



科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 · Issue 6 · November 2024 · ISSN 3060-8996(Print) 3060-8988(Online)

科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 Issue 6 November 2024 ISSN 3060-8996(Print) 3060-8988(Online)



Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.: +65 62233839
E-mail: contact@nassg.org
Add.: 12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



中文刊名：科技创新与工程	Serial Title: Technological Innovation and Engineering
ISSN：3060-8996（纸质）3060-8988（网络）	ISSN: 3060-8996 (Print) 3060-8988 (Online)
出版语言：华文	Language: Chinese
期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/tie-cn	URL: http://journals.nassg.org/index.php/tie-cn
出版社名称：新加坡南洋科学院	Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

Database Inclusion



版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名－非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819
Email: info@nassg.org
Tel: +65-65881289
Website: http://www.nassg.org



《科技创新与工程》征稿函

期刊概况：

中文刊名：科技创新与工程

ISSN：3060－8996（Print） 3060－8988（Online）

出版语言：华文刊

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

出版社名称：新加坡南洋科学院

出版格式要求：

- 稿件格式：Microsoft Word
- 稿件长度：字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符
- 测量单位：国际单位
- 论文出版格式：Adobe PDF
- 参考文献：温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；
- 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；
- 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 Issue 6 November 2024
ISSN 3060-8996 (Print) 3060-8988 (Online)

主 编

康继军

Jijun Kang

编 委

刘 敏 Min Liu

龚勤林 Qinlin Gong

陈 升 Sheng Chen

包 艳 Yan Bao

1	浅析水质检验检测机构信息智能化 / 唐健超 鞠洪伟 马清书 李宗坪	1	Analysis of water quality inspection and testing organiza- tion information intelligence / Jianchao Tang Hongwei Ju Qingshu Ma Zongping Li
4	轨道交通综合监控系统中数据流向优化策略分析 / 黄明辉	4	Analysis of data flow optimization strategy in rail transit integrated monitoring system / Minghui Huang
7	复合乳酸菌发酵对风干牛肉细菌多样性及代谢物的 影响 / 朱杰琛 辛匡禹	7	Effects of complex lactic acid bacteria fermentation on bacterial diversity and metabolites of air-dried beef / Jiechen Zhu Kuangyu Xin
10	电力系统及其自动化在电网调度中的实际应用 / 李金星	10	Practical application of power system and its automation in power grid dispatching / Jinxing Li
13	荧光信号峰值检测算法应用研究 / 李常军 蔡伟 胡超	13	Research on the application of fluorescence signal peak detection algorithm / Changjun Li Wei Cai Chao Hu
16	隧道养护管理工作中智慧技术的运用研究 / 王强	16	Research on the application of intelligent technology in the tunnel maintenance and management work / Qiang Wang
19	机械臂轻量化结构设计与材料优化研究 / 张涛	19	Study on lightweight structure design and material opti- mization of mechanical arm / Tao Zhang
22	基于智能电网技术的电力系统优化工程研究 / 曹猛	22	Research on power system optimization engineering based on smart grid technology / Meng Cao
25	加强建筑工程试验检测与材料质量管理的探讨 / 王琪	25	Strengthening the discussion of construction engineering test and testing and material quality management / Qi Wang
28	航站楼中央空调系统运行调节与航班联动浅析 / 吴剑	28	Analysis of operation adjustment and flight linkage of central air conditioning system in terminal building / Jian Wu
31	工业和信息化融合背景下电子信息技术的创新研究 / 周忠忍	31	Research on Innovation of Electronic Information Tech- nology under the Background of Integration of Industry and Information Technology / Zhongren Zhou
34	充电桩群接入对配电网电能质量的影响及改善措施 / 王焕芳 朱晓东 曾刚	34	Impact of charging pile group access on power quality of distribution network and improvement measures / Huanfang Wang Xiaodong Zhu Gang Zeng

Analysis of water quality inspection and testing organization information intelligence

Jianchao Tang Hongwei Ju Qingshu Ma* Zongping Li

Baishan National Drinking Water Product Quality Inspection and Testing Center, Baishan, Jilin, 134300, China

Abstract

Water, as the basic material on which life depends, its quality is particularly important. The accurate, efficient and professional testing data of water quality inspection and testing institutions undoubtedly plays an important role in the quality control and improvement of water quality products. The computer information intelligence system based on the sample data traceability system application status and problems, discusses the inspection agency data security, compatibility, suitability, hope to strengthen the high quality information, data security protection, effectively improve the work efficiency of testing institutions and professional, service level, to provide effective reference and reference for the industry, can better provide safe and reliable water quality testing basis for the people.

Keywords

inspection and testing; information technology; intelligence; database management system; quality

浅析水质检验检测机构信息智能化

唐健超 鞠洪伟 马清书* 李宗坪

白山市国家饮用水产品质量检验检测中心, 中国·吉林 白山 134300

摘 要

水, 作为生命赖以生存的基本物质, 其质量的优劣尤为重要。水质检验检测机构准确、高效、专业的检测数据无疑对水质产品质量控制与提升有着重要作用。本文基于计算机信息智能系统对样品数据追溯体系中应用现状和存在问题, 探讨检验检测机构数据安全性、兼容性、适宜性等问题, 希望加强高质量信息化, 数据安全防护、有效提升检测机构工作效率和专业性、服务水准, 为同行业检验检测机构提供有效参考和借鉴, 可以更好地为百姓提供安全可靠的水质检测依据。

关键词

检验检测; 信息化; 智能化; 数据库管理系统; 质量

1 引言

随着现代科技井喷式发展, 尤其工业电子、计算机、化学、生物、人工智能等领域的迅猛发展, 对自动化智能检测技术起到了催化剂的作用^[1]。智能检测技术是自动化科学技术的一个边缘分支学科, 智能检测设备和智能系统也就应运而生。智能检测系统也被广泛应用于各类产品的设计、生产、使用等各个阶段, 对提高产品质量和生产率、降低生产成本及整个生产周期成本起着重要作用^[2]。

2 检测机构的信息智能化

基本可以分为两大板块: 硬件系统、软件系统, 但

无论哪个系统都需要有良好的上下游绿色生态链来支撑。

2.1 硬件检测系统

信息智能检测是一个集电子技术、物理化学、生物技术于一体的新兴边缘学科。它主要依靠仪器仪表, 涉及物理学、电子学等多种学科的综合性技术, 减少实验员对检测结果有意或无意的干扰, 减轻劳动强度, 从而保证了监测数据的可靠性、准确性、时效性。

信息智能检测是以多种易于同计算机系统相兼容的传感器技术为基础, 在合适的软件支持下, 自动地完成数据采集、处理、特征提取和识别、分析与计算, 而达到对目标物质的测定和问题诊断的目的, 是检测设备模仿人类智能的结果, 是将计算机技术、信息技术和人工智能等相结合的技术。

随着现代电子、机械高精密化, 各类模块兼容化, 出现多技术、多学科基因的组合, 如: 把 plc 跟触摸屏集成一起或者把 plc 跟伺服集成一体、生物视觉技术、生物技术与传感技术、扫描二维码, RFID (射频识别) 技术等。自动化、数字化设备具有通过标准通信接口 (如 RJ45、RS232) 和通

【作者简介】唐健超 (1989-), 男, 中国吉林白山人, 助理工程师, 从事水质检验检测研究。

【通讯作者】马清书 (1972-), 女, 满族, 中国吉林白山人, 本科, 工程师, 从事水质检测分析研究。

信协议(如OPC/OPCUA、MODBUS、PROFIBUS形化编程等)达到人机交互功能;具有预测性维护功能;关键工序设备功能,可实现故障预警。在关键工序设备、单元、整流程等实现基于工化、自控制等,并与其他系统进行数据分享。在数据采集与监控系统中,通过RFID等信息技术,实现样品转运检测的全过程跟踪,实时确认检测流程和样品信息;通过核心检测设备数据采集,全方位监控实验室整个检测过程中的数据生产、目标样品转运情况。

由于现阶段网络根服务器不在中国境内,受DNS协议(域名解析协议)影响,DNS使用了端口上的UDP和TCP协议,UDP通常用于查询响应,TCP用于主服务器与从服务器之间的传送,所有UDP查询和响应中能保证常工作的长度为512字节,从而限制了根服务器的数量只能是13台,目前是10台在美国,英国、瑞典、日本各一台。所以数据网络化、智能化的同时,数据的网络安全也是信息化智能化必不可分割的组成部分,安防系统包括场所摄像装置、门禁系统,保证核心操作区的安全和无死角的工作状态被记录;检验数据和仪器连接,实现数据的自动备份和上传,使检验数据及时传递;数据库中数据在传输过程中的物理网关安全等。

建立检测全过程追溯系统,实现检测数据记录和管控流程的电子化和系统化,确保检测全过程的合规性,降低人为主观因素引起的不合规性风险。

2.2 软件检测系统

包含主程序和应用功能程序。

智能检测系统基本原理:基于信息论的分级递阶智能理论,模糊系统理论,脑模型的神经网络理论,规则的仿人智能检测控制理论,数据共享兼容资源科学整合的技术。

国家互联网信息办公室、中央网络安全和信息化委员会办公室联合发布《国家互联网信息办公室第3号令》自2019年2月15日起施行《区块链信息服务管理规定》。国家对于信息化快速发展及所带来的数据安全风险做了规范要求。目前,各行各业都在开展信息化建设,所建成的信息化系统大幅度提高了行业内的工作效率,对行业的发展起到了推动和促进的作用^[4]。检验检测机构的信息化还处于一个相对较低的水平,加快信息化的建设可以提高机构的工作效率和检测能力。加快数字化转型、数据化升级,包括数据支撑产品完善过程,装备解决了一般产品的有无,还要向质量、效率要效益,为客户提供数据化和智能化的产品,具体实施满足客户要求,做到真正的“专业”。在数据化,智能化下功夫,强化数字化战略理念。

3 在检测机构信息智能化应用过程中存在的一些不足^{[5]、[6]}

3.1 人员储备不足

许多检验检测机构希望进行信息化建设,但机构内却没有信息化建设的相关人才。传统检测人员缺乏智能化工具

操作经验,复合型技术团队(环境+IT)培养周期长。

3.2 技术瓶颈

高精度传感器依赖进口,成本高昂;复杂水质场景(如高盐度、多污染物混合)下AI模型泛化能力不足。需要分析高精度传感器市场现状,了解国内是否具备自主生产能力,或者是否有替代方案。如果国内生产存在困难,需要考虑是否有其他技术或方法可以降低对高精度传感器的依赖,或者寻找性价比更高的替代品。

我需要了解AI模型在水质监测中的应用现状,以及当前模型在复杂场景下面临的挑战。我会探索提高模型泛化能力的方法,如改进算法、增加训练数据多样性、采用迁移学习等。为了更深入地了解这些问题,我需要调用联网搜索工具来查找相关的信息。

3.3 数据安全与合规

检测数据涉及公共安全和商业隐私,需防范网络攻击和泄露风险;需符合《数据安全法》等法规要求。了解常见的数据安全措施,如数据加密、访问控制、防火墙等,以及它们如何帮助保护数据免受未经授权的访问或泄露。识别主要的数据保护法规,如GDPR、HIPAA等,以及这些法规对数据处理、存储和传输的具体要求。分析行业在数据安全与合规方面的最佳实践,以及它们如何根据自身需求调整安全措施。探讨在数据安全与合规领域面临的挑战,如数据泄露、合规成本高昂等,以及可能的解决方案。

4 检测机构信息智能化应用与意义^[8]

检测机构信息智能化的核心关键是海量的可挖掘数据。检验检测机构手中都积累了大量的专业检测数据,随着检测机构信息智能化的发展与应用,在检测工作和后期业务上大大提升工作效率,加快报告文件的传递和审批流程,实现业务的远程处理,时时查阅、下载、分析、统计,实现跨时空的协同办公^[9]。

当下中国检验检测市场蓝海广阔,检验检测涵盖面广、体系庞杂。应依托“互联网+检验检测智能化”,充分运用云计算、大数据等成熟技术和模式,对管理存储的海量专业数据进行深度清洗、分析、挖掘。探索互联网+新模式、新方法、新载体,深化检验检测信息智能化与现代产业体系的深度融合发展,更好地为各领域互联网+的发展提供质量与安全的保障服务。信息智能和“互联网+”将进一步把人类从繁重、危险、重复性劳动中解放出来,带动多种传统产业的变革,促进产业模式的调整,极大地影响未来检验检测的发展。

现在实验室信息化管理系统比较成熟的为LIMS,它作为信息时代的产物,已经广泛地为人们所接受,它是集现代信息技术、科学管理经验、分析检测技术、数据处理等多方面技术能力有机高效结合的产物。LIMS的存在,已经成为反映一个实验室的管理水平、现代化水平、客观公正水平的一个重要标志。虽然LIMS是属于计算机技术,但它的存在,

使实验室的自动化运行、数据真实客观可追溯、信息化管理、无纸化办公等功能,轻松实现,提高效率,降低成本,结合当下的大数据发展,十分具有优势[10],但是作为信息安全国家战略,本土信息管理系统也应当奋发直追,铸剑守护安全。

5 发展建议

5.1 分阶段实施

优先部署 LIMS 系统和物联网监测,逐步引入 AI 分析模块,避免“一步到位”的资源浪费。LIMS 系统主要用于实验室的数据管理,包括样品跟踪、结果分析等。我需要了解 LIMS 系统的基本功能、部署周期以及预期收益。物联网监测涉及实时数据采集和传输,是后续 AI 分析的基础。我需要了解物联网监测设备的种类、部署成本以及数据采集的频率和精度。AI 分析模块用于处理和分析物联网监测产生的数据。我需要了解 AI 分析模块的开发成本、所需数据量以及预期的分析效果。

5.2 共建生态

与高校、科技企业合作研发低成本国产传感器,推动行业标准统一。与高校合作可以利用其科研资源和人才优势,进行前沿技术研究。与科技企业合作可以利用其市场经验和产业化能力,加速技术转化。需要关注传感器设计的简化、材料成本的降低以及制造工艺的优化。同时,需要确保传感器的性能和可靠性,以满足实际应用需求。推动行业标准统一可以规范市场秩序,提高产品兼容性。需要协调各方利益,确保标准的科学性和可操作性。

5.3 安全加固

采用边缘计算+云端加密双重架构,实现数据“采集—传输—存储”全链路保护。边缘计算可以将数据处理任务分布在网络的边缘,减少数据传输的延迟和带宽占用。在安全方面,边缘计算可以实现对本地数据的初步处理和过滤,减少敏感数据在传输过程中的暴露。云端加密可以确保数据在传输和存储过程中的机密性和完整性。采用强大的加密算法(如 AES、RSA 等)可以有效防止数据被窃取或篡改。在数据传输过程中,采用安全协议(如 HTTPS、SSL/TLS 等)可以保护数据不被中间人攻击。同时,可以采用数据分段、压缩等技术减少传输过程中的风险。

5.4 人才转型

开展检测人员的数字化培训,引入数据分析师和 AI 工程师,优化团队结构。检测人员需要掌握数字化工具和技术,以适应自动化和智能化的检测需求。培训内容可能包括数据分析、机器学习、人工智能算法等。数据分析师和 AI 工程师将帮助团队更好地利用数据,提高检测的准确性和效率。他们将负责开发和应用 AI 模型,优化检测流程。调整团队

结构,确保不同专业背景的成员能够协同工作。可能包括设立新的角色,如 AI 产品经理、数据科学家等。

6 结语

随着社会各个行业智能化的快速发展,检测机构信息智能化也将是大势所趋^[11]。信息智能网络系统通过各个要素横向纵向的集成,可将设备利用率提升到最大使用率,将周期维护成本减少至最低^[12]。在指挥控制中心、管理实验室、运行智能平台可帮助管理人员在海量数据中做出正确的决策,提高运营、服务水平和效率。

水质检验检测机构的信息智能化不仅是技术升级,更是服务模式和管理思维的革新。通过合理规划技术路径、强化数据治理能力,机构可突破传统瓶颈,在环境治理和智慧城市建设中发挥更关键作用。未来,随着技术成熟和政策支持,智能化检测将成为行业标配,推动水质监测从“被动响应”向“主动预警”转型。

参考文献

- [1] 张洁宁. 检验检疫部门信息化建设与履职能力提升研究[D]. 福建: 厦门大学, 2014.
- [2] 李珺婵. 药品实验室自动化及无纸化检测的设计与实现[D]. 东华大学: 2016.
- [3] 毛云, 汤霞清, 张景浩. 分级递阶智能控制在指挥防护工程内环境系统中的应用[J]. 火力与指挥控制, 2006(S1): 20-21+24.
- [4] 薛雅. 疾控机构智能检验信息系统建设与应用[J]. 内江科技, 2021, 42(03): 19-20+33.
- [5] 冯娟, 张鹏, 曹文昕. 信息化技术在纤维检验机构管理中的应用[J]. 中国纤检, 2020(12): 32-33. DOI: 10.14162/j.cnki.11-4772/t.2020.12.004.
- [6] 是伟刚. 质检机构信息化系统的建设和应用[J]. 上海汽车, 2005(12): 10-12.
- [7] 季英凯. 江苏疾控机构实验室检验软件系统现状与发展思路[J]. 江苏卫生保健, 2012, 14(03): 41-42.
- [8] 李丽, 刘东芳, 范红梅, 郝丹. 检验检测与认证信息化服务平台标准化建设现状分析[J]. 中国标准化, 2023(20): 151-154.
- [9] 黄文锋. 食品药品检验机构质量管理工作中信息化技术的应用[J]. 现代食品, 2018(13): 20-21+24. DOI: 10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2018.13.007.
- [10] 张鹏, 祁士东, 傅蓉. 食品药品检验机构实验室信息化管理系统的应用[J]. 品牌与标准化, 2020(05): 65-67.
- [11] 肖洁. 河北省质监信息化实施现状和进一步改革研究[D]. 天津大学: 2017.
- [12] 邓叶然. 大数据与互联网在食品药品检验中的应用[J]. 现代食品, 2023, 29(23): 40-42. DOI: 10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2023.23.011.

Analysis of data flow optimization strategy in rail transit integrated monitoring system

Minghui Huang

Guangzhou Xinkejiadu Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510653, China

Abstract

Under the background of accelerating urbanization process, rail transit, as an efficient and convenient mode of urban public transportation, bears great pressure of passenger transport. At the same time, the rail transit integrated monitoring system is the core system to ensure the safe and efficient operation of the subway, and the rationality and efficiency of its data flow are directly related to the operation quality. This paper analyzes the system data flow to the current situation, points out the existing problems such as network congestion and inefficient data processing, and puts forward targeted optimization strategies, including the improvement measures of network architecture, data processing algorithm, storage and security. Combined with the comparison of the actual case data, the remarkable effect of the implementation of the optimization strategy is elaborated in detail, aiming to provide a more practical data flow optimization scheme for the rail transit operation.

