

信息科学与工程研究

Information Science and Engineering Research

Volume 5 Issue 9 September 2024 ISSN 2737-4815(Print) 2737-4823(Online)



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



中文刊名：信息科学与工程研究

ISSN：2737-4815 （纸质） 2737-4823 （网络）

出版语言：华文

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/iser

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Information Science and Engineering Research

ISSN: 2737-4815 (Print) 2737-4823(Online)

Language: Chinese

URL: http://journals.nassg.org/index.php/iser

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《信息科学与工程研究》征稿函

期刊概况：

中文刊名：信息科学与工程研究

ISSN：2737－4815 (Print) 2737－4823(Online)

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/iser

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
- 中国知网（CNKI）、谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

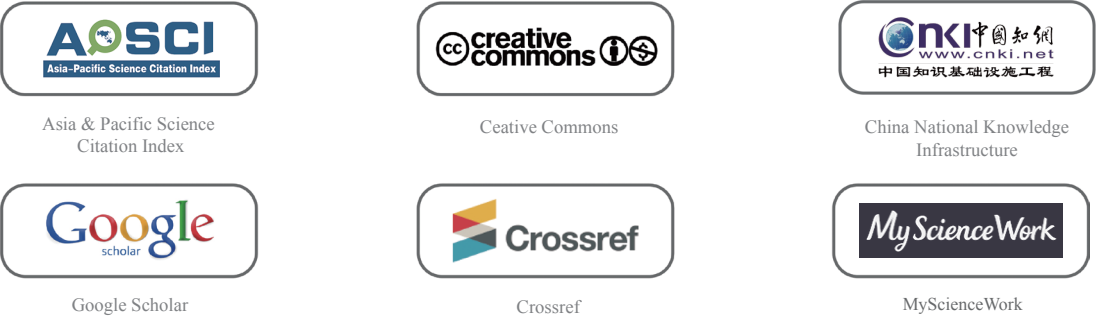
作者权益：

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

评审过程：

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

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



信息科学与工程研究

Information Science and Engineering Research

主 编

陈惠芳

浙江大学，中国

编 委

彭照阳 Zhaoyang Peng

李 砚 Yan Li

朱朝阳 Chaoyang Zhu

1	基于深度学习的网络入侵检测算法研究与应用 / 陈伟 高阳	40	基于大数据的变电站设备故障预测与预防性维护研究 / 李庆才 许硕 诸葛福金
4	短波发射天线系统的性能优化与维护研究 / 卡得牙·买买提	43	基于数据挖掘的短期电力负荷及负荷区间的预测方法 / 孙湘珣
7	关于铁路综合显示系统与地铁 PIS 系统的差异分析 / 林琪琛	47	基于工程电子信息技术的智能交通管理系统优化设计 / 武鑫
11	一种存算一体芯片中的符号位处理方法 / 艾力	50	物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的实践研究 / 章苏
14	简析绿色数据中心节能建设问题与对策 / 王用锁	54	探讨传输技术在通信工程中的应用 / 樊磊
17	网络平台道路货物运输发展情况研究 / 谢添 燕鹏飞	57	基于车—地感应通信系统天线关键参数优化改进方案的研究 / 李斌
22	基于物联网技术的电焊机远程监控与故障诊断研究 / 孙丰震 孙丰雪	62	5G 基站主设备节能技术及应用探讨 / 刘腾
25	高铁通信系统中高效数据传输网络的优化策略研究 / 王凯	65	关于 ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞系统低频信息 L3 码与 L2 码切换的故障浅析与思考 / 何天明 龙鹏
28	图书馆远程访问系统文献信息服务方案研究 / 赵凯文 石美娟 卢凌云 高娃	68	广播电视卫星上行站防雷接地系统的研究 / 刘骏 古黔川
31	计算机科学与技术 + 金融学专业 - 融合发展探索与实践 / 杨文勇	73	基于物联网的皂市水电站大坝安全监测系统设计与应用 / 张家德 刘世军 李昆 杨威
34	医保大数据治理管控下医院信息化建设管理措施探讨 / 杨鹏	76	面向算力调度的广域通信网络优化 / 张伟
37	新经济条件下计算机信息系统集成项目管理的应用研究 / 刘彦 白婷婷		

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 1 | Research and Application of Network Intrusion Detection Algorithm Based on Deep Learning
/ Wei Chen Yang Gao | | |
| 4 | Research on Performance Optimization and Maintenance of Short Wave Transmitting Antenna System
/ Kadeya Maimaiti | | |
| 7 | Analysis of the Differences between Railway Integrated Display System and Subway PIS System
/ Qichen Lin | | |
| 11 | A Symbol Bit Processing Method in a Storage Computing Integrated Chip
/ Li Ai | | |
| 14 | Analysis of Energy saving Construction Issues and Countermeasures in Green Data Centers
/ Yongsuo Wang | | |
| 17 | Research on the Development of Road Cargo Transportation on the Network Platform
/ Tian Xie Pengfei Yan | | |
| 22 | Research on Remote Monitoring and Fault Diagnosis of Welding Machines Based on Internet of Things Technology
/ Fengzhen Sun Fengxue Sun | | |
| 25 | Research on Optimization Strategies for Efficient Data Transmission Networks in High Speed Rail Communication Systems
/ Kai Wang | | |
| 28 | Research on the Literature Information Service Scheme of Library Remote Access System
/ Kaiwen Zhao Meijuan Shi Lingyun Lu Wa Gao | | |
| 31 | Exploration and Practice of Integrated Development of Computer Science and Technology+Finance Major
/ Wenyong Yang | | |
| 34 | Discussion on the Management Measures of Hospital Informatization Construction under the Governance and Control of Medical Insurance Big Data
/ Peng Yang | | |
| 37 | Application Research of Integrated Project Management of Computer Information System under New Economic Conditions | | |
| | | 40 | Research on Transmission Line Fault Diagnosis and Rapid Positioning Technology
/ Qingcai Li Shuo Xu Fujin Zhuge |
| | | 43 | Short-term Power Load Forecasting and Load Interval Prediction Method Based on Data Mining
/ Xiangxun Sun |
| | | 47 | Optimized Design of Intelligent Traffic Management System Based on Engineering Electronic Information Technology
/ Xin Wu |
| | | 50 | Research on the Application of Computer Hardware and Network Technology in Internet of Things Communication
/ Su Zhang |
| | | 54 | Discussion on the Application of Transmission Technology in Communication Engineering
/ Lei Fan |
| | | 57 | Research on the Optimization and Improvement of Key Parameters of Antennas in Vehicle-Ground Inductive Communication System
/ Bin Li |
| | | 62 | Discussion on Energy-saving Technology and Application of 5G Base Station Main Equipment
/ Teng Liu |
| | | 65 | Analysis and Thinking on the Fault of L3-code and L2-code Switching of ZPW-2000A
/ Tianming He Peng Long |
| | | 68 | Research on Lightning Protection and Grounding System of Radio and Television Satellite Uplink Station
/ Jun Liu Qianchuan Gu |
| | | 73 | Design and Application of Zaoshi Hydroproject Dam Safety Monitoring System Based on Internet of Things Technology
/ Jiade Zhang Shijun Liu Kun Li Wei Yang |
| | | 76 | Optimization of the Wide-area Communication Network for Computing Force Scheduling
/ Wei Zhang |

Research and Application of Network Intrusion Detection Algorithm Based on Deep Learning

Wei Chen Yang Gao

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd. Information and Communication Company, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

With the rapid development of information technology and the continuous advancement of intelligent power system, the power network security has encountered increasingly severe challenges. When dealing with complex and changeable network attacks, the traditional network intrusion detection methods often have high false alarm rate and low detection efficiency. This paper applies to the special requirements of power network security and proposes a deep learning based network intrusion detection algorithm. With the help of the powerful feature extraction and classification capability of the deep neural network, the algorithm conducts real-time analysis and anomaly detection of the network traffic. Through the experiment and application in the actual network environment of Xinjiang Electric Power Company, the advantages of the algorithm in improving the detection accuracy rate, reducing the false positive rate and dealing with unknown attacks are proved. The research results show that the network intrusion detection algorithm based on deep learning can effectively enhance the security protection capability of the power network, and gives strong support for ensuring the safe and stable operation of the power system.

Keywords

deep learning; network intrusion detection; power network security; anomaly detection

基于深度学习的网络入侵检测算法研究与应用

陈伟 高阳

国网新疆电力有限公司信息通信公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要

伴随信息技术的迅猛发展以及电力系统智能化的持续推进, 电力网络安全遭遇愈发严峻的挑战。传统的网络入侵检测方式在应对复杂且多变的网络攻击时, 往往会出现误报率偏高、检测效率较低等问题。论文针对电力网络安全的特殊需求, 提出了一种基于深度学习的网络入侵检测算法。该算法借助深度神经网络强大的特征提取与分类能力, 对网络流量展开实时分析与异常检测。通过在新疆电力公司的实际网络环境中进行实验和应用, 证实了该算法在提升检测准确率、降低误报率以及应对未知攻击等方面的优势。研究结果显示, 基于深度学习的网络入侵检测算法能够切实增强电力网络的安全防护能力, 为确保电力系统的安全稳定运行给予了有力支持。

关键词

深度学习; 网络入侵检测; 电力网络安全; 异常检测

1 引言

电力系统作为国民经济的重要基石, 其安全稳定运行直接关乎国家能源安全和社会经济的发展。随着智能电网建设的持续推进, 电力系统与信息网络的深度融合致使电力网络面临着更为繁杂的安全威胁。网络入侵检测系统 (Network Intrusion Detection System, NIDS) 作为网络安全防护的关键组成部分, 其性能直接对电力网络的整体安全水平产生影响。

传统的网络入侵检测方法主要涵盖基于特征的检测和

基于异常的检测。基于特征的检测方法依赖于已知的攻击特征库, 难以有效应对未知攻击; 基于异常的检测方法虽然能够检测未知攻击, 但通常存在较高的误报率。随着网络攻击手段的不断演变和攻击流量的巧妙伪装, 传统方法在面对复杂多变的网络环境时显得捉襟见肘。

近年来, 深度学习技术在图像识别、自然语言处理等领域取得了突破性的成果, 其强劲的特征提取和模式识别能力给网络入侵检测带来了新的契机。深度学习模型能够自动从海量的网络流量数据中学习复杂的特征表达, 有望克服传统方法的局限, 提升入侵检测的准确性和泛化能力。

论文着眼于探索深度学习技术在电力网络入侵检测中的运用, 提出了一种基于深度神经网络的入侵检测算法, 并

【作者简介】陈伟 (1990–), 男, 中国新疆乌鲁木齐人, 硕士, 工程师, 从事网络安全技术研究。

于新疆电力公司的实际网络环境中开展实验验证与应用分析。研究的主要内容涵盖：①剖析电力网络安全面临的主要威胁与挑战，明晰网络入侵检测的需求和难点。②构建基于深度学习的网络入侵检测模型，涵盖数据预处理、网络结构设计以及模型训练等关键步骤。③搭建实验平台，采集真实的网络流量数据，对所提出的算法进行性能评估和对比分析。④在新疆电力公司的生产网络中部署和应用深度学习入侵检测系统，分析其实际成效和存在的问题。⑤总结研究成果，探讨深度学习在电力网络安全领域的应用前景以及未来的研究方向。

本研究的创新点主要体现在：①针对电力网络的特点，设计了适合电力行业的深度学习入侵检测模型；②提出了一种改良的数据预处理方式，有力地提升了模型的训练效率和泛化能力；③在实际的电力网络环境中开展了大规模的实验和应用，证实了算法的有效性和实用性。

2 电力网络所面临的安全挑战

2.1 电力网络安全威胁分析

电力网络作为关键的基础设施，面临着诸多方面的安全威胁。根据新疆电力公司近年来的网络安全事件统计和分析，主要的威胁类型包括：①恶意软件攻击：包括病毒、蠕虫、木马等，可能导致系统崩溃、数据泄露或被远程控制。②拒绝服务攻击（DoS/DDoS）：通过大量无效请求消耗网络资源，影响电力调度、监控等关键业务系统的正常运行。③网络扫描和漏洞利用：攻击者通过扫描网络来寻觅可被利用的安全漏洞，从而实施更进一步的攻击。④社会工程学攻击：借助钓鱼邮件、欺骗等手段来获取敏感信息或内部访问权限。⑤内部威胁：由员工操作失误或恶意行为所引发的安全事件。

这些安全威胁不仅有可能导致直接的经济损失，而且更有概率影响电力系统的安全稳定运行，危及社会的公共安全。

2.2 传统入侵检测方法的局限性

面对愈发复杂的网络攻击，传统的入侵检测方法存在如下主要问题：①检测准确率不足：基于规则的检测方法难以应对变种攻击，而基于统计的异常检测方法则容易产生大量误报。②应对未知攻击能力弱：传统方法主要依赖已知的攻击特征或正常行为模式，对新型攻击缺乏有效的检测能力。③实时性不足：面对海量的网络流量数据，传统方法的处理速度难以达到实时检测的要求。④可扩展性不佳：随着网络规模的扩充以及新业务的持续引入，传统方法难以灵活地适应不断变化的网络环境。

2.3 深度学习在入侵检测中的优势

深度学习技术为解决上述问题带来了崭新的思路。其主要优势在于：①强大的特征学习能力：深度神经网络能够自动从原始数据中获取层次化的特征表达，无需开展人工设计特征的工作。②高度的非线性建模：多层神经网络的架构

能够捕捉繁杂的非线性关系，有利于提高检测的准确性。③出色的泛化能力：通过大规模数据的训练，深度学习模型能够更有力地应对未知攻击。④端到端学习：从原始输入至最终决策的整个过程能够通过一个统一的模型来完成，简化了系统的设计。

3 基于深度学习的网络入侵检测算法规划

3.1 总体框架

论文所提出的基于深度学习的网络入侵检测算法的总体框架如图 1 所示。

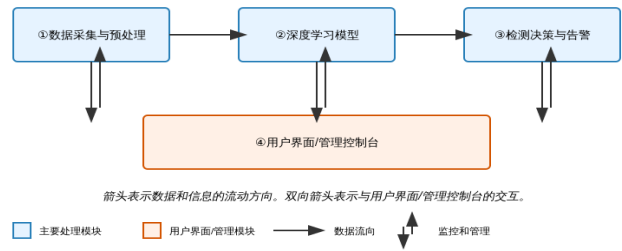


图 1 基于深度学习的网络入侵检测算法框架图

这个简化的流程图呈现了基于深度学习的网络入侵检测算法的总体框架。主要涵盖以下几个部分：①数据采集与预处理：这个模块负责从网络中收集原始流量数据，并进行必要的清洗、特征提取和标准化处理。②深度学习模型：这是算法的核心部分，使用深度学习技术（如 CNN 和 LSTM 的组合）对预处理后的数据进行分析 and 分类。③检测决策与告警：基于深度学习模型的输出，结合预设的阈值进行最终的入侵判断，并生成相应的告警信息。④用户界面 / 管理控制台：提供给安全人员的操作界面，用于查看检测结果、配置系统参数、响应安全事件等。

箭头表示数据和信息的流动方向，从数据采集开始，经过深度学习模型的处理，最后到达检测决策模块。所有模块都与用户界面相连，表示可以通过管理控制台对各个环节进行监控和管理。

3.2 数据采集与预处理

数据采集与预处理是算法的首要环节，其质量直接左右模型的性能。主要包含以下几个方面：①数据采集：利用网络嗅探工具（如 Wireshark）在电力网络的关键节点采集原始流量数据。②数据清洗：去除不完整或错误的数据记录，处理缺失值和异常值。③特征提取：从原始流量中提取有意义的特征，如协议类型、连接持续时间、传输字节数等。④数据标准化：将不同尺度的特征归一化到相同的范围，以便模型更好地学习。⑤数据增强：通过生成合成样本或对现有样本进行变换，增加训练数据的多样性。

3.3 深度学习模型设计

本研究采用了一种融合卷积神经网络（CNN）与长短期记忆网络（LSTM）的混合模型。该模型的结构如下：①输入层：接收经过预处理的网络流量特征向量。②卷积层：

利用多个卷积核来提取局部特征，以抓取流量特征的空间相关性。③池化层：通过最大池化操作降低特征的维度，增强模型的稳定性。④LSTM层：处理序列数据，捕捉流量特征的时间依赖关系。⑤全连接层：对前面各层的特征加以综合，进行高层抽象。⑥输出层：运用 Softmax 函数输出流量属于各个类别（正常、各类攻击）的概率。⑦模型的训练运用反向传播算法，以交叉熵作为损失函数，Adam 优化器用于参数更新。

3.4 检测决策与告警

检测决策模块依据深度学习模型的输出结果，并结合预先设定的阈值来进行最终的入侵判定。主要步骤涵盖：①概率阈值设定：根据安全策略和实际需求，设定不同类型攻击的判定阈值。②决策逻辑：倘若某类攻击的输出概率超出阈值，就判定为该类型攻击。③告警生成：对于被判定为攻击的流量，生成详尽的告警信息，包含攻击类型、时间、源 IP 等。

4 日志记录

4.1 实验环境与数据集

实验在新疆电力公司的实际网络环境中展开，主要涵盖以下设置：①硬件环境：服务器配置为 Intel Xeon Gold 6248R CPU、128GB RAM、NVIDIA Tesla V100 GPU。②软件环境：Ubuntu 20.04 LTS 操作系统，Python 3.8，TensorFlow 2.4。③数据集：包含正常流量和模拟攻击流量的混合数据集，总计约 1000 万条记录。

4.2 评价指标

采用以下指标评估模型性能：①准确率（Accuracy）；②精确率（Precision）；③召回率（Recall）；④F1 分数；⑤误报率（False Positive Rate）；⑥漏报率（False Negative Rate）。

4.3 实验结果与分析

实验结果如表 1 所示。从结果可以看出：①论文提出的基于深度学习的方法在各项指标上都优于传统的机器学习方法（SVM 和决策树）。②准确率达到 98%，比传统方法提高了 4~6 个百分点，表明模型能够很好地区分正常流量和攻击流量。③精确率和召回率均达到 97% 以上，说明模型在减少误报的同时，也能有效地检测出大部分攻击。④F1 分数达 0.97，这表明模型在精确率和召回率之间实现了良好的平衡。⑤误报率和漏报率均降低至 2% 上下，极大地减轻了安全人员的工作负担，同时提升了系统的可靠性。

这些结果表明，基于深度学习的网络入侵检测方法能够切实提高检测性能，尤其是在应对复杂多变的网络环境时呈现出显著优势。

表 1 不同入侵检测方法于新疆电力公司网络环境里的实验结果对比

方法	准确率	精确率	召回率	F1 分数	误报率	漏报率
传统 SVM	0.92	0.89	0.90	0.89	0.08	0.10
决策树	0.94	0.91	0.93	0.92	0.06	0.07
论文方法	0.98	0.97	0.98	0.97	0.02	0.02

4.4 实际应用效果

将该系统部署在新疆电力公司的生产网络中后，取得了如下成效：①检测效率提高：系统能够实时处理网络流量，平均检测延迟降低至 100ms 以内。②未知攻击检测能力增强：成功检测出多起此前未被发现的新型攻击尝试，提升了网络安全防护能力。③误报率降低：与之前使用的商业入侵检测系统相比，误报数量减少了约 70%。④运维负担减轻：自动化程度提升，安全人员能够更专注于高级威胁分析和应急响应。

5 结论与展望

论文提出了一种基于深度学习的网络入侵检测算法，且在电力网络环境中开展了实验验证和实际应用。研究成果表明，该方法能够切实提高检测准确率，减少误报率和漏报率，特别是在应对复杂和未知攻击时呈现出明显优势。

未来的研究方向包括：①进一步优化模型结构，提升检测速度和实时性能。②探索联邦学习等隐私保护技术，以实现多电力企业间的安全数据共享和模型协同训练。③结合知识图谱等技术，增强模型的可解释性，辅助安全分析人员进行深入的威胁溯源。④研究对抗样本防御技术，提高模型面对精心构造的对抗性攻击的稳健性。

总之，伴随人工智能技术的持续进步，深度学习于网络安全领域的应用前景十分广阔。本研究给电力行业的网络安全防护带来了新的思考与方法，对增强关键基础设施的安全防护水平具备重大意义。

参考文献

- [1] 李明,王强,张华.基于深度学习的电力系统网络入侵检测方法研究[J].电力系统自动化,2022,46(15):111-118.
- [2] 陈静,刘洋,赵峰.深度学习在智能电网安全防护中的应用综述[J].中国电机工程学报,2021,41(2):492-504.
- [3] 黄伟,孙立,郑宇.一种改进的LSTM-CNN混合模型在电力网络异常检测中的应用[J].电力系统保护与控制,2023,51(8):78-86.
- [4] 王芳,李强,张明.基于联邦学习的多电力企业协同网络入侵检测研究[J].电网技术,2022,46(11):3987-3995.
- [5] 郑伟,刘红,马超.深度强化学习在电力网络安全态势感知中的应用[J].电力系统及其自动化学报,2023,35(4):22-31.

Research on Performance Optimization and Maintenance of Short Wave Transmitting Antenna System

Kadeya Maimaiti

Xinjiang Uygur Autonomous Region Radio and Television Bureau 91613, Atushi, Xinjiang, 845350, China

Abstract

As an important branch of radiocommunication, short-wave communication has the unique advantages of long-distance propagation and cross-border communication. This propagation method relies on the reflection of the ionosphere and can cover the vast majority of the Earth, even in remote and underdeveloped areas, enabling reliable communication. Therefore, shortwave communications occupy an irreplaceable position in the fields of military, diplomacy, disaster relief and emergency communications. However, with the growing demand for communication, the performance of shortwave transmitting antenna systems is also facing great challenges. The design, installation and maintenance of antennas directly affect the stability and reliability of communication, and the study of how to optimize the performance of shortwave antenna systems and improve their service life through effective maintenance management has become the focus of research in related fields.

Keywords

shortwave emission; antenna systems; performance optimization; maintenance studies

短波发射天线系统的性能优化与维护研究

卡得牙·买买提

新疆维吾尔自治区广播电视局 91613 台, 中国·新疆 阿图什 845350

摘要

短波通信作为无线电通信的一个重要分支拥有远距离传播和跨国界通信的独特优势。这种传播方式依赖于电离层的反射, 能够覆盖地球上绝大部分区域, 即使在偏远和不发达的地区, 也能够实现可靠的通信。因此, 短波通信在军事、外交、救灾和应急通信等领域占据着不可替代的地位。不过, 随着通信需求的不断增长, 短波发射天线系统的性能也面临着巨大的挑战。天线的设计、安装和维护直接影响到通信的稳定性和可靠性, 而研究如何优化短波天线系统的性能并通过有效的维护管理提高其使用寿命, 已经成为当前相关领域的研究重点。

关键词

短波发射; 天线系统; 性能优化; 维护研究

1 引言

短波通信自其诞生以来在全球范围内就发挥了至关重要的作用, 无论是在战时通信、跨国广播还是在灾害应急中, 短波通信都以其卓越的覆盖能力和较低的依赖性而被广泛应用。短波发射天线系统作为这一通信形式的核心, 其设计与维护对信号的传输效果有着直接的影响。伴随着通信技术的不断进步, 短波天线系统面临着新的挑战, 如何在不同的环境条件下保持高效的通信性能成为一个关键问题。深入研究天线系统的性能优化策略与维护方法可以有效提升短波通信的质量, 确保其在未来复杂环境中的适用性和可靠

性。这不仅是对技术的精进, 更是对短波通信服务的承诺与保障。

2 短波天线性能参数分析

短波发射天线系统的性能参数关系到通信质量与覆盖范围, 而在性能优化中, 天线增益、辐射模式、带宽、天线效率与极化特性是核心参数, 这些参数的微小变化往往带来巨大的影响 (见表 1)^[1]。综合来看, 这些参数既相互独立又相互制约, 其优化需要充分考虑实际应用场景与通信需求的平衡与取舍。

【作者简介】卡得牙·买买提 (1985-), 女, 维吾尔族, 中国新疆阿图什人, 本科, 工程师, 从事广播电视短波发射研究。

表 1 短波天线性能参数分析一览表

参数	具体内容	影响
天线增益	反映天线定向辐射能力，通常以“dBi”为单位	影响信号传播强度与覆盖范围，高增益集中能量但覆盖范围较窄
辐射模式	天线在空间中的能量分布，常见为全向或定向	决定信号覆盖形态，影响通信的距离与方向性
带宽	支持的频率范围，通常以“MHz”为单位	影响信号传输能力与频谱利用效率，宽带适应性强但增益较低
天线效率	输入功率中被有效辐射的部分，通常以百分比表示	低效率导致能量损耗，影响通信质量与系统性能
极化特性	电磁波的振动方向，水平、垂直或圆极化	影响接收信号强度与质量，匹配度决定通信效果

3 短波天线系统性能优化策略

3.1 天线设计优化

短波发射天线系统的优化工作始终围绕着方向性、极化与频率选择这三个核心要素展开。在天线设计的过程中，方向性决定了信号的有效覆盖范围与辐射强度，特别是在高效传输信息的过程中，合理的方向性设计可以有效减少信号干扰。比如，将天线的主瓣宽度控制在 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，通过精确的定向辐射能够显著提高目标区域内的信号接收强度。对于极化方式的选择，一般情况下，水平极化更适合于大地反射路径，能够增强信号的传播距离；而在复杂地形中，垂直极化能够减轻多路径效应的干扰。在这方面，选择双极化设计可以让天线在不同传播条件下灵活调整，有效提升系统性能。频率选择同样是短波天线设计中的关键，在频率范围内，较低频段如 3~10MHz 适合远距离传播，而高频段如 10~30MHz 则更利于短距离内的高效传播。频率选择不仅需要考虑传播距离，还需要针对地理条件、日夜变化以及季节性因素进行优化。例如，在地理复杂、环境变化剧烈的区域可以通过自动调谐技术灵活调整频率，确保信号传输的稳定性。各项参数的优化配合技术上的实时调整，不仅提升了发射系统的整体性能，也为信息传播的精准性与稳定性奠定了基础。

3.2 馈线与匹配网络的优化

馈线作为信号传输的重要通道，其阻抗、长度和衰减特性直接关系到系统的传输效率和信号质量。优化馈线的首要步骤是选择低损耗、高耐压的同轴电缆，如使用衰减系数低于 0.1dB/100m 的电缆可以有效减少信号在传输过程中的损耗，确保更高的传输效率。馈线长度应当严格按照波长的整数倍或半波长倍数进行布置，以避免驻波比（SWR）的增加，减少反射功率的损失，提升整体系统的效率。在匹配网络的优化方面，精确的阻抗匹配是天线系统发挥最大功率的基础。匹配网络的设计应考虑到频率的多变性与负载的多样性，采用 L 型、 π 型或 T 型网络进行精准调谐。针对不同的频率段可以选用高 Q 值的电感和电容元件，以降低损耗并提高系统的带宽适应性。当频率范围较广时，自动调谐匹配网络是理想的选择，能够动态调整阻抗，确保天线系统在各个工作频率段都能实现最佳匹配。“定期维护和测试匹配网络的元件参数”“及时更换老化或失效的元件”也是优化的关键所在，这不仅能够延长系统寿命，还能持续保持高效的传输性能。

3.3 多天线系统与阵列技术的应用

阵列天线通过组合多个天线单元，形成特定的波束方向从而增强信号的传输和接收能力。在短波通信中，由于传播环境复杂多变，传统单一天线难以满足高效传输的要求，阵列技术的引入能够有效提升系统的抗干扰能力和信号增益。应用多天线系统可以调整阵列单元的相位差和幅度以精确控制天线波束的方向性和宽度，实现最佳的辐射方向。针对不同的通信需求，灵活配置阵列天线的阵元数量和排列方式，例如采用均匀线性阵列或均匀圆形阵列，可以分别在水平或全方位实现波束扫描，提升覆盖范围和信号强度。具体来说，在短波天线系统中，采用 4×4 的阵列结构能够有效地提高天线增益约 6dB，并且在噪声环境下显著提升信噪比（SNR），达到约 15dB 以上。同时，通过数字波束成形技术，对天线阵列的各单元信号进行加权处理，可以实现自适应波束成形，在多径效应显著的场景下，能够将主波束对准期望信号方向，抑制来自其他方向的干扰信号，进一步提升通信质量。在天线系统的维护中，保证各阵元之间的相位匹配以及系统校准的精确性极为关键，这直接影响到阵列的波束成形效果和系统的整体性能。因此，阵列技术的应用不仅仅是一种简单的天线组合，而是通过科学合理的设计与精密的调控赋予了短波通信系统更强的适应性和可靠性，确保了在复杂电磁环境中的稳定运行^[2]。

4 短波天线系统的维护与管理

4.1 定期检查与预防性维护策略

定期检查的意义在于及时发现并处理隐患，避免系统在关键时刻因故障而失效。每一个细微的偏差都会在长时间运行中积累，直至引发系统性问题，每一位工程师都必须对定期检查有着足够的重视和执行力。短波天线系统的复杂性决定了其对维护的高要求，天线阵列的性能会影响发射信号的覆盖范围和质量，而天线结构的老化、腐蚀、接地不良等问题常常是造成性能下降的根源。为了确保天线系统的最佳性能，应该对天线的机械结构、电气连接、反射板、馈线等部分进行详细的检查和维护。特别是在天线阵列的机械结构上，塔架的垂直度、横梁的完整性、螺栓的紧固状态等细节绝不能忽视。一旦发现锈蚀或机械松动，应立即采取措施修复或更换，确保结构的稳定性和安全性。在电气连接方面，每个接头的电阻都应保持在规范范围内，通常应小于 0.1Ω 。这些接头连接的不仅仅是电缆，更是天线系统的“生命线”。

高频电流通过这些接头,任何一点电阻的异常都会导致损耗增加。因此,定期对所有接头的电阻进行测量,并对接头表面进行清洁和抗氧化处理,是确保系统高效运行的关键。馈线作为信号传输的通道必须保持其外皮无破损,内部无水汽渗入,以防止阻抗变化和信号反射。对馈线的定期检查,特别是在天气恶劣条件下的检查,能够有效避免因馈线损坏导致的系统失效。对于长时间暴露在外的馈线,建议使用专门的防护涂层或护套,以增强其耐久性。预防故障方面,需要制定详细的预防性维护计划,包括定期的设备校准、天线调试和性能测试。校准过程中尤其要注意反射系数的测试,理想情况下,天线的驻波比应低于 1.5。如果超出这一范围就可能意味着天线的某些部分已经偏离设计参数,需及时调整或更换。定期的反射系数测试不仅能够验证天线系统的工作状态,还能为进一步的优化提供数据支持^[3]。

4.2 天线系统的故障诊断与快速响应

一旦天线系统出现故障,整个通信链路的正常运行将受到严重影响,可能导致信号衰减、覆盖范围缩小甚至完全中断,这可能引发严重的连锁反应,因此对天线系统的故障诊断必须具备极高的敏感性和准确性。故障诊断的关键在于精确定位故障点并迅速排除。为了实现这一目标,首先应构建一套高灵敏度的监测系统,该系统需要能够实时监测天线阵列的电气性能,包括驻波比(VSWR)、输入阻抗、辐射功率等关键参数。驻波比的波动尤其值得注意,一旦超过 1.5 的安全阈值就必须立即引起重视,及时对天线馈线及接头进行全面检查。输入阻抗的偏离可能反映出天线匹配的异常,通常需将此参数控制在 50Ω 左右,以确保最佳的功率传输效率。在快速响应方面,维护团队需要建立高效的应急预案,预案中应明确各类故障的排查步骤及所需的工具设备。例如,在应对馈线断裂时,快速定位仪和网络分析仪可以在最短时间内确定断裂点的位置及性质,同时还需储备足够的备品备件,如同轴电缆、连接器等,以便在故障发生时能够立即进行更换而不致延误修复时间。

4.3 维护团队的专业培训与技能提升

维护人员的知识储备和实践经验直接决定了整个系统

的可靠性和长期运行的稳定性。短波天线系统因其频率范围广泛容易受环境因素影响,这就要求团队成员具备扎实的电磁理论基础,能够迅速判断和处理因天气、地形等因素引发的异常信号衰减或干扰问题。维护团队也要熟悉天线的阻抗匹配、驻波比调节等关键参数,并掌握使用网络分析仪、频谱分析仪等仪器对这些参数进行精确测量和调整的技能。实践中,团队成员必须能够独立进行复杂的电气故障排查,并在必要时进行快速有效的修复操作。团队还应定期接受关于新技术和新设备的培训,以适应不断变化的技术环境。例如,近年来数字化技术在短波通信中的应用日益广泛,掌握数字信号处理、调制解调技术成为维护人员的必修课。实战演练同样是培训不可或缺的部分,团队模拟天线系统故障、环境极端变化等多种场景可以在实践中锻炼快速反应和协作能力,从而提高应急处置的效率和准确性。长期来看,针对培训效果的定期评估和反馈也是确保技能提升的关键,统计分析培训后实际维护工作中问题解决的效率和效果可以及时调整培训内容和方法,以达到最佳的培训效果。这样系统化、专业化的培训能打造出一支能够胜任复杂维护任务的高效团队,从而保障短波天线系统的持续稳定运行。

5 结语

短波发射天线系统的性能优化与维护是一个系统性工程,要求在设计、实施和管理各个环节都能保持高标准。经过科学的天线设计优化、合理的馈线与匹配网络配置以及多天线系统的创新应用,短波通信的性能可以得到显著提升;定期的预防性维护和专业的故障诊断能力对于延长天线系统的使用寿命至关重要。未来的短波天线系统将更加智能化和自动化,进一步提高通信的稳定性和覆盖范围。对于这一技术的发展与研究需要持续投入和关注,以确保短波通信在未来的复杂应用场景中依然发挥不可替代的作用。

参考文献

- [1] 刘亮.浅谈短波发射天线的系统维护[J].黑龙江科技信息,2017(11):20.
- [2] 魏红星.浅谈短波天线使用维护方法[J].信息记录材料,2020,21(10):202-203.
- [3] 任远.短波天线使用维护技术分析[J].中国高新科技,2023(2):147-149.

Analysis of the Differences between Railway Integrated Display System and Subway PIS System

Qichen Lin

Beijing Quanlu Communication and Signal Research and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract

The railway comprehensive display system and the subway PIS system both belong to information-based passenger service systems. This paper will conduct a detailed difference analysis from the overall architecture of the system, the functions of each layer, the system composition, the types and functions of terminal equipment, and other aspects. The subway PIS system is a system that relies on multimedia network technology, with computer systems as the core, and stations and onboard display terminals as the medium to provide information services to passengers; By releasing various operational, news, announcements, and multimedia information during normal operation, and assisting in guiding passengers to evacuate in emergency situations, the level of subway operation and management can be further improved, the quality of subway services can be enhanced, and the goal of putting people first can be achieved.

Keywords

railway integrated display system; subway PIS system; center level; station level

关于铁路综合显示系统与地铁 PIS 系统的差异分析

林琪琛

北京全路通信信号研究设计院集团有限公司, 中国 · 北京 100071

摘 要

铁路综合显示系统与地铁PIS系统两者均属于基于信息化的旅客服务系统, 论文将从系统的总体架构、各层的功能、系统组成、终端设备种类及功能等方面, 进行详细差异分析。地铁PIS系统是依托多媒体网络技术, 以计算机系统为核心, 以车站和车载显示终端为媒介向旅客提供信息服务的系统; 通过正常运营时发布各类运营、新闻、公告和多媒体等信息, 紧急情况下辅助引导乘客紧急疏散等手段, 进一步提高地铁运营管理水平, 提高地铁服务质量, 达到以人为本的目的。

关键词

铁路综合显示系统; 地铁PIS系统; 中心级; 车站级

1 概述

铁路综合显示系统隶属于旅客服务信息系统, 旅客服务信息系统主要为车站旅客及铁路总公司、铁路局、站段的各级客运管理人员服务; 综合显示系统在旅客进站、购票、候车、检票、乘车、出站等各个环节上为旅客提供及时准确的动态信息服务。

由于两者均属于基于信息化的旅客服务系统, 从系统的总体架构、各层的功能、系统组成、终端设备种类及功能等均存在雷同情况, 下面将在多个方面进行比较。

2 系统总架构及功能

2.1 地铁 PIS 系统

地铁 PIS 系统采用控制中心和车站二级组网分布式,

主要包括中心子系统、车站子系统以及网络子系统。地铁 PIS 各系统之间的功能如下所示。

中心子系统是 PIS 的中心部分, 主要实现系统的编辑、播放、管理及控制等功能, 由中心服务器、接口服务器、以太网交换机、防火墙、媒体编辑工作站、发布管理工作站、系统管理工作站、节目监播工作站、节目审核工作站、磁盘阵列等组成。

车站子系统是 PIS 的现场部分, 主要根据中心的要求进行编播信息的现场播放、管理及控制等, 满足车站内旅客对信息的需求。系统主要由以太网交换机、车站服务器、LCD 播放控制器、音视频传输设备、LCD 显示屏等设备组成。

网络子系统主要功能是提供 PIS 系统中心与各车站、车辆段 / 停车场、列车车辆间的各种数据信息、视频信息和控制信息的网络承载。网络子系统主要包括有线网络、车载网络两个部分。

【作者简介】林琪琛 (1992-), 硕士, 工程师, 从事铁路通信研究。

2.2 铁路综合显示系统

铁路综合显示系统采用铁路局、车站二级组网结构；主要由车站各终端显示设备组成。

铁路局级综合显示系统属于旅客服务信息系统，在集成管理平台应集中设置；铁路局集成管理平台具备基础数据维护、旅客服务策略的制定及发布、对管辖范围内车站旅客服务系统的集中监控及管理等功能，并实现与相关外部系统的信息交互和信息共享。

车站综合显示设备为旅客提供引导及资讯信息。在正常工作模式下接收铁路局集成管理平台的指令、在应急工作模式下接收车站集成管理平台的指令。车站综合显示系统按照乘客进、出站流向设置售票屏、售票窗口屏、进站/检票屏、站台信息屏、进站通道屏、出站信息屏等显示终端。显示终端包括LED显示屏、PDP显示屏，设置位置主要包括售票厅、进站大厅、人行通道、站台、出站厅等区域。

对比分析：地铁PIS系统和铁路综合显示系统从总体架构上讲均采用二级组网，地铁PIS系统的中心子系统及车站子系统和铁路综合显示系统的铁路局及车站级具体功能存在较大差异；车站终端显示设备显示信息也各有差异。

3 系统设备组成及功能

3.1 控制中心子系统功能

控制中心子系统主要负责全系统的运营维护管理、外部信息的导入、媒体素材的管理、媒体素材的下发、紧急信息的编辑和发布及全线的播出控制。

功能主要由信息管理、紧急信息功能、系统运营管理、参数管理、视频节目管理、设备管理和设备维修、网络管理及设备监控、统计和报表、接口功能等功能模块组成。控制中心系统有播放控制器、高清数字直播编码器、中心视频流服务器等编播设备。能接收外部信息源，包括数字有线电视、新闻、天气预报、股市行情、数字地图、公交地铁、换乘信息等，可根据需要选择播放上述内容。负责地铁系统外部信息接收、信息媒体文件的存储和转发、信息编辑处理、播出计划制定及发布控制等功能。

3.2 控制中心子系统结构

系统通过中心服务器集中管理整个系统数据信息，实时监控整个系统数据流，利用网络存储设备保存整个系统的各种数据信息，并进行数据的高效维护管理。

通过视频流服务器进行媒体文件的存储和稳定播出。一般以地铁宣传片、城市宣传片、广告为主，进行循环播放，也可以提前安排播放列表，按播放列表播放。

中心服务器通过集群软件实现服务器的双机热备份，保证任意一台故障可以无缝切换到另一台，确保任意一处故障不会影响到整个系统的正常运营。

系统接收视频流服务器、有线电视解调器等各种不同源的信号，通过直播数字电视编码器以组播或单播的方式向车站播放直播信号，因此系统配置一台视音频切换矩阵进行

信号源和播出信号的调度。

中心管理人员通过播出控制工作站的播出软件，实现播表编辑、节目预览、播表审核、屏幕分割、版式整合和修改等功能。通过网管工作站的网管软件实现设备监视、地理位置图管理、设备控制、紧急信息编辑和发布。通过系统管理工作站根据不同权限可以对整个PIS系统线缆、车站、设备、日志等信息的配置、查询、排序、报表生成和打印。

3.3 控制中心子系统特点

控制中心作为整个PIS系统的管理中心，有其非常重要的功能，功能特点如下：

数据集中管理：系统数据（车站配置、车载配置、设备配置）、管理数据（用户、权限等）统一集中配置在数据中管理，各终端启动时均会自动读取中心系统数据，并根据不同的设备、不同的功能设置自动下载本地参数。中央数据存储还包含报表素材的存储，中心子系统配置了NAS存储，可满足大容量数据集中管理的存储要求。

设备监控：中心子系统可以对全线播控设备进行统一监控管理，可实时了解设备的工作状态，如有故障则及时报警并记录设备日志。播控系统、网络系统、电源系统，统一软件界面网管。

直播服务：中心配置了两台单播服务器，可针对车载服务器进行视频直播功能，车站直播功能则通过中心高清数字直播编码器完成。

接口服务：PIS与外系统接口统一在中心子系统接入，通过中心配置的接口服务器与外系统连接。

4 铁路局级旅客服务信息系统集成管理平台

铁路局集成管理平台具备基础数据维护、旅客服务策略的制定及发布、对管辖范围内车站客服务系统的集中监控及管理等功能，实现与相关外部系统的信息交互和信息共享。

旅客服务策略主要包括：根据综合显示业务模板编制综合显示管理计划，进行综合显示信息发布。

对局管内车站旅客服务信息系统的统一接入和数据集中处理。

对比分析：地铁中心PIS系统具有运营维护管理、外部信息的导入、媒体素材的管理、媒体素材的下发、紧急信息的编辑和发布及全线的播出控制等功能。大铁路局级旅客服务信息系统集成管理平台不属于综合显示系统工程范围，局级旅客服务信息系统集成管理平台根据综合显示业务模板编制综合显示管理计划，进行综合显示信息发布。综合显示系统正常工作模式下接收铁路局集成管理平台的指令。

4.1 车站子系统功能

车站子系统主要由收发信息、播放控制功能、备份功能、设备控制与监视、时间显示与同步、操作日志等功能模块组成。

4.2 车站子系统结构

车站子系统由车站服务器、LCD控制器、车站工作站

(KVM)、LCD显示屏、电源控制器、分配转换器及有关软件和配线等组成。

4.3 车站子系统特点

通过设置在站台两侧的 PIS 显示终端,面向乘客播放乘客信息数据,结构特点主要体现在两个部分,一个是乘客信息的合成及播出,另一个是 PIS 显示终端设备的控制。视音频播放方面,本次车站子系统最大的变化是大量减少中间的传输环节,采用的方案是播放器直接光纤到屏,中间不经过中继设备进行信号增强及处理,通过单模光纤(传输距离为 10km)将信号传输到终端显示设备。

4.4 车站级旅客服务信息系统集成管理平台

车站集成管理平台应支持正常工作模式和应急工作模式,其功能如下:

①正常工作模式下,实现与铁路局集成管理平台之间的数据同步。

②应急工作模式下,向车站各应用子系统下发列车到发基础信息,接收各子系统上传终端设备状态,实现本站应急客运组织、应急显示、应急广播等功能。

对比分析:地铁车站 PIS 系统具有收发信息、播放控制、备份、设备控制与监视、时间显示与同步、操作日志等功能。大铁车站级旅客服务信息系统集成管理平台正常工作模式下,接收铁路局集成管理平台的指令并保持数据同步。应急工作模式下,向车站综合显示系统下发列车到发基础信息,接收综合显示系统上传终端设备状态,实现本站应急显示的功能。

5 车站终端设备

5.1 地铁车站 PIS 终端设备布置

在站厅层各地铁出入口设置 1 块单面 LCD 显示屏,站台楼层扶梯口处设置一组两块背靠背 LCD 屏,在车厢连接处的安全门上方,共布置 8 块平行于安全门的 LCD 屏;在站厅层两侧各设置 1 台查询机;在各地铁出入口通道内各设置 1 块 LED 显示屏。大铁车站综合显示系统终端设备布置。

5.2 计算机终端设置地点及显示内容

在车站站长室、客运主任室、客运值班室或综合监控室、检票室、补票室、公安值班室、上水工休息室等处设置计算机终端,显示客运计划、到发通告、检票计划等信息。计算机终端显示器配置不小于 22in.(英寸)。

5.3 PDP/LCD 显示屏设置地点及显示内容

大型及以上车站应设置 PDP 或 LCD,中型车站宜设置 PDP 或 LCD,小型车站可设置 PDP 或 LCD。PDP 或 LCD 宜设置于车站候车厅、售票厅等处,显示引导、到发及资讯等信息。

对比分析:地铁 PIS 在站厅层各地铁出入口设置 1 块单面 LCD 显示屏,站台楼层扶梯口处设置一组 2 块背靠背 LCD 屏,在车厢连接处的安全门上方,上下行共布置 8 块

