

# 深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型

习近平总书记在党的二十大报告中强调，“加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市”。构建新型智慧城市不仅是人民对更美好城市生活的向往，也是城市高质量发展的必然追求。

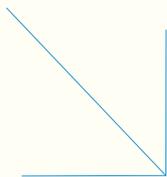
国家在“十四五”规划和2035年远景目标纲要中明确指出，要分级分类推进新型智慧城市建设，并建设智慧城市和数字乡村。2024年5月，国家发展改革委、国家数据局等四部门联合发布了《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》，围绕总体要求、全领域推进城市数字化转型、全方位增强城市数字化转型支撑、全过程优化城市数字化转型生态等方面进行了详细指导。

为此，《中国信息界》特别策划了此次封面报道，探讨智慧城市如何可持续经营，城市全域数字化转型的实施方法以及城市更新所带来的市场机遇。

# 打造智慧城市升级版

## ——国家数据局解读城市全域数字化转型

文◆新华社 严赋憬 王悦阳



### 为什么制定出台意见？

国家数据局副局长陈荣辉介绍，近年来，我国智慧城市建设快速发展、取得阶段性突破，同时也面临城市一体化规划建设不足、产城协同联动不够等问题。此外，伴随人工智能等数字技术快速发展，数据要素价值日益凸显，与城市经济社会各领域深度融合渗透，驱动我国智慧城市建设迈向“体系重构、质效提升”的全域数字化转型新阶段。

“为顺应新时期智慧城市发

展的新形势、新要求，我们会同相关部门制定了意见，以数据融通、开发利用贯穿城市全域数字化转型建设始终，更好服务城市高质量发展、高效能治理、高品质生活。”陈荣辉说。

城市是推进数字中国建设的综合载体。陈荣辉表示，意见以城市为载体推进数字技术与经济、治理、生活深度融合，推进数字中国建设在城市全面落地，并统筹技术设施赋能与基础制度创新双轮驱动，聚焦城市转型中产业高质量发展与长效运营。

### 怎样推进全域数字化转型？

意见对智慧城市发展提出全域数字化转型的要求，其中，到2027年，全国城市全域数字化转型取得明显成效，形成一批横向打通、纵向贯通、各具特色的宜居、韧性、智慧城市，有力支撑数字中国建设。

对于“全域数字化转型”，国家数据局数字经济司司长吴晓宁特别提出“整体性重塑智慧城市技术架构、系统性变革城市管理流程、一体化推动产城深度融合”。这一转型实际上贯穿城市规划、建设、管理、服务、运行全过程。

如何推进转型？吴晓宁说，重点要全领域推进城市数字化转型，建立并完善城市数字化共性基础平台体系；全方位增强城市数字化转型支撑，统筹推动城市算力网、数据流通利用基础设施等建设；全过程优化城市数字化转型生态，加快推进适数化制度创新，持续创新智慧城市运营运维模式。

### 如何理解数字经济与智慧城市的关系？

意见提出“培育壮大城市数字经济”“促进新型产城融合发展”。国

家数据局数字经济司副司长陆冬森认为，新时期智慧城市建设，是以数字化驱动城市经济社会发展，打造兼顾城市治理现代化与产业体系现代化的智慧城市升级版。数字经济与智慧城市在新时期具有相互促进、协同发展的共生关系。

陆冬森说，一方面，数字经济是智慧城市建设的重要驱动力之一，数字经济在培育壮大产业新动能、拓展发展新空间的同时，以数字产品与服务全面赋能城市治理体系和治理能力现代化；另一方面，智慧城市是发展数字经济的重要载体和抓手，为产业集聚、数字经济发展提供了丰富的应用场景，为数字新技术、新产品集成创新和应用搭建验证和推广平台。

### 怎样让智慧城市运营更可持续？

对于近年来智慧城市运营运维缺乏可持续性不足，陆冬森表示，意见从运营体系、运营机制和运维方式上提出创新的方向，加快建立数据运营、设施运营、服务运营的立体化运营体系，打造政府、企业、科

研智库和金融机构等多元共建的生态圈，加快形成一体化、规范化的智慧城市运维体系。

“考虑到智慧城市‘重建设、轻运营’问题由来已久，建成即落后、上线即淘汰的现象时有发生。”陆冬森说，要通过探索建立以问题解决度、用户满意度等应用效果为导向的运营预算和评价考核机制，提前谋划运营重点，通过一体化规划、专业化建设，取得人民满意的运营成效。■

(来源：新华社)



# 准确把握战略性、系统性、协同性特征 全面推进城市全域数字化转型实施

文◆中国城市和小城镇改革发展中心主任 高国力

2024年5月14日，国家发展改革委、国家数据局、财政部、自然资源部发布《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》（以下简称《指导意见》），围绕总体要求、全领域推进城市数字化转型、全方位增强城市数字化转型支撑、全过程优化城市数字化转型生态以及保障措施等5个方面着力推进城市全域数字化转型。

## 一、《指导意见》突出城市全域数字化转型的战略性

《指导意见》以多部委联合印发，既反映城市数字化转型对增强城





市发展动能、提升人民群众幸福感起着重大引领作用，又体现这项工作在新发展格局、推动高质量发展中的战略地位。

#### （一）突出城市数字化转型的战略地位和作用

《指导意见》深刻把握城市数字化转型和数字中国建设、中国式现代化的关系，指出推进城市数字化转型、智慧化发展，既是面向未来构筑城市竞争新优势的关键之举，也是推动城市治理体系和治理能力现代化的必然要求。从中短期看，城市全域数字化转型有利于数据要素价值充分释放，促进数字经济健康发展，有利于加快培育数字经济新质生产力，拉动投资、培育消费、带

动就业。从长期看，也能更好服务城市高质量发展、高效能治理、高品质生活，全面推进中国式现代化城市建设。

#### （二）提出城市数字化转型的战略思路和目标

《指导意见》主动顺应数字时代新趋势和数字技术新变革，深刻理解数字化和城市发展规律，提出“整体性重塑智慧城市技术架构、系统性变革城市管理流程，一体化推动产城深度融合”战略思路。《指导意见》在目标、任务和措施上，既提出久久为功的战略目标，又有务实可行的阶段性重点。2030年的目标是要涌现一批数字文明时代具有全球竞争力的中国式现代化城市，正是为城市数字化转型提出抢占制高点、应对多变国际环境的战略举措，形成“中国方案”。同时，在2027年的目标设置上也是贯彻落实党的二十大报告提出建设宜居、韧性、智慧城市的要求。

## 二、《指导意见》强化城市全域数字化转型的系统性

《指导意见》正是深入贯彻落实数字中国建设的决策部署，从“全领域推进城市数字化转型、全方位增强城市数字化转型支撑、全过程优化城市数字化转型生态”三个方面，以三个“全”系统阐述“全域”数字化转型的任务举措，说明城市数字化转型将是一项重大系统性工程。

### （一）全领域推进城市数字化转型是转型之策

城市全域数字化转型应推进数字技术与经济、政治、文化、社会、生态文明建设“五位一体”深度融合，谋划整体性转变策略。《指导意见》提出，要建立城市数字化共性基础，培育壮大城市数字经济，促进新型产城融合发展，推进城市精准精细治理，丰富普惠数字公共服务，优化绿色智慧宜居环境，提升城市安全韧性水平，这将有利于支撑数字中国建设，不断满足人民日益增长的美好生活需要。

### （二）全方位增强城市数字化转型支撑是转型之基

构筑数据新要素体系、数字新技术体系和城市数字新底座将夯实城市全域数字化转型基础，全方位赋能城市迭代进化、加速创新。《指导意见》提出，要建设完善数字基础设施，构建数据要素赋能体系，这将加快城市公共设施智能化改造，统筹推进城市算力设施建设，优化前沿数字技术布局。同时将充分发挥数据的基础资源和创新引擎作用，促进数据资源合规、高效地流通使用。

### （三）全过程优化城市数字化转型生态是转型之势

城市数字化转型需以创新谋长远之势，建立适数化的城市管

理流程机制，重塑数字时代的城市运行生态，营造开放、协同、共享的发展格局。《指导意见》提出，要推进适数化制度创新，创新运营运维模式，推动数字化协同发展，这将加快城市适数化变革，推进相关标准建设应用，创新长效化运营模式和一体化运维体系，推动区域间、城乡间以及国际间数字化协同合作。

## 三、《指导意见》体现城市全域数字化转型的协同性

从2000年习近平总书记前瞻性作出建设“数字福州”的战略部署开始，我国智慧城市发展经过探索期、加速期、建设期和深化期。2023年，我国所有副省级以上城市、超过91.6%的地级以上城市、超过65.8%的县级城市均提出要建设智慧城市，各地积极开展实践探索，形成不少好的经验，为下一步城市数字化转型打下坚实基础。

### （一）坚持城市智慧化发展和数字化转型相促共进

党的十八大以来，智慧城市建设对促进城市产业转型升级、城市建设更加科学、城市管理服务更加高效、生态环境更加宜居发挥重要支撑作用，有力推动城市生产方式、生活方式和治理方式系统变革，但数字化与城镇化仍然需要两条腿协同并跑，仍然存在数字产业与城市发展融合不够、数字技术与实体经济融合不够、数据应用与城市治理融合不够等问题。《指导意见》的出台，恰逢其时，对破解当前智慧城市发展存在的问题，为下一阶段“系统重构、质效提升”的数字化转型提供指引和依据。

### （二）坚持城市发展动能和发展空间的协同创新

《指导意见》提出，要以数据融通、开发利用贯穿城市全域数字化转型建设始终，重点突出未来智慧城市分别在发展动能和发展空间上两大“融合”的创新特征，一是促进数字技术与一、二、三产业的深度融合，加快数字技术赋能现代化产业体系，培育壮大数字产业，形成城市经济发展新动能。二是创新生产空间和生活空间融合的数字化场景，以数字化手段突破空间限制，促进新型产城融合发展，实现城市社会空间、物理空间和数字空间的融合互动。

总之，我们要以此次《指导意见》印发为契机，认真学习贯彻、融会贯通，深化理论研究支撑，加强政策配套衔接，加深地方实践探索，加快建立评价机制，加大政策宣传解读，全力做好推进城市全域数字化转型这篇大文章，促进智慧城市高质量发展，为全面建设社会主义现代化国家提供强大动力。■

（来源：国家数据局）

# “住房与城市更新局”名称背后， 智慧城市相关产业迎万亿级城市更新大市场

文◆语迟

近期，湖北多地住房和城乡建设局更名为住房和城市更新局，并相继挂牌。据了解，截至目前已有武汉、宜昌、十堰、恩施、襄阳、黄石、荆州、黄冈、仙桃、咸宁、神农架住建局率先完成更名挂牌。

这一举措释放出多维度的信号，预示着中国城市化发展路径的重大转型，同时也为智慧城市行业相关领域指明了新的发展方向。

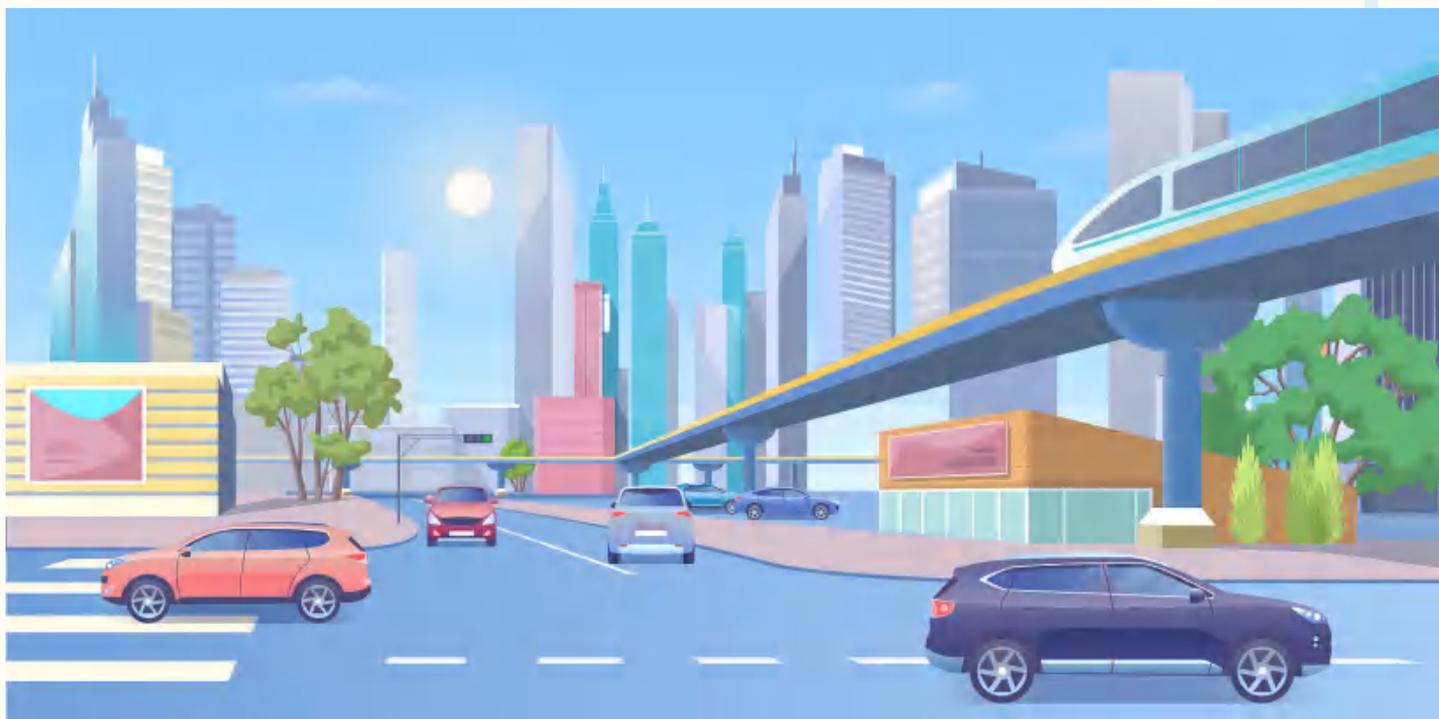
## 信号一：政府对城市更新工作的重视

从“城乡建设”到“城市更新”，更直观地看出了政府对城市更新工作的重视程度正在提升。将原有的住房和城乡建设局更名为住房和

城市更新局，凸显了城市更新在当前城市规划和发展中的重要地位。

## 信号二：强化城市更新工作的统筹和协调

通过更名，将住房和城乡建设管理的职能进行了整合，明确了新机构在房屋建设管理、住房



保障、房地产市场以及市政基础设施建设等方面的职责。这将有助于强化城市更新工作的统筹和协调，提高城市更新的效率和质量。对于智慧城市的行业建设和发展来说，有助于打通各部门之间的联系，建立接口统一、互联互通、数据共享的标准体系。

### 信号三：推进城市更新，加速智慧城市建设的步伐

城市更新不仅仅是物理空间的改造，更包括信息化、智能化的提升。预示着湖北省在推进城市更新的过程中，将积极引入多样化的智能化城市基础设施，推动城市更新的发展进程，进而加速智慧城市的步伐，为数字中国建设夯实基础。

从2024年起，中央财政支持部分城市实施城市更新行动。此前财政部、住房城乡建设部组织专家开展了竞争性评审，首批拟支持的15个城市为（按行政区划排序）：石家庄、太原、沈阳、上海、南京、杭州、合肥、福州、南昌、青岛、武汉、东莞、重庆、成都、西安。

**重点一是公告里提到是中央财政支持，项目建设资金有了着落。**中央支持不会加重地方财政负担。并且应该是专款专用，财政部会跟踪资金落实，项目完成情况。至少这批项目，不会存在项目缺钱欠款情况。

**重点二是城市更新目标明确。**早在5月6日，住建部、财政部联合印发的公告《关于开展城市更新示范工作的通知》中，已明确了此次城市更新行动的工作目标：

结合开展城市地下管网更新改造、污水管网“厂网一体”建设改造、市政基础设施补短板、老旧小区更新改造等重点工作，不断推进城市更新工作，具体来说：

■ **城市地下管网更新改造。**对城市燃气、热力、给排水、电力等城市地下管网实施更新改造，因地制宜推进城市地下综合管廊建设，提升城市地下管网整体水平。

■ **城市污水管网全覆盖样板区建设。**对污水处理管网按照“厂网一体”的模式进行更新改造，提升污水收集处理效能。

■ **市政基础设施补短板。**对生活垃圾分类、综合杆箱、物流设施等市政基础设施进行提升改造，补齐城市基础设施短板弱项；提升城市绿地服务功能，推进口袋公园建设和绿地开放共享。

■ **老旧小区更新改造。**对历史文化街区、既有公共建筑、公共空间等进行节能降碳等提升改造，持续改善建筑功能和提升生活环境品质。实施城市功能完善工程，推进适老化适儿化改造，加快公共场所无障碍环境建设改造。

**重点三是财政支持资金额度明确。**根据公告东部地区每个城市补助总额不超过8亿元，中部地区每个城市补助总额不超过10亿元，西部地区每个城市补助总额不超过12亿元，直辖市每个城市补助总额不超过12亿元。资金根据工作推进情况分年拨付到位。

未来两三年，城市基建大多会是城市更新的项目，后续也会由这15座城市试点情况，慢慢向更多城市推广。这大概是能看到的未来两三年行业的方向了。

当前，我国已由过去大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重的城市更新重要时期。

据相关统计数据显示，我国城市更新市场空间巨大且规模日益扩大，目前存量总市值约为500万亿元，按年城市更新速率2%计算，城市更新项目每年将释放出10万亿元的价值。

近年来，上海、天津、西安、广州、无锡等地更是先后成立超百亿元规模的城市更新基金，中国现有660多个城市，将撑起一个数万亿级的城市更新大市场。

对于智慧城市产业链企业而言，这将是一片发展潜能巨大的“新蓝海”。<sup>8</sup>

# 科技创新

## Technical Innovation

习近平总书记在党的二十大报告中强调，完善科技创新体系。坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，加快实现高水平科技自立自强。以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

科技已经成为当今世界发展的核心驱动力，它深刻地影响着人类生活的各个方面，促进了社会进步和经济繁荣。我们身处一个数字化、智能化、信息化的时代，科技已经深入到我们生产生活的方方面面，成为人类生存和发展的必需品。中国高度重视科技创新工作，坚持把创新作为引领发展的第一动力。它不仅可以帮助人们更高效地完成工作任务，更重要的是，它正在推动全球范围内的创新、跨界合作和知识分享，为人类未来的发展探索出一条光明的道路。

# 基于网络安全维护的 计算机网络安全技术应用

文◆北京数据家科技股份有限公司 段 振

## 引言

随着信息技术迅猛发展，计算机网络已成为社会经济活动的重要基础设施，但网络普及也带来了各种安全问题，如数据泄露、网络攻击、恶意软件等，这些都对个人隐私、企业资产构成了严重威胁。因此，研究有效的计算机网络安全技术已成为当前信息技术领域的重要课题。网络安全维护是指通过技术手段和管理措施，保护网络系统不受未经授权的访问、使用、修改和破坏，提高网络服务的可靠性。本文旨在探讨基于网络安全维护的计算机网络安全技术应用，分析当前网络安全面临的挑战，并提出相应的技术解决方案，以期为相关领域的技术人员提供参考，为构建和谐的网络空间贡献力量。

## 1 计算机网络安全技术的主要作用

在数字化时代，计算机网络已成为信息交流和数据存储的核心平台，但随着网络全面普及，网络安全问题也日益凸显。计算机网络安全技术的主要作用在于

保护数据安全、防止恶意软件攻击、维护网络稳定运行。防火墙是网络安全的第一道防线，能够实时监控进出网络的数据流，根据预设的安全规则阻止或允许数据包的传输，阻止未授权的访问，防止恶意软件和攻击者进入内部网络，保护数据不被非法访问或篡改。加密技术通过对数据进行编码，只有拥有加密密钥的用户才能读取信息，如SSL/TLS协议，是一种常用的加密技术，用于保护网站和用户之间的通信安全。入侵检测系统（IDS）和入侵防御系统（IPS）能够监控网络流量，识别异常行为和已知的攻击模式，IDS主要用于检测潜在的威胁，IPS则能够在检测到威胁时自动采取措施，如阻断攻击流量，从而防止攻击对网络造成损害。反病毒和反恶意软件工具能够扫描、检测、清除计算机系统中的病毒，定期更新病毒库和软件版本，有效防御新出现的恶意软件攻击<sup>[1]</sup>。

## 2 基于网络安全维护的计算机网络安全技术

### 2.1 杀毒软件

随着网络攻击手段不断进化，保护个人和企业的数据安全变得尤为重要，杀毒软件作为网络安全的重要工具，其作用不容小觑。杀毒软件核心功能是识别和清除病毒，为了保持其有效性，用户必须定期更新杀毒软件的数据库，定义最新病毒，准确识别新出现的威胁。因此，在打开电子邮件前，应保证杀毒软件是最新版本，大幅降低感染病毒的风险。而在电脑中安装杀毒软件是基础步骤，选择信誉良好的杀毒软件提供商，使其全面覆盖系统的各个部分，在检测和清除病毒的同时，提供防火墙保护、恶意软件拦截等功能。但值得注意的是，病毒通常利用不正当渠道传播，尤其是盗版软件。盗版软件被恶意植入病毒后，一旦安装，就会对电脑进行恶意攻击。因此，用户应避免使用盗版软件，选择正版软件，从而减少安全风险。操作系统和应用程序更新通常包含安全补丁，能够修复已知的系统漏洞，用户应及时更新安全补丁，防止病毒利用漏洞进行攻击。在使用计算机软件时，应确认杀毒软件处于开启状态，并启用其强化安全检测功能，帮助实时监控系统，及时处理潜在的

【作者简介】段振（1979—），男，内蒙古临河人，硕士，研究方向：网络信息化。

威胁，定期进行系统杀毒扫描，清除潜藏在系统中的病毒和恶意软件<sup>[2]</sup>。

## 2.2 防火墙

防火墙是一种位于内部网络与外部网络之间的网络安全系统，用于控制进出网络的数据流，作为合理预设的安全规则，能够准确判断网络数据包是否允许通过，从而实现对网络访问的控制。根据应用场景和管理方式的不同，防火墙分为外部防火墙和内部防火墙两大类。外部防火墙主要部署在企业网络的边界，用于保护整个网络不受外部网络的攻击，通常设置在企业网络与互联网之间，是第一道防线。外部防火墙能够阻止未经授权的访问请求，过滤掉恶意软件和攻击流量，提高内部网络的安全性。内部防火墙则部署在企业内部网络的不同区域之间，用于隔离和控制内部网络的访问，帮助企业实现不同安全级别的网络区域划分，如将管理区域、生产区域和办公区域进行隔离，防止内部威胁和数据泄露。内部防火墙有助于精细化管理内部网络的访问，以提高网络的安全性<sup>[3]</sup>。

在保护数据安全方面，防火墙不仅可以控制进出网络的数据流，还可以对传输的数据进行加密处理，通过特定算法将数据转换成不可读的格式，即使数据在传输过程中被截获，攻击者也无法轻易解读其内容，这种加密技术能够提高数据在传输过程中的安全性，有效防止数据泄露和篡改。同时，通过防火墙技术，将内部网络与外部网络隔离开来，形成一道逻辑上的屏障，减少内部数据暴露的风险，防止外部攻击者直接访问内部资源，保护数据安全，提高网络的整体稳定性。此外，防火墙可根据用户权限和数据敏感程度，限制对关键数据的访问，通过设定严格的访问控制列表（ACL）和安全策略，确保只有授权用户才能访问敏感数据，避免未经授权的访问和数据泄露事件的发生，保护企业的核心资产。

首先，在防治恶意软件攻击方面，防火墙核心功能旨在阻止已知恶意软件的传播路径。通过配置访问控制列表（ACL），防火墙能够有效阻止用户访问恶意网站，这种预先设定的规则能够切断恶意软件的传播链，从而保护网络环境的安全。例如，防火墙能够阻止访问某些特定 IP 地址或域名，这些地址或域名已被证实与恶意软件传播有关。其次，防火墙结合入侵检测系统（IDS），实时检测潜在的恶意软件威胁，实时监控网络流量，识别异常行为，并及时向防火墙发送警报。防火墙随后根据这些警报采取行动，如阻断特定连接受感染的设备，防止威胁进一步扩散。最后，为了应对不断变化的恶意软件攻击，应定期更新防火墙的安全规则，持续的更新机制有利于防火墙保持强大的防御能力，有效抵御新兴的网络攻击风险。

## 2.3 入侵检测

（1）信息采集。为了保证数据的全面性，信息采集应从多个数据源进行，包括网络设备（如路由器、交换机）、服务器（如 Web 服务器、数据库服务器）以及各种应用程序，通过采集不同数据源的数据，构建全面的网络活动视图，从而准确识别异常行为。而实时收集数据是入侵检测的关键，由于网络攻击具有突发性和快速扩散的特点，只有实时收集数据才能确保及时发现异常行为。实时数据采集系统能够迅速响应网

络中的变化，为网络安全团队提供最新的信息，以便迅速采取行动。同时，数据准确性直接影响入侵检测效率，错误的数据容易出现误报（将正常行为误判为攻击）或漏报（未能检测到实际的攻击行为）。因此，在信息采集阶段，必须采取措施确保数据的准确性，使用高质量的传感器、定期校验数据采集设备的性能以及实施严格的数据验证流程<sup>[4]</sup>。

（2）信息分析。在信息分析阶段，应有效融合异常研究和模式匹配技术，深入分析采集到的数据，科学定义系统安全隐患。异常研究通过分析网络流量、用户行为等数据，识别出与正常行为模式不符的异常行为，这种技术依赖于对正常网络活动的深入理解，任何偏离正常行为基准线的行为都被视为潜在的威胁。例如，当用户在非工作时间频繁访问敏感数据时，就会被标记为异常行为。而模式匹配则是利用已知的攻击模式库，对网络流量进行匹配，快速识别已知的攻击行为。这种技术依赖于不断更新的攻击模式数据库，该数据库包含各种已知的攻击手段和漏洞利用方式，将实时网络流量与这些模式进行比对，能够准确识别出潜在的攻击行为。通过将异常研究和模式匹配技术有效结合，入侵检测系统能够全面识别潜在的安全威胁，提高检测准确性，增强系统的响应速度<sup>[5]</sup>。

（3）信息响应。入侵检测系统（IDS）能够监控网络流量和系统日志，识别异常行为和潜在的攻击模式，如果检测到入侵行为，就会根据信息响应机制迅速采取措施，防止数据泄露。实时反映是信息响应的第一步，如

果IDS检测到入侵行为，就会立即向管理员发出警报，并提供详细的入侵信息，包括入侵类型、时间、来源IP地址等，有助于管理员迅速了解情况，做出决策。在自动化响应中，工作人员利用防火墙规则更新、隔离受感染系统等自动化工具，快速应对入侵行为，减少人为干预的时间延迟，确保在攻击扩散前采取有效措施。事后分析是对入侵事件进行深入研究的过程。通过对入侵事件的详细分析，总结经验教训，优化入侵检测策略，包括更新检测规则、加强系统安全配置、提升员工安全意识等，防止类似事件再次发生，以提升整体网络安全防护能力<sup>[6]</sup>。

#### 2.4 数据加密

数据加密是通过特定的算法将原始数据（明文）转换为难以理解的密文形式，只有拥有正确密钥的用户才能将密文还原为明文，有效防止数据在传输或存储过程中被未授权的第三方获取和解读。数据加密的主要类型如下。（1）对称加密。使用同一个密钥进行数据加密和解密。优点是加密速度快，适合大量数据的加密处理。常见的对称加密算法有AES（高级加密标准）和DES（数据加密标准）。（2）非对称加密。使用一对密钥，即公钥和私钥。公钥用于加密数据，私钥用于解密数据。非对称加密安全性高，但加密和解密速度较慢，常用于加密小量关键数据或用于密钥交换。常见的非对称加密算法有RSA和ECC（椭圆曲线加密）。（3）哈希函数。将任意长度的数据映射为固定长度的哈希值，哈希函数不可逆，常用于数据完整性验证和密码存储。常见的哈希



图1 系统工作原理

算法有MD5和SHA系列<sup>[7]</sup>。在实际应用中，通过SSL/TLS等协议，确保数据在互联网传输过程中的安全性；对存储在硬盘或云端的数据进行加密，防止数据泄露；使用加密技术确保用户身份的真实性和权限的合法性。系统工作原理如图1所示。

#### 结语

在当今信息化飞速发展的时代背景下，计算机网络已经成为社会经济、文化交流和日常生活不可或缺的一部分。然而，随着网络技术的广泛应用，网络安全问题日益凸显，成为制约网络发展的重要因素。基于网络安全维护的计算机网络安全技术研究，旨在构建一个安全、稳定、高效的网络环境，保障用户信息安全和网络稳定运行。在未来研究中，应不断创新和完善网络安全技术，加强技术研发和应用实践，提高网络安全防护的智能化、自动化水平。同时，还应加强网络安全法律法规建设，完善网络安全标准体系，提升公众的网络安全意识，形成全社会共同维护网络安全的良好氛围。<sup>[8]</sup>

#### 引用

[1] 王伟.基于网络安全维护的计算机网络安全技术应用探讨[J].网络安全技术与应用,2023(8):164-165.  
[2] 于鑫,王婷婷.计算机网络安全技术在网络安全维护中的应用[J].通信电源技术,2024,41(3):167-169.  
[3] 陈百荣.基于网络安全维护的计算机网络安全技术应用研究[J].信息记录材料,2024,25(6):113-115.  
[4] 达斯孟.基于网络安全维护的计算机网络安全技术分析[J].集成电路应用,2024,41(4):298-299.  
[5] 陈洁.计算机网络安全技术在网络安全维护中的应用分析[J].通信电源技术,2023,40(17):193-195.  
[6] 苏虞磊,薛方,曲蕴慧.计算机网络安全技术在网络安全维护中实际应用探讨[J].公关世界,2023(19):93-95.  
[7] 王伟.计算机网络安全技术在网络安全维护中的应用研究[J].网络安全技术与应用,2021(1):155-157.

