

03
2025



生态与环境科学

Ecology and Environmental Science

Volume 6·Issue 3·March 2025 ISSN2737-5072(Print) 2737-5080(Online)



生态与环境科学 Ecology and Environmental Science

Volume 6 · Issue 3 · March 2025 ISSN 2737-5072(Print) 2737-5080(Online)



Tel:+65 65881289
E-mail:contact@nassg.org
Add:12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



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

Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

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

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>



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。

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 环境监测在生态环境保护中的作用及发展措施
/古丽戈娜
- 4 垃圾分类处理设施的创新设计与实施效果分析
/邓雪刚 宋佳文
- 7 环境 DNA 技术在生物多样性监测中的应用与挑战
/钟伟
- 10 大气环境颗粒物污染预防与治理方法研究
/朱婷 吴义军 邵赛 张文英
- 13 原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用优势与方法分析
/吴银萍 张秋霞 周雨蓉
- 16 基层生态环境保护执法工作中常见问题与对策建议
/张方方
- 19 南京地区水生植物入侵现状与乡土物种保护研究
/周春丽 许大为 徐丽梅
- 25 探讨基层突发环境事件的应急管理措施
/朱俊杰
- 28 土地工程与技术在矿山土地生态整治中的应用研究
/潘德海
- 31 林业生态工程背景下矿山生态修复技术和绿化植物配置措施——以西露天矿退煤闭坑为例
/袁广忠
- 34 浅析水中总氮检测方法与质量管理对策
/梁芸潇
- 37 可持续发展理念的辐射环境管理策略与创新路径探索
/孙凌
- 40 上海嘉定浏岛植物群落种类组成和结构特征
/陆婷婷
- 43 自然保护区体系下保护区发展路径探索——以青海大通北川河源区国家级自然保护区为例
/王珍 王延坤
- 46 绿色建筑中给排水与景观交互的生态技术应用研究
/卞晶 王卉 苑超
- 49 电子工业含砷废水处理措施研究
/周三三 邵迪
- 52 基于碳减排的工业废气治理对策思考
/李名扬
- 55 生态环境损害司法鉴定工作中常见不足与处理对策研究
/魏毅 薛晓霞
- 58 环境监测中的地表水的采样方法及注意事项
/朱耀威 章佳民 朱震杰
- 61 土地复垦在土地整治与生态修复治理中的技术创新与应用分析
/潘正彪
- 64 环保工程中的固废资源化利用技术研究
/杨彦青 张富运 沐艳丽
- 67 草原生态环境的保护与修复方法分析
/萨奇拉
- 70 水体环境监测中重金属污染源的快速识别与追踪技术研究
/韦必帽 黄坚峰
- 73 园林养护管理中存在的问题及其对策探析
/宋磊
- 76 水环境监测技术在水污染防治中的应用研究
/方媛 曾浩洪 杨虎
- 79 土壤污染治理技术与农田环境保护措施研究
/金高阳
- 82 探究大气环境保护工作中 VOCs 治理技术
/苏云
- 85 矿山生态环境修复现状及对策建议
/刘凯
- 88 土壤有机污染治理方法及管理措施探讨
/薛晓霞 魏毅 薛俊霞 张嘉瑞 赵楠

- 1 The role of environmental monitoring in ecological environment protection and its development measures / Guligena
- 4 Innovative design and implementation effect analysis of garbage classification and treatment facilities / Xuegang Deng Jiawen Song
- 7 Application and challenges of environmental DNA technology in biodiversity monitoring / Wei Zhong
- 10 Research on the prevention and treatment methods of atmospheric environmental particulate matter pollution / Ting Zhu Yijun Wu Sai Shao Wenying Zhang
- 13 Advantages and methods of Aabsorption application in soil environmental monitoring / Yinping Wu Qiuxia Zhang Yurong Zhou
- 16 Common problems and countermeasures in the law enforcement work of grassroots ecological and environmental protection / Fangfang Zhang
- 19 Research on the Investigation and Protection Strategies of Native Aquatic Plant Resources in Nanjing Area / Chunli Zhou Dawei Xu Limei Xu
- 25 Discuss the emergency management measures of grassroots environmental emergencies / Junjie zhu
- 28 Research on the Application of Land Engineering and Technology in Ecological Remediation of Mining Land / Dehai Pan
- 31 Mine ecological restoration technology and green plant configuration measures under the background of forestry ecological engineering —— Take the west open pit mine as an example / Guangzhong Yuan
- 34 Analysis of detection method and quality management countermeasures of total nitrogen in water / Yunxiao Liang
- 37 Exploration of the radiation environment management strategy and innovation path of the sustainable development concept / Ling Sun
- 40 Variety composition and structural characteristics of plant communities in LiuIsland, Jiading, Shanghai
- 43 / Tingting Lu Exploring Development Pathways for Protected Areas within the Natural Protected Area System: A Case Study of the Qinghai Datong Beichuan River Source National Nature Reserve / Zhen Wang Yankun Wang
- 46 Research on the application of ecological technology of the interaction between water supply and drainage and landscape in green building / Jing Bian Hui Wang Chao Yuan
- 49 Research on arsenic-containing wastewater treatment measures in the electronics industry / Sansan Zhou Di Shao
- 52 Thinking on the countermeasures of industrial waste gas treatment based on carbon emission reduction / Mingyang Li
- 55 Study on common deficiencies and countermeasures in judicial identification of ecological environment damage / Yi Wei Xiaoxia Xue
- 58 Sampling method and precautions of surface water in environmental monitoring / Yaowei Zhu Jaimin Zhang Zhenjie Zhu
- 61 Technical Innovation and Application Analysis of Land Reclamation in Land Consolidation and Ecological Restoration Management / Zhengbiao Pan
- 64 Research on solid waste resource utilization technology in environmental protection engineering / Yang Yanqing Zhang Fuyun Mu Yanli
- 67 Analysis of the protection and restoration methods of grassland ecological environment / Qila Sa
- 70 Research on the rapid identification and tracking technology of heavy metal pollution sources in water environment monitoring / Ziqi He
- 73 Analysis of the problems in garden maintenance management and their countermeasures / Song lei
- 76 Research on the application of water environment monitoring technology in water Pollution prevention and control / Yuan Fang Haohong Zeng Hu Yang

- | | | |
|----|---|--|
| 79 | Research on soil pollution control technology and farmland environmental protection measures
/ Gaoyang Jin | the Restoration of Mine Ecological Environment
/ Kai Liu |
| 82 | To study the VOCs treatment technology in atmospheric environmental protection
/ Yun Su | 88 Discussion on the control methods and management measures of soil organic pollution
/ Xiaoxia Xue Yi Wei Junxia Xue Jiarui Zhang |
| 85 | Current Situation, Countermeasures and Suggestions for | Nan Zhao |

The role of environmental monitoring in ecological environment protection and its development measures

Guligena

Kashgar Ecological environment Monitoring Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract

As the basic work of ecological and environmental protection, environmental monitoring has gradually developed into an important supporting tool for ecological management. With the increasingly complex environmental problems, the role of environmental monitoring has become more prominent, especially in the application of ecosystem health assessment, pollution early warning, ecological restoration effect assessment and other aspects, which has far-reaching significance. Starting from the present situation of environmental monitoring, analyzes its role in the context of the ecological environment protection, and on how to promote environmental monitoring technology independent innovation, strengthen the monitoring network construction and promote interdisciplinary cooperation put forward specific development measures, through in-depth analysis of environmental monitoring technology and the future development trend, in order to promote the sustainable development of ecological environment to provide technical support and strategic advice.

Keywords

environmental monitoring; ecosystem health assessment; pollution early warning; ecological restoration; cross-field cooperation

环境监测在生态环境保护中的作用及发展措施

古丽戈娜

新疆维吾尔自治区喀什生态环境监测站，中国·新疆喀什 844000

摘要

环境监测作为生态环境保护的基础性工作，逐步发展成为生态管理的重要支撑工具。随着环境问题的日益复杂，环境监测的作用愈发凸显，特别是在生态系统健康评估、污染预警、生态修复效果评估等方面的应用，具有深远意义。文章从环境监测的现状出发，分析了其在生态环境保护中的作用，并针对如何推动环境监测技术自主创新、加强监测网络建设及促进跨领域合作提出了具体的发展措施，通过对环境监测技术的深入分析和未来发展趋势的探讨，以期在为推动生态环境的可持续发展提供技术支持与策略建议。

关键词

环境监测；生态系统健康评估；污染预警；生态修复；跨领域合作

1 引言

在全球生态环境问题日益严峻的背景下，环境监测通过对生态系统各类要素进行监测，可以揭示出环境问题的根源，并为相关政策的制定和实施提供数据支持。环境监测在生态系统健康评估、污染预警及生态修复等方面的关键作用，正是推动生态保护和治理效果实现的重要保障。然而，随着环境问题的日益复杂，传统的环境监测方法和技术已显得捉襟见肘，如何加强技术创新、完善监测网络建设、推动跨领域数据共享，成为当务之急。

2 环境监测在生态环境保护中的现状

环境监测在生态环境保护中发挥着基础性作用，但其现状受限于技术、资金及区域差异等多重因素，导致其效果和全面性难以达到预期。以水质监测为例，尽管全国范围内已有多个重点流域和城市建立了监测站点，但这些站点的分布仍旧无法涵盖所有具有生态价值的区域，对于一些重要的生态敏感区域，监测资源的缺乏使生态风险和潜在的环境污染无法在初期得到有效识别与控制。尤其是在偏远山区和生态保护区，环境监测设备和人员的短缺导致监测数据的严重缺乏，即便在一些已设立的监测站，设备老化、数据传输延迟等问题也依然困扰着实时性和准确性的要求。再者，大部分环境监测仍然局限于单一要素的检测，缺乏综合性、系统化的监测机制。例如，大气污染监测侧重于二氧化硫、

【作者简介】古丽戈娜（1983-），女，维吾尔族，中国新疆喀什人，硕士，工程师，从事环境监测研究。

PM2.5等颗粒物，而对于大气中的有害气体、多重污染源交叉作用的分析较为薄弱，水体监测也多集中在特定污染物的浓度变化，忽视了水体生态环境中生物群落的动态变化与污染源的长期累积效应，难以提供对生态环境变化的全景式了解，缺乏对生态系统复杂性和整体性作用的深刻剖析^[1]。

3 环境监测在生态环境保护中的作用

3.1 环境监测对生态系统健康评估的作用

生态系统健康评估是多重因素的交织作用结果，如水体的酸碱度、氧含量、温度等物理化学指标，与生物多样性之间的关系复杂而微妙，而环境监测通过实时采集这些关键指标的数据，可以帮助科学家对生态系统的稳定性和自我修复能力进行评估，在森林生态系统中，技术人员对空气质量、土壤质地以及植被状态的多维监测，能够发现生态系统的微小变化，例如植物生长速度的减缓或某些物种的逐渐消失，揭示出生态系统是否正在遭受压力。另外，生态系统健康评估是一个复杂、动态的过程，需要长期、连续的监测才能捕捉到系统中潜在的风险和变化趋势。例如，水质监测是测量污染物浓度，更包括了流域水质的季节性波动与长期变化趋势的分析，这一分析能够有效识别出水体富营养化的前兆，或者由于气候变化引起水资源分布不均的问题，而环境监测通过持续监测，能直观地评估生态系统的当前健康状况，并提前预警可能的生态破坏，为生态保护措施的提前部署提供支持。

3.2 环境监测在污染预警中的关键作用

在污染预警中，环境监测能够在污染物浓度、气候变化等多维度的数据流中，识别出不符合正常环境趋势的异常波动，以空气污染为例，通过对细颗粒物（PM2.5）和有害气体浓度的监测，能在早期捕捉到可能引发重大空气质量恶化的信号，并对监测到的数据进行细致分析，为决策者提供及时应对污染源扩散的宝贵时间。与传统的污染反应模式不同，监测数据展示了污染的现状，更揭示了污染物浓度上升的潜在趋势，促使生态环境管理者提前介入，并迅速采取减排、限产等有效措施。同时，通过综合分析监测数据，尤其是气象因素对污染物扩散的影响，环境监测系统能够提供关于污染扩散趋势的科学预测。例如，随着风向、湿度和气压等气象数据的实时监测，环境监测系统能够模拟污染物的扩散模式，预测污染物的传输方向和速度，帮助相关部门准确把握污染的走势，为污染防治措施的部署提供有力依据。当污染源的扩散途径和可能影响区域得以精准描绘时，相关部门可以提前启动应急响应，减少污染对环境和居民健康的危害。此外，环境监测涉及工作内容多，包括环境质量现状调查、环境污染程度监测、环境质量影响因素等，需要对生态环境展开全方位监测。在生态环境保护中，环境监测工作的开展可以对环境质量变化情况及时勘察与检测，快速收集和整理生态环境信息，统一汇总给环保局，保证监测人员科学

且准确利用相关数据信息开展监测工作，让生态环境保护有理论依据支持^[2]。

3.3 环境监测对生态修复效果的评估

生态修复工作是长期的、渐进的，修复效果评估需要阶段性的反馈，并揭示出修复进程中出现的新问题，以湿地修复为例，环境监测能够持续记录修复区域的水质变化、土壤健康及生物多样性等数据，帮助技术人员判断修复措施是否取得了预期效果，通过这些监测数据，技术人员可以评估水体净化、土壤恢复的速度以及生态功能的恢复情况，及时发现哪些修复措施奏效，哪些可能需要优化。此外，生态系统的自我恢复能力需要在环境监测中得以验证，并且要通过监测数据来评估其是否达到持续稳定的健康状态。例如，在植被恢复项目中，监测数据能够反映出植被覆盖率的变化，追踪到植物种群的多样性和生长状况，并判断修复措施是否足够适应当地生态条件，通过捕捉到每一个微小变化，可以帮助研究人员揭示出生态修复的长期效果及其可持续性。

4 环境监测在生态环境保护中的发展措施

4.1 加强环境监测网络建设

在当前环境监测的推进过程中，为了应对日益复杂的生态环境问题，必须要加快基础设施的全面覆盖，尤其是在偏远地区、生态脆弱区域以及重点污染源附近，设立高密度的监测点，能够实现环境数据的广泛采集，为生态环境变化的早期预警提供全方位的数据支持。例如，在湿地、河流流域等生态敏感区，建立更为精密的传感器网络和自动化监测系统，能够确保对水质、土壤、空气等多个环境要素的实时追踪，这些监测点的设立要依靠传统的地面站点，还要结合遥感技术与无人机等新兴手段，形成陆地与空中监测的有效结合，实现对地面和空中污染源的联合监管（如图1）。进一步来说，环境监测数据的实时性和准确性，将直接影响到生态保护政策的制定与实施，因此，基于大数据技术，构建一个集中管理的生态环境信息平台，使不同部门之间、不同区域之间的数据能够共享与互动，确保对环境问题的全面洞察和快速响应，通过这一平台，能实现对环境质量的全面监测，并提供基于数据分析的趋势预测和潜在风险预警，为决策层提供更加精准的决策依据。同时，平台应具备开放性，鼓励社会各界的参与，形成多方联动的网络治理模式，进一步增强环境监测的透明度和公众参与感，推动社会共治的实现^[3]。

4.2 推动环境监测技术的自主创新

推动环境监测技术的自主创新是对现有技术的改进，更是从源头上掌握环境监测的自主性，避免对外部技术依赖，确保数据的可靠性与独立性，在这个过程中，国家应大力支持传感器技术的研发，尤其是针对环境污染物检测的精度和灵敏度提升。当前，许多监测系统仍然依赖进口传感器，而这些传感器的性能、价格以及后续维护，决定了监测系统

的效率与可持续性，推动自主研发的传感器，尤其是在多参数同步监测方面的技术突破，能够为环境监测提供更加精确的实时数据。同时，传统的监测系统依赖于人工干预和独立运行，而智能化的系统能够根据实时数据自动分析、判断，甚至给出预警信号。在此基础上，推动人工智能与机器学习在环境监测中的应用，能够提高数据分析的深度与精度。例如，通过大数据算法与人工智能模型对环境数据的处理，可以对污染源进行精准定位，并预测其扩散趋势，这种智能监测系统能够在数据收集、处理、传输、反馈等各个环节实现自动化，大幅提升监测的响应速度与效率。

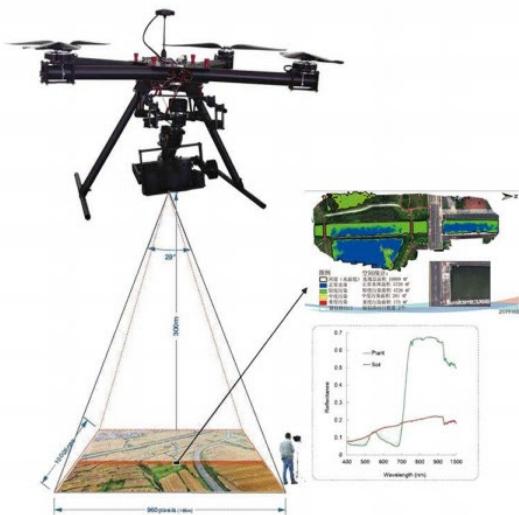


图 1: 无人机在生态环境监测中的应用

4.3 促进跨领域合作与数据共享

为了推动跨领域合作与数据共享，需要建立一个全方位、多层次的生态环境监测平台，整合来自不同领域的环境数据，农业部门和科研机构应当牵头设计和实施这一平台，通过开放的 API 接口和标准化的数据格式，使来自气象、农业、交通、生态等多个领域的数据可以无缝对接。该平台要实现数据的采集与存储，还应具备强大的分析与预测功

能，通过整合大气监测、土壤监测、水质监测等多源数据，能够为环境保护决策提供更加全面和精准的支持。当发生大规模空气污染事件时，通过跨领域的数据共享，平台能够将气象数据与污染物的扩散模式结合，实时预警受影响区域，推动相关部门做出及时反应。再者，农业部门应当出台相应政策，推动科研人员、数据科学家与环境管理人员之间的紧密合作，鼓励跨学科团队开展联合研究项目，通过这种合作，科研人员可以将环境监测的最新技术与生态学、环境治理的实际需求结合，提升监测技术的创新能力。同时，企业在提供环境监测技术时，应当与科研机构和农业部门紧密合作，推动技术的标准化与普及。例如，遥感技术和地面监测技术的联合应用，可以帮助研究人员更加准确地理解污染源与生态环境之间的相互影响，为制定更有效的环境保护政策提供支持，在这个过程中，跨领域的资源整合能够提升数据分析的深度，推动环境监测技术的快速发展。

5 结语

综上所述，环境监测技术的发展，必须与时俱进。面对日益复杂的生态环境问题，传统的监测方法已无法满足当今生态保护的需求，因此，加强环境监测网络建设，推动技术创新，促进跨领域的数据共享，是未来提升环境监测有效性和可操作性的关键举措。通过这些手段，能够更为精准地评估生态环境的健康状况，提前预测并预警污染风险，同时评估和调整生态修复措施，这一系列措施将大大提高生态环境管理的科学性和精细化水平，为实现全球生态环境的可持续保护奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 李建霞,崔庆华. 生态环境监测在环境保护中的作用及应用措施探究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (21): 50-52.
- [2] 张志国. 环境监测在生态环境保护中的作用及发展措施 [J]. 清洗世界, 2024, 40 (09): 172-174.
- [3] 宋娟娟,马慧,刘自强. 环境监测在生态环境保护中的作用及发展措施 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (15): 62-64.

Innovative design and implementation effect analysis of garbage classification and treatment facilities

Xuegang Deng Jiawen Song*

Nanjing Guohuan Technology Co., LTD., Xinjiang Urumqi 830000

Abstract

Garbage classification is a macro policy at the present stage. The function and application effect of classification and treatment facilities directly affect the quality of garbage classification. Therefore, the innovative design of garbage classification and treatment facilities should receive full attention. This paper from the innovative design of garbage classification facilities and the implementation of optimization design two aspects of systematic analysis, put forward the intelligent classification system support design, multi-functional garbage sorting booth, environmental protection materials and energy saving design points, further put forward the garbage classification practice incentive mechanism, the use of multimedia platform to implement publicity and education, strengthen the supervision of evaluation optimization design implementation strategy, strive to achieve the goal of scientific garbage classification.

Keywords

garbage classification; basic facilities; innovative design

垃圾分类处理设施的创新设计与实施效果分析

邓雪刚 宋佳文*

南京国环科技股份有限公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

垃圾分类是现阶段的宏观政策，分类处理设施的功能和应用效果直接影响着垃圾分类的质量。因此，垃圾分类处理设施的创新设计工作应当受到充分的重视。本文从垃圾分类处理设施的创新设计要点以及优化设计的实施效果两个方面入手进行系统性的分析，总结提出智能化分类系统支持设计、多功能垃圾分类亭设置、环保材料与节能设计三方面创新设计要点，进一步提出设置垃圾分类实践激励机制、利用多媒体平台实施宣传教育、强化监管评估力度三方面优化设计实施策略，力求为实现垃圾科学分类这一目标不断努力。

关键词

垃圾分类；基本设施；创新设计

1 引言

垃圾分类处理需要借助专业的技术和设备，实现基础设施的创新设计能够提高分类效率，提升分类的准确度。垃圾分类处理设施的创新设计也需要考虑不同区域垃圾分类的需求，以便明确创新设计目标，保证创新设计的实践效果。对于垃圾分类工作的执行者来说，分类过程的执行与管理也需要依靠基础设施作动力。因此，应当重视创新设计工作，并观察创新设计和基础设施应用的实际效果。

2 智能化分类系统的改进建议

智能化设计师借助先进技术优化设施应用效果，保证应用质量的实践措施。对于垃圾分类处理而言，基础设施建设不仅是垃圾分类的基础，也是体现垃圾分类模式应用优势的关键要点。在垃圾分类处理设施的创新设计实践中，智能化分类系统的支持是创新设计的核心，也是体现设计的经验性与针对性的有效方法。随着人工智能技术、大数据技术不断创新与发展，智能化分类系统也逐步应用在垃圾分类实践中。这能够减少分类误差，促进资源和有效回收利用。智能化分类系统的设计需要首先筛选适当的硬件做基础。例如，摄像头这一装置就是捕捉垃圾投放图像数据的核心设备。因此，在选择摄像头时，应当选择高分辨率、有广角设计效果的摄像头设备。保证在捕捉图像时，捕捉范围能够覆盖投放区域内的所有垃圾。同时，传感器系统也是智能化分类系统支持设计创新时需要关注的要点，传感器的功能要求是可

【作者简介】邓雪刚（1990-），男，中国新疆乌鲁木齐人，本科，工程师，从事环境影响评价研究。

【通讯作者】宋佳文（1992-），女，中国新疆石河子人，本科，工程师，从事环境影响评价研究。

检测垃圾重量和体积^[1]。同时，准确分析垃圾的成分，并且将上述数据和图像相结合，为后续的垃圾分类提供更加全面的依据。从软件层面上来讲，智能化分类系统可借助深度学习法，图像识别技术和数据分类模块，实现对垃圾的分类。深度学习法主要对摄像头捕捉到的图像进行特征提取和分类识别，而图像识别技术则能够进一步细化分类结果、提高分类的准确度。数据处理模块可将传感器采集的数据进行整合分析，得出更加准确的垃圾分类方案。另外，智能化分类系统还设置了决策控制模块，制定具体的垃圾分类方案，并下达指令给执行装置。执行装置可以是机械臂、传送带等自动化设备，这些设备能够根据系统的指令对垃圾进行分类、打包和存放等操作。这种自动化处理流程不仅提高了分类效率，还减少了人工参与，降低了分类错误率^[2]。

3 多功能垃圾分类亭的优化建议

分类亭作为垃圾分类的集中处理区域，其功能的开发与优化对于提升垃圾分类效果至关重要。多功能垃圾分类亭在智能化分类体系中扮演着举足轻重的角色，其创新设计需兼顾便捷性、高效性、稳定性以及环保、美观与实用性等多方面要求。在设计中，多功能垃圾分类亭可采用封闭式围护结构，以维护整体的建筑整洁与美观，同时满足安全标准。投放口应配备防雨装置，有效防止雨水侵入，保持投放区域的干燥与清洁。此外，投放口的下部区域高度需适宜，投放窗口面积适中，以确保居民能够轻松、准确地投放垃圾。同时，投放口内部还应增设防撞、防滑等安全措施，全方位保障居民在投放垃圾时的安全。

从功能层面来看，多功能垃圾分类亭应具备通风、杀虫、除臭和夜间照明等功能，以营造无蚊虫、无异味的投放环境，优化居民的使用体验。智能化分类亭则需对不同类型垃圾的投放区域进行明确标识，采用颜色与辅助标识相结合的方式，清晰展示垃圾投放区域，引导居民正确分类。为了进一步提升分类效率，智能化分类亭可引入自动化控制和智能化监测技术。例如，设置智能识别系统对投放的垃圾进行自动识别与分类；配备称重传感器实时监测垃圾重量，为后续收运和处理提供精准数据支持。

此外，多功能垃圾分类亭的设计还需注重与城市景观的协调性。通过绿植、花卉、涂鸦彩绘、文化墙等元素的融入，营造宜人的投放环境，使垃圾分类亭成为城市的一道亮丽风景线。这种设计不仅有助于提升居民对垃圾分类工作的认同感和参与度，还能促进城市环境的整体美化与提升。在分类亭的布局规划方面，应根据城市的区域特征、人口密度以及阶段性的垃圾产生量等调查结果进行合理布局。增加无障碍通道、语音提示功能，方便老年人和残障人士使用；设置儿童专用投放口，降低高度并采用趣味化标识。在分类亭增设实时反馈按钮或二维码，方便居民提交使用问题，形成“设计-反馈-优化”闭环。下图1为垃圾分类亭设计效果图。



图1 智能垃圾分类亭设计效果图

4 环保材料与节能设计的深化建议环保材料与节能设计

现阶段，再生金属、玻璃塑料等可回收材料都可用来制作垃圾分类的容器和围护结构等部件。另外，所有涂料也应当，保证无毒无害，具有低挥发性，减小室内污染或空气污染。而从宏观环境上来讲，垃圾分类区域的一些辅助装饰和建设材料也应当选择一些环保的天然石材或瓷砖材料进行装饰和建设，尽可能减少垃圾分类区域的设置对自然环境的影响。同时，也能够降低垃圾分类区域，建设中的能耗与排放，提高设施的美观度和耐用性。关于节能设计的环节，应当注重提高设施运行过程中的能源利用效率。垃圾分类处理设施的创新设计还需要考虑其生命周期内的环境影响。在设施的设计、建造、运营和报废等各个阶段都应采取环保措施来减少环境污染和资源浪费^[4]。

例如，在设计阶段，应当优先考虑采用绿色设计理念和方法优化设施的结构和功能。进入施工建设阶段，则应当注重应用环保施工工艺和材料，减少建筑垃圾和排放。在运营阶段，则应当加强设施的日常维护和保养以延长使用寿命。最后，由于垃圾分类基础设施通常需要与社区环境和城市生活环境融合，因此，在进行环保节能设计时，也要考虑设计理念是否与社区环境相配套，是否能够吸引居民积极参与倒垃圾分类的实践工作中。

5 实施效果分析的改进建议

在推动垃圾分类处置的进程中，为了充分发挥基础设施的积极作用，优化设计需要首先建立垃圾分类积分系统由居民通过正确的分类并投放垃圾获得相应的积分，用一种具有实质性的激励政策，增强垃圾分类的执行力，定期举办一些社区文明宣传和荣誉表彰活动。可以设定积分累积制度，居民通过正确分类垃圾获得积分，这些积分可以在社区内的指定商店兑换生活用品，或者在社区服务中心换取各种服务，如家政服务、维修服务等。这样的设计不仅让居民在垃圾分类中看到实际回报，也促进了社区经济与环保活动的良性互动。

此外，结合社区特点设计多样化的奖励机制同样重要。不同社区有着各自独特的文化和居民构成，因此，奖励机制也应体现这种多样性。例如，在社区内开展“分类达人”评选活动，对分类表现突出的居民给予表彰，并颁发“分类达人”称号，这既能增强居民的荣誉感，也能在社区内形成良好的示范效应。同时，还可以探索公共设施优先使用权等奖励方式，如允许积分较高的居民在社区图书馆、健身房等公共设施享受优先预约权，以此进一步激发居民的参与热情。

除了上文所述的利用社交平台，辅助落实宣传推广工作。多媒体平台还应当在垃圾分类处理设施的设计应用以及创新优化实践中得到全方位的应用。例如，利用微信、抖音等直播平台，开设垃圾分类宣传账号，定期发布相关科普知识，分享案例，完成互动问答过程，吸引公众关注，并参与相关讨论。同时，应积极制作关于垃圾分类的动画短片，公益广告等。利用生动直观的画面和简捷明了的文字表达，向公众普及垃圾分类的方法。另外，在线互动也是垃圾分类处理设施，在创新设这一核心流程完成后，充分发挥设施积极作用，引导更多居民群众参与垃圾分类的有效路径。在互动中，社区以及基层政府部门和邀请志愿者或环保专业人士进行垃圾分类的讲座，并且解答居民对于垃圾分类的相关疑问，通过实时在线互动，促进全民重视垃圾分类，参与垃圾分类。多媒体平台宣传教育的实施，显著提升了公众对垃圾分类的认知度和重视程度。

6 实施效果分析的改进建议

德国的垃圾分类处理系统以其高效和严谨著称，其中“双轨制回收系统”（*Duales System Deutschland, DSD*）是一个典型代表。该系统由私人部门和公共部门共同推动，形成了政府引导、企业主导、全民参与的垃圾分类回收体系。*DSD* 系统专注于包装废弃物的回收，居民和企业需将包装废弃物分类后，放入专门的回收箱或送至回收站。*DSD* 通过其广泛的回收网络和高效的物流系统，将这些废弃物送至处理中心进行分类、清洗、再加工，最终转化为新的资源。德国垃圾分类的成功之处在于其严格的法规执行、全面的回收网络以及公众的广泛参与。政府通过立法明确垃圾分类的标准和要求，同时提供财政补贴和技术支持，鼓励企业参与回收系统的建设。此外，德国还通过教育和宣传活动，提高公众的环保意识和参与度，形成了良好的垃圾分类文化。日

本的垃圾分类处理系统则以精细化分类著称。在日本，垃圾分类不仅限于干湿分离，还进一步细分为可燃垃圾、不可燃垃圾、资源垃圾等多个类别。每个类别的垃圾都有严格的投放时间和投放方式要求，居民需按照规定的分类标准将垃圾投放至指定的收集点。日本垃圾分类的成功得益于其完善的法规体系、细致的分类标准和严格的执行力度。政府通过立法明确垃圾分类的具体要求和处罚措施，同时提供详细的分类指南和投放说明，帮助居民正确分类垃圾。

结合德国和日本的经验，我们可以发现垃圾分类处理设施的创新设计与实施效果受到多方面因素的影响。首先，政府的法规引导和财政支持是垃圾分类处理系统建设的基础。通过立法明确垃圾分类的标准和要求，提供必要的财政补贴和技术支持，可以推动垃圾分类处理系统的建设和运行。其次，公众的广泛参与和环保意识的培养是垃圾分类处理系统成功的关键。通过教育和宣传活动，提高公众的环保意识和参与度，可以形成良好的垃圾分类文化和社会氛围。最后，完善的回收网络和高效的物流系统是垃圾分类处理系统高效运行的重要保障。

7 结语

综合本文分析可知，垃圾分类处理设施的创新设计工作需要根据现阶段垃圾分类政策的要求，垃圾分类创新设计的要求以及分类设计工作的实施效果、需求等多方面的实际情况进行综合分析。以便保证垃圾分类基础设施的建设，能够为后续分类实现工作提供重要的支持。另外，垃圾分类基础设施创新设计中还应当考虑成本因素，技术可行性因素以及实际应用效果方面的因素，保证基础设施建设能够为垃圾分类，实践工作提供服务支持。

参考文献

- [1] 张明, 文思杰, 丁子航, 曲炳良, 钟林杰, 李欢, 魏军晓. 生活垃圾四分类经济效益分析——以湛江市为例[J]. 环境卫生工程, 2024, 32 (06): 96-103.
- [2] 胡凤梅. 乡村振兴背景下农村生活垃圾分类管理现状及优化建议[J]. 农村科学实验, 2024, (18): 73-75.
- [3] 刘鹏飞, 王佳乐. 从邻避到邻利, 打造无废城市——无废城市下环境卫生基础设施优化策略探讨[J]. 北京规划建设, 1-10.
- [4] 严贵. 垃圾分类工作效果及垃圾末端处置的变化分析[J]. 再生资源与循环经济, 2023, 16 (12): 18-20.

Application and challenges of environmental DNA technology in biodiversity monitoring

Wei Zhong

Ningbo Hangzhou Wanxin Area Public Utilities Development Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract

With the help of DNA fragments released by organisms in the environment, environmental DNA technology monitors biodiversity and innovates the traditional monitoring method. It can accurately detect the species and distribution of aquatic organisms and help evaluate the ecological health in the water area and monitor the trace of rare species and provide the basis for biological protection decisions. However, the technology also faces many challenges. This paper first expounds the principle and characteristics of eDNA technology, and analyzes its application in species detection, biodiversity assessment, ecosystem monitoring and other aspects. The study shows that eDNA technology provides an efficient and sensitive means for biodiversity monitoring, but many challenges need to be overcome to further improve its application effect and provide strong support for biodiversity conservation and management.

Keywords

environmental DNA technology; biodiversity monitoring; application; challenge

环境 DNA 技术在生物多样性监测中的应用与挑战

钟伟

宁波杭州湾新区公用事业发展有限公司，中国·浙江宁波 315000

摘要

环境DNA技术借助生物在环境中释放的DNA片段，对生物多样性展开监测，革新了传统监测方式。其应用场景广泛，在水体环境中，能精准探测水生生物种类与分布，助力评估水域生态健康；于陆地生态系统，可监测珍稀物种踪迹，为生物保护决策提供依据。然而，该技术也面临诸多挑战。本文首先阐述eDNA技术的原理与特点，详细分析其在物种检测、生物多样性评估、生态系统监测等方面的应用。研究表明，eDNA技术为生物多样性监测提供了高效、灵敏的手段，但需克服诸多挑战以进一步提升其应用效果，为生物多样性保护与管理提供有力支持。

关键词

环境DNA技术；生物多样性监测；应用；挑战

1 引言

生物多样性是地球上生命系统的基础，对维持生态平衡、提供生态服务、促进经济发展和保障人类福祉至关重要。然而，近年来由于人类活动的影响，如栖息地破坏、气候变化、物种入侵等，生物多样性面临着严重威胁。准确、及时地监测生物多样性的变化，对于制定有效的保护策略和管理措施至关重要。传统的生物多样性监测方法，如实地调查、陷阱捕获、样线法等，往往依赖于专业人员的经验，耗时费力，且对于一些难以观察或珍稀濒危物种的监测效果不佳。环境DNA（eDNA）技术作为一种新兴的分子生物学技术，为生物多样性监测提供了全新的视角和高效的手段，检测环境样本（如水、土壤、空气等）中生物体释放的DNA，

eDNA技术能够快速、灵敏地检测物种的存在，为生物多样性监测带来革命性的变革。

2 环境 DNA 技术原理

环境DNA是指从环境样本（如水、土壤、空气、沉积物等）中提取的所有DNA的总和，这些DNA来自于生活在该环境中的各种生物体，包括动植物、微生物等。生物体在生存过程中，会通过皮肤脱落、粪便排泄、分泌物释放等方式向周围环境中释放DNA。例如，鱼类在水中游动时会不断脱落皮肤细胞，这些细胞中的DNA就会进入水体环境；鸟类在飞行过程中会通过羽毛脱落、粪便排放等方式向空气中释放DNA。eDNA技术的基本原理是通过采集环境样本，利用特定的方法提取其中的DNA，然后采用聚合酶链式反应（PCR）、高通量测序等分子生物学技术对提取的DNA进行扩增和分析，从而检测环境中存在的物种信息^[1]。以水体环境为例，研究人员首先采集一定量的水样，结合

【作者简介】钟伟（1987-），男，中国浙江宁波人，本科，助理工程师，从事环境科学管理研究。

过滤、离心等方法将水样中的细胞或 DNA 片段富集，然后使用 DNA 提取试剂盒提取其中的 DNA。提取的 DNA 可作为模板，根据目标物种的特异性基因序列设计引物，进行 PCR 扩增。扩增后的产物可通过电泳、测序等技术进行检测和分析，确定环境中是否存在目标物种。若采用高通量测序技术，则可以同时对环境样本中的大量 DNA 进行测序，一次性检测出多种物种的 DNA 序列，实现生物多样性的全面监测（图 1）。

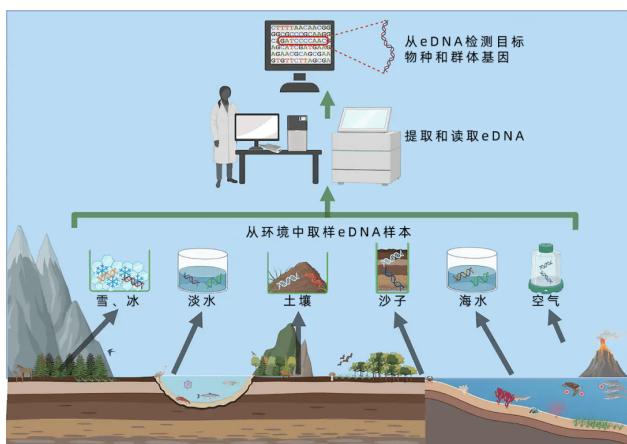


图 1 环境 DNA 技术原理

3 环境 DNA 的技术特点

3.1 高效性

与传统生物多样性监测方法相比，eDNA 技术具有显著的高效性。传统方法需要专业人员在大面积的区域内进行长时间的实地调查，耗费大量的人力、物力和时间。而 eDNA 技术只需采集少量的环境样本，通过实验室分析即可快速获得物种信息。在对一个大型湖泊的鱼类多样性监测中，采用传统的电捕鱼调查方法需要数周甚至数月的时间，且需要专业的渔业人员操作设备，而使用 eDNA 技术，研究人员只需在湖泊不同点位采集几升水样，经过实验室处理和分析，在一周内即可获得该湖泊中鱼类物种的种类和相对丰度信息，有效提高监测效率^[2]。

3.2 高灵敏性

eDNA 技术能检测环境中极微量的 DNA，对于一些珍稀濒危物种、难以观察的物种或处于早期发育阶段的物种具有极高的检测灵敏度。一些珍稀鱼类的种群数量极为稀少，传统监测方法很难发现它们的踪迹，但利用 eDNA 技术，即使水体中只有少量来自这些珍稀鱼类的 DNA 片段，也能够被检测出来。

3.3 非侵入性

eDNA 技术无需直接观察或捕获生物体，对生物的生存环境干扰极小，属于非侵入性监测方法。这对于保护珍稀濒危物种和脆弱的生态系统尤为重要。传统的监测方法，如陷阱捕获、活体采样等，对生物造成伤害，影响其生存和繁殖。而 eDNA 技术只需采集环境样本，不会对生物个体造

成任何伤害，在不干扰生物正常生活的情况下实现生物多样性监测^[3]。

3.4 广泛性

eDNA 技术可应用于多种环境介质，包括水、土壤、空气、沉积物等，适用于不同生态系统的生物多样性监测。无论是水生生态系统，如河流、湖泊、海洋；还是陆生生态系统，如森林、草原、农田；亦或是湿地、洞穴等特殊生态系统，都可利用 eDNA 技术进行监测。在海洋生态系统中，采集海水样本可以监测海洋鱼类、浮游生物、珊瑚等生物的多样性；在土壤生态系统中，采集土壤样本检测土壤中的微生物、昆虫、小型哺乳动物等生物的种类。这种广泛的适用性使得 eDNA 技术成为一种通用的生物多样性监测工具，满足不同研究和管理需求^[4]。

4 环境 DNA 技术在生物多样性监测中的应用

4.1 物种检测

4.1.1 珍稀濒危物种检测

eDNA 技术在珍稀濒危物种检测方面具有巨大优势，许多珍稀濒危物种由于数量稀少、分布范围狭窄且习性隐秘，传统监测方法很难对其进行有效监测。eDNA 技术检测环境样本中的微量 DNA，准确判断珍稀濒危物种的存在。在对长江江豚的监测中，长江江豚是中国国家一级保护动物，由于其种群数量持续减少且活动范围广，传统监测方法如目视观察、声学监测等效果不佳。研究人员采集长江不同区域的水样，利用 eDNA 技术检测水样中江豚的 DNA。实验结果表明，eDNA 技术能够准确检测到江豚的存在，并且对不同采样点 eDNA 浓度的分析，还能大致了解江豚在长江中的分布范围和相对数量变化，为江豚的保护和管理提供了重要的数据支持。

4.1.2 入侵物种检测

入侵物种对本地生物多样性和生态系统造成严重威胁，及时准确地检测入侵物种的存在对于采取有效的防控措施至关重要。eDNA 技术能快速、灵敏地检测环境中的入侵物种 DNA，为入侵物种的早期预警和防控提供有力手段。

4.2 生物多样性评估

4.2.1 物种丰富度评估

物种丰富度是生物多样性的重要指标之一，指一个区域内物种的数量。eDNA 技术对环境样本中多种物种 DNA 的检测，快速准确地评估生物多样性的物种丰富度。在对一片热带雨林的生物多样性评估中，传统方法需要大量的专业人员在森林中进行长时间的样线调查，记录观察到的物种。而采用 eDNA 技术，研究人员只需在森林中采集土壤、雨水和空气样本，利用高通量测序技术对样本中的 DNA 进行分析，即可一次性检测出大量物种的 DNA 序列，快速确定该区域的物种丰富度。研究表明，eDNA 技术检测到的物种数量明显多于传统样线调查方法，更全面反映热带雨林的生物多样性状况。

4.2.2 物种相对丰度评估

除物种丰富度，物种相对丰度也是生物多样性评估的重要内容，反映不同物种在生态系统中的数量比例关系。eDNA技术对环境样本中不同物种DNA含量的定量分析，可估算物种的相对丰度。例如，在对一个淡水湖泊的鱼类生物多样性评估中，研究人员采集湖泊不同深度和位置的水样，提取水样中的eDNA并进行定量PCR分析。根据不同鱼类特异性基因的扩增产物量，估算出各种鱼类的相对丰度。实验结果表明，eDNA技术估算的鱼类相对丰度与传统的鱼类采样方法（如网捕、电捕鱼）得到的结果具有较好的一致性，且eDNA技术检测到一些传统方法难以捕获的小型鱼类和幼鱼，为更准确地评估湖泊鱼类生物多样性提供新的手段。

4.3 生态系统监测

4.3.1 水生生态系统监测

水生生态系统是生物多样性的重要组成部分，eDNA技术在水生生态系统监测中得到广泛应用。采集水样，eDNA技术可检测水生生态系统中的鱼类、浮游生物、底栖生物、水生植物等多种生物的DNA，全面了解水生生态系统的生物多样性状况和生态功能。

4.3.2 陆生生态系统监测

eDNA技术同样适用于陆生生态系统的监测。采集土壤、空气等环境样本，eDNA技术可以检测陆生生态系统中的植物、动物、微生物等生物的DNA，评估陆生生态系统的生物多样性和生态功能。例如，在对一片草原生态系统的监测中，研究人员采集草原土壤样本，利用eDNA技术检测土壤中的植物根系DNA、昆虫DNA以及土壤微生物DNA。结果表明，eDNA技术准确反映草原生态系统中植物群落的组成、昆虫的多样性以及土壤微生物的丰富度，为草原生态系统的保护和可持续利用提供重要信息。

5 环境DNA技术在生物多样性监测中的挑战

5.1 样本采集与保存

环境DNA样本采集缺乏统一标准，不同研究人员所用工具、采样量与频率各异。在水体采样时，过滤或离心等富集DNA的方法对不同大小DNA片段捕获效果不同，影响物种检测。采样量不当，过少易遗漏物种DNA，过多则徒增成本与处理难度。而且样本保存与运输中，eDNA稳定性差，高温、微生物及运输震动等，都会加速其降解，破坏DNA完整性，干扰后续检测分析。

5.2 DNA提取与扩增

在环境DNA技术应用于生物多样性监测时，DNA提取与扩增面临诸多挑战。一方面，从样本中提取环境DNA难度较大。自然环境复杂，样本中不仅包含目标生物的DNA，还存在大量腐殖酸、多糖、金属离子等抑制物。这些杂质会干扰DNA提取过程，降低提取效率，甚至导致提

取失败。而且不同环境样本如土壤、水体、空气，成分差异显著，需要针对性研发提取方法，增加了技术复杂性；另一方面，扩增环节同样问题重重。不同物种DNA片段存在差异，通用引物难以对所有目标生物的DNA进行有效扩增，容易出现扩增偏好性，致使部分物种的DNA无法被检测到，造成生物多样性信息缺失。同时，扩增过程中可能产生非特异性扩增，即扩增出非目标生物或非目标片段的DNA，增加数据分析难度，导致结果出现偏差。此外，痕量DNA扩增时，容易受外界环境中微量DNA污染，影响扩增准确性，最终干扰生物多样性监测结果的可靠性与科学性。

5.3 数据分析与解读

首先，数据量庞大且复杂是首要难题。环境样本中存在来自不同生物的海量DNA信息，测序后会产生巨量数据，这些数据包含不同物种、不同片段的信息，还可能混有杂质序列，对数据存储和处理能力提出了极高要求。普通的计算设备和常规数据分析软件难以应对如此规模和复杂程度的数据，导致分析效率低下，甚至无法正常开展分析工作；其次，物种鉴定准确性存疑。当前的物种DNA数据库并不完善，许多物种的DNA序列信息缺失或不准确，这使得在比对分析时，难以精确鉴定某些生物，容易出现误判或无法识别的情况。比如一些稀有物种或新物种，因缺乏参考序列，很难在数据库中找到匹配信息，影响生物多样性评估的准确性；第三，数据解读存在不确定性。环境DNA信号强度与生物个体数量并非简单的线性关系，受到DNA降解速率、释放量等多种因素影响，仅依据DNA丰度来推断物种的种群数量和分布情况并不准确。

6 结论

环境DNA技术以其高效、灵敏、非侵入性及广泛适用性，在生物多样性监测领域展现出巨大潜力，为珍稀濒危物种检测、生物多样性评估以及生态系统监测提供了创新且有力的手段。在物种检测中精准识别珍稀物种与入侵物种，在生物多样性评估里准确测定物种丰富度与相对丰度，在生态系统监测中全面反映水生和陆生生态系统的生物多样性状况，未来，随着技术的不断进步与完善，环境DNA技术将在生物多样性监测中发挥更为关键的作用，为生物多样性保护与管理提供坚实的数据支撑，助力人类更好地守护地球的生物多样性，维护生态平衡。

参考文献

- [1] 刘辰涵,彭友贵,吴颤林,等.环境DNA技术在生物多样性监测中的应用及展望[J].南方农业,2024,18(21):107-114.
- [2] 徐念,熊美华,邵科,等.长江中下游环境DNA宏条形码生物多样性检测技术初步研究[J].环境科学研究,2020,33(5):1187-1196.
- [3] 张丹薇,王宁.环境DNA技术在湖泊生物多样性研究中的运用分析[J].黑龙江环境通报,2024,37(11):163-165.
- [4] 张浩博.基于环境DNA技术的东海三种鱼类资源追踪监测研究[D].浙江海洋大学,2023.

Research on the prevention and treatment methods of atmospheric environmental particulate matter pollution

Ting Zhu Yijun Wu Sai Shao Wenyang Zhang

Zhejiang Shenxi Test Technology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315202, China

Abstract

Atmospheric environment as an important component of ecological environment, with the acceleration of urbanization process and the development of industrialization, the pollution of atmospheric environment is more and more serious, it requires the relevant personnel to strengthen the attention of atmospheric environment monitoring. Particle matter, as the main composition of atmospheric environmental pollution, has become the key to atmospheric environmental governance. It requires relevant personnel to pay more attention to it, analyze the impact of particulate matter pollution through professional monitoring technology, explain its causes, and formulate appropriate prevention and control methods. This paper starts with the atmospheric environment, analyzes the nature and characteristics of particulate matter, and combines the actual atmospheric environment and the situation of particulate matter pollution, and then combines these data to prevent and control particulate pollution matter to avoid the impact of particulate matter on the atmospheric environment.