平行于安全门的 LCD 屏;在站厅层两侧各设置 1 台查询机;在各地铁出入口通道内各设置 1 块 LED 显示屏。大铁车站综合显示系统按照乘客进、出站流向设置售票屏、售票窗口屏、进站/检票屏、站台信息屏、进站通道屏、出站信息屏等显示终端。显示终端包括 LED 显示屏、PDP/LCD 显示屏,设置位置主要包括售票厅、进站大厅、人行通道、站台、出站厅等区域。

5.3.1 有线网络

有线网络子系统为 PIS 系统提供控制中心—各车站/车辆段和无线接入点间的视频和数据信号传输的通道。有线传输网络带宽主要由两部分构成:中心与车站的传输带宽及中心与列车的传输带宽。

控制中心和所有车站的设备利用通信提供的上下行各 2 芯光纤组建有线传输网络。负责传输中心与各车站、车辆段网络之间的各种数据信息、音视频信息和控制信息。

5.3.2 无线网络

无线网络子系统是给 PIS 提供网络通道,该通道用来传输从中心至地铁列车的各种数据信息、视频信息和控制信息。

实现控制中心与车载子系统之间的数据信息传输。根据车载乘客信息系统的功能,要求移动的列车与地面之间具有实时双向数据传输的能力。在列车高速运行时,不应丢失连接和引起画面质量降低。以保证在车上的实时播放不中断(切换时间应不超过 50ms),且播放质量不受影响。无线网络通过网络管理软件实现集中管理所有的无线网络设备,也可以通过无线接口对无线网络进行管理。设有完善的网管设备,能在中心随时监控到无线网的每一个设备的工作状况。

无线传输平台主要由无线网络服务器、无线网络控制器、网络管理设备、无线接入点(AP)和无线车载单元等设备构成。无线网络控制器按双机互为备份模式工作,在其中一台出现故障时,所有 AP 的控制管理能自动切换到另一台交换机上。

无线通信网络的技术选择如表 1 所示。

5.3.3 大铁综合显示网络子系统

大铁综合显示系统在各车站以显示终端区域位置划分,将各区域终端设备分别接入至各区域接入交换机,通过接入交换机连接至旅服系统核心交换机以实现终端设备与车站旅服系统应急管理平台的连接。

对比分析:地铁 PIS 网络子系统分为有线网络和无线网络二部分。大铁综合显示网络子系统只有有线网络,车站各区域终端设备分别接入至各区域接入交换机再通过接入交换机连接至旅服系统核心交换机以实现终端设备与车站旅服系统应急管理平台的连接。

6 车站管理软件

车站操作员集中管理本车站内整个乘客服务信息系统,各车站操作员经网络连接中心服务器,由中心服务器统一管理,交换数据,接收视频及其他播发信息。

表 1 无线通信网络的技术选择

制式名称		方案描述	优缺点
WiMAX 无线宽带接入技术		该方式是基于 802.16 标准，工作频段在 2~66GHz 的无线宽带技术，特别是在颁布 802.16e 标准后，能够支持高达 120km/h 的移动速度，5M 带宽内，通过 OFDM/OFDMA 技术能够达到 15Mbps 的数据传输速率，同时可以利用 2.4GHz 的公共无线频段进行传输	高带宽、传输距离远是该技术的主要优势。不足之处在于目前中国尚无按该方式实施的案例，同时作为标准来讲，该技术还在演进和标准化中，存在一定的不确定性，而且该标准本身针对城域网开放空间进行制订，所以对本系统所存在的隧道特性封闭空间来讲，可能需要在标准协议的基础上进行一定的改良，开发建设成本较高
LTE 方案		LTE 方案是近来推行的一种方案，在控制中心设 LTE 核心网设备，车站设置基站 BBU+RRU，基站与中心通过传输系统提供的通道相连。在线路区间可通过漏缆进行场强覆盖，在长大区间增设区间 RRU 进行信号的中继放大，在车辆段设置 BBU+RRU，并采用天线的方式对停车列检库等重要场所进行覆盖	该方案利用 4G 技术，在移动性和带宽方面均有大幅提高，20MHz 频谱带宽下能够提供下行 100M/s 与上行 50M/s 的峰值速率，完全可以满足乘客信息系统的需求。但由于建设时间还有几年，目前也有城市正在试点 LTE 方案，可以继续跟踪研究
无线局域网 (WLAN) 技术	802.11a	802.11a 使用了 5.8GHz 的频谱	使用的 5.8GHz 频谱干扰较少，可提供更多的非重叠频道，传输速度较高。但由于技术复杂，且频谱资源需要申请，使用不普及
	802.11g	802.11g 使用 2.4GHz 的频谱，可提供 3 个完全不重叠的频道	传输速率较高，可满足车一地双向数据传输的要求，近年来采用基于 802.11g 标准的无线局域网最多
	802.11n	802.11n 同时工作在 2.4GHz、5.8GHz 频段，互不干扰，802.11n 使用了多重输入多重输出 (MIMO) 天线阵列，借助多个发射和接收天线来提高数据传输率	802.11n 可以将 WLAN 的传输速率提供到 300Mbps 甚至高达 600Mbps。802.11n 采用智能天线技术，通过多组独立天线组成的天线阵列，可以动态调整波束，保证让 WLAN 用户接收到稳定的信号，并可以减少其他信号的干扰
DVB-T 技术		DVB (数字视频广播) 包括 DVB 广播传输系统、DVB 基带附加信息系统、DVB 交互业务系统、DVB 条件接收及接口标准等	DVB-T 标准为静止和移动用户传输无线宽带数据业务提供了一种强大的手段。但其本身是一个单向系统，无法满足人们对交互式地面数字电视业务的需求

6.1 车站播放控制器软件

PIS 乘客信息服务系统中，每台或多台显示终端配备一台播放控制器，以实现每台 / 每组终端显示设备能够可靠自主地显示独立指定的内容。车站信息播出工作站须具备以下功能：

支持文本动画的显示 / 图像动画的显示 MPEG-2、AVI 影视文件的显示 / 各种常用文件格式文件的显示 / 网页的显示 / 模拟时钟及数字时钟的显示。

播放控制器支持动态分屏播放模式。屏幕的子窗口结构、布局配置、分辨率等能够根据时间表的预先设定，动态地改变。布局的改变不需要重新启动机器。

播放控制器支持 20 个子窗口分屏播放模式。并且所有子窗口中播放的节目能够自动缩放至适合子窗口的显示。

每一分屏子窗口能够独立播放的各自的节目序列。

每一分屏子窗口都能够播放所有系统支持的节目类型，如视像节目、图像效果节目、文本效果节目等。

播放控制器中任一分屏子窗口可被设定，在指定的时间里播放任意指定通道的中心网络视频流信号。

一般情况下，播放控制器工作于正常播放状态。但播放控制器可远程接受中心操作员的命令，被控制进入中心信息直播状态。在中心信息直播状态下，播放控制器暂停所有时间表的节目的播放，全屏播放中心子系统的直播网络视频流信号，或保留部分文字信息。

容错设计：网络发生故障时，播放控制器仍能正常工作。播放实时更新信息的子窗口立即切换显示疏导信息或缺

省指定信息，原来播放本地缓冲文件内容（如广告节目）的子窗口则继续正常播放。

播放控制器可以预先下载存储多个时间表，系统能够自动根据时间表的更新情况、生效时间、失效时间，选择正确的时间表进行解释播放。

播放控制器需提供网络接口，并通过 TCP/IP 协议，跟车站服务器进行通讯和数据交换。

播放控制器可以根据时间表将一天 / 一周任意划分成各个时段，针对每一时段可以设置成任意指定的分屏布局。每一分屏子窗口又可以单独执行任意指定的时间表，并按时间表指定顺序，循环地播放各节目序列。

播放控制器播放的信息能根据不同的优先等级，高优先级的信息能够根据预定义的规则中止打断正在播放的低优先级信息，优先播放。

6.2 大铁综合显示系统

大铁综合显示系统由旅客服务信息系统集成平台统一管理，终端设备所播出的有关运营信息、票务信息和宣传节目等统一由旅客服务信息系统集成平台编制。

参考文献

[1] 石惠慧.一种基于云平台的乘客信息显示系统新架构[J].中国科技信息,2022(4):87-88.

[2] 张维栋.浅谈广佛线乘客信息显示系统设备架构与播放机制[J].中国新通信,2018(9).

[3] 钟飞.无线局域网技术在地铁乘客信息显示系统的应用[J].都市轨道交通,2012(2):32-35.

A Symbol Bit Processing Method in a Storage Computing Integrated Chip

Li Ai

AistarTek (Hangzhou) Microelectronics Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

This paper presents a sign-bit processing method of binary multiplier and adder, which can be applied to the computing in-memory integrated chip. By designing a full adder which is compatible with both signed and unsigned bits, and applying it to binary adder tree of the highest full adder in each level of the adder tree, thus achieving the compatible operation of binary signed and unsigned bits of adder tree. Through time division multiplexing of adder tree and combining with the accumulator, the sign-bit processing of 8bit binary multiplication and addition operation can be realized. The correctness and feasibility of the proposed method are verified by simulation. The circuit designed by this method is not only simple in structure, but also can greatly save chip area and power consumption.

Keywords

binary multiplier adder; symbol bit processing; adder tree; time-division multiplexing; full adder

一种存算一体芯片中的符号位处理方法

艾力

杭州智芯微电子科技有限公司, 中国 · 浙江 杭州 310000

摘 要

论文提出了一种二进制乘加器的符号位处理方法, 可应用于存算一体芯片中。通过设计出一种符号位与无符号位兼容的全加器, 并应用于二进制加法器树中, 将加法器树各级中的最高位全加器替换成本设计提出来的全加器, 从而实现了加法器树的二进制有符号位和无符号位的兼容运算。通过对加法器树的时分复用, 并结合累加器, 可实现8bit二进制乘加运算的符号位处理。通过仿真验证了该方法的正确性和可行性。该方法设计出的电路不仅结构简单, 而且可以大大节省芯片面积和功耗。

关键词

二进制乘加器; 符号位处理; 加法器树; 时分复用; 全加器

1 引言

近年来 AI 人工智能^[1]呈现蓬勃发展的态势, 随着 AI 应用场景的越来越广泛, 大模型应用对算力的需求越来越高, 对功耗的要求也越来越高, 存算一体芯片^[2]不仅可以满足大算力的需求, 还可以节省功耗提高能效比。

存算一体芯片在进行有符号位的 8bit 二进制乘加运算时, 其符号位的处理是很关键的一项技术。我们之前有设计单 bit 的 adder tree^[3], 符号位通过单 bit tree 和累加器可以轻松处理, 但这种方法占用的周期数太多而难以提高算力, 且能效比不是最优的。通过仿真尝试, 发现 4bit tree 的效率是最高的, 于是我们将单 bit tree 换成 4bit tree。很快, 我们发现 4bit tree 的符号位如何处理, 是一个棘手的难题。论文针

对以上技术难题, 提出了一种符号位处理方法, 可以很好地解决上述难题, 并且能节省芯片面积和功耗, 提高算力和能效比。

2 符号位全加器设计

论文提出的符号位全加器^[4]电路如图 1(a) 所示, 由六个传输门, 一个同或门、一个异或门以及两个反相器共同组成, 通过引入符号位控制信号 sg, 其不仅能实现传统全加器的功能, 还能实现符号位运算的功能, 图 1(b) 为该加法器的逻辑真值表。该电路的功能如下:

当两个输入信号 A 和 B 相同时, 同或门输出 H 为高, 异或门输出 HB 为低, 则 T1 和 T4 导通, T2 和 T3 关断, 求和输出 S 等于, 进位输出 C 等于 A 或 B。此时, S 和 C 的输出结果与符号位 sg 无关。

当两个输入信号 A 和 B 不同时, 同或门输出 H 为低, 异或门输出 HB 为高, 则 T1 和 T4 关断, T2 和 T3 导通,

【作者简介】艾力 (1989-), 男, 中国湖北咸宁人, 本科, 工程师, 从事集成电路设计研究

求和输出 S 等于的反相, 即, 而进位输出 C 则与符号控制位 sg 有关了。若此时 $sg=0$, 则 $T5$ 断开, $T6$ 导通, 进位输出 C 等于, 该逻辑实现的是无符号位的全加器运算。若此时 $sg=1$, 则 $T5$ 导通, $T6$ 断开, 进位输出 C 等于的反相, 即, 该逻辑实现的是有符号位的全加器运算。

通过配置符号控制位 sg 信号, 可以实现该加法器是否进行有符号位运算, 用一个简单的电路实现了有符号位和无符号位全加运算的兼容。

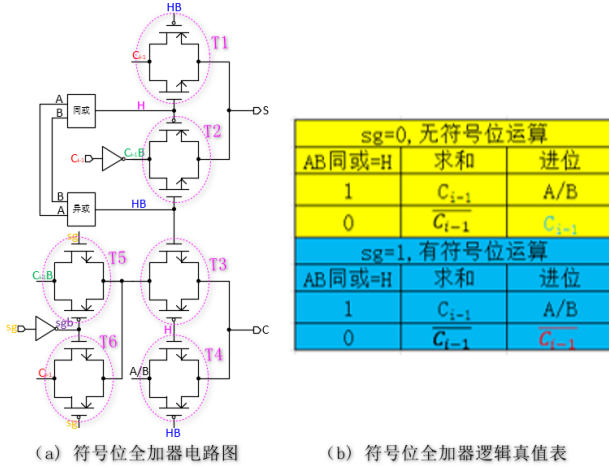


图 1 符号位加法器电路图

3 加法器树电路设计及符号位处理

对于 8bit 二进制乘加器, 将权重数据拆分成 2 个 4bit^[5], 分别依次与输入数据的 8 个 bit 相乘, 每次得到一个 4bit 的乘法输出结果, 由此可见, 权重数据是需要被复用的, 且每个 4bit 被复用 8 次, 一个权重数据则需要被复用 16 次,

一共需要 16 个周期才能完成两个 8bit 数的乘法运算。存算一体芯片通常由很多组这样的数据相乘以后再相加, 如图 2 (a) 所示有 256 组权重数据与输入数据相乘。所有乘法的结果都被送到 4bit 加法器树, 进行相加以后输出二进制的结果。这里的加法器树每次运算需要被复用 16 次, 如果是进行有符号位的运算, 则权重的高 4 位是带符号位的, 而低 4 位是无符号位的, 这就要求 4bit 加法器树需要兼容有符号位和无符号位的运算。用所提出的符号位全加器可以实现这一功能。

所设计的多 bit 全加器如图 2 (b) 所示, 低位的数值运算采用传统的 HA 和 FA, 最高位采用提出的符号位全加器 SGFA, 低位段的各级进位输出结果被当作下一级的一个输入信号。Nbit 加法器需要 1 个 HA, n-2 个 FA, 以及一个 SGFA。当乘法运算用到权重的高 4 位时, 将 sg 设置为 1, 对应的多 bit 加法器进行有符号位运算, 当乘法运算用到权重的低 4 位时, 将 sg 设置为 0, 对应的多 bit 加法器进行无符号位运算, 按照这样的需求产生 sg 控制信号, 从而实现了多 bit 加法器有符号位和无符号位的兼容运算。

加法器树的架构图如图 2 (c) 所示, 采用两两相加输出到下一级的架构, 每加一级加法器的个数就少一半, 直到算出最终的加法结果为止。为了实现符号位的处理, 加法器树中各级多 bit 加法器的最高位都需要采用 SGFA, 如此才能实现整个加法器树的有符号位和无符号位的兼容运算。

存内计算的架构中, 4bit adder_tree 的输出结果会输入累加器进行移位累加, 累加器输出最终的二进制乘加运算结果。整个运算机制中, 因为采用了 SGFA, 每一步都有符号位的运算处理, 最终才能得出正确的计算结果。

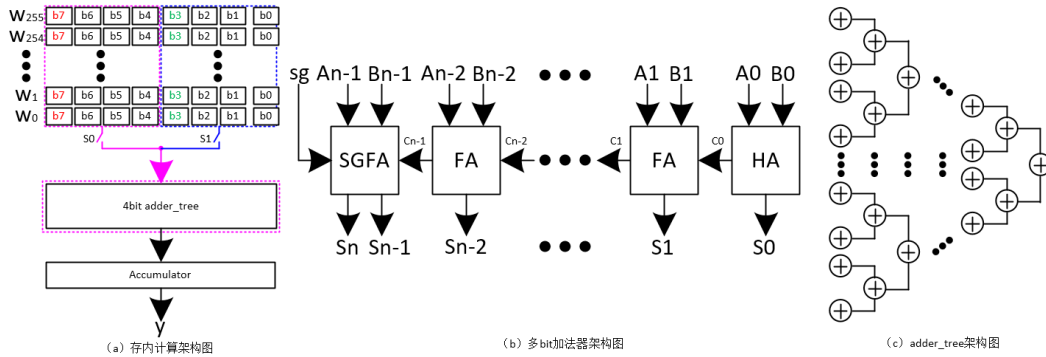


图 2 存内计算多 bit adder_tree 架构示意图

4 仿真结果分析

用 TSMC22n 工艺模型, 对符号位全加器电路以及存算一体电路进行 spectre 仿真, 以验证电路功能和设计方法是否正常。

符号位全加器仿真波形如图 3 所示, 其输入数据 A、B 和 CI 的各种组合都已经覆盖到, 当 $sg=0$ 时, 求和输出以及进位输出的结果都正确, 与理论分析的逻辑真值表一致, 实

现了无符号位全加器运算的功能。当 $sg=1$ 时, 求和输出以及进位输出的结果也都正确, 与理论分析的逻辑真值表也一致, 因此也实现了有符号位的全加器运算功能。

论文所设计的存算一体芯片 MAC 数为 256×32 , 其中每个 channel 为 256 个 MAC, 共有 32 个 channel, 每个 channel 的电路都是一样的。整体 top 仿真耗时非常大, 为了节省时间, 仅仿真 1 个 channel 来评估功能和性能。输

入数据 XIN 全部为十进制 85, weight 数据有一半为十进制 85,另一半为十进制 -86.根据这些输入的 XIN和weight 数据,可以理论推算出来运算结果为 -10880.图 4 的仿真结果与理论推导一致,且中间各级信号,如乘法的输出结果,加

法器树各级的输出结果,以及加法器树最终输出的 12bit 结果都是正确的。最后还进行了芯片 corner 的仿真,各 corner 下的计算结果都正确,功能都正常。说明所提出的符号位处理方法是正确可行的。

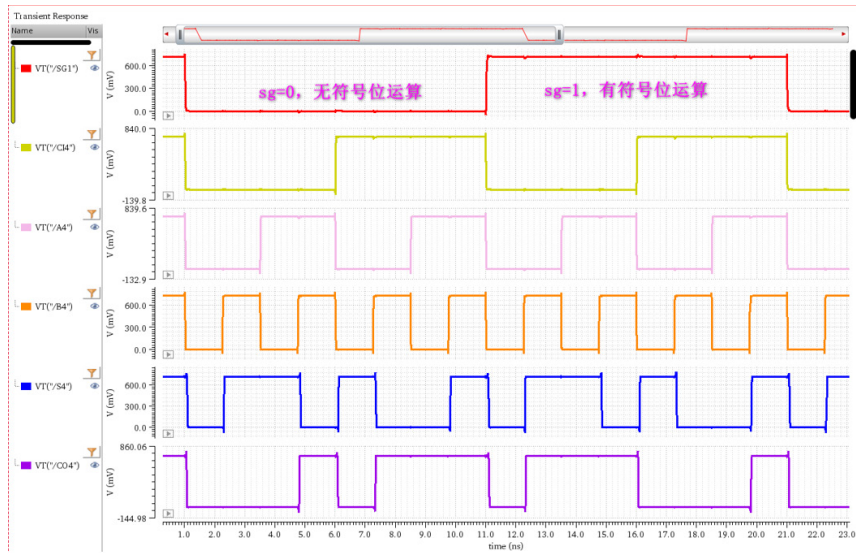


图 3 符号位全加器仿真波形

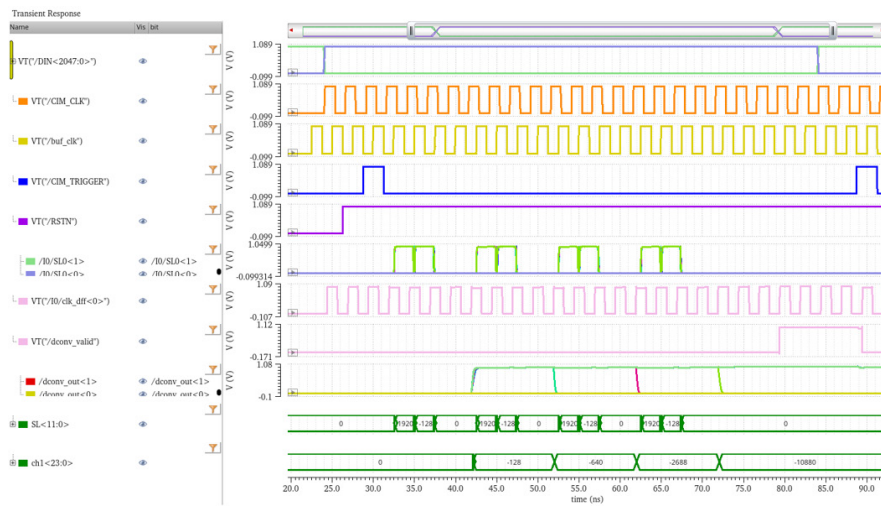


图 4 存算一体电路仿真波形

5 结语

论文提出了一种存算一体芯片中的符号位处理方法,用同或门、异或门、反相器以及传输门开关等这些基本的逻辑单元设计出符号位全加器,并将该全加器应用于存算一体的加法器树中,实现了 8bit 二进制有符号位和无符号位的兼容运算。与现有的技术方案相比,不仅符号位处理更简单,使用的 FA 更少,面积更小,而且系统的灵活性更高。并对所提出的方案进行了 Spectre 仿真,结果表明,不论是有符号位还是无符号位的乘加运算,其结果都是正确的,而且功耗比现有的有符号位运算方案的更小。

参考文献

[1] 俞昊,王子欣.面向计算机视觉的AI人工智能算法在图像数

据库中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):8-10.

- [2] 陆春帆,刘爽,周洲.存算一体芯片发展现状、趋势与挑战[J].中国科学:信息科学,2024(1):16-24.
- [3] 张钟宣,张海清,艾力,等.向量乘加器的SRAM内存计算装置和电子设备.CN115658011B[P].2023.
- [4] 索超,姚鹏,李蓉,等.符号位加法电路和二进制有符号数加法电路.CN115202613A[P].2022.
- [5] Yu-Der Chih. An 89TOPS/W and 16.3TOPS/mm² All-Digital SRAM-Based Full-Precision Compute-In Memory Macro in 22nm for Machine-Learning Edge Applications [C]//COMPUTATION IN MEMORY,ISSCC,2021.

Analysis of Energy saving Construction Issues and Countermeasures in Green Data Centers

Yongsuo Wang

Beijing Branch, China Telecom Company Limited, Beijing, 100032, China

Abstract

With the development of science and technology, digital development has become the current development trend, and data is one of the most valuable assets of enterprises. As the infrastructure supporting mass data storage, processing and distribution, the strategic position of data center is becoming increasingly prominent. The data center is a global collaborative network of specific equipment, the "heart" of information technology, which can help enterprises achieve digital development, promote modern business decisions, and accelerate enterprise transformation and upgrading. Data centers provide convenience for enterprises at the same time, the problem of energy consumption has become increasingly prominent, how to solve the problem of high energy consumption of data centers, the establishment of green data centers has become a problem to be solved. Based on this, this paper will deeply analyze the factors of data center energy consumption, talk about the current status and challenges of green data center energy conservation in combination with the actual situation, and propose targeted measures to help data center energy conservation and emission reduction, to achieve green and low-carbon operation.

Keywords

green data center; energy-saving construction; green development; energy-saving technology; countermeasure

简析绿色数据中心节能建设问题与对策

王用锁

中国电信股份有限公司北京分公司, 中国 · 北京 100032

摘 要

随着科学技术的发展, 数字化发展成为当下发展趋势, 而数据是企业最宝贵的资产之一。数据中心作为支撑海量数据存储、处理和分发的基础设施, 其战略地位日益凸显。数据中心是全球协作的特定设备网络, 是信息技术的“心脏”, 可以助力企业实现数字化发展, 推动现代商业决策, 加快企业转型升级。数据中心为企业提供便利的同时, 能耗问题也日渐凸显, 如何解决数据中心高能耗的问题, 建立绿色数据中心成为有待解决的难题。基于此, 论文将深入分析数据中心能耗的因素, 结合实际谈一谈当前绿色数据中心节能现状和挑战, 并提出针对性举措, 助力数据中心节能减排, 实现绿色低碳运营。

关键词

绿色数据中心; 节能建设; 绿色发展; 节能技术; 对策

1 引言

随着云计算、大数据、物联网、人工智能等技术的兴起, 数据中心的作用变得更加关键, 但是伴随着数据中心的发展, 机架数量快速增长, 高能耗问题日益凸显^[1]。根据《数据中心全生命周期绿色算力指数白皮书》(下称《白皮书》)显示, 预计到 2030 年, 中国数据中心能耗总量将超过 4000 亿千瓦时, 若不加大可再生能源利用比例, 2030 年中国数据中心二氧化碳排放或将超 2 亿吨。《白皮书》认为, 随着电能利用效率及评价数据中心的核心指标的优化空间不断

缩小, 数据中心耗电量不断增加。一方面是数据中心的市场需求持续增长, 建设规模不断扩大, 另一方面是能耗巨大, 不利于中国绿色可持续发展, 如何破局成为关键^[2]。

2 数据中心能耗的因素

数据中心是由物理基础设施、IT 基础设施组成, 多个系统集成, 结构复杂, 其中影响数据中心能耗的因素较多, 尤其是数据中心 IT 设备数量多, 这些设备的使用需要消耗大量能源^[3]。据相关数据统计, 数据中心 IT 基础设施在数据中心总耗电占比约为 45%~50%; 制冷设备占比约为 30%~45%, 供配电设备约占 10%~15%, 具体如下。

2.1 设备效率

在数据中心中, 设备效率是能源消耗的关键因素之一。其中服务器、存储设备、网络设备等硬件的能效比直接影响

【作者简介】王用锁(1982-), 男, 中国江苏人, 硕士, 工程师, 从事数据中心建设、智算中心建设、节能减排、绿色节能研究。

到整体能耗水平。服务器是数据中心的核心设备,随着服务器处理能力不断提升,服务器能耗也在不断增长,已占据总能耗的二分之一。存储设备是数据中心的核心功能,数据中心需要存储大量的数据,传统的磁盘阵列所消耗的能源高,且占面积,现多采用固态硬盘,尽管采用能耗比高的固态硬盘,但还是难以满足不断增长的数据需求。网络设备主要为交换机、路由器等设备,很多数据中心受资金限制,还在采用老旧的设备,在运行过程中,这些设备存在老化的现象,导致能效提高。

2.2 设备设计与布局

数据中心设计与布局也是影响能源消耗的重要因素之一,很多数据中心在设计时没有考虑设备布局对能耗的影响,缺乏对线路合理规划,导致运行中出现能耗^[4]。

2.3 冷却系统

设备使用过程中电力会转化为热量,数据中心在给IT设备供电的同时要准备冷却设备对环境进行温控,保障数据中心可以安全稳定地运行,制冷系统能源消耗与设备运行时间、运行次数、设备功率有关,也与数据中心室内环境、气候变化有关。为了维持数据中心室内恒定温湿度,很多数据中心保持全天空调,能耗巨大。

2.4 电源与配电系统

供配电系统能源消耗与供电效率、设备效率有关。数据中心配电系统由UPS(不间断电源)、变压器、配电柜、发电机、电池、机柜配电等电源设备单元构成,在转换电能的过程中会浪费一定能源。

3 当前绿色数据中心节能现状和问题

3.1 对节能技术的认识和普及不到位

绿色低碳发展已成为所有行业重点改革方向,从技术层面看,虽然高效能设备、液冷散热、智能环境监控系统等先进技术逐步运用在绿色数据中心建设中,为数据中心实现绿色低碳发展提供强有力的技术支持,但是在技术推广普及过程中,经常会遇到资金不足、人才匮乏、技术滞后等问题^[5]。新技术设备的应用需要资金的投入,而且具有一定的技术门槛和人力支持,一些大企业背后有雄厚的财力支撑、遥遥领先的科技技术、经验丰富的人才资源才得以实现,而偏远地区的中小型数据中心却难以承受,造成节能工作推进缓慢,能效提升困难的局面。这种分化不仅会加剧企业之间的距离,还会阻碍绿色数据中心建设的全面深化。

3.2 能效整体提升不明显

能效(PUE)是数据中心总能源消耗/IT设备能源消耗的比值,PUE值越低,能源利用率越高^[6]。尽管近些年国家政策的扶持、新技术的应用为数据中心节能提供有利条件,但是从能耗水平看,数据中心能效整体提升不明显,根据相关数据显示,2016—2018年,中国大型数据中心PUE平均值从1.8下降到1.55左右,超大型数据中心PUE平均值从

1.5下降到1.3左右。从结构上看,2012—2019年,PUE值大于2.0的数据中心占比从34.6%下降到2%,PUE小于1.5的数据中心占比从2.7%上升到了12.9%。虽然中国数据中心PUE值有所下降,但是较全球数据中心PUE平均值相比,中国大部分数据中心PUE值仍处于下风,高于全球数据中心PUE平均值1.65,留有优化余地。

3.3 能效评估体系的有待完善

在数据中心能效计算中没有统一的标准,能效评估体系无法进行量化评价,导致不同数据中心之间能效无法进行公正、客观的横向对比,不利于未来政策规范、技术创新与市场监管。能效评估体系的不完善不仅降低节能政策制定的准确性与有效性,还为数据中心添加安全隐患和信任危机,部分数据中心存在提供虚假数据信息的情况,导致能效评估数据准确性存疑,为接下来开展的工作带来不确定性。

3.4 不同类型数据中心能效差别显著

不同的数据中心,其设计、建造时间、功能等方面各不相同,导致中国数据中心发展和能效质量参差不齐,早期建设的中小数据中心数量众多且PUE值偏高,根据调查显示,目前中国中小型数据中心数量占总数据中心的26%,如果按照占比面积分类,中国中小型数据中心数量占总数据中心的40%,能效较为分化,不利于中国数据中心绿色改革。

3.5 绿色能源的局限

太阳能、风能、水能等绿色能源在数据中心的应用成为当下破局的关键,因其具有清洁可再生的特性为数据中心节能减排提供源源动力。中国数据中心集中分布在东部地区,高耗能导致北、上、广、深等一线城市能源消耗指标异常紧张,东部地区庞大的能源需求难以支撑,制约数字经济的发展。而绿色能源所处于西部地区,受绿色能源地域性、间歇性分布特性限制,使得部分城市数据中心能源不能得到良好保障。此外,绿色能源价格波动大且储存、转换等技术成本高昂,增加了数据中心的运营负担和投资风险。

3.6 运维管理智能化转型的迫切需求

数据中心运维管理层面的问题也不容忽视,运维管理是个复杂而系统的工程管理,其管理水平直接关联数据中心能耗效率及稳定运行^[7]。目前,还有很多中小型数据中心采用人工运维的方式,存在监测不准确、监管不及时、制度不健全等问题,存在能源浪费的情况,严重还会引发安全事故。因此,需要加大运维管理智能化转型,建立完善的运维管理体系。还要提高数据中心运维管理人员专业素养及节能意识,帮助员工更好地适应绿色数据中心的发展需求。

4 绿色数据中心节能建设具体措施

4.1 设备选型及优化

数据中心设备选型和优化可以很好地从根源上降低能源的消耗,减少对环境的污染,在设备选择上要综合考虑设备的先进性、能效比、可扩展性、环保性,优先考虑能效

率高,功率低的服务器、存储设备、网络设备、电源设备。在服务器选择上,可以重点看服务器的处理器和芯片,是否具备智能电源控制功能,根据负载情况动态调整能源消耗。在储存设备选择上,应选择高效能、低功耗的存储介质,如固态硬盘。根据数据中心需求,是否引入新型技术存储虚拟化技术,存储虚拟化技术可以提高存储资源利用率,降低整体能耗。在网络设备选择上,应关注其能效比和散热性,网络设备运行中会散发一定热量,在设计方案时不仅要考虑机架之间的距离,还要考虑网络设备中是否有散热设计,降低网络设备的能源消耗。在电源设备选择上,应选择高效率的电源转换设备,如高效能 UPS 电源和电源分配单元(PDU)等,减少电能转换过程中的能量损失,提高能源利用率。另外,在绿色数据中心节能建设中还要注意设备维护与优化,确保设备一直维持最佳运行状态,避免因设备老化导致的能源浪费,及时换新老化设备。

除了设备选型外,数据中心的合理布局也是提升能效的重要手段。在数据中心建设方案中,不能凭借主观臆断设计,而是根据数据中心面积规划主机房内可安装的 IT 机架数,不能以机架平均功率容量为参考设计,而是应参考平均机架功率密度和最大机架功率密度,其中平均机架功率密度是用来计算主机房或数据中心整体总容量的,最大机架功率密度是用来规划制冷系统和供电系统的。分布情况可参考:低功率密度机架: < 1kW, 平均 0.4W, 占机架总数的 10%; 一般功率密度机架: 1~3kW, 平均 1.5W, 占机架总数的 40%; 高功率密度机架: 2~5kW, 平均 3W, 占机架总数的 40%; 特高功率密度机架: 8~20kW, 平均 12kW, 占机架总数的 10%。通过合理的设备布局和气流组织设计,可以减少热岛效应和冷风旁通现象的发生,提高散热效率,降低能源消耗。

4.2 构建集成度高的数据中心能源管理系统

为实现数据中心节能减排绿色可持续发展目标,数据中心应对当前能耗使用情况进行充分了解,针对性制定数据中心能源管理系统,满足数据中心对所有能源消耗进行数据统计、分析、管控的要求,实现精准降能。数据中心能源管理系统由能耗监管中心、通讯系统、能源数据采集系统、能源控制系统组成,能源数据采集系统精准捕捉数据中心内各类设备的能耗数据,并将采集到的数据通过通讯系统传输至能源监管中心进行汇总、统计、分析,提供给管理人员人机界面、数据报表,管理人员可以根据提供的数据对能耗展开针对性干预,制定决策。系统支持智能化自动化管理,当出

现能源消耗异常时,精准定位异常点,根据异常数据判断控制措施,由能耗监管中心下达指令至控制系统自动开展。同时,系统支持多平台对接,支持与智能温湿度监控系统、智能照明系统等系统进行对接,形成监管合力,共同推动绿色数据中心节能建设。

4.3 强化绿色能源的应用

算力是数据中心的核心功能,也是新质生产力,人工智能技术的发展,对数据中心能源提出更高的要求。在“东数西算”规划布局下,数据中心高能耗问题亟待解决,想要加快“东数西算”建设,首先要强化绿色能源的应用,推广绿色能源在数据中心的应用,提高绿电使用比例,提升绿色算力供给水平。从运营经济性的角度看,数据中心通过购买绿电可以降低运营成本。根据相关调研显示,电费支出约占数据中心运营成本的 60%~70%。以大电网为支撑,购买绿电并配套小规模储能、热能梯次利用和热泵等,可以有效降低数据中心的运行成本,同时还可以减少温室气体排放。

5 结语

综上所述,绿色数据中心节能建设仍面临诸多挑战与难题,想要推动节能减排绿色发展要从多方面入手,通过设备选型及优化、构建集成度高的数据中心能源管理系统、强化绿色能源的应用等综合措施降低能源消耗,提高能源利用率,实现节能减排的目标,确保数据中心高效运行的同时促进数据中心绿色可持续发展。此外还需要政府、企业及社会各界的共同努力,科技创新,为绿色数据中心节能建设提供持续动力。

参考文献

- [1] 范松,任庚坡.浅析数据中心节能降碳绿色发展的挑战与对策[J].上海节能,2023(6):708-716.
- [2] 曾彬.浅析数据中心节能降碳绿色发展的挑战与对策[J].文渊(高中版),2023(4):307-309.
- [3] 陈晓朋,许可欣,梁宇栋.人工智能促进数据中心绿色节能研究[J].信息通信技术与政策,2024,50(2):33-39.
- [4] 卜昆.“碳中和”驱动下能源大数据中心建设的问题与对策[J].信息系统工程,2023(12):56-59.
- [5] 郭亮,齐旭,刘水旺,等.基于机器学习的数据中心参数自动优化关键技术研究[J].信息通信技术与政策,2020,46(6):21-24.
- [6] 胡进贤,周起如,谷国栋.数据中心能耗现状与节能方向的探索与研究[J].电脑编程技巧与维护,2019(4):93-95.
- [7] 曹学勤,张玲,王娟.数据中心先进节能技术的发展与分析[J].中国信息化,2023(12):91-92.

Research on the Development of Road Cargo Transportation on the Network Platform

Tian Xie Pengfei Yan

China Communications and Communications Information Center, Beijing, 100011, China

Abstract

The high-quality development of transportation is not only an important support for promoting comprehensive economic and social progress, but also an important measure to achieve the beautiful vision of “people enjoying their travel and goods flowing smoothly”. As an important component of the transportation industry, the healthy development of road freight directly affects the operational efficiency and service quality of the entire industry, and plays an important role in enhancing people’s livelihood and ensuring social production order. As an important force in the high-quality development process of road freight transformation and upgrading, online freight has made breakthroughs with its continuously evolving technological capabilities, flexible and rapid innovation capabilities, cross industry service capabilities, and platform organization capabilities. It quickly integrates social transportation capacity and cargo resources, promotes the formation of large-scale synergy in scattered transportation, and greatly improves the efficiency and convenience of road freight. It continuously assists the development of the transportation industry and the real economy through digital, information technology, and modern logistics development concepts. The paper comprehensively elaborates on the development history, current situation, value manifestation, existing problems and risks of China’s online freight transportation, and puts forward suggestions for its further development in the conclusion.

Keywords

road freight; network freight; high-quality development

网络平台道路货物运输发展情况研究

谢添 燕鹏飞

中国交通通信信息中心，中国·北京 100011

摘 要

交通运输高质量发展不仅是推动经济社会全面进步的重要依托，也是实现“人享其行、物畅其流”美好愿景的重要举措。作为交通运输业重要的组成部分，道路货运的健康发展直接影响着整个行业的运行效能和服务质量，对于增进民生福祉和保障社会生产秩序具有重要作用。网络货运作为道路货运转型升级高质量发展过程中的重要力量，以其持续演进的技术能力、灵活快速的创新能力、跨行业服务能力、平台化组织能力为突破，快速整合社会运力、货物资源，促成零散运输形成规模化合力，大幅提升了道路货运的效率和便捷性，用数字化、信息化手段及现代物流发展理念不断助力运输行业和实体经济发展。论文通过对中国网络货运的发展历史、面临形势、价值体现以及存在的问题和风险的梳理，对其发展情况进行了较为全面的阐述，并在结论中对其进一步发展提出了建议。

关键词

道路货运；网络货运；高质量发展

1 引言

现代物流充分利用现代信息技术，打破了运输环节独立于生产环节之外的行业界限，从而对社会现有的物流资源进行整合和全过程优化，获取物流资源在时间和空间上的最优配置。现代物流业属于生产性服务业，是国家重点鼓励发展行业，作为国民经济基础产业，融合了道路运输、仓储、配送和信息等多个产业，涉及领域广，吸纳就业人数多，对

于推动产业结构调整升级和提升综合国力具有重要的意义。近几十年中国物流行业快速发展主要得益于国内经济的增长，但是与发达国家物流发展水平相比，中国物流业尚处于发展期向成熟期过渡的阶段。一方面，资源整合、现代管理、优化结构、规范市场的需求非常迫切；另一方面，以“互联网+”带动的物流新业态增长较快、转型升级态势明显，物流业的发展质量和效率具有很大的提升空间。

在国家政策支持和交通运输、税务等部门推动下，中国网络平台道路货物运输（以下简称网络货运）快速发展，从事网络货运经营的企业快速增长，整合社会运力快速增加，运输业务快速扩展，运输范围持续扩大，行业发展势头良好。

【作者简介】谢添（1996-），男，中国安徽宿州人，本科，工程师，从事交通信息化等研究。

2 网络货运的发展历史

网络货运是指经营者依托互联网平台整合配置运输资源，以承运人身份与托运人签订运输合同，委托实际承运人完成道路货物运输，承担承运人责任的道路货物运输经营活动，其前身无车承运人（Non-Truck Operating Common Carrier, NTOCC）是由美国货车经纪人（truck broker）这一词汇演变而来，是无船承运人在陆地的延伸。

2.1 国外无车承运人的发展历史

美国：1980年，美国颁发了《公路运输解禁法案》之后，公路货运呈现出井喷式增长。同时，全球贸易量的迅速增长，更是要求国际贸易货运更加注重效率和效益，催生了著名的“冰茶法案”（陆路复合运输效率法案：Intermodal Surface Transportation Efficiency Act，缩写 ISTEA，读音类似 ice tea，故简称为冰茶法案）。美国公路货运在这样的时代背景下，有了新的变革，由无船承运人衍生出无车承运，并取得了令人瞩目的成就。以罗宾逊公司为例，根据《财富》杂志中文网发布的数据显示，其2022财年营业收入近247亿美元，如图1所示^[1]。

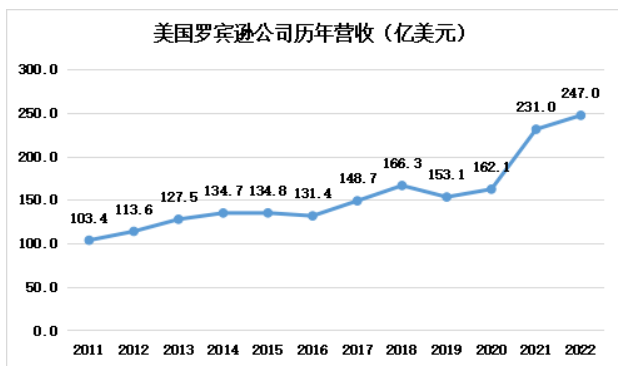


图1 美国典型无车承运人公司 C.H. Robinson 历年营收

欧洲：随着集装箱运输和多式联运的兴起与发展，传统的货运代理人业务逐渐不能满足客户的需求，在运输活动中发挥的作用开始逐渐多样化，其中即包括从事集装箱拼箱与集运无船承运业务。受到无船承运人在全球兴起与快速发展的影响，欧洲一部分货运代理人渐渐变成承运人角色，他们不经营运输工具，却从事运输活动，并对货物的整个运输过程负责，于是诞生了无车承运人。

日本：1990年，日本政府颁布并实施了《货物汽车运送事业法》和《货物利用运送事业法》两部法律，规范了公路物流事业，降低了运输过程空载率，促使了日本车货匹配平台的发展，满足了日本经济的高速增长产生的巨大物流需求。

综上，从美国、欧盟、日本看，无车承运人都是社会发展的产物，提升了社会物流运输组织效率，并高效配置了社会运输供需资源。

2.2 中国网络货运的发展历史

中国的网络货运，是由原始状态，到无车承运人概念

引入，再到开展无车承运试点等逐步发展演化而来。改革开放以后，中国大量的货运需求迸发，市场中原始状态的无车承运开始萌芽，并逐渐变得非常活跃。这种状态持续到21世纪初，美国罗宾逊进入中国市场，先后成立大连、上海等公司，将无车承运人概念带进中国。

2013年，交通运输部提出要规范货运中介经营行为，完善相关法律法规，强化对货运代理、无车承运人、无船承运人等的规范管理，充分发挥货运中介对物流资源的整合作用，推进货运中介向现代物流服务商转变，明确了对无车承运人的规范管理。2014年，交通运输部提出支持无车承运人、货运中介等管理方式创新，将支持和发展无车承运人作为完善交通运输促进物流业发展体制机制的重要手段。2016年，交通运输部提出要推动道路货运无车承运人发展，鼓励依托互联网平台的道路无车承运人发展，决定在全国开展道路货运无车承运人试点工作，探索完善道路货运无车承运人在许可准入、运营监管、诚信考核等环节的管理制度。

2017年，国务院提出要积极发展无车承运人等互联网平台型企业，整合公路货运资源。同年，交通运输部公布了283家试点企业名单（在后续发展中，最终试点企业为229家），并提出进一步巩固和拓展试点成果，充分发挥试点企业的引领带动作用。2018年，交通运输部提出要加强试点运行监测评估，优化试点企业发展的外部环境，推动完善相关税收保险政策，强化运输安全管理，加强技术创新和经验推广，并对试点企业进行了综合监测评估排名。

