

3 in 1 智能测温系统 在海上某平台的首次应用研究

文◆中海油（中国）有限公司深圳分公司番禺作业公司 张长明

引言

在中海油的海上石油平台，每年或每两年都会通过停产、停电等方式定期对开关柜进行维护保养，这种预防性试验是海上石油平台的开关柜运行和维护工作中的重要措施，然而这种传统的停产停电的维护保养方式不能完全保障开关柜的绝缘在一个维护保养周期内一直安全稳定运行，同时，由于停产窗口时间短、任务重，各种电气设备的维护保养交叉作业和开关柜的维护保养难以达到预期效果。集红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”是对定期维保保养方式的补足，弥补了海上石油平台开关柜停电保养时无法检测到的开关柜运行缺陷。通过 3 in 1 智能测温系统，实现了开关柜的智能化在线测温功能，实现了开关柜主要功率元器件、绝缘件的测温部位全覆盖。

1 问题分析

开关柜发热的原因主要是在运行时电流、电压、金属材料介质、绝缘材料介质的影响，会产生电阻损耗产生的热量、金属材料介质产生的热量、绝缘材料介质产生的热量、水平铜排搭接处过热产生的热量、垂直铜排搭接处过热产生的热量等发热故障，开关柜按发热类型可分为两类。

（1）由于电学效应产生的热量。当电流通过开关柜时会产生热效应、磁效应和电磁效应等电学效应，表现在铜排与电缆接头的氧化、接触面未压实、水平铜排搭接处和垂直铜排搭接处接触面的搭接处接触不良等原因导致搭接处、搭接面接触电阻增大，从而导致接触部位发热。

（2）由于压电效应产生的热量。开关柜柜内的 PT、CT 绝缘不良缺陷、避雷器内部受潮、瓷瓶劣化、绝缘子劣化等原因导致 PT、CT、避雷器、瓷瓶、绝缘子的接头与电缆接触不良导致发热。

2 需求分析

针对上述开关柜的发热现象，普遍的解决方案是采用红外热成像在线测温、绑扎式在线测温或者光纤在线测温，但这 3 种方式各有优劣

点。红外热成像测温的缺点是开关柜的母排室、电缆室，无法对开关柜断路器的动触头、静触头进行红外在线测温。绑扎式在线测温的缺点是开关柜断路器的动触头、静触头、母排室的水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处由于多层铜排无法进行绑扎而无法进行绑扎式在线测温，电缆室的铜排与电缆接头、电流互感器与铜排的接头等各种接头无法进行绑扎而无法进行绑扎式在线测温。光纤在线测温的缺点是水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处，开关柜断路器的动触头、静触头无法进行光纤铺设和固定、母排室的水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处由于多层铜排无法进行光纤铺设和固定而无法进行光纤在线测温，电缆室的铜排与电缆接头、电流互感器与铜排的接头等各种接头无法进行绑扎而无法进行光纤在线测温^[1]。

集红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”，可规避 3 种测温方式的局限性，充分利用三者测温方式的优点，实现优势互补，可实时连续在线

【作者简介】张长明（1987—），男，广东深圳人，本科，中级工程师，研究方向：电气。

监测母排室的水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处、电缆室的出线铜排与电缆接头搭接处，断路器的动触头、静触头等开关柜的主要功率元器件、绝缘件的测温部位的全覆盖。

3 系统介绍

综合红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”，系统由 3 个部分组成。

3.1 绑扎式在线测温

绑扎式在线测温主要针对断路器的动触头、静触头的测温部位进行测温，在开关柜断路器的上、下动、静触头配置六点绑扎式在线测温，六点绑扎式在线测温的温度数据通过 433MHz 无线信号传输给红外热成像的无线接收器天线。绑扎式在线测温技术参数如下：温度测量范围是 -20 ~ +200℃，测量精度为 ±2℃，默认温度采样频率为 60s，无线频率为 433MHz，无线传输距离 ≤ 100m，工作电源为电流启动，无需电池供电。绑扎式在线测温由温度传感器模组、信号放大模组、CPU 逻辑控制模组、无线发射模组等组成，采用灵敏感温敏感的热敏电阻进行测温，确保温度测量的精度满足现在使用要求。绑扎式在线测温的优势主要是测温传感器种类繁多，可适用于不同的开关柜^[2]，绑扎式在线测温采用阻燃材料一体化注塑而成，防护等级可达 IP65，支持在线、休眠、唤醒等多种工作模式，可以最大限度降低绑扎式在线测温功耗，延长绑扎式在线测温的使用寿命，绑扎式在线测温采用感应电流取电，最小启动电流为 4A，更低启动

电流支持定制。由于采用类似腕表绑扎的方式，尤其适用于开关柜断路器的动、静触头的测温，规避了动、静触头处由于空间狭小无法安装红外热成像在线测温也无法安装绑扎式在线测温的问题。

3.2 光纤在线测温

光纤在线测温主要针对水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的测温部位进行测温。光纤在线测温的温度数据通过 433MHz 无线信号传输给红外热成像的无线接收器天线。光纤在线测温技术参数如下：温度测量范围为 -40 ~ +200℃，测量精度为 ±0.5℃，温度采样频率默认 500ms，无线频率为 433MHz，无线传输距离 ≤ 100m，工作电源为 DC24V 或 AC220V 或 AC110V，光纤尺寸为直径 4mm，标配长度 5m。光纤在线测温的优势是能够实时测量水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的直接温度，为接触式测温，对电磁场的干扰具有超强免疫力，光纤测温数据以数字信号的形式输出，由于光纤探头的直径可达到 800um，仅为头发丝的十分之一，特别适用于开关柜内狭小空间的水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的测温部位的测温，此处空间狭窄，无法安装红外热成像在线测温，也由于有多层铜排搭接无法安装绑扎式在线测温^[3]。

3.3 红外热成像在线测温

红外热成像在线测温主要针对开关柜的母排室、电缆室的主要功率元器件、绝缘件的测温部位进行测温。红外热成像测温综合红外热成像镜头、视频可见光镜头、LED 补光灯、无线接收器天线等模块于一体，红外热成像在线测温技术参数如下：红外的探测器是非制冷焦平面，红外波长范围为 6 ~ 15μm，红外分辨率为 384 × 288，热灵敏度 NETO 不小于 80mK，红外视场角为 90° × 60°，红外角的分辨率为 8mrad，可见光相机参数是 640 × 480，可见光相机的帧率为 20Hz，测温范围为 -40 ~ 400℃，测温精度为 1℃或温度读数的 ±2%，红外视场面积为 0.5m 处 0.9 × 0.8m，无线频率为 433MHz，无线传输距离 ≤ 100m，工作电源为 DC5V 或 AC220V 或 AC110V。红外热成像在线测温的判断故障点的步骤如下，首先确定开关柜的母排室、电缆室内的发热部位，根据内嵌的多种算法判断发热部位的致热类型。其次，利用内嵌的图谱分析算法，判断发热缺陷的发热程度大小，分析发热产生的原因。最后，结合开关柜的内部结构和材料性质，给出处理措施建议，供海上平台的电气专业人员做出对应的措施。红外热成像在线测温的优势在于母排室、电缆室内有足够空间位置的测温状况，母排室、电缆室不适合绑扎式在线测温、光纤在线测温。

4 系统架构

综合红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”如图 1 所示。

系统架构说明如下。

第一，在每面开关柜断路器的动、静触头的动触头安装绑扎式在线测温，每个断路器的上、下三相动触头安装绑扎式在线测温，组成六点在线测温。避免动、静触头因对中不佳、咬合不好造成的发热现象。六点绑扎式在线测温无需配置接收主机，配置 433MHz 的无线传输模块，

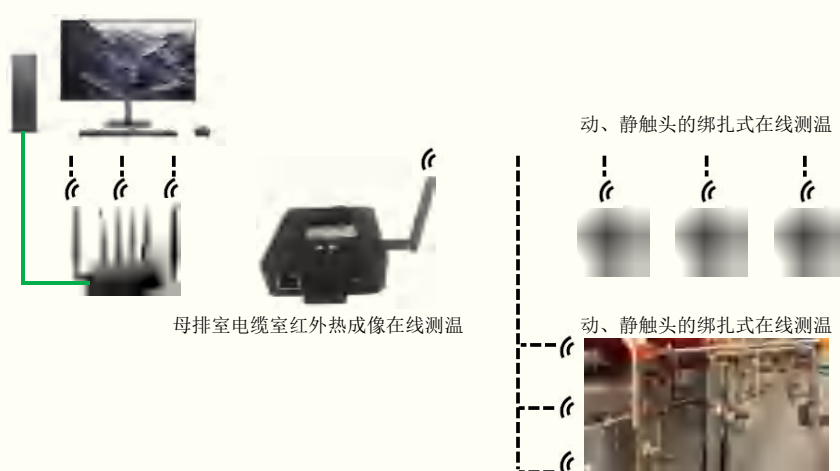


图 1 3 in 1 智能测温系统网络架构图

通过 433MHz 的无线频率传送给红外热成像在线测温模块 433MHz 的无线接收器天线。

第二，在每面开关柜的水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的测温部位安装光纤在线测温，垂直铜排搭接处的每一相都安装光纤在线测温，组成三点在线测温。避免水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处接触不好造成发热，光纤在线测温无需配置接收主机，配置 433MHz 的无线传输模块，通过 433MHz 的无线频率传送给红外热成像在线测温模块 433MHz 的无线接收器天线。

第三，在每面开关柜盘后上方的母排室、下方的电缆室分别安装一台红外热成像在线测温模块，共安装两台红外热成像在线测温模块，红外在线测温模块配备安装可调支架，实时在线监测开关柜的母排室的母排以及电缆室的三相出线铜排与三相电缆接头的运行温度，有效避免开关柜的母排室、电缆室常年处于封闭带电运行状态下无法直观观察中压柜的柜内元器件的运行温度情况导致发热、高温、冒烟、火灾等情况发生。

第四，红外在线测温模块与绑扎式在线测温、光纤在线测温通过 433MHz 组成无线局域网，红外测温在线模块将热成像实时图像、视频实时图片、绑扎式在线测温实时数据、光纤在线测温实时数据通过无线信号传输给无线交换机。

第五，综合红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”及其服务器客户端，可存 3 ~ 6 年的历史数据，记录每个测温点每月、每天、每小时、每分钟的最高温度记录、最低温度记录和平均温度记录，并生成趋势图、历史曲线图。每个测温点的温度数据超过温度报警设置值进行自动拍照和录屏，录屏会在故障前 10s、故障后 10s 录屏，以供海上石油平台的电气专业人员进行分析和评估故障原因。

结语

绑扎式在线测温用于测量开关柜的断路器动触头、静触头的运行温度，其优势是点测温，其盲点是水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的

测温，开关柜盘后上方的母排室、下方的电缆室。光纤在线测温用于水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的测温，其优势是点测温，其盲点是开关柜的断路器动触头、静触头的运行温度，开关柜盘后上方的母排室、下方的电缆室。红外在线测温模块用于测量开关柜盘后上方的母排室、下方的电缆室，实时监测母排室的母排以及电缆室的三相出线铜排与三相电缆接头的运行温度，其盲点是开关柜的断路器动触头、静触头的运行温度，水平铜排搭接处以及垂直铜排搭接处的测温。一直以来，绑扎式在线测温、光纤在线测温、红外在线测温都存在孰优孰劣的争议性，通过将综合红外热成像在线测温、绑扎式在线测温、光纤在线测温于一体的“3 in 1 智能测温系统”将三者测温方式合三为一，形成一个完整的智能在线测温系统，而不是各自独立的测温系统。

该平台通过“3 in 1 智能测温系统”对海上平台的开关柜进行绑扎式在线测温、光纤在线测温、红外在线测温，实现了开关柜关键元器件的测温部位的全覆盖。

引用

- [1] 马力,何璐,张超,等.荧光光纤测温技术在开关柜中的应用[J].科技资讯,2016,14(35):52-53.
- [2] 沈中恒.光纤光栅在线监测系统 在6kV高压开关柜上的应用[J].电世界,2016,57(3):18-20.
- [3] 庞玉龙.高压开关柜点式光纤测温系统在同煤集团电网中的应用[J].技术与市场,2016,23(7):99-101.

基于 MobileViT 算法的 混凝土芯样纹络识别应用研究

文 ◆ 佛山市三水区建设工程质量检测站 何祖钧 刘思华 李 伟
广州粤建三和软件股份有限公司 梁光世 任必武

引言

混凝土结构质量检测在建筑工程项目中具有极其重要的地位，对于保障建筑安全、提升工程质量、维护市场秩序、降低维护成本以及保障人民生命财产安全等方面都具有重要意义。钻芯法可有效检测与评定混凝土结构实体的实际质量状况^[1]，但芯样在送检过程中被调换的现象屡见不鲜，因此保障芯样同一性对保证芯样检测结果的真实性至关重要。

因现场钻取芯样数量较多且缺乏可靠的芯样标识和跟踪方法，在检测时难以确认芯样是否被调换，无法反映实际工程实体质量状况。然而实践表明，芯样底面与钻孔底面表面纹络极具匹配性，可验证芯样从对应钻孔取出。同时，现场取样与送检时的芯样底面，其纹络特征也不会发生剧烈变化。本文将通过神经网络模型对取样时芯样底面和钻孔底面图像、检样时芯样底面和钻孔底面图像进行拍摄、校正、识别、比对和验证，确定芯样来源的真实性，保障检测结果的有效性。

1 研究背景及意义

1.1 研究背景

广东省住房和城乡建设厅所发布的 2022 年科技创新计划，包含佛山市三水区建设工程质量检测站和广州粤建三和软件股份有限公司联合申报的“基于混凝土试块纹络 AI 识别的工程质量追踪系统”项目，该项目在混凝土纹络领域取得突破性的研究成果，包括混凝土纹络特点分析、纹络识别技术策略与实现、检测试验全流程追踪方法研究等，基于此进行混凝土芯样纹络识别应用研究^[2]。

1.2 技术现状

当前芯样检测过程中的同一性保障常通过专业工作人员进行现场取样、见证，并对芯样进行整理和标识，成为芯样验证的常用方法。但由于芯样标识简单、易做，送检过程存在芯样调换的可能性，严重影响芯样检测结果的真实性。基于芯样表面图像验证主要通过二维码^[3]标识贴、手写标识并人眼判别等，该方法存在以下弊端。（1）二维码标识贴简单、易做，送检过程存在芯样被调换的可能性。（2）手写标识简单易复制，无法保证芯样不被调换。（3）人眼判别通过对比检样前后手写标识位置，该方法费时费力、主观性强，存在较大不确定性，准确性有待验证。

1.3 研究意义

本研究基于芯样送检前后芯样底面与钻孔底面图像纹络特征，将深度学习算法应用到底面纹络识别过程，通过对比芯样送检前后芯样底面和钻孔底面匹配度，保证芯样送检过程不被替换，有效防止芯样调换现象。本文研究成果能够保证芯样取样和检样的同一性，提高数据检测真实性，进一步保证了建设工程质量安全，并有望在钻芯取样检测中得到大规模应用。

2 混凝土芯样纹络研究

2.1 芯样纹络研究

当前芯样同一性保障方法存在人为因素弊端，人为添加的标识并非

【作者简介】何祖钧（1982—），男，广东佛山人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：建筑检测科技（物联网和人工智能）应用研究、检测数据分析优化研究。

注：第二作者为梁光世，第三作者为任必武，第四作者为刘思华，第五作者为李伟。

来自芯样本身,存在被调换的可能性。分析大量芯样底面图像,底面的凹凸、裂缝、颜色、轮廓、水渍、泥浆等共同组成芯样图像纹络特征,部分学者通过摄像头采集混凝土表面图像并通过机器视觉技术识别其特征进行学术研究^[4-5]。同时,在钻孔底纹可获取情况下芯样底面和钻孔底面分离,底面纹络特征相互匹配,芯样制作完成则不会轻易改变,因此混凝土芯样底面特征可作为芯样同一性保障有效手段。

在本文中,混凝土芯样纹络主要是指芯样底面和钻孔底面的纹络。本研究根据芯样纹络分析认为芯样与钻孔底面纹络由明显(断面、坑洼、凸起、颜色突出等)和细微(裂缝、气泡、砂砾)的纹络特征组成。芯样底面与钻孔底面纹络特征相互匹配、相互印证,但由于拍摄光线、位置、角度以及水渍泥浆沾染等因素,芯样纹络特征存在差异。明显的纹络特征在算法中容易被观察学习,细微纹络遍布芯样底面,综合利用明显与细微纹络差异特征进行识别判定是本研究的重点。

2.2 芯样纹络图像

Mask R-CNN 按照对象进行分类,更好地捕捉裂缝的细节和整体形状^[6],在实例分割、目标检测等方面取得良好效果。Kumar^[7]基于 Mask R-CNN 实现混凝土表面的水平裂缝、垂直裂缝、斜裂缝、网状裂缝以及剥落等多种类型的缺陷检测和分割,数据表现优越。本研究基于混凝土芯样底面与钻孔底面相似特征将混凝土底面原图或视频帧作为 Mask R-CNN 算法输入项,输出底面掩码获取目标底面,并通过透视变换、水平翻转等处理,将目标底面图像矫正为正方形,即芯样底面与钻孔底面矫正为标准圆形。

3 基于 MobileViT 算法的芯样纹络识别与比对模型设计

3.1 模型框架

基于混凝土芯样纹络匹配的特性,关注细小纹络与全局纹络分布,本文设计了一种识别模型,芯样纹络识别与比对模型框架图如图 1 所示,该模型以 MobileViT 算法为骨干,同时为了获取高分辨率的低维度特征,引入了多尺度特征融合方法,通过获取到的芯样纹络特征,将输入输出头进行特征归纳。在训练阶段,芯样纹络特征输入 AdaFace 模块进行分类,而在推理阶段,模型直接返回芯样纹络特征,再计算芯样底面与钻孔底面特征向量余弦相似度。MobileViT 算法同时结合了 CNN 局部信息归纳能

力、计算高效以及 Transformer 模块处理全局信息的优势,不仅可以快速归纳芯样局部纹络特征,还可以提取到芯样全局纹络分布信息,实现更精准的芯样纹络比对。而 AdaFace 算法由于其图像质量自适应、自适应边界调整等特点,通过了广泛评估,验证其有效性,相比普通的分类方法具有更明显的优势,尤其是在处理不同质量的芯样图像数据时,能够显著提高识别性能。

3.1.1 特征融合

图 1 中,芯样特征图在除第一个下采样外,每一分辨率均会通过卷积模块和最后一个 MobileViT block 的输出进行逐元素相加,从而融合每个分辨率丰富的特征表示。以图像尺寸 512×512 为例,经过 MV2 模块下采样 4 倍 128×128 、下采样 8 倍 64×64 、下采样 16 倍 32×32 、下采样 32 倍 16×16 的特征图,会经过卷积操作下采样到与最后一个 MobileViT block 的输出相同尺寸,即 16×16 ,进行逐元素相加融合。如此经过多个尺度的特征信息融合,可以使最终输出的芯样纹络特征图兼顾低维度的基础、普遍特征信息与高维度的抽象、复杂表征,具有更丰富的表示,提高了模型性能。

3.1.2 输出头

输出头首先进行 1×1 的卷积操作,利用 DCN 自适应地处理纹络特征图。其次,使用 SPPF 结构融合网络中不同层级的信号,有效捕获多尺度特征。最后,经过全局平均池化,得到芯样纹络特征向量。本模型参考人脸识别方案,在训练阶段,将芯样纹络特征向量输入 AdaFace block 进行分类;在推理阶段,直接输出特征向量。输出头中使用 AdaFace

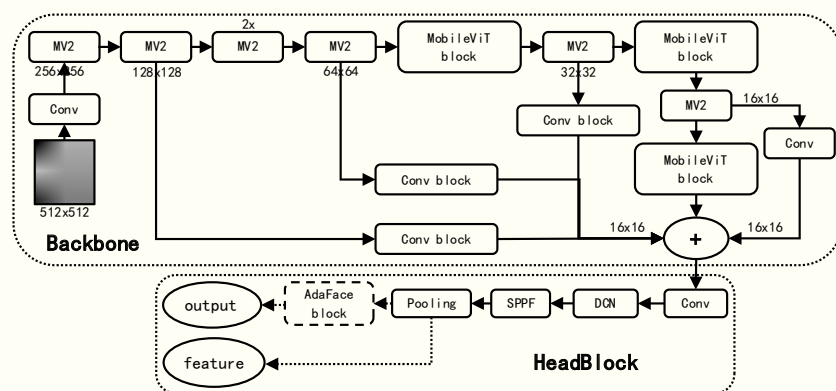


图 1 芯样纹络识别与比对模型框架图

block 是为了将取样与送检芯样图像的纹络特征信息进行进一步聚合，缩小类内间距，扩大类间间距，以达到更好的特征提取效果。DCN 能有效地应对目标在图像中的几何变形，如目标物体的姿态、角度转变，可以更灵活地调整卷积核位置，捕获非常细微和局部化的特征，适用于处理复杂纹理，尤其适用于有角度变化的芯样纹络图像。SPPF 结构则将局部、全局特征融合起来，提取多尺度特征。

3.2 训练策略

3.2.1 深监督训练

在训练过程中，芯样纹络识别与比对模型加入了深监督辅助训练方法，以加快模型收敛速度。在每个分辨率特征图经过卷积操作下采样到与最后一个 MobileViT block 的输出相同尺寸时，将每个输出接入“1个1×1卷积+全局平均池化层+全连接层”的深监督输出头，计算芯样分类损失，更新模型梯度，提高模型的训练效率。

3.2.2 纹络分类

本文在训练阶段中，对混凝土芯样纹络进行分类识别，其主要操作是将同一芯样底面与钻孔底面的不同角度、不同光线、不同时间拍摄的纹络图像分为同一类别，而不同混凝土芯样的纹络图像则分为不同类别。

3.2.3 训练技巧

该模型训练时特殊采用了随机对芯样纹络图像进行不同角度中心旋转的增强手段，模拟不同拍摄角度，增强鲁棒性。

3.3 模型效果

通过对实体工程中的芯样图像进行识别对比，以柱形图进行展示（见图2），其中横坐标以

0.05 为间隔进行分段代表分数阈值，纵坐标代表样本数。结果显示正样本识别分数集中在 0.70 ~ 0.95 区间段，符合本文对芯样纹络的研究分析。芯样底面与钻孔底面纹络相互匹配，但同样存在一定差异度，以 0.5 为阈值芯样正样本识别准确率为 96.3%。

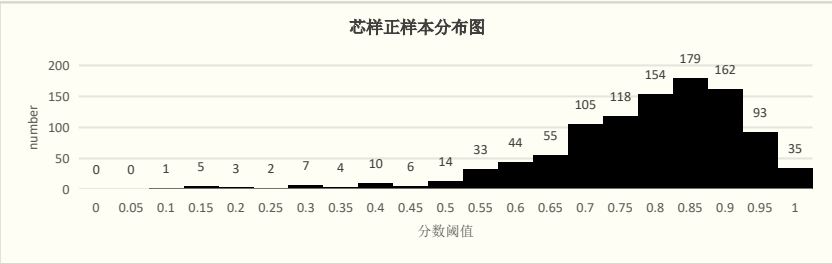


图2 纹络测试集识别与比对结果图

4 应用效果

芯样纹络识别的 MobileViT 模型部署在工程质量检测系统，在试点过程中表现出良好的纹络识别效果，减少了调换概率，提高了工程质量安全。结果显示，部署该模型的工程质量检测系统能够快速准确对调换的芯样进行识别并预警，保证工程质量安全。

结语

本文基于芯样底面与钻孔底面纹络图像的匹配特征，构建芯样纹络识别比对模型，选取大量试验数据识别和验证，结果表明，纹络识别准确率达 96.3%。MobileViT 算法在解决芯样前后纹络特征识别对比的可行性，为芯样送检过程样品同一性保障提供技术支撑，保证芯样检测前后同一性。相比于传统的辅助标识、人眼判别等方法，MobileViT 算法表现更加快捷、高效和准确，可作为芯样检测纹络识别的高效方法，为工程质量检测样品同一性保障提供参考。

引用

[1] 陈小力.浅谈回弹法和钻芯法在结构混凝土检测中的应用[J].江西建材,2018(9):51-52+55.

[2] 建设工程质量检测管理办法[J].中华人民共和国国务院公报,2023(7):31-36.

[3] 江宏玲.浅谈工程质量检测全过程信息化监管[J].工程质量,2022,40(4):86-88.

[4] 刘宇飞,樊健生,聂建国,等.结构表面裂缝数字图像法识别研究综述与前景展望[J].土木工程学报,2021,54(6):79-98.

[5] 刘奇,于斌,孟祥成,等.基于转置卷积神经网络的路面裂缝识别算法[J].华南理工大学学报(自然科学版),2021,49(12):124-132.

[6] 张晓华,李小龙,艾金泉,等.复杂背景下基于改进Mask R-CNN的路面裂缝检测算法[J].北京测绘,2024,38(3):431-436.

[7] KUMAR P,SHARMA A,KOTA S R. Automatic Multiclass Instance Segmentation of Concrete Damage Using Deep Learning Model[J].IEEE Access,2021(9):90330-90345.

面向车路云协同的可信数据共享时延优化方法

文 ◆ 深圳市智慧城市通信有限公司

洪伟杰 郑建峰

中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司 黄传伟

引言

随着智能交通系统的迅猛发展，车路云协同作为未来交通系统的核心架构之一，正逐步从概念走向现实。车路云协同系统集成了车辆、道路基础设施和云端服务平台，通过高效、实时的数据共享与交互，实现交通系统的智能化、安全性和高效化。这一系统不仅提升了交通系统的整体运行效率，还显著增强了交通安全性和用户体验。然而，在车路云协同系统中，数据共享的时延问题成为制约其性能提升的关键因素之一。因此，研究面向车路云协同的可信数据共享时延优化方法具有重要的理论意义和实际应用价值。

杨和林等^[1]提出了恶意干扰下的优化方法，构建以最小化时延为目标的优化模型，通过联合优化资源调度和任务分配，结合智能算法对模型求解，优化时延。孙春霞等^[2]提出了结合深度强化学习的优化方法，通过设计基于注意力机制的序列到序列代理网络和基于时延的寻路算法，生成虚拟网络功能的部署和服务功能链的链路映射；采用拉格朗日松弛技术将时延优化模型约束纳入强化学习目标函数；利用基线评估器网络评估部署策略的预期奖励值，辅助网络代理快速收敛；通过贪婪搜索以及抽样技术降低收敛到局部最优的概率，实现时延优化。虽然目前在数据共享时延优化方面取得了一定的研究成果，但是现行方法仍然存在诸多不足，优化后数据共享时延仍旧比较长，并且丢包率比较高，无法达到预期的优化效果，为此提出面向车路云协同的可信数据共享时延优化方法。

1 构建可信数据共享时延优化模型

1.1 优化目标函数

以车路云协同的可信数据共享时延最短为目标构建优化目标函数。数据共享时延包含通信网络功能的处理时延、车路云协同的可信数据流在链路带宽限制下的传输时延以及信号在物理媒介中传播所产生的传播时延，因此设定一个基准，即当某一服务器被激活以处理车路云协同的可信数据时，所引入的最小固定时延为 L ，在业务流遍历服务链的过程中，每个虚拟网络实例的部署都依赖于服务器的激活。因此，业务流程

每经过一个通信网络实例，都需要先确保相应的服务器处于激活状态，随着业务流穿越的通信网络实例数量增加，所累积的最小激活时延 L 也呈现上升趋势。假设每台服务器内部集成多个 CPU，每个 CPU 在处理单位数据时会产生特定的处理时延，该时延用 T_{wr} 表示。针对链路层面，传播时延主要取决于链路的实际长度，即信号在介质中传播所需的时间；而传输时延则与链路的信道带宽密切相关，高带宽能够加速数据的传输过程，从而降低传输时延。综上所述，面向车路云协同的可信数据共享时延优化抽象为一个复杂的组合优化问题。在这个问题中，综合考虑通信网络的处理能力、服务器的激活成本、链路的物理特性以及 CPU 的处理效率等多个因素，通过合理的配置与调度，来实现可信数据共享时延最短，因此建立目标函数如式 (1) 所示。

$$f = \min L \sum_{i=1}^I r_i \cdot x + T_{wr} + \sum_{j=1}^J \frac{1}{b_j y} \quad (1)$$

式 (1) 中， f 表示可信数据共享时延优化目标函数； i 表示链路数量； r_i 表示第 i 条链路宽度； x 表示共享可信数据量； j 表

【作者简介】洪伟杰（1987—），男，广东陆丰人，本科，研究方向：智慧城市、融合通信、物联网感知、网络安全等。

【通讯作者】黄传伟（1981—），男，湖北武汉人，硕士研究生，研究方向：物联网、网络通信等。

示网络服务器数量； b_j 第 j 台服务器激活变量； y 表示通信节点激活变量。

1.2 约束性条件

为了保证时延优化后车路云协同的可信数据共享合理性，对数据共享时延优化设定约束性条件，首先对车路云协同网络负载均衡性约束，确保网络中的各个链路或节点不过载，以维持网络的稳定性和整体性能，其用公式表示为式（2）。

$$\sum_{i=1}^K x_i \leq C \quad (2)$$

式（2）中， K 表示车路云协同网络链路集合； C 表示链路容量。

其次，为了确保在车路云协同的可信数据共享过程中避免出现丢弃数据包，对共享服务质量约束，要求数据丢包率不超过上限，其用公式表示为式（3）。

$$U \leq U_{\max} \quad (3)$$

式（3）中， U 表示车路云协同网络丢包率； $U_{\max}$ 表示丢包率上限。

最后，对车路云协同可信数据共享带宽约束，要求不超过最大带宽资源，其用公式表示为式（4）。

$$\sum_{i=1}^K r_i \leq r_{\max} \quad (4)$$

式（4）中， $r_{\max}$ 表示车路云协同网络共享数据剩余带宽资源。将以上设定的约束条件与目标函数组合，构建车路云协同的可信数据共享时延优化模型，如式（5）所示。

$$P \begin{cases} f = \min \sum_{i=1}^K r_i \cdot x + T_w + \sum_{j=1}^J \frac{1}{b_j y} \\ s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^K x_i \leq C \\ U \leq U_{\max} \\ \sum_{i=1}^K r_i \leq r_{\max} \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

式（5）中， P 表示车路云协

同的可信数据共享时延优化模型； $s.t.$ 表示约束性条件。

2 最优策略求解

采用粒子群算法对构建的优化模型进行求解，得到最优数据共享时延优化方案，粒子群算法通过模拟自然界中群体智能的行为模式，将优化问题的每个潜在解决方案映射为一个“粒子”，进而利用粒子间的互动与协作，在广阔的解空间内进行高效探索与局部深挖，以期发现全局最优解，车路云协同的可信数据共享时延优化模型求解流程如图 1 所示。

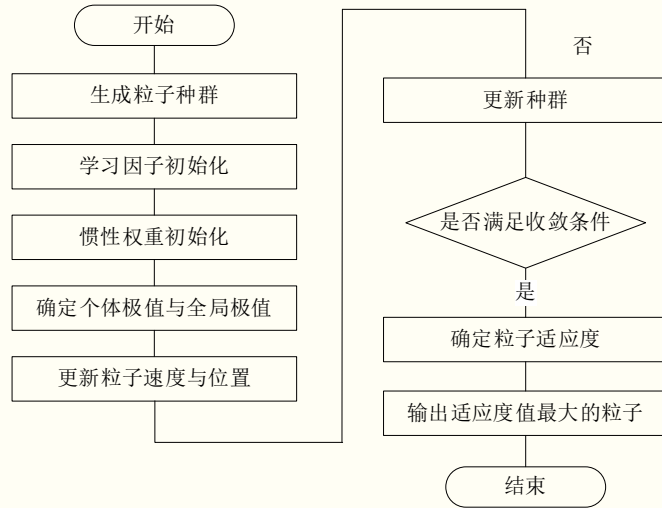


图 1 车路云协同的可信数据共享时延优化模型求解流程

根据优化模型中目标函数可能解集，生成初始粒子种群，并对算法学习因子和惯性权重参数初始化。将优化模型中目标函数的倒数作为适用度函数，对粒子种群中每个粒子的适用度函数值确定，按照适用度函数值从大到小排序，确定全局极值与个体极值。随后，粒子们根据特定的速度与位置更新规则，在搜索空间中不断移动，持续探索新的空间区域，直至满足预设的收敛条件。粒子位置与速度更新公式如式（6）所示。

$$\begin{cases} V = \varepsilon V_{(t)} + w[(y_{best} - b_t)(p_{best} - b_t)] \\ b = b_t + V \end{cases} \quad (6)$$

式（6）中， V 表示粒子速度更新值； b 表示粒子位置更新值； ε 表示粒子学习因子； $V_{(t)}$ 表示粒子速度当前值； w 表示粒子惯性权重； y_{best} 表示粒子个体极值； b_t 表示粒子位置当前值； p_{best} 表示粒子全局极值。在算法迭代过程中利用以上公式对粒子状态更新，一旦算法收敛，从中选取适应度函数值最高的粒子，其所对应的解为车路云协同的可信数据共享时延优化模型最优解，按照该解对车路云协同可信数据共享网络优化，使可信数据共享时延最小化，以此完成面向车路云协同的可信数据共享时延优化。

3 实验论证

3.1 实验准备与设计

出于对以上提出的面向车路云协同的可信数据共享时延优化方法性能检验的目的，以下开展对比实验，与恶意干扰下的优化方法和深度强

化学习的优化方法对比。实验中数据包采用 KHFAGASJ 和 IYHFGAGH，两个数据包均来自车联网系统数据库，通过网络对数据共享传输，网络参数设置如下。

通信信道分布概率设置为 0.15，通信节点设置为 10，网络带宽设置为 5.61，缓冲区长度设置为 3.42，数据传输功率设置为 3.2P，数据共享频率设置为 5.42Hz。

按照以上对车路云协同的可信数据共享时延优化，为了检验优化效果，选择数据共享时延和丢包率作为评价指标，对比 3 种方法优化后可信数据共享时延。当可信数据共享量较大的情况下，就会存在丢包问题，因此通过对比丢包率，验证优化后可信数据共享安全性（丢包率 = 丢失数据包数量 / 总共享数据包数量），丢包率越高，则表示数据安全性越差，优化效果越差。

3.2 实验结果与讨论

利用 KHFAGASJ 数据包对车路云协同的可信数据共享时延检验，记录可信数据共享 8 次的时延，可信数据共享时延如表 1 所示。利用 IYHFGAGH 数据包对车路云协同的可信数据共享丢包率检验，记录 1000Byte -8000Byte 数据包大小下 3 种方法的丢包率，优化后可信数据共享丢包率如表 2 所示。

表 1 可信数据共享时延 (ms)

共享次数	本文方法	文献 [1] 方法	文献 [2] 方法
1 次	10.32	75.62	112.62
2 次	11.24	76.84	114.56
3 次	11.62	75.49	110.36
4 次	11.42	75.95	111.25
5 次	10.69	77.84	105.64
6 次	10.52	77.15	107.49
7 次	10.74	78.95	112.62
8 次	10.56	78.56	114.62

表 2 优化后可信数据共享丢包率 (%)

数据量大小 /Byte	本文方法	文献 [1] 方法	文献 [2] 方法
1000	0.11	5.62	4.16
2000	0.16	5.35	4.26
3000	0.18	5.41	4.33
4000	0.21	5.95	4.48
5000	0.26	5.75	4.49
6000	0.32	5.46	4.52
7000	0.33	5.15	4.56
8000	0.31	5.95	4.85

从表 1 中的数据可以看出，在面向车路云协同的可信数据共享时延优化场景中，设计方法优化后可信数据共享时延最小，不超过 12ms，

在此次实验中杨和林等提出的方法共享时延最长，超过了 100ms。从表 2 中数据可以看出，设计方法数据共享丢包率最低，不超过 1%，杨和林等提出的方法丢包率最高，在 5% 以上。因此通过以上对比分析证明，设计方法更适用于面向车路云协同的可信数据共享时延优化，能够有效保证可信数据共享的实时性和安全性。

结语

面向车路云协同的可信数据共享时延优化方法的研究，不仅是对智能交通系统性能提升的一次重要探索，还是对未来智慧城市建设中数据安全与效率并重的深刻实践。通过本文的探讨，提出了一系列创新性的时延优化策略，解决了车路云协同系统中数据共享所面临的时延挑战，同时确保了数据在传输过程中的可信性和安全性。随着技术的不断进步和应用的持续深化，这些优化方法将在实际交通系统中展现出巨大的潜力和价值。不仅能够有效降低数据共享的时延，提升交通系统的实时响应能力，还能够在保障数据安全的基础上，推动车路云协同系统向更加智能化、高效化和可持续化的方向发展。

引用

[1] 杨和林,郑梦婷,刘帅,等.恶意干扰下的无人机辅助边缘计算加权能耗与时延智能优化[J].电子与信息学报,2024,46(7):2879-2887.

[2] 孙春霞,杨丽,王小鹏,等.结合深度强化学习的边缘计算网络服务功能链时延优化部署方法[J].电子与信息学报,2024,46(4):1363-1372.

