

02  
2022

# 计算机科学与人工智能

COMPUTER SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Volume 1 Issue 2 · June 2022 ISSN 2972-3159(print) ISSN 2972-3167(online)

AI

计算机科学与人工智能

Computer Science and Artificial Intelligence

Volume 1 Issue 2 · June 2022

ENCYCLOPAEDIC

ENCYCLOPAEDIC PUBLISHING PTE.LTD.

21 Serangoon North Avenue 5, #03-03 Ban Teck Han Building, Singapore 554864

<http://encyclopub.com>

[encyclopaedic@outlook.com](mailto:encyclopaedic@outlook.com)

ISSN 2972-3159



9 772972 315222

ENCYCLOPAEDIC



# 计算机科学与人工智能

## COMPUTER SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

第 1 卷 第 2 期 2022 年 6 月 出刊  
Volume 1 Issue 2 June 2022

国际标准刊号: ISSN 2972-3159 (纸质版) ISSN 2972-3167 (网络版)  
International Standard Serial Number: ISSN 2972-3159(print) ISSN 2972-3167(online)

主编 Editor-in-Chief	来兴胜 Xingsheng Lai	烟台宏远氧业股份有限公司 Yantai Hongyuan Oxygen Industry Co., Ltd.
副主编 Associate Editor	肖 励 Li Xiao	广州致景科技有限公司 Guangzhou Zhijing Technology Co., Ltd.
编委 Editor Board Members	马志友 Zhiyou Ma	深圳看到科技有限公司 Kandao Technology Co., Ltd.
	高一帆 Yifan Gao	37°5 有限公司 37°5 Technology Co., Ltd.
	李海鹏 Haipeng Li	河南思维信息技术有限公司 Henan Thinker Information Technology Co., Ltd.
	蔡文贤 Wenxian Cai	易安信信息技术研发(上海)有限公司 Emc Information Technology R&D (Shanghai) Co., Ltd.
责任编辑 Editor in Charge	龙晓红 Xiaohong Long	
美工设计 Art design	马晨静 Chenjing Ma	

### 版权声明 / Copyright

百科出版社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百科出版社所有。

All articles and any accompanying materials published by Encyclopaedic Publishing Pte. Ltd. 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-Non Commercial 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). Encyclopaedic Publishing Pte. Ltd. reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

### 《计算机科学与人工智能》介绍和收稿范围

《计算机科学与人工智能》是由百科出版社(ENCYCLOPAEDIC PUBLISHING PTE.LTD.)出版的一本面向全球发行的同行审议的国际性开放获取学术期刊,致力于刊登最新的具有创造性的研究成果,其领域涵盖计算机及人工智能各层次理论与实践,旨在推动计算机及人工智能的研究发展。杂志以从事计算机,人工智能教学以及高精尖科技人才、专家、学者阅读,重点刊发计算机科技领域内技术发展与创新经验的各类高水平的优秀学术论文。

本刊收录包括高性能计算机、体系结构、并行处理、计算机科学新理论、算法设计与分析、人工智能与模式识别、系统软件、软件工程、数据库、计算机网络、信息安全、计算机图形学与计算机辅助设计、虚拟现实、多媒体技术及交叉学科的相互渗透和新理论的衍生等领域具有国际影响力的计算机及人工智能的最新进展,同时,为积极应对各行业计算机科技问题,提供和推广实践方法和学术成果,为计算机从业人员提供形式多样化、内容专业化的交流平台,为推进该领域的国际学术交流而努力。

本刊诚挚欢迎并接纳全球计算机、人工智能学者与专家的洞见与研讨。期刊广泛吸收各类原创学术研究论文、案例及技术报告以及综述论文等。期刊开设(但不限于)以下栏目:

- ◆ 综述·探索
- ◆ 网络与信息安全
- ◆ 软件与数据库技术
- ◆ 学术研究
- ◆ 网络与通信
- ◆ 人工智能
- ◆ 数据库技术
- ◆ 信息安全
- ◆ 图形图像与模式识别

### 期刊概况:

中文刊名: 计算机科学与人工智能  
英文刊名: *Computer Science and Artificial Intelligence*  
出刊周期: 季刊  
收稿刊期: 2022 年第 1 期(3 月版面)(以当时情况准)  
出版社名称: 新加坡百科出版社

### 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。

### 文章类型:

类型	内容
社论	对某篇论文或议题发表的意见性文章
原创性论文	涵盖了工程技术领域相关理论与实践的所有原创性研究论文
评论文章	为工程技术的进一步研究提供最新的研究进程或成果的综述性论文
意见性论文	批判工程技术领域存在的且尚未解决的问题并提出意见
信件	致编辑的信或是作者有价值的回复等

### 出版格式要求:

- ◆ 稿件格式: Microsoft Word
- ◆ 稿件长度: 至少 3000 字数
- ◆ 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

1	工业互联网重点技术专利态势分析 (王涛 石琪琦)	1	Analysis of the Key Technology Patent Situation of Industrial Internet (Tao Wang Qiqi Shi)
5	基于张量方法的数据约简算法研究 (金青海 晏祖根)	5	Research on Data Reduction Algorithm Based on Tensor Method (Qinghai Jin Zugen Yan)
10	6G 时代通信感知一体化 (马洁 张建)	10	Integration of Communication and Perception in the 6G Era (Jie Ma Jian Zhang)
13	通信感知一体化专利技术综述 (石琪琦 文华胤)	13	Overview of the Patent Technology of Communication Perception Integration (Qiqi Shi Huayin Wen)
17	人工智能技术在电气自动化控制中的应用分析 (来兴胜)	17	Application Analysis of Artificial Intelligence Technology in Electric Automation Control (Xingsheng Lai)
21	智能维修在白车身加工应用探索 (孙长柏 宋振鹏 李继明 宋晨 于凤群)	21	Application of Intelligent Maintenance in Body Shop (Changbai Sun Zhenpeng Song Jiming Li Chen Song Fengqun Yu)
25	电动汽车电池管理系统典型故障诊断对策研究 (李敏)	25	Research on Typical Fault Diagnosis Countermeasures of Electric Vehicle Battery Management System (Min Li)
29	散射通信链路自适应传输技术研究 (张元鹏)	29	Research on Adaptive Transmission Technology of Scattering Link (Yuanpeng Zhang)
32	论中职计算机平面设计专业课程体系建设 (曲媛)	32	Discussion on the Construction of Curriculum System of Computer Graphic Design Major in Secondary Vocational School (Yuan Qu)
36	基于 Web 的信息平台数据安全风险及对策研究 (王利强)	36	Research on Data Security Risks and Countermeasures of Information Platform Based on Web (Liqiang Wang)
40	超级电容在计算机系统中的应用研究 (王再跃 步翠显 董兆龙)	40	Research on Application of Supercapacitor in Computer System (Zaiyue Wang Cuixian Bu Zhaolong Dong)
44	铁路通信综合视频监控系统的核心技术及其应用 (刘毅君)	44	The Key Technology and Application of Railway Communication Integrated Video Monitoring System (Yijun Liu)



# 工业互联网重点技术专利态势分析

## Analysis of the Key Technology Patent Situation of Industrial Internet

王涛 石琪琦

Tao Wang Qiqi Shi

国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心 中国·四川成都 610213

Patent Examination Cooperation Sichuan Center of the Patent Office, CNIPA, Chengdu, Sichuan, 610213, China

**摘要:** 通过对工业互联网重点技术相关的专利文献进行分析, 得出全球工业互联网的发展现状, 尤其分析了中国专利申请趋势、技术分支占比等情况, 同时对中国科研机构 and 政策决策机构在该技术领域的下一步发展, 提出建设性意见。

**Abstract:** Through the analysis of industrial Internet key technology related patent literature, concluded that the development status of global industrial Internet, especially analyzes the China's patent application trend, technology branch proportion, etc., at the same time to China scientific research institutions and policy decision-making institutions in the next step in the field of technology development, put forward constructive suggestions.

**关键词:** 工业互联网; 专利; 分析

**Keywords:** industrial Internet; patent; analysis

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7117

### 1 工业互联网技术简介

2012年美国通用电气公司发布《工业互联网: 打破智慧与机器的边界》白皮书(*Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*), 首次提出了工业互联网的概念, 在白皮书中, 工业互联网被称为 Industrial Internet。“工业互联网”这个概念究竟是什么? 一言以蔽之, 其实质就是通过互联网平台把设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密地连接融合起来。“工业互联网”是开放、全球化的网络, 将人、数据和机器连接起来, 属于泛互联网的目录分类。

“工业互联网”依靠机器以及设备间的互联互通和分析软件, 改变以前以单体智能设备为主的模式, 是全球工业系统与高级计算、分析、传感技术及互联网的高度融合<sup>[1]</sup>。

工业互联网是新一代工业浪潮的产物, 全球主要国家在工业互联网探索 and 实践中形成了不同的认识。

美国对“工业互联网”功能的设想, 从定性的角度, 即通过高性能设备、低成本传感器、互联网、大数据收集及分析技术等组合, 大幅提高现有产业的效率并创造新产业。帮助制造业拉长产业链, 形成跨设备、跨系统、跨厂区、跨地区的互联互通, 从而提高效率, 推动整个制造服务体系智能化。推动制造业融通发展, 实现制造业和服务业的跨越发

展, 使工业经济各种资源要素能够高效共享。

从德国的角度来看, “工业互联网”的定义来自物联网创新联盟(AIOTI): “物联网”和“IoT”是一种能够连接嵌有电子、软件、传感器、执行器和网络连接的物理对象、设备、车辆、建筑物以及其他物体, 并使得这些不同对象能够收集和交换数据的网络<sup>[2]</sup>。

中国工业互联网产业联盟(AII), 通过宏观层面和技术层面两个角度对工业互联网进行了定义: 从宏观层面看, 工业互联网通过工业经济全要素、全产业链、全价值链的全面连接, 支撑制造业数字化、网络化、智能化转型, 不断催生新模式、新业态、新产业, 重塑工业生产制造和服务体系, 实现工业经济高质量发展。从技术层面看, 工业互联网是新型网络、先进计算、大数据、人工智能等新一代信息通信技术与制造技术融合的新型工业数字化系统, 它广泛连接人、机、物等各类生产要素, 构建支撑海量工业数据管理、建模与分析的数字化平台, 提供端到端的安全保障, 以此驱动制造业的智能化发展, 引发制造模式、服务模式与商业模式的创新变革。在制造业领域, 物联网、工业物联网及工业互联网是同义词, 即基于互联网技术和标准将具有计算能力的物理实体相互连接的网络<sup>[3]</sup>。

【作者简介】王涛(1984-), 男, 中国山东莱州人, 硕士, 副研究员, 从事5G移动通信、广播通信、物联网方面研究。



## 2 工业互联网重点技术专利分析

### 2.1 全球专利申请态势分析

全球工业互联网专利申请态势见图 1。

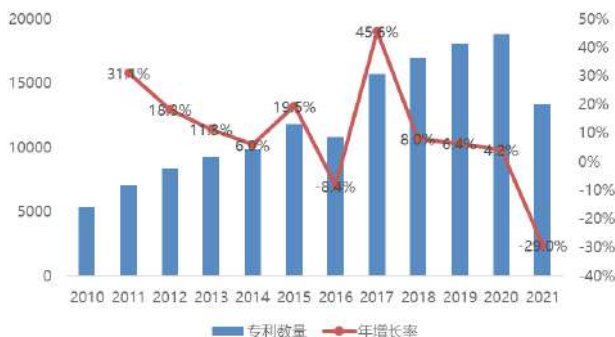


图 1 全球工业互联网专利申请态势

图 1 展示了全球范围内工业互联网产业相关专利申请趋势情况。70 年代开始到 90 年代，随着微处理器、计算机、自动化原理等技术的发展，一大批新技术被应用到工业自动化领域，如现场总线、工业以太网、PLC、RFID、条形码等，此时虽然工业互联网的概念尚未提出，但是这些技术在后来被应用在工业互联网中，属于工业互联网产业的发展的萌芽期，专利申请量较少；在 20 世纪 90 年代开始，随着网络技术的发展，全球工业互联网相关技术的专利申请量开始逐年增长。在 2010 年以后，随着移动互联网、物联网的发展以及工业互联网、工业 4.0 等概念的提出，工业互联网的申请量开始迅猛增长，表明全球工业互联网领域开始蓬勃发展，从 2015 年开始每年的工业互联网领域专利申请量都超过了 10000 件，虽然在 2016 年的专利申请量有所下降，但是工业互联网的专利申请总体趋势仍然是在快速增长，在 2020 年申请量达到顶峰，最高申请量超过了 18000 件，但是 2020 年的增长趋势明显减缓，2018—2020 年三年的年增长率分别达到了 8.0%、6.4% 和 4.2%，三年年平均增长率为 6.2%。

图 2 展示了全球范围内工业软件产业相关专利申请趋势情况，在 20 世纪 70 年代，随着计算机技术的发展，科学计算开始应用于实现工程、业务等领域的信息处理自动化，20 世纪 90 年代前属于工业软件产业的初步发展期，专利申请量较少；从 20 世纪 90 年代开始，随着个人 PC 普及以及在各行各业的应用，全球工业软件相关的专利申请量开始逐年增长，从 2010 年开始，随着移动互联网、物联网、工业互联网、工业 4.0 概念的提出，工业软件的申请量开始迅猛增长，表明全球工业软件相关技术在工业互联网领域中开始蓬勃发展，从 2015 年开始每年的申请量都超过了 10000 件，在 2019 年申请量达到顶峰，最高申请量超过了 15000 件，2020 年申请量略有下降，但仍然维持在 15000 件的水平，2018—2020 年三年的年增长率分别为 6.4%、6.4% 和 -0.4%，三年年平均增长率为 4.1%。此外，由专利申请量技术分支

占比图可以看出，生产制造领域的专利申请量最多，占总申请量的 58%，研发设计与经营管理的专利申请量次之，占比均在 20%，运维服务的专利申请量占比最少，仅占 2%，可以看出，全球对工业软件在运维服务领域中的应用发展比较薄弱。

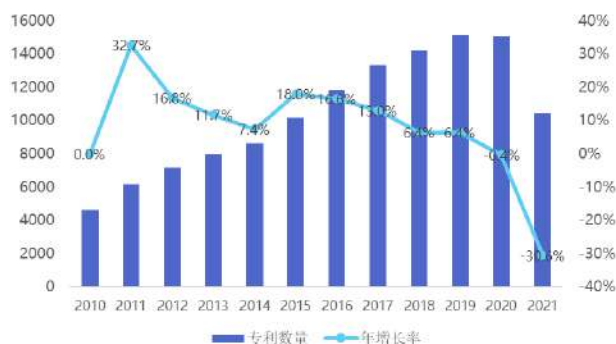
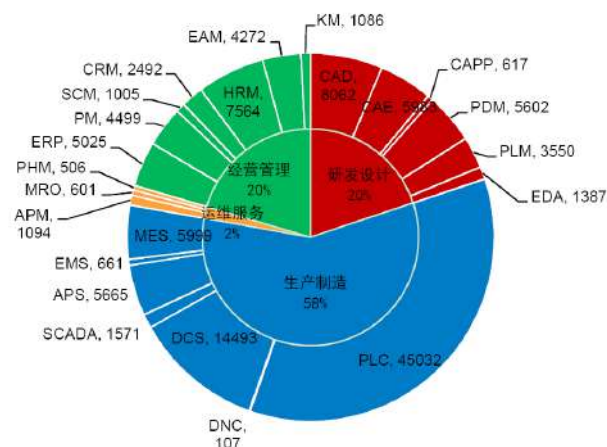


图 2 全球工业软件专利申请态势及各技术分支专利申请量占比

### 2.2 中国专利申请态势分析

图 3 展示了全国范围内工业互联网产业相关专利申请趋势情况，相比于全球，国内工业互联网产业起步较晚，在 20 世纪 90 年代才开始出现工业互联网领域的相关专利的申请，专利申请量较少，每年的专利申请量不超过 100 件；从 2000 年开始，随着计算机和互联网在全国逐渐的普及和广泛应用，全国工业互联网产业相关专利申请量开始缓慢的增长。而在 2015 年国务院印发了《中国制造 2025》中提出通过工业“互联网+”实现制造强国，中国的工业互联网专利申请量在 2016 年经历了快速的增长；经历了 2017 年申请量下降后，连续三年的增长使得在 2020 年全国工业互联网专利申请量达到了峰值，最高年申请量超过了 15000 件，2018—2020 年三年的年增长率分别达到了 8.7%、5.7% 和 8.4%，三年年平均增长率为 7.5%。从增长趋势看，中国与全球的申请趋势相比晚了一年进入快速增长趋势，说明中国在工业互联网领域的发展基本追上了全球的发展脚步。



图3 全国工业互联网专利申请态势

图4展示了全国范围内工业软件产业相关专利申请趋势情况，相比于全球，国内工业软件产业起步较晚，20世纪末工业软件产业才得到初步的发展，专利申请量较少，每年的专利申请量不超过100件；从2000年开始，随着计算机和互联网在全国范围内的普及，全国工业软件产业相关专利申请量开始缓慢的增长，到2010-2011年期间，全国工业软件产业相关专利增长速度出现了短暂的加快，从2012年以后，专利申请量增长速度减慢，直到2015年，全国工业软件产业相关专利增长速度又出现明显的加快，表明国内工业软件相关技术开始蓬勃发展；2020年全国工业软件专利申请量达到了峰值，最高年申请量超过了10000件，2018-2020年三年的年增长率分别达到了6.4%，6.5%和3.1%，三年年平均增长率为5.3%，增长趋势基本全球的增长趋势相同，说明中国在2010年以后在工业软件领域逐步追上了全球的发展脚步。此外，由各技术峰值的专利申请量占比图可以看出，生产制造领域的专利申请量最多，占总申请量的69%，经营管理和研发设计的专利申请量占比分别只占到了16%和14%，而运维管理领域的专利申请量最少，占比1%。因此，可以看出中国作为世界第一的制造业大国，国内相较于全球，对于生产制造领域的应用更加重视，但在经营管理、研发设计和运维管理领域中的发展在全球处于弱势阶段。

### 2.3 专利区域分布分析

图5展示了整个工业互联网领域的专利在不同申请人国别的数量分布情况。从图中可以看出，中国的专利申请数量最高，专利申请数量为101778件，占到了全世界总量的约2/3；美国仅次于中国，但是专利数量上仅占中国的1/5，其申请数量仅为20839件；排名全球第三、四、五位的分别是韩国、德国和日本，申请数量分别为5873、4756和4441件。可以看出，中国和美国在专利数量上远远领先于其他国家/地区。从专利数量上来讲，中国和美国在工业互联网领域的技术创新上具有较大的优势。排名第六、七、八位的分别是印度、法国、瑞士，其专利申请量分别达到了1710件、1674件和1003件，其后依次英国、加拿大、中国台湾、俄罗斯、以色列、瑞典、澳大利亚、荷兰，这些国家的专利申请量均在1000件以内，说明它们在工业互联网领域的创新能力并不突出。

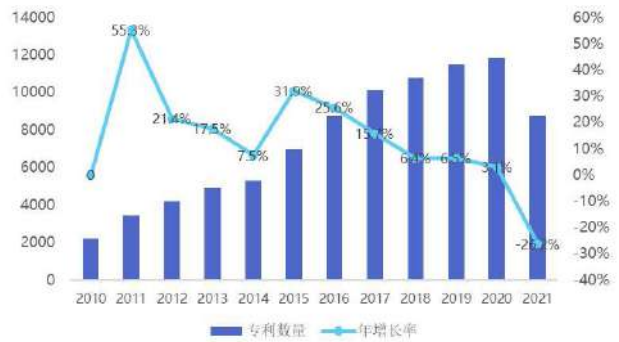
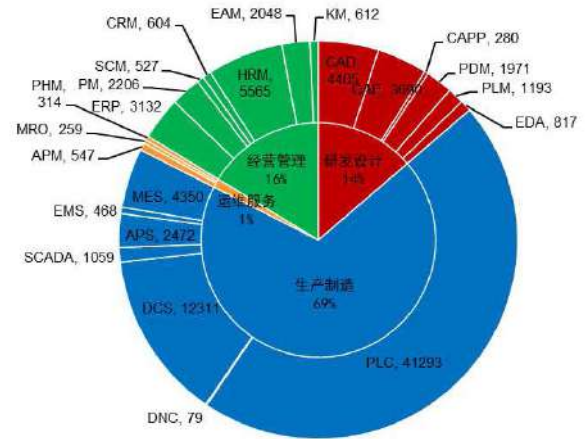


图4 全国工业软件专利申请态势及各技术分支专利申请量占比

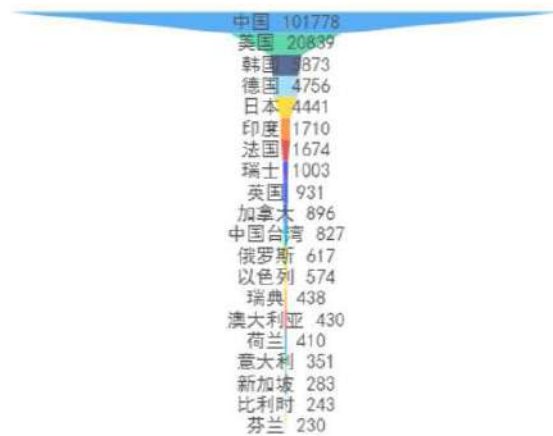


图5 全球工业互联网专利区域分布

中国各省市的专利申请数量可以大致反映出工业互联网产业在国内各省市，的分布情况，从图5可以看出，江苏的专利申请量排名全国第一，这与江苏的工业产业在全国的地位一致。广东、北京、上海、浙江、山东的申请量都属于第一梯队，专利的实力基本反映了各省市在国内的产业地位（见图6）。

图7展示了整个工业软件领域的专利在各个国家公开数量的分布情况。从图中可以看出，中国的专利申请数量处于最高，专利申请数量为88787件，占到了全世界总量的约2/3；美国仅次于中国，但是专利数量上不到中国的1/5，其

申请数量仅为 16823 件；排名全球第三、四、五位的分别是韩国、日本和欧专局，申请数量分别为 4820、2919 和 2910 件。可以看出，中国和美国在专利数量上远远领先于其他国家/地区。从专利数量上来讲，中国和美国在工业软件领域的技术创新上具有较高实力。排名第六位的是印度，其专利申请量达到了 1475 件，其后依次为俄罗斯、中国台湾、澳大利亚、巴西、墨西哥、乌克兰、加拿大，这些国家的专利申请量均在 1000 件以内，说明在工业软件领域的创新能力并不突出。

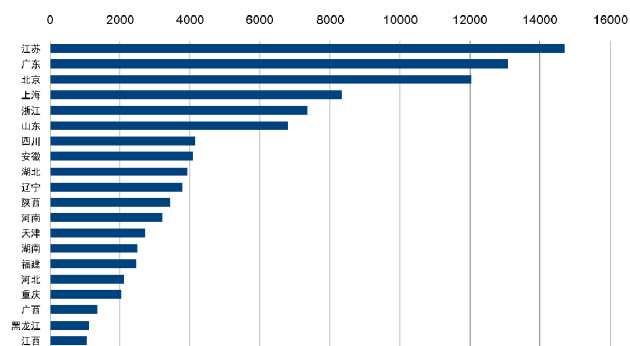


图6 中国工业互联网省级专利排名

单位: /件

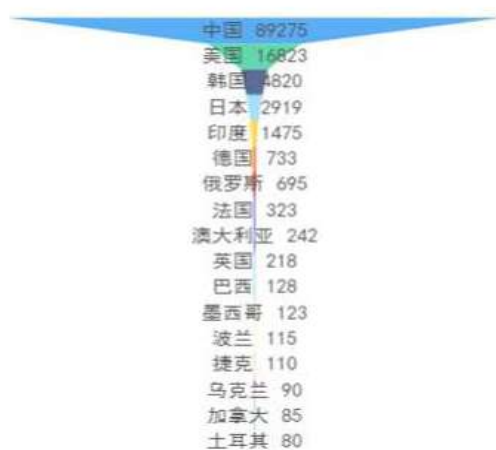


图7 全球工业软件专利区域分布

中国各省市的专利申请数量可以大致反映出工业软件产业在国内各省市的分布情况，从上图可以看出，工业软件在国内各省市的分布情况与工业互联网的分布情况相同，江苏的专利申请量排名全国第一，广东、北京、上海、浙江、山

东的申请量都属于第一梯队，专利的实力基本反映了各省市在国内的产业地位（见图8）。

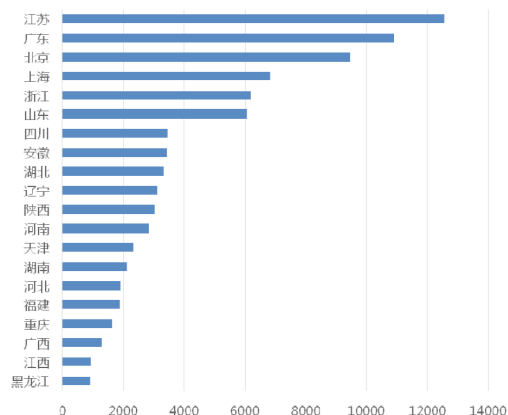


图8 中国工业软件省级专利排名

### 3 结语

由上对工业互联网产业的专利分析可以看出，当前工业互联网已迈入高速发展期，中国及全球其他地区的工业互联网产业增加值规模再创新高。全球主要工业国家，中国各地政府基本都发布了自己省、市未来的发展规划，不少省级的工业互联网平台如雨后春笋纷纷破土而出，工业互联网行业具有巨大的发展前景。开展本项目，有利于指导高新区工业互联网产业的知识产权布局，完善知识产权储备体系，促进知识产权嵌入产业技术创新、产品创新、组织创新和商业模式新，并从产业结构调整、产业链优化路径、产业结构升级、技术创新引进、企业整合引进、专利布局及运营等方面提出建议，夯实产业发展基础。通过专利导航，引导当地企业进行专利布局、储备和运营，将导航机制全面融入企业培训、人才引进、招商引资等过程，增强企业和人才培育引进的导向性、针对性和可操作性，加速工业互联网产业创新成果转化和扩散。

### 参考文献

- [1] 美国“工业互联网”的发展及对中国的启示[EB/OL].[http://www.clii.com.cn/lhrh/hyxx/202112/t20211208\\_3951862.html](http://www.clii.com.cn/lhrh/hyxx/202112/t20211208_3951862.html).
- [2] 工业4.0×工业互联网:实践与启示中德智能制造合作企业对话工作组(AGU)[Z].
- [3] 中国工业互联网产业经济发展白皮书(2021年)[Z].