2019年，国务院明确提出要大力发展无车承运人等道路货运新业态，加快制定出台网络平台道路货物运输经营管理暂行办法，规范“互联网+”物流新业态发展，并明确要求推动建立健全适应平台经济发展的新型监管机制，着力营造公平竞争市场环境。同年，交通运输部和国家税务总局认真贯彻落实党中央、国务院的部署要求，在总结无车承运试点经验基础上，出台了《网络平台道路货物运输经营管理暂行办法》（自2020年1月1日起施行，2021年12月和2023年12月两次延期）。同年，国家税务总局确定将纳入试点的网络平台企业可以为符合条件的货物运输业小规模纳税人代开增值税专用发票，并代办相关涉税事项，在税务上给予了网络货运行业发展的支持和鼓励。

2.3 中国网络货运的发展状况

在国家和相关部门的大力推动下，市场对于网络货运的发展给予了巨大的关注，大批企业投身于网络货运的经营当中，网络货运快速发展。截至2023年底，全国共注册3069家网络货运企业（含分公司），整合社会零散运力798.9万辆，整合驾驶员647.6万人，共上传运单1.3亿单^[2]。与上一年^[3]相比，网络货运企业增加532家，增长21.0%；整合社会运力增加204.6万辆，增长34.4%；整合驾驶员增加125.2万人，增长24.0%；上传运单增加近0.4亿单，增长40.8%。

总体来看,中国网络货运行业发展势头良好,政策支持、技术进步、市场需求等因素共同推动其快速发展。

3 网络货运面临的形势

3.1 宏观政策影响

网络货运的发展离不开国家宏观经济政策的影响。一方面,国家大力支持和提倡平台经济和“互联网+物流”的发展。国务院提出要围绕更大激发市场活力,聚焦平台经济发展面临的突出问题,遵循规律、顺势而为,加大政策引导、支持和保障力度,创新监管理念和方式,落实和完善包容审慎监管要求,推动建立适应平台经济发展特点的新型监管机制,着力营造公平竞争市场环境,鼓励发展平台经济新业态。另一方面,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出加快大宗货物和中长途货物运输“公转铁”“公转水”,网络货运业务的开展是以公路货运为基础的,因而对网络货运的发展提出了挑战,但同时也成为网络货运企业进一步优化组织、提高效率的新契机。

3.2 公路货运发展

中国货物运输是以公路运输为主体的,根据交通运输部数据,2023年,中国全年完成公路货运量403亿吨,同比增长8.7%^[4]。结合历年交通运输行业统计公报数据可以得出,公路货运作为中国货物运输的主要力量,在运输结构调整政策推动下,全国公路货物运输量并没有大幅下降,相反在总量上还有增长,如图2所示。

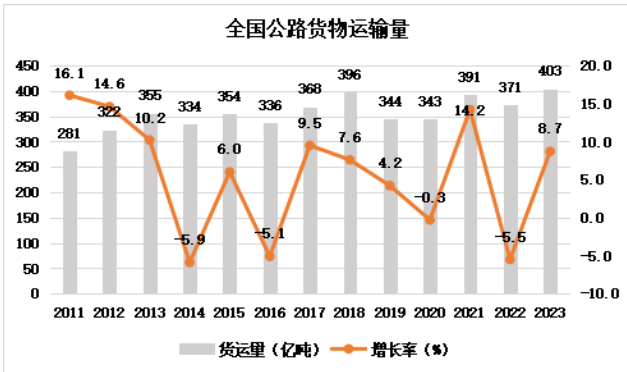


图2 全国公路货物运输量

3.3 车辆运行效率

根据研究数据显示,2022年,中国公路货运车辆全年平均速度约为39.63km/h,车辆日平均运行速度整体在38~41km/h范围内,如图3所示。同时,速度在20~50km/h区间范围内的车辆约占72.75%^[5]。可见,虽然网络货运大幅改善了公路货运的运输组织模式,但公路运输整体上的“小、散、弱”格局并未改变,因而货运车辆的运行效率依旧偏低。

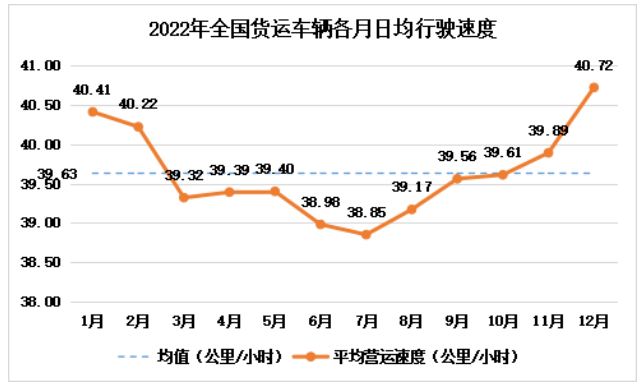


图3 全国货运车辆日均行驶速度

3.4 公路运输价格

根据中国物流及采购联合会发布的中国公路物流运价指数数据显示,2023年,中国公路物流运价指数为103.2点^[6],与2019年的97.7点^[7]相比增长了5.6%。从近五年数据来看,如图4所示,运价指数整体稳中有升,但当前公路运输市场仍然供大于求,需求端偏弱,物流企业中小微企业仍占多数,资金短缺、利润较低等问题较为突出,对后续运价走势造成压力。

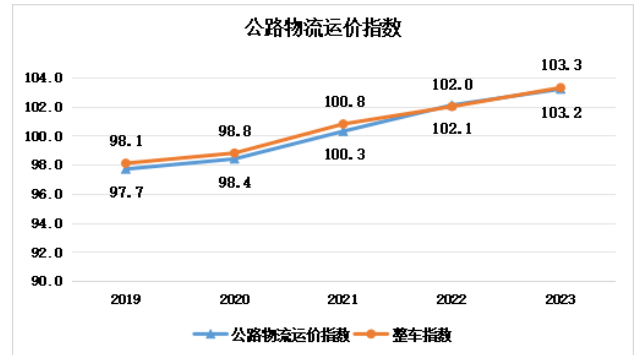


图4 全国公路物流运价指数

3.5 从业人员状况

根据从全国道路运政管理信息系统统计的数据,目前中国持有从业资格证的路货运输货车司机有1688万人(不含4.5t及以下货车司机),其中36~55岁的司机占比达到76%,如图5所示。以车为家成为普遍的生活方式,夫妻共同经营或者兄弟朋友共同经营是常态,工作时间长,劳动强度大,整体生存状态还需要持续改善。

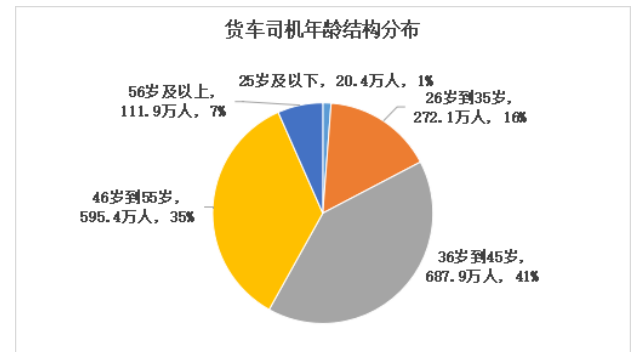


图5 货车司机年龄结构分布

3.6 道路运输安全

长期以来,全社会都为了减少重大的道路安全事故做了很多努力,道路运输安全形势总体向好,但重大道路安全事故依然多发、频发。根据国家统计局数据,道路交通事故万车死亡人数1.38人,下降5.5%^[8]。但由于人口和车辆基数巨大,交通事故的死亡人数仍然非常高。

3.7 信息技术发展

中国道路运输乃至物流业的信息化发展基础薄弱,特别是大量中小物流企业信息化建设投入不足,还处于人工记录、手工操作的初级阶段,信息化仅仅用于办公文档和财务处理。同时,资金和人才投入普遍不足,缺乏跨行业、跨领域的信息化、数字化综合服务人才,传统货运企业转型动力不足。

4 网络货运发展的价值

网络货运平台的核心价值,在于通过利用先进的信息技术和管理方式,整合全国的司机、货运车辆和货源,通过技术手段打破原有货运过程的沟通协调限制,形成覆盖全国的运力和货源,从而优化运输乃至物流组织模式,降低社会物流成本。在发展过程中,也越来越体现出其内在的价值。

4.1 推动经济社会发展

交通运输是国民经济的基础性和先导性产业,其高质量发展有助于带动上下游产业链条升级,如信息服务、能源供应等相关领域的发展,从而推动整体经济增长。网络货运作为道路运输行业重要的组成部分,通过构建高效、便捷的货物运输网络,能够有效降低物流成本,提升商品流通效率,持续优化资源配置,推动经济社会高质量发展。

4.2 提升运输服务效率

网络货运的信息化、集约化以及组织模式、创新能力,是现代物流体系建设的重要体现,也符合中国对于现代物流发展的要求和理念。同时,网络货运能有效整合区域内的物流资源,减少车等货、货等车的时间,有助于提高货车司机收入水平,形成大型物流节点和物流圈,推动交通运输与生产制造、流通环节资源整合。

4.3 促进数字经济发展

当今世界,数据能力已成为核心竞争力,数据在各行各业的融合应用为生产要素的重构变革创造了基础条件。网络货运作为数字经济和实体经济的结合体,实现了物流、商流、资金流、票据流和信息流的融合汇聚,在行业服务和价值挖掘方面具有巨大的潜能。同时,随着经济发展和数字化进程的加速,网络货运数据要素跨行业价值也在不断显现,有能力为金融、生产、消费等提供更多数据支撑。

4.4 转变政府监管模式

网络货运数字化、信息化的特点能够很大程度上克服传统物流行业的信息资源限制,以信息资源培育发展动能和促进行业信用提升成为可能。这也使得政府部门能够更充分

地掌握行业信息,将数据赋能监管,为开展数字化监管创造了条件,也为各相关部门开展协同监管创造了条件,促使政府部门真正从形式监管跨越到实质性管理,帮助制定更具有前瞻性的政策指引,推进物流行业高质量发展。

5 网络货运发展存在的问题及风险

网络货运的快速发展,为交通运输创新发展注入了新的动能和活力,推动了行业改革发展,改变了行业供给模式和发展格局,为传统货运企业加速转型升级、提升市场竞争力提供了成功样板。同时存在一些不容忽视的问题,需要予以重视和解决。

5.1 数据合规性问题

部分企业对车辆、驾驶员、实际承运人的资质审核不严,对车辆运输过程缺乏监管,信息填报不准确,超载、超范围经营、违规转包等现象时有发生。部分企业的数据未及时上报到省级网络货运信息监测系统,甚至少报、不报。同时,仍然存在虚假运输的情况。

5.2 撮合类平台问题

以满帮、货拉拉、快狗、滴滴货运等为代表的货运平台,核心业务是匹配供需信息,不承担承运人责任,具有中介的特征。其中,满帮履约活跃司机数量达388万,发货货主月活达224万人^[9];货拉拉月活司机达90万,月活用户达1200万^[10]。这类平台企业用网络货运相关制度无法予以监管,但其主要业务的开展也是依托互联网,所以在社会上普遍也认为其为网络货运企业,给行业管理部门的监管造成较大的压力。

5.3 安全稳定风险

网络货运企业在经营中,普遍存在重线上推广、轻线下管理,重资源整合、轻资质审核等问题。一些企业存在违规使用无证车辆载运货物、缺乏货物载运审核机制、缺少运输过程安全监管、纵容指使司机超限超载运输、忽视货车司机合法权益等问题,形成较大的交通安全隐患和行业稳定风险。

5.4 信息安全风险

网络货运企业掌握着大量行业信息,包括货品、货类、货量、流向以及货运枢纽、物流场站、配送节点分布等经济运行信息,供应链上下游之间的商品交易、成交价格等商业信息,从业人员、车辆、运输企业、运输过程等行业信息,驾驶员身份证、行驶证、从业资格证、电话号码等个人信息,一旦管理不当,将导致重大信息泄露的安全风险。

5.5 税收安全风险

网络货运企业旗下无固定车辆、固定司机和固定线路,在实际经营中面临进项发票获取难、进项抵扣不足、税负偏高偏重等问题,一定程度影响了企业的积极性。但同时,部分地区通过给予网络货运企业奖补、税收返还等政策,吸引企业入驻,又造成政策洼地,扭曲了市场资源配置,形成了

不公平竞争。部分企业为获得奖补等,采取伪造交易及运单信息,虚开虚抵增值税发票,造成了税收征管的巨大风险。

5.6 行业监管风险

目前的监管体系难以满足规范网络货运发展的需要,在监督执法时面临制度不完善、监管手段缺失等问题,难以有效规范行业发展,同时难以有效维护货车司机合法权益。以交通运输主管部门为例,网络货运企业整合的车辆、驾驶员多数不是本地的,收货、发货单位多数不是本地的,货源多数不是本地的,如何进行监管是一个很突出的问题。

6 结论

论文对中国网络货运的发展情况进行了研究,显示了网络货运作为平台经济的典型应用和道路货物运输新业态的重要组成部分,在构建新型监管机制,创造良好制度环境,促进道路货运健康发展等方面体现出很大的价值。同时,也对目前网络货运发展过程中出现的问题及风险进行了分析说明。

在网络货运从规模和数量扩张向高质量发展转变的阶段,必须对存在的突出问题进行针对性的解决。一是要明确货运新业态的范围、责任、义务以及运营规则,统筹网络货运平台和信息撮合平台的发展。二是要强化交通运输、税务、市场监管、工信、公安、网信、人民银行等部门协同监管、联合执法机制。三是要健全交通安全、网络安全、信息安全、税收征管、金融风险防范、从业人员权益保障、市场公平竞争、价格监管、反垄断监管等制度。四是要建立网络货运经营退出机制,确保僵尸企业、重大问题企业等退出网络货运经营有据可依。

中国平台经济蓬勃发展的总体态势不会改变,对道路货运新业态的支持也不会改变。网络货运的不断发展,将推动企业更加注重创新,激发行业更多发展活力,促使市场更

加健康规范,为加快交通强国建设、构建现代物流体系、发挥数字经济效能等作出更多贡献。

参考文献

- [1] 《财富》中文网.2023年财富美国500强分行业榜:运输及物流[R].2023.
- [2] 交通运输部.2023年网络货运行业运行基本情况发布[EB/OL]. 2024-02-05.https://mp.weixin.qq.com/s/9n47DxZU3mFKWwW_Wx_MGw.
- [3] 交通运输部.2022年网络货运行业运行基本情况发布[EB/OL]. 2023-02-13.<https://mp.weixin.qq.com/s/22MmxzLZXpCfi6HXOhKNwA>.
- [4] 交通运输部.2023年交通运输行业主要统计指标[EB/OL].2024-04-17.<https://mp.weixin.qq.com/s/QbgutbcSjWJfNrWvEBqNxa>.
- [5] 长安大学,中国交通通信信息中心,北京中交兴路信息科技股份有限公司.中国公路货运运行大数据分析报告(2022)[R].2023.
- [6] 中国物流与采购联合会,中国物流信息中心.2024年1月份中国公路物流运价指数为103.9点[EB/OL]. 2024-02-02.<http://www.chinawuliu.com.cn/xsyj/202402/02/626149.shtml>.
- [7] 中国物流与采购联合会,中国物流信息中心.2023年1月份中国公路物流运价指数为104点[EB/OL].2023-02-02.<http://www.chinawuliu.com.cn/lhhzq/202002/02/490682.shtml>.
- [8] 国家统计局.中华人民共和国2023年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].2024-02-29.https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html.
- [9] 江苏满运软件科技有限公司.满帮2023年营收84.4亿元,同比增长25.3%,经调整净利润翻倍[EB/OL].2024-03-08.<https://www.fulltruckalliance.com/news/11/99>.
- [10] 深圳货拉拉科技有限公司.公司简介[EB/OL].https://www.huolala.cn/about_us.html?sources=SZ-Y-A-P-bd-pc.

Research on Remote Monitoring and Fault Diagnosis of Welding Machines Based on Internet of Things Technology

Fengzhen Sun Fengxue Sun

Shandong Junqian Safety Technology Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255200, China

Abstract

With the continuous development of modern Internet of Things technology, the author proposes a system scheme for remote monitoring and fault diagnosis of welding machines using Internet of Things technology, aiming to improve the safety and efficiency of welding production. By integrating sensors, wireless communication modules, and data analysis algorithms, the system can collect and analyze real-time operational data of the welding machine, detect potential faults in a timely manner, effectively prevent safety accidents, and ensure the smooth progress of welding operations and production safety. This paper mainly focuses on using Internet of Things technology to build a remote monitoring and fault diagnosis system for welding machines, in order to improve the safety and reliability of welding operations.

Keywords

Internet of Things technology; electric welding machine; remote monitoring; fault diagnosis; safe production

基于物联网技术的电焊机远程监控与故障诊断研究

孙丰震 孙丰雪

山东君乾安全科技有限公司, 中国 · 山东 淄博 255200

摘 要

随着现代物联网技术发展不断进步, 笔者提出了一种利用物联网技术对电焊机进行远程监控与故障诊断的系统方案, 旨在提高焊接生产的安全性和效率。通过集成传感器、无线通信模块以及数据分析算法, 系统能够实时收集和分析电焊机的运行数据, 及时发现潜在故障, 有效预防安全事故的发生, 从而保障电焊作业的顺利进行和生产安全。论文主要研究聚焦于利用物联网技术, 构建一套电焊机远程监控与故障诊断系统, 以提升焊接作业的安全性和可靠性。

关键词

物联网技术; 电焊机; 远程监控; 故障诊断; 安全生产

1 引言

电焊机作为现代制造业中不可或缺的设备, 其运行状况直接影响着生产效率和产品质量。然而, 电焊机的故障往往会导致生产中断, 甚至引发严重的安全事故。因此, 开发一种能够实时监控电焊机状态并进行早期故障诊断的系统变得尤为重要。本研究聚焦于利用物联网技术, 构建一套电焊机远程监控与故障诊断系统, 以提升焊接作业的安全性和可靠性。

2 物联网技术在电焊机监控中的应用

2.1 构筑电焊机健康监测的神经网络

在电焊机的关键组件, 包括电源单元、温控系统、焊枪连接点及电子线路中, 集成多种精密探测器, 构成远程监

控与健康评估的基石。采用温度感应器来跟踪焊接作业期间的热能分布, 防范过热引发的损害; 压力感应装置则盯紧气体供给网络, 避免压力失衡造成的焊缝瑕疵。同时, 电流及电压感应元件持续监察焊接环节的电力指标, 保证焊缝品质与装备的安全运转。

为了提高电焊作业的安全性和管理效率, 可以对电焊机的电源模块进行改造, 加装物联网芯片(能量锁模块), 并赋予每台电焊机专属的二维码。基于此, 电焊工可以通过手机扫描二维码并进行面部识别验证, 或者直接使用电焊机屏幕上的前置摄像头进行面部识别验证。只有在远程联网识别并成功完成人机匹配后, 电焊机才能被开启使用。这种方法不仅能有效防范无证动火作业, 还能确保只有经过认证的操作人员才能使用电焊机, 大大提高了作业的安全性和合规性。

2.2 打造无缝连接的物联网生态

实时数据的捕获与传送构成了物联网在电焊监控体系中的核心要素。通过利用例如 Wi-Fi、LoRa 或 NB-IoT 之类

【作者简介】孙丰震(1989-), 男, 中国山东淄博人, 本科, 副高级工程师, 从事安全工程领域智能化技术研究。

的无线通讯方案,由传感器阵列捕捉的庞大数据流能够迅速且可靠地送达云服务器^[1]。Wi-Fi 凭借其近程、大容量特性,非常适合车间内的高频数据交换;而 LoRa 与 NB-IoT,因其远程覆盖能力和节能优势,是实施远程监测与广域布局的优选。云服务器担当着数据管理的枢纽角色,其不仅保管着巨量的操作记录,还能运用前沿的数据解析技术,达成对电焊机状况的即时监督与过往资料的深度挖掘,进而为维护策略制定提供有力依据。

2.3 深度挖掘数据价值实现智能预警

智能分析与预知性评判,构成了物联网在电焊机监测中的一项高端运用。借助大数据剖析技术,系统能从繁多的传感信息中判别关键线索,识别器械运作的偏差迹象。借力于机器学习的智慧,系统得以从过往资料中习得电焊机的常态运作范畴,每当侦测到逾越基准的信号时,便会即时激活警示机制,促请维护人员迅速响应。并且,通过不断深化学习与优化算法模型,系统有能力预见隐匿的故障源,达成先期维护,有效抑制了设备失灵率及生产停滞的几率,确保了焊接工序的稳健与连贯。物联网技术在电焊机监测上的引入,不仅催化了焊接工艺的效能与稳妥,更为工业制造的智能化跃迁赋予了坚实的技术后盾。经由布设传感网络、实时数据捕捉与传输,再到智能分析与预知性评判的无缝衔接,电焊机的远程监测与故障预判体系正日益成为当代工业生产中不可割舍的一环。

3 远程监控系统的架构与功能

3.1 实时监控界面

3.1.1 实时数据流与直观可视化

远程监控架构的基石在于其动态监控视图,这套界面装备了精炼的视觉化组件,旨在实时映射电焊设备的核心作业参数。界面构思围绕用户体验展开,确保信息的同步更新与清晰呈现。例如电流强度、电压水平、工作温度等关键指数,经由动态图表、模拟仪表与数字显示的综合展现而得以实时刷新,让管理人员对电焊机的即时状况了如指掌。更进一步,系统容许用户个性化设定警报界限,当监测数据超越既定区间时,界面即刻变换色彩提示或弹出警示框,确保管理人员能够及时应对非预期事件。

3.1.2 高级数据过滤与多视图展示

实时监控面板作为电焊机智能监控体系的中枢神经,集直观的现状概览与灵活的数据管理功能于一体,满足了从一线操作者到决策层各级人员对于信息的个性化需求。通过精巧的设计,该面板确保每位用户都能迅速聚焦于最关切的数据点,进而做出迅捷且精准判断。其数据管理特性尤为突出,允许使用者依据特定条件定制信息展示,无论是限定时间跨度,还是根据电焊机类型与作业参数细分,皆可便捷实施。举例而言,当维修专家欲探究某款电焊机近七日的温度趋势时,仅需设定相应的筛选条件,系统即刻呈现针对性

数据,助力专家高效辨识可能的过温隐患。此精准的数据裁剪功能,大幅增强了信息的直观性和应用价值,保证决策者直面核心议题。

多角度视图展示赋予了用户全景透视电焊机集群健康状况的能力。系统可同步呈现多台电焊机的主控参数,包括但不限于电流、电压与温度,令操作团队在单一界面上即可纵览整体生产链的运行态势^[2]。此特性对于大规模工业设施尤为重要,其既优化了监控流程,也加速了应急响应的部署。当检测到某电焊机电流突增,操作员可即时跳转至该单元的详析界面,深入剖析,并对照其余同类设备的表现,以判断异常是否具有共性,从而制定适宜的应对策略。

3.1.3 防范无证动火作业措施

在电焊机上安装温度传感器、电流电压传感器等,用于监测电焊机的工作温度、电流电压等参数。这些传感器可以实时采集数据,并通过无线通信模块(如 Wi-Fi、蓝牙、LoRa 等)将数据发送到云端服务器。

云端服务器收到数据后,运用大数据分析和人工智能算法,自动识别设备的运行状态,判断是否存在潜在故障,并通过手机 APP 或电子邮件等方式向管理人员发出预警信息。这样可以在故障发生之前采取预防措施,减少停机时间和维修成本。为电焊机配备生物识别技术(如指纹识别)、智能卡或 RFID 标签等身份认证手段,确保只有经过培训并通过认证的操作人员才能启动设备。这种机制可以有效防止未经授权的人员进行焊接作业,从而降低因无证动火作业而导致的安全风险。当系统检测到异常情况时,可以立即触发声光报警,并通过移动终端向相关人员发送警告消息。此外,还可以设置安全提醒功能,提醒操作人员遵守安全操作规程,进一步强化现场的安全管理。通过上述措施的应用,不仅可以实现对电焊机的高效监控与维护,还能显著提升焊接作业的安全性,有效防止无证动火作业的发生,为生产环境创造更加安全可靠的条件。

3.2 故障预警机制

预警机制作为远程监控架构的核心要素,通过运用动态基准算法及智能预测模型,对电焊机的运行指标实施连续解析,以甄别不寻常模式与隐匿故障。该系统依据过往记录自主微调警示界限,力求预警的精确性与时效性。若察觉到指标超出常规范畴,系统迅即启动警讯,经由短消息、电子邮件或应用程序通知等形式,向维修团队传达预警情报,确保异常情形得到即时处置。为了精细区分故障的不同等级,系统导入了多层次警示框架,依循异常性质与紧迫程度实施自动分类。针对细微偏差,启动初步警示,促使维护人员留意;面对较严重状况,激活中级警示,提示开展即时核查;对于极端危急故障,则触发顶级警示,强制执行设备停运并着手检修。此分级警示体系不仅增强了警报的聚焦度,还精进了维修资源配置,确保紧要事项的优先解决。

3.3 历史数据分析

3.3.1 数据仓库与深度挖掘

远程监控系统不仅提供了实时监控功能，还建立了庞大的历史数据仓库，用于存储电焊机的长期运行记录。这些数据经过清洗、整理和归档，形成了宝贵的历史档案，为深度分析提供了丰富的素材。系统内置的深度挖掘工具能够识别电焊机的性能趋势、故障模式和维护周期，帮助用户洞察设备的长期性能表现，为优化维护计划和延长设备寿命提供了科学依据。

3.3.2 数据驱动与维护策略优化

通过对历史数据的分析，系统能够识别出频繁出现的故障类型、最常见的失效模式以及与特定操作条件相关的性能下降。基于这些洞察，系统能够生成数据驱动与维护策略，指导维护团队进行更有针对性的预防性维护，减少非计划停机次数，提高电焊机的运行效率。此外，系统还能够根据设备的使用年限和工作负荷，预测未来的维护需求，确保维护资源的合理分配。

3.3.3 机器学习与故障预测模型

远程监控系统利用机器学习技术，不断优化其故障预测模型。通过训练模型识别历史故障数据中的模式，系统能够预测未来可能出现的故障，并提前采取措施。这种预测性维护不仅减少了意外故障的发生，还延长了电焊机的使用寿命，降低了总体拥有成本。随着数据的不断积累，模型的准确性也会持续提高，为电焊机的长期性能优化提供了强有力的支持。

4 基于物联网技术的电焊机故障诊断技术

4.1 异常检测算法

在物联网赋能的电焊机健康监控中，异常辨识程序是保障系统稳定性的核心支柱。它借助于电焊机在常规运行状态下积累的海量资料，运用先进的机器学习与信息提炼技术来构建模型，以侦测背离常态的信号，指示潜在的设备问题所在。此过程远超基础的数据对照，而是融合了深度神经网络、统计推理和特征模式甄别等前沿手段，致力于从繁杂的数据脉络中洞悉微妙的异动迹象，达成先兆警告的目的。

4.2 预测性维护策略

无证电焊作业是导致事故发生的一个重要因素，因此联网监控系统的引入是为了解决这一问题。电焊作业容易引发火灾，因为电焊机本身就是潜在的引火源。通过环境温度或红外线的监测预警，联网监控系统可以实现火灾报警功能，从而达到预防火灾的目的。针对电焊机焊钳作为引火源的问题，可以在电焊机中增加气动低温涡流管，并在焊钳上加设喷射装置，这些装置通过高压气路连接，可以有效降低

作业过程中焊接点（高温）周围的温度，从而减少引火源的产生^[9]。这意味着需采集并解读设备的运行轨迹，涵盖设备启动周期、承载量、故障显现的时机及其关联要素。经由搭建时间序列模型，算法能够辨识出装备效能随时间演变模式，以及特定作业情境对故障频率的作用。依托这些深入理解，系统能预见未来的养护请求，如预测替换损耗组件的最佳时机，或是微调作业参数以增进装备耐久性。

4.3 对作业人员的安全管控

在现代工业环境中，作业人员的安全管控是确保整体安全管理有效性的关键组成部分。远程监控不仅关注设备状态，还必须重视作业人员的实时安全。首先，实施穿戴式监控设备是提升作业人员安全的重要措施。穿戴式设备如智能手表、智能头盔或智能腰带，能够实时监测作业人员的生理状态和环境数据。这些设备可以记录心率、体温、体位等重要数据，并通过无线网络将信息传输到中央监控系统。如监测到异常数据，如心率过快或体温异常，设备会自动发出警报，通知现场管理人员及时采取措施。此外，这些设备还可以配备定位功能，确保作业人员在危险区域内能够迅速被定位，从而快速采取救援措施。除了穿戴式监控设备，实施作业人员行为监控也是提升安全管理的有效手段。通过安装摄像头和使用智能监控系统，可以实时观察作业人员的工作状态和行为规范。这种监控系统不仅能够记录操作过程中的安全行为，还能够识别不安全的操作和习惯，帮助管理人员进行针对性的培训和改进。实时视频监控系统能够提供即时反馈，让管理人员发现问题并及时纠正，从而减少事故发生的风险。为保护作业人员的隐私，视频监控系统的使用需要在符合法律法规的前提下进行，并确保监控数据的安全性和保密性。

5 结语

基于物联网技术的电焊机远程监控与故障诊断系统是提高电焊机使用安全性和管理效率的有效手段。该系统能够实时监测设备的运行状态，预测和诊断设备故障，为操作人员和维修人员提供及时准确的信息支持。系统还可以为安全生产管理提供重要依据，帮助企业实现安全生产和可持续发展。

参考文献

- [1] 凌可胜,王立新,胡佳,等.基于物联网的静力压桩规范施工智能监测系统[J].传感技术学报,2023,36(3):497-502.
- [2] 梁伟,杨晨婷,张哲,等.基于IPv6的电焊机集群监控系统的设计与实现[J].电子技术与软件工程,2020(9):1-5.
- [3] 金约瑟,梁伟,张哲.基于NB-IoT的电焊机集群监控系统的设计[J].电脑知识与技术,2019,15(9):238-241.

Research on Optimization Strategies for Efficient Data Transmission Networks in High Speed Rail Communication Systems

Kai Wang

Daqin Railway Co., Ltd. Taiyuan Communication Section, Taiyuan, Shanxi, 030001, China

Abstract

This study focuses on the data transmission problem in high-speed railway communication systems, especially the efficient data transmission network problem in high-speed railway operating environments. Using system analysis and mathematical modeling methods, the data transmission network of high-speed railway communication systems is analyzed and optimized, and an efficient and reliable data transmission network optimization model is established. The conclusion indicates that the introduction of node selection strategy and data collection strategy can effectively manage the constantly changing communication links between nodes and improve data transmission efficiency; The introduced routing algorithm has strong adaptability and can ensure the stability and real-time performance of data transmission in complex dynamic environments, improving data transmission rate by 66%. This study not only provides technical support for optimizing the high-speed railway communication system and improving the informationization level of the high-speed railway industry, but also provides reference and inspiration for other mobile communication scenarios.

Keywords

high-speed railway communication system; data transmission network; system analysis method; network optimization mode; routing algorithm

高铁通信系统中高效数据传输网络的优化策略研究

王凯

大秦铁路股份有限公司太原通信段, 中国·山西 太原 030001

摘 要

本研究围绕高铁通信系统中的数据传输问题展开, 特别是高铁运行环境下的高效数据传输网络问题, 采用系统分析法和数学建模方法, 对高铁通信系统的数据传输网络进行分析和优化, 建立了高效、可靠的数据传输网络优化模型。结论表明, 引入节点优选策略和数据采集策略的同时, 节点间不断变化的通信链路可被有效管理, 提高数据传输效率; 引入的路由算法适应性强, 能在复杂动态环境中保证数据传输的稳定性和实时性, 提高66%的数据传输速率。此次研究不仅为高铁通信系统的优化提供技术支持, 提高高铁行业信息化水平, 同时也为其他移动通信场景提供了参考和借鉴。

关键词

高铁通信系统; 数据传输网络; 系统分析法; 网络优化模型; 路由算法

1 引言

高铁是我们出行的主要方式, 所以高铁运行好坏很重要。要让高铁运行好, 就需要数据能快速并准确地传输。本研究就是要让数据传输更好, 我们用数学模型分析了高铁系统的数据传输网络, 然后对其进行优化, 提高数据传输的效率, 使高铁运行更稳定。结果显示, 我们的优化方法能够提高 66% 的数据传输速度。这个研究不只是为了优化高铁通信系统, 还可以用在其他移动通信场景, 从而提高信息化水平。

【作者简介】王凯(1984-), 男, 中国山西大同人, 本科, 工程师, 从事铁路通信研究。

2 高铁通信系统的数据传输问题

2.1 数据传输在高铁通信系统中的重要性

高铁通信系统的核心在于其高效稳定的铁路专用通信网络, 这一网络是确保高铁安全、高效运营的关键。铁路通信系统不仅承载着列车控制系统与调度中心之间的实时信息交换, 还负责监测轨道状态、信号设备健康情况及环境参数, 确保列车在复杂多变的动态环境中安全运行。高速数据传输技术确保了这些关键信息的即时传输, 无论是紧急制动指令、调度命令还是维护预警, 都能在最短时间内准确无误地送达, 从而大幅提升铁路运营效率与安全性。此外, 随着物联网和大数据技术的发展, 铁路通信系统正逐步融入智能化管理, 实现资源优化配置与故障预测维护, 引领铁路行业

迈向更加智能、自主的未来^[1]。

高铁运营管理系统依赖于高速的通信网络来实现实时数据的采集和处理。高铁的运行状态，包括列车速度、轨道状态、天气情况等，都需要通过数据传输网络进行实时监控和分析。一旦出现故障或紧急情况，迅速、准确的数据传输可以为及时采取措施提供必要的信息支持，从而保障高铁运行的安全性和高效性。

高铁通信系统中数据传输的可靠性也是保障行车安全的重要手段。高铁运行过程中涉及大量实时数据交换，如列车定位数据、各类传感器数据等。这些数据的准确传输对于防止列车之间的碰撞、实现精确的列车调度至关重要^[2]。任何一环出现数据传输不畅或延迟，都可能带来严重的安全隐患。

再者，数据传输网络的优化直接关系到高铁通信系统的整体效能。随着高铁线路的不断扩展和技术的不断升级，如何在兼顾可靠性和实时性的前提下提高数据传输效率成为一个关键问题。优化的数据传输网络不仅提高了系统的容量和性能，还能显著降低运行和维护成本，从而提升高铁通信系统的综合竞争力。

优化高铁通信系统中的数据传输网络，不仅是技术层面的需求，更承载着提高高铁整体运营效率和乘客服务质量的重大使命。高效的数据传输网络不仅保证了乘客的通信需求和高铁运营管理的实时性和可靠性，也为高铁行业的信息化发展和未来的技术创新奠定了坚实的基础。研究和优化高铁通信系统中的数据传输网络具有重要的现实意义和应用价值。

2.2 高铁通信系统中存在的数据传输问题及其影响

高铁通信系统，作为现代交通基石，其高效数据传输对安全运行至关重要。高速运行与复杂环境构成挑战，确保数据精准传输，是维持列车稳定、提升运营效能的核心所在。

高铁列车从一个基站快速移动到另一个基站，导致通信链路频繁切换，影响数据传输的连续性和稳定性。高速移动的列车在网络间切换过程中，通信连接可能会出现短暂的中断，导致数据丢包、延迟和传输速率降低。这种频繁的网络切换，给全局通信网络带来了较大的压力，也增加了信令开销，从而影响通信系统的整体性能。

高铁疾驰间，无线信号传播路径错综复杂，信道特性如多径、阴影及频率多普勒效应显著，对数据传输质量构成严峻挑战。为确保链路稳定可靠，必须实施严密的干扰管理策略，这无疑提升了系统复杂度与成本。

此外，列车运行中的环境动态变化亦不容忽视。不同区间间，信号强度与干扰源分布各异，导致数据传输需求波动显著。系统需具备高度灵活性，动态调整资源分配，以应对流量差异，确保数据传输效率与质量。这一过程不仅考验着技术实力，也对资源管理能力提出了更高要求，是高铁通信系统持续优化与升级的重要方向。

高铁通信系统数据传输受限还会对乘客体验和运营管理造成直接影响。数据传输问题会导致乘客在使用互联网服务时速度减慢，体验不佳。数据传输问题可能影响到高铁调度系统、监控系统的实时性，进而影响高铁的运营效率和安全效率。

解决高铁通信系统中的数据传输问题对于提升高铁服务质量和运营效率具有至关重要的意义。在未来的研究和应用中，应进一步探索和优化高效、可靠的数据传输网络，以应对这些复杂环境中的挑战。

2.3 研究目标和研究方法介绍

主要目标是针对高铁通信系统中的数据传输问题，提出优化策略以提升数据传输效率和稳定性。主要采用系统分析法和数学建模方法，对高铁通信系统的数据传输网络进行分析和优化。通过引入节点优选策略和数据采集策略，有效管理节点间不断变化的通信链路，制定适应性强的路由算法，以应对复杂动态的高铁运行环境。研究结果验证了上述策略能够显著提高数据传输速率，为高铁通信系统乃至其他移动通信场景提供技术支持。

3 高效数据传输网络的建立与优化

3.1 系统分析法在数据传输网络优化中的应用

在高铁通信系统中，数据传输网络的高效性直接关系到通信质量和旅客体验。为了应对高速移动环境中数据传输的复杂性和苛刻要求，系统分析法被引入到数据传输网络的优化中，旨在深入了解和解析高铁通信系统的数据传输特性，找出潜在的问题并提出优化策略。

系统分析法在数据传输网络优化中的应用主要分为以下几个方面。

3.1.1 现状分析

现状分析是系统分析法的基础，目的是全面了解高铁通信系统中数据传输网络的现状，包括网络拓扑结构、节点分布、数据流量特点和传输质量等方面^[3]。通过收集和整理相关数据，能够识别出网络中的瓶颈和问题点。例如，高铁运行过程中经常会遇到信号衰减、干扰大、链路频繁中断等问题，导致数据传输效率低下。现状分析为后续优化奠定了数据和事实基础。

3.1.2 需求分析

需求分析旨在明确高铁通信系统对数据传输网络的具体要求，包括带宽需求、延迟要求、可靠性和稳定性等。高速铁路运行环境下，通信网络需要具备高可靠性和高容错能力，以应对频繁的信号变化和网络重构。通过需求分析，可以将各类需求具体化，为网络优化提供明确的方向和标准。如在高速运行过程中，数据传输网络需要具备实时性和快速响应能力，以保证通信的连续性和稳定性。

3.1.3 功能分解

功能分解是将通信系统中的复杂任务分解为若干子功

能,每个子功能针对具体的传输需求和问题进行优化。这样的分解可以使得问题定位更加精确,并为每个子功能找到针对性的解决方案。例如,将数据传输网络分解为数据采集、传输、路由选择和数据校验等功能模块,通过对各模块的独立优化,实现整体网络性能的提升。

3.1.4 优化策略制定

基于现状分析和需求分析,制定优化策略。数据传输网络的优化策略可以包括节点优选策略、动态路由选择、链路管理和数据包调优等。节点优选策略依据通信环境的变化和节点状态的实时更新,选择最优的传输节点,确保数据传输的稳定性和高效性。动态路由选择则是依据网络实时状态和数据流量,选取最佳路由路径,实现负载均衡,提升整体网络性能。链路管理是通过监测和调整通信链路,解决链路中断和信号衰减问题,确保通信的连续性和可靠性。数据包调优则通过调整数据包大小和传输策略,提高数据传输的效率和质量。

3.1.5 仿真验证与评估

优化策略的制定只是第一步,还需要通过仿真和实际测试验证其有效性。通过模拟高铁运行环境,对优化后的数据传输网络进行全面评估,验证其在各种复杂场景下的性能表现。评估内容包括数据传输速率、延迟、丢包率和网络稳定性等方面。仿真验证的结果将为实际部署提供可靠依据,并在必要时对优化策略进行调整和完善。

系统分析法通过系统化、科学化的分析过程,为高效数据传输网络的建立与优化提供了坚实的理论基础和实践指导。通过现状分析、需求分析、功能分解和优化策略制定,全面提升了高铁通信系统的数据传输效率和稳定性,为高铁行业信息化水平的提升提供了有力支持。

3.2 节点优选策略和数据采集策略的运用

在高铁通信系统中,节点优选策略和数据采集策略的实现至关重要。通过科学地选择通信节点和优化数据采集流程,能够显著提升数据传输效率,解决高铁环境下的动态通信问题。

节点优选策略旨在通过对节点的合理选择和配置,优化数据传输路径。在高铁通信系统中,由于列车高速移动,不同位置的通信节点间的链接不断变化。为此,优选策略采用动态评估机制,对节点的信号强度、连接稳定性和带宽资源进行实时评估,选择最优节点作为数据发送和接收的中转站。建立适应性强的节点优选模型十分重要,该模型通过机器学习算法,依据历史数据和实时监测,预测通信节点的性能变化,从而在复杂的动态环境中找到最优节点配置,提高数据传输的稳定性和效率。

数据采集策略的优化则主要专注于如何高效地收集、

处理和传输数据。在高铁高速运行过程中,数据采集的实时性和准确性要求极高。优化策略包括数据压缩、边缘计算、智能缓存等方法。在数据采集阶段,利用数据压缩技术减少传输数据量,提升传输速度;运用边缘计算技术,将部分数据处理任务分散至靠近数据源的边缘节点,减少数据处理延迟。智能缓存技术在数据传输路径中扮演关键角色,通过预先缓存高频数据或重要数据,减少重复数据传输,缓解网络负载。

两类策略的有机结合,确保了高铁通信系统在复杂环境中的数据传输效率。节点优选策略特别针对动态的节点状态,避免传输路径的频繁切换造成的延迟和中断。数据采集策略通过优化数据处理和传输流程,确保了数据的实时性和准确性。实验和实地测试结果显示,这种协调引入的策略能够在高铁运行环境下有效提升66%的数据传输速率,显著提高系统的稳定性和可靠性,为高铁通信的高效运行提供了强有力的技术支持。也为其他动态移动通信场景提供了值得借鉴的优化思路。

4 结语

论文主要研究了高铁通信系统中高效数据传输网络的优化策略,讨论了这种优化策略在高铁通信系统的优化方面所起到的重要作用。在研究过程中,我们采用了系统分析法和数学建模方法,建立了一个对高铁通信系统的数据传输网络进行分析和优化的模型,该模型能够有效管理节点间不断变化的通信链路,提高数据传输的效率。我们的研究结果显示,节点优选策略和数据采集策略的引入可以提高66%的数据传输速率,使得我们的路由算法在复杂动态环境中能够保证数据传输的稳定性和实时性。然而,虽然我们的研究取得了一定的成果,但仍有一些问题尚待解决。例如,节点优选策略和数据采集策略的具体实现、路由算法的选择和优化等,这些都是我们未来研究的重要方向。总的来说,尽管这项研究已经取得了明显的效果,但在实现高铁通信系统中数据传输网络的全面优化方面,还有很多工作要做。我们也期待未来能有更多的研究人员加入这一领域的研究中来,与我们共同努力,为高铁通信系统的优化和发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 张治,魏嘉鑫,王林.LoRa数据传输网络混合加密设计[J].计算机工程与科学,2021,43(12):2177-2182.
- [2] 江洪,孙士尉,魏常进,等.智能航运船岸通信系统设计与网络数据传输优化[J].舰船科学技术,2020,42(20).
- [3] 范津宁,武云杰,柏世强.Unity实现网络通信数据传输[J].数码设计(下),2019(7):144.

Research on the Literature Information Service Scheme of Library Remote Access System

Kaiwen Zhao Meijuan Shi Lingyun Lu Wa Gao

Jining Normal University, Wulanchabu, Inner Mongolia, 012000, China

Abstract

The paper analyzes the current research status and historical evolution of remote access systems at home and abroad, combined with the actual situation of libraries, describes the technology and software functions of library remote access systems (VPN), reveals the technical support for developing practical functional modules of library remote access systems, introduces remote access systems to ensure that various data resource libraries have been purchased to better assist the development of online teaching and research work in schools, and guarantees the resource needs of teaching, research and discipline construction units and individuals. Off campus remote access systems can not only improve the utilization rate of electronic resources, but also ensure legal access. Utilizing off campus remote access systems is an effective way to solve readers' off campus access to library electronic resources.

