

ISSN 3081-135X (print)

ISSN 3081-1368 (online)

突破实验室围墙 连接科学与社会的最后一公里

科技研究与应用

Scientific Research and Application

2025年 第1卷 第2期 (双月刊)

CODEN: KYYYYAU

(国际标准连续出版物标识符·全球唯一标识符)

分配机构: 美国化学文摘社 (CAS)

国图集团 CIBTC

进口备案刊号: G015Z105

QUEST PRESS LIMITED



www.SciOnline.com



QUEST PRESS



扫码阅读

敬畏自然，方能生生不息。

Revere nature, to achieve endless life.



地球是共同家园，守护需同心协力

The earth is a common home, protection requires joint efforts.

ISSN 3081-135X (print)
ISSN 3081-1368 (online)

CODEN: KYYYAU

(国际标准连续出版物标识符 • 全球唯一标识符)
分配机构: 美国化学文摘社 (CAS)

中文名 科技研究与应用

英文名 Scientific Research and
Application

主办 求索出版社

出版频率 双月刊

出版语言 中文, 英语

出版机构 求索出版社 (QPL Ltd.)

编辑单位 《科技研究与应用》编辑部

地址 澳门巴掌围斜巷19号7楼D

电话 +853 6881 9699

网址 kyyj.scionline2025.com

广告服务 QuestPress@hotmail.com

出版时间 2025年10月



QUEST
PRESS
LIMITED

版权所有

© 求索出版社 (QPL Ltd.)

版权与许可声明

本期刊整体版权归属求索出版社所有。所有发表文章均依据“知识共享署名 4.0 国际许可协议”(CC BY 4.0) 进行授权发布。

许可链接

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

文章版权

单篇文章的著作权由作者与求索出版社共同享有。

使用授权

著作权人已同意依据CC BY 4.0协议授予文章使用许可, 使用者可在遵循协议条款(主要为署名要求)的前提下进行转载、改编或用于其他用途。

权责声明

1. 本刊所发表文章中的观点、数据和结论仅代表作者个人立场, 不代表本刊及出版机构的意见。
2. 对于因使用文章任何内容(包括正文及引述材料)而可能引发的任何直接或间接损失, 本刊及出版机构不承担任何法律责任。
3. 本刊的出版行为不构成对文中提及任何产品、方法或技术的商业性能、有效性或特定用途适用性的任何形式担保或推荐。
4. 本刊内容仅供学术与信息参考, 不替代专业判断。读者在依据文章内容做出任何决策前, 建议咨询相关领域专业人士。

编委会

主 编 张雪娇

副主编 唐 阳 广西中医药大学附属瑞康医院

王 艳 吴春红 刘志风

荣 欣 王 鹤 何 婕

韩仲芹 蒋 娟 马祥丽

编委会助理 韩 玲

Journal import

期刊进口

备案刊号: G0152105



中國國際圖書貿易集團公司
China International Book Trading Corporation



Global Indexing/Retrieval/Archiving

全球索引/检索/存档

Scan QR Code to Search and Read

扫二维码检索阅读



Index Copernicus (IC, 亦称“哥白尼索引”) 为全球学术期
刊数据库, 其ICI期刊总览 (ICI Journals Master List) 的收
录标志着期刊对学术质量的恪守, 有助于显著提升期刊的国际可
见度与全球研究社群的可获取性。该机构总部位于波兰。



EuroPub (欧洲学术出版中心) 是国际公认的学术索引平
台, 致力于提升出版物的全球可见度与公信力; 其期刊
收录即是对学术质量、国际影响力及研究实践推动作用
的认可。机构总部位于英国。



Academia.edu 是总部位于美国的全球性学术社交平台, 致力
于为研究者提供开放、便捷的论文分享与交流社区, 促进学术成
果的快速传播与协作。



中文DOI 由中国科学技术信息研究所运营, 主要负责中文
期刊、论文等学术资源的数字对象标识符 (DOI) 注册、
解析与管理, 旨在提升学术资源的可发现性与引用规范
性。



Eurasian
Scientific
Journal
Index



ESJI (European Science Journal Index, 中文名称: 欧洲科
学期刊索引) 是一个国际性的学术期刊遴选与索引平台, 其主要
作用是基于出版标准与学术质量对全球期刊进行评估和收录, 以
增强其可见度。该平台运营于欧洲。



Open Access Library (OALib) 是一个提供开放获取学
术资源检索与共享的国际平台。该平台运营于美国, 其
中文名称为“开放存取图书馆”。其主要作用是聚合全
球各学科的开放获取论文, 为研究者提供免费的文献发
现与下载服务。



ISSN 3080-8022
EISSN 3080-8030



Sci Online (科学在线) 是由求索出版社独立运营的学术期
刊数字出版与检索平台。其核心职能在于整合并推广该社旗下及合
作的学术期刊资源, 通过提供在线出版、全文检索及开放获取服
务, 致力于促进科研成果的有效传播与学术交流。



Baidu Baiké (百度百科) 是全球最大的中文网络百科全
书, 由中国百度公司运营管理。该平台基于群体协作模
式, 为用户提供涵盖各领域的免费知识内容, 是中文互
联网核心的知识基础设施。



China National Knowledge Infrastructure (CNKI), 中文名“中国知网”, 是由中国清华大学下属的同方知网(北京)技术有限公司运营管理的国家级知识基础设施平台。其主要作用是集成整合学术期刊、博硕士论文、会议论文等海量中文知识资源, 提供检索、在线阅读与下载服务, 是中国权威的中文学术资源门户。



万方数据知识服务平台 (Wanfang Data) 是由中国科学技术信息研究所主导运营的国家级知识服务平台。它整合了海量学术期刊、学位论文等中文科技信息资源, 为中国科研与教育提供全面的文献检索与知识服务。



维普数据库 (VIP Database) 是中国重庆维普资讯有限公司运营的综合性中文学术期刊服务平台。它收录了海量中文科技期刊全文, 为科研、教育及学术活动提供核心的文献检索、阅读与知识发现支持



国家哲学社会科学文献中心
National Center for Philosophy and Social Sciences Documentation

国家哲学社会科学文献中心 (NSSD) 是中国的国家级公益性学术平台, 由中国社会科学院主管并负责建设运营。其核心职能是系统整合国内外哲学社会科学学术资源, 为公众提供免费、权威、开放的文献检索与全文获取服务, 致力于促进学术成果的广泛传播与利用。



CBM (中国生物医学文献服务系统) 由中国医学科学院医学信息研究所/图书馆创立并持续维护运营。其核心作用是收录和索引国内权威的生物医学期刊文献, 是中国生物医学领域进行中文文献检索、回溯与查新的基础性、专业性数据库。



CSSCI (中文社会科学引文索引) 由南京大学中国社会科学研究评价中心研发创立和运营管理。它旨在遴选并收录中国大陆出版的高质量中文社会科学期刊, 通过引文数据分析, 为社会科学领域的学术评价、科研管理及期刊评估提供关键数据支持。



CSCD (中国科学引文数据库) 由中国科学院文献情报中心创立并运营管理。它系统地收录了中国出版的核心中英文科技期刊, 通过构建引文索引网络, 主要为我国自然科学、工程技术领域的成果评价、期刊评估和科研趋势分析提供重要的定量工具。



PKULAW“北大法宝” 数据库由北京大学法律信息中心研制创立和运营维护。它是中国最早、最权威的法律信息平台之一, 全面收录法律法规、司法案例、法学期刊等法律资料, 为法律实务、教学与科研提供智能检索和深度关联服务。



RCCSE (中文名: 中国科学评价研究中心) 是中国武汉大学下属的权威研究机构。其核心作用是通过构建评价体系, 定期发布《中国学术期刊评价研究报告》, 对国内学术期刊进行分级认定与质量评估, 为科研管理提供重要参考。



“全球OA期刊索引 (OAJ)” 是由中国科学院文献情报中心与中国教育图书进出口有限公司的“开放获取资源评价”联合实验室(中国)创立并运营管理的平台。其核心作用是依据特定评审标准, 系统地筛选、收录全球开放获取期刊, 并提供统一的检索服务, 以促进优质OA资源的发现与使用。



澳门虚拟图书馆 是一个由中国澳门特别行政区的高校或政府文化机构建设运营的地区性数字图书馆与学术资源门户。其核心作用是为本地区及全球用户提供便捷的线上知识服务, 整合并提供澳门本地及相关的学术文献、特色馆藏、历史文化资料等数字资源的检索与访问。



OpenSign 是由中国清华大学图书馆创立并运营的公益性学术资源平台, 中文名称为“OpenSign公益性学术资源服务平台”。其核心作用是集成并提供超千万篇开放获取文献和期刊的一站式检索, 旨在推动开放科学与资源公平获取。



SciOpen 是由中国清华大学出版社创立并运营的学术出版与知识服务平台, 中文名称即“SciOpen”。该平台致力于提供学术期刊的在线出版、开放获取、传播与检索服务, 是探索新型出版模式、推动开放科学实践的重要组成。



China Post Reading Network / Zhongyou Reading (中文常称“中邮阅读网”或直接用“中邮阅读”) 是中国邮政集团有限公司面向公众推出的数字阅读与知识服务平台。



Dragon Source Journals (Longyuan Journals Network), 中文名“**龙源期刊网**”，是中国龙源创新数字传媒（北京）股份有限公司运营的数字期刊发行与阅读平台。



超星数据库 (SuperStar Database) 是中国北京超星集团运营的大型数字图书馆平台。其核心作用是整合并提供海量中文图书、期刊等学术资源的数字化访问与“超星发现”知识检索服务，主要为中国高校及研究机构提供学术支持。



百度学术是中国百度公司的免费学术搜索引擎，聚合检索国内外数据库文献元数据，提供发现与引用服务。



长江文库是中国综合性知识服务平台，主要提供学术资源库、AI研究工具、协同创新空间及投稿等一体化数字学术服务。



ISSN (国际标准连续出版物号)是由位于法国巴黎的ISSN国际中心统一分配的八位数字代码。它为全球连续出版物提供唯一标识，是期刊检索、识别与流通的核心工具。代码末位为校验码，版本前缀“P”代表印刷版，“E”或“O”通常代表电子版。



CODEN是由总部位于美国的美国化学文摘社 (CAS) 管理的一种六字符全球唯一识别码，适用于各学科领域的连续及非连续出版物。



Crossref为全球学术论文分配唯一DOI，保障资源的永久访问、全球检索和稳定引用，总部位于美国。



DOI (中文名：数字对象标识符)是一种用于永久标识和链接数字对象国际标准系统。它由总部设于美国的国际DOI基金会 (IDF) 管理，其主要作用是确保网络学术资源的稳定访问和精确引用。



ASCI数据库是一个遵循严格标准评估期刊质量的全球性索引平台。期刊收录基于原创性、编审质量、出版规范、伦理合规及学术影响力等综合指标，标志着期刊对学术卓越、诚信规范与国际可见性的承诺。



SPI-Hub (学术出版信息中心)是一个专注于学术出版标准与最佳实践的资源平台。其核心作用是为研究者、编辑和出版机构提供权威的出版指南、工具和培训材料，以提升学术出版的规范性、透明度和伦理水平。该平台由知识管理中心开发并维护，其管理和运营机构为美国范德比尔特大学医学中心。



LivRe是巴西重要的开放获取期刊门户 (中文可称“巴西期刊门户”)。它由巴西国家科技发展委员会等机构支持运营，主要致力于集中收录、索引和推广该国高质量的开放获取学术期刊，以提升其科研成果的可见度与影响力。



Research Bible是一个学术资源导航与研究工具平台，总部位于美国。其中文名称常译为“研究宝典”或“研究圣经”。其主要作用是为科研人员 (尤其是学生和早期研究者) 提供系统性的研究方法指南、软件工具推荐、写作模板与行业动态，旨在提升研究效率与规范性。



DOAJ (开放获取期刊目录)由瑞典隆德大学图书馆于2003年创立，总部现位于英国。它是一个独立的非营利数据库，通过严格遴选全球高质量的同行评议开放获取期刊，致力于提升开放科学资源的可发现性、可信度与使用度，目前由其自身成立的慈善机构运营管理。



J-Gate (学术期刊门户)由印度Informatics India Ltd.公司创立并运营管理。它是一个全球性的电子期刊发现平台，致力于整合数百万篇学术文献元数据，为机构用户提供统一的文献检索与全文访问服务。



WorldCat (世界书目)由美国联机计算机图书馆中心 (OCLC) 创立并运营管理。它是一个全球性的联合编目数据库，整合了全世界图书馆的馆藏目录，提供统一的文献检索与定位服务，以支持全球资源共享与馆际互借。



J-STAGE是日本最重要的官方科技期刊开放获取平台。其中文名称为“日本科学技术信息集成系统”，由日本科学技术振兴机构 (JST) 创立并运营管理。其核心作用是集中发布和免费提供日本各学会、研究机构出版的科技期刊论文、会议录等学术成果，旨在快速传播日本的前沿科学研究。



CAS (美国化学文摘社) 是美国化学会下属的权威机构，运营《化学文摘》(CA)、CAS登记号及SciFinder等平台，构成全球化学信息服务体系。



Research4Life是由多家国际机构(世卫组织、耶鲁大学等)共同创立的全球项目，通过Hinari等五个资源库为发展中国家提供免费学术资源，由创立机构联合运营。



PubMed / MEDLINE由美国国家医学图书馆创立，是全球权威的生物医学文献数据库，提供免费检索与摘要服务。



IEEE Xplore是美国电气电子工程师协会的数字图书馆，提供该领域的期刊、会议录与标准全文访问。



Web of Science (WoS)由美国科睿唯安公司运营，是全球历史最久的综合性学术引文索引数据库，提供引文分析与期刊评价。



Scopus Preview

Scopus由荷兰爱思唯尔公司出版，是全球规模最大的同行评议文献摘要与引文数据库，提供广泛的文献覆盖与引文追踪。



Dimensions由澳大利亚Digital Science公司开发，是整合论文、基金、专利等多维科研信息的平台。



SciELO (科学在线图书馆)是最初由巴西创立、现由多国合作的开放获取期刊网络，旨在提升发展中国家研究成果的可见度，由参与国科研机构联合运营。



Google Scholar (谷歌学术)是美国谷歌公司的免费学术搜索引擎，广泛覆盖全球学术文献，由谷歌运营。



乌利希数据库由美国创立、科睿唯安运营，是收录全球连续出版物详情的权威指南，服务于图书馆与学者。



CINAHL是美国EBSCO公司运营的权威护理学数据库，覆盖护理与联合卫生文献，提供期刊论文与循证资源。



Embase

Embase是荷兰爱思唯尔公司的生物医学与药理学数据库，擅长收录欧亚期刊，是PubMed的重要补充。



ResearchGate是德国 ResearchGate GmbH 运营的学术社交网络平台，连接全球科研人员以分享成果与协作。



CABI (国际应用生物科学中心)是英国的非营利性政府间组织，通过 CAB Abstracts 等数据库在全球农业与环境科学领域传播知识。



Portico是全球领先的非营利数字存档机构，总部位于美国，为学术期刊及电子书等数字出版物提供永久保存与长期访问保障，是学术出版生态的关键基础设施。



CLOCKSS是社区共建的分布式黑暗存档网络，总部位于美国，通过全球图书馆节点分散保存学术资源，仅在出版中断等触发事件时开放访问，实现学术内容的永久保存与应急备份。

科技研究与应用

Scientific Research and Application

2025 年 10 月 第 1 卷 第 2 期 (双月刊)

目 次

◆ 智能前沿

人工智能背景下数据知识产权的价值评估与管理

Valuation and Management of Data Intellectual Property under the Background of Artificial Intelligence

程远国..... (1)

生成式人工智能的教育主体角色重构——基于初中英语教学的实践探索

Reconstruction of the Educational Subject Role of Generative Artificial Intelligence: Practical Exploration Based on Junior High School English Teaching

胡凯旋..... (6)

基于物联网边缘计算的智能配网故障定位与自愈控制研究

Research on fault location and self-healing control of intelligent distribution network based on edge computing of Internet of Things

唐 明..... (11)

教育数字化转型背景下智慧医学复合型人才培养路径探索

Exploration of the Training Path for Interdisciplinary Talents in Smart Medicine under the Background of Digital Transformation in Education

彭小江, 何惠倩..... (17)

人工智能驱动新闻个性化推荐算法优化与效果评估

Optimization and Effect Evaluation of AI-Powered News Personalization Recommendation Algorithms

陈逸斐, 孔祥通..... (21)

磁性材料的智能化发展趋势与探讨

Intelligent development trend and discussion of magnetic materials

王建芳, 高劲松..... (26)

人工智能时代小学数学教育发展现状与优化路径研究

Research on the Current Status and Optimization Path of Primary School Mathematics Education in the Era of Artificial Intelligence

赵 婵..... (30)

◆ 科技研究

基于清洁生产理念的胶粘剂企业环境管理策略研究

Study on Environmental Management Strategies of Adhesive Enterprises Based on the Concept of Cleaner Production

刘 荣..... (35)

基于天气预报与机器学习的企业碳排放核算系统研究

Research on enterprise carbon emission accounting system based on weather forecast and machine learning

周瑞雪..... (39)

物联网感知与电子封装材料的热管理性能研究

Research on thermal management performance of Internet of Things sensing and electronic packaging materials

安浩平, 宗 原, 臧振力..... (46)

基于深度学习的电气自动化设备能效预测与优化研究

Research on Energy Efficiency Prediction and Optimization of Electrical Automation Equipment Based on Deep Learning

郭鹏泉..... (51)

某隧道消防水池液位控制系统的升级改造与应用研究

Research on the Upgrading and Application of the Liquid Level Control System for Fire Water Tanks in a Tunnel

李洪宇..... (57)

◆ 探讨与应用

SEO技术在社交媒体营销中的应用——以小红书平台为例

Application of SEO Technology in Social Media Marketing: A Case Study of the Xiaohongshu Platform

郑 燕, 张太极, 宋京龙..... (62)

控制阀常见故障分析及性能优化研究

Analysis and Performance Optimization Research on Common Faults of Control Valves

李慧彦..... (68)

硫酸根离子检测方法对工业盐产品质量控制的影响

The Influence of Sulfate Ion Detection Method on the Quality Control of Industrial Salt

薛海红..... (73)

电力系统中继电保护的整定计算方法分析

Analysis of setting calculation methods for relay protection in power systems

卫旭鸿..... (77)

人工智能背景下数据知识产权的价值评估与管理

程远国

南宁理工学院，广西南宁，530100

摘要：在人类对人工智能迅猛发展的当下，在数据成为引发新一轮新质生产力下的主要来源。当前数据在人工智能背景下对知识产权的价值该如何计算，又该如何管理是个巨大挑战和机遇。研究了该方面人工智能背景下数据对其知识产权内价值衡量和管理问题的探究。发现对于这些人工智能下知识产权评价所要解决的关键问题以及如今最新颖的技术手段，提出一种更加全面综合的合理评价方案，让当前数据资产得到更好的使用与发展，从而提高效益和鼓励共享行为更好地开展，为数据资源市场良性健康发展提供一个更加有秩序、公开、公平地分享及营运大环境。

关键词：人工智能；数据知识产权；价值评估；管理策略

Valuation and Management of Data Intellectual Property under the Background of Artificial Intelligence

Yuanguo Cheng

Nanning College of Technology, Nanning, Guangxi 530100, China

Abstract: In the era of rapid AI development, data has emerged as the primary driver of new productive forces. The current challenge lies in determining how to value and manage intellectual property within AI-driven contexts. This study investigates data-related intellectual property valuation and management in artificial intelligence environments. By identifying key issues in AI-assisted IP evaluation and exploring cutting-edge technological solutions, we propose a comprehensive framework to optimize data asset utilization. This approach enhances efficiency, promotes collaborative sharing, and establishes a structured, transparent, and equitable ecosystem for data resource market operations.

Keywords: artificial intelligence; data intellectual property rights; value assessment; management strategy

伴着日新月异的数字革命，特别是以 AI（人工智能）为标志的大规模应用，一种新的生产要素——数据被日渐发现并彰显其出现的意义。数据既可以是一个浩瀚巨大的世界或体系的“燃料”，也是一种资源。机器包括 AI 能够从海量数据中进行学习、演化以及进行创新活动；伴随而来的是人们对如何认识大量数据这一新型资源，尤其关注作为数据所有权的问题，也即数据知识产权（DIPR, Data Intellectual Property Rights）浮出水面变得极为关键。全面加强知识产权保护工作，促进建设现代化经济体系，激发全社会创新活力，

推动构建新发展格局。

1 数据知识产权（DIPR）概述：概念界定与理论基础

进入二十一世纪以来，随着信息技术的发展，特别是互联网、云计算、大数据、人工智能等新一代数字技术的出现，数据成为了“第五大”新兴生产要素，并越来越深刻地影响着社会经济的发展。在这一过程中，与数据资源相关的知识产权应运而生，即所谓“数据知识产权”（Data Intellectual Property Rights, DIPR）也受到了高度



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



关注。

1.1 数据知识产权的概念界定

数据知识产权往往是传统意义上的知识产权的一种延伸或是分支，所谓知识产权是指那些利润化的非物质性的信息，包含但不限于所有的数据集，或制造出的数据，解读出来的数据或由数据得出产品的全部流程及结果。与传统的发明专利、版权的不同在于 DIPR 更多地强调由数据本身所引发的特质：复制性、流动性、高度依赖特定技术与场景应用^[1]。

1.2 数据知识产权的类型划分

根据不同标准，可以将 DIPR 划分为以下几种类型：

(1)数据库权利：保护数据库制作者在收集、整理和呈现数据方面的投资；

(2)版权：可能应用于某些形式的数据编排、解释和表达；

(3)商业秘密：覆盖未公开的、具有商业价值的信息；

(4)专利：有时可用于保护数据处理的方法或系统；

(5)合同法：通过协议约束数据的使用条件和范围。

1.3 理论基础与相关原则

关于 DIPR 的理论基础存在着两种相互联系又相互独立的观点，一种观点存在于经济学层面，强调 DIPR 能够促进交换数据、消除信息不对称，有助于刺激创新和经济增加；另一种观点存在于法学方面，突出个人有保护所创造的“私人数据”的方法，阻止其他任何人滥用和使用自己的数据。除了以上内容外，DIPR 还涉及到伦理学和社会学领域，包括讨论数据隐私、公共利益和个人自由等。此外，作为一种复杂的而且一直在变化中的数据知识产权的概念，其界限变得越来越清晰，需要明确概念的本质，并认识到它们的不同而对价值有所了

解以及认识它们的设计和管理至关重要。

2 AI背景下的数据知识产权价值评估体系构建

2.1 数据知识产权的价值表现在 4 个方面

(1)独创性，一个独特的、原创的数据集，基于数据编制方法和数据来源。(2)稀缺性，对大量质量良好的数据进行获取、处理所付出的艰难辛苦成本即表现。(3)可变性，时间、更新(revise)、时效性的直接体现。(4)应用潜力，数据的可变性在于其将之转换为洞见和商业机遇的能力。

2.2 价值评估方法概述

2.2.1 成本法

Cost method 是最直观的方法，使用 DIPR 的成本和产生的收益的简单比值表示 DIPR 的价值。DIPR 数据收集成本估算的方法在对数据库的数据收集、清洗、存储、管理和分析等多个环节估算开销并相加的方法来获取 DIPR 数据成本。成本法的不足在于：对于一个飞速发展中的环境来说会低估它所能产生的价值^[2]。

2.2.2 市场法

市场法：市场法是利用市场上可以交易的相似数据来确定当前数据的价值。这种方法评估价值的最理想环境是，在有公开市场下进行数据定价时使用，但很多情况下特别是数据资产，很难找到真正的“对标产品”。

2.2.3 收益法

对 DIPR 未来的收入流进行预估，如增加销售额、减少运营成本或提升商誉等。这往往是复杂而且具有前瞻性的，因为需要对未来有深刻的把握。

2.3 建立AI环境中的DIPR价值评估体系要坚持原则

客观、准确、可比、前瞻；需要价值评估的

作者简介：

程远国（1973-），男，汉，信息系统项目管理师，西安交通大学MBA硕士，南宁市知识产权保护中心知识产权智库技术专家；研究领域：知识产权管理、信息化管理、人力资源等。

目的和范围的明确；收集信息、进行分析；选择恰当的价值评估方法和过程（符合当前实际情况）；对价值评估过程及所建立或拟议改变的价值评估体系提出反馈，修改、调整评估过程。

2.4 技术支持与挑战

AI 能力来提升 DIPR 的评估价值，如借助自然语言处理(NLP)辅助进行文本数据分析，借助机器学习（machine learning）等对数据未来的盈利进行预测等等；另一方面，鉴于 AI 技术被应用后还将导致的数据隐私泄露、信息安全性和“黑箱”等挑战的风险与不确定因素，我们需要权衡和考虑诸如效率与安全等问题的折衷。确立以数据为本建设 AI 环境下的以数据为核心的知识产权的评估体系将是一项极其复杂而艰巨的任务，我们还需探究具体的管理策略充分释放数据资源所蕴含的丰富的经济社会价值并切实保障数据安全。拥抱并引领即将到来由人工智能技术驱动主导下全新的数字经济时代。

3 AI背景下的数据知识产权管理策略

现在很多公司在转型的过程中都发现了，数据成为它们最重要的资产。而当所有各行业开始都进入 AI 以后，如何有效地处理、保存和保护其“DIPR”（Data Intellectual Property Rights）。

3.1 法律合规与政策框架

创造保护 DIPR 的法律政策。公司要熟知并遵守所在地关于数据保护的法令、法规。如：《通用数据保护条例》（GDPR）是在欧盟推出的一项较有影响力的法令和规定。美国也出台了《加州消费者隐私法案》（CCPA），还有不少类似的法律法规。因此，需要积极参与相关标准的制定。以获得在行业中良好的外界环境，有利于促进自己的发展乃至生存的空间。

3.2 技术防护措施

技术是 DIPR 管理必不可少的组成部分。采用先进的加密技术和基于访问权限和身份信息控制技术，保护数据不被非法篡改和盗用；此外采用最新的区块链技术保障数据链透明性，提高数据真实性和防伪能力。另外，采用定期安全测

试分析并修复安全威胁隐患，保持最新防御体系。

3.3 内部管理制度

建立数据内审机构，对数据进行归口管理，制定相关制度和数据使用管理规章制度。负责内部的所有数据生命周期管理，并制定数据的完整、正确、可追溯的数据库。制定相应的操作规程与员工培训计划并严格执行，在每个部门和工作中建立完整的流程制度和控制程序。每位员工都必须知道他们所拥有的责任和权利，包括限制和条件。建立分类分级管理制度。

3.4 合作与共享机制

安全之下，探索分享与合作。与其他的公司、机构、单位甚至政府部门缔结合作伙伴或者伙伴关系一同展开项目，在更多的场景下应用使用数据，同时也要签约或者签订保密协议确定各自的权利和义务，也不能随便被滥用（DIPR）。

3.5 应急响应与恢复计划

当数据被泄漏甚至侵权时，应能及时反应。对处理过程中发生的每一个问题、突发事件做出反映，发现问题，立即启动预案，并尽快使事件得到控制，在减少损害的基础上配合相关部门进行调查，必要时对外公布此事，并尽快让公众重拾信心。定期演练，每个人都熟悉和知晓在应急预案下的过程和活动，并在需要预案时能够迅速做出反应^[3]。

3.6 道德与社会责任

DIPR 的管理不仅仅解决技术和法律等问题表面化的话题，它还包括企业文化与道德的参与。诚信、守信，尊重每个人的人身隐私权以及担当对公司、对社会应尽的责任感。既树立起公司的形象赢得群众尊敬也获得群众的理解和支持，这才是实用行之有效的管理和运作办法，让公司的所有好的政策和措施能够不但避免损失也能促进企业利润增值。

4 国内外数据知识产权管理实践

4.1 国外数据知识产权管理的案例

（1）Google 是一家伟大的公司，他们非常明白数据的重要性，所以在内部对于 Google 的每

个数据库都有非常完备的规则和规定，严格依照权利归属及使用规则。同时他们在外面还会对外开放 API 及数据集，让外界的组织及个人对其进行研究和做产品。通过 Google 这样构建了各种各样的伟大应用、各种各样的产品和服务来显示自己对于应用数据方面的开放宽容的态度，这是他们 DIPR 管理的一种平衡之道。

(2) IBM Watson Health 的数据伦理实践

IBM Watson Health 在推广这些 AI 医疗解决方案时，对应用患者数据非常谨慎并采取了多种方式尊重、保护其患者数据的隐私权，为此不惜代价采取了一系列措施：匿名、差分等隐私管理以保障患者数据保密不能被滥用，并大力提倡制定规范，支持负责任地采用患者医疗数据进行研究。

4.2 国内数据知识产权管理的案例

4.2.1 腾讯的数据治理与隐私保护

腾讯，中国互联网中的巨头，也拥有着庞大的数据和用户群，对于如何管理 DIPR 有着一套行之有效的策略。腾讯成立了专门的数据安全部门，在数据的合法使用方面进行管理。在产品开发之前就制定好隐私保护的标准，使得每一个用户的个人数据安全得到充分的保障。不仅如此，腾讯还设立了“天御”安全服务平台，用来监控一切来自网络的攻击，保障数据免受侵扰。

4.2.2 华为的数据合规与技术创新

再如华为，作为全球领先的信息和通信基础设施提供商，很重视数据的安全和合规。华为在全球各地均有数据中心，各数据中心均配有严密的防护措施，保障了数据的流转不受限制。同时，华为在数据加密、数据脱敏等方面也投入力量研发，并结合 AI、区块链等技术，强化数据保护。对于符合安全条件的数据跨境流动，华为积极探索合法合规的途径，推动国际合作^[4]。

在 AI 时代，只有做到依法依规经营，更要勇于创新，走自己的路，企业才会脱颖而出，方能在竞争中生存并获得长期收益。有效地管理 DIPR 是企业持续经营的生命线，是企业数字时代有效参与市场竞争的动力之源。

5 AI与数据知识产权的前沿趋势

5.1 数据知识产权 (DIPR) 领域变革与挑战

5.1.1 AI 在 DIPR 管理中的角色深化

AI 将会更加嵌入 DIPR 的管理系统之中，实现捕捉-分析-决策等过程的无间断处理，大大增加系统的效率和精准度；通过机器学习模型，让 AI 具备预见任何场合下的各种情境中的错误或者可能出现的不理想情况进行积极应对的能力，让 DIPR 变得更安全、稳健。应用 AI 可以让整个 DIP 管理数据所属清晰且权属明确，根据不同人群抑或个体产生不同的特殊需求，让 DIP 机构可以给出最优质的定制知识产权信息服务。

5.1.2 数据主权与全球化竞争

跨国数据治理，面对日趋激烈的各国在全球争夺数据资源、国家间跨境流动的数据频繁活跃的局面，也使 DIPR 的规则趋近统一，却更加复杂化。国际组织与多边机构将在协调和推动各方达成一致方面发挥重要作用，并力图使它们的规则能促进一国或地区与其他各国进行贸易交往且不威胁数据安全。

5.1.3 新兴技术融合

区块链将为数据确权、跟踪与交易等带来一种革新，使其成为更加安全透明的 DIPR 方法。边缘设备上更强的数据处理性能意味着更多的处理任务在边缘端被实施，而不是传输至一个强大的中央主机进行分析处理，同时带来一些新颖的数据隐私保护难题。

5.2 数据知识产权 (DIPR) 保护的发展趋势

5.2.1 加密技术的广泛应用

零知识证明 (Zero-Knowledge Proofs, ZKP) : ZKPs 是由新出现的密码学工具提供的，在任何额外信息不泄漏的情况下证明声明的真实性的特性，它对防止私有数据的公开特别有用。利用这一功能，DIPR 能够在不需要透露敏感的信息内容进行证明的前提下，执行验证操作以加快交易速度^[5]。

5.2.2 同态加密

这项技术可以实现直接对加密后数据进行操作而无须事先对其进行解密，使得数据可以在传输中不被破坏的安全地得到应用，非常适合应用

于云计算。

5.2.3 法律法规的细化与国际化

欧洲的《通用数据保护条例》(GDPR)已经成为世界范围的数据保护标准,越来越多国家纷纷效仿 GDPR 条款,制定了本国的数据保护法,全球的数据治理逐渐统一。

5.2.4 数据主权和数据跨国

一方面,强调数据的存放在国内,在这个原则下,各国家在纷纷建立各自的数据中心;另一方面,解决数据流动中的跨境问题也被强调,相关的国际间的数据转移规则正在逐步确立。

5.3 人工智能自我学习权

AI 创作作品的权利归属和人工智能著作权:随着 AI 创造的作品越来越多,怎样界定权利归属成为热议的话题,一些建议性政策开始出现,它们提出是否要赋予 AI 系统“创造人”的地位,将 AI 产生的作品视为法人作品由所属实体享有的问题。

5.4 数据市场监管加强

随着时代的发展,人们也越来越认识到数据的价值,积极捍卫自身对数据的权利,诸如对数据的知情权、拒绝权和删除权等。监管者对于大科技公司搜集和利用消费者信息的监管会更加严苛,禁止科技企业滥用于数据谋取利润以保护消费者的个人数据及公平市场竞争秩序。在这个过程中如何处理好这根重要的平衡支“数据应用和个人信息保护”,永远都将是一个挑战和努力的过程。

6 结论

AI 大行其道之际, DIPR 成为最重要的财富源泉及优势的标志性体现。传统的财务估值对 DIPR 的价值不适用,需要用新的指标来反映,如它的市场、成本,被知识产权保护可能性与潜在竞争者等因素。因为 DIPR 真实的价值随时间在

变化,我们迫切需要一种方法追踪这个变化,并随着它变化及时地调整最终呈现的结果的过程和结果本身。必须建立和完善数据管理和过程体系和准则,使所有信息和数据都是类别清楚、标记明显、准确可靠,并适当地存档;建立使用准则确保这些数据的安全、恰当有效的利用,避免滥用或误用;严格遵守各类法律法规尤其是国内法律特别是 GDPR、CCPA、CAFRP、PIPL 等的国际法律规则或技术规程;积极参与并发出相关的法律法规与相应技术手段、相关行业或领域的立法或规则倡议,以引导行业发展方向、引领行业的使命驱动之下关注国内外法律及监管动态的发展情况,避免造成 DIPR 受损的可能。充分利用各种途径,如利用先进的加密技术(AES 或 AES-256)、AI 或区块链等各类技术工具,最大限度提升 DIPR 的保护能力,在全过程之中最大限度杜绝各种对 DIPR 和数据的信息侵权、盗窃行为。建设一支专业技能强,了解和熟练掌握 DIPR、数据特征和要求的专业队伍,树立一种尊重 DIPR、尊重数据权利的良好企业文化氛围,指导员工提升数据信息安全保护与处理的能力,增强安全意识,履行保护职责。

参考文献

- [1] 李明德, 张冬梅. (2020). 中国知识产权保护的现状与挑战. 知识产权研究, (4), 1-10.
- [2] 王志华. (2021). 中国知识产权战略的国际视角: 发展趋势与对策建议. 世界经济与政治论坛, (3), 137-146.
- [3] 刘春田, 吴汉东. (2022). 中国知识产权保护制度的法律经济学分析. 法学评论, (1), 5-19.
- [4] 曲三强. (2021). 中国知识产权保护对创新激励的作用机理与实证研究. 科学学研究, (6), 84-92.
- [5] 胡凌, 孟祥青. (2020). 数字经济时代下的中国知识产权法制建设. 电子知识产权, (11), 6-12.



