



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



2024 **2**

第1卷 总第2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

2024年·第1卷·第2期（总第2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

发行周期：季刊

收录时间：9月

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

地 址：111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

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 吕贻忠

曹 婷

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。

《Natural Science Research》即《自然科学研究》期刊由新加坡Viser Technology Ptd Ltd主办，国际标准刊号：ISSN 3041-0584。《自然科学研究》是一本关注自然科学领域最新进展的国际中文期刊，主要刊登自然科学各学科领域的基础研究和应用基础研究方面的高水平、有创造性和重要意义的最新研究成果论文，以促进学术交流与成果转化，文章被权威网站全文收录。

该刊支持思想创新、学术创新，倡导科学，繁荣学术，集学术性、思想性为一体，旨在为了给世界范围内的科学家、学者、科研人员提供一个传播、分享和讨论自然科学领域内不同方向问题与发展的交流期刊。

目 录



CONTENTS

学术争鸣

建筑集中供热采暖节能技术应用研究..... 于红锋 1

农林科学

温室大棚黄瓜病虫害综合防治技术..... 康惠忠 4

美国白蛾的综合防治措施探讨..... 李 伟 7

畜牧业科学

基层畜牧兽医公共服务体系建设存在的问题及应对措..... 范永红 11

生态与环境

建设项目环评服务与排污许可管理研究..... 王小刚 14

矿区废弃地近自然生态修复规划设计探讨..... 白燕娇 17

生态科学

桑蚕蛹拓扑材料的磁路仪分析..... 郭玉清 董杰武 付东辉 许继发 20

生物制药技术的发展现状与未来趋势分析..... 崔哲锋 25

食品科学

食品检测中农药残留检测技术研讨..... 吴 昊 温墨辞 28

食品检测技术的创新与发展趋势研究..... 温墨辞 吴 昊 31

材料科学

纳米 CoS-x 的合成及其缺陷热力学性质探究..... 孙 浩 陆胜达 任 博 任树权 冉云飞 黄在银 34

玻璃与金属之间润湿性的研究进展..... 陈长军 李 雷 唐 建 陈 宇 张 敏 39

$\text{WO}_3\text{-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 缺陷类芬顿催化剂降解罗丹明 B 杨抒湉 肖碧源 范嘉兴 黄 鑫 曾月俊 宁颖标 黄在银 44

润湿性及其润湿角的测量方法..... 陈长军 李 雷 唐 建 陈 宇 张 敏 49

基于尺寸效应对纳米钼酸钡溶解动力学参数及表面热力学函数的研究.....

..... 王 异 蓝芝文 黄旭东 覃佳勇 陆胜达 黄在银 53

玻璃的激光焊接研究现状..... 陈长军 李 雷 唐 建 徐梦璇 张 敏 57

光电信息与计算机科学

基于交直流电源的智能电网系统设计与优化..... 黎 卡 62

建筑集中供热采暖节能技术应用研究

于红锋

新疆天富能源股份有限公司供热分公司, 新疆 石河子 832000

[摘要] 在全球气候变化日益严峻和能源需求持续增长的背景下, 建筑节能已经成为全球可持续发展的核心议题之一。作为建筑能源供应的重要组成部分, 集中供热系统的节能技术应用至关重要。当前, 随着先进技术的不断发展和应用, 集中供热采暖节能技术已经取得了显著进展。通过采用热电联产系统、高效保温材料、智能化监控以及用户侧的智能温控系统和用户教育等措施, 集中供热系统在实际应用中已经实现了显著的节能效果, 并减少了温室气体排放。这对实现绿色建筑和可持续城市发展具有重要意义。展望未来, 随着技术的不断创新和进步, 集中供热采暖节能技术将继续发展, 为建筑设计和运维人员提供更多有效的参考和解决方案。

[关键词] 集中供热; 采暖节能技术; 绿色建筑; 可持续发展

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14027

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Research on Application of Energy-saving Technologies for Centralized Heating in Buildings

YU Hongfeng

Heating Branch of Xinjiang Tianfu Energy Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: Against the backdrop of increasingly severe global climate change and sustained growth in energy demand, building energy efficiency has become one of the core issues of global sustainable development. As an important component of building energy supply, the application of energy-saving technologies in centralized heating systems is crucial. Currently, with the continuous development and application of advanced technology, significant progress has been made in energy-saving technology for centralized heating and heating. By adopting cogeneration systems, efficient insulation materials, intelligent monitoring, and user side intelligent temperature control systems and user education measures, centralized heating systems have achieved significant energy-saving effects and reduced greenhouse gas emissions in practical applications. This is of great significance for achieving green buildings and sustainable urban development. Looking ahead to the future, with the continuous innovation and progress of technology, energy-saving technologies for centralized heating will continue to develop, providing more effective references and solutions for building design and operation personnel.

Keywords: central heating; heating energy-saving technology; green building; sustainable development

引言

集中供热系统通过大型热源向多个建筑或区域提供热能, 具有规模效应明显、能源利用效率高、易于实现能源结构调整等优势。然而, 传统集中供热系统在设计、运行和维护过程中存在的热能浪费问题不容忽视。近年来, 随着节能技术和材料的不断创新, 集中供热采暖节能技术的应用日益广泛, 成为提升建筑能源效率、实现节能减排目标的重要途径。

1 集中供热系统节能技术分析

1.1 热源侧节能技术

热源侧节能技术是一种重要的节能手段, 其目标是通过各种先进的技术和方法, 实现热能的高效转换与利用, 从而达到降低能源消耗、减少环境污染的目的。这一领域涉及多个方面的技术创新和应用, 以下是一些具体的例子: 高效燃烧技术的应用是热源侧节能技术的重要基础。通过改进燃烧过程, 减少燃料的浪费, 提高燃烧效率, 从而增加热能的产出。余热回收系统则是对排放的热量进行有效回收和再利用, 通过换热器等设备将热量转化为有用的热

能, 进一步提高能源利用效率。热电联产技术是另一种有效的热源侧节能技术^[1]。通过将发电与供热两种功能集成在同一系统中, 实现能量的梯级利用, 即高品位的蒸汽用于发电, 低品位的蒸汽用于供热, 从而提高了能源利用效率并降低了能源消耗。热源侧的智能化控制技术也发挥着越来越重要的作用。基于大数据和人工智能的热源调度系统能够根据实际需求动态调整供热参数, 优化供热网络的控制策略, 从而进一步提高能源利用效率。同时, 通过物联网技术、传感器技术等实现对热源设备的实时监控和管理, 可以提高设备的运行效率和可靠性, 降低维护成本。

除了上述技术外, 还有一些其他的技术和方法也被应用于热源侧的节能技术中。例如, 利用太阳能、风能等可再生能源为热源提供动力, 可以减少对传统化石能源的依赖, 降低碳排放。同时, 采用先进的绝热材料和保温技术, 可以减少热量的流失, 提高热能的利用效率。值得一提的是, 在热源侧节能技术的研发和应用过程中, 一些创新的模式和技术也逐渐受到关注。例如, 合同能源管理(EMC)模式的出现, 使得节能服务公司可以与客户签订合同, 为

客户提供一种长期稳定的节能服务，共同分享节能效益，从而促进热源侧节能技术的发展和應用。随着智能制造和工业 4.0 的推进，热源侧节能技术也在逐步实现智能化和自动化。通过引入机器人和自动化设备，实现对热源设备的远程监控和维护，可以提高设备的运行效率和可靠性，降低人工成本。热源侧节能技术是一个综合性的技术领域，涵盖了多个方面的创新和应用。随着科技的不断进步和市场需求的不断变化，未来还将涌现出更多高效、环保的热源侧节能技术和产品，为社会的可持续发展做出更大的贡献。同时，我们也应看到热源侧节能技术在实施过程中可能会面临一些挑战和问题，如技术推广难度、资金投入等问题，需要企业和社会各方共同努力，加强合作，推动热源侧节能技术的广泛应用和发展^[2]。

1.2 管网侧节能技术

管网侧作为集中供热系统中的重要环节，同时也是热量损失的主要产生部位之一。在长达数公里的供热管道中，由于外部环境温度的变化、管道本身的导热以及设备性能等方面的影响，往往会导致大量热能的损失。为了应对这一问题，近年来从材料选择、管网布局到智能监控维护方面采取了多种措施，力求提升整个系统的能源利用效率。针对管道材料的选择，聚氨酯泡沫成为了炙手可热的一种新型保温材料。这种材料以其低导热系数、优异的抗老化性能以及良好的成型工艺等特点，被广泛应用于集中供热的各个环节。相较于传统的保温材料，聚氨酯泡沫的保温效果提升了数倍，大大减少了因热损失造成的能源浪费。与此同时，优化管网布局也成为了降低热损耗的关键措施之一。在集中供热系统中，热量主要是通过管道传输的。因此，合理规划管道走向、减少弯曲和重叠、合理设置补偿器等措施，都可以有效地减小热能在传输过程中的损耗。特别是在城市基础设施建设逐渐完善、土地资源日益紧张背景下，优化管网布局不仅能够节省能源成本，还有助于提高城市基础设施的整体运行效率。

智能化监控系统的引入，使得集中供热系统实现了智能化管理和控制，从而提高了能源利用的效率和稳定性。通过部署温度、压力等传感器，实时监测管道的运行状态，智能管理系统可以迅速捕捉到任何异常或故障迹象。在发生泄漏或故障时，系统能够自动关闭相关阀门，切断能源供应，防止事故扩大，并立即通知相关人员处理，从而确保供热系统的安全稳定运行。对于供热网络的维护工作也变得尤为重要。定期进行检查、清洗和保养，能够有效地延长管道的使用寿命，确保供热系统的稳定运行。同时，通过对供热数据的分析，可以更加精确地预测未来的能源需求，从而制定合理的运行计划，避免不必要的能源浪费。智能监控系统的使用离不开大数据和云计算技术的支持。通过收集和分析大量的供热数据，可以更准确地了解系统的运行状况，预测可能出现的问题，制定科学合理的解决

方案。同时，这些数据还能为企业的决策提供有力的支持，帮助企业实现精细化管理和科学决策。管网侧节能技术是对集中供热系统中热量损失的有效控制手段，通过材料选择、管网布局和智能化监控维护等多个方面的综合应用，大幅降低了能源的消耗。随着科技的持续发展，我们有理由相信，未来会有更多创新的技术和方法涌现出来，为热源侧节能技术的研究与应用注入新的活力，推动整个社会向更加绿色、高效、可持续发展的方向发展^[3]。

1.3 用户侧节能技术

用户侧节能技术在集中供热系统中扮演着至关重要的角色。这一技术不仅关注管道本身的保温性能，更深入到用户端的实际用能行为上。通过一系列先进技术和策略的应用，旨在实现用户舒适度与能源消耗之间的最佳平衡。智能温控系统作为用户侧节能技术的核心之一，已经逐渐成为现代住宅和商业建筑中不可或缺的一部分。该系统通过精确的温度感应器和先进的控制逻辑，能够实时监测室内外环境温度，并根据用户的个性化需求和预设的规则，自动调整供热设备的运行状态。这种智能化控制不仅能够确保室内温度始终保持在适宜的水平，有效减少因温度过高或过低而造成的能源浪费，还能够降低用户的能耗支出。除了智能温控系统外，用户教育也是促进用户侧节能的重要手段。通过普及节能知识、提高用户节能意识，引导用户养成良好的用能习惯至关重要。例如，在家庭中安装智能恒温器，鼓励用户根据实际需要手动调节室内温度，而不是盲目开启高功率的暖气或空调。此外，一些地区甚至推出了一系列鼓励节能减排的补贴政策，通过奖励那些积极采取节能措施的居民和企业，进一步激发了用户参与节能的热情。

在激励机制方面，许多供热企业和机构已经采取了多样化的措施来激励用户积极参与节能行动。例如，通过实施峰谷电价制度，鼓励用户在电力需求较低的时段使用暖气或空调；或者开展“绿色家园”等环保宣传活动，宣传节能的重要性和方法，提升公众的环保意识和责任感。这些举措不仅有助于降低用户的能源消耗，还能够一定程度上改善环境质量。要实现用户侧节能技术的广泛应用和持续发展，还需要解决一些挑战和问题。首先，如何确保智能温控系统的准确性和可靠性，避免因系统故障或误报而影响用户体验，是需要继续努力的方向。其次，如何进一步提高用户教育的覆盖面和有效性，让更多用户理解和接受节能理念和实践方法，也是一个长期而艰巨的任务。最后，如何构建一个合理且有效的激励机制体系，既能鼓励用户积极参与节能行动，又能保证激励政策的可持续性和公平性，也是需要深入研究和探讨的问题。用户侧节能技术在集中供热系统中具有广泛的应用前景和巨大的节能潜力。通过持续的技术创新、管理改进和政策支持，我们有信心在不久的将来看到这一领域取得更大的突破和

成就。这将为实现全球可持续发展目标贡献中国智慧和力量^[4]。

2 节能技术的实际应用案例

在中国东部的绿谷新区，一个致力于绿色发展与可持续城市发展理念的独特区域中脱颖而出，以其前瞻性的集中供热技术在绿色建筑及节能减排领域展现出了非凡成就。在绿色发展的道路上，绿谷新区巧妙融合全球尖端能源管理模式，力图构筑起一套集成高效能耗、绿色环保与智能化于一体的典范城市社区体系。其节能策略的革新点主要聚焦于供热源头，通过运用先进科技，旨在提高能源的整体效能，减小能源资源的无效消耗，并形成高效协同的工作环境，促进社区全面步入低碳时代。热电联产(CHP)作为一种创新机制，于绿谷新区的应用，标志着这一地区对清洁能源使用的革命性探索。这一方式将传统发电和供热过程整合，显著提升了能源利用效率，减少了环境污染和能耗成本。相较于单纯依赖电源发电，再以电能转化热能的模式，热电联产系统能更精准地把握能源的多用途性质，有效回收发电后的废热并转换为供热能源供给，覆盖新区内各商业、住宅及公共服务区。此举不仅优化能源结构，实现了绿色转型，亦提升了能源分配和使用效能。

绿谷新区在节能策略上的又一亮点是对高能保温材料的使用。这些先进保温材料不仅极大程度减少热能传输过程中的损耗，从而提升能源的综合效能，更彰显出其对环境友好、节能减排的深刻洞见。与此同时，智慧化供暖系统在新区的布局成为又一重要组成部分，实时监测与调控的数字化网络为新区内的供暖网络提供了强大的保障。在用户层面，则着重推进智能温度控制技术的应用及其教育培训，以进一步提升能源效率。智能家居系统能根据住户的实际需求自动调整房间温度，有效避免不必要的热量浪费，显著提升能源使用的针对性与效能。同时，为了增强社区居民对于节能减排的认知，举办相关培训，积极推广节约能源的实用技巧，比如调整家用温度控制器，选择节能灯具等，鼓励居民投身于新区的节能行动计划之中，共建零碳家园，共同推进绿色发展。绿谷新区经过一年的实施，在集中供热系统方面实现了约 20%的能耗降低，

不仅表明绿色建筑理念和可持续发展目标在此成功落地，也意味着显著的减排成果。这一数据的背后，是科技进步推动绿色能源转型的有力印证。更重要的是，新区二氧化碳排放的大幅度下降，对其在面对全球气候变化挑战方面，展现出了重要的生态和经济意义，证明了通过科技创新助力可持续发展能够实现经济发展与环境保护间的协同增效。在绿谷新区的建设经验之上，我们看到了可持续城市化发展的可行之道——既需关注技术创新对节能减排的支持，更需强调政策指导与全民参与共同推进的绿色城市建设策略。这一系列成就不仅塑造了一个绿色、科技化的理想城区模型，也为未来的城市化进程提供了重要借鉴，引领着向更加绿色、健康的地球生活迈进的创新方向^[5]。

3 结语

集中供热采暖节能技术的应用已经成为推进建筑节能和绿色低碳发展的重要驱动力。通过对热源、管网及用户侧的全面优化和改造，实施一系列节能技术，不仅能够有效提升集中供热系统的能源利用效率，更能显著减少能源消耗和温室气体排放，实现环保与经济效益的双赢。随着科技的不断进步和政策的大力扶持，集中供热采暖节能技术将迎来更广阔的应用前景，为推动绿色、智能、可持续的城市环境建设做出更加积极的贡献，助力全球实现碳中和目标。

[参考文献]

- [1] 贾鹏翔. 建筑集中供热采暖节能技术应用研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(11): 129-131.
 - [2] 李坚. 城市建筑集中供热采暖节能技术应用分析[J]. 住宅与房地产, 2023(8): 135-137.
 - [3] 吴嵘, 陆海清. 城市建筑集中供热采暖节能技术探讨[J]. 节能, 2020, 39(9): 22-24.
 - [4] 胡强. 基于城市建筑集中供热采暖节能技术应用分析[J]. 城市道桥与防洪, 2020(1): 214-215.
 - [5] 赵振华, 王波. 浅谈城市建筑集中供热采暖节能技术[J]. 住宅产业, 2018(9): 54-56.
- 作者简介: 于红锋(1971.4—), 男, 汉族, 工程师, 专业机电工程及其自动化。

温室大棚黄瓜病虫害综合防治技术

康惠忠

青海省尖扎县农牧业综合服务中心, 青海 尖扎 811299

[摘要] 温室黄瓜作为一种重要的经济作物, 在全球范围内得到了广泛的种植。由于其生长周期短、产量高、品质好的特点, 受到了农民和市场的青睐。温室环境对黄瓜的生长有着直接的影响, 特别是在病虫害的防治上, 常规的农业生产模式往往难以满足需求。传统的单一防治方法不仅效果有限, 而且容易导致农药残留和环境污染, 影响到农产品的质量和安全。因此, 开发和应用一种科学、系统的综合防治策略, 成为了解决温室黄瓜病虫害问题的关键。同时, 结合现代农业技术, 如自动化控制、生物技术和信息技术等, 为温室黄瓜病虫害的综合防治提供了新的可能性和方向。

[关键词] 黄瓜; 温室种植; 病虫害防治

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14030

中图分类号: S436.4

文献标识码: A

Comprehensive Control Technology of Cucumber Diseases and Pests in Greenhouses

KANG Huizhong

Qinghai Province Jainca County Agriculture and Animal Husbandry Comprehensive Service Center, Jainca, Qinghai, 811299, China

Abstract: Greenhouse cucumber, as an important economic crop, has been widely planted worldwide. Due to its short growth cycle, high yield, and good quality, it has been favored by farmers and the market. The greenhouse environment has a direct impact on the growth of cucumbers, especially in the prevention and control of diseases and pests. Conventional agricultural production models often fail to meet the demand. Traditional single control methods not only have limited effects, but also easily lead to pesticide residues and environmental pollution, affecting the quality and safety of agricultural products. Therefore, developing and applying a scientific and systematic comprehensive control strategy has become the key to solving the problem of greenhouse cucumber diseases and pests. At the same time, combining modern agricultural technologies such as automation control, biotechnology, and information technology provides new possibilities and directions for the comprehensive control of greenhouse cucumber diseases and pests.

Keywords: cucumber; greenhouse planting; prevention and control of pests and diseases

引言

随着现代农业技术的不断进步和温室种植的广泛应用, 温室黄瓜生产已成为农业生产的重要组成部分。但是由于温室内部环境条件的特殊性和密集种植的模式, 温室黄瓜更容易受到各种病虫害的侵袭, 给生产带来了诸多挑战。有效地控制温室黄瓜的病虫害, 不仅关乎生产效率和经济效益, 还直接影响到农产品的质量和食品安全。因此, 综合防治温室黄瓜病虫害, 提高生产效率和产品质量, 已成为现代农业生产中的重要议题。

1 黄瓜病虫害特征及危害分析

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是一种重要的蔬菜作物, 但常受到多种病虫害的威胁影响产量和品质。病害主要包括灰霉病、疫霉病和炭疽病等, 这些病害导致叶片枯黄、果实腐烂, 严重时甚至导致整株植株死亡。虫害方面, 黄瓜夜蛾、蚜虫和白粉虱等是主要的威胁, 它们吸食叶汁、寄生或破坏果实, 导致植株生长受限、果实畸形或减产。这些病虫害不仅降低了黄瓜的产量和品质, 还可能导致农药残留和环境污染, 对农业生产和消费者健康造成严重影响。因此, 准确识别病虫害特征, 及时采取有效的综合防

治措施, 对于保障黄瓜产业的健康发展和提高生产效益具有重要意义。

2 温室黄瓜病虫害综合防治的前期准备

2.1 土壤和温室设施的全面消毒

在温室黄瓜的种植前, 全面消毒土壤和温室设施是预防病虫害的关键步骤。首先, 对土壤进行消毒可以有效杀灭土壤中的病菌、线虫和其他病原微生物, 减少病害的发生和传播。常用的土壤消毒方法包括化学消毒和热水消毒, 其中, 使用氯仿、甲基溴等化学物质或者通过热蒸汽处理都能有效消毒土壤^[1]。其次, 对温室内的设施进行全面消毒同样至关重要, 温室结构、墙壁、地面和种植容器等都可能成为病害的隐匿地。采用紫外线消毒、喷洒消毒剂或高温热烟等方法, 可以有效杀灭或去除这些潜在的病虫害来源。值得注意的是, 在进行土壤和温室设施消毒时, 应严格按照说明书或专家建议进行操作, 以确保消毒效果同时避免对环境和人体造成不良影响。通过这样的前期准备工作, 可以为后续的黄瓜种植创造一个相对清洁和健康的生长环境, 有效提高病虫害综合防治的效果和产量。

2.2 抗病虫害品种的选择与培育

选择和培育抗病虫害的黄瓜品种是温室种植成功的关键之一。抗病虫害品种具有较强的抗逆性和抗病能力,能够在受到病害和虫害威胁时表现出更好的生长和产量。在品种选择上,应首先考虑当地病虫害的主要类型和流行趋势,然后选择相应的抗性 or 耐病品种。例如,针对常见的灰霉病、疫霉病和黄瓜夜蛾等病虫害,可以选择具有高度抗性 or 抗病型的黄瓜品种。除了选择现有的抗病虫害品种,还可以通过遗传改良和分子标记辅助选择等技术进行品种培育。通过这些现代生物技术手段,可以快速筛选和培育出具有多重抗性和优良农艺性状的新品种,为温室种植提供更多选择。需要强调的是,虽然抗病虫害品种具有较好的抗性,但也不是绝对免疫。因此,在实际种植中仍需要结合其他综合防治措施,如生物防治、物理防治等,以提高病虫害的整体防控效果。通过合理的品种选择和培育,可以在一定程度上减少对化学农药的依赖,降低生产成本,同时保障黄瓜的质量和安

3 温室黄瓜中期生长阶段的病虫害管理

3.1 科学、健康的育苗技术

温室黄瓜的中期生长阶段,尤其是育苗期是病虫害发生的关键时期。科学、健康的育苗技术不仅可以确保种苗的健康生长,还能有效预防和控制病虫害的发生。首先,选择优质的育苗基质和种子是育苗成功的基础,育苗基质应具有良好的透气性、保水性和排水性,而种子则应选用健康、无病无虫的种源。其次,控制育苗环境的温度、湿度和光照等因素也是至关重要的,黄瓜种子的发芽和生长需要适宜的温度和湿度,通常在 25~30°C 的温暖环境下,70%~80%的相对湿度是最适合的。同时,光照对黄瓜的生长也有重要影响,应确保每天有充足的阳光或人工光照。除此之外,定期检查和

3.2 黄瓜的适时移植和管理

管理育苗的健康状况也是关键。一旦发现有病害或虫害的迹象,应立即采取相应的控制措施,如喷洒生物农药、调整温湿度或增强通风等,以防止病害和虫害的进一步扩散。

黄瓜适时的移植和管理是确保植株健康生长和减少病虫害发生的重要环节。移植时,应选择天气晴朗、温度适宜的日子进行,通常在黄瓜苗长到 3~4 真叶期、茎径约 0.5~0.8cm 时进行。移植前要确保移植地块的土壤肥沃、排水良好,并且进行充分的消毒处理,以减少病原体和虫害的存在。移植后黄瓜的管理要点包括保持适宜的土壤湿度和营养供应,及时除草、松土,以及合理的修剪和支撑。土壤湿度应保持在 60%~70% 的范围内,避免因过湿或干旱而影响黄瓜的生长。营养供应要均衡,避免施用过量的氮肥,以免促进过多的植被生长而影响果实的发育。除草和松土可以保持土壤通气性和水分平衡,减少病虫害的滋生地。修剪和支撑是为了促进植株的通风和光照,减

少湿度和提高生长效率。此外,定期检查黄瓜植株的健康状况,如发现病害或虫害,应立即采取相应的控制措施,如喷洒生物农药或调整管理措施。

4 温室黄瓜后期病虫害综合防治

4.1 温湿度精准控制与调整

在温室黄瓜的后期生长阶段,精准的温湿度控制是关键,直接影响着病虫害的发生和黄瓜的生长品质。对于温度黄瓜适宜的生长温度为 25~30°C,夜间温度不应低于 15°C。通过合理的通风和温控设备,我们可以确保温室内温度处于这一范围内,提供一个舒适的生长环境。而对于湿度黄瓜的适宜相对湿度为 60%~80%。过高的湿度可能导致病菌和霉菌的大量繁殖,而过低的湿度则可能使黄瓜叶片过于干燥,增加病虫害的风险。因此,通过合理的喷淋、通风和除湿措施,我们需要维持温室内的湿度在适宜范围内。为了达到精准的温湿度控制,温室内应装配高质量的温湿度监测设备,实时监测温度和湿度的变化,并根据监测数据及时调整通风、喷淋和加热/制冷设备。此外,还应定期检查温室内外环境条件,如天气预报、温室结构和植被生长状态等,以确保温湿度管理策略的精准性和有效性。

4.2 营养液的科学配制与施用

在温室黄瓜的后期生长阶段,营养液的科学配制与施用是确保植株健康生长和提高产量的关键。黄瓜对营养元素的需求主要包括氮、磷、钾以及微量元素如铁、锌和锰等。首先,在配制营养液时,应根据黄瓜的生长阶段和需求,精确计量各种营养盐和微量元素,以满足植株的营养需求。一般黄瓜生长初期需要较高比例的氮元素,有助于促进叶片和茎的生长;到了果实膨大和成熟期,应逐渐增加磷和钾的供应,有助于促进果实发育和提高品质。其次,营养液的施用方式也需科学合理,应确保营养液均匀、持续地供应到植株根系区域,避免造成营养元素浪费和土壤盐分积累。常用的施用方法包括滴灌、喷雾和浇灌等,根据温室的具体条件和植株的生长状态选择合适的施用方式。此外,为了保证营养液的质量和稳定性,应定期检测营养液的 pH 值、电导率和主要离子含量,根据检测结果调整营养液的配方和施用量,确保植株在一个稳定、适宜的营养环境中生长。

4.3 多层次的病虫害防治策略

为了有效控制温室黄瓜后期的病虫害,采用多层次的综合防治策略显得尤为重要。这种策略不仅可以减少对化学农药的依赖,还能减缓病虫害对植株健康和产量的影响,提高农产品的质量和安全。首先,生物防治是一种有效且环境友好的方法,通过引入或释放天敌、益生菌和寄生性微生物等,来控制 and 减少害虫和病原微生物的数量。这些生物控制剂可以与化学防治剂结合使用,形成一种更为完善的病虫害管理系统^[2]。其次,物理防治是一种直接干预

病虫害发生和传播的方法,包括采用覆盖材料、隔离网、黄板等来阻断病虫害的传播途径,减少病虫害的侵入和扩散。再次,文化防治强调通过合理的农艺措施,如适时的播种、适量的施肥、合理的密植和旋作等,调整温室内的生态环境,降低病虫害的发生概率。最后,化学防治作为病虫害防治的最后手段,应在确保安全和合规的前提下,精准使用化学农药,避免过量使用和滥用,以减少对环境和人体健康的潜在影响。

5 预防与监测体系的建立

5.1 早期病虫害的动态监测与诊断

建立一个有效的预防与监测体系对于温室黄瓜病虫害的管理至关重要。早期病虫害的动态监测与诊断是该体系的核心环节,它可以帮助及时发现和识别植株上的病害和害虫,从而采取迅速、针对性的防治措施。首先,通过定期巡查和观察黄瓜植株的生长情况,密切关注叶片、茎秆和果实等部位的异常症状和害虫迹象。这些异常表现可能包括叶片变色、枯黄、斑点或腐烂,以及发现的虫粪、卵囊或害虫本体等。其次,利用现代农业技术,如数字化图像分析、生物传感器和远程监控系统等,对温室内的病虫害进行动态监测。这些高科技手段可以实时收集和分析植株健康数据,自动识别病害和害虫,提高监测效率和准确性。再次,建立一个详细的病虫害记录和数据库,包括病害和害虫的种类、分布、发生季节和严重程度等信息。这不仅有助于分析病虫害的发展趋势和规律,还能为未来的预防和管理提供重要参考。最后,对于监测到的病虫害问题,应及时进行诊断和鉴定,确认病因和害虫种类,并根据监测和诊断结果,制定相应的防治策略和措施。

5.2 防治策略的实时评估与调整

在温室黄瓜病虫害的管理中,实时评估与调整防治策略是确保防治效果和持续改进的关键环节。由于病虫害的发展和环境条件的变化可能会影响防治效果,因此需要根据实际情况及时对防治策略进行评估和调整。首先,建立一个完善的监测反馈机制,定期收集和分析防治策略执行后的效果数据,这些数据可以包括病虫害的发生率、病害程度、害虫数量以及植株生长情况等。通过对这些数据的比较和分析,可以及时发现防治策略存在的问题和不足。其次,针对实时评估中发现的问题和不足,及时调整防治策略。这可能涉及到更换或调整使用的生物农药、调整施药时间和剂量、改变生长环境条件或调整种植密度等。调整后的策略应根据实际效果进行进一步的监测和评估,确保防治措施的有效性和可持续性^[3]。再次,加强与专家、研究机构和其他农户的交流与合作,共享防治经验和技能,互相学习和借鉴成功的防治策略。这不仅能够提高防治策略的科学性和针对性,还能加速技术创新和防治方法的推

广应用。最后,建立一个完善的记录和反馈机制,对每次防治策略的调整和效果进行详细记录,为未来的防治工作提供经验和参考。

5.3 预警系统的建设与管理

预警系统在温室黄瓜病虫害的综合防治中起到至关重要的作用,它能够实时监测病虫害的发生和传播情况提前预警,为农户提供及时、准确的信息,从而采取有效的防治措施。因此,建设和管理一个高效、可靠的预警系统是防治工作成功的关键。首先,预警系统应采用先进的传感器技术和数据分析算法,实时收集和處理温室内的环境数据、植株健康状态和害虫病害信息。这些数据应具有高度的准确性和时效性,以确保预警信息的及时性和准确性。其次,建立一个多级预警机制,包括自动预警、人工确认和预警发布等环节。当系统检测到异常或超过预定阈值的数据时,自动触发预警,同时通知相关人员进行核实和确认。经过人工审核后,再决定是否发布预警信息,并采取相应的防治措施。再次,提供用户友好的预警管理界面和操作平台,方便农户和相关人员实时查看预警信息、数据分析结果和防治建议。此外,应定期进行预警系统的技术维护和更新,确保系统的稳定运行和信息的连续性。最后,加强预警信息的传播与应用,通过各种渠道如手机、电子邮件、社交媒体等,将预警信息及时传达给农户和相关人员,提高防治措施的实施效果和农民的应对能力。

6 结语

综合防治温室黄瓜病虫害是一个复杂而持续的过程,涉及多方面的技术和管理措施。从前期的土壤消毒和抗病虫品种选择,到中期的育苗技术和适时管理,再到后期的温湿度控制、营养液施用和病虫害防治策略,每一步都显得至关重要。同时,建立健全的预防与监测体系以及高效的预警系统,能够确保防治工作的及时性和准确性,进一步提高温室黄瓜的生长质量和产量。总的来说,科学、系统的综合防治策略不仅可以有效控制病虫害的发生和传播,还能提高农产品的品质和安全,为农户创造更大的经济效益和社会价值。

[参考文献]

- [1]任华琳.无公害大棚黄瓜病虫害综合防治技术[J].种子科技,2022,40(7):95-97.
 - [2]杜尚旭.温室大棚黄瓜病虫害综合防治技术[J].农民致富之友,2019(12):8.
 - [3]曹贤.黄瓜主要病虫害综合防治技术[J].现代农村科技,2022(10):35-36.
- 作者简介:康惠忠,单位:青海省尖扎县农牧业综合服务中心,毕业院校:西北农林科技大学,专业:农学,职称:农艺师。

美国白蛾的综合防治措施探讨

李伟

辽阳县林业草原事务服务中心, 辽宁 辽阳 111200

[摘要]美国白蛾 (*Lymantria dispar*) 是一种对林木、果树、农作物、蔬菜花卉、杂草等具有严重危害的昆虫, 是国际检疫性害虫。其食性杂且食量大, 繁殖力强, 危害性大, 传播途径广泛, 适应性极强, 常引发社会扰民现象。文中旨在深入探讨美国白蛾的综合防治措施, 通过分析其危害特点, 探讨不同防治手段的实施效果与应用前景, 以期为应对美国白蛾威胁提供科学依据和技术支持。

[关键词]美国白蛾; 危害特点; 综合防治

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14028

中图分类号: S433.4

文献标识码: A

Exploration on Comprehensive Control Measures for *Lymantria Dispar*

LI Wei

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

Abstract: The *Lymantria dispar* is an insect that poses a serious threat to trees, fruit trees, crops, vegetables, flowers, weeds, and is an international quarantine pest. It has a diverse diet and a large appetite, strong reproductive ability, great harm, wide transmission routes, extremely strong adaptability, and often causes social disturbance. The purpose of this article is to explore in depth the comprehensive control measures of the *Lymantria dispar*, analyze its harmful characteristics, and explore the implementation effects and application prospects of different control methods, in order to provide scientific basis and technical support for addressing the threat of the *Lymantria dispar*.

Keywords: *Lymantria dispar*; hazard characteristics; integrated control

引言

美国白蛾主要以树木叶片为食, 其幼虫在夏季孵化后大量集群并迅速扩散, 对糖槭、臭椿、山楂、杏、桑、核桃楸、花曲柳、水曲柳、榆、柳、杨等造成危害, 导致叶片被大量啃食, 影响林木正常生长, 严重时会导致树木死亡^[1]。此外, 白蛾成虫飞行能力强, 能够迅速传播至广大区域, 其卵的附着性强, 成熟期短, 使得其种群增长速度快、扩散面广。在全球气候变化和人类活动影响下, 美国白蛾的种群动态和分布范围都发生了变化, 使得其防治成为一个跨学科、复杂性强的研究课题。因此, 深入研究美国白蛾的生物学特性、种群动态及其与环境的相互作用, 探索有效的综合防治策略, 具有重要的理论和实际意义。

1 危害特点

1.1 食性杂、食量大

美国白蛾的食性广泛是其为害的重要特点。其幼虫在孵化后, 通常会集中在树木的叶片上进行大规模的啃食^[2]。白蛾幼虫喜欢食用糖槭、臭椿、山楂、杏、桑、核桃楸、花曲柳、水曲柳、榆、柳、杨等多种树木的叶片, 这些树种在害虫孳生季节成为了它们的主要食物来源。因此, 在白蛾数量大量增加时, 这些树木往往会出现大面积的叶片

被啃食现象, 严重影响了树木的生长和健康。当幼虫进入、四、五龄后, 食量骤然增大, 进入暴食期, 导致它们在短时间内能够对树木和农田内的植被造成严重影响。特别是在虫灾暴发期间, 成群的白蛾幼虫能够迅速形成大规模的食害区域, 对林木的叶片进行大规模的啃食, 严重损害了森林的生态平衡和植被的稳定性。这种高密度、高速度的食害行为不仅令人震惊, 而且对当地的生态环境和农业经济造成了严重的经济损失。此外, 美国白蛾具有很强的生存力和繁殖力, 能够适应各种环境条件并在不同季节内进行有效的扩散。

1.2 繁殖力强

美国白蛾的繁殖量惊人, 一般每年发生 2 代, 有的地区一年发生 3 代, 每头成虫的产卵量在 500—800 粒之间, 而且卵的孵化率也很高, 一般在 95% 以上。在适宜的温度和光照条件下, 白蛾能够快速繁殖并形成大规模的虫灾, 这使得其成为了森林和农田中一种难以控制的生物入侵问题。

1.3 危害大、传播途径广

美国白蛾的危害范围广泛且影响深远。这种害虫的幼虫主要以树木的叶片为食, 对糖槭、臭椿、山楂、杏、桑、核桃楸、花曲柳、水曲柳、榆、柳、杨等多种树种都具有

较强的食害能力。在虫灾期间,大量的白蛾幼虫能够迅速形成食害区域,对森林和农田内的植被造成广泛且持续的破坏。这种大面积的食害不仅影响了植物的正常生长和发育,还可能导致森林生态系统的恶化,降低土地的生产力和经济价值,对当地生态环境和社会经济造成严重影响。同时,美国白蛾的传播途径异常广泛,使得它能够在短时间内迅速扩散和造成大规模危害。这种害虫主要通过飞行、风力传播、人为运输等方式进行传播。在其生命周期中,成虫能够通过飞行在广泛的区域内传播,特别是在繁殖季节或食害高峰期,成群的白蛾能够迅速扩散到周围的森林和农田中。此外,白蛾的成虫或幼虫可能附着在货物、车辆、工具等物品表面,通过人为活动传播到新的地理区域,进一步扩大了其分布范围和影响力。

美国白蛾的危害不仅限于对植物的直接取食危害,还会引发间接的生态问题 and 经济损失。例如,大规模的树木叶片被啃食后,会导致森林植被的稳定性减弱,进而影响土壤保持能力和水源涵养功能,对生态系统的稳定和恢复造成挑战,需要长期的生态修复工作和经济投入。此外,还会影响到依赖于森林资源进行经济的活动,如木材采伐、旅游业等,美国白蛾虫害的大规模发生会直接影响当地的经济发展和 社会稳定。

2 综合防治措施

2.1 人工物理防控

2.1.1 剪除网幕

剪除网幕是一种常见且有效的人工物理防控方法,结合虫情普查进行,于两代美国白蛾幼虫期在村屯、街道安排专人往复循环式查找网幕,一经发现立即剪除,然后集中处理,烧毁或深埋。此法只限于3龄之前,且为一代最佳。因一代网幕多发生在一些低矮的树木上,并且网幕多集中在树干外缘下部,易发现便于施工。此法相对于其它防治措施效果最好,既经济又无污染,只是有时间限制,必须把握时机。这种方法特别适用于需要保护的重要经济作物和森林资源,如园林风景区、自然保护区、公园、高价值的木材林、果园和庄稼地等^[3]。

2.1.2 围草诱蛹

当幼虫进入老熟期后,便开始沿着树干爬下,寻找化蛹场所。利用美国白蛾的这一习性,此时可在树干基部用稻草或草帘围成一圈捆扎上,然后隔4—5天把草把或草帘打开,收集虫蛹,(注意收集的虫蛹要及时妥善处理)然后再捆上草把或草帘继续利用,直至化蛹结束。此方法可以有效地消灭大量的虫口基数,有效减轻来年美国白蛾的发生量和危害程度。

2.1.3 太阳能杀虫灯诱杀

太阳能杀虫灯诱杀是通过利用光学原理和昆虫的生物学特性,有效吸引并消灭美国白蛾等害虫,具有显著的

应用潜力和环保优势^[4]。首先,太阳能杀虫灯的基本原理是利用特定波长的光源来吸引和诱捕害虫。这些光源通常包括紫外线和特定波长的LED灯,这些波长恰好能够吸引白蛾等害虫成虫的视觉感知。白蛾成虫具有较强的光触感和视觉导航能力,在夜间或黄昏时分特别活跃。因此,设置太阳能杀虫灯在这些时间段和地点,能够有效地吸引并集中白蛾成虫,从而减少它们对周围植被的飞行和产卵。其次,太阳能杀虫灯的可持续性和环保性使其成为当前生态防控中的重要选择。相比传统的化学农药和杀虫剂,太阳能杀虫灯不会对环境和生态系统造成长期的污染和危害。它利用太阳能或低功耗LED灯作为能源,不需要外部电源供应,因此具有能源消耗低、操作成本低的优势,不仅符合现代农林业生产中 对环保和可持续发展的要求,也有效降低了农林业生产中的化学农药残留和环境污染风险。最后,太阳能杀虫灯的实施可以根据不同的场地和环境条件进行灵活调整和优化。例如,在果园或农田周围设置太阳能杀虫灯,能够有效地控制白蛾成虫的数量,并减少它们对果树或作物的直接飞行和产卵。这种针对性的防治措施不仅能够保护农林作物的生长和发育,还能提高农林产品的质量和市场竞争力。

2.2 生物防治

2.2.1 林区释放白蛾天敌

生物防治是指利用天然的天敌或竞争种来控制害虫种群,林区释放白蛾天敌作为其中的一种生物防治策略,针对美国白蛾等害虫,展现了其独特的优势和应用潜力^[5]。第一,林区释放白蛾天敌的基本原理是通过引入白蛾的天敌来控制其种群密度,如寄生蜂、捕食性昆虫和鸟类中的周氏啮小蜂、异色瓢虫、灰喜鹊等,这些天敌能够有效地捕食白蛾幼虫、蛹或成虫,从而减少其数量和对植被的食害。在生物防治的实施中,通过科学调查和分析,选择适宜的天敌种类,并在受害区域进行释放,以实现对白蛾种群的定向控制。例如,我地区利用周氏啮小蜂防治美国白蛾,在两代幼虫4、5龄时放蜂,用于寄生美国白蛾虫蛹,取得了明显的防治效果,已成为我地区防治美国白蛾的重要手段。第二,林区释放白蛾天敌具有显著的环保和生态安全性。与化学农药不同,生物防治不会对环境造成持久性污染和生态系统的破坏。释放的天敌种类通常经过严格的筛选和安全性评估,确保其对非目标物种和环境的影响最小化,尤其适用于需要保护自然生态系统和野生动植物的环境,如公园、自然保护区和生态敏感地区等。第三,林区释放白蛾天敌能够在自然环境中建立有效的生物控制系统。一旦释放的天敌适应并建立起在目标区域的种群,它们会与白蛾等害虫形成一种动态平衡,有助于减少对人为干预的依赖,并在长期内保持较稳定的害虫控制效果,从而降低农业和森林管理

中的经济成本和环境风险。

2.2.2 喷洒生物农药

喷洒生物农药作为生物防治的一种重要手段,针对美国白蛾等害虫,展现了其独特的效果和应用优势。首先,生物农药是指从天然材料中提取的或经过微生物发酵产生的农药,其主要活性成分对目标害虫有特异性,不会对非目标生物和环境造成长期的污染和危害。与化学农药相比,生物农药具有更好的环保性和生态安全性,可以在减少对生态系统影响的同时有效控制害虫种群的增长。其次,喷洒生物农药的作用机制多样,通常包括直接接触毒性、消化道毒性和生长调节等方式。这些农药可以通过喷洒或喷雾的方式覆盖植物表面或土壤,并在害虫接触或摄食后发挥杀虫作用。如细菌类苏云金杆菌、病毒类核型多角体病毒、昆虫生长调节剂药剂类灭幼脲,这些生物农药能够有效地感染和杀死白蛾的幼虫或成虫,从而阻断其生命周期并减少其对植被的食害。例如,我地区利用灭幼脲 3号喷雾防治美国白蛾幼虫,杀虫效果较为理想,一般4~7天见效,残效期可达20~30天,不伤害天敌,不污染环境,对人畜也较为安全,是我地区药剂喷雾防治美国白蛾幼虫的常规药剂。最后,喷洒生物农药的选择和使用需要充分考虑害虫的生物学特性、环境因素和农作物的敏感性。在实际应用中,根据白蛾的活动季节和生物循环,选择合适的生物农药进行喷洒,以达到最佳的防治效果和经济效益。此外,生物农药的使用还可以与其他生物防治措施结合,如释放天敌或改良栽培技术,以进一步提高害虫控制的效果和持久性。

2.3 化学防治

化学防治一般在美国白蛾幼虫大规模或严重发生的情况下使用。喷雾防治作为化学防治的主要手段,涉及到多种化学药剂的使用,旨在迅速有效控制和减少美国白蛾的种群密度,从而减轻其对植被和农作物的危害。其一,选择合适的药剂是喷药防治的首要考虑因素。针对美国白蛾,常用的化学药剂有菊酯类,如敌杀死、速灭杀丁;有机磷类,如敌百虫、敌马合剂、杀螟松、辛硫磷等,这些药剂一般以触杀和胃毒作用为主,具有快速杀虫、毒力强等特点,尤其对鳞翅目幼虫杀伤力大,适用于美国白蛾幼虫大量暴发时的防治。其二,喷药防治的实施需要考虑到美国白蛾的生活习性和生命周期。通常在美国白蛾幼虫孵化初期或成虫飞行高峰期进行喷药,以确保药剂能够有效接触到虫害对象,达到最佳的防治效果。此外,喷药的时机选择也需结合气象条件,避免在强风或雨天喷洒,以确保药剂能够均匀覆盖目标区域并有效吸收。其三,喷药防治中的药剂浓度和喷洒技术是影响防治效果的重要因素。药剂的浓度应根据虫害程度、目标作物或植被的敏感性和生长阶段等因素进行科学调配,避免浓度过高造成环

境污染或作物损伤,也避免浓度过低无法达到预期的防治效果。喷洒技术应选择适合的喷雾设备和喷雾方式,确保药剂能够均匀、覆盖面广地喷洒到目标区域,提高药剂利用率和防治效果。其四,在选择和使用化学药剂时,必须严格按照相关法律法规和安全操作规程进行操作,避免对环境和人体健康造成不良影响。同时,必须在喷药后进行药剂残留的监测和评估,确保不会对非目标生物造成意外损害或生态系统的长期影响。

2.4 检疫封锁

美国白蛾的自然传播主要是以成虫飞翔、幼虫爬行而实现的,美国白蛾的飞翔能力虽然弱,但仍具有一定的飞翔能力,可借风力把成虫吹到较远的地方^[6]。美国白蛾的远距离传播主要靠人为传播的,现今社会商业经济活动频繁,各种车辆、船舶、货物的移动运输都可以传播疫情。美国白蛾向外传播有如下特点。其一,一年四季向外传播,但以7、8、9三个月为传播盛季,这段时间为两代美国白蛾交替发生和扩散的为害盛期。其二,凡是向外运输的各种物资都可以携带美国白蛾,但以木材、果品、草制品及其包装物为多。其三,各种车辆和船只都可以携带美国白蛾,以货车和货船较多,特别是超高装载的货车携带的可能性更大。其四,美国白蛾的成虫、卵、幼虫、蛹都能随运输工具传播,尤其是5~6龄分散期为害的幼虫和蛹传播的机会更多。美国白蛾总的看来是自然传播力相对较弱,主要是靠人为条件而传播的一种检疫性害虫,采取检疫措施可以有效地阻止美国白蛾的传播蔓延。凡疫区内生产的林木种子、苗木、木材、果品、花卉及其它繁殖材料,都应严格检疫,证明确实不带美国白蛾后方可外运。疫区采伐的行道树、防护林、公园及村屯的树木,采伐后不准存入贮木场,外运时必须剥皮或药物处理。疫区生产的阔叶原木、农林副产品、植物性包装物、工业产品的铺垫物和填充物及装载上述物品的运输工具在调离产地前都要进行严格检疫,必要时进行药物处理,确认无疫情,方可外运。通过采取以上各种检疫措施,可以从源头上控制美国白蛾向外扩展蔓延进行危害。等同于开展了防治,进而达到防治的目的。

3 结束语

美国白蛾的防治是一项复杂而长期的工作,需要政府、科研机构、农林部门及社会各界的共同努力。通过综合应用人工物理防控、生物防治、化学防治和检疫封锁措施等多种手段,可以有效降低美国白蛾对生态环境和经济的危害,保障农业和林业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]王永兰.美国白蛾在意杨上的危害及综合防治措施浅析[J].农业灾害研究,2022,12(9):1-3.
- [2]贾红梅,张宏杰,张旭.美国白蛾发生危害特点及综合

防控措施[J]. 果树资源学报, 2022, 3(2): 60-62.