# 基于多传感融合的 地铁轨行区异物监测系统及应用

文◆南京地铁运营有限责任公司

陈康 盖跃磊

南京派光智慧感知信息技术有限公司

王磊 李沛瑶

## 引言

近年来，随着城市轨道交通行业的不断发展，城市轨道交通尤其是地铁建设日趋广泛。在地铁线路建设中，由于地形限制，一般采用高架与隧道相结合的方式铺设轨道线路。其中，高架段、隧道口由于上方通常不设有顶棚，容易发生异物入侵事件，轻则造成线路停运，重则造成较大的经济损失和人员伤亡，因此逐渐引起了各方的高度重视。目前，

针对异物入侵风险，轨道交通行业一般采用轨道车巡检、人工巡检与视频监控相结合的方式进行了防控。巡检效率较低，且无法实现实时检测，具有一定的时间滞后性。此外，在夜间、雨、雾等能见度较低的天气条件下，容易发生误检、漏检等问题。因此，亟须一种稳定、可靠、不受天气条件影响的实时异物入侵监测系统，以确保线路运行安全。基于此，本文提出了一种基于激光雷达与视频异物监测融合的地铁轨行区异物监测系统。通过激光雷达点云数据与视频数据融合的方式，结合大数据分析异物识别算法，实现轨面异物的全时段、全气候条件下的可靠监测。当风险发生时，该系统可实时检出并生成告警信息发送至监测平台，以降低异物入侵风险造成的危害。通过在南京地铁某线路的长期应用验证，该系统展现出显著效果，将为地铁的运维和安全保障提供重要支持。

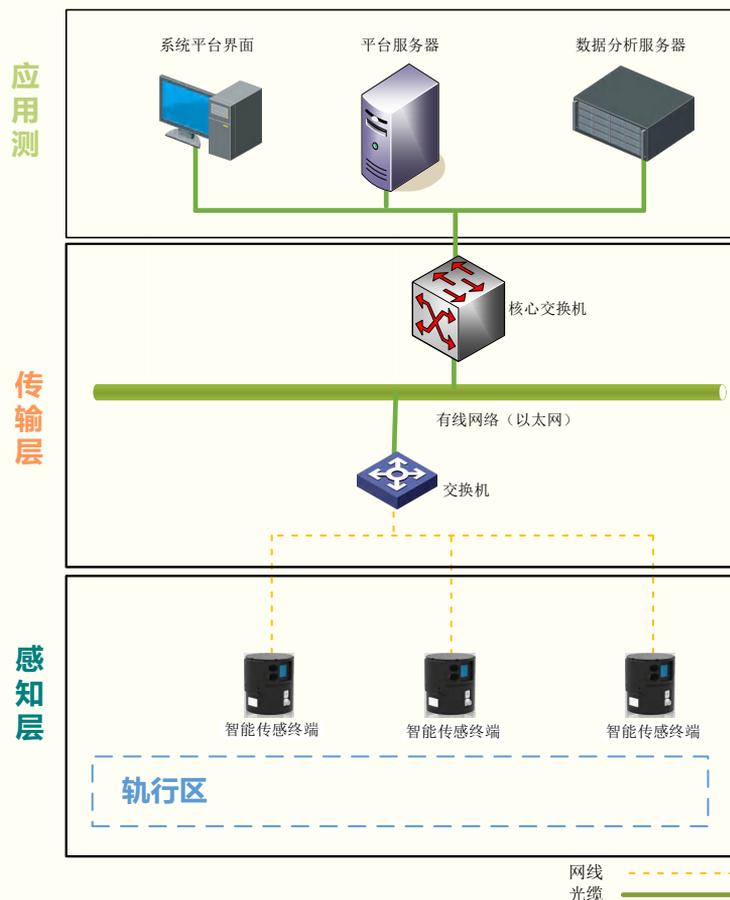


图1 地铁轨行区异物监测系统架构示意图

## 1 地铁轨行区异物监测系统

地铁轨行区异物监测系统采

【作者简介】陈康（1974—），男，江苏宿迁人，本科，高级工程师（副高），研究方向：通信工程。

用3层架构设计，通过感知层、传输层、应用层数据交互，实现了轨行区异物监测与实时告警。其中，感知层由集成激光雷达、星光级摄像头的一体化智能传感终端构成，实时采集轨行区点云、视频数据；传输层通过有线网络将感知层采集的数据上传至应用层进行处理；应用层则由数据分析服务器、平台服务器构成。数据分析服务器利用大数据分析算法及神经网络异物识别算法，实时甄别接收数据中的异物信息。一旦检测到异物，系统会将告警信息及告警数据（包括图片、视频回放、点云数据）发送至平台服务器储存，并做推送展示。同时，为方便用户使用，系统可对告警进行自动统计，实现地铁轨行区异物入侵风险的实时管控和告警。地铁轨行区异物监测系统架构示意图如图1所示。

## 2 关键技术研发

### 2.1 一体化智能传感终端

一体化智能传感终端由激光雷达、星光级摄像头、集控主板以及结构件组成，实现前端监测数据、信号的收集和处理。一体化智能传感终端整体效果图如图2所示。



图2 一体化智能传感终端整体效果图

终端集控主板包含电源模块、网络模块和主控电路，通过电网复合线缆与传输层连接，负

责设备的电力供应和数据传输。激光雷达采用144线半固态激光雷达，能够实时捕获场景的点云数据，并通过集控主板上上传至应用层。摄像头配备400万像素星光级传感器，能够优化夜间拍摄效果，以确保高质量成像。

### 2.2 点云—视频数据融合检测流程设计

(1) 点云数据去噪。融合检测流程由3部分组成，即点云数据去噪、数据时域同步和融合检测算法。其中，点云数据去噪作为点云数据的预处理过程，可有效减少雨雾天气产生的数据噪点。系统通过高斯滤波的方式，识别并滤除点云数据中的全局孤立点，以达到去噪目的。点云高斯滤波是一种在三维点云数据上应用高斯滤波器的技术<sup>[1,2]</sup>。在点云高斯滤波中，每个点的邻域被加权平均，以产生平滑的点云，权重由一个高斯分布函数计算得出。在三维空间中函数形式如下。

$$G = e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式(1)中， $d$ 为点云中每个点到邻域点的距离； $\sigma$ 为高斯函数的标准差。

假设空间内某一任意点的点云坐标为 $p_0$ ，则该点滤波后的坐标表示如下。

$$p' = \frac{\sum_{i=1}^N p_i G(\|p_i - p_0\|)}{\sum_{i=1}^N G(\|p_i - p_0\|)} \quad (2)$$

式(2)中， $p_i$ 为 $p_0$ 邻域内第 $i$ 个点的坐标值； $N$ 为邻域内的点数。

由于，雨雾产生的噪点相对离散，而异物产生的点云较为集中，因此，在经上式滤波后，雨水噪声得到有效抑制，而异物点云则得以保留。

(2) 基于激光雷达点云的背景建模和异物检索技术研究。该系统利用包括三维坐标和激光反射强度的四维稀疏点云数据，引入三角线性插值法、激光雷达点云稠密化算法以及地面去除算法，将点云图像化并构建图像化点云数据集。随后，系统根据点云纵坐标，构建点云高度矩阵，并采用时域中值滤波构建背景模型。在此基础上，系统对连续采集的点云数据进行曲面建模，通过分析点云高度矩阵帧差，实现背景模型的扩充，从而获取变化区域点云数据并聚类<sup>[3]</sup>。接下来，系统利用基于鲁棒损失和增强特征的深度度量模型，逐一分析聚类后点云数据与列车等正常目标差异，保留差异较大的点云簇，并将其输入多模态融合分析模型，分析是否存在异物侵限。同时，为确保识别结果准确性，系统以点云时间戳为基准时间，匹配相邻最近的图像数据来构建基于时间戳最近邻匹配的数据同步方法，实现点云与图像在时域上的精准对齐。系统还借助棋盘格标定板采集点云、视频图像数据，利用透视变换算法分别提取激光雷达坐标系与图像坐标系下的标定板平面法向量和角点坐标。基于这些向量和坐标特征，构建优化函数，实现多模态数据间的像素级融合<sup>[4]</sup>。最终，通过融合点云与图像的像素级多模态语义分割模型，实现像素级的异物分割与定位。背景建模和异物检索流程图如图3所示。

### 2.3 地铁轨行区异物监测系统平台构建

地铁轨行区异物监测系统平台的构建，旨在实现地铁轨行区异物入

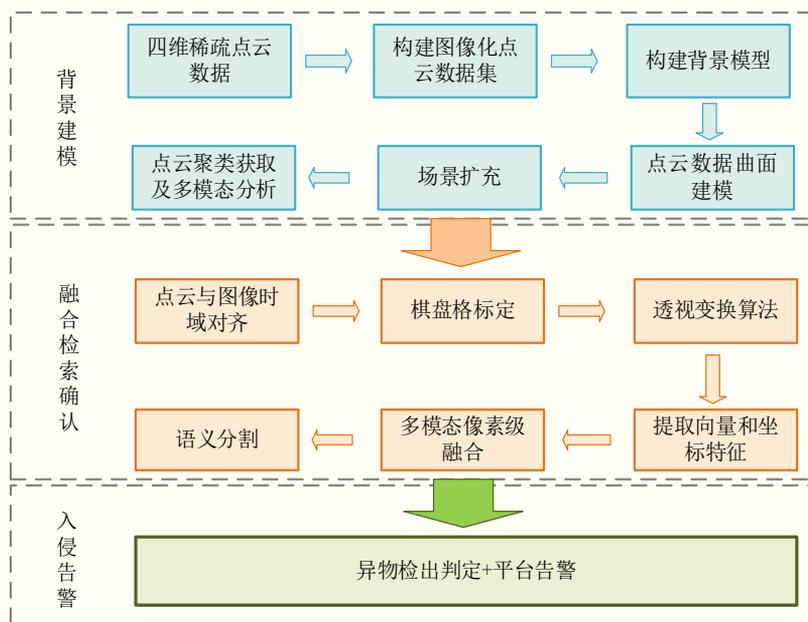


图3 背景建模和异物检索流程图

侵风险实时感知。为此，该系统平台集成了实时监测、即时告警、快速处置、趋势分析和联动处置等多种功能<sup>[5]</sup>，以全面应对地铁轨行区的异物入侵问题。在构建过程中，注重系统的在线综合监测、应急处置、历史数据查阅等应用功能，以显著提升巡检工作效率。当系统检测到入侵事件时，会立即提醒用户，使其能够快速响应并做出处置决策，从而有效降低风险发生的概率，并减少风险发生后造成的损失<sup>[6]</sup>。

### 3 系统应用

系统于南京地铁某线路高架段展开试验。在高架段与隧道口交界处墙壁外侧安装一体化智能传感终端，调整终端角度使其正对高架段拍摄。在2023年12月1日，于南京地铁高架段，使用20cm20cm纸箱代替异物，分别在距离一体化智能传感终端30m、40m、50m、60m、70m处进行检出率及误报率的统计测试。测试过程中，测试人员随机将纸箱放置于轨行区内，每处测试100次。测试人员放置完异物3s内，若平台生成告警，则认定为“检出”，否则即为“漏检”；若生成告警时轨面不存在异物，则认定为“误检”。经统计，本次实验在30m~70m距离上，共计测试了500次，漏检0次，误报4次，平均误报率为0.8%，检出率为100%。现场测试数据统计表如表1所示。

表1 现场测试数据统计表

距离	检出次数	漏检次数	误检次数	检出率	误报率
30m	100	0	0	100%	0%
40m	100	0	0	100%	0%
50m	100	0	1	100%	1%
60m	100	0	2	100%	2%
70m	100	0	1	100%	1%

### 结语

针对目前地铁轨行区隧道口、高架段异物入侵风险问题，提出了一种基于激光雷达与视频异物监测融合的地铁轨行区异物监测系统。利用多源感知、大数据分析等技术，系统能够进行综合分析，从而实现地铁轨行区异物入侵事件的实时监测，不仅可以减轻人工巡检负担，还能有效防范异物入侵对轨道交通运营造成的风险。通过在现场的应用与测试，证明了系统的有效性和可靠性。

### 引用

- [1] 王鹤翔.基于机器视觉的铁路道口异物检测方法研究[D].北京:北京交通大学,2017.
- [2] 毛壮壮.基于三维激光雷达的实时目标检测研究[D].焦作:河南理工大学,2020.
- [3] 于刘志.基于三维激光雷达和单目摄像机的障碍物及斜坡地形检测[D].北京:北京理工大学,2018.
- [4] 陈济达,汤新民,刘金安.基于多特征融合的机场FOD图像检测技术[J].航空计算技术,2020,50(1):42-45.
- [5] 李霄峰.基于视觉的高铁周界入侵检测算法研究[D].北京:北京交通大学,2020.
- [6] 柳青红.典型恶劣天气条件下高铁周界入侵目标检测[D].北京:北京交通大学,2021.

# 固态电池的发展及应用

文◆飞毛腿（福建）电子有限公司 方乐

## 引言

作为电池技术的新星，固态电池近年来在新能源汽车以及储能体系内展现出显著的发展潜能。当前，我国固态电池领域面临技术发展路径模糊、核心关键技术尚未成熟等显著障碍，亟须聚焦并探索解决策略。固态电池正面临多重技术与产业化挑战，持续的创新与突破成为关键。本文将从固态电池的基础理论出发，深入分析其优势与难点，审视其当前发展与应用态势，并展望其未来发展趋势。

传统锂离子电池架构涵盖正极、负极、液态电解质和隔膜四大核心组件。固态电池与液态锂电池的根本差异在于，其采用固态电解质替代了液态电解质与隔膜的功能。传统液态锂离子电池依赖液态电解质作为离子传输媒介，并通过隔膜隔离正负极以防止短路，而固态电池则代表了一种创新的电池技术范式，尽管其基本原理——“摇椅机制”，即带电离子在正负极间往复迁移以实现充放电，与液态电池保持一致，但固态电池的核心变革在于液态电解质与隔膜的角色被固态电解质所替代，离子的迁移路径从液态环境转移至固态基质中，

同时固态电解质还承担起隔离电极、防止内部短路的任务<sup>[1]</sup>。近年来，随着新能源汽车行业的蓬勃兴起，业界日益意识到传统液态锂离子电池存在的局限性。例如，能量密度瓶颈（理论上限接近 350Wh/kg），直接引发了用户对于续航里程的担忧。此外，电池整体质量偏重、低温性能受限以及高温环境下的安全隐患等问题也日益凸显。为应对这一现状，政策导向显著偏向于固态电池技术的研发与产业化推进。

## 1 固态电池的发展背景与现状

随着科技的进步和能源需求的增加，电池技术作为支撑电动汽车、储能系统等领域发展的关键技术之一，不断面临新的挑战 and 机遇。传统液态锂离子电池在能量密度、安全性、循环寿命等方面已逐渐接近其理论极限，难以满足未来更高性能、更安全、更环保的需求<sup>[2]</sup>。因此，固态电池作为新一代电池技术，以其高能量密度、高安全性、长循环寿命等优势，成为电池技术创新的重要方向。

## 2 固态电池的优点与难点

### 2.1 固态电池的优点

固态电池以其固有的安全性与卓越的能量密度著称，构成了其独特的竞争优势<sup>[3]</sup>。在性能评估维度上，相较于液态电池，固态电池在离子传导效率、储能密度、耐高压性能、耐热稳定性以及循环耐久性等方面均展现出显著优势，成功融合了高能量密度与高安全性的双重特性，成为电动汽车领域备受瞩目的电池解决方案<sup>[4]</sup>。具体而言，固态电池的优势可归纳如下。（1）高度安全性，有效降低了电池自燃与爆炸的风险。相较于液态锂离子电池中易燃的电解液以及伴随的热失控隐患，固态电池采用的固态电解质具有不可燃与低爆炸风险的特点。其高机械强度能够抑制锂枝晶的生长，同时避免了电解液泄漏导致的短路问题，从根本上解决了电解液泄漏的安全挑战。（2）卓越的能量密度，有望彻底缓解新能源汽车的续航焦虑。固态电池凭借其宽广的电化学窗口，能够承受更高的工作电压（超过 5V），为材料选择提供了更广阔的空间。相较于液态锂离子电池普遍达到的 230 ~ 300Wh/kg（接近理论极限 350 Wh/kg），固态电池如金属锂负极 / 氧化物电解质 / 三元正极体系已实现

【作者简介】方乐（1982—），男，江西九江人，本科，高级工程师，研究方向：锂电池制造及应用。

350 ~ 400Wh/kg 的能量密度，硫化物体系（金属锂负极或硅负极）亦能达到 320Wh/kg，尽管聚合物体系相对较低，约为 255Wh/kg，但整体上，固态电池在能量密度上超越了液态锂离子电池。（3）空间优化与重量减轻。固态电池在有限的空间内实现了更高的能量密度集成。采用固态电解质替代液态电池的隔膜与电解液，固态电池显著缩短了正负极之间的距离至几到十几个微米级别，极大地缩减了电池厚度。此外，固态电池还简化了封装与冷却系统的设计，电芯内部采用串联结构，进一步在有限的空间内减轻了电池重量，使其体积能量密度相较于液态锂离子电池（石墨负极）可提升 70% 以上，实现了同等电量下更小的体积占用。

## 2.2 固态电池的难点

固态电池技术面临的挑战主要在于其快充能力与循环性能显著不足。尽管固态电池在能量密度、安全性能、使用寿命和体积效率等方面展现出了显著优势，但其劣势亦不容忽视，尤其是固态电解质的发展遭遇了三大核心科学难题<sup>[5]</sup>。固态电解质中的离子传输机制、锂金属负极上锂枝晶的不可控生长机制以及多场耦合系统下的失控与失效机制，均是制约固态电池发展的关键科学问题，解决这些问题将是研发新型固态电解质材料、优化固态电池物理化学特性、推动其广泛应用的关键路径。（1）快充技术的瓶颈源自低离子电导率。在固态电池中，电极与电解质之间的界面由液态接触转变为“固态—固态”接触，由于缺乏液相的润湿特性，易导致界面电阻显著增加。此外，固体电解质内部广泛存在的晶界成为锂离子在正负极间传输的障碍，限制了快充性能的提升。（2）循环性能受限于“固—固”界面的不稳定性。“固—固”接触界面对体积变化极为敏感，在循环充放电过程中，电极颗粒间的接触以及电极与电解质间的界面会因体积变化而恶化，引发应力积累，进而导致电化学反应性能衰退，甚至产生裂缝，造成电池容量迅速下降，循环稳定性显著降低。（3）全固态电池的生产工艺复杂且成本高昂。相较于液态电池，全固态电池的生产对工艺控制、成本节约以及质量保证提出了更为严苛的要求，限制了其产业化进程。作为新兴技术，固态电池的制造工艺尚缺乏标准化设备，如烧结设备、真空环境控制、干燥室和特定气氛处理等，均增加了其制造成本，成为产业化应用的一大挑战。

## 3 固态电池的应用与未来前景

根据工业和信息化部关于锂离子电池产业的长期战略规划，旨在 2025 年前实现单体动力电池能量密度达到 350Wh/kg（与“中国制造 2025”设定的 400Wh/kg 目标相呼应），并计划在 2030 年进一步突破至 500Wh/kg。在确保高安全性与高能量密度并重的战略考量下，固态电池的发展路径被视为极具潜力的解决方案，其发展具有不可逆转的趋势。

### 3.1 固态电池的应用策略

为加速固态电池技术的实际应用，应构建典型应用示范项目，并营造一个开放合作的生态系统以促进产品快速落地。首先，在新能源汽车领域逐步引入半固态和准固态电池作为过渡方案，为全固态电池的全面应用奠定坚实基础。在产业技术路径尚待明确的背景下，应聚焦于固态电池的多元化技术探索，全力推进全固态电池的商业化进程，以维持并

增强我国动力电池行业的国际领先地位以及产业的可持续发展能力<sup>[6]</sup>。其次，围绕固态电池技术，优化电源管理系统、电力电子器件等配套产业链，构建完整且高效的产业链体系。通过深入调研产业链技术现状，强化政策扶持与指导，促进产学研深度融合及上下游企业的紧密合作，构建市场化产业链，集中力量攻克关键核心技术，全面提升产业的整体竞争力。最后，探索创新的金融支持模式，特别是针对首批次、首台（套）固态电池应用的整车企业，提供风险分担机制，以激发其参与创新试点的积极性与意愿。

为加速金融与产业的深度融合进程，需强化对固态电池领域的金融支持体系构建，完善科技金融服务机制，以充分发挥金融在固态电池产业生态中的支撑效能，并深化国际合作与开放策略，强化产业链内部的要素协同与支撑。首先，构建国内外企业交流平台，拓宽合作广度与深度，激励固态电池企业、科研机构等通过技术培训、现场观摩、圆桌论坛等形式深化技术交流，协同攻克固态电池研发中的技术瓶颈。其次，产业链核心企业应发挥引领作用，整合内外部资源，促进产业链上下游的紧密协作，加速产业链与创新链的深度融合，提升整体产业链的成熟度与竞争力<sup>[7]</sup>。再次，应加快制定并完善固态电池相关标准与检测认证体系。为行业树立统一规范，我国需加快顶层设计步伐，针对电池规格、性能评估、安全标准等方面开展标准化工作，并推动国内企业积极参与国际标准的制定与交流，逐步构建起高标

准体系，以加速固态电池的产业化与商业化进程。

### 3.2 未来展望

展望未来，固态电池正逐步迈向主流电池技术之列。据数据显示，2023 年全球固态电池出货量约为 1GWh，其中半固态电池占据主导地位。随着技术的持续革新与市场需求的日益扩张，固态电池有望成为主导性电池技术。中商产业研究院的预测进一步指出，至 2024 年，全球固态电池出货量将跃升至 3.3GWh，且预计到 2030 年，这一数字将激增至 614.1GWh，彰显出固态电池市场的巨大潜力和广阔前景。

#### 3.2.1 技术进展

固态电池的关键在于材料和化学体系，尤其是固态电解质。目前，固态电解质主要分为聚合物、氧化物和硫化物三大类，各有优缺点。例如，聚合物电解质柔韧性好、易加工，但离子电导率相对较低；氧化物电解质离子电导率高、稳定性好，但界面接触问题仍需解决；硫化物电解质性能优异，但成本较高且存在稳定性窗口问题。

固态电池的技术路线呈现“百花齐放”的态势，各家企业根据自身优势选择不同的研发方向。例如，国内企业多选择氧化物技术路线，而日韩和欧美企业则更倾向于硫化物技术路线。目前，固态电池大多仍处于实验室或小试阶段，部分企业已开发出小批量样品进行验证。例如，宁德时代、广汽埃安等企业均展示了其固态电池样品，但尚未实现大规模量产。

#### 3.2.2 商业化应用

根据多家企业的规划，固态

电池的量产时间大多集中在 2026—2030 年之间。然而，由于技术瓶颈和成本问题，这一时间表仍存在不确定性。业内普遍认为，固态电池可能首先在 3C（消费电子）或 eVOTL（电动垂直起降飞行器）领域率先应用。随着技术的不断进步和成本的降低，固态电池有望在新能源汽车、储能系统等领域实现大规模应用。

#### 3.2.3 市场前景

随着固态电池技术的不断成熟和市场的持续升温，固态电池的市场空间将逐步扩大<sup>[8]</sup>。当前，全球全固态电池技术主要聚焦于研发与试制阶段，其产业化进程高度依赖于电池技术与制造工艺的突破性进展。一旦电池系统、电极与电解质材料的匹配工艺得以确立，产业化进程有望迅速推进。在国际层面，各国对于固态电池的技术路径选择呈现多元化趋势：日韩国家聚焦于硫化物全固态电池领域，占据专利优势；欧美企业则展现出多样化的技术路线，大型车企与新兴固态电池企业形成强强联合；而中国则主要聚焦于氧化物技术路线，并将实现半固态电池的规模化生产。

## 结语

固态电池作为新兴电池技术的代表，展现出极为广阔的市场潜力与发展前景。然而，其大规模商业化之路仍面临技术壁垒的突破、成本的有效控制以及完整产业链构建的迫切需求。面对并存的挑战与前所未有的机遇，全球产业界、学术界与政府机构正携手并进，通过多元化的创新策略与政策工具，为固态电池技术的蓬勃发展注入强劲动力。因此，应保持对技术进步的敏锐洞察，勇于迎接挑战，精准把握行业发展的动态趋势，齐心协力推动固态电池技术的创新与应用，共同开创电池科技的新篇章。<sup>[9]</sup>

## 引用

- [1] 施芸芸. 固态电池已成整车企业“必争之地”[J]. 汽车纵横, 2024, 32(7): 50-54.
- [2] 马琨. 上汽的一小步, 固态电池行业的一大步[J]. 汽车纵横, 2024, 18(7): 55-58.
- [3] 程晓琪. 动力电池的发展与挑战——从液态电池到全固态电池[J]. 汽车与新动力, 2024, 7(3): 5-7.
- [4] 孙世刚. 固态电池或成未来动力电池的发展方向[J]. 中国石油企业, 2024, 15(6): 12-13.
- [5] 许世琳, 李雅琪. 固态电池的发展现状、挑战与对策建议[J]. 智能网联汽车, 2024, 10(3): 51-53.
- [6] 何天贤, 刘文杰, 雷源春. 固态电池在电动汽车中的应用[J]. 汽车电器, 2023, 43(10): 17-21.
- [7] 罗霞, 谢浩杰, 魏继兴, 等. 全固态电池电解质研究进展及趋势分析[J]. 浙江化工, 2024, 55(8): 12-18.
- [8] 周天捷, 朱屹林, 杨丽玲. 加快发展无锡固态电池产业的路径研究[J]. 江南论坛, 2024, 22(7): 49-53.

# 基于微服务的云平台运维技术

文◆国网山西省电力公司信息通信分公司 顾玮 吴秀红 姚思蓓 段婕

## 引言

电力保障是提升国民经济发展质量的重要因素，在带动社会全行业稳步繁荣的进程中发挥着关键作用。随着用电需求的持续扩大，尤其是特高压交直流混合电网的快速扩容、分布式电源的大规模部署以及电网安全等外部风险的增加，电网调度与控制变得愈发重要<sup>[1,2]</sup>。为了适应新形势和新要求，国家电网有限公司提出了“三型两网”建设目标，并提出构建新一代调度控制系统来满足“全业务信息感知、全系统协同控制、全过程在线决策、全时空优化平衡、全方位负荷调度”的要求<sup>[3]</sup>。为此，基于微服务构建具有统一逻辑属性的云平台，达成电网智能调度与控制功能需求，实现信息共享与复用，具有重要的工程实践意义。

云平台是满足电网高效调度与控制的基础，是提升混合电网快速扩容能力与大规模部署分布式能源的关键。本文基于微服务提出一种云平台的构建与运维方法。在不影响原有业务流程和数据结构的基础上，利用微服务构建云平台，有利于电网调度与控制效能的最大化；利用端对端的服务通信机制，有利于实现电网运维数据信息的共享与快速处理；基于微服务的容错能力，有利于提升云平台的运维效率。因此，利用微服务构建的云平台能够解决当前电网运维中面临的一系列问题，在静态和动态测试中均能满足技术指标的要求，对于提升电网调度与控制能力具有重要的促进作用。

## 1 当前电网运维面临的问题

电网运维技术是实现电力系统智能调度与控制的基础。当前，电网运维普遍采用面向服务的体系结构，利用服务总线实现多种基础平台功能的串联或者并联，通过数据端到端的交换完成系统集成<sup>[4]</sup>。虽然此种运维方式具有较高的工作效率，但仍存在以下几方面问题。

### 1.1 集群负载支持和扩展能力有限

利用总线架构构建电网运维系统是提升数据传输效率的有效方式。但是，总线架构下系统的并发处理性能存在一定缺陷，无法根据系统的大规模并行计算需求弹性分配资源。此外，由于负载压力集中在个别主节点上，集群扩展能力有限，因此不利于在大规模集群结构中部署应用，也不利于后续对电网进行持续的升级和改造。

### 1.2 服务重用和共享能力有限

当前，电网运维技术发展处于初级阶段，完成了基础功能的封装，具有实时数据采集、历史数据查询、数据存储与可视化等功能。这些功能更多集中在数据层，强化了电网系统对数据的利用能力。但是，电网运维技术的关键是基于数据的决策支持服务能力构建，而实现决策支持服务是提升电网调度与控制智能化的关键。因此，电网运维服务重用功能没有实现服务共享能力优先，制约着运维技术在电网决策支持中发挥更大的作用<sup>[5]</sup>。

### 1.3 开发升级周期长、升级成本高

在当前电网运维基础架构中，不同模块代码直接耦合在一起，系统整体开发升级周期长，升级部署影响范围有限，给设计带来了较大的风险成本。基于电网运维技术开发的调度控制系统难以满足新一代平台高性能计算、可靠运行、高效开发迭代与升级的要求。因此，基于物联网技术开发下一代调度控制系统，利用微服务技术扩展电网运维的外延与内涵，满足监测控制、分析预警、规划决策、综合评估、仿真模拟等业务需求<sup>[6]</sup>。

【作者简介】顾玮（1993—），女，山西忻州人，硕士研究生，工程师，研究方向：信息运维检修。

## 2 微服务云平台的技术优势

云平台是基于互联网技术建立起来的调度控制系统，需要处理大量数据的实时访问，面对复杂的业务管理程序发布解决方案。为了避免实时访问过程中的数据拥堵问题，同时提高业务处理工作的效率，微服务云平台技术应运而生。在微服务架构中，单个应用程序作为小型服务套件进行设计与开发，每个服务在运行进程中利用轻量级机制（通常是 HTTP-API）进行通信。这种架构模式有利于在大规模系统中进行部署，是提升运行效率的关键。微服务的最大优势在于运用模块化设计思想实现业务的逻辑串联，通过将各种管理功能具象化为即插即用的模块来满足数据共享的需要，将各个管理模块利用数据总线进行去中心化分布来节约物理空间。借助分散式分布与数据互联共通的管理方法，微服务利用较少的资源投入实现了管理效益的最大化，是企业生产力倍增的加速器。总的来说，利用微服务构建电网运维云平台具有如下技术优势。

### 2.1 逻辑架构清晰，便于开发部署与迭代升级

利用微服务构建云平台，应采用模块化的思想实现逻辑单元的具象化，最小化逻辑单元之间的耦合程度，利用软件复合集成的方法将各种功能集中在同一个平台中。通过微服务云平台，不仅可以业务单元抽象为服务，还可以将其他诸如任务调度、系统配置等基本功能抽象为独立的服务，从而使系统完全解耦。这种分布模式有利于在整个电网系统中快速独立部署，能够大幅提高项目的迭代速度，便于运维使

用和更新换代。

### 2.2 维护方便，具有良好的可扩展性

微服务架构的重要特征是利用独立模块设计思想实现任务专业化分配与资源服务的精细化管理。通过为每一个功能模块赋予专一的服务内容，同时将每一个模块进行分布式连接，实现资源在每一个模块内部的高效流通。利用这种管理思想，每个服务的变更都可以独立开展，不需要其他关联服务的同步更新，有利于节约资源投入并使有限资源发挥最大效力，降低了维护使用的难度，同时不会因为单一功能损坏而导致整个系统瘫痪或崩溃。这种设计和部署模式降低了使用维护的难度，有利于用较少的资源投入实现系统长期稳定运行。此外，微服务可以独立扩展。如果某个服务存在高性能瓶颈，那么只需为该服务扩充资源即可，不需要对系统进行大规模的全面升级，有助于系统和服务进行扩展，在升级换代中减少冗余资源的重复投入，从而降低电网运维与使用的成本。

### 2.3 容错性强，有利于系统长期稳定运行

微服务架构为每个独立功能提供了分布式管理方案，针对服务异常开发了容错机制。一旦某个服务出现宕机现象，立即切换至备份模式为整个系统正常工作提供保障，确保系统不会因为局部故障而停止工作，同时将故障单机或服务进行快速隔离以便于进行故障排查。采用这种模式开发电网运维云平台，可以在出现局部故障时依然确保系统稳定运行。利用微服务开发云平台，可以在有限资源条件下构建完善的容错机制，确保电网长时间可靠且稳定地运行。

## 3 微服务云平台运维的实现方法

### 3.1 系统架构与实现

基于微服务架构的优势，本文提出了构建云平台的技术方法。该平台基于华为云实现，是实现电网智能调度与控制的基础。云平台主要由数据库、文件系统、消息队列、Git（版本控制系统）组件构成，微服务云平台基本结构组成如图 1 所示。



图 1 微服务云平台基本结构组成

图 1 中，微服务云平台的数据库具有链路追踪、集群监控、容错保护等功能，实现技术和工具涵盖了分布式系统、监控、日志记录以及容错机制等领域。文件系统为用户和应用程序创建、删除、修改和存储文件提供了接口，利用根目录模式组织文件的管理，建立有权限访问机制确保文件安全。消息队列具有任务总线、任务调度和服务网关功能，具

有水平扩展能力,通过增加消息队列节点或服务网关实例模式提升系统对信息的处理能力。Git 组件具有服务注册、服务管理、配置管理功能,通过容器编排平台管理微服务的部署、伸缩、负载均衡等功能。此外,微服务云平台各构成环节的实现技术在图 1 中进行了说明。

### 3.2 高效运维措施

利用微服务构建云平台,在不影响原有业务流程和数据结构的基础上,应保证微服务在电网调度与控制中发挥预期的作用,确保微服务与原有业务、微服务系统内部各设备之间数据与信息通讯连接合理且稳定。

对云平台进行实时运维,应密切关注服务通信机制。加强对微服务数据的监测,当每个微服务启动时,其网络地址和相关信息将被注册到服务发现组件中,该组件将存储相关信息。用户从服务发现组件中查询服务提供者的网络地址,并根据地址调用服务提供者接口。每个微服务和发现组件都使用通信机制进行信息共享。通过对通信机制和通信数据的监测可以发现,如果服务发现组件长时间无法与微服务实例通信,该实例将被取消注册,此时需要用户采取干预行为。此外,当微服务网络地址发生变化(如增减、删除网络地址,或 IP 端口发生变化)时,这些地址将被注册到服务发现组件。这样,用户无需手动修改提供者的网络地址,云平台运维系统会自动根据数据一致性原则确保用户服务的一致性。通过对通信机制进行监测和分析,可以发现通信异常,从而及时检查运维系统工作状态,避免运维故障给电网调度与控制系统的稳定运行带来不良影响。

为了提升云平台的运维效率,应重点关注微服务的容错能力。当电网调度与控制系统被微服务解耦后,单一系统被分解为多个服务之间的相互调用。由于网络或其他原因造成的服务不可用不可避免,如果系统不能对服务不可用的情况进行容错,那么就会产生雪崩效应。为了避免出现不良后果,应采用熔断方法进行处理。在服务器出现严重延迟和宕机时,调用者应能将问题服务器从服务列表中删除,以避免对整个系统造成影响。当服务恢复时,应及时发现并保存以备调用。必要时,还应应对进入云平台的数据流量进行限制,避免在流量高峰时因过载而导致整个微服务系统崩溃。为了达到数据流量限流的效果,可以将单位时间划分为若干个窗口,每个时间窗口都有一个单独的计数器,超过计数的流量将被丢弃,每隔一个窗口时间,窗口向前滑动一格。通过这种方法,可以提高云平台运维效率,确保电网调度与控制系统发挥稳定的效能。

### 3.3 运维微服务系统测试

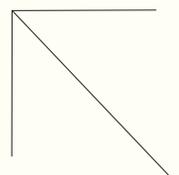
对基于微服务技术设计的云平台进行运维性能测试,设定的静态技术指标包括界面操作响应时间 $\leq 2.5s$ 、预警时间 $\leq 2s$ 、系统频率采样周期 $\leq 2s$ 、画面调出时间 $\leq 1s$ 。经过现场测试,各项指标均满足技术要求。此外,按照不同节点性能、网络负荷率,利用计算机模拟进行动态性能测试。在网络环境中进行实验,结果表明,中央处理器负荷率不足 25%,单网负荷率不足 15%。受安全事故影响,中央处理器负荷率不足 35%,单网负荷率不足 24%。由此可见,动态性能满足技术指标要求。

## 结语

针对当前电网运维面临的一系列问题,本文设计了一种基于微服务的云平台。该平台具有清晰的逻辑架构,便于开发部署和迭代升级;具有方便的运维性能和良好的可扩展性;具有较强的容错能力,有利于系统长期稳定运行。利用微服务可以构建有利于云平台性能实现和最大化发挥的架构。同时,经过静态和动态测试均表明,微服务能够提升云平台的运维能力,进而实现电网的高效调度与控制。■

## 引用

- [1] 夏伟,蔡文婷,雷伟刚,等.云化微服务技术在电网GIS中的应用研究[J].测绘地理信息,2023,48(4):132-136.
- [2] 蔡清龙,帅金泉,石启杰,等.基于微服务的电力运维云平台研究与应用[J].电气应用,2021,40(8):43-47.
- [3] 钟云南,陈冬隐,翁贞,等.微服务架构的电力云平台设计与实现[J].粘接,2022,49(8):174-176+81.
- [4] 夏晨,孙超,徐晓亮.一种电力调度自动化系统微服务改造技术[J].工业控制计算机,2021,34(1):93-95.
- [5] 韦洪波,曹伟,叶桂南,等.多源信息融合的微服务化电网事故追忆[J].电力大数据,2020,23(4):8-15.
- [6] 吉承文,马超,张铁钢,等.基于微服务与容器的海南电网数据中心云平台应用研讨[J].数字通信世界,2020(12):172-173+84.



