrient salt; Detection

海洋环境监测中营养盐的快速检测方法研究

应丹君 应兴天

台州绿能环境检测有限公司, 中国 · 浙江 台州 317300

摘要

海洋环境监测中营养盐快速检测技术的突破与优化是保障海洋生态安全的重要支撑。本研究聚焦微流控芯片集成检测、电化学传感阵列及光谱联用分析三类典型方法, 提出系统性优化策略以提升技术效能。微流控芯片通过微流道网络与双光程比色池设计, 实现纳升级样本的自动处理与多参数同步检测; 电化学传感阵列依托分子印迹界面与抗污染膜层技术, 突破海水复杂基质干扰; 光谱联用系统结合激光诱导击穿与拉曼光谱, 构建非接触式生态效应评估体系。

关键词

海洋环境监测; 营养盐; 检测

1 引言

海洋营养盐浓度变化直接影响浮游生物群落结构与生态平衡, 其快速检测能力是赤潮灾害预警的核心技术需求。当前主流检测方法受限于离线采样、多级前处理等流程, 难以满足突发性污染事件的应急监测要求。现有便携设备在海水基质干扰消除、多组分同步分析等关键环节仍存在技术瓶颈, 特别是高盐环境下检测信号的稳定性亟待提升。应用快速有效的检测方法, 对营养盐物质的成分和状态进行检测也是维护海洋环境安全, 避免环境污染的重要前提条件。

2 海洋环境监测中营养盐快速检测的重要意义

2.1 生态平衡维系的基础支撑作用

海洋生态系统通过营养盐浓度梯度形成物质循环的精

密调控网络。其动态平衡状态直接决定了浮游植物群落的光合作用效率, 进而影响整个海洋食物网的能级传递效率。当营养盐比例发生异常波动时, 会引发关键物种的代谢紊乱, 导致生物多样性的层级衰减。快速检测技术通过即时捕捉营养盐的时空分布特征, 为生态系统的自我调节机制提供动态反馈信息^[1]。这种实时数据获取能力使环境管理者能够准确判断各营养级的物质转化瓶颈, 及时调整生态修复策略的干预强度, 避免局部失衡引发系统性崩溃。该技术突破传统监测的滞后性缺陷, 使生态保护从被动应对转向主动调控。通过建立营养盐浓度与生物生产力的动态关联模型, 为珊瑚礁修复、海草床保护等生态工程提供精准的调控阈值, 有效维护海洋碳汇功能的稳定性^[2]。

2.2 环境灾害防控的前沿屏障价值

营养盐浓度异常变化是赤潮、绿潮等生态灾害的启动信号源。其快速检测能力相当于在海洋环境安全体系前端布设生物化学传感器阵列, 能够在污染物扩散形成规模效应前

【作者简介】应丹君(1984-), 女, 中国浙江台州人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境监测与分析研究。

发出预警信号,为应急处置争取黄金响应时间。多参数同步监测技术构建起多维度的环境风险识别体系。通过解析硝酸盐、磷酸盐等关键指标的交互作用规律,可准确判别污染源的输入路径与扩散趋势。这种复合分析能力显著提升对新型污染物的识别灵敏度,形成覆盖物理化学生物多要素的立体防御网络。该技术突破实验室分析的时空限制,使监测节点从固定观测站向移动监测体延伸。通过船载设备与浮标系统的协同运作,实现对重点海域的连续追踪监测,形成动态调整的防护屏障,有效遏制污染跨海域迁移。

2.3 管理效能提升的技术驱动效应

快速检测体系重构了海洋环境管理的决策支持系统。其即时数据流注入使管理策略从经验判断转向实证分析,大幅提升环境政策的靶向性与实施效能。管理者可依据实时监测图谱动态调整排污总量控制指标,实现环境容量的精细化管理。技术创新驱动监管模式的层级跃迁。便携式设备的推广应用突破专业机构监测的单一模式,通过构建政府-科研-公众协同的监测网络,形成多层次数据校验机制。这种技术民主化趋势显著增强环境治理的社会参与度,推动管理范式向共治共享转型。该体系为智慧海洋建设提供关键基础设施支撑^[3]。检测数据与水文气象、生物监测等多源信息的融合分析,催生环境风险评估预警的新模型。通过机器学习算法的深度应用,建立污染事件演化的智能推演系统,实现管理决策从应急响应向风险预控的战略升级。

3 海洋环境监测中营养盐快速检测方法的主要类型

3.1 微流控芯片集成检测法

微流控技术通过微米级流道网络实现纳升级别试剂的精准操控,其核心在于构建多相流体的可控运输体系。芯片内部集成样本前处理单元,采用被动式涡旋混合结构使海水样本与显色试剂在 0.8 秒内完成湍流掺混,较传统振荡混合效率提升 5 倍。检测模块创新采用双光程比色池设计,配合微型光电二极管阵列,实现硝酸盐、磷酸盐双波长同步检测,有效消除浊度干扰。该技术的突破性在于突破实验室分析的空间限制。通过芯片表面等离子体处理技术形成超亲水-疏水交替微区,建立定向毛细驱动流,无需外接泵阀即完成样本自动进样。集成化设计使整机体积压缩至便携箱规格,现场检测周期缩短至 5 分钟以内,特别适用于船舶走航式连续监测。下图 1 为微流控芯片实拍图。

3.2 电化学传感阵列法

丝网印刷电极技术推动电化学传感器向微型化方向发展,其核心是构建具有离子选择性的功能化电极界面。采用分子印迹聚合物修饰工作电极表面,通过模板分子预组装形成磷酸盐特异性识别空腔,结合差分脉冲伏安法实现 0.1-50 μM 线性检测范围。阵列化设计同步集成硝酸盐、亚硝酸盐检测单元,消除交叉干扰。该技术的先进性体现在原位

检测能力提升。通过开发抗污染复合膜层,采用全氟磺酸/Nafion 双层结构有效阻隔海水中有有机物吸附。自清洁电极模块配合脉冲电位清洗程序,使单支传感器可连续工作 120 次以上。无线传输模块实现监测数据实时回传,为赤潮预警提供分钟级响应能力。

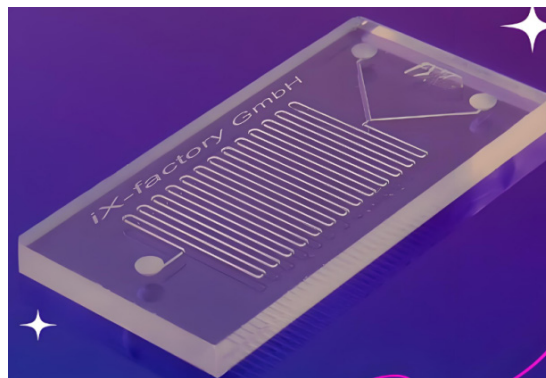


图 1 微流控芯片实拍图

3.3 光谱联用现场分析法

激光诱导击穿光谱(LIBS)与拉曼光谱的耦合应用开创了非接触检测新路径。LIBS 技术通过高能脉冲激光气化海水微液滴,根据等离子体发射光谱解析氮、磷元素特征峰强度,建立营养盐半定量快速筛查模型。同步采集的拉曼光谱则通过有机分子振动模式识别藻类代谢产物,形成生态效应的复合评估。该技术的创新点在于突破传统化学分析的局限性。采用双光束共轴聚焦设计,实现单点位置的多光谱同步采集。深度学习算法对海量光谱数据进行特征提取,建立硝酸盐浓度与光谱峰面积的非线性映射模型。流动注射系统与光谱探头的模块化集成,支持每小时 60 个样本的自动分析能力。下图 2 是海洋营养盐检测工作中所用的浮标。

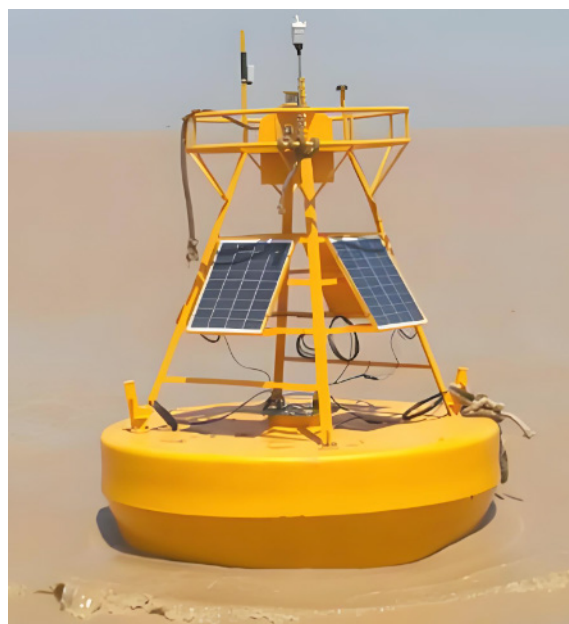


图 2 海洋营养盐检测工作中所用的浮标实拍图

4 海洋环境监测中营养盐快速检测方法的优化应用策略

4.1 融合应用跨平台技术

构建多方法联用的复合检测体系是实现检测效能跃升的核心路径。针对微流控芯片检测系统,开发开放式接口模块,兼容电化学传感单元的电位信号输入通道,建立光学-电化学双模态数据采集机制。通过算法融合平台整合两种传感模式的互补信息,构建误差互校模型消除单一方法的系统偏差,形成冗余校验的可靠性保障体系。推进核心组件的功能模块化升级,将芯片流道控制、电极界面修饰、光谱探头等关键技术分解为可替换单元。建立标准化装配流程与性能验证体系,使检测设备具备按需重构的灵活扩展能力。针对不同海域的水质特征,开发参数可调的智能配置系统,实现检测精度与响应速度的动态平衡调节。强化技术链与产业链的衔接效能,构建从实验室原型到工程样机的快速转化通道。建立芯片微加工、纳米探针合成等关键工艺的质量控制标准,通过精密注塑成型技术提升微流控芯片的批次稳定性^[4]。搭建产学研协同的技术验证平台,开展多场景适应性测试,加速技术迭代周期。

4.2 协同应用智能传感器

建立传感器网络的自主优化机制是提升现场适用性的关键突破点。针对电化学传感阵列,开发基于环境参数反馈的自适应补偿算法,实时修正温度、盐度波动对电极界面的影响。通过机器学习模型分析历史检测数据的误差分布特征,构建动态校准系数矩阵,实现传感器性能的自我优化。构建多层次质量控制体系,在检测流程中嵌入自动化验证节点。设计芯片内嵌参比通道,在每次检测时同步运行标准物质测试,生成实时的质控曲线。开发异常数据智能筛查算法,结合信号波形特征识别与设备状态监测数据,建立故障诊断与数据可信度分级模型。创新传感器维护模式的远程管控技术,构建预防性维护支持系统。利用物联网技术实时传输电极阻抗、光源强度等设备状态参数,通过云端分析预测关键部件的性能衰减趋势。开发模块化替换组件与快速拆装结构,结合增强现实技术实现现场人员的精准维护指导,最大限度降低设备停机风险。

4.3 利用多维数据做驱动

建立检测数据的深度解析框架是释放技术潜力的必要支撑。针对光谱联用系统,开发多源信息融合分析引擎,将光谱特征峰、流体动力学参数与辅助环境变量进行时空关联建模。通过构建知识图谱揭示营养盐迁移转化与生物地球化学循环的内在联系,提升检测数据的生态解释能力。创建检测过程的数字孪生系统,在虚拟空间重构完整的物质反应链条。基于微流控芯片的流体仿真模型,预演不同水质条件下的混合反应效率,优化流道结构参数与检测时序逻辑。利用强化学习算法训练智能决策模型,自主生成最优检测方案并实时反馈至物理设备执行。构建开放式数据服务架构,打通检测设备与管理系统的信息壁垒。开发标准化数据封装协议,兼容不同监测平台的异构数据格式。建立边缘计算节点的轻量化数据处理能力,实现原始数据的本地化特征提取与压缩传输。通过区块链技术构建监测数据的可信存证体系,确保数据溯源信息的不可篡改性。

5 结语

海洋环境监测技术的革新正经历着多维突破的转型阶段。微流控芯片的高集成化、电化学传感的智能化演进与光谱联用的深度解析能力,共同构筑起立体化的快速检测技术矩阵。这些方法突破传统分析模式的线性发展路径,通过硬件微型化、算法自主化、数据网络化的协同创新,形成对海洋生态系统的全息感知能力。

参考文献

- [1] 杨鹏程, 张宁, 井国宁, 司惠民. 无人值守环境下水体营养盐自动分析仪设计及应用[J]. 海洋技术学报, 2024, 43 (05): 18-27.
- [2] 雷学铁, 栗启仲, 刘国强, 孙燕, 申友利, 劳齐斌. 防城港西湾富营养化季节性及其变化特征[J]. 科技通报, 2023, 39 (07): 1-10.
- [3] 周超凡, 袁广旺, 彭模, 魏爱泓, 毛成贵. 灌河邻近海域秋季氮磷营养盐分布及富营养化评价[J]. 江苏科技信息, 2022, 39 (07): 73-77.
- [4] 王孝程, 贾川, 张怡, 靳青青, 王紫竹, 刘永健, 王燕, 邵魁双, 王守强, 关春江, 郭皓. 黄海大海洋生态系统区域监测体系建设的对策建议[J]. 海洋开发与管理, 2022, 39 (02): 88-94.

Monitoring and conservation of *Ciconia nigra* in Xiaowutai Mountain, Hebei Province

Funing Xin Wenjing Wang

Hebei Xiaowutai Mountain National Nature Reserve Management Center, Zhangjiakou, Hebei, 075700, China

Abstract

To understand the distribution, population size, and biological characteristics of *Ciconia nigra* in the Xiaowutai Mountain National Nature Reserve and surrounding wetlands in Hebei, a monitoring study was conducted from 2021 to 2022 using methods such as transect surveys, direct counting, fixed-point observations, drone technology, literature collection, and interviews. The study analyzed the distribution and population size of *Ciconia nigra*, preliminarily explored its living habits, habitat, breeding status, and migration patterns.

Keywords

Xiaowutai Mountain; *Ciconia nigra*; distribution and quantity; conservation measures

河北小五台山黑鹳监测与保护研究

忻富宁 王文静

河北小五台山国家级自然保护区管理中心, 中国·河北 张家口 075700

摘 要

为了掌握黑鹳在河北小五台山国家级自然保护区及周边湿地的分布状况、种群数量、生物学特性等, 2021—2022年采用样线调查法、直接计数法、定点观测法、无人机技术、文献资料搜集和座谈访问等方法对黑鹳的分布状况和种群数量进行了监测研究, 分析了黑鹳的分布状况及种群数量, 初步探讨了其生活习性、栖息生境、繁殖现状和迁徙规律。

关键词

小五台山; 黑鹳; 分布与数量; 保护对策

1 引言

黑鹳 (*Ciconia nigra*) 属鸟纲鹳形目鹳科鹳属, 国家 I 级重点保护野生动物。它是一种大型涉禽, 是长距离迁徙的候鸟, 在亚欧大陆和非洲均有分布^[1]。中国是黑鹳主要分布地之一, 数量约有 1000 只, 主要分布于东北、西北、华北大部分地区, 除西藏自治区外, 在各省都有分布。繁殖地主要为黄河流域以北的东北、华北及西北地区^[2]; 越冬地多在长江流域以及湖北、南京、四川、陕西、海南、辽宁等地。

2 研究区域概况

河北小五台山国家级自然保护区位于河北省西北部, 地跨河北蔚县和涿鹿两县, 地理坐标范围东经 114° 47′ 08″—115° 28′ 56″, 北纬 39° 50′ 41″—40° 06′ 30″, 东西长约 60km, 南北宽 28km, 总面积 267km²。主峰东台海拔 2882m, 为太行山主峰, 京津冀最高峰。

保护区属暖温带大陆季风性山地气候, 其特点是雨热同季、冬长夏短、四季分明、夏季昼夜温差大, 年均温 6.4℃, 年降雨量 400~700mm。小五台山地处深山僻地, 悬崖林立、山壁陡峭、沟壑纵横, 为黑鹳选址营巢、栖息生存创造了良好条件; 小五台山周边湿地为黑鹳的主要觅食和活动场所, 这些湿地位于小五台山的北麓, 水源来自小五台山的北台和东台。根据持续监测结果发现, 该湿地范围内常有黑鹳、白鹭等水鸟觅食和栖息停留。

3 研究内容及意义

通过野外调查与监测, 掌握黑鹳在河北小五台山国家级自然保护区内的分布状况、种群数量、生物学特性。根据黑鹳的生存现状和存在的问题, 加强保护管理, 并提出相关的保护管理建议, 从而为保护区下一步的保护管理工作提供科学依据。

4 研究方法

对黑鹳种群分布与数量调查, 主要采用样线调查法、直接计数法进行; 对黑鹳行为活动调查, 主要采用定点观测

【作者简介】忻富宁 (1987—), 男, 中国河北康保人, 硕士, 高级工程师, 从事野生动物资源监测与保护研究。

法开展;对黑鹳繁殖巢穴监测,除了使用望远镜、照相机进行观测与记录外,还采用无人机技术进行监测。此外,我们还采取了文献资料收集、座谈访问等方式对黑鹳的行为习性和迁徙规律进行调查研究。

4.1 样线调查法

在小五台山自然保护区,根据地形地势共设置了5条黑鹳调查监测样线(图1),观测和记录样线两侧有无黑鹳分布以及数量多少,同时记录黑鹳巢穴或觅食地分布的具体地点,进行GPS定位。对黑鹳活动重点区域,如繁殖地、觅食地的生境特征进行详细记录。

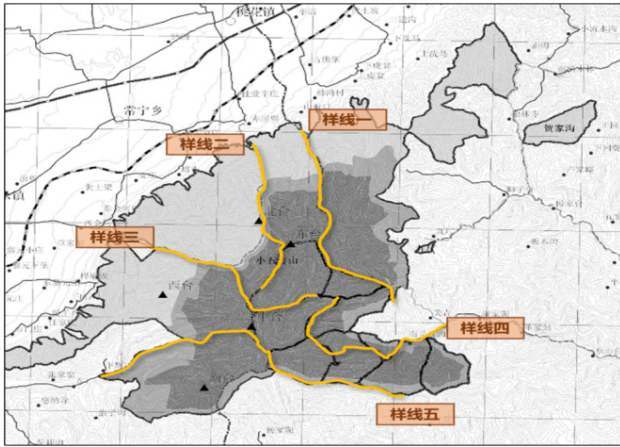


图1 黑鹳监测样线设置示意图

4.2 定点观测法

为研究小五台山自然保护区黑鹳的日活动规律和迁徙规律,主要采用定点观测法,对所发现的黑鹳的行为活动进行连续观测,记录黑鹳行为活动的类型、出现频率。在定点观测的基础上,参考以前卫星追踪结果数据,确定黑鹳的迁徙路线。

4.3 无人机技术

根据无人机操作人员长期野外飞行和监测经验,选择开阔地带,在晴朗、3级风以下的天气条件下进行无人机飞行航拍。无人机可通过遥控装置控制,使其飞抵黑鹳栖息地或巢穴的上方进行观测和拍摄。实践证明,使用该技术对被观测的黑鹳及其巢穴内的雏鸟没有影响。

5 调查监测结果

5.1 分布区域

监测结果表明,黑鹳种群主要分布在小五台山自然保护区及其周边湿地范围。繁殖期在保护区内的崖壁凹陷处营巢繁殖,觅食和活动在周边的河流湿地。我们重点调查了赤崖堡沟、金河沟、郑家沟、松枝口沟、石片沟、湖上沟和南台道等区域(图2),其中在金河口管理区金河沟、郑家沟以及辉川管理区松枝口沟发现了3处黑鹳繁殖巢穴(图3),巢穴内有成鸟和雏鸟活动。

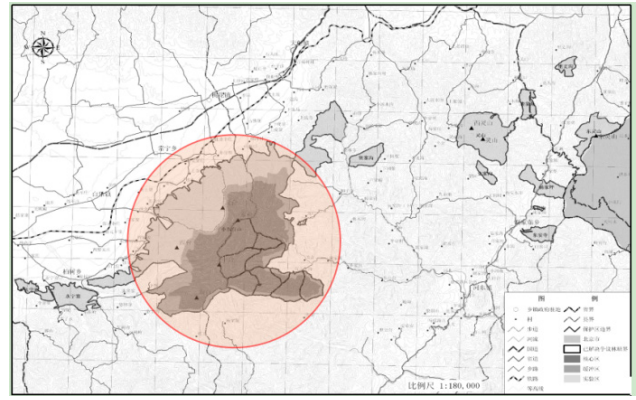


图2 小五台山自然保护区黑鹳重点调查区域



图3 小五台山自然保护区三处黑鹳繁殖巢穴

5.2 种群数量

监测期间,小五台山自然保护区及其周边湿地黑鹳的种群数量在不同季节有所变化。繁殖成鸟4~6只,巢穴内幼鸟3~6只,繁殖群体总数10~14只。在保护区周边的河流、沼泽和农田附近,经常可以见到觅食的个体,数量多少不一,最少只有1只,最大觅食群体为15只。加上部分未参与繁殖的觅食个体,在小五台山自然保护区及其周边湿地,黑鹳的种群数量约20只,保持相对稳定。

5.3 生活习性

野外观测发现,小五台山黑鹳主要以小型鱼类为食,其次是蛙和少量的螺类等软体动物等。觅食区域主要为浅水区域,其次是草丛。觅食行为有2种:一种是利用喙在水中的晃动来搜寻食物,这与鲍伟东等^[3]研究结果一致;另一种是通过眼睛搜寻,发现食物后下喙在水中取食。它们在觅食时,警惕性是非常高的。黑鹳的日常活动主要由两部分组成即休息和觅食,少数时间会进行伫立和理羽。由于它们的警惕性比较高,所以日常活动以独处为主。或者少数进行成对活动。常见活动地是浅水处或者沼泽地。

5.4 生境选择

黑鹳生性机警,喜欢寂静,营巢主要选择人迹稀少、环境僻静的大山深处。小五台山地处深山僻地,沟壑纵横,山大沟深,悬崖林立,山壁陡峭,为黑鹳选址营巢、栖息生存创造了良好条件。

生存环境安全是黑鹳选择营巢、栖息的重要条件。由于小五台山地势复杂多样,悬崖峭壁众多,黑鹳选择悬崖峭壁的半腰凹洞里筑巢,其巢穴位置多选在海拔高为700~1300m处,这里外界干扰较少,巢穴较为隐蔽,不易被人类活动所侵扰。不仅可有效避免外部环境破坏及猫科动物、猛禽等天敌的侵害,同时又保证了产卵育雏的安全。

黑鹳营巢大都选择在悬崖峭壁背风、保暖、阳光照射充足的地方,而且是较为隐蔽的悬崖岩石浅洞处。黑鹳的巢穴俯视呈椭圆形,灰白色,建于崖壁凹陷处,外侧用粗壮植物枝干垒砌,下覆以细软枝条。由于黑鹳孵化时间要早于其他鸟类,天气比较寒冷,所以营巢选择在阳光充足、避风保暖的地方,这样在孵化哺育幼鸟的过程中保持巢穴的适宜温度,有利于幼鸟成活和发育。

5.5 迁徙规律

黑鹳是一种长距离迁徙的候鸟。迁徙飞行主要靠双翼鼓动飞翔,但有时也利用热气流进行滑翔。中国和俄罗斯远东繁殖的种群,主要迁徙到中国长江以南地区越冬。在中国,黑鹳多在9月下旬至10月下旬开始南迁到越冬地,次年春季3月初到3月末飞回繁殖地。

通过对小五台山自然保护区黑鹳开展的定点观测研究以及前期开展的卫星追踪结果,我们获得了小五台山黑鹳越冬迁徙时间为10月末至11月末,最终到达越冬地为河南伏牛山及其周边区域。黑鹳春季迁徙起点为河南伏牛山及其周边区域,春季3月初到达小五台山开始筑巢繁殖。

6 存在的问题与保护措施

6.1 存在的问题

6.1.1 栖息地破坏

河北小五台山国家级自然保护区周边湿地是距离小五台山自然保护区最近的黑鹳觅食和活动区域,同时也是黑鹳哺育雏鸟期间最主要的觅食区域。近几年,蔚县夏秋季经常少雨,湿地干旱化程度较高,再加上当地经济开发与工程建设问题,导致湿地水域面积逐渐减少,水源污染严重,水生植物群落结构单一化明显,给黑鹳的觅食增加了难度。

6.1.2 人为活动干扰

人类活动的干扰是影响黑鹳栖息繁殖的主要因素。由于小五台山自然保护区资源丰富,辖区内自然景观富有特色,所以面临着当地政府发展旅游、进行资源开发的巨大压力。近年来,保护区外围及其周边湿地,人为活动明显增多。在小五台湿地周围还存在一些村庄及当地原住民赖以生存的耕地农田,日益增加的人类活动给湿地生态系统的健康发展和黑鹳的生存繁衍都带来了威胁和挑战,如果对人类活动不进行控制,可能导致原本栖息于此的黑鹳被迫转移到其他地区进行筑巢、繁殖。

6.2 保护措施

6.2.1 加强栖息地保护

野生动物栖息地自然生态环境遭到破坏,是导致许多濒危物种种群数量下降的重要原因,因此加强栖息地的保护

成为拯救濒危物种的关键措施。首先应加强栖息地水域环境的保护工作,监测水质污染情况,制定切实有效的保护方案,使之免受污染。对已经污染的水域环境应逐步采取措施加以净化。其次还应加强水源涵养区生态治理,对湿地水源林草植被进行恢复,加强水源保护能力和水源涵养能力,保护和恢复其栖息地环境。此外,还应加大依法管护力度,依法严厉打击各种破坏黑鹳栖息地的行为。

6.2.2 减少人为活动干扰

在黑鹳繁殖或觅食的重要区域,严格限制旅游、放牧、登山、采药等人为活动。积极呼吁当地政府在开展生产和工程建设的同时,要注意科学论证和科学决策,做到经济社会发展与野生动物保护并重,减少工程建设对黑鹳的影响。

6.2.3 开展公众宣传教育

在每年的湿地日、爱鸟周、科技周等活动期间,利用多种形式开展黑鹳及其他野生动物的公众宣传教育活动,提高公众对野生动物保护和生态环境保护的意识,使野生动物保护和生态环境保护成为人们自觉的行动,逐渐形成保护黑鹳等野生动物良好的氛围,为黑鹳的生存营造良好的自然生态环境。

6.2.4 加强日常巡护监测

黑鹳在世界范围内的分布范围逐渐缩小,种群数量不断减少^[4]。继续做好黑鹳种群保护和动态监测工作,以便更准确地掌握黑鹳数量动态。建议在黑鹳活动区域建立监测站,便于长期准确监测黑鹳种群数量、分布状况、生物学特性及其动态变化趋势。

7 总结

监测结果表明,黑鹳种群主要分布在小五台山自然保护区及周边湿地,种群数量约20只,保持相对稳定;小五台山周边湿地是其主要觅食和活动场所;在保护区金河沟、郑家沟和松枝口沟悬崖凹陷处发现3处黑鹳巢穴。同时,针对黑鹳的生存现状和存在的问题,提出了黑鹳保护对策,为保护区下一步开展黑鹳保护管理工作提供科学依据。

参考文献

- [1] 孟和达来,李晓宇,孟和,等.内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区黑鹳繁殖记述[J]. 动物学杂志,2019,54(6):806-809.
- [2] 蒋志刚,江建平,王跃招,等.中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性,2016,24(5):500-551;615.
- [3] 鲍伟东,罗小勇,孟志涛,等.北京地区黑鹳越冬期的取食行为[J]. 动物学杂志,2006,41(5):57-61.
- [4] 赵正阶.中国鸟类志上卷非雀形目[M]. 长春:吉林科学出版社,2001.

Discussion on the integration and sharing mechanism of ecological environment monitoring data under the background of big data

Junjie Liang

Guangdong Liqun Testing Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510730, China

Abstract

With the rapid development of big data technology, the integration and sharing of ecological environment monitoring data have become key factors in improving environmental management efficiency and achieving sustainable development. Ecological environment monitoring data comes from various sources, covering multiple fields such as meteorology, air quality, water quality, and soil, but issues like data dispersion and lack of uniform standards still persist. This paper explores how to integrate and share ecological environment monitoring data in the context of big data. First, it analyzes the application of big data technology in data integration, highlighting technical challenges and policy barriers. Second, it discusses privacy protection, security issues, and legal constraints in data sharing. Finally, it proposes specific paths for optimizing the ecological environment data sharing mechanism, focusing on platform construction, data security management, and cooperation between government and enterprises. Through an in-depth analysis of these issues, this paper aims to provide theoretical support and practical guidance for the efficient integration and sharing of ecological environment monitoring data.