[3] 卞显友. 美国白蛾危害、监测及防治技术[J]. 乡村科技, 2022, 13(4): 110-112.

[4] 罗帅. 美国白蛾综合防控技术[J]. 林业与生态, 2021(9): 38-39.

[5] 惠若男, 张欣宇. 美国白蛾的发生规律及综合防治措施

浅析[J]. 南方农业, 2021, 15(2): 58-59.

[6] 王助鹏. 美国白蛾综合防治技术[J]. 辽宁科学技术出版社, 1995, 8(4): 64-67.

作者简介: 李伟 (1970.7—), 男, 辽宁人, 汉族, 林业高级工程师, 就职于辽阳县林业草原事务服务中心, 从事林业有害生物防治相关工作。

基层畜牧兽医公共服务体系建设存在的问题及应对措

范永红

灯塔市农业综合行政执法队, 辽宁 辽阳 111300

[摘要]基层畜牧兽医公共服务体系是我国畜牧业健康发展的重要保障,关系到农民增收、农村经济发展和食品安全。近年来,我国畜牧业取得了长足进步,但基层畜牧兽医公共服务体系仍存在一些问,制约了畜牧业的进一步发展。因此,加强基层畜牧兽医公共服务体系建设已成为当务之急。文中旨在分析我国基层畜牧兽医公共服务体系建设存在的问题,并探讨相应的应对措施。文章首先概述了基层畜牧兽医公共服务体系的重要性,随后分析了当前体系建设中存在的问题,最后提出了解决问题的具体措施。

[关键词]基层畜牧兽医; 公共服务体系; 问题; 应对措施

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14029

中图分类号: S851.6

文献标识码: A

Problems and Countermeasures in the Construction of Grassroots Livestock and Veterinary Public Service System

FAN Yonghong

Dengta City Agricultural Comprehensive Administrative Law Enforcement Team, Liaoyang, Liaoning, 111300, China

Abstract: The grassroots animal husbandry and veterinary public service system is an important guarantee for the healthy development of Chinese animal husbandry industry, which is related to increasing farmers' income, rural economic development, and food safety. In recent years, Chinese animal husbandry industry has made significant progress, but there are still some problems in the grassroots animal husbandry and veterinary public service system, which restrict the further development of animal husbandry. Therefore, strengthening the construction of grassroots animal husbandry and veterinary public service system has become an urgent task. The purpose of this article is to analyze the problems in the construction of Chinese grassroots animal husbandry and veterinary public service system, and explore corresponding countermeasures. The article first outlines the importance of the grassroots animal husbandry and veterinary public service system, then analyzes the problems existing in the current system construction, and finally proposes specific measures to solve the problems.

Keywords: grassroots animal husbandry and veterinary medicine; public service system; problems; countermeasures

引言

近年来,我国畜牧业发展迅速,已成为农业的重要组成部分。然而,基层畜牧兽医公共服务体系在发展过程中仍然存在一些问题,如基础设施薄弱、专业技术人才缺乏、服务水平低等。这些问题严重影响了畜牧业的可持续发展。因此,本文对我国基层畜牧兽医公共服务体系建设存在的问题进行了分析,并提出了相应的应对措施。

1 基层畜牧兽医公共服务体系建设的重要性

基层畜牧兽医公共服务体系建设对于促进畜牧业的健康发展、保障人民群众的食品安全以及提高农村经济的整体水平具有重要意义。在我国,畜牧业是农业的重要组成部分,也是农村经济的支柱产业。然而,长期以来,我国基层畜牧兽医公共服务体系存在一些问题,如基础设施落后、技术水平低下、服务水平不高等问题严重制约畜牧业的健康发展。

1.1 促进畜牧业的健康发展

长期以来,我国基层畜牧兽医公共服务体系存在一些问题,如基础设施落后、技术水平低下、服务水平低等问题严重制约了畜牧业的健康发展。因此,加强基层畜牧兽

医公共服务体系建设,提高畜牧业的生产水平和产品质量,是推动畜牧业转型升级、实现可持续发展的关键。

1.2 保障人民群众的食品安全

食品安全是人民群众关心的重要问题,而畜牧业是食品安全的重要来源,基层畜牧兽医公共服务体系建设的加强,有利于提高畜牧业的生产水平和产品质量,降低食品安全风险,保障人民群众的饮食安全。

1.3 提高农村经济的整体水平

农村经济的健康发展需要依靠农业产业的支撑,而畜牧业作为农业的重要组成部分,对于提高农村经济的整体水平具有重要作用。加强基层畜牧兽医公共服务体系建设,以促进畜牧业的生产发展和农民增收,进而推动农村经济的全面发展。

2 基层畜牧兽医公共服务体系建设存在的问题

2.1 基础设施薄弱

许多基层畜牧兽医站设施简陋,缺乏必要的诊断、检测和防疫设备。这使得基层畜牧兽医站在面对动物疾病时,难以做出准确的诊断和有效的治疗,也无法及时进行疫情

监测和预防,从而导致疫情的扩散和畜牧业损失的增加。例如,一些偏远的农村地区,畜牧兽医站甚至没有基本的体温计和显微镜等诊断工具,只能依靠经验判断动物疾病,该做法既不准确也不科学。

当前我国基层畜牧兽医公共服务体系的基础设施建设普遍存在薄弱环节。首先,基层畜牧兽医站点的设置不够合理,部分站点位置偏远,难以覆盖到养殖户。其次,基层畜牧兽医站点的人员配置不足,专业技能水平参差不齐,难以满足日益增长的养殖业需求。再次,基层畜牧兽医站点的设施设备落后,缺乏必要的诊断和治疗工具,导致疾病诊断不准确,治疗效果不佳。

基层畜牧兽医公共服务体系基础设施薄弱的问题表现在多个方面。一是对养殖户的服务不到位,难以及时提供技术指导和疫病防治服务,影响了养殖户的生产效益;二是对畜牧业的监管不力,难以有效防控重大动物疫情,保障畜牧业生产安全;三是对兽药和饲料市场的监管不到位,导致假冒伪劣产品泛滥,危害了动物和人类的健康。

2.2 人才短缺

长期以来,我国基层畜牧兽医人才队伍存在学历偏低、专业素质不高、知识结构单一等问题情况导致基层畜牧兽医人员在面对新型畜牧兽医技术、疫病防控等方面能力有限,难以满足现代畜牧业的发展需求。此外,基层畜牧兽医人员的工作条件相对较差,待遇较低,难以吸引和留住优秀人才,进一步加剧了人才短缺的问题。

在我国,基层畜牧兽医公共服务体系建设经费主要来源于政府财政拨款,然而,由于种种原因,经费往往不足以支撑基层畜牧兽医服务机构正常运转。经费不足导致基层畜牧兽医服务机构在设施设备、防疫药品、科研培训等方面投入有限,严重影响了基层畜牧兽医服务能力的提升。在我国,基层畜牧兽医服务机构大多属于地方政府管理,而在实际工作中,往往存在管理体制不顺畅、权责不明确、工作流程不规范等问题,导致基层畜牧兽医服务机构在应对畜牧业发展需求和疫病防控等方面效率低下,难以发挥出应有的作用。

2.3 服务内容单一

基层畜牧兽医服务内容过于单一,主要集中在动物疫病防治,忽视了其他方面的服务,如养殖技术指导、饲料营养咨询。大部分服务仅限于动物疫病防治、疫苗接种等基础性工作,而对于养殖技术指导、疫病检测、市场信息提供等增值性服务涉及较少。这使得服务体系在应对日益复杂的养殖业发展需求时显得力不从心。一方面,单一的服务内容难以满足养殖户在疫病防控、繁殖技术、饲养管理等方面的多元化需求;另一方面,服务体系自身也因缺乏拓展性服务而难以实现可持续发展。

2.4 政策支持欠缺

在当前的基层畜牧兽医公共服务体系建设中,政策支持的重要性不容忽视。然而,现实中政策支持的不足已经成

为制约基层畜牧兽医公共服务体系建设发展的主要因素。

2.4.1 在资金投入方面

尽管政府对畜牧业的重视程度不断提高,但在基层畜牧兽医公共服务体系建设的资金投入上,仍然存在明显的不足,从而导致基层畜牧兽医公共服务体系在硬件设施、技术装备、人员培训等方面的滞后,进而影响基层畜牧兽医公共服务体系的服务质量和效率。

2.4.2 在政策法规方面

虽然我国已经制定了一系列涉及畜牧业的法律法规,但在基层畜牧兽医公共服务体系建设方面,相关法规政策仍然不够完善,导致基层畜牧兽医公共服务体系建设在实施过程中,面临着诸多法律风险和政策障碍,影响建设的顺利进行。

2.4.3 在政策落实与创新方面

基层畜牧兽医公共服务体系建设涉及多个部门和环节,政策落实难度较大。在一些地区,相关部门对畜牧兽医公共服务体系建设的重要性认识不足,导致政策执行力度不够,影响建设的进展和效果。此外,在政策创新方面,随着畜牧业的发展和市场需求的变化,基层畜牧兽医公共服务体系建设亟待政策创新。然而,当前的政策体系尚不能完全满足基层畜牧兽医公共服务体系建设的需求,需要在政策制定和实施过程中,不断调整和创新,以适应新的发展形势。

3 基层畜牧兽医公共服务体系建设的应对措施

3.1 加大投入力度

在基层畜牧兽医公共服务体系建设中,加大投入力度是关键一步。政府应当充分认识到这一体系建设的重要性,并相应地增加资金投入。这些资金将主要用于改善基础设施,包括兽医实验室、诊所、防疫站等的建设与升级,确保其能够满足现代化的畜牧业发展需求。此外,购置必要的诊断、检测和防疫设备也是资金投入的重要方向。这些设备能够帮助兽医人员及时准确地诊断动物疾病,有效控制和预防疫情的蔓延,从而保障畜牧业的健康发展。此外,政府还应加大对兽医服务机构的扶持力度。基层畜牧兽医服务机构是公共服务体系的重要组成部分,承担着为广大养殖户提供兽医服务的重要任务。然而,由于种种原因,一些兽医服务机构面临着运营困难,影响服务体系的整体效能。因此,政府应当通过优化政策环境方式,加强对兽医服务机构的扶持,确保其正常运转。

3.2 加强人才培养

3.2.1 完善人才培养机制

建立完善的基层畜牧兽医人才培养体系,包括专业课程设置、实践操作培训、技能鉴定等环节。通过与高校、科研院所合作,培养具备扎实理论知识和丰富实践经验的高素质畜牧兽医人才。

3.2.2 加大人才培养投入

政府应加大对基层畜牧兽医人才培养的财政支持力度,确保人才培养经费充足。同时,鼓励企业、社会组织参与基

层畜牧兽医人才培养，共同为畜牧业发展提供人才支持。

3.2.3 加强实践锻炼

通过安排基层畜牧兽医人员在养殖场、饲料厂、兽药厂等地实习，提高人员的实践操作能力。同时，鼓励基层畜牧兽医人员参加各类技能竞赛，提升自身业务水平。

3.2.4 强化继续教育

定期组织基层畜牧兽医人员进行专业培训，使他们掌握最新的畜牧兽医技术和管理知识。同时，鼓励基层畜牧兽医人员自主学习，不断提升自身素质。

3.2.5 优化人才队伍结构

加强基层畜牧兽医人才队伍建设，注重培养具备创新能力、管理能力、协调能力的人才。适当提高基层畜牧兽医人员待遇，吸引更多优秀人才投身畜牧兽医事业。

通过以上措施，提高基层畜牧兽医人才的专业素质，确保人才队伍的稳定性，为我国畜牧业的发展提供有力保障。同时，也有利于推动基层畜牧兽医公共服务体系的建设，提高畜牧兽医服务质量，保障动物疫病防控和畜产品质量安全，促进畜牧业可持续发展。

3.3 丰富服务内容

在我国畜牧业快速发展的背景下，疫病防治依然是服务体系的核心，然而，养殖技术的缺乏、饲料营养的不合理等问题同样关系到畜牧业的可持续发展。

首先，兽医人员应定期对畜禽进行疫情监测，及时发现和处理疫情，防止疫病扩散。此外，还要加强对疫病的预防和控制，通过科学合理的免疫程序，提高畜禽的免疫力，降低疫病的发生率。其次，养殖技术指导是提升畜牧业生产效率。基层畜牧兽医服务体系应提供养殖技术培训，帮助养殖户掌握先进的养殖技术和管理方法，提高养殖效益。此外，还应根据不同地区的实际情况，提供针对性的技术指导，以满足养殖户的多样化需求。饲料营养咨询是保障畜牧业产品质量的关键。基层畜牧兽医服务体系应提供饲料营养指导，帮助养殖户合理搭配饲料，确保畜禽营养均衡，提高产品质量。此外，还应加强对饲料市场的监管，确保饲料产品质量安全，防止饲料中毒等问题的发生。此外，通过提供繁殖技术服务，帮助养殖户解决繁殖过程中的问题，提高繁殖效率。同时，还应加强品种改良工作，推广优质品种，提高畜牧业的生产效益。最后，环境保护和粪污资源化利用。在畜牧业生产过程中，会产生大量的粪便和污水，如果不进行妥善处理，将对环境造成严重污染。因此，基层畜牧兽医服务体系应提供环境保护和粪污资源化利用的技术指导，帮助养殖户实现可持续发展。

总之，基层畜牧兽医公共服务体系建设应丰富服务内容，拓展服务领域，从疫病防治到养殖技术指导、饲料营养咨询，以及环境保护和粪污资源化利用等多个方面，全方位满足畜牧业发展的需求。

3.4 完善政策支持

在基层畜牧兽医公共服务体系建设中，政府应制定和完善相关政策，鼓励和引导社会资本参与，加大政策支持力度。首先，政府可以设立专项资金，用于支持基层畜牧兽医公共服务体系建设。这些资金可以用于建设畜牧兽医实验室、购买先进的检测设备、培训基层畜牧兽医人员等。其次，政府可以给予税收优惠政策，鼓励企业和个人投资畜牧兽医产业。对于投资规模大、效益好的项目，政府可以给予一定的财政补贴。此外，政府还可以制定一系列扶持政策，如贷款贴息、土地使用权优惠等，以吸引更多的社会资本投入基层畜牧兽医公共服务体系建设。在完善政策支持的同时，还需要加强基层畜牧兽医队伍建设。政府应加大对基层畜牧兽医人员的培训力度，提高他们的业务素质和专业技能。培训内容可以包括最新的畜牧兽医知识、疫病防控技术、畜牧业生产管理等。此外，政府还应为基层畜牧兽医人员提供一定的待遇保障，吸引更多的人才投身基层畜牧兽医工作。此外，政府应鼓励和支持各地建立畜牧兽医服务站点，提供便捷、高效的服务，服务站点可以提供疫病防控、繁殖技术指导、饲料营养咨询等服务，帮助养殖户解决实际问题。同时，政府还应推动畜牧兽医科研与生产相结合，促进科技成果的转化应用。通过引进新技术、新品种，提高畜牧业的产量和质量。

4 结束语

基层畜牧兽医公共服务体系建设是我国畜牧业健康发展的重要保障。当前，体系建设存在基础设施薄弱、人才短缺、服务内容单一、政策支持不足和信息化水平低等问题。为解决这些问题，政府应加大投入力度、加强人才培养、丰富服务内容、完善政策支持和推进信息化建设。通过这些措施，有望提高基层畜牧兽医公共服务体系的建设水平，为我国畜牧业的持续发展提供有力支持。

[参考文献]

- [1]刘校君.农村畜牧兽医公共服务体系建设探讨[J].中兽医学杂志,2023(10):61-63.
 - [2]孙连臣.农村畜牧兽医公共服务体系建设存在问题及措施[J].畜牧兽医科学(电子版),2022(9):152-153.
 - [3]贺方竹.农村畜牧兽医公共服务体系建设存在问题及优化措施[J].畜牧兽医科学(电子版),2021(20):108-109.
 - [4]周丽伟,张振国.加强基层畜牧兽医公共服务体系建设的思考[J].猪业观察,2021(2):47-48.
 - [5]李向光,刘成良.农村(基层)畜牧兽医公共服务体系建设[J].畜牧兽医科学(电子版),2021(3):162-163.
- 作者简介：范永红(1974.10—)，女，辽宁人，汉族，高级兽医，就职于灯塔市农业综合行政执法队，从事畜牧兽医相关工作。

建设项目环评服务与排污许可管理研究

王小刚

河北浩达环保技术服务有限公司, 河北 保定 071000

[摘要] 随着经济的快速发展, 建设项目的环境影响日益受到关注, 环境影响评价 (EIA) 和排污许可管理作为环境管理的重要工具, 在实现可持续发展目标中发挥着至关重要的作用。文章探讨了排污许可管理领域所遭遇的若干难题, 诸如审批效率低下、监管宽松及执法力度薄弱等, 综合了国内外的先进实践, 针对环境评估服务和排污许可管理提出了具体的改善策略。这些建议涵盖了法规体系的优化、数据质量的提升、公众参与的增强、审批效率的提高以及监管执法的强化等方面, 旨在为建设项目提供科学有效的环境管理支持, 并促进环境保护与经济同步进步。

[关键词] 建设项目; 环境影响评价 (EIA); 排污许可管理; 环境保护

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14026

中图分类号: X820.3

文献标识码: A

Research on Environmental Impact Assessment Services and Pollutant Discharge Permit Management for Construction Projects

WANG Xiaogang

Hebei Haoda Environmental Protection Technology Service Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: With the rapid development of the economy, the environmental impact of construction projects has received increasing attention. Environmental impact assessment (EIA) and pollutant discharge permit management, as important tools of environmental management, play a crucial role in achieving sustainable development goals. The article explores several challenges encountered in the field of pollutant discharge permit management, such as low approval efficiency, lax supervision, and weak law enforcement. Based on advanced practices at home and abroad, specific improvement strategies are proposed for environmental assessment services and pollutant discharge permit management. These suggestions cover aspects such as optimizing the regulatory system, improving data quality, enhancing public participation, improving approval efficiency, and strengthening regulatory enforcement, aiming to provide scientific and effective environmental management support for construction projects and promote synchronous progress between environmental protection and economic development.

Keywords: construction projects; environmental impact assessment (EIA); pollutant discharge permit management; environmental protection

引言

在当今社会快速进步的背景下, 作为环境保护领域内的关键手段, 环境影响评价与排污许可管理联合运用, 目标在于抑制及减轻建设活动可能带来的环境负面作用。环境评估服务旨在对开发项目可能引发的环境效应进行预判和评定, 以便辅助决策层制定出合理的环境管理策略; 排污许可管理通过控制和许可污染物排放, 保证企业排污行为满足环境保护标准, 环境问题的日益复杂使得环境影响评价服务及排污许可管理体制遭遇众多考验。文章旨在对建设项目的环境影响评价服务及排污许可进行全面的探讨, 审视现行的管理模式中存在的问题, 进而提出针对性的优化措施, 旨在提升环境管理工作的科学性和效率。

1 建设项目环境影响评价 (EIA) 服务现状

当前建设项目环境影响评价 (EIA) 服务在推动环境保护和可持续发展中扮演着重要角色, 但在实际操作中仍然面临诸多挑战和问题。众多地区中, 对于环境评估服务的评估流程尚未达到统一标准, 这造成了各项目间在评价

准则及程序上的不统一。在一些环境评估机构中, 由于缺乏统一规范, 其评估工作的全面性和准确性可能受损, 进而对评估结论的科学基础和可信度构成挑战。在环境评估服务领域, 数据的精确性和质量问题是显著的挑战, 环境评估的核心环节涉及对潜在环境影响的预测及分析, 其成功与否极大程度取决于数据的精确度^[1]。

在环境评估的实际操作环节, 所采集的数据若因采集方式不标准、设备老化或技术方法有限而缺乏准确性, 乃至遭受人为改动, 则会显著降低评估结论的信赖度。诸多环境影响评估报告在编制过程中, 未能充分吸纳公众反馈, 由此引发了公信力受损与社会认可度下降的问题, 环境评估服务的专业技术能力需急速提升, 以期整体专业水平得到增强。在环境管理领域, 建设项目需接受环境影响评价, 此评价对环境保护至关重要, 然而, 当前评价服务现状需要改进, 这涉及到规范评价流程、提高数据准确性、增强公众参与度以及提升专业水准等多方面措施, 目的是确保环境影响评价工作能科学、公正、有效地进行, 从而在环境保护工作中发挥其应有的作用。

2 排污许可管理现状与挑战

作为一种环境管理的关键手段,排污许可制度的目标在于严格审查和控制污染物的排放,以保证建设项目对环境的影响处于可控范围之内。实践中的排污许可管理遭遇了多种挑战,这些问题的存在对其所追求的有效性及其执行力度产生了影响,许可审批过程中普遍存在的低效率,成为广泛关注的难题。排污许可的获取需多个部门协同作业,审批流程繁琐,企业因而通常需投入大量时间和精力完成该过程。在排污许可的管理领域,监管与执行的不足构成了显著的挑战,尽管排污许可制度规定了严格的污染物排放量控制。实际操作中,受制于人力资源和物质资源的限制,地方环保部门通常难以对所有持证企业执行彻底的日常监督和执法行为,部分公司在取得排放污染物许可后,并未遵循既定规范,反而实施非法排放^[2]。

公开环节的缺陷导致排污信息未能充分对社会和公众开放,从而削弱了其在排污许可管理领域的监督功能。诸多地区的实际执行过程中,法规规定的污染物排放许可信息公开程度不足,导致民众在获取这些信息方面存在障碍,进而影响了他们的知情权和社会监督功能的发挥。现行排污许可的基准与管理策略常常无法与这些新兴状况同步,导致及时应对的挑战,为了确保环境保护目标的实现,排污许可管理在保持其重要性的同时,需要通过简化审批流程、加强监管执法、推动信息公开以及及时更新许可标准等手段进行优化,以提升其效率和执行成效。

3 改进环评服务和排污许可管理的对策建议

3.1 完善法规体系

在我国,尽管环境评价和排放许可已初步受到法律规范,但法规的完整性尚显不足,需要深化改进。为了应对环境问题的演变和社会发展的需求,需对法律法规进行及时的制定与调整,工业化速度的提升,使得环境问题变得更为多变和复杂。为了应对新的环境保护形势,必须对现行法规进行彻底审查和更新,以确保其满足新的环境保护要求,在完善法规体系的过程中,须重视各法规间在和谐性与共通性方面的考量。

为了建立一个系统性和协调性都较强的法规体系,国家的角色显得尤为关键,其需对环境法律法规进行宏观布局,确保各项单独法规之间能够有效衔接并保持一致性。法规的实施力度,对其所期望达到的目标产生直接关联,实际操作中,部分环境管理法规由于执法执行不力及监管疏漏,未能得到充分落实,使得这些法律条文沦为仅有文字而无实效的“空谈”。为了使法规体系更加健全,必须构建一个有效的监督执行机制,并强化对法律法规执行状况的审查评价,以此确保法律得到真正落实。公众的参与行为,是促使法规体系更加健全的关键环节,公众利益的维护与环境保护紧密相关,制定或修订法规时,须征询广大民众的意见,以保证其能真正体现民众的内在需求与

担忧,并且提升法规的透明度及其在公众中的支持度^[3]。

3.2 提升数据质量和分析能力

在环境评估与排污许可管理领域,数据采集、处理及分析过程中暴露出众多不足,诸如数据来源的不可靠性、采集方法的非标准化、分析技术的滞后性,这些缺陷对评估结果的精确度以及管理决策的效力产生了直接负面影响。规范化的数据采集过程,是确保数据质量的根本前提。为了保证环境数据的准确性与可信度,必须采用科学的方法进行严格的数据收集,利用当前最为先进且适合的仪器设备以及技术措施,从而确保所获得数据的真实性、全面性以及可重复性。统一管理系统的构建,旨在实现多种数据源的有序融合,防止信息孤立,从而为深入的数据解析与处理工作奠定稳固基础。

针对环境问题的日益复杂性,传统的分析手段通常不足以适应挑战,先进分析工具,诸如大数据、人工智能和遥感技术,应由环境管理部门积极采纳,拓展数据分析的深度与广度,以便更精确地预测和评价建设项目的环境影响,提升环境影响评估报告的科学性,并且为排污许可的决策制定出更加稳固的参考基础。实时数据和动态监测能力,是提升数据品质与增强分析技术的关键途径。实时监控系统的部署使得环境监管机构能即时获取建设项目在进程中对环境造成的影响,据此进行相应的干预与控制,以防止潜在的环境隐患逐渐累积,或是有可能导致的环境危机的突然爆发。在当前的研究环境中,高质量数据的获取与各部门之间的协同作业紧密相关,这是增强数据分析实力的一个重要因素。为有效应对环境数据的复杂性和多样性,各部门需深化信息交流与合作,携手打造一个具备综合性和跨界特色的数据资源平台,旨在发挥数据的最大价值。在实践过程中,确保对数据的使用权以及共享规则有明确的界定,这对于维护数据的隐私与安全至关重要。为了增强环境保护工作的有效性,必须确保环境评价和排污许可管理活动基于科学、精确且具有预见性的数据,这要求我们在数据搜集、分析技术、实时跟踪以及数据互通等众多环节进行综合考量和优化^[4]。

3.3 加强公众参与和信息公开

为提高建设项目环境影响评价的透明度和公信力,以及加强排污许可管理,公众参与和信息公开是至关重要的行动。广泛的社会公众参与不仅有助于提升决策过程的民主化水平,而且能显著提高环境管理方面的科学性和社会认可度。实际操作过程中,环评效能受到削弱,社会信任度降低,原因在于公众参与度不高及信息公开程度不足。为了此目标,必须强化开放式公民参与机制和政务透明度,在工作层面上进行深化。

更迅速和广泛地发布信息,是公开性的一种体现,它对提高透明度和保障公众知情权至关重要。相关项目在环境影响的评估、排污许可的申请及其审查过程中,应将报

告、申请、意见等关键信息，及时向公众披露，保障透明度的实现，信息的公开披露，既增进了公众对相关事项的认知，又为他们的积极参与提供了前提条件。为了使信息触达更广泛的公众，应当利用包括政府网站、社交媒体在内的现代信息技术手段，拓宽信息传播渠道，确保便捷快速地获取相关信息。关于信息透明化的议题，所涉及的内容需要被浅显易懂地呈现，以免公众遭遇理解障碍，进而影响其参与公共讨论的积极性。为了提升公众参与的效率与质量，必须对相关机制进行深入完善与精细化调整，在现行法律体系中，尽管明确了公众应当参与的程序，实则在操作层面，民众的观点常未能获得应有的重视并得到回应。为了此目标，必须构建一套更加正规化的公众参与体系，涵盖设立意见征询阶段、举办听取公众意见的会议、提供公众咨询等途径，以保障公众在环境影响评估与排放许可决策过程中能够行使其实际的发言权，决策机构在制定最终方案时，应充分考虑并接纳公众所提出的观点与建议，这些反馈构成决策过程中不可或缺的组成部分，并应在成果中明确反映公众的参与作用^[5]。

提升公众参与的品质与成效，同样是至关重要的关键因素，环评和排污许可管理的成效取决于公众参与的质量和深度。为了促进公众对环境保护的理性参与，并提高其在环境影响评价和排污许可过程中的有效参与度，必须开展环境教育与宣传活动。在开展重点项目的环境评价环节，法律明文规定了公众参与的必要性，同时这一过程也是确保决策符合科学原则与合理性标准的关键所在。实施效果的监测与评价，对于公众参与度和信息透明度的提升至关重要，一套完备的监管体系需定期对信息公开的时效性与完整性，以及公众参与的程度和范围进行评估，进而依据评估反馈，持续优化信息公开和公众参与的流程，以保障其在操作层面的实效性。

3.4 提高审批效率和监管力度

项目进展受到审批周期的制约，由于涉及众多部门和繁琐程序，常常导致效率低下，政府需致力于改革审批制度，通过整合审批环节、删减非必要程序以及推行“一窗受理”模式等多种措施，以实现审批流程的进一步简化。借助信息技术，如构建在线审批系统，推进审批流程的数字化，这样能够显著加快审批效率，并降低由人为因素引起的延误现象。建立一套有时间限制的审批完成机制，为每个审批阶段设定明确的时间限制，以提升审批流程的高效性和秩序性。

为了使排污许可和环境影响评估制度得到有效执行，加强监管力度是必不可少的措施，监管审批流程之后的环节在环境保护中扮演着关键角色。但是，监管能力的不足和执行力度不够导致某些企业在取得许可后未能彻底遵循排放规范，违规排放污染物质的行为时有发生。面对该问题，当局需增加监管机构的资源配置，同时提高执法人员的专业水平和数量，以及提供先进的监控工具，从而扩大监管范围并增强监管的精确性。为了强化高风险项目的管控以及企业的合规性，必须构建一个日常监督与突击检查并行的监管体系，此外，对联运审批与监管的协同机制，也应予以完善，以应对当前的监管需求。在审批阶段，相关部门须构建起一个高效的交流搭档机制，以使已识别的环境风险在监管后续阶段能受到应有的关注并得到迅速的应对处理，该协同机制提升了监管工作的针对性与效率，并构建了起始于审批、终止于监管的完整管理循环，有效防止了管理层的分离^[6]。

4 结语

针对建设项目，环评服务的优化与排污许可管理的关键不仅在于技术创新与管理模式改进，而且需要在制度构建及公众参与上实现全方位的提升。建立一个科学化、明晰化、效率化的环境管理系统，为经济进步与生态保护之间的和谐发展提供稳固的基础。

[参考文献]

- [1] 汪洋. 告知承诺制在建设项目环评许可中适用的困境和出路[D]. 云南: 昆明理工大学, 2023.
 - [2] 贝国雄. 浅谈建设单位在建设项目环评中的工作要点——以广东省石化项目环评报告书为例[J]. 广东化工, 2023, 50(3): 156-158.
 - [3] 葛天骄, 徐丹. 建设项目环评服务与排污许可管理研究[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(1): 171-173.
 - [4] 雷衍辉. 建设项目环评公众参与度调查研究[D]. 新疆: 新疆农业大学, 2022.
 - [5] 林碧云. 关于建设项目环评工作和环保竣工验收的思考[J]. 工程技术研究, 2022, 7(18): 126-128.
 - [6] 朱义妮. 行政审批局建设项目环评审批改革研究[D]. 山东: 山东大学, 2021.
- 作者简介: 王小刚 (1986.12—), 毕业院校: 黑龙江生态工程职业学院, 所学专业: 环境监测与治理技术, 现职位: 河北浩达环保技术服务有限公司, 职务: 部门经理, 现职称: 工程师。

矿区废弃地近自然生态修复规划设计探讨

白燕娇

北京世纪农丰土地科技有限公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 随着全球矿业的迅速发展, 矿区废弃地的数量逐年攀升, 这些区域常常面临土壤退化、水体污染及植被稀缺等多种生态问题, 区域生态功能与生物多样性严重受到影响。同时, 水土流失、干旱加剧及生物栖息地的破坏, 也可能由废弃地引发从而形成恶性循环, 传统治理方法往往无法达到预期效果, 因此, 新型生态修复策略的探索显得迫在眉睫。近自然生态修复的核心在于自然生态过程的模仿, 以促进土壤、植被及水体的自我修复, 最终实现生态系统的平衡与稳定。这一方法不仅关注生态恢复的成果, 还重视修复过程的可持续性 with 经济性。通过引入本土植物、改善土壤质量及恢复水体生态等手段, 矿区废弃地的转型与复兴有望有效推动, 为生态环境的恢复提供全新的思路与方法。

[关键词] 近自然; 矿区废弃地; 生态修复; 规划设计

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14017

中图分类号:

文献标识码: A

Discussion on the Planning and Design of Near Natural Ecological Restoration of Abandoned Mining Areas

BAI Yanjiao

Beijing Shiji Nongfeng Land Technology Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: With the rapid development of global mining, the number of abandoned mining areas has been increasing year by year. These areas often face various ecological problems such as soil degradation, water pollution, and vegetation scarcity, which seriously affect the regional ecological functions and biodiversity. At the same time, soil erosion, worsening drought, and destruction of biological habitats may also be triggered by abandoned land, forming a vicious cycle. Traditional management methods often fail to achieve the expected results. Therefore, the exploration of new ecological restoration strategies is urgent. The core of near natural ecological restoration lies in the imitation of natural ecological processes to promote the self repair of soil, vegetation, and water bodies, ultimately achieving the balance and stability of the ecosystem. This method not only focuses on the results of ecological restoration, but also emphasizes the sustainability and economy of the restoration process. By introducing local plants, improving soil quality, and restoring aquatic ecology, the transformation and revitalization of abandoned mining areas are expected to be effectively promoted, providing new ideas and methods for the restoration of the ecological environment.