# 智慧水厂运营平台设计与应用\*

文◆深圳市水务科技有限公司

马丹红 付东寿

蚌埠学院计算机与信息工程学院

黄凯宁

## 引言

智慧水厂是推动城市数字化转型的基础和关键环节。利用数智化赋能供水运营，建设全流程自动控制系统、智能工艺大脑、数字安防、智慧运营系统四大模块，实现水厂“自动化、平台化、移动化、场景化”相互融合，形成水厂生产管理、设备管理、人员管理等多系统资源有机协同，为管理者提供全局化运营视图，提升精细化管理水平，推动城市管理服务向智慧化升级。

2024年5月20日，国家发改委、国家数据局、财政部及自然资源部联袂发布《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》，提出全领域推进城市数字化转型，智慧水务是城市智能化的关键环节，引领着公共服务行业的变革，推动城市管理服务向智慧化升级，促进城市功能实现更高层次的协同与优化<sup>[1-2]</sup>。借助AI、BIM、物联网和人工智能等技术，结合水厂生产运营规律，智慧水厂建设成为未来供水发展的趋势<sup>[3-4]</sup>。

## 1 行业背景及现状

当下国内大中型城市水厂都配置了较为全面的自动控制系统，并建立了完善的运行管理制度，能够在现有工况条件下良好地保障供水量和水质。然而，对比智慧城市建设对智慧水务建设的要求，水厂智慧化仍存在一定差距。主要体现在以下4个方面。

(1) 信息孤岛亟待打破。水厂自动控制系统、安防系统与信息化系统之间各自独立，如生产管理系统、报表系统等只针对本系统所关联业务逻辑进行建设，仅实现对单个环节的生产和管理辅助，系统建设以垂直型组织架构，业务系统之间的信息资源无法充分共享，形成“信息孤岛”。

(2) 数据支撑决策能力不足。水厂自动控制积累了大量的运行和管理数据，但水厂运营决策的依据通常基于简单的数据统计报表<sup>[5]</sup>，各系统数据资源并未有效整合，未实现信息的智慧化综合分析和利用，无法在决策、运营、管理、生产等方面提供数据支撑，与智慧水厂的目标还有一定距离。

(3) 节能降耗空间巨大。各工艺流程控制还是基于常规自动控制系统，参数设置通常根据人工经验，智能化程度不足，无法实现工艺流程的进一步优化，在运行管理过程中，节能降耗仍有较大空间。

(4) 智慧水厂并不是对传统自控系统、生产系统、安防系统的替代。为满足智慧水厂整体目标，应对信息采集提出更高要求。例如，监测仪表设置不仅要考虑传统自控需求，还要考虑大数据模型对于样本收集的需要；视频监控的覆盖范围和清晰度不再由人工查看的需求来确定，而是考虑视觉感知、事件识别等新技术的需要。

智慧水厂建设需要各要素之间的数据打通与连接，有效提升数据的调用、存储和分析，带动水厂生产决策智能化，实现水厂运营管控精细化、规范化，助推水务行业数字化转型，为智慧城市发展提供支撑。

## 2 智慧水厂运营平台总体设计

智慧水厂运营平台自下而上包括数据感知层、边缘控制层、平台服

\*【基金项目】住房和城乡建设部科技计划项目“水质净化厂智慧水务关键技术研发”(2020-K-042)；2024年度蚌埠学院校级科学研究项目“基于AI技术的城市供水管理系统开发”(2024YYX25pj)

【作者简介】马丹红(1985—)，女，浙江宁波人，本科，工程师，研究方向：智慧水务建设、给排水自动化和信息化、控制理论和控制工程。

【通讯作者】黄凯宁(1982—)，女，黑龙江鹤岗人，硕士，高级工程师，研究方向：给排水自动化和信息化、数据挖掘、物联网工程。

务层和应用层。

### 2.1 数据感知层

数据感知层是基础信息与虚拟生产的纽带，实现基本信息感知、采集与控制，包含水厂、子站以及泵站内各种在线仪表、设备、传感器、摄像头、RFID、二维码等信息数据。

### 2.2 边缘控制层

基于 PLC 控制单元，建立水厂、子站以及泵站的集散控制体系。SCADA 系统分为决策信息层、控制层、设备层 3 层结构。网络设置采用工控网、视频安防网和办公网三网分离模式。根据工艺仪表采集到的数据和生产设备运行的状态信号、电气数据、化验数据等，协调和管理全厂生产过程，实现水厂全流程自动化控制。

### 2.3 平台服务层

平台服务层包含基础平台服务层和行业平台服务层。基础平台服务层提供对所有计算基础设施的利用，包括处理 CPU、内存、存储、网络和其他计算资源，用户能够部署和运行任意软件，包括操作系统和应用程序。行业平台服务层将业务、数据和技术进行有效划分，分为业务中台、数据中台和技术中台。

业务中台围绕“积累、标准、迭代”，实现企业核心竞争力的固化，通过产品化方式打造可供各业务单元接入的接口，便于不同前台直接调用。数据中台围绕“打通、整合、共享”，将厂站海量、多维的数据资产盘点、整合、分析，为前台提供数据资产、数据定制创新、数据监测与数据分析等服务，最终实现数据资产的活化。技术中台统筹 IoT、大数据、视频、GIS、VR/AR 等新 ICT 技术，支持引入未来新技术，新 ICT 能力可通过组件化选择实施，降低新 ICT 技术使用门槛和集成难度，达到技术价值最大化。

### 2.4 应用层

应用层采用分离式架构设计，提供水厂的智慧生产、设备管理、智能巡检、安全管理等应用模块，同时提供数字化运维、仿真与辅助生产决策、自适应智能化生产模块，打造生产、管理、维护的智能运营平台和智慧应用。

智慧生产采用微服务框架，将多种应用服务构建为一个个小的自助服务，每个服务都围绕着具体业务进行构建，能够独立部署到运行环境中，服务间采用轻量级通信机制进行契约依赖，通过构建适合的微服务框架，满足不同业务的特定需求，实现组件间的交互，并保证每个组件可以独立升级、替换、部署。智慧生产基于数字孪生场景化应用的设计理念，以事件驱动的形式触发相关业务功能，满足不同业务场景的需求。

设备管理以设备健康状态优化管理为出发点，根据设备生命周期，对设备管理中的方案计划、选型、购置、安装、库存、使用、维修、保养、改造、更新以及报废等过程信息进行记录、跟踪和监控，并为用户提供汇总统计信息和便捷的管理手段，将简易诊断、精密诊断、设备状态监测、寿命预测、故障解析、精度与性能指标等方法统一起来，形成高效的设备管理模式。

智慧巡检通过人工和视频结合的方式，加入机器视觉、深度学习、

智能算法、控制系统、仿真系统等技术，对生产场景、生产作业、设备状态、人员安全等实现智能监控和实时预警。

安全管理在传统视频监控的基础上，提供场景感知与安防协同处置等服务，设有电子巡查、环境监控的功能。

## 3 智慧水厂运营平台的功能

### 3.1 全流程自动控制系统

全流程自动控制系统通过智能工艺系统、工艺仿真系统来实现。首先，PLC 控制系统实时采集设备数据，执行逻辑控制，并与智能工艺大脑相关联，实现全流程控制的智能化。通过三维模型建立 SCADA 系统，实现运行的可视化及数字化。对各控制工艺段配置预案和解决策略，实现闭环控制。其次，增强系统自诊断能力和闭环连续运转率，发生故障后自动定位设备故障点，缩短系统维修、恢复时间。最后，采用基于模型预测的思想，构建基于多方案仿真工艺决策与优化的控制策略，在满足供水水质达标的基础上，优化运行参数，实现各工艺段相互联动的精准化决策。

### 3.2 智能工艺大脑

水厂是一个闭环连续运转的流程型工厂，各工艺段如絮凝剂和消毒剂等药剂的投加、原水进水量和出厂水量的调节控制等，因其工艺复杂、影响因素多、非线性、难以精确控制等特点，一直是水厂生产运行优化的重点和难点。

智能工艺大脑由数据层、能力支撑层、工艺算法应用层和用户接入层组成。数据层通过采集汇聚、融合加工、共享开放等手段整合水厂多源异构数据，并

解决数据碎片化和异常性等问题。能力支撑层提供AI算力支撑、人工智能算法库支撑和人机智能交互等核心能力。工艺算法应用层提供智能工艺算法应用功能和开放服务等功能，实现智能加药、水平衡优化及能耗优化等工艺参数优化，提供工艺流程运营管控及辅助决策能力。

智能工艺大脑实现水处理工艺过程的智能监测、预警、趋势分析，给出工艺流程运行的策略和建议，对接工艺自动化控制系统，实现“水质好、能耗低、干预次数少”的目标。

### 3.3 数字安防

数字安防包含视频监控、视频巡检和风险预警系统，视频监控可以查看出入口、访客和入侵等情况。视频巡检以人工和视频相结合的方式，实现对场景、工业、设备、人员的智能监控和实时预警。风险预警系统不仅提供多媒体智能预警与环境感知预警，还具备统一接处警、事件报告管理、重大事件保障与联动管理等功能，通过综合展示与应急处置，实现厂区突发事件应急调度指挥。

### 3.4 智慧运营平台

智慧运营平台通过管理驾驶舱为各级生产运营管理人员提供统一入口，在驾驶舱页面对全厂绩效以及各项指标数据进行图形化显示，具有态势可视、事件可控、业务智慧管理等功能，为管

理层对全厂运营绩效评估、辅助决策提供科学依据。

## 4 智慧水厂运营平台的应用

### 4.1 构建高可靠、自动化、智能化的水厂自动控制系统

全流程自动控制系统是智慧水厂的基础，实现了水处理的闭环联动控制，确保全工艺流程生产设备能够自动化运行。控制程序可依据在线仪表的检测数据自动调节设备运行参数，无需人工干预和操作。核心设备以及网络采用冗余设计，以确保在故障状态下能够选择切换至备用部件。在自动化控制模式下，系统能自主驱动设备实现控制目标，并持续优化调整控制策略，以获得稳定与精准的控制效果，适应不断变化的运行工况。

### 4.2 构建设备全生命周期运维体系

全生命周期运维体系是智慧水厂的主要内容，通过对设备建立电子化监管和存档，使智慧水厂能全面掌握设备的运行状况、使用寿命、故障率、维修保养记录等信息，通过信息数据的积累和智能化分析，为水厂日常运行决策及设备管理计划的制定提供支撑。采用电子化工单实现设备运维，包括制定计划、派发工单、填报工单、审批工单以及工单归档5个步骤，并将设备维修业务分为故障维修和预防性维修两大类，设定任务提醒功能，对维护进度状态进行可视化追踪，强化过程监管力度。

### 4.3 构建科学的运维模式

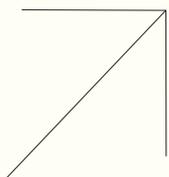
智慧水厂对各工艺段的程控率要求较高，一些工艺段如絮凝剂和消毒剂等药剂投加、原水进水量和出厂水量调节以及V型滤池反冲洗控制等，自动控制中加入了数据过滤和人工智能算法，结合生产数据、专家知识对不同工艺段进行建模，实现了加药、节能等工艺段稳定、精确、实用的控制策略。

## 结语

东湖智慧水厂基于大数据分析挖掘生产指标的内在关系，提供多维分析报表，为管理者提供全局化运营视图。健全设备全生命周期管理机制，动态跟踪设备运行情况，按需制定维护计划和预警方案，为各层级运营管理提供支持。

## 引用

- [1] 朱伶俐.基于数据分析与监测的智慧水务系统设计与实现[D].青岛:青岛科技大学,2022.
- [2] 郑佳荣,张侃,许以农,等.水务企业智慧水务云平台的研究及工程实践[J].城镇供水,2023(4):60-67.
- [3] 张岩,张磊.论智慧水务平台科研数据管理及人工智能技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2020(3):90-91+98.
- [4] 李胜勇,李有明,龙岩.基于大数据技术的城市智慧水务框架构想[J].海河水利,2021(1):105-108.
- [5] 李铎.深圳宝安区智慧水务系统构建及数据处理技术研究[J].水利技术监督,2022(9):35-38.



# 基于 MESH 的油气井场无线网关设计与实现

文 ◆ 川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院 钱浩东 冉桂东 刘洋

## 引言

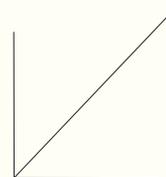
目前，基于 WiFi 无线通信网关在油气井场的特殊环境下工作时无法满足同时具有高吞吐量、高传输速率、组网灵活、覆盖范围广的长距离通信等问题，设计了一种无线 MESH 网关。该网关使用 MESH 组网通信的方式进行 OpenWRT 软件和硬件方面的设计，使得在油气井场内工作中传输信号具有多跳、抗干扰、可靠性强和有用性的特点。通过现场测试表明，信号丢包率小于 2%，信号时延小于 30ms，验证了本次设计可以满足油气井场的各种需求。

尽管物联网通信技术不断创新发展，但在恶劣环境中仍然存在诸多问题。现阶段对于油气井场的相关技术研究发现，在油气井场的特殊环境下需要提供 2.4G 和 5.8G 的 WLAN 接入，但无线数据通信环境复杂、干扰源多、布线施工成本高<sup>[1-2]</sup>。近几年，我国矿井无线通信的使用方法主要有 ZigBee、漏泄通信、低频通信<sup>[3-4]</sup>，但这些通信方式不能同时满足传输速率高、抗干扰性强、传输距离远及覆盖范围广的需求。为了解决和满足相应的问题和需求，本次设计中使用的无线通信方式是一种无线 MESH 组网的网关。在无线 MESH 网关的通信过程中，每个通信节点在网络中地位平等，任意节点之间的通信都具有快速部署、易于安装、非视距传输、自愈能力强、结构灵活、抗干扰性强、可靠性强以及传输范围广等优势<sup>[5-7]</sup>。无线 MESH 系统能够极大地降低网络建设成本和复杂度。由于 MESH 自组网的强大优势特点，故利用 MESH 自组网通信的方式给出了一种专门应用于油气井场内工作的无线 MESH 网关设计。

## 1 基于 MESH 的组网方案

### 1.1 MESH 组网原理

MESH 组网是一种分布式网络，可以看成一种特殊的 WLAN，除移动性较低外，本质上是一种 Ad hoc 网络。无线 MESH 组网是一种由无线链路连接路由器和终端设备的静态无线网络，是 Internet 的无线版本。MESH 组网原理是 MESH 客户端通过无线连接的方式接入无线 MESH 路由器，无线 MESH 路由器以多跳互连的形式，形成相对稳定的转发网络。MESH 自组网是一种与传统无线网络完全不同的新型无线网络，是一种动态建立新链接和其他节点相连的一项技术，具有自组网、自修



复、多跳级联、节点自我管理等优点，可以大幅降低网络部署的成本和复杂程度。

骨干网 MESH 结构由 MESH 路由器组成，是一个可以配置和自愈的网络。通过 MESH 路由器的网关功能与因特网相连接，普通客户端可以利用 MESH 路由器的网关或中继功能接入 WMN，主要包括无线传输基站、数据接入终端、数据显示终端。

### 1.2 油气井场组网方案设计

在油气井场特殊环境下的通信需求，应达到理想信号传输效率高的效果，其系统设计主要是用研发的 MESH 网关作为基站设备，通过多台组网网关设备进行全井场 WiFi 覆盖。数字化营区为光纤公网入口，基站 N01 用千兆线缆接入核心交换机网络，其他的基站都通过 MESH 组网远

【作者简介】钱浩东（1968—），男，四川成都人，高级工程师，研究方向：信息技术。

程无线连接。各个基站设备间通过 MESH 组网有独立的网络，通过 MESH 路由到核心网络。此方案部署简单，无多余的线缆串扰，安全可靠。

基于 MESH 自组网网络协议和优势，该设计主要用于基站间的链路回传，将所有基站采集的数据回传至指挥中心机房，解决了油气井场中光纤在铺设和使用中存在的问题，进而组成“光纤+无线”的组网方案。

## 2 MESH 网关设计

### 2.1 MESH 网关软件设计

#### 2.1.1 MESH 软路由的设计

对于本次的 MESH 自组网网关的设计，使用 OpenWRT 搭建一个软路由，整个操作在 Linux 操作系统中完成。本次在 MESH 网关设计中使用的是 OpenWRT 旁路由模式。OpenWRT 是一个高度模块化、高度自动化的嵌入式 Linux 系统，拥有强大的网络组件和扩展性，常常被用于工控设备、电话、小型机器人、智能家居、路由器以及 VOIP 设备中。

对于超高要求的网络需求，将 OpenWRT 路由器设置成旁路由模式。尽管旁路由模式配置相对复杂，需要一定的网络知识，但旁路由模式不需要撤掉主路由，在物理拓扑上改动较小，同时需要修改相关系统配置改动点。(1) 设置旁路由的 LAN 口 IP。为了保证和主路由同一网段，可以选择手动设置或动态获取 LAN 口 IP。(2) 设置旁路由默认网关。为了能够将数据转发到主路由，需要将旁路由的默认路由指向主路由的 LAN 口。

在设计中，选用 OpenWRT 作为旁路由，也就是需要一个

主路由用于组网，然后在主路由旁搭建一个旁路由。该旁路由主要用于处理数据，其优点在于通常会选用性能较强的设备，通过旁路由处理数据，再经主路由转发出去，实现主路由无法实现的功能，同时也弥补了 OpenWRT 作为主路由不够人性化以及繁杂的缺点，使组网设计更为简洁、通信上网效果更稳定。

#### 2.1.2 MESH 自组软件架构设计

在设计过程中，油气井场的无线 MESH 网络节点的系统软件设计架构主要包括主控模块、组网模块、协议转换模块以及操作系统等部分。其中，底层物理信号包括调制解调、组帧解帧以及编译码。在编码时，采用正交频分复用 (COFDM) 调制方式对数字波形信号进行处理，星座图调制方式使用了 BPSK/QPSK/16QAM/64QAM 自适应调制，在实际应用时，可以根据使用时信号的丢包率来对调制方式进行相应的调整以达到最优效果，从而得到由改变传输速率来优化数据吞吐量速率并保持速率稳定的效果。

### 2.2 MESH 网关硬件设计

对于 MESH 网关硬件设计，本次开发主要采用通信接口底板结合核心板的方式进行。其内部结构主要包括自组网射频单元、自组网基带单元以及智能 AP 核心单元等。

智能 AP 核心单元选用了 IPQ4028 芯片。IPQ4028 芯片是一种高集成度的片上系统 (SOC)，专为高性能、低功耗的 2x2、802.11ac 双频段并发接入点应用而设计 SoC。IPQ4028 芯片拥有四核 arm CortexA7 处理器、两个双频并行 802.11ac Wave-2 wifi 子系统以及一个支持线路网络速率的 5 端口千兆以太网 2/3/4 多层交换机 (NAT)，它还支持一个 USB3.0 和一个 USB2.0，以及其他通用接口。

考虑到油气井场工作环境的特殊性，设计主板的硬件部分选用了 IPQ4028 处理器，其最大功耗为 12W，平均功耗 9W，防护等级达到了 IP68，工作温度范围满足 -40℃ ~ 80℃ 等，主板无线部分设计的工作协议为 802.11a/b/g/n/ac，工作频段在 2G 状态下为 2412 ~ 2472MHz，天线增益为 6dBi；5G 状态下为 5180 ~ 5320MHz 或 5745 ~ 5825MHz，天线增益为 8dBi。软件部分的网络模式主要为网桥模式和路由模式，升级方式支持网页升级和 AC 远程升级，不仅使得网关在油气井场的特殊环境下能够实现高效率稳定的信号传输和良好的增益效果，同时还可以抵御多种环境变化带来的负面影响。

射频模块组成如图 1 所示，本次设计的射频前端主要是为了对已发

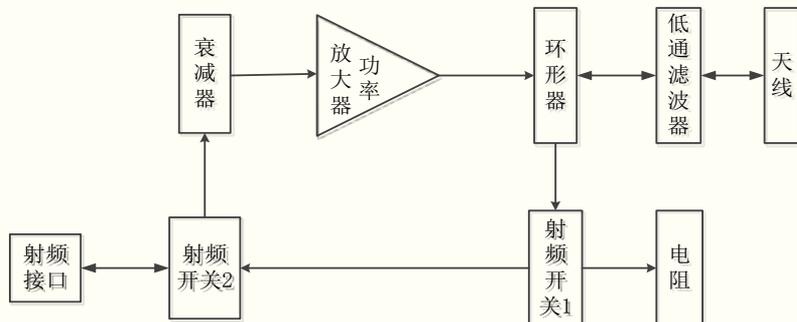


图 1 射频模块组成

送的信号进行线性功率放大，使射频信号平均功率达到最优效果。

### 3 系统测试

在本次网关设计信号优化方面，主要通过测试通信过程中信号的丢包率和延时来展示本次设计的 MESH 网关实际的性能效果。测试在空旷条件下进行，对油气井场的特殊环境进行模拟网络 WiFi 测试，其测试点选在一个空旷的操场地带，使用本次方案设计出的无线 MESH 网关对不同客户端设备信号在不同远距离 50m、100m、150m 的 360° 不定方位传输过程中发送 200 个包的平均丢包率以及平均延时进行测试，不同距离下丢包率与延时测试数据结果如表 1 所示。

表 1 不同距离下丢包率与延时测试数据结果

测试距离	测试机器型号	平均丢包率	信号时延
50m	华为 mate	0.5%	6ms
	荣耀 60	1.5%	7ms
	红米 K30	1.5%	9ms
	工程样机	0%	8ms
100m	华为 mate	1.5%	19ms
	荣耀 60	1.5%	24ms
	红米 K30	0.5%	22ms
	工程样机	0.5%	14ms
150m	华为 mate	1%	26ms
	荣耀 60	0.5%	28ms
	红米 K30	1.5%	27ms
	工程样机	0.5%	26ms

由表 1 的测试数据结果表明，不同的测试机器型号在不同的距离下进行信号通信时，其信号的平均丢包率控制在 2% 以内，信号的延时也同时控制在 30ms 以内，此效果满足了在油气井场特殊环境下的信号传输需求。

### 结语

针对油气井场工作的特殊环境需求，本次设计介绍了一种无线 MESH 网关，并详细阐述了在设计过程中的路由模式设计、MESH 自组网模块部署、软件架构以及相关的硬件设计过程。通过运用数台电脑和手机终端进行相应的网络测试，并测试了设备间的互通情况。在空旷地带进行远距离传输以及信号覆盖范围的性能测试，测试表明通信效果良好，设备间互通正常，且在 WiFi 连接过程中表现良好，覆盖范围广泛，能够提供 2.4G /5.8G WiFi 信号接入。在 360° 不定方位的不同距离下，平均丢包率控制在 2% 以内，平均信号延时率小于 30ms，表明此次设计的 MESH 网关设备已经具备满足油气井场特殊需求的能力，为以后在油

气井场进行正常通信提供了有力支撑。<sup>[8]</sup>

### 引用

[1] 田峰,杨震.基于Mesh技术的网络融合与协同[J].中兴通讯技术,2008(3):13-17.

[2] 孙智博.浅谈无线Mesh网络[J].移动通信,2016(6):43-44.

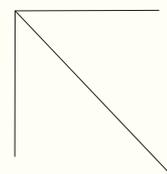
[3] 王明.关于矿井救援通信保障的几点思考[J].数字通信世界,2020(7):260-261.

[4] 魏正华,叶小兰.煤矿井下无线Mesh通信系统设计[J].工矿自动化,2021,47(10):115-120.

[5] 蔡海超.石油石化数字化“新基建”规划与实施路径——Mesh无线网络技术在钻井队现场应用实践[J].信息系统工程,2022(7):20-23.

[6] 胡然,郭成城,杨剑锋.基于两路并发传输的井下通信[J].传感器与微系统,2016,35(3):32-36.

[7] 刘瑞祥.基于物联网的煤矿井下监测网络平台关键技术研究[D].北京:中国矿业大学,2015.