总体国家安全观视域下的信息安全研究

文 ◆ 中国人民警察大学研究生院 李则宇

引言

总体国家安全观是指一个国家在对外部和内部威胁时所采取的一揽子战略、政策和措施^[1]，目的是维护国家的主权、安全和发展利益。总体国家安全观的形成是在全球化背景下，各国安全互为依存的情况下应运而生。与传统的安全观念有所不同，不再仅仅关注传统意义上的军事安全，而是以人民为中心，围绕国家的经济、政治、文化、科技、信息等领域，实现全方位、多层次、立体化的安全保障。在总体国家安全观的视角下^[2]，信息安全是一个非常重要的议题，保护信息安全不仅是个人的职责，还是国家安全的需要。

在信息安全领域，有许多专家学者进行了深入研究。中国工程院院士和中国电子科技集团公司总工程师吴曼青在信息安全技术的前沿研究和应用推广方面有很多成果。金兼斌教授作为中国科学院计算技术研究所所长，在计算机安全、网络安全等方面有深入的研究成果。本文将从信息安全的内涵、背景、类型、典型事件、应对措施等方面阐述信息安全在总体国家安全观下的作用和重要性。

1 信息安全的内涵

信息安全是指确保信息的保密性、完整性和可用性^[3]以及防止未经授权的访问、使用、修改、披露、破坏、干扰或中断信息的过程。通过应对威胁和风险，保护组织的信息资源，以确保其保持机密性、完整性和可用性。

信息安全内涵包括以下 5 个方面。一是保密性。保证信息只被授权的人员访问和使用，主要涉及隐私、数据保护、知识产权等问题。二是可用性。确保信息在需要时可被访问、使用和共享，而且不能被无法预料的事件所影响，主要涉及网络稳定性、服务可靠性、备份恢复等问题。三是完整性。确保信息在传输、存储和处理过程中不被篡改或损坏，主要涉及数据完整性、代码完整性等问题。四是不可抵赖性。确保信息发送者或接收者不能否认他们曾经参与了信息交换过程，主要涉及数字证书、审计跟踪等技术。五是可信度。确保信息来源具有可信度，即可验证的身份、可信的参数等，主要涉及数字签名、加密解密等技术。

2 信息安全面临的问题

2.1 外部问题

外部威胁包括黑客、病毒、恶意软件等针对系统和网络的攻击，导致泄露机密信息、损坏数据或影响业务。

2.2 内部问题

一是内部威胁。员工故意或不慎泄露信息、盗窃公司资料或其他安全事件，内部威胁通常比外部威胁更难以发现和防范。二是系统漏洞。由于技术原因或维护不当，导致系统存在弱点和漏洞，容易被黑客攻击，造成严重后果。三是法律法规和合规性要求^[4]。对于一些行业和组织，法律法规和合规性要求相对较高，如金融、医疗、政府等领域，不符合相关要求将会面临罚款和失信等风险。信息安全问题需要综合考虑技术、管理和人员因素。安全统计表如表 1 所示。

3 国际国内信息安全的典型事件

3.1 国际方面

在过去的几年中，世界各地发生了许多重大的信息安全事件。2013

【作者简介】李则宇（1987—），男，山东德州人，研究生，研究方向：公安情报学。

表 1 安全统计表

类别	描述	情况统计
攻击类型	网络钓鱼、恶意软件、拒绝服务攻击（DDoS）、社交工程等	是否符合攻击性特点
平均修复时间	从发现漏洞到修补的平均时间	漏洞影响
成功入侵次数	每月平均成功入侵次数	入侵记录
安全培训	计划和实施的员工信息安全培训数量和效果	信息安全培训记录
威胁来源	外部黑客、内部员工、供应商或合作伙伴等	来源记录分析
受影响的数据	客户、用户、员工个人信息、公司财务数据、知识产权等	数据分析
安全事件响应	响应平均时间、响应计划的有效性、恢复时间等	响应记录
合规性	遵守行业标准和法规的合规性评估，如 PCI DSS、HIPAA、GDPR 等	评估分析记录

年，美国国家安全局前雇员爱德华·斯诺登通过泄露机密文件揭露了美国政府对全球互联网通信进行的大规模监控行动。2017 年 5 月，全球范围内的勒索软件危机（WannaCry）爆发，被认为是史上最大规模的网络勒索攻击事件。2019 年 11 月，澳大利亚联邦议会网络遭到黑客攻击，导致议员、工作人员和顾问的个人信息等敏感数据泄露。

这些事件都给全球信息安全带来了巨大的影响和警示，让人们深刻认识到信息安全问题的重要性和严峻性。

3.2 国内方面

中国也曾遭受过多起影响较大的信息安全事件。2011 年，中国电信 DNS 服务器遭受攻击，导致部分用户无法正常访问互联网。2015 年，中国网络安全公司启明星辰发布报告称，某“APT10”黑客组织长期对我国各行业领域进行攻击。2016 年，中国政府公布《中华人民共和国网络安全法》，旨在规范和保护网络空间安全。2021 年，中国政府发布《中华人民共和国数据安全法》，对个人信息、重点数据等进行了更加严格的保护。

信息安全问题对于国家和个人都具有极其重要的意义^[5]。政府采取了一系列措施来加强信息安全的管理和保护，如制定相关法律法规、建设网络安全体系、提升技术能力等，以保障国家和公民的信息安全。

4 信息安全的韧性与国家安全

4.1 信息安全韧性的定义

信息安全韧性强调的是系统或组织在遭受外部攻击、内部故障或其他安全事件后，能够保持其关键功能正常运行，并快速恢复到正常状态的能力。这种能力包括预防、响应和恢复 3 个阶段。

4.2 信息安全韧性的重要性

一是保障业务连续性。在面临安全威胁时，确保关键业务功能的正常运行，避免业务中断和数据丢失。二是降低风险。通过提高系统的韧性，从而降低因安全事件导致的损失和风险。三是提高组织声誉，在客户、合作伙伴和公众中建立可靠的声誉，增强组织的信任度。

4.3 提高信息安全韧性的方法

一是硬件设备与软件升级。定期检查硬件设备，修复故障并及时更换老旧设备。定期更新软件版本，修补漏洞并测试软件的稳定性和兼容性。二是数据备份与恢复。定期备份数据，确保数据的完整性和可恢复性。建立数据恢复机制，以应对数据丢失或损坏的情况。三是系统监控与预警。安装监控软件，对系统进行实时监控，及时发现并解决潜在的

安全问题。建立预警机制，及时发现潜在的系统故障，防止系统崩溃或数据丢失。

4.4 信息安全韧性的评估与改进

（1）评估指标。制定安全韧性指标，包括系统恢复时间、数据恢复率、安全事件响应速度等，对系统或组织的信息安全韧性进行评估。

（2）持续改进。根据评估结果，发现系统或组织在信息安全韧性方面存在的问题，并采取相应的改进措施，包括加强安全防护措施、提高应急响应能力等。

5 信息安全的应对措施

5.1 国家方面

一是完善法律法规体系。制定和完善信息安全法律法规，明确信息安全的责任和义务，规范网络行为，为信息安全提供法律保障。加大对网络犯罪的打击力度，依法严惩网络攻击、数据泄露等违法行为。发布相关政策文件，国家发布了一系列关于信息安全的政策文件，如《“数据要素 ×”三年行动计划（2024—2026 年）》等。明确了数据保护和信息安全的目标、原则和措施，建立健全信息安全法律法规体系，如《信息安全法》，明确网络安全责任和义务，加大网络安全监管和处罚力度。二是加强技术研发和应用。

鼓励和支持信息安全技术的研究和应用,提高信息安全保障水平。例如,发展自主可控的信息技术,降低对外部技术的依赖。加强网络安全技术防范,建立完善的网络安全技术防范体系,包括安全设备、安全软件、安全策略等,提高网络系统的抗攻击能力。三是加强数据安全保护。建立健全数据安全保护机制,采取备份、加密、访问控制等必要措施,保障数据免遭泄露、窃取、篡改、毁损、丢失和非法使用。加强关键信息基础设施的安全防护,确保电力、交通、电信等领域的重要信息系统稳定运行,防止网络攻击对国家基础设施造成破坏。四是加强网络安全管理。建立健全网络安全管理制度,规范网络安全行为,加强网络安全监督和检查,及时发现和处理网络安全事件。加强网络安全风险评估和预警机制建设,对潜在的安全风险进行识别和评估,及时采取预防措施。

5.2 企业方面

企业在确保信息安全方面应综合考虑技术、管理和人员等多个方面。一是加密技术。对敏感信息进行加密,以确保数据在传输或储存过程中不被窃取或篡改。加密技术包括对称加密和非对称加密等。二是安全策略与规则制

定。制定严格的安全策略和规则,包括密码复杂度、系统使用规范、设备管理等,以引导员工行为符合安全要求。三是访问控制。限制系统或数据的访问权限,仅允许授权用户访问,并禁止非授权用户或恶意用户的访问。访问控制可通过身份认证、授权管理等方式实现。四是定期备份和恢复。定期备份重要数据,并确保在系统崩溃、灾难性事件或数据丢失时能够及时恢复数据。五是^[6]员工培训。加强员工的信息安全意识和技能培训,提高他们对信息安全的认知,减少人为因素造成的安全风险。六是审计和监测。实时监测系统状态、网络流量和安全事件,及时发现和处理异常事件。通过审计跟踪记录用户行为,以便调查安全事件。

5.3 公民个人方面

作为公民,每个人都应该积极参与到信息安全的保护中。遵守信息安全相关法律法规,了解国家和地方政府制定的信息安全相关法律法规。增强信息安全意识,关注网络安全新闻和风险,学习识别和应对网络钓鱼、恶意软件、勒索病毒等威胁。使用有效的杀毒软件、防火墙等安全防护工具,确保系统和数据的安全。加强网络账号安全,设置复杂的密码并定期更换密码,不轻易透露账号密码、手机号码等个人敏感信息。不随意泄露个人信息,不向不可信的第三方泄露个人敏感信息,如姓名、地址、身份证号码、银行卡号等。

信息安全保障应综合考虑技术、管理和人员等多个方面。组织应制定系统性、全面性的信息安全策略和规则,不断优化信息安全保障措施,及时发现并应对安全风险和威胁,提高组织整体的信息安全水平。

结语

在总体国家安全观的框架下,信息安全应得到更多的关注和重视。信息安全事关国家安全、社会稳定和个人权益,需要全社会共同努力,从多个方面入手,才能有效地保障信息安全。未来信息安全将面临越来越多的挑战,包括人工智能、物联网、云计算等新技术的广泛应用。未来的信息安全趋势包括更加智能化的攻击和防御技术以及更加自动化的安全管理系统,大数据分析和机器学习技术也可以用于发现和预测潜在的安全问题。^[8]

引用

[1] 李楠.总体国家安全观视域下大学生网络信息安全意识的培育[J].学校党建与思想教育,2021(22):88-90.

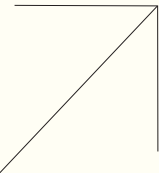
[2] 唐超.总体国家安全观指导下公共安全情报法律体系构建研究[J].情报杂志,2017,36(4):18-22+17.

[3] 邓倩.习近平总体国家安全观研究[D].成都:西南民族大学,2022.

[4] 荆继武.我国网络信息安全发展的探讨[J].中国科学院院刊,2022,37(11):1543-1545.

[5] 杨蓉.从信息安全、数据安全到算法安全——总体国家安全观视角下的网络法律治理[J].法学评论,2021,39(1):131-136.

[6] 郭志荣.大数据时代的网络信息安全及防范措施[J].华东科技,2022(10):125-127.



索布置与梁布置支撑的 柔性光伏支架结构的应用研究

文 ◆ 迈贝特（厦门）新能源有限公司 林建北

引言

传统的光伏支架多建设于荒漠、戈壁等占地面积大、平整度高的场地，然而随着光伏产业的快速发展和土地资源的日益紧张，传统的地面刚性光伏支架由于场地限制性和建设难度逐渐增大，其发展受到了限制。因此，需要寻找一种新型的、适应性更强的光伏支架结构，以充分利用各种地形条件，提高土地利用效率。索布置与梁布置支撑的柔性光伏支架结构有着广阔的应用前景。通过合理的索布置和梁布置，可以实现光伏支架结构的优化，提升支架的稳定性和承载能力，同时减少材料的使用量和降低成本。这种结构在山地、丘陵等复杂地形条件下的应用，将为光伏产业的发展提供新的可能性。基于此，本文主要开展索布置与梁布置支撑的柔性光伏支架结构的应用研究，结合实际工程案例开展分析。

1 当前光伏支架设计存在的问题

1.1 结构稳定性问题

柔性支架相比传统刚性支架，其结构稳定性更易受到外部因素的影响，如风荷载、雪荷载、地震等。特别是索布置和梁布置的方式，其稳定性更易受到挑战。如果设计不当，会导致支架在极端天气条件下发生变形或损坏^[1]。

1.2 跨度与挠度问题

柔性支架需要具有足够的跨度以适应不同地形和安装需求，但过大的跨度会导致支架挠度过大，不仅影响光伏板的安装精度，还会降低发电效率。因此，在设计中应找到跨度与挠度之间的平衡点。

1.3 经济性问题

柔性支架的制造成本相对较高，主要源于其复杂的结构设计和制造工艺。如何在保证性能和安全性的前提下降低制造成本、提高经济效益是设计过程中需要考虑的重要因素。

1.4 施工与维护难度

由于柔性支架结构复杂、施工难度较大，容易出现安装误差，其维护和检修相比传统支架也更为困难，增加了后期的运营成本^[2]。

1.5 标准化与兼容性问题

目前，光伏柔性支架的标准化程度较低，不同厂家和规格的产品之间存在不兼容的问题。不仅增加了设计、采购和施工的难度，还影响了整个光伏电站的性能和可靠性。

2 索布置与梁布置支撑的柔性光伏支架结构的应用

2.1 项目概况

项目采用跨度为 30m、高度为 9m 的柔性支架，所铺设光伏板单板质量为 27.2kg，规格为 2256mm × 1133mm × 35mm。在实际工程中，光伏阵列的安装角度和当地太阳辐射量有关，光伏阵列间距由安装角度决定，避免前后出现阴影遮挡，降低发电效率。结合工程实际经验，假设光伏组件安装角度为 30°，光伏阵列间距为 2m，对风压、雪压数值进行静态结构和动态结构设计计算。本文利用有限元分析软件 ABAQUS 完成了柔性光伏支架的刚体结构设计、模型建模以及初步计算，并选取相关论文对整体的力学模型的计算和仿真进行了验证。基于以上数值模型，在风、雪作用下

【作者简介】林建北（1989—），男，福建漳州人，本科，工程师，研究方向：机械。

的计算工况下，对柔性光伏支架分别进行了静态和动态的力学分析^[3]，提出了几种减少柔性索跨中位移的优化方案，并对几种防风方案分别采用静态和动态的力学分析展开了数值化参数分析研究，最后提出了柔性光伏支架的优化设计方案。

2.2 模拟技术与验证

利用大型有限元软件 ABAQUS 进行预应力柔性索的数值模拟仿真，与规范公式法计算结果进行对比验证。仿真模型参数为跨度为 10m 的柔性索，两端设置边界条件（所有方向位移均为 0），等间距 1m 设置 1000N 的节点荷载，近似模拟 $1000\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 分布荷载。计算得出单索拉力的误差在 0.27% 左右，弧垂的误差在 0.45% 左右，结果表明可以采用有限元软件 ABAQUS 进行数值模拟仿真。

2.3 静态结构设计

2.3.1 荷载计算及荷载组合

作用于光伏柔性支架的荷载可分为永久荷载（结构自重、预应力）、风荷载、雪荷载和温度作用。

（1）预应力。按照我国现行标准《光伏柔性支架设计与安装技术导则》（T/CPIA 0047—2022）实施，预应力钢绞线使用标准中推荐的低松弛预应力钢绞线。在特定的初始预应力（如 $0.6 f_{ptk}$ ）下，钢绞线的松弛率应小于 1%。

（2）风荷载。在项目相关环境参数下，光伏阵列所受风荷载为 0.41。

（3）雪荷载。在项目相关环境参数下，光伏阵列所受雪荷载为 0.208。

（4）温度作用。根据《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012），作用在结构或构件上的温度作用应采用其温度的变化来表示。

2.3.2 柔性索支架模型

柔性索支架以 15.2mm 无黏结预应力热镀锌钢绞线为承载光伏组件的柔性索；以高 9 m 的钢结构为支架，包括立柱、横梁、斜拉梁，立柱与基础连接，横梁用于安装柔性索，斜拉梁用于加强横梁和立柱的稳定性；支架采用 Q235B 钢材材料制作，截面为 $\text{H}500 \times 500 \times 50 \times 50$ 的型钢。

2.3.3 不同设计载荷工况下柔性支架响应分析

柔性光伏支架适用的相关专业规范并没有明确规定柔性索受力变形的设计容许值，综合考虑安全性、耐久性以及经济性，选择 2.0 作为柔性光伏支架柔性索的抗拉设计分项系数，选择跨度的 1/15 作为变形挠度容许值，本设计中所用柔性索抗拉设计容许值为 130.2kN。柔性支架直接利用柔性索承载光伏组件，柔性索位移和索端所受拉力最大值应在设计过程中加以控制和监测^[4]。柔性索跨中位移最大，各载荷工况下柔性索跨中位移如图 1 所示，各载荷工况下柔性索索端最大拉力如图 2 所示。

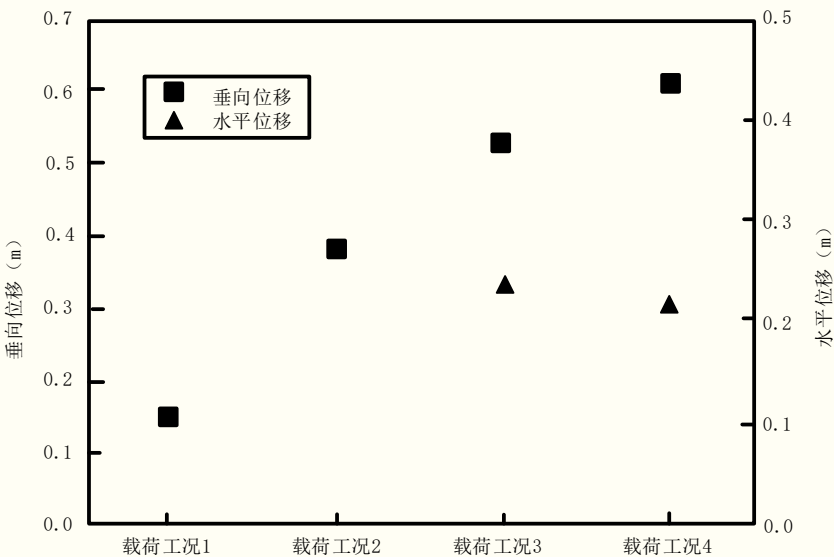


图 1 各载荷工况下柔性索跨中位移

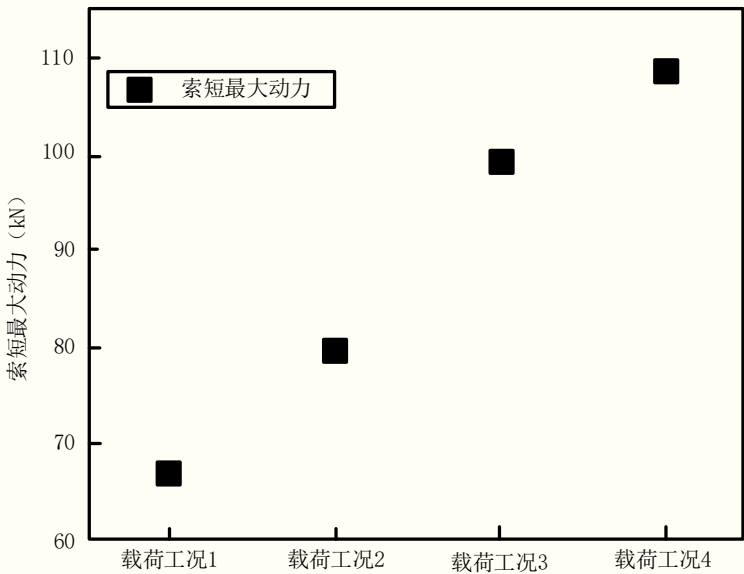


图 2 各载荷工况下柔性索索端最大拉力

由图 1 和图 2 可知，各载荷工况下柔性索跨中位移和索端最大拉力

均随设计载荷增加而呈现出不同程度增大的趋势。对比载荷工况 1 和载荷工况 2，雪荷载对柔性索具有一定的影响，与载荷工况 1 相比，载荷工况 2 的垂向位移增大 153.3%，索端最大拉力增加 19.4%。对比载荷工况 1 和载荷工况 3，风荷载作用下柔性索同时出现垂向位移和水平位移，与载荷工况 1 相比，载荷工况 3 的垂向位移增大 248.2%，索端最大拉力增加 48.3%。对比载荷工况 2 和载荷工况 4，雪荷载恒定的情况下，风荷载对柔性索跨中位移的影响程度减小，但对索端最大拉力的影响程度增大，与载荷工况 2 相比，载荷工况 4 的垂向位移增大 60.1%，索端最大拉力增加 35.85%。对比载荷工况 3 和载荷工况 4，风荷载恒定的情况下，雪荷载对柔性索位移和索端最大拉力的影响不大，但能减小柔性索水平位移，与载荷工况 3 相比，载荷工况 4 的垂向位移增大 16.5%，水平位移减小 8.6%，索端最大拉力增加 9.4%。与雪荷载相比，风荷载对结构产生的影响要大，柔性索跨中较大的位移和索端所受拉力均出现在风荷载起主要控制作用的工况下。在载荷工况 4（极限工况）下，柔性索跨中垂向位移和索端所受拉力最大，最大值分别为 0.6120m、108.542kN，均小于索结构设计容许值，符合设计要求。

2.4 柔性支架结构优化设计

风荷载参与的工况下，柔性索会产生水平位移，且柔性索水平位移随垂向荷载增加而减小^[5]。为保障结构安全性和使用寿命，实际施工中常采用结构设计来减小柔性索水平位移，加大支架的稳定性和承载力。结构设计方案如表 1 所示，对应有有限元模型，其中结构设计方案 c 中防风索与支架连接方式与柔性索一致，采用铰接约束，预应力为 5kN，防风索和柔性索之间以连接件连接，连接件重量可忽略不计。进行载荷工况 4（极限工况）下不同结构设计优化效果的对比验算，可为今后相似工程设计施工提供参考。

表 1 结构设计方案

设计方案	方案内容
设计方案 a	原模型
设计方案 b	索 2 和索 3 之间添加连接件
设计方案 c	防风索连接
设计方案 d	索 1 和索 3 之间悬挂重物

2.5 最终优化方案

基于静态结构设计和动态结构设计的分析计算，可以得出以下结论。（1）风荷载是柔性光伏支架在正常使用过程中的主要环境荷载，柔性索的水平位移只由风荷载产生。（2）在考虑雪荷载（光伏板上存在积雪）后，柔性索的竖向位移会增大，但其水平位移会减小，同时风致动力响应减小。（3）在两行光伏阵列间添加连接件可以起到防风作用。（4）在相同用钢量的情况下，添加防风索比悬挂重物的防风作用效果更明显。（5）在使用添加防风索对柔性光伏支架进行防风优化时，防风索的横截面积越大，效果越好；对防风索施加的预应力越大，效果越好。因此，最终的柔性光伏支架优化方案采用在相邻的两行光伏阵列之间添加连接件，同时添加防风索的方案。

结语

柔性光伏支架具有灵活可调、占地面积小、对场地平整的要求较低等优点，可以在各种地形地貌中得到广泛应用，具有很好的应用前景。但是，对于高柔性索的研发以及对先进施工技术的探索，还需要更多的设计团队和研发力量的加入。对索布置与梁布置支撑的柔性光伏支架结构的应用研究具有重要的现实意义和应用价值，有助于推动光伏支架技术的创新和发展，促进光伏产业的可持续发展。

引用

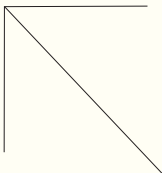
[1] 张明,王晓宁.光伏支架结构的风载响应与优化[J].可再生能源,2019(4):67-73.

[2] 李华.光伏支架结构优化设计研究[J].太阳能学报,2020(2):123-130.

[3] 刘涛,马丽萍.光伏电站支架结构设计及经济性分析[J].建筑科学与工程学报,2021(1):89-96.

[4] 唐俊福,林建平,霍静思.柔性光伏支架结构特性分析及其优化设计[J].华侨大学学报(自然科学版),2019(3):331-337.

[5] 刘孝先.光伏电站设计要点研究[J].广东通信技术,2024(5):55-60.



一种间接按压作用散热器的设计

文 ◆ 锐捷网络股份有限公司 林盛坤

引言

散热器的设计对电子设备研制有着比较大的影响。一方面是由于芯片等器件产生的热量，需要散热器及时带走；另一方面散热器的大小也会影响电子设备的外观尺寸。合理的散热器设计，应在保证基本散热器功能的前提下，实现低成本以及可制造性和可安装性良好。随着电子通信产品单板功能集成的多样化，在有限 PCB 板上布置器件越来越多，因此空间对 PCB 布板越来越重要。通常单板上需要散热的芯片大于一个，当芯片的热功耗较大时，需要的散热器面积也会加大，此时就会出现散热器布置与 PCB 布板空间不足的问题。

电子设备的功能化需求的多样性，使其 PCBA 通常包含多个主功能芯片，主功能芯片往往需要散热器散热。空气冷却是最为常见和可靠的散热方式。空气散热一般分为自然散热和强迫风散热^[1]。齿片状散热器是空气冷却相对常见的散热方式^[2-3]。一般对低功耗或者低功耗密度的芯片可以采用自然散热；对高功耗或者高功耗密度的芯片通常采用强迫风散热。风冷散热最常用的散热器为齿形散热器，其工作的

原理就是将芯片的热量导入散热器，通过在齿之间的流动空气带走热量，从而实现芯片的散热冷却。在常规通信产品中，两个芯片及以上的 PCBA 散热器常见安装形式有 3 种。

(1) 采用多个散热器单独给一个芯片散热。对于芯片热功耗较大，散热器体积较大时，通常需要给这种散热器 4 个角落做螺丝固定，而散热器之间的禁布和螺丝孔会占用比较多的 PCB 空间^[4]。

(2) 采用一个散热器基板，该基板上包含多个与芯片接触的凸台，并在凸台 4 个角落布置螺丝，用于按压散热器，使其与芯片保持接触。这种方法比较常见，但这种方法需要在各个芯片周边布置螺丝，对螺丝孔位置有限制^[5]。

(3) 采用一个固定大散热固定板，再分别单独设置浮动散热器（固定在大散热板上）给芯片散热。这种可以减少螺丝孔数量，但通常结构较为复杂，安装工序较多，成本也相对较高^[6]。

1 提出问题

当设备主板多芯片空间紧凑、热功耗较高，且在某个芯片周边不宜布置过多螺丝孔位时，直接采用 3 种常见形式的散热器会引发各种不同的不利情况。因此，首先应解决多芯片的散热器占用较多空间的问题，其次应解决散热器安装步骤繁琐的问题，最后应解决结构复杂、散热器成本较高等问题。

2 设计方案

以双芯片 PCBA，左侧芯片左侧不宜布置螺丝产品设计场景为例，散热器设计方案如下。散热器由型材本体（包含与芯片接触的凸台）、螺丝、弹簧、平垫圈、挡圈和绝缘片等组成。散热器组件构建示意图如图 1 所示。

散热器凸台和芯片之间，可通过导热垫保证有效的传热接触，同时采用不同厚度导热垫，可吸收芯片之间的高度差异。散热器通过右侧的弹簧 2 的反向作用，使左侧芯片能够与散热器接触，散热器组件弹簧作用位置图如图 2 所示，散热器组件螺丝及弹簧剖面图如图 3 所示。

散热器组件上两种不同方向的作用力，一种是向下压力，其组成部

【作者简介】林盛坤（1989—），男，福建莆田人，硕士研究生，中级机械工程师，研究方向：电子产品结构设计、热设计。

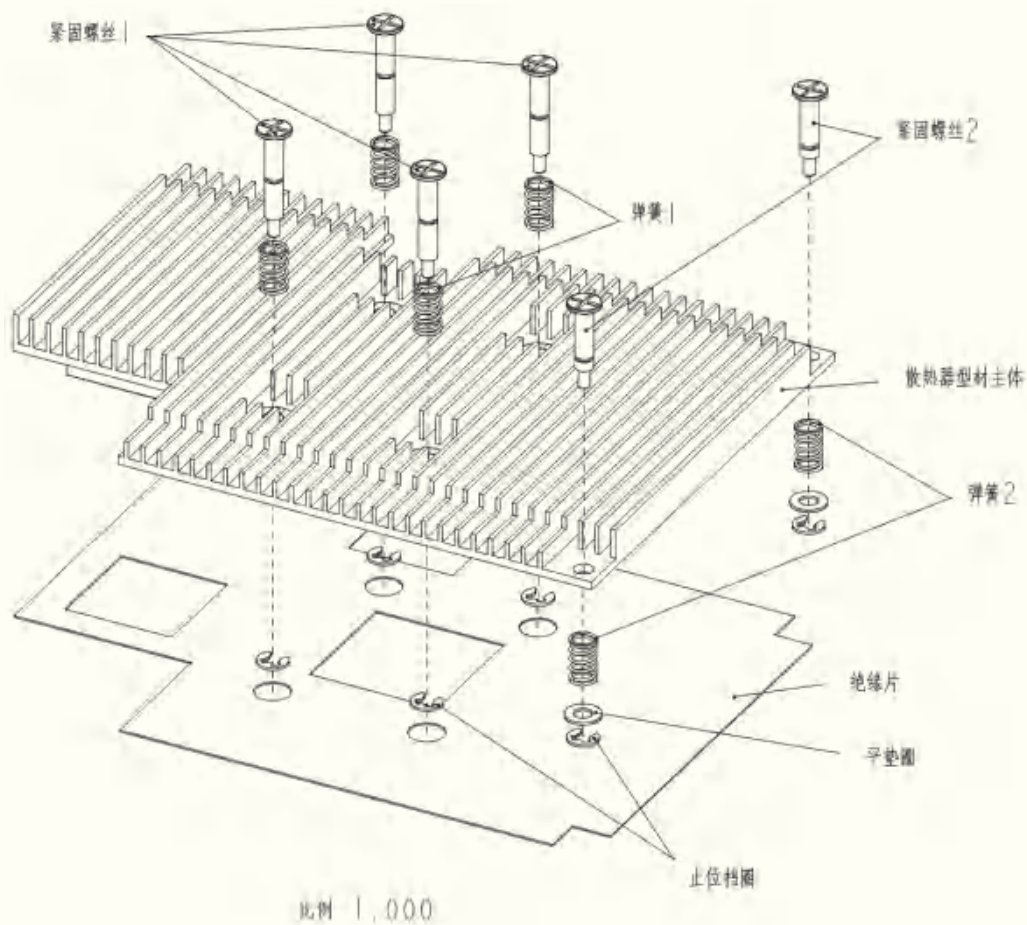


图 1 散热器组件构建示意图

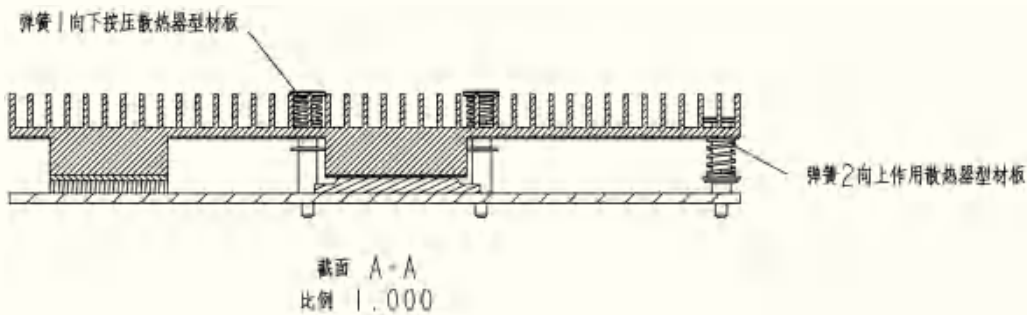


图 2 散热器组件弹簧作用位置图

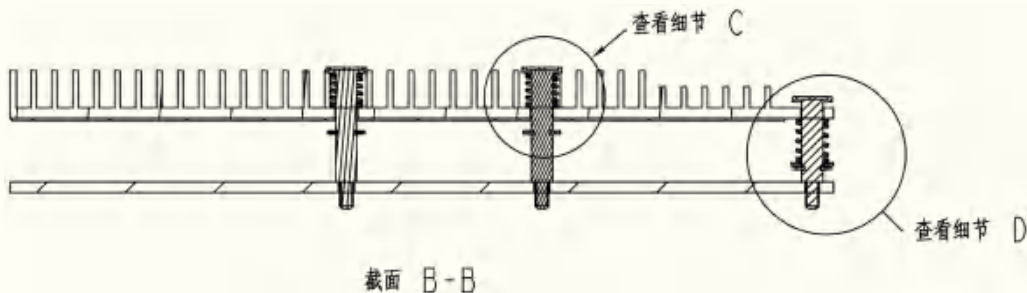


图 3 散热器组件螺丝及弹簧剖面图

分有螺丝 1、弹簧 1、散热器型材本体、挡圈等。弹簧 1 布置在散热器型材本体上方，螺丝 1 穿过弹簧 1 及散热器型材本体的孔，再用挡圈卡在螺丝 1 的沟槽。可以通过改变弹簧 1 的结构参数，或更改挡圈沟槽位

置来调整向下压力值，向下作用及向上作用的弹簧示意图如图 4（细节 C）所示。

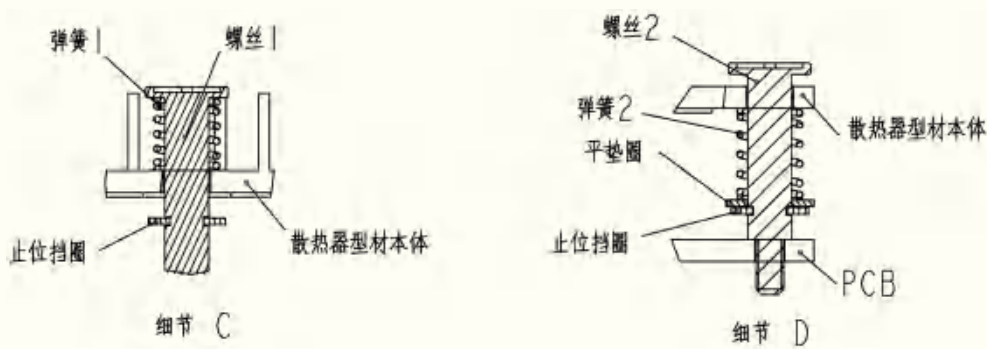


图 4 向下作用及向上作用的弹簧示意图

散热器右侧有一个向上的作用力，其组成部分有螺丝 2、弹簧 2、散热器型材本体、平垫圈、挡圈等。弹簧 2 布置在散热器型材本体下方，螺丝 2 穿过散热器型材本体的孔和弹簧 2，再用平垫片支撑弹簧 2，最后用挡圈卡在螺丝 2 的沟槽。通过改变弹簧 2 的结构参数或更改挡圈沟槽位置来调整向上压力值，向下作用及向上作用的弹簧示意图如图 4（细节 D）所示。

芯片所受到的力可以通过简化受力模型，散热器组件受力示意图如图 5 所示，根据设计的已知条件，通过简化系统，建立受力模型，可计算出力值，即 $F_3=F_2*(S_2/S_1)$ ， $F_1=F_4+F_5-F_2-F_3$ 。通过设置不同的弹簧力值（ F_4 、 F_5 、 F_2 ），得出给芯片所需压力值（通常芯片有最大压力值）。

（1） F_1 。芯片 1 对散热器作用力。

（2） F_2 。右侧弹簧对散热器作用力。

（3） F_3 。芯片 2 对散热器作用力。

（4） F_4 、 F_5 。芯片 1 两侧弹簧对散热器作用力。

（5） S_1 。芯片 2 中心至芯片 1 中心。

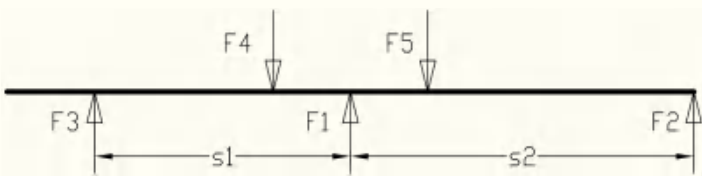


图 5 散热器组件受力示意图

（6） S_2 。芯片 1 中心至右侧弹簧距离。

结语

本文介绍的散热器方案，通过更换作用力的位置和方向，间接产生一个等效作用力，保证散热器与芯片有效搭接。间接作用力方案可节省散热区域空间，缓解 PCB 布板空间不足。该设计方案可以应用到多芯片的设计场景，不同芯片位置也同样适用。弹簧作用力可用其他弹性体代替；挡圈和螺丝可用其他形式呈现。

引用

[1] Lee S.Optimum Design and Selection of Heat Sinks[J].IEEE Transactions on Components Packaging & Manufacturing Technology Part A,1995,18(4):812-817.

[2] Shaalan M R,Saleh M A,Mesalhy O ,et al.Thermo/Fluid Performance of a Shielded Heat Sink[J].International Journal of Thermal Sciences, 2012,60(none):171-181.

[3] Diani A,Mancin S,Zilio C,et al.An Assessment on Air Forced Convection on Extended Surfaces: Experimental Results and Numerical Modeling[J]. International Journal of Thermal Sciences,2013,67(5):120-134.

[4] 陈康,张健能,姜田子,等.散热器螺钉安装结构.CN202221625564.0.[P].[2024-08-13].

[5] 张俊,王永生,曹璐.散热器及散热系统 And radiator cooling system.[P].2017 [2024-08-13].

[6] 高磊,曹水春.一种多芯片式浮动散热装置:CN201620197240.X[P].CN205611131U[2024-08-13].