Keywords: near nature; abandoned mining areas; ecological restoration; planning and design

引言

矿区废弃地的生态修复, 作为当前环境保护与可持续发展中的重要议题愈发起引起关注。随着矿产资源的开发, 许多地区面临因开采造成的生态破坏与环境污染, 周围生态系统的稳定性不仅被削弱, 而且当地居民的生活质量也受到严重影响。因此, 结合生态学原理与地方特色, 采用近自然生态修复方法已被视为改善矿区废弃地环境的有效途径。

1 矿区废弃地生态问题现状分析

矿区废弃地的生态问题体现在多方面的生态退化, 深受长期采矿活动的影响。显著的土地资源破坏使大规模开采导致地表裸露与土壤结构严重受损, 进而使土地难以恢复, 形成大面积的荒漠化与沙化。普遍的水土流失则由矿区地质结构的改变引发, 降低了区域的水资源涵养能力导致生态系统的失衡。植被的破坏同样不可忽视, 土壤因采矿活动而变得贫瘠, 自然恢复变得困难, 生物多样性急剧减少,

自我调节能力随之减弱。随着生态功能的丧失, 空气、土壤与水体的污染问题愈发严重, 不仅威胁到周边居民的生存环境, 也对矿区及其周边地区的可持续发展造成了影响。

2 矿区废弃地近自然生态修复的理论基础与构建原则

2.1 近自然生态修复的概念

近自然生态修复是一种以生态系统自我调节与恢复能力为基础的修复理念, 通过模仿自然生态过程, 最大限度地促进受损区域的自然恢复, 而不是依赖于大量的人为干预或高成本的工程措施。在这过程中, 自然的多样性与复杂性必须得到尊重, 只有通过调整局部的环境条件才能逐步恢复生态平衡, 并形成具备自我维持能力的健康生态系统, 不仅是植被的重建, 土壤、水体以及动物栖息地的恢复也都涵盖在这一方法之中, 生态功能的长期稳定性与可持续性正是该方法的最终目标, 通过充分利用自然的修复力量人工干预得以减少, 生态恢复得以在低成本的前提

下实现高效益,同时区域内的生物多样性和生态韧性也得到了显著提升。

2.2 近自然生态修复的基本原则

近自然生态修复的基本原则包括尊重自然规律、降低人为干预,以及促进生态系统的自我调节与可持续发展。在修复过程中,应模拟自然生态过程,以原有生态系统为基础,关键要素如地形、水系与植被的恢复,使生态系统能够在自然演替中逐步达到稳定。降低人为干预的目标在于尽量避免过度的工程措施,通过利用自然力量引导生态恢复,不仅降低了成本也提升了长期效果的稳定性与自然性。同时,促进生态系统自我调节则涉及重建多样化的生态结构,以增强其对外界干扰的抵抗力,使得生态系统得以自我维持与演化,从而实现可持续发展。

2.3 生态修复的可持续性与自然性

可持续性与自然性是实现长期有效生态修复的关键。可持续性在于修复措施能够长期保持生态效益,并减少对外部资源的依赖,为确保这一目标,当地的自然条件与生物资源应得到充分利用,增强生态系统的自我调节能力,从而促进其自然发展与演化,这不仅有助于恢复生态功能,也有效降低了维护成本。自然性则强调修复过程中应尽量模仿自然生态系统的结构与功能,而不是依赖人为的过度改造。本土物种的引入、自然水文条件的恢复以及自然演替的促进,都是使生态系统逐步实现自我维持的有效手段,从而减少后续人工干预的需求。修复后的生态环境因更符合自然规律且具备更强的韧性,应对未来潜在生态变化与环境压力的能力也大大增强。将可持续性与自然性相结合,生态修复不仅能够实现短期目标,还能够带来长期的生态、经济和社会效益。

3 矿区废弃地近自然生态修复的规划设计要点

3.1 土地功能恢复与利用规划

矿区废弃地的土地功能恢复与利用规划,是近自然生态修复的核心环节,目标在于重新赋予土地生态、生产及生活功能,以实现区域的可持续发展。在规划过程中,依据土地的现状进行合理的功能区划至关重要,需综合考虑生态脆弱性、周边环境的需求以及未来的利用潜力。生态功能的恢复应以植被重建与土壤质量的改善为基础,通过优化地形与水系提升生态系统的自我修复能力,从而确保自然过程的有效恢复。生产功能规划则聚焦于资源的可持续利用,结合当地自然条件选择适宜的农业、林业或旅游产业,以促进经济发展而不破坏生态平衡。生活功能的恢复同样需要重视当地社区的需求,通过绿地、休闲空间及生态景观的设计,提升居民的生活质量。在规划过程中,长期的生态监测与维护亦应被纳入其中,以确保恢复后的土地功能持久有效,进而实现人与自然的和谐共存。

3.2 地形塑造与水系修复设计

在矿区废弃地的近自然生态修复中,地形塑造与水系修复的设计至关重要,目标在于恢复区域自然特征并提升

生态功能。地形塑造的基础是恢复自然地貌,通过分析原有地形特征,设计出符合生态恢复要求的结构,这一过程不仅包括恢复起伏的地形,还应提高土壤的涵养能力,促进雨水的自然渗透与保持,水土流失的减少也因此得以实现。同时,合理设计坡度与沟渠,以引导水流优化水资源的分布,为植被的生长创造更有利条件。水系修复方面,重点在于恢复自然的水文循环,被破坏或干涸的河流、湖泊及湿地需要重新规划与修复,确保水体的流动性与水质优良。增加湿地面积与水体的连通性将有助于提升生物多样性,同时为水鸟及其他水生生物提供栖息地。此外,水系修复应结合水土保持与生态防洪的原则,生态缓冲区的设计有助于减缓洪水冲击,并保护周边的生态环境。

3.3 植被恢复与生物多样性保护

植被恢复与生物多样性保护在矿区废弃地近自然生态修复中占据着至关重要的地位,直接影响着生态系统的稳定性与健康。植被恢复时应优先选择本土植物,这些植物更能适应当地环境,并支持本地生态系统的重建,逐步引入多层次的植物群落将有助于构建丰富的植被结构,提供栖息地及食物链基础,吸引更多动物物种的回归从而完善生态链。在生物多样性保护方面,植被恢复时需关注生态系统内各物种之间的相互作用,建立生态廊道连接不同栖息地,将促进物种迁徙与交流,增强生态系统的韧性。恢复过程中,定期开展生态监测显得至关重要,监测结果将有助于评估植被生长状况与生物多样性的变化,并及时调整恢复策略,以适应不断变化的环境。例如,外来物种的入侵需加以控制,以保护本土物种的生存空间,从而确保生物多样性的长期稳定。

3.4 社会经济与社区参与因素

在矿区废弃地的近自然生态修复中,社会经济因素与社区参与的重要性不可忽视,它们直接影响着修复效果与可持续性。社区的积极参与增强了修复项目的社会认同感,提升了居民的归属感与责任心。在规划与实施过程中,当地居民的意见与建议应被广泛征求,以确保修复措施更符合实际需求,同时体现社区的文化特色,这种参与不仅提高了公众对生态修复的认识,还激发了他们的热情,使其成为推动修复工作的积极力量。经济因素同样扮演着关键角色,生态修复与当地经济发展相结合,能够创造多样化的可持续生计方式,如生态旅游与绿色农业,这不仅为社区提供了经济收益,还有助于改善生态环境。恢复后的绿地可被视为游客的吸引点,从而推动当地旅游业的发展。同时,居民参与植树与养护等生态活动的鼓励,不仅提升了生态意识也为社区创造了额外的就业机会。

4 矿区废弃地近自然生态修复的技术与方法

4.1 植被重建技术

植被重建技术在矿区废弃地的近自然生态修复中占据核心地位,通过科学手段恢复植被覆盖,从而促进生态系统的健康发展。重建的关键在于选择适合当地环境的本

土植物,这些植物通常更能适应土壤条件及气候变化,进而提高其生存率与生长速度。在重建过程中,分层种植的方式可以被采用,以创造多样化的生态空间,支持不同动物的栖息与生物链的形成。施加有机肥料与改善土壤结构,将有效提升土壤的养分含量与水分保持能力,为植物的生长提供良好的基础。在种植后期,适宜的灌溉与病虫害管理措施的实施,确保了植被的健康成长,使其能够抵御外界压力。定期观察植物的生长状况与生态系统变化,使得管理措施能够被及时调整,从而持续优化修复效果。

4.2 土壤改良与治理技术

土壤改良与治理技术在矿区废弃地的近自然生态修复中至关重要,直接影响植被的生长及生态系统的恢复基础。提升土壤的理化性质与生物活性,被视为改良的关键,通过施用有机肥料及土壤改良剂,如堆肥、腐殖质或石灰,土壤的养分含量与酸碱度能够有效改善,这些措施不仅增强了土壤的保水能力,还促进了微生物的活跃从而改善生态环境。对于受污染或盐碱化的土壤,治理措施显得尤为重要^[1]。例如,植物修复技术的应用,通过种植耐盐植物来吸收土壤中的盐分,配合灌溉与排水系统,土壤质量能够逐步改善。同时,采用覆盖作物与轮作的方法,有效减少土壤侵蚀提升土壤肥力,增强其自我修复能力。定期采样与分析将有助于及时了解土壤改良的效果,并根据实际情况进行必要的调整。

4.3 水体生态修复技术

水体生态修复技术在矿区废弃地的生态恢复中发挥着重要作用,旨在改善水质与恢复水生生态系统的健康。自然湿地恢复作为一种有效的水体修复方法,湿地通过自然过滤作用去除水中污染物,同时为多样化的水生生物提供栖息环境,在这一过程中植被的种植显得尤为关键,选择本土水生植物显著增强了水体的自净能力。生物修复技术同样被广泛应用,适宜的微生物或水生生物的引入,有助于促进污染物的降解从而改善水质^[2]。例如,在特定条件下,某些藻类与浮游生物能够吸收水中的重金属及富营养化物质,有效清理水体,水质变化及生态恢复效果的定期监测,可以为后续的管理与调整提供科学依据。综合考虑水体周边环境与流域管理,生态调节措施的采取,如建立生态廊道与缓冲区,可以有效控制水流与污染物的扩散,从源头预防水质恶化。

4.4 生态监测与维护措施

生态监测与维护措施在矿区废弃地的近自然生态修复中发挥着至关重要的作用,确保修复效果的持续性与生态系统的稳定。建立系统化的监测方案,关键在于定期评估植被生长状况、土壤质量、水体指标及生物多样性,结合遥感技术与地面观测,有助于全面了解生态恢复进展及时发现潜在问题。监测数据的分析与反馈机制同样不可或

缺,通过及时分析监测数据修复措施的有效性得以评估,管理策略可根据结果进行调整。例如,若某种植物生长不良,则需考虑改变土壤改良措施或更换适宜的植物品种,这种动态管理方法有助于灵活应对环境变化。定期进行植被养护、病虫害防治及水体清理,促进生态系统的健康发展。此外,社区参与维护活动的鼓励,不仅增强了公众的生态意识,还提升了修复工作的可持续性。

4.5 低成本与自然相结合的技术路径

低成本与自然相结合的技术路径在矿区废弃地的生态修复中提供了一种可持续的解决方案,这种方法强调本地资源与自然过程的利用,从而降低修复成本,同时增强生态系统的自我恢复能力。以本土植物为主进行植被恢复,不仅降低了移植和养护的费用,还能显著提高生物多样性,通过自然选择,适应性强的植物被选中,使其能够更好地应对土壤与气候条件,从而减少长期维护的需求。构建生态系统服务的方式同样值得关注,创造湿地或自然过滤系统,能够有效处理水体污染,避免复杂的人工设施,这种方法利用自然自净能力,既经济又能提升生态功能^[3]。例如,湿地不仅可以吸收污染物,还能提供栖息地,从而形成良好的生态循环。在实施过程中,社区参与的推动被视为降低成本的有效手段。鼓励居民参与植树与养护活动,不仅能减轻人工费用还能够增强社区对生态修复的责任感。

5 结语

在矿区废弃地的近自然生态修复过程中,科学理论与切实可行的技术相结合,推动了生态环境的有效恢复与改善。通过植被重建、土壤改良及水体修复等措施,自然生态系统的功能得以恢复,同时生物多样性也得以提升,生态韧性增强。社会经济因素与社区参与的结合,为修复工作注入了可持续发展的动力。采用低成本与自然相结合的技术路径,使得资源节约与经济、生态双重收益得以实现。这种方法不仅降低了修复成本,还促进了当地社区的积极参与与生态意识的提升,形成了良好的互动关系,为未来的生态修复提供了宝贵的经验与启示。

[参考文献]

- [1]杨刚,宋彤彤,张成梁.西北干旱荒漠区矿区废弃地近自然地形重塑指标体系构建(英文)[J]. Journal of Resources and Ecology, 2023, 14(4): 733-743.
- [2]雷少刚,夏嘉南,卞正富,等.论露天矿区近自然生态修复[J]. 煤炭学报, 2024, 49(4): 2021-2030.
- [3]杨明慧,李珊珊,刘畅.中国自然生态系统修复研究文献综述[J]. 中国林业经济, 2021(3): 41-44.

作者简介:白燕娇(1995.3—),毕业院校:宁夏大学,所学专业:生态学,当前就职单位名称:北京世纪农丰土地科技有限公司,就职单位职务:项目经理,职称级别:中级职称。

桑蚕蛹拓扑材料的磁路仪分析

郭玉清¹ 董杰武² 付东辉³ 许继发¹

1. 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江市 157041

2. 黑龙江省北大荒牧业集团有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150006

3. 牡丹江师范学院, 黑龙江 牡丹江市 157011

[摘要]以生物材料为模板,以多分子、多原子体系为原材料仿生制得模板状存在边缘态、全量子性质的功能、智能生物拓扑材料。生物纳秒材料是利用分子、原子波动周期在纳秒级的波动性,以桑蚕蛹核酸、氨基酸、脂肪酸为模板,以二氧化钛、氧化锌、三氧化二铁、硫酸钙、丙三醇、羧甲基纤维素、去离子水为原材料制得功能、智能生物拓扑、生物纳秒材料胶。生物场起源于系统空间生维,系统空间的维数和拓扑性质发生变化。亚生物场是空间偏移场。各种量子场、星系场属于亚生物场。统一场是时间几何场,属于波动量子空间场。

[关键词]统一场;时间几何场;生维空间;生物场;生物纳秒材料;生物拓扑材料

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14023

中图分类号: O469

文献标识码: A

Magnetic Circuit Analysis of Topological Materials of Silkworm Pupa

GUO Yuqing¹, DONG Jiewu², FU Donghui³, XU Jifa¹

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

2. Heilongjiang Beidahuang Animal Husbandry Group Co., Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150006, China

3. Mudanjiang Normal University, Mudanjiang, Heilongjiang, 157011, China

Abstract: Using biomaterials as templates and multi molecular and multi atomic systems as raw materials, template like functional and intelligent bio topological materials with edge states and full quantum properties are biomimetic synthesized. Biological nanosecond materials utilize the fluctuation period of molecules and atoms at the nanosecond level, using silkworm pupa nucleic acid, amino acids, and fatty acids as templates, and titanium dioxide, zinc oxide, iron oxide, calcium sulfate, glycerol, carboxymethyl cellulose, and deionized water as raw materials to produce functional, intelligent biological topology, and biological nanosecond material adhesive. The origin of biological fields lies in the dimensionality and topological properties of system space, which undergo changes. The sub biological field is a spatial offset field. Various quantum fields and galaxy fields belong to the sub biological field. The unified field is a time geometric field, belonging to the wave quantum space field.

Keywords: unified field; time geometric field; dimensional space; biological field; biological nanosecond materials; biotopological materials

引言

以生物分子为模板仿生合成生物拓扑材料。利用全量子波动周期在纳秒级的波动性合成生物纳秒材料。若干单量子联络、协作形成全量子。记忆、功能、智能材料。可利用拓扑微黑洞、拓扑微白洞。可利用生物拓扑材料功能量子波、拓扑波。

生物场来源于系统空间场生维。系统联络、系统博弈、系统运算、系统生维。系统空间场维数及拓扑性质发生变化。亚生物场是偏移空间场。

全维系统是有整体性的多种空间维数的系统,存在多种空间维数的多种全维系统。

统一场是时间几何场,属于波动量子空间场。存在各种系统空间象,多种信息场联络、协作、弈算生成。

1 生维几何

生维几何是正码空间场、负码空间场联络、弈算,空间场生维。生维空间是由不定数量的各种相互联络的三维

相对保守系统空间生成多维系统空间。各种信息场影响、获得、传递、度量、储存、加工、变化、联络、组合生成系统。

系统中心信息场影响、联络、变化、性质及组合形式发生进化产生系统活点场。全系统是有一定结构、功能、行为、动态的整体系统。分系统是组成全系统的有关联、等级、原则、规律、时序、功能、平衡性的局部系统。共息律是分系统与全系统共息;单系统与复系统共息。单系统是有完整、集中、同构、综合、保守、功能、联系性的单元系统。复系统是由各种不定数量的相互联络、协作的单系统组成复系统。

全维几何是全系统空间活点场维数、性质、结构、功能及组合方式发生变化;各种分系统影响、联络、弈算;全系统活点场偏离平衡态。系统弈算是各种系统间影响、博弈、协作和变化运算。

统一场是时间几何场,属于波动量子空间场。

$T(\theta)$ 时间场 = $Z(\omega)$ 质量场 / $K(\varphi)$ 空间场。

$$c_\gamma = \beta c = 3 \times 10^{14} m / s \text{ 光速值} \quad \tilde{E}_\gamma = \tilde{m} c_\gamma^2 \text{ 光速场质能}$$

$$c_a = \beta c_\gamma = 3 \times 10^{20} m / s \text{ 尖光速值} \quad \tilde{E}_a = \tilde{m} c_a^2 \text{ 尖光速场质能}$$

虚光子: $E_g = E_x E_e / E_p = 0.076 \text{ Mev} \quad \beta = E_w / E_g = 1.01 \times 10^6$

电子中微子: $E_{\nu_e} = E_e / \beta = 5 \times 10^{-7} \text{ Mev} \quad \text{亚电子: } E_{e_i} = E_e / \beta^2 = 5 \times 10^{-13} \text{ Mev}$

正电荷场是顺时间场, 负电荷场是逆时间场。S 极磁场是经空间场, N 极磁场是纬空间场。

利用空间场、时间场、信息量子技术可以实现远程信息交流, 回到过去、向往未来, 虚拟现实星际航行。

迷路规则: 现实系统不存在逆时间精确运动、变化。现实系统不存在逆时间精确系统博弈、运算。自发对称破缺。

2 黎曼猜想:

黎曼把 s 看作为复变数, 引入 $s = \sigma + it$ 的函数。

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-s}, \sigma > 1$$

黎曼猜想是 $\zeta(s)$ 的全体复零点均位于直线 $\text{Re}(s) = 1/2$ 上。

解析延拓到复平面上的欧拉公式:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-s} = \prod_p (1 - p^{-s})^{-1} \quad (1 - \frac{1}{p^s})^{-1} = \frac{p^s}{p^s - 1} \quad s = \sigma + it$$

p 为质数, 为求非平凡零点, 设:

$$p^s = 0$$

$$p^s = e^{s \ln p} = e^{i 2k\pi} = e^{\sigma \ln p - 2k\pi i} [\cos(t \ln p) + i \sin(t \ln p)] [\cos 2k\pi\sigma + i \sin 2k\pi\sigma]$$

(k 为自然数。)

设虚数角度:

$$\cos(it \ln p) + i \sin(it \ln p) = 0 \quad it \ln p = (k\pi + \frac{\pi}{4})i$$

$$\sin(k\pi + \frac{\pi}{4})i = \frac{ai}{\sqrt{b^2 + a^2}} \quad \cos(k\pi + \frac{\pi}{4})i = \frac{b}{\sqrt{b^2 + a^2}}$$

六维复三角形, 这里仅算出能得非平凡复零点的值。

$$[\cos(t \ln p) + i \sin(t \ln p)] [\cos 2k\pi\sigma + i \sin 2k\pi\sigma] = \cos(2k\pi\sigma + t \ln p) + i \sin(2k\pi\sigma + t \ln p)$$

$$(2k\pi\sigma + t \ln p)i = (2k\pi + \frac{\pi}{4})i \quad 2k\pi\sigma = k\pi \quad \sigma = \frac{1}{2}$$

这样, 黎曼 ζ 函数的所有非平凡复数零点都可以表示为:

$$s = \frac{1}{2} + ti$$

虚数角度: γ 对边: ai 邻边: b

$$\text{斜边: } \sqrt{b^2 + (ai)^2} = \sqrt{b^2 - a^2} = d \text{ 遁符} \rightarrow 0$$

$$\sin \gamma i = ai / \sqrt{b^2 - a^2} = ai / d \quad \cos \gamma i = b / \sqrt{b^2 - a^2} = b / d$$

$$s \text{ 玄符} = 1/d \rightarrow \infty$$

3 生维场

多维正码空间系统和与其平衡的多维负码空间系统形成零维空间系统。零维空间系统是各种能量平衡空间系统。零维空间系统是无序空间系统、混沌空间系统, 熵增加热寂系统属于零维空间系统。

多元场有正码时间场、正码空间场、正码质量场、负码时间场、负码空间场、负码质量场。

通符系统 (微观系统) 空间场生维产生基本粒子场; 玄符系统 (宏观系统) 空间场生维产生星系场。系统场生维是系统场偏离了各种能量平衡态。空间场生维是空间场的维数和拓扑性质发生变化。

活眼空间场是空间中心场。由于存在活眼空间生维场, 所以产生了多种系统空间场。

玄符系统活眼空间场生维, 产生各种星系场。各种星象场能够影响人体生物场。星系场与人体场有着同息律的关系。

存在各种星系拓扑空间场。星系活眼空间场生维, 可以产生各种星系生物场。

4 基本粒子生维场

基因环子 (统一场力荷) (时间向量场):

$$M(+1/2) \text{ (子)} = B \quad W(+a/2) \text{ (丑)} = Ba \quad I(+i/2) \text{ (寅)} = Bi \quad S(+u/2) \text{ (卯)} = Bu$$

$$i(-i/2) \text{ (巳)} = bi \quad s(-u/2) \text{ (午)} = bu \quad m(-1/2) \text{ (戌)} = bw \quad (-a/2) \text{ (亥)} = ba$$

$$u = \sqrt{1} \text{ 平方根。} \quad i = -1 \text{ 平方根。} \quad a = +1 \text{ 平方根。} \quad \text{中观符} \sim$$

$$\text{电子 } E = MW \quad e = mw \quad \text{电子中微子 } V = IS \quad v = is \quad \text{质子 } P = MS \quad p = ms \quad \text{中子 } N = IW \quad n = iw$$

$$\Pi = Mw \quad \pi = mW \quad \Pi 0 = Iw \quad \pi 0 = iw$$

$$U = MWIs \quad \mu = mwiS \quad V \mu = ISIs \quad v \mu = isis \quad \Sigma = MSIW$$

$$\sigma = msiW \quad \Sigma 0 = IWIw \quad \sigma 0 = iwiW$$

$$K = MwIw \quad k = mWiW \quad K 0 = IwIw \quad k 0 = iWiW$$

$$T = MWIIss \quad \tau = mwiiSS \quad V \tau = ISIIss \quad v \tau = isiiSS$$

$$\Xi = MSIIww \quad \xi = msiiWW \quad \Xi 0 = IwIIww \quad \xi 0 = iwiiWW$$

$$D = MwIIww \quad d = mWiiWW \quad D 0 = IwIIww \quad d 0 = iWiiWW$$

统一场力荷博弈、运算 = {自旋, 电荷, 弱力荷, 强力荷} 弈符#

$$(+1/2) \# (+a/2) = \{+1/2, -1, +1, 0\}$$

$$(+i/2) \# (+u/2) = \{+1/2, 0, +1, 0\}$$

$$(+1/2) \# (+u/2) = \{+1/2, +1, 0, +1\}$$

$$(+i/2) \# (+a/2) = \{+1/2, 0, 0, +1\}$$

$$(-1/2) \# (-a/2) = \{-1/2, +1, -1, 0\}$$

$$(-i/2) \# (-u/2) = \{-1/2, 0, -1, 0\}$$

$$(-1/2) \# (-u/2) = \{-1/2,$$

$$-1, 0, -1\}$$

$$(-i/2) \# (-a/2) = \{-1/2, 0, 0, -1\}$$

轻子数、重子数、奇异数、粲数、底数、顶数统一于时机数。

空间向量场: 北 b 西 x 中 z 条 t 南 n 东 d 发 f 饼 o

$$\text{磁单极子: } \Gamma b \text{ (自旋} +3/2) = MWM \quad \Gamma x \text{ (} +3/2) = WMW \quad \Gamma z \text{ (} +1/2) = ISi \quad \Gamma t \text{ (} +1/2) = ISs$$

$$\Gamma n \text{ (} -3/2) = mwm \quad \Gamma d \text{ (} -3/2) = wmw \quad \Gamma f \text{ (} -1/2) = isI \quad \Gamma o \text{ (} -1/2) = isS$$

$$\text{光子 } g = \Gamma z \Gamma t \quad \text{暗子 } u = \Gamma f \Gamma o \quad \text{引力子 } y = \Gamma b \Gamma z$$

$y = \Gamma_x \Gamma_t$ 亥子 $x = \Gamma_n \Gamma_f$ $x = \Gamma_d \Gamma_o$
 中间矢量玻色子: $W^+ = \Gamma_b \Gamma_f$ $W^- = \Gamma_n \Gamma_z$ $Z^0 = \Gamma_x \Gamma_o$ $\hat{Z}^0 = \Gamma_d \Gamma_t$
 胶子: $G^+ = \Gamma_b \Gamma_o$ $G^- = \Gamma_n \Gamma_t$ $G^0 = \Gamma_x \Gamma_f$ $\hat{G}^0 = \Gamma_d \Gamma_z$
 希格斯玻色子: $H = \Gamma_b \Gamma_n$ $H = \Gamma_x \Gamma_d$ $\hat{H} = \Gamma_z \Gamma_f$ $\hat{H} = \Gamma_t \Gamma_o$

4.1 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。

$$\text{磁极相互作用力等于悬浮磁体的重力: } \tilde{E} = \frac{A\zeta^2}{d} = mgd。$$

$$\text{磁荷力常数: } A = 2.25 \times 10^9 \text{ 牛顿米/太阴}^2$$

磁荷力单位: 太阴

1 库仑=2 太阴

两块磁体间的垂直距离: $d = 0.04m$

悬浮磁体质量: $m = 0.01$ 千克

标准重力加速度: $g = 9.8m/s^2$

双磁体作用能量: $\tilde{E} = 2.63 \times 10^{10} \text{ Mev}$ 双磁体 Fe_3O_4 分子数: 5.25×10^{22}

Fe_3O_4 分子最外层 2 个单电子发射乙 n 磁环子, 2 个空轨道发射乙 s 磁环子。

$$\text{乙n磁环子: } N_{nm} = 2 \times 5.25 \times 10^{22} = 1.05 \times 10^{23}$$

$$E_{nm} = \tilde{E} / N_{nm} = 2.5 \times 10^{-13} \text{ Mev}$$

$$\text{基因环子: } E_{hc} = E_e / 2 = \beta^2 E_{nm} = 0.25 \text{ Mev}$$

$$E_{hp} = E_p / 2 = 469.14 \text{ Mev}$$

$$E_{h\Omega} = E_{\Omega} / 2 = 836.1 \text{ Mev}$$

$$\text{弱力丁环子: } E_d = E_e / 2\beta^7 = 2.5 \times 10^{-43} \text{ Mev}$$

$$\text{质量引力环子: } E_{hy} = E_d \quad \tilde{E} / E_{hy} = 10^{53}$$

$$\text{光速场动量: } \tilde{E}/c = 1.33 \times 10^{-11} \text{ 千克} \cdot \text{米/秒}$$

$$\text{超光速场动量: } \alpha \tilde{E}/c = 10^{-13} \text{ 千克} \cdot \text{米/秒} \quad \tilde{E}/\beta c = 1.33 \times 10^{-17} \text{ 千克} \cdot \text{米/秒}$$

4.2 生维宇宙模型

光速星系 (例太阳系), 由少数恒星及行星组成。多数光速星系 ($\beta^2 = 10^{12}$) 组成丝超光速星系 (例银河系)。多数丝超光速星系 ($\beta^2 = 10^{12}$) 组成飞超光速星系 (例本奇星系)。

$$\text{光速黑洞: } R_s = \frac{2GM}{c^2} \quad \text{丝超光速拓扑黑洞: } R_\gamma = \frac{2G\beta^2 M}{c_\gamma^2}$$

$$\text{飞超光速拓扑黑洞: } R_f = \frac{2G\beta^4 M}{c_f^2}$$

5 生物场

生物场是生物拓扑生维场。地月系负码空间活点场生维产生地月系生物场。

生物场、智力场起源于活符系统空间场生维:

生物的结构、功能、发生和发展有活符系统空间场生

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活符系统空间场生维规律。

存在星系拓扑生维空间高级生命形式生物场。

仿生学利用拓扑生物系统生维场, 研究和探索生物系统的结构特性、能量转换、信息控制过程, 用来改善现有的和创造新的机械、仪器、建筑构型、工艺过程、自动装置等工程技术系统的一门综合性科学。

智力场起源于信息系统空间场生维。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。

亚生物场是偏移空间场。

象数 $x = \text{实数 } k + \text{虚数 } ik + \text{中键数 } qk + \text{雀数 } ak$

围数 $w = \text{遁数 (微观数)} + \text{中观数} + \text{玄数 (宏观数)}$

基本粒子场来源于遁数场生维。星系场来源于玄数场生维。

亚生物场来源于象数场联络、运算、博弈, 中观数场生维。

6 生物拓扑材料

生物拓扑材料: 拓扑是研究几何图形在一对一的双方连续变换下不变的拓扑性质。全量子是由若干相互联络、协作的单量子自组装成有整体性质、功能的全量子。生物拓扑材料是以生物材料为模板, 以多分子、多原子体系为原材料仿生制得模板状存在边缘态、全量子性质的功能、智能生物拓扑材料。

生物纳秒材料: 多量子链的波动周期在纳秒级。以生物材料为模板利用多分子链、多原子链制得功能、智能生物纳秒材料。分子波、原子波、环子波、量子波、拓扑波。拓扑微黑洞、拓扑微白洞。

生物纳秒材料用于功能分子拓扑波、功能原子拓扑波、功能环子拓扑波、量子波、磁场、红外线, 养生、理疗。

可以通过设计并合成 DNA 链搭建出任意模板, 其中的核苷酸被精心定位, 因此能够与另一链段上与其互补的碱基结合, 创造出能够被折叠成特殊形态的纳米结构。DNA 有互补性, 在相对较长的时间里, 可以在结构个保持稳定和刚性。采用 DNA 链段作为组件, 使得在任意潜在尺度上构建任意形状成为可能, 其结构设计精度可以达到构成 DNA 的核苷酸的水平。

蛋白质亚基之间的精确接口设计, 已经允许构建自组装环状结构、正四面体、正八面体以及开放的二维组装体。蛋白质接口设计也可以被用来构造分别具有 60 个与 120 个亚基的单组分或双组分二十面体组装体。

仿生智能材料是指具有感知环境刺激后, 能够采取一定的措施进行适度响应的材料。存在生物纳秒液晶、纤维、

晶体、陶瓷。

纳秒复合纤维: 纳秒复合纤维是纳米材料与纤维基体复合制务的高分子纳米复合材料。与具有较大微相结构尺寸的传统复合材料相比, 纳秒复合材料具有可调的成分、多样的形态和可控设计的微结构, 通过发挥各组分形态、结构单元的小尺寸效应和界面间的协同效应, 实现对聚合物功能的“剪裁”“组装”和“复合”, 从而赋予纤维特殊功能性并提高了性能。

桑蚕蛹粗蛋白: 16.67%, 粗脂肪: 11.49%, 约含有1%的核酸。

信使 mRNA 是由 DNA 的一条链作为模板转录而来的、携带遗传信息的能指导蛋白质合成的一类单链核糖核酸。

核糖体 rRNA 占总 RNA: 80% 转运 tRNA 占总 RNA: 15% 信使 mRNA 占总 RNA: 5%

桑蚕蛹 DNA 含量: 0.398mg/g mRNA 含量: 0.5*0.398=0.199mg/g

tRNA 含量: 3*0.199=0.597mg/g rRNA 含量: 16*0.199=3.184mg/g

桑蚕蛹纳秒材料胶: 桑蚕蛹去壳内容物 5 克、氧化锌 10 克、丙三醇 10 毫升、淀粉 10 克、去离子水 100 毫升。上述材料混匀, 制得以桑蚕蛹脂肪酸、氨基酸、核酸为模板的纳秒材料胶。

锌原子波长(15°C): $\lambda = 214\text{nm}$ 声速: $v = 3600\text{m/s}$ 波动周期: $\tau = 2\lambda / v = 0.12\text{s}$

场疗法: 功能分子场、功能原子场、功能环子场发射频率场。生物纳秒材料场。磁极频率场。红外线频率场。

蚕丝蛋白的构成: 蚕丝主要是由两条丝素和其覆盖的丝胶两部分组成, 蚕丝由两根单丝组成, 单丝通过丝胶粘接在一起。其余成分主要为蜡质、碳水化合物、色素和灰分等。

蚕丝的组成: 丝素 (70%~80%), 丝胶 (20%~30%), 蜡(0.4%~0.8%), 碳水化合物(1.2%~1.6%), 色素(0.2%), 灰分 (0.7%)。

蚕丝素蛋白除了含有碳、氢、氧、氮元素外, 还含有钾、钙、硅、锶、磷、铁、铜等多种元素, 这些元素与蚕丝素蛋白的性能及蚕吐丝机理等有直接关系。

饱和脂肪酸: 十四脂酸: 0.57% 十六脂酸: 2.3% 十八脂酸: 0.46% 二十脂酸: 0.11%

不饱和脂肪酸: 十六烯酸: 0.23% 十八烯酸: 7.47% 二十烯酸: 0.23%

桑蚕蛹氨基酸的组成和含量:

天门冬氨酸: 1.57% 苏氨酸: 0.63% 丝氨酸: 0.62% 脯氨酸: 0.51% 谷氨酸: 1.67%

甘氨酸: 0.62% 丙氨酸: 0.67% 胱氨酸: 0.17% 缬氨酸: 0.72% 蛋氨酸: 0.55%

异亮氨酸: 0.63% 亮氨酸: 1.01% 酪氨酸: 0.84%

苯丙氨酸: 0.7% 赖氨酸: 0.97%

组氨酸: 0.37% 精氨酸: 0.78%

磁路仪: 铜丝抗磁极, 铁丝磁极(可安装磁极元件)。

磁荷 (Y) 1 太阴=0.5 库仑 磁流 (J) 1 太白=0.5

安培 磁压 (H) 1 荧惑=0.5 伏特

磁阻 (S) 1 辰=1 欧姆 基本磁荷 (虚数电荷)

$a = 3.2 \times 10^{-19}$ 太阴 $\beta = 10^6$

桑蚕蛹拓扑材料: 桑蚕蛹粉 0.8 克, 氧化锌 0.5 克, 三氧化二铁 1 克, 明胶 2 克。

磁流: 0.18 毫太白 磁压: 1.22 荧惑

核苷酸分子量: AMP 5.74×10^{-22} 克 磁荷 4a GMP 6.02×10^{-22} 克 磁荷 6a

CMP 5.34×10^{-22} 克 磁荷 6a UMP 5.35×10^{-22} 克 磁荷 4a

脱氧核苷酸分子量: dAMP 5.74×10^{-22} 克 磁荷 4a dGMP 5.75×10^{-22} 克 磁荷 6a

dCMP 5.07×10^{-22} 克 磁荷 6a dUMP 5.33×10^{-22} 克 磁荷 4a

由桑蚕蛹粉氨基酸含量和遗传密码计算核酸含量:

桑蚕蛹核苷酸: GMP 27.85% AMP 29.8% UMP 24.45% CMP 17.9%

桑蚕蛹脱氧核苷酸: dTMP 29.8% dAMP 24.45% dGMP 17.9% dCMP 27.85%

桑蚕蛹粉 0.8 克: DNA 0.318 毫克 mRNA 0.159 毫克 tRNA 0.478 毫克 rRNA 2.547 毫克

DNA: dTMP 0.095 毫克 dAMP 0.078 毫克 dGMP 0.057 毫克 dCMP 0.089 毫克

mRNA: GMP 0.044 毫克 AMP 0.047 毫克 UMP 0.039 毫克 CMP 0.028 毫克

tRNA: GMP 0.133 毫克 AMP 0.142 毫克 UMP 0.117 毫克 CMP 0.086 毫克

rRNA: GMP 0.718 毫克 AMP 0.759 毫克 UMP 0.624 毫克 CMP 0.456 毫克

桑蚕蛹 DNA: $dTMP: H8a = a^2 / \pi \epsilon_0 r$ $r = 2.36 \times 10^{-9}$ 米

光速场: $hc / 2r \pi = a^2 / 16 \pi < \epsilon_0 > r \alpha$ 周期: $\tau = h / H4a = 3.39 \times 10^{-15}$ 秒 $\Delta t = \tau$ 磁流: $J = 4a / \Delta t$

dTMP 分子数: $Ndt = 9.5 \times 10^{-5} / 5.33 \times 10^{-22} = 1.78 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $Pdt = 4Ndt a H / \beta c = 0.035 / \beta c$ 千克·米/秒

dAMP 分子数: $Nda = 7.8 \times 10^{-5} / 5.47 \times 10^{-22} = 1.43 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $Pda = 4Nda a H / \beta c = 0.028 / \beta c$ 千克·米/秒

dGMP 分子数: $Ndg = 5.7 \times 10^{-5} / 5.75 \times 10^{-22} = 10^{17}$

乙磁环子动量: $Pdg = 6Ndga H / \beta c = 0.029 / \beta c$ 千克·米/秒

dCMP 分子数: $Ndc = 8.9 \times 10^{-5} / 5.07 \times 10^{-22} = 1.76 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_{dc}=6N_{dca}H/\beta c=0.052/\beta c$ 千克.米/秒

桑蚕蛹 mRNA:

UMP 分子数: $N_u=3.9 \times 10^{-5}/5.35 \times 10^{-22}=7.3 \times 10^{16}$

乙磁环子动量: $P_u=4N_{ua}H/\beta c=0.014/\beta c$ 千克.米/秒

AMP 分子数: $N_a=4.7 \times 10^{-5}/5.74 \times 10^{-22}=8.2 \times 10^{16}$

乙磁环子动量: $P_a=4N_{aa}H/\beta c=0.016/\beta c$ 千克.米/秒

GMP 分子数: $N_g=4.4 \times 10^{-5}/6.02 \times 10^{-22}=7.3 \times 10^{16}$

乙磁环子动量: $P_g=6N_{ga}H/\beta c=0.021/\beta c$ 千克.米/秒

CMP 分子数: $N_c=2.8 \times 10^{-5}/5.34 \times 10^{-22}=5.2 \times 10^{16}$

乙磁环子动量: $P_c=6N_{ca}H/\beta c=0.015/\beta c$ 千克.米/秒

桑蚕蛹 tRNA:

UMP 分子数: $N_u=1.17 \times 10^{-4}/5.35 \times 10^{-22}=2.2 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_u=4N_{ua}H/\beta c=0.043/\beta c$ 千克.米/秒

AMP 分子数: $N_a=1.42 \times 10^{-4}/5.74 \times 10^{-22}=2.5 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_a=4N_{aa}H/\beta c=0.05/\beta c$ 千克.米/秒

GMP 分子数: $N_g=1.33 \times 10^{-4}/6.02 \times 10^{-22}=2.2 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_g=6N_{ga}H/\beta c=0.064/\beta c$ 千克.米/秒

CMP 分子数: $N_c=8.6 \times 10^{-5}/5.34 \times 10^{-22}=1.6 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_c=6N_{ca}H/\beta c=0.047/\beta c$ 千克.米/秒

桑蚕蛹 rRNA:

UMP 分子数: $N_u=6.24 \times 10^{-4}/5.35 \times 10^{-22}=1.17 \times 10^{18}$

乙磁环子动量: $P_u=4N_{ua}H/\beta c=0.233/\beta c$ 千克.米/秒

AMP 分子数: $N_a=7.59 \times 10^{-4}/5.74 \times 10^{-22}=1.3 \times 10^{18}$

乙磁环子动量: $P_a=4N_{aa}H/\beta c=0.25/\beta c$ 千克.米/秒

GMP 分子数: $N_g=7.18 \times 10^{-4}/6.02 \times 10^{-22}=1.2 \times 10^{18}$

乙磁环子动量: $P_g=6N_{ga}H/\beta c=0.35/\beta c$ 千克.米/秒

CMP 分子数: $N_c=4.56 \times 10^{-4}/5.34 \times 10^{-22}=8.5 \times 10^{17}$

乙磁环子动量: $P_c=6N_{ca}H/\beta c=0.25/\beta c$ 千克.米/秒

7 结果与讨论

统一场是时间几何场,属于波动物子空间场。研究了生维空间场,生物场起源于系统空间生维,生物场由简单系统向复杂系统发展、进化。

以生物分子为模板,仿生合成生物拓扑材料。以生物分子为模板,利用全量子波动周期在纳秒级的波动性,合成记忆、功能、智能生物纳秒材料。利用拓扑微黑洞、拓扑微白洞理疗、养生,利用量子波、拓扑波理疗、养生。

[参考文献]

[1]徐孝旭.无机纳米粒子-柞蚕丝素复合膜的制备、结构及性能研究[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2012.

[2]周垂恒,谭智达.蚕桑副产品综合利用[M].北京:科学技术文献出版社,1989.

[3]索尼娅.孔特拉.纳米与生命[M].北京:中信出版集团,2021.

[4]王鹏伟,刘海宇,胡豆豆,等.EDC 诱导丝素蛋白制备水稳定性和延展性增强的丝素膜[J].蚕业科学,2024,50(1):34-41.

[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—),男,毕业于沈阳农业大学蚕学专业,本科学历,黑龙江农业经济职业学院教师,研究员,研究方向:信息学。

生物制药技术的发展现状与未来趋势分析

崔哲锋

海湾工程有限公司, 河北 石家庄 050061

[摘要]生物制药技术近年来取得显著进展, 推动了药物研发和治疗手段的革新。当前, 单克隆抗体、疫苗以及基因疗法等生物药物在治疗癌症、感染性疾病及遗传病等方面展现了良好前景。同时, 生物制药技术的发展也带来了挑战, 包括生产成本低、技术复杂性以及个体化治疗需求的增加。未来, 随着生物工程技术的进步和新兴领域的探索, 预计生物制药将在精准医疗、个体化治疗和新药研发方面持续发挥重要作用。

[关键词]生物制药技术; 单克隆抗体; 基因疗法; 精准医疗; 药物研发

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14022

中图分类号: TQ464

文献标识码: A

Analysis of the Development Status and Future Trends of Biopharmaceutical Technology

CUI Zhefeng

Bay Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050061, China

Abstract: Biopharmaceutical technology has made significant progress in recent years, driving innovation in drug development and treatment methods. At present, biological drugs such as monoclonal antibodies, vaccines and gene therapy have shown good prospects in the treatment of cancer, infectious diseases and genetic diseases. At the same time, the development of biopharmaceutical technology has also brought challenges, including high production costs, technological complexity, and increasing demand for personalized treatments. In the future, with the advancement of biotechnology and the exploration of emerging fields, it is expected that biopharmaceuticals will continue to play an important role in precision medicine, personalized therapy, and new drug development.

