

光纤通信系统中光传输技术分析及维护

文◆92682 部队 蔡 杰

引言

光传输技术是目前较为常用的一项传输技术，不仅具有十分优秀的稳定性，还有着可靠度高、效率高、便捷性强等优点，不过，该技术在实际应用中也存在一些问题有待解决。本文首先分析光传输技术的特点，其次详细介绍常用的光传输技术类型，最后结合光传输技术的维护原则，提出光传输设备的具体维护措施，推动光传输技术获得进一步发展与推广应用。

1 光传输技术特点

1.1 抗干扰

光纤主要由二氧化硅构成，属于一种无法导电的材料，通过光的反射效应完成信息数据传输，且在传输过程中对于电磁场的干扰作用具有一定的抵抗能力。同时，二氧化硅是一种具有较强耐腐蚀性的材料，绝缘效果较佳，不容易受到气候条件的干扰，即使处于复杂、恶劣的条件下，依旧能够发挥出良好的数据传输作用，因此在军事领域得到重点使用^[1]。

1.2 低损耗

目前，我国的光纤技术发展成熟，优势明显。在长距离的数

据传输场景中，损耗较小，基于光发送、光接收装置的联合使用，能够实现长达几百千米的中继传输，在远程干线通信中获得了大范围使用。伴随着相关技术的持续发展创新，推广应用范围也在不断增加，光纤通信系统在建设经济性方面有着明显优势，整体造价成本进一步减少，经济效益大幅增强。

1.3 光波保密

由于光纤通信信号在密封的条件下完成传输，外界难以截获相关信息，相对于电磁波传输形式来说，后者更加容易被外界截获，所以光纤通信具有良好的保密性。另外，光纤的制作原料种类丰富，工艺简单，且能够承受高温环境，使用寿命长。随着相关技术的日益发展成熟，光纤通信技术的应用范围不断扩大，基本完成了“光纤入户”。

1.4 频带宽

由于光波本身具有较高频率，使通信具有高带宽，且单模光纤不会发生色散，因此，相较于电缆而言，光纤通信的频带更宽。然而，如果终端设施自身性能较差，那么会对光纤大带宽的应用效果带来较大限制。在使用波分复用技术的基础上，大幅提升光纤传输的信息总量，解除以上限制，实现对光纤带宽的高效利用。

2 对光纤通信系统中光传输技术分析

2.1 光孤子通信

光孤子通信技术基于光学原理，利用非线性信息达成传播目标。具体来说，光孤子通信技术集合了超短光脉冲所具备的信息传输总量大、速率快等诸多优势，当下主要应用场景为信息的远距离、高速度传输。在实际应用时，维持波形与速率不发生变化，在此基础上完成信息远距离传输，并获得了广泛使用。结合实际发展现况来看，光孤子通信技术今后的重点发展趋势为，基于超远距离快速通信技术和超短脉冲控制技术，把信息传送速率提升至每秒至少 100Gbit；另外，联合再生技术和光学滤波技术，将传输距离提升至至少十万千米^[2]。

2.2 波分复用技术

波分复用技术主要基于单模光纤损耗率低的优势获取到带宽资源。在不同的信道中，光波频率以及波长有着一定的区别，基于此特征就可

【作者简介】蔡杰（1983—），男，广东湛江人，本科，中级工程师，研究方向：光传输、时频同步等信息通信。

做到对光纤结构低损耗区域的准确区分，从而建立多个彼此保持独立关系的通信信道，并把不同信道使用的各类光波当载体，当实施光信号传递过程中，借助波分复用设备，便可做到在单个光纤中传递不同类型的光波信号。同一光波接收端的波分复用装置，能够把承受不同信息的载波依照波长与频率准确区分隔离。将波分复用技术应用到线性光纤中，有利于实现在单个光纤中完成多路信号同步传送，提高了光纤的传输效率与总容量。当前，国内基于波分复用技术进一步研发出了密集波分符合技术，不仅能够做到超高容量信息传输，还能满足超高速率、超大距离的传输要求。

2.3 光纤接入技术

当前，国内已基本实现光纤入户，满足了人民群众在网络传输速率方面的需求。光纤接入技术使用较多的是同步数据传输技术（简称 sDH），其基于 sONET 技术，融合了其他多种新技术，最终达成光纤传输的目的。sDH 中光路接口、帧结构数据传送速度等均具有超高标准要求，具有统一性，可以与 PDH 横向充分兼容，对于传输网络能够随意进行互联传输，使之具备对资源的高效率、高灵活性整合的能力，实现在全球范围中通用。sDH 技术的应用过程为，首先在帧结构中完成对目标信号的固定处理。其次利用电路层复用功能，凭借光纤完成信号高效率传送，当把信号传送至 ADM 以后，可使之转变为基础的电信号。最后使用数字配线架和电缆系统，顺利将电信号发送到客户端设备中。

3 光纤通信系统中光传输技术的维护原则

3.1 顺序维护

对于光纤通信系统而言，光传输设备的基础维护工作开展过程中一定要严格遵守规定的维护次序。通常来说，在进行全面维护时，必须先做好外侧维护工作，再实施内侧维护。具体操作方式为，工作人员首先从外侧维护出发，分析系统整体运作情况是否出现异常，所有设备的外部结构是否完整。在此过程中，采取体感触碰的方式，判断设备是否出现温度异常、异响等情况，仔细观察每一处细节。在将外部维护和检查工作做好之后，仔细检查所有设备的连接状态，保证电缆保持正常且牢固地连接，每一接口位置都处于干净、无污染的状态，没有出现接触不良的情况^[3]。在将外部维护落实到位以后，启动设备，对设备的内部结构进行检查，保证内部运作的正常稳定性，且没有任何故障情况。如果发现系统中出现运作故障，那么要对故障的具体位置加以排查，并准确判断故障类型。如果系统运作过程中同一设备同时发生了多处故障，或者有多个设备出现了故障，那么要考虑故障的级别、故障导致的后果恶劣程度、设备本身的运作成本等因素，分析确定各故障的处理顺序。

3.2 全面维护

对于光纤通信系统而言，光传输技术的日常维护工作应遵从全面性维护基本原则，定期进行系统、全面性的检查，了解系统的运作状况，识别系统中是否出现潜在故障因素，保证各项日常维护工作严谨、细致，找出预兆性、尚未显现出来的故障因素并及时采取处理措施，确保系统运作的长期稳定性，使光传输技术得到更为科学合理地使用。

3.3 先通后修

如果光纤通信系统由于出现故障而出现突然停机的情况，那么应立即转移到备用通道，保证整条线路迅速重启、正常运作，然后再进行故障问题的维修处理，将意外故障引起的经济损失控制在最小范围。另外，如果查明是由于设备的线路板存在问题而导致系统出现中断，那么应选取对系统正常运作带来的影响程度最小的维修方案，先检查支路电路板是否出现故障，然后进行主线路板故障检查与处理。

4 光传输设备维护措施

4.1 营造良好的设备运行环境

结合以往的实际状况可知，光传输技术设备故障的出现和设备本身的运作环境具有直接性关联。例如，光传输技术有关设备安装地区电能供应质量的高低、温湿度条件、防尘措施等是运作质量的关键影响要素。为有效提高光传输技术设备的维修水平，应构建良好的设备运作环境，结合实际情况，在了解设备本身特征的前提下，实现对设备所处环境温湿度的合理调整控制。一般来说，使用空调系统营造恒温恒湿的条件，减少温湿度波动，预防对设备运作质量造成的负面影响，规避故障形成，增加设备使用年限，减少故障发生频率。此外，应和当地的供电部门取得沟通，加强对电能供应质量的管控，在条件允许的情况下，还可基于安装 UPS 电源设备等措施，防止电能供应质量差导致的光传输设备结构性损伤。

4.2 落实设备维修之前检查

考虑到光传输设备对于环境有一定要求，在维护设备时，做

好环境检查非常关键。应着重检查环境内部的温湿度条件以及清洁程度，控制好电压的稳定程度。基于对机房进行环境指标检测，分析评估环境能否达到设备运行的标准。基于光传输设备的实际应用情况，其对于运行环境有着非常高的要求，构建良好的环境不仅有利于减少设备出现故障的概率，还能延长设备使用寿命。

不管是对设备进行整机或是系统性维修，都应了解光传输的具体状况，确定引起设备问题的实际原因，做到对系统中各种故障出现状况准确估测。例如，如果设备中某个载波电路存在异常，那么可推测出故障存在于滤波器或者是载波机内。如果是滤波器存在故障，那么应继续对本端机实行分析，找出故障的具体位置，使用仪器设备进行测量，再根据测量结果展开通信频率、信号波形的综合分析，为制定维修方案提供依据。在进行系统性维修时，负责检修的工作人员不仅要掌握设备型号和运作原理，还要详细了解系统的内部构成结构，了解各个部件的具体功能作用。通过对问题的准确了解，在维护期间做出合理判断，确保结论的正确性，实现对故障的精准锁定，选取科学有效的维护方法，对问题进行快速处理，必要时直接替换故障元件。

4.3 了解维护操作标准

为了实现快速有效维护设

备，要求有关人员了解设备维护的规范标准。常规性维护一般包括以下两点：一定期清理通信系统内硬件设施，把附着在设备外表的杂物、灰尘清除干净。二严格管控设备运行环境的温湿度，将其调整在适当范围内。在开展维护工作期间，相关人员应依照规范标准采取必要的防护措施，如穿戴防静电手套，防止在维护期间人体与设备之间产生直接性接触。设备在运作的过程中表部存在静电，若设备发生漏电，则装配安全设施能够避免人员发生触电事故。此外，维护人员应全面熟悉光纤系统的运作原理，把握网络拓扑结构的特征，明确设备维护的具体要求，实现独立排查、维护设备。

4.4 故障定位的常用

4.4.1 替换法

替换法是将不确定是否能够正常运作的元件用另一个确定能够正常运作的元件进行替换，锁定故障位置并及时处理，一般运用于对传输外部设备故障排查，如光纤、交换机、供电设施等。在锁定故障位于单站的情况下，排查单站中的单板问题，如某一光板存在故障，可使用能够正常运作的同类型光板加以替换。

4.4.2 观察法

一旦系统发生故障，就会在网管和设备上发送出彼此对应的警示信号，观察设备中警示灯亮起的情况，及时判断故障问题，且网管会记录下警示时间和性能参数，通过对这些信息的分析研究，联合 SDH 帧结构的警示原理规则和开销字节，初步判断故障类型以及锁定故障发生位置。

4.4.3 仪表检测法

仪表检测法一般用于排查传输设备外部问题和其他设备之间的对接异常问题，特别是光路发生故障时，使用光功率计测试光板的发光、线路的收光情况，迅速准确地确定光板与线路存在的问题，使用 OTDR 实现对光路故障问题所处位置的快速精准锁定。

结语

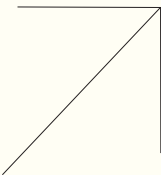
对于光纤通信系统而言，光传输技术具有不可取代的重要地位，具有高度的保密性，且损耗率低，抗干扰能力强，当前，应用广泛且发展潜力较大的有波分复用技术和光孤子通信技术。不过，在实际运用光传输技术时，运用效果受到光传输设备的影响，如果设备无法正常运作，那么会对光纤通信系统的整体运作效率带来重大影响。因此，有关工作人员应当加强对光传输设备的检修与维护，制定科学合理的检修方案，确保光纤通信系统持续、稳定、安全、高效地运作。

引用

[1] 乌悦,宋娟.光纤通信系统中光传输技术分析及维护的探讨[J].中国新通信,2021,23 (15):24-25.

[2] 余丽云,许景伟.光纤通信系统中光传输技术与维护[J].电子产品可靠性与环境试验,2021,39(3):106-108.

[3] 张斌.光纤通信系统中光传输技术分析及维护的探讨[J].电视技术,2020,44 (3):24-25.



钢铁企业智慧环保管控平台实践与研究

文 ◆ 中冶京诚工程技术有限公司信息工程技术所 邓宁军 朱宴恒 梁仕贤

引言

钢铁工业是中国国民经济重要部门之一，在“能源消费总量和强度双控”“碳达峰，碳中和”目标下，钢铁工业面临巨大压力^[1]。自2019年4月《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》发布以来，确定了钢铁企业超低排放时间表。《钢铁行业社会责任蓝皮书(2023)》2023年11月在北京发布，书中指出国内已有99家钢铁企业完成了超低排放改造和评估监测，其中73家钢铁企业完成了全工序超低排放改造；26家钢铁企业完成部分工序超低排放改造公示；中国钢铁业将加快超低排放改造，力争2025年80%以上钢铁产能完成改造。智慧环保管控平台助力钢铁企业超低排放达标管控及绩效评级，在完成超低排放改造的钢铁企业中均已建成投用，并取得了良好的应用效果。

1 平台概述

钢铁企业智慧环保管控平台建设结合《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》《关于推进实施焦化行业超低排放的意见（环大气〔2024〕5号）》等相关文件，以现场调研全厂生产设施、环境治理设施、监测监控设备现状等为依据而设计^[2]。平台建设符合政策要求并适度超前，统筹规划、细致设计、技术成熟、系统功能稳定可靠，满足超低排放相关政策要求中对平台系统方面的验收要求。智慧环保管控平台具备全厂范围内的生产设施、环境治理设施、监测监控设备及相关数据库的数据采集、数据存储、数据分析、数据可视化及应用功能。管控平台通过大屏、PC端及App等实现对全厂的环保智慧化管控。同时，管控平台具有1年以上数据存储能力，视频数据保存6个月以上，DCS数据保存5年以上。

钢铁企业智慧环保管控平台的功能既满足超低排放等政策要求，又兼顾企业日常环保管理的需要。管控系统建立全厂污染源排污状况与生产设施、环境治理设施运行状况之间的逻辑关联，自动采集生产设施、环境治理设施、监测监控设备数据，做到环境治理设施与生产设施的联动运行监控，实现对全厂污染物排放的有效监管。同时，管控系统实现对全厂无组织视频摄像头统一监控，包括料场出入口、焦炉炉顶、烧结环冷区域、高炉矿槽和炉顶区域、炼钢车间顶部等易产生尘点视频监控。

2 平台体系架构

钢铁企业智慧环保管控平台应基于工业互联网平台体系架构进行建设，系统总体架构包括数据接入层、网络通讯层、支撑平台层、应用服务层及数据展示层。系统总体架构图如图1所示。

数据接入层主要接入数据包括CEMS监测数据；总悬浮颗粒物浓度（TSP）监测数据；空气质量监测微站监测数据；TVOC、噪声在线监测设施、水质在线监测设施等其他环保监测数据；超低排放范围内生产设施、治理设施的生产运行信号和参数；视频监控信号；生产制造、计量、门禁等其他系统数据^[3]。

网络通信层应根据数据接入层接入的各类数据，合理选择网络通信方式并合理配置网络带宽。系统支持5G LAN及WLAN网络数据接入，数据进入支撑平台层前配置防火墙。

支撑平台层应采用国产开源超融合技术对计算、存储、网络资源进行统一管理，构建钢铁企业智慧环保云平台。提供关系数据库、时序数据库、内存数据库、消息队列等基础组件，为应用服务层提供Web服务、视频服务、GIS服务、三维可视化、工作流

【作者简介】邓宁军（1982—），男，江西抚州人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：智慧城市和智慧环保。

等中台服务。各类组件和服务均采用容器技术及微服务、分布式架构，支持负载均衡，并实现跨平台部署。

应用服务层包括有组织排放管理、无组织排放管理、清洁运输管理等功能模型，并支持各类报表生成与导出。系统采用前后端分离方式，各应用相互解耦，各功能模块根据不同钢铁企业的实际情况灵活配置。

数据展示层支持大屏、PC 端数据、移动端展示。大屏、PC 端数据展示采用 Web 方式，实现跨平台访问，且支持各类主流浏览器。

3 智慧环保管控平台主要功能

智慧环保管控平台系统建设内容包含有组织排放、无组织排放、清洁运输等 3 个子功能模块。管控系统使用超融合服务器部署，用户端支持 PC、移动端等设备。根据管理需要，分类设置用户权限，实现信息查询、浏览、操作等业务，支持后期功能扩展^[4]。

3.1 大屏端功能

大屏展示端通过厂区 3D 地图，直观展示主要监测点位置及状态，作为对外迎检、参观的窗口，使到访人员通过该窗口了解企业相关的环保监测治理概况。大屏展示端将监测设备、视频监控等叠加至 3D 模型上，通过不同的图标、颜色等表征各点位的状态、位置信息，点击各点位能实现各设备数据和视频查看。大屏展示端主要分为有组织排放管理、无组织排放管理、清洁运输 3 个模块，基于地图的大屏幕展示界面图如图 2 所示。

3.1.1 有组织排放展示

有组织排放展示包括有组织

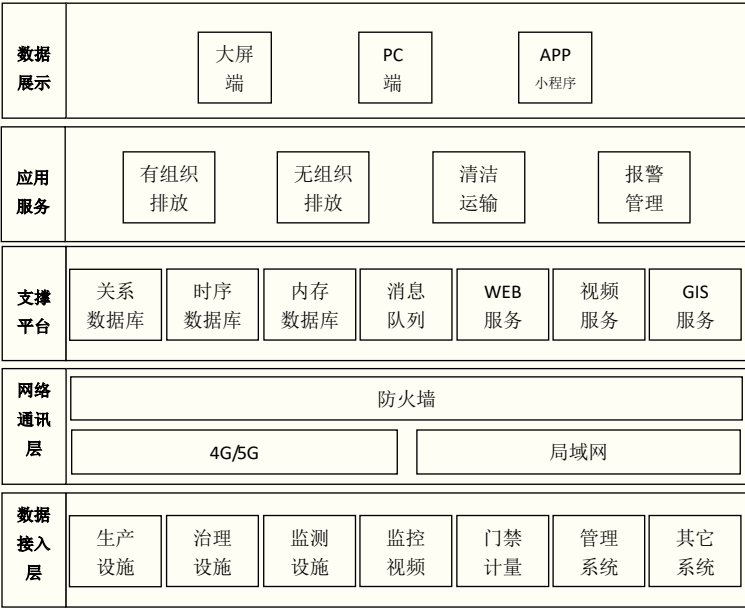


图 1 系统总体架构图

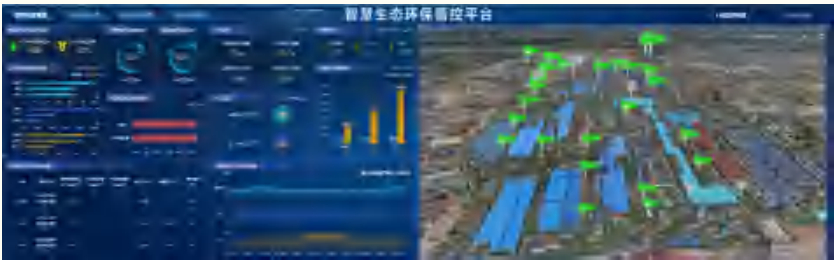


图 2 基于地图的大屏幕展示界面图

排放口运行情况、超低排放在线监测运行情况、排污许可在线监测运行情况、超低排放手工监测情况、排污许可手工监测情况、污染物累计排放统计、工序污染物排放量排名、主要排放口实时监测数据、主要排放口小时监测数据等。

3.1.2 无组织排放展示

无组织排放展示包括设备运行状态统计、全厂及主要工序产值同步率统计、TSP 监测曲线查看、排放源点位统计、TSP 监测点位排名等。

3.1.3 清洁运输展示

智慧环保管控平台清洁运输模块拟实现与企业现有门禁物流计量系统数据接入和统计分析功能。清洁运输部分包括厂内运输、厂外运输和非道路移动机械 3 个部分。对出入厂区的车辆、厂内运输车辆和非道路移动机械进行管理和登记，了解来厂外部车辆、运输车辆、非道路移动机械等车辆的实际情况，确保车辆情况符合清洁运输政策的要求。

3.2 PC 端功能

PC 管理端主要服务于车间级环保管理需求，供能环部及各分厂环保管理人员日常环保管理使用，用于日常环保数据录入填报、环保数据统计分析、环保数据查询、相关报表导出等。平台具备分级分权限账号查看功能、下拉菜单选择或文字检索查询功能，通过可视化界面有助于提高工作效率。主要包括 3 个方面内容，即有组织排放管理、无组织排放管理和清洁运输管理。

3.2.1 有组织排放管理

有组织排放管理主要包括有组织源清单、CEMS 设施管理等功能。有组织源清单模块通过将有组织生产和治理设施 DCS 关键参数上传平台，直观展示污染源的受控情况以及治理设施同步运行情况。通过以地图呈现的直观方式，展示企业全厂排放口的信息。CEMS 设施管理模块通过重点排放口监测数据，计算并展示重点污染源实时排污量。使企业实时掌握传输到政府部门的数据，判断监测数据是否满足政策要求的稳定运行时间达到 95% 的目标。

3.2.2 无组织排放管理

无组织排放管理主要包括污染源管理、环境质量监测、设备台账等功能。无组织污染源统计模块按照物料储存、物料输送、生产工艺过程将全厂的无组织排放源进行分类统计；按照政策要求直观展示无组织污染源点以及生产设施、治理设施、监测设施同步运行情况；分厂污染排名模块根据各分厂内监测设备的监测历史数据对各分厂污染情况进行排名；展示政策要求安装的环境质量监测仪表设备类型，并展示实时监测数据和历史数据。查询全厂内接入平台的生产设备、治理设备、监测设备、监控设备运行以及监测历史记录进行查询，保存各治理设备的运行记录等数据；展示全厂接入平台的监测设备、环保设备的故障、超标、非同步运行等情况告警。

3.2.3 清洁运输管理

清洁运输主要包括进厂运输台账、出厂运输台账、进出厂车辆台账、车辆进出厂记录、厂内运输车辆台账、非道路移动机械台账等功能^[5]。进出厂台账管理模块通过接入企业的汽运、铁运运输等台账记录，支持按月计算清洁运输比例，并展示相关统计图表。展现企业的实时进厂车辆记录、实时进厂车辆状态、大宗物料和产品运量、运输结构以及清洁运输比率、大宗物料运输历史台账、实时监控图像、车辆详细信息等内容，同步生成清洁运输台账记录。厂内运输车辆台账管理模块展示企业的厂内运输车辆编码登记、车辆排放阶段等信息。非道路移动机械台账管理模块展示企业的非道路移动机械编码登记、车辆排放阶段情况。

3.3 移动端实时监管

App 监管端主要服务于现场作业级环保管理需求，主要用于环保数据展示、预警报警、信息推送等。通过可视化界面，使用者操作便捷，提高工作效率。

4 主要创新

钢铁企业智慧环保管控平台将绿色化、智能化充分融合，利用 5G、工业互联网、大数据分析等先进技术手段，以实现数据标准化、管理可视化、分析全局化、管控精准化为核心思路，搭建从智能感知、智能分析到智能决策的系统架构，实现了在“一个系统”上完成废气、废水、固废、综合环保智慧管控的核心功能。创建了集指标实时监测、精准管控以及控制优化的钢铁企业多维度、全流程生态环保管控系统，搭建了一体化全要素体系架构，开发了“大屏端综合展示 +PC 端专项管理 + 移动端实时监管”立体化管理模式。结合环保智能监测和视频智能识别等

先进技术，融合空气质量预测、污染源溯源分析、环保监测数据智能诊断、大数据分析等模型技术，为全立体、全天候实时掌控厂区内环保管控内容提供数据分析和决策支持。

结语

钢铁企业智慧环保管控平台在保障钢铁企业环保合法合规的基础上，解决了钢铁企业环保管理手段单一、信息化集成不足、环境应急响应不及时与环保达标治理成本控制难等问题，为企业降低环保成本与增强环境管理手段提供了新思路，引领钢铁行业环保管理多维度、数字化的发展方向。^[8]

引用

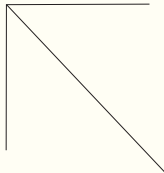
[1] 生态环境部.关于进一步规范重污染天气应急减排措施的函[R].环办便函[439]号,2021.

[2] 中国环保产业协会.钢铁企业超低排放改造技术指南[R].中环协[2020]4号,2020.

[3] 生态环境部.钢铁企业超低排放评估监测技术指南[R].环办大气函[2019] 922号,2019.

[4] 生态环境部.关于推进实施焦化行业超低排放的意见[R].环大气[2024]5号,2023.

[5] 生态环境部.重污染天气重点行业移动源应急管理技术指南[R].环办大气函[2020]340号,2020.



高压电缆中间头

真空除湿及防潮套装的研究及应用^{*}

文◆国网浙江省电力有限公司仙居县供电公司 李登雕 曾桂平 胡 亮 朱惠红

引言

高压电缆在电力系统中扮演着至关重要的角色，作为输送和分配电能的主要工具之一，其稳定运行直接关系到电力系统的安全性、可靠性和经济性。然而，随着电力系统的不断发展和电缆运行环境的多样化，高压电缆常常面临水分和潮气进入绝缘层的问题。不仅会引起电缆绝缘层的劣化和老化，还会导致电缆绝缘外钢丝屏蔽间隙出现纵向渗透，影响电力系统的正常运行，甚至引发严重事故。传统的电缆除湿方法如加热、真空抽湿等存在着效率低、操作繁琐、不适用于特定电缆的缺陷，无法满足电缆在不同工作环境下的除湿需求。因此，开发一种新型的高效、便捷的电缆除湿装置对于确保电缆长期稳定运行具有重要意义。

新型电缆除湿装置是针对高压电缆在施工或运行过程中，由于潮湿而造成的安全隐患而设计。采用加热氮气对电缆内护套、线芯等进行恒压充气，通过改进常用除湿方法，实现电缆除湿快速有效。该装置适用于 10 千伏交

联聚乙烯绝缘电缆除湿，操作简单，单人可操作，节约成本，可延长电缆中间头的使用寿命，解决了电缆在运行过程中受潮进水的问题，工程应用价值十分显著，是一种新型电缆产品。

1 新型电缆除湿装置的设计与原理

1.1 常用除湿方法的局限性

传统的电缆除湿方法主要有加热、真空和充气吸湿法 3 种，但在实际应用中，这些方法的局限性多种多样。加热法操作虽然简单，但效率较低，而且要蒸发线缆内部的水分，所需时间较长。同时，发热温度过高，会造成线缆绝缘层受损，降低线缆寿命，增加维护费用。

真空法是将电缆置于真空容器内，利用负压使电缆内部的水分蒸发，但对于电缆中间头以及电缆长度在 300m 以上的电缆来说，不适用此方法。另外，真空法不能实现对电缆的快速排湿，需要特殊的真空设备，操作比较繁琐，所以在实际应用中受到了一定制约。

充气吸湿法利用高纯氮气充入电缆线芯中干燥线芯的方法，效果较好，但操作相对复杂。充气过程中应控制好充气压力和温度，否则会损伤电缆。且充气吸湿法只能处理电缆线芯，无法同时对电缆外护套进行除湿，导致除湿效果不理想。

1.2 新型装置的设计方案

新型电缆除湿装置采用电缆内护套和线芯加温氮气恒压充气的设计方案。该装置将氮气加热至设定温度，采用温控加热装置。温度过高会造成电缆绝缘材料的热老化、软化或熔化，使电缆受到损害，温度过低则达不到充分除湿的作用^[1]。因此，在设定加热温度时，必须保证加热温度在安全范围内有效除湿，应充分考虑线缆的材质、规格以及工作环境等因素。加温后的氮气通过进气出气软管输送到电缆内部，为了保证氮气的安全输送，选择软管非常重要，一定要有耐高温、耐压力的特性。该装置在充气时应应对充气的压力和温度进行精确控制，以保证电缆内部充满氮气，并保持压力不变。只有保持压力恒定，才能保证有效

^{*}【基金项目】2022 年国网浙江省电力有限公司仙居县供电公司群创项目：10kV 电缆中间头真空除湿及防潮套装（5211T722ZJ0X）。

【作者简介】李登雕（1984—），男，土家族，贵州沿河人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：电力系统及其自动化。

排除电缆内部的水分和潮气，发挥对电缆安全运行起到快速、高效地除湿、除潮作用。

该设计方案具有易操作、高效适用等特点。通过对发热温度和氮气压力的控制，对电缆内部的水分、潮气进行快速、均匀排除，确保了电缆干燥和安全。

1.3 装置结构与工作原理

新型电缆除湿装置主要由氮气瓶、温控加热装置、进气出气软管、专用充气头、一变多分气盒等组成，是一种新型电缆除湿装置。氮气瓶是提供高纯度氮气所需充气的装置气源。温控加热装置负责将氮气加热到设定温度，确保充入电缆的氮气温度符合规定。进气出气软管将氮气瓶和专门输送经过加热的氮气的充气头连接起来。电缆外护套上安装了专用充气头，在电缆内部充入加热后的氮气。一变多分气箱用来控制氮气分布，保证电缆内部恒压充气。

工作原理为新型电缆除湿装置通过温控加热装置对氮气进行加热，确保氮气达到设定的温度。随后，经过加热处理的氮气通过进气出气软管输送至特制充气头。软管选用应具备耐高温和耐压的特性，确保氮气的安全输送^[2]。特制充气头是装置的关键组成部分，它负责将加热后的氮气充入电缆内部。同时，通过一变多分气盒控制氮气分配和压力，保证电缆内部的恒压充气。在这一过程中，精确温度控制和压力调节至关重要，它们保证了装置能够有效排除电缆内部的水分和潮气，保障电缆的安全运行。

2 关键技术与实施方法

2.1 同时对电缆线芯和护套进行除湿

传统的电缆除湿方法存在一个普遍问题，即只能处理电缆的某一部分，无法同时对电缆线芯和护套进行均匀除湿，导致除湿效果不佳。针对这一挑战，新型电缆除湿装置采用了特制充气头及一变多分气盒控制的设计方案，实现了电缆内外同时除湿的功能。

新型电缆除湿装置采用特制充气头的设计方案，具有专门的结构，能够将充入的氮气均匀地分配到电缆的线芯和护套中，其工作原理类似于气流均衡器，通过精密的通道设计与气流控制，保证在电缆内部形成均匀的气流分布，使线芯和护套得到充分的除湿处理，提高整体的除湿效果，通过模拟实验和现场应用，在工程实践中被证明能有效提高电缆的除湿效率，降低因潮湿引发的故障率，因此具有十分重要的意义。既为电缆在除湿过程中使用提供了便利，又为降低电缆故障率提供了可靠的保证。

新型电缆除湿装置采用一变多分气盒的控制方案。一变多分气盒负责控制氮气分配和压力，使电缆内外始终保持恒压充气状态。一变多分气盒在设计上考虑了电缆长度、不同材质等因素，有利于精准控制氮气供应，使充气头向电缆内外均匀地释放氮气，避免了局部压力过高或过低的情况发生。既提高了除湿效果，又保证了电缆系统的安全稳定运行。另外，通过一变多分气盒的优化设计和调整参数，还可以使设备在更广泛的电缆类型和环境条件下的适用性得到进一步提高。

2.2 自动控制温度和气压

新型电缆除湿装置的自动控制系统是确保除湿作业安全性和稳定性

的重要组成部分。这一系统通过精密的温度和气压自动控制设计，内置了一系列关键装置，包括精密的U型加热棒、温度计以及温控开关等，这些装置共同协作，构成了一个完善的自动化控制系统，为电缆除湿作业提供了可靠的保障。

U型加热棒是该装置中的重要组成部分，其在除湿过程中发挥着关键作用。U型加热棒被精确布置在电缆除湿装置的内部结构中，利用加热方式提高周围的环境温度，有效增加除湿效果。因为U型加热棒对温度有非常精确的控制能力，所以可根据不同的情况对发热温度进行精细调节，使之处于比较安全的范围内。在除湿过程中，U型加热棒对环境温度进行实时侦测与控制，并按照预先设定好的参数进行相应调整，使氮气发热温度始终在一个相对安全的范围内，有效保证电缆在除湿过程中不会因过高的环境温度受到损害。有了这样精确的温度控制，才能既在安全的条件下又能保证电缆的安全可靠与稳定。

作为自动控制系统中的重要一环，温控开关肩负着对环境温度、气压等进行监测和控制的重任。根据预设的阈值，温控开关可以对环境温度、气压进行实时监测和判断控制。一旦温控开关检测到超过设定值的温度或气压时，为了防止因情况异常造成的电缆损坏，会自动将电源断开，使发热过程及时中止，保证了线缆的安全可靠。

除了上述作用外，该装置还具备实时监控和调节氮气加热温度的功能，通过温控开关对加热温度进行动态调节，灵活调整氮气的加热温度，满足电缆除湿

的要求，使除湿作业既安全又高效，保证电缆系统的平稳运行。因此，具有实时监控和调节功能是这一装置的主要特点。

2.3 装置操作简便

新型电缆除湿装置具有操作简便、可单人完成作业的特点，在提高工作效率的同时，节省了人力成本。装置的操作步骤简单明了，操作人员只需按照操作手册操作。该装置的运行过程由于采用了自动控制技术，在没有人工干预的情况下，操作难度大大降低，操作失误的概率也随之降低。该装置结构合理，操作界面清晰易懂，操作人员在提高工作效率、降低操作成本的同时，也能较快地掌握操作技能。

3 新型电缆除湿装置的应用案例及未来发展

3.1 实际工程中的应用情况

新型电缆除湿装置在实际工程中的应用情况丰富多样，其高效、便捷的除湿功能使其被广泛应用于各种电力工程和建设项目中，提升了工程的安全性和可靠性。新型电缆除湿装置在电力传输工程中占有重要地位。电缆在架设高压输电线路过程中，由于绝缘层受潮老化，会经常受到潮湿气候环境的影响。采用新型装置可通过恒压充气的方式，将电缆内部的潮气快速均匀去除，保证电缆的绝缘性能和安全运行。该装置在高海拔、多雨、多雪等恶劣气候条件下，为电力输送工程的顺利进行提供了可靠保障，有效规避了电缆绝缘层受潮引发的事故风险。

大量电缆在城市中埋设在地下，受长期受潮的影响，极易造成电缆绝缘老化和损坏的现象发生，传统除湿方式难以适应此种应用

环境。新型装置具有便携性强操作简便的特点，可轻松应对地下电缆的除湿需求。通过实地测试和应用验证，新型装置能够在地下狭窄空间内灵活操作，快速除去电缆内部的潮气，有效保障了地下电缆系统的稳定运行。

此外，新型电缆除湿装置广泛应用于工业生产、矿山开采等领域。工业生产现场通常是潮湿的环境，电缆直接关系到生产线能否正常运转。新型装置的快速除湿功能，保证了生产的连续性和安全性，使电缆在潮湿的环境下保持较长时间的稳定工作。电缆在矿山开采中，工作环境往往比较恶劣，长时间受潮容易造成电器设备故障，严重还会发生意外事故。采用新装置，有利于及时排解电缆内部的潮气，延长电缆的寿命，提高矿井的生产效率和安全性。

3.2 市场前景与应用推广

电力行业对电缆设备安全可靠的需求日益增长，新型电缆除湿装置填补了传统除湿方式在市场上的空白，提供了更加便捷、有效的电缆检修解决方案。新型电缆除湿装置未来发展势头强劲，市场前景广阔。

随着电力系统的不断发展，电缆运行环境逐渐多样化，对电缆除湿的需求和要求越来越高。在各种电缆施工、运行、维护工程中，新型电缆除湿装置的应用前景十分广阔。该装置可保证电缆在敷设前即处于干燥状态，使其绝缘性能和使用寿命在新电缆线路施工中得到提高；及时排除电缆内部的水分、潮气等，保证电力系统正常运转；在电缆检修和维护过程中，除湿速度快，效果好，维护时间和费用降低。

未来主要发展方向之一是在装置上应用智能化技术增强远程监控和自动化运行功能，以提高工作效率和操作方便性，并对装置的结构和设计进行进一步优化，使体积和重量进一步减小，增强装置的便携性和适用性，促进新型电缆除湿装置在市场上得到更广泛的应用和普及，在为电力系统的安全运行和可靠供电提供坚实保障的同时，以持续的创新促进技术的不断进步和升级^[3]。

结语

新型线缆除湿装置采用专用充气头和一变多分气盒控制，以加温氮气充气为设计方案，实现内外线缆同时除湿的作用。同时，实现自动控制温度和气压，通过内置的U形加热棒、温度计、温控开关等装置，保证排湿过程中电缆的安全稳定。新装置的应用有效解决了电缆除湿传统方法的问题，为电力系统的安全运行提供了可靠的技术支持，提高了电缆除湿效率，延长了电缆的使用寿命。因此，对线缆行业的发展和进步具有积极意义的新型线缆除湿装置，具有重要的工程应用价值。

引用

[1] 盛鸿翔,冯忠奎,刘广,等.高压电缆中间头真空除湿及防潮套装的研究及应用[J].电子测试,2022,36(6):126-128.
[2] 许俊杰.10kV高压电缆安装及电缆头制作工艺的研究[J].电子乐园,2019(18):86.
[3] 刘明亮,卢建树,张建,等.新型电缆除湿装置的研制及应用[J].电世界,2020,61(9):1-5.