基于 Faster R-CNN 的视频车辆识别方法研究

文 ◆ 厦门海洋职业技术学院信息工程学院 林新颖

引言

近年来,随着技术的不断发展,人工智能、机器学习和模式识别等方法被广泛应用于目标检测与识别,对图像和视频中的关键信息进行精确提取与分析。本实验基于 Faster R-CNN,拟对视频中的车辆进行识别检测,以公开数据集作为样本,应用卷积神经网络对样本进行训练,提高训练模型的检测能力,对比复杂程度不同的网络结构,检验模型的准确率。本实验的研究结果将为智能交通系统的车辆识别研究提供建议,促进道路交通管控、安全监测等领域的发展。

1 研究背景

随着社会经济的不断发展,汽车保有量不断提高,许多大城市都面临着交通堵塞和车祸频发等问题,这些问题在全球范围内越来越普遍。在此背景下,智能交通系统的研究与实现已经成为国际上的热门课题。智能交通系统将多种智能化技术融入交通管理中,利用如摄像头、电感式传感器、雷达式车载计数器等设备,帮助用户在道路运输网中获得有效信息,提升道路品质。智能交通系统的应用包括车载系统,在汽车上安装摄像机,对道路边缘、车辆四周、交通信号以及附近障碍物等进行检测,再利用搜集的信息,通过系统协助司机选用智能路径,以节约时间,提升通行效率。另外,一个重要的应用是路面监测,将摄像机放置在路旁,从多个角度对车辆进行拍摄,在该应用中,监测到的视频数据可以用来进行路况分析。

研究高效的车辆检测技术、提高道路车辆的识别速度和准确度是实现智慧交通、缓解路网拥堵、改善城市交通管理、提高路网运行效率以及节约投资等的重要途径。由于道路检测可以获得很多路况和车辆的相关数据,有很多新的检测方法被提出,如车牌识别技术和车辆检测与跟踪技术。在众多研究方法中,卷积神经网络(CNN)技术在图像和视频识别中取得了重大发展,为基于视频的车辆检测开辟了新途径。本文以卷积神经网络为基础,采用已有公开数据集训练模型生成模型,探讨提高检测准确率的方法。

2 深度学习在车辆检测中的应用

深度学习能够有效处理复杂的非线性关系,在特征抽取与泛化等方面表现出优于传统机器学习算法的优势。基于深度学习技术的道路标识识别、车辆检测与分类等领域具有广阔的应用前景。

2.1 Faster R-CNN

卷积神经网络是一类具有较强的特征表示能力和模式识别能力的层次化神经网络模型,CNN通过在数据中自动学习多层次的特征表示以获取数据的高层次抽象特征,与人工设计的特征进行对比,这些学习到的特征往往具有更强的判别力和泛化能力^[1]。

Faster R-CNN^[2]基于 RCNN 系列模式对其进行了改进,该模型首次提出了区域建议网络(RPN),RPN 的引入显著提高了检测框的生成速度,其核心优势在于其直接利用 RPN 生成 Anchor 锚点框,对候选框进行目标判断,再送入 RCNN 网络进行检测与分类。

首先,Faster R-CNN 将输入的图像按比例缩小,并将其输入特征提取器,获得对应的特征图表示。其次,利用 RPN 生成一组候选框,将检测后的 RPN 候选

【作者简介】林新颖(1991—),女,福建莆田人,硕士,助理实验师,研究方向:大数据、物联网。

框与特征映射导入 Pooling 层, 获得大小不变的特征矢量。最后, 对各特征矢量进行类别划分, 并对各特征矢量进行定位细化, 得到最终的检测结果。该方法可以有效完成对物体的探测, 并能在多种情况下获得较好的效果。

2.2 OpenCV 与 wxPython

OpenCV 是开源的计算机视觉库, 通过其编辑的软件可以运行在不同的操作系统上, 同时该平台还提供多种语言接口, 使用面较广^[3]。在对相机拍摄到的照片进行处理后, 可以通过接口对图片中的物体进行检测, 并将检测结果输出。wxPython 是一个跨平台的 GUI 工具包, 支持自定义用户界面, 满足个性化需求, 同时提供了多语言支持, 包括 Python、C++ 和 Perl 等。在本实验中, 利用 wxPython 设计界面来显示读取的视频以及模型检测结果。

3 实验与结果分析

3.1 模型选择

本次实验选择了 Faster R-CNN 中的两种不同复杂程度的神经网络进行对比, 第一种是 ZF-net 网络结构, 其是一种改进的 Faster R-CNN 模型, 且较为简单, 包含数量较少的卷积核。另外一种网络为 VGG 网络, 采用更多的卷积层 (通常为 16 层或者 19 层), 同时在卷积层后加入最大池化层 (Max Pooling Layer), 拓展性较强。VGG16 网络的每一层包含的参数数目很多, 所以会使训练时间较长, 对小样本进行训练时会出现过拟合的情况。

3.2 数据集准备

本次训练数据集用到了 PASCAL VOC (Visual Object Classes)^[4] 公开数据集以及 BIT 数据集。本

实验的测试视频来源于相机采集的真实路段的车辆通行视频。VOC 2007 和 VOC 2012 两个数据集是 PASCAL VOC 挑战赛中的重要数据集, 由 Flickr 照片共享网站上收集的图像组成, 这些照片带有标签或者注释, 为计算机视觉领域的研究提供了重要的数据集和评估方法。研究人员针对特定的研究需求和目的, 选取合适的数据集和方法进行训练和测试。VOC 2007 给出了带有标记的测试集, 数据集中的照片在车辆大小、车辆停放的方向、位置、亮度等方面都各不相同。VOC 2007 数据集由 20 个对象类和总共 9963 幅图像组成, 其中训练集和验证集 5011 张, 测试集 4952 张, 包括 24640 个带注释的对象, 同一张图像中存在多个类别和多个标注。

VOC 2007 数据集中包含注释、图像集和 JPEG 图像 3 个不同的文件夹。注释文件夹包含图像中对象位置的文件, 以 XML 文件形式保存数据集的注释信息。JPEG 图像文件夹包含用于训练的照片。VOC 2012 数据集是 VOC 2007 数据集的扩展, 该数据集有 11540 张图像, 其中囊括了 27450 个带注释的对象。

BIT 车辆数据集中有 9850 张车辆图片。这些图片是由摄像机在不同时刻、不同位置拍摄而来, 每一张照片中的物体位置事先标注清楚, 并保存在扩展名为 .mat 的 Matlab 数据文件。该数据集中有六类车辆, 与 VOC 数据集不同, BIT 车辆数据集使用 .mat 文件存储注释。

3.3 实验环境配置与模型训练

本实验在 Ubuntu 平台上运行, 系统内存是 32GB, 应用一台服务器来完成模型训练, 服务器 CPU 为 Intel(R) Core(TM) i7-5930K, 内存为 12GB, 硬盘容量大小是 512G+2TB。

本次在模型训练时采用四步交替训练算法 (4-step training algorithm), 每次迭代更新权重值遵守 Stochastic gradient descent (随机梯度下降) 的原则, 训练时使用交叉熵 LOSS 函数来评价每次迭代后分类器的准确度。利用 IOU (Intersection over Union) 评估候选区与真实对象的重叠程度。如果一个候选区的 IOU 小于或等于 0.7, 则将该候选区进行标记, 表示包含目标对象。Faster R-CNN 的 LOSS 函数可表达式 (1)。

$$L(\{p_i\}, \{t_i\}) = \frac{1}{N_{cls}} \sum_i L_{cls}(p_i, p_i^*) + \lambda \frac{1}{N_{reg}} \sum_i p_i^* L_{reg}(t_i, t_i^*) \quad (1)$$

式 (1) 中, p_i 表示 Anchor 检测到目标的概率, L_{cls} 为分类对数损失函数, L_{reg} 作为一种回归损失函数, 该方法测量了预测框和实际框的差异值, 分类损失函数与边界框回归损失函数的平衡系数取值为 λ ^[5]。本次实验中, λ 值设为 10。

4 实验结果

本次实验主要从模型复杂程度、图像输入大小方面对比了 Faster R-CNN 对车辆目标的检测能力以及检测时间。在检测识别能力方面, 使用所有类别 AP (Average Precision) 的平均值作为标准来评估, 也表示为 MAP (Mean Average Precision)。在对目标进行检测时, 模型会为每个检测到的对象生成一个置信得分以及目标预测框。然后, 将这些预测框与真实的边界框进行比较, 计算每个类别的精度和返回率, 最后计算 AP 值, 并对所有的 AP 进行平均后得到 MAP。Precision 体现的是模

型对车辆目标检测的准确性， TP （True Positive）是指实际对象是车辆，且被模型正确识别为车辆的情况。 FP （False Positive）的情况指的是一个非车辆的目标，通过模型将其识别为车辆。 FN （False Negative）的情况指的是真实的对象不是车辆，并且被该模型识别为非车辆，具体公式如式（2）~（4）。

$$\text{Precision} = \frac{Tp}{Tp + Fp} \tag{2}$$

$$\text{Recall} = \frac{Tp}{Tp + Fn} \tag{3}$$

$$\text{MAP} = \int_0^1 P(r)dr \tag{4}$$

在 Faster R-CNN 的模型中，用 VOC 测试数据集训练后对两个网络架构模型进行测试，得出 VGG16 网络架构的检测准确率为 80%，ZF 网络架构的准确率为 67%，VGG16 的表现相对较好，但需要消耗更多的时间来完成。本次实验后续应用 VGG16 来进行模型训练，最后选取了一段某城市道路车辆行驶的视频，视频中的物体主要是车辆、树、路灯以及建筑等，测试检测耗时对比如表 1 所示。

表 1 测试检测耗时对比

模型	输入图像最大尺寸 (pixel)	网络架构	耗时
Faster R-CNN	450	ZF-NET	0.06s
		VGG16	0.12s
	600	ZF-NET	0.07s
		VGG16	0.15s

识别检测结果除了车辆、建筑物、树木等对象，道路上行驶的车辆基本能被正确识别。同时，针对不同输入数据的分辨率分别计算了识别准确率，本实验分别测试了 450 和 600 两种输入图像最大尺寸，得出检测准确率分别为 62% 和 69%。根据实验结果，输入图像尺寸越大，模型的识别准确率就越高。如果输入图像的尺寸较小，检测模型的处理时间会减少，但是准确率相对更低一些。实验结果显示视频拍摄的角度会影响检测结果的准确性，从车辆正面顶部的角度拍摄的视频可以较好地识别出车辆，当测试样本的拍摄角度与训练样本集合存在差异时，其识别精度将受到影响。应用 VOC 数据集训练的模型，在远距离拍摄的视频也能够较准确地识别出车辆，而使用 BIT 数据集训练的模型，由于训练数据集都是从正上方对车辆进行拍摄，所以在测试时准确率相对较低。

结语

本文针对 ZF 网络结构和 VGG16 网络结构进行对比，并提出了一种基于 Faster R-CNN 的视频车辆识别方法，探讨影响车辆检测识别的因素。道路拥堵、违章停车以及交通事故等现象频发，需要花费更多人力

物力解决这些问题。在对交通流量进行统计分析，尤其是对精度要求较高、对车辆检测要求较高的情况下，深度学习算法有着更好的应用前景。■

引用

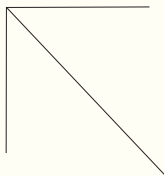
[1] 贺宏博.基于深度学习的自动驾驶车辆目标检测与跟踪技术研究[J].专用汽车,2024(7):61-65.

[2] REN S Q,HE K M,GIRSHICK R,et al.Faster R-CNN:Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2017,39(6):1137-1149.

[3] 李全全.Python OpenCv在智慧党建人脸识别中的应用[J].中国有线电视,2020(2):167-171.

[4] Everingham M,Eslami A M S, Gool L,et al.The Pascal Visual Object Classes Challenge:A Retrospective[J].International Journal of Computer Vision,2015, 111(1):98-136.

[5] 叶兆元,张亮智,梁海泓,等.基于深度学习的视野内状况检测方法研究[J].专用汽车,2024(6):123-125.



高校财务内控中财务信息化管理的运用

文 ◆ 河北师范大学附属民族学院 袁 昆
河北省地震局 何智鹏

引言

在高等教育迈向高质量发展的时代背景下，高校财务内控作为保障教育资源合理配置、促进教育公平与效率的关键环节，其重要性不言而喻。然而，随着教育经费来源的多元化、教育项目的复杂化以及外部监管环境的日益严格，高校财务内控面临着前所未有的挑战。传统的手工记账、纸质审批等财务管理方式不仅效率低下，且难以有效应对财务风险，迫切需要引入先进的信息化管理手段。财务信息化管理以其高效、透明、可追溯的特点，成为提升高校财务内控效能、促进财务管理现代化的重要途径。基于此，本文研究了高校财务内控中财务信息化管理的运用，旨在促进财务管理水平持续适应新时代高等教育的发展要求。

1 财务信息化管理

财务信息化管理不仅是信息技术在财务工作中的简单应用，还是通过将云计算、大数据、人工智能等前沿技术与高校财务、会计流程深度融合，构建一个高度集成、智能决策、灵活高效的财务管理体系^[1]。这一体系能够

实现对财务数据的全面采集、实时处理、智能分析和前瞻预测，为高校的战略规划、资源配置、风险防控提供强有力的数据支撑和决策支持。财务信息化管理打破了传统财务信息的壁垒，通过构建统一的信息平台，实现财务数据跨部门、跨层级的实时共享与查询，增强了内外部监督的有效性，提升了财务管理的公开性和透明度。依托大数据分析技术，深入挖掘财务数据，揭示财务运行规律，预测资金流动趋势，为高校精准制定预算、合理分配资源提供科学依据，实现资源的最大化利用和效益的最优化。集成智能预警系统，对财务数据进行实时监控和异常检测，及时发现并预警潜在的财务风险，结合人工智能技术提供风险应对建议，有效降低人为错误和舞弊风险，提升财务管理的稳健性和安全性。

2 高校财务内控中财务信息化管理的具体运用

2.1 责任分配与监督执行

在高校财务内控体系中，财务信息化管理的引入不仅是对传统财务管理模式的革新，还是对责任分配与监督执行机制的深度重塑。其核心在于利用现代信息技术，如大数据、云计算、人工智能等，实现财务流程的自动化、透明化和智能化，从而确保责任明确、监督有力，有效防范财务风险，提升管理效率。借助财务信息化系统，根据高校财务部门的实际业务需求，定制各科室和岗位的职责说明书，明确每个岗位的权限范围、工作任务以及预期成果，避免职责重叠或空白，促进人员的专业化和精细化管理。随着高校财务工作的不断发展和外部环境的变化，财务信息化系统应支持责任的动态调整。通过系统内的权限管理模块，灵活调整岗位权限，确保责任分配始终与高校财务管理需求相匹配。利用财务信息化系统的实时监控功能，对财务工作流程中的关键环节进行全天候、无死角监控。通过设置预警阈值，当某项财务指标或业务操作偏离正常范围时，系统自动发出预警信号，提醒相关人员及时采取措施，防范风险。

2.2 优化财务审计流程

在高校财务内控体系中，财务审计作为监督与保障财务活动合规性、有效性的关键环节，其流程优化对于提升整体财务管理效率与质量

【作者简介】袁昆（1987—），男，河北邯郸人，本科，会计师（专技9级），研究方向：高校内部控制。

至关重要。财务信息化管理通过深度融合信息技术与财务管理实践，为财务审计流程的优化提供了强大的技术支持与数据驱动能力。信息化管理系统能够自动从各业务系统中抓取财务数据，包括收入、支出、资产、负债等多维度信息，避免传统手工录入带来的数据错误与遗漏问题。借助大数据处理技术，系统能够对这些海量数据进行快速清洗、整合与分析，形成直观的财务报表与分析报告，为审计人员提供全面、准确的审计依据。例如，某高校引入了一套集成化的财务管理信息系统，该系统能够自动对接教务系统、科研系统、后勤系统等，实现财务数据的实时同步。在定期审计前，审计人员只需在系统内设置审计期间与审计范围，系统便能自动生成该期间的财务报表、科目余额表、现金流量表等关键审计资料，极大节省了数据收集与整理的时间与人力成本。此外，信息化背景下，智能审计工具如审计机器人、自动化审计软件等逐渐应用于高校财务审计领域，更有助于财务内控流程的优化。这些工具能够辅助审计人员完成重复性高、劳动强度大的审计工作，如凭证核对、账目审查等，从而释放审计人员的精力，使其能够更专注于复杂问题的分析与判断。同时，智能审计工具还能通过算法优化与数据分析，发现传统审计手段难以察觉的隐藏风险。

2.3 提升财务管理质效

传统的财务管理流程往往繁琐且低效，依赖大量的人工操作和纸质文档流转。财务信息化管理通过引入电子业务审批系统、自动化账务处理等工具，实现了报销、审批、记账等流程的线上化、自动化，简化了流程步骤，减少了人为干预，从而提高了处理速度和准确性。不仅如此，高校内部各部门间容易出现信息孤岛现象，导致财务数据与业务数据割裂，难以形成全面、准确的财务分析报告。财务信息化管理通过建立跨部门的信息共享平台，打破信息壁垒，实现财务数据与教务、科研、后勤等业务数据的无缝对接和实时共享，有助于提升数据的完整性和一致性，为管理层提供更加全面、深入的决策支持信息。此外，高校财务内控面临诸多风险，如财务风险、合规风险等。财务信息化管理通过集成智能预警系统，对财务数据进行实时监控和异常检测，及时发现并预警潜在风险点。结合大数据分析技术，对风险进行量化评估，为管理层提供风险应对策略和建议，增强财务管理的稳健性和安全性。例如，某高校实施财务信息化管理，引入了先进的电子报销系统，教职工可通过系统提交报销申请，并附上电子发票等证明材料。系统自动进行初步审核，减少了人工审核的工作量。同时，审批流程也实现了线上化，各级审批人员可通过手机或电脑随时随地进行审批，大幅提高了报销处理效率。据统计，实施无现金化报销后，该校报销周期缩短了 50% 以上。

2.4 实施档案管理电子化

电子化档案管理能够打破时间与空间的限制，实现财务数据的即时共享与远程访问，极大地提升了档案管理的便捷性与效率^[2]。电子化档案管理通过严格的权限设置与访问控制，确保只有授权人员才能访问相关财务资料，有效防止了信息泄露与篡改，增强了财务内控的严密性。在电子化档案管理中，数据安全与备份是不可或缺的一环。采用先进的加密技术与多重备份策略，确保财务数据的完整性与安全性，即使面对

自然灾害或人为失误也能迅速恢复数据，保障财务管理的连续性。例如，某高校在财务信息化管理的框架下，引入了一套先进的电子化档案管理系统。该系统支持多种格式的电子文档上传与存储，包括扫描后的会计原始凭证、电子发票、财务报表等。通过 OCR 技术，系统还能自动识别并提取文档中的关键信息，如日期、金额、摘要等，便于后续检索与分析。为确保电子档案的安全性，该高校在系统中实施了严格的权限管理制度。根据岗位职责与业务需求，为不同用户分配不同的访问权限，确保每位用户只能访问其工作范围内的财务资料。系统还记录了用户的每一次访问行为，以便进行审计与追溯。为防止数据泄露与丢失，该高校采用了先进的加密技术对电子档案进行加密处理。所有上传至系统的文档在存储前都会经过加密处理，只有持有相应解密密钥的用户才能查看原文。此外，该高校还制定了完善的数据备份策略，包括定期自动备份、异地备份等，确保在任何情况下都能迅速恢复数据。

3 财务信息化管理在高校财务内控中的创新实践

3.1 智能分析决策支持

在高校财务内控体系中，智能分析决策支持作为财务信息化管理的创新实践，其核心价值在于将大数据、人工智能等前沿技术深度融合于财务管理流程中，实现对财务数据的深度挖掘与智能化分析，从而为高校管理层提供更加精准、科学的决策依据。传统的高校财务管理往往依赖于经验判断和历史数据，难以全面、

准确地反映当前财务状况和未来趋势。智能分析决策支持通过大数据分析,揭示数据背后的规律和趋势,帮助管理层把握财务状况的全貌,从而做出更加合理、前瞻的决策^[3]。例如,某高校在财务信息化管理中,积极探索智能分析决策支持系统的应用,建立了智能化财务数据中心,集成了全校范围内的财务数据资源,实现了数据的集中存储、统一管理和实时共享。该中心运用大数据技术,对海量财务数据进行清洗、整合和挖掘,为智能分析决策提供了坚实的数据基础。基于智能化财务数据中心,该校开发了财务智能分析平台,集成了多种数据分析工具和算法模型,支持对财务数据的多维度、深层次分析。通过该平台,管理层可以轻松获取各类财务报表、趋势分析、绩效评价等结果,为决策提供有力支持。尤其利用财务智能分析平台,构建了精细化的财务绩效评价体系,涵盖预算管理、收入管理、支出管理等多个方面,通过设定科学合理的评价指标和权重,对各项财务活动进行量化评估。且平台还可以提供绩效对比、趋势分析等功能,帮助管理层发现问题、优化管理。

3.2 移动形式财务管理

数字化时代背景下,移动财务管理通过集成移动互联网技术、云计算与大数据分析能力,打破了传统财务管理在时间与空间上的限制,使财务信息的获取、处理和决策支持更加高效、便捷^[4]。例如,某知名高校为进一步提升财务管理效率与服务质量,学校财务部门联合信息技术中心,通过问卷调查、座谈会等形式,广泛收集师生对财务服务的意见

与建议,明确移动财务管理的核心需求,包括财务信息查询、费用报销、预算审批、学费缴纳等高频业务场景。基于需求分析结果,设计了一套集用户友好性、安全性、可扩展性于一体的移动财务管理 App 设计方案。技术实现与功能开发中,采用微服务架构,确保系统的高可用性和易维护性,各功能模块独立部署,便于后续功能迭代与扩展。在登录与关键操作环节引入指纹或面部识别,提升系统安全性,防止未授权访问。开发基于规则的自动化审批流程,结合 AI 算法对审批事项进行预审,提高审批效率,同时保留人工审核通道,确保审批的灵活性与准确性。利用大数据技术,对财务数据进行深度挖掘与分析,为管理层提供决策支持,如预算执行情况分析、资金流向监控等。采用简洁明了的 UI 设计,确保师生能够快速上手,提高操作效率。根据用户行为数据分析,推送个性化财务提醒与服务信息,如报销进度通知、预算余额提醒等。此外,还集成智能客服系统,提供 7×24h 在线咨询服务,解决用户在使用过程中遇到的问题。

3.3 持续性优化与迭代

高校财务信息化管理应具备高度的适应性,能够灵活应对政策调整、市场变化以及内部管理需求的演变^[5]。持续优化与迭代机制正是实现这一目标的关键,通过不断调整系统功能与业务流程,确保财务管理体系始终与高校发展需求相契合。高校应加强与软件开发商的合作与交流,积极引入云计算、大数据、人工智能等先进技术,推动财务管理从自动化向智能化、从单一功能向综合服务平台转变。持续优化与迭代应形成一个闭环管理过程,包括问题发现、需求分析、方案设计、实施部署、效果评估与反馈调整等环节。通过这一过程,不断循环往复,推动财务管理水平的螺旋式上升。

结语

通过责任分配与监督执行等一系列措施的实施,高校财务管理水平实现了质的飞跃。而随着智能分析、大数据、云计算等技术的不断成熟与应用,高校财务信息化管理还将迎来更加广阔的发展空间。高校应紧跟时代步伐,持续探索与创新,将先进的信息技术深度融合于财务管理中,推动高校财务管理向更加智能化、精细化、个性化的方向发展,促使高等教育事业高质量发展。

引用

[1] 曾波.财务信息化管理在高校财务内控中的运用[J].纳税,2024,18(7):76-78.
[2] 林晗,高瞻.高校财务管理信息化建设问题及对策研究[J].辽宁经济职业技术学院.辽宁经济管理干部学院学报,2023(2):29-31.
[3] 陈宁.财务内控视角下高校财务信息化管理的实践问题及对策分析[J].发展改革理论与实践,2023,39(15):178-180.
[4] 张春英.财务信息化管理对高校财务内控的影响[J].中国管理信息化,2023,26(17):67-70.
[5] 张弛.大数据时代高校财务管理信息化系统研究[J].中国乡镇企业会计,2022(10):180-182.

探究基于 Camtasia Studio 软件的视频创作及课程录制技巧*

文 ◆ 克拉玛依职业技术学院 卢自娟 李闰祥

引言

近年来,随着信息技术的飞速发展,教育领域也正经历着深刻的变革。全国高校混合式教学设计创新大赛秉持“以赛促建、以赛促用、以赛促教改”的宗旨,旨在挖掘、培育并展示教师的课程建设和教学设计成果。在此大赛中,参赛教师需要录制不包含个人信息的课程整体设计视频,这一要求对于信息技术专业的教师或许不难,但对于信息技术薄弱的教师而言,却构成了不小的挑战。此外,如何对绿布视频抠图、制作在线开放课程以及在录制电脑操作课程时如何确保视频画面清晰,能有效促进学习并增强课堂可视化效果,都是亟须深入探讨和研究的技术问题。Camtasia Studio(以下简称CS)作为一款录屏软件,界面友好、操作简单、功能强大,大幅降低了教师制作线上视频的技术门槛^[1]。借助这一技术工具,微课在教学中的视听效果有望更贴近教师的期望^[2]。只有熟练掌握这些关键技术,教师们才能在比赛中呈现出高质量的作品,并将这些技术应用于日常教学中,为学生提供更优质、更具吸引力的学习资源,从而真正实现教师教育教学能力的创新与提升。本文介绍了如何采用 Camtasia Studio 软件录制大赛参赛视频,对绿布视频抠图合成在线开放课程视频,解决实训课录制与电脑操作程序课录屏时遇到的屏幕字体小且不清晰的问题,为师生提供有效的解决方法,旨在帮助教师轻松制作微课视频,提升课堂可视化效果。

1 运用 Camtasia Studio 软件录制 PPT 解说词形成视频

“以赛促教”与混合式教学已成为当下教育领域的热门话题。无论是专业教师参加教学技能大赛,还是基础课教师参加所属类型的教学比赛,都对教师的信息化素养提出了更高要求。此类比赛往往要求参赛教师录制整体课程的介绍作为初赛作品,对于许多非信息系教师来说是一大难题。他们往往因缺乏录制经验而四处求助,同时又受到时间紧迫的困扰,因

为课程内容会在上交前的最后时刻还在不断修改。即便是短短几十分钟的视频,背后也需要多次修改和录制。为了帮助这些教师解决难题,以下将详细介绍如何使用CS软件录制出高质量的参赛视频。

1.1 录制屏幕界面及功能介绍

CS 软件是一款功能强大且易于使用的屏幕录制和视频编辑工具。其操作简便,即使是没有专业视频编辑经验的用户也能快速上手。一般购买到的正版软件都已是汉化版本。首先,打开软件界面后,点击“新建项目”,即可进入主界面。其次,点击红色的“录制”按钮,便会弹出如下的录制小窗(见图1)。点击红色按钮,即可开始录制屏幕内容。若需录制特定范围内的视频,可以点击左侧“屏幕1”旁的小三角,选择相应的录制范围。此外,CS 软件还支持录制系统内外声音,并可通过点击左侧第二个按钮实现画中画的功能,不过需要注意的是,其录制的人像效果会不如专业设备出色。

*【基金项目】克拉玛依市科技计划创新环境建设计划(软科学)项目“中高职—应用型本科衔接视角下数学教学资源建设”的阶段性成果(20212022hjrxx0002)

【作者简介】卢自娟(1972—),女,新疆克拉玛依人,硕士,副教授,研究方向:应用数学—图论。

【通讯作者】李闰祥(2002—),男,新疆克拉玛依人,本科,研究方向:软件工程。



图1 屏幕录制小窗

1.2 录制 PPT 课件

许多教师在录制 PPT 课件时，往往直接打开课件并点击录制按钮就开始，结果由于课件中部分内容在解说时要重复录制多遍才能解说清楚，导致录制过程耗时冗长。为避免这种情况，建议先撰写解说词，即根据课件制定详细的讲解计划，并据此编写出课件的脚本。接下来，点击录制按钮，开始全屏录制脚本的逐字稿。在录制过程中，若有错误可重复录制该部分。录制完成后，点录制界面右端的结束按钮返回主界面，再点预览窗口下方的播放按钮，开始核对并编辑录制的内容，对内容进行剪贴、复制、拆分等一系列操作，直至内容核对无误。此时，可将时间轴上的文件右移 5s，准备好 PPT，点击全屏录制，再点击预览窗口下方的播放按钮，然后开始根据音频播放 PPT，从而录制出录制 PPT 与解说词完美结合的视频。录制完成后，点右端的结束按钮，将新录制的视频添加到视频编辑的开始位置，并将新录制视频的声音轨道与原解说词轨道的音轨衔接（见图 2）。仔细核对一遍后，选中包含 PPT 的轨道，点击右键并选择“分开音频和视频”，将音频与视频轨道分离，然后删除音频轨道。最后，点软件右上角的“导出”下拉菜单，

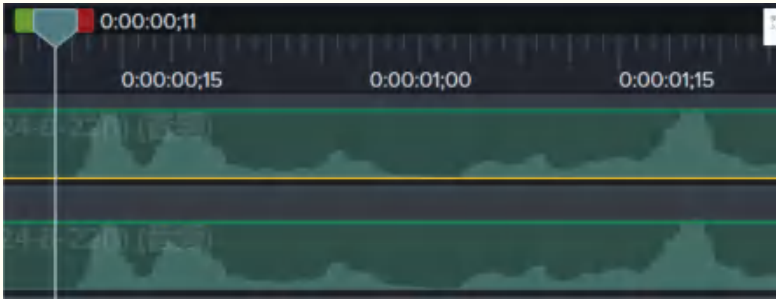


图2 音轨对接

选择“本地文件”，并依次点击“下一页”，直至完成导出设置。在导出过程中，可以为输出文件命名，并通过渲染生成 MP4 格式的视频文件。此外，还可以根据需要在视频开头和结尾添加片头与片尾。

1.3 制作片头与片尾并插入音乐

在 CS 软件中，制作个性化片头与片尾并插入音乐是提升视频质量的关键步骤。CS 软件素材库里可添加片头与片尾，以下是两种制作片头与片尾的方法，并附带音乐插入的指导。

方法一，利用素材库的片头与片尾模板。首先，打开 CS 软件，点击“新建项目”。在软件界面的下拉菜单中，点击“库”，点击“前奏”。双击菜单里的选项，可在视频预览窗口预览效果片头。其次，将轨道指针放置在时间轴的开始位置，选择心仪的片头模板，点右键并选择下拉菜单的第一个，即“添加到位于播放头的时间轴”。在右侧将“Title”和“Subtitle”修改为所需的文字内容。同理，对于片尾，可在“库”菜单中选择“片尾”或“下三分之一”菜单，双击选中的内容，并在右侧编辑框中填写标题与子标题。

方法二，自定义片头与片尾。若教师在制作视频时，希望制作更具课程特色的片头，可在网络上寻找合适的动态素材或自行录制视频。将视频添加在时间轴的初始位置，然后点击下拉菜单的“注释”，选择透明格式将要添加的文字输入并放置在预览窗口上的合适位置，再选择界面下拉菜单中的“行为”，将其拖拽到需要应用动画效果的媒体上，通过预览窗口查看动画效果。片尾的制作同样遵循此方法。

关于音乐插入，CS 软件素材库虽然提供了一些音乐曲目，但无法满足所有需求。此时，教师可利用此软件的录制功能，录制一段所需的媒体播放的音乐，最好是电脑网络播放的系统音。对于录制的视频，通过“导入媒体”，将其添加到时间轴相应的位置上，再分开音频与视频

轨道，删除不需要的视频部分，仅保留音频。最后，进行视频合成即可。若需要录制外界声音，则需要用专门的设备录制，这会增加制作视频的难度。

2 运用 Camtasia Studio 软件进行抠图视频制作

在制作在线开放课程时，为了提高学生的关注度，往往要求有教师或讲解者出境。运用 CS 软件，可以轻松制作绿幕抠图视频，实现这一需求。

2.1 抠图的基本操作指南

打开 CS 软件的主界面，选择菜单中的“视觉效果”，并将“移除颜色”拖动到抠图视频上。此时，右边会出现“移除颜色”的属性菜单，点“颜色”按钮，在下拉菜单中找到吸管工具，使用吸管工具点击视频中要抠除的颜色区域，即可将该颜色吸除，实现抠图效果。此外，还可以对抠图视频进行裁剪，以达到理想的视频效果。

2.2 抠图视频的具体制作步骤

打开 CS 软件，点击左上角的“文件”菜单。在菜单中，将鼠标放在“导入”选项上，然后选择“媒体”。根据拍摄的绿幕视频文件位置，将其导入软件的媒体箱中。右键单击媒体箱中视频文件，在下拉菜单中选择“添加到位于播放头的时间轴”，绿幕视频就会出现在轨道轴上。在轨道轴上，为绿幕视频前留出一些空位，以便后续添加其他内容。将时间轴指针放置到起始位置，然后点“录制”按钮，再点预览窗口下的“播放”按钮就可结合 PPT 进行录制带声音的视频。录制完成后，按“结束”键，录制的视频就会直接存放在媒体箱中。将录制的 PPT 视频选中并拖放到轨道轴上，此时，需要确保绿幕视频位于 PPT 视频上方，以便在播放时显示人像。最后，运用前面介绍的抠图基本操作，即可制作有人出境的微课视频。

3 运用 Camtasia Studio 软件录制各软件操作视频

在讲解如 CAD、MATLAB、SPSS、PS 等软件的操作课程时，教师通常会在实训室进行教学。然而，由于操作步骤繁多，学生往往难以一次性记住所有内容。此时，如果教师能够预先录制好操作视频，学生就可以在学习平台上反复观看，加深理解。但在录制软件操作视频时，一个常见的问题是屏幕上的按钮和字体往往显得过小且模糊，影响学生的观看效果。因此，如何录制出清晰、字体大小适中的操作视频至关重要，以下以录制 SPSS 软件操作视频为例，介绍具体的录制方法。

在录制 SPSS 软件操作视频时，若直接使用屏录制功能，会发现视频中的字体过小。为了解决这个问题，可以按键盘上的快捷键来放大屏幕内容。具体来说，通过按下键盘上的某个组合键（通常是“Windows”键与“+”键的组合），可以放大屏幕上的内容，从而录制出更清晰的视频。若要变回原界面，只需按相应的缩小快捷键（通常是“Windows”键与“-”键的组合）即可。在录制过程中，在放大与还原间切换，边操作边解说。录制完成后，先剪辑，然后根据剪辑下的视频，通过语音转

文字的方式撰写脚本。然后，选中轨道上剪辑后的视频，点右键“分离音频和视频”，去掉轨道上的音频，再点击 CS 界面中的“旁白”，开始根据脚本和视频内容进行配音录制。录制完成后，点击“停止”并保存音频文件，音频文件会自动添加到轨道上。这就录制好了一个实训软件操作的视频，通过上文步骤就可以渲染成一个 MP4 格式的文件，教师可通过该方法形成所需网页操作的微课录制。

结语

CS 软件渲染速度较快、易于上手，且录制的视频清晰度满足在线开放课程的要求。无论是制作微课视频还是参赛视频，CS 软件都是一个强大的工具^[3]。此外，它还支持制作交互式微课视频^[4-5]。总之，使用 CS 软件进行屏幕录制能够使课堂资源更加丰富，教学方法也更加灵活多样。

引用

- [1] 关丽,赵慧茹.Camtasia Studio 软件在高等教育“金课”打造中的应用[J].卫生职业教育,2021,39(16):81-82.
- [2] 王文霞,周媛.基于 Camtasia Studio 的微课制作技巧[J].西部素质教育,2024,10(5):149-153.
- [3] 陈昭稳,左荣欣.浅论 Camtasia Studio 制作微课及其技巧[J].电子制作,2018(18):44.
- [4] 贾巴尔·赛力克巴依.使用 Camtasia Studio 录屏软件制作微课视频[J].中国教育技术装备,2021(2):37-41.
- [5] 高巍,唐星页.基于 Camtasia 2019 制作互动型微课的研究实践[J].中国现代教育装备,2021(3):30-31.