Keywords: biopharmaceutical technology; monoclonal antibodies; gene therapy; precision medicine; drug development

引言

生物制药技术的迅猛发展正在重塑现代医学的面貌, 带来前所未有的治疗突破。通过基因工程、细胞技术和分子生物学等前沿科技, 生物药物如单克隆抗体和基因疗法正在显著改善癌症、遗传病及感染性疾病的治疗效果。然而, 这一领域的创新不仅伴随着高昂的生产成本和技术挑战, 还需要应对个体化治疗的需求。随着科技的不断进步, 生物制药将如何继续突破现有瓶颈, 推动精准医疗的发展, 成为未来医疗领域的重要议题。

1 生物制药技术的现状概述

生物制药技术在过去几十年中经历了快速的发展, 极大地推动了医学领域的进步。作为一种基于生物体或其成分的药物研发技术, 生物制药包括了通过基因工程、细胞培养和分子生物学手段开发的药物。这些药物通常涉及单克隆抗体、疫苗、基因疗法以及重组蛋白等。与传统化学药物不同, 生物药物通常具有更高的靶向性和更少的副作用, 从而为许多难治性疾病提供了新的治疗选择。例如, 单克隆抗体在癌症治疗中的应用已显著提高了患者的生存率, 而重组蛋白则在糖尿病和血友病等慢性病的管理中发挥了关键作用。

尽管生物制药技术的应用前景广阔, 但在实际推广和应用中仍面临诸多挑战。首先, 生物药物的生产过程复杂

且成本高昂。相比于传统化学药物, 生物药物的生产需要严格的质量控制和高度复杂的工艺, 这导致了其生产成本显著高于传统药物。此外, 生物药物的技术要求也很高, 从基因工程到细胞培养, 再到最终的药物提纯和稳定性测试, 每一步都需要精密操作和严格的质量把控。其次, 生物药物的研发周期较长, 从基础研究到临床应用通常需要十年以上的时间, 这在一定程度上限制了新药的快速上市。

展望未来, 生物制药技术的发展潜力依然巨大。随着科学技术的不断进步, 新的生物制药方法和技术不断涌现。例如, 基因编辑技术如 CRISPR-Cas9 的应用正在开启基因疗法的新篇章, 使得遗传性疾病的治疗变得更加可行。此外, 合成生物学的兴起为生物药物的开发带来了更多创新的可能性, 使得药物的设计和生产更加高效和个性化。在精准医疗的推动下, 生物制药将逐步实现个体化治疗, 为不同患者提供量身定制的治疗方案。未来, 生物制药技术有望在提高治疗效果、降低副作用、缩短研发周期等方面取得进一步突破, 为医学领域带来更多创新和机遇。

2 主要生物药物类型及其应用

主要生物药物类型及其应用涵盖了广泛的领域, 其中最为重要的几类包括单克隆抗体、疫苗、基因疗法以及重组蛋白。这些生物药物以其独特的机制和应用优势, 正在改变现代医学的治疗模式, 特别是在癌症、感染性疾病和

遗传病等难治性疾病的管理中发挥了关键作用。

单克隆抗体是目前应用最广泛的生物药物之一，它们是通过克隆技术生产的抗体，具有高特异性和高亲和力。单克隆抗体通过靶向病理过程中关键的分子，能够精确地干预疾病的发生和进展。在癌症治疗中，单克隆抗体如赫赛汀（trastuzumab）和瑞金单抗（rituximab）已成为标准治疗方案，这些药物能够特异性地结合癌细胞上的抗原，从而诱导免疫系统攻击癌细胞或阻止癌细胞的增殖。此外，单克隆抗体在自身免疫性疾病和感染性疾病的治疗中也展现了良好的前景。例如，针对风湿性关节炎的阿达木单抗（adalimumab）能够有效地抑制过度活跃的免疫反应，减轻病症。

疫苗是另一类重要的生物药物，通过刺激机体的免疫系统产生针对特定病原体的免疫应答，从而预防或减少疾病的发生。传统疫苗通常由灭活或减毒的病原体组成，而现代疫苗则包括基因工程技术制成的重组疫苗和 mRNA 疫苗。例如，针对新冠病毒的 mRNA 疫苗，如辉瑞-BioNTech 和莫德纳疫苗，已在全球范围内显著减少了 COVID-19 的感染率和死亡率。这些疫苗利用合成的 mRNA 指令身体细胞生产病毒蛋白，从而引发免疫反应。此外，疫苗在预防流感、乙肝和人乳头瘤病毒（HPV）等疾病方面也发挥了重要作用，有效降低了这些疾病的发病率。

基因疗法则是近年来兴起的一种前沿生物药物技术，其核心在于通过对患者的基因组进行修改，直接治疗或修复遗传性疾病。基因疗法可以分为体细胞基因疗法和胚胎基因疗法。体细胞基因疗法主要针对已发生的疾病，如通过转入正常的基因来替代突变基因，从而修复功能缺失或异常的细胞。举例来说，治疗遗传性视网膜疾病的 Luxturna（voretigene neparvovec）就是通过将正常的 RPE65 基因转入视网膜细胞，从而恢复视力。胚胎基因法则是在受精卵阶段对基因进行修改，以预防将来可能发生的遗传性疾病。虽然这一领域仍处于早期阶段，但其潜力巨大，可能为未来的遗传病治疗提供革命性的解决方案。

重组蛋白药物是另一类重要的生物药物，它们是通过基因工程技术在细胞中表达和生产的蛋白质。这类药物包括各种酶、激素和细胞因子等。例如，重组胰岛素用于糖尿病患者的胰岛素替代治疗，有效控制血糖水平；重组人促红素（EPO）则用于治疗贫血，特别是因肾功能衰竭而引起的贫血。重组蛋白药物通过提供体内缺乏或功能异常的蛋白质，帮助维持正常生理功能。这些药物的生产过程通常包括基因克隆、细胞培养、蛋白质纯化和质量控制等多个步骤，确保最终产品的安全性和有效性。

3 当前面临的技术挑战与解决方案

尽管生物制药技术在现代医学中展现了巨大的潜力，但在其实际应用和推广过程中仍面临许多技术挑战。这些挑战不仅涉及生产过程的复杂性和成本，还包括技术的稳

定性和个性化治疗的需求。解决这些挑战是生物制药技术持续发展的关键。

生物药物的生产过程极其复杂且成本高昂。与传统化学药物相比，生物药物的生产通常需要大规模的细胞培养和严格的质量控制。生产过程中的每一个环节，包括细胞的培养、蛋白质的表达和纯化，都必须在高度受控的环境中进行，以确保药物的质量和一致性。例如，单克隆抗体的生产需要大量的细胞培养和复杂的纯化步骤，这不仅增加了生产成本，也使得生产周期较长。为应对这一挑战，许多研究者和企业正在探索改进生产工艺的方法，如开发更高效的生产平台、优化培养条件以及引入新型的纯化技术。这些努力旨在降低生产成本，提高生产效率，从而使生物药物能够更广泛地应用于临床。

生物药物的技术稳定性是另一个重要挑战。生物药物的生产过程中，任何小的变化都可能对最终产品的质量产生重大影响。这包括生产过程中温度、pH 值的变化，甚至是微生物污染等因素。为了确保生物药物的稳定性和安全性，生产企业需要建立严格的质量控制体系，包括制定详细的标准操作程序和进行定期的质量检验。此外，先进的技术如实时监控和智能化管理系统正在被引入生产流程中，以提高生产过程的可控性和透明度。这些技术有助于及时发现和解决生产过程中出现的问题，从而确保药物的质量和一致性。

随着精准医疗和个性化治疗的兴起，生物药物的个性化需求也日益增加。这一趋势要求生物药物不仅能够针对特定的疾病，还要能够适应不同患者的个体差异。然而，当前的生物药物研发和生产通常难以满足这种个性化需求，因为这涉及到对每个患者的基因组和病理状态进行深入分析和个性化调整。为解决这一问题，研发人员正在积极探索基于基因组学和生物信息学的新方法，以实现更精准的治疗方案。此外，个性化治疗的推广也促使生物药物生产企业开发更加灵活和可定制的生产平台，这些平台能够根据不同的需求调整药物的生产工艺和配方。

4 生物制药在精准医疗中的作用

生物制药在精准医疗中的作用日益重要，标志着治疗策略从传统的“一刀切”模式向个体化、精准化方向的转变。精准医疗致力于根据每位患者的遗传信息、生活环境和其他个体特征制定个性化的治疗方案，而生物制药技术正是实现这一目标的关键工具。通过对生物药物的精准设计和应用，可以更有效地针对个体患者的疾病特征进行干预，从而提高治疗的效果和安全性。

生物制药技术使得精准医疗得以实现的基础之一是其药物的靶向性。单克隆抗体、基因疗法等生物药物能够特异性地识别并靶向病理过程中的关键分子。这种高靶向性的特点使得生物药物能够在不影响正常细胞的情况下，有效地对抗病变。例如，单克隆抗体可以通过识别癌细胞

表面特定的抗原,精准地定位并消灭癌细胞,而不影响正常细胞。这种精准的靶向治疗不仅提升了治疗效果,还显著减少了副作用,从而改善了患者的生活质量。

生物药物在个体化治疗中的应用也体现在其对遗传信息的整合与利用。基因疗法和个性化疫苗的开发基于患者的基因组信息,能够对特定的遗传变异进行针对性治疗。例如,针对遗传性疾病如囊性纤维化和杜氏肌营养不良症的基因疗法,通过直接修复或替换缺陷基因,能够从根本上改变疾病的发展路径。个性化疫苗则利用患者特有的肿瘤抗原信息,设计专门针对其癌症的疫苗,从而提供更为有效的免疫防御。这种基于遗传信息的治疗策略,能够针对个体的具体病理状态提供量身定制的治疗方案,实现真正的个性化医疗。

生物制药技术在精准医疗中的应用还推动了治疗方案的动态调整和优化。随着患者对治疗的反应和疾病进展的变化,精准医疗要求治疗方案能够进行实时调整。生物药物的研究和应用不仅关注药物的初始治疗效果,还包括对治疗效果的持续监测和动态调整。例如,通过监测患者体内的生物标志物和药物浓度,医生可以及时调整药物剂量或更换治疗方案,以适应患者的变化情况。这样的动态调整能力提升了治疗的灵活性和适应性,使得精准医疗能够更好地应对复杂的临床挑战。

5 未来发展趋势及其潜在影响

未来生物制药技术的发展趋势显著指向更加精准、个性化的治疗方法,并在多个方面展现出广阔的未来影响。随着科学技术的不断进步,生物制药将进一步优化药物的研发流程,提高药物的治疗效果和安全性,同时也将在新的疾病领域展现其应用潜力。

生物制药技术的发展将继续向个性化和精准医疗方向推进。基因组学和大数据技术的应用,使得科学家能够更深入地了解个体之间的遗传差异及其对疾病的影响。未来的生物药物将更加注重根据患者的遗传信息、疾病特征以及生活环境制定个性化治疗方案。例如,基因编辑技术如CRISPR-Cas9的进步,可能会带来针对特定基因突变的精准治疗,显著提高治疗效果并减少副作用。此外,个性化疫苗的研发也将在肿瘤免疫治疗中发挥更大作用,通过识别和靶向患者特有的肿瘤抗原,提升免疫系统对癌细胞的识别和攻击能力。

生物制药技术的未来发展还将注重生产工艺的创新

和成本的降低。传统的生物药物生产过程复杂且成本高昂,这是制约其广泛应用的主要因素之一。未来,通过新兴的技术如细胞工厂、连续生产和自动化生产线,生产效率将大幅提升,同时成本有望显著降低。例如,单克隆抗体和重组蛋白的生产将越来越依赖于高效的细胞培养和纯化技术,减少生产时间和成本。这些进展不仅使得生物药物更加普及,还可能促进药物在发展中国家和偏远地区的可及性。

生物制药的进步还将对全球健康领域产生深远的影响。新药物的研发和应用将扩展到更多以前难以治疗的疾病领域,如罕见病和复杂性疾病。生物制药技术的持续创新,能够为这些疾病提供新的治疗选择,从而改善全球患者的生活质量。此外,生物制药技术的进步还可能促进跨学科的合作,如生物信息学、人工智能和药物设计的结合,将加速新药的发现和开发过程。未来,生物制药不仅将推动医学科学的进步,还将推动整体医疗体系的变革,为患者提供更加高效、精准的治疗方案。

6 结语

生物制药技术的快速发展正在引领医学领域的变革,推动精准医疗和个性化治疗的实现。未来,随着技术的进步,生物药物将不仅提高治疗效果和安全性,还将使得药物生产更加高效和经济。这些创新将使治疗更加普及,特别是在罕见病和复杂疾病领域,带来更多的治疗选择和更好的患者生活质量。生物制药技术的持续发展将继续塑造全球医疗的未来,展现出广阔的前景和深远的影响。

[参考文献]

- [1]雷中良,张晓红.生物制药技术的发展现状及未来趋势[J].黑龙江科技信息,2007(9):170.
- [2]李珂.现代生物制药技术的发展现状及未来趋势[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2010(8):306.
- [3]张雪亭.生物制药技术的发展现状及未来趋势[J].黑龙江科技信息,2014(9):88.
- [4]康伟.我国生物制药产业的发展现状与未来发展趋势[J].化工设计通讯,2019,45(4):203.
- [5]张书琦.现代生物制药技术的现状和发展趋势探析[J].农家参谋,2017(23):75.

作者简介:崔哲锋(1972.4—),男,毕业院校:河北科技大学,专业:化工工艺,当前工作单位:海湾工程有限公司。

食品检测中农药残留检测技术研讨

吴昊 温墨辞

河北智德检验检测股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 农药广泛应用于农业生产中, 以提高作物产量和控制病虫害。农药的过量或不当使用可能导致其在食品中残留, 影响消费者健康。长期暴露于低浓度的农药残留可能引发慢性中毒, 造成内分泌失调、免疫系统问题等健康隐患; 急性中毒则可能迅速引发严重健康问题, 甚至危及生命。为应对这些风险, 各国已制定相关的农药残留标准和检测规范。食品中农药残留种类繁多、浓度变化大, 这对检测工作提出了挑战, 科学有效的检测技术不仅需具备高灵敏度和高选择性, 还需适应不同食品基质和多样化的检测需求。因此, 持续研究和改进农药残留检测技术, 对于提高检测准确性和保障食品安全至关重要。

[关键词] 食品检测; 农药残留; 检测技术

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14025

中图分类号: TS207.53

文献标识码: A

Discussion on Pesticide Residue Detection Technology in Food Testing

WU Hao, WEN Moci

Hebei Zhide Inspection and Testing Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Pesticides are widely used in agricultural production to increase crop yield and control pests and diseases. Excessive or improper use of pesticides may result in their residues in food, affecting consumer health. Long term exposure to low concentrations of pesticide residues may lead to chronic poisoning, causing health hazards such as endocrine disorders and immune system problems; Acute poisoning can quickly lead to serious health problems and even endanger life. In order to address these risks, countries have developed relevant pesticide residue standards and testing specifications. There are various types and concentrations of pesticide residues in food, which pose challenges to detection work. Scientific and effective detection techniques not only need to have high sensitivity and selectivity, but also need to adapt to different food matrices and diverse detection needs. Therefore, continuous research and improvement of pesticide residue detection technology are crucial for improving detection accuracy and ensuring food safety.

Keywords: food testing; pesticide residues; testing technology

引言

随着农业生产和市场需求的不断增长, 农药使用量逐渐增加, 这使得食品中农药残留问题愈加突出。农药残留不仅可能对消费者健康构成潜在威胁, 还可能影响食品质量和市场声誉。因此, 精确、高效的农药残留检测技术在确保食品安全方面变得尤为重要。近年来, 随着检测技术的不断进步, 农药残留检测方法也在不断演变和完善, 气相色谱、高效液相色谱、免疫分析以及酶抑制等技术的应用, 显著提高了检测的灵敏度和准确性。面对复杂的食品基质和多样化的农药成分, 仍需不断优化检测技术和流程应对新的挑战, 确保食品安全。

1 食品中农药残留的危害

1.1 急性中毒风险

食品中农药残留的急性中毒风险是指摄入含有高浓度农药残留的食品后, 短时间内出现明显的中毒症状。这些症状可能包括恶心、呕吐、腹痛、头痛、眩晕, 甚至在严重情况下导致呼吸困难、昏迷或死亡。急性中毒通常发生在农药使用不当或违规操作导致残留量超标的情况下, 尤其在蔬菜、水果等直接食用的农产品中更为常见。因此,

加强农药使用规范和检测, 确保食品中农药残留符合安全标准, 是预防急性中毒的重要措施。

1.2 慢性中毒隐患

食品中农药残留的慢性中毒隐患是指长期摄入低剂量农药残留食品后, 逐渐在体内积累导致健康问题, 慢性中毒的症状通常不明显, 但可能会引起肝肾功能损伤、免疫系统紊乱、内分泌失调, 甚至增加癌症风险。由于这些健康问题的发生具有隐蔽性和长期性, 消费者往往难以察觉。预防慢性中毒的关键在于严格监控农药使用, 确保食品中的农药残留量长期保持在安全水平。

1.3 特殊中毒事件

特殊中毒事件是指因摄入含有特定种类或高剂量农药残留的食品而引发的非典型中毒症状, 这些事件可能包括对某些神经毒性农药或致畸性农药的急性反应, 导致神经系统损伤、胎儿发育异常或其他严重健康问题。这类中毒事件通常与特定农药的不当使用或误用有关, 危害性极大且影响范围广泛。防范特殊中毒事件需要严格监管农药的使用和残留检测, 确保每个环节符合安全标准, 从而有效保护消费者的健康。

2 农药残留检测技术在食品检测中应用的意义

2.1 保障食品安全及消费者健康

农药残留检测技术在食品检测中的应用对于保障食品安全及消费者健康具有重大意义^[1]。首先,精准的农药残留检测能识别出食品中的有害物质,确保在安全标准范围内,从而防止因农药残留超标引发的急性或慢性中毒事件。其次,定期的检测与监控有助于建立健全的食品安全体系,增强公众对食品质量的信任感,提升食品企业的信誉。最后,通过检测结果的反馈,农业生产者可以优化农药使用方法和剂量,从源头上减少农药残留,推动农业生产向更加绿色、健康和可持续发展的方向发展。有效的农药残留检测不仅是食品安全管理的重要手段,也是保护消费者健康的关键环节。

2.2 提高食品质量

农药残留检测技术在食品检测中的应用对于提高食品质量至关重要,通过先进的检测技术,能够精确识别并量化食品中存在的农药残留,确保符合严格的安全标准,这不仅可以防止潜在的健康风险,还可以增强消费者对食品质量的信任感。此外,系统性的残留检测能够推动农业生产者采用更为安全和可持续的农业实践,减少农药的使用量和频率,从而提升农产品的整体品质。随着检测技术的不断进步,食品生产链各环节的透明度和可追溯性也得以提高,使得高质量食品的生产 and 供应成为可能。因此,农药残留检测技术不仅是保障食品安全的有力工具,也是提升食品质量的重要手段。

3 常见的农药残留检测技术

3.1 气相色谱检测技术

气相色谱检测技术(GC)是一种广泛应用于农药残留检测的分析方法,基本原理是利用样品中不同成分的挥发性差异,将其分离并定量。首先,样品经过适当的前处理,如提取和净化,然后注入气相色谱仪中。在气相色谱仪内,样品在高温下被转化为气体,经过色谱柱分离,色谱柱内部填充有不同的固定相,样品成分根据其在固定相中的亲和力和流动相中的迁移速率被分离开来,分离后的成分通过检测器进行定量,常用的检测器包括氢火焰检测器(FID)和质谱检测器(MS)。GC技术的优势在于其高分辨率和高灵敏度,能够有效检测出微量的农药残留。同时,它适用于各种复杂的食品样品,如水果、蔬菜和谷物。该技术也有其局限性,如对非挥发性或热不稳定化合物的检测能力有限。因此,在实际应用中,气相色谱通常需要与其他技术结合使用,以确保全面准确地检测农药残留。

3.2 免疫分析技术

免疫分析技术是一种利用抗体-抗原特异性结合原理来检测食品中农药残留的高灵敏度方法,该技术主要包括酶联免疫吸附试验(ELISA)、免疫荧光分析(IFA)和免疫传感器等形式,核心原理是利用特异性抗体与目标农

药分子结合,通过标记的酶或荧光探针检测结合反应的产物,从而定量分析农药残留。在ELISA中,样品首先经过预处理并与固定在固相载体上的抗体反应。如果样品中存在目标农药,农药分子将与抗体结合。随后,加入带有酶标记的二级抗体,二级抗体将结合在目标农药-抗体复合物上,通过加入酶底物并观察颜色变化,可以定量分析目标农药的浓度。免疫荧光分析则使用荧光标记的抗体,检测荧光信号的强度来确定农药残留量。免疫分析技术的主要优势在于其高灵敏度和高特异性,能够检测出低浓度的农药残留,并且操作相对简便、快速,它的局限性在于对抗体的选择性和稳定性依赖较大,可能会受到样品基质的干扰。因此,为了提高检测的准确性和可靠性,通常需要与其他技术结合使用。

3.3 高效液相色谱检测技术

高效液相色谱技术(HPLC)是一种用于分析和分离复杂食品样品中农药残留的强大工具,基本原理是通过液相中的样品组分在色谱柱内的不同迁移速率进行分离。样品首先经过前处理,包括提取和净化,然后被注入高效液相色谱仪。样品在色谱柱中与填充有固定相的柱材料进行分离,根据组分与固定相的相互作用强度,成分会在不同的时间被洗脱。HPLC系统配有多种检测器,如紫外检测器(UV)、荧光检测器(FLD)和质谱检测器(MS),可以根据目标农药的特性选择合适的检测器进行分析。紫外检测器适用于具有强吸光特性的农药,而质谱检测器则提供了更高的灵敏度和分辨率,适用于复杂矩阵中的微量分析。HPLC技术的主要优势在于高分辨率和高重复性,能够精确分离和定量检测农药残留,适用于多种食品样品,如水果、蔬菜和谷物。此外,HPLC的操作稳定性高,可以在自动化条件下进行大规模样品分析。尽管如此,HPLC对样品前处理要求较高,且设备投资和维护成本较大。为了提高检测的全面性和准确性,通常需要结合其他分析技术进行综合应用。

3.4 酶抑制检测技术

酶抑制检测技术是一种基于酶与农药残留物之间相互作用的分析方法,用于检测食品中的农药残留,原理是利用农药对特定酶活性的抑制作用进行定量分析。检测过程通常涉及以下几个步骤:首先,样品经过提取和净化处理,以去除杂质和干扰物质。然后将样品中的农药与特定酶反应,农药的存在会抑制酶的正常活性。在具体操作中,酶抑制检测技术通常使用竞争抑制或非竞争抑制的方法。例如,竞争抑制法中,农药残留物会与酶的天然底物竞争结合位点,从而减少底物的酶解反应;而非竞争抑制法中,农药通过与酶结合,改变酶的构象导致酶活性降低^[2]。最终,通过测量底物转化为产物的量或酶的活性变化,可以确定农药的浓度。此技术的优势在于其高灵敏度和简便性,适用于快速检测和筛查大量样品。同时,酶抑制检测技术在

处理复杂食品基质时表现出较好的稳定性,其局限性在于对不同农药的选择性和灵敏度可能有所差异,且可能受到样品基质干扰的影响。因此,实际应用中通常需要与其他分析技术配合使用,以提高检测结果的准确性。

4 提升农药残留检测水平的策略

4.1 制定统一的标准化操作流程

制定统一的标准化操作流程是提升农药残留检测水平的关键策略之一。首先,建立详细的操作规范和标准,涵盖从样品采集、前处理到检测和数据分析的每一个环节,明确操作步骤、仪器使用要求、试剂配制方法及质量控制措施,有助于确保各实验室在执行检测时的一致性和准确性。其次,制定统一的操作流程能够减少人为因素对检测结果的影响,提高结果的重复性和可靠性,通过标准化操作能够有效减少因实验条件不一致或操作不规范导致的误差,从而提升检测的精度和可信度。此外,标准化操作流程还包括建立详细的记录和报告系统,以便于追溯和审查每一项检测数据。最终,定期更新和培训标准化操作流程,确保检测人员了解最新的技术要求和操作规范,能够进一步提升检测水平,通过实施和遵循统一的标准化操作流程,能够大幅提高农药残留检测的整体质量和效率,为保障食品安全提供有力支持。

4.2 采用高精度分析仪器

采用高精度分析仪器是提升农药残留检测水平的重要措施,高精度分析仪器能够提供更准确、更可靠的检测结果,显著提高农药残留的检测灵敏度和分辨率。例如,气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)和液相色谱-质谱联用技术(LC-MS)是现代农药残留分析中常用的高精度仪器,它们结合了分离技术和质谱检测,能够有效识别和定量微量的农药成分。高精度分析仪器不仅具备优越的检测性能,还能够减少背景噪声和干扰提高信号的清晰度,这对于复杂食品基质中的农药残留检测尤为重要,因为它们常常含有多种干扰物质。此外,这些仪器通常配备自动化系统,能够提高检测效率和数据处理速度减少人工操作带来的误差。为了充分发挥高精度分析仪器的优势,还需要进行定期的设备维护和校准,确保稳定性和准确性。与此同时,操作人员应接受专业培训,熟练掌握仪器的使用技巧和故障排除方法,从而提高检测的整体质量和可靠性。通过采用高精度分析仪器,可以显著提升农药残留检测的准确性,为保障食品安全提供坚实的技术支持。

4.3 建立信息化监测网络

建立信息化监测网络是提升农药残留检测水平的有效策略。信息化监测网络通过集成先进的信息技术和数据处理系统,实现对农药残留的全面、实时监控。首先,通过部署传感器和自动化检测设备,能够实时采集和传输食品样品中的农药残留数据,这些数据通过网络传输到中心数据库,实现集中管理和分析。信息化监测网络的核心在

于建立一个高效的数据处理和分析平台,该平台能够对采集的数据进行实时处理,应用数据挖掘和分析算法及时发现异常情况并生成报告,这种系统化的数据分析能够帮助快速识别潜在的风险源,提升响应速度和决策效率。此外,信息化监测网络还应包括信息共享和协同机制,支持不同部门和机构之间的数据交流与合作,通过建立统一的标准和接口,实现不同检测机构之间的数据互通和资源共享,从而形成强有力的监控体系,该系统的实施不仅提高了监测的覆盖范围和精度还增强了预警能力,有助于及早发现和解决农药残留问题,保障食品安全。

4.4 完善检测技术人员的培训机制

完善检测技术人员的培训机制是提升农药残留检测水平的关键环节。首先,培训机制应包括系统化的基础培训和专业技能培训,确保检测人员掌握最新的技术和操作规程,基础培训涵盖仪器设备的操作、样品处理方法及检测流程的标准化,而专业技能培训则侧重于新兴检测技术、数据分析技巧及问题解决能力的提升。其次,培训内容需要与时俱进定期更新,以反映行业的最新发展和技术进步,通过引入最新的检测技术和方法,培训可以帮助技术人员适应不断变化的检测需求和标准^[3]。此外,培训机制还应包括实际操作和案例分析,以提升检测人员的实际操作能力和应急处理能力。培训的效果应通过定期的考核和评估来检验,确保技术人员的知识和技能保持在最佳状态,考核结果可以作为人员晋升和岗位调整的依据,激励技术人员不断提升自身水平。同时,建立培训反馈机制,根据实际工作中的问题和挑战不断改进培训内容和方式,以实现培训的持续优化。

5 结语

农药残留检测技术在保障食品安全和提高食品质量方面发挥着至关重要的作用。随着技术的不断进步和应用的不断扩展,我们应持续关注检测技术的发展和完善。通过采用先进的检测技术、建立标准化操作流程、推进信息化监测网络,以及加强技术人员培训,可以显著提升检测的准确性和效率。未来,我们需进一步加强技术创新和标准建设,推动检测技术与实际应用的深度融合,以应对日益复杂的食品安全挑战,只有不断优化检测手段和提升检测水平,才能有效防控农药残留风险保障公众的健康安全。

[参考文献]

- [1] 梁丽娟. 食品检测中的农药残留检测技术探究[J]. 现代食品, 2023, 29(24): 176-178.
 - [2] 王晓菲, 张志伟. 农药残留检测技术在食品检测中的应用分析[J]. 食品安全导刊, 2023(28): 156-158.
 - [3] 李天星. 食品检测中农药残留检测技术研究[J]. 食品界, 2021(9): 92.
- 作者简介: 吴昊(1995.6—), 毕业院校: 廊坊师范学院, 所学专业: 食品科学与工程, 当前就职单位: 河北智德检验检测股份有限公司, 职务: 检测员, 职称级别: 初级职称。

食品检测技术的创新与发展趋势研究

温墨辞 吴昊

河北智德检验检测股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 食品检测技术从早期的感官评估逐步发展到复杂的化学和生物分析方法。传统方法在早期虽然发挥了重要作用,但随着食品生产技术的进步和对食品质量要求的提高,暴露出灵敏度不足、分析速度慢以及处理复杂样品能力有限等局限性。因此,推动食品检测技术的创新变得尤为迫切。现代技术,如高效液相色谱法(HPLC)、气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)和生物传感器技术,不仅提高了检测的准确性和灵敏度,还实现了自动化和智能化,显著提升了检测效率。同时,绿色环保和可持续性原则已融入技术开发中,促进了更环保和资源节约的检测过程。标准化、规范化、多功能化和集成化的发展趋势,为食品检测技术的全面应用提供了支持,推动了食品安全管理的科学化。了解这些创新和发展趋势,对于提升食品质量管理、保护消费者健康及推动行业可持续发展具有重要意义。

[关键词] 食品检测技术; 创新; 发展趋势

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14024

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

Research on Innovation and Development Trends of Food Testing Technology

WEN Moci, WU Hao

Hebei Zhide Inspection and Testing Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Food testing technology has gradually developed from early sensory evaluation to complex chemical and biological analysis methods. Although traditional methods played an important role in the early stages, with the advancement of food production technology and the increasing demand for food quality, they have exposed limitations such as insufficient sensitivity, slow analysis speed, and limited ability to handle complex samples. Therefore, promoting innovation in food testing technology has become particularly urgent. Modern technologies, such as high-performance liquid chromatography (HPLC), gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and biosensor technology, not only improve the accuracy and sensitivity of detection, but also achieve automation and intelligence, significantly enhancing detection efficiency. Meanwhile, the principles of green environmental protection and sustainability have been integrated into technological development, promoting a more environmentally friendly and resource efficient testing process. The development trend of standardization, normalization, multifunctionality, and integration provides support for the comprehensive application of food testing technology and promotes the scientific management of food safety. Understanding these innovations and development trends is of great significance for improving food quality management, protecting consumer health, and promoting sustainable industry development.

Keywords: food testing technology; innovation; development trends

引言

食品安全问题日益受到全球关注,尤其是在食品生产和供应链日益复杂的今天,食品检测技术作为确保食品安全和质量的关键手段,重要性不言而喻。随着科技的进步和食品安全需求的提升,传统的食品检测方法已难以满足现代检测的高标准和多样化需求。因此,食品检测技术的创新和发展显得尤为重要,新兴技术的应用不仅提升了检测的准确性和效率,还推动了食品行业的持续改进和环境保护,探讨食品检测技术的最新创新及其发展趋势,为食品安全管理提供参考和借鉴。

1 食品检测的重要性

食品检测在确保公共健康和安全方面发挥着至关重要的作用。随着全球化和食品供应链的复杂化,食品安全问题日益受到关注,通过有效的检测技术,可以及时识别

和排除食品中的有害物质,如农药残留、重金属污染及微生物污染,从而防止对消费者健康造成危害^[1]。此外,食品检测有助于维护市场秩序,保障消费者权益,同时推动食品行业的质量提升和技术进步。不断改进的检测方法不仅提升了食品的质量和安全性,还增强了对食品溯源和追溯的能力,为建立更加透明和可信的食品供应链奠定了基础。

2 食品检测技术创新的意义

2.1 提高食品安全监管能力

食品安全监管能力的提升依赖于检测技术的不断创新,先进的食品检测技术能够实现对食品中有害物质的快速、准确检测,显著提高了监管部门对食品安全的监控水平。例如,高效液相色谱法(HPLC)和气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)等技术,能够精确识别和定量分析食品中的污染物,帮助监管机构及时发现潜在风险。此外,

实时监测技术和数据分析工具的应用,使得食品安全监管能够更早发现问题、追溯源头,从而采取有效措施防止食品安全事件的发生,通过这些技术的支持,监管部门能够更加高效地执行食品安全标准,保障消费者的健康和安

2.2 促进食品行业的质量改进

食品检测技术的创新显著推动了食品行业的质量改进,通过引入先进的检测方法,生产企业能够实时监控和优化生产过程,确保食品的质量和安

2.3 强化食品溯源和追溯能力

食品检测技术的创新极大增强了食品溯源和追溯能力。现代检测方法,如DNA指纹图谱和高灵敏度的生物传感器,使得对食品来源和生产环节的追踪变得更加精确和高效,这些技术可以详细记录食品从生产到销售的每一个环节,确保每一批次产品的质量和安

3 传统食品检测技术的局限性

传统食品检测技术虽然在过去发挥了重要作用,但在面对现代食品安全挑战时显示出明显的局限性。首先,许多传统方法如感官检测和常规化学分析,无法提供足够的灵敏度和准确性,常常难以检测出低浓度的有害物质或复杂的污染物。其次,传统技术的检测速度较慢,通常需要较长时间才能得出结果,这在快速消费品行业中可能导致延误和损失。此外,这些方法往往依赖于复杂的实验操作和昂贵的设备,增加了生产和检测成本。许多传统技术也缺乏足够的自动化,导致操作过程中的人为误差和效率低下。最重要的是传统检测技术在处理食品供应链中的数据整合和信息追溯方面存在不足,难以满足现代食品安全管理对实时监控和全面追溯的要求。因此,随着食品安全问题的日益复杂化,亟须引入更加先进的检测技术以克服这些局限性,提高食品安全水平。

4 现代食品检测技术的创新

4.1 高效液相色谱法(HPLC)

高效液相色谱法(HPLC)是一种广泛应用于食品检测中的高灵敏度分析技术。基本原理是利用液相分离技术,通过液体流动相将样品中的不同组分分离,然后通过检测器进行分析,HPLC的核心优势在于其卓越的分离效率和灵敏度,能够在复杂的食品基质中高效、准确地识别和定

量分析多种成分,包括添加剂、污染物和天然成分。在食品检测中,HPLC被广泛用于分析食品中的农药残留、重金属、维生素、氨基酸等,高分辨率使得即便是微量的有害物质也能被检测出来,确保了食品的安全性。此外,HPLC具有良好的重复性和再现性,可以在不同的实验条件下稳定地获得可靠的数据。随着技术的进步,现代HPLC系统还集成了多种检测器,如紫外-可见光检测器(UV-Vis)、荧光检测器(FLD)和质谱检测器(MS),进一步扩展了其应用范围和检测能力。HPLC不仅提高了食品质量控制的精度,还助力于新食品成分的研究和开发,是现代食品检测中不可或缺的技术。

4.2 气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)

气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)是一种高效、精确的分析技术,广泛应用于食品检测领域,GC-MS结合了气相色谱(GC)和质谱(MS)的优势,能够提供全面的化学成分分析。在GC-MS中,气相色谱部分负责将样品中的挥发性和半挥发性化合物分离,这一过程利用气相色谱柱的分离功能,将复杂混合物中的各个组分逐一分离,并通过不同的保留时间进行定量分析。接着,质谱仪对分离出的化合物进行离子化,并通过质量分析器进行精确的质谱分析,提供每种化合物的质谱图谱,进一步确定其结构和分子量。GC-MS的主要优点在于其高分辨率和高灵敏度,能够检测到极低浓度的目标化合物,且具有极强的定性和定量能力。它特别适合于分析食品中的挥发性成分、香料、添加剂和污染物,如农药残留和环境污染物质^[2]。此外,GC-MS还可以通过建立标准库进行定性分析,帮助识别未知成分,极大地增强了检测的全面性和准确性。这一技术在食品质量控制、非法添加物检测、风味分析及环境污染监测中发挥着重要作用,是食品检测领域中一种不可或缺的分析工具。

4.3 生物传感器技术

生物传感器技术是一种前沿的检测方法,广泛应用于食品安全检测中,这种技术通过结合生物学和传感技术,将生物反应与物理或化学检测手段相结合,实现对食品中目标分析物的高灵敏度检测。生物传感器通常包括三部分:生物识别元件、信号转换器和信号处理系统。生物识别元件负责特异性地识别和结合目标分析物,如抗体、酶、核酸或细胞,信号转换器将生物识别反应转化为可测量的物理或化学信号,如电流、光强度或质谱信号。最后,信号处理系统对信号进行分析和处理,以获取分析物的浓度或存在情况。生物传感器技术的主要优势在于其高度的灵敏性和选择性,它能够在复杂的食品样品中检测极低浓度的目标物质,如毒素、病原菌或食品添加剂。由于其快速响应和实时检测的特点,生物传感器可以提供即时的检测结果,有助于快速识别潜在的食品安全风险。此外,生物传感器技术通常具有较高的便携性和操作简便性,适用于现场检测和大规模筛查。它在食品质量控制、污染物检测和食品安全监测中展示了巨大的应用潜力,促进了食品行业对安全和质量管理的提升。

5 食品检测技术的发展趋势

5.1 自动化与智能化

食品检测技术的自动化与智能化是当前发展的重要趋势，这一进步显著提高了检测的效率、精度和可靠性。自动化技术通过引入机械手臂、自动化分析仪器和高通量检测系统，将样品处理、分析和数据记录过程自动化，从而减少了人工操作中的误差，提高了检测的重复性和稳定性。例如，自动化液体处理系统能够高效地进行样品稀释和加样，大幅度提升了实验室的处理能力和工作效率。智能化技术则通过集成先进的数据分析和人工智能算法，提升了食品检测的智能水平。智能分析系统能够对大规模数据进行实时处理和分析，自动识别异常模式，并提供精确的预测和决策支持，这些系统常结合机器学习和数据挖掘技术，能够不断优化检测过程，适应新的检测需求和复杂的食品样品。此外，智能化技术还包括基于云计算的远程监控和数据共享平台，使得检测结果能够实时传输和存储，促进了跨区域的数据协作和信息共享。自动化与智能化的结合不仅提高了食品检测的速度和准确性，还增强了实验室的灵活性和适应性，使其能够快速响应食品安全挑战 and 市场需求，这一趋势推动了食品检测技术的现代化发展，提升了食品安全管理的整体水平。

5.2 绿色环保与可持续性

在食品检测技术的发展中，绿色环保与可持续性正成为关键方向，这一趋势目的在于减少环境影响、降低资源消耗，并提升检测过程的环保性和可持续性。绿色食品检测技术关注于使用环保材料、减少化学试剂的使用，以及降低能源消耗。例如，近年来开发的绿色化学试剂和生物基材料替代传统有害化学品，这不仅减少了对环境的污染，还降低了废弃物的产生。此外，检测技术的可持续性还体现在设备的能源效率和生命周期管理上，现代食品检测仪器越来越注重节能设计和长寿命使用，减少了维护频率和更换需求，降低了资源消耗和废弃物产生。同时，许多检测系统采用了模块化设计，使得设备的升级和部件更换更加方便，有助于延长设备的使用周期并降低整体环境影响。在数据处理方面，绿色环保与可持续性也体现在数据处理过程的优化上。例如，通过使用云计算和大数据分析，减少了对本地计算资源的需求从而降低了能耗。

5.3 标准化与规范化

食品检测技术的标准化与规范化是提升检测质量和一致性的关键因素。标准化通过制定统一的检测流程、方法和操作规范，确保各实验室和检测机构在执行检测任务时能够获得一致且可靠的结果，这不仅涉及到检测方法的标准化，还包括样品处理、设备校准和数据分析等各个环节的规范化。例如，国际标准化组织（ISO）和国家标准化机构制定了多项食品检测标准，涵盖了从样品采集到结果报告的全过程，为食品检测提供了科学依据和操作指南。规范化的实施能够提高检测过程的透明度和可重复性，减少实验室间的结果差异，并增强检测数据的可信度，这对

于保障食品安全、维护消费者权益至关重要。此外，标准化还促进了检测技术的创新和交流，推动了不同实验室和机构之间的合作与数据共享，提升了食品检测的整体效率和效果。在食品检测领域，推动标准化与规范化的发展还需要对新技术、新方法进行不断的评估和更新，以确保其适应性和前沿性，这一过程不仅有助于提高检测的科学性和技术水平，还增强了食品安全管理体系的系统性和稳定性。

5.4 多功能化与集成化

食品检测技术的多功能化与集成化是当前发展的一大趋势，为提高检测设备的综合性能和操作效率。多功能化指的是通过将多种检测能力集成到单一设备中，实现对不同类型样品和多种分析需求的同时处理^[3]。例如，现代检测仪器可以结合高效液相色谱（HPLC）和质谱（MS），或将气相色谱与质谱联用，提供更全面的分析功能，能够同时检测食品中的多种成分和污染物，这种集成化的设备不仅节省了实验室的空间和成本，还减少了样品转移和操作错误的风险。集成化则涉及到将检测技术与数据处理、信息管理系统无缝连接，通过将数据采集、处理和结果报告系统整合到一个平台上，检测过程变得更加流畅和高效。例如，先进的检测系统可以与实验室信息管理系统（LIMS）集成，实现自动化的数据记录、分析和报告生成，这不仅提高了数据管理的效率，还增强了数据的可追溯性和安全性。多功能化与集成化的结合，使得食品检测技术不仅能够满足各种复杂的检测需求，还能适应快速变化的市场和法规要求，这一趋势提升了检测的灵活性和综合能力，为食品安全管理提供了更加全面和高效的解决方案。

6 结语

食品检测技术的持续创新与发展对确保食品安全、提升食品质量以及推动行业进步发挥了重要作用。从传统技术的局限性到现代技术的多样化应用，食品检测领域正经历着深刻的变革。自动化与智能化的推进提升了检测效率与精确度，绿色环保与可持续性的理念则促进了技术的生态友好发展。标准化与规范化的实施为检测过程提供了可靠的操作框架，而多功能化与集成化则进一步扩展了技术的应用范围和效能。展望未来，食品检测技术将继续朝着更高效、更环保和更智能的方向发展，为保障全球食品安全、满足消费者需求及推动行业创新提供强有力的支持。

[参考文献]

- [1] 李广庆, 顾传燕. 食品检测技术的创新与发展趋势研究[J]. 现代食品, 2024, 30(10): 112-114.
- [2] 农晓芸. 食品安全检测技术的发展与应用[J]. 食品安全导刊, 2024(16): 175-177.
- [3] 刘必红. 我国食品安全检测技术研究现状分析[J]. 食品界, 2024(2): 73-75.

