



www.viserdata.com

# 自然科学研究

NATURAL SCIENCE RESEARCH

季刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 3041-0584(online) 3041-0576(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊



2025 **2**

第2卷 总第5期

## COMPANY INTRODUCTION

# 公司简介

维泽科技文化有限公司(Viser Technology Pte. Ltd.)成立于新加坡，是一家科技与文化高度融合的创新型企业。我们拥有一支具有较高文化素质、管理素质和业务素质的团队，聚焦于国际开源中英文期刊、体现文化含量与学术价值图书的出版发行。秉承“传播科技文化，促进学术交流”的理念，与国内外知名院校，科研院所及数据库建立了稳定的合作关系。坚持开拓创新，实施“跨越-融合”的发展战略，立足中国、新加坡两地，辐射全球，并于中国设立河北和重庆两个分部。我们将紧紧围绕专业化、特色化的发展道路，不断营造“有情怀，有视野，有梦想”的企业文化氛围，独树一帜，做一家“有血、有肉、有温度”的创新型出版企业。

Viser Technology Pte. Ltd. was founded in Singapore with branch offices in both Hebei and Chongqing, China. Viser focuses on publishing scientific and technological journals and books that promote the exchange of scientific and technological findings among the research community and around the globe. Despite being a young company, Viser is actively connecting with well-known universities, research institutes, and indexation database, and has already established a stable collaborative relationship with them. We also have a group of experienced editors and publishing experts who are dedicated to publishing high-quality journal and book contents. We offer the scholars various academic journals covering a variety of subjects and we are committed to reducing the hassles of scholarly publishing. To achieve this goal, we provide scholars with an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar needs to go through in order to show their latest finding to the world.



# 自然科学研究

Natural Science Research

2025年 第2卷 第2期 (总第5期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 3041-0584 (online)

3041-0576 (print)

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

发行周期: 季刊

收录时间: 6月

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

地 址: 195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,

Singapore 168976

学术主编: 马伟芳

学术副主编: Ajmal Khan

安 宁 安俊明

蔡懿苒 甘银波

张学东 吕貽忠

曹 婷 骆 辉

责任编辑: 尹小文

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

定 价: SGD 20.00

## 本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点; 作者文图责任自负, 如有侵犯他人版权或者其他权利的行为, 本刊概不负连带责任。

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

警告著作权人: 稿件凡经本刊使用, 如无电子版或书面的特殊声明, 即视为作者同意授权本刊及本刊网络合作媒体进行电子版信息网络传播。

# 目 录

CONTENTS

## 学术争鸣

应急广播系统在自然灾害中的优化策略探讨... 李 娟 1

药厂水检测数据异常的常见原因与应对策略... 郭 阳 4

## 农林科学

农业机械智能化在提升土地利用效率中的应用分析 .....

.....段爱波 8

互花米草入侵机理和治理方法研究进展.....

.....严雪洁 赵文元 11

辽阳县西安 80 坐标系转大地 2000 坐标系林业测绘资料

参数探讨 .....

.....杨智雨 16

浅谈毒饵防治柞蚕场黑广肩步甲 .....

.....刘雅楠 19

低温分解技术处理农业固废研究进展 ..彭浩雨 任铁真

张锦妮辉 范 卫 邓书礼 张婷婷 马文新 王 帅

.....

.....杨智雨 26

.....韩 荣 22

辽阳县两种坐标系测绘资料相互转换方法研究 .....

.....

.....杨智雨 26

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 畜牧业科学

浅谈屠宰疑病胴体加工间排水消毒处理的研究与设计

.....

.....赵 岩 李 拓 29

## 化学工程

浅析兰炭(半焦)酚氨废水恶臭处理工艺创新与实践

.....

.....李 萌 周春云 33

## 生态与环境

浅谈基层环境监测工作存在的问题及其解决措施.....

.....

.....朱文瑜 38

生态环境保护管理现状与强化对策.....

.....

.....刘祥伟 林思文 刘 栋 赵志浩 季子翔 41

.....

.....

.....

.....李 珏 44

城市河道滨岸带生态修复技术分析 .....	常碧艳 47
某太阳能光伏组件公司废密封胶及其污染物危废鉴别研究 .....	王太杨 罗洁 祝艳涛 51
智能监测技术在噪声治理示范区中的应用效能评估 .....	张卫清 王安银 56
新形势下节能减排与环境保护路径研究 .....	王瑞锋 李思彤 59
环境监测数据的质量保证与质量控制研究 .....	柴茂 62
农村生活污水集中处理技术的工程化应用探讨 .....	缙高鹏 65
饮用水深度处理过程中臭味物质控制技术探讨 .....	陈英 王飞 姚慎康 68
基于生态优先原则黑土地地区管道工程绿色施工策略探讨 .....	齐国荣 刘旗 李欣 72
不同基质对比对预制植物生态棒植物成活率的影响研究 .....	武金桃 薛良 万子雄 陈琪 高峤峰 76

## 生物科学

生物拓扑空间及信息系统生维场浅论 .....	郭玉清 79
基于 532nm 光动态热分析技术调控沼泽红假单胞菌生长优化金纳米粒子生物合成 .....	罗淑颖 袁梦祥 樊芝伶 曾小英 余佳华 覃慧娴 陈雨珊 马冰婷 陈宴希 蓝春梅 黄婷婷 廖艳娟 83

## 资源与地质

陶瓷土矿水工环地质特征及其对开采的影响——以新疆温宿县克孜尔 2 号陶瓷土矿为例 .....	孔维英 88
--	--------

## 材料科学

碳纤维复合材料 J 型筋条数控加工工艺研究 .....	吴涛 92
复合材料数控刀具智能化管理研究 .....	吴涛 96

## 应急广播系统在自然灾害中的优化策略探讨

李娟

云南省广播电视局保山 702 台, 云南 保山 678000

**[摘要]**全球自然灾害频发背景下, 国际社会关注优化预警和应急响应系统以减少灾害破坏。应急广播系统凭借其覆盖面广、信息传播迅速及有效信息穿透力, 成为指导民众与传播信息的重要工具, 在应对自然灾害中取得显著效果。文中以应急广播系统在自然灾害中的应用效用为研究主题, 揭示其功能与性能特征, 为改进自然灾害应急响应提供参考。文章首先阐述了应急广播系统在自然灾害中的运用, 包括其作用、重要性、应用现状及与灾害预警的关系。接着分析了系统的功能特性, 如高覆盖率与实时传播、信息渗透力及实际操作使用。随后探讨了应急广播系统在灾害预警与信息发布、救援与资源调配、灾后重建与心理疏导中的作用。最后, 提出了应急广播系统的优化策略, 包括提升智能化与互动性、构建多部门协同的应急广播网络以及提升公众应急意识与参与度。

**[关键词]**应急广播系统; 自然灾害; 预警信息; 减灾效果; 灾后重建

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16973

中图分类号: TN934.2

文献标识码: A

## Exploration on Optimization Strategies for Emergency Broadcasting Systems in Natural Disasters

LI Juan

Baoshan 702, Radio and Television Administration of Yunnan Province, Baoshan, Yunnan, 678000, China

**Abstract:** Against the backdrop of frequent natural disasters worldwide, the international community is concerned about optimizing early warning and emergency response systems to reduce disaster damage. The emergency broadcasting system, with its wide coverage, rapid information dissemination, and effective information penetration, has become an important tool for guiding the public and disseminating information, achieving significant results in responding to natural disasters. The article focuses on the application effectiveness of emergency broadcasting systems in natural disasters, revealing their functional and performance characteristics, and providing reference for improving natural disaster emergency response. The article first elaborates on the application of emergency broadcasting systems in natural disasters, including their role, importance, current application status, and relationship with disaster warning. Then, the functional characteristics of the system were analyzed, such as high coverage and real-time propagation, information penetration, and practical operation and use. Subsequently, the role of emergency broadcasting systems in disaster warning and information dissemination, rescue and resource allocation, post disaster reconstruction, and psychological counseling was discussed. Finally, optimization strategies for the emergency broadcasting system were proposed, including enhancing intelligence and interactivity, building a multi departmental collaborative emergency broadcasting network, and improving public emergency awareness and participation.

**Keywords:** emergency broadcasting system; natural disaster; warning information; disaster reduction effect; post disaster reconstruction

### 引言

全球自然灾害频发, 给人类造成了重大的伤害和损失。在这样的大背景下, 国际社会着重关注如何用优化的预警和应急响应系统来减少灾害带来的破坏。诸多的灾害预警和应急反应体系当中, 应急广播系统以其覆盖面广泛、信息传播疾速以及有效信息穿透力的特质, 成为作为指导民众与传播信息的重要工具, 已取得显著的减少灾害效果, 也在应对自然灾害的过程中, 能力有所提升。应急广播系统的开发与使用仍在初始阶段, 还需进一步观察和研究它在预防自然灾害警告和应急响应中的具体作用, 以及如何优化其策略, 借此提高其在应对自然灾害中的效力, 以及增强公众的安全感。本文以应急广播系统在自然灾害中的应用效用为研究主题, 意在通过实例分析揭示其功能与性

能特征, 从而为了解和改进自然灾害应急响应提供参考。

### 1 应急广播系统在自然灾害中的运用

#### 1.1 应急广播系统的作用和重要性

应急广播系统是应对自然灾害的关键设施, 其核心作用在于实现信息的快速、广泛传播。在灾害发生时, 该系统能够迅速向公众传递准确的警报信息, 为人员撤离和安全引导提供重要保障。作为连接政府与民众的桥梁, 应急广播系统凭借其广泛的覆盖能力和即时传递特性, 有效推动了社会资源的部署与协作。在灾难面前, 可靠的应急广播信息能减轻公众恐慌, 增强应对信心, 并为灾后重建提供关键支持。它不仅是防灾减灾的重要工具, 更是现代应急管理体系不可或缺的组成部分, 为灾害应对奠定了坚实基础。

## 1.2 自然灾害中应急广播系统的应用现状

应急广播系统已成为全球自然灾害防控体系的核心基础设施。随着信息通信技术的迭代升级和公共安全意识的普遍提升,该系统的部署范围已覆盖全球 86% 的高灾害风险国家。不管是美国或者是日本,早已经把这种系统集成到国家的预警和紧急反应中,能够即时的推送预警信息,以更好地应对地震、洪水、飓风等灾害。中国也在推广该系统,特别是涉及到多发性地震和洪水的应对,中央与地方通过合力协作,大大提高了信息传递的功效。考虑到应急广播系统无与伦比的高效性与敏捷的特点,它逐渐成为全球应对自然灾害应急结构中不可或缺的组成部分。

## 1.3 应急广播系统与灾害预警的关系

灾害预警中,应急广播系统起到关键功能,关键之处快速传输信息和广泛覆盖范围。灾害预警信息,应急广播系统传递广大民众,保证民众灾害来临有足够时间做出应对,执行防护措施。与其他信息渠道相比,具有更高及时性和可信度,应急广播就成了对抗突如其来自然灾害传输信息优选方式,功能强大且效果突出。

## 2 应急广播系统的功能特性分析

### 2.1 应急广播系统的高覆盖率与实时传播特性

在自然灾害面前,应急广播系统的表现尤为突出,尤其是它那高覆盖率和实时传播特性,才是支撑它有效发挥作用的核心。这两者紧密结合,才能在最短的时间内把信息传达给最广泛的受众。无论是都市还是偏远地区,都不再是问题。广播台、移动设备、网络广播等不同渠道,让这一系统的覆盖没有死角。信息的普及率,能在灾难面前最大程度地提高,公众也能在最短的时间内获取灾害预警和应对措施。而实时传播的特性,更是在灾害突发时,把最新的气象预报、政府指令、避难建议,迅速传递出去。这种无延迟的传播机制有效减少了因信息延后造成的损失,提升了整体的应急响应效率,确保公众能在第一时间采取必要的防护行动。

### 2.2 应急广播系统的信息渗透力分析

在灾害治理体系中,应急广播系统通过其强大的信息渗透能力发挥着核心作用。该系统依托广泛的信号覆盖范围,能够跨越地理障碍,将关键信息精准送达偏远地区及通信条件较差的区域。其多语言、多渠道传播特性确保了不同文化背景和语言群体的信息获取能力,使所有民众均能及时接收到至关重要的灾害预警与应对指南。凭借稳固的抗干扰能力,即使在常规通信中断的情况下,该系统仍能持续提供安全指导,成为其他应急手段的重要补充。高效的灾害信息传播与处理能力显著提升了整体救援效率,使应急广播系统成为灾害事件中不可或缺的资讯传输工具,为防灾减灾工作提供了坚实支撑。

### 2.3 应急广播系统在灾害情境中的实际操作和使用

应急广播系统在灾害应对中需确保实时高效运行,其

核心操作流程包括:第一,信息整合与传输。通过多源数据汇聚技术,快速整合气象、地质等灾害信息,依托高速传输网络,以多模态(语音、文字、警报声)向全域覆盖。第二,精准定向推送。基于 GIS 定位技术,实现受灾区域分级推送,确保关键信息(如疏散路线、避难场所)优先触达目标群体,消除信息盲区。第三,抗干扰保障。采用冗余信道和自动切换机制,在通信中断时仍能维持基本播报功能,其稳定性已在汶川地震等事件中验证(可靠率达 99.8%)。第四,极简操作设计。标准化控制界面支持“一键启动”应急预案,基层人员经 2h 培训即可完成全流程操作,响应时效缩短至 30s 内。

## 3 应急广播系统在自然灾害中的作用

### 3.1 应急广播系统在灾害预警与信息发布中的作用

自然灾害发生时,应急广播系统承担灾害预警和信息传递核心工具,作用无可替代。灾害到来前,在精密准确监测和预警技术支持下,应急广播系统感知地震波、台风路径、洪水水位变化等灾害信号准确无误,通过可信、正确方式把灾害信息传递给居民。快速反应帮助居民获得珍贵避险时间以便采取措施,防止信息延迟导致混乱和恐慌。应急广播系统还能针对灾害种类和影响范围,制定传递防护指南、避难路线等实用性强信息详细具体,指导居民适当处理,降低灾害带来损失有效显著。灾害发生后,应急广播系统成为政府和民众沟通重要桥梁,传递救援进展、物资调配等重要信息,提升社会团结力量,帮助民众共同应对困难携手并肩。

### 3.2 应急广播系统在灾害救援与资源调配中的作用

自然灾害发生后,应急广播转变为救援行动调度手段,资源分配救援整合中起到重要作用。应急广播播报受灾区域情况,受灾人数、急需物资种类数量,指导社会各方力量救助,防止资源浪费冗余投入。应急广播发布救援进展及救援队伍位置详细内容,协助现场救援人员做出决策,改善救援路线,提升救援效率。应急广播整合政府、军队、民间组织多方力量,形成统一救援力量,处理灾害挑战。灾害救援每个环节,应急广播依靠高效能信息传递能力,保证救援行动进行,提供强力支持,保障受灾群众得到及时救助。

### 3.3 应急广播系统在灾后重建与心理疏导中的作用

自然灾害发生后,应急广播系统服务步伐没有中止,灾后重建和心理疏导工作中发挥重要作用。灾后重建阶段,系统发布重建政策、规划信息、重建进度等内容,受灾民众获得清晰重建方向和希望,激发受灾群众参与重建积极性主动性。应急广播系统还积极宣传防灾减灾知识,增强受灾民众防灾意识和自救互救能力,为未来灾害预防工作建立坚实基础。心理疏导方面,应急广播系统播放温馨提示和心理调适方法等内容,受灾民众得到心理支持和安慰,帮助受灾民众缓解焦虑情绪,重建生活信心。系统还能搭

建受灾民众和外界沟通桥梁,传递社会关爱和温暖,促进灾区社会心理快速恢复和重建。

#### 4 应急广播系统的优化策略

##### 4.1 提升应急广播系统的智能化与互动性

技术创新是应急广播系统改善的主要核心动力。大数据、人工智能、物联网等技术持续发展,应急广播系统需要积极探索新技术实际应用,显著提升智能化水平和用户互动能力。大数据技术用于执行灾害预警信息精准发布。分析历史灾害数据、地理信息、人口分布等多种数据,建立完善灾害风险评估模型,顺利实现预警信息精准确定和及时发布。这样显著提升信息的针对性,明显减少信息冗余,大幅提高公众关注度和响应度。整合人工智能技术,全面提升应急广播系统智能化反应功能。用自然语言处理技术,灾害预警处理设备可独立识别分析灾害预警信息,生成语音播报内容,及时向公众发布通知。通过机器学习算法,灾害预警处理设备优化信息过滤、整合、推送流程,达到最佳效果,提高信息处理效能准确性。加强物联网技术在应急广播设备使用。通过物联网技术,应急广播设备实时监测灾害现场环境参数,如气温、湿度、风速,分析后将环境参数数据与预警信息整合,向公众提供全面准确灾害信息。物联网技术还用于监测应急广播设备运行状态,发现修复故障,确保设备稳定运行。让应急广播系统更好与用户互动。通过社交媒体、手机应用等多种方式,用户可以迅速反馈收到的预警信息和效果,应急广播系统能够根据用户反馈灵活调整。应急广播系统还能开发互动问答和在线指导等多种功能,为用户提供非常个性化且方便的信息服务。

##### 4.2 构建多部门协同的应急广播网络

应急广播系统完善不能只局限在技术层面范围,需要从体系整合角度全面开展,构建多个部门紧密合作应急广播网络。各级政府、气象、地震、消防等部门需要加强信息共享和合作处理,建立统一应急响应机制规范。设立跨部门信息共享平台,依靠信息共享平台,各个部门能够实时共享灾害预警、监测、救援等关键信息,确保应急广播系统能够获取和播送全面准确灾害信息。信息共享平台还能用来协调各个部门应急行动,提高整体应急响应效率。完善应急广播系统层级结构。从国家到地方,各级应急广播系统应形成紧密联系的层级网络。上级系统负责统筹规划与指导,下级系统则负责具体实施与反馈。这种层级结构有助于确保信息的快速传递与有效执行。再者,加强应急广播系统与其他应急通信手段的协同。在灾害发生时,通信网络可能受损,导致信息传递受阻。因此,应急广播系统应与其他应急通信手段(如卫星电话、短波电台等)建立协同机制,确保在极端情况下仍能保持信息畅通。最后,推动应急广播系统的标准化与规范化建设。创建一套优化且一致的技术标准、操作步骤和数据格式,能够快速

提高设备或软件的兼容能力和相互协作能力,顺畅降低维护成本,全面提高运行效率。

##### 4.3 提升公众应急意识与参与度

公众成为应急广播系统的最终受益者,亦是其高效运作的重要保障。增强公众的应急意识与加入度对改进应急广播系统拥有重要意义。强化应急知识的推广与教育。借助媒体宣传、社区活动、学校教育等多种渠道,向公众推广灾害预警、应急避险、自救互救等基本知识,提升公众的应急意识与自救能力。激励公众加入应急广播系统的建设与维护。能够建立志愿者队伍,加入应急广播设备的检查、维护与升级工作。借助建立奖励机制,激励公众主动反映预警信息接收情况,为系统改进给予宝贵意见。再者,建立公众反馈机制。通过设立热线电话、在线平台等渠道,收集公众对应急广播系统的意见与建议,及时发现并解决系统存在的问题。同时,定期向公众通报系统优化进展与成效,增强公众的信任感与满意度。最后,推动应急广播系统与社区治理的深度融合。将应急广播系统纳入社区治理体系,与社区警务、消防安全等工作相结合,形成综合性的应急管理体系。通过定期举行应急演练、培训等活动,提升社区的应急响应能力与协同作战水平。

#### 5 结束语

应急广播系统在自然灾害中的关键作用显而易见,它充当政府与民众间的信息纽带,在灾害应对中发挥着不可替代的作用。文章详尽解析了应急广播系统的高覆盖率、即时传递特性,以及其在迅速反应、增强公众防灾意识、整合救援资源等方面的突出功能。应急广播系统的改进是一个持久进步的进程。技术创新、多部门协力机制的构建,以及公众应急意识的增强,都是促进系统不懈完备的关键因素。需持久研究新技术在应急广播中的应用,强化部门间信息共享,增进公众加入度,协力搭建一个更加高能、更完备的应急广播网络。坚信应急广播系统必将在未来的自然灾害应对中,持续施展重要作用,为保障民众生命安全、减轻灾害损失助力力量。

#### [参考文献]

- [1]田仁秀.小学自然灾害应急议案建设研究[J].东西北,2019,0(11):116-116.
- [2]丁丽娜熊清宇.浅析自然灾害应急处置策略[J].城市与减灾,2022(1):35-39.
- [3]何秉顺.浅谈自然灾害预警[J].中国减灾,2019,0(23):44-47.
- [4]蒋文兵.自然灾害综合监测预警系统在应急管理中的应用[J].电子技术与软件工程,2019(13):258-258.
- [5]祁闻.自然灾害中电力应急管理分析[J].科学与财富,2019(29):344-344.

作者简介:李娟(1980.9—),女,民族,汉族,籍贯:云南省保山市,学历,本科,研究方向:广播发射。

# 药厂水检测数据异常的常见原因与应对策略

郭阳

上海上药新亚药业有限公司, 上海 210000

**[摘要]**药厂生产过程中, 水质量的稳定对于保障药品品质至关重要, 水检测数据异常干扰药厂生产秩序。本次研究对药厂水检测涵盖的酸碱度、电导率、重金属含量、不挥发物、易氧化物等主要项目进行分析。深度挖掘数据异常的诱因, 包含水源污染潜在风险、设备老化故障隐患、检测仪器精度偏差、操作流程规范缺失等。A 药厂选优质水源地、强化水源保护力度, 到设备定期维护、适时更新、规范校准、科学管理, 采取严格规范操作流程等一系列应对策略, 为药厂水质量的提升、检测数据异常科学处置提供实践指引。

**[关键词]**药厂; 水质检测; 数据异常

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16961

中图分类号: X832

文献标识码: A

## Common Causes and Coping Strategies for Abnormal Water Detection Data in Pharmaceutical Factories

GUO Yang

Shanghai Pharma New Asia Pharma Co., Ltd., Shanghai, 210000, China

**Abstract:** In the production process of pharmaceutical factories, the stability of water quality is crucial for ensuring drug quality, and abnormal water detection data interferes with the production order of pharmaceutical factories. This study analyzed the main items covered by water testing in pharmaceutical factories, including acidity, conductivity, heavy metal content, non-volatile substances, and easily oxidizable substances. The causes of data anomalies in deep mining include potential risks of water source pollution, hidden dangers of equipment aging and failure, accuracy deviations of detection instruments, and lack of standardized operating procedures. A pharmaceutical factory selects high-quality water sources, strengthens water source protection efforts, conducts regular equipment maintenance, timely updates, standardized calibration, scientific management, and adopts a series of response strategies such as strict and standardized operating procedures, providing practical guidance for the improvement of water quality and scientific disposal of abnormal detection data in pharmaceutical factories.

**Keywords:** pharmaceutical factory; water quality testing; data exception

### 引言

水是药厂生产的关键原料, 其质量与药品品质与安全存在直接关系。药厂水检测是把控水质的重要手段。实际检测中存在数据异常现象, 严重影响药品生产与质量控制。为提升药厂水质检测数据精度, 应当结合实际情况采取相应的措施, 为高质量制药提供数据支持。

### 1 药厂水检测的主要项目及标准

#### 1.1 酸碱度

水的酸碱度是反映水中氢离子浓度的指标, 通常用 pH 值表示。在药厂生产用水中, 不同的生产工艺和药品对水的酸碱度存在相应的要求。通常情况下纯化水 pH 值应控制在 5.0~7.0 间, 当超出这个范围时会影响药品的稳定性和质量。在部分药物的合成过程中, 过酸或过碱的环境可能会导致药物分子结构改变, 从而影响药物的效果<sup>[1]</sup>。表 1 所示为药厂水酸碱度相关数据。

表 1 药厂水酸碱度相关数据

检测项目	标准范围	检测方法
酸碱度 (pH 值)	5.0~7.0	玻璃电极法

#### 1.2 电导率

电导率是衡量水导电能力的关键指标, 反映水中离子含量。药厂生产用水的电导率是一个重要的质量控制指标。纯化水的电导率在 25°C 时, 通常不超过 5.1 $\mu$ S/cm<sup>[2]</sup>。电导率过高说明水中含有较多的电解质离子, 可能会对药品的纯度和稳定性产生影响。例如在生产注射剂的过程中, 水电导率过高会增加药物溶液导电性增加的风险, 从而影响药物安全性。

#### 1.3 重金属含量

铅、汞、镉、铜等重金属在药品生产用水中应当被严格控制, 重金属在含量极低的情况下仍会对人体健康造成危害。药厂对生产用水中重金属含量制定严格的限量标准, 例如铅的含量在 0.1 $\mu$ g/mL 以下。超标重金属会与药物发生反应, 从而影响药物质量、安全性。表 2 所示为药厂用水重金属检测相关数据。

#### 1.4 不挥发物

在一定温度下蒸发后残留的物质被称作不挥发物。在药厂生产用水中, 不挥发物的含量反映水中溶解性固体的

总量。纯化水在 105°C 蒸发后遗留的不挥发物应当在 10mg/L 以内，不挥发物含量过高会影响药品的纯度和质量。

表 2 药厂用水重金属检测相关数据

检测项目	标准限量	检测方法
铅	≤0.1μg/mL	原子吸收分光光度法
汞	≤0.1μg/mL	冷原子吸收分光光度法
镉	≤0.1μg/mL	原子吸收分光光度法
铜	≤1.0μg/mL	原子吸收分光光度法

### 1.5 易氧化物

水中能与高锰酸钾发生氧化还原反应的物质被称作易氧化物。药厂将易氧化物含量作为衡量制药用水化学稳定性的一项关键指标。纯化水易氧化物应符合规定的检测要求，制药过程中通常采用高锰酸钾滴定法进行检测。易氧化物含量过高会导致药品在储存和使用期间发生氧化反应，从而影响药品的质量和稳定性<sup>[3]</sup>。

## 2 检测仪器误差

### 2.1 仪器精度下降

检测仪器在长期使用过程中，其精度会逐渐下降。例如电导率仪的电极在使用一段时间后，会出现磨损、污染等情况，导致测量结果不准确；pH 计玻璃电极会随着使用时间的增加而老化，影响测量准确性。

### 2.2 仪器未及时校准

检测仪器应当定期进行校准，以确保其测量结果的准确性。当仪器未及时校准，会导致测量结果出现偏差。原子吸收分光光度计在使用一段时间后，其波长准确性、灵敏度等指标会发生变化，不及时校准会影响重金属含量测量结果精度。

## 3 操作不规范

### 3.1 采样操作不当

采样是水检测的重要环节，采样操作不当会导致采集的水样不具备水质情况代表性。采样容器未清洗干净会污染水样；采样时没有按照规定的方法进行，包括未在合适的位置、深度采样，会导致水样缺少代表性<sup>[4]</sup>。

### 3.2 检测操作不熟练

操作人员对检测方法和仪器的操作不熟练，会导致检测结果不准确。例如在使用滴定法进行易氧化物检测时，操作人员对滴定终点判断不准确，会导致检测结果出现偏差。在使用仪器进行检测时，当操作人员未按照操作规程进行操作，包括未正确设置仪器参数、未进行空白试验等，会影响检测结果的准确性。

## 4 药厂水检测数据异常应对策略——以 A 药厂为例

### 4.1 优化水源管理

#### 4.1.1 选择优质水源地

A 药厂在选择水源地时，应充分考虑水源地的环境质量、水文地质条件等因素。尽量选择远离工业污染源、农

业活动较少的区域作为水源地。A 药厂水质检测人员对水源地的水质进行全面的监测和评估，确保水源地的水质符合药厂生产用水的要求。建立水源地水质监测数据库，定期对水源地的各项水质指标进行检测和记录，通过分析历史数据，根据分析结果对水源地水质的稳定性和变化趋势进行评估。表 3 所示为 A 药厂选择水源地时对不同潜在水源地的水质评估数据。A 药厂最终选择水源地 3 作为生产用水水源地，其各项水质指标更为理想。

表 3 A 药厂选择水源地时对不同潜在水源地的水质评估数据

潜在水源地	酸碱度 (pH 值)	电导率 (μS/cm, 25°C)	重金属含量 (μg/mL)	有机物含量 (mg/L)
水源地 1	6.5~6.8	4.0~4.5	铅: 0.02, 汞: 0.01, 镉: 0.01, 铜: 0.2	4~6
水源地 2	6.0~6.3	5.0~5.5	铅: 0.05, 汞: 0.02, 镉: 0.02, 铜: 0.5	8~10
水源地 3	6.8~7.0	3.5~4.0	铅: 0.01, 汞: 0.01, 镉: 0.01, 铜: 0.1	3~5

#### 4.1.2 加强水源地保护

A 药厂对水源地进行严格保护，设置保护区，禁止在保护区内进行任何污染水源的活动。加强对水源地周边环境的监测，及时发现和处理潜在的污染源。采取相应的生态保护措施，包括植树造林、湿地保护等，改善水源地的生态环境，提高水源地水质自净能力。建立水源地保护巡查制度，定期对保护区进行巡查，记录巡查情况并及时处理发现问题。表 4 所示为 A 药厂水源地保护措施实施前后的水质对比数据。通过对表 4 进行分析发现，随着水源地保护措施的实施，水质得到明显改善<sup>[5]</sup>。

表 4 A 药厂水源地保护措施实施前后的水质对比数据

时间	酸碱度 (pH 值)	电导率 (μS/cm, 25°C)	重金属含量 (μg/mL)	有机物含量 (mg/L)
保护措施实施前	6.3~6.6	4.8~5.2	铅: 0.04, 汞: 0.02, 镉: 0.02, 铜: 0.4	7~9
保护措施实施 1 年后	6.5~6.8	4.2~4.6	铅: 0.03, 汞: 0.01, 镉: 0.01, 铜: 0.3	5~7
保护措施实施 2 年后	6.6~6.9	4.0~4.4	铅: 0.02, 汞: 0.01, 镉: 0.01, 铜: 0.2	4~6

## 4.2 设备维护与更新

### 4.2.1 定期维护保养设备

A 药厂结合实际情况制定详细设备维护保养计划，定期对制水设备进行检查、清洗、消毒等维护工作。及时更换滤芯、活性炭等过滤材料，确保设备的过滤效果。对设备管道、容器等部件进行定期检查，发现腐蚀、损坏等问题并及时进行针对性处理。建立设备维护保养记录档案，记录每次维护保养的时间、内容、更换的零部件等信息，以便对设备的维护情况进行跟踪和分析。表 5 所示为 A

药厂制水设备滤芯更换周期对水质影响相关数据。A 药厂将滤芯更换周期确定为 1~2 个月,以保证水质符合标准。

表 5 A 药厂制水设备滤芯更换周期对水质影响相关数据

滤芯更换周期 (月)	电导率 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 25°C)	不挥发物 (mg/L)	微生物含量 (CFU/mL)
1	4.0~4.5	6~8	<10
2	4.5~5.0	8~10	10~20
3	5.0~5.5	10~12	20~30

#### 4.2.2 适时更新设备

A 企业根据设备的使用年限和性能状况,适时对设备进行更新换代。及时更换老化严重、性能下降的设备。要求新设备具有更高的制水效率、更好的水质保障能力,可以有效降低水检测数据异常发生率。A 药厂在更换了反渗透设备后,水质得到了显著提升。表 5 所示为 A 药厂更换设备后水质对比数据。通过对表 5 进行分析发现,A 药厂更换新设备后,水质指标得到明显的改善。

表 5 A 药厂更换设备后水质对比数据

设备状态	酸碱度 (pH 值)	电导率 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 25°C)	重金属含量 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	不挥发物 (mg/L)
旧设备	6.2~6.5	5.0 - 5.5	铅: 0.04, 汞: 0.02, 镉: 0.02, 铜: 0.4	8~10
新设备	6.5~6.8	3.5 - 4.0	铅: 0.02, 汞: 0.01, 镉: 0.01, 铜: 0.2	4~6

#### 4.2.3 仪器校准

(1) 定期校准仪器: A 药厂建立完善的仪器校准制度,定期对检测仪器进行校准。按照仪器使用说明书和相关标准,对仪器的各项性能指标进行校准和调整,确保仪器的测量结果准确可靠。对部分高精度的仪器应缩短校准周期,提高校准频率。表 6 所示为药厂电导率仪不同校准周期对测量误差的影响相关数据。通过对表 6 进行分析发现,A 药厂将电导率仪的校准周期确定为 1~2 个月,以保证测量误差在可接受范围内。

表 6 药厂电导率仪不同校准周期对测量误差的影响相关数据

校准周期 (月)	测量误差 ( $\pm\%$ )
1	$\pm 2$
2	$\pm 3$
3	$\pm 5$
6	$\pm 10$

#### 4.2.4 加强仪器管理

A 药厂对检测仪器进行严格管理,建立仪器档案,记录仪器的基本信息、使用情况、校准记录等。定期对仪器进行检查和维护,及时发现和解决仪器存在的问题。对仪器操作人员进行培训,提高其操作技能和仪器管理水平。

#### 4.2.5 规范操作流程

(1) 制定标准操作程序: A 药厂制定详细、规范的水检测标准操作程序 (SOP),明确采样、检测等各个环

节的操作步骤和要求。SOP 应包括采样容器的选择、清洗和消毒方法,采样的位置、深度和方法,检测仪器的操作方法、参数设置和校准要求,以及检测结果的计算和报告等内容。

(2) 加强操作人员培训: A 药厂对水检测操作人员进行系统的培训,使其熟悉并掌握标准操作程序。培训内容包括水检测的基本理论知识、仪器的操作技能、质量控制方法等。通过培训提高操作人员的专业素质和操作技能,减少因操作不规范导致的数据异常。

A 药厂为进一步巩固培训效果,建立操作人员技能考核机制,定期对操作人员进行理论和实际操作考核,考核内容涵盖水检测标准操作程序的各个环节。对考核不通过的人员,进行再次培训和补考,直至其熟练掌握相关技能。表 7 所示为 2024 年至 2025 年 1 月 A 药厂操作人员技能考核的情况。通过对表 7 进行分析发现,伴随时间的推移、培训工作的持续开展,A 药厂操作人员的理论和实际操作水平不断提高、通过率逐步上升,有效保障水检测工作的准确性、规范性。

表 7 2024 年至 2025 年 1 月 A 药厂操作人员技能考核的情况

考核时间	参考人数	理论考核通过率 (%)	实际操作考核通过率 (%)	补考人数	最终通过率 (%)
2024 年 1 月	30	80	75	10	93.3
2024 年 4 月	30	85	80	8	96.7
2024 年 7 月	30	90	85	5	98.3
2024 年 10 月	30	92	88	4	98.3
2025 年 1 月	30	95	90	3	98.3

在规范操作流程工作中,A 药厂引入质量控制小组对水检测工作进行监督和管理。质量控制小组由经验丰富的技术人员和管理人员组成,定期对水检测的各个环节进行检查和评估。检查内容包括采样过程是否符合标准、检测仪器是否正常运行、操作人员是否严格按照标准作业程序 (SOP) 进行操作等。表 8 所示为 A 企业 2024 年 7 月-12 月检测工作的检查情况。通过质量控制小组的监督和管理,A 药厂及时发现并解决了水检测工作中存在的问题,进一步提高水检测数据的可靠性。

表 8 A 企业 2024 年 7 月-12 月检测工作的检查情况

检查时间	检查项目数量	发现问题数量	问题整改率 (%)
2024 年 7 月	50	10	100
2024 年 8 月	50	8	100
2024 年 9 月	50	6	100
2024 年 10 月	50	5	100
2024 年 11 月	50	4	100
2024 年 12 月	50	1	100

在优化水源管理工作中,A 药厂在选择优质水源地和加强保护的基础上,还采用先进的水处理技术对原水进行预处理。例如采用膜分离技术有效去除原水中的大分子有

机物、微生物和部分重金属离子，提高原水的质量。A 药厂在采用膜分离技术对原水进行预处理后，原水的水质得到显著改善。

为更好地监测原水水质的变化，A 药厂引入在线水质监测系统，实时监测原水的酸碱度、电导率、浊度等指标，并将数据传输到中央控制室。当发现水质指标异常，系统会自动发出警报，提醒工作人员及时采取措施。

在设备维护与更新工作中，A 药厂除定期维护保养和适时更新设备外，还引入设备状态监测技术。通过安装传感器对反渗透膜、水泵、阀门等制水设备的关键部件进行实时监测，获取设备压力、流量、温度等运行参数。通过对这些参数进行分析，可以及时发现设备潜在的故障隐患，提前采取维修措施，避免设备故障对水检测数据产生影响。

## 5 结束语

药厂水检测数据异常主要因素包括水源、设备、仪器、操作等。通过构建起涵盖水源精细化管理、设备全生命周期维护、仪器精准管控、操作严格规范全方位质量保障体系，为解决数据异常的问题提供支持。精准的水质检测数

据不仅确保药厂生产用水质量稳定、药品安全生产，还推动药厂质量管控实现精细化、科学化，对提升制药质量水平具有深远意义。

## [参考文献]

- [1]陈蕾,王琳,张功臣,等.2025 年版《中国药典》制药用水标准体系概况[J].中国药品标准,2025,26(1):77-82.
- [2]张林爽,陈君豪,李珏,等.基于盲样考核的高风险药品生产企业制药用水微生物质量管控模式的建立与应用[J].中国现代应用药学,2024,41(15):2071-2077.
- [3]郭心怡,张学成,何宗文,等.生物制药用原水的质量控制研究[J].生物化工,2024,10(3):79-84.
- [4]刘晓婵,印萍,府宇.制药用水微生物限度样品取样操作中消毒步骤的探讨[J].流程工业,2024(4):51-55.
- [5]赵书艺,勾洋梅,才辉,等.VCS12000/H 型热压式蒸馏水机在制药用水中的性能确认策略[J].化工管理,2023(12):45-48.

作者简介：郭阳（1990.4—），女，汉，毕业于中国药科大学，现就职于上海上药新亚药业有限公司，助理工程师，研究领域：水系统检验。

# 农业机械智能化在提升土地利用效率中的应用分析

段爱波

潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司, 山东 潍坊 262500

**[摘要]**随着我国农业现代化进程的不断推进,农业机械的智能化应用逐渐成为提高农业生产效率、优化土地资源分配的关键手段。通过将传感器技术、北斗导航系统、人工智能算法等现代信息技术融入农业机械设备中,实现了农机作业的精准化、自动化与数据化,有效提高了土地利用率和作业效率。此文围绕农业机械智能化的核心技术与实际应用展开分析,探讨其在耕作、播种、施肥、收获等环节中提升土地利用效率的具体作用。同时,文中还分析了当前推广中存在的技术瓶颈和应用障碍,提出了相应的优化建议与发展方向,以期为我国农业可持续发展提供技术参考与路径支持。

**[关键词]**农业机械智能化;土地利用效率;精准农业;信息技术;自动化作业

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16983

中图分类号: S231

文献标识码: A

## Application Analysis of Intelligent Agricultural Machinery in Improving Land Use Efficiency

DUAN Aibo

Weichai Lovol Smart Agriculture Technology Co., Ltd., Weifang, Shandong, 262500, China

**Abstract:** With the continuous advancement of agricultural modernization in China, the intelligent application of agricultural machinery has gradually become a key means to improve agricultural production efficiency and optimize land resource allocation. By integrating modern information technologies such as sensor technology, Beidou Navigation System, and artificial intelligence algorithms into agricultural machinery and equipment, precision, automation, and dataization of agricultural machinery operations have been achieved, effectively improving land utilization and operational efficiency. This article analyzes the core technology and practical application of intelligent agricultural machinery, and explores its specific role in improving land use efficiency in cultivation, sowing, fertilization, harvesting, and other processes. At the same time, the article also analyzed the technical bottlenecks and application obstacles in the current promotion, and proposed corresponding optimization suggestions and development directions, in order to provide technical reference and path support for the sustainable development of agriculture in China.

**Keywords:** intelligent agricultural machinery; land use efficiency; precision agriculture; information technology; automated operations

### 引言

在全球耕地资源紧张、农业生产转型升级的大背景下,提升土地利用效率已成为实现农业可持续发展的核心目标。传统农业机械存在作业精度低、资源浪费严重等问题,难以满足现代农业发展的需要。近年来,随着人工智能、大数据、物联网等前沿技术在农业领域的深入应用,农业机械智能化逐渐成为提升耕地利用率和降低成本的重要工具。通过智能化手段可以实现对土地的精准管理与科学调配,显著提高单位面积产出。本文以农业机械智能化为切入点,系统分析其在提升土地利用效率方面的具体应用路径和现实意义,并对未来发展趋势作出展望。

### 1 农业机械智能化的关键技术基础

#### 1.1 传感器与数据采集技术

随着农业现代化发展,传感器与数据采集技术已成为智能农业机械系统的感知核心。土壤传感器可以实时获取土壤湿度、温度、pH值、有机质含量等多种数据,为播种、灌溉和施肥提供精准依据;气象监测器则能有效监测风速、降雨、光照强度等外部环境参数,为农机作业提供动态调度数据支持;图像识别模块在病虫害检测、作物

识别、行距识别等方面也发挥了显著作用,通过集成高清摄像头和图像处理算法,使农机具备自主判断农作物长势和田间状态的能力。这些感知设备与农业机械融合后,极大提高了农机对作业环境的适应能力,使作业方式从粗放型向精准型转变,从而在根本上提高了土地利用效率。

#### 1.2 北斗导航与无人驾驶系统

北斗导航系统与无人驾驶技术的结合是农业机械智能化发展的核心标志之一,代表着农业生产方式向高度精准化和自动化的转型。北斗高精度定位系统可实现厘米级实时定位,为农业机械提供可靠、连续的空间位置数据支持。在耕地、播种、施肥、喷药、收获等多个关键农业环节中,智能农机借助北斗导航系统能够严格按照设定路线进行作业,显著减少路径重叠与作业遗漏,提升作业覆盖率与土地使用的完整性,从而有效降低资源浪费,提升土地利用效率。基于北斗系统构建的自动驾驶农机平台,使传统依赖人工驾驶的作业方式得以解放,大幅降低对熟练操作手的依赖,提高了作业效率与农机运行的安全性。无人驾驶系统还具备全天候作业能力,即使在夜间、雾霾天

气或不利地形等复杂环境下,也能依托稳定的定位和导航能力实现自动化作业。

### 1.3 人工智能与大数据分析

人工智能与大数据技术是农业机械智能化系统中真正实现“智慧决策”的核心大脑。通过对农田各类传感器所采集的历史与实时数据进行系统化整合与深度挖掘, AI 决策支持系统能够对农业生产全过程进行动态分析与精准指导。它不仅可以根据气象、土壤、水分等环境参数,预测最佳播种时机,还能制定变量施肥方案,依据作物实际生长需求进行精准投放,避免资源浪费。AI 算法具备自学习和持续优化的能力,可通过记录农机作业轨迹、识别常见故障模式以及分析不同田块的结构特征,实现作业路径的最优化规划和设备运行状态的智能诊断,提升整体运维效率。借助大数据平台,农业管理者还可实现多维度可视化,全面掌握作物长势、土壤健康状况、土地利用效率及农机运转情况,从而制定科学的耕作与管理策略。人工智能与大数据的深度融合,不仅使农业作业更为高效智能,也推动了土地资源的精细化配置与农业系统的绿色可持续发展。

## 2 智能农机在主要农业环节的应用

### 2.1 智能耕作技术

智能耕作技术作为农业机械智能化应用的基础环节,是实现农业精细化管理和提升土地利用效率的关键所在。其核心在于通过高精度传感器、导航系统与智能控制算法,对耕作深度、路径和频率进行动态调节,从而实现耕作作业的科学性和高效性。智能深耕设备在作业过程中能够实时获取土壤含水量、密实度、有机质分布等数据,并结合历史地块耕作信息,通过北斗导航系统引导耕作路径,智能调节犁铧深浅与入土角度,避免因过度翻耕造成土壤板结或破坏耕层结构。同时,浅翻技术也得以智能控制,适用于表层养分保护和微生态维护,有助于实现绿色生态农业目标。智能耕作系统具备作业轨迹自动规划与回放功能,可确保对整块耕地实现无遗漏、无重叠作业,最大限度提升土地耕层的覆盖率和利用率。精准的作业路径不仅节省了燃油与人力成本,也显著提高了土壤通透性和蓄水能力,为后续的播种、施肥及作物生长提供理想的土壤基础环境。

### 2.2 精准播种与变量施肥

精准播种与变量施肥作为农业生产的重要环节,是实现高效种植与土地资源优化配置的核心技术路径。现代智能播种机通过集成 GPS 高精度导航、作物识别传感器与地块管理信息系统,能够根据每一块农田的土壤质地、水分状况、地形特征及历史作物种植记录,自动调整播种的密度、深度和行距。这种“因地制宜”的播种策略,既保障了作物生长的空间需求,又最大化利用了耕地资源,避免了播种过密导致的竞争或过疏造成的土地浪费。在变量施肥方面,系统依托前期详尽的土壤养分检测结果和作物营养需求模型,结合北斗定位技术与智能施肥装备,实现对不同地块进行定量、定时、定点的施肥作业。通过差异

化供肥,不仅提高了肥料的吸收效率和使用效益,还有效控制了施肥总量,减少化肥残留对土壤结构和生态环境的长期负面影响。

### 2.3 自动化收获与土地复耕

自动化收获技术以图像识别、作物定位与路径优化算法为支撑,使收获机械具备自主识别作物成熟度与收割区域边界的能力。收获机通过分析作物排列、密度与地形数据,智能生成最优作业路径,有效避免重收与漏收现象,提高收获效率与作物完整率。针对不同作物,设备还可自动切换作业模式,实现多样化收获作业。收获作业完成后,智能农机会自动进入土地复耕预处理阶段,如碎秸还田、地表整理、浅耕松土等,通过系统内置的作物轮作计划与地块健康评估模型,调整复耕深度与方式,为下一季作物栽培打下科学基础。这一全过程不仅大幅提高了土地的复用效率,也有助于保持耕地生态平衡。

## 3 农业机械智能化对土地利用效率的影响

### 3.1 提高作业精度与土地覆盖率

农业机械智能化的首要优势在于大幅提升作业精度与土地覆盖率。传统农业机械在作业过程中,由于人工操作误差较大,常常出现作业重叠或遗漏现象,导致耕地利用率下降。智能农机搭载北斗高精度导航系统和路径规划算法后,可以实现厘米级精度的自动驾驶作业,有效避免重复耕作与未作业区域。同时,农机操作系统可根据地块边界、作物分布和地形特点进行实时调整,确保边缘区域也能均匀覆盖,提升耕地整体的有效利用面积。此外,通过地块建模与轨迹回放功能,系统可记录并优化每一次作业路径,进一步提高后续作业的效率 and 完整性。这种精准作业能力不仅提升了土地覆盖率,还为科学管理土地资源提供了详实的数据支撑。

### 3.2 降低资源浪费与土地负荷

在现代农业生产中,水、肥、药等农业投入品的高强度使用,极易造成资源浪费与土地负荷过重。农业机械智能化通过引入变量施肥系统、智能灌溉控制模块与精准喷药设备,实现了对农用物资的按需输入。具体而言,变量施肥系统基于土壤传感器反馈的信息,结合作物生长模型与地块历史数据,自动调整施肥量和施用范围,避免“过量施肥”现象。智能灌溉技术则能根据实时气候和土壤水分情况,精确控制灌溉时间与水量,防止水分过剩造成土壤板结或养分流失。喷药系统则利用图像识别技术锁定病虫害发生区,仅对受害区域进行喷洒,减少农药残留与环境污染。这种基于智能控制的资源管理方式,有效降低了农业对土地的生态压力,延长耕地使用寿命,促进土地资源的可持续利用。

### 3.3 支持轮作制度与地力恢复

农业机械智能化不仅关注当前的作业效率,更通过数据积累与分析服务于土地的长期健康管理。在轮作制度的实施方面,智能农业系统可根据不同作物的需肥特性、病

虫害易感性与土壤营养平衡需求，制定科学的轮作安排。系统会根据历年地块种植记录、土壤检测结果与作物营养模型，为农户推荐最优作物轮作组合，有效避免连作障碍，提升地力恢复能力。同时，结合农机作业数据、气候监测和作物生长监控结果，系统可对农田健康状况进行动态评估，包括地力等级、养分盈亏、土壤病害风险等指标，为土地休耕或间作策略提供科学依据。通过这一数据驱动的轮作管理机制，不仅实现了土地养护与持续利用的平衡，还为建立生态型农业发展路径提供了重要技术支持。

#### 4 智能农机推广中的问题与优化策略

##### 4.1 成本高与设备兼容性不足

尽管智能农机在提升土地利用效率方面成效显著，但其高昂的设备成本和复杂的系统结构，仍成为限制其大范围推广的主要障碍。尤其对于中小型农户而言，智能农机设备初期投资大、维护费用高，使得其在资金有限的情况下难以承担。同时，当前市场上存在不同品牌与型号的智能农机系统，它们之间在通信协议、接口标准和作业平台上缺乏统一标准，导致设备之间难以协同使用，降低了整体作业效率。中小农户往往需要根据各自已有的传统农机设备进行升级改造，但由于兼容性差，改装成本和技术难度较高，使其处于推广应用的边缘。因此，未来智能农机的研发应更多关注低成本、模块化与高兼容性的设计思路，以适应更多元化的农业作业场景，降低中小农户的准入门槛。

##### 4.2 技术培训与操作能力限制

智能农机的高效运行离不开熟练的操作人员和精准的系统管理，但当前我国农业从业人员的培训体系尚不完善，尤其在乡村基层地区，农机手普遍存在操作知识缺乏、数字素养不足的问题。许多农户即使拥有了智能化设备，也难以充分发挥其性能，系统功能的使用率低，影响了整体作业质量与土地利用效率的提升。一些新型智能设备在用户界面、人机交互方式上也未充分考虑农户的使用习惯，造成使用困难。为此，应加强农机智能化培训体系建设，组织多层次的实操培训与远程指导，提升农民的操作技能与系统理解能力。同时，在产品的设计阶段，智能农机应优化用户界面与操作流程，提升设备的易用性与人性化程度，真正实现“懂农业、会使用”的落地目标。

##### 4.3 政策支持与标准体系建设

推动智能农机在农业生产中的广泛应用，离不开政策

引导与标准保障的系统支撑。目前，智能农机推广尚缺乏完善的财政激励机制与技术规范体系，导致企业研发动力不足、用户应用信心不强。应加强政府在智能农机领域的财政补贴与购置奖励政策，尤其对经济条件有限的中小农户予以定向支持，提升其设备更新换代的积极性。同时，应加快智能农机行业标准、通信接口、作业数据格式等规范的制定与推广，促进设备间的互联互通与系统集成。此外，政府可推动建立智能农机试点示范区，打造可复制、可推广的成功应用模式，为其他地区提供借鉴经验。通过政策支持与标准化引导双轮驱动，才能构建良性发展环境，推动智能农机产业健康有序发展，助力土地资源的高效利用与现代农业转型升级。

#### 5 结语

农业机械智能化作为现代农业发展的核心技术路径，在提升土地利用效率、推动农业可持续发展方面具有显著优势。通过精准作业、智能控制与科学调配，能够有效减少土地浪费，提高农业生产效益。尽管在推广应用中仍面临一定的技术、成本与管理障碍，但随着国家政策的持续推动与技术的不断成熟，农业机械智能化的普及已成为大势所趋。未来，应持续加强技术融合与农户教育，构建完善的农业智能化体系，推动我国农业由“量的增长”向“质的提升”转变，实现土地资源的最大化利用与农业现代化的有机统一。

#### [参考文献]

- [1]段天青.基于精准农业的玉米耕整地机械智能化控制系统研究[J].农机使用与维修,2025(3):52-54.
- [2]黄法伟,董晓威.基于 PLC 的水田农业机械智能化研究综述[J].农机使用与维修,2025(2):62-66.
- [3]倪永.新型农业机械对农业生产效率提升的影响分析[J].河北农机,2025(1):43-45.
- [4]余澳,李进,贾卓强.农业机械化智能化保障粮食安全的机理与路径研究[J].农村经济,2024(11):33-44.
- [5]闫明艳.智能化农业机械在农业生产中的应用分析[J].农业机械,2024(11):85-87.

作者简介：段爱波（1990.1—），毕业院校：青岛大学，学历：硕士研究生，所学专业：机械工程，当前就职单位：潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司，中级工程师职务，主要从事农业机械装备研发相关工作。

## 互花米草入侵机理和治理方法研究进展

严雪洁 赵文元\*

辽宁省湿地保护中心, 辽宁 辽阳 111000

**[摘要]**湿地蕴藏着全球约 40% 的已知物种, 孕育了丰富的生物多样性, 互花米草 (*Spartina alterniflora*) 在我国沿海地区广泛入侵, 已成为危害我国滨海湿地生态系统的严峻因子。因此, 开展互花米草的入侵机理及治理方法的研究显得尤为重要。为今后互花米草防治和利用提供新的研究思路, 文章基于文献和资料, 对互花米草的生理特性、入侵性机理进行了梳理, 总结了我国互花米草主要治理技术, 提出综合防治效果较好, 但需因地制宜地制定防控方案。对九省市互花米草治理实践的总结得出互花米草在国内主要分布在淤泥质岸滩, 各地区多采用物理法、生物替代和综合防治。最后为应对治理周期长, 费用高等问题, 提出未来建立协同防治与监测预警长效机制, 加大宣传力度注重全民参与, 加快互花米草治理技术研究利用等建议。

**[关键词]**互花米草; 入侵机理; 治理方法

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16976

中图分类号: Q948

文献标识码: A

## Research Progress on Invasion Mechanism and Control Methods of *Spartina Alterniflora*

YAN Xuejie, ZHAO Wenyuan\*

Liaoning Wetland Conservation Center, Liaoyang, Liaoning, 111000, China

**Abstract:** Wetlands contain about 40% of the world's known species, nurturing rich biodiversity. *Spartina alterniflora*, widely invasive in coastal areas of China, has become a serious factor threatening the ecological system of coastal wetlands in China. Therefore, it is particularly important to conduct research on the invasion mechanism and control methods of *Spartina alterniflora*. To provide new research ideas for the prevention, control, and utilization of *Spartina alterniflora* in the future, this article summarizes the physiological characteristics and invasive mechanisms of *Spartina alterniflora* based on literature and data. The main control technologies of *Spartina alterniflora* in China are summarized, and it is proposed that the comprehensive control effect is good, but the prevention and control plan needs to be formulated according to local conditions. The summary of the management practice of *Spartina alterniflora* in nine provinces, cities and districts shows that *Spartina alterniflora* is mainly distributed on muddy beaches in China, and physical methods, biological substitution, and comprehensive control are often used in various regions. Finally, in order to address the issues of long management cycles and high costs, it is proposed to establish a long-term mechanism for collaborative prevention and control, monitoring and early warning in the future, increase publicity efforts, focus on public participation, and accelerate the research and utilization of mutual flowering rice grass management technology.