Keywords

atmospheric environment; particulate matter; pollution prevention and control

大气环境颗粒物污染预防与治理方法研究

朱婷 吴义军 邵赛 张文英

浙江深汐测试技术有限公司，中国·浙江宁波 315202

摘要

大气环境作为生态环境的重要组成，随着城市化进程的加快以及工业化的发展，大气环境的污染越发严重，就要求相关人员认识到大气环境监测的重要性。而颗粒物作为大气环境污染的主要构成，就成为大气环境治理的关键，要求相关人员加强对颗粒物的重视，通过专业的监测技术分析颗粒物污染与影响，阐述其成因，并且制定合适的防治方法。本文就从大气环境入手，分析颗粒物的性质与特点，并且结合大气环境实际与颗粒物污染状况，然后综合这些数据，对颗粒物污染进行预防与治理，规避颗粒物对大气环境的影响。

关键词

大气环境；颗粒物；污染防治

1 引言

大气环境中，悬浮在空气中的固体或液体颗粒物，因对生物和人体健康会造成危害而称之为颗粒物污染。颗粒物的种类很多，尘粒、粉尘、雾尘、烟、化学烟雾和煤烟。因此，许多国家都制定了颗粒物的大气环境质量标准，以保护动、植物和人体健康。作为大气环境中的常见污染物，颗粒物直接影响大气清洁，还会对人体造成危害。此背景下，针对颗粒物污染的预防与治理就十分必要，要求相关人员通过专业的监测技术，深入分析颗粒物的来源与成分，阐述其污染与危害，并且综合相关数据，制定切实可行的治理方法，保证大气环境的清洁。

【作者简介】朱婷（1995-），女，中国浙江宁波人，本科，助理工程师，从事环境保护工程与咨询研究。

2 大气环境颗粒物污染概述

2.1 概念

大气环境颗粒物污染是指空气中悬浮的微小固体颗粒物或液滴，这些颗粒物有不同的来源、成分和大小。它们不仅对人体健康构成威胁，还对生态环境和气候变化产生深远影响^[1]。

2.2 类型

颗粒物根据其直径的不同，主要分为两类：一是PM10：直径小于10微米的颗粒物，这些颗粒物能够进入呼吸系统的上部，如喉咙和气管，但通常不会深入肺部。二是PM2.5：直径小于2.5微米的颗粒物，这些微小颗粒能够深入到肺部，并通过气血交换进入人体其他器官，是对健康危害最大的颗粒物。

2.3 来源

颗粒物污染的来源较多，主要包括以下几方面（如图1所示）。首先是交通排放，包括机动车尾气、柴油车排放等；其次是工业排放，包括工业生产、矿产开采、建筑施工等活动中的粉尘；之后是能源燃烧，包括煤炭、石油等化石燃料的燃烧会释放出大量颗粒物，尤其是在供暖和电力生产中；然后是农业活动，如农田耕作、牲畜排放等；此外还包括自然源，包括沙尘暴、森林火灾、花粉等自然现象也能导致颗粒物的生成。

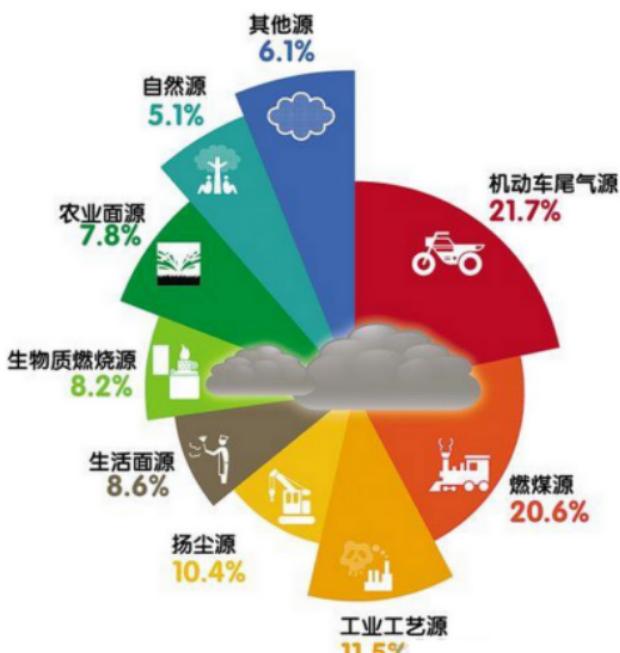


图1 颗粒污染物的来源

3 大气环境颗粒物污染预防方法

3.1 需要控制污染源

颗粒物污染的来源控制是污染预防的关键，需要相关人员通过以下手段进行设计。首先要开展交通管理，需要推广电动汽车、混合动力车等清洁能源汽车，减少尾气排放。并且优化交通流量，减少交通拥堵，降低车辆怠速时的排放。还需要提升公共交通服务，鼓励市民选择低排放的公共交通工具；其次要进行工业污染控制，应强化工业生产过程中的污染物排放控制，推广清洁生产技术。还需要使用高效的空气净化装置（如电除尘器、湿法除尘等），减少颗粒物的排放。并且对粉尘严重的行业如建筑、矿产开采等加强监管，减少扬尘；然后要重视能源转型，应加大清洁能源的使用，减少对煤炭和石油等传统化石能源的依赖，推动风能、太阳能等可再生能源的应用。还需要提高能源利用效率，减少燃料燃烧过程中颗粒物的产生。

3.2 政府单位需要加强法规与政策

政府等强力机关的政策制定是保证环保政策顺利落实

的关键，就需要通过以下手段进行设计（如图2所示）。首先，政府应制定并执行严格的颗粒物排放标准，尤其是针对工业和交通等主要排放源。并且强化对不达标排放的处罚力度，督促企业和个体改善排放设施；其次，需要强化环保法规执行，可以通过空气质量监测网络，实时跟踪颗粒物浓度，采取及时的应对措施（如限行、停工等）。并且设立专门的监测和执法机构，加强对环境污染的监管；此外还需要推动绿色政策，可以通过政府补贴、税收优惠等措施，支持企业和个人投资绿色技术和设备，推动低碳经济发展。

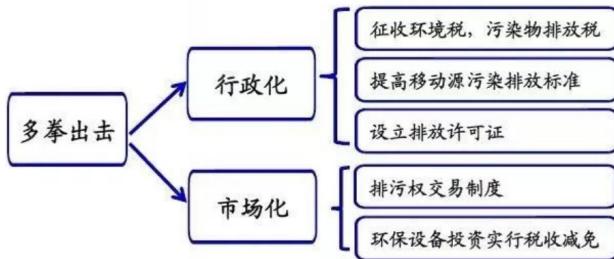


图2 政府颗粒物污染防治

3.3 应加强公众意识与参与

人员是环保的基础，就需要通过媒体、教育等渠道向公众普及颗粒物污染对健康和环境的危害，提高公众对大气污染的重视。还需要鼓励市民参与环保活动，如减少私家车使用、低碳出行、减少能源浪费等。其次，还需要提倡居民在空气污染严重时避免户外活动，尤其是呼吸系统易受影响的群体（如老年人、儿童等）。并且鼓励家庭安装空气净化器等设备，改善室内空气质量。

3.4 开展绿色城市规划与基础设施建设

首先要加强城市绿化，增加绿地面积，利用植物的吸附作用减少空气中的颗粒物。并且在城市周边建设防护林带、绿化带等，有效减少扬尘和污染物扩散。

其次要重视建筑施工管理，应严格施工场地的扬尘管理，防止施工过程中的大规模扬尘污染。并且推广使用湿法作业、覆盖网等措施，减少建筑施工时扬尘的产生。

4 大气环境颗粒物污染的治理方法

4.1 湿法除尘技术

湿法除尘是大气环境颗粒物污染治理的一种常见方法，基本原理是利用水或其他液体的物理性质，使其与空气中的颗粒物接触，进而将颗粒物带走。常见的湿法除尘设备包括喷雾塔、湿式洗涤塔和湿式电除尘器等。水分通过与颗粒物的接触，利用冲刷作用、吸附作用、凝结作用等作用实现去除。常见方法包括以下几种。一是喷雾除尘，该技术通过喷雾系统将水雾喷入气流中，水滴与气流中的颗粒物接触并将其吸附。常见于一些气流速度较高、颗粒物较大的场合。二是湿式洗涤塔，湿式洗涤塔利用塔内喷淋的水流与污染气体接触，使得颗粒物被水分带走。气体通过塔内液体流动的过程，颗粒物会被液体吸附或捕捉。

实际来看，湿法除尘可以有效去除大部分的颗粒物，尤其是直径较大的颗粒，不仅能去除颗粒物，还能去除某些气体污染物，如 SO_2 、 NO_x 等。而且湿法除尘设备的设计和操作相对简单，技术要求较低。但是湿法除尘需要大量的水，对于水资源紧张的地区可能不是最合适的选择^[2]。而且废水可能含有污染物，需要进一步处理，否则可能导致二次污染。因此，在实际应用中，应根据具体的污染源和治理需求，综合考虑湿法除尘的优缺点，选择合适的治理方式。

4.2 静电除尘技术

静电除尘是大气环境颗粒物污染治理的一种常见技术，基本原理是利用静电场对带电颗粒物的吸引力，将颗粒物从气流中分离出来。其主要过程是通过电场将气流中的颗粒物电荷化，然后利用电场力将带电颗粒物吸附到电极上，从而达到除尘的效果。

作业环节，废气中的颗粒物会在高压电场的作用下被电离，颗粒物获得负电荷或正电荷。然后，电离后的颗粒物在电场的作用下，受电场力的影响，朝着带相反电荷的电极运动。其次，当带电颗粒物靠近电极时，它们被吸附到电极上，形成沉积物。此外，沉积的颗粒物应定期清理，清理后可以进行处理或再利用。需要相关人员通过电除尘器(ESP)、湿式电除尘器以及电场过滤器等设备，开展作业。

一般而言，静电除尘对大部分工业废气中的颗粒物（尤其是细颗粒物）具有高效的去除能力，尤其适用于处理细小颗粒（如 PM2.5）。与湿法除尘相比，静电除尘系统的能耗较低，不需要大量的水资源。但是静电除尘器设备和安装的成本较高，需要一定的初期投资。而且湿度较高的气体会影响静电除尘器的效果，因为湿气可能导致电极表面产生导电层，影响电场的强度。对于非导电性或电荷附着较差的颗粒物，静电除尘的效率会受到影响。

4.3 光催化技术

光催化技术是一种通过光照激发催化剂来降解污染物的环境治理技术，广泛应用于大气环境颗粒物（如 PM2.5、PM10）污染治理。光催化技术通过催化剂（通常是二氧化钛 TiO_2 ）在光照作用下，生成强氧化性物质，这些活性物质能够分解空气中的污染物，实现颗粒物污染的处理。

实际来看，光催化剂可以直接作用于空气中的细颗粒物，利用生成的自由基分解颗粒物表面的有害物质，如有机污染物或某些吸附的重金属离子，减少颗粒物的毒性。其次，VOCs 是细颗粒物的前体物质之一，光催化可以有效分解空气中的 VOCs，降低其对环境的负面影响，并间接减少细颗粒物的生成。然后，光催化反应可以降解空气中的氮氧化物，尤其是在光照条件下，生成的活性氧物质能够与 NO_x 反应，形成无害物质如硝酸盐 (NO_3^-) 和水，减少 NO_x 对空气质量

量的污染^[3]。

综上，光催化技术在大气环境颗粒物污染治理中具有广阔的应用前景，尤其是在室内空气净化和城市空气质量改善等方面，随着技术的不断创新和完善，其应用将变得更加高效和普及。

4.4 设计监测预警系统

为了有效应对颗粒物污染，监测和预警系统的建立至关重要。这些系统能够实时监测空气质量，并提前预测污染情况，为政府和公众提供必要的信息，帮助采取相应的应急措施。

监测环节，首先要设计自动空气质量监测站，这些监测站部署在不同的城市或区域，实时监测空气中 PM2.5、PM10 的浓度，数据通过网络传输到中央处理系统；其次要设计便携式空气质量监测仪，这些仪器便于在特定区域（如学校、医院等）进行局部监测，具有灵活性，适用于较小范围的监测；然后要引进遥感监测技术，卫星遥感和无人机技术可以对大范围区域的颗粒物浓度进行监测，尤其对偏远区域或灾后区域的监控具有重要作用；此外还需要扩展传感器网络，物联网技术的应用，使得大气污染物的监测更为细致和广泛，能够实时传输数据至云平台进行数据处理与分析。

预警环节，需要根据颗粒物浓度设定不同的预警等级：良好 ($0\text{--}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、轻度污染 ($36\text{--}75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、中度污染 ($76\text{--}115 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、重度污染 ($116\text{--}150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 以及严重污染 ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。然后，国家或地方政府应根据空气质量监测数据，结合预警模型，发布空气质量预警信息^[4]。可以通过电视、广播、手机应用、社交媒体等渠道向公众发布空气污染预警信息，告知公众污染的性质、程度以及防护措施。

5 结语

综上所述，大气颗粒物污染防治面临众多的挑战和问题。为将大气颗粒物污染防治工作做到高效、有效，需要采用一系列的措施和技术，加强环境污染治理和源头控制。相信，通过科学的研究和有效的措施，能够有效缓解目前的污染状况，实现对大气环境的保护。

参考文献

- [1] 王帅,曹建锋,陈帅,等. 大气环境颗粒物污染的预防和治理措施 [J]. 化工管理, 2023, (09): 53-55.
- [2] 刘延泉. 大气环境颗粒物污染预防与治理的研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2 (01): 83-85.
- [3] 杜成欢. 倡议大气环境颗粒物污染的预防与治理 (英文) [J]. 中阿科技论坛(中英阿文), 2020, (06): 205-206.
- [4] 周智晨. 倡议大气环境颗粒物污染的预防与治理 [J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2020, (04): 62-63.

Advantages and methods of Aabsorption application in soil environmental monitoring

Yinping Wu Qiuxia Zhang Yurong Zhou

Zhejiang Qiushi Environmental Monitoring Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310030, China

Abstract

With the accelerating process of industrialization and urbanization, the problem of soil pollution has become increasingly serious, which poses a great threat to the ecological environment and human health. Atomic absorption spectroscopy has been widely used in the field of soil environmental monitoring with its high sensitivity, more selectivity and wide applicability to a variety of elements. This paper first reviews the basic principles of atomic absorption spectrometry and the key technologies in the process of soil sample analysis, and then discusses all the advantages of the method, such as sample pretreatment, standard solution preparation, instrument parameter optimization, and sample determination, is expected to provide more scientific and effective technical support for soil pollution control.

Keywords

atomic absorption spectroscopy; soil environment monitoring; application advantages; application method

原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用优势与方法分析

吴银萍 张秋霞 周雨蓉

浙江求实环境监测有限公司，中国·浙江 杭州 310030

摘要

随着工业化与城市化进程不断加快，土壤污染问题变得日益严峻，对生态环境以及人类健康造成了极大威胁。原子吸收光谱法凭借其有的高灵敏度、较多选择性以及对多种元素拥有广泛适用性等特点，在土壤环境监测领域获得了广泛运用。本文先是回顾了原子吸收光谱法的基本原理以及其在土壤样品分析过程中的关键技术，随后探讨了该方法所有的优势，并且结合实际案例给出了像样品前处理、标准溶液配制、仪器参数优化以及样品测定等相应的应用方法，期望可为土壤污染治理提供更具科学性、有效性的技术支持。

关键词

原子吸收光谱法；土壤环境监测；应用优势；应用方法

1 引言

土壤身为生态系统里的关键部分，肩负着如水源涵养、养分循环以及生物栖息等多项功能。可是随着人类活动的不断加剧，工业废弃物的排放、农业化肥过量使用以及城市建设的扩张，土壤污染问题变得越来越严峻，重金属、农药残留以及有机污染物等这些污染物，会对土壤的健康造成影响，而且还会经由食物链对人类的健康产生影响。及时且准确地监测土壤中的污染物，已然成为保护土壤环境、保障人类健康的一项关键要点。

2 原子吸收光谱法分类

2.1 火焰法

火焰法作为最早被采用的原子吸收技术，比较适合用于分析那些容易挥发的金属元素。在火焰法里，样品于高温火焰当中被雾化并且转化成原子状态，可有效地吸收光源发射出的特定波长的光。火焰法操作相对简便，而且分析速度比较快，适合大多数常规样品的检测，即便如此，火焰法的灵敏度相对而言较低，对于某些元素的检测限不太理想。另外因为火焰温度存在限制，火焰法对某些难挥发或者热稳定性不太好的元素不太适用，在一些高要求的分析场合，火焰法可能无法契合需求。

2.2 石墨炉法

石墨炉法主要是用来分析浓度比较低的元素。在这种方法里，样品会被放置于电极之中，经过电加热以后，样品的温度快速上升，样品当中的元素转变成原子状态。和火焰法相比较而言，石墨炉法的分析灵敏度有了明显提升，一般

【作者简介】吴银萍（1990-），女，中国浙江淳安人，本科，工程师，从事生态环境监测与分析研究。

可达到克级别的检测限，这种方法特别适用于那些在火焰中难以进行分析的元素，像某些重金属。石墨炉法的操作过程繁杂，对设备的要求也比较高，而且分析时间偏长，这致使它在某些情形下的应用受到了限制。

2.3 氢化物法

氢化物法则是围绕一些特定元素的分析应运而生的一项技术，它主要针对可形成氢化物的元素，像砷、硒以及汞等。在氢化物法里，样品借助化学反应产生气态氢化物，之后再开展吸收光谱分析，氢化物的蒸汽比较容易被吸收，这种方法能达成较高的灵敏度与选择性，氢化物法十分适合用于分析环境样品和生物样品当中的痕量元素。虽说氢化物法优点突出，不过它对样品前处理的要求比较高，并且在分析过程中要处理气体，操作的时候要格外小心，防止对环境和操作人员产生影响。

3 原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用优势

3.1 选择性

原子吸收光谱法有较高选择性，其可有效地针对特定元素展开分析，而不会受到其他元素的干扰，这种选择性让科学家于土壤样品分析过程中，可精准识别并测定目标元素的浓度，为土壤污染的评估以及治理给予可靠的数据支撑^[1]。比如在检测土壤里的铅、镉以及砷等重金属时，原子吸收光谱法可依据这些元素的吸收特征来开展分析，且不会受到土壤中其他元素的影响，这对制定有效的修复措施而言非常关键。

3.2 灵敏度

原子吸收光谱法灵敏度颇高，可检测出土壤里极少量的污染物，该特性在环境监测方面颇为关键，毕竟诸多重金属以及污染物于土壤中的浓度大多时候很低，却有可能对生态系统和人类健康产生严重威胁。原子吸收光谱法可在纳克级别检测这些成分，为评估土壤质量以及污染程度给予了有效办法。借助这种方法，研究人员可及时察觉土壤中潜在的污染风险，采取相应干预举措，保护好环境与公众健康。

3.3 分析范围广

原子吸收光谱法所有的分析范围颇为广泛，其可很好地适用于多种土壤类型以及不同的分析需求，该方法可对土壤里的重金属展开分析，还可以检测如钙、镁以及铁等其他元素。由于土壤的组成以及特性存在差异，原子吸收光谱法可灵活适应不同的土壤样本，这使得它在土壤环境监测里拥有较强的适用性。不管是在农业土壤监测方面，还是城市土壤污染评估方面，又或是自然保护区生态监测方面，原子吸收光谱法都可提供有价值的数据支持，帮科学家理解土壤的环境状况。

4 原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用方法

4.1 样品前处理

土壤样品的前处理一般涉及取样、风干、研磨、过筛以及消解等多个步骤。首先在采集土壤样品时，要依据监测

目的以及土壤分布特性来挑选有代表性的采样点，凭借采样或者混合采样的方式获取样品。采样深度一般依据研究需求来确定，一般采集 0 到 20 厘米的表层土壤。采集完成后，把样品装入洁净的聚乙烯袋或者容器里，标注好编号以及采样位置，方便后续进行分析和溯源。

把采集回来的土壤样品带回实验室之后，要先放置在室温环境下让其自然风干，需避开阳光直射以及高温烘干的情况，不然的话土壤中的部分成分可能会挥发掉，或者其物理性质会发生改变。等到风干完成以后，利用玛瑙研钵或者机械研磨机把样品细细研磨，直至其成为粒径小于 0.149mm 也就是 100 目筛的细粉末状态，然后过筛以此去除其中的杂质以及大颗粒。为了降低污染，在使用之前，研磨工具和筛网要用去离子水或者稀酸进行清洗，接着在干净的环境当中晾干留作备用。

样品消解的目的在于把土壤里的重金属元素转变为溶液里的离子形式，以此方便后续进行检测。常见的消解方法有湿法消解和微波消解这两种，其中湿法消解操作比较简单，适用于常规分析。首先要把一定量的土壤样品（一般是 0.5 g）放置在聚四氟乙烯消解罐中，加入一定体积的混合酸（像是硝酸和盐酸的混合液，又或是硝酸 - 氢氟酸 - 高氯酸混合液）。接着把消解罐放在电热板上加热，控制好温度和时间，让土壤样品充分反应，直到溶液变得澄清透明，要是采用微波消解，就可以把土壤样品和酸混合后放到微波消解仪中，依照设备说明设定好功率和时间，完成快速消解。消解之后，将样品冷却到室温，用少量去离子水定容，转移至洁净的容量瓶中，并且凭借滤纸过滤掉不溶物，最终得到可供原子吸收光谱分析的样品溶液。

4.2 标准溶液配制

要保证原子吸收光谱法测定可准确且可信，得预先配制一系列有着已知浓度的标准溶液，这些标准溶液是用来绘制工作曲线以及校准仪器的。标准溶液的配制一般是以国家一级标准物质或者高纯度金属单元素标准溶液作为基础来进行的，在配制过程当中要严格依照实验室操作规范来操作，以此避免出现误差。

在配制标准溶液的时候，首先要依据待测元素的浓度范围来确定母液的浓度，一般情况下，母液浓度会选择为 1000mg/L，所使用的是经过国家认证的标准物质。为了保证母液可保持稳定，一般会采用高纯度的去离子水进行稀释，并且加入少量和测定元素相匹配的酸，像是硝酸或者盐酸，以此来防止金属元素在溶液里出现沉淀或者水解的情况^[2]。在配制母液时，应当使用洁净的容量瓶以及移液管，并且在操作过程中要避免因为液体挥发或者吸附而造成浓度偏差。

依据实验的具体要求，要把母液逐步地稀释成一系列有不同浓度的标准溶液。在进行稀释操作的时候，需要运用高精度的移液器或者移液管，以此来保证每一步操作可达到准确无误的状态。举例来说，要是母液的浓度是 1000 mg/L，

那么可以采用把 10 mL 母液稀释到 100 mL 容量瓶中的方法来配制出 100 mg/L 的标准溶液，然后以这个为依据，依照预先设定好的比例去配制出 10 mg/L、1 mg/L 等更低浓度的标准溶液。每一次完成稀释之后，都应当对溶液进行充分的混匀，保证浓度的均匀性。

4.3 仪器参数优化

在优化参数期间需要综合考量诸多方面，像是光源强度、波长选择、狭缝宽度以及燃烧条件等多个要素，然后依据目标元素所有的特性来逐个进行调整。

光源强度对信号的稳定性以及灵敏度有着直接的影响，一般情况下，会选择空心阴极灯，这种灯有高强度的稳定性，并且要保证灯电流设定在推荐的范围之内，要是灯电流过低，就会致使灵敏度出现下降的情况，要是灯电流过高，就会造成信号噪声有所增加。

其二在进行波长选择时，要精准地锁定目标元素所有的特征吸收峰，一般会优先挑选那些吸收强度高且干扰较小的主吸收线，不过在一些特定的特殊情形下，也可选择次吸收线，以此来减少共存元素所带来的干扰。

其三狭缝宽度的设定需要遵循一定原则，要保证光谱分辨率以及信号强度得到保障，倘若宽度设置过大，那么分辨率就会出现下降的情况，要是设置得过窄，信号有可能会减弱，甚至出现丢失的现象。

其四在燃烧条件这一方面，气体流量以及燃烧器高度的调整应当依据目标元素的性质以及分析灵敏度要求来开展设定。一般情况下，乙炔 - 空气火焰适用于大多数元素的分析，不过对于某些不容易原子化的元素而言，可以选用乙炔 - 氧化亚氮火焰来提升原子化效率。另外燃烧器高度的调整要让火焰的最热区域跟路径相重合，获取最佳的检测效果。原子吸收光谱法的设备组成如图 1 所示。

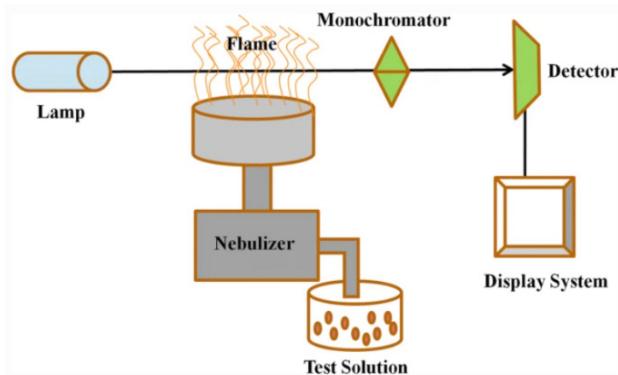


图 1 原子吸收光谱法的设备组成

4.4 样品测定

首先要依据预定的标准操作规程把已消解的土壤样品

准备妥当，并且要保证其浓度以及体积和仪器的检测范围相契合。在开展测定工作之前，应当先用空白溶液对仪器做基线校正，以此保证零点的精确性，之后凭借逐个测定标准溶液的吸光度值，构建目标元素的工作曲线。工作曲线的线性范围与相关系数是评判其有效性的关键指标，一般要求相关系数达到 0.999 以上，保证测量结果的可靠性。

土壤样品进行测定的时候，一般会采用标准加入法或者外标法。标准加入法可以把基体效应对测量结果所造成的影响给消除掉，特别适合用于基体复杂的那些土壤样品^[3]。外标法的话操作会比较简便一些，适合基体效应小的情形，测定之时，要依照从低浓度到高浓度的次序逐个进样，防止高浓度样品残留对低浓度样品造成干扰。每次进样之前，要用清洗液把燃烧室和雾化器充分冲洗，保证系统处于清洁的状态，在连续测定过程中，为保证仪器稳定性，要定期测量空白溶液和标准溶液，必要时重新校正工作曲线。图 2 为原子吸收光谱法检测标准曲线。

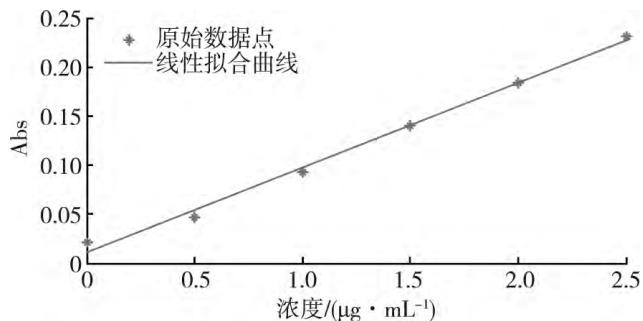


图 2 原子吸收光谱法检测标准曲线

5 总结

经过综合考量可以看出，原子吸收光谱法于土壤环境监测领域呈现出了难以被其他方法替代的优势。为了更有效地契合逐渐增长的土壤质量监测要求，未来有必要强化对这种方法的研究以及应用，并且在技术层面持续创新改进。随着科技不断向前发展，原子吸收光谱法会为土壤环境监测给予更加精准且可靠的技术支撑，推动土壤污染治理以及生态环境保护不断向前进。

参考文献

- [1] 杜波,李华.土壤环境监测中原子吸收光谱法的应用[J].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2024(7):0046-0049.
- [2] 翁树婷.原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用[J].安徽农业科学,2014,42(36):13174-13176.
- [3] 李文文,刘倩,郑雪,贾梦莹.原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用效果分析[J].环境与可持续发展,2016,41(6):130-131.

Common problems and countermeasures in the law enforcement work of grassroots ecological and environmental protection

Fangfang Zhang

Luoyang Ecological Environment Comprehensive Administrative Law Enforcement Detachment, Luoyang, Henan, 471000, China

Abstract

Grassroots ecological and environmental protection law enforcement work plays a vital role in the cause of environmental protection in China. However, in practical work, grass-roots law enforcement personnel are faced with many challenges and difficulties, such as the lack of law enforcement forces, the ununified law enforcement standards and the unbalanced allocation of law enforcement resources, which seriously restrict the effective development of law enforcement of ecological and environmental protection at the grass-roots level. Through the analysis of the common problems in the law enforcement of ecological and environmental protection at the grass-roots level, this paper puts forward the countermeasures and suggestions such as strengthening the construction of law enforcement team, formulating unified law enforcement standards and optimizing the allocation of law enforcement resources, in order to provide reference for further improving the law enforcement ability and level of ecological and environmental protection at the grass-roots level.

Keywords

grassroots ecological environment; protection and law enforcement; common problems; countermeasures

基层生态环境保护执法工作中常见问题与对策建议

张方方

洛阳市生态环境综合行政执法支队，中国·河南洛阳 471000

摘要

基层生态环境保护执法工作在我国环境保护事业中发挥着至关重要的作用。然而，在实际工作中，基层执法人员面临着诸多挑战和困难，如执法力量不足、执法标准不统一以及执法资源分配不均衡等问题，严重制约了基层生态环境保护执法工作的有效开展。本文通过对基层生态环境保护执法工作中常见问题的分析，提出了加强执法队伍建设、制定统一执法标准、优化执法资源配置等对策建议，以期为进一步提升基层生态环境保护执法能力和水平提供参考。

关键词

基层生态环境；保护执法工作；常见问题；对策

1 引言

生态环境保护是关系人民群众切身利益的民生工程，是推进生态文明建设的重要内容。基层生态环境保护执法工作直接面向企业和群众，处于生态环境保护工作的最前沿，在预防和控制环境污染、打击环境违法行为等方面发挥着不可替代的作用。近年来，随着生态文明建设的不断深入，基层生态环境保护执法工作取得了显著成效，但同时也面临着诸多挑战和困难。

2 基层生态环境保护执法工作中的常见问题

2.1 执法力量不足

当前许多基层环保执法单位人手紧缺，尤其是在一些经济欠发达地区，编制有限，导致执法人员任务繁重，难以高效覆盖辖区内的环境监管需求。环境执法不同于一般的行政执法，涉及污染物监测、企业排放监管、环境应急处理等多个方面，工作量大且专业性强^[1]。然而，由于人员短缺，很多执法人员不得不身兼数职，既要负责现场检查，又要承担文书制作、数据统计等繁琐事务，导致执法效率和质量受到影响。此外，部分基层地区的环保执法机构缺乏专业技术支持，环境监测设备不足，导致执法过程中难以获取精准的数据支撑，企业一旦对执法结果提出异议，基层执法人员往往缺乏有效的技术手段予以回应，这也在一定程度上削弱了执法的权威性和公信力。

【作者简介】张方方（1983-），女，中国河南三门峡人，本科，从事环境执法研究。

2.2 执法标准不统一

虽然国家层面出台了较为完善的环境保护法律法规，但在具体执行过程中，由于不同地区对政策的理解和执行力度存在差异，导致相同的环境违法行为在不同地方的处理方式和处罚标准并不一致。尤其是在一些地方，环保执法往往受到地方经济发展的影响，执法尺度可能因地方政府对于招商引资的态度而有所调整，一些企业在不同区域可能会面临完全不同的监管要求。这种不统一不仅让企业无所适从，也容易引发执法不公的问题，甚至可能导致企业“用脚投票”，选择环保要求较为宽松的地区落地，削弱了整体环境管理的效果^[2]。此外，部分基层执法人员在实际操作中，因缺乏具体细化的执法指引，往往依赖个人经验进行判断，这种自由裁量权的扩大也增加了执法的不确定性，甚至可能引发执法争议。

2.3 执法资源分配不均衡

在经济发达地区，由于财政收入相对充足，环保执法机构通常能够获得较好的装备和技术支持，例如先进的环境监测设备、无人机巡查系统、在线监测平台等，这些技术手段的应用极大提升了执法的精准度和效率。然而，在一些经济欠发达地区，环保执法机构的经费往往较为紧张，基本的办公条件和执法装备都难以保障，更不用说引入高科技手段辅助执法了。这种执法资源的地区差异使得一些环境违法行为在欠发达地区得不到及时发现和处理，企业的环境违法成本相对较低，容易形成监管盲区。

2.4 部分执法人员素质参差不齐

环保执法涉及法律、化学、生态等多个学科领域，需要执法人员具备较强的专业知识储备和综合执法能力。然而，由于基层环保执法队伍人员构成复杂，部分执法人员并非科班出身，缺乏系统的环境科学和法律知识，在实际执法过程中，面对企业的技术性应对手段，往往难以形成有效的监管压力^[3]。一些企业利用执法人员专业知识的短板，故意隐瞒排污数据或制造合规表象，增加了执法的难度。此外，部分执法人员在执法过程中服务意识不强，工作方式较为简单化，容易引发企业和群众的不满，甚至可能因沟通不当导致执法冲突。

2.5 法律法规执行难度大

环境保护法律法规体系较为庞杂，涉及多个部门的管理权限，执法过程中需要综合运用不同的法律条款，但在实际操作中，由于法律条款的复杂性以及执法程序的严格要求，基层执法人员往往面临较大的执行压力。特别是在一些环境违法案件中，企业往往会利用法律漏洞，采取各种方式规避处罚，比如通过变更法人、拆分生产环节等手段躲避监管，给执法工作带来极大的挑战。此外，环境执法往往涉及经济利益，一些地方政府在环保执法与经济发展之间难以平衡，导致环保执法在某些情况下受到地方保护主义的干扰，执法人员即便发现了环境违法行为，也可能面临执行难的困

境。再加上一些环保案件的取证周期较长，执法程序繁琐，企业一旦采取拖延策略，执法机构往往难以迅速形成有效的处罚，长此以往，容易削弱环保执法的威慑力。生态环境保护工作中常见问题如图 1 所示。

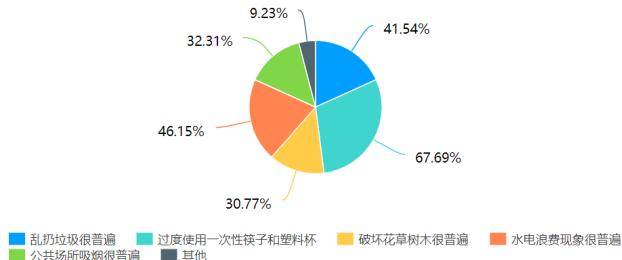


图 1 生态环境保护存在的问题

3 完善基层生态环境保护执法工作的常见对策

3.1 加强执法队伍建设，提高执法人员待遇

执法人员是生态环境保护工作的直接执行者，他们的素质、能力和工作积极性直接决定了执法效果。要想让基层执法队伍更有战斗力，首先要改善执法人员的待遇，合理提高工资水平，完善绩效考核和激励机制，解决他们的实际困难，确保他们能够全身心地投入工作^[4]。待遇问题一直是基层执法人员关注的重点，尤其在一些偏远地区，执法人员的薪资水平较低，工作压力却很大，难以吸引优秀人才长期从事环保执法工作。如果待遇得不到改善，高素质人才就不会愿意加入，已有的优秀执法人员也可能流失，这将直接影响执法工作的稳定性和持续性。因此，政府相关部门需要制定合理的薪酬体系，确保基层执法人员的收入与其承担的责任和风险相匹配。

3.2 制定统一执法标准，加强执法人员的培训

当前，基层环保执法在具体操作过程中存在一定的不统一性，不同地区、不同执法人员可能会因为理解和执行标准的差异，导致执法尺度不一，影响执法的公正性和权威性。因此，必须制定统一的执法标准，明确各类环境违法行为的判定依据、处罚尺度以及执法程序，确保执法工作有据可依，减少自由裁量权过大的问题。相关部门需要组织专家和一线执法人员共同研究，制定既符合国家法律规定，又能适应基层实际情况的执法规范，并定期根据新的环境治理需求进行调整和完善。标准化不仅仅是文件上的统一，更要落到实处，真正让每一位执法人员都能准确理解并严格执行。为了让执法人员熟练掌握这些标准，必须加强培训工作，定期开展业务学习，组织案例分析和实战演练，使执法人员在面对复杂环境违法行为时能够迅速作出精准判断，提高执法的专业性和公信力。图 2 为生态保护法律框架图。

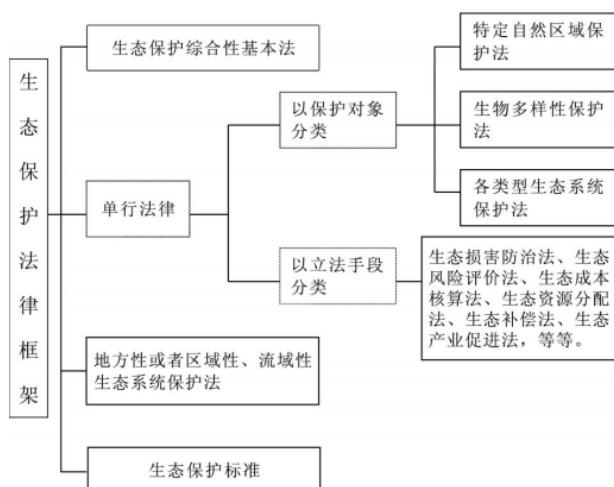


图2 生态保护法律框架

3.3 优化执法资源配置，提高资源利用效率

一方面，要结合各地区的环境特点和污染现状，合理配置执法人员和执法装备，避免资源浪费。对于环保任务较重的地区，可以适当增加执法力量，确保能够覆盖重点污染源和高风险区域。另一方面，要充分利用现代科技手段，提高执法的精准度和效率。例如，可以加强无人机、在线监测系统、大数据分析等技术的应用，使执法人员能够更快速地发现环境违法行为，减少依赖传统的现场检查方式，从而提高执法工作的覆盖面和及时性^[5]。同时，还可以探索建立跨区域执法合作机制，针对那些涉及多个地区的环境违法行为，协调多个执法部门联合执法，避免因辖区划分导致的监管漏洞。

3.4 加强执法人员培训，提高执法人员素质

环保执法工作涉及的领域广、专业性强，执法人员不仅要掌握法律法规，还要具备一定的环境科学知识、污染物监测技能以及应对突发环境事件的能力。因此，培训工作不能仅停留在法律条文的讲解上，而要更加注重实战能力的培养。可以组织执法人员参与实际案例的调查处理，让他们在实践中提升能力。同时，还应当加强与科研机构、高校的合作，邀请专家教授进行专题授课，帮助执法人员了解最新的环境保护技术和治理手段，使他们能够在执法过程中更科学地判断污染情况，提高执法的精准度。除了业务能力，执法人员的沟通能力和法律素养也至关重要。环境执法往往涉及企业、群众等多个主体，执法人员如果只会一味处罚，可能会引发矛盾，对环境治理不一定有利。因此，执法人员需要掌握一定的沟通技巧，能够在严格执法的同时做好解释和引

导工作，让企业和群众理解环保执法的意义，自觉配合整改。

3.5 加大法律宣传力度，推动社会各界参与

环境保护不仅仅是执法部门的事情，而是需要全社会共同参与的系统工程。如果社会各界缺乏环保意识，单靠环保执法部门的力量，很难从根本上解决环境问题。因此，必须加大法律宣传力度，让更多的人了解环境法规，提高全民环保意识，形成全社会共同支持环保执法的良好氛围。宣传工作不能停留在口号式的宣传，而要结合实际案例，让公众直观地看到环境违法的危害和处罚的后果，从而增强对法律的敬畏感。例如，可以定期发布典型环境违法案例，曝光严重污染行为，让企业和个人认识到违法的成本和后果，进而主动遵守环保法规。此外，还可以通过线上线下相结合的方式开展环保宣传，比如利用社交媒体、短视频平台推送环保执法的案例分析，让更多的人了解环保法规的重要性。对于企业来说，可以建立环保信用评价体系，将环保守法情况纳入企业信用评级，鼓励企业主动履行环保责任。对于普通群众，可以通过设立环保志愿者队伍、开展环保知识竞赛、组织环保公益活动等方式，提高公众的环保参与度，让环保意识真正融入到日常生活中。只有当全社会都形成了环保共识，基层环保执法工作才能更加顺畅，环境治理效果才能更加显著。

4 结语

总之，做好新时期基层生态环境保护执法工作，需要进一步转变理念、创新思路、健全机制、夯实基础，不断提升基层生态环境治理体系和治理能力现代化水平。只有扎实推进基层生态环境保护执法体制机制改革，着力破解基层生态环境执法面临的突出问题，才能为打好污染防治攻坚战、建设美丽中国提供坚实的制度保障。让我们携手并进，为守护绿水青山、建设美丽家园而不懈奋斗！

参考文献

- [1] 曾志刚,唐辉平.基层生态环境执法中存在的问题及对策分析[J].生态与资源,2023(12):114-116.
- [2] 刘彬.基层生态环境执法中存在的问题及完善建议[J].产城(上半月),2023(3):280-282.
- [3] 史建峰.基层环境监察执法的常见问题及其对策浅析[J].绿色科技,2013,15(8):247-248.
- [4] 张勇,宋来宾.基层生态环境保护执法困境与对策分析[J].清洗世界,2024,40(11):178-180.
- [5] 杨志.环境保护执法难点及对策思考——以武汉市武昌区为例[J].学习与实践,2007(4):98-101.

Research on the Investigation and Protection Strategies of Native Aquatic Plant Resources in Nanjing Area

Chunli Zhou Dawei Xu Limei Xu

Jiangsu Yongwei Environmental Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

This study focuses on aquatic plants in Nanjing, China, employing literature review, field investigation, and data analysis methodologies, with reference to the National List of Key Protected Wild Plants and Flora of Jiangsu. It systematically investigates the species' composition of aquatic plants, the current status of invasive species, and their ecological impacts. The results reveal significant invasions by non-native species such as Alternanthera pilosiflora and Eichhornia crassipes, which have caused biodiversity loss and ecosystem degradation. Concurrently, 91 native aquatic plant species from 32 families were identified and classified into recommendation grades based on their ecological functions and application potential. The findings provide scientific support for conservation and restoration of aquatic ecosystems in Nanjing. Management strategies are proposed, including enhanced monitoring and early warning systems, integrated control measures, native species protection, and public engagement, to promote biodiversity conservation and sustainable ecological development.

Keywords

Nanjing region; Aquatic plants; Biological invasion; Native species; Ecological conservation

南京地区水生植物入侵现状与乡土物种保护研究

周春丽 许大为 徐丽梅

江苏永威环境科技股份有限公司，中国·江苏南京 210000

摘要

本研究以南京地区水生植物为研究对象，基于《国家重点保护野生植物名录》和《江苏植物志》，综合运用文献综述、实地调查和数据分析等方法，系统调查了南京地区水生植物的种类组成、入侵物种现状及其生态影响。研究发现，南京地区存在多种水生入侵植物，如空心莲子草、凤眼莲等，这些物种对本地生态系统造成了显著危害，导致生物多样性下降和生态系统功能退化。同时，研究筛选出32科91种本土水生植物，并根据其生态功能和应用价值划分为不同推荐等级。研究成果为南京地区水生生态系统的保护与修复提供了科学依据，并提出了加强监测预警、综合防治、保护本土物种及公众参与等建议，以促进生物多样性保护和生态可持续发展。

关键词

南京地区；水生植物；生物入侵；乡土物种；生态保护

1 引言

水生态系统是地球上最为重要和复杂的生态系统之一，对于维持地球的生态平衡、提供生态服务以及保障人类的生存与发展具有不可替代的作用¹。长江下游地区，尤其是南京及其周边区域，因其独特的地理位置和丰富的水资源，形成了多样化的水生生态系统，这些系统在区域生态平衡和生物多样性保护中发挥着重要作用²。随着全球化进程的加速，

人类活动导致的有意或无意的物种迁移日益频繁，使得许多非本土植物得以在新的地理区域内建立种群并迅速扩张，其生长、繁殖能力及竞争力可能超过本地物种，从而改变生态系统的结构与功能。部分外来物种在引入地经历定殖、扩散和暴发，危害生态系统、农林业生产、人体健康等，造成入侵。外来入侵物种已成为全球公认的导致生物多样性丧失的五大因素之一³。

生物入侵是指外来物种通过自然或人为途径进入新的生态系统后，经历定殖、扩散和暴发的过程。这些外来物种通常具有强大的适应性和竞争力，能够在新环境中迅速占据生态位，从而对本地生态系统、生物多样性、农林业生产甚至人类健康造成危害³。在水生生态系统中，入侵植物通过竞争资源、改变生境和释放化感物质等方式，影响本地植物的生长和繁殖，进而破坏生态系统的结构和功能⁴。例如，凤眼莲等入侵植物在南京地区的河流和湖泊中大量繁殖，导

【基金项目】南京市园林局项目（项目编号：YLKJ202313JH）。

【作者简介】周春丽（1979-），女，中国湖南桃江人，博士，高级工程师，从事水生生态系统和水生植物相关的科学研究。

致水体富营养化、溶解氧降低和生物多样性下降。

南京作为长三角地区的重要城市，其水生生态系统的保护与可持续发展对区域生态安全至关重要。近年来，南京地区水生植物入侵问题日益突出，严重威胁本地物种的生存和生态系统的稳定。因此，全面了解南京地区水生植物入侵现状及其对本地物种的影响，对于制定有效的保护策略和维护生态系统健康具有重要意义。

本研究旨在通过系统调查和分析南京地区水生植物入侵现状，评估其对本地物种和生态系统的影响，筛选适宜本地生长的优质乡土物种，为水生生态系统的保护和修复提供科学依据。研究结果将为南京地区乃至更大范围内的水生生态保护与修复工作提供理论支持和实践指导。

2 研究区域与方法

2.1 调查区域概况

南京位于中国东部、长江下游，地处江苏省西南部，北纬 $31^{\circ} 14'$ 至 $32^{\circ} 37'$ ，东经 $118^{\circ} 22'$ 至 $119^{\circ} 14'$ 。东接镇江，西邻安徽，南靠常州和无锡，北与扬州隔江相望，是长三角城市群的重要节点城市。

南京属亚热带湿润气候，四季分明，年降水量超1000毫米，适宜水生植物生长。长江穿城而过，水域面积广阔，为水生生物提供了栖息地。南京还有玄武湖、莫愁湖、石臼湖等众多湖泊和湿地，形成了丰富多样的水生生态系统。

2.2 研究方法

2.2.1 调查网格划分

根据南京地区的地理特征和生态系统分布情况，运用地理信息系统(GIS)技术，将南京市划分为多个调查网格。在划分过程中，充分考虑了地形地貌、水系分布、土地利用类型等因素，确保每个网格具有相对一致的生态环境特征。同时，将长江干流及沿江湿地、石臼湖等具有代表性和重要生态价值的区域列为重点调查网格，以提高调查的准确性和针对性。

2.2.2 入侵物种确定

参考中国外来入侵物种数据库、全球入侵物种数据库以及相关的文献资料，确定南京地区可能存在的水生入侵植物名单。这些数据库和文献资料涵盖了大量关于外来物种的分类、分布、生态习性和危害等信息，为准确识别入侵物种提供了重要依据。

2.2.3 样方设置与调查

在自然保护区、城市公园的园林植物区、河流湖泊的沿岸等不同类型的水生生态区域设置样方。样方的大小根据不同的植物类型和生长环境进行调整，对于水生草本植物，样方面积一般设置为 $1m \times 1m$ ；对于水生灌木和乔木，样方面积适当扩大到 $5m \times 5m$ 或更大。每个样方内详细记录乡土物种的种类、数量、生长状况、覆盖度等信息，并同时记录样方的环境特征，包括水深、水质、土壤类型、光照条件等。在每个调查网格内，按照随机抽样的原则设置多个样方，以保证调查数据能够代表该区域的整体情况。

2.2.4 数据分析方法

运用统计学方法对调查数据进行分析。计算不同物种

的相对多度、重要值等指标，以评估物种在群落中的优势地位和生态重要性。通过物种多样性指数(如Shannon-Wiener指数、Simpson指数)来衡量不同区域水生植物群落的物种丰富度和多样性水平。同时，运用相关性分析等方法探讨环境因子与物种分布之间的关系，为深入理解水生植物的生态适应性和群落构建机制提供数据支持。

3 结果与分析

3.1.1 入侵物种种类与分布

通过调查发现，南京地区存在多种水生入侵植物，其中空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)、大薸(*Pistia stratiotes*)、野天胡荽(*Hydrocotyle vulgaris*)、水盾草(*Cabomba caroliniana*)和粉绿狐尾藻(*Myriophyllum aquaticum*)等较为常见。空心莲子草广泛分布于南京的河流、池塘和湿地等水域，尤其在水流相对平缓、富营养化程度较高的水体中生长旺盛。凤眼莲常聚集在湖泊、河道的静水区，如玄武湖的部分区域，形成大面积的漂浮群落。大薸则多见于一些小型池塘和沟渠，在适宜的环境下能够迅速繁殖。野天胡荽主要生长在湿地边缘和浅水区，与本土植物竞争生存空间。水盾草在南京的部分溪流和人工景观水体中也有发现，对当地的水生生态系统造成了一定影响。粉绿狐尾藻近年来在南京的一些水域逐渐扩散，其分布范围呈现扩大的趋势。

3.1.2 入侵物种的危害

这些入侵物种对南京地区的水生生态系统造成了多方面的危害。空心莲子草大量繁殖后，会在水面形成致密的覆盖层，阻挡阳光进入水体，影响水下植物的光合作用，导致水下植物生长受阻甚至死亡。同时，它还会竞争本土植物的生存空间，改变水生植物群落的结构和组成。凤眼莲的繁殖速度极快，其茂密的植株会阻碍水体流动，影响河道的排灌功能。此外，凤眼莲的生长会消耗大量的溶解氧，导致水体缺氧，对水生动物的生存构成威胁。大薸会影响水体的透明度和气体交换，使水体中的溶解氧含量降低，破坏水生生态系统的平衡。野天胡荽侵占本土植物的生长空间，降低了本土植物的多样性，影响了生态系统的稳定性。水盾草与本土植物竞争资源，改变水体的生态结构，对本土水生植物群落的物种多样性产生负面影响。粉绿狐尾藻在水面形成浮垫，遮挡水下光照，影响本土水生植物和水生动物的生存，还可能导致水体富营养化加剧。

3.2 本土物种组成

3.2.1 物种数量与科属分布

经过系统调查和分类鉴定，南京地区共有水生野生植物32科91种。这些植物分属于不同的科属，其中眼子菜科、禾本科、莎草科、水鳖科、睡莲科等科的物种较为丰富。眼子菜科包含篦齿眼子菜(*Stuckenia pectinata*)、马来眼子菜(*Ptamogeton wrightii*)、小叶眼子菜(*Potamogeton pusillus*)等多种沉水植物，它们在维持水体生态平衡、提供水生动物食物和栖息地方面发挥着重要作用。禾本科植物如芦苇(*Phragmites australis*)、茭草(*Zizania caduciflora*)

等，具有较强的适应性和生态功能，能够稳固河岸、净化水质。莎草科的藨草 (*Scirpus triquetus*)、荸荠 (*Eleocharis tuberosa*) 等物种在湿地生态系统中占据重要地位。水鳖科的苦草 (*Vallisneria spiralis*)、黑藻 (*Hydrilla verticillata*) 等沉水植物，以及睡莲科的睡莲 (*Nymphaea tetragona*)、莲 (*Nelumbo nucifera*) 等浮叶和挺水植物，不仅丰富了水生植物的种类，还为水生生态系统增添了景观价值。

3.2.2 生活型与生态习性

根据水生植物的生活型，可将南京地区的本土水生植物分为挺水植物、浮叶植物、沉水植物和漂浮植物四大类。挺水植物如香蒲 (*Typha orientalis*)、水烛 (*Typha angustifolia*)、慈姑 (*Sagittaria trifolia var. sinensis*) 等，其茎、叶大部分挺出水面，根系扎根于水底土壤中，它们通常生长在浅水区，能够有效吸收水体中的营养物质，起到净化水质的作用。浮叶植物如睡莲、荇菜 (*Nymphoides peltatum*)、芡实 (*Euryale ferox*) 等，叶片漂浮在水面上，通过叶柄与水底的根状茎相连，它们对光照和温度的要求较高，在维持水体生态平衡和景观营造方面具有重要意义。沉水植物如篦齿眼子菜、马来眼子菜、苦草等，整个植株沉没在水中，通过叶片吸收水中的溶解氧和营养物质进行光合作用，它们是水生生态系统中氧气的重要生产者，对维持水体的清澈和生态稳定至关重要。漂浮植物如浮萍 (*Lemna minor*)、满江红 (*Azolla imbricata*) 等，植株漂浮在水面上，随水流和风向移动，它们生长迅速，对水体的富营养化有一定的指示作用。

这些本土水生植物具有不同的生态习性。大多数水生植物喜光，充足的光照是它们进行光合作用的必要条件。同时，它们也对水分条件有较高的要求，不同的水生植物适宜生长的水深范围有所差异。例如，槐叶萍 (*Salvinia natans*) 适宜生长在水深 0.2 米左右的水域，属于水生漂浮植物，喜湿、喜光；而竹叶眼子菜 (*Potamogeton malaisianus*) 适宜水深可达 2 米，是水生沉水植物，同样喜光、耐涝。了解这些生态习性对于合理保护和利用本土水生植物资源具有重要意义。

3.2.3 推荐等级划分

为了更好地指导生态环境修复和水生植物的合理利用，根据植物的适应性、繁殖能力、生态功能以及对环境的改善作用等因素，将南京地区的本土水生植物划分为“推荐”“重点”“一般”“慎重”四个推荐等级。香蒲、慈姑、茭草等列入“推荐”等级，因其具有适应性强、繁殖速度快、生态功能多样等优点，在生态修复和景观建设中具有较高的应用价值。香蒲不仅能够净化水质，其蒲棒和蒲叶还具有一定观赏价值；慈姑可食用，同时在湿地生态系统中也能发挥重要的生态作用。“重点”等级的植物如篦齿眼子菜、马来眼子菜等沉水植物，对于维持水体生态平衡和生物多样性至关重要，需要重点关注和保护。“一般”等级的植物在生态系统中也具有一定的作用，但在应用时需要根据具体情况选择。“慎重”等级的植物如槐叶萍、水烛等，可

能在某些方面存在一定的局限性，在使用时需要谨慎考虑。具体内容参见附表。

4 讨论与建议

4.1 生物入侵的危害及影响

近年来，生物入侵成为全球生态系统的重要威胁。外来物种通过竞争、捕食和杂交等方式，降低了本地物种多样性，破坏了生态系统的结构和功能。例如，凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*) 在中国多个水域迅速扩散，导致本土水生植物减少，水体溶解氧降低，生态系统功能受损。此外，外来物种可能携带病原体，威胁人类健康和农业生产。因此，生物入侵不仅对生态安全构成威胁，还对社会经济发展产生深远影响，亟需采取科学有效的防控措施。

4.2 保护与利用建议

为应对生物入侵问题，建议从以下几个方面入手：1. 加强监测与预警：建立完善的外来物种监测网络，利用遥感技术、DNA 条形码等现代科技手段，实时掌握入侵物种的分布和扩散动态。同时，构建风险评估模型，预测潜在入侵物种的传播路径和生态影响，为早期防控提供科学依据。2. 综合防治措施：针对已入侵物种，应根据其生物学特性和生态危害程度，采取物理清除、化学控制和生物防治相结合的综合治理策略。例如，利用天敌昆虫控制入侵植物，或通过生态修复技术恢复受损生态系统。3. 保护与利用本土物种：加强对本土水生植物的保护，建立自然保护区和种质资源库，保护其栖息地免受破坏。同时，筛选具有生态修复潜力的乡土物种，推广应用于湿地修复、城市绿化和景观建设，实现生态效益与经济效益的双赢。4. 公众参与与教育：通过媒体宣传、社区活动和学校教育，提高公众对生物入侵危害的认识，鼓励公众参与外来物种的监测和防控工作，形成全社会共同参与的良好氛围。

5 结论

本研究通过对南京地区水生植物资源的系统调查，明确了本土物种的组成及其生态价值，揭示了外来入侵物种对本地生态系统的危害，并筛选出具有应用潜力的乡土物种。未来，应进一步加强对外来入侵物种的防控，加大对本土水生植物的保护力度，推动生态修复技术的创新与应用。同时，通过多部门协作和公众参与，构建生物多样性保护的长效机制，为实现人与自然和谐共生提供科学支持。

参考文献

- [1] 蔡明理. 水生态系统服务功能分析及其间接价值评价[J]. 地理学与国土研究, 1995, (3): 41.
- [2] 王南南, 赵燕. 2023. 基于综合思路的江南水网区生态安全格局构建——以南京高淳区为例. *Ecological Indicators*, 47: 123-135.
- [3] 李俊生, 于飞海, 赵彩云. 2024. 生物入侵：外来入侵物种与生物多样性保护. *生物多样性*, 32(11): 582-590.
- [4] 曹培培, 刘茂松, 唐金艳, 等. 几种水生植物腐解过程的比较研究 [J]. *生态学报*, 2014, 34(14): 48-58.