智能电网下电力信息通信技术探讨

文◆内蒙古电力（集团）有限责任公司乌兰察布供电公司信息通信处 李俊怡

引言

近些年，伴随社会经济与科学技术的高速发展，光纤与无线技术开始取代当前的有线通信方式，我国智能电网建设规模持续拓展。在开展智能电网的建设工作时，电力信息通信技术占有重要地位，此技术是否能够得到合理使用，关系到智能电网是否能够正常使用，是否能够满足人民的电力服务需求等。基于此，本文首先分析智能电网和电力通信技术的相关概念，探讨智能电网的发展特点，介绍光纤技术、无线技术、移动技术等电力信息通信技术，分析电力信息通信技术在电网结构、变电工程、配电工程、输电领域、新能源领域、光伏发电、负荷控制中的具体应用。

1 电力通信技术与智能电网的相关概念

电力系统中最为关键的一环便是电力通信技术，此项技术涉及发电、输电、变电再到用电的全部过程，是保证整个片区系统电能资源集中调度、电力生产与供应和输送不可或缺的关键技术。此技术的研发创新，促进了电能资源运输方式的优化改变，是现代化背景下高效管控电网，实现电力行业商业化、规模化运营发展的核心技术基础，更是达成电能资源自动化调运、维护电网系统安全运作、提高电力行业管理水平的关键措施，已经发展成为电力系统之中必须掌握的一项技术。由于电能资源生产方式较为复杂，导致电能资源在传输过程中具有较多的要求，必须接受统一性管理，充分满足电能资源传输需求^[1]。因此，在进行智能电网建设时，必须融合高新技术，借助新技术压缩电网运作成本，提升电网安全性和经济效益，实现电网的持续稳定发展。

2 智能电网时代电力信息通信技术的应用分析

2.1 光纤技术

伴随智能电网时代的到来，电力信息通信技术的高速发展已经成为必然趋势。对于智能电网而言，光纤是其中十分关键的一种传输介质，光纤技术已发展成为智能电网中的一项核心技术。第一，光纤技术有着高带宽、低衰减的特征，可以充分满足电网系统在数据传输速度方面的要求。第二，光纤技术有着非常高的可靠性，能够减少网络故障问题的

出现概率。第三，光纤技术有着较强的拓展能力，实际应用起来较为灵活，能够根据客户需要加以增容或者转移。

2.2 无线技术

在智能电网中，无线技术充当着十分关键的角色，不仅用于对电力资源的远程监督管控，还能为客户提供较为灵活、个性化、多样化的服务类型。此外，无线技术可用来实时监管设备运作状况，了解故障问题。因为无线技术有着成本低廉、可靠度强的特征，所以在许多领域都获得了广泛使用。尤其是在智能电网中，无线技术的应用十分普遍，主要应用形式有以下3种。（1）微型传感器网络。基于安装在无线网络之上的传感器，全天候监测发电设备、变压装置以及其他各种设备的运行状态，提升电网系统的安全水平与运作效率^[2]。（2）无线通信系统。凭借无线通信技术实现信息数据传送，远程监管电力设备。（3）无线充电技术。其中的电池组不需要依赖电缆就能从电源板中获得能源供应，降低了资源消耗与维护费用。

2.3 移动技术

伴随移动互联网的快速发展，智能手机的应用愈发普及，

【作者简介】李俊怡（2001—），女，内蒙古乌兰察布人，本科，研究方向：电力信息通信专业。

移动技术已成为当今社会不可缺少的重要技术。在智能电网领域，应将移动技术应用到系统中，提升系统的运行效率与安全水平。第一，使用移动设备实行远程监管，大幅减小人工工作量与人员安全风险。例如，在出现故障后，工作人员可凭借手机 App 对现场设备进行及时了解，研究相关数据信息，锁定问题发生原因以及故障所处位置，高效制定针对性处理方案。同时，利用移动设备实现自动巡查，减少人力资源的投入量。第二，使用移动技术进行安全监管与预警。通过装配传感器、摄像头等装置，对重要节点进行全天候监管，及时察觉异常情况，发出警告信息。基于 AI 算法的图像识别技术，自动排查隐藏风险要素，估测事故，并作为应急处理的关键参考。第三，移动技术有着较大的发展前景。例如，对于能源管理层面，使用移动设备采集客户的电能使用习惯、行为信息，制定更加符合客户需求的负荷调节、能源节约计划；对于社区服务层面，创建智慧城市平台，使居民实时了解公共资源的使用情况，获得更加便利的电能服务^[3]。

3 电力信息通信技术在智能电网中的应用

3.1 在电网结构中的应用

将电力信息通信技术运用到电网结构中，重点在于对结构加以改进，使智能化水平获得有效提升。将此项技术运用到智能光纤构建中，分析过往智能光纤通信网络结构建设状况，初步实现智能化通信，支撑智能化信息收集和处理，但也存在工作效率较

低的问题。原因在于，运用 SDH 技术时，需要利用 TMB 业务输送、集中网络管控的方法完成信息收集工作，然而随着国内电力资源使用需求的持续提升，要求电网以更快的速度运作，对应生成的电网信息数据数量也急剧增加，凭借 SDH 技术无法满足数据处理要求。针对此种现况，应积极引入电力信息通信技术，取代 SDH 技术，有机结合光传输组网技术和网络智能化技术，构建智能化光纤通信结构，不断提高电网通信数量，确保电能资源产量的大幅提升，实现稳定安全传输电能^[4]。此外，将电力信息通信技术应用到电力通信领域。由于在发展智能化电网过程中，要求建设用户终端，同时让电网系统和用户终端接通起来，满足各类用户的电能使用要求，因此需要凭借高效率的双向电力通信提供支撑。使用电力信息通信技术对电力通信加以革新，达成信息双向传送的目标，并提升数据传输速度，提高电力服务质量，提升用电客户满意度，有助于客户更加充分及时地掌握电能供应状况。

3.2 在变电工程中的应用

智能电网系统重点所指的并非某个、某种智能设施，而是包括了智能变电站、智能电表等多类自动化装置。对于电力公司来说，若想做到对系统终端的自动化管控，就要凭借先进的信息检测设施达成，这些设施能够把终端运作状况传送至控制端，辅助控制人员及时了解设备运转情况，发现异常问题，并作出反馈，采取有效的解决措施，防止发生安全事故。在国内，智能变电技术主要包含信息、传感器、智能控制技术，应利用较多的智能化、网络化设备，构建信息通信平台，全面管控变电站。当检测设备测得对应数据之后，便会把它传送到中控系统，再由中控系统根据数据分析设备的当前运转状况，发送对应调节信号，从而确保变电站能够持续稳定运转。

3.3 在配电工程中的应用

伴随国内科技水平的持续提升，电力信息通信技术持续创新发展，并越来越成熟完善。基于此种条件下，将电力信息通信技术运用到配电工程中的可行性相对较高。重点在于把电力信息通信和配电网络有机结合，提升配电工程的整体智能化程度，既能够确保配电系统平稳、高效率运作，又能自动化开展对配电系统的检测工作，第一时间发觉潜在的问题，制定有效的处理措施，排除不良干扰，保障电能供应质量。具体而言，电力信息通信系统在配电工程中的应用包括下述三大方面。

（1）提升配电系统稳定程度。基于对电力信息通信技术的使用，实现对配电系统的自动化维护，如果在电网运作期间出现严重的故障或是受到破坏，那么可以做到自动化调节，保持电压、电流等方面参数的稳定性，使供电工作顺利、持续进行，规避发生大范围停电的事故。

（2）提升配电系统的自愈能力。在构建智能电网过程中，凭借电力信息通信技术改进配电系统，促使系统具有更高的自愈能力。基于设计一套标准化的安全评估指标，在使用电力信息通信技术时，能够基于对信息数据的评估解析，将其和安全评估指标加以对比，判断配电系统的当前状态是否安全，若有安全风险，就会自动启动预警流程，对有安全风险的部位进行隔离，再自动完成修复工作，以此解除故障，控制不良影响，使配电系统能够长期稳定地保持正常运作状态^[5]。

(3) 提升配电系统的兼容能力。构建智能电网过程中,要求配电系统有着较强的兼容能力,应兼容新型能源。运用电力信息通信技术,采取多种类型的信息传送模式,让配电系统和各类用户服务终端建立连接,与用户顺畅沟通,为用户提供针对性的用电服务。

(4) 经济效益较高。通过创建智能化电网,实现对资源更为有效地配置,提升资源利用效率。引入电力信息通信技术,改进配电系统,结合用户的具体用电要求进行电能资源的供应配送,提供更高质量的电能服务,节约电能,提升电能利用效率。

3.4 在输电领域的应用

利用智能化技术分析电能资源使用情况,提高电能分配效率。凭借动态监控系统实现对电能资源损耗情况的总结分析,掌握电能资源的使用状况,避免不法分子偷窃电能资源。输电系统作为电网与用户建立联系的关键渠道,属于智能电网建设的重要一环,直接关系到电网安全运作。利用电力信息通信技术,对电网系统进行可视化分析,及时准确掌握系统中的安全风险。将 PLC 技术运用到智能电网中,将电缆当作传输介质,并使用载波方法加以传送。PLC 技术普遍运用在电压不低于 35kV 的输电系统之中,可实现对电话、线路机电保护数据的控制。将 PON 技术宽度速度控制在 1250 ~ 2400Mbps,传输覆盖范围大约为 20km,其在传输方面有着突出性优点,可传输距离相对较远,投资成本较低,可靠性强,不容易受到其他条件制约。在进行智能电网建设时,必须把 PON 作为主体架构,再综合 PLC 技术提供辅助支撑,才能构建健全的电力系统。

3.5 在光伏发电中的应用

目前,我国在光伏发电方面投入了较大的研究力度,出台了较多的扶持政策,划拨了许多资金支持技术研发工作,推动了光伏发电的发展。对于分布式光伏电源,通常可分为电力部门、电力用户和第三方。为了有效管控分布式能源,应当使用通信技术来对分布式电源的电流、电压进行自动化控制。考虑到光伏发电系统本身在运作时产生的电能总量有着较大的不确定性,而且输出功率的波动性也相对较强,要求应用量程较大的计量表提高其精度水平。在具体运作期间,电流与电压互感器二者均为非线性运作,当额度较低时,电子电流表计量准确度也相对较低,在 25% ~ 100% 的额定范围中计量精度最高。所以,应当持续加强通信技术的推广应用与深度研究。

3.6 在负荷控制中的应用

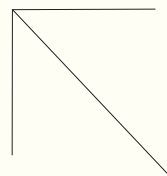
电力负荷控制一般要求预先计算好电网可承载的电力负荷,若是超出范围,就可基于报警系统进行自动化断闸,起到保护线路的作用。过往使用的电网管理方式下,信息通信效率较低,若出现用电负荷超出承受范围的情况,则要立即把配电线路总体全部断开,会对用户的用电带来较大影响。基于智能电网,电力公司通过引进新技术,实现对用电负荷的准确把控。利用电力信息通信技术,有效达成此目标。一旦出现超载情况,就能立即断开充电桩,或进行不连续性供电,起到降低充电量的作用。一般情况下,使用电力信息通信技术,可立即找到故障源头位置,保障电网系统的稳定运作,并对电网超负荷运转做到准确管控,减小负荷。

结语

电力信息通信技术的应用对于智能电网而言至关重要,有关部门应当持续加强对此技术的研究与创新,根据我国具体状况编制科学可靠的电力建设方案,并加以有效改革与调节,促使人、财、物力资源的有效节约,提升电网传输效率,带动我国电力行业的进一步发展。此外,详细了解智能电网、信息通信技术的运作原理、优势特点,有助于实现对通信技术更为合理有效地使用,建设出更加完善的智能电网,满足人们的用电需求,确保电网智能化水平的不断提升。

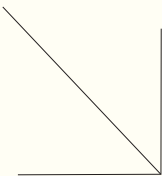
引用

- [1] 王煜昆.智能电网环境下电力系统保护新技术的应用分析[J].光源与照明,2022(2):201-203.
- [2] 吕国远.基于智能电网下电力信息通信技术研究分析[J].信息通信,2019(11):136-138.
- [3] 杜均莉.智能电网环境下电力营销信息管理平台[J].企业科技与发展,2019(8):90-91+94.
- [4] 陈璇,江浩.基于智能电网的电力通信运维管理研究[J].电子世界,2019(14):98-99.
- [5] 陶礼.基于智能电网下电力通信发展趋势分析[J].数字通信世界,2019(2):150.



BSS 内话比选案例分析及关键参数设置

文 ◆ 中国民用航空华北地区空中交通管理局 路春芝



引言

MH/T 4027-2019 民航行业标准规定了内话系统的技术要求。其中 5.2.6 章节规定，内话系统应具有无线信道比选功能，并描述内话比选的定义，无线信道比选功能是指将若干个相同频率的无线接口分为一组，当组内有多个接口同时收到信号时，根据一定的算法选出信号质量最好的一路传输至对应的席位上。按照民航行业标准，内话系统必须具备比选功能。本文以国外某品牌的内话系统为例，详细分析内话比选的原理，并根据两个案例分析，解释系统中的每个比选参数的作用和各参数之间的相互作用。

1 BSS 内话比选的应用和原理

在大型区域管制中心，指挥的高空扇区往往面积较大，无法使用单独甚高频台站覆盖全扇区。若应用内话比选实现多台站覆盖，则不需要配置单独的外置比选器，可减少设备数量和故障点。

例如，呼和 01 号高扇，扇区最远的两个边界直线距离相距有 500km，最近的两个边界相距 300km，单个甚高频台无法实现全覆盖。所以，使用内话比选，将苏尼特、多伦、阿巴嘎旗 3 个台站，在内话系统中配置在一个频率组内，开启 BSS 功能，配置各个比选参数，实现 3 个台站的内话比选功能。

内话比选可解决管制使用一个频率的多个台站同时接收机组时的回音问题。管制同时打开多个台站，由内话进行选择，只输出一路最佳信号给管制。内话比选是使用快速傅里叶变化 FFT 计算方法。傅里叶变化是将在时域上的语音信号转变为频域上即频率域的信号。

随着域的不同，可了解音频信号的不同角度，并计算得出多个关于该音频的不同指标。计算信号质量，由板卡的 DSP 数字信号处理模块完成。计算指标包括 PI 能量指数、SRI 频谱丰度指数、AI 清晰度指数等，来自傅里叶变换转换后的频域值计算。根据这 3 个计算指标，按照一定的公式加权，计算出该台站音频的质量指数 QI。内话系统比较不同台站的 QI 值，计算得出最佳音频信号，并输出给管制面板。输出最佳结果后，比选结果不会改变，直至该信号结束一定时间后，再开始新的比选计算。

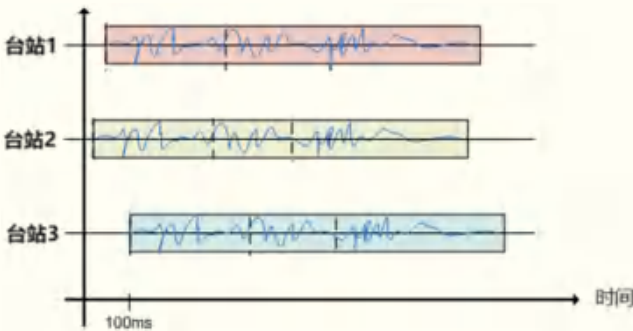


图 1 不同台站的接收信号延时示意图

【作者简介】路春芝（1980—），女，北京人，本科，工程师，研究方向：语音通信系统。

2 内话比选的关键参数——Initial 初始参数

内话比选中，经常应用的参数有“发送延时”和“接收延时”。如果两个 VHF 台站与管制之间的距离相差较远，那么同一个机组的发言音到达管制面板的时间会相差较大。体现在管制面板上出现叠音重音现象。所以，应使用“接收延时”将不同台站的接收音频对齐。

不同台站的接收信号延时示意图如图 1 所示，3 个台站的信号到达内话系统的时间相差较大。台站 3 接收的信号延时大，到达比较晚。为了更好地进行内话比选，可将最先到达的台站 2 信号设置接收延时 100ms，将 3 个台站的接收信号对齐。

如果两个台站距离内话系统相差较大，或者一个信号经过了外置比选器再到达发射台站，另一个信号没有经过外置比选器直接到达发射台站，那么即使管制席位是同时群发的两个台站，此时的管制音频到达台站的时间也不一致，且时间相差较大。反映出机组接收管制发话有叠音重音的现象。解决办法是将最先到达的台站设置发射延时参数，具体数值可根据实际测试的效果进行设置。

3 案例分析

内话系统中关于比选的参数配置项有很多个，下面结合实际应用中的案例，详细阐述各个参数的作用。

3.1 案例一

第一个案例是某个扇区反映，使用多伦台、阿巴嘎旗台和百花山台站，3 个 VHF 台站进行内话比选时，第 1s 内输出的机组信号声音小且不清，1s 后声音变大，造成机组回复不清晰。

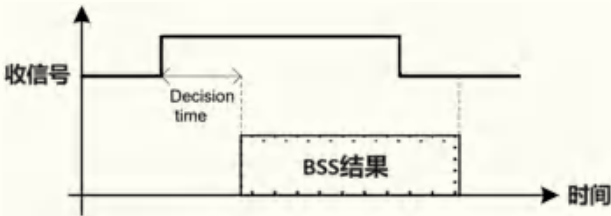


图 2 “决策时间” 参数示意图

根据扇区位置，百花山台距离机组最远，接收机组信号最差，但是在机组发话的第 1s 内一直被选中输出。根据输出接收音频的前一秒钟，可判断该时间是 Decision Time 决策时间，决策时间简称为 BCT 时间。

“决策时间”参数示意图如图 2 所示，当内话收到机组发话音频后，经过比选计算的时间将选中的最佳结果输出给管制。输出最佳结果之前的时间是 Decision Time，即 BCT 时间。所以 BCT 时间是从接收音频的开始时间算起，过了 BCT 时间，内话系统必须输出一个最佳的比选结果给席位。目前，区管设置的 BCT 决策时间是 1s。

在 BCT 时间之前是比选初始时间 Initial Time。在 Initial Time 初始时间内，系统可设置输出音频的模式有两种。第一种模式是输出全部台站的接收信号 All Locations，因为信号有叠加，为了防止音量过大，应对信号设置一个衰减值，一般设置为 3dB。第二种模式是只输出最先接收的台站 First Location，即将最先接收到的台站信号输出给管制。经查看在用内话系统的配置，确认设置的是第二种模式



输出最先接收的台站音频信号。

根据故障现象，判断出先到达的接收信号差。由于百花山到北京的距离比其他台站到北京的近 130km，故判断为百花山信号最先到达，并且信号质量差，声音小。

使用示波器在 IDF 配线架分别测量多伦台和百花山台的接收机组音频。配线架 IDF 测量不同台站的接收信号如图 3 所示，百花山台站接收信号比多伦台提前了 10ms，且信号强度小 10dB。由于比选初始模式选择了只输出最先接收的台站，而百花山台最先接收，所以在 BCT 决策时间前，只输出给百花山台的接收信号。由于百花山台站接收信号强度小，反映在管制面板也是前 1s 接收机组声音小。

针对该问题的解决办法有两种。第一种是针对最先到达的问题，可将百花山台站设置接收延迟参数，如可设置延迟 50ms。针对百花山台信号强度小，可调节接收电平，将信号放大 10dB。第二种是将初始时间内即 BCT 决策时间前输出信号的模式，更改为第一种输出所有台站信号 All Locations 模式。所以在 BCT 时间的 1s 内，同时输出所有台站的接收信号给管制，由于其他台站只比百花山台站接收信号延迟 10ms，人耳不会感受到回音。叠加所有台站信号后，信号强度增加，应设置信号的衰减值，通常设置为 3dB。

3.2 案例二——“重复计算超时”“延迟”参数

第二个案例是管制反映使用内话比选时，比选的最佳台站信号不理想，接收机组信号不稳定。通过在内话席位反复观察，

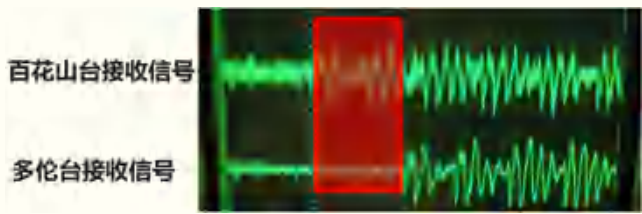


图 3 配线架 IDF 测量不同台站的接收信号

发现当扇区繁忙，机组与机组间发话的时间间隔短时，会发生第二个机组语音丢失问题。

根据语音丢失的问题，可判断是内话比选的重复计算问题。内话比选的“重复计算超时”参数，设置在接收机组语音结束后的设置时间后，将上一次比选结果清零，重新计算比选结果。所以在语音结束后的“重复计算超时”时间内，又接收到新的语音，不进行新的比选计算，即第二个机组会延续第一个机组的接收台站输出，仍然选择第一个机组的比选结果输出，未进行内话比选的第二次计算。

影响比选重复计算的参数，还有一项 Squelch 延迟设置。内话系统的接收信号采取 VOX 语音激活模式，Squelch 延迟参数设置的是接收语音信号中断后，仍然认为有接收信号的时间。所以该参数设置的是接收信号结束后的延迟时间，对于内话比选的重复计算时间，在接收语音信号结束后，除了设置“重复计算超时”时间，还应设置“Squelch 延迟时间”。目前，Squelch 延迟时间设置的是 500ms，重复计算超时时间设置的是 500ms，即在 1s 内，收回第二个机组的语音，沿用上一个机组的比选台站，不进行新的比选计算。

案例二的解决办法是缩短“重复计算超时”和“Squelch 延迟时间”的设置时间。由于系统在用，且有外置比选器的冗余配置，未进行在用系统的配置参数修改。如果条件允许，可改变参数的设置时间后，观察丢语音情况，并逐步调节。

4 内话比选的关键参数——“双接收”参数

内话比选中，除了上述设置参数，还有一个重要的参数，即“双接收”参数。如果接收期间，获得了另一个接收信号，那么为了防止另一个信号成为比选计算的结果，接收信号不会输出给管制。为了防止不同机组的发话丢失，在内话系统中有比选双接收的功能，开启后可同时接收第二个信道的接收信号。系统配置可设置“双接收”的超时时间，如 10ms。双接收是在 BCT 决策时间后，再经过设置的超时时间即 10ms 后，如果收到新的接收信号，则与比选出的最佳结果一起输出给管制。

结语

使用内话比选时，涉及的参数较多，某个参数数值不是设置得越大越好或越小越好。参数的具体设置，需要在应用中根据实际使用中表现出的现象，分析原因后再逐步调节，需要技术人员熟练掌握内话比选的原理，牢记每个参数的含义。❶

5G NR 上行波形自适应技术研究

文 ◆ 中国联合网络通信有限公司山东省分公司 马 丹 王建伟

引言

第五代移动通信系统 5G NR，基站发送给终端的下行信号波形是 CP-OFDM，而终端发送给基站的上行信号波形包括 CP-OFDM 和 DFT-s-OFDM 两种。基于此，本文通过介绍、研究和对比两种上行信号波形各自的特点和优缺点后，制定出终端发送上行信号波形的自适应切换策略，即基于终端在商用网络中的上行信道质量、上行业务需求、上行频谱资源分配位置以及发射功率等信息，选择合适的信号波形，从而扬长避短，取长补短，既可以支撑终端在强场、好点、近点的场景下冲击上行极限峰值速率，又可以保障和提升终端在弱场、差点、远点的场景下的上行性能。在商用网络中的实际验证表明了终端在弱场下的上行速率有明显提升，包括用户上行感知体验相关的多项指标得到了明显改善，具有较高的商用推广价值。

在第四代移动通信系统 4G LTE 中，基站发送的下行信号波形为 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access，正交频分多址)，

终端发送的上行信号波形为 SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access，单载波频分多址)。到了第五代移动通信系统 5G NR 后，基站发送的下

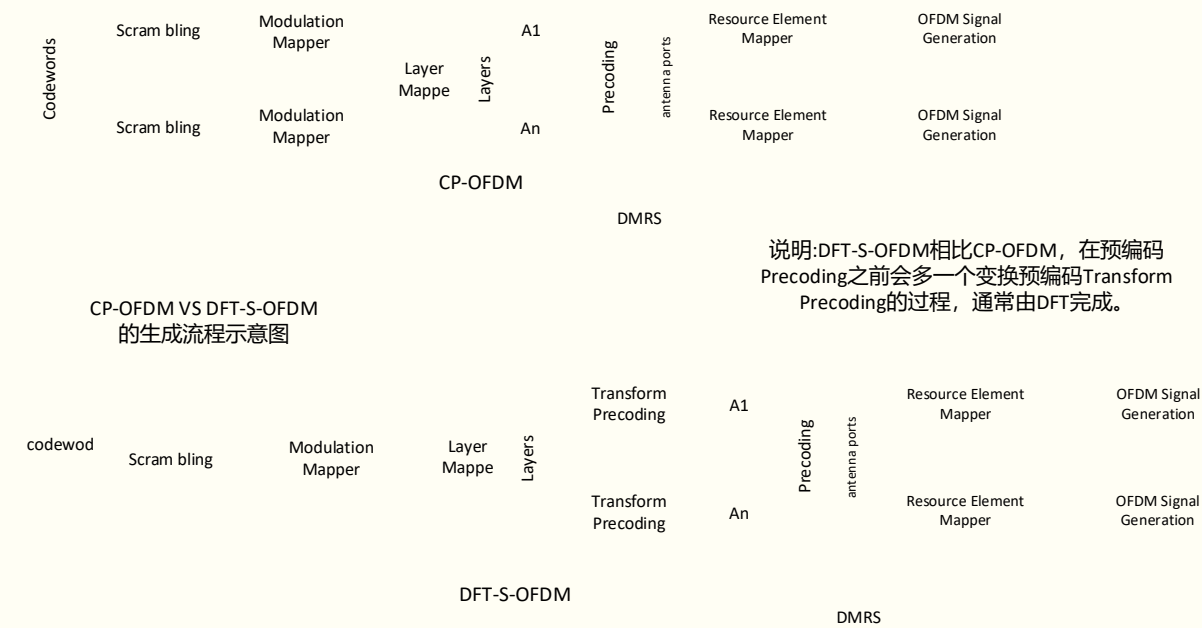


图 1 CP-OFDM 和 DFT-s-OFDM 的生成流程及对比示意图

【作者简介】马丹（1982—），女，山东济宁人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：无线通信。

行信号波形类似于 4G LTE，只是名字改为了 CP-OFDM（Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing，循环前缀正交频分复用），而终端发送的上行信号波形，除了继承 4G LTE，还借鉴了基站发送的下行信号波形，所以就有 DFT-s-OFDM（Discrete Fourier Transform Spread Orthogonal Frequency Division Multiplexing，离散傅里叶变换扩展正交频分复用）和 CP-OFDM 两种^[1]。CP-OFDM 和 DFT-s-OFDM 的生成流程及对比示意图如图 1 所示。

1 理论分析

OFDM 采用多个正交子载波并行传输数据，可以高效传输数据并且有效对抗信号多径时延带来的频率选择性衰落影响。同时，由于 OFDM 符号由多个独立经过调制的子载波信号叠加而成，当各个子载波相位相同或者相近时，叠加信号便会受到相同初始相位信号的调制，产生较大的瞬时功率峰值，由此带来较高的峰值平均功率比（Peak to Average Power Ratio），简称峰均比（PAPR）。由于一般功率放大器的动态范围有限，所以峰均比较大的 OFDM 信号（特别是又叠加了 MIMO 的 MIMO-OFDM 信号）极易进入到功率放大器的非线性区域，导致信号产生非线性失真，使整个系统性能严重下降。常规的解决方法是对超过门限的信号功率进行削峰处理，或者将整体信号功率统一下调回退，使功放回到正常工作的线性区域中，但会不可避免的带来相对少的性能损失。此外，OFDM 在数据传输过程中，对子载波的正交性有

严苛的要求，所以 OFDM 对载波采样时钟的频率偏差非常敏感，必须通过频偏估计与纠正技术保证数据正确传输。

CP-OFDM 通过在每个 OFDM 符号前后添加 CP（Cyclic Prefix，循环前缀）的方式来减少符号间干扰，抵抗多径传播导致的延迟扩展，此外，CP-OFDM 还在兼容支持多流 MIMO（多输入多输出）上表现最佳，可以实现更高数据传输速率，大幅度提升系统容量，因此在增强移动性场景、多径丰富的密集城区热点场景下，表现出良好的性能。CP-OFDM 适合面向复杂程度较低的接收器延展，有利于降低接收端解调的处理要求。但是 CP-OFDM 没有改变 OFDM 的峰均比问题。

DFT-s-OFDM 是基于 OFDM 的一种改进技术，在发送端的层映射（Layer Mapper）模块输出后、预编码（Precoding）模块输入前，加入了一个变换预编码（Transform Precoding）的预处理模块，对信号进行离散傅里叶变换（DFT），将时域信号变换到频域上，实现了频谱扩展，降低了 PAPR，改善了 OFDM 的峰均比问题。在降低 PAPR 后，功率放大器可以更高的效率工作，降低功耗，对于依赖电池提供能量的终端而言，有助于延长终端的工作时长和电池寿命。此外，由于 DFT-s-OFDM 是一种单载波技术，在频域上具有连续性，相比 OFDM，减少了子载波间的干扰。DFT-s-OFDM 相比 CP-OFDM，发送方多了变换预编码处理，接收方也要相应地增加反向处理，增加处理开销。相比 CP-OFDM 对频偏敏感，DFT-s-OFDM 则对时偏敏感，对定时误差的要求更高。DFT-s-OFDM 不支持多流 MIMO，只支持单流，虽然有利于提升覆盖性能，但是降低了系统容量。

综上考虑，4G LTE 确定其终端发送的上行信号波形只采用 DFT-s-OFDM，而基站发送的下行信号采用 CP-OFDM。随着第五代移动通信 5G NR 的到来，终端的功放、电池等性能也得到了增强，为了进一步提升上行的极限峰值速率和上行网络容量，支持与基站发送下行信号一样的 CP-OFDM 波形也就变成了 5G 终端发送上行信号 waveform 的基本要求，考虑到部分场景下的约束限制，5G 终端继续保留了 DFT-s-OFDM 波形。

两种波形除了峰均比差异带来对功放发射功率的影响外，从 5G NR 标准协议 TS38.101-1 上，还可以获知，两种波形在无线资源块（RB：Resource Block，资源块）分配在工作频段的不同位置上会有不同的最大功率回退差异，其中 DFT-s-OFDM 的最大功率回退量比 CP-OFDM 的要小 1 ~ 2dB。所以，当出现峰均比问题或分配的无线资源块 RB 位置处于工作频段的边缘时，为了避免终端的发射功率回退或回退过多导致的上行性能下降，应将发送信号波形调整切换为 DFT-s-OFDM，以保障和提升上行性能。

由于终端发送的上行信号波形是由其所接入的移动通信网络的基站决定和配置，所以基站需要持续获取终端发射功率、RB 分配等方面的信息，动态决策终端采取的波形类型，并发送配置或重配的信令给终端完成波形确定或切换。终端的发射功率情况，基站可以通过终端周期性或事件触发上报的 PHR（Power Headroom Report，功率余量报告，功率余量是由终端当前允许的最大发射功率和当前需要的发射功率的差值）实时获取和计算得到，RB 分配则是基站自己决策确定。当终端处于基

表 1 验证区域网络商用指标在固定波形和自适应波形下的对比

网络商用指标	固定波形	自适应波形	差值	幅度
RRC 连接平均连接用户数	1464.580	1460.560	-4.020	-0.274%
RRC 连接最大连接用户数	3095.970	3075.740	-20.230	-0.653%
小区上行 UE Throughput (kbps)	6566.200	7348.280	782.080	11.911%
小区下行 UE Throughput (kbps)	157016.000	156866.000	-150.000	-0.096%
小区上行 UE Throughput 速率低于 1Mbps 占比	3.870%	3.456%	-0.414%	-10.698%
小区下行 UE Throughput 速率低于 4Mbps 占比	4.820%	4.868%	0.048%	0.996%
上行每 PRB 平均吞吐量 (Kbit/PRB)	0.430	0.477	0.047	10.930%
下行每 PRB 平均吞吐量 (Kbit/PRB)	0.501	0.503	0.002	0.399%
上行 QPSK 编码比例 (%)	20.477%	17.421%	-3.056%	-14.924%
上行 16QAM 编码比例 (%)	7.336%	6.719%	-0.617%	-8.411%
上行 64QAM 编码比例 (%)	45.973%	41.491%	-4.482%	-9.749%
上行 256QAM 编码比例 (%)	26.214%	34.369%	8.155%	31.109%
上行平均 MCS	13.610	14.759	1.149	8.442%
下行平均 MCS	9.453	9.576	0.123	1.301%
小区上行 BLER (%)	14.579%	13.721%	-0.858%	-5.885%
小区下行 BLER (%)	9.294%	9.193%	-0.101%	-1.087%
无线接通率	99.728%	99.709%	-0.019%	-0.019%
无线掉线率	0.073%	0.074%	0.001%	1.370%

站覆盖的弱场、差点、远点、边缘等信道质量不好的环境下，或者终端的上行业务发送数据量比较大时，终端发射功率通常会比较大。基站在终端发射功率、RB 分配等信息的基础上，要结合终端的上行信道质量、上行业务需求等因素决策确定终端的发送波形。

2 实践验证

2.1 验证区域

验证区域选择在某运营商 5G 商用网络的 14 个连片基站，包括 73 个小区，验证区域涵盖了居民区、高架、商场和学校等场景。

2.2 验证效果

验证区域网络商用指标在固定波形和自适应波形下的对比如表 1 所示，在网络用户负荷模型基本保持不变的情况下，多个上行性能相关的指标在从固定波形（CP-OFDM）调整为自适应波形（在 CP-OFDM 和 DFT-s-OFDM 之间进行自适应切换）后，都得到了明显地改善。而下行性能指标、无线接通率、无线掉线率基本保持稳定。

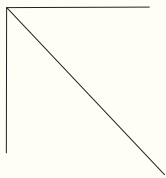
结语

基于终端在商用网络中的上行信道质量、上行业务需求、上行频谱资源分配位置以及发射功率等信息，基站动态决策和确定终端发送的上行信号波形，实现波形自适应切换，以保证终端获得最佳上行性能。在基站的强场、好点、近点使用 CP-OFDM，使终端可以获得上行极限峰值速率，在基站的弱场、差点、远点使用 DFT-s-OFDM，则可以避免

终端因为峰均比问题回退发射功率，有效保障和改善用户感知体验。实际验证中的网络商用指标，都表明了终端在弱场的上行性能有明显改善，具有较高的商用推广价值，建议继续扩大规模验证。

引用

[1] 佟学俭,罗涛.OFDM移动通信技术原理与应用[M].北京:人民邮电出版社,2003.