基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法

文 ◆ 吉林大学 石伟诚

引言

近年来 5G 无线通信系统在我国各地广泛运用，系统的相应运维管理工作也在随之升级。但结合实际调研发现，部分工作人员开展管理时，在系统的信号编码处理管控方面仍存在欠缺。为改变这一现状，本文围绕基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法，开展具体研究。

1 基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法应用价值

1.1 提升 5G 信号传输效率

LSD 编码信号处理算法在实际应用过程中，能够有效优化 5G 无线技术多天线系统的性能。多天线系统中，可以通过多种路径，建模与优化接收机和发射机之间的信道。同时优化多路复用与归入分集等类型的多天线调制技术，系统的信号传输效率与传输可靠性得到大幅优化提升。

1.2 保障 5G 信号传输精准性

5G 无线技术多天线系统中，通过最优的 LSD 编码信号处理算法，能够有效实现信号的高分

集增益。同时，能够实现信号的低检测复杂度与低误码率，提升信号与系统的信噪比性能，充分满足信号的数据处理等传输要求，信号的传输更加精准。

1.3 优化 5G 通信信道

5G 无线技术多天线系统中，包含不同的通信信道，LSD 编码信号处理算法的运用能够进一步优化信道，拓展信号的覆盖范围，支持更高的数据速率^[1]，且延时性较低，充分满足现阶段用户对 5G 通信网络提出的通信便捷、智能、高效等多方面的使用要求^[2]。

2 基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法应用要点

2.1 LSDC 与 STBC 编码设计

基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法中，为了进一步保障 5G 无线系统的使用效果，采用 LSDC 技术，优化设计出最佳的 LSD 编码信号处理算法。

第一，LSDC 技术实际应用过程中，首先利用线性可扩展色散码，科学合理制定线性矩阵调制方案。在此基础上对线性关系与矩阵之间的联系进行分析，针对性设计 LSD 编码，优化 5G 系统的各项性能。其次，LSDC 技术可以进一步细化设计成 O-LSDC。基于提高总体 Tx 端与 Rx 端输入效果的目的，灵活采用初等矩阵运算方法，结合系数映射策略与矩阵归一化技术，优化设计更加先进与新颖的最优线性可扩展色散码即 O-LSDC，之后以此为基础设计 LSD 与编码 5G 无线系统，不仅能够极大程度上提升遍历能力，还能够对系统的误码率和信噪比实行优化处理，同时与其他类型的技术相比，O-LSDC 技术在系统的码字长度与天线配置等方面，也会更加具有实用性。最后，对 LSDC 的映射系数开展线性求解，工作人员预估分析计算所得的最佳系数值，设置多种不同版本的 LSDC 进行评估，以此设计最优的 LSD 编码方法，提高 5G 无线技术多天线系统的信号可达性，降低信号传输时的误差概率，实现通信系统整体性能的优化，实现了可靠的 5G 无线信号与数据信息传输。

第二，在 LSDC 技术的基础上，将 LSDC 看作实现分集目标时在正交

【作者简介】石伟诚（1997—），男，黑龙江哈尔滨人，硕士研究生，助理实验师，研究方向：工业互联网。

空间中实现 STBC 的特殊情况,采用 STBC 编码方法,达成基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法设计目的。首先,在 STBC 编码中,应充分考虑相关的 OSTBC 情况。通常情况下,正交空间中 OSTBC 码如果处于正交区域,则该编码具有良好的分集性。其次,5G 无线技术多天线系统在投入使用时,为了有效提高内部整体的无线信道容量,通常会使用多入多出类型的复杂天线分集技术即 MIMO 技术。最后,使用 STBC 编码时,应充分考虑 MIMO 的情况。例如,基于 MIMO 技术设置矩阵,对不同噪声环境下的 MIMO 信道矩阵开展编码处理。在此过程中采用不同的分组编码方法,并且将各方法分类处理,接收与发送向量参数。

2.2 设置编码模型

5G 无线技术多天线系统中,从正交矩阵的最优空间码矢量设计方法着手,实现最优 LSD 编码信号处理算法。在此基础上,为了提高现有系统基于 LSDC 码的信道传输实现效率,可以设置完善的基于 LSD 码的信道实现模型,通过不同的随机矩阵,实现系统信号调制性能的优化升级。

第一,编码模型设计时,应考虑编码数据的划分情况与编码设备的使用情况。首先,构建模型时,将整体的 LSD 编码数据划分为多个不同类型的数据流,之后使用对应数量的 Tx 天线,将全部的编码数据流同步传输。Rx 天线在接收传输信号与数据时,能够实现多个不同发射信号与发射信号传输时噪声的线性叠加。根据上述情况,利用信道对 LSD 编码信号建模处理,并且为了进一步提高 5G 无线信号系统的误码率,还可以使用归一化类型的信道,构建矩阵与建模处理。其次,在编码设备设施方面,对于信号与噪声之间所形成的线性关系,使用线性判决均衡器类型的编码设备,对 Rx 接收到的信号实行线性滤波处理,处理完成后,信号可以有效适用于 Tx 的缓解符号间干扰与数据恢复用途中。同时,构建 LSD 模型过程中,将线性处理编码器与 O-LSDC 类型的解码器有机结合,之后通过逆矩阵调度的形式,将接收到的全部数据进行解码处理。最后,将数据进行解调处理,获得原始的数据,最终获得良好的数据的误码性能分析处理效果。

第二,基于 5G 无线技术多天线系统的信噪比、分贝等情况,构建多种 LSD 模型,并将各模型比对分析,选取应用效果最佳的模型,实现系统信噪比性能提升的最优解。首先,在第一个模型中,绘制 LSD 编码曲线,之后绘制系统的基本 STBC 性能的 SER,将二者对比分析。在图形与图像绘制过程中,应考虑计算分析的便利性,将具体的迭代次数控制在合理范围内,最终发现图像中,SDC 模型曲线的误码率略高于 STBC 代码的误码率,对 5G 无线系统的信噪比性能造成不利影响,应及时加以调整改善,如将相应的可伸缩系数适当优化。其次,在第二个对比模型中,将上述已经优化处理后的 LSD 编码,与标准正交矩阵 STBC 之间的误差概率,绘制图像比较分析。最后,通过比对,发现优化后的编码各项性能已经获得明显改善,但仍存在误差概率较高的不良现象,应再次做出调整。

2.3 LSD 编码仿真分析

基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法实际应

用过程中,通过设施的通信系统模型,对 5G 无线多天线系统实行仿真处理,结合多种不同的标准正交 LSDC,对多天线系统的信道性能等进行评估。同时,工作人员还应采用标准正态分布形式,将各类 STBC 与 LSDC 码等进行仿真,分析其中存在的误码率。

第一,将 5G 无线技术多天线系统的信噪比与误差概率之间的关系实行仿真模拟分析。例如,基于 LSD 编码信号处理算法,制定科学合理的 O-LSDC 方案,之后结合 LSD 模型,将方案与基本 STBC 代码之间的误差概率、信噪比相互比较,发现方案的误差概率性能显著优于代码中的误差概率性能,从而进一步有力证明了运用 LSD 编码信号处理算法能够有效优化 5G 天线系统的信噪比等性能。

第二,对 5G 无线技术多天线系统标准正态分布下的误码率,开展 LSD 编码仿真比较分析^[3]。此时采用蒙特卡罗仿真模拟计算方法,为了系统化、全面化分析评估蒙特卡罗模拟方法对 5G 无线多天线系统的误码率等方面性能造成的影响,开展不同的实验研究。在实验过程中,设置不同的迭代次数,之后将 5G 的 MIMO 系统误码率按照合适的顺序在图像中依次绘制,最终实验探究表明,蒙特卡罗迭代次数在设置成 1000 ~ 100000 次数的情况下,通过分析评估 5G 多天线系统正态分布时所提出的 O-LSDC 标准码误码率,能够发现系统的误码率情况,并会随着蒙特卡罗迭代次数的持续增加获得改善,从而实现系统中 5G 信号传输误差的改善。

第三,在 LSD 编码信号算法

的仿真分析中，利用生成符号的随机矩阵，将多天线系统 M-PSK 等方面的多相位调制性能仿真分析与优化改善，对多天线系统在不同阶 M-PSK 调制下的结果分析判断。并且在此过程中，应充分考虑该调制性能的载波信号情况，通常情况下 M-PSK 中载波信号的调制可以根据多种相位值判断，相位值数量增加时，载波信号调制时的误差概率会增大。此外，多天线系统的调制性能和误码率性能综合仿真分析，M-PSK 技术也可以和蒙特卡罗仿真模拟技术相结合使用，对不同阶段情况下 M-PSK 调制技术的误码率进行比较分析。最终通过比较能够看出，在 LSD 编码算法的支持下，不同阶段调制技术的误码率出现明显改善，5G 多天线系统信噪比不断提升的情况下，误码率会持续降低。

2.4 采用基于改进 LSD 算法的靶标自动编码

5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法应用期间，为了进一步提升 LSD 算法的应用成效，改善传统的 LSD 直线检测算法应用时出现的派生直线检测与断线等不良问题，优化该算法对相交直线检测存在的缺陷，使用立体组合靶标形式的机器视觉测量技术，改良 LSD 算法。

第一，基于改进 LSD 算法的靶标自动编码中，为了实现合作靶标的快捷与精准编码，将 LSD 直线检测算法的检测区域与检测直线段等情况重新优化梳理。首先，LSD 算法改进时，对于边缘检测工作可以适当增添检测步骤。例如，针对初步构建的直线

候选区域，增添边缘数量的检测步骤仔细分析，计算该区域所包含的全部边缘像素数量，之后根据具体的数量，判断区域内是否存在直线。如果边缘像素数量小于指定数量，表明该区域内不存在直线，应及时将该区域直接剔除处理，有效节省后续的直线判断与矩形估计等流程环节的时间，最终有效促使 LSD 算法的整体检测精确性与检测效率优化提升。其次，检测时优化整改直线候选区域情况。构建该区域时，增添近似区域合并的操作步骤，之后对各区域之间的实际质心间距情况比较分析，之后二者共同包含的相似率较高区域，可以适当合并处理，有效规避同一直线二次检测的情况，提升检测效率，使 LSD 算法在 5G 无线技术多天线系统中的应用更加实用。最后，优化算法中最终检测得到的直线段，同样可以适当采用相似直线合并处理方法，将最终直线段和截距与斜率等参数计算分析，并将相关的阈值科学合理设置，最终高效完成同一直线的断线合并处理。

第二，基于改进 LSD 算法的靶标自动编码中，对算法的图像尺寸与直线区域梯度等情况优化改进。首先，LSD 图像如果呈现较为离散的灰度值序列状态，容易引发锯齿效应，此时直线检测出现多条本质形成同一直线的不良状况，对 5G 无线技术多天线系统的信号编码效果造成不良影响。改进时可采用高斯核滤波处理，实现降采样，将图像的尺度缩放，使图像符合编码设计需求。其中缩放因子与高斯核的标准差应合理设置，使编码图像更加清晰。其次，直线区域中对梯度值排序处理。例如，在直线候选区域中，对于梯度值较高的像素，利用其较强的边缘性特征，从较大梯度值的像素开始，将梯度值逐步递减排序，确保梯度值与像素的顺序合适，使直线候选区域的增长结果科学合理。最后，根据区域中像素灰度值的变化情况，合理设置梯度阈值，避免灰度值的量化问题影响区域构建。

结语

LSD 编码信号处理算法的应用直接影响 5G 无线信号系统的整体使用质量，必须聚焦 5G 信号的传输效率、传输精准性、通信信道等方面基于 5G 无线技术多天线系统的最优 LSD 编码信号处理算法应用价值，采取合适的技术要点，从设置 STBC 编码、构建模型、编码仿真、优化 LSD 算法等方面，探寻 LSD 编码信号处理算法在 5G 无线系统中的应用路径，保障 5G 信号系统安全、稳定运行。

引用

[1] 叶竞成.5G-NR上行控制信道链路仿真及预编码技术[J].数字技术与应用,2024,42(4):51-54.

[2] 高卿,刘琳,吕豪正.5G通信信道的优化与应用[J].中国有线电视,2023(11):27-32.

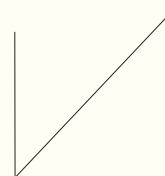
[3] 赵倩,陈杨军.5G无线技术多天线系统中最优LSD编码信号处理算法的设计与实现[J].电子设计工程,2023,31(19):25-29+35.

AI 技术增强网络空间安全防御能力研究

文 ◆ 江西诚韬科技有限公司 王思越 熊儒彬 罗 健 黄 政

引言

随着网络攻击强烈程度不断升级以及信息技术的持续演进，催生了新的安全防护需求，逐渐体现出 AI 技术增强网络空间安全防御能力的必要性。而人工智能战略法规与相关标准的颁布完善，强化了 AI 技术增强网络空间安全防御能力的可行性。因此，应进一步研究拓展 AI 关键技术



1 AI 技术增强网络空间安全防御能力的意义

1.1 必要性

首先，网络攻击的技术水平提高，破坏的强度与规模更大，直接影响个人或组织以及国家的经济损失，带来严重的负面影响。其次，大数据与 AI 等先进数字化技术的应用，提高了网络空间与物理空间的融合度，物理空间深受网络空间攻击的威胁影响，引发了大规模的安全风险蔓延，网络安全形势随之发生改变。再次，信息技术的现代化发展，助力了各行业领域的转型升级。享受信息技术的应用红利，也应承担其带来的安全风险问题，尤其是处于开放性的网络空间，让安全防护需求更加多元化。尤其是 5G 网络技术在通信和智能制造交互等场景的应用，产生了细粒度和可定制等新的安全防护需求。最后，人工智能的发展带来算法歧视与虚假信息泛滥等新的安全风险。面对各种安全防护需求，基于 AI 技术的网络空间安全防御技术或产品应运而生^[1]。

1.2 可行性

首先，AI 技术相关政策就位。AI 技术产业发展势头正猛，尤其是处于全球数字经济时代，各国家与地区不断颁布了 AI 技术发展战略规划，如欧盟委员会发布的《人工智能法案》等，是实现超智能社会发展等战略的重要条件保障。我国颁布的《新一代人工智能发展规划》等政策，让 AI 技术的发展有了资源配置与立法和组织等方面的支撑以及引导，尤其是在人工智能隐私保护和网络安全等方面的技术标准阐述更加明确，为 AI 技术赋能网络安全提供了政策支撑。

其次，AI 技术相关标准明确。我国颁布的《国家新一代人工智能标准体系建设指南》文件，明确阐述了建立人工智能标准体系、打造 AI 产业规范化发展格局的重要性，让国家标准化管理委员会和中国通

信标准化协会等标准组织对 AI 技术和标准化方面的研究力度更大。尤其是中国通信标准化协会对《移动智能终端可信人工智能安全指南》与《可信人工智能人工智能系统风险管理能力要求》等行业标准的研究，为 AI 技术增强网络空间安全防御能力方面提供了更多的标准指导。

1.3 重要性

AI 在网络安全领域的应用功能强大，可驱动网络防护能力指数不断提升，突破安全防线的阶段如下所示。一是检测单点设备方面，AI 技术可数倍提升安全能力。通过安全专家等人工模式分析研判设备产生的海量告警，由于工作效率低和人力资源能力要

【作者简介】王思越（1990—），男，江西南昌人，中级工程师，研究方向：网络安全、应用安全、密码安全。

求高等因素，导致只能研判少量关键告警，大部分的告警被迫放弃，无法发现隐藏的真实威胁，抵御网络攻击的能力随之弱化。而 AI 技术可利用算法与持续训练后的研判能力，弥补人工研判网络安全风险的不足，关键告警的漏报率低，安全防护能力随之强化。二是在体系化防御方面，AI 不仅可突破单点设备，还能够突破防护体系。基于 AI 技术的综合分析 with 全局联动，会带来安全能力的升级。综合各种网络安全设备，使其成为网络安全防御体系的核心。针对各产品间的数据频繁传输与共享和访问等操作引起的网络安全隐患漏报以及误报的问题，AI 技术能够明确在具体的应用场景中具体调节的接口和具体调取的数据，还会根据实际情况进行动态调整，激发各设备的安全防护性能，降低遗漏威胁。三是安全事件被发现后，AI 技术能够隐匿踪迹。AI 在溯源以及反制等方面本身具有自动化的优势，反应速度快，响应能力强，能够快速在出现问题后对问题进行分析 and 解决，同时单设备检测叠加体系在进行体系化防御时，其防御质量相对较高，可以在第一时间清除威胁。但是选择这种防御体系存在一定的漏洞，容易漏掉单个威胁，进而为网络攻击提供机会。当前需要进一步发挥 AI 技术所具有的逻辑推理能力以及自我决策能力，发现安全体系中不同产品在这一阶段进行相互操作的具体步骤，进而提高事件的溯源质量，确保在进行工作处理时自动化处理水平得以提升，缩短在处理时所消耗的时间，进一步提高处理时的响应能力。

2 增强网络空间安全防御能力的 AI 关键技术分析

2.1 人工智能防火墙技术

防火墙技术是计算机网络空间安全防御中常见的技术，但防御效果不尽理想，网络空间潜在的安全问题无法及时发现和解决。基于 AI 技术的防火墙，能够及时辨别和防御计算机网络空间中隐藏的安全风险，确保设备安全。人工智能防火墙技术可综合分析 with 及时处理潜在的网络空间安全问题，快速计算海量信息，精准发现并阻拦携带计算机病毒与恶意代码的程序，智能识别恶意数据流量，拦截不确定进程存在的网络访问行为，不断提高防火墙的网络安全防御水平。人工智能防火墙技术的应用价值突出，有完整的应用功能与高等级的防护能力，如防范恶意数据攻击、黑客攻击、潜在风险、入侵防御、IP 欺骗等场景，解决病毒传播与高级应用入侵问题，带动计算机网络空间安全防御体系的强化。

2.2 人工智能入侵检测技术

作为防火墙背后的第二道安全门，入侵检测技术能够动态并实时检测入侵的网络病毒与潜在的各类安全风险，全方位了解造成的系统破坏情况和影响，并在隐藏安全风险被发现前进行实时控制，确保计算机系统与网络运行安全。入侵检测功能的发挥离不开智能方法的支撑，包括专家系统与神经网络等，收集审计数据与安全日志等途径中的网络行为相关的数据信息后，自动检测侵入内网的意图，判断是否有攻击迹象与安全风险，并向用户发送报警信号。例如，基于 BP 神经网络的入侵检测系统，网络行为数据采集后进入检测单元，将网络行为数据提取的特征值导入利用大量实例训练构建的正常网络行为模型，利用调整数据库进行对比，以此预测和警报未知攻击^[2]。

2.3 垃圾邮件安全防御技术

垃圾邮件是指未经用户同意，向用户发送的大量广告与恶意软件等信息，占据网络资源，骚扰用户的同时，带来网络空间的安全风险隐患，影响电子邮件的正常使用。垃圾邮件过滤技术经历了规则过滤与统计过滤以及深度学习等阶段，规则过滤与统计过滤主要根据频率与关键词过滤，难以确保准确率。机器学习与深度学习可利用数据分析技术，过滤的准确性和效率更高。人工智能垃圾邮件过滤技术解决了传统垃圾邮件过滤技术的不足，该技术有自然语言学习、图像识别、深度学习等技术。其中，自然语言学习技术可理解邮件的内容，深度学习技术可自动提取邮件的特征，图像识别技术可识别邮件中的图片，防止图片中的链接被点击，从而确保过滤成效。实际上，垃圾邮件种类、伪装技术与攻击方式多种多样，是人工智能垃圾邮件过滤技术发展的重要挑战，应不断升级过滤技术。人工智能垃圾邮件过滤技术可通过广泛应用深度学习技术与用户行为分析、多模态信息融合等途径实现未来发展，突出过滤的准确性、个性化和智能化等特点。

2.4 专家系统防御技术

依据网络安全专家的经验与知识构建专家系统，即引入网络作战专家的经验知识，确保其为网络安全防御赋能。在早期的基于专家系统的入侵检测系统^[3]中，这一规则的出现是基于网络攻击以及误用分析领域的专家对此进行进一步的探索，制定并转换检测模块入侵的推理防御机

制,通过检测日志等一系列信息能够在第一时间发现其中所存在的可疑行为。部分检测高压系统本身是基于规则开展的入侵检测系统,是一种相对较为新型的算法,在进行计算的过程中能够针对异常行为进行快速检测。借助统计学方式以及审计日志等途径,在第一时间获取用户的行为统计学,根据用户的实际行为以及状态进行快速分析,了解用户当前使用过程中的使用方式以及具体的行为内容,对用户的正常行为建立相应的描述模型,并利用子系统监控用户的行为,对比用户以往的行为,在发现用户存在行为异常时,第一时间进行处理,如果发现用户存在明显的超出阈值情况,则可以直接将其行为认定为入侵行为。同时,通过AI技术可以建立相应的防御机制,利用形式化模型描述并分析当前网络空间中常见的冲突问题,利用形式化的方式,第一时间对其中存在的信息篡改、信息可信性降低等内容进行描述和分析。AI网络防御机制还能够对各式各样的网络武器、网络攻击、网络冲突等活动进行定义,确保该系统在使用的安全性以及防御质量方面得到进一步提升。

2.5 神经网络安全防御技术

神经网络是一种信息分布储存技术,具有容错能力强、学习能力高的特点,能够在短时间内实现知识的自我组织和自我学习,进而满足各类不同信息的处理优势和处理要求。当前选择神经网络安全防御技术应明确该神经元可以实现独立计算,这种方式的处理效果相对较好,具有较快的执行速度,同时具有软硬件等多种不同的实现方式。选择神经网络的优势特点更为明显。在网络安全领域中能够快速识别分析,以便选用相应的攻击手段。神经网络技术也可以应用在垃圾邮件检测、僵尸检测以及计算机蠕虫检测等多个领域中。目前,神经网络是常见的网络检测决策算法,可以根据网络的实际状态提高检测能力,降低在使用过程中的出错率,并且在获得计算机的行为特质后,利用神经网络技术在第一时间检测出该计算机是否存在蠕虫病毒等现象或者是利用决策树等分类检测技术,实现网络循环和多层感知技术构建神经网络。构建神经网络体系结构在入侵检测领域后,可以在第一时间发现检测方法中存在的不足和薄弱环节,整体检测质量和效率均能够得到提升。

2.6 多 Agent 系统

Agent 系统在网络安全防御中的应用可通过发挥该技术的感知环境等作用感知网络态势,实现入侵检测与防御。通过测量互联网空间的结构与拓扑,可多方面强化网络态势感知能力。例如,Archipelago、DIMES 项目,利用 Agent 进行网络测量,将信息整理为全球互联网地图,提高其在互联网空间的网络感知能力。分布式网络攻击模式的信息检测与防御的难度较大,可通过 FIPA-OS 与多 Agent 网络安全监测系统的整合,在各网络环境中部署 Agent,与其他网络中的 Agent 进行交流,协同判断网络攻击信息,并告知其他网络中 Agent 潜在的威胁。例如,在入侵检测领域将多 Agent 整合神经网络,利用智能代理安全管理者(IASM)监视网络通信数据,通过收集数据与分析数据,实时掌握网络攻击现象。针对网络态势信息海量且不一致、不完整等问题,为降低网络安全事件的检测难度,可在网络入侵检测系统中引入多 Agent 的

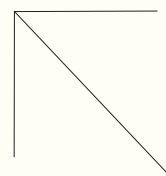
知识表达与知识管理以及行为约束等方法。例如,基于多 Agent 技术的网络入侵防御系统,可有效应对与抵御 DDoS 的攻击;NetSim 是基于 Agent 技术的 UAA 组件,在美国国土安全部组织的 Livewire2003 网络安全演习中应用,当网络服务受到攻击时,UAA 会模仿模拟网络服务的使用者向参演人员发送投诉邮件,网络服务的可用性越低,投诉的频度和语气越强,促使参演人员的沉浸感更强。

结语

专家系统与神经网络等 AI 技术在网络空间安全防御领域的应用越发成熟自如。未来应进一步加大对 AI 技术的开发与研究力度,以更好地满足网络空间安全防御能力提升的需求。^[8]

引用

- [1] 洪梅雪,柏世刚.人工智能在网络安全中的应用[J].网络安全技术与应用,2024(8):115-117.
- [2] 刘恩锴.基于人工智能的网络入侵检测与防御技术研究[J].网络安全技术与应用,2024(8):26-28.
- [3] 郭昕.人工智能技术在大数据网络安全防御中的应用[J].中国信息界,2024(4):158-160.



核电厂工控系统信息安全防御技术

文 ◆ 中核核电运行管理有限公司 吴 枫

引言

核电厂作为能源供应的关键枢纽，其核心燃料蕴含极高放射性，直接接触或泄漏将引发环境灾难，对生态系统和公众健康造成难以估量的巨大危害。因此，保障核电厂安全运行，不仅是技术挑战，还是对社会责任的坚定践行。工业控制系统作为核电厂实现安全、高效运营的关键技术支撑，其稳定性、可靠性和安全性直接影响核电厂的整体效能。随着数字化控制系统和开放软件平台的广泛应用，工业控制系统面临的信息安全威胁日益严峻，亟须构建一套完善的信息安全防护体系，以保障核电厂的安全稳定运行。本文深入剖析核电厂工控系统的安全风险，针对性地提出防护思路与策略，旨在为工控系统的设计与应用提供有力参考，助力核电行业在保障安全的前提下稳健发展。

1 核电行业工业控制系统的发展

核电工业控制系统作为核电厂运行管理的核心中枢，其发展历程深刻反映了科技进步对能源行业安全的深远影响。该系统不仅负责精密监测与精准控制各项关键工艺参数，还集成了安全级

控制盘、数字化控制系统（DCS）、数据采集系统（DAS）、保护逻辑系统（PLS）以及仪表与控制（I&C）等多个子系统，共同构建起核电厂稳定运行与安全保障的坚实屏障。

随着数字化技术的飞速推进，核电工业控制系统正经历着前所未有的智能化转型。在这一进程中，信息安全与软件可靠性成为业界关注的焦点。如何在提升效率与智能化水平的同时，确保系统的安全性和稳定性，成为亟待解决的问题。系统设计严格遵循故障安全、冗余配置和多样性等基本原则，旨在即使在最极端工况下也能维持关键功能的持续运行，从而实现核电厂的安全目标。

回顾其发展历程，核电工业控制系统已从早期的模拟型系统逐步演进至数字加现场总线型的先进阶段。现场总线控制系统的兴起，更是为核电行业带来了革命性的变化。通过实现智能设备间的双向通信，现场总线打破了传统专用网络的局限，极大地促进了信息的高效共享与设备间的无缝互换。这一变革不仅简化了系统架构，还实现了全分布式控制，显著提升了系统的可靠性、扩展性和灵活性^[1]。

2 核电厂工控系统信息安全的威胁

核电厂信息安全正面临多重威胁，包括黑客发起的恶意攻击、数据操纵篡改、病毒传播感染、蠕虫扩散破坏以及特洛伊木马潜入等，均对核电厂的信息系统构成了严重的安全挑战。

第一，未充分识别核电厂仪控系统的关键监测点与控制路径，引发控制回路过载，监测盲点增多，致使系统在发生故障或遭受攻击时无法迅速响应，从而加剧潜在危害的扩散，对核电厂的安全稳定运行构成严重威胁。

第二，在核电控制领域，用户认证机制不完善、数据保护措施薄弱以及设备身份验证缺失等问题，严重威胁着系统的安全运行。这些问题极易导致关键系统指令遭受恶意篡改或未授权访问，进而使核心数据暴露于风险之中，不仅会引发系统逻辑混乱乃至失控，还将深刻影响核电厂的安全性与稳定性，对公共安全与生态环境构成潜在危害。

第三，网络通信中若缺乏有效的校验机制与强健的加密措施，将导致传输数据易于丢失或被篡改，进而对核电厂的安全运行构成严重威胁。

【作者简介】吴枫（1982—），男，浙江湖州人，本科，高级工程师，研究方向：电厂DCS\DEH自动控制及网络安全等。

第四，网络边界界定模糊，核电厂面临数据泄露的高风险。这种模糊状态不仅让攻击源难以追踪，还加剧了泄密、恶意攻击和病毒传播的可能性。此外，生产网络与办公网络边界的模糊更是加剧了安全管理的复杂性，埋下了诸多不可控的安全隐患，对核电厂的安全运营构成重大威胁^[2]。

第五，安全边界配置的不当设置对核电厂的安全运行构成了重大威胁。这种不当设计直接削弱了系统的整体防御能力，使潜在安全漏洞得以暴露。更为严重的是，错误的配置或误设的阻断设备会意外阻断关键控制网络，导致生产流程中断，进而触发生产事故，对核电厂的安全稳定运营造成深远影响，并带来无法估量的经济损失与社会风险。

第六，专用系统中非法流量的存在，加之网络缺乏专为运行设计的协议，使高安全级别的控制系统与低安全级别系统流量共线，形成巨大安全隐患。此情境下，高安全系统易遭受低安全系统攻击渗透，指令传递过程中一旦出错，整个系统会陷入失控状态，严重威胁核电厂运行安全。

第七，忽视对核电厂内关键设备的全面梳理，将直接制约重点保护策略的有效实施。这种疏漏使得在面临网络攻击或物理威胁时，核心设备成为易受攻击的薄弱环节。一旦核心设备受损，不仅直接影响设备功能的正常发挥，还会引发连锁反应，导致整个系统面临全面瘫痪的风险，对核电厂的安全运行构成严重威胁。

3 核电厂工控系统信息安全防御技术

3.1 参考标准与信息安全防护体系设计

在构建工业控制系统和核设施的信息安全体系时，IEC 62443 与 IATF 标准扮演着核心角色，共同定义了系统的安全等级与区域化防护策略，充分考量了系统特性与数据的敏感性。不仅深入剖析了网络攻击、数据泄露等潜在威胁的多样性与复杂性，还为制定针对性强、效果显著的防护措施提供了坚实的理论基础^[3]。

针对核设施的特殊性，RG5.71 标准构建了一个全面的信息安全程序框架，不仅融合了 NIST SP 800-82《工业控制系统安全指南》中关于 ICS 安全最佳实践的指导，还借鉴了 NIST SP 800-53 中详尽的信息安全控制要求，为核设施量身定制了一系列信息安全控制项，旨在确保核设施在极端环境下能够保持信息安全与稳定运行。

在深入设计并构建核电厂的信息安全技术防护体系时，必须全面且严格地遵循 HAD 102-16《核动力厂基于计算机的安全重要系统软件》要求，确保所有涉及安全关键功能的计算机软件均经过严格的安全评估与验证。同时，GB/T 22239-2008《信息系统安全等级保护基本要求》作为信息系统安全领域的通用性指导文件，其技术要求也被深度融入防护体系设计中，构建了全方位、多层次的信息安全防护网，涵盖物理安全、网络安全、主机安全、应用安全和数据安全等多个维度，以应对日益复杂的信息安全挑战。

3.2 威胁工业控制系统信息安全的应对措施

为强化核电厂信息系统的安全防护能力，有效抵御黑客入侵、恶意代码攻击以及其他非法操作，防止系统瘫痪与失控，必须对工业控制系

统设备实施精细化的分层管理。在此框架下，各层级间应设置严格的边界防护措施，以确保各层级间的数据交换既高效又安全。具体而言，应部署电力专用的横向单向安全隔离装置，阻断潜在的非法数据流向，确保信息流的单向性与安全性。此外，积极引入先进的高级访问控制设备与硬件防火墙，构建一个多层次的防御体系。该体系通过实施逻辑隔离策略，有效划分不同的安全区域，实现对敏感信息资源的精细访问控制。同时，针对远程通信这一关键环节，采取数据加密、身份认证等多重安全措施，确保数据传输过程中的机密性、完整性和可用性，从而强化纵向边界的防护能力。

3.2.1 现场设备层

现场设备层作为工业控制系统的最底层，直接与生产现场的各类传感器、执行器等关键设备相连，其安全性至关重要。由于现场总线技术通信协议往往缺乏内置的保密机制，极易成为攻击者的目标，存在通过总线通信连接实施攻击或预先在总线智能设备上植入木马程序的风险。

鉴于现场设备层的核心地位及其包含的高等级保护区域，如保护和安全控制系统（PMS）以及厂级监控系统数据，必须采取最严格的安全防护措施。首先，所有网络设施应严格限定在核电厂的保护区域内，通过物理隔离手段，如设立专门的隔离区域、使用电磁屏蔽设施等，确保非授权人员无法接近或访问该网络。其次，应加强对总线通信的监控与审计，及时发现并阻断异常通信行为。最后，对于总线智能设备，应实施严格的安全管理策略，系

包括设备入网前的安全检测、定期的安全审计以及必要的固件更新，以防止木马程序等恶意软件的植入与扩散。

3.2.2 现场自动控制和保护层

现场自动控制和保护层作为核电厂运行的关键层级，集成了常规岛汽轮机控制和诊断系统（TOS）以及辅助系统的核心控制功能，其信息安全防护的严密性直接关系到核电厂的安全稳定运行。为有效应对潜在的信息安全威胁，该层级应采取多重防护策略。

首先，部署专有隔离装置，实现与全厂信息管理层之间的安全隔离，防止未经授权的访问和数据泄露。其次，对网络设备进行静态配置，并严格禁用所有未使用的端口，以减少潜在的攻击面。再次，与低层网络之间保持物理隔离，进一步提升系统的安全性。此外，在核电厂的现场自动控制和保护层中，额外部署严密的身份认证系统。该系统基于先进的认证技术与策略，确保只有持有有效凭证且经过严格授权的用户才能访问关键设备及其控制功能，提升系统的安全防护水平，有效避免未授权访问和非法操作的发生。最后，在软件管理方面，卸载所有不必要的程序应用和操作系统功能，减少系统漏洞，提升系统的整体安全性。

3.2.3 监督控制层

监督控制层作为核电厂实时生产信息管理的中枢，承担着汇聚并处理来自现场设备层和现场自动控制与保护层海量生产数据的重要任务。为确保这一关键环节的信息安全，监督控制层应采取周密的防护措施。

部署专有隔离装置，与全厂信息管理层之间构建安全隔离带，有效防止潜在的数据泄露和非法访问。实施指令与流量的实时监测审计，及时发现并阻断任何异常行为，确保数据传输的合法性与安全性。

为进一步提升防护能力，监督控制层深度解析通信协议，建立智能检测机制，实时识别并阻断潜在的网络异常行为，有效预防未授权访问与恶意攻击。同时，构建精细化的白名单模型，仅允许符合预设规则的操作通过，严格隔离任何异常操作风险，为核电厂信息系统筑起一道坚实的防护墙。

此外，为确保网络设备的安全性，实施静态配置策略，严格禁用未使用的端口，防止潜在的安全漏洞被利用。在软件管理方面，定期审查并卸载不必要的应用程序，同时建立严格的软件白名单制度，仅允许经过验证的安全软件运行，从而构建一个安全可信的系统运行环境。

3.2.4 全厂信息管理层（Level 3）

在全厂信息管理层的构建中，安全防护被置于核心地位。为确保数据传输的安全性，该层级与监督控制层之间的通信链路实施严格的隔离措施，实现分层安全防护机制，有效降低潜在的安全威胁。同时，为进一步提升安全防护能力，全厂信息管理层建立主机面正常行为白名单模型。该模型基于先进的数据分析技术，实时监测并识别主机系统的异常行为，将潜在风险及时隔离在模型之外，确保系统运行的稳定性和可靠性。此外，为实现对安全策略的集中管理和高效执行，全厂信息管理层部署统一的安全管理系统。该系统集成策略配置、日志收集、告警分析等功能于一体，为安全管理人员提供全面的安全管理视图，有助于及时发现并应对潜在的安全风险。

结语

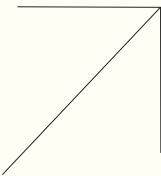
尽管现代核电厂设计已采取诸多措施，显著降低了由工业控制系统信息安全问题引发核事故的风险，但信息安全事件仍具有不容忽视的扰乱性，会对核电厂的正常运营造成严重影响。因此，核电厂应继续加强信息安全防护工作，采取多重安全防护措施，包括但不限于安全区域划分、入侵检测系统部署、关键设备加固等，以构建全方位、多层次的防护体系，确保核电厂能够持续、稳定、安全地运行。

引用

[1] 谢澳达,杨婷.基于APROS的核电系统建模与控制方法研究[J].核动力工程, 2024,45(5):184-191.

[2] 陈波,曹中才,姚祥英,等.核电厂化学控制异常检测与故障诊断系统研究与实现[J].核动力工程,2024,45(S1):13-18.

[3] 孙立恒,刘杰.核电DCS系统安全、可靠性与风险评估研究综述[J].科技视界, 2024,14(15):41-44.