附表 南京地区乡土水生植物概况

中文名	拉丁学名	水分生态类型		生态习性		适宜水深	推荐等级	备注
		水生(漂浮)	水生(挺水)	喜湿、喜光	0.2			
1 槐叶萍	<i>Salvinia natans</i>	槐叶萍科	水生(漂浮)	喜湿、喜光	0.2	慎重	本土植物	本土植物
2 香蒲	<i>Typha orientalis</i>	香蒲科	湿生、水生(挺水)	喜光、喜湿	0.3	推荐	本土植物	本土植物
3 水烛	<i>Typha angustifolia</i>	香蒲科	湿生、水生(挺水)	喜光、喜湿	0.3	慎重	本土植物	本土植物
4 鳜齿眼子菜	<i>Stuckenia pectinata</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1.2	重点	本土植物	本土植物
5 马来眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1.2	重点	本土植物	本土植物
6 小叶眼子菜	<i>Potamogeton pusillus</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	0.5	慎重	本土植物	本土植物
7 竹叶眼子菜	<i>Potamogeton malaiensis</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	2	重点	本土植物	本土植物
8 光叶眼子菜	<i>Potamogeton lucens</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	0.5	重点	本土植物	本土植物
9 茓草	<i>Potamogeton crispus</i>	眼子菜科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
10 慈姑	<i>Sagittaria trifolia</i> var. <i>sinensis</i>	泽泻科	沼生、水生	喜光、耐涝	0.2	推荐	本土植物	本土植物
11 鸭喙慈姑	<i>Sagittaria latifolia</i>	泽泻科	沼生、水生	喜光、耐涝	0.2	推荐	本土植物	本土植物
12 矮慈姑	<i>Sagittaria pygmaea</i>	泽泻科	沼生、水生	喜光、耐涝	0.2	推荐	本土植物	本土植物
13 泽泻	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	泽泻科	沼生、水生	喜光、耐涝	0.5	重点	本土植物	本土植物
14 东方泽泻	<i>Alisma orientale</i>	泽泻科	沼生、水生	喜光、耐涝	0.5	重点	本土植物	本土植物
15 小茨藻	<i>Najas minor</i>	茨藻科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
16 苦草	<i>Vallisneria spiralis</i>	水鳖科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
17 水车前	<i>Ottelia alismoides</i>	水鳖科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
18 水鳖	<i>Hydrocharis asiatica</i>	水鳖科	水生(沉水、漂浮)	喜光、喜湿、耐涝	0.1	一般	本土植物	本土植物
19 黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>	水鳖科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
20 伊乐藻	<i>Elodea nuttallii</i>	禾本科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物	本土植物
21 莼草	<i>Zizania caduciflora</i>	禾本科	湿生、水生(挺水)	喜光、耐阴、喜湿润	0.2	推荐	本土植物	本土植物
22 荚蒾	<i>Triarrhena sacchariflora</i>	禾本科	水生(沉水)	喜光、耐涝、耐旱	/	慎重	本土植物	本土植物
23 早熟禾	<i>Poa pratensis</i>	禾本科	中生、湿生	喜湿、耐寒	/	慎重	本土植物	本土植物
24 芦苇	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	中生、湿生(挺水)	喜光、耐涝、耐旱	/	慎重	本土植物	本土植物
25 双穗雀稗	<i>Paspalum distichum</i>	禾本科	湿生	喜温耐阴	/	一般	本土植物	本土植物
26 稻	<i>Oryza sativa</i>	禾本科	水生	喜光、喜水、耐涝	0.2	重点	本土植物	本土植物
27 求米草	<i>Opismenus undulatifolius</i>	禾本科	中生、湿生	喜阴、喜湿润	/	一般	本土植物	本土植物
28 五节芒	<i>Miscanthus floridulus</i>	禾本科	中生、湿生	喜阴、喜湿	/	慎重	本土植物	本土植物
29 白茅	<i>Imperata cylindrica</i>	禾本科	中生、湿生	/	/	一般	本土植物	本土植物
30 金茅	<i>Eulalia speciosa</i>	禾本科	中生、湿生	/	/	一般	本土植物	本土植物
31 牛筋草	<i>Eleusine indica</i>	禾本科	中生、湿生	/	/	一般	本土植物	本土植物
32 稗	<i>Echinochloa crus-galli</i>	禾本科	沼生、水生	喜湿、喜光、耐寒	/	一般	本土植物	本土植物
33 狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i>	禾本科	中生、湿生	/	/	一般	本土植物	本土植物

续表

中文名	拉丁学名	水分生态类型	生态习性	适宜水深	推荐等级	备注
34 慧苡	<i>Coix lacryma-jobi</i>	禾本科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
35 短穗竹	<i>Brachystachyum densiflorum</i>	禾本科	中生、湿生	喜湿、喜光	/	一般 本土植物
36 花叶芦竹	<i>Arundo donax</i> var. <i>versicolor</i>	禾本科	中生、湿生	喜湿、喜光	/	一般 本土植物
37 芦竹	<i>Arundo donax</i>	禾本科	中生、湿生	喜湿、喜光	/	一般 本土植物
38 看麦娘	<i>Alopecurus aequalis</i>	禾本科	中生、湿生	喜湿	/	重点 本土植物
39 河八王	<i>Narenga porphyrocoma</i>	禾本科	中生、湿生	喜光、喜温差大	/	一般 本土植物
40 水葱	<i>Scirpus tabernaemontani</i>	莎草科	湿生 (挺水)	喜光、耐阴、喜湿	0.2	一般 本土植物
41 薹草	<i>Scirpus triquetus</i>	莎草科	湿生、水生 (挺水)	喜阴、喜湿润	0.2	一般 本土植物
42 旱伞草	<i>Cyperus alternifolius</i>	莎草科	陆生、湿生 (挺水)	喜光、喜湿、耐旱	0.1	一般 本土植物
43 莎茅	<i>Eleocharis tuberos</i>	莎草科	湿生 (挺水)	喜光、耐阴、喜湿	0.2	一般 本土植物
44 荆三棱	<i>Scirpus yesgora</i>	莎草科	湿生、水生 (挺水)	喜阴、喜湿润	0.2	一般 本土植物
45 光鳞水蜈蚣	<i>Kyllinga brevifolia</i> var. <i>leiole</i>	莎草科	湿生、水生 (挺水)	喜阴、喜湿润	0.2	一般 本土植物
46 浮萍	<i>Lemna minor</i>	浮萍科	水生 (浮生)	/	0.2	一般 本土植物
47 蝴蝶花	<i>Iris japonica</i>	鸢尾科	湿生	喜阴、喜湿	/	重点 本土植物
48 德国鸢尾	<i>Iris germanica</i>	鸢尾科	中生、湿生、水生	喜阴、喜湿	/	一般 引种植物
49 鱼腥草	<i>Herba houttuyniae</i>	三白草科	中生、湿生	喜光	/	推荐 本土植物
50 酸模	<i>Rumex acetosa</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
51 杠板归	<i>Polygonum perfoliatum</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
52 红蓼	<i>Polygonum orientale</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
53 酸模叶蓼	<i>Polygonum lapathifolium</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
54 篓薹	<i>Polygonum aviculare</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
55 辣蓼	<i>Polygonum hydropiper</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
56 两栖蓼	<i>Persicaria amphibia</i>	蓼科	中生、湿生、水生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
57 羊蹄	<i>Rumex japonicus</i>	蓼科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般 本土植物
58 莲子草	<i>Alternanthera sessilis</i>	苋科	湿生、水生	喜光、喜湿	0.2	慎重 本土植物
59 金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科	水生 (沉水)	喜光、耐涝	0.5	一般 本土植物
60 睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	睡莲科	水生 (沉水浮叶)	喜光、耐涝	0.8	推荐 本土植物
61 莲	<i>Nelumbo nucifera</i>	睡莲科	水生 (挺水)	喜光喜湿耐涝	0.8	推荐 本土植物
62 苞藜	<i>Nymphoides peltatum</i>	睡莲科	水生 (沉水浮叶)	喜光、耐涝	0.8	一般 本土植物
63 茄实	<i>Euryale ferox</i>	睡莲科	水生 (沉水浮叶)	喜光、耐涝	0.8	一般 本土植物
64 扬子毛茛	<i>Ranunculus sieboldii</i>	毛茛科	中生、湿生	喜湿、喜光	/	一般 本土植物
65 石龙芮	<i>Ranunculus sceleratus</i>	毛茛科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般 本土植物
66 毛茛	<i>Ranunculus japonicus</i>	毛茛科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般 本土植物
67 救荒野豌豆	<i>Vicia sativa</i>	豆科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般 本土植物

续表

中文名	拉丁学名	科	水分生态类型	生态习性	适宜水深	推荐等级	备注
68 鸡眼草	<i>Kummerowia striata</i>	豆科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般	本土植物
69 野老鹳草	<i>Geranium carolinianum</i>	牻牛儿苗科	中生、湿生	喜光、喜湿、喜冷	/	推荐	本土植物
70 千金子	<i>Leptochloa chinensis</i>	大戟科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般	本土植物
71 龙葵	<i>Solanum nigrum</i>	茄科	中生、湿生	喜光	/	重点	本土植物
72 野菰	<i>Aeginetia indica</i>	列当科	湿生(寄生)	阴生、湿生	/	一般	本土植物
73 车前	<i>Plantago asiatica</i>	车前科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	一般	本土植物
74 三叶鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	菊科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般	本土植物
75 鬼针草	<i>Bidens bipinnata</i>	菊科	中生、湿生	喜光、稍耐阴、耐寒	/	一般	本土植物
76 蛤蟆草	<i>Salvia plebeia</i>	唇形科	中生、湿生	喜湿、喜光	/	重点	本土植物
77 野紫苏	<i>Perilla frutescens</i>	唇形科	中生、湿生	喜光、喜湿	/	重点	本土植物
78 野菱	<i>Trapa incisa var quadricaudata</i>	蓼科	水生(漂浮)	喜水、喜光、耐涝	0.2	推荐	本土植物
79 乌菱	<i>Trapa bicornis</i>	蓼科	水生(漂浮)	水生(漂浮)	0.2	推荐	本土植物
80 满江红	<i>Azolla imbricata</i>	满江红科	水生(漂浮)	喜水、喜光、耐涝	0.2	慎重	引种植物
81 千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	千屈菜科	湿生	喜湿	/	一般	引种植物
82 水芹	<i>Oenanthe javanica</i>	伞形科	湿生、水生	喜光耐荫耐水湿	/	推荐	本土植物
83 山麦冬	<i>Liriopspicata</i>	天门冬科	湿生、阴生	喜荫、喜湿	/	一般	本土植物
84 独角莲	<i>Typhonium giganteum</i>	天南星科	湿生、水生	喜光、喜湿	/	重点	本土植物
85 芋	<i>Cocccinia esculent</i>	天南星科	湿生、水生(挺水)	喜光、喜湿	0.2	一般	本土植物
86 菖蒲	<i>Acorus calamus</i>	天南星科	湿生、水生(挺水)	喜光、喜湿	0.2	一般	本土植物
87 石菖蒲	<i>Acorus gramineus</i>	天南星科	湿生、水生(挺水)	喜光、喜湿	0.2	一般	本土植物
88 轮叶狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	小二仙草科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物
89 棍状狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>	小二仙草科	水生(沉水)	喜光、耐涝	1	重点	本土植物
90 阿拉伯婆婆纳	<i>Veronica persica</i>	玄参科	中生、湿生	喜光	/	慎重	引种植物
91 冷水花	<i>Pilea notata</i>	荨麻科	中生、湿生	喜阴、喜湿	/	一般	本土植物

Discuss the emergency management measures of grassroots environmental emergencies

Junjie zhu

Luoyang Ecological Environment Comprehensive Administrative Law Enforcement Detachment, Luoyang, Henan, 471000, China

Abstract

Grassroots environmental emergencies are due to pollutant discharge or natural disasters, production safety accidents and other factors, resulting in pollutants or radioactive substances and other harmful substances into the atmosphere, water, soil and other environment. In order to do our best to reduce the harm caused by grassroots environmental emergencies, it is necessary to formulate reasonable emergency management countermeasures. This paper analyzes the problems existing in environmental emergency management at the grass-roots level, and finds that there are problems such as insufficient capacity, risk prevention and control supervision. Therefore, it puts forward measures to improve the basic emergency capacity, build environmental emergency linkage mechanism and strengthen environmental risk management, so as to effectively guarantee social stability and ecological environment safety.

Keywords

grassroots environmental emergencies; emergency management measures; and application countermeasures

探讨基层突发环境事件的应急管理措施

朱俊杰

洛阳市生态环境综合行政执法支队，中国·河南洛阳 471000

摘要

基层突发环境事件是由于污染物排放或自然灾害、生产安全事故等因素，导致污染物或放射物等有害物质进入大气、水体、土壤等环境中。为了尽最大努力减少基层突发环境事件带来的危害，就要制定合理的应急管理对策。本文则针对基层环境应急管理存在的问题分析，发现存在着能力不足、风险防控监管不到位等问题，因此提出了提高基层应急能力、构建环境应急联动机制、强化环境风险管理等措施，有效的保障社会稳定、生态环境的安全。

关键词

基层突发环境事件；应急管理措施；应用对策

1 引言

近几年来，我国突发环境事件的数量得到了有效的控制，但很多市县都没有构建专职环境应急机构，而且由于地方环境应急人员变动频繁，导致基层应对突发环境事件的能力较差。基层突发环境事件的发生有很多不确定性，突然造成或可能造成环境质量下降，危害公众身体健康和财产安全，还会造成我国生态环境的破坏，产生不良的社会影响。突发事件发现越早、介入越早、处理越早，那么事故造成的影响及后果就越低。《关于加强地方生态环境部门突发环境事件应急能力建设的指导意见》为基层明确了突发环境事件的处理措施。以此为基础，要不断提高基层对突发环境问题

的应急管理能力，将事故风险降到最低。不过，在实际的应急管理中依然存在着不小的问题，需要结合问题不断优化应急管理对策，达到理想的应急管理效果，满足生态环境保护、民众身体健康保护等要求。

2 基层突发环境事件的概述

突发环境事件是由于污染物排放、自然灾害、生产安全事故等原因，导致污染物或放射物等有毒有害物质进入大气、水体、土壤等环境介质，造成突发的环境质量下降的问题。由于这一类事件的发生比较突然，要达到有效的控制效果就必须构建应急预案。各地区都在结合实际情况构建应急预案，明确编制的目的、适用范围和事件分级等，同时明确进行突发环境事件处理的主要成员和相关单位，通过损害评估、保险理赔、事件调查、善后处理等相关工作妥善开展突发环境事件发生后的后期处置工作。见图 1。

【作者简介】朱俊杰（1979—），男，中国河南唐河人，从事环境应急研究。



图1 危险化学品泄露突发环境事件

突发环境事件的特点为突发性、危害性和不确定性，根据事件的严重程度可分为四个等级：（1）特别重大事件。对环境造成严重破坏，影响范围广泛，需要国家级应急响应。（2）重大事件。对环境造成严重破坏，影响较大区域，需要省级或市级应急响应。（3）较大事件。对环境造成较大损害，影响局部区域，需要县级或更低级别的应急响应。（4）一般事件。对环境造成一定的破坏，影响范围较小，需要基层组织进行应急处理。

3 突发环境事件应急管理存在问题

3.1 对突发环境事件的应对能力较差

首先，基层队伍不健全。目前，很多市县并未构建专职突发环境应急机构，地方环境应急人员的变动较为频繁，大约50%的基层环境应急人员从事环境应急工作不足2年，大约66%的人员未参加过任何的现场应急处置工作。专业且有经验的人才匮乏，影响了环境应急管理队伍的综合能力。

其次，应急机制不完善。目前很多地区未按照要求编制或修订应急预案，环境应急机制不完善，发生突发环境事件后手忙脚乱，无法作出及时的应对。即便是编制了应急预案，但由于内容质量较差，缺乏实用性和可行性，应急监测机制也不顺畅，导致应急管理措施无法得到有效落实。

再次，联动机制不完善。相关部门的突发环境事件的应急能力较差，虽然相关的法律法规在不断的完善中，但在实际应用阶段还存在着落实困难的问题。造成这一情况的主要原因为职责不清、定位不当、部门相互推卸责任、联动机制不健全等。比如交通事故造成的突发环境问题，处理人员是基层生态环境部门的工作人员，其只能按照相关法律法规对污染物进行处置，很难与其他部门联动开展工作，导致环境问题的应急处理能力较差^[1]。

最后，基础设施不完善。基层生态环境机构的基础设施不到位是严重影响环境应急处理效果的主要因素，不仅是人才和技术的匮乏，设备、设施也不够完善。比如在进行突发环境事件取证的时候，调查人员为了及时获取现场资料则

只穿戴了简单的防护设备就开展取证工作，这其实对工作人员的人身安全构成不小的威胁。设备方面，精密度较高的设备可以获取更加准确、全面的数据，但是由于基层生态环境部门的资金有限、对高精度设备缺乏重视等原因，未能配备专业的高精尖设备。不仅如此，在救援物资的保障中，也存在着物品过期、遗失等问题，给应急管理带来了影响。

3.2 环境风险监管质量较差

要预防基层突发环境事件的发生，最关键的就是要加强防控，因此常态化的应急管理是必然的手段，其中风险监管最为重要。但是，针对基层生态环境部门的管理工作分析，发现造成风险监管质量较差的原因为：（1）生态环境部门主要由应急机构负责环境风险隐患的排查工作，但是由于环境应急管理机构缺乏执法权，对于安全隐患的排查也仅仅是记录存在的问题，然后将问题上报给有执法能力的监管部门，对相应的违规行为进行处理，这一流程就导致应急处理效率较低，涉事企业也有可能为了逃脱责任而消灭证据^[2]。

（2）基层应急管理工作无法重视应急预案的构建。我国对突发环境事件应急预案的管理提出了相关的政策和文件，对基层生态环境部门的工作职责也给予了明确的规定。但是由于缺乏足够的重视，突发环境事件应急预案构建后也无法得到有效的落实，甚至管理人员对于预案的内容没有充分的了解，导致应急预案不符合实际要求，实用性较差。

4 基层突发环境事件的应急管理对策

4.1 提高风险防范意识

各部门领导必须要重视提升基层突发环境事件的应急处置能力，确保应急方案的可行性和操作性。其中，最关键的就是要提高突发环境事件风险隐患的排查力度，加大对容易出现环境风险问题企业的检查频次，同时结合实际情况制定突发环境事件的应急处理对策，确保发生突发环境问题后可以第一时间作出反应。

相关工作人员要有防患于未然的管理意识，加强对风险事件的分析与研究，重点排查环境污染风险隐患较高的企业，若发现问题要及时上报给有关部门，督促企业整改。相关部门还要对企业进行动态监测，做到持续的监督^[3]。

4.2 构建完善的风险监管机制

日常的环境应急管理以预防为主，因此要构建风险监管机制，以保证日常管理的有效运行，减少突发环境事件的发生率。同时，也要积极的建设环境应急机制，确保在发生突发环境事件后能够第一时间出动，保证处理效果。基层生态环境部门要重视对企业环境应急管理预案的检查，确保各企业都能够结合自身情况制定合理方案，面对突发环境事件时能够作出妥善的处理。构建24小时环境应急值守制度，保证能够及时地收集到突发环境事件的相关信息，提高相关部门及企业的应急能力。见图2。



图 2 突发环境事件应急预案

4.3 提高基层突发环境事件的应急能力

突发环境事件的应急管理有专业性、综合性的要求，因此相关管理人员必须要明确自身的职责，加强应对风险事件的反应能力。相关部门必须重视人才队伍建设：（1）构建应急管理队伍，重视对人才的培训，同时也要引进专业的设备，为工作人员更好的处理突发事件奠定基础。（2）应急管理方法的制定要在设备、技术方面投入更多的资金，构建完善的应急物资库，加强对应急物资的管理，减少物资发生丢失、过期的问题。引进先进的设备，确保环境风险排查、分析中数据的处理效果，为制定应急管理对策提供有力的支持^[4]。（3）重视工作人员的模拟演练。应急预案的演练可以保证在面对真实的突发环境风险事件时做出规范、有效的应对，解决面对突发问题时手忙脚乱的问题。虽然理论学习也非常关键，但实践操作更为重要，在讲解理论知识的基础上，通过演练可以让工作人员总结经验、熟悉操作流程，促进应急预案的实施，而且通过加强演练也可以不断的完善应急预案的内容，确保方案的可行性和操作性。

4.4 重视引入先进的技术

随着科学技术的发展，先进技术的引入对提高基层环境风险的应急能力有重要意义。突发环境事件具有不确定性的特点，信息技术在突发环境事件的防控中，可以进行风险预测，并自动制定合理的解决方案。（1）大数据技术。生态环境部门通过利用大数据技术，可以掌握突发环境事件的发生规律、发展趋势，然后通过计算机构建模型，对发生率极高的风险事件、地点等进行预测，方便相关人员做好预防处理。（2）监测设备的应用。比如水质监测站、空间质量监测站等，都是以互联网为基础，实现了对环境或水质的动态监测，监测到有污染物超标的问题则及时将数据传输到后台，相关人员则会启动应急管理预案，找到污染源头实施有效防控。监测设备的应用不仅保证了对突发环境事件的及时监管，也减轻了相关人员的工作压力，提高了应急管理的效率。（3）互联网设备。通过该设备的应用，实现了信息的及时共享，相关人员可以第一时间获取突发环境事件的相关数据，为制定针对性的应急管理对策奠定基础。

效防控。监测设备的应用不仅保证了对突发环境事件的及时监管，也减轻了相关人员的工作压力，提高了应急管理的效率。（3）互联网设备。通过该设备的应用，实现了信息的及时共享，相关人员可以第一时间获取突发环境事件的相关数据，为制定针对性的应急管理对策奠定基础。

4.5 构建应急管理联动机制

基层相关部门必须要对突发环境事件的管理给予高度重视，积极配合生态环境部门开展工作，构建完善的应急管理联动机制。比如应急管理部门、公安部门、气象局、水文局、新闻办公室等多个部门都要参与到联动机制中，并且做好与医院的配合，通过完善的联动机制为促进应急管理对策的落实提供支持，保证在发生突发环境事件后能够第一时间做出响应，保证突发环境事件的应对效率^[5]。

4.6 保证应急管理的物资、设备的供应

突发环境事件的应急管理中，物资、设备都非常关键，直接影响着应急管理的质量。如果出现了突发环境事件，很容易出现应急物资供应不足的情况，因此要提前做好准备，确保应急物资充足。负责采购的人员要熟悉应急物资的采购流程、使用方法、应用效果等，做好提前的采购规划，保证物资准备充足，使用后要及时补充。物资的日常保管要放置在安全的仓库内，定期进行清点、检查、保养，设备要做好定期的维护和保养，物资超期后要立即更换，为处置突发环境事件提供有效的物资保障。

5 结语

提高基层突发环境事件的风险监测水平、应急管理能力是生态环境部门的重要任务，作为突发环境事件应急管理的主要部门，风险监测能力关系到区域环境的安全性；应急管理能力则关系到是否可以将突发环境事件的风险降到最低，因此需要重视技术引进、人才管理等，确保在实际工作中作出快速的反应、科学的布局，提高基层突发环境事件的应急应对能力。

参考文献

- [1] 王珂.基层环境应急管理工作存在的问题及探讨[J].皮革制作与环保科技,2023,4(04):157-159.
- [2] 刘丹.环境突发事件应急管理机制研究[D].西南科技大学,2022.
- [3] 郝敏光.新形势下突发环境污染事件的基层应急监测能力建设[J].皮革制作与环保科技,2022,3(21):159-161.
- [4] 马文亮,靳雪城,李霞.加强基层环境应急管理工作对策探讨[J].甘肃科技,2018,34(09):4-5+28.
- [5] 李璐.突发性环境污染事件应急监测论述——兼论基层环境监测站应急监测现状与对策[J].资源节约与环保,2015,(10):137-138.

Research on the Application of Land Engineering and Technology in Ecological Remediation of Mining Land

Dehai Pan

Guangxi Gongkan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

Mining activities seriously damage the land ecosystem, causing land degradation, soil erosion, and reduced biodiversity. Land engineering and technology are important methods for ecological restoration, playing a crucial role in the ecological remediation of mining land. By analyzing the current situation and challenges of ecological problems in mining land, this paper discusses the specific application of land engineering and technology in the process of ecological remediation of mining land, mainly including land leveling and reclamation, soil improvement, and vegetation restoration technologies. Based on domestic and foreign examples, summarize the effectiveness and shortcomings of land engineering technology in ecological restoration of mines, and propose future directions for technological development and policy support. Research has shown that land engineering and technology can effectively promote the ecological restoration of mining land, thereby laying technical support for the sustainable development of mines.

Keywords

land engineering; Ecological remediation of mines; Land reclamation; Soil improvement; vegetation restoration

土地工程与技术在矿山土地生态整治中的应用研究

潘德海

广西工勘岩土工程有限公司，中国·广西桂林 541000

摘要

矿山开采活动严重损害土地生态系统，引起土地退化，水土流失及生物多样性降低。土地工程与技术是生态修复的一种重要方法，对矿山土地生态整治起到了至关重要的作用。通过对矿山土地生态问题现状及面临的挑战进行分析，论述了土地工程及技术在矿山土地生态整治过程中的具体运用，主要包括土地平整及复垦，土壤改良以及植被恢复方面的技术。根据国内外实例，总结土地工程技术对矿山生态修复的效果及存在的不足，提出今后技术发展及政策扶持方向。研究证明土地工程和技术能有效地推动矿山土地生态恢复工作，从而为矿山可持续发展奠定了技术支撑。

关键词

土地工程；矿山生态整治；土地复垦；土壤改良；植被恢复

1 引言

矿山开采在促进经济发展过程中发挥着重要的作用，但是它对于土地生态系统所造成的损害也不可忽视。矿山开采时土地表层剥离、土壤结构受到破坏、造成土地退化、水土流失等生态环境问题。另外矿山废弃地常常变成生态“荒漠”，生物多样性明显减少。为了解决上述问题，矿山土地生态整治已成为当前生态修复领域中的一个关键研究领域。土地工程与技术是生态修复中的一种重要方法，利用土地平整，土壤改良以及植被恢复技术可以有效地改善矿山土地生态环境问题。本研究旨在通过对矿山土地生态整治过程中土

地工程与技术应用情况进行论述，并对技术特点，应用效果以及今后的发展方向进行分析，以期对矿山生态修复工作提供理论依据与实践指导。

2 矿山土地生态整治的现状与问题

2.1 矿山土地生态问题的现状

矿山开采活动给土地生态系统带来诸多损害。一是土地表层的剥离造成了土壤结构的破坏和土地生产力的明显降低。二是矿山开采时大量废弃物积聚于土地表面进一步恶化土地退化。另外矿山开采也造成了严重的水土流失，特别是降雨量大的区域。水土流失不但使土地生产力下降，而且对下游河流、湖泊等生态环境产生不利影响。生物多样性的降低，同样是矿山土地生态问题中的一个重要体现。矿山废弃地常常变成生态“荒漠”，植被覆盖率低下，动物栖息地缩小，生态系统功能退化严重。这些问题在影响矿区生态环

【作者简介】潘德海（1987-），男，壮族，中国广西南宁人，本科，助理工程师，从事测绘、地质与岩土工程、地质灾害等研究。

境的同时也给周边区域生态安全带来威胁。

2.2 矿山土地生态整治的挑战

矿山土地生态整治工作面临来自各方面的挑战。一、技术难点是矿山土地生态整治工作的制约因素。矿山土地生态修复需综合利用土地平整，土壤改良及植被恢复技术，然而这些技术应用效果常受矿区地质条件，气候条件及土壤性质制约。二是在矿山土地生态整治过程中资金投入不到位也是一个不可忽视的问题。矿山生态修复所需资金量大，但是因为修复周期长，经济效益并不显著，很多矿山企业投资积极性不高。另外，政策支持不到位也是矿山土地生态整治工作中的一个主要限制因素。当前我国矿山生态修复政策法规还不够健全，缺乏行之有效的激励与监管机制。这些挑战极大地影响着矿山土地生态整治工作的开展与落实。

3 土地工程与技术在矿山土地生态整治中的应用

3.1 土地工程技术概述

土地工程技术作为生态修复领域中一项重要的技术手段，其主要内容有土地平整及复垦，土壤改良以及植被恢复。土地平整与复垦技术旨在通过对矿区土地的平整和复垦工作，来恢复土地的生产能力和生态功能。土壤改良技术旨在通过加入改良剂或实施其他方法，来优化土壤的物理、化学和生物特性，从而增强土壤的肥沃度和保水性。植被恢复技术通过栽植合适植物来恢复矿区植被覆盖、增加生态系统稳定性及生物多样性。这几种技术在实践中需结合矿区具体情况加以选择与搭配，才能达到生态修复的最佳效果。

3.2 土地工程技术在矿山土地生态整治中的应用

将土地工程与技术运用于矿山土地生态整治，具有如下特点。一是土地平整和复垦技术可以有效地恢复矿区土地生产力。矿区土地经平整、复垦后，其物理结构得以改善，利用效率得以提高。二是土壤改良技术可显著提高矿区土壤质量。通过加入有机质，石灰等改良剂可调整土壤酸碱度，增加肥力及保水能力。另外植被恢复技术还能有效地增加矿区植被覆盖率，增加生物多样性。种植合适植物可使矿区生态系统功能得到恢复，增强生态系统稳定性及抗干扰能力。综合运用上述技术可显著改善矿区生态环境，对实现矿山可持续发展具有技术支撑作用。

4 土地工程技术在矿山土地生态整治中的创新与发展

4.1 技术创新

4.1.1 新型土壤改良剂

新型土壤改良剂对于矿山土地生态整治有着重要应用价值。矿山开采活动常造成土壤结构破坏，养分流失及重金属污染，常规土壤改良方法已很难适应生态修复需要。研究和开发新型土壤改良剂，为上述问题的解决提供一种新技术手段。以生物炭为例，其多孔结构、大比表面积等特点使生

物炭成为高效土壤改良剂之一，可以有效地吸附土壤重金属离子、降低重金属污染。同时生物炭可以增强土壤保水保肥能力、改善土壤物理结构、为植被恢复提供有利生长环境。另外，堆肥，秸秆及畜禽粪便等有机废弃物经处理可用作土壤改良剂以增加土壤中有机质含量并促进土壤微生物活动及提高肥力。微生物菌剂又是重要的新型土壤改良剂之一，有益微生物的加入可以加快土壤中有机物分解速度、改善土壤物理和化学性质、促进植物生长。这些新型土壤改良剂既环保又可显著改善土壤生态功能，是矿山土地生态整治的有力技术支撑。

4.1.2 智能化土地平整技术

智能化土地平整技术作为矿山土地生态整治的一项重要创新技术。传统土地平整方法多依靠人工操作及简单的机械设备进行平整，平整效率较低，平整精度较差，很难适应矿山大范围土地复垦工作的需要。智能化土地平整技术将无人机测绘，三维建模以及自动化机械设备整合在一起，可以对矿区土地进行准确平整，显著提升土地复垦效率与质量。无人机测绘技术可以快速获得矿区地形数据并产生高精度三维地形模型为土地平整工作提供科学依据。三维建模技术可以模拟出土地平整效果、优化平整方案、降低施工误差等。智能推土机、平地机等自动化机械设备可按照预设平整方案自动完成土地平整工作，减少人工干预、降低施工成本。智能化土地平整技术在提高土地复垦效率的同时，也能降低环境二次破坏程度，从而为矿山土地生态整治工作提供高效准确的技术支撑。

4.1.3 生态修复材料

生态修复材料对于矿山土地生态整治有着重要应用价值。矿山开采活动常造成土壤侵蚀，植被破坏及生态系统功能退化，常规修复方法已很难适应生态恢复需要。研究和开发生态修复材料，为上述问题的解决提供一种全新技术手段。如植物纤维这种天然生态修复材料保水性好、透气性好、能有效地固定土壤、防止水土流失、给植被恢复提供优良的生长环境等。生物降解材料，例如聚乳酸和聚羟基脂肪酸酯，具有在土壤中逐步降解的能力，这不仅可以减少对环境的污染，还能为土壤微生物提供必要的养分，从而有助于土壤生态功能的恢复。纳米材料例如纳米二氧化硅、纳米氧化铁具有比表面积大、吸附能力强等特点，可以对土壤重金属离子进行高效吸附，降低重金属污染。这些生态修复材料既环保又可显著改善土壤生态功能，对矿山土地生态整治具有有力技术支持。综合运用这些生态修复材料可以加快矿区生态系统修复和矿山土地持续利用。

4.2 技术集成

矿山土地生态整治作为一项复杂系统工程，采用单一技术往往很难取得理想恢复效果。因此多技术协同应用已成为现阶段生态修复中的一个重要发展趋势。比如土地平整技术和土壤改良技术的结合可以增加土壤的肥力以及保水能

力，同时改善土地的物理结构。另外植被恢复技术结合生态修复材料可以加快植被覆盖及生态系统修复。以生态系统整体修复为技术集成的中心目标。通过对矿区地质，水文，气候以及生物方面进行全面考虑，并制定出科学合理的修复方案可以达到对矿区生态系统全面修复的目的。如通过建设湿地，植被带，土壤修复区多功能生态单元可有效改善矿区生态稳定性与生物多样性。技术集成在提升生态修复效率的同时也为矿山土地可持续利用保驾护航。

4.3 技术推广与政策支持

在矿山土地生态整治工作中，土地工程技术推广应用至关重要。技术推广策略主要有创建技术示范基地，进行技术培训，强化技术宣传。通过示范基地的设立，可以直观地展现土地工程技术应用成效，提升矿山企业及地方政府对技术应用的信心。进行技术培训可以提升技术人员与施工人员专业水平，保证技术应用规范有效。强化技术宣传可以增强群众对于矿山土地生态整治工作的感知与支持程度，并为技术推广创造良好社会氛围。政策支持和法规完善为促进土地工程技术应用提供了重要保证。政府要增加矿山生态修复经费投入，出台优惠政策鼓励矿山企业主动参与生态修复。同时健全相关法律法规、明确矿山生态修复责任与义务、构建有效监管机制、保障土地工程技术规范运用、实现生态修复。

5 土地工程技术应用的效果评估

5.1 土地质量指标

土地工程技术的应用成效，首先表现为土地质量得到提高。土地质量指标是指土壤的物理性质，化学性质以及生物性质。土壤结构，孔隙度，保水能力等土壤物理性质指标可以反映土壤物理状态及水分保持能力。有机质含量，pH值及养分含量等土壤化学性质指标能较好地反映土壤肥力及化学环境。微生物活性、土壤动物多样性等土壤生物性质指标可以反映土壤生态功能与生物活性。对恢复前后土地质量指标进行比较可以客观地评价土地工程技术应用成效。如通过土壤改良、植被恢复等措施，土壤有机质含量显著增加、pH值呈中性、微生物活性升高，说明土地质量有明显的改善。

5.2 生态恢复指标

生态恢复指标为评价土地工程技术运用成效提供了重要依据。生态恢复指标主要有植被覆盖率，生物多样性，生态系统功能。植被覆盖率作为评价矿区植被恢复情况的一个重要标志，能较好地体现土地工程技术在植被恢复中的作用。生物多样性作为矿区生态系统稳定与健康的一个重要标志，可以体现土地工程技术在生物多样性修复中的作用。生态系统功能作为评价矿区生态系统服务能力高低的一个重要标志，能较好地体现土地工程技术在生态系统功能修复中的作用。对恢复前和恢复后生态恢复指标进行比较可以综合

评价土地工程技术应用成效。如通过土地平整、植被恢复等措施，使矿区植被覆盖率明显提高、生物多样性得到改善、生态系统功能得到修复，说明土地工程技术对生态恢复的效果明显。

5.3 经济效益指标

土地工程技术的应用成效，也表现为经济效益提高。经济效益指标主要有土地利用率，农业生产效益，生态旅游收入。土地利用率作为评价矿区土地利用效率高低的一个重要标志，可以体现出土地工程技术在土地利用中所起到的提升作用。农业生产效益作为矿区生产能力高低的一个重要标志，可以体现出土地工程技术在农业生产中的作用。生态旅游收入作为矿区生态旅游开发程度的一个重要标志，可以体现土地工程技术在促进生态旅游中的作用。通过对修复前和修复后经济效益指标的比较，可以全面地评价土地工程技术在修复中的应用成效。如通过土地复垦、植被恢复等措施，使矿区土地利用率明显提高、农业生产效益得到改善、生态旅游收入有所增加，说明土地工程技术的经济效益明显。

6 结论

土地工程与技术对矿山土地生态整治具有重要的促进作用，可有效提高矿区土地质量、修复生态系统功能、促进经济效益的提高。通过技术创新，技术集成，技术推广等手段，将土地工程技术应用于矿山生态修复取得了显著成效。新型土壤改良剂，智能化土地平整技术，生态修复材料等技术的研究与开发，为矿山土地生态整治工作提供了一种新型技术手段。多技术协同应用与生态系统整体修复，显著提升生态修复效率与质量。技术推广策略与政策支持，为土地工程技术提供强有力的保障。对土地质量指标，生态恢复指标及经济效益指标进行综合评价，结果表明土地工程技术对矿山土地生态整治具有明显效果。今后，要进一步强化技术创新与技术集成、健全政策支持与法规建设、促进土地工程技术广泛运用于矿山土地生态整治等方面，为矿山可持续发展奠定技术基础。

参考文献

- [1] 李琳.关于矿山土地复垦与生态恢复治理方法的研究[J].商品与质量,2019,000(043):86.
- [2] 刘艳,顾新,刘晓雷.关于矿山土地复垦与生态恢复治理方法的研究[J].能源与节能,2019,000(004):82-83+113.
- [3] 李跃武,刘代飞,冯建明.浅谈矿山生态环境恢复治理和土地复垦[J].地矿测绘,2020,3(5):26-27.
- [4] 吴志才.矿山土地复垦技术及生态重建策略[J].房地产导刊,2019,000(009):216.
- [5] 冯涛,刘晓静.土地复垦在露天矿山环境恢复治理中的作用[J].黑龙江冶金,2018,000(004):155-156.

Mine ecological restoration technology and green plant configuration measures under the background of forestry ecological engineering —— Take the west open pit mine as an example

Guangzhong Yuan

Forestry Department of Fushun Mining Group Co., Ltd., Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract

With the rapid development of China's economy and the excessive exploitation of mineral resources, the environmental pollution of mineral resources has become more and more serious. Due to a series of problems such as vegetation destruction, soil erosion and water pollution caused by mining activities, it has caused great harm to the ecological balance and human living environment. Therefore, the ecological restoration of the mining area is an important work at present. This paper takes the west open-pit mine as the research object, and carries out scientific ecological restoration and vegetation configuration. Through the research of this paper, we expect to provide new ideas and methods for the mine ecological restoration work, and promote the continuous improvement and sustainable development of the mine ecological environment. The study in this paper not only provides an effective scheme for the ecological restoration of coal withdrawal pit in the west open pit mine, but also provides a useful reference for the ecological restoration work of other similar mines.

Keywords

forestry ecological engineering; mine restoration technology; green plant configuration

林业生态工程背景下矿山生态修复技术和绿化植物配置措施——以西露天矿退煤闭坑为例

袁广忠

抚顺矿业集团有限责任公司林业处，中国·辽宁 抚顺 113000

摘要

随着我国经济的迅速发展，对矿产资源的过度开发，导致了矿产资源的环境污染问题日趋严重。由于采矿活动引起的植被破坏、水土流失和水体污染等一系列问题，对生态平衡及人类生活环境造成了极大的危害。因此，对矿区进行生态恢复是目前的一项重大工作。文章以西露天矿为研究对象，对其进行科学的生态恢复与植被配置，通过本文的研究，我们期望能够为矿山生态修复工作提供新的思路和方法，推动矿山生态环境的持续改善和可持续发展。本文的研究不仅为西露天矿的退煤闭坑生态修复提供了有效方案，也为其他类似矿山的生态恢复工作提供了有益参考。

关键词

林业生态工程；矿山修复技术；绿化植物配置

1 引言

采矿虽然推动了当地的经济发展，但也对生态环境造成了极大的损害。尤其是在露天采矿过程中，由于对原始植被的破坏，导致了土壤侵蚀，土壤退化，生物多样性减少等一系列问题。随着人类环保意识的增强，矿山生态恢复已成为人们关注的焦点。西露天矿是一种具有较长历史的老煤矿，对其进行生态恢复具有十分重要的意义。随着森林生态

工程建设的推进，矿区的生态修复已不只是单纯的土地复垦、植被恢复，而应更多地关注整个生态环境的恢复与可持续发展。

2 林业生态工程在矿山修复中的作用

2.1 土壤保护与恢复

在矿区治理过程中，选择合适的树种，栽植合适的树种，对水土保持和恢复具有十分重要的意义，这种植物不但可以固沙固土，减轻由于风、雨等因素造成的水土流失，还能持续向土壤中加入有机物，对矿区土壤结构的修复与改良具有重要意义。这些树木的根系像一张大网一样，深深扎入地下，

【作者简介】袁广忠（1976-），男，满族，中国辽宁新宾人，硕士，工程师，从事林业研究。

既增加了土质的紧实度，又增加了土体的承载能力，可以有效防止山体滑坡、泥石流等自然灾害，是矿区生态安全的重要保障。

2.2 水质改善

随着林业生态工程的实施，矿区水环境质量有了明显改善。植物的根系可以吸附和过滤雨水中的悬浮物和重金属等有害物质，可以有效地缓解土壤侵蚀带来的水环境污染。此外，高密度植被可显著提高地表粗糙度，降低降雨水流速率，为降雨入渗、补给地下水提供更多的时间与空间，对保持水土平衡、防治土壤侵蚀具有重要意义。同时，植物对当地气候具有重要的调控作用，并可通过植物蒸腾来调控当地气候，降低下垫面水分蒸发，进而改善矿区水体质量，从而为矿区生态环境的改善及生物多样性的修复提供科学依据。

2.3 景观美化

林业生态工程建设不仅改善了矿区的生态环境，而且大大提高了矿区的景观美。经过大面积绿化、植被修复，昔日荒凉的矿区，已渐渐披上了一层苍翠欲滴的绿色，这既是一个亲近自然，又是放松身心的好地方，也是一种无形的提高生活品质与幸福的方式。市民在享受自然的静谧与美丽的同时，也深切地体会到生态环境的改善所带来的正面影响，进而对这一得来不易的“绿色宝地”。同时，良好的生态环境也有利于吸引外来资金和优秀人才，促进矿区经济的转型升级与可持续发展。

3 矿山生态修复关键技术

3.1 土壤改良技术

3.1.1 基质重构技术

针对矿山废弃地土壤贫瘠化问题，可采用“砾石活化-客土改良-有机质添加”三级基质重构技术。通过破碎筛分（粒径<5cm）去除砾石中大块杂质，添加5%（w/w）磷石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）中和碱性（pH由9.2降至7.8），并接种硅酸盐细菌促进矿物风化。在此基础上覆盖30cm厚复合客土（黄土：腐殖土：粉煤灰=5:3:2），使土壤容重由1.8g/cm³降至1.3g/cm³，孔隙度提高至45%。田间试验表明，该技术可使紫花苜蓿出苗率从12%提升至78%^[1]。

3.1.2 微生物修复技术

针对重金属污染，研发功能菌剂联合修复体系。通过分泌柠檬酸（浓度达2.3mmol/L）和铁载体，使Cd²⁺、Pb²⁺生物有效性分别提高42%和35%。盆栽试验显示，接种菌剂后蜈蚣草地上部Cd积累量达18mg/kg，较对照组增加58%。结合生物炭（添加量15t/hm²）的吸附作用，可在3年内将土壤有效态Cd含量从0.8mg/kg降至0.3mg/kg（gb15618-2018限值）。

3.2 植被恢复技术

3.2.1 先锋植物选择策略

基于生理指标（脯氨酸含量、超氧化物歧化酶活性）与生长特性（根系表面积、生物量）构建植物筛选模型，确定沙棘为最优先先锋物种。沙棘通过根瘤固氮（年固氮量5.2g/m²）改善土壤N素水平。

3.2.2 阶梯式复垦模式

设计“先锋群落-过渡群落-目标群落”三阶段复垦方案：第1年：密植沙棘（1.5株/m²）快速形成覆盖层；第2-3年：间种刺槐与紫花苜蓿，构建灌草复合系统；第4-5年：引入辽东栎与油松，形成乔灌草立体结构。该模式使植被覆盖率从5%提升至72%，土壤有机质年增长率达0.5%，实现生态系统的正向演替。

3.3 生态系统服务功能提升技术

3.3.1 碳汇功能强化技术

通过优化植物配置（碳汇能力排序：辽东栎>油松>刺槐），使群落碳密度达68.4t/hm²，较单一草本群落提高3.7倍。结合菌根真菌接种技术，促进植物根系对CO₂的固定效率，δ¹³C同位素分析显示，菌根化植物碳固定速率提升22%。

3.3.2 生物多样性保育技术

沿矿区周边建设50m宽生态隔离带，种植蜜源植物（山桃、暴马丁香）吸引传粉昆虫（监测到膜翅目昆虫23种）。通过人工巢箱（密度5个/hm²）和食源植物（山桃）引入小型哺乳动物（如赤腹松鼠，使物种丰富度指数从0.6升至1.8）。

4 西露天矿退煤闭坑生态问题诊断

4.1 矿区生态环境特征分析

西露天矿位于辽宁省抚顺市东南部（北纬41°52'，东经123°53'），地处辽东丘陵向辽河平原过渡带，属于典型的断陷盆地构造。矿区总面积10.87km²，矿坑南北长6.6km、东西宽2.2km，最大开采深度达424m，形成了阶梯状边坡与积水坑塘交错的复杂地貌。地质资料显示，矿区地层以古近系抚顺群为主，含煤地层总厚度1300m，煤层倾角15°~25°，长期高强度开采导致地表形态剧烈改变，形成了高陡边坡（坡度>35°）、裸露砾石山（堆积量超5亿m³）和酸性积水区（pH4.5~5.0）等典型人工地貌单元。

受温带季风气候影响，矿区年均降水量798mm，其中7-8月集中降雨占全年60%，而年均蒸发量达1350mm，导致季节性干旱显著。土壤环境监测数据表明，矿坑基质以风化砾石、粉煤灰为主，有机质含量<0.5%，pH值8.5~9.2，呈现强碱性特征。重金属污染尤为突出，铅（Pb）含量达230mg/kg（超过农用地土壤污染风险管控标准187.5%），镉（Cd）含量1.2mg/kg（超标300%），且0~20cm表层污染最为严重。

4.2 生态修复的限制性因子

4.2.1 重金属污染胁迫

矿区土壤重金属污染呈现复合污染特征，Pb、Cd、Hg等元素通过尾矿淋溶、粉尘沉降等途径持续积累。盆栽试验显示，当土壤Cd浓度超过1mg/kg时，玉米幼苗根系生物量减少45%，叶绿素含量下降32%，表明重金属通过抑制植物光合作用和根系发育对植被重建构成直接威胁。此外，矿区周边农田监测显示，玉米籽粒Cd含量达0.4mg/kg，超出食品安全国家标准（gb2761-2021）1.3倍，形成潜在的生态风险链。

4.2.2 地形地貌破碎化

矿坑边坡稳定性差，历史监测数据显示年均滑坡频率达 2.3 次 /km²，严重制约植被定植。在空间分布上，坡度 >45° 的区域占比达 38%，且坡面物质组成以粒径 >20cm 的砾石为主，导致客土覆盖层难以附着。水文观测表明，边坡径流系数高达 0.65，地表径流冲刷强度是自然坡面的 8~12 倍，加剧了土壤侵蚀与养分流失^[2]。

4.2.3 气候水文条件约束

矿区年际降水变异系数达 28%，春旱期（3-5 月）土壤含水率常低于 8%，而修复植物蒸腾速率峰值达 3.5mmol/(m² · s)，导致水分供需失衡。冬季极端低温（-37℃）与冻融循环作用使表层基质孔隙度降低 40%，抑制植物根系发育。此外，地下水位较开采前下降 8~12m，矿坑周边植被重建需依赖人工灌溉系统，显著增加了后期管护成本。

4.3 历史修复工程局限性

2010-2015 年实施的客土覆盖工程显示，30cm 厚黄土覆盖层在暴雨期（1 小时降雨量 >50mm）的流失率达 65%，暴露出客土与原基质界面结合强度不足的问题。植被调查发现，刺槐和紫穗槐的 3 年存活率仅为 18%，根系解剖显示重金属导致的根尖细胞坏死率达 73%。该案例表明，未针对重金属污染与土壤结构进行系统改良的传统修复模式难以实现生态系统的可持续恢复。

5 基于林业生态工程的修复技术体系

5.1 工程措施与生态修复协同设计

针对露天矿高陡边坡（坡度 >35°）的稳定性问题，采用“工程固坡 + 植被复垦”的协同治理模式。首先通过分级削坡（台阶高度 8~10m，平台宽度 5~8m）降低边坡势能，结合锚杆框架梁（间距 2.5m × 2.5m）与植被混凝土喷播技术（厚度 8~10cm）形成复合防护体系。实验数据表明，该措施可使边坡抗滑安全系数由 0.92 提升至 1.35，满足规范要求（gB51018-2014）。

地表径流调控采用“拦截 - 储蓄 - 净化”三级系统：在边坡顶部设置截水沟（断面尺寸 0.5m × 0.5m），中部布设鱼鳞坑（直径 1.2m，深 0.8m），底部构建人工湿地（面积 2.3hm²）。水文监测显示，该系统可将 5 年一遇暴雨径流系数由 0.68 降至 0.32，径流含沙量减少 74%。结合生态排水沟（种植菖蒲、芦苇等挺水植物），实现了水土保持与面源污染控制的双重目标。

5.2 土壤改良与植被重建技术

5.2.1 重金属污染土壤修复

采用“生物炭钝化 + 微生物活化”联合修复技术：向污染土壤（Pb230mg/kg, Cd1.2mg/kg）中添加 10%（w/w）核桃壳生物炭（比表面积 580m²/g），可使 Pb、Cd 有效态含量分别降低 57% 和 63%。同时接种功能菌剂，通过分泌有机酸（草酸含量增加 2.3 倍）促进重金属生物有效性。

5.2.2 适生植物筛选与群落构建

基于植物抗逆性评价体系（耐旱性、重金属耐性、固

氮能力），筛选出优势物种：先锋植物：沙棘耐盐碱（pH9.0）、耐贫瘠（N 含量 <0.1%）；固氮植物：紫穗槐、刺槐，可使土壤全氮含量增加 0.08g/kg；富集植物：蜈蚣草、印度芥菜，Cd 富集量达 15mg/kg。采用“先锋植物拓荒 - 固氮植物改土 - 富集植物修复”的时序重建策略，3 年后土壤有机质含量可由 0.3% 提升至 1.8%，植被覆盖率达 65%^[3]。

5.3.1 乔灌草立体配置模式

基于生态位互补原理，构建具有垂直分层结构的植物群落体系。在乔木层，选择耐贫瘠且抗逆性强的云杉与辽东栎作为建群种，采用 3m × 3m 的株行距进行定植，形成林冠层的主体结构。灌木层配置胡枝子和连翘，以 2.5 株 /m² 的密度交错种植，既发挥固土保水功能，又为草本植物提供微环境庇护。草本层以紫花苜蓿与早熟禾混播形成地被层，通过 80% 以上的覆盖率实现地表快速覆盖。

该立体配置模式显著提升了生态系统服务功能：群落总生物量达 12.6t/hm²，较单一草本群落提高 2.3 倍；地表径流系数由 0.45 降至 0.19，径流拦截率达 58%；土壤侵蚀模数从修复前的 8000t/(km² · a) 降至 1200t/(km² · a)，达到轻度侵蚀标准（SL190-2007）。通过不同植物根系在垂直空间的分布（乔木根深 1.5~2.0m，灌木 0.5~1.0m，草本 0~0.3m），实现了水分与养分的梯度利用，有效改善了土壤结构。

5.3.2 生态廊道建设与生物多样性保护

沿矿坑周边构建 30~50m 宽的生态隔离带，种植山桃、暴马丁香等蜜源植物，吸引昆虫 12 科 38 种。通过连通矿区内外的植被斑块，形成“核心区 - 缓冲区 - 实验区”的空间格局，使鸟类多样性指数由 0.85 提升至 1.92（Shannon-Wiener 指数）^[4]。

6 结语

综上所述，在林业生态工程的指导下，科学合理地运用生态修复技术和绿化植物配置措施，对于恢复矿山受损生态环境、促进生态系统服务功能重建具有至关重要的作用。综合运用先进生态修复技术，有效解决了露天矿退煤闭坑后植被恢复难题。同时，依据当地气候、土壤条件及生态位原理，精心挑选并合理配置了适宜的绿化植物，不仅增强了生态系统的稳定性，还提升了景观美学价值，为矿山生态修复与景观重建树立了典范。

参考文献

- [1] 桑立,海龙,程霞,等.矿山生态修复技术和绿化植物配置措施研究[J].世界有色金属,2024,(23):103-105.
- [2] 范永超.矿山生态修复技术和绿化植物配置方案[J].中国金属通报,2024,(05):219-221.
- [3] 付俊杰.矿山生态修复绿化技术与绿化配置研究[J].西部资源,2022,(03):79-82.
- [4] 龙江洪.矿山生态修复技术和绿化植物配置措施研究[J].江西建材,2021,(04):256-257.