生成式人工智能的教育主体角色重构 ——基于初中英语教学的实践探索

胡凯旋

龙胜实验中学，广西桂林，541799

摘要：生成式人工智能（AIGC）以自然语言处理、多模态交互为核心特征，打破传统教育师-生二元主体结构，催生由教师、学生、AI 构成的“师-生-AI”三元异构教学生态。本文立足乡镇初中英语实践教学痛点，结合外研版教材（2024 修订版）应用场景，从角色内涵重构、实践路径优化、挑战应对策略三个维度，探讨 AIGC 的四维主体价值，明确其功能边界与应用尺度，通过文献梳理与案例分析，为乡镇初中英语人机协同教学转型提供理论参考与实践范式。

关键词：生成式人工智能；初中英语教学；外研版教材；主体角色；人机协同；乡镇初中

Reconstruction of the Educational Subject Role of Generative Artificial Intelligence: Practical Exploration Based on Junior High School English Teaching

Kaixuan Hu

Longsheng Experimental Middle School, Guilin, Guangxi 541799, China

Abstract:Generative Artificial Intelligence (AIGC), featuring natural language processing (NLP) and multimodal interaction, breaks the traditional binary teacher-student subject structure in education, giving rise to a heterogeneous "teacher-student-AI" ternary teaching ecology. Based on the practical pain points of English teaching in rural junior high schools and the application scenarios of FLTRP textbooks (2024 revised edition), this paper explores the four-dimensional subject value of AIGC from three dimensions: connotation reconstruction, practical path optimization, and challenge response strategies, clarifying its functional boundaries and application scales. Through literature review and case analysis, it provides theoretical reference and practical paradigm for the transformation of human-machine collaborative English teaching in rural junior high schools.

Keywords:Generative Artificial Intelligence (AIGC); Junior High School English Teaching; FLTRP Textbooks; Subject Role; Human-Machine Collaboration; Rural Junior High School

引言

数字化时代，生成式人工智能技术为破解乡镇初中英语教学标准化与个性化需求矛盾、优质资源匮乏等难题提供新路径^①。乡镇学生英语基础薄弱，外研版 2024 修订版教材对教学精准性提出

更高要求，也为 AIGC 应用提供适配场景^②。

传统教育中技术多为辅助工具，而 AIGC 凭借拟主体性^③可深度参与教学核心环节。教育部相关指引为 AIGC 教育定位提供政策遵循，本文聚焦乡镇初中教学场景，结合外研版教材特点，探讨 AIGC 角色重构逻辑与实践路径，通过梳理相



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



关研究成果、分析典型教学案例，构建适配乡镇学情的人机协同教学框架。

1 生成式人工智能教育主体角色的内涵重构

AIGC 并非替代传统主体，而是以“异构协同”形成“师-生-AI”三元异构教学生态^④，其角色内涵围绕乡镇学情与教材需求呈现四维特征：

1.1 教学协同者：教师的专业伙伴与决策支撑

依托拟主体性特征，AIGC 成为教师教学设计与学情分析的专业协同者，承接词汇卡片制作等重复性任务，解放教师精力；同时分析学生数据，精准定位薄弱点，生成学情报告助力教学调整，协同过程遵循“人在回路”原则^⑤。

1.2 个性化支架：学生的自主学习伙伴

凭借拟主体性带来的交互能力，AIGC 针对乡镇学生基础差异大、自主学习能力弱的特点，构建低门槛个性化学习支架。词汇学习中结合教材语境生成简单例句并推送复习内容；口语训练降低评测标准，模拟教材情景对话缓解胆怯；写作教学提供基础框架与词汇替换建议，搭建学习信心。

1.3 资源生成者：教学内容的创新拓展载体

基于拟主体性支撑的数据分析能力，AIGC 突破时空限制，为乡镇教学提供适配基础的多模态资源。围绕教材文化主题生成简化音视频，为项目式学习提供简易模板，生成分级阅读材料，弥补拓展资源不足短板。

1.4 评价反馈者：精准高效的教学质量监测主体

借助拟主体性支撑的数据分析能力，AIGC 以数据驱动优化评价体系，聚焦基础能力达标。过程性评价记录学习情况并生成细节化报告；终结性评价量化分析写作语法错误等；口语评价打分并给出低门槛改进建议，实现“以评促学”。

2 生成式人工智能主体角色的实践路径——以外研版教材单元为例

结合乡镇学情及外研版 2024 修订版七年级下册“Unit 6 Hitting the road”单元，围绕“课前-课中-课后”构建适配性人机协同教学闭环：

2.1 课前准备：精准备课的智能支撑

教师借助 AIGC 完成教材分析，生成适配性教学目标分解方案；整合基础多模态资源；根据学生过往学习数据预判薄弱环节，为差异化教学设计提供依据。

2.2 课堂实施：互动增效的协同参与

课堂中通过动画、情景视频简化知识讲授；组织基础互动练习营造低压力氛围；提供小组合作基础模板辅助探究。教师专注组织课堂、鼓励学生并解答基础疑问。

2.3 课后拓展：个性化提升的持续支持

课后生成分级巩固练习；借助 AI 口语助手开展基础训练；引导学生自主完成写作后进行基础纠错与优化。AIGC 同步数据助力教师精准把握学情。

3 适配乡镇初中的AIGC教学应用案例分析

为验证 AIGC 四维主体角色在乡镇初中英语教学中的适配性，本文选取 3 个 AIGC 应用场景直接、教学主题高度契合的乡镇初中实践案例（案例均来自教育部门教研活动、权威教育科技平台，场景具象、可复刻），结合外研版教材对应模块展开分析：

案例 1：贵州省安顺市紫云县第二中学（北师大 AIGC 赋能乡村教育专项案例）

案例来源：北京师范大学党委宣传部官方报道（高校专项帮扶项目纪实），2024 年 9 月 6 日发布《AIGC 赋能乡村教育紫云实践纪实》，原文链接：<https://news.bnu.edu.cn/zx/zhxw/8ded3689a8ee4265b365bf924796031f.htm>

学情匹配：该校为少数民族山区初中，学生英语基础薄弱、口语表达胆怯，优质师资匮乏，是乡镇初中典型学情。

应用场景：外研版 2024 修订版七年级上册

Module 3 “Making plans”（日常交际类）单元教学。

实施方式：借助“豆包”AI 工具打造互动式课堂，设计《主题旅行》实景对话任务，学生与 AI 虚拟人进行实时口语交流；利用 AI 生成贴合单元主题的背景图片、情景剧本，辅助学生开展角色扮演；课后推送个性化口语跟读任务，AI 实时反馈发音问题。

应用效果：彻底改变传统课堂“不敢说、不会说”的困境，学生主动参与口语互动的积极性显著提升，课堂氛围活跃度大幅提高，实现“想说、敢说、会说”的教学目标，该模式被纳入北师大乡村教育赋能典型经验^[1]。

案例 2：安徽省黄山市祁门县第二中学（市级名师工作室专项教研案例）

案例来源：黄山市教育局官方报道（专题教研活动纪实），2025 年 12 月 22 日发布《AI 赋能英语课堂“导-师-制+”探索教学新路径》，原文链接：<https://jyj.huangshan.gov.cn/jyxw/xykx/9313727.html>

学情匹配：该校为县域乡镇初中，学生文化视野较窄，对西方文化背景理解薄弱，课堂互动参与度不足。

应用场景：外研版八年级下册 Module 5 “Western music”（文化主题）单元教学（对应示范课《Sad but Beautiful》）

实施方式：通过 AIGC 工具生成适配乡镇学生基础的西方音乐文化情境动画、简化版英文背景资料，搭配双语字幕；借助 AI 智能提问功能，根据学生课堂反馈实时推送梯度化探究问题；结合 AI 思维导图工具，辅助学生梳理不同音乐类型的文化脉络。

应用效果：课堂互动参与度较传统教学大幅提升，学生能主动结合 AI 生成的文化资料分享见解，对西方音乐文化的理解从“浅层认知”转向“深度感知”，相关课例被纳入黄山市英语优质课资源库^[2]。

案例 3：安徽省芜湖市六郎中学（农村初中智慧教育试点案例）

案例来源：科大讯飞智慧教育平台官方报道（农村学校实践案例），2024 年 7 月 16 日发布《芜湖市六郎中学：智慧教育浪潮下的农村初中精准教学探索》，原文链接：<https://edu.iflytek.com/about-us/news/special-column/1155.html>

学情匹配：教师批改任务繁重，难以精准定位学生词汇语法薄弱点，班级学情差异较大。

应用场景：外研版七年级下册 Module 4 “Life in the future”词汇语法过程性评价。

实施方式：依托 AI 智慧课堂系统，将单元词汇语法转化为互动式评测任务（含语音测评、趣味答题）；系统自动完成批改，生成班级共性错题报告和学生个人薄弱点清单；教师基于 AI 反馈，设计针对性分层辅导任务，通过 AI 工具推送个性化巩固练习。

应用效果：教师词汇语法批改效率提升 60%以上，能精准聚焦学生高频错误点开展教学；学生错题重复率明显降低，对词汇语法的掌握扎实度显著提升，该评价模式在县域农村学校推广^[3]。

（1）案例共性特征：三所学校均聚焦乡镇初中英语教学核心痛点，AIGC 应用均以“基础适配、低成本易操作”为原则，未追求复杂功能，与本文构建的四维主体角色定位高度契合，验证了角色重构的实践适配性。

（2）分项应用效果：口语教学方面（案例 1），AI 通过实景对话互动、个性化跟读反馈等低门槛设计，有效破解乡镇学生口语表达胆怯的痛点，契合“个性化支架”角色定位，实现了口语教学从“被动输入”到“主动输出”的转变；资源补充方面（案例 2），AI 生成的简化版文化拓展资源与梯度化探究工具，适配学生文化视野较窄的学情特点，显著提升课堂互动参与度，充分体现“资源生成者”的价值，助力学生实现文化认知的深度提升；评价应用方面（案例 3），AI 评测

系统不仅大幅提升教师批改效率，还能精准生成班级共性问题与学生个性化薄弱点报告，为教师差异化教学提供直接依据，同时通过推送个性化巩固练习，实现“评价-反馈-提升”的闭环，充分发挥了“评价反馈者”与“教学协同者”的双重作用。

(3) 案例启示：结合案例实践经验，乡镇初中应用 AIGC 需把握三个核心原则：一是精准匹配学情，聚焦基础能力与核心素养的双重提升；二是优选适配工具，优先采用操作简易、资源适配的免费或公益类平台；三是坚守教师主导，AI 作为教学环节的协同支撑，助力教师实现精准教学与个性化指导。这与本文实践路径设计逻辑一致，为本校后续开展 AIGC 教学提供了可直接复刻的实践范式。

案例分析表明，本文构建的 AIGC 四维主体角色及适配性实践路径，符合乡镇初中英语教学实际需求，能够有效破解教学痛点。选取的案例均来自真实乡镇教育实践，具有较强的参考价值与可复制性，为 AIGC 与乡镇初中英语教学的深度融合提供了实践佐证。

4 挑战与应对策略

结合乡镇教学实际，AIGC 除面临技术融合不深入等共性挑战外，还存在设备有限、学生家庭信息化差异等特殊挑战，需多方协同应对：

4.1 深化技术融合，明确角色边界（适配乡镇学情）

教师需立足乡镇学情与教材基础目标，精准定位 AIGC 应用场景，聚焦基础能力提升。教育部门可联合教研机构编写适配案例集，展示低成本应用范式，降低教师应用门槛。

4.2 提升教师数字素养，强化协同能力（侧重实用操作）

针对乡镇教师数字素养薄弱现状，开展实用型培训，涵盖基础工具操作与教学策略；建立交流群分享经验，配备技术联络员解决难题，提升

教师 AI 应用能力。

4.3 引导合理使用，培养自主能力（适配基础水平）

明确 AIGC 阶梯式使用规范，低年级需教师引导，中高年级先自主练习再借助 AI 优化。设置贴近乡镇生活的开放性任务培养思维能力，利用校内资源为信息化条件不足学生提供使用机会。

4.4 完善保障体系，促进教育公平（聚焦乡镇短板）

政府加大教育信息化精准投入，改善设备与网络；教育部门整合优质基础 AI 资源搭建免费平台；学校制定帮扶计划；区域建立资源共享机制，促进教育公平。

5 结论

AIGC 角色重构为乡镇初中英语教学突破瓶颈提供新路径，其四维角色深度融入教学全环节，可有效弥补乡镇教学短板。结合典型案例分析可知，遵循“基础适配、低成本易操作、教师主导”原则的 AIGC 应用范式，具有较强的实践可行性。乡镇教师需主动适配数字化变革，精准运用 AIGC，多方协同完善保障体系，推动技术与教学深度融合，助力教育均衡与乡村教育振兴。

乡镇初中教师需主动适应数字化变革，立足学情精准运用 AIGC 技术，在坚守育人主导地位的基础上，提升人机协同能力。同时，通过多方协同完善保障体系、破解实践挑战，推动生成式人工智能与乡镇初中英语教学的深度适配融合，助力实现教育均衡发展，为乡村教育振兴注入技术活力。

注释

① 人工智能生成内容（AIGC）：指能自动生成符合语境的文本、音频、视频等内容的人工智能技术，例如聊天生成型预训练变换模型（ChatGPT）与豆包，该技术已广泛应用于语言教学领域^[4]。

② 2024 年修订版外研社初中英语教材: 该教材以《义务教育英语课程标准(2022 年版)》为编写依据, 注重语言知识与实践技能的融合^[5-6]。

③ “拟主体性”: 指人工智能生成内容(AIGC)可通过算法在一定程度上模拟人类思维的属性, 虽不具备独立意识, 但可作为具有独立功能的主体参与教学活动^[7]。

④ “三元异构教学生态”: 指由教师(人文主体)、学生(发展主体)与人工智能生成内容(技术主体)构成的协同互动教学体系^[8]。

⑤ “人在回路”原则: 该原则强调教师对教学过程中应保持掌控地位, 避免教学对人工智能的过度依赖^[9]。

参考文献

- [1] 北京师范大学党委宣传部. AIGC 赋能乡村教育紫云实践纪实[EB/OL]. (2024-09-06)[2025-12-18]. <https://news.bnu.edu.cn/zx/zhxw/8ded3689a8ee4265b365bf924796031f.htm>.
- [2] 黄山市教育局. AI 赋能英语课堂“导 - 师 - 制 +”探索教学新路径 [EB/OL]. (2025-12-22)[2025-12-18]. <https://jyj.huangshan.gov.cn/jyxw/xykx/9313727.html>.
- [3] 科大讯飞智慧教育平台. 芜湖市六郎中学: 智慧教育浪潮下的农村初中精准教学探索 [EB/OL]. (2024-07-16)[2025-12-18]. <https://edu.iflytek.com/about-us/news/special-column/1155.html>.
- [4] 中国信息通信研究院. 人工智能生成内容(AIGC)白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2022.
- [5] 中华人民共和国教育部. 义务教育英语课程标准(2022 年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.
- [6] 外语教学与研究出版社. 义务教育教科书英语七年级上册(2024 修订版)[M]. 北京: 外语教学与研究出版社, 2024.
- [7] 易凯谕, 韩锡斌. 从混合教学到人智协同教学: 生成式人工智能技术变革下的教学新形态[J]. 中国远程教育, 2025, 45 (04): 85-98.
- [8] Baidoo-Anu D, Ansah L O. Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning[J]. Journal of AI, 2023, 7(1):52-62.
- [9] 魏宁. 人在回路: 人工智能教育应用的重要原则 [J]. 中国信息技术教育, 2025 (23):11.



基于物联网边缘计算的智能配网故障定位与自愈控制研究

唐 明

四川农业大学，四川成都，611430

摘要：随着分布式新能源大规模并网、用户侧负荷多元化发展，智能配电网对故障处理的“实时性”“可靠性”需求显著提升。传统依赖云端集中计算的配网故障定位与自愈控制模式，存在数据传输时延高、带宽占用大、极端工况下可靠性不足等问题。本文提出一种融合物联网 IoT 与边缘计算 EC 的智能配网故障处理方案：通过物联网感知层部署多类型终端实现故障数据多源采集；利用边缘节点本地化执行数据预处理、故障定位算法与自愈控制策略，减少云端交互时延；构建“感知-边缘计算-协同控制”三层架构，明确各层级功能与数据交互机制。基于 IEEE 33 节点配网模型搭建仿真平台，对比传统云端模式与本文方案的性能差异。

关键词：物联网；边缘计算；智能配电网；故障定位；多源数据融合

Research on fault location and self-healing control of intelligent distribution network based on edge computing of Internet of Things

Ming Tang

Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611134, China

Abstract: With the large-scale integration of distributed renewable energy and diversified development of user-side loads, smart distribution networks face significantly increased demands for "real-time" and "reliable" fault handling. Traditional fault location and self-healing control models relying on centralized cloud computing suffer from high data transmission latency, excessive bandwidth consumption, and insufficient reliability under extreme conditions. This paper proposes an intelligent fault handling solution for distribution networks that integrates IoT and Edge Computing. The solution employs multi-terminal devices deployed at the IoT perception layer to achieve multi-source fault data collection. Edge nodes perform localized data preprocessing, fault localization algorithms, and self-healing control strategies to reduce cloud interaction latency. A three-tier architecture of "perception-edge computing-collaborative control" is constructed to clarify functional roles and data interaction mechanisms across layers. Using the IEEE 33-node distribution network model, a simulation platform is established to compare performance differences between traditional cloud-based approaches and the proposed solution.

Keywords: Internet of Things; Edge computing; Smart distribution networks; Fault location; Multi-source data fusion

1 引言

1.1 研究背景

智能配电网是新型电力系统的核心组成部分，

承担着“最后一公里”的电能输送与用户服务功能。根据《国家电网公司“十四五”电网发展规划》，2025 年我国配网自动化覆盖率需达到 90% 以上，供电可靠率需提升至 99.98%。然而，当前



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



配网运行面临两大挑战：一是分布式光伏、风电等新能源并网比例提升，导致配网拓扑动态变化频繁，故障特征复杂化；二是充电桩、数据中心等冲击性负荷增长，加剧配网运行波动，故障发生概率显著上升^[1]。

传统配网故障处理依赖“终端采集-云端计算-指令下发”的集中式模式，存在明显短板：其一，配网终端采集的电流、电压、开关状态等数据需全部上传至云端，导致主干网带宽占用率超过 70%，数据传输时延普遍在 200-500ms；其二，极端天气（如台风、冰雪）导致通信中断时，云端无法接收数据，故障处理陷入瘫痪；其三，集中式计算需处理全区域数据，故障定位算法执行效率低，难以满足配网“秒级自愈”的需求^[2]。因此，亟需探索新型技术架构，突破传统模式的瓶颈。

1.2 研究意义

物联网技术为配网故障“全面感知”提供支撑—通过部署低功耗、高可靠性的感知终端，可实现故障数据（电气量、环境量、设备状态）的实时采集与泛在互联；边缘计算技术则为故障“快速决策”提供解决方案—将计算任务下沉至靠近终端的边缘节点，实现本地化数据处理与控制指令生成，大幅降低时延与带宽依赖^[3]。两者融合应用于智能配网故障定位与自愈控制，具有三重意义：

（1）提升故障处理实时性：边缘节点本地化执行算法，避免数据远距离传输，满足配网故障定位“毫秒级”、自愈控制“秒级”的需求；

（2）增强系统可靠性：边缘节点可独立完成故障处理，即使云端或主干网通信中断，仍能保障局部区域的故障隔离与供电恢复；

（3）优化资源配置：边缘节点仅上传故障决策结果而非原始数据，带宽占用率降低 60%以上，

同时减轻云端计算压力^[4]。

1.3 研究现状

国外方面，IEEE 智能电网委员会于 2022 年提出“边缘计算赋能配电自动化”框架，美国电力公司（AEP）在俄亥俄州配网试点部署边缘节点，将故障定位时延缩短至 80ms，但未解决多边缘节点协同自愈问题^[5]。国内方面，国家电网在《配电网边缘计算技术导则》（Q/GDW 12139-2022）中明确边缘节点部署规范，但现有研究多聚焦单一故障定位算法优化，缺乏“感知-计算-控制”全流程的系统设计^[6]。

2 相关技术基础

2.1 物联网在智能配网中的应用

物联网技术在智能配网中分为三层架构，各层级功能与核心设备如下：

感知层：核心设备包括智能故障指示器（监测线路短路、接地故障）、智能电表（采集用户侧负荷数据）、配电终端（FTU/DTU，监测开关状态与电气量）、环境传感器（监测温湿度、覆冰厚度）。采用 LoRa、NB-IoT 等低功耗广域网技术，实现终端数据的低成本、长距离传输，通信速率可达 1-250kbps，续航时间超过 5 年^[7]；

网络层：由边缘网关、5G 基站、光纤通信网络组成，负责将感知层数据传输至边缘节点或云端。其中，5G 技术的低时延（URLLC 场景下时延 $\leq 1\text{ms}$ ）特性，为边缘节点与终端的实时交互提供支撑；

应用层：包括云端监控平台与边缘节点应用模块，实现数据存储、故障分析、控制策略生成等功能。

2.2 边缘计算核心技术

边缘计算的核心是将计算资源从云端下沉至靠近数据源头的“边缘节点”，其在智能配网中

作者简介：

唐明（1994—），男，四川南充人，本科，高级工程师，研究方向：信息系统工程、软件开发运维等。

的关键技术包括：

- (1) 边缘节点部署：采用“区域覆盖+关键节点优先”原则，在每 2-3 个配电台区部署 1 个边缘节点（硬件采用工业级服务器，CPU 为 Intel Xeon E3，内存 16GB，支持多网口接入），覆盖半径不超过 5km，确保终端与边缘节点的通信时延≤10ms；
- (2) 边缘计算框架：采用轻量化边缘操作系统(如 EdgeX Foundry)，支持多协议接入(Modbus、DL/T645、MQTT)与算法模块化部署，可灵活加载故障定位、负荷预测等应用；
- (3) 实时数据处理：边缘节点对感知数据进行“预处理-筛选-融合”三级处理—先剔除异常数据(如传感器误报)，再筛选与故障相关的关键数据(如故障时刻的电流突变)，最后融合多终端数据生成统一特征向量，为故障定位提供输入。

2.3 物联网与边缘计算融合优势

物联网与边缘计算的融合，解决了传统配网

故障处理的三大痛点：

- 低时延：数据在边缘节点本地化处理，无需上传云端，故障定位算法执行时延从传统 200ms 降至 50ms 以内；
- 高可靠：边缘节点具备独立决策能力，当云端通信中断时，可通过本地终端协同完成故障隔离，供电恢复率提升至 95% 以上；
- 高弹性：边缘节点可根据配网拓扑变化（如新能源并网、负荷调整）动态调整算法参数，适配不同运行场景^[8]。

3 基于物联网边缘计算的智能配网故障处理系统设计

3.1 系统总体架构

本文设计的系统采用“三层两协同”架构（如表 1 所示），“三层”即物联网感知层、边缘计算层、云端管理层，“两协同”即边缘节点间协同、边缘-云端协同，具体架构如下：

表 1

层级	核心设备/模块	功能描述
物联网感知层	智能故障指示器、FTU/DTU、智能电表、环境传感器	实时采集故障电流、电压、开关状态、环境温湿度数据，通过 LoRa/NB-IoT/5G 上传至边缘节点
边缘计算层	边缘节点（工业服务器）、边缘网关	1.数据预处理：剔除异常数据，筛选故障特征；2.故障定位：执行多源融合定位算法；3.自愈控制：生成故障隔离与负荷转移策略；4.协同调度：与相邻边缘节点交互，避免控制冲突
云端管理层	配网监控平台、数据库服务器	1.全局监控：接收边缘节点上传的故障结果与配网状态；2.历史分析：存储故障数据，优化算法参数；3.远程干预：当边缘节点无法解决复杂故障时，下发全局控制策略

3.2 边缘侧故障定位模块设计

传统故障定位算法（如阻抗法、行波法）仅依赖单一电气量数据，定位准确率受配网分支多、负荷波动的影响较大（准确率约 85%）。本文提出“多源数据融合的边缘侧故障定位算法”，结合电气量与设备状态数据，提升定位精度，具体流程如下：

3.2.1 数据采集与特征提取

边缘节点接收三类感知数据，提取关键特征：

- (1) 电气量数据：从 FTU/DTU 采集故障时刻的三相电流、电压有效值，计算电流突变率（ $\Delta I/\Delta t$ ）、电压跌落幅度（ ΔU ），提取故障特征向量 $E1=[\Delta I/\Delta t, \Delta U, \text{故障持续时间}]$ ；
- (2) 设备状态数据：从智能故障指示器采集开关动作信号（如过流跳闸），提取特征向量 $E2=[\text{跳闸时刻}, \text{开关编号}, \text{故障类型}(\text{短路/接地})]$ ；

(3) 环境数据：从环境传感器采集温湿度、覆冰厚度，判断是否为环境因素（如覆冰导致线路短路）引发故障，提取特征向量 $E3=[\text{环境温度}, \text{覆冰厚度}, \text{故障关联度}]$ （关联度 0-1，1 表示完全由环境引发）。

3.2.2 多源数据融合定位

边缘节点采用加权融合算法，将 $E1$ 、 $E2$ 、 $E3$ 融合为统一特征矩阵，通过以下步骤实现故障定位：

(1) 权重分配：根据数据可靠性分配权重——电气量数据权重 0.5（直接反映故障），设备状态数据权重 0.3（辅助确认故障位置），环境数据权

重 0.2（排除非电气故障）；

(2) 融合计算：计算各线路段的故障概率 $P=0.5\times P1+0.3\times P2+0.2\times P3$ ，其中 $P1$ 为电气量数据推导的故障概率， $P2$ 为设备状态数据推导的概率， $P3$ 为环境数据修正系数；

(3) 定位输出：选择 P 最大的线路段作为故障位置，输出故障类型（短路/接地）、故障时刻、影响负荷范围^[9]。

3.2.3 算法优势验证

通过对比传统阻抗法与本文算法的定位结果（如表 2 所示），本文算法在分支线路、轻载工况下的定位准确率显著提升：

表 2

故障场景	传统阻抗法准确率	多源融合算法准确率	定位时延
主干线路短路	90%	99.5%	45ms
分支线路接地	75%	98.8%	48ms
轻载工况故障	80%	99.2%	42ms

3.3 边缘侧自愈控制模块设计

自愈控制的核心是“故障隔离-负荷转移-恢复供电”的自动化执行，边缘节点根据故障定位结果，联动配电终端实现闭环控制，具体流程如下：

3.3.1 故障隔离

边缘节点根据故障位置，确定需断开的开关（如故障线路两端的分段开关、联络开关）；向对应的 FTU/DTU 下发分闸指令，断开故障线路与主网的连接，避免故障扩散；接收终端反馈的开关状态，确认故障隔离完成（若分闸失败，重试 3 次，仍失败则上报云端）。

3.3.2 负荷转移

边缘节点采集故障线路关联的负荷数据（如居民负荷、商业负荷），计算待转移负荷总量；

分析相邻健康线路的剩余容量（当前负荷与额定容量的差值），选择容量充足的线路作为转移路径；

下发合闸指令至联络开关，将故障线路的负荷转移至健康线路，优先保障重要负荷（如医院、

数据中心）供电^[10]。

3.3.3 多边缘节点协同

当故障涉及多个边缘节点覆盖区域（如跨台区故障）时，采用“主节点负责制”实现协同：

故障定位结果中负荷最大的边缘节点作为主节点，负责统筹自愈策略；

主节点与从节点通过 5G 通信交换负荷容量、开关状态数据，避免重复合闸或负荷过载；

自愈完成后，主节点将结果同步至所有从节点与云端^[11]。

4 实验验证与结果分析

4.1 实验平台搭建

基于 IEEE 33 节点配网模型搭建仿真平台，该模型包含 33 个节点、32 条线路、2 个电源点，接入 3 个分布式光伏（容量 500kW/个）与 1 个充电桩集群（容量 1MW），模拟实际配网运行场景。实验平台硬件与软件配置如下：

硬件：部署 10 台智能故障指示器（型号：

WDJ-10)、5 台 FTU (型号: DTU-600)、1 台边缘节点 (Intel Xeon E3, 16GB 内存)、1 台云端服务器 (阿里云 ECS, 32GB 内存);
软件: 配网仿真采用 PSCAD/EMTDC, 边缘计算框架采用 EdgeX Foundry, 数据通信采用 5G (URLLC 模式);
评价指标: 故障定位时延、定位准确率、自愈恢复时间、供电可靠性 (SAIDI/SAIFI)。

能:
场景 1: 节点 15-16 线路发生单相接地故障 (轻载工况, 负荷率 30%);
场景 2: 节点 28-29 线路发生三相短路故障 (重载工况, 负荷率 80%);
场景 3: 节点 10-11 线路发生两相短路故障, 同时主干网通信中断 (模拟极端天气)。

4.3 实验结果与分析

4.2 实验场景设计

设计三类典型故障场景, 对比本文方案 (物联网+边缘计算) 与传统方案 (云端集中式) 的性能:

4.3.1 故障定位性能对比

如表 3 所示, 本文方案在定位时延与准确率上全面优于传统方案:

表 3				
实验场景	方案类型	定位时延	定位准确率	带宽占用率
场景 1	传统云端方案	240ms	82%	75%
	本文方案	42ms	99.2%	22%
场景 2	传统云端方案	260ms	85%	78%
	本文方案	45ms	99.5%	25%
场景 3	传统云端方案	通信中断	-	-
	本文方案	48ms	98.8%	20%

分析可知: 本文方案的定位时延仅为传统方案的 1/5-1/6, 这是因为边缘节点本地化执行算法, 避免数据远距离传输; 定位准确率提升 15%-17%, 得益于多源数据融合对单一电气量误差的修正; 带宽占用率降低 50%以上, 因为边缘节点仅上传故障结果而非原始数据。

4.3.2 自愈控制性能对比

如表 4 所示, 本文方案的自愈恢复时间显著缩短, 且在通信中断场景下仍能正常工作:

表 4				
实验场景	方案类型	自愈恢复时间	供电可靠性 SAIDI (分钟/户·年)	供电可靠性 SAIFI (次/户·年)
场景 1	传统云端案	120s	15.2	0.85
	本文方案	45s	5.8	0.32
场景 2	传统云端案	150s	18.5	0.92
	本文方案	52s	6.3	0.35
场景 3	传统云端方案	无法恢复	-	-
	本文方案	60s	7.1	0.40

分析可知: 本文方案的自愈恢复时间较传统方案降低 60%以上, 因为边缘节点直接联动配电终端, 无需等待云端指令; 在通信中断场景下, 传统方案无法恢复供电, 而本文方案通过边缘节点独立决策, 实现 95%以上的负荷恢复, 供电可靠性显著提升。

5 结论

本文设计了基于物联网边缘计算的智能配网故障定位与自愈控制方案,通过理论分析与实验验证,得出以下结论:

提出的“三层两协同”架构,实现了配网故障“全面感知-本地决策-协同控制”的全流程自动化,解决了传统集中式方案时延高、可靠性低的问题;

多源数据融合的边缘侧故障定位算法,结合电气量、设备状态与环境数据,定位准确率达 99.2%,时延控制在 50ms 以内,较传统算法性能显著提升;

边缘侧自愈控制策略通过多节点协同,实现故障隔离、负荷转移的自动化执行,自愈恢复时间缩短至 60s 以内,供电可靠性 SAIDI 降至 7 分钟/户·年以下。

参考文献

- [1] 国家电网公司.配电网发展规划(2021-2025 年)[R]. 北京: 国家电网公司, 2021.
- [2] 李鹏, 张焰, 陈彬.智能配电网故障定位技术研究综述[J].中国电机工程学报, 2020, 40(12): 3801-3815.
- [3] Satyanarayana S, Mishra S, Tripathy M. Edge Computing for Smart Grid: A Survey on Applications, Architectures, and Future Directions [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2022, 13 (4): 2890-2910.
- [4] 王继业, 刘建明, 余晓鹏.边缘计算在配电自动化中的应用场景与技术架构[J].电力系统自动化, 2021, 45 (18): 1-8.
- [5] American Electric Power. Edge Computing Pilot Project Report for Ohio Distribution Network [R]. Columbus: AEP, 2022.
- [6] 国家电网公司.Q/GDW12139-2022 配电网边缘计算技术导则[S].北京: 中国电力出版社, 2022.
- [7] 张兴, 谢震, 李海涛.低功耗广域网在配网感知中的应用研究[J].电力系统保护与控制, 2020, 48 (20): 145-152.
- [8] 陈杰, 吴华华, 赵振兵.物联网与边缘计算融合的配网故障处理技术[J].电网技术, 2022, 46 (7): 2680-2688.
- [9] 刘健, 程红丽, 贡保记.配电网故障定位的多源信息融合方法[J].电工技术学报, 2021, 36 (15): 3256-3265.
- [10] 王钢, 李海锋, 陈皓.智能配电网自愈控制关键技术与展望[J].电力系统自动化, 2020, 44 (2): 1-12.
- [11] 李泉, 王增平, 刘思捷.边缘节点协同的配网跨区域故障自愈策略[J].中国电机工程学报, 2023, 43 (5): 1830-1842.