作者简介: 温墨辞 (1997.1—), 毕业院校: 河北化工医药职业技术学院, 所学专业: 工业分析与检验, 当前招聘单位: 河北智德检验检测股份有限公司, 职务: 检测员, 职称级别: 初级职称。

纳米 CoS-x 的合成及其缺陷热力学性质探究

孙浩¹ 陆胜达¹ 任博¹ 任树权¹ 冉云飞¹ 黄在银^{1,2*}

1. 广西民族大学 化学化工学院, 广西 南宁 530006

2. 广西高校食品安全与药物分析化学重点实验室, 广西 南宁 530006

[摘要] 缺陷工程是半导体材料中金属活性中心与局部配位环境的调控手段, 构建高效稳定的缺陷材料对促进缺陷工程的实际应用具有重要意义。该工作通过溶剂热法制备纳米 CoS 结合超声调控时间引入不同程度的硫空位缺陷, 得到了系列模型材料, 并通过 X 射线粉末衍射、拉曼光谱散射等表征手段对其形貌、结构、组成进行分析。以不同量的缺陷纳米 CoS 为一个系统, 测定其热力学电导率, 并根据缺陷纳米材料的热力学理论, 推导其热力学性质与缺陷量以及温度之间的关系, 继而得出了缺陷纳米 CoS 溶解热力学性质、摩尔表面热力学性质与偏摩尔表面热力学性质的缺陷效应和温度效应。结果表明, 纳米材料缺陷量大小和温度分别对溶解热力学、摩尔表面热力学以及偏摩尔表面热力学有显著影响, 且均具有良好的线性关系, 可以定量地描述纳米材料热力学性质与缺陷程度的依赖性规律, 有助于缺陷纳米材料热力学性质的研究和应用。

[关键词] 缺陷材料; 缺陷效应; 温度效应; 热力学理论

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14014

中图分类号: O626.323

文献标识码: A

Synthesis of Nano CoS-x and Investigation of its Defect Thermodynamics Properties

SUN Hao¹, LU Shengda¹, REN Bo¹, REN Shuquan¹, RAN Yunfei¹, HUANG Zaiyin^{1,2*}

1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530006, China

2. Key Laboratory of Guangxi Colleges and Universities for Food Safety and Pharmaceutical Analytical Chemistry, Nanning, Guangxi, 530006, China

Abstract: Defect engineering is a means of regulating the metal active centers and local coordination environment in semiconductor materials. Constructing efficient and stable defect materials is of great significance for promoting the practical application of defect engineering. This work prepared nano CoS by solvothermal method combined with ultrasound controlled time to introduce different degrees of sulfur vacancy defects, and obtained a series of model materials. Their morphology, structure, and composition were analyzed by characterization methods such as X-ray powder diffraction and Raman spectroscopy scattering. Using different quantities of defective nano CoS as a system, the thermodynamic conductivity was measured, and based on the thermodynamic theory of defective nanomaterials, the relationship between their thermodynamic properties, defect quantity, and temperature was derived. Subsequently, the thermodynamic properties of defect nano CoS dissolution, molar surface thermodynamic properties, and partial molar surface thermodynamic properties of defect effects and temperature effects were obtained. The results indicate that the size and temperature of defects in nanomaterials have significant effects on dissolution thermodynamics, molar surface thermodynamics, and partial molar surface thermodynamics, respectively, and all have good linear relationships. They can quantitatively describe the dependence of thermodynamic properties of nanomaterials on defect degree, which is helpful for the research and application of thermodynamic properties of defective nanomaterials.

Keywords: defective materials; defect effect; temperature effect; thermodynamic theory

引言

纳米材料中的缺陷既能激活纳米材料惰性基面又能促进底物的吸附、活化^[1], 参与光催化反应^[2], 在低浓度主要形成电子和空穴的俘获中心, 而高浓度则转变为电子和空穴的复合中心, 对半导体材料的电子结构、光谱吸收及光生电子空穴的激发、迁移和复合过程均有重要的影响, 在催化、储能、传感等领域有着广泛的应用前景。纳米材料表面空位缺陷类型包括表面原子失配、表面非晶化、表面杂质吸附、表面空位及复合空位等。CoS 因其独特的催化、电和磁性能以及在许多工业领域中加氢脱硫^[3]和加氢脱芳构化的潜在应用而成为重要材料。尽管形状控制研究

正在半导体和金属纳米晶体上积极开展, 但很少有学者直接针对 CoS 惰性基面^[4]进行研究。而缺陷二维材料由于其独特的形貌及电子结构而成为探索激活 CoS 基面的研究热点。此外, 缺陷二维材料还是催化表面物理化学^[5]重要理论研究的理想模型, 研究其物理化学性质是探索利用 CoS 缺陷纳米材料不可或缺的理论支撑。

设计具有空位硫缺陷来获得高催化界面活性, 让一小部分阳离子空位可以充当颗粒表面的活性位点是当下主流研究方向, 谢毅院士经实验与理论分析发现, 超薄 BiOCl 纳米片活性的提升主要源于其表面的空位缺陷^[6]。郝维昌教授借理论论和实验证实, 缺陷态的引入能使价带

中的电子更易被激发至新的缺陷能级,这既拓展了光的吸收范围,又加速了光生载流子的分离^[7]。

本文超声处理 CoS,在特定条件下通过控制超声时间,制得不同缺陷量的纳米材料。该方法所得缺陷产率高、分散性较好。基于溶解热力学原理,采用操作简单、灵敏度高的溶解度法测定缺陷 CoS 材料的电导率,获取其溶解平衡常数和溶解热力学函数,并将其与溶解热力学理论、电化学热力学平衡原理和热力学循环法相结合,进一步获取缺陷 CoS 材料偏摩尔表面热力学函数、摩尔表面热力学函数,旨在对缺陷纳米晶材料的制备、溶解、催化等应用提供重要借鉴。

1 实验部分

1.1 试剂

四水合乙酸钴 $C_4H_{14}CoO_8$ (分析纯) 购于上海国药有限公司;油酸 $C_{18}H_{34}O_2$ (分析纯) 购于阿拉丁试剂有限公司;硫代乙酰胺 C_2H_5NS (分析纯) 购于国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器

MiniFlex 600X 射线衍射仪 (XRD) (日本理学株式会社); in-Via 激光共聚焦显微拉曼光谱仪 (英国雷尼绍公司); GGL-5 高温管式炉 (合肥开尔纳米技术有限责任公司); 超高精度低温恒温槽 (XOGDH-0506, 南京先欧仪器制造有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 含 S 缺陷 CoS 的制备

CoS 的制备:称取 0.4075g $C_4H_{14}CoO_8$ 放入烧杯中用玻璃棒碾碎,加入油酸超声溶解完全后再加入硫代乙酰胺

(TAA),将得到的溶液置于烧杯中在常温下磁力搅拌 1h;将上述溶液于高压反应釜中 $180^\circ C$ 反应后得到产物,分别取两份样品分散到无水乙醇中,超声处理 2h、2.5h、3h、3.5h 后转移至聚四氟乙烯反应釜中,分别于 $220^\circ C$ 条件下加热处理,待反应釜自然冷却,过滤收集黑色沉淀,用无水乙醇进行洗涤后,置于真空干燥箱烘干。所得样品分别记为 Eth2.0-CoS、Eth2.5h-CoS、Eth3.0h-CoS、Eth3.5h-CoS。

2 结果与讨论

2.1 CoS_x 的结构与形貌分析

通过 X 射线衍射仪、激光共聚焦显微拉曼光谱仪对制备的 CoS_x 进行表征,结果如图 1 所示:

本文制备的缺陷纳米 CoS 的 XRD 谱图 (图 1a) 与标准谱图 JCPDS 卡片 NO. 19-0363 对比后未发现明显杂峰,以上结论均可得出已经成功制备出 CoS 缺陷材料,猜测 CoS 缺陷材料中 S 空位的浓度有所不同。究表明拉曼峰位置的偏移代表缺陷的产生^[8],缺陷程度与峰偏移大小呈线性关系,由图 1b 可知峰位置发生偏移,证明已产生缺陷且随着超声时间增加,且缺陷程度不断增大。

2.2 缺陷量及温度对缺陷标准摩尔溶解热力学函数的影响

2.2.1 缺陷量及温度对标准摩尔溶解吉布斯自由能的影响

根据标准溶解平衡常数的对数公式可得缺陷纳米硫化钴在相应条件下其平衡时的标准吉布斯自由能如图 2:

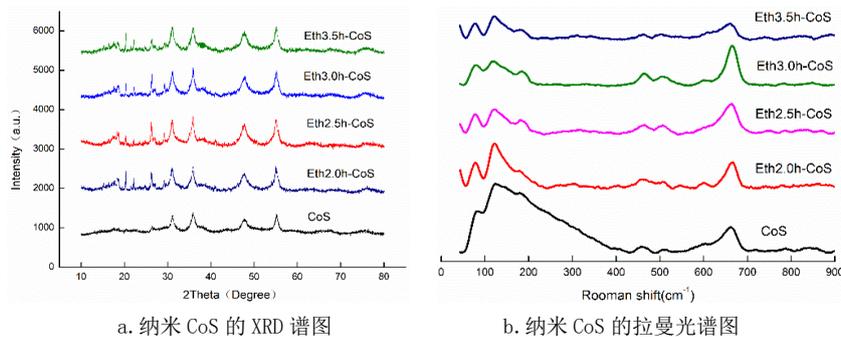


图 1 纳米 CoS 的 XRD 谱图和纳米 CoS 的拉曼光谱图

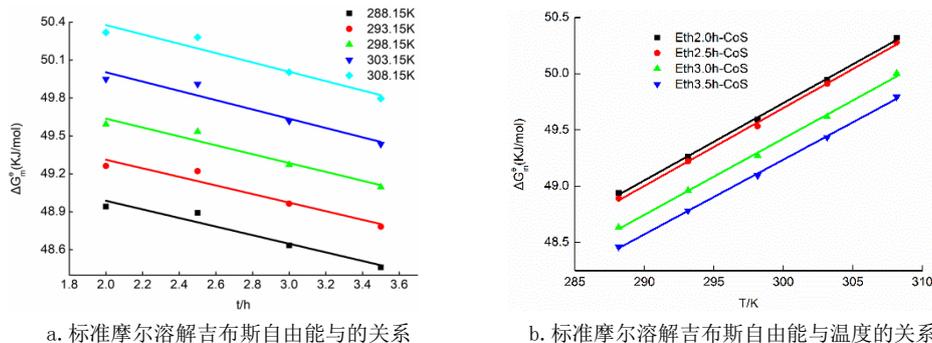


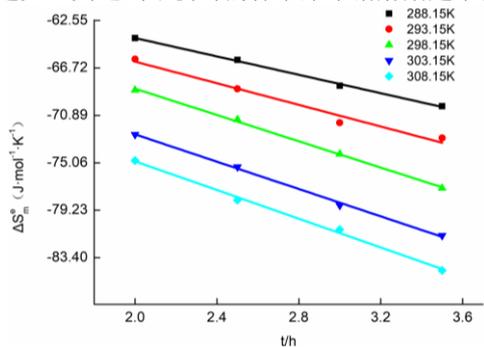
图 2 纳米硫化钴缺陷程度及温度与标准摩尔溶解吉布斯自由能的关系

由图 4 缺陷纳米硫化钴标准摩尔溶解吉布斯自由能与其缺陷程度的关系可得，二者呈线性关系，且随着缺陷程度越大，其达到平衡时的标准摩尔溶解吉布斯自由能越小；此外，随着温度的升高，标准摩尔溶解吉布斯自由能呈现上升趋势。

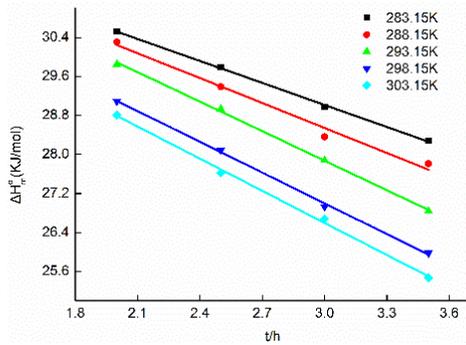
2.2.2 缺陷量及温度对标准摩尔溶解焓以及标准摩尔溶解熵的影响

由标准摩尔吉布斯自由能对温度求导可得缺陷纳米硫化钴在不同温度下其平衡时的标准溶解焓。

根据图 3b 可以看出超声时间越长标准溶解焓的变化量越大，由标准摩尔吉布斯自由能与标准摩尔熵的关系计算，在不同温度下其平衡时的标准溶解焓，随着纳米硫化钴缺陷程度越大，其达到平衡时的标准摩尔溶解焓越小；



a. 标准摩尔溶解熵与缺陷程度的关系



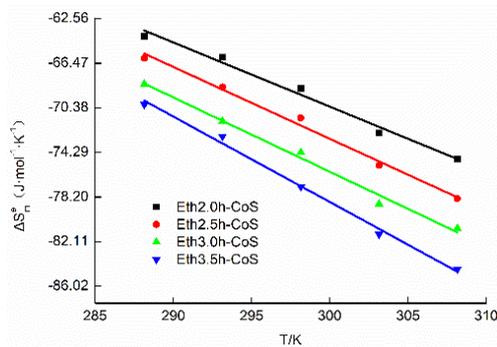
c. 标准摩尔溶解焓与缺陷程度的关系

此外，随着温度的升高，纳米硫化钴及其缺陷的标准摩尔溶解焓呈下降趋势，且温度越高，其标准摩尔溶解焓变化越大。

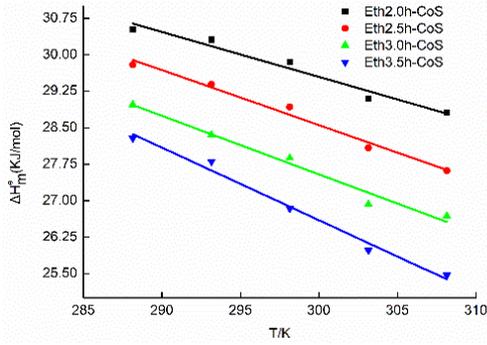
2.3 缺陷量及温度对偏摩尔表面热力学函数的影响

2.3.1 缺陷量及温度对偏摩尔表面吉布斯能的影响

图 4 所示，随着纳米硫化钴缺陷程度的增大，其达到平衡时的偏摩尔表面吉布斯自由能明显增加，随着温度的升高，纳米硫化钴及其缺陷的偏摩尔表面吉布斯自由能呈现下降趋势，是由于随着缺陷程度增大分散性得到加强，表面相存在的粒子数急剧增加且占总粒子数的比例绝大多数，表面相的原子由于受力不均、其力场尚未饱和且存在悬空键，具有高表面能，且纳米硫化钴缺陷程度越大，其偏摩尔表面吉布斯自由能变化越大。

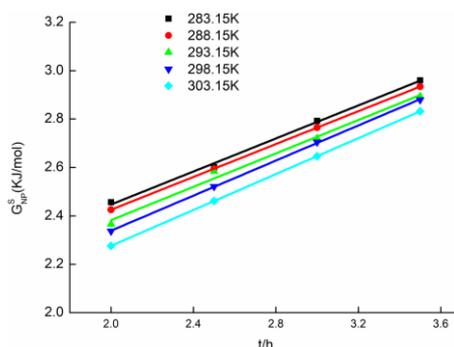


b. 标准摩尔溶解熵与温度的关系

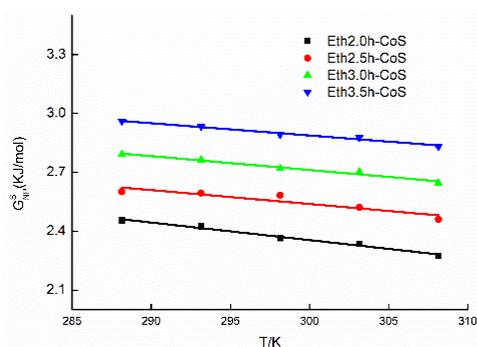


d. 标准摩尔溶解焓与温度的关系

图 3 标准摩尔溶解函数与纳米硫化钴缺陷程度及温度的关系



a. 偏摩尔表面吉布斯自由能与缺陷程度的关系



b. 偏摩尔表面吉布斯自由能与温度的关系

图 4 偏摩尔表面吉布斯自由能与纳米硫化钴缺陷程度及温度的关系

2.3.2 缺陷量及温度对偏摩尔表面焓和偏摩尔表面熵的影响

由图 5 可得，随着纳米硫化钴缺陷程度越大，其达到平衡时偏摩尔表面熵越大；此外，随着温度的升高，缺陷纳米硫化钴的偏摩尔表面熵呈下降趋势。此外，随着温度的升高，缺陷纳米硫化钴的偏摩尔表面焓呈下降趋势，当温度升高时，偏摩尔表面焓和偏摩尔表面熵的值均减小。结合图 3 可知，在溶解过程中，随着温度的升高，标准摩尔溶解焓和标准摩尔溶解熵逐渐减小，导致缺陷纳米硫化钴的偏摩尔表面焓和偏摩尔表面熵的值均减小。

2.4 摩尔表面热力学函数的缺陷效应及温度效应

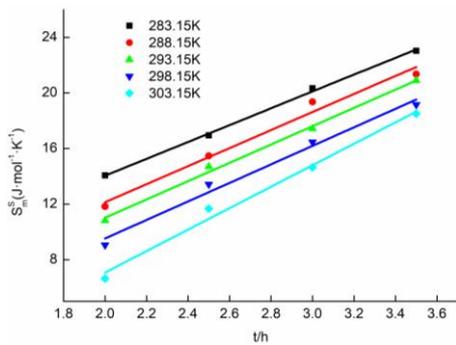
2.4.1 摩尔表面吉布斯能的缺陷效应及温度效应

由图 6 可得，随着纳米硫化钴缺陷程度越大，其达

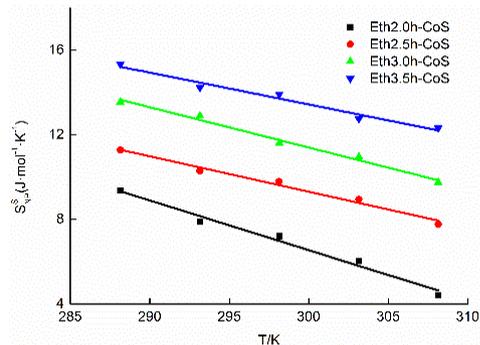
到平衡时摩尔表面吉布斯自由能越大；此外，随着温度的升高，摩尔表面吉布斯自由能呈下降趋势，且纳米硫化钴的缺陷程度越大，其摩尔表面吉布斯自由能变化越大。其原因是纳米硫化钴的比表面能随着缺陷程度的增大而减小。

2.4.2 摩尔表面焓、熵的缺陷效应及温度效应

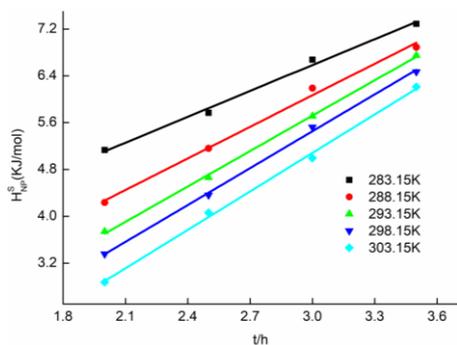
随着纳米硫化钴缺陷程度越大，其达到平衡时摩尔表面熵越大；此外，随着温度的升高，纳米硫化钴及其缺陷的摩尔表面熵呈下降趋势，其摩尔表面熵变化幅度越大。由于随着缺陷程度的增长，表面缺陷增加，纳米硫化钴的比表面积在减小；随着温度的升高，使纳米硫化钴表面的原子数量减少，这两种情况的加和使得表面的无序程度减小，从而导致表面摩尔熵减小。



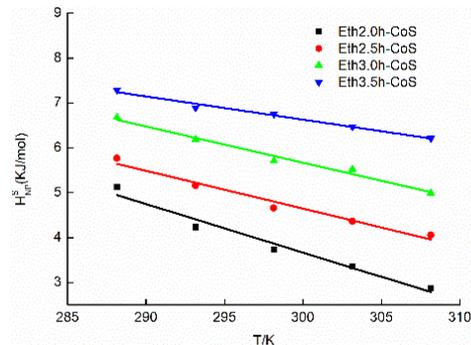
a. 偏摩尔表面熵与缺陷程度的关系



b. 偏摩尔表面熵与温度的关系

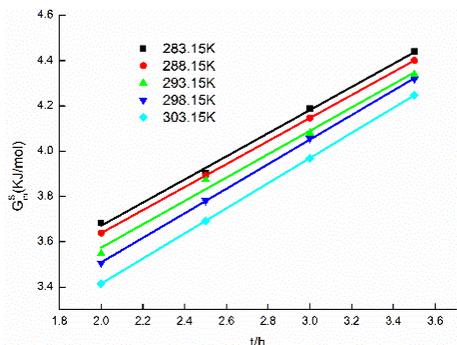


c. 偏摩尔表面焓与缺陷程度的关系

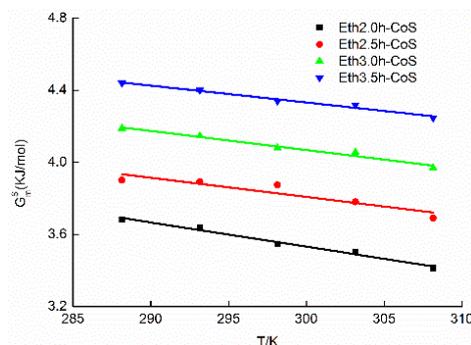


d. 偏摩尔表面焓与温度的关系

图 5 偏摩尔表面熵与纳米硫化钴缺陷程度及温度的关系



a. 摩尔表面吉布斯能与缺陷程度的关系



b. 摩尔表面吉布斯能与温度的关系

图 6 摩尔表面吉布斯能与纳米硫化钴缺陷程度及温度的关系

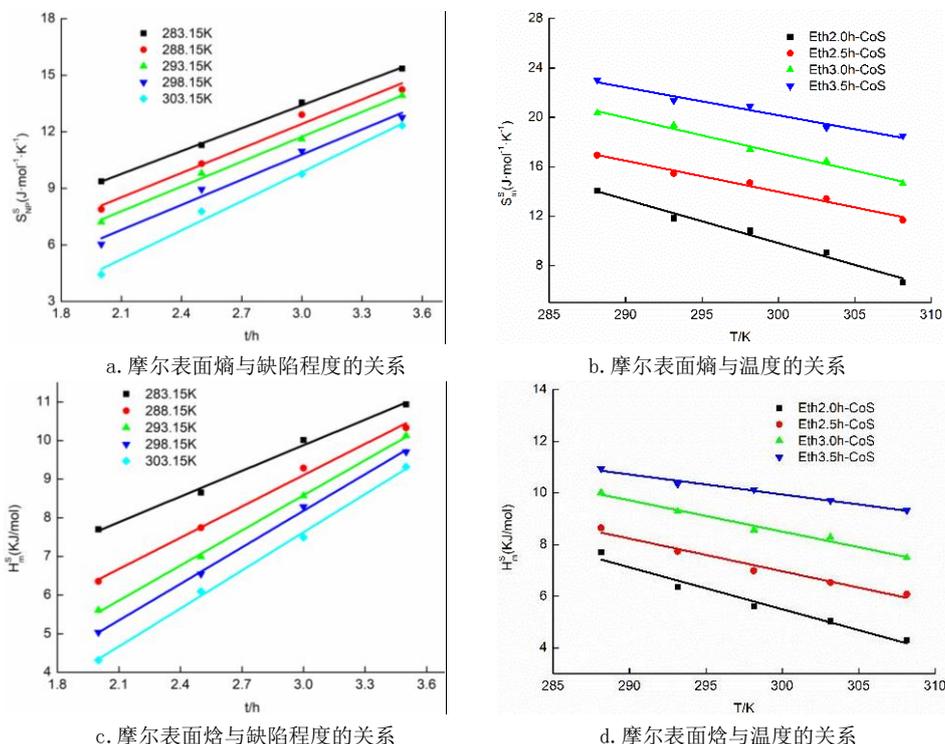


图7 摩尔表面熵与纳米硫化钴缺陷程度及温度的关系

3 结论

本文通过水热法制备了CoS再经过超声获得5种不同缺陷量的CoS,结合溶解法探究了缺陷量大小和温度对缺陷纳米CoS热力学函数的影响,结果表明:(1)采用超声法可获得不同缺陷量的CoS,且随着超声时间增加缺陷量增大,本方法快捷,简便,为缺陷制备探究开辟了新道路。

(2)缺陷量对纳米粒子热力学性质具有显著影响。当温度一定、缺陷量改变时,随着缺陷量的升高缺陷纳米CoS的标准摩尔溶解热力学函数、偏摩尔表面热力学函数、摩尔表面热力学函数均逐渐减小;这种性质对固体表面物理与表面热化学研究具有重要意义与价值;(3)缺陷会对材料的各种性能产生重大影响,研究缺陷纳米材料的热力学性质,正确地理解缺陷对热力学性质的影响,不仅是材料基础研究的内容,在半导体、催化等工业应用中也极为重要。为材料力学,表面物理化学,化学的研究提供重要理论参考。

基金项目:国家自然科学基金项目(21873022,21573048,22263001);互联网+大学生创新训练项目,项目编号202210608130,项目名称:自修复双功能双活性催化剂的构筑及其芬顿催化研究。

[参考文献]

[1] Park H, Ma G J, Yoon B K, et al. Comparing Protein Adsorption onto Alumina and Silica Nanomaterial Surfaces: Clues for Vaccine Adjuvant Development[J]. Langmuir, 2021, 37(3): 1306-1314.
 [2] Zhou Z, Li B, Liu X, et al. Recent Progress in

Photocatalytic Antibacterial[J]. ACS Applied Bio Materials, 2021, 4(5): 3909-3936.

[3] Li H, Liu J, Li J, et al. Promotion of the Inactive Iron Sulfide to an Efficient Hydrodesulfurization Catalyst[J]. ACS Catalysis, 2017, 7(7): 4805-4816.

[4] Almeida K, Peñ a P, Rawal T B, et al. A Single Layer of MoS2 Activates Gold for Room Temperature CO Oxidation on an Inert Silica Substrate[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2019, 123(11): 6592-6598.

[5] Somorjai G A. The Evolution of Surface Chemistry. A Personal View of Building the Future on Past and Present Accomplishments[J]. The Journal of Physical Chemistry B, 2002, 106(36): 9201-9213.

[6] Wu Z, Li Z, Tian Q, et al. Protonated Branched Polyethyleneimine Induces the Shape Evolution of BiOCl and Exposed {010} Facet of BiOCl Nanosheets[J]. Crystal Growth & Design, 2018, 18(9): 5479-5491.

[7] Dong J, Han J, Liu Y, et al. Defective Black TiO2 Synthesized via Anodization for Visible-Light Photocatalysis[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2014, 6(3): 1385-1388.

[8] 孙淑敏, 闫培琦, 侯一航, 等. 含S缺陷MoS₂的合成及其电化学析氢反应性能研究[J]. 轻工学报, 2021, 36(2): 55-63.

通讯作者简介: 黄在银(1952—), 男, 湖北巴东人, 广西民族大学教授, 主要从事纳米材料的制备及应用的研究。

玻璃与金属之间润湿性的研究进展

陈长军^{1,2*} 李雷¹ 唐建¹ 陈宇¹ 张敏¹

1. 苏州大学机电工程学院激光加工中心, 江苏 苏州 215021
2. 哈尔滨工业大学 先进焊接与连接国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001

[摘要] 玻璃与金属的气密性封接是将金属和玻璃密封起来实现真空级别的电连接、包装、馈通或光学窗口以及电子或电子系统中的光学系统的功能。为满足苛刻环境中的服役要求和高性能的使用需求, 玻璃与金属的密封就对封接体的可靠性显得至关重要。实现玻璃与金属封接体良好的热传导性能和强的抗应力和变形, 使得玻璃与金属封接体能够在更广阔的范围内得到应用。而要实现玻璃与金属的有效封接, 两者之间的润湿性就显得至关重要且伴随着诸多问题需要解决。因此, 文中对玻璃与金属之间的润湿机理和影响因素进行了综述。以期对玻璃与金属封接体的应用起到促进作用。

[关键词] 玻璃; 金属; 匹配封接; 封接; 润湿性

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14019

中图分类号: TQ171.73

文献标识码: A

Research Progress on Wettability between Glass and Metal

CHEN Changjun^{1,2*}, LI Lei¹, TANG Jian¹, CHEN Yu¹, ZHANG Min¹

1. Laser Processing Center, School of Mechanical and Electrical Engineering, Soochow University, Suzhou, Jiangsu, 215021, China
2. State Key Laboratory of Advanced Welding and Joining, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150001, China

Abstract: The airtight sealing of glass and metal is the process of sealing the metal and glass together to achieve vacuum level electrical connections, packaging, feedthrough or optical windows, as well as optical systems in electronic or electronic systems. In order to meet the service requirements and high-performance usage demands in harsh environments, the sealing between glass and metal is crucial for the reliability of the sealing body. Realize good thermal conductivity and strong resistance to stress and deformation of glass metal sealing bodies, enabling them to be applied in a wider range. In order to achieve effective sealing between glass and metal, the wettability between them is crucial and comes with many issues that need to be addressed. Therefore, the wetting mechanism and influencing factors between glass and metal were summarized in the article, so as to promote the application of glass and metal sealing bodies.

Keywords: glass; metal; match sealing; sealing; wettability

引言

玻璃, 作为一种卓越的材料, 展现出了令人瞩目的化学稳定性、高度的透光性、优异的抗氧化性以及耐腐蚀性, 同时, 其硬度高而比重小, 这些特性使其在多个领域具有潜在的应用价值。此外, 玻璃材料还因其高温耐磨、耐蚀、绝缘以及强抗氧化能力等特点, 被广泛应用于多个领域。然而, 玻璃材料的塑韧性和抗冲击能力相对较弱, 加工难度大, 这在很大程度上限制了其应用范围。为了克服这些局限性, 将玻璃与塑韧性良好、抗冲击能力强的金属进行连接, 成为了一种有效的解决方案。这种结合能够充分发挥玻璃和金属各自的优势, 从而拓宽其应用领域^[1-3]。

玻璃与金属的连接件在航空航天、汽车、微传感器、医疗、通信工程以及电子封装等领域中发挥着重要作用, 并日益受到业界的重视^[1-3]。因此, 深入研究玻璃与金属之间的封接技术, 对于推动相关领域的发展具有重要意义。而要实现玻璃与金属之间的有效连接, 首先就需要关注和研究两者之间的润湿问题。在玻璃与金属的连接过程中,

钎料与母材的润湿性问题是一个关键环节。因此, 深入探究玻璃与可伐合金表面的润湿机制及其界面结构特征, 对于优化玻璃与金属的连接过程具有至关重要的意义。

1 润湿性的影响因素

1.1 温度

润湿性首先受到温度的影响, 这是因为表面张力同温度密切相关, 表面张力与温度的关系式^[4]为:

$$k(T_c - T) = \sigma V_m^{1.5} \quad (1)$$

式(1)中, k 为普朗克常数, V_m 为液体摩尔体积, T_c 为液体表面张力接近于 0 时的临界温度, 由关系式可知, 对于液态钎料, 当钎焊温度 T 不超过临界温度 T_c 时, 随着温度的升高钎料表面张力下降, 固/液两相接触角 θ 变小, 润湿性提高。因此, 液态钎料表面张力随着温度的升高而降低, 升高温度可以促进固/液界面处发生化学反应生成金属间化合物, 加速钎料的溶解扩散和界面元素吸附。当温度过高, 会使母材和钎料表面氧化膜增厚, 氧化膜无法破除, 发生不润湿的情况。

1.2 焊料成分

当钎料与母材中的元素溶解度较大时，相互溶解的原子之间表现出良好的亲和力，则固/液分子间的附着力大于液体分子之间的内聚力，使得固/液界面能降低，液体钎料与固体母材之间的润湿性提高。向钎料中添加活性元素（如 Ti、Zr、Hf、V、Cr 以及稀土元素等），通过活性元素在固/液界面和熔融钎料表面发生富集并吸附，降低固/液界面能及液态钎料表面张力，并且活性元素会在固/液界面发生化学反应生成金属间化合物，改善体系的润湿性。

1.3 母材表面状态

Wenzel[5]提出液体钎料在固体母材上的表观接触系数，式中：

$$\cos\theta_e = \gamma\cos\theta \quad (2)$$

θ 为杨氏方程中的平衡接触角， θ_e 是粗糙度为 γ 的固体表面上的接触角（表观接触角）， γ 为实际固体表面积与理想平面表面积之比， $\gamma > 1$ 。从上述关系式可知，提高固体母材表面粗糙度，有利于改善体系润湿性。预氧化的温度 500、600 和 750℃ 对应的动态润湿角的变化见图 1 所示^[6]。当润湿温度为 600℃ 的时候，封接的玻璃熔化并开始变形。只有当玻璃的封接在氧化的温度为 600℃ @120min 的时候才达到润湿的状态，润湿角为 85.26°。当润湿的温度增加到 650℃ 的时候，在不同的氧化状态下润湿角呈现出下降的趋势。氧化工艺为 600℃@120min 的时候润湿角达到了 24.68°。图 1 (d) 详细地反应了润湿角随着温度的变化在不同的热氧化工艺下的变化。对温度 580℃ 到 720℃ 之间变化时的润湿角的变化进行了对比。发现在较高的温度下氧化（750℃），表面润湿角比在 500℃ 和 600℃ 下氧化后进行相同温度保温后得到的润湿角要大。在 600~700℃ 温度范围，在 600℃ 进行预先氧化后的润湿角同在 500℃ 和 750℃ 下预氧化的润湿角要下降的更为显著。因此，预氧化可以显著地改善 Ti6Al4V 合金对基材的润湿性，然而，在一个更高的温度条件下进行氧化会降低合金表面上的润湿性^[6]。

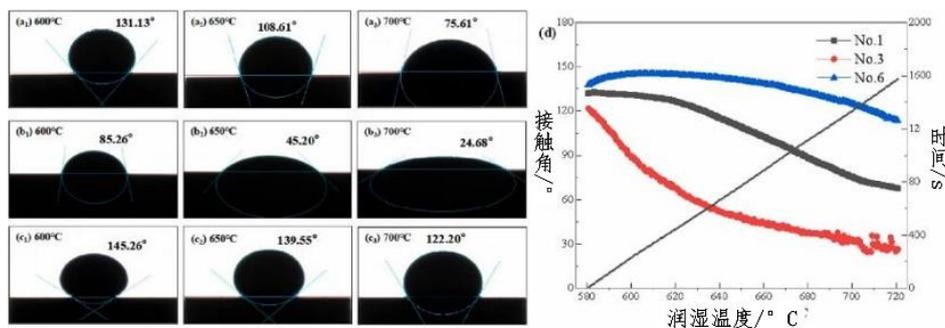


图 1 动态润湿角变化图：(a₁-a₃) 为预氧化工艺对表面润湿角的变化，表面为不同润湿温度时表面 No. 1 的分析结果；(b₁-b₃) 预氧化工艺时的润湿角随着表面状态为 No. 3 时在不同温度下的变化，(c₁-c₃) 预氧化工艺时表面润湿角随着表面状态为 No. 6 时不同润湿温度的结果；(d) 润湿角同时间和温度的变化结果

1.4 表面粗糙度

在采用激光对样品进行不同次数的扫描后，我们获得了如图 2 (a) 到图 2 (d) 所示的 3D 形貌图和表面轮廓曲线。图 2 (a) 为机械抛光后的表面 (MP) 作为参考样品，机械抛光后的表面展现出极低的粗糙度，其 Ra 值仅为 0.27。这为后续激光处理后的样品提供了对比基准。图 2 (b) 为激光扫描一次得到的 3D 形貌表面非常平整，坑的形貌清晰且无明显沉积物。X 轴和 Y 轴的轮廓曲线显示坑的间隔约为 100 μm。最大的坑深度在 X 轴和 Y 轴方向分别为 22.17 μm 和 24.17 μm。坑周围几乎无波动，最大的坑高度在 X 轴和 Y 轴方向上分别为 3.62 μm 和 5.17 μm。图 2 (c) 为激光扫描 5 次后的 3D 形貌和轮廓曲线坑比激光扫描一次时更深，这是由于激光重复熔化所造成的。图 2 (d) 和 (e) 为激光扫描 10 次和 15 次后的 3D 形貌沟槽进一步加深并趋于稳定。在 X 轴方向，最大的深度分别为 24.87 μm 和 23.37 μm；在 Y 轴方向，最大深度分别为 28.25 μm 和 27.36 μm。随着激光辐照的重复，坑周围的粗糙度也持续增加。然而，在 15 次激光扫描时，材料在坑周围的聚集变得过高，限制了等离子体羽流的飞溅角度，从而降低了表面的粗糙度。

下图 3 所示为钛合金表面经过机械抛光和不同的激光扫描道次后对 Ti6Al4V/ZrO₂ 进行钎焊后得到的界面^[7]。图 3 (a) 显示当表面为机械抛光的时候，合金和玻璃之间的连接是非常弱的，可以观察到明显的裂纹和没有发生结晶过程，界面处的不均匀现象是由于表面氧化膜的不均匀造成的。然而，当采用焊料的时候，具有热软化连接的作用。在加热后，玻璃发生软化、熔化和变成流体并发生粘附。因此，封接的玻璃就会填充激光加工所形成的沟槽，并在界面处同氧化物发生反应而形成结晶。激光扫描道次增加的时候，会增加其沟槽的深度、沟槽内部的宽度（直径）和沟槽外部的直径。结合激光扫描道次影响的解释，其沟槽的变化随着扫描道次的增加而降低。机械和化学反应的结合就在激光处理的 Ti6Al4V 合金表面形成，于是玻璃和金属的封接也借此形成。

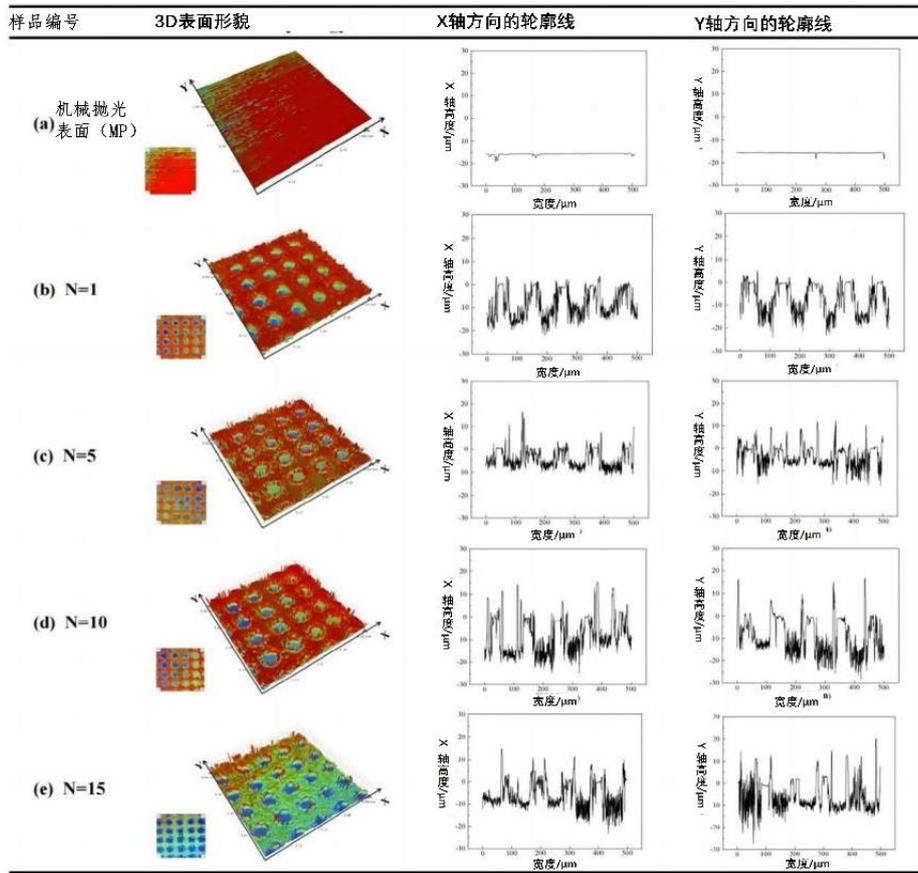


图2 在不同激光扫描次数后得到的3D形貌图和表面轮廓图：(a) 机械抛光的表面 (mechanical polishing (MP))；激光扫描次数分别为：(b) N=1；(c) N=5；(d) N=15；(e) N=15^[7]

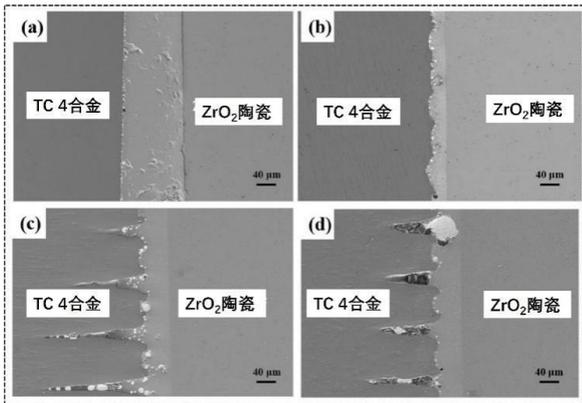


图3 玻璃和钛合金 Ti6Al4V 进行焊接的时候其界面随着表面状态变化的分析解雇：(a) 机械抛光的金属表面；激光扫描次数分别为 (b) N=1；(c) N=10；(d) N=15 的分析结果^[18]

2 改善润湿性的方法

根据杨氏方程可知，改善体系润湿性的方法主要有以下三种^[8-9]：(1) 提高固相表面能；(2) 降低固/液界面能；(3) 降低液态金属的表面张力，按照这三个方面，可以通过添加活性元素（合金化）、表面金属化、外加物理场来改善体系的润湿性。

2.1 添加合金元素

在工业生产中，添加活性元素改善金属与非金属体系的润湿性是目前最为普遍的方法。向钎料中添加活性元素（如 Ti、Zr、Hf、V、Cr 以及稀土元素等），通过活性元素在固/液界面和熔融钎料表面发生富集并吸附，降低固/液界面能及液态钎料表面张力，并且活性元素会在固/液界面发生化学反应生成金属间化合物，从而改善体系的润湿性。如 Xu Yang 等人在进行 $Ti_{32.8}Zr_{30.2}Fe_xCu_{14.3-3x}Be_{22.7}$ (at.%, $x=0, 2.5, 5.3$) 块体金属玻璃同 W 基材的润湿的研究时采用了座滴法在不同温度下进行了研究^[10]。在特定的温度下，随后 Fe 的含量从 0 at.% 增加 5.3 at.% 变化，接触角在一开始是增加的，然后开始降低。当 Fe 的含量达到 5.3 at.%, Fe 元素在玻璃中的显著的丰度，加上 W 中 Cu 元素的扩散，决定了系统的润湿性。这一发现不仅揭示了 Fe 元素含量对 TiZr 基块体金属玻璃同 W 之间的润湿规律，同时还提供了非原位制备块体金属玻璃复合体的一个理论依据。