Analysis of detection method and quality management countermeasures of total nitrogen in water

Yunxiao Liang

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

Abstract

In the link of water environment monitoring, total nitrogen, as a common nutrient, will cause eutrophication in water and affect water quality, so the total nitrogen detection will become the key to measure water quality. The inspectors need to choose the appropriate detection method according to the needs to provide accurate information for the subsequent treatment. This requires relevant personnel to select appropriate equipment and technology according to the requirements of water testing to ensure the accuracy of testing. This paper starts with the detection of total nitrogen in water, analyzes the difficulties of detection, and then formulates the appropriate detection methods to realize the collection of information. And to carry out targeted quality management strategies to ensure the smooth development of testing.

Keywords

total nitrogen detection; water quality; eutrophication; quality control

浅析水中总氮检测方法与质量管理对策

梁芸潇

保定市民科环境检测有限公司，中国·河北 保定 071000

摘要

水环境监测环节，总氮作为常见的营养物质，在水体中会造成水体的富营养化，影响水质，所以总氮检测就成为水质衡量的关键，需要检测人员根据需要，选择合适的检测方法，为后续的治理提供精确信息。这就要求相关人员根据水体检测要求，选择合适的设备与技术，保证检测的精准度。本文就从水中总氮检测入手，分析检测的难点，然后结合这些难点制定合适的检测方法，实现信息的收集。并且开展针对性的质量管理策略，保证检测顺利开展。

关键词

总氮检测；水质；富营养化；质量控制

1 引言

总氮，简称为 TN，是水中各种形态无机和有机氮的总量，水中的总氮含量是衡量水质的重要指标之一，其测定有助于评价水体被污染和自净状况。一般而言，总氮包括 NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 等无机氮和蛋白质、氨基酸和有机胺等有机氮，以每升水含氮毫克数计算。但是水质状况一般较为复杂，总氮的检测就存在一些难点，影响检测精准度。此背景下，就需要检测人员结合检测需要，合理选择碱性过硫酸钾紫外分光光度法、气相分子吸收光谱法以及氨氮、硝酸根、亚硝酸根等检测技术，并且开展质量控制，保证检测的精准度。

【作者简介】梁芸潇（1991—），女，中国河北保定人，本科，中级，从事环境检测研究。

2 总氮概述

2.1 概念

总氮（Total Nitrogen, TN）是指水体、土壤、气体或其他环境介质中所有氮的总量（如图 1 所示）。氮是生物体所需的重要元素，参与蛋白质、核酸等生物分子的合成，但其过量积累可能对生态环境和水质产生负面影响。通常包括氮的所有形态，如氨氮（ NH_4^+ ）、亚硝酸盐氮（ NO_2^- ）、硝酸盐氮（ NO_3^- ）和有机氮等。总而言之，总氮是水质监测中的重要指标^[1]。

2.2 总氮的环境影响

总氮会对水体产生多样化的影响，首先，过量的氮，尤其是硝酸盐氮，会促进藻类的过度生长，形成藻类水华，消耗水中的氧气，破坏水生生态系统；其次，硝酸盐氮可以渗入地下水中，影响水质，尤其是在农业区，长期的化肥使用会增加硝酸盐的浓度。

综上，总氮是评估水质和环境健康的重要指标之一，特别是在水体污染和富营养化的监测中。控制总氮的排放、

减少化肥使用和处理污水等措施对保护水体生态和改善环境质量具有重要意义。

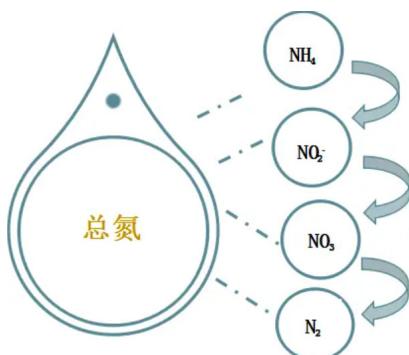


图 1 总氮的组成

3 水中总氮检测的难点

总氮检测作为水资源状况调查的关键，可以时时了解水中的总氮状况，是环境保护的重要一环。但是实际检测环节，由于水环境状况复杂，实际检测环节就还存在一些难点。

3.1 氮的形态复杂

水中的氮以多种形式存在，包括氨氮(NH_4^+)、亚硝酸盐氮(NO_2^-)、硝酸盐氮(NO_3^-)和有机氮等。这些不同形态的氮在检测时需要分别处理和转化，检测方法要求精确且能全面涵盖所有氮的形态。由于氮的形态复杂，直接测定总氮会受到多种干扰因素的影响。

3.2 有机氮的处理难度较大

有机氮通常以蛋白质、氨基酸、尿素等形态存在，提取和转化这些有机氮是一项技术挑战。有机氮需要通过氧化反应转化为可以检测的形式（如氨氮或硝酸盐氮），但这一过程对实验条件要求较高，并且可能会受到样品中其他成分的影响。

3.3 存在氨氮的干扰

氨氮(NH_4^+)在水中经常存在，其在某些检测方法（如凯氏定氮法）中可能对总氮的准确性产生干扰。在某些检测中，氨氮可能与其他氮形态无法完全区分，进而影响总氮的测定结果。

3.4 样品前处理的复杂性

水样的前处理是总氮检测中的重要环节，尤其是在检测有机氮时。前处理不当可能导致氮形态的损失或转化不完全，从而影响检测结果的准确性。例如，水中有有机物的干扰、溶解氧的变化等都可能对总氮的准确测定产生影响。

3.5 仪器设备的要求较高

一些总氮检测方法，如紫外分光光度法和凯氏定氮法，需要高精度的实验设备和仪器，且操作人员需要具备较高的技术水平。这些设备和技术要求可能导致实验成本较高，并且对于实验室的环境条件有较高要求。

3.6 存在环境因素的影响

水样的温度、pH值、浑浊度以及水中其他溶解物质（如

有机物、金属离子等）都可能对总氮的检测产生影响。环境因素的变化可能导致检测结果的波动，增加了检测的复杂性和不确定性。

综上，水中总氮的检测还存在诸多难点，制约水资源状况的收集，要求相关人员结合总氮检测实际，对这些难点进行分析，并且合理地进行解决。

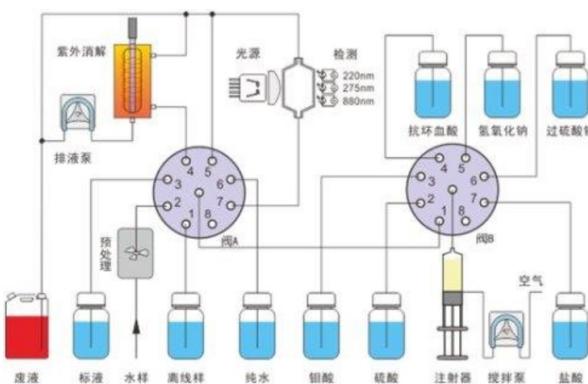


图 2 总氮检测流程

4 水中总氮检测方法

水中总氮检测方法有多种，常见的几种方法包括凯氏定氮法、催化氧化法、紫外分光光度法和高效液相色谱法等。不同方法适用于不同的检测需求，需要相关人员结合需要进行选择，以保证检测的精准度，常见的检测方法包括以下几种（如图 2 所示）。

4.1 凯氏定氮法

凯氏定氮法是一种经典的总氮测定方法，作业环节，通过强酸（通常是硫酸）将水中的氮化合物（包括氨氮、有机氮等）转化为氨(NH_3)，然后用碱性溶液蒸馏出氨气并吸收在已知浓度的酸溶液中，最后通过酸碱滴定测定氮的含量。

该技术的优点是适用于各种水样，包括复杂样品，而且准确度高，适用于精确分析。缺点是测定过程繁琐，耗时较长，需要使用强酸和高温设备，操作存在一定的危险性^[2]。而且该技术不能单独区分不同氮形态。相关人员在应用该技术时需要根据技术的性质合理选择，充分发挥其优势。

4.2 催化氧化法（或化学氧化法）

催化氧化法是利用强氧化剂（如高锰酸钾或过硫酸钾）将水中的氮化合物（氨氮、有机氮等）氧化为硝酸盐(NO_3^-)的技术。氧化后，硝酸盐氮的含量可以通过比色法或分光光度法测定。该技术的优点是操作相对简便，适用于多种水样，测定速度较快。缺点是可能受到水中其他有机物和无机物的干扰，影响准确性，而且对低浓度氮的检测灵敏度可能不够。这就要求相关人员在应用该技术时充分了解其优缺点与应用流程，以保证检测的精准度。

4.3 紫外分光光度法

紫外分光光度法通常基于水中的氮化合物在紫外光区

的吸收特性。作业环节，总氮的检测通过在水样中加入氧化剂（如过硫酸钾），将氮化合物氧化成硝酸盐氮，随后就可以使用紫外分光光度计测定水样的吸光度，从而推算总氮含量。实际来看，该技术具有操作简单、快速，适用于现场快速检测以及无需复杂的前处理过程等优势。但是对水体中的其他物质（如有机物、悬浮物等）敏感，可能导致干扰。而且灵敏度较低，对于低浓度氮的测定可能不够精确。此背景下，就要求检测人员结合检测需要进行设计。

4.4 高效液相色谱法（HPLC）

高效液相色谱法（HPLC）是通过液相色谱分离水中的氮化合物，并使用合适的检测器（如紫外检测器或荧光检测器）进行定量分析的技术。此方法常用于更复杂的样品，能够较好地区分不同形态的氮。该技术能够提供较高的分辨率，能够区分不同形态的氮（如氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮等），具有精度高，适用于复杂样品的优势^[3]。但是该技术设备要求高，成本较大，而且操作复杂，需要较高的技术水平。

4.5 气相色谱法（GC）

气相色谱法可以分离和检测水样中的氮化合物，尤其适用于分析复杂水样中的多种氮化物。而且，通过采用适当的检测器（如火焰离子化检测器 FID 或质谱检测器 MS），还可以定量不同形态的氮。该技术的精确度高，适合复杂样品的分析，并且能够检测多种氮形态。但是设备昂贵，操作复杂，而且技术要求较高。

综上，不同的水中总氮检测方法各有优缺点，选择合适的方法需根据实际需要、检测样品的类型及实验条件来决定。

5 水中总氮检测的质量管理对策

水中总氮检测化解，有效的质量控制策略可以帮助识别潜在的系统误差、操作错误和实验环境的影响，就需要相关人员通过以下手段开展控制，保证检测作业的顺利进行。

5.1 样品的代表性与采样质量控制

检测人员需要确保采集的水样具有代表性，避免样品受到污染或不均匀的影响。样品应从水体的不同位置进行采集，尤其是当水体较大或不均匀时。而且样品应根据所选的检测方法在适当的条件下储存。通常，水样应保持在冷藏状态，并尽量在短时间内进行分析，以避免氮化合物的降解或变化。

5.2 实现标准物质和校准

需要检测人员使用已知浓度的标准物质进行校准，确保检测设备的准确性和方法的可靠性。标准溶液应通过认证的标准物质公司采购，并保持适当的保存条件。并且定期对仪器（如分光光度计、气相色谱仪等）进行校准，以确保测量结果准确。仪器应使用具有认证浓度的标准溶液进行校准，并记录校准过程中的偏差和修正措施。

5.3 需要开展方法验证与重复性检查

方法验证环节，在初次使用某种检测方法时，应进行

方法验证，确保该方法适用于特定类型的水样，并能在规定的浓度范围内提供准确可靠的结果。重复性测试环节，每个批次的样品最好进行重复测试，确保检测结果具有良好的可重复性。如果测量结果之间存在较大偏差，需要进一步排查原因（如设备故障、操作错误等）。

5.4 需要设计空白和对照样品

检测人员需要采用空白样品进行分析，以检查仪器是否存在背景干扰或污染，确保检测设备没有在测试过程中引入外部污染物。还需要定期使用已知浓度的对照样品进行测试，验证分析过程中的准确性。对照样品可以是自制标准溶液或外购的标准物质。

5.5 重视实验室环境控制

对于一些对环境条件敏感的化学反应，保持恒定的实验环境非常重要。所以检测人员需要检查实验室的环境条件，如温度、湿度、空气质量等，以确保这些因素不会对测试结果产生不利影响。

5.6 要进行操作员培训和标准化程序设计

操作员的熟练程度对结果的准确性和可靠性有直接影响。所以检测单位需要定期对操作人员进行培训，确保他们掌握正确的操作方法，并能按照标准操作程序（SOP）进行工作。此外，还需要确保所有实验步骤都有明确的标准操作程序，尤其是在样品制备、试剂使用和仪器操作等方面，减少人为错误。

5.7 开展质量审查与外部质量评估

还要求检测人员定期审查实验数据、报告及操作记录，确保每个环节都符合质量标准，及时发现并纠正问题。为了保证精准度，还需要由第三方组织的外部质量评估（如交叉验证、能力验证等），对实验室的检测能力进行独立评估。通过与其他实验室的结果比较，确保测量结果的准确性。

6 结语

综上所述，水质总氮的测定受到多种因素的影响。为了提高测定的准确性，需要重视采样、保存、分析方法选择、干扰物质消除以及仪器和试剂的质量等方面的问题，并采取相应的措施加以控制。只有这样，才能获得可靠的水质总氮数据，为水环境管理和保护提供有力支持。

参考文献

- [1] 蒲双红. 检测水中总氮过程中主要影响因素的探讨与研究 [J]. 实验室检测, 2024, 2 (08): 86-89.
- [2] 陈婧, 支红峰, 胡中豪, 等. 水中总氮检测方法的研究和改进 [C]// 中国环境科学学会环境工程分会. 中国环境科学学会2019年科学技术年会——环境工程技术创新与应用分论坛论文集(四). 永康市食品药品检验检测中心; 2019: 4.
- [3] 吴丹,王昆,刘英,等. 水中总磷的检测方法研究进展 [J]. 工业水处理, 2022, 42 (07): 52-58.

Exploration of the radiation environment management strategy and innovation path of the sustainable development concept

Ling Sun

Hubei Huanggang City Radiation Environment Management Center, Huanggang, Hubei, 438000, China

Abstract

With the increasingly severe global environmental problems, radiation environmental management has become an important part of the field of environmental protection. Especially under the wide application of nuclear energy, medical radiation, industrial radiation and other fields, the potential impact of radiation on the environment and human health cannot be ignored. In order to effectively control radiation environmental risks, it is crucial to implement the concept of sustainable development. This paper discusses the application of the concept of sustainable development in the radiation environment management, analyzes the challenges and deficiencies of the current radiation environment management, and puts forward the innovative path of the radiation environment management based on the actual cases. The research shows that the radiation environmental management strategy combined with the concept of sustainable development is conducive to the coordinated development of environmental protection, economic benefits and social responsibility, so as to promote the long-term sustainability of environmental governance.

Keywords

sustainable development, radiation environmental management, innovation path, nuclear energy, environmental protection

可持续发展理念的辐射环境管理策略与创新路径探索

孙凌

湖北省黄冈市辐射环境管理中心，中国·湖北 黄冈 438000

摘要

随着全球环境问题的日益严峻，辐射环境管理已成为环境保护领域的重要组成部分。特别是在核能、医疗放射、工业辐射等领域的广泛应用下，辐射对环境与人类健康的潜在影响不容忽视。为了有效控制辐射环境风险，实施可持续发展理念至关重要。本文探讨了可持续发展理念在辐射环境管理中的应用，分析了当前辐射环境管理面临的挑战与不足，并结合实际案例，提出了辐射环境管理的创新路径。研究表明，结合可持续发展理念的辐射环境管理策略，有助于实现环境保护、经济效益与社会责任的协调发展，从而促进环境治理的长期可持续性。

关键词

可持续发展，辐射环境管理，创新路径，核能，环境保护

1 引言

辐射环境管理在当今社会中具有重要地位，尤其是在核能、医疗、工业等领域，辐射作为一种无形但具有广泛影响的因素，长期以来对环境及人类健康产生着潜在威胁。辐射环境管理的核心目标是最大限度地减少辐射对生态环境和公众健康的影响，保障社会的可持续发展。近年来，随着社会对于环境问题关注度的提升，传统的辐射管理模式面临着前所未有的挑战，如何在保障经济效益的同时有效进行辐射环境管理，成为亟须解决的问题。

可持续发展理念作为当前全球社会的核心发展理念，主张经济、社会与环境的和谐发展。其强调在保证经济社会发展的前提下，充分保护环境，实现资源的合理利用。将这一理念引入辐射环境管理中，旨在通过制定合理的政策、采取创新的技术手段及管理方法，实现辐射风险的有效控制，推动社会的健康与绿色发展。本文将深入探讨可持续发展理念在辐射环境管理中的应用及创新路径，探索其在现代环境治理中的潜力与作用。

2 辐射环境管理的现状与面临的挑战

2.1 辐射环境管理的基本概念与现状

辐射环境管理指的是通过一系列措施和手段，对辐射环境进行科学管理，以确保辐射对环境与人类健康的影响降

【作者简介】孙凌（1971—），男，中国湖北黄冈人，本科，工程师，从事辐射安全与防护工程研究。

至最低。这些措施包括辐射源的控制、环境监测、辐射防护等内容。随着核能、医疗放射、工业应用等领域的发展，辐射环境管理的重要性逐渐凸显。当前，许多国家和地区已建立起辐射环境监测体系和相关的管理法规，力求在辐射风险控制方面取得显著成效。

然而，辐射环境管理面临的挑战仍然不少，主要表现在以下几个方面：一是辐射源的分布广泛且多样化，不仅局限于核电站等大型设施，还涉及医疗设备、工业放射源等日常应用；二是辐射环境影响具有长期性和累积性，难以立即显现，因此管理工作需要长远规划与持续执行；三是辐射环境管理涉及多个领域，包括环境监测、法规建设、技术应用等，需要多方面协同合作。面对这些挑战，辐射环境管理的现状需要进一步完善和创新，以适应现代社会的快速发展^[1]。

2.2 传统辐射环境管理的不足

传统的辐射环境管理主要侧重于辐射源的监控与防护，重点是对辐射设备的检查与维护，以及辐射防护设备的配置。虽然这一模式在一定程度上降低了辐射风险，但由于技术手段的局限性和管理方式的单一，传统管理模式存在诸多不足：首先，传统管理过于侧重于事后应急处理，而忽视了预防性措施的有效性；其次，传统管理往往依赖政府与行业监管部门，缺乏公众参与和社会共治，导致辐射安全管理的整体效能较低；最后，管理手段和技术较为落后，缺乏对辐射源动态监测和长时间预测的能力，难以应对日益复杂的辐射环境问题。

2.3 辐射环境管理的挑战与可持续发展的关系

随着全球化进程的加速，辐射环境管理面临更加复杂的挑战。辐射源的分布更加广泛，辐射环境的管理需要更多的社会参与和技术创新。如何平衡经济发展、环境保护与公众健康，成为辐射环境管理的关键问题。可持续发展理念的提出为这一问题提供了新的解决思路。可持续发展强调在实现经济增长的同时，关注社会和环境的可持续性，倡导资源的高效利用与环境的长期保护。在辐射环境管理中引入可持续发展理念，不仅有助于提高管理水平，还能推动管理模式的创新和技术手段的提升^[2]。

3 可持续发展理念在辐射环境管理中的应用

3.1 辐射环境的可持续性与生态保护

辐射环境的可持续性是辐射环境管理中的核心问题之一。辐射对生态环境的影响往往具有潜在性和长期性，随着放射性物质的积累，环境中的辐射浓度会逐渐增加，从而对动植物和人类产生不利影响。应用可持续发展理念，要求从环境保护的角度出发，实施辐射环境管理策略，保障生态系统的健康与稳定。这包括通过严格的环境监测，实时掌握辐射污染的分布与变化；同时，在辐射源的建设、运行与拆除等过程中，贯彻生态保护措施，防止辐射物质的扩散和累积。

例如，核电站、医疗放射设备等高辐射源的环境监控

系统，需要通过引入先进的传感技术与监控设备，进行实时监测和数据分析。这些数据不仅有助于评估辐射源的安全性，还可以为后续的辐射污染治理和环境恢复提供科学依据。通过采用绿色、可循环利用的技术，减少辐射源对环境的长期影响，推动辐射环境的可持续发展。

3.2 辐射环境管理的创新路径

3.2.1 技术创新与数字化管理

技术创新是实现辐射环境管理可持续发展的关键路径之一。随着信息技术、物联网、大数据分析等技术的发展，辐射环境的监控和管理得到了极大地提升。例如，利用物联网技术和传感器对辐射源进行动态监测，通过大数据平台对辐射环境的数据进行实时分析和评估，提前发现潜在的辐射污染风险，并采取相应的预防措施。这种数字化管理方法使得辐射环境管理更加精确、高效，也提高了环境保护的时效性和科学性^[3]。

3.2.2 社会参与共治机制

辐射环境的管理不应仅仅依赖政府与行业监管部门，社会各界的参与同样至关重要。可持续发展理念提倡社会共治，鼓励公众参与环境保护工作。在辐射环境管理中，可以通过4·15全民国家安全教育日和6·5世界环境日，加强公众的辐射安全意识教育，提升社会整体的环保意识，解决好群众关切的辐射问题，争取公众对核与辐射事业发展的理解和支持，有效防范化解“邻避效应”。同时，通过公开透明的信息平台，让公众了解辐射环境管理的现状、政策和措施，增强社会各界的监督和参与度。建立社会共治机制，充分发挥政府、企业、社会组织和公众的协同作用，共同推动辐射环境的安全管理和可持续发展。

3.2.3 绿色技术和清洁能源的引导

在辐射环境管理的过程中，绿色技术和清洁能源的应用是实现可持续发展的另一个重要路径。对于核能和其他辐射源的使用，应加强绿色技术的研发和应用。例如，发展辐照灭菌保鲜项目、低污染的核能技术，推动核电站的安全运行和废料处置技术的创新，减少辐射对环境的负面影响。此外，推动可再生能源的使用，减少对传统化石能源的依赖，从根本上减少环境污染。

3.3 全球辐射环境管理的经验与启示

通过对国际辐射环境管理的研究，许多国家和地区在辐射环境的管理方面积累了丰富的经验。例如，欧洲国家在辐射防护和环境管理方面建立了严格的法规和标准，实施辐射监测、污染控制、应急处理等措施，取得了良好的效果。借鉴这些经验，中国在推进辐射环境管理，可以结合自身国情，实施更为科学和精准的管理策略。

4 辐射环境管理策略的优化与未来展望

4.1 强化辐射环境监测体系

随着辐射源的日益多样化与复杂化，辐射环境监测体

系的建设已经迫在眉睫。近年来，随着核能、医疗放射、工业辐射等多个领域的广泛应用，辐射环境的管理面临着巨大的挑战。在这种背景下，建立一套高效的辐射环境监测体系显得尤为重要。该体系的建设不仅能够及时发现和评估辐射环境的变化，还能为辐射防护工作提供科学依据。因此，推动辐射环境监测体系的建设与完善，不仅能有效提高辐射安全管理水，还能增强公众对辐射环境的认知与信任。

首先，要加强辐射监测网络的建设。目前，辐射监测在全球范围内还存在一定的技术与区域性差异。为了全面提升辐射环境的监测能力，各国和地区需要加大投入，建设更加精细化、广覆盖的辐射监测网络。监测网络的建设不仅仅是安装设备的问题，更是如何通过系统化、网络化的方式，将分散的监测点连接起来，形成一个完整的辐射监测体系。这一体系可以在不同地区、不同领域之间共享数据，实时更新环境辐射状态，能够迅速、准确地发现潜在的辐射风险，提升应急响应能力。

其次，提升监测技术的精度和覆盖面也是辐射环境监测体系建设中的重要任务。随着科技的进步，辐射监测技术已经取得了显著的进展，现代监测技术如传感器网络、遥感技术、数据分析平台等，能够提供更加精确和高效的数据支持。然而，当前监测技术的精度和实时性仍然存在一定的提升空间，尤其是在一些辐射较为复杂的区域或高风险辐射源周围，监测数据的准确性和及时性至关重要。为此，持续提升技术精度、降低设备故障率、扩大监测网络的覆盖范围，已成为提高辐射环境监测效果的核心任务^[4]。

4.2 政策与法规的完善

辐射环境管理的政策与法规体系是保障辐射安全和有效管理的基础。合理的政策与完善的法规为辐射环境的规范管理提供了法律框架和执行标准。在全球环境保护与可持续发展理念的推动下，强化辐射环境管理法规的建设，确保辐射环境管理的规范性和系统性，已成为当今社会的重要课题。

首先，政策制定需要适应环境变化的需求。辐射环境管理的政策体系应当具备前瞻性和适应性，能够应对日新月异的技术变革与辐射风险。例如，随着核能、医疗放射、工业应用等领域技术的不断发展，新型辐射源和更复杂的辐射环境将不断涌现。因此，政策制定者需要根据辐射技术的发展动态及时更新相关法规，确保政策能够应对不断变化的辐射环境和技术难题。

其次，完善辐射环境管理的法规体系是保障辐射防护

措施有效实施的前提。在辐射环境管理方面，许多国家已经制定了相关的法规，并逐步推动辐射防护的标准化、法规化。然而，现有的法规往往存在一定的滞后性，无法完全适应当前快速发展的科技和环境形势。因此，国家层面的辐射环境管理法规亟待进一步完善，包括加强对放射源的控制、加强对环境辐射剂量的限制、加强对公众健康和生态环境的保护等方面的规定。特别是在一些高风险辐射环境下，法规的严格执行尤为重要。建立更加严密的辐射监测和审查体系，以及严格的辐射废物管理制度，对于预防辐射事故、降低环境污染起到至关重要的作用^[5]。

下一步，辐射环境管理的政策和法规需要明确各方面的责任与分工。当前，辐射管理的责任常常分散在多个部门之间，缺乏统一协调的机制。因此，制定统一的管理框架和责任体系显得尤为重要。政府相关部门应明确各自的职责，建立跨部门协调机制，加强信息共享与合作，从而确保辐射环境管理的高效运行。

5 结语

辐射环境管理作为实现可持续发展的关键环节，直接影响到生态环境的保护与人类健康的保障。通过引入可持续发展理念，不仅能够提高辐射环境管理的科学性和有效性，还能够推动辐射防护技术的创新，提升社会对辐射问题的关注和参与度。未来，随着科技的进步和社会意识的提升，辐射环境管理将朝着更加绿色、智能和高效的方向发展，推动全球环境保护事业向前迈进。

参考文献

- [1] 刘莎,季荣梦,王君萍.机构投资者持股、绿色创新与企业可持续发展绩效[J/OL].财会月刊,1-7[2025-03-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1290.F.20250228.1639.034.html>.
- [2] 周小勇,胡雅雯,李高超.制造业数字化、绿色化与高端化协同发展研究进展[J/OL].能源研究与管理,1-11[2025-03-03].<https://doi.org/10.16056/j.2096-7705.2025.01.001>.
- [3] 任逸飞,洪俊林,李晓娟,等.绿色办公建筑能耗分析与节能策略研究[J].上海节能,2025,(02):217-226.DOI:10.13770/j.cnki.issn2095-705x.2025.02.010.
- [4] 林晨,许明发,崔伦,等.广西典型锆钛矿加工企业辐射环境监测及辐射安全管理建议[J/OL].中国辐射卫生,1-17[2025-03-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1206.R.20250227.1426.016.html>.
- [5] 郑岩岩,王泽业,王如华,等.辐射制冷涂料耐日照性能研究[J].能源工程,2025,45(01):77-84.DOI:10.16189/j.nygc.2025.01.011.

Variety composition and structural characteristics of plant communities in LiuIsland, Jiading, Shanghai

Tingting Lu

Shanghai Jiading District Forestry Station, Shanghai, 201899, China

Abstract

This study for the urbanization of vegetation fragmentation caused by ecosystem degradation, Shanghai jiading island 80m 80m fixed sample object, using long-term positioning monitoring and important value analysis method, from the species composition, regional characteristics, vertical structure characteristics, seedling update characteristics analysis, in order to Shanghai plain plantation quality improvement, urban vegetation ecological restoration and biodiversity monitoring network construction to provide basic data and reference model.

Keywords

plant community; structural characteristics; biodiversity; plantation regeneration

上海嘉定浏岛植物群落种类组成和结构特征

陆婷婷

上海市嘉定区林业站，中国·上海 201899

摘要

本研究针对城市化进程中植被碎片化导致的生态系统退化问题，以上海嘉定浏岛80m×80m固定样地为对象，采用长期定位监测与重要值分析方法，从物种组成、区系特征、垂直结构特征、幼苗更新特征四方面分析总结，以期为上海平原地区人工林质量提升、城市植被生态恢复及生物多样性监测网络构建提供基础数据与参照模型。

关键词

植物群落；结构特征；生物多样性；人工林更新

1 引言

城市化进程的加速正以前所未有的强度改变着城市生态格局。作为城市生态系统的核心组成部分，城市森林植被在基础设施扩张与景观规划需求的双重压力下，呈现出岛屿化、破碎化特征。这不仅导致碳储量、生物多样性等功能退化，更使得残存植被成为研究城市生态系统适应性与恢复力的关键载体。

长期定位观测作为生态研究的重要基础手段，通过设置固定样地，进行长期监测与数据采集，分析生态系统在自然演替与人为干扰下的不同变化，揭示生态系统发生、发展、演替的内在机制和生态系统自身的动态平衡^[1]。

本文通过在嘉定浏岛建立的80m×80m固定样地，以样地内的乔、灌木以及幼苗作为监测对象，并借助长期定位监测手段，针对区域内的植物群落动态变化以及更新格局特

征展开研究，系统分析植物群落的物种组成、区系特征及垂直结构，剖析形成更新格局的原因和效应。本文将简要介绍此固定样地的本底概况，为后期监测结果的对比提供基础资料。

2 研究区域概况

嘉定区浏岛野生动物重要栖息地(31° 29' 27" N, 121° 14' 31" E)位于嘉定区最北端，是华亭镇北侧新老浏河形成的岛状区域，总面积93.6公顷，海拔3m^[2]。该研究区域作为上海平原地区保存较好的人工-自然过渡生态系统，经长期封育管理，形成了以白玉兰(*Magnolia denudata*)、银杏(*Ginkgo biloba*)为优势种的常绿-落叶阔叶混交林，林下自然更新格局显著。地处中亚热带北缘，受东亚季风气候影响，气候温暖且湿度较大，降水丰沛，四季特征鲜明，年平均温度16.2℃，7月的月平均最高气温可达32.1℃，12月的月平均最低气温则仅0.51℃^[3]。独特的气候-地形耦合效应造就了复杂多样的微生境，为研究植被更新动态与生物多样性维持机制提供了理想平台。

【作者简介】陆婷婷(1986-)，女，中国上海人，本科，助理工程师，从事公益林管理、森林资源管理、生态定位监测研究。

3 研究方法

3.1 样地设置与调查

2017年9月初，在嘉定区浏岛野生动物重要栖息地中选取一块 $80\text{m} \times 80\text{m}$ 的区域作为固定样地。用全站仪以南北向为基准线，将整个样地划分成16个 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 样方，每个样方分成4个 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的样格；在 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 网格交叉点插上PVC管作标记，在 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 网格交叉点使用 $8\text{cm} \times 8\text{cm} \times 70\text{cm}$ 的水泥桩标记。

在目标样地内，针对所有木本植物开展全株普查工作。在各采样样格中，依据实地地形地貌特征，以“N”型或“Z”型路径有序展开清查作业。同时，为每一株植物悬挂特制标牌，完成个体标记环节。对于株高达到1.5米及以上的个体，优先运用分类学知识，辅以标本采集等专业鉴定手段，精准判定其植物分类，继而借助胸径尺、测高器、激光测距仪等专业测量器械，精确测定并详实记录每株植物的胸径(DBH, cm)、高度(H, m)等关键形态学指标。而对于高度低于1.5米的个体，则测量并记录各物种的高度以及每个样格的总盖度。

3.2 数据处理与分析

重要值计算：

$$\text{重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对显著度} + \text{相对频度})/3$$

$$\begin{aligned} \text{相对多度} (Dr) &= D(\text{某个种的株数}) / \Sigma D(\text{全部种的总株数}) \\ &\quad \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{相对显著度} (Pr) &= P(\text{某个种的断面积}) / \Sigma P(\text{全部种的总断面积}) \\ &\quad \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{相对频度} (Fr) &= F(\text{某个种的频数}) / \Sigma F(\text{全部种的总频度}) \\ &\quad \times 100\% \end{aligned}$$

表2 重要值大于0.01的木本植物($H \geq 1.5\text{m}$)特征

物种名	多度(株)	胸高断面积/(cm ² ·hm ⁻²)	相对多度	相对显著度	相对频度	重要值
白玉兰	470	109 642.90	0.577 4	0.419 037	0.241 4	0.412 6
银杏	76	96 369.85	0.093 4	0.368 309	0.137 9	0.199 9
朴树	119	1 727.42	0.146 2	0.006 602	0.172 4	0.108 4
广玉兰	46	51 527.46	0.056 5	0.196 929	0.069 0	0.107 5
榉树	62	2 323.96	0.076 2	0.008 882	0.155 2	0.080 1
构树	23	7.93	0.028 3	0.000 030	0.051 7	0.026 7
海州常山	7	2.38	0.008 6	0.000 009	0.034 5	0.014 4
香樟	4	16.38	0.004 9	0.000 063	0.034 5	0.013 2
桑树	3	33.39	0.003 7	0.000 128	0.034 5	0.012 8
女贞	2	0.83	0.002 5	0.000 003	0.034 5	0.012 3
柘树	2	2.18	0.002 5	0.000 008	0.034 5	0.012 3

4.2 木本植物区系特征

依照吴征镒对我国科、属地理区系成分的划分体系，对实地调查所记录的木本植物进行梳理。其中，19科被划归为6种分布区类型，28属被归入10种分布区类型（这里世界分布未纳入统计）。在这些类型中，热带分布区涵盖7

4 结果与分析

4.1 木本植物物种组成

经详细调查统计，共记录到30种木本植物，分属于19科，28属。其中，包含3种植物的科有：桑科、蔷薇科、榆科，均含3属3种；木犀科，包含2属3种。含2种的科有：忍冬科、樟科，均含2属2种；木兰科为1属2种。在全部19科里，仅有1属的科有13科，占比68.42%，分别为木兰科、马鞭草科、豆科、棕榈科、银杏科、大戟科、茄科、胡颓子科、卫矛科、无患子科、藤黄科、鼠李科和罗汉松科。这13科中，除木兰科外，均为含1种的植物科，占总科的63.16%

在物种构成方面，落叶树种在样地总物种数中占比达60%，占据主导地位；而常绿树种占比为40%。样地木本植物(植株高度 $H \geq 1.5\text{m}$)组成呈现显著分化特征：落叶类群以灌木为主体，常绿类群则以乔木为优势种。具体来看，落叶灌木占物种总数的33.33%，而常绿乔木占比达26.67%。表2数据显示，常绿树种共52株，其胸高断面积为 $51 544.68(\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2})$ ，重要值总和为13.29%；落叶树种总计762株，其胸高断面积 $210 110.02(\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2})$ ，重要值总和为86.71。

样地内个体数量超过50的物种共计4种。其中，白玉兰的个体数在样地总个体数中占比最大，达57.74%；朴树(*Celtis sinensis*)占比14.62%次之；银杏和榉树(*Zelkova serrata*)个体数相对较少，占比分别为9.34%和7.62%。重要值大于0.01的植物共有11种，具体见表2^[2]。在这些植物中，白玉兰的重要值最为突出，数值为0.412 6，其多度为470株，胸高断面积为 $109 642.90(\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2})$ 。银杏、朴树、广玉兰的重要值位列其后，且均超过0.1，分别为0.199 9、0.108 4和0.107 5，其胸高断面积依次是 $96 369.85(\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2})$ 、1 727.42($\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$)和 $51 527.46(\text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2})$ 。

科、10属，温带分布区则包含4科、15属。具体区系类型特征分析结果如表3所示。由表3可知，在科的分布区类型里，世界广布占比最高，达36.84%，以桑科(Moraceae)、蔷薇科(Rosaceae)、木犀科(Oleaceae)和榆科(Ulmaceae)等为典型；泛热带区以31.58%次之，以樟科(Lauraceae)、

棕榈科 (Palmae) 和卫矛科 (Celastraceae) 等为代表。可以看出, 热带分布区的科数量 (7) 相较于温带分布区的科数量 (4) 更多。在属的分布区类型里, 北温带分布占据主导, 占比为 25%, 代表属如桑属 (*Morus*)、榆属 (*Ulmus*)、忍冬属 (*Lonicera*) 和蔷薇属 (*Rosa*) 等; 其次为泛热带分布, 达 17.86%, 代表属如朴属 (*Celtis*)、算盘子属 (*Glochidion*) 和卫矛属 (*Euonymus*) 等; 温带分布区的属 (15) 多于热带分布区的属 (10); 中国特有的科和属是: 银杏科 (Ginkgoaceae) 和银杏属 (*Ginkgo*)。

表 3 木本植物区系类型

分布区类型	科数	属数
1. 世界广布 Cosmopolitan	7	2
2. 泛热带 Pantropic	6	5
3. 东亚及热带美洲间断 East Asia & Tropical America disjuncted	1	1
4. 旧世界热带 Old world tropics	0	0
5. 热带亚洲及热带大洋洲 Tropical Asia to Tropical Oceania	0	2
6. 热带亚洲及热带非洲 Tropical Asia to Tropical Africa	0	0
7. 热带亚洲 Tropical Asia	0	2
8. 北温带 North temperate	2	7
9. 东亚及北美间断 East Asia & North America disjuncted	2	3
10. 旧世界温带 Old World temperate zone	0	2
11. 温带亚洲 Temperate Asia	0	0
12. 地中海区、西亚至中亚 The Mediterranean region to Central Asia & West Asia	0	0
13. 中亚 Central Asia	0	0
14. 东亚 East Asia	0	3
15. 中国特有 Endemic to China	1	1
总计	19	28

4.3 群落垂直结构特征

群落内部层次分明, 按照物种高度与生活型, 将群落的垂直结构划分为三个层次: 林冠层 T(高度大于等于 10 米)、亚乔木层 U(高度在 4 米至 10 米之间)、灌木层 S(高度小于 4 米), 具体分层情况详见图 1。林冠层由白玉兰、银杏、广玉兰和榉树这四种植物构成; 亚乔木层包含榉树、桑树 (*Morus alba*)、朴树、银杏、白玉兰以及广玉兰, 共计六个物种; 灌木层有 11 个物种, 主要是白玉兰、朴树和榉树。需指出的是, 除林冠层个体是通过人工种植形成外, 其余个体皆为自然更新而成。

4.4 木本植物幼苗更新特征

本研究将个体高度小于 1.5m 的更新个体定义为幼苗, 共记录到 9647 株木本植物更新个体, 分属于 19 科 27 属 29

种。其中白玉兰的更新个体最多, 为 5751 株, 占更新个体总数的 59.61%; 海州常山和构树的更新个体次之, 分别为 1190 株和 1056 株, 占比 12.34% 和 10.95%。桑树、朴树、榉树、金银花和棕榈的更新个体也较多, 均在 200 株以上。样地内, 62% 的物种更新能力较差, 更新个体在 50 株及以下, 涉及金丝桃、榆树、山胡椒等 18 种物种。在这 18 种物种中, 广玉兰有着较大的重要值, 但其更新个体仅有 5 株; 更新个体数量超过 50 株的物种有 11 种, 其大多为落叶树种, 占总物种数的 37.93%。相比之下, 常绿树种仅女贞和棕榈 2 种, 占总物种数的 6.89%。

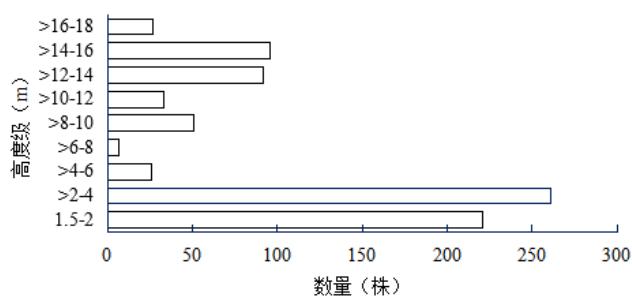


图 1 木本植物树高频率分布

5 结论

本文从物种组成和群落结构两个方面介绍了上海嘉定浏岛长期固定观测样地的本底情况。该样地为落叶阔叶人工林, 物种组成以落叶树种为主。其中包含木本植物 30 种, 分属于 19 科 28 属; 属地分布区类型主要为北温带分布, 其次均为泛热带区。由此可见, 浏岛样地的植被呈现出典型的亚热带与温带成分相互交融以及南北植物分布相互交错的显著特性。

该样地群落垂直结构分层明显, 乔木层最大高度超过 16 米, 主要以白玉兰和银杏为优势种, 并且乔木层可以进一步划分为两个亚层。灌木层集中在 2-6 米, 个体数量大, 多为乔木层优势种的幼树。草本层中存在大量的更新幼苗, 物种丰富。总体上, 该样地群落结构发育良好, 优势种在林下存在连续的更新个体, 可作为上海平原地区的人工林质量提升和更新抚育的参照系。

参考文献

- [1] 王金叶.加快森林生态研究 提升广西林业地位[J].广西林业科学, 2011, 40 (1):1-3.
- [2] 蔡张丽, 邓晓华, 陆婷婷.浏岛野生动物重要栖息地的维护与管理[J].安徽农学通报, 2018, (24):107-108.
- [3] 梁秀萍.上海市浏岛野生动物重要栖息地保护建设规划探索[J].华东森林经理, 2015, 29(3): 34-38.

Exploring Development Pathways for Protected Areas within the Natural Protected Area System: A Case Study of the Qinghai Datong Beichuan River Source National Nature Reserve

Zhen Wang Yankun Wang

Xi'an Lvhuan Forestry Technical Service Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710048, China

Abstract

The Qinghai Datong Beichuan River Source National Nature Reserve bears dual missions as an ecological barrier and a biodiversity conservation stronghold. This study employs case analysis, field investigations, and data integration to evaluate its ecological value, conservation outcomes, and existing challenges, while proposing targeted development strategies. Despite significant achievements in China's nature reserve development, persistent issues such as fragmented management systems, imbalanced funding allocations, and community coordination dilemmas remain critical obstacles. To address these challenges, we recommend deepening technological applications, refining community collaborative mechanisms, and strengthening climate resilience initiatives. Future efforts should prioritize exploring pathways for ecological asset valorization, advancing cross-regional collaborative governance frameworks, and innovating climate adaptation technologies. These strategies aim to establish practical paradigms for China's natural protected area system and contribute substantively to global ecological governance objectives.

Keywords

nature reserve; protected natural area system; ecological protection; snow leopard; sustainable development

自然保护地体系下保护区发展路径探索——以青海大通北川河源区国家级自然保护区为例

王珍 王延坤

西安绿环林业技术服务有限责任公司，中国·陕西 西安 710048

摘要

青海大通北川河源区国家级自然保护区具有生态屏障与生物多样性保护的双重使命。本研究通过案例分析、实地调研与数据整合，剖析其生态价值、保护成效及挑战，提出发展策略。尽管我国自然保护区建设成效显著，仍面临管理体制碎片化、资金投入失衡及社区协调困境。为此，建议深化科技应用、完善社区协同机制及强化气候韧性工程。未来需探索生态资产价值转化、跨区域协同治理及气候适应性技术研发，为我国自然保护地体系提供实践范式，助力全球生态治理目标。

关键词

自然保护区；自然保护地体系；生态保护；雪豹；可持续发展

1 引言

1.1 研究背景与意义

在全球生态挑战加剧背景下，我国着力构建自然保护地体系以维护生态安全与生物多样性。自然保护区作为核心载体，承担保护典型生态系统、濒危物种栖息地及自然遗迹等核心功能，是稳定生物链、保障水源涵养与气候调节的生态屏障，对国家生态安全具有战略意义。

青海大通北川河源区国家级自然保护区（以下简称“保

护区”）作为青藏高原东北缘的生态屏障，作为湟水河源头，其支撑着西宁市 80% 的生活用水，是“中华水塔”的核心支点。其涵盖高山冻原至河谷森林的完整生态梯度，为雪豹、马麝等濒危物种提供栖息地，同时，作为东亚—澳大利西亚候鸟迁飞通道的关键节点，延伸至全球 36 个生物多样性热点区域，生态价值深远。

探究保护区的发展路径，不仅能优化其科学保护与利用策略，更可为我国自然保护地体系提供实践范式，推动生态治理能力现代化，助力全球生物多样性保护目标的实现。

1.2 研究目的与方法

本研究旨在分析保护区在自然保护地体系中的现状，识别机遇与挑战，提出针对性发展策略。通过案例分析、实

【作者简介】王珍（1984-），女，中国陕西西安人，本科，工程师，从事风景园林规划设计研究。

地踏勘及多源数据分析，构建评估体系，确保结论的科学性与实践价值。

2 案例保护区概述

2.1 基本情况

保护区位于青海省西宁市大通回族土族自治县境内，地处黄土高原向青藏高原过渡地带，地理位置独特。作为大陆性高原气候森林生态系统保护区，其包含多种复杂地形，为不同生态系统的形成和发展提供了多样化条件。

保护区内为众多野生动植物提供栖息地，对保持水土、涵养水源、调节气候等具有关键作用。灌丛为食草动物提供食物资源，湿地生态系统是水鸟的栖息和繁殖地，对维持区域生物多样性和生态平衡至关重要。

保护区独特的地理位置和生态系统使其成为珍稀濒危野生动植物的家园，拥有丰富的植物资源和多种野生动物。包括水母雪兔子、桃儿七、雪豹、马麝等珍稀物种，对生态和科研具有重要价值。

2.2 主要保护对象及成果

保护区的主要保护对象是大陆性高原气候森林生态系统，白唇鹿、冰沼草等珍稀濒危野生动植物种群栖息地。同时，也是雪豹主要栖息地。

据监测数据，作为保护区明星动物的雪豹近年来个体数量稳定上升、活动增多，反映出生态环境改善，为其提供了适宜的栖息和繁衍场所；桃儿七和水母雪兔子等国家重点保护植物，保护区通过限制干扰和人工繁育，使植物种群稳定，生存状况改善；在生物多样性保护方面，保护区通过完善保护体系和科研工作，生态修复和栖息地保护，生物多样性得到保护和恢复。

2.3 现有保护措施与管理模式

保护区通过系统性保护措施构建生态安全屏障。

巡护管理体系中，组建专业队伍并配备专业设备，开展巡查，追踪野生动物活动与人为干扰痕迹，筑牢生态安全防线；监测体系融合卫星遥感、红外相机及地面样地等多元技术，对生物多样性、水质等生态指标进行动态追踪，建立数据库支撑科学决策；在科研创新方面，保护区联合科研机构开展物种与生态系统研究，研发生态修复技术，提升高原湿地碳汇能力；管理模式上，保护区采用综合管理与分区管理相结合的方式，由保护区管理局负责统一协调和管理保护区的各项事务，组织实施保护项目。

3 自然保护区在自然保护地体系中的定位与发展现状

3.1 体系重构下的战略定位

3.1.1 国家公园建设的生态本底库

国家公园体制试点区域依赖于原有自然保护区等各类自然保护地的整合优化，如，2022年国家林草局将可可西

里等5个保护区整合优化后成立的三江源国家公园。自然保护区累计的长期生态数据同样为国家公园边界划定、功能分区提供科学的依据，如，东北虎豹国家公园提供的12万条生物监测记录。

3.1.2 生物多样性保护的实践实体防线

整合优化后，全国1527处自然保护区构建起覆盖12.53%陆域国土的生态屏障体系，完整保护90%的陆地生态系统类型和74%的国家重点保护陆生野生动植物种类。通过典型生态系统的完整性保育和濒危物种的系统性保护，展现出显著的功效。如，吉林长白山国家级自然保护区完整保存着欧亚大陆东岸温带山地森林垂直带谱，从海拔500米的针阔叶混交林带到2691米的高山苔原带，形成完整的生态梯度，为东北虎、长白松等国家重点保护野生动植物提供庇护。

3.1.3 生态安全网络的韧性节点

自然保护区构成了我国国土生态安全格局的基础单元。青藏高原的171个自然保护区与自然保护地体系中的其他类型区块，串联形成了“中华水塔”保护带，其冰川覆盖面积占全国80%以上；我国沿海众多湿地类保护区为候鸟迁飞构成了安全通道。其中，典型的江苏盐城沿海滩涂珍禽国家级自然保护区，每年有近300万只岸鸟迁飞，20多万只水禽在此越冬。

3.2 我国自然保护区发展现状及面临问题

3.2.1 建设成效显著

规模全球领先：截至2019年，我国已建立包括森林生态系统类型等多种类型的国家级保护区474处；截至2024年，我国共有10处自然保护区入选IUCN绿色名录。

空间布局优化：西部侧重生态屏障保护，东部聚焦特点物种保护。

保护效益突出：朱鹮由发现初的7只增加到至今的1.1万只；华盖木从6株增长至1.5万多株；近20年西藏全区实现森林面积和蓄积量“双增”，生态格局变化率低于1%。

3.2.2 核心挑战亟待破解

管理体制碎片化：扎龙国家级自然保护区存在管理区域重叠，曾现违章建筑，多部门参与处理时行政执法权存争议、权限不明，2023年检察院牵头规范协作机制规范办案方解决类似问题。

资金投入结构失衡：区域投入差异与智能化建设滞后。如，云南哀牢山国家级自然保护区虽属于生物多样性热点区域，但63%的监测站点使用的设备已有10年，导致2021年漏报盗猎事件达17起。

社区协调发展困境：保护县志与民生需求冲突。如，青海三江源国家级自然保护区因周边牧民禁牧补偿每年仅有4.2元/亩，导致2019年高寒草甸退化率超过警戒线3.7%，皆由偷牧事件引起。

4 案例保护区发展策略

4.1 经验启示

据保护区建立多年来的实践表明，其在未来建设中需要把握三大关键点：

科技赋能：通过“星机地”协同监测提升生态感知精度；

系统治理：构建“自然—经济—社会”复合生态系统管理模型；

动态适应：建立气候韧性评估指标体系，每五年更新保护策略。

4.2 精准化生态保护策略

4.2.1 协同监测网络

据调查，保护区已经开始建设智慧感知监测监管信息系统，并计划于2025年底建设完成。在此基础上保护区还可以：引入无人机，实现对核心区覆盖率达100%的每周2次的全境巡查任务；结合北斗卫星水文监测节点，布设50个高精度传感器，实时传输冰川融水数据；针对雪豹等旗舰物种，采用颈圈追踪技术获取其活动范围，应用AI算法处理数据，提升雪豹个体识别准确率和栖息地质量变化情况。

4.2.2 分区差异化管控

保护区可通过红外感应和无人机联动的方式，部署“人兽冲突预警系统”以减少社区居民家畜损失的同时，对核心保护区进行严格管控。

同时，可在一般控制区外缘推行“生态体验预约制”，通过每日人流量限制的方式，实现生态旅游收入的增长，也可提升社区居民的收入，从而使其不再单一依赖牧业生存，达到减少放牧，提升植被覆盖率的目的。

4.3 社区协同发展机制

4.3.1 牧业转型与生态补偿

保护区可通过无人机光谱分析和动态载畜量调控，建立科学的放牧管理体系，缩短草场恢复周期，利用免耕补播技术修复退化草场，提升植被盖率。

实施“合作社3.0模式”，智慧牧场管理系统和区块链溯源系统显著提高幼畜成活率和畜产品溢价，通过线上销售实现增收。通过政府、市场和社会协同补偿，建立多元化补偿体系，促进草场的可持续发展。

4.3.2 传统知识融合保护实践

通过深入挖掘和研究保护区的藏族“神山圣湖”生态文化，建立双重保护机制。这不仅有助于保护这些珍贵的自然资源，同时也能够促进当地文化的传承与发展。可聘请民间“生态长老”参与保护区巡护工作，凭借他们世代相传的丰富知识和经验，提供宝贵的物候观测指标，将其系统地整合纳入保护区的监测体系中；发展藏药生态种植，建立羌活、桃儿七等种植基地，不仅有助于物种的扩繁，还可通过有机认证达到产品溢价，促进当地经济发展。

5 结论与展望

5.1 结论

通过探索，结合我国自然保护地体系建设的战略导向，在高寒生态系统中实现生态保护与可持续发展的动态平衡，可借助科技的力量、社区的合作以及气候适应性管理。

通过构建“天地空”协调监测网络，提升生态感知能力。利用无人机将巡查覆盖100%区域、北斗水文传感节点实时传输冰川数据、AI物种识别技术提升雪豹等旗舰物种监测效率，为科学决策提供高精度数据支撑。

通过实施动态草畜平衡与生态产品认证体系，促进畜牧业的转型升级，提高社区的生态经济收益。将民族传统知识和文化深度融入保护区的管理实践中，实现文化遗产保护与生态环境治理的有机结合。

5.2 展望

在构建我国自然保护地体系的背景下，保护区的未来发展可以探索以下方向：

加强“生态物联网+区块链”技术应用，试点建立生态产品价值核算平台，将碳汇、水源涵养等生态资产转化为可交易的权益；

通过对生态补偿结构进行优化，探索出“跨区域生态补偿+碳汇增益补偿+文化服务付费”的多元模式；

设立长期气候变化响应基金，支持冻土区生态修复技术的研发，针对气温上升趋势，与科研机构合作开展“气候避难微生境”建设，保护濒危植物的遗传资源。

5.3 本研究局限性

本研究存在两方面局限性：首先是对社区参与机制的长效性评估不足，需跟踪生态补偿政策对代际公平的影响；其次是气候模型的预测精度受限于高原气象数据积累，需加强各方合作构建青海高原气候数据库。

未来，可进一步探索自然保护地与“双碳”目标的协同路径，将保护区的碳汇潜力纳入全国碳市场交易体系，为全球生态治理贡献更具实践价值的中国智慧。

参考文献

- [1] 陈胤徽,邱悦.世界自然保护地经验对于我国自然保护地建设的启示[J].建筑与文化,2024,(11):281-283.
- [2] 王伟,高吉喜.我国以国家公园为主体的自然保护地体系建设进展与展望[J].环境科学研究,2024,37(10):2100-2109.
- [3] 范琳,刘楠,赵力,等.青海省自然保护地空间分布及体系重构探讨[J].自然保护地,2024,4(03):41-53.
- [4] 才吉卓玛,严勇,王腾茜.大通北川河源区自然保护区发展现状与优化对策探析[J].青藏高原论坛,2021,9(03):51-55.
- [5] 高黑,吴佳雨,唐乐乐.自然保护地体系空间重构[M].化学工业出版社:2020.05.181.