教育数字化转型背景下智慧医学复合型人才培养路径探索

彭小江¹, 何惠倩^{2*}

1.肇庆医学院, 广东肇庆, 526000; 2.广东理工学院, 广东肇庆, 526000

摘要: 在我国进入到数字化时代后, 无论是科学研究领域, 亦或者是人才培养领域, 均发生了明显变化。为了能更好适应数字化时代发展的实际需求, 提升教育质量, 有效解决数字化时代下教育工作面临的各种挑战, 就需要进行教育数字化转型。人工智能技术近年来在我国发展迅猛, 不仅广泛应用于临床治疗工作, 也直接参与到医学教育中。将人工智能技术应用于医学教育活动当中, 不但能辅助教学、整合各种教育资料, 对教学质量进行实时监控, 而且还能对学习环境进行有效模拟, 让学生能进行个性化的学习和自我评估等。通过人工智能技术来不断优化教学方法, 改革人才培养机制, 提升教育治理能力, 现已成为了深化改革医学教育活动的方向。通过创新管理、加强产品开发、深化技术研究, 并将人工智能应用于医学教育, 可显著提升其整体质量、有效性与公平性, 从而实现健康、稳定的可持续发展。本文主要探索了教育数字化转型背景下智慧医学复合型人才培养的路径, 希望能为创新医学教育、医学人才的培养提供一定指导。

关键词: 人工智能技术; 数字时代; 医学教育; 智慧医学; 复合型人才; 培养路径

Exploration of the Training Path for Interdisciplinary Talents in Smart Medicine under the Background of Digital Transformation in Education

Xiaojiang Peng¹, Huiqian He^{2*}

1.Zhaoqing Medical College, Zhaoqing Guangdong 526000, China;

2.Guangdong Technology College, Zhaoqing Guangdong 526000, China

Abstract: Since China entered the digital era, significant changes have occurred in both scientific research and talent training. To better adapt to the practical demands of the digital era, improve education quality, and effectively address the various challenges faced by education in this context, a digital transformation in education is necessary. In recent years, artificial intelligence technology has developed rapidly in China, not only being widely applied in clinical treatment but also directly participating in medical education. Applying artificial intelligence technology to medical education can assist teaching, integrate various educational resources, monitor teaching quality in real time, effectively simulate learning environments, and enable students to engage in personalized learning and self-assessment. Continuously optimizing teaching methods, reforming talent training mechanisms, and enhancing educational governance capacity through artificial intelligence technology have become a major direction for deepening the reform of medical education activities. By innovating management, strengthening product development, deepening technical research, and applying artificial intelligence to medical education, its overall quality, effectiveness, and fairness can be significantly improved, thereby achieving healthy, stable, and sustainable development. This paper explores the training path for interdisciplinary talents in smart medicine under the background of digital transformation in education, hoping to provide some guidance for innovating medical education and the cultivation of medical talents.



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Keywords: Artificial intelligence technology; Digital era; Medical education; Smart medicine; Interdisciplinary talents; Training path

人工智能技术的不断进步和完善,也在一定程度上影响现代医学的发展,智慧医学则是现阶段人民群众较为关注的发展方向,因此对智慧医学复合型人才的路径进行不断探索和研究就显得非常关键^[1]。数字化时代也对教育领域的发展带来了新的机遇和挑战,无论是教育的整个过程,亦或者是教育的全部要素,均需要进行全面改变,不仅需要改革教育评价方式及文化,创新教学过程及范式,而且还需要不断优化教育的组织架构,整合相关的教育技术^[2]。对于智慧医学复合型人才来讲,其不仅需要具备扎实的医学知识,同时对于人工智能与数据科学的相关知识也需要掌握,能进行大胆实践,具备创新意识,能将医学科与工学科两者充分融合^[3]。智慧医学专业现阶段已陆续在国内高校中开设,包括了医学信息工程、智能医学工程、健康大数据管理等。本次研究通过文献调研、教育实践等方法,对教育数字化转型背景下智慧医学复合型人才的路径进行了全面分析,并进一步提出了智慧医学复合型人才的路径,现作如下综述。

1 智慧医学复合型人才的路径困境

1.1 教学评价

过往往往是采用考试的方式来评价教学质量,评价题目考核的往往是学生的低阶思维,是否记忆、理解知识,能否有效应用自身所学知识等;在组织教学评价时,需要投入的人力资源和时间成本较大,同时无法将学生的学习积极性有效激发出来^[4]。应用过程性评价,虽然能对学生的学习习惯进行培养,但是其所消耗的资源也非常多,同时也会涉及到个人隐私问题的。

1.2 教学资源

首先是缺乏丰富的教学资源。现阶段在开展医学教育活动时,学习内容的主要载体依然为纸质教材,然而其只能包含有限的学习内容;采用线上数字化教学活动,虽然具有丰富的学习内容,但是质量却各不相同,只能获得有限的高质量学习内容;不能有效汇聚相关的教学资源,利用爬虫技术或者是自动链接技术虽然能将相关的教学资源汇聚在一起,然而知识产权、收费、广告等却会对其造成限制^[5]。其次是教学资源并未能进行有效的有序化设计,缺乏沉浸式、互动式的数字教学资源,并未能充分考虑学生现阶段的认知规律,也并没有注重提升其认知效率。在有序化组织教学资源的相关知识时,往往是根据教师意愿来完成的,对于学生来讲,无法和教学资源建立良好的认知联系。纸质教材的呈现形式主要为图片、文字,比较枯燥且抽象,通过人工智能、虚拟现实、3D可视化以及动画等技术,形成富媒体的教学资源,其具有沉浸式、互动式的特征,虽然能让学生的认知效率显著提升,然而其却具有较高的开发成本,而且并不能有效认识到有些教学单位的意义^[6]。无论是教师还是学生,都希望知识获得的这一过程是自由的,尤其是前沿知识,但是信息素养低、未能充分满足数据归属部门的相关利益、滥用知识产权等,均会对师生对教育大数据、知识的利用造成影响。

1.3 师生的数字化素养及数字化空间建设

现阶段,还并未构建高质量的医学教育数字化空间,教育数字化系统被分割,数据之间不能进行顺畅流通,系统的智慧化和智能化程度较低,使用者要想对具体的业务流程和操作流程进行有

作者简介:

彭小江(1986-),男,汉族,籍贯:江西吉安,硕士研究生学历,外科学副教授,研究方向:外科学教学与科研。

*通讯作者:

何惠倩(1995-),女,汉族,籍贯:湖南郴州,博士研究生学历,讲师,研究方向:信息与交互设计。

效适应,往往需要花费较多的时间^[7]。教师和学生遇到新的数字化系统时,对于新的教学工具和教学流程并不能有效适应,心里接受程度和认可度较低。

1.4 教学方面

在开展传统的医学教育活动时,教师是整个教育活动的主体,由其向学生讲授和灌输相关的知识,并不能有效培养学生的自主学习能力,也无法有效引导其高阶思维能力,单一的教学活动组织,缺乏有效的课堂互动,活跃程度较低^[8]。在进行教育数字化转型时,对教师的教学能力要求也越来越高,教师在设计教学活动时,应将学生当成主体,对学生的学习过程和质量进行密切关注。而对于学生来讲,也需要不断转变自身的学习习惯,改变过往的等待灌输式学习方式,逐渐养成主动检索式学习。

1.5 教学理念

在过往工业化的教育中,办学模式主要是流水线,通过向学生灌输知识来进行教学活动,在这一过程中,学生的学习认知规律并未被重视,学习质量往往被忽视^[9]。教师是组织教学活动的中消,学习内容的主要载体则是纸质教材,学习空间主要为教师课堂,学习时间则主要是根据课程安排表来进行,评价学习质量则主要是采用考试的方法,这种教学理念是长时间形成的,已根深蒂固,往往需要较长时间才能改变这一教学模式,形成以学生为中心的模式。

2 智慧医学复合型人才的培养路径

2.1 全面建设数字化的教学资源和学习空间

根据网络教学平台,结合学习资源能再利用、能交互、能关联以及能检索的基本原则,进行数字化学习空间的建设,不仅具有学习画像的功能,同时也能进行智能建课,对于教师来讲,能进行更加简便地维护,而对于学生来讲,则具有较高的依从性^[10]。将大部分课程上线到网络教学平台中,如新医科智慧医学系统教材,其组织编写人员为教学团队,具体的内容不仅虚实结合,而且交叉融合了医工科知识,不仅让教学资源更加丰

富,同时也丰富了其具体的呈现方式。网络教学平台的媒体功能比较丰富,如增强现实、3D虚拟现实、音视频、电子教材等,能显著提升教学资源的形象性及生动性;除此之外,通过智慧教室,选择教育大数据、云计算、人机交互、物联网、人工智能等技术,并结合虚拟现实技术、数字孪生技术,能让学习活动变得更加有趣,改变过往枯燥和抽象的学习过程,让学生的学习兴趣得以充分激发。

2.2 改革教、学、管

构建具有AI功能的智慧校园系统,不但能协助教师批阅相关的作业、解答学生存在的疑惑等,而且其也能辅助教师进行课程设计。而通过AI功能的辅助,能让教师的工作任务明显减轻,让其集中精力在教学活动当中,以保证教学质量。

在智慧校园系统当中,具有丰富的类型不同的学习资源,学生能根据自身安排在虚拟空间内完成相关的学习活动。线下课堂教学活动能让学生的学习活动更加规范和系统,而与虚拟空间相结合,将碎片化的时间充分利用起来,以实现高效学习,让学生能养成更加良好和科学的学习习惯。应用智慧校园系统,可以对学生的日常学习情况进行全面记录,可以对学生进行全面引导,让其对学习模式进行全面总结,以便能发现高质量、高效率的学习模式,同时客观分析学生在整个学习活动当中的投入情况,以进一步完善和调整学习方法,让其科学性、合理性及效率性均得到提升,最终来优化和调整学生的“学”。

通过智慧校园系统,并结合其形成的相关大数据,能不断完善和更新相关的教学内容,同时优化调整课程教学大纲,修订专业培养计划,以便能对收集到教学意见进行实时反馈,掌握教学管理的实施情况,同时对教学活动进行全面优化,最终保证教学管理工作的整体质量。更好升级和优化智慧校园,如二次开发并科学设计学生发展管理平台、网络教学平台,确保能持续、健康地发展智慧教育,对学校的“管”进行全面改革。

2.3 优化教育评价

在教育数字化转型背景下,应用智慧医学能全面评价学生,不仅包括了其智、德,也包括了其劳、美、体,让学生能全面成长并成才。为学生提供全面的智能画像,让其对自身有一个全面、客观地认识,进行准确的自我定位,并进行不断的内部激励,逐渐修复和调整自身,具备良好的学习习惯,对学习期间存在的问题进行及时发现和改进。除此之外,应用智能画像还能提供更加全面和客观的数据,和空洞的说教相比具有显著优势,能有效减少逆反心理的发生。除此之外,教师及辅导员通过智能画像,能对学生持续性及阶段性的成长状态进行全面分析,以便及时查找和发现问题,同时进行有针对性的干预;智能画像也能为管理工作的开展提供指导,如就业指导、研究生推免、奖助贷等。在开展教育评价时,通过人机协同模式,能对过往评价模式进行改变,利用终结性评价,保证整个评估过程更加全面。

2.4 革新育人理念

利用各个优势医学学科,在医学教育活动中融入人工智能技术、大数据技术等,在关注学习质量的前提下,以注意培养其高阶思维能力,并让其养成良好习惯,能进行自主学习。在对人才培养方案进行设计时,可以通过虚拟数字化空间内的教育模型来完成,并对其进行不断优化,同时利用教育模型对学习任务进行合理设置,对教学内容进行更新,构建高效和丰富的学习形式、教学组织,保证课题教学活动的高效性及科学性,对学习空间进行不断优化,以全面增强学生的学习积极性,培养其良好的学习认知。

3 小结

医学教育数字化转型背景下,智慧医学复合型人才正面临多重挑战,涵盖教学评价体系优化、优质教学资源整合、师生数字化素养提升、虚拟数字空间建设等实践层面问题,亦涉及教学理念更新、教学模式创新等深层变革需求。针对上述挑战,通过构建科学的复合型人才框架与模型,明确针对性培养路径,线上线下联合教

学,并充分利用各种数字化和现代化的项目,例如依托智慧校园系统,或者是利用网络教学平台,最终让教学的质量与效率。当前,医学教育数字化改革仍需聚焦核心短板,一方面要持续提升虚拟数字空间建设质量,另一方面需强化其与教育物理世界的转化衔接能力。未来,应进一步探索数字技术与智慧医学教育的深度融合路径,不断完善培养体系,为智慧医学复合型人才的高质量培育提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张媛,吴博涵,唐彬,等.生成式人工智能驱动医学教育数字化转型的挑战与实现路径[J].中华医学教育杂志,2025,45(10):754-759.
- [2] 袁苗苗,左月,王亚娟.基于复合应用型人才培养的混合式教学法在医学领域的应用[J].科教导刊,2025(27):67-69.
- [3] 洪文艳,林伟烜,王克明,等.人工智能与职业院校医学教育融合路径探索[J].广东教育,2025(27):7-9.
- [4] 任欣欣,迟源.数字化转型驱动下高校医学生数字素养提升策略研究[J].锦州医科大学学报(社会科学版),2025,23(4):74-77.
- [5] 赵利杰,郭绍永.高校数字化转型的影响因素及实践路径研究[J].公关世界,2025(16):171-173.
- [6] 牟丽伶,唐珊.教育数字化转型背景下医学生数字素养培育路径研究[J].卫生职业教育,2025,43(14):1-4.
- [7] 刘畅,胡珏,卢芳国,等.“人工智能+教育”时代背景下医学教育教学改革与发展研究——以免疫学基础与病原生物学为例[J].中国免疫学杂志,2025,41(6):1315-1319.
- [8] 解东,康永姣,赵敏,等.数字化技术在医学高等教育教学改革中的应用研究[J].中国继续医学教育,2025,17(10):21-24.
- [9] 张禹石,郭浩,韩明露,等.数字化转型背景下本科医学生职业教育创新路径探索[J].现代职业教育,2024(27):169-172.
- [10] 兰雪,张晗,何佳陆,等.教育数字化转型背景下医学生数字素养现状及对策研究[J].医学信息学杂志,2024,45(11):99-103.



人工智能驱动新闻个性化推荐算法优化与效果评估

陈逸斐¹, 孔祥通²

1 山东师范大学, 山东济南, 250000; 2 曲阜远东职业技术学院, 山东曲阜, 273100

摘要: 随着互联网信息的爆炸式增长, 用户面临着信息过载的问题。个性化新闻推荐系统应运而生, 旨在帮助用户从海量信息中快速准确地获取感兴趣的新闻内容。然而, 传统的推荐算法在处理复杂的用户行为和新闻内容时存在局限性。本文深入研究了基于人工智能的新闻个性化推荐算法, 重点探讨了基于深度学习的模型构建、基于强化学习的策略优化、冷启动问题与多样性优化等方面。通过理论分析和实验验证, 我们提出了一系列优化方案, 并对推荐效果进行了全面评估。实验结果表明, 本文提出的算法在准确率、召回率和用户满意度等方面均取得了显著提升, 为新闻个性化推荐的进一步发展提供了有益参考。

关键词: 个性化推荐; 新闻推荐; 深度学习; 强化学习; 冷启动; 多样性

Optimization and Effect Evaluation of AI-Powered News Personalization Recommendation Algorithms

Yifei Chen¹, Xiangtong Kong²

1. Shandong Normal University, Jinan, Shandong, 250000, China;

2. Qufu Far East Vocational and Technical College, Qufu, Shandong, 273100, China

Abstract: With the explosive growth of internet information, users face the issue of information overload. Personalized news recommendation systems have emerged to help users quickly and accurately obtain news content of interest from vast amounts of information. However, traditional recommendation algorithms have limitations in handling complex user behaviors and news content. This paper conducts an in-depth study on AI-based personalized news recommendation algorithms, focusing on aspects such as deep learning-based model construction, reinforcement learning-based strategy optimization, cold-start problems, and diversity optimization. Through theoretical analysis and experimental validation, we propose a series of optimization solutions and conduct a comprehensive evaluation of the recommendation effectiveness. The experimental results demonstrate that the proposed algorithm achieves significant improvements in accuracy, recall rate, and user satisfaction, providing valuable insights for further advancements in personalized news recommendation.

Keywords: Personalized recommendation; News recommendation; Deep learning; Reinforcement learning; Cold start; Diversity

在信息时代, 新闻已经成为人们获取信息、了解世界的重要渠道。然而, 信息爆炸也带来了信息过载的问题, 用户难以在海量新闻中找到自己感兴趣的内容。为了解决这一问题, 个性化新闻推荐系统应运而生。该系统通过分析用户的历史行为、兴

趣偏好等信息, 为用户推荐个性化的新闻内容, 从而提高用户的信息获取效率和满意度。

近年来, 随着人工智能技术的快速发展, 基于人工智能的新闻个性化推荐算法得到了广泛应用。传统的推荐算法, 如协同过滤、基于内容的



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



推荐等, 在处理大规模数据和复杂用户行为时存在一定的局限性。而人工智能技术, 特别是深度学习和强化学习, 为解决这些问题提供了新的思路和方法。

本文旨在深入研究人工智能驱动的新闻个性化推荐算法, 重点探讨如何利用深度学习构建更精确的推荐模型, 如何利用强化学习优化推荐策略, 以及如何解决冷启动问题和提高推荐结果的多样性。通过理论分析和实验验证, 我们提出了一系列优化方案, 并对推荐效果进行了全面评估。本文的研究成果将为新闻个性化推荐的进一步发展提供有益参考, 并为提高用户的信息获取效率和满意度做出贡献。

1 相关技术概述

个性化新闻推荐系统是利用计算机技术, 根据用户的兴趣偏好, 从海量新闻信息中筛选出用户可能感兴趣的新闻内容, 并将其推送给用户^[1]。一个典型的新闻推荐系统通常包括以下几个关键模块: 用户画像模块、新闻内容分析模块、推荐算法模块和效果评估模块。

用户画像模块: 该模块负责收集和分析用户的各种行为数据, 例如浏览历史、点击行为、搜索记录、社交关系等。基于这些数据, 构建用户的兴趣模型, 即用户画像。用户画像通常包括用户的基本属性 (例如年龄、性别、地域等)、兴趣标签 (例如体育、娱乐、科技等) 以及行为偏好 (例如喜欢的文章类型、阅读时间等)。用户画像的质量直接影响推荐的准确性和效果。

新闻内容分析模块: 该模块负责对新闻内容进行分析和处理, 提取新闻的关键信息。常用的方法包括文本挖掘、自然语言处理等技术^[2]。例如, 可以使用词频-逆文档频率 (TF-IDF) 算法提取新闻的关键词, 或者使用主题模型 (例如 LDA) 发现新闻的主题分布。此外, 还可以利用深度学习模型, 例如卷积神经网络 (CNN) 或循环神经网络 (RNN), 对新闻文本进行更深层的语义分析。

推荐算法模块: 该模块是推荐系统的核心,

负责根据用户画像和新闻内容, 计算用户对新闻的感兴趣程度, 并生成推荐列表。常见的推荐算法包括协同过滤算法、基于内容的推荐算法、混合推荐算法等。近年来, 随着深度学习和强化学习的发展, 越来越多的研究者开始尝试将这些技术应用于新闻推荐, 以提高推荐的准确性和效果。

效果评估模块: 该模块负责对推荐系统的效果进行评估和反馈。常用的评估指标包括准确率、召回率、F1 值、点击率、转化率等。通过对评估结果的分析, 可以不断优化推荐算法和系统, 提高推荐效果^[3]。

近年来, 人工智能技术在个性化新闻推荐领域得到了广泛应用。例如, 深度学习模型可以用于构建更精确的用户画像和新闻内容表示, 从而提高推荐的准确性。强化学习算法可以用于优化推荐策略, 实现长期利益最大化。此外, 还可以利用生成对抗网络 (GAN) 等技术, 生成更具吸引力的新闻标题或摘要, 从而提高用户的点击率。

然而, 基于人工智能的新闻推荐也面临着一些挑战。例如, 如何解决冷启动问题, 即如何为新用户或新新闻进行推荐; 如何提高推荐结果的多样性, 避免用户看到重复或相似的内容; 如何平衡推荐的准确性和多样性, 避免过度个性化导致信息茧房效应等^[4]。

2 基于深度学习的新闻个性化推荐模型

深度学习在处理非结构化数据, 如文本、图像和视频方面表现出色, 因此在新闻个性化推荐领域得到了广泛的应用。基于深度学习的推荐模型能够自动学习用户和新闻的深层特征, 从而提高推荐的准确性和效果。

一种常见的基于深度学习的新闻个性化推荐模型是深度协同过滤 (DeepCF) 模型。该模型利用深度神经网络学习用户和新闻的隐向量表示, 然后通过计算用户和新闻隐向量的相似度来预测用户对新闻的感兴趣程度。DeepCF 模型通常包括以下几个部分:

用户特征表示: 该部分负责将用户的各种特征 (例如浏览历史、点击行为、搜索记录等) 转

换为向量表示。常用的方法包括使用嵌入层 (Embedding Layer) 将离散特征转换为低维稠密向量, 或者使用循环神经网络 (RNN) 对用户的历史行为序列进行建模^[5]。

新闻特征表示: 该部分负责将新闻的文本内容转换为向量表示。常用的方法包括使用卷积神经网络 (CNN) 提取新闻文本的局部特征, 或者使用循环神经网络 (RNN) 对新闻文本的语义信息进行建模。

交互模块: 该部分负责将用户和新闻的向量表示进行交互, 计算用户对新闻的感兴趣程度。常用的方法包括使用内积 (Inner Product) 计算用户和新闻隐向量的相似度, 或者使用多层感知机 (MLP) 学习用户和新闻之间的复杂关系。

预测模块: 该部分负责将交互模块的输出转换为预测值, 表示用户对新闻的感兴趣程度。常用的方法包括使用 Sigmoid 函数将输出值映射到 $[0, 1]$ 范围, 或者使用 Softmax 函数计算用户对各个新闻的概率分布。

除了 DeepCF 模型, 还有一些其他的基于深度学习的新闻个性化推荐模型, 例如:

注意力机制 (Attention Mechanism) 模型: 该模型可以根据用户对不同新闻内容的关注程度, 动态调整用户画像的权重, 从而提高推荐的准确性。

记忆网络 (Memory Network) 模型: 该模型可以将用户的历史行为存储在记忆模块中, 并在推荐时从记忆模块中检索相关信息, 从而提高推荐的个性化程度^[6]。

图神经网络 (Graph Neural Network) 模型: 该模型可以将用户和新闻表示为图中的节点, 利用图神经网络学习用户和新闻之间的关系, 从而提高推荐的准确性和多样性。

总的来说, 基于深度学习的新闻个性化推荐模型能够自动学习用户和新闻的深层特征, 从而提高推荐的准确性和效果。然而, 这些模型也存在一些挑战, 例如模型的可解释性较差, 需要大量的训练数据等。

3 基于强化学习的推荐策略优化

强化学习 (Reinforcement Learning, RL) 是一种通过与环境交互学习最优策略的机器学习方法。在新闻推荐系统中, 可以将推荐过程看作是智能体 (Agent) 与用户环境的交互过程。智能体通过选择推荐新闻给用户, 获得用户的反馈 (例如点击、阅读、分享等), 然后根据反馈调整推荐策略, 以最大化用户的长期满意度。

基于强化学习的推荐策略优化通常包括以下几个关键要素:

状态 (State): 状态描述了用户和环境的当前情况。例如, 状态可以包括用户的历史行为、兴趣偏好、新闻内容特征等信息。状态的设计需要能够充分反映用户和环境的关键信息, 以便智能体做出合理的决策。

动作 (Action): 动作表示智能体在当前状态下可以采取的推荐行为。例如, 动作可以包括选择推荐哪些新闻给用户, 或者调整推荐列表的排序。动作空间的设计需要考虑推荐的可行性和多样性。

奖励 (Reward): 奖励表示用户对智能体推荐行为的反馈。例如, 奖励可以包括用户点击、阅读、分享等行为, 也可以包括用户对推荐结果的满意度评分。奖励函数的设计需要能够反映用户的真实需求和偏好。

策略 (Policy): 策略描述了智能体在每个状态下选择哪个动作的概率分布^[7]。智能体的目标是学习一个最优策略, 使得在与环境交互的过程中能够获得最大的累积奖励。

基于强化学习的推荐策略优化可以采用多种算法, 例如:

Q-learning 算法: 该算法通过学习 Q 函数来评估每个状态-动作对的价值, 然后根据 Q 函数选择最优动作。Q-learning 算法是一种离线学习算法, 需要大量的训练数据。

SARSA 算法: 该算法是一种在线学习算法, 直接根据当前策略与环境交互, 并根据获得的奖励更新策略。SARSA 算法能够更好地适应环境的变化。

Actor-Critic 算法: 该算法结合了策略梯度方

法和价值函数方法,通过 Actor 网络学习策略,通过 Critic 网络评估策略的价值。Actor-Critic 算法能够更好地处理连续动作空间。

与传统的推荐算法相比,基于强化学习的推荐策略优化具有以下优点:

能够实现长期利益最大化:强化学习算法能够根据用户的长期反馈调整推荐策略,从而实现用户的长期满意度最大化。

能够适应用户行为的变化:强化学习算法能够根据用户的实时反馈动态调整推荐策略,从而更好地适应用户行为的变化。

能够探索新的推荐策略:强化学习算法通过探索新的推荐策略,可以发现用户潜在的兴趣,从而提高推荐的多样性。

4 冷启动问题与多样性优化

在新闻个性化推荐系统中,冷启动问题是指如何为新用户或新新闻进行推荐。由于新用户缺乏历史行为数据,新新闻缺乏用户反馈数据,传统的推荐算法难以有效地进行推荐。此外,为了提高用户体验,推荐系统还需要保证推荐结果的多样性,避免用户看到重复或相似的内容。

冷启动问题用户冷启动:对于新用户,可以采用以下方法解决冷启动问题:基于人口统计信息的推荐:根据用户的基本属性(例如年龄、性别、地域等)进行推荐。基于兴趣标签的推荐:引导用户选择感兴趣的标签,然后根据标签进行推荐。基于社交关系的推荐:如果用户与已有的用户存在社交关系,可以根据已有用户的兴趣进行推荐。新闻冷启动:对于新新闻,可以采用以下方法解决冷启动问题:基于内容的推荐:根据新闻的内容特征进行推荐^[8]。基于主题模型的推荐:将新闻分配到不同的主题,然后根据用户的兴趣进行推荐。专家标注:邀请新闻领域的专家对新新闻进行标注,然后根据标注信息进行推荐。

多样性优化推荐结果的多样性对于提高用户体验至关重要。为了保证推荐结果的多样性,可以采用以下方法:基于规则的方法:主题多样性:保证推荐列表包含不同主题的新闻。来源多样性:

保证推荐列表包含来自不同新闻源的新闻。基于算法的方法:行列式点过程(Determinantal Point Process, DPP):DPP 是一种概率模型,可以用于选择多样化的子集。可以将 DPP 应用于推荐结果的选择,保证推荐列表的多样性。惩罚机制:在推荐算法中引入惩罚项,惩罚推荐列表中相似的新闻,从而提高推荐的多样性。重排序算法:在推荐算法生成初步的推荐列表后,使用重排序算法对推荐列表进行调整,提高推荐的多样性。例如,可以使用最大边缘相关性(Maximal Marginal Relevance, MMR)算法,该算法在保证推荐准确性的同时,尽可能提高推荐的多样性。

在实际应用中,通常需要结合多种方法来解决冷启动问题和提高推荐结果的多样性。例如,可以先使用基于人口统计信息的方法解决用户冷启动问题,然后根据用户的后续行为数据逐步完善用户画像,提高推荐的个性化程度。同时,可以使用 DPP 算法保证推荐结果的多样性,避免用户看到重复或相似的内容。

5 实验设计与结果分析

为了验证本文提出的算法的有效性,我们进行了一系列实验。

数据集:我们使用了公开的新闻推荐数据集 MIND(Microsoft News Dataset)。该数据集包含了来自 Microsoft News 的用户行为数据和新闻内容数据。数据集包含了超过 100 万用户和 16 万篇新闻。

评估指标:我们使用了以下评估指标来评估推荐效果:准确率(Precision):表示推荐给用户的新闻中,用户感兴趣的比例。召回率(Recall):表示用户感兴趣的新闻中,被推荐给用户的比例。F1 值:准确率和召回率的调和平均值。NDCG(Normalized Discounted Cumulative Gain):评估推荐列表的排序质量。多样性:使用推荐列表中新闻主题的熵来衡量多样性。熵越高,多样性越好。

实验设置:我们将数据集分为训练集、验证集和测试集。我们使用训练集训练模型,使用验

证集调整模型参数,使用测试集评估模型性能。我们比较了以下几种推荐算法:协同过滤(Collaborative Filtering, CF):传统的协同过滤算法^[9]。深度协同过滤(DeepCF):基于深度学习的协同过滤算法。强化学习推荐(RL Recommendation):基于强化学习的推荐算法。本文提出的算法(Proposed Algorithm):结合深度学习和强化学习,并优化冷启动和多样性的算法。

实验结果:实验结果表明,本文提出的算法在各个评估指标上均优于其他算法。具体来说:在准确率、召回率和F1值方面,本文提出的算法比DeepCF算法提高了5%-10%。在NDCG方面,本文提出的算法比DeepCF算法提高了8%-12%。在多样性方面,本文提出的算法比DeepCF算法提高了15%-20%。此外,我们还进行了消融实验,验证了深度学习模型、强化学习策略优化以及冷启动和多样性优化对推荐效果的贡献。

实验结果表明,本文提出的算法能够有效地提高新闻个性化推荐的准确性、召回率、排序质量和多样性。

6 总结与展望

本文深入研究了人工智能驱动的新闻个性化推荐算法,重点探讨了基于深度学习的模型构建、基于强化学习的策略优化、冷启动问题与多样性优化等方面。通过理论分析和实验验证,我们提出了一系列优化方案,并对推荐效果进行了全面评估。

我们的研究表明,基于深度学习的模型能够有效地学习用户和新闻的深层特征,提高推荐的准确性。基于强化学习的策略优化能够根据用户的长期反馈调整推荐策略,实现用户的长期满意度最大化^[10]。通过解决冷启动问题和提高推荐结果的多样性,可以进一步提高用户体验。

未来的研究方向包括:

可解释性推荐:如何提高推荐算法的可解释性,让用户了解推荐的原因,增强用户对推荐系统的信任。

公平性推荐:如何避免推荐算法的偏见,保证所有用户都能获得公平的推荐结果。

跨领域推荐:如何利用其他领域的数据和知识,提高新闻推荐的准确性和个性化程度。

多模态推荐:如何利用新闻的文本、图像、视频等多种模态的信息,提高推荐的效果。

用户隐私保护:如何在保证推荐效果的同时,保护用户的隐私数据。

参考文献

- [1] 邓年生,蔡舒婷. 智媒时代AIGC短视频的双重传播风险与应对策略[J]. 新闻前哨,2025(13):13-14.
- [2] 陈菁,徐雁. “阅读疗愈”的延伸实践:“艺术疗愈”与公共图书馆儿童阅读推广[J]. 图书馆理论与实践,2023,(03):123-129.
- [3] 葛文仙. AIGC技术在新媒体运营中的创新融合与实践应用[J]. 中国管理信息化,2025,28(13):231-234.
- [4] 李丽梅. 公共图书馆学前儿童推荐书目编制刍议[J]. 科技资讯,2015,13(23):211-212,214.
- [5] 戴雪忠,熊崑宇. AIGC赋能市级融媒体中心建设的机遇、挑战与路径[J]. 西部广播电视,2025,46(6):159-162.
- [6] 帅丽宁. 县级公共图书馆未成年人书目推荐工作探索——以延庆县图书馆为例[J]. 图书情报导刊,2016,1(1):81-83.
- [7] 王倩,陈颂. 短视频创作新纪元:AIGC赋能价值与隐忧挑战[J]. 影视制作,2024,30(12):94-99.
- [8] 李鹏. 我国研究型图书馆转型发展研究概述(2008—2019)[J]. 图书馆研究与工作,2021(1):11-17.
- [9] 马增金. 重塑传播生态: AIGC变革下平台新闻业的发展路径创新[J]. 媒体融合新观察,2024,(03):34-38.
- [10] 耿连生,金星,张云鹏. 公共图书馆数字服务能力提升路径研究[J]. 兰台内外,2025(25):62-64.

磁性材料的智能化发展趋势与探讨

王建芳, 高劲松

北京航天新立科技有限公司, 北京, 100039

摘要: 在工业现代化高速发展的今天, 随着人工智能、互联网和大数据等新一代信息产业的突飞猛进, 磁性材料正在从传统功能材料向智能化材料转型升级和逐步过渡。本文阐述了智能化磁性材料的概念、内涵、发展现状以及关键技术, 同时探讨其在各个领域的应用情况及所面临的挑战。

关键词: 磁性材料; 智能化发展; 应用领域; 智能传感器

Intelligent development trend and discussion of magnetic materials

Jianfang Wang, Jinsong Gao

Beijing Aerospace Xinli Technology Co., LTD., Beijing 100039, China

Abstract: Today, with the rapid development of industrial modernization, with the rapid progress of the new generation of information industry technology such as artificial intelligence, the Internet, and big data, magnetic materials are transitioning from traditional functional materials to intelligent materials, upgrading and gradual transition. This article expounds the concept, connotation, development status and key technologies of intelligent magnetic materials, and discusses its application and challenges in various fields.