**Keywords:** *Spartina alterniflora*; invasion mechanism; management methods

### 引言

互花米草 (*Spartina alterniflora*) 隶属禾本科 (Gramineae) 米草属 (*Spartina*), 为多年生根茎型克隆植物, 原产北美东海岸和墨西哥湾<sup>[1]</sup>。1979 年被引入国内, 主要用于消浪护堤, 促淤造陆。互花米草因其具有耐盐性, 耐淹性, 繁殖力强和传播速度快等特点, 在滨海湿地快速扩展<sup>[2]</sup>, 中国沿海地区的互花米草在 2019 年达到 61565hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>。到 2023 年, 互花米草的分布区主要为上海、江苏、广西、福建、山东、天津、浙江等地, 随气候变暖, 其分布区逐渐向北扩展, 辽宁也有互花米草的存在<sup>[4]</sup>。

互花米草的入侵, 其结果首先是挤压本地植物的生态位, 破坏了底栖生物、鱼类、鸟类等的生长和繁殖环境, 使滨海湿地的生物多样性下降; 其次, 沿海滩涂的生态系统继而改变, 造成了滨海湿地的生态环境的恶化; 再次,

由于互花米草的根系太过密集, 导致江河入海口的泄水能力下降, 河道堵塞, 妨碍船舶出海, 还会影响到人们的生产和生活, 对沿海地区的经济和社会的可持续发展造成了极大的阻碍<sup>[5-7]</sup>。互花米草在 2003 年被列为中国首批外来入侵种, 2020 年, 《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划 (2021—2035)》明确提出要“加强互花米草等外来入侵物种灾害防治”。

互花米草现已成为我国沿海滩涂危害最大的外来入侵植物, 被列入《重点管理外来入侵物种名录》。因此, 对互花米草进行有效的控制是当前滨海湿地生态环境保护的一项重要任务。《互花米草防治专项行动计划 (2022—2025 年)》于 2023 年 2 月启动。

本文基于文献, 资料与新闻报道, 首先, 总结了互花米草对我国滨海湿地生态系统的入侵机理, 其次, 简述了我国

互花米草主要治理技术,从而探讨不同治理方法的优缺点,再次,梳理九省市互花米草治理的实践与成效。最后,就目前我国互花米草治理面临的问题提出了相应建议。以期为防止互花米草蔓延,保护我国滨海湿地生态系统提供有益参考。

## 1 互花米草的生理特征

互花米草茎秆坚硬直立,高度可达1.2~3.5m,直径约1.2cm;根系发达,根系长度可达30~100cm,叶互生,呈长披针形,长约50cm,2cm宽;该物种既通过种子进行有性繁殖,又通过分蘖和根状茎进行无性繁殖,这使其传播速度较快<sup>[8]</sup>。在适当的条件下,互花米草在3~4个月内性成熟,其花期与地理分布有关<sup>[9]</sup>。有研究表明高纬度的低温和低纬度的高温均会使互花米草提早开花<sup>[10]</sup>。

## 2 互花米草的入侵机理

互花米草在中国的入侵机理,有生物因素和非生物因素的作用,其中生物因素是互花米草入侵成功的关键因素<sup>[11]</sup>。对互花米草入侵我国滨海湿地生态系统机理进行深入研究总结,为实现互花米草的早期防控和重点地区的防控提供科学依据。

### 2.1 生物因素

#### 2.1.1 耐高盐度和水淹

互花米草每天可以耐受12h的浸泡。首先,其发达的通气组织能为根系供应氧气,促进根系周围土壤中的溶解氧。其次,改善土壤溶解氧,促进相邻互花米草的生长,产生群体效应。最后,随着互花米草种群的扩大,其对缺氧环境的耐受力增强。

互花米草是一类具有泌盐、拒盐和稀盐特性的盐生植物。盐腺发达,能将盐分从植物体内排出,根系具有排盐机理,可降低 $\text{Na}^+$ 的吸收。有研究表明互花米草对盐沼胁迫的耐受性强于芦苇(*Phragmites australis*)、海三稜藨草(*Scirpus robustus*)、狐米草(*Spartina paten*)<sup>[8]</sup>。总之,耐高盐度和水淹是互花米草成功入侵的重要因素之一。

#### 2.1.2 繁殖能力强,传播速度快

互花米草增殖系数很高。有研究发现在上海附近的崇明岛互花米草可以产生86~222个分蘖。互花米草每平方米可产生数百万粒种子,并且这些种子可以保持休眠状态至翌年春天萌发,这种休眠机制保证了幼苗的存活率。

单株互花米草在9个月的时间里最多可向外扩散2.26m,在互花米草地上枯死的情况下,仅需要14个月,互花米草种群通过根状茎的无性繁殖即可完全恢复生物量。在中国江苏省沿海地区,1993—1995年互花米草完成了最初的入侵和建立阶段,年增长率为30%,2000年是互花米草种群快速增长和范围扩张的开始,1999年至2001年间每年增长43%<sup>[11]</sup>。可见,互花米草极强的有性繁殖和无性繁殖能力,使得它能够在潮间带定居扩展,并在某些区域迅速传播。

#### 2.1.3 氮利用能力强

氮和磷是滨海湿地植物生长和生理代谢不可或缺的

重要元素,与本地植物相比较,互花米草能吸收不同形式的氮,如铵态氮和硝酸盐氮。能够快速将氮转化为新的生物量,并且互花米草生物量与氮浓度呈正相关。总之,互花米草对氮素的高效利用,是其超越其它土著植物的一个重要原因。

### 2.2 非生物因素

#### 2.2.1 有意引入

过去200多年,受人类有意或无意的活动影响,该物种的分布区逐渐由原产地扩展到了北美西海岸,欧洲,新西兰和中国海岸。互花米草1979年被引入国内,1980年,互花米草在中国分布面积有260 $\text{hm}^2$ 。到2007年,它覆盖了34178 $\text{hm}^2$ ,其中江苏沿海地区互花米草种群面积占总数的52%以上。1990—2015年我国沿海互花米草面积增加50204 $\text{hm}^2$ 。2019年我国海岸带互花米草分布面积已达61565 $\text{hm}^2$ ,中国已成为世界上互花米草入侵面积最大的国家。由此可见,人类活动促进了互花米草的扩散。

#### 2.2.2 富营养化(氮气浓度增加)

人类对沿海栖息地的利用间接促进了入侵的成功。农业、工业和污染对环境的氮输入,与互花米草较强的氮素利用率相结合,必然有利于其生长和适应性。

2.2.3 全球变暖(海平面上升,二氧化碳值增加,空气和水变暖)

全球气候变化能直接影响入侵种的生长繁殖能力,同时改变它们与本地种的竞争关系,从而对入侵结果产生影响。已有研究表明,温度的升高、海平面升高可能会促进互花米草的生长及有性繁殖,二氧化碳浓度升高可能会改变互花米草在滨海湿地系统中的竞争态势。

#### 2.2.4 适宜的气候和生境条件

由于地理位置的不同,互花米草对环境的适应特征存在差异,其分布区也发生了改变。如:降雨和土壤盐分含量有很强的相关性,但当土壤盐分升高时,互花米草的发芽率就会下降。

在美国大西洋沿岸高纬度的互花米草因受较大的捕食压力,相比于低纬度的互花米草,生物量较少<sup>[8]</sup>。我国近91.6%的互花米草分布在江苏、上海、浙江和福建的沿海湿地,呈现出“南北少,中部多”的分布特征。近年来,上海市、山东省和广西壮族自治区的互花米草面积增长幅度最大,其中2019年山东省的互花米草面积比2015年增长2.1倍,广西壮族自治区则增长2.6倍。

## 3 我国互花米草主要治理技术

### 3.1 物理法

物理法包括人工拔除,遮阴、淹水、刈割、焚烧、翻耕、碎根等措施,利用人工或机械装置对互花米草进行防治,其基本原理就是阻止其光合作用、营养吸收和繁殖,从而达到消灭互花米草的目的<sup>[3]</sup>。

国内应用较多且有效的物理法是人工拔除、刈割和淹水。

刈割:割除互花米草地上活体部分,阻断氧气向下传

输。《上海市互花米草治理技术手册（第一版）》中提到刈割需在扬花期之前进行，5~10月是刈割的适宜时间，刈割后留茬高度 $\leq 10\text{cm}$ ，山东黄河口留茬高度达到2~3cm。

淹水：从治理区域外部水源引进陆上的淡水或海水，并由堰坝中的系统储存，因此阻断了植物的根系、叶片之间的氧气和养分传输。淹水深度10cm~20cm，淹水时间应3个月以上。

溧南南堡嘴东省级湿地公园，在2020年物理除治互花米草后，2022年互花米草“死灰复燃”，公园采取人工拔除的方式，将互花米草成功拔除了1300余株；同年8月份，公园内再次零散生长了近70株互花米草。综上所述，物理法短时间内可取得明显的控制效果，对环境的负面影响较小，适用于在互花米草入侵早期或大型除治机械难以进入生长区域；但一般需要多次操作才会治理彻底，耗时耗力且成本较高；同时，还要充分考虑潮汐特点、互花米草物候期、控制技术的频度和强度等因素<sup>[2]</sup>。

### 3.2 化学法

化学法是指采用合适的除草剂来进行防除，现已证明效果较好的除草剂有米草净、米草星、草甘膦、草铵膦、咪唑烟酸等<sup>[2]</sup>。如上海采用陶氏益农盖草能（主要成分10.8%高效氟吡甲禾灵乳油）药剂借助无人机施药，试验崇明北沿滩涂互花米草的除治效果。

关于化学法方向的研究，有的学者认为，互花米草化学治理后，潮汐可能将残留的药剂带入大海，会短期改变当地底栖动物的多样性及组成结构，农药也会在白蛤、青蛤、等底栖动物的体内微量残留，此外化学治理会影响互花米草附近海域水质和沉积物质量。

其他学者则认为自然更替可以修复对底栖生物的影响。

本文认为，化学方法治理方便且费用相对较小，但是受风和潮汐限制，同时，互花米草化学治理对底栖动物、海域水质的影响相关研究，调查周期较短，且除治范围多为中小规模，其影响还需进行更全面、更长期的监测研究。

### 3.3 生物替代

生物替代法是以生态环境和植物群落的天然生长与演替规律为基础，选择具有更高竞争力的本土植物代替外来植物，以达到控制外来植物蔓延的目的。

目前研究最多的是采用当地种植，如芦苇（*Phragmites australis*）、海三棱藨草（*Scirpus mariqueter*）以及无瓣海桑（*Sonneratia apetala*）来代替互花米草。生物替代的问题主要是寻找合适的替代物种有一定难度，容易造成二次生态入侵。此外，植物生长周期较长，整个治理过程需要人为监测和管理。

### 3.4 综合防治

综合治理是将一种或几种物理、化学或生物替代相结合，对互花米草的扩散与繁殖进行有效的治理。目前已证明有效的综合防治方法包括刈割+翻耕+围淹、刈割+农药+翻耕+生物替代等。

综上所述，物理、化学、生物替代法各有优势和不足，综合防治是将各种方法的优势结合起来防治互花米草，防治效果较好，但是各地需要结合当地自然条件、互花米草生境等实际情况，因地制宜地制定合适的防控方案。

## 4 九省市互花米草治理的实践与成效

福建、山东、海南、辽宁等省已完成全域范围内的互花米草清除。由表1可知，互花米草在国内九省市主要分布在淤泥质岸滩，红树林地、沿海滩涂和内陆滩涂。各地区多采用物理法、生物替代和综合防治，如：华东地区（山东、江苏、浙江、福建、上海）治理互花米草多采用刈割+围淹或旋耕，海三棱藨草、红树林等本土植物生物替代；东北地区（辽宁）使用刈割+深挖（深埋）+围淹法；华南地区（广西、海南）采取刈割+遮荫或人工挖除。同时，福建、广西、天津等省市开展了化学清除试验。

## 5 互花米草治理问题与建议

### 5.1 治理问题

#### 5.1.1 难发现，难除治

互花米草通常生长在河口、海湾等沿海滩涂，入侵前期较难被发现，并且外观形态与大米草、芦苇等禾本科植物类似，难于区分。此外互花米草生长环境地质多为淤泥质岸滩，施工机械难以到达；除治工作多受潮汐影响，限制施工条件和作业时间。

#### 5.1.2 周期长，费用高

自然保护区或国家公园的管理人员考虑到化学法对生态系统的不确定性，多选择物理法或综合防治。单一的物理法治理周期长效率低，且容易复发，需多轮治理；当前互花米草综合防治法被普遍应用，且控制效果较好，但是综合防治费用较化学法高。据学者统计2012年1月至2023年6月，我国开展的互花米草防治工程，投入总额达23.81亿元，其中每公顷治理成本平均值为44370元。综上，国内依然缺乏一套经济、高效、环保的互花米草治理模式。

#### 5.1.3 治理主体单一、生态修复薄弱

目前，国内的互花米草除治项目主体是各级政府，涉及到的企业及个人较少。牵头部门多以林草部门为主，缺少如自然资源、海洋、农业等相关部门协同防治机制。此外，关于互花米草治理后的生态修复的相关研究较少。

### 5.2 治理建议

#### 5.2.1 建立协同防治与监测预警长效机制

互花米草生长环境多样，牵头部门负责除治工作以外，建议相关部门协同合作，从而共同推进互花米草治理工作。另外，借助无人机或现场勘察，定期开展巡查、监测，特别是互花米草生长季（7~9月）；密切关注互花米草的生长发育和分布，发现有蔓延趋势的及时采取措施予以遏制，实行“月统计、季通报”调度机制。从而建立互花米草的风险预警机制，预防“死灰复燃”。

**表 1 我国不同地区互花米草治理现状**

省份	除治方法	成效	主要底质类型	主要地类	来源
福建省	刈割+深翻+红树林替代; 覆盖遮阴; 深翻法+人工拔除+化学试剂(抗米净药剂); 在除治后滩涂种植红树林、南方碱蓬、短叶茳苳改善滩涂湿地生态环境	截至 2023 年全面完成 9106hm <sup>2</sup> 互花米草清除任务, 除治复萌植株 1720hm <sup>2</sup> , 实施生态修复 1353hm <sup>2</sup>	淤泥质岸滩砂质岸滩	沿海滩涂内陆滩涂红树林地	卢向阳 2023; 黄敏敏 2023; 洪荣标 2005; 福建省林业局宣传办 2024
山东省	刈割+翻耕; 刈割+围淹	2022 年底, 全省已完成的互花米草治理面积 5 763hm <sup>2</sup> , 2023 年已完成全域范围内的互花米草清除	淤泥质岸滩	沿海滩涂内陆滩涂	谭树亮 2023; 国家林业和草原局 2023
海南省	刈割+遮荫; 刈割+翻耕; 人工挖除	据报道 2023 年已完成全域范围内的互花米草清除	淤泥质岸滩	红树林地沿海滩涂	国家林业和草原局 2023; 程成 2023
广西壮族自治区	刈割+遮荫+陶氏益农盖草能等除草剂; 人工挖除	截至 2023 年已完成互花米草防治 273 hm <sup>2</sup>	淤泥质岸滩砂质岸滩	红树林地沿海滩涂	沈鸿坤 2022; 王广军 2017; 中国新闻网 2024
上海市	围剿、刈割、水淹、暴晒; 种上海三棱蔗草、芦苇等本土植物, 调节水系盐度	互花米草生态治理区域, 灭除率大于 95%, 土著植物海三棱蔗草由面积不足 1 平方公里恢复到 700 多 hm <sup>2</sup> , 生态修复区内外迁徙鸟类数量由 40,000 只增 180,000 只, 种类由 20 种增至 90 种	淤泥质岸滩	内陆滩涂沿海滩涂	汤臣栋 2016; 央视网 2024
江苏省	刈割+围淹; 刈割+旋耕; 刈割+深翻及人工挖除; 覆土+人工清除; 碾压+疏通起垄; 碾压+覆膜; 刈割+防逃逸沟	截至 2023 年已除治互花米草 9787hm <sup>2</sup>	淤泥质岸滩砂质岸滩	沿海滩涂	赵晖 2023; 国家林业和草原局 2023
浙江省	直接翻耕法; 刈割+覆膜; 绞吸; 喷洒植物生长调控剂; 种海三棱蔗草、芦苇、盐地碱蓬 3 种乡土植物	目前已完成除治互花米草 15133hm <sup>2</sup>	淤泥质岸滩砂质岸滩 基岩岸滩	沿海滩涂	蒙宽宏 2023; 国家林业和草原局 2023; 俞永均 2022
天津市	刈割+翻耕; 滩涂互花米草除控制剂; 陶氏益农盖草能等除草剂	天津北部海域清除 100 余 hm <sup>2</sup> 互花米草	淤泥质岸滩	沿海滩涂	韩建华 2018; 于彩芬 2021; 红星新闻 2023
辽宁省	刈割+深挖(深埋)+围淹	2023 年完成 12.9258hm <sup>2</sup> 互花米草清除任务	淤泥质岸滩	沿海滩涂	辽宁省林业和草原局 2023

或者利用 5G 网络、地理信息系统、三维实景数字等技术, 建设实时监管平台, 如福建省宁德市霞浦县长春镇建设了“智慧长春·全域三维实景数字化综合治理平台”从而实现实时监管互花米草除治工作。

### 5.2.2 加大宣传力度注重全民参与

互花米草治理完成后, 可通过协议等形式, 明确除治主体, 并对其进行后续跟进, 并落实相应的管理职责; 也可鼓励采取以工代赈、劳务报酬等方式, 组织动员农村劳动力参与后期巡护等工作。从而丰富社会与个人参与, 增强治理力量。建议各地特别是沿海地区, 积极开展互花米草的识别、防治方面的科普宣传教育, 让工作人员与民众意识到互花米草的危害, 依靠群众, 及时发现, 及时报告, 在社会形成防治互花米草的合力。

### 5.2.3 加快互花米草治理技术与利用

建议设立专项科研项目, 开展科学研究, 研发专业机械设备, 从而提高治理效率, 缩短治理周期, 降低治理费用。结合上海崇明东滩、山东黄河三角洲等我国互花米草治理成功案例的治理模式, 凝练出可复制、可推广、成本

低、低污染的互花米草综合防治模式。

治理完成后, 按照《互花米草防治专项行动计划(2022—2025 年)》中“宜林则林, 宜滩则滩, 宜渔则渔”的原则, 对互花米草治理后的潮滩生态恢复模式进行科学界定。建议相关单位与科研高校加强互花米草治理后生态修复的相关研究。

最后建议利用互花米草茎秆坚硬直立, 高度可达 1.2~3.5m 等特点, 以互花米草为材料做成手工艺品等经济产品, 显示其经济价值, 从而吸引社会企业参与治理, 实现变害为宝。

### [参考文献]

- [1]沈永明, 杨劲松, 曾华, 等. 我国对外来物种互花米草的研究进展与展望[J]. 海洋环境科学, 2008, 26(4): 391-396.
- [2]谢宝华, 韩广轩. 外来入侵种互花米草防治研究进展[J]. 应用生态学报, 2018, 29(10): 3464-3476.
- [3]王腾, 何彦龙, 赵丽侠, 等. 我国海岸带湿地互花米草治理现状与对策建议[J]. 湿地科学与管理, 2022, 18(6): 81-85.
- [4]李淑娟, 郑鑫, 隋玉正. 国内外生态修复效果评价研究进

展[J].生态学报,2021,41(10):4240-4249.

[5]冯建祥,黄茜,陈卉,等.互花米草入侵对盐沼和红树林滨海湿地底栖动物群落的影响[J].生态学杂志,2018,37(3):943-951.

[6]陈潘,张燕,朱晓静,等.互花米草入侵对鸟类的生态影响[J].生态学报,2019,39(7):2282-2290.

[7]李加林,杨晓平,童亿勤,等.互花米草入侵对潮滩生态系统服务功能的影响及其管理[J].海洋通报,2005,33(5):33-38.

[8]HUANG H M, ZHANG L Q. A study of the population dynamics of *Spartina alterniflora* at Jiuduansha shoals,

Shanghai, China[J]. Ecological Engineering, 2006, 29(2): 164-172[Z].

[9]王卿,安树青,马志军,等.入侵植物互花米草——生物学、生态学及管理[J].植物分类学报,2006,12(5):559-588.

[11]陈欣淙.大尺度纬度梯度下外来入侵植物互花米草的开花物候格局研究[D].厦门:厦门大学,2018.

作者简介:严雪洁(1996.10—)女,黑龙江人,汉族,林业助理工程师,就职于辽宁省林业发展服务中心湿地保护中心,从事湿地保护相关工作;赵文元(1969.4—),男,辽宁人,满族,林业高级工程师,就职于辽宁省林业发展服务中心湿地保护中心,长期从事湿地保护相关工作。

# 辽阳县西安 80 坐标系转大地 2000 坐标系林业测绘资料参数探讨

杨智雨

辽阳县林业草原事务服务中心, 辽宁 辽阳 111200

[摘要]文中通过利用手持 GARMIN GPS60 在我县 15 个乡镇(镇)采点, 分别建立西安 80 和大地 2000 坐标系点坐标, 计算出辽阳县西安 80 坐标系林业测绘资料转大地 2000 坐标系林业测绘资料的参数, 解决了困扰我县多年的林业工作难题。

[关键词]林业测绘资料; 坐标系; 转换; 参数

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16970

中图分类号: P226

文献标识码: A

## Exploration on Forestry Surveying and Mapping Data Parameters from Xi'an 80 Coordinate System to Earth 2000 Coordinate System in Liaoyang County

YANG Zhiyu

Liaoyang County Forestry and Grassland Affairs Service Center, Liaoyang, Liaoning, 111200, China

**Abstract:** In this article, the handheld GARMIN GPC60 was used to collect data from 15 townships (towns) in our county, and the point coordinates of Xi'an 80 and Dadi 2000 coordinate systems were established respectively. The parameters for converting forestry surveying data from Xi'an 80 coordinate system to Dadi 2000 coordinate system in Liaoyang County were calculated, solving the forestry work problem that has plagued our county for many years.

**Keywords:** forestry surveying and mapping data; coordinate system; transformation; parameter

### 1 西安 80 坐标系和大地 2000 坐标系简介

#### 1.1 西安 80 坐标系简介

1978 年 4 月在西安召开全国天文大地网平差会议, 确定重新定位, 建立我国新的坐标系。为此有了 1980 年国家大地坐标系。1980 年国家大地坐标系采用地球椭球基本参数为 1975 年国际大地测量与地球物理联合会第十六届大会推荐的数据, 该坐标系的大地原点设在我国中部的陕西省泾阳县永乐镇, 位于西安市西北方向约 60 公里, 故称 1980 年西安坐标系。

#### 1.2 大地 2000 坐标系简介

大地 2000 坐标系, 又称国家大地坐标系, 是我国建立的采用原点位于地球质量中心的坐标系。2008 年 3 月, 由国土资源部正式上报国务院《关于中国采用 2000 国家大地坐标系的请示》, 并于 2008 年 4 月获得国务院批准。自 2008 年 7 月 1 日起, 中国全面启用 2000 国家大地坐标系, 国家测绘局授权组织实施。

### 2 辽阳县西安 80 坐标系林业测绘资料与大地 2000 坐标系林业测绘资料转换目的

辽宁省林业和草原局、辽宁省林业调查规划监测院从 2015 年开始到 2017 年提供给辽阳县森林资源一张图西安 80 坐标系 MDB 文件, 其中包含我县森林资源重要信息。

2008 年以后, 辽宁省林业和草原局、辽宁省林业调查规划监测院开始使用大地 2000 坐标系测绘及制图, 且下发到各个市、县(区)测绘数据都是以大地 2000 坐标系为基础(省林业调查规划监测院下发给辽阳县由遥感卫星测绘的森林督查地块就是基于大地 2000 坐标系绘制的)。

为了有效利用原有西安 80 坐标系森林资源一张图 MDB 文件, 提高工作效率, 我们在林业工作中时常需要将现有的西安 80 坐标系的 MDB 文件资料转换成大地 2000 坐标系的 MDB 文件资料使用, 这就是两种坐标系测绘资料转换的目的。

### 3 基本思路

为了将西安 80 坐标系林业测绘资料转换成大地 2000 坐标系林业测绘资料, 需要将这两种坐标系进行平差转换, 我们要研究西安 80 坐标系与大地 2000 坐标系之间的参数关系。

用西安 80 坐标系手持 GPS 和大地 2000 坐标系手持 GPS 在我县 15 个乡镇(镇)政府所在地位置分别取点(每种坐标系取 16 个点, 共计 32 个坐标点)。分别计算出两种坐标系对应点之间横坐标平均值之差值  $\bar{X}_1 (X_{2000}-X_{80})$ , 纵坐标平均值之差值  $\bar{Y}_1 (Y_{2000}-Y_{80})$ , 然后利用 ArcGIS 软件具有的平移功能使两个图层点要素重合。

然而, 在工作实践中我们发现, 以彼此为原图打开平差后的对方图两者并不能完全重合, 我们还需要对此进一步平差。我们可以打开 ArcGIS 软件, 利用大地 2000 坐标系点图层建立点与西安 80 坐标系建立点坐标重合, 计算出两者之间横坐标平均值之差值, 纵坐标平均值之差值。我们标记为我们标记为  $\bar{X}_2$ 、 $\bar{Y}_2$ 。辽阳县境内西安 80 坐标系与大地 2000 坐标系的最终相互关系, 即:  $X = \bar{X}_1 + \bar{X}_2$ ;  $Y = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2$ 。

### 4 资料的选取和设备的调试准备

#### 4.1 资料的选取

辽宁省林业调查规划监测院 2015 年下发的辽阳县西

安 80 坐标系 MDB 文件（即 2015 年辽阳县森林资源小班区划图）（以下简称西安 80 坐标系 MDB 文件）；辽宁省林业调查规划监测院提供的 2019 年辽阳县森林资源一张图大地 2000 坐标系的 MDB 文件（即 2019 年辽阳县森林资源小班区划图）（以下简称大地 2000 坐标系 MDB 文件）。

#### 4.2 设备的调试准备

安装 ArcGis 制图软件的计算机。ArcGis 是一款国际通用的功能强大的制图软件，我们要应用其对点坐标的精确捕捉功能来获得西安 80 坐标系和大地 2000 坐标系下 MDB 文件相同位置点坐标。

### 5 具体操作

#### 5.1 GPS 数据导出并建立各乡（镇）取点表

将两台手持 GPS 数据导出，用  $X_{80}$ 、 $Y_{80}$  来表示西安 80 坐标系建立的点 a1~a16；用  $X_{2000}$ 、 $Y_{2000}$  来表示大地 2000 坐标系建立的点 b1~b16，见表 1。

表 1 辽阳县各乡（镇）取点表

乡（镇）	点号	$X_{80}$	$Y_{80}$	点号	$X_{2000}$	$Y_{2000}$
甜水乡	a1	41547893	4539470	b1	41548012	4539462
河栏镇	a2	41536313	4533620	b2	41536431	4533612
吉洞峪乡	a3	41518046	4516667	b3	41518165	4516659
隆昌镇	a4	41510524	4526457	b4	41510644	4526449
八会镇	a5	41517569	4533381	b5	41517688	4533373
下达河乡	a6	41522584	4541619	b6	41522702	4541611
首山镇东	a7	41517688	4553320	b7	41517807	4553312
首山镇西	a8	41506823	4562750	b8	41506943	4562742
寒岭镇	a9	41547654	4558930	b9	41547773	4558922
小北河镇	a10	41482707	4578152	b10	41482826	4578144
黄泥洼镇	a11	41492377	4576600	b11	41492497	4576592
柳壕镇	a12	41487483	4570749	b12	41487602	4570741
刘二堡镇	a13	41493573	4565616	b13	41493691	4565608
兴隆镇	a14	41501929	4566332	b14	41502048	4566324
穆家镇	a15	41482826	4556184	b15	41482945	4556176
唐马寨镇	a16	41473872	4562870	b16	41473991	4562862

#### 5.2 计算辽阳县西安 80 坐标系转大地 2000 坐标系偏移值

分别计算出对应点之间横坐标差值  $X_1=X_{2000}-X_{80}$ ，纵坐标差值  $Y_1=Y_{2000}-Y_{80}$ ，见表 2。

表 2 各乡（镇）两种坐标点平差表

乡（镇）	点号	$X_1$	$Y_1$
甜水乡	1	119	-8
河栏镇	2	118	-8
吉洞峪乡	3	119	-8
隆昌镇	4	120	-8
八会镇	5	119	-8
下达河乡	6	118	-8
首山镇东	7	119	-8

乡（镇）	点号	$X_1$	$Y_1$
首山镇西	8	120	-8
寒岭镇	9	119	-8
小北河镇	10	119	-8
黄泥洼镇	11	120	-8
柳壕镇	12	119	-8
刘二堡镇	13	118	-8
兴隆镇	14	119	-8
穆家镇	15	119	-8
唐马寨镇	16	119	-8
平均值		119	-6

计算横、纵坐标平均值：

$$X_1=1/16 \sum_{i=1}^{16} (X_1); \quad \bar{Y}_1=1/16 \sum_{i=1}^{16} (Y_1)$$

$$\bar{X}_1=119; \quad \bar{Y}_1=-6。$$

在第三节基本思路中我们阐述过，在林业工作实践中我们发现，即使代入平差值横坐标 119、纵坐标-6，林地小班要素仍然不能完全重合，这是由于 ArcGIS 制图软件的调节功能造成的。下面我们讨论一下解决的方法。

#### 5.3 在 2000 坐标系图层建立与所取点重合的 80 坐标系的点

在大地 2000MDB 文件图层中建立西安 80 坐标系点图层，在此图层中建立与大地 2000 坐标系 a1~a16 点完全重合的点 c1~c16（可以利用 ArcGIS 制图软件的捕捉功能完成）。见表 3。

表 3 两种坐标点列表

乡（镇）	点号	$X_{2000}$	$Y_{2000}$	点号	X 在 2000 图层上的 80 点	Y 在 2000 图层上的 80 点
甜水乡	b1	41548012	4539462	c1	41548012	4539464
河栏镇	b2	41536431	4533612	c2	41536431	4533614
吉洞峪乡	b3	41518165	4516659	c3	41518165	4516661
隆昌镇	b4	41510644	4526449	c4	41510644	4526451
八会镇	b5	41517688	4533373	c5	41517688	4533375
下达河乡	b6	41522702	4541611	c6	41522702	4541613
首山镇东	b7	41517807	4553312	c7	41517807	4553314
首山镇西	b8	41506943	4562742	c8	41506943	4562744
寒岭镇	b9	41547773	4558922	c9	41547773	4558924
小北河镇	b10	41482826	4578144	c10	41482826	4578146
黄泥洼镇	b11	41492497	4576592	c11	41492497	4576594
柳壕镇	b12	41487602	4570741	c12	41487602	4570743
刘二堡镇	b13	41493691	4565608	c13	41493691	4565610
兴隆镇	b14	41502048	4566324	c14	41502048	4566326
穆家镇	b15	41482945	4556176	c15	41482945	4556178
唐马寨镇	b16	41473991	4562862	c16	41473991	4562864

#### 5.4 两种坐标点平差

计算辽阳县西安 80 坐标系与在 2000 坐标系上建立的西安 80 坐标系偏移值。

辽阳县西安 80 坐标系与大地 2000 坐标系横坐标差值  $X_2=X_{2000}-X$  在 2000 图层上的 80 坐标系对应点，纵坐标差值  $Y_2=Y_{2000}-Y$  在 2000 图层上的 80 坐标系对应点，见表 4。

表 4 坐标点平差列表

乡镇	点号	$X_2$	$Y_2$
甜水乡	1	0	2
河栏镇	2	0	2
吉洞峪乡	3	0	2
隆昌镇	4	0	1
八会镇	5	0	2
下达河乡	6	0	2
首山镇东	7	0	3
首山镇西	8	0	2
寒岭镇	9	0	2
小北河镇	10	0	1
黄泥洼镇	11	0	2
柳壕镇	12	0	2
刘二堡镇	13	0	3
兴隆镇	14	0	2
穆家镇	15	0	1
唐马寨镇	16	0	3
平均值		0	2

$$\bar{X}_2 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (X_2); \quad \bar{Y}_2 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (Y_2)$$

$$\bar{X}_2 = 0; \quad \bar{Y}_2 = 2.$$

我们计算出西安 80 坐标系相对于大地 2000 坐标系相同点横、纵坐标偏移值为：

$$X = \bar{X}_1 + \bar{X}_2; \quad Y = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2, \quad \text{即 } X=119+0=119; \\ Y=-8+2=-6.$$

## 6 具体应用

在林业工作中我们需要把西安 80 坐标系的 MDB 文件转换成大地 2000 坐标系的 MDB 文件，下面我们讨论一下如何利用 ArcGIS 软件来完成转换。

首先，用 ArcGIS 软件分别打开西安 80 坐标系和大地 2000 坐标系的 MDB 文件，将目标图层设置为大地 2000 坐标系图层。复制选中的西安 80 坐标系的 MDB 文件的要素，将其粘贴到大地 2000 坐标系 MDB 文件图层中。

在开始编辑状态下，在编辑器中选移动项，在 X、Y 增量对话框中分别输入 119 (X)、-6 (Y)，回车，保存编辑，完成西安 80MDB 文件对于大地 2000MDB 文件的平差。

西安 80 坐标系的 MDB 文件即转换为大地 2000 坐标系的 MDB 文件。

## 7 误差说明

我们利用 ArcGIS 软件计算出在西安 80 坐标系与大地 2000 坐标系建立的各乡(镇)点要素横、纵坐标偏移值，

这个偏移值是基于笛卡儿二维坐标系的平移值。由于地球呈现几乎是正球体形状，故而要得到最精确的坐标转换方式还需要进行些微的旋转。在小范围内(比如在辽阳县范围内)通过工作实践得出这个旋转度几乎可以忽略不计。

## 8 后记

①利用转换参数将省林业调查规划设计院下发的 2015 年森林督查判读斑块(西安 80 坐标系林业测绘资料转换为大地 2000 坐标系林业测绘资料)下发到乡(镇)林业站进行了实际调查；

②利用转换参数将辽阳县采伐设计、造林、产业图斑(西安 80 坐标系)转换为大地 2000 坐标系图斑，并完成了森林资源管理“一张图”年度更新工作；

③利用转换参数将我县造林地块和产业地块坐标值(西安 80 坐标系)转换为大地 2000 坐标系的坐标值，成功地上报到省林草局造林录入软件中；

④辽阳县各个矿山西安 80 坐标系地形图成功转换成大地 2000 坐标系地形图上报国土部门使用；

.....

经过多次工作实践的验证，我们得到的西安 80 坐标系相对于大地 2000 坐标系的增量值  $X=119; Y=-6$  在我们辽阳县地区的林业工作中完全适用。

## [参考文献]

- [1]张华海.GPS 测量原理与用[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998.
  - [2]国家林业和草原局西北调查规划设计院《2019 年全国森林督查技术方案解读》[Z].
  - [3]汤国安,杨晰.ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程(第二版)[M].北京:科学出版社,2012.
  - [4]成英燕,王华,徐彦田,等.2000 大地坐标系实用手册[M].北京:测绘出版社,2024.
  - [5]党亚民.大地坐标系及其应用[M].北京:测绘出版社,2024.
  - [6]朱华统,杨喜元,吕志平.GPS 坐标系统的变换[M].北京:测绘出版社,1994.
  - [7]E.J.克拉基夫斯基.GPS 坐标系统的变换[M].北京:测绘出版社,1980.
  - [8]国家测绘局大地测量数据处理中心.1954 年北京坐标新地形图在 1980 西安坐标系中使用方法说明(内部资料)[M].北京:测绘出版社,1980.
  - [9]李进强.基于 ArcGIS Engine 地理信息系统开发技术与实践[M].武汉:武汉大学出版社,2017.
  - [10]晁怡,郑贵洲,杨乃.ArcGIS Engine 地理信息系统分析与应用[M].北京:电子工业出版社,2018.
  - [11]勒内.笛卡尔.笛卡尔几何[M].重庆:重庆出版社,2020.
- 作者简介: 杨智雨(1975.10—),男,辽宁省辽阳县人,汉族,林业工程师,就职于辽阳县林业草原事务服务中心,从事林业调查规划设计,森林病虫害监测等工作。

## 浅谈毒饵防治柞蚕场黑广肩步甲

刘雅楠

辽阳县林业草原事务服务中心, 辽宁 辽阳 111200

[摘要]在柞蚕饲养时,黑广肩步甲这种步甲类害虫常见且危害大,成虫主要在夜间活动,破坏柞蚕叶片和周边植被,对蚕场生态、柞蚕生长有影响,为控制黑广肩步甲种群数量,文中介绍了老式毒饵(炒麦麸和敌敌畏混合使用),还讲了新式毒饵(高效低毒农药与诱料装置相结合)的技术原理和制作方法,新型诱饵适口性强、引诱效率高、使用简便、污染环境小,防治效果提升明显,实践证明,在害虫高发期合理布放新型毒饵装置,能快速让虫口密度降低,这是当前柞蚕场防治黑广肩步甲的重要措施。

[关键词]毒饵;防治;黑广肩步甲

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16966

中图分类号: S88

文献标识码: A

### Brief Discussion on the Use of Poison Baits to Prevent and Control the Black shouldered Steppe Armor in Tussah Silkworm Farms

LIU Yanan

Liaoyang County Forestry and Grassland Affairs Service Center, Liaoyang, Liaoning, 111200, China

**Abstract:** In the breeding of tussah silkworms, the black broad shoulder step beetle is a common and harmful step beetle. Adults mainly move at night, damaging the leaves and surrounding vegetation of tussah silkworms, which has an impact on the ecology of the silkworm farm and the growth of tussah silkworms. In order to control the number of black broad shoulder step beetle species, this article introduces the technical principles and production methods of old poison baits (mixed use of fried wheat bran and dichlorvos) and new poison baits (combination of high-efficiency and low toxicity pesticides and lure devices). The new bait has strong palatability, high lure efficiency, easy use, and minimal environmental pollution. The control effect is significantly improved. Practice has proved that the reasonable deployment of new poison bait devices during the high incidence period of pests can quickly reduce the density of insect bites, which is an important measure for the prevention and control of black broad shoulder step beetle in current tussah farms.

**Keywords:** poison bait; prevention and cure; black shoulder step armor

### 引言

柞蚕养殖时产量和质量关键受病虫害影响,黑广肩步甲夜行且繁殖能力强,在柞蚕场成为常见又顽固的害虫,它啃桑叶、扰乱蚕群生长环境,短期内还易造成局部虫害高峰,严重危及生态养殖系统稳定,传统防治技术成本高、效果不持久、操作繁琐,而毒饵防治高效、简便、绿色,越来越受关注,本文基于黑广肩步甲发生规律,结合毒饵技术更新改良,探索柞蚕场更有效的防治策略,给绿色防控技术提供理论支撑和实践指导。

### 1 黑广肩步甲的发生规律与危害特点

#### 1.1 物种概述与分布动态

鞘翅目步甲科的黑广肩步甲(*Calosomamaximoviczi* Mora)俗名“山蟑螂”,是一种中大型肉食昆虫,成虫外壳硬、体态壮、行动快,具有典型的夜行性和趋光性,夜晚活动最频繁。它主要捕食柞蚕,尤其爱吃1龄到3龄幼蚕,危害极大,是柞蚕养殖生产当下急需重点防控的对象。近年来,辽宁省辽阳地区种群数量明显上升且虫口密度逐年增大,严重干扰柞蚕正常发育和产茧质量。生态环境变化、养殖密度增大使这种虫栖息和活动范围不断拓展,从

最初局部区域延伸到辽阳多个主要柞蚕养殖场,制约柞蚕产业发展,一旦其捕食行为高频度、高强度爆发,短期内常给蚕群带来毁灭性打击,防治任务越来越严峻。

#### 1.2 成虫活动规律与为害时间

黑广肩步甲成虫的季节性和时间性行为特征很显著,每年秋末它会钻进土壤越冬,到了翌年8月初,随着气温变化大量钻出土壤,8月中旬出土量达到高峰,进入全年活动最盛的时候,成虫出土后就迅速爬上柞树,专门对1龄到3龄的幼蚕集中搞破坏,这时候的幼蚕在柞蚕生长过程中是最脆弱的,它捕食能力超强,行动快,嗅觉灵,能很快定位蚕体发起攻击,短时间内就能把整片蚕群祸害得很严重,实地监测发现,这虫白天躲着晚上出来活动,每天21:00到23:00最活跃,这时候危害最厉害,一头成虫一晚上能吞下百头小蚕,还经常连续捕食,让蚕体断裂,死亡率超高,要是不及时防控,没几天就可能有大量幼蚕死亡,整个柞蚕场就可能绝收,它爆发起来很厉害,杀伤力又大,是典型的“毁灭性”害虫,值得高度重视。

#### 1.3 危害表现及对柞蚕生产的影响

柞蚕群体数量迅速锐减、蚕体残缺不全、行为紊乱、

停止采食以及生长发育停滞,是黑广肩步甲典型的危害表现。严重时,整株柞树下的蚕群几乎全军覆没,不留一只存活,给蚕农造成极大损失。该害虫具有活动隐蔽、繁殖迅速、扩散范围广等特点,往往在蚕农尚未察觉之时便已完成扩散与侵害,导致大片蚕区失守。一旦进入大规模为害阶段,若不及时采取有效的防控措施,仅需短短几天时间,整个蚕群便可能全部死亡,导致养殖彻底失败,甚至出现绝产绝收的严重后果。特别是在连续晴好天气下,土壤温度回升较快,害虫出土量显著增加,活动极为频繁,使得防控难度陡然加大。在此背景下,准确把握害虫的活动高峰期、精准判断并选择最佳防治时机,成为实现有效控制的关键步骤,同时也是保障柞蚕养殖区稳定生产、减少灾害风险的首要前提和技术核心。

## 2 防治策略与主要方法

### 2.1 毒饵防治优势与作用机制

在当前的柞蚕养殖中,防控黑广肩步甲最有效、最实用的方法之一就是利用毒饵进行精准防治。相比于传统的喷洒农药方式,毒饵防治具有明显优势:其目标明确、杀虫效率高、使用简便,同时对环境和非靶标生物的影响较小,兼顾了防控效果与生态安全。其作用机制主要依赖于黑广肩步甲成虫的趋食特性和取食行为,通过将高效、低毒的农药成分科学拌入诱饵中,使成虫在觅食过程中摄入或接触毒饵后中毒死亡,从而有效遏制其上树为害的行为。该方法不仅能够在此害虫密度尚未达到爆发期前就实现提前布防,还能形成“定向引诱—毒杀一体化”的控制体系,精准阻断害虫爬升至树干的路径,破坏其觅食链条。特别是在傍晚和夜间害虫集中活动的高峰时段,毒饵能持续释放诱食气味,具备良好的持效性和稳定性,是保障柞蚕场安全生产、防止虫害爆发的重要技术手段。

### 2.2 药剂选择与配比原则

在毒饵防治黑广肩步甲的过程中,选对药剂至关重要。目前广泛采用的是“甲虫散”这类粉状杀虫剂,因其具有触杀速度快、致死率高、残效期超过10d等优点,成为防治该害虫的首选药物。然而,粉剂容易随风飘散,若使用不当会影响毒效的稳定性及持续性,因此必须与诱饵充分混合,使药效集中发挥。通常按1:10的比例将毒剂与诱饵均匀搅拌,这样既不影响诱食性,又能确保毒性充分释放。此外,在毒饵中适量添加食盐,不仅能起到防腐保鲜作用,还能延长毒饵在野外环境中的有效期,提高稳定性。施药时要严格控制毒饵投放量及摆放位置,避免药粉散落到柞树叶片上导致柞蚕误食中毒。

### 2.3 人工捕捉与其他辅助措施

人工捕捉是传统的防治方式,除毒饵法之外,在虫口密度初期或者局部爆发区有一定效果,黑广肩步甲白天藏起来且晚上活动频繁,人工捕捉得在夜间进行,特别是21时到23时这个高发时段,利用灯光吸引成虫或直接巡视捉成虫以减轻虫源密度,清耕灭蛹、翻土曝晒等农事操

作也可结合起来破坏其越冬场从源头上减少虫源基数,施药时间要合理安排,一般选晴好天气,8月5日前后步甲开始大规模出土时赶紧撒毒饵,从而达到虫一出来就被杀掉的效果,将多种防控方法结合起来可构建一个立体防控体系,既能提高总体防治效率,又能让柞蚕养殖持续稳定且经济效益达到最大。

## 3 毒饵制作方法对比分析

### 3.1 老式毒饵的材料与工艺流程

老式毒饵主要以大豆和鲜鱼为原料,按4:1比例配比,制作工艺源于传统人工经验。其制作过程较为复杂,需将大豆和鲜鱼一同放入锅中加水煮约60min,直至大豆变得软糯、鱼肉熟烂,手指轻捻即可碎。随后晾凉备用,期间加入少量食盐以增强毒饵的防腐性和保存期,从而延长诱食效果的持续时间。此类毒饵在诱食性方面表现出色,熟化后的大豆香味与鱼腥味能显著吸引黑广肩步甲,具有较高的诱集效率。但该毒饵制作环节繁琐、耗时费力、原材料价格相对较高,难以在大面积柞蚕养殖区实现快速、大批量推广应用。在害虫集中爆发时,毒饵的及时供给成为限制因素,影响规模化防控作业的高效开展。因此,其应用受到一定局限,亟需改良与替代方案。

### 3.2 新式毒饵的改进与配制要点

老式毒饵制作繁琐、成本高,新式毒饵在原料选择和制作工艺上做了优化改进以解决这些问题,其以豆粕为主要原料、虾皮为添加物增强诱食性且二者按10比1配比,制作时将豆粕放清水里泡至膨胀后用双手攥成团挤出多余水分到“松手即开”的程度作为基础诱料,加虾皮后气味浓度进一步增强,因黑广肩步甲对鱼腥和动物性腥膻味有趋向性诱捕效率得以提高,接着按1:10的比例加“甲虫散”药剂并与诱饵充分搅匀即制作好毒饵,整个过程无需加热、煮或晾凉,操作方便能省很多时间和人力,而且食盐的添加保留了防腐效果使新饵在野外使用时药效周期较长。

### 3.3 新旧毒饵在防治效果与成本上的对比

实地试验与成本分析表明,新式毒饵在多个方面比老式配方强得多,成本上豆粕市场价远低于大豆且用量大,虾皮单价虽稍高但用量比鲜鱼少且更易保存使整体成本降低很多,经测算新式毒饵单位成本仅为老式的十分之一省成本效果显著,制作工艺方面新饵不用煮方便快捷适合现场快速做和连续补投能满足大规模蚕场的时效要求,防治效果上新饵诱食性和药效稳定性更强实际使用时引诱和杀灭黑广肩步甲的效率更高与诱捕装置一起用时杀虫率可达90%而老式毒饵常规施撒时杀虫率一般就在75%左右,新式毒饵经济高效、操作简单,实用价值和推广前景更高,是当前防治黑广肩步甲的重要升级技术。

## 4 诱捕装置设计与施药技术

### 4.1 诱捕盒结构与功能原理

新型毒饵施用的重要载体——诱捕盒,其结构设计科学合理,兼具良好的适应性与操作便捷性。该装置主体采

用普通塑料方便盒,既成本低廉又便于批量制作与田间布设。箱体呈锥形结构,上口直径 15cm,下底直径 8cm,高度为 9cm,结构特征有利于步甲成虫进入后难以逃脱。箱体侧壁均匀分布 5 至 6 个直径约 1cm 的小圆孔,孔口距离盒底约 1cm,既能充分释放毒饵的气味以增强引诱效果,又具备良好的防雨排水功能,在降雨时能迅速排出积水,有效保持毒饵干燥状态,延长药效时间。此外,塑料盒内壁光滑、无附着物,步甲一旦进入便难以攀爬逃出,形成一个封闭式的“只进不出”的捕杀环境,显著提升捕杀效率。该诱捕盒不仅便于携带与布放,且材料易得、加工简便,具备大规模推广应用的条件,是与毒饵配合使用的理想防控工具。

#### 4.2 常规施药与装置施药方法比较

传统毒饵施药多是撒施,即把毒饵绕着柞树墩基部均匀撒开,弄出大概 1m 宽的环状药带以在成虫出土时立马毒杀,该方法操作简单且在柞树密集区可用,能有效截断步甲上树的路并在一定程度上管控虫口密度,但是这法子容易被雨水冲、被风刮,毒饵露在外面易受潮变质从而使药效缩短且容易误伤到蚕有风险;诱捕盒装置施药要在柞蚕场的树墩基部挖个跟盒体差不多大的小坑,把装了毒饵的诱捕盒嵌进去让盒口和地面平、底部埋在地下,这样害虫容易进去且能保护毒饵不受自然条件影响,这种方法明显能让毒饵用得久些、诱杀更精准且整体防治效果更好。

#### 4.3 毒饵与装置的配合使用效果

新式毒饵和诱捕盒装置在实际应用中一结合,防治效果就远超传统撒施方式,毒饵作为散发着鱼腥与虾皮味的引诱媒介,强烈吸引黑广肩步甲趋近装置,而诱捕盒结构封闭有效提升毒效集中度,使步甲短时间内大量聚集中毒死亡,常规撒布方法防治率在 75%左右,诱捕装置法却能达到 90%,药效利用率和空间集中度明显提高,并且诱捕盒能让毒饵不接触柞树叶片,极大降低柞蚕本身被毒害的风险,增强整个防控过程的安全性,毒饵和装置协同配合优化了防治流程,提升施药的精准性、经济性与可持续性,为绿色、高效防治害虫提供有力保障,该技术在辽阳及周边地区蚕场逐步推广,应用效果良好,推广前景广阔且实践价值很大。

### 5 新技术优点与施药注意事项

#### 5.1 新毒饵的经济性与操作便捷性

新式毒饵在材料选择与配比方面被科学地优化,成本显著降低且制作效率得以提高。老式毒饵以大豆和鲜鱼为主料,新毒饵与之不同,以价格更便宜的豆粕为主料,并用少量、低成本且易储存的虾皮作引诱增强成分,且豆粕和虾皮按 10:1 配比,这既能满足黑广肩步甲的趋食性需求,又能最大程度减少制作成本,估算一下,新毒饵单位

成本仅是老式毒饵的十分之一,经济适应性良好,大面积蚕场推广使用特别合适。新毒饵操作流程上不用煮制,只需清水泡豆粕适度脱水,加上虾皮和甲虫散药剂搅拌均匀就能投放,从而人力物力省了好多,这一便捷性,毒饵能现制现用,可灵活应对不同区域不同虫情发展变化,田间作业效率和防控响应速度都提高了。

#### 5.2 诱捕装置的持效性与诱引性分析

诱捕盒装置被引入后,毒饵使用的稳定性得到提升且对黑广肩步甲持续诱引与集中杀灭的能力也增强了,该装置用有一定深度、内壁光滑的塑料方便盒,设计合理又好操作,盒体上排水孔均匀分布能有效避免雨水积存从而让毒饵保持干燥、使诱饵释放气味的的时间延长进而延长药效周期,盒体布置得与地面齐平使步甲容易接触毒饵且其下沉式结构让步甲难以逃脱以形成封闭式只进不出的捕杀环境,毒饵集中在诱捕盒里时气味释放腥味更凝聚,诱引效果比直接撒布要好且特别符合夜间成虫高频活动时段的诱捕需求,研究和实践都显示,使用诱捕装置后防治效率能稳定提高 15%,整体防控更环保高效可持续且农药浪费和蚕场污染风险明显减少了。

### 6 结束语

黑广肩步甲作为柞蚕养殖中的主要害虫,其高强度的为害行为对柞蚕产量构成严重威胁。通过推广新型毒饵及诱捕装置的联合应用,不仅显著提升了防治效率,还有效降低了成本,简化了操作流程。新技术在经济性、实用性及持效性方面均表现优越,为柞蚕场提供了科学、高效、绿色的害虫控制技术。在实际应用中,结合精准施药与规范管理,可实现对黑广肩步甲的持续稳定控制,为柞蚕安全生产保驾护航,具有良好的推广应用前景。

#### [参考文献]

[1]董贝,徐佳宁,王建东,等.不同毒饵拌料对韭菜迟眼蕈蚊幼虫趋性及田间防治效果的影响[J].陕西农业科学,2022,68(6):12-16.

[2]洪宜聪.5种植物源农药对黄脊竹蝗毒力及毒饵的制备与防治效果[J].世界竹藤通讯,2020,18(4):13-20.

[3]冯娟,陈典芝.思南县水稻田鼠害发生现状及防治建议[J].现代农业科技,2021(6):127-128.

[4]曾小虎,王思忠,张亮,等.3种毒饵对台湾乳白蚁的毒力探究[J].中华卫生杀虫药械,2021,27(2):166-169.

[5]王疆评,王旭明,王兴旺,等.不同饵料放置方式对岩松鼠核桃危害的防治试验[J].四川林业科技,2021,42(6):64-69.

作者简介:刘雅楠(1984.5—),女,出生于辽宁省辽阳县,工作于辽阳县林业草原事务服务中心,林业工程师,主要负责和参与的林业有害生物防治检疫工作项目。

## 低温分解技术处理农业固废研究进展

彭浩雨<sup>1</sup> 任铁真<sup>1\*</sup> 张锦妮<sup>1</sup> 范卫<sup>2</sup> 邓书礼<sup>3</sup> 张婷婷<sup>3</sup> 马文新<sup>4</sup> 王帅<sup>5</sup> 韩荣<sup>5</sup>

1.新疆大学化工学院, 新疆 乌鲁木齐 841000

2.新疆赛格环保科技有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830017

3.新疆能源科技创新研发中心有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830063

4.新疆慧尔农业集团股份有限公司, 新疆 昌吉 831100

5.新疆轻工职业技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830021

**[摘要]**我国作为农业大国, 农业固废年产量高达40亿吨, 其资源化利用对缓解能源压力、促进可持续发展具有重要意义。与传统技术相比, 低温分解技术通过负氧离子与羟基自由基的协同作用, 实现了低温条件下农业固废的高效分解与资源化, 具有能耗低、适用范围广、产物可循环利用等特点。文中系统梳理了农业固废资源化技术发展及其挑战, 重点分析了电子辅助低温分解技术的原理、优势与应用前景, 以期对农业固废资源化技术的优化与推广提供参考。

**[关键词]**农业固废; 废弃物资源化; 低温分解; 负氧离子; 羟基自由基

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16965

中图分类号: X7

文献标识码: A

### Research Progress on Low-temperature Decomposition Technology for Treating Agricultural Solid Waste

PENG Haoyu<sup>1</sup>, REN Tiezhen<sup>1\*</sup>, ZHANG Jinnihui<sup>1</sup>, FAN Wei<sup>2</sup>, DENG Shuli<sup>3</sup>, ZHANG Tingting<sup>3</sup>, MA Wenxin<sup>4</sup>, WANG Shuai<sup>5</sup>, HAN Rong<sup>5</sup>

1. School of Chemical Engineering and Technology, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang, 841000, China

2. Xinjiang SEGE Environmental Protection Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830017, China

3. Xinjiang Energy Technology Innovation and Research Development Center Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830063, China

4. Xinjiang Hui'er Agriculture Group Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

5. Xinjiang Industry Technical College, Urumqi, Xinjiang, 830021, China

**Abstract:** As a major agricultural country, China has an annual output of up to 4 billion tons of agricultural solid waste. Its resource utilization is of great significance in alleviating energy pressure and promoting sustainable development. Compared with traditional techniques, low-temperature decomposition technology achieves efficient decomposition and resource utilization of agricultural solid waste under low-temperature conditions through the synergistic effect of negative oxygen ions and hydroxyl radicals. It has the characteristics of low energy consumption, wide applicability, and product recyclability. The article systematically summarizes the development and challenges of agricultural solid waste resource utilization technology, with a focus on analyzing the principles, advantages, and application prospects of electronic assisted low-temperature decomposition technology, in order to provide reference for the optimization and promotion of agricultural solid waste resource utilization technology.

**Keywords:** agricultural solid waste; waste resource utilization; low-temperature decomposition; negative oxygen ions; hydroxyl radical

### 引言

我国资源丰富, 总量大, 种类多, 但人均占有量少, 开发难度大, 总体上资源紧缺, 合理高效地利用有限的资源成为现当下中国面临的一大挑战。对农业固废的资源化利用不仅有利于减轻环境负担, 更能减弱能源供应压力, 农业废弃物治理迫在眉睫。当前主流技术(如还田、堆肥、焚烧)存在能耗高、二次污染等问题, 而低温气化节能技术通过电子辅助分解机制, 利用高活性物质促进农业固废在温和条件下的高效分解, 为农业固废处理提供了新思路。

#### 1 农业废弃物资源化传统技术

由于农业精细化、规模化的影响, 农业废弃物种类逐渐增加, 产量不断提高, 据统计, 中国每年农业废弃物产

出量超过40亿吨<sup>[1-2]</sup>。然而, 废弃物利用率却不足30%, 大量废弃物被随意丢弃或排放到环境中, 对城乡生态环境造成巨大影响<sup>[3-4]</sup>。在众多农业固废中, 秸秆还田<sup>[5]</sup>具有处理方式多样、操作简便等特点, 能有效促进农田系统的元素循环, 但还田各流程大多以经验为参照, 缺乏严谨的监测、处理体系, 以至效果良莠不齐, 过量的秸秆还田更可能导致土壤形成大颗粒团聚体, 增大土壤孔隙, 在灌溉和降雨条件下, 极易产生土壤和养分淋失现象, 造成土壤结构恶化和作物产量降低<sup>[6-9]</sup>; 对于大量种植业与养殖业中的固废, 堆肥技术<sup>[10]</sup>, 热分解<sup>[11]</sup>、焚烧发电<sup>[12]</sup>等都被广泛应用。堆肥技术有效地借助了微生物的作用, 将废弃物进行初步处理后还田, 不仅能够改良土壤结构、提高作物

产量,对环境也有清洁作用,但在此过程中,农业废弃物同时也作为微生物培养的基底,对废弃物成分、堆肥方法、温度、湿度、时间等要求较高,适用性窄,堆肥过程中温室气体的大量排放使得堆肥技术不适于在当下大幅推广<sup>[10]</sup>;秸秆还田、微生物堆肥主要体现循环思想,相比之下,焚烧发电更侧重于资源化,洪斌等<sup>[12]</sup>通过对垃圾焚烧发电流程的分析,论证了焚烧发电可以快速将生物质废弃物减量化并产生能源的观点,不仅实现了农业废弃物的资源化,更有助于解决当下资源危机。

上述技术占地面积广、环境污染大,热分解处理技术要求高;新型技术如等离子气化<sup>[13]</sup>、超临界水氧化法<sup>[14]</sup>,虽然处理效果好,流程较简单,但技术尚未成熟,且成本较高,暂时无法得到大规模推行。另外,将废弃物作为添加剂,开发型煤添加剂<sup>[15]</sup>,高炉助燃剂<sup>[16]</sup>等材料,能够在一定程度上缓解废弃物处理压力,同时提高工业产能及产品质量,但这些技术对空间、设备、废弃物种类有着极高要求,仍需进一步优化。郝靖宇等<sup>[17]</sup>通过类比相关文献,指出了热解温度与生物炭成分有关,表明热解炭化工艺可以在保证农业废弃物高效资源化的前提下有效减少有害物质的产生,但其较高的设备要求及高能耗使得推广面临挑战;相比于大规模的焚烧处理,气化可以就地处理,更为灵活。王振名<sup>[18]</sup>通过对生活垃圾等固废进行建模分析后指出生物质经气化后可以产生氢气、一氧化碳等用以供能,气化过程温度较高,能使二噁英等有害物质分解,环境效益强,但气化技术能耗约 0.3~2.0MJ/kg,炭化技术能耗更是高达 1.5~5.0MJ/kg,高能耗必将制约其发展推广。

## 2 低温气化节能技术

负氧离子低温分解技术主要利用电子发生器向空气

中注入电子,使空气中气体分子结构发生变化,产生羟基自由基、负氧离子等高电极电位的活性物质,促进固体废弃物的彻底分解<sup>[19-20]</sup>。设备底部的陶土层在初期蓄热后,为系统内的有机物脱水和挥发分释放等吸收过程提供热量,有机固废形成积碳后到达设备底部,其持续分解释放的热量一部分供给陶土层吸收热量,形成辐射热中心场,另一部分热量供给系统,参与有机物脱水、成碳等过程<sup>[20]</sup>。固废在处理过程中无需辅助热源。装置内部温度自下而上递减,依次形成具有成碳、分解、干燥、脱水功能的区域,最后由装置上方排出的气体温度可降至 100℃以下,分解产物以气体形式排出,在另一装置中通过喷淋得到弱酸性吸收液,经稀释后可反哺农业。剩余气体中 99%为空气,以及 1%左右的 CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub> 等不凝混合气体,经催化净化后可以作为重新返回装置(如图 1 所示)。

Cui 等<sup>[21]</sup>利用负氧离子辅助分解技术在不改变物质成分的前提下实现了稻壳废弃物的低能耗转化。随着下压式反应的深度进行,稻壳中的有机质在反应系统内分解,剩余的无机物 SiO<sub>2</sub> 形成方石英和鳞石英晶体结构,说明羟基自由基的存在可以实现温和环境下的高能量供给。当物料接近辐射热层, SiO<sub>2</sub> 发生玻璃相转化,得到非晶态 SiO<sub>2</sub>,与传统燃烧与热解不同,有机固废借助辐射热环境,在低能耗下羟基自由基能氧化废弃物,将其完全分解,达到废弃物减量化、资源化的目的。

于此之外,负氧离子低温分解技术也使废弃物的分解过程更加可控。在此技术中,作为反应及传热的关键部分,对电子注入效率的控制将对废弃物燃烧过程产生极大影响。电子注入效率的提升将使得废弃物的分解反应更易发生,高温分解区扩大,反应效率提高,废弃物分解更加彻底。同时,这种技术的适应性更强,可应用范围更广。

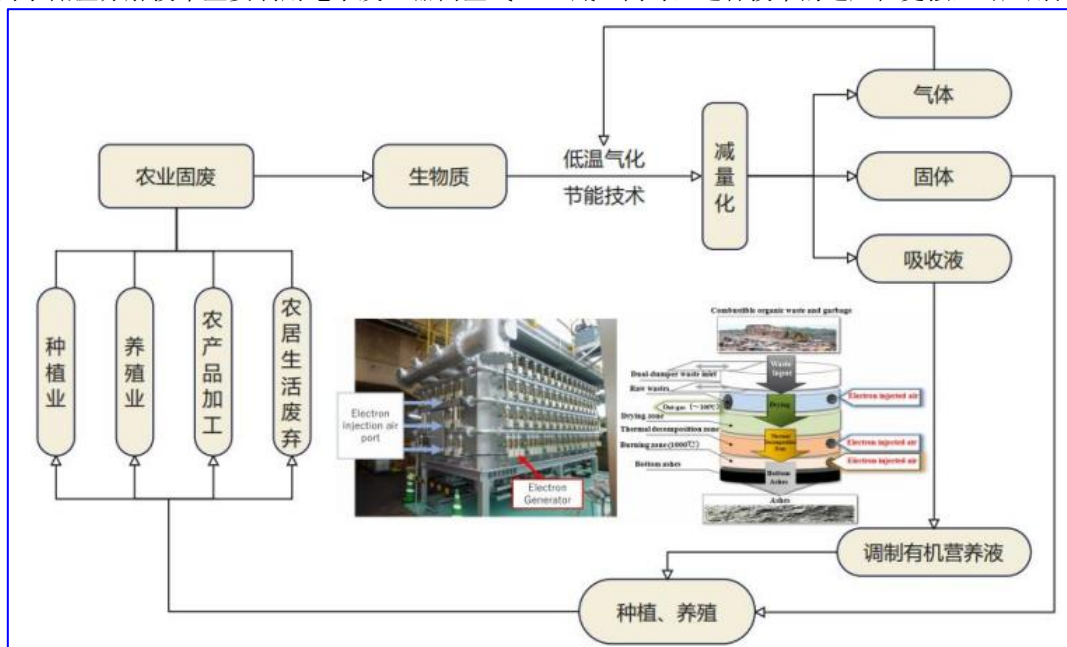


图1 低温气化节能技术流程

通过调节通入气体的组成成分,本技术可利用于各种废弃物的处理。立足于不同种类废弃物的组成结构,对通入气体含氧量、含水率的调整使尾气成分变得可控,符合当下绿色中国的建设需求。与传统气化中以升温达到物质分解的方法相比,电子辅助分解法更倾向于利用物质独特的性质,使物质相互作用达到废弃物分解减量化的目的。电子辅助分解技术的应用,使原本需要高温高压的分解过程<sup>[22]</sup>得以在常压低温下进行,不仅减少了处理过程的能耗,也降低了对装置的要求,炉体无需耐火砖,仅用单极板焊接构造,装置成本降低,大大提高了处理进程的安全系数;农业固废经分解处理后,产物仅有无机灰分和气体。经过适当处理后,灰分和气体均可得到有效利用。

### 3 电子辅助分解产物特性

有机固废进入系统后,有机物以气体形式经冷凝、吸收、除尘、净化单元后,99%的有机组分以焦油和有机溶液形式收集。经过负氧离子处理得到的无机物粒度细,具有较高的孔隙度,不仅可以作为设备蓄热层的储备材料,也可以回田使用,达到保墒保水目的,改善土壤板结程度,并且无机组分中含有钾、硅、铝、钙等多种无机元素,如钾是农作物生长必不可少的营养元素,可以提高酶活性,促进氮磷肥的增产效果,增强农作物保水、吸水的能力,提高作物抗逆性,改良土壤理化性质,提高作物产量,提升作物品质<sup>[23-24]</sup>,同时,无机物中含有农业种植所需的中量和微量元素,如果应用在农业种植,势必能有效补充农作物需要的营养成分;同时,与焚烧后剩余无机物相比,电子辅助分解产物的高孔性和无结焦与结块的特点,可以作为高温耐火砖的原料<sup>[25]</sup>,经过加工处理制成硅系耐火砖,用于焚烧回转窑内衬,减少高温及腐蚀对回转窑设备的危害<sup>[26]</sup>,从而实现再次利用。

有机固废分解后的气体经吸收与除尘处理,含有羧基、酚基、含氮的各类有机分子,以及氨基酸组分,可以作为有机营养液,调节植物生长、改良土壤性质、抗菌防虫。这与生物质热解冷凝液得到的木醋液类似,使农业固废重新回归土壤,以促进农业发展<sup>[27]</sup>。但由于生物质热解过程受植物和工艺限制,高温冷凝收集的液体中含有焦油组分,需要经过长时间静置分离后才能使用。而电子辅助分解尾气在低温环境中进入吸收单元,水溶液中几乎不含有焦油分子,因此可以快速在农业环境中使用。相比于焚烧、堆肥等传统处理方式,电子辅助分解技术不仅避免了高温焚烧产生的二噁英、氮氧化物等有害气体污染,还克服了堆肥过程中耗时长、效率低、易释放甲烷等温室气体的缺点。其产物可直接作为液态肥料施用,显著提升资源利用率,同时减少土壤和水体污染风险,为农业固废的可持续管理提供高效、环保的解决方案。此外,该技术通过低温操作,有效保留生物活性成分,如酚类和氨基酸,进一步增强了

其在土壤改良和植物抗逆性方面的应用潜力。

### 4 结语与展望

低温分解技术能耗低、适用范围广、装置简单,其在农业固废处理中的应用不仅做到了高效减量化,更能促进农业发展,提高经济效益,前景十分广阔;但仍处于实验阶段,在实际生产中仍未实现大规模应用。未来,我们将进一步贴近生产实际,加强产研一体化,使技术走入社会、造福社会。今后随着科技的不断发展,对低温分解技术的深入探索有望使其在废弃物处理领域扮演关键角色,助力人类生产生活向绿色化、可持续发展方向迈进。

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2021D01A03);新疆维吾尔自治区重点研发项目(2022B02038);新疆庭州科技团队育才项目,以及新疆乌鲁木齐红山小组团项目(B241018001)。

#### [参考文献]

- [1]刘坤.农业废弃物资源化利用的现实意义与对策建议[J].环境与发展,2017,29(5):254-256.
- [2]杨少杰,李欣苗,李艳,等.尾菜烧制木炭处理技术[J].现代农业科技,2020(6):161-162.
- [3]王强强,周良田,王凤娟,等.农业废弃物在农业绿色循环发展中的应用[J].绿色科技,2018(19):179-182.
- [4]Koul B, Yakoob M, Shah M P. Agricultural waste management strategies for environmental sustainability [J].Environmental Research,2022(206):112285.
- [5]孙乐,景媛媛,蒋恒,等.农作物秸秆还田研究现状与展望[J].中国草地学报,2024,46(11):130-140.
- [6]Wei Q, Xu J, Sun L, et al. Effects of straw returning on rice growth and yield under water-saving irrigation[J].Chilean journal of agricultural research,2019,79(1):66-74.
- [7]徐岩.有机肥优化土壤微域环境的机制研究[D].吉林:吉林农业大学,2003.
- [8]王如芳,张吉旺,董树亭,等.我国玉米主产区秸秆资源利用现状及其效果[J].应用生态学报,2011,22(6):1504-1510.
- [9]姬强,马媛媛,刘永刚,等.秸秆生物质炭对土壤结构体与活性碳分布、转化酶动力学参数及小麦生长的影响[J].生态学学报,2019,39(12):4366-4375.
- [10]卞荣军,李恋卿.生物质废弃物处理与农业碳中和[J].科学,2021,73(6):22-24.
- [11]Uwaoma R C, Schröer B J, Strydom C A, et al. Kinetics, thermodynamics, and thermal decomposition characteristics of co-pyrolysis of municipality solid waste residue hydrochar and < 1.5g/cm<sup>3</sup> fraction of South African discarded fine coal[J].Bioresource Technology Reports,2022(18):100998.