# 无线通信技术在智能电网配用电端的应用研究

文 ◆ 国网湖北直流公司 杨佳 刘勇

## 引言

智能电网 (Smart Grid, SG) 通过在电网中部署大量的智能传感设备、监测设备, 并结合实时通信网络以及先进的计算机算法来完成对传统电网的控制<sup>[1]</sup>, 从而使电力系统运行更加高效, 实现了电力行业的革命。智能电网的应用使电力系统从发电、变电、输电到配电、用电端全环节的各类设备参数和电能数据都能被实时采集、传输、监控和分析, 进而使电能的分配更加经济、合理。然而, 由于智能电网中拥有大量的基础用电设施, 以及当前电网中信息采用的双向通信网络, 由此产生了海量的数据 (包括结构化数据和非结构化数据<sup>[2]</sup>), 并导致了大量通信带宽被占用、传输时延严重<sup>[3]</sup>等问题, 与电力通信业务实时性、可靠性和安全性<sup>[4]</sup>的要求不符。目前, 电力骨干通信网络、输电线路网络主要采用的是光纤通信方式, 而对于配用电端各类配用电设备和基础设施, 其通信方式多种多样。其中, 电力线载波、无线通信是常见的通信方式。考虑到配电网面临的设备地理分布跨度大、设备种类复杂、数据类型多样等因素, 以用户侧和电网侧的

双向通信为例, 目前以高级计量架构 (Advanced Metering Infrastructure, AMI) 作为集成通信方式, 利用通信网络将用户侧的用电数据传递到集中式或分布式的数据中心, 从而实现用电数据的收集。同时, 电网侧也可以通过通信网络对智能电表下达命令。值得注意的是, 用户侧的用电设备除了有基础的各类家用电器, 还存在电动汽车、屋顶光伏等, 增加了通信的复杂性。本文首先对配用电端的典型用电场景进行了介绍, 并对不同场景可使用的网络通信方式进行了对比和总结, 旨在为配用电端现场通信提供有价值的参考意见。

## 1 配用电端典型用电场景

配用电端由于覆盖了海量的用电设备, 其与网络业务提供商的通信业务范围基本一致, 故可以利用网络业务提供商的公用通信网络进行电力数据的传递。输配电典型通信网络结构如图 1 所示。

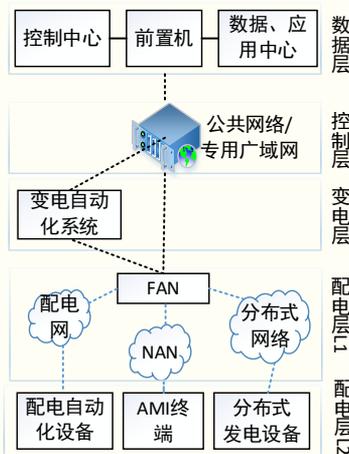


图 1 输配电典型通信网络结构

由于配用电端存在部分传统网络业务提供商无法覆盖的地区, 尤其是大量的分布式能源、电动汽车充电桩和智能用电设备, 不仅在地理位置上极为分散, 其蕴含的数据量也十分庞大, 利用公用通信网络将加剧电力通信的运营成本。为降低通信运营成本, 并增加数据传输的可靠性, 以 AMI 为例, 利用物联网技术构建的场域网 (Field Area Network, FAN) 能够提供与分布在给定地理区域内的大量设备的连接。因此, 当

【作者简介】杨佳 (1991—), 男, 湖北咸宁人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 换流站运维、智能电网。

前 FAN 是一种成熟且能够满足配用电设备运行需求的网络。在居民用电方面,智能电表和屋顶光伏等设施的数据将通过数据集中器收集,并通过专用通信单元进行传输。

除居民用电外,配电自动化和分布式能源端配用电的典型通信场景包含了遥测、遥信、遥控和遥调信息的采集和传递、电能计量数据采集、电动汽车充电桩参数采集等。

配用电典型用电场景通信需求分析如表 1 所示。

表 1 配用电典型用电场景通信需求分析

应用场景	带宽要求	可靠性要求	时延要求
配电自动化	19.2kbps	≥ 99.9%	秒级或毫秒级
分布式能源	2/40kbps	≥ 99.9%	秒级
AMI	50kbps	≥ 99.5%	秒级

由于配用电端通信的带宽要求和时延要求并不高,若在配用电端通信大量采用有线通信的方式,不仅经济成本较高,还会增加现场二次线路的接线的复杂性,造成不必要的安全隐患,故目前对于配用电端的通信方式而言,无线通信技术是较好的选择。

## 2 基于 FAN 的无线通信技术

### 2.1 配用电端现场无线通信方式

电力线载波通信和无线通信都是电力系统中的配用电端常见的通信方式,都具有布线少、通信性能好的优点。

考虑到基于 FAN 的无线通信技术能够满足对分散配用电设备进行信息收集,并集中传输到主网的功能,本节探讨的配用电端的通信方式都是建立在 FAN 网络的基础上。以配电自动化应用场景为例,其

数据来源主要是远程终端单元 (Remote Terminal Unit, RTU) 和无线终端设备 (Data Transfer unit, DTU),其特点是安装分散、数量多。其采用的通信速率通常不大于 40kbps,加之 RTU、DTU 与电网采集与监控系统之间多采用的点对点的拓扑结构,故其多采用通信分组无线业务进行数据传输。而对于智能电表而言,其主要任务是按照一定周期对用电数据进行收集,每个智能电表每 15min 的有效数据约 128 字节。与传统电表不同,智能电表可以实现故障告警、停电通知、远程命令操作、负载控制、电能质量监测、窃电检测等功能。无论是 RTU、DTU 还是智能电表,其通信带宽和时延要求都较低,采用无线通信技术能够满足其信息传输的要求。

基于配用电端典型用电常见的通信需求,现对适合配用电端现场的无线通信方式以及其通信速率、可靠性和时延等 4 个方面



进行总结、对比，配用电端现场无线通信方式对比如表 2 所示。

### 2.2 基于 Wi-Sun 的电力通信架构

智能无线网络（Wireless Smart Ubiquitous Network, Wi-Sun）建立在 IEEE 802.15.4 低功耗无线网络标准的基础上<sup>[5]</sup>，根据网络层应用的不同，IEEE 802.15.4 家族还有如 Zigbee、WirelessHART 等无线通信方式。

Wi-Sun 功耗低，传输距离较长，且能够绕过传输障碍物，其信息传输速率约为 0.1Mbps，属于低速传输，但仍能满足配用电场景的信息传输速率要求，很好地平衡了覆盖范围和传输速率两方面的需求。在信号调制方面，Wi-Sun 采用的是二进制频移键控和四进制频移键控两种方式供选择。

除了 FAN，Wi-Sun 支持的网络协议还有家庭局域网（Home Area Network, HAN）和 JUTA。前者简称家域网，相较于传统的 HAN，Wi-Sun HAN 不仅具有中继功能，可以增加传输节点和传输距离，还能够利用休眠功能降低设备能耗。Wi-Sun HAN 除了可以应用于家用智能电表、屋顶光伏和智能家用电器等，还能用于变电站、光伏电站蓄电池参数监测等方面。

FAN 作为 Wi-Sun 最核心的协议标准，其在应用层支持众多的网络通信技术，如用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）和互联网协议第 6 版（Internet Protocol Version 6, IPV6）等主流网络通信技术，为 Wi-Sun 的应用推广提供了坚实的基础。

Wi-Sun FAN 网络传输的拓扑结构类似于电力系统调度中主站

表 2 配用电端现场无线通信方式对比

通信方式	通信速率	可靠性要求	时延性能
Wifi-5	3.5Gbps	中等	< 10ms
5G	≥ 76Mbps	非常高	≤ 100ms
WiMax	70Mbps	非常高	< 10ms
LoRa	≤ 50kbps	中等	< 1.2s
Zigbee	≤ 50kbps	高	≤ 100ms
Wi-sun	0.1Mbps	非常高	-

和子站的通信模式，是一种星形连接网络，也被称为多跳网状结构，能够覆盖一定区域内的无线通信。该拓扑结构具有很好的稳定性，能够在一条信道出现故障或者遭遇电磁干扰时，通过其他的信道进行数据传输。

在数据传输的安全方面，Wi-Sun FAN 网络利用高级身份认证来确保数据传输的安全性，这种高级身份认证方式被称为 RADIUS/AAA 服务器身份认证，为连接该设备的每一个客户端都设置了许可证书。

在通信信道选择方面，Wi-Sun FAN 能够根据实际情况调整传输频率。Wi-Sun FAN 的传输频段在 920MHz ~ 930MHz 之间，该频段有 30 个信道，可以很好地适应不同情况下的数据传输，避免所用频段遭受无线电和噪声干扰。

Wi-Sun FAN 应用范围较广，十分契合当前电动汽车充电桩监测、分布式能源和智能路灯的控制等领域。此外，在物流、仓储和智慧建筑等需要实时监测温度、湿度和设备自动维护的领域，Wi-Sun FAN 也能很好地发挥其作用。

### 结语

配用电端的现场设备多、通信情况复杂，需要各类通信技术的复合应用解决其通信问题，其中以无线通信技术作用尤为突出。本文首先介绍了配用电端典型用电场景通信需求，其次根据通信需求列举了能够满足其要求的无线通信技术，并着重介绍了近年发展快、性能好的 Wi-Sun 无线通信技术。以无线通信为主的场域网通信（现场通信）是广域网通信的辅助和延伸，尤其是对于电力系统而言，配用电端的现场通信质量对于节能减排、增强电网的可靠性有着积极意义。<sup>[8]</sup>

### 引用

[1] 张瑶,王傲寒,张宏.中国智能电网发展综述[J].电力系统保护与控制,2021,49(5):180-187.

[2] 李亚婷.大数据处理技术在智能电网中的应用[J].无线互联科技,2023,20(19):76-78.

[3] 仝杰,齐子豪,蒲天骄,等.电力物联网边缘智能:概念、架构、技术及应用[J].中国电机工程学报,2024,44(14):5473-5496.

[4] 薛宏利.配用电物联网通信网络性能分析与优化策略[D].广州:华南理工大学,2022.

[5] 孙文康.Wi-SUN通信技术在先进计量架构(AMI)中的应用和实践[J].物联网技术,2023,13(2):50-53.

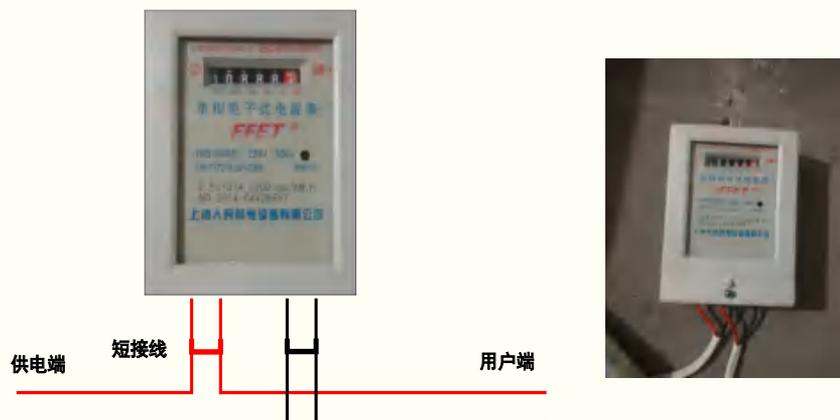
# 智能电网下带电更换 低压用户电能表的作业研究\*

文◆国网宁德供电公司 谢锋桦

## 引言

低压用户电能表是安装在低压电力系统中，用于测量、记录终端用电设备对电能消耗的计量装置，同时也是连接电力供应和用电的关键设备，对于电力系统的经济、高效和可靠运行起着至关重要的作用。

在日常生活生产中，低压用户电能表主要分为家用单相电表和工业三相电表。当家用单相电表出现误差超差或发生故障时，通常情况下，会先将用户家的负荷切断，然后再进行电能表的更换，但难以避免地会影响用户家庭的正常用电。据统计，2021年某市共发生了21452起停电更换电能表事件，其中因电能表更换造成的咨询工单就创建了88个，故障报修工单共21个，投诉工单11个。由此可见，此类操作对用户的正常生活造成了不可避免的影响。而对于一些需要负载大中型设备的工业三相电表而言，倘若因电表故障或误差超差而进行断电作业，所产生的经济损失和进度延误将无法估量。尤其是对于医院、数据中心、商场等场地断电，容易导致业务中断，影响正常的商业和服务运作，甚至造成重要数据的丢失。因此，带电更换低压用户电能表对于保障日常生活和生产至关重要。



(a) 低压用户电能表带电更换原理图 (b) 低压用户电能表连接实物图

图1 低压用户电能表更换原理图和实物图

为了解决这个问题，本文提出了一种智能电网下带电更换低压用户电能表的方法。该方法参照传统电能表的接线方式，通过将电能表一端的进线与电能表另一端的出线进行短接，实现在不停止供电的状况下对电能表短接，以确保电能表更换的安全性和可行性，从而保障在不影响人们日常生活、生产的前提下对电能表进行安全更换。

## 1 带电更换低压用户电能表现状分析

### 1.1 带电更换电能表可行性分析

将接入互感器的电能表与联合接线盒结合可以实现电流回路短接和电压回路断开，从而在不断电的情况下完成电能表的更换。基于这一原理，对于直接接入的低压用户电能表，可以通过短接更换电能表的进出线路进行换表操作，以此达到带电更换电能表的目的（见图1）。

### 1.2 带电更换电能表研究现状分析

张峰毓等人<sup>[1-2]</sup>基于二极管

\*【基金项目】国家电网有限公司科技项目资助（合同号：52139024000J）

【作者简介】谢锋桦（1977—），女，福建宁德人，本科，工程师，研究方向：计量采集。

单向导电的特性研究出一种适用于单相电能表的带电更换装置。该装置可以在 30A 的负载电流下实现零误差的测试效果，但该装置需要提前安装在电表箱中。由于单相电能表用户基数庞大，单个用户的用电量相对较少，对持续供电的依赖性较低，该带电换表装置的改造推广成本相对较高。储海峰等人<sup>[3]</sup>设计了一种可通过蓝牙实现电表基座更换的装置，该装置可以保证持续稳定地为自身供电，同时提高线路接换的准确性，避免窃电现象的存在。李明远等人<sup>[4]</sup>设计了一种通用型的单相电表和三相电表带电更换装置，通过短接零线和相线（或者短接三相进出线）实现带电更换电表，同时通过对电表的转接装置进行优化，从而提高线路短接的效果。

综上所述，目前对于带电更换低压用户电表的研究已经较为全面，但在带电换电表的实际作业中仍具有一定的技术难点，主要表现在无电量损耗和无绝缘破坏方面。

## 2 带电更换电能表危险因素分析和关键技术剖析

### 2.1 危险因素分析

在现场进行带电电能表更换时，试验接线辅件可以通过提供可靠的电气连接和安全保护措施确保电力的稳定运输和安全使用。通常试验接线辅件作为电能表计量装置的标配，安置在电能表的正下方。目前，试验接线辅件主要分为两种，即试验接插件和联合接线盒，试验接插件造价比联合接线盒更高，但其比联合接线盒更加可靠和便捷。这两种试验接线辅件都可以确保在同

一个回路中，主副关口电能表的在线校验与带负荷换表操作能够独立进行，不会对彼此的准确计量造成干扰。

试验接线辅件的设计缺陷是带电换表作业中的关键风险因素。在实际应用过程中，尤其是在设计和安装阶段，试验接线辅件存在以下 3 个问题。

(1) 一套试验接线辅件同时用于多个电能表，使带电状态下更换电能表时难以准确读取更换电能表期间的电能损耗，因而造成电表读取存在一定偏差。

(2) 若采用试验接线盒的方式，试验接线盒安装的位置太靠下或与线槽间距太小均会影响接线的安全性，进而影响试验接线盒的作用效果。若采用试验接插件的方式，其电流的零线不接线也会导致电能表难以实现带电更换。

(3) 未按照“下进上出”接线原则进行接线，容易造成接线混乱，同时给线路校验增加难度。

### 2.2 关键技术剖析及管控

使用环 5M 带电更换电能表作业对现场作业的安全风险和电量损耗因素进行评估，进而针对性地制定相关管控措施<sup>[5]</sup>。

(1) 不停电更换电能表是一项技术性要求较高的专业作业，需要针对具体情况进行规划，并制定详尽的操作方案和流程。在作业过程中，现场工作人员应对作业内容、作业风险和防范措施进行严格把控，同时认真做好记录，确保更换作业的安全、顺利进行。

(2) 低压用户电能表在负荷状态下更换电能表时，应始终警惕电流互感器发生二次短路、辅助电源短路以及人身触电等安全事故。在断开和恢复电流端子的操作中，应使用现场校验仪进行实时监控，确保操作安全无误。

(3) 在电能表进行更换前，需要仔细核对旧电能表与新电能表的尺寸是否一致，并考察电能表表尾的接线裕度。换表后，应检查电能表的定位是否牢固。

(4) 在电能表更换前，应采用彩色胶带或彩笔对电能表的各接线进行标记，以避免在更换过程中发生接线错误，引发安全隐患，甚至造成电路短路、产生火情。

(5) 在电能表被短接并更换的过程中，先记录换表前后电能表的读数及平均功率，然后应根据电能表更换所花费的时间估算停计电量。这一估量可根据计算换表前后的平均功率与换表时间的乘积得出。若换表花费的时间过长或换表时负荷波动较大，则容易给电量估计带来较大误差。因此，在电表更换的过程中，应缩短换表花费的时间，从而降低电表计量的误差。

(6) 在整个电能表更换的过程中，应实时关注电能表的显示状况、脉冲闪烁频率等。

## 3 带电更换低压用户电能表作业对策及优化

以往对电能表进行更换时，通常会先将电路切断，中断电力供应，然后再更换电能表。这种做法受电能表接线方式的制约。因此，本文对

此设计了一种带电更换低压用户电能表的方法，用于达到预期效果。该方法将电能表一端的进线与电能表另一端的出线进行短接，进而在供电不中断的情况下实现对电能表的短接，然后再进行不停电更换电能表操作。该方法的具体实施对策如下。

### 3.1 绝缘板设计

使用自锁螺丝固定电能表的端子，确保铜刺片能够有效接触导线内的铜芯。衬板被设计为可分段的结构，通过铰链连接，其翻折角度可在 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  范围内调节。在衬板的四周应采取防水和防潮的处理措施。

### 3.2 端子排设计

利用自锁螺丝将铜刺片与绝缘板牢固地连接在一起，以确保铜刺片与导线内的铜线充分接触，铜刺片与绝缘板结构设计图如图 2 所示，从而实现电流的有效分流。夹线槽的中心间距与接线端子的中心间距保持一致。火线和中性线的进出线位置均设有一个自锁螺丝孔，用于固定绝缘板。此外，该装置还配置有载波采集器的电源接口。

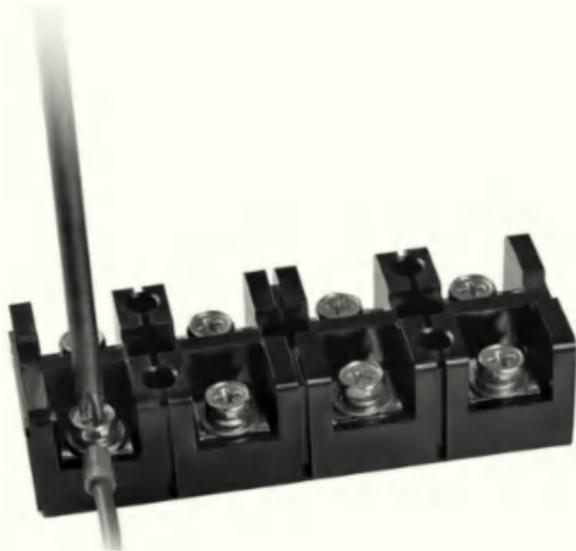


图 2 铜刺片与绝缘板结构设计图

### 3.3 铜刺片设计

通过将导线绝缘层夹在绝缘底板与端子排之间，使铜刺片的刺针能够穿透绝缘层，接触到导线的金属铜芯。这些铜刺片设计用于适配 10mm 和 16mm 的导线，确保在穿透绝缘层后能够稳定接触到金属铜部分。铜刺片尾部的内径为 5mm，与短接插板相匹配。

### 3.4 电能表盖板设计

该装置可覆盖不间断电力换表线夹和电能表的接线端子，并与电能表端子盖实现互锁，以确保未打开电能表端子盖时无法拆卸，有效发挥防止盗电的功能。

### 3.5 短接板设计

为了支持不断电电表更换线夹以完成电表更换作业，该装置包括以下关键结构，即带有可伸缩绝缘保护套的短接柱、自锁机制、标准计量单元和温度测量贴片。辅助结构包括但不限于照明设备、正向指示箭头和电源指示灯。

## 结语

本文就智能电网下带电更换低压用户电能表的作业展开了深入探讨，提出了一种新型的带电更换低压用户电能表的方法。该方法通过短接电能表的进出线路，实现在不中断供电的情况下安全更换电能表，有效降低因停电而导致的用户和企业的损失，提高用户满意度。同时，通过记录更换前后电能表的平均功率和更换时间来估算停电量，减少了读数误差，确保电力计量的准确性。此外，本文还分析了带电更换电能表的危险因素，并提出了一系列关键技术措施和管控策略，以确保操作的安全性和高效性。

本文的设计和实施对策为低压用户电能表的带电更换提供了可行的解决方案，不仅提升了电网运营的智能化水平，还为电力系统的经济、高效和可靠运行提供了重要支持。

## 引用

- [1] 张峰毓,李铭,霍政界,等.不停电更换电表方法及其装置[J].产业科技创新,2020(26):52-53.
- [2] 刘洪儒,郑庆阳,阮召安.具有不停电换表功能的单相电能表接插件的研制[J].农村电气化,2019(4):73-75.
- [3] 储海峰,朱勇,郭鹏程,等.具有蓝牙通信功能的不停电换表装置研制[J].通信电源技术,2020,37(4):17-18.
- [4] 李明远,李少娟,唐楚凡.一种通用型单、三相电能表不停电更换装置[J].中国新技术新产品,2020(21):66-68.
- [5] 许继东,巴德彘,谭畅,等.一种不须停电且无电量损失的电能表更换方法[J].农村电气化,2024(7):91-92.

# 基于区块链技术的 物联网智能印章管控系统设计与实践

文 ◆ 安徽继远软件有限公司

谢贵德 杨德胜

国网安徽省电力有限公司马鞍山供电公司 胡 翊

## 引言

印章作为企业风险防控体系中的重要一环<sup>[1]</sup>，当前企业印章管理普遍采用线上用印申请与线下手工用印相结合模式。线上用印申请与线下用印盖章脱节，无法形成闭环管控，在印章管理、用印过程管控、数据安全方面仍然存在过程监管缺乏、用印效率较低、管理成本较高、数据防篡改措施不足等问题。通过开展物联网智能印章管控系统平台建设，结合物联网智能融合签章工作台装置<sup>[2-4]</sup>，实现了线上用印全过程闭环管控，解决了监管缺乏、用印效率较低、管理成本较高的问题。随着区块链技术的快速发展，其去中心化、防篡改等技术特性<sup>[5-6]</sup>，可有效解决原有的系统平台数据防篡改措施不足的问题。

## 1 区块链技术在物联网智能印章管控系统的应用

物联网智能印章管控系统作为实体印章使用管理业务和印章智能终端的应用与管理平台，通过接入印章智能管理终端设备，

并通过印章智能终端设备采集用印过程监控视频、用印图片等数据上传至印章管控系统，与用印申请记录形成一一关联，形成用印全过程档案数字化，实现对印章实体管控全生命周期管理和用印过程管控全流程管理，提升了企业印章管理业务数字化水平。

在传统的物联网智能印章管控系统中，通过数据加密存储与传输、防火墙设置、权限控制、安全策略设置等多种技术手段来保护数据安全和系统安全，但仍无法完全实现禁止数据被篡改、删除等问题，在系统数据透明性和可追溯性方面仍然存在不足。在区块链结构中，数据以区块的形式被存储和组织，每个区块之间通过加密的哈希值与前一区块和后一区块进行链接，形成一条不断延伸的链条<sup>[7]</sup>，并依托其分布式账本技术将数据记录在多个节点上，所有的节点都存储完整的数据副本，这种特殊的数据组织方式使区块链技术具备数据不可篡改的技术特点，从而有效解决了物联网智能印章管控系统中数据防篡改的技术难题，提升了系统软件的数据安全性和完整性。

## 2 基于区块链技术的物联网智能印章管控系统设计

### 2.1 用印全过程流程设计

基于用印前可预防、用印中可控制、用印后可追溯的用印全过程控制流程设计思路，开展用印全过程流程设计工作。用印全过程业务流程如图1所示。用印申请人在物联网智能印章管控系统中发起用印申请，经过逐级审批通过后，用印人携带用印材料前往签章工作台开始自助用印，选择人脸识别、用章码、身份证信息读取任意一种方式进行身份认证识别，认证通过后开始用印。用印过程中，系统会对用印五要素基本信息、用印过程监控视频、用印瞬间图片进行抓拍，并进行数据采集和回传上链。用印次数在本次用印完成后自动结束，用印次数未用完，在有效期内可以再次使用。

### 2.2 系统架构设计

物联网智能印章管控系统自下而上分别是基础层、应用服务层、核

【作者简介】谢贵德（1989—），男，安徽安庆人，硕士研究生，中级工程师，研究方向：电力大数据、人工智能、软件研发。

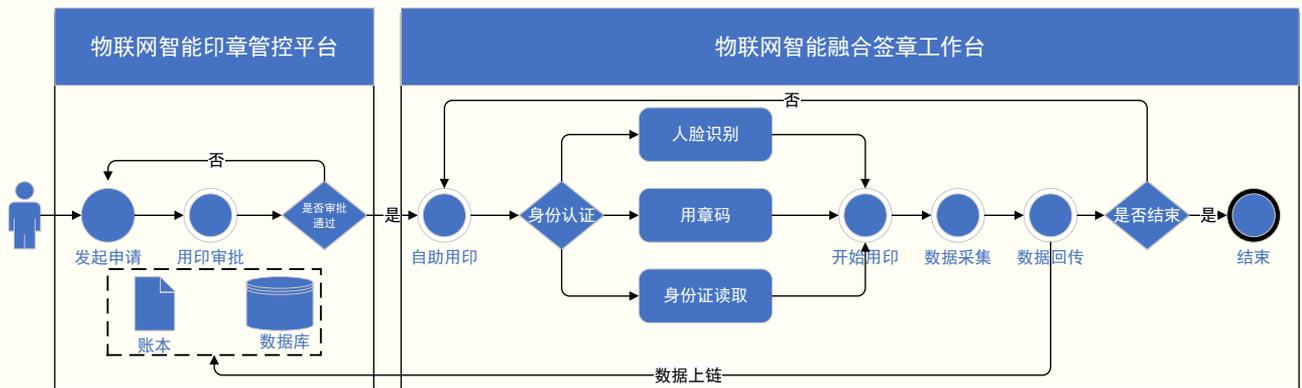


图 1 用印全过程业务流程

心层和用户层，各层之间通过 API 接口或 SDK 包进行连接。用户层提供与用户进行交互的系统界面入口。应用服务层包括印章智能管控和区块链监控两个部分，印章智能管控包括用印申请与审批、流程配置、智能印章管理、用印档案管理、电子围栏服务、用印统计等功能；区块链监控用于对整个区块链网络进行监控与管理，通过该模块可以实时获取通知消息，查看各个节点网络状态和交易历史记录，包括智能合约、节点管理和共识机制的状态监控。核心层负责智能合约的有效管理，确保合约逻辑的有效精准执行，同时还包括身份管理和鉴权服务，依托 P2P

技术实现所有节点的同步，保证各个区块完整性和统一性。基础层用于记录用印申请信息、流程信息、用印过程五要素等结构化数据。针对用印过程的视频监控非结构化数据，为保证系统数据真实性和经济性，系统会自动生成元数据，包括数据的哈希值、



图 2 红外电子围栏监控区域示意图

大小、创建时间等信息，并将这些元数据进行上链，实现非结构化数据不可篡改的要求。

### 2.3 数智化印控管理装置关键技术之电子围栏设计

确定红外发射器角度，并划分步骤。(1) 步骤一：在高拍仪高度确定的基础上，设定红外发射器角度（前后角度 A、左右角度 B）。(2) 步骤二：将红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围的重合区作为电子围栏监控区域，若红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围不完全重合，则转到步骤一，重新设定红外发射器角度；若红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围完全重合，则进行下一步。(3) 步骤三：在数智化印控管理装置桌面划分电子围栏区域，即盖章区域，红外电子围栏监控区域示意图如图 2 所示。

红外发射器角度经初步试验找出，红外发射器角度的前后角度 A 范围为  $64^{\circ} \sim 100^{\circ}$ ，左右角度 B 范围为  $80^{\circ} \sim 146^{\circ}$ ，红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围重合度达  $\geq 99\%$ 。为找到红外发射器最佳角度使红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围完全重合，本文采用黄金分割法确定红外发射器角度最优值。经测试，红外发射器角度的前后角度 A 为  $72^{\circ}$ 、左右角度 B 为  $96^{\circ}$  时，红外发射器识别范围和高拍仪图像采集范围重合度高达  $99.99\%$ 。

## 3 基于区块链技术的物联网智能印章管控系统实现

### 3.1 区块链网络的部署及实现

物联网智能印章管控系统区块链网络选用长安链进行搭建。

长安链拥有完善的权限管控机制和隐私保护机制，支持安全的存储模式，兼容主流国产处理器和操作系统，自研高效合约引擎、高性能流水线共识算法 MaxBFT 和高速 P2P 网络 Liquid，实现预写日志、异步落盘的高效存储方式，具备高并发、低延时的技术优势，交易吞吐能力可达 10 万 TPS。按照长安链部署指南，包括安装环境依赖、部署区块链网络、设置身份管理模块、部署共识算法和智能合约。通过对用印全过程视频数据按照标准数据格式进行提取生成元数据，并进行上链操作。

### 3.2 完成红外电子围栏场景部署

在集成高拍仪的基础上，通过集成红外发射器模块在数智化印控管理装置桌面划分电子围栏区域，即盖章区域，实现限定印章使用范围，超出范围立即锁定印章、无法用印，并向印章管理人员进行预警提示。

### 3.3 物联网智能印章管控系统实现

依据总体设计原则的要求，系统设计实现时选择先进、成熟的技术路线、架构、开源产品，同时兼顾目前国家电网公司信息化系统现状，即要体现先进性，又能保证与已有技术路线的兼容。经过调研分析，系统选择 Web 技术路线，使用 Java、JS 等开发语言，支持 JAVA EE 部分规范，采用分层技术和面向服务的技术架构，支持主流中间件，融合主流、成熟的开源软件。

## 结语

物联网智能印章管控系统实现与应用，进一步加强企业印章规范化管理，实现了印章从实体管控、用印过程管控、用印数字监管 3 个闭环的规范管理。通过采用印控管理作为一种新型的印章管理模式，系统将用印管理、用印过程审批和业务管理系统相整合。此外，区块链技术的应用确保了用印过程中数据不被篡改，让每次盖章都有“印”可查。

## 引用

- [1] 杨德胜.基于AIoT 的智慧印章管控系统探索与实践[J].电力信息与通信技术, 2021,19(7):98-103
- [2] 杨德胜,张君,俞雯静,等.物联网智能融合签章工作台的设计与实现[J].电力信息与通信技术,2022,20(4):56-62.
- [3] 杨德胜.新型物联网智能融合签章工作台探索研究[J].电力信息与通信技术, 2022,20(7):102-108.
- [4] 魏永,杨德胜,谢贵德.便捷式物联网智能融合签章装置探索与实践[J].科技创新与应用,2022,12(33):24-27.
- [5] Yadav A S,Singh N,Kushwaha D S.Evolution of Blockchain and Consensus Mechanisms & Its Real-world Applications[J].Multimedia Tools and Applications,2023,82(22):34363-34408.
- [6] 张桂鹏.基于区块链的云数据安全存储技术研究[D].广东:广东工业大学, 2022.
- [7] Truong N B, Sun K, Lee G M, et al.Gdpr-compliant Personal Data Management:Ablockchain-based Solution[J].IEEE Transactions on Information Forensics and Security,2019(15):1746-1761.