如在添加不同比例 SiO_2/B_2O_3 的时候，封接的玻璃在 SS304 不锈钢上的润湿铺张行为如下图 4 (a) 所示^[11]。接触角随着 SiO_2/B_2O_3 比例的降低而降低，则意味着在金属

体系上的润湿性得到了增加。封接的玻璃在 SS304 不锈钢上的铺展行为随着 $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$ 比例的降低而得到增加。最大的玻璃与金属之间的封接强度出现在较低比例的 $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$ 的情形。在 $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$ 比例比较低的时候，封接玻璃的化学成分具有足够高的润湿性和玻璃与金属之间足够高的结合强度。采用 BG6 这一化学成分来对 SS304 不锈钢和硼硅玻璃进行压力封接，得到的实物图如下图 4 (b) 所示^[11]。

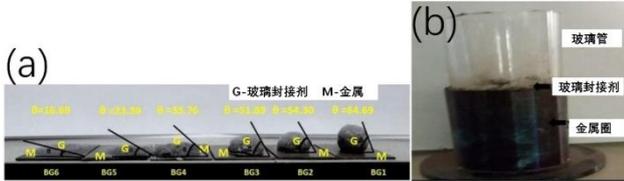


图 4 (a) 封接玻璃在 SS304 不锈钢上发生润湿和铺展的行为；(b) 使用 BG6 玻璃封接焊料封接时提不锈钢和硼硅玻璃所得到的连接体

2.2 表面金属化

通过物理气相沉积 (PVD)、化学气相沉积 (CVD)、物理化学气相沉积 (PCVD)、电化学沉积 (EVD)、磁控溅射、等离子喷涂等方法^[12]涂覆或溅射一层亲合力优于基材的物质，使得钎料与该层物质接触，从而达到改善润湿性的目的。常用的表面喷涂的金属材料主要有 Ag、Au、Ti、Pd、Zr、Cr、Cu、Ni 等^[12]。封接 Al_2O_3 陶瓷和铜加热管需要在较低的温度下进行，因为当温度超过 320°C 的时候铜就会开始失效。由于低温焊料在 Al_2O_3 陶瓷上具有较低的润湿性，这样在 Al_2O_3 陶瓷进行封接 Al_2O_3 陶瓷和铜时对 Al_2O_3 陶瓷进行金属化就非常有必要了。 Al_2O_3 陶瓷表面的金属化采用 Ag-Cu-Ti 活性金属填充料在 900°C 的时候对 Al_2O_3 陶瓷进行表面金属化处理。微观分析表明在活性金属和 Al_2O_3 陶瓷之间的界面发生了界面反应，导致在 Al_2O_3 陶瓷表面形成了 $\text{Cu}_3\text{Ti}_3\text{O}$ 反应层。在随后的剪切测试中，断裂发生在焊料层的位置，这表明焊料的强度相对较低。金属化的陶瓷 Al_2O_3 和焊料层以及 Cu 之间的界面反应还是令人满意的，如下图 5 所示。

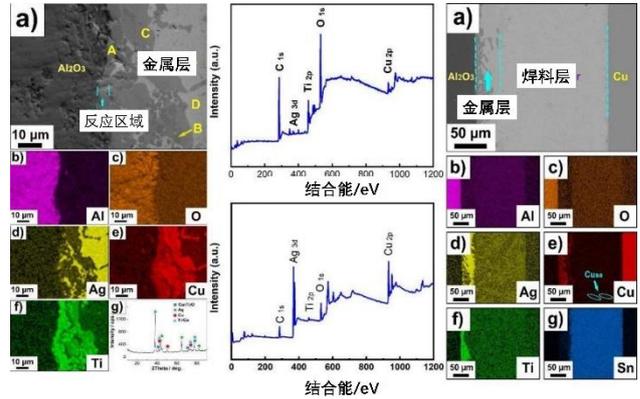


图 5 金属化后封接 Al_2O_3 陶瓷和铜加热管

2.3 外加物理场

通过外加物理场，打破固/液界面原有的平衡状态，重新形成一种新的化学平衡状态。常见的物理场主要有电场、声场、磁场及复合场等^[13-15]。如 Yuming Feng 等人使用超声和不使用超声对凝固的 Sn 熔滴的最终接触角进行了观察，如图 6 所示^[13]。图 6 (a) 和 (b) 显示的是接触角同电压之间的关系。其中电压的变化同相应的超声工作的频率相对应，其中没有使用超声的润湿称之为系统 I (system I) 和有超声伴随所发生润湿的系统，称之为 System II，参数设置分别为： $0\sim 130\text{V}$ ($18.2\sim 18.4\text{kHz}$) 和 $0\sim 90\text{V}$ ($18.2\sim 18.4\text{kHz}$)。如图 6 (a) 所示为系统 I 的结果，可以观察到接触角随着电压的增加而降低。图 6 (c) 则显示凝固的液滴在不同的电压下的快照，平均润湿角在电压变化为 $0\sim 130\text{V}$ 的时候自 142.4° 降低到 106.3° 。尽管液滴的平整程度会影响到润湿角的减少，润湿角仍然在振动挤出和瞬态凝固的过程中得到了增加，与此同时在液滴的上部非凝固的 Sn 快速向上收回。图 6 (d) 所示为凝固的液滴在不同的电压下所得到的快照。结果表明超声对降低润湿角是有效果的，降低了 $\Delta\theta=8.8^\circ$ ，远小于系统 I 中的 32.8° 。因此，超声振动可以降低润湿角。

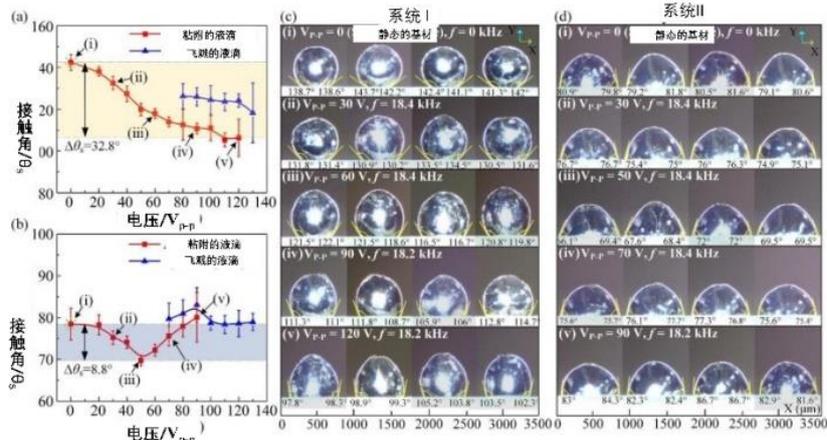


图 6 在使用超声辅助振动的时候接触角随着电压的变化在非润湿系统 (system I) (a) 和润湿系统中 (system II) (b) 的变化 system I (c) 和 system II (d) 则显示的是在不同的电压下得到的润湿角的快照

3 结束语

玻璃与金属之间润湿性的改善是一个十分重要且具有实际应用需求的课题,目前关于玻璃与金属润湿性的研究目前还远远不能满足日益增长的使用需求,现有的研究方法虽然解决和满足了一部分需求,但还远远不够。并且不同的方法还存在一定的局限性。需要科研工作者在界面反应机理、表面改性、外场的施加等各个方面继续攻坚克难,提高玻璃与金属之间的润湿性,从而推动其在各个领域中的应用。

基金项目:江苏省重点研发计划资助,编号:BE2021049,先进焊接与连接国家重点实验室开放课题基金资助,资助编号:AWJ-23Z01。

[参考文献]

- [1]Mckelvy E C, Taylor C S. Glass to metal joints [J]. Journal of The American Chemical Society, 2002, 42(7): 1364-1374.
- [2]李卓然,徐晓龙.玻璃与金属连接技术研究进展[J].失效分析与预防, 2013, 8(2): 123-130.
- [3]陶星空,高增,牛济泰.玻璃与金属连接方法的研究进展[J].硅酸盐通报, 2017, 36(12): 4066-4071.
- [4]左庆寿.润湿与不润湿的微观实质[J].北京师范学院学报, 1987, 4(8): 59-61.
- [5]冯吉才,方洪渊.材料连接过程中的界面行为[M].黑龙江:哈尔滨工业大学出版社, 2005.
- [6]Fei Ji, Yuanxing Li, Wenxin Dong, et al.. Effect of the pre-oxidation process on the surface properties of the Ti6Al4V and the wettability of sealing glass[J]. Journal of Materials Research and Technology, Volume 30, 2024(5): 8054-8066.
- [7]Fei Ji, Yuanxing Li, Wenxin Dong, Hui. Chen Dissimilar brazing welding of Ti6Al4V/lead-free bismuthate glass/ZrO₂ assisted by laser surface texturing[J]. Optics

& Laser Technology, 2024(179): 377.

- [8]Ibrahim I A, Mohamed F A, Lavernia E J. Particulate reinforced metal matrix composites—a review[J]. Journal of Materials Science, 1991, 26(5): 1137-1156.
- [9]魏芳.液态金属在石墨表面润湿的研究现状[J].甘肃科技, 2019, 35(1): 38-41.
- [10]Xu Yang, Long Zhang, Wen Li, et al.. Effect of Fe content on wetting behaviors and interfacial characteristics of TiZr-based bulk metallic glass/W substrate[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2024, Volume 973, 2024(2): 172970.
- [11]Rakesh Joshi, Rahul Chhibber. Effect of SiO₂/B₂O₃ ratio on the thermophysical and wetting properties of borosilicate glass sealant for glass-metal joint [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2018(9): 186-194.
- [12]李富祥.锡基钎料分别在 Cu₆Sn₅ 金属间化合物和纯铜表面的润湿行为及界面结构[D].兰州:兰州理工大学, 2019.
- [13]Hongtao Hu, Longkun Huang, Biao Xu, et al.. Microstructural characterizations of metallized Al₂O₃ before/after surface treatment and Al₂O₃/Cu soldered joint[J]. Materials Characterization, 2024(217): 376.
- [14]Yuming Feng, Junkao Liu, Hengyu Li, et al.. Liu Investigations into wetting and spreading behaviors of impacting metal droplet under ultrasonic vibration control[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2023(97): 469.
- 作者简介:陈长军(1976.3—),男,毕业院校:中国科学院金属研究所,专业:材料学,当前就职单位:苏州大学,职称:教授从事激光增材制造与再制造和激光焊接的科研与产业化。

WO_{3-x}/H₂O₂ 缺陷类芬顿催化剂降解罗丹明 B

杨抒恬^{1,2} 肖碧源^{1,2} 范嘉兴^{1,2} 黄鑫^{1,2} 曾月俊^{1,2} 宁颖标^{1,2} 黄在银^{1,2*}

1. 广西民族大学 化学化工学院, 广西 南宁 530006

2. 广西高校食品安全与药物分析化学重点实验室, 广西 南宁 530006

[摘要] 本工作采用水热法制备 WO₃·H₂O 纳米片, 并通过调控煅烧时间和煅烧温度得到不同氧空位浓度的缺陷三氧化钨(WO_{3-x})。以罗丹明 B 为模型污染物, 研究缺陷类芬顿催化体系 (WO_{3-x}/H₂O₂) 的催化性能。研究表明, 该新型非均相类芬顿催化剂含表面氧空位, 且在较宽 pH 值范围内有效活化 H₂O₂, 可高效降解染料污染物。pH=5~7 时罗丹明 B 的降解速率常数由 11.23×10⁻³ min⁻¹ 增加到 13.93×10⁻³ min⁻¹, 而 pH=7~10 时, 罗丹明 B 的降解速率常数由 13.93×10⁻³ min⁻¹ 降低到 1.67×10⁻³ min⁻¹; 当 H₂O₂ 初始浓度为 5 mmol·L⁻¹ 且初始 pH 值为 7 时, 对应 c-WO_{3-x}/H₂O₂ 类芬顿体系中罗丹明 B 的降解效果最佳, 并且研究发现在一定范围内 WO_{3-x} 催化剂表面氧空位浓度的增加可加快罗丹明 B 的催化降解速率。本工作为缺陷芬顿催化的普适性设计提供了新思路, 丰富了缺陷芬顿催化的表面物理化学理论与方法, 为新一代芬顿催化剂的量化制备和工程应用提供支撑。

[关键词] 水热法; 三氧化钨; 缺陷调控; 氧空位; 芬顿催化

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14015

中图分类号: TQ223

文献标识码: A

Degradation of Rhodamine B by WO_{3-x}/H₂O₂ Defective Fenton Catalyst

YANG Shujian^{1,2}, XIAO Biyuan^{1,2}, FAN Jiaying^{1,2}, HUANG Xin^{1,2}, ZENG Yuejun^{1,2}, NING Yingbiao^{1,2}, HUANG Zaiyin^{1,2*}

1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530006, China

2. Key Laboratory of Guangxi Colleges and Universities for Food Safety and Pharmaceutical Analytical Chemistry, Nanning, Guangxi, 530006, China

Abstract: This work used hydrothermal method to prepare WO₃·H₂O nanosheets, and obtained defective tungsten trioxide (WO_{3-x}) with different oxygen vacancy concentrations by adjusting the calcination time and temperature. Study the catalytic performance of defect based Fenton catalytic system (WO_{3-x}/H₂O₂) using Rhodamine B as a model pollutant. The research results indicate that the novel heterogeneous Fenton like catalyst contains surface oxygen vacancies and effectively activates H₂O₂ over a wide pH range, which can efficiently degrade dye pollutants. At pH=5-7, the degradation rate constant of Rhodamine B increased from 11.23 × 10⁻³ min⁻¹ to 13.93 × 10⁻³ min⁻¹, while at pH=7-10, the degradation rate constant of Rhodamine B decreased from 13.93 × 10⁻³ min⁻¹ to 1.67 × 10⁻³ min⁻¹; When the initial concentration of H₂O₂ is 5 mmol·L⁻¹ and the initial pH value is 7, the degradation effect of Rhodamine B in the c-WO_{3-x}/H₂O₂ Fenton like system is the best, and it has been found that the increase of oxygen vacancy concentration on the surface of WO_{3-x} catalyst can accelerate the catalytic degradation rate of Rhodamine B within a certain range. This work provides new ideas for the universal design of defective Fenton catalysis, enriches the surface physicochemical theory and methods of defective Fenton catalysis, and provides support for the quantitative preparation and engineering application of new generation Fenton catalysts.

Keywords: hydrothermal method; tungsten trioxide; defect control; oxygen vacancies; fenton catalysis

引言

芬顿工艺因其简单灵活而广泛用于处理工业废水。经典的芬顿工艺是在酸性条件下 Fe²⁺ 与 H₂O₂ 反应。目前芬顿工艺存在反应 pH 值范围狭窄 (pH=2.5-3.5) 等局限性, 从而限制其应用的扩大。为克服这些缺点, 采用异相/均相催化剂代替 Fe²⁺, 包括 Fe³⁺、Cu²⁺/Cu⁺、黄铁矿等。与均相芬顿系统相比, 这些具有 pH 响应范围广、可实现活性组分与反应溶液分离并二次使用特性的异相芬顿系统被证明是更有前景的替代品。

Zhang 等^[1] 将具有 OV_s 缺陷的高能面 TiO_{2-x} 单晶作为异相催化剂, 活化 H₂O₂ 产生 ·OH 降解甲基橙等有机染料,

表现出良好芬顿催化活性和稳定性。其研究认为 TiO_{2-x} 单晶的良好催化活性源于 OV_s 的存在产生了 Ti³⁺, 有缺陷存在的 TiO_{2-x} 具有很高抗氧化性, 使其在催化过程中具有良好的稳定性。Xiao 等^[2] 选择普鲁士蓝 (PB) 改性的 CeO₂ 催化降解诺氟沙星 (NOR), 该复合材料表现出良好的可重复利用性和宽 pH 值适用范围, 材料中 OV_s 的增加促进了 Fe²⁺/Fe³⁺ 转换, 使其在 pH=2-9 下高效降解并低铁溢出, 并证实了材料表面缺陷的形成能将 H₂O₂ 还原为 ·OH 用于有机物降解。早期研究表明少量缺陷能大幅提升催化活性。而 OV_s 是非均相催化剂表面上最常见的缺陷, 能加速 ·OH 生成, 增强异相芬顿反应活性。在异相芬顿反应中, 需要

解决在近中性条件下催化剂催化活性低和稳定性差的问题。异相催化剂的催化活性与 H_2O_2 浓度、溶液 pH 以及催化剂本身的结构形貌、表面性质等因素密切相关。为了探索更高效的异相催化剂,研究 OV_s 调控后的材料表面结构及类芬顿催化性能至关重要。

钨氧化物的氧空位 (OV_s) 对其催化等应用有重要影响, 三氧化钨 (WO_3) 薄膜中的间隙和空位等缺陷的密度随温度变化^[3]。 WO_3 的晶格氧易失去形成富电子的 OV_s 并生成不饱和 W 原子, 其表面的双活性位点为缺陷类芬顿催化体系的研究提供了理想的模型。本工作采用水热法制备 $WO_3 \cdot H_2O$ 纳米片, 通过调控煅烧时间和气氛获得不同 OV_s 浓度的 WO_{3-x} , 以罗丹明 B (RhB) 为模型污染物, 探讨双氧水浓度、pH 值等因素对 WO_{3-x} 催化性能及稳定性的影响。通过初步探索主要降解机制, 构建高效、宽 pH 适用的缺陷类芬顿体系, 促进该技术在废水处理中的发展。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

钨酸钠 ($Na_2WO_4 \cdot H_2O$) 分析纯, MACKULIN; 柠檬酸 ($C_6H_8O_7$) 分析纯, 阿拉丁工业公司; 葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6$) 分析纯, 广东光华科技股份有限公司; 盐酸 (HCl) 分析纯, 阿拉丁工业公司; 双氧水 (H_2O_2) 分析纯, 广东光华科技股份有限公司; 罗丹明 B (RhB) 分析纯, 科密欧化学试剂有限公司; 5,5-二甲基-1-吡咯啉-N-氧化物 (DMPO) 分析纯, 阿拉丁工业公司; 无水乙醇 (C_2H_5OH) 分析纯, 成都市科隆化学品有限公司。

Sigma 300/500 型场发射扫描电子显微镜 (FESEM), 德国卡尔蔡司公司; MiniFlex600 型 X 射线粉末衍射仪 (XRD), 日本理学株式会社; UV-2600 型固体紫外-可见漫反射 (UV-DRS), 日本岛津有限公司; UV-1800S 型紫外-可见分光光度计 (UV-Vis), 美国安捷伦科技有限公司; e-scan 型电子顺磁共振波谱仪 (EPR), 德国布鲁克科技有限公司; RT10 型磁力加热搅拌器 (A-MFD), 德国 ika 公司; DZF-6020 型真空干燥箱 (VDO), 上海精宏实验设备有限公司; JP-020S 型超声波清洗机 (UC), 深圳市洁盟清洗设备有限公司; OTF-1200X-S 型单温区管式炉 (MTF), 合肥科晶材料技术有限公司; II1850 型台式冷冻离心机, 湖南湘仪实验仪器有限公司。

1.2 实验过程

1.2.1 二维 WO_{3-x} 纳米片的制备

取 1mmol $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ 溶于 30mL 去离子水的烧杯中配成溶液; 在 800r/min 下搅拌 10min 的同时加入 1.5mmol 柠檬酸和 5mmol 葡萄糖; 继续加入 3mL 6mol/L 的 HCl 溶液搅拌 30min; 将溶液移至反应釜中 120°C 下反应 24h 后取出并冷却至室温, 用水和无水乙醇交替洗涤至中性后置于 60°C 的真空干燥箱中干燥 24h, 得到 $WO_3 \cdot H_2O$ 。

将制得的 $WO_3 \cdot H_2O$ 在空气中用管式炉以 2K/min 的加

热速率加热至 673.15 K 煅烧 2h, 得到 a- WO_{3-x} ; 将制得的 $WO_3 \cdot H_2O$ 在 H_2 气氛中用管式炉以 2K/min 的加热速率加热至 673.15K 煅烧 30min, 得到 b- WO_{3-x} ; 将制得的 $WO_3 \cdot H_2O$ 在 H_2 气氛中用管式炉以 2K/min 的加热速率加热至 673.15K 煅烧 2h, 得到 c- WO_{3-x} 。

1.2.2 RhB 降解实验

室温和磁力搅拌条件下, 取 20 mmol $\cdot L^{-1}$ RhB 置于 25mL 容量试管中作为模型污染物进行催化降解污染物实验。取 6mg WO_{3-x} 催化剂加入试管, 然后加入 10mL RhB 并在黑暗中搅拌 1h 以达到吸附平衡。使用 H_2O_2 溶液初始浓度为 5mmol $\cdot L^{-1}$ 引发催化降解反应, 模型污染物未进行 pH 值调控。分别在 1min、30min、60min、90min、120min、180min、240min 取 1mL 反应液加入装有 100uL 无水乙醇的 1.5mL 聚乙烯塑料管 (PE) 中, 高速离心取上清液的待测样品。

1.2.3 分析测试方法

采用便携式荧光光谱测定 RhB 浓度, 仪器使用前已进行标定; 配置 0mg $\cdot L^{-1}$ 、1mg $\cdot L^{-1}$ 、5mg $\cdot L^{-1}$ 、10mg $\cdot L^{-1}$ 、15mg $\cdot L^{-1}$ 、20mg $\cdot L^{-1}$ 系列不同浓度 RhB 溶液, 采用便携式荧光光谱仪进行测定并绘制标准曲线, 如图 1 所示。

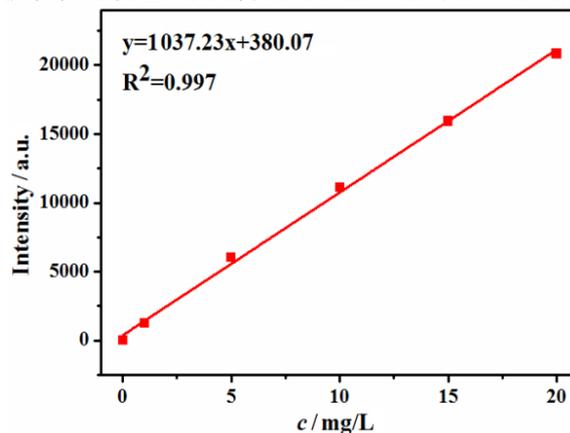


图 1 RhB 标准曲线图

2 结果与讨论

2.1 WO_{3-x} 的表征

在还原性气氛下热处理 WO_{3-x} 可诱导其晶格表面发生氧化还原反应, 产生氧空位 (OV_s), OV_s 的含量随煅烧时间变化; WO_3 表面晶格氧的缺乏会导致 W^{5+} 形成, 延长还原时间进一步引起 W 和 O 的重组并生成 WO_2 。由于实验材料为有序纳米片结构, 再键合主要发生在 WO_3 纳米片外层。因此具有不同还原时间的系列 WO_{3-x} 样品仍保持纳米片形貌。图 2 (a-c) 为不同 OV_s 浓度的 WO_3 的电子扫描电镜图 (SEM), 从图中可以看出产物均具有形貌规则、表面光滑且分布均匀的二维纳米片结构。图 2 (d) 为不同缺陷浓度 WO_{3-x} 的 X 射线衍射 (XRD) 图, 强烈而尖锐的峰表明所制备的产品结晶度高且纯, 与 WO_3 的标准卡片 (JCPDS

No. 83-0951) 匹配, 表明缺陷的存在没有导致晶体结构显著变化。

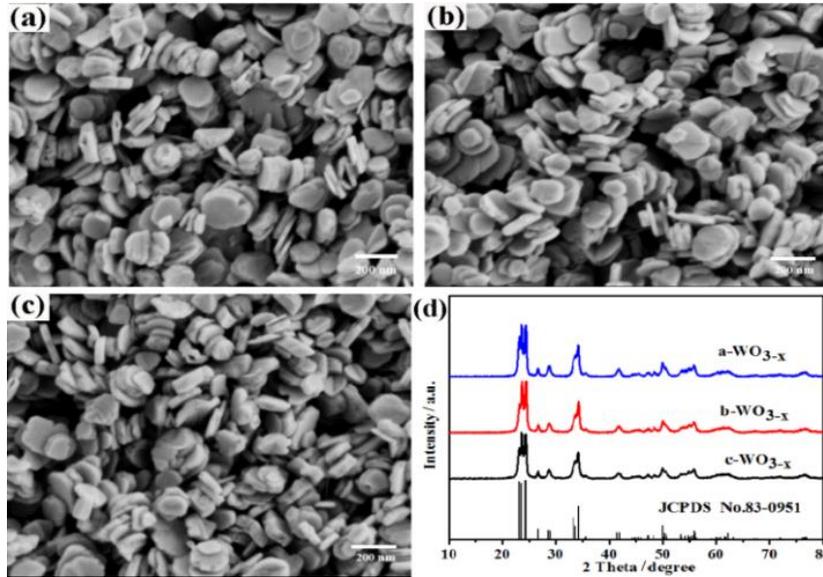


图 2 (a) - (c) 分别为 a-WO_{3-x} (a), b-WO_{3-x} (b), c-WO_{3-x} (c) 的电子扫描电镜、图 (d) 为不同缺陷浓度 WO_{3-x} 的 X 射线衍射图谱

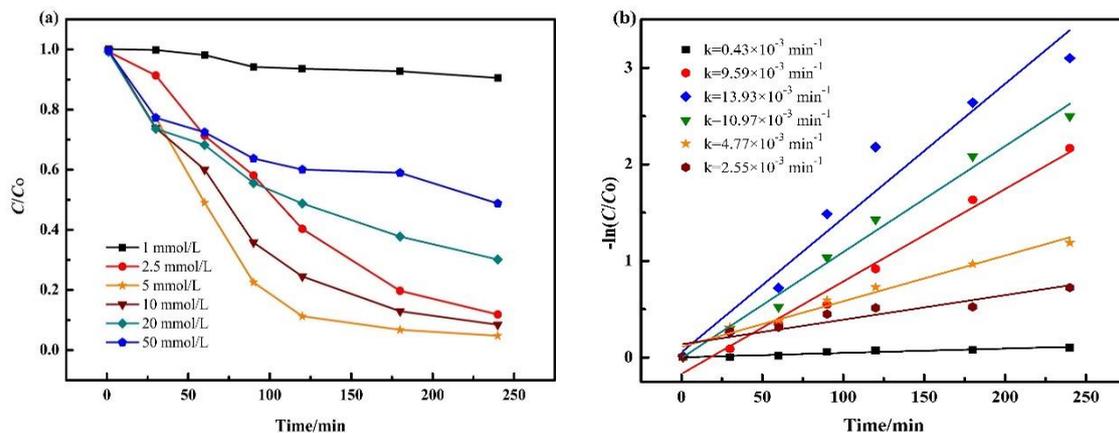


图 3 图 (a) 为不同 H₂O₂ 浓度下 c-WO_{3-x} 降解 RhB 浓度随时间的变化曲线、图 (b) 为 -ln(C/C₀) 对时间作图

2.2 H₂O₂ 浓度对 c-WO_{3-x}/H₂O₂ 类芬顿体系中的降解 RhB 的影响

为探究催化降解中最适 H₂O₂ 浓度, 本工作以 RhB 分子 (20mg/L) 为模型污染物, 考察不同 H₂O₂ 浓度下 c-WO_{3-x}/H₂O₂ 体系的降解效果。由图 3 (b) 见, c-WO_{3-x}/H₂O₂ 体系中 RhB 在 4h 内的降解率为 99.6%, 这表明该体系能有效降解 RhB。当 H₂O₂ 浓度由 1mmol · L⁻¹ 增加到 5mmol · L⁻¹ 时 RhB 降解速率常数提高, 因为较高浓度的 H₂O₂ 产生了更多的 ·OH^[4] 提高反应速率, 当 H₂O₂ 浓度继续增加到 50mmol · L⁻¹ 时, 降解速率常数下降, 可能的原因是反应体系中过量的自由基发生自猝灭反应并与 H₂O₂ 反应抑制了降解速率^[5]。综上, H₂O₂ 初始浓度为 5mmol · L⁻¹ 时降解效果最佳。后续实验采用此浓度。

2.3 pH 值对 c-WO_{3-x}/H₂O₂ 类芬顿体系中的降解 RhB 的影响

不同初始 pH 值对降解 RhB 的效果如图 4 中所示, 从

图 4 (a) 可直观看出 pH 为酸性时利于 RhB 降解, 而碱性环境下催化剂表现出相对惰性。据图 b 分析: 初始 pH 值由 5 升至 7 时, RhB 的降解速率常数上升, 而当初始 pH 值由 7 升至 10 时, RhB 的降解速率常数下降, 这可能是由于在水性环境中的金属部位会形成表面羟基, 故金属材料的催化活性对 pH 的变化非常敏感^[6]。不同的 pH 值下氧化电位会发生显著变化 (E⁰=2.8V 在 pH=0 和 E⁰=1.59V 在 pH=14), 在 pH>4 时, H₂O₂ 优先分解为水和氧气^[7]; 在高 pH 值下, 由于 OH⁻ 的存在, 减少了自由基的形成。在强酸性 (pH<3) 下, 丰富的 H⁺ 可作为自由基清除剂, 降低反应效率。由图可知 RhB 降解速率常数受 pH 值为弱酸性时影响较小, 受碱性时影响较大, 当初始 pH 值为 7 时降解效果最佳且在 pH8 和 9 的弱碱性下 4 小时内 RhB 的降解率仍超过 90%。综合看出, 该体系在较宽 pH 范围内保持良好降解效果, 反应在缺陷 0Vs 中进行, 其活性位点拥有路易斯酸特性, 增强了 H₂O₂ 的区域选择性及催化效率。

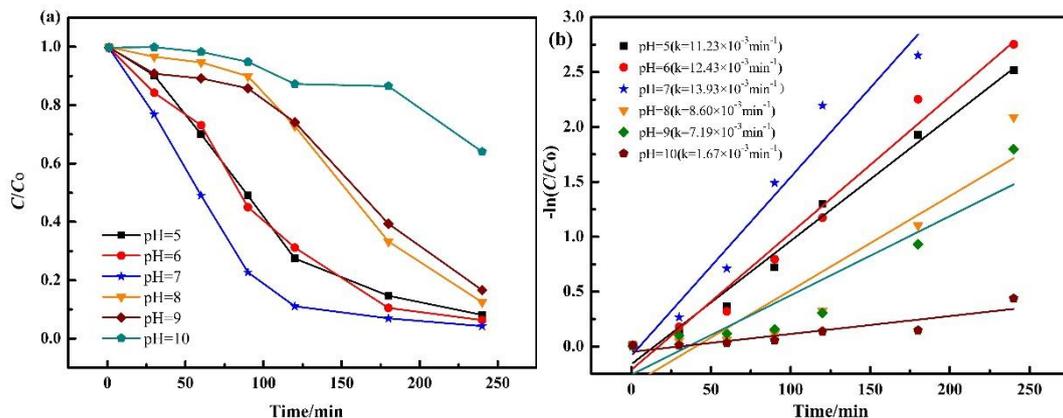


图 4 图 (a) 为不同初始 pH 值条件下 $c\text{-WO}_{3-x}$ 降解 RhB 浓度随时间的变化曲线、图 (b) 为 $-\ln(C/C_0)$ 对时间作图

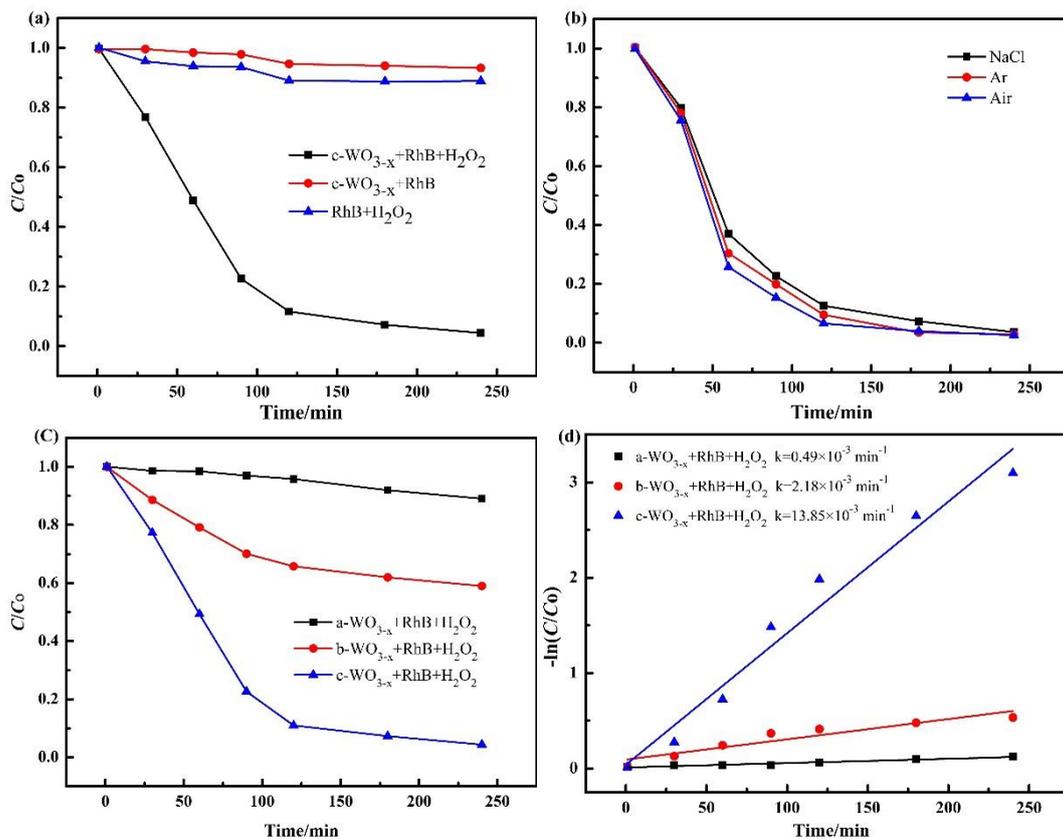


图 5 图 (a) 为不同体系降解 RhB 的时间图、图 (b) 为 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系在空气，氩气或氯化钠存在下降解 RhB 的时间图、图 (c) 为不同 OV_s 浓度 $\text{WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系降解 RhB 时间图、图 (d) 为 $-\ln(C/C_0)$ 对时间作图

2.4 空白、干扰和对比实验

为了评估单一的 $c\text{-WO}_{3-x}$ 或 H_2O_2 对罗丹明 B (RhB) 降解的效果, 分别进行了仅含 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{RhB}$ 和仅含 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{RhB}$ 的对照实验。结果如图 5 (a) 所示, 在仅有 $c\text{-WO}_{3-x}$ 或 H_2O_2 存在时, RhB 的降解率低于 10%, 可以确定为基本没有降解。为排除空气中氧气的影响, 通过氩气鼓泡去除溶液中的氧气, 并使用长针穿过橡皮塞直接采样; 在探究初始 pH 值对 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系降解 RhB 的影响实验中, 使用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 和 HCl 溶液调控 RhB 溶液的 pH,

图 5 (b) 表明, 两组实验在 4h 时 RhB 降解率均达到 99% 以上, 且与在空气中进行的反应结果几乎一致, 说明氧气、 Na^+ 和 Cl^- 均不影响 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 类芬顿体系的降解效果。

图 5 (c-d) 展示了不同氧空位 (OV_s) 浓度的 WO_3 与 H_2O_2 共同降解 RhB 的降解率: $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系在 4h 内 RhB 降解率达 99.6%, $b\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系在 4h 内 RhB 降解率为 41.2%, $a\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系在 4h 内 RhB 降解率仅为 11.2%, 三种样品的 OV_s 浓度随 $c\text{-WO}_{3-x} > b\text{-WO}_{3-x} > a\text{-WO}_{3-x}$ 顺序变化, 其催化效果与 OV_s 浓度变化规律一致, 这表明表面缺陷作

为反应的吸附位点和活性位点,增强了表面吸附和活化能力,从而提升了表面原子的混乱度和热力学能,在此实验范围内缺陷浓度越大活性位点越多,显著提高了催化剂对污染物的降解效果。结果表明,通过提高煅烧温度或延长煅烧时间可增加 WO_3 催化剂表面 OV_s 的浓度进而增强催化降解 RhB 的性能。

2.5 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 类芬顿体系高效降解污染物原因

利用 DMPO 的 EPR 自旋陷阱法评价 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 类芬顿体系中活性氧物种 (ROS) 的产生。图 6 显示, $a\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系中未检测到 $\cdot\text{OH}$ 信号,表明 RhB 的去除仅通过吸附到纳米颗粒上而发生。 $c\text{-WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系中 EPR 信号强度比为 1:2:2:1,表明氧化性羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 降解 RhB 的生成。由 EPR 分析结果可知 $\cdot\text{OH}$ 是降解 RhB 的主要活性物种,由 H_2O_2 和超氧自由基 ($\cdot\text{O}_2^-$) 活化产生,首先攻击 RhB 中的乙酰氨基和显色基团,存在于有机物中的环被降解成分子量较小的羧酸类化合物,最后,小分子中间产物矿化为 CO_2 和 H_2O 。

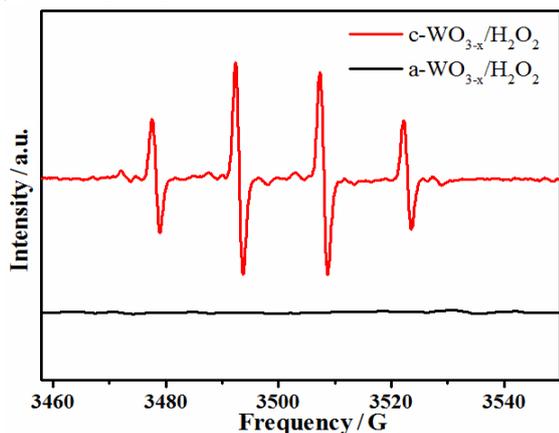


图 6 不同体系中 DMPO·OH 的 EPR 图谱

3 结论

本工作通过调控煅烧时间和煅烧温度制备了不同氧空位浓度的 WO_{3-x} , 探究发现适当提高煅烧温度或延长煅烧时间可提高 WO_3 催化剂表面 OV_s 的浓度进而增强催化降解 RhB 的性能; 纳米 $\text{WO}_{3-x} \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ 作为类芬顿试剂, 对 RhB 表现出良好的催化氧化能力, 在弱酸性和弱碱性条件下仍能有效降解 RhB, 当 H_2O_2 的初始浓度为 $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 且初始 pH 值为 7 时对 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ RhB 的降解率最佳; 此外, 本文中做了两组实验以排除空气中的氧气及 pH 调节剂对反应的影响, 结果与在空气中进行降解的结果一致。经过一系列实验最终表明, 在此实验范围内 OV_s 缺陷浓度越高, 催化效果越好, 采用 EPR 和 DMPO 确认 $\cdot\text{OH}$ 为降解反应的主要活性物种, 表明 $c\text{-WO}_{3-x}$ 可促进 H_2O_2 分解生成 $\cdot\text{OH}$ 。

作为高级氧化技术 (AOPs) 中的主流技术, 芬顿反应的应用范围正在扩展。本工作提出的双反应中心催化体系 ($\text{WO}_{3-x}/\text{H}_2\text{O}_2$) 抛开依靠金属物种单一位点的价态反复变

化来实现 H_2O_2 的活化, 从极化理论出发, 实现了催化反应原理和催化剂设计理念的协调统一; 且在较宽 pH 值范围内能有效活化 H_2O_2 , 克服了传统 Fenton 法需维持酸性环境的缺点。在实验室层面解决了多相芬顿反应存在的几大难题。本方向接下来将继续寻求高稳定性、零金属浸出、无二次污染的催化剂; 将实验室层面研制的催化剂转化成实际应用型催化剂将是工作重点。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (21573048, 21873022, 22263001)。

[参考文献]

- [1]Zhang, A. Y.; Lin, T.; He, Y. Y.; Mou, Y. X., Heterogeneous activation of H_2O_2 by defect-engineered $\text{TiO}(2-x)$ single crystals for refractory pollutants degradation: A Fenton-like mechanism[J]. J Hazard Mater, 2016(311):81-90.
 - [2]Zhang, Y.; Xiao, R.; Wang, S.; Zhu, H.; Song, H.; Chen, G.; Lin, H.; Zhang, J.; Xiong, J., Oxygen vacancy enhancing Fenton-like catalytic oxidation of norfloxacin over prussian blue modified CeO_2 [J].: Performance and mechanism. J Hazard Mater, 2020(398):122863-122864.
 - [3]Yin, X.-T.; Lv, P.; Li, J.; Jafari, A.; Wu, F.-Y.; Wang, Q.; Dastan, D.; Shi, Z.; Yu, S.; Garmestani, H., Nanostructured tungsten trioxide prepared at various growth temperatures for sensing applications[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2020(1):825-826.
 - [4]Li, Z.; Lyu, J.; Ge, M. Synthesis of magnetic Cu/CuFe204 nanocomposite as a highly efficient Fenton-like catalyst for methylene blue degradation[J]. Journal of Materials Science, 2018, 53(21):15081-15095.
 - [5]Zhang, Y.; Liu, C.; Xu, B.; Qi, F.; Chu, W. Degradation of benzotriazole by a novel Fenton-like reaction with mesoporous Cu/MnO₂: Combination of adsorption and catalysis oxidation[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2016(199):447-457.
 - [6]Lu, C.; Deng, K.; Hu, C.; Lyu, L. Dual-reaction-center catalytic process continues Fenton's story[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2020(14):5-15.
 - [7]Titouhi, H.; Belgaied, J. E. Heterogeneous Fenton oxidation of ofloxacin drug by iron alginate support[J]. Environ Technol, 2016, 37(16):2003-2015.
- 通讯作者简介: 黄在银 (1952—), 男, 湖北巴东人, 广西民族大学教授, 主要从事纳米材料的制备及应用的研究。

润湿性及其润湿角的测量方法

陈长军^{1,2*} 李雷¹ 唐建¹ 陈宇¹ 张敏¹

1. 苏州大学机电工程学院激光加工中心, 江苏, 苏州 215021
2. 哈尔滨工业大学 先进焊接与连接国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001

[摘要] 复杂流体的动态润湿是一个工业系统中从表面涂层到现代 3D 打印技术中的一个整体系统的重要组成部分。在近年来, 发展了各种技术来解决该技术中存在的问题。而先进的表征其润湿性的分析手段将会极大地提高我们对润湿的理解和提高我们设计功能性润湿表面和材料的能力, 如防雾和防污的应用。文中介绍了润湿的基本概念和总结了润湿的测量方法。

[关键词] 润湿; 润湿性、接触角; 测量

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14020

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Measurement Method for Wettability and Its Wetting Angle

CHEN Changjun^{1,2*}, LI Lei¹, TANG Jian¹, CHEN Yu¹, ZHANG Min¹

1. Laser Processing Center, School of Mechanical and Electrical Engineering, Soochow University, Suzhou, Jiangsu, 215021, China
2. State Key Laboratory of Advanced Welding and Joining, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150001, China

Abstract: The dynamic wetting of complex fluids is an important component of the overall system from surface coating to modern 3D printing technology in industrial systems. In recent years, various technologies have been developed to address the issues present in this technology. Advanced analytical methods for characterizing its wettability will greatly enhance our understanding of wetting and improve our ability to design functional wetting surfaces and materials, such as anti fog and anti fouling applications. The article introduces the basic concept of wetting and summarizes the measurement methods of wetting.