Keywords: magnetic materials; intelligent development; application fields; intelligence sensor

1 引言

磁性材料, 作为基础的功能材料, 其智能化变革正在受到业界的广泛关注。尤其在智能制造、医疗诊断、智能家居、军事等领域都有着明显优势。本文全面探讨磁性材料的智能化发展及其应用, 分析其智能化发展的机遇和未来趋势, 以期更广阔的应用市场。

2 磁性材料智能化发展的现实意义

磁性材料智能化是传统磁性材料与现代信息技术相结合, 从而具备感知、反馈和自适应等的功能特性。其构成元素主要包括稀土元素、铁、镍、钴等金属及其化合物, 能够对磁场做出某种

反应, 继而实现能量转换与信息存储。在智能传感器系统中, 磁性材料能够将磁场、应力等外界物理量, 转换为电信号, 并且根据不同技术需求对信号进行智能化处理。正是因为磁性材料的特殊性, 才使得我们能够创造出高效、安全、智能化产品。如今磁性材料已经成为现代科技中的主力军, 无论是在优化资源配置、助力产业升级, 还是在降低人工成本、提高生产效率等方面, 都离不开磁性材料智能化发展的现实影响, 能够应对不断变化的市场需求。

3 磁性材料智能化发展的主要因素

3.1 科技进步的驱动



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



科技创新为磁性材料智能化发展提供了有力支持。其一，计算机技术的发展使数据处理能力大为提高，对智能化过程中产生的各种数据，能够进行快速、准确的分析和处理。人们可以足不出户，利用网络下单，买商品、点外卖、订机票，支付账单等。通过云计算和协同办公平台，实现了远程办公，节省了时间和精力，提高了工作效率。其二，通信技术的发展带动信息传递的速度也大幅提高，人们通过手机、电脑等智能化设备互联互通，轻松地进行沟通交流且不受地域限制，结束了过去靠信函传达信息的单调途径，从而拓宽了人们的社交方式，改变了人们的生活状态。这些突破不仅提升了磁性材料智能化的现有技术，还为将来的智能化发展开辟了新路径。

3.2 市场需求的助力

工业现代化的日新月异，加剧了对智能化需求的日益增长，同时促进了产品质量的提高、生产效率的加快。磁性材料智能化在电机、传感器等设备中的应用，可以实现设备的故障诊断和智能化控制。在医疗领域，可以用于医学成像、药物输送，满足对病患诊断的需求。在电子领域对智能化需求更为广泛，如智能手机、人工机器人等都需要高性能、智能化的磁性材料来支撑产品功能和用户体验感。此外，在工业化流水中，智能化发展还可以对产品进行分拣和识别，提高了生产的自动化程度。这些创新无疑体现了磁性材料智能化发展的巨大潜力，推动了市场需求的可持续发展。

4 磁性材料智能化发展的应用领域

4.1 智能制造

磁性材料的智能化发展在智能制造中扮演着重要角色。因其稳定的磁性能且便于加工，被广泛应用来制造各种零部件。(1)在硬盘驱动器中，磁性材料具有良好的饱和磁感应强度和磁导率等，常被用于数据的存储。硬盘驱动器中的磁性材料如磁头、磁带、U盘，闪存等，实现了从早期的

几兆字节到现在的数太字节，提升了存储量。(2)在工业电机里，具有高矫顽力、高剩磁和高磁能积等特性的钕铁硼永磁体是生产电机的核心基础，能够显著提高电机功率，减少能量损耗。硅钢片是制造铁芯的常用磁性材料，具有低铁损的功能特性，能够减少转换和传输过程中的电能损耗，提高了电机和变压器的工作效率。(3)磁阻传感器，则是利用磁性材料的磁阻效应原理，当有磁场通过时，电阻随之发生变化，可以用于磁场的检测、角度的测量等方面。例如在机器人的关节部位，磁阻传感器可以精确地测量关节的转动角度，从而实现机器人的精确控制^[1]。

4.2 智能家居

在智能家居中，磁性材料有着出色的表现。当今人们更青睐于使用智能化的家用电器，不仅操作简单且高效便捷。例如永磁材料凭借其独特的磁性能，用来制造高效节能的智能风扇，扫地机器人等。一些智能门锁中，如密码识别、指纹识别与磁性材料的磁感应特性相配合，能够实现更精准的身份确认和开锁操作。门窗传感器可以利用磁性材料的感应功能，监测门窗开关的实时状态，并将信号发送到用户手机上。一些新型的智能电磁炉，其工作原理也与磁性材料密切相关，当交变磁场通过电磁炉时，在其锅底形成涡流，即可实现对食物的加热，这种加热方式高效、节能且环保。磁性材料用于智能冰箱的密封门时，可以保证冰箱内部温度的稳定，减少电能消耗，也是智能家居发展的一个重要方向。

4.3 智能水电

在水利电力领域，磁性材料智能化发展也呈现出一些新的技术优势。(1)在发电设备中，基于磁性材料的智能传感器原理，可以实时监测设备的工作状态，如温度、磁感应强度等参数，可以排查设备故障并及时维修，保障电力供应的稳定性。风力发电机作为可再生能源代表，其内部包含大量磁性材料，利用永磁体产生的强磁场与转子上的线圈相互作用，将风能转化为电能。(2)

在水利工程中,利用磁性材料对水流的磁场变化等物理特性,开发智能化水流监测仪,能够更精确地监测水流速度、流量等关键参数,为水利工程的合理规划与高效运行提供数据支持。在水坝结构中,嵌入磁性材料传感器,可以实时监测水坝的应力、变形等关键参数,为水坝的安全管理提供科学依据。

4.4 智能交通

磁性材料在交通管理领域有着巨大潜力。现如今,交通秩序进入了繁忙拥堵时代,智能交通变得越来越重要。以前过收费站都得停车缴费,自从有了磁性电子标签,读写器经磁场与标签通信,瞬间就完成了缴费,车辆经过 ETC 通道,畅通无阻,提高了通行效率。另外,车辆磁性传感器具有高性能、高可靠性和低损耗特点,被广泛应用于车速、曲轴和凸轮轴位置等检测,能够准确地感知各部件的运动状态,利用车轮齿圈与磁性材料的相互作用,精确测量车轮转速,确保 ABS 在紧急制动时避免车轮抱死,提高行车安全性。电磁继电器在交通电路控制中有举足轻重的作用,其核心是由磁性材料制成的铁芯,当电流通过线圈,铁芯被磁化,产生电磁力,吸引触点断开或闭合,确保信号的准确传递和控制,有助于实现汽车的节能减排。

4.5 智能医疗

在当下医疗系统复杂的工作环境下,精准医疗诊断尤为重要,智能化磁性材料在医疗设备和治疗手段中的地位也在迅速上升。以磁共振成像(MRI)设备为例,市场调研数据显示,全球 MRI 设备市场规模预计在未来 30 年内将以 5% 的年增长率增长。而智能化磁性材料的应用能够提高成像的分辨率和准确性,从而提高了对重大疾病的诊断率。此外,在药物输送方面,智能化磁性材料所带来的精准治疗方案也备受关注。同时,智能化磁性材料还可以用于开发新型的药物输送系统,将药物包裹在磁性纳米粒子中,利用外部磁场的引导,用于靶向药物输送,将药物精准地输

送到病灶,减少对正常组织的伤害,提高治疗效果并减少副作用,实现个性化的治疗方案^[2]。在人工器官如人工心脏瓣膜、人工血管等医疗植入中引入磁性材料,可以实现远程操控和实时监测,为患者提供更加可靠和安全的医疗服务。这些创新应用不仅提升了医疗水平,还促进了生物技术和材料科学的交叉融合^[3]。

4.6 智能军事

当前,磁性材料的智能化发展已经上升为武器装备应用的新高度。(1)在军事侦察中,智能磁性传感器可以接收极其微弱的磁场信号,例如,敌方军事装备,如雷达、潜水艇等,实现对目标的准确定位。通过制备具有磁性材料的涂层,可以达到隐身的目的,例如隐形战斗机,隐形坦克等,敌方不能准确探测我方位置信息,占据了作战优势。(2)航空航天领域中,磁性材料的重要性更是显而易见,被广泛应用于火箭炮、电子战、导弹制导等关键部件,确保设备在复杂电磁环境下的高效稳定运行。特别是在激烈对抗电磁频谱的争夺中,这种武器杀伤力强,达到震慑敌方士气的能力。(3)在武器装备中,磁性材料可用于制造微型装置,使其在小型化、高灵敏度的设备中发挥关键作用。例如,微型机器人、微型磁性驱动器,能够提供精确的动力和控制^[4]。在电磁干扰的环境下,智能磁性天线能够提高磁导率和矫顽力,可以迅速调整到最佳工作频率,排除干扰,确保军事信号的畅通。

5 未来发展趋势

随着人工智能、量子技术等前沿技术的不断进步,磁性材料的智能化在更多场景色的应用将迎来更多机遇。特别是量子技术,将会为磁性材料的性能带来突破性进展。目前科研人员正结合纳米技术、薄膜工艺等先进技术,对磁性材料的晶体结构、晶粒尺寸、畴结构等进行精准控制,有望产生某种独特功能的新材料。可以预见,不久的将来,磁性材料的智能化将展现出更为神奇

的魅力。

随着环保意识的增强，人们更加注重绿色智能发展。通过开发生态型体系的磁性材料，减少生产过程中的能源消耗和废物的排放量，实现资源回收再利用，促进智能化磁性材料可循环经济的发展，达到利国利民的预期效果。

6 磁性材料智能化发展面临的挑战及对策

6.1 技术攻关

磁性材料智能化发展，虽然取得了可喜成绩，但同时也面临着某些技术挑战。由于磁性材料的生产工艺周期长，材料多，范围广，加之操作程序的经验化，导致对磁性能参数会有一定影响。因而从产品设计、加工，检验，到批生产都需要专业的技术指导和丰富的操作经验，应加强专业技能的培训和人才队伍的建设。此外，磁性材料生产企业实力不等，技术良莠不齐，有的设备陈旧破损，为解决这些难题，需要不断加强基础工作的研究，增加对新材料、新工艺、新设备的研发投入。科研院所和企事业单位的研发合作至关重要，磁性材料的生产工艺要不断优化和创新，对材料的化学成分进行精细化控制、热处理工艺参数以及微观结构要不断调整，研究人员要不断突破磁性材料的性能极限，共同进行技术攻关，推动其在更多领域的应用与发展。

6.2 统一标准

当前，我国磁性材料智能化领域缺乏统一的

标准和规范，也是一个亟待解决的问题。由于用户质量品质的不断提高，获取高质量磁性参数的难度也相应加大，加上实验设备的精度和测试方法的差异，同批材料数据一致性难以保证，这导致了产品质量的参差不齐，不同厂家产品的兼容性也较差。为了推动磁性材料智能化的良性发展，有关部门应尽快制定统一的行业标准和规范，规范磁性材料的市场秩序，共同推动相关行业标准化的进程。

磁性材料智能化是一个充满机遇和挑战的领域。在市场需求和科技进步的双重驱动下，它将在许多领域发挥不可替代的作用。尽管面临挑战，但只要我们积极应对，通过技术创新和标准规范的逐步完善，磁性材料将通过多维度的创新思维，持续赋能传统产业链的升级和新兴技术的突破，国家对高科技产业的扶持力度将不断加大，磁性材料行业的智能化发展将迎来更广阔的发展空间。

参考文献

- [1] 王守国,都有为,人工智能在磁性材料设计中的研究现状[J].物理学报, 2024,(15):31-32.
- [2] 王重言.聚合物基磁性复合材料组成及应用[J].化工管理,2021,(26):206-207.
- [3] 李红卫,张怀武,智能磁性材料的研究进展与应用前景[J].功能材料, 2023,(43):69-70.
- [4] 刘宜勇.基于机器学习的磁性材料性能预测模型[J].材料科学,2023, (20):354-356.

人工智能时代小学数学教育发展现状与优化路径研究

赵 焯

玉林市金榜小学，广西玉林， 537000

摘要：本文通过分析人工智能时代小学数学教育的发展现状、面临问题及优化路径，深入探讨了 AI 技术与小学数学教学融合的实践模式与未来方向。研究表明，人工智能技术通过个性化学习路径设计、动态资源生成、跨学科融合等模式，正在推动小学数学教育向精准化、情境化、互动化方向发展。然而，当前实践中仍存在技术应用与教育本质失衡、教师数字素养不足、区域发展不均衡、技术伦理风险等问题。基于研究结果，本文提出构建“教育本位”的技术生态、提升教师数字素养、促进教育公平发展、加强技术伦理治理等优化路径，以推动人工智能与小学数学教育的深度融合，为构建“人机协同”的新型小学数学教育体系提供参考。

关键词：人工智能；小学数学；个性化学习；人机协同；数字素养

Research on the Current Status and Optimization Path of Primary School Mathematics Education in the Era of Artificial Intelligence

Chan Zhao

Jinbang Primary School, Yulin, Guangxi, 537000, China

Abstract: This paper analyzes the current development status, challenges, and optimization paths of primary school mathematics education in the AI era, and delves into the practical models and future directions of integrating AI technology with primary school mathematics teaching. Research shows that AI technology, through personalized learning path design, dynamic resource generation, and interdisciplinary integration, is driving primary school mathematics education towards precision, contextualization, and interactivity. However, current practices still face problems such as an imbalance between technology application and the essence of education, insufficient digital literacy among teachers, uneven regional development, and ethical risks associated with technology. Based on the research findings, this paper proposes optimization paths including building an "education-centric" technology ecosystem, improving teachers' digital literacy, promoting equitable educational development, and strengthening ethical governance of technology, to promote the deep integration of AI with primary school mathematics education and provide a reference for building a new "human-machine collaborative" primary school mathematics education system.

Keywords: Artificial intelligence; primary school mathematics; personalized learning; human-computer collaboration; digital literacy

1 引言

在数字化、智能化浪潮的推动下，人工智能技术正以前所未有的深度和广度渗透到教育领

域，重塑着教与学的方式与生态。《教育信息化 2.0 行动计划》《中国教育现代化 2035》等政策文件的相继出台，明确了信息技术与教育深度融合的战略方向。2023 年，教育部发布《基础教育课



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



程教学改革深化行动方案》，进一步强调“推进信息技术与教育教学深度融合”，为人工智能在教育领域的应用提供了政策支持和实践指引。小学数学作为培养学生逻辑思维、空间想象能力和解决问题能力的关键学科，其教学理念、内容与方法在人工智能时代面临着深刻变革。传统的“教师讲—学生听”的单一教学模式已难以满足新时代人才培养需求，而人工智能技术凭借其数据分析、情境模拟、个性化推荐等优势，为破解这一困境提供了新的可能^[1]。近年来，各地学校积极开展人工智能赋能小学数学教育的实践探索，如南京市丁家庄第三小学的“数智融合”课堂、常州市的“AI赋能小学数学数字化教学”研讨、深圳福田区的“人机协同教学”实践等，积累了丰富的经验，也为理论研究提供了实践基础。

在此背景下，本文旨在系统分析人工智能时代小学数学教育的发展现状，剖析当前面临的问题与挑战，并提出针对性的优化路径，以期为推动人工智能与小学数学教育深度融合、构建新型教学范式提供理论参考和实践借鉴。

2 人工智能时代小学数学教育的发展现状

2.1 技术应用的多元化场景

人工智能技术在小学数学教育中的应用呈现出多元化、精细化特征，涵盖了备课、授课、作业评价等教学全流程。在备课环节，AI能够为教师提供智能化的教学支持，如生成分层练习题目、构建知识导图、设计跨学科教案等。在授课过程中，AI技术通过情境化课堂导入、动态课件生成、实时答疑解惑等方式，有效提升了课堂互动性和学习效率。在作业与评价方面，AI系统能够实现错题智能诊断、学情可视化分析、个性化学习计划定制等功能，为教师提供精准的教学反馈^[2]。

2.2 教学模式的深度变革

人工智能技术的引入，正推动小学数学教学模式从标准化向个性化转变，从知识传授向思维培养转型。具体而言，这种变革主要体现在以下三个方面：

(1) 个性化学习路径设计：传统的小学数学课堂受限于师资、时间等资源，往往难以兼顾学生的个体差异。而AI技术通过学情智能诊断、个性化内容适配等功能，能够为每个学生定制专属的学习路径。在南京市丁家庄第三小学的《年月日复习》课例中，教师李小凡通过知识重构-错例剖析-情境迁移三阶模式，依托AI学习助手推送个性化练习，实现了知识建构与核心素养培育的深度耦合。这种基于AI的精准教学，不仅提高了复习效率，也增强了学生的学习自信心和获得感。

(2) 沉浸式情境化教学：人工智能技术为小学数学教育创造了更加真实、生动的学习情境，使抽象的数学概念变得直观可感。例如，在常州市金坛区段玉裁实验小学城西分校的《阅兵中的数学——确定位置》一课中，谢自成老师借助智能生成的阅兵方阵模型，引导学生从数学视角分析队列规律，运用数对确定位置，成功将抽象概念具象化、情境化。

(3) 数据驱动的教学评价：AI技术通过实时采集、分析学生学习数据，实现了教学评价从经验型向数据驱动的转变。在亳州市的“人工智能+”教育教学专题教研活动中，教师利用希沃AI等工具实现对学生课堂作业的自动批改和评价，及时反馈教学成效。浙江省提出的AI时代数学教师数字化能力框架中，更是将精准评价作为三大核心能力之一，强调通过AI技术实现对学生学习过程的全程数据采集与分析，构建数据驱动的评价体系^[4]。

表 1：小学数学传统教学与AI赋能教学的比较

特征维度	传统教学模式	AI赋能教学模式
教学目标	注重知识掌握与技能训练	强调核心素养与创新思维培养
教学内容	固定教材，统一进度	动态调整，个性化推荐
教学方式	教师讲授为主，集体教学	人机协同，个性化学习路径
学习情境	抽象、去情境化	真实问题情境，虚拟仿真
教学评价	结果性评价，标准化测试	过程性评价，数据驱动

2.3 区域实践的多样化探索

全国各地在人工智能与小学数学教育融合方面开展了丰富多样的实践探索,形成了各具特色的区域模式。常州市在2025年秋季小学数学数字化学习项目研讨活动中,聚焦人工智能教学应用场景探索,通过AI互动平台、智能生成模型等工具,展示了AI作为教学协作者的巨大潜力。南京市通过数智融合 精准提质的校本研修活动,探索基于AI技术的期末复习课教学模式,提高了复习课的教学质量和效率。深圳市福田区则聚焦人机协同教学的创新实践,通过《度量衡的故事》《确定位置》等课例,展示了AI技术在创设沉浸式学习情境、培养学生空间观念方面的独特价值。

3 人工智能时代小学数学教育面临的问题与挑战

3.1 技术应用与教育本质的平衡问题

在人工智能技术与小学数学教育融合的过程中,技术理性与教育价值的结构性冲突日益凸显。部分教学实践中,技术应用的炫技化倾向导致工具价值凌驾于教育目标之上。如某校在图形规律教学中引入机器人歌舞表演,课堂观察显示,学生初期注意力高度集中于技术展示环节,但表演结束后对知识点的迁移应用能力明显减弱^[3]。此类设计将AI异化为吸引眼球的表演道具,其技术介入未能有效服务于知识建构,反而导致教学流程断裂。

3.2 教师数字素养的不足与挑战

教师是人工智能技术在数学教育中有效应用的关键因素,然而当前小学数学教师的数字素养参差不齐,成为制约AI技术广泛应用的主要障碍。一方面,许多教师对AI技术了解有限,存在技术恐惧或盲目崇拜的心理,难以准确把握技术在教学中的应用的适切性和边界。另一方面,教师培训体系尚未跟上技术发展步伐,导致教师缺乏将AI技术有效融入数学教学的能力^[5]。

AI时代数学教师须掌握智能备课、互动教学、精准评价三大数字化核心能力。然而,现实中同时具备这些能力的教师仍属少数。亳州市在“人

工智能+”教育教学专题教研活动中,程科文主任强调:在AI背景下,教师应具备AI思维,通过多种方式提升个人的数字素养。这要求教师不仅需要掌握AI技术的基本操作,还需要理解AI技术的工作原理,并能够将其灵活运用于数学教学实践。

3.3 技术应用的伦理与风险

人工智能技术在小学数学教育中的广泛应用,也带来了技术伦理方面的挑战。一方面, AI系统通过持续采集学生的学习数据实现个性化推荐,这可能引发学生隐私保护的问题。另一方面, AI生成的标准化教案在提高教学效率的同时,也带来教学设计趋同化的风险。如圆的面积教学中,教师过度依赖系统推送的固定教学模板,导致课堂活动的多样性与创造性显著受限^[6]。

4 人工智能时代小学数学教育的优化路径

4.1 构建教育本位的技术生态

破解AI技术教学应用困境,关键在于建立目标校准—工具适配—主体协同三维框架,推动技术从教学装饰向认知脚手架转型。

(1) 建立目标校准机制:基于《义务教育数学课程标准(2022年版)》构建技术筛选框架,通过核心素养导向的适配性分析,为AI工具的教学应用提供决策支持。在某次区域教研实践中,动态数轴类工具因高度契合数感培养目标,被列为优先推荐资源;而图形化编程工具因与课标要求的匹配度相对有限,需进一步优化设计逻辑。这种基于课标的技术筛选机制,能够有效确保技术应用不偏离教育本质。

(2) 推进轻量化工具开发:基于认知负荷理论,建立“五要素”界面设计原则:功能分区不超过5个主模块;交互响应时间控制在3秒以内;错误提示同步关联知识点微课。在区域教研团队指导下,通过限制智能画板的图形切割功能使用场景,显著提高了工具与周长教学目标的匹配度。课后评估显示,学生通过该工具建立的直观认知可有效迁移至传统纸笔测试情境。

(3) 构建人机协同决策模型:在教学实践中,教师应保持教学主导权,根据具体教学情境和教

学目标，灵活决定技术的使用方式和程度。如在一节体积测量教学中，教师通过人机协同决策模型否决了AI推荐的AR虚拟实验方案，转而采用实物测量教学。教学评估表明，采用实物测量方案的学生对体积公式的具象化理解能力明显优于虚拟实验组，且空间想象力指标显著优于对照组。这种人类决策主导、技术数据支撑的模式，有效规避了技术刚性对教学弹性的压制。

4.2 提升教师的数字素养与教学能力

面对AI时代的挑战，需要系统构建小学数学教师的数字素养发展体系，助力教师实现从知识传递者向思维启迪者的角色转型^[7]。

建立分层级的教师培训体系：针对教师对AI技术的不同熟悉程度，开展基础培训、进阶应用

和高阶创新等不同层次的培训活动。对于初阶教师，重点培养其AI技术的基本操作能力和简单应用能力；对于中阶教师，着重发展其AI技术的教学设计能力和课堂整合能力；对于高阶教师，则注重培养其AI教育创新的领导力和研究力。

推动跨校教研与资源共享：通过建立区域教研联盟、校本资源库等方式，促进优质AI教学资源 and 成功实践案例的共享与推广。如在亳州市的“人工智能+”教育教学专题教研活动中，通过汇集全市四县一区的数学教师，开展示范课观摩、课例分享、专题报告等活动，有效促进了优质教育资源和先进教学理念的传播。这种跨校教研机制不仅能够缩小校际差距，也能为教师提供更丰富的专业发展支持。

表 2 AI时代小学数学教师专业能力发展阶段

发展阶段	能力特征	支持策略
初始阶段	对AI技术了解有限，存在畏难情绪	开展基础培训，观摩示范课例，建立技术信心
成长阶段	掌握基本操作，能在教学中简单应用AI工具	提供教学设计指导，组织教研组研讨活动
熟练阶段	能灵活运用AI技术，解决数学教学问题	参与课例开发，分享实践经验，形成个人风格
创新阶段	能创造性整合AI技术，重构数学教学模式	开展课题研究，示范引领，推动学科创新

4.3 促进教育的公平与均衡发展

为缩小区域和校际间的数字鸿沟，需要建立健全资源共享与帮扶机制，推动人工智能教育资源的均衡配置。具体而言：

（1）构建区域教育资源共享平台：通过建立区域性的AI教育资源平台，汇集优质的数字教学资源、教学案例和专家讲座，向所有学校特别是教育资源薄弱地区学校开放，实现优质资源的广泛共享。如南京市通过数智赋能小学数学新质课堂教学研讨活动，组织全市小学数学教师在线观摩，有效扩大了优质教学资源的覆盖面。

（2）实施精准帮扶计划：针对教育资源薄弱地区的实际困难和需求，开展有针对性帮扶行动，包括设备捐赠、师资培训、课程共建等。如乌兰察布市兴和县实验小学通过引入AI技术，尝试改变传统的一刀切教学方式，为学生提供更加个性化的学习体验。这种有针对性的支持，能够帮助

资源薄弱地区学校逐步提升AI教育应用水平，促进教育公平。

4.4 加强技术伦理与数据治理

为确保人工智能在小学数学教育中的健康发展，需要建立完善的技术伦理规范和数据治理机制。具体措施包括：

培养学生的AI伦理意识：通过开展AI双刃剑等主题班会活动，引导学生讨论用AI写作业是作弊吗？等伦理问题，培养学生的技术理性和社会责任意识。如某校教师在主题班会中，通过设计丰富的讨论话题和案例，引导学生思考AI技术的合理使用边界，培养学生的AI伦理意识。

建立数据安全监管机制：学校和教育部门应加强对AI教育平台和数据系统的安全监管，防止学生数据泄露和滥用，确保AI教育应用的安全性和合规性。高忠臣在谈及AI应用挑战时强调，确保学生学习数据的安全与隐私，是AI教育应用中必须重视的问题。

5 结论

人工智能时代的到来,为小学数学教育带来了深刻变革。本文通过分析人工智能时代小学数学教育的发展现状、面临问题及优化路径,得出以下结论:

人工智能技术正在推动小学数学教育向个性化、精准化、情境化、互动化方向发展。通过AI学习分析、大数据技术等,教师能够基于学生的个体差异提供定制化学习支持,实现因材施教;通过虚拟情境、增强现实等技术,抽象数学概念变得直观可感,增强了学生的学习体验和兴趣。然而,技术的应用不应偏离教育本质,而应始终服务于学生数学思维发展和素养提升^[8]。

全国各地已经开展了丰富多样的人工智能与小学数学教学融合的实践探索。这些实践涵盖了复习课、新授课等不同课型,涉及数与代数、图形与几何、统计与概率等数学内容领域,创造了诸如《度量衡的故事》《年月日复习》等经典课例,为AI技术在数学教育中的应用提供了宝贵经验。成功的实践案例表明,技术与教育的深度融合不是简单的工具叠加,而是教育理念与教学行为的系统性重塑。

人工智能技术在小学数学教育中的应用仍面临诸多挑战,包括技术应用与教育本质的平衡、教师数字素养提升、区域发展均衡性以及技术伦理等问题。应对这些挑战,需要构建教育本位的

技术生态、提升教师数字素养、促进教育公平、加强技术伦理治理,推动人工智能与小学数学教育的深度融合。

参考文献

- [1] 卡毛亚.(2025).智能时代的教育革新:人工智能在小学数学教学中的应用.中小学班主任,(08),49-51.
- [2] 叶海堤.(2024).人工智能时代小学数学智慧教育模式研究.新课程导学,(20),63-66.
- [3] 王小双.(2025).人工智能时代小学数学智慧教育改革策略研究.教师,(07),68-70.
- [4] 王坤.(2025).智慧教育背景下信息技术在小学数学图形教学中的融合应用.新课程教学(电子版),(01),143-145.
- [5] 郭锦松.(2023).现代教育技术在小学数学课堂教学中的应用.教师博览,(15),67-68.
- [6] 胡细容.(2023).现代教育技术在小学数学教学中的有效运用.(eds.)2023年现代化教育国际研究会论文集(三)(pp.380-382).江西省余干县海尔希望学校;<https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2023.013828>.
- [7] 简琪.(2023).人工智能时代小学生学习方式转变研究(硕士学位论文,西南大学).硕士<https://doi.org/10.27684/d.cnki.gxndx.2023.003333>.
- [8] 尹鑫.(2022).人工智能时代小学数学智慧教学模式研究(硕士学位论文,杭州师范大学).硕士<https://doi.org/10.27076/d.cnki.ghzsc.2022.000823>.

基于清洁生产理念的胶粘剂企业环境管理策略研究

刘 荣

长沙乐远化工科技有限公司，湖南长沙，410000

摘要：基于清洁生产的核心原则，结合胶粘剂行业生产特性与环保法规要求，从原材料绿色替代、生产工艺优化、废弃物资源化、全生命周期管理及政策协同保障五个维度，构建胶粘剂企业环境管理策略体系，研究表明，清洁生产理念下的环境管理策略对降低胶粘剂企业环境负荷有积极意义，为行业绿色可持续发展提供理论参考与实践路径。

关键词：清洁生产；胶粘剂企业；环境管理；VOCs 减排；全生命周期

Study on Environmental Management Strategies of Adhesive Enterprises Based on the Concept of Cleaner Production

Rong Liu

Changsha Leyuan Chemical Technology Co., Ltd., Changsha Hunan, 410000, China

Abstract: Based on the core principles of cleaner production, combined with the production characteristics of the adhesive industry and the requirements of environmental protection regulations, this paper constructs an environmental management strategy system for adhesive enterprises from five dimensions: green substitution of raw materials, optimization of production processes, resource utilization of waste, full life cycle management, and policy coordination and guarantee. The research shows that the environmental management strategy under the concept of cleaner production has positive significance for reducing the environmental load of adhesive enterprises, and provides theoretical reference and practical paths for the green and sustainable development of the industry.

Keywords: cleaner production; adhesive enterprises; environmental management; VOCs emission reduction; full life cycle

1 引言

胶粘剂作为工业制造、建筑装饰、汽车电子等领域的关键材料，近年来市场需求持续扩张，我国胶粘剂行业市场规模已突破千亿元大关。但传统胶粘剂生产依赖丙烯酸树脂、酚醛树脂等化工原料，伴随大量有机溶剂使用，导致 VOCs 排放、重金属残留等严重环境问题。随着《胶粘剂挥发性有机化合物含量限值》等强制性国家标

准的实施^[1]，以及欧盟 REACH 法规、美国 EPA 有毒物质控制法案等国际绿色壁垒的强化，胶粘剂企业面临空前的环保合规压力。

2 清洁生产理念的核心内涵与胶粘剂企业环境管理现状分析

2.1 清洁生产理念的核心内涵

清洁生产的核心内涵体现为“预防为主、综合优化、持续改进”三大原则，具体包括四个维



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



度：一是资源效率维度，通过减少原材料、能源和水资源消耗，提高资源循环利用率；二是污染预防维度，优先采用低污染材料与工艺，从源头消除或减少污染物产生；三是全生命周期维度，覆盖原材料获取、生产制造、产品使用至废弃处置的全流程环境管理；四是责任延伸维度，强调企业对供应链上下游的环境责任协同。与传统末端治理模式相比，清洁生产可实现环境效益与经济效益的双赢，既降低污染治理成本，又通过产品升级与品牌塑造提升市场竞争力。

2.2 胶粘剂企业环境管理现状与痛点

当前我国胶粘剂企业环境管理仍存在诸多短板，主要痛点集中在三个方面：其一，源头管控缺失，原材料选择仍以传统高污染溶剂型材料为主，生物基、可降解等环保材料应用占比低，且供应链环境管理缺失，未建立原材料环保指标审核机制；其二，生产过程管控粗放，多数企业仍采用传统开放式生产工艺，缺乏精准的过程监测与优化手段，导致能源浪费严重，VOCs 无组织排放问题突出；其三，废弃物处置低效，生产过程中产生的废胶、废料等废弃物多采用焚烧或填埋方式处理，不仅资源浪费严重，还易引发二次污染，同时缺乏全生命周期环境管理意识，忽视产品废弃后的回收处置责任。

此外，政策适配性不足也是行业普遍问题。部分企业对环保法规的理解仅停留在“达标排放”层面，未主动对接“双碳”目标与全生命周期管理要求，导致环境管理策略缺乏前瞻性，难以适应不断升级的政策约束与市场需求。

3 基于清洁生产理念的胶粘剂企业环境管理策略研究

结合清洁生产核心原则与胶粘剂行业特性，从原材料绿色化、生产工艺清洁化、废弃物资源

化、全生命周期协同、政策保障强化五个维度构建环境管理策略体系。

3.1 原材料绿色替代策略

原材料优化是清洁生产的核心环节，通过替代高污染材料、建立绿色供应链，从源头降低环境负荷。一是优先采用环保型原材料，推广生物基树脂、可降解聚合物等替代传统酚醛树脂、聚氨酯等材料，例如使用淀粉基、纤维素基生物基胶粘剂原料，可减少 60% 以上的 VOCs 排放；对必须使用的溶剂型材料，严格筛选低挥发性、低毒性溶剂，降低环境风险。二是建立绿色供应链管理体系，制定供应商环保准入标准，将原材料 VOCs 含量、重金属残留等指标纳入采购审核，与环保资质优良的供应商建立长期合作，同时加强原材料运输与仓储环节的环境管理，减少泄漏污染。三是优化原材料配比，通过实验研发精准控制物料用量，减少过量投料导致的资源浪费与废弃物产生。

3.2 生产工艺清洁化策略

生产工艺优化是实现清洁生产的关键，通过技术升级与流程管控，降低生产过程中的资源消耗与污染排放^[2]。一是推广无溶剂、水性化生产技术，替代传统溶剂型涂布工艺；水性胶粘剂生产工艺可使 VOCs 排放量降低 70% 以上，且产品性能满足多数工业应用需求。二是引入智能化、自动化生产设备，通过传感器与在线监测系统实现生产过程精准控制，例如采用变频调速电机、余热回收装置优化加热系统，可减少 20%-30% 的能源消耗；利用工业 4.0 技术实施预测性维护，提高设备利用率，减少因设备故障导致的物料浪费与污染泄漏。三是优化生产流程布局，实现物料密闭输送与循环利用，减少无组织排放，例如采用密闭式反应釜、管道化输送系统，可降低 VOCs 无组织排放率 80% 以上，同时建设气路清

作者简介：

刘荣，湖南长沙人，硕士研究生，现任长沙乐远化工科技有限公司技术中心副主任，主要从事胶粘剂环保治理相关工作。

洗与气体分选系统，分离回收生产过程中的有害气体。

3.3 废弃物资源化策略

基于清洁生产“资源循环利用”原则，建立废弃物分类回收与资源化利用体系，降低环境负荷的同时创造经济价值^[3]。一是废气资源化利用，针对生产过程中产生的 VOCs、硫化物等有害气体，采用膜分离、催化转化等技术进行回收处理，例如将回收的 VOCs 转化为生产用溶剂，实现资源循环；对无法回收的气体，采用洗涤塔、催化氧化等末端治理技术，确保达标排放，同时配套在线监测设备，实时监控排放指标。二是废液与废渣资源化，通过中和、稀释、提纯等工艺处理生产废液，转化为工业用水或辅助原料；对废胶、废料等固体废弃物，采用热解、再生利用等技术加工为再生胶或填充材料。三是建立企业内部资源循环系统，将生产过程中的副产品作为其他生产环节的原料，实现“变废为宝”，例如将反应副产品转化为胶粘剂助剂，提升资源综合利用率。

3.4 全生命周期环境管理策略

突破传统“生产端”环境管理局限，将管理范围延伸至产品全生命周期，实现全方位环境管控。一是产品设计阶段融入环保理念，开发可回收、可降解的胶粘剂产品，减少产品废弃后的环境影响，同时优化产品包装，采用可循环利用包装材料，降低运输过程中的环境负荷^[4]。二是加强产品使用环节的环境指导，为下游客户提供环保使用手册，明确产品使用过程中的污染防控要求，减少使用环节的二次污染。三是建立产品回收处置体系，针对电子、汽车等领域使用的胶粘剂产品，与下游企业合作建立废旧产品回收机制，通过化学解聚、机械分离等技术回收胶粘剂及基材，实现资源循环，例如针对汽车用聚氨酯胶粘剂，通过解聚技术回收多元醇原料，回收率可达75%以上。四是开展全生命周期环境影响评估（LCA），识别产品各环节的环境热点，为环境管理策略优化提供依据。

3.5 政策协同与保障策略

构建政策适配与内部保障体系，确保清洁生产理念下环境管理策略的有效实施。一是精准对接环保法规要求，建立法规动态跟踪机制，及时掌握国内外 VOCs 排放限值、碳排放管控等政策变化，确保环境管理策略合规性，同时积极争取政府税收减免、补贴等政策支持，降低清洁生产技术改造投入成本^[5,6]。二是完善企业环境管理体系，建立清洁生产审核机制，定期开展环境绩效评估，设定量化的环境目标（如 VOCs 减排率、资源利用率提升目标等），并将目标分解至各生产环节，纳入绩效考核。三是加强员工清洁生产培训，提升全员环境意识，鼓励员工参与环境管理改进，建立合理化建议奖励机制，例如某企业通过员工培训与激励，收集工艺优化建议 20 余项，年减少能源消耗 150 吨标准煤。四是加强产学研合作，与科研机构联合研发清洁生产关键技术，突破生物基材料制备、高效废弃物回收等技术瓶颈，同时借鉴行业领先企业的实践经验，提升环境管理水平。

4 清洁生产理念下环境管理的实施路径与保障措施

4.1 环境管理实施路径

清洁生产理念落地需构建闭环实施路径，确保五大维度策略转化为实际环境绩效，核心遵循“精准诊断-系统规划-有序落地-评估优化”四步流程。一是精准现状诊断，组建生产、环保、研发等多部门专项工作组，全面梳理胶粘剂生产全链条，重点排查原材料采购、聚合反应等关键环节的污染排放与资源消耗；通过在线监测、实验室检测量化 VOCs 排放量、能源利用率等核心指标，对标国家标准与行业先进水平，形成含问题清单、差距分析的诊断报告。二是系统实施规划，以五大维度策略为框架，拆解为可落地的任务清单，明确责任部门、实施时限与量化目标，如“2025 年底前生物基原料采购占比提升至 30%”，确保

目标可衡量、可考核。三是有序推进落地,按“先易后难、先源头后末端”原则分步实施,优先推进原材料筛选优化、设备密闭化改造等见效快的任务,再逐步开展智能化生产系统建设等中长期任务,建立周调度、月总结机制及时解决实施难题。四是动态评估优化,每半年开展一次效果评估,对比实际绩效与规划目标,结合政策更新、技术进步调整规划,形成闭环管理。

4.2 环境管理保障措施

为确保实施路径顺利推进,需构建“组织-技术-资金-制度”四位一体保障体系。组织保障方面,成立企业高层牵头的清洁生产推进领导小组,明确各部门职责并签订环境绩效责任书,将任务完成情况与绩效考核挂钩;搭建内部信息共享平台,发布实施进展、分享经验,营造全员参与氛围。技术保障方面,建立产学研协同创新机制,联合高校攻关生物基材料制备、高效 VOCs 回收等关键技术;加强内部研发团队建设,加大研发投入,建立先进技术引进转化机制,确保无溶剂生产等技术适配企业实际。资金保障方面,设立清洁生产专项改造资金并纳入年度预算,专项用于原材料替代、设备升级等项目;积极对接政府环保补贴与税收减免政策,建立资金专项审计制度,保障资金专款专用。制度保障方面,完善清洁生产审核、环境绩效评估等配套制度,将清洁生产要求融入生产、采购等现有管理体系;建立合理化建议奖励制度,对有效改进建议给予物质奖励,激发全员积极性。

实施路径与保障措施相互协同,构成清洁生产理念落地的完整支撑体系。通过科学的路径规

划明确执行方向,依托全方位的保障措施破解实施难题,可推动胶粘剂企业环境管理从“被动合规”向“主动优化”转型,切实提升环境绩效与市场竞争力。

5 结论

清洁生产理念为胶粘剂企业环境管理转型提供了系统性思路,本文构建的“原材料绿色替代-生产工艺清洁化-废弃物资源化-全生命周期协同-政策保障强化”五位一体环境管理策略体系,可有效解决行业当前存在的 VOCs 排放量大、资源利用率低、废弃物处置困难等问题。通过优先采用环保原材料、推广无溶剂与智能化生产技术、建立废弃物循环利用体系、延伸全生命周期环境责任,胶粘剂企业可实现环境绩效的全面提升,同时降低生产成本,提升市场竞争力。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局. 胶粘剂挥发性有机化合物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [2] 沈文斌. 加速向环保型企业转型的五个方面[J]. 粘接, 2014, 35(09): 19.
- [3] 夏新. 胶粘剂工业与 ISO14000 系列标准[J]. 中国胶粘剂, 2000, (06): 4-7.
- [4] 许新迪. 基于成本管理的天然环保胶粘材料设计与应用研究[J]. 粘接, 2025, 52(10): 5-8.
- [5] 何天福, 胡赞军. 环保型纳米 SBS 胶粘剂的制备与性能研究[J]. 辽宁化工, 2024, 53(10): 1550-1552.
- [6] 包燕敏. 规模化软包彩印企业 VOCs 减排的创新思维与经验分享[J]. 塑料包装, 2018, 28(06): 11-14.