# 工程测量中 GIS 技术和数字化测绘技术的应用

文 ◆ 中航凯迪恩机场工程有限公司 杨杰

## 引言

近些年来，现代科学技术以及各项数字化技术的发展，为更多行业的改革与创新提供了强劲的技术支持。工程测量领域获得 GIS 技术与数字化测绘技术的加持后，工程建设质量以及施工效率均得到了显著增长，上述技术已成为当今工程测量领域改革与现代化发展的重要辅助。为了进一步推动 GIS 技术与数字化测绘技术在工程测量领域中的普及和应用，促进工程测量领域中数据实测的自动化升级与技术创新，本文对 GIS 技术与数字化测绘技术做出了简要叙述，讨论了上述技术在工程测量中的具体应用，以期为实测作业中使用 GIS 技术与数字化测绘技术、全面提升工程测量作业效率、助力其现代化、数字化转型提供参考与借鉴。

## 1 工程测量中的 GIS 技术与数字化测绘技术概述

### 1.1 GIS 技术

GIS 技术即地理信息系统，被广泛用于多领域的测绘工作，该项技术融合使用了多种现代化科技，为工程测量提供基于现代化技术手段的数据可视化转化、空间分析等多种功能，可以快速、实时采集被测目标处的地理数据信息，并通过初步分析与简要处理，完成数据分类、管理、储存等工作。在工程测量中，GIS 技术的应用包括数据输入、分析、处理、编辑与储存、输出处理等多个环节。在分析、处理、编辑数据信息的过程中，GIS 技术可将原始的数据信息转变为图形信息，不仅能够提高信息的易理解程度，还能丰富信息的应用场景<sup>[1]</sup>。

近些年，GIS 技术在工程测量领域中的应用体现出诸多优势。一方面，使用 GIS 技术后，测量人员可直接获取对应区域的详细地理数据以及相关信息，为后续开展测绘工作提供了便利条件。另一方面，GIS 技术能与多项现代化测绘手段结合使用，是现场实测与跟踪测绘的必要手段。例如，在应用 GIS 技术的同时，加入模拟化技术、可视化技术以及核心的地理信息技术，可以快速获取工程数据信息，实现信息的高速整合以及网络环境下的数据分析与数据动态追踪。

### 1.2 数字测绘技术

数字测绘技术是一种基于数字技术的新型测绘理念与技术，包括

GIS 技术等在内的多种测绘技术都归属于数字化测绘技术范畴。数字测绘技术应用在工程测量领域，有利于提高工程测绘的便捷性、灵活性以及工程测量的精确性。测量人员可基于实际测绘任务需求，应用更先进的数字化技术，以现代科技手段辅助成图。在实践中，数字测绘技术能够实现自动化的数据采集与基础处理，其中融合使用了多种现代科学技术，能够自动绘制工程图与地形图，以顺利、快速完成工程测量任务。数据测绘技术中的 RTK 技术是工程测量高精度与高效率的保障，图形再编辑与数据处理等基础功能则是测绘与图像编辑的基础技术保障<sup>[2]</sup>。

数字测绘技术在工程测量领域中的主要应用优势体现在自动化处理能力、图形编辑能力以及数据动态化处理 3 个方面。应用数字测绘技术后，系统将完成数据的自动化处理，可以执行数据自动校对与自动化绘图制图等任务。图形编辑能力则可根据实际需求，对已经绘制完毕的各个模块做调整、修改、编辑等一系列处理。动态化处理功能主要由 RTK 技术提供，基本可以满足测

【作者简介】杨杰（1988—），男，甘肃白银人，初级工程师，研究方向：工程测量。

绘所需动态化处理需求。

## 2 工程测量中 GIS 技术的应用

GIS 技术在工程测量中的应用，以对空间数据信息和地形信息的处理、分析、储存为主，使地理信息在工程测绘中发挥出最大价值，有效提高工程测绘质量。在实践中，GIS 技术将设置数据库系统，合理应用数据库功能，充分发挥在数据处理、整合等各方面的作用，避免部分硬件闲置的问题。在实际测量任务中，GIS 技术展现出传统测绘技术难以比拟的功能，不仅能够妥善完成切面图形、三维立体坡度图形等复杂测绘图像的绘制任务，还能凭借系统内置软件搭载的筛选功能，剔除信息中的无用数据，执行针对特定筛选目标的数据分层处理。

### 2.1 在数据规划方面的应用

利用 GIS 技术获取的地理坐标信息、空间信息均属于工程测量中的空间数据，是一种较为特殊的数据类型，在储存前必须进行特殊的集中处理。然而，由于工程测量任务较重，导致测绘人员需要对大范围区域进行详细测量并完成精细化工程图绘制任务。因此，应确保所有数据信息的准确性，并发挥 GIS 技术在数据规划方面中的作用，为后续的数据分析与整体预测工作提供保障，使各个要素均符合设定要求。在数据规划工作中，应将 GIS 技术与数据地图技术和遥感技术整合使用，对前端获取的工程实际数据进行统计、分析和处理，展开矢量数据与混合数据的整合以及数据类型结构的转换，重点突出被测对象的线、面空间位置关系。使用 GIS 技术进行数据规划

时，必须重视各环节操作的细节问题，加强细节处理，确保前期收集的地形地貌数据以及地物信息的完整性、详细性和精准性，再通过标准化操作，完成对数据的整体规划，实现空间数据的分层分析<sup>[3]</sup>。

### 2.2 在数字制图方面的应用

GIS 技术在工程测绘数字绘图中表现出强劲优势。绘制数字工程图需要用到多种信息，除了常规被测对象的地形地貌数据、地物分布情况数据外，还要测量目标区域的其他自然条件数据，包括水文、地貌、气象特征与过往地质灾害等，考察对象复杂，需要分析的数据类型较多。GIS 技术在该环节投入使用，可以为制图系统快速处理数据信息，完成多种类信息的对比、统计与比例换算提供便利条件。将 GIS 技术与 3D 技术、虚拟现实技术、数字遥感技术结合使用，不仅能够快速完成数字制图任务，还能够显著提高制图效率，保障制图质量。

### 2.3 在数据转换方面的应用

GIS 技术在工程测量数据转换环节表现出了强大功能。在工程测量现场，将使用各种类型的专业仪器与数据传感器收集数据信息，而不同仪器的检测数据格式并不统一。因此，在对数据进行统一规划前，应整合不同数据信息的来源，完成数据格式的转换工作。在数据转换中使用 GIS 技术，首先在数据与 Coreldraw 之间建立联系，其次通过直接转换或中位数据方位转换完成数据处理。其中，直接转换应使用软件自带的 vba 转换编写程序，在了解数据类型及其结构组成后，便可直接使用该编程序中的修改与执行指令，完成数据格式转换。中位数据方位转换则是针对 DWG 与 DXF 之间的数据格式转换工作建立的中央数据平台，经该平台进行转换处理的数据将被统一成 MIF 格式。

## 3 工程测量中数字化测绘技术的应用

数字化测绘技术类型众多，包括但不限于 GPS 技术、RS 技术、RTK 技术等。简而言之，数字化测绘技术本身便是多种技术类型的集结体验，是整体性的技术概念，所以该类技术在工程测量中的应用极为广泛。随着现代科技的发展，数字化测绘技术也在不断创新，未来一段时间内，其应用范围将持续扩张，为工程测绘行业提供更强劲的技术支持。

### 3.1 在数据收集中的应用

数据收集是数字化测绘技术在工程测量中最为关键的应用形式。近些年，社会各界对工程建设的需求量持续上涨，工程测量任务的重要性也不断攀升，测绘人员的工作量及其面临的工作压力越来越大。在此背景下，积极引进数字化测绘技术，有利于工程测量作业的自动化、现代化转型。数字化测绘技术能够代替部分传统以人力为主的数据收集工作，其智能化与自动化特征在数据收集任务中表现出了较好优势，能轻而易举地采集复杂情况下的工程数据，并精准反映工程测量结果。通过实时传感器，可以实时记录特殊条件下地质特征的即时数据，保证数据信息的完整性、全面性。数字化测绘技术下包含多种数据收集工具，在各个环节、各个应用场景发挥着不同作用。例如，传感器工具主要用于数据采集，RFID 工具用于数据传输，信息化系统用于消息传达，大数

据工具用于数据分析，云平台工具则负责数据储存<sup>[4]</sup>。

### 3.2 点云的应用

在工程测量中，点云是通过多种专业测量仪器获取目标对象外观的点数据合集，常见有三维坐标测量点云、三维激光扫描仪点云、照相式扫描仪点云。其中，三维坐标测量机可获取的点数据数量较少，形成的数据合集也相对较小，点和点之间的空隙大，因此三维坐标测量点云是典型的稀疏点云。另外两种专业仪器扫描得到的点数据数量多，点与点间的空隙小，最终形成的点呈密集状态，也被叫做密集点云。数字化测绘技术凭借自身的功能特征，对获取的被测目标外观数据点云进行处理。首先，利用点云滤波功能对数据进行预处理，筛选其中密度不规则或因遮挡导致的离群点。其次，应用计算机视觉、激光雷达、坐标测量等技术对点云数据进行深度分析，获取可反映出被测目标景物几何形状的深度图像。再次，通过 Hariis、NARF 等技术分析点云的原始数据，对其进行稀疏化处理，获取点云中的关键点数据，完成关键点提取。此外，通过 3D 点云特征采集与提取，完成对点云信息的识别重采、分配和重建，获得被测目标全局的拓扑特征与几何特征。最后，通过数据处理合并与映射，完成点云配准，将数据并入全局模型，将测量值设置为全局特征或姿态，即可完成多个局部点云的配准。

## 4 GIS 技术与数字化测绘技术在工程测量中的应用实例分析

以罗安达新机场项目飞行区场道工程项目中 AC-16 改性沥青砼试铺试验为例。该项目主要施工地点为南飞行区域 E 联络道道面区域，本次实铺面积为 6054.89 m<sup>2</sup>，实际施工坐标为 L155+15-L105+12.5/L158+32.5-P108+5。施工准备阶段，测量人员展开了对道面积层高层的复测工作，通过 GIS 技术与数字化测绘技术编制了适宜本工程的摊铺作业方案。现场测量放样分为平面测量与高程测量，其中，平面测量要根据摊铺方案定位现场摊铺线，使用白灰撒布，确定摊铺机行进方向；高程测量以虚铺系数 1.22 为标准。施工期间，应由测量人员对高程进行跟踪测量，该阶段应以现场实测为主，GIS 技术的应用为辅，获得碾压面的实测数据，保障实测数据的精准度，计算出实际摊铺系数。

沥青混凝土面层实测时，针对不同检查项目对应的检查方法与检查频率，在规定位置处架设了多个传感器，实现了对指定位置处的实时测量，获取了精准的检测结果。例如，检测路面平整度时，共设 3 种不同的检查方式，先使用 3m 直尺，连续测量 10 尺并取其中最大值；在跑道、滑行道、机坪处安置传感器，每 2000m<sup>2</sup> 测量 1 处；在道肩、防吹坪处安置传感器，每 3000 m<sup>2</sup> 测量 1 处。在测量高程时，将水准仪与传感器架设于跑道、滑行道上，每隔 50m 便测 1 个断面，每个断面共测 5 个点；测量机坪高程时，测点间距以 20m 为宜；测量道肩、防吹坪时，应每隔 100m 测 1 个断面，每个断面取 3 点。

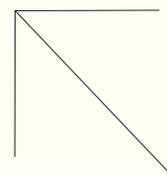
通过传感器采集数据，再通过 RFID 执行数据传输，经过信息化系统、大数据技术对信息进行传递分析，通过中心控制系统，即可甄别数据并做出相应响应，最后将检测得来并已完成初步分类与处理的信息储存于云平台中，作为本工程实测数据。

## 结语

科技发展步入新时代后，工程测量领域迎来了崭新的发展机遇，将 GIS 技术与数字化测绘技术用于工程测量，凭借现代科技的力量，通过数字化技术、信息化系统快速处理测量信息，完成数据统计整理与工程图测绘，是促进工程测量领域现代化发展的必然选择。目前，GIS 技术和数字化测绘技术已在数据规划、数字制图、数据转换、数据收集、点云处理等多个领域发挥出了自身的优势作用。未来，相关人员应加大力度探索 GIS 技术与工程测绘技术的应用途径，使其为工程测量领域的可持续发展贡献更多力量。

## 引用

- [1] 吴松.GIS技术和数字化测绘技术在工程测量中的运用[J].中国高新技术,2023(11):37-39.
- [2] 蔡奇.GIS技术和数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].工程建设与设计,2023(1):138-140.
- [3] 麻玉玲.GIS技术和数字化测绘技术的发展及其在工程测量中的应用[J].西部资源,2022(6):99-101.
- [4] 武兴.工程测量中GIS技术和数字化测绘技术的应用[J].中国住宅设施,2022(3):91-93.



# 物联网模块化在赋能实验教学中的应用

文◆武汉工程大学邮电与信息工程学院 尤洋 文珍 赵权 高子悦

## 引言

随着新工科的发展，提高学生“课堂质量”“动手能力”“创新思维”是人才培养的重中之重。针对部分民办或专科院校实验室建设经费有限，本文在传统的高校实验室教学上，引入实验室物联网模块化的理念，以电机拖动实验教学为例，不改变原有实验装置，设计以微控制器为核心的物联网终端模块，通过模块将实验装置联网，将实验数据数字化、网络化，实现“一个终端，多端协同”，理论课堂远程进行实验演示，更好地促进了人才培养。

## 1 高校实验教学的现状分析

### 1.1 高校实验教学现状

在高校教学实验中，实验过程通常是学生调节预留开关，或者仅仅按照设定好的参数直接观察实验现象或结果，学生自己根本不具备自主性和设计性实验的环境，难以提升实际动手能力<sup>[1]</sup>。同时，教师在理论课堂比较难以将枯燥的理论知识生动化、实例化，导致无法激发学生对课堂内容的兴趣，也无法锻炼学生的知识综合运用能力和工程实践能力。此外，在学生的工程意识、

创造性思维培养方面也有局限性。因此，在不加大资金投入的条件下，如何将传统实验室变成模块化、物联网实验室尤为重要。

### 1.2 物联网模块赋能传统实验室的思考

随着科学技术的发展，对高校传统实验室也提出了更高的要求，应满足新兴专业的需求。在保障实验环境安全的基础上，为师生提供更多的实践机会，将实验数据数字化，让实验过程和数据更好地服务到理论学习课堂上<sup>[2]</sup>。在不破坏原有实验室设备的基础上，设计物联网模块将实验数据数字化、网络化，同时开源模块套件，花费较少的经费升级实验装置，为物联网专业提供实验装置，通过模块开源给学生提供更多的实践机会。

物联网实验室是智慧校园的重要组成部分，物联网实验室 = 物联网 + 实验室 + 智能装置，以各类传感器为触觉神经元，以物联网技术为神经网络，以微控制器、云计算为中枢，运用数字化、物联网、互联网技术，为学校师生提供一个全方位的智能感知实验环境和综合信息服务平台，实现实验室的智能化、安全化和可视化管理，促进教学资源的互联和师生的互动协作，达成开放实验室设备资源、教学资源、科研资源的高度信息共享<sup>[3]</sup>。

## 2 “模块化”物联网实验室的建设框架

### 2.1 物联网实验室的建设路径

本文结合现代信息技术，构建数字化、网络化、开放式的实验室管理体系。项目建设以提升学生实践工程能力为核心，在现有实验设备的基础上，运用微控制器、传感器、物联网技术将实验过程、数据进行数字化处理，依托实验室管理系统，对传统实验教学进行创新，实现实验资源开放，实验设备的全程数字监控管理，为学生创造自主学习、创新、实践的良好环境。在教师的指导下，学生在实验课中，通过物联网模块化实验装置能更加深入地进行实验操作，培养学生的动手能力，真正提升实验教学效果、教学管理和服务能力<sup>[4]</sup>。

### 2.2 物联网实验室的拓扑结构

物联网实验室框架结构如图1所示，以传统实验设备为基础，在不破坏设备的同时，通过传感器、微控制器、物联网技术将实验设备与智

【作者简介】尤洋（1984—），男，湖北荆州人，硕士研究生，实验师，研究方向：检测技术与自动化装置。

能终端有机融合在一起，同时将相关数据通过互联网技术上传至云平台，进行大数据、云计算处理，并通过 PC、手机等终端进行查看。在保持原传统实验室的基础上，使用适当的经费，简化综合布线成本和复杂程度，提升安全防范能力的同时，进行传统实验室现代化的升级，使教师、学生、管理者都能充分利用各种教学资源，从而达到有效采集、分析、服务与应用，既能使各种接入设备协同教学，又能对各种应用场景进行仿真，为使用者营造一个高效、灵活的实验环境。

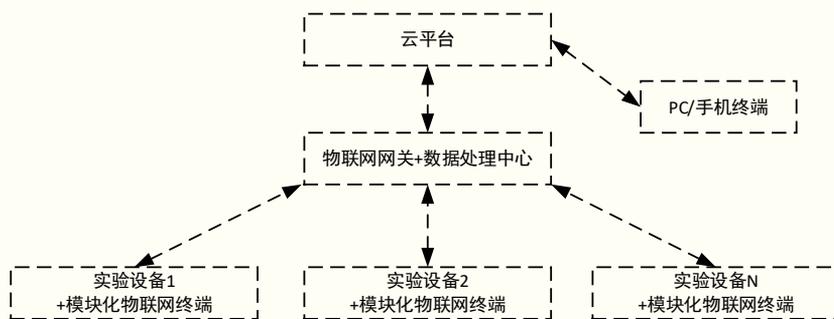


图1 物联网实验室框架结构

## 2.3 “模块化”物联网实验室的平台建设

### 2.3.1 物联网感知平台

基于“模块化”物联网的实验室信息化设计，实现了实验室开放管理的智能化，并构建了一个基于智能的实验室模型。以实验室设备为主要设计载体，充分利用各类传感器采集实验参数和环境数据，通过微控制器实现数据数字化，运用物联网技术进行数据网络化统一管理，实现实验室的数字化管理。充分利用物联网技术，对设备数字标签管理，实现进出库智能化管理，提升实验室的资产管理水平。通过 TCP/IP 协议接入云端进行实验室的在线实验，实现实验室资源开放和共享，让实验数据能够在课堂上“发言”，使教学手段更加丰富、多样化。实验室模块化是指既有传统实验室中符合实验要求和操作舒适的环境，又能灵活解决实验室只针对单一实验操作，实现在同一实验环境中能够操作多种实验，更具灵活性，运用模块化设计的灵活性和可变性，从容应对实验室的不断发展和变化。

### 2.3.2 云课堂平台

云课堂平台是充分挖掘云计算的资源和服务，整合学校现有的实验教学资源和教学系统，将云技术和教育应用紧密结合，解决传统实验教学过程中出现的诸多问题，实现实验室控制集中化、管理智能化、维护简单化，将实验室带入云的时代，通过云计算技术将实验室教学资源充分整合、云化。

### 2.3.3 大数据处理平台

大数据主要包含教学资源和管理数据、实验教学计划、学生选课、实验相关资料、实验报告书、实验成绩和实验相关的拓展背景研究网页链接、人才市场专业技能需求等。通过大数据技术，对数据进行挖掘、筛选等，将教育学、计算机科学、心理学、统计学等学科的知识应用于教育科研和教学中，协助教师改进教学方法，提升学生的学习效率。建立科学的实验教学，针对不同能力和需求的学生进行因材施教，创造最

佳教学经验，提升实验教学的品质。建立新型的科学的的管理模式，为实验室建设、实验管理，实验设备采购、实验室评估等提供强大的支撑，为实现全面控制、管理和决策提供有力的数据支持。实验室的类型从理论研究到实验教学都具有独特性、灵活性。采用物联网模块化设计，能够体现科学、灵活的规划理念。而大数据处理云平台模式是一种最具效率及成本效益的解决方案。

## 3 基于“模块化”物联网实验室的机电监控实验教学实例

### 3.1 “物联网+机电模块”运作机制

此模块主要以电机拖动实验设备为基础，结合物联网、互联网技术，搭建网络平台，设计以微控制器为核心的终端设备，实现对电机拖动实验参数的监控，将实验室的设备通过物联网技术模块化。“物联网+机电模块”以微控制器为核心，实时检测电机运行的电压、电流、功率、功率因素、转速等参数，通过继电器控制原实验设备上的电气开关，通过 WiFi 模块接入互联网，实时上传测量数据至 OneNet 云服务器。“互联网+PC”、手机端，远程监控电机拖动实验。

### 3.2 “物联网+机电模块”框架

“物联网+机电模块”框架是基于 OneNet 云服务器系统平台和“模块化”实验室模块，实现了电机的远端控制，机电模块控制系统设计框架如图 2 所示，该模块主要有两方面。

#### (1) 硬件设计

一是电源模块，提供 3.3v 和 5.0v 电源。

二是 WiFi 模块，将上传、下达数据进行网络化处理。

三是电压电流检测模块，测量电机的电流、电压、功率等参数。

四是转速，通过编码器测量转速。

五是控制驱动器，继电器控制接触器等电气开关。

(2) 软件设计包含前台、后台程序设计，程序流程框架如图 3 所示。

前台程序运行。一是查看实验运行参数信息。对待测物理量（电流、电压、功率、转速）等数据进行采集、处理与分析；对处理后的数据进行网络数据帧打包发送、接收；数据上传至 OneNet 云服务平台进行保存、对比、形成日志等管理，并进行实时更新与显示。二是查看机器状态。实时查看实验装置的工作状态，防止操作者误操作控制；对于机器出现运转异常或者参数显示异常的情况进行报警提示，并通知操作者紧急处理。

后台程序运行。根据数据采集、处理与分析、数据帧打包发送、接收、数据保存等功能占用资源时间的统计，预留一定的时间裕度，采用定时器进行时间片动态细分，确保系统的正常运行。

### 结语

“模块化”实验室将传统电机拖动实验与智能化控制、物联网技术融合，不改动原实验设备装置，实现了 PC、手机端远程监控电机拖动实验。这种实验室不仅让学生更迅速地了解相关技术产品、展开项目实践、进入开发者的角色，还能将枯燥的专业课程与学生的兴趣相融合，并

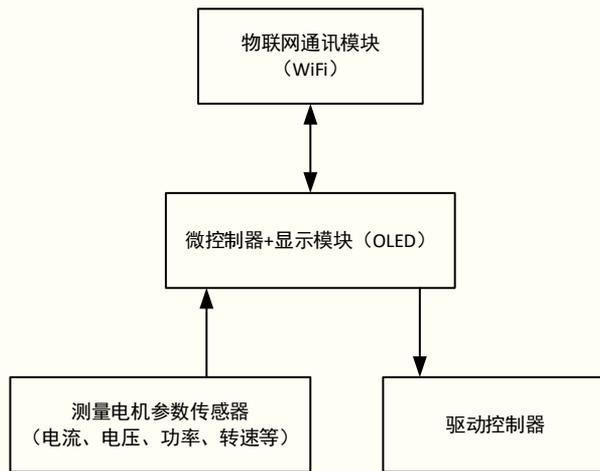


图 2 机电模块控制系统设计框架

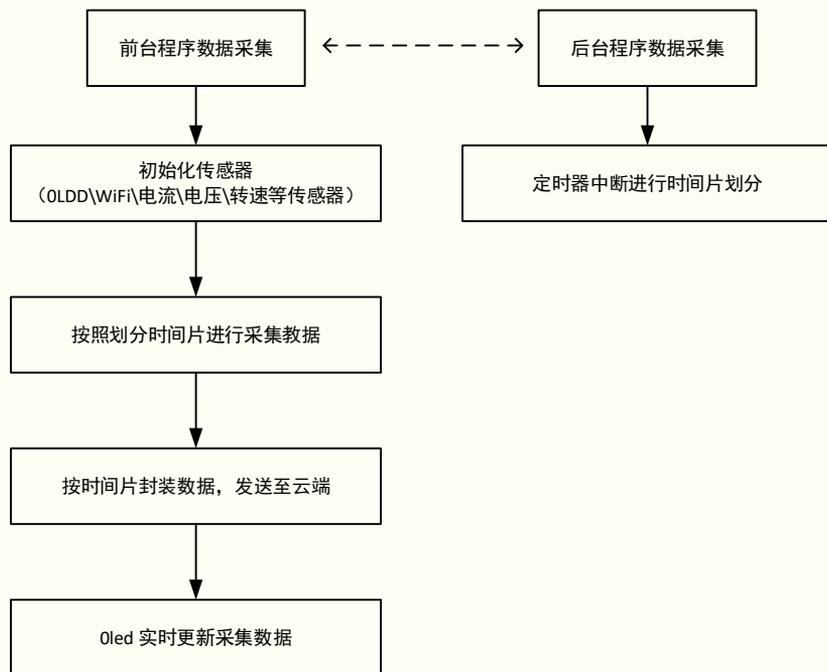


图 3 程序流程框架

将其与专业的实验相融合，从而达到“激发兴趣”“发掘潜能”的理念，是培养创新型人才的有效途径。<sup>[8]</sup>

### 引用

- [1] 张国华,叶苏龙.高职物联网专业的模块化教学[J].福建电脑,2021,37(11):130-132.
- [2] 陈文艺,高婧,杨辉.物联网网关实时双向通信模块化设计[J].计算机工程与设计,2021,42(5):1215-1221.
- [3] 陈又圣,于培宁,张春晓.基于模块化项目教学改革探究——以物联网应用技术专业为例[J].深圳信息职业技术学院学报,2021,19(3):73-77.
- [4] 李婧媛.物联网产业模块化构造与商业模式创新研究[J].中国管理信息化,2019,22(22):151-152.

# 无线数字测量系统 在转向架检修过程中的应用研究

文◆ 中铁第四勘察设计院集团有限公司机械动力设计研究院 张伟

## 1 研究背景

传统的转向架检修过程中，在作业工序数据采集环节，通过手工记录数据，并逐个手抄填录至检修管理系统表单内。传统的采集方法存在测量数据量大、录入时间长、无法做到实时收集、数据记录以及二次录入过程容易造成数据失真等问题，严重制约了作业效率提升，无法达到质量管控要求。伴随国家铁路大发展，车辆检修任务随车辆配属数量逐渐增加而增多，其对应的转向架检修测量也日益增多。随着智能检修技术的发展和推广，对实时测量数据的收集和处理分析工作要求越来越高，采用新手段、新技术，提升测量效率和质的需求迫在眉睫<sup>[1]</sup>。

随着无线网络技术的发展，各种无线通信技术层出不穷，如短距离无线传输的 WiFi、UWB、Bluetooth、ZigBee、CFDA 等无线网络技术，远距离传输的 GSM、GPRS 等无线网络技术。相对于有线网络，无线网络具有组网更加灵活、网络扩展性能好、易于维护等优点。随着无线网络技术的应用越来越成熟，无线网络在测量系统中正在逐步替代有线网络，成为测量数据传输不可或缺的载体。

因此，通过对各种无线测量设备的研究与应用，重点利用蓝牙和 WiFi 技术，并进行数字化测量工具的选型，介绍了系统的组成，结合测试情况，最终实现了数字测量工具在转向架检修中的应用。

## 2 无线数字化测量工具简介

在实际运用过程中进行数字压力表、数字万用表、数字钳形表、数字激光尺、数字扳手的选型，这些数字化工具的厂家一般都会提供工具对应的通信协议和单体采集软件，通过单体采集软件，连接和控制数字化工具。作业人员在使用工具上的触发按钮进行测量，每测量一个点上传一个作业数据，单体采集软件接收到数据后，按通用的控制方法将数据填写到文本文件或者软件固定的格式。然而，直接使用数字化测量工具厂家提供的工具和软件无法满足转向架检修复杂的测量工艺中过程控制的要求，为此需要进行一整套运用系统的研究<sup>[2]</sup>。

## 3 应用系统设计

### 3.1 现状与需求

通过前期与某动车段高级修转向架车间进行的生产过程调研、装配人员的作业过程技术交流，目前在转向架车间数字化测量工作中存在以下情况。

一是测量手段、器具较为传统。据现场人员介绍，目前大量的测量工具仍然以普通的卷尺、卡尺、钢板尺以及一些辅助器具为主，绝大部分为哑设备，不具备数字化测量、无线上传等功能，通过人工读取进行数据采集。二是数据记录方式原始、重复操作。各工位的作业记录和测量记录仍以纸质为主，作业完成后需要手动录入车间 MES 系统，填写效率低、浪费资源、查询困难、信息传递实时性较低。三是过程管控无抓手。生产过程大部分由作业人员自主手动操作执行，存在操作失误、不规范动作、必要步骤缺失、填报失误等执行中的问题，由于缺少管控手段，这些问题不可避免地会导致缺陷、异常、偏差等情况的发生，不仅给后续工序带来困扰，还给产品质

【作者简介】张伟（1976—），男，四川内江人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：机车、动车组运维工艺设计。

量和运用埋入隐患。四是质量管控繁琐。为防止质量问题而施行的作业互检、质检检查、前后工序对比核实等都是基于大量的纸质记录，结合现场工况执行，过程繁琐，容易出现错误漏洞，品质分析和质量异常预测更无从谈起。五是进度管控效率低。在整体车间，由于没有基础的信息采集、汇总，未打通与车间的MES系统的信息通道，无法全面、快速、整体了解生产计划完成情况、作业过程异常报警等，管理效率低<sup>[3]</sup>。

### 3.2 系统设计原理

本系统采用分层设计的原理，规划建立一个4层数字化采集系统结构，分别为数字化测量平台层、测量作业管控层、工位采集终端层、智能化工具工装层，各层分工及作用如下。

(1) 数字化测量平台层。负责基本信息管理、测量工艺配置、工艺路径配置、班组和人员信息管理、现场测量管控工作站管理、测量计划任务管理、测量数据接收汇总、测量单据接收查询、上层管理系统交互、测量数据分析统计等业务。本层向上对接车间MES系统，获取工件基本信息，接收作业计划并分解、发送至各个测量作业终端，接收作业数据进行存储、汇总，作业完成后上报作业计划完成情况和测量数据至MES系统。

(2) 测量过程管控层。负责现场身份验证、测量作业工艺下载、查询和接收作业任务，引导作业人员执行测量过程，并对其进行现场评判和管控，质量人员对作业结果进行检查和确认，作业完成后上报至测量平台。这一层的测量终端设备分为两种，一种为直连式，可以直接通过移

动终端直接连接智能工具工装，方便大范围移动式作业。另一种为集中式，通过工位采集终端对智能工具工装进行集中管理和转发，适用于区域内有大量不同种类、不同量纲、多把工具的测量场景。

(3) 作业工位采集层。负责对各测量工具配置、监控、连接、转发。向上接收测量作业管控层下发的作业命令和测量参数，转化为工具的控制命令，向下发送工具控制和测量指令，监控工具状态，接收测量结果和数据，并回传至作业管控层。

(4) 智能工具工装层。针对不同工位工序、测量要求，针对不同的测量需求，如尺寸测量、螺栓扭矩测量、电气参数测量、压力值测量、加速度值测量、硬度测量等，提供各种智能工具和工装，满足不同场景的测量需求。

### 3.3 总体流程

首先，由车间上层MES系统创建提供来料信息，发送或导入数字化测量管控系统，或者车间计划人员提供作业计划，创建作业计划。其次，本系统结合电子化作业工艺进行分解，分解成各个工位的作业任务(工单)，并下发至各个工位或者由工位查询获取作业任务。再次，各工位开始执行作业，通过手持测量终端、移动式测量工作站或开启自动机器视觉测量站，进行尺寸测量，接收测量结果并确保保存，更新作业进度，各互检人员、质检人员对作业结果和数据进行核对检查。最后，各工位完成作业后，任务单据和测量数据自动关联并上传、汇总至测量管控平台。本系统将任务完成情况整理成计划完成进度，将其反馈给上层MES系统。

### 3.4 系统平台

基于既有的检修过程管理平台应用软件功能模块，按需进行扩展设计开发，使其符合测量作业业务要求，满足基础数据管理、人员身份和验证管理、工厂实体模型配置、数据字典、各工件类型结构、测量工艺电子化、工件信息管理、作业任务管理、作业记录管理、采集设备与作业终端监控、测量作业记录查看、报表管理的需求。

### 3.5 终端作业控制

系统具有多样化的过程控制终端软件，针对不同的场景提供不同的软件，不同软件可运行在同一平台。针对固定式作业，提供桌面站测量，可连接多种、多个不同的测量工具、工装，可以显示更多信息内容。针对大范围移动式作业，提供手持移动式作业终端，手持作业终端可以直接连接工具，具有便携、可移动作业的特点。

#### 3.5.1 桌面端作业软件

桌面端测量终端软件具备人员身份识别、任务查询接收、引导式作业、六元素采集控制，可连接多个不同种类的工具进行协同测量。桌面站可以方便查看前道工序的测量结果，以便于当前工序更加准确、快捷。通过图文、视频等方式进行引导式作业，减少操作失误。配合视频监控摄像头，对作业过程进行视频影像录制，以视频方式记录作业过程。在一个屏幕上查看人员、工具、物料、作业工序、作业工艺要求、数据采集展示、偏差判断，适用于作业场景。

#### 3.5.2 移动端作业软件

移动端测量终端软件具备人员身份识别、任务查询接收的功能，可

以直连测量工具，软件从平台上下下载作业任务、工具配置、作业方案配置，其焦点在数据接收后按公差标准要求实时反馈判断，并记录测量数据和结果，数据在本地缓存，作业完成上传至管控平台，方便需要移动式测量、高空、近距离确认的作业场景。

### 3.6 作业设备集成

为进行一体作业，设计和开发了移动数字化工作站，包括电动牵引车承载工具物料箱、平板交互终端、扫码枪以及作业使用的手持终端、各数字化工具。平板交互终端、手持终端均采用无线网络进行通信，扫码枪、数字扳手、数字式压力表、万用表、钳形表、激光尺、点温枪等采集工具均采用蓝牙通信方式与平板交互终端、手持终端进行数据交互。

## 4 系统应用

本系统应用于类似动车组高级修转向检修或者车体检修等车间，车间里一般具有多个固定作业点位，每个点位测量作业量较多、种类较多。通过在系统部署数字测量管理平台系统，赋予了车间管理人员任务管理、进度管理、质量管理的能力，通过移动式工作站，在减轻作业人员劳动强度的同时，提高测量作业效率、数据采集效率，全面杜绝了作业过程中误读、误抄、误算等情况，获得如下效果。

### 4.1 工具装备信息化

利用无线数字化测量器具进行工件参数采集，测量得到的数据通过无线信号一键回传至工位采集终端，使测量操作更简便、数据传递更快捷，提高了作业效率。

### 4.2 测量记录电子化

利用工位采集终端或移动手持设备，与测量器具联通，接收测量数据后，直接上传并汇总至信息系统，与工单关联，使测量数据采集、记录更准确、更高效，防止因人工记录导致漏抄、误抄、填错导致返工或者质量偏差。

### 4.3 测量过程可控化

测量过程可控化体现在两个方面。(1) 部分特殊测量工序，利用定制工装，实现自动、自控测量，减少人工干预导入的失误和偏差。(2) 利用测量控制终端软件，通过图纸、图片、文字、视频等方式和标准测量工艺电子化，在引导作业人员规范测量操作的同时，及时提示数据不合格和异常情况，作业过程更加可控。

### 4.4 质量管控智能化

结合作业过程引导、工艺电子化和配置质量管控要点，对自检、互检、质检、后续工序核对要点进行提前预设，各阶段质量管控人员通过手持终端软件和数字化测量工具，可快速执行检查、复测、比对，将质量问题暴露时机前置，给后续处置预留充分的时间。

### 4.5 生产管理数字化

搭建和运用车间数字化测量管控系统，与车间 MES 系统互联互通，达到以下目的。(1) 实现数据收集、汇总，便于检索和查看。(2) 实现数据自动整理、上报，减少重复工作的同时，让车间调度和管理层及时、快速掌握作业进度。(3) 实现数据统计、分析，通过规律摸索，在后续运用更加高阶的预测算法，对发生的质量问题进行预测。

总体来说，系统投入运用之后，使车间测量作业实现快速、准确、便捷的测量采集，可控的作业过程管理，高效的工序间测量数据查询利用，可用的质量预测和产品品控分析，使生产过程中“准确、便捷、高效、易衔接”，产品质量“可控制、可溯源、可预测”，作业管理“可管控、更高效、更宏观”。

## 结语

当前环境下，各领域企业通过数字化相关技术，以数据为基础、以用户为核心，创建一种新的模式，对现有商业模式进行重塑就是数字化转型。这种数字化转型给企业带来的效果就像是一次重构，会对企业的业务流程、思维文化、组织建设、管理方式和经营理念等一切原有的东西进行改变。数字化的时代已经到来，不可逆转，也会越来越普遍，本系统就是对检修作业数字化的一种尝试，虽然在实际应用过程中获得了一定的效果，但也存在智能化程度不足、灵活性不够的情况，在后续的应用中需要不断修补和完善，并推广至其他领域。

## 引用

- [1] 张景,王子浩,王永刚.铁路货车转向架智能运输系统研制[J].中国高科技,2023(11):124-126.
- [2] 王民苏,邓刚志,丁川,等.铁路无线通信系统功率/驻波测试主要问题及解决[J].铁道通信信号,2012,48(11):63-66.
- [3] 王斌,于洪桥.地铁车辆转向架的故障与处理技术[J].科技资讯,2023,21(13):80-83.