电气自动化系统的 信息化集成与智能控制技术研究

文 ◆ 江苏省常州技师学院 肖振华

引言

为了满足现代化技术应用以及社会未来发展的相关需求，应进一步提高电气自动化工程开展的效率和水平。在对系统进行开发的过程中，应用智能控制技术以及先进的信息化集成技术具有重要价值，有利于强化电气自动化工程开展的效果，推动社会高质量发展以及稳定进步。在我国社会经济发展水平不断提高的背景下，各个行业不同领域都在现代化发展的道路上提高了对于电气自动化控制系统的重视程度。面对激烈的市场竞争，智能控制技术在现代社会生产生活中发挥的作用越来越显著。因此，在现阶段电气自动化系统中开展开发工作，应高效利用智能控制技术以及信息集成技术，加快电气工程系统的自动化发展速度。

1 系统信息集成技术

在电气自动化系统中应用的信息集成技术就是将包含的各种设备以及不同系统，借助编程和软件进行精确整合，形成一个完整的自动化系统，从而满足生产运行发展需求。在实际应用时，首先，应保证各个系统以及设备之间的工作流程得到整合，以实现自动化发展。其次，利用软件和编程等进行整体控制，严格管理。

在电气自动化系统集成过程中，应综合考虑多方面因素。例如，设备之间的通信方式和联动，包括自动化控制系统中软件和硬件的兼容性等。借助系统集成，在生产过程中实现自动化严格控制，提高生产效率和水平，保障产品质量。同时，降低人工操作产生的风险，降低出现问题和失误的概率。

此外，系统信息集成技术还促进了数据的集中管理和高效利用。通过构建统一的数据平台，电气自动化系统能够实时收集、处理和分析来自各个设备和系统的数据，为管理层提供全面、准确的决策支持。不仅可以帮助企业优化生产流程，提升资源利用率，还能及时发现潜在故障，预防生产事故的发生。

在维护方面，系统信息集成技术简化了系统管理和维护的复杂性。传统上，不同设备和系统需要分别进行维护和监控，而集成后的系统则

允许通过统一的界面进行集中管理，大幅减少了维护成本和时间。技术人员可以远程监控设备状态，快速响应故障报警，进行远程诊断和修复，确保生产线的连续稳定运行。

随着物联网、大数据、云计算等先进技术的融合应用，电气自动化系统的信息集成能力进一步增强。不仅提升了数据处理的速度和精度，还使系统能够学习并适应生产环境的变化，实现更加智能化的控制。例如，通过机器学习算法分析历史数据，系统可以预测设备故障趋势，提前安排维护计划，减少非计划停机时间。

同时，系统信息集成技术也为企业的数字化转型提供了重要支撑。集成化的电气自动化系统能够与企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）等其他管理系统无缝对接，实现生产数据的全面共享和业务流程的协同优化，推动企业向智能制造迈进。

2 智能控制技术

电气自动化控制系统中的核心技术手段是智能控制技术。通过接触智能控制算法中的模糊控

【作者简介】肖振华（1984—），男，江苏常州人，本科，研究方向：电气自动化。

制以及神经网络控制等先进的技术方式，使电气设备的控制工作开展方式面临革命性的发展。传统的控制方法面对一些复杂和非线性等电气系统时，开展工作往往比较困难，以致无法达成理想的控制效果。而智能控制算法可以模拟人类的思维方式，做到快速精准自适应地控制智力系统。模糊控制算法可以高效处理不确定性以及模糊性的问题，使控制系统更加灵活便捷地适应不同的复杂环境。神经网络控制算法则可以通过一定的学习展开相应的训练，优化和完善控制策略，提高控制精度，加快响应速度。例如，在电解铝厂自动化设备的应用中，智能控制技术的应用能够发挥关键作用，有助于提高设备运行效率和水平，提高系统稳定性。针对阳极组装设备、电解槽等重要设备的智能优化控制，应精准调节电压，控制生产波动，进一步提高电解铝产量和质量水平^[1]。

此外，智能控制技术还可以实现对于系统参数、发展状态以及工作环境的智能感知与深入分析，自动诊断和预测系统故障，提高电气设备以及系统的稳定性和可靠性。

3 信息集成技术在电气自动化系统中的应用

信息集成技术在电气系统中的合理应用使系统运行拥有更多的功能，进一步提高了运行的可靠性以及效率。首先，通过信息集成技术集中管理相关数据信息，及时发现问题、解决问题，避免因故障导致系统瘫痪，确保系统整体运行的可靠性。其次，借助信息集成系统还有利于降低成

本消耗。一方面，开展自动化控制以及预测维护工作减少了人工干预工作，降低了运维成本。另一方面，通过优化算法，提高了能源的利用效率，减少了能源成本消耗。最后，应用信息集成技术，为决策工作提供了有力支持。通过数据分析，为运维工作人员提供了精准全面的数据支持，帮助他们做出更加合理科学的决策，不仅提高了系统的管理水平，还提高了决策效率。

3.1 预测维护

在电气自动化系统中，信息集成技术可以进行预测维护工作，实时监测系统运行过程中的各项数据信息，并进行分析和整理，及时预测设备前端故障。同时，应加大维护力度，减少停机的时间成本，降低维护成本。例如，依赖机器学习算法以及分析探索历史数据，从而保障设备的稳定运行。此外，结合物联网技术，系统能远程监控设备状态，实施预防性维护策略，如自动调整运行参数以避免潜在故障或在故障发生前自动触发维护任务通知，从而大幅减少停机时间，提升整体设备可用性和生产效率。同时，智能化的维护方式还能有效优化备件管理，减少库存成本。

3.2 自动化控制

信息集成技术的合理应用有利于电气自动化系统的自动化控制工作顺利开展。信息集成技术涵盖计算机技术以及信息技术，可以自动化控制电气系统中各个部分的工作组合，包括电网调度工作以及电力分配工作等。通过改善工作项目推行机制，不仅有利于提高系统运行的可靠性，还有利于提高系统运行效率。

3.3 数据采集与监控系统

合理应用信息集成技术中的传感技术以及通信技术，实时采集电气系统运行过程中的数据信息，并进行严格监控以及深入分析。这些数据信息涵盖电压和电流还有功率等不同因素，帮助运维人员发现和分析问题，及时采取措施，顺利解决问题。

4 电气自动化系统中智能控制技术的应用

4.1 神经网络系统应用

在电气自动化系统中，合理应用神经网络系统能够保障电气程控制工作的顺利开展。从实际情况进行分析研究，神经网络系统可以划分为两个子系统。第一个子系统能够定期合理科学控制各个设备的电子电流，结合电气工程运行的实际参数，进行系统化的调整 and 改变。第二个子系统负责监控管理各转子的速度所对应的基本参数，两者形成精准配合，科学有效地控制电气工程。此外，系统能够精准分析各个数据，并获得反向算法的支持。对于电气工程自动化控制和管理，还可以模拟人类的思维模式以及决策方法，优化和改善决策控制机制，为后续开展电气工程自动化控制奠定坚实的基础。同时，电气设备在实际运行不断发展的过程中，智能化网络系统还可以适时收集并分析整理电气设备的运用数据，严格检测设备运行状况，保障电气系统的稳定运行^[2]。

4.2 智能控制系统应用

智能控制技术的应用是电气工程自动化发展、保障工程开展质量

以及稳定性的关键选择,企业通过对于智能控制技术的合理应用能够从中获取更多的经济效益。对比之前应用的电气控制模式可以清晰地认识到,在智能控制技术基础上出现的新控制模式,可以根据生产计划以及运行的主要方案灵活把控各项功能,在发现设备出现问题或者故障后,第一时间对设备运行的数据信息进行分析,进而有效保障电气工程自动化控制的效果。即使采集的数据信息复杂、处理难度大,智能控制系统仍然能够高效展开处理,从根本上提高电气工程数据工作的效率,减少时间消耗和资金消耗。工作人员在应用智能控制系统过程中,可以对其中的数据信息进行可视化管理,将其转变为图像信息,精准把握电气工程自动化控制的良好效果,提高电气工程的整体运行质量。

4.3 故障诊断技术

电气工程自动化控制工作涵盖的工作内容中,故障诊断是其中的关键组成部分。在日常运行发展过程中,电气设备会受到外部环境、内部零部件磨损等问题的影响,导致运行故障。在故障严重影响设备运行之前会出现一些异常的声响,运行的参数也会出现一定的变化,而人工控制难以注意相关问题,影响了控制工作开展效率。如果应用智能化技术分析电气工程自动化过程中出现的故障,定位故障的具体部位,那么就能够结合故障成因提出解决方案,从而提升电气工程自动化控制的性能。

以变压器为例,变压器的应用至关重要,在电气自动化系统中发挥着关键作用。变压器在运行过程中面临的运行环境较复杂,承受的运行负荷较大,因此出现运行故障的概率比较高,变压器一旦出现故障,整个系统就会面临严重的影响。因此,工作人员应时刻关注变压器运行的具体状态,分析变压器的各种数据信息,及时发现故障,并采取有效的处理措施。例如,利用智能控制技术,在传感器的作用下第一时间收集整理相关信息,结合运行参数,发现变压器故障的位置,分析其出现的原因,以数据库为基础,及时发出预警,协助工作人员展开相关处理工作,精准检修变压器设备,从而提高电气自动化系统运行效率、水平以及可靠性。

4.4 智能控制框架的建立

首先,结合电气自动化控制系统在实际应用过程中的需求,将完善的功能模块作为主要基础,搭建并完善相关智能化控制管理体系结构。其次,根据智能监控模块运行过程中数据信息的搜集和整理结果,快速传递至系统技术反馈页面,并通过信息处理模块,深入剖析其他更有价值的信息。再次,在系统完成智能诊断工作处理后,应有效结合工作形式和处理模式,以提供有效的数据信息。如果设备运行过程中的参数超出标准范围,那么应及时反馈。最后,借助智能监控系统获取、提交、反馈数据信息内容,强化数据信息交互形式,形成相应的信号指令,以实现自动化控制。

目前,电气自动化控制系统的智能控制模式有3种。其中,模糊逻辑控制模式出现时间较早,应用较多。在智能控制框架搭建过程中,将逻辑技术作为基础,借助模糊性的思维展现其中深层次的规律和语言形式。同时,将模糊化和精准化的数据信息内容进行转型,精确输出内容,当接收到输出信息后,推理其他模糊化的输出内容,最终实现精准

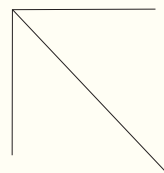
输出和整理,形成输出过程的完整闭环。模糊逻辑控制在电气自动化控制系统中的有效构建可以看作是非线性的自动控制算法,可以对人工智能技术控制设备的实际运行发展状态进行有效结合,对其所具有的控制效果形成保障,避免设备在运行过程中再次出现问题^[3]。

结语

在电气自动化系统中,信息集成技术以及智能化技术所具有的作用同等重要,具有理论实践意义。因此针对信息集成技术以及智能化技术在电气自动化系统中的应用情况,应作进一步深入分析,了解其价值和作用,从而充分地发挥积极作用,保证运行的效率水平,进而规避故障,确保电气自动化系统在运行过程中的可靠性和稳定性。■

引用

- [1] 姜伟杰.电气工程中的智能控制技术发展趋势综述[J].电子技术,2024,53(4):304-305.
- [2] 王华京.浅谈人工智能控制技术在电气自动化中的应用[J].广东蚕业,2017,51(7):24.
- [3] 刘恩华,杜煜.自动化技术实现电气工程智能控制的技术研究[J].科学中国人,2015(27):35.



基于 PIE-Engine 的 生态环境专题产品服务平台构建

文 ◆ 西安航天宏图信息技术有限公司 薛莎莎

引言

生态环境专题产品服务是生态环境管理的“眼睛”和生态环境决策的“大脑”。目前，已有研究者对多种生态产品的算法进行了封装，并建立了遥感综合应用平台。主流的官方平台包括美国 NASA 研究的 GIOVANNI (GES-DISC interactive online visualization and analysis infrastructure)、我国生态环境部卫星环境应用中心的遥感监测业务化运行平台等，而民间也有如李芷珊^[1]研发的多源遥感环境监测综合应用平台等。然而，这些平台在提供生态环境专题产品服务时，普遍面临算法模型库、多源数据支持、自动化生产、地图在线显示等方面的问题。(1)当前的算法模型库主要以“平台分布式+模型服务化”的形式构建，便于数据、算法和产品的快速共享^[2]。2011 年，谷歌地球引擎 GEE (Google Earth Engine) 发布，为地球的相关研究开辟了新途径，打破了人们对传统地球的理解。在短短的十年间，GEE 快速成为该领域的研究热点。相关科研人员利用 GEE 平台开展了大量研究工作，取得了一定

的科研成果，并发表了多篇学术论文与综述。以 Nature、Science 和美国国家科学院院刊 (PNAS) 为代表的主期刊上发表的代表性文章显示，GEE 已被广泛应用于全球森林变化、全球地表水变化、全球滩涂变化、地貌分析、城市研究、油棕监测、动物栖息地评估、物候观测、碳循环研究以及人类健康评估等众多研究领域^[3-8]。然而，对于我国用户而言，访问国外服务器存在稳定性问题，且美国对地理信息类产品实施技术封锁，服务随时面临断供的可能，用户体验感不佳。因此，应推动 GEE 国产化，按需定制算法模型库，提供稳定、持续、可扩展的生态环境遥感服务。(2)国外平台对遥感数据的支持存在限制。例如，无法接入我国民用高分系列、资源系列、环境系列、高景系列和风云系列遥感卫星数据，且国内平台能接入的卫星数据源也相对有限。(3)部分生态环境遥感监测软件的自动化程度不足，需要较高的人工参与度，缺乏完整的流程化作业机制。

为了有效解决当前遥感生态监测系统存在的自动化水平低、算法模型库扩展性差、地图显示速度慢等问题，本文提出一种生态环境专题产品服务平台，取得了以下突破。(1)开发了可扩展的算法模型库，实现多源、多分辨率遥感数据预处理以及多类生态专题产品计算。(2)建立了专题产品的业务化生产线，实现生态保护遥感参数产品的自动化、半自动化和批量生产。(3)实现了产品成果的自动发布，包括地图服务发布、专题图生成，能够实时展示各类专题产品的生产成果。本文的研究内容和成果为我国环境动态监测领域提供了重要的知识基础，有助于提升我国在动态监测方面的技术水平。以下介绍平台的整体框架，并对关键技术、业务流程进行详细说明。

1 平台架构

基于国产遥感云计算平台 PIE-Engine 的架构，采用企业级多层系统架构的设计思想，对生态环境专题产品服务平台进行总体架构设计 (见图 1)。平台以标准规范体系、运行管理体系为基础，分为基础层、数据层、插件层、工作流层、服务层和用户层。

【作者简介】薛莎莎 (1989—)，女，陕西西安人，硕士研究生，中级工程师，研究方向：遥感与地理信息系统。

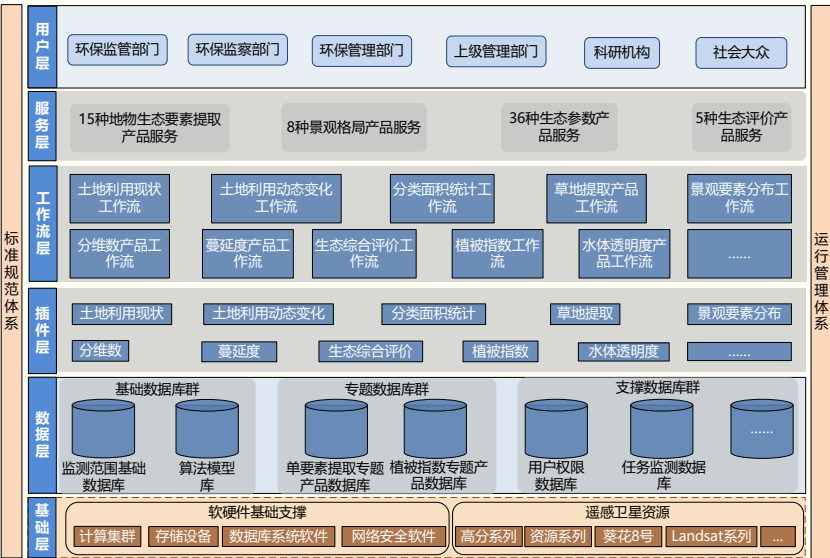


图 1 生态环境专题产品服务架构图

基础层为平台提供运行所需要的一切软硬件基础支撑和遥感卫星资源。软硬件基础支撑主要包括计算集群、存储设备、数据库系统软件、网络安全软件等，遥感卫星资源则包括高分系列、资源系列、葵花8号、Landsat系列等。数据层为平台提供数据支撑，主要包括监测范围基础数据库、算法模型库等基础数据库群，单要素提取专题产品数据库、植被指数专题产品数据库等专题数据库群以及用户权限数据库、任务监测数据库等支撑数据库群。插件层根据平台业务需求，将功能简单、复用度高的软件资源封装为插件，可重复调用，为上层的工作流层提供功能支撑。工作流层是在插件层基础上，对软件代码资源的粗粒度封装，形成具有一定业务功能、复用度较高的工作流。服务资源层面对用户，将环境遥感具体的业务逻辑和流程进行屏蔽，对工作流资源层进行封装，形成服务提供给用户。用户层是生态专题产品服务的使用者，主要包括环保部门、科研机构以及社会大众等广泛群体。

2 关键技术

2.1 面向服务架构层次

针对众多的生态环境专题产品和相应算法模型，平台采用面向服务架构模式，并结合插件化技术和工作流技术，实现专题算法的模块化封装和服务化改造。主要包括插件层、工作流层和服务整合层。插件层是平台具体功能的实现实体，每个插件封装了一个细粒度功能；工作流层是根据平台的业务实现流程，对不同插件进行聚合，实现更大粒度的系统功能；服务整合层则是对工作流进行封装，形成服务提供给用户。

2.2 无代码编程

考虑到生态环境监测的复杂性和多样性以及软件开发人员数量的有限性，平台采用了无代码技术，以快速构建生态环境专题产品服务平台。无代码编程的核心是工作流编程器，主要包括以下组件。（1）工作流编程器，用于拖动、输入编写代码。（2）后端服务，如无法提供现成的后端服务，则需要默认 API 规范和相应的服务集合。（3）模式库，包括常见的

登录、数据采集、UI 交互等类似业务处理的代码模板。（4）DSL（领域特定语言），用于隔离框架并进行相应的设计^[9]。

基于上述面向服务架构层次和无代码编程，平台将遥感影像预处理算法、专业信息提取算法自动封装成 Web 细粒度服务，通过可视化流程设计与执行，对这些原始算法服务进行聚合，最后生成专题产品算法服务。

3 业务流程

3.1 产品生产

平台针对各类专题产品，预设相应的自动化生产线，涵盖订单管理、生产配置、专题图制作和产品归档等节点。在进行产品生产时，根据监测的领域和任务，选择既有生产线，配置参数，一键开始自动化生产。

（1）订单管理。订单管理负责订单的创建、执行、跟踪、归档等。用户可以根据需求快速创建任务，系统能实时更新订单列表，并在订单列表中分页显示所有订单及其基本信息和产品状态等。

（2）生产配置。在平台专题产品生产线的统一管理下，对生态环境遥感监测的各类产品进行统一调配，实现自动化生产。生产配置流程如图 2 所示。

生产人员只需选择相应产品的生产线，并输入必要参数，平台即可自动化生产对应产品，并将其自动归档至指定目录。目前，平台已覆盖地物生态要素提取产品、景观格局产品、生态参数产品、生态评价产品等生产线。

3.2 产品发布

产品发布环节，基于 B/S 架构的原始数据渲染，实现统计产品与图形化产品的在线实时展示。



图 2 生产配置流程

影像数据的渲染处理和数据加载均部署在性能更加强大的服务器端，客户端仅需用 Web 浏览器发送请求即可获取影像渲染的结果并呈现在浏览器中。该种可视化渲染技术显著提升了遥感数据的展示性。

经过实验验证，原始遥感影像数据和 DEM 数据在 B/S 架构视图上进行渲染显示，支持同时加载 ≥ 200 景 GF-1 遥感影像，且系统浏览操作无明显卡顿。目前，已经配置了 64 种专题产品渲染模板，支持单波段栅格文件自定义颜色的在线渲染以及发布。

结语

本文首先深入剖析了已有生态环境监测系统，指出了其存在的问题，并据此构建了生态环境专题产品服务平台。该平台有效解决了自动化水平低、算法模型库扩展性差、地图显示速度慢等问题，取得了以下突破。（1）构建了可扩展的算法模型库。采用插件化技术，对预处理算法和专题算法等百余项算法进行了模块化封装和服务化改造。通过可视化编排方式，实现了算法的可配置、可扩展、可插拔，同时加快了日常专题产品的生产速度。（2）

实现了专题产品的业务化生产。采用面向服务架构模式，结合插件化技术和工作流技术，构建了覆盖地物生态要素提取产品、景观格局产品、生态参数产品、生态评价产品等专题产品生产线。同时，对生产线进行流程设计，利用可视化编排技术实现了业务化生产线的按需定制。（3）实现了产品成果的自动发布。采用基于 B/S 架构的原始遥感数据渲染技术，为平台配置了 64 种专题产品渲染模板，支持单波段栅格文件自定义颜色的在线渲染和发布，使平台能够高效生产专题产品，并快速提供在线发布服务。

引用

[1] 李芷珊.多源遥感卫星环境监测综合应用平台的设计与实现[D].上海:华东师范大学,2017.

[2] 张永瀚,孙瑞志,李林,等.生态环境遥感评价模型库系统平台构建研究[J].农业机械学报,2015,46(S1):267-273.

[3] Murray N J,Phinn S R,DeWitt M,et al.The Global Distribution and Trajectory of Tidal Flats. Nature,2019, 565(7738):222-225.

[4] Ielpi A,Lapôtre M G A.A Tenfold Slowdown in River Mean-der Migration Driven by Plant Life.Nature Geoscience,2020,13(1): 82-86.

[5] Liu X P,Huang Y H,Xu X C,et al.High-spatiotemporal-resolution Mapping of Global Urban Change from 1985 to 2015.Nature Sustainability, 2020,3(7): 564-570.

[6] Ordway E M,Naylor R L,Nkongho R N,et al.Oil Palm Expansion and Deforestation in Southwest Cameroon Associ-ated with Proliferation of Informal Mills.Nature Communications,2019,10:114.

[7] Laskin D N,McDermid G J,Nielsen S E,et al.Advances in Phenology are Conserved Across Scale in Present and Future Climates.Nature Climate Change,2019,9(5):419-425.

[8] Badgley G,Field C B,Berry J A.Canopy near-infrared Re-flectance and Terrestrial Photosynthesis.Science Advances,2017,3(3):e1602244.

[9] 文建全,李井锐,邹驰华.无代码平台技术及其在HIS系统中的应用[J].电脑与信息技术,2020,28(5):30-32.

PLC 在智能机械控制上的应用与关键技术分析

文 ◆ 张家口机械工业学校 闫 哲

引言

随着“中国制造 2025”战略的提出，明确将智能制造作为建设制造强国的主攻方向。作为智能机械控制系统的核心部件，PLC 技术的进步对推动智能制造具有关键意义。PLC 凭借其可靠性、灵活性和功能强大等优势，在各行业的自动化控制中得到广泛应用。

基于此，本文探讨了 PLC 在智能机械控制中的应用现状，分析了其关键技术，包括 PLC 的硬件架构、编程语言、通信协议以及与其他自动化设备的集成。PLC 与传感器、执行器、人机界面等设备的无缝集成，构建了智能机械的核心控制系统。同时，PLC 的模块化设计和标准化编程语言，使其能够适应不同行业和应用场景的需求。此外，本文还讨论了 PLC 技术面临的挑战和未来发展方向，如实时性能优化、网络安全增强、智能算法集成等。通过对 PLC 在智能机械控制中的应用和关键技术的系统分析，为推动智能制造的发展提供了理论参考和技术指导。

1 PLC 在智能机械控制中的应用现状

1.1 PLC 的基本原理和优势

PLC 是一种数字运算操作的电子系统，通过可编程的存储器指令，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作，并通过数字量或模拟量的输入输出控制各种类型的机械设备或生产过程^[1]。PLC 具有可靠性高、适应性强、编程灵活、功能丰富等优势。其采用了模块化设计，硬件结构包括电源模块、中央处理单元、存储器、输入输出接口等，可根据控制对象的需求灵活配置。PLC 使用继电器梯形图、函数块图、顺序功能图等标准化的编程语言，易于掌握和应用。此外，PLC 具有实时性强、抗干扰力强、通信能力强等特点，能够满足工业环境下对控制系统可靠性和实时性的要求。

1.2 PLC 应用的经济和社会效益分析

PLC 在智能机械控制中的广泛应用，带来了显著的经济和社会效益。首先，PLC 可以提高生产效率和产品质量^[2]。通过 PLC 实现生产过程的自动化控制，减少人工操作的错误和延迟，提高生产速度和稳定性，从而提高生产效率。同时，PLC 可以实现精确的参数控制和实时监测，保证产品质量的一致性和可追溯性。其次，PLC 可以降低生产成本和能源

消耗。PLC 控制系统可以优化生产流程，减少原材料和能源的浪费，节约生产成本。再次，PLC 可以实现设备的预测性维护，通过实时监测设备状态，及时发现和解决潜在问题，减少设备故障和停机时间，延长设备使用寿命。最后，PLC 应用可以改善工作环境和安全条件。通过 PLC 实现危险工序的自动化控制，减少工人的劳动强度和职业危害性，提高作业安全性。同时，PLC 可以实现对生产过程的实时监控和报警，及时发现和处置安全隐患，防止事故发生。

2 PLC 在智能机械控制中的关键技术

2.1 可编程逻辑控制器的硬件架构与模块化设计

可编程逻辑控制器 (PLC)

【作者简介】闫哲（1987—），男，山西天镇人，本科，讲师，研究方向：智能制造。

的硬件架构通常采用模块化设计，以满足不同应用场景的需求。一个典型的 PLC 系统由中央处理单元（CPU）、输入/输出（I/O）模块、电源模块以及通信模块等组成。CPU 是 PLC 的核心，负责执行用户编写的控制程序，处理各种逻辑运算和数据操作。I/O 模块用于连接各种传感器和执行器，实现与被控对象的信号交互。电源模块为整个系统提供稳定可靠的电力供应。通信模块则用于与其他设备进行数据通信，实现远程监控和控制。模块化设计使 PLC 系统具有很强的灵活性和可扩展性。用户可以根据具体应用的需求，选择合适的 CPU 型号和 I/O 模块，并进行组合和配置。这种设计方式不仅降低了系统的复杂度，提高了可维护性，还能够实现功能的快速扩展和升级。此外，模块化设计还便于实现冗余配置，提高系统的可靠性和容错能力。

2.2 可编程逻辑控制器的编程语言和开发环境

可编程逻辑控制器（PLC）的编程语言主要包括梯形图（LD）、指令表（IL）、顺序功能图（SFC）等。其中，梯形图是最常用的编程语言，其采用类似继电器控制电路的图形化表示方式，易于理解和掌握。指令表则使用文本格式的指令序列来描述控制逻辑，适合于实现复杂的算法和数据处理。顺序功能图采用流程图的方式，用于描述顺序控制和状态转移，便于实现分步控制和并发控制。为了提高编程效率和质量，PLC 编程通常需要使用专门的开发环境。这些开发环境提供了图形化的编程界面、代码编辑器、调试工具等，帮助用户快速

创建、修改和测试控制程序。一些先进的 PLC 开发环境还集成了仿真功能，允许用户在离线状态下对控制程序进行测试和优化，减少现场调试的时间和成本。此外，PLC 开发环境通常支持多种编程语言，用户可以根据自己的习惯和需求选择合适的语言，提高编程的灵活性。

2.3 可编程逻辑控制器的通信协议和网络技术

可编程逻辑控制器（PLC）通过通信协议和网络技术与其他设备进行数据交换和信息共享，实现分布式控制和远程监控。常用的 PLC 通信协议包括 Modbus、Profibus、DeviceNet 等^[3]。其中，Modbus 是一种基于串行通信的协议，广泛应用于工业自动化领域。Profibus 是一种基于现场总线技术的协议，支持高速数据传输和实时通信。DeviceNet 是一种基于 CAN 总线的协议，具有高可靠性和灵活性。为了实现 PLC 与其他设备的互联互通，应使用各种网络技术，如以太网、工业以太网、现场总线等。以太网是一种基于 IEEE802.3 标准的局域网技术，具有传输速率高、覆盖范围广等优点，已成为工业自动化领域的主流网络之一。工业以太网在传统以太网的基础上进行了优化和改进，提高了实时性和可靠性，满足了工业应用的特殊需求。现场总线则是一种专门用于工业自动化的数字通信网络，可以实现分布式控制和实时数据采集。

3 PLC 技术面临的挑战和未来发展方向

3.1 实时性能优化与控制算法改进

可编程逻辑控制器（PLC）在智能机械控制中扮演着关键角色，其实时性能和控制算法的优劣直接影响着系统的控制效果和效率^[4]。随着控制对象的复杂性不断增加，对 PLC 实时性能的要求也越来越高。为了满足这一需求，应从多个方面对 PLC 进行优化和改进。首先，通过优化 PLC 的硬件架构和执行机制来提高其实时性能。例如，采用高性能的处理器和存储器，优化指令集和存储管理，减少中断响应时间等。其次，针对特定的控制算法和应用场景，对 PLC 的控制策略和参数进行优化。通过合理设置任务周期、优先级、死区等参数，减少不必要的计算和通信开销，提高控制的实时性和稳定性。再次，引入新的控制算法和技术，如预测控制、自适应控制、智能优化等，改善 PLC 的控制性能。这些算法可以根据被控对象的特性和工况变化，自动调整控制参数和策略，实现更加精确和高效地控制。最后，利用仿真技术和虚拟样机，在线下环境中对控制算法进行测试和优化，减少现场调试的时间和风险。

3.2 网络安全问题与防护措施

为了应对网络安全挑战，应采取多层次、全方位的防护措施。首先，加强 PLC 自身的安全性设计，如采用安全增强型的操作系统、引入访问控制和身份认证机制、提供安全通信协议等。其次，对 PLC 所在的网络环境进行安全加固，如部署防火墙、入侵检测系统等安全设备，对网络流量进行监测和过滤，及时发现和阻断异常行为。最后，建立完善的的安全管理制度和流程，加强人员的安全意识教育，定期进行安全评估和漏洞修复，制定应急响应预案等。通过技术与管理，全面提升 PLC 系统的网络安全防护能力。未来，随着网络安全形势的不断变化，PLC 技术还应与最新的安全技术和标准同步发展。例如，采用区块链、

人工智能等新兴技术，实现更加智能、动态的安全防护；参与制定工业互联网安全标准，推动安全技术在行业内的普及应用等。

3.3 智能算法与大数据分析技术的集成应用

智能机械控制对可编程逻辑控制器（PLC）的智能化提出了更高的要求。为了适应这一趋势，PLC 技术应与智能算法和大数据分析技术深度集成，实现更加智能、高效、灵活的控制^[5]。智能算法，如机器学习、深度学习、进化计算等，可以赋予 PLC 更强的学习和适应能力。通过对海量工业数据的分析和挖掘，智能算法可以自动提取设备的运行规律和故障模式，生成优化的控制策略和参数。这种数据驱动的智能控制方式，可以显著提高系统的控制精度和效率，减少人工干预和试错成本。同时，智能算法还可以与专家知识相结合，形成人机协同的智能决策机制，应对复杂多变的工况需求。大数据分析技术，如实时流处理、批处理分析、数据可视化等，可以帮助 PLC 实现对海量工业数据的高效处理和洞察。通过对设备状态、生产过程、能耗指标等数据的实时监测和分析，可以及时发现设备异常、预测故障风险、优化生产排程，实现设备健康管理和生产过程优化。

3.4 可编程逻辑控制器技术的标准化与互操作性

随着智能制造的不断发展，对可编程逻辑控制器（PLC）的标准化和互操作性提出了更高的要求^[6]。一方面，PLC 作为智能机械控制的核心装置，应与各种智能设备、网络系统进行灵活集成，实现信息的无缝交互和资源共享。另一方面，不同厂商的 PLC 产品和解决方案日益多样化，如何保证他们之间的兼容性和互通性，也成为亟须解决的问题。通过制定统一的接口标准、通信协议、数据格式等，可以消除不同系统、不同设备之间的技术壁垒，实现 PLC 与各类工业设备的“即插即用”互联。不仅可以简化系统的集成和维护，提高工程效率，还可以避免厂商锁定，降低用户的部署成本和风险。同时，PLC 技术还应与工业互联网、物联网等新兴技术标准加强融合。通过采用统一的工业互联网架构和协议，如 OPCUA、MQTT 等，实现 PLC 与云平台、边缘网关的无缝连接，支撑海量数据的采集、传输和处理。借助物联网技术，PLC 还可以与各类智能传感器、RFID 等物联设备实现双向通信和控制，获取更全面、准确的现场信息，优化生产控制和决策。此外，PLC 技术的标准化和互操作性还需要工业软件的支持。通过采用开放式的软件平台和工具，提供标准化的应用编程接口和开发组件，促进不同厂商 PLC 产品的兼容性与互操作性，实现工业应用的快速开发和部署。

结语

PLC 技术的进步是推动智能制造发展的关键驱动力。通过对 PLC 在智能机械控制中的应用现状和关键技术的深入分析，PLC 技术在赋能产业智能化转型中拥有巨大潜力。未来，随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的不断进步，PLC 技术必将迎来更加广阔的应用空间。同

时，推动 PLC 技术的创新发展，还应产学研各界的共同努力。只有不断突破关键核心技术，加强标准化和互操作性建设，才能真正实现 PLC 技术在智能制造中的深度应用和融合创新，为建设制造强国贡献力量。^[8]

引用

[1] 张辉.浅谈PLC在智能机械控制上的研究与应用[J].计算机产品与通信,2020(11):47.

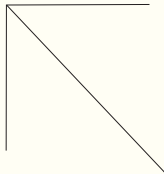
[2] 李铭秋.PLC技术及其在智能机械控制方面的应用研究[J].科学技术创新,2020(24):96-97.

[3] 范兴文.PLC在智能机械控制上的应用与关键技术[J].中外企业家,2020(16):128-129.

[4] 陈素芹,李长波.PLC在智能机械控制上的研究与应用[J].科技创新与应用,2016(15):14-15.

[5] 杨强.PLC在智能机械控制上的应用与关键技术分析[J].大众标准化,2023(3):174-176.

[6] 童中志.PLC在智能机械控制上的应用与关键技术分析[J].电子测试,2019(21):136-137.



浮鹰岛风电场 110kV 送出工程浅析

文 ◆ 福建镕宏科技实业有限公司 朱定贤

引言

浮鹰岛风电场 110kV 送出工程项目是适应新常态下能源革命要求、优化能源结构、推进双碳目标实现的关键举措。该项目的实施为地方经济的持续增长开辟新的动力源。本文深入分析了风电场中送出工程的架空与海缆接线方式、线型选型、路径选择、敷设施工等问题，旨在为其他地区风电场送出工程提供实践参考。

1 风电场送出接入方案

1.1 工程概况

浮鹰岛风电场工程位于霞浦县东南部的浮鹰岛上，装机容量达 48MW。风机先将电压从 690V 升压至 35kV，再通过 35kV 场内线路汇集至风电场升压站，最终升压至 110kV 电压等级进行集中送出。项目配套建设的 110kV 单回送出线路工程总长达 13.14km，线路工程起于浮鹰岛风电 110kV 升压站，止于闰峡 110kV 升压站。该线路采用架空与海缆混合架设方式，其中浮鹰岛架空线路长 1.55km，海缆段长约 5.35km，闰峡侧架空线段长 6.24km。

1.2 接入系统分析

(1) 接入电压等级分析。根据风电场建设规模和周边电网情况分析，风电场容量相对较大，若以 35kV 电压等级接入时，需建设 2 ~ 3 回海缆，造价高且网损大。此外，霞浦东冲半岛 35kV 网架较为薄弱，应考虑以 110kV 接入电网。

(2) 风电场出线回路数分析。虽然风电场以 2 回线路接入电网，可以提高风电场送出可靠性，但由于风电场发电利用小时数较低，出现故障或检修停运在弱风期对风电场影响有限。而故障停运发生在盛风期带来的损失，与两侧间隔和第二回线路增加的投资相比，相对较小。因此，以单回 110kV 线路接入电网即可满足风电送出需求。

1.3 线缆截面选择

浮鹰岛风电场年发电量预计为 143.947GWh，年平均发电利用小时数为 3021h。根据风电场发电利用小时数，新建 110kV 线路导线截面按照经济电流密度（按 $1.15A/mm^2$ 计算）选取 $219mm^2$ ，并预留后续装机送出的扩展空间。为增强输送能力，架空线路建议选用 $240mm^2$ 截面导线，经济输送

容量 52.6MVA，持续极限输送容量 105.7MVA（环温 $40^{\circ}C$ ，线温 $80^{\circ}C$ ），配套海缆导体截面选用 $300mm^2$ ，以确保输送能力与架空线路相匹配^[1]。

2 风电场送出路径选择

2.1 架空路径选择原则

(1) 利用 1:10000 地形图和清晰卫片，结合现场实际勘察情况和收集到的资料，进行细致的优化选线工作，充分征求地方政府和有关部门对路径方案的意见和建议。

(2) 本线路的建设应秉持绿色环保、人性化的原则，尽量避免大面积跨越居民房屋，同时确保不涉及自然保护区、饮用水水源地一级保护区、水产种质资源保护区的核心区以及国家一级公益林等法律禁止开发区域。

(3) 在选择路径时，应充分考虑地形、地貌因素，避免大档距、大高差以及相邻档距相差悬殊的地段。为确保新建线路的安全性和可靠性，应避开大风速区、软基地段和微地形复杂的地段。

(4) 路径应尽量靠近现有公路，以改善交通条件，方便施工和运行。同时，应综合协调本线路与沿线送电线路、公路和其他

【作者简介】朱定贤（1978—），男，福建龙岩人，本科，研究方向：输电线路运行维护管理。

设施间的矛盾。

(5) 两端出线段的路径应与海上风电建设业主方、系统方以及变电专业协商确定, 兼顾线路的整体性和合理性。同时, 应综合考虑风电场的远期发展规划, 并结合远期 220kV、110kV 电网的规划情况, 以提高土地利用效率。

2.2 海缆路由调查

路由区海岸以基岩侵蚀岸为主, 海蚀地貌发育显著。海滩主要由碎石组成, 碎石的磨圆度一般, 滩面相对狭窄, 宽度通常在数十米至百米之间。路由区底质较为单一, 主要为粘土质粉砂。路由区的最大水深约为 25m, 近岸水下为礁坪地形。闰峡登陆端为基岩海岸, 岩礁宽度约 90m, 平均坡度约 8°; 浮鹰岛下海端为碎石滩, 长约 135m, 宽约 45m, 坡度在 3 ~ 5° 之间, 主要由漂石组成, 漂石的磨圆度一般, 粒径在 15 ~ 30cm 之间, 且含有贝壳碎屑。

3 风电场线缆及附属设施

3.1 架空导线及光缆选型

由于工程所在区域为沿海地区, 受盐雾影响较大。结合杆塔形式和设计气象条件, 架空导线采用 JL/LB20A-240/40 型铝包钢芯铝绞线。

浮鹰岛和闰峡 110kV 升压站两侧色架空段, 地线采用两根 OPGW 光缆, 分别为 36 芯和 18 芯。36 芯 OPGW 光缆分配为浮鹰岛风电场—闰峡风电场 SDH 设备开通 4 芯 (一主一备, 各开通两芯)、浮鹰岛风电场—闰峡风电场 110kV 线路保护通道使用两芯; 18 芯 OPGW 光缆分配为浮鹰岛风电场—闰峡风电场 4 芯 G651+6 芯 G652 用于海缆监控, 浮鹰岛风电场—闰峡风电场 8 芯 G652 预留给附近村民使用^[2]。

3.2 海缆选型

3.2.1 海底电缆的防水结构、金属铠装选择

海底电缆径向防水结构采用铅包, 并在铅包外覆盖耐腐蚀的中高密度聚乙烯 (PE) 材料, 作为铅包的防腐蚀层。在 PP 绳内垫层外为金属铠装层, 考虑本工程海域最大水深不超过 25m, 海缆施工敷设时所需的机械力小, 因此海缆采用单层粗钢丝铠装, 铠装钢丝选用不锈钢, 外径不小于 6mm。钢丝铠装外为“PP 绳 + 沥青外被”, 以抗海水的浸蚀和施工中的磨损。

3.2.2 防蛀船虫层

为防止海洋污损生物腐蚀海缆 PE 层, 海缆在 PE 层外增设了由扁铜带构成的防蛀船虫层。

3.2.3 复合光纤层

沿 110kV 线路敷设光缆, 海缆内需复合“36+18 芯”通信光纤。为满足海缆的综合在线监测和信号传输需要, 与通信光纤共享光纤单元, 该单元内置于复合光纤层内。