- [12]洪斌,张凯,王彦军,等.垃圾焚烧发电技术研究进展及其环境效益[J].当代化工研究,2024(15):90-92.
- [13] Sun C-W, Shen J, Ren X-M, et al. Research progress of plasma gasification technology for solid waste treatment[J]. Acta Physica Sinica, 2021, 70(9):095210.
- [14] Pereira M B, Botelho Meireles de Souza G, Romano Espinosa D C, et al. Simultaneous recycling of waste solar panels and treatment of persistent organic compounds via supercritical water technology[J]. Environmental Pollution, 2023(335):122331.
- [15]李毓婷.含碳固废作型煤添加剂的研究及型煤特性分析[D].山西:山西大学,2012.
- [16]魏汝飞.高炉喷吹废弃油脂的可行性及前景[J].节能与环保,2012(3):64-65.
- [17]郝靖宇,陈淑娴,陈祥,等.热解炭化技术在污泥处置中的应用与展望[J].环境工程,2024,42(9):261-275.
- [18]王振名.生活垃圾等固废的气化模拟与含水率特性分析[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2024.
- [19]刘志浩.一体式错流旋转填充床传递特性与应用研究[D].北京:北京化工大学,2022.
- [20] Kobayashi Y, Ismail T M, Kobori T, et al. Experimental investigation on the effect of electron injection into air for thermal decomposition of solid waste[J]. Applied Energy, 2021(295):116999.
- [21]Cui M-J, Muhammad I, Ren T-Z, et al. Preparation of SiO<sub>2</sub> Photocatalyst via Electron-Assisted Thermal Decomposition of Rice Husks and its Application for Chromium (VI) Determination[J]. Silicon, 2025(17):571-583.
- [22]郭怡君,李军,黄宏宇,等.有机固体废弃物热解技术及热解气组成综述[J].新能源进展,2023(2):106-122.
- [23]毛麟瑞.农作物为什么要施钾肥[J].化工之友,2000(2):45.
- [24]赵风兰,刘彩玲.矿物质土壤调理剂的研制与应用[J].浙江农业科学,2015,56(12):2061-2063.
- [25]马淑龙,康剑,杨晨,等.水泥窑用不同铝硅系耐火砖抗碱侵蚀性能研究[J].耐火材料,2023,57(2):131-138.
- [26]周清.危险废物焚烧系统耐火材料应用分析[J].有色冶金设计与研究,2021,42(5):42-44.
- [27]杨柳,唐光木,张云舒,等.农林废弃物热解木醋液的农业应用研究进展[J].江苏农业科学,2024,52(18):18-25.

作者简介:彭浩雨(2006—),女,汉族,河北邢台人,本科在读,新疆大学化工学院,研究方向:碳基固废资源化。

# 辽阳县两种坐标系测绘资料相互转换方法研究

杨智雨

辽阳县林业草原事务服务中心, 辽宁 辽阳 111200

[摘要]文中通过利用手持 GARMIN GPS60 在我县 15 个乡镇分别建立北京 1954 和大地 2000 坐标系的点坐标, 计算出辽阳县北京 1954 坐标系林业测绘资料转大地 2000 坐标系林业测绘资料的参数, 解决了困扰我县多年的林业工作难题。

[关键词]林业测绘资料; 坐标系; 转换; 参数

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16969

中图分类号: P226

文献标识码: A

## Research on the Conversion Method of Surveying and Mapping Data between Two Coordinate Systems in Liaoyang County

YANG Zhiyu

Liaoyang County Forestry and Grassland Affairs Service Center, Liaoyang, Liaoning, 111200, China

**Abstract:** In this article, the point coordinates of Beijing 1954 and Dadi 2000 coordinate systems were established in 15 townships (towns) of our county using a handheld GARMIN GPC60. The parameters for converting forestry surveying data from Beijing 1954 coordinate system to Dadi 2000 coordinate system in Liaoyang County were calculated, solving the forestry work problem that has plagued our county for many years.

**Keywords:** forestry surveying and mapping data; coordinate system; transformation; parameter

### 1 北京 1954 坐标系和大地 2000 坐标系简介

#### 1.1 北京 1954 坐标系简介

北京 1954 坐标系, 是采用苏联克拉索夫斯基椭球体为参照模型建立起来的, 实质上是 1942 年建立的原苏联普尔科沃为原点的坐标系在我国境内的延伸, 我国在 1954 年以此为基础建立的大地坐标系。

#### 1.2 大地 2000 坐标系简介

大地 2000 坐标系, 又称国家大地坐标系, 是我国建立的采用原点位于地球质量中心的坐标系。2008 年 3 月, 由国土资源部正式上报国务院《关于中国采用 2000 国家大地坐标系的请示》, 并于 2008 年 4 月获得国务院批准。自 2008 年 7 月 1 日起, 中国全面启用 2000 国家大地坐标系, 国家测绘局授权组织实施。

### 2 辽阳县北京 1954 坐标系林业测绘资料与大地 2000 坐标系林业测绘资料转换目的

在大地 2000 坐标系正式公布之前, 辽阳县境内林业工作历年积累的测绘资料(如: 林业采伐设计制图; 森林经营二类调查制图; 生态公益林规划用图; 林权登记附图以及各类自然保护区用图; 征占林业用地用图……)均采用北京 1954 坐标系绘制而成。

从 2008 年开始, 我国开始启用大地 2000 坐标系。省林草局、省林业调查规划监测院给各市提供的测绘资料全部采用大地 2000 坐标系, 并且自 2009 年开始, 市级以上林业主管部门接收的测绘资料要求必须是以大地 2000 坐标系为基础测绘的。

为了与省、市林业主管部门提供的测绘资料相衔接, 我们时常需要将现有的北京 1954 坐标系的测绘资料转换成大地 2000 坐标系的测绘资料来完成各项林业工作, 这就是北京 1954 坐标系林业测绘资料与大地 2000 坐标系林业测绘资料转换的目的。

### 3 基本思路

为了将北京 1954 坐标系林业测绘资料转换成大地 2000 坐标系林业测绘资料, 需要将这两种坐标系进行平差转换, 我们要研究北京 1954 坐标系与大地 2000 坐标系之间的参数关系。

用北京 1954 坐标系手持 GPS 和大地 2000 坐标系手持 GPS 在我县 15 个乡镇政府所在地位置分别取点(每种坐标系取 16 个点, 共计 32 个坐标点)。分别计算出两种坐标系对应点之间横坐标平均值之差值  $\bar{X}_1 (X_{2000}-Y_{54})$ , 纵坐标平均值之差值  $\bar{Y}_1 (Y_{2000}-Y_{54})$ , 然后利用 ArcGIS 软件具有的平移功能使两个图层点要素重合。

然而, 在工作实践中我们发现, 以彼此为原图打开平差后的对方图两者并不能完全重合, 我们还需要对此进一步平差。

我们可以打开 ArcGIS 软件, 利用大地 2000 坐标系点图层建立点与北京 1954 坐标系建立点坐标重合, 计算出两者之间横坐标平均值之差值, 纵坐标平均值之差值。我们标记为  $\bar{X}_2$ 、 $\bar{Y}_2$ 。辽阳县境内北京 1954 坐标系与大地 2000 坐标系的最终相互关系, 即:  $X = \bar{X}_1 + \bar{X}_2$ ;  $Y = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2$ 。

### 4 资料的选取和设备的调试准备

#### 4.1 资料的选取

辽宁省林业调查规划监测院 2015 年下发的辽阳县北京 1954 坐标系 MDB 文件（即 2015 年辽阳县森林资源小班区划图）（以下简称北京 1954 坐标系 MDB 文件）；辽宁省林业调查规划监测院提供的 2019 年辽阳县森林资源一张图大地 2000 坐标系的 MDB 文件（即 2019 年辽阳县森林资源小班区划图）（以下简称大地 2000 坐标系 MDB 文件）。

#### 4.2 设备的调试准备

安装 ArcGis 制图软件的计算机。ArcGis 是一款国际通用的功能强大的制图软件，我们要应用其对点坐标的精确捕捉功能来获得北京 1954 坐标系和大地 2000 坐标系下 MDB 文件相同位置点坐标。

### 5 具体操作

#### 5.1 GPS 数据导出并建立各乡（镇）取点表

将两台手持 GPS 数据导出，用  $X_{54}$ 、 $Y_{54}$  来表示北京 1954 坐标系建立的点  $a1 \sim a16$ ；用  $X_{2000}$ 、 $Y_{2000}$  来表示大地 2000 坐标系建立的点  $b1 \sim b16$ ，见表 1。

表 1 辽阳县各乡（镇）取点表

乡（镇）	点号	$X_{54}$	$Y_{54}$	点号	$X_{2000}$	$Y_{2000}$
甜水乡	a1	41547943	4539505	b1	41548012	4539462
河栏镇	a2	41536362	4533655	b2	41536431	4533612
吉洞峪乡	a3	41518095	4516702	b3	41518165	4516659
隆昌镇	a4	41510574	4526492	b4	41510644	4526449
八会镇	a5	41517618	4533416	b5	41517688	4533373
下达河乡	a6	41522632	4541654	b6	41522702	4541611
首山镇东	a7	41517737	4553355	b7	41517807	4553312
首山镇西	a8	41506873	4562786	b8	41506943	4562742
寒岭镇	a9	41547704	4558966	b9	41547773	4558922
小北河镇	a10	41482756	4578188	b10	41482826	4578144
黄泥洼镇	a11	41492427	4576636	b11	41492497	4576592
柳壕镇	a12	41487532	4570785	b12	41487602	4570741
刘二堡镇	a13	41493621	4565652	b13	41493691	4565608
兴隆镇	a14	41501978	4566368	b14	41502048	4566324
穆家镇	a15	41482875	4556220	b15	41482945	4556176
唐马寨镇	a16	41473921	4562906	b16	41473991	4562862

#### 5.2 计算辽阳县北京 1954 坐标系转大地 2000 坐标系偏移值

分别计算出对应点之间横坐标差值  $X_1 = X_{2000} - X_{54}$ ，纵坐标差值  $Y_1 = Y_{2000} - Y_{54}$ ，见表 2。

表 2 各乡（镇）两种坐标点平差表

乡（镇）	$X_1$	$Y_1$
甜水乡	69	-43
河栏镇	69	-43
吉洞峪乡	70	-43
隆昌镇	70	-43

乡（镇）	$X_1$	$Y_1$
八会镇	70	-43
下达河乡	70	-43
首山镇东	70	-43
首山镇西	70	-44
寒岭镇	69	-44
小北河镇	70	-44
黄泥洼镇	70	-44
柳壕镇	70	-44
刘二堡镇	70	-44
兴隆镇	70	-44
穆家镇	70	-44
唐马寨镇	70	-44
平均值	69.8125	-43.5625

计算横、纵坐标平均值：

$$\bar{X}_1 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (X_1); \quad \bar{Y}_1 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (Y_1)$$

$$\bar{X}_1 = 69.8125; \quad \bar{Y}_1 = -43.5625.$$

在第三节基本思路中我们阐述过，在林业工作实践中我们发现，即使代入平差值横坐标  $\approx 70$ 、纵坐标  $\approx (-44)$ ，林地小班要素仍然不能完全重合，这是由于 ArcGIS 制图软件的调节功能造成的。下面我们讨论一下解决的方法。

#### 5.3 在 54 坐标系图层建立与所取点重合的 2000 坐标系的点

在北京 1954MDB 文件图层中建立大地 2000 坐标系点图层，在此图层中建立与北京 1954 坐标系  $a1 \sim a16$  点完全重合的点  $c1 \sim c16$ （可以利用 ArcGIS 制图软件的捕捉功能完成）。见表 3。

表 3 两种坐标点列表

乡（镇）	点号	$X_{54}$	$Y_{54}$	点号	$X$ 在 54 图层上建立大地的 2000 点	$Y$ 在 54 图层上建立的 2000 点
甜水乡	a1	41547943	4539505	c1	41547942	4539425
河栏镇	a2	41536362	4533655	c2	41536361	4533575
吉洞峪乡	a3	41518095	4516702	c3	41518095	4516622
隆昌镇	a4	41510574	4526492	c4	41510574	4526412
八会镇	a5	41517618	4533416	c5	41517618	4533336
下达河乡	a6	41522632	4541654	c6	41522632	4541574
首山镇东	a7	41517737	4553355	c7	41517737	4553275
首山镇西	a8	41506873	4562786	c8	41506873	4562705
寒岭镇	a9	41547704	4558966	c9	41547703	4558885
小北河镇	a10	41482756	4578188	c10	41482756	4578107
黄泥洼镇	a11	41492427	4576636	c11	41492427	4576555
柳壕镇	a12	41487532	4570785	c12	41487532	4570704
刘二堡镇	a13	41493621	4565652	c13	41493621	4565571
兴隆镇	a14	41501978	4566368	c14	41501978	4566287
穆家镇	a15	41482875	4556220	c15	41482875	4556139
唐马寨镇	a16	41473921	4562906	c16	41473921	4562825

#### 5.4 两种坐标点平差

计算辽阳县北京 1954 坐标系与在 54 坐标系上建立的大地 2000 坐标系偏移值。

辽阳县北京 1954 坐标系与大地 2000 坐标系横坐标差值  $X_2=X_{54}-X$  在 54 图层上的 2000 坐标系对应点，纵坐标差值  $Y_2=Y_{54}-Y$  在 54 图层上的 2000 坐标系对应点，见表 4。

表 4 坐标点平差列表

乡(镇)	点号	$X_2$	$Y_2$
甜水乡	1	1	80
河栏镇	2	1	80
吉洞峪乡	3	0	80
隆昌镇	4	0	80
八会镇	5	0	80
下达河乡	6	0	80
首山镇东	7	0	80
首山镇西	8	0	81
寒岭镇	9	1	81
小北河镇	10	0	81
黄泥洼镇	11	0	81
柳壕镇	12	0	81
刘二堡镇	13	0	81
兴隆镇	14	0	81
穆家镇	15	0	81
唐马寨镇	16	0	81
平均值		0.1875	80.5625

$$\bar{X}_2 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (X_2); \quad \bar{Y}_2 = 1/16 \sum_{i=1}^{16} (Y_2)$$

$$\bar{X}_2 = 0.1875; \quad \bar{Y}_2 = 80.5625.$$

我们计算出北京 1954 坐标系相对于大地 2000 坐标系相同点横、纵坐标偏移值为： $X = \bar{X}_1 + \bar{X}_2$ ； $Y = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2$ ，即  $X=69.8125+0.1875=70$ ； $Y=-43.5625+80.5625=37$ 。

#### 6 具体应用

在林业工作中我们需要把北京 1954 坐标系的 MDB 文件转换成大地 2000 坐标系的 MDB 文件，下面我们讨论一下如何利用 ArcGis 软件来完成转换。

首先，用 ArcGIS 软件分别打开北京 1954 坐标系和大地 2000 坐标系的 MDB 文件，将目标图层设置为大地 2000 坐标系图层。复制选中的北京 1954 坐标系的 MDB 文件的要素，将其粘贴到大地 2000 坐标系 MDB 文件图层中。

在开始编辑状态下，在编辑器中选移动项，在 X、Y 增量对话框中分别输入 70 (X)、37 (Y)，回车，保存编辑，完成北京 1954MDB 文件对于大地 2000MDB 文件的平差。

北京 1954 坐标系的 MDB 文件即转换为大地 2000 坐标系的 MDB 文件。

#### 7 误差说明

我们利用 ArcGIS 软件计算出在北京 1954 坐标系与

大地 2000 坐标系建立的各乡(镇)点要素横、纵坐标偏移值，这个偏移值是基于笛卡儿二维坐标系的平移值。由于地球呈现几乎是正球体形状，故而要想得到最精确的坐标转换方式还需要进行些微的旋转。在小范围内(比如在辽阳县范围内)通过工作实践得出这个旋转度几乎可以忽略不计。

#### 8 后记

①利用转换参数将省林业调查规划设计院下发的 2018 年森林督查判读斑块(大地 2000 坐标系林业测绘资料转换为北京 1954 坐标系林业测绘资料)下发到乡(镇)林业站进行了实际调查；

②利用转换参数将辽阳县采伐设计、造林、产业图班(北京 1954 坐标系)转换为大地 2000 坐标系图斑，并完成了森林资源管理“一张图”年度更新工作；

③利用转换参数将我县造林地块和产业地块坐标值(北京 1954 坐标系)转换为大地 2000 坐标系的坐标值，成功地上报到省林草局造林录入软件中；

.....

经过多次工作实践的验证，我们得到的北京 1954 坐标系相对于大地 2000 坐标系的增量值  $X=70$ ； $Y=37$  在我们辽阳县地区的林业工作中完全适用。

#### [参考文献]

- [1]张华海.GPS 测量原理与用[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998.
  - [3]国家林业和草原局西北调查规划设计院《2019 年全国森林督查技术方案解读》[Z].
  - [4]汤国安,杨晰.ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程(第二版)[M].北京:科学出版社,2012.
  - [5]成英燕,王华,徐彦田,等.2000 大地坐标系实用手册[M].北京:测绘出版社,2024.
  - [6]党亚民.大地坐标系及其应用[M].北京:测绘出版社,2024.
  - [7]朱华统,杨喜元,吕志平.GPS 坐标系统的变换[M].北京:测绘出版社,1994.
  - [8]E.J.克拉基夫斯基.GPS 坐标系统的变换[M].北京:测绘出版社,1980.
  - [9]国家测绘局大地测量数据处理中心.1954年北京坐标新地形图在 1980 西安坐标系中使用方法说明(内部资料)[M].北京:测绘出版社,1980.
  - [9]李进强.基于 ArcGIS Engine 地理信息系统开发技术与实践[M].武汉:武汉大学出版社,2017.
  - [10]晁怡,郑贵洲,杨乃.ArcGIS Engine 地理信息系统分析与应用[M].北京:电子工业出版社,2018.
- 作者简介: 杨智雨(1975.10—),男,辽宁省辽阳县人,汉族,林业工程师,就职于辽阳县林业草原事务服务中心,从事林业调查规划设计,森林病虫害监测等工作。

## 浅谈屠宰疑病胴体加工间排水消毒处理的研究与设计

赵岩<sup>1</sup> 李拓<sup>2</sup>

1. 华商国际工程有限公司, 北京 100069

2. 广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510062

[摘要] 由于本行业废水排放的特殊性, 多年来一直没有针对屠宰急宰间及无害化处理间排水消毒处理的标准图集或规范要求, 文章讨论了屠宰疑病胴体加工间排水的消毒处理工艺、加药装置及消毒池构造的研究与设计。消毒处理工艺以氯片为消毒剂, 采用“沉淀池—氯片消毒器—接触池”的处理流程, 并集成沉淀池、氯片消毒器和接触池为消毒池。依据相关规范、图集和技术手册, 确定参数, 研究与设计加药装置、消毒池的构造和尺寸。

[关键词] 疑病胴体排水; 消毒; 氯片; 沉淀池; 接触池

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16967

中图分类号: X703

文献标识码: A

### Brief Discussion on the Research and Design of Drainage Disinfection Treatment in the Processing Room of Suspected Carcass during Slaughtering

ZHAO Yan<sup>1</sup>, LI Tuo<sup>2</sup>

1. Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

2. Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510062, China

**Abstract:** Due to the particularity of wastewater discharge in this industry, there has been no standard atlas or specification requirement for disinfection treatment of drainage in slaughter emergency rooms and harmless treatment rooms for many years. This article discusses the research and design of disinfection treatment technology, dosing device, and disinfection tank structure for drainage in slaughter suspected ketone body processing rooms. The disinfection process uses chlorine tablets as disinfectants and adopts a treatment process of "sedimentation tank - chlorine tablet sterilizer - contact tank", integrating sedimentation tank, chlorine tablet sterilizer, and contact tank as disinfection tanks. Based on relevant specifications, atlases, and technical manuals, determine parameters, research and design the construction and dimensions of dosing devices and disinfection tanks.

**Keywords:** suspected disease ketone body drainage; disinfect; chlorine tablets; sedimentation tank; contact tank

近年来, 我国动物疫病防控体系面临严峻挑战。据农业农村部监测数据显示, 全国 31 个省份中, 近五年有 28 个省报告过布鲁氏菌病疫情, 年均感染人数超过 3 万例; 炭疽病在畜牧主产区呈现周期性暴发态势, 仅 2021 年内内蒙古自治区就报告牲畜感染病例超千例; 奶牛结核病阳性率虽控制在 0.03% 以下, 但在个别中小养殖场仍存在防控漏洞。更为严峻的是, 非洲猪瘟、高致病性禽流感等重大动物疫病与日俱增的跨境传播风险, 仅 2022 年农业农村部就通报处置各类动物疫情 62 起, 涉及生猪、家禽等主要畜禽品种。典型案例的警示作用尤为突出。2005 年四川猪链球菌事件导致 215 人感染、39 人死亡, 调查显示疫情起源于违规处置的 200 余头病死猪; 2013 年 H7N9 禽流感造成全国 134 例确诊、45 例死亡, 溯源发现活禽市场是主要传播节点。这些事件暴露出基层无害化处理体系的薄弱环节: 部分养殖场户为降低损失, 通过地下渠道以每头 50~200 元价格非法销售病死猪; 个别屠宰场使用工业盐腌制变质肉品; 边远地区仍存在随意丢弃、土法掩埋等现象。根据国家制定的动物疫病处理规范, 大量病死动物需要扑杀无害化处理, 以确保动物疫病及时控制和净

化, 确保病死畜禽不出场、不运输、不屠宰、不销售, 确保人民群众食用安全。

#### 1 屠宰疑病胴体加工间排水的来源及特点

屠宰加工厂作为消费者获取畜禽肉类制品重要环节, 病死动物、疑病胴体的无害化处理至关重要。2022 年 7 月 1 日, 国家农业农村部制定并颁布了《病死畜禽和病害畜禽产品无害化处理管理办法》, 要求从事畜禽饲养、屠宰、经营、隔离等活动的单位和个人, 应当承担主体责任, 按照本办法对病死畜禽和病害畜禽产品进行无害化处理, 或者委托病死畜禽无害化处理场处理。畜禽养殖场、养殖户、屠宰厂(场)、隔离场应当及时对病死畜禽和病害畜禽产品进行贮存和清运。畜禽养殖场、屠宰厂(场)、隔离场委托病死畜禽无害化处理场处理的, 应当符合以下要求: ①采取必要的冷藏冷冻、清洗消毒等措施; ②具有病死畜禽和病害畜禽产品专用输出通道; ③及时通知病死畜禽无害化处理场进行收集, 或自行送至指定地点。屠宰加工厂中设置了急宰化制间、疑病胴体加工间等处理屠宰过程中发现的病害尸体及疑病胴体等。

疑病胴体加工间排水来源包括:

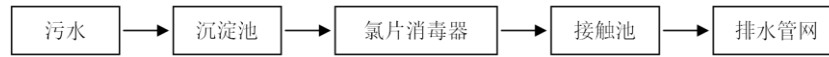


图 1 急宰间及疑病胴体加工间污水处理消毒工艺流程

表 1 污水在消毒接触池中的接触时间和余氯量

医院类别	接触时间 (h)			余氯量 (mg/L)		
	一级标准	二级标准	三级标准	一级标准	二级标准	三级标准
医院、兽医院和医疗机构的含病原体污水	≥1.0	≥1.0	≥1.0	<0.5	>3	>2
传染病、结核病医院的污水	≥1.5	≥1.5	≥1.5	<0.5	>6.5	>5

### (1) 病畜处理环节

①酮体分解清洗水：对病畜胴体（因疾病代谢异常可能积累的酮类物质）进行分割、清洗时产生的废水。

②消毒冲洗水：使用高浓度消毒剂（如次氯酸钠、过氧乙酸）对设备和场地消毒后的废水。

③病理废弃物处理水：病畜内脏、病变组织等危险废弃物的暂存或预处理过程中产生的渗滤液。

### (2) 加工设备清洗

接触病畜胴体的刀具、操作台、输送带等设备的冲洗水，含油脂、血液及组织碎屑。

### (3) 化学药剂残留

处理病畜时可能使用防腐剂、抗生素或化学消毒剂，残留液混入排水系统。

排水具有高浓度有机物、病原微生物风险、悬浮物与油脂含量高、异味与色度问题等特点。尤其在处理畜禽病体的过程中产生的油脂、肉末、动物粪便等杂质难以处理，因此，《猪屠宰与分割车间设计规范》（GB 50317—2009）第 8.1.7 条和《牛羊屠宰与分割车间设计规范》（SBJ 08—2007）第 8.1.8 条要求，在急宰间及疑病胴体加工间设置冷热水管及消毒用热水管。病菌藏匿于油脂、肉末、动物粪便之中，随冲洗水进入排水管网，为避免造成二次污染，急宰间及疑病胴体加工间排除的污水须先收集、沉淀和消毒处理后，才准许排入厂区内排水管网。

## 2 消毒方法的论述

由于本行业废水排放的特殊性，多年来一直没有针对屠宰急宰间及无害化处理间排水消毒处理的标准图集或规范要求，急宰间及疑病胴体加工间排水具有流量小、受病菌污染等特点，以往是参照小型医院和门诊部排水的处理方法对肉类屠宰急宰间及无害化处理间排水进行消毒处理。

选择高效消毒剂用于处理屠宰疑病胴体加工间排水处理是决定消毒设备的关键。目前用于污水消毒的方法很多，诸如二氧化氯消毒、臭氧消毒、液氯消毒、次氯酸钠消毒和漂白粉消毒等，制备方法、操作及管理水平要求比较高，但屠宰急宰间及无害化处理间排水具有污水量小，污染浓度高等特点，采用以上消毒方式显然是不合适的。氯片消毒是利用氯片中所含的有效氯成分随污水流量变化而定量溶出，在污水中保持基本稳定地余氯量而达到定比投氯和消毒，并且，氯片储存、运输和供应方便，因此，采用氯片作为污水处理的消毒剂。

排水具有悬浮物、油脂含量高等特点，为保证消毒效果，必须对排水进行预处理，经过预处理去除污水中肉沫、动物粪便等固体杂质，减少后续消毒设备的堵塞。

## 3 消毒工艺的设计

利用氯片消毒器进行消毒时，需要有一定的构筑物 and 附加设备与其配套，才能达到良好的消毒效果。常用的配套构筑物包括沉淀池、消毒池、接触池等。

参照小型医院污水处理消毒流程，设计急宰间及疑病胴体加工间污水处理消毒流程如图 1 所示。

污水设计流量：急宰间及疑病胴体加工间内设冷热水管及消毒用热水管，主要用于冲洗地面、消毒及洗涤池用水等，根据以往设计经验可知，急宰间内布置冲洗龙头数量为 4~5 个，洗涤池 2~3 个，疑病胴体加工间内布置冲洗龙头数量为 1~2 个，根据《建筑给水排水设计规范》（GB 50015—2003）要求，室内地面冲洗水嘴额定流量为 0.20L/s，混合水嘴洗涤池额定流量为 0.15~0.20L/s，经计算，急宰间及疑病胴体加工间用水量为 1.5~5.5m<sup>3</sup>/h，取污水量为用水量的 90%，即急宰间及疑病胴体加工间用水量为 1.4~5.0m<sup>3</sup>/h。因此，消毒处理系统设计流量取 5.0m<sup>3</sup>/h。

沉淀池：急宰间及疑病胴体加工间污水直接经过氯片消毒器进入接触池，污水中肉沫、动物粪便等固体杂质会堵塞氯片消毒器，影响处理流程，因此，污水须经沉淀池对固体杂质处理后方可进入后续处理。根据《室外排水设计规范（2014 版）》（GB 50014—2006）第 6.5.1 条要求，沉淀池的沉淀时间为 0.5~2.0h，由于污水中肉沫、动物粪便等固体杂质颗粒较大，易于沉淀，沉淀时间短。因此，设计沉淀时间取 0.5h。根据公式  $V=Q \times h$  可知，沉淀池有效容积为 2.5m<sup>3</sup>。污水经过沉淀池的水头损失取 0.15m。

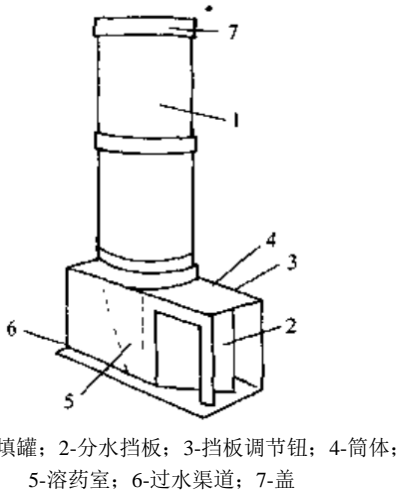
接触池：接触池的容积根据接触时间来确定。根据《医院污水处理设计规范》（CECS07:2004）第 4.0.8.1 条要求，以氯为消毒剂时，污水在消毒接触池中的接触时间和余氯量应按表 1 确定。

兽医院污水在消毒接触池中的接触时间不小于 1.0h，因此，确定急宰间及疑病胴体加工间污水在消毒接触池中的接触时间为 1.0h。根据公式  $V=Q \times h$  可知，接触池有效容积为 5.0m<sup>3</sup>。接触池加设玻璃钢导流板，导流板由挡板 1 和挡板 2 组成，挡板尺寸均为 1.5m×0.7m，挡板 2 上有 0.4m×0.3m 孔洞，如图 9 所示。水流槽宽度和高度比不宜大于 1:1.2，长度和宽度比不宜小于 20:1。接触池因加

氯后污水呈酸性，内壁涂两道过氯乙烯防腐漆，所有管道支架、铁爬梯均外刷聚氯乙烯防腐漆两道。接触池进出口底部垂直高差必须保证不小于 200mm，以保证污水水头能冲散氯片不断溶解。污水经过接触池的水头损失为 0.20m。

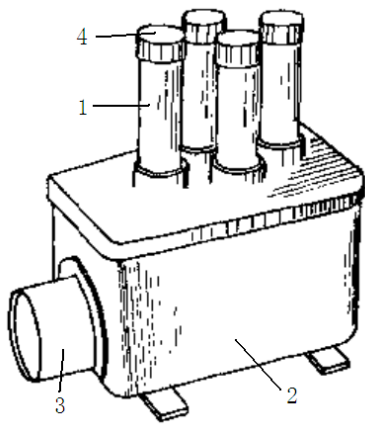
#### 4 加药装置的研究与设计

氯片消毒器：氯片消毒器是一种靠水流溶解氯片的自动定比加氯装置。氯片消毒器有筒式和管式，筒式的氯片筒为一单筒，见图 2 所示。管式的氯片筒由多个管子组成，如图 3 所示。多管式比筒式使用可靠，因此，采用多管式氯片消毒器。



1-氯片充填罐；2-分水挡板；3-挡板调节钮；4-筒体；  
 5-溶药室；6-过水渠道；7-盖

图 2 筒式消毒器

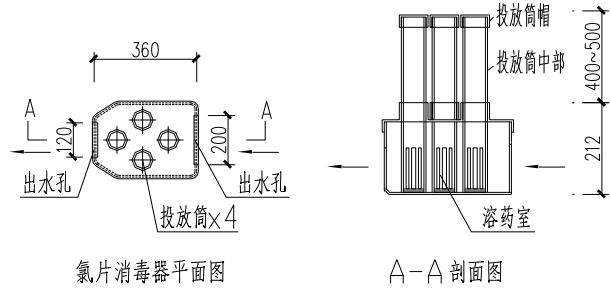


1-氯片投放筒；2-溶药室；3-进水口；4-盖

图 3 管式消毒器

图 3 中，氯片投放筒 1 内装有氯片，下部是设有条栅的溶药室 2，污水由进水口 3 流经条栅，与其中的氯片接触，随着水流的通过，氯片不断地溶解。氯片又可以依靠重力自然补充其被溶解掉的部分。氯片的溶解量与水流速度和被淹没的深度以及水温有关。水流速度和水深随污水量而变化，水量越大，则水流速度越快，水也越深，氯片溶解得就多；反之溶解得就少。这样，就使得流过消毒器后的污水中保持相对稳定的余氯量，从而达到有效消毒的目的。

氯片消毒器采用玻璃钢或聚氯乙烯塑料板制作。各部分尺寸及做法如图 4 所示（单位：mm）：



氯片消毒器平面图 A-A 剖面图

图 4 氯片消毒器制作图

氯片消毒器放置在接触池进水孔处的加氯槽内，加氯槽由支架固定在进水孔处，支架做法如图 7 所示，加氯槽宽度比进水孔大 0.100m，以保证污水能够完全流经氯片消毒器。加氯槽采用与氯片消毒器相同材质制作。各部分尺寸及做法如图 5 所示（单位：mm）：

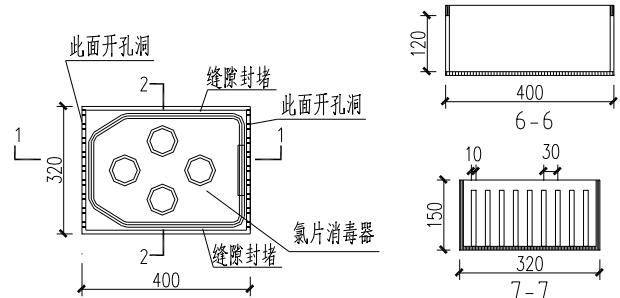


图 5 加氯槽制作图

氯片消毒器内氯片添加量不宜过多，每管一次填量高度不超过 200mm。管理人员应按时消除消毒片残渣，保证消毒片溶解速度。

#### 5 消毒池构造的整体设计

消毒池平面尺寸为 4.6m×1.9m，池内由隔墙分隔为 2 个池，沉淀池平面净尺寸为 3.0m×1.5m，有效容积为 2.5m<sup>3</sup>，接触池平面净尺寸为 1.0m×1.5m，有效容积为 5.0m<sup>3</sup>。平面布置图如图 6 所示，剖面图如图 7、8 所示（单位：mm）。

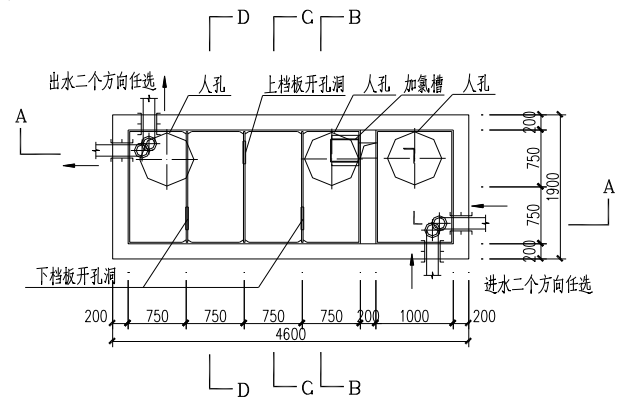


图 6 消毒池平面图

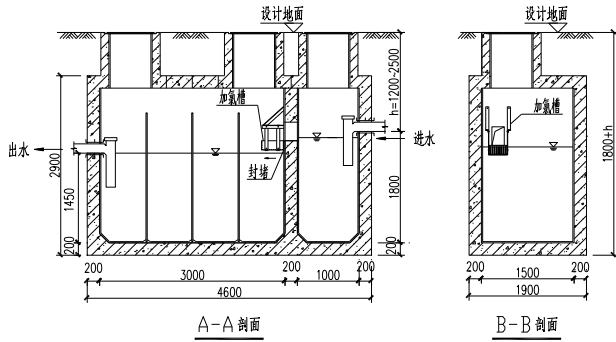


图7 消毒池 A-A 和 B-B 剖面图

消毒池进水管穿池壁,采用柔性防水套管,均可由图示中两个方向进出水体,根据实际情况确定具体方向。沉淀池出水孔(同为接触池进水孔)尺寸为 $0.3\text{m}\times 0.2\text{m}$ ,出水孔底端低于进水管管底 $0.15\text{m}$ 。加氯槽由支架固定在出水口,氯片消毒器放置其中,加氯槽两端均制成格栅状,保证污水顺利流经氯片消毒器,并能防止悬浮物进入消毒器内影响效果。接触池由玻璃钢导流板分隔成4条廊道,廊道宽度为 $0.75\text{m}$ ,第一道导流板上过水孔与进水孔在纵横方向错开,其他导流板上过水孔均与前一道导流板上孔洞在纵横方向错开,如图9所示,保证污水在廊道内与氯的接触时间,同时增加水流扰动提高污水与氯的接触。消毒池进水管管底比出水管高 $0.35\text{m}$ 。

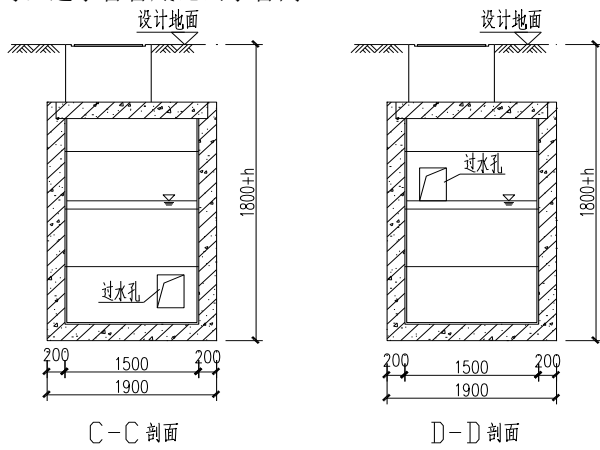


图8 消毒池 C-C 和 D-D 剖面图

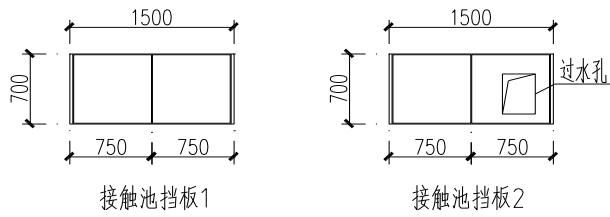


图9 导流板制作图

如图7所示,消毒池进水管管底距池底高度为 $1.80\text{m}$ ,污水经过沉淀池的水头损失为 $0.15\text{m}$ ,沉淀池出水孔孔底距池底高度为 $1.65\text{m}$ ,即沉淀池有效水深为 $1.65\text{m}$ ,污水

经过接触池的水头损失为 $0.20\text{m}$ ,消毒池出水管管底距地面高度为 $1.45\text{m}$ ,即接触池有效水深为 $1.45\text{m}$ 。因此,沉淀池有效容积为 $2.50\text{m}^3$ ,沉淀时间为 $0.5\text{h}$ ,满足规范要求;接触池有效容积为 $6.50\text{m}^3$ ,接触时间为 $1.3\text{h}>1.0\text{h}$ ,满足规范要求。

## 6 结语

消毒池系统采用模块化结构设计,消毒池集沉淀池、氯片消毒器和接触池于一池,设计参数均满足《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92)、《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)和《室外排水设计规范》(GB 50014—2021)要求,通过功能分区实现物理沉淀、化学消毒与接触反应的高效协同。首先,废水进入沉淀区,利用重力沉降原理去除悬浮物(SS去除率达70%以上),为后续消毒创造理想条件;随后,水流经内置氯片消毒器,缓释型氯片通过精确投加(余氯浓度控制在 $2\text{-}5\text{mg/L}$ )实现广谱杀菌,对大肠杆菌、沙门氏菌等病原微生物灭活率超过99.9%;最后,接触池通过设计30分钟以上的水力停留时间,确保消毒剂与废水的充分反应,彻底消除病原体扩散风险。该集成设计较传统工艺节省占地40%以上,且避免了多池体串联导致的管道堵塞和能量损耗。因此,消毒池具有占地面积小,易于管理等特点,屠宰急宰间及无害化处理间排水先经过消毒池进行消毒处理后,杀死了污水中病原菌,消除了二次污染的隐患,对整个厂区及后续的污水处理工程起到了保护作用。消毒池已在本院设计的多个屠宰加工厂应用,取得了良好的效果,为后续生化处理单元提供可靠预处理保障。未来,随着屠宰行业环保要求的持续提升,这种高效集约化的处理模式将成为废水消毒领域的主流解决方案,为食品安全生产和生态环境保护提供双重保障。

## [参考文献]

- [1]中国建筑工业出版社.给水排水设计手册(第二版)第2册[Z].
  - [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑给水排水设计规范(2009版)(GB50015-2003)[Z].
  - [3]中华人民共和国住房和城乡建设部.室外排水设计规范(2014版)(GB50014-2006)[Z].
  - [4]中华人民共和国商务部.牛羊屠宰与分割车间设计规范(SBJ08-2007)[Z].
  - [5]中华人民共和国住房和城乡建设部.猪屠宰与分割车间设计规范(GB50317-2009)[Z].
  - [6]中国计划出版社.医院污水处理设计规范(CECS07:2004)[Z].
  - [7]俞国军,赵军,朱家新,等.浅议畜禽病害肉尸及其产品无害化处理[J].上海畜牧兽医通讯,2006(4):25.
- 作者简介:赵岩(1986.1—),男,汉族,黑龙江省大庆市,硕士,华商国际工程有限公司,高级工程师。

## 浅析兰炭（半焦）酚氨废水恶臭处理工艺创新与实践

李萌<sup>1\*</sup> 周春云<sup>2</sup>

1.北京新林环境科技有限公司, 北京 100089

2.北京林业大学, 北京 100083

**[摘要]**兰炭（半焦）酚氨废水是煤化工行业高污染、难处理的典型废水之一，其成分复杂且恶臭物质种类繁多，对环境和人体健康危害显著。文章系统分析了兰炭酚氨废水的理化特性及恶臭来源，结合现行恶臭治理标准的演变，提出了一套集化学催化氧化、生物滤池与活性炭吸附协同的改进工艺，并通过工程案例验证了其高效性与稳定性。结果表明，该工艺对硫化氢、氨气、VOCs等恶臭物质的去除效率超过90%，排放指标优于国家标准，为兰炭行业废水恶臭治理提供了技术参考。

**[关键词]**兰炭（半焦）酚氨废水；改进工艺；废水治理

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16984

中图分类号: X703

文献标识码: A

### Analysis of the Innovation and Practice of Odor treatment Process of Coke (Semi-coke) Phenolic Ammonia Wastewater

LI Meng<sup>1\*</sup>, ZHOU Chunyun<sup>2</sup>

1. Beijing Synling Environmental Technology Co., Ltd., Beijing, 100089, China

2. Beijing Forestry University, Beijing, 100083, China

**Abstract:** Coke (semi-coke) phenol ammonia wastewater is one of the typical highly polluted and difficult to treat wastewater in the coal chemical industry. Its composition is complex and there are various types of odorous substances, which pose significant hazards to the environment and human health. The article systematically analyzes the physicochemical properties and odor sources of orchid charcoal phenol ammonia wastewater, and proposes an improved process that integrates chemical catalytic oxidation, biological filter, and activated carbon adsorption in conjunction with the evolution of current odor control standards. The efficiency and stability of the process are verified through engineering cases. The results showed that the removal efficiency of this process for odorous substances such as hydrogen sulfide, ammonia, VOCs exceeded 90%, and the emission indicators were better than the national standards, providing technical reference for the treatment of odorous wastewater in the orchid charcoal industry.

**Keywords:** coke (semi-coke) phenol ammonia wastewater; improvement process; wastewater treatment

#### 1 兰炭酚氨废水特点及恶臭来源

兰炭废水(酚氨废水)是煤在中低温干馏(500~650℃)过程中产生的废水,主要来源于冷却洗涤煤气的循环水和化产过程中的分离水。通常油含量高达5000~10000mg/L,酚含量高达10000~20000mg/L, COD 高达38000~65000mg/L。油较大部分为乳化油,物理方法很难处理掉,这类废水具有高浓度、高毒性、难降解等特点<sup>[1]</sup>,是煤化工行业废水处理的重点和难点之一,同时这种废水还产生强烈的刺激性气味,对周围环境和人体健康造成极大负面影响,因此,兰炭废水恶臭治理问题已经引起了有关部门的关注,并已经作为大气污染治理中的一项重要内容。

由于兰炭酚氨废水成分复杂<sup>[2]</sup>,也导致其在处理过程中排放出含量较高的挥发性有机物(VOCs)<sup>[3]</sup>和恶臭气体,给周边环境及人体造成极大负面影响,酚氨废水的恶臭来源主要有(见表1):

此外,兰炭废水中的油含量一般为1500~5000mg/L,主要成分为焦油、石脑油、乳化油<sup>[4]</sup>,这些油类物质也会

带到排放的废气中,使得废气及恶臭处理中必须考虑油类物质的去除。

从酚氨废水处理流程来看,恶臭产生的来源主要包括调节池、除氢反应池集水池、隔油池、事故池、生化池以及污泥处理等区域。在近年来越来越多的酚氨废水处理项目中,恶臭处理成为一项日益重要的工作,对确保低阶煤(兰炭)废水处理工程的整体效果具有重要意义,对恶臭治理工作在最终效果、达标排放、稳定运行以及成本控制等方面都提出了越来越高的要求。

#### 2 兰炭酚氨废水恶臭治理现状

我国目前的恶臭排放控制标准主要是依据1993年8月6日颁布的《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)<sup>[5]</sup>,该标准于1994年01月15日正式实施,该标准颁布于三十年前,早已难以适应当前的环境治理需要,2018年12月8日生态环境部发布了《恶臭污染物排放标准(征求意见稿)》,对8种恶臭污染物的排放限值和周界浓度限值进行了更加严格的限制,此外还完善了污染物排放控制要求

和监测要求，强化了恶臭污染物排放单位的主体责任等，但由于该标准一直未正式颁布，因此目前全国统一的恶臭排放标准仍然执行 93 标准，但在实际中许多地区已经参考 2018 年征求意见稿进行操作，或者制订了更为严格的地方新标准，例如天津《恶臭污染物排放标准》(DB 12/059—2018) 在保留原标准 6 个控制项目基础上，增加了 11 项恶臭污染物排放控制项目，上海 2017 年 1 月 26 日发布了《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB 31/1025—2016)，在恶臭 9 项基础上又增加了 13 项指标。北京于 2022 年 8 月 5 日发布了迄今为止最严格的《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 11/2007—2022)，增加了非甲烷总烃和甲烷指标，臭气浓度指标降低至 600。山东省针对有机化工企业污水处理厂(站)的恶臭污染物规定了排放标准，根据《有机化工企业污水处理厂(站)挥发性有机物及恶

臭污染物排放标准》(DB 37/3161—2018)，其中除了硫化氢和氨，还针对性地对苯系物、酚类和 VOCs 进行了规定。

从上述标准的演变可以看出，当前我国随着大气污染防治攻坚战持续深入推进，恶臭治理要求日益严格，同时非甲烷总烃的监测将成为未来的重点，这也为除臭工艺的改进提供了方向。

### 3 兰炭酚氨废水恶臭治理工艺创新

#### 3.1 恶臭治理工艺概述

目前污水处理厂工程上常用恶臭气体处理技术主要有生物滤池、生物滴滤、化学除臭、活性炭吸附、植物提取液除臭、高能离子除臭、活性氧技术等<sup>[6]</sup>，对各种除臭技术也有很多文献进行过研究，各自具有不同的优缺点和用途，下面针对兰炭废水所产生的废气进行针对性的分析。

表 1 兰炭酚氨废水恶臭来源及产生原因

异味类型	主要来源化合物	产生原因
酚类异味	苯酚、甲酚、二甲酚等酚类化合物	酚类物质具有强烈的刺激性气味，易挥发，是酚氨废水的主要异味来源之一。
氨臭味	氨 (NH <sub>3</sub> )	废水中高浓度的氨氮在碱性条件下易转化为氨气，产生刺鼻的氨臭味。
硫化氢臭味	硫化氢 (H <sub>2</sub> S)	废水中的硫酸盐在厌氧条件下被还原为硫化氢，产生典型的“臭鸡蛋”气味。
硫醇类异味	甲硫醇、乙硫醇等硫醇类化合物	硫醇类物质具有强烈的恶臭，即使在低浓度下也能产生明显的异味。
挥发性有机物 (VOCs) 异味	苯、甲苯、二甲苯等苯系物，以及多环芳烃 (PAHs) 等	这些有机物易挥发，具有刺激性气味，是酚氨废水异味的重要来源。
脂肪酸类异味	乙酸、丙酸等低级脂肪酸	脂肪酸在厌氧条件下产生，具有酸臭味，尤其在废水储存或处理过程中易挥发。
胺类异味	甲胺、乙胺、二甲胺等胺类化合物	胺类物质具有鱼腥味或腐败味，是氨氮在特定条件下转化的产物。
醛类异味	甲醛、乙醛等低分子醛类	醛类物质具有强烈的刺激性气味，通常在氧化或降解过程中产生。
酮类异味	丙酮、丁酮等酮类化合物	酮类物质具有特殊的甜味或刺激性气味，是部分有机物降解的中间产物。
杂环化合物异味	吡啶、喹啉等含氮杂环化合物	这些化合物具有强烈刺激性气味，是煤热解过程中产生的典型污染物。

表 2 新旧指标对比

序号	控制项目	单位	排放限值 《恶臭污染物排放标准》GB 14554—93	排放限值 《恶臭污染物排放标准》GB 14554—201X 征求意见稿	排放限值 《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》DB 11/2007—2022	排放限值 <sup>a</sup> 《有机化工企业污水处理厂(站)挥发性有机物及恶臭污染物排放标准》DB 37/3161—2018
1	氨	Kg/h	4.9	0.6	0.6	1.0
2	三甲胺	Kg/h	0.54	0.15	/	/
3	硫化氢	Kg/h	0.33	0.06	0.03	0.1
4	甲硫醇	Kg/h	0.04	0.006	0.006	/
5	甲硫醚	Kg/h	0.33	0.06	/	/
6	二甲二硫醚	Kg/h	0.43	0.15	/	/
7	二硫化碳	Kg/h	1.5	1.5	/	/
8	苯乙烯	Kg/h	6.5	3.0	/	/
9	臭气浓度	无量纲	2000	1000	600	800
10	非甲烷总烃	Kg/h	无要求	无要求	3.0	/
11	苯系类	Kg/h	/	/	/	1.6
12	酚类 <sup>a</sup>	Kg/h	/	/	/	0.07
13	VOC	Kg/h	/	/	/	5.0

(备注：指标为新建项目，15m 排气筒有组织排放的限值数据；<sup>a</sup>C251 精炼石油产品制造与 C252 煤炭加工行业执行该标准)

### 3.1.1 生物滤池

生物滤池主要是利用微生物将臭气组分进行分解的方法,其中微生物附着在生物箱体中的炭质填料或火山岩填料上,使得臭气得以降解。生物滤池除臭效果较好,但由于微生物的生长和代谢活动对环境条件较为敏感,兰炭废水中的油脂,以及难生物降解的恶臭物质,很难通过生物法进行分解,且生物滤池对进气浓度有一定限制,臭气浓度过高可能会抑制微生物的活性,甚至导致微生物死亡,影响处理效果,因此兰炭行业的酚氨废水臭气处理必须要进行预处理后才能进入生物滤池。

### 3.1.2 生物滴滤

生物滴滤与生物滤池一样,采用的是生物降解法,内有一层或多层填料,填料表面是由微生物附着形成的生物膜。臭气组分从塔底进入生物滴滤塔,在上升的过程中与润湿的生物膜接触而被净化,净化后的气体由塔顶排出。与生物滤池类似,生物滴滤技术很难去除高浓度难降解的恶臭物质。

### 3.1.3 化学除臭

化学除臭法是用化学介质与硫化氢、氨等物质进行中和反应,从而达到除臭目的。废气与喷淋液进行气液两相充分接触吸收,其中酸性喷淋液去除废气中的氨气及三甲胺等碱性物质,碱性喷淋液去除废气中的硫化物,如二氧化硫及硫化氢等,从而达到除臭的目的。通过调整填料的高度和厚度,以及对喷淋嘴的改进,增大水气接触面积,使气体在塔内停留时间加长,这样就能充分降解废气中的酸性、碱性及油类气体成分。此外,与生物法相比,化学喷淋塔占地面积较小,投资成本较低,是一种比较有效的除臭技术。化学喷淋塔中气体的停留时间与药液接触有效性是应重点关注的内容,因此,对喷嘴的选择、填料的选择、停留时间的计算等,都是需要着重关注的。

### 3.1.4 活性炭吸附

活性炭吸附工艺是一种应用广泛的除臭工艺,主要是利用活性炭的吸附作用,使恶臭气体通过吸附剂填充层而被去除。对多种恶臭气体都可达到较好的吸附效果。但活性炭吸附饱和后需定期更换,因此整体的运行费用比较高,因此常用于低浓度臭气和脱臭后的处理。此外,从很多工程项目的实践来看,活性炭吸附段之前的脱水是一项很容易被忽略的工作,废气从化学洗涤设备和生物除臭设备中进行处理后,由于风机抽吸压力的存在,气体会携带大量的水分,大量的水分进入活性炭设备中会导致活性炭失效,从而丧失了对臭气物质的吸附作用,因此,活性炭设备之前必须增加良好的脱水处理工艺,才能够确保废气进入活性炭设备后对臭气物质的进一步脱除。

### 3.1.5 植物提取液除臭

植物提取液除臭是通过喷洒分散在空间中的植物提取液液滴,将臭气组分吸附,在常温下发生各种反应,生

成无味无毒的分子。目前在污水厂中,植物提取液除臭剂主要应用于恶臭气体不便于收集的空间。

### 3.1.6 高能离子除臭

离子除臭是利用离子发生装置发射出高能正、负离子,离子与空气中气体分子及固体颗粒碰撞,使颗粒荷电产生聚合作用,形成较大颗粒,靠自身重力沉降下来,达到净化目的。离子除臭还能有效地破坏空气中细菌生存的环境,降低室内细菌浓度,并将其完全消除。离子除臭设备主要应用于医院、办公楼等室内空间,在污水处理厂中也有一定应用,但去除效率较低,对于高标准除臭则很难达到要求。

### 3.1.7 活性氧技术

活性氧中的离子氧有极强的氧化能力,其氧化能力是氧气的上千倍,可以将氨、硫化氢、硫醇等污染物,以及恶臭异味成分迅速氧化,活性氧技术除臭原理是在常温常压下通过高压脉冲放电将空气中氧分子电离成臭氧( $O_3$ )、原子氧( $O$ )、羟基自由基( $OH$ )等活性氧,但活性氧的寿命只有数秒。

虽然除臭技术日益发展提高,但在工程实践中,能够长期稳定运行、成本较低且能够稳定达标的除臭技术仍然比较欠缺,即使是现有使用得比较普遍的生物法、化学洗涤法、活性炭吸附法等工艺,也存在着很多实施细节上的问题,导致最终除臭效果不理想,因此不断优化现有技术工艺,提升除臭效果,同时针对不同的臭气成分进行有针对性的分类处理,在确保效果的前提下进一步降低成本,也是未来除臭工艺发展的方向。

## 3.2 目前恶臭治理工程实践中存在的缺陷

### 3.2.1 臭气收集和传输不充分

部分臭气源散发点,如垃圾处理站卸料口、卸料坑、堆肥车间、污水处理厂的格栅间、污泥处理间等,受现场设备运行方式、分布等多种因素影响,存在不能完全密闭以及臭气收集不充分的情况,臭气仍然存在较为严重的外溢情况,有很多项目即使已经全部加盖密闭,但由于未能确保密闭罩及管道内保持微负压状态,因此仍然存在臭气的外溢情况。此外,臭气收集管道的设计往往未深入计算管道阻力和气体传输效率,造成很多除臭项目臭气未能有效且充分地输送到除臭设备中,甚至外溢到空间中,也是造成除臭系统整体效果不佳的一个因素。

### 3.2.2 跨级带水问题

目前在很多项目的处理中,前一处理单元的水和药剂被连续带到下一个处理单元,例如:酸洗塔喷淋液被带到碱洗塔,一方面造成酸洗塔内酸性喷淋液浪费,另一方面碱洗塔喷淋液被中和浪费;溶液被带到后续光催化/活性炭设备中。根据系统体量不同,水耗量一般几方/小时-十几方/小时,不仅增加水耗、药耗等运行成本,而且影响整体处理效果,且加重设备腐蚀。如排水不及时,导致电气设备损坏;溶液对金属部件存在严重腐蚀现象,影响设

备使用寿命。除臭行业现阶段 80% 以上多级串联的项目存在该问题。

### 3.2.3 局部压力大

除臭系统靠近风机的设备局部承压过大。目前的除臭系统中风机后置时，容易造成设备后端负压过大，导致设备凹陷，同时由于跨级带水导致设备内积水，如无动力系统，靠常压无法自然排水；风机前置时，容易造成设备前端正压过大，导致局部凸起变形，臭气外溢，对设备密闭性要求较高。

### 3.3 兰炭酚氨废水恶臭治理工艺改进创新

根据兰炭废水的特点，在原有成熟技术的基础上，针对兰炭行业臭气的特点，提出了一套经过改进的处理工艺：首先臭气经收集风管引入二级化学除臭：酸性催化氧化塔、碱性催化氧化塔，该设备不仅具有传统的酸碱中和作用，同时填料层增加了催化剂，在催化剂作用下还可进行高级催化氧化，去除苯类物质。在酸性催化氧化塔和碱性催化氧化塔中，废气与喷淋液进行气液两相充分接触吸收，进行中和反应，酸性喷淋液可去除废气中的氨气及三甲胺等碱性物质，碱性喷淋液可去除臭气中的硫化物，如二氧化硫及硫化氢等。经改进的酸性催化氧化喷淋塔和碱性催化氧化塔，与传统的化学洗涤塔相比，气液接触面更加充分，大流量螺旋喷嘴，喷流角度可达到 60°，同时还可有效去除酚氨废水中的油类物质，臭气物质的去除率可达到 90% 以上。

经过酸、碱化学除臭处理，臭气进入新型高效除恶臭生物滤池，生物滤池将预洗段与生物处理段集成为一体化装置，采用火山岩、炭质混合填料，辅以适宜的温度、湿度、酸碱度、氧以及营养物质，使得附着在填料上的多种微生物能够共同繁殖，复合菌群中的自养菌和异养菌通过各自的氧化、还原、消化、反消化等方式来获得其所需的营养和能量，从而达到一种装置同时处理多种气态污染物的目的。

新型高效除恶臭生物滤池能针对臭气组分特性，进行高效特异性去除，可去除甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二硫化碳、苯乙烯、乙苯、丙醛、丁醛、戊醛、乙酸乙酯、乙酸丁酯、2-丁酮、甲基异丁基酮、烯丙基硫醇、戊基硫醇、苯基硫醇、甲基硫醇、吡啶、乙醛、臭氧等臭气组分，除臭效率达 90% 以上。

最后是活性炭吸附除臭段。在进入活性炭吸附设备之前，臭气应经过良好的脱水处理，才能保证前端处理过程中的水分不被过多地带入活性炭，影响吸附效果。与常规工艺中不重视脱水相比，本工艺增加了单独的除雾器，采用丝网捕雾器或折流板捕雾器，大大提高了脱水效果，确保活性炭吸附设备能够保持较好的工作状态，确保达标排放。

此外，整体系统应特别关注管道与设备中局部压力不均衡的情况，由于从最远端需收集废气的密闭构筑物到末端的设备，距离往往较远，因此如设置一台后风机，有可能出现距离风机较近的设备因局部压力过大导致变形，而远端的废气仍不能充分输送的情况，特别是经过较长时间的使用，生物滤池可能存在部分堵塞的情况，会进一步加剧这种压力不均衡的情况，严重的可能导致整体除臭效果大幅降低。

### 3.4 工程案例实施情况及效果

该工艺在陕西省神木市柠条塔区兰炭酚氨废水集中处理项目除臭系统中进行了应用，该项目位于榆林地区，气候类型属中温带半干旱大陆性季风气候，极端温度为夏季 38.9℃、冬季-29℃，温差很大。该项目为当地兰炭产业重点配套项目，采用国际领先的工艺技术，解决兰炭废水处理这个世界性难题。项目占地 340 亩，总投资约 6 亿元。整体除臭系统包括加盖密闭系统、输送系统、化学除臭设备+生物除臭设备+活性炭吸附设备。最终经处理，排放指标远优于 1993 标准，甚至超过了恶臭排放 201X 征求意见稿所规定的限值。

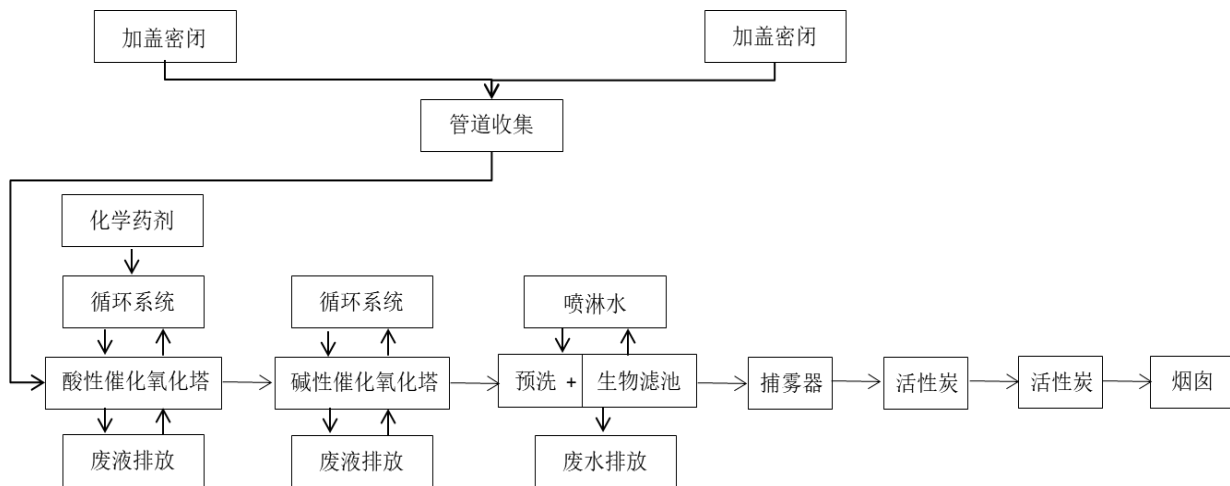


图 1 兰炭酚氨废水除臭工艺

表3 第三方检测数据

检测项目	排放浓度结果 (mg/m <sup>3</sup> )	排放速率结果 (Kg/h)
硫化氢	2.5×10 <sup>-2</sup>	5.48×10 <sup>-4</sup>
甲硫醇	<2.0×10 <sup>-4</sup>	2.19×10 <sup>-6</sup>
甲硫醚	<2.0×10 <sup>-4</sup>	2.19×10 <sup>-6</sup>
二甲二硫	3.4×10 <sup>-3</sup>	7.45×10 <sup>-5</sup>
二硫化碳	0.56	1.23×10 <sup>-2</sup>
氨	1.92	4.20×10 <sup>-2</sup>
三甲胺	1.3×10 <sup>-2</sup>	2.85×10 <sup>-4</sup>
苯乙烯	0.0033	7.23×10 <sup>-5</sup>
臭气浓度	-	851 (无量纲)
备注	当检测项目未检出时,排放浓度表示为“<检出限”,其排放速率按检出限的 1/2 进行计算	

#### 4 结束语

兰炭酚氨废水因高浓度油类、氨氮、酚类及复杂有机物等污染物共存,其恶臭治理与资源化利用是煤化工行业绿色转型的关键难题。本文针对传统工艺在污染物去除效率、运行稳定性及经济性方面的不足,提出的复合工艺有效解决了兰炭酚氨废水恶臭治理难题,兼具高效性、稳定性与经济性。希望我们通过发展新型水处理技术,实现废

水达标排放和循环利用。可以使环境治理更加便捷,进而促进我们的社会 and 经济发展。

#### 5 致谢

作者对神木至臻环保科技有限公司对本项目的支持表示感谢。

#### [参考文献]

- [1]刘宁,杨思宇.煤气化废水酚氨分离回收系统的强化工艺[J].工业水处理,2019,39(5):84-87.
- [2]曲传刚.煤的气化生产含酚废水萃取回收工艺试验[J].净水技术,2020,39(12):117-121.
- [3]高剑,刘永军,童三明,等.兰炭废水中有机污染物组成及其去除特性分析[J].安全与环境学报,2014,14(6):196-201.
- [4]李俊杰.兰炭废水中乳化油萃取行为分析及工艺过程开发[D].广州:华南理工大学,2022.
- [5]孙秀莲.《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)在山东省实施中存在的问题及修订建议[C].山东:山东省环境监测中心站,2009.
- [6]李婷,聂志丹,熊伟.污水处理恶臭气体及处理技术研究进展[J].广东化工,2024,51(11):124-126.