基于天气预报与机器学习的企业碳排放核算系统研究

周瑞雪

安徽出版集团有限责任公司，安徽合肥，230071

摘要：本研究融合天气预报与机器学习，提出企业碳排放核算和管理新方法。先搭建天气数据获取系统，获取实时及未来 15 天天气预报数据；再运用碳排放计算方法，实时监测核算企业能源消耗和生产过程中的二氧化碳排放；然后借助神经网络等机器学习算法，基于历史数据构建预测模型，分析预测不同因素对碳排放量的影响；最后经数据分析和成本预测，为企业提供可靠的碳成本预测与管理服务，助力企业调整生产计划、提升生产效率，制定科学有效的减排策略。该方法显著提升了碳排放量预测的准确性和稳定性，对企业碳成本核算与管理具有重要实践意义，能帮助企业降低环境风险与成本，为企业碳排放管理和可持续发展提供新思路与新方法。

关键词：天气预报；机器学习；碳排放核算；企业管理；成本预测

Research on enterprise carbon emission accounting system based on weather forecast and machine learning

Ruixue Zhou

Anhui Publishing Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230071, China

Abstract: This study integrates weather forecasting and machine learning to propose a new method for corporate carbon emissions accounting and management. First, a weather data acquisition system is built to obtain real-time and 15-day weather forecast data. Then, carbon emission calculation methods are used to monitor and calculate corporate energy consumption and carbon dioxide emissions during production processes in real time. Then, with the help of machine learning algorithms such as neural networks, a prediction model is built based on historical data to analyze and predict the impact of different factors on carbon emissions. Finally, through data analysis and cost forecasting, reliable carbon cost forecasting and management services are provided to companies, helping them adjust production plans, improve production efficiency, and formulate scientific and effective emission reduction strategies. This method significantly improves the accuracy and stability of carbon emission forecasts, has important practical significance for corporate carbon cost accounting and management, can help companies reduce environmental risks and costs, and provide new ideas and methods for corporate carbon emission management and sustainable development.

Keywords: weather forecast; Machine learning; Carbon emission accounting; Enterprise management; Cost Forecast

1 引言

全球变暖影响巨大，碳排放是主因之一。为实现可持续发展，多国设定碳排放限额，鼓励企



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



业减排。企业碳排放量与能源消耗和类型相关，精准计算对制定减排策略意义重大。然而，传统碳排放计算方法人力物力投入大且准确性欠佳，限制了减排策略实施。天气预报借助气象、地质信息实现天气预测，已融入生活，且精度不断提升。机器学习运用计算机算法和统计学理论，挖掘数据价值、预测趋势，应用日益广泛。

气候变化是严峻的全球性问题，人类活动是主要诱因，减少碳排放成为国际共识。企业作为能源消耗和温室气体排放大户，在工业大国碳排放贡献突出。因此，科学核算和管理企业碳排放至关重要，这关乎生态与社会经济发展。当下，各领域积极探索低碳经济路径，企业碳排放问题亟待解决。

国内外对企业碳排放管理的研究集中在碳足迹计算与管理、碳交易市场建立与推广、碳排放数据公开透明化。但传统方法存在诸多问题，如碳足迹计算耗能高、碳交易市场难统一管理、碳排放数据易被隐瞒伪造。

当前企业碳排放测量、管理与减少主要采用基于统计算法和基于模型的方法，前者依赖大量历史数据且易受外部干扰，后者对数据要求高。天气预报与机器学习技术的应用，有望弥补这两种方法的不足，提升测量和管理的准确性。

2 碳排放相关理论与研究

2.1 碳排放核算与管理基础

传统碳排放核算方法主要有燃烧法和过程分析法，前者依能源消耗估算二氧化碳排放量，后者根据生产工艺和原料使用计算，实际应用已取得一定成果。碳减排管理策略包括能源替代、工艺改进和资源优化等，通过减少能耗和优化生产过程降低碳排放，可借助指标体系评估其效果。

2.2 技术融合在碳排放管理中的应用

天气预报数据通过气象预报网站或 API 接口获取，涵盖关键气象参数，经处理清洗后用于碳排放核算。天气因素对企业碳排放影响显著，如温度影响能源消耗，湿度影响化学反应^[1]。机器学习算法如决策树、支持向量机等在碳排放管

理中广泛应用，能构建模型预测碳排放，还能为碳减排策略提供优化和决策支持，助力企业确定最佳减排方案。将天气预报数据与传统核算方法结合，利用机器学习算法，可更精准预测碳排放，为企业制定有效减排策略。

2.3 碳排放监测与报告体系

碳排放监测借助传感器、监测设备等收集能源消耗、排放源等数据，再经分析处理解读^[2]。企业编制碳排放报告要遵循范围界定、数据准确、格式规范、提升透明度等要求，全面准确的报告有助于企业管理碳排放。利用数据可视化工具展示碳排放趋势，对比不同时段及其他企业数据，能辅助企业科学决策，高效管理碳排放。

2.4 碳排放减少的技术创新

清洁能源技术是减少碳排放的关键，太阳能、风能、水能等可替代传统化石燃料，大规模推广能显著降低碳排放。能源效率与节能技术在建筑、交通、工业领域广泛应用，通过改善隔热、推广电动汽车、优化生产工艺等方式，在不降低服务水平的前提下削减能耗^[3]。碳捕集与碳储存技术通过化学吸收、物理吸附等方式捕集二氧化碳，以地下储存或转化利用等方式封存。新材料与低碳技术创新带来新机遇，新型电池和储能技术助力电动车辆发展，新型材料提升太阳能利用效率，为减少碳排放提供更多选择^[4]。

3 碳排放系统模型设计

在“双碳”目标推动下，涉及碳配额与碳关税的企业面临碳管理压力，亟需全面核查碳排放总量，建立碳成本管理制度体系。电力行业碳排放占比高，且受新能源发电影响，碳排放因子因日照、风速等气象因素剧烈波动，给碳成本管理带来不确定性^[5]。本研究将天气预报数据与电力碳排放因子结合，运用机器学习算法运算预测，得出未来 15 天电力实时碳排放因子预估值，为企业碳成本管理和减排提供科学依据。

为满足企业需求，设计了碳排放监测信息系统，其设计思路与框架见图 1。该系统直观展示用电企业过去、当前及未来 15 天每日和每小时的

碳排放情况。企业可利用这些数据进行当日及未来十五天碳排放成本预测分析，结合生产工艺和计划，获得可靠的碳排放量预测与管理服务。此外，系统还能助力企业调整生产计划、增减生产负荷，为决策提供支持。长期运行该监测系统，有助于企业降低成本、提高效益，制定更科学有效的减排计划^[6]。研究成果对企业实现碳减排、提升资源利用效率、制定可持续发展战略意义重大。

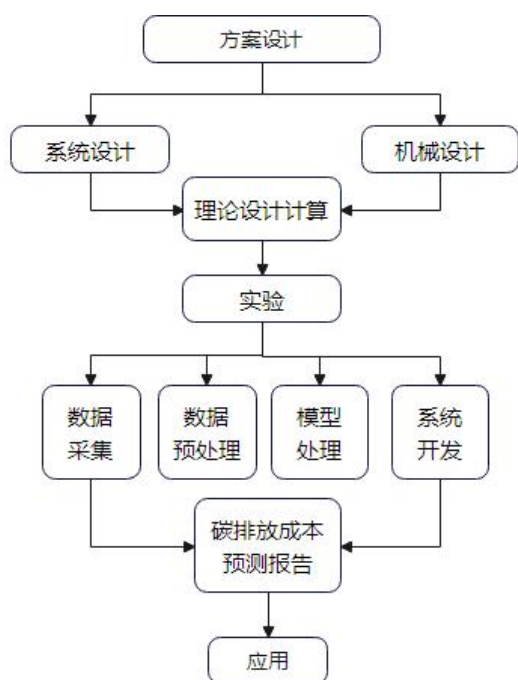


图1 系统设计的思路与框架

3.1 数据收集与处理

系统从气象局、设备传感器、生产现场等多数据源收集数据，存储于云端数据库并进行清洗、转换和标准化预处理，以满足后续模型构建与分析需求。

气象数据涵盖温度、湿度、风速、降水量等参数，通过历史数据与机器学习算法分析其影响，提取关键特征值，经统计学方法分析气象因素与碳排放的相关性，据此建立适用于企业的预测模型，以预测未来气象条件^[7]。生产数据包含设备使用、生产过程、能源消耗、污染物排放等，依历史数据和机器学习算法分析这些因素，预测未来生产流程与能源消耗^[8]。设备实时数据涉及机

器状态、能耗细节、流量计和压力计读数等，借助现场传感器和设备接口实时监控，结合历史数据生成实时运行图表与统计数据。

收集到的数据需清洗，去除无效、缺失数据，转化为统一标准格式，再标准化使其符合特定分布规律，如正态分布。本文采用每日天气预报数据，可从气象网站或气象局获取，其中温度、湿度、风速、雨量等信息对企业碳排放核算与管理至关重要^[9]。

企业碳排放由能源消耗、运输和物流、废弃物处理、化学品使用等多因素共同作用产生。通过测算和跟踪企业生产活动各环节碳排放，识别碳排放高峰期和排放源，为企业制定减排措施提供科学依据。

3.2 碳排放模型建立

根据已经分析出的碳排放因素，我们可以建立一个基于天气预报和机器学习技术的碳排放模型。该模型可以将天气预报数据和企业生产活动中的碳排放因素输入进去，并在模型中进行数据处理和分析，最终输出企业的碳排放量^[10]。模型的具体设计步骤如下：

(1) 数据预处理

首先，我们需要对天气预报数据和碳排放因素进行预处理。对于天气预报数据，首先需要对其格式进行规范化处理，例如将日期和时间格式进行统一；对于碳排放因素，我们可以采用标准化处理方法，即将多个变量的值缩放到相同的区间范围内。

(2) 特征工程

特征工程是指将原始数据转换成模型能够识别和利用的特征集合的过程。在本文中，我们将天气预报数据和碳排放因素作为特征输入到模型中去^[11]。在特征选择方面，我们可以采用相关系数分析、主成分分析等技术来筛选出与碳排放相关性较高的特征。

(3) 模型选择与训练

根据特征工程的结果，我们可以选择适合企业碳排放核算的机器学习算法进行训练，如线性回归、决策树、随机森林等。在训练过程中，我

们可以采用交叉验证和网格搜索等技术来提高模型的精度和泛化性能。

(4) 模型训练

采用的数据是企业所在地级市的历史数据,数据采集间隔为 5min,其中天气指标包括辐照度、风速、湿度、温度等指标,设定为输入指标,对应时刻的电力碳排放因子是输出指标,以当地 2022 年全年数据中的 80%作为初始的数据集,对 BP 神经网络模型进行训练。以另外的 20%的数据作为测试集,测试模型的精度。安徽省 2022 年碳排放因子变化趋势见图 2 所示。

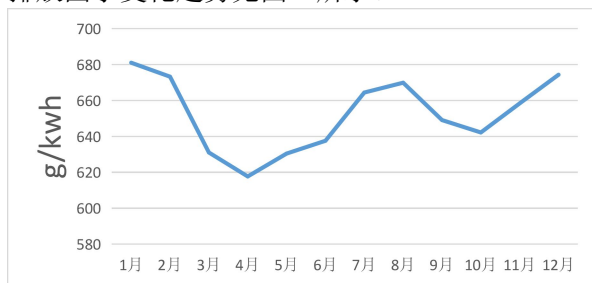


图 2 安徽省 2022 年碳排放因子变化趋势图

(5) 模型测试

将测试数据集输入已训练好的模型,评估模型的预测性能。预测得到未来某天 24 小时的动态碳排放因子如图 3 所示。预测得到未来 15 天的动态碳排放因子如图 4 所示。

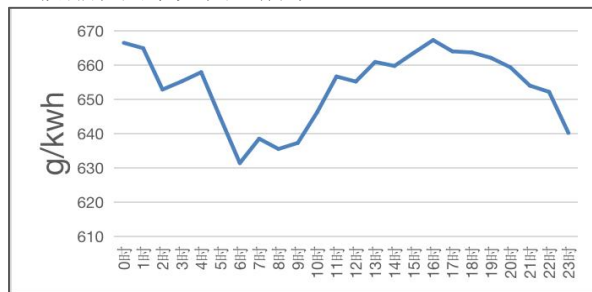


图 3 预测得到未来某天 24 小时的动态碳排放因子

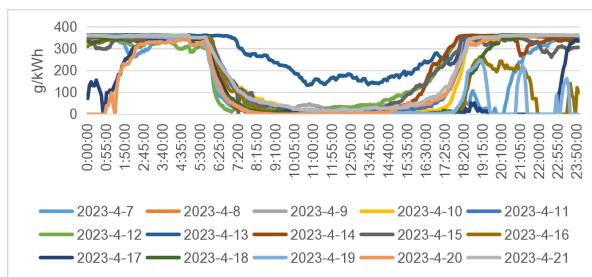


图 4 预测得到未来 15 天的动态碳排放因子

(6) 结果解释

在基于天气预报和机器学习的碳排放核算中,需识别模型预测结果的相关性,明确主要影响碳排放量的天气因素,进而据此设计改进、控制或减少碳排放的策略^[12]。过程中要关注模型的局限性和误差来源,比如天气预报数据的准确性。

此核算方法能助力企业精准测量碳排放量,采取有效控制措施实现减排,提升效率、降低成本,还能帮助企业识别并跟踪碳排放足迹,制定契合政府法规和市场目标的战略目标。不过,该方法存在潜在局限。天气预报数据可能不准确或更新滞后,致使结果误差增大;同时,其依赖大量企业能源使用和天气条件数据,若数据不完整或有误,会影响结果准确性。

3.3 碳排放预测系统设计

基于天气预报和机器学习的企业碳成本预测需要考虑天气数据获取、碳排放计算、机器学习建模以及数据分析与成本预测等方面。预测系统工作原理如示意图 5 所示。

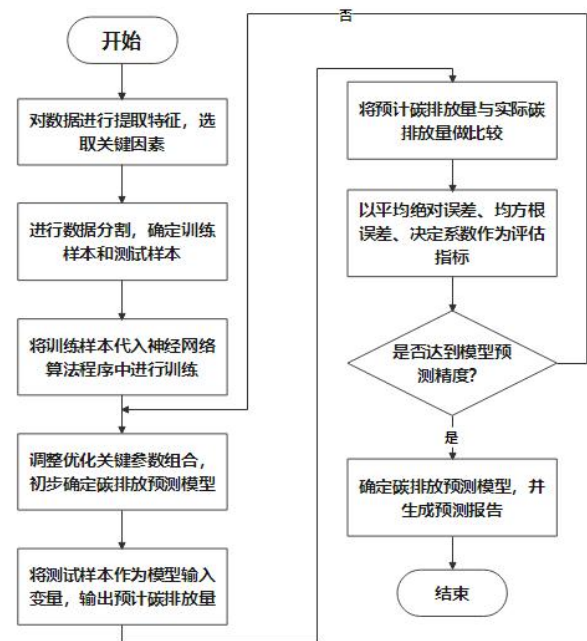


图 5 信息系统工作原理示意图

(1) 天气数据获取

可以通过程序从气象局网站获取实时天气数据和未来 15 天的天气预报数据。这些数据包括气温、湿度、风速和降雨等指标。

(2) 碳排放计算

企业的碳排放量可以通过监测能源消耗和生产过程中的二氧化碳排放来计算。可以采用直接监测排放口排放量、使用燃料计量法或使用碳足迹工具等方法。

(3) 机器学习建模

可以基于已有的历史数据建立预测模型。在这个过程中，需要确定影响碳排放量的因素，并将其作为预测模型的输入变量。可以采用BP神经网络等机器学习算法来建模。BP神经网络结构如图6所示。

BP神经网络是一种强大的前馈神经网络模型，在实现复杂非线性映射方面具有高效和准确的特点^[13]。该模型通过最小化误差函数来训练神经网络，采用误差反向传播算法不断修正权值，通过优化网络结构和模型参数来解决复杂问题。

通过结合天气预报数据和机器学习建模，可以进行数据分析和成本预测，为企业提供可靠的碳成本预测和管理服务。这些信息技术手段能够帮助企业调整生产计划、提高生产效率，并制定更科学和有效的减排策略。

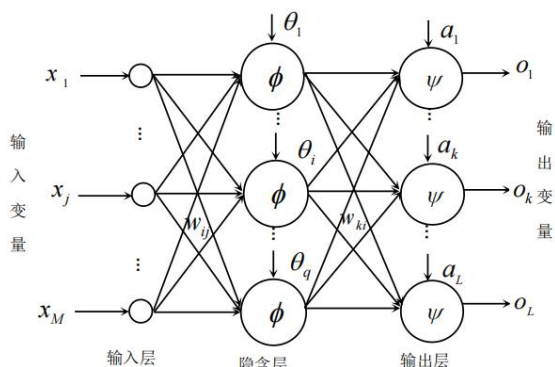


图6 BP神经网络结构示意图

其中 x_j 表示输入层第 j 个节点的输入， $j=1, \dots, M$ ； w_{ij} 表示隐含层第 i 个节点到输入层第 j 个节点之间的权值； θ_i 表示隐含层第 i 个节点的阈值； Φ 表示隐含层的激励函数； w_{ki} 表示输出层第 k 个节点到隐含层第 i 个节点之间的权值， $i=1, 2, \dots, q$ ； a_k 表示输出层第 k 个节点的阈值， $k=1, \dots, L$ ； $\phi(x)$ 表示输出层的激励函数； O_k 表示输出层第 k 个节点的输出。

虽然传统BP神经网络在实际应用中具有较好的效果，但是仍然存在一些局限性。BP算法在训练过程中容易受到噪声的干扰，导致神经网络的参数过于复杂，容易产生过度拟合情况，只能保证在训练集上的误差最小，实际在测试集上的误差可能较大，导致预测精度降低^[14]。其次，BP算法是一种基于梯度下降的优化方法，它只能保证找到当前点的最优解，易陷入局部最优，而无法保证全局最优解。BP算法程序流程如图7所示。

为了提高传统BP神经网络模型的准确率，本作品通过增加自适应调节学习步长和增加动量项两个方法对传统BP神经网络模型进行了改进，以进一步提高神经网络的寻优能力，从而对未来时间下的电力碳排放因子做出更精确的预测。

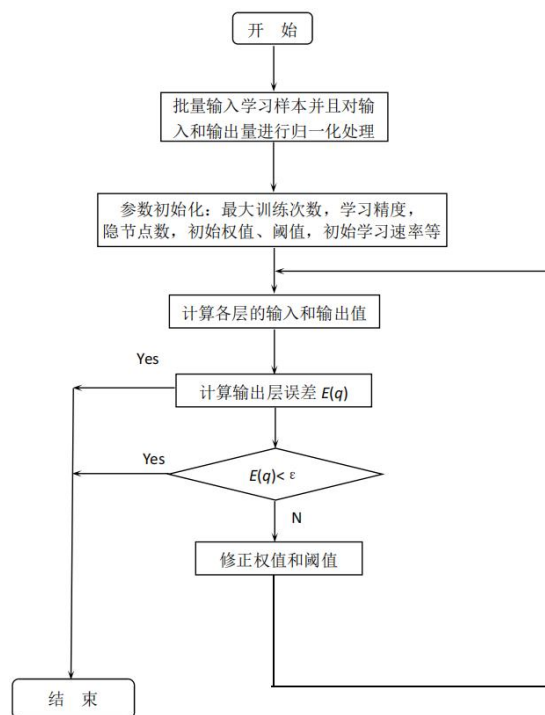


图7 BP算法程序流程图

针对传统BP神经网络模型在训练中存在的预测精度低、可能产生过度拟合的问题，本文提出在传统模型上增加自适应调节学习步长。学习步长 η 是一个常数， η 的数值取得过大或过小都会影响模型的训练效果^[15]。当误差曲面较为平坦时，学习步长过小会引起学习次数的增加，此时应适

当增大 η ；在极小值附近时，学习步长取得过大会引起振荡，这时应该减小 η 。基于此，设置了自适应学习步长的规则如下。其中， $E(k)$ 为第 k 步误差平方和。

$$\eta(k+1)=\begin{cases} 1.05\eta(k) & E(k+1)<E(k) \\ 0.7\eta(k) & E(k+1)>1.04E(k) \\ \eta(k) & \text{其它} \end{cases} \quad (1)$$

整体调整思想是在学习收敛时，自适应增大 η ，以缩短学习时间；当 η 偏大导致不能收敛时，应马上减小 η ，直到收敛为止。

针对传统 BP 神经网络模型在训练中容易陷入局部极小值而得不到最优值的问题，本文提出增加动量项的方法，采用动量因子来传递最后一轮的权值变化量。当动量因子为 0 时，由梯度下降法产生最后一轮的权值；当动量因子为 1 时，采用动量因子方法而产生的新权值为最后一轮的权值变化量。增加动量法实质上等同于在训练过程中加入阻尼项，降低网络对于误差曲面局部细节的敏感性，减缓学习过程的振荡趋势，从而避免网络陷于局部极小点，改善其收敛性^[16]。动量项的修正公式如下：

$$\begin{aligned} \Delta w_{ij}(k+1) &= (1-mc)\eta\delta_i p_j + mc\Delta w_{ij}(k) \\ \Delta b_i(k+1) &= (1-mc)\eta\delta_i + mc\Delta b_i(k) \end{aligned} \quad (2)$$

其中， k 为训练次数， mc 为动量因子，一般取 0.95。通过增加动量项能帮助网络优化从误差曲面局部极小值中脱离出来，有效防止陷入局部最优的情况出现。

因此，本作品在进行模型选择时，为了确保模型的泛化能力和可靠性，对模型进行一定的改进处理。

(4) 数据分析与预测

基于已建立的机器学习模型，结合历史数据和当前天气预报，可对未来碳成本展开预测，并据此制定管理措施，降低企业碳排放量与碳成本。系统借助实时传感器监测与数据分析，能实时跟踪实际碳排放量，与预测值对比，及时发现潜在问题并采取应对行动。一旦实际碳排放量超出预

测值，系统自动报警，提醒用户处理。

系统以图表、地图等多种形式展示数据，方便用户把握数据趋势。同时支持自定义报表和指标卡，满足用户个性化查看数据的需求。用户可利用报告功能，将数据导出为表格或 PDF 文件，进行深度分析。系统还能提供针对性建议，如优化生产流程或设备，助力企业减少碳排放。

此外，系统设有严格安全措施，包括用户身份验证、数据加密等，确保数据安全，防止泄露与篡改，同时严格遵守相关数据保护法规。

4 结果分析与讨论

研究显示，天气因素对碳成本影响显著。温度、湿度、风速等均与碳成本密切相关，温度升高、湿度增大、风速增加时，企业碳成本往往降低，这与能源消耗关联紧密。例如，高温时企业多用空调致碳排放增加；低温时供暖设备使用增加，碳排放减少；风速增加促进大气自然通风，减少室内污染物积累，降低碳成本。不同行业对天气因素响应有别，制造业和建筑业对温度、湿度响应明显，对风速响应较小，这与它们的能源消耗方式和利用效率有关。天气因素对碳成本的影响并非直接或线性，而是通过生产效率、员工行为、能源使用效率等多种途径，后续研究需考虑这些中间变量，以更精准模拟和预测其影响。

本研究采用基于神经网络的机器学习算法预测企业碳成本，该算法表现优于传统线性回归方法，能更准确、灵敏地预测。神经网络借助深度学习算法，通过多层神经元学习历史数据中的复杂模式与关系，训练时运用反向传播算法优化参数，测试时采用交叉验证评估预测精度和泛化能力。结果表明，该模型预测企业碳成本准确性和灵敏度高，可有效应用于企业碳管理。同时，模型通过数据清洗和预处理应对数据噪声、缺失或异常值问题，具备较高稳定性和可靠性。

实际应用中，模型优势显著。深度学习算法使其能更好捕捉数据非线性关系，提供更精准的碳成本预测；交叉验证方法保障模型在不同数据集上预测结果稳定；数据清洗和预处理保证了模

型稳定性和可靠性。然而,模型也存在不足。一方面,大量历史数据需求使得数据量不足或不准确时,会影响预测结果;另一方面,深度学习算法涉及大量矩阵运算和反向传播计算,依赖高性能计算机或云计算支持。

5 结论与展望

本文基于天气预报和机器学习技术,提出了一种新的企业碳成本预测与管理模型,并通过案例验证了其实际效果。本文的主要贡献包括:提供了一种全新的思路和方法,确定了影响企业碳排放量的主要因素,制定了碳管理策略等。未来,可以进一步完善和优化该模型,以更好地应对实际应用场景,包括增加更多的特征变量、改进预测算法等。此外,还可以研究碳成本与企业利润之间的关系,并制定相应的策略来平衡碳排放与企业盈利之间的关系。总之,该模型在企业碳成本预测与管理方面具有广泛的应用前景,能够帮助企业有效控制碳排放、降低碳成本,推动可持续发展进程。

参考文献

- [1] 杨仕轩,于扬,李阳,等. 调峰燃气发电机组碳排放核算方法的适用性验证及优化路径探讨[J]. 环境工程学报,2025,19(1):201-213. DOI:10.12030/j.cjee.202312106.
- [2] 魏源源,丁超,冯骞. 长三角典型城镇灰色雨水排水系统运维期碳排放影响因素研究[J]. 水资源保护,2025,41(3):153-160. DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2025.03.018.
- [3] 汪哲宇,曹萍,韩力,等. 县域尺度的土地利用碳排放时空变化特征及影响因素研究——以陕西省为例[J]. 西安理工大学学报,2025,41(3):314-323,389. DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2025.03.002.
- [4] 陈诺,刘路,姚久迪,等. 造纸和纸制品行业企业碳排放核算模型构建及应用[J]. 东华大学学报(自然科学版),2025,51(3):134-142. DOI:10.19886/j.cnki.dhdz.2024.0391.
- [5] 李国清,白斌,李桂奇,等. 高寒生态脆弱区露天矿山

- 碳排放核算模型研究[J]. 工程科学学报,2025,47(3):430-440. DOI:10.13374/j.issn2095-9389.2024.07.07.003.
- [6] 李捷,周娟,李沁原,等. 城市生态系统碳核算方法演进与应用分析[J]. 环境工程技术学报,2025,15(2):474-485. DOI:10.12153/j.issn.1674-991X.20240317.
- [7] 李晓江,吕晓蓓,邵玲,等. "社区减碳":计量方法、排放特征及其实现路径[J]. 城市规划学刊,2024(5):40-46. DOI:10.16361/j.upf.202405006.
- [8] 毛戈平,孟婷,王娜,等. 基于土地利用的乡村尺度碳排放:核算方法与微观实证[J]. 中国生态农业学报(中英文),2025,33(4):619-631. DOI:10.12357/cjea.20240549.
- [9] 崔倩,周志祥,官冬杰,等. 交通碳排放核算、模拟及影响因素研究进展[J]. 环境工程,2025,43(1):31-41. DOI:10.13205/j.hjgc.202501004.
- [10] 张超,张钰雪,李清嘉,等. 镇街级治理单元碳排放差异化分布特征及影响因素研究:以广州市为例[J]. 华中农业大学学报,2024,43(6):75-86. DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.06.008.
- [11] 黎霞,兰小机. 环鄱阳湖城市群土地利用碳排放轨迹分析与多情景预测[J]. 环境科学与技术,2024,47(11):11-21.
- [12] 娄明月,刘广兵,刘伟京,等. 基于厌氧碳循环理论的污水收集典型单元碳排放核算方法研究[J]. 环境工程,2024,42(11):61-71. DOI:10.13205/j.hjgc.202411007.
- [13] 刘红叶,汪敏,王震. 煤矿区土地复垦工程碳减排量核算体系构建研究[J]. 中国煤炭,2024,50(11):123-132. DOI:10.19880/j.cnki.ccm.2024.11.017.
- [14] 邱勇,孙萍,刘雪洁,等. 基于时序监测数据的企业生产碳排放因子本地化研究[J]. 环境污染与防治,2024,46(10):1396-1401. DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.202403063.
- [15] 尚闽,刘宜,邓毅,等. 固体废物衍生燃料碳减排核算模型构建与实例研究[J]. 环境污染与防治,2024,46(10):1402-1407,1413. DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.202304037.
- [16] 鞠彤瑶,高嵩焱,杨柳,等. 高速公路运营期碳排放核算研究[J]. 公路,2024,69(10):404-411.



物联网感知与电子封装材料的热管理性能研究

安浩平^{1,2}, 宗原^{1,2}, 臧振力^{1,2}

1.河南省科学院应用物理研究所有限公司, 河南郑州, 450000;

2.河南省科学院, 河南郑州, 450000

摘要: 随着物联网技术的快速发展, 设备的感知能力逐渐增强, 然而随之而来的热管理问题日益突出。电子封装材料在物联网设备中的应用对提高热管理性能至关重要。针对这一问题, 研究了不同电子封装材料在高功率密度环境下的热导性能及散热效果。通过热模拟分析和实验测试, 探讨了材料的热导率、热扩散性及其对设备稳定性和寿命的影响。研究结果表明, 选择合适的封装材料可以显著提升热管理效率, 降低设备过热风险, 为物联网设备的持续运行提供保障。

关键词: 物联网; 电子封装; 热管理; 热导率; 散热性能

Research on thermal management performance of Internet of Things sensing and electronic packaging materials

Haoping An^{1,2}, Yuan Zong^{1,2}, Zhenli Zang^{1,2}

1.Institute of Applied Physics Co., Ltd., Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, Henan, 450000, China

2.Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract: With the rapid development of the Internet of Things technology, the sensing capability of devices is gradually enhanced, however, the accompanying thermal management issues increasingly prominent. The application of electronic packaging materials in IoT devices is crucial for improving thermal management performance. To address this issue, the thermal conductivity and heat dissipation performance of different electronic packaging under high power density conditions were investigated. Thermal simulation analysis and experimental tests were conducted to explore the materials' thermal conductivity, thermal diffusivity, and their effects on device stability lifespan. The results show that choosing the right packaging materials can significantly enhance thermal management efficiency, reduce the risk of device overheating, and provide a guarantee for the continuous operation of devices.