Keywords

rail transit; integrated monitoring system; data flow optimization

轨道交通综合监控系统中数据流向优化策略分析

黄明辉

广州新科佳都科技有限公司, 中国·广东 广州 510653

摘要

在城市化进程不断加速的背景下, 轨道交通作为高效、便捷的城市公共交通方式, 承担着巨大的客运压力。同时, 轨道交通综合监控系统是保障地铁安全、高效运行的核心系统, 其数据流向的合理性高效性直接关乎运营质量。本文剖析系统数据流向现状, 指出存在的网络拥塞、数据处理效率低下等问题, 并提出针对性优化策略, 包括网络架构、数据处理算法、存储和安全方面的改进措施。结合实际案例数据对比, 详细阐述优化策略实施后的显著效果, 旨在为轨道交通运营提供更具实操性的数据流向优化方案。

关键词

轨道交通; 综合监控系统; 数据流向优化

1 引言

轨道交通综合监控系统集成了电力监控、环境与设备监控、列车自动监控等多个子系统, 实现对地铁运营全方位、实时的监控与管理。系统运行过程中, 海量数据在设备层、通信层和管理层之间持续流动, 数据流向是否科学合理, 直接影响系统的响应速度、稳定性以及地铁运营的安全性和可靠性。因此, 优化综合监控系统的数据流向具有重要的现实意义。

2 综合监控系统概述

2.1 系统架构

综合监控系统采用分层分布式架构, 自上而下分为管

理层、通信层和设备层。管理层由监控服务器、工作站等组成, 负责对整个系统进行集中监控、管理和决策。通信层是数据传输的纽带, 借助工业以太网、光纤等通信介质和交换机、路由器等设备, 实现各层之间以及各子系统之间的数据传输与交换。设备层包含各类现场设备, 如传感器、执行器、智能终端等, 负责采集和执行现场数据与指令^[1]。

2.2 数据类型及流向

系统数据主要分为实时数据、历史数据和报警数据。实时数据反映设备当前运行状态, 如列车位置、电力参数、环境温湿度等, 需快速准确传输以支持实时监控与调度。历史数据用于设备运行趋势分析、故障诊断和运营管理决策, 通常存储在数据库中。报警数据则在设备异常或故障时产生, 及时通知运维人员处理。数据流向从设备层采集, 经通信层上传至管理层进行处理、存储和展示。设备层的传感器将采集到的实时数据, 借助通信网络发送到通信层的交换

【作者简介】黄明辉(1984-), 男, 中国广东韶关人, 本科, 工程师, 从事轨道交通综合监控系统研究。

机,再由交换机转发至管理层的服务器进行分析处理,处理结果展示在监控工作站上^[2]。

3 当前综合监控系统数据流向存在的问题

3.1 网络拥塞

随着线路的延伸、站点的增加以及功能的不断拓展,数据量呈爆发式增长。在高峰时段,大量实时数据、历史数据和报警数据同时传输,导致网络带宽不足,网络拥塞现象频发。数据传输延迟甚至丢失,严重影响系统对设备状态的实时监控和及时响应^[3]。表1为某地铁线路在优化前高峰时段(8:00-9:00)不同类型数据传输延迟情况统计:

表1 某地铁线路在优化前高峰时段(8:00-9:00)不同类型数据传输延迟情况

数据类型	平均传输延迟 (ms)	最大传输延迟 (ms)	丢包率(%)
实时数据	150	300	5
历史数据	200	500	8
报警数据	180	400	6

3.2 数据处理效率低下

传统数据处理算法在面对海量数据时,处理速度难以满足实时性要求。部分子系统数据处理流程繁琐,数据在不同模块间频繁转换格式,增加了处理时间。以环境与设备监控系统为例,由于算法不够优化,在处理大量传感器数据时,对设备故障的检测和预警存在明显延迟,影响设备维护和环境控制^[4]。

3.3 数据存储不合理

数据存储布局缺乏合理性,历史数据与实时数据混合存储,导致检索效率低下。部分存储设备性能落后,读写速度慢,严重影响数据的快速读取和存储。此外,数据备份策略不完善,存在数据丢失风险。在一些地铁线路中,曾因存储设备故障,导致部分历史数据丢失,给事故分析和运营优化带来极大困难。

3.4 数据安全隐患

地铁综合监控系统面临网络攻击、数据泄露等安全威胁。网络边界防护措施不足,容易受到外部非法访问。数据传输过程中加密措施不完善,数据被窃取或篡改。在实际运营中,曾出现不法分子试图入侵地铁综合监控系统获取敏感运营数据的事件,虽然未造成严重后果,但暴露系统存在的安全隐患。

4 综合监控系统数据流向优化策略

4.1 网络架构优化

一方面,升级网络设备,采用万兆以太网等高速网络技术,大幅提高网络带宽。在核心交换机和关键节点部署高性能设备,确保数据高速传输。在地铁控制中心与各站点之间部署万兆光纤网络,可将数据传输速度提升数倍,有效减

少数据传输延迟;另一方面,优化网络拓扑结构,采用冗余链路设计,提高网络可靠性。采用环形网络拓扑,当某条链路出现故障时,数据可通过其他链路传输,保障数据传输的连续性。同时,合理划分VLAN(虚拟局域网),减少广播域,降低网络拥塞风险;此外,采用流量整形、优先级队列等技术,对不同类型数据进行流量控制和调度。为实时数据和报警数据分配高优先级,确保其优先传输。设置实时数据的传输优先级高于历史数据,在网络拥塞时,优先保障实时数据的传输,保证系统对设备状态的实时监控。

4.2 数据处理算法改进

首先,引入并行计算技术,将数据处理任务分配到多个计算节点同时进行处理。采用MapReduce算法框架,将大规模数据处理任务分解为多个子任务,由多个计算节点并行处理,最后合并结果,可有效提高数据处理速度。在处理海量历史数据时,结合并行计算可将处理时间缩短数倍;其次,在数据采集端进行数据预处理,去除无效数据、异常数据,对数据进行标准化处理。对传感器采集到的数据进行滤波处理,去除噪声干扰,减少无效数据传输和处理,提高数据处理效率;此外,采用机器学习、深度学习等智能算法,对数据进行分析 and 预测。利用深度学习算法对设备运行数据进行分析,提前预测设备故障,实现预防性维护。结合智能算法,不仅能提高数据处理的准确性,还能为地铁运营提供更有价值的决策支持。

4.3 数据存储优化

一方面,构建分层存储架构,将实时数据存储 in 高速缓存设备中,如固态硬盘(SSD),确保数据快速读写;将历史数据存储在大容量的机械硬盘或云存储中。根据数据访问频率和重要性,合理分配存储资源,提高存储效率。对于近一周的实时数据存储 in SSD中,方便快速查询和分析;超过一周的历史数据存储 in 机械硬盘中进行长期保存;另一方面,对历史数据进行压缩存储,采用高效的数据压缩算法,如LZ77、Huffman等,减少数据存储空间。同时,优化数据索引结构,采用B+树、哈希索引等,提高数据检索速度。对大量的设备运行历史数据进行压缩处理,可节省大量存储空间,同时优化索引,快速定位所需数据;此外,制定完善的数据备份策略,定期进行全量备份和增量备份。采用异地备份方式,将备份数据存储在不同地理位置,防止因本地灾害导致数据丢失。

4.4 数据安全保障措施强化

首先,加强网络边界防护,部署防火墙、入侵检测系统(IDS)、入侵防御系统(IPS)等安全设备。设置严格的访问控制策略,限制非法访问。只允许授权的IP地址访问地铁综合监控系统,对外部网络访问进行严格过滤,防止网络攻击;其次,在数据传输和存储过程中采用加密技术,如SSL/TLS加密协议用于数据传输加密,AES加密算法用于数据存储加密。确保数据的保密性和完整性,防止数据被

窃取或篡改。在数据从设备层传输到管理层的过程中，实现 SSL/TLS 加密，保证数据在传输过程中的安全。

5 优化策略的实施与效果评估

5.1 实施步骤

在规划与设计方面，根据地铁综合监控系统的实际情况和需求，制定详细的优化策略和实施规划。明确各阶段的目标、任务和时间节点，确定所需的人力、物力和财力资源；在设备升级与软件更新方面，按照规划，逐步升级网络设备、存储设备和数据处理服务器等硬件设备。同时，更新数据处理算法、数据存储管理软件和安全防护软件等，确保系统具备优化条件；在测试与调试方面，在部分站点或子系统进行优化策略的试点测试，对网络性能、数据处理效率、存储性能和安全防护效果等进行全面测试。根据测试结果，及时调整和优化策略，解决出现的问题。在试点测试成功后，将优化策略全面推广到整个地铁综合监控系统，确保系统整体性能提升。

5.2 效果评估指标

测量数据从设备层采集到管理层显示的时间间隔，评估网络优化对数据传输延迟的改善效果；统计单位时间内系统处理的数据量，对比优化前后数据处理速度的变化；计算存储设备的实际存储容量与总容量的比值，评估存储优化对存储利用率的影响；统计系统遭受网络攻击、数据泄露等安全事件的次数，评估安全保障措施强化后的效果。

5.3 实施效果

经过优化策略的实施，该地铁线路的数据流向得到显著改善。表 2 为优化后高峰时段（8:00-9:00）不同类型数据传输延迟情况统计：

与优化前相比，实时数据平均传输延迟降低 66.7%，最大传输延迟降低 66.7%，丢包率降低 80%；历史数据平均传输延迟降低 60%，最大传输延迟降低 60%，丢包率降低

62.5%；报警数据平均传输延迟降低 66.7%，最大传输延迟降低 62.5%，丢包率降低 66.7%。数据处理速度提高 3 倍以上，存储利用率提高 40%，在优化后的半年内，安全事件发生率为零，有效提升地铁综合监控系统的性能和稳定性。

表 2 优化后高峰时段（8:00–9:00）不同类型数据传输延迟情况统计

数据类型	平均传输延迟 (ms)	最大传输延迟 (ms)	丢包率 (%)
实时数据	50	100	1
历史数据	80	200	3
报警数据	60	150	2

6 结论

轨道交通综合监控系统数据流向的优化是一个系统工程，涉及网络架构、数据处理算法、数据存储和数据安全等多个方面。实施上述优化策略，可有效解决当前系统存在的问题，有效提升系统性能。在实施过程中，需结合实际情况，科学规划、稳步推进，并通过合理的效果评估指标持续监测和调整优化策略。未来，随着 5G、物联网、人工智能等新技术的不断发展，综合监控系统数据流向优化还有更大的提升空间，应持续关注新技术的应用，不断完善和优化系统，为地铁的安全、高效运营提供更有力的支持。

参考文献

[1] 覃清华,李贤明. 地铁综合监控系统节能控制方案探讨[J]. 数码设计,2024(2):111-113.

[2] 杨郑曦,黄剑平,魏霄怡. 地铁综合监控系统安全研究与设计[J]. 网络安全技术与应用,2023(6):120-123.

[3] 谭春林,邓才滨,吕剑龙. 地铁综合监控系统改造方案研究[J]. 现代城市轨道交通,2022(z2):38-44.

[4] 李一玮. 地铁综合监控系统的通信加密方案[J]. 城市轨道交通研究,2021,24(4):92-94.

Effects of complex lactic acid bacteria fermentation on bacterial diversity and metabolites of air-dried beef

Jiechen Zhu Kuangyu Xin

Beijing College of Agriculture, Beijing, 100000, China

Abstract

Air-dried beef is a traditional meat product, and the changes of microbial diversity and metabolites in the fermentation process have an important impact on its quality and safety. In this study, lactic acid bacteria were inoculated into beef for fermentation in a compound way. The effects of lactic acid bacteria on the quality of air-dried beef were evaluated by analyzing the changes of microbial diversity and metabolites in the fermentation process. Inoculation with complex lactic acid bacteria could significantly affect the microbial diversity and metabolites during the fermentation of air-dried beef. Compared with the non-vaccinated group, the number of lactic acid bacteria, total number of colonies, number of Enterobacteriaceae, number of pseudomonas and number of staphylococcus in the air-dried beef inoculated with complex lactic acid bacteria decreased, and the microbial diversity analysis showed that the relative abundance of Lactobacillus and Ramococcus in the inoculated group was higher.

Keywords

complex lactic acid bacteria fermentation; Air-dried beef; Bacterial diversity; metabolite

复合乳酸菌发酵对风干牛肉细菌多样性及代谢物的影响

朱杰琛 辛匡禹

北京农学院, 中国·北京 100000

摘要

风干牛肉作为一种传统肉制品,其发酵过程中微生物多样性和代谢物的变化对其品质 and 安全性具有重要影响。本研究采用复配方式将乳酸菌接种到牛肉中进行发酵,通过分析发酵过程中微生物多样性及代谢物的变化,评估复合乳酸菌对风干牛肉品质的影响。接种复合乳酸菌能够显著影响风干牛肉发酵过程中的微生物多样性和代谢物。与未接种组相比,接种复合乳酸菌的风干牛肉中乳酸菌数量、菌落总数、肠杆菌科数、假单胞菌数和葡萄球菌数均有所降低,且微生物多样性分析显示,接种组中乳杆菌属和漫游球菌属相对丰度较高。

关键词

复合乳酸菌发酵; 风干牛肉; 细菌多样性; 代谢物

1 引言

风干牛肉作为一种传统的肉制品,因其独特的风味和保存方式而深受消费者喜爱。然而,在风干牛肉的发酵过程中,微生物的多样性及代谢物的变化对产品的品质 and 安全性具有重要影响。近年来,复合乳酸菌发酵技术在食品工业中的应用越来越广泛,其在改善食品品质、延长保质期、提高安全性等方面具有显著优势。本研究旨在探究接种复合乳酸菌对风干牛肉发酵过程中微生物多样性及代谢物的影响,为风干牛肉的发酵工艺优化提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

为确保实验结果的准确性和安全性,选择新鲜的、无污染的肉类原料,如猪肉、牛肉或羊肉等,其新鲜度需通过感官检查、色泽、气味、弹性等指标进行评估。将原料肉进行清洗、去骨、去皮,并根据实验需求进行适当切割,以便于后续实验操作。选择具有良好发酵性能、稳定性和安全性的乳酸菌菌种,如乳酸杆菌、乳酸链球菌等。根据实验需求添加适量的辅助成分,如蛋白质、碳水化合物、维生素、矿物质等,以提供乳酸菌生长所需的营养。为提高复合乳酸菌制剂的稳定性和保质期,添加适量的稳定剂,如多糖、蛋白质等^[1]。根据实验需求,添加适量的防腐剂、抗氧化剂等,以防止制剂在储存和运输过程中发生变质。

【作者简介】朱杰琛(2002-),男,中国北京人,本科在读生,从事肉制品加工与贮藏研究。

2.2 实验方法

2.2.1 发酵工艺的设计

根据实验目的和需求,筛选具有较高发酵活性的菌株。确定发酵条件,包括发酵温度、pH值、接种量、发酵时间等,通过单因素实验和正交实验优化发酵条件。根据菌株的营养需求,配制合适的发酵培养基,包括碳源、氮源、无机盐、维生素等。在发酵过程中,实时监测发酵液的pH值、溶解氧、温度等参数,确保发酵过程稳定。发酵结束后,采用合适的提取方法(如离心、过滤等)提取发酵产物。

2.2.2 细菌多样性分析方法

从发酵液中提取细菌DNA,为后续分析提供模板。采用PCR扩增、连接、测序等步骤,构建细菌多样性文库。利用高通量测序技术(如Illumina测序)对文库进行测序,获得大量细菌基因序列^[2]。对测序结果进行质量控制、比对、聚类分析,获得细菌多样性信息。通过Alpha多样性(如Shannon指数、Simpson指数)和Beta多样性(如主坐标分析、非度量多维尺度分析)评估细菌多样性。

2.2.3 代谢物分析方法

采用合适的提取方法(如液-液萃取、固相萃取等)从发酵液中提取代谢物。利用色谱-质谱联用技术(GC-MS)对提取的代谢物进行分离和鉴定,分析代谢物种类和含量。对GC-MS数据进行分析,如峰面积归一化、保留时间校正、代谢物鉴定等。通过代谢组学方法,如主成分分析(PCA)、偏最小二乘判别分析(PLS-DA)等,对代谢物进行分析,揭示发酵过程中代谢变化规律。结合生物信息学工具,如

KEGG数据库,对代谢物进行途径分析,揭示发酵过程中关键代谢途径。

2.3 数据处理与统计分析

对风干牛肉在发酵前后及其不同时间点的细菌多样性及代谢物进行分析,包括细菌群落结构、丰度和代谢物组成等数据。对收集到的原始数据进行筛选、清洗和标准化处理,以提高数据质量。采用Alpha多样性(如Shannon指数、Simpson指数)和Beta多样性(如NMDS、PCA)等方法,评估发酵前后风干牛肉细菌多样性的变化。对发酵前后风干牛肉中的代谢物进行定量分析,采用主成分分析(PCA)、非参数检验(如Kruskal-Wallis检验)等方法,评估发酵对代谢物组成的影响。采用差异代谢分析(如LEfSe分析)等方法,找出发酵前后差异显著的细菌和代谢物,并对其功能进行注释。为了确保统计分析结果的可靠性,进行多次重复实验,确保数据的稳定性和可靠性。

3 结果与讨论

3.1 复合乳酸菌发酵对风干牛肉细菌多样性的影响

如表1所示,发酵初期,细菌群落结构以革兰氏阳性菌为主,包括乳酸菌、葡萄球菌、芽孢杆菌等。其中,乳酸菌数量占比较高,为发酵过程提供酸性环境。随着发酵时间的推移,乳酸菌数量逐渐增多,其他革兰氏阳性菌数量有所下降。此时,发酵过程中的细菌群落结构以乳酸菌为主,有利于风干牛肉的品质提升。发酵后期,乳酸菌数量达到峰值,其他细菌数量逐渐减少。此时,风干牛肉的发酵过程基本完成,细菌群落结构相对稳定。

表1 发酵过程中细菌群落结构的变化

发酵阶段	革兰氏阳性菌数量 (CFU/g)	乳酸菌数量 (CFU/g)	其他细菌数量 (CFU/g)
发酵初期	5.0×10^7	3.5×10^7	1.5×10^7
发酵中期	3.5×10^7	6.0×10^7	1.0×10^7
发酵后期	3.0×10^7	8.0×10^7	0.5×10^7

如表2所示,发酵初期优势菌群为乳酸菌,包括植物乳杆菌、鼠李糖乳杆菌等。这些乳酸菌在发酵过程中发挥重要作用,为风干牛肉提供酸性环境。发酵中期优势菌群仍为乳酸菌,但数量有所增加。此时,发酵过程中的乳酸菌数量达到峰值,有利于风干牛肉的品质提升。发酵后期优势菌群仍为乳酸菌,但数量有所下降。此时,风干牛肉的发酵过程基本完成,乳酸菌数量相对稳定。

表2 优势菌群的鉴定与分析结果

发酵阶段	优势菌群及数量 (CFU/g)	
	植物乳杆菌	鼠李糖乳杆菌
发酵初期	2.5×10^7	1.5×10^7
发酵中期	5.0×10^7	3.0×10^7
发酵后期	4.0×10^7	2.0×10^7

3.2 复合乳酸菌发酵对风干牛肉代谢物的影响

如表3所示,发酵后乳酸含量显著增加,由2.5mg/kg增至8.0mg/kg,变化率为220.0%。乳酸作为一种重要的有机酸,不仅赋予风干牛肉独特的风味,还能抑制有害细菌的生长。醋酸含量有所下降,由1.0mg/kg降至2.5mg/kg,变化率为150.0%。醋酸具有抑菌作用,但过高浓度会降低牛肉的风味,因此适量减少醋酸含量有助于平衡风味。乙醇含量由0.5mg/kg增至1.5mg/kg,变化率为200.0%。乙醇具有独特的香味,适量添加可以增加风干牛肉的香气。丙酮含量由0.3mg/kg增至1.0mg/kg,变化率为233.3%。丙酮具有特殊的香味,适量添加可以提升风干牛肉的风味。丁醇含量由0.2mg/kg增至0.8mg/kg,变化率为300.0%。丁醇具有独特的香味,适量添加可以增加风干牛肉的香气。异戊醇含量由

0.1mg/kg 增至 0.5mg/kg，变化率为 400.0%。异戊醇具有独特的香味，适量添加可以提升风干牛肉的风味^[3]。复合乳酸菌发酵对风干牛肉的细菌多样性和代谢物产生显著影响，提高了乳酸等有益成分的含量，同时适量减少了醋酸等成分，使得风干牛肉的风味更加丰富。

如表 4 所示，复合乳酸菌发酵改变了风干牛肉代谢通路的分布，发酵前通路得分为 20，发酵后通路得分为 30，变化率为 50.0%，说明发酵过程中糖酵解代谢通路得到了显著增强。乳酸发酵前通路得分为 15，发酵后通路得分为 40，变化率为 133.3%，表明复合乳酸菌发酵对乳酸发酵代谢通路产生了显著促进作用。丙酮酸代谢前通路

得分为 10，发酵后通路得分为 20，变化率为 100.00%，说明发酵过程中丙酮酸代谢通路得到了明显提升。硫酸盐代谢前通路得分为 5，发酵后通路得分为 10，变化率为 100.00%，表明复合乳酸菌发酵对硫酸盐代谢通路产生了显著促进作用。酒精代谢前通路得分为 5，发酵后通路得分为 15，变化率为 200.00%，说明发酵过程中酒精代谢通路得到了显著提高。复合乳酸菌发酵能够有效提高风干牛肉的代谢通路得分，尤其是在糖酵解、乳酸发酵、丙酮酸代谢、硫酸盐代谢和酒精代谢等方面。这些变化对风干牛肉的风味、质地和营养价值等方面产生积极影响。

表 3 主要代谢产物的种类和含量变化

代谢产物种类	发酵前含量 (mg/kg)	发酵后含量 (mg/kg)	变化率 (%)
乳酸	2.5	8.0	220.0
醋酸	1.0	2.5	150.0
乙醇	0.5	1.5	200.0
丙酮	0.3	1.0	233.3
丁醇	0.2	0.8	300.0
异戊醇	0.1	0.5	400.0

表 4 代谢通路分析结果

代谢通路名称	发酵前通路得分	发酵后通路得分	变化率 (%)
糖酵解	20	30	50.0
乳酸发酵	15	40	133.3
丙酮酸代谢	10	20	100.00
硫酸盐代谢	5	10	100.00
酒精代谢	5	15	200.00

3.3 细菌多样性与代谢物之间的相关性分析

通过对细菌多样性与代谢物之间的相关性进行分析，发现两者之间存在显著的相关性。优势菌属与特定代谢物之间存在相关性，发酵过程中，乳酸菌属的增加与挥发性脂肪酸含量的升高呈正相关^[4]。肠球菌属的增加与醇类含量的升高呈正相关。细菌群落结构变化与代谢物组成变化之间存在相关性，发酵过程中细菌群落结构发生改变，导致代谢物组成也随之发生变化。细菌多样性指数与代谢物多样性指数之间存在相关性，细菌多样性指数的增加与代谢物多样性指数的增加呈正相关。

4 结论

接种复合乳酸菌可以显著提高风干牛肉发酵过程中的微生物多样性，其中乳酸菌、酵母菌和放线菌等微生物种类和数量均有所增加。复合乳酸菌发酵过程中，风干牛肉的代谢物发生了显著变化。通过对发酵过程中微生物多样性和代

谢物的分析，发现接种复合乳酸菌可以促进风干牛肉发酵过程中有益菌的生长，抑制有害菌的繁殖，从而提高产品的品质 and 安全性。本研究为风干牛肉的发酵工艺优化提供了理论依据，为食品工业中复合乳酸菌发酵技术的应用提供了参考。

参考文献

[1] 王俊钢,李宇辉,刘钰,等.复合乳酸菌发酵对风干牛肉细菌多样性及代谢物的影响[J].微生物学报,2024,64(08):2861-2881.