# 基于张量方法的数据约简算法研究

## Research on Data Reduction Algorithm Based on Tensor Method

金青海 晏祖根

Qinghai Jin Zugen Yan

江西工程学院 中国·江西 新余 338000

Jiangxi Institute of Engineering, Xinyu, Jiangxi, 338000, China

**摘要:** 互联网时代收集了大量的用户使用网络的信息记录, 对用户的网络使用行为进行分析是当前人工智能研究的一个热点。现有的推荐算法存在对用户的个性化推荐准确度不高和处理多路数据比较困难的不足, 我们提出处理推荐系统典型的三路数据(用户、项目、评分)的统一架构, 将这类数据用一个三阶张量表示, 运用高阶奇异值分解技术对其进行隐含语义挖掘和降维, 提出的算法具有较大的实用价值。

**Abstract:** In the Internet age, a large number of information records of users' network usage have been collected, and the analysis of users' network usage behavior is a hot spot in current artificial intelligence research. The existing recommendation algorithms have some shortcomings, such as low accuracy of personalized recommendation to users and difficulty in processing multi-channel data. We propose a unified framework for processing typical three-channel data (users, items, ratings) of recommendation system, which is expressed by a third-order tensor, and the implicit semantic mining and dimensionality reduction are carried out by using high-order singular value decomposition technology. The proposed algorithm has great practical value.

**关键词:** 张量; 降维; 多路数据

**Keywords:** tensor; dimension reduction; multiplex data

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7118

## 1 引言

大数据时代产生了大量的高维数据, 比如图像识别、信息检索、生物大数据分析等领域获得的数据都是高维的。为了更好地对这些数据进行分析, 经常需要对大型数据进行维数约简(降维)。经典的基于流形学习(Manifold Learning)的降维方法主要有主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)<sup>[1]</sup>(又称为K-L变换)、局部线性嵌入(Locally Linear Embedding, LLE)<sup>[2]</sup>、等度规映射(ISOMAP)<sup>[3]</sup>等, 这些算法都是典型的一维数据约简方法, 它们已经被广泛应用于模式识别等领域。传统的向量化算法降维的办法是将高维向量空间中的数据投影到低维向量空间, 这些方法存在一些弊端: ①会损失掉原始数据内部的一些重要信息, 比如图像数据的空间结构信息; ②向量化后的数据一般而言维数比较高, 这给机器带来较大的计算负

担。以图像数据为例, 基于张量思想的算法将灰度图像视作其行向量空间 $\mathbb{R}^d$ 和列向量空间 $\mathbb{R}^{d_2}$ 的张量积, 即一幅灰度图像 $I \in \mathbb{R}^d \otimes \mathbb{R}^{d_2}$ (一个图像集合可视作嵌入在张量空间 $\mathbb{R}^d \otimes \mathbb{R}^{d_2}$ 中的子流形<sup>[4]</sup>), 它的维数是行向量空间的维数 $d_1$ 和列向量空间的维数 $d_2$ , 一般远小于图像向量化后的维数 $d_1 d_2$ , 同时保存了图像数据的空间结构, 使得计算的效率高于传统的线性(向量化)降维方法。

许多实际数据在曲线坐标系中可以被自然地表示成张量形式, 张量表示的数据具有与坐标系的选择无关的性质, 我们在多重线性代数、微分几何、流形等数学理论的基础之上, 通过研究典型的几种高维数据的特征, 建立了具有张量特征的数据的约简表示模型。

现有的推荐系统算法无法很好地处理三路数据(比如三元组(用户、项目、评分)数据), 它们采取的办法是将一

【作者简介】金青海(1987-), 男, 中国江西九江人, 硕士, 从事科学与工程计算研究。

个三路数据拆分成 3 个二维（成对的）数据：（用户、项目）、（用户、评分）、（项目、评分），这会损失原始三路数据蕴含的部分内在的语义信息，普通的推荐系统，比如协同筛选算法（Collaborative Filtering, CF）<sup>[5]</sup> 只能应用于二维数据的处理。为挖掘三路数据隐藏的内在关联，通过对推荐系统典型的三路数据进行分析，将这些数据表示成一个三阶张量，运用高阶奇异值分解（High Order Singular Value Decomposition, HOSVD）技术对它们进行 3-mode 分析，提出了处理三路数据的一个有效方法。

## 2 流形学习

这里所说的流形（Manifold）是指拓扑流形，其定义如下：

定义 1：一个  $d$  维的拓扑流形  $M$  是指一个具有可数基的 Hausdorff 拓扑空间，它的每一点  $P \in M$ ，都存在  $P$  的一个邻域  $U$  与  $\mathbb{R}^d$  中的一个开子集同胚。

通常的曲线、曲面分别称为一维流形和二维流形。

定义 2：黎曼流形空间  $(M, D)$  中的一条光滑曲线  $\gamma: I = (a, b) \rightarrow M$ ， $\gamma' \equiv \frac{d\gamma}{dt}$  是沿  $\gamma$  的切向量场，若  $\gamma$  的切向量  $\gamma'$  沿  $\gamma$  是平行的，即  $\frac{D}{dt}(\frac{d\gamma}{dt}) \equiv 0$ ，则  $\gamma$  称为黎曼流形空间  $(M, D)$  的测地线。

黎曼流形空间任意两点之间存在多条测地线，其中最短的测地线长度被定义为黎曼空间两点间的距离。测地线是欧式空间两点之间直线段概念在黎曼空间中的推广。

设  $Y \in \mathbb{R}^d$  是一个  $d$  维的数据集， $f: Y \rightarrow \mathbb{R}^D$  是一个光滑嵌入， $D \gg d$ ，流形学习的目标是基于给定的  $\mathbb{R}^D$  中的观测数据集  $\{x_i\}$  去恢复  $Y$  和  $f$ ，即通过特定的嵌入映射得到高维空间的低维流形，达到数据压缩的目的。 $f$  的实现形式一般有两种，第一种是黎曼几何意义下的等距嵌入，第二种是保角嵌入，它保角度不保长度，保角嵌入包括所有的等距嵌入和许多其他的映射（比如立体投影中的 Mercator 投影）。假定  $y, z$  是  $Y$  中的任意两点，按照等距嵌入的定义， $f$  保留了路径长度， $Y$  中  $y$  和  $z$  之间的最短路径与沿着  $f(Y)$  的  $f(y)$  和  $f(z)$  之间的最短路径是等长的，即测地线意义下  $Y$  和  $f(Y)$  是等距的。

近年来，出现了大量的基于流形学习理论的降维算法，它们已广泛应用于生物数据挖掘、计算机视觉等领域。

## 3 张量基础

一个  $k$  阶张量是基于  $k$  个向量空间的实值多线性函数：

$$T: \mathbb{R}^{n_1} \times \cdots \times \mathbb{R}^{n_k} \rightarrow \mathbb{R}$$

$k$  称为  $T$  的阶。一个多线性函数分别是每一个变量的线性函数， $\mathbb{R}^{n_i} (i=1, 2, \dots, k)$  上所有的  $k$  阶张量的集合记作  $\mathcal{T}^k$ ，它们的运算满足通常的加法和数量乘法：

$$(T + T')(a_1, \dots, a_k) = T(a_1, \dots, a_k) + T'(a_1, \dots, a_k)$$

$$(aT)(a_1, \dots, a_k) = a(T(a_1, \dots, a_k))$$

其中，向量  $a_i \in \mathbb{R}^{n_i}$ 。

给定两个张量  $\mathcal{T}_1 \in \mathcal{T}^k, \mathcal{T}_2 \in \mathcal{T}^l$ ，定义一个映射：

$$\mathcal{T}_1 \otimes \mathcal{T}_2: \mathbb{R}^{n_1} \times \cdots \times \mathbb{R}^{n_{k+l}} \rightarrow \mathbb{R}$$

其中， $\mathcal{T}_1 \otimes \mathcal{T}_2(a_1, \dots, a_{k+l}) = \mathcal{T}_1(a_1, \dots, a_k) \mathcal{T}_2(a_{k+1}, \dots, a_{k+l})$ 。

由  $\mathcal{T}_1$  和  $\mathcal{T}_2$  的多重线性易得  $\mathcal{T}_1 \otimes \mathcal{T}_2$  分别线性地依赖于各个参数  $a_i$ ，故  $\mathcal{T}_1 \otimes \mathcal{T}_2$  是一个  $(k+l)$  阶张量，称为  $\mathcal{T}_1$  和  $\mathcal{T}_2$  的张量积。

对于一阶张量，它们是  $\mathbb{R}^{n_i}$  的余向量，即  $\mathcal{T}^1 = \mathcal{R}^{n_i}$ ， $\mathcal{R}^{n_i}$  是  $\mathbb{R}^{n_i}$  的对偶空间。二阶张量空间是两个一阶张量空间的积，即  $\mathcal{T}^2 = \mathcal{R}^{n_1} \otimes \mathcal{R}^{n_2}$ ， $\mathcal{R}^{n_1} \otimes \mathcal{R}^{n_2}$  中每一个二阶张量唯一的对应于一个  $n_1 \times n_2$  矩阵。

定义 3：两个张量  $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \cdots \times I_N}$  的数量积（内积）定义为：

$$\langle \mathcal{A}, \mathcal{B} \rangle = \sum_{i_1} \sum_{i_2} \cdots \sum_{i_N} a_{i_1 i_2 \cdots i_N} b_{i_1 i_2 \cdots i_N} \quad (1)$$

定义 4：一个张量的 Frobenius 范数定义为：

$$\|\mathcal{A}\| = \sqrt{\langle \mathcal{A}, \mathcal{A} \rangle} \quad (2)$$

定义 5：设有  $N$  阶张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \cdots \times I_N}$ ，则  $\mathcal{A}$  的 mode- $k$  矩阵（ $k$  阶矩阵展开） $A_{(k)} \in \mathbb{R}^{I_k \times (I_{k+1} I_{k+2} \cdots I_N I_1 \cdots I_{k-1})}$ ，其元素为  $a_{i_1 i_2 \cdots i_N}$ 。

例 1 对于三阶张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{3 \times 2 \times 3}$ ，其中  $I_1 = 3, I_2 = 2, I_3 = 3$ ，我们有  $A_{(1)} \in \mathbb{R}^{I_1 \times (I_2 I_3)}$ ， $A_{(2)} \in \mathbb{R}^{I_2 \times (I_3 I_1)}$ ， $A_{(3)} \in \mathbb{R}^{I_3 \times (I_1 I_2)}$ ，且

$$A_{(1)} = \begin{pmatrix} a_{111} & a_{112} & a_{113} & a_{121} & a_{122} & a_{123} \\ a_{211} & a_{212} & a_{213} & a_{221} & a_{222} & a_{223} \\ a_{311} & a_{312} & a_{313} & a_{321} & a_{322} & a_{323} \end{pmatrix}_{3 \times 6}$$

$$A_{(2)} = \begin{pmatrix} a_{111} & a_{211} & a_{311} & a_{112} & a_{212} & a_{312} & a_{113} & a_{213} & a_{313} \\ a_{121} & a_{221} & a_{321} & a_{122} & a_{222} & a_{322} & a_{123} & a_{223} & a_{323} \end{pmatrix}_{2 \times 9}$$

$$A_{(3)} = \begin{pmatrix} a_{111} & a_{121} & a_{211} & a_{221} & a_{311} & a_{321} \\ a_{112} & a_{122} & a_{212} & a_{222} & a_{312} & a_{322} \\ a_{113} & a_{123} & a_{213} & a_{223} & a_{313} & a_{323} \end{pmatrix}_{3 \times 6}$$

如上定义的 mode- $k$  矩阵（ $k=1, \dots, N$ ）的列向量称为张量  $\mathcal{A}$  的 mode- $k$  向量。

定义 6：张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \cdots \times I_N}$  和矩阵  $M \in \mathbb{R}^{J_n \times I_n}$  的  $n$ -mode 积用  $\mathcal{A} \times_n M$  表示，它是一个  $I_1 \times I_2 \times \cdots \times I_{n-1} \times J_n \times I_{n+1} \times \cdots \times I_N$  张量，且

$$(\mathcal{A} \times_n M)_{i_1 \cdots i_{n-1} j_n i_{n+1} \cdots i_N} = \sum_{i_n} a_{i_1 i_2 \cdots i_n i_{n+1} \cdots i_N} m_{j_n i_n} \quad (3)$$

张量和矩阵的  $n$ -mode 积是两个矩阵乘积概念的推广，依据张量的  $k$  阶矩阵展开，有



$$B_{(n)} = MA_{(n)} \quad (4)$$

其中  $B_{(n)}$  是张量  $\mathcal{B} = \mathcal{A} \times_n M$  的  $n$  阶矩阵展开。

$n$ -mode 积有下面的性质:

性质 1 给定张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \dots \times I_N}$ , 矩阵  $U \in \mathbb{R}^{J \times I_n}$ ,  $V \in \mathbb{R}^{K \times I_n}$  ( $n \neq m$ ), 则  $(\mathcal{A} \times_n U) \times_m V = (\mathcal{A} \times_m V) \times_n U$ 。

性质 2 给定张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \dots \times I_N}$ , 矩阵  $U \in \mathbb{R}^{J \times I_n}$ ,  $V \in \mathbb{R}^{K \times J}$ , 则  $(\mathcal{A} \times_n U) \times_n V = \mathcal{A} \times_n (VU)$ 。

## 4 张量视角下的数据约简表示模型

### 4.1 张量场

张量场是几何学中很普通的概念, 它应用于微分几何、流形理论等领域之中, 是向量场概念的推广, 具有与坐标系选择无关的性质 (见图 1)。

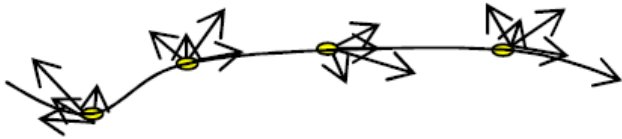


图 1 张量从一点到另一点的变化

在张量空间中建立一个坐标系, 张量在坐标系中从一点到另一点变化 (即张量变化过程中在相应点的秩保持不变)。对坐标系  $(x^i)$ ,  $P \in \mathbb{R}^n$ , 有  $V_{i_1 i_2 \dots i_N}(P) = V_{i_1 i_2 \dots i_N}(x^1, x^2, \dots, x^m)$ , 张量描述的对象在任意坐标系中被保留。在不同的坐标系, 一个张量的坐标可能不相同, 但表示的是同一个张量, 张量的不变性使得在张量场框架下处理张量数据成为可能。张量在新坐标系  $(x^i)$  中的坐标与其在旧坐标系  $(x^i)$  中的坐标遵循下面的变换规则:

$$V_{i_1 i_2 \dots i_N}(P) = \frac{\partial x^1}{\partial x^1} \dots \frac{\partial x^k}{\partial x^k} V_{i_1 i_2 \dots i_k}(P) \quad (5)$$

定义 7: 令  $F_1$ 、 $F_2$  分别表示两个张量场, 变换  $\tau: F_1 \rightarrow F_2$  定义为张量场变换。

### 4.2 几种典型机器学习数据的张量表示模型

许多应用领域需要处理多通道数据, 这些数据可以用张量的形式建立模型。

#### 4.2.1 文论文档的张量表示模型

我们用一个简单的例子加以说明。考虑一个简单的文档: “tensor method”, 用一个三阶张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times I_3}$  表示这个文档并用 26 个英文字母对它进行索引。我们约定标点、空格等 26 个英文字母以外的其他所有字符统一用 “\_” 表示, 将这个文档中的字符串作如下拆分: “ten”, “ens”, “nso”, “sor”, “or\_”, “\_me”, “met”, “eth”, “tho”, “hod”。分别通过 “\_” 和从 “a” 到 “z” 的 26 个字母构建张量空间的三个坐标轴, 它们顺次对应每个坐标轴的 0, 1, 2, ..., 26, 这是一个  $27 \times 27 \times 27$  张量。例如, “ten” 的对应位置为 (20, 5, 14), “or\_” 的对应位置为 (15, 18, 0)。

下一步采用 TFIDF[10] 权重计算方法给每个张量的对应位置加上权重并将它们作为张量的元素的值, 如图 2 所示。

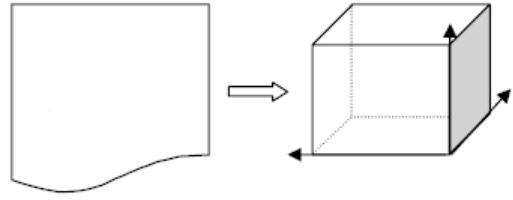


图 2 用字符级别的三阶张量表示一个文档

#### 4.2.2 图像集合的张量表示模型

一个  $I \times J$  的人脸图像集可视为具有潜在关联的二阶张量, 张量数据对象不同的模表示该数据对象不同的“视角” (比如人脸图像不同的表情, 光照条件等等)。同时, 张量计算可用于对数据对象的操作。图 3 说明了如何将一个灰度图像集合表示成一个张量。

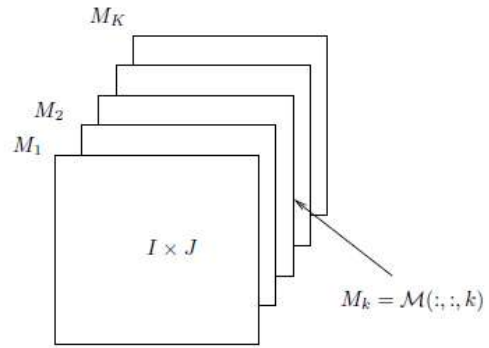


图 3 用一个  $I \times J \times K$  张量  $\mathcal{M}$  表示  $K$  个矩阵  $M_k \in \mathbb{R}^{I \times J}$  集合

#### 4.2.3 RGB 图像的张量表示模型

我们用矩阵的形式表示 RGB 图像, 矩阵表示模型可以直接操作颜色信息。

设  $n$  表示一个  $n_1 \times n_2$  的 RGB 图像像素的数目, 即  $n = n_1 \times n_2$ 。RGB 图像像素 3 个颜色通道的值  $(R, G, B)^T \in \mathbb{R}^3$ , 这里将 RGB 图像的像素定义为矩阵表示模型的基本单位, 设  $u_i$  表示第  $i$  个基本单位 ( $1 \leq i \leq n$ ), 则一幅 RGB 图像可表示为  $I = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ ,  $u_i \in \mathbb{R}^m$  表示 RGB 图像第  $i$  个像素的特征信息,  $m$  是基本单位的维度。将 RGB 图像的第  $i$  个像素的 3 个颜色通道的值定义成表示模型的基本成分, 令  $c_j^{(i)}$  表示第  $i$  个基本单位的第  $j$  个基本成分 ( $1 \leq j \leq m$ ), 则  $u_i = (c_1^{(i)}, c_2^{(i)}, \dots, c_m^{(i)})^T$ , 所以 RGB 图像的矩阵表示模型为:

$$I = (u_1, u_2, \dots, u_n) = \begin{pmatrix} c_1^{(1)} & c_1^{(2)} & \dots & c_1^{(n)} \\ c_2^{(1)} & c_2^{(2)} & \dots & c_2^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_m^{(1)} & c_m^{(2)} & \dots & c_m^{(n)} \end{pmatrix}_{m \times n} \quad (6)$$

上述模型的基本成分可以是 RGB 图像像素的任何性质的值。特别地, 如果基本单位的维数减为 1, 矩阵表示模型将退化成一个向量。

### 4.3 约简模型

考虑一个数据集  $X = \{X_i\}$ ，通过研究  $X$  的特征得到  $X$  的张量信息  $TF$ ，我们用张量场的概念建立模型。为得到  $X$  的一个约简表示形式，将坐标系  $\alpha$  中的  $TF$  变换到坐标系  $\beta$  中新的形式  $TF'$ ，这里建立模型  $\langle X, \varphi, TF, TF', \tau \rangle$ ，其中， $X$  表示输入数据集  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ； $TF$  表示从数据集  $X$  提取出的张量场中的张量； $TF'$  表示经约简后的张量； $\varphi$  表示由数据集  $X$  提取出张量场  $TF$  的变换  $\varphi: X \rightarrow TF$ ； $\tau$  表示数据压缩算法， $\tau$  实际上是通过一个变换  $\tau: TF \rightarrow TF'$  来实现的。

## 5 截断 HOSVD 算法 (THOSVD)

### 5.1 算法提出的背景

推荐系统经常面对三路数据，一般包括三个类别：项目 (item)，用户 (user)，评分 (rating)，项目为需要推荐的东西，比如产品，电影，URLs 或者信息片段；用户为对项目进行评分的人或被推荐系统推荐项目的人；评分表达了用户对项目的情感态度，评分可以是二分类的 (比如 Yes 或 No)，也可以取整数 (比如 1 星级到 5 星级) 或者某个区间内连续的实数值。另外，还有一些隐式的反馈，仅记录用户与某个项目是否进行了交互。

推荐系统收集了大量的用户数据，将这些数据用一个三元组  $(u, i, r)$  ( $u, i, r$  分别代表 user, item, rating) 集合表示。通过这些数据构造一个张量，用  $\mathcal{A}$  表示原始输入数据，重构张量  $\tilde{\mathcal{A}}$  表示输出数据，揭示了 users, items, ratings 之间的内在关联， $\tilde{\mathcal{A}}$  的元素可表示成一个四元组  $(u, i, r, p)$ ， $p$  表示用户  $u$  给项目  $i$  评  $r$  分的可能性 (权重)。因而，可根据对二元组  $(u, i)$  评  $r$  分的权重的大小来判断是否应对用户  $u$  推荐项目  $i$ 。

### 5.2 多线性 SVD

定理 1: 高阶奇异值分解 (HOSVD) 是矩阵 SVD 的推广：每一个  $I_1 \times I_2 \times \dots \times I_N$  张量都可以写成  $n$ -mode 积的形式：

$$\mathcal{A} = \mathcal{S} \times_1 U^{(1)} \times_2 U^{(2)} \times \dots \times_N U^{(N)} \quad (7)$$

$U^{(n)}$  为  $A_{(n)}$  (张量  $\mathcal{A}$  的  $n$ -mode 矩阵展开) 的标准正交的左奇异向量， $\mathcal{S}$  称为核张量， $\mathcal{S}$  具有全正交性，即对任意  $n, \alpha, \beta, \alpha \neq \beta$ ，子张量  $\mathcal{S}_{i_n=\alpha}$  和  $\mathcal{S}_{i_n=\beta}$  都是正交的， $\mathcal{S}$  起着控制  $U^{(n)}$  之间相互关系的作用。同时， $\mathcal{A}$  的  $n$ -mode 奇异值  $\sigma_i^{(n)} = \|\mathcal{S}_{i_n=i}\|$  以非递增的顺序排列： $\sigma_1^{(n)} \geq \sigma_2^{(n)} \geq \dots \geq \sigma_n^{(n)} \geq 0$ 。

特别地，一个三阶张量  $\mathcal{A}$  的 HOSVD 为：

$$\mathcal{A} = \mathcal{S} \times_1 U^{(1)} \times_2 U^{(2)} \times_3 U^{(3)} \quad (8)$$

三阶张量的奇异值分解见图 4。

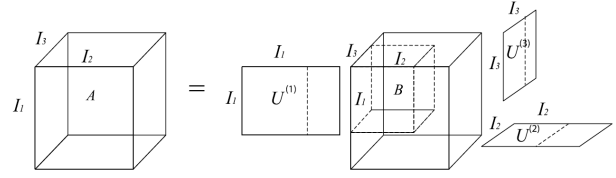


图 4 三阶张量的奇异值分解

### 5.3 截断 HOSVD 算法

在高阶奇异值分解原理的基础上，提出处理三路数据的 THOSVD 算法。

算法 1 THOSVD。

①由原始三路数据构造张量  $\mathcal{A}$ ，设用户、项目、评分的数量分别为  $N_1, N_2, N_3$ ，则  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{N_1 \times N_2 \times N_3}$ ，每一个张量元素表征了给二元组  $(u, i)$  评  $r$  分的可能性 (权重) 大小；

②分别计算张量  $\mathcal{A}$  的 3-mode 矩阵展开  $A_{(1)}, A_{(2)}, A_{(3)}$ ， $A_{(1)}$  是通过固定项目和评分指标，改变用户指标而得到。 $A_{(2)}, A_{(3)}$  通过类似的方式计算， $A_{(1)} \in \mathbb{R}^{N_1 \times N_2 N_3}$ ， $A_{(2)} \in \mathbb{R}^{N_2 \times N_3 N_1}$ ， $A_{(3)} \in \mathbb{R}^{N_3 \times N_1 N_2}$ ；

③分别对  $A_{(1)}, A_{(2)}, A_{(3)}$  作奇异值分解，将它们的左奇异矩阵分别记为  $U^{(1)}, U^{(2)}, U^{(3)}$ ；