Keywords

big data; ecological environment monitoring; data integration; data sharing; security

大数据背景下生态环境监测数据整合与共享机制探讨

梁俊杰

广东利泉检测有限公司, 中国 · 广东 广州 510730

摘 要

随着大数据技术的快速发展,生态环境监测数据的整合与共享成为提升环境管理效率、实现可持续发展的关键因素。生态环境监测数据来源广泛,涵盖气象、空气、水质、土壤等多个领域,但数据分散、标准不统一等问题依然存在。本文探讨了在大数据背景下如何进行生态环境监测数据的整合与共享。首先,分析了大数据技术在数据整合中的应用,指出了技术挑战与政策障碍。其次,讨论了数据共享中的隐私保护、安全性问题及法律法规的约束。最后,提出了优化生态环境数据共享机制的具体路径,重点关注平台建设、数据安全管理及政府与企业合作等方面。通过对这些问题的深入分析,本文旨在为生态环境监测数据的高效整合与共享提供理论支持和实践指导。

关键词

大数据; 生态环境监测; 数据整合; 数据共享; 安全性

1 引言

随着全球气候变化和环境污染问题日益严重,生态环境监测已成为现代社会管理环境的重要手段。然而,传统的生态环境监测数据多源异构、分散存储,导致数据利用率低下,且缺乏有效的数据整合与共享机制。在大数据背景下,信息技术的进步为解决这些问题提供了新的机遇。大数据技术不仅能帮助整合不同来源的数据,提高数据的利用效率,还能通过智能分析实现环境问题的早期预警与精准管理。数据共

享则使得不同部门和机构能够共享信息资源,避免数据孤岛的形成,从而为生态环境保护提供更加科学和准确的决策依据。本文旨在分析在大数据背景下,如何建立有效的生态环境监测数据整合与共享机制,推动环境保护工作的精准化与智能化。

2 大数据背景下生态环境监测数据的特点

生态环境监测数据来自多个领域与渠道,主要包括地面监测站、遥感卫星、气象数据、空气质量监测、水质监测、土壤检测等。这些数据大多通过传感器、探测仪器以及无人机等设备实时采集。地面监测站通过布设在各类环境区域的传感器,采集空气质量、气温、湿度等数据;遥感卫星则通

【作者简介】梁俊杰(1994-),男,中国广东南海人,本科,助理工程师,从事环境监测研究。

过远程探测技术提供广泛区域的生态变化信息。此外,随着网络技术的应用,公共数据平台及环境监测应用也成为重要的数据来源。这些数据通常具有空间分布广、时间跨度长的特点,涉及多个层面,如气候变化、生物多样性、水资源管理等。因此,数据的类型也包括定量与定性数据,其中定量数据较为常见,涵盖物理、化学及生物指标。生态环境监测数据具备多维度特征,表现在空间、时间、来源等多个方面。空间维度上,数据来源广泛,涵盖不同地理区域,包括城市、农村、自然保护区等各类生态环境。

3 生态环境监测数据整合的必要性与挑战

3.1 数据整合的基本需求与目标

数据整合是提升生态环境监测效能的关键。整合的基本需求是将来自不同来源、不同格式的数据集合成一个统一的标准,形成可用于分析和决策的数据资源。生态环境监测数据整合的目标是实现数据的高效利用,提升决策的科学性和准确性。通过整合不同类型的环境数据,可以对生态系统进行全面、细致的评估,帮助政府和相关机构更好地进行生态环境保护与管理。同时,数据整合还能够减少重复建设和数据资源浪费,促进资源共享与信息流通,增强各方的协作与沟通。此外,整合后的数据能为未来的趋势预测、风险评估等提供重要依据,为应对环境挑战提供及时的解决方案。

3.2 数据整合中的技术挑战

数据整合面临诸多技术挑战,首先是数据格式的不统一问题。生态环境监测数据来自不同设备和系统,格式、单位及采集频率各异,整合时需要统一标准,这要求建立健全的数据标准体系。其次,数据的实时性和更新频率存在差异,实时数据与历史数据的结合往往需要复杂的数据处理与清洗流程。再者,数据质量问题也是整合中的一大难题,数据缺失、错误及不一致性使得数据整合变得更加复杂。最后,如何在大规模数据环境中保持高效的数据存取与计算,尤其是在面对海量、分布式数据时,如何实现快速处理与响应,也是技术上的一大挑战。这些问题要求更高效的算法、数据管理工具以及计算平台来解决。

4 生态环境监测数据共享的现状与瓶颈

4.1 生态环境数据共享的现有模式

当前,生态环境数据共享主要依托于政府主导的公共数据平台和各类行业数据中心。这些平台通过数据开放政策,向社会各界提供生态环境监测数据,推动政府、科研机构、企业和公众的合作与交流。根据 2019 年的数据,中国的环境监测数据共享平台覆盖了超过 90% 的省份和自治区,且年均数据访问量超过 5 亿次。这些数据包括空气质量、土壤污染、水资源等领域,通过标准化格式进行共享,确保了信息的可访问性和可用性。此外,近年来,越来越多的地方政府通过建设区域性环境监测网络,实现了区域间的数据共享与合作。这些网络通过集成不同来源的数据,向公众提供

实时的环境质量信息,促进了环境管理的透明度和参与度。然而,尽管如此,数据共享仍然面临着数据质量、更新频率、共享范围等多方面的挑战,部分地区的数据共享仍存在信息孤岛的现象,亟待进一步优化。

4.2 数据共享中的隐私与安全问题

在生态环境数据共享过程中,隐私与安全问题成为重要挑战。环境监测数据虽然大多属于公共信息,但涉及的敏感区域数据、污染源数据等内容,可能会涉及企业或个人隐私。此外,随着数据量的增加,如何确保数据在传输、存储过程中的安全性成为亟待解决的问题。根据 2020 年报告,约有 30% 的环境监测数据共享平台未能实施足够的安全措施,存在数据泄露风险。这种情况下,未经授权的数据访问和恶意篡改的可能性加大,导致数据的可靠性和真实性受到威胁。例如,敏感的污染源位置或排放量数据若泄露,可能会引发社会舆论的不满和经济损失。因此,在环境数据共享的过程中,如何采用先进的数据加密技术、身份认证机制和权限控制系统,保障数据的安全性与隐私性,是数据共享的一个重要技术难题。

4.3 数据共享的法律与伦理约束

数据共享不仅涉及技术和安全问题,还需要遵循法律和伦理的相关规定。根据 2018 年的环保数据法案,所有涉及环境监测数据的收集、存储和共享都必须遵循严格的法律框架,确保数据的合法性和公正性。环保法律要求,所有涉及敏感数据的共享应经过审慎评估,尤其是在涉及特定污染源或民营企业数据时,必须征得相关企业或个人的同意。根据 2021 年环保数据共享报告,超过 20% 的共享平台未能充分遵循数据隐私保护相关法律,尤其在数据匿名化处理和敏感信息的去标识化方面存在不足。伦理上,数据共享也面临着公平性问题。如何平衡环境数据的公共利益与企业、个人隐私权的保护,成为推动数据共享的关键议题。因此,法律和伦理的约束对于生态环境数据共享的推进至关重要,涉及政策制定者如何通过法律手段推动数据共享,并保障各方权益。

5 大数据技术在生态环境监测数据整合中的应用

5.1 云计算与大数据平台的结合

云计算技术在生态环境监测数据整合中发挥着至关重要的作用。通过云计算平台,可以实现对海量环境数据的高效存储和处理。大数据平台利用云计算的分布式计算能力,使得数据能够在全球范围内进行共享和访问,从而打破了地域限制,促进了跨地区、跨部门的数据整合与协作。根据 2021 年的数据显示,全球约有 60% 的生态环境监测数据通过云计算平台进行存储与处理。这一技术的应用使得环境数据的实时更新和同步成为可能,为环境管理部门提供了强有力的支持。此外,云计算还通过弹性扩展功能,保证了在面

对大量数据时平台的高效运行,能够满足大规模数据分析与处理的需求。随着云计算技术的不断发展,环境数据的整合效率得到了显著提升,推动了生态环境监测向智能化、实时化的方向发展。

5.2 数据挖掘与分析技术的应用

数据挖掘与分析技术在生态环境监测数据整合中具有广泛的应用。通过利用数据挖掘算法,可以从海量环境数据中提取出有价值的知识,揭示环境变化的规律和趋势。例如,基于分类、回归和聚类算法,可以分析空气质量变化与气象因素之间的关系,为预测未来的环境污染状况提供依据。此外,关联规则挖掘技术也能够揭示不同污染源之间的相互关系,有助于制定更有针对性的环境保护措施。近年来,随着深度学习和神经网络技术的引入,生态环境数据分析的精度和效率得到了大幅提升。根据 2020 年的研究,数据挖掘技术在环境污染监测中的应用有效提升了预测准确率,空气质量预警的准确度提高了约 25%。通过这些技术,环境监测的数据不仅能为决策者提供即时的信息,还能够进行未来趋势的预测和潜在风险的识别。

5.3 智能化分析与决策支持系统的实现

智能化分析与决策支持系统的实现,使得生态环境监测数据能够转化为科学的决策依据。随着大数据技术的进步,越来越多的智能化分析系统被应用于环境管理和监测中。这些系统通过集成多源数据,利用机器学习与人工智能算法对数据进行实时分析,提供精确的决策支持。例如,基于实时环境数据流和历史数据,智能系统能够自动识别污染源、预测污染扩散路径,并提出相应的应对措施。此外,决策支持系统还能够通过模拟不同政策实施效果,帮助政府和相关部门做出科学、合理的环境治理决策。根据 2019 年的调查报告,使用智能化决策支持系统的生态环境管理单位,在环境风险应对和决策效率上提高了约 30%。智能化分析不仅提高了环境监测的精度,还促进了生态环境管理的现代化和智能化,增强了环境保护工作的科学性和可操作性,图 1 为智能化分析大数据项目算分内容。



图 1 智能化分析大数据项目算分内容

6 结语

在大数据技术的推动下,生态环境监测数据的整合与共享正在不断发展。随着云计算、数据挖掘和智能分析技术的应用,环境数据的采集、存储、处理和分析变得更加高效和精准。这些技术的结合为生态环境管理提供了强大的支持,使得环境变化趋势能够得到及时预测,污染源能够得到有效识别,治理措施也能更加科学和精准。然而,生态环境数据的共享与整合仍面临着诸多挑战,包括数据标准不统一、安全性问题以及法律与伦理约束等。未来,随着技术的不断进步和政策法规的逐步完善,生态环境监测数据的整合与共享机制将进一步优化,推动环境管理走向智能化和高效化,为实现可持续发展目标提供有力保障。

参考文献

- [1] 王睿婧.智能大数据平台在生态环境法律监管中的应用[J].中阿科技论坛(中英文),2025,(04):163-167.
- [2] 邢国栋,李艳婷,袁金蕊,赵林,乔治.生态文明建设中生态环境大数据应用研究[J].环境科学与管理,2025,50(03):133-138.
- [3] 陈书欣.空间大数据技术支持下的EOD模式关联产业集聚特征分析以北京市为例[J].中华建设,2025,(03):172-174.
- [4] 李祎恒,吴嘉慧.生态环境大数据背景下环境治理的路径优化研究[J].大数据,2025,11(02):167-176.
- [5] 汪顺,周泽将,陈一玲.大数据能否缓解环境治理中的委托代理问题? [J].中国人口·资源与环境,2025,35(01):124-132.

A brief discussion on the common treatment methods of volatile organic waste gas in atmospheric environment

Changwei Li

Inner Mongolia Greenles Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

As urbanization accelerates, atmospheric pollution has become increasingly severe, with volatile organic exhaust gases being a significant source of air pollution, posing serious threats to human health and the environment. Therefore, relevant departments can effectively improve environmental quality and achieve sustainable development by adopting appropriate control methods for volatile organic exhaust gases. In practical applications, it is necessary to combine current conditions, select suitable methods, leverage technological advantages, and achieve notable results. In light of this, this study provides a brief overview of the characteristics and sources of volatile organic exhaust gases in the atmosphere, analyzes commonly used control methods, and offers insights for reference by relevant personnel.

Keywords

atmospheric environment; volatile organic waste gas; treatment method

浅谈大气环境中挥发性有机废气的常用治理方法

李昌伟

内蒙古格林勒斯环保科技有限公司, 中国·内蒙古·呼和浩特 010000

摘 要

随着城市化进程不断加快, 大气环境污染问题愈发严重, 其中挥发性有机废气是大气污染的重要来源, 对人类健康和环境造成了严重威胁。因此相关部门通过采用恰当的治理方法, 有效控制挥发性有机废气, 可以有效改善环境质量, 实现可持续发展。而在具体应用中需要结合现状, 选择合适的方法, 发挥技术优势, 取得显著效果。鉴于此, 开展本文的研究工作, 简单概述大气环境中挥发性有机废气的特征和来源, 分析常用的治理方法和控制方法, 以供相关人员参考。

关键词

大气环境; 挥发性有机废气; 治理方法

1 引言

挥发性有机废气是大气环境中的重要污染物之一, 具有污染来源多、传播范围广的特点, 对环境和人体健康带来一定威胁。因此相关部门要重视对挥发性有机废气的治理工作, 可以采用生物处理技术、吸附回收技术、冷凝处理技术等多种方法, 优化选择, 提高处理效率, 同时也要加强源头控制和过程管理, 减少挥发性有机废气的产生量。通过综合应用, 达到良好的治理效果, 改善空气质量。

2 大气环境中挥发性有机废气的特征和来源

2.1 特征

挥发性有机废气具有一系列独特的特点。包括挥发性、多样性、反应性、毒性、光化学性。挥发性指的是这些化合

物在常温下可以从液体或者固体的状态转化为气体的状态, 快速地释放到大气中, 扩散到更远的地方。多样性指的是挥发性有机废气, 包含芳香烃、烷烃、醛、醇等各种类型。它们的化学性质来源和反应活性各有不同, 这就导致挥发性有机废气整体的影响十分复杂。反应性指的是, 很多挥发性有机废气会与氮氧化物、氧气等发生化学反应, 生成臭氧以及其他类型的污染物, 会破坏大气的化学平衡, 加剧空气污染^[1]。一些挥发性有机废气还具有毒性, 例如甲醛, 它们长期暴露在空气中会对人体健康造成影响。光化学性指的是, 一些挥发性有机废物会受到阳光的影响, 参与光化学反应, 形成光化学烟雾。这些特点决定了挥发性有机废物具有一定的危害性, 治理工作复杂。需要根据不同类型情况, 选择合适的治理方法。

【作者简介】李昌伟(1989-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古巴彦淖尔人, 本科, 工程师, 从事环保研究。

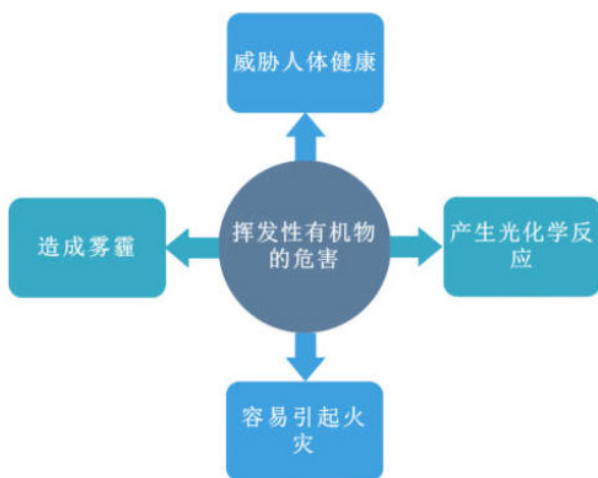


图 1 挥发性有机废气的危害

2.2 来源

挥发性有机废气的主要来源包括人为源和自然源。而人为源主要包括工业生产和道路运输。工业生产方面，往往会涉及诸多化学反应、物质转化和能源利用，而在这些活动中会排放一定量的挥发性有机废气。化学生产中原料的转化、中间物的合成以及产品的精制等各个步骤，都有可能产生挥发性有机废气^[2]。金属加工、机械制造等也是挥发性有机废气排放的重要来源，尤其是其中涉及的一些粘合剂、清洗剂中也会含有挥发性有机废气，使用的过程中挥发到空气中，加剧污染。此外，在制药、纺织、食品加工等各行业中，也会涉及挥发性有机废气的排放。道路运输中机动车尾气排放会产生一系列的挥发性有机废气，包括芳香烃、烯烃、烷烃等。一些老旧车辆燃油泄漏、发动机效率低下会导致挥发性有机废气，排放量增加。而清洁能源的推广使用可以有效降低挥发性有机废气的整体排放。

3 大气环境中挥发性有机废气的常用治理方法

3.1 生物处理技术

生物处理技术是治理挥发性有机废气的一种常用方法，主要是借助微生物的代谢作用，有效降解废气中的有机物。常见的方法有生物滤池、生物洗涤器、生物滴滤塔、膜生物反应器等。其中生物滤池主要是打造有机填料的反应器，微生物会在填料表面形成生物膜，通过废气有效降解其中的 VOCs^[3]。该方法适用于低浓度、大流量的废气，运行成本比较低，不过填料容易堵塞，需要定期更换。生物洗涤器是废气在吸收塔中被液相吸收，吸收液进入生物反应器中进行降解，比较适用于高水溶性的 VOCs 废气。生物滴滤塔指的是废气会通过无机填料，循环液自上而下喷洒，微生物在填料表面形成生物膜。该方法处理效率会高于生物滤池，抗负荷波动能力比较强。膜生物反应器主要是利用疏水膜将 VOCs 从气相传递至液相生物反应器，实现在液相中的有效降解。不过膜材料的成本比较高。

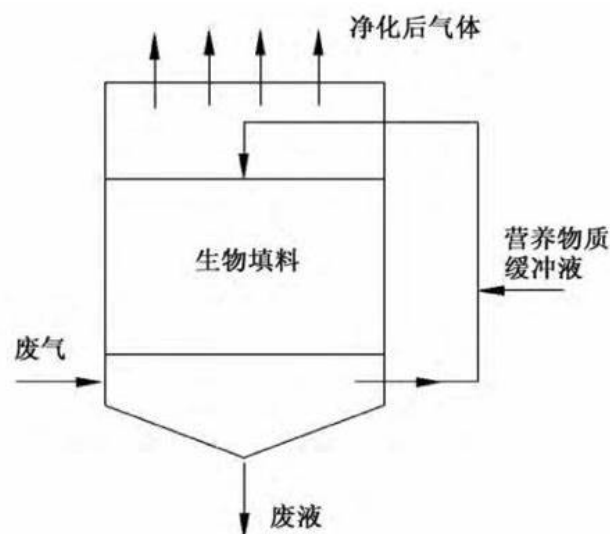


图 2 生物处理技术

3.2 热破坏技术

热破坏技术主要通过高温和加热条件，将毒性较大的有机废气分解为毒性较小或者无毒物质。常见的方法有直接燃烧法、蓄热式热氧化炉燃烧法、换热式催化燃烧法等。这些方法的整体操作比较简单，仅需要对废气进行加热处理，成本偏低。不过如果化工废气中的氮氧化合物含量比较高，需要尽可能地避免使用该方法。应用催化燃烧时，要求不能产生二次污染，因此可以选择氧化铝作为催化剂。不过该类催化剂成本比较高，在应用的过程中可以逐步使用其他催化剂代替有效控制成本，例如稀土型催化剂得到了广泛的应用。

3.3 吸附回收技术

吸附回收技术主要是采用多孔物质，有效吸附 VOCs，降低有机废气的含量。一般会采用活性炭作为吸附材料，成本低、吸附能力强，而且吸附饱和以后还可以净化处理、循环利用，有效降低企业的废气处理成本^[4]。吸附过程中，废气通过吸附器，其中的 VOCs 被吸收，清洁气体则被吸附器排出。吸附剂饱和以后使用热脱附的方法。不过该技术也有一定的挑战和局限性，需要根据不同废气成分和浓度优化吸附剂的选择。吸附剂的饱和容量有限，需要定期更换或者再生增加了运行的成本。

3.4 活性炭纤维吸附技术

活性炭纤维吸附技术是一种高效的治理方法，主要借助活性炭纤维作为吸附剂。炭纤维是一种环保高效的吸附材料，有着良好的吸附性能，它的外部 and 内部都有数量庞大的碳原子，使碳纤维表面形成固体结构，确保处理效果达到标准。与传统的炭吸附材料相比，活性炭纤维的碳含量更高，吸附效率能达到 95% 以上^[5]。废气通过活性炭纤维层时，VOCs 分子会被吸附在纤维的表面和内部的孔隙中。活性炭纤维表面的官能团和极性特性，使其对 VOCs 具有较强的亲和力和选择性吸附能力。吸附饱和以后，可以通过化学再生

热再生的方法进行再生处理,恢复其吸附能力,与其他技术结合,可以进一步提高处理效率。

3.5 冷凝处理技术

冷凝处理技术是一种十分重要的物理分离方法,通过降低温度或者增加压力,也可以使 VOCs 凝结成液态,高效回收和净化。该方法常作为吸附、催化燃烧等技术的预处理步骤。例如高浓度的 VOCs 可以先进行冷凝回收,再优化处理可以达到良好的处理效果。冷凝法对高浓度 VOCs 的回收率可达 90% 以上,能够直接回收液态有机物,资源化价值高。该方法具有一定的安全性,没有二次污染,但设备复杂,会增加整体的投入成本,而且能耗比较高。

3.6 光催化法

光催化法主要是利用催化剂在光照条件下产生的活性氧物种,可以将 VOCs 氧化成二氧化碳和水,比较适用于低浓度 VOCs 的处理。常用的光催化剂有 TiO_2 。将光催化剂涂覆在反应器的内壁上,然后通过废气,两者相接触发生反应可以有效实现净化^[6]。该技术具有环境友好性、节能潜力等诸多优势,但在应用的过程中,积炭、中毒会导致催化剂失活,需要定期再生或者更换。光利用效率低,还存在副产物风险。

3.7 变压吸附分离与净化

该技术是一种新型的治理有机废气的技术。将污染物吸附在固体材料上,进入净化设备,完成处理。通过控制相应的压力和温度充分发挥变压吸附分离与净化技术的效果,实现安全排放。固体材料吸附饱和,使用真空手段分解其中的有机废气。吸附材料恢复活力以后,可以实现回收与循环利用。化工企业在生产的过程中可以灵活应用变压吸附分离与净化技术,提高废气处理的精纯度,也能提高整体的自动化水平。

4 大气环境中挥发性有机废气的有效控制

4.1 源头控制

在大气环境的发现有机废气治理工作中,通过采用源头控制法,可以减少挥发性有机废气的排放量,减轻后续治理压力。首先,工业生产中涉及的原材料、生产过程等会产生大量的挥发性有机废气。因此企业要进一步优化生产工艺。需要分析原有生产工艺,寻找改进的空间。例如,可以引进一些先进的生产设备和技术,降低有机物的使用量,有效控制废气的产生量。也可以选择环保材料,现阶段,市场上出现了各种低挥发性有机物的原材料,具有低碳环保等一系列优势,因此可以应用于生产中,从源头控制,可以大幅

降低废气的排放。第三,加强设备的密闭性。在工业生产过程中,设备密闭性不足会导致大量的挥发性有机废气,在生产环节逸散^[7]。因此企业要加强生产设备的监测工作,通过全面评估改造提高整体的密封性,可以有效降低废气的泄漏风险。

4.2 过程管理

通过加强过程管理,也能有效减少 VOCs 的产生量。企业需要提高对挥发性有机废气监测治理工作的重视。通过建立完善的监测系统,实时跟踪废气的产生排放情况,结合数据分析了解 VOCs 排放增加的具体环节,采取适当的措施,有效控制,加强过程管理。综合分析各项数据,防止废气超标排放,也能为后续的改进工作提供重要的依据。与此同时,企业还要加强内部宣传和培训工作,提高员工的重视程度,强化他们的操作技能。了解挥发性有机废气的危害性和相关控制的重要性,可以积极参与其中,强化过程管理,减少人为因素的影响。

5 结语

综上所述,大气中挥发性有机废气的成分复杂,对治理工作提出了一定的要求,相关部门则需要结合挥发性有机废气的特点,选择合适的治理方法。将生物处理法、光催化技术、吸附技术、冷凝处理技术等综合应用,提高治理效果。与此同时,企业生产方面也要加强源头管控和过程管理,完善整体监管机制的建设,可以有效控制 VOCs 的产生量,减轻后续治理的压力。通过综合应用各种方法,加强全过程管控,可以达到良好的治理效果,改善环境,保障人体健康,促进社会的可持续发展。

参考文献

- [1] 程立娜,王春晨,孙松,等. 大气环境中挥发性有机废气治理常用方法相关研究[J]. 区域治理,2023(5):158-161.
- [2] 郭海宁. 大气环境中挥发性有机废气治理技术研究[J]. 工程管理与技术探讨,2024,6(13).
- [3] 康怡,贺亚楠. 大气环境中挥发性有机废气污染特征与治理方案研究[J]. 环境科学与管理,2023,48(4):61-65.
- [4] 别志阳. 大气环境中挥发性有机废气治理方法研究[J]. 地质研究与环境保护,2024,3(10).
- [5] 杨艳霞,郝利斌,庞小平. 大气环境中挥发性有机废气治理的有效策略思考[J]. 生态与环境科学,2023,4(3).
- [6] 王丽丽. 大气环境中挥发性有机物废气的环境监测及治理技术研究[J]. 高铁速递,2022(3):194-195.
- [7] 房建. 大气环境中挥发性有机物废气的环境监测及治理技术研究[J]. 皮革制作与环保科技,2023,4(24):59-61.

Discussion on the construction of emergency management system for environmental emergencies in industrial parks

Yingyi Liu

Guangdong Senxin Environmental Protection Technology Development Co., Ltd., Qingyuan, Guangdong, 511500, China

Abstract

As the scale of industrial parks continues to expand, the risk of environmental emergencies also increases. Establishing a comprehensive emergency management system to respond and handle sudden environmental incidents in a timely and effective manner has become crucial for ensuring park safety and promoting sustainable development. This paper explores the construction of an emergency management system for environmental emergencies in industrial parks, analyzes the characteristics of such incidents and the main risks faced by the park, and proposes the framework design and key components of the emergency management system. Through in-depth research on emergency response mechanisms, technical support systems, and evaluation and improvement measures for emergency management, this paper aims to provide theoretical guidance and practical references for emergency management in industrial parks. The study results indicate that establishing a scientific management system and an efficient emergency response mechanism is at the core of enhancing the park's ability to respond to environmental emergencies.

Keywords

industrial park; environmental emergencies; emergency management; emergency response; risk assessment

工业园区环境突发事件应急管理体系建设探讨

刘颖怡

广东森信环保科技有限公司，中国·广东 清远 511500

摘 要

随着工业园区规模的不断扩大，环境突发事件的风险也随之增加。如何建立完善的应急管理体系，及时有效地应对和处置突发环境事件，已成为保障园区安全、促进可持续发展的关键。本文探讨了工业园区环境突发事件应急管理体系的建设，分析了环境突发事件的特点及园区面临的主要风险，提出了应急管理体系的框架设计与关键环节。通过深入研究应急响应机制、技术支撑系统以及应急管理的评估与改进措施，本文旨在为工业园区应急管理提供理论指导和实践参考。研究结果表明，建立科学的管理体系和高效的应急响应机制，是提高园区应对环境突发事件能力的核心。

关键词

工业园区；环境突发事件；应急管理；应急响应；风险评估

1 引言

随着工业化进程的加快，工业园区成为生产和经济活动的核心区域。然而，园区中复杂的工业活动和高浓度的污染物排放，使得环境突发事件发生的可能性逐渐增大。近年来，诸如化学泄漏、火灾、废气污染等环境突发事件时有发生，对园区的安全生产、员工健康以及周边生态环境构成了严重威胁。因此，建立一套高效、可操作的应急管理体系，对突发环境事件进行及时处置，已成为园区管理中的重要任务。本研究旨在探讨如何通过构建完善的应急管理体系，提升园区在面对环境突发事件时的反应速度和处置能力，从

而减少或避免事件对园区造成的负面影响。通过分析应急管理的各项组成元素，研究园区应急管理体系的建设路径及其实施策略，进一步强化工业园区在环境风险管理中的应对能力。

2 工业园区环境突发事件的特点与挑战

工业园区环境突发事件具有一定的复杂性和多样性，主要体现在事件发生的突发性、危害的广泛性和影响的长远性。根据统计数据，约有 30% 的环境突发事件与园区内化学品泄漏相关，这类事件往往伴随有强烈的毒性和火灾风险，对周围环境和人员造成严重危害。根据我国相关应急管理报告，工业园区的环境突发事件发生频率近五年呈现上升趋势，尤其在夏季和秋季高温季节，园区内的化学品储存、废水处理等环节更容易发生事故。环境突发事件还往往涉及多个相关部门，因而协调困难，容易造成响应滞后，影响事

【作者简介】刘颖怡（1990-），女，中国广东清远人，本科，工程师，从事生态环境咨询与管理（环境影响评价）研究。

件的快速处置。此外,园区内的设施设备老化、管理疏忽、操作不当等因素,使得环境事故发生的风险加大。根据调查,约有40%的园区未能定期进行应急演练和设备维护,导致事件发生时应急响应体系无法有效启动。这些特点和挑战需要通过建设完善的应急管理体系来进行有效应对,以确保园区内环境突发事件能够得到及时控制和处理。

3 工业园区应急管理体系的构建框架

工业园区应急管理体系的核心目标是确保在发生环境突发事件时,能迅速有效地减轻损失、保障人员安全、保护环境,并最终实现灾后恢复。应急管理体系的建设应当以预防为主、应急为辅的原则,注重系统性和前瞻性。防范是基础,强化风险评估、隐患排查,提前制定应急响应预案,确保最大限度地降低事故发生的概率。应急响应方面,要求在事件发生后,能够在最短时间内启动应急机制,快速、准确地采取有效措施,防止事态进一步恶化。信息共享和跨部门协作是应急管理体系中的关键原则,应急管理要保障信息流畅,确保各相关部门能够及时获得有效信息,协同作战。此外,管理体系必须具备灵活性和动态性,应根据事件的不同性质和规模,快速调整应急措施,做到因地制宜、因事制宜。同时,应急预案的制定还需注重与上级部门和外部单位的协调,确保园区能够与相关政府部门、专业机构等开展有效的联动合作,形成应急合力。

4 工业园区应急响应机制与流程

4.1 应急响应的启动条件与程序

应急响应的启动条件是园区内环境突发事件达到一定规模或产生较大危害时,根据预定的应急预案迅速启动响应程序。启动条件主要包括但不限于事件的严重性、可能造成的人员伤亡或财产损失、环境污染的范围以及是否影响到周边地区的安全。应急响应的程序要求从事件发生到响应启动之间的时间间隔尽可能缩短,确保在最短时间内采取有效措施。事件发生后,园区应急管理指挥部依据预案迅速评估事件等级,并决定是否启动应急响应程序。一旦响应启动,园区内各部门要按照预定的职责与任务,迅速行动,调度必要的资源和人员进行现场处置。程序的顺利进行依赖于明确的岗位责任和高效的指挥调度体系,确保园区在事件发生时能够迅速反应,并最大程度地减少损失。

4.2 应急响应过程中的资源调配与协调

应急响应过程中的资源调配与协调是确保事件得到有效控制的关键。园区在应急响应启动后,需要根据事件的具体情况,合理调配人员、设备、物资等资源。资源调配应当优先满足最紧急、最重要的需求,确保现场处置工作顺利进展。在资源调配过程中,园区应急管理指挥部负责协调各相关部门,确保资源的快速到位与合理分配,避免资源浪费或调配不及时的情况发生。与此同时,应急响应的各环节之间需要加强协作与沟通,确保各部门能够协调一致,共同应对

突发事件。通过建立跨部门的应急协调机制,园区能够更加高效地整合内部资源,形成应急响应的合力,进一步提升应对突发环境事件的能力。

4.3 应急响应中的信息传递与决策支持

应急响应中的信息传递与决策支持是确保指挥决策及时、准确的关键。事件发生后,信息必须迅速、准确地传递给园区应急管理指挥部和各相关部门,为决策提供依据。信息传递的速度和准确性直接影响到决策的有效性。园区应建立健全的信息传递渠道,利用现代通信技术,如无线通信、网络系统等,确保信息可以迅速传播至各个应急小组和相关人员。此外,决策支持系统的建设也至关重要,园区可以借助先进的技术手段,如地理信息系统(GIS)、数据分析平台等,及时获取事件的相关数据,辅助决策。决策支持系统不仅帮助管理层迅速了解事件发展情况,还能够为采取的应急措施提供科学依据,确保应急响应措施的合理性和有效性,避免决策失误和资源浪费。

5 工业园区环境突发事件应急管理体系建设分析

5.1 应急管理体系的组织架构与职责分工

工业园区的应急管理体系应建立明确的组织架构,确保各个环节能够高效协作。园区应急管理指挥部是整个体系的核心,负责统筹和指挥园区内的应急工作。指挥部通常由园区领导、各相关部门负责人和专业应急管理人员组成,具备决策权和指挥权。在突发环境事件发生时,指挥部需要迅速做出响应决策,启动应急预案,并调度各项资源。为了确保各项应急任务能够迅速执行,园区还应设立若干专业应急小组,如消防、医疗、环境监测等部门。这些小组的职责明确,分工精细,确保在应急事件发生时,相关人员能够迅速投入到工作中。此外,园区内各部门的职责划分也应做到清晰,确保信息传递畅通,避免因职责不明确或沟通不顺畅而延误应急处理。园区应定期组织部门间的联动演练,确保每个部门在实际事件中的高效配合与执行。

5.2 应急预案的制定与演练机制

应急预案的制定是确保园区能够有效应对环境突发事件的基础。每个园区应根据其地理位置、产业特性及潜在环境风险,制定相应的应急预案。预案内容应涵盖事件发生前、事件发生时和事件发生后的全过程,明确各部门在不同阶段的责任和任务。应急预案的重点是提升园区应对各类突发环境事件的响应速度和处理能力,确保应急指挥部能够迅速启动响应机制。在预案制定完成后,园区应定期开展应急演练,通过模拟不同类型的环境突发事件,检验预案的可操作性和执行效果。演练内容应包含各类突发事件的现场处理流程、资源调配、人员疏散等方面,确保所有应急小组成员都能熟悉应急程序,并在实际事件中高效执行。演练结束后,应进行总结与评估,发现并修正预案中的不足,确保应急预案不断完善,提升园区的应急响应能力。

5.3 应急资源配置与协调机制优化

应急资源的有效配置与协调机制的优化是保障应急响应高效运行的关键。在突发环境事件中，园区应迅速调配所需的各类资源，包括人员、设备、物资等，以确保应急响应能够顺利进行。资源配置的优先级应依据事件的紧急程度和影响范围来决定，确保最关键的应急环节能够得到充分支持。园区应建立统一的资源调度平台，实时监控园区内的各类资源状况，确保资源分配的及时性与合理性。园区还应优化资源共享机制，加强不同部门、不同应急小组之间的协调合作。例如，消防小组和环境监测小组需要协调配合，确保

在扑灭火灾的同时，对环境污染进行监测与控制。为避免资源浪费和配置不当，园区应定期对资源进行清点与更新，确保应急物资和设备的完好性和及时性。在协调机制方面，园区应加强与外部应急机构的联系与合作，形成上下联动的应急管理体系。在发生重大突发事件时，园区应与政府、应急救援队伍、医疗机构等建立快速响应机制，确保外部支援能够及时到位。通过不断优化资源配置与协调机制，园区能够提高应急管理的效率，保障环境突发事件能够得到快速有效的处置，图 1 为工业园区环境污染事故综合应急救援预案流程图。

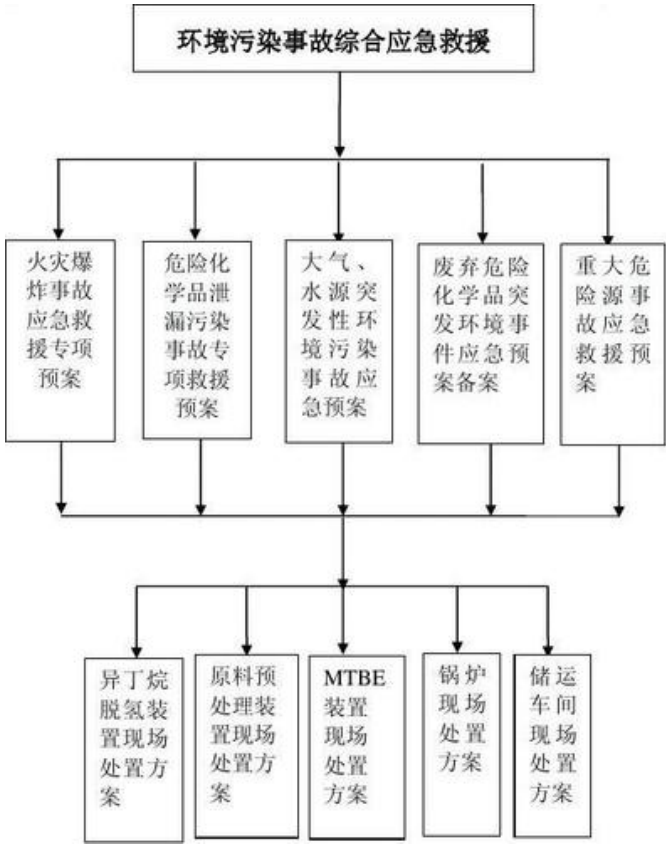


图 1 工业园区环境污染事故综合应急救援预案流程图

6 结语

工业园区的环境突发事件应急管理体系建设对于保障园区安全、减少环境风险具有重要意义。通过构建科学的组织架构、明确的职责分工，以及完善的应急预案和演练机制，园区能够在突发事件发生时做到迅速反应、有效处置。资源配置与协调机制的优化进一步提高了应急响应的效率，确保了各项资源的合理调配与高效利用。随着园区应急管理体系的不断完善，园区对环境突发事件的应对能力将得到显著提升，能有效减少事故对园区和周边环境的负面影响。应急管理体系建设不是一蹴而就的过程，必须根据园区的实际情况和发展需求，进行不断的评估与优化。通过持续改进，园区可以在面对未来的环境挑战时，更加从容应对，保障园区内外的人员安全与环境的可持续发展。

参考文献

[1] 陈言斌.工业园区突发环境事件应急预案优化与实施研究[J].福建轻纺,2025,(03):17-20.