Wi-Fi 6 无线局域网通信技术 在湖南广播电视台节目生产基地的应用研究

文 ◆ 讯飞智元信息科技有限公司 倪 东

引言

移动互联网时代，无线网络的价值不断放大，随时随地能上网成为基本诉求，为大多数建筑物的设计建设带来了新的要求，既要无线网络全面覆盖，又要满足工作环境需求。采用新技术与新标准的 Wi-Fi 6 无线局域网通信技术不仅大大提高了网络传输速率，还增加了并发接入量，降低了时延，其应用价值和商业价值正在被广泛认可^[1]。本文以湖南广播电视台节目生产基地的 Wi-Fi 6 无线局域网通信技术应用为案例，分析了 Wi-Fi 6 无线局域网通信技术的优势及其实际应用场景、方式以及价值。

在新基建趋势下，Wi-Fi 6、5G、IoT 等无线技术迎来飞速发展。Wi-Fi 技术自 1997 年诞生以来，关键技术不断革新，性能不断提高，随着 2019 年 Wi-Fi 6 的正式商用，标志着无线局域网通信技术的应用和普及发展到新阶段。更宽的射频带宽和更高的调制技术，为越来越多的建筑应用场所提供了新的无线网络部署选择。作为一座“梦工厂”式的非新闻类节目生产基地，由湖南

广播电视台投资建设的湖南广播电视台节目生产基地（简称“芒果盒子”）在无线网络建设中，采用 Wi-Fi 6 无线局域网通信技术实现了无线网络的全面覆盖与高效运维，充分发挥了 Wi-Fi 6 的多重优势，加速了我国电视节目制作 IP 化、云化的建设与发展。

1 湖南广播电视台节目生产基地概况及无线网络建设目标

湖南广播电视台节目生产基地作为全新的节目生产基地，位于长沙市开福区金鹰影视文化城，总用地面积约 120 亩，总建筑面积 22.7 万平方米，项目总投资 30 亿元，包含 4 个演播厅（含 1 个 4500 座的大型剧院式演播厅）、1 个剧场、1 个沉浸式 XR（虚拟）演播厅、1 个美术馆、漂浮办公区以及配套设施用房等，按照国际绿色建筑 LEED 认证铂金级和中国绿色建筑三星认证的要求进行建设（见图 1）。新的节目生产基地将打破传统的隔绝观众与节目制作的厂区模式，成为观众和演播人员交流互动的公共文化平台。



图 1 湖南广播电视台节目生产基地效果图

近年来，在消费升级大趋势下，我国文化娱乐产业持续提质扩容，尤其是电视节目的制作已发展到高度流程化与工业化时期。在此背景下，原有的相对封闭式节目生产演播中心已经无法满足当前新的电视节目制作要求。在更多的实景、外景以及交互参与拍摄需求下，电视节目的大规模工业化、流程化生产，需要更具现代化风格的节目制作中心。

【作者简介】倪东（1985—），男，安徽合肥人，本科，高级工程师，研究方向：智能建筑、智慧校园、建筑超脑。

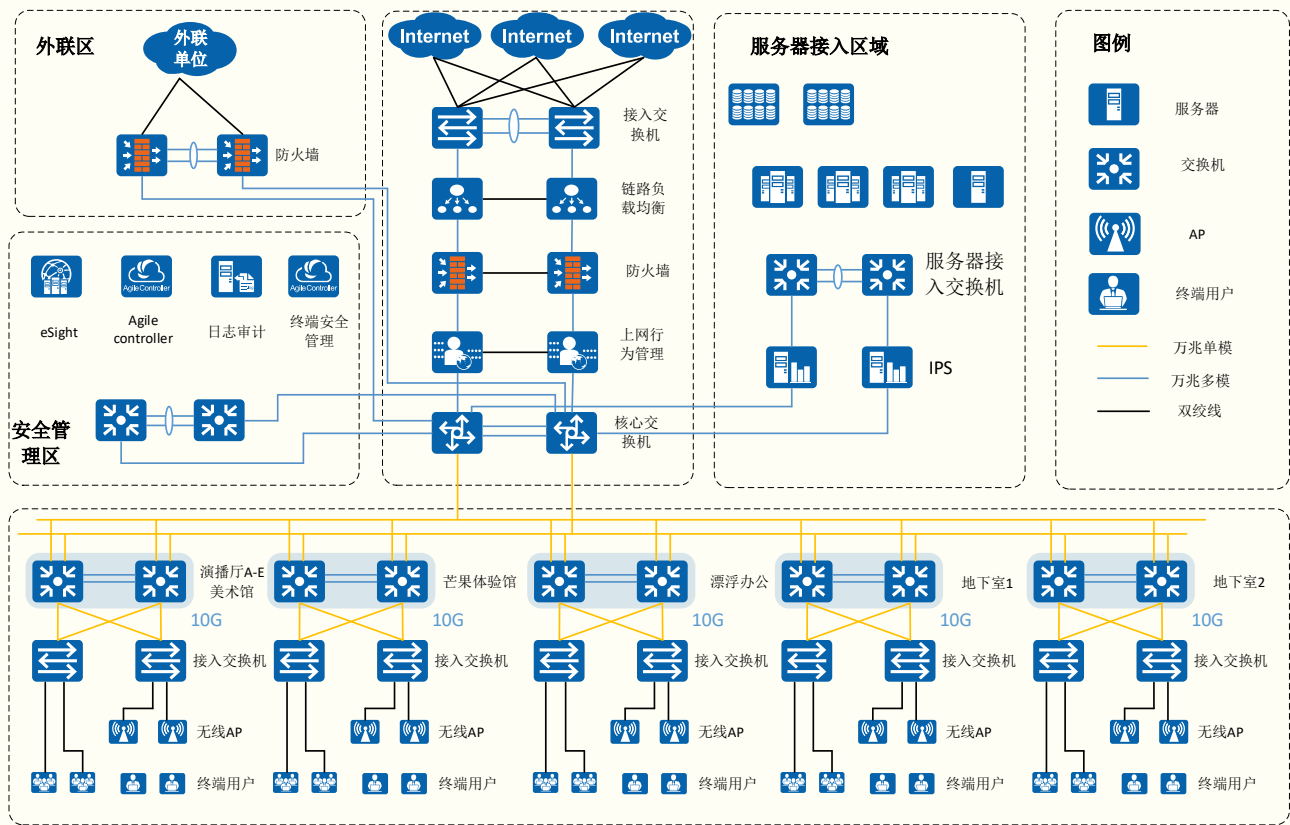


图 2 湖南电新基地办公网网络拓扑图

同时，更需要全面覆盖、高效运维的无线网络助力演播中心实现 IP 化、云化的加速发展。为了满足新的节目生产基地的无线网络建设需求，湖南广播电视台节目生产基地以基于 Wi-Fi 6 的方案完成湖南广电新基地整体网络架构设计，包括制播网、云数据中心、办公网等。整个管网建设需要满足云化、IP 化、智慧化的设计理念，考虑未来 5 ~ 10 年的行业发展以及先进技术发展趋势，建成一张先进的、智慧的网络（见图 2）。

2 湖南广播电视台节目生产基地无线网络承载业务分析

在移动办公逐渐普及的今天，对无线网络的依赖已从最初作为有线的补充，逐渐转变为全无线化办公，以无线为中心，诸如未来的云桌面办公、视频会议、4K 视频、AR/VR 等应用将从有线网络扩展并最终迁移至无线网络。湖南广播电视台节目生产基地无线网络不仅需要覆盖各个工作区、休闲区、大厅、走廊、车库等区域，还要满足 4K 视频对带宽的高要求，单终端的带宽要求满足 30Mbit/s，满足语音应用对时延敏感小于 30ms 的要求，满足对两者皆有要求的 VR 单终端带宽 50Mbit/s、时延小于 15ms 的要求。同时，湖南广播电视台节目生产基地还存在着物联网扩展需求，需通过扩展模块实现设备感知获取物体各类信息的功能。

从建筑特点与应用场景而言，湖南广播电视台节目生产基地的占地规模大，纵横交错，单体建筑跨度大，人员密度集中。无线网络应用场景较多，除了办公需求之外，还有游客或观众的互动需求以及承担流媒体传输的任务。整个建筑群的竖向采用了多层重叠、流线分隔的规划结构。基地内部道路沿基地外围环绕布置，向内伸出支路穿插进相邻演播

厅的空隙。鱼骨状的规划结构逻辑清晰、合理。演播的服务功能在竖向上贯穿演播厅上下，布景和道具等布置在大空间演播厅之中。办公空间的设置延续着竖向多层重叠的规划理念，集中办公空间漂浮于基地东侧最高处最大的演播厅之上。因此，在规划无线网络时，不仅要考虑建筑规模与场景的需求，还要满足 AP 和无线网卡信号的交互以及用户有效接入网络。系统的覆盖规划应主要考虑为保证 AP 无线信号的有效覆盖，对 AP 天线进行选址与相关配置。

3 湖南广播电视台节目生产基地选择部署 Wi-Fi 6 方案的原因分析

从 1997 年第一个无线局域网标准 802.11 标准正式发布，20 年来 Wi-Fi 标准逐代演进，改变

了网络设备的原有接入方式，将无线网络带入更多应用场景，且每一代升级都代表着数据传输速率、系统接入容量等方面性能的大幅提升。2018 年 10 月，Wi-Fi 联盟对不同 Wi-Fi 标准指定了新的命名，802.11ax 被命名为 Wi-Fi 6。湖南广播电视台节目生产基地选择部署 Wi-Fi 6 方案，是因为 Wi-Fi 6 第六代无线局域网通信技术设备可实现以下 4 个优势（见表 1）。

一是大带宽。Wi-Fi 6 在 160MHz 信道带宽下，理论最大速率已经达到 9.6Gbit/s，是 802.11b 的近 900 倍。Wi-Fi 6 速率的提升除了采用更高阶的 1024-QAM 编码方式外，也得益于 Wi-Fi 6 相较于 Wi-Fi 5 增加的有效子载波数量、空间流数以及延长了符号（Symbol）传输时间。

二是低延迟。Wi-Fi 6 可通过引入 OFDMA 有效减少冲突，提升频谱利用率，并且利用空间复用技术 BSS Coloring 减少同频干扰，使时延降低至 20ms。

三是高并发。Wi-Fi 6 引入了 OFDMA 和上行 MU-MIMO 等多用户传输技术，进一步提升了频谱利用率，使得 Wi-Fi 6 相比于 Wi-Fi 5，并发用户数提升了 4 倍。

四是高效节能。Wi-Fi 6 采用 TWT 技术，按需唤醒终端 Wi-Fi，加之 20MHz-Only 等节能技术，有利于进一步降低终端的功耗。

综合以上优势，目前全球使用的 Wi-Fi 设备约有 200 亿台，Wi-Fi 的经济价值约为 4 万亿美元，在全球企业、住宅和公共服务领域，Wi-Fi 6 将在 PC、AP、智能手机和 IoT 设备中得到更加广泛的应用。湖南电视台节目生产基地无线网络选择直接部署

Wi-Fi 6 网络，避免了未来的重复投资。

表 1 Wi-Fi 5 与 Wi-Fi 6 技术对比 [2]

特性	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
支持频段	5GHz	2.4GHz 和 5GHz
协议最高性能	6.9Gbps	9.6Gbps
芯片最高性能	1.733Gbps（4 条流 80Mhz）	4.8Gbps（8 条流 80Mhz）
支持带宽（注）	20/40/ 80/80+80/160MHz	20 /40/80/80+80/ 160MHz
最大流数	8	8
最高调制	256-QAM	1024-QAM
MU-MIMO	DL MU-KIMO（不支持 UL）	DL/UL MU-MIMO
OF DMA	不支持	DL/UL OFDMA
空间复用	不支持	支持
TWT	不支持	支持

节目生产基地采用的 Wi-Fi 6 设备具有业界最多的空间留与最大有效频宽，整机 10.75Gbps。源自 5G 的智能天线技术，有 248 种方向组合，电子波束赋形，穿墙效果更好，覆盖距离提升 20%，且任意位置，如影随形，边缘区域信号不衰减。基于 5G 射频劈裂技术，可实现双 5G 覆盖，提高 50% 容量，无需增加过多 AP 和成本。智能应用加速，最多 8 级空口队列，实现多维调度以及高效运维。无损漫游，可确保业务稳定不中断，提升 AGV40% 运行效率，且节目生产基地的 AP 设备具有 IOT 插卡功能，实现一步到位的物联融合。

4 湖南广播电视台节目生产基地 Wi-Fi 6 局域网通信系统建设难点

湖南广播电视台节目生产基地采用“一轴多心”的规划结构，以一条东西主轴贯穿基地，两侧布置演播厅和其他附属功能，南侧由西向东布置美术馆和游客中心等公共功能，1500 平方米摄影棚，800 平方米演播厅，1600 平方米演播厅和中心广场，北侧布置 800 平方米演播厅，1400 平方米演播厅及技术服务大楼和 3000 平方米演播厅。整体布局遵循山势，采用台阶状的整体布置，由西向东逐层抬高，将整个场地切割成四个大的台阶，每级台阶高差 4.5m（见图 3）。在无线网接入方面，不仅要求满足 4K 视频甚至 8K 视频的高标准与高要求，还要兼顾山势地势形势，与建筑设计理念相匹配。

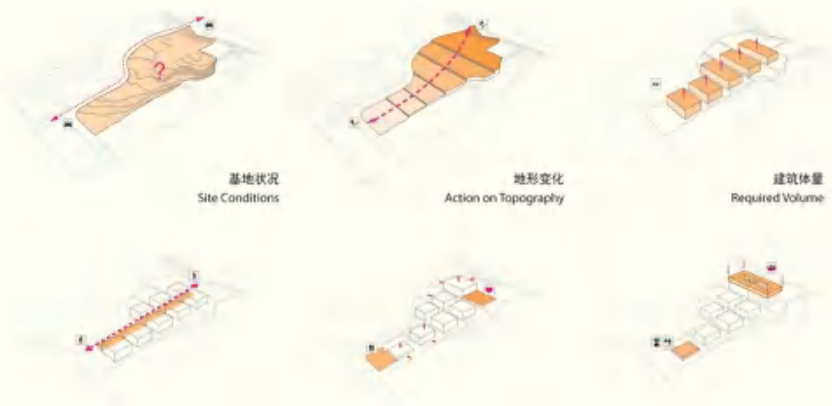


图 3 湖南广播电视台节目生产基地建面图

因此，湖南广播电视台节目生产基地无线网络方案不仅存在着技术性的高要求与高标准，还存在着安装位置高低差大、外立面安装难度大、设备颜色与装修风格相统一等诸多难题。不同演播厅、不同区域需要匹配不同的设备，更要高度统一设备的运维效率，部署方式需要多样，确保整个节目制造中心的高效性。

为了应对建筑结构复杂、网络规划难度大、用户多且分布密集和用户并发率高的情况，湖南广播电视台节目生产基地选用了华为的“AirEngine 6760R-21E +”定向天线设备，可通过窄波瓣天线技术和双5G射频技术及专业网规工具应对各种复杂场景，规划效率大幅提升，小角度定向天线，可精确控制覆盖范围，有效降低干扰，防尘防水等级可达到IP68，解决了建筑结构等因素对无线网络质量的影响。

5 湖南广播电视台节目生产基地 Wi-Fi 6 局域网通信系统建设实践

针对我台节目生产基地的建筑规模与应用场景网络需求，考虑到2.4GHz微波对各种材质的穿透损耗的实测经验值，为了减少信号盲区，选择AP摆放位置应遵循以下原则。一是把AP安放在大厅的中央位置，或者是两个对角位置。二是保持信号穿过墙壁和天花板的数量最小。三是使信号能够垂直穿过墙壁或天花板。四是避免站点周围有高大建筑或山体，保证网桥两端信号的视距可达。五是AP天线方向可调，安装AP的位置应确保天线主波束方向正对覆盖目标区域，保证良好的覆盖效果。六是AP安装位置需远离电子设备^[3]，避免覆盖区域内放置摄像头、广播音响等电子设备。基于以上六大原则，可确保信号覆盖面广泛且效果更强（见图4、5）。



图4 演播厅点位安装示意图

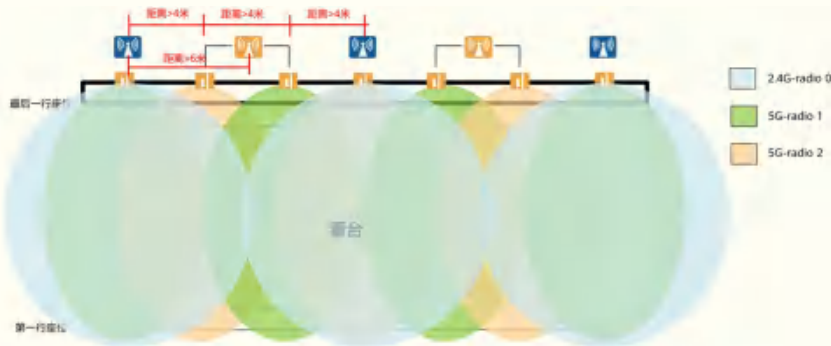


图5 演播厅观众席后排点位覆盖方案

为满足湖南广播电视台节目生产基地无线网络接入的高标准、高要求，采用了Wi-Fi 6局域网通信技术方案，覆盖涉及开放场馆（演播厅）和室内区域（办公区、走廊）每一个角落，并且满足4K视频对带宽的高要求，单终端的带宽要求满足30Mbit/s，并且还可以满足语音应用和VR应用等时延敏感性的要求。生产基地所采用的放装AP、高密AP均支持Wi-Fi 6协议且内置物联网槽位（PCIe接口），支持BLE5.0/ZigBee/Rfid/Thread等物联网扩展，可通过扩展模块实现设备感知获取物体各类信息的功能，为生产基地实现“数字孪生”奠定了坚实的基础。

室内区域覆盖，部署方式针对办公区、VIP包厢、休息室、化妆室、通道等覆盖区域根据不同的观众密度以及分布部署面板AP和普通放装AP，安装方式选择吊顶或在侧墙上安装，使用AP内置全向天线覆盖。在信道和功率规划中，2.4G频段使用1/9/5/13信道，在AP距离较近的情况下酌情关闭部分间隔AP的2.4G射频，达到降低无线干扰、提升用户体验的目的。配置5G优先，在大多数终端是2.4G的情况下，让支持5G的终端接入5G射频^[4]，减轻2.4G射频的负担。开启智能漫游，防止终端离AP距离太远而信号过低，影响用户的体验。降低无线用户的关联老化时间至1分钟，防止存在频繁离开整个无线网络覆盖的用户。在AC上开启用户隔离和端口隔离，防止移动终端之间存在大量的ARP报文交互。将AP内每个终端下行速率限制在2000kbit/s，防止强势终端占用过多速率资源，造成弱



图 6 无线信号仿真图和软件功能截图

势终端业务体验差。此种部署方式不仅克服了外立面安装难的问题，还在设备颜色方面与装修风格保持一致。

节目生产基地无线覆盖规划采用现场地勘和仿真模拟两种方式进行点位确认，确保信号覆盖实现最优。仿真软件使用 Wlanplaner，根据图纸和现场勘查将点位进行模拟部署，并模拟现场门窗、墙面、玻璃等对信号衰减影响，模拟出真实的信号覆盖仿真图，为现场点位深化和安装提供直观的参考指标。采用专业网规工具和多样化的部署方式，进行整体无线网络的规划（见图 6、7）。例如，针对有 20m 高的剧院式演播厅，选择高密度定向天线 AP，利用小角度天线满足高层高的覆盖要求；且所有 AP 与 POE 接入交换机之间均采用万兆互联，确保单个 AP 下的带宽要求；整个节目生产基地网络配置了智能运维平台，提供智能运维能力。

节目生产基地采用了华为的 Smart Radio 软件定义射频技术，可灵活适配场馆复杂场景。例如，在高并发场景（看台区、媒

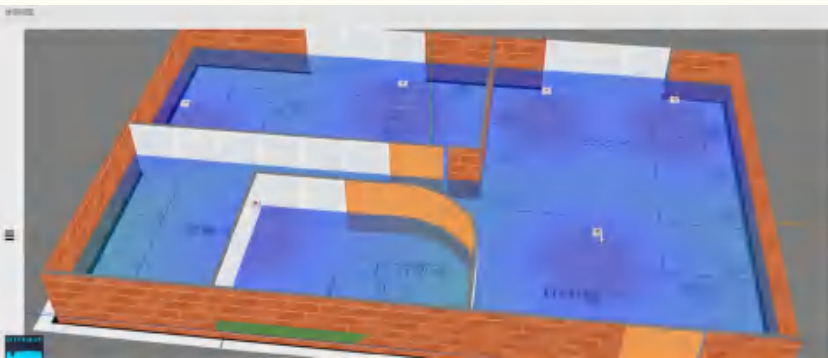


图 7 3D 信号仿真

体发布区），可选择三射频模式，允许更多的用户接入；在干扰较多场景（排队验票区），则选择“双频 + 独立双频”扫描模式，在不影响性能的情况下，利用独立扫描射频实现网络质量实时监测和优化。仅 1 个 AP 款型就有多种模式实现混合部署，既满足不同的业务场景和流量类型需求，又可以提升全网性能，节省 TCO。

结语

科技创新是推动产业发展的重要驱动力，Wi-Fi 6 网络方案在湖南广播电视台节目生产基地的应用，将为基地未来的运营管理、节目制作与发展带来新的动力。

引用

[1] 彭程,高宏.Wi-Fi6技术与发展研究[J].通信世界,2021(12):12-14.
[2] 刘洋,龚戈勇.5G和Wi-Fi6在数据应用场景的对比研究[J].通信技术,2021,54(4):1010-1014.
[3] 林伟,郭琳.Wi-Fi6技术在公共图书馆的应用场景研究[J].福建图书馆学刊,2021,4(3):43-47.
[4] 耿爱雷,李诗龙,王庆权.Wi-Fi6与5G技术的功能对比以及应用走向分析[J].中国新技术新产品,2021(14):27-29.

医疗废弃物智能化管理的探索*

文◆福建医科大学肿瘤临床医学院福建省肿瘤医院 王孔晖 黄海斌 杨成才

引言

长期以来，医疗卫生机构采用传统的医疗废弃物模式，医废信息、交接记录全部为纸质人工登记，数据容易丢失，且难以统计。物业员工做事随意，责任意识淡薄，缺乏规范化认知。转运过程缺乏监管，不法分子利用管理漏洞，非法收购和盗取医疗废物二次利用^[1]。随着医疗行业的迅速发展，医疗废弃物数量增加对环境和公共健康构成了巨大挑战。不当处理医疗废弃物会导致疾病传播、环境污染以及增加医院感染风险，因此，建立一个有效、安全的废弃物管理系统显得尤为重要。传统的管理方法由于缺乏有效的监管和技术支持，难以满足现代医疗废弃物处置的需求，存在数据不准确、处理效率低下以及安全隐患等问题^[2]。物联网技术的引入为医疗废弃物管理提供了新的解决方案^[3-6]。以福建省肿瘤医院为例，该医院按照医疗废弃物回收、交接的流程，构建了基于物联网技术的医疗废弃物智能化管理平台，实现对医疗废弃物全流程管理。

1 智能化技术应用：赋能医疗废弃物管理

1.1 智能化技术赋能医废管理

借助条形码、二维码和 RFID 等标识技术，结合现代通信技术如互联网和 5G，医疗废弃物的智能化管理系统能够对其从产出到处理的整个过程进行有效实时监控与管理^[7]。不仅显著提升了数据处理的效率和准确性，还确保了废弃物处理流程的安全性与透明度。例如，电子标签的自动化记录功能能够有效预防废弃物的非法倾倒和环境污染^[8]；物联网设备的实时监控功能有助于及时识别并解决处理异常，保障医疗废弃物的安全、规范处置。通过大数据技术分析大量信息，管理层能更准确把握废弃物的类别、数量和分布情况^[9]。人工智能技术根据分析结果进行预测和决策优化，实现智能化管理^[10]。

1.2 医疗废弃物智能化平台的构建

1.2.1 基础功能

智能化医疗废弃物管理系统的基础功能涵盖了废弃物的实时跟踪、自动化分类以及环境监控。系统通过给废弃物容器贴上 RFID 标签，实

现对废弃物流动路径的实时追踪，保障其按流程得到处理。此外，依据废弃物类别，系统自动分类管理，确保废弃物均处置得当。系统还配备了多种传感器，用于对废弃物存储和转运过程中的环境条件进行监测，防止废弃物处理环节对环境带来的二次污染。

1.2.2 统计功能

智能化管理系统在医疗废弃物处理领域的统计分析功能，可以对搜集的数据执行深度解析，并输出详尽的统计报告。涵盖了对废弃物生成总量、处理流程效率和处理费用的详细统计。管理层能够掌握医疗废弃物处理的全貌，识别出效率低下的步骤以及废弃物处理成本的构成。对于精细化调整废弃物处理流程、处理开支以及拟定更加科学的废弃物管理策略有着重要的价值。

1.2.3 预警功能

预警机制作为智能医疗废弃物管理系统的核心功能之一，通过历史数据分析和实时监测，具备对潜在异常情况的预测与警报能力。例如，若系统侦测到废弃物储存区的温度偏离正常范围，便会迅速向相关管理人员发送警

*【基金项目】福建省卫生健康科技计划项目 (No.2022RKA007)。

【作者简介】王孔晖 (1991—)，男，福建福州人，本科，工程师，研究方向：医院管理、医疗智能化、信息化。

【通讯作者】杨成才 (1976—)，男，福建福州人，本科，高级工程师，研究方向：医疗研究与管理。

告信息，避免不适宜的环境条件引发废弃物泄漏的安全隐患。此外，系统还能够根据废弃物处理能力和废弃物产生量的预测结果，提前预警面临的风险，为管理人员提供科学依据，帮助管理人员提前做出调整 and 准备。

2 医疗智能化管理平台的应用：优化流程与资源配置，提升管理效能

2.1 简化医疗废弃物转运流程

医疗废弃物的回收通过智能回收车，在监管平台下实现。回收人员在收运医疗废弃物时，使用扫描枪扫描回收科室的二维码即可锁定回收科室，再将医疗废弃物放入回收车内完成自动称重，然后将扫描封装医疗废弃物的一次性物联网识别器锁定医疗废弃物编号和对应医疗废弃物重量，最后扫描回收员二维码，将已记录并称重的医疗废弃物由科室暂存状态转入回收人员转运状态。

在医疗废弃物入库前，系统自动核查，确保收集的数量与总量匹配，确保无医疗废弃物遗失。当医疗废弃物被送至处理中心时，通过电子地磅再次核实重量，确

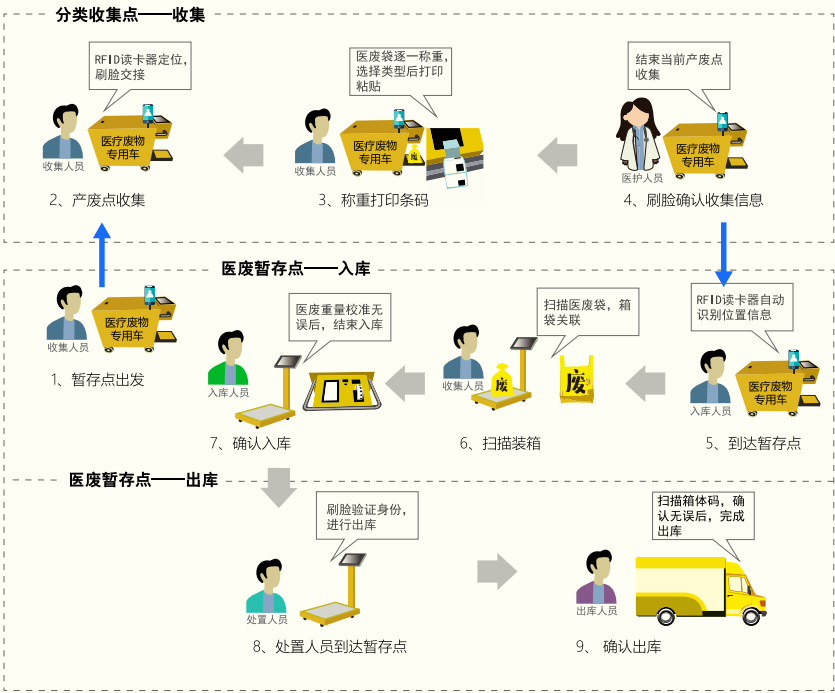


图 1 工作流程图

保出入库的总量相符。在与医疗废弃物处理单位确认数目一致后，系统便会自动记录交接情况。工作流程如图 1 所示。

2.2 动态监测医疗废弃物全流程

医疗废弃物在进入暂存室时使用电子地磅称重。使用医疗废弃物智能转运系统，实现医疗废弃物从产生到处置的全流程管理，切断医疗废弃物流失的可能性。该系统通过医疗废弃物条码实现追溯，数据采集、记录和上传的功能，让医疗废弃物的管理部门、监管部门能随时通过系统查看医疗废弃物的所有相关信息，并能对医疗机构产生的医疗废弃物进行总量和实况的各类数据分析。该系统在关键环节实行监控，保证医疗废弃物的安全转运，并实时自动比对数据，当出现重量比对大于误差范围时，及时提示，保证安全合规，实现了医疗废弃物的全流程精准化管理和智能转运。

2.3 异常事件监测及应急响应

在医疗废弃物的处理中，若异常事件未被及时发现，会引发废弃物泄漏等问题，不仅增加了环境污染的风险，还对医院人员构成潜在威胁。因此，部署有效的异常监测机制至关重要，有利于迅速控制异常情况，减轻对医疗环境安全和公共卫生的影响。采用智能化管理系统，实现对医疗废弃物处理的全程监控。该系统自动追踪废弃物的运输路径、存储环境和处理进度。当检测到如温度异常升高、位置偏离既定路径等异常数据时，系统立即激活警报机制，通过邮件、短信等形式快速告知管理与操作人员。及时响应能力是衡量医疗废弃物管理系统效能的关键指标，它决定了对异常情况的控制以及后续处理速度。为缩短响应时长，必须构建一个高效的信息传递与反应流程，保障所有关键人员能够即刻接收到异常警告。采用智能化医疗废弃物管理系统后，福建省肿瘤

医院处理异常事件的响应时间已从平均两小时减少至三十分钟。在一次医疗废弃物泄漏意外中，系统在五分钟内成功发出警报，使相关人员迅速反应并控制了泄漏，避免了交叉感染与环境风险的发生。

2.4 处理时间、人员配置等优化

福建省肿瘤医院在未实施智能化管理前，每天需要约 5 名员工全职负责医疗废弃物分类、记录、转运和临时存储工作，而废弃物的转运计划完全依赖于经验判断，无法精确控制转运频率和容量。实施智能化管理后，现在只需 3 名员工进行日常工作。智能化管理不仅减轻了工作人员的负担，还提高了整体的工作效率。智能化管理实施后，医疗废弃物的处理时间从每天平均 8 小时减少到 2 小时，效率提升了 75%。传统管理下的错误记录和分类错误率约为 5%，智能化管理将此比率降至 0.5% 以下。通过智能化管理，废弃物转运频率根据实际需要自动调整，避免了过度或不足转运，转运成本降低了约 20%。

3 面临挑战与未来发展趋势

智能化医疗废弃物管理系统，作为医疗废弃物处理行业的关键发展趋势，利用物联网（IoT）、大数据和人工智能（AI）等先进技术，全面监督医疗废弃物从生成、搜集、转运至终端处理的整个链条，增强了医疗废物处理的效能和安全保障。尽管如此，实际运用中，这套管理系统仍旧面临诸多挑战。同时，随着技术持续革新和公众需求演变，医疗废弃物的智能管理展现了更新的发展动向。

3.1 面临的挑战

智能化医疗废弃物管理系统地实施涉及多技术融合。不同的技术平台之间存在兼容性和数据交互问题，影响系统稳定性。此外，数据安全是关键挑战。智能系统前期成本投入较多，系统高效运行依赖操作人员的技术能力和对新系统的适应性，因此，提升操作人员技能和增强其对系统接受度亦是推广过程中应重点关注的问题。

3.2 未来发展趋势

虽然智能化医疗废弃物管理提升了处理效率与安全性，但是仍需面对技术整合、成本投入和数据保护等诸多挑战。面向未来，发展的重心将放在深化技术整合、实现流程标准化、强化环保意识和优化用户体验上，满足对医疗废弃物处理日益增长的需求和对环境保护及可持续发展的关注。智能化系统预计将引入更先进的技术创新。例如，利用机器学习技术和 AI 技术深度剖析医疗废弃物的产出模式，预测未来趋势，支持医院拟定更科学的废弃物管理方案。同时，应用 AR 和 VR 技术为操作人员提供直观培训，提升作业精确度和效率。此外，智能化系统在数据共享和开放方面将成为发展趋势，通过构建医疗废弃物管理信息共享平台，实现医院与处理设施之间的实时信息交流，提升行业管理效率和公众透明度。应对这些挑战，医院及相关部门应深入探索新技术，增加资金投入，改善系统设计，提高操作团队的技能和管理水平，保障系统高效运作。

结语

医疗废弃物智能化管理在提高管理效率、保护环境和人类健康方面发

挥着重要作用。通过应用智能化技术、优化流程与资源配置、政策支持与行业合作等举措，医疗废弃物智能化管理不断提升管理效率和管理水平。未来，随着技术的不断进步和应用领域的拓展，医疗废弃物智能化管理将为实现环境保护和资源利用水平的持续提升、助力相关行业持续健康发展做出更大贡献。

引用

[1] 王荷芬.医疗废物管理在医院感染管理中的重要性[J].临床医药文献电子杂志,2017,4(30):5917,5922.