Keywords: wetting; wettability and contact angle; measurement

引言

在过去几十年时间里, 表面现象在具有独特的润湿现象这一块, 引起了人们的广泛注意并发展了相应的技术在工业中得到应用。这一独特的表面现象包括荷叶表面的超疏水表面、具有可控液滴附着力的花瓣效应表面、可以排斥水和油的超疏水表面、防污润滑表面等等。这些功能性的表面在研究后在许多场合得到了应用, 如轮船的防污染涂料、飞机的防冰涂层等等。这些表面功能性不同的涂层得到应用是因为表面润湿性所体现的^[1-3]。最为常见的测量和体现润湿现象的表征手段就是测量其润湿角, 并且该测量方法也得到了应用和发展。本文就对润湿的基本概念和测量方法进行介绍, 以进一步地促进润湿的发展和应用。



图 1 静态润湿水滴的案例: 静态水滴在窗户玻璃上的润湿现象(a) 在植物表面上的润湿现象 (b)

1 润湿性概述

在探讨玻璃与金属连接的过程中, 润湿性是一个至关重要的因素。润湿是一个非常常见的自然现象, 如图 1

所示。一般情况下, 根据固液界面的结合情况, 润湿可以分为反应润湿和非反应润湿两大类。

非反应润湿, 通常被称为物理润湿, 其特点在于润湿界面上的固-液相之间没有任何溶解扩散或化学反应发生。这种润湿现象可以进一步细分为完全润湿、不润湿和部分润湿三大类。

为了定量描述润湿现象, 我们通常使用接触角这一参数。接触角被定义为液-气界面与固相表面在三相线界面处的夹角, 具体可参考图 2 所示。在传统的测量方法中, 接触角是直接从液相处进行测量的。

对于液体和理想固体表面之间的润湿现象, 我们可以采用传统的杨氏方程来进行定义。这里的理想固体表面指的是原子光滑、化学成分均匀, 且在与不同液相接触时不会发生变形或化学反应的表面。杨氏方程的具体形式如公式 (1) 所示^[5-6]:

$$\cos\theta_{\text{Young}} = \frac{\gamma_{\text{sv}} - \gamma_{\text{sl}}}{\gamma} \quad (1)$$

此处的 θ_{Young} 为杨氏接触角、 γ_{sv} 和 γ_{sl} 指固-气和固-液界面张力, γ 是液体的表面张力。从公式 (1) 可以知道, 在具有高的表面能的固相表面 (高能的固相表面是指高的固相-气相界面张力 γ_{sv}) 具有呈现出较低的接触角的倾向。此时低能的表面张力就会呈现出较大的接

触角。

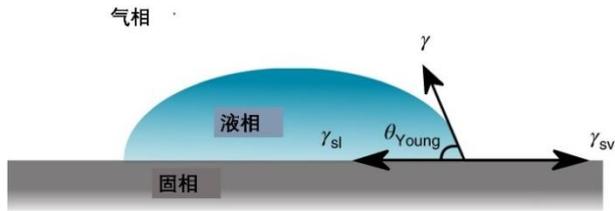


图2 一个水滴在理想的固相基材上的示意图: 杨氏接触角(θ_{Young})是水滴的表面张力沿着固相表面($\gamma \cos \theta_{Young}$)和界面张力 γ_{sv} 和 γ_{sl} 的水平投影所决定的)

润湿现象, 作为表面科学中的一个核心议题, 其驱动力主要源自范德华力。在润湿过程中, 毛细力、表面张力以及重力等因素共同发挥着作用。由于润湿界面是依赖于分子间的范德华力来结合的。因此, 这种界面结合力通常相对较弱。反应润湿则是一种更为复杂的润湿现象, 其中液体与固体之间会发生溶解扩散、元素界面吸附, 以及固液界面的化学反应, 从而生成某些金属间化合物。在这一过程中, 液体的表面张力、界面活性元素的吸附, 以及固液相之间的溶解扩散等因素都会成为影响润湿效果的关键因素。在观察润湿现象时, 液珠在表面上的呈现状态与接触角的大小密切相关。当液珠在表面上呈现为较大的接触角时, 意味着液珠并未在表面上充分铺展; 相反, 当液珠在表面上铺展开来时, 接触角则会相对较小。进一步来说, 当接触角小于 90° 时, 我们称固体表面为亲水表面。在这种情况下, 液体会在表面上大面积地铺展开来, 形成一层较薄的水膜。而当接触角大于 90° 时, 固体表面则被称为疏水表面。此时, 液滴与固体表面的接触面积会尽可能小, 从而形成一个致密的液滴。特别地, 当液滴在表面上形成一个平坦的水坑时, 我们称之为完全润湿。在这种情况下, 润湿角近似为 0° , 而表面则被称为超亲水表面。相反地, 当润湿角大于 150° 时, 表面被称为超疏水表面。此时, 液滴与固体表面的接触面积会尽可能小, 展现出一种类似于荷叶效应的自清洁现象。

荷叶效应是现实生活中的一种奇妙现象, 它使得滚动的液滴在表面上发生相互碰撞时, 能够像鱼儿一样灵活地弹开。这种现象是液滴之间以及表面纳米级别结构相互作用的结果, 为我们提供了研究润湿现象的新视角和思路。

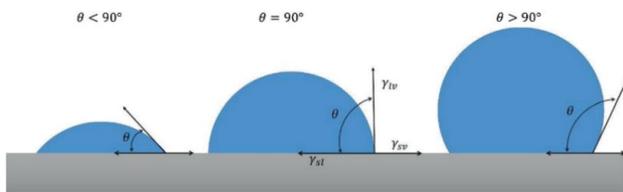


图3 润湿角大于 90° (疏水)、小于 90° (亲水) 和等于 90° 时的示意图

2 润湿性的测量方法简介

座滴法 (sessile drop method) 作为润湿角测量能

量分析中的佼佼者, 其知名度和应用广泛性毋庸置疑。这一方法的核心优势在于能够直接测量三相平衡界面位置的正切角, 从而精准评估材料的润湿性能。通过观察液滴在平面上的轮廓, 我们可以轻松地根据读出的角度数据来判断其润湿性能。随着科技的进步, 市场上已经出现了基于座滴法原理开发的先进设备。这些设备通过粘附的气泡将液滴轮廓传输到屏幕上, 并利用计算机软件直接计算出轮廓边缘和润湿角。图4生动地展示了座滴法测量润湿角的示意图, 让我们对这一方法有了更直观的理解。在进行润湿角测量时, 样品台的平整度至关重要。只有确保样品台十分平整, 液滴在沉积过程中才不会发生移动, 从而保证测量结果的准确性。接下来, 将液滴精确地分配在表面上, 并通过背后的光源照亮液滴, 使其图像投影到屏幕上。然后, 利用相机进行记录, 并通过软件进行后续分析。接触角的分析过程同样离不开计算机软件的辅助。软件会对图片和观察到的现象进行记录, 并通过放大图像来提高分析的精度。这样, 我们就可以更深入地探究固相表面和液滴轮廓之间的交互作用, 从而获取更准确的润湿性能信息。座滴法测量技术简单易行, 只需一个小的表面积的平台和非常少量的液滴即可实施分析。然而, 我们也必须注意到, 表面的杂质和不规则性会对分析结果产生极大影响。因此, 在进行测量前, 必须确保样品表面的清洁和平整度, 以获得准确可靠的测量结果。

综上所述, 座滴法作为一种简单、直接且有效的润湿角测量方法, 同时具有质需要少量的水滴就可以实现润湿角的测量, 并且可以在非常小的表面实现对样品的测量, 同时还可以提供样品的均匀性的相关信息。在材料科学、表面工程等领域具有广泛的应用前景。然而, 在实际应用中, 我们也需要充分考虑样品表面的清洁和平整度等因素, 以确保测量结果的准确性和可靠性。该方法的缺点在于不严格按照协议来操作的时候, 不同操作者之间的误差还是比较大的。如果要收集较大面积中的润湿信息, 就需要从不同位置进行测量, 就需要从不同的位置进行测量, 这样就比较麻烦, 耗费较多的时间。同时, 如果水中存在少量的杂质的时候, 就会导致实验结果的误差。

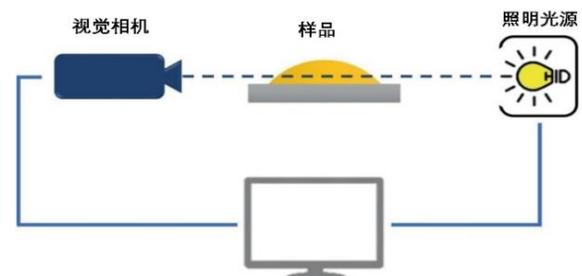


图4 座滴法 (sessile drop method) 测量示意图, 此时的相机对液滴进行拍照, 与此同时光在背部照亮, 接触角就直接通过软件来生成

角度计测量法: 样品首先需要水平的放置, 相机应该基于样品平面来放置, 如图5所示^[12]。如果由于样品的粗

糙度或形状的原因导致液滴和样品之间的接触线不清晰，相机观察的角度就应该向下倾斜 $1\sim 3^\circ$ 。相机角度的些许倾斜会造成源头的少量的误差。如果倾斜是必须的且用来确保接触线的清晰度，那就必须注意所得到的结果可能同实际上的结果存在一定的误差。如果使用该结果来进行发表文章，就需要记录相机的倾斜角度。测量时使用的参数差别较大，就导致测量结果之间的比较也变得比较困难。因此，使用同一参数来进行测量是进行对比的重要前提。

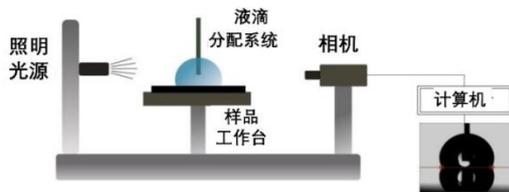


图5 角度测量法的示意图：该装置包括一个光源，可以调节的样品台，一个分配系统（电动注射器通过管子连接到针上），一个相机连接到可以记录的视频设备上，计算机用于数据分析，其中针的位置用非常疏水的表面和低接触角滞后的物质制作

在高度疏水表面上，针不会在液滴中间保留，这是因为摩擦力很小的缘故。如果针不在液滴中间，就会在自动适应的过程中失效，此时软件会认为针的位置在中间。针所反映的图像位置就会导致结果不准确^[12]。

该方法测量的优点在于测量简单、快速。其缺点在于测量得到的接触角并不一定是真正意义上的测量角。测量记录得到的润湿角取决于所用液滴的尺寸的大小，测量得到的润湿角并不能完全反应接触角本身的性质。

Wilhelmy 板法表面张力仪测量法：Wilhelmy 板法是一种测量液体表面张力的方法。它是由德国化学家 GeorgWilhelmy 在 19 世纪提出的。这种方法利用一个精确测量表面张力的仪器——Wilhelmy 板，铜鼓浸入液体中并测量液体对其表面张力的作用力来进行测量的。该技术最开始是用来测量液体的表面张力，后来被用来测量表面的润湿角。在这一测量方法当中，测试的表面（通常是安装在一个矩形的薄板上）连接在一个高灵敏度的微量天平上，该天平来测量在浸入和浸出液体时的力的变化，该力就是人们通常所说的表面张力 γ 。测量的过程中要控制好移动的速度 U 和浸入的深度 h ，见下图 6 所示^[13-17]。

Wilhelmy 板法表面张力仪测量法可以在非常高精度的空间分辨率下，如至少 $250\ \mu\text{m}$ 的前提下进行探测物质表面的不均匀性，甚至还可以在进一步的优化后进一步地提高其测量精度^[15-16]。然而，在样品类型受到限制的时候依然可以采用 Wilhelmy 板法表面张力仪测量法来进行探测。样品限制在形状比较简单且具有均匀横截面的情形，如板、纤维和圆柱等，这样在润湿的过程中润湿的外径是保持不变的^[17]。对于不规则形状样品，需要增加额外的图像处理过程来计算浸入深度随着体积变化的数据。但这增加了测试润湿角的难度和会导致更大的误差。

该方法在测量的时候还要求绝对的垂直，这是因为不绝对垂直的时候，稍微的倾斜都会导致力的不确定性和力的读数和弯月面高度的变化，从而最终影响润湿角的测量结果。对于采用该方来进行测量，还有一个要求是需要样品比较平整和，要求至少在一个平面，最好是至少 2 个平面上是均匀的。这一要求对生物样品来说一般很难满足要求，如虫子的翅膀或植物的叶子，他们都是天然具有曲线和不均匀的形状和分布。一些生物样品还非常脆，从而更不适合采用 Wilhelmy 板法表面张力仪测量法来进行测量。

同时这一测量方法还对温度的变化和空气流的扰动密切相关，这样测试的房间就必须相对封闭^[13]。同时该测量方法还具有空间分辨率比较差的缺点，因为该测量方法是基于浸入过程来实现的，这样就不存在在不同的空间范围内实现测量了。最后，该测量方法的时间分辨率一般在 $50\ \text{Hz}$ ，不适合测量快速的动态润湿过程。

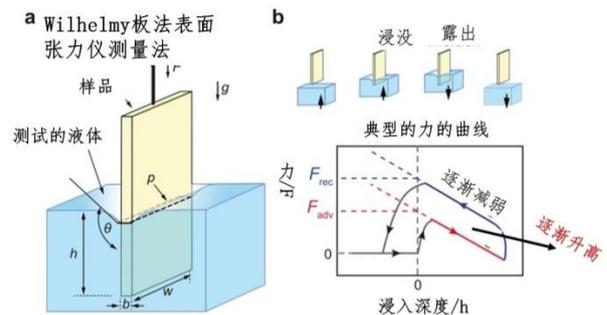


图6 (a) Wilhelmy 板法表面张力仪测量法及其 (b) 典型的自前面和后面力的曲线 F_{adv} 和 F_{rec} 在浸入和浸出的时候进行测量 θ_{adv} 和 θ_{rec}

3 结论

润湿性在生产和生活中的应用越来越广泛和要求改善和改变润湿性的需求也越来越迫切，现有的关于润湿性的理解和应用以及测量手段还远远不能满足我们的需要，需要在润湿机理和测量手段以及表征上进一步的发展，以满足工业和生产日益对润湿的需要。

基金资助：江苏省重点研发计划资助，编号：BE2021049，先进焊接与连接国家重点实验室开放课题研究基金资助，资助编号：AWJ-23Z01。

[参考文献]

[1]Mckelvy E C, Taylor C S. Glass to metal joints [J]. Journal of The American Chemical Society, 2002, 42 (7): 1364-1374.
 [2]李卓然,徐晓龙. 玻璃与金属连接技术研究进展[J]. 失效分析与预防, 2013, 8(2): 123-130.
 [3]陶星空,高增,牛济泰. 玻璃与金属连接方法的研究进展[J]. 硅酸盐通报, 2017, 36(12): 4066-4071.
 [4]A. Lafuma, D. Qu é r é , Superhydrophobic states[J]. Nat. Mater, 2003 (7): 457-460.
 [5]I Ahmad, C. W. Kan, A Review on development and

applications of bio-inspired superhydrophobic textiles[J]. *Materials*, 2016(11):892.

[6]Drelich, J. Guidelines to measurements of reproducible contact angles using a sessile-drop technique[J]. *Surface Innovations*, 2013(6):248-254.

[7]Löblein, S, Merz, R, Müller, D. An in-depth evaluation of sample and measurement induced influences on static contact angle measurements[J]. *Scientific Reports*, 2022(12):22.

[8]T. T. Chau, A review of techniques for measurement of contact angles and their applicability on mineral surfaces[J]. *Minerals Engineering*, 2009, 22(3):213-219.

[9]R. S. Hebbar, A. M. Isloor, A. F. Ismail, Contact angle measurement [J]. in *Membrane Characterization*, 2017(7):219-255.

[10]Aguilar Meza, I. B, Ortiz Ortega, E, Hosseinian, H, Rodríguez Vera, A, Rosales López, M. J, Hosseini, S. Characterization Techniques for Wettability Analysis[J]. *Material Characterization Techniques and Applications. Progress in Optical*

Science and Photonics, 2022(19):181-193.

[11]Huhtamäki, T, Tian, X, Korhonen, J. T. Surface-wetting characterization using contact-angle measurements[J]. *Nature Protocol*, 2018(13):1521-1538.

[12]Volpe, C. D. Siboni, S. The Wilhelmy method: a critical and practical review[J]. *Surf Innov*, 2018(6):120-132.

[13]Moghaddam, M. S, Claesson, P. M, Walinder, M. E. P. Swerin, A. Wettability and liquid sorption of wood investigated by Wilhelmy plate method[J]. *Wood Sci. Technol*, 2014(48):161-176.

[14]Kleingartner, J. A, Srinivasan, S, Mabry, J. M, Cohen, R. E, McKinley, G. H. Utilizing dynamic tensiometry to quantify contact angle hysteresis and wetting state transitions on nonwetting surfaces[J]. *Langmuir*, 2013(29):13396-13406.

作者简介：陈长军（1976.3—），男，毕业院校：中国科学院金属研究所，专业：材料学，当前就职单位：苏州大学，职称级别：教授从事激光增材制造与再制造和激光焊接的科研与产业化。

基于尺寸效应对纳米钼酸钡溶解动力学参数及表面热力学函数的研究

王 异 蓝芝文 黄旭东 覃佳勇 陆胜达 黄在银*
广西民族大学 化学化工学院, 广西 南宁 530006

[摘要] 由于纳米颗粒表现出显著的表面效应, 其溶解动力学特性与相应的块体材料存在显著差异。本研究在 288.15 至 328.15 K 的温度范围内测定了不同粒径纳米钼酸钡的电导率, 结合溶解度法、溶解动力学和化学动力学过渡态理论, 构建了相应的动力学模型。本工作成功获得了钼酸钡的溶解动力学参数, 并通过实验结果的详尽讨论与验证, 确认了该溶解过程遵循 Arrhenius 规律。此外, 本研究还通过溶解动力学参数推导出了表面热力学函数, 这些发现对于纳米材料的制备与应用提供了重要的科学指导。

[关键词] 纳米钼酸钡; 溶解动力学参数; 过渡态理论; 动力学模型; 表面热力学函数

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14016

中图分类号: TB383

文献标识码: A

Study on the Dissolution Kinetics Parameters and Surface Thermodynamic Functions of Nano Barium Molybdate Based on Size Effect

WANG Yi, LAN Zhiwen, HUANG Xudong, QIN Jiayong, LU Shengda, HUAGN Zaiyin*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530006, China

Abstract: Due to the significant surface effects exhibited by nanoparticles, their dissolution kinetics differ significantly from those of corresponding bulk materials. This study measured the conductivity of nano barium molybdate with different particle sizes in the temperature range of 288.15 to 328.15 K. By combining solubility method, dissolution kinetics, and chemical kinetics transition state theory, corresponding kinetic models were constructed. This work successfully obtained the dissolution kinetics parameters of barium molybdate, and confirmed through detailed discussion and verification of experimental results that the dissolution process follows the Arrhenius law. In addition, this study also derived surface thermodynamic functions through dissolution kinetics parameters, which provide important scientific guidance for the preparation and application of nanomaterials.

Keywords: nano barium molybdate; dissolution kinetics parameters; transition state theory; dynamic model; surface thermodynamic function

纳米材料从尺寸上看界于原子簇和宏观物质之间, 其性质不同于微观的原子、分子, 也不同于并且显著地优于宏观物质。纳米材料的表面特殊结构决定其高的表面能活性^[1], 导致了奇特的物理化学效应^[2-3], 使得纳米材料被广泛应用于吸附^[4-6]、催化^[7-9]、传感^[10]、自组装^[11]以及电化学^[12-13]、生物学^[14-15]等领域。而动力学性质是纳米材料的固有属性, 是纳米材料在实际应用中不可或缺的一部分。

钼酸钡有良好的光学和阻燃材料, 且其在光催化^[16]领域的研究非常广泛。钼酸钡能在可见光下降解污水中的有机物, 如染料、苯酚、农药和抗生素等。近年来, 纳米材料动力学领域逐渐成为人们研究的重点^[17-18], 纳米动力学性质强烈依赖于它与粒度, 如何准确测量纳米动力学参数并探索其演变规律, 是纳米动力学发展亟待解决的科学问题。Luo^[19]等利用不同形貌 Cu₂O 催化分解高氯酸铵, 采用模型拟合差示扫描量热 (DSC) 法获取其动力学参数, 发现形貌可影响催化动力学, 晶面刻蚀的 Cu₂O 展现出更低的活化能和最佳的催化活性。Diedrich^[20]等人发现 SiO₂ 纳米颗粒的溶解速率是颗粒大小和水溶液饱和度的函数, 并得出结论, 纳米分散二氧化硅的溶解表现出很强的尺寸效应, 与块体相比会导致二氧化硅浓度显著提高。

Chaudhary^[21]等人在不同条件下将 MgH₂ 与 Si 结合以获得两种反应物的不同微晶尺寸, 进行热分析和等温解吸获得反应动力学信息, 研究发现, 微晶尺寸和 Mg₂Si 相生长的活化能之间存在很强的相关性。纳米粒子的动力学与它们相应的块体动力学大不相同^[22], 纳米颗粒的溶解通常与纳米材料的制备和应用有关, 但目前国际上关于纳米材料溶解动力学参数对尺寸的依赖性相关报道较为缺失。

本文通过复分解反应法, 并通过调控不同的反应条件, 制得不同粒径的纳米 BaMoO₄ 材料。测定了其在不同温度下不同粒径的纳米钼酸钡溶解速率, 在过渡态理论基础上结合溶解动力学原理构建动力学模型, 得到活化吉布斯自由能、活化熵、活化焓等数据, 进而得出粒径对纳米钼酸钡溶解动力学参数的影响规律。本工作为纳米钼酸钡提供了物理化学参数, 对于预测难溶盐类纳米材料溶解性质以及感光、催化、吸附等活性具有重要的指导意义。

1 实验部分

1.1 实验仪器与试剂

试剂: 二水合氯化钡、二水合钼酸钠、无水乙醇、无水柠檬酸、无水焦磷酸钠, 均为分析纯, 使用前未进行进一步纯化。

仪器：电导率仪（DDS-308 型）、X射线粉末衍射仪（MiniFlex 600）、磁力加热搅拌器（RT10）、恒温水浴槽（ED-19M）、真空干燥箱（DZF-6050）台式速冻冷冻离心机（H1850R）、洁盟牌超声波清洗机（JP020）。

1.2 实验部分

纳米钼酸钡的制备：分别称取 3.1235g 无水氯化钡与 3.6292g 二水合钼酸钠固体置于两个烧杯中，向烧杯中分别加入 50ml 蒸馏水配成溶液，向钼酸钠溶液中加入一定量的无水柠檬酸、无水焦磷酸钠，混合均匀后倒入三口烧瓶，在恒压滴定漏斗中加入氯化钡溶液，并加热至 60℃，再将氯化钡溶液滴加到溶液中使反应开始，反应一段时间后得到白色产物。将产物取出，用蒸馏水及乙醇清洗数次，再将样品产物于蒸发皿中 60℃ 真空干燥 6 小时，取出得到白色产物。

纳米钼酸钡溶解速率探究实验：启动电导率测量装置，预热 30 分钟，同时开启温控磁力搅拌器并预设至特定温度。取一个烧杯，精确量入 50mg 蒸馏水，随后将该烧杯置于磁力搅拌器上进行加热恒温。接着，精确称取 0.0100g 纳米级钼酸钡粉末，缓缓加入烧杯中的蒸馏水里，并立即开始监控溶液的电导率变化。当观察到电导率数值稳定不再波动时，记录结束。此实验将在不同温度条件下（具体为 288.15K、298.15K、308.15K、318.15K 及 328.15K）重复进行，且每次实验均采用不同粒径的纳米钼酸钡样品。

2 结果和讨论

2.1 BaMoO₄ 的 XRD 表征

通过 XRD 测得不同反应条件下制备的 BaMoO₄ 纳米材

料，图 1 为不同粒径下 BaMoO₄ 的 XRD 谱图，其衍射峰的位置与 BaMoO₄ 标准图谱（JCPDS 29—0193）完全一致，表明所制备的纳米 BaMoO₄ 纯度较高。

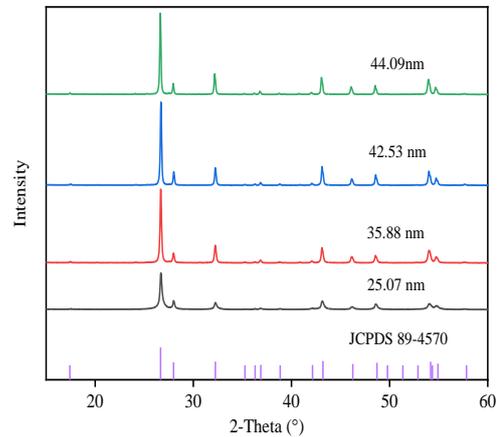


图 1 纳米钼酸钡的 XRD 图

2.2 不同粒径在不同温度下纳米 BaMoO₄ 的溶解动力学

通过测量了不同颗粒径的纳米 BaMoO₄ 溶解在水中以及在不同温度下的瞬时电导率，结合溶解热力学公式^[22]得出不同温度下钡离子浓度 c 与溶解时间 t 的关系如图 2 所示。分析图 2 可知当粒径相同时，钼酸钡的溶解浓度随着温度的升高而增大；当温度相同时，钼酸钡达到溶解平衡的时间随着粒径的增大而减小。颗粒尺寸越小，比表面积越大，表面活性越高，溶解驱动力越大。

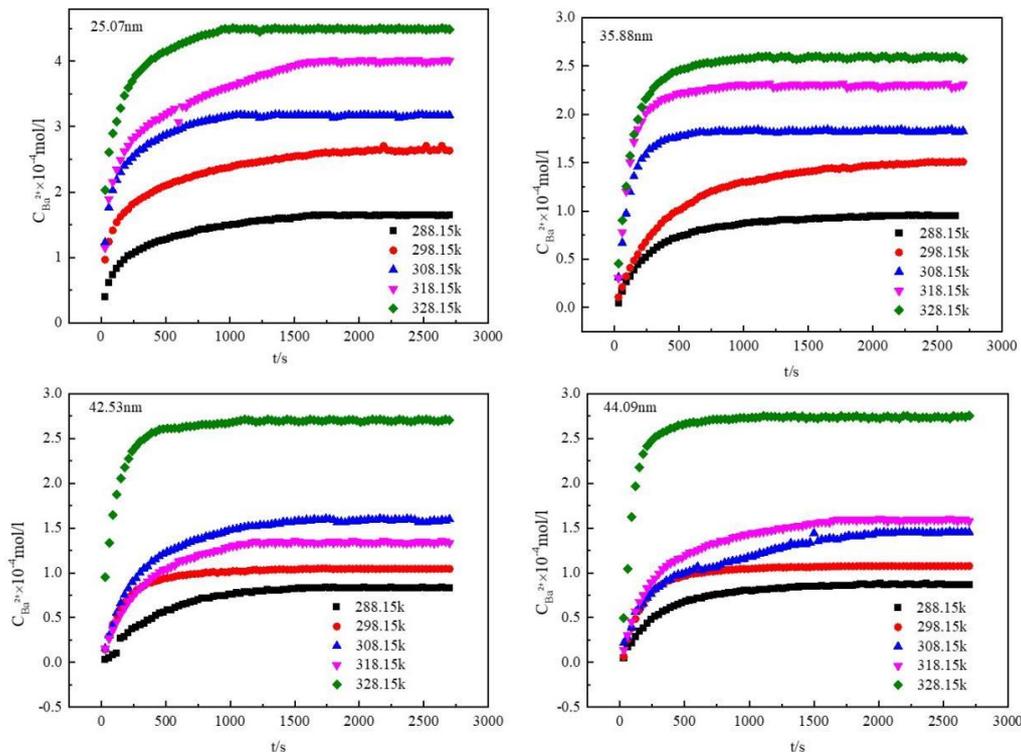


图 2 不同粒径钼酸钡在不同温度下钡离子浓度与溶解时间关系

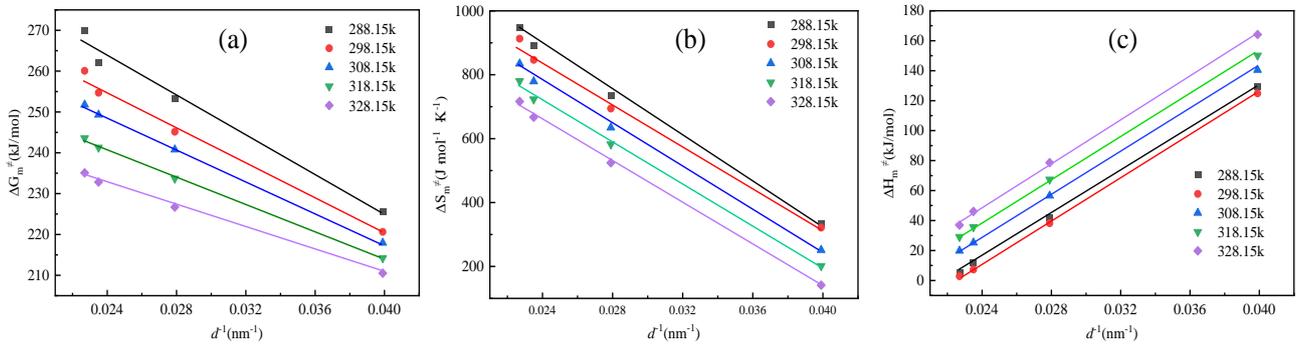


图3 钼酸钡溶解摩尔活化热力学函数与粒径倒数之间的关系

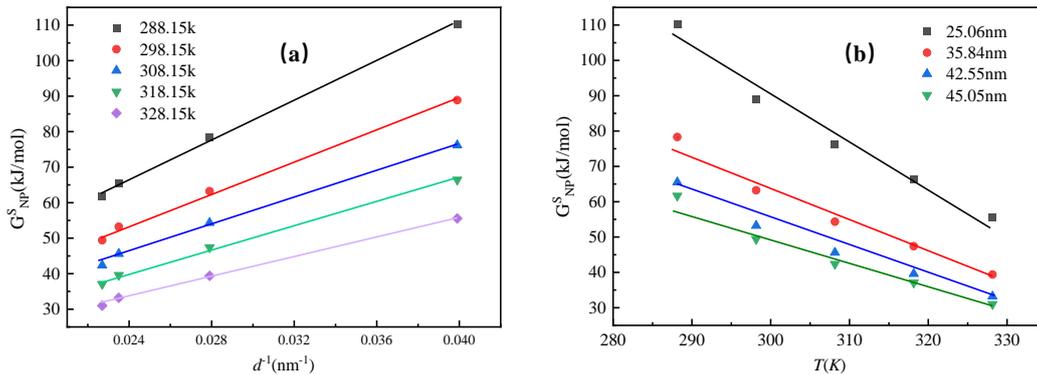


图4 偏摩尔表面 Gibbs 自由能与不同粒径倒数、不同温度的关系

2.3 粒径对动力学参数的影响

结合前述的溶解动力学的计算方法，得到不同温度、不同粒径的纳米钼酸钡溶解级数和溶解速率常数，并计算出不同温度和粒径下纳米钼酸钡溶解时的溶解摩尔活化 Gibbs 自由能、焓和熵，绘制了纳米钼酸钡在溶解过程中各个溶解摩尔活化热力学函数与粒径倒数之间的关系图，如图 3 所示。

通过对图 3 的深入分析，我们可以发现纳米钼酸钡的摩尔活化焓、活化 Gibbs 自由能以及活化熵均随着反应物粒径的减小而呈现降低的趋势。这一现象的根源在于纳米粒子所具有的高比表面积效应，它导致纳米粒子的势能相较于相应的块状材料更高。根据过渡态理论，当达到相同的过渡态时，纳米体系所需跨越的能量壁垒相较于块状材料更低。因此，随着粒径的减小，物质被活化所需的能量也随之减少，进而表现为活化焓、活化熵以及活化 Gibbs 自由能的降低。

偏摩尔表面 Gibbs 自由能由公式计算可得，偏摩尔表面 Gibbs 自由能与不同温度、不同粒径的倒数的关系，如图 4 所示。

通过对图 4 的仔细分析，我们可以观察到偏摩尔表面 Gibbs 自由能与粒径的倒数之间存在着显著的线性正相关关系。这意味着，随着粒径的不断减小，偏摩尔表面 Gibbs 自由能呈现出逐渐上升的趋势。这一现象的成因在于，虽然块状材料的溶解速率常数是恒定的，但纳米粒子

的溶解速率常数却会随着粒径的减小而显著提升。因此，粒径的减小导致了偏摩尔表面 Gibbs 自由能的增加。另外值得注意的是，偏摩尔表面 Gibbs 自由能还会随着温度的升高而有所降低。

3 结论

本文采用复分解法通过调控反应的温度、反应时间和反应物浓度等实验条件制备出不同粒径的纳米钼酸钡，通过电导法测定其在不同温度，不同粒径下的溶解速率，结合溶解度法、溶解动力学原理及化学动力学过渡态理论构建动力学模型计算出纳米钼酸钡的溶解动力学参数与表面热力学函数。结果表明：粒径对纳米材料的溶解动力学参数有着显著影响，溶解动力学参数与粒径倒数之前有着明显的线性关系或曲线关系。指前因子数的对数、表观活化能以及活化 Gibbs 自由能、焓、熵分别与纳米钼酸钡粒径的倒数呈线性相关，当温度一定时，随着粒径的减小，表观活化能、指前数因子和活化 Gibbs 自由能、焓、熵减小，速率常数和溶解级数增加。温度对溶解动力学参数有着一定的影响，速率常数的对数与温度的倒数呈明显的线性关系，该溶解过程遵循 Arrhenius 规律。随着温度的升高速率常数增大。本工作通过构建动力学模型探究了粒径对溶解动力学参数的影响规律，并推出表面热力学函数，为获取纳米材料动力学参数及表面热力学函数提供了参考。

基金项目：国家自然科学基金项目（No. 22263001，2187030521）；国家大学生创新创业训练计划项目

(No. 202210608147X, 202210608130, S202310608149X)。

[参考文献]

- [1] Yu, N. F.; Tian, N.; Zhou, Z. Y.; Huang, L.; Xiao, J.; Wen, Y. H.; Sun, S. G. Advances and prospects of porphyrin derivatives in the energy field[J]. *Angew Chem Int Ed Engl*, 2014, 53(20):097-101.
- [2] Hu, C.; Chen, R.; Zheng, N. Chemical insights into interfacial effects in inorganic nanomaterials[J]. *Adv Mater*, 2021, 33(50):2006159.
- [3] Goyal, M.; Goyal, V. Effect of size and temperature on vacancy concentration in nanomaterials[J]. *Pramana*, 2021, 95(3):22-23.
- [4] Yu, W.; Dong, Q.; Yu, W.; Qin, Z.; Nie, X.; Wan, Q.; Chen, X. Preparation of halloysite/Ag₂O nanomaterials and their performance for iodide adsorption[J]. *Minerals*, 2022, 12(3):99-100.
- [5] Aguilar, N. Aparicio, S. Theoretical Insights into CO₂ Adsorption by MoS₂ Nanomaterials[J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2019(43):6338-6350.
- [6] Rahman, M. M. Alam, K. Clean energy, population density, urbanization and environmental pollution nexus: Evidence from Bangladesh[J]. *Renewable Energy*, 2021(172):1063-1072.
- [7] Kustov, L. M. Catalysis by hybrid nanomaterials[J]. *Molecules*, 2021, 26(2):99-100.
- [8] Gómez-López, P.; Puente-Santiago, A.; Castro-Beltrán, A.; Santos do Nascimento, L. A.; Balu, A. M.; Luque, R. Nanomaterials and catalysis for green chemistry[J]. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2020(24):48-55.
- [9] Zhang, Q. Yang, X.; Guan, J. Applications of magnetic nanomaterials in heterogeneous catalysis[J]. *ACS Applied Nano Materials*, 2019, 2(8):4681-4697.
- [10] Percebom, A. M. Towsend, V. J.; de Paula Silva de Andrade Pereira, M.; Pérez Gramatges, A. Morphology-dependent sensing performance of CuO nanomaterials[J]. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2018(12):8-14.
- [11] Li, N.; Li, Q.; Guo, X.; Yuan, M.; Pang, H. Controllable synthesis of oxalate and oxalate-derived nanomaterials for applications in electrochemistry[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2019(372):551-571.
- [12] Rodgers, A. N. J.; Rabiou, A. K.; Toth, P. S.; Adams, R. W. Dryfe, R. A. W. Assembly and electrochemistry of carbon nanomaterials at the liquid-liquid interface[J]. *Electrochimica Acta*, 2019(308):307-316.
- [13] Frohlich, E. "Biology and Medicine": A Section of Nanomaterials Addressing Interactions of Nanomaterials with All Forms of Life[J]. *Nanomaterials (Basel)*, 2021, 11(9):34-35.
- [14] Shin, T. H.; Cheon, J. Synergism of Nanomaterials with Physical Stimuli for Biology and Medicine[J]. *Acc Chem Res*, 2017, 50(3):567-572.
- [15] Alencar, L. D. S. Mesquita, A.; Feitosa, C. A. C.; Balzer, R.; Probst, L. F. D.; Batalha, D. C.; Rosmaninho, M. G.; Fajardo, H. V.; Bernardi, M. I. B. Preparation, characterization and catalytic application of Barium molybdate (BaMoO₄) and Barium tungstate (BaWO₄) in the gas-phase oxidation of toluene[J]. *Ceramics International*, 2017, 43(5):4462-4469.
- [16] 甯红波, 李泽荣, 李象远. 燃烧反应动力学研究进展[J]. *物理化学学报*, 2016, 32(1):131-153.
- [17] Hashemi, H.; Babaei, S.; Mohammadi, A. H.; Naidoo, P.; Ramjugernath D. Experimental study and modeling of the kinetics of refrigerant hydrate formation[J]. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 2015(82):47-52.
- [18] Luo, X.-L.; Wang, M.-J.; Yun, L.; Yang, J.; Chen, Y.-S. Structure-dependent activities of Cu₂O cubes in thermal decomposition of ammonium perchlorate[J]. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 2016(90):1-6.
- [19] Chaudhary, A.-L.; Sheppard, D. A.; Paskevicius, M.; Pistidda, C.; Dornheim, M.; Buckley C. E. The dissolution rates of SiO₂ nanoparticles as a function of particle size[J]. *Acta Materialia*, 2015(95):244-253.
- [20] 汤焕丰, 黄在银, 肖明, 梁敏, 陈栎莹. 立方体纳米氧化亚铜反应动力学的理论及实验研究[J]. *物理化学学报*, 2016(12):2891-2897.

通讯作者简介: 黄在银 (1952—), 男, 湖北巴东人, 广西民族大学教授, 主要从事纳米材料的制备及应用的研究。

玻璃的激光焊接研究现状

陈长军^{1,2*} 李雷¹ 唐建¹ 徐梦璇¹ 张敏¹

1. 苏州大学机电工程学院激光加工中心, 江苏 苏州 215021
2. 哈尔滨工业大学 先进焊接与连接国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001

[摘要] 先进的激光焊接技术应用于焊接玻璃的技术有连续 (CW) 激光、ns 激光和超快 (USP) 激光进行了综述。采用连续激光焊接玻璃和玻璃的时候, 无裂纹的焊缝较难获得, 这是因为熔池具有自由的表面。在采用 USP 激光进行焊接的时候, 可以得到无裂纹的玻璃, 不管玻璃的热膨胀系数是啥样的, 只要玻璃之间的间隙小就行, 这是因为超快激光 (USP) 的非线性吸收过程得到的熔池具有非自由的表面, 因此其收缩应力得到了抑制。技术上的努力来增加间隙也一样没有裂纹。USP 激光焊接显示异种材料玻璃/金属或玻璃/Si 之间的焊接也能通过 ns 和 USP 激光焊接来抑制金属 (或 Si) 熔池的飞溅而实现无裂纹焊接。

[关键词] 激光焊接; 热应力; 裂纹; 熔池; 自由表面; 光学接触; 异种材料焊接; 机械性能

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14021

中图分类号: TQ171.73

文献标识码: A

Research Status of Laser Welding of Glass

CHEN Changjun^{1,2*}, LI Lei¹, TANG Jian¹, XU Mengxuan¹, ZHANG Min¹

1. Laser Processing Center, School of Mechanical and Electrical Engineering, Soochow University, Suzhou, Jiangsu, 215021, China
2. State Key Laboratory of Advanced Welding and Joining, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150001, China

Abstract: Advanced laser welding technologies applied to welding glass, including continuous (CW) laser, ns laser, and ultrafast (USP) laser, were reviewed. When using continuous laser welding to weld glass, it is difficult to obtain crack free welds because the molten pool has a free surface. When using USP laser for welding, crack free glass can be obtained, regardless of the thermal expansion coefficient of the glass, as long as the gap between the glasses is small. This is because the molten pool obtained by the nonlinear absorption process of ultrafast laser (USP) has a non free surface, thus suppressing its shrinkage stress. Technical efforts to increase the gap are also without cracks. USP laser welding shows that welding between dissimilar materials such as glass/metal or glass/Si can also achieve crack free welding by suppressing the splashing of metal (or Si) melt pool through ns and USP laser welding.