[2] 仇敏俊,王泽军.工业园区突发环境事件风险评估及应急措施——以江苏武进经济开发区为例[J].广东化工,2025,52(01):144-147.

[3] 刘丹.环境突发事件应急管理机制研究[D].导师：孙壮珍;姜晓亭.西南科技大学,2022.

[4] 麦晓蓓,林剑华.突发水环境污染事件应急处置的问题和对策研究——以肇庆工业园区为例[J].黑龙江环境通报,2022,35(03):83-85.

[5] 杨芊,王洪涛.关于工业园区突发环境事件应急管理体系的思考[J].环境监测管理与技术,2022,34(03):1-5.

Statistical Analysis of Intelligent Supervision in the Kanghui River Basin of Tai'an City

Zhiqiang Qiu¹ Lili Wang² Shouhe Zhang¹

1. Tai'an Ecological Environment Protection Control Center, Tai'an, Shandong, 271000, China

2. Water Conservancy Bureau of Taishan District, Tai'an, Shandong, 271000, China

Abstract

This paper takes the intelligent supervision project of the Kanghui River Basin constructed by the Ecological Environment Bureau of Tai'an City as the research object, and analyzes the background, construction content, technical characteristics and implementation effect of the project. By analyzing the monitoring data of the water environment quality in the basin, the contribution of the intelligent supervision system to the improvement of water quality in the Kanghui River Basin was discussed. Research shows that the implementation of this project has significantly enhanced the water environment monitoring capacity of the basin, achieved precise source tracing and early warning of pollution sources, and provided scientific basis and technical support for the water environment governance of the basin. This article aims to provide reference and inspiration for similar water environment governance projects in river basins.

Keywords

Kanghui River Basin; Intelligent supervision; Water environment quality; Source tracing of pollution; early warning system

泰安市康汇河流域智能化监管情况统计分析

仇志强¹ 王丽丽² 张首和¹

1. 泰安市生态环境保护控制中心, 中国·山东 泰安 271000

2. 泰安市泰山区水利局, 中国·山东 泰安 271000

摘 要

本文以泰安市生态环境局建设的康汇河流域智能化监管项目为研究对象, 分析了该项目的背景、建设内容、技术特点及实施效果。通过对流域水环境质量的监测数据进行分析, 探讨了智能化监管系统对康汇河流域水质改善的贡献。研究表明, 该项目的实施显著提升了流域水环境监测能力, 实现了污染源的精准溯源和预警, 为流域水环境治理提供了科学依据和技术支持。本文旨在为类似流域水环境治理项目提供参考和借鉴。

关键词

康汇河流域; 智能化监管; 水环境质量; 污染源溯源; 预警系统

1 引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快, 水环境污染问题日益严重, 流域水环境治理成为生态环境保护的重要课题。康汇河作为大汶河的重要支流, 其水环境质量直接影响着大汶河流域的生态健康。近年来, 尽管泰安市在水环境治理方面取得了一定成效, 但康汇河流域仍面临水质不稳定、污染源信息掌控不精准等问题。为应对这些挑战, 泰安市生态环境局实施了康汇河流域智能化监管项目, 旨在通过先进的技术手段提升流域水环境监测和管理能力。本文将对这一项目的实施效果进行分析, 以期类似流域水环境治理项目提供参考。

2 康汇河流域水环境存在的问题

康汇河流域位于泰安市境内, 是大汶河的重要支流之一。根据 2020 年的监测数据, 该流域的水环境质量存在明显问题。在泰安市 19 个重点河流断面中, 6 个断面出现断流现象, 9 个断面达到水质标准, 而大汶河支流泮河流域的梳洗河水质较差, 未能达到考核目标要求。康汇海子河虽为四类水体, 但未达到 20% 月份为三类水体的目标。尽管泰安市在水环境治理方面采取了一系列措施, 但康汇河流域的水质仍不稳定。大汶河水水质波动较大, 中游水质较差, 其主要支流柴汶河、康汇河在冬季易出现水质反弹现象。此外, 泮河、海子河时而出现在劣五类水体, 表明当前泰安市流域内污染源信息掌控不够精准, 河流水质不稳定, 总体达标形势脆弱, 部分断面仍处于达标边缘, 水质极易出现波动。这些问题的存在凸显了加强流域水环境监测和管理的紧迫性。

【作者简介】仇志强 (1982-), 男, 中国山东泰安人, 本科, 高级工程师, 从事环境监测、环境工程研究。

3 智能化监管项目建设内容

为应对康汇河流域水环境治理的挑战，2021 年，泰安市生态环境局实施了康汇河智能化监管项目。该项目主要包括三个方面的建设内容：支流监管体系、干流监管体系和水环境预报预警体系。在支流监管体系建设方面，项目在汇河北支、红石河、月庄河、王瓜店河（仪仙河）等 4 条支流上分别建设了水质微观监测站。这些监测站配备了 COD、氨氮、总磷、PH、流量等监测设备，实现了对支流水质的实时监测和数据采集。在干流监管体系完善方面，针对康汇河流域氟化物和硫酸盐时有超标的情况，项目在干流原有丁坞桥、陈屯桥水质自动监测站的基础上，增加了硫酸盐和氟化物分析仪。这一举措显著提升了干流水质的监测能力，为精准识别和治理污染物提供了数据支持。在水环境预报预警体系建设方面，项目结合市局现有的在线监控平台，将康汇河流域污染源 - 排污口 - 河流监控断面绘制成一张图，建立了 GIS 管理系统预警体系。该系统能够实时监测河流断面水质，一旦出现超标情况，系统会自动报警，便于管理部门及时开展溯源和治理工作，图 1 为康汇河河道图展示。



图 1 康汇河河道图

4 智能化监管系统技术特点

康汇河流域智能化监管系统采用了多项先进技术，具有显著的技术特点。首先，系统采用了数据融合技术，能够对来自不同监测站点的自动监控数据进行整合和分析处理，提高了数据的准确性和可靠性。这一技术为水环境质量的全面评估和趋势预测提供了坚实基础。其次，系统具备报警逻辑关系监测功能。通过设定企业排污、水质自动监测等特定逻辑监控关系，系统能够及时发现并预警企业违规排污等问题。这一功能大大提高了环境监管的效率和精准度，有助于从源头上控制污染。此外，系统还建立了数据模型，并基于此完成了康汇河流域污染源 - 排污口 - 河流监控断面的可视化展示。通过 GIS 管理系统预警体系，管理部门可以直观地了解流域内各监测点的实时状况，快速定位问题区域，提

高了应急响应和决策支持的效率。

5 智能化监管成效的统计指标分析

5.1 水质监测数据变化趋势分析

康汇河流域引入智能化监管系统后，水质监测数据呈现出稳定向好的趋势。在实施监管系统前，丁坞桥断面水质达标率为 75%，系统运行后提升至 92%，上升 17%。陈屯桥由 68% 升至 89%，提高 21%。红石河达标率由 60% 提升至 85%，增长 25%。月庄河达标率从 55% 提升至 80%，同样为 25% 的增长幅度。四个断面平均达标率由 64.5% 升至 86.5%，综合提升 22%。达标率的提升表明河流污染负荷有所缓解，监管系统通过动态数据采集、阈值判断与反馈控制机制，促进污染扩散点位快速识别与控制。水质提升的趋势说明了在线监测、水质模型分析与预警联动机制的有效性，强化了对异常指标的精确控制，也为后续水资源调度与生态修复提供了科学依据。断面数据变化趋势与污染指标控制成效之间呈现明显相关性，水质达标率的持续增长是智能化监管系统构建成功的直接体现，具备统计意义与实践价值，详情见表 1。

表 1 康汇河流域主要断面水质达标率变化

断面名称	实施前达标率 (%)	实施后达标率 (%)	提升幅度 (%)
丁坞桥	75	92	17
陈屯桥	68	89	21
红石河	60	85	25
月庄河	55	80	25

5.2 排污行为与源头管控统计情况

康汇河流域在智能化系统运行期间，重点污染物浓度明显下降，体现出对排污行为与源头治理的显著控制力。数据显示，COD 浓度由实施前的 25mg/L 下降至 15mg/L，下降幅度为 40%。氨氮由 1.5mg/L 降至 0.8mg/L，减少 47%。总磷由 0.3mg/L 降低至 0.15mg/L，降幅为 50%。主要污染物三项指标平均降幅达 45.7%。污染物浓度的同步下降说明各类排放源被有效纳入监测体系，实现了精准定位与风险分级。系统通过 GIS 地图与水质参数实时叠加展示功能，强化了对非法排污企业与农业面源污染的追踪与执法依据支撑。源头治理的核心在于构建全域覆盖的数据链与动态更新机制，推动网格化管理落地执行。统计结果反映出管理部门对排污总量实施了配额控制与分类监管，监管系统的实施有效减少了人为干预与盲点区域，提升了整体流域治理能力，确保了排放强度下降与环境容量协调发展，详情见表 2。

表 2 康汇河流域主要污染物浓度变化

污染物	实施前浓度 (mg/L)	实施后浓度 (mg/L)	下降幅度 (%)
COD	25	15	40
氨氮	1.5	0.8	47
总磷	0.3	0.15	50

5.3 异常预警响应效率与处置数据

智能化监管平台构建完成后,康汇河流域的异常预警响应效率显著提高,反应速度与处置成效数据表现出系统运行的高效性。数据显示,该系统在污染物浓度异常波动达到阈值 0.5mg/L 以内 5 分钟内完成预警推送,相较传统人工监测方式响应时间缩短至原先的十分之一。实施周期内共触发有效预警 65 次,平均每次预警响应时长为 3 分钟,其中 58 次得到及时处置,成功率达 89.2%。系统集成的联动机制使得水质超标事件、排放异常行为、断面水位异常波动均可实现自动识别与同步上报。后台系统同步完成 GIS 定位、视频调度与应急指令推送,提升了多部门协同效率。平台在接入各断面传感设备后,实现了“一点异常,多点联控”的监测格局,提升了系统的敏感性与稳定性。数据反映出系统具备自动化、可视化和闭环控制特征,有效减少人为判断延误与重复响应,显著提升了流域整体突发事件应急管理水平。

6 项目实施效果分析

6.1 水环境监测能力的提升与覆盖优化

康汇河流域智能化监管项目全面提升了水环境监测系统的空间覆盖与数据精度。项目建设过程中新增多处支流微观监测站点,同时对干流主要断面监测点进行了设备升级,布设更高频率的采样节点与自动采集终端。针对以往存在的硫酸盐和氟化物等特征污染物检测能力不足问题,项目引入了专用分析仪器并进行系统集成,使得监测参数种类由原来的 8 项提升至 12 项,增强了污染特性识别能力。在数据传输方面,项目建设了覆盖全流域的无线传输系统,实现了分钟级别的数据更新频率。通过构建数据融合平台,管理单位可实现多点水质同步对比、历史数据趋势建模与动态阈值调整等功能,提升了对潜在风险的前置识别能力。监测系统的覆盖密度与技术等级提升,使管理者能够在时间维度与空间维度上全面掌控流域生态状态,为流域治理提供了系统、连续与实时的科学支撑。

6.2 污染源精准管控与预警响应成效

康汇河流域智能化监管系统在污染源控制方面展现出较强的管控效率与响应能力。系统依托报警逻辑关系监测机制,在污染物浓度异常波动初期即刻生成预警,触发应急处理流程。通过对企业排放数据的智能比对与变化趋势建模,监管平台可自动识别排放规律异常与越限行为,准确定位源头位置与影响范围。系统实施以来,累计识别疑似违规排放行为 45 起,经现场核实后立案查处 36 起,有效形成高压震慑。GIS 管理系统与预警模块联动,提升了管理单位对水质突发事件的响应速度。平台支持污染团块溯源分析与多路径模拟功能,为污染扩散模拟与治理优先级排序提供了可靠依据。数据回溯显示,系统上线后平均预警响应时间缩短至 3 分钟以内,相较传统模式效率提升超过 80%。系统联动机制、参数触发策略与响应闭环设计共同构建起动态、高效、精准

的污染源监管体系,显著提升了水质稳定性与监管透明度。

6.3 水质改善成果与社会综合效益显现

智能化监管系统的全面应用推动了康汇河流域水环境质量持续改善,形成了显著的生态与社会双重效益。监测数据显示,实施后流域内主要断面水质达标率平均提升 22%,COD、氨氮、总磷等关键指标浓度分别下降 40%、47% 和 50%,水质波动区间明显收窄。系统在冬季水环境波动期内的预警能力强化,使管理方能及时采取干预措施,避免水质短期反弹。除生态改善外,智能监管提升了公众知情水平与参与程度。平台开放了部分水质数据查询接口,群众可通过移动端随时了解所在区域水环境信息,增强了公众对环保政策的理解与支持。系统实施期间开展环保宣传活动 18 场,覆盖人群超过 3000 人,社会关注度显著提升。项目建设同步推动了本地环境管理人才的培养,新增技术人员培训岗位 25 个,提升了地方环境治理能力与运营技术储备。系统在改善流域水质的同时实现了技术推动、公众联动与人才支撑的多重联效,构建了流域治理的良性生态。

7 结语

泰安市生态环境局建设的康汇河流域智能化监管项目通过引入先进的技术手段,显著提升了流域水环境监测和管理能力。项目的实施有效解决了康汇河流域水质不稳定、污染源信息掌控不精准等问题,强化了康汇河及其各支流的监督;按照“市控保省控、省控保国控”的原则,确保了省控陈屯桥断面年均值达到三类水体的目标,为流域水环境治理提供了科学依据和技术支持。研究表明,智能化监管系统在污染源精准识别、水质实时监测和预警等方面发挥了重要作用,为类似流域水环境治理项目提供了有益借鉴。未来,建议进一步优化和完善智能化监管系统,扩大监测网络覆盖范围,提升数据分析能力,加强与其他流域治理措施的协同配合,以实现流域水环境质量的持续改善和生态系统的良性循环。

参考文献

- [1] 张浩.基于机器视觉的河流流量智能检测研究[D].导师:刘明堂.华北水利水电大学,2024.
- [2] 陈梦,郑建华,徐小友,王金星,刘炳义,陈华.山区性河流流量视频智能监测方法应用研究[A].第十四届防汛抗旱信息化论坛论文集[C].水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心、《中国防汛抗旱》杂志社、中国水利学会减灾专业委员会:2024:690-699.
- [3] 陈丽.河流湖库立体化防控巡查及智能监测预警分析系统的建设原则及效益——以天祝县为例[J].农业灾害研究,2024,14(03):232-234.
- [4] 王帅,杨烁,郭富欣.河流相储层井筒智能分析系统建设实践[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(05):105-107.
- [5] 王越,李巧玲,肖杨.概念性水文模型与智能模型在中小河流洪水模拟中的比较研究[J].水文,2024,44(01):44-49.

Analysis on the occurrence pattern of forest pests and diseases and the construction of comprehensive control technology system

Ying Wu

Huizhou Forestry Research Institute (Huizhou Botanical Garden Management Service Center), Huizhou, Guangdong, 516001, China

Abstract

This paper focuses on the study of forest pest and disease occurrence patterns and the construction of an integrated prevention and control technology system. By systematically analyzing the intrinsic laws of forest pest and disease occurrence, it explores their causes from biological, environmental, and human factors perspectives; it delves into the principles, key technologies, and implementation points of constructing an integrated prevention and control technology system. The aim is to reveal the essential characteristics of forest pest and disease occurrence, providing a theoretical basis for building a scientific and efficient integrated prevention and control technology system to achieve the health and sustainable development of forest ecosystems

Keywords

forest pests and diseases; occurrence pattern; integrated control; technical system; ecological balance

森林病虫害发生规律及综合防治技术体系构建分析

吴颖

惠州市林业科学研究所（惠州植物园管理服务中心），中国·广东 惠州 516001

摘 要

本论文围绕森林病虫害发生规律及综合防治技术体系构建展开研究。通过系统分析森林病虫害发生的内在规律，从生物学、环境学和人为因素等角度探讨其成因；深入阐述综合防治技术体系构建的原则、关键技术和实施要点。旨在揭示森林病虫害发生的本质特征，为构建科学、高效的综合防治技术体系提供理论依据，以实现森林生态系统的健康与可持续发展。

关键词

森林病虫害；发生规律；综合防治；技术体系；生态平衡

1 引言

森林作为陆地生态系统的主体，在维持生态平衡、提供生态服务、促进经济发展等方面发挥着不可替代的作用。然而，森林病虫害的频繁发生严重威胁着森林资源的安全和生态系统的稳定。随着全球气候变化、森林经营活动加剧以及国际贸易往来日益频繁，森林病虫害的发生呈现出种类增多、危害范围扩大、暴发频率增加等趋势。深入研究森林病虫害的发生规律，构建科学合理的综合防治技术体系，对于有效控制病虫害的危害，保护森林资源，维护生态平衡具有重要的现实意义。目前，虽然在森林病虫害防治领域已取得一定成果，但对其发生规律的系统性研究以及综合防治技术体系的完善仍有待加强。因此，开展相关研究具有重要的

理论和实践价值。

2 森林病虫害发生的生物学规律

2.1 病虫害的生长发育周期规律

森林病虫害的生长发育遵循特定的周期规律，这是其发生和危害的生物学基础。以昆虫类病虫害为例，多数昆虫经历卵、幼虫、蛹和成虫四个发育阶段，每个阶段对环境条件的需求和对森林植被的危害方式各不相同。卵期通常较为脆弱，对环境变化敏感；幼虫期是取食和生长的主要阶段，大量啃食植物叶片、枝干等，对森林造成直接损害；蛹期是昆虫变态发育的关键时期，一般隐藏于土壤、树皮缝隙等场所；成虫期则主要进行交配和产卵，为下一代的繁衍做准备。了解病虫害的生长发育周期规律，有助于在其薄弱环节采取针对性的防治措施，提高防治效果。例如，在昆虫卵期或蛹期，可通过物理或化学手段破坏其生存环境，减少害虫数量^[1]。

【作者简介】吴颖（1984-），男，中国广东河源人，本科，工程师，从事林业技术研究。

2.2 病虫害的繁殖特性规律

病虫害的繁殖能力是影响其种群数量和危害程度的重要因素。不同种类的病虫害具有不同的繁殖特性,如繁殖方式、繁殖速度和繁殖数量等。一些病虫害采用有性繁殖方式,通过雌雄交配产生后代,这种方式能够增加遗传多样性,使后代具有更强的适应能力;而另一些病虫害则可进行无性繁殖,如孤雌生殖,这种繁殖方式能够快速扩大种群数量。此外,病虫害的繁殖速度和数量还受到环境因素的影响,在适宜的温度、湿度和食物资源条件下,其繁殖速度加快,种群数量迅速增长,从而引发病虫害的大面积暴发。掌握病虫害的繁殖特性规律,对于预测病虫害的发生趋势和制定防治策略具有重要意义^[2]。

2.3 病虫害的食性与寄主选择规律

病虫害的食性和寄主选择具有一定的规律性。根据食性的不同,病虫害可分为单食性、寡食性和多食性。单食性病虫害仅取食一种或少数几种近缘植物,如松毛虫主要危害松树;寡食性病虫害取食范围较窄,以某一科或少数几种植物为食;多食性病虫害则可危害多种不同科属的植物。病虫害对寄主的选择受到植物的形态结构、生理生化特性以及气味等因素的影响。例如,某些植物分泌的特殊化学物质能够吸引病虫害前来取食或产卵,而另一些植物则具有抗虫特性,能够抵御病虫害的侵袭。了解病虫害的食性与寄主选择规律,有助于合理规划森林树种结构,减少病虫害的发生风险^[3]。

3 影响森林病虫害发生的环境因素

3.1 气候因素

气候因素是影响森林病虫害发生的重要环境因素之一,包括温度、湿度、光照、降水等。温度直接影响病虫害的生长发育、繁殖和存活。不同的病虫害对温度的适应范围不同,在适宜的温度范围内,病虫害的生长发育速度加快,繁殖能力增强。例如,高温干旱的气候条件有利于一些蚜虫、叶螨等害虫的繁殖和扩散;而低温则可能抑制病虫害的活动,甚至导致其死亡。湿度对病虫害的发生也有显著影响,高湿度环境有利于一些真菌性病害的传播和蔓延,如森林锈病、白粉病等;而干燥的环境则可能使一些害虫因缺水而死亡。此外,光照和降水的变化也会影响病虫害的发生,如光照不足可能导致植物生长衰弱,增加对病虫害的易感性;降水过多或过少都可能改变土壤和空气的湿度,从而影响病虫害的生存和繁殖^[4]。

3.2 土壤因素

土壤作为森林植物生长的根基,其复杂的理化性质通过影响植物生理状态与生态环境,间接但深刻地塑造着森林病虫害的发生态势。土壤酸碱度(pH值)对植物生长与抗性具有显著影响,在酸性土壤环境下,铝、锰等金属元素的溶解度增加,过量的铝离子会抑制植物根系细胞分裂,破

坏细胞膜结构,干扰植物对钙、镁等必需元素的吸收,导致植物生长矮小、叶片黄化,生理代谢紊乱,进而削弱其抗虫防御机制。例如,酸性土壤中生长的松树,其针叶中防御性化学物质含量显著降低,更易遭受松毛虫侵害。而肥沃的土壤富含氮、磷、钾等大量元素及铁、锌等微量元素,能够充分满足植物生长需求,促使植物合成更多的次生代谢产物,如黄酮类、生物碱等,这些物质不仅可以增强植物细胞壁强度,还能作为天然杀虫剂,提高植物对病虫害的抵御能力^[5]。

3.3 森林生态系统结构因素

森林生态系统的结构对病虫害的发生起着重要的调控作用。丰富的物种多样性和复杂的生态系统结构能够增加病虫害的自然控制因素,降低病虫害暴发的风险。在物种多样的森林中,不同物种之间存在着复杂的相互关系,如捕食、寄生、竞争等,这些关系能够形成自然的生态平衡,抑制病虫害的种群增长。例如,鸟类、天敌昆虫等捕食性生物能够捕食害虫,减少害虫数量;寄生性生物能够寄生在害虫体内,影响害虫的生长发育和繁殖。此外,森林的垂直结构和水平结构也会影响病虫害的发生。合理的森林结构能够改善通风透光条件,降低林内湿度,减少病虫害的滋生环境。

4 人为因素对森林病虫害发生的影响

4.1 森林经营活动

不合理的森林经营活动深刻改变森林生态系统的结构与功能,成为森林病虫害滋生的温床。大规模单一树种造林形成的纯林,严重破坏了生态系统的物种多样性。从生态学角度看,生物多样性的降低削弱了物种间的协同进化与相互制衡机制,当某类病虫害侵入时,缺乏天敌昆虫、寄生性生物等自然制约力量。例如,单一的松树纯林易遭受松毛虫、松材线虫等病虫害的侵袭,由于林间缺乏能捕食松毛虫的鸟类、蜘蛛等天敌,以及抑制松材线虫的拮抗微生物,病虫害极易呈指数级扩散^[6]。此外,过度采伐使森林郁闭度骤降,林间小气候发生改变,原本处于阴暗潮湿环境的部分树木暴露于强光下,树势衰弱,抗虫基因表达受阻,同时光照增强为喜光性害虫如光肩星天牛、美国白蛾等创造了适宜的生存条件。而不当的森林抚育,如过度修剪导致树木伤口增多,不仅为病原菌的侵入提供通道,还打破树木体内激素平衡,降低防御酶活性,使得树木更易遭受病虫害感染。

4.2 林业种苗调运

林业种苗调运的全球化趋势,加剧了森林病虫害跨区域传播风险。在种苗贸易过程中,若检疫流程存在漏洞,携带病虫害的种苗将突破地理隔离屏障,进入原本无对应防控体系的生态区域。以松材线虫病为例,其传播依赖松墨天牛等媒介昆虫,而带病的松木及其制品在调运时未被严格检疫,致使松材线虫随包装材料、木质家具等扩散至新地区。这些外来病虫害凭借原产地长期进化形成的生存优势,在新环境中缺乏有效天敌,且当地森林生态系统尚未形成适应性

防御机制,从而迅速占据生态位。同时,现代物流运输的高效性缩短了病虫害的传播周期,使得疫情暴发更为突然且难以控制。研究表明,未经检疫的种苗调运可能导致病虫害传播范围在数年内扩大数倍,严重威胁区域森林生态安全,因此强化种苗调运检疫是切断病虫害传播链的关键防线^[7]。

4.3 人类活动干扰

人类活动从多维度干扰森林生态系统的稳定性,间接助推森林病虫害的发生。城市化与基础设施建设致使森林碎片化,栖息地丧失和生态廊道断裂破坏了森林生态系统的完整性,物种的迁移扩散受阻,生物多样性保护网络被割裂,部分对生态环境敏感的天敌物种因栖息地破碎化而数量锐减。环境污染对森林的影响同样显著,大气污染中的二氧化硫、氮氧化物等物质直接损害植物叶片气孔结构,降低光合作用效率;土壤污染改变土壤微生物群落结构,影响植物根系对养分的吸收,导致树木生长衰弱,酚类、萜类等次生代谢产物合成减少,抗虫能力下降。此外,旅游活动带来的人为踩踏、垃圾丢弃等行为破坏林间地表植被,干扰土壤结构,影响土壤动物的生存;狩猎活动导致食虫鸟类、鼬科动物等天敌数量减少,打破森林生态系统的食物链平衡,使得害虫失去自然控制,为病虫害的暴发创造条件^[8]。

5 森林病虫害综合防治技术体系构建

5.1 综合防治技术体系构建的原则

构建森林病虫害综合防治技术体系应遵循生态平衡原则、预防为主原则和综合治理原则。生态平衡原则要求在防治过程中,充分考虑森林生态系统的整体性和生物多样性,避免采用对生态环境造成严重破坏的防治措施,以维护生态系统的稳定。预防为主原则强调通过科学的规划和管理,提前采取措施预防病虫害的发生,如合理规划森林树种结构、加强森林抚育管理等。综合治理原则是指综合运用生物、物理、化学和营林等多种防治手段,根据病虫害的发生规律和特点,因地制宜地制定防治方案,实现对病虫害的有效控制^[9]。

5.2 综合防治技术体系的关键技术

综合防治技术体系的关键技术包括生物防治技术、物理防治技术和化学防治技术。生物防治技术是利用生物之间的相互关系,如天敌昆虫、病原微生物、有益动物等控制病虫害的方法。这种方法具有环保、长效、对生态系统影响小等优点,如释放赤眼蜂防治松毛虫,利用白僵菌防治森林害虫等。物理防治技术是通过物理手段,如人工捕杀、灯光诱杀、高温处理等防治病虫害的方法。该方法简单易行,对环境无污染,但防治效率相对较低,适用于病虫害发生初期或局部区域的防治。化学防治技术是利用化学农药防治病虫害的方法,具有见效快、防治效果显著等优点,但长期使用化学农

药容易导致病虫害产生抗药性,污染环境,危害人体健康,因此应合理使用化学农药,严格控制使用剂量和频率^[10]。

5.3 综合防治技术体系的实施要点

实施森林病虫害综合防治技术体系,首先要加强监测预警体系建设。建立完善的森林病虫害监测网络,及时掌握病虫害的发生动态,为防治决策提供科学依据。其次,要注重技术培训和推广,提高林业从业人员和林农的病虫害防治技术水平,确保各项防治措施能够正确实施。此外,还应加强部门间的协作与配合,林业、农业、环保等部门应建立联合防控机制,共同应对森林病虫害问题。同时,要加强对森林病虫害防治工作的政策支持和资金投入,保障综合防治技术体系的顺利实施。

6 结论

森林病虫害的发生受到生物学规律、环境因素和人为因素的综合影响。深入了解其发生规律,对于预测病虫害的发生趋势和制定有效的防治措施至关重要。构建森林病虫害综合防治技术体系,应遵循生态平衡、预防为主和综合治理原则,综合运用生物、物理、化学和营林等多种防治手段。通过加强监测预警、技术培训推广、部门协作和政策支持等措施,确保综合防治技术体系的有效实施。只有这样,才能实现对森林病虫害的科学防控,保护森林资源,维护森林生态系统的健康与可持续发展。

参考文献

- [1] 王红峰,刘升益.林业病虫害发生规律及综合防治技术探析[J].农家参谋,2024,(23):72-74+77.
- [2] 陈留宝.大蒜病虫害发生规律及其综合防治技术[J].河北农机,2024,(12):100-102.
- [3] 翟跃琴.油松病虫害发生规律与综合防治技术[J].现代农村科技,2023,(07):45-46.
- [4] 卓玛.多措并举开展森林病虫害防治筑牢绿色生态防护墙——肃北县光肩星天牛的发生规律及防治技术分析[J].中国林业产业,2023,(07):50-51.
- [5] 吴静,陈洋,李红伟.林业病虫害发生规律及综合防治技术[J].现代农村科技,2023,(01):34-35.
- [6] 姚小琴,宋伟,王万蓉,等.第三师麦盖提垦区红枣主要病虫害发生规律及综合防治技术[J].农业科技通讯,2022,(12):242-243+252.
- [7] 张蕊,陈媚,冯红玉,等.百香果病虫害发生规律及综合防治技术研究进展[J].现代农业科技,2022,(22):94-98.
- [8] 张旭.森林病虫害的发生特点及综合防治技术[J].农业灾害研究,2021,11(07):21-22.
- [9] 潘树峰.森林病虫害的发生特点及综合防治技术[J].种子科技,2021,39(09):74-75.
- [10] 段斌,卢兆成,方玲,等.豫南粳稻晚播主要病虫害发生规律变化及综合防治技术[J].江苏农业科学,2020,48(23):103-107.

Effects of different management measures on species diversity and structural stability of natural secondary forests

Jian Liu

Huizhou Forestry Research Institute (Huizhou Botanical Garden Management Service Center), Huizhou, Guangdong, 516001, China

Abstract

This paper focuses on the impact of different management practices on species diversity and structural stability in natural secondary forests. By systematically reviewing relevant theories, it delves into the internal mechanisms by which management practices affect species diversity and structural stability. It explores common management practices and their effects, and outlines corresponding research methods. The study shows that appropriate management practices can effectively enhance species diversity in natural secondary forests and strengthen their structural stability, providing theoretical support and decision-making references for the scientific management and sustainable development of natural secondary forests.