Keywords

remote access system; library; literature demand; digital resources

图书馆远程访问系统文献信息服务方案研究

赵凯文 石美娟 卢凌云 高娃

集宁师范学院, 中国·内蒙古 乌兰察布 012000

摘 要

论文通过分析远程访问系统的国内外研究现状和历史沿革,结合图书馆的实际情况,描述了图书馆远程访问系统(VPN)系统技术和软件功能,揭示了开发图书馆远程访问系统实际功能模块的技术支持,引进远程访问系统确保已购置各类数据资源库更好地助力学校线上教学科研工作,保障学校教学科研及学科建设单位与个人资源需求,校外远程访问系统既可以提高电子资源的利用率,又能够保障合法访问,利用校外远程访问系统是解决读者校外访问图书馆电子资源的有效途径。

关键词

远程访问系统; 图书馆; 文献需求; 数字资源

1 引言

在信息时代,知识的获取和传播变得日益便捷和多样化。图书馆作为知识的宝库和信息的重要集散地,承担着为广大读者提供优质文献信息服务的重任。随着信息技术的飞速发展,人们对图书馆服务的需求也不再局限于传统的馆内借阅和阅览,远程访问图书馆资源的需求日益增长。

图书馆远程访问系统的出现,为读者打破了时间和空间的限制,使他们能够在任何有网络的地方便捷地获取图书馆的文献信息资源。然而,要充分发挥图书馆远程访问系统的优势,为读者提供高效、优质的文献信息服务,需要深入研究和实施科学合理的服务方案。数字资源远程访问系统借助

软件或硬件,利用互联网通道,把非授权 IP 地址虚拟转化为已授权访问的 IP 地址,以此实现数字资源的远程访问。这种访问方式打破了数字资源授权使用范围的局限,使得用户能够借助互联网,在任何地点都可以使用图书馆的数字资源。

2 国内外研究现状

国外高校图书馆很早就提供电子资源远程访问服务。例如,叶新明对美国 52 所大学图书馆的调查显示,2006 年被调查图书馆均提供至少一种远程接入方式,近 80% 提供两种或以上校外访问图书馆数字资源的方式^[1]。根据 2016 年底笔者对国内“985 工程”高校图书馆提供校外远程访问方式的调研,发现 90% 左右的图书馆都设有 VPN 接入,2 种以上的接入渠道占 33%,并在首页显著位置设有连接入口。目前,很多国家和地区的图书馆都在努力解决这些问题。通过调研发现,大部分的图书馆都是直接使用购置来的软件,很少有自主研发的。数位资料来源的远端存取软件有许多种。

【作者简介】赵凯文(1969-),男,中国内蒙古凉城人,本科,副研究馆员,从事图书馆数字资源建设和信息服务研究。

现在市面上的数字图书馆门户类产品对于读者远程访问的管理往往未能涉及,单纯的VPN或PROXY软件产品功能又过于单一,只解决了网络连接问题,不能满足图书馆服务的个性化需要。如何让用户能够以最少的投入,轻松地建立起基于单点登录的统一用户身份管理及认证体系,以及基于异构应用系统的数据资源集成平台,成为急需解决的问题。

2.1 目前存在的远程访问技术

2.1.1 代理服务器方式

代理服务器,正如其名,是一台起着重要作用的服务器。一般来说,代理服务器的操作平台大多采用Linux系统。在Linux环境下,Squid曾是最为流行的代理服务器软件。代理服务器的存在为用户远程访问数字资源提供了一种有效的途径。它就像是一座桥梁,连接着校园网外的用户和校内的数据库资源。通过代理服务器,用户可以在不同的地点便捷地获取所需的信息,极大地提高了资源的利用率。同时,Linux系统的稳定性和安全性也为代理服务器的运行提供了可靠的保障,确保用户能够高效、稳定地进行检索和查询操作^[2]。

2.1.2 改进的代理服务器方式

为了突破传统代理服务器的局限性,改进的代理服务器软件应运而生。其中,由UsefulUtilities公司提供的EZproxy软件以及微软公司开发的ISA Server(VPN),都是被国内外使用者广泛认可的安全、可靠且稳定的解决方案。

EZproxy软件在数字资源远程访问中发挥着重要作用。它通过优化代理服务器的功能,为用户提供更加便捷和高效的访问体验。一方面,EZproxy能够更好地管理用户认证和授权,确保只有合法用户能够访问数字资源。同时,它还能对访问请求进行智能路由,提高访问速度和稳定性。另一方面,EZproxy不断更新和改进其安全机制,有效防范网络攻击和非法访问,保护数字资源的安全。

微软公司的ISA Server(VPN)同样具有显著优势。它结合了虚拟专用网络(VPN)技术,为用户提供了更加安全的远程访问通道。ISA Server能够对网络流量进行精细的控制和管理,防止恶意软件和网络威胁的传播。此外,它还支持多种认证方式,满足不同用户的需求。通过ISA Server,用户可以在任何地方安全地连接到校园网络,访问图书馆的数字资源,极大地提高了学习和研究的效率。

2.1.3 虚拟专有网技术(VPN)

虚拟专有网技术(VPN)在数字资源远程访问中扮演着重要角色。

VPN通过在公共网络上建立专用网络通道,为用户提供安全、稳定的连接。对于图书馆数字资源的远程访问而言,VPN确保了数据传输的保密性和完整性。它就像是在公共网络中开辟出一条专属通道,只有经过授权的用户才能通过这条通道访问图书馆的数字资源。借助VPN技术,用户可以在任何有网络连接的地方,如同身处校园网内一样访问图书馆资源。这为那些需要随时随地进行学习和研究的用户提供

了极大的便利。无论是在家中、出差途中还是在其他场所,用户都能轻松获取所需的文献资料。VPN还具备强大的安全防护功能。它采用加密技术,防止数据在传输过程中被窃取或篡改。并且,通过严格的用户认证和授权机制,确保只有合法用户能够访问数字资源,有效保护了图书馆资源的安全。

2.1.4 电话拨号方式(PSTN)、Web重定向技术

电话拨号方式(PSTN)以及Web重定向技术在数字资源远程访问中也有着一定的应用。电话拨号方式通过传统的公共交换电话网络,使用户能够以拨号的方式连接到远程服务器,获取数字资源。虽然这种方式在速度和稳定性上可能存在一些不足,但在某些特定情况下仍然是一种可行的选择。Web重定向技术则是通过将用户的请求重定向到特定的服务器,实现对数字资源的访问。这种技术相对简单,但也需要一定的配置和管理。

2.2 远程访问系统所涉及的科学领域

2.2.1 项目涉及的关键技术

①URL诊治技术。②底层事件通知技术。③信息调度技术。④SSL加密技术。

2.2.2 主要技术

①系统采用URL诊治、底层事件通知及信息调度技术。自动选取最优访问路径,快速返回所有数据,提高访问速度。基于应用层设计,可以保证系统和访问的安全;采用SSL加密技术,完全实现数据的安全传输。

②系统将不同用户归为不同的用户组别,不同用户组访问各自授权的数据库。且多种安全策略并行(地址策略、时间策略及黑名单),限制不端客户非法访问。

3 图书馆引进远程访问系统的必要性

首先,在信息时代,人们对知识的获取需求日益增长且更加灵活多样。学生、学者、研究人员等不同群体可能因为各种原因无法亲自到图书馆,但他们又迫切需要查阅图书馆的数字资源来完成学习、研究和工作任务。远程访问系统能够打破时间和空间的限制,让用户无论身处何地、何时,只要有网络连接,就可以方便地访问图书馆的丰富文献资料,极大地提高了资源的可用性。其次,图书馆引进远程访问系统可以更好地满足用户对时效性的要求。用户能够及时获取最新的学术成果、研究报告等信息,为他们的创新和发展提供有力支持。最后,对于一些需要跨地域合作的项目,远程访问系统使得不同地区的人员可以共同使用图书馆资源,促进学术交流与合作^[3]。

图书馆里建设的电子图书、特藏古籍书库、购买的数据库资源等,都仅限局域网内使用,而学校的老师、学生有大部分时间都在校外,且很多教职工宿舍、学生宿舍接的都是外网,无法访问这些数字资源,使得这些数字资源发挥出原有的作用。图书馆的投入与产出不成正比,需要解决校外读者能直接访问校内资源的问题。

图书馆闭馆期间,图书馆无法提供文献信息服务保障。远程访问系统的建立,远程访问馆藏资源成为现实,解决了校园网外无法访问校园网内数字资源的问题,让校园网外的师生无论在哪里,只要在有网络的地方就能随时随地访问图书馆内的电子资源,让图书馆实现“闭馆”不闭服务,保障图书馆文献资源24小时不间断服务。

4 远程访问系统研究的内容及方法、技术线路

4.1 技术原理

SSL VPN 软件系统运用了 VPN 技术。VPN 是在公用网络上构建专用网络的技术。VPN 的远程资源访问协议主要有 SSL 和 IPSec。SSL VPN 适用于移动用户远程接入,IPSec VPN 在网对网连接中有优势。SSL VPN 的移动用户用标准浏览器无需安装客户端程序即可接入内部网络,它是基于应用层的 VPN,对保护基于 Web 的应用更具优势。

4.2 系统架构图

系统包含前台访问页面与后台管理中心两部分内容,后台管理包含用户管理、数据库管理、策略管理、统计管理、系统管理等主要功能模块。前台展示包含数据库分类、已许可访问或未授权访问资源,可查看在账户在线时间,系统在线人数等。

4.3 系统拓扑图

系统分为两部分:管理系统服务器程序和客户端应用程序。服务器程序提供系统级别的管理和表现层服务。客户端提供给读者使用的通用集成工具,集成了各应用系统的统一身份认证,以及图书馆各数据资源或网站信息的访问。

4.4 远程访问系统功能设计

①统一认证,当使用者只需按一下该物件,该物件便会被系统所识别,而当该物件被确认后,便能不经二次确认而直接存取该物件及其他存取物件。该平台为用户提供了一种灵活的认证方法,并支持证书、智能卡、用户名、口令等功能。图书馆不仅有丰富的数据资源,而且还为学生和老师们建立了 VPN,最好的身份验证方法就是使用账号和口令,这样不仅简便,而且便于管理。同时,它还可以通过内置账户和口令来进行身份验证,还可以通过与已有的 LDAP、radius 服务器进行接口,从而达到身份验证和管理的目的^[3]。②灵活的用户权限及数据库访问控制。系统将不同用户归为不同的用户组别,不同用户组访问各自授权的数据。且多种安全策略并行(地址策略、时间策略及黑名单),限制不端客户非法访问。③强大的用户管理功能,支持用户的增加、删除、修改、查找等功能,该系统具备强大的用户管理功能。它支持用户的增加、删除、修改以及查找等操作,为用户信息的动态管理提供了便利。同时,还支持根据预先定义的方式进行用户的批导入,极大地提高了用户管理的效率。实际应用中,当有新用户需要访问系统时,可以通过增加用户功能快速为其创建账号。如果用户信息发生变化,可随时进行修改操作,确保信息的准确性。④强大统计图表功能,包含

用户流量统计、用户访问排行、数据库访问排行、总流量统计等内容,提供用户流量和访问对象流量等统计报表。要求统计精确到某个具体用户和某个具体数据库。⑤用户管理:包含用户组管理、用户管理、导入账户、审核等。⑥数据库管理:包含数据库管理与调度管理。⑦策略管理:指控制用户使用本系统的手段,包含地址策略、时间策略、黑名单等内容。⑧统计管理:统计管理包含用户流量统计、用户访问排行、数据库访问排行、总流量统计等内容。⑨系统管理:包含系统各类参数的设置、系统备份、恢复等。

5 远程访问系统可实现的基本功能

①用户在能上网的地方,就能正常访问图书馆的所有数字资源。这极大地拓展了用户获取知识的空间范围,无论用户是在家中、办公室还是在旅途中,只要有网络连接,就可以随时畅游在知识的海洋中,为学习、研究和工作带来极大的便利。

②无需下载任何插件或客户端,用户只需登录即可访问数字资源。

③支持图书馆所有数据库的本地镜像或远程包库的访问,这意味着用户可以根据自己的需求选择不同的访问方式,无论是本地镜像的快速响应,还是远程包库的丰富资源,都能满足用户的多样化需求。同时,这也为图书馆资源的整合和管理提供了更加灵活的方式,提高了资源的利用效率。

④用户认证与管理。图书馆远程访问系统不仅是工具,更是拉近用户与图书馆之间的桥梁。近几年的应用实践证明校外远程访问系统既提高电子资源的利用率,又保障合法用户的有效访问。系统通过实时的检测和日志分析有效地避免恶意下载。该系统在安全性方面具有保障,使图书馆资源建设更能贴近用户的真实需求,从而提升用户的满意度^[4]。

6 结语

通过对图书馆远程访问系统文献信息服务方案的研究,我们深刻认识到在数字化时代,图书馆远程访问系统对于满足读者日益增长的文献信息需求具有重要意义。数字图书馆远程访问服务系统(VPN)在文献信息资源服务以及为多用户提供有效身份识别的远程服务方面,表现出了更强的图书馆服务行业针对性和实用性,而且其构建和维护成本相对较低。可以说,这是一套较为成熟的数字图书馆远程访问服务系统。

参考文献

- [1] 叶新明.美国大学合法用户在校外利用图书馆电子资源的访问方式调查与研究[J].大学图书馆学报,2006(3):72-75.
- [2] Squid技术在图书馆电子资源远程访问中的应用[Z].2007(31):11-13.
- [3] 远程访问图书馆电子资源技术综述[Z].2006(3):123-126.
- [4] 王琼.校园网外图书馆电子资源访问技术探讨[J].科技情报开发与经济,2006,16(23):33-34.

Exploration and Practice of Integrated Development of Computer Science and Technology+Finance Major

Wenyong Yang

Original New (Shenzhen) Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In the current social development environment, the demand for talents is growing. Strengthening the training of professionals who master big data, artificial intelligence and other technologies and have rich financial theories is of great significance in promoting national development, so it is necessary for colleges and universities to pay attention to it, do a good job in this area of education and training, combined with the reality, and constantly explore the mode of education work. Based on this, the paper makes an in-depth analysis on the integration and development of computer science and technology + finance majors, and creates good conditions for training professional talents by adopting various ways, so as to continuously meet the needs of modern economic development and provide important talent support for the implementation of national strategies.

Keywords

finance; computer science and technology; professional integration

计算机科学与技术 + 金融学专业 – 融合发展探索与实践

杨文勇

原新（深圳）科技有限公司，中国 · 广东 深圳 518000

摘 要

在现阶段社会发展环境下，对人才需求越来越大。加强对掌握大数据、人工智能等技术且具有丰富金融理论专业人才培养，在推动国家发展方面具有重要意义，因而需要院校予以重视，做好这方面的教育工作，结合实际，不断探索教育开展的模式。基于此，论文围绕计算机科学与技术+金融学专业融合发展情况进行深入分析，通过采取多种方式，为培养专业人才创造良好条件，以此不断满足现代经济发展需求，为国家战略实施提供重要的人才支持。

关键词

金融学；计算机科学与技术；专业融合

1 引言

随着信息化时代的到来，金融行业与计算机科学联系愈发密切。金融科技的持续发展，给传统金融业带来极大的变化。伴随金融科技的深入应用，不仅显著提高我国金融服务的效率 and 安全性，还进一步推动金融产品的创新。对高校而言，培养技术且掌握金融知识的复合型人才，能够更好地满足社会发展需求。因而，应结合实际，加强跨学科融合发展，并对存在的问题积极采取有效措施。

2 专业融合发展的背景与意义

新技术的不断涌现，使得金融行业对人才新的要求更高。结合传统计算机科学与技术专业和金融学专业，已无法满足当前市场对复合型人才需求。对计算机科学与技术专业

的学生来说，需要掌握更多金融知识，以此更好应对金融科技带来的挑战。与此同时，金融学专业学生也要掌握一定的编程和数据分析能力，从而应对金融服务的数字化转型。由此说明，计算机科学与技术专业与金融学专业进行融合，培养复合型人才，符合现代发展需求^[1]。

3 计算机科学与技术 + 金融学专业融合发展的现状与挑战

结合现阶段高等教育发展情况，专业融合发展已成为必然趋势，尤其是计算机科学与技术专业与金融学专业的结合，是高校在探索的主要方向。但是，在这过程中，高校面临的挑战和困难比较多。针对这些问题，不仅对学生发展产生极大的影响，还不利于教育工作深入发展，因而需要院校结合这些问题，深入探索发展方向和策略（图1）。

【作者简介】杨文勇（1981-），男，中国云南建水人，硕士，从事计算机科学研究。



图1 专业融合发展的现状与挑战

3.1 传统的教育模式往往过于单一

在以往采用的教育模式中，使用的教学方法过于单一，且缺乏多样性和灵活性。对于这种模式，容易忽视跨学科教学具有的重要性，这使得学生在学习过程中无法接触到不同学科之间存在的联系。另外，因缺乏跨学科的教学资源和经验，学生们只能在独立的学科领域中学习相关知识，难以有效形成完整的知识网络。这一局限性的存在，使得学生对知识理解不够深入，同时还一定程度上限制其创新思维问题的发展^[2]。

3.2 师资力量不足

调查发现，不少高校在新兴学科和交叉领域学科方面明显缺乏相关背景和丰富经验的教师。对教师而言，既要能够熟练掌握专业知识，还应具备跨学科的教学能力，促使其能够更好引导学生对各个学科进行有效联系。但是，因现有教育资源的分配不够均匀，且教师培训体系不完善，使得许多高校难以吸引这些教师，最终影响教学质量和教学效果的提升^[3]。对于这种师资力量不足情况，在影响学生学习效果的同时，还阻碍教育进一步发展。

3.3 课程体系的不完善也是一个亟待解决的问题

结合高校现有的课程设置，已无法满足专业融合的需求，且缺乏一定的系统性和连贯性，这使得学生在学习过程中难以形成完整的知识结构。另外，课程内容之间的衔接不够紧密，致使学生在掌握某一学科知识时，无法与其他学科知识进行有效整合。对于这一现象，在影响学生对知识理解的同时，还极大地限制其在实际应用中的创新能力和解决问题的能力。对此，高校需不断加强对课程体系的改革，通过合理优化课程设置，促进课程之间有效联系。这样能够让学生更好掌握知识，为后续学习和发展奠定良好基础^[4]。

3.4 实践教学环节的薄弱也是制约专业融合发展的重要因素

加强计算机科学与技术金融学的专业融合发展，既能够有效拓宽学生知识面，还极大增强其综合竞争能力。但是，从实际情况看，实践教学环节的薄弱，影响专业融合的发展。具体而言，理论知识与实际应用存在明显的脱节情况。学生在课堂中虽然学习大量的理论知识，然而在实际工作中无法将这些知识运用到解决问题中。之所以会出现这种情况，主要是学生缺乏实践机会。虽然有不少高校已逐渐增加

实践教学环节，但整体上看，这些实践机会并不够。学生在实验室或实习单位接触到的问题和案例比较有限，这使得其在处理复杂工作时容易处于束手无策的状态。

4 专业融合发展的探索与实践

为进一步推动“计算机科学与技术+金融学”专业融合发展，高校应对当前在这方面存在的问题予以重视，并深入分析问题出现的原因，之后在此基础上做好合理的调整和改变，具体包括优化课程体系、改革教学方法、加强实践教学、科研引导与教学结合，以此为培养高素质人才创造良好条件，满足现代社会可持续发展对人才兴趣^[5]。

4.1 优化课程体系

通过构建合理的课程体系，有助于院校更好地培养具备跨学科知识的复合型人才，进而满足当前社会发展对人才的需求。为做好课程体系的优化，高校应做好以下几点：第一，构建出包含“通识教育课、学科基础课、专业课、实践教学”四大板块的课程体系。该体系主要是将金融学与计算机科学与技术相关课程进行有效融合，并形成完整的知识体系^[6]。在金融学专业课程设置中，院校增加了多个课程，如计算机编程、数据分析等。随着这些课程的加入，学生能够更好地掌握金融领域中的计算机应用技能，进而满足金融行业的数字化转型需求。对学生而言，学习这些课程，既能够有效掌握金融理论知识，还逐渐提升实际操作计算机技术的能力，进而为今后职业生涯奠定基础。另外，在计算机科学与技术专业课程设置中，院校同样增加多个课程，即金融电子化、金融数据库等。这些课程的引入，有助于学生深入了解和认识计算机技术在金融领域中的具体应用，进而不断拓宽其知识视野。这些课程的学习，能够让学生更好地掌握计算机科学与技术的专业知识，同时还对当前金融行业的需求有基本认识。第二，合理设置实践教学环节。在这个环节中，院校通过组织学生参加的多个项目活动，如金融项目、计算机项目、跨学科的综合项目等，让学生能够在实践中有效运用所学知识，不断提升解决问题的能力。

4.2 改革教学方法

结合以往教学采用的方法，更多是对学生进行理论知识的灌输，没有注重对学生实际操作能力和创新能力的培养。对此，在具体教学工作中，需要教师积极引入多元化教学方法，如案例教学法、项目驱动教学法等。这样做，不仅能够一定程度上激发学生学习和创新能力，还确保课堂教学有效性。案例教学法，主要是结合具体金融案例，让学生能够深入了解计算机科学与技术金融领域中的应用，进而提高对理论知识的理解能力。项目驱动教学法，则是让学生实际参与到金融项目，促使其在实践中掌握相关知识，不断提升其实际操作能力和解决问题的能力^[7]。另外，高校还可通过加强与企业之间的合作，促进计算机科学与技术金融学融合发展。在这一方面，主要是通过与金融机构

进行深入合作,引入具体的金融项目,接着让学生在实践学习和应用知识。对于这种合作模式,既能够有效提高学生实践能力,还可让其更为全面了解当前金融行业发展情况。

4.3 加强实践教学

为给学生打造高质量的实验室和实践教学经验,高校应提供丰富的实践教学资源,不断满足学生学习和发展需求。为此,高校应积极推进先进实验室的建设,具体包括大数据云计算实验室、计算机软件实验室等。对于这些实验室,能够给学生提供更多具有实践操作的机会,使得他们能够实际参与和应用最新技术。这些实验室,能够帮助学生更好将理论知识运用到实际中,切实提升其实践能力。

另外,高校还应多组织和鼓励学生参加各种实践活动,具体包括金融科技创新竞赛、社会实践活动等^[8]。通过这些活动,能够让学生将所学知识运用到实践中,同时还可在合作中增强自身素质。这些活动的开展,不仅锻炼学生的创新思维和解决问题的能力,还逐渐提升其团队协作精神和社会责任感。

4.4 科研引导与教学结合

为进一步提升教育质量和效率,院校要不断鼓励教师参与跨学科的科研活动。这一方式的实施,能够将教师在科研中取得的成果转化为教学资源,进而不断丰富课堂教学资源。这样做既能够激发学生学习兴趣,还有助于其更好理解和掌握理论知识在实际中的应用^[9]。

此外,教师在教学中可结合科研项目,引导学生实际参与具体的科研活动。这样不仅能够培养学生科研能力,还不断激发其创新思维。学生在操作过程针对遇到的问题需要进行解决,这极大地提高其实践能力以及解决问题的能力。与此同时,教师还应将科研动态与研究成果引入到课堂教学环节中。这样做,既能够拓宽学生学术视野,还能够让其更好地了解当前学科发展情况。随着这一方式的实施,学生对基础知识的掌握程度明显提高,同时还具备前瞻性的学术眼光,切实满足其学习和发展需求。

5 实践成果与展望

经过不断探索和实际操作,不少高等院校在“计算机科学与技术+金融学”这一交叉学科融合和发展中取得明显的成果。结合实际,这些高校通过采取多个方式,如创新课程设置、加强实践教学、跨学科合作等,成功培养了一批具有高素质且专业技能强的复合型金融科技人才。这些学生既能够熟练掌握专业的计算机科学与技术知识,还具备金融

学理论知识和实践能力,进而增强在市場中的竞争能力。

随着近几年科技水平的不断提升以及金融行业的深入改革,计算机科学与技术与金融专业的融合发展具有更为广阔的前景。今后,金融科技领域对现代化技术更为依赖,如大数据、人工智能、区块链等,这给“计算机科学与技术+金融学”专业发展带来更多机遇和挑战。作为高校,则要注重对课程内容的更新,不断加强与企业之间的合作,以此能够培养出更多复合型人才,满足现代社会发展对人才的需求。通过跨学科深度融合,显著提高学生就业竞争能力和综合素质,同时还为金融行业注入新的活力,促进行业持续健康发展^[10]。

6 结语

综上所述,在新时代发展环境下,“计算机科学与技术+金融学”专业融合发展备受关注。通过跨学科融合发展,在培养复合型人才方面发挥出了重要的作用。因而高校应对此予以重视,结合实际情况,采取合理措施,不断推动计算机科学与技术专业与金融专业深入融合,从而为社会经济可持续发展培养更多复合型人才。

参考文献

- [1] 王星宇.浅析新时代背景下计算机科学技术发展的新方向[J].数字通信世界,2024(3):164-166.
- [2] 毛红梅,于义科,蔡虹.模块化课程思政教学在计算机科学导论中的应用研究[J].电脑知识与技术,2023,19(30):170-172.
- [3] 王立友.计算机类线上课程“课赛融合”的教学模式实践与探索[J].河北民族师范学院学报,2022,42(4):124-128.
- [4] 李焕玲,黄怡茹.基于SPOC线上线下相融合的数据库原理与应用课程建设研究[J].电脑知识与技术,2023(12):139-142.
- [5] 余鸣,余哲源.人工智能系统在计算机科学技术中的运用分析[J].大科技,2024(25):163-165.
- [6] 张慧,王艺潼,张益铭.试论ISEC项目在计算机科学技术中的思维启发与视野拓展[J].国际计算机科学进展,2022,2(2).
- [7] 林家全.大数据时代人工智能在计算机网络技术中的应用[J].科技资讯,2024,22(13):30-32.
- [8] 李俊华.新工科背景下计算机专业多学科交叉融合培养机制研究与实践[J].电子元器件与信息技术,2022,6(2):137-139.
- [9] 张宇敬,齐晓娜,刘阳.产教融合和多学科交叉背景下计算机科学与技术专业改造升级探索与研究[J].软件,2021,42(6):53-55+61.
- [10] 邹立仁,张海燕,赵冬耀.工程教育专业认证背景下应用型高校计算机专业多元融合教学体系改革研究[J].电脑知识与技术,2023,19(8):178-180.

Discussion on the Management Measures of Hospital Informatization Construction under the Governance and Control of Medical Insurance Big Data

Peng Yang

Nanjing Medical University Affiliated Huai'an First People's Hospital Second Branch, Huai'an, Jiangsu, 223002, China

Abstract

With the continuous development of the medical industry, the governance and control of medical insurance big data have become an important part of hospital information construction. Under the governance and control of medical insurance big data, the exploration of hospital information construction management measures has become particularly important. Hospitals should establish a sound medical insurance data management system. This includes developing sound data management systems and processes, establishing data quality control mechanisms, and ensuring the accuracy and completeness of medical insurance data. At the same time, hospitals should strengthen their awareness of data security and protect patient privacy and sensitive information. Through big data analysis and mining techniques, hospitals can better understand and utilize medical insurance data, provide more personalized medical services for patients, and improve the quality and efficiency of medical services.

Keywords

big data; promotion of information technology; hospital

医保大数据治理管控下医院信息化建设管理措施探讨

杨鹏

南京医科大学附属淮安市第一人民医院第二分院 中国·江苏 淮安 223002

摘 要

随着医疗行业的不断发展, 医保大数据治理和管控成为医院信息化建设的重要环节。在医保大数据治理管控下, 医院信息化建设管理措施的探讨变得尤为重要。医院应当建立健全的医保数据管理体系, 包括制定完善的数据管理制度和流程, 建立数据质量控制机制, 确保医保数据的准确性和完整性。同时, 医院还应加强数据安全意识, 保护患者隐私和敏感信息。通过大数据分析和挖掘技术, 医院可以更好地理解和利用医保数据, 为患者提供更加个性化的医疗服务, 提高医疗服务质量和效率。

关键词

大数据; 信息化; 医院

1 引言

随着医疗行业的发展和医保政策的推行, 医保大数据治理管控成为当下医院信息化建设的重要议题。大量的医疗数据和信息需要被管理和分析, 以确保医保资金的合理使用和医疗服务的高效提供。然而, 传统的医院信息化建设管理措施已经无法满足当前医保大数据治理管控的需求。因此, 探讨医保大数据治理管控下的医院信息化建设管理措施具有重要的研究背景。

医保大数据治理管控可以帮助医院更准确地分析和使用医保数据, 从而优化医保基金的分配和使用。通过有效的

信息化建设管理措施, 可以确保医保资金的合理流向, 减少浪费和滥用。医保大数据治理管控下的医院信息化建设管理可以为医疗科研提供丰富的数据资源和支持。通过对医保数据的深入分析和研究, 可以推动医疗科学的进步, 并为政策制定提供科学依据和参考。

医保大数据治理管控下医院信息化建设管理措施探讨具有重要的研究背景和意义。通过优化医保基金使用、提高医疗服务质量、促进医疗资源合理配置、提升医院管理能力以及支持医疗科研和政策制定, 可以为医疗行业的发展和患者的健康提供更好的保障。

2 医院信息化建设的重要性

2.1 提高医疗服务质量和效率

医院信息化建设对于提高医疗服务质量和效率至关重要

【作者简介】杨鹏 (1976-), 男, 中国江苏淮安人, 本科, 高级工程师, 从事医院网络信息化研究。

要。据统计,至2023年,中国医疗信息化市场规模已超过100亿元人民币,年复合增长率达到15%。此外,超过80%的三甲医院已实施电子病历系统,通过信息化手段,医生可以更快地获取患者信息,提高诊断准确性和治疗效果。同时,医院信息化还可以优化资源配置,提高工作效率,减少患者等待时间,从而显著提升医疗服务质量和效率^[1]。

①优化医疗服务流程:通过信息化手段,医院可以对原有的医疗服务流程进行优化,简化挂号、就诊、检查、收费、用药等环节,提高医疗服务效率。患者可以在家中进行预约挂号、查询检查结果、在线咨询等,节省了时间和精力。

②提高医疗水平:医院信息化建设可以实现医学影像、病历、用药等方面的数字化和网络化,方便医生查阅和交流,提高医疗水平和诊断准确性。同时,信息化建设还可以促进医疗资源的共享,使患者享受到更优质的医疗服务。

③保障医疗安全:通过信息化手段,医院可以实现对医疗行为的全程监控和管理,规范医生的诊疗行为,降低医疗差错。此外,信息化建设还可以加强对药品、医疗设备的管理,确保患者的安全。

2.2 提升医院管理水平和效率

医院信息化建设对于提升医院管理水平和效率具有重要意义。据数据显示,至2023年,中国医院信息化建设投入已超过120亿元人民币,年复合增长率达到10%。通过信息化手段,医院可以实现对医疗资源的精细化管理,提高医疗服务效率。此外,信息化建设还可以帮助医院优化业务流程,提高决策的科学性,进一步推动医院管理的规范化、标准化和智能化,从而提升医院整体的管理水平和效率。

①提高管理水平:医院信息化建设可以实现对医院各部门和业务的实时监控和管理,提高管理水平。通过对各项数据进行统计和分析,医院管理层可以更好地了解医院的运营状况,制定科学合理的决策。

②优化资源配置:信息化建设可以帮助医院实现医疗资源的高效利用和合理分配,提高医疗服务协同水平。通过信息化手段,医院可以实现对病床、设备、药品等资源的精细化管理,提高资源利用效率^[2]。

③降低运营成本:医院信息化建设可以减少人工操作失误,降低运营成本。例如,通过电子病历系统,医生可以快速完成病历书写,减少纸质病历的使用,通过智能物流系统,医院可以实现药品和物资的自动配送,降低人力成本。

2.3 促进医疗行业的创新和发展

①推动医疗科研:医院信息化建设可以为医疗科研提供丰富的数据资源和支持。通过对医保数据、病历资料等的深入分析和研究,可以推动医疗科学的进步,提高我国在国际医疗领域的竞争力。

②促进跨界合作:信息化建设可以实现医疗、医保、医药等领域的深度融合,促进跨界合作。例如,通过与医保部门的信息共享,医院可以实现医保政策的实时查询和执

行,与药品企业合作,可以实现药品研发和生产的协同。

③培育新兴业态:医院信息化建设可以促进医疗行业的新兴业态的发展,如远程医疗、移动医疗等。这些新兴业态可以满足患者日益增长的个性化需求,推动医疗行业的转型升级。

医院信息化建设在提高医疗服务质量和效率、提升医院管理水平和效率、促进医疗行业的创新和发展等方面具有重要意义。随着信息技术的发展和医疗行业的需求,医院信息化建设将不断深入,为我国医疗行业的发展提供有力支持。

3 医保大数据治理管控下医院信息化建设管理措施

3.1 建立数据质量管理机制

在医保大数据治理管控下,医院信息化建设管理面临着诸多挑战。其中,数据质量问题是影响医保大数据治理效果的关键因素。因此,建立数据质量管理机制对于提升医保大数据治理水平和医院信息化建设具有重要意义。数据质量管理机制是指对数据进行全生命周期管理,确保数据的准确性、完整性和一致性。建立数据质量管理机制有助于提高医保数据的质量,从而为医院信息化建设提供可靠的数据支持。

例如,三甲医院在实施医保大数据治理过程中,发现患者信息存在重复、缺失、错误等问题。为解决这些问题,医院建立了数据质量管理机制,包括数据审核、数据清洗、数据更新等环节。通过对医保数据进行质量管理,医院成功解决了数据质量问题,提高了医保大数据治理效果。

通过建立数据质量管理机制,医院可以有效提升医保大数据治理水平,为医院信息化建设提供高质量的数据支持。同时,数据质量管理机制也有助于提高医院的医疗服务质量和效率,提升患者满意度。在中国,越来越多的医院开始重视数据质量管理,积极推动医保大数据治理管控下的医院信息化建设,为医疗行业的发展注入新的活力^[3]。

3.2 加强数据安全和隐私保护

随着科技的快速发展和医疗行业的日益信息化,医院信息化建设在提高医疗服务质量、优化资源配置方面发挥着越来越重要的作用。然而,随之而来的数据安全和隐私保护问题也日益凸显。特别是在医保大数据治理背景下,如何加强数据安全和隐私保护,成为医院信息化建设亟待解决的问题。医保大数据治理背景下,医院信息化建设面临着诸多挑战。例如,海量的医疗数据如何确保安全存储和传输,如何防止数据泄露和滥用等。在此背景下,医院需要采取一系列措施来加强数据安全和隐私保护。例如,建立完善的数据安全管理制度,采用先进的数据加密和脱敏技术,建立数据安全监控和溯源体系等。

以三甲医院为例,该医院在加强数据安全和隐私保护

方面进行了积极的探索和实践。首先,医院建立了完善的数据安全管理制度,明确了数据安全和隐私保护的责任和义务,规定了数据访问和使用权限,建立了数据安全审计和监控机制。其次,医院采用先进的数据加密和脱敏技术,对敏感数据进行加密存储和传输,对患者个人信息进行脱敏处理,确保数据安全和隐私保护。此外,医院还建立了数据安全监控和溯源体系,对数据访问和使用行为进行实时监控和记录,一旦发现异常行为,立即进行预警和溯源,确保数据安全和隐私保护。

通过以上措施,该医院在医保大数据治理背景下的信息化建设取得了显著成效。数据安全和隐私保护得到了有效保障,医疗数据质量得到了提高,医疗服务流程得到了优化,患者就医体验得到了改善。同时,医院也得到了良好的社会声誉和经济效益。

3.3 推进数字化转型

随着科技的快速发展和医疗行业的日益信息化,数字化转型在提高医疗服务质量、优化资源配置方面发挥着越来越重要的作用。特别是在医保大数据治理背景下,如何推进数字化转型,成为医院信息化建设亟待解决的问题。医保大数据治理背景下,医院信息化建设面临着诸多挑战。例如,海量的医疗数据如何确保安全存储和传输,如何防止数据泄露和滥用等。在此背景下,医院需要采取一系列措施来推进数字化转型,如构建完善的信息系统,采用大数据和人工智能技术,实现数据分析和决策支持等。

以三甲医院为例,该医院在推进数字化转型方面进行了积极的探索和实践。首先,医院构建了完善的信息系统,通过整合内外部资源,实现医疗业务流程的线上化和自动化。其次,医院采用大数据和人工智能技术,对海量医疗数据进行挖掘和分析,为临床决策提供有力支持。此外,医院还实现数据分析和决策支持功能的智能化,通过构建人工智能辅助决策系统,为医生提供精准的诊断和建议。

通过以上措施,该医院在医保大数据治理背景下的信息化建设取得了显著成效。医疗业务流程得到了优化,医疗服务质量和效率得到了提高,患者就医体验得到了改善。同时,医院也得到了良好的社会声誉和经济效益。

3.4 加强信息化人才培养

在医保大数据治理管控的背景下,医院信息化建设成为提升医疗服务质量、优化资源配置的重要手段。而在这个过程中,信息化人才的培养显得尤为关键。

信息化人才是推动医院信息化建设的中坚力量。他们具备计算机技术、医疗知识以及大数据分析能力,能够有效地推动医保大数据的治理和应用。

以三甲医院为例,该医院近年来高度重视信息化人才

的培养,通过设立专门的信息化培训课程,提升医护人员的信息化素养。此外,医院还引进了大数据专家和计算机人才,建立了专业化的大数据管理团队,为医保大数据的治理提供了有力的人才支持。

加强信息化人才培养有助于提高医院信息化建设的水平。通过专业的培训,医护人员可以更好地理解和运用医保大数据,提高医疗服务效率。例如,某医院通过信息化人才的培训,实现了医疗业务的线上化和自动化,大大提高了医疗服务效率,缩短了患者的等待时间。加强信息化人才培养还有助于提升医院的竞争力。在医保大数据治理的背景下,医院需要具备一定的信息化建设能力,才能更好地应对市场竞争。通过加强信息化人才的培养,医院可以提升自身的创新能力,开发出更多具有竞争力的医疗产品和服务。

4 结语

在当前医保大数据治理管控的背景下,医院信息化建设显得尤为重要。医保大数据的有效应用,不仅有助于提升医疗服务质量,还能优化资源配置,提高医院的运营效率。但是,医院在信息化建设过程中,还面临着诸多挑战,如数据安全问题、信息技术与医疗业务的融合问题等。为了应对这些挑战,医院需要采取一系列措施。在数据安全管理方面,医院需要制定严格的数据安全政策和规章制度,加强数据加密和访问控制,确保患者隐私和医疗数据的安全。在数据治理方面,医院应建立完善的数据质量管理机制,提升数据的准确性、完整性和一致性。与此同时,医院可以与信息技术企业开展合作,共同研发适用于医疗行业的信息化解决方案。例如,可以借助人工智能技术,提升医疗服务的智能化水平,实现疾病诊断、治疗方案推荐等功能。此外,医院还可以通过云计算、大数据等技术,实现医疗资源的共享和优化配置,提高医疗服务效率。医院信息化建设在医保大数据治理管控背景下具有重要意义。通过加强信息化人才培养、建立健全医保大数据治理体系、加强数据安全管理以及与企业合作等措施,医院可以有效应对信息化建设过程中的挑战,提升医疗服务质量和效率。在此基础上,我国医疗行业将实现更高质量、更有效率的发展,更好地服务于人民群众的健康需求。

参考文献

- [1] 邵惠子,秦一力.档案信息化系统在医院档案管理中的必要性和作用[J].临床医药实践,2024,33(8):636-638.
- [2] 王旭艳,吴艳艳,张玉鹏,等.2023年湖北省482家医院医院感染管理信息化监测现况及其影响因素[J].中华医院感染学杂志,2024(19):3003-3007.
- [3] 孙艺.郑大一附院:开辟医疗信创平台新赛道[J].中国卫生,2024(8):60-61.

Application Research of Integrated Project Management of Computer Information System under New Economic Conditions

Yan Liu¹ Tingting Bai²

1. Ordos Hi-Tech Industrial Development Zone Management Committee, Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

2. Ordos Integrated Media Center, Ordos, Inner Mongolia, 017001, China

Abstract

With the arrival of the new economic era, the integrated project management of computer information system is facing unprecedented challenges and opportunities. This paper aims to discuss how to effectively apply project management theory and practice to improve the success rate and efficiency of computer information system integration projects under the new economic conditions. This paper analyzes the role of computer information system in integrated project management under the new economic conditions, clarifies the existing problems in its management, and puts forward the project management strategy that adapts to the new economic environment. The results show that the integrated application of modern project management concepts and technologies can significantly improve the management level of computer information system integration projects and project delivery quality, so as to maintain competitive advantage in the new economic environment.