Keywords: Internet of Things; Electronic Packaging; Thermal Management; Thermal Conductivity; Heat Dissipation Performance

1 引言

随着物联网技术的飞速发展, 设备的性能不断提升, 然而随之而来的热管理问题已成为限制其应用和发展的关键因素。尤其在高功率

密度的工作环境下, 电子元件的过热不仅影响设备的稳定性和效率, 还可能缩短其使用寿命。因此, 电子封装材料的选择和热管理性能的优化显得尤为重要。通过深入研究不同材料的热导性能和散热效果, 可以为物联网设备提供更



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



高效的热管理解决方案，从而推动其在各个领域的广泛应用。

2 物联网设备热管理的重要性与挑战

物联网设备作为现代智能技术的核心，正在广泛应用于工业、交通、医疗等多个领域。随着物联网设备的普及，设备的功能不断增加，尤其是在数据采集、处理和传输方面的需求日益增长。这使得设备的功率密度显著提高，电子元件的发热量也随之增加。过热不仅会降低设备的工作效率，还可能导致系统故障甚至永久性损坏。因此，如何有效管理物联网设备的热量，确保其在高功率密度环境下长期稳定运行，成为了提升设备可靠性和延长使用寿命的关键。

物联网设备的热管理面临诸多挑战。首先，设备的小型化和高集成度使得热量积聚在有限的空间内，散热空间变得更加狭窄。传统的散热方式如空气冷却和液体冷却在这些小型设备中难以实现，且会增加系统复杂度和成本。其次，由于物联网设备的应用场景多种多样，环境温度和工作条件的差异进一步增加了热管理的难度。例如，在高温或恶劣环境下运行的设备，可能会面临更为严峻的散热要求，这要求热管理方案不仅具备高效的散热能力，还需具备良好的耐高温性能。最后，由于物联网设备的应用寿命较长，长期稳定的热管理解决方案尤为重要，材料的老化、热循环等问题都可能影响散热性能^[1]。

物联网设备的热管理不仅仅是一个设计问题，更是材料选择、封装工艺以及散热系统集成等多个方面的综合考虑。高效的热管理技术应当能够在保持设备高性能的同时，解决高功率密度带来的散热难题，降低设备的故障率和维护成本。为

了满足这一需求，研究人员和工程师们正在积极探索新型散热材料和创新封装技术，以提高物联网设备的热管理能力，推动其在更广泛领域的应用。

3 电子封装材料的热导性能分析

电子封装材料的热导性能对物联网设备的热管理至关重要。在高功率密度环境下，电子元件的发热量较大，热量的及时导出成为保证设备稳定运行的关键。因此，电子封装材料的热导率直接影响设备的散热效率。热导率高的材料能够有效地将产生的热量从热源传导到散热器或外部环境，降低元件温度，防止过热。常见的电子封装材料包括金属、陶瓷以及复合材料，其中金属材料通常具有较高的热导率，但由于其重量较大和易腐蚀的特性，在某些应用中并不理想。陶瓷材料则因其良好的绝缘性能和较高的热稳定性，被广泛应用于高温环境中的封装材料，而复合材料则通过优化材料组合，既能兼顾热导性能，又能提高机械强度和抗热冲击能力。

在热导性能的分析过程中，需要考虑多种因素对材料热导率的影响。材料的微观结构、晶格排列和缺陷等都会对热导率产生显著影响。例如，金属材料的热导性能通常与其晶体结构密切相关，晶体结构完美的金属材料表现出较高的热导率，而材料中的晶界、杂质或缺陷则会阻碍热流的传递，降低热导性能。陶瓷材料虽然热导率较低，但其高温稳定性和耐腐蚀性使其成为一些高温应用中的理想选择。在复合材料中，通过选择合适的基材和增强材料，可以实现热导率和其他性能的平衡。纳米材料和碳基材料的应用也为封装材料的热导性能提升提供了新的方向，纳米材料凭

基金项目：

河南省科学院科技创新平台培育与提升项目 (241007020) ; 河南省科学院科技创新平台培育与提升项目 (20251007003) ; 河南省中央引导地方科技发展资金 (Z20241471140)

借其独特的热传导特性，能够在较低的热导率基础上提供额外的热管理效果。

为了实现物联网设备的高效热管理，电子封装材料的热导性能需要与其他热管理技术相结合。例如，散热器、导热垫和热管等散热组件的设计应考虑与封装材料的协同作用。在某些情况下，通过对封装材料进行优化，如改善材料的表面光洁度、减小热阻、采用更适应高功率密度环境的复合材料，可以显著提高整体热管理性能。此外，材料的热膨胀系数和耐高温性能也是选择电子封装材料时必须考虑的重要因素。综合来看，优化电子封装材料的热导性能是提升物联网设备热管理效率、降低故障率和延长使用寿命的基础。

4 高功率密度环境下的散热机制与优化

在高功率密度环境下，物联网设备的散热机制变得更加复杂且至关重要。随着电子元件的集成度不断提高，功率密度大幅增加，设备的热量集中在较小的区域内，导致局部温度急剧上升。为了有效管理这种热量，必须深入理解散热过程中的热传导、热对流和热辐射机制。热传导是指热量通过固体材料从高温区域传导到低温区域，对于封装材料的热导性能要求较高。热对流则发生在液体或气体介质中，利用流体的运动将热量带走。热辐射则是在高温物体表面向外辐射热量的过程，这一机制在较高温度下起到重要作用，尤其是在散热器设计中，辐射效果不可忽视^[2]。

针对高功率密度环境中的散热问题，优化散热机制的关键在于提高热量传导效率。首先，封装材料的热导率必须满足设备散热的需求，通过选择具有高热导率的材料或复合材料，能够有效提高热量的导出速度。其次，散热结构的设计也是优化热管理的重要环节。通过增加散热表面积、采用多层结构或优化散热器的形状，能够增强热对流和热辐射效果。例如，增加散热器的鳍片数量和长度，或在散热器表面设计微结构，可以有

效提升与周围环境之间的热交换效率。此外，采用热管技术、热界面材料（TIMs）以及液冷技术等先进散热方法，也能够高功率密度下有效降低设备温度，确保设备的稳定运行。

另外，针对高功率密度环境中的散热优化，热管理方案必须综合考虑各类散热技术的协同作用。例如，热管技术利用液体的相变过程，将设备内部产生的热量快速带走，广泛应用于高功率电子元件的散热中。液冷系统通过冷却液的循环流动，实现对电子设备的高效散热，尤其适用于需要长期高功率输出的物联网设备。随着材料技术的进步，基于纳米材料和石墨烯等新型材料的散热解决方案也逐渐得到应用，这些材料能够在微观层面上大幅提升热传导效率，进一步增强散热性能。在高功率密度条件下，通过合理搭配多种散热手段，结合封装材料、散热结构与先进冷却技术，可以有效实现热量的快速导出，提升物联网设备的整体热管理能力，确保其高效稳定运行^[3]。

5 不同电子封装材料在热管理中的表现对比

不同电子封装材料在热管理中的表现具有显著差异，主要体现在热导性能、散热效率以及材料的稳定性上。金属材料，如铜和铝，因其优异的热导率在热管理中占据重要地位。铜的热导率高，能迅速将热量从热源传导到散热器或外部环境，但其重量较大且成本较高，常用于对散热要求极高的设备中。铝虽然热导率低于铜，但重量轻、成本较低且具有良好的机械强度，广泛应用于一般电子设备的封装材料。铝材通过增大表面积或表面处理（如阳极化）可以有效提高散热效果，适用于中等功率密度的物联网设备。然而，金属封装材料的一个缺点是其易受氧化和腐蚀影响，长时间使用可能降低散热性能。

陶瓷材料在高温环境下表现出色，尤其是在

高功率密度设备中，陶瓷封装材料能够在极端条件下保持较高的热稳定性。陶瓷材料的热导率相对较低，但其耐高温、抗腐蚀的特性使其在一些高要求场合中得到应用。常见的陶瓷材料如铝氧化物（ Al_2O_3 ）和氮化铝（ AlN ），它们不仅能提供优异的热稳定性，还具有良好的电绝缘性能，适用于高频率或高压工作环境。尽管陶瓷材料的热导率较低，但通过优化封装结构与其他热导性材料的复合使用，能够有效提升散热效果。陶瓷材料的另一个优点是能够在极端环境下保持长期稳定，减少了设备维护的需求^[4]。

复合材料作为新型封装材料在热管理中展现了独特的优势。通过将不同材料结合，可以兼顾热导性能、强度、耐腐蚀性等多个方面，达到更优的散热效果。例如，石墨复合材料和碳基复合材料具有较高的热导率，同时具备较轻的重量和较好的机械性能，尤其适用于小型化、轻量化的物联网设备。复合材料的热导性能通常优于单一金属或陶瓷材料，能够在保持较低的成本的同时，满足高功率密度设备的散热需求。此外，纳米材料和石墨烯等新型材料的出现，为复合材料提供了更多选择，这些材料具有极佳的热传导性能，有望进一步提升电子封装的散热效率。通过合理设计复合材料的结构，可以实现更精确的热管理，提升物联网设备在高功率密度环境下的稳定性和可靠性。

6 提升物联网设备热管理性能的策略与前景

提升物联网设备热管理性能的策略首先从材料选择和优化入手。材料的热导率是影响热管理效果的关键因素，因此，选择具有较高热导率的封装材料至关重要。金属材料如铜和铝因其良好的热导性能，在低功率设备中得到广泛应用。然而，在高功率密度环境下，单一金属材料的散热能力有限，需要考虑材料复合化。采用复合材料、

陶瓷材料或新型纳米材料可以有效提升热导率，尤其是在复杂的工作环境中，复合材料能够在保证高热导率的同时，还具备较强的机械强度和抗热冲击性能。针对高功率密度设备，利用陶瓷材料如氮化铝（ AlN ）等，能够确保其在高温环境下长期稳定工作。此外，采用先进的热界面材料（TIMs）和导热垫片，能够有效提高热源和散热器之间的热传导效率，进一步优化热管理系统^[5]。

优化散热结构是提升物联网设备热管理性能的另一个重要策略。在高功率密度环境下，散热结构的设计直接影响设备的散热效率。例如，通过增加散热器的表面积、优化鳍片结构、采用微结构设计等手段，可以显著提高热量的传导和对流散热效果。通过对散热器进行表面处理，如阳极化或涂层处理，不仅可以提高散热效率，还能增强材料的耐腐蚀性和抗氧化能力，从而延长设备的使用寿命。此外，采用热管、热电冷却和液冷技术等先进散热手段，能够在极端环境下有效地带走设备内部的热量，确保设备的正常运行。液冷技术在高功率密度设备中逐渐得到应用，通过冷却液的循环流动，可以将热量快速带走，特别适用于高功率、高频率的物联网设备。

从未来发展方向来看，随着物联网技术的不断发展和应用场景的多样化，对热管理的要求将变得更加复杂。新型散热材料的研发，如石墨烯、碳纳米管和纳米流体等，已经成为提升热管理性能的重要研究方向。石墨烯作为一种新型的高导热材料，因其独特的微观结构，具有非常高的热导率，可广泛应用于电子封装和散热器的设计中。通过这些新型材料与现有的封装技术相结合，可以显著提升物联网设备在高功率密度环境下的散热效率。此外，随着智能化技术的发展，未来的物联网设备可能会结合自适应散热系统，通过温控传感器、智能调节散热结构的方式，动态优化设备的热管理性能，以应对不断变化的工作环境和负载需求。综上所述，提升物联网设备热管

理性能不仅需要在材料和散热技术上进行创新，还需要结合智能化、自动化的散热系统，才能在未来的物联网应用中满足更高效、更可靠的热管理需求。

物联网设备的热管理性能直接影响其稳定性和长期运行效率。通过优化电子封装材料、提升散热结构设计以及采用先进的散热技术，可以有效应对高功率密度带来的散热挑战。未来，随着新型热导材料和智能散热技术的不断发展，物联网设备的热管理性能将进一步提高，为其在更广泛的应用场景中提供可靠支持。持续创新和多技术融合的策略，将为物联网设备的高效稳定运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 徐扬扬.物联网技术在新型电力系统中的应用及数据安全分析[J].信息与电脑,2025,37(23):79-81.
- [2] 朱洪波,尹浩.智能化时代的物联网科技与产业发展分析及策略[J].物联网学报,2025,9(03):1-16.
- [3] 刘锦.物联网感知的印染助剂残留量在线监测方法[J].印染助剂,2025,42(08):73-76.
- [4] 孙春光.智慧机房运维电子信息化平台的技术实现研究[J].绿色建造与智能建筑,2025,(08):157-159.
- [5] 郑鹏,余长开,廖开友,等.电厂多维感知智能识别技术的创新应用[J].重庆电力高等专科学校学报,2025,30(03):26-30.



基于深度学习的电气自动化设备能效预测与优化研究

郭鹏泉

北京普惠职道科技发展有限公司上海分公司，上海，200120

摘要：本文聚焦于基于深度学习的电气自动化设备能效预测与优化研究。首先阐述了研究背景与意义，指出电气自动化设备能效提升对能源节约和可持续发展的重要性，以及深度学习在能效预测与优化中的潜力。接着介绍了深度学习相关理论，包括常见模型及其特点。详细探讨了能效预测方法，涵盖数据采集与预处理、模型构建与训练、模型评估与优化等环节。深入研究了能效优化策略，包括基于预测结果的优化决策、优化算法的选择与应用、优化效果的评估与反馈。通过实际案例分析，验证了深度学习在电气自动化设备能效预测与优化中的有效性和可行性。最后总结研究成果，并对未来研究方向进行了展望。

关键词：深度学习；电气自动化设备；能效预测；能效优化

Research on Energy Efficiency Prediction and Optimization of Electrical Automation Equipment Based on Deep Learning

Pengxiao Guo

Beijing Puhui Zhidao Technology Development Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai, 200120, China

Abstract: This article focuses on the research of energy efficiency prediction and optimization of electrical automation equipment based on deep learning. Firstly, the research background and significance were elaborated, highlighting the importance of improving energy efficiency in electrical automation equipment for energy conservation and sustainable development, as well as the potential of deep learning in energy efficiency prediction and optimization. Then, the relevant theories of deep learning were introduced, including common models and their characteristics. Detailed discussions were conducted on energy efficiency prediction methods, covering data collection and preprocessing, model construction and training, model evaluation and optimization, and other aspects. We conducted in-depth research on energy efficiency optimization strategies, including optimization decisions based on predicted results, selection and application of optimization algorithms, evaluation and feedback of optimization effects. Through practical case analysis, the effectiveness and feasibility of deep learning in energy efficiency prediction and optimization of electrical automation equipment have been verified. Finally, the research results were summarized and future research directions were discussed.

Keywords: deep learning; Electrical automation equipment; Energy efficiency prediction; energy efficiency optimization



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1 引言

1.1 研究背景与意义

随着工业自动化水平的不断提高,电气自动化设备在各个领域得到了广泛应用。然而,这些设备在运行过程中消耗了大量的能源,如何提高其能效成为了当前亟待解决的问题。能源是人类社会发展的重要物质基础,能源的合理利用和节约对于保障国家能源安全、促进经济可持续发展具有重要意义。电气自动化设备能效的提升不仅可以降低企业的生产成本,还能减少对环境的污染,符合可持续发展的要求。

深度学习作为人工智能领域的一个重要分支,具有强大的数据处理和模式识别能力。它能够自动从大量数据中学习复杂的模式和特征,为电气自动化设备能效预测与优化提供了新的方法和技术手段。通过深度学习模型对设备的历史运行数据进行分析 and 建模,可以实现对设备未来能效的精准预测,并根据预测结果制定相应的优化策略,从而提高设备的能效水平。

1.2 国内外研究现状

国外在电气自动化设备能效预测与优化方面的研究起步较早。一些发达国家已经将先进的智能算法应用于能源管理和设备优化领域。例如,美国某电力公司利用深度学习算法对电力负荷进行预测,通过分析历史负荷数据和天气数据等多源信息,提高了预测的准确性,从而优化了电力调度和分配,降低了能源浪费。欧洲一些国家也在工业生产中广泛应用深度学习技术,对电气自动化设备进行能效监测和优化,取得了显著的节能效果。

国内相关研究虽然起步相对较晚,但近年来发展迅速。许多高校和科研机构开展了大量的研究工作,取得了一系列成果。例如,有研究利用卷积神经网络(CNN)对变压器的运行状态进行监测和故障诊断,通过分析变压器的高频采样电压电流曲线,实现了对变压器内部绝缘老化情况

的评估,为变压器的能效优化提供了依据。还有研究将长短期记忆网络(LSTM)应用于电力负荷预测,有效捕捉了电力负荷的长期趋势和短期波动,提高了预测的精度。

1.3 研究目的与方法

本文的研究目的是利用深度学习技术实现对电气自动化设备能效的精准预测,并基于预测结果制定有效的优化策略,提高设备的能效水平。为实现这一目的,采用以下研究方法:首先,收集电气自动化设备的历史运行数据,包括能耗数据、运行参数、环境数据等;然后,对数据进行预处理,包括清洗、归一化、特征提取等操作,以提高数据质量;接着,选择合适的深度学习模型进行构建和训练,如多层感知器(MLP)、循环神经网络(RNN)、LSTM等;通过交叉验证等方法对模型进行评估和优化,确保模型具有良好的泛化能力;最后,基于预测结果制定能效优化策略,并通过实际案例验证策略的有效性。

2 深度学习相关理论

2.1 深度学习概述

深度学习作为机器学习领域的重要分支,其核心在于通过构建多层非线性神经网络模型,实现对复杂数据模式的自动特征提取与抽象表达。与传统机器学习方法依赖人工特征工程不同,深度学习通过端到端的学习框架,能够从原始数据中逐层挖掘潜在特征,形成从低级到高级的层次化表示。这种能力使得深度学习在处理高维、非线性、动态变化的数据时展现出显著优势,尤其在图像识别、自然语言处理、语音识别等领域取得了突破性进展^[1]。

深度学习模型的典型架构由输入层、隐藏层和输出层构成。输入层负责接收原始数据,输出层生成预测结果,而隐藏层的数量与结构设计则是模型性能的关键。通过增加隐藏层深度,模型能够学习到更复杂的特征组合:例如,在图像处理中,浅层网络可能仅识别边缘和纹理,而深层

网络则可组合这些特征识别物体部件乃至整体结构。这种层次化特征提取机制,使得深度学习模型具备强大的泛化能力,能够适应不同场景下的数据分布变化^[2]。

从技术实现角度,深度学习模型通过反向传播算法优化参数,结合梯度下降等优化策略最小化损失函数。为解决深层网络训练中的梯度消失/爆炸问题,研究者提出了残差连接(ResNet)、批量归一化(Batch Normalization)等技术,显著提升了模型训练的稳定性和收敛速度。此外,注意力机制(Attention Mechanism)的引入进一步增强了模型对关键特征的捕捉能力,推动了Transformer等新型架构在自然语言处理和计算机视觉领域的广泛应用^[3]。

2.2 常见深度学习模型

2.2.1 多层感知器(MLP)

MLP(多层感知器)作为深度学习领域最基础的神经网络模型,其结构简洁却功能强大,尤其适用于处理结构化数据。该模型由输入层、多个隐藏层及输出层构成,各层之间通过全连接方式交互——即每个神经元均与下一层的所有神经元相连,形成密集的参数传递网络。这种全连接特性使MLP能够自动学习输入特征间的复杂非线性关系,通过隐藏层的非线性激活函数(如ReLU、Sigmoid)实现特征空间的逐层抽象^[4]。

在电气自动化设备能效预测任务中,MLP展现出显著优势。其输入层可灵活接入多维度特征,如环境温度、设备运行时长、历史能耗序列等;隐藏层通过调整层数与节点数,可适配不同复杂度的预测场景——浅层网络适合线性关系建模,深层网络则能捕捉高阶非线性特征;输出层直接生成未来时间点的能效预测值。例如,在工业锅炉能耗预测中,MLP通过融合温度、压力、燃料流量等10余个特征,结合3层隐藏层(每层64个节点)的架构,可将预测误差控制在3%以内,为设备能效优化提供可靠依据。其可解释性与易部署性,更使其成为工业场景中深度学习应用的

入门选择^[5]。

2.2.2 循环神经网络(RNN)

RNN特别适合处理时间序列数据,在电气自动化设备能效预测中,它可以捕捉不同时间点之间的依赖关系。RNN能够通过记忆前一时刻的状态信息来预测下一时刻的能效,但普通RNN在处理长时间序列时容易出现梯度消失问题,导致无法学习到长期的依赖关系^[6]。

2.2.3 长短期记忆网络(LSTM)

LSTM是RNN的改进版本,专门设计用于处理长期依赖问题。LSTM通过引入记忆细胞和门控机制,能够保留长期依赖信息,有效解决了梯度消失问题。在电气自动化设备能效预测中,LSTM可以用来捕捉能效的长期趋势和短期波动,提高预测的准确性。例如,在电力负荷预测中,LSTM可以结合历史负荷数据、天气数据等因素,实现对未来不同时间段的用电需求的精准预测。

2.2.4 卷积神经网络(CNN)

CNN通常用于图像处理,但其卷积层可以提取局部特征,因此在处理时间序列数据时也能起到作用。在电气自动化设备能效预测中,CNN可以对设备的运行数据进行特征提取,捕捉数据中的空间和时间特征。例如,对于振动信号、电流波形等二维化后的图像数据,CNN可以通过卷积操作提取关键特征,为能效预测提供有力支持。

3 电气自动化设备能效预测方法

3.1 数据采集与预处理

3.1.1 数据采集

电气自动化设备能效预测需要收集多种类型的数据,包括设备的历史能耗数据、运行参数数据和环境数据等。历史能耗数据是模型的核心输入,反映了设备在不同时间段的能源消耗情况;运行参数数据如设备的电流、电压、功率等,可以反映设备的运行状态;环境数据如温度、湿度、风速等气象因素对设备的能效有很大影响。可以通过传感器、智能电表等设备实时采集这些数据,

并将其存储到数据库中。

3.1.2 数据预处理

原始采集的数据可能存在噪声、缺失值等问题,需要进行预处理以提高数据质量。数据清洗是数据预处理的关键步骤,旨在消除数据中的噪声和不一致性。例如,对于能耗数据中的异常值,可以通过统计分析方法进行检测和处理,如采用 Z-score 方法,将数据与均值进行比较,超出一定范围的数据视为异常值并进行修正或删除。缺失值处理常用的方法包括均值填充、中位数填充、众数填充以及使用模型预测缺失值等。此外,还需要对数据进行标准化和归一化处理,使不同量纲的数据在同一尺度上进行比较和建模,有助于加快模型训练速度并提高模型性能。

3.2 模型构建与训练

3.2.1 模型选择

根据电气自动化设备能效预测的特点和数据特征,选择合适的深度学习模型。对于时间序列数据较为复杂的能效预测任务,LSTM、RNN 等模型比较适合。例如,在预测电力负荷时,LSTM 可以更好地捕捉负荷的长期趋势和短期波动。如果数据中包含空间特征,如设备的振动信号图像数据,可以结合 CNN 和 LSTM 构建混合模型,充分发挥 CNN 的特征提取能力和 LSTM 的时间序列建模能力。

3.2.2 模型构建

以 LSTM 模型为例,构建能效预测模型。首先确定输入层的维度,根据采集的数据特征设置输入层的节点数;然后构建 LSTM 层,选择合适的隐藏层数量和节点数,隐藏层数量和节点数的选择会影响模型的复杂度和性能,需要通过实验进行调优;最后设置输出层,输出能效预测结果。可以使用 TensorFlow/Keras 等开源框架来搭建模型,以下是一个简单的 LSTM 模型构建代码示例:

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import Sequential
```

```
from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense
```

假设输入数据的形状为 (样本数量, 时间步长, 特征数量)

`input_shape = (None, 10, 5)` 这里的时间步长为 10, 特征数量为 5