Keywords

natural secondary forest; management measures; species diversity; structural stability

不同经营措施对天然次生林物种多样性与结构稳定性的影响

刘健

惠州市林业科学研究所（惠州植物园管理服务中心），中国·广东 惠州 516001

摘 要

本论文聚焦于不同经营措施对天然次生林物种多样性与结构稳定性的影响展开研究。通过系统梳理相关理论，深入分析经营措施影响物种多样性与结构稳定性的内在机制，探讨常见的经营措施及其作用效果，并阐述相应的研究方法。研究表明，合理的经营措施能够有效提升天然次生林的物种多样性，增强其结构稳定性，为天然次生林的科学经营与可持续发展提供理论依据与决策参考。

关键词

天然次生林；经营措施；物种多样性；结构稳定性

1 引言

天然次生林是在原始森林植被受到人为或自然因素干扰破坏后，经过自然演替重新形成的森林生态系统。它在维持区域生态平衡、提供生态服务功能、保护生物多样性等方面发挥着至关重要的作用。然而，随着人类活动的不断加剧，天然次生林面临着过度采伐、森林火灾、病虫害侵袭等诸多威胁，其生态功能逐渐退化。为了实现天然次生林的可持续利用，采取合理的经营措施显得尤为必要。经营措施的选择与实施直接关系到天然次生林的物种多样性和结构稳定性，深入研究不同经营措施对天然次生林物种多样性与结构稳定性的影响，对于科学管理和保护天然次生林具有重要的理论和实践意义。

2 经营措施影响天然次生林物种多样性与结构稳定性的机制

2.1 资源分配机制

在天然次生林复杂的生态系统中，光照、水分、养分等资源是维系植物生存与繁衍的核心要素。不同植物物种对这些资源的需求呈现显著差异，例如高大的乔木往往对光照需求强烈，具有发达的根系以获取深层土壤的水分和养分；而低矮的草本植物则更适应弱光环境，在有限的资源条件下，通过高效的光合作用和养分吸收机制维持生长。不同的经营措施犹如生态系统的“调节器”，深刻改变着资源在林间的分配格局。以间伐措施为例，当移除部分林木后，林冠层的郁闭度降低，阳光能够穿透至林下空间，原本处于林冠阴影下的耐阴植物和草本植物迎来了“曙光”。这些植物获得充足光照后，光合作用效率显著提升，有机物积累增加，从而促进其生长和繁殖，大量新个体的出现丰富了物种多样性^[1]。

【作者简介】刘健（1988-），男，中国广东河源人，本科，工程师，从事林业技术研究。

2.2 生态位分化机制

生态位是物种在生态系统中生存和发展的“独特身份证”，它涵盖了物种对资源的利用方式、与其他物种的相互关系以及在时间和空间上的分布特征等多个维度。经营措施的实施如同在森林生态系统中投入一颗“石子”，激起层层涟漪，改变着生态系统的微环境，进而促使物种生态位发生深刻分化。以森林抚育措施为例，清理枯枝落叶能够减少地表的遮蔽，改变土壤的温度和湿度条件；割灌除草调整了植被组成，降低了植物间的竞争强度。在这种新的环境下，不同物种为了生存和繁衍，开始在资源利用、时间和空间分布等方面产生分化。一些原本竞争能力较弱的物种，可能会选择在特定时间段利用特定资源，或者在空间上向更适宜的区域迁移，从而避免与优势物种的直接竞争。这种生态位的分化使得多种物种能够在同一生态系统中和谐共存，显著增加了物种多样性。

2.3 干扰与恢复机制

经营措施本质上是人类对森林生态系统施加的一种人为干扰，而这种干扰对生态系统的影响具有两面性。适度的干扰，如选择性采伐，能够打破森林生态系统长期维持的相对平衡状态，创造出一系列新生境。这些新生境为新物种的入侵和定居提供了机会，一些原本在竞争中处于劣势或无法进入该生态系统的物种，可能借助这一契机进入并扎根。新物种的加入带来了新的基因和生态功能，促进了物种的更新和演替，丰富了物种多样性。同时，天然次生林生态系统具备一定的自我恢复能力，合理的经营措施能够成为引导生态系统恢复的“指南针”。例如，补植乡土树种可以快速补充因干扰而减少的物种，这些乡土树种由于对当地环境高度适应，能够迅速融入生态系统，增强生态系统的抗干扰能力和自我修复能力^[2]。它们与原有物种相互协作，共同维持森林生态系统的结构和功能，保障其稳定性。然而，过度或不合理的干扰，如大面积皆伐，会对森林生态系统造成毁灭性打击。大量生物栖息地被破坏，物种失去生存空间，生态系统的自我恢复能力被严重削弱，难以在短时间内恢复到原有的状态，最终导致物种多样性急剧下降，森林结构稳定性遭到不可逆的破坏。

3 常见的天然次生林经营措施及对物种多样性与结构稳定性的影响

3.1 间伐措施

间伐是一种常见的森林经营措施，它通过定期移除部分林木，调整林分密度。间伐能够改善林内的光照、通风和土壤条件，为保留木提供更充足的生长空间和资源。在物种多样性方面，间伐后，林下光照增强，为林下植物的生长提供了有利条件，一些喜光的草本植物和灌木得以生长，增加了林下植物的种类和数量，丰富了物种多样性。同时，间伐还能促进保留木的生长，提高林木的生长质量，优化森林的垂直结构。在结构稳定性方面，合理的间伐强度可以避免林

木之间的过度竞争，减少因竞争导致的树木死亡和病虫害的发生，增强林分的稳定性。然而，如果间伐强度过大，可能会对森林生态系统造成较大的干扰，导致一些物种因生存环境的剧烈变化而消失，降低物种多样性和结构稳定性^[3]。

3.2 森林抚育措施

森林抚育包括清理枯枝落叶、割灌除草、修枝等内容。清理枯枝落叶可以减少病虫害的滋生场所，改善土壤的通气性和透水性，促进土壤微生物的活动，提高土壤肥力。割灌除草能够减少灌木和杂草与林木之间对水分、养分和光照的竞争，为林木生长创造良好的条件。修枝则可以改善林木的通风透光条件，减少风害和病虫害的发生。在物种多样性方面，适度的森林抚育措施可以为一些对环境条件要求较高的物种创造适宜的生存环境，促进物种的生长和繁殖。但过度的抚育，如过度割灌除草，可能会破坏一些林下植物的栖息地，导致物种多样性下降。在结构稳定性方面，森林抚育措施有助于保持森林生态系统的健康状态，增强林木的抗逆性，维持森林结构的稳定性^[4]。

3.3 补植与更新措施

补植与更新措施是指在天然次生林中，通过人工种植乡土树种或珍贵树种，补充和更新森林资源。补植可以增加森林的物种丰富度，尤其是当补植的树种与原有树种形成互补的生态位时，能够促进物种之间的相互作用，提高物种多样性。同时，合理选择补植树种和种植方式，可以优化森林的树种组成和空间结构，增强森林生态系统的稳定性。例如，补植一些抗病虫能力强的树种，可以减少病虫害对森林的威胁；补植一些深根性树种，可以增强森林的固土能力，提高森林的抗风能力。然而，如果补植的树种不适合当地的生态环境，或者种植方式不当，可能会导致补植树种难以成活，甚至对原有生态系统造成破坏，影响物种多样性和结构稳定性^[5]。

4 研究天然次生林经营措施与物种多样性、结构稳定性关系的方法

4.1 样地调查法

样地调查法是研究天然次生林的常用方法之一。在研究区域内，根据森林的地形、植被类型等因素，设置一定数量和大小的样地。对样地内的所有植物进行详细调查，记录植物的种类、数量、高度、胸径等信息。通过对不同经营措施下样地调查数据的对比分析，可以了解物种多样性和结构稳定性的变化情况。例如，比较间伐样地和未间伐样地的物种组成和林木结构，分析间伐措施对物种多样性和结构稳定性的影响。样地调查法能够直观地获取森林生态系统的基础数据，但样地的设置需要遵循一定的原则，以确保数据的代表性和准确性^[6]。

4.2 长期监测法

长期监测法是对选定的研究区域进行长时间的连续观测和记录。通过长期监测，可以了解天然次生林在不同经营

措施下随时间的动态变化过程,包括物种多样性的演变、结构稳定性的波动等。长期监测可以采用固定样地监测、样线监测等方式,定期收集相关数据。例如,对一片实施森林抚育措施的天次生林进行多年的监测,分析森林抚育措施对物种多样性和结构稳定性的长期影响。长期监测法能够为研究经营措施与物种多样性、结构稳定性之间的关系提供丰富的时间序列数据,但需要耗费大量的时间和精力,且对监测人员的专业素质要求较高。

4.3 模型模拟法

模型模拟法是利用数学模型和计算机技术,对天然次生林在不同经营措施下的物种多样性和结构稳定性进行模拟和预测。通过建立反映森林生态系统结构和功能的数学模型,输入相关的参数,如树种特性、环境因素、经营措施等,模拟不同经营措施下森林生态系统的变化过程。例如,利用森林动态模型模拟间伐强度、补植树种等经营措施对物种多样性和结构稳定性的影响,为经营措施的优化提供理论依据。模型模拟法可以在较短的时间内对多种经营措施进行模拟分析,预测不同经营措施可能产生的效果,但模型的建立需要准确的基础数据和合理的假设,模型的准确性和可靠性需要进一步验证^[7]。

5 不同经营措施组合对天然次生林物种多样性与结构稳定性的影响

5.1 间伐与补植相结合的措施

间伐与补植相结合的经营措施能够充分发挥两者的优势,对天然次生林的物种多样性和结构稳定性产生协同促进作用。间伐可以改善林内的光照和生长空间条件,为补植树种提供适宜的生存环境。补植则可以增加物种的丰富度,补充和更新森林资源。例如,在间伐后的林地上补植一些珍贵树种或乡土树种,既可以提高森林的经济价值,又能丰富物种多样性,优化森林的树种组成和空间结构。同时,间伐和补植的合理搭配还可以增强森林生态系统的自我调节能力,提高结构稳定性。但需要注意的是,间伐和补植的时间、强度和树种选择等因素需要综合考虑,以避免对森林生态系统造成不利影响^[8]。

5.2 森林抚育与间伐相结合的措施

森林抚育与间伐相结合的经营措施可以进一步优化森林的生长环境,提升物种多样性和结构稳定性。森林抚育措施可以改善林内的卫生状况,减少病虫害的发生,为林木生长创造良好的条件。间伐则可以调整林分密度,优化森林结构。两者相结合,能够更好地满足不同物种的生长需求,促进物种的生长和繁殖。例如,在进行间伐后,及时开展森林抚育,清理枯枝落叶和杂草,有利于林下植物的生长,增加

物种多样性。同时,合理的间伐和森林抚育措施可以使森林的结构更加合理,增强森林的抗干扰能力,提高结构稳定性。但在实施过程中,需要根据森林的实际情况,合理安排森林抚育和间伐的顺序和时间,以达到最佳的经营效果^[9]。

5.3 多种经营措施综合运用的措施

多种经营措施综合运用是指将间伐、森林抚育、补植与更新等多种经营措施有机结合,根据天然次生林的具体情况和经营目标,制定个性化的经营方案。多种经营措施的综合运用能够从多个方面对森林生态系统进行调控,全面提升物种多样性和结构稳定性。例如,在一些生态功能退化严重的天然次生林中,可以先进行适度的间伐,改善林内环境;然后开展森林抚育,清理杂物,提高土壤肥力;最后根据森林的树种组成和生态需求,补植适宜的树种,丰富物种多样性,优化森林结构。多种经营措施的综合运用需要充分考虑各措施之间的相互关系和影响,进行科学合理的规划和实施,以实现天然次生林的可持续经营和生态功能的有效提升^[10]。

6 结论

本论文系统研究了不同经营措施对天然次生林物种多样性与结构稳定性的影响。经营措施通过资源分配、生态位分化和干扰与恢复等机制,对天然次生林的物种多样性和结构稳定性产生重要影响。常见的间伐、森林抚育、补植与更新等经营措施,在合理实施的情况下,能够有效提升物种多样性,增强结构稳定性,但不合理的实施则可能带来负面效果。研究天然次生林经营措施与物种多样性、结构稳定性关系的样地调查法、长期监测法和模型模拟法各有优劣,相互补充。此外,不同经营措施的组合运用能够产生协同效应,更好地促进天然次生林的健康发展。为了实现天然次生林的可持续经营,应根据森林的实际情况,科学选择和合理实施经营措施,注重经营措施之间的协调配合,以维持和提高天然次生林的物种多样性和结构稳定性,充分发挥其生态服务功能。

参考文献

- [1] 曾伟,罗栋,史正军,等.不同经营措施对马占相思人工林土壤呼吸的影响[J].东北林业大学学报,2024,52(07):58-63.
- [2] 李丹丹.基于TLS数据不同经营措施的落叶松干形研究[D].东北林业大学,2024.
- [3] 王润辉,郑会全,韦如萍,等.不同遗传控制和经营措施对杉木人工林早期生长的效应分析[J].林业与环境科学,2022,38(03):1-9.
- [4] 吕衡,张健,伊奎鑫,等.不同经营措施对毛竹林土壤理化性质、酶活性和有机碳矿化特征的影响[J].竹子学报,2022,41(02):34-40.
- [5] 周爽爽.不同林型下幼苗更新对近自然森林经营初期的响应及促进措施[D].华东师范大学,2022.

Research on the development strategy and path of high-quality manufacturing enterprises under the goals of carbon peak and carbon neutral

Ningzhi Zhang

Guangzhou Greenstone Carbon Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

Under the national “dual carbon” strategy, manufacturing enterprises face dual challenges of green transformation and high-quality development. This paper analyzes the current progress of manufacturing enterprises in technology upgrades, clean energy application, and energy efficiency improvements, and points out issues such as high-energy consumption production methods, insufficient investment in green technologies, and an incomplete carbon accounting system. The article proposes that manufacturing enterprises should focus on building a green product system, advancing intelligent manufacturing, implementing green supply chain management, and strengthening carbon asset management as core strategic directions. Sustainable development can be achieved through key pathways including green transformation paths, financing mechanism construction, data foundation improvement, and top-level design reinforcement

Keywords

“double carbon”; green transformation; intelligent manufacturing

碳达峰、碳中和目标下制造型企业高质量发展战略与路径研究

张宁致

广州绿石碳科技股份有限公司, 中国 · 广东 广州 510000

摘 要

在国家“双碳”战略背景下, 制造型企业面临绿色转型与高质量发展的双重挑战。本文分析了当前制造企业在技术升级、清洁能源应用和能效提升方面的进展, 并指出其仍存在的高能耗生产方式、绿色技术投入不足、碳核算体系不完善等问题。文章提出制造型企业应以构建绿色产品体系、推进智能制造、实施绿色供应链管理及加强碳资产管理为核心战略方向, 并通过绿色转型路径、融资机制建设、数据基础完善及顶层设计强化等关键路径实现可持续发展。

关键词

“双碳”; 绿色转型; 智能制造

1 引言

在全球气候变暖趋势加剧的情况下, 碳达峰、碳中和已成为全球共识。中国明确提出“2030 年前碳达峰、2060 年实现碳中和”的目标, 标志着经济社会发展正加速向绿色低碳转型。制造业作为国民经济的重要支柱, 同时也是能源消耗与碳排放的主要领域, 其发展模式面临深刻变革^[1]。

2 国家“双碳”政策背景及其对制造业的影响

2.1 国家“双碳”战略的核心要求

在全球气候治理压力加剧与绿色转型趋势不断深化的背景下, 中国提出碳达峰、碳中和战略目标, 标志着国家发展路径正由资源依赖向低碳导向转变。该战略以控制能源消费总量、优化能源结构为核心内容, 要求制造业从传统高投入、高排放的发展模式向高效能、低污染的方向转型。国家通过设定碳排放强度下降目标、推动非化石能源替代、建立全国统一碳市场等举措, 强化对重点行业的调控力度。制造业作为能源消耗和碳排放的主要领域, 面临结构调整与技术升级的双重任务, 必须在确保经济增长的同时, 实现单位产值能耗与碳排放的持续下降。

【作者简介】张宁致(1996—), 男, 中国江苏常州人, 硕士, 助理工程师, 从事碳达峰、碳中和管理与咨询研究。

2.2 政策法规对制造企业碳排放的约束机制

为落实“双碳”目标，政府逐步构建起覆盖多维度的政策法规体系，形成对企业碳排放行为的系统性约束机制。生态环境部及相关主管部门相继出台包括《碳排放权交易管理办法（试行）》《重点行业碳排放环境影响评价试点工作方案》等在内的规范性文件，明确企业碳排放核算、报告与核查制度，并将碳排放绩效纳入环保监管指标体系。地方政府亦结合区域实际制定差异化管理措施，如对高耗能项目实行更严格的节能审查制度，推动重点企业开展碳达峰行动方案编制。

2.3 行业准入门槛提升与环境监管趋严

近年来，多个省份已将碳排放影响评估纳入项目审批前置条件，新建及改扩建项目的能效与碳排放水平成为关键审核要素。执法监管趋严促使企业在日常运营中更加重视全过程碳排放管理，包括原料采购、工艺流程、废弃物处理等多个环节。生态环境部门通过加大现场检查频次、提高违法处罚力度等方式，显著增强了政策执行效果。在此背景下，制造型企业需主动适应日趋严格的环境规制要求，将绿色发展理念嵌入企业发展战略之中，以应对未来更为复杂的政策环境与市场竞争格局。

3 制造型企业绿色发展现状与问题分析

3.1 当前制造型企业绿色转型总体进展

3.1.1 技术升级与清洁能源应用情况

制造型企业绿色转型已取得一定进展，技术升级与清洁能源应用逐步推进。部分行业领先企业开始引入高效节能设备，优化生产工艺流程，提升自动化与智能化水平，以降低单位产出能耗。同时，清洁能源替代步伐加快，光伏、风电等可再生能源在企业能源结构中的占比有所上升，尤其是具备自建分布式能源条件的企业，已实现一定程度的绿色电力供给。政府推动的绿色制造示范项目和产业园区建设，也为行业内企业的技术改造提供了方向引导与政策支持。

3.1.2 能源效率与资源利用水平提升

能源效率与资源利用水平在部分地区和行业中呈现稳步提升趋势。基于国家节能减排政策导向，不少制造型企业改进能源管理体系、引入智能监测系统等方式，提高了能源使用效率，降低了浪费程度。尤其在钢铁、水泥、化工等高耗能行业，余热回收、废气回用等资源综合利用技术的应用范围逐步扩大，有效提升了产业链上下游资源协同配置能力。受制于区域发展不平衡和技术普及程度差异，整体行业的能源利用效率仍存在较大提升空间，部分中小企业尚未建立完善的能源统计与分析机制，难以实现精细化管理，导致资源利用效率提升进程相对缓慢。

3.2 存在的主要问题与瓶颈

3.2.1 高能耗、高污染生产方式仍存

当前，制造型企业中高能耗、高污染的生产方式依然较为普遍，尤其是在传统工业领域表现尤为突出。钢铁、水

泥、化工等高载能行业在生产工艺上长期依赖化石能源和粗放式加工路径，单位产值能耗和碳排放强度居高不下。尽管近年来部分企业通过设备更新和技术改造实现了局部优化，但从整体行业来看，绿色工艺替代率仍处于较低水平，大量中小企业受限于资金、技术与管理能力，难以推进系统性升级。由于部分地区的产业政策对绿色转型的支持力度有限，加之环保执法存在一定的区域差异，使得一些企业缺乏足够的外部压力推动其进行深层次的技术革新。

3.2.2 绿色技术投入不足与成本压力

绿色技术的研发往往需要较高的前期投入，并且其商业化应用周期较长，短期内难以形成直接经济效益，这使得企业在资源配置上更倾向于维持现有生产体系。尤其是中小企业，在融资渠道有限、盈利能力较弱的情况下，更难承担大规模绿色投资所带来的财务风险。同时，金融机构对绿色项目的风险评估机制尚未完全建立，相关信贷产品和服务覆盖范围有限，进一步限制了企业的融资空间。部分绿色技术尚处于试验或示范阶段，技术成熟度不高，应用场景受限，企业对其采纳信心不足。即使有意愿进行绿色改造，企业也可能因缺乏清晰的投资回报预期而选择观望态度，从而延缓了绿色技术在制造业中的推广与普及。

3.2.3 碳核算体系不完善与数据基础薄弱

目前多数企业在碳核算体系建设方面仍显薄弱，缺乏统一、规范的核算标准与操作指引。不同行业、不同地区在碳核算方法、数据口径及报告要求上存在较大差异，导致企业间碳排放数据可比性较差，影响了政策制定与市场机制的有效运行。同时，企业在实际执行中普遍面临碳排放数据采集困难、统计口径不一、信息系统不完善等问题，许多企业尚未建立完整的碳排放监测与记录体系，导致数据质量参差不齐，难以支撑精准的碳资产管理。政府层面对企业碳信息披露的要求仍以鼓励性为主，缺乏强制性的披露机制与技术支持，企业在碳数据管理方面的专业能力和意识亦有待提升。

3.2.4 缺乏系统性绿色发展战略

当前，大多数制造型企业缺乏从顶层设计到具体实施的系统性安排，绿色转型多停留在应对监管合规或响应短期政策导向层面，呈现出碎片化、被动化的特点，未能形成贯穿产品设计、生产流程、供应链管理以及售后服务的全链条绿色发展理念。企业在制定中长期发展规划时，通常仍将经济增长作为主要目标，绿色发展目标缺乏明确的战略定位和量化指标支持，导致绿色实践难以形成长期驱动力。管理层对绿色发展的认知深度不一，部分企业尚未建立起与绿色战略相匹配的管理体系和资源配置机制，致使绿色转型缺乏系统性和可持续性，难以真正实现高质量发展。

4 制造型企业高质量发展的核心战略方向

4.1 构建绿色低碳产品体系

随着全球对环境保护和可持续发展的日益重视，制造型企业亟需从全生命周期环节，系统性地融入绿色低碳理

念。构建绿色低碳产品体系有助于企业积极应对国内外日趋严格的环保法规与标准,提升品牌社会责任形象,赢得消费者与投资者的长期信任。在“双碳”目标背景下,企业应主动布局绿色技术创新,推动产品向节能、减排、可循环方向转型升级,形成差异化竞争优势。

4.2 推进智能制造与数字化转型

依托工业互联网平台,企业能够实现对生产数据的实时采集与分析,为工艺优化提供精准依据。大数据技术的应用提升了资源调度效率,使生产计划更加贴合实际能耗与排放情况。自动化设备与智能控制系统的部署有效减少了人为操作误差,提高了能源和原材料的利用效率。此外,人工智能算法在预测设备运行状态、识别能耗异常等方面展现出潜力,为制造过程中的节能减排提供了新的解决方案。

4.3 实施绿色供应链管理

绿色供应链管理作为连接产业链上下游的重要纽带,受到制造型企业的重视。通过建立绿色采购标准,企业在选择原材料和零部件供应商时纳入环境绩效指标,推动整个供应网络共同减少资源消耗和污染排放。在物流环节,优化运输路径与装载方式有助于降低碳足迹,提高配送效率。部分行业头部企业已在实践中探索构建闭环供应链体系,促进废旧产品回收再利用,推动形成资源循环利用的产业生态。

4.4 加强碳资产管理与碳足迹管理

碳资产管理与碳足迹管理逐渐成为制造型企业应对低碳转型挑战的战略工具。随着全国碳市场的建设推进,越来越多企业开始建立碳账户,系统记录各生产单元的碳排放数据,并据此制定减排目标与行动方案。碳核算机制的引入为企业参与碳交易提供了数据支持,增强了其在碳配额分配与市场交易中的主动性。同时,部分企业积极布局自愿减排项目,通过碳信用抵消机制拓展绿色发展空间。

5 实现高质量发展的关键路径

5.1 推动传统制造模式向绿色低碳转型

实现高质量发展的关键路径之一在于强化绿色技术替代能力,重点围绕节能改造、清洁生产工艺推广以及资源循环利用等方面开展系统性改进^[2]。在钢铁、建材、化工等重点领域,应优先采用先进适用的低碳技术,提升能源利用效率,减少污染物排放。同时,依托数字化手段提升生产过程的能效管理水平,推动能源使用由粗放型向精细化转变。完善绿色标准体系与认证机制,为企业明确的技术路径和政策支持,助力制造型企业实现从“被动应对”到“主动转型”的根本性转变。

5.2 构建多元化绿色技术投入与融资机制

针对绿色技术投入不足与成本压力较大的问题,制造型企业亟需构建多元化的资金支持体系,以缓解企业在绿色转型过程中的财务约束。为此,应鼓励金融机构开发更多适

配绿色项目的金融工具,如绿色信贷、绿色债券、碳中和基金等,提升绿色资产的可融资性与流动性。同时,政府可通过财政补贴、税收优惠、风险补偿等方式降低企业的绿色投资门槛,增强其绿色创新意愿。还可探索建立产业绿色转型基金,引导社会资本参与制造业绿色升级,形成市场化、可持续的绿色投融资机制,为制造型企业提供长期稳定的资金保障。

5.3 完善碳核算体系与数据管理基础

在碳核算体系不完善与数据基础薄弱的背景下,制造型企业需加快建立健全的碳排放管理体系,以支撑科学决策和精准施策。应推动制定覆盖不同行业的统一碳核算规范,提升数据可比性和透明度。同时,鼓励企业建立内部碳排放数据库,整合能源消耗、生产工艺、物流运输等多维度信息,实现全过程碳足迹追踪。在此基础上,还需加强对企业碳信息披露的制度设计,逐步由自愿披露向强制披露过渡,并配套相应的技术支持与能力建设措施。

5.4 强化绿色发展战略顶层设计与执行机制

针对当前制造型企业普遍缺乏系统性绿色发展战略的问题,必须从战略高度统筹规划绿色发展路径,推动绿色理念贯穿企业发展全过程^[3]。应将绿色发展纳入企业总体战略框架,明确中长期目标与阶段性任务,建立绿色绩效评估指标体系,确保绿色发展理念有效落地。同时,企业内部应设立专门机构或岗位负责绿色转型工作,推动跨部门协同与资源整合,提升绿色管理的专业化水平。还应加强管理层对绿色发展的认知培训,提升员工绿色意识,营造有利于绿色转型的企业文化氛围。通过构建完善的绿色战略执行机制,制造型企业才能真正实现从“被动响应”向“主动引领”的转变,迈向高质量发展轨道。

6 结语

在碳达峰、碳中和目标的推动下,制造型企业正面临深刻的结构调整与转型压力。当前,尽管部分企业在绿色技术应用、智能制造升级、供应链协同减排及碳资产管理等方面取得初步进展,但整体仍处于探索阶段,面临诸如高能耗生产方式难以替代、绿色投入不足、碳核算体系不健全以及战略规划缺失等多重瓶颈。未来,制造型企业需在政策引导、技术创新与市场机制协同作用下,加快构建覆盖产品全生命周期的绿色低碳体系,提升数字化赋能水平,强化产业链绿色协同,并建立完善的碳管理框架。

参考文献

- [1] 汤卫伟.“双碳”目标背景下安徽制造业高质量发展路径研究[J]. 企业改革与管理,2025,(05):139-141.
- [2] 毛强.“双碳”目标下河南高耗能制造业转型升级路径[J].河南工学院学报,2024,32(02):58-61+66.
- [3] 唐凡.“双碳”背景下制造业产业升级路径探析——以A市为例[J].现代工业经济和信息化,2023,13(12):180-182.

Study on ammonia escape control strategy of denitration system in thermal power plant

Gaoyuan Qin

China Energy Engineering Group Yunnan Electric Power Design Institute Co., Ltd., Yunnan, Kunming, 650021, China

Abstract

In the denitrification process of thermal power plants, selective catalytic reduction technology is commonly used to reduce nitrogen oxide emissions and achieve ultra-low emission levels. However, ammonia slip during ammonia injection frequently occurs, not only weakening denitrification efficiency but also causing corrosion of downstream equipment, environmental pollution, and increased operating costs. Controlling ammonia slip has become a critical factor affecting the operational stability and environmental performance of denitrification systems. This paper focuses on the mechanism of ammonia slip in thermal power plant denitrification systems, exploring its relationship with ammonia injection control, catalyst performance, flue gas conditions, and other factors. It systematically reviews current mainstream monitoring and control technologies and proposes optimization strategies for ammonia injection, improvements in reactor structure, and enhancements in operational management. The aim is to provide feasible guidelines for improving ammonia utilization and reducing emission risks in thermal power plants.

Keywords

denitration system; ammonia escape; ammonia injection control; catalyst performance; operation optimization

火电厂脱硝系统氨逃逸控制策略研究

秦高远

中国能源建设集团云南省电力设计院有限公司，中国·云南 昆明 650021

摘 要

火电厂在脱硝过程中常采用选择性催化还原技术，以减少氮氧化物排放，提升超低排放水平。然而，在喷氨过程中氨逃逸问题频发，不仅削弱脱硝效率，还会造成下游设备腐蚀、环境污染和运行成本上升。氨逃逸的控制已成为影响脱硝系统运行稳定性与环保绩效的关键因素。本文围绕火电厂脱硝系统的氨逃逸机理展开分析，探讨其与喷氨控制、催化剂性能、烟气工况等因素之间的关联，系统梳理当前主流监测与调控技术，并在此基础上提出优化喷氨策略、改进反应器结构、完善运行管理等控制路径，以期如火电厂提升氨利用率、降低排放风险提供可行依据。

关键词

脱硝系统；氨逃逸；喷氨控制；催化剂性能；运行优化

1 引言

火电厂作为我国主要的电力供应主体，其烟气中氮氧化物排放量大，对大气环境质量造成显著影响。选择性催化还原（SCR）脱硝技术凭借其高效的反应效率已被广泛应用于烟气治理中。然而在实际运行中，过量喷氨或系统参数控制不当常导致氨逃逸现象发生，进而引发空预器堵塞、氨盐腐蚀和二次污染等问题，制约了脱硝系统的安全性和环保达标率。氨逃逸不仅是技术问题，更关乎火电厂运行效能与环保监管要求之间的平衡。因此，深入研究氨逃逸的影响机理与控制策略，构建科学、高效、稳定的治理路径，对于提升火电厂脱硝水平、降低运行风险具有重要现实意义。

【作者简介】秦高远（1982-），男，中国重庆人，硕士，高级工程师，从事环境工程研究。

2 火电厂脱硝系统的运行机制与氨逃逸问题概述

火电厂常用的脱硝技术主要包括选择性非催化还原（SNCR）和选择性催化还原（SCR）两类，SCR 工艺因其反应效率高而被广泛应用。其核心机理是在催化剂作用下，将喷入的还原剂氨或尿素与烟气中的 NO_x 在 320℃至 420℃的温区内发生选择性反应，生成无害的氮气和水。该过程对氨的喷入量、催化剂的活性、烟气流速与温度等参数高度敏感。催化剂通常由钛、钒、钨等复合氧化物制成，具有较强的热稳定性和抗中毒能力。氨逃逸是指部分未参与反应的氨随烟气排出反应器进入后端设备的现象，其本质是系统在氨投加控制与反应条件匹配方面存在偏差。当 SCR 系统运行温度低于 300℃或高于 450℃时，催化剂反应活性下降，反应效率降低，从而导致氨不能完全转化^[1]。

3 影响脱硝系统氨逃逸率的关键参数分析

3.1 喷氨量控制精度与负荷变化关联

喷氨量的设定需与烟气中 NO_x 浓度及锅炉负荷密切匹配,不合理的喷氨策略是导致氨逃逸的重要原因。在负荷波动过程中,NO_x 生成速率不稳定,若喷氨系统反应滞后,将引发氨过量问题。例如在某 600MW 机组中,当锅炉口产生浓度从 80% 降至 60% 时,NO_x 排放从 370mg/m³ 降至 290mg/m³,而喷氨量未及时调整,导致氨逃逸率由 3.5% 升高至 7.8%。精确的氨投比控制系统能够根据实时 NO_x 数据和负荷变化动态调整喷氨量,通过建立氨氮比数学模型配合闭环调节装置,可使氨逃逸率控制在 3% 以内,提升脱硝效率并稳定系统运行。

3.2 催化剂活性衰减对还原效率的影响

催化剂在长期使用过程中受高温烧结、灰尘堵塞、化学中毒等影响,其活性呈现下降趋势,进而影响 NO_x 还原反应的充分性。以三氧化钨系催化剂为例,累计运行 8000 小时后比表面积下降了约 28%,氨转化效率由 95% 下降至 82%,直接导致氨逃逸率从 2.9% 增至 6.3%。不同层级催化剂受烟气冲刷程度不同,最上层常首当其冲活性丧失最为显著。定期对催化剂活性层进行性能评估与更换,是维持系统稳定运行的重要保障。在调整喷氨策略前,需结合催化剂寿命评估结果,避免因补偿反应效率而盲目加大氨用量,进一步加剧逃逸问题。

3.3 反应器温度分布与混合均匀性的协同作用

SCR 系统的反应温度分布对脱硝反应影响显著,催化剂最佳工作温区在 300℃ 至 420℃ 之间,若烟气流动不均匀将造成局部过冷或过热,破坏氨与 NO_x 反应的理想状态。在某 660MW 电厂试验中,入口温度不均造成催化剂有效利用率降低 12%,氨逃逸率由 3.2% 上升至 5.9%。同时氨与烟气在混合器前的均匀性不足,也会形成局部氨富集区。混合器设计若存在涡流、短路等结构缺陷,将引起氨氮比局部异常,影响反应均匀性。

4 火电厂现行氨逃逸监测与控制技术现状

4.1 常用氨逃逸在线监测仪器与布点原则

氨逃逸的在线监测通常采用激光差分吸收光谱 (TDLAS) 仪器,该技术具备响应速度快、灵敏度高、不易受粉尘干扰等优势,能够实时反映烟气中氨浓度变化。在布点策略上,需结合烟气流向、反应器结构和催化剂布置层次,合理选择监测断面位置,以实现氨分布的代表性采集。布点时需考虑不同烟道截面流速和温度差异,避免局部数据失真,必要时配置多个传感器并结合均值算法提高数据可靠性,从而形成可用于闭环调节的准确氨逃逸监控体系^[2]。

4.2 基于反应动力学模型的控制手段

通过建立氨-氮反应动力学模型可对喷氨过程进行定

量预测与调节,该类模型通常基于质量守恒、能量守恒和速率常数推导而成,能反映在不同工况下氨与 NO_x 反应效率的变化趋势。模型构建时需输入参数包括 NO_x 浓度、烟气温度、流速分布、催化剂特性等,依据现场运行数据拟合出最佳反应速率常数及氨氮比。通过在控制系统中嵌入此类模型,可实现对喷氨量的预测性调节,减少依赖人工经验操作的滞后风险。该方法尤其适用于负荷波动频繁的机组,可在 NO_x 浓度变化前预判所需喷氨量,有效降低氨逃逸率并提升脱硝系统响应灵敏度与运行稳定性。

4.3 多变量调控系统的集成与应用

在实际运行中,氨逃逸受到喷氨流量、NO_x 浓度、烟气温度、催化剂状态等多个变量的共同影响,传统单变量控制模式难以适应复杂工况。多变量调控系统通过引入 DCS 平台或高级过程控制器 (APC),集成氨氮比控制、NO_x 浓度反馈、烟气温度监测等多个参数,实现实时数据采集、分析与协同调节。系统可基于数学模型与运行经验形成优化控制逻辑,实现动态调整喷氨量和反应区参数匹配。在某 600MW 电厂试运行中,多变量控制系统将氨逃逸率从 5.1% 降至 2.6%,并稳定 NO_x 排放浓度达到超低排放要求。该系统具备算法自学习功能,可随着运行数据积累不断优化控制策略,显著提升脱硝系统运行效率和环保性能。