Keywords

new economy; computer information system integration; project management; cloud computing; big data analysis

新经济条件下计算机信息系统集成项目管理的应用研究

刘彦¹ 白婷婷²

1. 鄂尔多斯高新技术产业开发管理委员会, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

2. 鄂尔多斯市融媒体中心, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017001

摘要

随着新经济时代的到来, 计算机信息系统集成项目管理面临着前所未有的挑战与机遇。论文旨在探讨在新经济条件下, 如何有效应用项目管理理论与实践, 以提升计算机信息系统集成项目的成功率与效率。论文分析新经济条件下计算机信息系统在集成项目管理中的作用, 明确其管理中存在的问题, 提出适应新经济环境的项目管理策略。研究表明, 通过综合运用现代项目管理理念与技术, 能显著提高计算机信息系统集成项目的管理水平和项目交付质量, 从而在新经济环境中保持竞争优势。

关键词

新经济; 计算机信息系统集成; 项目管理; 云计算; 大数据分析

1 引言

随着全球化进程不断深入, 新经济时代已经到来, 在该背景下计算机信息系统集成项目管理作为推动企业创新和提升竞争力的关键手段, 其具有至关重要的作用。计算机信息系统集成项目管理涉及技术、管理、经济等多个领域, 是企业实现信息化战略的核心环节。所谓新经济时代以知识经济、网络经济、全球化经济为主要特征, 知识成为生产力

的核心要素, 网络技术发展极大地提高信息传播速度, 全球化则要求企业在更广阔的市场中竞争与合作, 这些特征对计算机信息系统集成项目管理提出新的要求。在新经济条件下, 计算机信息系统集成项目管理面临多方面的挑战, 信息技术的快速发展要求项目管理团队不断学习新技术, 以适应不断变化的市场需求; 随着系统集成项目的规模和复杂性增加, 项目管理需要精细规划和高效执行。

2 新经济条件下计算机信息系统集成项目管理的作用

首先, 降低项目成本压力。在项目管理过程中, 企业利用精细化管理、优化资源配置、先进技术手段等方式, 有

【作者简介】刘彦(1978-), 女, 中国内蒙古鄂尔多斯人, 硕士, 高级工程师, 从事计算机信息系统技术研究、计算机软硬件开发、计算机信息系统项目管理研究。

效控制成本。例如，通过引入项目管理软件，实现实时监控项目进度、成本、质量，及时调整项目计划，避免不必要的资源浪费（如图1所示）。

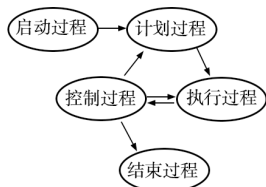


图1 计算机信息系统集成项目管理过程

其次，提高市场竞争力。企业在项目管理中，要组织专业人员进行不断创新，包括技术创新、管理创新、服务创新。技术创新可提升产品的性能和效率，管理创新优化项目流程，提高工作效率，而服务创新则增强客户满意度，提升品牌形象^[1]。

最后，人力资源队伍建设。企业要根据实际运行情况，建立一支高素质、专业化的项目管理团队，持续培训员工专业知识，提升其专业技能和项目管理能力；建立有效的激励机制，激发员工的工作热情和创新精神；营造良好的企业文化，增强团队的凝聚力。

3 新经济条件下计算机信息系统集成项目管理中存在的问题

3.1 项目管理范围较窄

在新经济条件下，计算机信息系统集成项目管理面临着项目管理范围不完善的问题。在新经济环境中，项目范围是帮助项目成功的关键因素，其明确项目目标、预期交付成果、项目边界。但在项目启动阶段，很多项目未能清晰地界定其范围，导致在项目执行过程中频繁出现范围蔓延（Scope Creep）现象，无形中增加项目的不确定性。但值得注意的是，即使在项目初期规范其实际范围，但在实施过程中由于市场环境变化、技术进步、业务需求调整，不可避免出现范围变更问题。目前，很多项目管理团队缺乏有效的范围变更管理机制，无法及时处理这些变更请求，不仅导致项目进度延误，还可能造成资源的浪费，让企业项目目标的偏离实际预期^[2]。

3.2 技术水平有待提升

随着信息技术迅猛发展，企业对计算机信息系统集成需求日益增长，但专业化管理人员和技术人才呈现出短缺现象。技术水平不足主要体现在项目管理人员的专业技能上，在计算机信息系统集成项目中管理人员要具备深厚的技术背景，掌握最新的技术动态，以便更好地指导项目实施。而现实中很多项目管理人员技术知识更新速度跟不上技术发展的步伐，导致在项目实施过程中出现技术决策失误，影响项目的顺利进行。管理人才的短缺也是不容忽视的问题，计算机信息系统集成项目管理要求管理人员具备技术能力和项目管理能力，包括项目规划、组织、协调、控制、评价等

方面能力，但当前市场上具备这些综合能力的管理人才相对稀缺，直接影响到项目管理效率。

3.3 风险意识过于薄弱

在新经济条件下，市场环境复杂多变，技术更新迅速，项目面临的不确定性因素增多，但很多项目在启动初期未能进行详尽的风险识别，导致其忽略潜在风险，使得项目团队在面对突发事件时缺乏预见性和应对能力，无形中增加项目失败的风险。即使项目团队能准确识别出潜在的风险，但在风险应对措施制定上显得力不从心，缺乏有效的应对策略，一旦发生风险事件，项目团队很难有效控制风险，导致项目出现进度延误、成本超支等现象，甚至产生项目失败。同时，在项目团队中，风险管理的职责过于模糊，缺乏专人负责，导致风险管理工作的执行力不足。风险管理是一个系统工程，需要有明确的职责分工和风险管理人员进行负责，如果责任不明确，容易使风险管理工作流于形式，无法真正发挥其应有的作用^[3]。

4 新经济条件下计算机信息系统集成项目管理的优化措施

4.1 加强项目范围管理

为了适应快速变化的市场需求，要求不断优化项目管理，从而保证项目的成功实施。

在优化项目管理时，要从顾客需求出发，在项目启动阶段深入了解顾客的业务需求、痛点、期望，制定健全的沟通反馈机制，让项目团队始终与顾客的需求保持一致；建立顾客参与项目决策的机制，如成立顾客咨询委员会，增强顾客的参与感。在大框架设计方面，项目管理注重系统的灵活性，采用模块化设计方法，使得系统组件进行独立开发和升级，减少对整个系统的影响。考虑到未来可能的技术变革，预留足够的接口和扩展空间，以适应未来的变化。为了确保项目管理的具体范围进一步明确化，要实施严格的监控工作，包括定期的项目进度报告、风险评估、质量控制，使用项目管理软件和工具，如甘特图、敏捷管理工具等，帮助项目团队实时跟踪项目状态，及时解决管理中存在的问题。项目成功与否很大程度上取决于团队的合作效率，建立有效的沟通机制和协作平台至关重要，鼓励跨部门和跨专业的交流合作，定期组织团队建设活动，增强团队凝聚力和协作精神^[4]。高性能芯片的运用极大地提升了计算和数据处理能力，使得项目可以更快地推进，从规划到实施的时间周期被显著缩短。例如：在项目规划阶段，高性能芯片快速处理大量数据，帮助项目经理做出更精准的决策。在实施阶段，强大的计算能力支持复杂的模拟和测试，确保项目按计划高效进行。

4.2 建立健全风险管理机制

为了确保项目的顺利进行，优化项目管理措施，建立健全的风险管理机制显得尤为重要。第一，建立全面的风险

管理机制。风险管理是项目的核心环节，要建立全面的风险识别机制，定期进行风险评估，识别潜在风险点，制定风险应对策略，建立风险数据库，有利于工作人员进行跟踪管理，确保项目在面对不确定性和潜在威胁时，能迅速做出反应，减少损失。第二，强化计算机系统的风险控制。虽然使用“金山毒霸”“360”等商业防护软件能提供一定程度的保护，但这些外部开发的防护系统也存在各种弊端。因此，需要结合内部网段的防火墙建立工作，利用技术手段进行全面的处理，不仅要依赖外部软件，还要加强内部系统的安全防护，加强系统的整体安全性^[9]。

第三，内部网段防火墙的建立。内部网段的防火墙是保护系统安全的重要措施，通过建立防火墙，有效隔离内部网络与外部网络，防止未经授权的访问。同时，利用防火墙的筛选功能，设定DMZ（非军事区）区域列表，控制外部用户的访问权限，大幅度提高系统的安全性，防止潜在的网络攻击。第四，禁止外部用户网络访问。为了进一步提高安全性，禁止外部用户直接进行网络访问，配置防火墙规则，限制外部IP地址的访问权限，只有经过授权的用户才能访问内部网络资源，有效防止未授权访问和潜在的安全威胁。通过上述措施，显著提高计算机信息系统集成项目的安全性和稳定性，确保项目在复杂多变的新经济条件下能顺利进行。这些优化措施不仅有助于防范风险，还能提升项目的整体管理水平，为项目的成功交付提供坚实保障。通过部署各种传感器，系统持续监测硬件的运行状态，及时发现潜在的问题，预防发生系统故障的，减少停机时间。例如，温度传感器监控服务器的运行温度，一旦超过安全阈值，系统会自动采取措施，如启动冷却系统或关闭部分负载，避免硬件损坏，提高系统的稳定性。

4.3 完善项目实施过程管理

在项目启动阶段，工作人员要详细制定项目目标、范围、资源需求、时间表，采用先进的项目管理工具，如敏捷方法，可以提高项目规划的灵活性和适应性。敏捷方法强调迭代和

增量开发，有效应对市场和技术的快速变化，保证项目目标与时俱进。而需求管理是项目成功的基石，通过建立有效的需求收集和变更控制机制，准确理解项目团队对客户需求，使用IBM Rational DOORS需求管理软件，帮助团队实时跟踪管理需求变更。这种软件提供强大的需求追溯功能，让每一项需求变化都能被记录，从而减少项目风险。工作人员要合理配置人力资源和技术资源，采用Microsoft Project资源管理工具，帮助项目经理实时监控资源使用情况，及时调整资源分配，避免资源浪费和短缺，帮助项目高效运行。在风险管理方面，建立全面的风险识别、评估和应对机制，有效降低项目失败的风险，积极使用RiskWatch风险管理软件，系统识别潜在风险，制定相应的应对策略，并在项目实施过程中持续监控风险状态，确保及时响应。

5 结语

综上所述，随着技术飞速发展，市场需求的多样化，以及竞争的日益激烈，传统的项目管理方法已难以满足现代项目的需求。新经济条件下的计算机信息系统集成项目管理是一个复杂而动态的过程，需要项目管理者具备全面的知识和技能，以及灵活的应变能力。通过不断学习和实践，项目管理者可以不断提升自己的管理水平，确保项目的高效、高质量完成，为企业的持续发展做出贡献。

参考文献

- [1] 顾鸣.项目管理在计算机信息系统集成中的应用探讨[J].科技创新与应用,2022,12(10):177-180.
- [2] 马可,黄奇,闫昊,等.浅谈计算机信息系统集成项目管理——基于需求变更与范围管理[J].数码设计(上),2020,9(8):5-6.
- [3] 陈铭.计算机信息系统集成项目的风险管理模式研究[J].电子通信与计算机科学,2022,4(6).
- [4] 陈铭.计算机信息系统集成项目的风险管理模式研究[J].电子通信与计算机科学,2022,4(6).
- [5] 李铭.项目管理在计算机信息系统集成中的运用分析[J].电脑爱好者(电子刊),2021(8):201-202.

Research on Transmission Line Fault Diagnosis and Rapid Positioning Technology

Qingcai Li¹ Shuo Xu² Fujin Zhuge³

State Grid Shandong Electric Power Company Xinxian Power Supply Company, Liaocheng, Shandong, 252400, China

Abstract

With the rapid development of power system and the continuous progress of smart grid technology, the reliability and safety of substation equipment are becoming more and more important. Traditional maintenance methods mainly rely on regular inspection and post-operation maintenance, which not only increases the maintenance costs, but also may lead to power supply instability due to sudden equipment failure. The purpose of this study is to explore the substation equipment fault prediction and preventive maintenance methods based on big data technology, focusing on the application of big data in equipment failure prediction and its impact on preventive maintenance strategy. By the detailed description of common failure types of substation equipment, data collection and processing methods, construction and optimization of machine learning model, as well as the formulation and implementation of maintenance demand prediction and dynamic maintenance plan, a complete set of failure prediction and preventive maintenance scheme based on big data is proposed.

Keywords

big data; substation equipment; fault prediction; preventive maintenance

基于大数据的变电站设备故障预测与预防性维护研究

李庆才 许硕 诸葛福金

国网山东省电力公司莘县供电公司, 中国·山东 聊城 252400

摘 要

随着电力系统的快速发展和智能电网技术的不断进步, 变电站设备的可靠性和安全性变得越来越重要。传统的维护方法主要依赖于定期检查和事后维修, 这不仅增加了维护成本, 还可能因设备突发故障而导致供电不稳定。本研究旨在探讨基于大数据技术的变电站设备故障预测与预防性维护方法, 重点分析了大数据在设备故障预测中的应用及其对预防性维护策略的影响。通过详细描述变电站设备的常见故障类型、数据采集与处理方法、机器学习模型的构建与优化, 以及维护需求预测和动态维护计划的制定与实施, 研究提出了一套完整的基于大数据的故障预测与预防性维护方案。

关键词

大数据; 变电站设备; 故障预测; 预防性维护

1 引言

变电站设备作为电力系统的核心组成部分, 承担着电能传输与分配的关键任务, 确保电力系统的稳定运行^[1]。然而变电站设备运行环境复杂, 经常面临着温度、湿度、机械振动、电压波动等外界因素的影响, 易导致绝缘老化、机械磨损、过电压等故障问题。这些故障不仅会引发设备本身的损坏, 还可能导致电力系统的大规模故障, 进而影响电力供应的可靠性与安全性。本研究的意义在于为电力行业提供一种基于大数据技术的智能故障预测与维护模式, 从而在保障电力系统安全运行的同时, 提高电力系统的经济效益与社会效益。通过该研究, 预期将为电力设备的智能化管理提供理

论基础和技术支持, 推动电力系统的现代化与智能化发展。

2 变电站设备故障预测与维护

变电站设备的运行环境极为复杂, 常见的故障类型包括绝缘故障、机械故障、连接松动以及过电压故障等。绝缘故障通常由设备老化、潮湿环境或过高的温度引起, 这可能导致电气短路或断路现象。机械故障往往源于设备的振动或零部件的磨损。而过电压故障可能由电网的不稳定状态或雷击造成。这些故障不仅干扰设备的正常运作, 还可能引发电力系统的广泛故障。传统意义上, 变电站设备的维护主要依赖于定期检修和经验判断, 常用的检测手段包括热成像和局部放电检测等静态方法。然而这些传统方法存在明显的局限性, 它们难以实现实时监控, 过度依赖人工经验, 并且难以预测未知的潜在故障, 这使得提前预警故障变得困难, 进而可能导致设备损坏和维护成本的增加。

【作者简介】李庆才(1986-), 男, 中国山东聊城人, 本科, 副高级工程师, 从事电力变电研究。

随着传感器和通信技术的飞速发展，变电站设备产生了大量监测数据，这些数据涵盖了温度、湿度、电压和电流等关键运行参数。大数据技术通过采集、存储和分析这些数据，实现了对设备状态的实时监测^[2]。基于大数据的监测系统能够通过模式识别和趋势分析，预先发现潜在问题，从而提高设备的稳定性和安全性。大数据技术在航空、汽车制造和一般制造业等其他工业领域也成功应用于故障预测和预防性维护，帮助有效预测设备故障风险，并制定合理的维护计划。这些成功案例为电力系统设备维护提供了宝贵的参考。结合大数据分析和机器学习算法，为设备故障预测提供了强大的工具。随机森林算法通过构建多个决策树，能够有效处理复杂数据并展现出较强的抗噪声能力。支持向量机（SVM）适用于小样本数据的分析和故障分类。神经网络则在处理复杂非线性问题方面表现出色，尤其适用于多维数据的故障预测。

3 基于大数据的变电站设备故障预测模型

3.1 数据收集与处理

在变电站设备故障预测模型中，数据收集与处理是实现智能化故障检测与预防性维护的核心环节^[3]。数据源主要来自分布式传感器网络，这些传感器实时采集温度、湿度、振动、电流、电压、气压等多维度的物理参数数据，通过对设备运行状态的多元化监测，实现对设备健康状态的全生命周期评估与预测性分析。温度传感器可用于监测变压器绕组的温升情况，识别设备过热故障的潜在风险；湿度传感器用于检测气体绝缘设备内的湿度水平，防止由于湿度过高引发的绝缘老化或击穿问题；振动传感器布置在关键机械部件上，能够检测设备异常振动并识别机械故障模式；电流和电压传感器通过监测实时电气负荷变化，能够发现电力系统中的短路、过载或电压失衡等异常工况。气压传感器主要应用于SF6气体绝缘开关设备，确保内部气体压力稳定，以维持设备的绝缘性能。

数据采集系统通常通过物联网（IoT）架构进行数据传输，结合低延迟的无线通信技术（如LoRa、5G）与高带宽的有线通信（如光纤、以太网），确保数据传输的实时性与可靠性。在传感器网络布置上，采用系统化的设备状态监测（Condition Monitoring, CM）策略，确保设备关键部件的数据采集覆盖全面，数据传输系统采用数据冗余与容错机制，防止因通信故障造成的数据丢失或延迟。中央控制系统通过高性能的分布式计算与大数据分析平台，实现数据的实时处理与长期存储，并为故障预测模型提供训练样本。数据处理过程包括数据清洗、降噪、异常值检测、特征工程等环节，确保输入模型的数据质量^[4]。通过高效的数据采集、传输与处理系统，变电站设备的运行状态能够实现精细化监控，为基于机器学习和数据驱动的故障预测模型提供高精度、高频率的数据支持，最终通过智能运维（Predictive

Maintenance, PdM）体系有效提升设备的可靠性、可用性和维护效率。

3.2 变电站设备故障数据预测

在变电站设备故障预测中，数据分析与特征提取是模型构建的关键环节。首先数据清洗、降噪与异常值检测是数据处理的基础步骤。在实际采集过程中，传感器数据可能会受到噪声、丢失值以及异常点的影响，因此需要通过插值法、平滑算法以及卡尔曼滤波等技术进行数据清洗与降噪。同时采用基于统计学方法和机器学习算法的异常值检测技术，可以有效识别并处理不符合正常数据分布的异常点，确保数据的高质量与可靠性。在特征提取过程中，通过分析设备运行数据，提取能够反映设备健康状态的关键特征，如温度波动幅度、振动频率变化、电流异常波动等。这些特征通过特征选择算法（如主成分分析法、递归特征消除法等）进行筛选，保留对故障预测有显著影响的特征，降低数据的维度，提升模型的计算效率。在完成数据分析与特征提取后，进入故障预测模型的构建与优化阶段。首先，基于历史运行数据和已提取的特征集，机器学习模型（如随机森林、支持向量机、神经网络等）通过监督学习进行训练，以便能够准确识别正常与异常工况的差异。在训练完成后，模型将在独立的测试集上进行评估，以验证其泛化能力与预测效果。模型的性能评估指标包括准确率、召回率和F1值等。准确率衡量模型整体预测的准确性，召回率用于评估模型对故障的检测能力，而F1值则平衡了准确率与召回率之间的关系，综合反映模型在故障预测任务中的表现。通过模型性能的评估与优化（如超参数调整、模型集成等），可以进一步提升模型的预测精度和稳定性，确保其在实际应用中的可靠性和有效性。

4 基于大数据的变电站设备预防性维护方案

4.1 维护需求预测

在大数据驱动的预防性维护领域，维护需求的预测主要依赖于故障预测模型的分析成果。通过对变电站设备的多维度运行数据（如温度、振动、湿度、电流等）进行持续的监测，故障预测模型能够预先识别设备潜在的故障风险，从而为制定维护策略提供坚实依据。为了更精确地确定维护需求，通常会引入设备健康度评估模型（Health Index Model）。该模型通过综合分析设备的各项关键运行参数，计算出设备的健康评分，这一评分反映了设备当前的运行状态及其可能的劣化程度。此外，设备健康度模型能够量化设备的剩余使用寿命，使维护人员能够更有效地规划维护时机和资源分配。这一过程是动态的，设备的健康状态会随着时间推移和运行条件的变化而不断更新，健康评分也会相应地进行调整。通过对这些数据的实时分析，维护需求将得到动态调整，以确保在设备发生重大故障之前进行必要的维护。这种基于设备健康状态的维护策略，不仅有助于减少设备的

意外停机,还能够有效延长设备的使用寿命,提高整个电力系统的稳定性和可靠性。

4.2 预防性维护计划的制定与实施

在明确维护需求后,预防性维护计划的制定依托于动态维护决策模型。该模型综合考虑设备的实时健康状态、历史维护数据以及故障预测结果,灵活生成个性化的维护计划。相比于传统的定期维护,预防性维护更具弹性,它能够根据设备的实际运行情况灵活调整维护频率和时间,以最大程度地提高维护效率并延长设备的使用寿命。这一动态维护决策模型不仅考虑了设备的当前运行状况,还会结合历史维护记录和故障趋势分析,确保在设备出现故障风险时,提前采取适当的维护措施。维护计划的制定过程中,合理配置维护资源是关键,确保维护人员、备件和工具能够在最短时间内调度到位,减少资源浪费并避免维护的延迟。在预防性维护计划的实施过程中,实时监控设备的健康状态和故障预测结果,随时对维护策略进行调整,以应对设备的运行变化。这种动态调整的方式,使得维护活动能够更精准地匹配设备的实际需求,减少了不必要的停机时间,提升了维护工作的精准性和响应速度,确保设备始终处于良好运行状态。

4.3 维护效果评估与优化

在预防性维护中,维护效果的评估与优化是确保维护策略有效性的关键环节。每次维护完成后,系统会通过维护效果反馈机制对设备的运行状态进行深入分析。具体来说,系统会收集并记录设备在维护前后的运行数据,重点关注关键参数的变化,如温度、振动、电流等。通过对这些数据的对比分析,可以评估维护操作是否有效地消除了潜在故障或改善了设备的健康状况。维护效果的反馈数据不仅用于评估个别维护操作的成效,还会被用于优化故障预测模型。随着设备状态的不断变化,故障预测模型可能会出现精度下降的情况。因此在每次维护后,系统会根据最新的设备运行数据对故障预测模型进行重新训练与优化,以提升其对未来故障的预测准确性。通过这种反馈机制,预测模型能够逐步适应设备的实际运行状况,变得更加智能和精准。

5 实例分析与应用

在变电站设备故障预测与预防性维护的实际应用中,

某大型变电站的变压器故障预测和维护案例展示了大数据技术的显著效果。该变电站通过部署多种传感器,持续监测设备的关键运行参数,包括温度、湿度、振动、电流和气压等。基于大数据分析技术和故障预测模型,对这些参数进行实时分析,成功提前识别了变压器内部可能出现的绝缘老化和机械损伤风险。预测模型的实际效果表现突出,其故障预测准确率超过 90%,并且在召回率和 F1 值等性能指标上也展现了优异的表现。通过实施预防性维护,设备运行状况显著改善,维护后温度、振动等关键参数恢复正常,设备故障率降低了近 40%,有效提升了设备的可靠性与稳定性。

然而在实际应用中仍然面临数据质量和系统实时性方面的挑战。数据质量问题主要源于传感器故障、数据缺失及噪声干扰等,这些问题通过定期校准传感器、采用数据清洗与补全算法,以及引入数据冗余机制得以有效解决。同时为应对数据处理延迟对故障预测时效性的影响,系统引入了边缘计算技术和分布式计算架构,确保数据能够及时传输与处理,从而实现故障预测的实时响应。

6 结论

本研究提出了一套基于大数据技术的变电站设备故障预测与预防性维护框架,通过对设备运行数据的实时监控和故障预测模型的应用,有效提高了故障预测的准确性,降低了设备的故障率,并显著提高了运维效率。随着大数据技术、云计算和边缘计算的发展,电力系统设备的故障预测和维护策略将更加精准和智能化。未来研究应进一步探讨如何优化多源数据的融合技术、提高预测模型的鲁棒性,并开发更加自动化的智能维护系统,以实现电力系统的高效、稳定与安全运行。

参考文献

- [1] 刘冬兰,刘新,张昊,等.基于大数据的网络安全态势感知及主动防御技术研究与应用[J].计算机测量与控制,2019(10):27.
- [2] 叶康,肖飞,杨建平,等.基于数据标签的集中监控智能挂牌技术研究[J].电子设计工程,2019,27(19):6.
- [3] 柴文慧.基于采集系统大数据的云服务研究[J].长春师范学院学报(自然科学版),2019,38(4):36-40.
- [4] 冷喜武,陈国平,蒋宇,等.智能电网监控运行大数据应用模型构建方法[J].电力系统自动化,2018,42(20):8.

Short-term Power Load Forecasting and Load Interval Prediction Method Based on Data Mining

Xiangxun Sun

Dongfang Electric Group International Cooperation Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610017, China

Abstract

In order to make full use of the valuable historical data of power load data, this paper proposes a short-term power load prediction method based on data mining, which combines statistical strategies with machine learning to dynamically improve the prediction accuracy. Historical power load feature data set and mapping table form the basis of data mining. Based on statistical strategies, the historical similar day sequence is constructed, and the similar day power load sequence is mapped. As the training sample, it is input into the machine learning and training model, and the optimal prediction coefficient is obtained through the model training, and the short-term power load prediction is completed. The fluctuation range of power load prediction is also of great practical significance. This paper also proposes an innovative mode for research.

Keywords

power load; data mining; short-term load forecast; interval prediction; prediction method

基于数据挖掘的短期电力负荷及负荷区间的预测方法

孙湘珣

东方电气集团国际合作有限公司, 中国 · 四川 成都 610017

摘 要

为充分利用宝贵的电力负荷数据历史资料, 论文提出一个基于数据挖掘的短期电力负荷预测方法, 其中将统计策略与机器学习相结合以动态提升预测精度。历史电力负荷特征数据集和映射表构成了数据挖掘的基础, 基于统计策略构建历史相似日序列, 映射相似日电力负载序列, 作为训练样本输入机器学习和训练模型中, 经过模型训练获得最优预测系数, 完成短期电力负荷预测。电力负荷预测的上下波动范围也极具现实意义, 论文也提出一种创新性模式供研究。

关键词

电力负荷; 数据挖掘; 短期负荷预测; 区间预测; 预测方法

1 引言

电力负荷预测在现代电力系统中具有重大意义, 负荷预测可以帮助电力系统调度部门提前制定发电计划保障电力供应的稳定性, 合理分配资源, 避免供需不平衡。准确的负荷预测有助于优化电力系统的运行和调度, 降低从发电厂到电网的综合运营成本, 通过合理安排发电计划, 避免过剩或不足的发电, 可以减少燃料成本、运输成本等。随着“双碳”目标的推进, 构建以新能源为主体的新型电力系统是必然趋势。负荷预测对于新型电力系统的规划、运行和控制具有关键作用, 有助于实现清洁能源的高效利用。

电力预测是电力系统运行和规划中的关键环节之一, 已经在电力系统中得到广泛应用, 包括负荷预测、风电和太阳能发电预测、电价预测等。电力预测已经发展出种类繁多

的方法, 创新的模式和技术还在不断涌现, 以满足不断变化的需求和挑战。基于人工智能的预测模型: 利用深度学习、神经网络、卷积神经网络 (CNN) 和循环神经网络 (RNN) 等人工智能技术, 可以构建更准确、自适应的负荷预测模型。多源数据融合: 将不同来源的数据 (如天气数据、社交媒体数据、经济指标等) 与传统负荷数据融合, 以提高预测精度。实时预测和调度: 随着电力系统的智能化和数字化, 实时负荷预测和调度成为关键。新型模型和算法可以更快速地适应实时数据。可解释性和不确定性处理: 新型模型应该具备可解释性, 以使用户理解预测结果。电力负荷预测领域仍然具有许多创新的机会。

2 提出一个新的数据挖掘模式

电力运行是人类社会运行的一部分, 在时间上遵循一样的周期, 与自然的运行周期深度嵌合, 历史总是一再重复, 总体相似, 足以借鉴。

夏至和冬至是自然周期中的两个重要节气, 对人类社

【作者简介】孙湘珣 (1972-), 女, 中国湖南邵阳人, 本科, 工程师, 从事计算机技术应用、企业数字化转型研究。

会的运行有着深远影响。夏至：通常发生在每年的 6 月 21 日左右，夏至标志着盛夏的到来，天气炎热，植物生长茂盛，天文学上，夏至是北半球白昼最长的一天，太阳直射北回归线，阳光最为充沛。冬至：通常发生在每年的 12 月 21 日左右，冬至标志着冬季的开始，白昼最短，黑夜最长。天文学上，冬至是北半球白昼最短的一天，太阳直射南回归线。夏至和冬至作为自然周期的标志，也是人类社会生活的周期标志，当然电力负荷运行也与之高度重合。

步骤一：以冬至之日起始建立每一年周而复始的日期序列，提取历史记载中对应日期的温度、湿度形成向量元，构成第一个矩阵 A，同时将当日对应的负荷记录形成矩阵 B，得到两组数据的矩阵。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} D_{y(-1)1} & D_{y(-1)2} & \cdots & D_{y(-1)i} \\ D_{y(-2)1} & D_{y(-2)2} & \cdots & D_{y(-2)i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{y(-k)1} & D_{y(-k)2} & \cdots & D_{y(-k)i} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} V_{y(-1)1} & V_{y(-1)2} & \cdots & V_{y(-1)i} \\ V_{y(-2)1} & V_{y(-2)2} & \cdots & V_{y(-2)i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{y(-k)1} & V_{y(-k)2} & \cdots & V_{y(-k)i} \end{bmatrix}$$

$D_{y(-k)i} = (i, t, h)$ 它是矩阵 A 中的一个向量元，表示过去第 k 年的以冬至日为起始日的第 i 日，当日的平均气温值 t，平均湿度值 h； $V_{y(-k)i}$ 是当日的实际电力负载数值

步骤二：设定今日之前一日的向量元： $D_{y(0)(i-1)} = ((i-1), T_{y(0)(i-1)}, H_{y(0)(i-1)})$ ，相应的负载记录 $V_{y(0)(i-1)}$ ；通过相似性计算获得今年之前 k 年中 A 矩阵中每年的最相似向量元 $(D_{y(-1)(i-1)best}, D_{y(-2)(i-1)best}, \dots, D_{y(-k)(i-1)best})$ ，这一组向量元对应获得 B 矩阵中的一组样本，定义为历史相似量序列：

$$(V_{y(-1)(i-1)best}, V_{y(-2)(i-1)best}, \dots, V_{y(-k)(i-1)best}) \quad (2)$$

也就是过去 k 年中历史记载的相似日负荷值的记录序列。

步骤三：针对历史相似量序列，采用指数移动平均 (EMA) 方法计算获得前一日的计算负荷值，同理依次获得前 n 日的完整计算负荷值序列：

$$(VC_{y(0)(i-1)}, VC_{y(0)(i-2)}, \dots, VC_{y(0)(i-n)}) \quad (3)$$

步骤四：与此计算负荷值序列对应的当日实际负荷记录序列，如下 (4)，采用均方根误差 (RMSE) 方法计算这两个序列的误差值 RMSE，用以评价其相似度：

$$(V_{y(0)(i-1)}, V_{y(0)(i-2)}, \dots, V_{y(0)(i-n)}) \quad (4)$$

步骤五：可以直接定义这组数列的 n 日为学习集，采用机器学习模式对学习集进行拟合运算，使得实际负荷记录序列与计算负荷值序列之间的均方根误差 (RMSE) 最小化，这样过去 n 日中每一日获得一个最优 α ，也即构成最优 α 序列，如下 (5)，作为学习结果，将 n 日的 α 算术平均值定义为当日最优 $\alpha: \alpha_{y(0)(i)best}$ ，用以对下一日的预测计算：

$$(\alpha_{y(0)(i-1)}, \alpha_{y(0)(i-2)}, \dots, \alpha_{y(0)(i-n)}) \quad (5)$$

步骤六：通过天气预报，获得下一日的向量元参数：

$D_{y(0)(i+1)} = ((i+1), T_{y(0)(i+1)}, H_{y(0)(i+1)})$ ，重复上述步骤二至五，采用当日最优 α 在指数移动平均 (EMA) 方法中获得次日日的，从而实现对次日日的预测。

3 历史数据的相似性运算

步骤一中的 A、B 矩阵①，本质上是根据模糊聚类规则构建了电力负荷特性指标数据的模糊系数特征样本空间和映射表，构成负荷数据挖掘的基础，有效降低负荷随机性，保障挖掘精度。样本空间的边界取决于历史数据的累积，同时在实际运算中也可以根据精度的满意度进行合理切割，确保运算效率和精度的平衡。

今年第 i 日的向量为 $D_{y(0)(i)} = ((i), T_{y(0)(i)}, H_{y(0)(i)})$ ，根据冬至日起始的周年循环推理，与其气温、湿度特征值最为相似的历史记录日应为过去每年的当日，即发生于：

$$(D_{y(-1)(i)}, D_{y(-2)(i)}, \dots, D_{y(-k)(i)})$$

实际上每年的具体情况不同，因而最有可能的相似日是发生在日的前后数日之内，具体判定方法可以采用向量空间中的最短距离计算，即空间三维坐标的两点，怎么计算它们的距离？当已知一个点 $d_i = (x_i, y_i, z_i)$ ，周围有若干个其他点 $d_j = (x_j, y_j, z_j)$ 时，我们可以计算这些点与已知点之间的距离，并找到最靠近的点。使用欧几里得距离公式计算它与已知点 D1 之间的距离：

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_1)^2 + (y_i - y_1)^2 + (z_i - z_1)^2} \quad (6)$$

遍历所有点，找到具有最小数值的点，这个点就是距离已知点最近的点，因此我们可以用以下公式来表示选择距离最近的点：

$$d_i = \operatorname{argmin}_d \|d - d_1\| \quad (7)$$

根据坐标，获得 (1) B 矩阵中的数值 $V_{y(-k)i}$ 为最佳值，形成历史相似量序列：

$$(V_{y(-1)(i-1)best}, V_{y(-2)(i-1)best}, \dots, V_{y(-k)(i-1)best}) \quad (8)$$

4 关于 EMA 运算

指数移动平均 (EMA) 是一种常用的平滑方法，用于对序列数据进行加权平均。它在深度学习中优点突出：

①平滑数据：EMA 会给近期的数据点赋予更大的权重，而对较早期的数据点赋予较小的权重。这有效地平滑时间序列数据，使其更连续和稳定。

②稳定模型参数更新：在深度学习中，EMA 通常用于平滑模型参数的更新。每次更新参数时，对模型参数进行 EMA 处理，减少每次更新的波动，使模型更加稳定。

③计算滑动平均梯度：EMA 还可以用于计算滑动平均

梯度,用于优化器的更新,进一步提高模型的性能和泛化能力。

以年度周期递进的电力负载向量天然构成时间序列,指数移动平均 (EMA) 随时间梯度由近及远平滑权重的特性完美反应样本序列的自然属性,地球宏观气候变化、各地区经济发展趋势等一系列长期影响因素被包容在当日最优 α ($\alpha_{y(0)(i)best}$) 的持续优化进程中。

EMA 的计算公式为:

$$ema_{(t)} = \alpha \cdot X_{(t)} + (1 - \alpha) \cdot ema_{(t-1)} \quad (9)$$

其中, t 为时间步; $X_{(t)}$ 为第 t 个时间点的原始数据; α 为平滑因子,通常取值在 0 到 1 之间,为当前样本的权重; $(1 - \alpha)$ 则为历史数据的权重; $ema_{(t-1)}$ 为上一个时间点的 EMA 值。通过 EMA,我们对历史数据进行加权平均,使得每个数据点的权重随着其距离当前时间点的远近而不断减小。这有助于更好地捕捉数据的趋势和变化。

5 关于均方根误差 (RMSE) 评价方法

均方根误差 (Root Mean Squared Error, RMSE) 是一种常用的评估预测模型精度的指标,直观性强: RMSE 的单位与原始数据的单位相同,误差度量 (如 MSE) 更容易解释和理解; 对大误差敏感: 由于 RMSE 计算的是误差的平方根,它对较大的误差更加敏感,对那些偏差较大的预测值给予更大的权重,有助于识别和改进模型中的大误差; RMSE 在许多领域都有广泛应用,包括气象预测、金融分析、工程设计等。它可以帮助评估模型的预测性能,并在不同模型之间进行比较。

最佳实用场景包括: 机器学习模型在时间序列预测中进行回归分析。

在机器学习中, RMSE 常用于评估回归模型的性能,帮助选择最佳的模型和调整超参数,特别是在需要对未来数据进行精确预测的情, RMSE 可以用来评估模型的训练效果,并进行模型的选择和优化。较小的 RMSE 值通常表示模型具有更好的泛化性能。

第一组样本 (3), 计算负荷值序列:

$$VC_{y(0)(i-1)}, VC_{y(0)(i-2)}, \dots, VC_{y(0)(i-n)}$$

第二组样本 (4), 实际负荷记录序列:

$$V_{y(0)(i-1)}, V_{y(0)(i-2)}, \dots, V_{y(0)(i-n)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (VC_{y(0)(i)} - V_{y(0)(i)})^2} \quad (10)$$

其中, $VC_{y(0)(i)}$ 为第一组样本中的第 i 个值; $V_{y(0)(i)}$ 为第二组样本中的第 i 个值; n 为样本的数量。

这个公式表示的是两组样本对应值之间的平方差的平均值的平方根。RMSE 越小, 表示两组样本之间的误差越小。

6 关于机器学习的迭代最优化算法

机器学习中的迭代最优化回归算法是指通过反复调整

模型参数,以最小化损失函数 (如均方误差) 的方法。这些算法通常利用梯度信息来逐步改进模型的预测性能。以下是一些常见的迭代最优化回归算法:

梯度下降法 (Gradient Descent): ①批量梯度下降 (Batch Gradient Descent): 每次迭代使用整个训练集来计算梯度。②随机梯度下降 (Stochastic Gradient Descent, SGD): 每次迭代使用一个样本来计算梯度,更新参数。③小批量梯度下降 (Mini-batch Gradient Descent): 每次迭代使用一小部分样本来计算梯度。

动量法 (Momentum): 在梯度下降基础上引入动量项,累积之前的梯度信息,加速收敛并减少震荡。

AdaGrad: 自适应学习率算法,根据历史梯度调整每个参数的学习率,适合处理稀疏数据。

RMSProp: 改进的 AdaGrad 算法,使用指数加权移动平均来计算梯度平方和,适合处理非平稳目标。

Adam: 结合了动量法和 RMSProp 的优点,自适应学习率和动量项,广泛应用于深度学习。

这些算法通过不断迭代,逐步逼近最优解,适用于各种回归问题和复杂的机器学习模型。

本预测模型中最贴切的方法是梯度下降法 (Gradient Descent), 流程说明如下:

①设定初始化参数: 学习率 $\alpha = \tau \cdot i$, 最大迭代次数 $m=1/i$, τ 是学习率步长,初始设定为 0.01, i 从 1 到 m 。

②计算损失函数: 定义损失函数 $J(\theta)$, 如均方误差 (RMSE):

$$J(\theta) = f(RMSE, \alpha) \quad (11)$$

③计算损失参数的梯度: 计算损失函数对参数 α 的梯度:

$$\Delta J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (f(RMSE, \alpha)_i - f(RMSE, \alpha)_{(i+1)})^2 \quad (12)$$

④迭代: 重复步骤 2 到 3, 直到达到损失函数的梯度收敛到 0 或者肘部出现。

7 预测范围的问题

在电力负载预测中,如果预测值不是一个精确值而是一个上下波动的范围,也是非常有价值的,提高模型鲁棒性,使其在面对实际数据波动时表现更好。可以帮助决策者制定更灵活、安全的计划,加强了不确定性管理。电力需求和供应受多种因素影响,如天气、经济活动和突发事件,通过预测范围,电力公司可以评估不同情景下的风险。例如,如果预测范围较宽,可能需要准备更多的备用电源以应对潜在的高需求;如果预测范围收窄,则可以资源优化避免过度或不足的准备。这些对范围的预测支持有关电力市场参与者在电力交易、价格设定和合同谈判中掌握更多的决策主动权。

在一个区域内稳定电力市场中,电力负荷的变化率通

常会受到季节、天气、经济活动等多种因素的影响。根据统计数据,电力负荷的日变化率在不同季节和不同地区会有所不同。例如,在夏季和冬季,由于空调和取暖设备的使用,电力负荷通常会达到高峰,而在春秋季节则相对较低^[12]。具体到每天的波动率,通常在5%~10%波动。

布林线(Bollinger Bands)是由约翰·布林格(John Bollinger)发明的一种技术分析工具,最适宜应用于波动性、趋势性、周期性研究,尤其是它提供的上下限统计阈值,非常适合电力负载的波动范围预测。当前布林线最成功最主流的应用领域是金融行业,将其在电力行业借鉴应用笔者尚未发现先例。布林线的计算方法:

中轨线(MID):通常是某一时间段(如20天)的移动平均线(MA)。

$$MA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{y(0)(i-1)} \quad (13)$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_{y(0)(i-1)} - MA)^2} \quad (14)$$

上轨线(UPPER):中轨线加上该时间段内分析值的标准差的两倍。

$$Upper\ Band = MA + 2 \times SD \quad (15)$$

下轨线(LOWER):中轨线减去该时间段内分析值的标准差的两倍。

$$Lower\ Band = MA - 2 \times SD \quad (16)$$

从数据研究角度进行验证,提取波动性、趋势性、周期性同样突出的A股上市公司中国神华(SH.601088)在2019-2020两年全部488个交易日数据,期间平均日波动2.6%,进行布林运算。结果显示,向上突破布林上轨的异常数据率为8.81%,向下突破为0%,通过回归测算,4倍SD宽度是平衡上下轨宽度和异常数据率的最佳取值,91.9%的区间包容率在实践中非常可行,这对类似统计波动率的电力负载区间预测具有重大参考意义。

2019—2020中国神华日成交量分布见图1。

8 结语

电力负荷预测不仅影响电力系统的供需平衡,也关系到供电可靠性,产业上下游资源优化,全社会综合节能减排效能。论文创新性提出一种基于数据挖掘的预测方法,对短期负荷预测以及短期预测区间分布进行研究,并阐述了与模式相关的各种算法的优越性,为有关方面的进一步细化实践提供了方向。

论文提出的预测模式还有多方面的拓展空间,如在时序的微观和宏观周期方面、在电力负荷数据特征数据集的向量维度方面;另外,如果将不同区域电网的预测结果进行实时链接、比较、复合可作为大电网调度的决策参考信息,在技术和经济方面体现更大价值。这些留待未来进一步进行探讨。

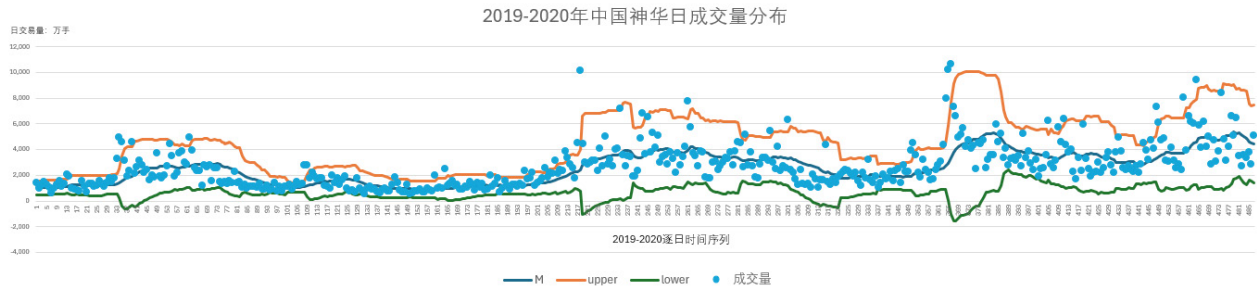


图1 2019—2020中国神华日成交量分布

参考文献

- [1] 潘攀,陈凡.基于数据挖掘的短期电力负荷预测方法[J].科学技术创新,2023(21):201-204.
- [2] 庞传军,张波,余建明.基于LSTM循环神经网络的短期电力负荷预测[J].电力工程技术,2021(1):175-180.
- [3] 韩雅萱,石梦舒,黄元生,等.基于机器学习的短期电力负荷预测方法比较及改进研究[J].科技管理研究,2023(1):163-170.
- [4] 苏伟,肖小龙,史明明,等.周期规律增强的多视角短期电力负荷预测[J].北京航空航天大学学报,2024(1):477-486.

Optimized Design of Intelligent Traffic Management System Based on Engineering Electronic Information Technology

Xin Wu

Shanxi Institute of Applied Science and Technology, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

Based on the engineering electronic information technology, this paper optimizes the intelligent traffic management system. First, the background and importance of the intelligent transportation system is expounded, emphasizing its key role in reducing urban traffic congestion, improving road safety and improving environmental quality. Next, the main methods of system optimization using engineering electronic information technology are introduced, including real-time traffic information collection and processing, efficient road network dynamic monitoring and control, and refined travel demand prediction. The experiments show that the traffic management system using this optimized design shows significant advantages in improving the efficiency of traffic flow, reducing the traffic accident rate and reducing vehicle emissions. Finally, the study discusses the significance of the system, and believes that it provides innovative theoretical guidance and practical tools for the solution of the current traffic management problems, and has great social value and economic benefits.