# 探析测绘工程测量中的无人机技术

文◆中国人民解放军 32366 部队 周艳兰 夏翔 郑培智

## 引言

当前，人们对测绘工程提出了新的要求，为顺利完成各项测绘任务，无人机技术受到了普遍关注。我国无人机技术位居世界前列，在新技术支持下陆续出现了各种型号的无人机，这些无人机能用于农业、工业、军事等领域。在测绘工程测量中，无人机兼具测量范围广、数据处理便捷等优势。但为凸显无人机技术在工程测量方面的优势，有关人员需结合被测区域的相关特点，合理选择无人机，并设计飞行路线、高度等。未来的无人机测绘中，相关人员需继续创新技术形式。

## 1 无人机测绘的构成

无人机系统包含以下部分。

第一，无人机平台。利用无人机进行测绘任务时，无人机平台为核心构成。有关人员需开展大量的前期调研，分析测绘需求，了解被测区域的地形地貌等基本环境情况，据此选择无人机平台。目前可选择的无人机平台有固定翼无人机、旋翼无人机、无人飞艇等，每种平台都有各自的适用条件，需做好综合评估。例如，面对大面积、长距离测绘条件时，固定翼无人机的优势明显。

第二，遥感传感器。无人机测绘中遥感传感器必不可少。传感器类型以及安装位置等与数据精度相关。以获取的数据类型作为划分标准，遥感传感器包括可见光相机、红外相机、激光雷达、多光谱相机几种。在实际工作中选用高分辨率相机时，可获取高清影像，达到精细测绘目标。激光雷达可获取地表的三维点云数据，后续用这些数据来构建高精度的数字高程模型（DEM）。多光谱相机能获取地物的光谱信息<sup>[1]</sup>。

第三，控制系统。控制系统负责无人机测绘过程中的一切控制任务，有关人员依据测绘需求，可精准控制无人机的飞行高度等参数。在现代无人机测绘中，为克服诸多不利因素的限制，控制系统常常设计有自动驾驶系统和避障系统，系统的自动化模块能依据测绘工作的诸多信息，自主规划飞行路线、调整飞行参数。

第四，数据传输设备。无人机测绘中数据传输设备能为数据的传输创造便捷条件。当无人机采集到遥感数据后，借助数据传输设备，遥感数据能被实时传输到地面站进行专业化处理。随着大数据时代的到来，云计算、物联网等技术愈发成熟，可保障数据传输的整体效率与安全。

## 2 无人机测绘的技术优势

### 2.1 监测范围广

测绘领域无人机技术十分关键。在测绘工作中既可以单独使用，又可以与其他技术相结合。技术进步的今天，无人机技术愈发成熟，将其运用于测绘工程测量时，可保持较广的监测范围，采集到被测地物的完整、准确信息。针对小范围的地物检测，无人机技术基本能满足测绘测量的范围需求，能得到相对有用的监测数据，且测量范围具有可伸缩性、可控性。在具体的测量工作中，可通过三维形式展示被测区域，直观呈现被测过程和结果。

### 2.2 数据处理快

任何测绘工作中数据处理都十分重要。但传统测绘模式下，处理数据时耗时耗力，影响了相关工作的稳步推进。而利用无人机进行的测绘工作，数据处理速度较快，因测绘系统中配备有高分辨率的数码转换器、数据处理器，无论在测绘过程中获取到哪一类信息，这些设备均可按照要求来处理数据。

【作者简介】周艳兰（1984—），女，湖北嘉鱼人，本科，中级工程师，研究方向：测绘地理。

### 2.3 安全性好

无人机进行工程测量时，安全性相对较好，表现在以下方面。第一，无需人工实地测量。无人机测绘时无需人员进入被测区域进行实地测量，可避免因人员进入复杂地形区域或危险区域而带来的人身伤害。第二，减少人为因素干扰。无人机测绘的操作过程较为简单，很多过程都具有自动化特征，无需人工控制和调整，可避免人工操作失误等导致的测绘问题。

### 2.4 高度的灵活性

在测绘工程测量中应用无人机技术，具有高度的灵活性特征。具体来说，测绘工作受地形条件的限制较小。与传统的测绘技术相比，无人机测绘几乎不受地形和天气影响，可在各种复杂环境下顺利进行测绘工作，这一特征使无人机在山区、水域等复杂环境等都能发挥应有的作用。同时，无人机可根据实际的测绘需求来定制飞行路线，并设置对应的高度，以顺利完成各种测绘任务。

## 3 无人机技术在测绘工程测量中的具体应用

### 3.1 建筑物立面测量

测绘工程测量中应用无人机技术时，能完成多个环节的测量任务。以建筑物立面测量为例，经无人机技术，可快速获取高分辨率的影像数据，清晰呈现建筑物的外观、结构细节。与传统的人工测量相比，无人机测绘技术的优势显著，具体表现在以下方面。第一，无人机能快速捕捉到建筑物立面的影像。原先针对建筑物立面测量任务，需人工爬楼或者搭建脚手架来进行观测，工作量大、耗时长，且观测范围十分有限。而无人机能快速航拍整个建筑物，无需人员爬楼或者搭设支架，工作效率较高。第二，可保持立面测量的高精度。无人机上搭载有高分辨率相机，正式开始测量后，无人机飞行时相机能捕捉到建筑物立面的结构细节，进而获取更为完整和可用的立面数据。同时，经先进的图像处理 and 三维重建算法，能从影像数据中提取出建筑物的轮廓线、立面比例关系、几何测量参数<sup>[2]</sup>。第三，无人机测绘技术能与其他测量技术、工具高度结合，可提高建筑立面测量水平。例如，将激光扫描仪与无人机相配合，得到点云数据后可完成建筑物的三维建模、立体分析。此后经地面控制点、全球定位系统，能对无人机获取的影像数据进行定位、校正，提高测量结果的应用价值。

### 3.2 建筑物体积测量

一些测绘工作中需测量建筑物体积，这一测量任务的复杂性高、专业性强，若采用常规的测量技术，则无法获取相对有效的结果。通过无人机技术，可顺利完成测绘任务。第一，无人机搭载激光雷达设备，可快速获取建筑物的点云数据。测量工作中由激光雷达发射激光束，同步测量激光束的返回时间，得到建筑物表面各个点的坐标信息。无人机的监测范围广，能同步采集建筑物各个角度、位置的信息，整合点云数据，其中包含建筑物外轮廓、内部细节<sup>[3]</sup>。这些点云数据反映了建筑物的三维形状、结构细节，是体积测量的前提条件。第二，遵循一定的标准处理，分析点云数据，计算建筑物体积。此阶段相关人员需配备专用

的点云数据处理软件，将前期采集的点云数据导入软件内，执行软件的滤波、配准与分割程序，从数据中提取出建筑物的有效表面。当得到建筑物的表面模型后，选择恰当的体积计算算法，以得到建筑物体积数值。整个过程中的计算步骤简单，大部分工作均由计算机来完成，可将体积偏差控制在最小范围。

按照大量的理论分析和实践经验，将无人机、传统测量方法分别用于建筑物体积测量，前者的优势较为明显，在测量体积时的效率较高，能节约 60% 的测量时间，并最大程度上降低测量误差。因此，土方工程中应用无人机技术能够快速计算出土方量，将此结果作为进度管理、资源配置的重要依据。例如，在矿山开采时，利用无人机进行测量，可准确测算出矿石堆场或者矿坑的体积，计算结果可用于资源评估、生产管理。当然，在建筑物体积测量时，无人机技术可与其他技术高度结合，以得到相对准确和可用的数据，如综合全球定位系统、地面控制点、数据的校正等较为便捷。

### 3.3 地形变化监测

地形变化监测中经常需要利用无人机技术。为得到相对可用的测绘结果，需通过无人机搭载相机设备来开展多次航空摄影测量，得到被测区域的地形数据，实现历史与现状地形数据对比。原先的地形变化监测中，大多为静态测量，主要为静态数据。通过无人机技术，不仅能获取静态测量结果，还能进行数据对比，实现实时测绘。第一，无人机测绘下能快速获取准确的地形数据。在无人机飞行期间，它能覆盖更

大的范围，并以高分辨率的影像呈现地表的更多信息。经多次航空摄影测量，能获取不同时期的地形影像数据，形成时间序列数据集。第二，无人机进行地形变化监测时的效率较高。传统的地形监测中，很多工作需要人工完成，监测前必须安排专业人员进入被测现场进行一系列调研，以获取更为完善的地形数据。然而，此种测绘模式人工工作量大，耗时较长，后续处理、分析数据时易因人员因素而导致数据偏差。无人机技术下则有所不同，它融合了很多现代化的数据采集与处理方式，能在短时间内拍摄目标区域，无需专人进入危险区域，可保障测绘工作的安全性、高效性。第三，无人机测绘获取的地形数据精度较高，可将各种数据偏差控制在正常标准。无人机搭载相机设备的分辨率较高，能捕捉到现场的细微变化。此后，经专门的图像处理、数据分析算法，能从大量的地形数据中提取出地面特征、变化表征，实现动态监测<sup>[4]</sup>。

### 3.4 环境影响评估

在工程建设过程中，为减少施工作业对环境的负面影响，前期阶段相关人员应进行环境影响评估。考虑到环境影响评估的严格要求，有关人员可以利用无人机技术进行有关工作。第一，无人机测绘技术下的评估效率更高。相较于传统的环境影响评估方法，无人机测绘无需依赖人工现场调查与数据采集，因此不存在耗时冗长、工作负荷繁重的问题，能在较短时间内对广阔区域进行高分辨率数据的高效采集，缩短评估周期。第二，无人机

测绘技术可大幅增强评估结果的准确性、可用性。无人机所搭载的先进相机设备或激光雷达系统能够细致捕捉环境特征，如地表形态、植被覆盖、水体分布等，为评估提供可靠依据<sup>[5]</sup>。通过专业的数据处理软件与分析方法，可以提取出关键的环境要素，进行空间分析与模拟，从而确保评估结果与实际情况高度一致。据相关数据统计，与传统手段相比，无人机测绘技术能够节约50%的时间成本，并提升评估结果的准确度约30%。第三，高精度的评估结果对于建筑项目的规划与设计具有至关重要的指导意义。它能为决策者提供详尽的环境影响分析，帮助他们更为全面地了解项目与环境之间的相互作用和影响，进而制定出更加科学合理的环境保护与治理策略，为可持续发展贡献力量。

### 3.5 工程施工管理

无人机测绘中所采用的全球定位技术、三维实景建模技术等，决定了无人机在工程测量领域的广阔应用前景。对于工程项目管理而言，同样可利用无人机来实现高效管理。很多工程的规模庞大，若直接通过人工方式来管理施工全过程，易出现管理漏洞，发生质量、安全等问题。为凸显无人机技术在工程管理中的测绘优势，相关人员在施工准备阶段可引入无人机技术。在工程勘测阶段，无人机能克服各种复杂条件的限制，完成施工区域内的全面调研。因为无人机所采集的影像和数据经专业化处理后可构建实景模型，从而得到相对准确的勘测结果。项目施工阶段，工程进度款的支付管理、施工进度管理方面均可引入无人机技术。正常情况下，工程进度款参考项目实施的具体情况来付款，而经无人机测绘构建的阶段性实景模型，能清晰呈现现场施工进度，可作为工程量凭证与依据，后续直接参考这些来支付进度款项即可。在施工进度管理中，施工方对工地进行实景建模，能在模型中反馈每个月、每个季度的施工情况，对比实际进度与计划进度，将二者的偏差信息汇总后汇报给甲方，便于相关部门严格管理施工进度。<sup>[6]</sup>

## 结语

无人机技术在测绘工程测量中的优势显著。在面对各种测绘工程测量任务时，有关人员应将无人机技术作为首选，综合诸多情况来确定最佳的测绘方案，科学规划飞行路线、飞行高度等，以保障测绘数据的精度。

## 引用

- [1] 韦莉.无人机技术在地质找矿中的应用研究[J].大众标准化,2023(24):141-143.
- [2] 梁雅琦.无人机摄影测量技术在测绘工程中的应用[J].新城建科技,2023,32(24):157-159.
- [3] 袁国强.无人机遥感技术在测绘工程中的应用研究[J].江西测绘,2023(4):1-2+20.
- [4] 谷二帅.无人机技术在矿山测绘中的应用研究[J].世界有色金属,2023(24):149-151.
- [5] 王林.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J].工程与建设,2023,37(6):1694-1696.

# 数字经济

## Digital Economy

自人类社会进入 21 世纪以来，数字技术的快速发展和广泛应用衍生出了数字经济。作为一种新的经济、新的动能、新的业态，其加快推动了社会和经济的整体性深刻变革。同时，人工智能、大数据和云计算为代表的数字技术加速融合发展，成为推动传统工业经济向新一代数字经济过渡的关键驱动力，并加速向经济社会各个领域渗透，引发了系统性、革命性以及群体性的产业变革，不断形成新的创新体系、生产方式和产业形态，持续优化、拓展数字经济的发展空间，为数字经济发展开启新征程。

数字经济是一种快速发展的经济形态，它以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，通过信息通信技术的融合应用和全要素数字化转型，促进公平与效率更加统一的新经济形态。

数字经济的构成主要包括四部分，分别是：

**数字产业化：**包括电子信息制造业、电信业、软件服务业等基于数字技术的产业。

**产业数字化：**通过数字技术改造传统产业，提高生产效率和产品质量，如智能制造、智慧农业等。

**数字化治理：**利用数字技术提升政府服务和监管效率，如电子政务、智慧城市等。

**数据价值化：**通过数据分析挖掘数据价值，为决策提供支持，如大数据分析在金融、医疗等领域的应用。

数字经济已经成为推动世界经济包容性增长和可持续发展的重要引擎，其发展对于经济社会发展的引领支撑作用日益凸显。

# 我国在线外卖行业的 经济效应和发展趋势分析

文◆国家信息中心 张巍 温志超 蔡松锋 王硕 刘鹏  
电子科技大学 杨宇键

## 引言

在线外卖行业作为我国平台经济的重要组成部分，是伴随着我国城镇化进程的加快发展、居民收入水平的不断提升以及互联网技术的颠覆性创新，逐步发展形成的由在线外卖平台企业、餐饮外卖商家、外卖骑手和外卖消费者4类主要参与主体共同构成的完整的生态系统。其中，在线外卖平台企业是这一生态系统的核心要素，平台企业接受消费者的下单和付款，向餐饮外卖商家和外卖骑手提供订单信息和结算服务，外卖骑手根据互联网外卖平台订单信息从餐饮外卖商家取得产品并配送至顾客手中。正是在线外卖平台企业的出现实现了外卖生态系统中信息流、实物流和资金流的高效融合，从而最终拉动全社会在线外卖生产消费行为。

## 1 我国在线外卖行业整体呈现出蓬勃发展态势

### 1.1 我国在线外卖行业经历了快速扩张到平稳发展的历程

我国在线外卖行业出现于上

个世纪末，随着互联网的普及、居民收入水平的提升以及“宅经济”的日渐发展，以食派士、丽华快餐等为代表的第一代在线外卖平台企业应运而生。

2009年，随着我国移动互联网和在线支付的快速发展，“饿了么”外卖平台正式上线，标志着全国性在线外卖平台走上历史舞台，在线外卖行业进入了为期近十年的快速发展“黄金期”。随着2013年美团在北京团购主站进行外卖测试上线以及2014年百度外卖凭借人工智能派单系统入局餐饮外卖领域，在线外卖行业的“三足鼎立”格局正式形成。2015年，我国在线外卖用户数量首次突破1亿，其后在2016年和2017年分别突破2亿和3亿。2017年，我国在线外卖用户数量达到3.43亿，占全部网民的44.5%<sup>[1]</sup>。

2018年以来，随着我国经济由高速增长阶段逐步转向高质量发展阶段，在线外卖行业市场规模扩张趋于稳定。随着2019年在线外卖用户数首次出现净减少的情况以及市场格局进入美团、饿了么“两强并立”时代，平台企业不约而同通过探索自营配送体系、使用快递众包、利用算法推荐接单、提升供给品质等模式提高物流时效和用户体验，从而推动在线外卖由粗放竞争向集约化竞争转变。同时，相关部门不断加大对在线外卖行业的规范，先后出台了《关于提升餐饮业质量安全水平的意见》《网络餐饮服务食品安全监督管理办法》等文件。值得注意的是，在一定的特殊时期，我国在线外卖行业承担起了各类民生物资应急保供的重要职能，其社会价值得到进一步彰显，同时也推动了在线外卖市场规模的进一步扩大。2022年，我国在线外卖用户规模增长至5.21亿，占网民整体的比例达到48.8%<sup>[2]</sup>。

### 1.2 当前我国在线外卖行业进入全新发展时期

2023年以来，随着我国国民经济持续恢复向好，在线外卖行业在有力拉动餐饮业快速复苏的同时呈现出诸多新特征和新亮点。

一是在线外卖行业发展有力助推餐饮业复苏。据测算，2023年我国

【作者简介】张巍（1978—），男，河北乐亭人，研究生，中级经济师，现任国家信息中心经济预测部综合处处长，从事数字经济相关研究工作。

在线外卖行业直接收入超 1.4 万亿，占同期全国餐饮行业收入比重达 26.5%，同比增速近 30%，明显高于全国餐饮行业同期 20.4% 的同比增速。

二是在线外卖行业向“万物到家”全面进化。从需求侧看，消费习惯的改变推动了我国即时配送和近场电商需求的快速增加，从而驱动本地零售线上化发展。从供给侧看，基于在线外卖十余年发展形成的完备城市配送体系有效打通城市末端“最后一公里”和消费行为“最后 100 米”，且相关配送体系经历了各类生活物资保供的“压力测试”。在供需两侧推动下，在线外卖行业全面进化，“万物到家”时代正式来临，“30 分钟万物到家”成为越来越多年轻人的生活方式。2023 年，中国即时配送行业订单规模达到 408.8 亿单，同比增长 22.8%<sup>[3]</sup>。

三是以平台企业为核心的产业生态共生共荣愈加深化。2023 年以来，平台企业进一步营造与消费者、商家和骑手共生共荣的产业生态。服务消费者方面，平台企业一方面通过发放消费券、实施“免单一分钟”等活动降低消费者的使用成本，另一方面通过上线“拼好饭”以及“必点榜”等新服务有效满足消费者的多元需求。服务商家方面，在进一步实施“繁盛计划”“青苗计划”等专项帮扶服务的同时，大力推动各类餐饮企业打造线上线下“双主场”，提升餐饮数字化水平。服务骑手方面，各平台企业一方面通过推广职业伤害保险、改进算法规则等方式保护骑手权益，另一方面通过免费骑手餐、特殊天气补贴等方式进一步调动骑手的积极性。

四是在线外卖行业绿色化发展步伐不断加快。2023 年以来，在线外卖全行业积极响应国家“双碳”战略。政策供给方面，国家层面先后制定出台《绿色外卖管理规范》《关于发挥网络餐饮平台引领带动作用有效防范外卖食品浪费的指导意见》等行业标准和政策文件。平台社会责任方面，美团在“青山计划”基础上联合中国包装联合会等单位成立

了“餐饮外卖绿色包装应用工作组”，先后推出六大类菜品的“绿色包装解决方案”。消费者环保意识方面，越来越多消费者点餐时选择“小份菜”和“无需餐具”选项，截至 2023 年底，饿了么平台“无需餐具”订单累计超过 14 亿单<sup>[4]</sup>，美团累计 4 亿消费者选择“无需餐具”<sup>[5]</sup>。

## 2 在线外卖行业对我国经济的拉动作用测算

近年来，在线外卖行业对宏观经济特别是餐饮行业产生积极推动作用已经成为学界共识，但缺乏对在线外卖行业对我国经济总产出拉动作用，即在线外卖行业对宏观经济乘数效应的定量分析。基于上述背景，在国内首次运用国家统计局发布的《2020 年全国竞争型投入产出表》，针对在线外卖行业对各个行业产生的直接经济效应、间接经济效应和引致经济效应进行了分别测算。其中，直接经济效应是指在线



线外卖行业消费带来本行业的直接产出；间接经济效应是指在线外卖行业带动其他行业的产出相应增加；引致经济效应是指在线外卖行业带动所有行业生产扩大后，带来居民收入增加、消费扩大，这部分消费增量还会进一步刺激全行业生产增长。

### 2.1 在线外卖行业对我国经济总产出和增加值的乘数效应分析

(1) 对经济总产出的影响。通过投入产出模型测算得到我国在线外卖行业的直接效应乘数、间接效应乘数和引致效应乘数分别为 1, 1.65 和 1.04, 其对国民经济总效应乘数为 3.69。

(2) 对经济增加值的影响。通过投入产出模型测算可得，在线外卖行业对我国宏观经济增加值的直接效应乘数、间接效应乘数和引致效应乘数分别为 0.32, 0.68 和 0.44, 其对国民经济增加值的总效应乘数为 1.44(见表 1)。

表 1 我国在线外卖行业对宏观经济的乘数效应

	总产出	增加值
总效应乘数	3.69	1.44
直接效应乘数	1.00	0.32
间接效应乘数	1.65	0.68
引致效应乘数	1.04	0.44

数据来源：国家信息中心

### 2.2 在线外卖行业对我国各行业总产出和增加值的影响分析

从行业角度看，由于在线外卖行业与各行业的联系紧密程度和产业相关性差异，其对我国各行业总产出以及直接、间接和引致经济效应分别产生的影响差异较大。

模型结果显示，从在线外卖对各个行业产出的拉动作用程度即总效应乘数大小排序来看，排在前五位的分别是制造业、住宿和餐饮业、农业、批发和零售业、

表 2 我国在线外卖行业对各行业总产出的乘数效应

行业	直接效应乘数	间接效应乘数	引致效应乘数	总效用乘数
农业	0	0.41	0.12	0.52
采矿业	0	0.04	0.03	0.06
制造业	0	0.72	0.40	1.12
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0	0.05	0.04	0.08
建筑业	0	0.00	0.00	0.01
批发和零售业	0	0.14	0.06	0.20
交通运输、仓储和邮政业	0	0.09	0.05	0.14
住宿和餐饮业	1	0.01	0.03	1.04
信息传输、软件和信息技术服务业	0	0.02	0.03	0.05
金融业	0	0.05	0.07	0.12
房地产	0	0.05	0.09	0.13
租赁和商务服务业	0	0.06	0.04	0.10
科学研究和技术服务业	0	0.01	0.00	0.01
水利、环境和公共设施管理业	0	0.00	0.00	0.00
居民服务、修理和其他服务业	0	0.01	0.02	0.03
教育	0	0.00	0.03	0.03
卫生和社会工作	0	0.00	0.02	0.02
文化、体育和娱乐业	0	0.00	0.01	0.01
公共管理、社会保障和社会组织	0	0.00	0.00	0.00
总计	1	1.65	1.04	3.69

数据来源：国家信息中心

交通运输、仓储和邮政业，分别占到总产出的 1.12, 1.04, 0.52, 0.20 和 0.14。其中，间接经济效应乘数排在前三位的分别是制造业、农业、批发和零售业，乘数分别为 0.72, 0.41 和 0.14；引致效应乘数排在前三位的分别是制造业、农业、房地产，乘数分别为 0.40, 0.12 和 0.09(见表 2)。

模型结果显示，从在线外卖拉动各个行业增加值拉动作用程度即总效应乘数的排序来看，排在前五位的分别是住宿和餐饮业、农业、制造业、批发和零售业和房地产，乘数分别 0.34, 0.32, 0.25, 0.13 和 0.09。间接经济效应拉动作用排在前三位的分别是农业、制造业、批发和零售业，乘数分别为 0.25、0.16 和 0.09；引致经济效应拉动作用排在前三位的分别是制造业、农业、房地产，乘数分别为 0.09, 0.07 和 0.06(见表 3)。

基于上述测算，从总量方面看，在线外卖行业对宏观经济的拉动作用明显。在线外卖行业对经济总产出和经济增加值的乘数分别为 3.69 和 1.44，这意味着在线外卖行业每 1 元的消费支出(直接经济产出)可以拉动国民经济总产出增加 3.69 元，同时可以拉动国民经济形成增加值 1.44 元。从结构方面看，在线外卖行业对实体经济的拉动作用明显。无论是从总产出还是从增加值的角度，在线外卖行业对制造业和农业两大实体经济重要产业在总产出和增加值方面的拉动作用分别为 1.64 和 0.57，因此必须辩证地看待在线外卖行业与实体经济的关系，特别是其对实体经济的拉动贡献，从大力发展实体经济的角度进一步增加对在线外卖行业的政策供给。

## 3 “十五五”时期我国在线外卖行业发展趋势预测

“十五五”时期是我国以新发展理念引领高质量发展、加快发展新质生产力的攻坚时期，同时也是各行业、各领域向中国式现代化迈进的关键时期。

表3 我国在线外卖行业对各行业增加值的乘数效应

行业	直接效应乘数	间接效应乘数	引致效应乘数	总效应乘数
农业	0.00	0.25	0.07	0.32
采矿业	0.00	0.02	0.01	0.03
制造业	0.00	0.16	0.09	0.25
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.00	0.01	0.01	0.03
建筑业	0.00	0.00	0.00	0.00
批发和零售业	0.00	0.09	0.04	0.13
交通运输、仓储和邮政业	0.00	0.04	0.02	0.06
住宿和餐饮业	0.32	0.00	0.01	0.34
信息传输、软件和信息技术服务业	0.00	0.01	0.01	0.02
金融业	0.00	0.03	0.05	0.08
房地产	0.00	0.03	0.06	0.09
租赁和商务服务业	0.00	0.02	0.01	0.03
科学研究和技术服务业	0.00	0.00	0.00	0.00
水利、环境和公共设施管理业	0.00	0.00	0.00	0.00
居民服务、修理和其他服务业	0.00	0.00	0.01	0.02
教育	0.00	0.00	0.02	0.02
卫生和社会工作	0.00	0.00	0.01	0.01
文化、体育和娱乐业	0.00	0.00	0.00	0.01
公共管理、社会保障和社会组织	0.00	0.00	0.00	0.00
总计	0.32	0.68	0.44	1.44

数据来源：国家信息中心

“十五五”时期，我国城市化将进一步深化，追求新奇、潮流和消费体验的“Z世代”全面崛起，城市生活节奏进一步加快，“宅经济”生活方式进一步普及，一系列因素将共同推动我国在线外卖用户规模持续增长和在线外卖使用频次持续提升。同时，我国在线外卖行业发展也将面临新的红利。一是创新发展能力进一步提高。我国在线外卖头部平台企业将进一步增加创新投入，秉持“零售+科技”的发展战略，充分发挥人工智能的软硬件设备、大数据、机器人、物联网等技术优势，有效赋能我国餐饮业转型升级。二是协调发展水平进一步提升。平台企业将在相关政府部门引导支持下进一步发挥在推动外卖商家数字化转型、推动餐饮业高质量发展方面的独特优势，共同推动餐饮行业数字化发展。三是开放发展进程进一步加快。未来头部平台必将凭借企业雄厚的资本实力、成熟的运营模式进一步迈出“出海”步伐，从而实现在线外卖行业的长期稳定发展。四是规范发展理念进一步强化。随着“食以安为先”理念的全面深入人心，在线外卖行业正在构建起政府监管、部门协同、行业自律、企业负责、公众参与、媒体监督的“社会共治”格局。

对“十五五”期间我国在线外卖行业发展趋势进行预测，预计“十五五”时期，我国在线外卖行业将保持年均10%左右的增速，明显

表4 “十五五”时期我国在线外卖行业市场规模测算

	在线外卖行业市场规模（亿元）	增长速度（%）	在线外卖行业市场渗透率（%）
2025年	18394	13.7	29.7
2026年	20772	12.9	31.2
2027年	23152	11.5	32.5
2028年	25264	9.1	33.3
2029年	27342	8.2	34.0
2030年	29440	7.7	34.7

数据来源：国家信息中心

高于同期7%左右的餐饮业市场规模增速，市场渗透率水平（在线外卖行业销售收入与餐饮业销售收入的比值）稳步提升。2030年，市场规模将达到29440亿元，市场渗透率将达到34.7%（见表4）。

## 引用

- [1] 国家信息中心.《中国餐饮业数字化发展报告2023》.[R/OL].(2024-10-16)[2024-07-31].[http://www.sic.gov.cn/sic/83/260/1016/20241016170527502057613\\_pc.html](http://www.sic.gov.cn/sic/83/260/1016/20241016170527502057613_pc.html).
- [2] 国家信息中心.《中国餐饮业数字化发展报告2023》.[R/OL].(2024-10-16)[2024-07-31].[http://www.sic.gov.cn/sic/83/260/1016/20241016170527502057613\\_pc.html](http://www.sic.gov.cn/sic/83/260/1016/20241016170527502057613_pc.html).
- [3] Frost & Sullivan.《2023中国即时配送行业趋势白皮书》.[R/OL].(2024-04-02)[2024-07-31].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1795094850439856882&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 阿里巴巴《2024环境、社会和治理报告》.[R/OL].(2024-06-02)[2024-07-31].<https://data.alibaba.com/ecms-files/1375187346/d16c5e70-64ad-49fb-982f-2809c515c040/2024%20%E9%98%BF%E9%87%8C%E5%B7%B4%E5%B7%B4%E7%8E%AF%E5%A2%83%E3%80%81%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E5%92%8C%E6%B2%BB%E7%90%86%EF%BC%88ESG%EF%BC%89%E6%8A%A5%E5%91%8A%20-0809.pdf>.
- [5] 美团《餐饮商家低碳行动指引研究报告》.[R/OL].(2024-07-28)[2024-07-31].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1772619048860248078&wfr=spider&for=pc>.