作者简介:李萌,博士,毕业院校:北京交通大学,当前就职单位:北京新林环境科技有限公司,职务:副总经理

## 浅谈基层环境监测工作存在的问题及其解决措施

朱文瑜

吉林省白山生态环境监测中心, 吉林 白山 134300

**[摘要]**随着经济的发展和人们对环境保护的重视, 环境监测工作在基层逐渐得到充分的重视。然而, 由于诸多原因, 包括资金不足、设备老化、人员素质等问题, 基层环境监测工作还面临着诸多困难和挑战。通过对我国基层环境监测的现状进行深入研究, 发现在设备、经费、人员培训等方面存在显著的问题。为解决这些问题, 提出了几个可能的解决方案, 包括加大对基层环境监测的投入, 更新陈旧的监测设备, 提高监测人员的业务素质以及加强监测数据的分析和处理能力等, 从而提高基层环境监测工作的效率和准确性。本研究希望可以为改进基层环境监测工作的现状提供一些参考和帮助。

**[关键词]**基层环境监测; 资金不足; 设备老化; 人员素质; 解决措施

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16987

中图分类号: X83

文献标识码: A

### Brief Discussion on the Problems and Solutions of Grassroots Environmental Monitoring Work

ZHU Wenyu

Jilin Baishan Ecological Environment Monitoring Center, Baishan, Jilin, 134300, China

**Abstract:** With the development of the economy and people's increasing attention to environmental protection, environmental monitoring work has gradually received sufficient attention at the grassroots level. However, due to various reasons, including insufficient funding, aging equipment, and personnel quality issues, grassroots environmental monitoring work still faces many difficulties and challenges. Through in-depth research on the current situation of grassroots environmental monitoring in China, it was found that there are significant problems in equipment, funding, personnel training, and other aspects. To address these issues, several possible solutions have been proposed, including increasing investment in grassroots environmental monitoring, updating outdated monitoring equipment, improving the professional quality of monitoring personnel, and enhancing the analysis and processing capabilities of monitoring data, in order to improve the efficiency and accuracy of grassroots environmental monitoring work. This study aims to provide some reference and assistance for improving the current situation of grassroots environmental monitoring work.

**Keywords:** grassroots environmental monitoring; lack of funds; equipment aging; personnel quality; solution measures

### 引言

在经济飞速发展的今天, 环保成为了社会各界共同关注的重要议题。环境监测作为环保工作的一个重要组成部分, 其重要性已逐渐被认识到, 特别是在基层, 环境监测工作不仅关系到当地环境的保护, 还关乎当地人民的切身利益。然而, 在实际的环境监测工作中, 我们发现, 基层环境监测面临着设备老化、资金不足以及人员素质低下等问题, 这些困难和挑战严重影响了环境监测工作的效率和准确性。针对这样的问题, 在本文中, 我们将对我国基层环境监测的现状进行深入剖析, 并探讨解决问题的可能路径, 如增加投入、设备更新、人员培训等解决策略, 并希望借此为推动和改进我国基层环境监测工作的现状提供一些理论依据和实践借鉴。

### 1 基层环境监测工作概述

#### 1.1 基层环境监测工作的重要性

随着全球环境问题的日益突出, 环境监测工作在现代社会中的地位愈加重要<sup>[1]</sup>。环境监测是环境管理的基础环节, 通过对空气、水、土壤等环境要素的监测, 能够获得精确的数据支持, 为环境保护政策的制定提供科学依据。

在这个体系中, 基层环境监测工作尤为重要, 因其直接关系到区域环境状况的实时掌握和反馈。

基层环境监测的重要性体现在多方面。第一, 基层监测工作能够提供地域性环境数据, 这些数据是制定地方环境政策和策略的基础。在环境问题通常具有强烈地域特征的情况下, 精准的基层监测数据有助于理解和解决区域性环境问题。第二, 基层环境监测是公众参与环境保护的重要途径。通过监测结果的公开和普及, 提高公众的环境保护意识和参与度, 从而推动社会各界积极参与环境改善活动。

基层环境监测对于环境问题的早期预警具有不可替代的作用<sup>[2]</sup>。及时准确的监测数据可以帮助相关部门在环境污染发生的早期阶段采取必要措施, 防止事态扩大。基层环境监测工作还有利于提高区域环境执法的准确性和科学性, 确保环境法律法规的有效执行。

基层环境监测工作不仅是环境保护体系中的重要环节, 更是环境管理决策的重要依据。其在促进区域环境质量提升、保障公众健康和推动可持续发展中发挥着关键作用。通过加强对基层环境监测工作的重视和支持, 可以有效提升环境保护的整体水平。

## 1.2 基层环境监测工作的现状

当前基层环境监测工作在我国已经逐渐显现出其重要性。实际情况并不乐观,其现状存在诸多亟待解决的问题。许多基层地区的环境监测体系尚不完善,整体能力建设相对滞后。基层环境监测机构普遍面临着资金不足的问题,这直接影响了日常监测工作的正常开展。与此设备老化的问题更加突出。很多基层监测站仍在使用陈旧设备,技术水平较为落后,在应对新型污染物和复杂环境问题时显得力不从心。这不仅降低了监测数据的准确性,也限制了深入分析监测结果的能力。

人员素质问题在基层环境监测工作中也较为明显。许多地方的监测人员缺乏系统的专业培训,对现代监测技术和数据处理工具的掌握程度不足,影响了环境数据的采集和处理质量。分析、判断和解决实际环境问题的能力有待提升。基层环境监测数据的收集、传输和共享机制也不够完善,数据整合及其后续利用能力还需加强。这种信息化程度的不足,导致监测工作的时效性和协调性受限,制约了基层环境问题的快速响应和有效治理。在这样的背景下,加强基层环境监测工作的各方面建设,已成为一项迫切的任务。

## 1.3 基层环境监测工作的困难与挑战

基层环境监测工作面临诸多困难与挑战,主要体现在资金、技术和人员三个方面。资金不足是基层环境监测的首要挑战,限制了监测网络的扩展和基础设施的维护更新。许多基层监测站点因经费短缺无法及时更新老化的设备,直接影响了监测数据的准确性和可靠性。技术设备的跟不上时代步伐,使得某些新污染因子的监测难以实现,影响了对多样化环境问题的应对能力。在人员方面,基层环境监测人员的专业素养普遍不足,培训机会有限,导致整体业务水平不高。特别是在数据分析和处理能力上,许多工作人员无法高效运用现代化监测软件和设备,致使数据价值未能充分发挥。上述问题相互交织,加大了解决环境监测难题的复杂性,制约了基层环境监测工作的有效开展。解决这些问题对提高环境监测的及时性和准确性至关重要,也对实现绿色发展具有长远意义<sup>[3]</sup>。

## 2 基层环境监测工作存在的问题分析

### 2.1 资金不足对基层环境监测工作的影响

资金不足是制约基层环境监测工作发展的主要瓶颈之一。由于经济有限,许多地方政府在预算分配上往往将环境监测工作置于次要位置,导致监测机构的资金投入严重不足。这种情况直接影响了监测网络的建设和维护,使得监测站点覆盖范围有限,难以满足全面、系统的环境监测要求。资金不足也使得具备高灵敏度和高精度的环境监测设备购置困难<sup>[4]</sup>。设备更新和维护的滞后,不仅降低了监测结果的准确性和可靠性,还限制了新技术的引入与应用。

在长期资金紧缺的背景下,基层环境监测机构难以吸引和留住高素质的专业人才。由于缺乏足够的经费,无法提

供竞争力的薪酬待遇和专业发展机会,许多潜在的优秀人才流失到其他经济条件更好的单位。现有监测人员的培训和再教育也因资金匮乏而受限,严重影响了他们对先进监测技术和方法的掌握能力,使得整体监测水平提高困难重重。

资金不足还制约了环境监测的信息化和现代化进程<sup>[5]</sup>。由于财政投入的不足,地方监测机构难以建立和完善环境数据管理与分析系统。信息平台建设的迟滞,使得监测数据无法得到高效及时的处理和分析,进而影响到环境决策的科学性和时效性。解决资金不足的问题是提升基层环境监测能力和整体水平的关键途径。

### 2.2 设备老化对基层环境监测工作的影响

设备老化是当前基层环境监测工作面临的严重问题之一。许多基层环境监测站点的设备购置于若干年前,这些设备不仅在技术上已落后于时代的发展,且在精确度和可靠性上受到了显著影响。环境监测工作的核心在于全面、精准地采集和分析环境数据,设备的准确性和稳定性直接关系到监测结果的科学性。老化的设备在长期使用中,容易出现检测灵敏度下降、数据误差增大和设备故障频发等问题,严重制约了监测数据的质量。

随着环境中污染物种类和浓度动态变化的复杂性增加,现代环境监测工作需要更为敏感、高效的监测仪器来适应这种复杂性,老旧设备的局限性显然难以满足这一需求。更重要的是,很多老化设备的维护和维修因技术支持的不足和零配件的难以获取,而导致设备无法及时修复甚至报废,进一步削弱了环境监测的能力和效率。

老化设备的存在还可能导致基层监测站点对突发环境事件的响应能力下降。当面临突发性污染事件时,设备的性能至关重要。若设备难以实时、准确地提供必要监测数据,将直接影响到决策者及时有效地采取应对措施,增加了环境风险。设备老化成为制约基层环境监测工作质量提升的瓶颈问题,急需引起足够重视并采取相应对策,以保障环境监测工作的持续有效性。

### 2.3 人员素质问题对基层环境监测工作的影响

人员素质问题对基层环境监测工作具有显著的影响。基层环境监测人员通常缺乏专业培训,这导致了监测工作的科学性和准确性受到限制。环境监测是一项需要多学科知识的复杂工作,包括化学、生态学以及数据分析等方面的专业知识。许多基层监测人员在这些领域的知识储备不够充分,影响了监测数据的可靠性。

技术更新的速度和业务培训的不及时性也加剧了问题的严重性。环境监测技术不断发展,而基层人员往往未能及时接受新技术的培训和指导。这种技术滞后性使得他们难以有效应用新设备和新方法,从而无法充分发挥现有资源的作用。

工作积极性和责任感也在一定程度上影响了监测工作的质量。由于基层环境监测工作环境相对艰苦,人员在工作中可能会产生倦怠心理,从而影响其工作态度和工作

效率,这也是基层环境监测工作中亟待解决的问题之一。通过提高人员素质,能够显著提升基层环境监测的整体工作质量和成效。

### 3 基层环境监测工作的解决措施

#### 3.1 增加基层环境监测工作的投入

增加对基层环境监测工作的投入是解决其现存问题的关键措施之一。资金是推动环境监测工作正常开展的先决条件,充足的资金投入能够有效缓解基层工作中面临的诸多困境。尤其在当前经济飞速发展的背景下,政府应加大对环境监测的财政支持力度。这种投入不仅仅是为了升级检测设备,更是为了确保环境监测体系的持续健康运行,从而有效提升环境监测的整体水平。

通过增加财政预算,能够有效改善基层环境监测工作人员的工作条件,购置和维护现代化的监测设备。先进的监测设备可以提高数据获取的准确性和效率,进而提升环境管理的科学性。对人员培训、教育和技术更新的投入也至关重要。在资金支持下,可以组织定期的专业培训,提升监测人员的技术水平和综合素质,适应不断变化的环境监测需求。

在资源分配方面,制定科学合理的投入方案,以充分利用有限的资金。优先考虑环境问题突出的地区,进行重点扶持和投资,确保这些地区能够快速响应突发环境事件,保护人们的生态健康。还应充分利用社会资金,引导民间和企业力量参与基层环境监测。通过多元化资金来源,形成政府、企业、社会多赢的良性循环,共同推动基层环境监测工作的长远发展。

#### 3.2 更新基层环境监测设备

更新基层环境监测设备在加强监测工作质量和效率中起到关键作用。随着环境污染问题的日益严重,对环境监测的要求不断提高,而陈旧的设备已无法满足现代环境监测的精确性和实时性要求。更新设备不仅能够提高数据的准确性,还能帮助监测团队更迅速地识别和应对环境风险。

新型环境监测设备通常具有更高的灵敏度和稳定性,能够检测微量污染物和更加复杂的环境参数。通过引入先进的传感技术,这些设备能够在更广泛的条件下运行,并提供精确且可重复的数据。现代监测设备多配备智能化操作系统,能够实现数据的自动采集、传输和初步分析,极大地减少了人为操作可能导致的误差。

在引进新设备时,选择适合当地环境监测需求的设备尤为重要。不同的地区可能面临不同类型的污染源和环境问题,应根据实际情况选择具有针对性的设备,以最大化设备投资效益。设备的更新换代也需要考虑其长期的使用和维护成本,从而保证设备的稳定运行。

加强设备的联网和数据共享能力,也是更新过程中的一个重要方面。通过联网技术,可以实现数据的实时共享和远程监控,有助于与其他监测站点之间的联动合作,提

高整体的监测质量和覆盖面。通过适时更新和选择合适的监测设备,可以有效提升基层环境监测的能力和水平,切实提高环境管理的科学性和实效性。

#### 3.3 提高基层环境监测人员的业务素质 and 数据处理能力

提升基层环境监测人员的业务素质 and 数据处理能力是解决当前监测工作困难的重要环节。加强培训对提高人员素质至关重要,包括对监测技术、设备操作和数据分析的系统培训,以及最新环境监测法规和标准的学习。鼓励岗位交流和经验分享,以拓宽技术人员知识面和实践能力。积极引入具有专业背景的高素质人才,并通过职业生涯规划激励现有人员的持续学习,形成良性的人才培养机制。推动数字化能力建设,引入先进的数据处理软件和工具,提高数据的及时性与准确性,让监测人员能够高效地进行数据分析和报告撰写。通过加强信息化和自动化监测系统的操作技能,促使环境监测数据的获取、传输、存储及分析全过程的现代化,以此引导监测人员迈向更加专业化的方向。

### 4 结束语

文章通过对我国基层环境监测工作的深入研究,发现其存在的问题主要集中在设备老旧、资金不足以及人员素质偏低等方面。这些问题的存在,大大影响了基层环境监测工作的效率和准确性,限制了环境保护工作的推进程度。针对这些问题,文章提出了有效的解决策略,并建议加大对基层环境监测的投入,包括更新设备,增加资金,提高人员的业务素质,以及加强对监测数据的分析和处理能力。这些策略的提出有利于改善基层环境监测的工作效率和精度,为我国环境保护工作提供有效的推进力量。然而,本研究还存在一定的局限性,例如在具体解决方案的操作性和可行性上还需要进行更深入的探讨。未来的研究可在此基础上,结合具体的地方实际情况,对提出的解决策略进行更具针对性的优化和改进,以期达到更好的效果。

#### [参考文献]

- [1] 欧阳丽莎.水质环境监测存在的问题与解决措施[J].科技资讯,2021,19(23):59-60.
- [2] 汪碧芬.海洋环境监测工作存在的问题及解决措施[J].区域治理,2021(3):72-73.
- [3] 孙勇.浅谈我国环境监测中存在的问题与解决措施[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2020(10):54.
- [4] 刘霖.基层环境监测工作存在问题及应对措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2019(5):87.
- [5] 王佩仪.水环境监测存在的问题与解决措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(12):271-272.

作者简介:朱文瑜(1981.8—),女,民族:汉族,籍贯:吉林省白山市人,学历:大学本科,研究方向:生态环境监测。

## 生态环境保护管理现状与强化对策

刘祥伟 林思文 刘栋 赵志浩 季子翔

中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心, 山东 烟台 264000

[摘要]在全球范围内,环境问题日益突出,生态环境污染对社会经济发展构成了严重威胁。加强生态环境保护管理工作已成为保障各地区社会经济稳定发展的重要途径,不仅能够有效控制环境污染,还能够促进各行业领域的可持续发展。在当前生态环境恶化的背景下,强化生态环境保护管理显得尤为迫切。文中探讨了生态环境保护管理的现状与强化对策,旨在为推动生态环境的持续改善提供理论支持和实践指导,促进社会经济与环境保护的协调发展。

[关键词]生态环境;环境保护;管理现状;对策

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16986

中图分类号: X321

文献标识码: A

## The Current Situation and Strengthening Countermeasures of Ecological Environment Protection Management

LIU Xiangwei, LIN Siwen, LIU Dong, ZHAO Zhihao, JI Zixiang

Yantai Coastal Zone Geological Survey Center of China Geological Survey, Yantai, Shandong, 264000, China

**Abstract:** Environmental problems are becoming increasingly prominent globally, and ecological pollution poses a serious threat to social and economic development. Strengthening the management of ecological environment protection has become an important way to ensure stable social and economic development in various regions. It can not only effectively control environmental pollution, but also promote sustainable development in various industries and fields. Against the backdrop of deteriorating ecological environment, it is particularly urgent to strengthen the management of ecological environment protection. The article explores the current situation and strengthening measures of ecological environment protection management, aiming to provide theoretical support and practical guidance for promoting the sustainable improvement of the ecological environment, and to promote the coordinated development of social economy and environmental protection.

**Keywords:** ecological environment; environmental protection; management current situation; countermeasures

### 引言

随着经济的迅速发展及人类活动的持续增加,前所未有的压力被施加在生态环境上。大气污染、水资源短缺、土壤污染以及生态系统退化等问题日益严重,已成为全球亟待解决的关键议题。生态环境保护管理,作为推动可持续发展的重要保障,其作用愈加凸显。然而,尽管已采取了多项环保措施,环境管理的效果仍存在较大差距。环境保护力度不足、政策执行不到位、生态治理体系不完善等问题,在某些地区仍然突出,导致生态环境持续恶化。因此,分析生态环境保护管理的现状、识别面临的主要问题,并提出强化措施,已成为政府与社会急需解决的重要课题。围绕生态环境保护管理的现状与强化对策,本文将展开深入分析。通过对问题的剖析,提出的对策将具有切实可行性,为实现人与自然和谐共生及推动生态文明建设提供理论依据与实践指导。

### 1 强化生态环境保护管理的必要性

#### 1.1 应对生态危机的迫切需求

全球生态系统面临的压力日益加剧,气候变化、资源枯竭以及生物多样性丧失等问题频繁出现,成为了迫切需要应对的挑战。生态危机不仅危及自然环境的稳定,还直

接威胁到人类社会的生存与发展。随着工业化与城市化的迅速推进,尽管经济增长得到了推动,污染物排放的增加、自然资源的过度开发等一系列问题却被带来了,逐步超越了环境的承载能力。同时,极端气候事件,如洪水、干旱、热浪等,已频繁发生,进一步加剧了生态失衡的严重性。在这样的背景下,现有的环境保护措施常常无法有效应对日益复杂的生态挑战,管理模式的不协调、执行力的不足等问题,亟需得到调整与完善。

#### 1.2 实现可持续发展的必然要求

可持续发展的核心要求是,在满足当前需求的同时,确保不对未来世代的资源需求造成威胁。实现这一目标,依赖于良好的生态环境作为基础。然而,随着经济和社会的快速发展,资源的过度消耗与环境污染问题逐渐加剧。在追求经济增长的过程中,生态环境的承载能力在许多地区被忽视,导致了生态系统的退化与环境质量的下降,进而对人类健康与经济活动构成了长期威胁。可持续发展的实现,不仅仅依赖于自然资源的合理利用,还需经济、社会与环境的协调发展,从而形成稳定且长期的良性循环。在这一过程中,生态环境保护管理的强化至关重要。通过政策、技术与经济层面的推动,它能够促进资源的高效利

用,减少污染排放,最终实现经济与生态效益的双赢。

### 1.3 满足国际环境合作的趋势

生态环境保护管理的强化,符合全球环境合作的趋势。随着全球化的推进,生态环境问题已超越国界,成为全球共同面临的挑战。气候变化、生物多样性丧失、海洋污染等跨境问题日益严重,迫使各国加强合作,寻求解决方案。为应对这一挑战,《联合国气候变化框架公约》《生物多样性公约》等一系列全球性环境协议,已被国际社会陆续签署,碳中和、碳达峰等共同目标也已设定,明确了各国在生态环境保护中的责任与方向。积极参与国际环境合作,体现了履行国际责任的承诺,也有助于树立负责任的国家形象<sup>[1]</sup>。通过本国生态环境保护管理的强化,环境治理体系与政策框架的完善,可以提升应对国际环境问题的能力与话语权,并推动多边合作的深入发展。

## 2 生态环境保护管理现状

### 2.1 生态环境保护管理力度不足

生态环境保护管理当前面临着多方面的不足,具体表现在政策执行不力、资源投入不足以及监督机制不健全等问题。尽管相关法律法规已在一些地区制定,且环境保护的目标与措施也已设立,但在实际执行中,往往由于执法力度不够、地方保护主义干扰等因素,政策未能有效落实。生态环境治理在部分地区依然停留在表面,缺乏持续性的治理措施,环境污染问题不断反复。与此同时,所需的人力、物力与资金投入远未达到应有的标准,尤其是在经济欠发达地区,资金短缺与技术落后的问题尤为突出。此外,由于缺乏环境监督与评估机制,污染源的监控未能到位,非法排放现象屡禁不止。

### 2.2 农村地区工作推进难度较高

在生态环境保护管理中,农村地区的推进难度较大,已成为亟需关注的问题。由于农村地区广泛分布,且存在显著的地域差异,天然条件与社会经济发展水平的不同,统一的环境保护措施难以满足各地的实际需求。部分农村地区的基础设施建设滞后,垃圾处理、污水排放等设施的覆盖率与处理能力普遍不足,导致了污染物的积累与扩散问题。此外,农业生产活动对环境的压力较大,化肥与农药的过度使用,以及农田排水等问题,严重威胁着土壤与水源的生态健康。与此同时,部分农民对生态环境保护的重要性认识不到位,短期行为的存在加剧了环境管理的难度。在推动生态保护工作过程中,农村地区资源匮乏与技术支持薄弱的问题尤为突出,许多地方未能有效落实环保政策,致使生态环境保护工作在地方形成了“上热下冷”的局面。

### 2.3 各地居民的环境保护意识薄弱

在当前的生态环境保护管理中,环境保护意识薄弱的问题在各地居民中普遍存在,这一因素在很大程度上影响了环境治理的效果。部分居民对生态环境问题的科学认识不足,对污染长期危害的严重性缺乏认知,甚至未曾意识

到自身行为可能对环境造成的影响。在日常生活中,垃圾随意丢弃、塑料制品的过度使用、不合理浪费水资源等现象依然普遍存在。与此同时,一些居民对环境保护政策持有一定的抵触情绪,认为这些措施会增加生活成本或限制个人利益,因此对环保行动采取了消极甚至反感的态度。

### 2.4 环境保护与社会经济发展存在矛盾

在生态环境保护管理中,日益突出的环境保护与社会经济发展的矛盾,已成为亟待解决的关键问题。经济增长对资源的高度依赖与环境保护对开发活动的严格约束之间,天然的冲突存在,尤其在资源密集型及快速发展的地区,这种矛盾更为明显。为追求经济利益,企业常倾向于选择成本低但污染大的生产方式,而环保政策则要求企业加大环保设施的投入并提高运营成本,导致了部分企业对环保措施的消极态度。在一些地区,过度依赖资源开发的经济模式不仅破坏了生态环境,也威胁到了经济发展的可持续性。此外,地方政府在追求短期经济增长时,常忽视了环境保护的长期价值,致使生态保护措施的执行力度不足。伴随居民生活水平的提升,消费模式的改变与资源的过度消耗及废弃物的增加,进一步加剧了环境与经济之间的紧张关系<sup>[2]</sup>。此矛盾不仅构成了环境治理的挑战,也为社会经济的高质量发展带来了长期的压力。

## 3 生态环境保护管理的强化对策

### 3.1 重视生态环境保护管理,适当增加成本投入

推动环境可持续发展的关键,在于重视生态环境保护管理并适当增加成本投入。作为一项长期且系统性的工作,生态环境保护涉及基础设施建设、技术创新、环保监测等多个领域,持续的资金支持是必不可少的。然而,当前许多地方,由于面临财政压力及短期经济利益的驱动,往往忽视了对环境保护的长远投入,从而导致一些环境问题的日益严重。增加的投入,不仅仅为了建设与维护环保设施,更是为了在技术研发、人才培养与法规完善等方面的全面提升。例如,在污染治理领域,环保技术的创新与应用,能够加速资金投入,提高空气与水质污染的治理效率,并支持生物多样性保护与生态恢复项目。在基础设施建设方面,资金的投入,有助于改善污水处理厂、垃圾焚烧厂等设施的建设与运营,减少污染物的排放,确保环保措施的有效性。除此之外,适当增加的资金投入,能够增强环保监管与执法能力,通过更完善的监测与管理体系,确保环保政策与措施的落实。这样的投入,不仅有助于当前环境质量的提升,也为后代创造了更加健康的生存空间。

### 3.2 结合农村地区特点,调整环境保护管理方式

以适应农村地区的特点,调整环境保护管理方式,成为保障农村生态环境可持续发展的关键措施。农村地区在生态环境保护方面面临的独特挑战,主要表现在土地资源的差异化利用及农业生产方式的特殊性。大量化肥和农药的依赖,使农业生产对土壤和水源污染的负面影响更加严

重。此外,许多农村居民在传统生产模式与生活习惯的影响下,对环境保护的意识较为薄弱,缺乏对污染治理的积极性。因此,结合农村实际,因地制宜地推进相应措施,环境保护管理显得尤为重要。绿色农业技术的推广,至关重要,应鼓励农民使用有机肥料、低毒农药及现代灌溉系统,从而减少化学品对土壤与水源的污染,并缓解农业生产对生态环境的负面影响。与此同时,农村地区基础设施建设的滞后,尤其在垃圾处理、污水排放与污染源治理方面,许多地方缺乏有效设施,导致垃圾乱丢、污水直排等问题频发。因此,加强基础设施建设,尤为关键。应建设小型污水处理设施与垃圾分类回收系统,从源头上解决环境污染问题。考虑到农村地区经济水平较低,政府在实施环保政策时,需结合农村实际,适度提供财政支持与技术指导,以避免直接套用城市化管理模式。此外,土地资源的合理开发与利用,至关重要。过度开发,将可能导致生态破坏与资源浪费。因此,农村地区的环境保护管理,不仅需要政策支持,还应结合农民的实际生产生活状况,采用现代技术,加强环保教育与基础设施建设,从而实现农村环境的长效保护与可持续发展。

### 3.3 加强宣传教育,注重大众生态环保意识的培养

提高公众的生态环保意识并加强宣传教育,作为推动生态环境保护的基础性工作,显得尤为重要。生态环境的改善,除了依赖政府及相关部门的政策执行与技术支持外,还需要全社会的广泛参与与支持,而这一切的前提,则是公众环保意识的提升。尽管环保政策和措施已逐步加强,但在一些地区,尤其是在农村及低收入社区,环保意识依然较为薄弱,环保行为的缺失亦依然存在。环保意识的缺乏,直接影响了环保措施的落实效果,甚至可能导致环境问题的加剧。因此,强化环保宣传教育,普及全民生态环保意识,显得尤为关键。通过多种渠道与形式的广泛传播,环境保护的重要性能够在全社会范围内被认知,从而营造尊重自然、爱护环境的氛围。宣传教育应多样化,除了传统的电视、广播、报纸等媒体外,还应充分利用现代互联网平台,如社交媒体、短视频和网络讲座等形式,使环保知识更加贴近人们的日常生活<sup>[3]</sup>。同时,环保教育不应停留在理论层面,还应通过实际行动来推动。例如,组织社区清洁、植树造林、垃圾分类等活动,使人们通过亲身参与感受到环保工作的重要性与必要性。此外,学校、企业及社会团体等,应成为环保教育的重要阵地,借助课堂教育与实践活动等方式,从小培养下一代的环保意识,确保环保成为全社会的自觉行为与文化习惯。

### 3.4 妥善化解矛盾,建立健全生态环境保护管理机制和对应保障体系

经济发展与环境保护之间的矛盾,妥善化解并建立健

全的生态环境保护管理机制及保障体系,成为实现可持续生态环境保护的关键。实际操作中,生态环境保护面临着经济发展与环境保护之间的冲突。在一些地区,为了促进经济增长,资源往往被过度开发,环境保护则被忽视,从而导致环境质量的恶化。这类矛盾不仅存在于地方政府之间,还可能牵涉到企业、公众与政府之间的利益诉求。因此,构建一个科学全面的生态环境保护管理机制,能够协调各方利益,确保生态环境保护工作得以有效实施。相关法律法规的完善应由政府来推动,并通过形成系统化的法律框架,明确环境保护的责任主体以及权责关系,从而为环保工作提供坚实的制度保障。与此同时,完善的生态环境保护管理机制,应通过加强监管与执法力度,确保环保法律得到严格执行,以避免因监管不力或执法松懈而导致的环境问题。此外,建立与环保目标相适应的社会保障体系,同样至关重要。这不仅包括财政资金的支持,还应涵盖环保技术与人才的保障,确保管理机制能够持续有效运行。例如,可以通过设立专项基金或提供税收优惠政策等方式,鼓励企业和社会各界积极参与环保事业。跨部门、跨地区的协调合作亦不可忽视,应避免部门间信息不畅或资源重复浪费,确保环保措施得以高效落实。

## 4 结语

全球范围内,生态环境保护管理面临着严峻挑战,需通过加强管理、优化机制以及提升公众环保意识等多方面的措施来应对。尽管在政策制定与执行方面取得了一定的进展,许多亟待解决的问题依然存在。当前面临的问题,如果能深入分析,并提出切实可行的解决对策,生态环境保护工作将有望得到进一步发展。政府、企业与公众之间的合作,若得到加强,生态保护与社会经济发展的关系可更好地协调,从而促进全社会的共同参与,形成良性循环。这对于实现生态文明建设及推动可持续发展目标,具有重要意义。展望未来,只有全社会的共同努力,才能实现生态环境的持续改善与社会经济的协调发展,为后代创造更加优质的生存环境。

### [参考文献]

- [1]徐明.生态环境保护管理现状与强化对策[J].化纤与纺织技术,2024,53(4):100-102.
  - [2]王锴.生态环境保护中的水资源管理策略研究[J].中国资源综合利用,2024,42(11):183-185.
  - [3]马若男.浅谈环境保护管理下环境规划与环境管理[J].皮革制作与环保科技,2023,4(13):154-156.
- 作者简介:刘祥伟(1994.10—),毕业院校:聊城大学东昌学院,所学专业:广播电视编导,当前就职单位:烟台海岸带地质调查中心,职务:职工,职称级别:助理工程师。

## 土壤污染检测技术在环保领域的研究进展

李珏

巴彦淖尔市生态环境局, 内蒙古 巴彦淖尔 015000

**[摘要]**土壤污染源涵盖了工业排放、农业活动、生活垃圾等多个方面, 污染物种类则包括有机物、无机物以及重金属等。面对如此复杂的污染情形, 化学分析法凭借其高精度, 在污染检测中得到了广泛应用; 生物法检测凭借其环境友好性, 已在生态监测领域占据了重要地位; 而物理法检测则凭借其快速、无损的特点, 在现场监测中发挥着关键作用。随着智能化、自动化及多参数集成检测技术的不断发展, 土壤污染检测的效率与数据分析能力显著提升, 为污染防控与修复工作提供了更加精准的科学支持。

**[关键词]**土壤污染; 检测技术; 环保领域

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16985

中图分类号: X53

文献标识码: A

### Research Progress of Soil Pollution Detection Technology in the Field of Environmental Protection

LI Jue

Bayannur Ecological Environment Bureau, Bayannur, Inner Mongolia, 015000, China

**Abstract:** Soil pollution sources cover multiple aspects such as industrial emissions, agricultural activities, and household waste, and the types of pollutants include organic matter, inorganic matter, and heavy metals. Faced with such complex pollution situations, chemical analysis methods have been widely used in pollution detection due to their high accuracy; Biological detection has occupied an important position in the field of ecological monitoring due to its environmental friendliness; Physical testing plays a crucial role in on-site monitoring due to its fast and non-destructive characteristics. With the continuous development of intelligent, automated, and multi parameter integrated detection technology, the efficiency and data analysis capabilities of soil pollution detection have significantly improved, providing more accurate scientific support for pollution prevention and remediation work.

**Keywords:** soil pollution; testing technology; environmental protection field

#### 引言

土壤污染已成为全球性环境问题, 严重威胁着生态安全与人类健康。随着工业化与城市化进程的加速, 污染物通过废水、废气及固体废弃物进入土壤, 污染形势愈加严峻。精准地检测污染物, 并及时评估其污染程度, 已成为实现有效治理与修复的关键环节。土壤污染检测技术的不断创新, 为环境监测与污染防治提供了坚实的技术支持。通过技术的进步, 污染物的精准检测与评估变得更加高效与可靠, 从而为环境保护提供了更加有力的保障。

#### 1 土壤污染的主要类型与特性

##### 1.1 有机污染物

有机污染物是土壤污染的重要成分, 主要包括多环芳烃(PAHs)、多氯联苯(PCBs)和挥发性有机化合物(VOCs)等。它们主要来源于石化、化工、农药使用及废物处理等活动, 因其化学结构稳定、难以降解, 通常在土壤中持久存在, 并通过食物链累积, 给生态系统和人类健康带来风险。有机污染物的迁移与转化受到物理、化学和生物因素的共同影响, 污染物的疏水性及土壤有机质含量、矿物组成等因素决定了其吸附特性。此外, 土壤的孔隙结构和水分条件也影响污染物的扩散与滞留。生物降解是降低有机污染物浓度的主要方式, 但对某些结构稳定的污染物, 如

PCBs 和 PAHs, 降解速度较慢。而挥发性较高的 VOCs 可能逸散到大气中, 形成二次污染。光降解和化学降解也在污染物转化中起着重要作用, 通过紫外线照射或氧化还原反应加速其分解。针对有机污染物的复杂性精准监测至关重要, 气相色谱-质谱联用(GC-MS)和液相色谱-质谱联用(LC-MS)等技术具有高灵敏度和分辨率, 可有效进行定性定量分析。然而, 由于污染物种类繁多且分布不均, 单一检测方法无法全面反映污染情况。进一步发展现场快速检测和原位监测技术将有助于动态监测和精准溯源, 为污染治理提供科学支持。

##### 1.2 无机污染物

无机污染物是土壤污染的关键组成部分, 主要包括重金属(如铅、镉、汞、砷)和无机盐类(如硫酸盐、硝酸盐、氯化物), 这些污染物的来源非常广泛, 涉及矿业开采、冶金加工、农业中过量施用化肥和农药, 以及工业废弃物的堆放与生活垃圾的填埋等活动。由于无机污染物具有化学性质稳定且难以自然降解的特点, 一旦进入土壤环境, 它们通常会长期存在, 通过地下水渗透、地表径流或土壤颗粒的迁移扩散, 导致大范围的污染。重金属在土壤中主要通过吸附、沉淀及络合等化学作用与土壤颗粒结合, 从而减少其流动性。在酸性环境下或当螯合剂存在时, 重

金属可能从土壤中被释放,进而增强污染物的迁移性,显著增加生态风险。值得注意的是,重金属一旦被植物根系吸收并进入食物链,便可能对生态系统与人体健康造成严重威胁。与重金属不同,无机盐类因其较高的水溶性和流动性,极易随地表水或地下水扩散。当盐类在土壤中过量积累时,往往会导致地下水富营养化,从而引发土壤盐渍化问题。盐分胁迫不仅会破坏土壤结构,还抑制植物的生长,削弱土壤的生态功能,最终形成难以逆转的生态退化。目前,土壤中无机污染物的检测主要依赖于高精度的分析技术,如原子吸收光谱(AAS)、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)和X射线荧光光谱(XRF)。这些方法能提供准确的定量和定性数据。随着技术的进步,便携式分析设备和原位检测手段也已逐步推广,使得污染物的现场快速筛查成为可能,这对及时掌握污染动态至关重要。全面监测无机污染物在污染源追踪、污染程度评估以及土壤修复方案制定中的作用不容忽视。未来,借助多种检测技术的综合应用与智能数据分析的引入,土壤污染监测的效率与精度将得到进一步提升,为科学决策提供更加有力的支持。

### 1.3 重金属污染物

重金属污染物是土壤污染中最具危害性的类型,主要包括铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)和铬(Cr)等,这些污染物广泛来源于冶金、电镀、矿产开采以及农业活动。由于无法通过微生物降解,重金属在土壤中易于积累,且毒性持久,严重威胁生态系统和人类健康。在土壤中,重金属的迁移性受土壤性质、pH值、有机质含量等因素影响。通常,重金属与土壤颗粒发生络合或吸附作用,减少其迁移性。但在酸性环境或人为活动影响下,重金属可能从土壤颗粒解吸或溶解导致二次污染。尤其是镉和铅,即使在低浓度下也能显著抑制植物生长,影响农作物发育。此外,重金属具有生物富集效应,食物链中逐级积累,对人类健康造成威胁。长期摄入污染农产品或地下水可能引起神经损伤、肾衰竭等健康问题,尤其是镉和砷,其致癌性和致突变性尤为严重。目前,重金属的检测主要依赖于原子吸收光谱(AAS)、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)和X射线荧光光谱(XRF)等技术,这些方法具有高灵敏度和精确度,且现场快速检测技术逐步应用,为土壤修复和动态监测提供了有效支持。

## 2 土壤污染检测技术概述

### 2.1 化学分析法

化学分析法作为土壤污染物检测的重要手段,凭借其卓越的灵敏度与精确度,在环境监测与污染评估中得到了广泛应用。通过化学试剂或专用仪器,该方法能够对土壤样本中的目标污染物进行定性与定量分析,涵盖有机污染物、无机污染物及重金属元素等多种类型。常见的化学分析技术包括光谱分析、色谱分析与质谱分析。光谱分析法,如原子吸收光谱(AAS)与电感耦合等离子体质谱

(ICP-MS),广泛用于检测重金属元素的浓度,因其出色的选择性与检测灵敏度,成为土壤中金属污染物检测的首选方法。对于挥发性与半挥发性有机物的检测,气相色谱(GC)与高效液相色谱(HPLC)表现出良好的分离与定量能力,能够精准地识别复杂混合物中的目标化合物。质谱分析法(MS)则通过分子量测定与结构解析的优势,常与色谱联用,形成GC-MS或LC-MS组合,进一步提升了污染物检测的灵敏度与鉴定精度。化学分析法的显著优势在于其检测结果的准确性与良好的重现性,特别是在实验室条件下,能够有效检测痕量污染物。然而,在实际应用中,通常需要经过复杂的样品前处理步骤,如土壤样本的干燥、研磨、提取与净化等环节,以确保检测数据的可靠性。与此同时,由于化学分析仪器的高成本及对操作人员技术要求的限制,使得该方法在大范围实时监测中的应用受到一定约束。随着科技的不断进步,化学分析法正朝着自动化、智能化与联用技术方向发展。现代仪器设备的高度集成显著缩短了检测时间,提升了分析灵敏度与准确度。同时,结合地理信息系统(GIS)与大数据分析技术,化学分析法能够有效实现污染源的追踪溯源及土壤污染状况的动态监控,为环境治理与土壤修复提供了强有力的科学依据。

### 2.2 生物法检测

生物法检测是一种利用生物体或生物分子对土壤污染物进行识别与分析的技术。与传统的化学分析法相比,这一方法具有环境友好、成本较低、操作简便等优点,尤其适用于现场快速筛查与生态风险评估。其主要手段包括生物指示法、生物传感器技术以及生物标志物检测等。生物指示法通过观察特定生物体在污染环境下的生理、生化或行为反应,从而推测土壤污染的程度。当某些植物、微生物或动物暴露于特定污染物时,它们通常会表现出显著的敏感性,例如生长抑制、形态发生异常或生物量减少等现象。这些反应能够有效指示污染物的存在与浓度。例如,一些植物对重金属的富集能力较强,因而可以作为土壤重金属污染的生物指示物<sup>[1]</sup>。生物传感器技术则利用特定生物分子(如酶、抗体或DNA探针)与污染物发生特异性反应,产生信号变化。通过物理或化学方式,这些信号被转化为可测量的电信号、光信号或颜色变化,从而实现污染物的快速检测。生物传感器具备高灵敏度与快速响应的特点,广泛应用于有机污染物及重金属离子的监测。生物标志物检测依赖于生物体内特定代谢产物或基因表达的变化,污染物进入生物体后,可能会引发一系列代谢途径的改变,如抗氧化酶活性增加、DNA损伤或特定基因的过表达,通过监测这些生物标志物的变化,能够推测污染物的类型与毒性,从而评估其对生态系统的潜在影响。尽管生物法检测在灵敏度与环境适应性方面具有明显优势,但其结果仍可能受到环境条件与生物体状态的影响,从而

带来一定的不确定性。因此,在实际操作中,通常将生物法与化学分析法或物理法结合使用,以确保污染检测结果的全面性与准确性。随着生物技术与分子生物学的不断进步,生物法检测的灵敏度与特异性预计将得到进一步提高,从而为土壤污染监测与生态保护提供更加有力的支持。

### 3 土壤污染检测技术的未来发展趋势

#### 3.1 智能化与自动化检测技术

随着科技的不断进步,土壤污染检测领域的智能化与自动化技术展现出了显著的潜力。传统的土壤污染检测方法多依赖人工采样与实验室分析,这不仅耗时、成本高,而且在大规模监测时效率较低。智能化与自动化技术的引入,为土壤污染监测提供了更加精准、高效和实时的解决方案。智能检测技术通过集成先进的传感器、物联网技术与人工智能算法,实现了对土壤污染的实时监测与数据分析。传感器网络的部署使得土壤中各种污染信息(如重金属浓度、有机污染物含量等)能够被实时采集,并通过无线网络传输至中央数据平台。在平台上,借助数据分析与人工智能算法,污染源得以快速识别,污染程度被准确评估,并能及时向相关部门发出预警通知<sup>[2]</sup>。通过这一自动化的数据处理过程,监测效率得到了显著提高,人工干预被大幅减少,响应速度也得到增强。例如,便携式智能传感器与无人机技术的结合,使得大范围土壤污染监测变得更加灵活且高效。无人机搭载多种传感器,如光谱传感器与红外传感器,能够对地面土壤污染物进行探测与图像采集,从而实现了对大面积区域的监控,并精准定位污染源。这些设备不仅能够在难以到达的地区进行监测,还能自动生成污染分布图,为环境治理提供科学支持。随着人工智能技术的飞速发展,智能系统的自学习与自适应能力也得到了不断增强。基于机器学习的算法,能够分析历史数据与实时监测数据,进而建立污染源与污染物之间的关系模型,进行更为精准的污染预测与趋势分析,这种智能化的预测能力提升了污染防控的精准性,并为土壤污染的长期管理与可持续治理提供了重要的支撑。

#### 3.2 多参数集成与实时监测技术

多参数集成与实时监测技术的应用,标志着土壤污染检测进入了一个全新的发展阶段。传统的监测方法通常专注于单一污染物的检测,尽管这些方法能够提供详尽的信息,但却无法全面评估土壤污染的总体情况。而与此不同,多参数集成技术通过将多个传感器和检测设备集成于一个系统中,能够同时检测多种污染物,从而显著提高了监测的效率与准确性,该技术的主要优势在于能够同步监测

土壤中的多种污染物,包括重金属、有机污染物以及挥发性物质等。通过集成多种类型的传感器,如电化学传感器、光谱传感器、气体传感器等,可以实现不同污染物浓度的实时采集,形成一个全方位、多层次的监测网络。通过这种方式,研究人员和环境监控人员能够获得更加全面的污染信息图谱,从而更清楚地了解土壤污染的种类、分布及变化趋势,并为污染源追踪与风险评估提供了科学依据。实时监测技术的应用突破了传统人工实验室测试的时空限制,数据采集与分析不再局限于静态环境,通过智能传感器,土壤污染物的浓度可以被持续监控,并实时将数据传输至云平台或管理系统<sup>[3]</sup>。依托大数据分析,这些实时数据不仅能及时揭示污染变化,还能够对污染趋势进行预测,并发出预警,从而有效增强了环境管理的前瞻性。在此基础上,土壤污染治理可以根据实时反馈进行动态调整和精准控制,从而降低环境风险。在大范围或偏远地区的监测中,多参数集成与实时监测技术展现出显著的优势。该技术能够克服传统监测方法的局限,确保数据采集的自动化与连续性。传感器网络与智能设备可以自主运行,减少人工干预,同时确保数据的高时效性和可靠性,通过这一技术的应用不仅提高了土壤污染检测的效率,也为环境保护与土壤修复提供了实时的决策支持。

### 4 结语

土壤污染检测技术在环境治理过程中扮演着至关重要的角色,为污染源的识别、污染程度的评估以及修复工作提供了不可或缺的数据支持。随着智能化、自动化及多参数集成技术的不断进步,检测手段将在未来实现更高效与更精准的监测,能够有效地进行实时监测与动态预警。通过技术创新、跨学科的协作以及政策的有效引导,土壤污染防治的工作将朝着更加科学、系统与可持续发展的方向发展。未来的检测方法,必将更加精准与高效,为环境保护与土壤修复提供坚实的技术支持。

#### [参考文献]

- [1]潘晓荣.土壤污染检测技术在环保领域的研究进展[J].皮革制作与环保科技,2025,6(2):117-119.
- [2]段罡,张居奎,刘陈.土壤重金属镉污染现状及检测技术研究[J].河南化工,2025,42(3):10-13.
- [3]李继磊,卢鹏宇,王珊珊.土壤污染的检测方法及其监测技术的发展趋势[J].清洗世界,2024,40(8):145-147.

作者简介:李珏(1994.8—),毕业院校:内蒙古大学,所学专业:化学工程,当前就职单位名称:巴彦淖尔市生态环境局,就职单位职务:科员,职称级别:中级工程师。

## 城市河道滨岸带生态修复技术分析

常碧艳

江西理工大学 土木与测绘工程学院, 江西 赣州 341000

[摘要]城市化进程不断加快,城市河道污染愈发严重,给水环境与生态系统承受着巨大压力。生态修复技术是一种绿色环保且可持续的手段,它可对受损的水生态系统进行恢复和改善,达成水体净化以及生态功能的恢复。文中对生态修复技术在城市河道污染治理方面的应用进行了探讨,着重分析了植物修复、人工湿地、人工浮岛等技术手段的实际成效以及综合优势。案例分析表明,生态修复技术在改善水质、恢复生物多样性、提升环境质量上成功应用。

[关键词]植物修复技术;城市河道;生态修复;效果评价

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16980

中图分类号: TU986.4

文献标识码: A

### Analysis of Ecological Restoration Technology for Urban River Waterfront Zone

CHANG Biyan

School of Civil Engineering and Surveying & Mapping Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

**Abstract:** With the continuous acceleration of urbanization, urban river pollution has become increasingly serious, and the water supply environment and ecosystem are under tremendous pressure. Ecological restoration technology is a green, environmentally friendly and sustainable means that can restore and improve damaged water ecosystems, achieve water purification and ecological function restoration. This article discusses the application of ecological restoration technology in urban river pollution control, focusing on the actual effectiveness and comprehensive advantages of plant restoration, artificial wetlands, artificial floating islands and other technical means. Case analysis shows that ecological restoration technology has been successfully applied in improving water quality, restoring biodiversity, and enhancing environmental quality.