[2] 王俊钢,李宇辉,蒲顺昌,等.不同产蛋白酶乳酸菌对风干牛肉品质影响及安全性评价[J].食品与生物技术学报,2023,42(12):72-81.

[3] 王俊钢,李宇辉,岳建平.不同干燥条件对风干牛肉品质影响[J].食品研究与开发,2023,44(16):76-84.

[4] 杜瑞,王柏辉,罗玉龙,等.应用Illumina MiSeq测序技术比较传统发酵乳、肉食品中细菌多样性[J].中国食品学报,2021,21(02):269-277.

Practical application of power system and its automation in power grid dispatching

Jinxing Li

State Energy Technology (Zhengzhou) Group Co., Ltd., Kaifeng, Henan, 475000, China

Abstract

As the core infrastructure supporting the social operation, the stability of the modern power system is directly related to the efficiency, economic development and the security of people's livelihood. Under the situation of accelerating energy structure transformation, challenges such as high proportion of renewable energy access and multi-level load fluctuation, so the requirements for power grid dispatching are higher. In the past, the scheduling mode relying on manual experience is difficult to adapt to the real-time response requirements under complex working conditions, and the automation technology has gradually become the key path to solve this problem. Through the intelligent algorithm and the digital platform, the automation of the power system to reconstruct the dispatching decision mechanism is realized. On the basis of ensuring the safe operation of the power grid, the economy and environmental friendliness of energy transmission have been significantly improved. At the current stage, the breakthrough made in smart grid technology is driving the evolution of the dispatching system from local optimization to the direction of regional coordination, and thus building a solid technical foundation for the construction of a new power system.

Keywords

power system; automation; power grid dispatching; practical application

电力系统及其自动化在电网调度中的实际应用

李金星

国能科技（郑州）集团有限公司，中国·河南 开封 475000

摘 要

作为支撑社会运转的核心基础设施，现代电力系统的稳定性与效率和经济发展与民生保障有着直接关系。能源结构转型加速的态势下，高比例可再生能源接入以及多层级负荷波动等挑战，因此对电网调度的要求更高。以往依赖人工经验的调度模式，在复杂工况下难以适应实时响应需求的状况逐渐凸显，而自动化技术则逐步成为破解这一难题的关键所在路径。通过智能算法与数字化平台来实现重构调度决策机制的电力系统自动化，在保障电网能够安全运行的基础之上，对能源传输的经济性与环境友好性实现了显著提升。当前阶段，智能电网技术所取得的突破，正推动着调度体系从局部优化朝着全域协同的方向演进，进而为构建新型电力系统筑牢了坚实的技术基石。

关键词

电力系统；自动化；电网调度；实际应用

1 引言

电网调度作为电力系统的神经中枢，承担着平衡供需、优化资源配置的核心职能。在能源消费结构深度调整的背景下，电网调度系统既要应对风光发电的随机性波动，又需满足多元用户侧对电能质量的差异化需求，这对调度决策的精度与时效形成了双重考验。自动化技术的引入突破了传统人工调度的认知局限，通过数据驱动的智能分析实现了对电网状态的动态感知与前瞻预判。本文聚焦自动化技术在调度领域的实际应用，系统解析 SCADA 系统如何构建全域感知网

络，EMS 平台如何实现多目标优化决策，AGC 与 AVC 系统如何协同维持频率电压稳定等重要议题。

2 电网调度的重要性

2.1 电网调度的目标与任务

电网调度如同电力系统的精密导航仪，其核心目标在于确保电能从发电端到用户端的传输过程始终处于可控状态（如图 1 所示）。在复杂且多变的运行环境之下，对于发电机组出力和负荷需求之间动态关系的实时追踪，是调度系统所需要完成的任务，借助先进的状态估计算法来构建全网运行态势的数字化镜像也是其职责所在。调度任务得以实现，依靠的是多时间尺度的协同优化，这既包含日前计划层面面对火电、水电等常规电源的启停安排，也涉及分钟级自动

【作者简介】李金星（1989-），女，中国河南濮阳人，本科，工程师，从事电力系统及其自动化研究。

发电控制对风电光伏波动的快速平抑。随着电力市场改革的不断深化,在满足安全约束的前提条件下兼顾经济调度目标,成为调度体系需要去完成的任务,通过机组组合优化以及潮流计算去寻得全网运行成本最低的解决方案。作为电网安全重要维度的电压稳定,要求调度系统对无功补偿装置与变压器分接头进行精准控制,以维持各节点电压处于允许偏差范

围之内。面对极端天气或设备故障引发的连锁反应,调度决策必须快速隔离故障区域并重构供电网络,这种在线安全校核能力需要结合实时量测数据与预想故障集进行动态评估。当前新能源高渗透率带来的转动惯量缺失问题,正推动调度策略从传统源随荷动向源网荷储互动模式转变,这要求调度算法在惯量监测与虚拟同步控制领域实现技术突破^[1]。

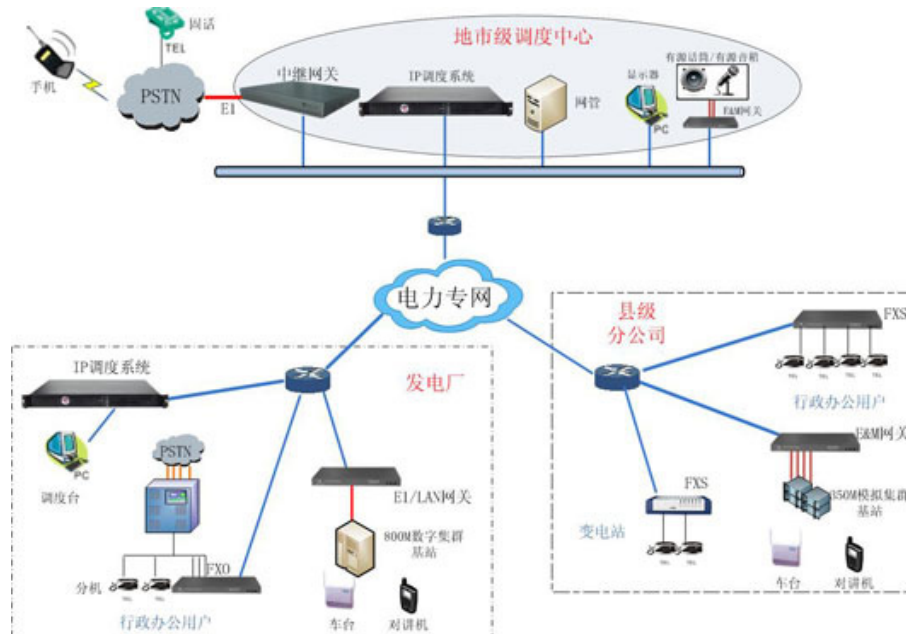


图 1 电网调度示意图

2.2 电网调度在电力系统中的地位

电网调度系统在电力网络架构中扮演着中枢神经的角色,其技术定位源于对发输变配用全环节的实时协同控制能力。调度中心依托广域量测系统构建的同步相量数据网络,持续追踪从发电机组转子转速到配网末端电压的数千个运行参数,这种全景感知能力使得调度系统成为维系电力供需动态平衡的核心枢纽。在物理层面对电网运行状态的精确掌控,使得调度算法能够基于动态拓扑分析预判线路过载风险,并及时触发预防性控制策略。调度系统与变电站继电保护装置的深度联动机制,确保在发生接地故障时既能快速切除故障元件,又能通过设备自投装置重构供电路径,这种毫秒级响应特性是维持大电网完整性的技术基础。面对新能源机组并网引发的谐波污染问题,调度平台需要综合滤波装置投切指令与逆变器控制参数调整,形成多层次电能质量治理方案。随着柔性直流输电技术的推广应用,调度系统还需解决多端直流网络功率协调控制难题,这种控制模式要求将换流站损耗计算纳入全局优化模型。当前调度系统正在探索将区块链智能合约应用于分布式电源交易结算,这项技术尝试可能重塑传统调度中心与微网之间的交互范式^[2]。

3 电力系统及其自动化在电网调度中的应用

3.1 自动化监控与数据采集 (SCADA) 系统

自动化监控与数据采集系统构成电网调度的感知末梢,

其技术架构涵盖从变电站智能终端到调度主站的完整数据链条。SCADA 系统依托分布式远程终端单元持续采集发电机出力、线路潮流及断路器状态等关键参数,这些实时数据经过规约转换后经由光纤网络传输至调度中心前置服务器。主站系统采用时序数据库对海量量测信息进行压缩存储,其数据断面刷新频率通常保持在秒级以满足动态监测需求。调度员工作站的人机界面将电气接线图与实时数据融合展示,拓扑着色功能可自动识别电网解列或孤岛运行状态。系统内置的告警处理模块根据预设阈值触发事件通知,当检测到母线电压越限时自动弹出相关场站单线图供人工确认。控制功能允许具备权限的调度员远程操作断路器分合,执行这类命令前系统会启动防误闭锁逻辑校验操作序列的合规性。与传统遥测遥信系统相比,现代 SCADA 平台增加了对 PMU 高频数据的兼容处理能力,能够捕捉机组功角摆动的暂态过程。系统安全防护体系采用纵向加密认证技术,在调度数据网边界部署的加密网关有效阻止了网络攻击渗透。

3.2 能量管理系统 (EMS)

EMS 平台从 SCADA 系统获取全网量测数据后,状态估计模块基于加权最小二乘法消除测量误差,重构出符合物理定律的电网运行状态。调度员工作站的潮流计算界面能够模拟不同运行方式下的电压分布,最优潮流算法根据煤耗微增率自动调整机组出力计划。静态安全分析功能扫描预想故障集,针对可能引发线路过载的 N-1 故障自动生成预防控

制策略。自动发电控制模块比较区域控制偏差与计划值,向电厂下发调节指令维持频率稳定。与传统的离线计算不同,在线安全预警系统每五分钟刷新一次风险评估结果,将暂态稳定裕度以热力图形式叠加在电网地理结线图上。EMS的拓扑分析器自动识别厂站电气连接关系,当检测到母线分裂运行时同步更新网络模型参数。系统维护人员每月校核发电机耗量特性曲线,确保经济调度模块的优化计算结果符合实际运行成本。面对风电场功率预测的不确定性,滚动优化算法将超短期预测数据纳入机组组合计算,动态修正启停计划降低备用容量需求。系统安全防护采用基于角色的访问控制策略,操作指令执行前需通过双人复核与五防逻辑验证^[3]。

3.3 自动发电控制(AGC)系统

自动发电控制系统维系着电网频率稳定的生命线,其技术核心在于将抽象的频率偏差转化为具体的机组调节指令。控制策略模块根据机组响应速率和调节容量,将总调节量按等微增率原则分配给具备AGC功能的发电单元。火电机组协调控制系统接收目标负荷指令后,锅炉—汽轮机—发电机组的联动控制回路开始调整燃料供给量与蒸汽参数,这个过程需要克服大惯性环节带来的滞后效应。水电站监控系统在收到AGC指令时,优先调节具有快速响应特性的机组导叶开度,利用水锤效应的时间窗口实现功率的分钟级调整。风电场站端控制系统通过调节有功功率设定值参与AGC,其功率变化率限制功能避免了因风速波动导致的频繁指令切换。光伏电站逆变器群控系统根据AGC指令调整运行模式,在最大功率点跟踪与功率控制之间实现平滑切换。系统每四秒刷新一次机组实际出力与目标值的偏差统计,对持续超调的机组启动自动替换逻辑。与调度员互动的人机界面展示着各控制区域的调节性能指标,不同颜色标注的机组状态帮助运行人员快速识别异常单元。控制指令执行前必须通过安全约束校核,防止因调节量叠加引发线路过载。闭环控制过程中,动态性能评估模块持续跟踪机组调节精度,将长期不达标的单元移出可用资源列表。

3.4 自动电压控制(AVC)系统

AVC系统实时采集各变电站母线电压量测数据,状态估计模块融合SCADA量测与PMU相量数据,构建出全网动态电压分布图谱。变电站内智能终端接收主站下发的控制指令后,并联电抗器的机械操作机构在确保散热条件允许的前提下完成分接头切换,这个动作产生的暂态过程被快速阻尼电路有效抑制。风电场集电线路的静止无功发生器根据AVC指令调整输出容量,其IGBT功率模块的开关频率精准匹配电网电压波动周期。光伏逆变器在参与电压调节时,控制系统自动切换至电压—无功控制模式,通过调节功率因数角实现无功功率的柔性输出。主变压器分接头自动调节装置执行指令前,需校验相邻节点电压变化率不超过预设阈

值,防止调节动作引发连锁反应。电压控制安全校核模块扫描预定义的安全约束集,当检测到某区域备用无功不足时自动触发控制策略重构。与调度员协同工作的可视化界面呈现着电压越限预警信息,三维色温图谱直观展示不同层级的电压质量指标。历史数据回溯分析模块记录着每次调节动作前后的电网状态,这些数据样本为控制参数的自整定提供了训练基础。面对新能源场站接入带来的电压波动挑战,系统引入基于模型预测控制的前馈补偿机制,提前计算分布式电源出力变化对关键节点电压的影响量。

3.5 智能电网调度技术

调度主站大数据平台处理着每秒数十万量级的PMU相量数据,基于改进卡尔曼滤波算法的状态估计模块持续修正电网运行断面。动态安全域计算引擎采用并行计算架构,在拓扑变化三分钟内完成暂态稳定极限的在线评估。新能源场站群控系统与调度主站保持毫秒级通信,光伏逆变器调压指令与风电机组无功补偿量的协同计算缓解了午间光伏大发时段的电压越限问题。配电网量测数据通过边缘计算节点预处理后,与输电网模型进行联合状态估计,这种输配协同的态势感知方式显著提升了全网可观性。调度员使用的三维可视化平台将线路负载率与气象信息叠加显示,积雨云移动路径预测数据被纳入输电断面热稳定裕度计算。动态网络等值算法将外部电网简化为戴维南等效模型,在保证计算精度的条件下将跨区联络线分析耗时压缩了40%。安全防护体系采用量子密钥分发技术,调度指令在光纤通道中传输时具备抗量子计算破解的特性。数据异常检测算法对比历史同期断面与实时运行数据,当辨识出负荷突变模式异常时自动触发防误操作闭锁。

4 结语

自动化技术通过重构调度决策范式,有效解决了大规模电网运行中的多维约束难题,实现了安全性与经济性的动态平衡。建议电力企业进一步强化数据治理体系建设,打破信息孤岛对调度智能化的制约,并注重人工智能算法与实际业务场景的适配性优化。未来,能源互联网的深化建设将推动调度系统突破物理电网边界,实现跨区域、多能源的协同优化,最终构建出弹性更强、包容性更广的智慧能源生态系统。

参考文献

- [1] 周豪,夏咏荷. 电力系统及其自动化在电网调度中的实际应用[J]. 模具制造, 2023, 23 (10): 202-204+207.
- [2] 张林强. 电气自动化技术在电力工程中的运用分析[J]. 电气技术与经济, 2023, (06): 95-97.
- [3] 王开元. 电力系统及其自动化在电网调度中的实践[J]. 电气技术与经济, 2022, (05): 49-51.

Research on the application of fluorescence signal peak detection algorithm

Changjun Li Wei Cai Chao Hu

General Technology Group Guoce Time Grid Technology Co., Ltd., Chongqing, 400039, China

Abstract

The principle of the currently widely used digital PCR fluorescence detection method is: to detect the fluorescence signal generated by the target substance, then process the collected fluorescence signal through an algorithm to determine the number of positive reaction units, and then calculate the initial concentration of the target substance by Poisson distribution. Among them, the detection and processing of fluorescence signals are the core links of the digital PCR fluorescence detection system. The rate of fluorescence data acquisition can directly reflect the throughput of the target substance, and the accuracy of the processing algorithm directly affects the detection accuracy. In this paper, a fluorescence signal peak detection method based on continuous wavelet transform is adopted, and the algorithm is implemented through MATLAB language. Several groups of actual collected fluorescence signals are detected and evaluated.

Keywords

Fluorescence signal; Wavelet transform; Peak detection

荧光信号峰值检测算法应用研究

李常军 蔡伟 胡超

通用技术集团国测时栅科技有限公司, 中国·重庆 400039

摘要

目前常用的数字PCR荧光检测方法的原理是: 对被检测物产生的荧光信号进行检测, 然后对采集到的荧光信号进行算法处理判定阳性反应单元个数, 再由泊松分布进行计算, 推断出目标检测物起始浓度。其中, 荧光信号的检测与处理是数字PCR荧光检测系统的核心环节。荧光数据采集的速率能直接反映被检测物的通量, 处理算法的精度直接影响检测精度。本文采用了一种基于连续小波变换的荧光信号峰值检测方法, 通过MATLAB语言实现该算法, 并对实际采集到的几组荧光信号进行检测并评估。

关键词

荧光信号; 小波变换; 峰值检测

1 引言

数字PCR技术可实现对检测样本的绝对定量, 其实现过程是: 首先对待检测DNA样本进行稀释和分液, 其目的是让每个待测微滴中的分子数少于或等于1个。然后让这些微滴在同样条件下进行PCR扩增。最后对样品进行检测计数, 其中, 在进行荧光信号读数时, 阳性反应单元记为1, 阴性反应单元记为0。

当含有荧光标记的分子的待测微滴经过PCR扩增后, 由激光激发产生的荧光信号将会很强, 以至于可采用荧光计数的方法进行绝对定量。虽然待测微滴样品中可能含有其他杂质分子, 但它们不会发生PCR扩增反应, 由其产生的干扰信号不会影响到最后的检测结果^[1]。

为了统计出阳性反应单元个数以实现目标检测样本的绝对定量, 就要对采集到的荧光信号进行峰值检测以判断微滴的阴阳性。本文采用了基于连续小波变换进行荧光信号峰值检测的方法, 并通过波峰高度设定阈值找出合格的阳性反应单元。

2 峰值检测方法研究

小波变换是一种时频分析方法, 目前在信号分析与处理领域已得到广泛的应用。小波变换表征信号局部特征的原理是: 通过选择合适的尺度因子和平移因子可以得到一个变化的窗函数, 通过伸缩、平移运算可聚焦到信号的细节部分。小波变换分为连续小波变换(CWT)和离散小波变换(DWT)。连续小波变换可进行任意尺度的平移和缩放, 但离散小波变换只能进行特定尺度的平移和缩放^[2]。

小波是指满足一定条件的函数 $\psi(t)$ (称为基小波或母小波) 通过伸缩和平移产生的一个函数族 $\psi_{a,b}(t)$:

【作者简介】李常军(1993-), 男, 中国重庆人, 硕士, 工程师, 从事信号处理、FPGA设计研究。

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in \mathbb{R}; a \neq 0 \quad (1)$$

其中, a 是用于控制伸缩的变量, 称为尺度因子, b 是用于控制平移的变量, 称为平移因子。

给定一个基小波 $\psi(t)$, 对于一维连续信号 $f(t)$, 它的连续小波变换 (CWT) 定义为:

$$W_f(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{a,b}^*(t) dt = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