Keywords

engineering electronic information technology; intelligent traffic management system; system optimization; traffic flow efficiency; vehicle emissions

基于工程电子信息技术智能交通管理系统优化设计

武鑫

山西应用科技学院, 中国 · 山西 太原 030000

摘要

论文以工程电子信息技术为基础,对智能交通管理系统进行了优化设计。首先,阐述了智能交通系统的背景和重要性,强调了其在减缓城市交通拥堵、提高道路安全和改善环境质量等方面的关键作用。接下来,介绍了采用工程电子信息技术进行系统优化的主要方法,包括实时交通信息收集和处理、高效的路网动态监控和控制,以及精细化的出行需求预测等。通过实验证明,利用此优化设计的交通管理系统在提高交通流量效率、降低交通事故率和减少车辆排放中表现出了显著的优势。最后,研究探讨了系统的意义,认为其为当前交通管理问题的解决提供了创新的理论指导和实用工具,具有巨大的社会价值和经济效益。

关键词

工程电子信息技术; 智能交通管理系统; 系统优化; 交通流量效率; 车辆排放

1 引言

交通管理问题一直是全球城市及其管理者面临的一大挑战,尤其是在大中型城市中,交通拥堵、安全事故、环境污染等问题日益凸显。为了改善这一困境,智能交通系统(ITS)应运而生,这一系统为我们提供了一个有效的工具即工程电子信息技术,它可以大大解决交通问题,如减少交通拥堵、提高道路安全性、改善环境质量等。然而,现存的智能交通系统往往还存在一些不足之处,因此如何优化设计

已经成为成了一个亟待解决的重要问题。论文的研究其实就是基于工程电子信息技术,进行智能交通系统的优化设计。通过实时收集和处理交通信息,进行路网的动态监控和控制,以及进行精细化的出行需求预测等方法,我们可以实现这一目标。实验证实,这种优化设计的智能交通系统能够显著提高交通流量效率,降低交通事故率,减少车辆的排放,对于社会和经济的发展和环境的改善具有重要的影响。最后,我们还会详细探讨系统的意义,希望为当前交通管理问题的解决提供一种新的理论指导和实用工具。

【作者简介】武鑫(2001-),男,中国山西吕梁人,本科,从事电子信息工程研究。

2 智能交通系统的背景和重要性

2.1 现状和挑战的介绍

近年来,随着城市化进程的加快和社会经济的迅猛发展,城市交通系统面临着前所未有的挑战^[1]。城市人口的急剧增长和机动车数量的持续增加导致交通压力急剧上升,交通拥堵、事故频发、环境污染等问题日益严重。交通管理的方式传统僵化,难以适应迅速变化的交通需求和供给。

现有的交通管理系统往往依赖静态的数据和固定的控制策略,无法实时反映和调节动态交通状况^[2]。传统的方法通常难以高效处理海量的交通数据,导致决策的滞后性和局限性。特别是在高峰时段和突发事件中,交通瓶颈问题愈加突出,对市民的出行效率和安全构成了巨大的威胁。

在全球范围内,虽然一些发达国家和地区已经在智能交通系统的研究与应用上取得了一些进展,但总体上各城市在系统整合、技术应用和管理机制等方面仍面临诸多困难和瓶颈。基于工程电子信息技术智能交通管理系统的提出,为解决上述问题提供了新的思路和解决方案。通过整合先进的信息技术和工程手段,能够实现对交通状况的全方位监控和动态调节,从而有效缓解现有的交通管理困境,提升城市交通系统的运行效率与安全性。

2.2 智能交通系统的作用和潜力

智能交通系统对现代城市交通管理具有至关重要的作用和巨大的潜力。其主要作用体现在以下几个方面:智能交通系统通过实时收集和处理交通信息,实现了交通流量的动态监控和优化控制,极大地提高了道路利用效率。这不仅缓解了交通拥堵,还节省了行车时间,有助于提升整体交通流动性。智能交通系统通过精准的出行需求预测和交通流量分析,可以有效减少交通事故的发生。在关键路口和高风险区域,智能交通系统能及时发出预警信息,帮助司机提前应对潜在危险,提高道路安全性。智能交通系统也在环境保护中发挥着重要作用。其通过优化交通信号和路径规划,减少了车辆在道路上的停滞时间,进而降低了燃油消耗和排放的有害气体,显著改善了城市空气质量。智能交通系统还为未来的自动化驾驶和智慧城市建设奠定了基础,为实现更安全、高效和环保的交通运输提供了无限可能。智能交通系统在提升城市交通管理水平、保障公共安全和促进可持续发展方面显示出了不可替代的优势和广阔的应用前景。

2.3 智能交通系统在全球范围内的应用状况

智能交通系统在全球范围内的应用状况已经取得显著进展,并在众多国家和地区落地实施。美国的智能交通管理系统通过整合交通监控、信号控制和车联网技术,有效地提升了交通效率和安全性。欧洲国家如德国和荷兰,采用高精度的交通预测技术和自动驾驶技术,推动了智能交通系统的发展。亚洲地区的日本和新加坡则通过大数据分析和人工智能技术,构建了高度互联和智能化的交通管理系统。这些国家和地区的应用成果表明,智能交通系统在全球范围内具有

广泛的适用性和显著的成效。

3 基于工程电子信息技术的智能交通系统优化设计方法

3.1 实时交通信息收集和处理技术

实时交通信息的收集和处理技术在智能交通管理系统中起到了核心作用。通过工程电子信息技术的应用,能够有效地获取、传输和分析大量的交通数据,为实时决策提供可靠依据。

交通信息的收集主要依赖于各种传感器和数据采集设备,如视频监控摄像头、雷达测速仪、无线信号传感器等。这些设备能够实时监控交通流量、车辆速度、车流密度和路况等信息,并将数据传输到数据处理中心。采用高精度的传感器技术,可以保证数据的准确性和可靠性,减少因数据误差带来的管理问题。

在数据传输方面,无线通信技术如5G和物联网(IoT)的应用极大地提升了数据传输的速度和稳定性,使得交通信息能够以超低延迟的方式传递到中央处理系统^[3]。边缘计算的引入在数据传输和处理之间搭建了桥梁,使得部分数据可以在本地进行预处理,减少了传输带宽的压力,提高了整体系统的响应速度。

数据处理是实现实时交通信息系统功能的关键环节。通过大数据分析、机器学习和人工智能技术,可以对收集到的交通数据进行深度挖掘和分析。基于数据挖掘和模式识别,可以识别出交通流量的变化规律和潜在的交通拥堵点,从而为交通管理部门提供预测性指导。实时数据处理还涵盖了对突发事件的快速响应,通过算法分析及时调整交通信号,疏导交通流量,减少因交通事故或路况突变引发的二次拥堵。

通过一体化的实时交通信息收集和处理系统,能够大幅度提升智能交通的管理效率和准确性,确保交通流量的顺畅与安全。

3.2 高效的道路网动态监控和控制技术

高效的道路网动态监控和控制技术是智能交通管理系统优化的关键环节。该技术通过对交通流量进行实时监控和分析,能够有效地调整和引导交通流动,以实现道路资源的最优利用。动态监控系统采用先进的传感器和摄像头设备,结合人工智能和大数据分析,对道路上的车辆流量、速度、拥堵状况等信息进行实时采集和处理。这些信息通过数据通信网络传输到中央控制系统,以便实施精准的交通管理和控制策略。

中央控制系统借助复杂的算法和数据模型,能够快速识别异常交通状况,例如突发事故、道路施工或临时交通管制,并根据实时路况进行动态调整,包括信号灯控制、车道分流和交通引导,旨在最大限度地减少交通拥堵和延误。高效的道路网动态监控还能够提供车联网和自动驾驶车辆的

基础支持,与智能车辆协同工作,进一步提升整个交通系统的智能化程度和反应速度。

该技术不仅提升了交通流量的效率,也显著降低了交通事故率和环境污染,充分体现了智能交通系统在现代城市交通管理中的重要作用。

3.3 精细化的出行需求预测技术

精细化的出行需求预测技术利用大数据分析和机器学习算法,对城市交通流量进行高度精准地预测。通过收集和解析历史交通数据、天气状况、事件信息等多种数据源,建立复杂的数学模型,以预测不间断、不同路段的交通需求。这种技术不仅能优化交通信号控制,还能为交通规划和应急管理提供科学依据,显著提升交通系统的整体效率和可靠性。

4 优化设计的智能交通管理系统的效果及其意义

4.1 对提高交通流量效率的影响

优化设计的智能交通管理系统在提升交通流量效率方面展现出显著成效。应用工程电子信息技术后的智能交通系统,通过综合利用实时交通信息收集和处理、高效的路网动态监控与控制,以及精细化的出行需求预测技术,实现了对城市交通流的全面优化。

实时交通信息收集和处理技术可以迅速感知交通状态,并将交通流量数据进行高效分析处理,从而为交通指挥提供科学依据。通过对不间断、不同路段交通流量的全面监测和动态分析,交通管理部门能够及时调整交通信号灯的配时策略,以及通过诱导屏、导航系统等信息发布手段,引导车辆避开拥堵路段,从而实现车流的合理分配和疏散,提升了整体通行效率。

高效的路网动态监控与控制技术能够在交通流量发生变化时快速响应。通过部署遍布城市各主要道路的传感器、摄像头和其他数据采集设备,系统可以实时获取交通流数据,并在后台进行大规模数据分析。这使得交通控制中心可以实时调整各道路节点的交通控制策略,如动态调整车道使用,以及灵活改动交通信号设置,从而最大限度地提高道路使用效率,减少车辆等待时间,顺畅交通流动。

精细化的出行需求预测技术通过对历史交通数据的持续学习和分析,结合多种天气、节假日等因素,准确预判未来交通情况。有了这些精准预测,交通管理系统能够提前做好应对预案,合理分配交通资源,避免潜在的交通堵塞。这不仅提升了道路系统的应变能力,也提高了城市交通管理的前瞻性和计划性,使整体交通更加高效、有序。

通过以上技术的有机结合,优化设计后的智能交通管理系统在大幅提升城市交通流量效率方面表现出色,有效缓解了由于车辆拥堵造成的时间浪费和社会资源的损耗,为市民出行提供了更加便捷和顺畅的交通环境。

4.2 对降低交通事故率和减少车辆排放的贡献

优化设计的智能交通管理系统在降低交通事故率和减少车辆排放方面显示出显著贡献。采用工程电子信息技术,可以实现对交通状况的实时监控和处理,及时发现并预防潜在的交通事故。动态监控和自动控制系统可以通过调节交通信号、引导车辆流量和优化行车路径有效减少碰撞风险。精细化的出行需求预测技术使得交通流量更加平稳,减少了紧急刹车和急加速的情况,从而降低事故发生率。通过改进行驶路线和减少停车等待时间,车辆的空转时间和燃油消耗得以减少,直接减少了有害气体的排放。这不仅有助于环境保护,也减少了因交通事故导致的社会成本和经济损失,提升了整体交通系统的可持续性和效率。

4.3 对社会和经济的影响

优化设计的智能交通管理系统对社会和经济的影响广泛且深远。其在减缓交通拥堵和提高道路通行效率的大幅度降低了民众的出行时间和成本,从而提升了整体社会生产力。系统优化显著减少了交通事故的发生概率,提升了公共安全水平并减少了意外医疗支出的负担。在环境方面,车辆排放的降低有助于减少空气污染,改善居民生活质量。这些变化不仅提高了城市整体生活质量,也为地方经济的发展和投资环境的优化提供了有力支持。

5 结语

论文主要是研究如何优化智能交通管理系统,采用电子信息技术对它进行改进。通过改进后的智能交通管理系统,我们可以让城市交通运行得更好,防止车祸发生,也可以减少空气受到的污染。但是,这个优化工作并不是一下子就能完成的,需要我们以后花更多的时间和精力去不断改进。这项研究不只是对现在的交通问题有帮助,对以后做相关研究的人也有很多启示。我们期待通过持续的努力,让优化后的交通管理系统发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 王斌拓.电子信息技术在隧道交通管理中的实践[J].无线互联科技,2021,18(20):82-83.
- [2] 徐炳全.电子信息技术在隧道交通管理中的应用[J].智能城市,2019,5(8):140-141.
- [3] 胡瑞祥.电子信息技术在隧道交通管理中的应用探讨[J].科学与信息化,2020(9):156-158.

Research on the Application of Computer Hardware and Network Technology in Internet of Things Communication

Su Zhang

Beijing Ruubypay Science and Technology Co., Ltd., Beijing, 100088, China

Abstract

With the continuous progress of science and technology, the Internet of Things technology has become one of the key technologies to connect the real world and digital world, the application of computer hardware and network technology, can reduce the network pressure in computer communication, improve the processing capacity of computer and network transmission efficiency, so as to realize more rapid, stable and safe data transmission and information exchange. This paper mainly analyzes the specific application of computer hardware and network technology in the Internet of Things communication, such as data storage and processing, equipment connection, data transmission, and so on, and then provides a strong support for the development of computer communication. IoT technology relies on the organic combination of various computer hardware and network technologies to achieve a wide range of communication and applications, from sensors to wireless modules to network protocols, the development of each technology provides the possibility for the popularization and efficient operation of the Internet of Things.

Keywords

network technology; Internet of Things; computer hardware

物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的实践研究

章苏

北京如易行科技有限公司，中国·北京 100088

摘 要

随着科技的不断进步，物联网技术已经成为连接现实世界与数字世界的关键技术之一，物联网通信中应用计算机硬件及网络技术，可以减少计算机通信中的网络压力，提高计算机的处理能力和网络的传输效率，从而实现更快速、稳定和安全的数据传输和信息交换。论文主要深入分析了计算机硬件及网络技术在物联网通信中的具体应用，如数据存储和处理、设备连接、数据传输等，进而为计算机通信的发展提供了强有力的支持。物联网技术依赖于各种计算机硬件和网络技术的有机结合，以实现广泛的通信和应用，从传感器到无线模块，再到网络协议，每一种技术的发展都为物联网的普及和高效运作提供了可能。

关键词

网络技术；物联网；计算机硬件

1 引言

计算机硬件及网络技术的有效应用能促进物联网自身的发展，提升网络传输水平，还能够满足物联网设备的需求。数据存储和处理中可以提供如 DAS、NAS 和 SAN 等多种存储模式，进而满足不同规模和速度需求的存储解决方案。设备连接与数据传输中，通过多种输入输出设备，如传感器和摄像头，将物理信号转换为数字信号，再通过输出设备如显示器反馈给用户，为人类社会的发展带来更多便利和效益。

2 物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的意义

2.1 减少计算机通信中的网络压力

随着物联网技术的不断发展，越来越多的设备需要连接到互联网上进行数据传输和信息交换，这些设备的连接数量和传输数据量的增加，给计算机通信带来了巨大的网络压力。计算机硬件的升级可以提高计算机的处理能力和存储容量，使其能够更高效地处理大量的数据传输和信息交换任务。例如，采用更快的处理器、更大的内存和高速的硬盘等硬件设备，可以显著提升计算机的运行速度和数据处理能力，从而减轻网络压力。通过采用先进的网络协议和算法，可以优化数据的传输过程，提高网络的传输效率和稳定性。例如，采用分布式网络架构可以将数据传输分散到多个节点

【作者简介】章苏（1977-），男，中国浙江鄞县人，硕士，从事大数据、网络安全和人工智能领域研究。

上,避免单点故障和瓶颈问题;采用负载均衡技术可以将网络流量合理分配到不同的服务器上,提高整体的网络性能。此外,计算机硬件和网络技术的结合还可以实现更智能的数据传输和信息交换方式,通过引入人工智能和机器学习等技术,计算机可以自动分析和预测网络流量的变化趋势,从而提前调整网络资源的配置,避免网络拥堵和延迟问题的发生,同时通过网络技术的优化,可以实现数据的压缩和加密传输,进一步提高网络的安全性和可靠性^[1,2]。

2.2 提高通信质量和效率

计算机硬件在物联网通信中的应用中,通过使用高性能的计算机硬件设备,如处理器、存储器和网络接口卡等,可以实现更快的数据传输速度和更高的数据处理能力,这些硬件设备能够处理大量的数据流,并确保数据在传输过程中的稳定性和可靠性。此外,计算机硬件还可以提供更强大的加密和安全功能,保护通信数据的机密性和完整性,防止未经授权的访问和数据泄露。网络技术在物联网通信中的应用可以提高通信效率。通过采用先进的网络协议和算法,可以实现更高效的数据传输和路由选择。例如,物联网通信中常用的无线通信技术,如 Wi-Fi 和蓝牙,可以通过优化频谱利用率和减少干扰来提高通信效率。此外,网络技术还可以实现设备的自动发现和连接,简化了设备之间的通信过程,减少了人为干预的需求。

2.3 持续扩展计算机通信应用领域

随着科技的不断进步,计算机硬件和网络技术的发展为物联网通信提供了强大的支持。通过将计算机硬件与网络技术相结合,可以实现更高效、更可靠的物联网通信系统。物联网设备产生的大量数据需要进行处理和分析,而高性能的计算机硬件可以提供更快的计算速度和更大的存储容量,这使得物联网设备能够更快地处理和响应数据,提高整个系统的运行效率。网络技术在物联网通信中的应用可以实现远程监控和管理,通过网络连接可以轻松地访问和控制物联网设备,这种远程监控和管理功能使得物联网设备更加智能化和自动化,提高了系统的可靠性和稳定性。计算机硬件和网络技术的结合还可以实现物联网设备的互联互通。通过使用标准化的通信协议和接口,不同厂商生产的物联网设备可以相互通信和协作。这使得物联网系统更加灵活和可扩展,能够满足不断变化的需求。计算机硬件和网络技术的应用还可以提高物联网通信的安全性。通过加密技术和身份验证机

制,可以保护物联网设备免受黑客攻击和未经授权的访问。进而确保了物联网系统的机密性和完整性,为用户提供了安全可靠的通信环境^[3]。

3 物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的实践研究

3.1 数据存储和处理

物联网通信中,计算机硬件扮演着至关重要的角色,特别是在数据存储和处理方面,随着物联网设备的广泛应用和数据的爆炸式增长,对高效、高性能的硬件需求愈发迫切,如图 1 所示。新型存储设备如 FRAM、PCM、MRAM 和 ReRAM 等,以其低功耗和高读写速度的特点,为物联网设备提供了更有效的数据处理和存储解决方案,改进了传统存储器的局限,比如 DRAM 的易失性和 NAND Flash 的读写速度慢的问题,还支持边缘计算,通过在数据产生地点进行数据处理,减少云存储和传输的需求,降低延迟和带宽消耗。随着人工智能和边缘计算技术的发展,存算一体化成为热门趋势,这种技术通过将存储和计算功能集成在同一硬件上,能有效消除内存与外存之间的“存储墙”,提高数据处理效率。在物联网设备中,处理器和微控制器是核心部件,负责执行数据的初步处理和指令,随着技术的进步,越来越多的物联网设备开始集成 AI 加速器,如神经网络处理单元(NPU),这使得设备能够在边缘端进行更复杂的数据分析和决策,提高了系统的实时性和响应速度。为了进一步提高数据处理速度和效率,硬件加速技术被广泛应用于物联网设备中。通过用硬件模块替换软件算法,如基于 Huffman 算法的硬件加速和基于像素光照的硬件加速,可以显著提升数据处理的效率,特别是在处理大量数据或复杂计算时。在物联网通信中,边缘计算技术通过在数据源附近进行数据处理,减少了数据在网络中的传输距离和时间,从而降低了延迟和带宽的使用,这种技术对于需要实时响应的物联网应用非常关键,如自动驾驶、智能制造等领域。随着计算机硬件技术的进步,特别是存储和处理能力的增强,边缘计算的应用场景将更加广泛,新型存储技术提供的快速读写能力和存算一体化的趋势,将进一步提升边缘计算设备的性能,使其能够处理更复杂、更大量的数据。随着技术的不断进步和应用场景的拓展,计算机硬件在物联网通信中的作用将更加重要,为各行各业带来更高效、智能的解决方案。

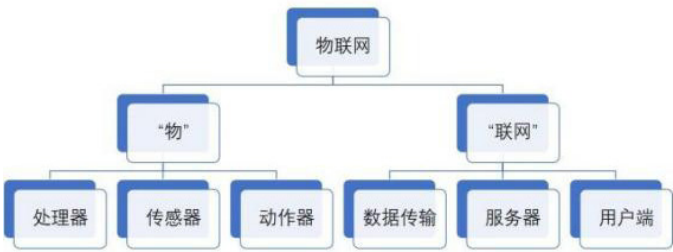


图 1 物联网工作原理

3.2 设备连接与数据传输

物联网系统中，设备连接和数据传输是实现设备间通信的基础，而这两个过程都离不开计算机硬件的支持。物联网设备需要通过网络接口硬件连接到网络，从而实现与其他设备的通信，这些接口包括无线和有线，如 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、以太网接口等，这些接口卡负责处理与传输介质的物理层连接，并将数据转换为链路层可以处理的格式。在无线连接中，射频模块是关键的硬件组件，负责发射和接收无线电信号，具有低功耗、高灵敏度和可靠的通信能力，可以确保设备在远距离和恶劣环境下仍能保持稳定连接。对于使用宽带或蜂窝网络的物联网设备，调制解调器是重要的硬件组件，主要是将基带信号调制为高频信号以进行无线传输，并在接收端进行解调，在 NB-IoT、4G/5G 等蜂窝物联网技术中尤为重要。在物联网网络中，路由器和交换机是关键的传输设备，在网络层和链路层，负责数据包的转发和路由选择，确保数据能够高效地从源头传输到目的地。路由器根据 IP 地址决定数据包的最佳路径，而交换机则在本地网络内转发数据帧。为了支持各种传输协议，物联网设备通常包含专门的硬件或固件来处理这些协议的实现。为了降低云服务器的负载和减少数据传输延迟，较多物联网设备现在配备了边缘计算硬件，这些硬件能够在设备本地处理数据，执行机器学习算法，将必要的数据或处理结果发送到云端，进而降低了带宽需求，提高了系统响应速度。由于物联网设备种类繁多，标准化的硬件接口对于确保不同设备之间能够无缝连接至关重要，而且物联网操作系统和平台提供了统一的设备管理和支持多种硬件的驱动程序，这些操作系统和平台抽象了硬件细节，提供了统一的编程接口，使得开发者能够更容易地开发和管理物联网设备^[4]。

3.3 网络配置与管理

物联网通信中可以应用星型拓扑，使所有的物联网设

备都通过一个中心节点连接，这个中心节点通常是一台交换机或路由器，使得每个设备都直接连接到中心节点，简化设备的连接配置和管理，如智能家居系统通常采用星型拓扑，所有设备如智能灯光、空调和安防摄像头都连接到一个中央控制器，进而可以轻松地添加或移除设备而不影响整个网络。网状拓扑结构中，每个物联网设备都可以作为转发节点，形成一个去中心化的网络，这种方式提高了网络的可靠性和覆盖范围，尤其适用于需要大范围覆盖的场景，如智慧城市和智能农业。在复杂的物联网系统中，通常会采用层次化的网络拓扑结构，这种结构将网络分成不同的层次，每层负责特定的功能，如数据采集、预处理和传输等。物联网平台需要能够自动发现并识别新加入的设备。通常通过使用如 Zeroconf 或 UPnP 这样的自动发现协议来实现，一旦设备被发现，就需要对其进行配置，以便正确接入网络并执行预定任务，包括设置 IP 地址、子网掩码、默认网关等网络参数，以及配置设备证书和安全密钥等安全参数。为了保证网络的安全，所有接入物联网的设备都需要进行认证和授权，可以通过使用 TLS/DTLS 加密通信和基于证书或令牌的身份验证方法来实现。通过网络监控工具，管理员可以实时查看网络设备的状态、流量和连接质量等关键指标。这有助于及时发现并解决问题，防止系统故障。为了保证物联网系统的高效运行，应重视网络性能优化工作，通过网络拓扑结构、调整路由表和信道分配等避免无线干扰，提高通信质量。当网络出现问题时，快速的故障诊断和恢复机制是保证物联网系统可靠性的关键。现代物联网平台通常提供了自动化的故障检测和诊断工具，能够自动隔离问题设备并尝试恢复服务，同时为了防止未经授权的访问和恶意攻击，物联网网络需要部署防火墙和入侵检测系统，防火墙可以根据设定的规则阻止非授权的访问，而入侵检测系统则能够监测和报告潜在的恶意活动，如图 2 所示。

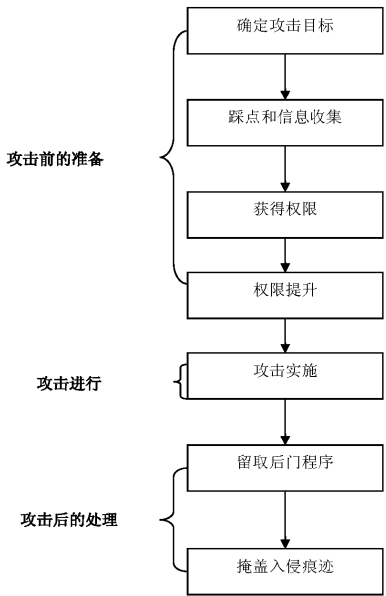


图 2 网络运行管理流程

3.4 网络智慧化技术的应用

物联网时代,网络智慧化技术的应用能够提升物联网的通信效率,还能够优化资源的使用,并增强整个网络的安全性和可靠性,其中智能路由是网络智慧化的一个重要应用,通过采用先进的算法和技术,如机器学习和人工智能,智慧化网络可以自动选择最优路径进行数据传送,有效减少网络拥堵和传输延迟,如在物流行业中,智慧化网络能够实时监测物流车辆的位置,动态提供最佳路线建议,使运输过程变得更加透明高效,通过实时数据分析,系统可对路况、车辆信息及天气状况进行综合评估,从而显著提高物流效率。物联网设备会产生海量的数据,传统的数据处理方法已无法满足需求,利用大数据技术和人工智能算法,智慧化网络能够对这些数据进行实时处理和深度分析,提取有价值的信息,为决策提供支持,如在智慧城市建设中,通过网络智慧化技术,可以实时监测和分析城市的环境数据,包括空气质量、噪音、水质等,预测环境污染的风险和趋势,为环保部门提供决策支持。物联网设备的广泛部署增加了网络攻击的风险,而智慧化技术可以有效提高物联网的安全性,通过实施实时监控、入侵检测和防御系统,智慧化网络能够及时发现并应对各种安全威胁,还可以利用加密技术和访问控制,确保数据的完整性和隐私安全,如在智慧物流中,通过高级加密技术和区块链,可确保货物信息的保密性和完整性,防止数据被篡改或泄漏。此外,网络智慧化技术还可以应用于资源管理与优化,通过智能算法,可以实现对网络资

源和物联网设备的动态调度与管理,从而提高资源利用率和网络性能。在5G背景下,物联网技术与5G结合,能够实现更高效的资源配置和数据传输,而且5G的低时延特性结合物联网的感知与控制能力,可以在智能制造、自动驾驶等领域实现更为精确和高效的资源管理。

4 结语

综上,通过使用高性能的计算机硬件设备和先进的网络技术,可以实现更快的数据传输速度、更高的数据处理能力,为物联网应用提供更可靠、稳定和安全的通信环境。为了促进物联网技术的进一步发展和应用,应将其应用在计算机硬件中,数据采集方面,借助传感器使得各种类型的感知硬件得以应用于物联网系统,捕捉环境中的各种物理量变化,将其转换为电信号输出。网络技术在物联网通信中的应用中应通过网络将各类设备与平台相连,实现信息的实时交换和处理,为人们的生活和工作带来更多便利和创新。

参考文献

- [1] 周相录.物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的实践途径[J].电子技术与软件工程,2022(21):18-21.
- [2] 闫思洁.在物联网通信中应用计算机硬件及网络技术的实践途径[J].网络安全技术与应用,2022(6):31-33.
- [3] 叶波,赵婧华,李云波.计算机硬件及网络技术在物联网通信中的应用策略[J].中国新通信,2022,24(6):27-29.
- [4] 李延峰.计算机硬件及网络技术在物联网通信中的运用探索[J].计算机产品与流通,2020(4):52.

Discussion on the Application of Transmission Technology in Communication Engineering

Lei Fan

Hubei Radio and Television Information Network Co., Ltd. Xiangyang Branch, Xiangyang, Hubei, 441000, China

Abstract

In the digital era, as the core component of the communication system, the transmission technology has brought a profound impact on the transmission speed, robustness and security of the data. Therefore, it is of profound significance to deeply explore the universal transmission mode in communication engineering. This paper summarizes several technical transmission modes commonly used in the field of communication engineering, including but not limited to optical fiber transmission, wireless transmission, and data transmission through satellite. It also analyzes the strengths and weaknesses of these technologies in many applications, such as long-distance data transmission, mobile network construction and high-speed network access. It is hoped to provide precious reference information for experts in the field of communication engineering and further promote the progress and improvement of transmission technology.

Keywords

transmission technology; communication engineering; application

探讨传输技术在通信工程中的应用

樊磊

湖北省广播电视信息网络股份有限公司襄阳分公司, 中国 · 湖北 襄阳 441000

摘要

在数字化的时代, 作为通信系统的核心组件, 传输技术对数据的传输速度、稳健性和安全性都带来了深远的影响。因此, 深入探究通信工程中的普遍传输方式有着深远的意义。论文概括了目前通信工程领域中常用的几种技术传输方式, 这些方法包括但不限于光纤传输、无线传输, 以及通过卫星进行数据传输等。并对各种传输方法的强项和弱点进行深入的分析, 分析了这些技术在多个应用场合, 如长途数据传递、移动网络建设以及高速度网络接入等情况下的实践价值。希望能够为通信工程领域的专家提供珍贵的参照信息, 进一步推动传输技术的进步和完善。

关键词

传输技术; 通信工程; 应用

1 引言

近些年, 由于 5G 技术的普及及在互联网上的应用逐渐加强, 数据传输的需求迅速上涨, 传统的方式已经无法满足日益增长的带宽的需求。为了进一步加强信息的传递速度和可信度, 各式各样的新式无线接入技术应运而生, 并逐渐替代了传统的有线网络。因此, 在通信工程这个特定的领域内, 寻求并执行更高效与更可靠的信息传输方法已经逐渐成为研究的核心话题。论文旨在深化对传输技术在通信工程应用场景的理解, 并对当前广受欢迎的传输策略及其在多种通信系统里的实际效果进行探讨。

【作者简介】樊磊 (1982-), 男, 中国湖北襄阳人, 本科, 工程师, 从事传输与接入类、通信技术或工程类、网络技术或工程类等研究。

2 光纤传输技术在通信网络中的应用

随着我国的经济建设能力日益增长, 对于通讯的需求亦日渐上升。骨干网络担任着连接不同地域、都市到整个国家的关键沟通通道的角色, 其中心功能是传递丰富的数据, 这其中包含了但不局限于语言、视频以及互联网信息。传统接入技术只提供较为有限的容量服务, 但随着宽带服务的扩张和用户需求的逐渐提升, 传统的骨干网已经不足以满足用户对多元化服务的不断增加的需求。考虑到主导网络在传输数据量大的同时对高稳定性和低延时都有严苛的需求, 光纤传输技术被认为是最佳的解决方法。光纤通信技术展现出极高的信赖度和稳定特质。光纤拥有的高宽带特性足以满足现代骨干网络对数据传输的高标准需求, 而其低延迟的优势确保了长途数据传输过程中, 信息传输的速度能够稳定, 不会受到过大的限制。如今, 光纤网在多种商业活动领域得到了普遍和广泛的运用, 并已展现出令人满意的成效。此外,

光纤的传输性能具有出色的抗干扰特性，因此不会受到电磁干扰的不良影响，这让它在复杂的电磁环境里仍然能维护其性能的稳定性。近些年，数据中心在信息化基础建设中逐渐超越了传统的机房，成为了各个行业的核心设施。现阶段，中国有众多的规模较大的企业已经构建了自家的数据中心，比如华为、联想和中兴等知名公司，它们的数据中心数量已经构成了国内所有大型企业数量的超过一半。为了确保云计算、人工智能及大数据等高效计算应用能够得到充分支持，数据中心需确保网络的高速稳定连接，以保障数据的快速传送和处理。因此，建立起一个高效率且可靠的数据中心变得尤其关键。光纤传输技术在数据中心相互连接的过程中大放异彩，起到了关键的作用。光纤因其高度的可靠性、能进行长距离的传输和对抗电磁干扰的特性，被认为是一个非常适合用于数据传输的通信路径。得益于光纤具备的高速带宽功能，数据中心有能力实时分享众多数据信息。此外，光纤的低延迟性质也确保了数据能在不同的数据中心中迅速传递和响应。鉴于数据中心拥有高工作负荷、低能量消耗和高稳定性，数据中心因此能够采用光纤作为主要的通信材料，确保对其内部设备进行精确的控制和管理。由于光纤传输技术拥有出色的适应性，数据中心可以根据市场动态地进行网络架构的扩充和调整，以满足业务持续增长的需求。如今，数据中心已经变成了互联网领域中最有价值的基本设备之一。在现今的云计算环境中，用户常常选择通过网络访问各种计算资源，这包含但并不仅仅限于存储、处理能力以及应用服务。所包含的各类资源涵盖了存储系统、虚拟机的集合和多种软件服务，其数量众多并且提供了多种服务。为了让用户能迅捷地获得并利用这些资源，云计算平台必须依靠先进的网络传输能力。因此，在当前这样的背景下，怎样运用光纤技术来提高网络资源的使用效率已经成为一个极为关键和迫切的议题。在这一特定情境里，光纤传输的应用显得相当广泛。由于光纤通信因其出色的高可靠性和容量，被认为是最广泛应用和竞争力最强的传输方式之一。由于光纤为我们带来了非常高的网络带宽，因此，大量的用户现在有资格同时访问云计算相关的数据。鉴于光纤本身所拥有的种种益处，它在各类通信系统中的使用已经变得十分普遍。再者，由于光纤具备低延迟属性，这一特点对于如实时视频会议和在线游戏等应用环境具有显著的重要性，能有效提高用户的使用体验。

密集波分复用（DWDM）技术能大幅度地降低每一单位带宽的传输成本。DWDM 技术之所以被广泛认可，一个重要的优势便是它在提高频谱效率和增加网络部署的适应性这两方面表现得非常出色。由于选用了具有相对大波长间隔的光学路线设计，该技术方案因而具备相当高的运行效率。DWDM 技术能够通过光谱内紧密地排列多种波长，以此来在有限的频域中传递大批量的信息。这种高效的频谱使用能力保障了在光纤供应有限的情境下，通信网络能够

提供迅速的数据传输，以满足持续上升的通讯需求。光信号因其较低的非线性损失和高度的相干性特质，因此可以用更少的功率来进行大量的信息互通。DWDM 系统不仅具有动态波长设置和波长路由的能力，还提供了依据网络的实际需求灵活分配频带资源的功能，这极大地增强了网络的适应性和可扩展性。即便如此，DWDM 技术在应用过程中还是面对了大量的挑战和困难。在多种方法中，一个关键问题是确保在信道环境下光信号可以稳健且可靠地传递。多个波长的信号在同一个光纤内传播，可能会因信号之间的串扰和色散效应导致信号品质的减弱。随着光传播技术逐步完善，大众期待能够将光纤通信与众多不同的信息传输技术进行紧密融合。在光纤的传输技术中，光传输网络（OTN）是一个非常关键的技术工具。该技术通过运用高速光纤通信手段来应对目前电信业所遭遇的多种挑战。波分复用示意图如图 1 所示。

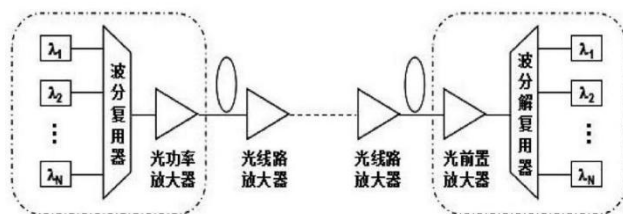


图 1 波分复用示意图

OTN 的关键功能是提供了一个高效的数据传输层次结构，这种结构可以支援各种通讯业务的传播，并在不同的商业模式之间确保有能力实现一致的承载。与传统的同步数字系统（SDH）和光纤分组传输（SONET）相对照，OTN 技术展示出了更高层次的灵活性及带宽的使用效率。它能够满足未来宽带互联网在高速、大存储和多媒体信息服务方面的多样化需求。OTN 的核心技术在于对光信号进行层次化的分析和处理，这样，光传输网络便可以像电信网络中的 IP 数据包那样，对光信号实施灵活的调度与控制。OTN 技术可以将光信号划分为更小的传输单元，实现不同信号在同一光纤内的混合传输，从而充分发挥光纤带宽的优势。此外，每一帧子帧内部都蕴含了众多的数据，这使得我们能够依据这些数据对各个业务流执行适当的路由转发和波长分配策略，从而有效提高网络的资源使用效率并降低整体的网络能量消耗。另外，OTN 技术融合了高度的错误管理与信号监控特点，确保了光信号在长距离传输时维持其完整性和稳定性。OTN 技术在城市基础网络和关键网络建设的实际应用中都得到了广泛采用，这为信息交流网络创造了一个高效而稳健的传输环境。光模块是实现通信设备与光纤网络连接的“翻译器”，是光网络建设的重要元器件之一。与传统光模块相比，硅光模块具有集成度高、体积小、成本和功耗低、光传输效率高等特点，适合于 400G 以上超高速、大容量光传送网络建设。随着 5G、网络游戏、超高清视频、VR/AR

等应用的爆发，网络流量需求持续提升。面对流量带宽刚需，国内外光模块厂商相继推出了 400G 硅光模块产品，并于 2022 年实现 800G 硅光模块小样或小批量供货。预计，800G 硅光产品将在未来两年逐渐成熟，800G 网络部署有望步入高峰期，促进运营商网络的能效持续提升，为运营商新型算力网络建设夯实连接基础。通信技术如图 2 所示。

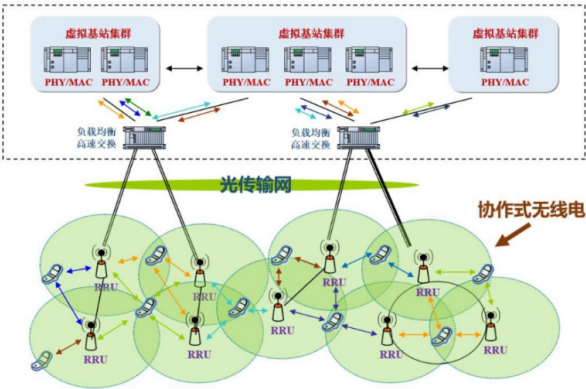


图 2 通信技术

3 传输技术在物联网（IoT）中的应用

随着物联网（IoT）这一技术的持续发展，所有物体相互连接已经成为现实，尤其是在其中，传输技术扮演了关键的作用。现在，物联网在许多领域得到了广泛的应用，特别是在工业自动化和智能家居这些领域。在物联网这一科技领域，各式器械都依赖于传感设备来收集数据，并利用网络技术将这批信息传递到中央服务器或云端以便进一步的分析和处理。随着互联网技术与移动通信手段的迅速扩展，物联网的应用规模日益扩大，因此人们对于信息处理的效率和质量都产生了更高期望。在整个网络传输过程中，对网络带宽、延迟以及能量消费都设定了更新的标准准则。如何在物联网的传输系统中显著减少能量消费，一直是学术圈内所关心的核心议题之一。低功耗广域网（LPWAN）专为物联网应用而设计，它的突出特性是低能量消耗、覆盖广泛以及成本相

对较低。由于它的低复杂性和卓越的可扩展性，物联网领域已经将其广泛采纳。LPWAN 技术覆盖了 LoRa、NB-IoT 以及 Sigfox 等多个行业的规范，并且这些方法在处理远程数据传输和低能量消耗应用场景上都呈现出其卓越的性能。由于这些尖端技术的广泛应用，大规模的物联网工具能够实现数据的网络化和传递，从而为智能都市的建设打下了稳固的基石。蓝牙（Bluetooth）与 Zigbee 分别是距离无线通信技术中被广大研究者普遍应用的两项技术准则。蓝牙的技术手段主要被采纳来实现短距离设备间的交流。随着蓝牙 5.0 技术的推出，其数据传输速率和传输距离都有了显著提升，这一进步使得蓝牙在智能家居系统、可穿戴设备以及健康检测等方面的应用范围得以扩大和深化。Zigbee 为用户提供了能耗低、数据传输速度快的无线网络协议解决方案，这使其特别适用于如智能家居、工业级自动化系统和环境监测等多个应用场景。该系统通过各个节点之间的紧密合作来完成信息的收集、传递和加工，它特点鲜明，如低投入、高带宽、出色的稳定性，且便于进一步的扩充和保养。Zigbee 因其卓越的网络管理的网络功能和较低的能量使用，在物联网设备的领域中获得了广泛的使用，特别是在那些需要众多设备互联并且数据传输延迟不高的应用中，Zigbee 技术的卓越效果更加突出。

4 结语

综上所述，论文从多个维度深入探讨了当下普遍采纳的无线通信体系及其当前的进展，同时也对通信技术的趋势进行了详细分析。未来科研人员与工程师需不断地革新与突破，为全球通信网络的进一步完善作出相应的贡献。

参考文献

[1] 朱万涛.探究传输技术在通信工程中的应用及发展方向[J].通讯世界,2023,30(6):4-6.
[2] 王者.探究传输技术在通信工程中的应用及发展方向[J].通信电源技术,2018,35(11):3.
[3] 刘博昊.探究传输技术在通信工程中的应用[J].区域治理,2018 (4):1.

Research on the Optimization and Improvement of Key Parameters of Antennas in Vehicle-Ground Inductive Communication System

Bin Li

Beijing National Railway Research & Design Institute of Signal & Communication Group Co., Ltd., Beijing, 100073, China

Abstract

This paper conducts an in-depth analysis and optimization of the antenna design for the railway vehicle-ground inductive communication system. In response to issues such as weak communication signals and high error rates caused by the long distance between the vehicle's transmitting antenna and the ground inductive coil, the S-S type circuit topology model used in the system is analyzed. Based on the established circuit model, an electromagnetic simulation model was constructed for the on-vehicle antenna, and a solution for improving the antenna parameters of the vehicle-ground inductive system was proposed. The research findings can provide a reference for the design of various vehicle-ground inductive communication system schemes.

Keywords

electromagnetic compatibility; antenna parameter optimization; inductive loop

基于车—地感应通信系统天线关键参数优化改进方案的研究

李斌

北京全路通信信号研究设计院集团有限公司, 中国 · 北京 100073

摘 要

论文深入分析并优化了铁路车—地感应通信系统的天线设计。针对车辆发送天线与地面感应线圈距离过远导致的通信信号弱、误码率高等问题, 分析了系统中使用的S—S型电路拓扑模型。基于构建的电路模型, 对车载天线构建了电磁仿真模型, 并提出了改进车—地感应系统天线参数的解决方案, 研究成果可为各类车—地感应通信系统方案的设计提供参考。

关键词

电磁兼容性; 天线参数优化; 感应环线

1 国内外车—地感应通信系统研究及应用现状分析

1.1 国内外车—地感应通信系统研究

车—地感应通信系统作为列车防护的关键技术, 最初在欧洲的高速及中低速磁悬浮铁路中得到运用。应用线路如德国和奥地利的部分铁路线以及西班牙 AVE 和一些通勤铁路线上^[1]。当列车在超过 160km/h (99 英里/小时) 的速度(德国)或 220km/h (140 英里/小时) 的速度(西班牙)运行时, 强制性要求列车使用该通信系统。近年来该通信系统还应用于国内外如吉隆坡轻轨、武汉地铁等线路, 以提高城市轨道交通的运输能力^[2]。

车—地感应通信系统由地面设备根据信号和列车信息

及线路条件等因素制定出列车运行速度曲线, 并实时传送给车载设备, 车载设备根据速度曲线实现列车运行控制与防护。当列车实际速度达到或超过防护速度时, 车—地感应通信系统自动启动制动, 保障列车安全^[3]。

车载天线安装在列车底部中心线位置, 通过电磁感应实现与地面交叉感应环线之间的信息交互。车载天线与交叉感应环线之间的安装距离参数与车—地感应通信功能的稳定性息息相关。

1.2 车载天线测试条件分析

根据行业标准, 车—地感应通信系统天线的测试条件需遵循一系列通用规范, 测试时列车发送天线下面与地面交叉感应环线的距离为 200mm (如图 1 所示)。

1.3 国内外车载天线与感应环线距离研究

在不同国家和地区应用车—地感应通信系统的铁路线路中, 车载天线与感应环线之间的距离参数存在显著差异。如国内某条地铁线路交叉感应环线安装如图 2 所示。车载天

【作者简介】李斌(1987—), 男, 中国吉林梅河口人, 硕士, 工程师, 从事通信信号、电磁兼容研究。

线下表面距离轨面不超过 100mm，环线与轨面几乎平齐，故车载天线距离环线不超过 200mm。

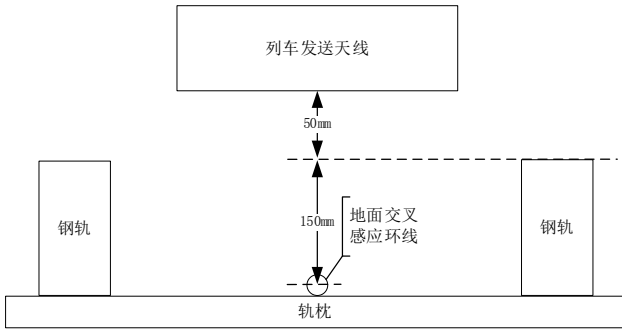


图 1 列车车载通信系统示意图



图 2 国内地铁某线交叉感应环线安装

UIC60 型钢轨是欧洲的主流钢轨之一，其钢轨轨面距离轨底的高度为 172mm，结合安装件尺寸和环线电缆直径（12mm）进行计算，环线距离轨面约为 150~160mm。

1.4 车载天线与感应环线距离参数分析

由 1.3 章节分析，现有的车—地感应通信系统设计中，车载发送天线与轨面的距离通常不超过 100mm，交叉感应环线与轨面几乎平齐，故车载天线距离交叉感应环线不超过 200mm。但近年来随着车—地通信系统之间互联互通，列车底部布线更加规范化等要求，安装于列车底部用于不同制式车—地通信的设备也随之增多，车—地感应系统天线安装高度也随之增高，通过对既有的车载天线的测试数据进行分析，既有车载发送天线与交叉感应环线之间的距离超过 300mm 后，车—地感应通信系统轨旁设备无法正常对车载发送的报文进行解析，而实际应用需求是车载发送天线表面距离感应环线为 350mm（测试数据见表 1）^[4]，得出车载天线与地面感应环线距离大是制约车—地感应通信系统正常通信的主因的推论，需通过搭建天线仿真模型^[5-7]验证推论是否正确，并根据天线仿真结果提出车—地感应通信系统天线参数改进的方法。

表 1 车载发送天线与地面交叉感应环线收发功率关系表

车载输出 电压 (V)	车载输出 电流 (mA)	地面接 收电压 (V)	环线感 应电流 (mA)	测试结果 (天线底面 距环线 300mm, 地面 设备上电)
34.7	236	1.13	145.3	无接收帧
36.3	273	1.21	149.7	无接收帧
45.1	291	1.52	151.1	无接收帧

2 车—地感应通信系统车载天线仿真模型的研究

2.1 S-S 拓扑特性研究

车—地感应通信系统车载天线、地面交叉感应环线均采用电感、电容、电阻串联谐振的方法进行设计，因此运用 S-S 拓扑网络对车载天线和交叉感应环线从磁场域转换为电路域进行参数的理论计算推导，图 3 所示为车载发送天线与地面感应环线的 S-S（串联-串联）拓扑网络，其中 C_1 、 L_1 、 R_1 分别表示天线的串联补偿电容、电感量及天线的寄生电阻； C_2 、 L_2 、 R_2 分别表示地面感应环线的串联补偿电容、电感量及感应环线的寄生电阻； M 表示天线与环线间的互感量； V_i 、 R_L 分别表示发送天线的交流输入电压和感应环线的负载电阻。 I_1 、 I_2 分别表示天线侧的谐振电流和感应环线的谐振电流。

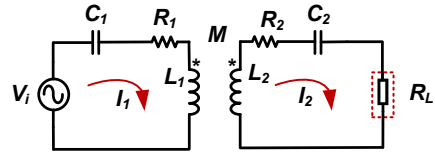


图 3 天线与感应环线间的 S-S 拓扑电路图

采用传统的完全谐振的补偿方式，即：

$$\begin{aligned} X_{L1} - X_{C1} &= 0 \\ X_{L2} - X_{C2} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

利用基尔霍夫定理可将环路中的电流表示为：

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{R_1 + R_2}{R_1(R_1 + R_2) + \omega^2 M^2} V_i \\ I_2 &= \frac{j\omega M}{R_1(R_1 + R_2) + \omega^2 M^2} V_i \end{aligned} \quad (2)$$

根据耦合系数计算公式可知，耦合系数 k 与互感 M 成正比例关系：

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \times L_2}} \quad (3)$$

由公式 (3) 运用变量控制法设置 L_1 和 L_2 不变，通过加长发送天线磁棒长度或增大磁棒面积，增大耦合系数 k ，进而加大自感 M 。

另外由于车—地感应通信系统中相较于 R_1 、 R_L 、 R_2 等电阻参数，互感 M 数值很小，因此由公式 (2) 可知，当自感 M 增大时，发送天线侧谐振电流 I_1 几乎不改变，交叉感应线圈侧的谐振电流 I_2 会增大；加大车载天线与交叉感应环线距离后，通过加长发送天线磁棒长度或增大磁棒面积的方式，可增强车—地感应通信系统车、地间通信信号强度。