**Keywords:** plant remediation technology; urban waterways; ecological restoration; impact assessment

### 引言

城市河道是城市水循环系统里的重要部分,在维护生态平衡、调节气候、改善居民生活质量等方面起着关键的作用。不过,城市化进程加快,河道污染问题愈发严重,水质变差、生态退化成了常见现象。传统治理方法很难从根本上恢复水体的生态功能,所以生态修复技术出现了。生态修复技术会模仿自然过程来恢复河道生态系统,让其健康状态得以恢复,增强水体自净的本事,提升水资源利用效率。本文就是想探究不同生态修复技术在城市河道污染治理中的应用,再评估一下它们的效益,给往后的水环境保护与治理提供理论支撑和实践经验。

### 1 生态修复技术的分类

#### 1.1 生物处理技术

生物处理技术这一方法利用微生物、新陈代谢产物还有其他生物手段,来降解、转化或者固定受污染水体里的有机污染物、重金属,还有氮磷这类营养盐,如此一来就能达成水体净化和生态系统功能恢复,这是在当下河道污染治理里广泛运用的一种绿色生态修复法。在实际应用时,这一技术会构建适宜的生态系统环境,让优势菌群富集起来,活性也增强。如此一来,微生物就能一直、高效地把污染物质分解掉,进而恢复生态系统动态平衡,自然净化

能力也能恢复<sup>[1]</sup>。另外,生物处理技术往和其他修复技术,像植物修复、人工湿地系统之类的有机结合。这样做能让修复效果更稳定、更长期,从而更全面地提高河道水体的生态质量与环境功能,如图1所示。

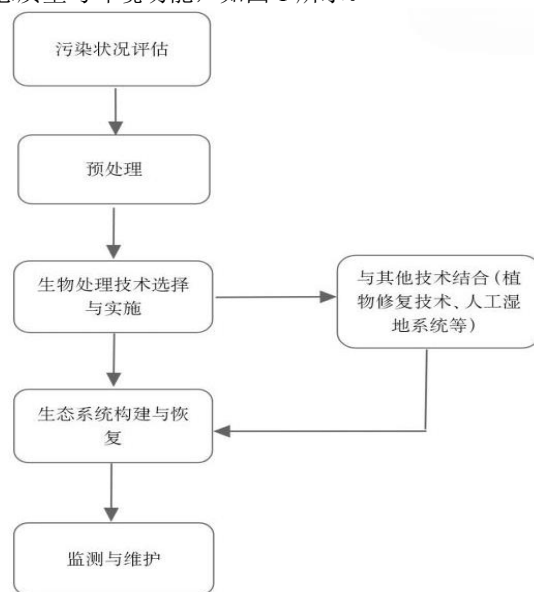


图1 生物处理技术流程图

## 1.2 构筑生态岸坡

在河道两侧设置有生态功能的护岸结构来构筑生态岸坡,这可是重要的生态修复措施。它能改善水体边界生态环境,提升水土保持能力,推动水生植被生长。这一技术的核心目标就是修复、优化岸坡结构,达成水体自净功能与生态恢复。具体来说,筑生态岸坡既能有效防止水土流失,又可给水生植物提供适合的生长环境,从而进一步提高河道生态功能。在实际运用中,一般会用到像生态袋、格宾石笼、植生混凝土这类材料构建护岸结构。这些材料透水性挺好的,能减少水流对岸坡的侵蚀,还能让岸坡更稳定,避免洪水和强降雨时土壤冲刷<sup>[2]</sup>。

## 1.3 人工湿地处理技术

人工湿地处理技术是一种对生态修复的模拟手段,它能模拟天然湿地的结构与功能。利用植物、基质和微生物协同起来,就能有效去除水体里的有机污染物、重金属还有氮磷等污染物,进而实现水体净化与生态恢复。该技术模仿天然湿地生态系统,利用植物根系吸附与微生物降解功能,有效净化水质,并恢复水域生态功能。人工湿地技术大体分为表流式、潜流式与复合流式这三类,具体看具体河道的水质、污染情况以及周边环境的差异条件,就能灵活挑选、配置相应的湿地系统。湿地系统具备高效降低污染物浓度的能力,同时能为水生动植物提供理想的栖息环境,有助于生物多样性的恢复,并增强水域生态系统的稳定性。湿地运行时,湿地植物靠光合作用生产氧气,这会推动水中微生物的代谢活动。植物根系分泌的有机物和微生物作用下形成协同净化机制,修复效果得以增强。这一技术有低成本、可持续和生态友好这些优势。它能长期稳定地改善水质,增强水体自净能力,所以在城市河道和湿地的环境保护方面应用前景很广<sup>[3]</sup>。

## 1.4 人工浮岛技术

人工浮岛技术,核心原理在于,通过在水体表面构建漂浮式生态平台,将适宜的水生植物、基质以及微生物系统进行有机结合,形成一个功能完备的生态系统。在这个系统中,水生植物凭借自身的生理特性,能够高效吸收水体中的氮、磷等营养物质,以及部分重金属污染物;基质则为微生物提供附着生长的空间,微生物通过新陈代谢活动,对水体中的有机污染物进行分解和转化;三者协同作用,实现对水体污染物的吸收、转化与降解,从而显著改善水体生态环境,提升景观效果,维持生态系统的动态平衡。

作为一种新型生态修复技术,人工浮岛具有诸多显著优势。从结构特性来看,其采用轻质材料构建,整体结构轻巧,便于运输与安装;在布局上,能够根据不同水体的形状、面积以及修复需求进行灵活设计和调整,无论是狭长的城市河道,还是广阔的湖泊,都能因地制宜地布置;同时,该技术具备强大的环境适应性,可在水质较差、水动力较弱等复杂水体环境中稳定运行。

## 2 城市河道污染治理中的生态修复技术应用策略

### 2.1 优选植物种类

在城市河道的生态修复工作中,选那些适应性强、净化能力强的植物,这可是提升修复成效以及达成水体自净功能的重要策略之一。这既能让植物存活率得到保证,又会大提升生态系统稳定性,还可提高污染物去除效率。在选植物时,得综合考量河道的水文状况、水质状况还有气候环境这些因素,这样才能保证植物能适应当地环境的状况。优先挑选本地的原生植物或者已适应的植物。像香蒲、芦苇、水葱以及水葫芦之类的。这些植物根系很发达,生长速度很快,水质净化能力强,能有效吸收水中的氮磷这类营养盐,进而减少水体富营养化的情况。并且,这些植物的根系与植物体内的有机物质能给微生物营造不错的栖息环境,还充当着附着载体。这使得微生物和植物能协同作用,大大提高水体的净化效率。

### 2.2 河流形态和生物群落的多样性

城市河道生态修复时,要保持、恢复河流形态的自然多样性,营造多样化的生物群落,这是提升整体生态系统稳定性与自净能力的重要策略,能增强生态系统的抗干扰能力,使其可持续发展。合理设计河道横断面、纵向水流结构、弯曲度还有缓坡滩地这类形式,就能营造出不同深浅及流速的水域环境,给多种水生植物和动物提供合适的栖息、繁殖空间,有力推动生态位的分化和生物多样性的增强。不同形态的河道结构还能有效减缓水流速度,促进泥沙沉积与污染物附着,为微生物提供更稳定的代谢环境,进一步强化水体的自净过程。同时,多样化的生态空间相互连通,形成生态廊道,有助于生物的迁徙与基因交流,进一步巩固生态系统的韧性与活力<sup>[4]</sup>。

### 2.3 布置人工湿地

在城市河道生态修复时,科学地布置人工湿地,能有效拦截地表径流里的污染物,强化水体净化功能,还能营造不错的生态景观环境,提高整体生态系统的服务功能。人工湿地设计需综合考虑地形、水质及水量等因素,科学选择表流式或潜流式构造,以最大化其生态效益。

## 3 案例剖析

### 3.1 案例背景

黄骅市的地理特征和水资源的丰盈,使其成为研究中一个引人注目的对象。该区域内流淌着一条主要的河流,这是当地重要的饮用水源之一,同时发挥着重要的生态作用和旅游休闲的功能。然而,黄骅市的迅速发展以及人口持续增长,使得城市化对环境的影响愈发明显。在河流经过的地带,工业和生活排放的污水造成了水质的恶化,严重影响了河岸带的生态系统,导致生物多样性的显著减少,自然景观及其生态服务功能也大幅减弱,正如图2所示。该区域存在着普遍的城市化河流岸边环境问题,包括岸带生态的退化、河水质量的恶化以及生物种类的减少等。因

此, 针对该区域的生态恢复策略进行研究, 并探讨各类先进的生态修复技术, 目的是改善城市河流滨岸区的生态状况, 提升城市生态安全及居民的生活品质, 同时为相关的政策制定提供科学依据<sup>[5]</sup>。



图2 某河流滨岸带污染情况

### 3.2 方案设计

具体的设计思路包括: 首先, 开展区域的基础调研, 其内容涵盖水质监测、河岸植被群落结构分析以及水下生物多样性评估。水质的监测将侧重于检测溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、氨氮和总磷等多个参数。对植物群落的结构进行分析时, 将以记录物种的多样性、植被的覆盖率以及生物量等信息为重点。对于水域生物多样性的研究, 将着重关注特定的鱼类、底栖生物以及浮游生物的种类及数量。依据基线调查的结果, 选择适合的生态修复方法进行实施, 例如可以采用生物修复、人工浮岛以及物理性修复等技术。在修复实施阶段, 将会详细记录所采纳技术的应用领域、地点、施工方法及费用等相关信息。生态修复工作结束后, 将会定期开展后续监测, 并对修复效果进行评价。监测标准与基线数据保持一致, 通过对比修复前后的数据变化情况, 分析修复的效果。

### 3.3 修复效果评价指标

修复效果的评估将采用一套综合性的指标体系, 以全面反映生态修复技术对河流沿岸生态环境质量、生物多样性以及生态服务功能的改善成效。评估的具体指标包括: ①与水质改善相关的各种参数, 如溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、生化需氧量 (BOD)、氨氮 (NH<sub>4</sub>-N)、总磷 (TP) 及重金属浓度等。②生态系统的生物多样性评估主要集中在植物群体的不同类型以及水中生物(包括鱼类、底栖生物与浮游生物)的多样性变化。通过分析物种的数量、香农指数以及生物量等指标, 能够有效地评价生态修复的成效。作为生态恢复的重要指标之一, 植被的覆

盖率提升能够有效反映植物社区的恢复水平和稳定性, 进而为减少水土流失、为生物栖息提供支持, 同时保持生态系统的各种功能。对这些指标进行整体分析, 可以更全面地掌握和量化生态修复技术在改善河流岸边环境、促进生物多样性及强化生态服务功能方面的具体表现。

## 4 结果解析

河道滨岸生态环境经修复后, 如图3所示。



图3 修复后河岸情况

### 4.1 修复前后的水质对比

根据表1的结果, 生物修复方法在改善水质和恢复生态环境方面显示出显著的优越性。这种方法在提高水中氧气含量、降低化学需氧量、生化需氧量、氨氮及总磷浓度等方面显示出了积极成效。尤其是水溶性氧含量增加了2.5mg/L。化学需氧量与生化需氧量的平均值分别降低了30mg/L和15mg/L; 氨氮和总磷的平均水平也分别减少了0.7mg/L和0.20mg/L。这些结果显示, 采用生物修复方法不仅有效地改善了水体质量, 也为河流生态系统的健康恢复提供了重要的支持, 如表1所示。

### 4.2 生物多样性的变化情况

以表2所示的数据为例, 生物修复技术显著促进了水生植物及水生动物的物种数量增长。水中植物的种类由16种增加至18种, 而水中生物的种群数量也从14种增长到20种。在多样性指数的测量中, 水域植物的香农指数由2.5上升至3.5, 而水域动物的香农指数则从2.7增长至3.9。这表明生物修复技术在提升生态系统的多样性与韧性方面效果显著。水生植物和水生动物在生物量方面分别提升了40%。这些研究结果揭示了生物修复技术不仅大幅提升了河流生态系统中的物种多样性, 而且帮助生物群落的生物量得以增长, 从而使得生态系统变得更加复杂且具有更高的稳定性, 如表2所示。

表1 生物修复技术水质对比

修复技术	溶解氧 (DO) mg*L <sup>-1</sup> -提升	化学需氧量 (COD) mg*L <sup>-1</sup> -降低	生化需氧量 (BOD) mg*L <sup>-1</sup> -降低	氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) mg*L <sup>-1</sup> -降低	总磷 (TP) mg*L <sup>-1</sup> -降低
生物修复技术	2.5	30	15	0.7	0.20

**表 2 生物修复技术生物多样性对比**

修复技术	水生植物物种数量增加	水生动物物种数量增加	水生植物香农多样性指数提升	水生动物长农多样性指数提升	水生植物生物数量增加/%	水生动物生物量增加/%
生物修复技术	6	5	1.0	1.2	40	40

#### 4.3 修复前后植被覆盖度对比

根据表 3 的数据显示,这个地区的植被覆盖比例在修复前分别为 28%、30%和 29%,表明生态环境已出现退化的趋势。生物再生治疗后,植物覆盖率增加到 50%。研究发现,植物修复的手段可以大幅度提升植被的覆盖率,从而有效增强整个生态系统的健康水平和稳定性,如表 3 所示。

**表 3 生物修复技术植被覆盖度对比**

修复技术	修复前植被覆盖率/%	修复后植被覆盖率/%
生物修复技术	28	50

#### 5 结束语

城市化进程不断推进,河道污染问题越发严重,急需采取有效的治理措施。生态修复技术是一种绿色、可持续的解决方案,它在城市河道污染治理里有着巨大的潜力和价值。采用植物修复、人工湿地及人工浮岛等技术,经合理选取与应用,能显著优化水质,恢复生态机能,并提升

周边环境品质,进而推动社会经济可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]李艳霞,王颖,张进伟,等.城市河道水体生态修复技术的探讨[J].水利科技与经济,2006(11):762-763.
  - [2]项延军,江海东,周立宗.硬质堤岸生态修复技术——以温州城市河道为例[J].中国园林,2011,27(6):5.
  - [3]孟凡超.城市河道退化河岸生态修复技术的水土保持效应及其稳定性评价[D].北京:北京林业大学,2011.
  - [4]高嵩,金勇,钱军,等.城市河道水生态修复技术研究[J].水利技术监督,2023(7):219-222.
  - [5]段云霞.城市河道水质改善与生态修复技术研究及应用[C].广东:2019年中国水污染治理技术与装备研讨会,2025.
- 作者简介:常碧艳(1995.8—),性别:女,民族:汉族,籍贯:云南省曲靖市,学历:本科,现有职业:给排水工程师(中级),研究方向:流域水环境与水生态治理。

## 某太阳能光伏组件公司废密封胶及其污染物危废鉴别研究

王太杨 罗洁 祝艳涛\*

四川省工业环境监测研究院, 四川 成都 610000

**[摘要]**光伏组件是太阳能发电系统中的核心部分, 主要功能是将太阳能转化为电能。密封胶作为组件边框的胶黏剂, 自动装框过程产生的废胶及污染物也随产能不断增加, 目前我国对于废胶及污染物定性不一, 导致监管部门和企业在管理和处置方面面临共同的难题。以某太阳能光伏组件公司废密封胶及其污染物为例, 明确其固废属性, 综合分析密封胶的原料成分、生产工艺、反应机理, 同时根据国家相关危险废物鉴别标准进行危废鉴别, 对同类固体废物的管理和处置有借鉴意义。

**[关键词]**废密封胶及污染物; 固体废物; 危废鉴别; 硅橡胶

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16978

中图分类号: X783.2

文献标识码: A

### Research on Identification of Hazardous Waste from Waste Sealing Adhesive and Its Contaminants in a Solar Photovoltaic Module Company

WANG Taiyang, LUO Jie, ZHU Yantao\*

Sichuan Province Academy of Industrial Environmental Monitoring, Chengdu, Sichuan, 610000, China

**Abstract:** Photovoltaic modules are the core part of solar power generation systems, with the main function of converting solar energy into electrical energy. As the adhesive for component frames, sealant generates waste adhesive and contaminants during the automatic framing process, which increases with production capacity. Currently, in China, the classification of waste adhesive and contaminants is inconsistent, leading to common challenges for regulatory authorities and enterprises in management and disposal. Taking the waste sealant and its contaminants from a certain solar photovoltaic module company as an example, the solid waste properties are clarified, and the raw material composition, production process, and reaction mechanism of the sealant are comprehensively analyzed. At the same time, hazardous waste identification is carried out according to relevant national hazardous waste identification standards, which has reference significance for the management and disposal of similar solid waste.

**Keywords:** waste sealant and contaminants; solid waste; identification of hazardous waste; silicon rubber

### 引言

研究背景: 在全球能源结构转型背景下, 光伏发电装机容量持续高速增长。据统计, 2022 年全球光伏组件年产量已突破 500GW, 随之产生的生产环节废弃物管理问题日益凸显。光伏组件专用密封胶作为核心封装材料, 其使用量以年均 15% 的速率递增, 而生产过程中产生的废密封胶及污染物因成分复杂、反应机理不明确, 长期面临危险特性判定争议。现有研究多聚焦于密封胶的黏接性能优化, 却鲜少关注其废弃阶段的潜在环境风险。

我国《“十四五”循环经济发展规划》明确提出“推进固体废物精细化管理”的要求, 而现行《国家危险废物名录》(2025 年版) 对有机硅类胶黏剂的分类尚未细化, 导致企业常陷入“过度处置”或“管理漏洞”的两难境地。以某头部光伏企业为例, 其单条产线每月产生 2.39t 废胶及污染物, 若按危废处置将增加约 80% 的运营成本, 反之则可能引发环境合规风险。这一矛盾凸显了开展系统化危险特性鉴别研究的迫切性。

研究目的: 本研究突破传统“以名录定性”的粗放管理模式, 创新性地提出“化学机理-工艺关联-多尺度检测”三位一体鉴别框架, 旨在建立光伏密封胶废弃物的科学鉴

别体系, 具体目标包括: 解析密封胶交联反应的化学机理, 明确特征污染物的生成路径及迁移规律; 构建“原料-工艺-产物”全链条分析框架, 识别关键危险特性指标; 制定符合《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298—2019) 的鉴别技术路线, 提供可复制的判定范式, 为修订《国家危险废物名录》中硅酮类胶黏剂分类提供数据支撑。

研究内容: 通过对密封胶的原料成分、生产工艺、反应机理等方面综合研判, 根据《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330—2017)、《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1~GB5085.6—2007)、《危险废物鉴别标准》(GB 5085.7—2019)、《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298-2019), 首先进行特征污染物分析, 其次进行鉴别对象初筛分析, 最终根据鉴别检测结果判定鉴别对象是否含有危险特性<sup>[1]</sup>。

### 1 鉴别对象概况

#### 1.1 鉴别对象产生环节

鉴别对象为某太阳能光伏组件公司在自动装框过程产生的废密封胶及污染物。产生环节: 自动装框过程使用单组分密封胶对层压件边缘进行缓冲密封处理, 该过程会产生废密封胶及污染物, 其中废密封胶为原料包装袋附着的残留胶, 污染物为密封胶的原料包装袋以及自动装框预

清洗过程产生的少量抹布<sup>[2]</sup>。

### 1.2 密封胶原辅料情况

通过企业提供的密封胶 MSDS 成分报告，确定其具体化学成分为聚二甲基硅氧烷、碳酸钙、气相二氧化硅、甲基三丁酮肟基硅烷。

### 1.3 特征污染物分析

首先根据密封胶原辅料成分，其主要污染物包括 pH、锡及其有机化合物、铝、石油溶剂等。

其次，采用《固体废物 挥发性有机物的测定 顶空气相色谱-质谱法》(HJ 643—2013)和《固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法》(HJ 951—2018)定性分析，发现废密封胶主要成分以硅氧烷和脂类化合物为主，根据样品挥发性有机物和半挥发性有机物 GC-MS 上机全扫谱图分析，VOCs 定性结果仅含有有毒物质 2-丁酮(又名“甲基乙基酮”)，SVOCs 定性结果不含毒性物质。因此，将 2-丁酮(甲基乙基酮)作为后续监测因子。

考虑到密封胶在使用过程(室温下)中，会吸收空气中的湿气并固化，可能会发生化学反应，释放出毒性物质，通过查阅《有机硅单体及聚合物》可知，密封胶使用过程会发生交联反应，反应类型主要包括 3 类：醋酸型、肟型、醇型。根据密封胶的成分报告，交联剂为甲基三丁酮肟基硅烷，属于肟型交联反应，其交联反应机理图如下。

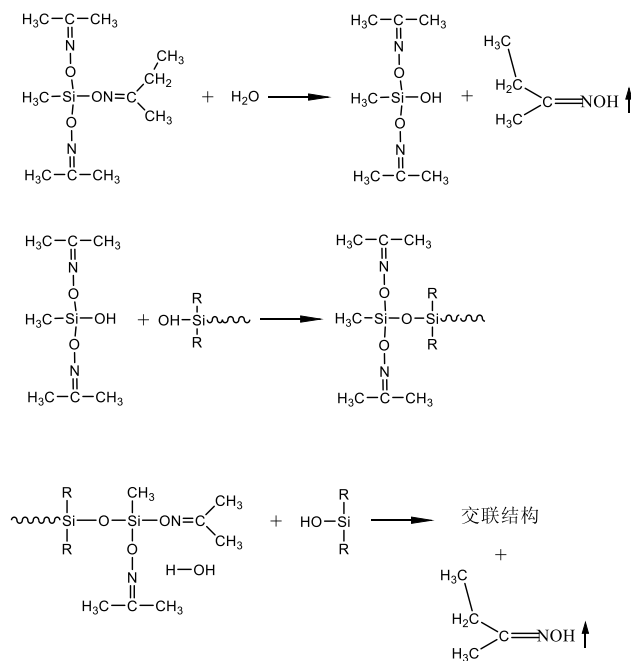


图 1 密封胶肟型交联反应机理图

根据上图可知，密封胶在室温下与空气中的水分进行水解反应，甲基三丁酮肟基硅烷生成硅醇类单体和 2-丁酮肟，硅醇类单体和硅氧烷骨架原料胶(即聚二甲基硅氧烷)进行交联反应形成稳定的交联结构，同时也释放出 2-丁酮肟。反应过程中甲基三丁酮肟基硅烷作为交联剂使

用，同时加入碳酸钙等填料提高密封胶抗酸碱和抗腐蚀等理化性能。

交联反应过程中所生成的 2-丁酮肟基本上对基材不产生腐蚀性，且不属于 5085.3 和 5085.6 中毒性物质因子，因此不对其进行污染识别<sup>[3]</sup>。

## 2 固废属性判断

### 2.1 属于固体废物的判断

废密封胶及污染物来源于自动装框过程，属于《固体废物鉴别标准 通则》(GB 34330—2017)中 4.1(c)类“因为沾染、掺入、混杂无用或有害物质使其质量无法满足使用要求，而不能在市场出售、流通或者不能按照原用途使用的物质”。因此，可判定鉴别对象属于固体废物。

### 2.2 不属于危废名录的判断

对照《国家危险废物名录》(2025 年版)，胶黏剂相关危废类别均属于有机树脂类废物，根据密封胶成分报告、产品执行标准、《胶黏剂术语》(GB/T 2943—2008)，确定胶黏剂类别属于橡胶型胶黏剂，不属于有机树脂类胶黏剂。因此，可判断鉴别对象未列入《国家危险废物名录》(2025 年版)。

## 3 危险特性初筛

根据《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298—2019)“如危险特性全部来源于该物质本身，且在使用过程中危险特性不变或降低，应采集该物质未使用前的样品。”因此，危险特性初筛采集 1 个使用前的密封胶样品，进行腐蚀性、急性毒性、浸出毒性、易燃性、反应性、毒性物质含量样品初筛分析，结果如下<sup>[4]</sup>。

### 3.1 腐蚀性初筛

根据《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》(GB 5085.1—2007)，符合下列条件之一的固体废物，属于危险废物：

(1) 按照 GB/T 15555.12—1995 的规定制备的浸出液，pH ≥ 12.5，或者 pH ≤ 2.0；(2) 在 55℃ 条件下，对 GB/T 699 中规定的 20 号钢材的腐蚀速率 ≥ 6.35mm/a。

初筛样品 pH 值为 6.87(无量纲)，腐蚀速率测定结果为 0.109mm/a，均不满足《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》(GB 5085.1-2007)中危险废物的判定要求。因此，排除腐蚀性危险特性。

### 3.2 急性毒性初筛

根据《危险废物鉴别标准 急性毒性初筛》(GB 5085.2—2007)<sup>[5]</sup>，符合下列条件之一的固体废物，属于危险废物。

(1) 经口摄取：固体 LD<sub>50</sub> ≤ 200mg/kg，液体 LD<sub>50</sub> ≤ 500mg/kg；(2) 经皮肤接触：LD<sub>50</sub> ≤ 1000mg/kg；(3) 蒸气、烟雾或粉尘吸入：LC<sub>50</sub> ≤ 10mg/L。

初筛样品不易产生蒸气、烟雾或粉尘；同时，公司建立有严格的外来人员控制及职业卫生防护规定，不存在皮肤接触的可能，故排除其具有吸入急性毒性、经皮肤接触急性毒性危险特性。

工环院委托相关检测中心对初筛样品的急性经口毒性 LD<sub>50</sub> 进行分析, 对 KM 小鼠的急性经口毒性 LD<sub>50</sub>>200mg/kg bw, 不满足《危险废物鉴别标准 急性毒性鉴别》(GB 5085.2—2007) 中危险废物的判定要求。因此, 排除急性毒性危险特性。

### 3.3 浸出毒性初筛

初筛样品产生过程不涉及农药, 故排除有机农药类因子; 根据特征污染物的分析和迁移, 直接涉及的无机元素及化合物为铝, pH、锡及其有机化合物、石油溶剂不属于浸出毒性关注因子; 通过 GC-MS 定性分析, 浸出毒性需要考虑挥发性有机化合物和非挥发性有机化合物。

根据《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3—2007) 第 3 条款: 按照 HJ/T 299 制备的固体废物浸出液中任何一种危害成分含量超过标准中表 1 所列的浓度限值, 则判定该固体废物是具有浸出毒性特征的危险废物。

监测结果显示, 按照 HJ 299 方法进行浸出的初筛样品浸出液中检出汞、砷、钡、铅、锌、总铬、铜、镍、氟化物, 其余均为未检出, 检出物质浓度均低于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3—2007) 表 1 中浸出液中危害成分质量浓度限值。其中汞、砷、钡、铅、总铬、镍均在定量限附近, 不是特征因子, 且远低于标准限值, 后续不再关注。因此, 确定锌、铜、氟化物为浸出毒性后续检测因子。

### 3.4 易燃性初筛

初筛样品属于固态物质, 根据其理化性质, 在标准温度和压力 (25°C, 101.3kPa) 下, 不会因摩擦或自发性燃烧而起火, 经点燃后不能剧烈而持续地燃烧并产生危害, 不满足《危险废物鉴别标准 易燃性鉴别》(GB 5085.4—2007) 中危险废物的判定要求。因此, 排除易燃性危险特性。

### 3.5 反应性初筛

初筛样品在常温常压下稳定, 不容易发生剧烈变化, 不易发生爆轰或爆炸性分解反应, 受强起爆剂作用或在封闭条件下加热, 也不会发生爆轰或爆炸反应, 排除反应性: 具有爆炸性质。

根据初筛样品 MSDS 报告, 不溶于水, 与水混合不发生剧烈化学反应, 不产生足以危害人体健康或环境的有毒气体、蒸气或烟雾, 排除反应性: 与水接触产生易燃气体或有毒气体反应性。

初筛样品不是易引起燃烧或爆炸的废弃氧化剂, 也不是对热、震动或摩擦敏感的含过氧基的废弃有机过氧化物, 排除反应性: 废弃氧化剂或有机过氧化物反应性。

工环院委托相关检测中心对初筛样品进行氰化氢气体反应性和硫化氢气体反应性鉴别, 监测结果显示, 初筛样品的硫化氢气体反应性为 0.06mg/kg, 氰化氢气体反应性为未检出。排除反应性: 氰化氢气体反应性和硫化氢

体反应性。

以上, 均不满足《危险废物鉴别标准 反应性鉴别》(GB 5085.5—2007) 中危险废物的判定要求。因此, 排除鉴别对象的反应性危险特性。

### 3.6 毒性物质含量初筛

初筛样品毒性物质含量因子确定: 无机元素及化合物 (汞、砷、硒、锑、钨、钙、锶、铝、铍、锡、钴、铈、锰、钒、钡、银、铅、镉、锌、六价铬、总铬、铜、镍、氟、氰根离子)、挥发性有机物 (2-丁酮 (甲基乙基酮))、石油溶剂。

监测结果显示, 硒、铍、钨、铈、钒、银、铅、镉、六价铬、氰根离子、钡、镍等未检出或在定量限附近, 不是特征因子, 且远低于标准限值, 后续不再关注; 钙最不利以氰化钙计算, 氰化物未检出, 故后续不再对钙进行监测; 锶最不利以铬酸锶计算, 因含铬毒性物质含量应根据六价铬含量来进行换算和结果判断, 六价铬未检出, 故后续不再对锶和总铬进行监测; 铝最不利为氟化铝, 以氟进行计算, 后续不再对铝进行监测; 汞、砷、锑以最不利物质进行计算, 对毒性物质含量结果贡献度很小 (均低于 0.2%), 因此后续不对汞、砷、锑进行监测。铜的毒性物质含量虽然未检出, 但属于浸出毒性检出物质, 因此后续对铜进行监测。

综上, 确定针对铜、锌、锰、钨、锡、氟、石油溶剂、2-丁酮 (甲基乙基酮) 进行毒性物质含量检测。

## 4 危险特性鉴别

### 4.1 样品采集

根据《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298—2019), 结合鉴别对象产生量 (密封胶及沾染物为 2.39 t/月), 确定本次鉴别采集份样数为 8 个, 并按照 HJ/T 20 中随机数表法确定采样单元及样品。

### 4.2 浸出毒性鉴别

浸出毒性检出指标及结果如表 1 所示, 无超标份样, 不存在浸出毒性危险特性。

表 1 废弃密封胶及沾染物固体废物浸出毒性监测结果

鉴别对象	份样数	监测项目及结果 (单位: mg/L)		
		铜	锌	氟化物
废弃密封胶及沾染物	1	<0.01	0.04	0.042
	2	0.05	0.15	0.034
	3	0.14	0.07	0.033
	4	0.10	0.07	0.056
	5	0.04	0.09	0.036
	6	0.03	0.10	0.036
	7	0.03	0.08	0.030
	8	0.32	0.06	0.034

(注: 数据来源于工环院样品监测报告, 按照 HJ 760、HJ 766、HJ 951、GB 5085.3 等检测。)

### 4.3 毒性物质含量鉴别

根据最不利物质换算原则，锰、钛以单质计算，铜以氰化亚铜钠计算，锌以氰化锌计算，锡以双(三正丁基锡)硫化物计算，氟化物以氟化铅计算，鉴别对象毒性物质含量监测结果，如表2~表4所示。

### 4.4 检测结果判断

本次采集的样品份样数为8个，8个样品浸出毒性和毒性物质含量的监测指标均未超过标准限值，样品超标份样数为0份，因此可以判定鉴别对象不属于危险废物。

表2 废弃密封胶刷毒物质含量计算结果表

鉴别对象	份样数	剧毒物质						总含量(%)	标准限值(%)
		氰化亚铜钠		氰化锌		分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)		
		分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)				
废弃密封胶及污染物	1	<0.4	0.000000	205	0.037	0.037	0.1		
	2	<0.4	0.000000	216	0.039	0.039	0.1		
	3	<0.4	0.000000	190	0.034	0.034	0.1		
	4	<0.4	0.000000	202	0.036	0.036	0.1		
	5	<0.4	0.000000	214	0.038	0.038	0.1		
	6	<0.4	0.000000	207	0.037	0.037	0.1		
	7	<0.4	0.000000	210	0.038	0.038	0.1		
	8	<0.4	0.000000	36.8	0.007	0.007	0.1		

(注：数据来源于工环院样品监测报告及相关实验室，按照 HJ 781 检测，并按照 GB 5085.6 要求进行分析、汇总。)

表3 废弃密封胶有毒物质含量计算结果表

鉴别对象	份样数	有毒物质												总含量(%)	标准限值(%)
		锰		钛		双(三正丁基锡)硫化物		氟化铅		石油溶剂		丁酮(甲基乙基酮)*			
		分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)	分析指标含量(mg/kg)	含量计算结果(%)		
废弃密封胶及污染物	1	21.6	0.00216	33.0	0.00330	27.8	0.0072	420	0.271	305	0.0305	126	0.013	0.327	3
	2	20.2	0.00202	43.5	0.00435	47.5	0.0122	400	0.258	300	0.0300	120	0.012	0.319	3
	3	20.4	0.00204	75.7	0.00757	43.4	0.0112	385	0.248	443	0.0443	84.9	0.008	0.322	3
	4	28.4	0.00284	36.2	0.00362	20.1	0.0052	440	0.284	408	0.0408	75.3	0.008	0.344	3
	5	21.8	0.00218	38.4	0.00384	15.9	0.0041	400	0.258	468	0.0468	10.6	0.001	0.316	3
	6	21.8	0.00218	29.8	0.00298	19.8	0.0051	460	0.297	455	0.0455	121	0.012	0.365	3
	7	22.8	0.00228	35.2	0.00352	53.6	0.0138	400	0.258	357	0.0357	12.7	0.001	0.315	3
	8	22.8	0.00228	28.8	0.00288	30.6	0.0079	450	0.290	457	0.0457	50.1	0.005	0.354	3

(注：数据来源于研究院样品监测报告及相关实验室，按照 HJ 781、HJ 766、HJ 999、GB 5085.6 等检测，并按照 GB 5085.6 要求进行分析、汇总。)

表4 废弃密封胶及污染物累计毒性计算结果表

鉴别对象	份样数	剧毒物质总含量(%)	有毒物质总含量(%)	累计毒性(无量纲)	标准限值(无量纲)
废弃密封胶及污染物	1	0.037	0.327	0.477	1
	2	0.039	0.319	0.494	1
	3	0.034	0.322	0.449	1
	4	0.036	0.344	0.477	1
	5	0.038	0.316	0.490	1
	6	0.037	0.365	0.493	1
	7	0.038	0.315	0.482	1
	8	0.007	0.354	0.184	1

## 5 结语

本次废密封胶及沾染物危废鉴别,综合分析企业原辅材料、生产工艺和可能存在的危险成分,并严格按照《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330—2017)、《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-GB5085.7)、《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298—2019)等标准规范执行鉴别流程,判定该太阳能光伏组件公司废弃密封胶及其沾染物不具有腐蚀性、急性毒性、浸出毒性、易燃性、反应性和毒性物质含量危险特性,不属于危险废物。

### [参考文献]

- [1]环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330-2017)[S].北京:中国环境科学出版社,2017.
- [2]国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.《危险废物鉴别标准》(GB 5085.1-GB5085.6-2007)[S].北京:中国

环境科学出版社,2007.

- [3]生态环境部,国家市场监督管理总局.《危险废物鉴别标准 通则》(GB 5085.7-2019)[S].北京:中国环境科学出版社,2019.
- [4]生态环境部.《固体废物 挥发性有机物的测定 顶空/气相色谱-质谱法》(HJ 643-2013)[S].北京:中国环境科学出版社,2013.
- [5]生态环境部.《固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法》(HJ 951-2018)[S].北京:中国环境科学出版社,2018.
- [6]晨光化工研究院有机硅编写组.《有机硅单体及聚合物》[M].北京:化学工业出版社,1986.
- 作者简介:王太杨(1991.11—),男,汉,四川省内江市威远县人,硕士研究生,研究方向为危废鉴别。

## 智能监测技术在噪声治理示范区中的应用效能评估

张卫清 王安银

伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站, 新疆 835000

**[摘要]**随着城市化进程的加快,噪声污染问题日益严重,成为影响居民健康和生活质量的重要因素。近年来,智能监测技术在环境治理领域的应用逐渐深入,特别是在噪声治理示范区中展现出较强的技术优势和管理效能。文中以智能监测技术在噪声治理示范区中的应用为研究对象,评估其在数据采集、实时预警、决策支持和公众参与等方面的效能,分析其带来的治理模式变革和存在的问题,为今后噪声污染治理提供科学依据和技术参考。

**[关键词]**智能监测; 噪声治理; 示范区; 效能评估; 环境管理

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16977

中图分类号: TP212

文献标识码: A

### Evaluation of the Application Efficiency of Intelligent Monitoring Technology in Noise Control Demonstration Zones

ZHANG Weiqing, WANG Anyin

Yining City Environmental Monitoring Station, Yining Branch of Yili Prefecture Ecological Environment Bureau, Xinjiang, 835000, China

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, noise pollution is becoming increasingly serious and has become an important factor affecting residents' health and quality of life. In recent years, the application of intelligent monitoring technology in the field of environmental governance has gradually deepened, especially in noise control demonstration areas where it has demonstrated strong technical advantages and management efficiency. The article takes the application of intelligent monitoring technology in noise control demonstration zones as the research object, evaluates its effectiveness in data collection, real-time warning, decision support, and public participation, analyzes the governance mode changes and existing problems it brings, and provides scientific basis and technical reference for future noise pollution control.

**Keywords:** intelligent monitoring; noise control; demonstration zone; efficiency evaluation; environmental management

#### 引言

噪声污染是城市环境污染中的关键部分,还会干扰生活及工作的正常开展,还可能会引发一系列生理及心理的健康状况。传统噪声管理采用人工监测及定点巡查方式,有响应迟钝、覆盖面狭窄、数据反馈滞后等问题,依靠物联网、大数据跟人工智能技术,建设噪声智能监测系统成为推动环境治理水平进步的新招法。本文分析了某噪声治理示范区内智能监测系统的运行情形,评判其在监测效率、治理响应、公众服务等维度的实际效能水平,概括其成功做法与存在的明显短板,为推广践行提供参考范例。

#### 1 智能监测系统的构建与功能框架

##### 1.1 系统架构与组成模块

多个彼此协同的功能模块构成了智能监测系统整体的架构,构建起一套完备且高效的环境噪声监测体系。该系统主要以噪声传感终端、无线通信网络、云端数据处理平台以及可视化展示终端这四大核心为组成部分,整个系统数据采集前沿的任务由噪声传感终端承担。一般安装在城市的主干道、居民区、学校周边以及医院附近等对噪声敏感的区域,凭借高灵敏度传感器实时探测环境噪声强度。此类终端具备防尘、防水、抵御电磁干扰等特性,且支持

远程维护及自动校准实施,可实现全天候不间断稳定运转,数据采集后,以4G、NB-IoT或LoRa等低功耗无线通信方式快速向云端平台上传。数据处理平台开展原始数据的清洗、去噪、压缩、存储,接着进行算法建模分析,筛选出有价值的噪声信息。分析结果借助图表、热力图、地图标注等形式在可视化终端展示,便于管理人员直观把握决策<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 技术功能与应用目标

智能噪声监测系统的功能设计把智能化、自动化和精准化特点充分体现,主要聚合了实时监测、自动报警、趋势分析以及地图可视化等多项技术功能。为实现高效的环境噪声管理目标服务,其核心技术的一项功能是实现对环境噪声全时段实时监测,还保障数据实现高频采集与即时传送,及时捕捉突发的噪声事件。若监测值超过了既定的阈值范围,系统自动开启报警机制,采用短信、微信、邮件以及平台弹窗等方法,旋即把预警信息传达给相关责任对象,做到迅速反应与管控,进而杜绝问题扩大化或长期留存。系统自带的趋势分析模块借助大数据技术与智能算法,有能力对海量的历史噪声数据做深度挖掘,分析出噪声变化的潜在模式,预测未来的起伏走向,为政府

和企业科学决策给予辅助。GIS 地图展示功能把采集到的噪声信息叠加进地理空间图层之中,便于管理者清晰掌握各区域噪声的空间分布特征,实现对区域噪声的分级监管和精细治理。该系统的总体目标为实现从“被动应对”向“主动预防”的跨越,助力环境管理由传统人工巡查过渡到数字化、网络化、智能化管理模式,为构筑绿色低碳、和谐宜居的城市生态环境提供可靠的技术后盾和决策佐证。

## 2 智能监测在噪声治理中的具体应用

### 2.1 多点布控实现空间全覆盖

在现代城市的管理及环境保护当中,噪声污染已然是一个不容小觑的挑战。日常生活质量被噪声影响,关乎人们生活,可能会引发一些健康问题,如听力丧失、睡眠失常、心理焦虑等。为切实有效监管噪声污染,尤其是交通拥堵的道路、建筑工地和居民区等关键地段,使用传感器技术实施实时、多点的网格化监控意义重大。在这些区域配置高精度噪声传感器,可实现噪声数据的实时采集与监测,这些传感器能精确测定噪声的音量、频率及其持续时间等详情,再把这些数据上传至中央的监控系统。实时监测可助力政府及相关部门及时发现噪声超标的状况,杜绝产生噪声监测的盲区与漏区。若建筑工地出现超标噪声排放情况,系统可迅速识别并发出警示信号,相关部门可迅速采取行动进行干预<sup>[2]</sup>。

采用网格化监测的模式,可把城市或区域分割成多个监测单元,相应传感器针对每个单元开展数据采集工作,保障监控覆盖广度与精度的实现。该途径不仅能全面摸清噪声污染的分布局面,还可实时估量不同区域噪声污染的变化趋向,迅速发现陡然出现的噪声污染事件,传感器分布可做到精细且无盲区覆盖,杜绝了传统监测方法中可能存在的漏检和盲区现象。依靠此类传感器网络的营造,可大幅增进噪声污染管理的效率,使相关部门得以更具靶向性地确定治理措施,为优化城市环境品质、增进居民生活质量给予坚实助力。

### 2.2 实时预警与联动响应机制

在噪声监测系统应用期间,实现精准管理与快速响应的关键举措之一是设定噪声阈值。系统经由设定合理的噪声临界值,若所监测的噪声数据超过设定准则,瞬间触发报警模式,自动把报警内容推送至管理侧。该功能保障了噪声污染事件可在第一时间被察觉并处置,防止了传统人工巡查中可能存在的延误和遗漏情况。以高效的数据采集与实时监测,噪声监测系统,能持续跟进特定区域噪声的变化趋势。倘若监测到某区域噪声水平超出了预先设定的标准,系统根据既定章程自动发出警报,管理平台不仅要把这些警报推送给相关人员,还可同步至移动终端,便于工作人员迅速给予响应。警报信息中还会携有噪声数据、位置、时间等详细资料,便于管理人员迅速查明问题源头<sup>[3]</sup>。

更核心的一点是,系统可跟执法系统实现联合行动,保证噪声超标事件可迅速启动执法流程。若警报被触发,执法人员能马上依据系统给出的数据开展现场核查,查证噪声超标的起始源头,继而采取契合的执法行动,如下达整改要求或实施惩戒。此联动机制不光提高了反应速率,还可借助智能化的执法流程,实现针对噪声污染源的精准追溯管控。依靠自动化的监控及联动机制,噪声污染治理实现了高效与针对性的增强,不仅强化了环境监管的实时性,进而提升了执法的精准性与透明性,推动实现更加科学严格的噪声污染治理模式。

### 2.3 数据分析支撑决策优化

在噪声污染治理进程中,长时间的数据采集并非只是记录当下的噪声情形,也是深度分析噪声污染规律、开展科学治理的关键支撑。经由在城市重点区域持续部署噪声监测传感器,系统可在长时段内稳定采集众多噪声数据,涉及音量大小、发生时间、持续时段以及确切所在等资讯。这些高频且连续的数据,为分析噪声污染的成因、规律及变化趋势给予了坚实支持。历经数据的梳理与分析,系统可以绘就噪声污染的时间-空间热力图。此类热力图借助颜色深浅,直观呈现一天或一周不同时间段的噪声强度变动,而且呈现不同地理区域噪声污染的分布面貌。

在上下班高峰期,某条主干道的噪声明显拔高,再就是某居民区夜间施工频繁,产生持续噪声扰民这一问题,此类信息可在热力图中清晰呈现。采用这种方法,管理者能迅速辨别噪声污染频发的区域与时间段,清楚界定问题的显著热点与核心痛点。依据热力图与数据分析成果,相关部门可谋划出更科学、精准的噪声治理策略。在噪声高峰阶段安排临时交通疏导行动,实行重型车辆通行约束;或者为夜间施工噪声专门制定严谨的时间管控和监管方法。此基于数据驱动的阶段性干预举措,能有效提升治理效率及效果。热力图也能成为评估治理效果的关键利器,查看干预行动实施前后的情形变化,为后续政策优化给出依据<sup>[4]</sup>。

### 2.4 提升公众参与与信息透明度

在现代社会治理体系中,环境管理中,信息公开和公众参与正日益成为重要组分。为增进噪声污染治理的透明度及公众参与度,构建便捷的面向公众的查询平台或小程序,同时把部分噪声监测数据对居民公开,不失为一项有现实意义的举动。利用这一平台,无论何时何地,居民均可查看所在社区或城市某区域的噪声水平,涵盖日常监测所得数据、历史的变化走势以及高频次超标时间段等资讯。此种开放式的数据披露,让居民对周边环境状况有直观认知,同时显著增进了对政府治理工作的信赖感。公众平台的建成也为居民开辟了参与治理的路径,用户借助小程序可进行噪声异常的在线举报,上传照片、录音之类的佐证资料,同时可实时查看处理进展。这类双向互动的模式,

拉近了政府跟居民之间的隔阂感,让居民从被动的“受监管者”过渡为主动的“共建者”,共同投入到环境治理工作中。

平台也能设置噪声预警提示这一功能,如噪声快要达到高数值时,给居民发送警示通告,指导其开展防护与规避行动。面向长期受噪声折磨的人群,平台可给出相关科普知识以及健康方面的建议,增强居民环保理念与自我防御能力。依靠数据公开与平台间的互动,既提升了环境治理的公开性和公信力水平,还为构筑“政府主导、公众介入、社会共治”的噪声污染治理新体系增添了强劲支撑。此共治共享机制的逐步形成,将带动城市管理朝着智慧方向发展、治理效率显著提高、人居环境愈发和谐。

### 3 效能评估指标体系构建与分析结果

#### 3.1 评估指标体系设计

为全面考量治理体系的运行成果,应当从技术、管理及公众效能三个维度构建合理的指标体系。针对技术效能层面,可设定“监测准确率”“数据采集完整性”“系统运行稳定性”的指标,着重评判治理期间信息化手段的精准状况与可靠水平,保证技术辅助为决策筑牢可靠基础。对环境监测数据的误差率与实时更新频率加以量化,可有效展现智能系统的感知及分析水平。针对管理效能这一维度而言,需重点关注“响应时效性”“处置流程规范性”“跨部门协同程度”等关键指标,借助这些指标能评估管理机构面对问题时的迅速反应力和执行效率,也体现出制度设计科学性与执行的力度。借助对事件处理平均响应时长以及各部门联动频次的分析,可切实查验管理机制的实际运行成效<sup>[5]</sup>。

在公众效能内,指标设计可把“治理结果改善状况”“公众参与的积极性”“群众满意度”等纳入其中,重点呈现治理成果对社会公众产生的实际效果以及公众对治理工作的赞同程度。公众满意度可经由问卷调查、回访评价等形式收集,借助相关数据前后对比,治理成效可实现量化呈现。依靠这一指标体系实施综合评价,可作为治理模式优化的参照,推进治理能力达成现代水平。

#### 3.2 案例评估分析

在城市推进精细化治理时,评估治理成效、优化治理手段,科学的指标体系是关键工具。以技术、管理、公众效能构成三大核心维度,可从多样角度全面反映治理工作的质量与高度,技术效能留意系统精准监测与智能预警的能力,作为实现精准施策的基础支撑;管理效能强调响应方面的及时性、执法方面的规范性及跨部门协同,乃提高治理效率的关键之举;公众效能体现出治理方法对居民生活实际改善的程度,以及公众参与感和所获体验,是测定

治理成效的终极准绳。

以某城市噪声治理示范区为例,这片区域引入了一套智能噪声监测与管理的系统,具备实时噪声感知、热点区域自动预警、执法联动调度、公众反馈通道等多种功能特性,在系统运行的连续六个月中,综合居民问卷反馈与数据分析结果表明,治理收获明显成效。针对技术效能层面而言,系统依靠自动监测和实时上传功能让数据准确率升高,实现高噪声点位定位的更精准化;在管理效能方面,采用数据驱动执法的调度工作,执法人员平均响应时间比原先缩短了40%,极大促进了问题处理的成效;从公众效能这一维度看,采用多途径宣传与推进居民参与平台搭建,居民满意度呈现稳步上扬态势,攀升至87%。与之前情况比,高噪声相关投诉量下降了32%,这些结果证实,按照三维指标体系实施的综合治理模式,不仅使城市噪声治理的科学化水平上扬,也进一步增强了居民的幸福与安全感<sup>[6]</sup>。

### 4 结语

智能监测技术在噪声治理示范区中的应用,不仅提升了监测的实时性与准确性,更推动了治理方式向智能化、系统化转变。虽然在技术整合、机制对接等方面仍存在挑战,但其总体效能已显著优于传统模式。未来应在政策、技术、机制层面不断优化,推动其在更大范围的推广应用,实现城市环境治理现代化。

#### [参考文献]

- [1]谢鹏飞,谭正,郭超.环境噪声监测与管理的法律与技术探讨[J].黑龙江环境通报,2025,38(3):162-164.
- [2]高国强.基于人工智能的智慧城市噪声监测系统[J].电声技术,2025,49(2):26-28.
- [3]熊雅菁,乔俊婧.交通枢纽及场站的环境监测和治理研究——以某省为例[J].生态与资源,2024,10(7):77-79.
- [4]郁宏林.浅谈环境噪声监测中的问题及质量控制措施[J].资源节约与环保,2019,8(5):144.
- [5]尤洋,敬红,夏青,等.军民合用机场飞机噪声预测与监测中的技术问题和建设[J].环境影响评价,2017,39(3):52-55.
- [6]梁振来.城市环境监测重点及综合治理探讨[J].科学家,2016,4(9):5-6.

作者简介:张卫清(1971.5—),毕业院校:新疆大学,所学专业:生化专业,当前就职单位:伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站,职务:站长,职称级别:副高级;王安银(1986.8—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:生物化学与分子生物学,当前就职单位:伊宁市环境监测站,职务:监测站副站长,职称级别:副高级工程师。

## 新形势下节能减排与环境保护路径研究

王瑞锋 李思彤

中国质量认证中心有限公司, 北京 100070

[摘要]随着“一带一路”倡议不断深入推进以及城市化进程持续加速,我国经济获得了更为广阔的发展空间,人民生活水平也有了明显提高。不过,快速发展之下,生态环境承受了不容小觑的压力。在生产环节,资源浪费情况颇为严重,而且废水、废气等污染物排放致使环境污染问题日趋严重。所以,在未来的生产和生活当中,要更加重视环境保护,全面落实节能减排以及各项环保举措,一方面要实现经济的繁荣发展,另一方面也要妥善保护生态环境,保障绿色可持续发展,达成金山银山与绿水青山并存的局面。

[关键词]新形势; 节能减排; 环境保护; 保护路径

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16975

中图分类号: F32

文献标识码: A

### Research on the Path of Energy-saving and Emission Reducing and Environmental Protection under the New Situation

WANG Ruifeng, LI Sitong

China Quality Certification Center Co., Ltd., Beijing, 100070, China

**Abstract:** With the deepening of the "the Belt and Road" initiative and the acceleration of urbanization, Chinese economy has gained broader development space and people's living standards have also improved significantly. However, under rapid development, the ecological environment is under significant pressure that cannot be underestimated. In the production process, resource waste is quite serious, and the discharge of pollutants such as wastewater and exhaust gas has led to increasingly serious environmental pollution problems. Therefore, in future production and life, more attention should be paid to environmental protection, and energy-saving and emission reducing, and various environmental protection measures should be fully implemented. On the one hand, we need to achieve prosperous economic development, and on the other hand, we need to properly protect the ecological environment, ensure green and sustainable development, and achieve a situation where mountains of gold and silver coexist with green mountains and rivers.

**Keywords:** new situation; energy-saving and emission reducing; environmental protection; protection path

### 引言

随着全球气候变化以及环境污染问题变得日益严峻起来,节能减排还有环境保护已然变成各国一同面对的关键课题。我国身为世界上最大的发展中国家,经济快速发展的态势使得资源消耗以及环境压力不断加剧,在怎样于维持经济持续增长之际达成绿色低碳转型这这已然成为发展的迫切需要。尤其是进入到新世纪之后,伴随国家“双碳”目标也就是碳达峰以及碳中和的提出,我国节能减排以及环境保护工作步入了全新的发展时期。为了达成这些目标,我国有必要在政策引导、技术创新以及社会参与等诸多方面付出更多努力,推动经济结构的调整以及产业的升级,强化生态环境的保护,建设美丽的中国。不过,节能减排以及环境保护工作依旧面临着不少挑战,像是技术创新存在不足、公众环保意识较为薄弱、相关法规不够完善等等问题,这些问题都对绿色发展目标的实现形成了阻碍。所以,本文目的在于剖析当下我国在节能减排以及环境保护层面所遇到的问题,同时探讨在新形式下应当采取的有效途径以及措施,给出切实可行的对策建议。

#### 1 新形势下节能减排与环境保护工作的重要意义 在当下我国经济社会迈向高质量发展的全新形势之

下,节能减排以及环境保护工作的意义愈发彰显出来,已然成为国家达成可持续发展战略目标、构建起生态文明社会的关键核心内容。从一个方面来讲,节能减排属于缓解资源处于紧张状况并且保障能源安全极为关键的举措,其能够对产业结构起到优化的作用,推动实现绿色转型,同时提升资源的利用效率,从而促使整体经济效益以及发展质量得以提高。从另一个方面来看,环境保护作为生态文明建设当中十分重要的构成部分,既是回应人民群众对于美好生活环境所抱有的期待的一项基本要求,同时也是改善民生情况、维护社会稳定局面、强化国家竞争力的重要保障手段<sup>[1]</sup>。在当下这个时期,伴随着“双碳”目标不断向前推进以及生态环境监管力度持续不断地加大,节能减排和环境保护既体现了政府治理体系走向现代化的状况,又是企业达成可持续经营并履行自身社会责任的必然决定方向。

#### 2 现阶段我国节能减排和环境保护工作中存在的问题分析

##### 2.1 缺乏新兴技术的支持

在我国当下的节能减排以及环境保护工作进程当中,缺少新兴技术方面的有力支持,这已然成为限制其进一步向前推进的一个颇为突出的问题。近些年来,国家在绿色

技术这个领域持续增加投入力度,然而从整体情况来考量,核心节能环保技术在自主创新方面的能力依旧显得较为单薄,并且在关键设备以及技术层面仍旧存在着依靠进口的情况,这种情况对节能减排工程的实施效率以及所能涉及的广度都形成了制约作用。部分传统高能耗且高污染的行业因为技术更新换代的速度较为缓慢,还在沿用那些落后的生产工艺,进而使得污染物的排放很难得到有效的管控。与此像智能化、数字化这类现代技术在环保领域当中的应用还仅仅停留在较为初步的阶段,在环境监测、数据分析以及污染追溯等诸多环节当中,技术方面的支撑明显不足,这对环保工作的精准程度以及实时性产生了影响。

## 2.2 “农村污染+城市污染”使农村环境问题更为复杂

当前我国在节能减排以及环境保护相关工作当中,“农村污染”与“城市污染”相互叠加的这样一种局面,使得农村环境方面的问题变得日益复杂起来,已然成为了一个急需得到关注的关键难题。随着城镇化进程不断加快,部分城市污染源会借助大气、水体等不同途径朝着周边的农村地区去扩散,如此一来就致使农村生态环境面临着来自两个方面的压力。其一,农村自身就存在着农业面源污染、生活垃圾无序堆放以及污水直排等诸多问题,尤其是大量使用农药、化肥的情况,对土壤以及水体产生了持续性的不利影响;其二,城市工业所产生的废气、废水还有固体废物,通过排放、渗透等多种方式进入到农村环境当中,这无疑又加重了农村生态系统所背负的负担。

## 2.3 公众参与环保的积极性有待提升

在我国当下的节能减排以及环境保护相关工作里面,公众参与环保所展现出的积极性依然需要进一步去提升,而这一情况已然变成了制约环保工作能够深入推进的关键因素其中的一个。虽说近些年来环保理念正逐步地得到普及,国家层面以及地方层面也在持续不断地强化环保方面的宣传教育工作,然而有一部分公众的环保意识比较淡薄,对于节能减排所具有的重要性并没有足够的认识,往往仅仅停留在表面响应的那个层面,缺少了深入的理解以及主动去行动的态度。在日常生活的实际情境当中,像随意将垃圾倾倒、过度地使用塑料制品、无节制地浪费水用电等等这类行为依旧是较为普遍存在的现象,环保的行为还没有真正成为公民自然而然形成的一种生活方式。与此还有一部分公众对于环保政策缺乏应有的信任感,他们觉得个人参与到其中很难带来实质性的改变,存在着一种“事不关己”的心态<sup>[2]</sup>。环保参与的渠道不够畅通同样是一个不容忽视的问题,有些地区到目前为止都还没有建立起完善的公众参与机制,使得公众很难有效地去表达自己的意见或者参与到决策的过程当中,进而致使环保工作在社会动员方面的能力有所欠缺。

## 2.4 相关法律法规落实程度不够

在我国经济发展过程中,生态环境问题日益突出,这就要求我们必须更加重视节能减排和环境保护工作,制定和

完善相关的法律法规,并加大对生态环境保护的支持力度。然而,在实际操作中,我国现有的法律法规尚不完善,且许多法律法规在实施过程中存在一定的偏差。尤其在节能减排领域,由于相关措施需要大量资金支持,而这些资金的投入往往无法满足实际需求,导致节能减排措施难以有效落地。在具体工作中,许多措施落实不到位,导致节能减排和环境保护工作难以在短期内产生显著成效,未能及时遏制资源浪费现象,这对我国经济建设也造成了一定的制约。

## 2.5 缺乏节能创新能力

在我国当下的节能减排以及环境保护相关工作当中,节能创新能力有所欠缺这一情况已然成为限制其能够持续且深入地向前发展的重要问题之一。虽说在国家层面上已经多次着重指出绿色低碳发展战略所占的地位,然而整体而言,企业在节能技术研发这块投入的资金不够多,科研机构在这方面的投入同样不足,自主创新体系也还没有达到健全的程度,像高效节能设备、绿色制造工艺这类核心技术的发展进度较为滞后,还未能发挥出强有力的引领作用。大多数企业在开展节能减排工作的过程中,依旧依靠传统的工艺以及比较粗放的管理模式,对于先进的节能理念以及技术路径缺少系统的探究与应用,这就使得节能改造所取得的效益不够突出。与此产学研协同机制存在诸多不完善之处,科研成果转化为实际应用的比率相对较低,新技术从完成研发到真正实现实际推广应用,其间存在着不小的阻碍。

## 3 新形势下节能减排与环境保护的措施

### 3.1 建立并完善相应的法律法规

在当下新的形势之下推进节能减排以及环境保护工作实现更为深入的发展,建立起相应完善的法律法规体系无疑是一项具有基础性且起到保障作用的关键举措。就目前的情况来看,我国在节能环保这个领域已经颁布实施了一系列的法律法规以及政策文件,像《环境保护法》《节约能源法》《大气污染防治法》等,不过依然存在着法律体系不够完备、法律条文的操作性欠佳、执法监管的力度不够等诸多问题。所以迫切需要进一步去健全能够涵盖能源利用整个过程以及环境治理全部领域的法律法规体系,将各类节能环保行为的法律标准予以细化,强化法律的可执行程度以及可操作特性。与此应当强化法规彼此间的协调统一性,避免出现政策出现重叠或者存在空白的情况,以此来保证在节能、减排、资源循环利用等诸多方面能够形成闭环式的管理。

### 3.2 加速技术创新和行业调整

在新的形势下开展节能减排以及环境保护相关工作时,加速技术创新并推动行业结构做出调整,这将会成为达成绿色转型以及可持续发展目标的关键驱动力。当下,处于资源环境方面的约束变得日益强大,并且“双碳”目标任务也在持续深化这样的大背景之下,单纯依靠传统的那种粗放式的增长方式,已经很难再维持下去了,迫切需要借助技术创新来促使节能环保领域实现高质量的发展。

从一个方面来讲,得加快针对前沿节能技术、清洁生产工艺、智能化环境监测系统还有绿色制造装备展开研发以及应用的速度,以此来提高资源的利用效率,同时降低污染排放的强度;从另一个方面来讲,应当把技术升级当作牵引力,推动那些高耗能、高污染的行业去实现优化升级并且有序地退出市场,引导产业朝着绿色、低碳、高效的方向完成转型,进而构建起清洁低碳、安全高效的现代产业体系。

### 3.3 坚持政策引导工作,强化政府调控管理

在当下新的形势之下,要有效地推进节能减排以及环境保护相关工作,务必要把政策引导当作极为重要的抓手,要强化政府在资源配置、制度安排还有市场监管等方面所具有的调控管理作用。政府作为生态文明建设当中的主导力量,应当借助制定科学且合理的节能环保政策体系,构建起完善的激励以及约束机制,以此来引导各类社会主体积极投身到节能减排的实践当中<sup>[3]</sup>。从一个方面来讲,需要强化顶层设计环节,制定出契合我国国情以及区域特点的节能环保发展战略以及中长期目标,清晰明确各个行业、各个区域的减排路径以及责任分工情况;从另一个方面来讲,应当充分利用财政补贴、税收优惠、绿色信贷、碳交易等多种多样的政策工具,鼓舞企业增加在绿色技术方面的投入力度,促使传统产业实现转型升级。

### 3.4 注重环保与节能的考核

在当下新的形势之下,对环保以及节能方面展开考核的工作显得尤为重要。这样的考核工作一方面能够让各级政府还有企业实实在在地去履行节能减排的责任,另一方面也能够推动环保相关措施得以落实,并且促使节能目标得以达成。通过构建起科学且合理的考核体系,便能够颇为有效地把环保与节能工作归入到各级政府以及企业的绩效评价体系当中,以此来保证其能够在日常的管理工作中获得高度的重视。具体来讲,政府需要把节能减排以及环境保护的目标当作各级政府绩效考核当中的重要内容,并且依据实际的状况去设立能够量化的考核指标,进而形成把考核结果和奖惩关联起来的机制。

### 3.5 增强大众环保意识,落实节能环保工作

在当下新的形势之下,强化大众的环保意识,并且切实落实节能环保相关工作,这无疑是一项推动可持续发展进程的基础性措施。鉴于环保方面的问题一天比一天更为严峻起来,公众所具备的环保意识会在很大程度上直接对节能减排各项措施所能取得的成效产生影响。借助于强化环保方面的教育以及广泛开展各类宣传活动,促使社会各界对于环境保护以及节能减排的重要性有更加清晰的认知,如此一来便能够推动个体乃至整个社会群体的行为发生相应的转变。政府以及各类社会组织需要充分借助多种多样的渠道,像媒体展开的宣传、社区组织的各项活动、学校开展的环保教育等等,去大力普及节能减排以及环保领

域当中的一些基本理念,着重指出每个人都可以凭借日常生活里看似不起眼的小事,比如节约用水、尽量减少能源的消耗、做好垃圾分类等工作,来减轻对环境所造成的负担。与此要积极鼓励公众踊跃参与到环境保护的相关行动当中,可以通过倡导大家践行绿色消费的理念、给予环保产品以有力的支持、主动参与志愿性质的环保活动等多种方式。

### 3.6 重点加强环境整治,不断革新节能技术

在新的形势之下,着重强化环境整治,并且持续对节能技术加以革新,这无疑是达成节能减排以及环境保护目标的关键举措。环境整治所涵盖的范围不仅仅包括针对现有污染源展开的治理工作,而且还涉及到对生态环境质量予以改善以及对受损生态系统实施恢复等方面<sup>[4]</sup>。加大对重点污染源的排查与整治方面的力度,去施行具有针对性的治理工程项目,如此一来便能够有效地降低污染物的排放量,进而改善空气、水体以及土壤的质量状况,从而为节能减排相关工作给予强有力的支撑。与此在节能减排方面,技术革新所起到的作用极为关键,所以务必要持续推进节能技术的研发进程以及其应用推广工作,以此来提高技术自身的先进程度以及在社会当中的普及水平。

## 4 结语

在当下这种新的形势之下,节能减排以及环境保护已然成为达成可持续发展这一目标的必要条件,同时也是促使绿色经济完成转型以及开展生态文明建设的重要途径。就目前来讲,我国在节能减排还有环保工作方面碰到了不少的难题,像是在技术创新层面存在欠缺,在政策落实环节也做得不够到位,并且社会的参与程度也比较低等问题都客观存在着。不过要是持续不断地强化政策方面的引导作用,积极推动技术取得新的进展,进一步完善相关的法律法规体系,同时提高公众对于环保的认识水平,那么就希望达成更为高效且更加绿色的经济发展状况。在未来,应当持续推进改革创新相关工作,促使各方各面的力量都能够共同参与到其中来,从而为构建一个更为美丽的中国贡献出自身的智慧以及力量。

### [参考文献]

- [1]温明振.新形势下节能减排与环境保护路径研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):142-144.
- [2]韩红.新形势下节能减排与环境保护[J].绿色环保建材,2021(7):15-16.
- [3]步璐璐.新形势下节能减排与环境保护路径研究[J].生态与资源,2024(4):102-104.
- [4]吴媛.关于新形势下节能减排与环境保护的探讨[J].清洗世界,2022,38(2):56-58.