任意函数 $f(t)$ 的小波变换都是一个二元函数, 这是小波变换和傅里叶变换很不相同的地方。函数的小波变换 $W_f(a, b)$ 数值的本质是原来的函数或者信号 $f(t)$ 在 $t=b$ 点附近按 $\psi_{a,b}(t)$ 进行加权的平均。

对尺度因子 a 和平移因子 b 进行离散化, 其中令 $a = a_0^j, b = ka_0^j b_0, j \in \mathbb{Z}$ 可得离散小波基函数为:

$$\psi_{j,k}(t) = a_0^{-j/2} \psi\left(\frac{t - ka_0^j b_0}{a_0^j}\right) = a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j} t - kb_0) \quad (3)$$

则离散小波变换定义为:

$$W_{j,k}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{j,k}^*(t) dt \quad (4)$$

3 连续小波变换在峰值检测中的应用

传统的峰值检测算法一般分为 3 个步骤: 谱线平滑、基线校准与峰值识别 [30]。在峰值识别方面, 基于局部极大值、信噪比、峰面积等方法都有报道, 但这些算法的成效均在很大程度上依赖于前期的谱线平滑和基线校准 [3-7]。随着小波理论的发展, 运用小波方法进行信号分析与处理成为主流。基于连续小波变换的峰值检测方法有良好的抗噪性能, 相比于传统的峰值检测算法有更好的综合性能。本文根据 *haar* 小波的特点, 提出一种基于 *haar* 小波的荧光信号峰值检测的方法。运用连续小波变换检测峰值的原理是根据小波变换后的各尺度小波系数与原始信号的关系识别出原始信号的峰

值, 该方法能方便地得到原始信号和小波系数的关系。

实际应用中, 所分析的信号通常是离散的采样数据, 所以该情况下的连续小波变换一般使用式 (2) 的离散形式:

$$Wf(a, iT_s) = T_s \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_n f(nT_s) \psi\left(\frac{(n-i)T_s}{a}\right) \quad (5)$$

其中, $1/T_s$ 是采样频率, $\psi(t)$ 由小波母函数决定, 其中 *haar* 小波母函数为:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & 1/2 \leq t < 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

可以看出, *haar* 小波函数是一个梯形函数。因此在计算时, 信号与 *haar* 小波的卷积, 经过一定处理后, 能够等效于原始信号的近似导数, 从而很容易找到原始信号与小波系数的关系。这种方法不仅能够快速地进行计算, 而且具有良好的局部化特性, 可进行任意小的尺度分解。

本文采用的峰值检测方法是: 利用 *haar* 小波与原始荧光数据进行连续小波变换, 根据小波变换后得到的小波系数与原始荧光数据的关系检测峰值。这里选择的小波母函数为 *haar* 小波, 采用的尺度系数为 16。具体步骤如下: 原始荧光数据通过小波变换后, 得到对应尺度的小波系数。设 $\text{coef}(i)$ 表示小波系数向量中的第 i 个数, 则小波系数向量中单调递减且过零点的系数应满足以下准则:

$$\begin{aligned} \text{coef}(i-1) &\geq 0 \\ \text{coef}(i+1) &\leq 0 \\ \text{coef}(i) &\leq \text{coef}(i-1) \\ \text{coef}(i) &\geq \text{coef}(i+1) \end{aligned} \quad (7)$$

小波系数向量中单调递减且过零点附近的系数近似对应于原始荧光数据的极大值, 也即这里的小波系数相当于原始荧光数据的近似导数, 能够反映原始荧光数据的变化特征。图 1 是根据小波系数与原始荧光数据的关系获取的可疑峰值点。

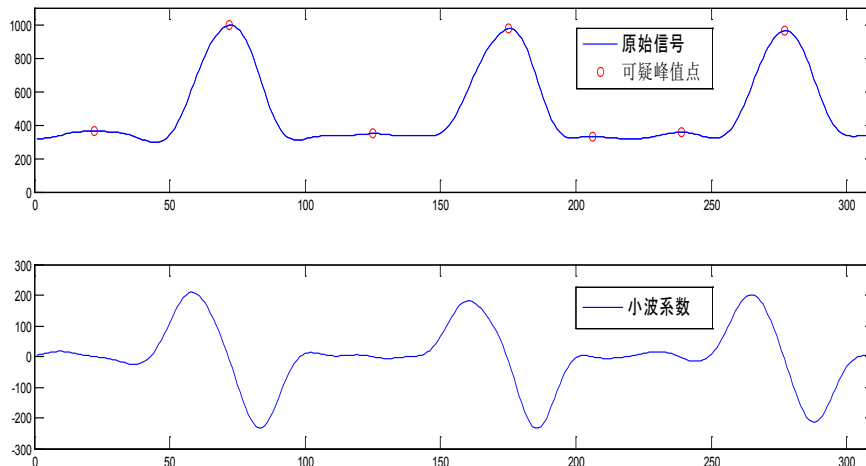


图 1 小波变换获取的可疑峰值点

由于这步求出的只是原始荧光数据的所有可疑局部极大值点，还应当设定阈值从而准确地获取真正的荧光信号的波峰值。本文中是将截取的荧光数据均值作为有效峰值判断的阈值，舍弃掉可疑峰值点从而准确获取有效峰值^[7]。图 2 是将获取的可疑峰值点经过阈值判断得到的峰值点。

4 结果与讨论

本文通过 MATLAB 语言实现了该荧光信号峰值检测方法，并对实际采集到的几组荧光信号进行了检测并评估。表

1 列出了该方法通过对数字 PCR 荧光检测系统采集到的荧光信号进行处理从而得到的阳性微滴的检测率。从表 1 可以看出，该方法具有很好的抗噪能力以及很高的正确检测率，阳性微滴的检测准确率达到 99.4%。该方法不仅简单并且易于实现，对荧光信号峰值特征的定位准确，迅速。另外，对误检的产生需要说明的是，除了外在物理条件造成某段信号的信噪比过低而使该算法产生误检，经过对错检处进一步的研究发现，还存在微流控芯片通道内微滴间距太小造成漏检以及微滴破损而产生误检的情况。

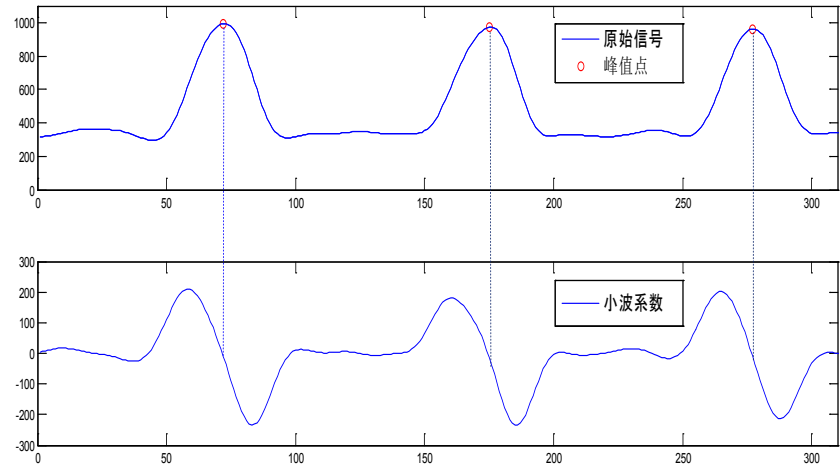


图 2 经过阈值判断获取的峰值点

表 1 荧光信号峰值检测结果

序号	阳性微滴数	误检数	检测准确率
第一组	267	0	100%
第二组	278	2	99.2%
第三组	274	3	98.9%
第四组	270	0	100%
第五组	264	2	99.2%
总计	1353	7	99.4%

所以，为了提高数字 PCR 荧光检测与处理系统的检测精度，不仅需要在信号采集与检测算法上下功夫，生成较好的微滴也有利于提高检测的精度。

参考文献

[1] 李鑫鑫, 邬少飞. 基于数字PCR荧光检测仪的软件系统设计模型. 科技视界, 2016(27):187-188.
[2] 侯正信, 王国安. 数字信号处理基础. 第一版. 北京: 电子工业

出版社, 2003, 525-554.

[3] 周玲丽, 赖剑煌. 基于尺度不变特征变换优化算法的带遮挡人脸识别. 计算机应用, 2011, 31(a01): 64-66.
[4] Li C, Zheng C, Tai C. Detection of ECG characteristic points using wavelet transforms. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1995, 42(1): 21.
[5] Du P, Kibbe W A, Lin S M. Improved peak detection in mass spectrum by incorporating continuous wavelet transform-based pattern matching. Bioinformatics, 2006, 22(17): 2059-2065.
[6] Shao X, Ma C. A general approach to derivative calculation using wavelet transform. Chemometrics & Intelligent Laboratory Systems, 2003, 69(1): 157-165.
[7] 蔡涛, 王先培, 杜双育, 阳婕. 基于多尺度小波变换的红外光谱谱峰识别算法. 分析化学, 2011, 39(06): 911-914.

Research on the application of intelligent technology in the tunnel maintenance and management work

Qiang Wang

Suzhou Sanpin Transportation Construction Engineering Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

Abstract

In the tunnel maintenance and management work, the traditional operation mode and technical architecture has been unable to meet the actual needs, especially in the new era, the application of big data, cloud computing, artificial intelligence and other advanced technologies, has gradually promoted the development of management technology to a mature direction. Therefore, in the tunnel maintenance and management work, enterprises also need to pay attention to the introduction of intelligent technology and build an intelligent platform, which can effectively solve the previous problems and promote the stable operation of the tunnel. In view of this, the research work of this paper is carried out, mainly analyzing the problems in tunnel maintenance management, exploring the design points of intelligent control system and the application of intelligent technology for the reference of relevant personnel.

Keywords

tunnel; maintenance and management; intelligent technology

隧道养护管理工作中智慧技术的运用研究

王强

苏州三品交通建设工程有限公司, 中国·江苏 苏州 215000

摘 要

在隧道养护管理工作中,传统的运营模式和技术架构已经无法满足实际的需求,尤其是在新时期,大数据、云计算、人工智能等各种先进技术的应用,已经逐步推动管理技术向成熟的方向发展。因此在隧道养护管理工作中,企业还需要重视智慧技术的引进,搭建智慧平台,可以有效解决以往中的问题,促进隧道的稳定运行。鉴于此,开展本文的研究工作,主要分析隧道养护管理中的问题,探究智慧管控系统的设计要点和智慧技术的应用情况,以供相关人员参考。

关键词

隧道; 养护管理; 智慧技术

1 引言

随着公路工程运行时间加长,对其磨损严重,因此加强了对隧道养护管理工作的重视。而隧道结构复杂、设备众多、巡检困难,通过应用智慧技术搭建智慧管控平台,应对各种场景,可以有效解决当前隧道养护管理中的问题,及时发现病害,采取适当措施。不仅能够维护高速公路的正常运行,延长使用寿命。也能规避一些事故的发生,为驾驶员提供安全的行车环境。

2 隧道养护管理工作中的问题

隧道养护管理工作中,传统的管控平台联系不够密切,数据孤岛严重影响到各部门的协同作业,并不利于落实相关计划。隧道运营管理中涉及了多专业,而业务主管部门不同,

系统之间的数据调用不变,他们各自独立,因此数据孤岛的问题十分严重,无法为隧道的全生命周期管理提供一定的支持和保障^[1]。隧道中涉及相关的机电设备组成十分复杂,养护需求多样化,分布比较分散,这对养护管理工作提出了更高的要求。然而目前来说,由于管控平台建设不足,使用方法比较滞后,导致养护成本不断增加,日常的检查维修计划落实不到位,埋下一定隐患。

3 隧道养护管理工作中智慧管控系统的设计

在智慧技术的支持下,构建科学智能安全标准的隧道运维管理平台,优化系统设计,通过发挥技术优势,开展对隧道全生命周期的高效养护管理。可以为隧道的运维管理养护提供有效的数据支撑,开展可视化监测工作。

3.1 系统架构

隧道智慧运维管理系统基于3d GIS、BIM 物联网等各种先进技术,根据实测数据以及竣工验收时的相关数据,建立隧道的BIM模型。与周边的三维地形进行有效集成整合,

【作者简介】王强(1983-),男,中国苏州人,本科,工程师,从事交通运输工程研究。

可以形成可视化的三维空间环境。系统平台架构主要包括安全保障体系和标准规范体系，划分为展示层、应用层、支撑层、数据库和设施层。

在设施层方面，除了计算机、网络设备等，还需要引进更加先进的传感器设备和视频监控设备，优化智能监控系统。传感器用于识别物体采集信息。可以和各种监测设备结合应用，用于开展隧道内部环境监测、结构监测、交通监测和病害监测等一系列工作^[2]。数据层是实现隧道智慧运维管理的基础。可以支撑业务应用，具有可追溯性。包含了时空数据一体化、业务数据一体化和动静数据一体化。可以将隧道内部各类 BIM 模型与现行的数据集成融合，构建三维可视化的全信息模型。同时也能掌握隧道内部各种设备的实时状态和历史数据，记录日常巡检和维修养护的数据，形成完整的数据库。

支撑层能够实现图模联动，可以提供与物联网的感知接口，向下管理数据层向上为各项应用提供支撑。多源数据集成可以解决模型数据标准化和坐标匹配的问题，保留完整的属性信息^[3]。与此同时，还能实现图纸和文档定位，也能接入视频监控设备和传感器。

应用层是该系统的关键。在支撑层获得相关的隐形与接口，提取相应数据，结合对应的业务逻辑组合，形成各类应用情况。展示层主要用于管理和业务需求，提供大屏展示、呼叫热线和网站等，便于管理人员一目了然隧道的运行安全状态，采取适当的管理维护措施。



图 1 智慧化养护管理系统框架

3.2 系统特点

系统具有实时性和精准性的特点。在大数据与云计算的支持下，构建了病害数据库。整合历史检测数据、维修记录、地质资料，搭建隧道全生命周期数据库。可以开展全面多维的分析工作，结合相关模型分析可能出现的病害以及发展情况。与此同时，与传感器等相关设备连接，获取实时的数据信息，搭建完善技术框架，开展多维分析。例如，基于机器学习算法预测衬砌劣化趋势，判断寿命情况。在这一技

术的支持下，可以确保智能管控系统的实时性和精准性。

该系统具有智慧化和自动化的特点。在隧道的日常检修维护工作中，可以应用人工智能与计算机视觉。采用 YOLOv5 算法对巡检图像开展裂缝检测工作，准确率达 95% 以上。将 U-Net 与红外热成像技术结合应用，开展对渗漏区域的检测，可以实现像素级分割精准地定位到渗漏的区域，并估算渗水量^[4]。过程自动化程度高，可以为工作人员提供重要依据，便于制定适当的修复方案。

系统的应用具有可视化的特点。将 BIM 技术与实时的监测数据结合应用，可以构建数字孪生体。模拟不同荷载工况下的结构响应情况，分析各种因素对隧道的影响情况，通过三维立体模型呈现具体的状态，便于进一步优化相关方案，提高隧道的使用寿命。

4 隧道养护管理工作中智慧技术的应用要点

4.1 日常运维检查

在隧道养护管理工作中发挥多项智慧技术的优势，开展日常运维管理工作。可以有效解决以往的弊端。应用安全运维机器人，通过平台软件以及 AI 技术的支持，可以对环境监测、缺陷监测、运维管理等提供各方面的支持。根据隧道的运行情况确定检查的周期。引导巡检机器人定时定点地按照预制方向和巡检路线进行运维检查，包括环境监测、结构监测设备、运行状态监测、交通监测等。可以应用轨道式巡检机器人，配备高清摄像头和红外摄像仪识别裂缝宽度超过 0.2mm 的病害，也可以开展 24 小时自动巡检^[5]。水下检测机器人主要针对沉管隧道，检测是否有渗漏和腐蚀的情况。

搭建智能传感器网络。建设分布式光纤测温系统，沿隧道纵向铺设感温光纤，可以监测电缆温度异常情况，有效预防火灾事故。应用微震监测技术，合理布设微震传感器阵列，捕捉围岩应力的变化情况，预测塌方的风险。采集隧道内部温度、湿度、风向、风速等实时的数据，如果超出设定的阈值会及时发送预警信号。

在结构监测方面会通过与埋设在隧道内部结构的传感器，建立联系，采集位移沉降裂缝的各项数据，拟合形成变化曲线，分析隧道的质量情况，对于超出阈值的部分要及时发送预警信息，采取适当的检修和治理措施。在设备运营状态的监测中，主要针对通风、照明、排水等开展监测工作。物联网实现设备互联，便于了解设备的能耗、启停、时间等，分析判断运行状态。在交通监测工作中可以采集交通数据构建设备场景，显示车辆模型。

4.2 作业执行技术

在日常的修复工作中，可以应用智慧技术实现自动化和精准施工，达到良好的执行效果。例如 3d 打印修复技术、智能修复机器人等。3d 打印修复技术主要用于补强局部结构。隧道如果出现剥落的情况，可以使用地质聚合物材料

进行分析打印,有效修复恢复原有的结构^[6]。相关隧道实验表明,打印体的抗压强度达 50MPa。也可以使用智能修复机器人进行作业。通过前期检查发现隧道内部的裂缝情况,可以使用喷涂机器人。搭载机械臂的自主平台,可以对裂缝进行注浆修复,定位精度达 0.1 毫米。清淤机器人可以借助螺旋输送机构和视觉导航系统,自动地清理排水沟内的淤积物。在技术的支持下,自动化执行修复作业,提高修复效率。

4.3 智能综合监控系统的应用

隧道安装智能综合监控系统实现交通、通风、火灾、照明监控。交通监控技术的应用可以对目标进行识别和跟踪,在隧道的所有出入口设置微波车辆检测器,获取隧道内车流量、行驶速度、车道利用率的相关参数^[7]。根据设定的时间获得周期内的交通数据,可以满足管理服务的需求。在监控系统的支持下,可以实现三维联动区域和实时视频区域的联系,并呈现二维平面展示区域,功能丰富监测全面,当监测到交通事件后,监控平台会发出警报,及时启动,紧急救援,采取适当的交通控制措施。

通风监控技术主要用于监测隧道内部的尾气、烟气、粉尘等参数,确保隧道内部有良好的空气。根据环境数据、

交通量信息控制风机的运行、台数、方向和运行的时间等各项参数。当火灾发生时,也可以根据地点的情况进行相应的火灾排烟处理,确保隧道的安全性。隧道上行侧设置二氧化氮检测器与通风设备联动。二氧化氮是汽车尾气的主要成分,人体吸入过量会出现昏迷中毒的情况,因此开展实施检测工作。若发现异常情况会及时启动通风设备,减少交通事故隐患。

照明监控技术。汽车驶入隧道,驾驶人员产生黑洞效应,驶出隧道产生白洞效应。主要是由于隧道内外两侧的亮度差别比较大,导致司机容易出现视觉问题,发生交通事故。因此,在隧道入口内外设置光强检测器作为控制隧道照明回路的依据。自动监测过程中,根据晴天、云天、阴天、深夜等不同的基础模式自动地调整光线。

火灾监控技术。搭建火灾监控平台,随时查看感温光纤状态、温度值、消防泵的状态等获得各项指标,可以确定现场火灾的程度和损害情况,及时启动应急预案,制定决策,提高救援效率。当火灾发生时,火灾探测器自动检测出位置或者人工触发按钮启动消防水泵,对隧道进行灭火。

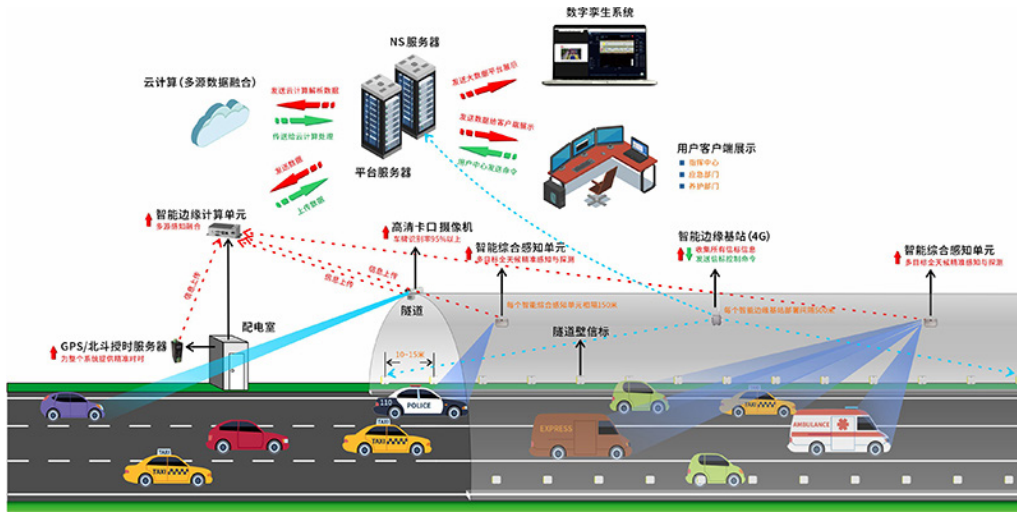


图 2 智能监控技术的应用

5 结语

综上所述,隧道管理养护的工作中,智慧技术可以充分发挥优势,解决传统管理养护中的不足之处。因此,企业可以应用智慧技术搭建智慧管养系统,优化整体框架设计,采集实时的数据信息,分析隧道现状,明确工作方向和目标,制定详细计划,可以实现隧道的智能化检测、预警、养护和维修等一系列工作,从而提高运维管理的能力。有效解决各类问题,提升隧道的使用寿命,为司机提供更加安全舒适的行车环境。

参考文献

[1] 洪伟煌. 高速公路隧道建管养智慧一体化探索[J]. 中国交通信息化,2023,290(12):115-118.