④分别从  $U^{(1)}, U^{(2)}, U^{(3)}$  中取出它们的前  $n_1, n_2, n_3$  列构造子矩阵  $U_{n_1}^{(1)}, U_{n_2}^{(2)}, U_{n_3}^{(3)}$ ，其中  $n_1 \in [1, N_1]$ ， $n_2 \in [1, N_2]$ ， $n_3 \in [1, N_3]$ ；

⑤构造核张量  $\mathcal{S} = \mathcal{A} \times_1 U_{n_1}^{(1)\top} \times_2 U_{n_2}^{(2)\top} \times_3 U_{n_3}^{(3)\top}$ ；

⑥重构原始张量  $\tilde{\mathcal{A}} = \mathcal{S} \times_1 U_{n_1}^{(1)} \times_2 U_{n_2}^{(2)} \times_3 U_{n_3}^{(3)}$ 。

将压缩比定义为原始 (未经压缩) 张量  $\mathcal{A}$  中总的元素个数和近似张量  $\tilde{\mathcal{A}}$  中总的元素个数之比。在 THOSVD 算法中，原始张量  $\mathcal{A} \in \mathbb{R}^{N_1 \times N_2 \times N_3}$ ，有  $N_1 \times N_2 \times N_3$  个元素；核张量  $\mathcal{S} \in \mathbb{R}^{n_1 \times n_2 \times n_3}$ ，有  $n_1 \times n_2 \times n_3$  个元素；三个子矩阵  $U_{n_1}^{(1)} \in \mathbb{R}^{N_1 \times n_1}$ ， $U_{n_2}^{(2)} \in \mathbb{R}^{N_2 \times n_2}$ ， $U_{n_3}^{(3)} \in \mathbb{R}^{N_3 \times n_3}$  分别有  $N_1 \times n_1, N_2 \times n_2, N_3 \times n_3$  个元素。此时压缩比 (Compression Ratio, CR)：

$$CR = \frac{N_1 N_2 N_3}{n_1 n_2 n_3 + N_1 n_1 + N_2 n_2 + N_3 n_3} \quad (9)$$

其中  $n_1, n_2, n_3$  分别为矩阵  $U^{(1)}, U^{(2)}, U^{(3)}$  中保留的“最重要”的列数。

重构数据关于原始数据的 RMSE (Root Mean Square Error) 通过下式得到：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N_1 N_2 N_3} \|\mathcal{A} - \tilde{\mathcal{A}}\|^2} \quad (10)$$

RMSE 是衡量算法性能的重要指标，RMSE 越小，精确度越高。

下面给出一个算法求解的例子。

通过 7 个用户对 5 个项目给出的 4 个评分构建三阶张量  $\mathcal{A}$  ( $7 \times 5 \times 4$ )。为便于理解，我们设定权重的初始值具有二值性，即一个用户对一个项目进行了评分，那么这个评分



能“百分之百”代表他（她）个人的意志，不存在含糊，权重初值为1（表示该用户对该项目的评分是确信无疑的）或0（表示该用户对该项目未进行该评分），如表1所示。

表1 原始三阶张量数据

序号	用户	项目	评分	权重
1	U1	I1	R1	1
2	U1	I2	R4	1
3	U1	I5	R2	1
4	U2	I3	R1	1
5	U3	I1	R3	1
6	U3	I4	R3	1
7	U4	I4	R2	1
8	U5	I1	R1	1
9	U5	I2	R1	1
10	U6	I5	R1	1
11	U7	I1	R1	1
12	U7	I5	R4	1

执行 THOSVD 算法后，得到重构张量  $\tilde{\mathcal{A}}$ ，如表2所示，我们得到19组关于用户、项目、评分之间的新的关联。

表2 重构三阶张量的新增数据

序号	用户	项目	评分	权重
1	U1	I2	R1	0.5000
2	U2	I2	R4	0.9967
3	U2	I3	R4	0.9967
4	U2	I4	R1	0.0015
5	U2	I5	R3	0.0060
6	U3	I1	R1	0.0406
7	U3	I2	R1	0.0406
8	U3	I3	R1	0.2225
9	U3	I3	R2	0.0015
10	U4	I1	R1	0.0037
11	U5	I1	R3	1.0000
12	U6	I1	R3	0.5000
13	U6	I2	R3	0.5000
14	U6	I2	R4	0.5033
15	U6	I3	R4	0.5033
16	U6	I4	R1	0.2221
17	U7	I3	R1	0.0225
18	U7	I3	R2	0.0221
19	U7	I4	R4	0.3594

从原始张量  $\mathcal{A}$  无法得知 U1 对 I2 评分为 R1 的情况，但从表2第1行数据可知  $\tilde{\mathcal{A}}$  的元素 (U1, I2, R1) 为 0.5000。

除此之外，U1 再无给其他项目评过分数，据此可初步判断 U1 对 I2 较为关注。同样从表2第2、3、4、5行可知 U2 对 I2、I3、I4、I5 的评分分别为 R4、R4、R1、R3 的权重为 0.9967、0.9967、0.0015、0.0060，U2 对 I2、I3 评分为 R4 的权重相当且都比较大，U2 对 I2、I3 几乎具有相同的偏好程度，U2 对 I4、I5 评分分别为 R1、R3 的权重都比较小，几乎可以忽略不计，其余行的数据可类似地分析。事实上，可以根据实际问题为权重设定一个阈值，将小于阈值的权重舍去，因为其不能反映用户对项目的评分状况，这样可以减少噪声，提高输出数据的有效性。

分别利用 (9) 式和 (10) 式计算 THOSVD 算法的压缩比为 1.5385，均方根误差为 1.1452，所以本算法能够实现高阶张量数据的压缩且能保证一定的准确度。THOSVD 算法能够挖掘高阶数据对象：用户，项目，评分之间的内在关联，这在提升推荐系统效率方面具有重要意义。

## 6 结语

论文为张量视角下的典型的机器学习数据构建了一般意义下的约简表示模型，张量是描述多路数据良好的工具，基于张量方法的数据挖掘算法有较大的应用潜力。

我们针对推荐系统典型的三路数据给出了一般的 THOSVD 算法，旨在挖掘高维数据潜在的语义信息并实现数据降维。后期的工作我们将研究设计一个自动化的算法，这个算法可以自适应地调节核张量的维数，达到既满足特定的精度要求又能实现维数约简的目的。现实的推荐系统数据结构较为复杂，论文的算法对于处理三阶以上的张量数据亦有借鉴意义。

## 参考文献

- [1] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition[J]. J Cogn Neurosci, 1991, 3(1): 71-86.
- [2] Roweis S T, Saul L K. Nonlinear Dimensionality Reduction by Locally Linear Embedding[J]. Science, 2000, 290(5500): 2323-2326.
- [3] Silva V D, Tenenbaum J B. Global versus local methods in nonlinear dimensionality reduction[C]//Advances in neural information processing systems, 2003.
- [4] Tenenbaum J B, Silva V D, Langford J C. A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction[J]. Science, 2000, 290(5500): 2319-2323.
- [5] Vasilescu M A O, Terzopoulos D. Multilinear subspace analysis of image ensembles[C]//Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings. 2003 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2003.

# 6G 时代通信感知一体化

## Integration of Communication and Perception in the 6G Era

马洁 张建\*

Jie Ma Jian Zhang\*

国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心 中国·四川成都 610213

Patent Examination Cooperation Sichuan Center of the Patent Office, CNIPA, Chengdu, Sichuan, 610213, China

**摘要:** 通信感知一体化是指基于软硬件资源共享或信息共享同时实现感知与通信功能协同的技术, 其可在不与被感测对象建立通信连接的情况下, 进行探测、定位、跟踪以及对对象分析, 应用于定位导航、智能家居、智慧城市、智慧交通、环境监测等场景, 目前研究的重点主要集中在联合波形设计、蜂窝感知网络架构、深度学习模型和太赫兹技术等方面。

**Abstract:** Communication perception integration refers to based on software and hardware resource sharing or information sharing while realizing perception and communication function coordination technology, it can without establishing communication connection with the sensing object, detection, positioning, tracking and object analysis, applied to positioning navigation, smart home, smart city, intelligent traffic, environmental monitoring scenarios, the current research focus on joint waveform design, cellular perception network architecture, deep learning model and terahertz technology, etc.

**关键词:** 6G; 通信感知一体化; 太赫兹

**Keywords:** 6G; communication and perception integration; terahertz

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7119

## 1 引言

随着 5G 商用化的全面部署, 6G 的愿景和研究已经展开。各国都出台和发布了关于 6G 的研究和布局规划。中国通信产业目前正在确定 6G 技术路线、网络架构和应用场景。越来越多的关注点聚焦在虚拟现实、自动驾驶、智能医疗、智能制造等方面。这些新兴应用领域对高速率通信和高效资源使用的需求, 加快推动了通信与感知一体化发展的进程。在 3GPP 标准化组织中<sup>[1]</sup>, 也对通信与感知一体化进行了专项研究, 并在 SA1 中初步完成了立项。论文从技术概述、典型应用场景和关键技术三个方面对通信与感知一体化技术进行介绍。

## 2 技术概述

通信感知一体化是指基于软硬件资源共享或信息共享同时实现感知与通信功能协同的信息处理技术, 可以有效提升系统频谱效率、硬件效率和信息处理效率<sup>[2]</sup>。

在 3G/4G 网络时代, 感知信息的获取主要依赖传感器。传感器广泛用于物联网、车联网领域, 包括温度传感器、压力传感器、湿度传感器、光电传感器等类型, 用于实现特定数据的测量采集, 并通过专门配置的资源, 将所测量的数据转换为电信号后发送至处理节点, 以进行数据分析或产生控制操作。

在 5G/6G 中所提出的通信感知一体化技术与传感器技术不同, 其主要是通过空间中的通信电磁波信号进行感知, 分析其信道状态、频谱质量、电磁干扰等传输特性, 以用于进行探测、定位、跟踪以及对对象分析, 从而识别不同的活动、状态甚至重构环境。感知的结果可用于多种应用场景, 包括基于位置和轨迹的应用、基于状态识别的应用、基于环境重建的应用等, 从而为用户提供高质量的服务和体验<sup>[1]</sup>。

对于通感技术的分类, 以感知端是否主动发送用于感知的电磁波为标准, 可以分为主动式和被动式; 以感知端与被感知端是否进行信息交互为标准, 可以分为交互感知和

【作者简介】马洁 (1982-), 女, 中国山东平度人, 本科, 副研究员, 从事移动通信领域研究。

【通讯作者】张建 (1978-), 男, 中国湖北宜昌人, 硕士, 研究员, 从事车联网领域研究。



非交互感知。在目前热门的 WiFi 感知技术中,通常采用主动—交互式的方式,感知过程是:发起方通过发送信号发起 WLAN 感知,潜在的一个或多个响应方对其进行响应。由于 WiFi 接入点 (AP) 已成为无处不在的接入设备,因此在 WiFi 感知中,通常使用 AP 作为感知设备,通过检测空间中 AP 与所连接的其他终端之间的电磁波的状态情况,感知到处于其中的对象对电磁波信号造成的反射、衍射的影响,从而计算出该对象的位置、尺寸、运动或手势变化等信息。目前的计算方式,一种是基于模型,即,在数据库中建立大量的电磁波图样与不同位置、运动、动作的对应关系的指纹库。根据检测到的电磁波图样在指纹库中匹配相应的特征,从而识别出对应的位置、运动、动作。另一种是基于学习训练,这种方式在指纹库的基础上,进一步根据感知结果对模型进行修正和训练,从而使得模型更加贴近实际情况,识别结果更加准确。

在通信系统中,低频段资源的能力已被充分挖掘,6G 系统的工作频段除与现有频段重叠使用以外,将逐渐向毫米波、太赫兹和可见光等更高频段发展。在传输特性方面,低频信号传播路径损耗较小、抗衰落的能力强,覆盖距离较远,但受到带宽的限制,数据传输的精度不高,适于传输通信数据与一般精度的目标感知数据;高频信号信道衰落较大,但具有更高的带宽,数据传输速率高,更适于捕捉细微的信道状态变化和传输更高精度的感知数据,特别是在 6G 重点研究的毫米波、太赫兹和可见光频段,其大带宽和小波长的特性特别适于用于传输高精度感知数据、对元器件小型化要求高的一体化通信感知设备。因此,低频和高频信号的特性分别适应于通信与感知两种不同功能。在通信感知一体化的研究中,目标是通过实施资源配置、干扰消除等技术,使得在一个设备中、利用一套硬件系统,在相同频谱中同时实现通信和感知两者<sup>[2]</sup>。

为此,将研究进程分为了三个阶段。在第一阶段,感知和通信使用不同的信号资源,但共享相同的频谱、天线阵列。该阶段的难点是如何实现有效的干扰消除和管理。在第二阶段,感知和通信使用相同的硬件和信令资源,并利用共同的知识来提高系统性能,即感知辅助通信设计或通信辅助感知设计。该阶段的重点是波形、编码方案、信号处理算法的设计。在第三阶段,感知和通信在频谱、硬件、信令、协议、网络等各个方面完全协调和协作,相互促进,互惠互利,获得最高的性能增益。

在研究初期,已实现利用通信设备 MAC 层的 RSSI 进行室内定位和粗粒度动作识别。后续的研究将进一步使用其他 CSI 信息实现更精细的感知识别。另外,随着研究的深入,在感知系统架构上也将实现改进。一方面,5G 大规模 MIMO 技术可以获取多维数据,使多个设备协同处理和分析多维信道测量数据。另一方面,可以使通信设备利用 CSI 与其他的传感器数据融合实现更准确的感知结果。例如,可

以融合摄像头获取的视频数据、麦克风获取的音频数据、无人机获取的空间数据、机器人获取的位置数据等<sup>[3]</sup>。接下来,超大规模天线、大带宽、智能超表面、人工智能等技术的发展将进一步推动感知技术的发展。

### 3 典型应用场景

通信感知一体化技术可以根据其用途是位置和轨迹的识别、动作和状态的识别、环境重建而用于不同的应用场景。

#### 3.1 位置和轨迹识别

用于室内定位、智慧交通、波束扫描和快速接入等场景。

在家居物联网、智能办公、智能工厂中,可以提供厘米级的定位精度,对室内对象的空间位置、数量、状态进行有效的监控、统计和分析,协同控制灯光、空调、车辆、货物、机器人、办公设备、供电设备,创造出更舒适的家居环境、更高效的办公场所和更安全的制造厂房。

在智慧交通中,实时探测车辆、无人机、卫星网络等轨迹和环境信息,借助高速率低时延的空天海地一体化通信网络将感知数据共享,实现更准确的导航和路径规划、更及时的紧急救援的定位服务,提升城市交通安全性能。

在终端接入过程中,利用感知到的终端位置,能够更快地完成波束扫描和匹配,辅助终端快速接入网络或获知信道反馈,实现更好的用户体验。

在该类场景中,需要准确的检测概率和较高的定位精度。检测概率依赖反射回波的参数,需要克服信号在传播过程中遇到障碍物、动态物体造成的信号损耗和噪声。定位精度与频率波长和移动静止状态都存在关联关系,与所选择的角、距离、多普勒、速度等参数也存在关系,通常使用均方根值和均方根误差来体现定位测量的精度。

#### 3.2 CSI 状态识别

用于智能家居、智慧医疗、环境监测等场景。

目前的研究已可实现对人体行为、生命特征的监测。后续的感知精度将大大增强,实现对人体唇部和喉咙变化、病人心跳、空间内大气、湿度、昆虫等的监测。在智能家居中,可基于人体动作和状态的细微变化,对家居设备进行精准控制。在医疗场景中,实时监测人体指标,即时发出建议或预警和建议,与智能医疗设备协同提供医疗服务。通过对大气中湿度、污染物和昆虫情况的监测,感知空气和农田情况的变化,提供环境监测和农田病虫害防治的预测。

在该类场景中,感知操作主要包括信息采集、信号处理和识别算法三个阶段。在信号采集阶段,感知设备接收感知 CSI 信号,通常由网卡采集,其中包括环境和设备引起的各种噪声。因此,需要通过相位校准和滤波其进行处理。经过去噪、数据转换和清理后的无线信号被输入相对应的学习训练模型进行数据分析和预测,目前常用的模型包括 MLP、CNN、RNN、LSTM 等,其可以采用监督学习、少样本学习、迁移学习、无监督学习、集成学习的方式实现训练<sup>[3]</sup>。

### 3.3 环境重建

用于地图绘制和虚拟现实等场景。

通过电磁波对空间的探测和扫描, 可以针对未知空间构建地图, 从而反映现实空间以促进智慧交通应用的实现, 或进一步结合所感知的对象状态信息构建虚拟空间, 以支持各种虚拟沉浸式应用的需求。特别是在元宇宙应用中, 将为物理世界与虚拟世界的深度融合提供更丰富的实时感知数据和虚实互动体验。

在该场景中, 虚拟现实的应用、沉浸式的游戏都对更高的图像精度和更低的时延提出了更高的要求。图像精度通常使用豪斯多夫距离来表征, 其用来评价两幅图像的相似性, 用于图像中对象的定位追踪。另一个在6G中用于衡量虚拟世界性能和用户体验的指标为物理体验质量指标(QoPE), 其不仅考虑真实物理世界的性能, 还需要结合用户的真实感受和体验进行评价。

## 4 关键技术

### 4.1 波形设计

在波形设计中, 需要兼顾目标检测和数据传输能力。目前, 有三种技术路线值得考虑: ①基于现有通信波形。现有的5G、6G通信波形采用OFDM的方式, 频谱利用率较高。为了实现感知功能, 可在现有的OFDM波形上实现感知功能。但由于OFDM波形更适于传输通信信号, 因此, 在实现感知功能时, 为了感知性能, 需要提升发射信号的功率, 同时降低干扰和提高信号相关性。②基于现有感知波形。现有的感知波形主要是雷达波形。在车联网雷达感知中所使用的波形主要是FMCW。通过将通信信号嵌入到感知波形中, 可以实现通信和感知功能。但是, 现有的雷达波形通常不连续, 通信数据传输效率较低, 不适于高速率数据传输。③通信感知一体化的波形。这种波形专为实现通信和感知一体化技术而设计, 不依赖于现有的通信波形和感知波形。这种新的波形可以根据通感一体化的技术需求而灵活地进行设计。但由于是全新的波形设计, 设计复杂度高, 仍然面临许多困难。目前的热点包括正交时频空间(OTFS)调制方式, 这种调制方式适用于高移动性的场景。

### 4.2 组网设计

为了实现通信和感知一体化的功能, 需要有大规模部署的通信感知网络。传统的雷达感知系统未以网络方式配置, 也未设置相应的网络设备与终端, 因此, 通信感知网络需要借助密集部署的蜂窝网络来实现。通过在基站与终端、基站与核心网、基站与基站和终端与终端之间的通信链路中引入感知功能, 可实现融合的通信感知能力。为此, 需要对蜂

窝网络的终端、接入网和核心网设备和接口进行硬件改进, 使其新设或增设与感知相关的控制、数据信令收发和处理模块, 实现感知资源调度和业务处理。同时, 也可以考虑将目前已大量密集部署在每一个角落的无线传感器网络引入蜂窝网络架构中, 从而在蜂窝网络中引入定位、监测、识别等感知功能。

### 4.3 学习模型设计

在基于状态的人体感知过程中, 系统通常可以使用AOA模型和非涅尔模型来进行计算。AOA模型通过使用入射信号的角度来对人体动作进行判断。非涅尔模型通过人体动作时跨过非涅尔区造成的CSI的幅度和相位上的变化进行判断。但是, 在细粒度活动的检测过程中, 被感知方、环境、通信设备的细微变化会给感知性能带来严重的影响, 造成系统不能稳定工作, 同时, 人体运动中的不同朝向也会对感知结果造成偏差。因此, 接下来需要对深度学习模型进一步改进, 使其能够精确地基于设备位置、运动轨迹和波形图样之间的对应关系进行定量的刻画, 使其在适中的样本量、跨场景实现、模型分类性能等方面有所突破。

### 4.4 无线通信设计

在熟知的毫米波和可见光频段之间, 还存在着0.1~10THz的未被开发利用的频段资源, 即太赫兹频段。太赫兹频的可用带宽极宽, 工作频率更高、波长更短、通信速率更快, 元器件的尺寸也更小。在实际应用中, 由于其可以穿过大多数介电物质, 非常利于感知和检测, 例如, 可用于隐蔽物的检测、医疗成像与诊断等。目前还处于实验室研究的阶段, 主要涉及太赫兹源、太赫兹传输、太赫兹接收和太赫兹元器件的设计。

## 5 结语

论文通过以上内容, 汇总和分析了6G时代通信感知一体化网络的发展情况、典型应用场景和关键技术。整体上看, 通信感知一体化技术还处于研究阶段, 要实现技术成熟和全链条的商用还需要解决很多技术难题。但是, 随着研究的深入和难题的突破, 通感一体化一定会成为6G时代重要的技术, 助力实现6G“自有连接的物理数字融合世界”的美好愿景。

## 参考文献

- [1] 马洁.3GPP非专利文献的检索[J].电视技术,2015,39(S1).
- [2] 通信感知一体化技术研究报告(IMT-2030 6G)[Z].
- [3] Yongsan Ma.WiFi Sensing with Channel State Information: A Survey[J].ACM Computing Surveys, 2019,52(3).



# 通信感知一体化专利技术综述

## Overview of the Patent Technology of Communication Perception Integration

石琪琦 文华胤

Qiqi Shi Huayin Wen

国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心 中国·四川成都 610213

Patent Examination Cooperation Sichuan Center of the Patent Office, CNIPA, Chengdu, Sichuan, 610213, China

**摘要:** 随着 6G 技术的发展, 通信感知一体化作为 6G 移动网络的关键技术之一, 获得了业界的广泛关注。中国各高校企业单位对该项技术的研究也在火热进行中, 而随着各高校企业单位专利布局意识的增强, 专利的申请量也在一定程度上体现了该技术的发展趋势。论文通过对国内通信感知一体化技术相关专利申请的统计, 从申请趋势、技术分支、主要申请人、重点专利方面对该技术的发展情况进行分析。

**Abstract:** With the development of 6G technology, communication and perception integration, as one of the key technologies of 6G mobile network, has gained wide attention in the industry. The research of this technology by domestic university enterprises is also in hot progress, and with the enhancement of the awareness of patent layout of various university enterprises, the number of patent applications also reflects the development trend of this technology to a certain extent. Through the statistics of domestic patent applications related to communication perception integration technology, the paper analyzes the development of the technology from the application trend, technology branch, main applicants and key patents.