3.2.4 海缆结构

本工程采用铜芯 (阻水结构)、XLPE 绝缘、纵向阻水层、分相铅包、半导体 PE 防蚀层、复合光纤层、防蛀船虫层、单粗圆钢丝铠装、聚丙烯绳外被的三芯海缆典型结构。光电复合海底电缆型号为 HYJQF41-F

64/110kV3*300+1*36+1*18, 截面为 $3 \times 300\text{mm}^2$, 该结构安全可靠。

3.3 站端布置及附属设施

3.3.1 两端终端站布置

终端站由户外终端、钢丝锚固装置、电缆沟、海底电缆保护管、户外终端接头、接地箱、氧化锌避雷器、进站阶梯电缆沟以及终端站外浅海滩上的电缆余量盘存区组成。海底电缆在终端站内经过终端塔与 110kV 架空线路相连接。

3.3.2 海缆接地系统

为提高海缆的运行可靠性, 一般海缆线路仅允许有工厂软接头, 不允许有现场接头, 故海缆线路难以实现水下交叉互联。为限制金属护套感应电压过高, 防止对外护层绝缘和运行维护人员造成伤害, 本工程海缆采用金属护套两端直接接地的接地系统设计。

3.3.3 海底电缆的附属建筑

(1) 海缆终端站。闰峡侧和浮鹰岛侧海缆终端塔采用土石填充并夯实, 终端站周围设置围栏。电缆沟采用钢筋混凝土浇筑, 沟壁与沟底采用 C40 混凝土, 转弯沟内侧转弯半径 $R \geq 3.0\text{m}$, 每隔 15m 设置一道横向施工缝。

海缆铠装锚固井也采用钢筋混凝土浇筑, 井内设置 1 处集水井。要求锚固金属构件直接接地, 并进行不锈钢消磁处理或者选择紫铜铜体结构, 避免钢丝与锚固之间出现松套和发热问题。

(2) 电缆余量盘存区。本次海底电缆因地形限制, 只在浮鹰岛的登陆端前平缓沙滩处设置余量盘存区。

(3) 禁锚区和禁锚牌。为确保海底电缆的安全, 在海底电缆两侧各 100m 外设置禁锚区, 并在电缆的两端登陆点两侧设置标志明显的禁锚牌。

(4) 综合监控系统。本工程配置了一套海缆综合在线监测系统,所有子系统数据集中在同一平台上。通过监测系统对海缆的运行状况进行全方位监测,真正实现事前积极预防,减少故障和事故的发生;事后准确定位故障,为抢修赢得宝贵时间;同时准确记录事故责任船只,为依法索赔提供证据。在线监测系统柜安装于闽峡 110kV 升压站二次设备室内,信息经数据网送往宁德地调。

4 线缆敷设施工

4.1 架空段施工方法

在线路复测和铁塔基础分坑时,若发现有新增交叉跨越会影响线路安全、塔基存在不稳定因素、基础边坡距离不够、地质资料与设计不符等情况时,应立即通知设计单位采取相应措施,并暂缓该基铁塔的加工,避免资源浪费。基础施工时,应尽量缩短基坑暴露的时间,一般应随挖随浇筑基础,并做好工作面和基坑排水工作,保证塔位和基坑无积水。只有当基础混凝土强度达到设计要求的 70% 时,才能进行铁塔的分解组装。架线时,应采用张力放线和无人机放线,避免对通道走廊林草植被砍伐,牵张场使用时间铁塔在 10 ~ 15 天,施工结束后应及时恢复牵张场的植被^[1]。

4.2 海缆敷设前扫海作业

在电缆铺设前,应采用拖轮拖带四齿锚进行扫海作业。扫海时,应采用 DGPS 系统定位导航,扫海范围应覆盖电缆路由轴线左右各 50m 的区域。施工船尾应拖扫海锚具,沿设计埋设路由按一定的速度行进,清除路由要求埋设段上的海床表层的障碍物,

以保证埋设作业的顺利进行。

4.3 登陆段施工

该区域采用挖掘机进行破碎作业,开挖深度为 1.5m。陆上电缆沟不受潮水影响,应将海缆敷设在沟内,周围填满砂,然后盖上盖板保护。在礁石段,应根据现场水下实际情况,将电缆沿基岩的凹槽布放,布放电缆时应将阻碍电缆施放的石块搬开。在海床潮位范围内的海缆敷设时,应加装哈夫管电缆保护套,并在哈夫管顶上采用浆砌 300mm 高的乱石进行保护。

4.4 浅水区施工

由于浅水区域水深有限,应利用高潮位时机将铺缆船靠近岸边。浅水区采用两栖挖掘机预先完成挖沟作业,铺缆船航行至电缆登陆点外海一定水深的海域抛锚,然后采用浮漂牵引登陆。岸上登陆点的施工人员应操作卷扬机,牵引电缆通过浮源、顶管、导轮至终端塔位置。浅水区海缆开挖深度应约为 2m。

4.5 近海海域施工

水深 4m 以上的海底电缆为离岸段,离岸段管道采用铺缆船开沟铺缆的施工方法,海缆敷设深度约为 3m。通过陆上和海上运输设备运输电缆至铺缆船上,淤泥土、海泥、海砂开挖采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压水射水埋设机或开沟犁进行敷埋施工。在敷设过程中,通过水下监视器和遥控车进行监视和调整,通过控制铺缆船的航行速度、电缆释放速度来调控电缆的入水角度以及敷设张力,避免因弯曲半径过小或张力过大而损伤电缆。

5 环保措施

施工期,对于水、大气、噪声和固体废物等污染物的防治,采用从源头防控的方法。首先,从源头上减少污染物产生,其次考虑末端治理。同时,海域施工与陆域海缆施工还应结合施工过程控制的方法,对施工机械产生的冲洗污水、施工扬尘和噪声等污染源进行严格管理和妥善处置。通过严格管理和落实目标责任制,可有效减缓施工期对周围环境的影响。

结语

海岛风电作为可再生能源发展的重要组成部分,是推动风电技术进步和产业升级的重要驱动力。本次风电场 110kV 送出工程,因地制宜采用了架空与海缆结合的方式,有效解决了海上风电产业发展的难题。不断提高技术创新水平,并积极采用数字技术,对于推动清洁能源的发展和应对气候变化具有重要意义。^[2]

引用

[1] 王怡风,朱爱钧,龚尊.崇明~长兴110kV海缆联网工程设计探讨[J].华东电力,2007,35(11):102-105,114.
[2] 江慧聪.大截面220kV海底电缆的敷设方法[J].广东科技,2010,19(24):139-142.
[3] 张建民,谢书鸿.海上风电场电力传输与海底电缆的选择[J].中国新能源,2011(1):32-35.

高压计量技术在电力系统中的应用与误差分析

文◆国网淮安供电公司 于劲松 朱 娟

引言

随着电力网络的持续进步，高压计量技术作为其中的一项核心技术，其重要性日益凸显。该技术不仅能向供电企业提供精确的能耗统计资料，辅助其实现更加科学合理的能源分配与控制，还能为保障电网的安全稳定运行以及促进资源的有效利用提供必要的技术支持。然而，在实际操作过程中，高压计量技术也面临一定的挑战，特别是测量偏差问题，这一问题直接关乎整个电力系统的运行效率和安全性能。因此，对于高压计量技术的应用实践及其误差来源，对于提升电力系统整体效能以及确保其安全可靠具有至关重要的意义。基于此，本文首先详细阐述了高压计量技术的基本原理，涵盖了互感器和电能表的工作机制，并介绍了其在电能消耗监测、电力系统安全运行和能源节约等电力系统中的应用场景。其次，本文系统分析了高压计量技术在实际应用中出现的误差来源，包括互感器误差、电能表误差和环境因素干扰，并探讨了这些误差对电力系统的影响，如电力供应规划不准确、电力系统运行不稳定和能源利用效率降低等。最后，本文提出了减少误差的策略，如提高互感器和电能表的精度、优化环境控制、引入智能化计量系统、定期校准与维护以及数据分析与误差补偿，以提高高压计量技术的准确性和可靠性，从而为电力系统的安全运行和能源节约提供更加可靠的技术保障。

1 高压计量技术的基本原理与应用

1.1 高压计量技术的基本原理

高压计量技术是电力系统中不可或缺的关键组成部分，其主要目标是通过互感器与电能表实现对高电压电能的准确测量。在这个过程中，互感器发挥了至关重要的作用，它利用电磁感应原理将高压电流和电压转换成安全且易于处理的低压信号，从而保障了整个测量过程的安全性及可靠性。具体来说，互感器依据电磁感应定律工作，能够将来自高压侧的电流和电压通过磁耦合机制转变为低压侧对应的信号。这些经过转化后的低压信号随后被送往电能表，并根据特定算法计算出实际消耗的电能。这一计算基于电能转换的基本原理，即通过对电流与电压乘积进行积分运算来得到总的电能值。此外，为了进一步提高测量精度，该技术还采用了误差补偿策略，通过一系列校正措施减少或消除会发生的

测量偏差，以确保最终结果的高度准确性^[1]。

1.2 高压计量技术在电力系统中的应用

1.2.1 电能消耗监测

借助高压计量技术，电力供应商能够及时跟踪用户的电力消耗状况，为电力资源的合理调度提供了强有力的数据支撑。该技术通过互感器与电能表协同工作，精准捕捉到用户的实际用电量，并立即将这些信息上传至电力公司的中央监控平台。不仅使供电企业获得了用户电力使用模式的详尽资料，还为进一步优化电力供给策略奠定了基础。通过对收集到的数据进行深入分析，电力公司能够设计出更为科学合理的供电方案，从而实现电力资源的有效配置与高效利用。

1.2.2 电力系统安全运行

高压计量技术对于保障电力系统安全运行至关重要。其能够持续监控电网的工作状态，快速识别出任何非正常状况，进而确保整个电力网络的安全与稳定。该技术依靠互感器和电能表的协同作用来准确测量电网中的关键电气参数，如电流强度和电压水平。当检测到电流或电压出现异常波动时，高压计量系统将即刻

【作者简介】于劲松（1980—），男，江苏淮安人，本科，高级工程师，研究方向：电力系统中的应用。

触发警报机制，促使相关电力企业及时响应并采取必要的维护措施，以有效预防系统故障或安全事故的发生。

1.2.3 能源节约

高压计量技术在促进能源节约方面发挥着重要作用。通过对用户用电模式的细致分析，电力供应商能够设计出更加科学合理的节能方案，进而达到节能减排的目标。该种技术利用互感器与电能表相结合的方式，精确追踪记录了用户的实际用电情况，并据此生成详尽的数据报告。基于这些信息，电力公司能够深入了解并掌握客户的用电规律和偏好，从而采取有效的措施来优化资源配置。例如，在识别出某些特定时间段内存在较高用电需求后，企业可以适时调整供电计划，避免不必要的能源浪费，确保能源得到最合理、最高效地利用。

2 高压计量技术中的误差来源及其影响

2.1 误差来源

2.1.1 互感器误差

在高压信号转换过程中，互感器不可避免地会产生一定误差。这些误差主要由互感器的制造工艺、材料属性以及工作条件共同决定。磁芯材质的选择、绕组的设计方式以及绝缘性能都是影响互感器精度的关键因素。此外，在长期运行中，由于磁芯经历的磁滞现象以及绕组温度上升的影响，互感器的整体表现会逐渐退化，进一步增加了测量中的不确定性。这种不准确性直接影响了对高压电流和电压值的精确转换，最终导致电能计量结果出现偏差。

2.1.2 电能表误差

在电能消耗的计量过程中，

电能表会产生一定误差。这种误差主要受设备内部电路布局、组件效能以及运算方法的影响。例如，采样回路、模数转换装置（ADC）以及微控制器等核心部件的工作性能都会对测量结果的精确度造成影响。此外，在处理电流与电压信号时，由于数值积分或四舍五入等原因造成的计算偏差，累积起来同样会影响最终的电能消耗量读数。因此，电能表自身的准确性直接关系到高压电力系统中电量统计的精准程度。

2.1.3 环境因素

温度、湿度和电磁干扰等环境条件，对互感器和电能表的工作性能具有显著影响，会引发测量误差。具体而言，温度的波动会改变互感器磁芯材质与绕组电阻的状态，进而影响其转换精度；而湿度的变化则会削弱互感器和电能表的绝缘效果，导致漏电流增加，从而引入额外的测量偏差。此外，电力系统中普遍存在的电磁干扰现象，也会干扰信号传输与处理过程，造成读数不准确。由此可见，在高压计量领域内，充分考虑外部环境因素对于确保测量准确性至关重要。

2.2 误差的影响

2.2.1 电力供应规划不准确

测量误差的存在使电力公司难以准确评估用户的实际电能需求，进而影响了电力供应的有效规划。数据偏差会使电力供应商错误预测用电量，无论是高估还是低估，都会造成供电计划与实际情况不符。这种情况不仅会导致不必要的能源浪费，还会引发供电短缺问题，对电力系统的经济性及其稳定运行产生负面影响。

2.2.2 电力系统运行不稳定

测量不精确会削弱电力系统状态监控的有效性，从而对系统的安全运行构成威胁。由于测量偏差的存在，电力企业难以准确掌握电流、电压等核心参数的真实值，将阻碍电力企业及时识别并响应潜在问题。由此造成的监控失误会引起电力网络在操作期间发生故障或事故，最终损害其稳定性和安全性^[2]。

2.2.3 能源利用效率降低

测量误差的存在阻碍了电力供应商对用户用电模式的精确分析，对节能策略的有效制定与执行构成挑战。由于无法准确捕捉到用户的实际用电情况，电力公司难以设计出有效的个性化节能方案。这种情况下的措施不当会造成电能资源浪费，从而降低整个电力网络的能源利用效率。因此，提高高压计量技术的准确性对于增强电力系统的整体能源利用率具有重要意义。

3 减少高压计量技术误差的方法与策略

3.1 提高互感器和电能表的精度

提高互感器与电能表的测量精度是降低高压计量系统中误差的关键策略。高质量的互感器和电能表有助于显著改善数据的准确性，进而保证高压计量技术运行的稳定性和可靠性。特别是通过采用更先进的磁性材料和优化绕组设计的互感器，能够更加准确地完成高压条件下电流与电压信号的转换任务。同时，利用高性能模数转换器（ADC）以及经过改进的数据处理算法所构建的高精度电能表，能够提供更为精确的电力

消耗量度结果。选择并部署上述类型的精密仪器，可以在很大程度上减少在信号变换过程或电量统计时出现的偏差，从而整体提升高压计量领域的测量精确度^[3]。

3.2 优化环境控制

改善环境管理是减轻外界因素对互感器与电能表效能干扰的关键方法。通过精准调控温度和湿度等条件，能够显著减小这些变量对设备性能的影响，进而降低测量中的偏差。维持稳定的温度可以通过安装恒温装置或运用温度补偿技术来实现，以保证互感器和电能表在一致的热环境下运行，有效缓解温度波动对磁性材料和绕组电阻造成的不利影响。至于湿度调节，则需采取防潮措施并结合湿度补偿机制，确保精密仪器处于适宜干燥的环境中，以减少湿度过高对绝缘效果的危害。总之，通过对环境因素的有效控制，不仅可以大幅度减少其对互感器和电能表工作状态的负面影响，还能提升高压计量系统整体的准确性。

3.3 引入智能化计量系统

采用智能化计量系统是提升高压测量技术可靠性的关键方法之一。该系统通过远程监控与自动化管理，能够迅速识别并修正测量偏差，进而增强高压测量技术的准确性与可靠性。智能化计量系统结合了先进的传感器、通信模块以及数据分析单元，可对互感器和电能表的工作状态进行实时监测，并自动处理所收集的数据。当检测到异常情况时，系统将立即报警，并启动自动校正程序。此外，借助于远程监控和自动化管理功能，智能化计量系统还支持对互感器和电能表实施远程维护与故障排查，进一步提升了高压测量系统的整体稳定性。引入此类智能化解决方案后，可以显著降低人为因素干扰，提高整个高压测量流程的自动化程度及其运行的可靠性^[4]。

3.4 定期校准与维护

定期校准和维护对于保证高压计量技术长期稳定运行至关重要。通过对互感器和电能表实施周期性的校正与保养，可以有效识别并修正这些装置中的潜在隐患，进而降低测量过程中的偏差。定期校准工作包括检查互感器的磁性材料及其绕组构造，以验证其是否满足预定的设计标准；调整电能表内部的电路布局和计算程序，确保其能够准确完成电能计量任务。此外，例行维护还涵盖了对互感器与电能表的机械部件和电气连接状态的审查，以确保这两类设备处于良好运行状态。通过执行有规律的校准与维护计划，不仅可以显著延长互感器和电能表的服务寿命，还能进一步增强高压计量系统的长期稳定性与可靠性。

3.5 数据分析与误差补偿

对高压计量技术而言，数据分析与误差校正技术是提升其测量精度的关键方法。通过对互感器和电能表在实际应用中的表现进行深入的数据分析，能够准确识别出误差特征，进而为制定有效的误差修正策略提供依据。这一过程涉及对大量数据的统计处理和模式分析，旨在明确误差的主要成因及其分布规律。基于上述分析成果，可采用线性校正、非线性校正以及自适应调整等多种手段来优化测量结果。此外，结合智能

计量平台提供的实时监控信息，还能实现动态误差调整，进一步增强测量值的准确性。综上所述，通过实施数据分析和误差补偿措施，不仅能够显著降低高压计量系统中存在的系统性偏差和随机波动，还有助于提高整体测量工作的精确度与稳定性^[5]。

结语

在电力系统中，高压计量技术扮演着至关重要的角色。通过深入探究该技术的基础理论及其误差产生机制，并提出切实可行的误差降低措施，能够显著提升其测量精确度和稳定性，从而为保障电网的安全运行以及促进能源的有效利用提供坚实的技术支撑。展望未来，随着科学技术的持续发展，高压计量技术有望取得进一步突破，进一步提升电力系统的运行效率与安全性。^[6]

引用

- [1] 李俊,冯少力,魏本海,等.信息技术在计量量传业务智能管理中的研究与应用[J].电子技术与软件工程,2020(22):249-250.
- [2] 魏建荣.用电监察中窃电与反窃电技术分析[J].电子世界,2018(20):196+198.
- [3] 樊蕾.远程自动抄表计量技术在电力系统中的应用[J].电子技术与软件工程,2016(2):156.
- [4] 刘静.远程自动抄表计量技术在电力系统中的应用研究[J].科技风,2014(4):109.
- [5] 陈兴元.高压遥测计量技术的研究与应用[J].石油工业技术监督,2005(4):41-43.

基于改进 Faster R-CNN 的视觉识别与定位研究

文 ◆ 湖南机电职业技术学院 刘淇名 朱永波 梅 凯

引言

煤料分拣与运输智能化是当前能源处理中的重要研究热点，皮带输送机中煤料存在的大颗粒煤料，通过视觉智能识别和定位技术，并改进 Faster R-CNN 算法以提高对煤料检测的准确性。分析表明，Faster R-CNN 在处理小物体时存在特征提取不足和精度不高的问题。因此，利用深度学习技术提取煤样图像的特征，通过目标检测模型获取煤样位置信息，并应用定位算法进行精确定位，进一步提高检测的准确性。实验结果显示，该方法提升了煤料识别性能，为实际应用过程中的煤料识别、定位和后续工序提供了技术支持，具有应用价值和推广意义。

1 研究背景

国内制造业发展迅速，智能化应用场景日益丰富，传统产业智能化升级转型具有重要意义。能源行业、火力发电需要大量煤炭资源，通过火车批次运输煤炭，经过翻转机后再进行皮带运输，随后进行破碎加工和细分处理。

此过程煤料颗粒变得更加细小，表面积增大，提高了燃烧效率，热量释放更充分；提高了能量利用率，使燃烧产生的热能更有效地转化为电力或热能。然而，煤料破碎和细分耗时较长，全面处理煤料的效率不足，如何提高煤料的分拣效率成为智能化升级的重要研究课题。

目标识别作为视觉深度学习技术被广泛应用于目标识别和目标定位。该技术通过图像处理、模式识别等多领域知识得到目标的特征集，通过训练和学习目标的特征集对目标进行分类^[1]。近年来，卷积神经网络的广泛应用显著优化了其底层原理并降低了应用成本，许多科技公司都陆续开发并优化了机器视觉控制系统应用。罗曼克恩团队利用了基于机器学习的组合方法提高了对历史文献的 OCR 质量检测；李培良等人研究了 Stereo R-CNN 在 3D 视觉物体检测在自动驾驶中的应用技术问题。目前，视觉识别的工件定位系统设计研究已经积累了较为丰富的研究成果。基于此，从皮带运输煤料处理环节进行分析，提升对细煤料中的大煤炭识别定位效果，提出了一种基于改进 Faster R-CNN 的视觉识别煤料中的大颗粒识别和定位研究新方法。通过搭建一套视觉识别和定位实验装置，在实际工业环境现场收集了 200 组颗粒煤料图片，通过训练分类并计算目标坐标信息，实现了对大颗粒煤料的有效识别和定位，验证了所提方法的有效性。

2 基于改进 Faster R-CNN 的目标识别方案

Faster R-CNN 网络与 R-CNN 网络、Fast R-CNN 网络相比，其对目标识别与定位处理具有较快的速度与较高的准确度^[2]。Faster R-CNN 即深度神经网络架构模型，结合了 R-CNN 和 Fast R-CNN 的特点，并将 Fast R-CNN 模型与 RPN（Region Proposal Networks）建议网络模型进行了融合。通过在卷积层中使用相同的卷积核进行卷积操作，对全连接层的所有神经元进行加权计算，构建了一个可以检测煤料中的颗粒的系统。RPN 在使用时，通常依赖于廉价的识别特征和更加经济更有效率的推断方案，其中 Selective Search 是常用的方法之一，它基于设计的低级

【课题】2022 年度湖南省教育厅科学研究项目“基于视觉识别的多目标定位系统设计研究”（22C0928）

【作者简介】刘淇名（1987—），男，湖南常德人，硕士研究生，讲师，研究方向：智能控制、运动控制。

特征合并超像素^[3]。然而,与 RPN 相比,Selective Search 的速度慢了一个数量级,CPU 实现每张图像需要 2s。为了提高系统的识别效率,RPN 网络通过系统给定的输入图像,利用全网络的卷积提取特征信息,得到高精度和高可靠性的煤料大颗粒特征建议区域,并预测检测目标的边界和位置上的分值情况。RPN 网络通过几乎没有额外学习成本情况下生成了检测目标的区域候选框,实现了对图像的自动学习。当开始进行深度学习计算时,该系统将会较少地占用 GPU 资源,且训练时间大幅缩短,在提高目标检测的效率和性能的同时,还能处理大规模的图像数据,提升了模型的泛化能力。Faster R-CNN 的算法流程可分为 3 个动作。(1) 将图像输入网络得到特征图。(2) 使用 RPN 结构生成候选框,并投影到特征图上获得 ROI 区域的特征矩阵。(3) 特征矩阵通过 ROI pooling 层缩放,得到全连接层的预测结果。

2.1 基于 ROI Align 算法的特征提取

Faster R-CNN 通过 ROI-Pooling 操作实现了对一系列大小各异的候选框区域进行归一化处理。ROI-Pooling 操作是为了将神经网络对感兴趣区域映射到相同大小的特征图上。这样操作在提取 ROI 的特征信息外,还能保持位置信息,提高了模型的精确度和效率。利用池化操作,获取特征图中不同大小的感兴趣区域(ROI),并映射到相同大小的特征图上,目的是实现候选框的统一特性。

使用 ROI-Pooling 的处理过程如下。(1) 输入收集到的煤料数据,确保每组煤料图片都会包含感兴趣区域和坐标信息(ROI)。(2) 系统对所有图片数据进行 ROI Pooling 处理,根据这些映射形成尺寸归一化的网格。(3) 对这些网格进行池化(Pooling)处理,提取 ROI 区域的关键特征。(4) 进行特征汇总,得到最终的特征。通过以上过程,不同大小的候选框被处理成具有相同大小的特征图,这些特征图的大小与 ROI 以及特征提取网络的输出图之间存在一定的关联性,尤其是在保留了空间信息的同时提高了处理速度,实现了高效目标检测和定位。

2.2 RPN 结构

RPN 是一个全卷积网络,最重要的性质是平移不变性,使其在提取特征上能够减小自身模型,而更小的数量也同样提高了计算速度。对于边界框回归,采用一个四维向量 (x,y,w,h) 来表示, x 和 y 表示标记框的像素中心坐标, w 和 h 为标记框的像素长度和宽度。使用以下 4 个坐标进行参数化。

$$\begin{cases} t_x = \frac{(G_x - P_x)}{P_w}, t_y = \frac{(G_y - P_y)}{P_h} \\ t_w = \log\left(\frac{G_w}{P_w}\right), t_h = \log\left(\frac{G_h}{P_h}\right) \\ t_x^* = \frac{(G_x^* - P_x)}{P_w}, t_y^* = \frac{(G_y^* - P_y)}{P_h} \\ t_w^* = \log\left(\frac{G_w^*}{P_w}\right), t_h^* = \log\left(\frac{G_h^*}{P_h}\right) \end{cases} \quad (1)$$

式(1)为边界框回归于锚框固定到真实框, G_x 、 P_x 、 G_x^* 代表预测框、锚框和真实框。

由于煤料颗粒较小,候选区域会存在大量互相重叠的情况。因此,使用 IoU 来衡量候选区域与实际运输煤料拍照区域之间的重叠程度,预设了 4 种尺度和 4 种长宽比的参数,并在每个位置处会生成 16 个锚点,系统的区域建议网络将准确提取煤料中的大颗粒位置,并通过非极大值抑制算法进行筛选,以获取具有较高得分的大颗粒位置的选框。

3 运动目标定位

“Faster R-CNN+RPN”模型确定好目标的矩形框后,应对检测目标进行处理,提取检测目标,并对目标进行分割和二值化处理,计算中心点坐标,识别与定位工作流程如图 1 所示。

对目标检测的质心坐标和旋转角度的提取,应实现机器人精确抓取识别的目标物体,获取目标在二维或者三维空间中的精确位姿^[4]。在本文中,视觉检测与检测平面处于垂直状态,因此检测目标为二维空间坐标。在目标中心定位的方法有很多种,如不变矩法、极值法、中心点法和零阶矩法等。根据煤料的特性,本文采用不变矩法来确定目标的质心,不变矩法充分利用了图像信息的全局特性,在计算质心坐标时精度较高,其计算方法如式

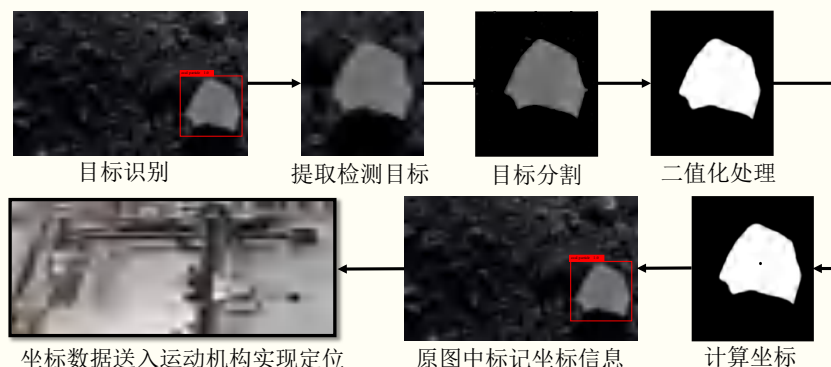


图 1 识别与定位工作流程

(2) 和 (3) 所示。

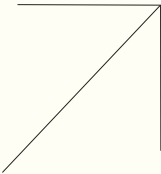
$$x_0=\frac{\int\int xf(x,y)dxdy}{\int\int f(x,y)dxdy=m_{10}/m_{00}} \quad (2)$$

$$y_0=\frac{\int\int yf(x,y)dxdy}{\int\int f(x,y)dxdy=m_{01}/m_{00}} \quad (3)$$

式 (2) 和 (3) 中, $f(x,y)$ 为图像的灰度; m_{10} , m_{01} 为图像关于 x 轴和 y 轴的灰度矩。确定目标位置的二维坐标以后, 还应求解目标的旋转角度。确定检测目标的旋转角度可以利用矩的不变量原理来求解, 得到目标的质心坐标和旋转角度, 用于运动控制系统对大颗粒的煤料进行精确抓取。

4 实验研究及结果

为验证视觉识别在煤料定位中的有效性, 搭建了由视觉摄像头和运动控制平台组成的实验系统。使用 OpenCV 处理图像, 目标检测坐标以数据组形式存储在文本文件中。运动平台使用 PLC 控制器, 利用 C# 语言与 PLC 通信, 调取坐标数据进行定位。实验中, 使用环形光源排除干扰, 通过测试多组实验数据, 得出定位误差低于 0.85mm, 图像处理后的坐标数据精度高。



本文通过实验测试和研究, 采用图像预处理结合 Faster R-CNN 网络的目标检测方法, 提取和优化目标检测选框。基于 ROI-Align 算法, 利用双线性插值法获取原图的位置坐标, 克服了 ROI-Pooling 算法带来的像素位置偏移和检测不匹配等问题, 从而提高了系统的检测精度与速度。经过改进的 Faster R-CNN 检测能够自动学习, 并检测大颗粒煤料的表面特征, 满足视觉检测分拣大颗粒煤料的生产与分拣要求。在实验中, 对视觉检测的光源进行遮光处理, 以降低外界光照对检测的影响^[5]。然而, 在皮带运输过程中, 还应考虑光照的变化以及皮带运输速度对检测目标的影响。因此, 应用于实际情况时, 仍需要进一步优化研究, 以确保其在各种环境下, 都对训练样本以及测试样本进行人为规则化处理, 有利于提升算法的学习和识别效果^[6]。

结语

在煤料分拣与运输智能化的探索之路上, 本研究通过对基于改进 Faster R-CNN 的视觉识别与定位技术的深入剖析与实践, 取得了阶段性的成果。通过将深度学习技术与传统的煤料处理流程相结合, 有效提升了大颗粒煤料检测的准确性与效率, 为能源行业智能化升级提供了有力的技术支撑。从算法层面的改进到实验系统的搭建与测试, 都展现出这一研究方向的巨大潜力。尽管在实际应用中仍面临光照变化和皮带运输速度等因素的挑战, 但本次研究为后续的优化工作奠定了坚实基础。未来, 随着技术的不断发展与完善, 煤料分拣与运输智能化将在能源领域发挥更为重要的作用, 不仅能提高生产效率, 降低成本, 还将推动整个能源行业朝着更加智能、高效、可持续的方向迈进, 为满足社会日益增长的能源需求贡献更多的智慧力量。^[9]

引用

[1] 王成,李敏,王克宇.基于改进Faster R-CNN的机器人运动控制与视觉抓取研究[J].机械设计与制造:1-12[2024-02-17]

[2] 代小红,陈华江,朱超平.一种基于改进Faster R-CNN的金属材料工件表面缺陷检测与实现研究[J].表面技术,2020,49(10):362-371.

[4] 夏群峰,彭勇刚.基于视觉的机器人抓取系统应用研究综述[J].机电工程,2014,31(6):697-701+710.

[3] Ren S ,He K ,Girshick B R,et al.Faster R-CNN:Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks.[J].CoRR,2015,abs/1506.01497

[5] 赵佳冉,张爱华,姜超群,等.基于机器视觉的运动目标识别与定位[J].智能计算机与应用,2022,12(11):117-121.

[6] 伍锡如,黄国明,孙立宁.基于深度学习的工业分拣机器人快速视觉识别与定位算法[J].机器人,2016,38(6):711-719.

主带式安全检查分层管理系统设计与实现

文◆公安部第一研究所 张勇 杨桂文 罗桂林

引言

目前,国内机场安全检查系统主要采用柜台式安全检查分层管理系统^[1]。主带式安全检查分层管理系统从需求上有别于柜台式安全检查分层管理系统。柜台模式下,行李图像需要发送给安检操作员进行判读,行李停留在支带上等待安检员的判读结果。若未获得操作员的判读结果,行李不能进入主带,因此不会产生行李漏检或是判读结果匹配错误问题;主带模式下,无人值守,系统运行过程中行李输送系统不停止,行李连续不断的进入主带。行李在主带上形成一个物理位置序列,安检的判读结果则形成一个时序上的逻辑序列。由于主带上行李的运行情况复杂,如出现卡包、漏包、包连包等情况,会导致安检判读结果和实际行李匹配错误。若缺乏有效的技术方案加以抑制或纠错,则会导致匹配错误的结果不断扩大并延续。一旦安检判读结果和实际行李匹配错误,使带有危险品的行李通过机场的安全检查并送上飞机,将给飞机上旅客的人身安全带来极大威胁。对于柜台模式而言,只是一个很小的安检故障,不会造成任何安全隐患,而对于主带模式则会引发灾难性的机场安全事故^[2]。因此,主带模式对系统的稳定性和实时性要求更高,技术

处理难度更大。本文研究的主带式安全检查分层管理系统既可应用于旅客随身行李安全检查,又可应用于旅客交运行李安全检查。在旅客随身行李安全检查系统中,首次实现了旅检业务领域的主带式远程集中判读模式,能够自动分拣安全行李和可疑行李。通过结合人脸识别算法和旅检回筐系统,该系统实现了旅检业务长期以来未达成的人包精确匹配目标。在旅客交运行李安全检查系统中,旅客办理完托运后即可立即离开,大幅节约了旅客的时间。本研究的主带式安全检查分层管理系统旨在提高安检效果和安检效率,降低安检劳动强度,并改善旅客体验。该系统已在多个机场得到应用,并取得了显著效果,具备推广应用的价值。

1 系统总体设计

1.1 系统架构设计

系统总体设计如图1所示,主带式安全检查分层管理系统是基于高速局域网或广域网、采用X射线安全检查设备、具有现代安全检查技术手段和管理模式的计算机网络化系统。各站点间通过计算机网络通信和协作来完成行李安检业务和机场安检部门、

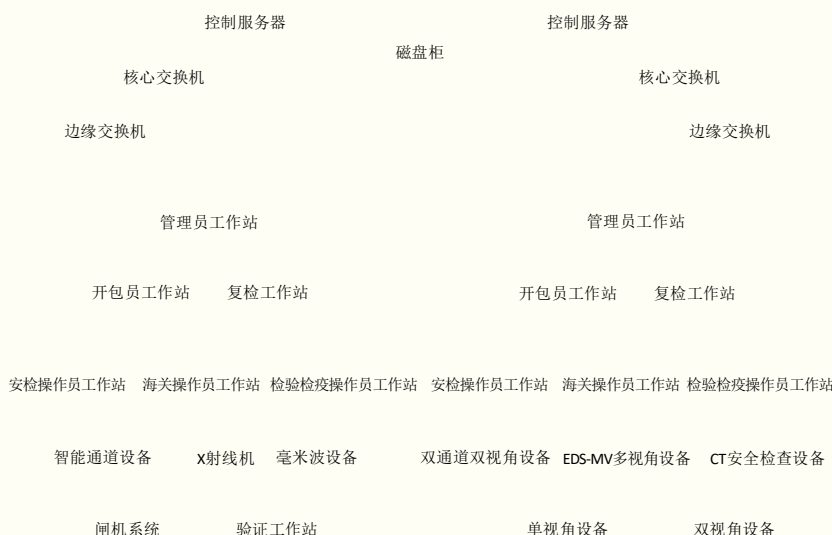


图1 系统总体设计

【作者简介】张勇(1978—),男,辽宁大连人,博士研究生,研究员,研究方向:安全检查。

海关部门和检验检疫部门的信息化管理工作^[3]。

系统采用无人值守的主带模式，X 射线安全检查设备安装在行李分拣系统主带上，负责对整个值机岛或者通道的所有行李进行 100% 的自动检查。系统采用智能通道设备、毫米波设备、闸机设备、单视角设备、双视角设备、双通道双视角设备、EDS-MV 多视角设备和 CT 安全检查设备，能够精确探测爆炸物的密度和原子序数。手提行李每小时可完成 720 个行李的安全检查，交运行李每小时可完成 1800 个行李的安全检查。提供自动或人工判读结果，支持行李系统实现快速分拣。此外，系统具有开放性和拓展性，可以与机场其他子系统接口关联，实现信息集成与共享。

1.2 系统流程设计

主带式安全检查分层管理系统实现所有检查设备和检查模式的兼容（见图 2），其提供了一个真正意义上的一套系统完整解决方案。系统客户端 X 射线工作站包括智能通道设备、毫米波设

备、闸机设备、单视角设备、双视角设备、双通道双视角设备、EDS-MV 多视角设备和 CT 安全检查设备，对应的系统检查模式兼容主带式手提行李安全检查系统、主带式交运行李安全检查系统和柜台式交运行李安全检查系统。在多个领域的安全检查工作中发挥着巨大作用，为阻止恐怖组织活动提供了有效手段，为保障国家安全贡献了重要力量。

2 主带式手提行李安全检查系统

2.1 主带式手提行李安全检查系统的主要特点

主带式手提行李安全检查系统通过技术手段，显著提升了安检效果和效率，降低了安检劳动强度，改善了旅客体验^[4]。

第一，实现了安全行李、可疑行李和超时行李的三通道自动分拣，能够快速进行超时行李的复检，并自动回收空托盘，从而有效降低了安检员的劳动强度，提高了安检效率。

第二，本地判读和远程集中判读兼容。通过减少安检判读员的干扰因素，进一步提升了安检效果和效率。

第三，通过 X 射线图像铅字识别技术和托盘 RFID 识别技术，解决了 RFID 无法 100% 正确读取的问题，实现了旅客信息、识别标签和图像信息精确匹配。

第四，提供多模式行李自动复检功能。复检方式包括安检机复检、复检线复检和机器人复检。用户可以根据需要灵活选择，进一步降低了安检员的劳动强度。

第五，系统远程状态监控。远程通道监控系统可以实时显示当前通道设备运行状态和过检行李安检状态，统计当前通道内的旅客数量、正在安检的行李数量、安检行李的安检状态和行李处于安检线上的位置，实现了所有旅检通道集中管理。