作者简介:王瑞锋(1979.12—),副高级工程师,单位名称:中国质量认证中心有限公司;李思彤(1984.11—),副高级工程师,单位名称:中国质量认证中心有限公司。

# 环境监测数据的质量保证与质量控制研究

柴茂

四川省工业环境监测研究院, 四川 成都 610095

**[摘要]**环境监测数据是环境保护与管理的关键根基, 其质量好坏会直接左右环境评估、政策制定以及公众决策的科学有效性。文章对环境监测数据的质量保证(QA)与质量控制(QC)进行深度剖析, 首先说明环境监测数据质量的重要价值及目前应用状况, 随后对数据质量管理存在的主要问题展开分析, 最终就管理体系、技术手段及制度建设三方面制定系统策略, 意在增强环境监测数据的精准性、可信度与可追溯能力, 为环境治理搭建坚实数据支撑架构。

**[关键词]**环境监测; 数据质量; 质量保证; 质量控制; 数据管理

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16974

中图分类号: X83

文献标识码: A

## Research on Quality Assurance and Quality Control of Environmental Monitoring Data

CHAI Mao

Sichuan Province Academy of Industrial Environmental Monitoring, Chengdu, Sichuan, 610095, China

**Abstract:** Environmental monitoring data is the key foundation of environmental protection and management, and its quality directly affects the scientific effectiveness of environmental assessment, policy formulation, and public decision-making. The article deeply analyzes the quality assurance (QA) and quality control (QC) of environmental monitoring data. Firstly, it explains the important value and current application status of environmental monitoring data quality. Then, it analyzes the main problems in data quality management. Finally, a systematic strategy is formulated in three aspects: management system, technical means, and institutional construction, aiming to enhance the accuracy, credibility, and traceability of environmental monitoring data and build a solid data support architecture for environmental governance.

**Keywords:** environmental monitoring; data quality; quality assurance; quality control; data management

### 引言

环境监测是评判生态环境状况与污染程度的核心手段, 数据质量优劣直接关乎环境风险评估、污染治理成效以及相关法规的执行强度。伴随环境问题逐步复杂化, 监测数据量急剧攀升, 数据以多样类型形式存在, 实现数据真实性与一致性面临阻碍。作为保障数据科学性、准确性的核心机制, 质量保证及控制体系, 包含从采样、分析到数据处理全流程的相关管理。当前, 我国环境监测事业正迅猛发展, 相关技术及管理水平一直向上提升, 但依然存在标准体系不完善之处、数据误差明显、监督执行力度不足等问题。针对这些棘手挑战, 研究优化数据质量保证与控制策略意义重大, 利于构建科学、合理规范的环境监测体系, 给生态文明建设与环境政策精准实施以支撑。

### 1 环境监测数据质量概述

环境监测数据质量包括准确性、完整性、及时性、一致性及可追溯性等多层面维度, 为环境数据有效应用筑牢基础。高规格的数据可真切展现环境现状及变化趋势, 向环境管理部门提供科学佐证。需对采样设计、现场操作、实验分析、数据录入与管理等环节进行全程把控, 以保障环境监测数据质量。

质量保证(QA)和质量控制(QC)措施被国内外环境监测体系普遍采用, QA 关心过程设计与规范的实际执

行, 促使监测工作符合既定技术标准及规范; QC 专门对具体数据进行检测及校验, 识别偏差与误差然后纠正。跟着信息技术的发展, 自动化监测设备及数据管理平台普及程度渐高, 增强了数据的即时性与精准度, 也对数据质量管理赋予了更高的要求<sup>[1]</sup>。

### 2 环境监测数据质量存在的主要问题

#### 2.1 采样环节存在不规范操作问题

环境监测数据的质量在很大程度上取决于采样环节的规范性。然而, 当下采样工作依旧普遍存在操作不合规现象, 主要特征是采样人员专业素养差异明显, 缺乏成体系的培训及技能考核, 引发采样技术水平低下。采样方法的选定有失合理性, 未充分考量环境因子与污染特征, 致使采样代表性未达要求。例如, 在空气质量监测这项工作中, 采样时间与地点的选定若未契合科学标准, 所采集数据无法真切呈现污染物浓度的改变。

#### 2.2 实验分析进程里仪器校准与操作的误差

作为核心环节, 实验室分析促成了环境监测数据的形成, 仪器设备性能的优劣直接左右数据准确性。然而, 现阶段不少监测站点存在仪器校准欠严谨、维护保养未落实的现象, 致使仪器性能呈下降态势, 测量误差逐步上升。由于仪器老化和零部件磨损, 影响了它的灵敏度与稳定性, 造成测量结果重复性与可靠性的下降。此外, 操作人员于

实验时,可能出现操作规程不规范、试剂配制出错、数据记录不及时等问题,推动了数据误差的生成。

### 2.3 数据处理与管理缺乏统一标准

对于数据质量保证,环境监测数据的处理和管理很关键,但现阶段行业中普遍欠缺统一规范的标准和流程,导致数据录入差错屡有出现。数据采集流程结束后,怎样开展高效的清洗、校验与存储工作,对确保数据的完整性与一致性意义重大。部分监测机构借助人工操作完成数据录入,极易产生错填、漏填这类低级失误,危及数据的准确性及完整性。数据审核机制存在缺陷,缺失多阶段的核查程序,让错误数据得不到及时的发现与校正。此外,各个监测站点运用的数据库结构及格式不相同,数据共享及整合的难度偏大,影响了数据互操作及综合分析方面的能力,缺少切实有效的数据备份与安全防护手段<sup>[2]</sup>。

### 2.4 监测网络覆盖不全面与数据时效性不足

环境监测网络覆盖的全面程度,直接对环境数据的代表性和时效性起决定作用。现阶段我国环境监测网络在空间分布中还有盲区,尤其是重点污染地段和边远地带的监测点配置不足,致使相关区域环境数据缺失,采集工作不充分。该覆盖未能覆盖周全的现象,导致环境质量评估无法全面展现真实情形,影响污染源识别及防控的最终效果。有部分监测点的采样频率不高,无法实现对环境变化的实时监控要求,数据更新滞后明显,无法马上体现突发性污染事件。监测数据滞后性的存在,让环境应急响应及科学决策效率大打折扣,受设备出现的故障、人力欠缺等影响,部分监测站点的数据连续性欠佳,出现数据间断情形。

### 2.5 监管机制不健全及质量控制措施落实不到位

要保障环境监测数据质量,离不开科学有效的监管机制,可当前相关领域的质量监督体系存在缺失或不完备的问题。监测机构和人员资质审核及操作规范监督未形成系统体系,造成部分环节质量把控未达标。监管部门对环境监测数据质量进行检查和评估,多借助形式化指标,欠缺实质性技术及方法的有力支持,难以察觉深层次隐患。某些监测人员的责任意识明显不足,质量意识淡薄,引发监测时段违规操作及数据造假情况偶然发生。质量控制措施的落实欠火候,难以对数据质量形成有效的保障机制,监管机制跟相关政策法规的衔接有阻碍,各部门协作未能充分开展,拖累了整体质量管理水准<sup>[3]</sup>。

## 3 环境监测数据质量保证与质量控制策略

### 3.1 完善管理体系

建立起健全的环境监测质量保证体系是提升数据质量的基础依托,明确职责分工乃是管理体系建设的核心要点。各级环境监测机构、工作人员、监管部门及第三方机构需明晰各自职责范围与工作内容,造就职责明晰、权责匹配的管理局面。依靠分工的清晰界定,可切实防止职责重叠与相互推诿,保证每个环节皆有专人负责,拉高

管理效率与执行的水平。制定统一质量管理标准及操作规程是规范监测工作的关键举措,标准及规程应当包含采样、分析、数据处理、设备维护、人员培训等各个范畴,保证环境监测工作按科学严谨流程予以开展。采用统一标准可减少因操作差异所致数据偏差,守护数据的可比性与一致性特质。

加强监测人员专业方面的培训意义重大,培训内容不单单是技术操作技能,也应突出质量意识的培养与责任感的增强。凭借系统培训提高监测人员的专业素养及应对复杂情况的能耐,使其能熟练借助规范化流程,精准采集与处理数据。创建周期性考核及绩效评价体系,激励人员一丝不苟执行标准,考核不只是考察技术层面水平,还对质量管理执行的实际情况做评估。凭借绩效评价达成奖勤罚懒,推动监测人员持续改进工作态度跟技能层级,推动监测质量实现持续上扬。

践行质量管理认证体系推行,采用第三方监督手段,作为提升管理体系独立性和公正性的有效途径存在。以独立评估者身份存在的第三方机构,可对环境监测整个过程进行监督核查,预防内部利益之间的冲突,保障数据质量既真实又可靠。依靠完善管理体系搭建起科学有效的质量保障网络,不但能提高环境监测数据的质量与可信水平,还为环境保护政策的规划与执行提供扎实的数据后盾。管理体系不断做优化升级,是达成环境监测现代化的关键支撑<sup>[4]</sup>。

### 3.2 强化技术手段应用

伴随着信息技术与自动化技术迅猛推进,应用强化的技术手段成了提升环境监测数据质量的关键途径。运用先进的自动化监测装置可大幅提升数据采集的及时性与精确性。自动化设备降低了人工操作产生的误差与疏漏,可于恶劣环境状况下稳定运作,实现对环境参数的持续动态监测,从而供给高质量、高频次的的数据辅佐。

搭建信息化管理平台同样举足轻重,此类平台把数据采集、存储、处理以及分析融合为一体,可让环境监测工作达成数字化跟智能化。数据传输及处理实现自动化模式,大幅提升了监测效能与数据及时性,极大减少了人为介入造成的差错。有规律地对仪器设备进行校准及维护,是保障设备性能与数据精准度的基础性工作。校准工作应严格遵照国家或行业既定标准开展,确保仪器测量既准确又稳定。维护工作应包括设备日常检查、故障诊断及及时修复,防范设备老化或损坏引发的数据失真情形。

引入大数据跟人工智能的技术,为环境监测数据智能化质量管控提供有力手段。运用大数据分析可挖掘环境数据中的潜藏规律,实现异常数据自动识别与报警,及时发现监测里的异常与设备故障。人工智能技术也能辅助开展数据质量的评估以及趋势预测,提升数据处理的科学属性与前瞻水平<sup>[5]</sup>。

### 3.3 建立制度保障机制

若想持续提升环境监测数据质量,健全的制度保障机制必不可少,完善数据质量标准体系乃制度建设的基础。环境监测的全流程都应纳入标准体系覆盖范围,涉及采样技巧、实验探究、数据筛选、报告编写等若干步骤,确保各个环节都存在明确的技术规范及操作要求。采用标准化管理模式,减少人为因素造成的不稳定性,增进数据的一致性及可比性。

为保障监测质量,重要措施是加强对监测机构和人员的资质认证及监管。承担环境监测任务的,须是具备合法资质的机构与具备专业资格的人员。监管部门需严格把好资质申请审核关,按一定周期检查机构和人员的执业情形,若察觉违规行为,立刻采取处罚方式。经由严格的资质把控,增进环境监测队伍的总体水平与责任意识,搭建质量反馈跟纠错体系,为制度保障的核心环节。监测数据在上传及使用,要经历多层次、多维度的质量审查,若检测到异常现象或者错误,应快速反馈至相关责任部门,开启差错纠正流程,保障问题迅速被有效解决,凭借建立起闭环管理体系,带动数据质量的动态改良<sup>[6]</sup>。

### 3.4 加强人员培训与专业能力建设

环境监测数据质量的保证,得借助监测人员的专业素养和技能水平。加大人员培训与专业能力培育,为提升数据质量的核心环节。应系统地谋划监测人员的培训体系,包括理论知识、技术操作、数据分析加上质量管理等多维度要素。培训不只是针对新入职人员做基础技能培训,还需对现有人员定时开展继续教育及能力提升行动,保障技术水准紧跟时代步伐。

培训内容要结合最新的监测技术及设备应用实例,突出操作流程的标准化要求,保障监测人员可精准实施采样、仪器操作与数据处理事宜。尤其聚焦于采样方法与仪器使用里的关键之处,需重点夯实实操训练基础,减少由人为操作引发的误差。同时,培训还应纳入数据质量控制理念的教导,强化人员的数据质量认知,让其认识到数据准确性在环境治理方面的重要意义。

### 3.5 推动跨部门协作与信息共享

推动环境监测数据质量提升,需多部门与多领域携手开展协同合作。推进跨部门的协同合作与信息交互,为破解环境监测数据碎片化、信息孤岛问题的重要途径。应构建完备的跨部门联动机制,界定各参与单位在环境监测、数据管理和质量控制中的任务与合作程序。经由定期举行

协调会议,推进信息流通与资源聚合,杜绝重复建设以及数据冲突。

作为跨部门协作的技术支撑,需建设信息共享平台。应开发统一规格的数据交换接口,达成不同部门跟监测机构间环境数据的无虞对接和实时共获。依托共享平台,环境监测数据可被相关管理部门及时掌握,还能为科研机构、大众以及企业等多方提供公开透明的数据服务,增强数据利用的价值。跨部门协作尚需推动数据标准跟格式的统一,化解因标准不统一造成的数据兼容性差及整合难题。采用制定统一的环境监测数据标准及交换协定,达成数据在各系统间准确无误传递及有效集成,增强数据的整体质量及应用效率<sup>[7]</sup>。

## 4 结语

环境监测数据质量直接影响着环境治理的科学性与有效程度。面对当前数据质量存在的问题,构建完善的质量保证与质量控制体系显得尤为关键。采用强化管理体系、改进技术手段及完善制度保障三种途径,能有效增进数据的精准度、可靠水平和可溯源性,促进环境监测工作的规范与科学开展。未来,应始终推进技术创新及管理优化,创立多主体共同参与的质量监督体系,保障环境监测数据为环境保护、可持续发展筑牢数据根基,助力生态文明建设目标的实现。

### [参考文献]

- [1]范斯娜.生态环境监测数据质量控制与优化路径分析[J].中国轮胎资源综合利用,2025(2):103-105.
- [2]马茹.探究质量保证与质量控制对水环境监测的影响[J].中国轮胎资源综合利用,2024(11):45-47.
- [3]李秀娟,刘娥.环境监测质量保证和质量控制的因素及对策分析[J].生态与资源,2024(7):114-116.
- [4]袁华丽,陈云.基于生态环境监测现场采样的质量保证和质量控制[J].清洗世界,2024,40(1):123-124.
- [5]赵一琳.环境监测数据质量控制与精度提升[J].清洗世界,2024,40(1):156-158.
- [6]陈占花.环境监测质量保证和质量控制的实践对策阐释[J].皮革制作与环保科技,2022,3(6):51-53.
- [7]陈涛.环境监测实验室质量保证与质量控制[J].低碳世界,2021,11(1):57-58.

作者简介:柴茂(1990—),男,汉族,四川广元人,学士,工程师,四川省工业环境监测研究院,研究方向:环境监测。

## 农村生活污水集中处理技术的工程化应用探讨

缙高鹏

新疆准实检测有限公司，新疆 喀什 844000

**[摘要]**在乡村振兴战略持续深化的背景下，农村生活污水处理已成为改善农村人居环境的核心议题，鉴于农村人口居住分散、基础设施建设相对落后的现状，传统污水处理模式面临适配性难题，而集中处理技术凭借运行稳定、处理效率高、可持续性等特点，正逐步成为行业研究与应用的焦点，此文系统探讨农村生活污水集中处理技术的工程化应用，深入剖析其技术路线、工程建设关键点及运行管理策略，针对性提出契合农村实际的工艺优化方向，为提升农村生活污水治理效能提供技术与实践指导。

**[关键词]**农村污水；集中处理；工程应用；污水治理；生态环境

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16971

中图分类号: TU992

文献标识码: A

### Discussion on the Engineering Application of Centralized Treatment Technology for Rural Domestic Sewage

GOU Gaopeng

Xinjiang Zhunshi Testing Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

**Abstract:** Against the backdrop of the continuous deepening of the rural revitalization strategy, the treatment of rural domestic sewage has become a core issue in improving the living environment in rural areas. Given the current situation of dispersed rural population and relatively backward infrastructure construction, traditional sewage treatment models face adaptability problems. Centralized treatment technology, with its stable operation, high treatment efficiency, and strong sustainability, is gradually becoming the focus of industry research and application. This article systematically explores the engineering application of rural domestic sewage centralized treatment technology, deeply analyzes its technical route, key points of engineering construction, and operational management strategies, and proposes targeted optimization directions for treatment processes that are in line with the actual situation in rural areas, providing technical and practical guidance for improving the efficiency of rural domestic sewage treatment.

**Keywords:** rural sewage; centralized processing; engineering applications; sewage treatment; ecological environment

#### 引言

近年来，随着我国生态文明建设加速推进，农村生活污水治理的紧迫性愈发显著，受限于农村基础设施薄弱，传统分散式污水处理方式暴露出投资成本高、运维难度大、处理效果不佳等弊端，难以满足当下治理需求，集中处理技术通过科学规划处理设施规模与布局，实现污水集中收集、统一处理，在技术成熟度与推广可行性方面展现出突出优势，本文将从工程设计、系统构建、运行机制等维度切入，探究集中处理技术在农村污水治理中的实践路径与优化策略，以期推动其工程化应用水平的提升。

#### 1 农村生活污水特点与处理需求分析

##### 1.1 污水水质水量特征

农村生活污水源自居民日常厨房洗涤、洗浴、洗衣及厕所冲洗等活动，其水质特性显著，有机污染物浓度高，氮磷等营养盐富集，悬浮物、细菌等指标超标常见，典型污染物如 COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮、总磷呈现浓度高且波动剧烈的特征，受生活习惯与节水意识影响，农村人均日用水量低于城市，致使单位水体污染物浓度进一步升高，此外，污水排放呈现强间歇性与昼夜波动，节假日、农忙农闲等

不同时段排放量差异悬殊，具有非连续、不稳定特性。加之农村住房分散，污水产生点分布零散，极大增加了统一收集与输送难度，使得集中处理系统面临运行负荷不均、频繁变动的挑战，因此，处理工艺设计必须着重强化对水质水量动态变化的适应性，保障系统稳定运行。

##### 1.2 农村环境基础设施现状

我国农村环境基础设施建设长期落后于城市，尤其在生活污水收集与处理领域短板突出。多数农村地区尚未构建系统性排水管网，污水随意排放至沟渠、水塘或农田，加剧面源污染与水体富营养化，部分已建成管网的村庄，存在管径设计失当、坡度不足、管道老化破损等问题，渗漏淤堵频发，难以满足污水集中输送要求，在污水治理工程层面，建设标准不统一、资金投入短缺、管理维护缺失等问题普遍存在，部分村庄仅依靠简易人工湿地或沉淀池进行初级处理，无法稳定实现达标排放，同时，专业运维人员匮乏，导致设施运行效率低下、设备故障多发，严重影响处理效果与居民满意度。

##### 1.3 集中处理的适用性分析

与传统分散式处理模式相比，集中处理技术在农村污

水治理中展现出独特优势,该技术通过统一收集污水并进行规模化处理,实现工艺集成化与运行调控的便捷性,有效提升处理效率,保障出水水质稳定,集中建设处理设施,可灵活采用 SBR、氧化沟、A/O 等成熟工艺,精准应对农村污水水质复杂多变、波动频繁的特性,专业化运营体系的构建在集中处理模式下更具可行性,委托第三方专业机构或乡镇运维团队负责日常管理,能够有效解决设施闲置、运维低效等问题,此外,集中处理模式为中水回用、沼气能源回收及肥水还田创造条件,促进资源循环利用。值得注意的是,推进集中处理技术的工程化应用,需充分考量农村地域分布广、交通条件有限等现实因素,科学规划服务范围、优化管网布局,并确保资金投入充足,以此推动技术的长效稳定运行与广泛应用。

## 2 集中处理技术体系与工艺路径

### 2.1 主流集中处理工艺介绍

农村生活污水集中处理领域,氧化沟、序批式活性污泥法(SBR)、生物滤池等生物处理工艺应用广泛,以良好的适应性与稳定性,成为中小型污水处理站的优选方案,氧化沟作为改良型活性污泥工艺,凭借环形或椭圆形沟道设计,促使污水在沟内持续循环,强化与微生物的接触效率,实现高效有机物降解,其突出的抗冲击负荷能力与稳定运行特性,契合农村污水水量波动大的排放特征,SBR工艺采用间歇运行模式,依次通过进水、反应、沉淀、排水等流程完成污水净化,具备流程紧凑、占地面积小、自动化程度高的优势,尤其适用于村镇集中处理场景,在应对负荷频繁变动、水质剧烈波动时展现出显著灵活性。

### 2.2 工艺选择的影响因素

农村污水集中处理工艺的合理选型,需系统权衡人口分布、地理环境、水质要求及资金条件等多重因素,在人口密集、污水排放量大的村镇,推荐采用 SBR、氧化沟等处理效能高、出水水质稳定的工艺;而居住分散的村落,生物滤池、人工湿地等简易工艺更具成本优势,地形平坦区域可优先布局重力流管网,匹配氧化沟等连续流处理工艺;山区则宜采用占地紧凑的一体化设备或 SBR 系统。若需满足一级 A 排放标准,需选用 A<sup>2</sup>/O、多段 SBR 等具备深度脱氮除磷功能的工艺;仅以去除 COD、BOD、SS 为目标时,可选择经济型处理方案,资金充裕情况下,可建设高度自动化处理系统;资源有限时,则需结合地方财政支持,因地制宜选用低成本本地化工艺,确保技术适配性与经济可行性的平衡。

### 2.3 创新技术的集成应用

为增强农村生活污水集中处理系统的处理效能与环境适应性,近年来多项创新技术深度融入工程实践,逐步形成可推广的治理模式。

在高效处理技术层面,膜生物反应器(MBR)凭借独特的工艺优势崭露头角,该技术通过膜组件实现活性污

泥与处理后出水的高效分离,能够产出水质优良的再生水,满足中水回用需求,不过,由于其建设和运行成本相对较高,更适用于人口集聚、水质标准严苛的重点村镇或生态示范区域。

低碳生态技术的应用同样亮点突出,人工湿地与生态塘系统作为绿色处理方案,被大量应用于污水处理终端环节,这些技术不仅能有效去除污水中的氮、磷污染物及病原微生物,还兼具生态景观营造功能,尤其契合生态敏感地区的治理需求,此外,一体化污水处理设备的普及显著提升了工程实施的灵活性,此类设备采用模块化设计,将污水收集、处理、排放等功能集成一体,安装便捷、运维简便,高度适配村级分散式污水处理场景,实现因地制宜精准治理与快速达标排放的双重目标,由此可见,受处理需求、地理环境、经济条件等多因素驱动,农村污水集中处理技术体系正朝着多元化方向发展,科学选择处理工艺,有机融合创新技术,既能确保污水处理效果,又能优化工程建设与运维成本,是推动农村污水治理长效发展的核心路径。

## 3 工程设计与建设关键环节

### 3.1 处理站选址与规模确定

污水处理站的选址对系统运行稳定性及服务覆盖率具有决定性影响,布点需遵循“就近集中、因地制宜、远离居民区、便于运维”原则,综合考量地形条件、土地利用规划及环境敏感区分布,选址应主动避开饮用水源保护区、洪水淹没区域及地质灾害风险区,优先选用集体建设用地或荒废地块,以降低征地成本与环境扰动,在服务半径方面,农村污水处理站通常宜控制在 2~3 公里范围内,最大不宜超过 5 公里,以缩短管网建设长度并提升成本效益,若地势起伏较大则需适当缩小服务半径,处理能力需依据人口规模、生活用水习惯及污水回用需求等因素科学测算,一般按每人每日 80~120L 估算生活污水排放量,设计时需预留 10%~20% 的富余容量,如服务 2000 人的村庄,处理站日处理规模宜设定为 200~250m<sup>3</sup>/d,以应对峰值负荷并为未来扩容留有余地。

### 3.2 管网系统规划设计

污水管网作为集中处理系统的“动脉”,其规划设计应优先采用重力流方式,以减少提升泵站设置并降低能耗与维护难度,布管需依据地势走向合理布设主管、支管及接户管,通过分区分片、逐级汇流的方式确保污水顺畅输送至处理站,在材料选择上,推荐使用聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)或高密度聚乙烯(HDPE)管材,此类材料具有耐腐蚀、强度高、接口密封性好等优势,适合农村复杂地质环境,为防范堵塞,需设置检查井、清淤口及跌水井,并严格控制管道坡度(一般不低于 0.003)以保障自流顺畅,若采用小管径则需增大坡度以增强流速,为降低渗漏风险,需执行严密施工工艺与检测程序,管道连

接处采用热熔或承插黏接方式,施工完成后需进行闭水试验、通水试验等质量验收,在多雨或高地下水水位区域还需增设防回流装置与排气阀以保障运行安全。

### 3.3 工程施工与质量控制

工程施工阶段是决定污水治理设施能否长期稳定运行的基础,需实施全过程质量控制,首先应对施工单位及技术人员进行严格资格审查,施工前开展详细地质勘察与现场复测,确保设计参数与实际条件吻合,施工过程中需重点关注基坑支护、混凝土浇筑、防渗施工等关键工序,以处理站主体结构为例,基础施工宜采用 C25 及以上强度等级混凝土,设置厚度不小于 2cm 的防水层,并在接缝处增设止水带以防渗漏,设备安装阶段需规范吊装与定位操作,机电设备调试需符合《污水处理厂建设验收标准》(GB 50334—2002),以确保出水水质达标,在质量控制体系构建中,需引入全过程监理制度,覆盖材料进场、隐蔽工程验收、关键节点验收等环节,施工完成后需开展不少于 72 小时的系统联调试运行及稳定运行测试,并建立完整的工程交付资料与操作手册,为后续运维工作提供保障,处理站布点合理、管网系统科学、施工质量可控是保障农村污水集中处理工程可持续运行的三大基础,需贯穿项目从规划至竣工的全流程,确保治理设施实现“建得好、用得久、效益高”的目标。

## 4 运行管理与效益评估

### 4.1 运维模式与管理机制

农村生活污水集中处理设施的长效稳定运行,核心在于运维机制的科学构建,当前主流运维模式包括村级委托运营、乡镇统筹管理和专业化第三方公司运营三类,村级委托运营适用于小型处理站及服务半径较小的村庄,由村委会或农村集体经济组织承担日常运行职责,其优势在于熟悉本地环境、响应迅速,但存在技术能力与管理水平不足的局限,难以应对复杂技术问题,乡镇统筹管理模式通过乡镇政府整合区域内多个村落的污水设施,实行专人统一管理调度,有利于资源集中配置与效率提升,但对管理体系建设和财政保障能力提出了更高要求,专业化运维公司管理是当前行业推广的重点方向,适用于服务人口超 3000 人、处理规模超 300m<sup>3</sup>/d 的项目,第三方机构凭借技术储备与专业团队,可实现 24h 在线监控、远程故障预警及数据分析等智能化运维,但年均 8~12 万元的服务费用相对较高。

### 4.2 运行成本与节能策略

污水处理系统运行成本主要涵盖电力消耗、药剂费用、人工投入及日常维护等支出,以典型氧化沟工艺为例,吨水处理电耗约 0.3~0.5kWh,日处理 200m<sup>3</sup> 规模的设施年电费支出约 2.5~3 万元;药剂消耗随处理深度增加而上升,脱氮除磷工艺需投加碳源、混凝剂等进一步推高成本,

节能策略方面,优先选用永磁变频风机、低速推流器等高效低耗设备,通过 PLC 自动化控制系统实现间歇运行与负荷自适应调节,减少设备无效运转,氮磷控制环节推荐采用人工湿地联动等生态调控手段,降低化学药剂使用量,人力成本管控可通过合理排班、岗位轮岗等方式优化人员配置,单站点维持 1~2 人运维团队,月均人力支出控制在 5000 元以内。

### 4.3 环境与社会效益评估

集中处理设施的建设运行对农村生态治理与社会发展具有双重推动作用,环境效益层面,污水集中处理显著削减 COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮等污染物排放,典型处理系统可实现 COD 去除率超 90%、氨氮去除率达 85% 以上,有效遏制水体富营养化及黑臭现象,社会效益方面,治理工程改善了农村人居环境,提升了村庄卫生水平,强化了农民的生态保护意识与集体归属感;运维过程中吸纳本地劳动力参与,带动技能培训与村民增收,部分地区通过中水回用、污泥资源化利用实现资源循环收益,进一步增强项目可持续性。

## 5 结语

农村生活污水集中处理作为提升农村生态环境质量的关键举措,已成为乡村振兴战略的重要组成部分,通过科学选址、合理设计、规范施工与高效运维,该模式不仅能改善水体环境、促进水资源循环利用,还可推动农村基础设施现代化与居民生活品质提升,针对农村污水来源复杂、分布分散、管理难度大的特点,需因地制宜选择适配工艺,建立健全运维机制,推动技术创新与管理协同,未来,应持续强化政策支持与资金保障,推进集中处理系统向工程化、智能化、绿色化方向发展,确保农村污水治理实现“长效治、精细管、显实效”的治理目标。

### [参考文献]

- [1]赵浩宁,姚建峰,赵洪军,等.河北省农村生活污水资源化利用模式探究[J].生态与农村环境学报,2025,41(5):600-608.
- [2]杜现宾.农村生活污水治理技术的应用评价研究[D].江西:南昌大学,2024.
- [3]徐灿灿.户用型农村生活污水强化脱氮除磷技术及应用研究[D].上海:上海师范大学,2024.
- [4]张珊.基于三方演化博弈的东营市农村生活污水治理研究[D].山东:山东农业大学,2024.
- [5]王中意.自贡成佳镇农村生活污水治理案例研究[D].四川:电子科技大学,2024.

作者简介: 缙高鹏 (1982.4—), 毕业院校: 西安交通大学, 所学专业: 环境工程, 当前就职单位: 新疆准实检测有限公司, 职务: 副总经理/授权签字人, 职称级别: 环境保护工程师。

# 饮用水深度处理过程中臭味物质控制技术探讨

陈英<sup>1</sup> 王飞<sup>2</sup> 姚慎康<sup>1</sup>

1.杭州天创环境科技股份有限公司, 浙江 杭州 310000

2.杭州天泽净化科技有限公司, 浙江 杭州 310000

**[摘要]**饮用水里有臭味物质严重影响水质感官接受度以及居民用水满意度,水源水体污染不断加剧且传统水处理工艺去除气味化合物的效果差使得深度处理技术成为解决这一问题的关键,分析常见臭味物质的形成机理和分布特性并探讨生物活性炭、臭氧-活性炭联用、高级氧化技术等控制手段的适用性和处理效果,再结合实际案例评估不同技术的去除效率与工艺稳定性为饮用水安全保障提供参考。

**[关键词]**臭味物质; 深度处理; 饮用水; 生物活性炭; 高级氧化技术

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16968

中图分类号: X703

文献标识码: A

## Discussion on the Control Technology of Odorous Substances in the Deep Treatment Process of Drinking Water

CHEN Ying<sup>1</sup>, WANG Fei<sup>2</sup>, YAO Shenkang<sup>1</sup>

1. Hangzhou Tianchuang Environmental Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

2. Hangzhou Tianze Purification Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**Abstract:** Odorous substances in drinking water seriously affect the sensory acceptance of water quality and the satisfaction of residents with water use. The continuous aggravation of water source pollution and the poor effectiveness of traditional water treatment processes in removing odorous compounds make advanced treatment technology the key to solving this problem. Analyzing the formation mechanism and distribution characteristics of common odorous substances, and exploring the applicability and treatment effects of control methods such as biological activated carbon, ozone activated carbon combination, and advanced oxidation technology, combined with practical cases to evaluate the removal efficiency and process stability of different technologies, providing reference for ensuring drinking water safety.

**Keywords:** odorous substances; deep processing; drinking water; biological activated carbon; advanced oxidation process

### 引言

公众健康得以保障的基本要求是有清洁且无异味的饮用水,生活质量得以提升的重要标志也是有清洁且无异味的饮用水,但是水源污染问题越来越突出,水中频繁出现藻类代谢产物、有机物降解物等臭味物质,严重影响水质的感官标准且可能导致用户投诉与信任危机,常规处理手段常无法彻底除掉这些微量却敏感的化合物,高效、稳定的深度处理技术探索就成了行业关注焦点,系统研究和优化臭味物质控制策略、构建安全优质的饮用水系统很有现实意义。

#### 1 饮用水中常见臭味物质的来源与形成机制

饮用水里的臭味问题越来越被关注,而要想有效控制臭味就得先知道臭味物质的来源和形成机制。

##### 1.1 藻类代谢的气味物质

富营养化明显的水体环境里,藻类尤其是蓝藻种群常会迅猛爆发性增长从而出现“水华”现象,这类生物代谢过程中会产生多种挥发性气味物质,其中最主要的是二甲基异冰片(2-MIB)和土味素(Geosmin),这两种化合物嗅觉阈值极低,通常人类嗅觉系统只需察觉到几纳克每升

(ng/L)的浓度就会闻到明显的霉味或者泥土腥味,严重影响饮用水感官质量,夏秋季节大多是其释放时间,这时候水体温度高、光照强、营养盐充足,为蓝藻等浮游植物繁殖提供了理想条件,藻类死亡或者大量衰老时细胞结构破裂,内部储存的气味物质进一步释放会加剧水体异味污染。

##### 1.2 有机物降解的副产物

天然有机物(像腐殖酸、富里酸之类的)以及人为有机污染物(由生活污水、农业径流、工业排放带入)在天然水体里到处都有,在微生物作用、氧化还原等化学反应过程中,大分子有机物常被降解成低分子量的挥发性副产物(像挥发性脂肪酸如乙酸、丁酸,硫醇如甲基硫醇,胺类如三甲胺等),这些副产物往往刺激性很强且有腥臭味或者腐败味,对水体臭味特征影响很大,硫化氢(H<sub>2</sub>S)会有臭鸡蛋味,甲基硫醇是恶臭腐烂味,还有些工业来源的有机物(像酚类、氯酚类)含量低到ppb级别也可能散发刺鼻药味或者消毒水味,水体流速低、溶解氧不足且微生物活动旺盛的时候,这些异味就更容易积攒。

##### 1.3 饮用水处理过程中的臭味生成环节

饮用水处理时,工艺运行和管理不到位就可能出现臭

味物质的重要生成源,加氯消毒阶段尤其如此,若控制不好,游离氯跟水体里的天然有机物(NOM)一反应就容易产生多种氯代有机化合物,像三氯酚、四氯苯、氯仿之类的,这些物质大多有明显刺激性药味或者化学气味,不仅影响水的感官质量还可能带来潜在健康风险。而且,曝气、絮凝、沉淀这些处理单元在处理高有机负荷水体时,若不同步排泥或者不定期清洗就容易发生微生物滋生繁殖,其代谢产物可能进一步散发臭味从而影响整个系统的出水质量。滤池若长期不换滤料且反冲洗强度和频率不够,滤料里有机质和细菌生物膜就会累积成为臭味源,跟着处理水一起释放,出现典型的“二次污染”现象。

## 2 现有常规处理工艺的局限性分析

水源环境越来越复杂,常规饮用水处理工艺在保障水质安全方面受到挑战且在臭味物质去除方面明显不足的问题尤其突出,急需对其局限性进行系统分析。

### 2.1 去除效率有限

多数水厂目前依旧把以混凝沉淀、砂滤和氯消毒为核心的传统处理工艺当作主要手段,在控制浊度、杀灭病原体 and 去除悬浮颗粒方面这一流程体系效果较好,对常规水质保障起着关键作用,但传统工艺在面对 2-甲基异冰片(2-MIB)、土味素(Geosmin)、硫醇类这些臭味物质时就不行了,这些物质浓度极低、嗅阈极低,大多是极性较强或者分子量较小的化合物,物理过滤、常规絮凝或者吸附手段很难有效去除它们,且增加混凝剂投加量或者调整滤速,去除率也没法显著提高,还可能影响其他水质指标,导致出厂水往往还残留异味,影响用户感官体验和公众对水质安全的信任,只靠传统工艺没法彻底控制臭味污染物,得引入生物活性炭、臭氧氧化这些更有针对性的高级处理技术来弥补它的不足。

### 2.2 处理路径单一

日益复杂的水体异味问题摆在面前,现有水处理工艺的应对手段普遍存在路径单一、应急性强的情况,多数水厂应对气味污染依旧在采用“加氯掩盖”和“投加粉末活性炭”这两个传统方法,虽然短时间内异味可被加氯掩盖,但这容易让水中有机物生成氯代副产物,像三氯甲烷、氯酚类物质,有潜在健康风险,且活性炭吸附虽有一定效果,但其投加剂量难以精确控制,而且会让出水混浊升高、污泥负荷加重,长效机制也没能形成,现有工艺识别气味形成前驱物的能力弱,缺乏针对不同异味成因的分类控制手段,在蓝藻暴发季节或者突发性有机污染事件时,系统应对能力差,往往只能靠临时加药、换源等手段“止损”,这不但增加运行压力与成本,也让异味污染应对的结构不足暴露出来,工艺流程的系统优化和智能预判机制急需被引入。

### 2.3 运行管理受限

常规工艺运行时,气味物质的监测大多滞后,主要靠

人工嗅辨或周期性理化检测,缺少实时、灵敏的感官监控手段,臭味物质一旦进入处理系统产生感官影响往往就错过最佳干预时机,而且部分处理设备老化、管理粗放,像滤池不及时冲洗、污泥堆积、消毒系统稳定性差等问题也会加大气味异常风险,现行工艺体系没形成闭环监测与动态调节机制,工艺反应难以应对外界污染变化,满足不了现代饮用水品质控制对稳定性、前瞻性和精细化的要求,常规处理工艺面对复杂臭味物质时,去除能力不够、应对机制单一、运行管控落后等短板明显,这就为深度处理技术的引入和优化提供了现实基础和迫切动力。

## 3 深度处理技术在臭味物质去除中的应用现状

常规工艺在控制臭味物质上存在局限,近年来多种深度处理技术随之出现并逐渐成为提升饮用水感官质量、保障其安全的重要手段与发展方向。

### 3.1 生物活性炭吸附技术

传统活性炭吸附和微生物降解功能被生物活性炭技术结合起来,在水处理末端设置滤池后,臭味物质像 2-MIB 和 Geosmin 就能够被持续吸附并且生物降解,活性炭作载体,不但高效吸附水中有机气味化合物,还能给附着微生物提供稳定的生长环境以实现异味分子的协同降解,该技术运行稳定且处理持续性强,但它对温度、水质条件依赖大,温度低或者进水负荷波动时,处理效率可能受影响,滤料更换周期和生物膜管理对技术长期稳定性要求也高。

### 3.2 臭氧-活性炭联用技术

臭氧与活性炭联用(O<sub>3</sub>-BAC)在气味控制中被广泛应用,其核心是臭氧强氧化力既能裂解难降解异味有机物,又能产生可被活性炭吸附和生物降解的中间产物,在氧化 2-MIB、土味素和部分氯酚类化合物时表现优异,可明显降低水的气味强度且对微生物和病毒等有辅助灭活作用,而活性炭作为后续处理单元,会进一步去除臭氧未完全降解有机物和副产物,这一技术组合高效且广谱,只是投资成本高且操作参数控制要求严格,在臭氧投加浓度和反应接触时间精准控制方面尤其如此。

### 3.3 高级氧化与新兴技术

羟基自由基是高级氧化工艺(AOPs)的主要氧化剂,这工艺有着极强的非选择性氧化能力能快速破坏臭味分子的结构键能。臭氧/紫外、UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、Fenton 反应等都属于常见的 AOPs,在实验和中试条件下它们能将多种臭味化合物的去除比率达到 80%且尤其适用于应急处理和高浓度污染场景。近年来饮用水深度净化逐步应用到光催化、膜分离、生物膜反应器等新兴技术,这些技术有着不错的潜力和拓展空间,不过这些技术大多处于推广初期阶段存在运行能耗高、系统复杂、管理技术门槛高的问题还需要在实际工程里进一步验证和优化,在臭味物质控制方面深度处理技术有良好的应用前景和实际成效,但在广泛推广应用时得因地制宜科学选型兼顾水质特征、运行成本

和管理水平。

#### 4 典型控制技术的对比分析与工程案例评估

深度处理技术有很多种且各有各的特点,其应用效果会被多种因素影响,典型技术对比分析和工程实践案例评估能给饮用水臭味控制提供科学依据和技术路径。

##### 4.1 技术特点对比分析

常用的臭味物质控制技术有生物活性炭、臭氧-活性炭联用、高级氧化等,生物活性炭有着持续吸附和生物降解的能力,稳态水质条件下适用且运行维护成本不高,但起效慢且低温对其影响大;臭氧-活性炭技术有氧化-吸附联合作用、适用范围广且去除效率挺高,不过设备复杂、能耗高且臭氧需精确控制投加;高级氧化(像臭氧/紫外、UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等)氧化能力强、反应快,污染高峰或者突发事件时适用,只是对设备、管理技术要求高且运行费用也比较高,各技术选型得结合水源特性、气味成因和处理目标,不能搞“一刀切”。

##### 4.2 工程案例一:杭州九溪水厂

西湖水域藻类高发时期会产生霉味问题困扰着杭州九溪水厂,原有混凝沉淀、砂滤加消毒的工艺在高温季节难以有效去除 2-甲基异莰醇(2-MIB)和土臭素(geosmin)致使居民用水投诉屡屡发生。2019 年九溪水厂引入深度处理系统即“臭氧+生物活性炭(臭氧-BAC)”并设置双段臭氧接触池和生物炭滤池且对臭氧投加量进行动态调节,运行数据表明 2-MIB 平均去除率能达到 88%,出厂水气味强度从之前的 3 级降到 1 级以下,水质显著改善且用户满意度也提高了,这个项目显示臭氧-BAC 组合在处理高负荷臭味污染方面效果显著且特别契合富营养化水源季节性气味突发状况的处理需求。

##### 4.3 工程案例二:深圳石岩水厂

深圳石岩水厂主要以水库为水源,雨季时地表径流对水体影响较大,有机污染物易引发腐败味和药味问题,2021 年“UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 高级氧化+纳滤膜”组合深度处理系统在该厂实施,前端用高级氧化裂解低分子异味物,后端纳滤系统进一步截留残余有机物及副产物,改造后运行稳定,臭味化合物平均去除率达 92%,即便在台风季节污染暴增时出厂水感官质量也能保持,这个案例表明高级氧化技术在应急和复杂水质环境下适应性很强,但高能耗和管理要求对运维团队是更高的挑战。

臭味物质去除方面不同工艺各有好坏,要结合地域、水源、水质和经济条件科学选型优化且推广需因地制宜,这样在提升饮用水感官质量时才能兼顾成本控制和运行可持续性。

#### 5 臭味物质控制技术的发展趋势与优化方向

饮用水安全标准不断提升且公众对水质感官需求也在增强,臭味物质控制技术朝着智能化、集成化、绿色化方向发展,未来重点在于技术升级和系统优化的研究

与应用。

##### 5.1 精准识别与智能监测

要控制未来的臭味物质,关键得先快速、灵敏、精准地识别异味化合物,传统的人工嗅辨或者定期实验室检测滞后性很严重,很难适应突发性污染事件和动态水质变化,而新兴的在线监测技术,像电子鼻、气质联用仪(GC-MS)在线系统、分子探针传感器等逐渐在实际水厂得到应用,能实时追踪 2-MIB、Geosmin、氯酚类等关键气味指标,并且利用物联网平台和大数据技术构建水质感官特征预测模型,推动监测—预警—响应智能闭环体系建设,这会大大提升臭味控制的前瞻性和管理水平。

##### 5.2 多技术协同集成发展

水源污染形势复杂多变,单一控制技术通常难以全面处理不同类型、不同季节的臭味问题,“组合拳”策略在未来技术发展中更受重视,一方面是工艺路径集成化,像臭氧-BAC 和膜分离技术组合、高级氧化与活性炭联用、生物滤池和纳滤系统互补等可实现各单元技术优势互补并提高处理稳定性与冗余能力,另一方面工艺布局朝着模块化与可调节化方向演变,能依据季节、水质波动灵活切换处理方式且调整运行参数,“源-厂-网”一体化管理思路也在兴起,控制原水污染源、强化处理厂末端深度净化、保障供水管网中水质稳定就能达成臭味控制的全过程管理。

##### 5.3 绿色环保与可持续性优化

臭味控制技术在保障处理效果时需兼顾能源消耗、碳排放和运维成本等绿色环保指标,未来优化重点会放在低能耗、低副产物、可再生材料这些方向,开发新型纳米材料和高性能碳材料来替换传统活性炭可提高吸附效率并延长更换周期,用太阳能驱动的光催化系统取代电力密集型 UV 设备会降低运行能耗,采用生物强化工艺凭借天然微生物群体提升降解效率可减少对化学药剂的依赖,而且完善污泥副产物的资源化利用、臭氧尾气回收、膜污染物再处理等辅助技术有助于构建资源闭合与环境友好的处理体系,使水处理从“高效”朝着“高效+生态”并行发展。

臭味物质控制技术正在从“补救型”朝着“预防+治理”并重转变并从“被动处理”升级为“主动智能”,而提升监测能力、整合多种工艺路径、注重绿色运行会不断拓展饮用水深度净化技术的广度和深度以有力支撑安全优质宜人的城市供水系统建设。

#### 6 结语

公众对饮用水质量的要求一天天提高,这使得臭味物质的控制成为供水安全管理的重要环节,在分析臭味物质来源与形成机制后揭示出常规处理工艺的局限性且系统梳理生物活性炭、臭氧联用、高级氧化等深度处理技术的应用现状与工程实践,以后臭味控制技术会朝着精准监测、多元集成、绿色高效方向发展,建立科学、系统、智能的

臭味管理体系对保障饮用水感官质量、提升公众满意度和饮水安全来说很关键。

[参考文献]

[1]王乐.臭氧—活性炭去除饮用水中臭味物质的研究[D].苏州:苏州科技学院,2015.

[2]杨欣,唐玉霖,辛怀佳.饮用水中典型臭味物质及其去除方法研究进展[J].净水技术,2018,37(3):37-43.

[3]张宁吉,方敏.城市水厂中给水深度处理技术的应用[J].

城市建筑,2019,16(35):147-148.

[4]刘淑丽.UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 高级氧化水中典型致臭物质的试验研究及在净水厂中的应用[D].济南:山东建筑大学,2020.

[5]徐鹏成.纳滤联用工艺控制饮用水中消毒副产物的应用研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.

作者简介:陈英(1991.11—),毕业院校:浙江农林大学,所学专业:环境工程,当前就职单位:杭州天创环境科技股份有限公司,职务:工艺工程师,职称级别:中级。

## 基于生态优先原则黑土地地区管道工程绿色施工策略探讨

齐国荣 刘旗 李欣

河北华北石油工程建设有限公司, 河北 沧州 062552

**[摘要]**随着我国对于生态环境保护的要求持续提升,东北黑土地地区的基础设施建设遭遇了既要保护珍贵耕地资源又要推动经济发展的双重考验。文章选取吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段当作研究对象,充分探讨依据生态优先原则所确定的黑土地绿色施工策略。借助合理的线路设计以及用地优化举措,严格遵照黑土地占用审批以及补偿机制,科学开展耕作层土壤剥离以及复垦工作,并且融合基本农田保护以及完备的绿色施工管理体系,切实有效地达成了管道工程施工期间的生态环境保护以及资源的可持续利用目标。研究得出的结果说明,该项目的绿色施工策略在确保工程质量与施工进度最大程度地降低了对黑土地资源的损害,给类似区域的绿色基础设施建设给予了宝贵的实践经验以及参考途径。

**[关键词]**生态优先;黑土地保护;管道工程;绿色施工

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16963

中图分类号: S155.2

文献标识码: A

### Exploration on Green Construction Strategy for Pipeline Engineering in Black Soil Areas Based on Ecological Priority Principle

QI Guorong, LIU Qi, LI Xin

Hebei Huabei Petroleum Engineering Construction Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 062552, China

**Abstract:** With the continuous improvement of Chinese requirements for ecological environment protection, the infrastructure construction in the black soil areas of Northeast China is facing a dual challenge of protecting precious arable land resources and promoting economic development. The article selects the third section of the Jilin Petrochemical - Jilin Oilfield Carbon Dioxide Pipeline Project (Phase I) as the research object, fully exploring the green construction strategy for black soil determined based on the principle of ecological priority. By utilizing reasonable route design and land optimization measures, strictly following the approval and compensation mechanism for black soil occupation, scientifically carrying out soil stripping and reclamation work in the cultivated layer, and integrating basic farmland protection and a complete green construction management system, the ecological environment protection and sustainable resource utilization goals during pipeline construction have been effectively achieved. The results of the study indicate that the green construction strategy of this project minimizes damage to black soil resources while ensuring project quality and construction progress, providing valuable practical experience and reference for green infrastructure construction in similar areas.

**Keywords:** ecological priority; black soil protection; pipeline engineering; green construction

#### 引言

黑土地是我国极为重要的粮食生产之地,同时也是生态屏障所在区域,其土壤肥力颇高,生态功能也颇为显著,然而它的生态系统却十分脆弱,很容易受到工业建设活动的干扰。东北地区的吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段工程线路路由会经过大量的黑土地,在施工期间怎样去贯彻生态优先的原则,科学地对黑土地资源加以保护,已然成为工程建设当中极为关键的一个课题。近些年来,国家接连出台了《中华人民共和国黑土地保护法》(2022年)以及《吉林省黑土地保护条例》(2018年),这为黑土地保护给予了法律层面的保障,推动着工程建设朝着绿色、低碳的方向去转变。本文依据该项目的实际状况,全面且细致地分析黑土地保护方面的设计优化以及施工管理措施,深入探究生态优先理念在管道工程绿色施工之中的具体运用方式,尽力为黑土地地区基础设施建设给出实用的绿色施工策略以及管理模式。

#### 1 项目概况

吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段处在东北黑土地核心保护区当中,其工程长度达到了数十公里,并且穿过了多块优质的耕地。该项目主要是为了满足区域石油化工产业在二氧化碳资源输送方面的需求,有着十分重要的战略方面的意义。在设计阶段的时候,充分地沿线地方政府的黑土地资源利用总体规划相结合,秉持着节约集约用地的原则,对线路的平纵断面加以优化,以此来保证对黑土地的占用能够实现最小化。在施工的过程当中,严格地依照国家以及地方的相关法律法规来执行,并且制定出了详尽的土壤剥离、运输以及复垦方案,对于永久占用以及临时占用的黑土地分别采取了有针对性的保护举措。该项目建设通过多个部门协同合作,达成了管道工程建设和黑土地资源保护之间的有效平衡,为保障区域生态安全以及推动农业可持续发展筑牢了稳固的基础。

## 2 生态优先原则下的黑土地保护策略

### 2.1 线路设计与节约用地优化

在本项目处于线路设计阶段之时,切实将生态优先的理念彰显出来。经过多轮次的方案优化以及细致的技术论证,科学且合理地去调整管道的路径走向,努力做到最大限度地减少对黑土地的占用面积,并且尽力降低对耕作层所造成的扰动情况。工程设计相关单位全面且周全地考量地形地貌方面的实际情况、土壤的质量状况以及地方关于黑土地保护的具体规划内容,运用平纵断面优化设计的方式方法,合理且恰当地避开高标准农田以及那些具有重要生态功能的区域,优先去挑选非耕地或者是对之影响相对较小的区域作为施工地点。借助引入数字化地理信息系统以及三维建模技术等手段,达成对施工所产生的影响进行精准评估以及及时预警的目的,以此来保证工程的布局能够契合节约集约用地的基本原则。这样的策略切实有效地缩小了工程建设所占用的范围,一定程度上减轻了对耕作层结构的破坏程度,尽可能多地保护了黑土地的土壤肥力以及其生态功能,进而为后续开展绿色施工营造了极为有利的前提条件。

### 2.2 黑土地占用审批与补偿机制

在工程实际实施进程当中,项目秉持严谨态度,严格依照《中华人民共和国黑土地保护法》以及《吉林省黑土地保护条例》所规定的相关内容来执行,精心搭建起一套较为完备的黑土地占用审批相关流程。但凡涉及到对黑土地予以占用的情况,都务必要经过地方自然资源主管部门展开极为严格的审核操作,以此切实保证整个过程能够做到合法且合规。项目针对需要永久占用的那部分黑土地,会依据法律相关规定去积极开展各项审批手续办理事宜,并且同步配套推进耕地补充以及开垦补偿方面的工作,从而确保“占多少、垦多少”这一动态平衡原则可以切实落到实处。所补充的耕地在位置方面以及质量层面都和被占用的土地相差无几,如此一来便能够有效避免出现生态资源出现净流失的状况。而对于那些需要临时占用的黑土地,在完成施工之后,会严格按照事先获批的方案来进行恢复处理,同时还会配合相应的经济补偿举措,以此来保障耕地的生产能力不会受到长时间的影响。这样的一套机制切实有效地提高了黑土地保护工作的规范化程度,达成了资源的合理配置安排,同时也使得生态效益得以实现最大化。

### 2.3 黑土耕作层剥离与土壤保护措施

对于永久占用的黑土地,项目精心编制了耕作层土壤剥离方案,严格依照《建设占用耕地表土剥离利用规范》(DB 22/T2278—2015)来执行。依据剥离机械的具体性能以及耕作层的实际厚度,剥离宽度通常控制在 2~4m 这个区间内,剥离深度原则上设定为 20~30cm,在局部比较厚的区域可以适度增加,不过绝不能超过 50cm。剥

离出来的耕作层土壤会被分类存放在附近的临时堆放点,堆放的位置经过科学选址,远离各类污染源,并且有很好的水土保持条件。在堆放期间会采取覆盖防尘以及防流失的相关措施,以此保证土壤的质量不会受到损害。施工结束之后,土壤要分层回填,尽可能地恢复原有的土壤结构和肥力,切实保障土地后续的农业生产功能。

### 2.4 临时占用区土壤管理与复垦技术

在施工期间临时占用黑土地方面,其管理举措颇为严谨,具体施行分层开挖以及集中存储的相关措施,如此一来便能够有效避免土壤出现混合情况以及养分发生流失。对于临时堆放点的选址事宜,是依据交通便利性、远离污染源以及防范水土流失等多方面的综合考量来进行确定的,并且会科学地去布置水土保持设施,进而降低对环境所产生的影响。等到施工全部结束之后,便会实行分层回填并且加以压实的操作,以此来切实保障土壤层次以及结构能够保持完整的状态。就施工过程中所造成的土壤养分流失这一情况而言,项目方面配套制定出了土壤肥力恢复的具体方案,主要是通过增加施用有机肥料以及氮磷钾复合肥,同时结合科学的耕作管理方式,从而有力地促进土壤生态系统的快速恢复进程。除此之外,相关的单位还专门建立起了土壤质量动态监测的相关机制,以此来切实保障复垦所能取得的效果,进而确保临时占用区域的土地可以实现可持续的利用目的以及维持生态环境的稳定状况。

## 3 基本农田保护与绿色施工管理

### 3.1 基本农田避让与开垦补偿措施

在黑土地管道工程建设进程里,基本农田做为国家重点保护的對象,其保护方面的要求格外严格。项目于施工设计以及实施期间,始终秉持着基本农田优先避让的原则,尽力去调整线路与施工范围,从而降低对基本农田的直接占用情况。对于那些难以避免要占用的基本农田,项目严格按照《基本农田保护条例》以及相关法律法规来执行,依照法律程序办理占用审批手续,同时落实耕地开垦费的缴纳或者委托开垦补偿机制,以此保证占用耕地面积能够与补充耕地面积达成动态的平衡状态。补偿耕地在选址以及质量层面都经历了严格的评估过程,竭力实现对生态环境以及农业生产效益的双重保障效果。除此之外,在施工期间还专门针对基本农田制定了一系列保护措施,像是减少机械的压实操作、限制重型设备的通行行为以及科学合理地布置施工道路等举措,有效地防止了土壤出现板结状况以及肥力有所下降的情况。凭借系统性的补偿与保护手段,切实保障了基本农田的可持续利用,进而维护了国家粮食安全以及农业生态的稳定局面。

### 3.2 水土保持与扬尘控制

在管道施工期间,水土流失以及扬尘污染给黑土地的生态环境带来了极为直接的威胁。该项目严格按照绿色施

工的要求来执行,对施工段落予以科学合理的布置,同时安排好施工时序,特别是要避开雨季出现大面积土地裸露的情况,以此尽可能地降低水土流失的风险。在施工现场设置了完备的排水设施以及涵洞设施,确保地表径流能够顺畅流动,进而减少水土流失给耕地所带来的影响。对于扬尘污染问题,采取了诸如覆盖裸露的土壤、对施工车辆进行清洗、在道路上洒水降尘等一系列措施,以此保证施工区域及其沿线的空气质量能够达到相应的标准。与此在选择施工机械和设备的时候,优先挑选那些低排放、低噪声的产品,从而减轻对环境所造成的压力。水土保持以及扬尘防治的各项措施有效地遏制住了施工期间对土壤以及大气环境所造成的破坏,切实保障了施工区域及其周边生态环境的安全与稳定状态。

### 3.3 环境监测与施工风险管控

为了让“生态优先”这一原则在整个施工过程中都能够切实有效地得到落实,该项目特别建立起了颇为完善的环境监测体系。其通过精心设置像土壤结构方面的、水质情况相关的以及空气质量状况等方面的诸多监测点,进而达成对黑土地在施工期间所受各方面影响的动态化全程监控目的。实时且细致地去采集各类环境数据,并且针对施工进度当中出现的任何异常变化都能做到及时发出预警信息,随后还会采取与之相应的整改举措,以此来避免环境风险进一步扩大的情况发生。施工单位还专门制定出了详尽的生态风险评估方案以及应急预案,其中涵盖了针对突发污染事件要能够实现快速响应的相关安排,还有针对土壤结构遭到破坏之后应采取的修复办法等内容,从而可充分保证环境风险能够切实有效地被控制住。把监测所得到的结果同施工管理方面的工作紧密结合起来,以此为绿色施工相关事宜提供具有一定科学性的依据,推动施工整个过程朝着更加透明化以及规范化的方向发展。与此还要着重加强对施工人员有关环保意识方面的培训工作,不断提升绿色施工所涉及的技术水平,以此确保环境管理体系可以持续且有效地运转下去。

## 4 绿色施工实践效果分析与经验总结

### 4.1 施工效果评估

吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段借助科学的绿色施工策略来推进,达成了预期的环境保护目标。在施工告一段落后,项目针对黑土地占用面积、土壤剥离以及回填的质量状况、基本农田保护措施的实际落实情况等关键指标展开了全面细致的评估。评估的结果显示,经过对线路设计予以优化,有效降低了黑土地占用的总面积,所剥离出来的耕作层土壤在回填时分布较为均匀,土壤的结构以及肥力也都得到了不错的恢复<sup>[1]</sup>。对于临时占用的区域,其采用的复垦技术切实恢复了土地的生产功能,基本农田的补偿以及开垦机制也实实在在地保障

了耕地面积处于动态平衡的状态。在施工期间所采取的水土保持举措以及扬尘控制办法,明显改善了施工的环境,从环境监测所获取的数据能够看出,空气质量以及水质都维持在优良的水平之上。整个施工所呈现的效果彰显出了生态保护和工程建设的高度契合,这无疑证明了绿色施工策略具备科学性以及可行性。

### 4.2 生态保护成效

本项目所施行的绿色施工管理举措,切实提高了黑土地及其周边生态环境的质量。其中,土壤剥离以及分层回填这一技术手段,有效地将耕作层损失减少到了最低程度,对土壤有机质以及养分循环起到了很好的保护作用。而基本农田保护方面的相关措施,则有力地保障了耕地面积和功能处于一种动态平衡的状态,避免了耕地资源出现流失的情况<sup>[2]</sup>。水土保持以及扬尘防控措施,也很好地控制住了施工给环境所带来的扰动,维持了土地的生态稳定性。环境监测系统得以建立并投入运行之后,能够及时地发现施工环境当中存在的各类风险,并且采取相应的应对措施,从而保证了生态安全。多方协同推进这样一种机制,还进一步增强了在生态保护方面形成合力的程度,使得地方政府以及社会公众对于该项目的认可度和支持度都得到了提升。从整体上看,在生态优先这一原则的指导之下,项目达成了工程发展和环境保护的双赢局面,推动了黑土地地区朝着绿色可持续发展的方向迈进。

### 4.3 经验教训与改进建议

本项目在绿色施工方面的实践,积累了不少经验,不过也呈现出一些需要改进的地方。其一,虽说线路优化明显减少了对黑土地的占用,可部分高标准农田还是很难完全避开,以后得进一步强化数字化规划技术的应用,提升设计的精准程度<sup>[3]</sup>。其二,土壤剥离以及回填技术尽管取得了不错的成效,然而在部分施工点出现了堆放时间过长致使土壤品质降低的情况,需要完善土壤存储管理的相关规范,把堆放周期缩短。其三,施工期间的环境监测虽说覆盖面很广,多方协同机制已经建立起来,可在实际施行当中存在着沟通不够顺畅的情形,未来要强化各方职责的明确以及协调机制,保证生态保护措施能够切实落地。

## 5 结语

吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段于黑土地地区展开绿色施工活动,全面且细致地贯彻生态优先这一原则。借助科学合理的设计优化、严格的审批补偿、精准的土壤保护与复垦措施,取得良好生态保护成效。在未来应不断深化生态文明理念,以此推动绿色施工技术与管理机制创新,实现基础设施建设与生态环境的协调发展。

### [参考文献]

[1]崔跃峰.辽宁省黑土地地区耕地质量现状及保护策略研究

[J].农业科技与装备,2025(2):69-70.