[2] 刘俊,杨宝爽,沈慧.基于互联网的废弃物管理体系分析[J].电子技术,2023,52(9):52-53.

[3] 马佳钦,李文苑,冉懋君.某医院医疗废弃物监管平台的应用与改进[J].中国数字医学,2024,19(1):55-59.

[4] 丁德胜,刘玲.基于“互联网+”的医疗废弃物智能监管系统设计[J].江苏通信,2023,39(1):55-58,70.

[5] 阎迅.基于物联网技术的医疗废弃物管理系统[J].集成电路应用,2021,38(9):210-211.

[6] 张宸华.基于物联网技术的智慧医疗体系架构构建研究[J].电子技术与软件工程,2022,(22):31-35.

[7] 段文盼.基于物联网技术的智慧医疗系统及其实际应用研究[J].现代信息科技,2022,6(3):174-176,180.

[8] 黄达辉,钟伟华,于欣宁.基于物联网平台的智慧医疗系统应用研究[J].现代医院,2023,23(4):622-625.

[9] 李志俊,徐琳.基于信息化的医疗废物动态管理及效果研究[J].中国新通信,2022,24(20):47-49,164.

[10] 王红波.医废管控云平台上智慧医疗服务疾行新赛道[J].中国电信业,2023(4):78-80.

基于 DFT 的激光光谱实时测量*

文◆郑州西亚斯学院 王敬如 杜盼盼 杜海龙

引言

色散傅里叶变换即 DFT 技术，是一种前沿的光学测量技术，可在光学传感、光谱成像中实现快速连续单次测量。运用色散傅里叶变换将光脉冲的光谱映射到时间波形，其强度模拟光谱，允许单像素光电探测器以远超出传统空间域光谱仪的扫描速率捕获光谱。如可以捕捉如光学流氓波等使用传统仪器错过的罕见事件。本文在介绍色散傅里叶变换理论和实现方法的基础上，重点讨论 DFT 技术在超快动力学中实时探测激光脉冲和光谱的应用。

1 研究现状

快速非重复事件的实时测量是测量领域目前最具挑战性的问题，包括研究化学或激光等快速瞬态现象反应，活细胞中的蛋白质动态和数据网络中的损伤等应用场景^[1]。要想进一步探究激光脉冲的应用，观测其内部的演化规律非常必要，在观测记录其光学特性时，不仅要求测量手段有足够高的时间或光谱分辨率，足

够快的扫描速率以保证数据记录的实时性，还需要特别关注单次扫描测试时间窗口的长短，以保证测量的完整性和连续性。常用的测试手段如自相关仪和光谱仪，虽然具有足够高的分辨率，但是扫描速度远低于激光脉冲重复频率，无法实时观测到时域脉冲或频域光谱的变化规律^[2]。

色散傅里叶变换（DFT）也称为实时傅里叶变换，通过用时间色散元件和单像素光电二极管代替传统光谱仪中的衍射光栅和探测器阵列元件，使快速连续单次测量成为可能。利用色散，DFT 映射时域脉冲的频谱到时间波形的强度包络以模拟频谱，DFT 时间波形在时间上拉伸（带宽压缩），以便它足够慢，可被光电探测器和实时数字转换器（Analog-to-digital converter, ADC）捕获。

2 DFT 理论原理

根据具有线性增益和损耗的非线性薛定谔方程，光脉冲通过群速度色散（Group-velocity dispersion, GVD）GVD 元件传播时，有益带宽内高阶色散系数忽略不计，二阶色散系数可通过式（1）表征^[3]。

$$|u(z, T)|^2 = \left(\frac{1}{2\pi} \right)^2 e^{(g-a)z} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{u}(0, \omega, -\omega_0) e^{i \frac{\beta_2 z}{2} \left(\omega - \omega_0 \frac{T}{\beta_2 z} \right)^2} d\omega \right|^2 \quad (1)$$

式（1）中 u 是光脉冲的场幅， $\omega_0/2\pi$ 是中心脉冲频率， g 是 DFT 的增益放大系数， a 是对应的吸收系数， z 表示光脉冲的传播距离，其等效于 GVD 长度， β_2 是二阶色散系数， T 是脉冲周期，可通过 $T=t-\beta_2 z$ 得到。在式（1）中，对于较大的 GVD 值（即 $\beta_2 z$ ），除了相位消失的频率，其余频率在频域中快速振荡，由式（2）给出^[4]。

$$\omega = \omega_0 + \frac{T}{\beta_2 z} \quad (2)$$

该现象也称为鞍点近似，在光学频率和时间参数之间创建一对一的映射，将式（2）转换成 $T(\omega)=\beta_2 z(\omega-\omega_0)$ 的形式可以更好地理解这一点。从式（1）可以得出，时间色散脉冲的强度分布成比例为

*【基金项目】高灵敏度简易结构光子晶体光纤温度传感器关键技术研究，河南省科技攻关项目（222102210242）；高非线性零色散光子晶体光纤的设计及关键技术研究，校级科研项目（2022-B09）；2021 年度校级应用型本科高校建设专项教改基金资助项目（2021YYXZX03）。

【作者简介】王敬如（1996—），女，河南周口人，硕士研究生，助教，研究方向：光纤超快激光、信息与信号处理、微纳器件。

$$|u(z, T)|^2 = \frac{2}{\pi \beta_2 z} e^{(g-a)z} \left| \tilde{u} \left(0, \frac{T}{\beta_2 z} \right) \right|^2 \quad (3)$$

式(3)表示信号的时域强度调制与其自身光谱即频域信号之间的等效性,其比例常数可由 $2e^{\frac{(g-a)z}{\pi \beta_2 z}}$ 取得,表征式(2)频率到时间的映射关系。线性映射是群延迟在频率上线性相关性的特性^[4]。高阶频率依赖性导致非线性频率到时间的映射应校正远场近似的一般结果是^[5]

$$T(\omega) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\beta_{m+1} z}{m!} (\omega - \omega_0)^m$$

其中 β_m 是高阶色散系数。DFT 的具体参数,包括光谱分辨率、扫描速率、光谱上的数据点数可通过以下方案获得。首先,设置 DFT 的扫描速率 R 等于激光的脉冲重复频率。其次,波长与时间的映射关系由 $\Delta\tau = |D|z\Delta\lambda$ 确定,其中 $\Delta\lambda$ 是激光脉冲的带宽,通常单位为 nm; D 是色散元件在每单位长度的群色散速度,通常以 $ps \cdot nm^{-1} km^{-1}$ 单位表示; $\Delta\tau$ 是激光光谱映射的持续时间。为了避免在时间上拉伸的连续脉冲之间的重叠, $\Delta\tau$ 与扫描速率 R 之间应满足 $\Delta\tau < R^{-1}$ 。除此之外,时域中映射频谱上的采样点数由式(4)确定。

$$N = f\Delta\tau = f|D|z\Delta\lambda \quad (4)$$

式(4)中, f 是数字转换器的采样频率。根据公式 $\delta\lambda_{dig} = (f|D|z)^{-1}$ 可得,采样率限制了光谱仪分辨率 $\delta\lambda_{dig}$ 。同时,根据公式 $\delta\lambda_{det} = (B|D|z)^{-1}$ 可知,影响光谱分辨率的另一个重要参数是检测系统的模拟带宽。 B 和 f 通过奈奎斯特准则 $f = 2B$ 互相可得。此外,色散元件的 GVD 也限制了光谱分辨率,由公式 $\delta\lambda_{GVD} = \lambda_0 \sqrt{2(c|D|z)^{-1}}$ 给出,其中 λ_0 是激光的中心波长, c 是光速。将其与 $\Delta\tau$ 的上限和采样点的数量相结合,作为光谱分辨率的限制,即 $\delta\lambda_{GVD} = \lambda_0 \sqrt{2R\Delta\lambda c^{-1}}$ 。最后,综合考虑所有限制光谱分辨率的参数, DFT 对光谱分辨率的影响可以表示为^[6]式(5)。

$$\delta\lambda = \max(\delta\lambda_{dig}, \delta\lambda_{det}, \delta\lambda_{GVD}) \quad (5)$$

3 DFT 实现技术

色散傅里叶变换器由带有大群速度色散的色散元件和光电探测器组成^[6]。当一组光脉冲进入色散元件时,每个脉冲的光谱通过色散元件中的大群速度色散映射到时间波形。换句话说,所得到的每个脉冲的时域波形是空间域中远场衍射图案的时间模拟。然后由光电探测器检测时间上分散的脉冲序列,由 ADC 数字化,并进行数字信号处理以进行逐脉冲频谱分析。调制信号也在时域中被拉伸。这种模拟带宽压缩的方法能够以高扫描速率对光谱进行实时数字化。因为 DFT 在远场时间色散中运行,光谱分辨率会随着远场传播的程度而改善,并随着 GVD 的量增加而改善。

与传统的基于光栅的光谱仪相比, DFT 的明显优势在于它能够将色散元件用作增益介质,可以同时光学放大光谱^[7]。用分布式光学在色散光纤中放大,这个过程是众所周知的作为“放大”的 DFT,克服了光谱测量中在灵敏度、速度和光谱分辨率之间的三向权衡。

DFT 的主要要求是 GVD 足够大且是线性,保证频率到时间映射过程

中没有失真。最常见的方法是使用标准单模光纤,如长距离传输光纤、色散补偿光纤(Dispersion-compensation fibers, DCF)、小纤芯光纤^[8]、啁啾光纤布拉格光栅(Chirped fiber Bragg gratings, CFBG)^[9]、大空间啁啾和色度色散(Chromomodal dispersion, CMD)等。实际构建色散傅里叶变换器应根据不同参数进行选择。第一,选择需要的光频带范围, DFT 的方法根据光谱带而变化。 DCF、 SMF-28 光纤和 CFBG 都是在 $\sim 1550\text{nm}$ 光谱波段实现 DFT 的理想选择,而小纤芯光纤、 CMD 和 CFBG 是 $800 \sim 1000\text{nm}$ 短波长波段的理想选择。第二,选择光脉冲的重复频率,即色散傅里叶变换器所需的扫描速率,选择时不仅要考虑波长(频率)和时间之间的映射关系,还要考虑对总群色散速度的约束,避免在时间上拉伸的连续脉冲之间的重叠。第三,严谨设计检测电路以获得所需的光谱分辨率。考虑到色散元件,在选择光电探测器和数字转换器时考虑式(3)中涉及的所有参数。应考虑的限制因素分别是数字转换器的带宽和采样率(通常分别为 $\sim 10\text{GHz}$ 和 $\sim 20\text{GSs}^{-1}$)、光电探测器的带宽(通常为 $\sim 10\text{GHz}$)以及群色散速度对光谱分辨率的影响。对于色散元件本身(通常为 $500\text{ps} \cdot \text{nm}^{-1}$ 或更大),在构建 DFT 系统之前应计算好参数值,以免在任何一个限制组件上浪费高规格。第四,确定是否需要同时光放大。通过将光信号强度与检测电路的热噪声水平进行比较来估计。如果需要光学放大来补偿信号损耗或仅仅为了获得更高的信号电平,那么确定好受激拉曼散射的强度和波长和选择合适

的泵浦激光器非常重要，其中斯托克斯光和泵浦光波长之间的差异与波长相关，虽然两者在频域的差异恒定，且这种差异取决于波长的平方。第五，开发具有适当算法的计算工具，以便以脉冲重复频率将时间数据分解成一系列光谱。计算工具的目标是将测量的连续脉冲交织成表示光谱的一系列单独脉冲。仔细识别每个脉冲的时序至关重要，因为激光源和其他光学元件产生的脉冲到达时域会有波动。

4 DFT 光谱实时测量应用

DFT 最明显的应用是实时的光谱测量。实时光谱学提供了关于超快动力学中动态过程演变的宝贵信息，如非重复现象。DFT 规避了传统光谱仪的有限扫描速率（即高达 ~100kHz），并允许以相当于激光脉冲重复率的扫描速率连续单次测量快速演变或波动的光谱。DFT 通过吸收光谱实现气体和燃烧的实时感测，通过重复脉冲的连续单次强度测量和硅的受激拉曼光谱识别和控制光学流氓波。第一个应用实例是气体混合物的宽带吸收光谱，其宽 600nm，带宽覆盖 1100nm ~ 1700nm，用于同时识别 CH₄ 和 H₂^[10]。这里，校正了色散光纤中 GVD 的非线性，以校准波长到时间映射过程。第二个应用实例是硅波导的快速演变拉曼光谱的连续单次采集。使用 GVD 参数绘制拉曼光谱以校准波数标度。DFT 允许在一次连续测量中捕获数千个这样的光谱，允许实时监测动态过程。第三个应用实例是光学流氓波的实验发现，其中 DFT 用于监测大量重复脉冲的单次光谱，重复脉冲通

过高度非线性光纤传输并经历超连续谱产生。捕获大型数据集的能力是开发揭示罕见事件神秘面纱的模型的核心。第四个应用实例是实时捕获调制不稳定性的单次光谱，揭示调制不稳定性形成中以前未知和令人惊讶的模式。

结语

本文结合现有电子设备测量技术限制，介绍了 DFT 技术的核心优势，解决了超快动力学中罕见事件的快速单次连续测量问题。围绕着这个背景，介绍了 DFT 的理论原理、数学表达公式和影响参数。随着研究探索的物理过程变得越来越丰富复杂，捕获快速瞬态事件的高速仪器越来越受欢迎。凭借快速连续测量的优势，DFT 可用于高通量筛选和研究非重复罕见现象，包括内燃机的吸收光谱、光学流氓波的特征和控制、成像激光烧蚀、血液中罕见癌细胞的鉴定、微电子系统的表面振动测量以及用于防御中宽带宽通信的模数转换，甚至未来会制作出基于 DFT 的光学芯片。■

引用

[1] Jalali B,Solli D R,Goda K,et al.Real-time Measurements[J].Rare Events and Photon Economics.2010,185(1):145-157.

[2] Tong,Y.C.,Chan,et al.Fiber Dispersion or Pulse Spectrum Measurement Using a Sampling Oscilloscope[J].Electron.Letter.1997 (33):983-985.

[3] Goda K,Mahjoubfar A,Jalali B.Demonstration of Raman Gain at 800 nm in Single-mode Fiber and Its Potential Application to Biological Sensing and Imaging[J].Applied Physics Letters,2009,95(25):1145-1152.

[4] Agrawal,Govind.Nonlinear Fiber Optics[M].Elsevier/Academic Press,2013:27-56.

[5] Goda K,Solli D R,Tsia K K,et al.Erratum:Theory of Amplified Dispersive Fourier Transformation[J].Physical Review A,2010,81(3): 039902.

[6] K.Goda1.& B.Jalali.Dispersive Fourier Transformation for Fast Continuous Single-shot Measurements[J].Nature Photonics,2013(7):102- 112.

[7] Chou J,Solli D R,Jalali B.Real-time Spectroscopy with Subgigahertz Resolution Using Amplified Dispersive Fourier Transformation[J]. Applied Physics Letters,2008,92(11):4-6.

[8] 孔梦龙,谭中伟,张琳.基于光纤的光学傅里叶变换实现方法及应用[J].激光与光电子学进展,2019,56(11):102-108.

[9] Liu W,Li W,Yao J.Real-Time Interrogation of a Linearly Chirped Fiber Bragg Grating Sensor for Simultaneous Measurement of Strain and Temperature[J].IEEE Photonics Technology Letters,2011,23(18):1340- 1342.

[10] Johan H,Watt R S,Kaminski C F.High Bandwidth Absorption Spectroscopy with a Dispersed Supercontinuum Source[M].OpticsExpress, 2007.

通信工程施工项目管理信息化研究

文◆中电科普天科技股份有限公司 王帅锋 张志光 陈 峰

引言

我国通信工程管理工作十分复杂，涉及因素较多，受到多种因素影响，阻碍了通信工程的建设进度。基于此，本文主要分析通信工程施工过程中信息化管理的优势，并提出相应的优化措施。

1 通信工程施工过程中信息化管理的现实意义

目前，我国经济飞速发展，通信工程的建设规模不断扩大，已经成为我国市场经济发展以及基础设施建设中的重要组成部分，能够有效满足人民群众的实际生活，提高地区的经济发展速度。通信工程运行和建设，将对地方经济发展、社会稳定、人民群众日常生活等产生重要影响。因此，在通信工程建设施工过程中，必须严格保障通信工程的施工质量，提高通信工程的施工效率，采取先进的信息化管理措施，加快通信工程施工管理，提高通信工程的施工进度，实现预期的施工目标。随着时代的飞速发展，通信工程在建设过程中，逐渐出现了工期长、任务量大的特点。通过开展信息化管理，能够有效消除信息壁垒，减轻传统人工操作的负担，保障通信工程施工工作顺利进行。此外，通过加强信息化管理的方式，克服传统人工管理在时间和空间上的束缚，降低信息化管理成本，利用先进的信息技术和计算机系统，对耗费的成本进行预期估算，为后续的管理工作以及后续的通信工程运行提供准确的数据支持。因此，积极开展信息化管理有利于提高通信工程的建设进度，保障通信工程的质量，提高通信工程行业在市场中的竞争力，促进社会稳定，提高经济发展速度。

2 通信工程信息化管理需要注意的问题分析

2.1 结合施工进度调整管理模式

近几年，我国科学技术飞速发展，人民群众互动方式逐渐发生变化，通信工程建设规模不断扩大。为确保通信工程建设施工有效进行，提高通信行业的市场竞争力，应采用先进的信息管理方式，在施工质量、施工成本、施工周期等方面加强管理控制，并采用先进的信息技术，运用先进的信息化管理手段，进行信息化管理技术的创新和升级。但通信工程在施工过程中并不是一成不变，科学技术以及建设技术会随

着时代的发展不断变化，不同的通信工程，在建设过程中具有不同的施工特点，对此可以采用统一信息化管理的方式有效监管，跟随社会和时代发展的步伐，满足目前人民群众对通信工程的实际建设需求。此外，在施工环节出现难以预料的问题时，会直接影响施工工期，造成施工工期延误，对此可以采用先进的信息化管理，结合实际情况进行详细分析，提高建设进度，调整信息化管理模式，实现预期的通信工程建设效果^[1]。

2.2 应用信息化管理加强现场管理

开展信息化管理工作，有利于加快通信工程的建设进度，但部分工作人员在信息化管理的工作中，忽视了现场管理。管理者应在充分发挥先进信息技术的基础上，做好一线指导工作，深入施工现场，做好现场管理工作，不能脱离现场而空谈技术，而应将信息化管理和现场管理相结合，利用先进的信息平台，发送命令、指令，传输决策信息，让施工人员在信息平台及时接收命令、指令，有效指导施工现场工作，加快建筑工程的施工进度，实现通信工程的建设目标。

【作者简介】王帅锋（1986—），男，内蒙古包头人，本科，工程师，研究方向：通信工程技术及施工管理。

3 信息化管理的主要应用分析

3.1 采用 BIM 技术

在通信工程施工过程中，充分发挥信息管理的优势，借助先进的 BIM 技术建设通信工程施工模型。首先，在计算机系统中，对模型进行信息修改、更新，并将其运用到通信工程施工过程中，通过三维可视化分析的方式，建立健全完善的管理模式，将工程信息有效整合，充分发挥信息化管理的辅助功能，在后续施工过程中进行指导，提高施工质量。其次，采用先进的 BIM 技术能够提高信息化管理质量，创建成本数据库，对于通信工程所投入的经济成本，录入到数据库中，并在施工过程中创建成本数据库，及时根据施工变化，替换数据库中的预算内容，做好工程造价管理工作，有效控制通信工程的施工成本。此外，建立健全完善的 BIM 成本数据模型，利用先进的信息技术，对施工过程进行成本动态维护和动态管理，对通信工程在施工过程中支出的各项成本进行核算，采用先进的信息化管理技术，提高施工成本的控制力度，有利于保障建筑施工工作的有效进行，实现通信工程的建设目标。再次，采用先进的 BIM 可视化技术，完成施工技术交底工作，明确建筑工程在后续施工时出现的难点和重点，有利于施工过程管理，提高通信工程的建设进度^[2]。最后，采用先进的 BIM 技术，加强信息化管理，有利于保障施工安全。通过信息反馈及时跟进施工项目的建设情况，一旦出现问题，根据信息分析，迅速找到故障点，并采取措施，保障了施工人员的生命安全，实现了安全生产的管理目标。

3.2 建设信息化管理平台

建设信息化管理平台有利于实现信息化管理的目标。在通信工程施工过程中，利用先进的信息管理技术，优化管理流程，改进组织结构，提高信息的传输效率。在信息化管理平台中主要包括用户权限管理板块、数据对接板块、登记板块等，相关人员根据自身的工作任务，在信息化管理平台中调用相关信息，明确通信工程目前的建设情况，并在信息管理系统中结合通信工程的实际建设特点以及通信工程的流程组织特点，不断填补信息、增加信息、调取信息，对数据资源进行高效共享和高效利用，提高信息化管理的质量。构建完善的信息化管理平台有利于控制施工项目的投入成本，根据通信工程的实际需求，设计出整个平台框架，构建出完善的信息化管理体系，构建数据库，分析材料、人力、设备等支出情况，完善各模块的功能，实现理想的管理效果和预期的管理目标。

3.3 注重基础设施建设

通信工程在施工过程中，应积极完善周围的基础设施建设，加强信息化管理，增加资金和人才投入，促进信息化管理的转型和升级。建筑企业应明确通信工程施工过程的运营和建设成本，提供充足的资金支持，确保信息化管理所需要的资金落实到位，提高信息化管理的效率。同时，在通信工程施工过程中，应制定统一的管理制度和管理方法，积极开展网络信息化管理工作，确保通信工程各项信息有效流转，提高通信工程的建设进度^[3]。

4 通信工程施工项目信息化管理存在的问题分析

在通信工程建设领域，为了进一步加快建设进度，建筑企业采用了信息化管理方式具有十分明显的应用优势，但在使用过程中还存在缺乏统一标准、投入产出比较低、管理执行力度差的问题，直接影响后续信息化管理的有效运行和通信工程的建设质量。

首先，在通信工程施工领域，存在信息不兼容和信息孤岛问题。由于不同软件开发工程所采用的信息管理系统存在较大的差异，在信息传输过程中，存在文件格式、数据信息传输失误问题。并且，各个公司的通信协议软件版本各不相同，难以实现信息高速共享和快速流通，直接影响信息数据的通用性，造成施工企业所调用的数据信息不能在本公司使用，形成了信息孤岛，直接影响了施工项目管理的进度。

其次，数据信息不完善，数据信息传递错误。部分施工项目在采用信息管理的进程中，具体功能只停留在工程设计和工程施工方面，材料采购、供应、库存管理等方面并没有涉及相关数据，信息收集不到位，直接影响后续的成本造价以及投资成本控制和成本分析。同时，在采用信息化管理时，依赖于传统的人工管理，采用的施工项目管理方式相对受限，软件的投入产出比相对较低，应用范围较为狭窄，直接影响信息化管理的效率。

最后，人力资源管理质量较差。虽然部分企业积极开展信息化管理工作，利用信息化实现对施工项目的精细化管理，但对于整个建筑工程所采用的数据信息、进度数据以及施工人员的工作情况等，并没有

做到信息的公开化和透明化，导致施工人员对于信息管理系统中的信息存在较多的抵触情绪，直接影响施工人员的工作状态。工作人员凭借自己的工作经验开展施工，忽视信息管理平台中的计划安排，造成管理执行力度较差，信息化管理落实不到位，直接影响了通信工程施工项目的建设进度，影响了通信工程的建设质量。因此，应采取优化措施不断提高信息化管理水平^[4]。

5 通信工程施工项目信息化管理的优化措施

5.1 通信工程施工项目管理信息化设计

为进一步解决信息化管理应用过程中存在的问题，从整体出发，积极健全完善信息管理系统功能模块，设置主流的结构模式，包括浏览器、搜索引擎、数据库服务等，简化信息管理系统的操作流程，硬件开发和软件开发同步进行，提高信息管理系统传输数据的独立性和通用性，使信息管理系统高效运转，符合施工企业、设计单位的需求，消除信息壁垒，避免出现信息误导，根据自身的工作任务，调取信息，提高信息的传输效率。同时，在信息化管理过程中，明确统一的数据存储标准，防止出现数据无法调用或者不符合本公司规定的现象，提高数据的通用性和可传递性，进一步提高信息化管理的效率。此外，及时在结构框架中明确设计要求，通过关键词搜索等方式，在数据库中快速获取自身所需要的信息，及时将信息反馈给客户端浏览器，保障信息工程的有效进行，实现通信工程的施工目标。

5.2 技术实现

为进一步加强施工项目的信息化管理，在构建信息化结构框架之后，需要基础数据实现技术功能。建立健全完善的数据库管理系统，包括工程资料数据查询、删除等操作，对数据库的相关数据信息进行管理。在建立数据库系统时，选择合适的数据库软件，采用 Access 等合适的数据库支持软件，支持后续的信息化管理运作，并建立健全完善的数据表，通过功能开发，设计合理的关键词，搜索关键词对数据表进行操作、设计、访问，依托数据库内的信息，开展信息化管理，实现通信工程施工项目管理的目标，实现理想的设计效果。

5.3 明确通信工程施工项目管理信息化的功能分区

为进一步实现理想的建设效果，工作人员在采用信息化管理时，明确信息管理系统功能分区，明确信息化功能需求，设置质量管理、进度管理、成本管理、设备管理等多个模块，根据通信工程施工的各个阶段以及施工的各个工具，进行质量评定和质量管理，依靠先进的信息技术，实现高质量的科学动态分析，采用先进的图像、数据报表，客观地反映施工质量的变化情况，及时利用先进的信息技术，对施工进度进行准确分析，明确施工进度出现变化的原因，变更设计，保障通信工程施工进度的有效运行。此外，建立健全完善的施工成本管理模块，利用先进的信息化技术，对施工材料购买、供应、材料库存、材料出入库等进行全过程跟踪，明确在施工过程中所产生的各项费用支出、设备折旧支

出、人力支出等，并对各项支出进行动态成本计算和成本管理，全面掌握施工成本的动态情况，节约施工成本，实现预期的建筑施工效果。

结语

为实现建设目标，应积极通过信息化管理的方式，针对通信工程明确各项施工流程，进行结构框架设计，明确技术交底，设计多元化功能分区，采用可视化分析，动态管理施工全过程，实现预期的建设施工目标，提高通信工程的施工质量。■

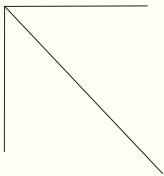
引用

[1] 史媛,陈智慧,莫媛淇.新时期通信工程施工的信息化管理应用分析[J].电子元器件与信息技术,2023,7(9):167-170.

[2] 杨方玉.基于信息化系统的通信工程项目管理效率提升研究[J].网络安全和信息化,2023(9):72-74.

[3] 黄钦.某公司通信工程项目管理信息系统的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2020.

[4] 吴晓岚.信息化教学模式探讨及在通信工程项目管理课程中的应用[J].职业,2017(30):77-78.



电子通信工程信息安全防护探讨

文 ◆ 浙江省通信产业服务有限公司湖州市分公司 肖 兰

引言

电子通信技术改变了人类的交流方式、工作模式乃至社会运行模式。然而，电子通信技术的普及也带来了一系列信息安全问题。信息安全防护不仅涉及个人隐私保护，还涉及国家安全、社会稳定以及经济发展的各个方面。随着网络的普及和应用，大量的敏感信息在网络上传输，一旦被非法获取或滥用，将对个人和社会造成不可估量的损失。因此，相关企业应采取有效措施保护电子通信工程的信息安全。基于此，本文探讨电子通信工程的基本概念、核心构成以及主要特征，深入分析电子通信工程信息安全防护的重要性和现状，并提出综合性的防护对策。

1 电子通信工程概述

1.1 电子通信系统的基本概念

电子通信系统是由通信、计算机和电子技术三大部分组成的综合系统。该系统改变了人们的生活方式，突破了通讯方面的时空约束，提高了通讯的效率。通过电子通信系统，人们可以在任何时间、任何地点进行信息交流，不再受限于传统的时间和空间限制。这种便利性和高效性不

仅改变了个人之间的交流方式，还在商业、政府和科研等领域产生了深远的影响。例如，在商业领域，电子通信系统促进了电子商务兴起，使购物、支付、物流等环节实现了线上化，提升了交易效率和便利性。在政府管理方面，电子通信系统为政府机构提供了高效的信息管理和服务手段，例如，电子政务平台建设，方便了民众政务办理和信息获取。在科研领域，科学家通过电子通信系统实时共享数据和研究成果，加速了科学研究的进程。

1.2 电子通信技术的核心构成

分布式天线具备较大的系统容量和良好的抗干扰性能，有利于减少信号传输中的损失，提高系统的稳定性和可靠性。采用分布式天线能够有效减少网络中的信号交互次数，实现了前所未有的 100% 数据覆盖，提升了无线资源的利用效率。基于数据链、数据传输层和应用层等概念提出，电子通信技术得到了广泛应用。目前，激光通信技术已广泛应用于以卫星通信为主的电子通信系统中，其高速稳定的数据传输方式推动了空间无线电技术的发展。

2 电子通信工程信息安全防护的重要性和现状

2.1 电子通信工程信息安全防护的重要性

2.1.1 保障信息安全，预防数据泄露问题

随着信息技术的快速发展，电子通信工程已成为现代社会不可或缺的重要组成部分。在高度信息互联、信息流量巨大的环境下，信息安全问题越发突出。信息安全防护旨在保护通信网络中传输的信息内容，使其不受非法获取、篡改或破坏，以确保信息的完整性和真实性。此外，在当前的通信环境中，信息泄露问题备受关注。一旦重要信息（如商业机密、客户隐私等）被泄露，不仅会导致巨大的经济损失，还会引发一系列的法律诉讼问题。

2.1.2 维护网络稳定，应对隐私安全风险

信息的安全性是确保网络稳定的重要方面。网络安全风险，如黑客攻击、病毒传播等，往往会给网络造成巨大冲击，导致拥堵和业务中断。因此，技术人员必须加强对网络的安全防护，及时发现和防御各种攻击，确保网络正常运转。随着网络攻击手段的不断更新和复杂程度的

【作者简介】肖兰（1987—），女，浙江湖州人，硕士研究生，工程师，研究方向：软件工程。

提高,对电子通信系统构成了巨大威胁。加强信息安全保障,能够帮助企业及时发现并解决各类安全问题,减少潜在的经济损失。在电子通信领域,保护用户隐私至关重要。个人信息和通信记录等属于私密信息,未经允许使用将被视为侵权。因此,只有加强对网络信息安全的保护,才能更好地保护用户隐私,防止合法权益受损。

2.2 电子通信工程信息安全防护的现状

目前,电子通信技术因其传输速度快、信息量大等优势,正日益受到各行业的广泛应用。然而,国内电子通信工程的相关企业在信息安全保障方面仍然面临以下问题。

2.2.1 物理安全问题

在电子通信系统中,由于物理安全链路相对脆弱,容易受到多种类型的安全威胁。特别是一些存在安全隐患的网址,如果用户随意浏览,将给电信工程的信息安全造成极大的危害。网络中的物理安全链路一旦出现问题,不仅会导致用户隐私信息泄露,还会造成关键数据损失,甚至严重影响整个网络的正常运转。

2.2.2 技术脆弱性问题

随着电信工程规模的不断扩张,信息安全面临的威胁日益严峻,尤其是技术上的缺陷使网络安全保护成为棘手难题。当前,病毒和恶意代码具有更隐蔽、传播范围更广的特性,传统的安全防护手段难以有效应对^[1]。从技术角度分析,造成这一问题的根本原因在于目前信息安全保障技术的滞后性,主要表现为对恶意攻击的抵御能力不足以及对潜在威胁的认识与应对不足。既增加了网络攻击的成功概率,又加大了防御网络安全隐患的难度,使网络安全问题更为严峻。此外,通信工程中存在着具体的“脆弱点”,即安全“漏洞”,一旦被恶意攻击者利用,将会带来严重危害。

2.2.3 操作人员安全意识薄弱

企业电子通信系统的操作人员对网络安全风险和威胁的认识不足,缺乏对潜在威胁的敏感性和警惕性。即使公司或组织制定了相关的安全政策和规定,但操作人员因为安全意识不强,经常忽略或违反相关规定。例如,不定期更改密码、随意连接不安全的网络、随意下载未经审核的软件等行为^[2],导致系统遭受未知的风险和威胁。当发生安全事件时,操作人员无法迅速做出正确的反应,导致安全事件进一步扩大或加剧。

3 电子通信工程信息安全防护的对策

3.1 明确安全防护需求

针对电信工程当前存在的问题,有关企业应进行细致的分级评估,并据此提出相应的防护策略。分级评估主要依据两个核心指标,即“平均延迟”和“电子通信工程中的正确接收率”。通过深入分析,技术人员准确识别电信工程中存在的安全风险和性能瓶颈。

为了精确衡量信息在通信网络中的传输效率,技术人员可通过统计网络中消息传递的时间间隔,确定从源节点到目的节点的平均时间区间。为技术人员提供关于信息流通效率的关键信息,有助于发现网络中的瓶颈环节和潜在的优化空间。为了计算通信工程中的信息时延,引入

分配动态方程的概念,由此技术人员可得出信息在传输过程中的延迟时间,并将其命名为 P_2 。

$$P_2 = T_e - T_s \quad (1)$$

式(1)中, T_e 表示发送报文到目标点所需的时间, T_s 表示从网络中的源节点发送数据包的时刻。在电子通信工程中,正确接收率是指在电子通信工程的安全性受到威胁时,正确接收到的封包数量与总封包数量之比,用 P_3 表示。

$$P_3 = \frac{E_i}{E_j} \quad (2)$$

式(2)中, E_i 代表电子通信工程在面临安全威胁时接收到的正确数据包数量,而 E_j 表示在未受到安全威胁情况下接收到的数据包数量。根据《电子通信工程信息安全等级保护2.0》,电子通信工程信息安全防护水平共分为9级,分别是最重要、非常重要、重要、较重要、相等、较不重要、不重要、非常不重要、最不重要,对应的评价值分别是10,8,6,4,2,1/4,1/6,1/8,1/10。

3.2 完善安全防护体系

3.2.1 构建一体化安全防护体系

技术人员通过大数据技术中的OSI(Open System Interconnect)参考模型,构建出一体化的信息安全防护体系。技术人员结合OSI模型,建立以OSI为基础的安全防护体系。在此框架下,设计了一个七级的体系结构,涵盖所有网络安全问题,并采用基于OSI标准模型的求解方法,减少求解过程中的困难,提高求解效率。确保网络中每个节点之间的信息传递和处理,保证了整个网络的稳定可靠。

3.2.2 构建纵深防护系统

在构建全景电信工程信息安

全深度防护体系的基础上，技术人员以流程化的管理和控制为核心，采用层次化的思路，坚持可行性原则，成功建立一个全景电信工程信息安全纵深防护体系。该体系对信息安全进行了全面而细致地管理，涵盖了物理层、网络层、系统层和应用层4个层次，并将信息视为有价值的商用产品和各类数据的重要载体，因此，在深度保护工作中，技术人员应将信息安全置于首位，并将其作为深度保护体系构建的重中之重^[3]。

3.3 多元安全防护技术

3.3.1 解决电子通信系统的接地问题

优化接地问题对于电子通信工程设备运行过程中的电子干扰防护具有关键作用。通过有效接地，技术人员能够确保电能顺利导入地面，降低设备运行时产生的干扰，预防潜在的安全风险。为了解决电磁干扰问题，必须采取一系列接地改进措施，旨在提升通信系统的稳定性和可靠性。在实施改进策略时，技术人员应特别强调设备与大地的直接和稳固连接，以确保接地结构的稳固性。此外，在安装过程中，采取一系列措施防止设备与地面之间的任何潜在分离，确保接地效果的最大化。

在实施接地操作时，技术人员必须注意屏蔽设备的安装方式，确保线路与整个建筑材料之间的无缝连接，规避接地问题。此外，在优化接地策略时，地表特征以及对输电线路的影响至关重要，因此，在设计时必须综合考虑各种因素。为了找到最优接地方式，必须模拟真实的信号与系

统的抗干扰性能。例如，在设备安装时，安装人员必须针对实际环境，对全直地、局部接地等多种方式进行理论计算和模拟，制定最有效的抗电子干扰措施。

3.3.2 安装有效防火墙和杀毒软件

为了确保终端电子通信设备的安全，技术人员必须安装防火墙等防病毒软件^[4]。针对终端设备进行安全防护检测，强化电子通信工程的后期维修力度，定期升级软件和系统，确保多功能软件在安全稳定的环境下工作。同时，重视核心内容保护，技术人员应及时备份重要文件，并将其分散存储到云端，关闭或删除不必要的服务和功能，减少安全隐患，提高通信工程的安全性。

3.3.3 使用电子通信工程信息监控技术和入侵技术

利用网络监控和入侵检测技术是确保信息安全工作顺利进行的关键。IE（Internet Explorer）的安全状态对电子通信工程的信息安全保障成效有着重要影响。技术人员应采用先进的网络监视和入侵检测技术，自动监控IE的入侵情况。不仅能够及时检测和拦截可能存在的网络安全隐患，还能有效阻止木马病毒通过附件等途径扩散，保障IE浏览器的安全性和稳定性。

为了使终端设备的入侵监控工作更加科学和规范，技术人员应明确两者的工作职责，实时监控通信工程中的数据，有助于技术人员准确把握网络安全状态，并为制定相应的应急措施提供强有力的支持。随着社会信息化程度提高，大部分网络攻击目标是网页脚本^[5]。因此，在保障信息交互权的前提下，技术人员应采用防御密码等手段加强网络安全。

结语

电子通信工程信息安全防护是当前和未来社会的重要议题。随着电子通信工程在社会各个领域的广泛应用，面对物理安全、技术脆弱性和操作人员安全意识等方面的挑战，相关企业及技术人员亟须采取一系列针对性的解决对策。其中，明确安全防护需求、完善安全防护体系、采用多元安全防护技术是解决问题的关键。只有通过技术创新和管理创新，才能够确保电子通信工程信息的安全可靠，助力社会信息化进程。

引用

[1] 马少华.无线电子通信技术安全问题与安全技术探析[J].信息记录材料,2022,23(5):126-128.