Keywords: laser welding; thermal stress; crackle; molten pool; free surface; optical contact; welding of dissimilar materials; mechanical performance

引言

玻璃广泛地应用在不同的工业领域当中, 如医疗、光学、电子等工业。这是因为玻璃具有优异的物理性能和化学性能。在玻璃的应用实践过程中, 对玻璃进行连接 (焊接) 是不可避免的事情。目前存在多种玻璃的连接方式, 如采用胶水进行胶接、阳极键合、采用玻璃粉进行连接、光学接触和共晶结合、扩散连接和焊接等技术^[1-5]。然而, 这些技术中的大多数都具有不能获得满意的连接接头的弊端, 这是因为这些工艺本身固有的缺陷、工艺的弊端、较差的冲击抗力和需要高温加热、有限的空间分辨率等等。传统的连接工艺, 存在的问题在于会引起早起失效、容易产生裂纹、漏气、精度差和光漂白等问题。而超快激光焊接则可以克服这些问题, 这是因为超快激光具有内在的高峰值强度^[6-7], 可以实现直接微连接而不需要添加中间过渡层和对环境没有不利的影响^[8-10], 从而满足了日益增长的微型化和环境友好的需求。

最为有效的连接技术在于可以提供一体连接结构的具有高通量和高空间分辨率的焊接工艺。然而, 尽管现有的

焊接工艺具有非常独特的优势, 但在焊接玻璃的时候却存在许多困难, 这是因为玻璃焊接的时候, 由于玻璃的特性, 导致玻璃非常容易由于热应力而产生裂纹。激光焊接获得无裂纹的玻璃封接体非常不容易, 这是因为诸如二氧化硅玻璃等的热膨胀系数特别小, 而连续激光焊接玻璃液早有报道。

随着超快激光 (USP) 技术的快速发展, 一些革新的基于非线性离子化加工的材料加工技术得到了发展和应用。在玻璃焊接领域, USP 激光技术的应用, 也将难以焊接的玻璃变为可以实现焊接的材料。USP 激光焊接玻璃, 不仅实现了无裂纹的焊接, 还实现了小尺寸的熔融石英玻璃和硼硅酸盐玻璃的焊接。但是, 采用 USP 激光焊接时得到无裂纹的脆性玻璃焊接体的背后的机理尚不清楚。目前的解释是用热应力模型来解释的。该模型认为, 收缩应力是激光焊接玻璃时产生裂纹的主要原因, 如果熔池非线性吸收的 USP 激光焊接时得到非自由表面, 收缩应力就会得到抑制。

1 玻璃焊接的模型及机理

玻璃可以使用连续激光焊接, 也可以采用超快激光焊接, 玻璃是不透明的和透明的材料, 如图 1 所示。在连续

的激光焊接玻璃的时候,激光能量作用到不透明的玻璃表面,玻璃表面开始线性地吸收激光能量,从而得到一个自由表面的熔池(见图 1[a, b]),这一点同金属的激光焊接相类似^[11]。采用连续激光焊接的时候得到的是宏观的组织,这是因为外部施加的能量导致的温度场是能量在热扩散和连续激光之间的平衡。

热膨胀系数比较小的玻璃中可以得到无裂纹的玻璃焊接体,这是因为基于热应力模型的理论所产生的收缩应力比较小。另外一方面,在此种情况下,即使玻璃之间的间隙比较大的时候也能实现焊接,如添加焊料玻璃就可以实现。这一点在超快玻璃焊接的时候是不行的。连续激光焊接可以分为两种类型:分别为热传导焊接和匙孔焊接,其分类主要取决于熔池表面的温度。热传导焊接的时候表面的温度小于玻璃的沸腾温度,玻璃内部的材料加热是自基材表面的热传导形成的。而匙孔焊接时玻璃表面的温度远远大于玻璃的熔点。在这些过程中,熔池的表面被压缩而由于蒸汽反冲压力而产生一种类似钥匙的形状,这会导致几千倍的体积膨胀,从而从液相向气相转变。

连续激光焊接可以分为两种类型,即热传导焊接图 1(a)和匙孔焊接(b)^[11-12],这主要取决于熔池表面的温度。在热传导焊接的时候,熔池的温度小于玻璃的蒸发温度,此时玻璃内部是以热传导的模式进行的。而在匙孔焊接的时候熔池表面的温度远远高于玻璃的气化温度。在这个时候,熔池的表面由于蒸发反冲压力而产生气孔^[13]致其液体到气相体积的成千上万次的膨胀。在这个焊接模式下,玻璃内部的加热是由于激光束的原因,导致可以在一个单道就能实现后玻璃的焊接^[13]。

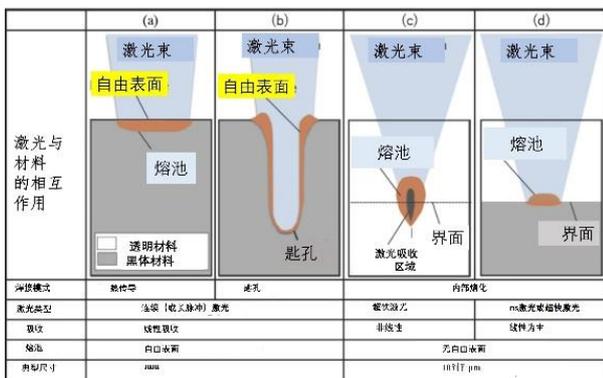


图 1 在激光焊接玻璃的时候激光和材料的相互作用以及典型的焊缝尺寸,此时熔池分别为:(a, b)自由表面;(c, d)非自由表面的熔池

在超快激光焊接玻璃的时候,此时的玻璃是透明的,其对激光能量的吸收为非线性吸收,区域范围在焦点附近。此时的激光能量非常高。足以实现非线性电离。因此就只有界面附近的材料会被选择性地熔化而不需要添加额外的吸收材料。结果就形成了一个非自由表面,见图 1(c)。这明显不同于连续激光焊接时的自由表面。在这一焊接模

式下,无裂纹的玻璃焊接就可以在无论玻璃的热膨胀系数是啥样的都可以实现焊接,这是因为此时的应力收缩被激光焊接所抑制^[14]。但同连续激光焊接不同的是,此时两个玻璃之间的间隙要求足够的小是避免等离子体消融和在熔池上的自由表面的形成。除了非线性吸收使得焊缝尺寸小于连续激光之外,还使得微焊接技术非常吸引人的注意,尤其是在实验室芯片或微电子封装的领域中的应用备受青睐。

下图 2 所示为采用几种不同的数值孔径的激光进行焊接时得到的从顶部往下观察所得到的熔池^[15]。从该图 2 可见,当数值孔径(N.A.)为 0.65 的时候可以得到无裂纹的大尺寸的熔池。然而,裂纹会在熔池的底部生成,熔池的尺寸同数值孔径为 0.45 和 0.65 相比要小。在数值孔径(N.A.)为 0.85 的时候,尽管激光束此时也是高度聚焦的,得到的熔池的尺寸也要比数值孔径为 0.45 和 0.65 的时候要小。

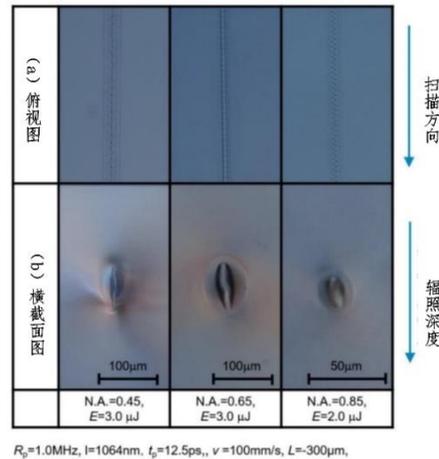


图 2 在不同数值孔径的时候得到的熔池的顶部俯视图和横截面

下图 3 为沿着扫描方向得到的熔池^[15]。在实验中,激光束在顶部表面的 300μm 以下进行辐照,数值孔径通过球面像差来校正,脉冲速率为 1.0MHz,扫描速度为 100 mm/s。可见数值孔径的变化影响到熔池的面积,尤其是在激光扫描开始的时候。低的数值孔径,如 0.45 会导致熔池区域底部呈现出显著的穗形形状。这是因为吸收从顶部的边缘到底部的熔池显著降低。此外,在最高点的吸收点几乎保持不变。并且在开始的时候熔池区域的高度几乎保持不变。

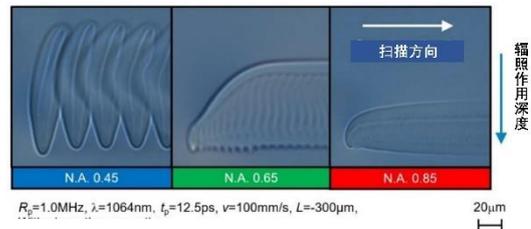


图 3 数值孔径的变化对熔池面积的影响^[15]

熔池区域的尺寸和形状取决于激光参数和样品的移动速度。研究人员系统地研究超快激光对材料的改性,激光扫描速度为 0.5 到 20 mm/s,脉冲能量的变化范围为

100nJ 到 5μJ, N. A. 值 (数值孔径) 为 0.40 或 0.55, 频率为 1MHz。激光焊接后的横截面比较典型地受到熔化的硅的改性影响, 结果见下图 4 所示。该图 4 中, 激光脉冲从左到右分别为 0.45、0.37、0.25、0.21 和 0.16μJ, 扫描速度是一样的, 为 0.5 mm/s。

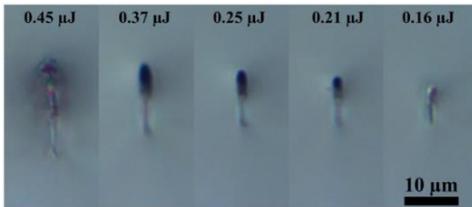


图 4 在不同的激光脉冲作用下, 脉冲激光焊接熔融的二氧化硅的横截面的微观形貌, 焊接速度均为 0.5mm/s

超快激光可以实现无裂纹的玻璃/玻璃焊接, 即使是两者具有较大的热膨胀系数。激光能量在玻璃中的吸收为非线性吸收从而提供了生成二元结构的途径, 而在界面附近观察到等温线的不连续性。

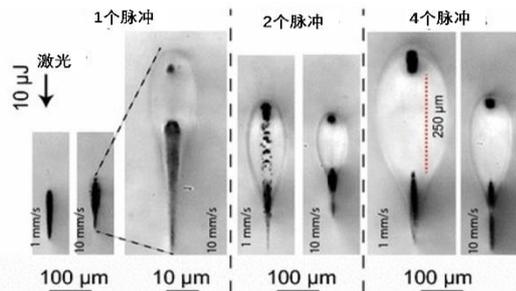


图 5 激光焊接时在脉冲为 10 μJ 的时候, 在不同扫描速度和脉冲数下得到的焊接结果

激光脉冲对熔池也有一定的影响。研究人员采用激光在不同的脉冲数下和不同的扫描速度下, 在激光脉冲能量为 10 μJ, 离焦量在样品表面之下为 600 μm 进行单线扫描, 其结果见下图 5 所示^[17]。图 5 即为熔池的体积随着脉冲次数的增加而变大的结果。当使用一个单脉冲的时候, 激光重复频率只有 200kHz。当激光脉冲数增加的时候熔池的熔化体积是增加的。当使用单脉冲的时候, 脉冲重复频率为 200kHz。然而, 即使是在脉冲间隔为 5 μs 这个情况下, 热积累也会由于巨大的脉冲能量而导致玻璃的熔化, 其放大图可以见下图 5 所示^[17]。当使用 2 个或者 4 个脉冲进行作用的时候, 由于非常短的脉冲只有仅仅 20ns 和增加的平均功率, 会由于额外的热积累而导致改性的尺寸得到显著的增加。熔池的尺寸也在较低的扫描速度下形成, 这是因为此时具有较大的空间脉冲重叠率。在上部的改性终端, 可以观察到黑色的点。这些圆形的点含有气泡和中断。这一现象在熔融的二氧化硅中也会观察到这一现象^[18]。这一中断主要由激光熔化时所造成的快速淬火效应所形成的。然而, 使用 4 个脉冲的时候, 几乎整个改性区都不再含有这些中断 (长度变为 250 μm), 而是形成了均匀的

熔体和凝固后的材料呈现出较低的内应力, 这一特征更适宜进行透明材料的焊接。

图 6 为在玻璃之间的间隙为 4 μm 的激光焊接结果。激光诱导的改性区的精确位置定义为在界面处的熔池宽度。当改性的尖端位于界面的时候, 如图 6 (a) 所示, 焊缝的宽度非常小。当激光改性的区域稍微往上提 (升高) 的时候, 焊缝的宽度增加。比较有趣的是, 改性区域本身的外部形状看起来几乎不受玻璃之间间隙的影响。尽管熔化的材料的宽度在上部区域要比下部区域要小。如果改性的材料的均匀熔化部分 (没有呈现出扰乱) 位于界面, 焊缝几乎同改性本身的区域一样大。

在这一情况下, 玻璃之间的间隙在改性的时候得到闭合, 如下图 6 (b) 所示。即使是在诱导改性区域的底部 [图 6 (a) 中的右侧区域] 能够填充间隙。然而, 这一窄的焊缝不足以拽动周围的间隙。

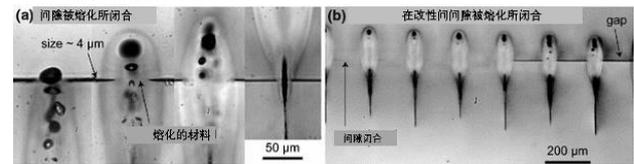


图 6 在不同的离焦量作用下得到的激光焊接玻璃的微观图

2 玻璃焊接的性能及其应用

在相同的焊接参数下, 采用两种不同的封接形式来形成封闭的焊接区域, 即矩形和圆形。矩形的边长和圆形的直径均为 1mm, 圆形的焊缝宽度为 0.3mm, 线之间的间距为 0.01mm。焊接后得到的样品实物图见下图 7 (a) 和 (d) 所示。将焊接后的样品放入水中进行封接后的气密性测试, 结果表明在 1 个小时的时间内气密性均很好。在封接区域没有水渗入进来 [图 7 (b) 和 5 (e)]。当浸泡的时间超过 1 小时, 矩形焊接的样品中开始出现有水渗入到封接的区域当中, 如图 7 (c) 所示。而圆形的封接区域在超过 1 个星期后依然保持着较好的封接性能, 如下图 7 (f) 所示^[19]。

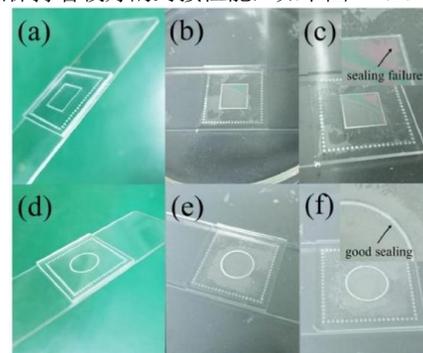


图 7 封接后的性能测试: (a) 矩形的激光焊接样品; (b) 矩形焊接样品焊接后在水中浸泡 1 下时候的结果; (c) 在水中浸泡 1 小时后失效的样品; (d) 圆形的激光焊接样品; (e) 圆形的激光焊接样品焊接后在水中浸泡 1h 后的结果; (f) 圆形焊接样品在焊接后在水中浸泡一个星期后依然保持着良好封接性能的结果

如华南师范大学的学者采用 515nm 的皮秒激光在透镜的作用下,以光学接触来焊接玻璃和硅,得到了无裂纹的焊接体,边缘没有破坏和飞溅,得到的断裂强度为 122MPa。焊接后形成了晶相 (SiO₂),并且 Si 和 O 在焊接区域呈现出梯度分布^[20]。这一结果显示在激光作用下发生了物质的混合和相互扩散。

波长为 515nm 的皮秒激光采用焦点位于界面之上、位于焦点和位于焦点之下三个位置进行焊接玻璃和硅,两者采用光学接触的方式,采用的焊接参数为 200kHz,示意图见下图 8 中的 (c)。超短激光的脉冲能量聚焦在两者材料之间的界面的时候,在玻璃中诱导产生多光子电离,电离的自由电子的速度会在吸收激光的光子能量后得到加速。然后电子同其他的原子相碰撞。电子和光子的耦合是离子和没有离子化的区域的温度升高到材料的熔点,从而实现了材料的成功焊接。如下图 8 (b) 所示。下图 8 (a) 显示的为焊接区域得到的泪滴状结构。

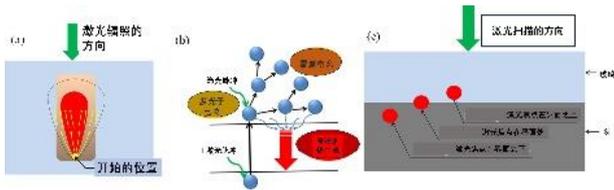


图 8 (a) 泪滴结构 (Teardrop structure); (b) 超快激光脉冲的非线性吸收; (c) 在不同焦点位置进行焊接时,焊接材料实现光学接触的示意图

激光焊接后的样品断裂强度其随着焦点位置、扫描速度和激光功率的变化结果见下图 8 所示^[20]。同材料的原始断裂强度 (玻璃和单晶硅) 相比较,焊接后样品的断裂强度相对较低,显示原始的材料在激光作用后受到了激光能量的加工的影响。损伤机理和对焊接后性能的影响需要在实验设计的时候作进一步的改善。

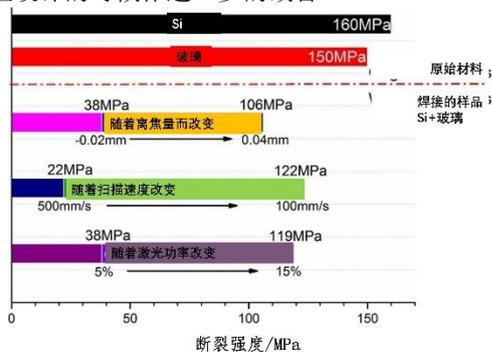


图 9 激光焊接后样品的断裂强度随着焦点位置、扫描速度和激光功率的变化图

为了进一步地测试两种材料焊接后的气密性,对封接后的样品的一个角浸入到水中来看是否会穿透进行封接的区域中。下图 10^[21]则显示了样品在激光进行矩形区域的焊接后的样品,将其顶部的左侧放入水中,发现水并不会进入中

心区域。这是因为中心区域被矩形的激光焊缝所屏蔽。因为实际应用过程中,封接的区域不会仅仅只有液体,同时还有可能去封接气体。此外,底部表面的玻璃盖板或者是顶部的底部基材具有涂层,采用激光焊接进行了进一步的密封。这些涂层可以在一侧涂覆,也可以在两侧涂覆。这一涂层可以是任何光学透明材料和填充物,这些填充物都是在实际应用中需要保护的物体。这样可以在玻璃上施加单一层或者多层甚至是三维的涂层,从而满足了不同的工业应用。

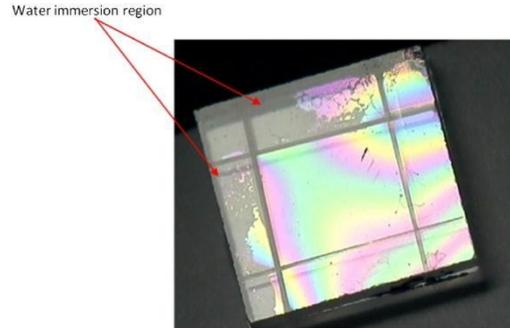


图 10 使用相机拍摄到的采用 USP 激光进行焊接后的样品在浸泡在水中,顶部左侧,由于封接效果好而水并不会浸入中心区域

采用 USP 激光焊接技术对玻璃石英玻璃组装起来形成保护帽已经在德国通快激光公司的激光器中得到应用^[22-23]。这一应用是将直径约为 0.1mm 的光纤的末端封闭起来以防止同脏东西接触。以前这个位置是采用胶水进行封接的,采用胶水进行封接的话,存在的问题就是在玻璃的边缘并不干净 (胶水的存在的缘故),同时还有可能会有少量的胶水在进行胶水封接的时候而在内壁存在。这一经济的新型的玻璃焊接工艺不仅是光学透明的,而且也不再受到脏东西的污染。这一工艺在 2016 年就已经工业化应用了。这一应用是将光纤使用一个带玻璃盖子的插头,厚度为 6mm 来保护起来,可以传输功率高达 6kW 的激光到机器人上来实现激光焊接和切割金属板。

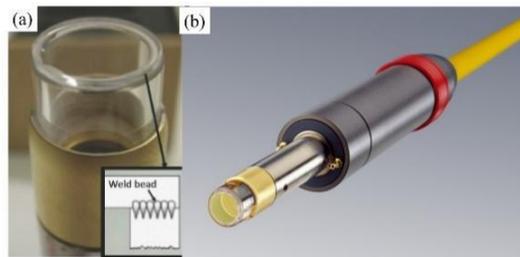


图 11 (a) 采用超快激光焊接的玻璃保护罩; (b) 焊接后得到的通快激光公司用于自己生产的激光光缆保护帽

3 结束语

采用 USP 激光对光学透明材料进行焊接是非常有优势的。同时封接后具有优异的机械性能和密封性能。这一优异的特性导致其在半导体工业园、精密光学器件的制造以及航空航天等领域具有非常显著的应用。

后续为了促进激光焊接玻璃的应用,在焊接后应力的

评估和激光工艺参数同焊接后性能以及应力之间的关系的研究上非常重要。高重复脉冲频率和脉冲能量,快速的焊接速度和高效的封接效率是在半导体工业和光学器件组装制造领域得到广泛深入应用的关键。

基金项目:江苏省重点研发计划资助,编号:BE2021049,先进焊接与连接国家重点实验室开放课题研究基金资助,资助编号:AWJ-23Z01。

[参考文献]

- [1]C. Iwamoto. Microstructure of aluminum/glass joint bonded by ultrasonic wire welding[J]. Metall. Mater. Trans. A, 2014 (45): 1371-1375.
- [2]G. Zhang, J. Bai, W. Zhao, et al. Interface modification based ultrashort laser microwelding between SiC and fused silica[J]. Optic. Express, 2017 (25): 1702-1709.
- [3]A. Tan, F. Tay. Localized laser assisted eutectic bonding of quartz and silicon by Nd:YAG pulsed-laser[J]. Sensors and Actuators A, 2005 (120): 550-561.
- [4]L. Pohl, P. von. itzendorff, E. Chatzizyrl, et al. CO₂ laser welding of glass: numerical simulation and experimental study[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017 (90): 397-403.
- [5]A. Cozma, B. Puers. Characterization of the electrostatic bonding of silicon and Pyrex glass [J]. Journal Of Micromechanics And Microengineering, 1995 (2): 98-102.
- [6]A. Horn, I. Mingareev, A. Werth, M. Kachel, U. Brenk. Investigations on ultrafast welding of glass - glass and glass - silicon[J]. Applied Physics A, 2008, 93(1): 171-175.
- [7]D. H é lie, F. Lacroix, R. Vall é e. Reinforcing a direct bond between optical materials by filamentation based femtosecond laser welding[J]. Journal of Laser Micro/Nanoengineering, 2012, 7 (3): 284-292.
- [8]T. Tamaki, W. Watanabe, J. Nishii, et al. Welding of transparent materials using femtosecond laser pulses[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 2005, 44 (22): 687-689.
- [9]T. Tamaki, W. Watanabe, K. Itoh. Laser micro-welding of transparent materials by a localized heat accumulation effect using a femtosecond fiber laser at 1558 nm[J]. Optics Express, 2006, 14 (22): 10460-10468.
- [10]H. Tan, J. A. Duan. Welding of glasses in optical and partial-optical contact via focal position adjustment of femtosecond-laser pulses at moderately high repetition rate. [J]. Applied Physics A, 2017, 123 (9): 481.
- [11]I. Miyamoto, and G. A. Knorovsky: "Laser mi-crowelding" in "Microjoining and nanojoining," ed. by Y. Zhou, [J]. Woodhead Publishing, Cambridge, 2008, 5 (10): 345.
- [12]L. Pohl, P. von Witzendorff, E. Chatzizyrl, O. Suttman, and L. Overmeyer. CO₂ laser welding of glass: numerical simulation and experimental study[J]. International Journal of Advanced manufacturing Technology, 2017 (90): 397-403.
- [13]Kroos, U. Gratzke, and G. Simon. Towards a self-consistent model of the keyhole in penetration laser beam welding[J]. Journal of Physics D: Applied Physics, 1993, 26 (3): 474-480.
- [14]MIYAMOTO I, CVECEK K, SCHMIDT M. Crack-free conditions in welding of glass by ultrashort laser pulse[J]. Optics Express, 2013, 21 (12): 14291-14302.
- [15]Ouyang, Z. , Okamoto, Y. Ogino, Y, Sakagawa T, Okada, A. Influence of Numerical Aperture on Molten Area Formation in Fusion Micro-Welding of Glass by Picosecond Pulsed Laser [J]. Applied Sciences, 2019 (9): 1412.
- [16]S. Richter, F. Zimmermann, A. T ü nnermann, and S. Nolte. Laser welding of glasses at high repetition rates - Fundamentals and prospects[J]. Optics and Laser technology, Laser Tech, 2016 (83): 59-66.
- [17]Richter, S, Zimmermann, F, Eberhardt, R. et al. Toward laser welding of glasses without optical contacting[J]. Applied. Physics, 2015 (121): 1-9.
- [18]K. Cvecek, I. Miyamoto, J. Strauss, M. Wolf, T. Frick, and M. Schmidt. Sample preparation method for glass welding by ultrashort laser pulses yields higher seam strength[J]. Applied Optics, 2011, 50 (13): 1941-1944.
- [19]CHEN Hang, DUAN Jun, YANG Ze-qi, et al. Picosecond laser seal welding of glasses with a large gap[J]. Optics Express, 2019, 27 (21): 30297-30307.
- [20]HUANG Huan, YANG L M, LIU Jian. Ultrashort pulsed fiber laser welding and sealing of transparent materials[J]. Applied Optics, 2012, 51 (15): 2979-2986.
- [21]Elke Kaiser. Laser Welding of Glass Replaces Glueing Procedure[J]. Laser Technik Journal, 2016, 13 (3): 23-25.

作者简介: 陈长军 (1976.3—), 男, 毕业院校: 中国科学院金属研究所; 专业: 材料学; 当前工作单位: 苏州大学, 职称级别: 教授从事激光增材制造与再制造和激光焊接的科研与产业化。

基于交直流电源的智能电网系统设计与优化

黎卡

深圳市输变电工程有限公司, 广东 深圳 518055

[摘要] 随着经济快速发展与社会进步, 传统电力系统面临电力供需不平衡、可再生能源接入困难及安全性问题等诸多挑战。虽然传统交流电网在一定程度上满足了现有用电需求, 但在应对大规模可再生能源接入和日益多样化的电力需求方面显得力不从心。因此, 建设更为智能化的电力系统已成为亟须解决的关键问题。作为智能电网的重要组成部分, 交直流电源凭借高效的能量转换能力、灵活的调度特性和支持多种能源形式的优势, 为智能电网构建提供了有力支持。集成交直流电源技术后, 电网不仅能够精准控制电力流向, 还能迅速调整系统状态以应对负载波动, 从而显著提升稳定性与可靠性。同时, 现代信息技术, 如大数据、云计算与人工智能等的应用, 进一步增强了电网的运行与管理能力。深入研究基于交直流电源的智能电网系统设计与优化, 具有重要学术意义, 且在实际应用中展现广阔前景。

[关键词] 交直流电源; 智能电网; 系统设计

DOI: 10.33142/nsr.v1i2.14018

中图分类号: TN86

文献标识码: A

Design and Optimization of Intelligent Grid System Based on AC/DC Power Supply

LI Ka

Shenzhen Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518055, China

Abstract: With rapid economic development and social progress, traditional power systems are facing many challenges such as imbalanced power supply and demand, difficulties in accessing renewable energy, and security issues. Although traditional AC power grids have to some extent met the existing electricity demand, they are unable to cope with the large-scale integration of renewable energy and the increasingly diverse electricity demand. Therefore, building a more intelligent power system has become a key issue that urgently needs to be addressed. As an important component of the smart grid, AC/DC power sources provide strong support for the construction of the smart grid due to their efficient energy conversion capabilities, flexible scheduling characteristics, and support for multiple forms of energy. After integrating AC/DC power technology, the power grid can not only accurately control the flow of electricity, but also quickly adjust the system state to cope with load fluctuations, thereby significantly improving stability and reliability. Meanwhile, the application of modern information technologies such as big data, cloud computing, and artificial intelligence has further enhanced the operational and management capabilities of the power grid. In depth research on the design and optimization of smart grid systems based on AC/DC power sources has important academic significance and broad prospects in practical application.

Keywords: AC/DC power supply; smart grid; system design

引言

随着全球能源结构的转型与可持续发展目标的推进, 智能电网这一概念逐渐受到广泛关注。作为一种现代化的电力系统, 智能电网不仅融合了信息技术、通信技术与电力工程, 更是一个创新型解决方案。高效、灵活和可靠的特性, 使其成为应对能源紧缺、减少碳排放以及优化资源配置的重要工具。尤其是在交直流电源广泛应用的情况下, 智能电网的设计与优化显得格外关键。整体性能的显著提升, 能够有效满足日益增长的电力需求。通过智能化的管理与优化手段, 电力系统不仅提高了运行效率, 也增强了对外部冲击的抵御能力。因此, 智能电网在当前能源转型的背景下, 正发挥着越来越重要的作用。

1 交直流电源在智能电网中的作用与重要性

交直流电源在智能电网中的作用不容忽视, 通过交直

流电源的互补与并存, 智能电网获得了灵活的电能转换与传输方式, 不同类型的电力需求因此能够得到有效满足, 不仅促成了传统电力系统与可再生能源(如光伏、风能)的高效融合, 也大大增强了电网的供电稳定性与能源利用效率。在智能电网中, 电力流的精确控制是通过交直流电源技术实现的, 电力资源的分配与传输能够根据负载的动态变化被智能调度, 从而优化整个系统的运行, 这种能源管理方式的高效性确保了多种电力使用情况下的供电可靠性与可持续性。交直流电源的双向能量流动能力, 为智慧能源系统的未来发展奠定了坚实基础, 电网因此得以更灵活地应对日益复杂的能源需求。

2 智能电网系统设计

2.1 智能电网系统总体架构设计

智能电网系统的总体架构设计需综合考虑能源的生

产、传输、分配与消费各个环节,实现电力管理的高效性、安全性与智能化。在发电环节,集中式电厂与分布式能源的灵活接入通过智能电网得以实现,确保了可再生能源与传统能源之间的有效协同。在输配电环节,电力流动被智能变电站、传感器网络及自动化设备实时监控,电力输送路径因此能够被动态调度,从而降低损耗并优化输送效率。用户终端设备,如智能电表与用电管理设备,支持双向通信,用户的用电情况能够被实时监控,并可根据电价及需求进行相应调整。整个系统通过一个集成的能源管理平台进行统一控制,该平台借助大数据与人工智能算法,确保了电力的供需平衡与电网的安全稳定运行,最终实现了资源的最优配置与能源的高效利用。

2.2 智能电网硬件设计

智能电网的硬件设计是系统稳定运行的基础,涵盖发电、输配电和储能设备。在发电环节,传统发电设备与可再生能源设施如光伏板、风力发电机共同组成架构,通过逆变器或整流器将电能稳定输出至电网。输配电环节,智能变电站、断路器、变压器和传感器网络协同工作,确保电力高效传输与安全。通信设备,如远程终端单元(RTU)和智能电表,支持实时数据收集与双向信息交流。储能设备则通过电池系统平衡供电,在高峰时提供备用电能。

2.3 智能电网软件设计

智能电网的软件设计是实现系统智能化管理与优化调度的关键环节,涵盖多个模块与功能。作为核心软件之一,能源管理系统(EMS)负责对电力生产、传输及消费各环节进行监控与协调,通过实时的数据采集与分析,EMS不仅能够精准掌握电网的运行状态,发电与配电的自动调节也因此得以实现,从而确保了能源的高效利用。在智能电网架构中,高级分布式管理系统(ADMS)同样占据了重要地位,该系统不仅集成了实时监控、故障诊断与自愈能力,还依靠地理信息系统(GIS)技术来优化电网资源配置及故障排查。故障发生时,问题的迅速定位与相应措施的快速采取得到了保障。需求响应管理系统(DRMS)则允许用户根据电价波动及需求变化进行智能调,智能电表及移动应用为用户提供实时的用电情况,用户可自主调整用电策略,从而达到降低电费与平衡负载的双重效果,通过这种互动模式,电网的灵活性得以增强,用户对于电力消费的控制权也有所提升。在设计智能电网软件时,数据安全与隐私保护问题尤为重要,采用加密技术、身份认证以及访问控制等措施,可以确保电网数据的安全性与用户信息的保密性,从而使系统运行更加可靠。

3 智能电网系统优化策略

3.1 基于交直流电源的能量管理优化

基于交直流电源的能量管理优化在智能电网系统中发挥着至关重要的作用,旨在提升能源利用效率并降低运营成本,通过对交直流电源特性的深入分析,能量调度的

灵活性得以实现。支持电能双向流动的交直流系统,使储能装置能够在负荷低谷时存储过剩电力,并在高峰负荷时释放,这种动态调节有效地平衡了电网的供需关系,确保其稳定运行。智能算法的应用在能量管理优化中同样不可或缺,系统借助机器学习和人工智能技术,能够实时分析历史用电数据和气象信息,从而预测未来的电力需求。电力调度的准确性通过这种预测能力得到了提升,不必要的电能损耗也因此得以减少^[1]。例如,发电与储能设备的运行策略可被智能调度系统自动调整,从而优先利用可再生能源,实现绿色电力的最大化使用。能量管理优化的重要组成部分还包括用户的积极参与,通过智能电表和移动应用,用户可实时监控自身用电情况,参与需求响应活动,这一互动模式使得用户能够根据电价波动调整用电行为,不仅能降低电费支出也缓解了高峰负荷压力,提升了整个电网的灵活性与可靠性。

3.2 交直流电源系统的调度优化

交直流电源系统的调度优化是提升智能电网运行效率与稳定性的关键措施,涵盖多个方面的协调与管理。优化调度的核心在于实现电源的合理配置与调度,交直流电源之间的互补特性被充分利用,支持多种能源形式的的能力,使该系统在调度过程中能够根据实时负荷需求与发电状况,灵活调整各类电源的输出,从而达到最佳的经济性与环境效益。调度优化依赖于先进的算法和模型,通过建立动态优化模型,结合历史数据与实时监控信息,调度系统得以实时分析电网运行状态,进行负荷预测及发电计划。启发式算法、遗传算法等智能优化技术的应用,使系统能够迅速找到最优的调度方案,从而最大程度地减少调度成本并降低电能损失。此外,用户需求的多样性与变化性也需在调度优化中得到充分考虑,根据不同用户的用电习惯、价格敏感度及需求响应能力,智能调度系统能够制定个性化的用电策略,这样一来不仅提升了用户体验,也有效缓解了负荷高峰时段的电网压力,确保了电力供应的可靠性。

3.3 系统容错与安全性优化

系统容错与安全性优化在智能电网设计中至关重要,目的是确保电网在面临各种潜在风险时能够保持稳定运行。提升电网可靠性的重要措施之一是建立有效的容错机制,通过引入冗余设计和备份系统,当某个组件发生故障时,备用设备会被自动启用,从而保障电力供应不受影响,这种设计不仅减少了停电事件的频率,也显著增强了电网应对突发故障的能力。在安全性优化方面,多层次的防护策略必须得到实施。网络安全领域中,先进的加密技术与身份验证机制被广泛应用,以有效防范黑客攻击和数据泄露^[2]。此外,定期进行安全评估与漏洞扫描,对于及时发现并修复潜在安全隐患至关重要,从而确保系统的安全性。在物理安全层面,关键基础设施通过监控摄像头和入侵检测系统进行实时监控,有效降低了人为破坏与安全事故的

发生概率。同时,智能算法在安全性优化中发挥了重要作用,系统通过实时数据分析及机器学习,能够识别异常模式与潜在风险。在问题扩散之前,预警机制会被触发,进而迅速采取有效的应对措施,这种智能化的防护机制不仅提高了电网应对自然灾害、设备故障或网络攻击的反应速度,还确保了在危机发生时系统能够快速恢复并维持正常运行。

4 智能电网系统的监控与运维

4.1 实时监控与故障检测技术

实时监控与故障检测技术在智能电网系统中扮演着关键角色,是确保高效、安全运行的基础。依靠大量传感器与智能电表,数据采集包括电压、电流、功率以及温度等关键参数,这些数据被传输至中央监控平台,形成电网的实时“健康档案”,提供全面的状态信息,便于运营人员快速掌握系统运行状况。故障检测的智能化通过先进算法与人工智能技术的结合得以实现,系统能够通过数据挖掘与机器学习建立正常运行模式的基线,一旦出现异常波动,自动识别故障位置并发出警报,操作人员可以迅速采取应对措施,通过这种方式故障响应时间被大幅缩短,停电损失得以减少。此外,监控平台利用可视化技术将复杂数据转化为直观的图表与图形,帮助运维人员更快地理解电网状态并识别潜在风险,这种可视化展示不仅提高了监控效率也促进了团队协作,使得不同职能的人员能够迅速共同处理突发问题。大数据分析技术在故障检测与实时监控中也发挥了重要作用,通过分析历史故障数据,系统能够识别常见故障模式与趋势,运营人员得以优化维护策略并制定设备更换计划,提前预防潜在问题,从而进一步提升电网的可靠性与稳定性。

4.2 数据采集与分析系统设计

数据采集与分析系统的设计是智能电网运行中的核心组成部分,实现对电网状态的全面监控与深度分析。系统的基础由数据采集构成,涵盖多个层面的信息获取,包括发电、输电、配电及用户端的电力使用情况^[3]。通过在各个关键节点部署传感器、智能电表与监测设备,能够实时收集电压、电流、功率因数及设备温度等多种参数,从而形成丰富的数据基础。为了确保数据的实时性与准确性,在设计中引入了高效的通信协议,如MQTT与Modbus。这些协议确保了在不同设备之间实现快速、可靠的数据传输,使得系统能够及时获取最新信息。与此同时,面对大规模数据处理的需求,数据采集系统通常采用分布式架构,不仅提升了数据处理能力,还增强了系统的稳定性与抗干扰能力。在数据分析方面,大数据技术的应用赋予智能电网更强的分析能力。通过数据清洗、整合与挖掘,系统能够

提取出有价值的信息与趋势。结合机器学习与数据挖掘算法,分析系统可以识别用电模式、预测电力需求及发现潜在故障,这种分析不仅优化了电网的运行策略,还为用户提供个性化的用电建议,帮助降低能耗与电费。在数据分析过程中,可视化工具同样发挥着重要作用,通过将复杂数据以图表、仪表盘等形式呈现,运维人员得以更直观地理解电网的运行状态,迅速识别异常情况,这种可视化方式显著提高了信息传递效率,促进了决策过程的快速响应。

4.3 运维管理的优化策略

运维管理的优化策略对于智能电网的高效、安全运行至关重要。预防性维护通过定期检查和维修,有效降低了设备故障率,提前识别潜在风险并制定维修计划。依靠数据分析与故障预测技术,系统可实时监控设备健康状况,及时发现异常,确保设备始终处于最佳状态。智能化运维工具,如人工智能和机器学习系统,自动分析运行数据,识别故障并提出解决方案,提升了效率,减少人工成本和出错率。灵活的应急响应机制确保在紧急情况下迅速反应,通过应急预案和演练,缩短故障恢复时间。建立用户反馈机制,有助于运维团队更好地理解用户需求,进一步改进服务质量和电网性能,提升用户满意度。

5 结语

在全球能源转型与电力行业变革的背景下,基于交直流电源结合的智能电网系统设计与优化显得尤为重要。交直流电源在提升电网灵活性与稳定性方面发挥了关键作用,而全面的系统设计则为智能电网的高效运行提供了坚实保障。优化策略的实施整合了能量管理、调度优化与安全措施,不仅提升了电网整体性能,还支持其可持续发展。实时监控、故障检测及数据采集分析系统的设计,使运维管理更加高效,确保电网在复杂条件下的安全与稳定。随着技术的不断进步,未来的智能电网将愈加智能与高效,为用户提供优质电力服务。深入研究与实施相关技术和策略,必将为推动能源转型与实现可持续发展带来新的机遇。

[参考文献]

- [1]朱瑞凝.基于交直流电源的智能电网系统设计与优化[J].电气时代,2023(10):93-96.
 - [2]黄闰.基于智能电网的供配电系统优化设计[J].光源与照明,2024(4):162-164.
 - [3]者佳男.基于区块链的家庭电能管理优化调度系统设计与实现[D].陕西:西安石油大学,2023.
- 作者简介:黎卡(1986.4—),男,广东高州人,广东工业大学电气工程及其自动化专业,深圳市输变电工程有限公司技术专家,高级工程师(副高级)。

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