**关键词:** 通信感知一体化; 专利申请趋势; 重点专利

**Keywords:** communication perception integration; patent application trend; key patent

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7120

## 1 引言

无线感知通信一体化是指基于软硬件资源共享实现无线感知与无线通信功能协同的信息处理与服务技术, 具体来说, 它包括在感知软硬件资源中引入通信功能, 或在通信软硬件资源中引入感知功能, 还包括基于信息共享的感知通信功能协同等<sup>[1]</sup>。早期通信和雷达系统由于业务需求不同, 一直被独立研究, 在各类新型应用需求与技术发展的推动下, 无线通信频谱向支持更大带宽的毫米波、太赫兹甚至可见光等更高频段演进, 两者之间的界限逐渐淡化, 更多系统层面的相似性逐渐显现<sup>[2]</sup>。通信感知一体化是可以助力完成数字孪生和绿色共享等 6G 网络元素的网络技术<sup>[3]</sup>。作为 6G 移动网络的关键技术之一, 通信感知一体化获得了业界的广泛关注。中国企业单位也在通信感知一体化领域进行了较多的专利申请。

## 2 中国通信感知一体化的专利申请量分析(以下数据截至 2022.09.24)

对涉及通信感知一体化技术的已公开专利进行统计, 历年中国涉及通信感知一体化技术的专利申请趋势如图 1 所示。涉及通信感知一体化相关技术的专利起始于 2004 年, 但在 2004—2008 年这一阶段, 相关技术并未得到足够多的重视, 专利申请量为个位数。2009 年至 2013 年, 随着 4G 技术开始在全球的推广应用, 物联网技术逐渐兴起, 为满足日益增长的信息处理需求, 通信感知一体化相关技术逐渐被人们所关注, 此阶段的专利申请量开始稳步增长。从 2014 年起, 涉及通信感知一体化技术的专利申请量开始大幅增长。伴随着 5G 通信技术的推进和通信感知一体化技术对 6G 通信需求的满足, 通信感知一体化于 2019 年开始进入高速发展时期, 2021—2022 年可能还存在较多尚未公开的相

【作者简介】石琪琦(1989-), 女, 土家族, 中国重庆人, 硕士, 知识产权师, 从事网络传输研究。

关专利申请，最近两年的专利申请量或将迎来高峰。



图 1 中国专利申请趋势

### 3 中国通信感知一体化专利各技术领域分布 (以下数据截至 2021.06.24)

对通信感知一体化相关技术的专利进行技术分支，文章主要从技术实现和应用设备两个维度进行讨论。

从技术实现的维度，主要可包括：①对波形进行改进，如对波形进行复用、对波形进行共用来实现通信功能与感知功能的一体化；②对通信硬件设备与感知硬件设备进行集成，来实现通信功能与感知功能的一体化。因此，根据技术实现维度，主要可划分为对波形的改进实现一体化和硬件设备的集成实现一体化两个技术分支，经统计分析发现二者在

专利申请总量中的占比分别为 63% 和 37%，如图 2 所示。通信感知一体化是 6G 的热点技术，其借鉴和吸收了雷达的相关技术，设计波形信号是实现一体化的主流方式。

从应用设备的维度，可划分为由雷达实现一体化和由基站端实现一体化两个技术分支，二者在专利申请总量中的占比分别为 71% 和 29%，如图 3 所示。通信感知一体化的专利申请涉及应用设备时，在雷达上发力较多，随着 6G 预研的推进，雷达的相关技术会越来越地应用在基站等通信设备上，而此时该技术分支的申请量并不大。

图 4 (a) 和 (b) 是技术实现维度和应用设备维度各技术分支中国申请量的申请趋势。高速通信需要大带宽，在频谱选择上，研究人员将目光放在了毫米波甚至太赫兹频段，通信频段开始与雷达感知频段产生越来越多的交叠，通信技术也开始吸收越来越多的雷达感知技术。设计合理的波形以达到雷达感知的过程中实现通信的目的，在雷达通信领域已有部分研究成果，而由图 4 (b) 可看出，从 2019 年开始，由基站端实现通信感知一体化的技术维度的专利申请量已经出现了大幅度的增长，2020—2021 年申请量较少，可由于截止时间时，一些专利尚未公开有关，根据前述图 1 的申请趋势，可以预见，在 2020—2021 年，相关专利将大幅提升。从技术分支上看，现阶段对波形的改进实现一体化和由雷达实现一体化的专利申请是主导分支，由其带动着其他技术分支向前发展。

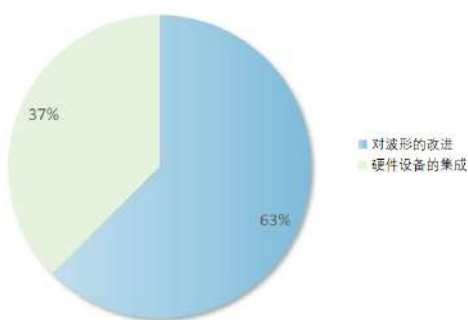


图 2 技术实现的维度划分技术分支

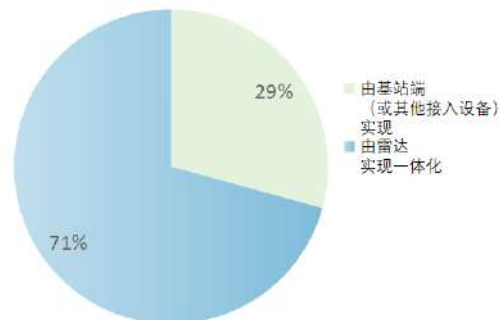


图 3 应用设备的维度划分技术分支



(a) 技术实现维度各技术分支中国申请趋势



(b) 应用设备维度各技术分支中国申请趋势

图 4 技术实现维度和应用设备各技术分支中国申请趋势



## 4 中国通信感知一体化专利主要申请人排名

随着 6G 技术的研究发展, 业界对通信感知一体化技术的研究热度也越来越高, 而随着国内各企业单位对专利布局意识的提高, 在通信感知一体化技术上的专利申请量也日趋增多。从检索获得的专利数据来看, 国内目前重要的申请人包括华为技术有限公司、西安电子科技大学、电子科技大学、北京邮电大学、清华大学、南京航空航天大学、东南大学等企业和高校研究, 其所涉及的专利申请量较大。可看出, 国内多所高校在该领域的专利申请量已跻身前列(见图 5)。

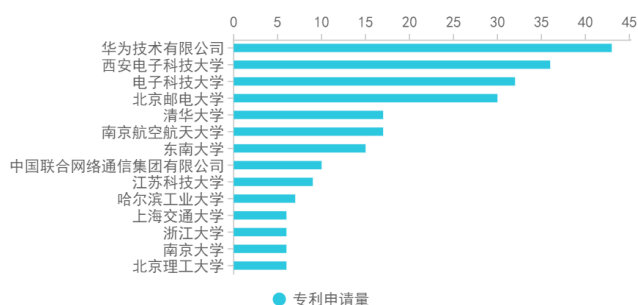


图 5 中国通信感知一体化专利主要申请人排名

从主要申请人排名情况来看, 高校申请人占据了大部分, 中国高校近几年对专利保护的意识逐渐提高, 很多高校在进行科学研究时, 从以往只发论文或先发论文再申请专利的意识逐步转变为先申请专利再发论文的意识。随着高校申请人专利申请意识的改变, 高校的高价值专利日趋增多, 但是高校申请人在专利布局上的意识和专业度还可以进一步加强。

作为主要申请人之一, 华为已在通信感知一体化技术方面, 开展较为全面的专利布局(华为所申请的重点专利将在下一节进行介绍)。其核心技术是依靠 5G/6G 通信方面的技术储备, 通过在基站中引入雷达探测技术, 在 WiFi、WLAN 等通信场景下, 实现对无源目标、环境信息等的感知、定位, 同时针对感知精度、准确性等进行重点提升。在此基础上, 进一步完善通信感知一体化的系统级技术。值得注意的是, 从当前公开的发明专利申请来看, 大多相关技术均已申请 WO 同族, 且还有大量相关技术已提交申请尚处于待公开阶段, 因此, 华为在通信感知一体化技术方面的专利布局, 无论是从布局的技术深度、布局数量还是布局方式均比较全面, 足见华为对该项技术的重视程度。

## 5 中国通信感知一体化重点专利分析

早期, 与通信感知一体化技术相关的重点专利较少, 2004 年—2011 年, 主要包含的重点专利: 上海贝尔阿尔卡特股份有限公司所提出的专利申请 CN200410067353.X- 通用接入点, 网络通信系统及其方法, 提供了一种集成平台, 其可以支持通信应用和探测器; 巴比禄股份有限公司所提出的专利申请 CN201110397436.5 其提供了一种接入点,

可以在无线通信使用的频道为雷达与 LAN 共用的特定频率信道时, 采用其他频率信道进行雷达波探测。2016 年, 索尼公司提出了 CN201680087617.9- 无线电通信与雷达探测的共存的装置, 该装置被配置为采用第一资源元素在无线电信道上传送数据; 装置还被配置为采用与第一资源元素正交的第二资源元素参与雷达探测。该年度, 华为在通信感知一体化领域的专利布局中布局了一项较早的专利申请 CN201680088516.3- 环境感知方法以及基站, 其核心方案为: 基站将电磁感知信号发送到待感知区域; 接收从待感知区域的周围环境和待感知区域中的物体传输, 散射和反射的电磁反馈信号; 基于所述电磁反馈信号和所述电磁感知信号计算所述待感知区域的环境信息; 以这种方式, 可以确定基站的覆盖区域的环境信息; 另外, 可以通过设置用于发送电磁感知信号的检测时段来动态地调整环境信息更新频率。该项专利已初步显露出华为的通信感知一体化技术的雏形。接着, 2017 年, 华为继续提出专利申请 CN201710742312.3- 一种环境感知方法和通信设备, 其核心方案为: 通信设备可以发出一信号, 并且接收该信号在感知区域反射的信号, 根据发出的信号与反射回的信号进行环境感知, 且用于环境感知的该信号可以与通信信号复用, 并且该通信设备可以为基站。该专利提供的环境感知方法和通信设备, 能够合理利用通信设备的系统资源发送信号进行环境感知。2018 年, 北京航空航天大学提出一项专利申请 CN201810732302.6, 其对时域信道响应进行提取, 并分离出动态信号, 通过时域信道响应的幅度以及动态信号的幅度信息来实现对物体的检测。同年, 华为继续提出专利申请 CN201811505883.6- 信息指示方法与装置, 其通过对 PPDU 进行指示, 使得对端设备知晓该 PPDU 是用于通信的 PPDU 还是用于雷达探测的 PPDU。2019 年, 通信感知一体化领域的专利申请量上升, 重点专利也开始增多, 索尼公司在该年度提出一项专利申请 CN201980049846.5- 雷达探测与无线通信的共存, 其采用通信使用的波束进行扫描, 获取用于执行雷达探测的方向。华为公司在该年度提出多项重点专利申请: CN201910722714.6- 感知方法和通信装置, 其指示设备采用中导码进行感知; CN201910741496.0- 一种确定通信传输中感知信息的方法及相关设备, 其通过分析信号帧中的导频信息来得到周边物体的感知信息; CN201911054769.0- 一种感知方法及装置, 其通过在节点之间发送波束信息来接收参考信号和回波信号, 进而进行感测。到 2020 年, 华为开始布局大量相关重点专利, 如: CN202011162430.5- 一种通信方法及相关设备, 其通过在感知信号被周围物体反射所形成的传输路径上向另一设备发送感知信号, 根据两感知信号间的时间间隔来进行数据编码; CN202080015094.3- 通信方法和装置, 其通过在不同的频段上发送雷达信号和通信信号, 来实现通信感知一体化。

## 6 结语

在通信感知一体化技术还没有正式纳入 6G 标准之前,所有将通信感知一体化技术用于基站的研究都仅仅是前期的探索过程。因此,作为前沿技术,该领域申请量少也是正常的。当然由于技术较新,最新专利申请仍未公开,也是申请量少的原因之一。可以预见,将通信感知一体化技术纳入 6G 标准后,该领域的专利申请量必然会呈现井喷式的增长。当然随着通信感知一体化技术研究的不断深入,该技术的成熟度也会对其能够纳入 6G 起到一定的促进作用,两者可谓相辅相成。

涉足该领域的企业、科研院所和高校若能看准时机、抓住机遇,在该前沿方向的研究上有所突破,做好该领域的专

利布局,推动该技术落入 6G 标准,届时,其在该领域的专利申请将有望成为标准必要专利,标准必要专利的专利价值无疑是很高的;即使未成为标准必要专利,先一步抢占专利市场对申请人未来在该领域的研究和专利转化也是大有裨益的。

## 参考文献

- [1] 潘成康,王爱玲,刘建军,等.无线感知通信一体化关键技术分析[J].无线电通信技术,2021,47(2):143-148.
- [2] 刘光毅,楼梦婷,王启星,等.面向6G的通信感知一体化架构与关键技术[J].移动通信,2022,46(6):8-16.
- [3] 杨艳,张忠皓,李福昌.通感一体化融合架构及关键技术[J].移动通信,2022,46(5):52-55.



# 人工智能技术在电气自动化控制中的应用分析

## Application Analysis of Artificial Intelligence Technology in Electric Automation Control

来兴胜

Xingsheng Lai

烟台宏远氧业股份有限公司 中国·山东 烟台 264000

Yantai Hongyuan Oxygen Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264000, China

**摘要:** 人工智能技术所具有的模仿功能, 被广泛应用于各大生产领域中, 一方面能够有效降低企业在人力资源所投入的成本支出; 另一方面也能够在原有基础上提升产品质量和作业效率, 具有积极性意义, 就此论文首先对人工智能技术进行简单概述, 然后从多个角度分析人工智能技术的特征, 探讨人工智能技术在电气自动化控制中的应用优势, 最后提出几点人工智能技术在电气自动化控制中的具体应用, 以供参考。

**Abstract:** The imitation function of artificial intelligence technology is widely used in various production fields. On the one hand, it can effectively reduce the cost of human resources investment; On the other hand, it can also improve the product quality and operation efficiency on the original basis, which has positive significance, then the characteristics of artificial intelligence technology are analyzed from many angles, the advantages of the application of artificial intelligence technology in electric automation control are discussed, and finally some concrete applications of artificial intelligence technology in electric automation control are put forward, for reference.

**关键词:** 人工智能; 电气; 自动化

**Keywords:** artificial intelligence; electrical; automation

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7121

## 1 引言

要想加快推动社会经济的发展, 工业在其中起到支撑性作用。在中国工业经济发展中, 电气自动化控制作为其中一项内容, 对电气、机械等工业领域发展都具有非常重要意义, 而人工智能技术推动电气自动化发展的重要载体, 其最大的应用作用就是帮助人类摆脱繁杂的生产活动, 降低人工劳动投入, 对提高企业生产效率和产品质量具有非常重要意义。就此论文通过对人工智能技术在电气自动化控制中的应用进行探讨, 具有一定的现实研究意义。

## 2 概述人工智能技术

所谓人工智能技术, 作为当前科学技术快速发展背景下诞生的一种新型技术, 是基于计算机为载体, 通过机器思维、感知、行为等方面对人进行模拟、扩展以及延伸的智能技术,

以使计算机能够模拟人的大脑和行为。将其应用于生产活动中, 能够以机器来代替人类在其中的劳动行为, 有效降低工人在其中的工作量, 提高工业生产作业效率<sup>[1]</sup>。从整体上来看人工智能技术, 其中涵盖图像语言、机器人、专家系统等各类系统设计, 且涉及自动化、拟人、逻辑等方面内容的综合性技术, 简单来说, 通过人工智能技术, 来设计需要以智能方式完成的具体操作, 以智能机器来代替传统人工完成具体操作, 基于模仿形式收集人脑信息, 然后对信息进行分析、反馈, 以此对不同人脑技能进行模仿。

## 3 人工智能技术的特征

### 3.1 安全性

从本质上来讲, 人工智能技术应始终将“以人为本”作为基本原则, 这主要是因为人工智能技术的应用目的是服务

【作者简介】来兴胜(1979-), 男, 中国山东邹城人, 硕士, 高级工程师, 从事电气工程与自动化控制研究。

于人,满足人类的各项要求,因此这就需要基于人类所设定程序逻辑、软件算法等开展相应的工作,确保整个系统运行的安全可靠。对于安全性这一优势在电气自动化控制中具有非常明显的应用作用,将人工智能技术应用于电气控制中,能够代替以往传统模式下的人工操作或者操作预设,确保电气自动化控制全过程的安全性,一方面可以保证电气设备能够安全稳定运行,另一方面也能够起到对相关操作人员的保护,具有非常重要意义。

### 3.2 智能性

通过人工智能技术,可通过传感器等一些相应器件来感知外界环节,能够以模拟人的方式,应用听觉、嗅觉、触觉等方式来接收外界环境所传达的信息,然后针对外界环境信息形成文字、动作、语言等各种类型的反应,然后通过键盘、鼠标、手势等多种方式,实现人与机器两者之间的智能互动,以使机器不断理解人类,能够与人类之间进行协作完成任务<sup>[2]</sup>。基于以上,将人工智能技术应用于电气自动化控制中,通过计算机、CAD等一些制图软件来进行电气设备设计,通过这种方式能够有效缩短设备开发周期,保证设计质量。除以上之外,因人工智能技术所具有的智能特征,如果控制装置运行处于不稳定状态,或者是运行成效与预期要求两者不相符状态,为防止装置系统内部数据丢失或损坏,通过人工智能技术能够起到对控制装置的保护作用。图1为人工智能在电气工程自动化控制中的应用原理。

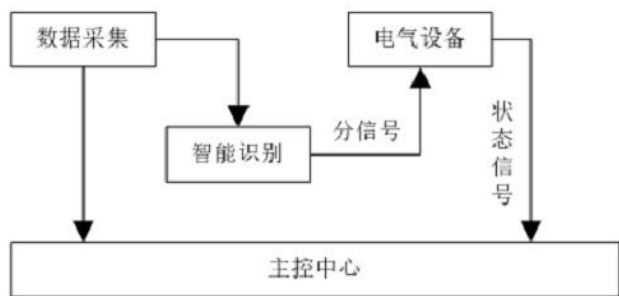


图1 人工智能在电气工程自动化控制中的应用原理

### 3.3 存储性

从本质上来看人工智能系统,还具备自适应和学习方面的应用能力,也就是根据环境、数据等因素变化,来对系统参数进行自适应调节,或者是对模型进行优化和更新,同时还可与云端服务器进行数字化的对接,能够通过云端服务器进行数据存储。基于存储空间的角度进行分析,将人工智能技术应用于电气自动化控制中,因其中所具有的可编辑逻辑控制器中的可编辑这一应用属性,也就提供存储性的应用功能,这主要是因为电气自动化控制装置在运行期间,需要对其运行过程中所产生的数据信息进行实时监测,而这些监测数据所需要占据很大一部分存储空间,通过人工智能技术,能够切实满足电气自动化控制对存储方面的应用需求。

## 4 人工智能技术在电气自动化控制中的应用优势

随着中国科学技术不断进步,人工智能技术也随之得到广泛应用,人们在日常生产活动中也选择通过人工智能技术来代替人类手动操作,开展一些相对繁琐的工作,随着人工智能技术的不断进步,其对于人脑模拟程度也有了很大的提高,特别是在电气自动化控制方面,主要有以下几方面应用优势:

### 4.1 有效降低人工劳动力投入

就以往传统模式下的电气自动化控制模式来看,具有一定的复杂性特征,且对技术方面的要求也非常严格,如果其中某个环节出现操作失误,必然会导致整个系统因此遭受影响,严重情况下还可能会因此引发系统出现瘫痪故障。但通过将人工智能技术应用于电气自动化控制中,所需要投入的人工劳动力大大降低,相关操作人员只需要通过控制室来操作系统即可完成相应的生产活动和任务,应用计算机设备即可进行生产作业的监控,同时也能够对系统数据进行检测和分析,向操作系统下达具体的操作指令,系统接收到由控制室传达的指令信息即可进行相应的工作,整个生产活动都是通过机械设备进行操作<sup>[3]</sup>。基于以上,将人工智能技术应用其中,能够有效降低电气自动化控制人工劳动力投入,对节约企业资金成本具有重要作用。

### 4.2 提高电气设备操作精准性

应用传统人工模式开展电气自动化控制管理过程中,很容易因人为操作不当出现失误情况。随着科学技术不断进步,人工智能技术不断被研发出来,并应用于电气自动化控制中,为推动其发展提供有力的技术支持。

应用人工智能技术来取代以往传统模式下的人工操作,一方面能够有效降低电气自动化控制中的人工投入,另一方面能够有效避免因人才操控失误造成的不利影响,以使电气设备自动化控制更为精准。具体来讲,应用计算机作为其中的载体,以此监测当前电气设备运转的实时状态,通过这种方式能够将控制错误率降至最低。除以上之外,在保证电气设备中的软硬件正常运行状态下,电气自动化控制能够根据计算机所发出的指令要求执行相应程序,通过以此能够在原有基础上进一步强化自动化控制精准度,对提高电气生产质量具有重要意义。

### 4.3 管理方式更为简单

就以往传统模式下的电气自动化控制管理来看,管理部门需要针对生产区间类型开展针对性的管理工作,个别情况下还需要针对每个生产区间制定专门规章制度开展管理活动,从整体上来看上述管理模式,存在一定的繁杂特征,如果某一环节出现管理不当,必然会导致对企业造成严重损失和影响,但通过将人工智能技术应用其中,相关管理人员通过计算机来对生产区间开展管理工作,如果其中某个工作人员存在操作失误,也能够第一时间进行纠正处理,真正达



成操作、生产以及管理的一体化<sup>[4]</sup>。除以上之外，企业管理者还需定期进入生产区域对机器设备进行运维检修，确保设备保持正常状态运行。图2为人工智能技术在工业系统管理中的应用。

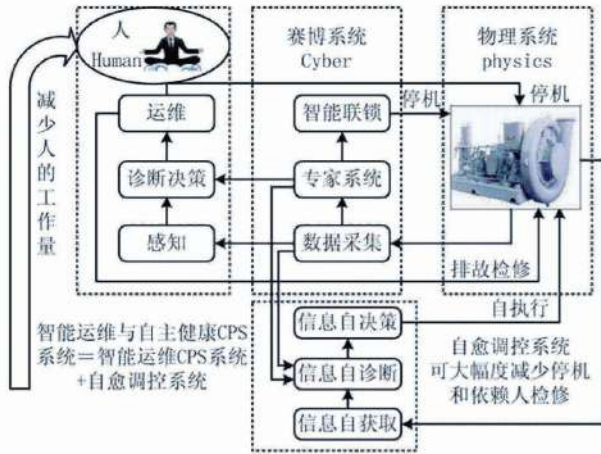


图2 人工智能技术在工业系统管理中的应用

## 5 人工智能技术在电气自动化控制中的具体应用

### 5.1 日常操作

在电气自动化控制中，因其具有跨学科、跨领域的专业知识应用，在实际操作中所涉及的各项问题具有一定复杂性特征，因此这就要求相关电气设备操作工作人员具备一定的专业知识储备量，这样才能更好地满足电气设备操作提出的各项要求，降低电气自动化设备操作失误概率。就以往传统模式下的电气生产模式来看，因生产技术水平相对比较低下，再加上整个操作过程具有繁琐特征，需要耗费大量人力、财力、物力资源，相关操作人员进行实际操作时，如果发生操作失误情况，必然会对电气设备正常运行产生影响，为企业带来严重经济损失。基于以上，将人工智能技术应用于电气自动化控制系统日常操作中，能够在原有的基础上简化操作流程，结合实际设置对应参数信息，电气设备就可根据已设置的参数进行自动读取和运行，减少人工在其中的操作量，同时还可通过远程的方式进行操作控制，一方面降低工人劳动强度，另一方面减少企业成本投入，促使电气系统操作由传统人工模式转为当前的人工智能控制，这对推动企业健康长远发展具有重要意义<sup>[5]</sup>。

### 5.2 电气控制

从本质上来讲，电气控制的根本目的就是提高电气运行效率，在保证生产活动有序进行，确保生产质量和产量的前提下，降低因操作不当引发的各种损失和影响，实现对企业投资成本的控制，以智能的方式进行电气控制，能够提高电气控制自动化水平，通过以此促使电气控制更为精准有效，能够原有基础上优化电气设备的应用性能，确保电气自动化

控制的安全可靠。基于以上，人工智能技术在电气控制中的应用，主要体现在以下几方面：其一，能够在电气系统运行体系内建立相应的管理模式，从电气系统的角度来讲，最重要的部分就是电气控制过程，将人工智能技术应用其中，能够起到约束应用载体的作用，一方面对计算机运行程序进行优化和完善，另一方面可通过自动化控制技术开展软件控制、程序监督等各项工作；其二，为切实将人工智能技术在电气控制中的应用优势发挥出来，应结合人工智能技术的要点，分析其与电气控制两者之间的契合点，在此基础上推动两者的融合，对传统模式下的操作流程进行简化，降低操作难度，同时也能够转变传统技术在空间上的约束和限制。

### 5.3 装置适配

将人工智能技术应用于电气自动化控制中，是基于神经网络对整个电气系统数据信息进行控制，在电力系统运行过程中，通过修正参数信息即可实现对系统的有效控制。关于人工智能技术在电气控制系统中的应用内容，主要有神经网络控制、专家系统控制、模糊控制等。从整体上来看，电气自动化控制系统中的交流、直传动，主要是基于模糊控制来达成传动目的，通过模糊控制器取代以往常规模式下所使用的调速控制器，能够保证电气控制更为精准可靠。因人工智能技术本身具有的智能型特征，可编辑逻辑控制器的适配型号也非常多，通过人工智能技术可实现多种型号控制器的装置适配，在实际装置适配过程中，能够基于不同类型的控制装置应用需求，个性化的设计可编辑逻辑控制器，最大化地满足电气自动化控制对装置设备提出的使用需求。除以上之外，如果电气自动化控制装置在运行期间出现宕机、运行错误等情况，因人工智能技术已经预留备用传输路径，如果出现问题可实现自动切换至备用传输路径，确保电气自动化控制装置稳定运行，避免因宕机、运行错误等情况对整个控制系统带来的不利影响。

### 5.4 故障诊断

在实际电气设备运行期间，可能会受到各方面因素所产生的影响，由此产生各种各样的故障问题，对于一些比较小的故障问题，能够在第一时间采取措施进行处理，但如果发生相对严重的故障问题时，可能会导致整个电气设备运行异常，还可能会增加故障检修工作困难度，再加上以往传统模式下所采取的故障诊断方式具有一定的复杂性特征，且不能保证诊断精准性<sup>[6]</sup>。基于上述电气设备在运行期间存在的故障问题处理，将人工智能技术应用其中，基于神经网络控制、模糊控制等功能模块，能够实现对整个电气设备进行自动化诊断和检查工作，一方面能够在最短时间内确定发生故障问题的具体位置，以自动化的方式完成故障诊断，确保诊断的精准可靠性；另一方面也可根据故障问题提出针对性措施，以此更好地解决故障问题，通过人工智能技术在其中的应用，这对提高故障处理效率，保证电气设备安全稳定运行具有非常重要应用意义。

## 6 结语

综上所述,从本质上来讲,电气自动化控制水平对工业生产效率有直接决定性影响,在工业领域占据非常重要地位,随着人工智能技术的不断进步和使用,逐渐得到各大生产领域的关注和重视,将其应用于电气自动化控制中,一方面能够改变传统电气自动化模式中存在的缺陷和不足,降低各项资金成本的支出,另一方面能够实时进行电气设备控制,提高电气自动化控制效率,对提高企业电气自动化控制水平提供技术方面的支持。

## 参考文献

[1] 李志宾.基于人工智能技术在电气自动化控制中的应用分析[J].

百科论坛电子杂志,2020(6):1515.

[2] 岳鹏飞.人工智能技术在电气自动化控制中的应用分析[J].电脑知识与技术,2022,18(8):83-84.

[3] 杨晓妍.人工智能技术在电气自动化控制中的应用思路分析[J].华东科技,2022(7):140-142.

[4] 陈雨桐.人工智能技术在电气自动化控制领域的践行分析[J].华东科技,2022(2):100-102.

[5] 李湖.浅析人工智能技术在电气自动化控制中的应用[J].科学与信息化,2021(6):1+7.

[6] 孔令燕.人工智能技术在电气自动化控制中的有效运用[J].湖北农机化,2021(3):101-102.