# 工业互联网背景下智慧厂区管理系统的分析

文 ◆ 江苏师范大学科文学院 林珈怡 蔡欢 李维娜 刘天琪

## 引言

近年来，随着经济形势的日益变化与复杂性增强，国家开始大力发展战略性新兴产业，制造业的数字化转型迫在眉睫，智慧工厂快速发展已成为必然趋势。然而，我国传统园区的环境监测问题依然十分严峻。调查结果显示，传统的环境监测系统存在诸多问题，包括厂区的环境管理涉及范围广、维度多且分散杂，过度依赖传统的人工统计数据导致效率低下、监测覆盖范围有限、存在监测盲点，对成本损耗难以准确把握，甚至还潜藏着极大的安全隐患，难以保障厂区实现高效节能、绿色环保的经营目标。因此，智慧厂区管理系统的研发与应用显得尤为重要。

## 1 智慧工厂概述及发展趋势

### 1.1 智慧工厂的概述

智慧工厂是指利用现代化的信息技术和自动化技术实现生产过程全面智能化的工厂，其核心部分包括设备层、感知层、控制层、操作层、运营层和决策层，具有高度智能化、自动化、集成化和柔性化的特点。智慧工厂通过实现自主调度、自动化控制、监控及决策管理，能够极大地提

升企业的制造效能和水平。

### 1.2 智慧工厂的发展趋势

随着工业 4.0、工业互联网、物联网、大数据、云计算等高新信息技术的快速发展，城市建设正逐步向数字化、智能化方向迈进，工厂智能化也就成为智慧城市建设的重点之一。在市场趋势上，智慧工厂的普及是传统园区完成转型、实现现代化发展的必然趋势，也是产业园区升级的最优途径。在发展方向上，智能化生产能够实现高效节能、绿色环保的目标。在科技发展方面，现代化技术的运用以及智能化的管理系统，可以实现事前实时监测、事中迅速预警、事后高效规范处理。在国家政策倡导方面，我国不断加强对智能化工厂的支持，推动企业开展智慧工厂建设实践。综上所述，这些因素共同促进了智慧工厂的快速发展<sup>[1]</sup>。

## 2 智慧厂区管理系统的概述与架构

### 2.1 智慧厂区管理系统的概述

智慧厂区管理系统旨在实现管理信息系统与现场设备的无缝对接，从而真正推动生产设备自动化。智慧工厂管理平台集成人员管理、生产调度、车间物料规划与控制、生产过程追溯、可视化过程监控以及生产状态分析等功能于一体，形成智能一体化流程，即物联网终端设备（数据获取）→云数据库（数据存储）→可视化大屏（算法分析）→管理系统（相关措施），以打造智慧工厂，最终达到成本削减、生产效能提升和品质保证的目的。

### 2.2 智慧厂区管理系统的整体架构

在有效整合现有省、市传统厂区系统的基础上，借鉴新一代的“感知—传输—应用”技术体系，以实现厂区环境因素及潜在危险因素的全面感知，并提供按需定制服务。此系统不仅为厂区决策者、设备管理员提供高效的管理辅助，还为厂区员工等提供信息服务，从而建立多源数据信息整合、交换和共享机制，以及完善的信息化管理支撑体系、相关标准规范和安全保障体系。系统通过构建动态实时监测系统、厂区综合服务系统，并融入环境监测、厂区管理、报警预警、AI 预测等功能模块，实现对厂区的风险分布、重大危险源、风险隐患、报警分布的全面监控，以及人员定位、视频监控和大屏端可视化综合展示。此外，

【作者简介】林珈怡，女，浙江杭州人，研究方向：软件工程。

系统还具备统计分析和智能化管理的能力，从而确保管理信息系统与现场设备的无缝对接，真正推动生产设备自动化。智慧厂区管理系统业务模块架构如图 1 所示。

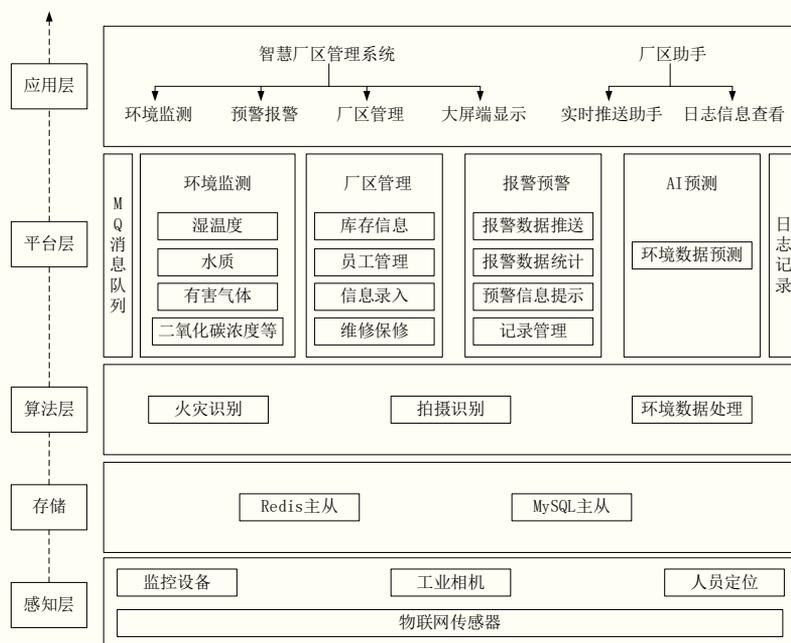


图 1 智慧厂区管理系统业务模块架构

### 3 智慧厂区管理系统功能模块

#### 3.1 环境监测

智慧厂区管理系统的环境监测模块能够按用户需求，完成对所需监测因素的数据获取、数据分析以及异常值处理。目前，该模块可实现的功能包括温湿度监测、PM2.5 浓度监测、水质监测、有害气体监测、二氧化碳监测、噪声和火灾监测等。在实际应用中，客户可根据自身需求自由选择需要监测的因素。

#### 3.2 预警报警

预警报警模块依托 EasyCVR 平台的视频能力，实现了对工厂各区域监控摄像头的统一汇聚与集中管理。该模块不仅提供视频监控直播、云端录像、云存储、录像检索与回看等基础功能，还集成了智能告警、平台级联、云台控制等高级服务。通过结合智能分析网关内部署的 AI 算法模型，预警报警模块能够实时进行人脸检测、人脸识别、烟火识别、危险区域闯入检测、安全帽 / 工作服检测、离岗睡岗检测以及设备运转状态检测等，对工厂的人员不安全行为及风险隐患进行时刻监督与预警。

#### 3.3 厂区管理

厂区管理模块专门为厂区管理员而设置，旨在帮助管理员全面管理厂区内的员工、厂房及设备。其中，厂内员工管理包含用户信息管理、排班管理、员工签到管理等，而厂区厂房及设备管理包含厂房基本信息管理、厂区人员安排管理、厂区物资采购管理、货物使用信息管理、设备信息管理等内容。

#### 3.4 大屏端运行

大屏端运行是智慧厂区管理系统的一个重要功能模块，它能够以直

观可视化的形式展示厂区内的各类数据信息，以便于厂内管理员能够随时观察到厂区内的情况，从而做出及时有效的决策。由于厂区的显示内容可根据客户需要进行灵活调整，因此，大屏端运行可以实现高度的按需定制和实时监测。展示的信息包括但不限于环境监测数据、实时监控画面以及实时日志信息等。

### 4 智慧厂区管理系统的硬件分析

硬件模块主要用于感知并采集环境数据，但由于涉及的硬件模块较多，在本章中仅列举系统中较常使用的硬件，具体介绍如下。

#### 4.1 DHT11 温湿度传感器介绍

DHT11 数字温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器，使用了专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术。其包含一个电容式感湿元件和一个 NTC 测温元件，不仅可以和单片机直接相连，还具有简单方便、体积小、功耗低、传输距离远等特点<sup>[2]</sup>。

#### 4.2 YL\_38 火焰传感器

YL\_38 火焰传感器对火焰特别灵敏，其原理是对火焰产生的红外线的敏感性。当火焰亮度增大时，发出的红外线增多，火焰传感器管脚间的阻抗会减小；当火焰亮度减小时，发出的红外线减少，火焰传感器管脚间的阻抗则就逐渐增大。

### 5 智慧厂区管理系统的关键技术

本系统从数据库到云端系统平台都进行了自主研发设计，采用多项技术，不仅显著提高了数据处理性能与存储空间，还简化了系统架构，使程序所需空间运行更稳定，同时提供了更多数据

呈现方式，增强了用户体验感，激发了新思路，并降低了系统对硬件的要求，从而实现了降低生产成本的目的。

### 5.1 Hadoop 数据处理部分

本系统利用 Hadoop 进行数据处理，其具有可靠性、高可扩展性、高效性以及高容错性等四大特性，本课题主要利用 Hadoop 框架的两大核心系统来实现对数据的处理与存储。

### 5.2 ECharts 数据可视化

ECharts 技术功能强大，不仅可以提供创新的拖拽重计算，还具备数据视图、值域漫游等功能，极大增强了用户体验。同时，ECharts 赋予了用户对数据进行挖掘和整合的能力，提供了丰富的可视化图表模板，有助于用户高效制作动态的大数据图表。

### 5.3 Spring Boot+Ajax+Vue 部署 Web 服务

Spring Boot 是当前广受欢迎的技术，其配置简单，且因内嵌 Servlet 容器而对环境要求不高。Ajax 负责前后端数据传输及功能实现。Vue.js 的使用则是为了更好地渲染数据。

## 6 智慧厂区环境数据分析的主要算法

### 6.1 基于火焰颜色特征的火灾识别算法

为了模拟人类视觉系统的颜色感知特性，通常将 RGB 颜色信息转换为一个将亮度信息与颜色信息解耦的数学空间。在这些颜色模型中，HSI（色相/饱和度/强度）颜色模型更适合描述人眼对颜色的感知方式。一般来说，火焰的颜色属于红—黄范围，因此将火焰的色相值从“0”分配到“60”。此外，火的饱和

度会随背景照明的不同而变化。在白天，获得的饱和度比在夜间用彩色摄像机捕捉到的视觉图像时的饱和度更大。这是因为如果没有其他背景照明，火将成为主要且唯一的照明。在这种情况下，一方面，火焰将显示为更多的白色，其色调受相机操作影响。另一方面，当背景照明与火光相当时，图像中的火焰颜色在色调中白色较少。为了在视频处理中提供足够的亮度，应设定一个阈值。一旦超过阈值，立刻进行报警，以避免引发火灾。

本系统采用 OpenCV+Python 对图像进行处理，基于火焰的颜色特征，利用 RGB 颜色模型过滤条件，再进行 RGB 判别，设置特定的阈值条件来监测疑似火焰区域，从而识别出是否发生火灾。对于火焰颜色来说，R（红色比重）和 G（绿色比重）较大，且 G 大于 B（蓝色比重）。因此，得到了火焰像素点的判别条件，并使用 Python 中的 NumPy 直接对整张图片的像素进行处理。

### 6.2 基于厂区环境数据分析的预测算法

通过对相关厂区资料的分析，对工业化厂区的工作情况有了一定的了解。大型工业化厂区的工作作息通常全年无休，且厂区设备也处于全天运作状态，而厂区的工作环境在这种工作状态下保持稳定的变化趋势。因此，本系统在数据清洗与处理后，根据历史数据，以各环境数据为自变量，拟合出依据历史数据变化趋势的厂区环境数据变化曲线，从而在一定程度上预测厂区的环境数据变化情况。

数据的处理过程分为以下几个部分。一是计算厂区当天的平均环境数据；二是计算厂区的月平均数据、月最高数据、月最低数据；三是计算厂区的周平均数据。相关的厂区原始数据被上传至 Hadoop 的分布式文件系统中，先利用 SimpleDateFormat 格式化日期。然后，根据 Date 对象获取当前日期。接着，利用 for 循环方法提取一周的数据后，再通过 map 接口实现日期键和值的映射，将指定的日期值与映射中的指定键关联。最后通过 Reduce 的并行计算处理，对预测得到的数据进行输出。

## 结语

工业互联网是当前工业界最热门的名词之一，代表着新一轮工业革命中技术、模式与产业发展的重要方向。工业互联网作为一种全新的生产模式和管理方式，正逐渐改变着传统工厂的面貌，推动智慧工厂的发展。它不仅将物理世界与数字世界相连接，还通过数据采集、传输、分析和应用，实现了智能化的生产和管理。然而，工业互联网在智慧工厂中的应用也面临着数据安全化、标准化以及技术人才短缺等一系列问题。因此，需要工厂、技术界和政府部门等多方合作，共同推动工业互联网的发展和应用。

## 引用

- [1] 段瑞霞,张帆.智慧工厂安全管理中视频智能分析的应用[J].现代信息科技,2023,7(16):125-129+133.
- [2] 付文新,王洪丰.基于STM32单片机和DHT11温湿度传感器的温湿度采集系统的设计与实现[J].光源与照明,2022(3):119-121.

# 工程质量检测机构数字化转型探索

文 ◆ 上海建科检验有限公司 施炜俊

## 引言

2024年，企业数字化场景的物联网、云计算、区块链、人工智能的基础设施建设大大提速。基础设施数字化建设与数字生态产业化将进一步融合，通过数字经济获得发展。为适应市场需求和行业竞争，企业数字化转型已成为企业变革的必经之路。建设工程的质量在建筑工程全生命的建设周期中属于重中之重，同时也是社会热点之一，而工程质量控制的关键手段是工程质量检测。目前，工程质量检测行业正在向集成化、规模化发展，并伴随着数字化信息技术、智能化检测设备的大量研发和实际应用。因此，工程质量检测行业的数字化、智能化升级是推动整个工程质量检测行业高质量发展的必然趋势。本文主要分析建筑工程质量检测行业数字化发展的现状和存在的问题，并提出可行性解决方案。

## 1 建筑工程质量检测行业数字化发展现状

我国已将检测行业列为国家战略性新兴产业之一，在产业政策引导和市场需求的驱动下，全国检测行业实现了快速发展。作为检测行业中市场规模占比最大的细分领域，建设工程质量检测行业也受到了国家政策的鼓励和支持，呈现出较大的市场潜力。有数据显示截至2022年底，我国建设工程质量检测行业出具检验报告数量达1亿份以上，建

设工程质量检测行业机构数量达到了8412家，行业收入规模为687.26亿元<sup>[1]</sup>。

## 2 建筑工程质量检测数字化转型存在的问题

建筑工程质量检测目前依然以大量人工操作为主，通过使用已校准的检测设备，人为控制检测设备而获得对应检测样品的检测数据，如混凝土抗压强度检测、钢筋的力学性能。2023年2月，我国提出“质量强国”的建设纲要，工程检测企业和工程检测数据在各级管理部门的监管下，重视程度逐步提高，但就目前的实际检测市场环境来看，整个建筑工程质量检测行业的数字



【作者简介】施炜俊（1982—），男，上海人，本科，中级工程师，研究方向：工程检测，数字化检测。

化程度还比较低。尤其是中小企业由于经费限制和管理者思维局限，数字化进程缓慢。同时，各检测机构以及国内各地区之间的发展不平衡，懂数字化、将数字化与检测应用相结合的综合性人才缺失。在数字化转型的市场大背景下，仍以规模较大的工程检测企业为主，但转型的目标和方向不够清晰明确。

### 2.1 缺乏数字化转型的顶层构造

目前，多数工程检测企业的管理层还未意识到数字化转型的紧迫性和重要性，缺乏对数字化技术、数字化经营的敏感性和洞察力，且缺少系统的顶层构造。在多数企业管理者的认知中，首要考虑的是扩大企业工程检测市场份额，承接更多的工程检测业务，获得更多的检测业务产值。而对于数字化的认知仅停留于工具的意识层面，认为做数字化就是软件买卖的过程，所以即使企业购买了行业内最先进的软件工具，但由于企业的数字化思维模式并没有随之发生转变，系统成功落地的概率较低。大部分企业领导缺乏数字化思维，将系统作为工具来应用，并给予系统过高的期望，从未想过以数字化转型为抓手来提升管理，获得效能。

### 2.2 数字化技术应用水平低

建筑工程检测方法和检测标准成千上万，配套的检测设备门类较多，各种检测技术和检测设备在其中发挥着重要作用。RFID 芯片技术、无人机技术、热成像技术等“数字化技术”已在建筑工程检测行业中取得了长足的进步和应用。然而，当前我国大多数检测企业依然使用传统作业方式，受制于检测设备研发水平、

企业的经费限制和数字化人才建设的缺失，并未将数字化应用与检测技术、检测设备相结合，未在整个检测数据链上建立高效的数字化应用体系。在传统的作业方式下，受外部环境和人为因素的影响，检测设备精度较差，检测效率低下，工程现场检测作业耗费大量的人力物力。

### 2.3 检测数据采集效率低

建筑工程检测机构的实验室数据采集方式主要有手动记录和设备自动采集。以土工膜检测为例，外观检测为描述性记录，通常采用目视观察加手动记录的方式，厚度测量采用游标卡尺加手动抄录的方式。自动采集设备主要通过经校准和认证过的检测设备联网实施，在实验过程中自动采集关键数据。自动化数据采集只能覆盖简单的力学指标，涉及描述性结论、常规尺寸等传统检测项目往往无法覆盖。目前，工程检测行业的传统领域项目，依然需要大量人员手动采集检测数据，这些经过计算的检测数据是判断建设工程质量的重要依据。然而，人工采集数据的手段无法完全保证数据的时效性和准确性，且劳动强度较高，数据可靠性较低，对工程建筑检测行业的数字化管理造成了严重的影响，制约了行业的高效发展。

### 2.4 检测数据集成能力差

工程质量检测机构通过检测手段获得海量的检测数据，但这些检测数据仅能通过检测报告反映在纸质载体上。相当一部分企业无法合理整理与利用获得的数据，仅将数据存放在数据库中，缺乏深入的分析和整理。实际上，这些海量的检测数据可以通过一定的手段和技术，对某个项目或某个材料进行大数据分析，通过大数据分析的结论，对工程现场的实体质量和工程材料质量进行管控，并为建筑工程的管理和施工提供合理的优化建议。同时，由于日常工程质量检测实施产生了大量的检测数据，如混凝土抗压强度、钢筋焊接件抗拉强度等，单一的检测数据数值无法高效可靠地集成于 BIM 系统，导致工程检测机构与建设主体各方之间的数据链无法有效结合。

### 2.5 检测信息化管理程度低

检测机构在生产经营过程中产生的大量检测业务数据，是企业数字化发展和数字化转型的重要依据。然而，目前企业依然大量使用纸质文档作为信息载体，包括委托信息录入、检测数据产生、检测报告生成。在已获得大量数据的情况下，企业未充分利用产生的数据进行数字化转型，且并未对产生的数据进行精细化管理、分析和识别。虽然部分企业已经建立或者购买了数据库和信息化管理系统，但其中相当一部分仅仅实现了 OA 流程化管理。在这些系统中，许多记录、报告仍采用手动编写，文档上传形式。多数系统不能自动生成报告、不能实现电子签名和电子签章。

## 3 工程质量检测企业数字化转型路径

数字化转型是指利用数字技术和信息化手段来改造和提升企业的运营模式、业务流程、组织架构以及服务能力，是企业借助数字技术，赋能员工、客户和伙伴，为客户创造全新体验与全新价值的过程，助力建筑工程检测行业高效发展。

### 3.1 企业领导层思维转变

数字化转型并非简单的语言编程开发，其涉及企业经营理念革新、企业文化和心态转变、组织框架调整。企业应在全公司范围内，从上到下提升各方对数字化转型的认同感，并建立起数字化的新思维模式<sup>[2]</sup>。而建立的前提条件必须是企业的领导层先进行思维转变，在全公司宣贯数字化转型的目的和意义。数字化不仅仅是技术的创新，还是一种思维方式和新型商业模式的开发，为企业进行管理、生产、贸易提供了新的途径，驱动企业组织架构、生产方式和商业模式发生深刻变革。要真正打造一个数字化企业，不仅需要领导层和管理团队下决心，坚定不移地推动，还要思考企业在数字化转型的大环境下的未来价值和定位。

### 3.2 企业数字化人才的培养

数字化人才培养是企业数字化转型的重要组成部分<sup>[3]</sup>。建筑工程质量检测行业尤其缺乏数字化人才的培养模式，虽然在职场上有很多懂编程、懂网络的程序员，但是这些人员仅仅处于编辑程序或建立模型的形式上，缺乏基层的检测工作经验，未将数字化和企业流程完美结合。工程检测企业应挖掘适合的人员进行培养，培养数字化复合型人才，深化数字化观念，提高员工的数字化能力。培养模式是将工程检测行业的检测流程、业务模式与程序员开发模式相结合，通过 PDCA 循环模型，准确找出培养过程中出现的问题，及时采取措施解决问题。坚持人本理念，重视员工的态度和建议，以获得高质量、高效率、知流程、懂业务、熟检测的综合性数字化人才。

### 3.3 智能化检测设备的研发

工程质量检测行业的智能化检测设备研发能力不够，检测设备制造企业参与度不足。虽然已有一些智能化检测设备，但其价格较高，性价比不高<sup>[4]</sup>。为了推进数字化技术在建筑工程质量检测中的应用，包括自动采集、检测定位、实时上传等，工程检测机构需要每年提取一部分利润用于研发数字化检测设备，包括将 RFID 技术、视觉识别技术、物联网技术与工程检测设备的有效集成。然而，由于研发需要投入较大经费，且周期较长，经济效益短时间内无法展现，只能在大型检测机构中实施。工程检测机构的检测设备研发，更多是提需求、提方向，若能够有优秀的设备厂家参与设备研发工作中，将是一个共赢的业务模式。

### 3.4 建立统一的数据模型

数据是检验检测机构的核心资源。监管机构、建设方、设计方、施工方、监理方、检测方等工程现场的各方主体，应建立一个统一的数据模型，通过集成化的数据模型，将各种检测数据统一合并于一个模型上。同时，结合 BIM 技术，展现检测数据的结果值，通过实时展示，实现“智慧监管”。工程检测机构可以借助先进的智能化设备和技术收集数据，增强数据的可读性。通过数据化模拟，借助大数据分析，可以更好地理解数据背后的意义和价值，为检测机构和管理者提供数据支持，提高检测机构的管理能力和效率。

### 3.5 建立先进的检测工作质量管理体系

检测工作质量管理体系是系统地将影响检测工作质量的技术、人员、设备、资源等因素及其质量形成过程中的各个活动进行全面控制，

该体系是否有效运行是检验检测活动规范性、有效性的重要条件。当前，国内工程质量检测管理和检测水平参差不齐，总体水平偏低。但大型检测企业已具备完善的质量管理体系，借助于数字化、信息化、智能化技术的融入，构建了更为先进的检测工作质量管理体系，帮助检测机构提高检测管理水平和工作效率。

## 结语

国家“十四五”规划中指出，到 2025 年将建立适应高质量发展需要的检验检测体系，实现支撑国民经济与社会发展的检测能力显著增强、行业规范运行水平和社会公信力明显提升的相关要求<sup>[5]</sup>，促进检验检测产业高质量发展。在此背景下，检测机构应强化检验检测数字化管理，完善检验检测的方法和程序，推动在线检测技术与检测设备的升级，利用数据实现整个检测流程资源的最佳匹配，提高工程检测机构的运营效率和业务流程。

## 引用

- [1] 前瞻产业研究院. 预见2021: 风电运维行业产业链全景(2023版)[J]. 电器工业, 2021(3): 18-21.
- [2] 李温蔓. 数字赋能人力资源管理[J]. 人力资源, 2020(23): 108-110.
- [3] 吴钊平. 企业财务数字化转型逻辑、路径与挑战[J]. 合作经济与科技, 2023(24): 134-135.
- [4] 朱坚. 智能化检测在工程质量检测中的运用[J]. 工程质量, 2023, 41(8): 21-24.
- [5] 张志强, 王丽红. 我国民营第三方检测服务现状及趋势[J]. 分析测试技术与仪器, 2023, 29(3): 334-338.

# 工业互联网网络数据安全分析与研究

文◆ 中国石油大庆油田有限责任公司数智技术公司 张宇

## 引言

近年来，国内外研究人员非常重视工业互联网的研发工作，在工业互联网中充分运用物联网、SDN 以及 5G 技术，从而打造出可靠性高、延迟问题小、覆盖范围大的工业互联网，其中网络数据安全问题成为工业互联网研究中的主要内容。随着数据泄露和网络攻击的增加，安全和隐私变得更加重要。企业需要在 IT 生命周期的各个阶段考虑安全措施，包括数据加密、身份验证和访问控制。

## 1 工业互联网的研究背景

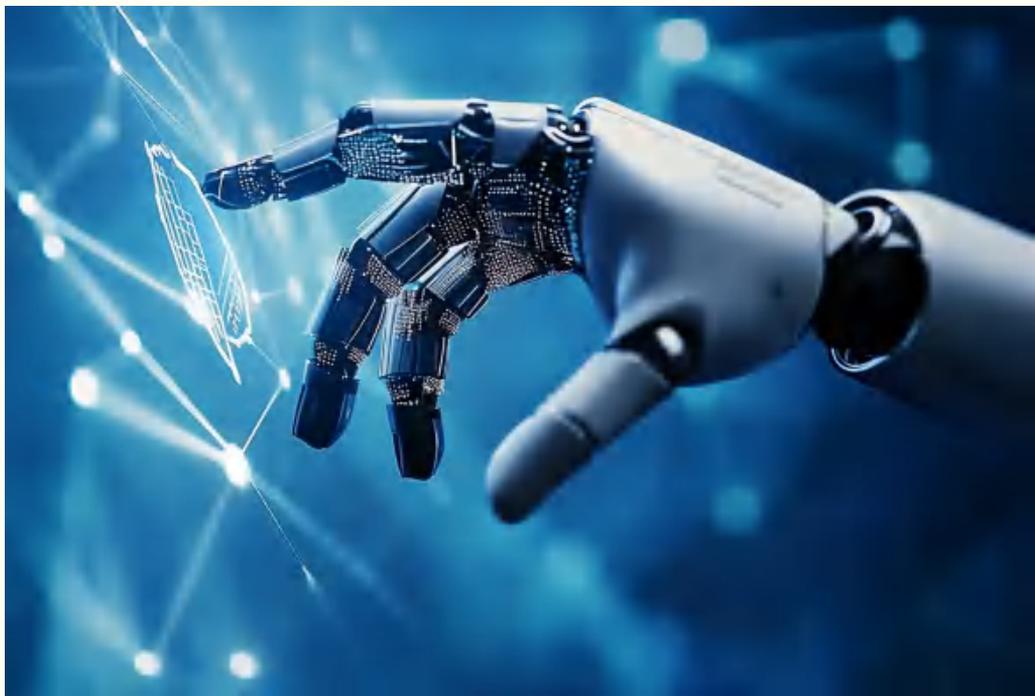
在工业互联网应用过程中，利用设备、传感器组态网实时传输企业信息，安全问题显得尤为重要。企业应研发满足工业互联网发展需求的安全保护技术，加大工业互联网的安全防护力度，确保工业互联网能够抵御网络攻击，并安全运行。因此，企业技术人员参照我国推出的《信息安全技术网络安全等级保护要求》和《中华人民共和国数据安全法》，将企业安全防护工业互联网的方式划分为 5 个方面，即设备安全方面、控制安全方面、网

络安全方面、应用安全方面和数据安全方面<sup>[1]</sup>。

有专家学者提出，使用计算复杂度取代工业互联网以往使用的状态复杂度，借助智能数据协助技术人员开展数据选择和数据关联分析工作，及时解决工业互联网当前面临的网络问题，提高工业互联网的网络服务质量。通过工业互联网加强访问控制、检查网络入侵情况、设置病毒防治方案等，针对工业互联网异构系统流量分析情况，设置具有针对性的安全防护措施，在工业互联网出现异常行为时进行问题追溯，及时检查存在的网络异常问题，并发出预警，以便于工作人员维护工业互联网安全。

## 2 工业互联网的网络数据分析方式

工业互联网主要由信息物理系统、物联网、云计算构成，新技术和架构的引入也带来了新的威胁和攻击表面。例如，物联网和边缘计算的兴起增加了设备和数据的暴露风险，而区块链的普及可能引发分布式系



【作者简介】张宇（1989—），女，黑龙江大庆人，本科，工程师，研究方向：网络安全。

统的新安全问题。为了使异构网络能够顺利完成数据处理工作，应创建统一的交互操作模型，并利用新技术和架构使数据更加有价值，但同时也使数据变得更敏感，因此需要采取严格的保护措施来防止数据泄露和滥用。

### 2.1 使用大数据平台收集异构多源数据

企业应创建工业互联网监控系统，对工业互联网上传的异构数据、多源数据展开全面分析，依照预测结果动态优化企业的生产规划，保证工业网络能够满足动态制造需要。企业可以从提高设备自动化水平、建设智能工程的角度着手，建设科学的编码、规范的技术、统一的标准，以便能够与其他信息系统或将来建设的信息系统互联，实现系统的集成和数据的一致。在此基础上，借助已有数据接口创建更为高效的网络数据采集系统，全面采集行业数据，对企业生产情况展开实时监控管理，使得与工业互联网相连接的智能设备能够顺利完成数据互通传输<sup>[2]</sup>。

通过融合采用具备可落地性的解决方案及技术架构，选用符合企业信息化发展需求的软硬件产品，确保系统的建设应用，可以使企业自动化生产线和设备实现数字化发展目标。在工业互联网的支持下，大数据平台能够实时采集设备运行信息、机床运行状态、机床加工情况和程序信息等，并将这些数据信息统一汇总在数据库中，为后续信息利用提供便利性。

### 2.2 工业数据建模、大数据分析

近年来，大数据批处理框架、流处理框架已经大面积运用在处理海量数据中。各种机器检测系统已涵盖资产管理业务、数据出境安全评估业务、数据监测业务、特定场景的数据安全保护业务等。结合数据安全管理办法所提升的安全评估、监测、保护及管理能力，可以借助大数据算法进行数据内容技能型分析，实时分析共享数据的共享情况，并对数据进行深层次的挖掘研究，充分发挥工业发展数据资源的价值<sup>[3]</sup>。

## 3 加强工业互联网网络安全的方式

### 3.1 寻找攻击源

在工业互联网受到网络攻击的过程中，工作人员应重点分析网络数据包，重构工业互联网收集清洗、统计分析、数据建模、风险预测，实现对数据安全的管理集中化、监测可视化。在建设好IT攻击特征模型架构后，寻找合适的匹配算法，针对恶意网络攻击设置安全防范方式，不断提高工业互联网的网络安全。

### 3.2 工业互联网流量降维方式

工业互联网通过预处理网络数据能力在一定程度上降低网络数据安全分析的复杂程度。因此，企业应提高对特征选择方式的重视程度，对网络数据的流量特征进行排序，依照安全问题紧急程度确定处理顺序，借助流量降维方式进一步提升工业互联网的应用安全性。

### 3.3 创建工业互联网安全事件溯源模型

在工业互联网应用过程中，应将企业的商业秘密、员工个人信息以及数据安全业务单位所认定的重要数据作为监管对象。在满足国家对数据安全评估、监管要求的基础上，提供数据资产梳理、数据安全检查等服务。通过对数据的监测及业务分析，实现对数据流动监测、内容合规

性鉴别、数据流向定位。同时，通过数据监测管理模块进行综合数据分析，实现数据安全集中化和监测可视化。为了构建一个更完善、合理、合规且合法的工业互联网安全事件溯源模型，需要确保数据的可知性、可见性和可管性，从而实现数据的合规性、安全性、保密性和可用性目标。为此，将从数据安全的事前风险发现与评估、事中的安全风险监测及安全保护、以及事后的安全响应这3个层次、4个方面来设计建设方案，以形成对工业互联网数据的全面安全管理。

## 结语

在应用工业互联网后，有利于进一步提升企业的生产效率，但同时也面临着网络攻击带来的数据安全风险，故企业应加大对工业互联网的安全防护力度，使用大数据平台收集异构多源数据。在开展工业数据建模、大数据分析工作的同时，寻找攻击源，并使用工业互联网流量降维方式，创建工业互联网安全事件溯源模型，及时处理工业互联网存在的网络安全问题，不断提高工业互联网在企业数据安全传输中的应用效果。**■**

## 引用

- [1] 肖风超.工业互联网网络数据安全分析与研究[J].数据通信,2022(3):19-21+49.
- [2] 邓梦茹.大数据技术在网络安全分析中的应用研究[J].无线互联科技,2021,18(12):19-20.
- [3] 杨承.互联网时代的网络数据安全分析[J].电子技术与软件工程,2020(9):258-260.