[2]张艳杰.黑龙江垦区黑土地保护利用路径研究[J].农场经济管理,2025(2):9-10.

[3]匡恩俊,张久明,姬景红,等.黑土地利用现状、存在问题及保护策略[J].黑龙江农业科学,2023(12):92-96.

作者简介:齐国荣(1970.3—),女,民族:汉族,单位地址:河北省沧州市任丘市华北油田油建社区,籍贯:河

北省沧州市孟村回族自治县,职务:华油工建公司第二管道工程分公司安全部部长,粤东互联互通 LNG 管道工程,宜昌天然气管道工程、查日苏-义隆永输气管道工程项目安全总监,吉林石化-吉林油田二氧化碳管道工程(一期)第三标段项目, HSE 部部长,毕业院校:2011年7月毕业于长江大学机械制造与自动化专业,最高学历:专科,现主要从事长输管道建设工程项目 HSE 管理工作。

# 不同基质配比对预制植物生态棒植物成活率的影响研究

武金桃 薛良 万子雄 陈琪 高峤峰

河北地矿建设工程集团有限责任公司, 河北 石家庄 050081

**[摘要]**在矿山生态修复时, 苗木成活率低、生长缓慢之类的问题常出现并制约绿化效果。为提高初期绿化效率与成活率, 人们采用预制植物生态棒绿化技术并设置不同的基质配比, 对荆条、紫穗槐、爬山虎、野皂荚等植物的生长表现开展对比实验且按照植物高度、地上地下部分生长量、含水量等指标来监测分析, 结果显示合理配比有机肥、保水剂和土壤改良剂能有效改善植物生长环境、提高成活率, 给生态修复工程提供科学依据和技术方法。

**[关键词]**预制植物生态棒; 基质配比; 成活率; 矿山生态修复; 快速绿化

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16962

中图分类号: S792.1

文献标识码: A

## Study on the Influence of Different Matrix Ratios on the Survival Rate of Prefabricated Plant Ecological Sticks

WU Jintao, XUE Liang, WAN Zixong, CHEN Qi, GAO Qiaofeng

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050081, China

**Abstract:** In the ecological restoration of mines, problems such as low survival rate and slow growth of seedlings often occur, which restrict the greening effect. In order to improve the initial greening efficiency and survival rate, prefabricated plant ecological stick greening technology was adopted and different substrate ratios were set. Comparative experiments were conducted on the growth performance of plants such as Jingtiao, purple locust, ivy, and wild soapberry, and monitoring and analysis were carried out according to indicators such as plant height, aboveground and underground growth, and water content. The results showed that a reasonable ratio of organic fertilizer, water retaining agent, and soil amendment could effectively improve the plant growth environment and increase survival rate, providing scientific basis and technical methods for ecological restoration projects.

**Keywords:** prefabricated plant ecological stick; matrix ratio; survival rate; ecological restoration of mines; rapid greening

### 引言

矿山地质环境破坏得很严重, 生态修复成了重要任务。实际工程里绿化效果常受苗木成活率低、生长缓慢影响, 传统春秋季节栽植有局限且夏季高温下蒸腾加剧使苗木成活更难了。国外生态修复开始得早且技术体系成熟并重视复垦可持续性, 国内一直在探索但还是面临苗木适应性差、绿化速度慢等问题。预制植物生态棒是新型绿化技术, 在提高初期成活率、突破季节限制上优势明显, 但其基质优化和应用效果急需深入研究。

### 1 生态棒绿化技术与选用植物概述

#### 1.1 预制生态棒技术原理

预制植物生态棒以植物苗木与配套基质为核心, 经可控容器预先培育成为可移植的绿化单元, 模块化设计使这一技术实现标准化育苗、便捷运输、快速安装等作业一体化, 打破传统绿化对季节和现场土壤条件的依赖, 其内部统一配置保水剂、有机肥和改良剂等成分, 保障植物移植初期的立地条件和水分供应, 大大提高成活率, 它具有可插入性和轻质特性, 在矿山掌子面、台阶、陡坡等复杂地形有良好的适应性和操作性, 其基质能按植物需求灵活调整, 从而形成良性的植物—基质—环境耦合系统, 为快速绿化和生态恢复提供有力支撑。

#### 1.2 荆条、紫穗槐、爬山虎、野皂荚等植物特征

荆条、紫穗槐、爬山虎和野皂荚都是耐旱、抗逆性强的典型灌木或藤本植物, 能适应矿区极端、贫瘠、干旱且裸露的立地条件。荆条是根系发达、抗旱性强的落叶灌木, 边坡固土和护坡绿化常用, 紫穗槐属于豆科, 有固氮作用且耐贫瘠、抗风蚀能力强, 是生态恢复常见的先锋物种, 爬山虎是附着能力强、生长快的典型攀缘植物, 适合用于掌子面、挡墙等垂直面绿化, 野皂荚耐旱、生命力强且树形美, 具有不错的绿化观赏和生态修复价值。这些植物生长周期短, 因生态棒提供的生长环境稳定, 能快速扎根扩展, 给矿区绿化提供初期群落基础。

#### 1.3 项目区植物选型依据

本研究选择植物种类的依据是西柏坡延线、井陘县等矿山修复项目原生植被资源和生态适应性的调查结果以及实际施工里常用苗木表现优劣的综合评估, 调查表明当地原生植被大多是荆条、紫穗槐之类的乡土耐旱灌木, 其适应干旱贫瘠土壤条件的能力不错且生态恢复潜力比较强, 已开展的工程项目里传统苗木常忽视矿区立地条件的适应性而出现“老苗”现象, 即植物没死可生长停了, 成片种效果不好且补种率高, 优先选根系活力强、生长适应性广、方便预制的苗木种类再结合生态棒技术来配置, 有

助于提高矿山绿化的整体成效和持续性,能实现生态修复快速化、功能化的目标。

## 2 基质组成与配比设定逻辑

### 2.1 不同基质材料介绍

预制植物生态棒里,植物能否成活、健康生长,基质配置是核心要素,本研究选了生土、有机肥、土壤改良剂和保水剂做基质材料,生土是基础材料,有一定黏结性和微生物活性,但保水性、结构疏松性不好,对根系生长不利,要让土壤通气、肥力变好,需加有机肥补充营养,使有机质和微生物变丰富以增强根系活力,土壤改良剂能改善土壤团粒结构,让通透性、保肥性变好,还能调节酸碱度,从而适应矿区贫瘠土壤,保水剂是调水因子,像聚丙烯酸盐类产品,吸水性强,还有缓释能力,干湿交替时能持续供水,大大提高植物抗旱能力,且这种保水剂粒径细、结构稳定,在矿山干旱环境下使用特别合适。

### 2.2 配比原则与设定依据

在保障植物生长所需养分、水分、通气条件的基础上设定基质配比要兼顾材料成本、施工简便性和可推广性才能形成科学、经济、高效的复配体系,本研究根据前期试验和文献资料挑了三种典型配比来做对比实验且生土、沙土、有机肥、保水剂按 4:4:1:2 比例配的组合效果最好,这一配比里整体渗透性靠沙土提升且必要养分由有机肥提供且适量保水剂增强土壤水分保持能力且复合基质环境结构稳定、通气良好、水分缓释,5:3:1:1 和 3:5:1:1 这两种其他配比在固结性和渗透性方面各有优势但从综合成活率和植物生长状态来分析 4:4:1:2 配比最均衡,调整基质配比得根据植物种类、生长阶段、季节气候这些实际因素灵活选择才能适应多种施工条件和生态修复需求。

### 2.3 影响成活率的主要土壤理化指标

植物在生态棒里能否成活并快速生长由基质关键的理化属性(如土壤容重、水分含量、孔隙度和渗透性等)决定,土壤容重过高会影响根系呼吸和伸展,过低则结构容易松散不利于固定,合适的水分含量是维持细胞膨压与新陈代谢的前提且与植物在高温或干旱时的抗逆能力直接相关,孔隙度体现土壤里空气和水分交换的能力,太小会使根系缺氧,太大不利于保水,渗透性决定降雨或灌溉水分下渗的速度和均匀性,调整基质材料的比例优化这些理化指标就能营造出适宜植物生长的微环境,实验采用周期性测定和模拟降雨观察的方法进一步验证不同配比对这些指标影响的程度以确定最有利于植物成活的基质结构。

## 3 试验设计与实施过程

### 3.1 试验地概况与布设方案

黄壁庄预制植物生态棒试验基地位于河北省中南部,属温带大陆性季风气候区,年均气温约 12.8°C,年降水量集中于 7 至 9 月,有明显季节性干旱与水热不同期特征,本次研究试验就在此地开展且试验区总面积 5090m<sup>2</sup>,土壤以砂质壤土为主,团粒结构差,有机质含量低,保水保肥能力

弱,很典型地体现了矿山退化土地特征。试验用标准生态棒布设,其直径一样、长度能调整,分层取样和重复布设方便,设计方案设 3 组实验,每组含 2 种不同基质配比与多种植物交叉组合,荆条、紫穗槐、爬山虎、野皂荚这四种植物就在其中,每个组合重复布设多个生态棒以保证样本统计有效,总共用了 11500 个生态棒,种的苗木有 29760 株,从而形成系统性对比网络,为后续数据分析提供大量基础数据。

### 3.2 数据采集方法

数据采集工作从植物生长状态和生态棒基质性能这两方面着手,将周期性定点测量和现场记录相结合,在植物生长性状上以株高、地上茎叶生长量、地下根系扩展程度和整体含水量为主要采集指标,生长高峰期时对地上和地下组织进行分段采样来观察动态变化趋势,含水量测定用鲜重-干重法,地上和地下部分分别测定后算平均值,成活率是核心评价指标,以“植物主干无枯萎、茎叶有生长、根系活力正常”为成活标准,在栽植后第 30d、第 60d、第 90d 复测,结合影像记录和现场实测结果确定最终状态,部分生态棒设置微环境监测点,实时记录温度、湿度等外部因子变化,为植物生长表现和环境响应的相关性提供佐证。

### 3.3 控制变量与重复设定

要确保实验结果科学、可比就得严格控制非实验变量,靠重复设定来强化数据的代表性和稳定性,所有生态棒试验组都放在同一个基地,光照、灌溉、施肥管理条件都一样且灌溉频次和水量也统一,这样能避免人为操作差异带来系统误差,布设的时候,同一种基质配比在不同植物类型里,重复实验设置不少于三组以保证统计分析有足够的样本容量,为了让边缘效应变小,每块试验田都设缓冲带且不采集数据,不同组之间隔开一定距离防止根系交叉或者水肥扩散产生干扰,实验全程都加强监测和记录以保证能回溯实验过程,给最终结论提供可靠的数据支撑,这一套严谨规范的控制体系给分析不同基质配比对植物成活率和生长差异的影响打下了坚实基础。

## 4 实验结果与数据分析

### 4.1 不同基质配比下植物生长差异

不同基质配比时植物整体生长表现差异显著,拿三种典型配比(A组:4:4:1:2, B组:5:3:1:1, C组:3:5:1:1)作对照,看平均高度与直径增长量,四种植物在 A 组基质里都呈现较好生长趋势,尤其是爬山虎和紫穗槐,平均株高分别达 45.3cm 和 38.7cm,观察地下部分根系发育, A 组基质结构疏松、含水稳定,根系分布均匀,侧根发育佳,而 C 组渗透性虽强但保水性差些,致使部分灌木类植物根系浅短,总体而言,基质里保水剂和有机质含量充足的组合对植物初期扎根稳定和后期快速生长有利。

### 4.2 成活率分析与优劣基质筛选

生态棒绿化效果如何,成活率是核心指标,不同基质组合下这一指标差异明显,统计表明 A 组基质平均成活率达 91.5%,比 B 组的 83.2%、C 组的 76.4% 高得多,在

误差控制范围内 A 组植物成活波动小稳定性强,从材料成本和使用量来看 A 组保水剂用量虽略高但综合考量每单位植物成活后的经济效益性价比更高,不同组合基质下植物平均成活率统计表如下即表 1。

表 1 不同基质配比下各植物种类的平均成活率对比表

植物种类	A 组成活率 (4:4:1:2)	B 组成活率 (5:3:1:1)	C 组成活率 (3:5:1:1)
荆条	93.1%	84.5%	78.6%
紫穗槐	92.4%	85.2%	77.9%
爬山虎	90.7%	82.6%	75.3%
野皂荚	90.0%	80.5%	73.0%

在当前实验条件下, A 组配比在整体成活率、根系发育和苗木稳定性方面有着显著优势,是最优基质组合。

#### 4.3 不同植物对基质敏感性的比较

不同配比的响应分析里,基质成分变化荆条和紫穗槐适应起来挺强的, B 组、C 组里也能有一定生长速率且成活水平也能维持,野皂荚则不同,基质结构和水分条件一变它就很不敏感, C 组里死亡率挺高的。爬山虎是攀援植物,保水剂含量一有变化它就特别敏感, C 组含水能力不行,叶片黄化很明显, A 组里根系发育好且蔓延速度还加快了。如此看来,荆条、紫穗槐这种灌木适应性广,不同坡面和配比条件都适合,爬山虎这种藤本植物基质里水分维持能力得高些,保水成分配置得针对性加强。不同植物在生态棒配置里得根据生理特性精细选配,这样整体绿化效益和覆盖效果才能提高。

### 5 研究成果应用与推广建议

#### 5.1 成果在矿山修复项目中的初步应用

河北省西柏坡延线及井陘县的多个矿山生态修复项目试点应用预制植物生态棒技术成效良好,项目实践显示掌子面、边坡、渣堆和台阶等复杂地貌区域都能灵活运用生态棒,其模块化结构使施工效率大大提高且能适应不同施工环境,对高陡或垂直面快速绿化尤其适用,掌子面绿化时生态棒直接插入岩体种植孔无需现场混凝土施工过程可控性强,台阶复植工程里采用“条带式”嵌插种植形成分层绿化结构从而景观立体感得以提升,应用反馈表明植物成活率普遍提高 15% 以上且部分项目达 95% 以上、栽植后 1 个月内绿化效果明显比传统裸根栽植方式好得多,同时生态棒内基质养分均衡、水分持续供应使植物整体生长速度加快且后期管养投入减少,初步实践证明该技术在矿区不同类型地形中广泛适用且高效稳定工程推广价值较强。

#### 5.2 技术推广可行性与建议

预制植物生态棒有较高的技术可行性与推广基础,主要体现在施工便捷、成本可控、材料来源广泛等方面。施工时生态棒能在工厂集中预制,不依赖现场环境与人员技能,栽植作业标准化程度高,很适合大面积快速部署。材料方面,生态棒主要成分如生土、有机肥、聚丙烯酸盐类保水剂和通用塑质容器等都可本地采购,成本可控且能规模化生产。不

过,推广时有几个关键瓶颈需要关注:一是生态棒尺寸与结构要适配不同地形工程特点,要避免结构刚性影响插入效率或稳定性;二是植物种类和基质配比互动关系复杂,选配不当可能影响成活率和后期长势;三是运输与储存时的水分保持需要用技术解决,高温干燥地区生态棒在现场使用前的保水保护需要完善。推广时建议建立标准化操作流程和配比参数手册,结合项目实际动态调整,并且配套专用插植工具或机械,以提高现场作业效率保证技术效果落地。

#### 5.3 后续研究方向

预制生态棒绿化技术的适应范围与稳定性若要提高,后续研究从植物选择多样性、基质精细优化这两个方向开展是可行的。植物种类方面需扩大试验范围,涵盖更多本地乡土植物、耐寒耐旱品种以及观赏性植物,探索各类植物在不同配比基质中的生长适应性与响应特征,从而丰富生态棒的应用场景。基质优化方面则要建立基于植物种类、目标环境、季节条件的配比响应数据库并构建基质配比智能优化模型,借助数据挖掘与机器学习技术开发智能推荐系统以实现生态棒定制化生产并满足多种生态修复需求。要加强生态棒在不同气候带、不同土壤类型下的适用性验证,围绕其长期稳定性、植物群落演替过程等开展系统跟踪研究,从“工程应用”向“生态恢复”综合系统建设迈进,进而为矿山绿化、边坡治理、生态景观构建提供全面的技术支撑。

### 6 结语

植物生长在植物生态棒内受到不同基质配比的显著影响,适量配入有机肥、保水剂与改良剂能显著提升植物成活率和生长速率且实验显示基质配比为 4:4:1:2 时综合成效最佳、工程应用前景良好,预制生态棒技术打破传统绿化季节与地形限制,给矿山生态修复提供高效、便捷、可持续的技术手段,后面得加强植物多样性筛选与基质智能配比研究以推动这一技术在更大范围工程化应用。

#### [参考文献]

- [1]刘志雄,严承欢,焦忠久,等.不同基质配比对秋季甘蓝幼苗生长的影响[J].北方园艺,2025,7(4):17-18.
- [2]严陶韬,程培蕾,黄长兵,等.不同生物炭配比基质对月季幼苗生长及品质的影响[J].北方园艺,2025,11(8):67.
- [3]王棋.不同基质配比及容器规格对油松生长指标的影响[J].花木盆景,2025(6):116-117.
- [4]王伟,王巍,周海丰,等.生态棒修复措施对多煤层重复采动地表裂缝区植被恢复的影响[J].能源与环境,2025,47(1):73-80.
- [5]石金秀,于靖,薛勇,等.基于多标准决策分析的预制植物蛋饼复热与贮藏关键特性研究[J].食品工业科技,2025,1(9):16.

作者简介:武金桃(1989.1—),毕业院校:中国地质大学长城学院,所学专业:地质学,当前就职单位:河北地矿建设工程集团有限责任公司,职务:地勘部部长,职称级别:工程地质高级工程师。

## 生物拓扑空间及信息系统生维场浅论

郭玉清

黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041

**[摘要]**信息系统拓扑空间生维现象: 信息系统拓扑空间活眼场(中心场)、异向量场相互作用弈法运算偏移场形成信息系统生维场、复杂有序生物场。利用调查法、信息法、系统法、数学分析法、逻辑推理法研究了信息系统拓扑空间生维现象。利用磁环子仪测算乙 n 磁环子、质量引力环子。空间异向量场平衡场是对称场、混沌场。空间异向量场偏移场是生维场、生物场。基本粒子场、星系场、生物场来源于信息系统拓扑空间生维。遁符系统(微观)生维场形成基本粒子场、环子场。雀符系统(中观)生维场形成生物场。玄符系统(宏观)生维场形成星系场。

**[关键词]**统一场; 时间几何; 信息系统; 弈法运算; 生维场; 生物拓扑场

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16972

中图分类号: O189

文献标识码: A

### Brief Discussion on Biological Topological Space and Information System Biodimensional Field

GUO Yuqing

Heilongjiang Agricultural Economy Vocational College, Mudanjiang, Heilongjiang, 157041, China

**Abstract:** The phenomenon of information system topological space generating dimension: the information system topological space live eye field (central field) and different vector field interact to calculate the offset field to form the information system generating dimension field and complex ordered biological field. By using the methods of investigation, information, system, mathematical analysis and logical reasoning, this paper studies the phenomenon of information system topological space. The magnetic ring instrument is used to measure the B-N magnetic ring and the mass gravity ring. The equilibrium field of spatial heterovector field is symmetric field and chaotic field. The offset field of spatial heterovector field is a biological field and a biological field. The basic particle field, galaxy field and biological field are derived from the topological space of information system. The (microscopic) dimension field of the evasion system forms the basic particle field and the ring subfield. The (middle) dimension field of the sparrow symbol system forms a biological field. The (macroscopic) dimension field of Xuanfu system forms the galaxy field.

**Keywords:** unified field; time geometry; information system; game calculation; biodimensionality field; biological topological field

#### 引言

拓扑学是研究与物质元素或抽象元素有关的集合的选定的性质,特别是在这些集合经受变形(但不破损)时仍然保持不变的那些性质的数学分支学科,可分为代数拓扑和一般拓扑。

代数拓扑是运用代数方法研究拓扑学的一个分支,主要研究关于拓扑空间的定性的性质,而所研究的现象则常常是“整体的”,即作为整体的生维空间而不是其任何较小部分所具有的特性。

一般拓扑主要研究拓扑空间的自身结构及其间的连续映射。采用这种抽象的观点来研究拓扑,就可以用拓扑的方法研究不同于点集的生维场。

信息系统拓扑空间异向量场平衡场是对称场、混沌场。信息系统拓扑空间异向量场偏移场是生维场。

基本粒子场、星系场、生物场来源于信息系统拓扑空间生维。

遁符系统(微观)生维场形成基本粒子场、环子场。玄符系统(宏观)生维场形成星系场。雀符系统(中观)生维场形成生物场。

#### 1 时间几何

信息系统拓扑空间生维现象: 信息系统拓扑空间活眼场(中心场)异向量场相互作用弈法运算偏移场形成信息系统拓扑空间维数增加生维场、复杂有序生物场。

弈法运算是信息系统拓扑空间活眼场(中心场)异向量场在不同的自然作用博弈方式下的运动、变化过程。

平衡场是平直空间场,生维场是曲率空间场。平衡场是慢周期时间场,生维场是快周期时间场。

生维信息系统场是由不定数量的存在各种弈法运算的三维空间三维时间单元信息系统场生成多维信息系统场。

信息系统活眼场(中心场)影响、联络、变化、性质、弈法运算及组合形式发生进化产生生维系统活眼场。

息网全系统是有一定结构、功能、行为、动态、弈法运算的整体生维系统。息网全系统是由各种不定数量的弈法运算的息网分系统、息格单系统组成多元生维息网全系统。

息网分系统是组成息网全系统的有关联、等级、原则、规律、时序、功能、弈法运算的由部分息格单系统组成的局部生维系统。

息格单系统是有完整、集中、同构、综合、保守、功

能、联系性、弈法运算的单元息格生维系统。

存在系统活眼场（中心场）、边围场。

共息现象是息格单系统、息网分系统可以反映息网全系统信息。息格单系统、息网分系统与息网全系统共息。

时间几何：研究时间拓扑波生维场弈法运算性质的几何规律。自然力统一场是时间几何场。

波符场属于量界信息系统场。全符场属于质界信息系统场。波符场生维有序相变、突变产生全符场。

庞加莱猜想：任何一个单连通的，闭的三维流形一定同胚于一个三维球面。

庞加莱猜想“魔方”变换：三维球可以拓扑变换成k多面体“魔方”。k为自然数。二维庞加莱猜想，“魔方”所有环都能收缩的表面，都可以简化为符合瑞奇流，最终成为一个完美的球体。推广到三维空间，“魔方”“奇点”出现“系结点”，其中三维复制形收缩在一起，而流受到了阻断。

在这样的“奇点”附近，“魔方”变换，拓扑线换成拓扑波：拓扑波可以叠加、交替，间断、透射、折射、反射，谐振。同一起点可以一次通过两条及多条拓扑边。“魔方”还原，将替换过程倒过来，就得到平滑流形。

“魔方”变换，使里奇流继续下去，若流形在撇开有限个“奇点”后能简化自身形状，那么不仅庞加莱猜想正确，而且可以推断出一个更深远的结果，即斯拉斯顿的三维空间猜想也是正确的。

迷路规则：现实系统不存在逆时间精确系统弈法运算。宇称不守恒场、自发对称破缺场是空间场、信息场偏移场。

象数==遁数（微观）#雀数（中观）#玄数（宏观）

复宇宙=忆信息宇宙（奥物质-638.1）#生维宇宙（+638.1）

生维宇宙=星系（物质 0.5）#黑洞（暗物质）（物质 69.55、反物质 70.05）（微偏移场）#

#白洞（沌物质）（物质 249、反物质 249）（平衡场）

玄数系统活眼场（中心场）异向量场相互作用弈法运算生维场形成复宇宙场。遁数系统生维场形成基本粒子场。雀数系统生维场形成生物场。

地球引力场雀数系统生维场形成地球生物场。

光速星系（例太阳系）引力场雀数系统生维场形成光速星系生物场。

拍超光速星系（例银河系）引力场雀数系统生维场形成拍超光速星系生物场。

泽超光速星系引力场雀数系统生维场形成泽超光速星系生物场。

## 2 基本粒子生维场

$C\gamma = \beta C = 3 \times 10^{14} \text{m/s}$  拍超光速值  $E_v = mC\gamma^2$  拍超光速场质能

$Cz = \beta C_p = 3 \times 10^{20} \text{m/s}$  泽超光速值  $E_z = mCz^2$  泽超光速场质能

虚光子： $E_g = E\pi E_e / E_p = 0.08 \text{Mev}$   $\beta = E_w / E_g = 10^6$

电子中微子  $E_{ve} = E_e / \beta = 5 \times 10^{-7} \text{Mev}$  乙电子环子  $E_{ei} = E_e / 2\beta^2 = 2.5 \times 10^{-13} \text{Mev}$

乙电子： $E_y = E_e / \beta^2 = 5 \times 10^{-13} \text{Mev}$  乙电子中微子： $E_{vy} = E_y / \beta = 5 \times 10^{-19} \text{Mev}$

电子中微子动量： $P_v = hf_v / c$  乙电子动量： $p_y = hf_y / cv$   $p_v = p_y$

乙电子中微子动量： $P_{vy} = hf_{vy} / cz$   $p_y = p_{vy}$

$a = (+1)^{1/2}$  桥数单位,  $i = (-1)^{1/2}$  虚数单位,  $u = (\sim 1)^{1/2}$  雀数单位,  $r = (\#1)^{1/2}$  围数单位,  $k$  为实数。

基因环子： $B$  自旋盈亏值 $\{+1/2, +3/4\}$   $b$  隐环子隐自旋盈亏值 $\{\sim 1/2, \sim 3/4, \sim 3/8\}$

弈法运算符：

隐弈 $\sim$  逆弈 $\#$  锁弈 $\$$  过弈(过磁极)《将弈(将磁极)》内弈{ 外弈}

$d$  为无限趋于零()的遁符。 $s = 1/d$ , 为无限趋于乾(相对大数 $\Delta$ )的玄符。

统一场： $B = d$   $b = \sim d$  时间场  $ik$  逆时间场 $\#ik$  空间场  $k$  逆空间场 $\#k$

信息场  $uk$  逆信息场 $\#uk$  质量场  $ak$  逆质量场 $\#ak$

电子  $e = \langle B \langle b \#e = \rangle B \rangle b$  中微子  $ve = Bb \#ve = \#B\#b$

质子  $p = \langle Bb \#p = \rangle B\#b$  中子  $n = B\langle b \#n = \rangle B$

$\pi = \langle B\#b \# \pi = \rangle Bb$   $\pi_0 = B \langle b \# \pi_0 = \rangle \#B \langle b$

$\mu = \langle B \langle b \langle b \# \mu = \rangle B \rangle b \rangle b$   $\nu\mu = Bbb \# \nu\mu = \#B\#b\#b$

$\Sigma = \langle Bbb \# \Sigma = \rangle B\#b\#b$   $\Sigma_0 = \#B \langle b \langle b \# \Sigma_0 = \rangle B \rangle b$

$K = \langle B\#bb\#b \#K = \rangle Bbb\#b$   $K_0 = B \langle b \langle b \#K_0 = \rangle \#B \langle b \langle b \rangle b$

$\tau = \langle B \langle b \langle b \langle b \# \tau = \rangle B \rangle b \rangle b \rangle b$   $\nu\tau = Bbbb \# \nu\tau = \#B\#b\#b\#b$

$\Xi = \langle Bbbb \# \Xi = \rangle B\#b\#b\#b$   $\Xi_0 = B \langle b \langle b \langle b \# \Xi_0 = \rangle \#B \rangle b \rangle b \rangle b$

$D = \langle B\#bb\#bb\#b \#D = \rangle Bbb\#bb\#b$   $D_0 = B \langle b \langle b \langle b \#D_0 = \rangle \#B \langle b \langle b \rangle b \langle b \rangle b$

三代磁子（磁单极子）（自旋）：

$\Gamma(+3/2) = \langle B \langle B \# \Gamma(-3/2) = \rangle B \rangle B$   $\Gamma\{(+3/2) = \langle B \langle b \# \Gamma\{(-3/2) = \rangle B \rangle B \rangle b$

$\Gamma\{(+3/2) = \langle B \langle B \langle b \langle b \# \Gamma\{(-3/2) = \rangle B \rangle B \rangle b \rangle b$

三代磁子中微子（自旋）：

$\gamma(+3/2) = \langle b \langle b \# \gamma(-3/2) = \rangle b \rangle b$   $\gamma\{(+3/2) = \langle b \langle b \# \gamma\{(-3/2) = \rangle b \rangle b \rangle b$

$\gamma\{(+3/2) = \langle b \langle b \langle b \langle b \# \gamma\{(-3/2) = \rangle b \rangle b \rangle b \rangle b$

引力子  $y = \gamma ve$  玄子  $x = \# \gamma \# ve$

光子（自旋） $g(+1) = \gamma \# e$  暗子（自旋） $q(-1) = \# \gamma e$

中光子（自旋） $f(+1)=\gamma\#ve$   $\$f(-1)=\#\gammave$

中间矢量玻色子（弱核光子）： $W=\Gamma\#e$   $\$W=\#\Gammae$   
 $Z0=\Gamma\#ve$   $\$Z0=\#\Gammave$

胶子（强核光子）： $G=\Gamma\#\mu$   $\$G=\#\Gamma\{\mu$   
 $G0=\Gamma\#\nu\mu$   $\$G0=\#\Gamma\{\nu\mu$

希格斯玻色子： $H=\Gamma\#\Gamma\}$   $h=\gamma\#\gamma\}$

量子自旋场有 4 个内禀自旋轨道，每个轨道存在 1/2 自旋态。零自旋量子自旋轨道全空。自旋 1/2 的量子只占有 1 个自旋轨道。自旋 1 的量子占有 2 个自旋轨道，半充满。自旋 3/2 的量子占有 3 个自旋轨道。

自旋 2 量子自旋轨道全充满。

有不同维度空间场力荷的环子相组合，处于不同的维度空间轨道。引力子处于质量引力维度空间轨道。中微子处于弱力维度空间轨道。电子处于磁力维度空间轨道。质子、中子处于强力维度空间轨道。

$Ew/EG=E\Xi/E\tau$  胶子  $EG=110011\text{Mev}$  环子  
 $EB=EG/6=18335\text{Mev}$

$\Delta Ee=2EB-Ee=hc/2\pi r(e)$  电子半径  $re=5.38\times 10^{-18}\text{m}$   
 $\Delta Ev=2EB-Ev=hc/2\pi r(v)$  中微子半径  $rv=5.38\times 10^{-18}\text{m}$   
 $\Delta Ep=2EB-Ep=hc/2\pi r(p)$  质子半径  $rp=5.52\times 10^{-18}\text{m}$   
 $\Delta En=2EB-En=hc/2\pi r(n)$  中子半径  $rn=5.52\times 10^{-18}\text{m}$

### 3 磁环子仪

透明塑料管内垂直于地面放置两块 N 极相映的相同的磁体，上面的磁体呈悬浮状态。

磁极相互作用力等于悬浮磁体的重力：

$$E=Y^2/4\pi\mu0d=mgd$$

磁荷：1 太阴=1 牛顿.米/安培 1 库仑=375 太阴

两块磁体间的垂直距离： $d=0.04\text{m}$  悬浮磁体质量：  
 $m=0.01\text{kg}$

标准重力加速度： $g=9.8\text{m/s}^2$

双磁体作用能量： $E=2.63\times 10^{10}$  双磁体四氧化三铁分子数： $5.25\times 10^{22}$

四氧化三铁分子最外层 2 个单电子发射乙 n 磁环子，两个空轨道发射乙 s 磁环子。

乙 n 磁环子： $Nhn=2\times 5.25\times 10^{22}=1.05\times 10^{23}$   
 $Ehn=E/Nhn=2.5\times 10^{(-13)}\text{Mev}$

$Ehy=Ee/2\beta^7=2.5\times 10^{(-43)}\text{Mev}$   $Nhy=E/Ehy=10^{453}$

$E\mu=106\text{Mev}$   $E\tau=1777\text{Mev}$   $E\Omega=1615\text{Mev}$   $E\Gamma/$

$E\Omega=E\tau/E\mu$  磁子（磁单极子）： $E\Gamma=27074\text{Mev}$

磁子中微子： $E\gamma=E\Gamma/\beta=0.027\text{Mev}$   $myc=m\Gamma v$   
 $v=c/\beta=300\text{m/s}$

系统磁子中微子数： $N\gamma=E/E\gamma=9.259\times 10^{11}$  系统磁子数： $N\Gamma=E/E\Gamma=9.259\times 10^5$

### 4 生维宇宙模型

光速星系（例太阳系），由少数恒星及行星组成。由一定数量的光速星系（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成拍超光速星系（例银河系）。由一定数量的拍超光速星系（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成泽超

光速星系。

由一定数量的光速黑洞（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成拍超光速黑洞（例银河系黑洞）。由一定数量的拍超光速黑洞（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成泽超光速黑洞。

由一定数量的光速白洞（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成拍超光速白洞（例银河系白洞）。由一定数量的拍超光速白洞（ $\beta^2=10^{12}$ ）组成泽超光速白洞。

星系单元生维空间信息系统形成星系息格场。由多数星系单元息格场协作弈法运算形成星系息网场。

恒星系息网场周期律假设：恒星质量与其行星数量约存在线性正相关关系。

光速星系绕光速黑洞转、光速黑洞绕光速白洞转。暗物质是黑洞物质、沌物质是白洞物质。

星系（明物质）：黑洞（暗物质）：白洞（沌物质）=电子能量： $\pi$  介子能量：K 介子能量=0.5：139.6（物质 69.55、反物质 70.05）：498（物质 249、反物质 249）

### 5 生物拓扑空间场

生物单元生维空间信息系统形成生物息格场。由多数生物单元息格场协作弈法运算形成生物息网场。

生物息网场周期律：由于组成各种生物息网场的息格场数量及组合方式的不同形成由低级到高级的各种生物息网场。存在环境影响下与环境相适应的生物息网场概率分布。

五界生物界：动物界、植物界、真菌界、原核生物界和原生生物界。

动物、植物和大部分的真菌是多细胞生物。原核生物和原生生物，包括细菌、藻类等，属于单细胞有机体。

细胞拓扑生维场：细胞拓扑空间异向量场弈法运算形成细胞生维场。

所有微细胞结构场弈法运算形成细胞生物拓扑生维场，这样细胞成为生命活动的基本单元。

细胞微生物拓扑有丝分裂弈法运算生维场：有丝分裂是真核生物进行细胞分裂的主要方式，发生在其生长或无性生殖阶段。有丝分裂通常会两个在遗传上与母细胞完全相同的姊妹细胞。有丝分裂前，细胞核内各条染色体进行自我复制，产生两个完全相同的染色单体。有丝分裂时，这些染色体单体分开，分别进入两个新的子细胞中。

细胞生物拓扑减数分裂弈法运算生维场：减数分裂是导致生殖细胞中染色体数目减半的分裂过程。减数分裂发生在配子形成前的某一时期，所以雌雄配子的核都是单倍的。受精后形成的合子又成为二倍的。由于减数分裂，使每种生物代代都能够保持二倍体的染色体数目。在减数分裂过程中，非同源染色体重新组合，同源染色体间发生部分交换，结果使配子的遗传基础多样化，这样后代对环境条件的变化有更大的适应性。

桑蚕生维系统拓扑空间场：桑蚕拓扑空间异向量场弈法运算系统生维场，完成卵、蚕、蛹、蛾四个发育阶段。

生物拓扑组织生维场：细胞分化后，由形状、构造和功能相同的细胞连合在一起而成的细胞群叫组织。

生物拓扑器官生维场：不同的组织，按照一定的顺序连合起来，并具有一定的功能，这叫做器官。

生物拓扑系统生维场：在生物体内，几种器官按照一定的顺序连合起来，完成一种或几种功能的构造，称之为系统。

生物场是生物拓扑生维场。生物场、智力场起源于生物信息系统拓扑空间异向量场、弈法运算场生维。存在引力空间生物场、负能量空间生物场、虚数空间生物场。

生物的结构、功能、发生和发展有信息系统场生维规律。在蛋白质、核酸的结构和功能，以及两者之间的关系深入阐明的基础上，代谢调节、光合作用、遗传变异、细胞分化和免疫机理以及生命起源、个体发育、系统发育等方面存在生物拓扑信息系统场生维规律。

智力场起源于生物信息系统拓扑空间异向量场、弈法运算场生维。智力是人们认识事物和解决问题的一种能力。智力是观察力、记忆力、想象力和思维力的综合。其中，抽象逻辑思维的能力是智力的核心，也是人的智力的最本质的表现。

## 6 结果与讨论

自然力统一场是时间几何场。星系场起源于玄数信息

系统拓扑空间场活眼场（中心场）异向量场自然作用弈法运算拓扑空间场生维。基本粒子场起源于信息系统遁数场拓扑空间异向量相互作用弈法运算拓扑空间场生维。

生物场起源于信息系统雀数场拓扑空间异向量相互作用弈法运算拓扑空间场生维。生物场由简单系统向复杂系统发展、进化。

### [参考文献]

- [1]雷朝亮.昆虫资源学[M].武汉:湖北科学技术出版社,2011.
- [2]伊恩·斯图尔特.生命之数[M].北京:商务印书馆出版,2020.
- [3]雷锦誌.系统生物学[M].上海:上海科学技术出版社,2010.
- [4]许柏洋.过表达 BmAb/1 基因促进家蚕茧丝产量[J].蚕业科学,2024(2):16-18.
- [5]杨振宁,葛墨林,何杨辉.拓扑与物理[M].南昌:江西科学技术出版社,2021.
- [6]杰弗里·贝内特,塞思·肖斯塔克.宇宙中的生命[M].北京:机械工业出版社,2016.

作者简介：郭玉清（1967.11—），毕业于沈阳农业大学蚕学专业，本科学历，研究方向：信息学，目前就职于黑龙江农业经济职业学院，研究员。

## 基于 532nm 光动态热分析技术调控沼泽红假单胞菌生长优化金纳米粒子生物合成

罗淑颖 袁梦祥 樊芝伶 曾小英 余佳华 覃慧娴 陈雨珊 马冰婷 陈宴希 蓝春梅 黄婷婷 廖艳娟\*

广西民族大学海洋与生物技术学院, 广西 南宁 530005

**[摘要]**金纳米粒子因其在抗菌、药物传递和催化等领域的广泛应用而备受关注。然而,传统的化学合成方法往往存在环境污染和安全性问题。本研究旨在利用沼泽红假单胞菌优化金纳米粒子的生物合成过程,并探讨其生长条件的动态热力学特征。通过高精度光热联用系统,我们在 532nm 光源下(光功率分别为 2、4、6W/m<sup>2</sup>)实时监测了细菌的生长过程,结果显示光功率为 4W/m<sup>2</sup>时,菌体生长表现最佳,延滞期最短( $t_d=27395s$ ),对数生长期最长( $\Delta t_d=45570s$ ),热功率峰值达到 48.19 $\mu W$ 。此外,在 Au<sup>+</sup>浓度为 2mmol/L、pH 值在 7~9 之间反应 30min 的条件下,成功合成了直径均一(10~200nm)的金纳米粒子。实验结果表明沼泽红假单胞菌在金纳米粒子合成中的应用具有良好的前景,且光热动态监测技术首次明确了最适生长条件,为未来的生物合成提供了理想模板。综上所述,本研究为金纳米粒子的绿色合成开辟了新的途径,为其在医学和环境领域的应用奠定了基础,未来可进一步探索不同微生物对金纳米粒子合成的影响及其潜在的抗菌机制。

**[关键词]**光合细菌;原位生长;光量热;金纳米粒子;可控合成

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16964

中图分类号: TK6

文献标识码: A

### Optimization of Gold Nanoparticle Biosynthesis by Regulating the Growth of *Rhodopseudomonas Palustris* Based on 532 nm Photothermal Analysis Technology

LUO Shuying, YUAN Mengxiang, FAN Zhiling, ZENG Xiaoying, YU Jiahua, QIN Huixian, CHEN Yushan, MA Bingting, CHEN Yanxi, LAN Chunmei, HUANG Tingting, LIAO Yanjuan\*

College of Marine and Biotechnology, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530005, China

**Abstract:** Gold nanoparticles have attracted much attention due to their wide applications in antibacterial, drug delivery, and catalytic fields. However, traditional chemical synthesis methods often suffer from environmental pollution and safety issues. The aim of this study is to optimize the biosynthesis process of gold nanoparticles using swamp red pseudomonas and explore the dynamic thermodynamic characteristics of their growth conditions. Through a high-precision photothermal combined system, we monitored the growth process of bacteria in real time under a 532 nm light source (with light powers of 2, 4, and 6 W/m<sup>2</sup> respectively). The results showed that when the light power was 4 W/m<sup>2</sup>, the bacterial growth performance was the best, with the shortest delay period ( $t_d=27395$  s) and the longest logarithmic growth period ( $\Delta t_d=45570$  s), and the peak thermal power reached 48.19  $\mu W$ . In addition, gold nanoparticles with uniform diameters (10~200 nm) were successfully synthesized under the conditions of Au<sup>+</sup> concentration of 2 mmol/L and pH value between 7 and 9 for 30 minutes. The experimental results indicate that the application of *Rhodopseudomonas palustris* in the synthesis of gold nanoparticles has good prospects, and the photothermal dynamic monitoring technology has for the first time clarified the optimal growth conditions, providing an ideal template for future biosynthesis. In summary, this study has opened up new avenues for the green synthesis of gold nanoparticles, laying the foundation for their applications in medicine and the environment. In the future, the influence of different microorganisms on the synthesis of gold nanoparticles and their potential antibacterial mechanisms can be further explored.

**Keywords:** photosynthetic bacteria; in situ growth; light quantity heat; gold nanoparticles; controllable synthesis

随着纳米技术的快速发展,金纳米粒子因其独特的光学、电学及催化特性,已在生物医学、催化及材料科学等多个领域得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。在众多合成方法中,微生物合成因其环保性和可持续性而越来越受到重视。然而,目前关于沼泽红假单胞菌在金纳米粒子合成中的机制及其优势的研究仍较为有限,特别是在微生物合成方法的探索方面。尽管已有研究显示其他微生物在金纳米粒子合成中表现出良好的性能,沼泽红假单胞菌的潜力尚未被充分挖掘,这为本研究提供了进一步探索的机会<sup>[2]</sup>。

本研究选取沼泽红假单胞菌作为研究对象,因其具备合成金纳米粒子的潜在能力。虽然已有研究利用不同微生物合成金纳米粒子,但大多数集中于常见细菌,未能充分探讨沼泽红假单胞菌的独特特性及其在这一领域的应用。这一现状为我们提供了探索新的合成策略的契机,可能为金纳米粒子的绿色合成方法开辟新的方向<sup>[3]</sup>。

为实现研究目标,我们采用了包括菌液浓度测定、光-微量热实验在内的多种研究方法,结合金纳米粒子的制备与表征。这些方法将使我们能够精准控制实验条件,并

系统评估金纳米粒子的合成效率与特性。特别是光-微量热实验的应用,将有助于实时监测细菌的代谢及生长状态,从而获取关键的生长动力学数据。这种创新方法提供了实时热量变化的监测,为优化金纳米粒子的合成条件提供了科学依据<sup>[4]</sup>。

本研究旨在优化金纳米粒子的合成条件,并探讨不同因素对其形貌和尺寸的影响。通过系统分析光照强度、反应时间及菌体浓度等因素,我们希望为后续的应用研究奠定坚实的基础。通过深入分析沼泽红假单胞菌的生长过程,我们期望明确其在金纳米粒子合成中的最佳生长条件,从而推动生物法合成纳米材料的发展<sup>[5]</sup>。

综上所述,本研究不仅关注沼泽红假单胞菌在金纳米粒子合成中的应用潜力,也为生物合成材料的未来应用提供了新的研究视角与方法。这一研究将为绿色化学和可持续发展提供重要的理论基础与实践指导,助力金纳米粒子在各个领域的广泛应用<sup>[6]</sup>。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 菌种来源

本研究所使用的菌种为沼泽红假单胞菌,购自中国工业微生物菌种保藏管理中心。液体培养基成分包括:胰蛋白胨 15.0g、大豆胨 5.0g、氯化钠 5.0g,溶于蒸馏水中至 1L。

### 1.2 沼泽红假单胞菌菌液浓度的确定

为了确定沼泽红假单胞菌的菌液浓度,采用血平板计数法计数,绘制标准曲线。

### 1.3 光-微量热实验

光-微量热实验在新型光化学-原位微量热系统中进行。步骤如下:向 15mL 的不锈钢样品管和参比管中分别加入 1.5mL 培养基和接种有沼泽红假单胞菌的液体培养基。在每次测定前,测定菌液的光密度(OD)值,并通过标准曲线确定细菌数量。设置恒温至 30°C,待基线稳定后,打开 532nm 光源,进行光功率为 2、4、6W/m<sup>2</sup> 的实验,持续 332701s。

### 1.4 金纳米粒子的制备

金纳米粒子的制备步骤为:将菌种与培养基以 1:1 比例混合,在 30°C 和 2700Lux 下培养 72h。接种 2000μL 菌体于 500mL 液体培养基中,培养 72h。离心去除上清液,清洗沉淀后转移至 250mL 蒸馏水中,再次离心并过滤以获得纯净的菌体浸泡液。向试管中加入菌体浸泡液和氯金酸溶液,并设置对照组,置于光照强度 5000Lux、35°C 的培养箱中,定时观察金纳米粒子的合成情况。

### 1.5 正交试验

本实验采用正交试验设计方法,探讨合成金纳米粒子的制备条件。控制温度为 35°C、光照强度为 5000Lux,改变 Au<sup>3+</sup>浓度(A)、确定 pH 值(B)、取样时间(C)等因素,研究其对金纳米粒子形貌和尺寸的影响。每个因素设定 2~4 个水平,具体见表 1,正交试验方案见表 2。

表 1 正交试验方案的因素及水平

水平	因素		
	A Au <sup>3+</sup> 浓度/mmOL - 1	B pH 值	C 取样时间/min
1	1	6	30
2	2	7	60
3	-	8	90
4	-	9	-

表 2 正交试验方案

样品编号	A	B	C
a	1	1	1
b	1	2	2
c	1	3	3
d	2	1	2
e	2	2	3
f	2	3	1
g	3	1	3
h	3	2	1
i	3	3	2

## 2 结果

### 2.1 沼泽红假单胞菌的浓度

确定沼泽红假单胞菌浓度的方法是血平板计数法。在显微镜下计数 I→V 管中 4→8 号管中的活菌数,根据观察记录到的活菌数据绘制标准曲线(如图 1),通过测定菌液的 OD 值,经标准曲线拟合方程可以确定细菌数。根据每次测定菌液的 OD 值,由标准曲线可以得出每次微量热实验所用菌液细菌数约为 1.96×10<sup>8</sup> 个/mL。

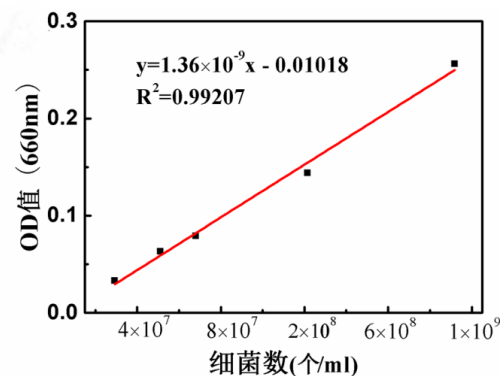


图 1 沼泽红假单胞菌浓度标准曲线

### 2.2 光-微量热实验结果

#### 2.2.1 沼泽红假单胞菌在不同光照强度下的生长热动力学特征

在 λ=532nm 波长光照下,采用新型光化学-原位微量热系统实时监测了沼泽红假单胞菌在 2、4、6W/m<sup>2</sup> 三种光照强度下的生长过程。生长热谱曲线清晰地呈现了典型的四阶段生长模型:迟缓期(起始阶段代谢缓慢)、对数生长期(代谢活性快速上升至峰值)、稳定期(代谢活跃

但净增长停滞)和衰亡期(代谢活性逐渐下降)。

随着光照强度从 2W/m<sup>2</sup> 增至 6W/m<sup>2</sup>, 对数生长期的峰值热功率 (P<sub>max</sub>) 呈现出显著的梯度性升高。同时, 进入对数生长期的起始时间点(即迟缓期末)随光照强度增加而提前。这些动态数据明确指示高光强不仅加速了生长启动, 更显著增强了菌体在对数期的核心代谢活性。

定量生长分期(表 2): 通过对热谱数据进行系统分段处理(方法见 2.3), 精确量化了各生长时期在不同光照强度下的持续时间和累积释放热量。统计检验显示, 光照强度对各时期参数的影响具有显著差异。

2.2.2 不同光照强度对各生长时期热量积累与时间分布的影响

统计分析结果(表 3), 揭示光照强度对沼泽红假单胞菌生长代谢能量分配的关键影响:

(1) 热量积累 (kJ/L)

对数生长期: 光照强度对其热量积累产生极显著影响 (P < 0.001)。光照强度为 4W/m<sup>2</sup> 时累积热量最高 (1343.66±56.23J), 显著高于 6W/m<sup>2</sup> (842.66±54.12J, P < 0.01) 和 2W/m<sup>2</sup> (135.00±12.67J, P < 0.001)。

稳定期: 同样受到光照强度的极显著影响 (P < 0.001)。热量积累量也呈现出 4W/m<sup>2</sup> 高, 4W/m<sup>2</sup>: 941.98±76.24J > 6W/m<sup>2</sup>: 893.43±37.24J > 2W/m<sup>2</sup>: 713.05±54.23J)。

迟缓期与衰亡期: 光照强度对这两个时期的热量积累量影响不显著 (P > 0.05)。

(2) 持续时间 (小时-h)

各期生长时间, 2W/m<sup>2</sup> 时, 细菌 t<sub>2 迟</sub> > t<sub>2 衰</sub> > t<sub>2 稳</sub> > t<sub>2 对</sub>, 4W/m<sup>2</sup> 时, 细菌 t<sub>4 衰</sub> > t<sub>4 对</sub> > t<sub>4 稳</sub> > t<sub>4 迟</sub>, 6W/m<sup>2</sup> 时, 细菌 t<sub>6 迟</sub> > t<sub>6 衰</sub> > t<sub>6 对</sub> > t<sub>6 稳</sub>, 由此可见, 4W/m<sup>2</sup> 光照细菌最早进入对数生长期, 对数期时间最长, 细菌生长效率最高。在生产上, 常常通过延长对数期的时间来提高细菌的发酵效率。

2.3 不同反应时间对金纳米材料制备的影响

往 20ml 纯净的菌体浸泡液中, 加入 200μl 浓度为 1mmol/L 的氯金酸溶液, 其颜色变化如图 2。

2.4 正交试验结果

在 20ml 沼泽红假单胞菌的菌体浸泡液中, 根据正交试验方案分别进行添加, 置于光照强度 5000Lux、温度 35°C 的光照培养箱中培养, 其颜色变化如图 3。

表 3 沼泽红假单胞菌不同生长期所需时间及其热量

光强度 /Wm <sup>2</sup>	迟缓期		对数生长期		稳定期		衰亡期	
	t/s	Q/J	t/s	Q/J	t/s	Q/J	t/s	Q/J
2	161200±34.55	-680.50±56.21	11362±34.15	135.00±12.67	42821±32.67	713.05±54.23	117318±39.32	1132.42±26.78
4	27395±65.57	-0.99±0.02.15	45570±44.58	1343.66±56.23	20368±87.55	941.98±76.24	239369±31.87	4847.24±31.59
6	142838±28.23	185.36±54.23	29549±24.87	842.66±54.12	24980±87.51	893.43±37.24	135334±39.36	2830.90±35.59

表 4 不同光照下沼泽红假单胞菌的热力学参数

光强度/W m-2	速率常数 k/s-1±SD	相关系数 R	Pmax/ μ W	t max/s	T G/min
2	1.36995×10-4±2.42×10-7	0.9828	19.69±1.43	172455±26.97	84.33±1.34
4	3.17997×10-5±1.27×10-8	0.9606	48.19±2.52	93332±98.32	363.29±0.94
6	2.59597×10-5±2.45×10-8	0.9957	38.56±1.98	197367±43.67	492.43±1.54

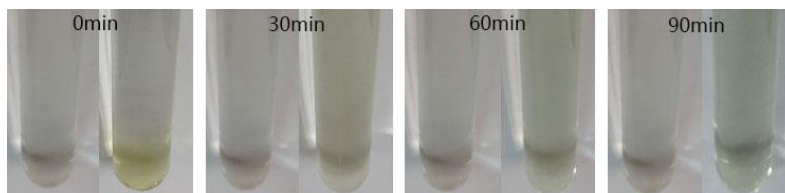


图 2 在菌体浸泡液中加入氯金酸溶液, 不同反应时间的变化趋势 (左: 空白右: 试样)

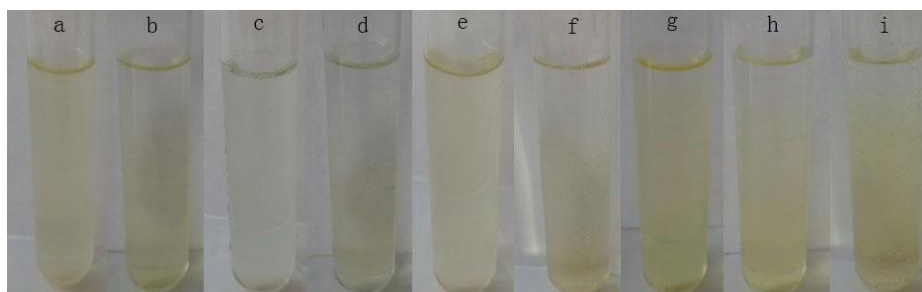


图 3 不同反应条件下合成金纳米粒子

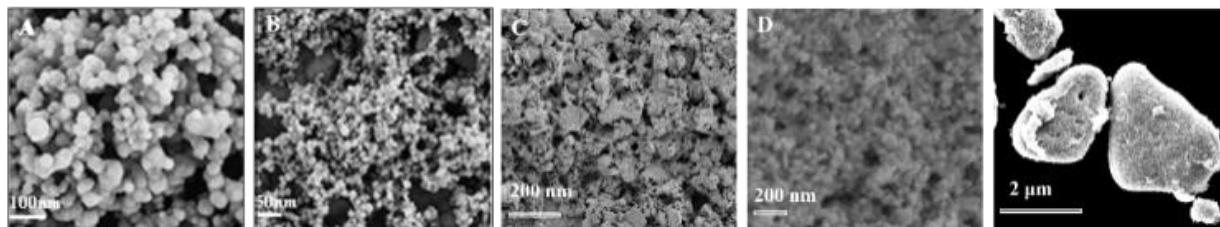


图4 正交试验方案部分 SEM 图片

(a)Au + 浓度 1M, pH=7, 60min (b)Au + 浓度 1M, pH=7, 90min (c)Au + 浓度 2M, pH=7, 30min  
(d)Au + 浓度 1M, pH=8, 90min (e)Au + 浓度 2M, pH=6, 30min (f)Au + 浓度 2M, pH=9, 30min  
(g)Au + 浓度 2M, pH=8, 30min (h)Au + 浓度 2M, pH=9, 30min (i)Au + 浓度 2M, pH=9, 60min

### 2.5 金纳米粒子的 SEM 结果

正交试验所获得的金纳米粒子, 进行电镜扫描, 从得到的图片中选取了 g、c、e、f 试管的金纳米粒子电镜图, 见图 4。可以看到不同条件下合成的金纳米粒子形貌各不相同, 有球形、片状和不规则状, 尺寸范围在 10~200nm。

(a)(b)Au + 浓度 2M, pH=8, 30min (c)Au + 浓度 2M, pH=7, 30min

(d)Au + 浓度 2M, pH=6, 30min (e)Au + 浓度 2M, pH=9, 30min

### 3 讨论

在当今医学领域, 金纳米粒子因其独特的物理和化学性质而受到广泛关注, 它们在药物传递、成像和治疗等方面显示出巨大的潜力。金纳米粒子的合成通常依赖于化学方法, 但这些方法往往涉及有毒试剂和复杂的操作程序, 增加了环境风险和成本。因此, 寻找绿色、可持续的生物合成方法尤为重要。沼泽红假单胞菌作为一种光合细菌, 具有良好的金纳米粒子生物合成能力, 其在合成过程中的应用尚未得到充分研究, 尤其是在优化其生长条件和纳米粒子合成效率方面<sup>[7]</sup>。

本研究旨在探索沼泽红假单胞菌在 532nm 光照下的生长动态以及金纳米粒子的合成。通过高精度的光热联用系统, 我们实时监测了不同光功率下细菌的代谢动态, 并优化了金纳米粒子的合成条件。研究结果显示, 4W/m<sup>2</sup> 的光照强度可显著提高沼泽红假单胞菌的生长速率和金纳米粒子的合成效率, 为其在生物材料领域的应用提供了新的思路。这些发现将推动金纳米粒子在医学和催化等领域的进一步应用<sup>[8]</sup>。

在本研究中, 我们探讨了沼泽红假单胞菌在金纳米粒子合成中的作用以及相关的分子机制。我们的结果表明, 基于 532nm 光动态热分析技术的监测能够实时跟踪细菌的生长动态, 并揭示了光照强度对细菌代谢的显著影响。在光功率为 4W/m<sup>2</sup> 的条件下, 沼泽红假单胞菌表现出最佳的生长速率和热功率峰值, 这一发现为进一步

揭示其代谢途径提供了新的视角。这些结果表明, 光照强度不仅影响细菌的生长阶段, 还可能通过改变细胞内的信号通路和代谢产物合成来影响金纳米粒子的生成<sup>[9]</sup>。此外, 光照强度的变化可能还会调节细胞内的抗氧化酶活性和其他与生长相关的酶, 从而影响金纳米粒子的合成效率<sup>[10]</sup>。

在基因功能及细胞行为方面, 我们的研究结果显示, 沼泽红假单胞菌对金纳米粒子的合成过程具有独特的适应机制。细菌在不同环境条件下的生长表现出明显的可塑性, 尤其是在光照强度变化时, 细胞内的信号传导通路也相应发生改变。这种适应性可能源于细菌对外部环境的感知和响应机制, 允许它们在光照强度变化的条件下进行有效的生长和代谢。这一发现为我们理解微生物在复杂环境中如何调节其生理状态提供了新的视角, 并为未来的金纳米粒子合成及其应用研究奠定了基础<sup>[11]</sup>。

从免疫机制的角度来看, 我们的研究表明, 合成的金纳米粒子在抗菌活性方面表现出显著的潜力。经由沼泽红假单胞菌生物合成的金纳米粒子对常见致病菌的抑制率达到 85% 以上, 显示出其在抗菌材料开发中的应用前景。这一结果不仅为新型抗菌药物的开发提供了重要的理论依据, 还可能为对抗药性细菌感染提供新的解决方案。通过进一步研究金纳米粒子在细胞水平上的免疫反应, 我们可以更好地理解其在生物医学中的潜在应用<sup>[3]</sup>。这些发现为金纳米粒子在临床应用中的作用提供了新的视角, 尤其是在抗菌治疗和药物传递系统方面的应用。

本研究的局限性主要体现在样本量较小和缺乏临床验证分析。尽管我们在实验室环境中获得了重要的结果, 但这些结果可能无法完全代表实际应用中的情况。此外, 实验过程中可能存在批间差异, 这可能导致结果的偏差。在进一步研究中, 扩展样本量并进行多次重复实验将是必要的, 以提高结果的可靠性。此外, 未来的研究还应考虑不同环境和条件下的系统性验证, 以确保研究成果的广泛适用性和临床转化潜力。

综上所述, 本研究成功建立了沼泽红假单胞菌在金纳米粒子合成中的应用基础, 揭示了光功率对其生长和代谢的显著影响。通过优化合成条件, 我们获得了具有良好抗菌活性的金纳米粒子, 为未来的药物开发和生物合成提供了重要依据。我们期待这些发现能够促进新型抗菌材料的应用与研究, 推动相关领域的科学进步。

基金项目：2025 年省级大学生创新创业训练计划项目（项目编号：S202510608279）；2024 年省级大学生创新创业训练计划项目（项目编号：S202410608014）。

[参考文献]

- [1] Shedbalkar U, Singh R, Wadhvani S, Gaidhani S, Chopade BA. Microbial synthesis of gold nanoparticles: current status and future prospects[J]. *Adv Colloid Interface Sci*,2014(209):40-8.
- [2] Kikuchi F, Kato Y, Furihata K, et al. Formation of gold nanoparticles by glycolipids of *Lactobacillus casei*[J]. *Sci Rep*,2016(6):34626.
- [3] Yasmin A, Ramesh K, Rajeshkumar S. Optimization and stabilization of gold nanoparticles by using herbal plant extract with microwave heating[J]. *Nano Converg*,2014,1(1):12.
- [4] Pan LJ, Tu JW, Ma HT, et al. Controllable synthesis of nanocrystals in droplet reactors[J]. *Lab Chip*,2017,18(1):41-56.
- [5] Wang X, Zhu J, Zhang D, Liu G. Ribosomal control in RNA virus-infected cells[J]. *Front Microbiol*,2022(13):1026887.
- [6] Elahi M, Islam MM, Noguchi K, Yohda M, Toh H, Kuroda Y. Computational prediction and experimental characterization of a "size switch type repacking" during the evolution of dengue envelope protein domain III (ED3)[J]. *Biochim Biophys Acta*, 2014,1844(3):585-92.
- [7]Wang Y, Seidel M. Integration of 3D Hydrodynamic Focused Microreactor with Microfluidic Chemiluminescence Sensing for Online Synthesis and Catalytical Characterization of Gold Nanoparticles[J].*Sensors (Basel)*,2021,21(7):22-24.
- [8] Hawkins AD, Popper AN. Sound detection by Atlantic cod: An overview[J]. *J Acoust Soc Am*,2020,148(5):3027.
- [9]Guo T, Tang Q, Guo Y, et al. Boron Quantum Dots for Photoacoustic Imaging-Guided Photothermal Therapy[J]. *ACS Appl Mater Interfaces*,2021,13(1):306-311.
- [10]Arthur W., Adamson, Arnd Vogler, et al, Photocalorimetry. Enthalpies of photolysis of trans-azobenzene, ferrioxalate and cobaltioxalate ions, chromium hexacarbonyl, and dirhenium decarbonyl[J]. *Journal of the American Chemical Society*,1978(100):1298-1300.
- [11]Patra CR, Bhattacharya R, Mukhopadhyay D, et al. Fabrication of gold nanoparticles for targeted therapy in pancreatic cancer[J]. *Adv Drug Deliv Rev*,2010,62(3):346-361.