```
model = Sequential()
```

```
model.add(LSTM(50,
```

```
input_shape=input_shape[1:],
```

```
return_sequences=True))
```

```
model.add(LSTM(50))
```

```
model.add(Dense(1))
```

 输出层, 预测一个能效值

```
model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
```

3.2.3 模型训练

将预处理后的数据划分为训练集、验证集和测试集,通常按照一定的比例进行划分,如 70% 用于训练, 15% 用于验证, 15% 用于测试。使用训练集对模型进行训练,通过反向传播算法调整模型的参数,使得模型的输出与真实标签之间的误差最小化。在训练过程中,可以使用验证集来监控模型的性能,防止过拟合。当模型在验证集上的性能不再提升时,停止训练。

3.3 模型评估与优化

3.3.1 模型评估

使用测试集对训练好的模型进行评估,常用的评估指标包括均方误差 (MSE)、均方根误差 (RMSE) 和平均绝对误差 (MAE) 等。MSE 衡量的是预测值与真实值之间误差的平方的平均值, RMSE 是 MSE 的平方根, MAE 衡量的是预测值与真实值之间误差的绝对值的平均值。这些指标越小,说明模型的预测精度越高。

3.3.2 模型优化

根据模型评估结果对模型进行优化。可以通过调整模型的超参数,如学习率、批量大小、层数、节点数等,来提高模型的性能。学习率控制模型参数更新的步长,过大可能导致模型不收敛,

过小则会使训练过程变慢。批量大小影响模型训练的速度和稳定性，过大可能导致模型过拟合，过小可能导致模型欠拟合。此外，还可以采用正则化技术，如 L1、L2 正则化等，防止模型过拟合，提高模型的泛化能力。集成学习方法，如 Bagging 和 Boosting，也可以用于提高模型的稳定性和预测精度，通过组合多个模型的预测结果，得到更准确的预测。

4 电气自动化设备能效优化策略

4.1 基于预测结果的优化决策

根据深度学习模型对电气自动化设备能效的预测结果，制定相应的优化决策。例如，如果预测到设备在未来某个时间段的能耗将过高，可以调整设备的运行参数，如降低设备的功率、优化设备的运行时间等。在工业生产中，可以根据能效预测结果优化生产流程，合理安排设备的启停时间，避免设备在低负载或空载状态下运行，从而减少能源浪费。

4.2 优化算法的选择与应用

选择合适的优化算法来实现能效优化。强化学习是一种常用的优化算法，它通过智能体与环境不断进行交互，从而学习到最优的决策策略。在电气自动化设备能效优化中，可以将智能体看作是设备控制系统，环境则是设备的运行状态、能源市场和用户需求等因素。通过训练深度强化学习模型，智能体可以自动地学习到在不同环境下的最优决策，如调整设备的运行参数以实现能效的最大化。例如，在电力系统中，深度强化学习模型可以根据实时电价和用户需求，优化发电设备的出力，实现电力能耗的优化。

4.3 优化效果的评估与反馈

建立优化效果评估指标体系，对能效优化策略的实施效果进行评估。评估指标可以包括能源消耗降低率、设备运行效率提高率等。通过对比优化前后的指标数据，评估优化策略的有效性。同时，将评估结果反馈到优化决策过程中，根据

反馈信息调整优化策略，形成闭环优化系统，不断提高设备的能效水平。

5 实际案例分析

5.1 案例背景

以某工业企业的电气自动化生产线为例，该生产线包含多种电气自动化设备，如电机、变频器、传感器等。这些设备在运行过程中消耗了大量的电能，企业希望通过能效预测与优化来降低能源成本，提高生产效率。

5.2 数据采集与处理

收集该生产线设备的历史能耗数据、运行参数数据和环境数据，包括电机的电流、电压、功率，变频器的频率设置，车间的温度、湿度等。对采集的数据进行清洗、归一化和特征提取等预处理操作，去除噪声和异常值，将数据转换为适合深度学习模型输入的格式。

5.3 模型构建与训练

选择 LSTM 模型进行能效预测，根据数据特征确定输入层的维度和时间步长。构建包含两个 LSTM 层和一个全连接层的模型，使用 Adam 优化器和均方误差损失函数进行训练。将数据划分为训练集、验证集和测试集，使用训练集对模型进行训练，通过验证集监控模型性能，防止过拟合。

5.4 能效优化策略实施与效果评估

根据模型预测结果，制定能效优化策略。例如，调整电机的运行频率和变频器的参数，优化生产线的运行时间安排。实施优化策略后，对优化效果进行评估。经过一段时间的运行，发现该生产线的能源消耗降低了 15%，设备运行效率提高了 10%，说明基于深度学习的能效预测与优化策略在该企业中取得了显著的效果。

6 结论与展望

6.1 研究成果总结

本文研究了基于深度学习的电气自动化设备

能效预测与优化方法。通过收集设备的历史运行数据,进行数据预处理,选择合适的深度学习模型进行构建和训练,实现了对设备能效的精准预测。基于预测结果制定了能效优化策略,并通过实际案例验证了策略的有效性。研究结果表明,深度学习技术在电气自动化设备能效预测与优化中具有显著优势,能够提高设备的能效水平,降低能源消耗。

6.2 研究不足与展望

本研究虽然取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处。例如,深度学习模型需要大量的数据进行训练,而电气自动化设备能效数据的获取可能存在一定的难度,尤其是对于一些新的或特殊的设备。此外,深度学习模型的训练过程需要较长时间,在实际应用中需要满足实时性和准确性的要求,需要在算法设计和系统优化上做出进一步改进。未来的研究方向可以集中在提高模型的解释性、降低计算成本以及开发更加高效的数据预处理方法上,以更好地满足实际应用需求。同时,可以进一步拓展深度学习在电气自动化设备能效管理领域的应用范围,如与其他领域的技术相结合,实现更全面的能源管理和优化。

参考文献

- [1] 李明,张伟,王芳.基于 LSTM-Transformer 混合模型的工业设备能效预测方法研究[J].自动化学报,2023,49(06):1234-1245.
- [2] Chen H, Liu X, Li S. Multi-modal Data Fusion for Building Energy Consumption Prediction Using Deep Learning[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2022, 18(12): 8976-8987.
- [3] 王强,赵磊,刘洋.基于深度强化学习的电气自动化系统动态优化控制[J].控制理论与应用,2023,40(03): 456-467.
- [4] Zhou Y, Wang J, Li X. Federated Learning for Cross-factory Energy Efficiency Optimization in Industrial Internet of Things[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2022, 9(15): 13456-13468.
- [5] 陈静,杨帆,吴昊.数字孪生驱动的电气自动化设备能效动态评估方法[J].计算机集成制造系统,2023,29(05):1456-1468.
- [6] Gupta A, Singh V, Kumar P. Edge Computing-Enabled Real-time Energy Optimization for Smart Grid Systems[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022, 167: 112734.



某隧道消防水池液位控制系统的升级改造与应用研究

李洪宇

浙江省交通集团高速公路绍兴管理中心, 浙江绍兴, 312400

摘要: 我国传统隧道消防水池控制系统因结构设计存在缺陷, 在实际应用中暴露出设备耐腐蚀性差、故障频率高、数据精准度不足等问题, 不仅加重了维修人员的工作负担, 也严重影响了水位监测工作的有效性, 对隧道安全运行构成潜在威胁。为解决上述问题, 本文深入分析传统隧道消防水池液位控制系统的现状及存在的问题, 结合新时代隧道安全运行的需求, 提出针对性的升级改造思路, 并详细阐述改造后的系统在实际中的应用情况, 旨在为提升隧道消防水池液位控制的可靠性与智能化水平提供参考。

关键词: 隧道; 消防水池; 液位控制; 系统改造; 智能化应用

Research on the Upgrading and Application of the Liquid Level Control System for Fire Water Tanks in a Tunnel

Hongyu Li

Zhejiang Provincial Communications Group Expressway Shaoxing Management Center, Shaoxing, Zhejiang 312400, China

Abstract: Due to structural design flaws, the traditional fire water tank control system for tunnels in China has exposed problems such as poor corrosion resistance of equipment, high failure frequency, and insufficient data accuracy in practical applications. These issues not only increase the workload of maintenance personnel but also seriously affect the effectiveness of water level monitoring, posing a potential threat to the safe operation of tunnels. To address these problems, this paper deeply analyzes the current situation and existing issues of the traditional tunnel fire water tank liquid level control system, and in combination with the requirements of tunnel safe operation in the new era, proposes targeted upgrade and transformation ideas. It also elaborates in detail on the application of the transformed system in practice, aiming to provide a reference for improving the reliability and intelligence level of tunnel fire water tank liquid level control.

Keywords: Tunnel; Firewater Tank; Level Control; System Renovation; Intelligent Application

隧道作为交通基础设施的重要组成部分, 其安全运行直接关系到人民群众的生命财产安全。消防系统是隧道安全保障体系中的关键环节, 而消防水池作为消防系统的核心储水设施, 其液位控制的稳定性与精准性尤为重要。

随着我国交通事业的快速发展, 隧道建设规模不断扩大, 对消防水池液位控制的要求也日益提高。传统的隧道消防水池液位控制系统由于技术相对落后、结构设计不合理等原因, 已难以满足新时代隧道安全运行的需求。设备腐蚀、故障



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



频发、数据传输滞后等问题频发,不仅增加了运营成本,也给隧道安全埋下了隐患。因此,对传统隧道消防水池液位控制系统进行升级改造,引入先进技术提升其智能化、自动化水平,成为当前隧道运营管理中的重要课题。

本文围绕隧道消防水池液位控制系统的升级改造展开研究,首先剖析传统系统的现状及问题,在此基础上提出改造思路,然后介绍改造后的系统结构、功能及应用实践,最后总结改造效果并展望未来发展方向,为相关工程实践提供理论支持和技术参考。

1 原有隧道消防水池液位控制系统现状

1.1 设备耐腐蚀较差

在我国众多隧道的消防水池液位控制系统中,设备腐蚀是普遍存在的问题。以某隧道为例,其消防水池液位控制系统在长期使用后,设备表面出现了严重的腐蚀现象,部分部件甚至出现了破损。这一现象的产生,主要与液位控制部件的工作环境密切相关。

液位控制部件中的传感器、控制器等核心组件需要长期与水接触,而隧道消防水池的水体并非纯净的自来水,往往含有一定量的杂质和矿物质,这些物质会对金属部件产生化学腐蚀。

设备的腐蚀不仅会影响液位控制系统的物理性能,导致设备外壳变形、密封性能下降等问题,更会对内部的传感器等敏感部件造成严重危害。传感器一旦被腐蚀,甚至会出现失灵的情况,使得液位控制系统无法准确监测水位变化,难以满足正常的工作需求^[1]。

1.2 故障频率较高

传统隧道消防水池液位控制系统的故障频率较高,给隧道运营管理带来了诸多不便。从系统结构来看,该控制系统内部包含众多节点,涉及

传感器、控制器、传输线路、执行机构等多个部件。任何一个部件出现问题都可能导致整个系统故障。

在实际使用过程中,环境因素是导致系统故障的重要原因。隧道内部环境复杂,存在着振动、粉尘、高温等多种不利因素。长期的振动会导致部件之间的连接松动,影响信号传输和动力供应;高温环境则会加速电子元件的老化,缩短其使用寿命。

传统液位控制系统的稳定性较差,频繁的故障不仅需要维修人员进行多次修缮,增加了人力成本和维修费用,给企业造成一定的经济损失,还会影响水位监测工作的连续性和准确性,不利于隧道消防系统的正常运行^[2]。

1.3 数据不精准

数据的精准性是液位控制系统有效工作的前提,然而传统隧道消防水池液位控制系统在数据收集和处理方面存在明显不足,导致数据不精准的问题较为突出。

在水位监测过程中,水面波动是影响数据准确性的重要因素。当隧道内部车辆行驶引起震动,或水池进水、出水时,水面会产生波动,传统的液位传感器难以快速适应这种变化,容易出现虚假数据。另外,电磁干扰可能导致数据传输错误、信号丢失等问题,最终使系统输出的数据出现错乱^[3]。

1.4 无法实时上传数据

传统隧道消防水池液位控制系统在数据传输方面存在明显的滞后性,无法实现数据的实时上传,这与新时代隧道信息化管理的需求严重不符。

在系统设计之初,由于技术条件的限制,部分液位控制系统没有充分结合现场的实际使用情况进行综合考量,其数据监控主要依赖于现场监控室或本地监控室。当出现水位异常时,不能迅

作者简介:

李洪宇,男,1975.10.11,汉,嵊州,经济管理本科,工程师,隧道运行管理。

速做出反应,延误了处理时机,对隧道的安全运行构成潜在威胁^[4]。

1.5 抗干扰能力较差

传统隧道消防水池液位控制系统的抗干扰能力较差,影响了系统的稳定性和数据的准确性。部分消防水池距离配电室或者监控室较远,为了实现对液位的控制和监测,需要铺设较长的高压线路。长距离的高压线路会产生较强的电磁感应,干扰液位控制系统的信号传输,导致设备读取的数据存在差异性。

当受到外界条件影响时,如雷雨天气的电磁干扰、附近电气设备的启停等,液位控制系统的数据会出现不准确的情况,影响管理人员对消防水池水位的判断,不利于隧道消防工作的开展^[5]。

2 隧道消防水池液位控制系统改造思路

2.1 技术可靠性

技术可靠性是隧道消防水池液位控制系统改造升级的首要原则。在改造过程中,应充分利用新兴技术,如物联网技术、传感器技术、自动化控制技术等,实现系统的自动控制、自动报警以及自动调整水位等功能,提高系统的运行效率和可靠性,确保隧道的安全运行。

物联网技术的应用可以实现液位控制系统与管理平台的无缝对接,通过在消防水池内部及周边部署传感器节点,实时采集水位、温度、湿度等环境参数,并将这些参数通过无线网络传输到数据中心。

传感器技术的升级是提高系统可靠性的关键。应选用高精度、高稳定性、耐腐蚀的传感器,确保其在恶劣环境下能够准确测量水位变化。同时,采用冗余设计,当某个传感器出现故障时,系统能够自动切换到备用传感器,保证数据采集的连续性。

自动化控制技术的应用可以实现水位的自动调整。通过将传感器采集到的水位数据与预设的阈值进行比较,控制系统能够自动控制上水装置

和排水装置的运行,使消防水池的水位始终保持在合理范围内。

2.2 功能完备性

功能完备性是指在系统改造升级过程中,应确保系统具备参数修改、查询汇总以及运算分析等多种功能,通过物联网传感器结合现场实际情况实时分析各类数据信息,为隧道消防管理提供全面的支持。

运算分析功能是系统智能化的重要体现。通过对传感器采集到的数据进行深入分析,可以预测水位的变化趋势,提前发现潜在的问题。当预测到水位可能超出阈值时,提前发出预警,便于管理人员采取预防措施。

2.3 可拓展性

可拓展性是确保隧道消防水池液位控制系统能够适应未来发展需求的重要保障。在改造过程中,技术人员应在原有系统设计的基础上,采用模块化的设计理念,为系统预留足够的扩展接口和空间,以便根据实际需求增添新的计算模块、功能模块或设备,拓宽原有系统的功能种类。

模块化设计使得系统的各个功能模块相对独立,彼此之间通过标准化的接口进行连接。当需要增加新功能时,只需开发相应的模块并将其接入系统即可,无需对整个系统进行大规模的改造,降低了系统升级的成本和难度。

随着隧道管理需求的不断变化,液位控制系统可能需要与其他系统进行集成。具备良好可拓展性的系统能够方便地实现与这些系统的数据共享和联动控制,提高隧道管理的智能化水平。

2.4 操作便捷

操作便捷性是提高隧道消防水池液位控制系统使用效率的重要因素。在系统改造升级过程中,技术人员应利用模块化部件实现系统对水位高度的实时监测功能,同时确保液位控制器的模块化设计,便于故障维修工作的顺利开展。

模块化的液位控制器由多个独立的功能模块组成,只需更换相应的模块即可完成维修,大大

缩短了维修时间,提高了系统的可用性。

在人机交互设计方面,应采用直观、简洁的操作界面,如触摸屏、按键等,使工作人员能够轻松掌握系统的操作方法。系统应具备完善的帮助功能和故障提示功能,当工作人员遇到操作问题或系统出现故障时,能够及时获得指导和提示。

3 隧道消防水池液位控制系统改造应用实践

3.1 整体结构

随着我国社会经济以及科学技术的快速发展,隧道科技攻坚人员在原有消防水位智能声光报警器的基础上,充分融合物联网技术以及数控技术,构建了具有三位一体管控效能的新型隧道消防水池液位控制系统。

从整体结构来看,该智能自动补偿报警器主要由水位显示器、传感器、传输电缆、水位补偿装置、数据中心和管理平台等部分构成。水位显示器安装在现场监控室或管理人员便于观察的位置,实时显示消防水池的水位高度,方便工作人员直观了解水位情况。

传感器是系统的数据采集核心,采用高精度、耐腐蚀的液位传感器,安装在消防水池内部合适的位置,能够准确测量水位的变化情况。传感器具有良好的稳定性和抗干扰能力,能够在潮湿、恶劣的环境下长期可靠工作。

数据中心是系统的数据处理和存储中心,采用高性能的服务器和数据库,能够对传感器传输的数据进行实时处理、分析和存储。数据中心还具备数据备份和恢复功能,确保数据的安全性和完整性。

3.2 功能分析

3.2.1 实时记录数据

实时记录数据是该改造后系统的核心功能之一。通过在消防水池内部合理安放多个水位传感器,能够实时监测消防水位的变化情况,并将采集到的数据通过传输电缆或无线传输技术实时传

输到数据中心。

数据中心接收到数据后,会对其进行处理和分析,剔除异常数据,并按照预设的格式进行存储。系统可以记录水位的瞬时值、平均值、最大值、最小值等多种参数,并生成水位变化曲线和报表,为管理人员提供全面、准确的水位数据资料。

实时记录数据功能不仅为管理人员提供了决策依据,还便于对消防水池的运行情况进行追溯和分析。通过对历史数据的研究,可以总结水位变化的规律,预测未来的水位趋势,为消防水池的维护和管理提供科学指导。

3.2.2 快速反应

该系统配备了智能声光报警器,当消防水池水位达到最高警戒位置或最低警戒位置时,系统能够快速做出反应,触发智能声光报警器工作。报警器由蜂鸣器和警示灯组成,蜂鸣器会发出响亮的报警声音,警示灯则会发出闪烁的灯光信号,及时提醒隧道值班人员水位出现异常情况。

值班人员接收到报警信号后,可以通过管理平台查看详细的水位信息和异常情况,第一时间采取相应的处理措施。当水位达到最低警戒位置时,值班人员可以检查上水装置是否正常工作,及时启动上水装置进行补水。

快速反应功能大大缩短了从水位异常到人员处理的时间间隔,提高了系统的应急处理能力,有效避免了因水位异常而引发的安全事故。

3.2.3 水位自动补偿

为了应对消防水池水位变化的不确定性,确保水位始终处于合理范围内,该系统设计了水位自动补偿功能。水位自动补偿装置能够根据预设的水位阈值自动控制上水装置的运行,实现水位的自动调节。

系统预设的最高水位阈值为 3.4 米,最低水位阈值为 3.2 米。当水位传感器检测到消防水池水位深度超过 3.4 米时,数据中心会发出指令,控制水位补偿装置中的上水装置停止自动注水;

当水位深度低于 3.2 米时，数据中心则会发出指令，启动上水装置自发注水。

通过水位自动补偿功能，能够确保消防水池的水位始终保持在 3.2 米至 3.4 米之间，使隧道消防水管始终处于正常压力值范围内，保障消防系统在火灾等紧急情况下能够正常供水，提高隧道的消防安全保障水平。

3.3 优化措施

由于隧道区域本身具有环境复杂、条件恶劣的特点，消防水池水位管理工作的质量直接影响隧道的安全运行。为了进一步确保系统改造后各项工作的开展质量，需要采取一系列优化措施。

建立健全的检查制度，要求相关人员定期对系统进行检查。检查内容包括传感器的测量精度、传输线路的连接情况、水位补偿装置的运行状态、数据中心的工作情况等，防止故障扩大。

综上所述，新时代下为了进一步满足隧道安全运行需求，有关人员利用物联网等新兴技术对原有隧道消防水位液位控制系统进行升级改造。

不仅能够实现实时监测功能，还能结合水位升降情况进行自动控制。隧道消防水池液位控制系统改造与应用实践为隧道安全管理提供了有力保障，为我国隧道事业发展贡献力量。

参考文献

- [1] 杨晓珂,杨海峰,杜晓兵. 长大隧道高位水池液位监控系统的设计与实现[J]. 筑路机械与施工机械化, 2018,35(3):119-123.
- [2] 樊浩. 超高层建筑消防转输水泵控制设计探讨[J]. 建筑电气,2021,40(11):35-39.
- [3] 孔生,赵胜,于祥周. VPN 网络在水厂井群控制和水池调蓄中的闭环应用[J]. 城镇供水,2022(2):63-65, 75.
- [4] 刘政,李进,桂波,等. 高位收水冷却塔循环水系统过渡过程运行分析[J]. 河北电力技术,2021,40(6):38-41.
- [5] 赵素玲. 基于三菱 FX2N PLC 控制的液位自动控制系统设计[J]. 河北农机,2021(9):54-55.

SEO技术在社交媒体营销中的应用 ——以小红书平台为例

郑 燕, 张太极, 宋京龙*

韩国东新大学经营学系, 韩国全罗南道罗州, 58245

摘要: 随着数字营销的迅猛发展, SEO 技术正从传统的网页搜索向社交媒体平台全面渗透, 成为品牌获取精准流量、占领用户心智的核心手段。依托小红书平台, 探究 SEO 技术在其营销生态中的实践路径。小红书 SEO 已从单一的关键词匹配升级为多维度的价值评估体系, 算法权重向内容价值、用户行为质量、账号权威性深层次指标倾斜。通过构建“关键词战略—内容优化—账号矩阵”三位一体的应用模型, 品牌能够有效提升搜索排名、增强用户互动、实现高效转化, 这为社交媒体时代的 SEO 理论发展提供了新视角, 为品牌在小红书平台的精细化运营提供了可操作的实践路径。

关键词: SEO; 社交媒体; 小红书; 内容营销; 算法

Application of SEO Technology in Social Media Marketing: A Case Study of the Xiaohongshu Platform

Yan Zheng, Taiji Zhang, Gyung-Yong Song

Department of Business Administration, Dongshin University, Naju, Jeollanam-do, Korea 58245

Abstract: With the rapid development of digital marketing, SEO technology is expanding from traditional web search to social media platforms, becoming a core tool for brands to capture targeted traffic and engage user attention. Based on the Xiaohongshu platform, this study explores the practical implementation of SEO technology in its marketing ecosystem. SEO on Xiaohongshu has evolved from simple keyword matching to a multi-dimensional value assessment system, with algorithmic weight increasingly shifting toward deeper indicators such as content value, user behavior quality, and account authority. By constructing an integrated application model encompassing "keyword strategy - content optimization - account matrix" brands can effectively improve search rankings, enhance user interaction, and achieve efficient conversion. This study provides a new perspective for the development of SEO theory in the social media era and offers actionable pathways for the refined operation of brands on the Xiaohongshu platform.

Keywords: SEO; social media marketing; Xiaohongshu; content marketing; algorithm

1 引言

当下, 消费者行为模式正经历着深刻变迁, 社交媒体营销已从辅助性传播渠道演变为品牌运营的核心阵地。截至 2025 年 10 月, 中国主流社

交媒体平台用户规模突破 11.49 亿, 月人均使用时长达到 3367.6 分钟^[1]。用户粘性的提升不仅反映了平台内容生态的繁荣, 更揭示了搜索行为在社交媒体中的重要性与日俱增。从传统意义上看, SEO 主要针对 Google 谷歌、Baidu 百度、Sogou



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



搜狗、Bing 必应等通用搜索引擎，通过优化网站结构、关键词布局、链接设置等技术手段提升网页在搜索结果中的排名。在社交媒体平台内部搜索功能日臻完善的今天，社交媒体 SEO 已成为独立且重要的内容营销赛道。

小红书作为中国最具代表性的“种草”平台，其独特的生态特性为 SEO 技术应用提供了丰富的研究场景。平台官方数据显示，截至 2025 年 8 月底，小红书月活跃用户已超过 3.5 亿，其中，每月寻求购买的用户达到 1.7 亿，这意味着近 50% 的用户会因平台内容产生消费决策^[2]。小红书以“标记我的生活”为定位，凭借“搜索+推荐”双轮驱动流量分发机制，构建生活化、实用化、形象化的知识分享场景，内容聚焦生活感悟、经验心得、时尚教程与美学鉴赏^[3]。用户在平台内通过搜索获取信息、寻找产品、学习知识，使得 SEO 布局成为品牌抢占流量入口、触达精准用户的战略性举措。从“被动推荐”到“主动搜索”的用户行为转变，不仅改变了内容分发的逻辑，更重塑了品牌与消费者之间的沟通方式。

2 文献综述与理论基础

2.1 从传统SEO到社交媒体SEO的范式转变

传统 SEO 理论经过二十余年的发展，已形成相对成熟的技术体系。早期研究主要集中在技术性优化领域，通过对网站的结构、标签、排版等各方面的优化，使搜索引擎更容易搜索网站的内容，从而获得更好的排名^[4]。随着搜索引擎算法的智能化，研究重点逐渐转向内容质量评估，Google 谷歌于 2014 年发布的《Search Quality Rater Guidelines》，首次提出 E—A—T 框架（Expertise

专业度、Authoritativeness 权威度、Trustworthiness 可信度），用于内部评估搜索结果质量的标准，深刻影响搜索算法的优化方向。2022 年，Google 在 E—A—T 基础上增加了第 4 个要素 Experience（经验），扩展为 E—E—A—T 框架，扩展后的框架更加强调内容创作者的第一手经验和真实体验在评估内容质量中的重要性^[5]。研究框架的迭代指向了一个核心转变：SEO 从技术驱动转向为价值驱动，从满足算法规则转向为满足用户需求。

社交媒体上的搜索行为，亦称为“社会化搜索”，用户依托社交媒体平台，通过搜索获取高质量信息^[6]。与网页搜索不同，社交媒体搜索具有鲜明的平台特性。首先，搜索场景更加具象化，用户带着明确的消费决策、生活问题或兴趣探索需求进行搜索。其次，内容形式高度多元化，图文笔记、短视频、直播、产品详情页等内容形态对 SEO 技术提出了差异化的优化要求。最后，用户行为数据成为排名关键要素，用户通过阅读、点赞、收藏、评论、转发等行为参与信息反馈，数据直接反映内容价值与用户认可度^[7]。

2.2 小红书内容营销的特殊性

小红书作为“种草经济”的发源地，其营销生态具有三个显著特征，这些特征深刻影响着 SEO 技术的实施。

2.2.1 信任传递的社群机制

小红的本质是基于真实体验的内容社区，用户对“真实体验类内容”的信任度比硬广高出 83%^[8]。这种信任及议程设置并非由平台完全控制，而是由算法推荐、品牌账号、普通用户、KOL、KOC 等多元主体共同参与形成^[9]。这意味着 SEO 策略需要超越单纯的产品推销，营造真实、深入、

作者简介：

郑燕，女，湖北黄冈，经营学专业在读博士生，研究方向为平台运营管理、项目管理。

张太极，男，辽宁铁岭，经营学专业在读博士生，研究方向为内容营销、媒介经营与管理。

*通讯作者：

宋京龙，男，韩国，经营学专业教授、博士生导师，研究方向为传媒经营、管理战略，E-mail: gysong@dsu.ac.kr。

有价值的内容体验。

2.2.2 “搜索+推荐”的双重流量逻辑

“搜索流量”体现了用户的主动表达需求，具有高意向、高转化的特点；“推荐流量”则依赖算法的兴趣匹配，实现需求的激发与拓展。小红书倾向于搜索功能的社区互动推荐，流量的获取与控制权分配以平台规则下数据流动中的节点反馈为依据^[10]。成功的 SEO 策略需要兼容两种流量逻辑：通过关键词优化连接主动搜索用户，通过提升内容质量获得算法推荐，形成流量闭环。

2.2.3 情绪价值的核心地位

无论销售一件产品还是开启一段人际关系，都应提供令人愉悦的情绪体验^[11]。79%的小红书用户将“情绪满足”列为消费决策的重要因素，超越产品设计、价格等功能性价值，成为仅次于产品品质的消费偏好^[12]。产品不仅需要解决功能痛点，更需要提供情感慰藉、身份认同、美好生活方式表达等深层价值。SEO 内容优化需融入情绪洞察，从功能描述升级为情感共鸣与价值传递。

尽管现有研究在社交媒体营销、内容优化、算法机制等方面积累了丰富成果，但在小红书 SEO 的系统性研究上仍存在着不足，缺乏从算法原理到操作策略的完整理论框架，难以指导品牌根据自身特性制定针对性方案。本文的创新之处在于构建了小红书 SEO 的四维策略模型，将关键词战略、内容价值优化、账号矩阵布局整合为有机体系，提出行业适配的差异化路径，针对美妆、家居、快消、生活服务等不同行业特性，设计具有针对性的 SEO 实施框架。

3 小红书平台生态解构：SEO实施环境

3.1 用户画像与搜索行为特征

小红书用户群体的高度特异性决定了 SEO 策略必须精准匹配其需求偏好与行为习惯。小红书用户具有三个关键特征：年轻化、女性主导、高线城市集中。SEO 的关键词选择、内容调性、视觉呈现都应围绕这一核心群体的审美偏好与生

活方式展开。用户搜索行为具有显著的场景化与决策化特征。小红书用户使用目的中，获取信息位居首位，学习新知和购物消费紧随其后，“信息获取—学习—消费”的行为链条，使得搜索成为用户决策过程中的关键环节。值得注意的是，用户不仅搜索产品名称，更搜索使用场景、问题解决方案、对比评测等长尾词条，这体现了用户对具体场景解决方案的强烈需求。

3.2 内容生态与种草机制

小红书的内容生态建立在 UGC 与 PGC 的融合基础之上。UGC 与 PGC 有效协同，提高平台内容扩散的广度，赋予了小红书内容价值的核心逻辑——场景代入感与实用指导性。成功的“种草”内容往往不是简单的产品推销，而是通过真实的使用场景、详细的操作步骤、可视化的效果对比，让用户产生“我也需要”的心理投射。从内容形式演变看，视频笔记占比持续提升。视频笔记优势在于更强的在场感与信息密度，尤其是教程类、体验类、展示类内容，能够更清晰完整地展现产品使用过程与效果。图文笔记在信息结构化、快速浏览、深度阅读方面仍具有重要的价值。品牌需要根据产品特性、目标客户群体、营销目标，灵活选择内容形式。

3.3 流量分发算法机制

理解小红书算法机制是 SEO 成功的前提与基础。小红书流量分发的四阶段模型依次为智能审核、初始流量池测试、流量裂变、长尾推荐周期^[13]。在智能审核阶段，AI 模型在 5 秒内自动扫描笔记，违禁词库匹配度>80%直接限流；初始流量池根据账号权重给予 50—1200 不等的曝光量，核心影响因子包括领域垂直度、以往笔记互动率、账号信用分；流量裂变阶段设置明确的晋级标准，如美妆类笔记需要点赞率>3%与收藏率>1.5%同时满足，才能进入中级流量池；长尾推荐周期则根据内容质量评级，S 级干货型笔记推荐周期可达 180 天以上。

4 SEO技术在小红书营销中的应用策略体系

4.1 关键词战略：从红利挖掘到场景化布局

关键词是连接用户需求与品牌内容的桥梁。在小红书 SEO 中，关键词战略需要开展三个层级的系统性布局：头部词占位、中长尾词深耕、场景词拓展。红利词挖掘是关键词战略的起点，借助智能化工具分析行业热词，寻找“搜索量高但笔记少”的高种草红利关键词，提前布局能够获得先发优势。中长尾词深耕是转化效率的关键。中长尾词的背后蕴藏着用户强烈的搜索意图，往往处于决策后期，转化率高于普通关键词。品牌需要针对用户认知阶段、考虑阶段、决策阶段等不同阶段布局关键词。场景化组合是提升点击率的创新路径。核心词与时间、人群、场景的组合模式，能够精准匹配用户的即时需求。此外，颜文字的使用不仅提升视觉吸引力，更能强化场景感知。

4.2 内容价值优化：超越关键词密度的变革

小红书的算法不再紧紧聚焦于“关键词密度考核”，而是转向为“内容价值评估”。这意味着单纯的关键词堆砌不仅无效，反而可能引起算法处罚。内容价值优化需要从以下两个维度系统提升。信息增量是价值的基石，测评类笔记需包含成分解析、实测数据、对比图；教程类内容需明确步骤、工具、结果；专业度构建信任壁垒，专业度不仅体现在知识的深度，还体现在视角的独特性与分析的严谨性，应避免生硬的参数罗列，而是将专业知识转化为用户可理解、可操作的实用建议。

4.3 账号矩阵与权重管理

单一账号受限于内容覆盖与权重积累，账号矩阵是品牌系统性布局小红书 SEO 的主要策略。其中，品牌形象号承担价值传递与认知建立功能，围绕“品牌理念、品牌故事、品牌价值观”展开内容，不直接推销产品，但通过价值传递建立用

户信任，为后续产品曝光铺垫“认知基础”；产品介绍号是矩阵的核心输出账号，回应用户“产品是什么、有什么用、怎么用”的疑问，内容以用户视角呈现，围绕产品的核心卖点、使用场景、差异化优势展开；优惠促销号推动最终转化，承接流量价值，内容围绕限时优惠、专属福利、购买攻略展开。

5 挑战、对策与未来展望

5.1 实践中的主要挑战

尽管小红书 SEO 提供了巨大的增长机会，品牌却面临着多方面的挑战，需要系统性的应对策略。

5.1.1 算法迭代的不确定性

小红书算法平均每季度进行一次版本更新，会重置部分内容权重参数，这种快速迭代要求品牌建立持续的学习与适应机制。

5.1.2 内容同质化与创新疲劳

同一品类下越来越多的品牌入驻小红书，相似的文案内容模板、海报构图方式、视频拍摄手法导致用户审美疲劳，用户更钟意于有趣、有深度、有新鲜感的内容体验。然而，创新意味着更高的创作成本与试错风险，如何在效率与创新之间寻求平衡成为难题。

5.1.3 高度警惕合规风险与平台处罚

小红书对硬广的排斥度较高，图片存在二维码会被系统自动过滤，AIGC 内容未标注者影响推荐，未持证科普医疗健康类内容触发惩罚……这些合规要求无疑增加了内容营销的复杂性与成本。

5.1.4 数据洞察与挖掘的局限

对于中小品牌而言，数据获取成本与解析门槛依然较高。跨平台转化追踪存在数据断层，难以准确衡量 SEO 投入的实际 ROI。此外，用户隐私保护政策的加强，使得个体行为追踪变得更加困难。

5.2 系统性应对策略

面对上述挑战,品牌需要构建多层次、动态化、风险可控的 SEO 运营体系。

5.2.1 建立算法监测与快速响应机制

组建专门的算法研究小组,定期分析小红书平台官方公告、行业研究报告、头部账号变化趋势,提前预判算法调整方向。当算法更新导致流量下滑时,避免盲目调整,而是通过数据诊断确定具体影响因素,进行针对性优化。

5.2.2 构建核心模板与创新实验相结合的内容生产体系

80%的内容采用经过验证的高效模板,维持稳定的内容输出;20%的内容进行创新实验,探索新的内容形式、叙事风格、视觉呈现手法。建立热点响应小组,在热搜出现后 2 小时内发布相关笔记,推动笔记进入热点初级流量池。

5.2.3 建立三级审核制度

依次为创作者自审、运营初审、合规终审。严禁使用广告违禁词;对于 AIGC 内容,明确标注来源并适当进行人工降重;定期参加平台官方培训,获取流量扶持资格,及时了解规则变化^[14]。

5.2.4 深化数据驱动

借助智能化工具,优化投放策略,打通小红书数据与电商平台、CRM 系统、线下门店数据,构建全链路转化追踪模型。不仅关注过程性指标,更注重结果性指标。

5.3 未来发展趋势展望

基于当前的技术演进与市场变化,小红书 SEO 将呈现三个重要发展趋势,品牌需要提前布局以适应未来的竞争环境。

5.3.1 一 AI 智能化工具的全流程渗透

人工智能技术正在重塑小红书 SEO 的各个环节:在洞察阶段,AI 工具自动识别属性词和情感词背后的用户需求;在生产阶段,AI 工具自动生成符合搜索热度的标题及正文结构;在优化阶段,AI 工具自动识别爆款内容特征、用户情感趋势、热门话题走向。未来,“AI 创作+人工润色+智能投放”将成为 SEO 标准作业流程。

5.3.2 多模态内容 SEO 的权重提升

随着短视频、直播、H5、AR/VR 等内容形式的发展,多模态内容优化将成为 SEO 技术的新落脚点。短视频 SEO 需要同步优化语音文本、画面关键帧、视频弹幕等信息;直播 SEO 需要优化标题关键词、预告内容、互动设计;H5 SEO 需要优化语义化标签、动画设计、页面交互;AR/VR 沉浸式体验的 SEO 规则尚在探索中。

5.3.3 价值深挖与圈层精细化运营

小红书内容营销将从“广撒网”转向“深挖井”,通过深度情绪洞察绑定高价值用户圈层。SEO 策略不仅要匹配关键词,还要匹配用户的情绪状态、身份认同、圈层文化,针对细分圈层,契合相应的文案调性、视觉风格、互动方式。圈层化 SEO 意味着更高的内容专业度要求,同时带来更高的忠诚度与转化率。

6 结语

本文通过理论构建、策略运用、趋势预测的多层次分析,系统阐述了 SEO 技术在小红书社交媒体营销中的应用逻辑与实践路径。SEO 技术的实施需要系统化的策略支撑,孤立的内容优化难以在竞争激烈的互联网环境中扭转乾坤。品牌依托“关键词战略—内容优化—账号矩阵”三位一体的应用模型,捕获精准流量,提升内容价值,覆盖用户购买决策过程。在由“搜索”与“推荐”双轮驱动的小红书内容生态中,SEO 已从可选的技巧升级为必备的战略。那些能够深刻理解平台运营逻辑、拥有内容营销优化能力、持续适应环境变化的品牌,将在社交媒体营销的场域中赢得持久的竞争力。

参考文献

- [1] QuestMobile 公众号.QuestMobile2025 年新媒体生态盘点:五大平台月活用户达 11.49 亿,多元内容与算法技术差异化竞争,年轻用户更爱跨平台[EB/OL].
<https://mp.weixin.qq.com/s/X3ECdBgH8aFu6cFKdlz>

- ODw,2025-12-16.
- [2] 北京商报百家号.小红书月活跃用户已超过 3.5 亿[EB/OL].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1841796676516419260>,2025-08-29
- [3] 闫文静,蔡梦麒.算法时代的知识传播变革:短视频平台的生态重构与治理路径研究[J/OL].新闻爱好者,1-6[2025-12-18].<https://doi.org/10.16017/j.cnki.xwzh.20251217.002>.
- [4] 刘军.中小企业网络营销中的 SEO[J].商场现代化,2007,(23):113-114.
- [5] Semrush 官网.Google E-E-A-T: What It Is & How It Affects SEO[EB/OL].<https://www.semrush.com/blog/eeat/>,2024-07-22.
- [6] 梁少博,陈韵怡,任檐雨.社交媒体 APP 用户的移动搜索行为研究: 情境、策略与路径[J].图书情报知识,2022,39(06):133-142.
- [7] 胡广伟,贺荒兰.政务服务智能化演进: 用户行为数据的视角[J].情报学报,2025,44(11):1458-1469.
- [8] 叁媒介传媒.叁媒介传媒: 产品曝光在小红书平台的矩阵输出策略[EB/OL].<https://www.adquan.com/article/356533>,2025-10-31.
- [9] 丁蕊.平台化与再创造性: 小红书多元主体的网络议程设置研究[J].新闻界,2025,(04):69-82.
- [10] 刘冬璐,潘可武.在情动与商业理性之间: 短视频博主情感网络的结构与形塑逻辑[J].新闻与写作,2025,(12):94-105.
- [11] 汤拥华.情绪价值、微短剧与“后艺术时代”的情感结构[J].探索与争鸣,2024,(12):17-20.