# 智能维修在白车身加工应用探索

## Application of Intelligent Maintenance in Body Shop

孙长柏 宋振鹏 李继明 宋晨 于凤群

Changbai Sun Zhenpeng Song Jiming Li Chen Song Fengqun Yu

一汽 - 大众汽车有限公司青岛分公司 中国 · 山东 青岛 266000

Qingdao Branch, FAW-Volkswagen Automobile Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

**摘要:** 白车身加工生产模式、装备技术成熟,但是针对设备运行智能化预测维修,应用还处在探索阶段,智能化预测维修发展空间巨大。以白车身加工车间为例,设备每天的生产过程会产生大量的实时生产数据和设备状态数据,这些数据保存在 PLC 内部,外部人员无法获取搭建全过程预测性维修系统,旨在通过数字化手段事前发现设备故障,解决制造业长期以来所面临的设备管理困境。

**Abstract:** The application of intelligent maintenance in the body in white processing exploration the body in white processing production mode and equipment technology are mature, but the application of intelligent predictive maintenance for equipment operation is still in the exploration stage, and the development space of intelligent predictive maintenance is huge. Taking the body in white workshop as an example, the daily production process of the equipment will generate a large number of real-time production data and equipment status data, which are stored in the PLC, and external personnel cannot obtain and build the whole process predictive maintenance system. The purpose is to discover equipment failures in advance through digital means, and solve the equipment management dilemma faced by the manufacturing industry for a long time.

**关键词:** 智能维修; 算法模型; 大数据分析

**Keywords:** intelligent maintenance; algorithm mode; big data analysis

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7122

## 1 引言

智能性预测维修,在现代高度自动化工厂,白车身生产过程中,具有广泛开发应用探索空间。基于自动化网络的大数据分析,模型算法的确立,为智能维修的开发应用创造了前提,本课题基于白车身加工,进行预测性智能维修项目探索。

## 2 背景

国内外物联网中控技术,普遍的技术是在设备外部增加传感器和额外的数据采集通道,造成投资费用的巨大浪费;另外具有成熟采集技术的国内外大厂,如 ABB、西门子、KUKA 等,对该技术都保持垄断状态,使用他们的设备进行数据采集后无法获取,不进行开源共享;国外物联网中控

技术硬件运行不稳定,服务响应慢,备件成本高,损坏后定制备件周期时间长,且核心技术不公开,设计人员维修费用较高,并且制作的物联网中控平台不细致化,满足不了用户本身的具体要求。搭建开发完成设备智能预测性维修系统,实现焊装月停台时间分别降低 12%;工厂实现具备 65JPH 生产能力;完成 10 种设备的预测性监控,用以指导生产制造过程中的故障预测<sup>[1]</sup>。

## 3 改进思路与分析

### 3.1 改进思路

工厂内白车身加工车间,自动化率高达 93%,拥有千台智能机器人进行焊接、搬运、测量等生产工作。如果将生产线体的硬件理解为人的骨架的话,那么串联起骨骼的神经网络

【作者简介】孙长柏(1982-),男,中国吉林梨树人,本科,工程师,从事自动化设备维护研究。

络则是采用西门子 S7-300 PLC，支持 profinet 通讯协议，实现高速、实时、可靠的网络通讯和生产控制。生产控制方面白车身加工车间采用 Ecoemos 系统，集成了车间所有 PLC 进行中央监控。在此背景下，我们采用 ecoemos 网路作为桥梁，对现场设备数据进行采集，从而实现预测性维修系统的后端数据供给。

①底层数据采集：借助于 S7-300 PLC 强大的数据处理能力，将设备底层的数据借助于 VASS 标准和 profinet 网络经机器人抽取至 PLC 数据块。采集的数据既包括设备本体的状态数据，如电流、电压、温度等，也可以实现传感器的直接接入实现复杂信号（如振动）的采集工作，具备超高的可扩展性。

②多线程数据抓取和存储：借助于 profinet 支持 TCP/IP 通讯协议的优势，实现工厂数据中台借助于 Ecoemos 网络对现场 PLC 的数据读取，同时搭建分布式存储和计算系统，打破数据孤岛，实现服务器与现场处理器的互联互通。

③数据处理和模型建立：利用数字化、大数据相关技术，对设备故障进行建模、分析和优化，实现面向不同设备利用采集的实时数据进行设备故障预测的目的。从数据仓库中提取隐藏的预测性信息，挖掘出数据间潜在的关系，快速而准确地找出有价值的信息，有效提高系统的决策支持能力。

④数据 API：系统采用前后端分离的方式，提供更加可靠稳定的数据处理能力。后端数据主要包括原始数据和经预测模型处理的成果数据，借助于 python 的 fastapi 实现不同数据接口的异步调用。

⑤前端中控展示和预警：利用信息管理、智能终端和平台集成等技术，提供定制服务、增值服务、运维服务、升级服务等，对监控中设备故障发出自主决策的故障预警信息，实现传统工业智能化改造，提升产业价值，优化服务资源和激发产业创新<sup>[2]</sup>。

### 3.2 目标设定

①车间年度停台时间分别降低 12%，使工厂设备开动率提升至 92%：借助于数字化预测性维修平台，对当前自动线生产设备尽可能多地纳入实时监控，实现设备故障的提前预测，降低在生产过程中设备停机的概率，从而提高设备开动率，提升产能。

②工厂混线产能 65JPH：提高生产效率和降低生产成本是工厂最重要和最核心的业务之一，从规划前提 60JPH 提升至 65JPH，在节拍不变的情况下，要求设备开动率由 85%

提升至 92%。

③备件成本降低：事前发现设备故障隐患，意味着设备达到损坏之前提前发现。通过具备前瞻性的预测性维修及时发现，及时消除，将原本由更换设备备件而消除的故障降低为进行维保和优化后消除故障。

④完成 10 种设备的故障预测模型建立：故障预测算法是预测性维修的核心资产，具备了面向特定设备的完善的预测模型后，便可搭建起面向特定设备的预测监控。

## 4 项目实施

### 4.1 项目技术选型

全过程预测性维修系统是一系列技术的集合，结合 2020 年数字化转型工作中的经验，与工厂 IT 部门确定和验证了预测性维修系统的技术选型，如图 1 所示。

### 4.2 底层数据采集

支持 Profinet 通讯协议的西门子 S7-300 PLC 广泛应用于工厂，以白车身加工车间为例，共有 133 台 PLC 执行自动线体的生产控制工作。通过在 PLC 下属的子站机器人或其他附属设备均可以通过 Profinet 协议实现数据的交互。

在 PLC 数据块中，建立对应的存储数据结构，其作为 PLC 内保存设备状态数据的内存空间，用于服务器读取对应数据。

工厂以 VASS 标准建造生产线体，这意味着各类设备的交互信号均按照一定的规则进行输入和输出。这为我们利用现场网络资源提供了途径，选取未占用的内存进行设备状态数据的传输。通过编程实现特定内存数据的读取，并保存至数据块中。通过上述技术路线，实现最底层设备数据经机器人—PLC—DB 块的采集。

### 4.3 上位机控制

建立工厂数据中台，根据需求确定数据的采集频率后服务器对现场 PLC 内数据进行读取并存储至数据中台，从而实现数据的读取和存储。工厂数据中台借助于 Ecoemos 网路，将服务器 IP 地址列入目标 PLC 的白名单后，实现上位机对现场设备 PLC 的网络访问。

通过 APScheduler 强大的并发调度能力，结合工业级 PLC 数据处理资源库，基于 Linux 和微服务平台，为白车身加工车间线体定制开发实时数据采集器，对接先进的消息队列系统，实现高并发、高吞吐、低延迟的实时流数据分发，借助流数据 ETL，将数据进行实时转换和清洗，在高速数



图 1 智能维修模型架构

据加载的基础上,利用 hadoop 技术实现分布式存储和计算,打破了数据孤岛<sup>[3]</sup>。

#### 4.4 数据处理和模型建立

测性维修系统平台将预防性维护与预测性维修相结合,预防性维护是根据预先确定的维护计划定期检查和维护设备;预测性维修是监测设备的状态,分析设备或部件的劣化情况,在预定条件下自动报警或生成维修任务。在整个系统的预警过程中,模型的建立显得特别重要。目前,预测性维修平台已完成3种预测模型的建立和完善。

阈值报警:

①应用场景:易损件(如螺柱焊外夹持器)寿命管理;气伺服焊钳滞后误差监控;电机温度监控等。

②应用举例:白车身加工车间点焊工艺采用气伺服焊钳设备,气动控制中设备的实际位移和机器人给定的位移之间存在一定的偏差,我们称之为滞后误差。以往的设备管理中,气伺服焊钳的气路控制模块只能通过周期性的线下维保进行保养,而在维保周期内如发生滞后误差过大报警的话,需要对气路控制部件进行更换,浪费成本和造成设备线体停机。在预测性维修系统中,我们将焊钳的滞后误差值通过数字化方式提取出来并形成实时监控,根据生产实际经验,为滞后误差值设置阈值。在监控中以规定时间内超过阈值的次数作为焊钳状态的表征模型,从而搭建起对气伺服焊钳的实时监控和预警。

③应用不足:阈值的设置往往是通过人为的经验进行设置,所以在实际监控中要对比系统报警和现场设备状态对阈值不断进行修正,周期消耗较长,需依靠大量的生产数据做指导。

#### 4.5 数据 API

预测性维修系统采用前后端分离的方式进行系统的开发,这样可以提高开发效率和数据处理效率。在本次系统开发中,后端数据接口采用基于 python 的 fastapi,通过采用异步调用对应的 API,实现了后端数据的实时读取,依据前端请求,处理对应数据处理进程,提高数据抓取效率和速度,为前端更好的客户体验打下基础。

#### 4.6 前端中控展示和预警

前端中控系统开发基于 angular 框架,通过搭建面向后端的 http 服务,实现前端向后端的数据请求。整体中控预警系统分三级:工厂级、车间级、工位/设备级。

①工厂级:概括性展示当前的设备运行状态。在某个车间出现预警后车间颜色对应闪黄或红,进而提醒维修人员。

②车间级:车间以车间布局形式展示,具体到某一个工位,该界面为后续各车间维修人员主要监控界面。涵盖当前预警信息(并提供接口反馈预警处理办法)、预警工位、历史报警数据统计和预测性维修涵盖设备等内容。在某个工位设备出现预警时,系统界面会弹窗报警并发出预警信息(微信),提醒对应维修人员,如图2所示。



图2 车间级设备运行状态显示



③工位/设备级：各车间根据具体线体构成形式不同可分别采取不同的展示形式，以白车身加工车间为例，所有设备可概括在某一个工位中表征，故以工位形式展示。该界面展示该工位纳入监控的设备的实时运行数据，便于维修人员更详细地识别隐患点和隐患设备的运行状态，如图2所示。

## 5 改善效果

①全自主开发工业互联网数据采集平台：利用工厂现有资源，借助于数字化手段0成本搭建完成，该平台正在申请国家专利。

②公司内外的可推广性：公司内部均依据 Vass 标准建设生产线，可以将现有设备0成本接入系统框架；公司外部虽无统一标准，但线体网络以 profinet 通讯协议搭建的均可以实现扩展。

③预测性模型的开发：完成3种预测模型的开发，阈值报警、基于正态分布的预测模型和基于频域分析的预测模型，为后续不断扩展开发提供技术支持和指导。

④自主预测性维修中控系统开发：完成预测性维修中控界面三级开发，用以指导维修人员的设备管理，将维修作业

由事后提前到事前。

## 6 结语

本课题不同于其他智能化课题单独聚焦于某一种设备的数字化处理手段，而是从系统的角度出发，提供从底层的数据采集、数据传输、数据分析、模型建立到前端界面开发一整套的数字化解决方案，并且该方案已在工厂得以验证，具备一定的可推广性。在课题开发的过程中，面对一个个技术难点，得以实现当前系统的开发。在开发过程中，数字化开发能力也得到了进一步的提升。在汽车制造业不断技术变革和智能化的背景下，该课题极具指导意义。

## 参考文献

- [1] 李琪皓,陆喜兵.小议IIoT在ARMG上的部署[J].智能城市,2021,7(24):167-168.
- [2] 王浩.机械设计制造及其自动化发展的前景分析[J].车时代,2021(251):51-52.
- [3] 李瑞峰.工业机器人设计与应用[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.

# 电动汽车电池管理系统典型故障诊断对策研究

## Research on Typical Fault Diagnosis Countermeasures of Electric Vehicle Battery Management System

李敏

Min Li

广西生态工程职业技术学院 中国·广西柳州 545004

Guangxi Ecological Engineering Vocational and Technical College, Liuzhou, Guangxi, 545004, China

**摘要:**近年来,随着电动汽车产业的不断发展,中国及其他国家对电动汽车电池管理系统研究热度持续升温,大型电池厂商级汽车制造商也在不断对各种各样的电池管理进行研究和使用的,为此,电池管理系统的故障诊断基于已成为世界科研和生产领域研究的热点。电动汽车电池管理系统 BMS 主要用于对电动汽车的动力电池参数进行实时监控,因此对电动汽车电池管理系统的故障诊断是为了实现动力电池系统故障的准确诊断和早期预防,提高电动汽车安全性,保障驾乘人员生命财产安全,推动电动汽车产业稳步高速发展。

**Abstract:** In recent years, with the continuous development of the electric vehicle industry, China and other countries for electric vehicle battery management system research heat continues to heat up, large battery manufacturers are constantly to study and use the various battery management, therefore, the battery management system fault diagnosis based on has become the world research and production research. Electric vehicle battery management system BMS is mainly used for real-time monitoring of power battery parameters of electric vehicles, so the electric vehicle battery management system fault diagnosis is in order to realize the accurate diagnosis of power battery system fault and early prevention, improve the safety of electric vehicles, ensure the driving personnel life and property safety, promote the steady and rapid development of electric car industry.

**关键词:** 电动汽车; 电池管理系统; 故障诊断

**Keywords:** electric vehicle; battery management system; fault diagnosis

**课题项目:** 2022 年度广西生态工程职业技术学院校级课题自然科学研究项目《电动汽车电池管理系统的典型故障分析及诊断系统研发》(项目编号: 2022ZRKX04)。

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7123

## 1 引言

电动汽车电池管理系统 BMS 主要用于对电动汽车的动力电池参数进行实时监控、故障诊断、SOC 估算、行驶里程估算、短路保护、漏电监测、显示报警,充放电模式选择等,并通过 CAN 总线的方式与车辆集成控制器或充电机进行信息交互,保障电动汽车高效、可靠、安全运行<sup>[1]</sup>。

## 2 电池管理系统主要功能

①电池工作状态监控: 主要指在电池的工作过程中,对电池的电压、温度、工作电流、电池电量等一系列电池相关

参数进行实时监控或计算,并根据这些参数判断目前电池的状态,以进行相应的操作,防止电池的过充或过放<sup>[2]</sup>。

②电池充放电管理: 在电池的充电或放电的过程中,根据环境状态,电池状态等相关参数对电池的充电或放电进行管理,设置电池的最佳充电或放电曲线(如充电电流、充电上限电压值、放电下限电压值等)。

③单体电池间均衡: 即为单体电池均衡充电,使电池组中各个电池都达到均衡一致的状态<sup>[3]</sup>。均衡器是电池管理系统的核心部件,但目前中国在这方面的技术还不成熟。

【作者简介】李敏(1989-),男,中国广西柳州人,本科,讲师,从事故障诊断技术研究。

### 3 电池管理系统组成

①信号采集模块：主要用于对电池组电压，充电电流，放电电流，单体电压，电池温度，等参数进行采集。通常采用隔离处理的方式<sup>[4]</sup>（除温度信号）。

②电池保护电路模块：通常这部分是采用软件控制一些外部器件来实现的。如通过信号控制继电器的通断来允许或禁止充放电设备或电池的工作以实现保护。

③均衡电路模块：主要用于对电池组单体电压的采集，并进行单体间的均衡充电使组中各电池达到均衡一致的状态。目前主要有主动均衡和被动均衡两种均衡方式，也可称之为无损均衡和有损均衡。

④下位机模块：信号处理，控制，通讯。

### 4 动力电池系统故障诊断与维修

#### 4.1 动力电池相关的故障指示灯

与动力电池系统相关的故障指示灯主要有动力电池故障指示灯、高压断开指示灯、系统故障指示灯、SOC低指示灯、绝缘报警指示灯、电池温度过高报警、CAN故障灯（如表1所示）；

动力电池系统发生故障时一般是几个故障灯同时点亮；

动力电池故障指示灯、SOC低指示灯、电池温度过高指示灯点亮时基本为动力电池系统故障；

高压断开指示灯、绝缘报警指示灯点亮表示车辆高压系统存在故障，并不单指动力电池系统故障。

表1 动力电池相关的故障指示灯

名称	图标	功能
动力电池故障指示灯		动力电池故障发生时点亮
高压断开指示灯		高压接触器断开点亮，未上高压之前点亮
系统故障指示灯		1、一般故障，灯亮 2、严重故障，灯闪 3、致命故障，灯闪+蜂鸣报警
SOC低指示灯		1、SOC低于20%，灯亮 2、SOC低于10%，灯闪烁
绝缘报警指示灯		1、一级故障，灯亮 2、二级故障，灯闪烁
电池温度过高报警		电池过热点亮
CAN故障灯		CAN故障信号点亮
高压互锁报警灯		高压互锁故障

#### 4.2 动力电池系统故障诊断与维修

##### 4.2.1 故障一

①故障现象：

动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、SOC低指示灯闪亮，高压断开指示灯点亮，无法上高压。

②诊断与维修思路：

对此故障现象，一般为动力电池组电量过低、动力电池单体电压过低、动力电池单体数据采集故障几方面原因；可通过车辆组合仪表显示屏或诊断仪查看动力电池组单体电压情况，然后用诊断仪读取车辆故障码，确定故障原因。

若所有动力电池单体电压接近且较低，此时考虑动力电池组电量过低，对车辆进行充电处理。

所有动力电池组单体电压为若动力电池组大部分单体电压接近，只有某一节或几节单体电压特别低，考虑动力电池单体电压过低故障。

动力电池单体电压过低可能由动力电池单体性能衰减和动力电池单体电压采集错误两种原因导致。

尝试对车辆进行充电，若可以充电待电池组充满后，联系动力电池厂家解决；若无法充电直接联系动力电池厂家解决。

若全部或大部分动力电池单体电压均为0V，优先考虑动力电池单体电压采集故障，直接联系动力电池厂家解决。

##### 4.2.2 故障二

故障二如表2所示。

##### 4.2.3 故障三

①故障现象：

动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、绝缘报警指示灯亮，高压断开指示灯点亮，无法上高压。

②诊断与维修思路：

对此故障现象，一般为高压系统绝缘电阻值低，发生绝缘故障所致。

对电力电子单元（PEU）、驱动电机、动力电池组、车载充电机、制动空压机、电液转向泵电机、电动压缩机、PTC加热器等高压部件及高压线束进行绝缘检查。

③绝缘电阻检测方法：

绝缘电阻检测测试电压至少为动力系统标称电压的1.5倍或500V（DC）电压，两者取较高值。

测量高压线束绝缘电阻前，应将彻底断开高压线束两端与高压部件的连接，否则影响检测结果。

在高压部件导电部位与其外壳或车体施加电压的时间应足够长，以便获得稳定的读数。

对绝缘阻值不满足标准的高压部件及高压线束联系供应商进行更换（见表3）。

##### 4.2.4 故障四

故障四见表4。

##### 4.2.5 故障五

故障五见表5。

##### 4.2.6 故障六

故障六见表6。



表 2 故障二

故障现象		原因分析	诊断与维修思路
动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、高压断开指示灯点亮	车辆行驶中断高压、无法上高压	单体电压过高三级； 总电压过高三级； 放电瞬间电流过高二级与三级； 总正、总负、预充接触器粘连 高低压互锁故障； 动力电池电流传感器故障	通过诊断仪读取车辆故障码，确定具体故障原因，联系动力电池厂家解决
	可以上高压，但功率受限	动力电池单体电压过低一级； 总电压过低一级； 动力电池温度传感器故障； 放电瞬间电流过高一级； 动力电池组加热回路故障等	
动力电池故障指示灯、系统故障指示灯点亮	可以上高压车辆可正常行驶	动力电池单体电压过高一级与二级； 动力电池单体压差过大； 动力电池组温度过低一级； 动力电池组温差过大； 动力电池从板通信失败等	用诊断仪读取车辆故障码，确定故障原因，联系动力电池厂家解决。 若无诊断仪，除动力电池从板通信失败原因外，其他几方面原因均可通过车辆组合仪表查看动力电池相关参数判断

表 3 故障三

零部件		检测项目	标准值
高压部件	动力电池组、电力电子单元、高压中控盒、电机控制器、动力电机、车载充电机、DCDC、转向油泵电机、制动气泵电机、空调压缩机、PTC加热器	高压输入、输出极柱与零部件壳体	冷态电阻 $\geq 20M\Omega$
		高压输入、输出极柱与车体	热态电阻 $\geq 2M\Omega$
高压线束	动力电池箱输入与输出高压线束，电力电子单元输入高压线束、电力电子单元与高压附件连接高压线束、动力电机输入高压线束、车载充电机输入输出高压线束、快充输入高压线束、慢充输入高压线束	极柱与高压线束屏蔽层	$\geq 100M\Omega$

表 4 故障四

故障现象		原因分析		诊断与维修思路
动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、电池温度过高指示灯点亮	车辆行驶中故障灯点亮、限功率	动力电池组温度过高一级，最高温度大于等于 50℃	动力电池组温度过高一级，最高温度大于等于 50℃	动力电池温度过高报警一般为动力电池实际温度过高和电池温度传感器数据采集错误； 通过诊断仪读取车辆故障码，确定具体故障原因，联系动力电池厂家解决
	车辆行驶中故障灯点亮，高压断电	车辆行驶中故障灯点亮，高压断电	动力电池组温度过高二级，最高温度大于等于 54℃	

表 5 故障五

故障现象		原因分析	诊断与维修思路
动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、CAN 报警指示灯点亮	有时伴有 SOC 低指示灯点亮	主从板通讯故障、电池单体数据采集故障	通过诊断仪读取车辆故障码，确定故障原因，联系动力电池厂家解决

表 6 故障六

故障现象	原因分析	诊断与维修思路
动力电池故障指示灯、系统故障指示灯、高低压互锁报警灯点亮	控制器检测不到高压互锁回路信号	检查各高压线束接插件是否接牢 相关控制器损坏

## 5 电源系统重点维护

### 5.1 电池包内部状况检查及处理

绝缘检测：用数字电压表测量各个电池包的总正、总负端子对车体的电压，是否小于规定值。如发现电压偏高，查找漏电点，更换绝缘部件或采取补救措施，消除安全隐患。

检查电池包底盘和支架是否有电解液、积水等异常情况，如果存在这些异常，需更换电池，同时清理电池包安装部位，确保电池包与底盘的绝缘。

观察电池外观的整洁程度，是否有液体、腐蚀等现象。同时使用毛刷、干抹布清洁电池表面及零部件。

检查电池之间的连接是否有松动、锈蚀等现象，清理或更换检查系统输出端子的连接、电池管理系统各接插件是否牢靠，如发现松动即刻紧固清理防尘网上的灰尘或杂物；对于采用外进风的冷却系统，电源系统较长时间应用，电池包内可能积存大量灰尘；必须进行清理，清理后再次进行绝缘检测检查各电池外观，是否有损坏、漏液、严重变形等现象，对这些电池进行标记，并进行更换<sup>[5]</sup>。

检查每只电池电压，对电压异常电池进行维护或更换。

数据采集系统的检查：检查各连线是否连接牢固，检查各焊点是否有松动、脱焊现象，否则进行补焊。

### 5.2 贮存维护

贮存维护是对长期贮存（时间超过3个月）的电源系统进行测试及检查。目的是避免电池因长期不使用引起的性能衰减，同时消除电池组存在的安全隐患<sup>[6]</sup>。

#### 5.2.1 环境要求

环境温度范围：15℃~30℃。

环境相对湿度范围：最大80%。

#### 5.2.2 维护方法

有条件的话对电源系统进行一次全充全放，以使电池性能得到活化。在没有放电设备条件下，通常进行充电维护，按照常规充电方法或厂家推荐的充电方法将电源系统充满电，对于经历长期贮存的电源系统/电池，首次充电必须采用较小电流进行。

## 6 结语

对于新能源汽车的电池出现故障问题，已是常见问题，因此，在电池故障的处理中，应保证电动车的电池故障的问题可得到解决，应保证可监测到电池电压的问题，再及时进行充电。在汽车的正常使用中，应重视对电池的有效保护，当电池在充电时，注意把握电池的充电时长、电池的电量，满足汽车电池的正常使用，增加汽车电池的使用时长。

## 参考文献

- [1] 何寿柏,蒋小健,朱小燕,等.故障指示灯在新能源汽车动力电池系统的应用[J].汽车实用技术,2020,45(18):177-179.
- [2] 邢茜,吴冬梅.新能源汽车的保养维护[J].汽车工程师,2018(11):59.
- [3] 肖良芝.纯电动公交客车的使用技巧和保养技巧[J].低碳世界,2016(32):269-270.
- [4] 王倩.锂电池管理系统及均衡算法的研究与实现[D].石家庄:河北科技大学,2014.
- [5] 祝小冬,倪静,徐文华,等.AGV镍氢电源系统常见故障分析与维护[J].物流技术与应用,2013,18(10):156-158.
- [6] 张隆康.行动导向教学法在职校《汽车维修》课程中的应用[J].广西轻工业,2009,25(10):155-156.