2.2 主带式手提行李安全检查系统的流程设计

系统用于对机场出港的旅客和随身携带的行李物品进行 100% 的安

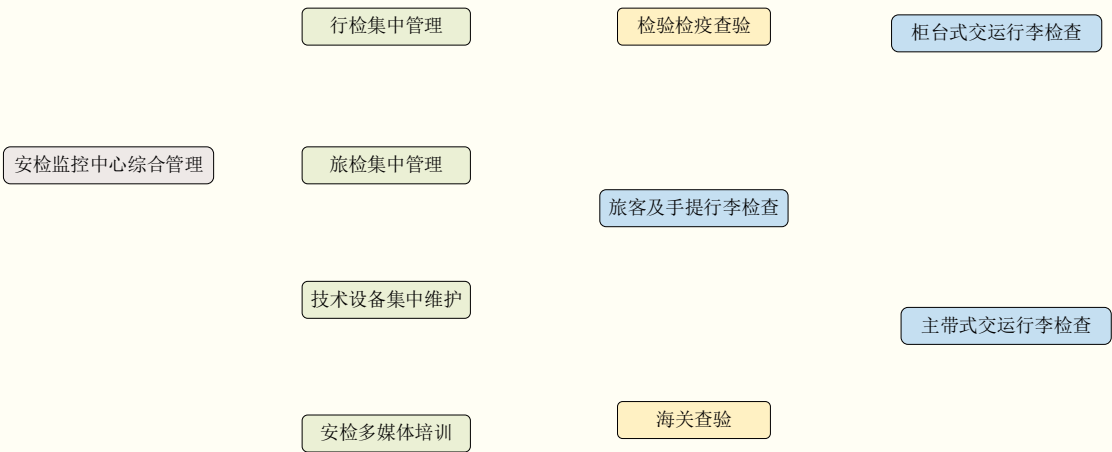


图 2 系统流程设计

2. 人包绑定：精准定位旅客&安检信息。

3. 实现远程判读。

姓名：张三 别：男
身份证号：410XXXXXXXXXX
航班号：CA1483 座位号：5E
登机口：66 登机时间：09:00
验证时间：2020/01/16 08:21:22
安检通道：A11 安检班组：10
安检时间：3.1分钟 开包：否

安全门

集中判读室

RFID

X射线机
工作站

4. 实现自动分拣。

1. 闸机获取人脸。

5. 开包处理。

开包员
工作站

闸机系统

图 3 手提行李集中判读系统流程设计

全检查，实现了旅客随身行李通过安检 X 光机时产生的 X 光图像、外观图像与旅客自身安检信息以及旅客乘机等信息的绑定和存储，便于机场快速有效回查旅客过检的所有信息^[5]。系统支持选择远程集中判读和本地判读两种判读模式，以满足不同场景下的安检需求。

手提行李集中判读系统流程设计如图 3 所示，具体流程描述如下。

（1）旅客通过验证系统（包括自助闸机或人工验证柜台）刷身份证进行自助身份核验，并对人脸进行拍照。核验无误后，旅客进入安检通道。验证系统从离港系统获取旅客身份信息，并与采集的人脸特征信息进行绑定。

（2）旅客通过人脸识别或扫描登机牌获取带有 RFID 芯片的托盘，并将行李物品放入托盘。

（3）当托盘和物品经过入口多维信息采集设备时，系统会获取 RFID 芯片信息、旅客身份证信息等，同时摄像机拍摄物品的可见光图像。随后，托盘和物品进入 X 射线机进行扫描。

（4）X 射线机扫描物品，形成并显示图像。在安检员操作台上显示为彩色或黑白图像，显示图像可以为卷轴式或弹出式出现，按顺序从显示屏上通过，即本地判读。

（5）X 射线机将 RFID 芯片信息、可见光图像、X 射线机图像进行匹配，X 射线机将图像发送给该远端任意一台空闲的操作员工作站进行远程判读。

（6）安检员通过本地判读或远程判读对可见光图像和 X 射线机图像进行仔细分析，并做出审查结果，将判读结果和 RFID 芯片信息绑定发送给前端的输送系统。

（7）托盘和物品经过分拣系统 RFID 读取器时，安检结果为放行地

送往旅客取包区域；安检结果为开检或未判读地送往行李开检区。

（8）安检结果为安全的物品，旅客可以整理物品离开，同时空托盘会被自动回收。

（9）安检结果为拒绝的物品，安检员通过开包员工作站获取图像，并根据图像上标注的开检区域，对物品进行仔细核查。

（10）通过触摸屏一键存图方式，实现开包结果快速录入。同时，系统支持自行定制常见违禁品清单和相应的处置方式。

（11）需要进行复检的行李和托盘自动回到 X 射线机入口处，重新进入 X 射线机进行检查，再次通过 X 射线机时该行李托盘的标识码不变。

（12）旅客通过毫米波人体安检设备可以快速完成人身安全检查。

（13）管理员可以通过管理员工作站完成旅客和行李信息的复查、统计和布控等功能。

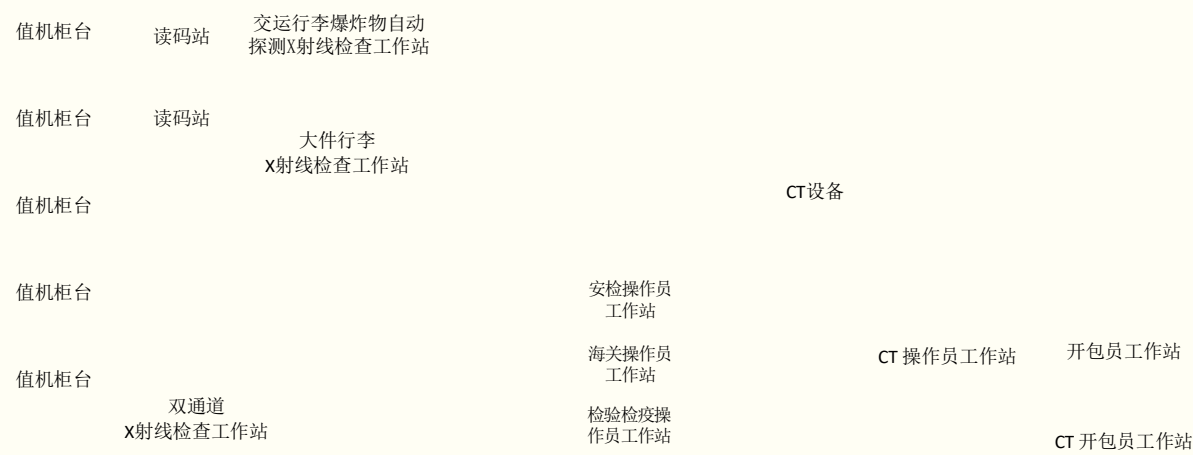


图 4 主带式 EDS 三级检查模式流程图

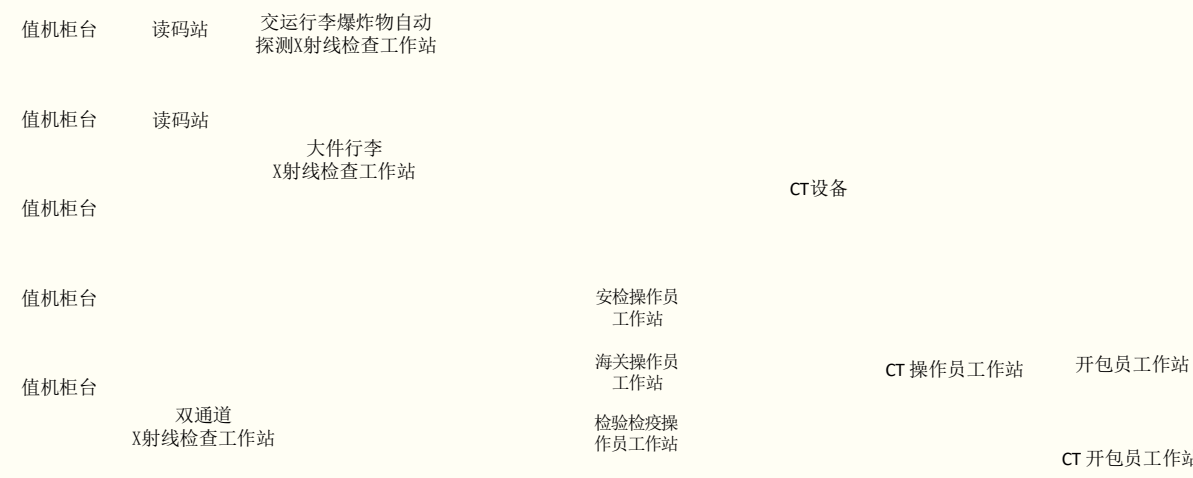


图 5 主带式 CT 三级检查模式流程图

3 主带式交运行李安全检查系统

3.1 主带式 EDS 三级检查模式设计与实现

主带式 EDS 三级检查模式流程图如图 4 所示。主带式 EDS 三级检查模式系统主要包括三级，第一级是多视角 EDS 安全检查设备；第二级是操作员工作站；第三级是开包员工作站。多视角 EDS 安全检查设备采集生成透视图像，能够精确探测爆炸物的密度和原子序数，对爆炸物

和违禁品进行自动探测，然后将图像发给操作员进行判读，操作员判读为“可疑”的行李需要进行开包检查。

主带式 EDS 三级检查模式系统的特点在于，多视角 EDS 设备显示多个视角的图像，有利于操作员准确判读；具有爆炸物和违禁品自动探测功能，减轻了人工判读的压力；安检设备远离柜台，提高了人身安全性；主带模式下，旅客行李直接进入主带，无需等待，大幅提高安检效率；所需安检设备数量少，整套系统的成本更低。

3.2 主带式 CT 三级检查模式设计与实现

主带式 CT 三级检查模式流程图如图 5 所示。主带式 CT 三级检查模式系统主要包括三级，第一级是 CT 安全检查设备；第二级是 CT 操作员工作站；第三级是 CT 开包员工作站。CT 安全检查设备采集生成三维立体图像，能够精确探测爆炸物的密度和原子序数，对爆炸物和违禁

品进行自动探测，然后将图像发给 CT 操作员进行判读，CT 操作员判读为“可疑”的行李需要开包检查。

主带式 CT 三级检查模式系统的特点在于，可以显示三维立体图像，有利于操作员准确判读；具有爆炸物和违禁品自动探测功能，能够更准确地发出自动报警。

3.3 主带式五级检查模式设计与实现

主带式五级检查模式流程图如图 6 所示。主带五级检查模式系统主要包括五级，第一级是多视角 EDS 安全检查设备或者普通 X 射线安全检查设备；第二级是操作员工作站；第三级是 CT 安全检查设备；第四级是 CT 操作员工作站；第五级是开包员工作站。X 射线安全检查设备采集生成图像，然后将图像发给操作员进行判读。操作员进行判读结果包括三种，即“安全”“危险”和“可疑”。“安全”行李可以运送上飞机，“可疑”行李进行开包检查，“危险”行李继续进入 CT 安全检查设备检查。CT 安全检查设备采集图像并发送给 CT 操作员进行判读，CT 操作员判读为“可疑”的行李进行开包检查或者危险品处理。

主带式五级检查模式系统的特点在于，与主带式 EDS 三级检查模式相比，主带式五级检查模式具有更高的安全性，但检查效率相对较低；与主带式 CT 三级检查模式相比，主带式五级检查模式在保持较高效率的同时，成本更低。

3.4 柜台三级检查模式设计与实现

柜台三级检查模式流程图如图 7 所示。柜台三级检查模式系统主要包括三级，第一级是 X 射线安全检查设备；第二级是操作员工作站；第三级是开包员工作站。X 射线安全检查设备采集生成透视图像，然后将图像发给操作员进行判读，操作员判读为“可疑”的行李需要开包检查。

柜台三级检查模式系统的特点在于，每个岛配备有多台 X 射线安全检查设备，即使其中一台设备发生故障，对整个系统影响也相对较小；柜台三级检查模式效率相对较低，设备数量多，成本相对更高。

4 系统应用情况

4.1 主带式手提行李安全检查系统应用

主带式手提行李安全检查系统实现了旅客随身行李安检的集中判读，通过减少安检判读员的干扰因素，提高了安检效果。该系统能够自动分拣安全行李和可疑行李，并实现专用安检筐的自动回收，从而降低了安检员的劳动强度。通过设计配比多个取筐台、多操作员判读和多开包员，系统能够保证每小时旅客通过率超过 300 人，提高了安检效率。通过人脸特征信息与托盘唯一的识别标签匹配，实现了旅客信息、识别标签和图像信息的精确对应。系统包括验证员工作站、X 射线工作站、判读员工作站、开包员工作站、管理员工作站、接口网关工作站、服务器以及存储子系统等，所有设备连接成一个局域网。根据机场的实际需要，还可选配海关判读员工作站、安检监视员工作站、海关监视员工作站和复检工作站等。该系统可应用于全国大、中、小型以及枢

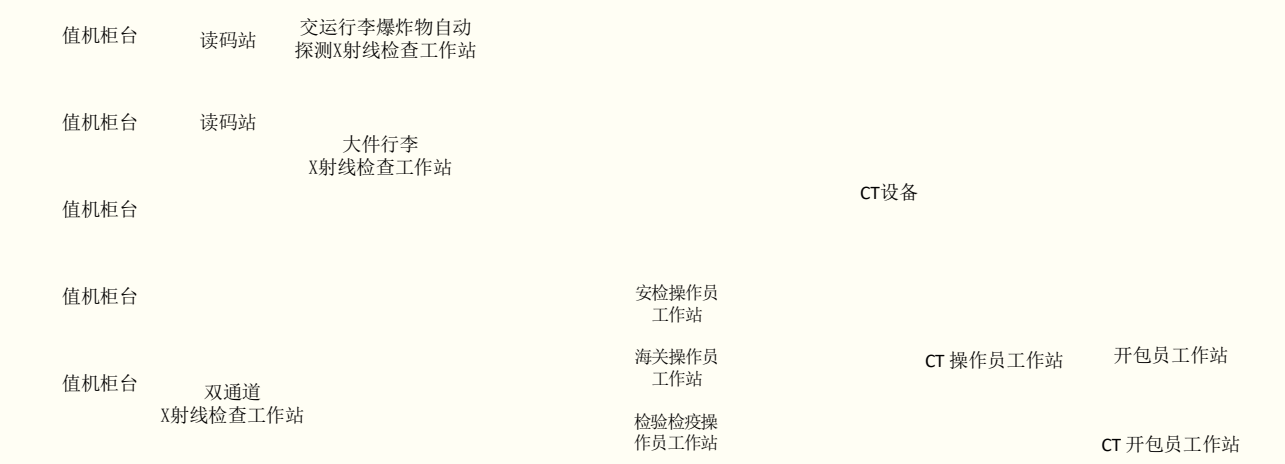


图 6 主带式五级检查模式流程图



图 7 柜台三级检查模式流程图

纽机场，已在北京首都国际机场、上海浦东国际机场、石家庄正定国际机场等成功实施运行。

4.2 主带式交运行李安全检查系统应用

主带式交运行李安全检查分层管理系统是基于高速局域网，采用 FISCAN 系列双通道双视角设备、EDS-MV 多视角设备和 CT 安全检查设备，具有现代安全检查技术手段和管理模式的计算机网络化系统。该系统采用无人值守的主带模式，设备安装在行李分拣系统主带上，负责对整个值机岛的所有交运行李进行 100% 的自动探测。系统采用双能量 X 射线、多视角 X 射线等先进技术的自动探测设备，能够精确探测爆炸物的密度和原子序数，每小时可完成 $1800 \times N$ 个行李的安全检查（ N 表示运行在主带上的安全检查设备数量），提供自动和人工判读结果，支持行李系统实现快速分拣。系统具有开放性和拓展性，可以与机场其他子系统接口关联^[6]，实现信息集成与共享。该系统可应用于全国大、中、小型以及枢纽机场，

在烟台蓬莱国际机场、成都双流国际机场、贵阳龙洞堡国际机场、天津滨海国际机场、武汉天河国际机场、深圳蛇口邮轮中心以及斯里兰卡汉班托塔国际机场等已成功实施并运行。

结语

本文研究的主带式安全检查分层管理系统可以应用于旅客随身行李安全检查，也可以应用于旅客交运行李安全检查。旅客随身行李安全检查系统中，首次实现了旅检业务领域的主带式远程集中判读模式，完成安全行李和可疑行李的自动分拣，并能够实现专用安检筐的自动回收。同时，通过旅检回筐系统的专用安检筐和具有人脸比对功能的旅客验证信息匹配，首次达成了旅检业务长期以来未达成的人包精确匹配目标。在旅客交运行李安全检查系统中，旅客办理完托运后即可立刻离开，节约了旅客时间。通过大数据分析，实现了旅客分级安检。本文研究工作有效提高了安检效果和效率，降低了安检劳动强度，改善了旅客体验。^[8]

引用

[1] 谢澳达,杨婷.基于APROS的核电系统建模与控制方法研究[J].核动力工程, 2024,45(5):184-191.

[2] 张勇,王晓斌.集中安全检查系统问题分析及解决方案[J].机电产品开发与创新,2015,28(1):105-107.

[3] 王易志.安检信息管理系统在民航机场的应用[J].中国科技信息,2010(6):32-35.

[4] Yong Zhang,Weiwei Kong,Dong Li,et al.Design and Implementation of Automatic Matching and Remote Screening System for Intelligent Security Inspection[C].In 2020 International Conference on Computers,Information Processing and Advanced Education(CIPAE 2020),2020,October 16-18:76-83.

[5] 赵永,何燕南.机场安全检查信息管理系统[J].警察技术,2005(4):8-11.

[6] 罗桂林,张勇,李伟,等.安检外部系统接口平台监控系统的设计与应用[J].警察技术,2022(4):81-84.

基于 MATLAB 的手写汉字识别设计*

文◆安徽师范大学皖江学院经济系

祖璇

安徽师范大学皖江学院大数据与人工智能系 牛学伟

引言

为了对计算机符号进行主动识别和快速加工处理,利用 MATLAB 技术和模板匹配算法实现了手写汉字的识别设计。首先分析了所使用的模板匹配算法,其次给出手写字体识别整体设计方案,再次对图像采集、图像预处理、字符切割和字符识别等模块进行详细分析与设计,最后把全部功能集成在 GUI 界面上,便于用户操作使用。

1 背景

汉字识别也叫光学字符识别,是光学技术和计算机处理技术的结合应用。本质是图像识别问题,但手写字体识别率较低。近年来神经网络技术得到了快速发展,为手写汉字识别研究提供了技术支持,在经济、文化等行业中发挥了重要作用。我国对汉字识别的初步研究从 20 世纪的 70 ~ 80 年代开始,当时主要的技术难题是汉字输入。20 世纪 70 年代末实现了手写体汉字识别上的首次突破^[1]。此后有越来越多的科研人员、机构都加入到识别研究中。20 世纪 90 年代在国家 863 等计划的大力支持下,研究进程不断加快,接连取得了众多成果。

模板匹配是计算机一种简单、高级的模式识别视觉技术,可识别专一照应物的图像与预定图像的匹配。因其较为简单且具有通用的计算特点,被图像识别等领域青睐^[2],如今模板匹配及其改进型已经在教育、制造业、物流、宇宙探测等众多领域得到了应用。因此,本文采用模板匹配算法对手写汉字进行识别。

2 模板匹配算法

模板图像在目标图像中找到的与之能够对应的区域是算法一直追求的最终目标。其核心是在模板图像和场景图像比较中找到不同区域的相似度,并以此找到与模板图像最相似的区域^[3]。模板匹配算法的步骤如下。

(1) 选择模板。选择一个具有代表性的图像模板,可以是不具体物体的标准图像,也可以是某种具体模式的图像,二者可以任意选择。

(2) 初始化。在目标图像中确定模板的初始地址,可以是随机不

定,也可以由特定的已知经验设立。

(3) 匹配评分。对于覆盖模板的图像的区域之中,思考二者之间的相似度。目前常见的相似指标具体有相应系数等。

(4) 搜索和优化。模板在目标图像上面不停位移,接着在每个不同的位置上具体执行匹配评分的顺次步骤。最终由上述具体数值,预先确定好最佳匹配位置,以用作第二方案,确保实验顺利进行。

(5) 输出结果。显示最佳匹配的地址,再根据匹配结果进行更深层次的优化和筛选,以确定最终的地址结果。

3 手写体汉字识别整体设计

首先,在一幅图片里定位识别文本汉字区域,并准确分割出来。其次,对汉字进行具体字符的切割,由此分离出单一的文字。再次,利用模板匹配方法一一针对汉字进行检测。再次,以汉字字符形式得到结果。最后,全部集成在 GUI 界面上完成具体设计^[4]。整体设计图如图 1 所示。

*【基金项目】安徽高校自然科学研究重点项目(KJ2021A1221)

【作者简介】祖璇(1990—),女,安徽枞阳人,硕士,讲师,研究方向:统计分析、智能优化算法应用和大数据技术应用。

4 具体设计

4.1 图像采集与预处理

提前存好一幅格式转换成 MATLAB 支持格式的手写汉字图片，并在此把图片改成 JPG 模式，采集图如图 2 所示。手写体汉字识别的预处理过程具体可分为灰度化、二值化处理、腐蚀、去除小面积干扰等^[5]。只有先经过预处理后的图像才可以进一步处理字符的切割，预处理图如图 3 所示。

4.2 行切割和列切割

按行切割方法在竖直方向上继续识别唯一外接矩形，再把切割后得到的图像沿着垂直向上方向依次投影，即可确立左右两边唯一外接矩形具体位置。进而标记四周 4 个具体位置就能确保全部字体的唯一外接矩形，最后采用工具箱中的函数 imcrop 处理分割。行投影图结果图如图 4 所示。在经上述处理后的汉字图片基础上，第二次处理列投影切割，并继续归一化处理，切割全部单一字符，为后续步骤奠定基础。列投影结果图如图 5 所示。

4.3 图像模板匹配识别

4.3.1 字符的归一化

前述步骤处理后得到的字符为了更易于之后的匹配步骤执行，应对其进行再次处理以便于后续探究。大小归一化即由不同到相同也就是在“最小—最大”之间做相同转换，本质是预处理之一^[6]。目前较为可用的方法有两种，一是使用技术手段改变字符的外框，通过增缩来达到特定的尺寸大小。二是从字符的不同方向入手，是在像素点上做归一化处理。这两种方法各有优劣，前者对字符自身几乎没有影响但

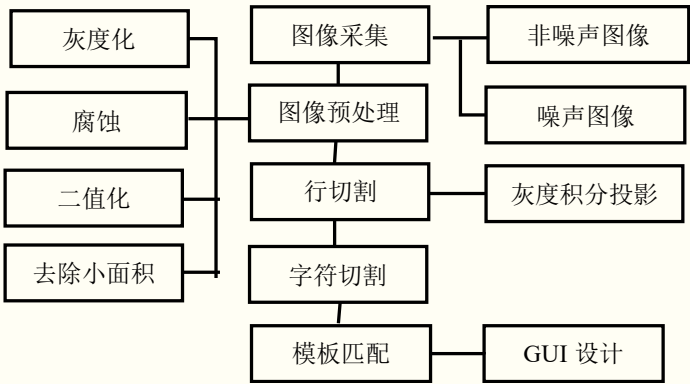


图 1 整体设计图

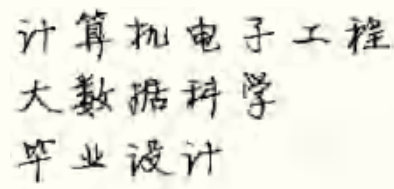


图 2 采集图

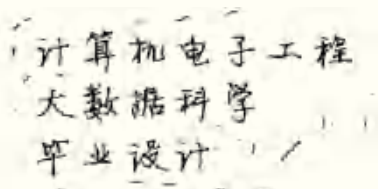


图 3 预处理图

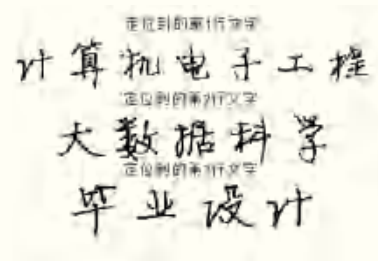


图 4 行投影图结果图



图 5 列投影图结果图

对字符外侧影响较大，后者则与之相反会影响自身字符，导致其模糊更难辨认，尤其是形状类似的字符表现的更为明显。

同时，叠加其他无关因素的作用，处理后的字符尺寸难免会发生变化。所以为了与之前的字符模板尺寸保持一致，在这之前应将上述分割的字符进行专门的独特处置。经过处理后足以较好地解决之前各种无关条件的不利影响，字符也变得较为统一，与模板库的匹配更易进行，识别也将更加精准无误。

4.3.2 字符的识别

目前主要有两种用于识别的算法，一是人工神经网络算法，二是模板匹配算法。二者都是基于 OCR 的算法。第二种方法其具体是先把处理后的对象做二值化处理，再与样本库中的图片和全部内容进行比较，比较具体是否类似，最后把最适宜的样本定为实验最终成果。此法易于操作同时可以有效保障实验结果的成功。因为早期得到的样本即使是沾染了少量污染物或者是发生破损现象，也不会影响实验，拥有较高的识别率和较强的适应能力。

取得二者字符相似度的方法是选用二者做差的计算方式，差值与相似度呈负相关变化。依次输出得到最大值的相似度，具体公式如式（1）所示。



图 6 GUI 界面

$$S_i = \sum_{\substack{m=1, \\ n=1}}^{M,N} X - T_i \tag{1}$$

4.4 GUI 界面设计与制作

将手写汉字识别的全部功能在一个镜面环境中表示，即先建立 GUI 界面，再分别加入各功能键，如导入、选取、预处理、特分割和识别按钮等^[7]。同时，将预先编辑好的能够实现对对应功能的函数添加进按钮中，从而完成各个步骤的功能以及确保在仿真测试中各种功能都能正常运行。GUI 界面如图 6 所示。

结语

本文利用 MATLAB 进行图片文字汉字的仿真实现，并深入探究了所用的算法技术，主要从 4 个方面进行研究。（1）研究并详细说明了手写汉字识别技术的背景现状和未来发展趋势。（2）合理分析与设计识别需要用到的算法。（3）对识别逻辑进行详细阐述，并给出具体设计及其功能实现。（4）编写与执行针对本识别设计的图像处理。该设计集成在一个 GUI 界面上，便于操作、界面简洁、环境友好。^[8]

[4] 薛如.基于语义分析排序和特征融合TL-ResNet18网络的汉字识别[D].杭州:杭州电子科技大学,2023.

[5] 赵伟鹏.基于字符识别的IC芯片分拆系统应用研究[D].柳州:广西科技大学,2023.

[6] 郭泽梵,邱义.基于SVM的字符图形验证码识别算法研究与实现[J].电脑编程技巧与维护,2021(12):163-165.

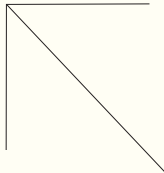
[7] 魏琴,集成多维传感器件在微流体微纳合成系统中的应用.山东省,济南大学,2022-03-29.

引用

[1] 束健.基于笔画分割的多字体汉字识别[D].济南:济南大学,2023.

[2] Yuezong W,Haoran J,Pengxuan J,et al.An Automatic Detection Method for Cutting Path of Chips in Wafer[J].Micromachines,2022,14(1):59-59.

[3] 安勃翰.基于视觉的目标位姿估计研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2022.



北京两场三地内话系统交叉超控可行性研究

文 ◆ 中国民用航空华北地区空中交通管理局 刘辰开 李 博 贺丽雅

引言

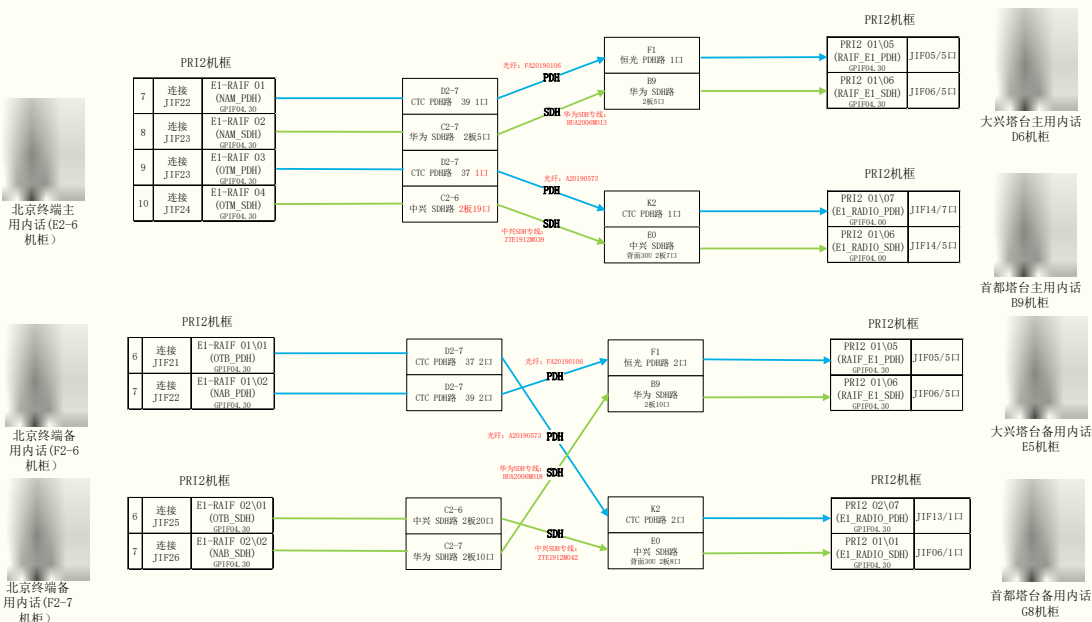
根据交通运输部关于修改《平行跑道同时仪表运行管理规定 (CCAR-98TM-R1)》的决定 (交通运输部令 2023 年第 1 号) 第三十八条的 (七) “进近管制员具备超控塔台管制员无线电通话的能力” 相关要求, 北京终端管制中心主用和备用内话系统可分别掌控首都塔台和大兴塔台的主用和备用内话系统。目前, 北京终端管制中心超控首都塔台和大兴塔台是通过 E1 频率共享方式, 实现终端主用内话系统超控两场塔台主用内话系统, 终端备用内话系统超控两场塔台备用内话系

统, 但不能满足主 / 备内话系统之间交叉超控。若终端或两场塔台中的一方进行主 / 备内话系统切换, 则会影响终端管制中心频率超控功能, 导致管制运行方式改变。

为提升北京终端管制中心、首都机场塔台和大兴机场塔台两场三地独立进行主 / 备内话系统切换工作效率和切换灵活性, 课题研究小组深入探讨了北京两场三地主 / 备内话系统交叉超控可行性^[1]。本文针对北京终端管制中心飞坤内话系统超控首都塔台和大兴塔台飞坤内话系统的现状及其存在的问题进行了详尽分析, 并在此基础上提出了针对两场三地主 / 备内话系统交叉超控的可行性具体方案。

1 北京内话系统超控现状

北京终端管制中心 (以下简称北京终端) 主 / 备用内话系统均为飞坤内话系统, 版本为 REL7.1; 首都机场塔台 (以下简称首都塔台) 主用内话系统为飞坤内话系统, 版本为 REL5.0, 备用内话系统为飞坤内话系统, 版本为 REL7.1; 大兴机场塔台 (以下简称大兴塔台) 主 / 备用内话系统均为飞坤内话系统, 版本为 REL7.1。目前, 北京终端主 / 备用



内话系统超控首都塔台主 / 备用内话系统，以及超控大兴塔台主 / 备用内话系统，均各自通过两条 SDH 和 PDH 链路，共 4 条链路进行传输。北京终端与首都塔台、大兴塔台超控现状如图 1 所示。

2 交叉超控可行性方案

2.1 方案一：双链路主 / 备内话系统交叉超控

2.1.1 硬件需求

(1) 北京终端内话系统。北京终端 FRQ7.1 主用内话系统的 BGT PRI2 机框没有空闲位置，因此首先需要增加 1 个 BGT PRI2 机框，可安装在主用内话 E2-6 机框中。随后，在新增的 BGT PRI2 机框中增加 4 块 E1 (GPIF04.30) 板卡，以满足北京终端至首都塔台和大兴塔台飞坤主 / 备内话系统交叉超控的需求。而北京终端 FRQ7.1 备用内话系统 BGT PRI2 机框有空闲位置，可以满足再插入 4 块 E1 (GPIF04.30) 板卡的需求，无需再增加 BGT PRI2 机框。此外，备用内话系统 CIF2 下的 JIF29 板卡处于空闲状态，也可增加 4 块 E1 (GPIF04.30) 板卡，满足终端至首都塔台和大兴塔台飞坤主 / 备内话系统交叉超控的需求。硬件安装完成后，需要对新接入的 E1 板卡与核心机框和记录仪系统进行互连^[2-3]。

首先，主 / 备内话系统各插入 4 块 E1 板卡，新增 16 根 E1 线连接至核心机框 JIF 板卡。其次，主 / 备内话系统共需要新增 8 根 E1 线路引接至网络传输设备。最后，主 / 备内话系统共需要新增 8 根 E1 录音线引接至三汇记录仪。

(2) 首都塔台内话系统。首都塔台 FRQ5.0 主用内话系统 BGT PRI 机框剩余 E1 (GPIF04.00) 板卡接口位置不足，需要增加 1 个 BGT PRI 机框和 2 块 E1 (GPIF04.00) 板卡。由于主用内话系统机框已无剩余位置增加机框，需要对首都塔台主用内话系统机框进行改造 (将电源机框上移)。首都塔台 FRQ7.1 备用内话系统 BGT PRI2 机框有空闲 E1 接口位置，可以增加 2 块 E1 (GPIF 04.30) 板卡。硬件安装完成后，需要对新接入的 E1 板卡与核心机框进行互连。

首先，主 / 备内话系统各插入 2 块 E1 板卡，需要新增 8 根 E1 线连接至核心机框 JIF 板卡。其次，主 / 备内话系统共需要新增 4 根 E1 线路引接至网络传输设备。

(3) 大兴塔台内话系统。大兴塔台 FRQ7.1 主用和备用内话系统的 BGT PRI2 机框均有空余位置，可以满足再插入 2 块 E1 (GPIF04.30) 板卡的需求，无需再增加 BGT PRI2 机框。同时，主用内话系统 CIF1 下的 JIF12 板卡有 3 个空闲接口，JIF13 板卡有 4 个空闲接口，可供交叉超控使用；备用内话系统 CIF1 下的 JIF10 板卡有 2 个空闲接口，JIF13 板卡有 3 个空闲接口，可供交叉超控使用。硬件安装完成后，需要对新接入的 E1 板卡与核心机框进行互连。

首先，主 / 备内话系统各插入 2 块 E1 板卡，需要新增 8 根 E1 线连接至核心机框 JIF 板卡。其次，主 / 备内话系统共需要新增 4 根 E1 线路引接至网络传输设备。最后，主 / 备内话系统共需要新增 4 根 E1 录音线引接至三汇记录仪。

综合上述硬件安装需求，经与厂家询价，确认方案一所需费用为

80 余万元。

2.1.2 软件配置

需要对终端主用内话系统中 CIF2 板卡下的业务进行资源整合，将 JIF26 和 JIF27 的资源腾出，以提供 16 个 E1 接口供交叉超控使用。同时，首都塔台主 / 备内话系统 JIF 板卡无剩余接口，可将原近席位接口调整为 E1 超控板卡接口使用。

(1) 涉及超控频率。两塔台需要将被超控频率及其台站通过 E1 共享方式将频率资源共享至终端内话系统中，超控频率对照表如表 1 所示。

表 1 超控频率对照表

频率 (MHz)		信道数量
首都塔台	118.05	3 个信道
	118.3	3 个信道
	118.5	3 个信道
	118.6	3 个信道
	124.3	4 个信道
大兴塔台	118.375	4 个信道
	118.725	4 个信道
	118.825	4 个信道
	124.35	4 个信道
	130.3	4 个信道
	130.425	4 个信道

(2) 面板布局配置。首先，需考虑管制面板频率重新布局和超控频率的命名，可将每个频率命名为主 / 备模式以便区分 (如 118.05M、118.05S)。其次，如果不改变现有管制面板布局的情况下，那么应修改 role/General/OP Setting/Coverage Layout 的参数值，将其设置成 e6/8Locations。每个频率下面有 8 个 Location 的情况下，可以满足现有超控频率设置主 / 备模式的需求。

2.2 方案二：单链路主 / 备内话系统交叉超控

2.2.1 单链路介绍

北京终端主 / 备用内话系统超控首都塔台主 / 备用内话系统现各

有两条 SDH 和 PDH 链路，共 4 条链路传输，超控大兴塔台主 / 备用内话系统现各有两条 SDH 和 PDH 链路，共 4 条链路传输，两塔台超控链路共 8 条。从节约成本的角度考虑，可将双链路拆分为单链路，即将终端主用内话系统超控首都塔台主用内话 SDH 链路改为超控首都塔台备用内话 SDH 链路，终端主用内话系统超控大兴塔台主用内话 SDH 链路改为超控大兴塔台备用内话 SDH 链路；终端备用内话系统超控首都塔台备用内话 SDH 链路改为超控首都塔台主用内话 SDH 链路，终端备用内话系统超控大兴塔台备用内话 SDH 链路改为超控大兴塔台主用内话 SDH 链路。这一改变需要协同网络部门配合调整传输线缆。

2.2.2 软件配置

为保障频率覆盖情况，应将北京终端要超控首都塔台和大兴塔台频率下所辖全部信道分别通过 PDH 和 SDH 路由引接至北京终端主 / 备内话系统。同时，北京终端主 / 备内话系统需修改 Radios/ Frequency Groups/E1 RADIO 下频率名称，并添加相应 Location。此外，北京终端主 / 备内话系统还需修改 Hardware/RAIF_E1_xx 下的线路名称，并将该线路所辖时隙中的 Default Init Params 一项由 Contact M/S Mode 改为 RIF_E1。最后，北京终端主 / 备内话系统相应面板布局修改参照方案一进行。

2.3 方案三：通过管制程序实现主 / 备内话系统交叉超控

（1）管制使用现状。在日常工作中，北京终端和首都塔台的指挥席管制员使用主用内话系统进行指挥工作，助理席管制员使用主用内话系统进行电话协调，

并同时使用备用内话系统进行频率监听。（2）管制使用超控功能建议。当北京终端、首都塔台或大兴塔台的一方管制切换至备用内话系统进行常态化使用时，应及时通知另外两方管制员。如遇到需要北京终端超控塔台的情况，终端管制员应知晓被超控塔台当时所使用的内话系统并进行超控。

2.4 方案四：通过 VCX-IP 设备实现主 / 备内话系统交叉超控

北京终端、首都塔台或大兴塔台运行现场均存在 VCX-IP 设备，考虑方案一中北京终端和首都塔台两现场内话系统均需安装联网机框，而安装机框需要对机柜布局和资源进行整合，工作量相对较大且会对运行产生一定影响。课题研究小组开拓思路，分析两场三地现有内话设备资源和传输链路资源，认为可通过 VCX-IP 设备实现主 / 备内话系统交叉超控。此方案需首都塔台采购 2 块 8RIF 板卡，大兴塔台采购 3 块 8RIF 板卡，北京终端采购 1 块 IP（GPIF05.40）板卡，布局如图 2 所示。

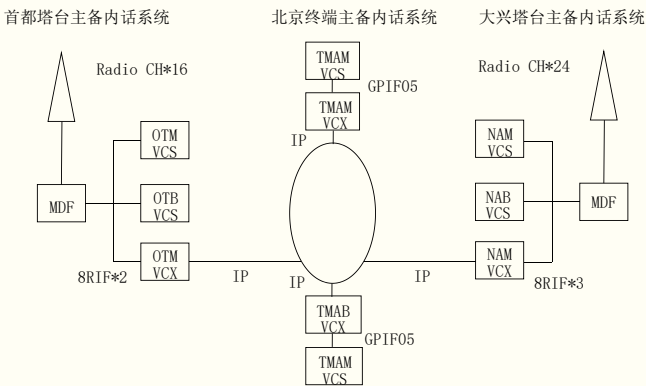


图 2 北京终端与首都塔台、大兴塔台 VCX-IP 频率共享

结语

针对上述 4 种方案，结合运行风险进行优缺点分析，可以初步得出以下结论。

方案一通过双链路冗余保障，可以彻底解决北京主 / 备内话系统交叉超控的问题。但所需费用约为 80 余万元，费用较高。方案二可解决北京主 / 备内话系统交叉超控的问题，无需额外费用。但缺点在于其采用单链路保障，超控冗余性降低，一旦链路中断，超控功能将无法使用，存在运行风险。方案三可实现北京主 / 备内话系统交叉超控的目的，无需额外费用。但需要终端管制部门提前了解两地塔台所使用系统，制定相应的工作程序实施超控，一定程度上加大了管制部门的工作负荷。方案四可彻底解决北京主 / 备内话系统交叉超控的问题，且为双链路冗余保障，虽涉及额外费用，但具体费用待确定。该方案与方案一相比，既节省了机柜空间，又增加了频率资源共享的灵活性。■

引用

[1] 《平行跑道同时仪表运行管理规定》(CCAR-98TM-R1)[Z].2023.
[2] FRENQUENTIS,Voice Com munication System Maintenance Manual VCS3020XRel.7.1[Z].2012.
[3] FRENQUENTIS,Frequentis Management Suite User Manual[Z].2013.