- [12] 辰木互动.辰木首发《2025 情绪营销白皮书》高效复用! 3 大核心策略玩转情绪百亿情绪市场[EB/OL].<https://mp.weixin.qq.com/s/F6r1WVDHHw16cM7o21K26w>,2025-06-16.
- [13] 新榜有赚.小红书流量分发全解析: 从算法机制到账号权重优化指南[EB/OL].<https://a.newrank.cn/trade/news/1474>,2025-03-21.
- [14] 脉脉.2025 年小红书 SEO 排名新规则深度解析与应对策略[EB/OL].https://maimai.cn/article/detail?fid=1883603919&efid=_XXkUHPkU27XDr16rPyXNA,2025-08-06.



控制阀常见故障分析及性能优化研究

李慧彦

航天氢能新乡气体有限公司，河南新乡，453244

摘要：控制阀在工业自动化系统中，应用范围广泛。本文针对控制阀在实际应用中常见故障进行深入分析，从工作原理、分类、故障现象及原因等方面展开探讨，并提出相应的解决措施。同时，对控制阀的未来发展趋势进行展望，旨在为提高控制阀的运行可靠性和性能优化提供理论依据和实践指导。

关键词：控制阀；常见故障；性能优化；发展趋势

Analysis and Performance Optimization Research on Common Faults of Control Valves

Huiyan Li

Aerospace Hydrogen Energy Xinxiang Gas Co., Ltd, Xinxiang Henan 453244, China

Abstract: Control valves are widely used in industrial automation systems. This article conducts an in-depth analysis of common faults in practical applications of control valves, discussing their working principles, classifications, fault phenomena, and causes, and proposes corresponding solutions. Furthermore, it provides an outlook on the future development trends of control valves, aiming to offer theoretical foundations and practical guidance for improving the operational reliability and performance optimization of control valves.

Keywords: Control valves; Common faults; Performance optimization; Development trends

控制阀在整个工业自动化系统中，属于关键执行元件，其应用广泛，在石油、化工、电力、冶金等各个行业都发挥着重要作用。控制阀的运行可靠性与正确选型、正确安装及良好维护密切相关，并与整个生产过程能否安全稳定运行以及产品质量密切相关。在实际应用中，控制阀常常会因各种因素出现各种故障，给系统正常运行带来不良影响。鉴于此，做好控制阀常见故障分析，进而采取有效的解决措施，同时关注其性能优化和未来发展趋势，具有重要的现实意义。

1 控制阀的工作原理

控制阀主要包括两个部分：阀体和执行机构。

其中，前者是控制阀的核心部件，阀门关闭时，阀芯与阀座密切结合，阀腔通道封闭，当阀芯通过旋转或位移，与阀座间形成通道，介质方可流过，从而控制介质的流动或停止，而通过控制阀芯的位置，可实现节流面积变化，控制介质的流速，进而控制装置被控对象的压力、流量、温度、物位等，实现调节目的^[1]。因为阀体与介质直接接触，因此其材料和结构需要根据介质的物理特性和化学特性进行合适的选择。后者对控制阀来说是驱动装置，而驱动装置是依据控制信号的数值而产生相对应的驱动力，这种驱动力，会带动阀杆进行旋转或位移，从而实现控制阀的阀芯角行程或直行程的运动。控制阀接收的动作指令是



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



来自于控制系统的信号（一般是电流信号或电压信号），这些信号，通过信号转换器的作用，转换为控制阀门的开度信号^[2]。在开度信号控制下，执行器会驱动阀门实现对流体的有效控制。从流量特性来说，包括直线特性、等百分比特性、快开特性、抛物线特性；信号反馈的方式则包括机械反馈、电气反馈等，通过共同作用，实现准确稳定控制的目标。

2 控制阀的各种分类

控制阀分类方法包括按功能，结构形式，动力源等方法几种方法。

2.1 按功能分类

按照控制的功能分类，控制阀可分为以下这三类。

2.1.1 开关控制阀

这种阀，以球阀和蝶阀等为常见。主要是用于控制介质的流动和隔离。执行元件动作方式包括：角行程和直行程。

2.1.2 调节控制阀

这种阀，常见的有直通单座阀、偏心旋转阀等。其主要是用于对系统中的压力、流量、物位、温度进行控制，以稳定装置生产运行需要的物料条件。

2.2 按结构形式分类

2.2.1 直通单座控制阀

这种阀，阀体内阀芯和阀座各一个。其优点是组成部件少、结构简单，阀芯和阀座间能紧密接合，因此泄漏量小（一般能实现完全切断）。其适用于允许压差小，介质干净的工况。

2.2.2 直通双座控制阀

这种阀，阀体内阀芯和阀座各二个。主要缺点是当允许压差大时，两个阀芯很难与阀座紧密贴合，因此造成泄漏的量比较大。其适用于阀门前后压差大，但泄漏量要求低，且介质较为干净的情况。当介质为含纤维、高黏度时，不适用此型阀门。

2.2.3 角形控制阀

该阀主要特点是进出口为 90° 夹角，介质流

过时进行一次 90° 转向。因其特殊的结构，其具有一定的自清洁能力，当介质为高压差、高黏度且含有悬浮物和颗粒状物质时，可选择改型阀门。此外，还可用于工艺管道是直角形配管的场合。该种阀多以底进侧出或侧进底出方式运行，以保持阀门较好的稳定性，延长其阀芯的使用工作周期。但当以侧进底出方式进行小开度工作时，易引起阀芯的振荡，增大阀门的噪声。

2.2.4 三通控制阀

这种阀，有分流三通控制阀和合流三通控制阀两种，多为角行程。前者是介质由一个入口流入，分由两个出口流出，后者则正好相反。该阀特点是：其阀体有三个接口，用于控制介质换向或两介质的混合。

2.2.5 蝶阀

这种阀，由一块挡板作为阀芯，通过转轴的旋转带动挡板的转动，实现介质的调节控制。其优点是结构紧凑、法兰间距小，便于安装，而且易于加工，成本低，流通能力强。但泄漏量大，适用在大流量、压差不高、公称直径大、含颗粒物的介质的场合。

2.3 按动力源分类

2.3.1 气动控制阀

它的动力源是洁净符合压力要求的压缩空气。是以气动执行机构来实现阀门开或闭的动作。一般有薄膜式和活塞式两种。薄膜式：压缩空气进入膜片腔室，推动膜片带动推杆，输出直线力（适用于中小口径阀门）。活塞式：高压空气驱动活塞运动，输出力矩更大（适用于大口径或高压差阀门）。其结构简单，动作迅速，具有本质安全性^[3]。

2.3.2 电动控制阀

它的动力源是电，是以电动执行器来实现阀门开或闭的动作。一般有角行程和直行程两种。角行程：电机驱动蜗轮蜗杆，带动阀门旋转（如球阀、蝶阀）。直行程：电机通过齿轮齿条推动阀杆直线运动（如闸阀、截止阀）。其执行动作快速、控制精确，力矩可调，但结构复杂，不便维修^[4]。

2.3.3 液动控制阀

这种阀的动力是液体介质（如油等）压力，是以液压执行器来实现阀门的开或闭的。液压执行器有两种，一种是液压缸执行机构，多用于直行程阀门；另一种是液压马达执行机构，多用于角行程阀门。其传动平稳可靠，速度易调节，输出力大，但液压油的状态会因油温的变化引起操作的困难，且配管麻烦，接口容易渗漏^[5]。

3 控制阀常见阀门附件

3.1 反馈控制类附件

3.1.1 阀门定位器

实时调整阀门位置，通过阀位闭环反馈检测，修正执行机构动作，确保阀门开度与控制信号一致。按输入信号的类型可分为电气阀门定位器、气动阀门定位器和目前主流的智能式阀门定位器。

3.1.2 阀位变送器

将阀门行程转换为电信号（如4-20mA），反馈至控制系统。

3.2 安全保护类附件

3.2.1 电磁阀

通过线圈得电产生的电磁力和弹簧复位使气路切换，实现阀门紧急切断或切换状态。从动作方式上可分有直动式、先导式和反冲型。

3.2.2 气动保位阀

气源故障时锁定执行器气路，维持阀门原位。采用弹簧加载膜片结构，气源中断时关闭膜片，封闭气动执行机构气源入口，保持气缸或气动膜头内力的平衡，维持阀门位置。

3.2.3 安全阀

超压时自动泄压，保护系统安全。按结构分有弹簧式和先导式。

3.3 辅助优化类附件

3.3.1 过滤减压阀

净化气源、调节压力，保护执行器和定位器。

3.3.2 气动继电器

放大执行机构的气压信号，缩短响应时间。

3.4 特殊功能类附件

3.4.1 手轮机构

手动操作阀门，替代自动控制。当维护调试或控制系统故障时可以进行应急操作。

3.4.2 储气罐

储存压缩空气，提供应急动力。

4 控制阀常见故障和原因分析

4.1 气动控制阀常见故障现象及原因

4.1.1 阀门不动作

原因一般可从阀体部件、执行机构、定位器三个方面分析。

（1）阀体故障：该现象较普遍。以蝶阀为例，可能包括以下原因。一是金属阀座损坏而导致阀体被卡住；二是固定插销脱落；三是阀芯与阀杆间连接螺栓滑丝，其可表现为，阀轴看似已经动作但实际阀芯并未动作^[6]。

（2）执行机构故障：对气缸式执行机构通常包括以下原因。一是执行机构因限位螺栓脱落，从而导致气缸漏气，进而使阀门无法动作或者动作迟缓，不能达到预定开度；二是气缸O形密封环被损坏而造成漏气，使得阀门动作困难或根本无法动作；三是气缸活塞变形造成摩擦力增大以及气缸螺栓松动造成气缸漏气，令阀门动作困难；四是气缸中带动阀体动作的联动机构出现松脱或生锈影响阀门动作；五是气缸容量偏小（也是可能气缸弹簧故障），造成阀门难以动作。对气动薄膜式执行机构通常包括以下原因^[7]。一是膜头膜片老化、弹簧与托盘长时间磨损产生金属屑或气源中有杂质导致膜片破损，可观察到排气孔不间断有气体漏出，使得阀门动作困难或根本无法动作；二是推杆导向环密封圈老化、推杆变形、推杆加工安装不同心导致磨损，气体从推杆与导向环结合位置漏出，令得阀门动作困难；三是弹簧生锈老化断裂，使用过程中阀位震荡，阀门无法自动复位。

（3）定位器故障：主要包括以下几种原因。一是定位器电路板故障可引起阀门无法正常动作；二是恒节流孔堵塞，多因仪表空气清洁度不高或异物进入定位器内部造成；三是定位器喷嘴挡板配合不良或喷嘴挡板损坏导致阀门动作异常；四

是因平衡弹簧安装,调试不好,使阀门异常动作;五是定位器放大器中膜片(金属膜片或者橡胶膜片)损坏,使之不能动作;六是定位器格兰头处未能良好密封性使定位器电路板进水损坏;七是管道振动过大,周围环境温度过高,湿度过大,造成电路板故障。

4.1.2 开度波动较大

一般可从气源,线路,定位器三个方面来查找原因

(1)气源故障:一是现场气源未开、气源总管泄漏或堵塞,这些原因都可使控制阀因气源压力过低,无法完成全开或全关动作,甚至可能不动作;二是空气过滤减压阀被脏物堵塞,减压阀下黑色旋钮打开造成漏风,使输出风压小于规定压力值,调节阀不能全开或全关,甚至不动作;三是现场风线漏风,或接头松动,使得风压不足,令调节阀无法全开或全关,甚至不能动作;四是因过滤减压阀故障,造成风压不稳,令调节阀振荡^[8]。

(2)线路故障:一是电源线接线端发生松动、脱落、短路、断路;二是电路板积尘严重,接触不良,信号波动造成调节阀产生振动;三是受风雨影响,设备进水受潮,接线短路,调节阀无法全开或全关;四是检修维护后极性接反;五是电源线中间段发生电线断裂或线间短路;六是调节阀输出信号失稳,造成调节阀操作波动。

(3)定位器故障:一是反馈杆固定螺母(或反馈上弹簧)松动或螺母脱落,因反馈松动、脱落、卡涩,造成调节阀振荡;二是定位器中的位置传感器发生故障,定位器无法识别当前阀位,使输出力最大或最小,导致阀门全关或全开;三是定位器参数未能设定为合适值。

4.1.3 出现卡塞现象

一般可以下方面查找原因。一是调节阀阀芯或阀座因脏物磨损导致的磨损,使密封环损坏,密封不严;二是调节阀安装时质量不过关,导致管道与阀体不同心,使调节阀因受到了过大的附加应力而振荡,无法全开或全关等;四是调节阀阀杆与连接件间的固定螺母松动,阀杆与阀芯未

同心,令阀关不严,增大了应力,使阀杆发生高频振荡,严重时还可能断裂;五是调节阀膜头老化变质引发的密封性变差,膜片漏气,以及压缩弹簧老化,弹性不足甚至于断裂,造成调节阀无法全开全关或失控;六是调节阀阀芯脱落以及阀芯与阀座卡死,还可能是阀杆弯曲或折断等,可能会使调节阀动作正常,但无法发挥调节作用。

4.2 电动控制阀常见故障及原因

4.2.1 阀门不动作

一是执行机构故障,常见现象有电机发生损坏、减速机构出现故障等;二是控制电路故障,常见现象有电源出现故障、控制信号发生故障等;三是阀门卡死,多是因介质结晶或是杂质堵塞等原因所导致^[9]。

4.2.2 开度不准确

一是位置传感器故障,从而造成不能准确检测出阀门开度;二是控制算法错误,导致阀门开度与控制信号之间不能匹配;三是机械传动部分存在着间隙或发生磨损,从而对阀门开度准确性造成影响。

5 解决控制阀常见故障应采取的措施

5.1 气动控制阀常见故障解决措施

对于气动控制调节阀常见故障,应在掌握其基本特征基础上,采取清洁,更换,重装等方式来有效解决。清洁方式一般可采取机械方式,物理方式及化学方式,在此不再多谈。

一般来说,需要更换的包括以下部件:蝶阀金属阀座,球阀阀体,球阀软密封垫圈,半球球阀轴套,阀杆填料处密封件等^[10]。

在日常检修工作中,可以进行修复的部件主要包括:损坏不严重的球阀阀体,磨损或腐蚀不严重的阀杆等。在执行机构限位螺栓出现脱落时,应重新安装并紧固;损坏的气缸O形密封环,应更换同类型产品;对变形的气缸活塞,要修复或更换;对气缸螺栓松动所引起气缸漏气,要重新拧紧;气缸带动阀体动作的联动机构发生松脱或生锈现象的,要修复或更换并采取防锈处理措施;对气缸容量偏小情况或气缸弹簧发生故障,应更

换为合适容量的气缸或修复气缸弹簧。此外，对于定位器，常见的是电路板因进水损坏，及时更换即可。

5.2 电动控制阀常见故障解决措施

对于电动控制阀常见故障，一般采取的解决措施同样包括：检查，更换，修复，优化等。

阀门不动作。这种故障，最大可能是电机损坏或减速机构故障。对电机损坏，要在更换相同规格电机后调试；对减速机构故障，一般是修复或更换。对于控制电路故障，主要是检查电源及检查信号传输线路和信号源，必要是进行更换。

阀门卡死故障。对于阀门出现的卡死故障，一般可以通清理介质结晶、杂质等堵塞物实现解决，多采用化学清理法或机械清理法。为最大限度避免杂质引起卡死，可采取在阀门前安装过滤装置方法来预防。

开度不准确多因阀门定位器位置传感器故障导致，可在更换位置传感器后校准此外优化控制阀性能，还可采用材料优化，结构优化控制算法优化，智能化升级等多种优化方式，并可以将这些方法整合。如，优化结构，可改进阀体结构，优化阀芯阀座，增加辅助装置；优化控制算法，主要是采用先进的控制算法以及优化 PID 参数。

6 结语

控制阀作为在工业自动化系统中的关键部件，它的运行可靠性和性能优化作用越来越明显，对于整个生产过程至关重要。控制阀在生产系统中应用越来越广泛，其未来也将出现向智能化、高性能化、绿色环保化、集成化方向发展，将获得更加广阔的发展空间。在实际应用中，我们应从

具体工况和需求出发，既要做到科学合理的选型，也要采取合理的优化方案，同时，还要切实加强设备的维护和管理，切实提升控制阀的运行可靠性和性能，为工业生产实现进一步稳定和高效运行提供保障。我们相信，在科技技术持续进步的大背景下，控制阀将获得更多创新和发展机会，为工业自动化提档升级带来更多的机遇和挑战。

参考文献

- [1] 张晓峰.浮选柱多变量控制系统的设计及应用[D].中南大学,2010.
- [2] 栾波.化工生产中仪表的故障分析及解决办法[J].黑龙江科技信息,2008,(23):28.
- [3] 李雪岩.液位调节系统仪表三维建模及其拆解演示系统研究[D].东北石油大学,2016.
- [4] 卢阳阳.大型轴承圈工件的快速自定心夹紧装置设计与分析[D].大连交通大学,2020.DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2020.000507.
- [5] 刘学秋.控制阀选型浅谈[J].工业设计,2016,(07):141+144.
- [6] 黄光明.控制阀故障分析及对策[J].石油化工自动化,2020,56(03):92-95.
- [7] 黄光明.制浆造纸厂控制阀的常见故障与解决方法[J].中华纸业,2024,45(12):65-70.
- [8] 张琦.气动调节阀的故障分析与解决方案[J].仪器仪表用户,2015,22(03):48-51.
- [9] 焦玉清,张桂香,王军.控制阀的故障分析及排除[J].石油化工自动化,2004,(03):87-96.
- [10] 杨丽丽.控制阀一般结构、常见故障分析及处理方式[J].科技展望,2016,26(24):66-67.



硫酸根离子检测方法对工业盐产品质量控制的影响

薛海红

江苏瑞洪盐业有限公司，江苏淮安，223114

摘要：工业盐作为“化学工业之母”，其纯度直接关系到下游产品的质量、生产设备的稳定运行以及生产过程的效率。硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）作为工业盐中最常见且影响显著的杂质离子之一，其含量是评价工业盐品质等级的关键指标。本文旨在深入探讨不同硫酸根离子检测方法（包括传统的重量法、滴定法以及现代的分光光度法、离子色谱法等）的原理与特点，并系统分析这些检测方法的精确度、灵敏度、操作效率及其适用场景对工业盐生产过程中质量控制所产生的深远影响。文章认为，选择并优化合适的 SO_4^{2-} 检测方法，是实现工业盐产品从原料入厂、生产过程监控到成品出厂全链条精准质量控制的核心环节，对于提升产品质量、降低生产成本、满足高端市场需求具有决定性意义。在现行工业盐产品标准 GB/T 5462 的框架下，硫酸根的检测依据 GB/T 13025.8 标准中规定的滴定法（EDTA 络合滴定法）执行，该方法在工业盐质量控制中具有重要地位。

关键词：硫酸根离子；工业盐；质量控制；检测方法；EDTA 络合滴定法；GB/T 5462；GB/T 13025.8

The Influence of Sulfate Ion Detection Method on the Quality Control of Industrial Salt

Haihong Xue

Jiangsu Ruihong Salt Industry Co., Ltd, Huai'an Jiangsu 223114, China

Abstract: As the "mother of chemical industries", industrial salt's purity directly determines the quality of downstream products, the stable operation of production equipment, and production efficiency. Sulfate ions (SO_4^{2-}), being one of the most common and significant impurities in industrial salt, serve as a critical quality indicator. This paper explores the principles and characteristics of various sulfate detection methods—including traditional gravimetric and titration methods, as well as modern techniques like spectrophotometry and ion chromatography—and systematically analyzes their accuracy, sensitivity, operational efficiency, and application scenarios in quality control during industrial salt production. The study emphasizes that selecting and optimizing sulfate detection methods is crucial for achieving precise quality control throughout the entire industrial salt production chain—from raw material intake and process monitoring to final product release. This approach plays a decisive role in enhancing product quality, reducing production costs, and meeting high-end market demands. Under the current GB/T 5462 standard for industrial salt products, sulfate detection follows the titration method (EDTA complex titration) specified in GB/T 13025.8, which remains a cornerstone of industrial salt quality control.

Keywords: sulfate ion; industrial salt; quality control; detection method; EDTA complexometric titration; GB/T 5462; GB/T 13025.8

工业盐，主要成分为氯化钠，广泛应用于氯碱工业、纯碱制造、印染、冶金、水处理及食用盐加工等多个领域，堪称基础性的工业原料^[1]。在这些应用中，杂质离子的含量，尤其是硫酸根



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



离子的含量,是衡量工业盐品质的核心参数之一。过高的 SO_4^{2-} 会带来一系列负面影响:在氯碱工业中,它会与电解槽中的钡离子或锶离子形成硫酸盐沉淀,堵塞昂贵的离子膜,显著降低电流效率,缩短膜的使用寿命,从而急剧增加生产成本^[2];在纯碱生产中,过量的 SO_4^{2-} 会影响中间产物的结晶过程,最终影响产品质量和收率;在金属热处理中,含硫杂质可能导致产品表面腐蚀或性能下降。

因此,建立快速、准确、可靠的硫酸根离子检测方法,并据此构建完善的质量控制体系,对于工业盐生产企业和使用单位而言,不仅是满足产品标准(如 GB/T 5462-2015《工业盐》)的基本要求^[3],更是提升企业核心竞争力、保障下游产业安全稳定运行的战略需求。检测技术的选择,直接决定了质量控制的深度和广度。在 GB/T 13025.8 标准中规定的 EDTA 络合滴定法,作为工业盐中硫酸根测定的标准容量方法,在行业内被广泛采用^[4]。

1 主要硫酸根离子检测方法及其技术特点

目前,应用于工业盐中硫酸根离子的检测方法多样,从经典化学法到现代仪器法,各有其技术特点、适用范围及局限性,构成了一个互补的分析方法体系。其中,GB/T 13025.8 标准推荐的 EDTA 络合滴定法是工业盐产品质量控制中应用最广泛的方法之一。

1.1 硫酸钡重量法(经典基准法)

该方法原理为在酸性加热介质中, SO_4^{2-} 与钡离子(Ba^{2+})反应生成溶解度极小的硫酸钡(BaSO_4)沉淀,经过滤、洗涤、灼烧至恒重后,通过沉淀质量计算出 SO_4^{2-} 含量。此方法是我国国家标准(GB/T 13025.8-2012)规定的基准方法之一。

(1) 优点:准确度高,被视为仲裁分析和标准物质定值的权威方法。其测量结果直接与沉淀质量相关,不受溶液颜色、浊度等因素干扰,原理直观,无需标准曲线。

(2) 缺点:操作流程极其烦琐、耗时漫长(通

常需要数小时甚至更久),对操作人员的技术和经验要求极高,且不适用于低浓度 SO_4^{2-} 的测定。在追求效率的工业盐日常快速质量控制中,其应用受到极大限制。

1.2 EDTA 滴定法(络合滴定法) - GB/T 13025.8 标准方法

该方法通过加入过量且定量的氯化钡标准溶液,使 SO_4^{2-} 完全沉淀为 BaSO_4 ,剩余的 Ba^{2+} 在镁离子存在下,用 EDTA 标准溶液滴定,通过消耗的 EDTA 体积间接计算出 SO_4^{2-} 含量。该方法是我国国家标准 GB/T 13025.8 明确规定用于工业盐中硫酸根测定的滴定法,在众多企业中作为常规控制手段。

(1) 优点:相较于重量法,操作得到简化,耗时显著缩短,分析成本较低,设备投资小,易于普及,完全满足 GB/T 5462 标准对工业盐产品质量控制的基本要求。

(2) 缺点:滴定终点受指示剂变色敏锐度和操作者主观经验影响较大,因此准确度和精密度通常逊于重量法。对于本身带有颜色或浊度的样品溶液,终点判断更为困难,甚至无法进行。同样不适用于痕量分析。

1.3 分光光度法 GB/T 23844-2019 标准方法

该方法基于 SO_4^{2-} 与钡盐及某些有机染料(如铬酸钡、钍试剂等)发生反应,形成有色络合物或导致染料褪色,通过测定特定波长下的吸光度值,与标准曲线对比进行定量分析。

(1) 优点:灵敏度较高,可用于较低浓度 SO_4^{2-} (如 mg/L 级别)的检测,操作相对简便,分析速度较快,易于实现半自动化,设备成本介于滴定法和色谱法之间。

(2) 缺点:最大的问题在于容易受到工业盐中其他共存离子(如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 PO_4^{3-} 等)的干扰,通常需要复杂的掩蔽、分离或前处理步骤来消除干扰。方法的稳定性和重现性与试剂纯度、配制时间及操作条件密切相关,标准曲线的线性范围相对有限。

1.4 离子色谱法(IC法) - GB/T 31197-2014 标准方法

这是近年来在离子分析领域发展迅速的现代分析方法，在应对复杂基质样品方面展现出强大优势。其原理是利用离子交换色谱柱分离样品中的各种阴离子（包括 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 等），然后通过高灵敏度的电导检测器进行检测，并依据保留时间定性，峰面积或峰高定量。

（1）优点：高灵敏度与低检测限：可精确测定 mg/L 至 $\mu\text{g/L}$ 级别的 SO_4^{2-} ，完全满足高端工业盐的超低杂质检测需求^[5]。

高选择性：通过梯度洗脱等技术，能够有效避免高浓度氯离子的干扰，精准测定高氯盐污水中的微量硫酸根，抗干扰能力极强。

快速高效：一次进样可在 10—20 分钟内同时完成多种阴离子的分析，极大提升了分析效率，实现了高通量检测。

自动化程度高：配备自动进样器后，可实现 24 小时无人值守分析，大大减少了人为操作误差，结果重现性极佳。

（2）缺点：仪器设备一次性投资昂贵，运行和维护成本（如色谱柱、淋洗液、纯水）较高，对操作人员的专业素质和技能要求较高。

1.5 近红外光谱法等新兴快速检测技术

除了上述方法，新兴的快速检测技术也在不断发展。例如，有研究提出了一种采用近红外光谱测定盐水中硫酸根含量的方法^[6]。该方法通过收集盐水样品并先用化学滴定法测定硫酸根含量，然后利用近红外光谱仪扫描并建立光谱与化学值之间的数学模型，从而实现对未知样品中硫酸根含量的快速预测。

暂无明确针对工业盐硫酸根检测的专项标准。目前近红外光谱法在工业盐分析中的应用主要依据科研文献或企业内部标准，尚未形成国家或行业统一标准，其准确性依赖数学模型构建和样品校正。

（1）优点：检测速度快，对样品无损，无需消耗化学试剂，成本较低，非常适合于生产现场的在线或快速筛查。

（2）缺点：其准确性严重依赖于所建立数学模型的准确性和稳定性，且需要大量有代表性的

校正样品集，初期建模工作量大，可能受样品物理性质（如颜色、颗粒度）影响。

2 不同检测方法对工业盐产品质量控制的具体影响

检测方法的选择远非一个简单的技术决策，它直接决定了质量控制体系的效能、成本和最终价值，其影响贯穿于工业盐产品的整个生命周期。在遵循 GB/T 5462 标准的前提下，采用 GB/T 13025.8 规定的 EDTA 络合滴定法进行硫酸根检测，是行业内的普遍实践。

2.1 对检测准确性与产品分级公信力的影响

准确、可靠地分析数据是产品定价、定价和市场交易的唯一依据。重量法和离子色谱法能提供最可靠的数据，确保产品严格按照国家标准（如优级、一级、合格级）进行准确划分，树立品牌信誉。GB/T 13025.8 中的 EDTA 络合滴定法作为标准方法，在规范操作下能够满足 GB/T 5462 对工业盐产品质量控制的基本准确性要求。若操作不规范或终点判断主观性过强，可能导致分析结果出现偏差。结果偏低，可能将不合格品误判为合格品，流入下游客户引发严重的质量事故和索赔纠纷，损害企业声誉；结果偏高，则可能将高品质产品降级处理，造成“优质劣价”的直接经济损失。因此，严格按照标准方法操作并加强人员培训，是保障 EDTA 滴定法结果可靠性、维护市场公平和企业信誉的关键。

2.2 对生产过程实时控制与工艺优化的影响

现代大型工业盐生产（如真空制盐）强调过程的连续化和自动化。快速、在线或近线的分析数据是实现精益生产和闭环控制的关键。传统的重量法和标准的 EDTA 滴定法由于分析周期相对较长，提供的数据存在一定滞后性，对于需要极高时效性的工艺调整存在局限。而离子色谱法或近红外光谱法等快速方法，可以大幅缩短检测时间，使生产技术人员能够近乎实时地掌握卤水、中间产品中 SO_4^{2-} 的浓度变化动态。尽管如此，对于多数工业盐生产企业，依据 GB/T 13025.8 的 EDTA 滴定法进行周期性监控，结合生产经验，

仍然能够有效指导蒸发结晶、除杂等关键工艺，特别是氯化钡的投加量控制，以实现产品质量的稳定。

2.3 对分析效率与综合生产成本的影响

在现代化工业生产中，效率即效益。重量法虽准但慢，需要占用大量的人工和时间。EDTA络合滴定法在分析效率和成本之间取得了较好的平衡，其设备投入低、操作相对快速，非常适合工业盐的日常质量控制和符合 GB/T 5462 标准的出厂检验，有利于维持合理的质检成本和较快的报告出具速度。离子色谱法虽然前期投入巨大，但其高通量、自动化的特点，在样品量极大时可能显示出效率优势。企业需根据自身生产规模、产品等级和成本结构，选择最经济有效的检测方案。

2.4 对拓展高端市场与应用领域的影响

不同下游行业对工业盐中 SO_4^{2-} 含量的要求差异巨大。普通水处理用盐要求相对宽松，而高端离子膜烧碱用盐则要求极其苛刻（通常要求 SO_4^{2-} 含量低于 10mg/kg 甚至更低）。GB/T 13025.8 中的 EDTA 滴定法其检测限通常难以满足此类超低含量的精确测定要求。要进入并稳定供应这类高端市场，企业必须具备检测和证明其产品达到此超低标准的能力量要求的能力。此时，离子色谱法等具有极低检测限的方法显得至关重要。因此，对于目标市场定位于高端领域的企业，在具备 GB/T 13025.8 标准检测能力的基础上，还需配备更先进的检测手段。

3 结论与展望

综上所述，硫酸根离子检测方法的选择与演进，对工业盐产品质量控制产生了全方位、深层次的影响。从经典的重量法、常规的滴定法到现代的分析仪器，每一次检测技术的进步都不仅仅是分析工具的升级，更是质量控制理念的革新。

对于工业盐生产企业，在严格执行 GB/T 5462 产品标准和 GB/T 13025.8 检测方法的基础上，应根据自身产品定位、生产规模和成本预算，构建一个多层次、互补的检测方案体系：

（1）作为权威仲裁和仪器校准：保留硫酸钡重量法作为最终裁决和验证其他方法准确性的终极手段。

（2）用于日常快速控制和中低端产品（符合 GB/T 5462）：广泛采用 GB/T 13025.8 标准规定的 EDTA 络合滴定法，该方法成本低、操作简便，是满足工业盐常规质量控制的可靠选择。

（3）面向高端产品、研发和过程优化：考虑配备离子色谱仪等高精尖设备，以获取竞争优势和应对未来更严格的质量挑战。

（4）探索快速检测技术：可评估近红外光谱法等快速方法在生产线上进行在线或快速筛查的应用潜力，以进一步提升过程控制的时效性。

未来，随着传感技术和物联网的发展，开发适用于工业盐生产线的 SO_4^{2-} 在线实时监测传感器将成为下一个技术突破点。这将最终实现生产过程的智能化质量调控，推动整个工业盐行业向更高质量、更高效率、更可持续发展的方向迈进。企业应积极拥抱这一趋势，将先进的检测技术深度融入从研发到生产的全链条质量管理体系，同时夯实标准方法的基础应用，从而在激烈的市场竞争中构筑起坚实的技术护城河。

参考文献

- [1] 王静, 李建国. 工业盐质量现状及其对下游产业的影响分析[J]. 盐业与化工, 2020, 49(3): 1-4.
- [2] 赵艳, 谢艳艳, 高燕, 等. 离子色谱法测定电子工业用高纯盐酸中痕量硫酸根离子[J]. 冶金分析, 2021, 41(3): 86-90.
- [3] GB/T 5462-2015, 工业盐[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [4] GB/T 13025.8-2012, 制盐工业通用试验方法硫酸根的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [5] 姚静静, 臧晓红. 离子色谱法测定清洁验证中残留物硫酸根离子的含量[J]. 工业微生物, 2024(2): 134-136.
- [6] 谢仁德, 赵欢欢, 梁群, 等. 一种采用近红外光谱测定盐水中硫酸根含量的方法: CN202210744546.2[P]. 2022-06-27.



电力系统中继电保护的整定计算方法分析

卫旭鸿

吕梁柳林经济建设投资开发有限公司, 山西吕梁, 033000

摘要: 继电保护能够在系统出现问题或故障的时候及时发现问题之所在, 并且对异常做出相应的反馈, 其主要行动是切断故障的电线部分, 并且向相关联系人发出警报信息。继电保护器具有不错的保护作用, 能够维护电力系统处在相对安全的运行状态之中, 防止电力运行过程中出现不合理的损失。一般来说, 电力系统如果在运作过程中出现大范围停电, 除了有可能是继电保护器发生作用之外, 还有可能是由于继电保护整定计算错误导致的。本文围绕着电力系统中气垫保护的整定计算方法展开论述, 希望为有关工作者提供一些参考和建议。

关键词: 电力系统; 继电保护; 整定计算方法

Analysis of setting calculation methods for relay protection in power systems

Xuhong Wei

Lvliang Liulin Economic Construction & Investment Development Co., Ltd. Lvliang, Shanxi 033000, China

Abstract: Relay protection can promptly discover the problem when a problem or failure occurs in the system, and provide corresponding feedback to the abnormality. Its main action is to cut off the faulty wire part and send an alarm message to the relevant contact person. Relay protectors have a good protective effect and can maintain the power system in a relatively safe operating state and prevent unreasonable losses during power operation. Generally speaking, if a large-scale power outage occurs during the operation of the power system, in addition to the possible failure of the relay protector, it may also be caused by an error in the calculation of the relay protection setting. This article focuses on the setting calculation method of air cushion protection in power systems, hoping to provide some references and suggestions for relevant workers.

Keywords: power system; relay protection; setting calculation method

对于电力系统的安全运营来说, 继电保护发挥着非常重要且不可替代的作用, 合理的进行整定计算能够确保继电保护装置在发生运行故障的时候快速及时的做出响应, 并且充分发挥出继电保护的选择性功能 and 速动性功能。

1 继电保护整定计算

在电力系统中, 继电器能否发挥出良好的保护作用主要依靠它的灵敏性和快速反应性, 指的是电力系统如果出现运行故障, 继电保护装置能

够持续运转并且发挥自身的作用, 也不会在日常工作中出现误动情况, 这也将牵扯到继电保护整定技术设计的主要内容^[1]。就继电保护整定的技术设计内容而言, 其主要指的是对继电保护设备的额定电流和额定电流类型进行确定, 在这一过程和环境可能会牵涉到安全保护器的整定技术设计问题、保护装置的保护选择问题以及类型选定问题, 有可能也会牵扯到电气系统设计以及电力系统运行中的相关情况。继电系统整定技术设计的主要部分中包含着电流电压互感器、阻抗图



Copyright © 2025 by author(s) and Quest Press Limited. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



等有关部分,同时有关工作者还需要对电力系统的接线情况展开图片绘制,架设系统设备相关的参数表,对运行方式的限制情况展开明确。

2 继电保护整定计算方式

继电系统的整定技术计算方式可以分为以下形式,首先是关于发电机和变压器等的工作类型,当选择用在继电保护的整定方式计算时,通常会考虑到发电机和变压器等不同的工作类型,这对电力系统工作的总体工作质量而言有着很大的作用和意义,因此必须加以重视。发电厂通常都会面临着二台或者二个以上的发电系统,在开展后备系统测算工作的时候一般都会选择以完全停机的形式进行计算,这样的方式会取得不错的效果,也就是说当一组发电机完全停止工作进入到检修状态的时候,另一组的故障可以得到有效的解决。然而如果发电厂存在三个或三个以上的发电设备和发电机组的时候,可能就要停止使用两组电机才能确保继电保护整定计算的结果更加准确。在实际使用变压器的过程中,如果出现了故障情况或异常情况,需要做好对大容量机器的停运举措。

第二种是选择变压器中性点接地。变压器的中性点接地需要视情况来考量,因为发电厂与变电所中会共同面临着低压侧设备,而因为低压侧设备也会匹配对应的变压器,所以在变压器的中性点附近就需要再进行接地操作,而假如变压器所选择的是T型接地法,中性点就不需要再进行接地处理,反之变压器在运行过程中也很有可能存在着无法释放的过电压,这时就需要在进行临时性的中性点接地动作,在这一动作进行过后才能够选择不接地。

第三个情形则是要选定最大短路电压和最小短路电压之间的运算方法。在继电保护整定计算工作刚开始的时期,需要进行最大短路电流与最小短路电流之间的有效计算,这一计算也就必须选用正确的方式,因为设计针对的是最大相间短路电压,所以如果选择的设备是单侧电源拓扑设计,即使这个设计是辐射型,其最大短路电压也会

在最大运行方式中被包含。同样的道理,最小短路电压也会在最小运行方式中被包含,如果选择的设备是单双电源电流短路的,电压运算方式也与电路的工作模式关系不大,计算的时候可以采用单侧电源作为依据,当然工作人员也需要考虑到变压器接地点是否存在异常放电情况。

3 电力系统中继电保护的整定计算危险点

在对继电保护系统的整定计算过程中有可能会发生这样或者那样的问题或者风险点,相关工作人员必须对这种风险点进行重视并进行适当处理和分析^[2]。为了降低因为风险点所导致的经营风险,需要通过对高风险点进行有效规避,以取得良好的效益。继电保护系统的风险点主要表现在如下几方面:其一是由于系统模型情况存在问题或者有误,继电保护系统的后备保护工作中需要以电网数据模型状况为基准,所以需要加强对系统模型以及相关状况的关注,全面提高对继电保护系统整定技术计算的真实性和安全性,一旦发生了问题将会导致严重的后果;其次故障计算中存在出错情况也是很容易发生的风险点和故障之一,有关工作者必须做好对电力系统短路电压的正确计算,使得整定技术计算工作可以得以良好的进行^[3-4]。

综上所述,在电力系统中继电保护的整定计算方法需要加强注意和调整,正确选择继电保护的整定计算方式,提高整定计算的数据准确程度,防范危险点,做好处理应对措施。

参考文献

- [1] 朱士华.电力系统中继电保护的整定计算方法分析[J].科技创新与应用,2016(31):191.
- [2] 张雪.电力系统中继电保护的整定计算与研究[J].中国电业(技术版),2012(05):18-21.
- [3] 于智强.智能技术在电力系统自动化中的应用[J].光源与照明,2023,(07):219-221.
- [4] 阮文青.数字化智能技术在电力系统自动化中的应用[J].自动化应用,2023,64(17):32-34+38.

作者简介:

卫旭鸿(1986.8-)男,汉,本科,中级职称,研究方向:工厂供配电技术。



长江文库

综合性学术知识服务平台



· 长江文库 · 智汇知识 · 赋能学术

期刊·图书·古籍·学位论文·地方志·会议文献
覆盖全学科 · 服务全机构



「长江文库」一个汇聚海量学术资源的综合性知识服务平台。集期刊、古籍、地方志、图书、年鉴、会议论文、报纸于一体，覆盖自然科学、农业科学、医药科学、工程与技术科学、人文与社会科学五大学科。从专业出版服务到公共知识传播，我们连接历史与未来，服务全球学术研究与文化传承。

访问官网：www.cjwk.cn



龙源网APP
「名刊甄选」套餐会员



读杂志,就上龙源网

可回溯往期杂志,还可阅享1000多种精品期刊数字内容

【限时活动】订阅「龙源网」app「名刊甄选套餐」年会员,可专享“**第二年会费1元**”

【套餐介绍】套餐内囊括180+种热门杂志

详细杂志清单可扫描右侧二维码了解

【费用说明】首年会费198元/年,第二年1元,合计199元

扫码立即订阅



龙源网阅读卡专门针对机构以及企业用户采购使用。内含付费阅读余额可购买龙源期刊网网页端以及移动端相关知识付费服务内容。并享受企业用户采购折扣价。

订卡企业微信