2.2 车载天线仿真模型搭建

在电磁场仿真领域，ANSYS、COMSOL、ADS、XFDTD 等软件被广泛运用。论文采用 ANSYS 软件搭建仿真模型，ANSYS 软件可用于进行电磁仿真的模块包括 MAXWELL，HFSS，SIwave 等模块，基于车—地感应通信

系统的工作频率为 54kHz 附近，因此采用了 MAXWELL 模块进行电磁仿真^[8,9]，而系统电路部分采用了 MATLAB 软件进行仿真^[10,11]。

本次仿真中建立的发送天线和交叉感应环线模型参数分别如表 2 和表 3 所示。

在 Maxwell 模块中建立的发送天线和交叉感应环线整体模型图如图 4 所示。

表 2 发送天线模型参数

元件	材料	尺寸 (mm)
天线磁棒	铁氧体 ($\mu=2500$)	长 20
		宽 20
		高 235
漆包线圈 (120 匝)	铜	长 20
		宽 20
		线径 1.25
		匝间距 0.05

表 3 交叉感应环线模型参数

元件	材料	尺寸 (mm)
交叉感应环线	铜	长 20000
		宽 717.5
		线径 2

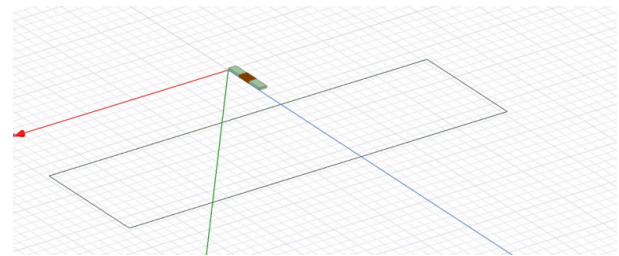


图 4 发送天线和交叉感应环线整体模型

仿真主要参数设置为：迭代次数 10；非线性误差 0.001；迭代误差限制 30%。

然后使用 MATLAB 软件进行外接电路仿真，车—地感应通信系统天线和交叉感应环线的等效电路模型如图 5 所示。

电路模型中的元件参数如表 4 所示。

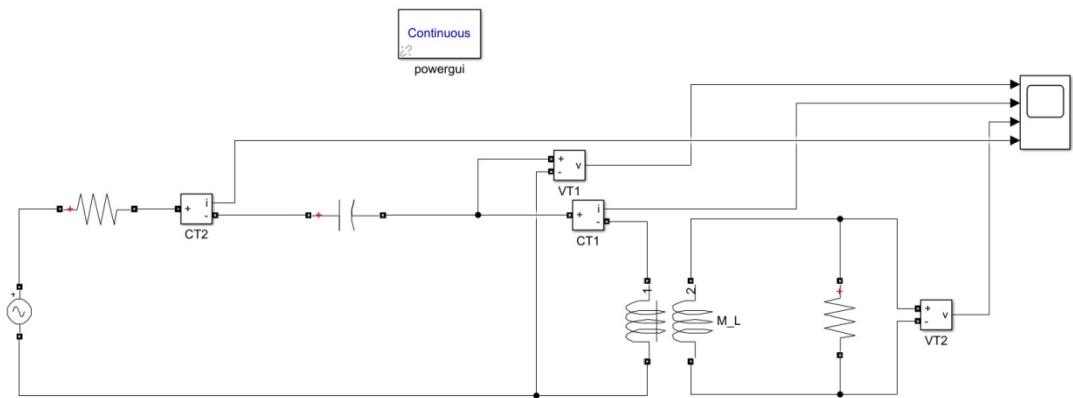


图 5 系统等效电路模型

表 4 电路模型元件参数

元件	参数
交流电压源	25V
发送侧谐振电容	
发送侧串联电阻	5 Ω
接收侧串联电阻	720 Ω

2.3 天线与感应环线相对高度对系统功率收发比影响仿真

本节主要通过控制变量法分析在控制其他因素基本相同的情况下，发送天线与感应环线之间的相对高度对系统功率收发比例的影响。

此时的发送天线的磁场分布图如图 6 所示（注：在本

次仿真中磁场分布图的最大量程统一为 0.00004T，刻度为 0.000003T/色度）。

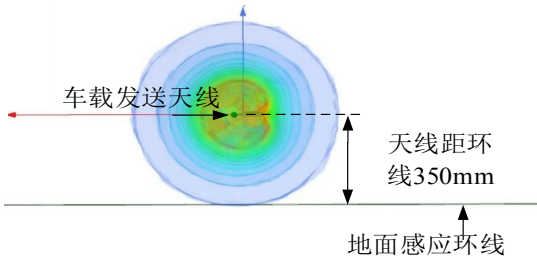


图 6 高度 350mm 磁场分布图

导入电路模型后，得到电路计算结果如表 5 所示。
由表 5 可知在频率为谐振频率 54kHz 时，接收侧与发送侧的电压幅值的比值为 -88.690dB-(-60dB)=-28.69dB，即：接收侧电压为发送侧电压的 0.0368 倍。

表 5 安装高度为 350mm 时的系统电流测量结果

F(kHz)	54
dB(C1,I)AC	-74.248
Db(C1,V)AC	-12.485
dB(E1,I)AC	-74.248
dB(E1,V)AC	-60
dB(R1,I)AC	-145.836
Db(R1,V)AC	-88.690

当发送天线模型与接收天线模型在高度差为 200mm 时，测得发送天线自感为 3.4766mH，此时的磁场分布如图 7 所示。

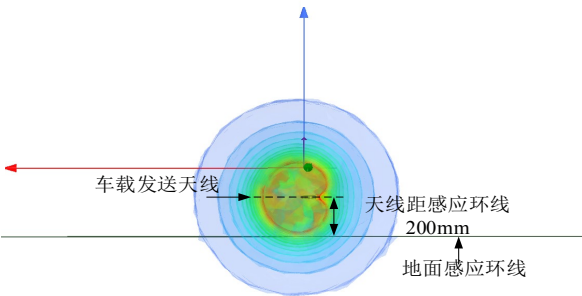


图 7 高度 200mm 磁场分布图

导入电路模型后，得到电路计算结果如表 6 所示。

表 6 安装高度为 200mm 时的系统电流测量结果

F(kHz)	54
dB(C1,I)AC	-74.490
Db(C1,V)AC	-12.727
dB(E1,I)AC	-74.490
dB(E1,V)AC	-60
dB(R1,I)AC	-140.549
Db(R1,V)AC	-83.403

由表 6 可知在频率为谐振频率 54kHz 时，接收侧与发送侧的电压幅值的比值为 -83.403dB- (-60dB) =-23.403dB，即：接收侧电压为发送侧电压的 0.0676 倍；由表 5 和表 6 天线仿真数据与天线实测数据进行比对一致，验证了天线仿真模型搭建是准确的。

由图 8 与图 9，表 5 与表 6 对比结果可知，当发送天线与接收天线的高度差由 350mm 将为 200mm 时，以电压比值表示的收发比增大了约 1.838 倍。

2.4 发送天线铁氧体磁棒长度改变对系统功率收发比影响仿真

本节主要通过控制变量法分析在控制其他因素基本相同的情况下，观察改变发送天线中铁氧体的长度对系统功率收发比例的影响，将图 6 中所示模型（高度 350mm）设为实验组，并将图 6 模型中的铁氧体两侧各沿水平面拉伸 75mm, 为保持自感不变，将线圈匝数将为 88 匝后，线圈自感为 3.5035mH，与图 6 模型自感接近。

此时的磁场分布图如图 8 所示。

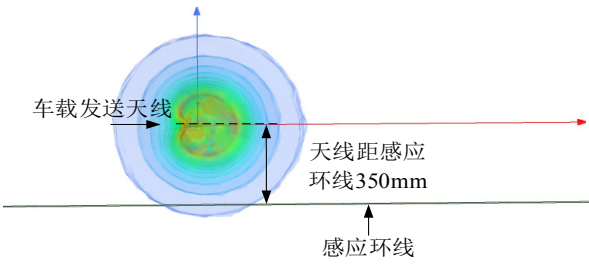


图 8 改变铁氧体长度后磁场分布图

导入电路模型后，得到电路计算结果如表 7 所示。

表 7 改变铁氧体长度后电路测量结果

F(kHz)	54
dB(C1,I)AC	-73.980
Db(C1,V)AC	-12.162
dB(E1,I)AC	-73.980
dB(E1,V)AC	-60
dB(R1,I)AC	-142.356
Db(R1,V)AC	-85.210

由表 7 可知在频率为谐振频率 54kHz 时，接收侧与发送侧的电压幅值的比值为 -85.210dB- (-60dB) =-25.210dB，即：接收侧电压为发送侧电压的 0.0549 倍。

由图 6 与图 8，表 5 与表 7 对比结果可知，当控制自感不变，加长铁氧体长度为 385mm 时，以电压比值表示的收发比增大了约 1.5 倍。

2.5 车载天线仿真模型数据分析

综合比对分析 2.4 章节发送天线铁氧体磁棒长度改变对系统功率收发比的影响的仿真结果，得出以下结论：系统功率收发比随发送天线内铁氧体长度加长而逐渐增大，当铁氧体长度由既有的 200mm 加长到 385mm 时，以电压比值表示的收发比增大了约 1.5 倍。

3 车载发送天线实际测试数据及分析

3.1 测试环境搭建

改进后的车载发送天线测试环境按照最新的参数配置进行搭建，并将图 1 中车载发送天线下面距离交叉感应环线的高度调整至 350mm, 发送天线测试环境搭建如图 9 所示。



图 9 车载发送天线测试环境搭建

3.2 测试记录

改进参数后的车载发送天线输出功率测试见表8。

表8 改进参数后的车载发送天线输出功率测试表

天线距感应环线高度 (mm)	天线输入电流 (A)	天线输入电压 (V)	地面环线感应电压 (V)	测试结果
350	0.98	33.3	1.8	无接收帧
	1.24	45.4	2.47	有帧接收, 误码率高
	1.28	47.7	2.63	帧接收正常

3.3 车载发送天线调整参数后的测试数据分析

通过调整天线磁棒长度参数, 发送天线内的磁棒由235mm加长至385mm, 再减少磁棒上绕制漆包线的线圈数, 控制了车载发送天线的电感量与既有发送天线基本保持一致, 加长磁棒的天线, 其磁场在空间的覆盖范围增大, 从而能够满足发送天线距地面感应环线为350mm安装高度的最大应用需求^[12-14]。

4 结论

综合分析国内外车地感应通信系统的应用现状, 本研究提出了针对性的天线参数优化方案, 总结车载天线距离交叉感应环线的高度在200mm以内, 已不适用于高铁列控系统各车—地通信系统之间互联互通的设计需求, 针对车—地感应通信系统车载发送天线与地面交叉感应环线距离远造成车、地设备之间通信信号强度无法不够, 导致车、地通信误码率高、无法正常通信等问题, 分析了车载发送天线与地面交叉感应环线构成的S—S型串联—串联电路拓扑模型, 并在构建的S—S电路模型基础上搭建了发送天线与交叉感应环线之间的电磁仿真模型, 运用变量控制法改变发送天线磁棒长度参数, 车—地感应通信系统改变天线参数后, 通过实物测试验证了天线改进方法的可行性, 车—地感应系统通信故障率得以降低, 提升了系统的可用性和可靠性, 保障了车—地感应通信系统运行的安全性, 对后续磁悬浮交通设计提供重要参考。

参考文献

[1] Zustand der Eisenbahnfahrzeuge. Leittechnik. Teil 207-7:Fahrzeu-
geinrichtung. LZB 80 / I 80 State of the railway vehicles. Control
and instrumentation technology. Part 207-7:On-board equipment.

LZB 80 / I 80 (continuous automatic train-running control):VDE
0119-207-7-2004[S].

- [2] 李宏伟,刘晓娟.移动自动闭塞系统分析及应用[J].重庆工学院学报(自然科学版),2007,21(12):157-160.
- [3] 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司[P].一种交叉感应环线系统的控制方法:CN201910019675.3[P]. 2021-04-13.
- [4] 卢然.基于交叉感应环线的车地通信系统专项测试研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(1):80-84.
- [5] 宋瑞刚.基于交叉感应电缆环线的车—地通信系统建模与仿真研究[D].北京:北京交通大学,2016.
- [6] 程兰珺.中低速磁悬浮列车悬浮电磁铁分析及仿真[J].中国科技纵横,2011(23):89-90+88.
- [7] 吴冬华,冯程程,余进.磁浮列车非接触式供电技术[J].西南交通大学学报,2022,57(3):522-530.
- [8] DENG Z G, ZHANG W H, WANG L, et al. A high-speed running test platform for high-temperature superconducting maglev[J]. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2022,32(4):3600905.1-3600905.5.
- [9] WENBING TANG, LIYE XIAO, DONG XIA, et al. 2-D and 3-D Analytical Calculation of the Magnetic Field and Levitation Force Between Two Halbach Permanent Magnet Arrays[J]. IEEE Transactions on Magnetics,2021,57(4):8300208-1-8300208-8.
- [10] SPORLEDER, H. INSTITUTE of ELECTRIC and ELECTRONIC ENGINEER. Continuous automatic train control and cab signalling with the LZB 80[C]. //Main Line Railway Electrification, International Conference on,1989:40-46.
- [11] Ozerov A, Denchik E. Train Control Systems for High Speed Rails[J]. JITA-APEIRON,2023,26(2):110-115.
- [12] TOTOR N. Network Management Center for East European Railways[J]. Buletinul Științific al Universității Politehnica Timisoara-Seria Inginerie și Management,2021,7(1&2):41-46.
- [13] Mindur L, Mindur M. The development of high-speed rail in the Federal Republic of Germany between 2002-2020[J]. Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska,2022(117).
- [14] Mindur L, Mindur M. The development of high-speed rail in the Federal Republic of Germany between 2002-2020[J]. Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska, 2022(117):110-115.

Discussion on Energy-saving Technology and Application of 5G Base Station Main Equipment

Teng Liu

China Information Consulting & Designing Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

The 5G bandwidth is more than 5 times that of 4G, and the outdoor equipment is mainly 64/32 channel Massive MIMO equipment with high complexity, resulting in extremely high power consumption of 5G base station. The power consumption of a single station is about 3~4 times that of 4G base stations, and the high power consumption brings great cost pressure to operators' large-scale deployment and operation of 5G. To save 5G network operating costs, 5G network to improve the overall efficiency of the network, more low carbon, green, efficient development of 5G network, meet the requirements of development and operation, this paper to 5G base station, the system energy saving principle, in turn analyzed the symbol off, carrier off, channel off and deep dormant technology implementation principle and characteristics, and according to the current network coverage, base station configuration, busy idle load, etc., how to develop energy saving measures, and how to maximize the energy saving effect has carried on the preliminary analysis.

Keywords

symbol off; channel off; carrier off; deep dormancy; co-coverage recognition

5G 基站主设备节能技术及应用探讨

刘腾

中通服咨询设计研究院有限公司, 中国 · 江苏 南京 210000

摘 要

5G带宽是4G的5倍以上,且室外主要以复杂度较高的64/32通道Massive MIMO设备为主,导致5G基站功耗极高。单站功耗约为4G基站的3~4倍,高功耗对运营商大规模部署运营5G带来较大的成本压力。为节省5G网络运营成本,5G网络提高网络整体效能,更加低碳、绿色、高效地发展5G网络,满足发展及运营要求,论文对5G基站主设备节能原理进行了系统梳理,依次分析了符号关断、载波关断、通道关断以及深度休眠的技术实现原理和特点,并就根据现网多制式网络覆盖、基站配置、忙闲负荷等情况,如何分步制定节能措施,并如何实现最大化的节能效果进行了初步分析探讨。

关键词

符号关断;通道关闭;载波关断;深度休眠;共覆盖识别

1 引言

Massive MIMO、灵活空口等复杂性较高的新技术在5G中被引入,用以满足eMBB、mMTC、URLLC三种5G典型业务场景并保证良好的峰值速率、频谱效率、低时延、高可靠性、连接密度等更苛刻的技术指标,这也带来了5G能耗的大幅增长。

在缺乏5G杀手级应用的情况下,仅依靠当前的应用无法带来用户ARPU值的大幅提升,难以实现5G收入的快速增长,5G高能耗导致运营成本增加成为运营商面临的棘手问题。除此之外,降低网络能耗和碳排放,更是移动运营商的一种社会责任与承诺。

【作者简介】刘腾(1986-),男,中国山东菏泽人,本科,高级工程师,从事移动通信规划咨询设计研究。

2 5G 主设备节能措施及原理

5G主设备中射频单元AAU能耗占比80%以上,是节能的主要分析对象,AAU功耗主要包含电源功耗、基带/数字中频、小信号与功放,其功耗随着业务负荷的变化而变化,满载时功放能耗占比最高,可达60%或以上;空载时基带/数字中频部分的能耗占比最高,平均可达40%或以上,其节能调度颗粒度从小到大依次有符号关断、通道关断、载波关断和设备深度休眠^[1]。

2.1 符号关断

5G NR时频结构中,OFDM符号是信令及用户传输数据的最小颗粒度调度单元,其时域位置位于0.5ms时隙内,常规循环前缀配置时,每个时隙包含14个OFDM符号,频域上则占据15kHz带宽。符号关断节能原理就是在OFDM符号颗粒度上进行调度,除导频CSI-RS、SSS,PSS和PBCH

等控制信号仍保持正常 PA 电源开启外，其余承载传输信号的 OFDM 符合在没有功率的符号周期时刻关闭 PA 电源开关，在有功率的符号周期时刻打开 PA（射频功率放大器）电源开关，从而实现节能的目的。未开启符号关断功能时，每个符号周期时刻 PA 电源均为打开，如图 1 所示。开启符号关断功能时，没有功率的符号周期 PA 电源为关闭状态，如图 2 所示。

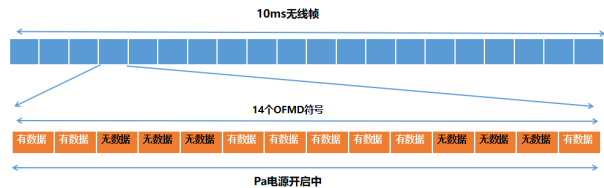


图 1 未开启符号关断功能时 PA 电源开关状态

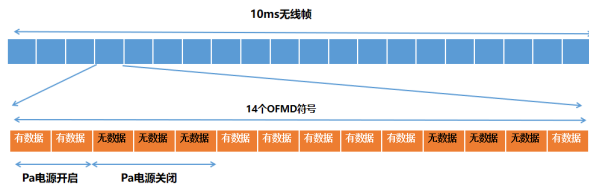


图 2 开启符号关断功能时 PA 电源开关状态

2.2 通道关断基本原理

以常用的 64T64R 配置的 AAU 为例，上下行各 64 个通道，设备可支持关断的通道步长数为 16，可支持关闭 16、32、48 个通道，其中上下行通道关断数可独立配置，可以选择关闭下行发射通道或上下行通道同时关闭如图 3 所示。8 列 × 4 行 × 2 极化，每通道对应 3 个阵子，每个阵子对应一个 PA 电源。

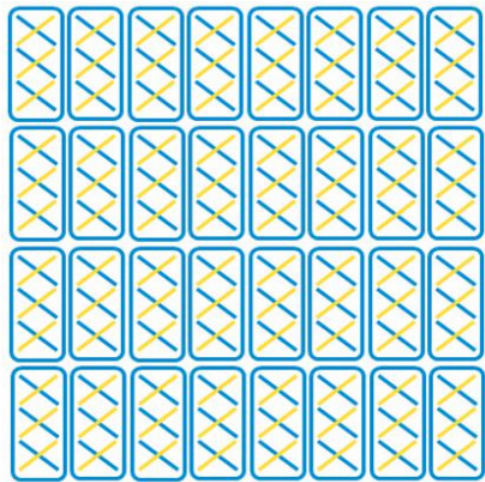


图 3 64T64R 天线通道示意图

2.3 载波关断原理

5G NR 支持全频道部署，现网中采用高低频联合组网策略，低频段穿透能力强，作为基础层实现连续覆盖；高频

段具有高带宽的优势，作为容量层负责吸收用户负荷。载波关断原理即对 PRB 利用率、RRC 连接数、语音用户数等负荷状态信息设置一定的阈值，当高频容量层小区利用率低于阈值时触发载波关断，将用户迁移至基础覆盖层小区，以达到节能的效果；当基础覆盖层小区负荷升高时，则触发唤醒容量层小区。载波关断按覆盖关系可以分两种场景：纯 NR 小区覆盖场景和 LTE 小区与 NR 小区共覆盖场景（见图 4、图 5）。

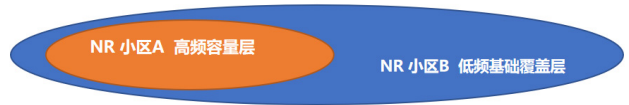


图 4 纯 NR 小区覆盖场景

A 小区为容量层小区，B 小区为基础覆盖层小区，当 A 小区负荷低于阈值时，触发载波关断，用户迁移至 B 小区；B 小区负荷升高时，触发唤醒 A 小区。

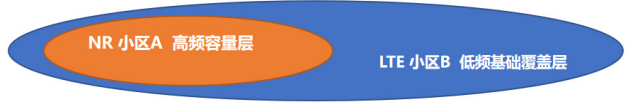


图 5 LTE 和 NR 共覆盖场景

与纯 NR 覆盖场景相比，基础覆盖层小区 B 为 LTE 网络，当 A 小区负荷低于阈值时，触发载波关断，用户迁移至 LTE B 小区；B 小区负荷升高时，触发唤醒 A 小区。

2.4 深度休眠原理

基站关闭 AAU 功放等大部分射频及数字通路，仅保留 AAU 上最基本的电源模块和 eCPRI 接口处理模块，使 AAU 进入深度休眠状态以达到节能最大化的目的。深度休眠功能适用于 5G 低负荷场景或者时段，在 AAU 进入深度休眠前会进行相应的用户迁移以保证用户体验不受影响，但其恢复时间约 5~10 分钟，属于慢恢复功能。在宏微组网的场景下，同样可以对微站进行深度休眠，尤其针对 Qcell 室内覆盖场景，每个 pRRU 均可以分别独立控制，在低负荷时段进行 pRRU 深度休眠。

3 节能技术应用探讨

为达到最佳整体节能效果，实现 5G 能耗与性能之间的平衡，保障用户感知，上述在节能措施的选择制定时，要按照网络评估、制定实施、保障优化的步骤依次进行。

3.1 网络评估

网络评估需要对现网小区级流量、话务数据进行统计，分析出业务的潮汐效应时，不同小区对应的时段，以便在保障用户体验的基础上实现全网的智能节能与调优。不同的场景，其潮汐效应存在很大差异，典型场景情况如下：

①商业区。由于一般晚间 0 点至第二天 9 点停止业务，所以有明显的潮汐效应，夜间话务低，用户体验要求高。

②居民区。全天话务量大，话务波峰波谷不明显，对容量要求高。

③郊区及农村。话务量低，站点稀疏，覆盖远，站点容量较低。

因此，首先要分析无线典型业务场景，识别网络话务模型及节能依赖，制定针对性的场景化节能策略。在降能耗的同时，在策略设计上需要识别网络忙闲时的 KPI 指标基线，确保节能不影响 KPI 指标，保障用户感知。在此基础上，再充分考虑覆盖区域内网络间不同制式不同频段的协同，进一步提升节能效果，达到节能最大化^[2]。

3.2 制定实施

具体的节能措施实施时，在网络评估的基础上，要重点对现网设备型号以及 5G 网络之间以及 5G 和 4G 之间的共覆盖区域进行精准识别，制定一站一策的节能措施，以最大化实现节能效果。

目前 5G 现网中存在多种组网类型，例如 SA/NSA、电联共建共享、移动广电共建共享、不同的硬件设备型号（包括同硬件是单模/混模）、不同的网络组网拓扑（如 4G/5G 共 BBU 框、4G/5G 分 BBU 框等），通过分析基站、小区的配置识别来可以区分设备类型，及服务小区信息和邻区关系信息等^[3]。

通过综合工程参数信息和 MR 数据统计，分析统计现网中多频多制式小区、寻找区域内同 4G 与 5G 及 5G 网络之间覆盖小区关系（包括大部分重叠覆盖）。工程参数信息主要是包含站点名称、所处经纬度、天线挂高及方向角等信息；MR 通过终端上行测量信号携带小区标识、信号强度、TA，并以此计算小区的覆盖范围，并判断是否存在上下行弱覆盖等情况^[4]。

将上述结果结合历史话务忙闲特点，可以初步归纳出站点所处的不同网络部署场景，在节能措施应用选择时，可以首先基于小区历史数据确定负荷闲时时段；然后基于小区闲时总体负荷水平确定节能出发门限；最后根据用户负荷门限确定不同的节能策略应用场景，按照负荷由高到低依次作为符号关断、通道关断、载波关断、深度休眠的触发条件，同时确定每个小区适用的节能时间段，最终实现 5G 网络整体的节能措施综合应用。

3.3 保障优化

在实施环节制定出的基站关断策略，包括基站关断方式、基站关断的时间和周期等。通过网管统一配置后下发给基站，基站在固定的时间段/统一的节能门限设置下执行关断操作，但统一的策略及参数配置，无法匹配每个站点的真实需求，会存在节能效果不足够或影响 KPI 指标的现象，同时网络的工参信息也在不断的变化，为了使节能策略可以自适应话务负荷，业内主流厂家引入了 AI，功能包括基于历史数据的负荷预测、KPI 在线迭代调整优化等，但是针对多制式多频层组网的场景，还有一定的局限性，无法进一步

发挥基础节能的作用。例如，网络闲时，基于各频层分别判断话务负荷，所有频层都有少量的用户分布，各频层只能启动符号关断或通道关断，但是如果将所有用户都集中到部分频层，其他频层就可以启动载波关断或者深度休眠，明显后者的节能效果会更好^[5]。

因此在保障优化环节，需要重点针对多制式多频层的组网场景，制定小区簇选择、用户选择、用户迁移等优化手段以进一步提升节能效果。

①小区簇选择。小区簇选择过程中需要考虑的主要因素包括源小区簇和目标小区簇之间存在覆盖重叠区域、源小区簇中存在可以迁移到目标小区簇的用户、源小区簇通过迁移用户，可以启动更多的基础节能功能、目标小区簇不会因为用户迁移而关闭已经启动的基础节能功能。

②用户选择。选择待迁移的用户时，主要目的是不能影响业务体验，需要考虑的主要因素包括用户所有业务能够由目标小区簇承载综合终端能力，核心网配置的移动性限制，网络切片等因素，只有满足这些条件，才能作为迁移的备选用户，迁移用户的过程中不需要保证业务体验完全不变，但是要保证用户迁移到目标小区后，业务体验还能够满足预期。

③用户迁移。完成频率选择，用户选择后，在执行用户迁移时，不仅需要迁移已选定的处于连接态的用户，还需要处理空闲态用户的分布。针对连接态用户迁移根据目标小区簇的不同，选择系统内异频切换或异系统切换，部分场景受限于终端能力，或组网场景的限制，采用异频重定向或异系统重定向。对于已经迁移到目标小区簇的用户，为避免用户后续通过小区重选再次驻留并接入源小区簇，还需要将这些用户的小区重选专用优先级设置为最低。

4 结语

5G 网络支撑更加丰富的业务场景和应用的同时，也产生了能源的高消耗，现阶段 5G 基站已大规模建成，同时 4G 网络部署也已完整成熟，结合 5G 基站主设备的节能原理，通过网络评估、制定实施、保障优化等步骤，可以针对性制定出基站级或小区级的节能措施，最终实现最大化的 5G 网络节能效果。

参考文献

- [1] 苏晓堂,周力,曾思慧,等.省域范围5G基站碳排放情景分析[J].低碳世界,2022,12(11):34-36.
- [2] 应仲乾.基于回归算法的5G基站节能策略研究[D].广州:华南理工大学,2021.
- [3] 王桂林,汤卓凡,张娟,等.基于基站协作调度开关的通信基站节能模型研究[J].电力信息与通信技术,2023,21(2):34-39.
- [4] 高海堂.5G设备基站设备应用选型讨论[J].广东通信技术,2020,40(12):75-77.
- [5] 冉博.5G基站并网供电系统成本优化与ADN低碳研究[D].银川:宁夏大学,2023.

Analysis and Thinking on the Fault of L3-code and L2-code Switching of ZPW-2000A

Tianming He Peng Long

National Energy Group Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Yuanping, Shanxi, 036100, China

Abstract

The locomotive signal in the heavy railway safe operation of trains has a vital role, according to the ground signal signal to locomotive driver, pass the line and block partition train clearing and occupancy, is to guide the train driver safe and stable operation of the basic equipment, but also to ensure the safe and stable operation of the train important traffic facilities. This paper describes the problems caused by the frequent switching of L2 code and L3 code to the safe operation of heavy-haul trains under special conditions. This paper analyzes the reasons from two aspects of the actual situation and circuit principle, and puts forward corresponding transition solutions in combination with the actual situation.

Keywords

locomotive signal; L2; L3; S1LQBG

关于 ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞系统低频信息 L3 码与 L2 码切换的故障浅析与思考

何天明 龙鹏

国家能源集团朔黄铁路发展有限责任公司, 中国·山西 原平 036100

摘要

机车信号在重载铁路中对列车安全运行有着至关重要的作用, 根据地面信号机显示向机车司机发出各种信号, 传递前方线路和闭塞分区列车出清与占用情况, 是指引列车司机安全稳定运行的基础设备, 更是确保列车安全稳定运行的重要行车设施。论文描述了一起机车信号在特殊条件下 L2 码与 L3 码频繁切换给重载列车安全运行带来干扰和困难的问题, 从现场实际情况和电路原理两个方面分析原因, 并结合现场实际提出了相应的过渡解决措施。

关键词

机车信号; L2 码; L3 码; S1LQBG

1 引言

ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞系统具有传输距离长、系统安全可靠等显著优势, 朔黄铁路 2022 年年底开通运行了此制式闭塞系统, 开通运行至今以来发生了多起机车信号 L2 码与 L3 码频繁切换的故障。故障发生后, 专业人员沉着应对, 成功处置了这起特殊条件下的机车信号频繁切换的故障, 对规范电路设计、提高故障处理效率以及优化重载列车运输组织具有重要意义。

2 机车信号 L3 与 L2 突变案例

2022 年 12 月 20 日 9 时 56 分 42 秒 1008 号 8786 次机车运行至上行 16km778m 公里 (越过出发信号机未出 XN 信

号机) 时, 机车信号 L2 变为 L3, 1 秒后压入 S1LQBG 变为 L2 (越过 XN 信号机, 非正常变化), 9 时 56 分 44 秒机车信号再次变为 L3 恢复正常接收信号, 后续机车信号恢复正常。盯控后续五趟列车, 机车信号均正常。

3 机车信号突变原因调查及分析

3.1 原因调查

①查看 CTC 视频回放确认地面信号机显示正常, 于 9 时 56 分 38 秒越过 SII 出站信号机, 前方 6742 次占用 240G, 本次列车 8786 接收 L2 码 (如图 1 所示)。

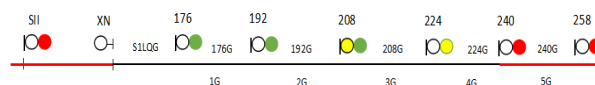


图 1 上行发车信号布置图

【作者简介】何天明 (1989-), 男, 中国四川内江人, 本科, 助理工程师, 从事铁道信号研究。

②9 时 56 分 42 秒, 8786 次运行至 II AG 区段时 240G

出清,此时8786次接收机车信号由L2变为L3码。

③9时56分43秒,8786次运行至S1LQBG区段,此时8786次接收机车信号由L3变为L2,1秒钟后随即又切换至L3码(如图2所示)。

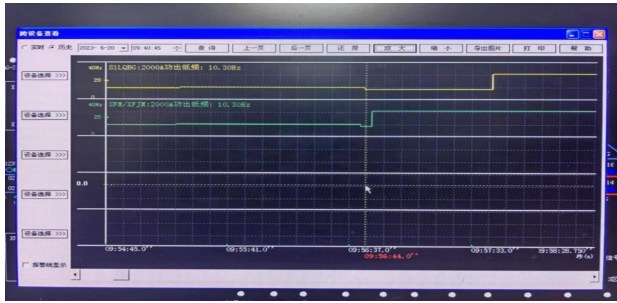


图2 SFM/S1LQBG 低频“时差”对比图

由图2对比得出:Ⅱ道发车进路(SFM)在9:56'42"250ms发L3码;S1LQBG在9:56'44"000ms发L3码,两区段L3码间隔了2"750毫秒。

3.2 机车信号发码电路原理

①由于SⅡ发车进路与1LQG区段共同组成了1个闭塞分区(图3),而该闭塞分区的电码化又分两部分组成,一部分由SⅡ发车进路即SFM组成,分别对11DG、7DG、1DG、ⅡAG四个区段进行发码;另一部分由S1LQBG和S1LQAG轨道区段各自发码组成。

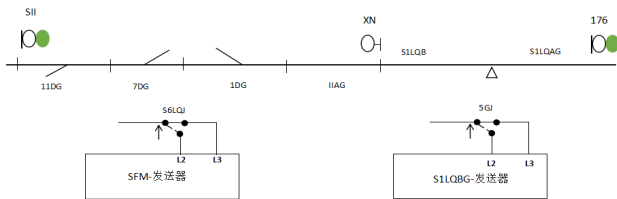


图3 SⅡ发车进路与S1LQBG区段发码示意图

②SFM发送器发L3码,需检查S6LQ条件240G空闲即可发L3码;而S1LQBG需检查前方第5个闭塞分区(即240G空闲)即可发L3码。

③站内SFM发L3码动作电路程序及原理。站内SFM电路发L3码动作顺序:240CG/QGJ↑→240CG/GJ↑→S6LQJ↑→L3码,只需动作3步。站内正线发车进路的各种信息编码HU、U、LU、L、L2、L3均采用2~6离去继电器(2LQJ~6LQJ)的条件,即由5LQJ、6LQJ区分

发送L2码、L3码,当5LQJ继电器吸起,6LQJ继电器落下时发送L2码,当5LQJ继电器吸起,6LQJ继电器吸起时发送L3码。离去继电器(LQJ)是所对应的各区间轨道(GJF)的一级复示继电器,该继电器励磁时间约0.2秒,原理如图4所示。

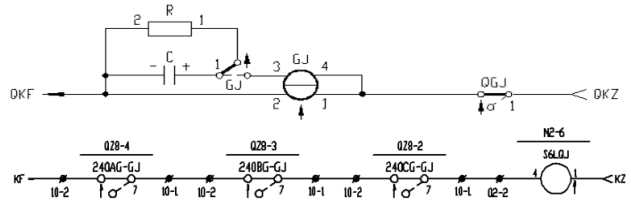


图4 6LQJ继电器励磁原理

④S1LQBG发L3码动作电路程序及原理。240CG/QGJ↑→240CG/GJ↑→240GJF↑→224AG/1GJ↑→224BG/1GJ↑→224CG/1GJ↑→208AG/2GJ↑→208BG/2GJ↑→208CG/2GJ↑→192AG/3GJ↑→192BG/3GJ↑→192CG/3GJ↑→176AG/4GJ↑→176BG/4GJ↑→176CG/4GJ↑→S1LQAG/5GJ↑→S1LQBG/5GJ↑→L3码,需要动作17步。列车正向运行时,逆向进站外方闭塞分区(S1LQAG、S1LQBG)的各种信息编码HU、LU、L、L2、L3采用1GJ、2GJ、3GJ、4GJ、5GJ的条件,即由4GJ、5GJ区分发送L2码、L3码,当4GJ继电器吸起,5GJ继电器落下时发送L2码,当4GJ继电器吸起,5GJ继电器吸起时发送L3码。4GJ、5GJ继电器是所对应的区间轨道(GJF)的多级复示。例如,5GJ继电器由相邻前方区段的4GJ条件励磁,以此类推,5GJ继电器是所对应区间轨道的17级复示,原理如图5所示。

内方闭塞分区

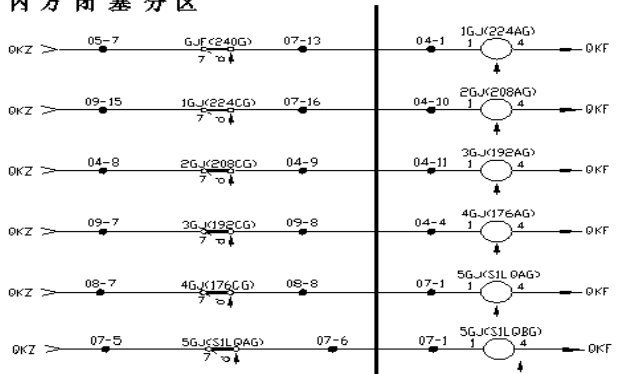


图5 S1LQBG区段5GJ继电器励磁原理

3.3 原因分析

①从电路动作层次来看,同一个闭塞分区站内SFM电路发L3码动作只需3步,而S1LQBG发L3码动作需17步,继电器的接通时间平均为180~240毫秒,按200毫秒计算,则SFM发L3码需要0.6秒,而S1LQBG发L3码需要3.4秒,即同一个闭塞分区S1LQBG较SFM延迟2.8秒钟接收到L3码。

②此种情况只有在发车进路末端与S1LQG区段的结合

部,同时正好5G区段车辆出清的短时间才会发生,属于高度时机切合下的特殊条件。

3.4 现场测试试验

针对此现象,现场分两组人员分别对SFM与S1LQBG的L2、L3码转换时间进行测试试验,一组测试站内SFM的低频信息转换时间,另一组测试区间S1LQBG的低频信息转换时间;当机车出清240G区段时,两组人员同时进行L2码转换L3时间记录,测试得到站内SFM由L2码转L3码时间为0.8s,区间S1LQBG由L2码转L3码时间为3.8秒,测试证明S1LQBG由L2转L3码比SFM由L2码转L3码延迟3s的转换时间差。现场实际测试由于人员操作、测试仪器的原因存在一定差异,但确实能证明区间延迟于站内发码时间。

4 结语

通过对该起机车信号突变的分析和判断,因高度时间切合的特殊条件下,导致机车信号L2码与L3码频繁切换,查阅《铁路信号设计规范》:

第6.1.6条规定:“针对继电器的动作差异及元器件不同状态的影响,应采取措施防止导致危及行车安全的电路错误动作”。

第6.4.3条规定:“联锁结合电路的复示继电器应防止动作不一致可能产生危及行车安全的后果,合用继电器接电时应防止电路串电”。

第9.0.10条闭塞分区及出站第一离去区段由多个轨道区段单元组成时,其中各轨道区段单元的正向发码应符合下列规定:“①闭塞分区空闲时,均发送与列车运行前方通过信号机或进站信号机显示含义或防护进路建立状态相符的机车信号信息码;②闭塞分区占用时,列车运行前方各轨道区段单元均发送与列车运行前方通过信号机或进站信号机显示含义或防护进路建立状态相符的机车信号信息码;列车运行后方各轨道区段单元均发送禁止码或不发码”。针对文中规定,分析该起机车信号突变引发两点思考:

①多层级继电器在同一个发码区段的设计虽与标准相符,但存在特殊条件下的时间差,导致不能同一时间发同一个码。②闭塞分区及出站第一离去区段由多个轨道区段单元组成的同一个发码区段的设计虽与标准相符,但采用两条发码电路导致机车信号信息码发送时机不一致。

对此,客观地反映出了此电路在原理设计上还有需要改进和优化的地方,考虑从电路上进行优化改进。一是缩短S1LQBG区段5G继电器励磁电路逻辑关系,减少中间层级

的励磁关系继电器接点组,将S1LQBG区段5G继电器励磁关系继电器接点组由原来的层层递进励磁,改为直接由第五区段的GJF继电器接点组励磁吸起,直接缩短S1LQBG区段5G继电器的励磁时间,促使5G继电器和站内SFM继电器励磁时间一致,如图6所示。二是同一发码区段采用同一条发码电路,将站内控制发L3码的S6LQJ继电器励磁电路与S1LQBG的5G继电器励磁电路共用同一条件,使站内SFM与区间S1LQBG发L3码继电器动作时间一致,如图7所示。三是优化行车组织,促使第五区段车辆出清时机与站内发车时机不一致,确保站内发出的列车在S1LQBG时,第五区段车辆未出清或刚进入区段内,即可预防此现象的发生。

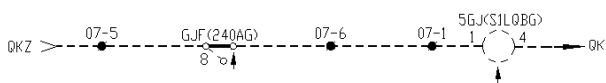


图6 建议优化后的S1LQBG区段5G继电器励磁电路

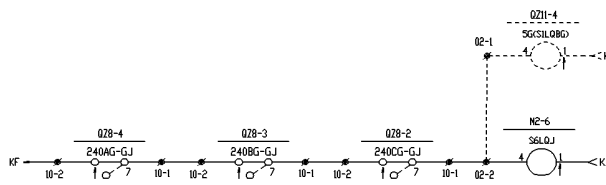


图7 建议优化后的5G与S6LQJ继电器励磁电路

5 结语

铁路信号对列车的安全运行起着至关重要的作用,随着铁路行业大量创新技术装备的运用,铁路信号设计的意义已经发生了较大的变化,多年前的一些设计思路 and 方案能够满足当时的安全生产需求,但随着整个行业的专业化管理水平不断提高,行业标准和设计规范也在不断优化和完善,铁路专业人员需要与时俱进,同步学习和吸纳新知识,不断提高铁路专业安全设计的风险辨识能力以及及时采取消除隐患的安全措施。

参考文献

- [1] 中国铁路总公司.ZPW-2000A型无绝缘移频自动闭塞系统[M].北京:中国铁道出版社,2013.
- [2] 中华人民共和国国家铁路局.TB1007-2017铁路信号设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [3] 林瑜筠.铁路信号基础[M].北京:中国铁道出版社,2006.

Research on Lightning Protection and Grounding System of Radio and Television Satellite Uplink Station

Jun Liu Qianchuan Gu

Guizhou Provincial Radio and Television Bureau 751, Guiyang, Guizhou, 550002, China

Abstract

This paper discusses the lightning protection and grounding technology in depth for the high-definition radio and television satellite uplink system. Combined with the current situation of the site and the existing lightning protection design specifications, the standard of lightning protection classification of the high-definition radio and television satellite uplink system was understood. The lightning protection design is carried out for the high-definition radio and television satellite uplink system to be protected from lightning hazards, mainly from the direct lightning induction lightning and lightning wave intrusion and other corresponding lightning protection measures, combined with the detailed design of the lightning protection device on the project site, such as the lightning rod, lightning wire, lightning rod, down wire and grounding device are strictly calculated and designed, and finally the safety management of the lightning protection device is analyzed, and effective lightning protection and grounding measures are proposed to ensure the stable operation of the system.