# 散射通信链路自适应传输技术研究

## Research on Adaptive Transmission Technology of Scattering Link

张元鹏

Yuanpeng Zhang

32185 部队 中国·河北 张家口 075100

Unit 32185, Zhangjiakou, Hebei, 075100, China

**摘要:** 对流层散射道凭借自身越障能力、抗毁灭性、干扰性强等特征,受到全国各行业人员的高度重视,逐渐普及到超短波超视距无线通信中,无形中提高日常通信效率。但由于散射信道传输路径过长,会消耗大量能量,给日常通信传输工作带来不同程度的影响,有效提高远距离通信的难度系数。针对上述分析内容,论文通过分析散射通信链路自适应传输技术,主要包括切换控制方案、不同速率 MCS 传输、信道质量测量等方面。再从不同角度来分析流程散射信道特征,以分析结果为基础,来建立健全的仿真信道模型,有利于工作人员发现散射信道中存在的问题,根据问题制定针对性解决措施,避免散射通信链路传输工作受到各种外在因素影响,保证信号传输效率能达到预期标准。

**Abstract:** Troposphere scatterers, with their own obstacle-surmounting ability, anti-destructiveness, strong interference and other characteristics, are highly valued by people from all walks of life in the country, and gradually spread to ultrashort wave over-the-horizon wireless communication, which virtually improves the daily communication efficiency. However, because the transmission path of scattering channel is too long, it will consume a lot of energy, which will bring different degrees of influence to the daily communication and transmission work, and effectively improve the difficulty coefficient of long-distance communication. Aiming at the above analysis, this paper analyzes the adaptive transmission technology of scattering communication link, mainly including switching control scheme, MCS transmission at different rates, channel quality measurement and so on. Analyzing the characteristics of the process scattering channel from different angles and establishing a sound simulation channel model based on the analysis results will help the staff to find the problems existing in the scattering channel, formulate targeted solutions according to the problems, avoid the influence of various external factors on the transmission of the scattering communication link, and ensure that the signal transmission efficiency can reach the expected standard.

**关键词:** 对流层散射信道; 链路自适应; 低信噪比估计; 机器学习

**Keywords:** tropospheric scattering channel; link adaptation; low SNR estimation; machine learning

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7124

## 1 引言

该方案主要涉及各方面,如编码码率、调制方式、分集阶数等方面,能确保其满足信道的实时变化。特别在信息化时代背景下,信道质量测量在链路自适应传输中所占分量愈发重要,良好的信道质量测量有利于发射端掌握链路的基本情况,如低自适应传输估计、信道质量指标等数据。当通信处于低噪比环境下,很容易将信号淹没在噪声里,给信号功

率和噪声方差计算方面带来严重阻碍,无形中降低自适应传输方案的估计结果,导致散射通信系统中存在低自适应传输工作的问题,只有保证信道质量计算结果能满足行业要求,才能保证链路自适应后期工作能顺利进行,所以研究散射通信系统中低自适应传输计算具有重要作用。基于此,论文通过分析散射通信链路自适应传输技术,主要包括切换控制方案、不同速率 MCS 传输、信道质量测量等方面。再从不同

【作者简介】张元鹏(1986-),男,中国河北张家口人,本科,从事散射通信研究。



角度来分析流程散射信道特征,以分析结果为基础,来建立健全的仿真信道模型,有利于工作人员发现散射信道中存在的问题,根据问题制定针对性解决措施,避免散射通信链路传输工作受到各种外在因素影响,保证信号传输效率能达到预期标准。

## 2 散射信道特征和链路传输系统

### 2.1 对流层散射信道特征

通过分析流层散射信道传输原理,很多研究人员认同散射理论出现在流层大气的湍流运动中,其很容易给流层带来不同程度的影响,如出现无数旋涡,这里的涡流和介电常数的不均匀体有相同作用。当电磁波被传输到大气涡流后,会和涡流相互融合,从而构成偶极子。偶极子能充分发挥电磁波能量的作用,将偶极子散射信号传输到系统中,能有效提高对流层散射信号传输效率。

#### 2.1.1 大尺度衰落

衰落现象有大尺度衰落和小尺度衰落两种现象。其中大尺度衰落通常出现在发射信号长距离传输中,在进行对流层散射信道过程中,信号的路径损耗会产生大尺度衰落现象。目前,我国专业人员并未统一散射传输损耗计算方法,主要原因是散射传输损耗的因素类型趋于多样化,如信号、工作频率、传输距离、流层散射角度、散射体高度等因素有直接联系。特别在信息化时代背景下,在中国工程上方面最常用的散射传输损耗预计方法,相关研究人员提出对流层散射传输损耗计算方法,这种方法一经发布,被广泛应用在各行业中,其中很多散射参数都具有表达式,进一步优化整个计算过程<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 小尺度衰落

在正常情况下,由于对流层散射信道自身具有较强慢衰落特征,这种特征和大气温湿度、压力、气象条件等因素有直接联系,一旦这些因素出现各种变化,很容易诱发信道传播特性出现不同程度的改变。再加上大气折射系数变化是一个长期的过程,需要经历各个环节,通常以数小时为单位,甚至将每天为单位的变化情况。同时,站在整体角度来看,变化情况和季节有一定关系,不同季节传播特性存在较强差异性,且具有较强规律性,通常夏天衰落情况要高于冬天;站在细节角度来看,每天中不同时间节点的传输特性不同。

### 2.2 对流层散射链路 AMC 系统

链路自适应调制编码 AMC 技术是根据发射端根据接收端收集的实际情况,来合理调整日常传输方案,如调制方式、编码方式、分集阶数等,有利于工作人员掌握散射信道的运行情况,有效提高通信系统传输能力和吞吐量性能,保证数据传输可靠性能满足行业要求。同时,在发射机日常应用过程中,工作人员要输入用户数据,将数据内容通过帧为单位进行传输,经过散射信道后被传输到接收机。接收机数据经过专业人员处理后,能实时收集用户不同方面的数据资源。自适应通信技术是在链路通信的过程中设置自适应模块,

提前利用子帧为单位来计算自适应传输,并形成信干噪比 SINR,将详细数据反馈给发射端,用来作为工作人员控制链路切换的重要基础。有利于工作人员合理调整发送端,找到正确的 MCS 组合方式,并发送各种信号,来解决对流层散射信道变化情况,提高用户数据传输的安全性。在正常情况下,当信道质量达到行业要求后,工作人员可利用高阶调制方式组合方式,来提高系统传输效率和传输量;当信道质量较差时,工作人员可根据实际情况来选择低阶调制方式和格式,合理利用频率分集技术,确保传输数据能解决信道衰落问题,有效提升通信的可靠性。当现代信道质量和传输方案吻合程度不足时,不能充分利用该信道的优势,给系统资源带来严重影响,无法提高日常吞吐量;当信道质量较差时,工作人员可利用高阶调制的编码码率来传输信号,但这种方法存在很多方面的问题,由于散射信道自身传输能力不足,很容易导致接收端的误码较高,从而出现吞吐量为零的问题<sup>[2]</sup>。

## 3 链路自适应传输方案

### 3.1 信道编译码

在日常传输过程中,信道编码是以 Turbo 码为主,来解决信道噪声对传输信号所带来的影响,和传统卷积码方式相比,当发送较长数据方面,这种传输方式具有性能好、纠错能力强等特征。同时,通过分析编码器构建的编译码系统,将编码码率和调制方式、分集阶数相互结合,形成多种速率传输方案。近年来,信道质量测量是链路自适应传输技术的重要环节,良好的信道质量测量有利于发射端掌握链路的基本情况,如低自适应传输估计、信道质量指标等数据。首先,在发送数据末端设置 CRC 校验码。由于 Turbo 编码器中的交织最高为 6144 bit,一旦所传输的数据长度超过 6144 bit,工作人员要科学分割码块,将一个完整的发送数据分割成了无数码块,在每个码块后设置一个校验码,用来检测码块的误码,一旦码块长度低于行业标准值,工作人员不用进行任何分割,也不用再添加其他信息,但需要利用码块的信息进行检测错误。1/3 速率编码是指链路中,每个码块都会经过独立的编码过程,每个输入的比特对应三个输出比特,K 路码块比特流经过编码器速率编码后,通常分为系统比特、第一校验比特、第二校验比特三种输出比特(如图 1 所示)。

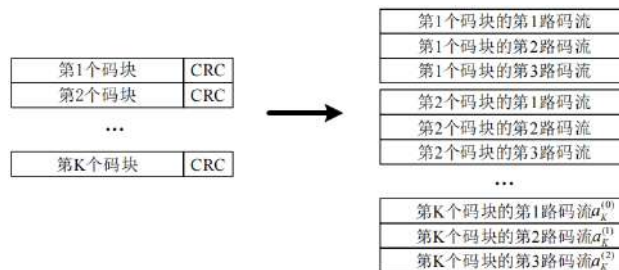


图 1 三分之一速率编码图

因此,所有码块被分布在不同码块的码流中,而速率匹

配通常表示通过工作人员优化后的数据比特，为确保数据内容和物理信可承载比特相互吻合，将发送的数据作为日常传输的基本要求，工作人员根据发送数据物理信道承载能力，将所有数据进行重复发送，选择一路码流过程作为主体。同时，在比特重复发送过程中，工作人员会在前后比特间插入比特，避免出现输入小于输出比特数的问题；而打孔删余和重复发送作用完全不同，通常应用在输入超过输出比特数的情况下，其具体操作流程是将比特全部删掉，再将后面的比特向前进行移动。

### 3.2 调制解调及提取软信息

在单载波交织频复用通信系统中，数字调制方式趋于多元化，其调制阶数有一阶、二阶、三阶。当信道传输效果较差时，工作人员可利用低阶调制作为传输方案，来提高系统传输稳定性；如果信道质量超过行业标准值，工作人员要合理采用高阶调制来进行传输，能有效增强系统有效性。例如：BPSK 调制方式星座点作为现代最常见的调制方法，是以 Gray 映射为主体，通过有效规范整个数据接收端过程，来增强信息传输解调的性能。同时，在日常调制过程中，根据其星座点不同，工作人员将调制阶数分别不同阶数，发送端将不同比特进行相互结合，来确保软信息的准确性。在正常情况下，BPS 信号 K 和 QPSK 信号提取软信息的操作流程非常简单，工作人员能直接提取信号实际数据，再将实际数值作为高位的软信息，虚部数值作为低位软信息，然后利用译码器将所有软信息进行译码<sup>[3]</sup>。同时，通过工作人员合理调整 8PSK 数据，能进一步提高译码增益，计算出软信息输出值，在保证解调性能的前提下，有效降低了计算的复杂度。假设接收端的信号经过信道计算后，能得到似然比函数的理论公式：

$$LLR(C_n) = \log \frac{p(c_n = 1/r)}{p(c_n = 0/r)}$$

式中， $r$  表示可得到的信号； $n$  表示比特序号； $\log$  表示噪声方差。

### 3.3 频率分集和合并

工作人员通过利用频率分集和合并技术，来解决信道传输效果降低问题。因此，论文采用各种传输方案，来提高低速率信息传输的稳定性。主要传输路径是将大量数据经过转变后，数据会出现无数次重复发送，才能满足不同用户数据的频率间隔。频率分集作为获取子载波载的重要途径，工作人员要利用各种资源，来提高用户传输稳定性，保证信道在较差质量的环境中也能实现传输功能<sup>[4]</sup>。而频率分集主要包

括二重分集、不分集、四重分集等类型，其中不分集数据传输效率最高，被广泛应用在信道质量较好的传输环境中，而二重分集和四重分集则被用在信道质量较差的环境中。通过工作人员对相同信道编码码率进行分析，发现四重分集将用户数据进行四次发送，且不同发送次数间的传输效率存在严重差异性。频率合并是将接收到的多条路径的信号分离成各种开关，根据相关规律进行频率合并，最大化接收的有用信号能量，来提高接收信号的信噪比（如图 2 所示）。

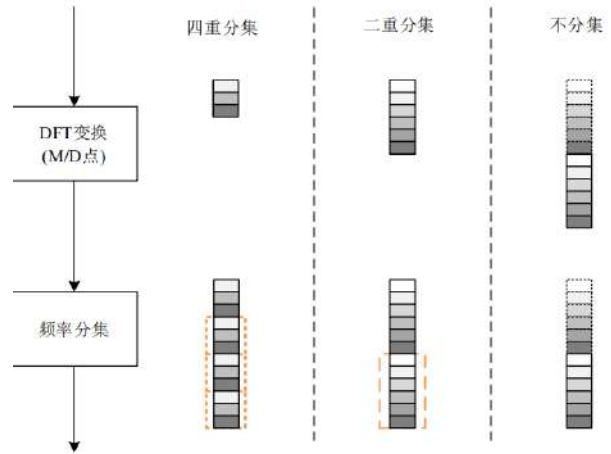


图 2 频率分集合并示意图

## 4 结语

综上所述，论文通过分析对流层散射信道基本特征，发现对流层散射信道对超短波超视距无线通信具有重要作用。但由于散射信道在传输过程中序号损耗大量能量，在时间和频率上出现双重衰落，给散射信道开展超远距离通信带来严重影响。因此，论文通过分析散射通信链路自适应传输技术，要制定各种通信方案，有效解决信道传输中存在的问题，提高信息传输可靠性，降低系统资源的消耗。

## 参考文献

- [1] 魏涛.多天线反向散射与毫米波融合通信系统联合波束赋形技术研究[D].成都:电子科技大学,2021.
- [2] 季伟.大规模MIMO--OFDM系统中基于角域的信道状态信息获取方法研究[D].合肥:中国科学技术大学,2021.
- [3] 王静.基于偏振隔离的空间激光通信系统杂散光抑制技术研究[D].北京:中国科学院大学,2021.
- [4] 蔡兴鹏.基于无人机的无线供能通信网络中路径规划和资源分配研究[D].成都:电子科技大学,2021.

# 论中职计算机平面设计专业课程体系建设

## Discussion on the Construction of Curriculum System of Computer Graphic Design Major in Secondary Vocational School

曲媛

Yuan Qu

抚顺市第二中等职业技术专业学校 中国·辽宁抚顺 113006

Fushun Second Secondary Vocational and Technical School, Fushun, Liaoning, 113006, China

**摘要:** 论文首先分析了中职计算机平面设计专业课程纲要;其次提出了中职计算机平面设计专业课程体系建设路径,其中包括明确课程适用范围和使用方法、能力体系、课程体系、课程设置及基本要求、实施保障等;最后按照该体系建设探究出实践教学措施,以供参考。

**Abstract:** This paper firstly analyzes the curriculum outline of computer graphic design major in secondary vocational school. Secondly, it puts forward the construction path of the curriculum system of computer graphic design major in secondary vocational schools, which includes the definition of the scope and application of the curriculum, the ability system, the curriculum system, the curriculum setting and the basic requirements, the implementation guarantee, etc. Finally, according to the construction of the system, practical teaching measures are explored for reference.

**关键词:** 计算机平面设计; 中职教育; 专业课程体系建设

**Keywords:** computer graphic design; secondary vocational education; construction of professional curriculum system

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7125

## 1 引言

计算机平面设计大多与企业商业活动有关,其在中国具有很大的应用前景,与各个行业有着密切的联系,即其他设计领域(如网站设计、展览展示设计、影视动画等)的基础。该专业毕业生一般位于国内高收入职业的前十名之列,特别是在近年来社会环境越来越严峻,艺术设计、商业展示设计、界面设计、商业广告设计等行业也越来越繁荣。

## 2 中职计算机平面设计专业解析

### 2.1 计算机平面设计课程概述

计算机平面设计专业主要训练学生在多媒体产品开发、广告设计和创意设计等方面具备一定的基础技能与审美能力,可在毕业后从事多媒体产品开发、广告设计及创意、平面设计、展览及其他相关技术工作。本专业培养的是一批热爱国家、有良好职业操守、艺术审美能力、计算机技术等方

面的初级、中级技术人员,可按照企业要求、经营理念,进行VI视觉传达设计、产品包装设计、广告海报设计、网页设计、商业环境展示设计及印刷设计等方面的工作。

### 2.2 课程性质和任务

本专业是中等职业院校多媒体专业的主干课程,其教学内容多为上机实践操作,并让学生了解、掌握3D动画的基本原理和方法,使其可以更好地了解课堂教学内容,为以后的工作奠定坚实的基础。

### 2.3 课程教学目标

#### 2.3.1 知识教学目标

掌握3D MAX的基本知识;掌握建模、修改器、材质与贴图;掌握灯光、渲染、动画制作等知识。

#### 2.3.2 能力培养目标

独立完成建模;采用合适的材料进行贴图;掌握渲染,制作最后的效果图。

【作者简介】曲媛(1981-),女,中国辽宁抚顺人,本科,讲师,从事中等职业教育计算机设计类研究。



### 2.3.3 思想教育目标

结合三维立体教学的特征,培养学生的社会责任感,以及综合观察的意识与审美能力等<sup>[1]</sup>。

## 3 中职计算机平面设计专业课程体系构建措施

### 3.1 明确课程适用范围和使用方法

①中职教育多媒体专业教学基本要求为三年;该课程是以理论和实践相结合的方式进行授课。表1列出了关于分配学时的建议。

②教学建议:课程内容为54学时,课程安排为建议性(见表2)。

③教学特色:该课程具有很强的可操作性,教师除了在大屏幕上讲解之外,还要充分发挥智慧教室作用,让学生有更多的时间来完成自己的作品,同时也要注意细节,让学生在发挥自身创造性思维的同时,设计出有内涵的作品,以此达到教学要求;在设计制作过程中,教师可让学生自学一些关于色彩搭配与草图的学习方法,以达到表现作者真实的目的,制作出生动、有趣、精彩的平面设计动画或图片等<sup>[2]</sup>。

### 3.2 职业能力体系、课程体系、课程设置及基本要求

①职业技能体系和课程体系构成了大学生计算机平面设计专业知识体系,主要课程任务是围绕高端技能型人才培养目标。从学生的基本素质、职业能力的培养、职业能力的可持续发展、职业资格要求、技术资格证书的要求等方面,引进工业企业的技术标准、技术规范,反映出计算机操作和应用专业的任职要求,紧贴行业发展的最新动态。

②该课程的主要内容有:公共基础课、专业课、实践教学环节。其中,公共基础课分为思政课、普通通识等。公共基础课的主要任务是培养学生的综合素质与审美能力,为今后的学习提供方法论(见表3)。本专业课程分为专业基础课与专业核心课程两部分。本专业基础课的主要任务是:夯实专业基础,使学生掌握正确的学习方式,增强其实践能力;本专业的核心课程的主要内容是教授学生在今后的职业生中所必需的基础知识,以及对学生的实际应用和操作技巧的培养。同时,专业拓展课的主要教学内容为:提供各种与本专业有关的扩展知识及各种技能的延伸,以进一步强化其在本领域的工作能力<sup>[3]</sup>。

表1 职业能力体系与工作任务分析

核心工作领域	岗位典型工作任务	典型任务主要工作过程描述	支撑典型任务课程结构	典型任务工作过程实训课程
办公人员	办公处理技能	熟练运用主流办公软件;具备文档处理和数据整理的能力	计算机应用	Office 办公软件上机实训
	办公设备使用与维护	具备选择主流办公设备的能力;熟练使用各种办公设备,如打印机,扫描仪;具有日常办公设备维修的基本知识;具备基本的日常办公设备维护技能	计算机维护与维修	计算机维护与维修实训
广告设计与制作	动画制作	熟练操作二维和三维动画制作软件,熟练掌握动画制作的基本知识;掌握动作的技巧;能够熟练地进行模型动画的制作和镜头的操纵	Flash 3D MAX	广告设计与制作软件实训
	平面制作	精通各种图形绘图软件的使用方法,能制作出与之相关的图形,并能利用图形处理软件进行相应的图形处理	Photoshop CorelDRAW	
	视频剪辑	熟练掌握主流影片剪辑、制作软件;能清晰地了解剪辑的原理与方法;能够熟练运用电影制作所需要的工具	AE 影视制作	
网络搭建与网站建设	网络搭建技能	掌握计算机网络的基础知识;能够组建计算机网络;能够对网络进行维护和优化;能够熟练配置网络相关设备;能够进行规范的网络综合布线	计算机网络	计算机网络搭建、网页制作实训
	网站管理	能使用常用的网页设计工具制作静态网页,并能实际编写后台代码;能够根据客户需求进行网页的设计和制作;能够对网站规划、建设与维护;具有一定的美工基础知识;能够熟练地使用图形图像制作处理软件;能够渲染网页元素	网页设计	

表2 课程结构比例

课程类别	课程学时比例	学时	学时分配	
	(%)		理论	实践
公共基础课	30%	924	626	298
专业课	35%	1080	540	540
实践教学环节	35%	1080	0	1080
总学时		3084		
占总学时比例(%)		100	37.8%	62.2%

表3 课程设置及基本要求表

序号	课程名称	教学目标	主要内容	学时	考核方式	开课学期
1	Photoshop	具有良好的应用能力,能够独立运用软件完成设计	软体基础、工具运用、技巧教学、工程实践、设计思维教学	240	考试	2、3
2	CorelDRAW	能够熟练运用软件,完成广告设计需求	CDR 软体、工具运用、技巧教学、工程实践	120	考试	1
3	网页设计	能够熟练运用软件,能够根据需要进行网页设计	Dreamweaver 基本知识,网页设计与构建方法;熟悉网站的基础设计与内容构建	120	考试	3
4	多媒体制作	熟练使用软件并能用该软件独立完成制作需求	讲授音频、视频制作类的应用,并在 Photoshop、Flash 等专业软件的帮助下处理所需素材,再将其运用到视频制作当中去。既能够制作视频作品,又能综合应用所学其他软件	72	考试	4
5	AE 影视制作	熟练使用 PR、AE 软件制作视频、动画	PR、录像、AE 软件、动画制作	120	考试	5
6	3D MAX	掌握三维动画设计	教授学生创建基本材质的方法,如何建立材料库,如何使用材料。材料种类的使用;材料运用与渲染有关的高级材料使用;材料的动画技术;材料的交互;与视频预览或呈现特效相结合,产生特别的效果	120	考试	4
7	Flash	掌握二维动画设计	软体基础、工具运用、技巧教学、工程实践、设计思维教学	72	考试	5
8	AUTOCAD	掌握 AUTOCAD 软件的使用	软体基础、工具运用、技巧教学、工程实践、设计思维教学	72	考试	5

### 3.3 实施保障

#### 3.3.1 专业教学团队

本专业需组建一批专任教师和行业企业兼职教师,构成“双师”且符合职称与办学要求,进而满足该专业学生日常学习需要。本专业课程由学校的专职教师与行业企业兼职教师共同完成。其中,实务培训主要是由行业外聘教师进行,所需学时占比需达到 10%。

#### 3.3.2 教学设施

中职院校需在校内设置基本教学实训室,配备先进的教学仪器,使之与计算机平面设计课程相适应,达到专业技术培训的需要。校内实习基地的建设能够满足日常教学和职业技能鉴定的需要,而校外实习基地的建设与实习和顶岗实习相适应,可满足中职院校实训技能培训要求,适应中职院校的顶岗实习与信息化教学的需求<sup>[4]</sup>。

#### 3.3.3 校企合作

中职院校应与当地优秀企业达成合作,并将其作为计算机平面设计专业学生分阶段,顶岗实习基地。在此基础上,为了提高学生的专业技术和职业素质,学校和企业“工学结合”“分段教学”和“顶岗实习”等方面,还需积极开展多种形式的协作教学与实训培训等合作教学模式。

#### 3.3.4 教学评价、考核建议

根据教育改革要求,中职院校可推行“教育小组责任制”,该专业以提高教师的工作能力为中心,根据不同教学和实习

内容,建立出一套多样化的专业教学评估体系。在考试的内容上,普通学生与职业院校的学生有明显的区别。

例如,教师对学生知识掌握情况、实践操作能力、学习态度、专业基础质量等进行评估;目前,已吸引更多的行业、企业和相关部门参加到该评估工作中。

再如,教学评估系统采用“过程考核”和“结果考核”相结合的方法,注重过程性的考核,对学生的课堂学习、操作态度、实训表现进行评估,并与期末考试相结合;校外实习评价以校外专业教师评价、校外兼职教师评价、实习单位评定三种形式进行。此过程主要是针对该专业学生的专业技能、工作态度以及职业素养等方面进行的综合素质评价。

## 4 中职计算机平面设计专业课程教学措施

### 4.1 体验式学习,激发学生的创新意识

按照上述提出的教学体系构建办法,明确该专业课程教学实施措施,依据体验式学习模式,从激发学生创新意识,逐步达到中职计算机平面设计专业教学目标。在该专业课程教学内容的编排上,将计算机设计与实际操作相结合,以多种方式引导学生将自己所想象的内容表达出来,此过程应引导学生利用设计软件的方式进行。针对该专业作业安排,教师可结合学校活动,让该专业的同学们以设计师的身份参加各种设计活动,如图书封面设计、杂志设计、活动海报设计、六十周年 logo 设计、明信片设计等。在教学中,教师还应

根据当下社会热点、企业行业需求等让学生完成主题设计任务,如设计环保海报、垃圾分类海报、禁烟海报、电子杂志设计、中国传统文化电子杂志设计等。

#### 4.2 营造良好的创新氛围,引发学生创新思维

教师应让学生在探索和运用创新的过程中具有“主角”的自觉,并将课程作为自己毕业后所参加的设计工作。课堂上的设计教学部分,应更加接近于学生的日常生活,其中有关的动画设计教学内容,也应与当下热点相结合。

在此基础上,教师应为学生们营造出良好的创新氛围,从引发学生创新思维开始,让学生在课堂教学中积极探索、共同分享创意。例如,在动画设计中,学生们以树枝造型的固定、栈桥的稳定性、亭子的结构、水流的效果等等制作出了古风古色的动作设计作品,并在教师的引导下综合使用了陶土、超轻黏土、铁丝、滴胶、颜料、3D打印笔等多种材料,在不断探索尝试中完成了作品。

再如,为本学期增设的“掐丝珐琅”课程,目的在于使该专业的学生能够更直观地认识中国传统手工技艺。学生们所做的掐丝珐琅工艺,是把宫廷用的珐琅彩技术,移植到计算机绘图软件内。打破了景泰蓝仅能贴在铜胎上的局限,使景泰蓝工艺在平面绘画中得以推广。由于是初次尝试,且网络上可参考的资源也非常有限,教师在与该专业学生讨论后,可决定结合学校现有材料,探索适合实际操作的方法。最后在教师的带领下,学生们利用激光雕刻软件RDWorks,完成了自己的作品。

在这样的课堂教学氛围中,学生的专业能力、实践操作水平都得到了提升,且学生在发挥自身的创新意识、创新思维时也可解决实际存在的设计问题,并通过探究的方式,提高了学生的跨学科思维能力、创意设计能力、问题解决能力等,达到了计算机平面设计专业拓展课教学目标。

## 5 结语

综上所述,中职计算机平面设计专业要求学生具备一定的创新、创造能力,因此在构建教学体系时,中职院校应从夯实学生的专业知识内容、创新教学模式、拓宽就业渠道等方面进行。在校企合作机制下,还需对该专业学生顶岗实习情况进行跟踪、调查与指导,进而为丰富学生的专业知识提供所需的教学内容,使其综合能力、工作能力、职业精神得以提高。

## 参考文献

- [1] 严亮.关于中职计算机平面设计专业教学有效性的研究[J].中外交流,2021,28(3):127.
- [2] 赵洁.谈中职计算机平面设计专业“导学探究式”教学——以二维动画制作为例[J].电脑知识与技术,2021,17(17):174-175.
- [3] 商泽艳.中职计算机平面设计专业课程教学改革探讨[J].中国宽带,2021(1):152.
- [4] 周春英.“互联网+”背景下农村中职学校计算机专业平面设计课程教学的研究[J].科学咨询,2021(34):110-111.