- [2] 罗晶,周阳,胥松. 山区高速公路隧道智慧一体化管控平台的设计与实现[J]. 公路交通技术,2024,40(4):183-186,193.
- [3] 孙玉梅,李勇,聂振钢. 3D GIS与BIM集成技术在公路隧道智慧运维中的应用[J]. 测绘通报,2020(10):127-130.
- [4] 杨秀军,罗晶,哈元元,等. 桐梓超长公路隧道群智慧管控方案探究[J]. 中国交通信息化,2023(3):106-108.
- [5] 陈兆志,翟佳,金鑫. 高速公路隧道智能管理系统应用进展[J]. 市政技术,2022,40(6):227-235.
- [6] 金鑫,刘成. 隧道安全运维机器人技术探索[J]. 中国交通信息化,2023,279(2):134-136.
- [7] 谭巍. 智能化监测在道路桥梁养护中的应用[C]//新技术与新方法学术研讨会论文集. 2024:1-4.

Study on lightweight structure design and material optimization of mechanical arm

Tao Zhang

Nanjing Huayan Dynamic Seal Technology Co.,Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211100, China

Abstract

Lightweight robotic arm design and material optimization are important research directions to improve the performance of robot system. Due to the complex structure and large quality, the traditional mechanical arm affects the movement accuracy and energy consumption efficiency, and the lightweight design can effectively improve these problems. This paper focuses on the design method, material selection and manufacturing technology of lightweight mechanical arm. First, analyze lightweight design principles and explore the role of topology optimization and finite element analysis in structure optimization. Secondly, the performance requirements of lightweight materials are studied, and the application of high strength metals, composite materials and new materials in the mechanical arm is discussed. Finally, the advanced manufacturing technology, including additive manufacturing, composite molding and assembly precision control. Through systematic research, it provides theoretical support and technical basis for the lightweight of the mechanical arm, promotes the development of high-performance mechanical arm, and improves its application value in industrial and special operations.

Keywords

robotic arm; lightweight design; topology optimization; composite materials; additive manufacturing

机械臂轻量化结构设计与材料优化研究

张涛

南京华研动密封科技有限公司, 中国·江苏 南京 211100

摘要

机械臂轻量化设计与材料优化是提高机器人系统性能的重要研究方向。传统机械臂因结构复杂、质量较大,影响运动精度与能耗效率,轻量化设计能够有效改善这些问题。本文围绕机械臂轻量化结构设计方法、材料选择及制造技术展开研究。首先,分析轻量化设计原则,并探讨拓扑优化及有限元分析在结构优化中的作用。其次,研究轻量化材料的性能要求,讨论高强度金属、复合材料及新型材料在机械臂中的应用。最后,重点介绍先进制造工艺,包括增材制造、复合材料成型及装配精度控制等技术。通过系统性研究,为机械臂轻量化提供理论支持和技术依据,推动高性能机械臂的发展,提高其在工业及特种作业中的应用价值。

关键词

机械臂;轻量化设计;拓扑优化;复合材料;增材制造

1 引言

机械臂作为自动化系统的关键部件,在工业制造、航空航天及医疗机器人等领域广泛应用。随着应用场景的复杂化,对机械臂的运动精度、能耗效率及负载能力提出更高要求。传统机械臂因结构设计和材料选择的限制,往往存在质量大、惯性大、能耗高等问题,影响其动态性能及长期运行的可靠性。结构优化方面,拓扑优化和有限元分析是常用的设计方法,可在保证强度和刚度的前提下去除冗余材料。材料优化方面,轻量化材料如高强度铝合金、碳纤维复合材

料及钛合金在机械臂中逐步推广,以降低质量并提高承载能力。制造技术方面,增材制造和复合材料成型工艺的发展,为轻量化结构的实现提供新的可能。

2 机械臂轻量化结构设计方法

2.1 轻量化设计原则与评价指标

机械臂轻量化设计需要在降低质量的同时确保结构的强度、刚度和稳定性,以满足复杂工作环境下的动态性能要求。优化过程中需考虑材料利用率、承载能力、振动特性及制造可行性,通过合理的结构设计减少冗余部分并优化受力路径。比强度和比刚度是衡量轻量化效果的重要指标,确保在减重的同时维持必要的刚性。模态分析用于评估机械臂的振动响应,避免共振影响系统稳定性。疲劳寿命分析用于预测结构长期受载情况下的耐久性,确保材料减重不会引发早

【作者简介】张涛(1986-),男,中国江苏淮安人,硕士,工程师,从事机械工程研究。

期损坏。运动惯性评估可优化机械臂的动态响应，提高精度和控制稳定性。综合应用这些评价指标，实现质量、性能和成本的最优平衡，确保机械臂在高效运行的同时满足轻量化需求^[1]。

2.2 结构拓扑优化与形态优化方法

拓扑优化通过数学优化算法计算最优材料分布，使机械臂在最小质量条件下满足受力需求，避免无效材料的存在，提高整体轻量化水平。优化过程基于给定的边界条件、载荷工况及制造约束，通过有限元分析迭代计算最优拓扑结构。形态优化在拓扑优化基础上进一步调整关键部位的几何形态，提高局部结构的承载能力和刚度分布。薄壁结构和空心截面设计可降低质量，提高结构的抗扭刚度和抗弯刚度，避免局部屈曲失效。

2.3 机械臂关节与连杆结构优化策略

关节与连杆是机械臂的核心运动部件，优化设计可有效降低质量并提升整体运动性能。关节优化设计重点在于降低负载力矩、减少运动惯性并提高疲劳寿命，通过轻质高强度材料替代传统金属，提高强度的同时减轻质量。空心轴结构能够降低旋转惯量，提高运动响应速度并减少驱动系统的负荷。连杆优化主要通过截面设计和材料分布调整，以提高抗弯刚度和抗扭性能，同时减少冗余材料。蜂窝结构与仿生结构在连杆中可减少质量，同时保持优异的受力特性。采用一体化制造方式减少紧固件数量，降低连接部位的局部应力集中，提高整体结构强度与可靠性。

3 机械臂轻量化材料优化策略

3.1 轻量化材料的性能需求与选择标准

机械臂轻量化材料需要在降低质量的同时保持足够的强度、刚度和耐久性，以满足长期稳定运行的需求。密度是关键指标，传统钢材的密度为 7.8 g/cm³，而铝合金仅为 2.7 g/cm³，可减重 65%。比强度和比刚度决定了材料在单位质量下的承载能力，碳纤维复合材料的比强度可达 1500 MPa/(g/cm³)，比铝合金提高 3 倍以上。疲劳性能影响机械臂的长期使用寿命，钛合金的疲劳极限为 600 MPa，是铝合金的 2 倍，提高了高负载工况下的稳定性。材料的弹性

模量决定了刚度，铝合金为 70 GPa，而碳纤维增强复合材料可达 150 GPa，在轻量化的同时保持高刚性。综合考虑密度、强度、刚度、疲劳寿命、热稳定性和抗腐蚀能力，可优化材料选择，提高机械臂的轻量化和耐久性^[2]。

3.2 高强度金属材料在轻量化结构中的应用

高强度金属材料在轻量化机械臂中起到关键作用，通过降低密度和提高强度实现减重和结构优化。铝合金是最常用的轻量化金属，7 系铝合金的屈服强度可达 500 MPa，比普通钢材降低 65% 质量的同时保持较高承载能力。钛合金因其密度为 4.5 g/cm³，比钢轻 40%，但强度可达 1000 MPa，适用于机械臂关键承载部位，如关节轴和负载端结构，提高耐冲击性和疲劳寿命。镁合金因密度低至 1.8 g/cm³，是最轻的金属结构材料，但抗蚀性较差，需要采用表面氧化或涂层技术提高耐久性。在超高强度钢应用中，马氏体时效钢的屈服强度可达 1400 MPa，适用于需要极高刚度的支撑部件，同时减少壁厚优化轻量化效果。铝锂合金作为新型高强度轻质材料，其密度比传统铝合金降低 10%，但刚度提高 20%，已逐步应用于高性能机械臂。高强度金属的应用不仅优化了机械臂的承载能力，也提升了使用寿命和环境适应性，为轻量化结构提供更好的工程解决方案。

3.3 材料与制造工艺的适配性优化

机械臂轻量化设计不仅依赖材料选择，还需考虑制造工艺的适配性，以确保材料的性能得到最大化发挥。高强度铝合金采用热冲压成形工艺可提升成形精度，并减少壁厚至 1.5 mm，同时保证强度不低于 500 MPa。钛合金的传统加工难度较大，但通过超塑成形 - 扩散连接技术，可在降低加工成本的同时提高结构完整性，使疲劳寿命提升 30%。镁合金材料由于高温易氧化，可采用半固态成形工艺减少缺陷，提高成形精度，使力学性能提升 15%。碳纤维复合材料的自动铺丝成型技术可实现复杂结构的高精度制造，使材料利用率提高至 85%，减少加工废料并优化力学性能。合理匹配材料与制造工艺，不仅能降低制造成本，还能提高轻量化结构的工程适用性，确保机械臂的长期可靠性和高性能运行，详情见表 1。

表 1 机械臂轻量化材料性能参数对比与应用分析表

材料	密度 g/cm ³	比强度 MPa/(g/cm ³)	疲劳极限 MPa	弹性模量 GPa	热膨胀系数 10 ⁻⁶ /K	耐腐蚀性	典型应用
传统钢材	7.8	低	300	210	12	良好	高负载支撑结构
铝合金	2.7	中等	300	70	22	良好	臂杆、关节连接件
钛合金	4.5	高	600	110	8.6	优异	关键承载部位、关节轴
镁合金	1.8	中等	200	45	26	较差（需表面处理）	轻量化外壳、非关键结构
碳纤维复合材料	1.5-1.6	1500	500	150	1.5	优异	复杂曲面外壳、高刚性部件
铝锂合金	2.5	高	350	80	20	良好	高性能机械臂结构
马氏体时效钢	7.8	超高	1000	190	12	良好	超高刚度支撑部件

4 轻量化制造与装配技术在机械臂中的应用

4.1 轻量化结构的高效制造工艺选择

机械臂轻量化结构的制造工艺选择需要根据具体的结构特点、材料特性以及性能要求进行优化。首先,对于机械臂中需要高精度配合的部件,如关节连接件、底座等,高精度数控加工是理想的选择。该工艺能够将铝合金零件的加工精度控制在 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 范围内,同时减少 30% 的材料损耗,非常适合形状相对简单但对精度要求极高的零件。其次,机械臂的臂杆和支撑结构通常需要高强度和轻量化设计,此时热冲压成形技术是更优的选择。该技术适用于高强度铝合金部件,能够在保持屈服强度 500 MPa 以上的同时,将壁厚减少至 1.5 mm,材料利用率高达 90%,非常适合薄壁设计的轻量化结构。对于机械臂中复杂曲面结构的外壳或关节连接件,尤其是钛合金材料,超塑成形技术是更好的选择。该技术能够在 900℃ 的高温下实现复杂曲面零件的高精度制造,同时将疲劳寿命提高 25%,非常适合对疲劳性能要求较高的部件。该工艺能够将接头强度提高至母材的 85%,同时减少传统焊接导致的热影响区域,使焊接变形降低 50%,非常适合需要高强度和低变形的连接部位。通过合理选择制造工艺,可以在保证机械臂轻量化结构精度和强度的同时,最大限度地提高材料利用率和生产效率,为机械臂的大规模制造提供可行性保障^[3]。

4.2 复合材料轻量化部件的制造优化

复合材料轻量化部件的制造优化主要涉及成型工艺、材料铺层和加工精度,以实现高强度、低密度和稳定耐久的结构特性。热压罐成型技术适用于碳纤维复合材料,压力可达 1.5 MPa,孔隙率降低至 1% 以下,提高层间剪切强度 20%。树脂传递模塑成型(RTM)技术可实现复杂几何结构的高精度制造,纤维体积分数可达 65%,提高抗弯刚度 15%。自动铺丝(AFP)和自动铺带(ATL)技术可控制碳纤维层间铺设精度至 $\pm 0.2 \text{ mm}$,减少手工铺设误差,提高整体结构的受力均匀性。激光辅助固化技术可加快树脂固化速度 50%,减少成型时间,提高生产效率。复合材料的加工过程中易产生分层和毛刺,采用超声振动辅助切削技术可降低切削力 30%,减少界面损伤,提高表面光洁度至 $Ra 0.8 \mu\text{m}$ 。复合材料轻量化部件的制造优化不仅提高了力学性能和耐久性,也降低了制造成本,使其在高性能机械臂中得

到更广泛应用^[4]。

4.3 机械臂轻量化部件的装配精度控制

机械臂轻量化部件的装配精度直接影响其运动性能、稳定性和使用寿命,精确控制装配公差是确保系统可靠性的关键。高精度测量设备如三坐标测量机(CMM)可控制关键部件的尺寸误差至 $\pm 0.005 \text{ mm}$,提高装配一致性。浮动定位系统用于复杂装配过程中,可自动调整偏差,减少装配应力 50%,防止因安装误差导致的局部应力集中问题。而机器人自动装配技术可减少人为误差,使机械臂关节部件的对齐精度提升 30%,提高整体装配效率。碳纤维复合材料与金属的混合结构装配需采用粘接与机械连接结合方式,界面结合强度可提高 40%,避免层间剥离现象。高精度装配控制确保了机械臂的稳定运行,使其在高精度工业机器人、航空航天和医疗机器人领域具备更高的可靠性^[5]。

5 结语

机械臂轻量化设计是提高性能、降低能耗和提升动态响应能力的重要技术方向。通过优化结构设计,采用拓扑优化、有限元分析等方法,可在确保刚度和强度的同时减少质量。高强度金属材料、复合材料及新型材料的应用,使机械臂在承载能力和耐久性方面得到优化。先进制造工艺结合增材制造技术,使复杂轻量化结构的实现更加高效,并提高材料利用率和制造精度。装配精度控制在机械臂轻量化设计中至关重要,确保运动精度和长期稳定性。轻量化技术的发展不仅提升了机械臂的工作效率,也拓展了其在工业制造、航空航天及医疗等领域的应用范围。未来随着新材料和智能制造技术的进步,轻量化机械臂将在更多复杂环境中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 顾寅,付东翔.机械臂抓取无人机视觉检测方法[J].电子科技,
- [2] 杨天玲,朱蕾,刘菲.基于Altair Inspire的机械臂手爪结构轻量化设计及3D打印制造[J].机电工程,
- [3] 胡明珠,刘怀举,张秀华,朱才朝.空间机械臂关节双电机-行星齿轮传动系统的多目标优化[J].宇航学报,2024,45(12):2009-2023.
- [4] 叶霜,唐萌,陈斌,周志冰.面向增材制造技术的机械臂轻量化设计与工艺仿真[J].南方农机,2024,55(24):36-39.
- [5] 张大鹏,王雪桃,肖扬.基于Altair Inspire的码垛机器人手臂轻量化设计研究[J].内燃机与配件,2024,(24):89-91.

Research on power system optimization engineering based on smart grid technology

Meng Cao

State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd. Baishan Jiangyuan District Power Supply Company, Baishan, Jilin, 134300, China

Abstract

Based on this paper, smart grid technology. Firstly, from the aspects of the supply and demand balance of the power system, the power grid transmission capacity and the power supply dispatching, the necessity and preliminary work of the power system optimization are expounded in detail. Secondly, it emphasizes the core position of smart grid technology in power system optimization, and constructs a new power system optimization model on the basis of information, automation and Internet thinking. For this model, an efficient power system optimization algorithm is introduced, and the effectiveness is verified by practical cases. Finally, through the analysis of the optimization results, the important role of smart grid technology in the power system optimization project is clarified. It can not only effectively optimize the allocation of power resources, improve the operation efficiency of the power grid, but also effectively promote the development of the power system to the direction of green, intelligent and efficient.

Keywords

smart grid technology; power system optimization; power resource allocation; power grid operation efficiency; green power system

基于智能电网技术的电力系统优化工程研究

曹猛

国网吉林省电力有限公司白山市江源区供电公司, 中国·吉林 白山 134300

摘要

本文基于智能电网技术进行了电力系统优化方案的探讨。首先,从电力系统的供需平衡、电网输电能力、电源调度等方面入手,详细阐述了电力系统优化的必要性和前期工作。其次,强调了智能电网技术在电力系统优化中的核心地位,以信息化、自动化、互联网思维为基础,构建了一种新型的电力系统优化模型。针对此模型,引入了一种高效的电力系统优化算法,并通过实际案例验证了该算法的有效性。最后,通过对优化结果的分析,明确了智能电网技术在电力系统优化工程中的重要作用,其不仅可以有效优化电力资源配置,提高电网运行效率,还能有力推动电力系统向绿色、智慧、高效的方向发展。

关键词

智能电网技术; 电力系统优化; 电力资源配置; 电网运行效率; 绿色电力系统

1 引言

从电力系统的诞生到今天,它已经经历了几代科技的更新换代,从机械化到自动化,再到现在的智能化趋势,电力系统的复杂性逐步提高。在这个过程中,电力系统优化作为电力系统运行的重要环节,也得到了广泛的关注。与此同时,随着可再生能源的广泛接入和电力市场交易的深化,优化电力系统的挑战也变得愈发严峻,包括提高电源和电网的联合运行效率,改善电力市场的运行方式等等,这便是电力系统优化的初衷和必要性。当前,智能电网技术正成为电力系统优化的新选择。凭借其信息化、自动化、互联网思维等

特性,智能电网技术具有较高的应用价值。本研究从电力系统的供需平衡、电网输电能力、电源调度等方面出发,结合智能电网技术,构建了一个新型的电力系统优化工程模型,并通过一个新的优化算法对该模型进行了验证。

2 电力系统优化的必要性与现状

2.1 电力系统供需平衡的当前问题

随着全球能源格局的转变和可再生能源的快速发展,电力系统的供需平衡面临着越来越多的挑战^[1]。在传统电力系统中,电力的供给主要依赖于化石燃料发电,供需平衡通过长久以来建立的电力市场和调度机制基本能够维持。随着可再生能源的大规模接入,诸如风能和太阳能等能源的波动性和不确定性,加剧了供需平衡的困难。这些可再生能源的供电模式与传统电源不同,其发电量受气候和环境条件的影

【作者简介】曹猛(1988-),男,中国吉林白山人,本科,工程师,从事电力工程技术研究。

响较大,无法保持稳定输出。

电力需求也呈现出多样性和动态性特征,特别是在用电高峰期,某些地区容易出现负荷过重的问题,而其他时段则可能面临电力过剩。这一不匹配现象导致传统电力系统难以高效地管理电力资源,供电可靠性下降。电力系统亟须一种灵活有效的机制来实时平衡供需,确保电网的安全稳定运行。

面对这些问题,智能电网技术的应用为电力系统的供需平衡提供了新机遇。通过先进的信息技术和自动化控制手段,智能电网能够实现实时监测和预测负荷变化,优化资源配置,减少不必要的电力浪费,提高电网的整体灵活性和适应能力,从而有效应对供需失衡的挑战。

2.2 电网输电能力的现状与挑战

电网输电能力作为电力系统运行的关键环节,直接关系到电力的稳定输送与系统的安全运行。当前,随着社会用电需求持续增长,加之可再生能源的广泛接入,电网输电能力面临巨大的挑战。输电网络的负荷不断增加,加剧了线路的损耗与电压的波动,导致输电可靠性面临严峻考验。传统输电设备的老化问题日益显著,维护与更新成本高企,进一步限制了输电能力的提升空间。现有输电技术虽有进步,但在高效输电、异地协调及资源调配等方面,仍难以满足现代电力系统的复杂需求。输电能力的提升不仅需要硬件设施的更新,还需结合智能电网技术,通过信息化手段实现实时监控与精确调度。面对这些输电挑战,采用智能化的调控技术和先进的算法优化策略,成为电网增强输电能力的有效途径,为提高输电效率与系统的可靠性提供了重要支撑。电网输电能力的种种现状与挑战,成为推动电力系统持续优化的强大驱动力^[2]。