5 氨逃逸控制策略的优化路径研究

5.1 基于动态负荷的喷氨调节模型构建

火电机组在不同负荷状态下,烟气成分、温度和流速均存在显著变化,传统静态喷氨策略难以实时适应,易造成氨逃逸波动。构建动态负荷耦合的喷氨调节模型成为降低氨逃逸的重要路径。该模型以负荷变化速率、NO_x 实时浓度和历史喷氨量为输入,结合响应滞后时间与反馈调节算法,形成具有前馈功能的控制结构。在机组负荷快速下降至 60% 时,动态模型可实现喷氨速率在 90 秒内快速回调,避免局部氨富集。模型在控制系统中联动 TDLAS 数据和 NO_x 传感器反馈,实现高频率精细化喷氨调控,为复杂工况下脱硝系统稳定运行提供支撑。

5.2 高效分布式催化剂系统的优化设计

为提升反应效率并降低氨逃逸,在催化剂布置方面逐步推广分布式设计理念,即将催化剂分层布置于不同区域,依据反应速率及流场变化设置不同活性等级和孔隙参数的模块。优化设计需基于 CFD 模拟结果,识别低流速或高温区段并适配高通量催化剂,以提高局部反应效率,防止氨在未充分反应的区域逸出。在某机组应用中,通过对原有三层均布结构调整梯度式分布,氨逃逸率由 4.2% 下降至 1.8%。此策略在节约催化剂成本的同时,增强系统适应不同负荷工况的能力,延长整体催化剂使用寿命,保障脱硝系统长期稳定运行,图 1 为高效率前馈补偿的火电厂脱硝控制系统解析。

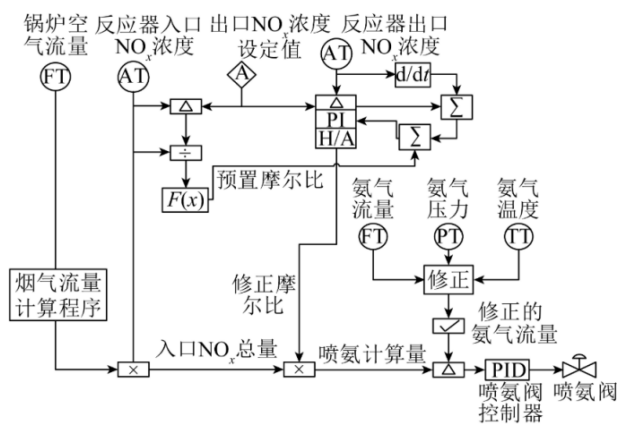


图 1 高效率前馈补偿的火电厂脱硝控制系统解析

5.3 耦合低氮燃烧技术的协同减排机制

氨逃逸的本质是还原剂与 NO_x 浓度失衡所致, 通过源头减少 NO_x 生成量可从根本上降低脱硝系统压力与喷氨需求。低氮燃烧技术以分级燃烧、烟气再循环、空气分配优化等手段抑制 NO_x 生成, 是与 SCR 系统协同减排的重要环节。耦合运行中, NO_x 初始排放量减少约 35%, 喷氨量同步下降 30% 以上, 氨逃逸率可控制在 2% 以下。在系统设计阶段预留低氮燃烧调节接口, 并通过控制逻辑将炉膛 NO_x 生成水平与 SCR 喷氨量进行动态耦合控制, 可在不影响热效率的前提下, 实现源头控制与终端治理的高效结合, 为火电厂构建系统性氨逃逸治理体系提供可靠路径^[3]。

6 氨逃逸控制中的运行管理与制度保障

6.1 运行人员技能提升与操作规程规范化

氨逃逸控制的实效性在很大程度上依赖于一线运行人员对脱硝系统原理与操作要点的理解程度。当前部分电厂存在操作人员专业培训不足、对氨氮配比变化响应滞后等问题,导致喷氨调节不及时,增加氨逃逸风险。通过制定系统化培训计划,强化脱硝原理、氨逃逸机理、监测仪器使用及数据解读等内容,提升人员判断与操作能力。同步完善操作规程,将不同负荷工况下的喷氨调节流程细化至具体参数变动范围,确保操作行为的标准化和一致性。

6.2 定期检修与催化剂性能评估制度

催化剂作为脱硝反应的核心组件，其活性、压降及物理结构的稳定性直接影响脱硝效率与氨逃逸水平。制定定期检修制度，明确催化剂检查周期、检测指标与更换标准，

是维持系统长期高效运行的基本保障。检修内容包括催化剂层压降测定、微观结构观察、比表面积和反应活性测试等,依据检测结果评估催化剂实际运行状态,并结合历史数据进行趋势分析。一旦检测结果出现压降显著上升或反应速率下降,应及时安排清洗或更换。在催化剂性能逐步衰减过程中,结合分层更替和局部补偿策略,避免整体更换带来的资源浪费和系统运行中断,提高脱硝系统经济性与运行稳定性^[4]。

6.3 控制策略与排放标准的适配与反馈机制

火电厂氨逃逸控制策略的制定必须与国家与地方排放标准同步更新, 以实现治理目标与合规要求的协同一致。当前多数地区对氨逃逸浓度已设定明确限值, 部分地区控制在 3ppm 以下, 为此企业需建立涵盖政策解读、目标设定、技术响应与持续优化的管理机制。依据排放标准修订控制指标, 在 DCS 系统中嵌入阈值报警、趋势分析和偏差诊断模块, 实现监测数据的实时反馈与自动修正。在此基础上, 建立运行数据与环保达标记录的对比归档体系, 为环保审查提供技术支撑^[5]。

7 结语

综上所述，氨逃逸控制已成为火电厂脱硝系统优化管理的核心议题之一。通过技术手段与管理机制的有机结合，可在保障脱硝效率的同时有效降低氨排放风险。完善喷氨控制策略、提升催化剂使用效率、加强流场与温度分布调控，是系统层面的关键突破口。运行人员的专业能力、设备状态的持续评估与控制逻辑的智能响应，共同构成氨逃逸治理的综合支撑体系。推动脱硝装置由经验控制向数据驱动转变，将为火电厂实现环保达标与安全经济运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 龙伟荣.火电厂脱硝系统分区控制精准喷氨优化改造[J].电力设备管理,2025,(03):242-244.
- [2] 赵祥云.火电厂燃煤锅炉SCR烟气脱硝系统运行的影响因素研究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(11):185-187.
- [3] 柴飞虎.火电厂脱硝系统分区测量与优化控制应用分析[J].能源与节能,2024,(10):6-10.
- [4] 郑克强.基于IMPC算法的SCR脱硝系统出口NO_x浓度控制[D].导师:陈静.安徽理工大学,2024.
- [5] 杨祉聪.燃煤电站锅炉SCR脱硝系统建模及优化控制策略研究[D].导师:史荣会.福建理工大学,2024.

Factors affecting the quality of volatile organic compounds detection and suggestions for countermeasures

Sujie Guo

Hebei Gongyuan Cloud Environment Detection Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the rapid development of the social economy and the continuous advancement of industrialization, the emissions of volatile organic compounds have been steadily increasing, directly threatening the ecological environment and human health. To ensure environmental safety and purify people's living spaces, it is essential to implement effective detection methods for volatile organic compounds, providing a basis for the treatment of such pollution in environmental governance. Based on this, the article discusses common detection methods for volatile organic compounds, explains factors that affect the quality of volatile organic compound detection during the process, and finally offers targeted suggestions to improve the quality of volatile organic compound detection work for reference by relevant professionals.

Keywords

volatile organic compounds detection; influencing factors; countermeasures

挥发性有机物检测质量的影响因素与应对建议

郭素洁

河北工院云环境检测技术有限公司, 中国 · 河北 石家庄 050000

摘 要

随着社会经济的高速发展和工业化进程的不断推进, 挥发性有机物的排放量持续增加, 直接威胁到生态环境和人体健康。为了保证环境的安全性, 净化人们的生存空间, 应落实好挥发性有机物检测工作, 为环境治理领域中挥发性有机物污染的处理工作提供依据。基于此, 文章探讨了常见挥发性有机物的检测方法, 阐述了检测过程中影响挥发性有机物检测质量的因素, 最后对如何提升挥发性有机物检测工作质量提出了针对性应对建议, 供相关从业者参考。

关键词

挥发性有机物检测; 影响因素; 应对建议

1 引言

国民经济高速发展的背景下, 环境问题受到广泛关注。随着空气污染物含量的急剧增加, 挥发性有机物检测成为了热议焦点, 其对保障人们的身体健康和环境安全性意义重大。在挥发性有机物检测中, 因多种因素的干扰使整体质量受到影响, 需要对其展开详细的分析, 采取科学化应对措施, 让挥发性有机物检测的实效性稳步提升。

2 挥发性有机物检测概述

挥发性有机物的来源是人为排放和自然排放, 在工业化进程中, 空气有机化合物成分更加复杂, 挥发性有机物涵盖着 60 多种, 四分之一以上是有毒气体, 直接威胁到人们的身体健康^[1]。应重视挥发性有机物的科学化检测, 将干

扰因素加以排除, 促使人们的生存空间得以净化, 大气环境得到有效的管控。根据相关的调查研究, 现阶段的挥发性有机物检测工作日臻完善, 但是在多种因素的影响下, 使得挥发性有机物检测的整体质量不尽人意, 还需通过更加可靠的方式优化实践举措。

3 挥发性有机物检测的方法

3.1 气相色谱中质谱法

挥发性有机物对生态环境构成了极大的威胁, 同时影响到人们的身体健康, 需要对其高度重视, 运用科学的检测方法加以分析, 将其负面影响降至最低。气相色谱中, 质谱主要分析未知气体的成分以及具体类型, 通过定性和定量等不同的分析手段, 完成相关的检测工作, 给后续处理提供可靠的参考依据。在获取样本数据的基础上, 还要分析取样以及运输的过程, 若是干扰因素较多, 则无法选择此类方法, 避免影响到最终的结果。另外, 对样品预处理时若是涉及到成分复杂的样品, 还需投入较多的人力以及物力资源, 这种

【作者简介】郭素洁(1989-), 女, 中国河北石家庄人, 硕士, 工程师, 从事环境监测与治理研究。

方法的滞后性明显。在使用相关的措施时,应尽可能避免干扰最终数据的因素,强化测试数据的准确度。图1为气相色谱仪流程图。

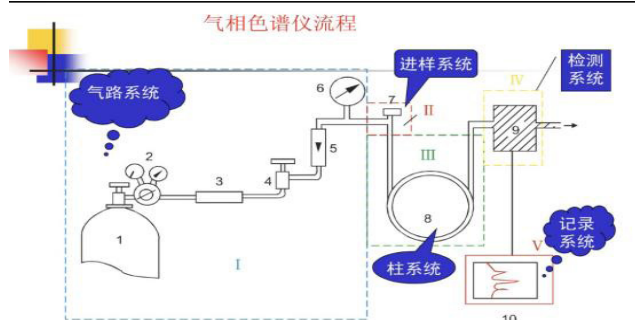


图1 气相色谱仪流程图

3.2 质子转移反应质谱法

由于质子转移反应质谱法在空气中挥发性有机物的检测操作十分简单,所以被广泛的运用起来,这种方法能够强化数据的灵敏度,使之更具参考价值,保证整体的检测效率大大提升。在运用相关的技术时,可以将挥发性有机化合物电离成单一的离子,经过精准的识别,使其成分清晰的展示出来。但是这种方法无法识别同分异构体的有机分子,因此弊端明显,所以在选择此类方法时要考虑相应的缺陷,应选择最佳举措^[2]。

3.3 高效液相色谱法

高效液相色谱主要是在自动化技术下诞生的产物,展示出高压高效等优势之处,将其和质谱联合应用,能够保证数据分析的效果,提高数据分析能力。使用相关的措施时,可以识别到复杂样品中的微量化合物,经过具体的检测,若是样品结构未被损坏,能及时回收,灵敏度较强,可以精准分析样品的成分,促进样品液-液、液-固、离子交换和离子对的分离,完成定量分析目标。高效液相色谱法主要融合了荧光检测法和紫外检测法,在逐步扩大检测范围的基础上,使相关信息的检测准确度大大提升,为完善相关的措施创造良好条件。高效液相色谱法原理如图2所示。

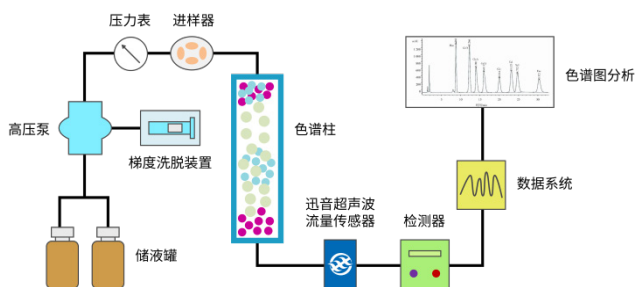


图2 高效液相色谱法原理图

4 挥发性有机物检测质量的影响因素

4.1 环境监测

对环境样本进行检测和分析时极易受到诸多因素的影

响,导致样本数据不够精确,无法顺利开展后续的环境管理工作。在样品检测范围内,若是数据差异较大,则会出现数据异常的情况,难以准确反映环境状况。为了强化挥发性有机物的检测水平,检测人员必须要考虑多种因素,确定适宜的检测手段,制定出应对措施让挥发性有机物检测数据发挥出参考价值。

4.2 数据不符

对挥发性有机物进行检测时,相关人员的素质水平可以影响到结果准确度,同时也受到仪器设备以及检测环境的影响。若是检测人员发现数据差异明显,则要及时判定相应的问题,以便采取后续的应对措施。若是数据风险较大,则要在研究基础上运用改进方案,避免主观臆测或删除无效数据,应及时反馈给相关部门,给后续工作的开展清除障碍。

4.3 异常结果

在挥发性有机物检测环节,因操作人员采取的方式方法不合理,对相关的数产生影,出现了异常结果。此外,选用的仪器设备与实际不符,干扰了挥发性有机物的检测过程,降低了有机物采样的准确度,阻碍工作进展^[3]。

4.4 采样误差

在挥发性有机物采样阶段,应明确可能出现的误差问题,避免影响检测质量。由于外界因素和人为因素的共同影响,使得样品测试环节出现了异常数据,信息研究结果和实际样本数据的差异明显,影响到后续工作的开展。比如在采集样品时忽视了样本浓度以及真实数据之间的联系,使得结果差异性明显。为了进一步强化样品的准确性,应落实好必要的检测与分析,在样品运输环节制定出完善的存储计划,以免影响的样本真实性和可靠性,降低参考价值。

5 挥发性有机物检测质量影响因素的应对建议

5.1 注重仪器设备的准确度

挥发性有机物进行检测时,应重视仪器设备的选择保证其精准度和灵敏性。近些年,检测方法取得了重大进展,但也存在着诸多的考验,如低浓度挥发性有机物检测的准确度和复杂混合物的化合物区分能力有待提升。应根据实际的情况逐步优化传感器和检测器设计方案,还要优化相应的制备技术,确保使用效果达到最佳。在对传感器的结构和表面修饰进一步完善时,能够让传感器和挥发性有机物的相互作用进一步增强,促使检测准确度得以保障。也可根据实际的需求引入敏感材料和识别元件,体现出较强的选择性,让目标化合物特异性的相互作用更加突出。依照化学分离技术和传感器技术,能够分析复杂样品中的实际情况,保证结果根据参考价值。例如,将传统的色谱分离技术与传感器相结合,能够精准分析复杂混合物的目标化合物,保证定量分析更加到位。也可根据实际的需求积极探索新型的手段,如基于质谱的检测方法和表面增强拉曼光谱等等^[4]。

5.2 强化检测与实时监测能力

根据现阶段的实际情况分析,挥发性有机物检测需要

经历漫长的过程,若未能进行科学化的设计,将无法满足实际的需要,甚至会设下重重阻碍。应重视相关手段的优化和完善,要进一步提升检测速度和实时监测能力,确保挥发性有机物的检测实效性进一步提升。具体实践的环节,可以利用微流控技术和微型化技术,由此控制好分析的时间,将其缩减至合理范围,保证工作效率大大提升。微流控技术能够快速混合和输送样品,促使让相关检测工作有序开展,获取可靠的结果。微型化技术能够让整个分析系统合理的缩减,控制好样品以及试剂用量,使得分析速度稳步提升,满足相关工作的具体需求。积极的融入实时监测传感器及检测器,可以提高相应的工作效率,满足现阶段挥发性有机物检测工作的需求。给未来的发展创造良好条件。这类传感器均是融入了微电子技术和纳米材料,体现出极高的灵敏度以及响应速度,推动着相关工作稳定开展。

5.3 把控成本及便捷性

在新的时代背景下,为了扎实推动挥发性有机物检测工作稳步开展,应重视成本以及便捷性的合理把控,促使相关检测工作顺利推进。根据当前的情况来看,部分挥发性有机物检测方法设施成本较高,而且体积庞大,直接影响到正常使用。为了把控相应的成本,将其控制在合理范围,可以逐步优化传感器和检测器的制备工艺,运用成本低廉的材料加快集成化和自动化的生产,使得设备制造成本能够控制在合理范围^[5]。积极发展便携式的挥发性有机物检测设备,使其服务于相关工作稳步开展,充分体现重量轻便和操作简易等多种优势。在运用相关的设施时,也可融入微型化技术以及无线通信技术等先进手段,使相关工作的开展拥有可靠的支撑条件。

5.4 融合多元分析和大数据技术

为了满足相关工作的开展需求,应重视各方主体的积极配合,要采取科学化手段加以引导,确保工作人员树立起责任意识,强化个人的实践技能,为挥发性有机物检测工作的开展提供支持。多元分析和大数据技术至关重要,印证着VOCs检测领域的发展趋势。传统的VOCs检测方法仅能提供目标化合物的定性或定量结果,难以全面分析样品化合

物,通过适当融入多元化分析技术,能够综合概括化合物特征,将综合分析工作落实到实处,获取可靠的成果。比如使用化学计量学方法进行检测,如主成分分析和偏最小二乘回归至关重要,完成定性定量分析目标。通过收集大量的数据可以构建起数据库和相应的模型,为环境检测工作的开展提供可靠的理论依据。在先进技术的支持下,挥发性有机物的快速识别和监测更加到位,提高了工作的效率。运用机器学习以及人工智能等先进举措,可以完成智能化分析和预测,保证检测的准确度。

6 结语

挥发性有机物含量超出设置的范围时,极易影响到生态空间和人们的身体健康,因此需要高度重视挥发性有机物的合理监测,运用科学化手段加以干预,确保环境得到有效的维护,人们的身体健康免受威胁。在本文的详细分析中,了解到挥发性有机物的检测方法以及具体的应用措施,针对于干扰因素提出了合理建议,旨在提供借鉴价值,助力环保事业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李四生,葛成相,张克才,王婉婉,刘必勇,宋晓琼,李昌安. 工作场所空气中11种挥发性有机化合物溶剂解吸-气相色谱法同时测定[J]. 工业卫生与职业病, 2025, 51 (02): 157-160+176.
- [2] 和学智. 吹扫捕集/气相色谱-质谱法测定饮用水中12种挥发性有机物的方法验证[J]. 实验室检测, 2025, 3 (04): 77-80.
- [3] 张佩玉,徐春丽,孙鹏飞,毕建玲,陈萍,王玲玲,高玉花. 混合溶剂中性-碱性液液萃取-色谱-质谱联用同时测定水体中28种半挥发性有机物[J]. 化学分析计量, 2025, 34 (02): 32-40.
- [4] 孟平,麦晨,郑思珩,赵勇,周衡刚,黎晔晖,张艳超,蒋小良. 固相微萃取气相色谱-四极杆静电场轨道阱高分辨质谱法检测葡萄酒中53种挥发性有机物[J]. 中国口岸科学技术, 2025, 7 (01): 62-69.
- [5] 陈进秋,杨欢. 箱式法测定车内非金属零部件中挥发性有机物和醛酮类含量的不确定度评定[J]. 广东化工, 2025, 52 (01): 164-166+178.

Comparison of soil heavy metal pollution remediation technology

Guangyu Liang

School of Environment and Health, Jiangnan University, Wuhan, Hubei, 430056, China

Abstract

The article systematically discusses the physical, chemical, and biological remediation techniques for soil heavy metal pollution. In physical remediation, the backfill method and soil replacement are intuitive and effective but costly and prone to secondary pollution; leaching is suitable for soils with good permeability, offering high efficiency but at the cost of soil structure damage. In chemical remediation, chemical fixation is simple to operate and can fix the form of heavy metals, but it carries the risk of reactivation. Oxidation-reduction methods can alter the valence state of heavy metals but require precise control of reaction conditions. For biological remediation, phytoremediation is environmentally friendly and economical but has a long cycle, while microbial remediation is widely applicable but is sensitive to the environment and slow in restoration. Each technique has its advantages and disadvantages, and practical application should consider the soil condition and pollution level comprehensively, choosing or combining them appropriately.

Keywords

soil remediation; heavy metal pollution; technical research

土壤重金属污染修复技术比较

梁光愉

江汉大学环境与健康学院, 中国 · 湖北 武汉 430056

摘 要

文章系统阐述了土壤重金属污染的物理、化学及生物修复技术。物理修复中,客土法与换土法直观有效但成本高、易二次污染,淋洗法适用于透水性好的土壤,修复效率高却破坏土壤结构;化学修复里,化学固定法操作简便、可固定重金属形态,但存在重新活化风险,氧化还原法能改变重金属价态,却需精准控制反应条件;生物修复方面,植物修复绿色经济但周期长,微生物修复适用范围广,不过对环境敏感、修复缓慢。这些技术各有优劣,实际应用需综合考量土壤状况与污染程度,合理选择或联用。

关键词

土壤修复; 重金属污染; 技术研究

1 引言

土壤作为人类生存和发展的重要自然资源,其质量直接关乎生态安全与粮食安全。然而,随着工业化、城市化进程加快,重金属污染问题日益严峻。重金属在土壤中具有难降解、易积累等特性,严重威胁生态环境与人体健康。为此,物理、化学、生物等多种修复技术应运而生。本文将对这些修复技术进行系统比较,分析其原理、适用场景及优缺点,为土壤重金属污染治理提供参考。

2 物理修复

2.1 客土法与换土法

客土法是一种通过“物理覆盖”实现污染稀释的修复技术,即在受重金属污染的土壤表层均匀覆盖一层未受污染的优质土壤,通过增加土壤厚度来降低污染物浓度,进而削弱重金属对植物根系的毒性作用。以镉污染农田为例,研究表明当客土厚度达到 20 厘米时,表层土壤中镉的有效态含量可降低 60% 以上,显著减少农作物对镉的吸收。换土法则是更为彻底的物理置换手段,需将污染土壤全部挖除,替换为清洁土壤,这种方式能直接移除污染源,常用于重金属集中分布的点状污染区域。

这两种技术特别适用于污染程度较轻、范围相对局限的场景,例如城市公园、校园绿地等小型场地的土壤修复。某一线城市在地铁施工后发现周边绿地土壤铅含量超标,通

【作者简介】梁光愉(1998-),男,中国广西合浦人,硕士,从事环境科学与工程研究。

过客土法覆盖 30 厘米厚的新土，并种植适应性强的草本植物，三个月后土壤铅的生物有效性降低了 75%，植物生长指标恢复正常。其优势在于修复效果立竿见影，能在短时间内改善土壤环境，快速恢复植被生长。但局限性同样显著：首先，资源消耗巨大，每公顷客土修复需运输 300 - 500 立方米新土，不仅增加了运输成本，还可能因大规模取土破坏取土区的生态平衡；其次，两种方法都属于“污染转移型”修复，被移除的污染土壤若处置不当，会引发新的环境问题^[1]；此外，换土过程涉及机械挖掘、运输、回填等多道工序，据测算每立方米土壤处理成本高达 200 - 300 元，对于大面积污染区域，经济成本难以承受。

2.2 淋洗法

淋洗法是基于化学作用原理，通过向污染土壤中注入特定淋洗剂，促使土壤固相中的重金属与淋洗剂发生离子交换、络合、溶解等化学反应，将重金属从土壤颗粒表面或内部释放并转移至液相，随后借助淋洗、分离等后续操作，实现重金属从土壤中的有效去除^[2]。

在淋洗剂的选择上，种类丰富且各具特性。无机酸类如盐酸、硫酸，凭借其强酸性，能通过溶解作用打破重金属与土壤矿物之间的化学键，使其释放到溶液中，但这类强酸在淋洗过程中会显著降低土壤 pH 值，破坏土壤原有酸碱平衡。例如，使用盐酸淋洗铅污染土壤时，虽然能快速溶解土壤中的铅化合物，但淋洗后土壤 pH 值可能从初始的 6.5 骤降至 3.0 - 3.5，导致土壤结构恶化，团粒结构被破坏，进而出现板结现象，同时强烈抑制土壤中微生物的活性，影响土壤生态功能。碱类淋洗剂如氢氧化钠、氢氧化钙，适用于处理一些在碱性条件下能形成沉淀或稳定化合物的重金属，如重金属锌、镉等。不过，碱的过量使用同样会导致土壤 pH 值过高，影响土壤中养分的有效性和植物根系的正常生长。

螯合剂是当前应用广泛且效果显著的一类淋洗剂，以乙二胺四乙酸（EDTA）为例，它能与镉等重金属离子形成稳定的环状络合物，大幅提升重金属在土壤溶液中的溶解度和迁移性。研究数据显示，在镉污染浓度为 50mg/kg 的土壤中，使用 0.1mol/L 的 EDTA 溶液进行淋洗，经过 48 小时的反应，土壤中镉的去除率可达 85% - 90%。

3 化学修复

3.1 化学固定法

化学固定法是基于土壤化学原理，通过向污染土壤中添加特定化学固定剂，利用沉淀、吸附、络合等化学反应，将土壤中具有高迁移性和生物有效性的重金属转化为低活性、低迁移性的化学形态，从而降低重金属对生态环境和人体健康的潜在风险。该技术的核心在于通过改变重金属在土壤中的赋存状态，使其难以被植物吸收或进入地下水循环系统。

在众多化学固定剂中，石灰、磷酸盐、生物炭是应用最为广泛的类型，且各自具有独特的作用机制。石灰作为碱性物质，主要通过提高土壤 pH 值来促进重金属的沉淀。当土壤 pH 值升高时，重金属离子如镉（Cd²⁺）、铅（Pb²⁺）等会与氢氧根离子结合，形成难溶性的氢氧化物沉淀。例如，在酸性镉污染土壤（pH 4.5）中添加石灰后，当土壤 pH 值提升至 7.5 - 8.0 时，镉的有效态含量可降低 60% - 70%，显著减少了镉被植物吸收的可能性。磷酸盐则主要通过与重金属发生沉淀反应来实现固定。以铅污染土壤修复为例，向土壤中添加磷酸二氢钙等磷酸盐，磷酸盐会与铅离子发生反应，生成难溶性的磷酸铅（Pb₃(PO₄)₂）沉淀。研究表明，在铅含量为 500mg/kg 的污染土壤中，添加适量磷酸盐后，土壤中可交换态铅的含量下降了 80%，极大地降低了铅在土壤中的迁移性和生物有效性。

表 1 化学固定法中不同化学固定剂的相关信息

化学固定剂	作用机制	具体实例及效果
石灰	提高土壤 pH 值，促进重金属沉淀	在酸性镉污染土壤（pH 4.5）中添加石灰，提升土壤 pH 值至 7.5 - 8.0，镉的有效态含量降低 60% - 70%，减少镉被植物吸收的可能性
磷酸盐	与重金属发生沉淀反应	在铅含量为 500mg/kg 的污染土壤中添加磷酸二氢钙等磷酸盐，生成难溶性的磷酸铅（Pb ₃ (PO ₄) ₂ ）沉淀，土壤中可交换态铅的含量下降 80%，降低铅在土壤中的迁移性和生物有效性

3.2 氧化还原法

氧化还原法是基于土壤中重金属元素具有不同氧化态且各态化学性质存在显著差异的特性，通过人为添加氧化剂或还原剂，促使重金属发生氧化还原反应，改变其价态，进而实现降低重金属毒性、迁移性和生物有效性的目的。这种方法的核心在于精准调控化学反应，使重金属转化为更稳定、危害更小的存在形态。

在实际应用中，该方法对特定价态的重金属污染修复表现出高度针对性。以六价铬（Cr(VI)）污染修复为例，六

价铬具有强氧化性，水溶性好且毒性极高，其毒性约为三价铬（Cr(III)）的 100 倍。利用硫酸亚铁（FeSO₄）作为还原剂，在酸性条件下（pH 2 - 4），Fe²⁺ 可与 Cr(VI) 发生氧化还原反应，将 Cr(VI) 还原为 Cr(III)，生成的 Cr(III) 会进一步水解形成难溶性氢氧化物沉淀。研究数据显示，在初始 Cr(VI) 浓度为 100mg/kg 的污染土壤中，添加适量硫酸亚铁并控制反应条件，24 小时内 Cr(VI) 的去除率可达 95% 以上，显著降低了铬对环境和人体健康的危害。除铬污染外，氧化还原法在其他重金属污染修复中也有应用。对于砷污染

土壤, 可通过添加氧化剂如高锰酸钾 (KMnO_4), 将毒性较高的三价砷 (As (III)) 氧化为五价砷 (As (V)), As (V) 在土壤中更易与铁、铝氧化物结合形成稳定的化合物, 从而降低其迁移性。在汞污染土壤修复方面, 利用零价铁等还原剂, 可将毒性较强的甲基汞还原为金属汞, 减少其生物累积风险。

4 生物修复

4.1 植物修复

植物修复是一种基于生态原理的绿色土壤修复技术, 其核心在于利用植物对重金属独特的耐受、吸收、积累和转化能力, 实现污染土壤中重金属的去除、固定或无害化。该技术主要分为植物提取、植物稳定和植物挥发三种类型, 每种类型都依赖植物与土壤环境的复杂互作机制^[1]。

植物提取技术依赖超富集植物对重金属的高效富集能力。这类植物能够在体内积累比普通植物高出数十倍甚至数百倍的重金属, 且不会出现明显的中毒症状。以遏蓝菜属植物为例, 其对锌和镉的富集能力尤为突出, 研究数据显示, 某些遏蓝菜品种在锌污染土壤 (锌含量 1000mg/kg) 中生长一个生长季, 地上部分锌含量可高达 30000mg/kg , 富集系数 (植物地上部重金属含量与土壤重金属含量比值) 超过 30。另一种典型超富集植物蜈蚣草, 对砷具有超强的富集能力, 在砷污染土壤中种植蜈蚣草, 经过两个生长周期后, 土壤砷含量可降低 15% - 20%。通过连续种植和收割超富集植物地上部分, 能够逐步降低土壤中重金属含量。

4.2 微生物修复

微生物修复是一种基于土壤微生物代谢特性与重金属相互作用原理的绿色修复技术, 通过土壤中天然存在或人工添加的细菌、真菌、藻类等微生物, 对重金属进行吸附、转化、氧化还原等作用, 降低重金属的毒性、迁移性和生物有效性, 从而实现污染土壤的修复。

在作用机制上, 微生物对重金属的吸附作用是其重要的修复途径之一。许多细菌能够分泌胞外聚合物 (EPS), 这些由多糖、蛋白质、核酸等组成的大分子物质, 含有大量

的羧基、羟基、磷酸基等官能团, 可通过离子交换、络合、静电吸附等方式与重金属离子结合。例如, 芽孢杆菌分泌的胞外聚合物对镉离子具有较强的吸附能力, 在含镉浓度为 50mg/L 的溶液中, 芽孢杆菌分泌的胞外聚合物对镉的吸附率可达 80% 以上^[4]。此外, 一些真菌如木霉菌, 其细胞壁上的几丁质、纤维素等成分也能与重金属发生吸附作用, 将重金属固定在细胞表面, 降低其在土壤中的迁移性。微生物的转化作用也是修复重金属污染的关键。部分微生物能够通过氧化还原反应改变重金属的价态, 进而改变其化学性质和毒性。例如, 在铬污染土壤修复中, 某些硫还原细菌可以将毒性强、迁移性高的六价铬 (Cr (VI)) 还原为毒性较低、易沉淀的三价铬 (Cr (III))。研究表明, 在添加硫还原细菌的铬污染土壤中, 经过 30 天的处理, Cr (VI) 的去除率可达 70% - 80%。对于汞污染土壤, 一些细菌含有汞还原酶, 能将毒性较高的甲基汞转化为低毒的金属汞。

5 结语

土壤重金属污染修复技术各有优劣, 物理修复见效快但资源消耗大、易引发二次污染; 化学修复可快速改变重金属形态, 却存在长期风险; 生物修复绿色可持续, 不过修复周期长且受环境制约明显。实际应用中, 单一技术常难以满足复杂污染需求, 需依据土壤类型、污染程度、地理环境等因素, 灵活选择或联合运用多种技术。未来, 应加强技术创新, 研发高效、低成本、环境友好的修复技术, 同时完善监测体系, 确保修复效果长效稳定, 推动土壤重金属污染修复工作迈向新台阶。

参考文献

- [1] 邓芊. 土壤重金属污染的电动力学高效修复技术研究[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37 (11): 136-138.
- [2] 高晓雨. 重金属污染土壤修复技术及其修复实践研究[J]. 山西化工, 2024, 44 (10): 235-236+243.
- [3] 谢丹. 重金属污染土壤修复技术及其修复实践[J]. 清洗世界, 2024, 40 (10): 175-177.
- [4] 王勇淇. 土壤重金属污染特征与状况调查分析[J]. 西部探矿工程, 2024, 36 (10): 12-15.