[2] 栾德昱.基于大数据的电子通信技术发展探讨[J].长江信息通信,2021,34(12):86-88.

[3] 张震.浅谈电子通信管理的难点与解决对策[J].电子元器件与信息技术,2021,5(5):133-134.

[4] 张云莉.探究电子通信系统关键技术问题[J].通信电源技术,2021,38(4):128-131.

[5] 陈雪莹,符君,于喆,等.电子通信工程信息安全的防护策略探讨[J].长江信息通信,2021,34(4):150-152.

电力系统中配电自动化 现存问题及解决对策研究

文◆国网江苏省电力有限公司苏州供电分公司 熊泳璇

引用

配电系统是电网结构中的重要组成部分，其稳定性关系到社会生产以及生活用电的整体质量。随着技术的不断更新迭代，在电力系统中逐渐引入了自动化技术，推动了配电自动化建设。然而，当前配电自动化还存在一些问题亟须解决。针对问题选择合适的方法，实现配电系统的自动化控制，从而提升整个供电网络的先进性，解决用电与供电之间的矛盾。基于此，本文主要分析电力系统中配电自动化存在的问题，并提出有效的解决对策，以期为相关工作者提供有价值的参考。

配电系统的不断升级，为企业运转带来优势的同时，也承受着更大的压力。企业应注重自动化控制技术的引进，实现传统配电系统的升级。结合企业发展需求，引进先进技术，优化配电系统结构的设计，丰富系统的各项功能，并引进和培养专业人才，以确保电力系统运行的安全性和稳定性，提高企业的生产效率。

1 电力系统中配电自动化存在问题

1.1 配电自动化水平较低

电力系统中配电自动化主要借助于智能电网技术和 PLC 技术实现。然而，目前部分企业的自动化程度仍较低，存在不稳定因素^[1]，主要体现在以下方面。信息传递效率较低，信息管理工作不到位；电力行业缺乏统一的信息平台，导致上下级单位和部门之间的沟通交流不顺畅；开发系统的成本较高且投入资金不足，导致信息化建设水平不足。

1.2 配电自动化的结构不规范

配电自动化的结构不规范主要是因为设计不合理。例如，一些系统在设计时缺乏统筹兼顾的理念，导致主站的指令无法与控制端动作相匹配，引起结构失衡的情况。在该类系统中，由于通信模块结构设置不规范，出现了通信容量不足的问题，影响系统运行。

1.3 配电自动化功能单一

随着技术水平不断提升，原有配电系统中的一些弊端逐渐显现。尽管各企业正在开展配电系统的改革工作，但在转型建设的过程中，仍然

出现了配电自动化功能相对单一的问题，且过于注重稳定性建设而忽略了功能性建设。在功能建设方面，主要包括数据采集、运行监控、信息处理等自动化内容，但相关建设达不到应有的标准，同时还缺乏故障自动化诊断功能，在一定程度上影响了配电自动化系统的合理应用。

2 电力系统中配电自动化问题的解决对策

2.1 加强技术创新，实现有效升级

在电力系统中实现配电自动化的稳定发展，需要注重技

【作者简介】熊泳璇（1988—），男，本科，江西宜丰人，工程师，研究方向：电力系统及其自动化。

术的创新以升级原有系统。企业应加强市场把控,了解市场趋势以及高端尖端的自动化技术,并将其应用于配电系统中实现自动化的升级^[2]。计算机技术是关键技术,应加强日常运营和维护工作。此外,PLC技术通过模拟闭环控制测量和控制电力系统的运行,调整运行过程中的温度和速度,因此应加强对PLC技术的研究和创新,实现技术升级,使其在实践过程中能够自动采集数据信息并进行分析处理,从而提高配电系统运行的效率。以国网江苏省供电公司为例,其十分注重技术的创新,致力于打造新型电力系统。为此,该公司构建以开关站为核心主干网、配电室为次干网的双环网高能级配电网架,配置光差保护和自愈功能,实现了传统网架结构的升级,增强了转供能力,满足了安全校验的各项需求^[3]。

2.2 规范自动化结构,实现稳定运行

在配电系统设计时,要严格遵守相关标准,规范系统的自动化结构。应注意通信模块与配电

自动化系统的主站和子站相连接,实现信息的有效流通。在此过程中,要规范通信结构的建设,保障通信的稳定性^[4]。随着系统的不断升级,对配电系统的功能要求也更为复杂,应引进更高规格的通信结构,并充分考虑自动化各个终端的信息量,确保通信系统能够承载不同类型的信息量,避免各种因素的影响,使系统更加规范化。例如,国网江苏省供电公司全面推进了现代设备管理体系的建设,建成了新一代变电疾控系统。将智能技术融入变电站的建设中,开展智能远程操控工作,并搭建“纤网先知”纤维防外破系统,实现对电力管道的实时监测和主动报警工作,强化设备状态全景感知。

2.3 丰富自动化功能,满足多元需求

电力企业可以根据配电系统自动化运行中的各项功能,积极引进成熟的技术和案例,加强故障自动化诊断技术、通信自动化功能等建设。在日常运转中,应充分发挥自动化系统的优势,实现有效控制。通过监控配电系统的运行情况,收集整理实时信息,进行监测分析,能够发现配电系统中的隐患和故障,及时报警,启动相应的自动保护装置,并诊断故障情况,为企业的日常管理提供技术上的支持^[5]。例如,国网江苏省供电公司搭建云端调控平台,在每个节点设置关键点收集信息。通过这一平台,公司可以开展低压负荷预测、精准负荷控制等功能,实现统筹调节。同时,该公司还构建虚拟电厂平台并开展线上运行,以实现各电压等级电网调度的协同控制,满足供需双向互动。

结语

企业在开展配电系统自动化建设时,应深入分析存在的各种问题,加强技术研究,引进先进技术,合理规划配电系统结构的设计,提高整体的信息化水平,并注重人才的引进和现有人员的培养。通过从多个方面入手解决配电系统自动化问题,充分发挥自动化控制技术的优势,加强对配电系统日常运转的监督管理,确保运行的安全性和稳定性,以满足现阶段企业的各项要求,从而促进企业的进一步发展。■

引用

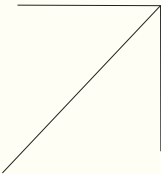
[1] 阎翠.电力配电系统自动化存在的问题及对策探析[J].冶金与材料,2021,41(4):115-116.

[2] 李洪领,赵怀臣.电力配电系统自动化存在的问题与解决措施[J].百科论坛电子杂志,2019(2):602.

[3] 王庆跃.电力配电系统自动化存在的问题与解决措施[J].区域治理,2018(48):194.

[4] 李蔚.电力配电系统自动化存在问题与解决措施[J].海峡科技与产业,2019(1):87-88,91.

[5] 王师涛.电力配电系统自动化存在的问题及对策探析[J].文渊(小学版),2021(8):2704-2705.



“智慧校园”背景下 高校财务信息化建设的研究与应用

文 ◆ 湖南中医药高等专科学校 易文
湖南女子学院 卜梦纯

引言

随着互联网、大数据、云计算和人工智能等技术的成熟与普及，高校越来越注重通过技术手段提升教育教学、管理以及服务的效率和质量。智慧校园是高校应对现代教育挑战的产物，是高校实现教学、管理和服务现代化的重要工具。对于高校财务信息化建设而言，智慧校园提供了全新的思路和方法，使其财务管理更加科学、高效和透明。本文对智慧校园中高校财务信息化的要求进行了分类总结，基于现阶段工作开展中存在的主要问题，探讨具体的建设方向以及财务信息化平台合理应用的有效路径，推进高校智慧校园工作开展进度，助推高校财务更好地服务高校事业发展。

1 智慧校园对高校财务信息化的要求

1.1 业务处理智能化

构建智慧校园对高校财务信息化提出了更高要求。随着信息技术的不断进步，高校财务管理已迈向自动化、智能化新阶段。在智慧校园框架下，财务信息化通过集成化的软件系统实现各项财务业务的自动化处理，自动进行报销流程、预算审核、资金调拨和财务报表生成等任务。

1.2 信息传递高效化

高效的信息传递体系能够确保信息在最短的时间内准确无误地从发送方传递至接收方，大幅度提高决策的速度和质量，为高校资金流动和财务决策提供坚实的信息支持。第一，信息传递高效化要求高校财务系统必须实现数字化和网络化。建立集成的财务管理平台，所有财务信息均通过电子方式在校园网络中传输，无论是日常的账目处理、资金调配还是年度的财务审计，均能在第一时间内完成数据汇总、审核与报送。第二，智慧校园中的信息传递系统应配备先进的数据分析工具，通过算法对财务数据进行深入分析，及时发现异常情况，并预测财务风险^[1]。

1.3 数据资源共享化

数据资源共享化不仅是信息技术发展的必然趋势，还是高校内部管理革新的重要内容。通过整合各类财务数据资源，实现信息的无缝对接和深度

融合，为高校提供决策支持，增强管理效能。在智慧校园环境下，数据资源共享化首先体现在财务信息系统的整合方面。搭建统一的平台，各类财务相关数据如预算执行、资金支付、成本控制以及经济活动分析等，都能在一个系统中进行集中管理和实时更新，统一的数据管理系统还能够实现与其他行政管理系统的接口对接，保证信息在各系统间流通无阻，实现数据的横向到纵向的全面贯通。

2 高校财务信息化建设存在的问题

我国高校财务信息化建设大致经历了3个阶段，即基础建设阶段、系统整合与升级阶段、智能化与数据分析阶段。随着大数据和云计算的发展，高校财务信息系统注重智能化处理和数据分析能力提升，但是实际工作中存在的问题在一定程度上影响了财务信息化建设的深入推进和效果发挥。

2.1 财务顶层设计有待完善

高校财务在信息化建设工作开展前没有制定全面的战略规划，只注重眼前需求，忽视了长

【作者简介】易文（1993—），女，湖南醴陵人，硕士研究生，中级会计师，研究方向：财务监督。

远发展的需要，系统功能往往不能全面覆盖所有财务管理的要求，或者无法灵活适应未来的业务调整和扩展。不同的财务分工模块会按照各自的理解和习惯独立操作，采用不一致的数据格式和处理流程，使财务信息系统之间难以实现有效的数据对接和资源共享^[2]。一旦信息化平台建设完成，随后的维护和升级工作会因为资金或者关注度不足而被忽视，导致系统无法满足日益增长的管理和业务需求，技术逐步落后于当前的信息技术发展水平。问题根源在于高校在财务信息化建设初期缺少足够的视野和经验，更多地侧重于解决当前的操作问题，没有从整个机构的战略高度考虑信息化建设。

2.2 高校信息共享程度低

信息共享不充分主要表现在各部门之间信息孤岛现象严重，数据流通不畅，各部门或学院在信息系统选择和使用上各行其是，因此校内的信息无法有效汇总和共享。例如，学生事务、人力资源、科研项目和财务管理等系统，虽各自功能完善，但因缺乏统一的数据交换标准和接口，需要跨系统处理的业务流程复杂且耗时，增加了工作的难度和出错率。高校财务的信息化建设更多是基于解决单一问题或满足财务部门的需求，随着高校规模的扩大和业务的增多，原有的信息系统已无法满足跨部门、跨领域的信息共享需求。

2.3 财务信息化建设和内控制度建设不协调

财务信息化建设快速发展，出现了大量的数据处理和复杂的系统操作需求，现有的内控制度往往未针对这些新情况进行相应

的更新和完善。例如，高校许多内控措施还停留在手工操作的状态，并未有效覆盖到电子数据处理和在线流程的具体工作中。随着信息化程度的加深，数据安全和隐私保护的重要性愈发凸显。如果内控制度未明确规定数据录入、审核和报告的标准化流程，那么财务信息系统中的数据很容易出现错误或存在更新不及时的问题。

2.4 财务人员转型存在诸多阻碍

随着信息技术的不断进步，高校财务管理不仅局限于传统的财务处理，还要注重数据分析、系统管理以及战略决策支持，要求财务人员必须具备较强的信息技术能力和数据敏感度。财务人员转型面临的阻碍主要有以下几点。一是技能更新挑战。现有的财务人员大多接受的是传统的财务管理教育，对于新兴的信息技术如大数据分析、云计算等不够熟悉，缺乏操作现代财务信息系统的技能。二是存在心理和观念上的阻碍。一些财务人员对新技术持保守态度，担忧技术变革带来的工作内容改变或职位的不确定性，抵触学习新系统和新工具。三是高校在人才培养和资源投入上存在不足，如果高校未能提供足够的培训资源和学习机会，那么财务人员的技能提升将无从谈起^[3]。

3 “智慧校园”背景下财务信息化建设的方向

智慧校园是利用现代信息技术，整合校园管理、教学、科研和生活服务，创建高效、便捷、智能的教育环境的系统。在智慧校园平台上搭建高校财务信息化体系意味着将财务管理过程数字化、自动化和智能化。

3.1 财务软件内部功能模块整合

财务软件的内部功能模块整合对于提高校园财务管理效率、确保数据的准确性和安全性具有重大意义。合理的模块整合能够优化财务管理流程，将各类财务管理功能有效联动，形成紧密的信息处理网络，同时做好数据集成的自动化处理，利用自动化数据流转机制，实现全流程无缝对接，简化高校财务操作流程，缩短业务处理周期，集成财务软件支持多种数据分析工具。在模块整合时，确保各个模块之间的数据交换符合高标准的安全协议，避免出现数据泄露的风险。实施多层次的数据访问控制，只有授权的用户才能访问敏感信息，应用加密技术保护数据传输过程中的信息安全，防止数据在传输过程中被非法截取或篡改。

3.2 财务软件与校内外系统的互联

3.2.1 财务软件与校内信息系统对接

财务软件与教务系统、学生信息系统、人事系统等核心校园管理系统的深度整合，有助于实现数据共享与业务协同，财务软件应通过标准化的接口与校内各系统连接，实现数据的双向流动和即时更新。例如，从人事系统中自动获取教职工的工资数据，实现工资发放的自动化处理；从教务系统中获取学生的学费信息，自动完成学费计算、收取与核对工作。此外，财务软件支持与资产管理系统的对接，自动跟踪和记录固定资产采购、使用和折旧情况。在技术实现方面，采用模块化设计原则，使财务软件灵活适应不同系统的对接需求。有效管理不同系统间的数据交换，保证数据交换的安全性和稳定性。同时，整合分散在各系统中的数据，为管理层提供全面、一致的决策支持信息。实施严格的数据

访问控制机制，确保只有授权用户才能访问相关信息，在数据传输和存储过程中做好数据加密工作，防止敏感信息被非法访问或泄露^[4]。

3.2.2 财务软件与校外信息系统对接

财务软件与校外银行系统、政府财政部门 and 供应商系统的整合，实现自动化的资金流和信息流管理。首先，与银行系统对接允许学校财务部门实时监控学校账户的资金状况，自动化处理学费、捐赠和其他各类收支事项。这种直接的银行接口可以减少手动处理环节，降低错误率，同时加快资金流转速度。其次，与政府财政部门的系统对接，使学校能够更加便捷地处理政府补助和项目资金申请与报告工作。有助于确保学校财务活动符合政策要求，增强财务的合规性。

3.3 云平台全面融合

将财务管理系统迁移到云平台，实现数据处理的集中化、标准化和自动化，提高财务操作的效率和灵活性。云平台的应用使校园财务管理不再局限于校园内部的物理服务器，还可以利用云技术的高度可扩展性和弹性，确保系统的稳定性和可靠性，提供无缝数据备份和灾难恢复解决方案。学校评估不同云服务提供商的服务质量、安全标准、成本效益及技术支持能力，选择能够提供可定制服务并符合学校财务信息系统需求的云平台至关重要。

4 “智慧校园”财务信息化平台的应用路径

4.1 总体规划，分步实施

基于学校的实际需求和长远发展目标，制定清晰的财务信息化战略，确定系统的主要功能模块，并确认模块是否能够全面覆盖校园财务管理的各个方面。要求项目团队按照既定时间表逐步完成系统的开发、部署和优化工作。实施过程中应重视系统设计与开发，软件工程师和财务专家应建立紧密合作的关系，开发出的系统应符合财务管理的专业要求，具备良好的用户体验。做好系统测试和部署工作，进行多轮功能测试和压力测试，确保系统在实际运行中的稳定性和安全性。实施过程中应设立反馈机制，定期收集用户反馈和系统运行数据，对系统进行持续优化和升级，及时发现并解决系统运行中的问题，根据校园运营的变化和技术进步，适时调整系统功能^[5]。

4.2 提高网络和信息化安全性

首先，建立和维护全面的安全管理体系，制定严格的安全政策和程序以及进行定期安全培训，增强校园内所有人员的安全意识。其次，安装防火墙、入侵检测系统、数据加密技术和安全事件管理系统。有效监控和防御潜在的网络威胁，确保网络环境和数据传输的安全。再次，做好身份验证并建立访问控制机制。应用多因素认证加强登录安全性，只有授权用户才能访问敏感信息和系统，根据用户的角色和职责限定访问权限，减少数据暴露风险。最后，数据保护也是提高信息安全水平的关键环节，应定期备份关键数据，并将备份存储在安全的位置，采用数据脱敏技术处理敏感信息在不影响业务操作的前提下降低数据泄露的风险。

4.3 加强培训，打造复合型财务队伍

随着信息技术的不断进步，传统的财务管理方法正逐步向数字化、

自动化转型。因此，培养具备财务专业知识与信息技术能力的复合型人才成为高校不可或缺的任务，这种转变不仅要求财务人员熟悉传统的财务管理知识，还要求他们能够掌握最新的信息技术。高校应鼓励财务人员进行持续教育和职业发展，并为其提供必要的资源和支持，投资培训设施、学习材料以及专业发展活动，确立绩效评估体系，定期评估培训效果，根据反馈调整培训内容和方法，提升团队的工作效率和专业水平。

结语

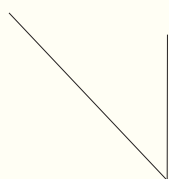
高校在推进财务信息化建设过程中要不断优化财务流程，并主动发现和解决在信息化建设过程中遇到的各种问题。作为智慧校园建设的核心部分，财务信息化的推进需要校方管理层的大力支持，完成跨部门合作与技术整合，最终实现信息化建设的目标。■

引用

- [1] 张梦霞.高校内部控制中存在的问题及建议[J].太原城市职业技术学院学报,2022(12):42-44.
- [2] 代上荣.新时代高校财会人员素质提升对策与思考[J].财会学习,2022(36):40-42.
- [3] 林紫叶.高校财务信息化与智能化应用研究[J].科技和产业,2022,22(12):53-56.
- [4] 肖进.大数据时代高校财务管理信息化建设探究[J].财经界,2022(36):78-80.
- [5] 郝菊玲,单为,宫梦洁.新时期高校财务管理创新发展探索研究[J].中国乡镇企业会计,2022(12):51-53.

基于 GeoGebra 的 三重积分截面法的可视化教学探究

文 ◆ 航天工程大学基础部 赵 越 杨晓丹 王琳静



三重积分的一种特殊方法，适用于被积函数和积分区域具有特定性质的情形。三重积分的计算是多元函数积分学中的难点，同时也是柱面坐标和球面坐标系下计算三重积分的基础。计算三重积分的常用方法是将其化为累次积分，但由于积分区域的空间立体性，图形往往难以画出，根据图形定限也因此变得比较困难。为解决这一问题，在教学中运用 GeoGebra 软件进行动态演示，通过数形结合的方法帮助学生理解三重积分计算的原理和数学实质，有利于掌握三重积分截面法^[1]。

1 三重积分截面法（先二后一方法）

1.1 截面法的基本原理

三重积分截面法又称先二后一法，是先求二重积分再求定积分的累次积分方法。

（1）若用垂直于 z 轴作积分区域的截面，截面法就是对 $\iiint_{\Omega} f(x,y,z) dv$ 先求二重积分 $\iint_{D_z} f(x,y,z) dx dy$ ，令 $F(z) = \iint_{D_z} f(x,y,z) dx dy$ ，再求定积分 $\int_{c_1}^{c_2} F(z) dz$ 的方法。即 $\iiint_{\Omega} f(x,y,z) dv = \int_{c_1}^{c_2} (\iint_{D_z} f(x,y,z) dx dy) dz$ 。此方法适用于被积函数和积分区域特殊的情形。例如，当被积函数仅与变量 z 有关（与 x, y 无关），截面 D_z 容易确定，且截面 D_z 的面积容易表示成 z 的函数， $\iint_{D_z} f(x,y,z) dx dy$ 计算简单时则采用截面法比较简便。然而，使用截面法的一个难点在于确定积分区间和积分区域^[2]。

首先，确定定积分的积分上下限，用垂直于 z 轴的平面截立体图形，得到 z 可取得的最小值 c_1 和最大值 c_2 ，使空间立体 Ω 位于平面 $z=c_1$ 和 $z=c_2$ 之间，得到 z 的变化区间 $[c_1, c_2]$ ，即得到“后一”中积分 $\int F(z) dz$ 的上下限。其次，确定二重积分的积分域，用平行于 xoy 面的平面截空间立体 Ω ，得到一个截面 D_z ，这个截面就是二重积分 $\iint_{D_z} f(x,y,z) dx dy$ 的积分域。

（2）若用垂直于 x 轴作积分区域的截面，则 $\iiint_{\Omega} f(x,y,z) dv = \int_a^b dx \iint_{D_x} f(x,y,z) dy dz$ 。

（3）若用垂直于 y 轴作积分区域的截面，则 $\iiint_{\Omega} f(x,y,z) dv = \int_c^d dy \iint_{D_y} f(x,y,z) dz dx$ 。

引言

三重积分是高等数学多元函数积分学的重点内容，也是学生学习的重点和难点。计算三重积分一般将其化为三次积分，划分积分区域与确定积分次序是其中的关键。运用 GeoGebra 软件不仅能够动态、交互演示三重积分截面的形成过程，还能深入解析直角坐标系下“截面法”计算三重积分，对于“截面法”与三重积分的计算具有指导意义。

高等数学中的截面法（先二后一方法）是直角坐标系下计算

【作者简介】赵越（1990—），女，内蒙古人，博士，讲师，从事高等数学、线性代数、概率论与数理统计以及随机分数阶微分方程数值分析及其应用等教学研究工作。

注：(2) 和 (3) 两种情况的积分区间和积分域的确定方法与 (1) 中积分区间和积分域的确定方法类似。

1.2 截面法满足的条件

“截面法”在计算三重积分时，若满足以下两个条件，则特别简便。

(1) 平面闭区域 D_z 、 D_x 或 D_y 的面积应易于计算，如圆形、椭圆等规则图形。

(2) 被积函数 $f(x,y,z)$ 是一元函数。例如， $f(x,y,z)=f_1(x)$ ；或者函数 $f(x,y,z)$ 可以拆开分成几个一元函数。根据被积函数和三重积分的积分区域特点判断是否可以用“先二后一”的截面法计算三重积分。

2 基于截面法，利用 GeoGebra 动态演示积分区域的形成过程

2.1 实例 1 的计算方法

例 1. 计算三重积分 $\iiint_{\Omega} z^2 dx dy dz$ ，其中 Ω 是由椭球面 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ 所围成的空间闭区域。

分析：此题的被积函数较为简单，是关于 z 的一元函数，且用垂直于 z 轴的直线切割 Ω 得到截面 D_z 的图形为椭圆，因此可以考虑使用截面法计算这个三重积分。

解：空间区域 Ω 的表示式如下。

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \leq 1 - \frac{z^2}{c^2}, -c \leq z \leq c.$$

$$\text{于是 } \iiint_{\Omega} z^2 dx dy dz = \int_{-c}^c z^2 dz \left[\iint_{D_z} dx dy \right] = \pi ab \int_{-c}^c \left(1 - \frac{z^2}{c^2}\right) z^2 dz = \frac{4}{15} \pi abc^3$$

计算这个积分的关键在于正确地确定积分的上下限，尤其是找对二重积分的积分域。对于空间想象力弱的同学，寻找积分区域是一个难点，需要运用 GeoGebra 软件进行动态演示，通过数形结合的方法帮助学生解决这一难点^[3]。

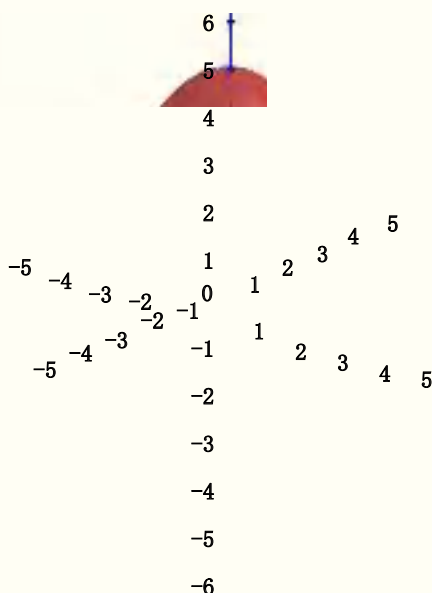


图 1 椭球面

2.2 关于实例 1 运用 GeoGebra 软件进行动态演示的设计思路与操作指令

(1) 分别打开绘图区、3D 绘图区、代数区。

(2) 点击工具栏上的 , 在绘图区建立滑动条 a, b, c 。

说明：用于控制椭球形状。

(3) 点击工具栏上的 , 在绘图区制作滑动条 n 。

说明：用于控制分割程度。

(4) 点击工具栏上的 , 在绘图区制作滑动条 k 。

说明：用于控制任意小截面的移动。

(5) 指示栏输入： $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/c^2 = 1$ 。

说明：绘制椭球面

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (\text{见图 1})$$

(6) 指示栏输入： $l_1 = \text{序列}(-abs(c) + 2abs(c)i/n, i, 0, n)$ 。

说明：绘制分割点。

(7) 指示栏输入： $l_2 = \text{序列}(z = \text{元素}(l_1, i), i, 1, n+1)$ 。

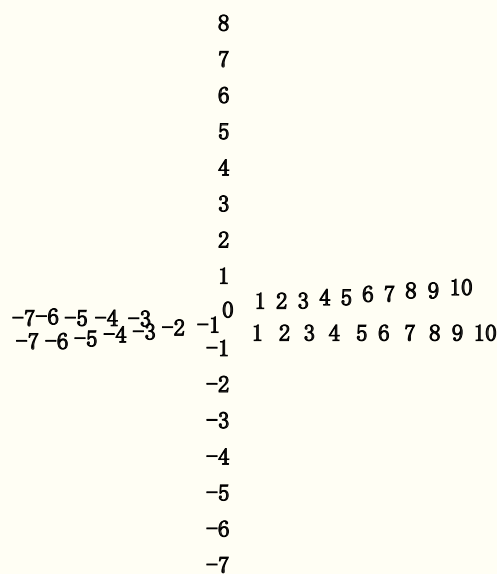


图 2 平面切割椭球面

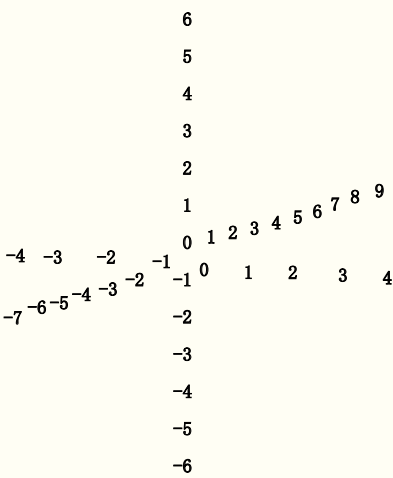


图 3 隐藏平行截面

说明：绘制平行平面 $z=z_i$ ，用于切割椭球，拖动滑动条 n 找到 z 的变化范围（见图 2）。

（8）指示栏输入： l_3 =序列（相交路径（元素 $(l_2,i,eql),i,1,n+1$ ）。

说明：绘制截面，隐藏平行截面观看截面 D_z 形状（见图 3）。

（9）指示栏输入： $A_1=(-sqrt((a^2-b^2)(1-k^2/c^2)),0,k)$ ， $A_2=(sqrt((a^2-b^2)(1-k^2/c^2)),0,k)$ ， e =椭圆 $(A_1,A_2,sqrt(a^2(1-k^2/c^2)),xOy$ 平面)。

说明：绘制任意一个小截

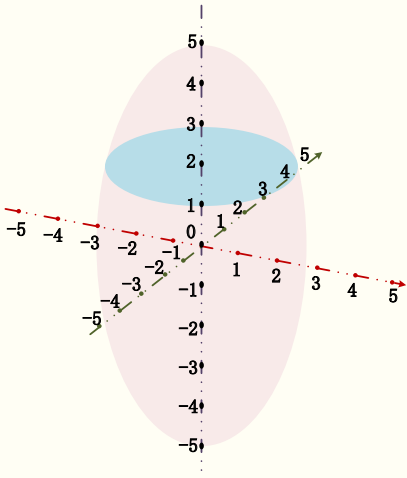


图 4 任意截面

面，隐藏椭球和截面。任取一个小截面，拖动滑动条 k ，体会小截面的任意性和小截面与 z 的关系（见图 4，图 5）。

2.3 操作指令

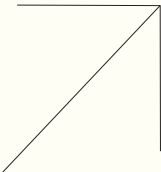
调整图形中所有对象的颜色、透明度，可以增强整个动态图形的显示效果。拖动滑动条 n 找到 z 的变化范围，拖动滑动条 k ，观察小截面的生成过程，通过鼠标在 3D 绘图区拖动，可以从各个视角观察图形^[4]。

结语

在三重积分的计算中，通常将三重积分化为三次积分进行计算。其中，截面法（或称先二后一）是一种运算简单、快速的好方法，但在一般高等数学教材中涉及较少。然而，截面法的使用也存在一定的局限性，当被积函数或者积分区域复杂导致积分困难以及计算截面投影区域面积困难时，不适合使用该方法。灵活掌握截面法的运用，最根本的问题是弄懂截面法计算三重积分的实质。在三重积分的截面法的教学过程中使用 GeoGebra 软件，对所求积分的积分域和小截面进行三维立体的动态演示，有助于学生理解和掌握截面法的原理，拓展计算技巧，对培养学生的探究创新能力有较大帮助。

引用

[1] 王贵军.GeoGebra与数学实验[M].北京:清华大学出版社,2017.
[2] 同济大学数学系,高等数学上册[M].第7版,北京:高等教育出版社,2014.
[3] 张敬信.基于GeoGebra构建高等数学动态图形化教学资源库[J].科技风,2022(3):142-144.
[4] 马玉青.GeoGebra软件在高等数学课程教学上的运用[J].现代农村科技,2018(10):87-87.