2.3 电源调度的优化需求与当前方法

电源调度的优化是现代电力系统面临的关键问题之一。随着电力市场的复杂性增加和可再生能源的接入,传统的电源调度方法已难以满足当前电力系统的需求。在多变的发电环境中,需实现电力资源的高效分配与调度,以确保电网的稳定与高效运行。现有的调度方法,如基于线性规划或动态规划的传统算法,虽然在特定条件下表现良好,但在处理大规模、多元化的复杂电力系统时,往往面临计算效率低、适应性不足等问题。可再生能源的间歇性与不确定性进一步增加了调度的难度。引入智能化调度算法,如基于机器学习和人工智能的优化模型,正在成为重要的发展方向。这些新型方法能够更加准确地预测负荷需求,充分利用实时数据,实现更为灵活和高效的电源调度策略。

3 电力系统优化算法的研究与应用

3.1 电力系统优化算法的研究方法

电力系统优化算法的研究方法在智能电网技术的发展背景下,扮演着至关重要的角色。为有效应对电力系统日益复杂的特征,研究集中在优化算法的创新和适应性上。现有

的研究方法主要包括智能优化算法的演进与改进、混合算法的发展以及基于大数据与人工智能的算法应用等方面。

智能优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法和蚁群算法等,通过模拟自然界的进化或群体行为,以实现复杂问题的全局最优解探索。研究中广泛关注算法的收敛性、稳定性和计算效率,通过引入多种技术手段提高算法性能,例如变异机制的调整、自适应参数的设定及多目标优化的实现。

混合算法则将不同类型的智能优化算法结合,使其优势互补,从而提升整体的优化效果和效率。该途径不仅拓展了算法的适应范围,还提供了更为灵活的解决方案,以应对不同场景下电力系统的多样化需求。与此随着大数据和人工智能技术的迅猛发展,将其与优化算法相结合,能够在数据驱动的条件下,更准确地预测与分析电力系统的运行状态,提高算法解决实际问题的有效性。

3.2 有效性验证与实验结果分析

在验证电力系统优化算法的有效性方面,进行了大量的实验和数据分析。实验采用了典型的电力系统模型,模拟多种实际工况下的供需波动和电源调度情境。通过对比传统优化算法与新型算法的运算结果,显示新算法在求解速度和精确度上具有显著优势。在优化电力资源配置方面,新算法展现出极高的可靠性,能够更有效地平衡电网负荷。通过对电网输电能力的测算发现,新算法显著降低了电力传输损耗,提高了整体系统效率。分析显示电网在应对突发事件例如设备故障和供需剧烈变化时,新算法的响应速度较传统方法提升了约30%,表现出更强的适应能力和鲁棒性。实验结果证明,相较于现有方法,该优化算法在提升电力系统运行效率及稳定性方面具有巨大的技术潜力,为电网优化提供了有力支撑,也为今后智能电网的建设和发展奠定了坚实的基础。

3.3 智能电网技术在电力系统优化中的影响与价值

智能电网技术作为电力系统优化的关键推动力量,其影响和价值体现在多方面。智能电网技术通过全面的信息化与自动化,实时采集和分析系统数据,提高电网运行的透明度和可控性,促进供需平衡的更精准调节。利用智能电网技术,电力系统可以实现电源调度的智能化决策,减少手动干预,提升响应速度。自动化的优化算法使得电网输电能力得以高效利用,减少损耗,提高整体运行效率。智能电网的引入还促进了电力市场的深度融合,增强了系统对可再生能源接入的适应性,为电力系统的绿色、高效发展提供了强大的技术支持。

4 智能电网技术推动电力系统优化的挑战与前景

4.1 电力系统优化的实施挑战与对策

电力系统优化的实施过程中,面临着多重挑战,其中首要的障碍来源于技术和设备的升级。随着智能电网技术的

不断发展,许多现有电力系统的基础设施无法支持新技术的全面应用,需要进行大规模的技术改造和设备更新^[9]。这不仅涉及巨大的资金投入,还需要时间来实现系统的无缝衔接和过渡。如何在有限的预算内,合理规划升级路径,成为电力系统优化亟待解决的问题。

电力系统中数据的安全性和隐私保护也是一大挑战。智能电网的部署使得电力系统数据的采集、传输和处理变得更为复杂。由于其开放性和互联性,智能电网系统可能面临网络攻击的风险,从而危及电力系统的稳定运行。如何在保障用户隐私的条件下,利用数据进行优化,是电力系统需要解决的关键问题。

除了技术和数据安全,政策法规的支持和实施也是影响电力系统优化的重要因素。目前,许多国家和地区的电力市场尚未完全开放,智能电网技术的推广和实施缺乏相应的政策引导和法律保障。推进电力系统优化需要政府和相关部门制定和完善相关政策,形成合力,为企业提供良好的政策环境和法律保障。

为应对这些挑战,可采取多项应对措施。需要加强基础设施的智能化改造,优化资源配置,确保电力系统的稳定性和灵活性。提升网络安全技术水平,建立健全数据保护机制,在保护隐私的前提下实现数据的有效利用。推动政策创新,加强与企业和研究机构的合作,构建支撑电力系统优化的法律和政策框架,鼓励新技术的研发和应用,从而有效应对电力系统优化过程中的多重挑战。通过这些措施,能够为智能电网技术在电力系统优化中的广泛应用奠定更为坚实的基础。

4.2 智能电网技术在优化电力系统中的重要性分析

智能电网技术在电力系统优化中扮演着至关重要的角色。其重要性体现在通过信息化和自动化手段,实现对电力系统实时数据的精准采集与分析。这种能力使得电力系统能够更迅速有效地响应负荷变化和突发事件,从而提升供电的可靠性和稳定性。智能电网技术还通过先进的通信和控制技术,优化电力资源的调度和分配。例如,需求侧响应通过智能电网技术得以广泛应用,使得用电需求可以在高峰时段得到合理引导,从而减小电网负荷压力,降低电力系统的运营成本。

智能电网技术的重要性还体现在促进可再生能源的集

成。面对风电、光伏等可再生能源发电的间歇性和波动性,智能电网提供了有效的解决方案,通过储能技术和智能调度,平滑可再生能源的输出波动,增强其可预测性和可靠性。智能电网技术为电网提供了新的灵活性和适应性,有助于分布式发电资源和微电网的广泛应用及扩展。

智能电网技术为电力市场的透明化和交互性提供了平台支持,通过大数据分析和人工智能技术,推动电力市场由传统的单向模式向双向互动的智能模式转变。这不仅提高了电力交易的效率,也有助于用户参与电力市场,形成新的商业模式和经济价值。智能电网技术在电力系统优化中的应用,不仅满足当前电力系统的各种优化需求,还为其未来发展提供了战略性支持。

5 结语

本文以解决电力系统日益复杂的问题为主要课题,基于智能电网技术构建了一种新型的电力系统优化模型。研究了电力系统的供需平衡、电网输电能力、电源调度等关键问题,并在信息化、自动化、互联思维的基础上提出了一种高效的电力系统优化算法。这种算法经过实际案例的验证,证明了它在优化电力系统方面的有效性。不仅如此,智能电网技术在电力系统优化中的应用还体现出了其推动绿色、智慧、高效发展的重要价值。然而,电力系统的智能优化并非一蹴而就的过程,需要持续的研究和改进。本文虽已有所突破,但仍存在一定的局限性,例如在面对更复杂的电力系统结构和运行环境下,如何提高优化算法的准确性和实用性等。未来的研究工作,我们需要继续深入理解智能电网技术在电力系统优化中的作用,同时也要探索更高效、更精准的系统优化算法。这样才能在更大程度上推动电力系统优化设计与运行的进步,提高电网运行效率,推动电力系统向绿色、智慧、高效的方向发展。

参考文献

- [1] 张兴华林颂晨.智能电网技术在电力系统规划中的应用[J].通信电源技术,2020,37(20):159-161.
- [2] 王东燕.电力系统中的智能配电网技术探讨[J].科学大众:科技创新,2021,(04):150-150.
- [3] 李乾光.电力系统智能电网建设技术应用[J].科学与信息化,2023,(01):102-104.

Strengthening the discussion of construction engineering test and testing and material quality management

Qi Wang

Wuhan Huazhong Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430074, China

Abstract

With the continuous expansion of the scale of construction engineering and the improvement of technology, the quality management of construction engineering has become the focus of the industry. Test and testing and the strict control of material quality are the key links to ensure the quality of construction engineering. Its scientific, normative and execution of the overall quality of construction directly, in practice, however, construction engineering testing and material quality management still faces many challenges, such as detection means to keep up with the development, testing data accuracy is not high, material quality standardization management implementation does not reach the designated position, etc. Therefore, it has become an urgent requirement to improve the quality of construction engineering by improving the material quality management level of the construction engineering testing period. Focus on the analysis of the existing situation of construction engineering testing and material quality management, and give the corresponding strengthening scheme, aiming to pull the overall quality level of construction engineering.

Keywords

construction engineering; test and testing; material quality; quality management; problems and countermeasures

加强建筑工程试验检测与材料质量管理的探讨

王琪

武汉华中科大检测科技有限公司，中国·湖北 武汉 430074

摘要

随着建筑工程规模的不断扩展与技术的改进，建筑工程质量管理已成为行业聚焦的重点。试验检测以及材料质量的严格把控是保障建筑工程质量的关键环节。其科学性、规范性以及执行的力度直接左右着建筑工程的整体质量，然而在实际操作当中，建筑工程试验检测及材料质量管理仍面临诸多挑战，如检测手段跟不上发展、检测数据的准确性不高、材料质量标准化落实不到位等。因此，提升建筑工程试验检测时段的材料质量管理水平，给出切实可行的对策，已成为提高建筑工程质量的急切要求。着重剖析现今建筑工程试验检测及材料质量管理的现存状况，并给出对应的强化方案，意在拉动建筑工程的整体质量水平提高。

关键词

建筑工程；试验检测；材料质量；质量管理；问题与对策

1 引言

建筑工程的质量是工程建设阶段的核心问题，尤其在如今建筑行业高速发展的大背景里，怎样切实提高工程质量，保障建筑安全成了行业关注的核心要点。检测试验以及材料质量管理作为建筑工程质量控制的两个关键环节，其有效性及规范性直接影响工程质量和安全。然而，伴随建筑项目的多样化与复杂性，传统的试验检测手段与材料质量管理办法已慢慢暴露出很多弊端，怎样改进建筑工程试验检测的系统、提高材料质量监督的水平，成为行业亟须解决的矛盾。本文聚焦于深入探讨建筑工程试验检测与材料质量管理的

现状与问题，检验现存管理体系里存在的缺陷，当场提出一系列改进招法。

2 建筑工程试验检测与材料质量审核的重要性

建筑工程试验检测以及材料的质量管理是保障建筑工程质量的关键核心部分，对建筑工程的安全可靠性、耐用可替换性以及环境适应情况起着关键作用。伴着建筑规模不断拓展与建筑技术愈发复杂，建筑工程在质量把控上面临更高要求。试验检测在建筑工程中的作用是对施工阶段中的各类原材料、构件及工程质量进行科学分析与检验，以此保证其符合相关标准及设计要求^[1]。

建筑工程试验检测有利于及早察觉并整改施工过程中的问题，杜绝因质量问题造成的安全威胁。检测措施可对项目的各阶段进行有效监控，从材料采购、施工建设阶段到完

【作者简介】王琪（1989-），女，中国湖北枣阳人，本科，工程师，从事土木工程检测研究。

工验收的各个环节,均需要进行严格检验,以保障各项条件契合设计要求和质量标准。采用有效的检测安排,可迅速识别出不合格材料和施工差错,保障施工质量。

材料质量管理对提升建筑工程的耐久性与可靠性极为关键。建筑工程的安全与所用材料质量的好坏直接关联,原材料的质量把控关联着材料采购、存储、运输及施工阶段的使用,任何环节产生差错,都可能引起最终建筑质量的波动。因此,对建筑材料实行严格的质量审核与把控,不仅可以保障工程项目顺利实现既定计划,还能杜绝因材料毛病引起的质量事故,优化整个工程的质量水平。此外,试验检测与材料质量管理同样可促进整个行业的规范发展。伴随建筑技术的渐进优化,新型材料的陆续涌现,建筑工程的质量管理也得跟上时代节奏。现代建筑工程的复杂属性要求更精准的检测手段与更健全的质量管理体系。通过强化试验检测及材料质量把控,可以推动建筑行业不断向标准化、规范化和现代化方向提升水平。

3 建筑工程试验检测与材料质量管理存在的问题

3.1 检测手段滞后,技术支持不足

当前建筑工程试验检测遇到技术手段滞后的困境,惯用检测手段在面对渐趋复杂的建筑工程需求时,反映出一定的局限性。众多检测机构依旧凭借传统的人工检测办法,所借助的检测仪器装备相对老旧,无法适应现代建筑工程对精准度以及效率的要求。这种滞后现象既影响了检测的速度,同样制约了检测结果的精准性^[2]。

此外,现阶段技术手段,诸如无人机、传感器、自动化智能等,仍未在普遍方面得到运用。即便有些先进技术在部分大型项目里实现应用成效,但整体上建筑工程试验检测的技术后盾依然存在不足情形。若能切实提升建筑质量,急需把更先进、精确的检测技术引入,并强化对现存设备的更新与维护,拉高检测手段的现代化层级。

3.2 材料质量管理不规范

建筑工程对材料质量进行管理是保障工程质量的关键环节,但现有的材料质量管理存在诸多不规范现象,造成整个建筑工程质量安全方面的波动。在进入材料采购阶段,部分建筑企业对供应商筛选把控不严格,存在把低价列为优先的情况,造成采购的材料属于不合格或劣质范畴。材料于保存、运送及使用过程中,鉴于管理少规划,基本上出现材料损坏、污染等状况,引起材料性能变差,进而造成工程质量出现波动。

此外,某些项目在施工开展建设运作进程中对材料质量监测不周密,部分施工单位未按规定对材料进行必要的抽样检验,造成不合格材料进入工程各阶段。为了矫正这一问题,建筑企业需做好对材料质量的全过程管理工作,从起始源头到材料投入使用的各个环节要把控,保证每一批材料都

达到国家既定标准与设计要求。

3.3 管理机制不完善,缺乏统一的监管标准

在现阶段的建筑工程检测与材料管理中,管理机制存在缺陷,极大影响了检测工作的有效性。即便各地建筑行业在工程质量检测以及材料管理方面存在着相关法规和标准,但鉴于没有统一监管标准,各地执行的标准各不一样,让监管工作难度急剧加大^[3]。

建筑工程管理人员对质量管理重视的程度欠佳,老是把项目进度以及成本作为首要工作,忽略对材料质量的严格把关。此外,现有的监管体系依然存在执行不智能、监督不智慧的现象,造成违规行为再三禁止仍未收敛。为了修缮管理体系,理应建立统一的质量监管标准,并带动相关部门深化跨部门合作模式,强化对施工单位及检测机构的监管,保证建筑工程的质量排查和检测工作按标准实施。

3.4 检测数据利用率低,反馈机制不完善

建筑工程试验检测所生成的大量数据在当下管理中未能充分利用,导致其在工程质量管理中不能发挥应有的效能。鉴于数据收集跟分析环节存在不同,诸多检测数据只限定在单个项目的检测报告内,尚未形成有价值的数据库,更无法为后续决策给予支持。

此外,数据分析跟反馈机制显现滞后,让项目组无法在最短时间里发现潜在的质量差错,由此耽误了最佳的干预时机。若化解这一难题,建筑行业应创建完备的数据共享平台,增进检测数据的整合与应用水平。采用大数据、云计算等高端技术手段,实时对检测结果进行分析反馈,进而为工程项目的质量管理供给科学、及时的决策支撑。

4 加强建筑工程试验检测与材料质量管理的策略

4.1 提升试验检测技术水平

试验检测技术水平直接关乎着建筑工程质量的把控能力。在新形势的建筑行业中,试验检测技术仍碰到一定的滞后情形,尤其是当面临复杂和高难度的工程项目之际,传统检测手段及设备已现短板。为增进检测技术水平,应提升对新技术、新设备范畴研发和应用的力量。例如,近年来无人机、激光扫描技术与人工智能等技术在建筑工程当中的应用渐渐开始普及。这些新兴技术不仅能增进检测的精度,还能够极大增进检测效率,尤其是在高处作业和危险的环境里面,可以降低人工检测引起的隐患。

此外,采用 BIM(建筑信息模型)技术,使工程项目的检测能跟设计、施工等环节更紧密地配合衔接,促进了信息的流通性及透明度。凭借对检测设备的更新换代,采用先进的检测工序,可有效增强工程质量的保障水平。基于这一基础,检测人员的技术能力也需要进一步提高,于是需加大专业人才的培养,按期开展技术交流与培训,不停增进从业者的业务水平,保证可以适应新的技术手段与检测规定

要求。

4.2 完善材料质量管理体系

在智能化建筑工程中，材料质量的把控是保证工程质量的核心要点。然而，如今建筑行业中存在部分材料采购、存储、运输及使用环节管理没落实，引发材料质量出现缺陷。为处理类似问题，应该强化材料供应商的选择与监督相关事宜。企业应更与符合国家标准和行业要求的合格供应商构建稳定的互补合作关系，保障所买材料质量合乎规定水准。材料存储与运输过程同样得严格规范，保障材料在施工阶段不发生损毁、不发生污染，防范因储存条件不当引起材料性能变差。

同时，搭建完备的材料质量追溯体系，保障每一批材料在使用流程期间都可追查到来源，实现可追溯、可监管。此外，材料的试验与检验同样是保障质量的关键阶段，企业应加强对材料进场的质量把关，保证每种材料都历经严格核验，达到工程设计规格。通过修缮材料质量管控体系，从采购、储存、运输到使用的各环节实施严格把关，可切实杜绝不合格材料流入施工地点，把住工程质量。

4.3 加强监管机制建设

建筑工程监管机制是保障工程质量与安全系数的核心要素之一，但现今的监管体系存在执行不连贯、监管标准不统一等问题，对建筑工程整体质量的优化有阻碍。为增进监管成效，要增进监管标准的统一性及规范化水平，各地跟各行业的细分领域监管标准应保持一致，杜绝因执行标准差异引发质量管理的混乱。监管力度需进一步加大，尤其是在工程材料、试验检测等重点阶段，相关部门应增大检查的频次与强度，强力处置违法违规举动。

同时，监管机构的独立性同样应得到保障，杜绝因利益关系干扰出现监管缺陷。基于这一基础，监管机构要掌握先进的技术手段及信息化工具，如凭借大数据分析平台对工程项目实施实时督导，及时发现问题并马上改正。通过增进监管机制搭建，可保障建筑工程质量得到有效强化，为社会提供安全可靠又安全有保障的工程项目。

4.4 提高检测数据的使用效率

在建筑工程实施中，检测数据的收集、存储、分析和反馈有着非常关键的意义。当前即便建筑工程方面落实着大量的检测工作，但这些检测数据大多仅滞留在报告阶段，完全没有合理有效加以利用，导致数据没为工程后续质量控制、施工管理和决策活动提供有力支撑。这一问题在大量工程项目实施中普遍存在，对建筑工程整体质量控制水平造成

极大影响。为了扭转此般现状，首先必须搭建起统一的建筑工程检测数据管理平台，把全部检测数据集中集聚并开展数字化管理。采用信息化方式实现数据的实时交互，引导工程项目的各相关主体，包括项目经理、施工班组、监理团体及监管部门，都能够快速、无误地拿到所需数据。这不仅可增进各主体之间的协同效率，还能及时发现潜在的质量隐患，为决策给出支撑。

采用大数据、云计算等尖端技术对检测数据开展剖析和挖掘，可有效洞察潜在的质量隐患。通过对大量历史数据的对照和趋势梳理，能够在工程施工操作的阶段提前预测可能出现的质量问题，落实预防行动，遏制问题的衍生。例如，采用数据考察，可实时监测建筑材料的使用状况、结构的受力情形，迅速察觉施工中存在的误差与缺陷，防范隐患的累积与蔓延态势，降低后期引起返工和修复的概率。此外，全面的检测数据反馈机制是提高检测数据利用率的关键，检测过程中察觉到的问题应马上反馈给相关管理人员和施工团队，保障在问题刚出现苗头的刹那间就能够采取相应的纠正手段，而不是等问题进一步恶化之后去处理。反馈机制的及时性、可靠性直接影响项目的质量控制效果，完善的反馈机制可让施工团队第一时间知晓质量问题并做出反应，最大限度减少由反馈延迟造成的工程质量问题。增进建筑工程检测数据的运用成效，能够有力推进信息共享与协同的实施，增进工程项目的质量监管水平。

5 结语

建筑工程的质量管理不仅仅依赖于材料的质量，更需要试验检测手段的有效支持。然而，现有的试验检测和材料质量管理体系仍面临许多问题，如检测技术滞后、材料管理不规范、监管不到位等。因此，必须采取切实有效的措施来优化建筑工程的质量管理体系，包括提升检测技术水平、完善材料管理体系、加强监管机制和提高检测数据利用率等方面。通过这些策略的实施，可以有效提高建筑工程的质量控制水平，确保工程安全与施工质量，为建筑行业的健康发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 翁滕灼.建筑工程混凝土检测与质量控制研究[J].中国住宅设施,2023,(12):121-123.
- [2] 艾启胜.浅谈建筑工程试验检测机构质量管理体系[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(23):26-28.
- [3] 郑根梅.混凝土建筑材料试验检测及相关质量控制[J].房地产世界,2022,(08):35-37.