Design and Implementation of an integrated environmental protection consultation solution for industrial parks

Xueben Wang

Anhui Hemei Environmental Protection Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 231200, China

Abstract

With the acceleration of the industrialization process, industrial parks are confronted with challenges such as concentrated environmental pollution and complex ecological governance. Traditional decentralized environmental protection consulting services have been difficult to meet the requirements of comprehensive control and management. Based on the core scenarios of environmental protection consulting services in industrial parks, this article builds a full-process closed-loop management system based on systems engineering theory, integrates multi-source data resources by applying technologies such as blockchain and digital twins, and innovates the “environmental protection manager” service model to achieve systematic prevention, precise governance, and long-term control of environmental issues. This research provides replicable and scalable practical paths and theoretical references for environmental governance in industrial parks, which is of great significance for promoting one-stop solutions for environmental protection consultation in industrial parks.

Keywords

Industrial park Environmental protection consultation Integrated solution Digital platform Environmental risk prevention and control

工业园区环保咨询一体化解决方案设计与实施

王学本

安徽禾美环保集团股份有限公司，中国·安徽 合肥 231200

摘 要

随着工业化进程加速，工业园区面临环境污染集中、生态治理复杂等挑战，传统分散式环保咨询服务已难以满足综合管控需求。本文基于工业园区环保咨询业务核心场景，通过构建基于系统工程理论的全流程闭环管理体系，运用区块链、数字孪生等技术整合多源数据资源，创新“环保管家”服务模式，实现环境问题的系统性预防、精准化治理与长效化管控。本研究为工业园区环境治理提供可复制、可推广的实践路径与理论参考，对推动工业园区环保咨询一站式解决方案具有重要意义。

关键词

工业园区；环保咨询；一体化解决方案；数字化平台；环境风险防控

1 引言

工业园区作为产业集聚发展的核心载体，在推动经济增长的同时，也带来了严峻的环境挑战。生态环境部《2023 年全国生态环境统计年报》显示，我国工业园区污染物排放占全国工业排放总量的 68%，其中挥发性有机物（VOCs）排放占比达 75%，环境风险防控压力持续攀升。传统环保咨询服务以环境影响评价、环保验收、应急预案编制等单一业务为主，存在服务碎片化、数据割据化、协同能力欠缺等弊端。例如，美国环保署（EPA）研究指出，分散式服务模式导致环境管理效率降低 40% 以上，决策响应时间延长约 3-5 天。当前，打造覆盖多业务范畴的环保咨询一站式解决

方案，实现对工业园区环境问题全周期管理，成为提升园区环境治理效果、促进绿色可持续发展的关键。

2 文献综述

国内外学者对工业园区环境管理进行了广泛研究。国外方面，德国在工业 4.0 园区建设中，通过构建环境管理系统（EMS）实现生产与环保数据的实时交互，显著提升资源利用效率^[1]。美国学者 Smith（2021）提出基于生命周期管理理论的园区环境治理框架，强调从规划到运营的全过程协同。国内研究中，相关研究表明，“三线一单”管控要求有效约束了园区产业布局，但在动态监管和应急响应方面仍存在不足^[2]。近年来兴起的“环保管家”服务模式虽取得一定成效，但现有研究多聚焦于服务模式介绍，对其与数字化技术融合的深度应用探讨较少。本文提出的一体化解决方案，在借鉴现有研究的基础上，重点突破多业务协同和智能化风

【作者简介】王学本（1973-），男，中国山东人，本科，高级工程师，从事环保研究。

险防控的技术瓶颈，为工业园区环境管理提供新的思路。

3 工业园区环保咨询业务现状与问题分析

3.1 业务分散导致管理效率低下

当前工业园区环保咨询业务呈现“分段式”特征，环境影响评价聚焦项目前期规划，环保验收侧重建设成果核查，应急预案着重应对突发环境事件，各环节缺乏有效衔接。《环境工程学报》研究指出，这种分散模式导致项目从环评到验收的周期平均延长 1-2 个月，企业环保设施建设与园区整体环境要求脱节率达 35%。

3.2 数据孤岛阻碍精准决策

各环保咨询业务生成的数据分散在不同系统，缺乏统一管理与共享机制。生态环境部调研显示，园区内环境监测数据、环评报告数据与应急预案资源数据的互通率不足 20%，导致园区管理者难以全面掌握环境状况，无法通过数据驱动制定精准治理策略。

3.3 风险防控体系存在短板

环境风险应急预案编制普遍存在形式化问题，与园区实际情况不符。中国环境科学研究院（2023）的调查表明，65% 的园区应急预案未结合区域环境敏感性 & 企业风险源分布进行动态更新，且仅有 32% 的园区建立了与周边社区、应急管理 & 部门的协同机制，导致突发环境事件发生时响应滞后。

4 工业园区环保咨询一体化解决方案设计

4.1 全流程闭环管理体系构建

4.1.1 前期规划：深度融合的环境影响评价

基于系统工程理论，建立“园区整体 + 入驻项目”双维度环评体系。对园区产业规划、能源结构、生态承载力进行系统性评估，运用区域大气扩散模型与水环境容量测算方法，确定污染物排放总量控制指标。以某新能源汽车产业园为例，通过环评将园区年度 VOCs 排放总量控制在 500 吨以内，并据此制定企业准入门槛。对于单个项目，要求提交清洁生产审核报告，优先采用低能耗、少排放工艺，如某农药生产企业采用水基化工艺后，有机溶剂用量减少 60%。

4.1.2 中期建设：动态跟进的环保验收管理

构建“建设前—建设中—建成后”三阶段验收体系。建设前依据环评批复要求，对环保设施设计方案进行三维建模，核查废气处理塔、污水处理池等设施的空间布局与参数配置；建设中通过无人机巡查与物联网传感设备，实时监测环保设施施工进度与质量，如利用传感器监测污水处理池防渗层厚度；建成后开展全要素综合验收，除常规污染物排放检测外，纳入碳排放强度、危险废物处置合规性等指标^[3]。

4.1.3 后期运营：智能协同的环境风险防控

以风险源数据库为基础，开发环境风险智能预警模块。融合企业污染物排放数据、气象条件、敏感目标分布等信息，采用 AI 算法预测风险发生概率与扩散路径。编制应急预案

时采用“情景 - 应对”模式，针对不同风险场景制定分级响应程序，并与园区应急指挥中心、周边医疗机构实现信息共享与联动应对。例如，当某企业储罐液位超过安全值 80% 时，系统自动发出黄色预警，并向企业负责人与园区应急指挥中心推送处置建议。

4.2 多源数据整合与数字化平台建设

搭建基于“云 - 边 - 端”架构的工业园区环保咨询聚合式数据平台。边缘端部署 500 余个智能监测点位，涵盖废气、废水、土壤、噪声等领域，采用傅里叶变换红外光谱仪、在线水质分析仪等设备实时采集数据；云端利用大数据分析模型挖掘数据价值，通过机器学习算法关联分析企业生产负荷与污染物排放数据，如发现某企业夜间生产时废气排放异常升高，及时提示排查治污设施。同时，采用联盟链架构与智能合约技术构建数据存证体系，企业每次上传监测数据时，系统自动生成哈希值并记录到区块链，监管部门可随时验证数据真实性。

4.3 技术与服务模式创新

4.3.1 物联网实时监测

部署物联网设备实现 PM2.5、VOCs 浓度等环境参数的实时监测与自动上传，为风险预警提供数据支持。

4.3.2 区块链数据存证

基于区块链技术构建数据存证平台，确保环评、验收报告等数据不可篡改，提升数据公信力^[4]。例如，某企业因篡改监测数据导致其环保验收文件在区块链平台被标记异常，监管部门据此进行查处。

4.3.3 数字孪生模拟

利用 GIS 与三维建模技术构建园区数字孪生模型，模拟极端天气下污染物扩散情景，提前制定防控策略。在台风季来临前，通过模型模拟预测某化工企业危废仓库受淹风险，园区管理部门及时协调企业转移危废，避免环境污染事故发生。

4.3.4 “环保管家”服务模式

采用“环保管家”全周期托管服务，由专业团队常驻园区，提供政策解读、技能培训、日常巡检、应急处置等服务。服务成本采用“企业分摊 + 政府补贴”模式，根据企业规模与污染程度确定费用比例，同时政府对采用该服务模式的园区给予年度环保专项资金支持。环保管家每月对企业环保设施进行检查，如发现某企业废气处理设施活性炭吸附装置未及时更换，立即督促整改并协助制定更换计划。

5 案例分析：某国家级工业园区环保咨询一体化实践

5.1 案例背景

某国家级化工园区入驻企业 82 家，涵盖石油化工、精细化工、新材料等高污染、高风险行业。园区周边 5 公里范围内分布有 3 个居民区和 2 个水源保护区，环境敏感程度高。

在传统环保咨询模式下,园区面临诸多问题:业务分散导致企业环保设施建设与园区规划脱节;数据孤岛现象严重,各企业监测数据、环评报告等信息分散存储;风险防控能力薄弱,部分企业应急预案陈旧,缺乏园区级应急联动机制。这些问题致使园区年均环保整改项达32个,环境投诉率居高不下,曾因废气泄漏引发周边居民集体投诉。

5.2 解决方案实施

为处理该工园区在传统环保咨询模式里面临的业务分散、数据成岛和风险防控薄弱等问题,园区通过全流程闭环管理体系构建、多源数据整合平台建设以及创新技术与服务模式应用这三个层面实施环保咨询一体化方案,具体如下:

5.2.1 构建全流程闭环管理体系

相关人员利用区域大气扩散模型与水环境容量计算手段,科学地明确污染物排放总量的控制标准,且从另外一个维度,针对单一入驻项目,要求该入驻项目提交详细的清洁生产审核报告,优先采用能耗低、排放少的工艺技术。相关部分对环保设施建设全阶段进行动态跟进,按照环评批复载明的要求,为环保设施设计方案开展三维建模,对废气处理塔、污水处理池等关键设施的空间布局与参数配置展开细致核查,以某企业污水处理站设计方案为对象,借助三维建模,发现该调节池与厌氧池布局存在流程不顺畅的情况,迅速要求设计单位进行优化修正。

5.2.2 建设多源数据整合平台

在云端利用大数据分析模型和机器学习算法,对采集到的海量数据进行深度挖掘。通过关联分析企业生产负荷与污染物排放数据,及时发现企业环境异常情况。例如,系统通过分析某化工企业的生产排班数据与废气排放监测数据,发现该企业在夜间22点至凌晨4点生产时,非甲烷总烃排放浓度较白天正常生产时升高30%,据此判断可能存在治污设施运行不正常的情况,及时提示企业进行排查,最终发现是废气处理设备的活性炭吸附装置未按规定更换,导致处理效率下降。企业将其车间废气排放监测数据上传后,系统凭借区块链开展存证工作,若后续察觉数据存在异常修改迹象,可迅速锁定修改时间与进行操作的主体,在云端借助大数据分析模型及机器学习算法,挖掘采集到的海量数据的深层内涵,对企业生产负荷与污染物排放数据做关联分析,及时找出企业环境的异常状况。

5.2.3 创新技术与服务模式应用

该园区构建了VOCs在线追溯体系,凭借安装于园区各企业排放口、园区边界的VOCs监测设备、气质联用仪之

类,把气象参数和地理信息系统(GIS)结合起来,做到对VOCs污染源的精准查定,凭借GIS与三维建模技术构建起园区数字孪生模型,实现园区环境的虚拟场景仿真。把园区的地形地貌、企业分布、污染治理设施等信息加以输入,结合气象数据,运用污染物扩散模型,开展极端天气下污染物扩散情景的模拟,提早拟定防控办法。由专业团队长期扎根园区,为企业给予全周期、一站式整合的环保服务^[1]。同时,环保管家团队还为企业提供环保政策咨询服务,帮助企业及时了解最新的环保法规和标准要求,指导企业开展环保合规管理。

5.3 实施成效

经过两年实践,该园区环境管理成效显著。环境投诉率从实施前的年均35次下降至11次,降幅达68.6%;年均环保整改项从32个减少至11个,减少65.6%;VOCs排放量降低23%,碳排放强度下降18%。园区成功入选国家级绿色工业园区,吸引新能源、新材料等绿色产业入驻,实现经济效益与环境效益的协同提升。

6 结论

本文提出的工业园区环保咨询一体化解决方案,通过整合业务流程、打通数据梗阻、创新技术应用,有效解决了传统服务模式下管理低效、风险防控不足等问题。该方案显著提升了园区环境治理水平,促进了绿色低碳发展,具有良好的可复制性和推广价值。然而,方案仍存在一定局限性。一方面,数字化技术的应用对中小企业资金和技术要求较高,可能影响其推广普及;另一方面,跨部门数据共享和协同机制的建立仍面临政策和管理层面的挑战。未来研究可聚焦于如何降低中小企业数字化转型成本,探索更有效的政策激励机制,以及深化与“双碳”目标的融合路径,为工业园区可持续发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 毛晓红.工业园区环保管家在推动绿色发展中的作用及路径探析[J].皮革制作与环保科技,2023,4(18):45-47.
- [2] 陶木平,沈蒙蒙,杨新华.环保管家的优势及其在工业园区中的应用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(05):178-180.
- [3] 徐惠娟.工业园区环保管家服务模式的思考[J].清洗世界,2022,38(06):100-101.
- [4] 杨雪.浅析环保管家内涵及应用[J].资源节约与环保,2022,(01):136-138+142.
- [5] 朱少波.全过程环保咨询服务模式在抽水蓄能工程中的应用[J].绿色科技,2021,23(24):96-99.

Comprehensive application research of groundwater pollution control and environmental remediation technology

Xian Xu Qinglin Huo Runping Chen

Sichuan TianShengYuan Environmental Protection Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610037, China

Abstract

With the acceleration of industrialization and urbanization, groundwater pollution has become increasingly severe, posing a significant threat to the ecological environment and human health. To effectively address groundwater pollution, this study proposes a comprehensive framework for the integrated application of groundwater pollution control and environmental remediation technologies. This paper systematically explores and evaluates groundwater management under typical pollution scenarios by employing physical, chemical, and biological remediation techniques. It analyzes the principles and applicability of various remediation methods, including vapor extraction, chemical oxidation, and microbial degradation. The combined use of multiple technologies can significantly enhance the efficiency of groundwater pollution control. Among these, the integrated chemical and biological remediation approach stands out in terms of pollutant degradation rates and restoration of aquifer permeability. Finally, it proposes systematic optimization and management models for environmental remediation to promote sustainable development in pollution control. This research provides important technical references for groundwater pollution prevention and environmental remediation, contributing to the improvement of groundwater resource conditions and the maintenance of regional ecological balance.

Keywords

groundwater pollution; environmental remediation technology; chemical remediation; biological remediation; systematic environmental remediation;

地下水污染治理与环境修复技术的综合应用研究

徐贤 霍庆霖 陈润平

四川省天晟源环保股份有限公司, 中国 · 四川 成都 610037

摘 要

随着工业化和城市化进程的加快,地下水污染问题日益严重,对生态环境和人类健康构成了极大威胁。为了有效应对地下水污染,研究提出了地下水污染治理与环境修复技术的综合应用框架。本文通过综合运用物理修复、化学修复和生物修复技术,对典型污染模式下的地下水治理进行系统探讨与评估。分析各种修复技术的原理及其适用范围,包括气相抽提法、化学氧化技术和微生物降解技术等,综合应用多种技术能够显著提高地下水污染治理的效率。其中,基于化学、生物联合修复的技术模式在污染物降解速率和地层渗透性恢复方面表现尤为突出。最后,研究提出了系统性环境修复的技术优化和管理模式,以促进污染治理的可持续发展。研究为地下水污染防治和环境修复提供了重要技术参考,有助于改善地下水资源状况,维护区域生态平衡。

关键词

地下水污染; 环境修复技术; 化学修复; 生物修复; 系统性环境修复

1 引言

地下水是生命之源,是人类生存和发展的重要物质基础。然而,随着经济的高速发展和城市化进程的加速,地下水污染已经成为世界范围内的重大环境问题。通常由于污染源难以判断,污染物种类繁多,以及地下水流动条件复杂等因素,地下水污染的治理工作面临巨大挑战。地下水污染不仅导致水资源浪费且影响到生态环境的稳定,更重要的是,

严重威胁到人类的健康。近年来,地下水污染治理技术已取得显著的进展,但仍然面临各种挑战,如修复效果难以持久、修复范围有限等问题。为了克服这些限制,必须寻求更为优化和集成的解决策略,开发出更为高效、可持续的地下水污染治理技术,并建立相应的治理模型和管理体系。基于以上背景,本研究对地下水污染治理与环境修复技术的综合应用进行了系统研究,主要从物理修复、化学修复和生物修复技术的角度出发,探讨如何通过技术的综合运用,提高地下水污染治理效率,为实现地下水资源的可持续利用提供支持。

【作者简介】徐贤(1992-),女,中国四川眉山人,硕士,工程师,从事土壤与地下水污染修复研究。

2 地下水污染现状与治理技术概述

2.1 地下水污染的成因与主要类型

地下水污染是一个复杂的环境问题，主要由自然因素和人为活动共同导致^[1]。自然因素包括地质构造、岩石风化以及地下水水文地质条件等。这些因素可以影响地下水的化学组成和物理特性，进而导致重金属和盐类物质的自然积累。人为活动则是地下水污染的主要驱动力，工业废水、农业排放以及城市污水中的有害物质均可能渗入地下水中。这些污染源通常含有重金属、氮磷化合物、有机化学品及路径污染物等。地下水污染不仅具有隐蔽性和长距离迁移性的特点，还可能呈现出氟化物、有机氯化物以及多环芳烃等复杂污染组合。不同地区的地下水污染类型受到地质、气候、土地利用模式等条件的影响，表现出多样化的污染特征。面对这样的污染现状，系统性的评估和针对性的修复技术成为解决地下水污染问题的核心。通过深入分析污染成因和主要类型，为后续治理和修复技术的应用提供科学依据^[2]。

2.2 环境与生态影响的关键问题

地下水污染对环境与生态系统造成了显著影响。污染物渗入地下水中，不仅直接威胁到人类的饮水安全，还会破坏地下生态系统的稳定性。污染物可能包含重金属、有机化合物及其他有害物质，这些物质能通过水体流动扩散，影响植物、土壤及地表水体。生态系统中的关键物种可能因水质恶化而遭受生存压力，导致生物多样性下降。水体污染还可能影响土壤的结构和肥力，以及地下水的渗透性和再生能力，对农业生产和生态恢复构成长远威胁。这些问题突显出地下水污染治理的紧迫性和复杂性。

2.3 地下水治理与修复技术的研究进展

随着地下水污染问题的日益严重，各类治理与修复技术逐渐发展完善。物理修复技术通过气相抽提法等方法有效去除溶解态的挥发性污染物。化学修复技术依托化学氧化等方式，能够快速降解污染物，适用于处理复杂污染环境。生物修复技术利用微生物降解，实现污染物的生物转化和净化，因其生态友好性备受关注。单一技术在复杂环境中存在效率瓶颈，综合利用多种技术的协同效应成为提高治理效果的关键趋势。通过技术优化组合，不同修复技术之间的耦合策略将进一步提升污染治理的有效性与可持续性。

3 地下水修复技术体系与适用性分析

3.1 物理修复技术及其适用范围

物理修复技术在地下水污染治理中扮演着至关重要的角色，其核心是通过物理过程消除或减轻污染物的影响。常见的物理修复技术包括气相抽提法、泵吸排水法和热处理法^[3]。气相抽提法是利用气体的流动将挥发性污染物从地下水和土壤中转移出来，适用于处理挥发性有机污染物。泵吸排水法通过人工降低地下水位来控制污染物的扩散和迁移，适用于有较高渗透性的地层。热处理法通过加热污染区域来

增强污染物的去除效率，主要适用于重金属及半挥发性化合物。物理修复技术通常适合初期污染控制及易操作的现场条件，其适用范围受到地层结构、污染物类型及其物理化学性质的限制，需要与其他修复技术结合使用以提高治理效果。物理修复技术的实施成本和对地表生态的影响也是选择适用技术时的重要考虑因素。通过合理选择和组合物理修复技术，可以有效提升局部地下水污染治理的效率。

3.2 化学修复技术的原理与应用模式

化学修复技术在地下水污染治理中扮演着关键角色，其主要原理是通过化学反应将污染物转化为无害物质，或者使其不再具备迁移性和毒性。常用的化学修复技术包括化学氧化法、化学还原法和中和沉淀法。化学氧化法主要应用于可氧化分解的有机污染物，利用氧化剂如过氧化氢或高锰酸钾分解污染物。化学还原法则适用于还原敏感性较高的污染物，如氯代烃，通过注入还原剂实现降解。中和沉淀法主要用于无机污染物的去除，通过调节酸碱度使污染物沉降。这些技术在实际应用中须考虑地下水的化学特性、污染物类型及其浓度，以确保治理效果的最大化和可行性。

3.3 生物修复技术的发展与限制

生物修复技术通过利用微生物降解污染物，在地下水污染治理中发挥重要作用。该技术的优点包括成本低、环境友好及适用范围广。其发展也面临挑战，如对环境条件敏感，降解效率受限于微生物种群多样性及活性。生物修复过程较为缓慢，可能需要较长时间才能取得显著效果。在应用过程中，需仔细考虑微生物选种及适应性，以提升技术效果并减少潜在负面影响。该领域的研究仍需进一步加强，以克服现有技术限制。

4 多技术协同的综合治理框架

4.1 不同技术组合的优势与机制

多种地下水修复技术的组合具有显著的优势和独特机制。物理、化学和生物修复技术的相互补充，能够提高污染治理的效果和效率。物理修复技术，如气相抽提法，常用于迅速去除高浓度污染物，但可能受限于覆盖面积及深度。化学修复技术，如化学氧化技术，具有快速反应和广泛适用的特点，可有效降解多种有机污染物，其长期应用可能影响土壤结构。生物修复技术，通过微生物降解，实现污染物的自然转化，虽然速率较慢，但具可持续性和生态友好性。在综合应用中，物理技术快速降低污染浓度，为化学或生物修复创造条件，而化学与生物技术的结合则提升了降解速率和效果的持续性。技术组合实现了各自优势的最大化，降低了单一技术的局限性，形成了高效协同的地下水污染治理模式。这些组合机制为构建更加灵活、适应性强的地下水污染治理框架，提供了坚实基础。

4.2 基于化学生物联合修复的应用实践

在研究地下水污染治理中，化学生物联合修复技术显

示出显著优势。在具体应用中,该技术模式通过化学氧化剂与生物降解剂的结合使用,大幅提高了污染物的降解速率。化学氧化技术可快速降低污染物浓度,为后续的生物修复创造适宜的环境条件。微生物降解技术能够进一步处理化学过程中未彻底降解的污染残余,恢复地层的天然渗透性。应用实践表明,不同污染场景下,根据污染物特性选择合适的氧化剂和微生物菌种,可实现高效修复。在施行过程中,对地下水动态监测与科学管理也是关键,以确保修复效果的持续性和稳定性。此技术模式为复杂地下水污染的治理提供了可行的解决方案,成为未来研究的重要方向。

4.3 技术耦合的优化策略

技术耦合优化策略旨在提高地下水污染治理的效率和可持续性。通过深入分析不同修复技术间的协同作用,确定最优组合方案。技术耦合需考虑污染物类型和土壤特征,对技术参数进行精准调控。信息化管理与动态监测结合,可实时调整修复措施,确保治理过程的高效执行与环境友好性。优化策略的实施有助于实现修复技术的集成化和系统化,进而提升地下水环境的整体修复能力。

5 综合治理的可持续发展路径

5.1 长期污染防控的技术规划

地下水污染的长期防控技术规划是实现可持续治理的关键步骤。技术规划包括全面识别区域污染源、污染类型及其动态变化特征。以地理信息系统(GIS)和遥感技术为基础,构建地下水污染风险评估模型,使污染源识别更加精准。结合污染物的迁移扩散机制,拟定区域性治理方案,确保治理技术适应当地地质水文条件。强化污染治理技术的创新研发,推动化学、生物及物理修复技术的集成应用,提升整体防治能力。强调预防性措施与应急响应机制的协调,建立动态监测系统,用以预测潜在污染风险,及时调整治理策略。制定技术标准和规范,促进跨学科合作以及多方参与,确保技术规划的有效执行。通过政府、科研机构与社区的协同治理,构建可持续的管理机制,保障地下水质量的长期改善与维护,促进区域生态系统的健康发展。

5.2 系统管理模式与政策建议

有效的系统管理模式是地下水污染治理与环境修复可

持续发展的关键。建立全面的监测与评估体系,能够及时识别潜在污染源并评估修复效果,从而提升环境管理的精准度。跨部门协作与信息共享机制的构建可确保各领域知识的有效整合,提高治理效率。加强公众参与和社区教育,有助于营造全社会共同关注和支持污染治理的氛围。政策层面,应制订灵活的法规 and 标准,以适应不同污染情境的治理需求,创造技术创新的空间。加大财政支持力度和引导绿色投资,鼓励技术研发与应用推广,实现治理技术的持续改进和普及。通过以上策略的综合实施,将有助于推动地下水污染治理迈向长远的生态平衡。

5.3 生态效益与区域平衡的实现路径

生态效益与区域平衡的实现路径在地下水污染治理中至关重要。建议通过优化土地利用规划和提升生态系统服务价值,促进地下水资源的可持续利用。增强生态监测与评估机制,以准确把握生态修复过程中的动态变化。强调公众参与与科学普及,提高社会对地下水保护的意识和责任感。加强跨部门协作,实现资源的高效配置与共享,从而达到维护区域生态平衡的目标。通过政策引导和技术创新,推动环境修复的长效机制建设,确保生态系统的稳定性和健康发展。

6 结语

本文研究地下水污染治理与环境修复技术的综合应用,通过物理、化学、生物修复技术的组合解决治理效率低下问题。总结了不同污染物的最佳修复策略,并提出系统性环境修复优化建议,为提升治理效率提供理论支持。然而,研究在复杂污染体系适配性、长时间治理效果预测以及多区域管理模式方面存在局限,需进一步完善。未来研究方向包括精细组合模型、优化模拟工具、构建生态系统服务决策框架及政策技术协同机制,以推动地下水污染治理向系统化智能化发展。

参考文献

- [1] 褚可成陈鐸.土壤与地下水污染修复技术的应用研究[J].黑龙江科学,2022,13(16):31-33.
- [2] 陈敏.地下水污染修复技术综述[J].云南化工,2020,47(11):12-14.
- [3] 徐轶群.土壤与地下水污染修复技术探查[J].区域治理,2023,(10):0149-0152.

Analysis of urban water environment management and pollution control measures

Yuanke Wang

Zhejiang Renxin Environmental Science and Technology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract

In today's China, where the pace of urbanization is accelerating, the problem of water pollution in cities is becoming increasingly severe. If urban water pollution is not effectively controlled and treated, it will not only impact the sustainable development of cities but also pose a threat to the health of city residents. In an era that continuously advocates ecological, environmental, and sustainable development concepts, urban residents' awareness of environmental protection is growing stronger. Therefore, strengthening the governance and control of urban water pollution is urgent. However, the situation regarding the governance of urban water environments is very serious, and the challenges of managing and controlling urban water pollution are significant. This paper focuses on the importance of urban water environment governance and pollution control, providing a detailed analysis of strategies for addressing these issues.

Keywords

city, water environment management, pollution control

城市水环境治理与污染管控对策分析

王元柯

浙江仁欣环科院有限责任公司, 中国 · 浙江 宁波 315000

摘 要

在我国城市化建设进程不断加快的今天, 城市水环境的污染问题也越来越严重。如果城市水环境污染问题得不到有效的控制与治理, 不仅会对城市的可持续发展产生影响, 还会对城市居民的身体健康产生威胁。在我国不断倡导生态环保可持续发展理念的今天, 城市居民的环保意识也越来越强, 加强城市水环境的治理与污染管控迫在眉睫。但是, 城市水环境的治理形势非常严重, 城市水环境治理与污染管控难度非常大。本文重点以城市水环境治理与污染管控的重要性为切入点, 对城市水环境治理与污染管控对策进行了详细的分析。

关键词

城市, 水环境治理, 污染管控

1 引言

作为城市生态系统中的重要组成部分, 城市水环境的质量, 对于城市居民的生活质量与城市生态的可持续发展有着直接的影响。但是, 在工业废水、农业污水和生活污水排放量不断增大的形势下, 城市水环境污染问题也越来越严重。部分城市河段已经出现了重度黑臭现象。加强城市水环境治理与污染控制成为刻不容缓的一项工作。但是, 如何加强城市水环境治理与污染控制, 保护城市水环境, 促进城市的可持续发展, 还需要进行更为深入地探究。

2 城市水环境治理与污染管控的重要性

2.1 为城市居民生活用水安全提供保障

加强城市水环境治理与污染管控, 能够为城市居民生活用水安全提供有力保障。首先, 水是地球上人类赖以生存的基础。加强城市水环境治理与污染管控, 对于城市居民用水的安全有着直接的影响。借助科学合理的治理手段与管控方法, 可以对城市水源进行有效净化, 确保居民饮用水质量与用水安全。其次, 加强城市水环境治理与污染控制, 能够对城市生态环境进行有效改善, 帮助城市塑造良好的生态形象, 提升城市整体竞争力。城市的水环境越好, 城市的外在形象就越好, 对于外来游客和资本的吸引力就越强。另外, 城市水环境治理与污染管控, 还能够显著改善城市居民的生活质量, 增强城市居民的幸福感和获得感。最后, 科学合理的水环境治理与污染管控手段, 可以有效促进水资源的可持续利用, 降低资源消耗, 提升城市经济效益和社会效益。

【作者简介】王元柯(1998-), 男, 中国浙江舟山人, 本科, 助理工程师, 从事水污染治理研究。

2.2 维护城市生态平衡

城市水环境也是城市生态系统中必不可少的构成要素。加强城市水环境治理,遏制城市水体污染趋势,恢复城市水生态系统,在维护城市生态平衡,促进城市生态系统可持续发展等方面发挥着极为重要的作用。另外,城市水环境治理与污染控制工作的开展,还可以通过城市排水系统的完善、防洪设施的加强等提高城市对气候变化的适应能力,降低各种极端天气对城市水环境的负面影响。

2.3 提高城市的国际竞争力

随着生态环保发展理念在全球范围内的普及,水环境质量也已经成为衡量一个城市核心竞争力的重要指标。而加强城市水环境治理与污染控制,则能够借助科学合理的技术手段和管理手段,提高城市水环境质量,为城市在国际市场上的良好形象塑造提供保障。城市在国际市场上的形象塑造越成功,其国际市场竞争力就越强。

3 城市水环境的特点

3.1 用水量

城市用水主要有两种,一种是企业生产用水,另一种是城市居民生活用水。城市居民数量比较多,生活用水必然比较大。城市发展节奏较快,无论是城市规划建设,还是企业生产,都需要消耗大量的水资源,且对于用水的质量与安全要求比较高。

3.2 用水依赖性强

城市用水的依赖性很强。如果城市供水出现问题,不仅城市居民的日常生活会受到影响,就连城市当中的企业生产也会出现各种问题,甚至面临亏损。这种依赖性使得城市在应对水资源短缺时必须采取多元化策略。例如,部分城市为了满足城市居民和各企业的用水需求,采取了周边调水等方式。

3.3 城市水环境敏感脆弱

目前,我国很多城市的污水处理意识都不高,对于城市污水处理的重要性认识不足。某些城市更是不对污水做任何处理就排放到生态环境当中。这些城市的水环境在污水的长期侵蚀下,已经出现了严重的污染问题,城市水环境脆弱、敏感,难以满足当地长期健康发展需求。而且,处理不达标的污水还会从地表渗入地下环境当中,对地下水资源产生破坏和污染。

4 城市水环境治理与污染管控对策

4.1 加强源头控制

4.1.1 加强节水技术的推广

政府部门在城市污水排放管理与控制方面发挥着极为重要的作用。政府部门需要从保护城市水环境的角度分析问题,并制定出科学合理的节水政策与节水标准,加强节水型城市的建设。在这一过程中,政府部门可以制定出一系列经济激励措施,例如用水定额激励措施、阶梯水价激励措施等,以增强城市居民的节水意识,激发城市居民使用节水技术的积极性。同时,政府部门还可以制定出一系列鼓励性措

施,对企业研发和应用节水技术予以鼓励和支持,为节水灌溉技术、节水洗涤技术等各种现代化节水技术在城市中的普及与发展提供保证,借助节水技术来提高城市的水资源利用效率。或者制定一系列财政补贴政策、税收优惠政策,鼓励企业和居民购买节水型设备,减少企业生产和居民日常生活中对于水资源的浪费现象。另外,企业还可以制定出严格的监督管理措施和执法机制,确保节水政策和标准得到有效执行。通过定期检查和评估,及时发现和纠正用水浪费行为,提升城市的整体节水效果。