Research on the application of ecological technology of the interaction between water supply and drainage and landscape in green building

Jing Bian Hui Wang Chao Yuan

Xi'an Qujiang Daming Palace Real Estate Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

The application of ecological technology for the interaction between water supply and drainage system and landscape in green building is of great significance for improving the utilization efficiency of water resources and optimizing the building water environment. Rainwater collection and landscape infiltration system combine the roof flow collection, permeable pavement, concave green space and landscape wetland, so as to realize the efficient recovery, infiltration and purification of rainwater. Construction sewage treatment adopts classified collection, constructed wetland system and ecological water purification technology to improve the quality of reclaimed water and use it for landscape irrigation and ecological water supply. Drainage optimization relies on the low-impact development (LID) mode, and goes through the coordinated regulation of ecological retention pool, rainwater garden and intelligent regulation and storage system to improve the drainage capacity and alleviate the impact of rainwater flood. Research to build an efficient circulating water management system based on ecological technology integration, and provide feasible technical solutions for the optimization of green building water environment.

Keywords

green building; water supply and drainage system; landscape interaction; ecological technology; rainwater collection

绿色建筑中给排水与景观交互的生态技术应用研究

卞晶 王卉 苑超

西安曲江大明宫置业有限公司，中国·陕西 西安 710000

摘要

绿色建筑中给排水系统与景观交互的生态技术应用，对于提升水资源利用效率和优化建筑水环境有重要意义。雨水收集与景观渗透系统结合屋面集流、透水铺装、下凹绿地以及景观湿地，以此来实现雨水高效回收、渗透与净化。建筑污水处理采用分类收集、人工湿地系统与生态水体净化技术，来提高再生水质量并用于景观灌溉与生态水景补水。排水优化依托低影响开发（LID）模式，经过生态滞留池、雨水花园与智能调蓄系统的协同调控，以提高排水能力并缓解雨洪冲击。研究基于生态技术集成来构建高效循环水管理体系，为绿色建筑水环境优化提供可行性技术方案。

关键词

绿色建筑；给排水系统；景观交互；生态技术；雨水收集

1 引言

绿色建筑的发展要求高效利用水资源并优化水环境质量，给排水系统与景观交互的生态技术应用成为关键方向。建筑雨水收集依托屋面集流、渗透铺装和下凹绿地，提高雨水利用率并缓解地表径流压力；污水处理结合分类收集、人工湿地净化和生态水体修复，实现水资源循环再利用并减少外排污染；低影响开发（LID）模式优化排水管理，采用景观滞留池、生态雨水花园和智能调蓄系统，提升排水能力并增强水文调节功能。研究围绕雨水收集、污水处理与排水优

化的生态技术展开，分析各系统在绿色建筑中的应用模式，探讨景观交互在水资源高效利用中的技术优势，以提高绿色建筑水资源管理水平。

2 绿色建筑中雨水收集与景观渗透系统的生态技术应用

2.1 屋面雨水收集与建筑景观融合设计

屋面雨水收集系统需结合建筑景观，来实现高效集流、存储和利用，绿色屋面采用植被层、滤水层和蓄水层多层结构，使雨水在渗透过程中初步净化，再经过导流管道进入蓄水装置或景观水体；屋顶排水沟与雨水导流槽优化水流路径，把雨水输送至地下储水池或直接进入生态湿地^[1]。

景观水体设计与雨水收集系统协同布局，雨水汇集后

【作者简介】卞晶（1988—），女，中国江苏人，硕士，工程师，从事市政工程研究。

可进入生态池塘、人工湿地或渗透花园，结合缓冲区及水力调节装置来实现雨水动态调蓄。部分系统采用可调节排水口，控制雨水入流量，减少暴雨期间的排水压力，智能化控制系统可监测储水量，并根据需求调配至景观灌溉、冷却循环或生态补水，进一步提高水资源利用效率。

2.2 透水铺装与下凹式绿地的雨水渗透调蓄技术

透水铺装使用高孔隙率材料提升雨水渗透能力，透水混凝土、透水砖或砾石填充铺装形成表层透水层、碎石蓄水层和底部排水层，使雨水快速渗透至地下并储存在蓄水层内。部分系统结合雨水收集管网，将渗透水输送至景观水体或地下水补给区，提高雨水再利用效率，公共广场或步道区域可采用生态砖铺装，其表面微孔结构可加速水分渗透，并减少积水现象^[2]。

下凹式绿地设计利用地势落差来引导雨水汇入低洼区域，结合植被和土壤过滤系统进行净化；绿地底部配置砂砾层、生物滞留层和渗透管道，以此来提高雨水下渗速率。耐湿性植物根系可吸收氮磷等污染物来提高水质，部分绿地结合雨水滞留池设有溢流通道，使多余雨水可渗透至地下，以缓解暴雨期间的排水压力^[3]。

2.3 景观湿地对雨水的生态净化作用

景观湿地利用植物、微生物和基质层协同作用，去除雨水中污染物，提高水质安全性。表流湿地设计包括浅水区、植被区和出水缓冲区，雨水在湿地中缓慢流动，悬浮物沉降，植被吸收有机物和重金属来改善水体质量；潜流湿地采用砂砾填充基质，雨水使用多孔介质层渗透，微生物分解污染物来提高净化效率。部分湿地结合复合流动模式，利用交替的表流和潜流系统增强处理能力，并减少水面蒸发损失。

雨水流入湿地前经过沉淀池或生物过滤带，去除大颗粒污染物并降低浊度，湿地内部设有水位调节系统，以保证水流稳定，防止水体短流影响净化效果。芦苇或香蒲等耐湿性植物可高效吸收氮磷，并在根系供氧促进微生物降解污染物。部分湿地使用太阳能曝气系统来提升水体溶氧水平，优化生态净化能力^[4]。

3 污水处理及再生利用的景观生态集成技术

3.1 建筑生活污水的分类处理与生态回用技术

建筑生活污水可分为灰水和黑水，灰水来源于厨房、洗浴和洗衣等低污染排水；黑水则指卫生间排水，其含有较高浓度的有机污染物和氮磷元素。灰水处理利用物理沉淀、微生物降解及膜过滤技术，先在沉淀池去除悬浮物，再利用生物膜或接触氧化池降解有机物，最终经过砂滤系统或超滤膜去除微生物和细小颗粒；黑水处理需要更高级的处理工艺，使用厌氧消化池进行初步降解，再结合人工湿地深度处理，有效降低化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）和总氮（TN）的浓度，最终出水可达到景观水体补充或渗透灌溉标准。

生态回用技术在建筑污水处理中可使用立体式分层回收和智能调控系统提高水资源利用率。部分建筑采用多级过滤系统，将处理后的灰水直接用于植物滴灌或喷灌；而黑水经过湿地系统处理后再进入地下蓄水池，用于绿地渗透或景观水体补充。

3.2 人工湿地污水净化系统在景观水体中的应用

人工湿地是低成本和高效能的污水净化设施，依靠植物、基质和微生物的协同作用去除水中污染物，同时可与景观水体结合来提高景观生态价值。湿地系统分为表流湿地、潜流湿地和复合流湿地，其中表流湿地适用于如湖泊、溪流等开放式景观水体，潜流湿地则更适合处理高污染负荷的水源，如黑水或富营养化水体。

景观水体应用中人工湿地的优化设计提高了水体净化效率和水质稳定性，湿地系统的出水常经过沉降池和生态缓冲带，以去除大颗粒污染物和部分氮磷负荷，随后进入湿地植被区，在水生植物的根系吸收营养物质，同时微生物降解有机污染物来提高水体透明度；基质层的砂砾和多孔介质对重金属离子具有较好的吸附作用，使出水水质进一步优化。部分湿地系统结合太阳能曝气装置来提高水体溶氧量，促进有机物降解并抑制藻类过度生长，以减少黑臭水体的形成。景观水体的水循环可结合人工湿地进行动态调节，降雨充足时湿地可作为调蓄设施，收集并净化多余雨水，降低洪涝压力；干旱季节湿地可提供稳定的水源补充，维持景观水体的生态平衡。

3.3 建筑再生水回用于景观灌溉与生态水景的优化设计

建筑污水经过生态处理后可为景观灌溉水和生态水景补水，优化水资源配置，以此提高水环境的可持续性。再生水的灌溉方式主要有喷灌、滴灌和渗灌系统，根据水质状况和植被需求合理配置灌溉模式，喷灌适用于大面积草坪和公共绿化区域；而滴灌适用于乔灌木和庭院绿植；渗灌系统则适合地下根系发达的植物，可减少蒸发损失。智能灌溉系统结合传感器监测土壤湿度和气候条件，自动调节灌溉量，提高灌溉精准度并减少水资源浪费。

再生水在生态水景中的应用能减少自来水消耗，以及优化景观水循环系统。水景喷泉、人工溪流和湿地湖泊可利用再生水进行动态补水，以维持水体流动性并减少水质富营养化风险。再生水补给系统常结合沉降池和过滤装置，来去除悬浮颗粒和微生物，进一步提高出水透明度；而部分生态水景结合生态浮岛和水下曝气系统，利用浮岛植物吸收水中氮磷并凭借曝气增强水体溶氧量，以提高水体的自净能力。

4 低影响开发（LID）模式下建筑排水与景观调蓄的协同优化

4.1 低影响开发（LID）理念下的建筑排水设计策略

建筑排水设计需结合低影响开发（Low Impact Development, LID）理念，使用渗透滞留、分散调蓄、生

态净化和智能调控策略，提高雨水资源化利用率。渗透滞留策略可凭借透水铺装、渗透沟和雨水花园来提高雨水入渗能力，减少外排量；透水铺装采用透水混凝土或透水砖，使雨水快速渗透至地下调蓄层，并经渗透井补充地下水；渗透沟沿建筑排水通道布设，结合碎石层和植被过滤，提高雨水渗透速率来减少泥沙淤积。

分散调蓄策略优化排水路径，将雨水引导至屋顶绿化、下凹式绿地和景观滞留池，避免大流量集中排水对市政管网的冲击；屋顶绿化利用轻质土壤和植被层截留部分雨水，并使用蒸腾作用减少地表径流；下凹式绿地与建筑景观融合来增强雨水渗透能力，同时优化景观美学效果。

生态净化策略结合人工湿地、生物滞留区和生态雨水花园，提高雨水水质和减少污染物排放。人工湿地采用表流或潜流模式，水生植物吸收氮磷，微生物降解有机污染物使出水水质达到景观补水标准，生物滞留区使用植物根系过滤、土壤吸附和微生物降解，减少悬浮颗粒和重金属和提高水体透明度。

4.2 景观滞留池与生态雨水花园的排水缓冲作用

景观滞留池是能收集并暂存雨水来降低洪峰流量并实现雨水生态净化，滞留池设计综合考虑蓄水能力、溢流调节和水质净化，以保证其在雨水管理中的作用。滞留池容积根据区域降雨强度计算，底部采用砂砾填充层和渗透管道，提高雨水入渗速率并减少滞留池外排负荷。部分滞留池结合调蓄模块，借助可调式溢流口缓慢释放多余雨水来保证排水稳定性。

溢流调节设施在降雨初期截留污染较高的雨水，待雨水浓度降低后再排放，以提高水质管理效果。池区设有不同水位区域，降雨量超出设定值时，部分雨水可经过溢流通道进入人工湿地或生态雨水花园来优化水资源配置。滞留池结合水生植物、滤水基质和微生物降解系统，提升雨水净化能力，池区采用芦苇、香蒲以及狐尾藻等高吸收能力植物，提高水体自净能力。

生态雨水花园是建筑景观的一部分，集雨水收集、缓冲、净化功能于一体，用以提高雨水资源利用率。雨水花园常布设于建筑低洼区域，汇集屋面排水、透水铺装渗透水及绿地汇水，底部配置过滤砂层、碎石层和渗透管道，来提高水分下渗效率。雨水花园可调节暴雨径流量，减少地表冲刷，并经过多层过滤介质减缓水流速度来提高调蓄能力。部分雨水花园结合雨水调蓄池，在蓄满后可引导雨水进入人工湿地或

景观水体，提高水资源的循环利用率。

4.3 智能排水调控系统与景观动态调蓄能力的结合

智能排水调控系统结合传感监测、自动控制和数据分析，来提高建筑排水管理的适应能力，并优化景观水体的调蓄功能。传感监测系统在雨水调蓄池、滞留池和雨水花园内设置水位传感器和流量监测设备，以实时获取降雨量、储水量及排放流速数据，数据传输至中央控制系统后可依据气象预报和实时水文状况来优化雨水调度，提高排水效率，以此来减少极端天气带来的风险。

自动控制系统在排水调蓄设施中设有可调节溢流口、自动排水阀和智能灌溉系统，根据监测数据自动调节排水模式。降雨高峰期系统可调节调蓄池延迟排放，减少市政管网负荷和降低城市内涝风险；系统在干旱时期可优先调配存储雨水用于景观灌溉或生态补水，提高水资源循环利用效率。数据分析系统利用历史降雨数据和实时监测信息，预测未来降水趋势并优化排水调度策略，部分智能系统采用物联网云平台，集中管理多个建筑的雨水调蓄设施，提高区域水资源管理能力。

5 结语

文章阐述绿色建筑中给排水系统与景观交互的生态技术应用，并构建高效的雨水收集、污水处理、排水优化及智能调控体系。研究先分析屋面雨水收集、透水铺装、下凹式绿地及人工湿地等设施的优化设计，讨论了灰水与黑水的分类处理及人工湿地在污水净化中的应用模式；再基于低影响开发（LID）理念，提出景观滞留池与生态雨水花园的排水缓冲机制，来优化排水路径，降低管网负荷的同时提高水资源循环利用率；最后结合智能调控系统，构建基于水位监测、自动调节阀与流量管理的动态调蓄技术，以提高水环境管理的精准度与可持续性，并为绿色建筑的水系统优化提供技术支持。

参考文献

- [1] 张兆欣.绿色建筑工程给排水系统中节能技术应用方法研究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(02):113-115.
- [2] 张景润.装配式绿色建筑给排水设计中的优化措施研究[J].佛山陶瓷,2025,35(02):138-140.
- [3] 单超群.绿色建筑给排水设计施工中节能新技术运用分析[J].陶瓷,2025,(01):188-190.
- [4] 段慧永.高层建筑给排水设计的要点探讨[J].建材发展导向,2025,23(01):16-18.

Research on arsenic-containing wastewater treatment measures in the electronics industry

Sansan Zhou Di Shao

1. Hubei Junbang Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China
2. Wuhan Zhonghuan Mingchuang Ecological Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

With the rapid development of the electronics industry, the discharge of arsenic-containing wastewater has become increasingly prominent, posing a serious threat to the ecological environment and human health. Arsenic, as a highly toxic element, has the characteristics of various forms and difficult treatment in wastewater from the electronics industry.

Keywords

electronics industry; arsenic-containing wastewater; processing technology; Process

电子工业含砷废水处理措施研究

周三三 邵迪

1. 湖北君邦环境技术有限责任公司，中国·湖北 武汉 430000
2. 武汉中环明创生态科技有限公司，中国·湖北 武汉 430000

摘要

随着电子工业的迅猛发展，含砷废水的排放问题日益突出，对生态环境与人类健康构成严重威胁。砷作为一种剧毒元素，其在电子工业废水中的存在形式多样且处理难度大等特点。因此，本文全面深入地研究电子工业含砷废水处理措施，先阐述含砷废水来源，剖析其特性及危害。接着详细探讨化学处理法、物理化学处理法、生物处理法等各类处理技术的分类及原理，并深入分析不同处理技术的优缺点。通过设计完整的含砷废水处理工艺流程，涵盖预处理、主处理、深度处理、污泥处理及处置以及自动化控制系统设计等关键环节，旨在为电子工业含砷废水的有效治理提供系统且全面的解决方案，以实现废水达标排放，降低环境风险，推动电子工业与环境保护的协调发展。

关键词

电子工业；含砷废水；处理技术；工艺流程

1 引言

电子工业作为现代经济的支柱性产业之一，近年来发展极为迅速。在电子元器件制造、半导体生产、集成电路加工等诸多生产环节中，由于工艺需要，不可避免地会产生大量含砷废水。砷及其化合物具有很强的毒性，长期接触和摄入含砷物质，会对人体的多个系统造成严重损害。据相关医学研究表明，长期暴露于含砷环境中，人体患皮肤癌、肺癌等多种癌症的风险显著增加。在生态环境方面，含砷废水一旦未经有效处理直接排入自然水体，将严重破坏水体生态平衡。

【作者简介】周三三（1991-），女，中国湖北孝感人，本科，工程师，从事环境保护、环境修复、大气污染控制、土壤修复等研究。

2 电子工业含砷废水概述

2.1 电子工业含砷废水来源

在半导体制造领域，为精确调控半导体材料的电学性能，常采用含砷的掺杂剂，在芯片制造的蚀刻、清洗等工序中，这些含砷物质会随着废水排出。据行业统计，在大规模集成电路制造过程中，每生产 1 平方米的芯片，约产生 5-10 升含砷浓度在 10-100mg/L 的废水。在电子线路板生产中，含砷的化学试剂被广泛用于表面处理工艺，像镀铜、镀金过程中，为保证镀层的质量和稳定性，会使用含砷添加剂，这使得废水里不可避免地混入砷元素。以常见的多层印刷电路板生产为例，每处理 1 吨电路板原材料，会产生约 20-30 吨含砷废水，其砷浓度在 5-50mg/L 不等。此外，在发光二极管（LED）制造中，由于原材料如砷化镓等的使用，在芯片制造、封装等步骤的冲洗、反应过程中，也会生成含砷废水。

2.2 废水特性分析

电子工业含砷废水具有独特且复杂的特性。首先，砷

在废水中的存在形态多样，主要有三价砷和五价砷。从化学性质上看，三价砷的还原性较强，而五价砷的氧化性相对突出。在毒性方面，三价砷的毒性通常比五价砷高出数倍，这是因为三价砷更易与生物体内的蛋白质、酶等生物大分子结合，干扰其正常生理功能。如三价砷能够与人体细胞内的巯基酶结合，使其失去活性，从而影响细胞的代谢和功能。其次，废水成分极为复杂，除了砷元素外，往往还含有铜、镍、铅等多种重金属离子，以及酸、碱、有机物等。这些污染物之间会发生化学反应，相互影响，增加了处理的难度。最后，废水的砷浓度波动范围极大，从低浓度的几毫克每升到高浓度的数千毫克每升都有。在一些电子工业集中区域的综合废水处理厂，进水砷浓度在 10-500mg/L 之间大幅波动，这对处理工艺的适应性提出了极高的要求。

3 含砷废水处理技术分类及原理

3.1 化学处理法

化学处理法是处理含砷废水较为常用的方法之一。首先是化学沉淀法，其原理是基于化学反应，向废水中加入如石灰、铁盐、铝盐等特定的化学药剂。以铁盐为例，当向含砷废水中投加硫酸铁等铁盐时，铁离子会与砷酸根离子发生反应，生成难溶性的砷酸铁沉淀。在适宜的条件下，反应方程式为： $\text{Fe}_4(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_4\text{AsO}_4 \rightarrow 2\text{FeAsO}_4 \downarrow + 3\text{H}_2\text{SO}_4$ 。通过这种方式，能够将废水中的砷以沉淀的形式从液相转移到固相，从而实现砷的去除。其次是氧化还原法，由于五价砷比三价砷更易形成沉淀，所以利用氧化剂将三价砷氧化为五价砷。常见的氧化剂有过氧化氢(H_2O_2)、高锰酸钾(KMnO_4)等。以过氧化氢为例，在酸性条件下，其与三价砷的反应方程式为： $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ，将三价砷氧化为五价砷后，再通过沉淀等后续处理方法去除。最后是中和法，主要用于调节废水的 pH 值。对于酸性含砷废水，加入石灰(CaO)、氢氧化钠(NaOH)等碱性药剂进行中和；对于碱性含砷废水，则加入硫酸(H_2SO_4)、盐酸(HCl)等酸性药剂调节。通过中和，使废水中的砷以氢氧化物沉淀的形式析出，同时也为后续处理创造适宜的 pH 条件。

3.2 物理化学处理法

其一为吸附法，以活性炭为例，其具有丰富的微孔结构，比表面积可达 $500-1500\text{m}^2/\text{g}$ 。当含砷废水通过活性炭吸附柱时，砷离子会通过物理吸附和化学吸附被吸附在活性炭表面。其二是离子交换法，利用离子交换树脂与废水中砷离子进行离子交换。离子交换树脂上带有特定的离子基团，如磺酸基($-\text{SO}_3\text{H}$)、季铵基($-\text{NR}_3^+$)等。当废水流经树脂时，树脂上的可交换离子与砷离子发生交换反应，将砷离子固定在树脂上，从而实现废水的净化。其三是膜分离法，包括反渗透、纳滤等技术。以反渗透为例，在压力驱动下，含砷废水通过半透膜，半透膜只允许水分子通过，而砷离子等溶质则被截留，从而实现砷离子与水分子的分离，达到净化废水的目的。反渗透膜的截留分子量一般在 100-200 道尔顿之间，

对砷离子的截留率可达 95% 以上^[1]。

3.3 生物处理法

一方面，一些微生物能够将五价砷还原为三价砷，然后通过自身独特的代谢机制将砷转化为毒性较低的有机砷化合物。另一方面，某些微生物可以通过生物吸附作用，将砷吸附在细胞表面和细胞内。像一些细菌和真菌，其细胞壁表面带有负电荷，能够与带正电荷的砷离子通过静电引力结合。生物处理法具有处理成本相对较低、二次污染小等优点，但处理效率相对较低，对废水的水质和环境条件要求较为苛刻。如微生物生长的适宜温度一般在 25-35°C 之间，pH 值在 6.5-7.5 之间，超出这个范围，微生物的活性会受到显著影响，从而降低砷的去除效果。

4 不同处理技术的优缺点分析

4.1 化学处理法的利弊

化学处理法具有诸多优点。化学沉淀法操作相对简单，对设备要求不高，处理成本相对较低，尤其适用于处理高浓度含砷废水。在大规模电子工业废水处理中，能够快速有效地去除大量砷，使废水中砷浓度大幅降低。氧化还原法能有效改变砷的价态，对于含有不同价态砷的废水具有较好的处理效果，通过将三价砷氧化为五价砷，提高了后续沉淀等处理方法的效率。中和法可灵活调节废水的酸碱度，为后续处理创造适宜的条件，无论是酸性还是碱性含砷废水，都能通过中和法进行初步处理。然而，化学处理法也存在明显弊端。化学药剂的投加量难以精确控制，过量投加不仅会增加处理成本，还引入新的污染物^[2]。

4.2 物理化学处理法的优劣

物理化学处理法具有独特优势。吸附法对低浓度含砷废水有较好的处理效果，能够将废水中砷浓度降低到较低水平。且部分吸附剂如活性炭、离子交换树脂等可通过再生重复使用，一定程度上降低了处理成本。离子交换法选择性高，能够针对不同形态的砷离子进行交换去除，出水水质较为稳定。膜分离法能实现砷与水的高效分离，处理后的水质优良，可达到回用标准，尤其适用于对水质要求较高的电子工业生产过程。但物理化学处理法也存在不足。吸附剂的吸附容量有限，随着吸附过程的进行，吸附剂会逐渐饱和，需要频繁更换和再生，操作较为繁琐。离子交换树脂易受废水中其他离子的干扰，当废水中存在大量其他金属离子时，会与砷离子竞争交换位点，导致交换效率下降。

4.3 生物处理法的特点

生物处理法最大的特点在于其环保性。微生物在处理废水过程中，不会产生额外的化学污染物，且利用微生物的自然代谢功能，处理成本相对较低。同时，生物处理法在一定程度上能够适应废水水质的变化，具有较好的稳定性。如当废水中砷浓度在一定范围内波动时，微生物能够通过自身的调节机制适应这种变化，继续发挥处理作用。然而，生物处理法的缺点也较为突出。其处理效率相对较低，处理周期

较长，对于高浓度含砷废水，难以在短时间内将砷浓度降低到排放标准以下。微生物对环境条件极为敏感，温度、pH值、溶解氧等环境因素的微小变化，都对微生物的活性产生显著影响，导致处理效果波动。

5 含砷废水处理工艺流程设计

5.1 预处理工艺

预处理工艺是整个含砷废水处理流程的重要开端。首先，通过格栅装置去除废水中较大颗粒的悬浮物和杂质，格栅可分为粗格栅和细格栅，粗格栅的栅条间距一般在10-50mm，用于拦截较大的杂物；细格栅的栅条间距在1-10mm，进一步去除较小颗粒的悬浮物，防止其对后续处理设备造成堵塞。其次，采用调节池对废水的水量和水质进行均衡。调节池一般设计为具有一定容积的水池，通过搅拌装置使废水混合均匀，使废水的流量、pH值、砷浓度等各项指标稳定在一定范围内，为后续处理提供稳定的进水条件。最后，利用中和池调节废水的pH值。对于酸性含砷废水，加入石灰、氢氧化钠等碱性药剂进行中和；对于碱性含砷废水，则加入硫酸、盐酸等酸性药剂调节。在中和过程中，通过pH在线监测仪实时监测废水的pH值，控制药剂的投加量，将废水的酸碱度调整至适宜后续处理的范围，一般为6-9。预处理工艺能够有效降低废水的复杂性，提高后续处理工艺的效率和稳定性^[3]。

5.2 主处理工艺

主处理工艺是含砷废水处理的核心环节。根据废水的特性和处理要求，需选择合适的处理技术组合。对于高浓度含砷废水，可先采用化学沉淀法，通过投加适量的石灰、铁盐等化学药剂，使砷形成沉淀，初步去除大部分砷。在化学沉淀过程中，需通过实验确定最佳的药剂投加量和反应条件，以提高砷的去除效率。如对于砷浓度在100-500mg/L的废水，投加硫酸铁的量一般在1000-3000mg/L之间。然后，结合生物处理法，利用微生物进一步降低废水中的砷含量，并去除部分有机物。通过厌氧微生物和好氧微生物的协同作用，将废水中的砷转化为毒性较低的形态，并分解有机物。对于低浓度含砷废水，可直接采用吸附法和离子交换法进行处理。选择合适的吸附剂和离子交换树脂，通过吸附和离子交换过程，将废水中的砷离子吸附和交换到吸附剂和树脂上，实现废水的净化。主处理工艺的合理选择和优化组合，能够确保废水中的砷含量大幅降低，达到国家排放标准。

5.3 深度处理工艺

深度处理工艺用于进一步提高出水水质。可采用膜分

离技术，如反渗透和纳滤，对经过主处理的废水进行精细过滤。反渗透膜的孔径一般在0.0001-0.001μm之间，能够有效截留残留的砷离子、重金属离子和有机物等，使处理后的水质达到更高的标准，满足回用要求。在反渗透过程中，需要控制操作压力、温度等参数，以保证膜的性能和处理效果。也可采用高级氧化技术，如芬顿氧化，利用强氧化剂将废水中难以降解的有机物氧化分解，同时进一步去除残留的砷，提高废水的可生化性。在芬顿氧化过程中，通过调节过氧化氢和亚铁离子的投加比例、反应时间等参数，优化氧化效果。深度处理工艺能够使废水得到更彻底的净化，实现水资源的循环利用，减少水资源浪费。

5.4 污泥处理及处置

含砷废水处理过程中产生的污泥含有大量的砷及其他污染物，需要妥善处理。首先，对污泥进行浓缩，通过重力沉降和离心分离等方式，减少污泥的体积。重力沉降一般在浓缩池中进行，利用污泥与水的密度差，使污泥在重力作用下沉淀到池底，上清液回流至前端处理工序。离心分离则通过离心机的高速旋转，使污泥在离心力作用下实现固液分离。然后，采用脱水设备，将污泥中的水分去除，使污泥的含水率降低至一定程度。板框压滤机通过压力将污泥中的水分挤出，可使污泥含水率降低至60%-80%。最后，对脱水后的污泥进行固化处理，可加入水泥、石灰等固化剂，将污泥固化成稳定的块状物，再进行安全填埋和其他无害化处置。

6 结论

电子工业含砷废水因其来源广泛、特性复杂且危害严重，对其处理迫在眉睫。化学处理法、物理化学处理法和生物处理法各有优劣，在实际应用中需根据废水特性、处理要求和成本等因素综合选择。合理设计的含砷废水处理工艺流程，包括预处理、主处理、深度处理、污泥处理及自动化控制系统，能够有效去除废水中的砷，实现达标排放或中水回用。同时，应不断探索和研发更加高效、经济、环保的处理技术和工艺，以应对电子工业含砷废水处理的挑战，促进电子工业与生态环境的协调发展。

参考文献

- [1] 李德鲲,石伟,丁勇,陈克发,黄国洪,何才.“化学沉淀法+反渗透法”联合工艺处理含砷废水研究[J].大众科技,2024,26(04):87-91.
- [2] 项家成,李刘源,邝申,严迎燕,王文祥.有色冶炼生产中高浓度含砷废水治理技术[J].广州化工,2023,51(23):15-17+56.
- [3] 闫斐,王雁行,王垂涨.探究铅锌冶炼企业含砷废水的处理技术[J].皮革制作与环保科技,2022,3(13):133-135.

Thinking on the countermeasures of industrial waste gas treatment based on carbon emission reduction

Mingyang Li

Heilongjiang Urban Planning Survey, Design and Research Institute, Harbin, Heilongjiang, 150001, China

Abstract

Under the background of the rapid development of the country, the problem of environmental pollution has been widely concerned and has become a key factor hindering social progress. Under the background of carbon emission reduction, the industrial waste gas treatment has become a focus of hot discussion. It is necessary to clarify the root cause of industrial waste gas, understand its important components, and prevent it from the source, so as to promote the industrial waste gas treatment under the background of carbon emission reduction. This paper will discuss the countermeasures of industrial waste gas treatment on the basis of carbon emission reduction, and put forward relevant suggestions according to the actual situation, for reference.

Keywords

carbon emission reduction; industrial waste gas; treatment countermeasures

基于碳减排的工业废气治理对策思考

李名扬

黑龙江省城市规划勘测设计研究院，中国·黑龙江哈尔滨 150001

摘要

在国家飞速发展的背景下，环境污染问题受到广泛关注，成为了阻碍社会进步的关键因素。在碳减排背景下，工业废气治理工作成为了热议焦点，需要明确工业废气产生的根源，了解其重要的组成部分，从源头上加以防范，促使碳减排背景下的工业废气治理更加到位。本文将探讨碳减排基础上工业废气治理的对策，针对于实际情况提出相关建议，以供借鉴。

关键词

碳减排；工业废气；治理对策

1 引言

在国民经济水平不断提高的今天，工业发展迎来了崭新机遇，为国家经济做出了积极贡献。尽管工业化进程明显加快，但污染问题越来越多，这在一定程度上影响到社会和国家的稳定，威胁到人们的身体健康。需高度关注工业废气治理的相关细节，结合碳减排的理念优化实践策略，让各项工作有序开展，保证更好地处理工业废气污染问题。

2 工业废气的危害

在工业化进程中，工业废气排放量与日俱增，在缺乏有效监管和合理控制的情况下极易引发环境污染，致使部分区域的空气质量明显下降，沙尘和雾霾等异常天气频现。根据相关的调查分析，京津冀等工业发达地区出现雾霾天气的

概率远远高于其他城市，若长期吸收大气中的废气，将会危害人体健康，使人们的身心受损。工业废气除了影响人体健康，还会破坏生态环境，对人们的生存空间十分不利。近些年，大气变暖、臭氧层破坏等均与工业废气相关，应全面了解其危害，利用科学化的手段加以应对，促使工业企业在实现效益目标的同时维护好生态环境^[1]。

3 基于碳减排的工业废气治理对策

3.1 催化氧化技术

这种技术属于相对常见的手段，在实际应用的过程中效果显著，主要原理是借助催化剂促进工业废气发生氧化反应。在催化氧化设备中，工业废气需要经过预处理，利用相关的设备除去水分以及颗粒物，进入催化反应室以后完成相关的目标。在催化反应室中，工业废水可以和氧化剂、氧气等接触，经过氧化反应，让其中的有毒有害物质发生变化，进而达到净化工业废气的效果。氧化反应中，废气污染物和催化剂接触，催化剂表面的活性位点可以让其与氧气进行氧化反应，实现有害物的转化，转变为二氧化碳和水。催化

【作者简介】李名扬（1991—），男，中国黑龙江人，本科，工程师，从事环境工程专业设计，水、大气、固废处理技术方案、设计及技术应用研究。

剂本身就是高比表面积的材料，因此具备着多个活性位点，可以提供充足能量并控制反应活化能，使得氧化反应更加及时。催化剂的类型和活性能够直接影响反应效率，因此在选择的过程中必须要考虑实际情况，还要分析催化氧化技术的适用性。首先，催化氧化技术高效实用，可以将工业废气降解为无害物质，体现出极高的处理效率。其次，在使用相关的技术时，操作温度控制在200~400℃之间，由此实现工业废气的氧化降解，达到节能环保的效果。再者，催化氧化技术对工业废气的成分及浓度十分敏感，因此可以处置非常复杂的工业废气，多数情况下无需进行预处理。除此之外，在应用相关的技术时还会涉及到对应设备，因相关的设备结构紧凑且占地面积较小，所以受到广泛关注和认可。但是运用此类技术时，也需考虑一系列弊端，比如催化剂的选择和稳定性均能对相关技术的应用成果产生影响，应详细分析性能以及寿命等多个要素。此外，由于此类技术对工业废气的成分和浓度十分敏感，所以要明确高浓度废气处理过程中极易出现的催化剂中毒问题，必须采取必要的稀释措施^[2]。

3.2 化学处理技术

化学处理技术在化学反应中可以将工业废气的组分性质加以改变，由此达到净化的效果。在选择化学处理技术时，可以考虑氧化技术、吸收技术以及催化反应技术等，不同的技术有着不同的应用实效。（1）氧化：主要借助氧化剂将废气污染物加以处理，促使有机物在氧化反应中变为无害物质，进而排放至大气环境。（2）吸收：在吸收剂的作用下，可以让有害气体及时被吸收，由此达到相对理想的净化效果，保证实际的吸收过程更加安全。（3）催化反应：在催化剂的作用下，工业废气能够发生一系列化学反应，由此实现有害物质到无害物质的转变，整个过程保证了基本的效率。对比于物理处理技术，这种手段能够积极的应对气体污染物和挥发性有机物，保证良好的处理效果，但也存在着过度依赖催化剂和成本支出较高的弊端。

3.3 冷凝式治理技术

这种技术属于常用的手段，对于治理有机废气具有积极作用。在运用相关的技术手段时，应明确具体原理，也就是有机物质的饱和度在不同温度环境下能够发生变化，特别是在工业生产的环节，通过适当调整系统压力值，科学的处理蒸汽物质，让工业废气冷凝析出，将有毒有害物质加以清除，保留气体中可以利用的成分，实现有效的回收^[3]。这一技术操作过程十分简易，但也存在着明显的缺陷，若是气体中的有机废气含量较少，这种技术难以彻底分离有害物质，还需搭配着其他的手段加以实践。基于此，应用相关的手段时必须要考虑实际情况，促使着废气治理更加到位，要尽可能避免低浓度有机废气治理工作中应用此类措施。

3.4 生物处理技术

生物处理技术则是运用微生物对工业废气的降解处理废气的手段，体现出能耗较低和无二次污染的优势，在实际应用的过程中，需考虑环境因素以及微生物菌种的合理选

择。（1）生物过滤方法属于常见的代表性措施，其起步较早，现已趋向成熟，在工业废气治理中占据着重要地位。这一技术会将含有杂质的本体带入湿化器湿润，之后进入生物滤池，经过湿润之后的废水在经过有机机械混合填料层时，会被吸附在填料表面的微粒吸附，然后逐步分解为二氧化碳和水等物质。这种工艺可以去除多数的挥发性有机物，如氨气以及甲基硫化物等等，在实际选择的过程中必须要考虑其优势，还要明确相关的技术要点。（2）生物洗涤工艺也是常见的生物治理技术，在实际应用的过程中，能够将悬浮的活性污泥加以处理，保证恶臭物质经过降解和吸附两个步骤之后降低负面影响。洗涤器喷淋设备反向喷射循环液体，让废水的污染物和填料表面充分接触，在吸附作用下可以转变状态，进而达到理想的处理效果。洗涤液吸附废水组分后，流入活性污泥池，吸附之后的有机污染物可以经过必要的转化过程，由此达到理想的清除效果。

4 基于碳减排的工业废气治理建议

碳减排为工业废气的治理指明了方向，主张在开展工业生产活动时以控制废气污染为根本出发点，落实好必要的监测监管工作，确保大气环境以及人们的生命财产安全得到有效维护。工业废气治理阶段，应从强化大众环保意识以及完善产业结构等多个方面落实行动，促使废气控制更加到位，保障工业产业的持续稳定，为国家社会的稳定发展作出积极贡献。

4.1 强化大众环保意识

在碳减排理念的推行下，工业废气治理受到社会各界广泛关注，为了提高相应的治理效果，达到工业废气排放指标，应重视大众环保意识的提高，采取科学化的手段落实好必要的宣传普及工作^[4]。国家要颁布相应的政策方针，指导工业废气治理工作稳步推进，各个部门也要积极配合，妥善控制工业发展进程中的废气排放，使得工业成果更加显著。要结合现代化宣传手段，完善大气污染治理体系，让大众们积极参与，全面配合，共同推进工业废气治理工作。为控制环境污染程度，环保部门还要适当融入网络化信息手段，让大众们了解当前的实际情况，明确大气污染治理的严峻性，调动起全面参与的积极性，针对于工业废气污染的行为及时举报和监督。通过落实上述的行动，能够扎实推进后续工作，确定更加可靠的实践方案，让工业企业拥有稳定的支撑条件。

4.2 完善产业结构

新的时期，社会各界对工业产业的发展给予了高度关注，主张其在追求经济效益的同时明确生态环境受到的威胁，应从源头上防范废气污染产生的负面影响。工业生产环节产生的废气是引发环境污染的重要原因，在工业化发展进程中，随着效益水平的进一步提升，废气排放量与日俱增，若相关工作人员缺乏环保意识，将会让废气随意排放，直接威胁到周边的生态环境，影响居民的身心健康，使动物植物

生长受阻。基于现阶段的情况，针对工业废气随意排放的问题，在碳减排理念的推行下应积极优化产业结构，严格按照政策落实相关的工作，保证废气经过处理之后才可排放至大气环境。在实际治理的过程中，要将产业结构进一步改善，在避免影响效益成果的基础上，工作人员可以依照企业实际情况优化技术措施，将先进的科学手段融入至生产环节，扎实开展各项环保工作，促使工业废气的排放得到有效控制，从根本上防范污染问题，保障生态系统的稳定性。

4.3 转变发展方式

工业生产是社会发展的推动力，在追求经济效益的同时也要考虑环境效益。结合现阶段的实际情况来看，很多工业企业并未看重工业废气对生态环境产生的负面影响，如造纸厂以及化工厂等^[5]。工业企业在实际运营的过程中会产生大量的工业废气，若未经处理，这些废气排放至空气中会让空气环境受到污染，大气质量直线下降。在新的时代背景下，伴随着碳减排理念的提出，应寻求更加环保和先进的经济发展方式，让发展目标顺利完成，同时保障基本的环境效益。各个区域应重视产业结构的精细化调整，注重工艺的升级与完善，促使产业转型升级更加到位。要尽快构建起符合实际所需的社会生产体系，展示出相应的环保效力。若是有条件的区域，政府要加大扶持力度，鼓励发展旅游业和服务业等第三产业，使当地的经济发展水平进一步提升。还要注重生态环境的科学保护，适当开发生态资源，让群众们增收，助力产业结构的转型升级。

4.4 改造治理设施

想要加快工业化发展进程，同时维护好生态环境，必须要重视工业废气治理设施的完善与优化，促使其改造成果充分体现。应在政府的大力指导下优化生产模式，以环保和低碳节能理念为根本，对工业企业的废气成分展开详细的分析与评估，配置专业的处理系统，使废气治理更加到位。在废气治理的过程中，设施完善是重中之重，应关注设备的选定和选型，明确基本的工艺特点，通过全面考量，促使工业废气治理效果达到最佳。工业废气监测设备类型多样，如果设备与工艺不相符，会直接影响废气治理效果，还会增加成本支出。需要在改造与优化工作中融入先进的技术，让工业废气的监测实效进一步强化，通过清晰可见的数据库，突出不同时段的监测信息，为开展后续工作奠定坚实基础^[6]。

4.5 加强排放监测

环境监测属于废气治理的重要条件，只有扎实开展环

境监测工作，才能掌握废气来源以及浓度等各项指标，进而确定可靠的治理举措，让相应的治理过程更加顺利。在监测大气环境时，相关部门必须要结合区域情况展开分析，划分出特定的监测范围，确保分区监测的效率和精度大大提升。此外，也要科学布点，保证监测点更具代表性，应以最少的点位获取全面的信息，为后续工作铺平道路。要在新时代背景下积极融入先进的监测手段，如遥感技术等，运用于大气环境质量监测过程，获取可靠的监测效果。遥感技术重点是将电磁波作为基础，利用电磁波采集地理基础信息，对相关的内容加以处理，支持废气治理工作稳步开展。运用遥感技术落实好大气环境监测工作，通过专业的仪器设施和技术手段判断特定距离之外的目标，收集关键信息，经过识别和跟踪测量，明确污染程度以及污染范围，以便及时制定应对策略。

5 结语

总而言之，工业废气的成分复杂，在开展相应的治理工作时应明确具体的监测指标以及科学方案，促使治理更加到位，保障工业企业实现长远发展的目标。在城市化发展进程中，工业企业受到广泛关注，为了实现既定的效益目标，必须要全面考虑废气污染问题，本文着重探讨了碳减排理念下的工业废气治理对策，希望发挥出一定的参考价值，在优化治理方案和落实排放监测等工作的基础上促使人与自然和谐共处，实现经济以及环保等多重效益目标。

参考文献

- [1] 刘焕彬, 李继庚. 工业AI技术推动造纸工业节能减碳: 基于大系统思维的探讨与实践[J]. 中国造纸, 2025, 44 (02): 1-7.
- [2] 邹璇, 杨旭. 大城市周边县域城镇空间结构优化的碳减排效应——基于人口空间分布的视角[J]. 自然资源学报, 2025, 40 (02): 330-349.
- [3] 庞磊. 人工智能驱动出口隐含碳减排: 理论机制、经验证据与政策启示[J]. 亚太经济, 2025, (01): 86-100.
- [4] 陈阳, 李立凯, 陈鹏. 基于水泥工业碳减排核算实现碳达峰的研究——以贵州省水泥产能节能减排为例[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 41 (04): 1-3.
- [5] 刘文君, 刘秀春. 基于SBM-DEA模型的工业碳减排潜力与影响因素分析[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2019, 13 (02): 26-34.
- [6] 李东周. 重点推广低碳技术目录即将出台 石油和化工碳减排技术能量足潜力大[J]. 中国石油和化工, 2014, (09): 8-9.

Study on common deficiencies and countermeasures in judicial identification of ecological environment damage

Yi Wei Xiaoxia Xue

Inner Mongolia Menghuan Ecological Judicial Appraisal Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

Environmental issues have always been a key focus in China. Various regulations have been established to address acts that harm the ecological environment, forming a certain level of warning and constraint through strict management and punishment. The Supreme People's Court, the Supreme People's Procuratorate, and the Ministry of Public Security have incorporated environmental damage judicial appraisals into unified registration management, allowing judicial appraisal opinions to be used as a type of legal evidence in litigation. However, there are still some shortcomings in the specific application of environmental damage judicial appraisals, which affect the fairness of judicial proceedings and are not conducive to protecting the ecological environment. Therefore, this research primarily explores the key points of environmental damage judicial appraisal work, analyzes the deficiencies in judicial appraisals, and proposes several effective measures to support the improvement of environmental damage judicial appraisal work.