基于机器学习的网络电视自动化测试方法研究

文◆迪斯泰克（北京）科技有限公司 张惠琦

引言

随着网络电视的迅速发展，网络电视测试工作面临巨大的挑战。传统的手工测试方法已无法满足日益增长的测试需求。本文针对网络电视测试的特点，提出一种基于机器学习的自动化测试方法。该方法通过采集和分析网络电视系统的用户行为数据，构建用户行为模型，并基于该模型自动生成测试用例，实现网络电视测试的自动化。实验结果表明，该方法能够有效提高测试效率和测试覆盖率，为网络电视测试提供一种新的思路。

1 基于机器学习的自动化测试方法

1.1 总体框架

本文提出的基于机器学习的网络电视自动化测试方法总体框架包括4个模块，即用户行为数据采集、用户行为模型构建、测试用例自动生成和自动化测试执行。首先，通过采集组件获取用户交互行为数据，经预处理形成结构化数据集。其次，使用机器学习算法构建用户行为模型，刻画用户的典型操作模式和行为特点^[1]。在此基础上，设计智能算法自动生成覆盖典型用户行为路径的测试用例集合，并进行优化。最后，自动执行测试用例，模拟真实用户行为，验证系统行为并生成测试报告。

1.2 用户行为数据采集

用户行为数据采集是基于机器学习的网络电视自动化测试方法的基础。通过部署采集组件，采集用户在系统中的交互行为数据，主要包括以下4个方面。

(1) 用户操作数据。点击、滑动、搜索、播放等操作以及对应元数据。(2) 页面浏览数据。浏览页面、停留时间、切换等行为数据以及性能数据。(3) 内容交互数据。点赞、收藏、分享、评论等交互行为以及对应元数据。(4) 用户环境数据。设备型号、操作系统、网络类型、地理位置等环境信息。

1.3 用户行为模型构建

1.3.1 数据预处理

清洗、转换、集成原始用户行为数据，处理数据质量问题，转换为适合机器学习算法的输入格式。进行特征缩放、归一化等预处理，提高

模型训练效率和泛化能力^[2]。

1.3.2 特征提取

从预处理后的数据中提取关键特征，刻画用户行为模式和特点。常用方法包括统计特征、序列特征、嵌入特征和图特征。可利用领域知识人工设计特征，或使用特征选择、重要性算法自动筛选特征子集。

1.3.3 模型训练

选择合适的机器学习算法，提取的用户行为特征作为输入，训练用户行为模型。常用算法包括隐马尔可夫模型、循环神经网络、卷积神经网络、聚类算法、关联规则挖掘等。合理设置超参数，使用交叉验证、网格搜索等方法调优，采取合适的评估指标评估模型性能^[3]。训练得到的用户行为模型能刻画用户的典型操作模式和行为特点，指导测试用例生成，模拟真实用户行为，提高测试覆盖度和有效性。同时，还可应用于异常行为检测、个性化推荐等场景。

1.4 测试用例自动生成

1.4.1 测试用例生成算法

测试用例生成算法的目标是根据用户行为模型，自动生成一组测试用例，覆盖尽可能多的用户行为路径和操作序列。随机游

【作者简介】张惠琦（1979—），女，山东惠民人，硕士研究生，测试研发高级经理，研究方向：网络电视自动化测试。

走方法生成测试用例（见表 1）展示了一个基于模型的测试用例生成算法示例，该算法根据用户行为模型的状态转移概率矩阵，使用随机游走方法生成测试用例。

1.4.2 测试用例优化

自动生成的测试用例集合会存在冗余、重复或无效的测试用例，需要进行优化，提高测试效率和资源利用率。常用的测试用例优化方法包括以下几种。

（1）基于覆盖度的优化。剔除覆盖度低或重复覆盖的测试用例。（2）基于相似度的优化。合并相似度高的测试用例。（3）基于优先级的优化。根据业务重要性、风险等因素，优先执行高优先级的测试用例。（4）基于反馈的优化。根据测试执行结果和反馈信息，动态调整测试用例集合，增加有效测试用例比例。

测试用例优化可以使用贪心算法、启发式搜索、遗传算法等优化算法实现。优化后的测试用例集合能以更小的规模达到更高的测试覆盖度和有效性，减少测试资源浪费。

1.5 自动化测试执行

自动化测试执行是基于机器学习的网络电视自动化测试方法的最后一个环节。它将生成和优化后的测试用例集合在测试环境中自动执行，并收集和分析测试结果，评估被测系统的质量。自动化测试执行可以借助现有的测试管理和执行工具，如 Jenkins、Test NG、Robot Framework 等，实现测试过程的自动化和持续化。同时，可以开发自定义的测试执行框架，集成特定领域的测试需求和优化策略。自动化测试执行大大减少了人工测试的工作量 and 时间成本，提高了测试的效率和可

表 1 随机游走方法生成测试用例表

步骤	描述
1	输入用户行为模型的状态转移概率矩阵 P 和初始状态分布 π
2	根据初始状态分布 π ，随机选择一个初始状态 s 作为当前状态
3	重复执行以下步骤，直到生成的测试用例长度达到预设的阈值
3.1	根据当前状态 s 和状态转移概率矩阵 P ，随机选择下一个状态 s' 作为新的当前状态
3.2	将状态 s' 对应的用户行为事件添加到测试用例序列中
4	输出生成的测试用例序列

靠性。通过持续的自动化测试，尽早发现和定位系统缺陷，保证系统的质量和稳定性，为网络电视的迭代开发和运维提供有力的质量保障。

2 实验设计与结果分析

2.1 实验环境

为了评估基于机器学习的网络电视自动化测试方法的有效性和性能，设计搭建了相应的实验环境，实验环境配置说明如表 2 所示。

表 2 实验环境配置说明

环境要素	配置说明
操作系统	Ubuntu 20.04 LTS
CPU	Intel Xeon Gold 6248R @ 3.00GHz
内存	128GB DDR4 @ 2933MHz
存储	2TB SSD NVMe PCIe
GPU	NVIDIA Tesla V100 32GB
编程语言	Python 3.8
机器学习框架	TensorFlow 2.7, PyTorch 1.10
测试自动化工具	Appium 1.22, Selenium 4.1
网络电视平台	基于 Android 10 的自研网络电视系统

实验环境采用高性能的服务器配置，保证了模型训练和测试执行的效率。同时，选择主流的机器学习框架和测试自动化工具，便于实验结果的复现和推广。实验所用的网络电视平台是自研的基于 Android 系统的网络电视应用，具有代表性的功能和架构。

2.2 数据集

从自研的网络电视平台的线上用户行为日志中，采集了一个大规模的用户行为数据集，用于训练和评估用户行为模型，数据集如表 3 所示。

为了保护用户隐私，对数据集进行了脱敏处理，移除了用户的敏感信息，如账号、IP 地址等。同时，清洗和预处理了数据，过滤了噪声数据和异常数据，确保数据的质量和完整性。将数据集按照 8:1:1 的比例划分为训练集、验证集和测试集。其中，训练集用于训练用户行为模型，验证集用于调优模型超参数和进行早停，测试集用于评估模型的性能指标。在数据分析和模型训练过程中，发现点击、播放和暂停是最频繁的用户行为，而搜索、切换分类等行为相对较少，与实际用户在网络电视上的行为特点相符合。

2.3 实验结果与分析

在 2.1 节描述的实验环境中，使用 2.2 节采集的数据集，对基于机

表 3 数据集

数据集属性	说明
数据来源	自研网络电视平台的线上用户行为日志
数据时间范围	2022 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日
用户数量	约 100 万独立用户
会话数量	约 1000 万个会话
事件数量	约 1 亿个原子事件
事件类型	点击、滑动、搜索、播放、暂停等 20 余种
数据格式	JSON
数据大小	约 100GB
数据划分	训练集：验证集：测试集 = 8:1:1

器学习的网络电视自动化测试方法进行了实验评估，实验结果如下。

2.3.1 测试效率

分别统计了各测试方法在 1 小时内完成的测试用例数量，结果如表 4 所示。

表 4 测试用例数量

测试方法	测试用例数量	测试执行时间	测试效率（个 / 小时）
基于机器学习	1200	1 小时	1200
随机测试	800	1 小时	800
基于规则	1000	1 小时	1000

基于机器学习的算法在测试效率上优于其他两种方法，每小时可以完成 1200 个测试用例，效率最高。主要得益于机器学习方法自动生成的高质量测试用例，减少了冗余和重复用例，提高了测试执行的并行度。

2.3.2 测试覆盖率

分别统计了各测试方法对功能需求的覆盖情况，结果如表 5 所示。

表 5 测试覆盖率

测试方法	被覆盖的功能需求数量	总功能需求数量	测试覆盖率
基于机器学习	185	200	92.5%
随机测试	160	200	80%
基于规则	175	200	87.5%

基于机器学习的算法在测试覆盖率上也优于其他两种方法，对 92.5% 的功能需求实现了覆盖。这主要归功于机器学习方法根据用户行为模型自动生成的测试用例，能够覆盖更多实际用户会遇到的场景和路径，提高了测试的针对性。

2.3.3 缺陷检测率

分别统计了各测试方法检测到的缺陷数量和实际缺陷总数，结果如表 6 所示。

表 6 缺陷数量和缺陷总数

测试方法	检测到的缺陷数量	实际缺陷总数	缺陷检测率
基于机器学习	38	40	95%
随机测试	32	40	80%
基于规则	35	40	87.5%

基于机器学习的方法在缺陷检测率上也同样优于其他两种方法，检测出了 95% 的实际缺陷。主要得益于机器学习算法模拟真实用户行为生成的测试用例，更容易触发实际环境中的各种潜在缺陷，提高了缺陷检测的有效性。

综合所有实验结果，可以得出基于机器学习的网络电视自动化测试方法在测试效率、测试覆盖率、缺陷检测率 3 个关键指标上，都显著优于随机测试和基于规则的测试方法。机器学习算法结合用户行为大数据，可以自动化生成高质量、高覆盖率的测试用例，并智能化执行和分析，大幅提升了网络电视测试的效率和效果。

结语

本文针对网络电视测试面临的挑战，提出了一种基于机器学习的自动化测试方法。实验结果表明，该方法优于传统的随机测试和基于规则的测试方法，为网络电视测试提供了一种新的思路和途径。未来，将进一步优化方法性能和泛化能力，探索其在更多实际项目中的应用，并持续改进和创新，为网络电视的高质量发展保驾护航。

引用

[1] 杨东晓.基于图像识别的EPG终端自动化测试系统的设计与实现[J].广播电视网络,2022,29(10):84-87.
[2] 裘雨音,张静,陈江尧.信息管理软件自动化测试方法的设计[J].自动化仪表,2024,45(1):86-90.
[3] 马平娃.一种简约化GSM-R网络优化方法及系统的研究与实现[J].铁道通信信号,2024,60(2):54-62.

基于模糊控制的集中供热系统节能技术研究

文 ◆ 北京天岳恒房屋经营管理有限公司 张凯翔 刘玥婷 王越超

引言

随着城市化进程的加速，集中供热系统作为城市基础设施的重要组成部分，其能源效率受到广泛关注。然而，传统的供热系统存在着能源利用不充分、供热不均等问题。本研究聚焦集中供热系统中供水温度的智能控制，引入模糊控制技术，结合 RBF 神经网络预测和模糊 PID 算法，优化供热系统的能源管理。首先，通过 RBF 神经网络模型预测供热系统的热负荷，提高预测的准确性。其次，介绍一种新型的供水温度节能控制系统，该系统融合了模糊逻辑和 PID 控制理论，通过智能调节供水温度，优化能源分配。最后，展示仿真实验验证该控制策略的有效性。研究表明，该方法不仅提高了能源利用效率，还增强了供热系统的稳定性和适应性，为城市节能减排做出了贡献。

1 集中供热系统概述

作为城市能源管理的关键部分，通过集中的热源站向广大用户提供热能，实现了能源的高效利用和环境污染的显著减少。通过热能的集中生产和管网的分布式传输，确保了热能供应的稳定

性和可靠性^[1]。技术上，集中供热系统主要依赖于高效的锅炉、热交换设备和广泛分布的管网。其中，热源站的锅炉负责将原材料转化为热能，热交换设备在保证热能质量的同时，将热能有效传递给输送管网，最终达到用户端。为了提高系统的能效，进一步减少能源消耗和运营成本，集中供热系统普遍采用了先进的自动化控制技术，实现热能供应的精确调配。集中供热系统原理图如图 1 所示。

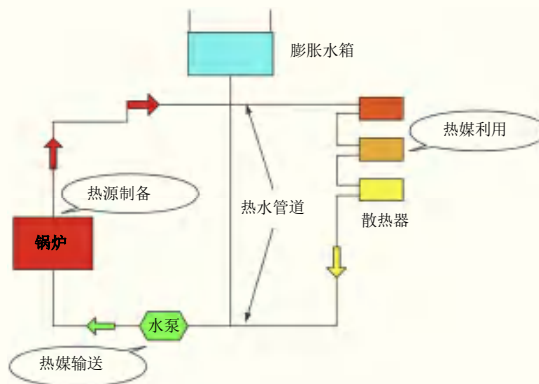


图 1 集中供热系统原理图

2 供水温度预测与控制策略研究

2.1 RBF 神经网络的热负荷预测

2.1.1 RBF 神经网络模型定义

RBF 神经网络，一个关键的人工智能算法，展现了其独特的三层架构，包括起始的输入层、中间的隐含层以及最终的输出层。设计模型允许接收初始数据，在经过复杂的内部处理后，生成预测或分类的结果。其中，输入层负责捕捉并传递原始信息，隐含层通过设定的径向基函数处理信息，输出层负责呈现最终处理结果。这种布局优化了数据处理流程，使 RBF 神经网络在处理非线性问题时表现出色，特别是在模式识别和函数逼近等领域，其高效的处理机制和准确的输出能力，使其成为众多领域研究和应用的首选技术之一。

2.1.2 RBF 神经网络算法学习

RBF 神经网络的学习过程，核心在于能够通过算法自适应地调整网络参数，以达到最佳数据处理性能。该过程涉及到的关键技术包括径向

【作者简介】张凯翔（1996—），男，陕西渭南人，本科，助理工程师，研究方向：供热运行。

基函数选取、中心点确定以及宽度参数调整。在算法运行期间,系统根据输入数据的特征自动优化参数,确保输出结果的准确性和可靠性。此外,RBF 网络的学习算法还包括一个重要的步骤是误差最小化,通过迭代方法,如最小二乘法,不断优化网络权重,直至达到预设的误差阈值或迭代次数。

式(1)(2)(3)分别表示 RBF 神经网络的径向基函数、网络输出值和基函数方差的求解表达式。

$$R(x_p - c_i) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\|x_p - c_i\|^2\right) \quad (1)$$

$$y_j = \sum_{i=1}^h \omega_{ij} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\|x_p - c_i\|^2\right), j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{1}{p} \sum_j \|d_j - y_j c_i\|^2 \quad (3)$$

式(1)~式(3)中, x_p 表示输入样本, $\|x_p - c_i\|$ 表示欧式距离, c_i 表示径向基函数的中心向量, σ 表示径向基函数的宽度参数, w_{ij} 表示隐含层到输出层的连接权值, d_j 表示样本的期望输出值。

2.2 供水温度的节能控制系统

在现代供热系统中,节能控制策略的实施至关重要,尤其是在温度管理方面。一个高效的温度调控系统核心在于精确管理供水温度,以确保能源的最优使用并保持舒适的环境条件。这种控制系统依赖于先进的温度检测技术,其中,温度传感器在二次供水管道中扮演着关键角色,实时监测水温。这些实时数据随后被送往中央控制器,后者通过复杂的算法处理信息,调整电磁阀的开度。通过这种方式,系统能够微调供水的温度,既满足热量需求,又避免过度消耗能源。二次网供水温度控制系统如图2所示。

2.3 模糊 PID 算法的温度控制

2.3.1 Smith 预估控制原理

Smith 预估控制策略是一种先进的温度控制方法,其核心理念在于通过一个人工设计的模型引入补偿机制,优化整个控制系统的性能。该策略的实施主要是将一个专门设计的补偿部分嵌入到现有的控制框架中,目的是将系统的纯延时效应有效地移出控制循环之外。这一做法能够显著提高系统对温度变化的响应速度和调节精度,尤其是在存在时间延迟的控制环节中。通过对延时环节的外部调整,Smith 预估控制不仅减少了对系统性能的负面影响,还增强了温度控制过程的稳定性和可靠性^[2]。

根据 Smith 预估控制系统的原理,设 $G_c(s)$ 表示某控制器, $G(s)e^{-\tau s}$ 表示被控对象, $G_m(s)(1 - e^{-\tau s})$ 表示 Smith 预估控制器,当 $G_m(s) = G(s)$,系

统获得补偿,此时该闭环系统传递函数表示如式(4)所示。

$$\Phi_o(s) = \frac{G_c(s)G(s)e^{-\tau s}}{1 + G_c(s)G(s)} \quad (4)$$

2.3.2 模糊 PID 控制原理

模糊 PID 控制算法结合了传统 PID 控制器的精确性与模糊逻辑控制的灵活性,提供了一种改进的温度控制策略。在这种控制体系中,PID 控制器负责精确的温度调节,而模糊逻辑控制则引入了对不确定性和模糊性的处理能力。这种算法首先通过模糊逻辑控制器分析温度偏差和偏差变化率的模糊信息,然后根据这些信息调整 PID 参数,实现更加灵活和自适应的控制。模糊 PID 控制算法的核心优势在于其能够自动调整控制参数以适应系统动态变化,提高控制系统的鲁棒性和适应性。这种方法特别适用于模型不精确或者存在较大不确定性的复杂系统,如变质量流量的供热系统。通过实时调整 PID 控制参数,模糊 PID 控制不仅能够快速响应系统状态变化,还能有效抑制过冲和振荡,保证了系统的稳定性和高效性。

2.3.3 Smith-Fuzzy-PID 控制器设计

Smith-Fuzzy-PID 控制器设计融合了 Smith 预估控制和模糊 PID 算法的优点,旨在提升温度控制系统的精度和响应速度。该设计通过引入 Smith 预估模块来优化系统对时间延迟的管理,同时利用模糊逻辑增强 PID 控制器的自适应性和灵活性。在实际操作中,Smith 模块负责预测并补偿系统的延迟行为,确保控制指令及时准确地反映到控制对象上。与此同时,模糊 PID 部分通过对温度偏差及其变化率的模糊处

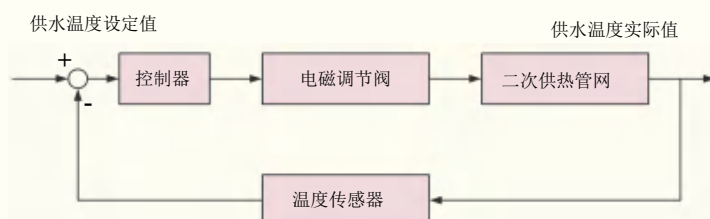


图2 二次网供水温度控制系统

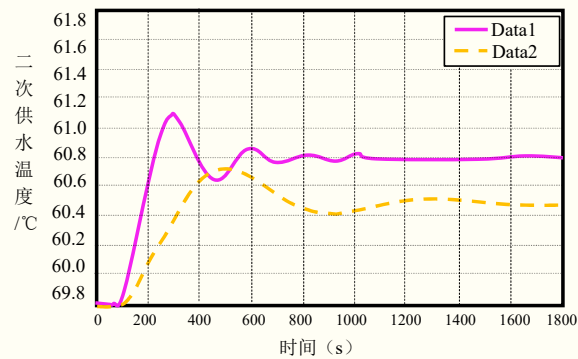


图 3 系统控制仿真输出

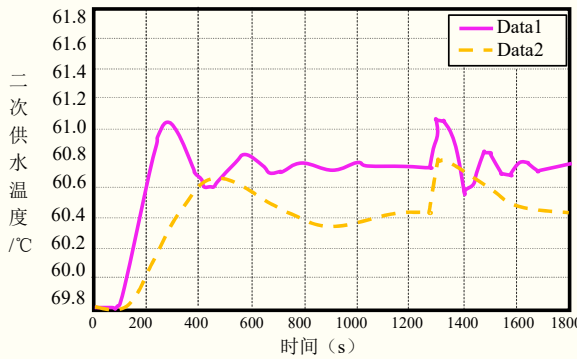


图 4 系统受外界干扰时控制仿真输出

理，动态调整 PID 参数，使控制器灵敏地应对各种复杂变化。这种控制器设计特别适合那些存在显著时间延迟和系统参数不确定性的温控场景，如大型工业炉或化学反应器的温度控制。Smith-Fuzzy-PID 控制器通过减少系统延迟的负面影响，增加控制策略的适应性，显著提高了温度控制的准确性和稳定性。

3 供水温度控制实验

3.1 RBF 网络预测建立

在供水温度控制实验中，RBF（径向基函数）网络预测模型的建立是关键步骤，通过学习供水系统的温度变化特性预测未来的温度变动，优化温度控制策略。RBF 网络以其出色的非线性映射能力和较强的容错性，成为处理复杂温度控制问题的有效工具。网络核心是利用径向基函数作为隐藏层神经元的激活函数，这些函数对于输入空间中的样本点具有局部响应特性，使网络能够精确拟合复杂的温度动态变化。在建立 RBF 网络预测模型时，首要任务是收集历史供水温度数据训练网络，包括温度的实时值、历史值及其变化率等。训练过程中，网络通过调整权重和偏差的方式最小化预测值和实际值之间的误差，提高预测精度。

完成训练后，RBF 网络能够根据当前和过去的温度数据预测短期内的温度变化趋势，为控制系统提供决策支持。该预测模型的引入显著增强了供水温度控制系统的智能性，使温度控制更加精确和高效。

3.2 仿真实验结果分析

使用 Matlab 软件和 Simulink 环境对供水温度控制系统进行仿真实验分析，得到关键的性能指标^[3]。系统控制仿真输出如图 3 所示，系统受外界干扰时控制仿真输出如图 4 所示，分别显示了系统在控制后和受干扰时的阶跃响应，仿真结果揭示，当实施自适应 Smith-Fuzzy-PID 控制策略时，系统表现出了优异的调节能力和抗干扰性。具体来看，图 5 中，控制过程中系统的超调量达到 20%，而从扰动中恢复到稳定状态的调整时间仅需 550s，体现了控制策略快速响应和高效稳定调节的特点。同时，图 4 中面对突然的干扰信号，该控制系统能够在 200s 内调整回到初始稳定状态，展现了控制算法在遭遇外部扰动时的强大适应能力和稳健性。

仿真结果不仅证明了自适应 Smith-Fuzzy-PID 控制方案在供水温度管理中的有效性，还为进一步优化控制策略和提升系统性能提供了宝贵的数据支持。通过细致分析实验数据，研究人员可以深入理解控制系统的动态行为，为实现更加精准和高效的温度控制提供理论依据和实践指导。

结语

经过深入的研究和严谨的实验验证，本文提出的基于模糊控制的集中供热系统节能技术，显示出明显的节能效果。该技术通过智能化的方式，实现了供水温度的精准控制，既提高了供热效率，又降低了能源消耗。在城市供热系统领域，该研究不仅提供了一种有效的节能方案，也为未来供热系统的智能化和节能化探索提供了新的思路。此外，研究成果对于实现绿色供热、推动城市可持续发展具有重要意义。

引用

[1] 王光启.热电联产集中供热系统的节能技术探究[J].新疆有色金属,2023,46(2):96-97.
[2] 蒋文馨.建筑节能技术在供热系统中的应用研究[J].居舍,2023(28):37-40.
[3] 汪山入.节能技术在集中供热系统改造工程中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A, 2023(3):4.

石化行业“工业互联网+安全生产”研究与实践

文◆ 中科（广东）炼化有限公司 何满锋

引言

目前，石化行业各系统数据具有分散化、数据共享性差等“数据孤岛”问题。数据价值无法得到充分利用，管理部门无法全面快速分析诊断痛点问题。本文依托现有安全信息化基础，结合工业互联网、大数据、5G、AI等新一代信息技术，利用石化智云现有研发成果和业务服务，基于统一的信息集成规范，充分共享数据集成、数据管理和通用功能等成果，形成石化行业“工业互联网+安全生产”平台的建设方案。

1 平台总体架构设计

目前，我国在安全生产与隐患排查治理工作中所采用信息化系统种类和数量均较为丰富，但整体应用水平不高，主要表现在各信息化系统业务种类单一，且系统间相互独立，未形成全面互联的应用模式。

中石化集团积极探索数字化转型路径，夯实数字化基础底座，自主研发和打造石化智云工业互联网平台，解析适配工业协议百余种，接入设备量达到百万级别，研发应用上千个，数字化转型成效显著。

石化智云总体架构由下至上分别为边缘层、资源层、数据层、服务层、应用层、访问层和用户层，其中服务层主要为工业PaaS服务，包括数据中台、技术组件和业务微服务等。为加强数据交互、边云协同能力和提高安全生产创新应用水平，按照石化智云整体架构设计，对应用层、服务层进行扩充。总体架构图如图1所示，应用层新建App17个，提升App2个。服务层新建业务组件35个，复用19个，新建技术组件4个，包括边云协同、智能分析、边缘智能和模型训练。

1.1 平台能力框架

平台能力按照“1套解决方案+4大类智能分析能力+53种模型”总体框架，充分复用石化智云已有组件，建设边云协同能力^[1]，推进集团和企业数据、智能、业务、应用边云协同，实现企业侧局部性、实时性、短周期数据的智能分析能力，提升企业侧生产过程的智能化水平。

1.2 平台能力及作用

在集团整体网络架构基础上，划分企业现场和集团总部，扩展边云协同、边缘智能分析、数据预处理等6项平台能力。

平台遵循石化智云平台架构进行设计，按照分层设计、动态扩展的思

想，自下而上分别为基础设施、存储层、支撑层、控制层、展现层、接入层。同时，遵循平台统一的标准运维体系，保证系统的规范、稳定运行。

1.3 平台安全能力设计

按照国家等级保护二级要求，结合本期项目实际业务和数据安全防护需求，基于石化智云安全防护措施，从安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境 and 安全管理中心4个层面对系统进行安全提升，进一步保障系统安全稳定运行。

2 应用场景及解决方案

利用平台能力框架，针对不同具体场景提出对应的解决方案，进一步保证整体安全风险可控可预防。本节对石化行业常见的安全风险场景进行分析，并提出预防的方案设计。

2.1 高温油泵及回路异常管控

场景描述：高温油泵设备对于密封性要求极高，机械密封失效会导致高温油泄漏自燃，进而引发火灾，造成人员伤亡和经济损失。

方案设计：运用红外热成像、在线监测等技术实现油泵本体和所属管道温度感知和采集。

【作者简介】何满锋（1984—），男，湖南安仁人，本科，中级工程师，研究方向：信息技术。

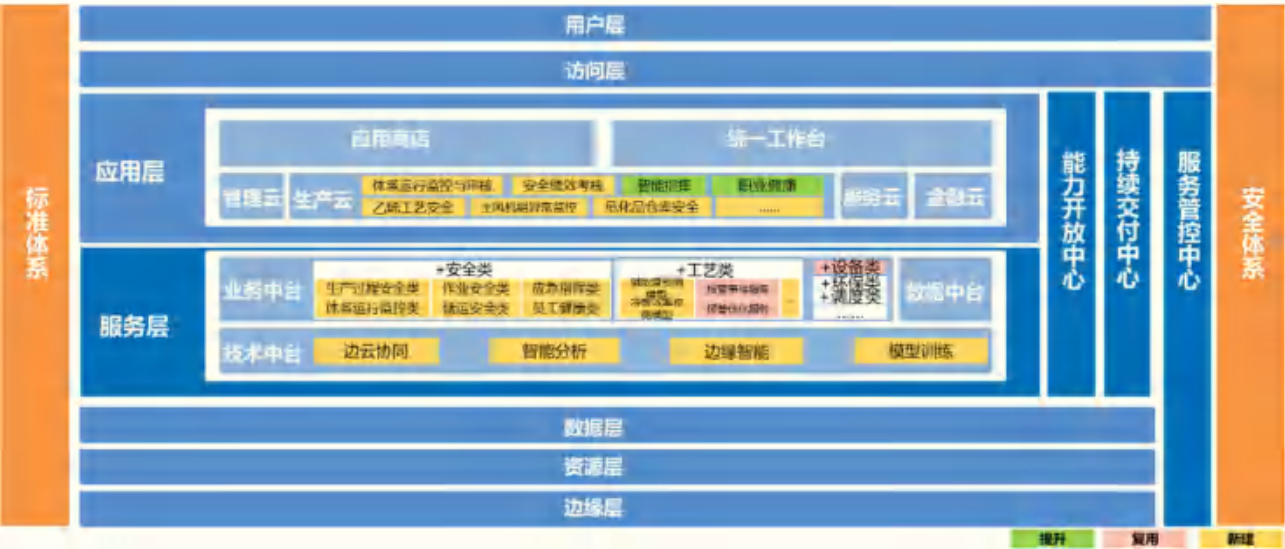


图 1 总体架构图

建立高温油泵监测模型，通过监控设备表面的温度分布，即时了解设备的工作状态，实现高温油泵异常监控及高温易燃介质泄漏报警，并第一时间通知相关人员，提前介入并干预，降低事故发生概率，提高安全事故响应以及处理效率，避免事故进一步扩大。

2.2 装卸安全管控

场景描述：企业年危化品装卸量数千车次。装卸过程尚未全面应用本质安全管控设施，对承运商和人员资质和运输过程等，缺乏管控抓手。

方案设计：新增功能包括车辆安检、装卸本质安全、人员违章视频识别 3 个功能，实现车辆定位、轨迹追踪和押运人员异常报警，对运输过程实现过程管控。

2.2.1 车辆安检

针对企业自有危化品运输车辆停车场，实现车辆安检电子化，利用手持智能终端读取车辆信息，对安全检查项进行逐项确认并签名，检查结果上传平台展示，便于实现安全检查结果的统计分析、问题追溯功能。集成货车排队，针对企业统销、自销已形成出货计划的危化品提货运单，实现车

辆预约、智能排序、入场检查、智能叫号等功能。

2.2.2 人员违章视频识别

按照制度要求制定规则，经过训练学习形成视频分析模型，通过获取现场视频影像，对装卸区域的现场人员进行违章智能监控。

2.2.3 装卸本质安全

对现场静电接地、溢流信息、气相回流等信息进行监控，为不同层级和职责的技术人员提供管理支撑。实现装卸本质安全“八联锁”控制改造，针对现场装卸栈台，开展定量装车系统“八联锁”控制改造，融合智能安全管控软件实现智能化提升。

2.3 泄漏检测

场景描述：以高压聚乙烯为代表的高危工艺装置（装置反应单元，压力一般在 250 ~ 300Mpa）容易发生着火爆炸事故。在发生现场可燃气体泄漏报警时，操作人员前往实地勘察非常危险。应开拓新思路，为极端工艺装置的异常工况巡检勘察提供安全保障。

方案设计：以工业机器人代替人工，运用视频识别分析、红外泄漏监测等手段，开展危险区域或工况异常巡检，为安全生产保驾护航。

2.4 设备腐蚀预警

场景描述：设备腐蚀是化工业普遍存在的现象，机械设备被腐蚀后，在外形、色泽以及机械性能方面都将发生变化，造成设备破坏以及资源和能源的严重浪费，使企业受到巨大的损失。腐蚀不仅会对工艺设备造成损坏，如果发现不及时，那么还会导致严重的生产损失，甚至对生产人员人身安全构成威胁。

方案设计：通过与设备健康管理系统建立集成机制，实现对设备监控预警、泄漏腐蚀等监测信息动态获取。将装置划分成若干个腐蚀回路，集成工艺操作参数、化验分析参数、腐蚀探针、在线测厚等与腐蚀相关的各类参数，实现可视化的腐蚀监控。以腐蚀回路为单位实现基于 RBI 风险理论的腐蚀评估及管线风险评估，快速定位现场薄弱部位，保证装置本质安全，代替操作人员对设备进行 24h 不间断监控及腐蚀在线评估。

2.5 高危工艺装置风险预警

根据应急管理部科技和信息化工作领导小组办公室下发的 2020 年和 2021 年的地方应急管理信息化建设任务书的要求，扩大风险监测预警监控范围，覆盖 18 种高危工艺装置，实现数据实时监测、视频监控、风险研判、风险预警。

2.5.1 数据监测

开展实时数据库、ODS、企业工业视频平台等系统集成应用，对中国石化 18 种高危工艺装置实现实时数据、视频等多维度监控，监测指标主要包含温度、压力、电流、电压、压差等关键工艺参数。

2.5.2 风险预测模型

构建了工艺实时风险、设备实时风险、实时泄漏风险等级和事故影响动态模拟相耦合的高危工艺装置整体安全风险预测模型。基于高危工艺装置固有的属性，建立了高危工艺装置、厂部、企业的安全风险分级计算模型，为高危工艺装置的风险分级管控提供技术支撑。

2.5.3 风险预警

针对集团公司风险管控对象、管控内容层次不明确、不清晰等问题，提出了风险分级管控方法，创新构建了生产装置、厂部、企业多层级安全风险监测预警体系，建立了红、橙、黄、蓝四级的风险分级预警技术，实现了重大危险源、企业风险状态自动预警，提升了各层级安全风险监管的时效性。

2.6 高危工艺装置报警管理

通过 OPC AE 对多类型 DCS 系统的报警事件数据进行实时采集，开展装置报警评估，形成评估结果后，进行有针对性的报警分析与优化，监控报警优化状态，形成针对装置报警的闭环管理，抑制无效报警，提高报警有效性。

方案设计如下。采集 DCS 报警事件信息存入报警数据库归档，对归档之后的报警事件信息通过对比国际标准，标定出当前所处报警级别，判断装置健康状况，生成分析报告。操作人员结合报警分析报告、工艺卡片、报警变更方案对报警条件进行修改和变更，优化后形成报警变更记录，实现报警的全流程闭环管理，主要功能如下。（1）解读 ISA18.2 标准以及企业报警管理制度，评估装置，检查装置报警健康状态，为优化装置报警提供依据。（2）提供震荡报警分析、持续报警、相关报警分析对报警进行对维度分析找到报警原因。（3）监控报警管理的整个过程，形成报警的闭环管理，针对报警管理的相关 KPI 指标，进行持续改进和优化，为持续减少无效和低效报警、减少报警洪水提供帮助。

3 应用效果

基于石化智云平台，新增边云协同技术套件，实现了企业和集团的数据、服务、应用高效协同，通过分析和设计石化行业典型应用场景方案，打造安全生产创新应用 App，推进工业知识的快速封装和优化，加速安全生产经验与知识的模型化封装和场景化应用。

（1）建立高温油泵及回路异常管控 App，监控高温油泵泄漏情况。（2）建立装卸安全管控 App，装卸八联锁监控，实现装卸作业过程安全

管控。（3）建立泄漏检测 App，采用机器人巡检，及时发现泄漏情况。（4）建设设备腐蚀预警 App，实时监测设备腐蚀情况。（5）建立高危工艺装置风险预警 App，对装置风险实时预警。（6）建立高危工艺装置报警管理 App，对装置报警进行统计分析。

以中科炼化公司“工业互联网+安全生产”平台试点建设为例。截至目前，高温油泵及回路异常监控 App 对催化裂化装置 10 台泵进行监控，产生报警数据 180 条；装卸安全管控 App 针对 9 个鹤位装卸产生报警 598 条；装卸视频违章分析 App 产生报警 13523 条；1 台巡检机器人共完成泄漏监测巡检 950 余次，巡检点数 24072 个；设备腐蚀预警增加腐蚀监测点位 49 个，实时监测工艺管道腐蚀情况。通过“工业互联网+安全生产”平台进一步夯实了中科炼化公司安全生产管理智能化水平，使该企业 2023 年期间未发生安全事故。

结语

借助工业互联网大数据分析能力对数据进行深入挖掘，利用人工智能构建高温油泵异常监控、高危工艺装置风险预警和管理、设备腐蚀预警、关键装置运行指导等预测模型，为石化行业典型安全生产场景提供了辅助决策的支撑能力，是工业互联网与石化行业安全生产深入结合方面的富有价值的探索。

引用

[1] 孙跃.大型央企云边协同建设方案及其借鉴意义分析[J].信息通信技术与政策,2022(3):22-28.