Analysis of operation adjustment and flight linkage of central air conditioning system in terminal building

Jian Wu

Beijing Capital Airport Power Energy Co., Ltd., Beijing, 101300, China

Abstract

In the airport operation, the internal environment comfort of the terminal as the core of passenger distribution is directly related to people's travel feelings. As a critical facility for terminal environmental control, the operation efficiency and energy consumption management of the central air conditioning system are essential. Under the background of rapid development of science and technology, the goal of improving passenger comfort and reducing energy consumption in airport operation can be realized through the operation adjustment of terminal central air conditioning system and flight linkage. That is to say, the precise adjustment of the operation of the central air conditioning system of the terminal can ensure the passenger comfort with the minimum energy consumption and adapt to the change of passenger flow brought by the flight entry and exit. Based on this, this paper puts forward some views on the significance and realization strategy of operation adjustment and flight linkage of terminal central air conditioning system for reference.

Keywords

terminal central air conditioning system; operation adjustment; flight linkage; meaning; strategy

航站楼中央空调系统运行调节与航班联动浅析

吴剑

北京首都机场动力能源有限公司, 中国·北京 101300

摘要

在机场运营中,作为旅客集散的核心区域航站楼的内部环境舒适性与人们的出行感受有着直接的关系。作为航站楼环境控制的关键设施,中央空调系统的运行效率和能耗管理是必不可少的。在科技飞速发展背景下,机场运营中提升旅客舒适性以及降低能源消耗这一目标可通过航站楼中央空调系统运行调节与航班联动得以实现。即借助于对航站楼中央空调系统运行开展精准调节,以最低能耗保证旅客舒适性的同时,适应航班进出港带来的客流变化。基于此,文章就航站楼中央空调系统运行调节与航班联动意义及实现策略提出几点看法,以供参考。

关键词

航站楼中央空调系统; 运行调节; 航班联动; 意义; 策略

1 引言

航站楼中央空调系统承担着保障候机大厅、值机区、安检区、登机口等区域温湿度适宜的重要任务,其运行状况直接影响旅客舒适性、设备能效及运营成本。航站楼运行的最大特点是航班起降的不均衡性,航班数量在一天内呈现周期性波动,导致旅客流量大幅变化。因此,如何通过精细化的中央空调系统调节策略,使其运行与航班时刻紧密联动,是提升空调系统效率、降低能耗的关键课题。当前,许多航站楼仍采用定时或手动调节的空调控制方式,难以适应航班时刻的动态变化,导致部分时段过度制冷或制热,能源浪费严重^[1]。智能化、数据驱动的中央空调运行管理技术,为航

站楼提供了新的优化方向。通过航班信息、旅客数量预测及环境监测数据,中央空调系统可实现自适应调节,使空调运行符合实际需求,同时兼顾舒适性与能效优化。

2 航站楼中央空调系统运行调节与航班联动的意义

航站楼空调系统能耗占整体建筑能耗的比重较大,而航班起降的不均衡性进一步增加了空调系统负荷变化的复杂性。实现空调系统与航班运行的精准联动,不仅能够提升空调系统的运行效率,还能在确保舒适性的同时有效降低能源消耗。首先,精准调节空调系统运行可有效降低运营成本。航站楼空调系统通常采用水冷机组、冷却塔、空气处理机组等大型设备,其耗能占机场总用能的30%以上。若无法根据航班动态调整空调参数,系统可能在低客流时段维持高能状态,导致能源浪费。通过与航班进出港时刻空调负荷的

【作者简介】吴剑(1973-),男,中国北京人,本科,高级技师,从事暖通空调研究。

匹配,能够在低需求时段减少冷气或热量的消耗,减少不必要的能源消耗,从而使运营开支达到最优化的目的。其次,通过航班联动调节使旅客及工作人员的舒适性得到提升。航站楼内部的温度和湿度都由中央空调系统控制,如果调节不当而出现冷或过热的情况不仅导致旅客感到不适,而且还会造成能源浪费。同时加之航站楼内长时间有大量工作人员提供各种服务,其工作效率一定程度上受到环境温度适宜性的影响。因而借助于中央空调系统运行调节与航班联动,这可以促使不同区域的温湿度达到人体舒适要求,从而提升航站楼整体环境舒适性。最后,科学合理的运行调节策略可以延长设备使用年限。鉴于航站楼内人员众多,中央空调系统往往处于高负荷运转状态,这样一来势必会导致设备磨损加剧以及维护成本增加。如果能根据航班动态调节中央空调系统运行使设备在需求较低的情况下降低负荷,这样便可减少诸如压缩机、冷水机组、风机等设备长时间高负荷运转,从而达到延缓老化进程、减少检修频次、提高使用寿命的目的。

3 航站楼中央空调系统运行调节与航班联动实现策略

3.1 航班信息驱动的空调负荷预测与智能调控

首先,应构建基于多源数据融合的空调负荷预测模型,输入变量包括航班起降时刻、机型、乘客数量、登机口分布等航班信息,以及室外温湿度、风速等气象条件,同时结合历史空调负荷数据,利用长短时记忆网络、随机森林等机器学习算法建立预测模型。模型训练阶段需进行数据清洗、特征选择及超参数优化,以提升预测精度。其次,需实现航站楼不同区域的负荷分区计算,基于实时航班计划和旅客流向,结合建筑空间热工特性,建立局部负荷计算方法,以细化空调运行调节策略。调控系统要有采集数据以及实时处理能力,并借助于集成数据接口对接机场运营数据,从而让中央空调系统能和航班动态数据实现实时交互^[2]。在中央空调系统调节操作上诸如冷水机组运行、风机盘管送风量、变风量终端风速和空气处理机组供风温度等,通过智能调控逻辑地设置并结合预测运行负荷对它们进行动态调整。为保证中央空调系统紧跟航站楼客流的变化达到节能与舒适性目的,我们还可以采取基于模型预测控制方式,从而可以滚动优化求解最优调节策略。另外,为了进一步提高航站楼中央空调系统与航班联动调控的精确性,需要采用状态监测与自适应调节机制,从而实现能够结合实际客流量情况调整运行负荷预测误差补偿。最后,负荷预测与智能调控系统架构须采取分布式控制模式以及边缘计算机技术,这能够确保其在复杂运行环境下提高数据处理效率、稳定性和智能化。

3.2 分区空调系统优化与航班时刻同步调节

航站楼由各种功能不同的区域组成,并且它们不同时间段人员密度及停留时间存在显著差异,因而为保证舒适性以及节能中央空调系统还应采取分区空调系统优化与航班

时刻同步调节。首先,候机区空调系统应在航班高峰到来前进行适时预冷或预热,而客流较低时段调整送风方式降低功耗,这样一方面可以保证到达时旅客所处环境温度适宜,另一方面则能降低能耗。值机区、安检区需结合实时客流监测数据,考虑短时间内旅客聚集密度大的特点。动态调节送风量及温度设置,切忌局部过冷或过热现象的发生。行李提取区空调系统运行功率则须充分结合航班抵达时间精确控制,以减少能耗。在候机大厅等空间较大区域,可结合空气质量监测数据调节该分区空调系统新风比例,一方面提高空气流通效率,同时也可在减少无谓负荷增加的前提下实现节能。其次,在系统实现方面采取变风量控制技术,通过温湿度传感器、红外人体感应装置及实时航班数据联动,动态调节中央空调系统各区域送风量及温度设定点,提高负荷匹配精度,从而实现节能与舒适性目的^[3]。此外,我们还可通过预测性控制方式,针对航站楼各区域冷负荷需求进行提前计算,并基于历史数据和实时航班数据,对中央空调各分区系统的启动和运行时序进行优化,以达到减少停机能耗的目的。在实施过程中,还需建立数据反馈机制,将各分区空调系统运行数据与深度学习算法相结合,从而进一步使航站楼各分区空调系统与航班时刻同步调节精度提升。

3.3 冷热源联合优化调度

首先,采用时间序列分析或机器学习方法对航站楼中央空调系统运行负荷预测精度进行优化,结合历史数据和实时监测信息,构建航班时序负荷预测模型。航站楼中央空调冷源系统,为降低电力成本及峰值负荷可以采取最优控制策略确定充放冷周期,在电价低谷时段启动冰蓄冷或水蓄冷等蓄冷装置。而在高峰时段,结合冷水机组负载调整策略,在规避机组频繁启停造成的能耗增加的情况下,协调冷水机组与冷水机组的运行方式,对冷负荷进行动态分配。在热源调度上可以采取多能互补和余热回收方式,利用空调系统冷凝热提供生活热水或供暖热源,并与地源热泵、空气源热泵等低品位热能利用技术协同运行,以提高热能回收利用率。此外,应引入需求响应控制策略,通过实时监测室内环境参数与航站楼客流变化,动态调整风机、水泵及末端设备运行状态,以降低不必要的能耗。进一步,可结合光伏发电系统与智能微网架构,利用光伏-电储能-冷热联供一体化控制策略,在确保航站楼舒适性的同时,提高可再生能源利用比例。此外,构建基于模型预测控制的自适应优化调度系统,可通过滚动优化策略动态调整冷热源设备启停逻辑及负荷分配方案,以适应航班起降波动,进一步提升系统运行效率。

3.4 送风模式优化与动态调节

首先,旅客高峰期航站楼中央空调系统须采取大风量、高诱导比的变风量送风策略,通过优化风口布置和风速控制,这在实现气流组织效率提升的同时,也有助于增强冷空气与室内空气的混合效应,从而达到快速满足区域温度和湿度需求以及减少局部冷热不均风险的目的。其次,通过调

整送风温度、风速和气流路径,在旅客量较低时段采用低风量送风方式,并结合变风量控制技术,减少空调负荷以降低不必要的能耗损失。此外,为实现气流均匀覆盖、减少短路循环及气流滞留、改善热湿环境均匀性目标,航站楼中央空调系统可采取侧送风、上送风或地板送风等不同方式,这可通过CFD(计算流体力学)模拟分析不同航站楼结构的气流分布特性,随后以此为依据优化送风口布局。通过红外热成像、客流统计传感器等设备对旅客密度及活动范围进行监测,并结合室内温湿度传感器反馈信息,随后基于深度学习构建一个智能调控模型,从而达到区域送风精准的目的^[1]。同时再结合航班时刻数据对候机区、值机区、安检区等重点区域的负荷变化趋势预测,对送风参数进行提前调整,防止出现冷、热供给滞后或过量现象。系统可通过大数据分析和自适应控制机制对航班延误、突发大客流等情况进行快速响应,在提升中央空调系统灵活性背景下及时调整送风方式。最后,结合能源管理系统与自动化系统多目标优化送风系统,保证在各种运行工况下航站楼中央空调系统都能保持最优的送风状态,从而实现较好地能效和舒适性。

3.5 航站楼中央空调系统节能模式

首先,建立航班时刻表、客流量及气象数据融合的预测模型,实时调整空调系统运行策略。夜间模式适用于航站楼客流低谷时段,主要采取降低新风量、调整送风温度、减少非必要区域供冷(供热)等措施,同时结合变风量系统及变频控制技术降低机组负载。待机模式适用于短时空调需求波动场景,采用区域温度设定值自适应调整算法,使温度保持在节能范围内,同时降低风机及冷水机组运行频率以减少能耗。高峰模式适用于航班密集时段,系统根据客流密度及实时负荷调节冷冻水供回水温差、优化冷热源启停逻辑,以促使换热效率增强。同时为了平衡航站楼节能和确保旅客舒适性二者,还应采取需求控制通风模式。进一步的,我们还可以基于人工智能算法优化,通过中央管理系统集成地环

境监测传感器,实时采集并控制航站楼中央空调系统温度、湿度、能耗等参数,实现与航班高效联动及节能目标^[5]。此外,引入预测控制机制结合精准的气象数据和未来负荷预测结果,提前调整中央空调冷源系统运行状态,减少启停能耗损失。最后,航站楼中央控制系统实现高度集成,以基于航班动态以及各区旅客实时数量对中央空调系统开展自适应调节,从而保证其不同负荷条件下实现最优运行状态,以减少整体能耗。

4 结语

综上所述,对于机场运营管理来说,鉴于航站楼巨大的空间以及客流量,中央空调系统运行调节实现与航班联动有助于在保证人员舒适性情况下降低能耗,从而提升机场运营效益。对此,上文基于研究与实践提出了航班信息驱动的空调负荷预测与智能调控、分区空调系统优化与航班时刻同步调节、冷热源联合优化调度、送风模式优化与动态调节以及航站楼中央空调系统节能模式等促使航站楼中央空调系统运行调节与航班联动的策略。同时,在今后航站楼的中央空调系统运行调节将随着人工智能、大数据等技术日益成熟,其与航班联动成效也得以更为精准化、智能化,从而实现机场运营效益提升以及旅客舒适性保障双赢目标。

参考文献

- [1] 汪坤鹏.机场航站楼建筑智能化系统设计及其节能效益研究[D].华南理工大学,2023.
- [2] 李文.南京禄口国际机场T1航站楼空调冷源系统节能运行仿真[J].江苏航空,2024(2):39-40.
- [3] 李哲青,温嘉权,沈浩,等.机场航站楼空调水系统深化设计方法与案例研究[J].制冷与空调,2024,24(6):55-61.
- [4] 聂己开,智能建筑.西北某机场航站楼中央空调系统能耗预测与节能优化研究[D].西安建筑科技大学[2025-03-12].
- [5] 蒋靖.航站楼中央空调通风系统的运行与控制[J].制冷与空调(四川),2014(2):6.

Research on Innovation of Electronic Information Technology under the Background of Integration of Industry and Information Technology

Zhongren Zhou

Shandong Xinzhi Zhu Information Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250014, China

Abstract

In the background of the new era, with the deep integration and development of industry 4.0 and information technology, electronic information technology has become the key force to promote the industrial transformation and upgrading. This paper discusses the innovation research of electronic information technology, and puts forward three major strategies: technological innovation, industrial innovation and management innovation. Article under the background of industrial and information technology innovation research, analyze the improve production efficiency, optimize the industrial structure and promote the role of intelligent development, after the electronic information technology innovation strategy and implementation path of further research, the article can give scientific guidance for related enterprises, help these enterprises on the road of technological innovation smoothly, further accelerate the development of electronic information industry.

Keywords

informatization; electronic information technology; technology integration; strategy analysis

工业和信息化融合背景下电子信息技术的创新研究

周忠忍

山东新之筑信息科技有限公司, 中国 · 山东 济南 250014

摘 要

在新时代背景下,随着工业4.0和信息化的深度融合发展,电子信息技术成为推动工业实现转型升级的关键力量。本文对电子信息技术的创新研究展开了探讨,提出了技术创新、产业创新以及管理创新这三大策略。文章探讨工业和信息化融合背景之下电子信息技术的创新研究,剖析其在提高生产效率、优化产业结构以及推动智能化发展等方面所发挥的作用,经过对电子信息技术创新策略与实施路径展开深入研究,文章可为相关企业给予科学指导,帮助这些企业在技术创新的道路上平稳前行,进一步加快电子信息产业的发展。

关键词

信息化; 电子信息技术; 技术融合; 策略分析

1 引言

在工业和信息化融合这样的大背景之下,借助构建可持续的研发投入机制、实现核心技术突破以及做好知识产权保护、开展产业链整合与优化等具体举措,企业可切实有效地提升生产效率,促使传统工业朝着数字化、网络化以及智能化的方向实现转型升级。本文还着重指出了构建开放式创新平台、强化资源整合与共享、推动创新成果转化与应用的意义,为电子信息领域的技术突破搭建起了科学的决策框架。

2 电子信息技术在工业和信息化融合中的作用

电子信息技术已成为工业与信息化深度融合的核心技术支撑体系,该技术凭借构建覆盖全流程的数据传输网络,使工业生产系统有实时感知能力。智能传感器持续采集设备运行参数,依托高速通信网络形成动态数据流,为制造企业提供决策依据^[1]。以汽车制造行业为例,依托该技术体系建立的智能监控平台实现跨地域设备状态追踪,更打通了研发、生产、质检等部门的协作链路,有效消除传统制造中的信息孤岛现象。在生产优化层面,依托自动化控制模块精准调控设备参数,结合海量数据建模分析实现设备寿命预测与工艺参数优化,使生产线整体效率提升 25% 以上。该技术群持续催生智能制造服务、数字孪生系统等新型产业形态,为智能装备研发提供底层技术架构,持续推动传统工业向数

【作者简介】周忠忍(1990-),男,中国山东菏泽人,本科,工程师,从事工业和信息化领域工程、电子信息研究。

字化、网络化、智能化方向转型升级^[2]。

3 工业和信息化融合背景下电子信息技术创新策略的制定

3.1 技术创新策略

3.1.1 研发投入与人才培养

在工业 4.0 与信息化深度融合的进程中,建立可持续的研发投入机制已成为撬动电子信息技术创新的核心支点,企业应当构建研发经费动态增长模型,借助设立专款专用的创新基金池,重点配置智能化实验装置和模块化研发平台,为技术突破打造可迭代升级的物理载体,值得注意的是,人才梯队的立体化建设才是创新生态的活力源泉,需要深化产学研协同创新,在微电子、通信工程等学科领域构建订单式人才培养体系,依靠设立专项奖学金和职业发展通道来吸纳顶尖毕业生^[3]。在此基础上,还需构筑分层分类的继续教育体系,定期开展技术沙盘实验和工作坊,使研发团队能实时对接量子计算、神经拟态芯片等前沿领域,同时搭建跨国技术协作网络和技术众包平台,将技术创新视野拓展至全球研发前沿阵地。

3.1.2 核心技术突破与知识产权保护

电子信息产业的核心竞争力源于关键技术的自主掌控,企业应聚焦半导体工艺、智能计算模型、量子信息传输等战略领域的技术瓶颈,建议采取“产学研用”协同创新模式,汇聚不同专业背景的高端人才,形成资源互补的联合攻关机制,在推进技术突破过程中需同步建立创新成果保护体系,应针对研发产出构建专利池策略,凭借建立完善的专利布局形成技术壁垒,健全内部保密制度,定期开展专项培训强化核心技术人员的风控意识,有效防范技术外流风险,切实维护企业创新收益,在国际技术竞争中保持领先地位^[4]。

3.2 产业创新策略

3.2.1 产业链整合与优化

工业化与信息化深度融合推动电子信息产业生态链持续裂变与重构,企业应当凭借系统性梳理产业图谱,确立自身在价值网络中的战略坐标,在产业上游环节,需构建与核心材料供应商的战略互信机制,凭借长期协议锁定优质资源供给与价格波动防护,在产业下游领域,则应深化与智能硬件制造商、渠道服务商的生态协同,依托需求侧大数据分析实现产品研发的精准迭代。依靠实施跨领域的兼并重组和战略协同机制,企业可有效整合技术专利与市场渠道等战略要素^[5]。在消除产业断点、优化空间布局的基础上,形成有动态适应能力的产业矩阵,这较大提升全链条运转效能,更构筑起抵御市场波动的韧性屏障,最终培育出有全球话语权的电子信息产业联合体。

3.2.2 产业生态构建与协同发展

电子信息领域的持续创新离不开良性循环的产业生态系统支撑,企业需要主动携手高等院校、科研院所、产

业链伙伴及投资机构,构建产学研用深度融合的创新共同体,其中学术机构负责输出前沿理论和技术突破,市场主体专注将创新要素转化为市场化产品,金融资本则为技术产业化注入资本活水,形成多主体优势互补的创新格局^[6]。凭借建设集技术孵化、成果转化、资源共享于一体的公共服务平台,能有效打通信息孤岛促进要素流动,搭建起资源共享与协同创新的桥梁,在开放包容的产业创新生态圈中培育出有国际竞争力的电子信息产业集群。