Keywords

ecological environment damage; judicial identification; treatment countermeasures

生态环境损害司法鉴定工作中常见不足与处理对策研究

魏毅 薛晓霞

内蒙古蒙环生态司法鉴定中心，中国·内蒙古 呼和浩特 010000

摘要

生态环境问题一直以来是我国重点关注的问题，针对生态环境损害的行为，进行了各方面的规定，通过严加管理和惩处形成一定的警示和约束。两高一部将环境损害司法鉴定纳入统一登记管理中，司法鉴定意见可以作为一项法定证据种类出现在诉讼中。不过在具体的应用中，生态环境损害司法鉴定工作还有一些不足之处，影响到司法诉讼工作的公正性，并不利于保护生态环境。因此在本文研究工作中，主要探究生态环境损害司法鉴定工作的重点，分析司法鉴定中的不足，提出几点有效的处理对策，以期为推进生态环境损害司法鉴定工作的健全而提供支持。

关键词

生态环境损害；司法鉴定；处理对策

1 引言

生态环境关系到人类社会的可持续发展，在面临环境污染加剧、生态系统持续恶化的现状时，必须使用法律手段来保护生态环境。我国的环境损害司法鉴定起步较晚，在鉴定标准、监管体系和鉴定范围等各个方面存在一些问题。因此新时期相关部门还需要进一步探究，拓展司法鉴定范围，加强专业性队伍建设，严格监管体系和法律法规体系，使其可以更好地服务于诉讼活动，保护生态环境，严厉打击违法犯罪行为。

【作者简介】魏毅（1995-），男，中国内蒙古人，本科，助理工程师，从事生态环境损害司法鉴定研究。

2 生态环境损害司法鉴定工作的重点

2.1 生态环境损害司法鉴定的业务范围

生态环境损害司法鉴定业务范围指的是，在具体实施过程中司法鉴定机构和司法鉴定人对哪些问题进行专业的判定^[1]。例如环境被破坏如何判定环境与人类身体健康之间的关系，也需要通过专业机构和人员进行判定，然而目前来说该事项并没有纳入鉴定工作的业务范畴中。生态环境损害司法鉴定业务范围涵盖多个方面，通过科学方法评估环境损害，从而为法律程序提供科学依据。涉及到污染物性质鉴定、空气污染环境损害鉴定、生态系统环境损害鉴定、地表水和沉积物环境损害鉴定、近海海洋与海岸带环境损害鉴定以及其他环境损害鉴定等，通过综合应用环境科学、法律、经济学等多学科知识，开展生态环境损害司法鉴定工作，为环境诉讼、赔偿、修复提供科学依据，可以进一步完善环境治理体系。

2.2 案件审理中对司法鉴定意见的应用

在生态环境损害的案件审理中，会适度的参考司法鉴定意见，主要体现在确定损害事实、明确因果关系、提供修复依据等多个方面。首先，确定损害事实时，主要进行污染物性质的认定以及生态环境损害程度的评估。污染物性质的认定中要明确污染物是危险废物还是有毒物质等类型情况，确定其物理、化学性质，可以为判断危害程度以及法律责任

提供重要的依据。在生态环境损害程度评估中，要界定生态环境遭受损害的性质程度以及范围。其次，在明确因果关系中要评定污染环境破坏生态的行为与生态环境损害之间的因果关系，判定是否由被告行为所引起的，从而确定被告的责任。第三，提供修复依据。需要开展针对损害扩大防治工作以及修复生态环境方案的评定，确定污染治理以及运行成本，为判决被告承担责任及修复费用提供相关参考。

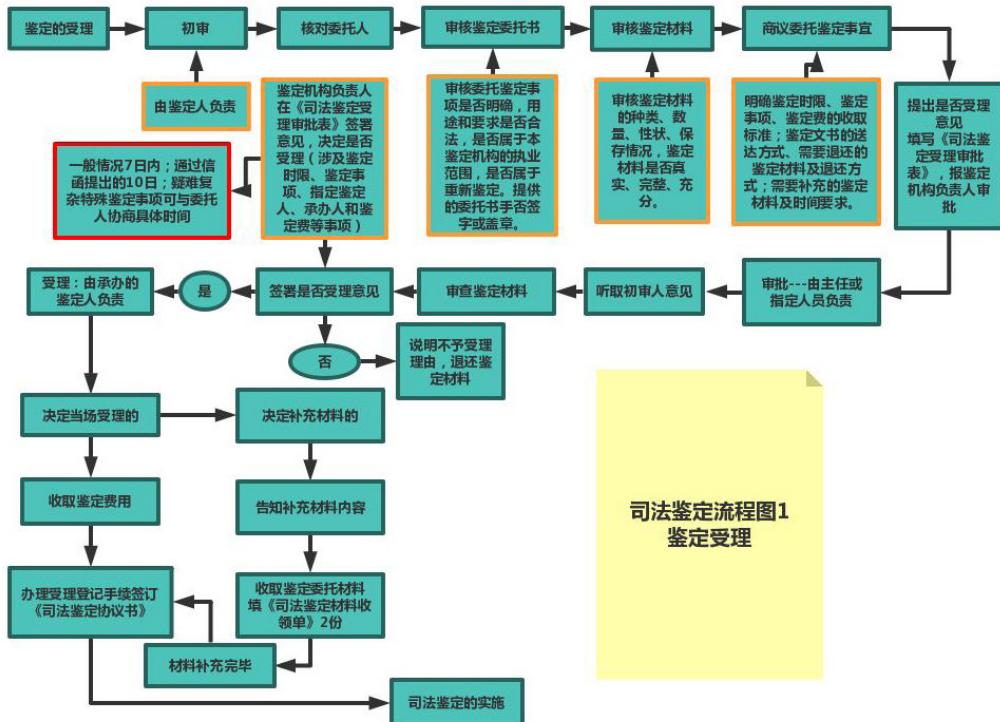


图 1 生态环境损害司法鉴定受理流程

3 生态环境损害司法鉴定工作中常见不足

3.1 专业性欠缺且标准不一

我国生态环境建构损害司法鉴定工作起步较晚，在专业性方面有所欠缺，而且鉴定标准并不统一。现有的鉴定机构主要依靠科研院所开展相关的业务，在鉴定工作中主体缺乏法律意识，因此出具的意见缺乏一定的合法性^[2]。而且鉴定机构专业人员总数上有所欠缺，整体质量参差不齐，因此会影响到专业鉴定工作的整体质量。不同地区部门使用的鉴定标准有一定的差异性，导致结果缺乏可比性。各个部门设定的技术标准在焦点和方向方面也存在一定的差异。若技术上难以实现统一会导致结果的差异性，难以以为司法鉴定提供统一的支持。而目前来说，国家层面上并未形成覆盖各领域的统一技术。规范不同行政部门，例如环保部门、农业部门等制定的标准也存在一定的冲突，导致鉴定工作的矛盾加剧的问题。

3.2 缺乏完善的监管机制

在具体的鉴定工作中需要监管机制的有效支持，实现整体工作的规范性和专业性。首先规章制度方面，用于规范

环境损害司法鉴定的工作程序。不过在具体应用中，缺乏对相关专家进入诉讼的详细规定。相关资质审查不到位，各专家之间的意见存在矛盾冲突，这就影响到生态环境损害司法鉴定的统一性和规范性。其次，相关评审标准建设不足。很容易受到主观因素的影响，导致评审标准缺乏科学性，在最终认定阶段存在矛盾冲突，影响结果的准确性。相关的管理比较松散，评审结果参差不齐，相关的鉴定机构和鉴定人员的素养，资质得不到有效保障，因此会影响到鉴定工作的整体质量。

3.3 司法鉴定范围脱离实际

在我国生态环境损害司法鉴定工作中并不包含因环境造成的人身损害^[3]。然而司法实践中，环境侵权行为很大程度上都会对人体健康造成影响。社会公众也十分关注由于环境损害问题所带来的身体健康隐患。而目前来说，司法鉴定范围脱离实际，司法鉴定人无法对环境污染行为和人身伤害之间的因果关系进一步判定，因此出现的问题难以有效解决。

3.4 法律支撑不足

分析现阶段针对生态环境损害司法鉴定的法律支持，

可以发现相关的内容比较零散。在《环境保护法》中的第5条和第6条对损害担责和企业担责进行了原则性规定^[4]。很多通知和意见法律层级比较低，而环境损害评估是一个十分复杂的鉴定过程，需要多个部门同时共同参与进来进行评估。然而使用的标准体系不一，相关法律规定比较零散，缺乏统一法律支持，这就导致现有的司法鉴定存在诸多挑战。

4 生态环境损害司法鉴定工作不足的处理对策

4.1 完善技术标准体系

应对现阶段生态环境，损害司法鉴定的专业性和技术性问题，相关部门也要提高重视首先开展专业人才培养工作，重视复合型人才、应用型人才的培养，提高他们的专业性。基于现阶段司法鉴定工作的需求，明确人才的各项标准要求，组建高素质的队伍，有效应对司法鉴定工作中出现的各类问题，提高工作的专业性。

还需要构建统一的技术标准。在目前的司法鉴定标准体系下，司法行政机关需要全面整理现阶段生态环境损害司法鉴定的标准，明确其中的重复和矛盾的问题，研究空缺，并组织专家制定新的标准，弥补漏洞^[5]。司法行政机关需要明确自身的重要作用，发挥主导，分析现阶段生态环境司法鉴定工作中的标准情况，弥补其中的漏洞问题，实现技术方面的统一，建立统一完善科学的标准体系。同时司法部门、环保部门等相关部门应当加强沟通联系，明确相关规则和技术性规范的制定。并建立一批合法合规的环境损害司法鉴定机构，可以为各项工作提供专业的支持，提高司法鉴定的工作质量，确保结果的科学性。

4.2 健全监管机制

健全司法鉴定监管机制，对现阶段的工作形成恰当的约束和管控，从而提高整体的质量。司法行政机关需要开展司法鉴定工作的统一管理，在具体的工作中要转变传统观念，更新工作思路，促进监管机制的不断完善，有效应对存在的各种问题。首先搭建统一管理平台，统一管理是我国司法鉴定体制改革的目标和方向，因此通过搭建平台实现统一登记，采取恰当科学的管控方法。根据出台的各条例，理清楚管理体制，由司法行政机关统一对社会鉴定机构开展登记管理工作，对侦查机关鉴定机构进行备案管理^[6]。政府也要加强监管工作，提供外部支撑。司法行政机关，制定公示制度、奖惩制度和年度评价体系制度，用于为环境损害鉴定工作提供良好的秩序，保障整体质量。最后加强对环境损害鉴定机构的评估工作，定期评估机构的资质和服务质量，并定期开展培训课程，督促各机构参与其中，不断提升自身的专业水平，明确相关的法律法规，更好地应对现阶段司法鉴定工作的需求。从多方面入手，实现统一管理也能解决鉴定质量不佳的问题，保障司法的公正性。

4.3 拓展司法鉴定范围

目前来说，生态环境损害会对人体健康造成一定影响，

然而司法鉴定的业务范围并没有进一步明确。因此在发展过程中，相关部门要加强对该方面的研究工作，根据司法实践的具体需求，将环境损害致人身伤害纳入到鉴定范围中。但是在身体健康与环境污染行为关系的鉴定存在很多难题。尤其是一些慢性病，无法判定是否是由环境行为所引起的，因此在未来的发展中还需要开展该方面的深入研究工作。相关部门需要加大研发工作，建立环境污染与人身伤害之间的关系模型^[7]。并通过各种实践不断探究，分析其中的不足，进一步改进，使其评估标准更加科学准确。

4.4 健全法律体系

目前来说，我国需要进一步建立健全环境损害司法鉴定法律体系。出台针对性的完善的法律法规，解决层级较低的问题。因此相关部门要提高重视分析现阶段针对生态环境损害司法鉴定相关的各种法律法规、通知、办法，通过整理分析其中的矛盾问题进一步解决漏洞，构建更加统一完善的法律体系。与此同时，也要针对特殊情况特殊分析，使内容更具有针对性和科学性。推出相关法律法规。由各司法鉴定机构积极响应落实到地，使其发挥应有的效果。同时也能通过司法实践，记录其中的不足之处，进一步完善法律法规。其次针对现阶段已经出台的法律法规还需要进一步细化，使其具有较强的可操作性。

5 结语

综上所述，生态环境损害司法鉴定为生态环境保护工作提供了一定的支持，因此，现阶段相关部门还需要重视司法鉴定工作的进一步完善。通过开展专业性培养统一技术标准来提高司法鉴定的质量；健全监管体系，实现统一管理；明确业务范畴，拓展业务范围，并健全法律法规体系可以为生态环境进行损害司法鉴定工作提供各方面的保障。解决当前存在的各类问题，推进生态环境损害司法鉴定工作的规范化，可以为环境破坏和污染等各种司法案件提供重要的依据，有效控制各主体的行为，强化环境保护工作。

参考文献

- [1] 戈奕文,郭超,吕俊岗. 生态环境损害司法鉴定技术研究进展[J]. 中国司法鉴定,2024(1):48-52.
- [2] 张强,蔡俊雄,刘哲,等. 我国生态环境损害司法鉴定发展历程与问题研究[J]. 中国司法鉴定,2021(4):1-9.
- [3] 黄宇辰. 环境损害司法鉴定制度存在的问题及完善路径[J]. 华章,2024(7):123-125.
- [4] 赵文成. 污染环境犯罪中环境损害司法鉴定现状及问题研究[J]. 佳木斯大学社会科学学报,2024,42(4):47-51.
- [5] 虞浔. 环境损害司法鉴定重点问题研究[J]. 中国司法鉴定,2023(6):86-90.
- [6] 黄艳. 环境损害司法鉴定问题研究[D]. 甘肃:西北师范大学,2020.
- [7] 喻瑜. 我国环境损害司法鉴定困境与对策[D]. 江西:江西财经大学,2020.

Sampling method and precautions of surface water in environmental monitoring

Yaowei Zhu¹ Jaimin Zhang¹ Zhenjie Zhu²

1. Zhejiang Yingfan Testing Technology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315105, China

2. Zhejiang Tongsheng Human Resource Management Service Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315100, China

Abstract

Environmental monitoring of surface water is a crucial work, which is directly related to the scientific decision-making of water resources protection and pollution control. Sampling, as the basic link of the whole monitoring process, determines the accuracy and representativeness of the data. Scientific and reasonable sampling method can not only truly reflect the pollution situation of water body, but also provide reliable basis for subsequent analysis and detection. In surface water monitoring, different water types, flow rates and pollution sources will affect the choice of sampling methods. Therefore, a reasonable sampling scheme must be formulated according to the actual situation. This paper focuses on the sampling method of surface water environmental monitoring, analyzes the sampling strategy of different water bodies, and focuses on the matters needing attention in the sampling process, in order to provide more practical reference for water quality monitoring.

Keywords

environmental monitoring; surface water; sampling method; precautions

环境监测中的地表水的采样方法及注意事项

朱耀威¹ 章佳民¹ 朱震杰²

1. 浙江英凡特检测科技有限公司, 中国·浙江宁波 315105

2. 浙江同生人力资源管理服务有限公司, 中国·浙江宁波 315100

摘要

地表水的环境监测是一项至关重要的工作, 直接关系到水资源保护和污染治理的科学决策, 而采样作为整个监测过程的基础环节, 决定了数据的准确性和代表性。科学合理的采样方法不仅能够真实反映水体的污染状况, 还能为后续的分析检测提供可靠依据。在地表水监测中, 不同的水体类型、流速、污染来源都会影响采样方式的选择, 因此, 必须结合实际情况制定合理的采样方案。本文围绕地表水环境监测的采样方法展开探讨, 分析不同水体的采样策略, 并重点阐述采样过程中的注意事项, 以期为水质监测工作提供更具有实践价值的参考。

关键词

环境监测; 地表水; 采样方法; 注意事项

1 引言

水资源是生态环境的重要组成部分, 地表水的水质状况直接影响着人类健康、生态平衡以及经济社会的可持续发展。然而, 随着工业化、城镇化的快速推进, 水环境污染问题日益突出, 科学有效的环境监测成为水污染防治的关键环节。在整个监测体系中, 采样是最基础也是最关键的一步, 任何环节的操作不当都会影响最终的检测结果。因此, 如何确保采样的科学性、规范性, 成为水质监测工作中必须重点关注的问题。

2 环境监测中的地表水的采样方法

2.1 船只采样

船只采样是较为常见的地表水采样方式(如图1所示), 适用于江河、湖泊、水库等水域较深、岸边采样无法满足需求的情况。在水域较大、流速较快或污染物分布不均匀时, 船只采样能够更灵活地选择采样点, 确保样品的代表性^[1]。采样时, 通常使用专门的采样船或小型船只, 配备适当的采样设备, 如水质采样器、绳索、定位装置等。操作人员需要根据监测目标确定采样深度, 可采用单层采样或分层采样方式。如果水体具有明显的分层结构, 如温跃层或污染物浓度差异较大的情况, 则分层采样更能反映水质特征。在采样过程中, 船只应尽量保持稳定, 避免搅动底泥或受到水流干扰, 影响样品的真实性。对于流速较快的河流, 可以逆流缓慢行

【作者简介】朱耀威(1994-), 男, 中国浙江象山人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境监测与分析研究。

驶，在特定点位取样，确保采样点的稳定性。整个操作过程中，采样人员需要做好记录，包括采样时间、地点、天气状况等，确保数据的完整性和可追溯性。



图1 船只采样现场

2.2 桥梁采样

桥梁采样是一种相对简单且常用的方法，适用于流经城市或乡村的河流，尤其是在水流较急、不便于涉水或船只作业的情况下，桥梁提供了一个相对稳定的采样平台。采样时，通常使用绳索系着采样容器，从桥上缓慢放入水中，确保容器进入目标深度后，再迅速提取样本，避免由于水流干扰导致样品混合或污染。在操作过程中，采样人员需要掌握好绳索的长度和放入水中的速度，以保证采样深度的准确性。对于较高的桥梁，可能需要使用卷扬装置或其他辅助工具，以便更好地控制采样器的垂直运动，减少误差^[2]。桥梁采样的优点在于安全性较高，不需要直接接触水体，尤其在水流湍急或污染严重的区域，这种方法更加可靠。但同时，桥梁采样的局限性也比较明显，采样点位受桥梁位置限制，无法自由选择，可能无法覆盖整个水体的水质状况。因此，在进行桥梁采样时，通常需要结合其他方法，以获得更全面的监测数据。

2.3 涉水采样

涉水采样的方法适用于水深较浅、流速较缓的河流、溪流或湖泊边缘，尤其是在需要近岸水样或特定浅水区域监测时，这种方法更加直接和灵活。采样人员通常穿戴防水服或涉水靴，手持采样器进入水中，在指定深度和位置采集水样。一般情况下，采样点应避开岸边沉积物较多的区域，以免影响水样的代表性。同时，采样人员要特别注意避免自身活动对水体造成干扰，比如脚步搅动底泥或带入外来污染物。在涉水采样过程中，需要确保取样容器完全浸没，并在目标水层中停留足够时间，以保证样品的真实性。在流速较快的河流中，采样人员应选择稳定的立足点，避免水流冲击导致站立不稳或采样失败。尽管涉水采样的设备要求较低，操作相对简单，但在污染严重或水质复杂的环境中，这种方法可能存在一定的安全风险，因此在实际操作时，需要根据

现场情况进行合理评估，确保采样人员的安全。

2.4 索道采样

索道采样是一种适用于特殊环境的采样方式，主要用于河流较宽、水流湍急或地形复杂、不便于其他方式采样的情况。通常，在固定的采样断面上架设索道，通过滑轮系统悬挂采样器，使其能够在不同位置和深度进行取样。索道采样的优势在于能够在不直接接触水体的情况下，精确地控制采样点的位置和深度，尤其适用于长期监测的固定站点。在操作过程中，采样人员需要熟练掌握索道系统的使用方法，确保采样器能够平稳下降至目标深度，并在水中停留足够时间，以获得稳定的水样。对于流速较快的河流，可以利用索道系统调整采样器的运动轨迹，避免水流冲击导致取样偏差^[3]。同时，索道采样也需要定期检查索道的稳定性，确保设备的安全性和可靠性。虽然索道采样的建设成本较高，操作要求较严格，但在某些特定环境下，这种方法能够提供更稳定、更精确的采样数据，特别是在长期环境监测项目中，索道采样能够保证采样点的一致性，提高数据的可比性。

3 环境监测中的地表水的采样注意事项

3.1 采样时间选择

水体水质具有一定的时空变化特性，受气象条件、人类活动、排污规律等因素影响较大，因此，合理安排采样时间才能更准确地反映水体的真实状况。一般来说，日常监测时，采样应尽量避开突发性污染事件后的短时间内，以免数据偏离正常水平。如果是例行监测，通常会选在水文条件相对稳定的时段，比如晴天或者水体流速较为均匀的时段，而避免在暴雨、洪水等极端天气后立即采样，以免泥沙、悬浮物等对样品造成干扰。此外，昼夜温差可能会影响水体中某些理化指标，因此，如果需要进行昼夜变化趋势分析，应当在不同的时间段分别取样，以获得更全面的水质信息。而对于一些特殊监测任务，比如针对污染源排放规律的调查，则需要结合排污企业的生产周期，在其排放高峰时段进行采样，以确保数据能够准确反映污染物的分布和浓度变化。

3.2 采样点位置选择

不同水域的水质状况往往存在较大差异，即使是在同一条河流或者同一个湖泊中，由于水流、污染物输入、底质情况的不同，各个点位的水质可能也有很大区别。因此，在选择采样点时，必须充分考虑水体的水动力特征、污染源分布情况以及监测目的。如果是对整个水域进行综合评价，采样点应均匀分布，尽可能覆盖水体的不同区域，比如河流的上游、中游、下游，湖泊的中心区域和近岸区域等。如果是针对污染源监测，采样点则应设在污染源的上游、下游以及排污口附近，以便准确评估污染物对水体的影响^[4]。此外，还需要考虑水深对水质的影响，某些情况下，表层水、中层水和底层水的水质可能存在较大差异，因此，在进行水质剖面监测时，应根据水深分层采样，以获得更完整的水质数据。

采样点设置如图2所示。

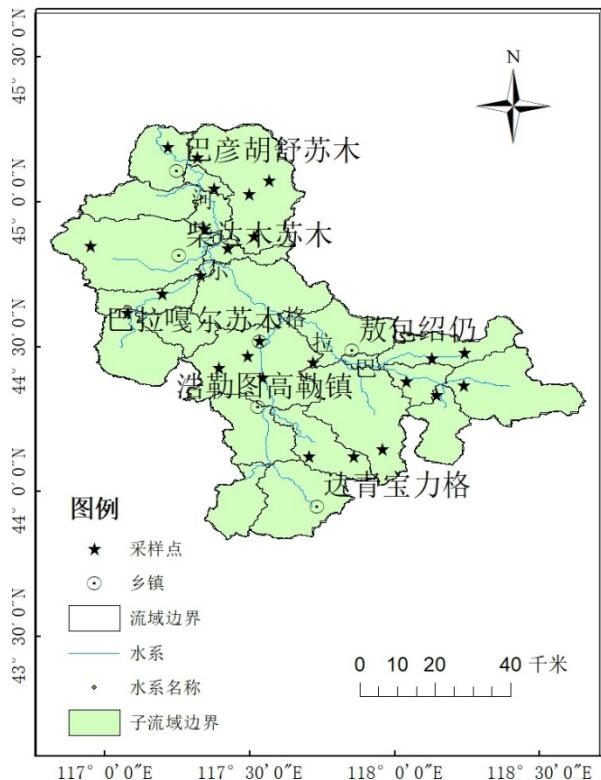


图2 采样点

3.3 采样器材准备

根据不同的监测项目，采样器材可能包括采水器、采样瓶、过滤设备、便携式检测仪器等。其中，采水器的材质应当符合相关标准，避免与水样发生化学反应，影响检测数据。采样瓶的选择尤为重要，不同的检测项目对采样瓶的材质和处理方式有不同要求，比如，测定重金属时需要使用酸洗过的聚乙烯瓶，而测定有机污染物时则应使用玻璃瓶。此外，所有采样瓶在使用前都要进行严格的清洗和预处理，以避免残留物质对样品造成污染。另外，采样过程中，还需要携带必要的记录工具，如采样记录表、GPS设备等，以便准确记录采样点位、时间、天气状况等信息，为后续分析提供完整的背景数据。

3.4 样品保存

水样中某些组分可能会随着时间的推移发生变化，比如溶解氧含量会受到微生物活动的影响，有机污染物可能会挥发或者降解，因此，必须采取合理的保存措施，以尽可能保持样品的原始状态。一般来说，样品在采集后应尽快送往实验室进行分析，若无法立即检测，则需按照不同指标的要求进行相应的保存处理。比如，测定氨氮、总磷等营养盐类时，需要加入适量的试剂进行固定，以防止生物降解影响测定结果；测定重金属时，通常需要在样品中加入酸以稳定金属离子；测定有机污染物时，则需要尽量避免光照和高温，以减少降解和挥发损失。此外，样品的运输也需要注意温控，

通常要求放置在低温条件下，比如使用冰盒或者便携式冷藏箱，以减缓生物化学反应的发生^[5]。

3.5 现场记录

每次采样都需要详细记录相关信息，包括采样时间、地点、天气状况、水体流速、水深、透明度、气温、水温以及周边环境情况等。记录的完整性直接影响数据的可追溯性，如果遗漏某些关键信息，可能会导致后续分析无法准确解释水质变化的原因。因此，采样人员必须随身携带记录本，或者使用电子设备进行实时记录，确保所有信息都能准确无误地保存。此外，采样过程中，任何异常情况，比如水体颜色异常、气味变化、污染物排放等，都应当详细记录，并拍摄照片或视频作为辅助资料，以便后续分析使用。在采样点的地理位置信息记录方面，使用GPS设备进行精准定位，确保监测数据的空间可比性，避免因采样点位置偏差导致数据失真。

3.6 人员安全防护

采样人员在下水作业时，应穿戴防水服、长筒靴，必要时佩戴橡胶手套，以防止皮肤直接接触污染水体，避免可能的化学污染或者生物污染。如果采样点位于工业污染区、污水排放口或者存在有毒气体的环境，应当佩戴防毒面具，避免吸入有害气体。在深水区域或者水流湍急的河流采样时，必须穿戴救生衣，并确保有专人监护，防止意外落水。此外，夏季高温天气作业时，要注意防暑降温，避免长时间暴露在烈日下导致中暑，而冬季作业时，则应注意防寒保暖，防止低温环境对身体造成不良影响。除此之外，采样过程中还可能遇到蛇类、昆虫叮咬等野外风险，尤其是在湖泊、湿地等生态环境较为复杂的区域，采样人员应提前了解现场情况，做好必要的防护准备。

4 结语

总之，只有扎实开展地表水环境监测工作，才能及时发现水环境问题，为水资源保护和管理提供决策依据。规范的地表水采样方法是环境监测的基石，对于推动水环境质量改善、保障人民群众身体健康和生态文明建设具有重要意义。

参考文献

- [1] 曹璐璐.辐射环境监测中地表水的采样与预处理注意事项[J].价值工程,2013,32(21):318-319.
- [2] 徐志鹏.浅析地表水环境监测中的采样质量管理[J].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2024(2):0090-0093.
- [3] 张锐.地表水环境监测中的采样质量管理浅析[J].皮革制作与环保科技,2022,3(3):35-36+39.
- [4] 赵广.环境监测现场采样问题及注意事项探讨[J].环境与发展,2019,31(7):137-137+139.
- [5] 肖秋月.环境监测时现场采样相关问题及注意事项分析[J].环境与发展,2018,30(2):149-150.

Technical Innovation and Application Analysis of Land Reclamation in Land Consolidation and Ecological Restoration Management

Zhengbiao Pan

Guangxi Gongkan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

Land reclamation is an important part of land consolidation and ecological restoration, and significant progress has been made in technological innovation and application in recent years. This study aims to analyze the theoretical basis of land reclamation and its technological innovations in soil improvement, vegetation restoration, water resource management, and ecological restoration, in order to explore its potential application in agricultural land, the specific application of construction land and ecological land remediation, and its practical role in the restoration of mines, watersheds, and degraded ecosystems. The article proposes suggestions such as strengthening technological innovation, improving policies and regulations, and enhancing public participation, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the sustainable development of land reclamation.

Keywords

land reclamation; Land consolidation; Ecological restoration; technological innovation Application Analysis

土地复垦在土地整治与生态修复治理中的技术创新与应用分析

潘正彪

广西工勘岩土工程有限公司，中国·广西桂林 541000

摘要

土地复垦是土地整治和生态修复治理中的一项重要内容，近年来技术创新和应用取得显著进步。本研究旨在通过整理土地复垦的理论依据，深入分析其在土壤改良、植被恢复、水资源管理及生态修复等领域的技术革新，进而探索其在农业用地上的应用潜力、建设用地与生态用地整治的具体运用及其对矿山，流域及退化生态系统恢复的实际作用。文章提出了强化技术创新，健全政策法规，提升公众参与度等建议，旨在为土地复垦可持续发展提供理论支撑与实践指导。

关键词

土地复垦；土地整治；生态修复；技术创新；应用分析

1 引言

随着我国城市化进程不断加快，生态环境问题越来越突出，土地复垦对于土地整治及生态修复治理越来越重要。土地复垦既可以恢复与改善被破坏土地生态功能，又可以提高土地利用效率、促进经济与社会可持续发展。但目前土地复垦的实践还存在着技术不够成熟，政策支持力度不够，公众参与度不高等诸多问题。因此，对土地复垦技术创新和应用进行深入研究对促进土地整治和生态修复治理有着十分重要的意义。本研究旨在对土地复垦理论基础进行系统

梳理，对技术创新和应用现状进行剖析，对土地整治和生态修复治理的具体做法进行探讨，并对今后发展提出对策和建议。

2 土地复垦的理论基础

2.1 土地复垦的基本概念

土地复垦就是在人为干预下，对由于人类活动或者自然灾害等原因被破坏的土地进行生态功能与生产能力修复与提高的过程。它以土地可持续利用为奋斗目标，主要表现在恢复土壤肥力，改善水文条件，重建植被覆盖以及恢复生态系统服务功能等方面。土地复垦主要针对废弃矿山，退化农田，污染土地，城市废弃地。通过土地复垦能够有效地提高土地利用效率、降低土地资源浪费、促进生态环境恢复与改善。

【作者简介】潘正彪（1990-），男，壮族，中国广西南宁人，本科，助理工程师，从事测绘与地形信息、地质与岩土工程等研究。

2.2 土地复垦的法律法规与政策

土地复垦工作的开展，离不开法律法规、政策等各方面的扶持。我国的《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国环境保护法》《矿山地质环境保护规定》为土地复垦工作提供法律依据。另外，国家及地方政府通过土地复垦专项资金，税收优惠及技术支持等多项政策措施促进土地复垦发展。但目前我国土地复垦法律法规体系还不够健全，存在监管机制还不够完善，政策执行力度还不够等诸多问题，急需进一步改进与提高。

2.3 土地复垦的生态学原理

土地复垦的生态学基础主要涵盖了生态系统的恢复、生态的演替以及生物多样性的理论。生态系统恢复理论重视人为干预对受损生态系统结构与功能的修复；生态演替理论认为土地复垦要遵循自然演替的规律，使植被覆盖与土壤肥力逐渐恢复；生物多样性的理论主张，在土地恢复和复垦的过程中，应当重视生物多样性保护和恢复，从而增强生态系统的稳定性和对逆境的抵抗力。这些理论对土地复垦实践具有科学的指导作用。

2.4 土地复垦的经济学分析

土地复垦在产生显著生态效益的同时，也带来了相当大的经济效益。通过土地复垦能够提高土地利用效率、提升土地价值、推动区域经济的发展。但实施土地复垦需投入巨额资金与技术，经济效益显现时间通常较长。为此，对土地复垦进行经济学分析时，有必要从短期成本与长期收益两方面进行考量，寻求多元化融资模式与政策支持来增强土地复垦经济可行性与可持续性。

3 土地复垦的技术创新

3.1 土壤改良技术

土壤改良在土地复垦中处于核心地位，有物理改良、化学改良以及生物改良技术等。物理改良技术是以深耕，松土及客土来改良土壤结构及通气性；化学改良技术是利用石灰，石膏及有机肥的加入来调整土壤酸碱度，增加土壤肥力；生物改良技术主要是通过种植绿肥植物、使用微生物肥料以及引进土壤中的动物等手段，来增强土壤的生物活性和提高其有机质的含量。综合运用上述技术可有效地修复与提高受损土壤生态功能。

3.2 植被恢复技术

植被恢复在土地复垦中具有十分重要的意义，它主要涉及本土植物的选择，植被配置以及植被养护技术等方面。本土植物的筛选强调依据本地气候与土壤条件筛选适生性与抗逆性较强的植物种类；通过精心设计的植物搭配和空间布局，植被的覆盖范围和生态系统的稳定性都得到了提升；植被养护技术主要有灌溉，施肥以及病虫害防治，从而确保植被能够健康成长。

3.3 水资源管理技术

水资源管理在土地复垦中至关重要，其主要内容有水资源调配，水土保持以及水污染治理技术等。水资源调配是指通过建设水库，渠道及灌溉系统来实现水资源的合理配置与利用；水土保持技术是通过修梯田，植树种草及建拦沙坝来减轻水土流失及土壤侵蚀；为了治理和提升水质，水污染治理技术采用了生物修复、化学处理以及物理过滤等多种手段。

3.4 生态修复技术

生态修复作为土地复垦过程中的高级阶段主要涉及生态廊道构建，生物多样性保护以及生态系统服务功能改善等技术方面。生态廊道的构建通过将破碎化生态斑块联系起来增强生态系统的连通性与稳定性；生物多样性保护是指通过对珍稀濒危物种及栖息地进行保护与修复来增加生态系统的生物多样性；生态系统服务功能的增强是通过修复和优化生态系统在调节、供应和文化方面的功能，从而提升生态系统所能提供的服务价值。

4 土地复垦在土地整治中的应用

4.1 土地整治的目标与任务

土地整治旨在通过土地复垦，土地整理以及土地开发来提高土地利用效率以及改善土地生态环境以及促进经济与社会可持续发展。它的主要任务是修复与改善被破坏土地生态功能、提高土地生产能力与利用效率、优化土地利用结构与布局、推动区域经济发展与生态环境保护。

4.2 土地复垦在农业用地整治中的应用

就农业用地整治而言，土地复垦是以退化农田生态功能与生产能力的恢复与提高为主。通过土壤改良，植被恢复以及水资源管理的技术能够提升土壤肥力，完善农田水利条件以及提高农作物的产量与质量。另外，土地复垦可通过农田生态系统恢复与重建来改善农田生态服务功能、推动农业可持续发展。

4.3 土地复垦在建设用地整治中的应用

就建设用地整治而言，土地复垦的主要目的是对城市废弃地、工业用地等生态功能进行修复与提升。通过土壤改良，植被恢复及生态修复，可使受损土地生态功能得到恢复与完善，利用价值得到提升，环境质量得到改善。另外，土地复垦也能通过城市绿地的恢复与重建来改善城市生态环境、提升城市居民生活质量。

4.4 土地复垦在生态用地整治中的应用

就生态用地整治而言，土地复垦的主要目的是恢复与提升湿地，林地与草地生态系统生态功能。通过土壤改良，植被恢复与生态修复，可使受损生态系统结构与功能得到修复与完善，生态系统生物多样性与服务价值得到提升。另外，土地复垦可通过生态廊道的修复与重建来改善生态系统连

通性与稳定性，有利于生态环境可持续发展。

5 土地复垦在生态修复治理中的应用

5.1 生态修复治理的目标与原则

生态修复治理旨在通过土地复垦，生态修复与生态保护来恢复与完善被破坏生态系统结构与功能，实现生态环境可持续发展。生态修复治理核心是通过人为干预对被人类活动或者自然灾害破坏的生态系统进行恢复至接近自然状态或者实现可持续利用。这个过程不只是专注于生态系统的物理恢复，还强调了生态功能的恢复，这包括生物多样性、土壤的肥力、水文循环等方面。生态修复治理应遵循自然规律，重视生态效益，协调经济社会发展与生态环境保护。遵循自然规律为生态修复治理提供了依据，这就决定了修复措施要以生态系统自然演替过程为依据，切忌人为干预过度。重视生态效益又强调修复措施要针对增强生态系统服务功能，例如水源涵养，气候调节和生物多样性保护。在经济社会发展与生态环境保护的整体规划中，我们需要在恢复的过程中，深入考虑到当地的经济增长需求，以确保生态保护和经济增长能够双赢。

5.2 土地复垦在矿山生态修复中的应用

在矿山生态修复方面，土地复垦是以矿山废弃地生态功能恢复与提升为主。矿山开采活动常常会造成地表植被破坏，土壤结构变化，水文条件退化等生态环境问题，而土地复垦借助一系列技术手段能够有效地恢复与提高这些被破坏的生态环境功能。土壤改良是土地复垦中最关键的一个环节。矿山废弃地土壤常具有肥力低，结构疏松和重金属污染严重等特点，可通过增施有机肥，石灰和石膏等改良剂来改良其物理化学性质和提高土壤肥力。二是植被恢复在土地复垦中占有重要地位。选择合适植物种类并利用播种，扦插和移栽技术可重建植被覆盖并恢复生态系统自净能力及生物多样性。另外，水土保持，植被恢复和生物多样性恢复这些生态修复技术能够进一步恢复矿山废弃地生态系统服务功能。

5.3 土地复垦在流域生态修复中的应用

就流域生态修复而言，土地复垦是以流域生态功能恢复与提升为主。流域生态系统是由河流，湖泊，湿地，森林，草地等众多生态类型组成的复杂体系，土地复垦借助一系列技术手段能够有效地修复和提高这些被破坏了的生态功能。一、前言土壤改良是土地复垦中最关键的一个环节。流域土壤常出现肥力低，结构疏松，水土流失严重等现象，增施有机肥，石灰和石膏等改良剂可使土壤物理化学性质得到改良，土壤肥力得到提高。二是植被恢复在土地复垦中占有重要地位。选择合适植物种类并利用播种，扦插和移栽技术可重建植被覆盖并恢复生态系统自净能力及生物多样性。除此之外，诸如水土保持、植被恢复和生物多样性恢复等水资源管理技术，有助于进一步恢复流域生态系统的服务功能。

将土地复垦用于流域生态修复，既能恢复与改善流域

生态功能，又能改善流域生态环境质量，有利于流域可持续发展。通过土地复垦可恢复流域植被覆盖、减轻水土流失、改善水文条件、改善流域生态环境质量。另外，土地复垦通过流域生态系统恢复与重建，增加了流域生物多样性与服务价值，有利于流域持续发展。如恢复流域植被覆盖可增加流域碳汇能力和延缓气候变化；通过对流域内生物多样性进行修复，可提升流域水源涵养，气候调节和生物多样性维护等生态服务价值。

5.4 土地复垦在退化生态系统修复中的应用

就退化生态系统修复而言，土地复垦是以退化草地，林地，湿地等生态功能恢复与提升为主。退化生态系统中常常会出现植被覆盖度不高，土壤肥力不高以及生物多样性降低等现象，而土地复垦借助一系列技术手段能够对这些被破坏的生态功能进行有效的修复与提升。一、前言土壤改良是土地复垦中最关键的一个环节。退化生态系统中土壤常出现肥力低，结构疏松，水土流失严重等现象，增施有机肥，石灰和石膏等改良剂可使土壤物理化学性质得到改良，土壤肥力得到提高。二是植被恢复在土地复垦中占有重要地位。选择合适植物种类并利用播种，扦插和移栽技术可重建植被覆盖并恢复生态系统自净能力及生物多样性。另外，水土保持，植被恢复和生物多样性恢复等生态恢复技术可进一步恢复退化生态系统服务功能。

将土地复垦应用于退化生态系统恢复，既能恢复与改善退化生态系统生态功能，又能改善生态环境质量，推动生态环境可持续发展。通过土地复垦可使退化生态系统植被覆盖得到恢复、水土流失得到减轻、水文条件得到改善、生态环境质量得到改善。另外，土地复垦可通过退化生态系统的修复与重建来增加生物多样性与服务价值以及生态环境可持续发展。如在退化生态系统中恢复植被覆盖可增加碳汇能力和延缓气候变化；退化生态系统中生物多样性的修复能够增加水源涵养，气候调节和生物多样性维护等生态服务价值。

6 结论

文章通过对土地复垦理论基础进行系统梳理，对技术创新和应用现状进行了剖析，并对土地整治和生态修复治理方面的具体做法进行了论述，文章还提出了强化技术创新，健全政策法规，提高公众参与度等建议。今后，我国土地复垦理论研究要进一步深入，技术创新要促进应用和普及，政策支持体系要不断完善，公众参与度要不断增强，促进土地复垦可持续发展，为土地整治和生态修复治理工作提供了有力支持。

参考文献

- [1] 蔡海生.土地复垦方案编制要点和关键问题[J].中国水土保持, 2015, 1 (04) : 15-16.
- [2] 潘贵红, 张则景, 李振华等.矿山土地复垦方案编写和评审问题探讨[J].南方国土资源, 2012, 2 (06) : 20-25.
- [3] 李宗发.编制矿山土地复垦方案值得注意的几个问题[J].贵州地质, 2010, 1 (03) : 30-31.

Research on solid waste resource utilization technology in environmental protection engineering

Yang Yanqing Zhang Fuyun Mu Yanli

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

Abstract

With the acceleration of urbanization, the amount of solid waste generation is increasing, the traditional landfill and incineration treatment methods are facing challenges such as environmental pollution and resource waste, and solid waste resource utilization technology as a sustainable environmental protection treatment scheme has become the focus of global attention. Innovative technologies such as efficient incineration and gasification and bioconversion can improve resource efficiency and reduce environmental impact, while intelligent and automated technologies such as the Internet of Things, big data and artificial intelligence also provide an optimized path for solid waste treatment, improve system operation efficiency and reduce pollution emissions through real-time monitoring and data analysis.

Keywords

solid waste recycling, environmental protection engineering, technological innovation, circular economy

环保工程中的固废资源化利用技术研究

杨彦青 张富运 沐艳丽

云南翊佐环境科技有限公司，中国·云南 祥云 672100

摘要

固体废物的产生量随着城市化进程的加快而不断增加，传统的填埋和焚烧处理方式面临环境污染和资源浪费等挑战，固废资源化利用技术作为一种可持续的环保处理方案已成为全球关注的重点，本文系统梳理固废资源化的技术现状与发展趋势并分析物理、化学和生物处理技术的应用现状及局限性，同时探讨绿色化学、高效焚烧与气化以及生物转化等创新技术路径以提高资源化效率、降低环境影响，智能化与自动化技术如物联网、大数据与人工智能也为固废处理提供优化路径，通过实时监控和数据分析提高系统运行效率减少污染排放。

关键词

固废资源化；环保工程；技术创新；循环经济

1 引言

固废处置中传统填埋、焚烧等处理方式面临土地资源紧张、环境污染等严峻挑战，而固废资源化利用作为破解“垃圾围城”困境、实现可持续发展的关键途径已成为全球关注的焦点，本文聚焦环保工程领域，系统梳理固废资源化利用技术现状及发展趋势并探讨构建循环经济新范式的路径选择，为推动固废资源化利用技术创新促进循环经济发展提供参考。

2 固废资源化的技术现状与问题

随着城市化进程的加速和工业化程度的提高固体废物的产生量逐年攀升，传统的填埋和焚烧处理方式已难以满足

可持续发展的需求，固废资源化利用技术作为一种环境友好型处理方式逐渐成为研究热点。

2.1 当前主流固废处理技术

固废的转化利用是实现资源化利用的关键环节，包括物理转化、化学转化和生物转化等多种方法。^[1] 主要通过分选、破碎、压实等物理手段，将固废转化为可再利用的材料如废旧金属的回收、塑料的再生利用等，更进一步通过化学反应将固废转化为高附加值产品如废油再生、废酸回收等，或者采用生物处理则利用微生物的代谢作用将有机固废转化为肥料或能源，如堆肥、厌氧消化等。

2.2 存在的问题与技术瓶颈

这些主流技术在实际应用中仍存在诸多问题，首先技术成本较高导致许多资源化技术的经济性较差难以大规模推广，其次技术适用性有限，不同种类的固废需要不同的处理技术，而现有技术往往难以应对复杂的固废成分。资源化产品的市场接受度较低，许多再生材料在性能和质量上无法

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

与原生材料竞争，导致资源化产品的销路不畅，同时现有技术标准不完善，缺乏统一的资源化技术规范和评价体系影响技术的规范化和产业化发展，一般的固废处理如图1所示：^[1]

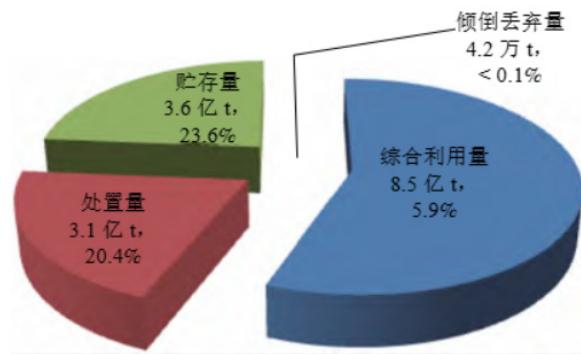


图1：一般固废利用、处置情况

2.3 技术的局限性分析

现在许多新兴技术仍处于实验室或中试阶段导致尚未实现大规模工业化应用，同时现有技术集成度低，单一技术往往难以实现固废的全量资源化需要多种技术的协同配合，而现有技术集成体系尚不完善；环境影响同样难以完全消除，部分资源化技术在处理过程中仍会产生二次污染如废气、废水的排放问题，为了解决现有技术的局限性，探索创新技术路径成为了推动固废资源利用的必经路径。

3 创新技术路径：新型固废处理技术的探索

科研人员不断探索新型固废处理技术，旨在提高资源化效率、降低环境影响并实现经济效益的最大化，本章将重点介绍绿色化学技术、高效能垃圾焚烧与气化技术以及生物转化技术等创新技术路径，分析其原理、优势及潜在应用前景，从2009年创新技术应用后，重点城市固废利用如图2所示：^[2]

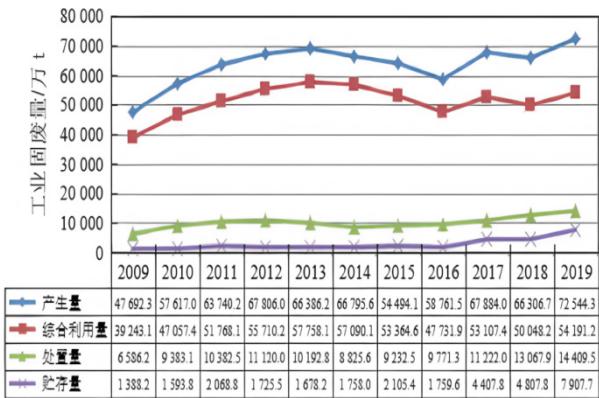


图2 全国重点城市固废利用逐年变化

3.1 绿色化学技术

绿色化学技术是一种以环境友好为核心的新型化学处理技术其通过减少或消除有害物质的使用和产生实现固废

的高效资源化，同时减少或避免有害物质污染环境。

1. 绿色溶剂：绿色溶剂（如离子液体、超临界流体等）具有低毒性、可降解性和可回收性能够显著减少环境污染，比传统的化学催化剂具有更好的实用性例如超临界二氧化碳可用于废旧塑料的降解和再生实现资源的高效回收。

2. 绿色催化剂：绿色催化剂（如生物酶、纳米催化剂等）具有高效、选择性强的特点能够在温和条件下实现固废的转化，现有的工艺中利用酶催化剂处理有机固废可将其转化为生物燃料或高附加值化学品。

3. 原子经济性反应：在处理之前设计高效的化学反应路径最大限度地利用原料中的原子减少副产物的生成，例如在废油再生过程中采用原子经济性反应可提高再生油的产率和质量。

3.2 高效能垃圾焚烧与气化技术

高效能垃圾焚烧与气化技术作为固废处理的重要方法，通过热化学过程将废弃物转化为能源或化学品兼具高效处理、减容和能源回收的优势，本节将重点介绍高效能焚烧、气化和热解三种技术分析其原理、特点及应用探讨其在降低污染物排放、提高能源利用率等方面的进展与潜力，为固废资源化提供技术支撑。

1. 高效能垃圾焚烧技术：传统垃圾焚烧技术存在二噁英、重金属等污染物排放问题，而高效能焚烧技术通过优化燃烧条件（如高温、富氧燃烧）和引入先进的烟气净化系统能显著降低污染物的排放，此外焚烧过程中产生的热能可用于发电或供热实现能源的回收利用，如现有的流化床焚烧技术能够处理多种类型的固废，并且能很好地解决焚烧残留与污染排放问题。

2. 气化技术：气化技术是在缺氧或限氧条件下将固废转化为合成气（主要成分为CO和H₂）的过程。合成气可作为燃料或化工原料，用于生产甲醇、氢气等高附加值产品。与焚烧技术相比，气化技术的污染物排放更低，且能够处理含水率较高的固废。例如，等离子体气化技术利用高温等离子体将固废彻底分解，几乎不产生二次污染。

3. 热解技术：在缺氧环境下通过加热将固废转化为固体炭、液体油和可燃气体，与焚烧和气化技术相比热解技术的优势在于能够有效减少有害物质的产生并能够处理含有高水分或高有机物的固废，通过适当的温度控制热解可以优化产物的质量特别是在产生高质量的液体油（如生物油）方面具有潜力。

3.3 生物电能转化与物质提炼技术

物质提炼技术在原有的物理蒸发结晶的基础上进行定向处理，得到所需要的物质，2019年威立雅利用其先进的HPD 蒸发和结晶技术帮助丰田汽车公司提炼电池级氢氧化锂，用于制造动力电池。^[3]

生物转化技术则是利用微生物或酶的代谢作用将有机固废转化为能源或高附加值产品的技术，主要包括厌氧消化

和微生物燃料电池等。

1. 厌氧消化：厌氧消化是在无氧条件下利用微生物将有机固废分解为沼气（主要成分为 CH_4 和 CO_2 ）和消化液的过程，沼气可作为清洁能源使用而消化液则可用作有机肥料，该技术适用于处理厨余垃圾、农业废弃物等高有机质固废，如两相厌氧消化技术通过优化反应条件提高沼气的产率和稳定性。

2. 微生物燃料电池：该技术利用微生物的代谢作用产生电子，并通过外电路传递形成电流。例如，利用微生物燃料电池处理污水厂污泥，不仅能够实现污泥的减量化，还能回收电能。

4 智能化与自动化技术推动固废资源化

4.1 物联网与大数据应用

物联网（IoT）通过传感器、无线网络等设备实时监控固废的处理过程，使信息透明化便于管理者进行数据分析和决策支持，在垃圾分类、存储、运输过程中物联网设备可以监控垃圾的种类、数量、位置等信息确保垃圾能够高效、合理地分类与转运。同时物联网技术还能够通过实时监控设备状态，预警潜在故障并减少设备停运时间以此提升系统运行的稳定性。

使用物联网的同时采用大数据技术分析海量的历史数据为固废资源化过程提供科学依据，基于大数据分析能够预测固废处理的趋势、评估不同处理路径的效果从而优化资源配置，例如在垃圾焚烧过程中大数据可以帮助预测垃圾的热值、湿度等特性，调整焚烧炉的工作参数以达到更高的处理效率，减少污染排放。

4.2 人工智能的优化路径

在固废资源利用过程中加入算法优化与机器学习，AI能够动态调节固废分类与处理工艺显著提升智能化水平，在固废分类方面通过计算机视觉与图像识别技术，能够快速准确地识别和分类不同种类的垃圾，如塑料、金属、纸张等，相比传统的人工分类不仅提高准确性，还大大提高处理效率减少人工成本，降低出错率。

系统还能通过训练模型，在不断处理数据的过程中优化分类算法进一步提高固废处理的精准度，在处理过程中AI还通过实时监控温度、湿度、烟气成分等参数分析并优化垃圾焚烧的燃烧条件，提升能源利用效率来减少有害气体的排放。兴起的深度学习和模式识别能够分析固废资源化过程中的各类变量关系，建立智能决策系统帮助管理者实时评估与调整处理方案，例如，垃圾填埋场通过监测地下水、气体排放和土壤质量能够提供污染风险降低的优化方案。

4.3 智能化设备的应用前景

现有的自动化分拣、智能压缩、自动化焚烧和智能监控等设备正在逐步取代传统的人工操作，智能分拣设备通过高精度传感器、图像识别技术和机械臂等能够自动完成垃圾

的分类工作，相较于人工分拣智能设备不仅效率更高而且减少二次污染，智能压缩设备则能够根据固废的种类与体积自动调整压缩方式提高运输效率，减少占用的存储空间降低运输成本。

在垃圾焚烧领域自动化焚烧设备能够减少人工干预，通过自动调节焚烧温度、空气流量等参数优化燃烧效果，智能监控设备通过实时监测固废处理的各个环节确保设备的正常运行，随着新型利用技术的普及与智能化技术的应用，

4.4 我国固废资源利用现状

随着需求的增加和技术的不断发展及人工智能应用固废资源处置与资源化行业的营业收入近年呈现稳步增长趋势，从2017年至2021年该行业的营业收入逐年增加反映出市场对固废处理与资源化需求的持续上升，同时固废处理处置与资源化在环保产业总营业收入中的占比也保持稳定表明其在环保产业中的重要地位，这一趋势不仅体现行业的技术进步和政策支持也预示着未来固废处理与资源化市场的进一步扩展潜力，如图3所示：

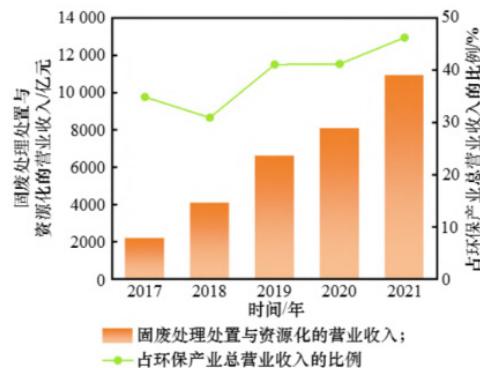


图3 2017–2021 固废处置营收

5 结论

固废资源化利用技术在环保工程领域扮演着至关重要的角色，随着技术的不断进步，物理、化学和生物处理方法为固废转化提供多样的解决方案，然而现有技术仍面临成本高、技术适应性差及市场接受度低等挑战。未来通过绿色化学技术、高效能垃圾焚烧与气化技术、生物转化技术等创新路径的探索，有望提高资源化效率并减少环境污染，同时物联网、大数据和人工智能的应用将推动固废资源化的智能化与自动化进程，提升资源回收率和处理效率以降低成本和污染。

参考文献

- [1] 邵剑明.工业固废资源化利用及其环境影响评价.工程科技I辑, 2024,41 (01)
- [2] 包永鹏.工业固废资源化利用综合利用的策略.工程科技I辑, 2024,52 (03)
- [3] 张婷婷.碳中和背景下我国固废资源化利用产业发展研究, 2024,26 (01)

Analysis of the protection and restoration methods of grassland ecological environment

Qila Sa

Inner Mongolia Mengyuan Ecological Judicial Identification Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

As an important part of the ecosystem, grassland has the important functions of ecological environment protection, water conservation and animal husbandry, so the protection of grassland environment is very necessary. The government and other units are required to analyze the damage, causes of damage and subsequent effects of the environment according to the current grassland ecological environment, and then formulate appropriate solution strategies. The damaged grassland ecology can be restored by means of phytoremediation. This paper starts with the grassland ecological environment, discusses the problems existing in the ecological environment, and then formulates the targeted restoration methods to realize the protection of the grassland ecological environment and realize the ecological stability.