地面数字电视发射机关键技术与日常维护探讨

文 ◆ 安徽广播电视台阜阳发射台 张莉军

引言

随着广播电视行业的迅猛发展，数字电视逐渐崭露头角，逐步取代了传统的模拟电视，数字电视发射机也全面取代了模拟电视发射机。地面数字电视作为一种融合多种技术的现代化传播手段，其工作原理主要是利用数字编码的方式实现电视节目的录制、收集、广播、传输和接收。数字电视的显著优势在于其广泛的覆盖范围，只要电视能够接收来自发射机的信号，就可以通过内部的转换设备将信号显示在屏幕上，满足观众的收视需求。然而，想要确保其技术性能的稳定性和高效性，做好日常维护至关重要。

1 地面数字电视发射机关键技术

1.1 软件控制技术

在软件控制技术应用中，主要涉及的软件包括内部控制软件、通信软件。其中，对于内部控制软件，在硬件模块的驱动编写前，需要先搭建程序框架。例如，MDKMiddleware 框架具有文件管理系统、实时化操作系统、计算机客户端服务器、TCP/IP 网络协议栈等中间件，通过这些中间件能够实现控制软件的快速搭

建。同时，为了借助 SPI 和 USART 等相关接口的功能与相应模块实现有效、准确的通信效果，应针对各个模块接口合理编写相关驱动程序，以构建程序间的关联，系统软件架构如图 1 所示。

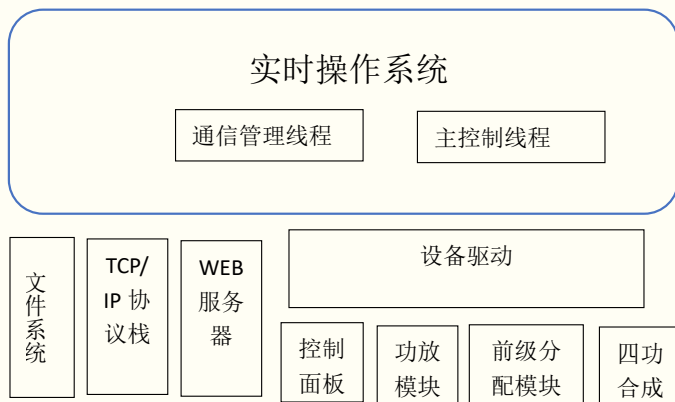


图 1 系统软件架构

在发射机通信实现方面，发射机内部设置有客户端服务器，采用客户端软件就可以对发射机实际情况进行监督与管控，使用客户端控制功能，不仅可以远程调整发射机运行参数，还能实时设置相关设备参数，如网络与励磁器等。

1.2 自适应功率合成技术

发电机射频信号的功率如果需要采用放大处理，通常要借助功放模块的功能。但需要注意的是，单个功放模块往往无法达到所需的功率标准，需要借助多个功放模块，以“功率合成”达到功率的综合提升。具体过程如下，射频信号输入后，首先通过功放模块分解处理信号，然后分别使用功放模块放大处理分解后的信号，最后对放大后的信号进行“功率合成”^[1]。

以“不等分、定向耦合”的功率合成处理方式为例，功率合成原理图如图 2 所示。在射频信号输入后，首先将其分解为四路，然后分别通过功率放大器进行放大处理，最后进行合成、输出。此时输出的信号具有一定相位差，且依次相隔 90° ，信号进入功放模块后并不会在输出中发生相位改变。随后，通过“比例耦合”式合成器进行合成处理，获得所需最大化的输出功率。然而，由于电路、工艺以及元器件等因素的

【作者简介】张莉军（1979—），女，安徽阜阳人，本科，工程师，研究方向：广播电视发射、地数发射机的改造和技术更新。

影响，信号通过处理合成后的相位存在细微差异，信号的相位差并非理想化的 90°。综合考虑此类情况，功率合成过程中需要确保信号的相位差在要求范围内。

基于此发射机以数字相位的调整电路对输出信号相位进行调整，同时利用自适应功率合成技术，以“变步长相位扫描方法”调整处理功放模块所输出信号的相位，从而实现功放增益的联合调整。

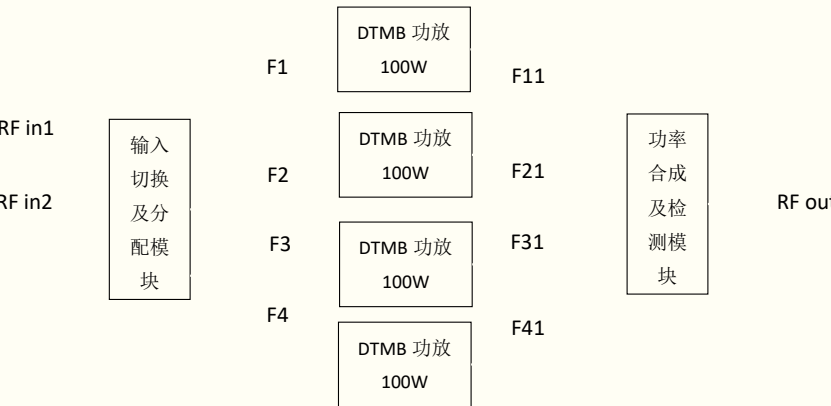


图 2 功率合成原理图

2 地面数字电视发射机日常运行常见故障及处理

2.1 电源故障问题

发射机日常使用过程中存在诸多问题，其中电源故障较为普遍。电源故障又分为内部电源故障和外部电源故障。外部电源在使用时，会发生短路或过压等情况，从而导致发射机故障^[2]。为了使发射机良好运行，降低故障的发生率，可以采用设置备用电源的方法，并通过配置稳压电源提升电源运行稳定性。当外部电源出现故障时，要做好对故障的定位和处理，选择不同的节点利用电力测试仪进行检测，迅速定位故障，便于对故障及时进行维修与防控。在此过程中，需要与相关部门建立良好的沟通与合作，确保问题能够得到妥善解决。对于内部电源故障，诊断过程则相对复杂。通常需要检验发射机内部，可以使用万用表等仪器进行辅助检测。发射机长期的运行与使用，会影响内部电源的使用性能，如内部线路或者电子元件等的自然损坏或短路问题，都是导致发射机故障的重要因素。因此，在日常维护中，应对发射机的内部电源进行定期的检查和保养，预防潜在故障的发生。

2.2 激励器故障问题

地面数字电视发射机的数字激励器以其高精密度的特性而著称。激励器一旦出现故障，那么维修工作变得尤为复杂和精细。为确保发射机的稳定运行，避免因激励器故障导致的停机，地面数字电视发射机通常采用双激励器的工作模式。该配置方式可以确保当其中一个激励器发生故障时，另一个激励器能够迅速接管工作，保障发射机的连续运行。

如果激励机出现问题，其输出功率就会变得“不稳定”，甚至出现“0”的情况，影响电视屏幕的呈现效果，并影响观众的收视体验。为了及时准确地诊断并解决激励机的问题，一般需要通过专业的仪器进行检查。例如，以屏幕分析仪等工具对信号逐级开展检查工作，以确定故障

发生的具体位置。在明确故障位置后，针对性地采取措施，恢复发射机的正常工作。

2.3 功放故障问题

功率放大器在发射机的使用中发挥着至关重要的作用，直接影响发射机的使用效果。在发射机实际运用中，前端电路与调制射频信号之间存在的功率普遍偏小，难以满足实际应用中的射频频率需求。为了有效辐射信号，必须通过功率放大器进行必要的放大。因此，地面数字电视发射机的功放不仅关乎信号的传输质量，更直接影响着观众的收视体验。当功放出现故障时，首要任务是判断设备是否处于正常的工作状态，通常涉及对功放电源连接的细致检查，并在必要时更换电源。同时，监控模块上显示的故障类型和功放电源故障模式也是不可忽视的线索，有助于快速定位问题所在，为后续的维修工作提供重要参考。

功率放大器模块在运行过程中不可避免会出现一些问题，比较常见的有高温、过载以及过励磁等情况，面对这些情况需要采取针对性的对策。对于高温问题，相关人员应全面、有效地检查风扇的运行状态，确保其正常运转。同时，关注风扇与风道之间的散热情况，确保没有堵塞现象。这些措施能够有效降低功放的工作温度，预防因高温导致的故障。对于过励磁问题，相关人员应深入、全面地检查激励器。由于过励磁与激励器的设置或工作状态密切相关，因此，通过调整激励器的参数，有效解决激励器引起的故障。此外，过载也是功放故障的一个常见原因。当出现这种情况时，相关人员应及时

检查馈电链路以及相关驻波比，这些因素都会影响功放的正常工作，因此需要及时排查和处理。

3 地面数字电视发射机的日常维护要点

3.1 散热系统维护

(1) 散热片清洁。发射机的散热片是散热的关键部件，应定期清洁散热片上的灰尘和杂物，保持散热片畅通无阻，确保发射机的散热效果。

(2) 风扇维护。风扇是发射机散热的重要组成部分，应定期检查风扇的运转情况，如有异常应及时更换。同时，注意风扇的清洁，避免灰尘堵塞风扇口。

3.2 设备冷却系统检修维护

地面数字电视发射机的冷却系统是其稳定运行的重要保证，而冷却系统的性能往往受外部环境因素的影响。特别是在恶劣天气条件下，冷却系统内部容易积聚灰尘，导致整体降温效果大打折扣。降温功能的减弱不仅会影响发射机的正常运行，还会对设备的其他部件造成潜在威胁。

考虑到地面数字电视发射机在长时间运行过程中会产生大量热量，如果这些热量不能及时有效排出，那么会对发射机的性能和使用寿命造成负面影响。因此，对冷却系统进行定期检修和维护至关重要^[3]。在冷却系统维护中，液体冷却系统是一种常用的维护方法。该方法通过循环流动的液体，将发射机产生的热量带走并散发到外部环境中，从而实现降温的效果。同时，液体的流动还可以带走系统内部的灰尘和杂质，保持冷却系统的清洁和畅通。除了液体冷却系统外，变

送器在冷却系统中也扮演着重要的角色。当变送器正常运行时，它能够有效改善发射机周围的环境条件，为冷却系统提供更理想的工作环境。

3.3 电源与电路检查

(1) 电源检查。定期检查发射机的电源线路，确保电源线路连接牢固、无破损。同时，检查电源电压是否稳定，如有异常应及时处理。

(2) 电路检查。对发射机的内部电路进行定期检查，包括电路板、连接线、元器件等，确保电路连接正确、无短路、无断路现象^[4]。

3.4 备件备份与更换

(1) 备件备份。为了应对突发故障，应提前备份发射机的关键备件，如功率放大器、激励器等。备份备件应存放在干燥、通风的地方，并定期进行检查和更新。

(2) 备件更换。当发射机出现故障时，应及时更换损坏的备件。更换备件时，应确保备件型号与发射机相匹配，并按照操作手册进行正确安装和调试。

3.5 软件与参数设置

(1) 软件升级。随着技术的发展，发射机的软件也会不断更新。应定期关注发射机的软件升级信息，及时进行软件升级，以提高发射机的性能和稳定性。

(2) 参数设置。发射机的参数设置对于其工作性能具有重要影响。应定期对发射机的参数进行检查和调整，确保参数设置的合理性、准确性^[5]。同时，应注意备份发射机的参数设置，以便在需要进行恢复。

结语

随着数字电视时代的来临，地面数字电视发射机在广播电视行业的应用日趋普遍。为确保其稳定运行，日常的维护和检修工作显得尤为关键。除了日常的细致保养，还应按照月度、季度和年度计划，进行系统的维护检查。全面而持续的维护工作不仅有助于提高地面数字电视发射机的运行效率，还能延长使用寿命。因此，做好地面数字电视发射机的维护工作，对于保障广播电视节目的顺畅播出至关重要。■

引用

- [1] 董庆理.地面数字电视发射机的维护与检修策略[J].广播电视信息,2022(8):74-76.
- [2] 陈景东.地面数字电视发射机故障排查与维护方法探讨[J].有线电视技术,2021(12):90-92.
- [3] 陈晓红.地面数字电视发射机日常检修与维护要点分析[J].西部广播电视,2021(9):233-235.
- [4] 张勇.地面数字电视发射机维护要点及故障处理措施[J].科技创新与应用,2020(10):135-136.
- [5] 杨秀芳.地面数字电视发射机维护与检修要点探讨[J].电视技术,2019,43(11):104-106.

关于目标分类与目标检测任务中各类网络模型梳理及可改进方向与应用前景探究

文 ◆ 郑州大学 郑舒志

引言

目标分类与目标检测是计算机视觉领域中的重要研究方向，在图像处理、人工智能、自动驾驶等领域有着广泛的应用。因此，本研究将重点关注目标分类与目标检测任务中各类网络模型的当前研究现状，通过对这些模型进行综合分析，找出它们的优点和不足，并提出针对性的改进方向。研究的最终目标在于深入理解各类网络模型的原理和应用，为未来的研究提供新的方向思路。

本研究的理论框架建立在目标分类与目标检测网络模型的基本概念和原理上。首先，了解目标分类与目标检测的基本概念和任务目标以及当前主流的网络模型和方法。其次，深入研究深度学习的基本原理和技术，尤其是与目标分类和目标检测相关的卷积神经网络、分类器和优化方法。最后，掌握常用的评价指标和实验技术，用于评估和比较不同网络模型的性能和效果。通过对不同子主题的研究和综述，研究结果将为目标分类与目标检测技术的应用和推广带来新的机遇和挑战。

1 综述报告

1.1 基于目标检测网络模型的改进方法与应用

目标分类与目标检测是计算机视觉领域的重要研究方向之一。通过阅读和分析相关文献，梳理目标分类与目标检测任务中现有网络模型的优势和不足，并找到可以改进的方向，探讨对未来目标检测技术的应用前景。

在论文《基于单阶段网络模型的目标检测改进算法》^[1]中，研究人员针对单阶段目标检测算法存在的误检、漏检以及检测精度不够高等问题，提出了一种基于单阶段网络模型的目标检测改进算法。该算法通过使用深度残差网络替换基础网络，提取更优质的特征，并增加一层用于检测小目标的底层特征图。通过结合反卷积和特征融合的方法，对提取出的高层特征图与底层特征图进行融合，使新的特征图中包含更丰富的上下文信息。同时，在每层卷积层后都添加了一批规范化操作，提升模型训练速度和防止过拟合。仿真实验结果表明，改进算法在 PASCAL

VOC2007 数据集上相较于原始算法，检测精度提升了 1.3%，有效改善了误检、漏检等问题。然而，由于网络复杂度过高，检测速度有所下降。

另一篇论文《针对目标检测任务的基础网络》^[2]中，针对目标检测与图像分类任务的差别以及目标检测器过于依赖分类基础网络的问题，提出了一种针对目标检测任务的基础网络。该网络包含初始模块、特征融合模块和混合下采样模块。初始模块能减少输入图片信息的丢失，特征融合模块通过拼接不同卷积层的输出，加强网络对不同尺寸目标检测的稳健性，并提供更多的上下文信息，有效提高了检测精确度。在网络的下采样部分引入混合下采样模块^[3]，平衡了基础网络对目标的分类和定位能力。实验结果表明，该网络模型在 PASCAL VOC 2007 和 PASCAL VOC 2012 数据集上训练后，在 PASCAL VOC 2007 测试集上的平均精度均值可达 81.0%，检测速度可达 85frame/s，在精度和效率上都达到了较好的效果。以 ResNet 网络模型的结构改进所得

【作者简介】郑舒志，男，重庆人，本科，研究方向：计算机视觉领域目标分类与跟踪技术。

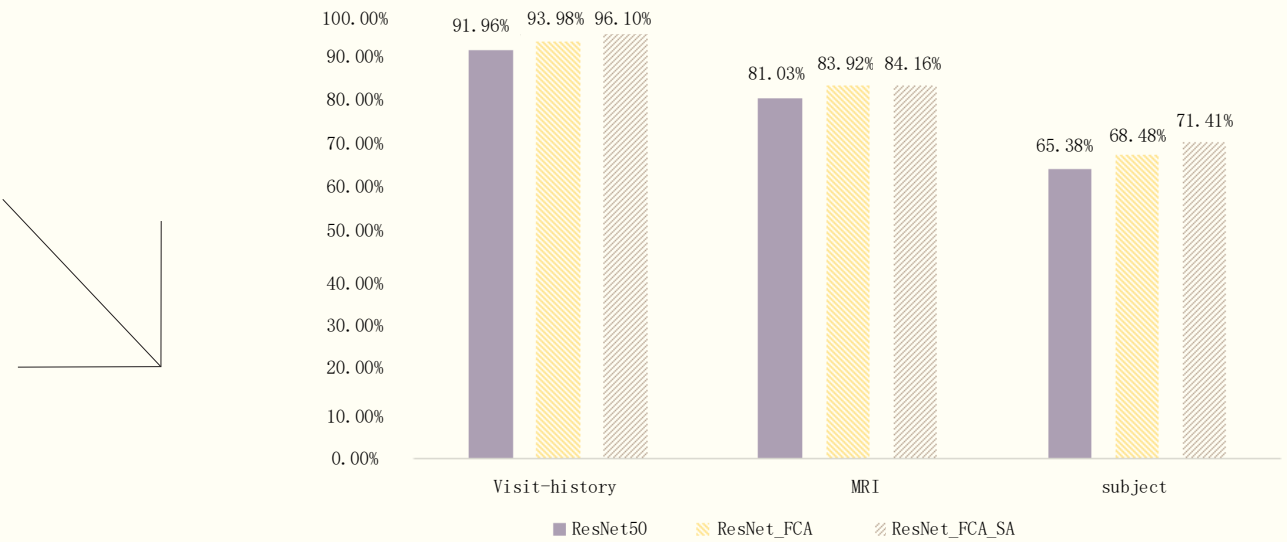


图 1 以 ResNet 网络模型的结构改进所得到的性能优化图

到的性能优化为例（见图 1）。

此外，《基于训练网络的目标检测方法及应用》提出了一种基于 inception（Googlenet）网络与深度残差网络作为训练网络的 FasterR-CNN 模型用于目标检测。实验证明^[4]，相较于 VGG16 网络，基于 inception 网络与深度残差网络的 FasterR-CNN 模型在识别精度和识别速度上具有明显的优势。不同目标检测算法参数及效果比较如表 1 所示。

其他相关论文还有《面向小目标检测的改进 RetinaNet 模型及其应用》《基于深度学习的图像分类与目标检测方法研究》《融合深度扩张网络和轻量化网络的目标检测模型》和《基于 CNN

模型的目标检测系统设计与实现》，它们分别从不同的角度进行目标检测的改进和应用。

1.2 目标检测模型的优化方法

目标检测是计算机视觉领域的重要研究方向之一，通过利用卷积神经网络等深度学习方法，在图像或视频中准确地定位和识别出不同类别的目标物体。近年来，随着深度学习的快速发展，目标检测技术已经取得了显著的进展。然而，目标检测仍然存在一些挑战，如精度、效率和通用性等方面的提升^[5]。

研究旨在对目标检测模型的优化方法与综述进行文献研究，并完成对当前主题的文献综述及分析。通过深入了解当前目标检测领域的研究成果和不足，探索未来的研究方向和应用前景。

在论文《目标检测模型及其优化方法综述》^[6]中，研究者整理和归纳了近几年内目标检测领域中一些具有借鉴价值的研究工作。首先，梳理和对比了基于卷积神经网络的主要目标检测框架。其次，归纳了目标检测框架中各个子模块的设计优化方法，并给出了优化的基本原则和思路。随后，通过在 COCO 数据集上进行测试对比，分析了不同子模块对模型检测性能的影响。最后，展望了目标检测领域未来的研究方向。

在论文《分类与检测任务上的卷积网络泛化增强训练方法》中，研

表 1 不同目标检测算法参数及效果比较表

算法	骨干网络	输入图像尺寸	测试集	mAP (%)	检测速度 (帧/s)	阶段划分
RCNN	VGG16	1000×600	VOC2007	66	0.5	Two-Stage
Fast RCNN	VGG16	1000×600	VOC2007	70	7	Two-Stage
Faster RCNN	VGG16	1000×600	VOC2007	73.2	7	Two-Stage
Faster RCNN	ResNet101	1000×600	VOC2007	76.4	5	Two-Stage
YOLOv1	VGG16	448×448	VOC2007	66.4	45	Two-Stage
YOLOv2	Darknet-19	544×544	VOC 2007	78.6	40	One-Stage
YOLOv3	Darknet-19	608×608	MS COCO	33	51	One-Stage

究者从图像分类和检测任务出发,研究了目前热议的卷积神经网络泛化理论,并拓展与创新了一些方法。通过实验,发现将现有的混合方法从分类转移到目标检测会导致训练过程变得更加困难并降低性能。基于这一发现,研究者提出了一种增加混合强度的多相混合方法,提高目标检测器的精度,并取得了显著的改善。此外,在特征图之间交换区域的基础上,设计了一个新的损失函数,增强了特征图的多样性和泛化能力。

在论文《浅谈级联分类器在目标检测中的应用》中,研究者探讨了可变特征目标物体在检测识别过程中的重要性,并引入双级联分类器的检测系统结构,强化了目标检测识别的持续性和系统的学习更新频率。

在论文《基于 Efficient 高效网络的目标检测和识别》中,研究者将轻量级特征提取网络 Efficient-B0 与多尺度融合模块 FPN 相结合,在 YOLOv3 预测网络上进行目标检测,旨在计算资源较小的移动端设备上保持高精度的目标检测和识别。

在论文《基于神经网络的目标检测技术研究综述及应用》中,研究者分析了神经网络的发展历程和目标检测中常用的卷积神经网络模型。针对当前深度神经网络下的目标检测方法存在的问题,指出了改进的方向,并对目标检测技术进行了总结和展望。

1.3 基于神经网络的图像分类方法研究

本次主题聚焦于基于神经网络的图像分类与目标检测方法的研究综述。卷积神经网络作为一种强大的特征学习工具,在图像识别、目标检测等领域取得了重要的突破。本项目旨在对当前的研究进展进行综述与分析,深入理解论文内容并扩展其思路,探索新的研究方向,找出当前研究中的不足之处。

在论文《卷积神经网络在图像分类和目标检测应用综述》中,概述了卷积神经网络的基本原理,分别从图像分类和目标检测两个任务的角度,介绍了卷积神经网络在这两个领域中的研究进展和典型模型。同时,分析了当前卷积神经网络存在的问题,并展望了未来的发展方向。

另外,论文《基于回归分类学习的目标检测与跟踪算法研究》深入探讨了目标检测与跟踪技术在真实场景中遇到的问题,详细分析了几种常用的目标检测与跟踪算法,并针对其中的不足之处提出了相应的改进算法。这些改进具体包括使用深度残差网络优化 Faster R-CNN 算法的训练过程、优化 Faster R-CNN 算法的能量损失函数以及提出基于背景感知特征的相关滤波器模型等方法。

1.4 轻量级目标检测网络的研究与应用

近年来,深度学习算法在图像分类与目标检测中的应用显著提升了性能,卷积神经网络成为主要的特征学习算法。然而,由于图像中的场景变化、目标遮挡、目标模糊和分辨率过低等问题,图像分类与目标检测仍然具有挑战性。为了解决这些问题,研究人员提出了多种改进的网络模型和方法,提高特征的可辨识性,并获取更优的分类和检测性能。

在论文《基于深度学习的图像分类与目标检测方法研究》中,提出了基于反卷积层的双分支网络模型,该模型在图像分类任务上取得了较好的性能。通过利用反卷积层学习具有高度语义信息和边缘信息的特征,并与卷积层的学习特征相结合,构建一个双分支的特征提取模块。

该模块使用不同尺度的卷积和反卷积操作捕捉目标的不同特征,并通过简单累加两个分支的特征,构建图像分类模型。实验结果表明,该方法有助于提高特征的可辨识性,获得更好的图像分类性能。

论文《基于 U 型网络的强化学习目标检测》^[9]提出了基于改进的 U 型网络的注意强化学习算法,用于解决小目标漏检和检测框位置不精确的问题。特征提取阶段,该算法采用 U 型网络框架提取特征,并通过嵌入多维注意力模块推测判定目标周围存在的特征,提高对小目标和遮挡目标的特征探索能力。目标检测阶段,引入强化学习网络提升检测精度,通过调整检测框的位置包围目标。实验证明,基于 U 型网络的强化学习目标检测算法相比其他算法能达到更好的检测效果。

论文《轻量级目标检测网络及系统的研究与实现》^[9]研究并实现了基于深度学习的轻量级目标检测网络,并成功搭建了基于云服务器和微信小程序的云检测系统。该论文设计了两种轻量级骨干网络,并提出了一种基于注意力机制的轻量级目标检测网络。通过二次压缩和参数量化等方法,在 CPU 平台上实现了较快速的目标检测。该系统在 VOC2007 测试集上取得了 71% 的检测精度 (mAP) 以及 3.7 张/秒的推理速度。该系统支持多算法并行、跨平台和计算资源扩展,具有一定的应用前景。

2 目标分类与检测中经典网络模型的发展脉络梳理

首先,卷积神经网络 (CNN) 作为一种强大的深度学习模型,在图像分类和目标检测任务中取

得了巨大的成功。CNN 通过深度神经网络的层次结构，能够学习到高级特征表示，在图像分类中取得了卓越的性能。一些经典的 CNN 架构，如 LeNet、AlexNet、VGG、GoogLeNet 和 ResNet，极大地推动了图像分类的发展，取得了新的性能记录。此外，在目标检测任务中，CNN 引入新的层次结构，如 R-CNN、Fast R-CNN、Faster R-CNN 和 YOLO 等网络模型，实现了重大突破。这些模型能够准确地定位和分类图像中的目标，并在物体检测竞赛中取得了显著的成绩。未来的研究可以进一步提高 CNN 模型的性能和泛化能力^[10]，同时结合多模态信息和跨域知识迁移，进一步提高目标分类和目标检测的性能^[11]。

其次，针对目标检测任务，新的网络模型和方法不断涌现。例如，论文中介绍的基于单阶段网络模型的目标检测改进算法通过替换基础网络、增加特定层次的特征图和进行特征融合等手段^[12]，提高了目标检测的精确度，并改善了误检、漏检等问题。此外，基于 inception 网络和深度残差网络的 Faster R-CNN 模型在识别精度和速度上具有优势，展现出广阔的应用前景和潜在价值。此后，DenseNet、Transformer 等由迭代产生的网络模型逐渐发展成熟，已经能够被实际运用于诸多实际生活需求任务中^[13]。

在目标分类与目标检测任务中，各类网络模型的研究呈现吸收已有优势、进行性能优化及功能扩充的趋势。通过深入研究这些网络模型的应用、改进方法及其组合，可以进一步提升目标分类和目标检测任务的效果，并为相关领域的应用提供更好的支持。

结语

目前的研究在提高目标检测的精度和效率方面取得了重要进展，但仍然存在挑战和改进空间。

一方面，在网络复杂度和检测速度方面，目标检测模型需要进一步优化。另一方面，适应计算资源较小的移动端设备实现普及化也是一个重要的研究方向。同时，当前的目标检测仍然面临着如何应对具有多样性特征的目标物体等难题。未来的研究可以着重解决这些问题，并进一步探索目标检测在更广泛领域的应用前景。除此之外，研究人员应进一步改进模型的训练过程和损失函数，结合类脑模型和神经网络推进目标检测与跟踪领域的研究。

这些研究成果为目标分类与目标检测任务的发展和应用提供了有益的指导和启示。通过深入了解目标检测模型的现状，找到优化模型的新思路和方法，进一步改进目标检测的准确性和效率，提高其在实际应用中的应用价值。基于这些研究，进一步完善目标检测模型，提升其性能，并将其应用于更广泛的领域，推动科学研究和工程实践的发展。■

引用

[1] 王燕妮,刘祥,刘江.基于单阶段网络模型的目标检测改进算法[J].探测与控制学报,2021,43(2):56-62+68.

[2] 宋雅麟,庞彦伟.针对目标检测任务的基础网络[J].激光与光电子学进展,2020,57(4):230-238.

[3] 刘小文.卷积神经网络在图像分类中的网络结构优化[D].太原:山西大学,2019.

[4] 任江涛,李定主,屠惠琳.基于训练网络的目标检测方法及应用[J].火力与指挥控制,2020,45(4):173-177.

[5] 蒋馨瑶.目标检测中的分类回归特征解耦[D].广州:华南理工大学,2021.

[6] 蒋弘毅,王永娟,康锦煜.目标检测模型及其优化方法综述[J].自动化学报,2021,47(6):1232-1255.

[7] 郭景娟.基于深度学习的图像分类与目标检测方法研究[D].武汉:华中科技大学,2022.

[8] 曹立春.基于U型网络的强化学习目标检测[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2021.

[9] 刘昊成.轻量级目标检测网络及系统的研究与实现[D].北京:北京邮电大学,2021.

[10] 全权.分类与检测任务上的卷积网络泛化增强训练方法[D].武汉:武汉大学,2021.

[11] 曹以隽.卷积神经网络在轮廓检测中的算法研究[D].柳州:广西科技大学,2019.

[12] 魏志飞,宋泉宏,李芳,等.基于神经网络模型压缩技术的目标检测算法研究[J].空天防御,2021,4(4):107-112.

[13] 黄守志.基于多特征多尺度卷积神经网络的目标检测算法研究[D].北京:北京邮电大学,2019.