# 基于 Web 的信息平台数据安全风险及对策研究

## Research on Data Security Risks and Countermeasures of Information Platform Based on Web

王利强

Liqiang Wang

中国煤炭地质总局一二九勘探队 中国·河北 邯郸 056004

No. 129 Exploration Team, CNACG, Handan, Hebei, 056004, China

**摘要:** 论文针对基于 Web 的信息平台数据安全问题,对数据安全现状进行了阐述。论文在此基础上,分析了基于 Web 信息系统中常见的数据安全风险和隐患,并对各类风险隐患的防范和对策进行了研究和总结。最后,就下一步的研究和拓展提出了新的方向。

**Abstract:** This paper focuses on the data security of information platform based on Web, elaborated the status quo of data security. On this basis, this paper analyzes the common data security risks and hidden dangers in Web based information systems, in addition, the prevention and countermeasures against various potential risks were studied and summarized. Finally, new directions are proposed for further research and expansion.

**关键词:** Web; 信息平台; 数据安全

**Keywords:** Web; information platform; data security

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7126

### 1 引言

随着信息技术的飞速发展,数据管理也完成了由传统模式向数字化方式的转变。通过开发管理信息系统实现对数据的高效管理。

随着数据的信息化管理,数据的安全问题随之而来。信息系统的的核心机制是否健全,对其所管理的数据安全起到了至关重要的作用。如何打造健壮的管理信息系统,确保数据安全,成了数据管理者面临的重要任务<sup>[1]</sup>。

### 2 研究背景

初期的管理信息系统多以单机或局域网形式存在,其数据安全更多依赖于局部安全环境的好与坏。随着 Internet 技术的快速发展,管理信息系统开始向互联网延伸,系统架构也向 B/S 转变,称之为 Web 信息系统。

发展初期,服务器端是功能的提供者和数据的发布者,客户端只能查询无法进行更多的交互。称之为 Web 1.0 时代,

数据安全问题尚不是特别突出。

随着技术的发展和带宽的快速增长,进入 Web 2.0 时代,客户端可与服务器端进行更多的功能交互;该阶段下基于 Web 的信息平台数据安全问题变得突出,对如何确保数据安全提出了挑战。论文聚焦该情形下的网络信息平台数据安全风险及对策展开研究<sup>[2]</sup>。

### 3 研究意义

随着互联网发展,越来越多的管理信息系统开始部署在互联网上,以 Web 形式提供服务,短短几年时间各行各业开发建设了大量 Web 信息平台。在 Web 信息平台架构的演变过程中,不断暴露出新的漏洞和隐患,一方面使新建的系统不断自我完善,另一方面也导致已有系统不断出现新的风险点,对其管理的数据形成安全隐患。

随着《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》首次将数据作为一种新型生产要素,数据对于企业的

【作者简介】王利强(1979-),男,中国河北邢台人,硕士,高级工程师,从事信息技术与地质、测绘技术相结合研究。

地位和作用上升到了一个新层次；《数据安全法》《个人信息保护法》等相继施行，数据安全迈入有法可依的时代。因此，对 Web 信息系统的安全风险和对策进行研究，对于保障信息系统数据安全有重要意义<sup>[3]</sup>。

## 4 数据安全现状

在调查中发现，Web 信息平台数据安全现状不容乐观，一部分存在轻微安全隐患，一部分存在明显安全漏洞，更有的几乎无任何安全防范，数据暴露对数据安全形成严重风险。

据美国威瑞森通信公司发布的《2021 年数据泄露调查报告》，Web 应用攻击导致了全年 39% 的数据泄露事件，而其中 85% 的数据泄露涉及人为因素。据国内某专业数据安全公司发布的《2020 上半年中国互联网安全报告》显示，仅上半年针对 Web 应用的恶意攻击和数据泄露同比激增超过 800%。

## 5 主要风险分类及对策

基于 Web 的信息系统影响其数据安全主要有以下几个方面，按风险所处的层级由外及内进行分类并给出防范对策（见表 1）。

表 1 主要风险层级

风险层级	防线	主要后果
网络层	第 1 道	网络漏洞被攻击者侵入网络，丢失网络控制权
系统层	第 2 道	服务器操作系统被攻击者侵入，丢失系统控制权限
应用层	第 3 道	业务系统被攻击者侵入，导致数据暴露
管理层	最后防线	日常管理缺位，数据无备份，无法挽回损失

### 5.1 网络层的安全风险

基于 Web 的信息系统其特点就是基于网络提供数据服务，系统所处的网络层是否安全，是整个系统数据安全的基础，通常采用以下方式部署：

#### 5.1.1 自建服务器部署

该方式下首先要确保机房网络物理安全，包括防火、用电、防雷击安全，也要考虑地震等不可抗力对网络的冲击。其次要保障网络设备的运行安全，对设备参数进行正确配置，包括修改默认管理账号及密码，正确配置路由、端口封闭等，防止网络非法侵入；配备防火墙系统，采用高可用性、高稳定性的硬件设备；进行双机冗余的设计模式，对关键网络设备采取同型号备件等。

#### 5.1.2 云服务器部署

随着云计算技术的日趋成熟，云服务器凭借稳定性好、维护简单等特点，成为越来越多 Web 信息系统部署方式。

该方式下省去了对机房、网络等管理工作，可更多关注系统和业务应用。但这并非可以完全忽略安全工作。除了要选择稳定性好的云主机外，要把重心放在云主机所处网络的稳定性上，及时排查是否遭受 Ddos 攻击，第一时间屏蔽非法 IP 等，确保系统的稳健运行和存活。

### 5.2 系统层的安全风险

基于 Web 的信息系统由一台或多台服务器组成，服务器操作系统的安全对于信息系统的的核心数据有至关重要作用，成为网络层安全屏障后的第二防线。服务器操作系统多为 Linux 或 Windows 系统，都是面向大众开放的操作系统，其架构功能已被大家所熟知、存在的漏洞也是公开信息，这为防范好系统层安全风险提出了严峻的考验。要做到以下几个方面：

#### 5.2.1 对服务器操作系统进行正确安装和配置

服务器端操作系统首先要选用正规安装包，确保系统功能完整的同时避免不合法程序和后门，造成系统安全风险。其次要进行参数配置，包括修改管理员账号及具有复杂度的密码，删除或者禁用不必要的账号，关闭一切不必要的系统服务，设置正确的系统安全策略等，使系统处于最小限度的对外开放，提升操作系统的安全度。

#### 5.2.2 对服务器操作系统进行及时更新

在系统的日常管理中，当操作系统出现更新包时要及时进行更新。尤其是官方发布的安全补丁要第一时间更新处理，防止由于公开漏洞未及时封堵，造成的操作系统级暴露。在实践中此类情况造成的安全隐患和数据泄露占了很大的比例，应引起足够重视。

#### 5.2.3 对系统采用的中间件及时更新

对系统中涉及的中间件要及时版本更新，特别是有安全漏洞时要第一时间堵塞，必要时对中间件进行禁用。

#### 5.2.4 对服务器防火墙进行有效配置

对操作系统进行配置中，开启防火墙并进行有效配置是确保服务器操作系统安全的一项重要工作。封闭一切不必要端口，修改敏感端口默认值，设置出入站访问规则等，从入口上确保访问合法。

### 5.3 应用层的安全风险

在网络层和系统层之后，应用层的安全防范机制成为第三道防线；应用层是信息系统直接对数据进行操作的层级，对数据的操作是否安全是最为关键的一道防线。依据 Web 信息系统采用的技术路线和依赖开发框架的成熟度不同，导致不同系统都有不同的风险点。具有共性的风险点主要有：

#### 5.3.1 SQL 注入攻击

SQL 注入是 Web 信息系统中最常见的一种安全隐患，也是攻击者最先测试的安全漏洞点。其原理是在表单中输入

特殊的 SQL 字符串欺骗服务器，成为在服务器端能够执行的恶意 SQL 命令，对数据造成危害。为防止该风险，首先在后台程序尽可能减少直接 SQL 语句操作，同时对前端提交参数的类型、格式进行严格检查，对特殊字符进行过滤，确保参数是安全、可靠的。

### 5.3.2 文件上传漏洞攻击

在 Web 信息系统中，一项常见的功能是允许用户将本地文件上传到服务器。当攻击者将恶意文件上传至服务器后，形成一个提供内应的“特洛伊木马”，为进一步获取系统更大权限提供了可能性和便利性。该类风险是最常见的 Web 信息系统风险漏洞之一，也是攻击者最常用的手段。

为防止该风险，首先要对上传文件的类型进行控制，除对 exe/com/bat 等可执行文件拒绝上传外，还要对 asp/php/js 等脚论文件进行格式深度校验，防止伪文件后缀方式漏洞，从源头控制非法文件入侵；其次要在服务器端对 Web 信息系统的目录权限进行合理配置，按照“有运行权限的目录不允许上传、有上传权限的目录不允许运行”标准，对系统文件和上传文件进行隔离，这样即便恶意文件上传到了服务器也不能被执行。

### 5.3.3 数据明文传输风险

多数 Web 信息系统采用了 http 模式传输，该模式下所有的数据传输都是以明码方式进行传递。因此导致了数据在传输过程中可能被截获、分析、窃取的风险。为防止该风险，可将系统升级采用 https 模式，该模式下前台和后端所有的数据均是加密传输，可有效防范数据在传输过程中被窃取的风险。

### 5.3.4 Cookies 伪造

由于 http 请求是无状态化的协议，在 Web 信息系统中通常采用 Cookie 方式进行状态管理。如攻击者恶意截取或修改浏览器端 Cookie 值，将会对后台产生欺骗，从而导致信息系统的风险和漏洞。

为防止该风险，在后台生成 Cookie 值时除了实际数值外，要融合私钥和变量参数进行加密处理，并附带校验码共同组成 Cookie 值；在接收 Cookie 值后首先进行反向校验，当反向校验失败时则表明该 Cookie 系伪造。

### 5.3.5 API 接口无认证措施

根据系统模块化的思想，越来越多的 Web 信息系统采用 API 接口方式为前端提供服务，具有模块化高、耦合度低、便于分布式应用等优点。但开放的 API 接口也为数据安全带来了风险隐患。当 API 接口无安全认证措施时，将会出现任何人都可以调用接口获取数据的风险，因此必须对 API 接口的调用者进行身份鉴别，确保为合法调用。

在实现中，可通过公钥、私钥、身份 ID 共同生成调用接口的 token 令牌，调用者持有该 token 在一定时间内合法调用接口的机制；对于非面向公共开放的 API 接口，可对调用者的来源 IP 进行黑白名单控制，确保 API 接口的合法调用。

### 5.3.6 XSS 跨站脚本攻击

XSS 跨站脚本攻击是指在 Web 信息系统页面中插入并运行非法脚本进行攻击的一种方法，达到获取用户信息和数据的非法目的。

为防止该风险，首先是启用 Cookie 的 HttpOnly 属性，避免 cookie 被客户端的 js 非法获取；其次是对输入内容进行非法字符过滤、关键字转义存储；最后是通过设置 Header 中的 CSP 属性限制允许加载的资源种类和来源，使恶意脚本即便插入页面，也无法正确运行。

### 5.3.7 关键数据明码存储导致泄露风险

Web 信息系统数据常通过数据库存储，当攻击者越过网络防线、系统防线并成功获取数据库权限后，如果关键数据进行明码存储则数据将完全暴露在攻击者面前，可随意查看、篡改、删除数据，所谓数据安全将不复存在。

为避免该风险应对关键数据在数据库中进行加密存储，这样即便攻击者成功获取了数据库权限，看到的也是经过加密后的数据，可在一定程度上防止数据泄密和损失扩大。

### 5.3.8 用户身份认证防范形同虚设

Web 信息系统登录是对来访者身份确认的入口，也成为攻击者的第一攻击目标。一些信息系统中身份认证机制形同虚设，攻击者可轻松绕过或者虚假认证，常见的如允许弱密码给攻击者密码猜测留下机会等，给系统安全造成隐患。

为避免该风险，信息系统应强化身份认证机制，包括对密码强度、复杂度、定期修改密码要求等；要强化验证码作用，可辅助手机短信验证，防止密码暴力破解；对于信息安全度要求高的可采用 U-Key 身份认证，确保来访者的身份合法。

除上述常见 Web 信息系统安全漏洞外，还有许多其他常见漏洞，比如 CSRF 跨站请求伪造、Host 头攻击、反序列化漏洞等，鉴于篇幅不再赘述。

总之，Web 信息系统在建设过程中，对于安全风险重视是系统和数据安全至关重要的一环。须通过开发质量控制、上线安全验收、上线运营跟踪等多维度入手，全面强化 Web 信息系统自身应对风险能力和数据安全保护能力。

## 5.4 管理层的安全风险

在风险源中管理层的风险往往是最容易被忽视的，而该风险恰恰是贯穿于信息系统全生命周期影响最长的。常见的



风险点有以下几种:

#### 5.4.1 管理机制不健全

未明确系统管理部门和责任人,形成了信息系统“重建设、轻管理”的局面。要明确责任人,不仅要系统建设好、更要在系统上线后做好日常监测、安全风险评估工作。

#### 5.4.2 应急预案不健全

多数信息系统未制订当出现系统故障、数据破坏或泄露时的应急预案,导致紧急情况下不能第一时间将损失降至最低。在系统上线之初要进行安保等级评估并制订出应急预案。

#### 5.4.3 系统数据备份措施不到位

信息技术在不断发展,没有绝对安全的系统,也没有绝对安全的数据。要保障信息系统的数据安全,数据的备份就至关重要,也成为当系统故障、数据损失后进行补救的最后一道防线。除做好数据的日常备份外,根据数据敏感程度要进行异地灾备或实时双机热备,以便在系统出现故障和数据损失后进行快速恢复。

综上所述,Web 信息系统数据安全,是一个全方位的概念,需要从不同层面、不同角度全面加强风险防范和管理,

才能确保 Web 信息系统的数据安全。

## 6 结语

论文分析了基于 Web 信息系统中常见的数据安全风险并提出了应对策略,主要是基于已知风险和漏洞隐患的基础上展开的。系统开发和安全攻击技术都在不断发展,面对层出不穷的操作系统安全漏洞和不断翻新的攻击手段,在可扩展性、预防性上存在一定的不足。通过对系统数据的智能化分析,结合数据算法对系统安全风险的态势感知、数据安全的主动防御开展进一步研究,对于保障 Web 信息系统数据安全将具有更深远的意义。

## 参考文献

- [1] 李铀.基于WEB信息系统的安全架构研究[J].计算机光盘软件与应用,2014,17(5):2.
- [2] 林世鑫.基于SQL注入的Web数据安全防范与优化[J].电脑知识与技术:学术版,2014(4):4.
- [3] 武宝珠,李小玲.探讨云计算环境的web应用数据安全[J].电脑知识与技术:学术版,2018,14(5):3.

# 超级电容在计算机系统中的应用研究

## Research on Application of Supercapacitor in Computer System

王再跃 步翠显 董兆龙

Zaiyue Wang Cuixian Bu Zhaolong Dong

合肥市经开区习友路联想科技港 中国·安徽 合肥 230031

Lenovo Science and Technology Port, Xiyou Road, Economic Development Zone, Hefei City, Hefei, Anhui, 230031, China

**摘要:** 本研究针对台式计算机没有电池的特点, 在计算机电源突然断电时其系统会直接关闭, 造成当前进程无法保存、资料丢失、系统损坏等问题, 探讨超级电容在台式计算机紧急供电中的应用。同时针对台式计算机电源适配器峰值功率无法满足现代处理器睿频加速的需求, 探讨超级电容在台式计算机中瞬时补能中的应用。

**Abstract:** In view of the fact that desktop computers do not have batteries, the system will directly shut down when the power supply of the computer is suddenly cut off, causing problems such as failure to save current processes, data loss and system damage, this study discusses the application of supercapacitors in emergency power supply of desktop computers. At the same time, aiming at the desktop computer power adapter peak power can not meet the demand of modern processor turbo boost request, the application of supercapacitor in the desktop computer instantaneous energy supplement is discussed.

**关键词:** 超级电容; 紧急供电; 瞬时补能

**Keywords:** supercapacitor; emergency service; moment fill can

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7127

## 1 引言

台式计算机因为其性能较便携式计算机有较大的优势, 同时使用体验也较为舒适的特点, 使得在传统办公应用中仍然占据较高的比例, 但是台式计算机因为没有便携移动的需求, 因此台式计算机一般都不配置电池, 在外部电源突然断电的情况下, 就会导致计算机异常关机, 带来一系列问题。

## 2 研究背景

台式计算机一般指计算机主机与各部件(显示器、键盘、鼠标等)相分离的分体式计算机, 其相比于便携式计算机的显著特点是体积较大, 性能较强, 不易携带, 不支持移动办公。经过技术的不断进步, 现在的台式计算机已经出现多种新的形态, 例如屏幕和主机集成在一起的一体机, 主机小型化可悬挂在桌边的迷你台式机等等, 但是无论哪种台式计算机, 因为其一般不支持移动办公使用, 所以都不会配置电池。

这就导致台式计算机在外部电源突然断电时, 系统会瞬间关机, 正在进行的进程无法恢复, 正在编辑的文档或者程序无法保存, 并且因为系统是异常关机, 还可能造成操作系统程序损坏<sup>[1]</sup>。

针对台式计算机的这个使用痛点, 市场上推出了紧急备用电源防止电脑突然断电带来的一系列问题, 但是备用电源具有体积大、需额外高价购买、普通用户不会选择等缺点, 市场推广度不高。

另外, 现代计算机的处理器瞬间超频的能力都非常强, 在遇到处理任务突然增加, 而处理器本身温度允许的条件下就会启动超频功能, 此时处理器的功率会突然增加至平均功率的数倍, 这对电源适配器的选择是个巨大的挑战, 如果要满足处理器超频峰值功率的需求就需要配备额定功率巨大的电源适配器, 其体积和成本都会大幅上升, 如果选择仅能满足处理器平均功率的电源适配器, 则必须大幅消减处理器的超频能力, 这会造成系统的性能大幅降低(见图 1)。

【作者简介】王再跃(1970-), 男, 中国浙江湖州人, 硕士, 副高级工程师, 从事半导体器件与微电子学研究。

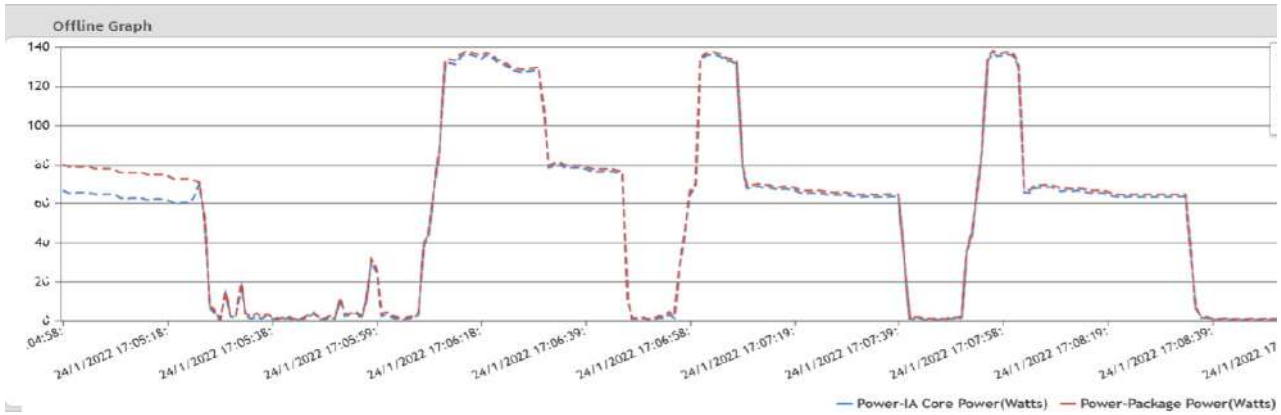


图 1 处理器实时功率图

为了解决突然断电带来的一系列问题，用户在购买台式机电脑作为重要办公用途时，往往需要为其配置一台不间断电源，这会给用户增加额外的成本，另外不间断电源也比较占用空间，对用户体验是较为不友好的。而针对第二个问题，为了保证计算机的性能能够充分发挥，计算机制造商一般会为用户配置足够大功率的电源适配器，这也带来成本的上升以及放置的不便<sup>[2]</sup>。

### 3 超级电容在台式计算机应用的机会

针对以上两个问题，如果像笔记型电脑一样为计算机配置电池，问题就能迎刃而解了，不过，笔记型电脑的电池存在的根本目的是让计算机能够移动办公，而台式计算机因为体积大不能便携的缘故不适合移动办公，配置价格昂贵的电池收益较低，另外台式机由于功率较大，要配置能够满足台式机输出功率的电池其成本更加高昂<sup>[3]</sup>。

要保证台式机在意外断电时进程不会中断，我们可以设计一个报警电路，当检测到电源意外断电时，报警电路通知计算机立即将进程保存到存储设备（S4），当通电后再次开机时计算机机会直接回到被中断的进程，这个从断电到存储的过程极其短暂，我们就不需要大容量的电池了，只要能够

找到一种可以支持瞬时大功率放电的器件即可，恰好，超级电容就具有放电功率高、容量小、价格低等特点，完全匹配我们的应用需求；而对于处理器的睿频加速时输入大功率需求，也属于瞬时需求，超级电容同样可以满足，因为都是为整个系统输入端提供功率，上述两个需求是否可以设计成一种电路同时满足呢？

### 4 超级电容在计算机中应用实例分析

上面提到了超级电容可以在台式计算机中解决电源突发断电以及睿频加速大功率需求的机会，我们还需要设计出一套电路架构来匹配超级电容以达到应用需求。

在图 2 中，电源适配器通过连接器连接到计算机电路主板为电路主板提供电力，在连接器到系统输入端供电主通路上串联一个限制电流模块，主板上的 EC 芯片（嵌入式处理器）通过检测连接到主板上的电源适配器身份码识别电源适配器的额定功率，然后根据电源适配器的额定功率来设置限流模块的限流值，例如电源适配器规格为 65 W/20 V，那么就可以将限流值设置为 3.25 A；同时设置一个比较器来检测适配器的输出电压，当检测到适配器的输出电压低于阈值时，发送报警信号给 EC 芯片；超级电容放置在系统输入电源端。

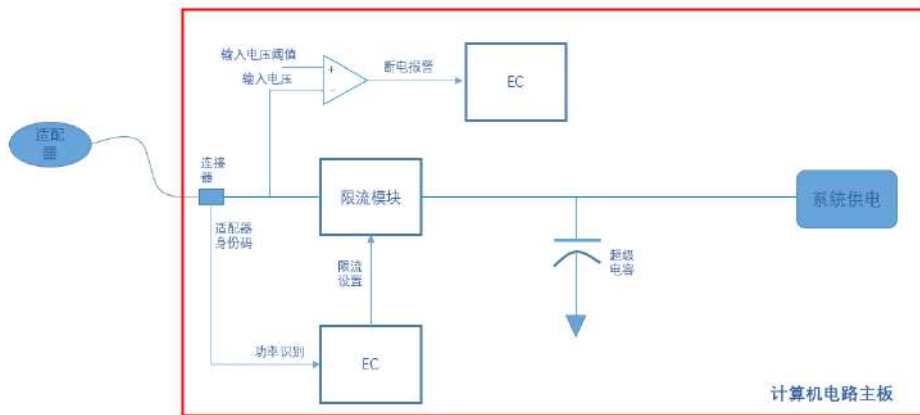


图 2 超级电容应用电路逻辑图



利用该电路解决电源突发断电以及睿频加速大功率需求的原理阐述如下：

### 4.1 电源突发断电

当电源适配器因电网断电或接口意外脱落造成输出电压跌落时，比较器立即发送断电报警信号给 EC 芯片，EC 芯片通过平台 ACPI 信号来通知系统进入 S4（暂停进程并存入存储器），过程如图 3 所示。