Keywords

grassland ecological environment; environmental damage; ecological restoration

草原生态环境的保护与修复方法分析

萨奇拉

内蒙古蒙环生态司法鉴定中心，中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘要

草原作为生态系统中重要的一环，具有生态环境保护、涵养水源以及畜牧等重要功能，所以草原环境的保护就十分必要。要求政府等单位结合现阶段的草原生态环境状况，分析环境生态的破坏状况、破坏成因以及后续影响，然后制定合适的解决策略。可以通过植物修复等方式，对破坏的草原生态进行修复。本文就从草原生态环境入手，浅谈生态环境存在的问题，然后制定针对性地修复方法，以实现对草原生态环境的保护，实现生态稳定。

关键词

草原生态环境；环境破坏；生态修复

1 引言

草原生态作为自然生态环境的重要组成，随着养殖业的发展以及地下水的大量抽取，草原生态受到了严重影响，出现了诸如草场退化以及草场破坏等状况，不仅影响草原功能，还导致沙尘暴等恶劣天气的不断出现，严重影响生态环境。这就需要相关人员加强对草原生态环境保护的重视，借助遥感技术、监测设备等专业设备，派遣专业的技术人员分析草原环境破坏的成因，并且结合先进技术，制定科学的修复方法，对破坏的草场进行修复，以实现对草原生态环境的保护。

【作者简介】萨奇拉（1984-），女，蒙古族，中国内蒙古锡林浩特人，本科，从事环境损害司法鉴定研究。

2 草原生态环境概述

2.1 概念

草原生态环境是指草原地区的自然生态系统，包括草原植被、动物群落、土壤、水源等自然要素及其相互关系。草原生态系统通常位于气候干旱或半干旱的地区，具有独特的生态特征^[1]。

2.2 主要内容与特点

草原生态环境主要包括以下内容，一是植被，草原生态环境的主要植被是草本植物，包括各种草类、灌木等。植被种类和分布受到气候、土壤类型、降水量等因素的影响；二是动物，草原是许多草食性动物的栖息地，如牛、羊、马、鹿、野兔等。此外，一些肉食动物如狼、狐狸也在草原上生存。草原生态系统的食物链较为简单，植物→草食性动物→肉食性动物；三是土壤，草原的土壤一般比较肥沃，适合植物生长，但也容易因过度放牧、农耕等人类活动而退化。土壤的水分保持能力较弱，因此草原生态系统较为脆弱；四是水源，

草原地区通常降水量较少，水资源比较稀缺。草原生态系统对水源的依赖性较高，水源短缺或污染会严重影响草原的生态平衡；五是气候，草原地区的气候通常较为干燥，降水量少且不均匀，气温波动较大。气候变化对草原生态系统的影晌较为明显^[2]。

3 草原生态环境面临的问题

草原生态在生态环境中发挥重要作用，但是由于工畜牧业的发展以及城市的扩张，草场生态就受到严重影响，主要体现在以下方面（如图1所示）。

01	02	03
草原生态保护与经济发展的矛盾	气候变化对草原生态的影响	草原生态修复技术的缺乏
如何在保护草原生态的同时，实现当地经济的可持续发展是面临的主要挑战之一。	全球气候变化导致极端天气事件增多，对草原生态系统的稳定性和生产力造成不利影响。	目前，针对退化草原的生态修复技术相对缺乏，难以满足大规模草原生态修复的需求。
图1 草原生态环境面临的问题		

3.1 草原退化与沙化

一方面，由于过度放牧、过度耕作和土地开发，许多草原区域的植被遭到破坏，导致草原退化。退化表现为草种减少、土壤肥力下降、土地荒漠化等现象。另一方面，部分草原地区，特别是在中国西北、内蒙古等地，由于长期的过度放牧、气候干旱及人为活动，草原土壤失去固沙功能，逐步演变为沙漠化或荒漠化，生态环境恶化。

3.2 生物多样性丧失

实际来看，现阶段的草原生态系统中的植物和动物种类逐渐减少，特别是一些特有物种濒临灭绝。例如，草原上的大型草食性动物，如野马、藏羚羊等，因栖息地破坏和非法捕猎而数量急剧下降。草原生态系统的生物多样性受到人为活动的威胁，尤其是过度放牧、农耕拓展和基础设施建设导致栖息地破碎化，进一步加剧了物种的丧失。

3.3 水资源紧张

草原地区降水量本就稀缺，许多地区面临严重的水资源短缺问题。过度使用地下水、河流污染以及气候变化导致降水不稳定，使得草原的水源供给变得更加困难。水资源的短缺直接影响到草原的植被生长和动物的生存，进一步加剧了草原退化和沙漠化进程。

3.4 过度放牧与人类活动

草原过度放牧是导致草原退化的主要原因之一。牲畜过多使得草地无法恢复，导致土壤压实、植被丧失和水源枯竭。而且随着城市化和农业拓展，草原土地被开垦用于耕种或建设基础设施，草原面积逐渐减少。

综上，人类活动，特别是过度放牧、土地开发和气候变化，加剧了草原的退化和生态失衡。为保护草原生态环境，需要加强生态保护、采取可持续的土地管理措施，并在政策上加大对草原保护的支持力度。

4 草原生态环境的保护与修复方法

4.1 重视植被修复技术的应用

草原生态环境保护与修复的植被恢复技术旨在恢复草原植被的覆盖度、改善土壤质量和增强生态系统的自我调节能力（如图1所示）。有效的植被恢复技术可以通过恢复草原生态平衡，提升草原的生产力和生物多样性。

首先要进行人工种草，人工种草是恢复草原植被的常用技术，特别是在草原退化较为严重的地区。通过选择适宜的草种进行播种，以促进草地的植被覆盖。需要相关人员选择适当地气候、土壤和水分条件的草种，并确保播种时机适宜（如春秋季节）。可以选择混合草种，以提高抗逆性和多样性。人工种草能够在短时间内恢复草地的覆盖度，增强土壤的抗侵蚀能力，减少沙化、荒漠化现象。

其次要重视天然草种的保护与恢复，有时草原的天然草种由于过度放牧或其他人为干扰而减少或退化，恢复天然草种有助于恢复生态多样性和原生物种的繁衍。常见手段包括减少人为干扰、合理放牧、限制草原开垦等。同时，在适宜的情况下，可以进行草种播种或人工培育。这种方法能够维持草原的原生态特点，恢复多样性，并增加草原的生态稳定性。

然后要种植固沙植物，在沙化严重的草原地区，种植固沙植物是常用的恢复措施。通过种植耐旱、根系发达的植物，改善沙土的结构，固定沙土，防止沙漠化。要求相关人员选择适合当地气候和土壤条件的固沙植物，如沙柳、沙蒿、枸杞等。种植时需要考虑根系的发育和沙土的稳定性。以减少风蚀、水蚀，逐步恢复植被覆盖，减少沙化和荒漠化的进程。

综上，草原植被恢复技术多种多样，结合人工恢复与自然恢复、生态修复与水土保持等手段，是保护草原生态环境的有效途径。通过合理选择与科学实施这些技术，可以有

效恢复草原植被，促进生态平衡和生物多样性保护。

4.2 重视土壤改良

草原生态环境保护与修复的土壤改良措施旨在恢复土壤的肥力、结构和水土保持能力，提升草原植被的生长环境，从而促进草原生态系统的恢复。

第一，需要施用有机肥料（如堆肥、农家肥、绿肥等）能够有效增加土壤中的有机质含量，提高土壤肥力。有机肥料的施用应根据土壤的具体情况进行定量施用，避免过量导致土壤盐碱化或酸化。该技术可以增加土壤有机质，改善土壤结构，促进微生物活动，增强土壤的持水能力和透气性，改善草地的生长环境。

第二，对于酸性土壤，可以施用石灰或石灰性材料调节土壤的酸碱度，使其接近中性，改善植物生长环境。石灰的施用量需根据土壤的酸碱度（pH值）进行合理调整，避免过度施用。该技术可以调节酸性土壤的pH值，改善草地的土壤环境，提高草种的适应性和生长速度。

第三，种植固氮植物（如豆科植物）能够通过根瘤菌的作用，将空气中的氮转化为土壤中的可利用氮源，提高土壤的氮素含量。选择适合本地区的固氮植物，避免过度依赖外来物种。可以增加土壤氮素含量，改善土壤肥力，并促进草地植物的生长，改善生态系统的氮循环。

此外还需要改善土壤结构，通过采取措施改善土壤的结构，有助于提高土壤的透气性、排水性和保水能力，从而优化植物的根系环境。可以通过翻土、施加石膏、增施有机物质以及施用土壤改良剂等方法来改善土壤的物理性质。改善土壤结构后，土壤的渗透性和水分保持能力得到提升，减少水土流失，增强土壤的持水和养分供应能力。

综上，这些措施不仅能提高土壤的肥力和结构，改善土壤的水分管理，还能增强草原生态系统的稳定性和恢复力。通过综合运用这些技术，可以有效地恢复草原的生态功能，推动草原可持续发展。

4.3 重视水资源的管控

草原生态环境的保护与修复过程中，水资源的管理与利用至关重要。首先要合理调配水资源，在草原生态修复过程中，合理调配水资源对于草地恢复至关重要。根据不同地区的气候特点、土壤类型和草种需求，科学合理地分配水源，确保水资源的最大效用。需要相关人员结合当地的降水量、气候特征、土壤水分状况等，合理规划水资源的分配和使用，避免浪费或水分过剩。

其次要重视水土保持与水源涵养，草原生态修复的核心之一是保护水源和减少水土流失。通过水土保持措施，可以提高水源涵养能力，减少水土流失，确保草原生态系统的水资源长期稳定。可以采取坡面修建水土保持工程（如梯田、蓄水池、挡水墙等）和植被恢复措施，通过植物根系固土，增加水分入渗。这样可以增强土壤的水分保持能力，减少水

土流失，保持水源的稳定供应。

然后要重视雨水收集与储存，由于草原地区的降水量存在季节性和不稳定性，合理的雨水收集和储存是草原生态修复的一个重要手段。通过雨水收集系统，利用雨季的降水储存水资源，为干旱季节提供水源。需要在草原地区安装雨水收集系统（如雨水收集池、蓄水池等），在雨季收集降水并加以储存，以便在旱季使用^[3]。该技术可以有效利用雨季水源，提高草地植被在干旱季节的存活率，避免草原缺水问题。

此外，还需要根据草地植物的需水规律、土壤水分状态等，实行定量灌溉，并实时监测水资源消耗情况。合理控制灌溉量，提高水资源利用效率，促进草地植被恢复，同时避免水资源的过度消耗。还需要通过防治工业、农业、生活等水污染源，保护水源质量，避免有害物质进入草原水源。以保护水资源质量，确保水体的生态功能，促进草原植被健康生长。

综上，通过合理调配水资源，可以有效恢复草原生态系统，促进草原植被恢复和水资源的可持续利用。科学的水资源管理有助于提升草原的生态功能，保持生态平衡，防止沙漠化和水土流失，推动草原生态环境的健康发展。

4.4 需要遵循法律规范

草原生态环境保护与修复的政策法规制定，是确保草原资源合理利用、生态环境恢复与可持续发展的重要保障。实际作业环节，需要管理人员严格遵循《中华人民共和国草原法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水土保持法》《自然保护区管理条例》等法律条文，规避对草原生态环境的破坏^[4]。而且为了激励草原地区农牧民和地方政府参与生态保护，政府还需要出台生态补偿政策，给予经济奖励或补偿，以鼓励保护和修复草原环境。通过财政资金或其他形式，对实施草原保护措施的地区进行补偿，例如禁牧补偿、退牧还草补偿等。

5 结语

综上所述，林草兴，则生态兴；生态兴，则文明兴。草原在生态文明建设中具有不可替代的重要地位，加强草原生态保护修复意义重大。只有草原生产力进一步提高，才能实现草原资源的永续利用和草原生态可持续发展。

参考文献

- [1] 孙蕊,刘泽东,高海娟,等. 简析我国草原生态环境的保护与修复 [J]. 畜牧产业, 2024, (03): 55-58.
- [2] 陈成东. 浅谈草原生态环境的退化成因及综合治理措施 [J]. 农业开发与装备, 2023, (11): 115-117.
- [3] 米煜,曹彩莉. 浅谈加快草业建设对保护草原生态环境的重要性 [J]. 畜牧业环境, 2023, (09): 28-30.
- [4] 韩秀珍. 草原生态环境修复责任的规范化构建 [J]. 内蒙古民族大学学报(社会科学版), 2023, 49 (04): 107-117.

Research on the rapid identification and tracking technology of heavy metal pollution sources in water environment monitoring

Bimao Wei Jianfeng Huang

Laibin Ecological Environment Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Laibin, Guangxi, 546100, China

Abstract

With the acceleration of industrialization and urbanization, the problem of water pollution is becoming more and more serious, especially heavy metal pollution, which has become one of the main factors affecting water quality and ecological environment. Due to the wide diversity and diversity of heavy metal pollution sources, their monitoring and source tracking have become extremely complex and challenging. In order to realize the rapid identification and tracking of heavy metal pollution sources in the water environment, the researchers have put forward a series of technical means. This paper comprehensively analyzes the characteristics of heavy metal pollution sources in water bodies, and discusses the key technology of heavy metal pollution source identification, especially the research status and development trend of rapid identification and tracking technology. By combining environmental monitoring data, sensor technology, molecular biology methods, geographic information system (GIS) and data fusion technology, this paper discusses the methods of rapid identification and tracking of heavy metal pollution sources in water bodies based on these technologies. The research shows that the combination of modern sensors, remote sensing technology and GIS can effectively improve the identification speed and accuracy of pollution sources, and provide theoretical support and technical support for the rapid tracking and treatment of pollution sources. In the end, this paper prospects the future development direction of this field, and believes that with the continuous progress of technology, the technology based on multi-disciplinary integration will further improve the efficiency and accuracy of the monitoring of heavy metal pollution sources in water bodies.

Keywords

water environment monitoring; heavy metal pollution; pollution source identification; pollution source tracking and rapid identification technology

水体环境监测中重金属污染源的快速识别与追踪技术研究

韦必帽 黄坚锋

广西壮族自治区来宾生态环境监测中心，中国·广西来宾 546100

摘要

随着工业化和城市化的进程加快，水体污染问题日益严重，尤其是重金属污染，已成为影响水质和生态环境的主要因素之一。由于重金属污染源广泛且多样，其监测和源头追踪变得异常复杂和具有挑战性。为了实现水体环境中的重金属污染源的快速识别与追踪，研究者们已经提出了一系列的技术手段。本文综合分析了水体中重金属污染源的特征，探讨了重金属污染源识别的关键技术，特别是快速识别与追踪技术的研究现状和发展趋势。通过结合环境监测数据、传感器技术、分子生物学方法、地理信息系统（GIS）以及数据融合技术等，本文详细探讨了基于这些技术的水体重金属污染源快速识别与追踪的方法。研究表明，利用现代传感器、遥感技术与GIS相结合的多种技术手段，能够有效提高污染源的识别速度和准确度，为污染源的快速追踪与治理提供理论支持和技术保障。本文最后对该领域未来的发展方向进行了展望，认为随着技术的不断进步，基于多学科融合的技术将进一步提高水体重金属污染源监测的效率和准确性。

关键词

水体环境监测；重金属污染；污染源识别；污染源追踪；快速识别技术

1 引言

随着全球工业化进程的加速，水体污染问题，尤其是

重金属污染，成为威胁生态环境和人类健康的重要问题。重金属污染不仅会破坏水体的生态平衡，影响水生物的生存和繁殖，还可能通过食物链进入人体，造成慢性中毒和多种疾病。因此，水体中的重金属污染源的准确识别与追踪，对于污染防治和水质保护具有重要意义。

重金属污染源的复杂性和多样性使得传统的污染监测

【作者简介】韦必帽（1981—），男，壮族，中国广西柳州人，硕士，工程师，从事生态环境监测研究。

方法在源头识别和追踪方面存在局限性。现有的监测方法通常依赖于采样和实验室分析，虽然能够准确检测水样中的重金属浓度，但无法实时监控污染源，也难以准确定位污染源的位置。因此，开发高效、快速、准确的重金属污染源识别与追踪技术成为当前环境科学领域的重要课题。

随着科技的进步，尤其是传感器技术、遥感技术、地理信息系统（GIS）和数据挖掘技术的广泛应用，水体重金属污染源的监测和追踪已进入一个新的发展阶段。特别是基于多传感器网络和实时数据采集平台的快速识别与追踪技术，极大提高了污染源定位的时效性和准确性。本文将从水体重金属污染的来源及特点出发，探讨快速识别与追踪技术的现状与发展，旨在为污染防治提供技术支持和方法指导。

2 重金属污染源的特征与水体环境监测技术现状

2.1 重金属污染源的特征

水体中的重金属污染源主要来自多个方面，具体包括工业废水排放、农业化肥和农药的使用、矿产资源开采、生活污水以及城市排放等。这些污染源通过不同途径进入水体，造成了广泛的环境污染。特别是一些工业企业在生产过程中，未经处理或处理不当的废水中常含有大量重金属，这些废水排放到水体后，不仅直接污染水源，还可能通过食物链影响到生物，最终对人类健康构成威胁。农业活动中使用的化肥和农药也是重要的污染源，它们在雨水冲刷作用下，可能进入地下水或河流，进一步加剧水体污染。而矿产资源的开采、生活污水排放以及城市排放则是其他常见的污染来源。

由于重金属元素具有生物积累性和毒性，即使是极少量的重金属元素进入水体，也可能对生态环境和人类健康造成严重的长期影响。常见的水体中重金属污染物包括铅、汞、砷、镉、铬等，这些金属不仅能够通过沉积在水体底部的方式积累，还能够随水流扩散，进一步加剧水体污染。此外，重金属的污染具有持续性，一旦进入水体后，它们可能在水体中长时间存在，不容易降解和清除，从而造成长期的生态损害。

重金属污染源的多样性和复杂性使得准确定位和追踪污染源成为一项挑战。在一些区域，水体中的重金属污染可能是由多个来源共同作用的结果，污染源的分布往往广泛且复杂。因此，要有效地解决这一问题，我们不仅需要在宏观层面上进行水质监测，评估污染程度，还要在微观层面深入分析具体的污染源。通过综合运用监测技术和追踪方法，我们可以更准确地识别和追踪水体中的重金属污染源，从而采取有效的污染治理措施。

2.2 水体环境监测技术的现状

水体环境监测技术经过几十年的发展，已经取得了显著进展。目前，水体环境监测主要依赖于物理、化学和生物

学等传统监测方法，这些方法可以有效地检测水体中的重金属污染物，但普遍存在着监测周期长、效率低、难以实时监测等问题。常规的监测方法包括水样采集、重金属离子测试以及实验室分析，通常只能在固定的时间和地点进行监测。

随着科技的发展，尤其是传感器技术、遥感技术和自动化监测设备的出现，水体环境监测技术正朝着实时、精确和自动化的方向发展。传感器技术的应用使得水体中的重金属离子可以在短时间内被快速检测并定位。遥感技术则通过卫星或无人机获取大范围的水体数据，具有空间分辨率高、数据采集面广等优点。GIS技术则将地理信息与环境监测数据结合，能够有效整合多源信息，实现污染源的空间分析和追踪。

然而，目前水体环境监测技术仍面临一些挑战，尤其是在重金属污染源的快速识别与追踪方面。如何将传统的水质监测与新兴的智能监测技术相结合，提高污染源定位的准确性和时效性，仍然是一个亟待解决的问题。

3 快速识别与追踪技术的发展与应用

3.1 基于传感器技术的重金属污染源识别

传感器技术作为环境监测领域的重要技术之一，在水体中重金属污染源的快速识别与追踪中具有广泛的应用前景。传感器可以实时检测水中的重金属离子浓度，尤其是基于电化学传感器、光学传感器、离子选择性传感器等技术开发的水质监测设备，具有高灵敏度、实时性强、检测准确等特点。通过在水体中布设传感器网络，可以实现对污染源的持续监测，快速反馈水体中重金属污染的变化信息，从而为污染源的识别提供实时数据支持。

此外，传感器技术的结合应用也使得远程监控和数据采集变得更加便捷。通过无线传感器网络和物联网技术，监测数据可以实时上传至云平台，实现远程数据分析和污染源追踪。基于传感器技术的水体重金属污染源监测系统，能够帮助快速识别污染源位置，并为后续的治理提供科学依据。

3.2 遥感技术在重金属污染源追踪中的应用

遥感技术作为一种非接触式的监测手段，通过航空、卫星或无人机等平台获取地表的实时数据，具有较高的空间分辨率和广泛的应用领域。在水体污染源的监测中，遥感技术具有重要的优势，不仅能够覆盖大范围的水体区域，还能通过分析水体表面特征，帮助判断污染物的扩散路径。遥感技术通过获取不同波段的电磁波反射信息，能够有效识别水面上的污染物分布，并提供实时的监测数据，为水体污染的防控提供科学依据。

遥感技术的应用使得水体污染监测不再局限于单一地点，而是能够在更大范围内进行实时监控。这一特点特别适用于大规模水域或难以接触的区域，遥感技术可以及时、准确地反映水体的污染状况。通过遥感数据的处理与分析，可以揭示水体污染的空间分布，及时发现污染源并评估其扩散

趋势，进而采取有针对性的应对措施。

在实际应用中，遥感数据与地面水质监测数据结合，可以提高污染源追踪的精度和时效性。例如，通过遥感影像分析，可以识别水面上的污染物分布模式，结合水体流动情况，推测污染源的位置及扩散路径。此外，遥感技术还能够实时监测污染物的变化，为后续的环境修复和管理提供重要的决策支持。因此，遥感技术为水体污染监测提供了一种高效、精准且大范围的解决方案。

3.3 GIS 技术在污染源追踪中的应用

地理信息系统（GIS）是空间信息技术的重要应用之一，它能够整合来自不同来源的数据，进行空间分析和可视化处理。在水体污染源追踪中，GIS技术能够将水体环境数据与地理空间数据结合，提供污染源的空间定位和追踪功能。通过GIS平台，能够实现不同重金属污染物的空间分布分析，帮助决策者了解污染源的具体位置以及污染扩散的趋势。

GIS技术的优势在于其强大的空间分析能力，它能够为污染源的追踪提供详细的地理信息，并帮助预测污染物的扩散路径。在结合遥感数据和传感器数据后，GIS技术能够进一步提高污染源追踪的准确性和预测能力。GIS技术在水体环境监测中的应用，有效地弥补了传统监测方法的不足，为水体污染源的快速识别和追踪提供了强有力的技术支持。

4 技术应用中的挑战与优化策略

4.1 技术应用中的挑战

尽管基于传感器、遥感和GIS技术的快速识别与追踪方法在水体重金属污染源监测中展现出巨大的潜力，但在实际应用中仍面临许多挑战。首先，传感器的稳定性和灵敏度仍然需要提高，尤其是在复杂的水环境中进行长期监测时，传感器容易受到环境因素如温度、湿度、流速等的影响，导致其检测数据出现误差，从而影响监测结果的准确性和可靠性。此外，传感器在水体中长时间使用的过程中，其性能可能逐渐下降，需要定期维护和校准，这也增加了监测的成本和复杂性。

其次，遥感技术虽然能够提供广泛的空间数据，但其精度和分辨率仍然受到平台限制。当前，遥感平台的空间分辨率往往无法满足高精度污染源定位的需求，尤其是在城市和复杂水域环境中，遥感图像的分辨率可能不足以精确地识别污染源的具体位置。这就需要更高分辨率的遥感设备以及更精确的图像处理技术来提高污染源的定位精度。

第三，GIS技术在水体污染源监测中的应用虽然能够

有效整合和管理多源数据，但如何有效融合不同来源的多维数据并进行高效的空间分析，依然是一个技术难题。不同数据源之间存在格式差异、精度差异以及时间和空间分辨率不匹配的问题，如何处理这些差异并进行统一分析，是GIS技术应用中的一大挑战。为此，需要开发更加智能的数据融合和分析方法，以提高水体污染源监测的整体精度和效率。

综上所述，尽管传感器、遥感和GIS技术为水体重金属污染源监测提供了重要支持，但在实际应用中，如何克服这些技术难题，提高系统的稳定性、精度和数据融合能力，仍是未来研究和技术改进的重点。

4.2 优化策略

为了解决上述挑战，提升水体重金属污染源监测技术的效果，未来可以采取以下优化策略。首先，加强传感器技术的研发，提升传感器在复杂环境中的稳定性和抗干扰能力，尤其是在水体中重金属离子浓度较低时，提高传感器的灵敏度和准确度。其次，通过多平台数据融合技术，将遥感、传感器和GIS等不同数据源有效结合，提高污染源定位的精度和时效性。最后，通过发展大数据分析技术，进一步提高监测数据的处理能力，结合机器学习和数据挖掘方法，能够更好地识别污染源并预测污染扩散趋势。

5 结语

水体重金属污染源的快速识别与追踪技术，对于水体环境监测和污染防治具有重要的理论意义和实际应用价值。通过结合现代传感器技术、遥感技术、GIS技术以及大数据分析等多种技术手段，可以有效提高污染源的识别速度和准确度，为水体环境治理提供科学依据。尽管当前技术应用中仍存在一定的挑战，但随着技术的不断进步，未来的水体污染源监测将更加智能化和精准化。在未来的研究中，基于多学科交叉的技术融合，将成为水体重金属污染源监测的主流方向，为全球水环境保护和可持续发展提供更加有效的技术支持。

参考文献

- [1] 施成熙.湖泊科学研究三十年与展望[J].地理学报,1979,(03):213-223.
- [2] 陈国树,甘金花.环境分析化学的现状[J].江西师院学报(自然科学版),1981,(01):22-32.
- [3] 张荣幸.遥感技术监测水域环境污染概述[J].环境科学与技术,1984,(01):35-37.DOI:10.19672/j.cnki.1003-6504.1984.01.010.
- [4] 高达志,毛文永,刘双进.水污染控制的研究与措施[J].环境科学丛刊,1984,(11):1-53.

Analysis of the problems in garden maintenance management and their countermeasures

Song lei

Xinyilin Municipal Garden Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266102, China

Abstract

With the acceleration of the urbanization process, landscaping, as an important means to improve the urban ecological environment and improve the quality of the city, has been widely concerned by all walks of life. As an important part of landscaping work, the quality of garden maintenance and management is directly related to the growth status of garden plants and the continuous beauty of garden landscape. However, some problems are still exposed in the actual process of garden maintenance and management, which seriously affects the effect of garden conservation and management and the sustainable development of landscaping. This paper aims to explore the main problems existing in the current garden conservation and management, and put forward the corresponding solutions, in order to provide reference for improving the level of garden conservation and management and promoting the healthy development of urban greening.

Keywords

garden; conservation management; problems; solutions; analysis

园林养护管理中存在的问题及其对策探析

宋磊

新艺林市政园林集团有限公司，中国·山东青岛 266102

摘要

随着城市化进程的加快，园林绿化作为改善城市生态环境、提升城市品质的重要手段，受到了社会各界的广泛关注。园林养护管理作为园林绿化工作的重要组成部分，其质量直接关系到园林植物的生长状况和园林景观的持续美观。然而，在实际的园林养护管理过程中仍暴露出一定问题，这严重影响了园林养护管理的效果和园林绿化的可持续发展。本文旨在探讨当前园林养护管理中存在的主要问题，并提出相应的解决对策，以期为提升园林养护管理水平、促进城市绿化事业的健康发展提供参考。

关键词

园林；养护管理；问题；解决对策；探析

1 引言

养护管理作为园林工程中一项重要内容，它与园林的绿化与生态效益持续稳定发挥有着直接的关系。但在实际园林养护管理过程中，由于技术因素、管理因素、经费因素等诸多因素的影响，园林绿化养护管理工作面临的困难仍然很大并暴露出一定的问题^[1]。如果不采取相对应的解决该项工作所存在的问题，不但会导致园林植物生长质量受到严重影响，同时更会造成绿化资源的浪费，最终使得城市整体生态环境水平大大降低。

2 园林养护管理中存在的问题

当前园林养护管理过程中存在诸多问题，主要体现在

以下五个方面：第一，植物配置不合理。在园林绿化施工阶段，由于规划设计不科学，常出现植物种植密度过大、物种搭配不当等问题。例如，部分园林工程忽视了植物生长空间需求，导致后期养护过程中植株竞争加剧，影响整体景观效果。同时，一些绿地为了追求短期观赏效果，选用外来植物品种，而未充分考虑其适应性，导致后期成活率低、病虫害问题频发。此外，植物层次配置缺乏科学依据，如乔灌草比例失衡，影响生态功能的充分发挥；第二，土壤管理不当。土壤的好坏直接决定了植物的生长状况，但是在园林养护管理工作当中土壤管理不当一直是一个较为突出的问题。造成该问题产生的原因在于：首先，由于在园林工程施工阶段没有落实好土壤改良措施，从而导致部分土地存在着影响根系生长的土壤板结和透气性差的情况。其次，部分园林养护管理工作上由于盲目使用化肥，疏于补充有机质而造成土壤盐碱化以及肥力下降；第三，病虫害防治不科学。园林养

【作者简介】宋磊（1997-），男，中国山东青岛人，本科，助理工程师，从事园林养护工程研究。

护管理工作中病虫害防治不科学也是较为常见的问题之一。首先，部分园林养护人员缺乏科学防治意识，常采用单一的化学农药喷洒方式，不仅增加了环境污染风险，还易导致害虫抗药性增强。其次，病虫害监测机制不完善，未能建立有效的预警系统，导致病虫害暴发后才进行补救性防治，增加了治理成本。此外，缺乏生物防治措施，如天敌引入、微生物制剂应用等，未能充分利用生态调控手段抑制病虫害发生；第四，灌溉管理方式落后。园林绿地灌溉管理仍然较为粗放，缺乏精细化调控手段。一方面，部分地区仍采用传统的人工浇灌方式，既费时费力，又容易造成水资源浪费。另一方面，自动化灌溉系统应用不足，甚至在一些现代化的园林中虽然安装了自动喷滴灌设施，但仍经常出现管路堵塞、喷头损坏等问题，原因在于维护管理不到位^[2]。加之缺乏以园林土壤湿度和气候条件为基础的智能调节系统，从而造成灌溉难以实现精准性，甚至有可能出现水分过量（少）导致园林植物大规模死亡现象。

3 园林养护管理中存在问题的解决对策

3.1 优化植物配置，提高适应性

优化植物配置从植物选择、群落构建、栽植方式及后续管理等多个方面入手，增强植被系统稳定性与降低养护成本，以提高园林养护管理的适应性。首先，植物选择要根据当地气候条件、土壤特性、生态适应性等进行系统评估，同时为了减少不适应性带来的高额养护投入，在考虑引种植物耐候性和抗逆性的情况下，优先选择本土植物。在此基础上，采取复层化配置乔木、灌木和地被植物，提高生态稳定性和景观层次，建立科学合理的植物群落结构。选择乔木时需要注意冠幅、根系分布和生长速度，避免低层植物因光照不足导致其产生光合作用受限；为优化生境适应能力，灌木的配置应考虑不同物种间空间互补和生长节律；地被植物选择上为了增强土壤维持与水分调节的能力，需要根据耐踏性、耐旱性和病虫害抗性等特点筛选。其次，结合植物生长特性采用穴植、带状种植或自然式群落配置，提高植被的自我调节能力，可以减少后期养护负担。如在坡地或易发生水土流失的地区，为增强土壤稳定性，采用梯级种植或基质改良技术；通过对株行距的调整提升园林植物通风透光性，这样能降低高密度绿化区域病虫害发生率。另外，科学的栽培管理也有助于植物适应性地提高。一是为防止土壤盐渍化而出现盐碱化，园林养护人员需要根据土壤肥力的动态变化，制定精确的施肥计划；二是为减少水分蒸发损失，优化水资源利用效率，灌溉方式要结合气候和土壤湿度动态监测，推行滴灌或渗灌技术；三是修剪管理要根据园林植物生长周期和生长特点，在降低因不当修剪而造成的病害侵染风险的同时，避免由于修剪不当而造成树势和生长活力的过度破坏。四是在病虫害防治方面，要结合新技术采取综合性防治体系，以实现精确防控和减少农药使用量，从而确保园林植物良好

生长。

3.2 加强土壤改良与管理

针对园林养护管理中的土壤板结问题，在改善土壤结构、增加孔隙度、促进水气循环等方面，应采用机械深翻结合人工松土的方法进行。在施入腐叶土、堆肥或沼渣等腐熟有机质以提高土壤团粒结构稳定性的同时，机械深翻深度控制在30-40cm。此外，对不同的植物要进行科学合理的轮栽，减少因单一植物长期生长而造成的土壤紧实化，并可利用植物根系分泌物来改善土壤环境。园林养护人员定期进行土壤检测，以掌握其土壤速效养分、pH值、有机质含量等数据，随后据此制定科学的施肥方案，以应对土壤养分不平衡的问题。同时施肥上要避免仅采用化肥，而多采用有机肥与无机肥配合施用。比如，底肥中增加生物有机肥或是腐熟农家肥等。并为增强养分利用率以及减少养分流失，园林养护中要根据植物生长情况适当追施缓释肥^[3]。在施肥方式上，采取滴灌施肥或穴施等方法，既提高肥料吸收效率，又可减少因积存在表层造成盐渍化的危险。覆盖秸秆、松针或木屑等绿肥或有机覆盖物，在降低极端降水对土壤结构的破坏的同时，可减少蒸发增强土壤保水能力。对于排水问题，需要结合绿地的微地形，对排水系统进行优化，设置合理的坡度和渗漏的沟渠，保证雨水的顺利排出，防止因长时间积水造成低洼地带继而导致根系缺氧而发生腐烂。在园林道路等硬质铺装区域，应选用增强雨、水下渗率，减轻地表径流压力的透水材料，如透水混凝土或透水砖等。此外，园林养护工作中还可以采用施用解磷、解钾菌或菌根真菌等土壤微生物修复技术，可提升土壤养分转换效能，这样一来有助于提升植物适应逆境的能力。上述措施的综合采用，可使园林绿化植物生长环境稳定性得到有效改善。

3.3 建立科学的病虫害防治体系

构建园林养护管理病虫害防治体系，应当以“预防为主、综合治理”为基本原则，并基于此采取包括精准监控、生物防治以及抗性育种等相关技术手段增强防治效果。首先建立应用远程感知、AI图像识别与物联网技术的高精度园林病虫害监测系统，对它们进行实时监测和大数据分析。同时通过对预测模型优化促使园林病虫害早期预警能力得到提升。结合无人机巡检和多光谱成像技术，实现大范围、高效率监控，进一步提升园林养护管理人员对于病虫害分布地动态掌握，做到防患于未然。其次，充分利用生物防治策略解决园林养护中病虫害问题。其主要涉及两个方面，一是园林养护人员以病虫害的天敌昆虫开展防治，比如针对蚜虫可通过释放一定数量的草蛉这类捕食性昆虫进行消灭；又或者针对鳞翅目害虫则可释放赤眼蜂进行防治。二是园林养护中采用微生物杀虫剂，如苏云金芽孢杆菌和白僵菌，提高园林生态稳定性并减少化学农药依赖。此外，物理防治手段在降低病虫密度方面发挥重要作用，采用性诱剂诱捕器精准控制鳞翅目害虫，利用黄色粘虫板监测及减少蚜虫密度，设立物

理屏障如防虫网、防护带阻止害虫侵入，结合高温蒸汽处理或太阳能辐射消毒减少土壤病原菌存量。同时，推广植物抗性育种技术，结合分子标记辅助育种选育抗病抗虫园林植物品种，如抗白粉病月季、抗蚜虫法桐等，提高园林植物自身防御能力^[4]。此外，优化水肥管理，合理施用硅肥、钙肥增强植株细胞壁强度，提高植物对病虫侵害的耐受性，并结合合理修剪减少病虫害潜在寄生部位，从源头降低病虫害发生风险。

3.4 推广节水灌溉技术

从前文论述可知，水资源浪费、灌溉均匀性不足、水分供应与植物需求不相匹配这些传统灌溉所暴露出来的问题在园林养护管理存在一定普遍性。实现水分管理的精准化以及高效化关键在于节水灌溉技术地推广。首先，在园林养护管理中要采用滴灌微喷技术，一方面有助于减少地表渗漏及地表蒸发损失，另一方面则可通过低流量、高频率的供水方式，确保水分得以有效供给植物根茎。其次，基于实时数据调整灌溉频率和水量，结合土壤湿度传感器、气象监测数据以及植被生长参数监测三者共同构建智能灌溉调控平台，达到提高水分利用率目的。此外，在避免高温蒸发时间点的情况下要进行灌水时间优化，园林养护人员应尽可能选择在夜间或清晨开展植物浇灌，以减少水分的损失。同时在园林工程中建立透水、下凹式的绿地以及滞留的雨池组成雨水收集与回用系统，这样能够将自然降水转换成可供园林植物灌溉使用水资源。随后在利用泵站和过滤设备将所收集水资源引至回用系统建中用于后续园林植物浇灌工作，从而实现节水目的。其次，园林植物灌溉施肥上须积极采用水肥一体化技术^[5]。即在植物灌溉水中添加人相应量的水溶性肥料，随后一同浇灌。该技术一方面能够实现植物肥料定量供

给并增强杨养分的吸收效率，另一方面则可以杜绝了传统施肥方式造成的养分流失、污染等问题地发生。另外，为了保证植物灌溉时水流匀称和精度，园林养护管理中还须对管道输配系统优化，选用抗腐蚀、耐高压材料，同时采用压力补偿滴头和自动控制阀门进行滴水输送，降低渗漏损失。最后，园林养护管理中还可引入物联网和云计算技术，实现植物灌溉远程监控、数据分析以及智能调控，最终达到灌溉管理的精准性和高效性目标。

4 结语

综上所述，对于园林工程而言，其绿化效果、生态效益和养护管理工作存在着密切联系。但由于园林养护管理涉及内容众多，加之多方面因素地影响，导致当前该项工作存在着一定的问题。对此，上文在结合相关文献研究以及工作实践基础上就园林养护管理的问题提出了包括植物配置优化、土壤改良、病虫害防治以及节水灌溉等4方面具体地解决对策，以期能够让园林工程切实发挥出自身绿化与生态价值，从而为推动社会可持续发展提供助力。

参考文献

- [1] 张宇.城市园林绿化养护管理中存在的问题及其对策分析[J].居舍, 2024(22):83-86.
- [2] 甘泽文,吴存懿,张菁怡.试论园林绿化养护管理存在的问题及其对策[J].农家科技, 2024(9):94-96.
- [3] 秦磊.园林绿化养护管理存在的问题及对策研究[J].农村科学实验, 2023(4):85-87.
- [4] 杨利荣,杨子锋.园林绿化工程施工与养护管理存在的问题及对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学, 2023(3):3.
- [5] 左常青,宋清波,王洪言.城市园林养护管理中存在的问题及解决措施[J].花卉, 2024(8):25-27.

Research on the application of water environment monitoring technology in water pollution prevention and control

Yuan Fang¹ Haohong Zeng^{1*} Hu Yang²

1. Ya'an City Tianquan Ecological Environment Monitoring Station, Ya'an, Sichuan, 625500, China

2. Tianquan Ecological Environment Bureau of Ya'an City, Ya'an, Sichuan, 625500, China

Abstract

Water environmental pollution has become a major problem facing the current global environmental protection. The effect of water pollution prevention and control is directly related to the sustainable utilization of water resources and the health of the ecosystem. With the progress of science and technology, the application of water environment monitoring technology in water pollution prevention and control has gradually received attention. This paper analyzes the current development status of water environment monitoring technology, and discusses its specific application in water pollution prevention and control. Water environment monitoring technology can reflect the water pollution situation in real time and accurately, provide a scientific basis for water pollution prevention and control, and promote the rational utilization of water resources and the improvement of water environment quality. This paper summarizes the challenges and development trends of the water environment monitoring technology, points out the potential of intelligent, automatic and big data analysis in the future water environment monitoring, and puts forward measures to improve the accuracy and reliability of the monitoring technology, in order to provide more effective technical support for the prevention and control of water pollution.

Keywords

water environment monitoring technology; water pollution prevention and control; online monitoring; remote sensing technology; sensor technology

水环境监测技术在水污染防治中的应用研究

方媛¹ 曾浩洪^{1*} 杨虎²

1. 雅安市天全生态环境监测站, 中国·四川雅安 625500

2. 雅安市天全生态环境局, 中国·四川雅安 625500

摘要

水环境污染已成为当前全球环境保护面临的重大问题, 水污染防治的效果直接关系到水资源的可持续利用和生态系统的健康。随着科技的进步, 水环境监测技术在水污染防治中的应用逐渐得到重视。本文通过分析当前水环境监测技术的发展现状, 探讨了其在水污染防治中的具体应用。水环境监测技术能够实时、准确地反映水体污染状况, 为水污染防治提供科学依据, 促进了水资源的合理利用和水环境质量的提升。本文总结了水环境监测技术面临的挑战和发展趋势, 指出了智能化、自动化以及大数据分析在未来水环境监测中的潜力, 提出了提升监测技术精度和可靠性的措施, 以期为水污染防治提供更加有效的技术支持。

关键词

水环境监测技术; 水污染防治; 在线监测; 遥感技术; 传感器技术

1 引言

水环境污染已成为全球亟待解决的重要环境问题, 尤

【作者简介】 方媛 (1986-), 女, 中国四川汉源人, 工程师, 从事环境保护宣传、生态文明建设, 以及水污染物监测等研究。

【通讯作者】 曾浩洪 (1997-), 男, 中国四川仁寿人, 本科, 工程师, 从事环境监测、农村生活污水治理、集中式饮用水水源保护等研究。

其随着工业化和城市化的加速, 水污染问题日益严重, 影响了水资源的可持续利用和生态健康。全球约 40% 的水体遭受污染, 水质问题直接关系到人类健康与生态平衡。水污染防治不仅是确保水资源安全的关键, 也影响着社会经济的可持续发展。近年来, 水环境监测技术作为水污染防治的重要工具, 受到学术界和政府的广泛关注。传统的人工采样分析在监测时效性和空间分布上存在局限, 因此实现实时、精准的水质监测成为关键技术难题。新型的水质在线监测、遥感技术和传感器技术的创新应用不断涌现, 已有一些研究探索了这些技术在水污染防治中的具体应用。然而, 如何进一步

提升这些技术的精度、可靠性和普适性，仍是当前的主要挑战。本文分析了水环境监测技术的最新发展，探讨其在污染源追踪、污染水平评估及治理效果监测中的应用，并总结了其发展趋势和未来方向，旨在为水污染防治提供更加有效的技术支持。

2 水环境监测技术概述

2.1 水环境污染现状与防治需求

水环境污染是全球环境保护所面临的重大挑战之一，对人类健康、生态系统和经济发展构成了显著威胁^[1]。水污染主要来源于工业排放、农业径流和城市生活污水，其中化学污染物、病原体和有机废物是最常见的污染物类型。这些污染物不仅降低水体质量，还会导致水生生物群落的退化和生态系统功能的失衡。近年来，随着经济的发展和人口的增长，水资源需求不断增加，水质保护与水资源可持续利用的矛盾愈发突出。有效的水污染防治需求迫切，通过先进的监测技术识别污染源、评估污染水平和监测治理效果显得至关重要。这不仅为政府制定环境政策提供科学依据，也为实施有效的污染控制措施奠定了基础。水环境监测技术的进步为精准监测和快速响应提供了可能，为水资源管理和污染防治提供了强有力的技术支持。

2.2 水环境监测技术的发展历程

水环境监测技术的发展历程可以追溯到20世纪初期，最初的监测方法主要依赖简单的物理和化学分析手段，侧重于部分物质或参数的监测。随着工业化进程的加速，水污染问题日益严峻，传统监测技术的局限性逐渐显现，推动了技术的创新和发展。20世纪中叶，现代分析仪器的兴起极大地提高了水质监测的准确性和效率^[2]。进入21世纪，计算机技术、互联网及传感技术的发展，使得水环境监测进入了信息化阶段。先进的在线监测系统、遥感技术的广泛应用以及智能化传感器的研发，不仅提升了监测的精度和实时性，也实现了对大范围水体的连续监测，为水污染防治提供了更加科学的依据和支持。

2.3 水环境监测技术的分类与特点

水环境监测技术分为物理监测、化学监测和生物监测三大类。物理监测侧重于物理参数，如温度和浊度，特点是操作简单、响应迅速。化学监测用于检测污染物的化学成分，精确度高，可分析复杂化学物质。生物监测通过生物指标反映水质状况，具有较高的生态相关性和环境指示性。这些技术各具特点，物理监测往往用于实时在线监测，化学监测适合污染物详细分析，而生物监测能够提供生态系统健康的综合评估。

3 水环境监测技术的主要方法与创新

3.1 物理监测技术

物理监测技术是水环境监测的基础手段之一，主要通过测量物理参数来判断水体的污染状况。常见的物理监测指

标包括水温、浊度、电导率和悬浮物含量等。这些物理参数不仅直接影响水体的生态质量，也间接反映了污染物的存在状况。例如，水温的变化可能影响水中生物的生存环境，而浊度则可以指示水中悬浮颗粒物的浓度。近年来，物理监测技术在数据采集和处理上取得了显著进展，尤其是实时在线监测系统的应用，使得对水环境的动态监控更加高效。例如，采用多参数水质检测仪及远程数据传输技术，实现了对大范围水体的快速扫描与分析。这种技术的创新应用提高了监测结果的准确性和及时性，为制定水污染防治措施提供了坚实的数据支持。物理监测技术的不断发展，促使其在水污染防治中扮演了越来越重要的角色。

3.2 化学监测技术

化学监测技术在水环境监测中占据重要地位，主要用于检测水体中的化学污染物及其浓度水平。该技术依赖于对水样中化学成分的定性和定量分析，通常包括离子色谱、液相色谱、气相色谱、原子吸收光谱、质谱分析等方法。通过这些技术，可以识别出水体中的重金属、营养盐、有机污染物及其他有害物质^[3]。近年来，化学监测技术的发展呈现出高灵敏度和高选择性的趋势。结合现代科技，发展出的新型传感器和分析仪器大大提高了检测效率与精度。这些技术的创新应用不仅有助于更准确地评估水质状况，还可以为水污染防治策略的制定提供科学依据。化学监测技术因其适用性广、数据准确而成为水环境监测不可或缺的组成部分。

3.3 生物监测技术及其创新应用

生物监测技术利用生物体对水环境污染的敏感性，其通过分析生物群落变化来评估水质，因而能提供水污染的长期影响数据。技术创新体现在分子生物学工具的使用，如DNA条形码技术、环境DNA(eDNA)监测，为快速检测生物种类及其对污染的响应提供了新的途径。在水污染防治中，生物监测技术应用于评估生态系统健康状态，并帮助识别并控制污染源。这种方法提高了监测效果，使得污染治理措施更加精准和可持续。

4 水环境监测技术在水污染防治中的应用

4.1 在线监测技术的应用与发展

在线监测技术在水污染防治中的应用日益重要，其发展显著提升了水环境监测的实时性和准确性。在线监测技术能够实现对水体污染状况的连续观测和即时反馈，为快速识别污染源、评估水质变化提供了有力支持^[4]。这一技术利用传感器、水质分析仪以及相关数据系统，监测并传输水体中的物理、化学、生物指标。通过高频数据采集和实时传输，在线监测技术能够及时反映水环境动态变化，支持管理部门快速决策，实施有效治理。具体应用包括监测城市污水处理设施的排放情况，评估农业及工业活动对水体的影响等^[5]。其发展还体现在集成化、智能化方面，结合物联网、大数据技术进一步提高监测精度和效率。未来，在线监测技术有望

在多功能传感器、数据分析平台和自动预警系统的支持下，继续推动水环境监测和污染防治的智能化转型。智能系统具有自主数据处理能力，可优化监测策略，提高水资源管理的科学性和有效性。

4.2 遥感技术在水环境监测中的应用

遥感技术在水环境监测中扮演着重要角色，通过获取大范围水体信息，提供了高效的污染监测手段。该技术能够迅速获取水体的光学、热红外及微波数据，从而分析水质参数，如悬浮物浓度、叶绿素含量和水体温度的空间分布情况。这些数据有助于识别污染源，并追踪污染物扩散路径。遥感技术的应用不仅提高了监测的空间覆盖率，还有效降低了人力、物力资源的投入，为制定科学的水污染防治策略提供了有力支持。其在洪水、赤潮等水环境突发事件监测中的应用，显示出强大的应急响应能力。

4.3 传感器技术在污染源追踪与治理中的作用

传感器技术在污染源追踪与治理中发挥着关键作用。通过部署多种传感器，可以实现对水体中污染物的实时监测，这有助于迅速识别和锁定污染源，提高污染事件响应速度。高灵敏度的传感器能够检测微量污染物变化，为水质污染的早期预警提供了技术支持。在污染治理过程中，传感器技术提供了持续监测的能力，确保治理措施的有效性。多传感器集成进一步增强了数据采集的精确性，为治理决策提供科学依据，加速水环境的恢复和改善。

5 水环境监测技术的挑战与未来发展趋势

5.1 当前面临的主要技术挑战

当前水环境监测技术在应用过程中面临多项技术挑战。其一是监测数据的准确性与精确性问题，由于水体环境的复杂性，不同监测技术在不同环境条件下的表现及其结果可能存在不一致性，影响了监测结果的可靠性。其二是监测设备的耐用性与稳定性问题。水环境中常存在腐蚀性物质和生物干扰，监测设备需要具有较强的抗干扰能力和稳定性，以避免频繁的设备损坏和维护。其三是实时性监测技术的限制。目前的在线监测设备存在反应时间滞后和数据传输延迟的问题，难以满足部分水污染事件的快速响应需求。其四是经济成本的高昂，许多先进监测技术和设备价格较高，在大面积推广应用时面临经济压力。在数据管理与分析上，传统方法难以有效处理海量监测数据，如何整合多源数据以提升分析能力仍是重要挑战。上述挑战需要沿着技术改进、设备优化和成本控制等方面进行综合应对。

5.2 智能化与自动化发展趋势

智能化与自动化是水环境监测技术未来发展的重要趋势。随着物联网、人工智能和大数据技术的进步，水环境监测系统正向更高效、智能的方向演进。智能化技术的应用使得复杂水质参数的获取和分析更加迅速准确，能够实时预警污染事件，提高响应速度。自动化技术的引入简化了传统监测流程，通过自动采集和分析数据，大大降低了人力成本和操作误差。这种新型监测模式提高了监测精度和频率，支持更精细和广泛地掌控水环境动态，为科学决策提供基础，具有广阔的应用前景。

5.3 大数据分析在水环境监测中的潜力与前景

大数据分析在水环境监测中展现出巨大潜力与广阔前景。通过对海量监测数据进行深度挖掘和分析，大数据技术能够更精准地识别污染源、预测水污染趋势及评估治理效果。这种技术提升了监测数据的利用效率，使复杂环境下的多变量分析成为可能，为水污染防治提供了新的视角。伴随着人工智能和机器学习技术的发展，水环境监测系统将逐步实现智能化分析与自动决策，提高监测精度和时效性，从而更有效地支持水环境保护与管理。

6 结语

本文系统研究了水环境监测技术在水污染防治中的应用，介绍了各种监测方法，特别是在线监测、遥感和传感器技术，并通过案例展示其在污染控制中的重要作用。研究指出监测技术能实时精准反映水质变化，对改善水环境质量和水资源利用有着重大意义。同时，预测了技术发展趋势，指出智能化、自动化和大数据将是未来的发展方向，并建议提高监测精度和可靠性，以更好地支持水污染防治工作。未来研究需进一步深化对水环境污染的认识，不断优化监测技术，为水资源可持续发展提供科学支撑。

参考文献

- [1] 艾贞.水环境监测及水污染防治研究[J].低碳世界,2023,13(03):31-33.
- [2] 潘宇哲,魏鹏程,杨一洋.水环境监测以及水污染防治探究[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2023,(06):0111-0114.
- [3] 李双莹,常雄凯.水环境监测及水污染防治技术探讨[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2021,(10):0398-0399.
- [4] 邱文君.水环境监测及水污染防治探讨[J].中国科技纵横,2023,(16):46-48.
- [5] 赵萍萍,徐效民,牛丽君.水环境监测及水污染防治浅析[J].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2023,(08):0021-0024.

Research on soil pollution control technology and farmland environmental protection measures

Gaoyang Jin

Sinohydro 16 Engineering Bureau Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract

With the acceleration of industrialization, the problem of soil pollution is increasingly serious, especially the impact of farmland soil pollution on agricultural production and ecological environment is more and more significant. This study first analyzes the main sources and types of farmland soil pollution in China, and puts forward the classification and application status of soil pollution treatment technology. At the same time, in view of the environmental protection needs in agricultural production, the role of ecological agricultural techniques such as rational fertilization and agricultural circular planting on soil protection is discussed. The results show that comprehensive treatment measures and innovative agricultural technology can effectively reduce soil pollution and improve the environmental quality of farmland.