新背景下产教融合助推新专业发展模式研究

——以信息安全技术应用专业为例

文◆菏泽职业学院 赵 娴 张 婷 庞 娇 薛 佳 王方方

引言

根据社会发展的需要，为主动应对新一轮科技、产业变革，支撑创新发展，提出新工科概念。主要针对新兴产业，以互联网和工业智能为核心，需要一批实践、创新、竞争力强的高素质复合型人才。在此新背景下，更能凸显产教融合的必要性和可行性。

2022年二十大报告强调统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新，推进职普融通、产教融合和科教融汇，优化职业教育类型定位。将教育、科技、人才进行“三位一体”统筹部署。2022年，新《职教法》强调职业学校教育和职业培训在专业设置、招生、培养、考核和使用等方面，要以市场为导向，服务社会经济发展，为产业提供人才支撑，以行业发展和企业需求为出发点，在实施职业学校教育和职业培训时，做到产教融合，校企合作^[1]。

1 新背景下产教融合现状分析

随着政策的不断出台和产业结构的不断升级，社会各界逐渐意识到产教融合的重要性。一些产教融合发展较早的地区和企业已经出现了不少成功的案例，不仅提高了学生就业的竞争力，还加快了企业科技发展的水平和速度。同时，不断优化创新思维，促进人的全面发展，提升了满意度和幸福感。由此可见，产教融合不仅对学校、学生产生有利影响，还加快了企业、社会、科技的进步和发展。结合研究的内容主题，并参考《网络安全产业人才发展报告》发现，当前我国网络安全产业人才队伍建设主要存在四方面问题。一是网络安全产业人才整体供需失衡；二是网络安全实战人才严重短缺；三是院校专业开设和培养方案存在滞后；四是在职人员能力提升体系欠缺。基于此，《网络安全产业人才发展报告》提出了加强和改进我国网络安全产业人才队伍建设的对策，为后续推进网络安全产业人才培养以及产教融合创新发展提供重要参考。

2 新专业发展模式构建思路

本文以学校所开设的新专业——信息安全技术应用专业为研究方

向，思考如何利用新背景下的产教融合助推新专业发展，搭乘产教融合顺风车，提出有利于新专业发展的创新模式。

2.1 结合产业需求，共同制定人才培养方案

结合产业实际情况，对新增专业的社会背景、行业需求、劳动力和人才需求开展深入调研，从产业实际情况和条件出发，为进一步制定人才培养方案提供科学依据。高职院校教育的宗旨是培养高端技术人才，专业建设的目标是对接产业需求。首先，新增专业在开展过程中，必须重视与企业的合作，加强与相关领域企事业单位的联系，聘请行业、企业的人员一起组建专业发展团队，与企业共同制定人才培养方案。通过定向培养、专业技能培训等措施与企业开展合作教学。通过校企合作、产学合作方式解决新增专业师资队伍培养与建设、学生实习实践锻炼等问题。与企业长效合作达到校企双方共赢，使新增专业得到快速发展。

其次，新增专业发展离不开社会和企业需求的引导，建立有效的评价方式是新增专业自我成

【课题项目】2023年度全国职业教育科研规划课题（2023SQZJ064）。

【作者简介】赵娴（1992—），女，山东菏泽人，硕士研究生，讲师，研究方向：教育管理、信息安全、职业教育。

长的重要手段。在专业开展过程中，不断总结经验，及时发现存在的问题和不足，实现新增专业的良性发展。提高网络安全人才培养质量及毕业生就业质量，更好地满足社会和企业对信息安全人才的需求。

相关课程体系建设，更应该立足于产业和企业需求，使学生真正做到学有所成、学有所用、学有所获。紧跟当前科技发展和社会需求进行相关课程开设，淘汰老旧和滞后的课程，真正做到产教融合，实现产业和学生的双赢。同时，将专业基础课和专业核心课等课程的设定与“1+X”证书考核内容、职业技能大赛紧密结合，充分满足学生的职业技能训练需求和企业岗位要求。

在政府、社会、企业和学校积极探索产教融合的大背景下，“1+X”证书考核和职业技能大赛考核内容是由企业和社会各界共同参与制定的，且内容符合社会发展的需求。因此，不仅为培养学生的实战能力和提升职业技能水平提供思路 and 方向，还为学生顺利通过等级考试，获得职业技能大赛奖项，进一步完成就业提供有力的课程保障。

在高职院校人才培养过程中，课程体系建设是一项重要内容，合理的课程设置和分布有利于确保人才培养方案的顺利实施。要加强课程体系建设，首先应不断更新高职院校信息安全专业的教学教材。教材是学生学习 and 获取知识的基础^[2]，应由学校和企业联合开发教材。其次，专业教师应积极参与企业实践锻炼，不断加大课程开发力度和可行性，丰富课程内容，确保课程内容的设计 and 市场的变化保持一

致。再次，课程体系的完善不仅需要学校与教师的共同努力，还要积极邀请企业人员参与。最后，学校应鼓励新专业进行课程体系完善，并提供资金支持^[3]。

2.2 对接企业人员，打造高水平“双师型”教师队伍

新增专业势必会出现师资不足的情况，可以采取“引入”和“走出”相结合的方式。首先，专业建设初期，应加大培训力度，派出骨干教师到兄弟院校或企业进行培训学习，不断提高教师的“双师”技能水平。其次，从企业聘请高级技术工程师作为兼职教师，与专任教师共同构建一支创新的教师团队，弥补新专业在开展过程中出现的师资短缺和专业对口不强的问题。最后，实施灵活的模块化教学，满足专业和非专业的教学需求。

教师团队应由教师、企业人员共同组成。新专业必然是为了适应社会新需求，企业人员对社会发展的敏感度要远高于学校，新专业的发展离不开企业人员参与。尤其是我校信息安全技术应用专业，具有较强的实用性，是众多学科组成的交叉学科，在培养学生的同时更要注重加大对教师的培养力度，增加教师培训的时间和资金的投入，真正提高教师的实际应用能力和教学水平。

信息安全专业更是一门对计算机技术要求较高的专业，教师应注重信息化技术在教学中的应用。专业核心课程可借助专业化的在线学习平台或搭建虚拟仿真的网络教学环境，分享教学资源，积极促成师生互动，满足学生学习和实践的需求。同时，应逐步推广精品课建设，不断优化课程资源。对学校现有的教师开展技能培训，在开展技能培训的过程中，应充分利用产业和企业的有利资源，将产教融合的思路贯穿到教师培训过程中，使教师真正理解产教融合的意义。

2.3 提高人才质量，积极推行“1+X”证书制度试点

“1+X”证书制度是根据职教 20 条产生的一项重要工作，可以不断深化产教融合、校企合作，助推新专业发展，提高人才培养的质量。“1+X”证书制度试点过程中，需要培训评价组织的参与。培训评价组织是“1+X”证书制度试点的重要组成部分，是等级证书及标准的建设主体，对证书社会认可度负责，参与制度试点的整个环节。培训评价组织汇聚行业领域的龙头企业、专家，颁发行业、企业认可度高的专业对口证书，并在对应企业设置真实岗位或岗位群^[4]。为了确保“1+X”证书试点工作的顺利开展，加快专业发展进度，需要各方参与。

新专业在建设过程中应充分利用“1+X”证书制度试点的有利条件，不断深化人才培养模式改革，积极申请试点院校，组织“1+X”证书考试，并持续加强专业、课程和教师队伍建设。在推行试点时，必须充分了解职业技能等级标准及相关专业的教学标准，将所需知识内容有机融入专业人才培养方案，优化教学内容。针对学生在取证过程中需要掌握的知识点，应进行强化实训，提高通过率。学生在考取证书的同时对课程知识、理论体系、实践经验等可以进行综合训练，使实践水平和能力得到充分提升。

通过企业对试点院校协助培训和指导等工作的开展，可以更好地提升人才培养的质量，真正做到职业教育对接新技术、新工艺和新标准，

使学生更快地适应岗位需要，提升新专业职业教育质量和学生就业能力。以“1+X”证书制度试点为依托，产教融合发展为驱动，使新专业更快更好地发展，培养出真正所需的高质量人才。

2.4 开展校企合作，完善校内外实践教学基地

作为学校新设立的信息安全技术应用专业，由于其属于计算机类前沿学科，缺少必要的实训条件和先进的设备，会给学生实践和动手操作能力带来负面影响。因此，在开展产教融合过程中，应充分利用校企合作的有利条件，积极加强实训建设。并在与企业合作过程中，安排一些实践、实训类课程，让学生到企业真实环境实习、实践。同时，充分利用学校现有的实验实训资源，通过功能拓展满足新增专业的需求。积极争取多方支持，加大投入力度，扩建属于本专业专门配套的实训室^[5]。

加强校企合作，加大资金投入力度，并借助企业优质资源完成实验实训室的建设。这样建设的实训室更符合真实岗位或岗位的需求，学生通过真实场景练习和模拟能够迅速理解专业或学科知识，更好地适应岗位需求。教师通过校内外实践基地，充分利用仿真平台熟悉专业知识和实际应用能力，可以快速提高教学水平，从教学一线助推新专业的成长^[6]。

产教融合过程中，在促进学校新专业发展的同时，也应该积极找寻校企合作中的共赢方式，拓宽共赢合作的渠道。以岗位技能培养为导向，将企业实践案例和成果经验转变成实践教学资源，共同培育符合经济和战略发展的技术技能型信息安全人才^[7]。通过开展行业培训，设立信息安全人才基地等方式，针对社会技术人员、信息管理人员、信息安全从业者推出培训模式，实行信息安全人才的专业化培养。

结语

在科技与社会变革的新时代，新专业的发展离不开产教融合的助推，如何充分利用产教融合的有利条件是当下共同努力和营造的方向。高职院校可以联合企业共同制定人才培养方案，加强教师企业实践，提升其专业水平和教学能力。同时，将“1+X”证书试点工作与课程、师资力量及专业发展、职业技能提升等有机结合，形成一套有目标的发展模式。通过这种发展模式，有针对性地加强软实力和硬件设施的建设，形成“岗课赛证”融合的平台，进一步激发新专业活力，积极提升新专业发展过程中的职业技能水平，通过达到双赢的效果对企业参与培养工作起到激励作用。

产教融合是学校充分利用新背景下的发展机遇，不断完善产学研结合致力于培养创新创业人才的重要途径。学校可以将各类资源整合到新专业发展过程中，积极拓展学生实习、实践和就业渠道，提升学生知识水平，提高学生就业能力，并激发学生创新创业能力。此外，学校还可为社会提供职业技能培训场所，实现学校、企业和学生的共赢。

随着信息安全逐渐成为一个热门的领域，以及国家对信息安全日益重视，越来越多的高校和科研机构开始投入到信息安全研究中。我国重要行业信息系统和信息基础设施需要各类网络信息安全人才。据教育部《网络安全人才实战能力白皮书》数据，到 2027 年，我国网络安全人员

缺口将达 327 万。许多行业面临着网络安全人才缺失的困境。因此，为社会培养更多优秀的信息安全技术应用人才也是我们在新专业发展过程中的重要动力。^[8]

引用

[1] 邓宝山.浅谈新《职业教育法》亮点与特色[J].中国人力资源社会保障,2022(7):45-47.

[2] 施柏铨.高职信息安全专业人才培养模式研究[J].老字号品牌营销,2022(20):179-181.

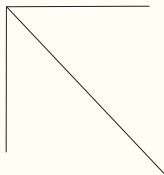
[3] 张花,张广传,韩玉铭.新专业目录下高职专业与区域产业适配性研究[J].山西青年,2023(3):52-54.

[4] 杨晔.基于“1+X”证书制度的高职信息安全与管理专业人才培养路径研究[J].电脑与电信,2021(6):6-8.

[5] 孙卓.大数据时代新专业科技创新发展模式研究[J].吉林广播电视大学学报,2022(2):57-59.

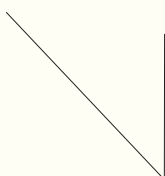
[6] 黄宪昱.深化产教融合 推动校企合作 助推经济社会高质量发展[N].学习时报,2020-10-07(008).

[7] 姜洋,徐芳.产教融合背景下高职新专业建设路径——以云计算技术与应用专业为例[J].河北职业教育,2021,5(6):101-103.



金融科技在绿色金融的创新应用

文 ◆ 中国建设银行股份有限公司南京分行 杨文静 张磊雷



引言

绿色金融是金融与环境保护相结合的新兴领域，被认为是实现可持续发展的重要手段之一^[1]。面对全球气候变化、能源短缺和自然资源枯竭的威胁，人们对环境可持续发展的关注日益增加。各国政府也加强了净零碳减排和环境保护政策，积极推动绿色金融的发展。2023年10月底，中央金融工作会议在北京召开。会议首次提出建设“金融强国”，并提出要抓好“科技金融、绿色金融、普惠金融、养老金融、数字金融”五大篇章。随着全球对可持续环境发展的日益关注，绿色金融作为推动中国经济转型和可持续发展的重要力量受到了广泛关注。

根据联合国环境规划署（UNEP）的定义，将资金引导到环境友好、资源节约型和可持续的金融产品或服务优先领域，包括贷款、保险和投资，都可以被称为绿色金融^[2]。世界经济论坛（WEF）指出，绿色金融被视为同时满足环境保护和资本市场发展的解决方案^[3]。绿色金融倡导金融从业者利用其投融资影响力，扩大对能源转型、低碳经济、绿色消费等相关行业的投资，同时限制对加速全球变暖和环境污染行业的贷款。金融从业者不仅需要考虑气候变化、自然资源稀缺、环境破坏等环境风险评估，识别潜在金融风险并采取相应措施降低风险，还需要积极寻求与环境可持续发展相关的投资机会，如可再生能源、绿色建筑、环保技术、清洁交通等，不仅可以为金融机构带来稳定的回报，还可以帮助企业建立和实施可持续的环境、社会和公司治理（ESG）文化。随着国内外金融科技的快速发展，金融科技与绿色金融的关系日益密切，在绿色银行商品和服务、绿色保险商品和服务以及绿色投资商品和服务等方面都有创新应用。未来，应整合跨行业资源，完善绿色金融生态系统，深化可持续金融发展，促进新质生产力的发展。

1 金融科技概念与发展

金融科技（Financial technology, Fintech）一词起源于美国，是指金融服务中有别于传统金融服务方式的新技术、新流程、新产品和创新商业模式^[4]。金融科技本身就是一种利用技术强化金融行为的金融产业新形态。通过互联网，它能够根据市场或客户需求提供量身定制的端到端金融服务，如针对智能手机用户的移动银行服务、在线投资服务和加密货币应用程序。不仅如此，金融科技的应用领域还扩展至自动化保险、环境金融工具（如碳交易系统）、风险管理系统等多个方面^[5]。

根据《2023年金融科技投资格局报告》，全球金融科技投资成长迅速，从2015年220亿美元已经增长至512亿美元。2023年全球金融科技投资排名前十的亚洲国家首次超过排名前十的欧洲国家。美国仍领先全球排名第一，英国紧随其后，排名第二，印度排名第三。中国以76笔交易，价值18亿美元排名第五。近年来，金融科技在中国的快速崛起深刻改变了金融业的面貌。从2013年互联网金融发展之初到现在，

【作者简介】杨文静（1988—），女，江苏南京人，硕士，中级经济师，研究方向：金融。

【通讯作者】张磊雷（1994—），男，江苏南京人，硕士，助理经济师，研究方向：工商管理。

我国金融科技创新发展一直走在世界前列。2019 年，中国拥有全球前十大金融科技公司中的五家（蚂蚁金服、陆金所、京东数字科技、微众银行以及平安金融）。2023 年我国的移动支付规模达到了 527 万亿元，位居全球第一，标志着我国金融科技在移动支付领域的创新与应用达到了新的高度。

2 金融科技赋能绿色金融

近年来，在绿色金融领域，金融科技表现活跃，通过大数据、云计算、区块链、人工智能等新兴技术，全面赋能传统绿色金融业务。不仅可以有效降低金融机构的运营成本，提高金融机构的服务效率，促进金融产品创新，扩大绿色金融服务的覆盖面，还在绿色金融监管、绿色金融标准推广、反洗绿等方面发挥着重要作用^[6]。例如，拥有金融科技的创业公司可以利用人工智能技术建立 ESG 投资模型，通过获取和分析企业 ESG 相关大数据，对 ESG 问题进行评估、分类和监测，使更多的企业及相关投资者共同关注 ESG 问题，协助实施减碳、环保和绿色数字化转型。金融机构和创业公司的共同努力，使复杂的 ESG 数据管理可以发挥更大的价值，产生更有效的影响力。

此外，许多政府已经开始牵头制定鼓励绿色金融科技的政策计划。例如，瑞士政府在 2020 年推动了一个绿色金融科技网络，以支持其改善绿色金融科技行业的努力；国际清算银行（BIS）创新中心和香港金融管理局也在与科技行业合作开发两个区块链平台，并计划于 2021 年发行绿色债券代币。我国绿色金融的底色显著，科技手段已成为促进绿色金融融合发展的关键引擎。2022 年相继出台了《金融科技发展规划

（2022–2025）》《银行业保险业绿色金融指引》等文件，指出要采用科技手段提高绿色金融管理水平，加强绿色科技深度融合，增加金融科技的普惠维度和赋能作用。随着大数据、云计算、物联网等技术的不断发展，金融科技在金融项目识别与评价、环境数据服务、环境效益测算与披露等领域发挥着愈发重要的作用。

3 金融科技在绿色金融的创新应用

许多绿色金融产品和服务开始与金融科技融合，通过区块链、物联网、人工智能机器学习、大数据等技术，提供更快、更有效的解决方案。这意味着金融科技可以创新应用于解决气候变化和财富不平等等问题，帮助人们获得健康和清洁的能源、工业以及基础设施。在绿色金融产品和服务方面，银行有绿色贷款、可持



续挂钩贷款、绿色汽车贷款和绿色信用卡；在保险方面，创新了绿色车险、绿色住宅险、健康溢出险等产品；在证券方面，由于投资者对 ESG 投资的偏好日益增强，绿色债券、社会责任债券、ESG 基金及 ETF、绿色指数等绿色投资商品蓬勃发展。

3.1 绿色银行商品与服务

绿色贷款是在银行原有融资贷款的基础上，增加绿色条件限制，希望借款人能够利用这笔资金为改善环境做出贡献。可持续挂钩贷款要求银行和企业讨论并设定企业实现的可持续目标，通过定期审查企业的可持续成果，确定企业能否获得更优惠的利率。这类贷款有助于鼓励企业参与可持续经营。自 2023 年以来，包括中国银行、恒丰银行、邮储银行在内的多家银行通过可持续挂钩贷款支持了荣耀终端有限公司、正创矿产资源有限公司、晋能控股煤业集团等行业领导者，不仅激励了企业采取环保措施，还有助于推动整个行业朝着更加绿色环保的方向发展。随着公众对环境保护意识的增强和企业对于绿色形象的重视，绿色贷款和可持续挂钩贷款等金融产品将会受到更多青睐，将推动经济向可持续的方向发展。

近年来，信贷业务与新能源汽车的融合逐渐显现。绿色车贷提供较低的利率，并鼓励人们购买具有合格环保标签的汽车。通过绿色车贷获得的车辆多为低能耗、低碳的清洁能源汽车，有助于减少未来的碳足迹和废气排放。2024 年 3 月，比亚迪汽车成功发行 2024 年第一期绿色资产证券化产品，发行利率为 2.05%，创下了 2024 年以来银行

间车贷 ABS 的新低，降低了公众购买新能源汽车的经济门槛，加速了传统燃油车向电动车等新能源汽车的转型。此外，绿色车贷还包括对旧车的回收利用计划，进一步确保车辆全生命周期的环保性。这种金融创新不仅有利于环境保护，也符合可持续发展的长远利益。

3.2 绿色保险商品与服务

随着技术驱动型保险技术日益成熟，绿色保险正在走向电子化，不断推出融入环保元素的新产品。在智能汽车时代，金融科技使数据价值最大化，车主的驾驶行为、里程、用车时长等都将在安全合规的前提下成为车险定价的重要依据，进而为车主提供个性化的车险产品。例如，新能源专属车险在竞争日趋激烈的传统车险市场中打开了增量市场。对于保险公司而言，新能源专属车险有助于定价更精准，能够缓解赔付压力，提升经营利润。对于消费者来说，填补了传统车险保障不足的痛点，对消除消费者购车疑虑、提升用车体验都有较大帮助。此外，基于传感器数据和人工智能算法分析，智能汽车能有效干预危险驾驶行为，达到减少事故发生率、控制汽车保险赔付率的目的。理赔阶段，行车过程数据能够辅助保险公司远程认定定损并推荐修理厂，有效提高保险后的服务效率。

作为碳排放的重点行业之一，建筑业对发展绿色保险也产生了需求。政策层面，除了《关于构建绿色金融体系的指导意见》提到绿色保险外，住房和城乡建设部于 2022 年 3 月发布了《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，提出要与有关部门共同推动绿色金融和绿色建筑协同发展，加快绿色金融产品创新步伐，强化绿色保险支持。推广绿色建筑保险秉承坚持绿色能源住房和可持续发展的理念，鼓励消费者购买绿色建筑或符合节能减碳措施的住宅，使用绿色建材代替传统的建筑材料，以减少建造房屋所产生的碳排放总量。从现有案例来看，绿色建筑保险主要分为绿色建筑财产保险和绿色建筑职业责任保险两大类，通常通过承担评级风险、支持节能整改以及保障资金支持 3 种方式助力绿色建筑发展，伴随绿色建筑的全生命周期，同时也能为绿色改造老旧建筑提供支撑。

3.3 绿色投资商品与服务

在金融科技的助力下，投资者通过投资商品直接或间接地支持企业的可持续行动，包括可再生能源的发展、能源效率的提高、土地的可持续利用、清洁交通以及其他可以通过绿色债券支持的项目。可持续发展债券和社会责任债券更多与社会项目相关，包括与社会住房相关的债券商品。2022 年 6 月，中国建设银行股份有限公司推出了当年的绿色金融债券首发系列。此次发行的债券标志着境内首单“可持续发展挂钩”金融债券的诞生。这一创新产品的推出不仅为绿色金融债券领域带来了更多元化的产品结构，促进了绿色债市的发展，同时也展示了金融服务于绿色经济转型的创新能力。中国圣牧有机奶业股份有限公司于 2022 年 12 月完成了国内社会责任债券的发行，资金用于帮助低收入群体获得工作机会和稳定收入。该债券是促进企业转型升级、引导金融资源支持社会可持续发展的社会责任熊猫债。作为近年来兴起并不断发展的创新融资工具，可持续发展债券和社会责任债券将成为未来一段时间内增长

较快的主题债券，随着发行主体范围的扩大，为解决社会问题、优化资源配置、改善民生福祉提供了有益的支持。

许多基金公司还发行了 ESG 基金，将企业的环境、社会和公司治理方面以及财务指标纳入投资决策过程。通过更全面的 ESG 基金筛选机制、标准和流程，引入人工智能技术筛选和资产配置建设模式，打造新产品。2023 年，中国上市公司绿色治理（ESG）指数报告采取有效评价样本 1738 家，根据报告结果，绿色治理（ESG）指数呈逐年上升趋势，2022 至 2023 年增长速度加快，但仍有较大的提升空间。从四大维度来看，绿色治理责任维度最高，其次是绿色治理效能维度，而绿色治理架构和绿色治理机制维度则相对较低，整体上各维度与 2022 年相比均有不同程度的提升。此外，报告显示，近年来国有控股上市公司的绿色治理表现长期领先民营控股上市公司，特别是在绿色组织与运行、绿色投融资、绿色节能以及绿色信息披露等方面优势明显；科创板和主板上市公司的绿色治理指数都高于全国平均水平，相较于 2022 年也有较大的提升。报告最后还提出了强化金融机构关联交易监控，防范金融机构治理风险；制定数字治理规则，防范人工智能滥用；推进绿色治理（ESG）理念到规则落地，以绿色治理全面升级公司治理等政策建议。

结语

绿色金融是世界的重要趋势，要实现绿色金融的概念，必须结合跨行业的资源，培养创新技术和人才，完善绿色金融生态系统。金融科技提供了与传统金融服务截然不同的接口和技术方法，可以显著提高传统金融服务流程的效率，增加金融市场的透明度和影响力。如果与区块链技术相结合，那么将极大增强金融信息安全，提升金融服务各方面信息的横向连通性。此外，结合物联网和人工智能技术，金融科技能够开发出更加多样化的商业模式。绿色经济所需的金融战略可以通过金融科技得到具体化的实现。金融科技不仅比传统金融更适合绿色经济的投融资需求，而且在参与绿色金融过程中，金融科技通过多元化、多样化的商业模式策略，有助于促进绿色能源的发展，进一步使欠发达地区更易获得绿色能源供应，一定程度上解决了区域能源贫困问题。

由于可持续经济和气候变化是长期问题，仍有许多绿色减碳或 ESG 相关项目需要更准确的数据分析，产生有效的绿色金融解决方案。因此，支持或投资具有创新技术的创业公司，能够加快创新碳减排技术和测量工具的引入，适应净零碳减排的趋势。《碳排放权交易管理暂行条例》将于 2024 年 5 月 1 日起施行，届时碳交易将成为国内绿色金融的新热点。应更加重视与国际碳交易市场融合的重要性，进一步寻求创新技术的应用，以提高交易效率和碳权管理能力，并与世界融合，共同致力于碳交易的金融科技创新。在未来的绿色金融发展中，有望凝聚更多共识，整合更多金融资源，支持企业实现净零转型。同时，需要整合 ESG 所需的信息，包括可持续金融网站和气候风险数据库，建立 ESG 数据共享平台，推动金融业可持续发展，引导企业减少碳排放，加快绿

色转型，培育新质生产力。■

引用

[1] 王文,刘锦涛.金融强国背景下的绿色金融理念新解[J/OL].东南学术:1-11[2024-05-11].

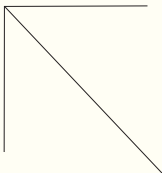
[2] 宿海颖,韩峥,蒋业恒,等.林业绿色金融国际实践及启示[J].世界林业研究,2021,34(4):1-7.

[3] 鲁政委,钱立华,方琦,等.“碳”索绿色转型新机遇——2024年绿色金融展望[J].金融与经济,2024(2):18-30.

[4] 凌兰兰.基于FinTech的绿色金融发展模式研究[J].时代金融,2020(16):28-30.

[5] 杨丽萍,陆岷峰.“双碳”目标下数字绿色金融发展模式研究[J].金融与经济,2023(12):78-87+96.

[6] 黄卓,王萍萍.金融科技赋能绿色金融发展:机制、挑战与对策建议[J].社会科学辑刊,2022(5):101-108.



一种基于 Leap Motion 的手功能评价方法

文 ◆ 郑州经贸学院

张懋楠 张 丛

郑州航空港区实验小学

李佩凌

引言

为了客观评价手功能，便于医生对病患手的诊断和治疗，使病人尽快恢复手功能，利用 Leap Motion 构建了一个手运动功能评估系统，拥有自动计数和手指相对运动测试两种功能。利用研发的手运动功能评估系统，对手指运动情况进行测试，绘制曲线图。曲线图的振幅和波形的平稳性反映了各手指相对于中指的移动距离和手指运动的流畅度，帮助医生诊断病患手的康复情况。

1 研究背景

人的上肢功能在全身功能占比为 60%，手指功能在上肢功能占比高达 90%。脑卒中、外伤等可导致人上肢和手功能障碍。中国每年脑卒中患者有 250 万之多，55% ~ 75% 患者有肢体功能障碍，其中手功能障碍占比约 80%。手是人类从事生产劳动和维持正常生活的重要器官，使用频率大、工作范围广，因此损伤的发生率较高，其发病率在创伤中占比达 1/3 以上^[1]。伤病导致的手功能障碍，会对人们的工作和生活造成很大影响。科学评价手功能状态，可以帮助医生对手

功能障碍患者做进一步的诊断和治疗，使患者尽快恢复手功能，回归正常工作、生活轨道上。手功能评价一般从手指关节活动范围、手指灵活性、手部协调性、手部功能发挥等方面入手。常用的手功能评价方法有主观法和客观法两种。主观法主要由医生对患者的手功能进行评价，采用量表进行评定。客观性评定则借助核磁共振、机器人等先进设备。量表评定因简单易行，临床应用较多，但易受医生主观因素影响^[2]。在评价手功能和判定康复治疗效果方面，人们期待开发出简便且客观的手功能评价法。

随着信息技术的发展，科技工作者开始利用计算机知识对手功能进行科学评价，开发出了许多能够获取人类身体动作的接口设备。其中之一就是以获取手部动作为主的 Leap Motion。21 世纪 10 年代，Leap 公司发布了一种历动体感控制器——Leap Motion。该装置可实时测量手指位置，将手功能状态可视化，它以 0.01mm 的精度获取手和手指的三维位置信息，可检测到传感器上方 25 ~ 600mm 范围的手部运动情况^[3]。

Leap Motion 是一种以捕获手运动为主的体感设备，它利用红外成像原理，检测并跟踪手、手指的实时位置和动作，获取手的运动图像^[4]。为了客观地进行手功能评价，利用 Leap Motion 研发了一套手功能评价系统，拥有 10 秒自动测试和手指相对运动测试两种手功能评价方法。可以提供量化资料，使医生对手功能障碍患者的诊断更加科学。

2 常用手功能评价方法

2.1 简易上肢功能检查 (STEF)

对于伤病手的相关研究，起初是以主观判断为主。1969 年简易上肢功能检查 (STEF) 研发成功，之后便被医务工作者广泛应用于骨折、神经、脊髓等疾病患者的运动功能评价中。医务工作者利用 STEF 对患者进行测试时，病人的双手需要完成 10 个规定动作。测试结束后，将患者双手完成规定动作情况与指标体系中的各个参数进行比对，借以评估患者双手的运动功能情况^[5]。

为了找到一种比较客观的病患手功能评价方法，20 世纪 90 年代 Kaneko 和 Mruaki 设计了一种手功能评价方法，分别让手功能障碍患者

【作者简介】张懋楠（1989—），男，河南洛阳人，硕士研究生，助教，研究方向：虚拟现实。

和 1300 多名健康志愿者把 10 种质量、形状、尺寸各异的物体从一个地方移动到指定位置，并对他们的手运动功能情况进行比对分析。21 世纪初 Doita 等人参考 Kaneko 和 Mruaki 设计的手部功能测试方法对 120 余名患者进行测试并与健康志愿者的测试数据进行分析对比后得出结论，手功能障碍患者和健康对照组的测试结果有明显差距，精细动作的差距更大。

简易上肢功能检查虽然被医务工作者广泛应用，但受试者被测试动作多达 10 种且评估时间长。为了寻找更好的手功能评价方法，21 世纪初 Naotaka 利用 An 等人研发了无接触手运动功能测试系统，在手功能障碍患者拇指、食指和手的背面安放微反光标记，让患者多次进行夹捏操作，利用红外线摄像机获取反光标记的位置信息，通过分析摄像机拍摄的每一帧画面，获得相关手部运动参数，之后计算拇指和食指的掌指关节及近远端指间关节的屈曲角度。通过对相关技术参数进行分析，发现随着手指最大伸展角度增加，各关节的运动弧度也显著变大，说明手功能障碍患者的手运动方式与健康人不同的原因是位置觉受损。但由于这套系统的操作过程比较繁琐，不适合在临床上广泛应用。

2.2 计数器测验（10 秒测试）

10 秒测试是指让患者和健康对照组在 10 秒的限定时间内，反复做同一动作，并对两者的测试结果进行比对，从而评估患者的手功能状况。这种基于目视的手功能评估法，已得到广泛认可，可以简单测试手部运动功能障碍。但测试结果会受测试工具和患者的个体差异影响^[6]。

3 基于 Leap Motion 的手指运动功能评价

Leap Motion 体感控制器可以与键盘、鼠标、手写笔等协同工作，在虚拟现实环境中对手部运动情况进行监测。它以不低于每秒 200 帧的速度追踪手部运动，捕捉手和手指的运动轨迹并且在测试系统中进行相关识别操作。Leap Motion 的工作原理同电脑鼠标或触摸屏相似，但该系统可以将手功能状态可视化。运动体感控制器使用红外摄像装置，对人手在三维空间的位置信息进行捕捉以获取相关运动参数，将相关数据展示于三维空间中^[7]。

3.1 基于 Leap Motion 的自动化 10 秒测试

10 秒测试作为检测手部精巧运动障碍的简单方法，在医疗领域被

广泛应用。但现有 10 秒测试的评估方法容易受主观因素影响。为了克服现有测试方法的不足，研发了基于 Leap Motion 的自动 10 秒测试系统，通过获取上举状态下手指的开闭运动，在 10 秒的限定时间内测量手指开闭次数。

通常的 10 秒测试只计算次数。基于 Leap Motion 的自动化 10 秒测试系统中，使用 Leap Motion 进行自动测试。测试时手指开闭度如图 1 所示。

将手指完全闭合时的开度设为 0，打开时设为 1，打开度超过 0.85 时开始计数。计量次数时，使用 Leap SDK 提供的 GrabStrength 函数，获取手的整体开度，计量次数。

通过统一评价标准，在阈值 0 到 1 的评价范围内计量次数。采用信息技术，解决主观上的个体差异等问题，可以比较客观地对手功能进行评价。

3.2 手指的相对运动测试

为了更加客观、准确地进行手功能评价，开发了手指相对运动评价方法。将手指伸直，反复闭合、张开，各手指与中指间的相对距离如图 2 所示，手指相对运动测试的是中指与其他手指间的距离以及移动速度。Leap

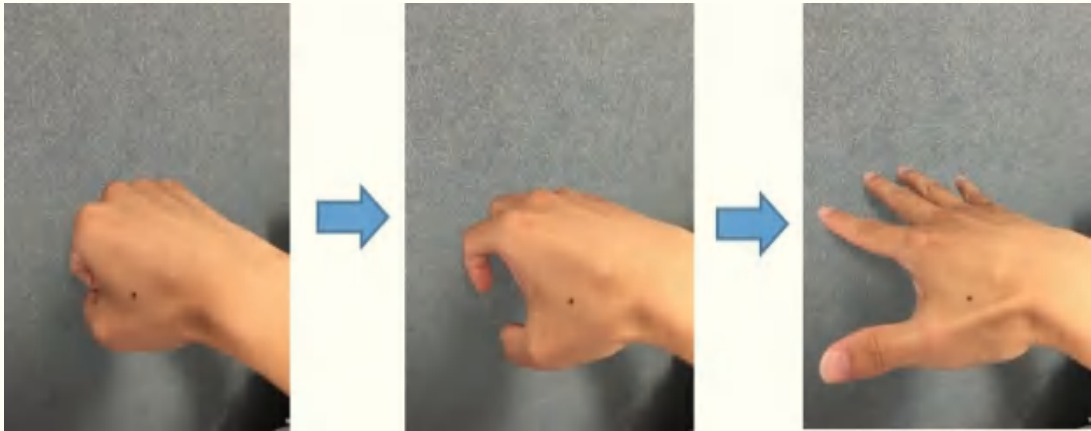


图 1 手指开闭度

Motion 向下固定并设置在支架的卡钳上，手放在桌上，手指进行张开、闭合运动。

操作界面首先考虑不给患者带来额外负担，同时让使用者操作方便。在测量开始前 3 秒屏幕会出现倒计时的画面。系统还拥有语音提示功能，使用户不会遗漏动作的开始。通过绘制测量过程中的手指运动曲线图，掌握手指运动状态。各手指与中指间相对距离曲线图和手指开度图如图 3 所示，左侧是实时测定的各手指相对于中指运动的相对距离曲线图，右侧图表示测试时手指的开度。

手指进行相对运动时，使用从 Leap SDK 获取的手指移动速度，判断其相对运动情况，系统兼具计数功能。从初始状态检测到手的打开动作时系统开始记录，在检测到手的闭合动作时再记录一次。最后恢复初始状态，判定为 1 次运动。

图 3 中从上到下 4 条曲线分别表示大拇指、食指、无名指、小指与中指间的距离，纵轴表示距离，横轴表示时间。曲线图的振动频率表示手指相对运动的次数，振幅表示各手指相对于中指的移动距离，波形的平稳性体现手指运动的流畅度。在规定的时间内，手指运动的次数越多、相对于中指的移动距离越大、手指的流畅度越好，说明该手指运动功能越好，反之，说明其运动功能不佳。因此，根据曲线图可以观察病患手的康复情况。

结语

信息技术的发展为科学评估手功能提供了有力的技术支撑。以客观评价手功能为目标，开发

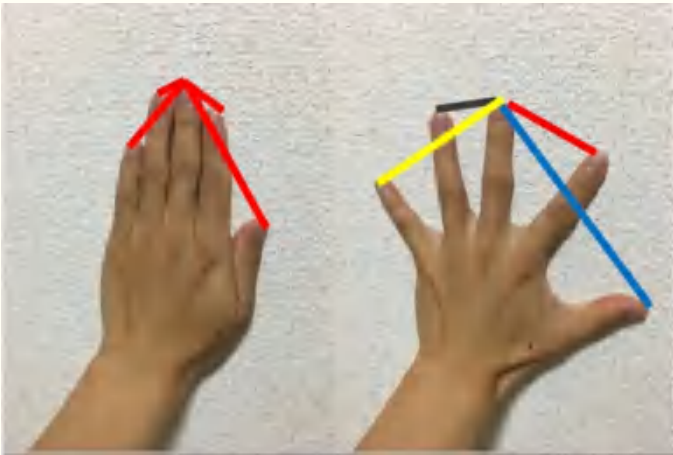


图 2 各手指与中指间的相对距离

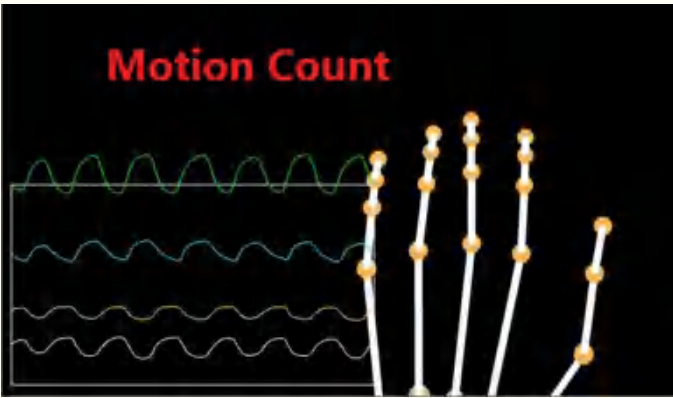


图 3 各手指与中指间相对距离曲线图和手指开度图

了基于 Leap Motion 设备的手指运动功能评价系统。该系统可进行手指相对运动情况测试和 10 秒自动测试。通过手指相对运动情况测定，可以判断各手指的运动功能，了解病患每根手指的康复情况，有助于医生对患者进行科学的治疗。

引用

[1] 刘兴红,喻姣花.手外伤病人手功能评估的研究进展[J].护理研究,2015,29(10):3465-3469.

[2] 姜荣荣,陈艳,潘翠环.脑卒中后上肢和手运动功能康复评定的研究进展[J].中国康复理论与实践,2015,21(10):1173-1177.

[3] 朱惠娟,王军,朱俊.基于Leap Motion的沉浸式体感交互系统研究[J].微型电脑应用,2021,37(2):8-11.

[4] 陶林,李凯格,王森.基于Leap Motion手势识别的机器人控制系统[J].制造业自动化,2015(24):64-66.

[5] 徐筱婧媛,陈蕊,张健,等.简易上肢功能检查中国评分标准初探——以北京市成年人为例[J].中国康复,2023(3):172-177.

[6] 侯藏龙,陈智,沈洪兴.脊髓病手的功能评价研究进展[J].中国矫形外科杂志,2015,23(11):1000-1003.

[7] 杜淑颖,何望.基于 Leap Motion 的手语识别算法优化[J].软件,2023,44(8):9-14.