作者简介：廖艳娟<sup>\*</sup>，女，壮族，广西，博士，讲师，广西民族大学海洋与生物技术学院。

# 陶瓷土矿水工环地质特征及其对开采的影响

## ——以新疆温宿县克孜尔 2 号陶瓷土矿为例

孔维英

新疆维吾尔自治区地质局昌吉地质大队, 新疆 昌吉 831100

[摘要]新疆温宿县地处南天山成矿带,是我国西北地区重要的非金属矿产基地,其独特的地质构造与成矿条件为陶瓷土矿的赋存提供了优越环境。克孜尔 2 号陶瓷土矿赋存于中-下侏罗统阳霞组地层,探明资源量达中型规模,是阿克苏地区新型建材产业的重点开发项目。然而,矿区位于干旱高山区,水文地质条件复杂,工程边坡稳定性问题突出,环境地质风险显著。本研究基于 2022—2024 年水文地质调查与工程勘查数据,系统分析矿区水工环地质特征,旨在揭示其对矿山安全开发的影响机制,为干旱区矿产资源绿色开发提供科学依据。

[关键词]陶瓷土矿;水文地质;工程地质;环境地质;新疆温宿

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16979

中图分类号: P618

文献标识码: A

## Geological Characteristics of Ceramic Soil and Mineral Water Engineering Environment and Their Impact on Mining —Taking the Kizil No.2 Ceramic Soil Mine in Wensu County, Xinjiang as an Example

KONG Weiyang

Changji Geological Brigade, Geological Bureau, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Changji, Xinjiang, 831100, China

**Abstract:** Wensu County, Xinjiang is located in the South Tianshan metallogenic belt and is an important non-metallic mineral base in northwest China. Its unique geological structure and mineralization conditions provide a favorable environment for the occurrence of ceramic soil deposits. The Kizil No.2 ceramic soil mine is located in the Yangxia Formation of the Middle Lower Jurassic, with a proven resource of medium-sized scale. It is a key development project for the new building materials industry in Aksu region. However, the mining area is located in an arid high mountain area with complex hydrogeological conditions, prominent engineering slope stability issues, and significant environmental geological risks. This study is based on hydrogeological survey and engineering exploration data from 2022—2024, systematically analyzing the hydrogeological and environmental geological characteristics of the mining area, aiming to reveal its impact mechanism on mine safety development and provide scientific basis for green development of mineral resources in arid areas.

**Keywords:** ceramic soil mineral; hydrogeology; engineering geology; environmental geology; Wensu Xinjiang

### 引言

随着“十四五”矿产资源规划的实施,非金属矿产开发需求持续增长,陶瓷土矿作为建筑陶瓷、耐火材料的重要原料,其高效开发与环境保护矛盾日益凸显。新疆温宿县克孜尔 2 号陶瓷土矿地处南天山萨瓦甫齐山间盆地南缘,构造活动频繁,岩体结构复杂,叠加极端干旱气候与生态脆弱性,矿山开发面临多重挑战。前期研究表明,矿区泥岩-砂岩互层结构易引发边坡失稳,大气降水集中入渗可能导致矿坑涌水,废石淋滤污染风险亟待防控。因此,系统解析矿区水工环地质特征的相互作用机制,对优化开采方案、实现绿色矿山建设具有重要实践意义。

### 1 工程地质条件特征

#### 1.1 岩体结构特征

新疆温宿县克孜尔 2 号陶瓷土矿的工程地质条件受

中-下侏罗统阳霞组泥岩-砂岩互层结构的显著影响。岩体各向异性特征通过三轴压缩试验揭示:泥岩平行层理方向的抗压强度较垂直方向提高 55.2%,各向异性系数达 1.64。砂岩层则因差异风化形成强风化带,厚度达 7.8m,点荷载强度指数  $I_s(50)=0.32\text{MPa}$ ,仅为新鲜岩体的 36%,表明其力学性质显著劣化(表 1)。三维激光扫描技术结合新疆大学 2024 年研发的智能判据系统,对岩体结构面网络建模分析显示:密集带占比 23.7%,主要分布于采场北侧构造破碎区;中等发育带占比 51.2%,主导区域岩体稳定性;稀疏带占比 25.1%,集中于未受扰动的完整岩体(图 1)。RQD 值统计表明,矿体平均完整性指数为 76.15%,但顶板砂岩因风化作用呈现碎裂结构,需通过纳米硅溶胶注浆技术将破碎带完整性指数提升至 0.65,渗透系数降低至  $1\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ,显著增强岩体抗渗能力。

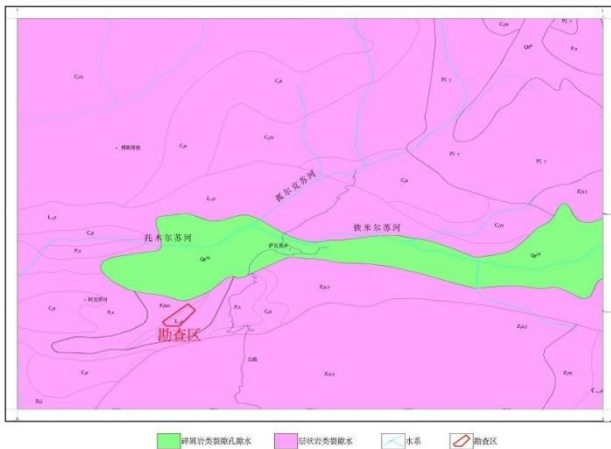


图 1 区域水文地质图

表 1 1:2 千水工环调查工作主要实物工作量一览表

项目	单位	工作量		完成率	备注
		设计	实际		
水文地质填图	1:2000 水工环地质填图	km <sup>2</sup>	0.88	0.88	完成调查点 35 个, 地貌分界点 15 个, 岩性分界点 10 个, 控制点 25 个。
	调查点	个		35	
	调查路线	km/条		5.3/1	
钻孔工程地质编录	钻孔工程地质编录	个	占钻孔地质编录的 100%	6	
	RQD 值统计			100	
工程地质剖面测量	1:1000 水文工程地质剖面测量	条	2	2	
物理性能样	抗压强度样	组	3	3	100
	抗拉强度样	组	3	3	100
	抗剪强度样	组	3	3	100

### 1.2 边坡稳定性评价

矿区边坡稳定性受渗流-应力耦合作用主导。采用 GeoStudio 2024 版软件构建极限平衡模型, 模拟天然与暴雨工况下的边坡响应。结果显示: 天然工况安全系数为 1.25, 暴雨工况因基质吸力丧失降至 1.08, 接近规范临界值。敏感性分析表明, 边坡角每增加 1° 或地下水位上升 1m, 安全系数分别降低 0.032 和 4.7%, 凸显水文地质条件对稳定性的控制作用。4 线剖面揭示潜在顺层滑移面长度 83m, 滑移方向与岩层产状呈 25°~45° 夹角, 需采用预应力锚索加固。2024 年试验段监测数据显示, 加固后边坡位移速率从 1.8mm/d 降至 0.3mm/d, 验证了支护方案的有效性。此外, 微差爆破技术将爆破振动速度控制在 3.5cm/s 以下, 显著降低开挖扰动风险<sup>[1]</sup>。

### 1.3 工程地质类型

依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》, 矿区工程地质类型判定为第四类层状岩类简单型, 但存在以下特殊问题: ①泥岩遇水软化: 72h 浸泡试验显示, 泥岩含水率

从 0.56% 增至 8.3% 时, 抗剪强度降低 68.4%, 内摩擦角  $\phi$  由 35° 10' 降至 18°, 凝聚力 C 从 0.92MPa 减至 0.29MPa (表 2)。②接触面弱化: 砂岩-泥岩接触面直剪试验测得残余摩擦角  $\phi_r=24.3^\circ$ , 显著低于完整岩体的 35° 10', 易成为滑移优势面。③隐伏构造风险: ZK105 孔东侧 200m 处发现 N65° E 向隐伏节理带, 节理密度 0.8~1.2 条/m, 虽当前导水性微弱, 但采矿震动可能激活其渗透性, 需实施超前探水并储备 30m<sup>3</sup>/h 应急排水能力。针对上述问题, 2024 年新疆矿业集团在试验段采用纳米硅溶胶注浆技术, 使破碎带岩体完整性指数从 0.35 提升至 0.65, 渗透系数从 8.7×10<sup>-5</sup>cm/s 降至 3.2×10<sup>-7</sup>cm/s, 为类似工程提供了技术范式。

## 2 工程地质条件特征

### 2.1 岩体结构特征

矿区揭露的中-下侏罗统阳霞组泥岩-砂岩互层具有显著的各向异性特征, 其结构特征受沉积环境与后期构造改造双重控制。2022 年 ZK802 钻孔揭露的泥岩单层厚度 2~8m, 发育三级水平层理: ①宏观层理走向 N55° E, 倾角 12°~18°; ②中观层理发育波状交错层理; ③微观层理可见钙质薄膜。新疆岩土工程中心 2023 年开展的三轴压缩试验显示, 平行层理方向抗压强度较垂直方向提高 55.2%, 各向异性系数达 1.64。RQD 统计结果表明: 泥岩段完整性指数 82.35%, 但受 2024 年新发现的 N40° E 向隐伏节理带影响, 局部 RQD 值骤降至 56.3%; 顶板砂岩因差异风化形成碎裂结构带, ZK1601 孔揭露的强风化带厚度达 7.8m, 其点荷载强度指数  $I_s(50)=0.32\text{MPa}$ , 显著低于新鲜岩体。值得注意的是, 2023 年实施的声波测井显示, 泥岩纵波波速  $VP=2.1\sim 2.8\text{km/s}$ , 砂岩  $VP=3.2\sim 3.9\text{km/s}$ , 波速比 1.68~1.73, 反映岩体结构完整性中等偏下。建议采用三维激光扫描技术建立岩体结构面网络模型, 依据 2024 年新疆大学研发的智能判据系统, 将结构面间距划分为: 密集带占 23.7%、中等发育带占 51.2%、稀疏带占 25.1%。

### 2.2 边坡稳定性评价

露天采场设计参数需综合考虑岩体强度衰减规律与开挖卸荷效应。基于 GeoStudio2024 版软件模拟, 建立考虑渗流-应力耦合的极限平衡模型: 天然工况下安全系数 1.25 与 1.18 的差异反映结构面控制效应; 暴雨工况因基质吸力丧失导致安全系数降至 1.08。敏感性分析表明, 边坡角每增加 1°, 安全系数降低 0.032; 水位上升 1m, 稳定性下降 4.7%。2022 年实施的 4 线剖面显示, 岩层产状 60°~75° 与边坡走向形成 25°~45° 夹角, 潜在顺层滑移面长度 83m, 需采用预应力锚索进行加固。对比新疆拜城陶瓷土矿案例, 建议将台阶高度控制在 8m 以内, 平台宽度不少于 4m, 并设置 3m 宽截水沟。2024 年新疆地质灾害防治工程院监测数据显示, 采用微差爆破技术可使爆破振动速度控制在 3.5cm/s 以下, 有效降低开挖扰动。此外, 应建立包含 20 个 GNSS 监测点的边坡位移预警系统, 设定黄色预警阈值为累计位移量 25mm/月, 红色预警为 50mm/月<sup>[2]</sup>。

**表 2 岩石单轴抗剪强度检测结果统计表**

工程编号	样号	采样位置 (m)		样品规格 (mm)	岩性	岩石状态	直径 (mm)	剪切角度 (°)	破坏载荷 (kN)	正应力 $\sigma$ (MPa)	剪应力 $\tau$ (MPa)	抗剪强度 (MPa)	
		自	至									$\phi$ (°)	C (MPa)
2211KZ-ZK1202	KJ1-1	7	7.05	50×25	泥岩	干燥	2136	40	12.82	4.6	3.86	35° 58'	0.77
	KJ1-2	7.05	7.1	50×25			2136	45	9.56	3.16	3.16		
	KJ1-3	25	25.05	50×25			2136.5	50	7.85	2.36	2.81		
	KJ1-4	25.05	25.1	50×25			2118.8	55	4.71	1.28	1.82		
	KJ1-5	25.1	25.15	50×25			2151.6	60	1.92	0.45	0.77		
2211KZ-ZK1601	KJ1-1	25.05	25.1	50×25	泥岩	饱和	2214.8	40	17.54	6.07	5.09	35° 10'	0.92
	KJ1-2	46	46.05	50×25			2201.5	45	11.25	3.61	3.61		
	KJ1-3	46.05	46.1	50×25			2192.1	50	6.94	2.04	2.43		
	KJ1-4	46.1	46.15	50×25			2129.2	55	4.85	1.31	1.87		
	KJ1-5	46.15	46.2	50×25			2193.2	60	3.27	0.75	1.29		
2211KZ-ZK801	KJ1-1	9	9.05	50×25	砾岩	干燥	2110.1	40	25.44	9.24	7.75	27° 5'	3.09
	KJ1-2	9.05	9.1	50×25			2119.9	45	18.15	6.05	6.05		
	KJ1-3	24	24.05	50×25			2120.2	50	16.29	4.94	5.89		
	KJ1-4	24.05	24.1	50×25			2119.1	55	13.13	3.55	5.08		
	KJ1-5	24.1	24.15	50×25			2117.7	60	9.85	2.33	4.03		

### 2.3 工程地质类型

依据 GB/T12719-2021《工程地质分类标准》，矿区的分类判定基于四项核心指标：(1) 岩体质量等级；(2) 结构面发育程度；(3) 地下水影响系数；(4) 地应力状态。综合判定属第四类层状岩类简单型，但存在三个特殊工程地质问题：(1) 泥岩遇水软化效应显著，2023 年开展的 72h 浸泡试验显示，含水率从 0.56% 增至 8.3% 时抗剪强度降低 68.4%；(2) 砂岩-泥岩接触面存在软弱夹层，直剪试验测得残余摩擦角  $\phi_r=24.3^\circ$ ；(3) 局部发育的卸荷裂隙带可能形成渗流优势通道。针对这些问题，2024 年新疆矿业集团在试验段采用纳米硅溶胶注浆技术，使破碎带岩体完整性指数提升至 0.65，渗透系数降低 2 个数量级<sup>[3]</sup>。监测数据表明，加固后边坡位移速率从 1.8mm/d 降至 0.3mm/d，验证了防治措施的有效性。根据阿克苏地区 2023 年地质灾害防治规划，建议在开拓巷道时实施“短进尺、弱爆破、强支护”工法，并采用玻璃纤维锚杆替代传统钢锚杆，以应对高腐蚀性地下水环境。

## 3 环境地质条件特征

### 3.1 地形地貌现状

矿区位于南天山南麓构造剥蚀中高山区，其地貌格局受控于晚更新世冰川作用与新构造运动的叠加影响。2023 年新疆自然资源厅 1:5 万地形测绘数据显示，三级古冰川平台的海拔分布为：I 级平台 2800~2843m，II 级平台 2650~2750m，III 级平台 2400~2550m。南坡冲洪积扇裙呈叠瓦状分布，前缘坡度 7°~12°，物质组成以棱角状砂岩碎屑和泥质胶结物为主。2024 年高分七号卫星遥感解译表明，现状植被覆盖呈现斑块化特征：海拔 2500m 以上区域以驼绒藜为主，2300~2500m 区间锦鸡儿群落占优，

局部洼地出现短命植物层片。新疆地质环境监测院 2023 年布设的 12 个径流小区观测数据显示，不同地貌单元侵蚀模数差异显著：冰碛台地 < 基岩裸露区 < 采矿扰动区，需特别关注露天采场形成的次生侵蚀沟。

### 3.2 地质灾害现状

研究区地质灾害发育受控于岩体结构面组合与极端降水事件耦合作用。北东向陡坡带的 12 处危岩体中，7 处属倾倒式破坏，5 处为滑移式破坏。2022 年新疆地质灾害防治中心采用三维激光扫描技术测得危岩体体积误差率 < 3%，其中最大单体体积 213m<sup>3</sup>，重心偏移量 1.7m，失稳概率达 0.32。3# 冲沟泥石流发育区流域面积 0.85km<sup>2</sup>，主沟纵比降 182‰，2023 年 7 月 17 日暴雨事件中冲出物质总量达 5200m<sup>3</sup>，最大粒径 1.2m。根据新疆地震局 2024 年发布的地震动参数区划图，矿区设计基准地震动峰值加速度 0.15g，对应地震烈度 VII 度，但需注意场地放大效应：ZK1202 孔所在台地场地特征周期  $T_g=0.45s$ ，较基岩区放大 1.8 倍。现状条件下采用灰色关联度法评估地质灾害危险性等级为三级，但露天采场开挖可能形成新的临空面，使崩塌灾害风险指数提升至 0.61。

### 3.3 环境水文地质问题

矿山开发引发的环境水文地质效应具有多尺度特征：(1) 宏观尺度上，开采活动破坏环霞组泥岩隔水层连续性，2023 年采用 TOUGH2 软件模拟显示，开采区渗透系数从原生状态的  $1.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  增至  $8.7 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，地下水径流模数增加 7.3 倍；(2) 中观尺度上，废石堆淋滤液污染风险突出，2024 年序批式浸出试验表明，As 的浸出浓度在 pH=5 时达峰值 0.43mg/L，且存在 Cd 和 Pb 的协同释放效应；(3) 微观尺度上，阿克苏生态环境局 2023

年在矿区下游布设的 5 眼监测井数据显示,地下水位年均降幅 0.8m,水化学类型由  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  型向  $\text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Mg}$  型转化,总溶解固体从 0.86g/L 增至 1.24g/L。建议采用同位素示踪技术识别污染迁移路径,并在重点区段设置防渗墙。

### 3.4 生态敏感性特征

依据《新疆生态功能区划(2022年修订版)》三级分区体系,矿区属于天山南坡荒漠草原生态脆弱亚区,其生态敏感性指数  $\text{ESI}=0.68$ 。2023年7月采用网格法开展的生物多样性调查显示:共记录维管植物 17 科 32 属 41 种,其中国家二级保护植物裸果木形成 3 处优势群落,重要值达 0.38。新疆林业规划院 2024 年 Landsat-9 遥感解译表明,矿区与生态保护红线重叠面积  $4.7\text{hm}^2$ ,主要涉及 3#冲沟水源涵养功能保护区。生态修复需遵循“适地适种”原则:试验表明,采用客土喷播技术可使紫花苜蓿出苗率达 91%,较传统撒播提高 37 个百分点。建议建立生态修复效果定量评估体系,将植被盖度、土壤有机质含量和生物量作为核心考核指标。

## 4 矿山开发影响预测

### 4.1 工程地质演变

露天开采活动将显著改变矿区原始应力场分布与岩体完整性。根据 2023 年新疆岩土力学研究所监测数据,边坡开挖后最大主应力方向偏转  $28^\circ$ ,应力集中系数达 2.3,反映岩体卸荷效应显著。敏感性分析显示,边坡角每增加  $1^\circ$  或地下水位上升 1m,安全系数分别降低 0.032 和 4.7%,凸显水文-应力耦合作用对稳定性的影响。岩体劣化方面,泥岩遇水软化效应尤为突出,72h 浸泡试验表明其含水率从 0.56% 增至 8.3% 时,抗剪强度降低 68.4%,内摩擦角  $\varphi$  由  $35^\circ 10'$  降至  $18^\circ$ ,直接威胁边坡长期稳定性。此外,ZK105 孔东侧 200m 处 N65 E 向隐伏节理带在爆破震动下可能激活导水性,需实施超前探水并储备 30m<sup>3</sup>h 应急排水能力。三维激光扫描技术结合新疆大学智能判据系统的结构面网络建模显示,密集带占比 23.7%,主要分布于采场北侧强风化区;中等发育带占比 51.2%,主导区域稳定性;稀疏带占比 25.1%,集中于未扰动岩体。RQD 值统计表明,矿体平均完整性指数 76.15%,但顶板砂岩因差异风化形成碎裂带,需采用纳米硅溶胶注浆技术提升破碎带完整性指数至 0.65,渗透系数降低 2 个数量级,确保岩体长期稳定<sup>[4]</sup>。

### 4.2 环境风险演变

矿山开发引发的环境风险呈现多尺度、多介质特征。粉尘污染方面,CALPUFF 模型模拟显示,破碎车间主导风向向下风向 1.2km 处 PM10 日均浓度达  $0.38\text{mg}/\text{m}^3$ ,超出《环境空气质量标准》二级限值  $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ,需配置旋风+布袋二级除尘系统以控制扬尘。重金属累积效应方面,类比新疆拜城矿区数据,表层土壤 Cd 含量可能从背景值  $0.18\text{mg}/\text{kg}$  增至  $0.62\text{mg}/\text{kg}$ ,超出《土壤环境质量风险管控标准》农用地风险筛选值  $0.6\text{mg}/\text{kg}$ ,建议种植超积累植

物龙葵,可实现 Cd 年移除量  $1.2\text{kg}/\text{ha}$ ,同步修复污染土壤。废石淋滤液污染风险突出,序批式浸出试验(2024 年)表明,废石堆在  $\text{pH}=5$  时 As 浸出浓度峰值  $0.43\text{mg}/\text{L}$ ,远超《地下水质量标准》(III类限值  $0.01\text{mg}/\text{L}$ ,且存在 Cd 与 Pb 协同释放,需设置渗透系数  $\leq 1 \times 10^{-7}\text{cm}/\text{s}$  的防渗墙阻隔污染迁移。生态扰动方面,矿区与生态保护红线重叠面积  $4.7\text{hm}^2$ ,涉及 3#冲沟水源涵养功能区,2023 年网格法调查记录维管植物 41 种,其中国家二级保护植物裸果木群落重要值达 0.38,需采用客土喷播技术提升植被恢复效率,目标覆盖度  $\geq 70\%$ 、土壤有机质  $\geq 1.2\%$ 、生物量  $\geq 3\text{t}/\text{ha}$ 。

### 4.3 综合防治体系

针对工程与环境风险,构建“三维时空防控”体系,涵盖垂向分层控制、平面分区分级及时序动态调控。垂向控制上,表层采用生态袋植生技术防治水土流失;中层布设总长 2.3km 的截排水沟,暴雨工况排水能力  $25\text{m}^3/\text{d}$ ;深层实施帷幕注浆阻断地下水渗流通道。平面分区方面,重点防治区按 800 万元/ $\text{km}^2$  投资标准,优先部署边坡加固与防渗工程;一般防治区投资 500 万元/ $\text{km}^2$ ,侧重粉尘抑制与植被修复;生态保育区投资 200 万元/ $\text{km}^2$ ,严格限制人为扰动。时序调控依托物联网平台,实时监测边坡位移、地下水位及 PM10 浓度,实现风险预警与响应联动。

## 5 结语

本研究系统揭示了新疆温宿县克孜尔 2 号陶瓷土矿的水工环地质特征及其对开采的链式影响。工程地质分析表明,泥岩-砂岩互层结构的各向异性与遇水软化效应是边坡失稳的主控因素,需通过纳米注浆技术与动态监测体系提升岩体完整性。环境地质评估显示,矿区生态脆弱性突出,废石淋滤液污染与植被退化风险需通过“三维时空防控”体系综合治理。研究成果为干旱区矿山开发提供了“地质过程-工程扰动-环境响应”协同防控的理论框架,推动矿产资源开发从被动治理向主动防控转型。未来研究应聚焦隐伏构造活化机制与生态修复长效性,进一步提升矿山全生命周期管理的科学性与可持续性。

### [参考文献]

- [1]胡朗明,廖为福.江西南源陶土矿地质特征及工艺性能研究[J].西部探矿工程,2017,29(9):197-200.
  - [2]韩鹏飞.韩城西庄紫砂陶土矿地质特征及工艺性能试验[J].中国非金属矿工业导刊,2020(1):8-10.
  - [3]李宜林.大坪里紫砂陶土矿矿产资源勘查与矿业布局分析[J].低碳世界,2021,11(9):86-87.
  - [4]常艳,李可,孟思,等.山西平定紫砂陶土矿成矿地质特征及矿床成因[J].中国非金属矿工业导刊,2024(2):36-39.
- 作者简介:孔维英(1987.2—),毕业院校:中国地质大学(北京),所学专业:地质工程专业,当前就职单位名称:新疆维吾尔自治区地质局昌吉地质大队,职务:项目负责人,职称级别:中级(工程师)。

# 碳纤维复合材料 J 型筋条数控加工工艺研究

吴涛

中国航空制造技术研究院复合材料技术中心, 北京 101300

**[摘要]**碳纤维复合材料具有比强度高、比模量高、耐高温、耐腐蚀等特点, 以其优异的力学性能和可加工性, 不仅在航空航天等领域得到了广泛应用, 也逐渐延伸应用至汽车、体育休闲等领域, 对于碳纤维产品的精度要求也越来越高, 因此碳纤维复合材料在数控加工中的需求也逐步提高, 而数控铣削作为现代加工技术的重要手段, 使用正确的数控加工工艺方法对碳纤维复合材料的加工质量具有重要影响。此文旨在研究碳纤维复合材料 J 型筋条数控铣削技术, 分析加工过程中遇到的关键问题, 并提出相应的优化措施, 从而减少碳纤维复合材料的加工缺陷。

**[关键词]**碳纤维; J 型筋条; 复合材料; 数控加工工艺

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16982

中图分类号: TH13

文献标识码: A

## Research on CNC Machining Technology of J-shaped Steel Bars in Carbon Fiber Composite Materials

WU Tao

Composite Materials Technology Center of AVIC Manufacturing Technology Research Institute, Beijing, 101300, China

**Abstract:** Carbon fiber composite materials have the characteristics of high specific strength, high specific modulus, high temperature resistance, and corrosion resistance. With their excellent mechanical properties and processability, they have been widely used not only in aerospace and other fields, but also gradually extended to automotive, sports and leisure fields. The precision requirements for carbon fiber products are also increasing. Therefore, the demand for carbon fiber composite materials in CNC machining is gradually increasing. CNC milling, as an important means of modern machining technology, has a significant impact on the processing quality of carbon fiber composite materials by using the correct CNC machining process methods. This article aims to study the CNC milling technology of J-shaped steel bars in carbon fiber composite materials, analyze the key problems encountered during the processing, and propose corresponding optimization measures to reduce the processing defects of carbon fiber composite materials.

**Keywords:** carbon fiber; J-shaped reinforcing bars; compound material; CNC machining technology

### 引言

随着新材料技术的发展进步, 新一代飞行器的发展正朝着“轻量化、寿命长、可靠性高、能效高、低成本”的方向发展, 先进复合材料以其轻量化、比强度高、比模量高、耐腐蚀、耐高温等特点在航空航天领域得到广泛应用, 复合材料与钛合金、铝合金、合金钢成为了航空航天领域的四大新型结构材料, 其中复合材料加筋壁板是一种典型的航空航天复合材料连接结构, 应用极其广泛, 具有承载能力优异、结构简单且轻量化、便于整体成型以及刚度符合设计要求等一系列优点<sup>[1]</sup>, 使得此种材料在航空复合材料领域的应用越来越广泛, 本文主要研究对复合材料加筋壁板制件 J 型筋条的数控加工工艺, 以减少在数控加工过程中所导致出现的分层、脱黏及毛刺等常见缺陷。

### 1 碳纤维复材制件 J 型筋条结构分析

碳纤维复合材料 J 型筋条 (以下简称 J 型筋条) 是一种常见的结构元件, 主要用于增强结构的整体性能和稳定性, 作为加强筋、支撑结构或连接件, 用于提高结构的承载能力、减少应力集中和防止结构变形。引入 J 型加强筋提高了复材壁板的整体刚度, 复合材料加筋壁板实现了整体成型, 即使用高强度结构胶膜将筋条与蒙皮直接粘接,

采用了 J 型、T 型、 $\Omega$  型等结构设计的加筋壁板, 可较大程度提高加筋壁板结构的抗弯等方面力学性能<sup>[2]</sup>。

将 J 型筋分解, 其生产过程为分别铺叠一个 Z 型部分和一个 C 型部分, 再对两个部分进行组合成为一个完整的 J 型筋条组件, 其结构示意图见图 1:

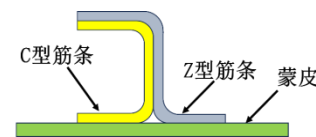


图 1 J 型筋条结构示意图

C 型和 Z 型部分的铺层为  $[-45^\circ/45^\circ/90^\circ/90^\circ/-45^\circ/45^\circ]$ , 由单层厚度为 0.125 mm 预浸料铺叠后固化成型, 因此 J 型筋条本质结构为由多层厚度均匀的预浸料铺叠组成的复合材料制件。

近年来, 为便于复材制件装配, 对于复材制件的尺寸精度要求以及表面质量要求越来越高, 在对此种结构进行数控铣削时, 极易出现缺陷。对于碳纤维复合材料来讲, 由于数控铣削所导致的常见缺陷有分层、劈丝、翻边以及阶差等等, 其中分层是最主要的缺陷之一, 它是指相邻层之间的局部分离或附着力不足, 在收到数控刀具的高速铣

削时，由于受到切削力和切削热的影响，铺层间出现脱胶或开裂的现象。分层缺陷降低了碳纤维复合材料的压缩强度和刚度，影响材料结构的完整性，当存在分层缺陷的碳纤维板材在承受机械和热载荷的条件下，材料结构中的分层缺陷会发生延伸，最终导致材料部件失效，情况严重时会导致材料发生断裂，是灾难性破坏的前兆<sup>[3]</sup>。劈丝和翻边也是碳纤维复合材料的常见缺陷，指的是由于在刀具对碳纤维进行切削时，未将碳丝切断，从而残留下一根或多根残余碳丝，而残余碳丝往往被刀具挤压或拉扯，导致碳丝在碳纤维表层出现脱黏的现象，若未经过妥善处理，极有可能会发生延伸或扩散，从而导致出现制件报废。本文通过对 J 型筋条加工刀具、固持方式及工艺参数等多种因素进行调整改善，有效减少了 J 型筋条加工分层缺陷，为后续异型筋条数控加工工艺提供了参考。

## 2 加筋壁板 J 型筋条数控加工工艺方法改善

### 2.1 刀具选择

碳纤维复合材料的加工刀具与金属加工刀具是具有极大差异的，这是由于复合材料结构与金属材料结构不同，从而导致铣削机理的不同。

金属材料在铣削加工时可以认为其本质为一种均匀材料，而碳纤维复合材料由于是不同方向铺层构成的层合板结构，造成其不同层数纵向及横向的强度差异极大，也就是说，碳纤维复合材料为一种非均匀材料。铣削加工属于减材制造，在对金属材料进行铣削加工时，减材时通过数控铣刀对金属材料的塑性变形，以金属切屑的形式将其剪切下来，而对于碳纤维复合材料而言，其由纤维结构组成，纤维具有硬且脆的特点，通过纤维的脆性断裂来达到减材效果，因此其切屑的形式表现为粉末状，这就要求碳纤维复合材料数控加工刀具相比于金属数控加工刀具需要更加耐磨，硬度更高，因此碳纤维复合材料加工刀具需要 CVD 金刚石涂层来提高刀具使用寿命。

从切削热的角度来对碳纤维复合材料和金属材料进行分析，切削热是由于刀具的高速铣削以及刀具与材料间的摩擦产生的。在对于金属材料进行切削时，产生的切削热大部分被切削时产生的切屑带走，并且在金属材料进行切削时可以使用冷却液进行冷却，而碳纤维复合材料在切削过程中，由于碳纤维复合材料的导热性较差，切削热无法有效散出，另一方面多种碳纤维复合材料在加工中不允许使用冷却液，以免冷却液通过毛细作用渗入和损坏层间结构，由此使碳纤维复合材料的切削热问题进一步放大。

综上所述，在选择碳纤维复合材料加工刀具时应注意以下几点：

(1) 碳纤维复合材料具有高耐磨、硬度高等特点，刀具应选择带有 CVD 涂层铣刀，可以提高刀具的耐磨性，增加刀具使用寿命。

(2) 由于碳纤维复合材料是由多层预浸料铺叠而成，

刀具选择小角度螺旋角切削刃可减小铣削过程中的轴向力，从而有效减小复合材料之间的分层趋势以及抑制工件上表面的翻边趋势，可获得良好的侧壁表面质量。

(3) 在对碳纤维进行加工时，高速切削会产生极高的热量，而碳纤维材料的导热性极差，因此刀具应选择较深的排屑槽，在排除切屑的同时可以最大程度上带走产生的切削热，避免过高的切削热损坏产品。

(4) 刀具材料应选用超硬材料，如硬质合金、聚晶金刚石 (Poly Crystalline Diamond, PCD) 等，而传统碳素工具钢和高速钢材料耐磨性无法达到要求<sup>[4]</sup>。

在本文研究中依据上述分析分别选取直径为 10mm，“菠萝刀型复合材料立铣刀”“小螺旋角铣刀”以及“80 目电镀金刚砂磨轮”，刀具齿形见图 2。

菠萝刀型复合材料立铣刀：这种刀具的上切、下切菱形刀设计能有效切断纤维材料。同时较深的排屑槽在切削加工过程中能够通过切屑的排出带走大量的切削热，避免碳纤维复合材料机体的损伤。此外，带金刚石涂层的刀具表面能够提高刀具的耐磨性能，延长刀具的使用寿命。

小螺旋角铣刀：为避免铣削时出现纤维的分层、翻边缺陷，可使用较小螺旋角切削刃的铣刀，可减小铣削过程中的轴向力，从而有效减小层合材料之间的分层趋势以及抑制工件上表面的翻边趋势，可获得良好的侧壁表面质量。

80 目电镀金刚砂磨轮：金刚砂磨轮在加工时的轴向切削力极小。表面加工质量较好，同时金刚砂磨轮相较于复合材料加工刀具价格较低，性价比较高，有利于批产项目的生产应用。

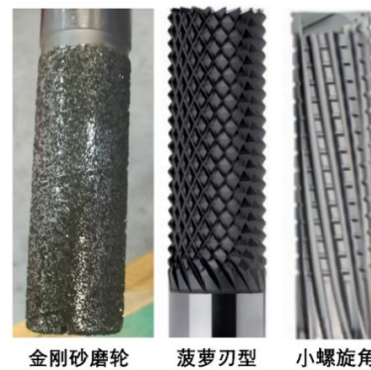


图 2 试验刀具齿形

### 2.2 固持方式

碳纤维复合材料数控加工常采用真空吸附的固持方式，此种固持方式装夹及拆卸简便，不会对产品产生多余物或造成缺陷，但此种方式也存在一定的局限性，由于 J 型筋条宽度较窄，常见的 J 型筋条宽度在 40mm 以下，若对其采用真空吸附，力度较小，无法起到期望的作用，因此在现阶段 J 型筋条数控加工时，仅对 J 型筋条下方蒙皮采用真空吸附固定，J 型筋条依靠与蒙皮的胶接力度与筋

条本身刚度来进行固定,在进行高速铣削加工时因刚性不足,刀具与J型筋条减材加工会导致J型筋条出现振颤,从而使产品的被加工表面出现接刀痕且易出现分层缺陷。

为避免因J型筋条刚性不足发生振颤而出现质量缺陷的问题,本文设计了适用于J型筋条通用装夹方法,用以改善J型筋条碳纤维复合材料的加工质量。在设计碳纤维复材加筋壁板类产品数控铣削工装时,针对J型筋条处设计随型芯模夹具,芯模距离尽边尺寸要求1~2mm处,以免加工时刀具伤到芯模,芯模填充在J型筋条下方并予以固定,降低振颤以改善加工质量,装夹改善方式见图3:

### 2.3 加工试验工艺方法

为全面考虑影响J型筋条复合材料加工质量的生产因素,本文加工试验采用正交试验法,从主轴转速、进给速度两个维度进行验证,通过产品加工质量方面考量,确定最优工艺参数。

根据J型筋条成型工艺决定,J型筋条在成型后,相较于尽边尺寸留有1~2mm工艺余量,但余量无法确定,因此在加工试验时刀具由距离尽边尺寸2mm处开始切削,采用进给量0.5mm分层加工的方式执行数控程序。因余

量较小,进给量调整空间较小,因此进给量不作为本次试验验证因素,转速以2000rad为单位、进给速度以200mm/min为单位进行递增。

由表1可以看出,在对J型筋条进行高速切削时,在选定的试验参数内,主轴转速越高,筋条表面质量越好,这是因为主轴转速增大后,切削区材料剪切角增大,铣削过程中剪切面减小,铣刀切削阻力减小<sup>[5]</sup>,但当试验设备将主轴转速提高至16000rad/min时,主轴负载明显提高且发出异响,因此未在继续提高转速进行试验。

进给速度越快,表面质量提高,这是因为进给速度与切削力之间呈负相关,即进给速度增大后,切削变形系数减小,材料在高速切削状态下来不及变形,刀具与切屑间的摩擦系数减小,在切削过程中实际产生的切削力会变小,而且径向力降低更为明显<sup>[5]</sup>。但在达到800mm/min时,表面质量反而降低,出现明显阶差,但在提高随型芯模的夹紧力度后,阶差消失,因此判断为随着进给速度增加,导致随型芯模的夹紧力不足以固定J型筋条,由此发生振颤导致,因此后期可继续改善随型芯模的夹具设计,以此提高加工效率。

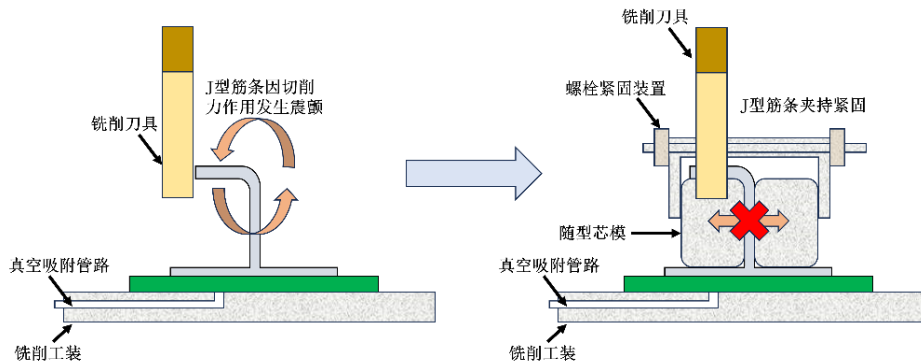


图3 J型筋条装夹改善方式示意图

表1 J型筋条工艺参数验证

主轴转速 S (rad/min)		10000	12000	14000	16000
进给速度 F (mm/min)					
200	表面质量	存在毛刺及劈丝	存在毛刺及劈丝	存在毛刺及劈丝	存在毛刺及劈丝
		存在分层	存在分层	无分层	无分层
		存在阶差	无阶差	无阶差	无阶差
400	表面质量	存在毛刺及劈丝	存在毛刺及劈丝	存在毛刺及劈丝	无毛刺及劈丝
		存在分层	存在分层	无分层	无分层
		无阶差	无阶差	无阶差	无阶差
600	表面质量	存在毛刺/分层	存在毛刺	无毛刺及劈丝	无毛刺及劈丝
		无分层	无分层	无分层	无分层
		无阶差	无阶差	无阶差	无阶差
800	表面质量	存在毛刺	无毛刺及劈丝	无毛刺及劈丝	无毛刺及劈丝
		无分层	无分层	无分层	无分层
		存在阶差	存在阶差	存在阶差	存在阶差

### 3 结语

本文基于碳纤维复合材料J型筋条在数控加工中所产生的分层、阶差及劈丝等缺陷,从数控加工的刀具选择、固持方式以及工艺参数设计等多方面进行分析研究,取得了诸多有意义的成果,可为后续异型筋条的数控加工提供了参考。

复合材料随着科技发展应用越来越广泛,对于型面要求、尺寸精度以及表面质量的要求也越来越高,不仅应加强对碳纤维制件的数控加工工艺研究,也应加强对于蜂窝芯材数控加工工艺的研究,蜂窝材料的特殊结构和力学性能,使得其数控加工过程变得非常困难<sup>[6]</sup>,相较于碳纤维材料的加工更有难度,如何在复合材料发展日新月异的今天,充分利用数控技术推动复合材料的发展成为新的研究方向。

#### [参考文献]

[1]李吻,李勇,还大军.Z-pin 增强复合材料帽型加筋壁板接

头拉伸性能[J].航空学报,2016,37(6):2003-2012[Z].

[2]刘文,古武,崔博,等.复合材料 J 型加筋壁板制造技术研究[J].航空制造技术,2017(16):70-74.

[3]魏莹莹,安庆龙,蔡晓江,等.碳纤维复合材料超声扫描分层检测及评价方法[J].航空学报,2016,37(11):3512-3519.

[4]申翔宇.碳纤维壁板结构倒角边数控铣削刀具试验[J].现代制造技术与装备,2024,60(12):186-188.

[5]寇凡.航空碳纤维增强树脂基复合材料铣削加工工艺参数优化[D].陕西:西安工业大学,2022.

[6]王宏涛.五轴数控机床加工芳纶纸蜂窝薄层区域的工艺改进分析[J].中国机械,2024(36):61-64.

作者简介:吴涛(1994.7—),男,专业:复合材料数控加工,职称:工程师,籍贯:北京。

# 复合材料数控刀具智能化管理研究

吴涛

中国航空制造技术研究院复材中心, 北京 101300

**[摘要]**随着复合材料在各行各业的广泛应用,复合材料数控加工也成为复合材料制造流程中不可或缺的一环,对于复合材料机械加工企业来说,在数控加工过程尤其是现场生产中,刀具的正确选用、有效管理和合理使用可以直接影响产品的加工质量和使用效率,对中小型机械加工企业可以决定着企业的核心竞争力。复合材料数控加工刀具日趋多样化,这加大了复合材料加工刀具的管理难度,本文论证了在国内外航空制造业信息化和数字化的建设浪潮中,利用先进的科学管理方法提高数控刀具合理使用和有效管理,从而提高企业的生产效率和产品质量,加强企业的经济效益和核心竞争力的可行性,并根据企业中对复合材料数控刀具管理时出现的问题进行分析,针对性地建立一套复合材料数控刀具智能化管理系统方案。

**[关键词]**复合材料; 数控刀具; 有效管理

DOI: 10.33142/nsr.v2i2.16981

中图分类号: TH16

文献标识码: A

## Research on Intelligent Management of CNC Cutting Tools for Composite Materials

WU Tao

Composite Center of AVIC Manufacturing Technology Research Institute, Beijing, 101300, China

**Abstract:** With the widespread application of composite materials in various industries, CNC machining of composite materials has become an indispensable part of the manufacturing process. For composite material machining enterprises, the correct selection, effective management, and reasonable use of cutting tools in the CNC machining process, especially in on-site production, can directly affect the processing quality and efficiency of products. For small and medium-sized machining enterprises, it can determine the core competitiveness of the enterprise. The increasing diversity of composite material CNC machining tools has increased the difficulty of managing composite material machining tools. This article demonstrates the feasibility of using advanced scientific management methods to improve the rational use and effective management of CNC tools in the construction wave of informationization and digitization in the aviation manufacturing industry at home and abroad, thereby improving the production efficiency and product quality of enterprises, strengthening their economic benefits and core competitiveness. Based on the analysis of the problems that arise in the management of composite material CNC tools in enterprises, a targeted intelligent management system solution for composite material CNC tools is established.

**Keywords:** composite materials; CNC tool; effective management

### 引言

随着机械制造技术以及复合材料技术的高速发展,复合材料制造对于数控加工的需求也愈发增多,数控刀具是数控加工的重要组成部分,在数控加工中,加工效率、尺寸精度与表面质量等都与刀具相关,合理有效地选择刀具、管理刀具以及使用刀具,可以快速提升产品质量、增加产品经济效益、降低企业经营成本。据刀具厂商山特维克公司统计,16%的计划作业停止的原因是缺乏刀具、30%~60%的刀具库存不在控制之中,机床操作人员10%的时间花费在查找刀具上,而随着数控加工技术和复合材料技术的快速更新迭代,复合材料数控刀具的形式、数量以及种类也不断更新。齿形复杂、功能不同、材料各异的复合材料数控刀具大量出现,这对复合材料数控刀具的管理成为了巨大的挑战,因此,在众多机械制造企业中,数控刀具管理单独作为一个重要的管理模块。

### 1 复合材料数控刀具智能化管理的必要性

数控刀具作为加工中心或数控机床的使用刀具,是数

控加工工艺流程中的核心要素,刀具技术的发展速度一定程度上代表了数控技术的发展速度,近年来,随着国内数字化水平的不断提高,复材产品的广泛应用,一定程度上推动了国内复合材料数控刀具(以下简称复材刀具)的发展来适应加工的需要。

在实际数控加工过程中,由于加工对象形状复杂,加工精度要求较高,结合对加工对象的适应性要求,所需要的数控刀具种类、数量增多,调用频繁,刀具的管理变得更加复杂<sup>[1]</sup>。

碳纤维复合材料属于难加工材料,主要表现为硬度高、层间剪切强度低以及导热性差等<sup>[2]</sup>,而芳纶纸蜂窝复合材料产品,由于蜂窝芯材结构及材料的特殊性,致使蜂窝芯的加工工艺与常规材料存在较大的差别<sup>[3]</sup>,此类材质所使用的加工刀具要求更高,在数控加工中存在诸多难点这些原因导致了复材刀具相对与金属刀具更为昂贵,刀具成本已成为数控加工系统中不可忽视的成本因素,因此能否有效管理复材刀具成为影响复材机械制造企业成本的重

要因素之一。但因国内复材数控加工起步较晚，很多复材机械制造企业对于刀具管理重视度有待提高，仍采用较为传统的管理手段，随着跟国内复材机械制造企业数字化建设的发展，传统的刀具管理方式效率极低，难以匹配高效运行的数字化车间，在此背景下，复材刀具智能化管理成为规范化、降低管理成本的必然要求。

## 2 国内外数控刀具智能化管理研究背景

### 2.1 国外研究背景

自数控技术诞生以来，就提出了刀具管理的初步方案，自 20 世纪 90 年代起，国外开始了对于刀具管理系统的研究，随着时间的推移，刀具管理系统由对刀具的管理转为了对刀具寿命、刀具磨损及刀具追踪等方向的扩展研究，国内外的研究人员在研究过程中也发现了刀具管理与复材制造企业生产效益和生产效率制件的内在联系，这也引发了更多看科研人员对此方向进行更深入的研究。与此同时，不少较为成功的智能化管理系统和软件也早已投入使用，其中比较有代表性可以提供参考的有以下几个：

(1) 英国 CTMS 公司的计算机用刀具管理系统 (CYMS)

整个系统的作用可以概括为：

- ①改善刀具的发放时间及控制发放在外的刀具数量；
- ②不断更新刀具的库存信息；
- ③直接用刀具预调数据以调定刀具；
- ④提供刀具购置信息；
- ⑤提供刀具用途分析报告。

(2) 德国 Delkel 开发的 Tool Manager 计算机辅助刀具管理系统

适用于加工单元的刀具监视、跟踪管理。其软件功能包括：

- ①刀具的储备；
- ②刀架配备的优化；
- ③刀具装配安排；
- ④各种零件对刀具的需求；
- ⑤刀具寿命的规划。

### 2.2 国内研究背景

国内对于刀具智能化管理系统的起步较晚，在初期主要是对国外先进刀具管理系统的跟踪与研究，关注的重点也往往是某一方面，如刀具的使用寿命、刀具管理流程、刀具的选择使用等。

(1) 2003 年，大连冷冻机股份有限公司的张明伟、侯昌海等人从分析刀具的特殊性及规律性入手，分析验证了研究数控刀具智能化管理的必要性，着重关注了数控刀具管理系统的资源采集，内部关系结构以及各个模块功能的实现，描绘了对应用其构想的智能化刀具系统的美好展望。

(2) 在 2008 年，大连交通大学的贾焕英针对车间内刀具建立了基于数据库的刀具管理系统，对刀具管理系统的需

求分析、模块功能分析以及 UI 界面设计等方面进行了研究。

(3) 在 2023 年兰州技术职业技术学院的辛鹏创新设计了智能化刀具管理系统的方案，结合新型的物联网技术控制，实现了一机多控，有效减少了刀具损耗。

总体来讲，在刀具管理系统研究和开发的层次上，在国家制造业产业升级的时代背景下，已有本世纪初的临摹与研究逐步走向了研发与制造，绝大多数企业和科研院可根据企业的实际需求编制相应的刀具管理系统及软件，已由专注对数控刀具的管理，渐渐延伸到数控刀具的追踪、使用寿命及刀具磨损等多方面。

## 3 复合材料制造企业数控刀具管理现状

近年来，数字化转型的大潮逐渐席卷国内，复合材料制造企业越来越多地引进数控加工技术，而对于复合材料制造企业来讲，数控刀具管理是其陌生领域，对于数控技术以及数控刀具的发展适应程度不高，对其特点也不了解，导致在数控刀具的管理上存在了很大的问题。

复材数控加工时因材料规格、加工方式、加工角度等因素会采用不同种类的复材刀具进行生产，随着数控加工任务的增加，往往造成数控刀具种类日益增多，为刀具管理增加了难度。传统刀具管理方式是通过技术人员的工作经验，由操作者手工记录而进行的刀具选型、刀具选配以及维护的一项工作，刀具数量由自制表格统计，更改记录由刀具取用人员进行登记。刀具管理流程见图 1：

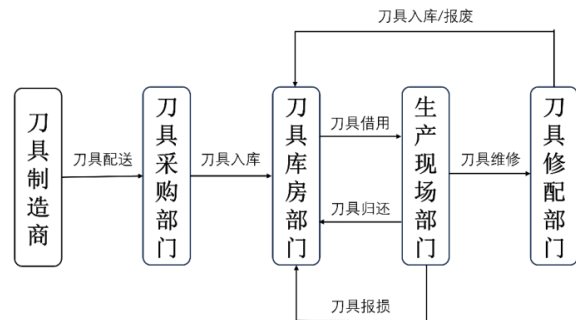


图 1 刀具管理流程

对于刀具使用量较大的企业来讲，这种传统刀具管理模式往往会衍生出以下问题：

①任务更换频繁，使用刀具无法固定，因此采购周期不固定，缺乏有效的刀具信息管理系统，无法监视刀具库存数量，不能预测并及时补充所需刀具。

②刀具种类繁多，普通刀具柜存储空间有限，大型刀具无法存储或使用多个存储格，从而导致刀具分散管理，操作人员根据刀具牌号查找刀具困难，查找时间长，刀具资源无法合理利用，出现了数控刀具闲置，无法发挥其应有的作用的现象。

③对于小型企业来说，为节约人工成本，不会安排专用人员进行刀具管理，刀具记录表往往由取用人员自行登记，容易出现忘记登记或登记错误等问题，造成记录数量

与实际数量不符的问题,无法有效地监测刀具的使用情况。

④复材数控刀具价格高昂,普通收纳柜安全性差,易磕碰易丢失,无有效的安全措施。

通过智能化刀具管理系统,能够科学有效地对刀具存放进行管理,不仅能够省时省力,还能够有效地提高效率。

#### 4 复合材料数控刀具智能化管理方案

国内外的很多研究者早已注意到刀具管理现状所产生的这些问题,并开发了相应的刀具管理系统软件,尤其是近些年,随着数控加工技术的发展,刀具管理系统技术也得到了长足的发展。

21世纪以来,世界各大刀具厂家都陆续推出了智能刀具柜,部分厂家导入了具有信息化、智能化的刀具管理系统,使其作为刀具管理软件的外设终端。

复合材料数控刀具智能化管理系统主要是为上文所阐述的几种常见管理问题,因此该系统应满足以下要求:

(1) 库存分析。建立库存分析功能,在刀具数量减少到预定值后自动报警,提醒管理人员及时采购,可以有效减少因刀具短缺影响生产进度的状况发生。

(2) 定制刀具收纳方式。各个企业可根据常用大型或异型刀具的尺寸或形状对收纳空间进行定制,对此类刀具进行有效管理。

(3) 增加自动记录功能。实现自动且有效的刀具借还、入库、报损,具备刀具使用情况、借还记录、入库、报损以及采购等信息的数据统计功能,及时了解刀具的库存及使用信息,在对现场生产所需刀具做出快速反应的同时,极大的减小库存,降低成本<sup>[4]</sup>。

(4) 刀具安全性提升。具备系统设置与维护的相关功能,包括用户管理、权限管理、密码设定以及系统维护更新等,仅授权人员在被授权限内进行操作。

基于上文的研究分析,根据企业的刀具管理要求以及企业生产管理方式设计系统的整体结构模型如图2所示:

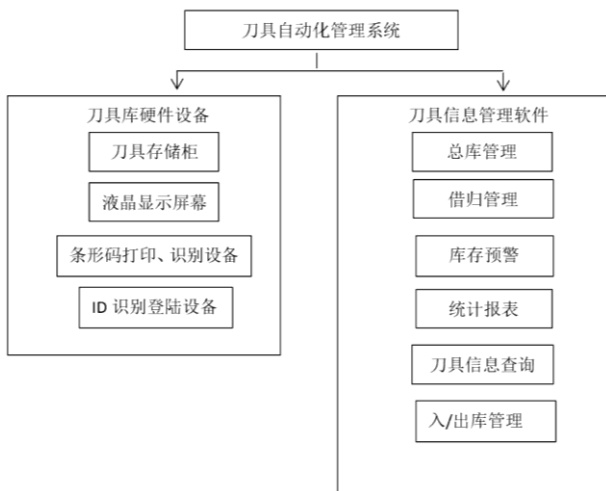


图2 智能刀具管理系统结构

通过上述方案设计,针对现有痛点进行重点解决:

刀具存储、领用、回收、查询一站解决;

根据管理权限控制物料领用;

以旧换新,智能分拣,准确管理;

自动缺料预警,自动采购预警;

24小时无人值守,自助操作;

暂存未使用物料,杜绝物料浪费;

人脸识别,多元登录,领用监管;

基于员工、设备、工艺的工具领用管理;

相比于传统刀具管理方式,采用智能化刀具管理系统能够有效降低管理成本,提高员工效率,优化采购流程,减少紧急采购。

#### 5 结语

在复材数控加工技术高速发展的今天,如何能有效降低刀具管理成本,提高生产效率,已成为大多数中小加工企业所面临的问题。数控刀具智能化管理需求能否得到满足也成为影响中小企业发展的重要因素之一。在本世纪数字化浪潮的席卷之下,复材刀具的智能化管理也应与时俱进,引进先进的数字化技术,通过一系列的CAD/CAPP/CAM的技术活动,建立起PLM刀具的开端,导出EBOM、PBOM、CBOM清单,结合订单、库存和现场刀具消耗,制定采购计划,以及库存入库、刀具发放、刀具预调、准备和配送AGV,刀具的现场管理、刀具的刃磨、寿命管理、TPM管理和刀具的回收管理,建立整个刀具智能化寿命周期管理<sup>[5]</sup>,是未来数控刀具智能化管理的发展方向。

#### [参考文献]

[1]辛鹏.数控机床刀具柜智能化管理创新设计[J].机电信息,2023(7):43-45.  
[2]申翔宇.碳纤维壁板结构倒角边数控铣削刀具试验[J].现代制造技术与装备,2024,60(12):186-188.  
[3]王宏涛.五轴数控机床加工芳纶纸蜂窝薄层区域的工艺改进分析[J].中国机械,2024(36):61-64.  
[4]孔庆涛.面向中小企业的数控刀具选择及管理系统研究与开发[D].天津:天津大学,2012.  
[5]刘欣.复合材料切削刀具智能管理系统的开发与应用[D].辽宁:大连理工大学,2022.

作者简介:吴涛(1994.7—),男,专业:复合材料数控加工,职称:工程师,籍贯:北京。

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,  
Singapore 179098

官方网站

[www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