# RPA 在提升业务流程 管理效率中的应用案例研究

文 ◆ 湖南中烟工业有限责任公司常德卷烟厂 彭德腾 江炎军 柳俊 苏敏

## 引言

随着全球经济发展和竞争加剧，企业正在寻求各种方法提高业务流程效率和质量<sup>[1]</sup>。在这个过程中，信息技术发挥着越来越重要的作用。其中，机器人流程自动化（RPA）作为一种新兴的技术，以其独特的优势和潜力吸引了众多企业的关注。RPA 技术通过模拟和替代人工操作，实现业务流程的自动化和智能化，从而提高工作效率，降低成本，提升服务质量。因此，本文将深入探讨 RPA 技术在业务流程管理中的应用及其效果。首先，介绍 RPA 技术的基本原理和架构，包括机器人层、控制层和集成层。其次，通过对卷烟厂业务流程管理的具体案例分析，详细展示 RPA 技术在实际应用中如何跨越效率的边界，实现业务流程的自动化和优化。最后，期望本文的研究能为该领域研究者提供关于 RPA 技术在业务流程管理中的应用和效果的全面认识，也能为企业业务管理提供有益的参考和启示。

## 1 RPA 技术原理

RPA 机器人通过模拟人类用

户操作，在各种应用程序和系统中自动化处理复杂任务，从而减少人为错误，加快处理速度<sup>[2]</sup>。RPA 技术原理图如图 1 所示。

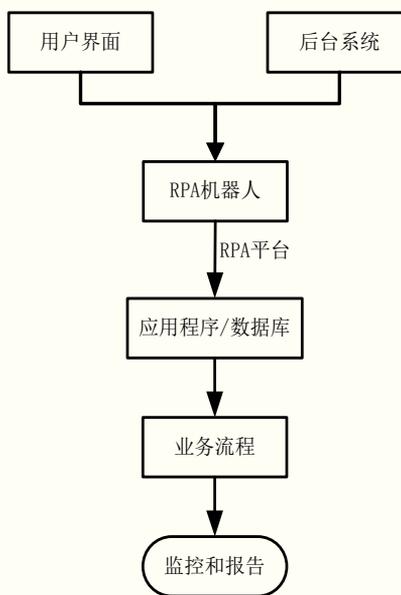


图 1 RPA 技术原理图

由图 1 可知，RPA（Robotic Process Automation，机器人流程自动化）技术通过一系列高度自动化但相对简单的流程来提高企业的工作效率和准确性。首先，RPA 技术通过识别和理解现有的业务流程来实现流程的自动化，并对业务流程图或流程文档进行分析，使用流程挖掘技术发现和描述流程中的各个步骤及其相互关系。基于这些信息，RPA 软件创建一个流程模型，用于描述完成业务任务所需的步骤。其次，RPA 技术通过模拟人类用户在用户界面上的操作实现自动化，捕获用户界面上的一系列操作，如数据输入、点击、拖放等，并将这些操作编排成自动化流程，使 RPA 跨越多个应用程序和系统，执行数据传输和处理，无需人工干预。再次，RPA 技术通过处理结构化和非结构化数据的能力，与不同系统中的数据进行交互。让 API 连接到各种应用程序和数据库，以访问、修改和传输数据，使 RPA 能够在不同系统之间进行数据转换和同

【作者简介】彭德腾（1981—），男，江西吉安人，硕士研究生，中级工程师，研究方向：烟草信息化建设研究。

步，从而实现数据的有效流动。此外，RPA 技术平台中的机器人根据预先编排的流程模型执行任务。这些机器人可以在不同的应用程序和系统中操作，以执行各种业务流程。最后，RPA 平台还提供监控和报告功能，以确保流程的顺利运行和性能优化。

## 2 RPA 技术架构

### 2.1 机器人层

RPA 技术的架构通常分为多个层次，其中机器人层（Robot Layer）是核心部分之一<sup>[3]</sup>。其主要负责以下部分的操作。

(1) 任务编排。负责将多个操作序列组合成一个连贯的自动化流程，并定义机器人与系统交互以及完成特定任务所需的步骤。任务编排通常涉及条件判断、循环结构以及分支逻辑，以实现复杂的业务逻辑。

(2) 数据处理。在 RPA 环境中，机器人层承担着数据处理和转换的关键职责，确保跨应用程序和系统间的数据流畅集成。同时，该层需执行数据 ETL（提取、转换、加载）过程，从多样化的数据源中提取数据，将其格式化并与目标系统适配。机器人层的数据处理能力依赖于强大的数据集成和处理引擎，支持复杂的数据操作，包括映射、清洗、归一化和编码转换。

(3) 流程控制。该部分涉及对自动化流程的生命周期管理。机器人层需确保流程按照预定逻辑启动、暂停、继续或停止，同时监控流程状态和执行进度。在流程执行过程中，机器人会根据预设的业务规则和条件自动作出决策。例如，根据数据一致性检查结果决定是否继续流程步骤，或者在检测到特定数据模式时触发异常处理流程。

(4) 集成接口。机器人层通常提供与其他系统集成的接口，包括 API 调用、数据适配器以及与中间件的连接，使机器人能够与后端系统、数据库和其他服务进行交互。

(5) 监控与报告。机器人层执行的任务通常受到监控，以确保流程的连续性和正确性。RPA 平台会记录操作日志，提供性能指标，并在出现问题时生成警报或报告。

总之，机器人层在 RPA 技术架构中扮演着执行自动化任务、处理数据和控制流程的关键角色。该设计决定了 RPA 解决方案的能力和灵活性，是实现业务流程自动化的基础。

### 2.2 控制层

在 RPA（Robotic Process Automation）技术的架构中，控制层（Control Layer）是连接用户界面、机器人层和后端系统的中间层。其负责协调和管理自动化流程的执行，确保流程按照预定的逻辑和业务规则运行，主要负责以下部分的运作。

(1) 任务调度。控制层根据预设的时间表或事件触发器来调度任务。并负责确定任务的执行顺序、间隔和时间，确保任务按时启动和执行。任务调度主要包括基于时间表的定期任务执行和基于事件触发的动态任务执行。

(2) 决策管理。控制层根据业务规则和条件自动作出决策。主要负责流程中的判断点，其中机器人会根据特定的逻辑和条件选择下一步行

动。决策管理可通过决策表描述基于不同条件的行动。决策逻辑表如表 1 所示。

机器人将根据 3 个条件的不同组合选择相应的行动。如果条件 1 为真（是），条件 2 为假（否），条件 3 为假（否），则机器人的行动 A 是执行某个任务。这种结构化的表示方法使决策逻辑清晰明了，便于理解和维护。通过增加或修改条件行和行动列，决策表可以轻松适应业务规则的变化，从而使 RPA 流程具有更高的灵活性和适应性。在实际应用中，决策表有助于确保机器人在各种情况下都能按照预期执行任务，提高自动化流程的准确性和可靠性。

表 1 决策逻辑表

条件 1	条件 2	条件 3	执行 A
是	否	否	执行
否	是	否	跳过
否	否	是	记录

(3) 异常处理。控制层负责处理流程执行中的异常情况。当流程遇到错误、失败或意外情况时，控制层会触发异常处理流程，如重试、回退、警报通知或手动干预。

### 2.3 集成层

在 RPA 技术架构中，集成层是连接不同系统和应用程序的关键部分，负责确保 RPA 机器人能够与各种业务系统和外部服务无缝交互。RPA 技术集成层结构示意图如图 2 所示。

集成层包括中间件服务，中间件服务提供了与不同系统和应用程序通信的接口，如 RabbitMQ 消息队列、企业服务总线（ESB）、应用程序接口（API）管理等。系统适配器是集成层中的另一个关

键组件，用于连接不同系统和应用程序的特定适配器。这些适配器封装了与特定系统交互的复杂性，并为系统提供了标准且统一的接口供 RPA 机器人使用。例如，一个适配器允许 RPA 机器人通过 HTTP 请求与一个在线数据库进行交互，而另一个适配器则会允许机器人通过 FTP 协议与一个文件服务器进行通信。RPA 机器人通过 API 调用外部服务，执行各种操作，如数据查询、事务处理等。此外，集成层还负责集成用户界面，使用户能够与 RPA 机器人交互，并通过门户或应用程序进行任务分配和监控。用户界面设计为可自定义和配置的，以适应不同用户或组织的需求。

总之，集成层在 RPA 架构中提供了与外部服务通信的接口以及用于连接不同系统和应用程序的特定适配器，并通过用户界面使人类用户能够与 RPA 机器人交互。这些功能共同工作，确保了 RPA 解决方案的高效性和可定制性。

### 3 RPA 在业务流程管理中的应用案例分析

#### 3.1 生产流程的自动化

在烟草行业的某卷烟厂中，面对日益增长的市场压力和对生产效率的严格要求，该厂的制丝生产线调度曾是一个亟待解决的痛点。以往，制丝生产线每日任务的分配完全依赖于人工判断和手动操作，这种模式下，生产调度效率低下，难以实现资源的均衡与高效利用，经常导致生产线的产能未能得到充分发挥。为破解这一难题，该厂引入了 RPA 技术，针对性地对制丝生产线的调度过程进行智能化改造。改造

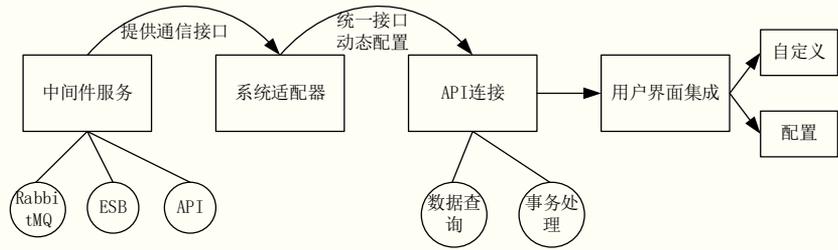


图 2 RPA 技术集成层结构示意图

前，生产线管理者必须依据经验判断何时启动或停止某条生产线，何时调整生产参数以及如何不同生产线间合理分配生产任务，如此不仅耗时费力，还会因为人为判断的局限性导致效率波动和资源浪费。RPA 技术的应用彻底改变了这一局面，通过 RPA 软件创建多个流程模型。首先，构建数据采集流程模型。以循环监听生产管理者邮箱内容的触发机制，从邮件中提取每日发布的排产计划。基于在 RPA 机器人中预定义参数规则，对排产计划数据进行解析和结构化转换。其次，构建生产系统监测流程模型。利用 RPA 技术的无干扰特性，以 RPA 机器人非侵入式操作模仿人工登入生产管理系统，从系统中实时监测追踪各生产线的资源消耗数据和需求状况。最后，通过 RPA 软件进行任务编排，将数据采集与生产系统监测流程模型的操作序列组合成连贯的自动化流程，并定义流程中数据映射关系与条件判断等，实现 RPA 机器人与系统自动交互，进行生产任务的智能调度。RPA 机器人能够实时监测生产线状态与原材料供应情况，动态调整生产计划，确保每一条生产线都在最佳状态下运行，同时合理调配人力资源与设备资源，避免了资源闲置或过度负荷的情况。

#### 3.2 职能管理的自动化

在卷烟厂固定资产管理过程中，如何高效且准确地跟踪和管理数量庞大、种类繁多的固定资产是一项重大挑战<sup>[4]</sup>。以往，这项工作主要依赖人工操作，每当固定资产发生变动，如购置新设备、报废旧资产或资产转移等时，都需资产管理员手工记录变动信息，并在不同的系统和报表之间进行数据更新与核对，不仅耗时费力，还容易出现遗漏或错误，导致账实不符，影响固定资产报表的准确性，甚至会因管理疏漏造成资产流失。引入 RPA 技术对固定资产管理流程进行全面升级，RPA 机器人被设计并部署自动执行一系列关键任务。首先，RPA 机器人与 IT 运维系统无缝对接，实时监控并自动抓取所有固定资产变动信息，如新资产入库、位置变更以及报废情况，从而摒弃了人工定期检查与录入的传统做法，提升了数据采集的即时性和效率。其次，获取的变动数据被 RPA 机器人自动同步至国有资产管理信息系统，确保数据在不同系统间的一致性，简化数据流转步骤，减少人为干预，降低了错误概率。再次，RPA 机器人具备智能匹配与核查功能，主动在系统与报表间进行数据比对，一旦发现不一致，立即发出警报，引导资产管理人员进行复核和更正，提高了数据的准确性和完整性。最后，基于比对结果，RPA 机器人能够动态更新固定资产台账，确保台账的实时准确，无论是财务决策还是审计需求，都能基于最新、最精确的数据作出决策，从而整体上显著

提升了固定资产管理的效率与质量。

在实施阶段，RPA 应用被部署到卷烟厂的生产和职能管理系统中，在生产监控、耗材数据处理、物流与配送监控、人力资源管理、财务付款审核与合同与体系等文件的文本比对等方面同样发挥了重要作用。实施过程中，不断调整和优化 RPA 应用，以确保其能够满足生产流程与监控、职能管理的需求。实施完成后，对 RPA 应用的效果进行评估。RPA 在烟草行业应用评估数据表如表 2 所示。

表 2 RPA 在烟草行业应用评估数据表

关键指标	实施前	实施后	提升幅度
生产效率 (%)	50	100	+50
错误率 (%)	10	5	-50
客户满意度	85	96	+11
人力成本节省 (万元/年)	0	30	+30

由表 2 可知，实施 RPA 应用，卷烟厂在生产流程、职能管理方面取得了显著改进。首先，在生产效率方面，实施 RPA 技术前，生产效率仅为 50%，通过 RPA 自动化，生产效率提升至 100%，提升了 50%。这一显著的提升表明 RPA 技术有效减少了生产过程中的瓶颈和延迟，实现了资源的最优配置和利用。其次，在错误率方面，实施 RPA 技术前，错误率为 10%，通过 RPA 的自动化流程，错误率降低至 5%，降幅达到了 50%。这表明 RPA 技术在提高数据处理质量方面发挥了重要作用。

此外，在业务用户满意度方面，实施 RPA 技术前，业务用户满意度为 85%，通过 RPA 技术实现的快速准确自动化执行各业务工作，业务用户满意度提升至 96%，提升了 11%。尽管提升幅度不如生产效率显著，但仍然是一个重要的改善。最后，在人力成本方面，实施 RPA 技术前，人力成本节省为 0 万元/年，通过 RPA 技术的引入，平均每个应用 RPA 技术的工作岗位可节省 1.25 天/周，以 10 个岗位应用 RPA 技术可计算出人力成本节省提升至 30 万元/年。这是直接的成本效益，显示了 RPA 在降低成本方面的潜力。

烟草行业 RPA 项目重要的成功因素是 RPA 技术具有高技术含量，需要专业团队的支持来实现高效部署和优化，能够有效整合多个系统和程序，打通各环节，以实现高效的数据转运和流程优化。在提升业务流程管理效率的过程中，企业面临的主要挑战之一是需要持续的技术维护和更新以适应新的需求变化，但其带来的成本节约和工作效率提升将为烟草行业带来显著效益。

未来，在制造业领域，RPA(机器人流程自动化)与大语言模型(LLM)的结合有望在多个业务流程管理领域带来革命性变化。在文档处理和数据分析方面，LLM 可以用于自动化的文本分析、摘要生成和信息提取。结合 RPA，企业能够自动化处理大量文档和数据输入任务，RPA 可以扫描和数字化文档，而 LLM 则负责从中提取关键信息并进行分析，极大减少了人工参与，提高了数据处理的效率和准确性。此外，RPA 与 LLM 的结合还可以用于智能决策支持系统。LLM 可以从大量数据中挖掘出有价值的见解，并提供决策建议，而 RPA 则负责将这些建议自动应用到业务流程。例如，在供应链管理中，LLM 可以预测需求趋势并优

化库存管理策略，RPA 则自动执行采购、库存调整等操作，确保供应链的高效运行。

总之，RPA 在烟草行业卷烟厂的应用显著提高了生产效率、降低了错误率、提升了业务用户满意度，并实现了可观的人力成本节约。这些改进表明 RPA 技术在自动化业务流程管理方面具有巨大的价值<sup>[5]</sup>。

## 结语

本文通过深入探讨 RPA 技术在烟草行业业务流程管理中的应用案例，并通过机器人层、控制层和集成层的协同作用，实现了业务流程的自动化、优化和智能化，这些应用案例充分证明了 RPA 技术在提升烟草行业，尤其是卷烟厂业务流程管理效率方面具有巨大潜力。通过 RPA 的自动化处理，卷烟厂能够实现更高效的资源配置、更精准的生产计划和更优质的产品输出，从而在激烈的市场竞争中保持优势。■

## 引用

- [1] 郭丽娟.RPA技术在财务共享业务流程优化中的应用探究[J].中国管理信息化,2023(20):67-69.
- [2] 马延军,程辉.基于RPA技术的应用实践和战略规划研究[J].金融电子化,2023(2):12-14.
- [3] 郭克.面向供电企业的RPA机器人关键技术研究[J].自动化技术与应用,2023,42(8):174-178.
- [4] 陈雪芬.烟草商业企业RPA财务应用场景研究[J].中国总会计师, 2023(2):95-96.
- [5] 涂强.基于机器学习的RPA流程自动化技术应用研究[J].软件,2022, 43(5):176-178.

# 智能技术在电子信息工程的运用探析

文◆建湖县高新投资发展有限公司 江涛

## 引言

本文全面探讨了智能技术在电子信息工程中的应用基础与具体实践。首先，概述了智能感知技术的原理、关键技术及其在多领域的应用优势，详细阐述了智能感知在数据采集、处理与监测中的关键作用及其对电子信息工程效率与性能的提升作用。其次，分析了智能控制技术的原理、分类、特点及其在自动化控制中的显著优势，探讨了智能控制在电子信息工程中的实现方式，特别是自动控制与决策、人机交互技术的应用<sup>[1]</sup>。最后，介绍了智能优化技术，包括大数据分析、机器学习等，并深入讨论了这些技术在提升系统性能与效率方面的作用以及在电子信息工程中如信道资源管理和节能管理等方面的具体应用。

## 1 智能技术在电子信息工程中的应用基础

随着科技的飞速发展，智能技术已经成为推动社会进步和产业升级的重要力量。在电子信息工程领域，智能技术的应用不仅极大地提升了系统的自动化、智能化水平，还促进了信息处理的高效性和准确性。智能技术涵盖

了多个方面，包括但不限于智能感知、智能控制、智能优化等，共同构成了电子信息工程智能化的基石。

智能技术的基础在于对信息的深度理解和高效处理。在电子信息工程中，信息以电子信号的形式存在，通过传感器、处理器等设备进行采集、传输、处理和分析。智能技术的引入使这一过程更加智能化、自动化，能够更好地适应复杂多变的环境和需求。

首先，智能技术依赖于先进的算法和模型<sup>[2]</sup>，如机器学习、深度学习等，这些算法能够自动从大量数据中学习规律，优化决策过程，提高系统的适应性和准确性。其次，智能技术还依赖强大的计算能力，包括云计算、边缘计算等，为信息的实时处理和分析提供了有力支持。最后，智能技术的实现还需要借助先进的硬件设备，如高性能传感器、处理器、存储设备等，为信息采集、传输和处理提供了可靠保障。

## 2 智能感知技术在电子信息工程中的应用

### 2.1 智能感知技术概述

智能感知技术是指利用传感器、信号处理和人工智能等技术手段，实现对外部环境信息的智能感知和识别。其原理在于通过传感器捕捉外部环境中的物理量（如温度、压力、光强等），将这些物理量转换为电信号，并经过信号处理电路进行放大、滤波、模数转换等处理，最终送入处理器进行智能分析和识别。

智能感知技术的关键技术包括传感器技术、信号处理技术、人工智能算法等。传感器技术决定了感知的精度和范围，信号处理技术则决定了信息的有效性和可靠性，而人工智能算法则赋予了系统智能决策和自主学习的能力。这些技术的融合应用，使智能感知技术具备了高精度、高可靠性、高智能化等特点。

智能感知技术的优势在于能够实现对复杂环境的实时、精准感知，为后续的决策和控制提供有力支持。同时，还能够通过自主学习和适应，不断提高感知的准确性和可靠性，从而满足各种复杂应用场景的需求。

在不同领域，智能感知技术得到了广泛应用。例如，在医疗领域，智能感知技术被用于监测患者的生命体征，实现远程医疗和健康管理；在智能制造领域，智能感知技术被用于实现生产过程的自动化控制和优

【作者简介】江涛（1986—），男，江苏建湖人，本科，工程师，研究方向：电子信息、信息管理、智能技术。

化；在智能交通领域，智能感知技术被用于实现交通流量的实时监测和智能调度等。

## 2.2 智能感知在电子信息工程中的具体应用

在电子信息工程中，智能感知技术的应用主要体现在数据采集、处理与监测等方面。

首先，在数据采集方面，智能感知技术能够实现对各种物理量的实时、精准采集。通过部署高性能传感器和信号处理电路，系统能够捕捉到微弱的信号变化，并将其转换为数字信号进行存储和分析。不仅提高了数据的准确性和可靠性，还大幅降低了人工干预的成本和风险。其次，在数据处理方面，智能感知技术能够利用人工智能算法对采集到的数据进行智能分析和识别。通过对数据进行预处理、特征提取、分类识别等步骤，系统能够自动识别出有用的信息，并将其用于后续决策和控制中。不仅提高了数据处理的效率和准确性，还实现了对复杂数据的智能化处理和分析。最后，在监测方面，智能感知技术能够实现对电子信息系统运行状态的实时监测和预警。通过部署智能传感器和监测软件，系统能够实时感知到系统的运行状态和参数变化，一旦发现异常情况立即进行报警和处理。不仅提高了系统的可靠性和安全性，还降低了故障发生的概率和损失。

## 3 智能控制在电子信息工程中的应用

### 3.1 智能控制技术概述

智能控制技术是人工智能与自动控制理论相结合的产物，旨在通过模拟人类智能的决策和控制过程，实现对复杂系统的自动化管理和优化。智能控制技术可以根据不同的分类标准进行分类<sup>[3]</sup>。按照控制策略的不同，可以分为基于规则的控制、基于学习的控制和基于模糊逻辑的控制等；按照控制结构的不同，可以分为集中式控制、分布式控制和网络化控制等。这些分类方式有助于更好地理解智能控制技术的多样性和复杂性。

智能控制技术具有以下几个显著特点。

(1) 自适应性。智能控制系统能够根据外部环境的变化和系统的运行状态，自动调整控制参数和策略，以适应复杂多变的环境和需求。(2) 鲁棒性。智能控制系统对模型误差、噪声干扰等不确定因素具有较强的抗干扰能力，能够保证系统的稳定性和可靠性。(3) 智能化。智能控制系统能够模拟人类的智能决策过程，实现对复杂问题的智能分析和处理，提高系统的智能化水平。(4) 高效性。智能控制系统能够实时处理大量数据，快速做出决策和控制，提高系统的响应速度和效率。

### 3.2 智能控制在电子信息工程中的实现方式

在电子信息工程中，智能控制技术的实现方式多种多样，主要涉及自动控制与决策以及人机交互技术等方面。

#### 3.2.1 自动控制与决策在电子信息工程中的应用

自动控制是智能控制技术的基础，通过预设的算法和模型，对系统输入进行实时处理，并输出相应的控制指令，使系统能够自动运行并达到预定目标。在电子信息工程中，自动控制技术被广泛应用于各种设备的控制和管理中。

在通信系统中，自动控制技术可以实现对信号传输质量的实时监测

和调整，确保通信的可靠性和稳定性。在电子设备制造过程中，自动控制技术可以实现对生产线的自动化控制和管理，提高生产效率和产品质量。此外，在智能电网、智能交通等领域，自动控制技术也发挥着重要作用，通过智能调度和优化控制，实现资源的合理配置和高效利用。

决策是智能控制技术的核心之一。在电子信息工程中，决策系统需要根据实时数据和系统状态，做出合理的决策并输出相应的控制指令，这要求决策系统具备强大的数据处理能力和智能分析能力。为此，采用机器学习、深度学习等人工智能技术来构建决策模型，通过对大量数据的训练和学习，使决策系统能够准确识别系统状态并做出合理决策。

#### 3.2.2 人机交互技术在智能控制系统中的作用

人机交互技术是智能控制系统的重要组成部分，其实现了人与系统之间的信息交流和互动。在电子信息工程中，人机交互技术不仅提高了系统的易用性和可操作性，还提升了系统的智能化水平。

首先，人机交互技术使用户能够直观地了解系统的运行状态和参数变化。通过图形界面、语音交互等方式，用户可以实时查看系统的监控画面和数据报表，了解系统的整体运行情况和细节信息。这种直观的信息展示方式有助于用户快速掌握系统状态并做出相应决策。其次，人机交互技术提供了便捷的操作手段和控制方式。用户可以通过触摸屏、键盘、鼠标等输入设备向系统发送控制指令和参数设置，实现对系统的远程控制和管理。这种操

作方式不仅提高了系统的自动化程度，还降低了人工干预的成本和风险。最后，人机交互技术还具备智能化的特点。通过智能语音识别、自然语言处理等技术，人机交互系统能够实现对用户语音指令的自动识别和理解，并根据用户意图执行相应的操作和控制。这种智能化的交互方式不仅提高了系统的智能化水平，还为用户提供了更加便捷和高效的操作体验。

## 4 智能优化技术在电子信息工程中的应用

### 4.1 智能优化技术概述

智能优化技术作为现代科技的重要组成部分，集成大数据分析、机器学习、深度学习等先进技术，为电子信息工程领域带来了前所未有的性能提升与效率优化<sup>[4]</sup>。不仅能够帮助更好地理解复杂系统，还能通过数据驱动的方式，自动寻找最优解决方案，推动电子信息工程向更高层次发展。

(1) 大数据分析技术。大数据分析是指运用统计学、计算机科学和人工智能等技术手段，从海量、高速、多样化的数据中提取有价值的信息和洞察力的过程。其原理在于通过高效的数据采集、存储、处理和分析技术，实现对数据的深度挖掘和智能分析，从而揭示数据背后的规律和趋势。在电子信息工程中，大数据分析技术有助于更好地理解用户需求、优化系统配置、预测故障发生等，为系统的智能化管理和优化提供有力支持。(2) 机器学习技术。机器学习是人工智能的一个分支，使计算机系统能够无需明确编程即可从数据中学习并改进其性能。通过训练算

法，机器学习模型能够自动从数据中提取特征、学习规律，并据此进行预测、分类、回归等任务。在电子信息工程中，机器学习技术可以应用于信道资源管理、节能管理、故障诊断等多个方面，通过智能分析和决策，实现资源的优化配置和系统的高效运行。

### 4.2 智能优化在电子信息工程中的具体应用

#### 4.2.1 大数据分析在电子信息工程中的优化策略

(1) 用户行为分析。通过大数据分析技术，对用户的使用习惯、偏好等行为数据进行收集和分析，为企业提供更加精准的产品推荐和服务定制。在电子信息工程中，有助于优化用户体验，提高用户满意度。(2) 网络流量优化。在网络通信领域，大数据分析技术可以实时监测网络流量数据，分析流量分布、流向等特征，从而优化网络资源配置，减少网络拥堵和延迟，提高网络通信效率。(3) 故障预测与维护。通过对设备运行状态数据的收集和分析，大数据分析技术能够提前预测设备故障的发生，为预防性维护提供数据支持，减少设备停机时间和维修成本。

#### 4.2.2 机器学习技术在信道资源管理、节能管理等方面的应用

(1) 信道资源管理。在无线通信系统中，信道资源有限。机器学习技术可以通过分析历史数据和实时数据，学习信道使用规律和用户需求模式，实现信道资源的智能分配和调度<sup>[5]</sup>。例如，预测用户的位置和移动轨迹，提前为用户预留信道资源，提高信道利用率和用户满意度。(2) 节能管理。在电子信息工程中，设备能耗是一个重要问题。机器学习技术可以通过学习设备的能耗模式和运行规律，优化设备的运行参数和策略，实现节能降耗。例如，在数据中心管理中，机器学习技术可以根据负载情况和能耗数据，自动调整服务器的运行模式和电源管理策略，降低数据中心的能耗成本。(3) 机器学习技术还可以应用于故障诊断、信号处理、图像处理等多个方面，通过智能分析和决策，提高电子信息工程的整体性能和效率。例如，在图像处理领域，机器学习技术可以实现图像的自动分类、识别和增强等任务，为图像处理和视觉分析提供有力支持。

## 结语

智能技术在电子信息工程中的应用不仅极大地提升了数据采集、处理与监测的精度与效率，还通过智能控制与优化技术实现了系统性能的飞跃。随着大数据、机器学习等智能化技术的不断发展，电子信息工程将更加智能化、高效化，为各行各业提供更加精准、可靠的服务。<sup>[5]</sup>

## 引用

- [1] 王裕国.智能技术在电子信息工程的运用探析[J].中国新通信,2023(13):77-79.
- [2] 王梁介宁.智能技术在电子信息工程的运用探析[J].电脑知识与技术,2022(30):89-91.
- [3] 张宏轩.电子信息工程中智能技术的运用[J].大众标准化,2022(1):70-72.
- [4] 温锦辉,周红林.人工智能技术在电子信息工程中的应用[J].河北农机,2021(5):69-71.
- [5] 殷庆武.电子信息工程中人工智能技术的应用探究[J].互联网周刊,2023(7):81-83.