Keywords

soil pollution control; farmland environment protection; restoration

土壤污染治理技术与农田环境保护措施研究

金高阳

中国水利水电第十六工程局有限公司，中国·福建福州 350000

摘要

随着工业化进程的加快，土壤污染问题日益严重，尤其是农田土壤污染对农业生产与生态环境的影响愈加显著。本研究首先分析了当前我国农田土壤污染的主要来源与类型，提出了土壤污染治理技术的分类及其应用现状。同时，针对农业生产中的环境保护需求，探讨了合理施肥、农业循环种植等生态农业技术对土壤保护的作用。研究结果表明，综合治理措施和创新农业技术可以有效降低土壤污染，改善农田环境质量。

关键词

土壤污染治理；农田环境保护；修复

1 引言

随着工业化和城镇化的加速，我国土壤污染问题日益严重，尤其是农田土壤污染，成为制约农业可持续发展的重大难题。农业用地的重金属污染、农药残留和化肥过量使用等污染形式普遍存在，严重影响农作物的生长和产量，也威胁人类健康并破坏生态环境的稳定性。因此，土壤污染治理和农田环境保护已成为学术界和政府的重点关注领域。国内外学者提出了生物修复、物理化学修复和生态农业技术等多种土壤污染治理方法，并在不同地区进行了广泛实践。这些技术主要集中在去除污染物和恢复土壤结构功能上，但不同污染类型的治理效果和技术适用性仍有争议。随着农业绿色发展理念的推广，如何将土壤保护与农业生产有效结合成为当前研究的重点。本文旨在探讨我国农田土壤污染治理的技

术路径和环境保护措施，分析现有技术的优缺点，并提出优化方案，为改善农田土壤质量、推动农业可持续发展和生态环境保护提供理论依据和技术支持。

2 土壤污染的概述

2.1 土壤污染的定义与发展趋势

土壤污染是指有害物质进入土壤，使其物理、化学及生物学性质发生改变，从而影响生态系统和人类健康的現象^[1]。随着全球工业化和城市化进程的加速，土壤污染问题呈现出日益复杂和多样化的趋势。当前，土壤污染不仅仅是发达国家面临的问题，对于快速发展的国家，这一挑战尤为突出。污染来源包括工业废弃物、农药化肥的过度使用、矿山开采及城市废水排放等。土壤污染类型多样，涉及重金属污染、有机污染、放射性污染等。近年来，由于人们对土壤污染意识的提高和环境立法的完善，土壤污染的检测和防治工作取得了一定进展。但治理技术的局限性和资金投入的不足，使得土壤污染问题依然严峻^[2]。未来，土壤保护需要依

【作者简介】金高阳（1990），男，中国河南驻马店人，工程师。

赖更为先进的技术和创新的管理模式，以适应不断变化的社会经济发展和生态环境保护需求。

2.2 我国农田土壤污染的现状与挑战

我国农田土壤污染问题日益突出，主要源于工业废弃物、农药化肥的过量使用以及不科学的灌溉方式。工业化进程中，大量重金属及有机污染物排入土壤，使得部分农田土壤中污染物超标情况严重。而农业生产中，为追求产量最大化，大量化肥和农药的施用导致农田土壤的化学污染加剧，氮、磷等元素的富集破坏了土壤生态平衡。与此不合理的农业灌溉措施，例如使用受污染的水源灌溉，进一步加剧了土壤污染。土地利用不当和土壤结构破坏也对土壤的自净能力造成了影响^[3]。现阶段，我国在土壤污染治理中面临技术成本高、污染治理与农业产量平衡难题和地方政府管理不足三大挑战，亟需发展有效的综合治理策略以支持农业的可持续发展。

表1 我国农田土壤污染现状与挑战概述

类别	问题现状	面临挑战
污染来源	工业废弃物、农药化肥过量	技术成本高
	不科学灌溉	
土壤问题	污染物超标	污染治理与农业产量平衡难题
	化学污染加剧	
	土壤生态平衡破坏	
管理与实践	土地利用不当	地方政府管理不足
	土壤结构破坏	

2.3 土壤污染对农业与生态环境的影响

土壤污染对农业生产和生态环境产生了深远影响。污染物通过影响土壤的物理和化学性质，降低作物的产量，并导致农产品的质量问题，直接威胁到人类健康和食品安全。土壤污染破坏了土壤微生物的生态平衡，抑制了土壤中有益微生物的活动，损害了土壤的自我修复能力。污染物通过径流和渗透进入水体，造成水体污染，加剧了生态系统的压力，损害了生物多样性和生态系统服务功能，从而加剧了生态环境的退化问题。

3 土壤污染治理技术

3.1 土壤污染治理技术的分类

土壤污染治理技术可以根据不同的处理方法和应用类型进行分类。主要包括生物修复技术、物理修复技术、化学修复技术以及联合修复技术。生物修复技术利用微生物或植物的自然降解能力，对污染土壤进行降解和转化，适用于有机污染物的治理。物理修复技术通常涉及污染土壤的移除、隔离或固定，从而防止污染物的扩散。化学修复技术通过化学反应将有害物质转化为无害或低毒物质，这在重金属污染修复中表现突出。联合修复技术是将多种方法进行结合，以提高修复效率和适用范围。各类技术在应用时需综合考虑污染物种类、土壤特性以及环境条件，以确保治理的有效性与

可持续性。这种分类不仅帮助理解各类技术的优势和局限，也为实际应用中的技术选择提供了框架。

表2 土壤污染治理技术分类表

分类	技术名称	简要说明
生物修复	生物修复技术	利用微生物或植物降解转化
物理修复	物理修复技术	移除、隔离或固定污染土壤
化学修复	化学修复技术	化学反应转化有害物质
联合修复	联合修复技术	结合多种方法提高修复效率

3.2 生物修复技术

生物修复技术是一种利用生物过程降解或转化土壤中污染物的绿色技术，具有低成本和环境友好的优点。主要包括植物修复和微生物修复。植物修复利用特定植物吸收、积累和降解土壤中的污染物，如重金属和有机污染物^[4]。某些植物可以通过根系吸收污染物，将其转运到地上部分，从而实现土壤净化。微生物修复则依靠微生物将复杂的有机污染物分解为简单的无毒物质。通过优化土壤条件和引入优良菌株，可以提高修复效率。这两种生物修复技术因其安全性和可持续性，适用于大面积、低浓度污染的农田。其效果受限于污染物的浓度、类型及土壤条件，需与其他治理手段结合使用，以提高整体修复效果。生物修复技术的持续发展和创新必将为土壤污染治理提供更为有效的解决方案。

3.3 物理化学修复技术

物理化学修复技术在土壤污染治理中起着关键作用，主要包括化学淋洗、钝化剂应用和热处理等方法。化学淋洗通过加入化学试剂，将重金属等污染物从土壤中提取出来，实现去污染目标。钝化剂应用的目的是通过加入稳定剂或其他化学物质，使重金属污染物转化为无害形态，降低其生物有效性。热处理技术利用高温条件分解或挥发土壤中的有机污染物。这些技术方案因其高效性和快速性，在处理特定类型的土壤污染时展现出显著效果。

4 农田环境保护措施

4.1 生态农业技术与土壤保护

生态农业技术在土壤保护中扮演着关键角色。通过整合传统农业经验与现代科技，生态农业技术不仅促进了农业生产的可持续性，也为土壤保护提供了切实路径。这些技术包括但不限于有机农业、保护性耕作和生物多样性维护。有机农业强调减少化学合成农药和肥料的使用，通过施用有机肥、种植绿肥作物等方式，提高土壤肥力和结构稳定性。保护性耕作技术，如免耕和少耕，能有效减少土壤侵蚀，保持土壤水分与养分。通过种植多样性作物和轮作制度，生物多样性维护技术可以增强土壤生态系统的抗逆性与修复能力。生态农业技术在减少污染输入、增强土壤自净能力和维持生态平衡方面有显著优势，是实现农田环境保护的有效途径。这些技术的广泛应用是改善土壤质量，保障农田生态健康的基础。

4.2 合理施肥对土壤的保护作用

合理施肥策略在土壤保护中具有关键作用，通过科学规划施肥时间、施肥量以及肥料类型，可以有效减少土壤养分流失和污染。选用有机肥料能够优化土壤的物理化学性质，增加土壤微生物的多样性，提高土壤肥力，从而维持土壤的健康状态。缓释肥料的应用减少了营养元素的过量释放，降低了径流污染和地下水污染风险。平衡施肥策略通过精准调节氮、磷、钾等主要营养元素的比例，满足作物生长需求的避免了营养元素在土壤中的积累。合理施肥与土壤特性相结合，通过利用土壤测试数据制定科学的施肥方案，可以在提升农作物产量的实现对土壤环境的长效保护。这种绿色施肥方式不仅对生态环境有利，还对农业的可持续发展提供了保障。

4.3 农业循环种植技术与环境保护

农业循环种植技术在环境保护中扮演着重要角色，通过合理安排不同作物的轮作和套种，实现土壤养分的均衡利用与优化配置，从而降低化肥的使用频率与剂量，减少农业生产对土壤造成的污染。循环种植还能够提高土壤有机质含量，增强土壤结构的稳定性，有效防止土壤侵蚀和退化。这种技术促进了生物多样性的增加，有助于自然生态平衡的维护，提升了农田的环境质量及生产的可持续性，为土壤保护提供了有效的途径^[5]。

5 综合治理策略与未来发展方向

5.1 土壤污染综合治理的有效性

土壤污染综合治理的有效性体现在多方面。结合生物修复、物理化学修复等技术，通过优势互补提高治理效果。其中，生物修复技术利用微生物或植物，通过生物降解、吸附或转化等机制，有效去除污染物，尤其在重金属和有机污染物治理中展现出良好效果。物理化学修复技术则借助土壤淋洗、化学稳定化等方法，迅速降低土壤中有害物质的含量。综合治理策略强调技术间的协同作用，在复杂污染情境中，实现多层次治理。针对不同污染源和污染物的特征，通过优化组合修复技术，能够提高污染物去除效率和土壤恢复速度。通过加强土壤污染管理政策和实践监督，确保治理措施的持久性和可持续性，是保障土壤环境质量提升的重要途径。有效的综合治理策略，不仅能改善受污染区域的生态功能，还能为农业生产提供更安全的基础，进而促进生态平衡和可持续发展。

5.2 创新农业技术在土壤保护中的应用前景

创新农业技术在土壤保护中具有重要的应用前景。这些技术不仅有助于改善土壤质量，还有助于提高农业生产效率。智能农业技术通过精准施肥和灌溉，减少化肥和水资源浪费，对土壤生态功能进行精准修复。无人机技术的应用，

实现了对农田土壤健康状况的实时监测，能够及时发现潜在污染，进行早期干预。生物农药和生物肥料的研发与推广，也在降低化学农药使用和增强土壤微生物活性方面发挥积极作用。这些创新技术的应用，将引导农业走向更加可持续和环保的方向，有效保护土壤资源，实现农业领域的绿色转型。

5.3 未来土壤污染治理与环境的挑战与机遇

未来土壤污染治理与环境保护面临诸多挑战与机遇。工业化和城市化的快速推进可能导致污染源增加，加剧治理难度。新污染物的出现和复杂混合污染的特性对现有技术提出了更高要求。气候变化引发的极端天气事件可能影响土壤修复的稳定性。科技进步为治理带来了新的机遇，例如纳米技术和大数据分析在污染监测与治理中的潜在应用。政策支持和社会对环境保护的重视程度提升，有望推动跨领域合作，促进创新性土壤治理方案的实施，实现农业可持续发展与生态平衡的双赢局面。

6 结语

本研究深入分析了我国农田土壤污染问题，识别了污染的主要来源与类型，并对现有治理技术进行了系统梳理。研究探讨了生物修复、物理化学修复等技术在不同污染物处理中的适用性与效果，提出了针对性强的治理方案。同时，强调了生态农业技术，如循环种植和合理施肥，在土壤保护中的重要作用，为农业生产中的环境保护提供了操作性建议。研究表明，结合综合治理措施与创新农业技术，能够有效降低土壤污染并改善农田环境质量，促进农业可持续发展。然而，研究也指出当前技术应用仍受成本、政策等因素制约，且不同地区的治理效果存在差异。生态农业技术的推广还需要更多实践验证，新兴技术的效果尚需评估。未来研究应进一步探讨土壤污染治理技术的经济性和可行性，尤其是在不同气候、土壤类型和污染源下的适配性，并结合智能化、精准农业等新兴技术开展跨学科合作，提供更具前瞻性和系统性的解决方案。

参考文献

- [1] 徐鹏飞,费腾,汤宣林.土壤污染修复技术及土壤生态保护措施[J].皮革制作与环保科技,2022,3(06):116-117.
- [2] 张艳丽.土壤污染修复技术及土壤生态保护措施研究[J].中国资源综合利用,2021,39(04):125-127.
- [3] 肖丹.土壤污染修复技术以及土壤生态保护措施[J].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2023,(04):0020-0022.
- [4] 黄希望王秋英.探析土壤污染修复技术及土壤生态保护措施[J].皮革制作与环保科技,2021,2(24):90-91.
- [5] 李祥,赵文艳,甘晓.土壤污染问题与生态环境保护措施研究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(22):133-135.

To study the VOCs treatment technology in atmospheric environmental protection

Yun Su

Shanghai Jianke Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai, 200032, China

Abstract

In recent years, with the development of industrialization, more exhaust gases have been emitted during production processes, causing severe environmental pollution. Therefore, atmospheric environmental protection has become crucial for industry development. In the process of atmospheric environmental protection, VOCs, as a common pollutant, directly impacts the atmospheric ecosystem and requires relevant personnel to implement its control. By analyzing the sources and properties of volatile organic compounds in the atmosphere, strategies for their management can be formulated. This paper starts from atmospheric environmental protection, combining the status of VOCs pollution. Based on understanding the sources, types, and hazards of volatile organic compounds, practical solutions are developed to ensure air cleanliness.

Keywords

atmospheric environment protection; VOCs; pollution control

探究大气环境保护工作中 VOCs 治理技术

苏云

上海建科环境技术有限公司，中国 · 上海 200032

摘要

近些年来，随着工业化的发展，生产环节排放出的废气就较多，造成严重的环境污染。所以大气环境保护就成为行业发展的关键。而在大气环境保护环节，VOCs作为常见的污染物，直接影响大气生态环境，要求相关人员实现对其的治理。通过分析大气环境中挥发性有机物的来源与性质，制定治理策略。本文就从大气环境保护入手，结合VOCs污染状况，在了解挥发性有机物来源、类型以及危害的基础上，制定切实可行的解决策略，保证大气的清洁度。

关键词

大气环境保护；VOCs；污染治理

1 引言

挥发性有机化合物，VOCs (volatile organic compounds)，是指常温下饱和蒸汽压大于 70 Pa、常压下沸点在 260℃以下的有机化合物，或在 20℃条件下蒸汽压大于或者等于 10 Pa 具有相应挥发性的全部有机化合物。大气环境中，挥发性有机物会造成严重影响，对其的治理已经成为大气环境保护的关键，要求相关人员结合大气环境污染状况，分析挥发性有机物的性质特点，以制定治理技术。然而现阶段的挥发性有机物类型较多而且规模较大，再加上污染源较多，针对其的污染治理就存在一些难点。此背景下，就要求治理人员深入分析治理环节可能存在的不足，合理应用治理技术。

2 大气环境保护概述

大气环境保护是指采取一系列措施，以减少空气污染、改善空气质量、维护生态平衡，最终确保人类健康和环境可持续发展的作业。大气环境直接影响到生物、气候和人类健康，因此保护大气环境对于提高生活质量、推动经济可持续发展至关重要^[1]。实际上，大气环境保护是一个系统工程，需要政府、企业和公众的共同参与，通过法律、技术、经济等多方面的措施，综合治理，确保大气质量的持续改善。挥发性有机物性质、类型与危害如图 1 所示。

3 VOCs 概述

3.1 概念

VOCs (挥发性有机化合物，Volatile Organic Compounds) 是指一类能够在常温下挥发到空气中的有机化学物质。这些化合物在大气中具有较高的挥发性，通常指分子量小、沸点低的有机化合物^[2]。

【作者简介】苏云（1983-），女，中国山东莱芜人，硕士，工程师，从事环境影响评价和管理研究。

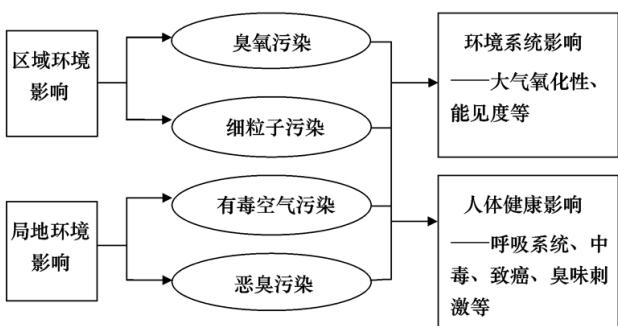


图 1 挥发性有机物性质、类型与危害

3.2 来源

VOCs 广泛存在于自然环境中，其来源十分广泛，主要包括以下方面。一是工业排放，石油化工、油漆、溶剂、塑料制造等行业是 VOCs 的主要来源。很多工业过程中使用的溶剂（如涂料、清洁剂、油墨等）会释放出 VOCs。二是交通排放，汽车、卡车等交通工具的燃烧过程产生的废气中，VOCs 是重要的污染物之一。三是农业，农药和化肥中的一些化学成分也可能挥发成 VOCs。四是家庭和商业活动，家具、清洁用品、气雾剂等也会释放 VOCs。五是自然来源，植物、森林火灾、土壤等自然过程也会释放一定量的 VOCs，尤其是植物会释放一种叫作萜烯的化合物（如图 1 所示）。

3.3 危害

首先，长期暴露在高浓度 VOCs 环境下可能导致头痛、恶心、呼吸道刺激、过敏反应、失眠，甚至更严重的健康问题，如中枢神经系统损害或癌症（例如苯与白血病的相关性）；其次，VOCs 与氮氧化物（NO_x）反应，能在阳光照射下生成臭氧（O₃）和二次有机气溶胶（SOA），形成“光化学烟雾”，这对空气质量与生态环境造成损害；然后，VOCs 在大气中的某些反应会对温室气体浓度产生间接影响，进而可能在气候变化过程中发挥作用。

综上，VOCs 是影响空气质量与人类健康的重要污染物之一。有效地控制和减少 VOCs 的排放，不仅能够提高空气质量，还能减少对健康和环境的负面影响。通过技术创新、政策监管和公众参与，能够实现对 VOCs 的有效治理。

4 大气环境保护工作中 VOCs 治理的难点

大气环境保护环节，VOCs 挥发性有机物作为常见的污染物，对其进行处理十分必要，但是鉴于挥发性有机物的状况较为复杂，治理就存在一些难点，需要相关人员进行深入分析。

4.1 VOCs 种类复杂、来源广泛

VOCs 种类繁多，涵盖了烃类、醛类、酮类、醇类、酸类、酯类等多种化合物，不同的 VOCs 具有不同的物理化学性质、挥发性、毒性和反应性。因此，治理过程中需要根据不同的 VOCs 特性，采取差异化的处理方式，这增加了治理的难度。

此外，VOCs 的来源非常广泛，涉及交通、工业、农业、建筑、家庭等多个领域。不同来源的 VOCs 排放特征不同，这就需要不同的技术和手段来进行处理和控制。

4.2 VOCs 的浓度和排放波动性大

VOCs 的排放浓度在不同时间、不同地点、不同气候条件下波动较大。比如，交通高峰时段和工业生产过程中，VOCs 排放的浓度会显著增加，而在非高峰时段或清晨，排放量则可能较低。由于排放的不稳定性，VOCs 的监测、控制和治理效果难以长期保持一致。

4.3 治理技术的多样性与成本问题

目前，VOCs 治理技术主要包括吸附法、催化燃烧法、冷凝法、活性炭吸附、光催化氧化法等。然而，这些技术各有优缺点，且对不同类型的 VOCs 效果不同。例如，吸附法适用于处理低浓度 VOCs，但在处理大规模、高浓度的 VOCs 时效果有限。催化燃烧法适用于高浓度 VOCs，但设备和运营成本较高。此外，治理设施的建设和维护成本较高，对于一些小规模的污染源（如小型工厂、家庭等）来说，治理技术可能不具备经济可行性。

4.4 气候和环境因素的影响

VOCs 的治理效果还受到气候条件的影响，例如温度、湿度、风速等环境因素的变化会影响 VOCs 的挥发速率和治理过程中的反应效率。不同地区的气候差异使得统一的治理技术不一定适用于所有地方，导致治理过程中的挑战增多。

这些难点的存在直接影响大气环境保护作业的开展，需要相关人员结合需要，深入分析并进行解决。

5 大气环境保护工作中 VOCs 治理技术

5.1 活性吸附技术

活性吸附法主要通过吸附剂将 VOCs 从气流中去除，从而减少大气污染。作业环节，活性吸附法利用吸附剂（通常是活性炭或其他多孔材料）将气体中的 VOCs 吸附到其表面，达到去除 VOCs 的目的（如图 2 所示）。吸附过程是一种物理过程，其中 VOCs 分子通过范德瓦尔斯力、氢键等与吸附剂表面相互作用，从而被捕获。吸附剂的表面有大量的微孔结构，这些孔隙能够提供大量的表面积，增强吸附能力。

操作环节，相关人员要合理选择吸附材料，活性炭是最常用的吸附材料，因其良好的吸附性能、较低的成本及广泛的应用历史而被广泛使用。活性炭的多孔结构能够有效吸附大部分 VOCs，特别是小分子有机化合物。另外，合成树脂吸附剂，如聚合物基吸附剂，适用于吸附某些特定种类的 VOCs，尤其是毒性较强的化合物。

综上，活性吸附法能够有效去除空气中的大部分 VOCs，特别是对于低浓度的有机物，吸附法有较好的效果。但是，虽然活性吸附剂的成本相对较低，但频繁更换或再生吸附剂仍会带来一定的运营成本，需要优化吸附剂和再生技术。

5.2 引风高空排放法

在大气环境保护中，VOCs 治理的引风高空排放法是一种常见的废气处理方式。引风高空排放法的核心在于利用高空的扩散作用来减少地面污染的浓度。废气通过排放管道进入较高的排放点（通常是烟囱、塔等结构），然后通过自然或机械引风的作用，将废气排放到较高的空中。这一过程中，废气会在大气中迅速扩散、稀释，从而减少其对地面空气质量的影响。

作业环节，需要通过以下步骤进行设计。一是要设计引风系统，通过风机或自然风力，使废气通过排放管道输送到指定的高空排放口。二是要设计高空排放口，该设备通常设置在建筑物顶部或专门的排放塔上。高空排放可以确保废气的充分扩散，减少对周围环境的影响。第三步需要实现废气稀释和扩散，废气被排放到大气中后，通过大气的自然流动与混合，VOC 浓度得到稀释，最终被稀释到一个较低的水平。

综合来看，引风高空排放法是 VOCs 治理中常见的一种方法，具有通过稀释和扩散降低地面污染浓度的优势，但它本质上只是减少了污染物的浓度，并未根治污染源。因此，通常该方法需要与其他废气治理技术相结合，才能实现更全面的污染治理效果。

5.3 燃烧处理技术

在大气环境保护中，VOCs（挥发性有机化合物）治理的燃烧处理也是一种常用的废气治理技术，燃烧处理的基本原理是通过高温将 VOCs 与空气中的氧气反应，氧化成无害的气体（如 CO₂ 和水蒸气）。该过程需要满足一定的温度、时间和氧气浓度，以确保反应完全，避免二次污染。

根据技术用法，可以分为以下技术。一是直接燃烧，直接燃烧是最常见的 VOCs 治理方法之一，通过在高温下将 VOCs 废气直接燃烧，使有机物分解为二氧化碳和水。废气通过燃烧炉或燃烧器，经过高温区（通常为 800° C-1200° C），与氧气充分反应，完成有机物的氧化反应。该技术适用于大多数类型的 VOCs，尤其是高浓度 VOCs。二是催化燃烧，催化燃烧技术是在传统燃烧的基础上，加入催化剂（如铂、钯、铑等）来降低 VOCs 的燃烧温度，达到高效、低能耗的处理效果^[3]。VOCs 废气在催化剂的作用下，在较低的温度下（通常为 300° C-450° C）就能完成氧化反应，转化为二氧化碳和水。该技术能效较高，节约能源。

综上，燃烧处理是 VOCs 废气治理中一种常用且高效的方法，特别适用于高浓度 VOCs 的处理。直接燃烧和催化燃烧各有其优缺点，选择何种技术应根据 VOCs 废气的浓度、成分以及处理要求来决定。

5.4 冷凝吸收技术

在大气环境保护中，VOCs（挥发性有机化合物）治理的冷凝收集法通过降低废气温度使 VOCs 凝结成液体，从而实现废气的回收和净化。冷凝收集法的基本原理是通过降低 VOCs 废气的温度，使气态的有机化合物转变为液态。这是因为大多数 VOCs 在低于其凝结点的温度下，会发生液化或凝结，从气态变为液态。冷凝装置利用这一原理，通过降温将 VOCs 从废气流中分离出来，达到净化的目的。

作业环节，废气首先被引入冷凝器，冷凝器通过冷却系统降低废气的温度。其次，废气中的 VOCs 成分在冷凝器中通过传热过程与低温的冷却介质（如冷却水、液氮或其他冷媒）交换热量，导致 VOCs 的温度降低。当废气温度降低到 VOCs 的凝结点以下时，VOCs 便会由气态转变为液态。然后，冷凝后形成的液态有机物通过收集装置被收集到专用的容器中，进行后续的处理或回收^[4]。最后，经过冷凝收集后的废气中的 VOCs 浓度显著降低，净化后的气体可排放到大气中，或进一步处理。

综上，冷凝收集法是一种高效的 VOCs 废气治理技术，特别适用于高浓度、低挥发性 VOCs 的回收和净化。它的优点包括较低的能耗、简单的操作和高效的资源回收，但也有一些限制，如对低浓度、高挥发性 VOCs 废气的处理效果较差。针对这些问题，当前的技术发展正在朝着提高冷凝效率、降低能耗和扩大适用范围的方向发展。

6 结语

VOCs 对大气环境和人体健康有害，科学监测和治理 VOCs，能够更有效地保护大气环境和人体健康。在治理 VOCs 方面，吸附、燃烧以及冷凝等一系列技术手段可以共同协作，最后实现环境优化，达到减少 VOCs 排放的目的。在未来，科技的不断升级和相关管理部门的政策引导，我国的 VOCs 监测和治理工作将更加完善和有效。

参考文献

- [1] 朱玉婧, 王磊. 关于新形势下大气环境保护与污染治理对策研究[C]// 河北省环境科学学会, 北京环境科学学会, 天津市环境科学学会. 京津冀生态环境科技产业金融协同发展大会论文集. 沧州市生态环境局沧县分局; 沧州市生态环境监控中心; 2024: 276-281.
- [2] 殷培涛. 城市大气 VOCs 污染调查及治理设备监管研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (07): 140-141+147.
- [3] 张天荣. 关于 VOCs 治理现状及对环境管理的影响研究 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (10): 176-178.
- [4] 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.

Current Situation, Countermeasures and Suggestions for the Restoration of Mine Ecological Environment

Kai Liu

Institute of Environmental Geological Survey, Hebei Bureau of Coalfield Geology, Shijiazhuang, Hebei, 050010, China

Abstract

Against the backdrop of ecological civilization construction, as a traditional major mining province, Hebei Province has a large number of mines. Besides, the natural restoration conditions of mines are not strong, and the implementation of mine ecological restoration work faces enormous pressure. Through analyzing the current situation of mine ecological restoration in Hebei Province, this paper aims to understand the types and development trends of mine ecological environment problems in Hebei Province, and to master the progress of mine ecological restoration work in Hebei Province. Based on the problems in mine ecological restoration over the years, suggestions are provided in four aspects: the enthusiasm of mining enterprises, the intensity of supervision, the technical level, and the financing of funds. This article expounds and discusses the problems and suggestions regarding the implementation of mine ecological restoration in Hebei Province, with the intention of providing reference for the restoration work of the mine ecological environment.

Keywords

Mine Ecological Restoration; Mine Development; Comprehensive Management

矿山生态环境修复现状及对策建议

刘凯

河北省煤田地质局环境地质调查院, 中国·河北 石家庄 050010

摘要

在生态文明建设的背景下, 河北省作为传统的矿业大省, 有着较大的矿山基数, 且矿山自然恢复条件不强, 矿山生态修复工作开展面临着巨大压力。通过对河北省矿山生态修复进行现状分析, 了解河北省矿山生态环境问题类型、发展趋势, 掌握河北省矿山生态修复工作进展。根据多年矿山生态修复问题, 就矿山企业积极性、监管力度、技术水平、资金筹措四个方面给出建议, 文章论述和探讨了河北省开展矿山生态修复的问题和建议, 以求为矿山生态环境修复工作提供借鉴和参考。

关键词

矿山生态修复、矿山开发、综合治理

1 引言

河北省作为中国的矿产资源大省, 矿产资源种类丰富、储量可观。长期以来, 大规模、高强度的矿产开发活动在有力推动河北省经济发展的同时, 也给矿山生态环境带来了沉重的负担, 引发了一系列严峻的生态环境问题。

河北省地处京津冀地区的核心地带, 是京津冀生态安全屏障的重要组成部分, 其矿山生态环境的优劣直接关系到京津冀地区的生态安全和可持续发展。因此, 加强河北省矿山生态环境修复工作, 对于维护京津冀地区的生态安全, 促进区域经济社会的可持续发展具有至关重要的意义。

矿山生态环境修复也是推动河北省经济转型升级, 实

现绿色可持续发展的必然要求。如何在矿业经济发展的同时守住绿水青山, 是河北省矿业可持续发展的核心问题之一^[1]。通过开展矿山生态环境修复工作, 可以促进矿产资源的节约集约利用, 提高资源利用效率, 减少资源浪费和环境污染, 推动矿业产业结构的优化升级, 培育新的经济增长点, 实现经济发展与生态环境保护的良性互动。

2 河北省矿山生态环境现状剖析

2.1 矿产资源赋存与开发概况

2.1.1 矿产资源赋存特征

河北省地层发育较为齐全, 地质构造复杂多样, 岩浆活动频繁, 三大岩类出露广泛, 这种独特的地质条件为丰富的矿产资源形成提供了有利基础。已发现各类矿产 130 种, 列入《2020 年河北省矿产资源储量表》的 73 种, 矿产地 1530 处, 其中大型 217 处, 中型 360 处, 小型 953 处^[2]。

【作者简介】刘凯 (1988-) , 男, 中国河北辛集人, 本科, 工程师, 从事环境地质方向研究。

涵盖能源矿产、金属矿产和非金属矿产等多个类别。

贫矿多、富矿少也是河北省矿产资源赋存的一个显著特点。许多金属矿的品位较低，需要经过复杂的选矿工艺才能达到工业利用的要求。

2.1.2 矿山开发现状

作为我国的矿业大省之一，矿产资源开发历史悠久，最多时曾有2万座矿山，是河北省重要的支柱产业^[3]。当前，河北省的矿山数量众多，大小不一。截至2020年底，全省已开发利用矿产地1056处，占总数的69.02%。固体矿产采矿权1989个，其中大型规模186个，中型300个，小型1503个；开采矿种以铁矿、煤炭、金矿、建材非金属矿为主；地热、矿泉水采矿权450个。

在开采方式上，河北省的矿山主要包括露天开采和地下开采两种。露天开采具有开采成本低、生产效率高的优点，但对地表环境的破坏较大，容易导致土地资源破坏、植被损毁等问题。在一些露天铁矿开采区域，大量的土地被占用，地表植被被破坏，水土流失严重。地下开采则对地表环境的影响相对较小，但存在安全风险高、开采成本高的问题。

2.2 河北省矿山生态环境破坏类型

2.2.1 土地资源破坏与损毁

矿山开采导致了大面积的土地资源破坏与损毁。露天开采过程中，大量的地表植被被无情铲除，表土被剥离，土地的原有结构遭受严重破坏，导致土地沙化、水土流失加剧，土壤肥力急剧下降。

2.2.2 废水、废渣等废弃物的污染

矿山开采产生的废水、废渣等废弃物对水资源和土壤环境造成了严重的污染。矿山废水往往含有大量的重金属离子、酸碱物质和有害物质，这些废水不仅对地表水和地下水造成污染，导致水体水质恶化，影响周边居民的饮用水安全和农业灌溉用水，还通过土壤的渗透和淋溶作用，对土壤环境造成破坏，使得土壤中的重金属含量超标，土壤微生物群落结构失衡，土壤生态系统功能退化。同时，矿山废渣的随意堆放不仅占用了大量的土地资源，还容易在雨水的冲刷下，导致废渣中的有害物质进入水体和土壤，进一步加剧了环境污染。

2.2.3 生物多样性的减少

矿山生态环境的破坏导致生物多样性的减少。矿山开采活动破坏了野生动植物的栖息地，使得许多物种失去了生存空间，生物链遭到破坏，生态系统的稳定性和平衡性受到影响。

2.3 河北省矿山生态发展趋势

2.3.1 矿山地质灾害

经过多年开采，现保有资源大多位于深部，深部开采对地表的破坏程度比浅部小，因此采空区地面塌陷范围仍将不断扩大，但总体强度趋缓。随着露天矿山开采的逐步规范化，矿区崩塌、滑坡的发生几率将逐步减小；废渣堆一般采

取了拦挡措施，原遗留的废渣堆已趋平衡稳定，因此废土石堆积引发的矿区泥石流整体呈下降趋势。

2.3.2 矿山地貌景观破坏与土地资源占用损毁

我省处于半干旱的大陆性季风气候区，降水较南方相对少，不利于石灰岩、白云岩等硬质岩类露天开采破坏的地貌景观自然恢复；北部燕山山区降水条件较太行山区相对要好，有利于易于风化的变质岩类岩土体矿区的自然恢复。加上相关法律法规及技术标准逐步健全，矿产资源管理和生态修复力度加强，矿业权人保护矿山环境的意识逐步提高，矿山土地复垦的主动性增强，因此河北省矿山破坏地形地貌景观和占用土地资源的总体情况将呈下降趋势，尤其是责任主体灭失矿山迹地造成的破坏被全部修复。

2.3.3 矿山固体废弃物积存量

矿山废土石等矿山固体废弃物的产生量与矿石开采量是成正比关系的，随着近几年矿产资源开采量的逐步减少，开采过程中的产生的固体废弃物量逐步减少，加上井下充填等技术的不断推广，新产生固体废弃物量不断减少。露天开采形成的大规模排土场、废土石堆等，在相关管理部门逐步加强监督管理的前提下，固体废弃物排放管理逐步规范化，废土石堆积达到最终境界后，及时得到了恢复治理。因此矿山固体废弃物积存量是逐步减少的趋势。

3 河北省矿山生态环境修复进展

3.1 修复工作开展

在省委省政府的领导下，全省开展了一系列的矿山生态修复相关工作。通过组织矿山地质环境调查数据汇总和动态监测，夯实了矿山生态工作的基础，掌握了矿山地质环境现状和动态变化情况；通过牵头实施“河北省露天矿山污染深度整治专项行动”、“河北省露天矿山污染持续整治三年作战计划”和“河北省矿山综合治理攻坚行动方案”等一系列综合治理工程，和严格落实自然资源部重点地区露天矿山生态修复工作部署，大力推进全省矿山生态修复工作；通过多个政策文件的制定，逐步完善我省矿山生态修复政策法规体系。

3.2 修复工作成效

通过“河北省露天矿山污染深度整治专项行动”、“河北省露天矿山污染持续整治三年作战计划”、“河北省矿山综合治理攻坚行动方案”等一系列整治行动的实施，我省责任主体灭失矿山迹地通过工程治理、自然恢复和转型利用等措施完成了综合治理。

4 河北省矿山生态环境修复存在问题

4.1 矿山企业保护修复积极性差

近年来矿山资源市场价格低迷，多数露天矿山已自行停产多年，又面临开采矿证即将到期续证等问题，随着我省一系列露天矿山综合治理专项行动的开展，进行环保达标整改又需投入大量资金，造成大量矿山企业整治积极性不高，既

不开展治理，也不注销矿权，成为“僵尸矿权”，进而影响我省矿产资源开发利用的整体布局。

4.2 监管工作有待进一步完善

有关部门普遍存在重审批、轻监管现象，在矿产资源开发项目审批，到开采、加工、恢复治理等各环节监管责任需要进一步落实到位，导致部分矿山企业没有严格执行矿产资源开发利用、排污许可和环保达标生产、矿山环境恢复治理、水土保持等行业规范。

4.3 综合治理难度大

我省矿山绝大部分位于西部和北部的太行山、燕山山区，受气候和自然条件影响，特别是石灰岩、白云岩等地区，山体水土保持条件差，不利于植被生长，加之由于矿山企业不合理开采造成的高大、陡立掌子面，缺乏有效成熟的治理技术，治理效果差，维护成本高。

4.4 资金筹措难

随着近些年财政资金紧张，无法投入更多资金用于矿山生态修复，社会资金又只介入个别地域条件好的项目，对于庞大的资金需求，矿山环境综合治理资金仍然存在较大缺口。

5 河北省矿山生态环境治理建议

5.1 明确责任主体

加强对矿山企业的宣传教育和培训。通过举办培训班、发放宣传资料等方式，提高矿山企业对生态修复重要性的认识，增强其履行生态修复责任的自觉性。鼓励矿山企业加大对生态修复的资金投入，采用先进的生态修复技术和设备，提高生态修复的质量和效率。引导矿山企业树立绿色发展理念，将生态修复与企业的可持续发展相结合，实现经济效益和生态效益的双赢。

建立健全矿山企业生态修复监管机制，加强对矿山企业开采活动的日常监督检查，确保矿山企业严格按照矿山地质环境保护与土地复垦方案进行生态修复。建立矿山企业生态修复信用评价体系，将矿山企业的生态修复情况纳入信用评价范围，对信用评价良好的企业给予奖励，对信用评价较差的企业进行惩戒。鼓励公众举报矿山企业的违法行为，形成全社会共同参与监督的良好氛围。

5.2 强化监管与执法力度

明确各部门在矿山生态修复监管中的职责分工，避免出现职责交叉和推诿扯皮的现象。建立联合监管机制，加强各部门之间的沟通协调与信息共享。定期召开联合监管会议，共同研究解决矿山生态修复监管中存在的问题。建立信息共享平台，实现各部门之间的信息互联互通，提高监管工作的效率和协同性。通过加强部门协同合作，形成监管合力，确保矿山生态修复工作的顺利进行。

加大对矿山生态修复执法队伍的投入，提高执法人员的专业素质和执法能力。定期组织执法人员参加业务培训，学习矿山生态修复相关的法律法规、政策标准和技术知识，

不断更新执法人员的知识结构，提高其业务水平。在执法过程中，严格按照法律法规规定的程序进行执法，做到执法程序合法、规范。

加大对违法违规行为的处罚力度。对于未按照规定进行矿山生态修复或破坏已修复成果的矿山企业，应依法给予严厉的处罚。提高违法成本，使其不敢轻易违法。

5.3 提升修复技术水平

积极鼓励科研机构和企业加大对矿山生态修复技术的研发投入，设立专项科研基金，支持矿山生态修复技术的研究与开发。鼓励省内的高校、科研院所与矿山企业开展产学研合作，共同攻克矿山生态修复中的关键技术难题。

鼓励矿山企业之间开展技术交流与合作，分享先进的修复经验和技术成果，共同提高矿山生态修复的水平。积极引进国内外先进的矿山生态修复技术和设备，结合河北省的实际情况进行消化吸收和再创新。加强与国内其他地区的技术交流与合作，学习借鉴其他地区在矿山生态修复方面的成功经验和先进技术，推动河北省矿山生态修复技术水平的提升。

5.4 拓宽修复资金渠道

吸引社会资本参与矿山生态修复，制定具有吸引力的优惠政策。在税收方面，对参与矿山生态修复的企业给予税收减免和优惠，降低企业的运营成本。在土地政策方面，为参与矿山生态修复的企业提供土地使用优惠。在金融政策方面，鼓励金融机构为矿山生态修复项目提供信贷支持，给予低息、贴息贷款等优惠政策。

推广 PPP 模式、BOT 模式等合作模式，吸引社会资本参与矿山生态修复项目的投资、建设和运营。在 PPP 模式下，政府与社会资本合作，共同出资成立项目公司，负责矿山生态修复项目的实施。政府通过授予项目公司一定期限的特许经营权，使其在特许经营期内通过项目运营获得收益，以收回投资并获取合理利润。在 BOT 模式下，社会资本承担矿山生态修复项目的投资、建设和运营，在规定的期限内收回投资并获取收益，期满后将项目无偿移交给政府。

6 结语

综上所述，矿山生态环境修复现状及治理对策研究涵盖当前河北省修复工作的进展、存在的问题以及治理建议。实践表明，开展矿山生态修复是一项长期的复杂的工程，需结合本地的实际情况，结合多方努力，采取多种手段进行综合治理，包括压实责任、加强监管、提升技术水平、拓宽资金渠道，逐步实现矿山的绿色发展和高质量发展。

参考文献

- [1] 王庆民,高翔.河北省绿色矿山建设存在问题及对策研究[J].河北地质大学学报,2022(3).
- [2] 河北省矿产资源总体规划(2021—2025年)
- [3] 叶丽娟,段霄龙,李婷,张静,张云,陈东磊.河北省采矿损毁土地分布及治理状况分析[J].自然资源遥感,2024(4): 75-81

Discussion on the control methods and management measures of soil organic pollution

Xiaoxia Xue¹ Yi Wei¹ Junxia Xue² Jiarui Zhang³ Nan Zhao¹

1. Inner Mongolia Mengyuan Ecological Judicial Appraisal Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China
2. Inner Mongolia Mengzheng Engineering Consulting Service Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China
3. Inner Mongolia Jiutai New Material Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010200, China

Abstract

Soil treatment, organic pollution, as a common type of pollution, has always been the key to restrict environmental protection, so it is very necessary for its treatment. In the link of organic pollution control, organic pollution has a wide range of sources of organic pollution and many types, which greatly increases the difficulty of control. This requires the treatment personnel to combine the actual situation of organic pollution, reasonably formulate pollution control strategies, and carry out control measures to ensure the treatment effect. This paper starts with soil organic pollution, discusses the type, source and harm of pollution, and then combines the relevant information, selects the appropriate pollution control method, and controls the whole process of the method application, to ensure the effect of pollution control.

Keywords

organic pollution; quality control; environmental protection

土壤有机污染治理方法及管理措施探讨

薛晓霞¹ 魏毅¹ 薛俊霞² 张嘉瑞³ 赵楠¹

1. 内蒙古蒙环生态司法鉴定中心，中国·内蒙古呼和浩特 010000
2. 内蒙古蒙正工程咨询服务有限责任公司，中国·内蒙古呼和浩特 010000
3. 内蒙古久泰新材料有限公司 内蒙古自治区呼和浩特市 010200

摘要

土壤治理环节，有机污染作为常见的污染类型，一直是制约环境保护的关键，对其的治理就十分必要。而在有机污染治理环节，有机污染的来源较广而且类型较多，很大程度上增加治理难度。这就需要治理人员结合有机污染实际状况，合理制定污染的治理策略，并且开展管控措施，保证治理效果。本文就从土壤有机污染入手，浅谈污染的类型、来源以及危害，然后结合相关信息，选择合适的污染治理方法，并且对方法应用的整个流程进行管控，保证污染治理的效果。

关键词

有机污染；质量管控；环境保护

1 引言

土壤环境保护环节，有机污染治理是主要治理对象，要求相关人员开展针对性地治理。根据研究，有机污染是指以碳水化合物、蛋白质、氨基酸以及脂肪等形式，存在的天然有机物质，以及某些其他可生物降解的人工合成有机物质为组成的污染物。可分为天然有机污染物和人工合成有机污染物两大类。这就导致对其的治理就存在一些难点，一定程度上影响治理作业的开展。此背景下，治理人员就需要引进先进的技术，借助物理技术、化学技术以及生物技术等手段，开展针对性地治理。而且为了保证技术功能的发挥，还需要

治理人员开展质量管控，对治理环节的难点进行解决，保证治理作业的顺利开展。

2 土壤有机污染概述

土壤有机污染是指土壤中存在有机物质污染物，通常来源于工业排放、农业活动、废弃物处理等。这些有机污染物可能包括农药、溶剂、石油产品、多环芳烃（PAHs）、氯化有机化合物等^[1]。实际来看，土壤有机污染是一个复杂的环境问题，需要采取综合性措施进行预防、治理和修复。

3 土壤有机污染的来源

土壤有机污染的来源较多，主要包括以下方面，需要相关人员进行深入分析。首先是农业活动，农药的过度使用，尤其是杀虫剂、除草剂和杀菌剂，可能通过喷洒、土壤污染、

【作者简介】薛晓霞（1996-），女，中国内蒙古乌兰察布人，本科，从事生态环境类研究。

灌溉水或降水进入土壤。而且化肥中含有的有机物质或其衍生物（如有机氯化合物等）可能在长期使用过程中渗透到土壤中；其次是工业排放，化工、石油、制药这些行业可能排放含有多种有机化学物质的废水、废气或废渣，如石油产品、溶剂、苯、苯系物等；然后是垃圾处理与废弃物，有机垃圾（如食物残渣、塑料、橡胶等）在填埋场的堆积，可能产生渗滤液，这些渗滤液中可能包含大量有机污染物。而且家庭中使用的化学清洁剂、油漆、溶剂等物质，若处理不当，可能通过排水系统进入土壤；此外还有自然来源，火灾时燃烧的有机物质释放的烟雾和污染物也可能沉降到土壤中。植物和动物的自然分解过程也可能向土壤中释放有机物，但这些物质相对容易被土壤处理，通常不会造成严重污染。

4 土壤有机污染治理方法

4.1 微生物修复技术

土壤有机污染治理的微生物修复是一种通过利用土壤中原有的微生物群体，利用它们的自然代谢能力来降解或转化土壤中的有机污染物的修复技术。作业环节，土壤中的微生物通过其代谢作用降解土壤中的有机污染物。微生物可通过吸附、转化或分解污染物，将其转变为无害的物质（如二氧化碳、水和其他无毒化合物）。

实际操作环节，需要为微生物提供合适的环境，合适的环境条件能够增强微生物的修复能力。改善土壤中的水分、温度、pH值和氧气条件有助于提高微生物的活性和降解效率。而且适宜的湿度和温度可以促进微生物的生长和代谢活动。在某些情况下，微生物可能需要额外的营养物质（如氮、磷等）来促进其生长和代谢活动，从而提高降解效率。

与其他修复技术相比，原位微生物修复通常不需要引入外部的修复剂或化学物质，降低了修复成本。这种方法利用土壤中的天然微生物群体进行降解，不会引入外来物质，因此对环境的影响较小，符合生态修复的原则。但是需要注意的是，与物理或化学修复方法相比，微生物降解可能需要较长的时间，尤其是在污染物浓度较高或难降解的情况下。而且并非所有污染物都能被土壤中的微生物有效降解，需要结合其他修复手段。综上，土壤有机污染的微生物修复是一种常见技术，需要与其他修复技术结合使用。

4.2 原位植物修复技术

土壤有机污染治理的原位植物修复是一种利用植物及其根系系统来清除、转化、固定或降解土壤中有机污染物的修复技术。植物修复技术是一种绿色、低成本、环保的土壤修复方法，适用于许多类型的有机污染物（如石油污染、农药污染、溶剂污染等）。

原位植物修复的技术主要包括以下几种，植物提取：植物根系吸收土壤中的污染物并将其转运到地上部分（如茎、叶）进行累积。植物降解：植物通过其代谢作用或通过植物根际微生物群体的作用将污染物转化为无害的物质。植

物稳定化：植物通过吸收并固定污染物，减少其在环境中的流动性和生物可利用性，防止污染物扩散。植物挥发：某些植物能够通过根系吸收并转化污染物，并将其转化为气态物质通过蒸腾作用释放到空气中。植物修复技术治理污染土壤原理如图1所示。

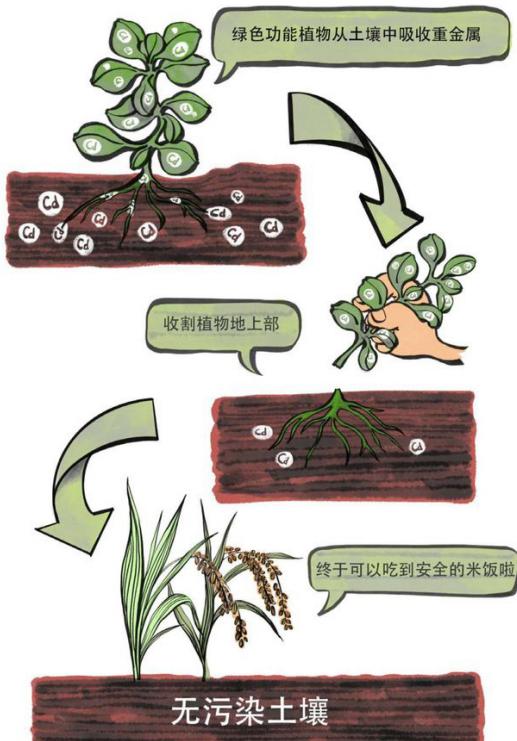


图1 土壤有机污染植物修复技术

实际操作环节，需要通过以下手段，保证技术功能的发挥，首先，不同植物的修复能力差异较大，植物通常具有不同的代谢特性和生理特征，因此需要选择那些具有良好的污染物吸收、降解或挥发能力的植物；其次，土壤的pH、温度、湿度、有机质含量等对植物生长和修复效果有重要影响。为了提高修复效率，可能需要通过改善土壤条件来增强植物的修复能力；然后，植物的生长状况直接影响其修复能力。健康、快速生长的植物能更有效地吸收和转化污染物。对植物的水分、养分和病虫害的管理都能提高修复效果，也需要治理人员进行控制。

4.3 物理治理技术

土壤有机污染治理的物理治理技术通常适用于挥发性或溶解度较高的有机污染物，具有快速、高效、无需化学添加剂的优点。

首先是土壤曝气技术，土壤曝气通过向污染土壤中引入空气（或氧气），增加氧气含量，促进土壤中有机污染物的挥发和气化。通过提升污染物的挥发速率，污染物可以直接从土壤中蒸发到空气中。这种方法通常用于挥发性有机化合物（VOCs）污染的治理^[2]。

其次是土壤热脱附技术（如图2所示），土壤热脱附

是一种通过加热污染土壤，使土壤中的有机污染物（如石油烃、溶剂、农药等）挥发并被收集的技术。加热过程使污染物从土壤颗粒上脱附出来，然后通过蒸汽冷凝、气体吸附等方式将污染物回收。

然后是土壤洗涤技术，土壤洗涤是通过加入水、化学试剂或表面活性剂等液体，将土壤中的有机污染物溶解或分散，从而将污染物从土壤中洗脱出来。这种方法适用于污染物在水中有较高溶解度的情况。

此外还有土壤抽提技术，土壤抽提技术是通过物理方式（如溶剂萃取、超临界流体萃取等）将污染物从土壤颗粒中提取出来。这种方法利用溶剂与污染物的溶解性差异，选择合适的溶剂将污染物从土壤中溶出，然后通过后续处理回收污染物。

综上，物理治理技术主要通过直接去除、隔离或转移污染物，具有快速、有效、较少使用化学物质等优点，但也可能存在高能耗、产生二次污染等缺点。不同的物理治理方法适用于不同类型和浓度的污染物，需要相关人员根据需要合理选择。

4.4 化学治理技术

土壤有机污染治理的化学治理策略通过化学反应将有机污染物氧化、还原或分解，从而减少其对环境和生态的危害，常见的方法包括以下几种。

一是化学氧化技术，该技术通过引入强氧化剂，如过氧化氢、臭氧、氯酸盐等，将土壤中的有机污染物氧化分解。氧化剂通过与污染物发生反应，改变其结构或将其转化为无害物质。

二是化学还原技术，化学还原通过还原剂（如铁粉、氢气、硫化物等）将污染物的氧化态降低，从而使污染物失去毒性或转化为其他更容易去除或降解的形态。还原反应常用于去除某些氯化有机物或重金属污染物^[3]。该技术适用于氯化有机物（如多氯联苯、农药残留等）和某些重金属污染物（如铬、砷等）。

三是化学沉淀技术，化学沉淀法通过引入适当的化学试剂，与土壤中的有机污染物或其降解产物反应，形成难溶于水的沉淀物，从而将污染物从土壤中移除。这一方法常用于处理含有重金属的污染土壤。主要适用于某些重金属污染土壤，或在特定条件下，去除某些有机污染物。

此外还有化学吸附技术，化学吸附是通过引入吸附剂（如活性炭、膨润土、沸石等）与土壤中的有机污染物发生化学反应，使污染物被吸附在吸附剂表面。这种方法能减少污染物在土壤中的活动性。一般适用于有机溶剂、农药残留等污染物。

综上，不同化学方法适应不同类型的有机污染物，在

选择时需考虑污染物的性质、土壤类型、治理成本及环境影响。

5 土壤有机污染治理的管理措施

土壤有机污染治理环节，要想保证技术的顺利推进，还需要开展各种形式的管理措施，主要包括以下几种。一是要开展源头控制，要加强对农业、工业、生活等领域的污染排放监管，减少有机污染物的产生和排放。并且推广无害化农药和化肥的使用，避免农业活动带来的有机污染；二是要进行污染检测与监控，要求相关人员定期对土壤进行污染检测，建立污染监测网络，及时发现污染源和污染物的分布情况。可以使用先进的检测技术，如遥感技术、地面取样等，进行土壤的长期监控；第三，在完成土壤修复后，应对土地进行适当的生态恢复和再利用，防止再次污染。可以通过绿化、种植植物、恢复生态功能等措施，增强土壤的自我修复能力；第四，还需要制定土壤污染防治法、环境保护法等法律法规，加强对污染企业的监管，落实责任追究制度。并且积极鼓励企业和农民实施有机污染物治理，提供财政支持和技术培训；此外还需要提高公众对土壤污染的认识，增强环保意识，鼓励社区参与土壤保护活动^[4]。应通过教育、媒体传播等方式，增强人们对土壤污染治理的重视。通过这些综合性管理措施，可以有效减少土壤有机污染，改善土壤质量，保护生态环境。

6 结语

综上所述，本文研究了有机物污染的土壤治理方法，研究结果表明，在社会经济不断发展的背景下，对土壤造成了严重污染。就要求相关人员根据土壤有机物污染种类和程度的不同，选择与之相适的治理技术，有效解决农田土壤污染、工业场地污染等问题。此外，还要加强对有机物污染土壤治理技术的研发力度，开展针对性的管控措施，以更好地保护土壤环境。

参考文献

- [1] 李翔,魏欣,王胜光. 土壤有机污染治理方法及应用管理措施研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (06): 108-110.
- [2] 赵余莉. 土壤污染治理中植物修复技术应用研究 [J]. 农村经济与科技, 2022, 33 (06): 39-41.
- [3] 李晓光, 王世传, 周金倩, 等. 有机污染场地修复工程二次污染防治措施[C]// 华北五省市(区)环境科学学会第二十二届学术年会论文集. 天津环科立嘉环境修复科技有限公司; 国环危险废物处置工程技术(天津)有限公司; 天津市生态环境局; 天津市生态环境科学研究院; 2021: 6.
- [4] 翟亚男. 土壤有机污染治理研究 [J]. 资源节约与环保, 2020, (11): 95-96.