通信工程信息技术探讨

文◆海军参谋部 曹 诚

引言

近年来,我国社会经济水平持续提升,各类工程项目技术形式呈现出多样化的发展趋势,尤其是信息技术在工程建设施工中得到了广泛应用,并且取得了良好的应用效果,为各个行业的发展提供了契机。本文以通信工程信息技术的概念作为基础,分析信息技术在通信工程应用中的优势,对信息技术的实际应用进行探讨,致力于提高通信工程信息化建设质量,为提高通信数据信息传输的安全性和可靠性奠定良好的技术基础。

通信工程建设是我国现代化社会发展的要点,不仅可以给人们的日常生活提供一定的便利,还可以在各个行业中促进信息沟通与交流。就目前通信工程建设形势来看,作为一项比较繁琐的建设内容,涉及的内容比较广泛,尤其牵涉较多技术细节方面的工作内容,给工程建设相关人员提出了较高的要求和标准。实际开展工程建设作业时,应合理应用信息技术解决目前通信工程建设中存在的一系列问题,加大信息化建设力度,充分提高通信工程建设施工管理人员的效能。

1 通信工程信息技术概述

1.1 通信工程概念

在信息化时代背景下,传统的通信工程技术形式已经不能够完全满足人们的日常生产生活所需,特别是在多元化电子设备和产品被研发和使用的当下时期,通信工程项目建设需要满足的要求不断提升,要实现企业优化升级和改造发展目标,就需要达到最高标准。通信工程建设主要需要将通信业务与光纤技术相互结合,通信工程建设企业也应结合时代的发展需求进行改革升级,同时帮助人民群众更加高效地传递信息,以此实现信息交流与共享的目标。

1.2 信息技术概念

信息技术是在各类高水平科学技术被研发和应用过程中衍生出来的一种技术方法,以计算机应用技术表现形式为主,在长时间的应用和发展中可以帮助各个产业进行更新和创造,改善人们的生活品质。近几年,随着我国迎来了信息化时代,其体现出了显著的时代特征,能够有效引领时代的发展潮流。相对于传统的生产技术形式来说,采用全新的电子

信息技术可以更好地提高技术应用质量和效率,为数据信息传输提供更高水平的智能化服务^[1]。在日常通信中利用信息化技术可以提高信息传输的便捷性,在通信工程建设施工中利用信息化技术则可以提高施工效率、减少工程建设成本,进而产生较高的经济效益和社会效益。

2 信息技术在通信工程中的优势

2.1 兼容性

信息技术的兼容性特点在于其对不同软件与硬件平台的协同上,开展通信工程建设施工作业时,可以利用信息技术协调不同的系统或产品,包括但不限于操作系统兼容性、浏览器兼容性、数据格式兼容性、版本兼容性等。虽然在以往的通信工程建设中能够借助电子技术优化通信系统的性能,但是在信息技术支持下,可以将一种机器的目标码在另一种机器上执行,得到的结果与原机器的执行结果保持一致,这就是硬件兼容性特征的表现形式。软件兼容性则是利用某种语言编写的源程序在不同的机器上翻译并且执行,得到的结果不会产生明显的差异。由于信息技术的应用需要以计算机设备作为载体,所

【作者简介】曹诚(1976—),男,甘肃平凉人,硕士研究生,高级工程师,研究方向:通信工程。

以其具备计算机的基本特性，可以避免在老产品型号上开发软件遭受阻碍，既可以保护已有资源不受损害，又可以加快计算机研制过程，为信息技术在通信工程中的应用与优化创造良好的条件。

2.2 抗干扰性强

开展通信工程建设施工作业时经常会受到较多因素的影响，导致通信质量不佳，最终影响工程项目综合建设成效，甚至会使企业的发展滞后，达不到新时期全面发展的要求。在通信工程中利用信息技术可以持续创新工程建设形式，以大数据作为基础背景推动企业升级发展。与其他的 技术形式相比，通信工程中的信息技术可以体现更加显著的便捷性和安全性特点，在满足客户对于信息传递要求的同时体现信息技术的抗干扰性和完整性^[2]。因此，技术人员参与通信工程建设施工作业时能够利用信息技术提高通信工程实际建设中的抗干扰能力，弥补原先电子技术在传播数据信息过程中的缺陷，提高通信工程建设质量。

2.3 促进通信产业创新发展

各个产业在新时期建设发展的过程中都需要遵循与时俱进的理念，紧跟时代的发展步伐，在现代化社会建设发展中加快行业的发展速度，占据更高的市场份额。在信息技术支持下，通信产业的创新发展将会得到更大的支持，通信产业的布局也会不断优化，使我国信息技术的发展得到真正意义上的推动^[3]。管理人员针对通信工程项目建设开展管理工作时，应借助信息技术实现长远发展的目标，在通信产业链发展中吸纳更多有价值的企业，使通信产业的创新发展又快又好。

3 通信工程中信息技术的实际应用

3.1 集成电路

开展通信工程建设的过程中可以利用信息技术优化集成电路，解决通信工程信息传播速率慢的问题，以应对庞大的传输数据量要求。在以往的集成电路中，经常会由于海量信息瞬间堆砌导致电压不稳定，使集成电路使用状况不佳，严重时还会引发安全事故。借助信息技术可以规避电压不稳定造成的集成电路故障问题，通过使用电路仿真技术提高用电安全性，使其中的一些故障问题可以得到有效预防和解决。电子电路仿真技术属于信息技术的一种表现形式，其可以在通信工程运行期间针对集成电路进行专项检验，通过对数据的科学利用完成数据模拟与线路仿真，实际落实相关操作之前模拟集成电路的运行状态，再结合大数据分析的方式判断和预测集成电路产生的问题和故障，提出针对性措施进行预防。这种方式可以从根本上提高通信工程集成电路的稳定性和安全性，使电路服务水平得到提升，解决集成电路中的安全隐患和 安全问题。优化集成电路的运行形式和状态时，还可以借助模拟仿真技术整合海量数据信息，统计具体的结果，提出切实可行的方案优化集成电路运行模式，减少信息传输期间消耗的电路资源，达到节约集成电路能源的目的。

3.2 物联网通信

物联网通信技术在目前社会发展中的主要表现形式就是 5G 移动通信技术，使万物互联成为可能，突破数据信息传输中的障碍。目前，开展通信工程项目建设的 过程中，施工单位可以通过物联网通信技术的应用为工业、农业、医疗、教育、交通等领域的通信建设提供可靠的技术支持，还能够将其应用于智能家居、虚拟现实、云端办公等各个方面，充分提高物联网通信质量，为加快我国现代化通信发展提供良好的保障。利用信息技术开展通信工程建设中的物联网通信建设工作时，应加强移动通信和互联网平台之间的连续性，使其在发展中相互推动、 互相发展，实现新时期移动通信技术与互联网通信技术之间的有效融合。在人们的生活水平和质量不断提升的过程中，越来越多人开始利用多元通信方法实现远距离通信，一些经济发达的城市区域不仅利用物联网通信技术提高城市安防、交通、水电管理水平，还会在发展交通运输行业的过程中融入智能化技术方法，提高交通运行的安全性和智能化水平。由此可见，信息技术在目前物联网通信中的应用范围十分广泛，通信工程建设单位和有关部门应共同利用信息技术加强物联网通信成效，借助全新的技术方法为通信工程综合建设发展提供良好的保障，为区域经济发展提供更大的契机。

3.3 通信数据管理

通信数据管理属于信息技术的一种重要模式，不仅可以在实际应用中实现对数据的高效管理，还可以利用自动查号功能加强对通信数据的有效管控。根据目前通信工程建设要求来看，建设企业不仅需要合理安排各个岗位人员的工作内容，还需要加大通信数据管理力度，获得更加真实、准确的数据信息，使通信工程建设质量得以提升。例如，建设公用通信网络时，应根据全球化经济发展形势考虑国际通信数据管理要

求。通信工程建设企业可以利用 IT 技术有效区分国际长途、漫游和国内话费，让有关人员确定话费性质，不再使用传统的手工查询方法，以此节约时间成本，使通信工程建设效率有所提升。不同的用户在通信过程中对于数据信息的需求有所差异，有关单位可以借助 IT 技术实时更新和修改数据，给用户提供更加便捷的服务。为了满足更加多元化的通信数据查询需求，还可以在建设通信系统的过程中增加自动查号功能，让用户自行查询号码，减少流程中的繁琐步骤，提高系统开发和规划效率。在通信服务普及范围不断扩大的过程中，通信工程建设单位应对海量数据信息进行科学处理，不仅可以利用 IT 等信息技术提高信息交流及时性，还能够借助先进的技术方法提高通信数据管理效率，在现有的基础上提高通信品质，使通信双方在联系过程中可以实时掌握其需要利用的数据信息。

3.4 信息传播控制

信息的传播和控制在现代大数据背景下需要满足更高的标准，特别是在短时间内让信息双方了解和掌握有关数据信息，这就可以在通信工程项目建设中利用信息技术提高信息传播控制效率，以全新的技术方法提高电子技术应用水平，加快信息传播速率，提高信息传播质量。信息在传播过程中通常存在多种路径，如果单一地使用同一条路径传播信息就会造成路径拥堵问题，不仅会降低信息传播速率，还会产生信息丢失、泄露等问题。在信息传播控制中利用信息技术可以结合多元化的信息传播路径优化信息资源传递形式，在传播信息的同时加大信息控制力度，利用电子控制系统创造更加安全的通信条件，营造良好的通信环境，在传输海量数据信息的过程中确保信息传播的安全性。更重要的是，工程建设人员应借助电子控制系统进行噪声处理，利用信息技术在信息传播过程中设置噪声过滤装置，全方位选择通信节点，计算信号节点系数，提高噪声处理效率。

3.5 人工智能领域

人工智能是我国工农业建设领域未来发展的主要趋势，得到了各个领域的广泛关注，也在各个领域得到了有效应用，取代了传统的人工操作，以达到更高的工作效率和质量标准。在通信工程建设中应用信息技术可以借助人工智能技术、5G 移动通信技术等获取更多的终端数据，还可以在城市建设中通过人工智能建设提高现代化水平，增强城市综合竞争力。在人工智能领域发展中，通信工程建设企业应该明确其在通信建设中占据的重要地位，利用信息技术加快人机交互改革速度，持续拓宽人工智能应用场景，利用全新的技术方法创造虚拟元素和现实场景，将其相互融合形成全新的数字世界。在未来发展中，应打通信息交互中的云与端的接线，利用信息技术提高通信工程中的人工智能建设成效的同时，使多人交互协作成为可能。同时，各个领域都需要为人工智能建设发展提供助力，开展通信工程项目建设施工作业期间持续研发信息技

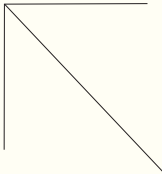
术，加强信息技术应用成效，争取早日实现智能代替人工的现代化社会发展目标。

结语

在通信工程建设中利用信息技术时应明确信息技术的主要表现形式，根据新时期的通信建设要求和标准拓展信息技术应用范围，为各个领域的发展提供充足的技术支持和保障。开展通信工程项目建设施工作业时，还要在现有的基础上创新信息技术方法，充分开发和利用信息资源，提高通信工程建设安全性和稳定性，解决工程项目建设中产生的一系列问题，从根本上提高通信工程建设质量，为我国通信经济水平可持续发展提供良好的保障。^[3]

引用

[1] 汪萍.大数据技术在通信工程项目管理中的应用研究[J].通讯世界, 2024,31(9):166-168.
[2] 林宇翀.5G移动通信技术在通信工程中的应用研究[J].数字通信世界, 2024(6):167-169.
[3] 杨梅.电子信息工程技术在通信智能化中的运用[J].中国战略新兴产业,2024(15):29-31.



物联网在智慧医院建设中的应用研究

文 ◆ 浙江省现代建筑设计研究院有限公司 韩德仁 杨栋梁

引言

随着信息技术的飞速发展，物联网（Internet of Things, IoT）作为新一代信息技术的重要组成部分，正深刻改变着人类社会的生产生活方式^[1]。物联网通过将各种物理设备连接到互联网，实现数据的采集、传输、分析和应用，从而赋予物体感知、交互和决策的能力，为各行各业带来了前所未有的发展机遇。在医疗健康领域，物联网技术的应用同样展现出巨大的潜力，传统的医疗服务模式面临着资源分配不均、效率低下、信息孤岛等诸多挑战，而物联网技术的引入为解决这些问题提供了新的思路。通过将传感器、可穿戴设备、医疗仪器等设备接入网络，物联网可以实现对患者生理指标、医疗设备状态、医院环境等数据实时监测，为医疗服务的智能化发展提供数据支撑^[2]。

1 智慧医院物联网建设的主要架构

1.1 感知层

感知层作为智慧医院物联网建设的基础层，承担着“感知万物”的重任，其如同智慧医院的“神经末梢”，通过遍布医院

各个角落的传感网络，实时感知与医院运行相关的各种数据信息^[3]。在感知层中，各种传感器装置扮演着“数据采集员”的角色，如扫描器、二维码、条码等设备可以快速准确地识别患者身份、药品信息等；无线射频识别装置（RFID）则可以实现对医疗设备、药品、耗材等实时追踪；温度、湿度、光照等环境传感器则能实时监测医院环境参数，保障医疗安全和患者舒适度。上述传感器装置利用有线或无线方式，连接成一个庞大的传感器网络，并应用超无线网络通信技术，如 WiFi、蓝牙、Zigbee 等，将采集到的海量数据信息实时传输至医院的信息系统，为后续数据分析提供基础支撑。感知层建设是智慧医院实现智能化的基石，只有构建起高效的感知层，才能为智慧医院建设奠定坚实基础，为医院管理者提供精准的数据支持，为医护人员提供便捷的工作平台，为患者提供更加安全、高效的医疗服务。

1.2 网络层

网络层是智慧医院建设架构中的关键环节，其利用物联网平台中的无线接入点（AP），充分发挥无线 AP 和 RFID 阅读器功能，实现双频四通道功能，提高移动终端与射频识别标签所返回信息的高效性。网络层通过部署物联网无线接入点（AP），不仅具备传统无线网络接入功能，还集成了 RFID 阅读器功能，能够实时读取佩戴在患者、医护人员、医疗设备上的 RFID 标签信息，结合双频四通道设计，AP 能够同时支持 2.4GHz 和 5GHz 频段，提高数据传输的稳定性。同时，网络层还应用了物联网平台中的接入控制器，负责管理所有接入网络的设备，对数据进行初步处理，将有效信息传递至数据层和应用层，为后续数据分析提供基础。通过建设网络层，智慧医院能实现对医疗数据的实时采集、传输和处理，为医院管理、临床诊疗、患者服务等各环节提供有力的技术支持，进一步提升了医院的信息化水平，也为智慧医院的全面建设奠定了坚实基础^[4]。

1.3 应用层

应用层是以物联网平台为核心，结合信息数据的基本内容，制定科学的智能应用解决方案，设置各种智能传感器，实时采集患者的生理数据、医疗设备的状态信息以及医院环境参数等，通过物联网平台进行集

【作者简介】韩德仁（1966—），男，浙江杭州人，本科，注册电气工程师 / 高级工程师，研究方向：医疗建筑的电气及智能化设计及研究。

中管理，为医疗决策提供科学依据^[5]。数据挖掘技术通过挖掘海量医疗数据，发现潜在的疾病模式、预测患者病情发展趋势，并为个性化治疗方案的制定提供支持，帮助医院优化资源配置，提高运营效率。中间件是连接物联网设备和应用系统的桥梁，通过中间件，各种异构设备和系统能够实现无缝集成，促进数据的实时传输。云计算技术为智慧医院应用层提供了强大的计算和存储能力，有利于医院实现大规模数据的存储、处理和分析，支持复杂的医疗应用场景。应用层通过整合上述技术，为用户提供智能化的应用解决方案，如智能导诊系统根据患者的症状和历史数据，推荐合适的科室和医生；智能监护系统实时监测患者的生命体征，及时预警异常情况；智能药物管理系统可以确保药物的准确发放。

总之，通过感知层采集患者的生命体征数据，通过网络层传输到应用层进行分析和处理，最终为医护人员提供实时的医疗辅助决策和患者管理功能。不仅提高了医院的管理效率和服务质量，还为患者提供了更加便捷和高效的医疗服务。在智慧医院物联网建设的实际应用中，3个层次相互协作，共同实现医院的高效运作和智能化管理（见图1）。

2 物联网在智慧医院建设中的优势

在当今数字化时代，物联网在智慧医院建设中展现出了诸多显著的优势。一是物联网能够实现医疗资源的高效管理。通过在医疗设备、药品和物资上部署传感器，实时获取其位置、状态和使用情况等信息，医院可以精准地进行资源调配，避免资源浪费和短缺，提高资源的利用率。二是提升医疗服务的质量和效率。物联网使患者的信息能够实时、准确地传递给医护人员。例如，患者的生命体征监测设备可以自动将数

据传输到医生的终端，让医生能够及时作出诊断和治疗决策，减少延误病情的风险。为医护人员和患者佩戴定位标签，能优化工作流程，快速响应紧急情况，当患者偏离特定区域时能及时告警。三是物联网有助于优化医疗流程。从患者的挂号、就诊、检查到治疗和康复，物联网可以实现全流程的自动化和智能化管理。减少了患者排队等待的时间，提高了医院的运转效率，改善了患者的就医体验。四是物联网增强了医院的安全性。对医院的重要区域、设备和药品进行实时监控和定位，及时发现异常情况并采取措施，保障医院的环境安全、医疗设备的正常运行以及药品的安全使用。五是物联网为医院的大数据分析提供了丰富的数据支持。通过对收集到的大量医疗数据进行分析，医院可以发现潜在的疾病规律、优化医疗服

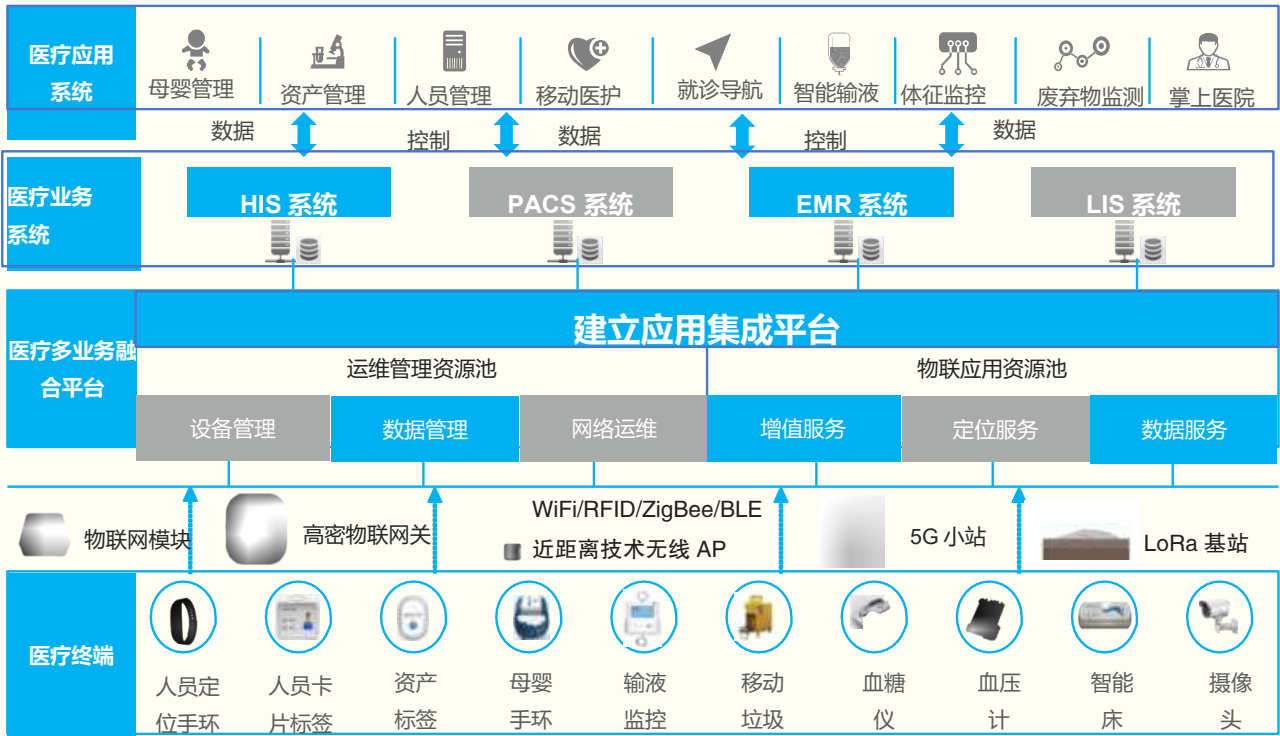


图1 医疗多业务融合平台

务模式，为医疗研究和管理决策提供有力依据。

3 物联网在智慧医院建设中的应用

在传统医院运营模式中存在着诸多痛点，给医疗服务效率带来严重影响，还会对患者治疗效果产生各种负面影响。例如，医院内设备种类繁多，传统管理方式下，设备维护过于依赖人工，容易出现设备故障未能及时发现的情况，影响医疗服务的连续性；患者信息分散在不同的科室和系统中，信息孤岛现象严重，医护人员难以全面掌握患者的

病情和治疗历史，增加了误诊和漏诊的风险；医疗资源分配缺乏科学依据，导致部分科室资源紧张，而其他科室资源闲置，影响了整体医疗服务的效率。通过引入物联网技术，智慧医院能够有效解决上述痛点，提升医疗服务的整体水平（见图2）。

3.1 医疗方面

3.1.1 生命体征动态监护系统

在临床护理工作中，传统手动记录方式不仅耗时耗力，还容易出现误差，无法满足现代医疗对精准性的要求。为此，医院引入基于物联网技术的生命体征动态监护系统，为患者提供全天候、无间断的监护服务^[6]。该系统采用先进的传感技术，能实时监测患者的体温、心率、血氧含量、呼吸频率等关键生命体征，且传感器设备轻巧便携，可方便地佩戴在患者身上，并通过无线网络将采集到的数据实时传输至医院医疗数据中心（见图3）。医疗数据中心接收到数据后，会进行实时分析，并生成可视化的监测报告，医护人员通过电脑、平板、手机等终端设备随时查看患者的生命体征变化趋势，及时发现异常情况，并采取相应的医疗措施。生命体征动态监护系统的应用，不仅减轻了医护人员的工作负担，提高

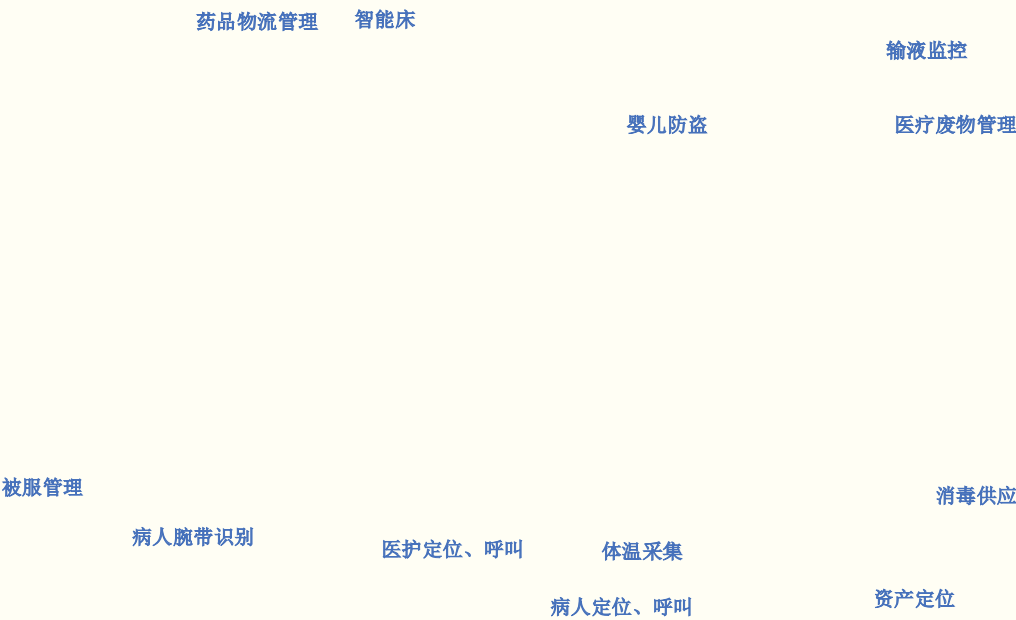


图2 物联网系统应用

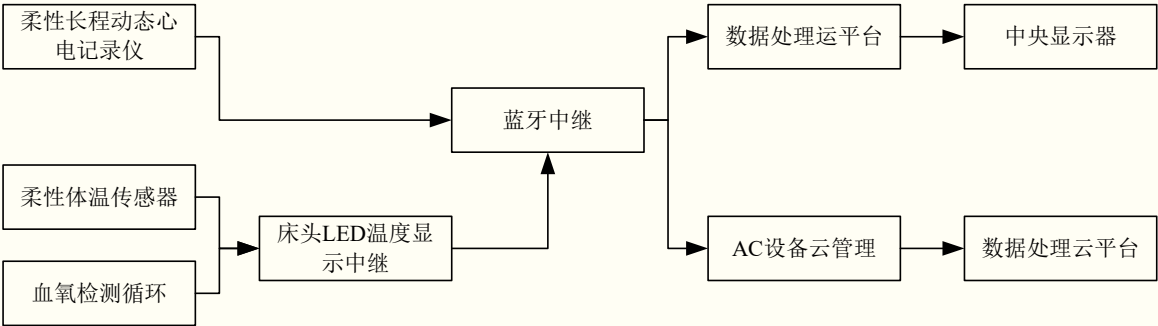


图3 生命体征动态监护系统

了工作效率，还能为患者提供更加精准的监护服务，有效降低医疗风险，提升患者的治疗效果^[7]。

3.1.2 智能床位监测系统

智能床位监测系统利用先进的物联网技术，在床位上安装压力传感器，实时采集患者的心率、呼吸、翻身、在 / 离床状态、睡眠质量等信息，这些数据经过无线网络传输到医院的中央管理系统，为医护人员提供全面的患者健康状况监测^[8]。智能床位监测系统能实时监测患者的活动情况和睡眠质量，记录患者心率和呼吸频率，通过分析这些数据，判断患者健康状态是否正常；监测患者翻身次数，帮助医护人员了解患者的睡眠质量；系统具备离床时间监测功能，医护人员根据患者的具体情况，设置患者离床时间的上限，一旦患者离开床位的时间超过设定的时间，系统会立即发出报警信号，提醒医护人员及时处理，这种功能对于需要密切监护的患者尤为重要，能够有效预防发生意外事件^[9]。此外，当系统监测到患者心率、呼吸等生理指标出现异常时，立即发出报警信号，提醒医护人员进行干预，帮助医护人员及时发现并处理潜在的健康风险，提高医疗服务的响应速度。

3.2 服务方面

3.2.1 智能输液监测系统

在传统输液过程中，需要护士关注输液液位，一旦发现液位接近输液瓶底，需及时更换输液瓶，不仅增加了护士的工作强度，还会因人为疏忽，出现输液中断、过量输液等医疗事故^[10]。为了解决这一问题，一套先进的智能输液监测系统显得尤为重要，该系统通过物联网技术，实现了对输液过程的实时监测。系统能够精确记录输液开始和结束的时间，帮助医护人员更好地掌握患者的治疗进度；系统通过传感器实时监测输液速度，确保输液过程平稳进行，避免因输液速度异常给治疗效果带来严重影响；系统实时监测输液瓶中的液量变化，当液量接近输液瓶底时，自动发出报警信号，提醒护士及时更换输液瓶，避免输液中断；当输液结束时，系统自动发出报警信号，提醒护士进行后续处理，如拔针、记录等，确保输液过程的安全性（见图4）。

3.2.2 婴儿防盗系统

在婴儿防盗系统中，每个新生儿都会佩戴一个 RFID 射频识别腕

带，该腕带是婴儿唯一的身份识别标识，通过内置的芯片记录婴儿的个人信息和身份信息，腕带与医院的物联网系统相连接，实时传输婴儿的位置和状态信息^[11]。为了确保婴儿与母亲的正确配对，系统还实现了母婴身份的自动配对功能，在婴儿出生后，系统自动将婴儿 RFID 腕带与母亲腕带进行配对，这是两者之间的唯一关联，一旦婴儿与母亲的腕带分离超过标准距离，系统会立即发出警报，提醒医护人员进行干预。同时，婴儿防盗系统与医院的病区门禁、监控等系统进行无缝对接，当有人试图将婴儿带离指定区域时，系统通过感知设备检测到异常行为，自动触发门口报警机制，并实时联动视频监控和门禁系统，防止婴儿被非法带离医院。例如，在某医院错抱事件中，由于传统防盗措施不足，一名新生儿被错误地交给了另一对夫妇，不仅给医院带来严重的声誉损失，还给婴儿家庭带来了巨大的心理创伤。而在引入婴儿防盗系统后，类似事件的发生率显著降低（见图5）。

3.3 医疗废物管理方面

医疗废物管理一直是医院管理中的重要环节，传统管理方式

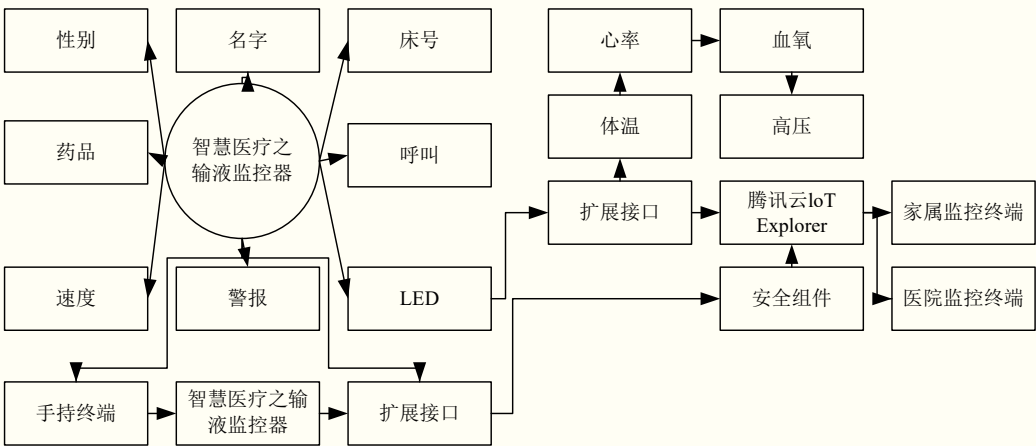


图4 智能输液监测系统

存在诸多弊端，如信息不透明、操作不规范、监管不到位等，为了解决这些问题，物联网技术被引入医疗废物管理工作中，进一步完善了医疗废物追溯管理系统，通过移动终端实时采集各类信息，如工人登录、废物产生科室、交接时间、废物分类、交接人等功能；利用电子标签化管理、电子联单等信息技术，实时定位各类医疗废物，促进其从传统人工处理向智能化管理方向进行发展；采用电子标签，帮助系统实时监控医疗废物具体位置，提升废物在处理过程中的可追溯性，自动提醒废物运输状态，确定废物运输流程，避免其运输效果受到人为影响，提高管理效率；且所有操作记录和数据都被系统自动记录，形成完整的数据链，便于医院管理人员进行查询。此外，系统对废物收运环节进行全程监管，保证每个环节的操作都符合规范，减少废物处理过程中的安全风险^[12]。

结语

智慧医院建设是现代医疗体系发展的重要里程碑，通过物联网技术的广泛应用，在提高医院精细化管理的基础上实现了医疗服务的全面智能化。5G 时代下的物联网将会融合人工智能、边缘计算和区块链等新兴技术，打破信息传输的阻碍，实现周围任意人与物的信息互联，建立成熟的物联网标准体系，在智慧医院和未来医院的建设方面发挥重要的作用，引领人们进入美好的物联网时代。未来的医疗领域中会不断出现更多新式设备和管理方式，这都是物联网带来的产物，医疗物联网拥有无限的潜力和发



图 5 婴儿防盗系统

展空间，其代表了医疗数字化、信息化新的发展方向，相信随着医疗行业的发展以及与各种先进技术手段的融合，物联网技术的发展趋势会越来越好，遍布在医院技术和管理的方方面面，为医院的高质量发展起到关键性的作用和较大的贡献。^[9]

引用

[1] 孙一卓,李焯.物联网在智慧医院中的应用与规划[J].邮电设计技术,2024(5): 88-92.

[2] 谢庆超.基于物联网技术的智慧医院设计模型[J].网络安全技术与应用,2024 (3):107-109.

[3] 韩怀宝,高红红.智慧医院智能化系统的设计研究[J].智能城市,2024,10(2):81-83.

[4] 景李.物联网在智慧医院建设中的应用与展望[J].数字通信世界,2024(7):204-206.

[5] 陈硕,杨阳,侯亚萍.基于物联网视角下智慧医院建设要点分析[J].中国卫生产业,2024,21(2):128-131.

[6] 段振卫.探讨物联网技术在智慧医院建设中的应用[J].科技资讯,2023,21(17): 218-221.

[7] 刘祉呈,杨光,马川.物联网在智慧医院信息化建设中的应用与展望[J].医院管理论坛,2022,39(4):7-9.

[8] 孙唯一,沈崇德.基于物联网的医院智慧安全保卫云平台建设实践[J].中国卫生信息管理杂志,2022,19(5):654-659.

[9] 张斌.物联网技术在智慧医院建设中的应用探析构建[J].中国卫生产业,2022, 19(11):183-186,229.

[10] 柏正群,张志勇,夏一铭. 物联网时代的医院:5G时代的智慧医院建设[C]. //2020第五届全国医院后勤精细化管理高峰论坛论文集.2020:466-468.

[11] 马立富.物联网技术在智慧医院建设中的应用[J].数字技术与应用,2023,41 (9):69-71.

[12] 周晨露.物联网技术在智慧医院建设中的应用[J].大医生,2023,8(12):134-136.