Keywords

radio and television satellites; lightning protection and grounding; lightning protection design; lightning protection engineering

广播电视卫星上行站防雷接地系统的研究

刘骏 古黔川

贵州省广播电视局七五一台, 中国 · 贵州 贵阳 550002

摘 要

论文针对高清广播电视卫星上行系统, 深入探讨了防雷接地技术。结合现场的现状以及现有的防雷设计规范, 了解了高清广播电视卫星上行系统防雷等级划分的标准。针对高清广播电视卫星上行系统得到免遭雷电危害进行了防雷设计, 主要包括对直击雷感应雷以及雷电波入侵等设计了相应的防雷措施, 同时结合项目现场详细设计了防雷装置, 如对避雷针、避雷线、避雷杆以及引下线和接地装置等进行了严格的计算和设计, 最后对防雷装置的安全管理进行了分析, 提出了有效的防雷接地措施, 以确保系统的稳定运行。

关键词

广播电视卫星; 防雷接地; 防雷设计; 防雷工程

1 引言

雷电属于一种自然现象, 也可以将其看作是出现在大气层中极具有破坏性的声、光、电物理反应, 其形成的电压可超过 100 万伏, 瞬态电流则超过数十万安培, 通常在雷击点的 1.5~2.5km 半径内都会形成危险电涌。它的出现会对人类社会带来不容忽视的影响, 其中, 由此产生的危害从古至今都影响着大千世界所有生物的生命。在当代电子信息社会实现快速发展的背景下, 雷电彰显出独特性, 且造成的危害范围逐步拓宽, 不仅覆盖建筑、电力等传统领域, 而且还辐射到各个行业, 尤其是和微电子技术有直接相关的行业, 例如: 国防安全、网络通信、电子工程、石油开采、化

工科研等。

闪电击中建筑物后, 由雷电波、过电压等顺着线路侵入; 并转换成空间闪电的脉冲电磁场, 从而形成一个巨大的三维空间, 在整个空间范围内侵袭电子设备、危及人身安全、无孔不入的造成灾害。

由于技术的持续发展, 微电子技术已经渗透到所有行业中, 但是其元器件相对灵敏、脆弱, 极易遭到雷电电磁脉冲的破坏, 引起功能下降。这种现象造成的直接或间接性损失是非常严重的。所以, 在当前防雷技术层面, 必须体现出现代性、综合性等优势, 具体来说, 则需要由直击防雷转变成现代化的综合性防雷。

2 雷电入侵的途径

雷电对建筑物和电子、电气设备造成灾害的渠道很多, 一般可分为以下几类。

【作者简介】刘骏 (1969-), 男, 中国贵州贵阳人, 本科, 高级工程师, 从事卫星传输研究。

2.1 直击雷雷击

雷电直接波及建筑物，由此能够释放大量的能量，形成非常强烈的电效应、机械效应、热效应等，从而对建筑物带来非常严重的破坏。

2.2 闪电电涌

闪电电涌又称作是雷电波，它属于闪电直击防雷系统或线路及经闪电静电感应或雷击电磁脉冲等造成的，属于非常典型的过电压、过电流等瞬态电波。因为雷电通常会对金属物、架空或电流线路等造成破坏，并由此能够波及建筑物，从而对人员生命安全及财产等造成威胁。

2.3 闪电静电感应

因为雷云的影响，导致周围导体中形成和雷云符合完全不同的电荷。在放电的情况下，中和先导通道的电荷，于导体中形成感应电荷，若并未在附近利用防雷设备传至地下，则会形成极高电压。

2.4 闪电电磁感应

因为雷电流变化极快，在其附近形成瞬态强电波磁场，导致周围导体形成极强的电动势效应。

2.5 闪电感应

当闪电放电的过程中，在四周导体中形成的雷电静电或电磁等感应，通常会导致金属物形成电火花。

2.6 雷电电磁脉冲

雷电电磁脉冲（Lightning Electromagnetic Pulse），是雷闪产生的电磁效应，包含闪电电涌和辐射电磁场。其传播渠道非常多，如果闪电击中避雷设备接闪器，或在建筑物周围出现时，那么作为发生源的闪电通道则会向附近极远之处以波的形式进行传输，它可以在各种导线上（电源线、信号线）产生电涌并沿导线侵入建筑物内部。远处落雷甚至视线以外的雷闪产生的雷电电磁脉冲也可能沿导线悄然进入建筑内干扰、损坏电子设备^[1]。

2.7 反击

因为雷电流形成，导致正常状态下处在低电位的导体诸如接地体等电位增大，造成导体放电，此现象又名为“反击”，也可以将其称作是“逆闪络”。若要解决这一问题，一般有两种方法：①作等位连接，通过金属导体或电涌保护器将其衔接在一起，使其发生雷击的情况下电位相同。②扩大二者的间距。

3 雷电的防护措施

根据闪电危害的特点以及入侵方式表明，雷击属于一个非常复杂的物理变化，并非利用一两种先进防雷技术就能够完全规避，或者削弱其破坏力，必须根据其侵入路线，对所有可能形成雷击的原因逐一剔除，通过综合防治手段诸如：接闪、屏蔽、电涌保护、接地、分流等来解决，方可达到安全有效防雷的目的。

3.1 接闪

接闪装置一般是人们经常使用的避雷带、避雷线、避雷针等，它能够避免特定范围的雷电随意释放，且仅根据人们提前确定的防雷通道来放电，逐渐将雷电能量平稳地转移到地面中。

3.2 分流（泄流）

把接闪器捕捉到的雷电通过引线的方式将其转移到接地系统中，由此能够让雷电能量逐步转移到地面下。增加引线的数量，促使雷电能量的释放力度大幅提升，并且还能够有效地降低建筑物中的电磁感应。

3.3 屏蔽

屏蔽是用来弱化雷电电磁效应的一个常见手段，对信息系统来说非常关键。它主要是借助于金属网、壳或管道等导体将一些亟待安全防护的对象环绕起来，让雷电电磁波的侵入路径受到阻挠。全部的屏蔽套、壳等都必须与大地相连接，由此能够有效地预防雷电电磁脉冲对电子产品造成的破坏及干扰。

3.4 等电位连接

等电位连接属于雷电安全保护的一个常见方法，其基本理论的创建是由国内外很多学者通过对雷闪过程的观察形成的。其内容强调的是：雷电电流并非一个电压源，却属于一个电流源，标准地讲，则属于一个电流波。雷电造成的破坏效应取决于强大的电流属性，却并非放电过程中形成的高电压，在雷电能量释放的过程中如果侵入电子设备，那么雷击就持续了；若在全局设备及管道及建筑物中没有形成电位差，那么其释放渠道则能够根据预先设定的标准与大地相接，由此达到设备防雷的目的。所以，完全消除雷电造成的具有破坏性的电位差，则是防雷的一个重要原理，若要达到这一目的必须实现等电位连接。对一个系统的外露导电部位进行设计，使其当作等电位连接的导体，由此创建一个网络系统称等电位连接网络。其中，外露道路部分包括：信号线、金属管、电源线、金属物件、建筑物中的钢筋结构等，它们都需要利用电涌保护装置实施等电位连接，由于接闪器在启动时，引下线会形成高电位，则会对防雷系统附近处在低电位的导体形成旁侧闪烁，导致其出现高电位，由此会对人员及设备安全等造成威胁。很多保护区域都需要进行区域性的等电位连接，随后还需要将其和主等电位相连接，方可创建一个系统、标准的等电位连接网络^[2]。

3.5 电涌保护

电涌保护属于当前防雷行业的一个重要应用，是保障电子产品或系统安全的一个必要策略。雷电电磁效应形成干扰源，一般将其称作是能量脉冲，它不但能够形成过电压，而且还能够形成电磁或电流等辐射效应。所以，雷电电磁脉冲并非属于过电压，或者过电流等现象，则被看作是一类能量冲击，故而将其命名成“电涌”（Surge）或“浪涌”，

它一般会对供配电装置中的电子或电气系统等造成破坏,特别是对弱电设备的稳定运行造成干扰,必须采取相应的防护措施。在所有和外部相连的导体诸如数据线、通信管道、电力电源线等和防雷系统或接地设备之间需要串联或者并联一个电涌保护装置(SPD),如果直击雷或雷电电磁在线路中形成的电涌顺着导线转移至室内或装置中,那么SPD的电阻会瞬间降到最小值,使其形成短路,把雷电电涌经此处引导至接地装置,通过接地装置将雷电能量泄放到大。待雷电电涌释放后,依旧还会一些残余能量顺着导线转移至装置中,从而破坏那些耐压性弱的电子设备,所以在选择电涌保护器时,应根据各种设备的耐冲击过电压额定值,采取分层次(分区)多级防护。除此之外,还应根据线路的敷设情况、被保护设备的抗扰度及雷电防护等级等来确定电涌保护器的数量。

3.6 接地

接地是雷电防护中重要的环节,接地不好,所有防雷措施的防雷效果都不能有效发挥出来,甚至扩大雷害程度。不管是内部防雷措施、外部防雷措施,都必须为其提供一条合理的低阻抗通道让雷电电流安全地与地面相连,却不可使其能量聚集在防雷设备的某一区域,从而会对被保护物造成严重破坏。

接地一般可分为:防雷(建筑物或电涌保护器)、设备安全、屏蔽或静电、交流或直流接地等。

接地系统通常需要配置共用接地装置(离地),不提倡独立接地。共用接地系统由接地装置和等电位连接网络组成。采用共用接地系统的目的是达到均压、等电位以减小各种接地设备间、不同接地系统间的电位差。其接地电阻因采取了等电位连接措施,所以按接入设备要求最小值确定接地

电阻值。

外部防雷措施主要由接闪器诸如避雷针、避雷网、避雷带及引下线、接地设备等构成,其目的主要吸引雷电并尽快和畅通无阻地将雷电流引入大地中安全泄放。而内部防雷措施则是防闪电电涌、闪电静电感应、闪电电磁感应、闪电感应及雷电电磁脉冲所产生的电磁效应、电涌等侵入造成电子电气设备毁坏的技术措施,这是外部防雷无法保证的。因此,一项完整的防雷系统工程,是由外部防雷措施和内部防雷措施组成的,如果被分割,势必留下安全隐患^[1]。

4 防雷区(LPZ)

在做防雷设计之前,我们先来了解一下防雷区的概念,才能综合的、安全有效地设计好防雷系统方案。

层次性是物质世界的一个根本性质,也是系统的根本特征之一。现代综合防雷系统也是有层次性的,在《建筑物防雷设计规范》第六章雷电电磁脉冲中提出了防雷区(LPZ),如图1、图2所示。

① LPZ 0A 区: 该区中的所有物体都存在遭受雷击风险; 该区中的电磁场效应并未减弱。

② LPZ 0B 区: 该区中的所有物体遭受超过所选滚球半径的雷电袭击的风险比较低,但是该区中的电磁场效应并未减弱。

③ LPZ 1 区: 该区中的所有物体直接遭受雷击的概率是零,通过所有导体的电流明显小于 LPZ 0B 区; 该区中的电磁场效应或许会减弱,主要与屏蔽作用有关。

④ LPZn+1 后续防雷区: 如要求不断减弱流经的电流、电磁场效应等,则需要扩大后续防雷区域的面积,且根据待保护对象的实际情况确定其环境标准。

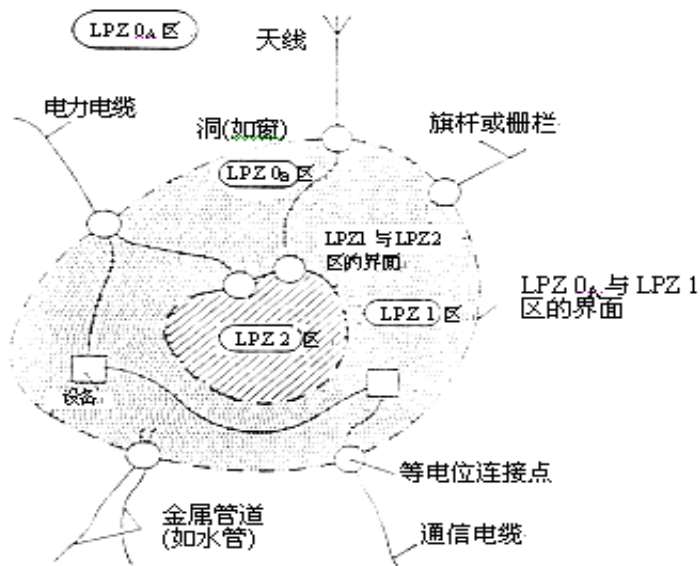


图1 把一个亟待防护的区域划分成各类防雷区的基本准则

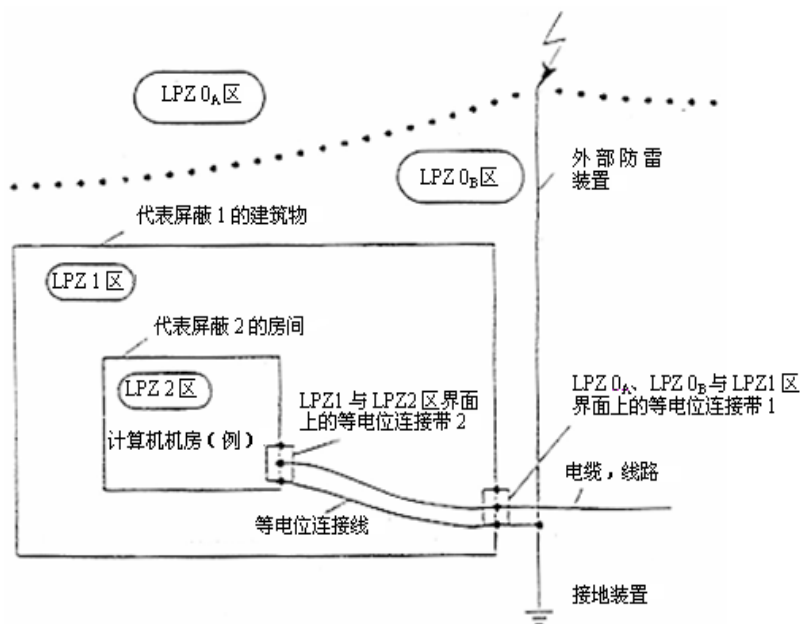


图2 把一建筑物划分成若干防雷区、满足标准规定的等电位连接的案例

层次分析法告诉我们在研究和处理问题时,要重视和发挥“中介”的作用,促使事物整体化发展。所有防雷保护区周围的等电位连接、电涌保护系统等都是利用屏蔽、分流、电涌保护与接地技术等配置的,能够让浸入的干扰源能量逐步减弱。LPZ0区主要是拦截(直接雷击的防护);中介面LPZ0和LPZ1处为初级保护,装设(开关型或限压型)大通流容量电涌保护器;中介面LPZ1和LPZ2处为次级保护,进一步完善屏蔽、等电位连接、接地措施、装设限压型电涌保护器;中介面LPZ2后为精细保护,装设限压型、低残压型电涌保护器,更高要求完善屏蔽、等电位连接、接地措施。

信号线:所有信号线及天馈设备等都属于接收或感应雷电的重要载体。该站中的卫星接收天线中的天馈设备都没有实施防雷保护策略。尤其是其中的等电子系统存在抗电压性弱等情况,极易出现过电压现象而受到破坏。

5 设计方案

5.1 工艺高频接地体

在高功放室西侧场地,采用垂直预埋 $2000\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的紫铜板做工艺高频室外接地体,接地电阻不大于 1Ω ;如果场地地质条件不能满足接地电阻要求时,可采用增加降阻剂或接地铜棒的施工措施,达到小于 1Ω 的接地电阻要求。另外,高频接地体应就近与台区新建的接地网做电气连接,并且高频接地体与台区新建接地网之间的相互搭接应不少于两个点。

5.2 设备机房内工艺接地系统

采用 $200\text{mm} \times 1\text{mm}$ 紫铜带做接地主干线,一端与室外高频接地体电气连接,另一端分别接入高功放室、小信号室及监控值班室;各室内工艺设备的接地采用M型(网状)

连接方式,即在活动地板下采用 $200\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 的铜带做接地支干线,以 $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 网格敷设,交叉处使用焊接;采用 $100\text{mm} \times 0.75\text{mm}$ 紫铜带做接地支线,将各个设备立柜的接地引出线汇接到紫铜带上;各室接地主干线分别沿电缆桥架敷设至高功放室外工艺高频接地体电气连接。另外各室内工艺设备的接地支干线 $200\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 的紫铜带,应与室内预留的等电位均压环 $40\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的紫铜带通过等电位连接器电气连接。

5.3 室外发射和接收天线工艺接地系统

在地球站机房楼南侧东边场地布置的一副 $\Phi 12\text{m}$ 和两副 $\Phi 9\text{m}$ 卫星发射天线,每副天线的接地系统均采用 50×5 镀锌扁钢做接地干线,与各自的基础主筋焊接,并与就近的新建台区接地网电气连接,与接地网电气连接点不少于两个点;每副天线的避雷针引下线及天线主体需与基础预留接地扁钢电气连接。接地电阻不大于 1Ω 。

在高功放室屋顶布置的一副 $\Phi 2.4\text{m}$ 卫星接收天线和二层屋面布置的一副 $\Phi 0.6\text{m}$ 微波天线的接地系统采用 40×4 镀锌扁钢做接地干线,一端与基础主筋焊接,另一端与屋顶避雷带接地引下端子电气连接,接地电阻不大于 1Ω ;同时将避雷针引下线与天线安装基础面上的预留接地扁钢电气连接。

在高功放室东侧场区地面布置的一副 $\Phi 3\text{m}$ 卫星接收天线的接地系统采用 40×4 镀锌扁钢围绕天线安装基础闭环敷设,并与基础主筋焊接,做接地干线,接地电阻不大于 1Ω ;同时将避雷针引下线与天线安装基础面上的预留接地扁钢电气连接。

各副天线的同轴馈线在天线处和机房设备处均分别接入同轴防雷器,防雷器需就近接地。

6 综合防雷系统

6.1 防直击雷措施

①根据该台站所处的地质特点和设备的重要性,此项目按二类建筑物设计;必须考虑直击雷的各种隐患,如直击雷、侧击雷、滚雷等因素。

②现台站新建三座室外卫星天线,新建室外三副卫星天线;分布位置:左(Φ9m 卫星天线)最高点为 10.5m;居中(Φ12m 卫星天线)最高点为 15.2m;右(Φ9m 卫星天线)最高点为 10.5m。

③台站原有避雷针(值班室屋面)针高 13m,距离左边新建 Φ9m 卫星天线中心为 29.5m。

依据 GB50057—2010《建筑物防雷设计规范》,保护范围根据滚球法计算,原有避雷针在水平面的保护半径为 31.64m 可保护左侧卫星天线;

此副天线处于原有避雷针保护范围。

④现需对室外新建右边(Φ9m 卫星天线)和(Φ12m 卫星天线)进行直击雷防护。

拟在台站凉亭旁增设一座 25 米高避雷塔对其进行保护,新建避雷塔距右边 Φ9m 卫星天线中心为 36.5m,距 Φ12m 卫星天线中心为 34.4m。

根据 GB50057—2010《建筑物防雷设计规范》;按滚球法计算新建避雷塔 25m 在水平面上的保护半径为 40.31m。此两副天线在保护范围内。

并在塔顶部增设提前放电避雷针,采用 35mm² 的软铜芯线与地网连接;作为防直击雷、侧击雷、滚雷保护措施。

另将避雷塔任意两角引下线在土层中连接室外防雷接地装置,能够有效的泄流。

6.2 等电位连接处理

机房金属设备、室外卫星接收天线等做等电位连接处理,室外金属物构件采用 -40×4 热镀锌扁钢或 φ12mm 的镀锌圆钢做等电位连接并接地;机房内设备等电位连接采用 φ16mm² 多股软铜芯线进行连接处理。

6.3 防感应雷措施

根据建筑物电子信息系统防雷技术规范:(所有防雷器电源部分产品均为 DEHN 产品)需在台站的总电源前端分别安装一台 100kA 三相电源防雷器作为一级电源浪涌保护(共计 2 套);每个分配电箱及重要设备室分别安装一套 40kA 三相电源防雷器作为二级电源浪涌保护共计 6 套;在机房设备及其他设备电源端分别安装 20kA 三相电源或单相

电源等防雷系统,可以将其看作是Ⅲ级浪涌保护(共计 15 套);另采用防雷插座对重要弱电设备作精细保护;在卫星天线高频头安装同轴信号浪涌保护器。(根据现场实际情况可做安装位置的调整)。

所有防雷器及重要性金属物设备需做好防雷接地处理,并且与室外防雷接地网相互连接。其中,全部防雷系统接地引出线都选择的是 25mm² 的软铜芯线,按照就近原则与室内(均压环)地网相接。

6.4 防地电位反击措施

在机房加装雷电矢量控制箱以防止地电位反击。

6.5 防雷接地网建设

室内均压环建设:围绕机房装置后侧配置紫铜排(口字型或田字形),这属于室内设备系统的均压环,同时利用 -40×4mm 热镀锌扁钢超外出,和引下线、室外地网等对接。

包括高清 UPS 机房、高低压配电房等所有机房均需设置均压。

室外地网建设:根据项目现场周边地质情况。需在台站周边土壤较好处开挖水平地沟,埋设环形水平接地体(50×5mm 热镀锌扁钢)、垂直接地体(离子接地极、防雷接地模块),水平接地体埋设深度不得小于 0.5m,垂直接地体不小于 1~2m,所有沟槽内材料用降阻剂包裹再回填土壤。

所有开挖尺寸根据现场开挖地面可作调整,台站室外防雷接地电阻值≤1Ω。

注:根据台站建筑物及设备接地端走向,将原有防雷接地网进行重新埋设安装,原有地网将新建室外防雷接地网与原有室外防雷接地网相互连接,并且不少于两处。

7 结语

防雷接地是高清广播电视卫星上行系统中不可或缺的重要环节。通过合理的设计和和实施,可以有效地提高系统的抗雷击能力,保障系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 任更新.基于广播电视卫星上行站的质量检测系统性能研究[J].电声技术,2023,47(9):121-124.
- [2] 蒋志祥.广播电视发射台防雷接地系统改造[J].电视技术,2023,47(4):101-103.
- [3] 王伟.探讨卫星电视接收天线系统的防雷与接地问题[J].卫星电视与宽带多媒体,2019(19):2.

Design and Application of Zaoshi Hydropower Dam Safety Monitoring System Based on Internet of Things Technology

Jiade Zhang Shijun Liu Kun Li Wei Yang

Hunan Lishui Hydro & Power Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract

Focusing on the requirements of engineering safety operation, a dam safety monitoring system for Zaoshi Hydropower Station was constructed based on Internet of Things technology, consisting of three subsystems: a safety monitoring perception system, an automated collection system, and an information management system. The system realizes the full life cycle application of dam safety monitoring data collection, transmission, analysis, monitoring, and early warning, effectively enhancing the comprehensive guarantee capability of dam safety; The system has played an important role in flood control scheduling and daily operation of Zaoshi Hydropower Station, and can provide reference for similar system construction.

Keywords

internet of things technology; hydropower station; safety monitoring; information system

基于物联网的皂市水电站大坝安全监测系统设计与应用

张家德 刘世军 李昆 杨威

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司，中国·湖南长沙 410000

摘 要

聚焦工程安全运行需求，基于物联网技术构建了由安全监测感知系统、自动化采集系统和信息管理系统等三个子系统组成的皂市水电站大坝安全监测系统，实现了大坝安全监测数据采集、传输、分析、监控及预警全生命周期应用，有效提升了大坝安全综合保障能力；系统已在皂市水电站防汛调度及日常运行过程中发挥了重要作用，可为类似系统建设提供参考。

关键词

物联网技术；水电站；安全监测；信息系统

1 引言

1.1 物联网技术概况

物联网技术是将传感器、实体设备等物理设备通过网络技术进行连接，从而形成一个能够互相通信和交换数据的网络系统，其中各个层级和组件之间高度集成，实现高效数据通信与实时控制^[1]。近年来，物联网技术发展迅速，已广泛应用于各行各业。

在水利工程大坝安全监测领域，物联网主要由安全监测仪器、自动化采集设备和信息化系统组成。其中，安全监测仪器实现监测数据的现场测量，自动化采集设备实现监测仪器的在线接入和自动化控制，信息化系统实现对物联网设备的管理以及实现数据采集、汇聚、分析等各项功能^[2]。

1.2 皂市水电站概况

皂市水电站是“98 大水”后国务院批准的国家“十五”

重点防洪骨干工程，工程位于澧水流域的一级支流渚水上，坝址距湖南省常德市石门县城约 19km；水库控制流域总面积 3000 km²，约占渚水流域总面积的 93.7%，主要工程任务以防洪为主，同时兼顾发电、供水、灌溉和航运等多方面的综合利用^[3]。

皂市水电站具体工程特征如表 1 所示。

表 1 皂市水电站工程特征表

工程特征	特征信息
工程等别	一等大（I）型工程
坝型	碾压混凝土重力坝
坝顶长度	351m
最大坝高	88m
坝顶高程	148m
正常蓄水位	140m
总库容	14.39 亿 m ³
装机容量	120MW
设计年发电量	3.26 亿 kW·h

【作者简介】张家德（1990-），男，中国湖南溆浦人，硕士，工程师，从事水电站运行研究及管理研究。

论文综合运用新一代物联网技术，围绕皂市水电站大

坝安全需求,构建全方位透彻感知监测物联网,将安全监测仪器、自动化采集设备和信息管理系统进行有机结合,实现了从安全监测数据采集、存储、分析、监控及预警全生命周期应用,有效提升了大坝安全综合保障能力。

2 系统总体框架

皂市水电站大坝安全监测系统整体可划分为物联网采集层、网络连接层和业务应用层。

①物联网采集层:由安全监测仪器和自动化采集设备组成,安装在水工建筑物内部和各现场监测站中,通过振弦、差阻等传感技术,采集获取监测物理量数据。②网络连接层:通过现场光纤局域网络和数据加密传输技术,组成安全稳定的数据传输网络,保障各类物联网设备与系统连接的保密性和可靠性。③业务应用层:主要实现自动化采集和信息管理分析;其中,在自动化采集方面,支持接入各类物联网自动化采集设备,实现振弦、差阻、电流、电压、数字式等多类型传感器的统一接入,并构建基于 MQTT 等通信协议的安全监测物联网平台,实现监测设备的统一管理和运维;信息管理系统实现安全监测数据采集、数据管理、处理分析等功能,提升安全监测数据的管理及利用效率,为工程建设及运行安全提供决策支持。

皂市水电站大坝安全监测系统拓扑结构如图 1 所示。

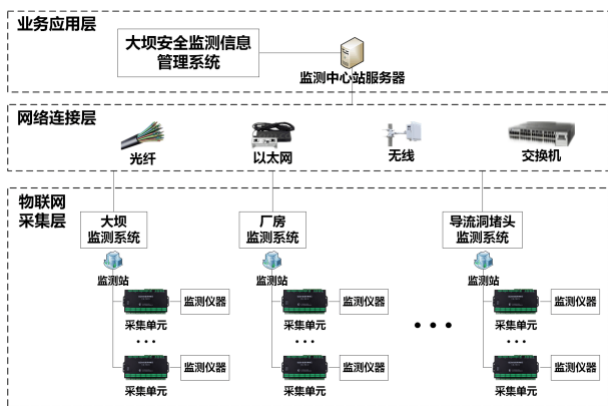


图 1 大坝安全监测系统拓扑图

3 系统分项设计

针对安全监测感知系统、自动化采集系统和信息管理系统等三个子系统进行分项设计,综合应用物联网技术实现了安全监测数据自动采集、管理和分析的全生命周期智慧应用^[4]。

3.1 安全监测感知系统设计

根据皂市水电站工程结构特点,依据《混凝土大坝安全监测技术规范》(SL601)和《水利水电工程安全监测设计规范》(SL725)等相关标准规范要求,皂市水电站安全监测感知系统分为大坝、厂房、消力池、左右岸边坡和导流洞堵头 5 个部分。

①大坝安全监测:主要针对大坝变形、渗流、应力应变及坝体温度情况进行监测。②厂房安全监测:主要针对厂房基础渗压、建基面结合度、尾水管钢筋应力及蜗壳结构受力情况进行监测。③消力池安全监测:主要针对消力池基础渗流、左墙基岩面结合情况及支护锚索受力情况进行监测。④左右岸边坡安全监测:主要针对左、右岸边坡、水阳坪—邓家嘴滑坡体和金家沟崩坡积体的变形稳定、地下水及支护锚索受力情况等进行监测。⑤导流洞堵头安全监测:主要针对导流洞堵头温度、变形、渗流及应力应变情况进行监测。

皂市水电站安全监测系统共接入各类监测仪器测点 1175 个。其中,变形监测测点 365 个,包括正倒垂、引张线、测缝计等类型;渗流监测测点 560 个,包括测压管、渗压计、量水堰、排水孔等类型;应力应变及温度监测测点 250 个,包括应变计、无应力计、锚索测力计、温度计等类型;通过构建实时、精准大坝安全监测全面感知系统,发挥安全监测体系的“耳目”作用,为全面捕捉工程运行时的性态反映,分析评判建筑物的安全性及其发展趋势提供了有力的基础数据支撑^[5]。

3.2 自动化采集系统设计

皂市水电站大坝安全监测自动化采集系统采用监测中心站和监测站二级设置,系统包含 1 个监测中心站和 13 个监测站,共接入 22 套内观自动化采集设备、10 台垂线坐标仪和 14 台引张线仪。

自动化采集系统采用分布式网络结构,建成了冗余独立星型网络,主要采用 TCP/IP 以太网的方式进行数据通信,从而保证系统通讯效率。在网络通信异常时,系统能够按照预设的采集频次,自动采集监测数据并保存在自动化采集设备内部,当网络恢复时将数据同步至监测中心站的信息管理系统中。

自动化采集系统监测站分布如图 2 所示。

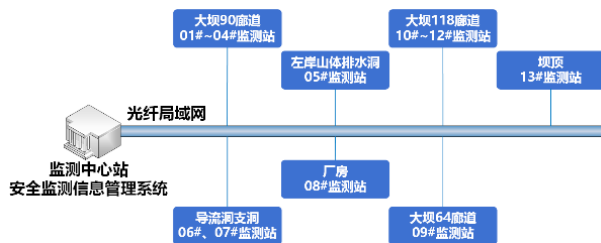


图 2 自动化采集系统监测站分布图

3.3 信息管理系统设计

皂市水电站安全监测信息管理系统基于 B/S 模式和微服务技术构架进行开发,并通过 Restful API 接口与自动化采集系统进行无缝集成,实现物联网设备的统一管理、控制及运维。

系统基于通用化、模块化的设计原则,整体划分为数据采集、数据管理、整编分析、监控报警、测点管理、工程管理和系统管理等 7 个功能模块,满足大坝安全日常业务功能需求。系统各模块的具体功能如表 2 所示。安全监测信息管理系统部分界面见图 3 及图 4。

表 2 安全监测信息管理系统功能模块表

功能模块	具体实现功能
数据采集	对接监测自动化采集系统，实现数据采集管理功能，支持实时采集、定时采集等多种采集形式
数据管理	实现安全监测数据的集中管理，支持快捷输入、输出操作
整编分析	实现数据整编、计算处理和模型分析功能，支持报告自动生成
监控报警	数据入库后自动判别预警数据并提醒相关人员
测点管理	实现测点信息管理，支持自定义测点类型和参数公式
工程管理	实现工程结构、监测站点信息和工程文档资料管理
系统管理	实现用户、权限等管理功能，支持日志记录和服务状态监控



图 3 采集设备网络拓扑图



图 4 监测数据过程线组合图

4 系统应用效益

基于物联网技术的皂市水电站大坝安全监测系统已于 2022 年初建设完成，至今已稳定运行超过 2 年，支持在 2 分钟内完成自动化系统巡回测量，已累计采集监测数据超 200 万条，实现了大坝安全信息采集、传输、分析、监控及预警全生命周期应用，提升了大坝安全保障能力，为皂市水电站防汛调度及日常运行提供了重要技术支撑。

5 结语

论文综合运用物联网技术构建了皂市水电站大坝安全监测系统，并开展了系统总体框架、及监测感知系统、自动化采集系统和信息管理系统分析设计；系统已在皂市水电站

经受长期运行考验，能够有效提升监测数据采集的及时性和稳定性，也可为类似系统建设提供参考。

参考文献

[1] 孙其博,刘杰,黎犇,等.物联网:概念、架构与关键技术研究综述[J].北京邮电大学学报,2010,33(3):1-9.

[2] 易华,韩笑,王恺仑,等.物联网技术在大型水电站安全监测自动化系统中的应用[J].长江科学院院报,2019,36(6):166-170.

[3] 凌玉标,陈印辉,彭敏.澧水流域防洪规划及防洪工程体系建设[J].湖南水利水电,2005(5):43-45.

[4] 黄跃文,牛广利,李端有,等.大坝安全监测智能感知与智慧管理技术研究及应用[J].长江科学院院报,2021,38(10):180-185+198.

[5] 吴中如.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].北京:高等教育出版社,2003.

Optimization of the Wide-area Communication Network for Computing Force Scheduling

Wei Zhang

China Mobile Communications Group Hebei Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050021, China

Abstract

In the context of the rapid development of information technology, the efficient communication between data center and edge equipment is particularly important. With the surge of data volume and the increasing demand for real-time computing, computing power scheduling not only needs to rationally allocate resources, but also consider the efficiency of network transmission to ensure the smooth operation of each business application. The optimization of wide area communication network meets this need to improve the utilization of resources and reduce network latency through intelligent algorithms and advanced technologies, so as to improve the overall system performance and user experience. Specifically, the optimization work includes the dynamic adjustment of the data transmission links, the intelligent improvement of the network topology, and the implementation of the load balancing strategy. These measures will effectively enhance the communication ability between the data center and edge devices, promote the further development of edge computing, provide strong support for various industry application scenarios, and promote the sustainable development of the overall information technology environment.

Keywords

computing power scheduling; wide area communication network; optimization strategy

面向算力调度的广域通信网络优化

张伟

中国移动通信集团河北有限公司, 中国 · 河北 石家庄 050021

摘 要

在当前信息技术快速发展的背景下, 数据中心与边缘设备之间的高效通信显得尤为重要。随着数据量的激增和实时计算需求的不断增加, 算力调度不仅需要合理分配资源, 还要考虑网络传输的效率, 以确保各业务应用的顺畅运行。广域通信网络的优化针对这一需求, 旨在通过智能算法和先进技术, 提高资源的利用率, 降低网络延迟, 从而提升整体系统性能和用户体验。具体而言, 优化工作包括对数据传输链路的动态调整、网络拓扑的智能改进以及负载均衡策略的实施。这些措施将有效增强数据中心与边缘设备间的沟通能力, 促进边缘计算的进一步发展, 为各种行业应用场景提供强有力的支撑, 同时推动整体信息技术环境的可持续发展。

关键词

算力调度; 广域通信网络; 优化策略

1 引言

随着信息技术的快速发展, 算力调度在广域通信网络中的作用日益凸显。算力调度能够优化资源分配, 提高网络性能, 为用户提供更好的服务体验。然而, 随着网络规模的扩大和业务的复杂性增加, 算力调度面临着诸多挑战。因此, 论文旨在探讨面向算力调度的广域通信网络优化问题, 并介绍一些相关算法公式。

2 面向算力调度的广域通信网络的背景知识

在现代的信息科技发展下, 算力调度成为广域通信网

络管理的核心问题之一。其目标不仅仅是提升通信质量与服务效能, 更重要的是确保在网络环境下资源的优化配置。这牵涉到任务分配、资源调度及负载均衡等多个层面的深入考量与实践。为了达到这些复杂而多面的目标, 通常采取的策略既包含了基础的技术原则, 亦引入了前沿的理论模型及创新性的优化算法。任务分配作为算力调度的基础环节, 旨在依据特定规则合理地分派不同的网络任务给相应的节点或服务器, 从而使得网络内的每个组成部分均能在负载均衡的状态下运行, 最大化整体网络的效率与响应速度。传统的任务分配通常采用静态的方式进行规划与配置。然而, 在面对日益复杂的通信场景和突发的服务需求时, 静态规划往往无法做到及时反应, 因而产生了以动态算法为主流的现代分配技术路线。动态任务分配算法能够根据网络状态实时调

【作者简介】张伟 (1983-), 男, 中国河北蔚县人, 硕士, 工程师, 从事传输、信息系统集成研究。

整分配策略,不仅提高了网络适应性,也显著降低了任务等待时间。资源调度是对算力、存储和其他资源在多个节点间的协调和管理。其核心任务在于确保关键资源不会过载,同时也保证所有资源都能得到最有效地使用,避免资源空置和浪费。资源调度机制的有效性直接影响到网络的稳定性和可维护性。在此领域,智能优化算法如遗传算法被广泛应用。通过借鉴自然界中的进化过程(诸如自然选择和适者生存法则),遗传算法能模拟资源配置环境的竞争和合作,不断迭代寻优方案,实现资源使用的高效性。这种方法不仅可以处理具有高度不确定性的环境,也能在复杂约束条件下找到较为均衡的资源分配模式。负载均衡则是确保在网络高负荷状态下,每一部分都能够均匀接受流量和工作,避免特定点的瓶颈形成导致服务降级的问题。负载均衡技术不仅能防止局部资源因过载而出现压力堆积现象,还能在多节点之间合理分发计算任务和数据访问请求,保证服务的一致性和连续性。基于机器学习的动态负载预测与分配算法成为该领域的热门研究方向。通过学习历史数据和当前状态的变化模式,此类系统能够预测和调整流量分布趋势,实现更加精细化的资源配置,有效提升网络的抗压能力和运行效率。

算力网络如图 1 所示。

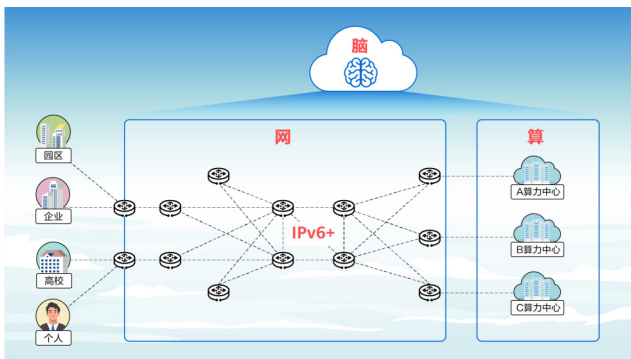


图 1 算力网络

3 面向算力调度的广域通信网络优化方法

3.1 基于任务分配的算法优化

在信息技术与网络架构高速演进的当下,任务分配作为计算资源调度的核心部分,对于提升系统效率、降低延迟、提高服务质量和确保整体网络安全至关重要。随着数据量的指数级增长以及用户对即时服务的需求不断上升,合理有效的任务分配算法在确保服务质量、最大化资源利用效率以及维护网络性能稳定性方面发挥着关键作用。基于负载均衡的任务分配是一种常见而高效的解决方案。通过实时监测各网络节点的处理负载情况,这种算法动态地分配新任务至相对空闲的节点,从而减少高峰时段可能出现的服务压力点,并且能够动态响应网络环境的变化和需求,保证整个系统在各种使用场景下都能维持稳定高性能运行状态。此外,负载均衡还能实现资源的均衡分配,避免某些节点因负载过重导致

系统整体表现受损,确保服务的连续性和一致性。

实施任务负载均衡的具体步骤涉及多个关键元素,首先是准确的负载测量和统计。这要求系统能实时收集所有节点的当前运行负载信息,比如 CPU 利用率、内存使用率、网络吞吐量等。其次,在获取到这些基本信息后,分配算法依据特定准则(如平均负载、最大可接受负载或是节点间负载差异的阈值),智能地选择一个或多个“最佳”的目标节点执行任务。在具体应用层面,负载均衡还可以结合其他策略和技术以达到更好的效果。例如,可以引入预测模型对未来的资源需求进行预测,以预分配资源或进行预防性的负载均衡调整,避免突发性流量引起的问题。再有就是引入缓存技术和多级任务分配结构,使得热点任务能在更靠近最终用户的位置得到快速、直接地处理,进一步优化端到端的传输时延和服务体验。

综上所述,通过精细的任务分配策略与先进技术的集成应用,可以极大提升系统的处理能力,保障服务的质量,并且为用户提供更加流畅、稳定和个性化体验。这一策略不仅关乎当前性能和成本的控制,而且对于未来网络发展中的数据密集型应用和大规模数据处理也具有重要价值,是推动现代网络系统高效运行和发展不可或缺的基础之一。

3.2 基于资源调度的算法优化

资源调度,作为一种核心管理手段,在确保广域通信网络稳定高效运营方面发挥关键作用。其目标不仅仅是分配资源,更是平衡网络性能,提供优质的用户体验并维持系统健康状态。一种基于时间序列分析的资源调度算法能捕捉网络流量模式的变化,精准地在预测需求基础上进行资源配置。该算法利用历史数据、当前流量和潜在业务需求预测,灵活地为各种服务动态调配硬件资源、带宽和其他网络资源,以便有效应对高峰期负载。这种方法尤其适应于复杂环境,如视频会议、云计算服务等,它们需求在不同时间点上可能有显著差异,从而导致动态的资源需求模式。时间序列预测是指使用过去的时间序列数据来预测未来的值。时间序列数据通常包括时间和相应的数值,例如资源用量、股票价格或气温。时间序列预测算法是一种数字信号处理技术,可以用于分析和处理时间序列数据。动态分配不仅仅是简单的即时反应,更包含了前瞻视角:预见需求峰值并预先分配资源;对异常使用做出迅速调整。此外,这种机制允许更高效的数据流分配与处理。在网络流量激增之前提前扩容或者优化现有资源,可以显著减少延迟和错误,提高服务可用性和性能。考虑到不同的应用程序对资源有各自的优先级要求,时间序列分析也能实现基于应用类型的有效区分。这不仅帮助网络管理者在满足服务质量(QoS)标准的同时,优化资源利用效率,还使他们有能力支持多样化的应用需求,如关键任务型业务需要高度的资源稳定性。进一步地说,引入机器学习技术进行更精细的分析和预测是优化资源调度的又一关键策略。通过对数据的深度学习分析,可以预测未来的

资源需求、潜在的故障以及用户的活动习惯,这样,就能更准确地在需要时动态地调整资源配额。此外,实时监控系统的表现,根据其动态特性进行微调,可以显著提高整体网络效率。

综上,合理实施基于时间序列的资源调度策略不仅需依赖精确的数据分析和技术支持的动态反应机制,还需要高度的系统灵活性、预测准确性和资源调配智能化。通过不断探索和优化这些技术途径,广域通信网络能在复杂多变的应用场景中实现稳定性和高效性的统一,持续为终端用户和商业合作伙伴带来价值,推动数字经济时代的深入发展。

4 网络算法优化的关键因素

在设计网络算法时,复杂度分析是不可或缺的环节。无论是时间复杂度还是空间复杂度,都直接影响算法在处理大规模数据时的性能表现。例如,对于实时应用程序,如在线游戏或视频直播,控制算法的时间复杂度显得尤为重要,任何延迟都可能导致用户体验的不佳。因此,在设计这类算法时,必须权衡复杂度和性能之间的关系。一些高级算法,例如 Dijkstra 算法和 A* 搜索算法,虽然在理论上具有较高的复杂度,却在特定场景下能够提供最优解。这使得对这些算法进行深入研究成为一种值得的追求,尤其是在需要保证路径优化和资源调配的场合。随着硬件技术的持续进步,利用并行计算和分布式系统提升算法性能的趋势愈发明显。通过将任务划分为多个可独立处理的部分,采用多线程或分布式架构,可以显著缩短处理时间,提高资源的有效利用率。然而,这种设计策略也带来了数据一致性和同步问题的新挑战。为了避免潜在的瓶颈,设计者需要在实现高效并行处理的同时,确保数据的可靠性和完整性。因此,在网络算法的开发中,不仅要关注算法的复杂度,还要考虑实践中的并发控制和资源管理等方面,以全面提升系统性能。

网络环境的变化频繁,算法的适应性和自学习能力成为优化的重要因素。设计能够根据网络状况自动调整参数的算法,可以显著提高其灵活性和鲁棒性。机器学习的应用,为网络算法的优化提供了新的思路。例如,通过分析历史数据,可以预测流量情况,从而动态调整路由策略。优化算法的另一个关键因素是实时监控与反馈机制。通过监测网络的性能指标,如延迟、带宽利用率和包丢失率,可以及时发现并进行调整。反馈机制不仅可以帮助优化现有算法,还能为未来的算法设计提供数据支持。构建全面的监控系统,

能够确保网络的持续优化和可靠性。

总之,网络算法的优化是一个复杂而富有挑战性的过程,涉及多个领域的知识和技术。通过对数据结构的合理选择、算法复杂度的深入分析、并行计算的充分利用、适应性设计的应用以及实时监控机制的建立,可以显著提升网络算法的性能。随着技术的不断进步,未来的网络算法优化将更加智能化和自动化,为用户提供更优质的网络体验。

云网管平台如图2所示。

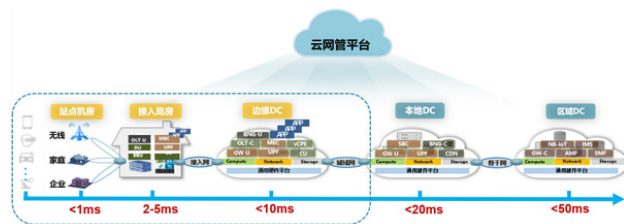


图2 云网管平台

5 结论

通过合理的任务分配和资源调度策略,可以有效优化网络性能,从而显著提高网络的效率和稳定性。在当前信息化快速发展的背景下,网络的负荷与服务要求日益增加,急需研究和开发更加高效的算法与优化技术,以应对这些挑战。未来的研究应聚焦于如何提升算法的运行效率与适应性,通过引入机器学习等先进技术,进一步提高资源的利用率。同时,加强与其他领域的交叉融合,如云计算、物联网和人工智能,将有助于提升算法的实用性与普及度。这种多学科的创新不仅推动算法的发展,也将促进广域通信网络的整体发展与应用,使其更好地服务于社会各界,提高人们的生活品质和工作效率。

参考文献

- [1] 王璞.解析Docker如何催生新一代PaaS[J].软件和集成电路,2016(7):74-76.
- [2] 程莹,张云勇.SDN应用及北向接口技术研究[J].信息通信技术,2014,8(1):36-39.
- [3] 孙海洪.微服务架构和容器技术应用[J].金融电子化,2016(5):63-64.
- [4] 刘畅,毋涛,徐雷.基于无服务器架构的边缘AI计算平台[J].信息通信技术,2018,12(5):45-49.
- [5] 房秉毅,张云勇,陈清金,等.云计算网络虚拟化技术[J].信息通信技术,2011,5(1):50-53.