4.1.2 加强城市居民节水教育

要想从源头上控制城市水环境污染问题,加强城市水环境治理力度,还需要对城市居民进行必要的节水教育。首先,政府部门可以通过媒体宣传、社区讲座、节水活动等方式普及节水知识,提高居民的节水意识。其次,当地的小学、中学、大学等学校也要将节水教育纳入校内的教育教学体系当中,重点培养学生的节水意识。再次,在城市当中的公共场所展示水环境保护的重要性知识,利用各种渠道宣传水环境保护的方法与策略,在城市城市内形成浓厚的节水氛围。最后,政府部门还要加强节水的监督与管理,一旦发现某个人或企业存在非法排污行为,就要在第一时间追查污水源头,并采取针对性的惩治措施。同时,鼓励当地居民积极举报违法排污、水资源浪费行为,构建全民参与的节水监督机制。

4.2 加强过程管理

4.2.1 完善企业污水排放标准

要想加强城市水环境治理与污染管控,政府部门还需要围绕当地的企业生产污水排放制定出针对性的法规体系和控制标准,引导企业生产过程中对污水排放总量进行严格的控制,对污水排放浓度进行严格的限制。例如,政府部门可以根据企业所属行业的发展需求,制定出明确的行业排放标准,并实施排污许可证制度。同时,加强对企业的日常监管,确保其严格遵守规定。对于违规排放行为,依法严惩,并追究相关责任人的法律责任,以保障水环境安全。

4.2.2 加强绿色生产方式与清洁技术的推广

要想加强城市水环境治理与污染管控,还需要加强绿色生产方式与清洁技术在企业内部的推广,以减少企业生产过程中的污染排放。首先,政府部门需要通过各种方式方法鼓励企业优先使用绿色生产方式,使当地的企业利用循环经济模式、清洁生产模式等降低各类污染物的排放量^[1]。其次,政府部门要加强废水深度处理技术、废气净化技术等清洁技术的研发与推广,通过资金、技术以及政策等方面的支持,提高企业应用清洁技术的积极性与主动性。最后,政府部门可以利用财政补贴、税收优惠等政策性工具,引导企业和科研院所参与到清洁技术的研发、升级与推广工作当中。

4.3 加强末端治理

4.3.1 加强城市污水处理设施的建设与管理

在城市水环境治理与污染管控工作中,污水处理设施的建设与管理是关键。所以,政府部门需要在污水处理设施

的建设与完善方面加大财政投入力度,确保污水处理设施能够得到持续的更新和完善。其次,重点建设污水处理设施运行管理体系,加强污水处理设施的维护与升级,以保障城市水环境的保护效果。最后,政府部门构建社会资本引入机制,引导更多的力量参与到城市水环境治理与污染管控当中。

4.3.2 加强水资源循环利用技术与管理模式的推广

在城市水环境治理与污染管控工作中,还需要加强水

资源循环利用技术与管理模式的推广,以提高城市水资源的循环利用率,降低城市运转对于水资源的依赖性,缓解城市发展面临的水资源紧缺问题。首先,对雨水收集利用技术(如图 1 所示)、中水回用技术(如图 2 所示)进行重点推广,从技术层面提高城市当中的水资源循环利用率。其次,加强节水型城市的建设力度,利用政策引导、技术推广、居民支持等方面,在城市当中打造浓厚的水资源循环利用氛围。

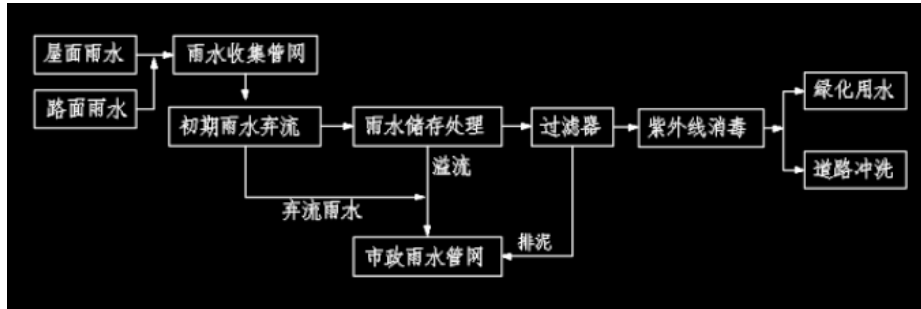


图 1：雨水回收技术的应用流程

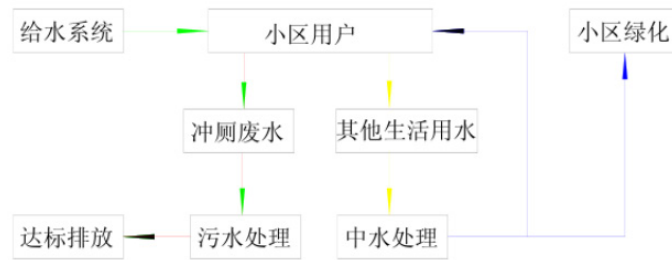


图 2：小区中水回用管道流程

5 城市水环境治理与污染管控保障措施

5.1 政策保障

针对城市水环境治理与污染管控工作的开展,需要为其提供政策保障。首先,政府部门需要制定出针对性的城市水环境保护法规,对各部门在水环境治理与污染管控工作中应尽的责任、权利与义务进行明确,提高各部门在水环境治理与污染管控方面的协同性。其次,对城市水环境治理与污染管控工作质量进行定期的监测与评估,为保障性政策的制定与优化提供参考依据。

5.2 法规保障

针对城市水环境治理与污染管控工作的开展,需要为其提供法规保障。首先,不仅要对相关政策体系进行持续的优化和完善,还要保证政策体系的执行与落实效果。即政府部门需要完善水环境治理与污染管控法规的执行机制,加大当地违法排污行为的打击和惩治力度。其次,对执法人员进行系统的培训和教育,强化其法律素养,提高其执法能力,确保各项法律法规能够有效落地。

5.3 资金保障

针对城市水环境治理与污染管控工作的开展,需要为

其提供资金保障。首先,政府部门要从城市水环境维系的角度,加强多元化投融资机制的构建,引导更多的社会资本参与到城市水环境治理与污染管控项目当中^[2]。其次,政府部门可以通过债券发行、社会资本引入等方式,为城市水环境治理与污染管控工作的开展提供资金支持。最后,政府部门要对现阶段的资金分配机制进行优化和完善,结合各睡环境治理与污染管控项目的实施情况予以资金分配,并加强资金使用情况的监督与管理,确保资金能够在水环境治理与污染管控中发挥价值。

6 结语

综上所述,加强城市水环境治理与污染管控是一件非常有意义的事情。但是,要想保证城市水环境治理与污染管控工作质量,不仅要加强源头控制、过程管理与末端治理,还要从政策、法规与资金等方面予以保障和支持。

参考文献

- [1] 张子申. 城市水环境治理的难点与优化路径[J]. 皮革制作与环保科技,2023,4(7):131-133.
- [2] 孙松,刘金友,程立娜,等. 城市水环境治理的有效方法及管控对策研究[J]. 区域治理,2023(5):31-34.

Discussion on Key Issues in the Preliminary Investigation of Soil and Groundwater Contamination at Oil transportation Stations”

Lei Ren¹ Zhongqing Luan²

1. National Pipeline Network Group Co., Ltd. Safety and Environmental Protection Department, Beijing, 100013, China

2. China Petroleum EDI Safety & Environmental Protection Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266071, China

Abstract

The oil stations of long-distance pipeline enterprises are primarily responsible for the transfer, storage, and management of petroleum products. Once substances such as crude oil and refined oil enter the soil and groundwater environment, they pose significant threats to ecosystems and human health. Therefore, contaminated sites of oil stations must be subjected to control or remediation. The preliminary investigation of soil and groundwater contamination serves as the first step in risk management and remediation efforts, holding critical implications for subsequent detailed investigations, risk assessments, risk control, and remediation. Based on a series of national regulations, guidelines for investigation, and practical work experience, this paper takes the preliminary investigation of a contaminated site at an oil station as a case study. It analyzes the characteristics of soil and groundwater pollution in such sites, summarizes key issues to be addressed during monitoring and investigation processes, and provides references for future work in this field.

Keywords

Oil transfer stations, Soil and groundwater, Pollution status, Preliminary investigation

输油站场土壤地下水污染状况初步调查若干问题探讨

任磊¹ 栾忠庆²

1. 国家石油天然气管网集团有限公司安全环保部, 中国·北京 100013

2. 青岛中油华东院安全环保有限公司, 中国·山东 青岛 266071

摘 要

长输管道企业输油站场主要承担油品的转输、储存与管理工作, 其涉及的原油、成品油等一旦进入土壤和地下水环境, 会对生态系统和人类健康造成很大威胁, 因此对受污染的输油站库地块必须予以管控或修复治理。土壤和地下水污染状况初步调查是土壤地下水风险管控和修复工作的第一步, 对后续详细调查、风险评估、风险管控与修复工作有着重要意义。本文以国家发布的一系列调查规范、指南为依据, 结合实际工作经验, 以某输油站场污染地块开展的初步调查为例, 分析此类地块土壤和地下水污染特点, 总结说明输油站场地块在土壤和地下水调查监测过程中应当注意的问题, 为后续开展此类工作提供参考。

关键词

输油站场, 土壤和地下水, 污染状况, 初步调查

1 引言

近年来, 随着《中华人民共和国土壤污染防治法》^[1]的颁布实施, 土壤和地下水污染调查与治理问题受到空前重视, 特别是随后《建设用土壤污染状况调查技术导则》系列文件的修订发布^[2], 为建设用地的调查监测、风险评估、风险管控与修复以及效果评估指明了方向, 为我们打赢“净

土保卫战”奠定了坚实基础。

长输管道企业输油站场主要承担油品的转输、储存与管理工作, 其中涉及的原油、成品油等物质, 如管理不慎, 可能会对土壤和地下水环境造成污染。土壤和地下水污染状况调查监测, 特别是初步采样分析调查阶段, 是其后续详细调查、风险评估、风险管控与修复的基础, 调查工作的精准与否不仅关系到进一步调查的必要性, 还关系到详细调查工作方案的确定。国家出台的相关导则、指南只为污染状况调查工作提供了一般的指导原则、程序与技术要求, 结合输油站场自身土壤和地下水污染特点, 有针对性的提出此类地块调查监测指导规范显得十分重要, 本文结合前期调查案例,

【作者简介】任磊(1975-), 男, 中国河南洛阳人, 博士, 高级工程师, 从事油气储运行业环境保护和低碳发展研究。

总结输油站场地块在土壤和地下水初步采样分析调查过程中应当注意的主要问题,为后续开展同类项目调查工作提供参考。

2 调查输油站场地块背景

2.1 地块基本情况

研究输油站场地块位于我国中部某省,地块面积 6.5

万 m^2 ,自 2013 年 10 月投产,投产之前为丘陵荒地,该站是我国成品油“西油东输”大动脉的一个末站,负责接收管线来的汽、柴油并增压输送至地方油库。地块内主要装置设备区域包括储罐区、混油罐区、工艺区、废水处理区、危废贮存区等,地块外主要是林地,周边无敏感点。地块平面布置见图 1。

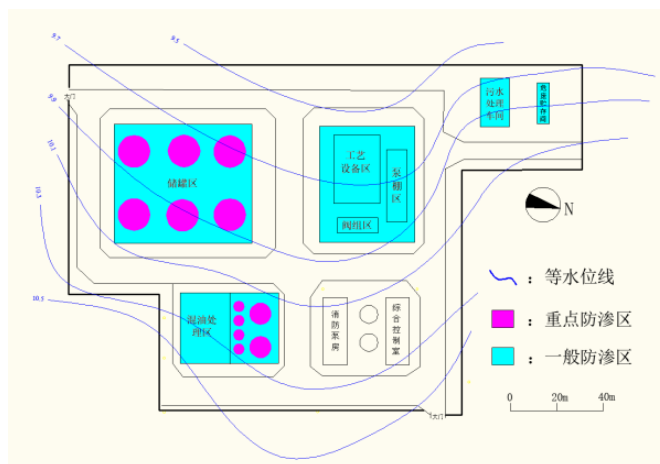


图 1 地块平面布置

2.2 输油站场地块土壤和地下水污染特点

统计分析输油站场地块土壤和地下水污染情况,总结出以下特点:

地块内重点场所和重点设施设备相对统一、单一,主要包括储罐区、工艺区、废水处理储存区、危废贮存区等,因此产生污染的区域位置相对固定。

地块内因设备的腐蚀老化、人员的误操作、管理不到位而造成的跑冒滴漏与风险事故是导致地块土壤和地下水污染的主要原因,特别是其中一些隐蔽性设施设备的渗漏,一旦发现往往已对土壤和地下水造成较大污染。

主要有毒有害物质是原油、汽油、柴油等油品,关注污染物主要是石油烃类,其次是苯系物(BTEX)和多环芳烃(PAH),另外还有甲基叔丁基醚(MTBE)。

输油站场地块分布区域广,各地块地层结构、水文地质条件、气候气象等情况差异较大,造成的污染状况区别较大。

(5) 部分地块周边可能存在环境敏感保护目标,包括居民区、学校、医院以及饮用水水源保护区等,需要特别关注对敏感保护目标的影响。

3 第一阶段调查重点及注意问题

3.1 资料收集

资料收集时,除了按照规范要求获得调查地块所需的基本资料外,应特别要注意收集以下资料:

①地质勘察报告:通过收集分析输油站场地勘报告,可以帮助了解调查地块土壤类型及分层情况、地下水埋深及流向情况、基岩埋深情况等,为下一步的点位布设和钻探深

度提供信息支撑。②地块内防渗资料:根据国家相关法规要求,输油站场内应根据装置、单元的特点和所处的区域及部位进行重点、一般分区防渗,掌握地块内的防渗情况,有利于合理选择布点点位,避免破坏现有的防渗工程。③现有监测井建井资料:部分输油站场地块内建设了地下水监测井,收集现有监测井资料,对于掌握地下水埋深情况、核实以往检测数据的有效性、确定现有监测井是否可以利用具有重要意义。④以往土壤和地下水污染事故资料:收集以往泄漏或环境风险事故资料,包括事故原因、地点、影响范围、影响程度、采取的防控或修复措施等内容,有利于确定重点调查范围,有针对性地制定布点方案。⑤以往土壤和地下水监测资料:收集以往土壤和地下水监测方案与监测数据,掌握监测时间、监测因子、监测结果,对于确定调查方案中的关注污染物具有一定的指导意义。

实际工作中,通过收集、整理、分析收集的资料,得到调查输油站地块如下信息:1)调查输油站地块主要为粘土单层土体,分布于评估区丘陵表层,为第四系残坡积产物,岩性为棕红色、黄色含砾粘土,表层由于含腐殖质颜色为灰-灰褐色,地下水总体流向为西向东,地下水埋深为 9.5~10.5m。2)该地块生产储罐底部进行了重点防渗,其他生产区域进行了一般防渗,防渗情况见图 1;3)目前地块内有 4 口监测井,由于建井资料遗失,建井结构不明确,且例行监测结果显示水质无污染,此次调查中不再作为污染监测井利用;4)地块内在混油处曾发生过土壤和地下水污染事故,事故的主要原因是设备管材的质量不合格,经长时间的腐蚀老化造成油品的泄漏;5)地块现有土壤和地下水监测数据显示,监测

结果能够满足相关评价标准要求。

3.2 现场踏勘

现场踏勘时,除了重点查看地块内的重点设施与区域外,要特别留意查看能够布点与适合布点的区域、地面硬化及防渗区域,实际情况中一般不考虑将点位设置在防渗区域,以免对防渗层造成破坏;此外选择的布点点位要考虑钻探施工作业面问题,减少后期现场工作时的不确定性。

实例地块在现场踏勘时发现,地块内绝大部分地面已经硬化,未硬化的区域主要是绿化带,以及罐区、装置区四周铺设砾石的区域,地块内总体施工作业条件良好。

3.3 人员访谈

人员访谈时,除了通过访谈地块知情人补充信息考证相关资料外,还要特别注意了解周边公众对调查地块企业态度,掌握企业与周边居民、地方管理部门的关系,以便后期调查时及时采取合理的应对措施,保障调查工作的顺利进行。

实例地块在人员访谈中获知:1)地块入场施工需要办理完备的入场手续;2)地块混油区发生事故造成污染的大体范围,事故后采取过土壤置换及地下水抽出等治理措施加以应对,治理的效果总体良好;3)周边居民区距离地块较远,对地块的存在与内部的管理持支持态度。

4 第二阶段调查(初步采样分析)重点及关注问题

4.1 点位布设位置

结合调查地块实际情况,实际工作中采用专业判断布点法和分区布点法^{[3][4]}对调查地块进行点位的布设,至少在储罐区、混油区、工艺区、废水处理区和危险废物贮存区等区域布设点位,点位尽可能靠近重点区域或设施,以便最大可能捕捉到污染。

4.2 点位布设数量

根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环境保护部公告2017年第72号),对于地块面积 $> 5000\text{m}^2$,土壤采样点位数不少于6个;同时参考《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南(试行)》(HJ1209-2021),按照 6400m^2 设为一个监测单元,每个单元设1~2个土壤监测点,1个地下水监测点的要求酌情进行点位的布设。

综合以上要求,实例调查地块内共设置了8口地下水监测井,其中1口为地下水上游对照井,设置18个土壤监测点,其中1个为对照点。

布点情况详见图2。

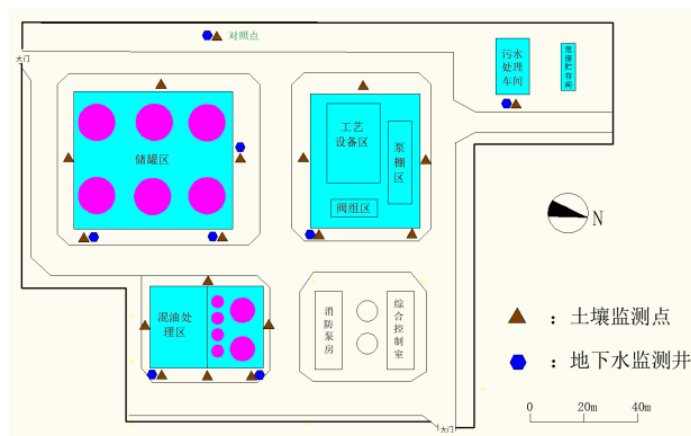


图2 初步调查布点情况

4.3 钻探采样深度

根据国家相关规范要求,结合输油站场油品泄漏污染特点与实践经验,确定输油站场地块钻探深度原则如下:土壤采样深度至少要超过对应的隐蔽设施设备底部与土壤接触面,一般至地下水埋深附近即可,地下水埋深较深(超过15m)或者无地下水的地块,初步调查一般钻至15m或者钻至基岩层即可。地下水取样重点应以采集地下水潜水层顶部水样为主。

实例中调查地块最大钻探深度11.5m,土壤采样表层除去砾石或植被后取一个样,柱状样每2m至少采集一个土样,通过快筛检测或感官上判断存在污染的层位适当增加1个采样点;地下水采集表层水样。

4.4 监测因子

(1)土壤监测因子。土壤监测包括基本因子和关注污

染物,其中基本因子监测为GB 36600表1基本项目^[5],关注污染物包括石油烃($\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$)、石油烃($\text{C}_6\text{-C}_9$)、甲基叔丁基醚(MTBE);

(2)地下水监测因子。地下水监测指标为GB/T 14848表1常规指标^[6](微生物指标、放射性指标除外),关注污染物^[7]包括石油类、石油烃($\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$)、石油烃($\text{C}_6\text{-C}_9$)、甲基叔丁基醚(MTBE)、镍、乙苯、二甲苯(总量)、苯并[a]芘等。

5 调查结果及分析

5.1 评价标准的选取

调查输油站地块为建设用地,属于第二类用地,土壤评价标准选用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)的第二类用地筛选值。

根据地块所在区域属于地下水功能，地下水评价标准为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的Ⅲ类水质限值，石油类采用《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）中相关标准。对于国家标准没有的监测指标，依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）推导风险控制值，将其作为评价标准。

5.2 土壤调查结果

土壤调查结果表明，土壤中各检测因子检测值均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值，其中地下水超标

点同点位的土壤样品监测结果较大，但也低于 GB36600 中第二类用地筛选值。

5.3 地下水调查结果

地下水调查结果表明，地下水中苯、石油类出现了超标现象，见表 1，超标点位见图 3。

表 1 地下水超标情况统计结果

污染因子	超标的点位 /个	超标样品数 /个	筛选值 /(mg/L)	检出值 /(mg/L)
苯	1	1	0.01	未检出 ~0.094
石油类	2	2	0.05	未检出 ~1.08

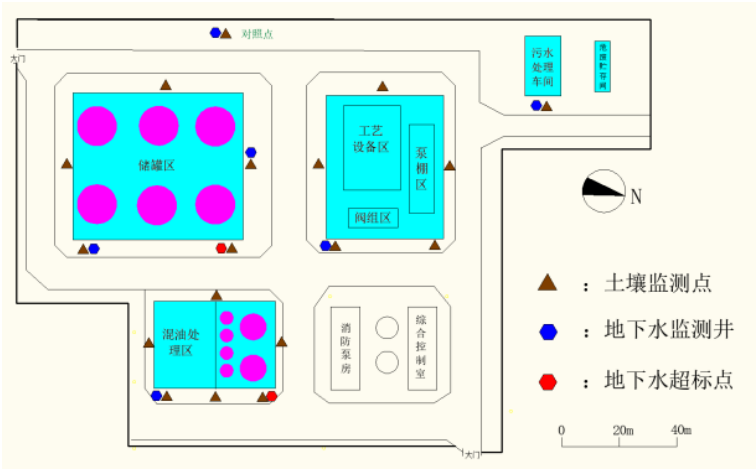


图 3 超标点分布情况

5.4 超标原因及分析

实例中调查地块地下水超标点位主要分布在混油区东北侧以及储罐区东北侧区域，如图 3 所示，超标因子为苯和石油类，均为特征污染物，这大概率与地块混油区历史上曾发生油品泄漏有关，尽管事故发生后曾采取土壤置换、地下水抽出等治理措施，但随着时间的推移，残存的污染物在土壤中进一步释出迁移至地下水中，形成目前的污染状况。

土壤检测结果均未超标，但在混油区附近部分点位土壤样品监测值较大，这一方面可能说明前期的治理工作取得一定的效果，绝大部分污染土壤已经清除；另一方面也可能说明治理工作并不彻底，此次调查未捕捉到最大污染点，土壤中残留的污染物随着时间的推移，逐步释出至地下水中，因此地块污染状况尚需进行进一步的调查。

6 结语

污染地块土壤和地下水初步调查是一项基础而又重要的工作，工作的成功与否，对后续详细调查、风险评估、风险管控与修复的成败起着决定性作用。输油站场地块在调查监测过程中，应以项目污染管控或修复的实际需要为导向，结合地块内重点区域与重点设备分布情况、历史污染情况、所在地区域环境特点（水文地质、气象、气候、周边环境等），因地制宜制定合理的布点调查方案，提高污染捕捉的准确

性。另外，建议在下一步的工作中，不断摸索、总结实际工作中的有益经验，持续补充完善输油站场地块污染状况调查监测相关规范，以使本行业调查监测工作满足日益提高的环保要求。

参考文献

[1] 全国人大常委会办公厅. 中华人民共和国土壤污染防治法 [M]. 北京: 中国民主法制出版社, 2018.

[2] 生态环境部. 关于发布《建设用地土壤污染状况调查技术导则》等5项国家环境保护标准的公.[EB/OL]. 2019-12-6. https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/201912/t20191209_748356.html.

[3] 张萧汉. 污染场地损害调查中土壤布点方法的探讨[J]. 农业与技术, 2023, 43(11): 110-112.

[4] 蒋远辉, 王钢, 吴思惘. 污染场地环境调查的土壤监测点位布设及检测质量提升研究[J]. 节能环保, 2023, (05): 25-27.

[5] 生态环境部. 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）: GB36600-2018[S]. 北京: 生态环境部, 2018.

[6] 生态环境部. 地下水质量标准: GB/T14848-2017[S]. 北京: 生态环境部, 2017.

[7] 生态环境部. 地下水环境监测技术规范: HJ164-2020[S]. 北京: 生态环境部, 2020.

Consideration of acoustic environment assessment and prevention measures during operation of highway projects

Qian Zhao

Liaoning Qingyuan Environmental Energy Technology Co., Ltd., Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract

In highway projects, due to the task of vehicle passage and the noise generated during vehicle travel, the acoustic environment during highway operation is highly complex and may affect residents along the route. This requires construction personnel to strengthen their emphasis on the acoustic environment in highway projects. Based on vehicle traffic conditions and road friction coefficients, they should analyze potential noise types, causes, and impacts, and develop prevention strategies to minimize the impact on residents. This paper focuses on highway projects and briefly discusses the acoustic environment during project operation. Through acoustic environmental assessments, it aims to understand the causes and specific types of acoustic environments, and then formulate preventive measures based on the actual conditions of the acoustic environment.

Keywords

highway project; acoustic environment evaluation; prevention and control strategies

公路项目运营期声环境影响评价及防治措施思考

赵倩

辽宁清远环境能源科技有限公司, 中国 · 辽宁 抚顺 113000

摘 要

公路项目中, 由于其承担车辆通行的任务, 再加上车辆经行期间会产生一定的噪声, 公路运营期的声环境就十分复杂, 可能对沿途居民产生影响。这就需要施工人员在公路项目中强化对声环境的重视, 根据车辆通行状况以及路面摩擦系数, 分析可能产生的噪音类型、成因以及影响, 并且在此基础上制定防治的策略, 以降低对居民的影响。本文就从公路项目入手, 浅谈项目运营期间的声环境, 通过声环境影响评价, 了解声环境产生原因以及具体类型, 然后结合声环境的具体状况, 制定防治措施。

关键词

公路项目; 声环境影响评价; 防治策略

1 引言

公路项目运营期间, 大量车辆行驶会产生大量的噪声, 由此产生较为复杂的声环境。而公路作为重要的交通设施, 沿途经常有居民聚集区, 噪声较大的环境会严重影响周边居民的正常生产生活。此背景下, 施工人员就必须考虑到公路项目的声环境, 要求相关人员结合公路的施工要求, 将其与车辆通行状况进行结合, 分析单位区间内车辆的通行状况, 以此计算出单一时间段内产生的平均噪声, 然后结合声屏障等设施, 设计声音的隔绝设备, 尽可能地降低噪声对周边居民的影响。这就需要施工人员采用先进设备与技术, 合理对声环境进行评价, 以合理制定防治措施。

2 公路项目运营期声环境概述

2.1 概念

公路项目的运营期是指公路建成投入使用后的阶段, 通常从公路开通后开始, 直到项目合同期满或公路收回管理为止。实际来看, 公路项目的运营期通常是项目生命周期的最长阶段, 目的是确保公路在长期内能够安全、高效地运作, 并为投资者带来回报。而声环境是指声音造成的环境, 公路项目的运营期声环境是指公路投入使用后, 车辆通行产生的噪声对周围环境的影响。合理的声环境管理有助于减少噪声污染, 提升居民的生活质量^[1]。所以声环境的管理和控制公路建设与运营中至关重要, 尤其是在交通繁忙区域和人口密集的地方, 声环境管控能够有效降低对周边居民的影响。

2.2 公路运营期声环境的来源

首先, 公路的主要噪声来源是道路上的机动车辆, 尤其是重型车辆和高速行驶的车辆; 其次, 路面类型、路面状

【作者简介】赵倩(1986-), 女, 满族, 中国辽宁抚顺人, 硕士, 工程师, 从事环境影响评价研究。

况、交通流量和交通速度都会影响噪声的强度；然后，车辆的发动机、排气、轮胎与路面接触等都会产生不同频率的噪声。这就导致公路噪声的来源复杂，而且影响因素较多，需要相关人员加强对其的重视，在此基础上制定管控策略。综上，公路项目的运营期就需要开展声环境管理，以减少噪声污染的负面影响，提升居民的生活质量，并符合相关环境保护的法律法规要求。

3 公路项目运营期声环境评价概述

公路项目运营期声环境评价是对公路在运营过程中产生的噪声对周围环境的影响进行系统评估的过程。其目的是通过科学的评价手段，预测和监测运营期内公路噪声的传播与影响，帮助相关人员采取有效措施减少噪声污染对居民和生态环境的影响。一般而言，声环境评价的主要内容涉及以下方面。

3.1 开展噪声影响源识别

评价人员需要明确噪声的来源，确定其主要来源于过往的机动车辆。而且需要注意，不同类型的车辆（如小汽车、重型卡车等）、车速和路面状况等都会影响噪声的强度。还需要考虑路面类型，路面材质（如沥青、混凝土等）对噪声的产生有直接影响。不同材质的路面对噪声的反射、吸收和传播有所不同。此外，天气状况（如风速、湿度等）也会影响噪声的传播路径和强度，这些都影响对噪声的评价，需要工作人员加强对其的重视。

3.2 需要划定噪声影响区

要求相关人员通过对交通流量、车速等参数的统计分析，结合环境噪声监测数据，评估公路噪声的传播范围。并且根据噪声的传播特性和建筑物的分布，划定噪声影响区域，确定影响的严重程度，为后续噪声的处理奠定基础。

3.3 需要进行噪声预测

工作人员应使用噪声传播模型对公路噪声进行预测。常用的模型有声学模型（如NMPB模型、ISO 9613标准）等，需要相关人员选择合适的设备与技术，预测噪声的传播强度和范围；其次，需要模拟不同交通流量、车速等情况下的噪声水平，评估不同情境下对周围环境的影响。

3.4 开展噪声影响评估

在收集相关数据之后，工作人员需要根据测量和预测的数据，评估噪声对周围环境的影响。可以通过对噪声水平与环境标准的对比，判断是否达到或超出环保法规规定的限值。需要工作人员根据噪声级别的分布情况，分析噪声的影响范围，确定高噪声区、中噪声区和低噪声区的分布。还需要评估噪声对敏感区域（如学校、医院、住宅区）的影响，确定是否超标。

3.5 应确定噪声防治措施建议

数据评估之后，声环境评价还需要为治理提供策略，以实现对噪声的治理。一般而言，常见的解决策略主要包括

声屏障和隔音设施、低噪声路面、交通管理以及交通流量控制等。

综上，公路项目运营期的声环境评价是确保交通噪声不对周围环境和居民健康造成过度影响的重要手段。能够为制定合理的噪声防治措施提供依据，并通过不断地调整和改进，达到环境保护和可持续发展的目标。

4 公路项目运营期声环境的防治措施

在公路项目运营期，声环境的防治尤为重要，但是鉴于声环境的复杂性，对其的治理就存在一些难点。此背景下，就需要公路施工人员结合声环境评价，对噪声的来源与状况进行分析，在此基础上制定合适的解决策略。实际来看，常见的解决方法包括以下几种。

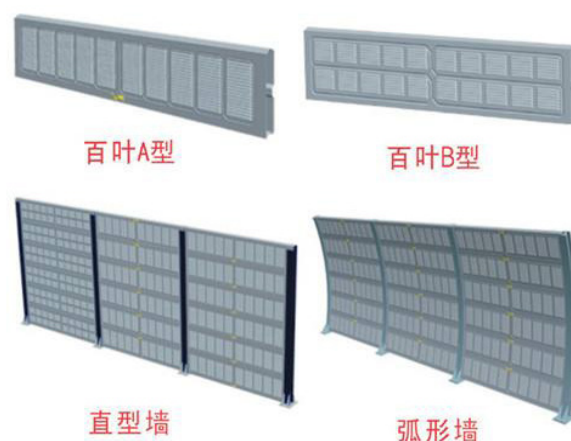


图1 声屏障

4.1 需要设计声屏障

声屏障通过设置物理屏障阻挡交通噪声的传播，可以减少噪声对周围环境的影响（如图1所示）。要求相关人员通过以下手段进行设计。

首先，要合理选择声屏障的材料，其中，混凝土声屏障，具有良好的隔音效果，广泛应用于高速公路。其密实性好，能够有效隔绝低频噪声；钢材较轻，强度高，适用于高桥梁或需要承受较大风压的地方。钢板表面可通过涂层处理以增强耐久性；透明材料能够保留视觉通透性，适用于景观要求较高的区域，但相对较轻，且可能会受到碎裂的影响。还可以结合绿化带设计，在一定程度上吸收高频噪声。

其次，需要合理设计声屏障的高度与长度，声屏障的高度通常根据噪声源与受影响区域的距离、地形以及交通流量等因素来确定。一般来说，声屏障的高度应足够遮挡住最关键的噪声传播路径。常见设计高度在3米到5米之间，但在特殊情况下可高达10米以上。声屏障的长度通常应覆盖噪声源与敏感区域之间的主要传播路径，确保屏障的有效性^[2]。设计时需要考虑噪声传播的扩展范围，确保没有声音绕过屏障。

然后，为了提高声屏障的整体效果，需要选择一些具

有良好吸声性能的材料,例如吸声板、泡沫材料等。这些材料可以减少声波的反射,避免噪声在屏障后面反弹回来。而且选择环节,应避免设计中采用过于坚硬的材料(如金属、玻璃等)直接反射噪声,尤其是在居民区附近。可以通过设计斜面或使用吸声材料来减少这种反射效应。

综上,通过选择合适的材料、合理的设计高度与长度、吸声和隔音的配合应用,可以大大降低交通噪声对周围环境的影响。

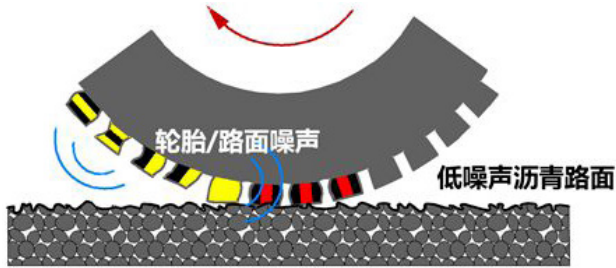


图2 低噪声路面

4.2 合理进行路面设计

施工期间,还可以通过改进路面材料和结构设计来降低交通噪声的传播(如图1所示)。第一,可以设计多孔路面,多孔路面通过增加路面孔隙率,能够使轮胎与路面接触时产生的噪声部分被吸收或衰减。多孔路面的表面不完全平整,轮胎与其接触时,气流通过孔隙减少了噪声的反射。第二,可以设计细粒式路面,这种路面具有较高的平整度和光滑度,减少了轮胎与路面的摩擦噪声。与普通路面相比,细粒式路面的噪声反射性较低,能有效减少轮胎与路面之间的摩擦产生的声音。第三,可以设计吸声路面,吸声路面使用具有良好吸声性能的材料或结构,通过材料本身对声波的吸收,减少了噪声的反射。常用的吸声路面包括使用特殊配方的沥青路面或具有吸声功能的路面材料^[3]。综上,低噪声路面的应用是公路项目运营期噪声防治的重要措施之一,可以有效减少交通噪声,提升周围环境的质量。

4.3 合理开展交通管理

在公路项目的运营期,通过有效的交通管理措施,不仅可以提高交通流畅性,还能显著减少交通噪声对周边环境的影响,常见手段包括以下几种。

首先要开展限速管理,车辆行驶速度与噪声水平有显著关系。车辆速度越高,轮胎与路面之间的摩擦噪声和发动机噪声会增加。因此,通过限制车辆速度,可以有效降低噪声。就需要在噪声敏感区域(如住宅区、学校、医院等)或高噪声区域(如高速公路的交叉口、桥梁附近等),实施限速管理。例如,降低限速至50 km/h或更低,可以减少车辆

产生的噪声。

其次,要进行交通流量控制,高流量的交通往往会导致交通拥堵,增加车辆的加速、刹车频率,从而产生更大的噪声。通过控制交通流量,避免交通拥堵,可以减少噪声的产生。要求相关人员在交通流量大的区域,通过调整交通信号灯的配时、优化交通导向,减少交通堵塞,降低噪声污染。

然后要开展高峰时段与非高峰时段的交通疏导,高峰时段通常交通密度较大,车辆运行效率低,噪声产生的频率和强度较高。通过分时段的交通管理,可以平衡道路的使用,减少某些时段内的噪声污染。就需要相关人员在噪声敏感区域(如靠近居民区或学校的区域),限制高噪声车辆(如货车、大型运输车辆)在特定时段内通行,或通过交通引导降低噪声高峰时段的车辆密度^[4]。

此外,对于某些特别敏感的区域,还需要设置专门的绕行路线或专用道,使得通过这些区域的车辆数量减少,降低噪声污染。要求相关人员通过设置绕行道路或环形道路,使得交通流量分散,减少直接经过噪声敏感区域的车辆数量。

最后,还需要定期维护与噪声监测,路面老化、裂缝等问题会增加车辆行驶时的噪声水平。需要通过定期维护路面和相关设施,确保路面光滑平整,减少交通噪声。要求相关人员定期对公路路面进行检查与维护,修复路面裂缝,及时清理路面垃圾和杂物,以保持路面平整度和质量,从而降低噪声。

综上,在公路项目的运营期,交通管理措施对于减少噪声污染至关重要。

5 结语

公路项目运营期声环境的防治措施是一个综合性的过程,需要从交通管理、道路设计、设施建设等多方面入手。通过合理的规划、有效的管理和科学的技术手段,大幅度降低公路交通噪声对周围环境的负面影响,确保交通噪声对公众健康和生态环境的影响降到最低。

参考文献

- [1] 赵丽君,赵海燕.公路项目运营期声环境影响评价及防治探讨[J].资源节约与环保,2019,(04):63.
- [2] 张延利.公路项目运营期声环境影响评价及噪声防治[J].环境与发展,2018,30(12):28+30.
- [3] 徐欣荣.公路建设项目声环境影响调查研究[J].资源节约与环保,2018,(06):128-129.
- [4] 胡英,龚超禹.公路项目运营期声环境影响评价研究[J].绿色环保建材,2018,(05):121.