3.3 管理创新策略

3.3.1 组织结构优化与流程再造

在数字化与工业化深度融合的时代背景下,企业组织架构的调整和升级成为必然选择,依靠解构金字塔形管理模式,构建横向交互的网状组织结构,缩短了决策路径长度,更有效激活了部门间的协同效应。针对电子信息领域的研发项目,可组建由研发、生产、市场部门骨干构成的多功能协作小组,依托云端协作平台实现人力资源的弹性配置。在此基础上,需对企业运营流程注入数字基因,运用 RPA 机器人(如图 1 所示)、区块链存证等技术重构业务流程,将电子签批系统、智能决策模块嵌入核心环节,形成快速响应市场需求的敏捷型组织架构,为技术创新搭建坚实的制度支撑平台^[7]。



图 1 RPA 机器人

3.3.2 信息化管理与智能化决策

当前数字化转型背景下,现代企业需要凭借数字技术重构管理体系,建议实施覆盖企业全流程的数字化管理平台,将财务核算、人才发展、智能制造及客户关系等模块有机整合,实现运营数据的动态采集和整合分析,结合机器学习算法和商业智能工具,对多维度的经营数据进行深度挖掘,构建数据驱动的决策支持体系^[8]。具体实践包括:基于消费者行为数据的市场趋势研判,指导柔性化生产排程,依托人才画像系统制定个性化培养方案等,这种数字化运营模式能提升管理决策的精准度,能在技术革新浪潮中形成动态调整能力,借助数据资产的价值转化驱动企业高质量发展。

4 工业和信息化融合背景下电子信息技术创新策略的实施路径

4.1 制定创新战略与规划

企业应当立足两化融合背景与自身资源禀赋,构建长期短期有机衔接的创新战略体系,在远景规划层面,需精准锚

定电子信息产业赛道中的战略坐标,例如明确将智能传感网络作为主攻方向,或是在边缘计算领域构筑技术壁垒,近期实施路径则要将战略蓝图分解为可量化的阶段性目标,建立包含产品迭代周期、研发投入占比、专利申请数量等维度的动态指标体系。战略制定过程中需搭建跨部门协同机制,整合技术专家、研发团队及市场分析部门的专业洞见,经过多轮可行性论证与沙盘推演,形成兼具行业前瞻性与实操落地性的实施方案,为电子信息领域的技术突破构建科学决策框架,推动企业在技术创新赛道上行稳致远^[9]。

4.2 构建创新平台与合作网络

企业凭借打造开放式创新支撑体系整合内部资源与外部生态,构建了研发中心与业务部门联动的协同机制,该平台配备智能化实验设备和高精度模拟系统,还凭借数字化管理系统促进跨部门协作,使市场洞察能即时转化为产品原型。在产学研融合方面,与清华大学等高校共建的人工智能算法研发中心,有效破解了图像识别领域的模型优化难题。供应链协同创新同样成效较大,如与高通等芯片供应商深度合作开发的低功耗处理单元,已成功应用于智能穿戴设备,联合富士康打造的模块化生产线,使新产品迭代周期缩短,企业还定期参与中国电子协会组织的产业峰会和技术沙龙,借助技术路演和专利共享机制,持续吸收 5G 通信和边缘计算领域的前沿成果,形成差异化竞争优势。

4.3 加强创新资源的整合与共享

企业需系统化盘点内部创新要素,包含研发团队构成、实验设施配置及知识产权储备等维度,着力消除部门藩篱对资源流通的妨碍,可借鉴共享经济模式,将冗余的实验仪器依据项目周期差异进行动态调配,使关键设备日均使用率提升。在外部资源协同方面,应建立高校科研院所的尖端成果转化通道,构建专家智库决策支持系统。开发智能化资源管理平台,集成区块链技术实现创新要素的精准溯源与价值评估,借助战略联盟协议建立企业间的技术图谱共享机制,使专利数据库、失效分析报告等核心数据形成交叉验证网络,有效避免重复劳动并节约研发支出,这种立体化资源配置模式可激活创新要素的乘数效应,为电子信息领域的技术突破注入持续动能。

4.4 推动创新成果的转化与应用

组建专职的成果转化工作组,专门从事企业内电子信息技术创新成果的市场化运作,该团队需深度调研市场动态。针对技术特性设计商业价值转化方案,策划精准的营销

方案,与研发制造部门保持跨部门协同,建立从原型验证到量产的快速通道,重点拓展产业链下游合作网络,凭借开展样机测试、举办行业技术路演等多元化形式,直观呈现创新成果的技术突破与场景适配性。比如将新型低功耗电子模组推介给智能设备生产商,帮助其实现能效升级与产品差异化竞争,建立全生命周期追踪机制,结合客户使用场景的实证数据,根据应用数据持续迭代技术方案,形成稳定的商业闭环,加速创新技术在工业信息化领域的渗透应用,在提升企业核心竞争力的带动产业链整体技术能级跃迁。

5 结语

在工业和信息化融合的背景之下,对电子信息技术的创新研究展开了细致的研讨。研究结果显示,构建可持续发展的研发投入机制,强化核心技术的突破以及知识产权的保护,推动产业链的整合与优化等一系列具体举措,对于提高企业生产效率,促使传统工业朝着数字化、网络化以及智能化的方向实现转型升级有着颇为关键的意义。此项研究成果可为相关企业提供有益的参考,帮助它们在竞争激烈的市场当中维持领先地位。

参考文献

- [1] 周小勇. 电子信息科学与技术在互联网时代的创新 [J]. 科技资讯, 2024, 22 (09): 37-39.
- [2] 张成斌. 基于互联网的电子信息技术创新分析 [J]. 电子技术, 2023, 52 (05): 170-171.
- [3] 李奥. 互联网背景下的电子信息科学与技术的创新研究[C]// 广东省教师继续教育学会. 广东省教师继续教育学会第一届教学与管理研讨会论文集(九). 湖北第二师范学院, 2023: 12-15.
- [4] 江文哲. 互联网背景下的电子信息科学与技术的创新研究 [J]. 现代职业教育, 2021, (29): 160-161.
- [5] 李文杰. 互联网背景下电子信息科学与技术的创新研究 [J]. 信息与电脑(理论版), 2021, 33 (02): 19-21.
- [6] 贺永泉,贾兰芳. 电子信息技术创新网络探索与实践 [J]. 长江信息通信, 2021, 34 (01): 181-183.
- [7] 陈录真. 互联网背景下的电子信息科学与技术的创新研究 [J]. 南方农机, 2020, 51 (07): 231.
- [8] 李强. “互联网+”下电子信息类专业技术教学创新研究 [J]. 数码世界, 2020, (03): 185.
- [9] 吴涛. 互联网背景下的电子信息科学与技术的创新研究 [J]. 计算机产品与流通, 2020, (03): 64.

Impact of charging pile group access on power quality of distribution network and improvement measures

Huanfang Wang Xiaodong Zhu Gang Zeng

Zhejiang Chentai Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract

In recent years, with the rapid promotion of electric vehicles, the demand for charging piles for electric vehicles is increasing day by day. When the number of charging pile group access group reaches a certain peak, it will have a great impact on the power quality of the distribution network. At present, there are few studies on the impact of charging pile group access on the power quality of distribution network, and there is still room for the effective scheme to improve the power quality of power grid. Through example analysis and analysis, the paper deeply analyzes the impact of charging pile group access on the power quality of the distribution network, and summarizes effective improvement measures, provides theoretical

Keywords

charging pile; distribution network; power quality

充电桩群接入对配电网电能质量的影响及改善措施

王焕芳 朱晓东 曾刚

浙江晨泰科技股份有限公司, 中国 · 浙江 温州 325000

摘 要

近几年伴随电动汽车的快速推广, 电动汽车充电桩的需求日益增长, 当充电桩群接入数量达到一定顶峰时, 其会对配电网的电能质量形成较大影响。目前针对充电桩群接入对配电网电能质量影响相关的研究较少, 对改善电网电能质量的有效方案还有研究的空间。文章通过实例分析方式, 对充电桩群接入对配电网电能质量影响进行深入探析, 并总结提出有效的改善措施, 对日后充电桩群的建设与设计提供理论支持, 对国家电动汽车产业的优化发展与配电网保护具有重要意义。

关键词

充电桩; 配电网; 电能质量

1 引言

伴随新能源汽车的大量推广发展, 有数据显示, 2019 年底全国公共充电桩建设与接入数量已经从最初的不足 5 万个增长至 51 万个, 而 2024 年, 全国充电桩的接入数量已经达到了 1080 万个^[1]。而大量的电动汽车同时充电过程中, 会对国家配电网形成一定程度上的供电压力, 主要因为电动汽车充电的负荷具有一定的不确定性与间歇性特征, 如果长时间在用负荷高峰时期进行大量充电, 那么就会让配电网的用电负荷急剧上升, 对电网的电能质量均有大幅影响。

2 充电桩的基本原理

电动汽车充电设施系统通常包括四个关键组件: 电动车辆充电接口、能量存储系统监控 (BMS)、充电服务监控平台及控制中心。该系统的输入部分直接与交流电力网络相接,

而输出端配备充电接口, 专为电动车充电之用。交流充电桩具有操作方便、占地面积小、灵活性高等优势特征, 是电动汽车最基本的充电设施之一^[2]。一般而言, 充电桩在使用过程中, 分为常规充电与快速充电两种模式, 使用者可以利用特定的充电卡, 以刷卡形式在充电桩的操作界面进行使用, 充电完毕, 还可以自行打印充电费用与相关数据信息^[3]。

在充电桩的设计结构上, 一般采取包括单极变换结构与二级变换结构的高频率开关电源技术构成。具体如图 1、图 2 所示。



图 1 单级变换结构

【作者简介】王焕芳 (1984-)，女，中国陕西合阳人，本科，工程师，从事多模态充电设施智能计量体系构建研究。



图 2 二级变换结构

通过上图可知，首先，一级转换体系接纳交流电源需通过一层 AC-DC 转换器直接转换成直流电源向负载供电。转换器电路根据构成元件的不同，可以划分为半控型、可控型以及全控型三类；按照转换器电路的构造，可区分为无桥电路与桥式电路；依照输入交流电源的相位数量，又可细分为单相电路与多相电路。另外，按照变压器次级电流的方向，可划分为单周波电路与双周波电路。鉴于单级隔离式转换器结构相对简约，所需元件较少，使得单级转换器在控制逻辑上较为简洁，仅需一级转换环节。另外，鉴于转换器的输出电压区间较为有限，所以单极变换器不适用输出较宽的电压范围。其次，两级变换结构在输入交流电时，需要经过一级 ACDC 整流器，到 DCDC 变换器进行变换电流，最终输入至负载进行供电。二级调整机构的初始调整器拥有实现电源因数校正的职能，它能显著改善调整器的输入端功率因数，有效降低输入电流中的谐波含量，从而确保向后续级调整器及负载提供更稳定的直流电源。

3 充电桩群接入对配电网电能质量影响的具体分析

3.1 充电桩对电网谐波的影响分析

首先对谐波均方根值与总谐波畸变率进行分析。在充电桩运行期间，非线性负载电流经配电网阻抗传导，会触发不同频率的谐波电压波动，进而造成负荷母线上电压的扭曲现象。值得注意的是，电压扭曲的程度由系统阻抗和谐波电流的强度共同决定。同样类型的谐波负载，由于位置不同，其电压扭曲程度亦有所差异。因此，在频域分析阶段，必须将电压扭曲的周期性分量和电流分量各自展开为傅里叶级数。公式如下：

$$u(t) = \sum_{h=1}^M \sqrt{2U_h \sin(h\omega_1 t + \alpha_h)} \quad (1)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^M \sqrt{2I_h \sin(h\omega_1 t + \beta_h)}$$

由公式（1）可知，角频率 ω_1 表示工频的角速度，采用 rad/s 作为计量单位；变量 h 指代谐波的级数； U_h 和 I_h 分别表示第 n 阶谐波的电压与电流的有效值，其单位为伏特（V）和安培（A）； α_h 与 β_h 则分别指第 n 阶谐波电压与电流的初始相位角，以弧度（rad）为单位； M 表示分析过程中考虑的最高谐波级数，该值依据波形畸变的程度和分析所需的精确度来确定，通常设定为 $M \leq 50$ 。此外，谐波的有效值与基波有效值的比率可以表征特定次谐波的分量大小，这一比率通常称作谐波含量，用 HR_h 来表示。于是，第 h 次谐波的电流含量率 HR_h 可以表达为：

$$HRI_h = \frac{I_h}{I_1} \times 100\% \quad (2)$$

波形的非线性偏差，由谐波引起的对理想正弦波形的偏移，我们用综合谐波畸变率 THD 来量化。该指标反映了所有谐波分量的均方根值平方和的平方根与基波均方根值的比例。因此，电流的综合谐波畸变率 THD_I 计算如下：

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^M I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad (3)$$

由公式（3）可知，能够测得电压的有效值 U 、谐波电压占比 HRU_h 以及电压整体的谐波畸变率 $THDU$ 。只需将公式中的电流参数替换为电压参数，便可对谐波电压的阈值和电流的容忍度进行相应分析。

由此可见，在一些低压配电系统中，电压的整体谐波畸变率容许值通常作为基准数值，它为中等电压和高压等级的电压谐波畸变率容许值提供了参考依据。在国内，低压配电系统普遍采用的谐波电压畸变率容许值为 5%。假设在低压配电系统中，电压的总谐波畸变率为 5%，随着配电系统电压等级的提升，其总谐波畸变率呈现降低态势。下图 1、2 为充电桩工作时的电压总谐波畸变率与电流总谐波畸变率状态。

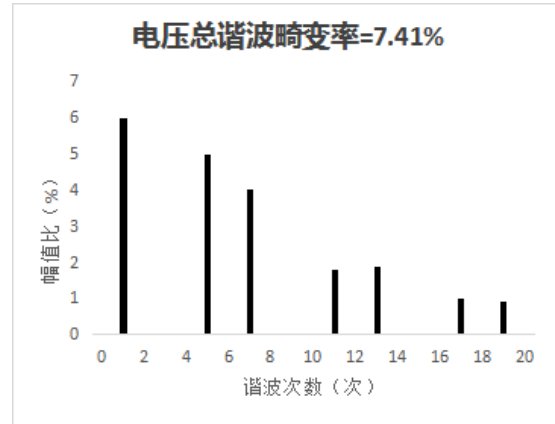


图 1 充电桩电压总谐波畸变率状态

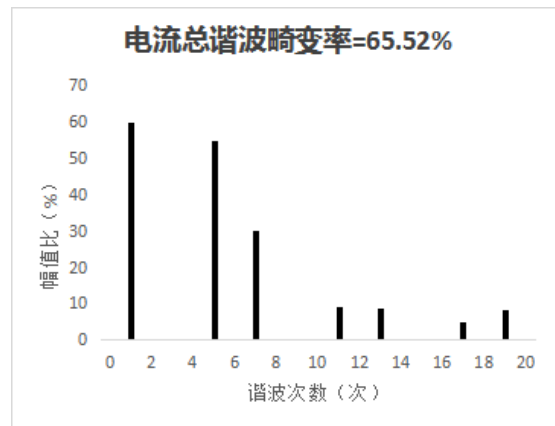


图 2 充电桩电流总谐波畸变率状态

通过图1与图2能够看出,在没有运用滤波举措进行干预时,在不可控充电桩的运行过程中,产生的谐波效应尤为显著。据此分析,电压方面的总谐波失真率达到了7.14%,而电流方面的总谐波失真率高达65.53%。进一步计算显示,第5次谐波电流的占比为32.38%,而第7次谐波电流的占比为16.19%,得到的结果显示,充电桩群接入对配电网的影响是比较大的,对配电网的正常运作产生严重的干扰。

3.2 充电桩对电压波动的影响分析

电压的快速波动或连续变化主要表现为电压均方根值的波动。这种电压的波动频率通常低于工频频率。在配电系统中,此类电压的波动较为常见,其变化往往受到系统内环境因素的影响。电压波动形成的波形通常无规律可循。

众多充电桩集中接入配电网进行充电,相当于众多非线性负载同时作用于配电网,而每个充电桩在实际使用中都存在一定不确定性。因此,当充电桩接入配电网时,系统将面临大量不确定性的冲击性负载,这会导致配电网系统内的电压波动长期存在,进而影响系统的稳定性和功率因数,使得功率变化的幅度加大。

4 充电桩群接入对配电网电能质量影响的改善措施

4.1 针对谐波污染的改善措施

通过上述对充电桩群接入对配电网电谐波影响的分析可知,针对电力系统中的谐波污染问题,其优化策略分为积极干预和消极应对两大类。

积极干预策略的核心在于从源头上遏制谐波的生成。具体实施手段包括:提升电力整流设备的脉冲频率,或是采用先进的脉宽调制技术来优化。目前,这类积极干预的手段已经在众多场合得到了推广和使用,然而伴随现阶段配电网系统的不断优化发展,针对电网系统电能质量的要求标准也在日益升高,因此不能够仅依靠主动治理的方式进行,还需配合开展有效的被动治理的方式。

第二种被动治理的方式即选择性地增加有源滤波器、无源滤波器以及混合过滤谐波的仪器进行改善。被动治理的方式是能够完全按照各次谐波的不同含量相对应地选取消除谐波的治理方式。被动治理的方式是可以与主动治理的方式进行结合开展,有助于促使谐波的含量降至最低,提升配电网的电能质量。

首先,无源滤波器具有造价低、结构简单以及使用方便等优势特征。是目前作为被动治理谐波污染的一种基本治理手段的设备。无源滤波器的工作原理主要是通过电容元件与电感元件依据一定需求,对元件参数提前进行设定、计算需过滤的谐波含量进行消除。同时也可以经由其中的变

换过滤器对谐波次数进行过滤。常见的无源过滤器包括单调谐波过滤器与高通谐波过滤器两种,单调滤波器是电容与电感元件进行串联形成的,其拥有与低次谐波频率相同的谐振频率,能够有效消除低次谐波。高通滤波器主要作用是在配合单调滤波器时,针对特定谐波次数进行有效消除的关键组件,它通过精确分析确定需消除的谐波次数后,对谐波进行过滤与消除。

其次,相较于无源滤波器,有源滤波器展现出更为卓越的性能,其在控制性和稳定性方面表现更为优越,并具备迅速反应和高效功率因数的显著特点。目前,有源滤波器已被广泛应用。此外,有源滤波器的作用也从单纯抑制谐波逐渐转向优化电力系统电能质量。有源滤波器的工作机制基于自换相的电力半导体桥式变流器,通过生成与负载谐波电流大小相等、相位相反的电,以抵消负载中的谐波,从而使配电网的电流波形回归至正常状态。有源滤波器主要分为并联式、串联式和混合式三种类型。其中,常见的充电桩的谐波电流均是采用并联型有源滤波器进行谐波消除工作的。

4.2 针对电压波动的改善措施

由于充电桩群在工作过程中,电动车辆普遍采用高功率快速充电技术来补充能量,这一过程不可避免地引发显著的电压冲击,这成为电网电压波动和转变的主要动因。此外,电网的电压波动和转变的幅度是由系统的短路承受能力、电动汽车的电力需求特性以及电网架构三者共同影响的。因此,针对电压波动的改善措施可以从这个方面进行考虑。具体措施如下:提议增强配电网的供电水平。供电企业应为新建的充电站点架设独立的供电网络,这样做有助于减轻配电网电压品质所受的影响。另外,也应采取多元化的策略,以高效应对电压波动的相关问题。

5 结语

综上所述,近年来随着新能源汽车逐步普及,市场对充电设施的需求持续攀升。但是当大规模的充电桩群接入配电网中,会对电网系统的电能质量产生十分严重的影响。需要电力部门积极掌握有效的改善措施,针对充电桩接入对配电网电能质量的影响进行有效处理。有助于提高配电网电能质量,促进新能源汽车的可持续发展,对国家绿色发展的道路具有重要意义。

参考文献

- [1] 陈海鹏,唐俊敏,吴昊,等.考虑电动汽车无功补偿与不确定性的配电网-电动汽车有功无功协同优化[J].电网技术,1-12.
- [2] 程杉,王豪杰,徐其平,等.含大功率充电的多类型充电设施两阶段选址定容方法[J].电力系统保护与控制,2024,52(23):33-44.
- [3] 李鹏,刘嘉彦,李佳蔚,等.考虑光伏与电动汽车充电站协同的配电网电压控制方法[J].电力科学与技术学报,2024,39(06):121-130.