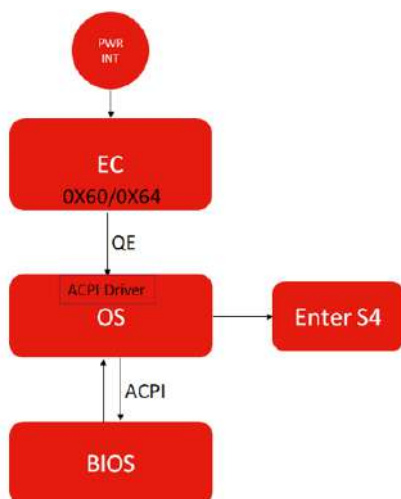


图 3 流程图

① EC 接收到 PWR INT 信号 Active，EC 通过 ACPI interface 发出 QE 给 OS ACPI Driver。

② OS 接收到相应的 QE，会 Check BIOS ACPI table 关于此 Event 的定义。

③ OS Check 后，通知 EC 进入 S4。

④ OS 保存数据到硬盘后，系统正常进入 S4。

这个过程大约需要 10~20 s，在这段时间里，适配器不再为系统提供能量，超级电容开始对系统提供能量，只要选择合适规格的超级电容，就能够提供系统在 10~20 s 内所需要的能量，从而顺利进入休眠状态（S4），当电力回复之后，使用者重新开机，计算机便会回到断电前的状态，所有系统进程都被完整保存<sup>[4]</sup>。

### 4.2 睿频加速大功率需求

当系统因处理器睿频加速导致输入功率突增时，限流模块始终将电源适配器输出电流限制在适配器额定电流以下，此时，电源适配器提供输入功率不足的部分将会从超级电容里提供，由于睿频加速的时间非常短（最大 28 s），超级电容经过放电以后电压也不会下降太多，足以支撑睿频加速的过程，睿频加速结束后，系统所需的输入功率恢复到正常水平，电源适配器的输出功率将会大于系统所需功率，此时，电源适配器将会补充超级电容器泄放掉的能量，为下一次睿频加速做好准备<sup>[5]</sup>。

在计算机系统中，电源适配器的供给电压一般是 12 V 或者 20 V，这样的电压对于超级电容来说有些稍高，需要并联多颗超级电容器才能达到这个电压，我们知道超级电容器并联需要特别注意电容器的电压均衡问题<sup>[6-10]</sup>，给设计带来较高的复杂度；同时系统输入端电压的允许范围也较窄，以 20 V 输入电压举例，一般输入电压低于 16 V 系统就无法正常工作，这会导致超级电容的有效容量占比很小，在 20 V 的应用中当超级电容放电低于 16 V 就无法继续利用了。针对以上两个问题，我们可加入升压电路来优化设计（见图 4）。

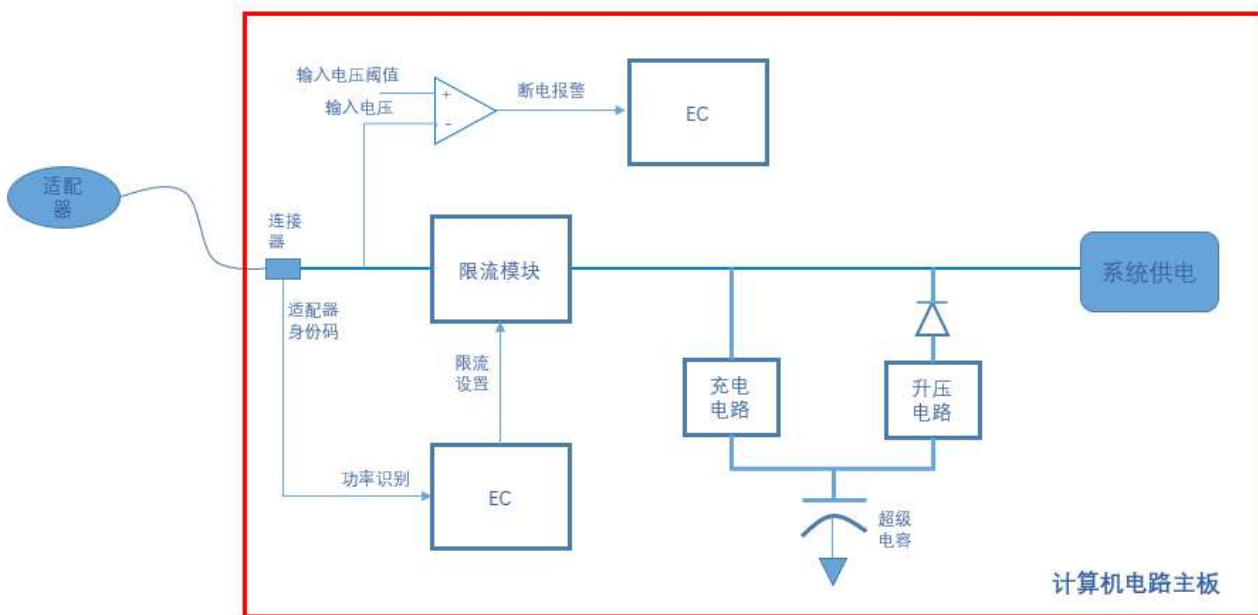


图 4 电路逻辑图

加入了升压电路之后, 超级电容不需要并联到系统输入电压电位, 而是通过升压电路达到系统输入电压电位, 这样就不需要通过并联多颗来提高超级电容电压, 另外因为有升压电路的帮助, 超级电容的能量利用率得到很大的提升, 因为升压电路本身对输入电压的允许范围较宽, 例如常用的升压电路, 当电压高于 3 V 就能进入允许工作区间。也就是说, 只要超级电容电压不低于 3 V, 升压电路都能够将电压升压到系统输入电压以维持系统正常工作<sup>[11-13]</sup>。

## 5 结语

论文通过对当前台式计算机应用中的两大瓶颈分析, 结合超级电容器的优点, 探讨超级电容器在台式计算机中的应用机会。超级电容器能够很好地解决台式计算机突发断电困扰以及睿频加速功率需求, 并且价格便宜, 耐久性好, 能够在台式计算机产业中发挥出重大功用。

## 参考文献

- [1] 陈英放,李媛媛,邓梅根.超级电容器的原理与应用[J].电子元件与材料,2008,27(1):6-9.
- [2] 胡毅,陈轩怒,杜砚.超级电容器的应用与发展[J].电力设备,2008,9(1):19-22.
- [3] 刘成印,李强,薛安忠,等.超级电容直流操作电源[J].电力自动化设备,2008,28(11):115-117.
- [4] 郑华,赵志强,刘斯伟,等.适应新型电力系统快速频率支撑需求的混合型储能系统动态建模及其控制策略分析[J].电力建设,2022(8):13-21.
- [5] 毛颖群,张建平,程浩忠,等.考虑频率安全约束及风电综合惯性控制的电力系统机组组合[J].电力系统保护与控制,2022(11):61-70.
- [6] 文劲宇,周博,魏利岫.中国未来电力系统储电网初探[J].电力系统保护与控制,2022(7):1-10.
- [7] 姜红丽,刘羽茜,冯一铭,等.碳达峰、碳中和背景下“十四五”时期发电技术趋势分析[J].发电技术,2022(1):54-64.
- [8] 田廓,董文杰.构建新型电力系统背景下输电网架加强投资决策模型[J].智慧电力,2021(8):1-7+54.
- [9] 王辉,梁登香,韩晓娟.储能参与泛在电力物联网辅助服务应用综述[J].发电技术,2021(2):171-179.
- [10] 禹海峰,潘力强,吴亚茹,等.储能提升含高比例风电电力系统可靠性分析[J].电网与清洁能源,2020(6):92-98.
- [11] 高海翔,董超,孟子杰,等.机组-储能联合系统参与调频辅助服务市场的关键技术研究与实践[J].广东电力,2020(6):61-70.
- [12] 李东东,孙雅茹,徐波,等.考虑频率稳定的新能源高渗透率电力系统最小惯量与一次调频容量评估方法[J].电力系统保护与控制,2021(23):54-61.
- [13] 吴彬锋,傅颖,陈扬哲,等.考虑紧急备用与光伏出力不确定性的微电网分布式储能规划方法[J].浙江电力,2021(9):23-25.

# 铁路通信综合视频监控系统的关键技术及其应用

## The Key Technology and Application of Railway Communication Integrated Video Monitoring System

刘毅君

Yijun Liu

中交机电工程局有限公司 中国·北京 100027

China Communications Mechanical and Electrical Engineering Bureau Co., Ltd., Beijing, 100027, China

**摘要:** 因铁路系统的业务需要, 视频监控系统在铁路系统的应用由来已久。但铁路系统原有监控系统稳定性、可维护性方面存在一系列问题。而使用铁路通信综合视频监控系统, 促使管理人员处于综控室即可实施查看车站以及铁路沿线状况, 发挥着威慑、指挥救援、威慑等作用。基于此, 论文以铁路通信为对象, 在阐述系统主要功能基础上, 深入分析综合视频监控系统关键技术, 详细介绍其应用于车站重点区域视频监控等警告的功能, 以期为类似研究提供相应的参考。

**Abstract:** Because of the business needs of the railway system, the application of video surveillance system in the railway system has a long history. However, there are a series of problems in the stability and maintainability of the original monitoring system. The railway communication integrated video surveillance system enables the management staff to check the station and railway conditions in the comprehensive control room, which plays a role of deterrence, rescue command and deterrence. Based on this, the paper takes railway communication as the object, on the basis of explaining the main functions of the system, in-depth analysis of the key technologies of the integrated video surveillance system, and detailed introduction of its application and warning functions such as video surveillance in key areas of stations, in order to provide the corresponding reference for similar research.

**关键词:** 铁路通信; 关键技术; 综合视频监控系统; 应用

**Keywords:** railway communication; key technologies; integrated video surveillance system; application

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7128

## 1 引言

铁路是一个包含多专业、不同部门的有机整体, 各部门之间相互分工, 业务上又彼此关联, 工作空间上也存在交叉耦合。基于此, 要求设计一款可以满足多业务、不同部门及其场所、多工种和用户需求的综合视频监控系统尤为重要。随着中国铁路系统的快速发展, 网络化、多视频用户共享慢慢成为综合视频监控系统的主流形势。与此同时, 其他国家及中国研发多级控制、智能分析等高科技功能, 也更为广泛地用于实践中, 成为铁路通信综合视频监控系统不可缺少的一部分。为有效解决上述问题, 提升整个系统的性能, 从而满足铁路视频信息传递的实际需求。针对铁路通信所设计的综合视频监控系统能够覆盖沿线各站段、公司、工区等, 而

大规模使用网络化系统, 展现出全天候、覆盖范围广等优点, 能够满足新时期对铁路安全性、高效性的要求。

## 2 系统构成及功能分析

### 2.1 系统构成

视频监控中心包含视频管理与监控终端、数据库服务器等部分构成, 其中, 监控终端支持对通信信号开展科学的管理, 监控站联合相关需求设计双显示设施, 便于展示展现地图及视频信息; 监控中心依托系统软件对各种设备及网络开展集中管理, 对不同分控中心设计相对应的操作权限<sup>[1]</sup>。监控中心配置矩阵功能, 合理设计摄像头 PTZ, 摄像头也具有轮巡的效果。监控站包含车站、区间监控站, 前一种必须配

【作者简介】刘毅君(1981-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事轨道交通系统集成工程的管理及施工研究。



置相对应的服务设施,包含:网络或视频编码设备。分控中心设计在铁路各线路的值班室等位置,与具体要求相结合精准判定监控终端数量,工作站联合监控中心对不同部门提供相应的要求,开展详细的设置,对各监控点及视频点实施远程监控。在铁路沿线区域内,必须设计牵引变电所,搜集不同监控点的信息,统一传送至监控站点,用于辅助监控中心开展统一的管理工作。除此以外,在监控中心配置网络以及视频编码设施,能够获取相应的监控信息,有利于得到满意的管理效果。

## 2.2 系统主要功能

铁路通信综合视频监控系统主要功能如图 1 所示,具体如下:

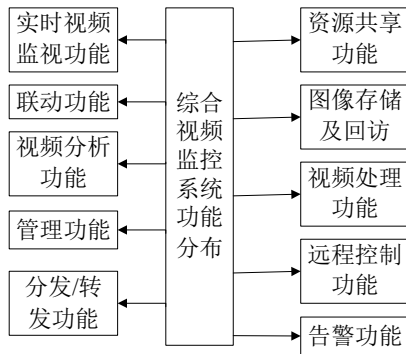


图 1 综合视频监控系统功能示意图

①实时视频监视功能:系统能够为用户提供高清的图像,分辨率处于 CIF (352×288) 以上,支持单画面、多画面切换浏览;可以同时显示所监视图像的时间、地点等信息;支持轮巡功能、图像抓拍等操作。

②联动功能:与周边防范报警系统进行联动,利用激光对射技术,在电力变电所设置报警设施,并把信息与视频编码器连接起来,利用控制开关输入相应的信息,通过监控系统对编码设施输出信号进行监控,发挥着良好的现场报警作用<sup>[2]</sup>。依据联动方法及时间的要求不同,系统与信号集中监测、供电调度等系统之间的联动方案通过前端或中心联动实现。前端联动接口处于视频采集点的前端,中心联动接口设置在视频区域节点 AGU 服务器设备中。前端联动作为行车安全监控及系统就近的联动报警设施,其具有联动迅速、不会受到网络延迟等方面的影响;缺点在于联动方法比较简单,支持传递的信息量有限,难以完成复杂的联动操作<sup>[3]</sup>。中心联动则是依托通信接口和视频区域各节点完成联动,如果视频区节点联动存在困难,可借助下属 I 类视频接入节点完成联动。中心联动见图 2,其优点在于联动信息可控制、不需要现场各节点单独完成联动,不足之处在于联动时间长,联动系统前要设置额外的接口开发等。

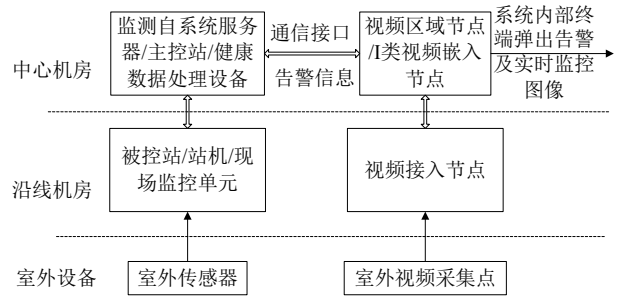


图 2 中心联动示意图

③视频分析功能:系统支持对视频内容开展智能分析,依据设置的规则,对异常状况做出告警提示。系统主要包含入侵检测、落物检测、逆行检测等情况,并对告警图像或信息实施恰当的存储。

④管理功能:综合视频监控系统具有操作灵活等特点,支持用户鉴权、分级管理操作,系统也能远程控制设置终端优先权。

⑤资源共享功能:对于操作人员不同其对应的权限有所差异,在权限范围之内进行调用图像等操作,便于及时修改、完善系统内各参数信息。综合视频监控系统能够同时为总公司、现场车间、站段等各等级业务部用户提供实时视频监视,不同用户依据自身的权限对视频开展远程控制和管理,并拥有相应的优先权权限。此外,多用户支持同时监视调出视频图像信息。

⑥实时视频监控功能:摄像机还能实时监控报警区域,全面显示相应的图像信息。系统具有移动侦测等功能,对于车站两侧,可依托外形进行检测,进而实现监测、跟踪轨迹目标的效果。

⑦视频处理功能:系统支持对每一路视频图像配置中注释及编号,可以叠加时间信息,支持完成双码流输出操作。

⑧远程控制功能:系统配置云台和镜头的控制功能,设置预置位操作、自动复位、守望位等功能。

⑨告警功能:所设计的系统支持对视频内容分析告警、系统与其他应用系统之间联动告警等,能够自动给出提示告警信息、调用告警信息等操作。

⑩分发/转发功能:系统支持对不同用户请求的同路视频图像予以分发/转发,转发级数不得小于三级,达到不同级别用户的实际需求,其实现效果见图 3。必须注意,在多用户一同调看同一路的视频图像时,视频图像仅占用一路视频传输带宽传送到视频接入节点。依托转发单元完成系统各视频节点用户一同调看同一路的视频图像。相同的视频节点下一级节点之间相互调用视频时,需要利用上级节点进行转发。如果视频分发/转发请求超过系统自身的能力时,系统会暂时停止对权限较低的用户服务。

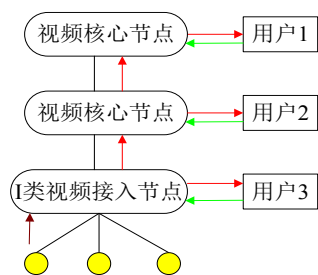


图 3 分发 / 转发功能示意图

①图像存储及回放功能：系统支持对实时视频信息开展自动连续存储，用户可依据不同的时间、事件等条件开展检索、回访操作。

### 3 系统关键技术

#### 3.1 视频编解码技术

随着国内外视频编解码技术的快速发展，各类视频编码技术得到相应的发展。MPEG-1 作为出现较早的一种技术，其具有结合功能，但也不可避免地存在一定的缺陷，例如：压缩率低、数据传输过程中对宽带有较高的要求，基于此，其不适合借助网络完成视频图像共享。与 MPEG-1 相比，MPEG-2 与其性能比较接近，均可以结合能动物像及伴音，均使用通用的编码。相比较而言，MPEG-2 适应性比较强。但 MPEG-1、MPEG-2 具有共同的缺陷，视频产生文件占据较大的存储空间，且每一部分技术交互性、灵活性不佳，无法满足实时传输要求。MPEG-4 作为新一代依托内容执行多媒体数据压缩编码的国际标准，与传递视频编码标准不同之处在于，这种技术首次提出依托对象的视频编码概念。基于内容实现交互作为 MPEG-4 标准的主要思想，对视频编码技术的发展及其应用发挥着重要的作用。与前两种技术相比，MPEG-4 有大幅度的提升。MPEG-4 通过仿生学原理，对人眼抓取图像进行模仿，支持对被监测人员轮廓、纹理进行采集，自本质抓住图像信号，满足新时期的发展趋势<sup>[4]</sup>。MPEG-4 主要包含下列功能：访问、检索、存储多媒体信息。MPEG-4 融合模型方式分形及形态学方法，借助彼此之间的作用，成为 MPEG-4 的优势所在。MPEG-4 支持多媒体内容之间交互，压缩范围展现出可调节性。加之，MPEG-4 自身的优势达到网络化传输要求，满足对铁路通信进行综合监控的实际需要。

#### 3.2 数据存储技术

铁路通信综合视频监控系统数据存储也是一种关键的技术，常用的视频存储方法包含硬盘、网络附加、集群存储等形式。硬盘存储是最早的一种数据存储技术，其无法提供安全的存储空间，且扩展能力受到限制，长时间进行图像及数据集中存储难以实现。新时期视频数据地位日益重要，人们对于数据存储的长久性、安全性提出更高的要求。这种情况下，硬盘自身损毁的数据无法及时恢复，而计算机内限制带宽面临一定的缺陷。硬盘存储是数字化后第一代的存储介

质，硬盘存储为日后存储技术的发展打下良好的基础。网络附加存储又被称作网络磁盘阵列，也是一种比较专业的网络文件及备份存储设施<sup>[5]</sup>。网络附加存储合理使用网络技术，成为一种支持与网络直接相连的磁盘阵列。网络附加存储以数据为中心，能够完全脱离服务器，其具有即插即用的优点，便于用户实时共享所存储的数据。加之，网络附加存储能有效解决对于服务器依赖性强等方面的问题，但其开销比较大、带宽利用率低，这也决定着其常用于小型网络视频监控系统中。直接附加存储是一种能直接与计算机相连的存储技术，连接介质包含 SCSI 接口、光纤通道。直接附加存储主要优势在于安装方便、成本低，其不足之处为信息备份、恢复时间会由于数量较大随之延长。必须注意，直接附加存储对服务器硬件依赖性比较强，正是由于上述情况，其成为小型视频监控项目中常用的存储设施或扩容设备。集群存储作为开放式的存储架构，依托分布式的操作系统，把不同物理存储设备内的存储空间聚合为可为应用服务器提供统一访问接口及其管理界面统一命名的空间。实际应用过程中，可借助该访问接口对存储池后端存储设备的相关磁盘进行管理，有利于发挥存储设施的独特优势，大大提升磁盘利用效率。数据会遵循负载均衡的策略，由多台存储设施上完成读取、存储操作，从而获得良好的存储性能。

#### 3.3 IP 组播传输技术

传统进行网络传输过程中，大多使用点对点的传输方法，这种方法较为可靠。但自一点向多点进行数据传输时，这种方法难以充分运用宽度，导致其传输路数受到限制。随着 IP 技术的快速发展，借助 IP 网络对视频图像直接进行传输，轻松完成所监控对象的远程传输工作，达到双向应用的要求。针对上述问题，IP 组播随之得到开发及应用。IP 组播运用组地址概念，将有待传输的视频流数据编入至用户组，借助部分高级网络协议保证最经济的使用宽带，将数据由用户组传送给真正所需的用户<sup>[6]</sup>。IP 组播基本操作方法如下：如果某个人向一组用户发送数据，它无需向每一位用户发送数据，只需把数据传送至特定的预约组地址，所有进入该组的用户均能收到这份数据。此外，IP 组播不仅可以减轻服务器的负担，也能提升视频服务器的应用效果，达到节省网络带宽的效果。

### 4 综合视频监控系统在铁路通信中的应用

近些年，随着综合视频监控系统在铁路系统的普及应用，用户对于其优劣的认识更为客观，对系统功能及配置也经历自粗狂到逐步精细的演进阶段，系统的规划建设更加重视实效。在实际使用过程中，要求各部门之间共同努力，根据每一个部门的实际需求进行总结、分析及研究，客观评估综合视频监控系统的作用，在充分发掘所用系统潜能的基础上，进一步降低视频对于资源的占用情况，达到优化资源的目的。本次设计的综合视频监控系统支持对这个线路“公跨铁”

立交桥全天候实施远程监控,对入侵任务、遗失设备等异常状况进行 24 h 监控,避免出现影响乘客安全的事故;对各个车站咽喉区域进行视频监控,全天候监测列车进站、出站情况;对咽喉区域的异物入侵等情况做出警示;做好车站行车状况的监控工作,便于做好车辆的调度、监管工作。如果有人进入防区,系统会通过告警框圈出入侵目标,并慢慢跟踪处于移动状态的目标,标识相应的运动轨迹,直到目标离开防区,如图 4 所示。系统能够对变配电站进行视频监控,对全线开闭所、AT 所 / 分区所等无人值守场地开展视频远程监控;对 10KV 配电所无人值守设施工作状态及场所进行远程视频监控。在此基础上,所设计的系统能对不同车站通信 / 信号室、维修区的通信室、各信号中继站等实施监控,依托与子系统之间的配合,完成告警后触发各类视频的动作及联动。

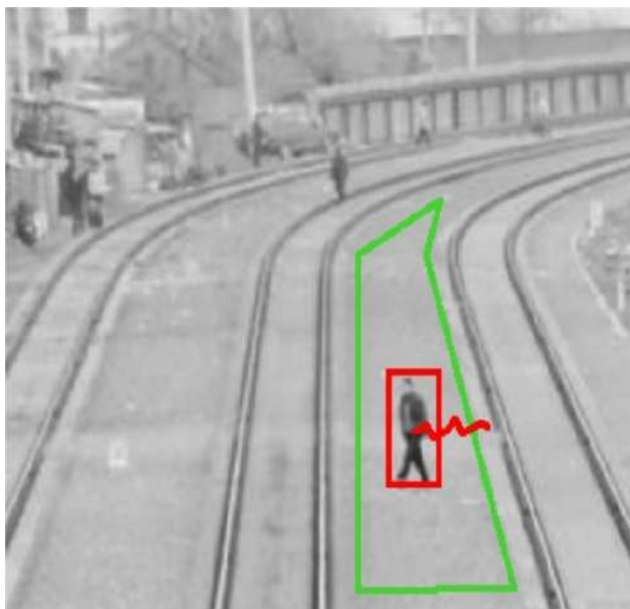


图 4 入侵目标显示效果

必须注意,铁路各专业及部门在不同时期依次创建不同规模、水平的视频监控系统。铁路通信综合视频监控系统的运用,主要目标在于将上述不同时期创建的系统归纳起来进行统一管理,达到系统设备统一维护、资源统一调度的要求。为实现归一化目标,这就要求所建立的综合视频监控系统拥有良好的兼容性,不仅可以将有主要视频监控系统归纳至统一体系内,还可根据统一技术规范完成各部门系统之间的互联互动工作。

## 5 结语

总之,随着中国铁路客运专线运营里程日益增加,铁路通信综合视频监控系统在行车、供电、调度等方面发挥着不可替代的作用。文中在介绍铁路通信综合视频监控系统结构、主要功能基础上,详细介绍其涉及的技术,包含视频编解码技术等。在此基础上,指出综合视频监控系统的应用,表明其实际运用中能充分发挥自身优势,对铁路系统开展调度、管理、监控等工作提供重要的辅助。

## 参考文献

- [1] 张佳欣.铁路通信综合视频监控系统的应用及发展[J].黑龙江科学,2021,12(20):122-123.
- [2] 马占中.关于铁路综合视频监控系统智能运维方案的研究[J].现代信息科技,2022,6(16):145-148+152.
- [3] 赵越,杨家田,王永岗,等.铁路综合视频监控系统IPv6升级改造方案[J].铁路通信信号工程技术,2022,19(10):30-35.
- [4] 程雪,孙强.基于量子通信的铁路视频监控系统方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(7):36-39+44.
- [5] 张天宇,宋明,张强,等.铁路综合视频监控系统云存储技术应用研究[J].铁道通信信号,2021,57(9):33-37.
- [6] 程智源,严瑾.基于云存储的铁路综合视频监控系统方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(2):51-55+61.