Comparative study on analytical methods of heavy metal pollutants in environmental monitoring

Haiyin Liang

Shanxi Quanhai Ecological Testing Co., Ltd., Jinzhong, Shanxi, 032000, China

Abstract

Heavy metal pollutants, due to their strong toxicity, high bioaccumulation, and environmental persistence, have become a key focus in environmental monitoring. Accurately assessing their concentrations in water, soil, and air is crucial for pollution control and ecological protection. Current analytical methods include traditional atomic absorption spectroscopy, electrochemical analysis, and modern techniques such as inductively coupled plasma mass spectrometry and X-ray fluorescence, each with its own technical advantages and limitations. This paper compares and analyzes different heavy metal detection methods in terms of their principles, performance parameters, applicable media, and field usability, exploring their suitability for routine testing, trace identification, and emergency monitoring. It aims to provide technical support for optimizing heavy metal pollutant analysis strategies and to promote the standardization and quality control system development of related methodologies.

Keywords

heavy metal pollution; environmental monitoring; analytical methods; comparative study; technical applicability

环境检测中重金属污染物的分析方法比较研究

梁海崙

山西泉海生态检测有限公司, 中国 · 山西 晋中 032000

摘 要

重金属污染物因其毒性强、生物富集性高及环境持久性, 成为环境检测领域关注的重点对象。准确掌握其在水体、土壤与大气等环境介质中的含量, 对污染防治与生态保护具有重要意义。当前分析方法包括传统的原子吸收光谱法、电化学分析法及现代的电感耦合等离子体质谱法、X射线荧光法等, 各具技术优势与局限性。本文围绕不同重金属检测方法的原理、性能参数、适用介质及现场实用性进行比较分析, 探讨其在常规检测、痕量识别和应急监测中的适配性, 为优化重金属污染物分析策略提供技术支撑, 并推动相关方法体系的标准化发展与质量控制体系建设。

关键词

重金属污染; 环境检测; 分析方法; 比对研究; 技术适用性

1 引言

随着工业化与城市化进程的加快, 重金属污染问题日益凸显, 其对生态系统与人体健康构成长期威胁。重金属污染具有隐蔽性和累积性, 常在水体沉积物、土壤颗粒和大气颗粒物中以多种形态存在, 难以通过单一手段实现精准识别与全面控制。环境检测作为污染防治的技术前沿, 对重金属污染物的分析方法提出了更高要求。如何在不同介质、不同浓度条件下实现高灵敏、低干扰的快速检测, 成为检测体系构建的关键技术命题。本文聚焦于现行主流重金属检测方法, 深入分析其理论基础、适用条件与数据可靠性, 从而为分析手段的选择、组合与优化提供系统性研究依据。

2 环境中常见重金属污染物的种类与分布特征

2.1 典型重金属元素的来源与环境行为特性

镉、铅、汞、铬、砷、铜、锌等为常见的环境重金属污染物, 其主要来源包括矿产开采、冶金工业、化工排放、机动车尾气、电子垃圾拆解与农业施肥活动。这些元素具有显著的毒理学特征, 在生态系统中难以降解, 易发生生物积累和食物链放大作用。铅常来源于蓄电池制造及燃油添加剂, 镉多见于电镀与塑料制品中, 砷则广泛分布于采矿与农药残留中。重金属在环境中表现出较强的迁移性, 受 pH、氧化还原电位、有机质含量及温度等因素影响, 其形态可在游离态、络合态、沉淀态等状态间转化, 不同形态对应的毒性和活性差异显著, 对环境行为及监测方法的选择提出了多元技术需求。

2.2 重金属污染在水体、土壤与空气中的富集机制

水体中重金属污染常以可溶态、悬浮态或沉积物结合

【作者简介】梁海崙(1997-), 女, 中国山西晋中人, 硕士, 助理工程师, 从事环境检测研究。

态存在, 可通过工业废水排放、地表径流与大气沉降进入河流湖泊系统, 在沉积物中富集并形成潜在污染源。土壤中的重金属富集与地质背景、农用化学品投入及废弃物填埋密切相关, 尤其在酸性土壤中迁移性与生物有效性增强, 易被植物吸收进入食物链。空气中重金属以颗粒物结合状态广泛分布, 主要通过高温排放过程释放, 细颗粒物携带的重金属可在大气中长距离输送, 并通过干湿沉降方式回归地表。多介质之间的交互作用增强了重金属污染的空间扩散性和时间持久性, 对环境监测手段的空间适应性和分辨能力提出了挑战。

3 传统重金属检测方法的原理与应用

3.1 原子吸收光谱法 (AAS) 在重金属测定中的适用性

原子吸收光谱法是一种基于气态原子对特定波长光吸收能力的定量分析技术, 广泛用于多种重金属元素的浓度检测。该方法利用空心阴极灯发出的元素特征谱线作为光源, 样品经过雾化器进入火焰或石墨炉中被加热至原子态, 光束穿过原子云时部分被吸收, 吸收强度与元素浓度成正比。AAS 方法具有选择性好、灵敏度高、操作相对简单等优点, 适用于水样、植物样及土壤提取液中的镉、铅、铜、锌等重金属测定。采用火焰原子吸收法时检测限一般在 ppm 级, 而石墨炉原子吸收法可达 ppb 级。其主要局限在于单元素分析效率较低, 样品前处理过程复杂, 部分元素测定存在干扰风险, 对操作条件控制的依赖程度较高。

3.2 紫外-可见分光光度法的应用条件与局限

紫外-可见分光光度法利用某些重金属与显色剂反应后形成的络合物在特定波长范围内具有吸收峰, 通过测定吸光度来推算金属离子的浓度。该方法常用于检测铁、铬、锰、铅等重金属, 显色剂如邻菲罗啉、二苯卡巴肼等与金属离子反应形成稳定化合物, 在 280nm 至 700nm 范围内产生特征吸收。仪器结构简单、分析速度快、成本低廉, 适合常规批量样品初步筛查和教学实验应用。但其灵敏度相对有限, 通常适用于 mg/L 浓度级别, 分析中易受到共存离子的干扰, 显色剂选择及 pH 控制对测定结果影响显著, 复杂样品需经化学前处理去除干扰组分。测量结果受光源稳定性、比色皿清洁程度和显色反应时效性影响较大, 不适用于痕量检测与自动化分析场景。

3.3 电化学分析法在现场检测中的效率表现

电化学分析法通过研究电极电位或电流随溶液中重金属离子浓度变化的规律, 实现元素的定量分析。常见技术包括极谱法、阳极溶出伏安法与电位滴定法等, 尤其在检测铅、镉、汞等活性金属方面表现出较高灵敏度。该方法无需复杂的光学系统, 仪器便携、操作简便, 适用于现场快速检测与应急监测。阳极溶出伏安法的检测限可达 ng/L 水平, 分析过程中金属离子在电极上预富集, 有效提升灵敏度。其技

术瓶颈在于多元素同时分析能力不足, 电极污染与记忆效应可能导致重复性下降, 电解质种类、缓冲体系及 pH 对信号响应稳定性具有显著影响。尽管如此, 电化学方法在野外调查与低成本监测场景中仍具有不可替代的实用价值。

4 现代高灵敏度分析技术的应用现状

4.1 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 的分析优势

电感耦合等离子体质谱法具备极高的灵敏度和宽广的线性范围, 可对痕量至超痕量级别的重金属元素实现精确定量。该技术通过高温等离子体将样品中的金属元素电离后, 利用质谱仪对离子按质荷比进行分离与检测, 适用于多种环境样品中的金属分析。ICP-MS 具有多元素同时检测的能力, 能够在一次进样中获得完整的谱图信息, 提升了检测效率和数据完整性。检测限通常可达 ng/L 或更低水平, 显著优于传统光谱法, 在超纯水、大气降尘及低浓度土壤浸提液中表现出色。由于其抗干扰能力较强, 能够借助碰撞反应池技术减少共存离子的影响, 提升结果的准确性, 是当前重金属环境检测中标准化程度较高的分析手段之一, 图 1 为电感耦合等离子体质谱法工作流程。

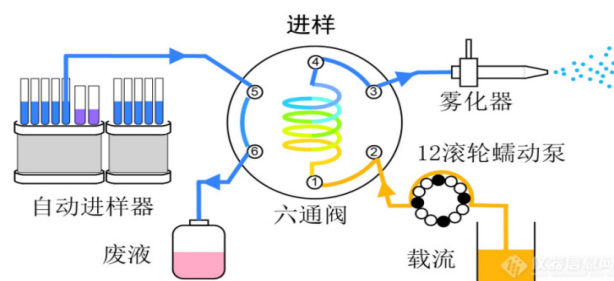


图 1 电感耦合等离子体质谱法工作流程

4.2 X 射线荧光光谱法 (XRF) 在固体样品检测中的作用

X 射线荧光光谱法以其非破坏性、无需复杂前处理和快速分析的特性, 在重金属污染的原位监测与固体样品定性定量分析中具有重要地位。当高能 X 射线照射样品时, 样品原子内层电子被激发逸出, 外层电子跃迁产生特征荧光 X 射线, 不同元素的荧光能量具有独特性, 便于识别与定量。XRF 广泛应用于土壤、底泥、固废和建材样品中重金属的快速筛查, 能够实现多元素同步检测, 具有操作简便和重复性强的优势。其灵敏度受限于样品基体与元素间的相互干扰, 通常适合中高浓度区间的元素测定。便携式 XRF 设备的普及推动了该技术在野外调查、污染源追踪及监管执法中的实用化进程, 是高效、高通量固体污染物检测的可靠工具。

4.3 液相色谱-质谱联用技术在痕量分析中的适应场景

液相色谱-质谱联用技术结合了色谱分离与质谱检测

的优势,具备高选择性、高灵敏度与强适配性等特征,适用于复杂环境基体中重金属有机络合物或特定形态的痕量分析。该技术通过液相色谱将样品中不同形态的金属络合物进行高效分离,进入质谱后再按照质荷比分离检测,实现对目标组分的精确定量。适用于水中三价铬与六价铬、有机汞与无机汞等形态的识别,尤其在毒理学关联研究中展现出独特

价值。其前处理过程需结合萃取、衍生或络合等手段以保证分析物稳定性与检出率,技术路径复杂但结果数据具备较高的可信度与重现性。在高端科研、环境风险评估和痕量污染监测中,该联用技术因其高分辨率与定性能力被广泛采用,推动重金属分析精细化方向发展,图2为环境检测中液相色谱的检测流程。

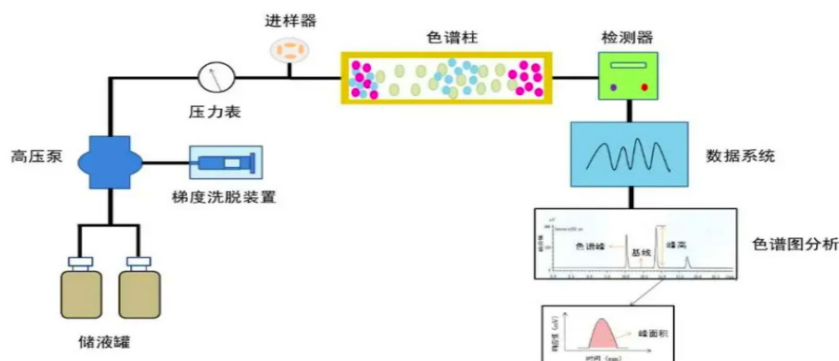


图2 环境检测中液相色谱的检测流程

5 不同分析方法的技术比较与适用场景评估

5.1 检测限、准确度与重复性的对比分析

不同重金属检测方法在技术参数方面存在显著差异,传统分光光度法检测限普遍在 mg/L 级,适合高浓度样品的粗略估算,原子吸收光谱法以火焰方式检测限在 $\mu\text{g/L}$,石墨炉模式可达到 ppb 级别。ICP-MS 的检测限最低可达 ng/L 水平,具备超痕量级别分析能力。重复性方面,分光法受试剂波动与人为操作影响较大,AAS 与 ICP-MS 仪器稳定性较强,可实现相对标准偏差小于 5%。准确度受干扰因素控制能力影响,ICP-MS 可通过内标校准与质谱选择性显著提升分析精度。XRF 在浓度大于 mg/kg 水平的固体样品中表现优良,但在低浓度情况下容易受到基体效应影响。电化学法在特定金属分析中具备低检测限与良好重现性,是便携与低成本检测方案的代表。

5.2 样品前处理复杂性与实验效率的技术评价

样品前处理过程直接影响分析效率与检测数据的可比性。分光光度法需进行显色反应,步骤较为繁琐且需严格控制反应条件;AAS 常需消解样品以形成均匀溶液,酸分解过程可能导致挥发损失或交叉污染;ICP-MS 对前处理纯度要求高,酸溶过程中需避免共存离子的干扰,并常搭配微波消解提高效率;XRF 多用于固体样品,预处理以粉碎、压片为主,过程快速且保持样品原貌,但对非均质样品结果稳定性不足;液相色谱-质谱联用分析需进行复杂的提取与衍生处理,实验耗时较长,但可实现目标形态的高效识别。电化学分析方法样品预处理要求较低,便于现场快速获取数

据,是应急环境监测中重要手段之一。

5.3 在应急监测、常规监管与科研分析中的应用差异

不同检测方法在实际应用场景中具备差异化优势。应急监测场景中需依赖快速、简便、成本低的手段,便携式 XRF 与电化学分析设备可实现野外实时响应,适合初步筛查与污染趋势判断。常规环境监管更侧重数据稳定性与标准化能力,AAS 与 ICP-OES 因其仪器成熟、方法标准明确被广泛应用于日常排放监测与环境质量评价。科研分析则对灵敏度、形态识别能力与数据完整性提出更高要求,ICP-MS 与液质联用技术具备精密定量与复杂样品解析能力,是研究毒性机制、元素形态转化与生物有效性评估的关键工具。根据监测目的、样品类型与检测要求合理选择检测手段,是提升监测效率与保障结果质量的核心策略。

参考文献

- [1] 于靖靖,李俊杰,韩瑞冰,杨宾,陈娟,张云慧,李发生,杜平.金属矿区土壤重金属健康风险评估与影响因素分析[J].环境科学,2025,45(04):253-254+269.
- [2] 裴培.改性HC对水体重金属污染的修复效果分析[J].山西化工,2025,45(04):267-269.
- [3] 李光启.氨基煤矸石对重金属污染土壤的修复影响分析[J].山西化工,2025,45(04):267-269.
- [4] 薛加祥,马世杰,陈兆浩,孔召玉.基于CiteSpace的植物促生菌强化植物修复重金属污染现状的知识图谱分析[J].南昌大学学报(理科版),2025,49(02):165-171+183.
- [5] 韩焜,曹磊,刘茜.某城市地下水中重金属含量分析及锰污染修复治理措施[J].化学工程师,2025,39(04):100-103+18.

Common problems and improvement thoughts in ecological protection and restoration of quarries

Shuhai Chen

Xiaoxian Key Project Construction Management Center, Suzhou, Anhui, 235200, China

Abstract

The development needs of industry and urban construction have made large-scale quarrying inevitable. However, the severe damage caused by quarry mining to natural ecosystems has directly led to environmental degradation, soil erosion, and other issues, seriously affecting the balance of ecosystems. Therefore, ecological protection and restoration in quarry areas have become increasingly urgent tasks. Nevertheless, during the implementation process, ecological protection and restoration in quarry areas still face multiple challenges due to various factors, which hinder these efforts to some extent. This article discusses the necessity of ecological protection and restoration in quarry areas, common problems encountered, and improvement measures for reference.

Keywords

quarry; ecological protection and restoration; necessity; common problems; improvement measures

采石矿场生态保护修复中的常见问题与改进思考

陈树海

萧县重点工程建设管理中心, 中国 · 安徽 宿州 235200

摘 要

工业和城市建设的发展需求使得石料的大量开采成为必须, 而采石矿场开采对自然生态系统造成的严重破坏直接导致了环境恶化, 水土流失等问题, 严重影响到了生态系统的平衡, 因而针对采石矿场的生态环境保护及修复工作已经成为日益紧迫的课题。不过, 实践过程中采石矿场的生态保护修复受到多重因素的影响仍然存在一些问题, 这些问题都对生态保护修复起到了一定的阻碍作用。对此, 文章从采石矿场生态保护修复的必要性、存在的常见问题及改进措施三方面展开论述, 以供参考。

关键词

采石矿场; 生态保护修复; 必要性; 常见问题; 改进措施

1 引言

近年来, 国家越来越重视采石矿场的环境修复, 相继出台了相关政策和规定, 并且出台了一系列关于其生态保护修复的技术指导文件及相关规范, 要求从开始采到最后关闭的整个阶段, 都应该实施生态保护修复措施。但在现实中仍然还有一系列难题待解, 使得生态保护修复成效不甚理想^[1]。

2 采石矿场生态保护修复必要性

采石矿场所造成环境破坏是不可逆且自然恢复极其缓慢, 因此需要尽快开展系统性的生态保护修复。从自然环境来看, 采石会致使地表植被层全部消失, 使水土流失、地质灾害等问题频发, 同时被破坏植被的根系会在降雨的时候容易发生土壤冲刷, 进而出现大量的山体裸露, 如此将进一步

破坏了生态结构的稳定性; 同时采石将会使得野生动植物的生存空间受到挤压, 严重时部分地方物种资源产生退化甚至是灭绝的现象; 此外, 采石留下的裸露岩石面还会破坏当地地貌景观, 降低区域生态美学和土地资源可利用性。从社会方面来看, 采石矿场废弃后未得到及时修复治理会遗留下较大的安全风险隐患, 不仅造成周围人们正常的生活生产秩序受影响, 更有甚者会产生重大安全事故。因而, 针对采石矿场开展生态保护修复既是环境保护的客观需求, 同时对于推动土地资源可持续利用以及区域生态安全格局的稳定发挥着重要作用。

3 采石矿场生态保护修复中的常见问题

一是生态保护修复方案适应性不足。不少采石矿场生态保护修复项目的前期设计没有进行详细的地形地貌、土壤结构、区域生态系统等调查工作, 从而造成修复方案存在机械借鉴其他项目模式的情况, 忽略了本矿场植被的适生性、土壤条件和降水特点, 使得最终的修复效果差强人意。二是

【作者简介】陈树海(1980-), 男, 中国安徽宿州人, 本科, 高级工程师, 从事园林工程管理研究。

植被恢复树种单一,难以重建生态系统。部分采石矿场开展生态保护修复中进行绿化时大量选用经济性强、成活率高、抗逆性强的外来草本或灌木树种,忽略原生树种和地带性植物群落体系建立,致使原有生态系统内相关生态链遭到破坏,无法达到对原生态系统结构功能的恢复^[2]。三是边坡稳定、土壤重构措施不到位,引起二次侵蚀现象。有些采石矿场没有按照实际地形坡度来进行工程稳定措施(如阶梯状削坡、拦挡结构、排水措施),如此一来易于造成矿场裸露的土壤雨后冲刷再次流失。同时还存在着土壤基质选取及覆土厚度不恰当情况,如此会引发表土失养以及后期修复栽植植被发育难的现象。四是修复管理主体责任模糊,缺乏长期养护机制。一些项目中暴露出责任主体不明晰或是运营主体多次更换现象,造成无后期管护问题,继而演变成“重建设、轻管护”局面。五是由于政策执行与监督中的漏洞导致采石矿场生态环保修复质量得不到保证,如一些地方只是简单采用了面积是否达到目标进行验收,而忽略了土壤稳定和整体生态功能恢复的评价;另外一些地方监管缺少评估技术支撑,造成验收工作浮于表面,不能形成项目过程+效果的闭环体系,继而致使采石矿场生态保护修复成效大打折扣。

4 采石矿场生态保护修复中常见问题的改进措施

4.1 制定地形适应性修复方案

根据采石矿场实际地貌条件开展生态保护修复方案设计,在设计前须先进行高精度地质勘查和生态资源状况调查,依据区域地质构造、岩性特征和采石扰动强度等数据形成原始地貌三维数字模型,识别出采石过后形成的特殊陡崖、平台、凹陷等微地貌单元,并据此制定针对性修复地形类型。针对矿场中出现大于 30° 的采石陡壁,可运用机械削坡结合人工缓坡整治工艺,在控制其最终坡比不超过1:1.5的基础上,分层设置干砌片石挡土墙,且在每层平台设置透水性排水沟槽。同时在采取边坡脚部截排水的基础上,增强降雨径流汇集点的分散排水能力;对于采石矿场存在中缓坡的地区,在坡面整形的同时确保覆土量做出60cm以上,利用当地适生豆科灌木以及乡土深根型草种构成植被防护带,并将乔木—灌木—地被复层结构和防风蚀植物群落引入到平台区植被恢复工作中;对于采石矿场低洼地形,根据原始地貌特点和地下水位来建立适宜的小面积微湿地,以耐重金属的挺水植物香蒲、芦苇等为主选品种,提升重金属富集能力和生态净化能力^[3]。另外,采石矿场生态保护修复过程中需要对地形坡度、坡长、坡向等开展实时工程测量校核工作,以保证整治后的地形过渡自然、与周围的山体相接,最终利于局地的生态恢复及景观的连续性。

4.2 多样性本地物种配置与群落构建

全面调查采石矿场原生植被及其生态环境特征,以掌握该区域优势物种与生态位判定,优先选择本地自然分布、

生态适应性强、生态功能好的乡土植物种类,避免因引种种源不适应造成修复后生长困难的局面。早期复垦利用固氮、耐贫瘠先锋植物,如刺槐、胡枝子、山豆根等提高土壤有机质含量和微生物活性,以促使初期生长发芽;中期阶段利用本土适应性强的针阔混交乔木如油松、元宝枫、白蜡树等和中生性灌木如紫穗槐、黄栌等建立起乔灌木复合生态,之后在林下种植以多年生禾本科和豆科草本为主的地被植物,比如百脉根、冰草等增强群落稳定性;若采石矿场处于干旱地区则着重选取柠条、沙棘等抗旱能力强植物,以实现较好地水分维持和风蚀控制效果;对于湿润地区采石矿场可以采用抗旱力较弱,喜湿性强的鸢尾、紫萁等不仅可提高土壤保水能力,同时也可增加群落多样性。另外物种配置与群落构建上须符合物种互补、生态位分化的配置原则,避免重复生态位物种栽种而造成的资源竞争加剧。植栽作业时不能在强降雨时期播种,按照穴状深耕插杆植苗、覆膜保水等方法,并采取梯级间歇性浇水施肥,以确保采石矿场生态保护修复栽种的植物良好生长。最后还可采取自然更新小斑块、留存萌蘖苗、诱导自播等方式保持群落生物多样性,并实施随时动态监测调节逐步优化植被群落结构,继而重塑采石矿场植被生态功能结构。

4.3 边坡工程整治与土壤基质构建优化

针对采石矿场生态保护修复的边坡工程整治和土壤基质构建,其优化重点在于结合边坡坡度、岩性以及地貌条件采取分区分段进行治理。边坡坡度超过 30° 以上的高陡边坡,应采取阶梯分级开挖,以形成坡面平台并布置坡脚缓冲带,同时基地加固以锚杆、喷射混凝土网格结构或钢筋网骨架结构方式,以保证岩土体稳定性。排水系统上,宜设倒挂式防冲沟渠,沟渠底部铺设碎石,上覆防冲沟渠滤水毯,渠壁采用生态砌块稳定坡面,同时还需在每个台阶平台上做消能跌水结构使地表径流在沿程流动过程中逐步削减动能,从而减小冲刷危害^[4]。构建土壤基质上可采取三层铺设方式,即底层以粒径5~20mm碎石骨料铺15~25cm厚度以增加基质层整体的排水量、结构稳定性;中层以腐殖质土和膨胀珍珠岩、蛭石(三者按体积比4:1混合)构成的复合轻型改良材料混合作物铺20cm左右厚,从而提升基质的保水保肥性和通透性;表层采用当地客土加入充分腐熟畜禽粪有机肥(按3:1混合均匀)铺10~15cm厚度,以利于根际微环境提升。另外出于增强土壤Cd、Pb等重金属离子的吸附固定目的,土壤基质可添加2%的质量比生物炭、1%质量比膨润土,促使土壤pH达到6.5~7.5内。最后,覆土后马上铺椰纤维毯或者用生态袋网格固定在坡面上,避免风雨冲刷、初期滑移。另外,采取喷播绿化方式,即以多喷头联动喷播机定向分区喷播,同时优先选用乡土草本植物+豆科先锋物种混配种子,并加入保水剂、粘合剂以及微生物菌剂混匀进行喷施,从而促使种子得以尽早定根以及达到地面绿化均匀度。

4.4 建立分级负责的管护机制

基于推动采石矿场生态保护修复系统与长效目的,须建立“政府统筹—企业履责—第三方参与”三位一体分级负责的管护机制。依托地方政府自然资源主管部门以采石矿场水土流失严重程度、植被覆盖度、土壤理化性质、群落类型等情况不同来划分生态保护修复期限、管理绩效考核标准,同时按植物生长周期节点检验植被覆盖度,如是否达到植被覆盖面积占总面积的百分比、群落群系结构稳定性、土壤理化改善等。企业履责层面,要求采石企业依法签订生态恢复承诺书,明确承诺具体的生态养护时间以及相应生态保护修复计划,并确定绿化植被补种、浇灌施肥、边坡加固等事项。第三方参与上,聘请具有生态保护修复资质的单位负责日常维护,后者结合季节及地域特点及时开展防虫防病、退化地块植被更新、补充养料、疏通排水等工作,以促使采石矿场人工植被群落自然演替。此外管理层面上,以重点治理区域设置固定样方和典型样区作为示范,开展采石矿场植被群落组成、地表覆盖类型、入侵物种分布范围、土壤理化指标等项目监测评估工作,并制定规范化的调查档案,利用此种方式促使养护单位优化管理策略。另外,对一些经济效益有限的非盈利性采石矿场生态保护修复要由地方财政来设立专项资金,将补助资金通过统筹方式拨付到其修复上来。

4.5 健全工程评估标准与监管流程

从采石矿场整体生态系统出发,依托植被层次结构、群落演替趋势、物种多样性指数、土壤理化性质(如土壤有机质含量、pH值、容重)、水文调节能力(如含水率、径流调蓄能力)等为主要评价因子,综合判定生态保护修复成效。加强对植被修复生长量监测与效果评价,可借助多时段遥感影像数据和实地调查相结合的方式,而在修复后期阶段则利用系统随机采样加分层调查,获取真实的生态恢复数据,提高采石矿场生态保护修复评估数据的代表性以及科学性。此外,采石矿场生态保护修复项目验收可引入独立第三方机构

开展评审工作,组建由地质、生态、林草、土壤等方面专家构成的技术专家小组,统一编制技术规范 and 评分标准,确保评价结果可比和导向性^[5]。监管部门应定期抽查重点采石矿场生态保护修复区,设置固定监测样带开展长期动态监测工作,以植物群落稳定性、功能性物种占比等方法判断是否保持持续性、稳定性修复效果,并将结果公布于众,建立问题清单,严格时限,确定责任主体。同时针对达不到生态保护修复目标或者出现二次退化的区域,要坚决落实追责制度,对于存在严重问题的可暂停有关企业生态保护修复项目的承接资格,并建立不良记录通报制度,实现闭环管理。

5 结语

综上所述,采石矿场是水土流失、环境破坏的重点地区,为了保障开采区域的良好生态环境,生态保护修复成为了一项重要工作。由于存在方案设计简单、生物种类单一、结构不合理以及监管不到位等问题导致部分地区采石矿场生态保护修复成效较差。为此,文章从发现问题着手提出相应的改进措施,以便更好地指导采石矿场生态保护修复工作开展。

参考文献

- [1] 李学伟,连燕.蒲屏岭露天采矿场生态修复措施分析研究[C]//2021年7月建筑科技与管理学术交流会.四会市水利水电勘测设计院,2021.
- [2] 骆诗颖.矿山工程地质灾害治理及生态环境修复措施分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(9):178-180.
- [3] 王静,于倩,韩茜,等.北京西山废弃采石矿场植被自然恢复研究[C]//北京国际生态修复研讨会.北京市门头沟区科学技术委员会,2008.
- [4] 张津裕,蔡俊林,李成文,等.核桃岩沟南区煤矸石堆场生态修复实践[J].中州煤炭,2020,042(006):25-28,34.
- [5] 汪丹.门头沟废弃矿山生态治理理论与方法研究——以某废弃采石场为例[J].区域治理,2021(15):2.