

智能安检控制系统设备的设计与应用

姜亚洲

中国中元国际工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20290

[摘要] 随着物流快递、交通枢纽等领域的快速发展,传统人工安检模式已难以满足高效、精准、安全的管控需求。本文针对智能安检控制系统的核心需求,从工艺流程设计、设备组成架构、核心技术应用三个维度,系统阐述了集货运信息管理、安全监控、分层安检、PLC自动化控制于一体的智能安检输送系统。通过优化正常/异常包输送流程,集成ATR自动读码、分层检测、智能移栽等关键设备,实现安检流程的自动化、信息化与智能化。实际应用表明,该系统可显著提升自动安检效率、降低人工依赖、减少误检、漏检风险,为物流园区、机场货运站及行李安检等场景提供可靠的安全管控解决方案,未来将向AI深度融合、多场景自适应方向持续发展。

[关键词] 智能安检; 控制系统; 输送设备; PLC控制; ATR

中图分类号: TN915.5 **文献标识码:** A

Design and Application of Intelligent Security Inspection Control System Equipment

Asia Jiang

China China Nuclear Engineering International Co., Ltd.

[Abstract] With the rapid development of logistics and express delivery, transportation hubs and other fields, the traditional manual security inspection mode has been unable to meet the requirements of efficient, accurate and safe control. This paper, based on the core requirements of the intelligent security inspection control system, systematically elaborates the intelligent security inspection conveying system that integrates freight information management, security monitoring, hierarchical security inspection, and PLC automatic control. By optimizing the normal/abnormal package conveying process and integrating key equipment such as ATR automatic reading, hierarchical detection, and intelligent transplantation, the system realizes the automation, informatization and intelligence of the security inspection process. The actual application shows that this system can significantly improve the efficiency of automatic security inspection, reduce the reliance on manual work, reduce the risks of false detection and missed detection, and provide a reliable security control solution for logistics parks, airport cargo terminals and luggage security inspection scenarios. In the future, it will continue to develop towards AI deep integration and multi-scenario adaptive directions.

[Key words] Intelligent Security Inspection; Control System; Conveying Equipment; PLC Control; ATR

1 引言

1.1 背景

根据民航局2020年发布《推动新型基础设施建设促进民航高质量发展实施意见》,各大机场纷纷推行“智慧交通”的“新基建”数字化机场建设。近年来我国物流行业年吞吐量突破400亿吨,安全管控压力持续增大。但是传统安检模式存在三大痛点:一是人工依赖度高,分拣、检测、异常处理均需人工介入,效率低下且易受人因素影响;二是安检精度不足,缺乏分层检测机制,高风险物品漏检、普通物品误检现象频发;三是信息追溯能力弱,货物安检数据与物流信息脱节,难以实现全流程追溯。

1.2 设计意义

智能安检控制系统设计与应用,不仅能解决传统安检的效率与精度问题,更具有三重核心价值:一是保障公共安全,通过精准识别危险品、违禁品,从源头防范安全风险;二是提升运营效率,实现安检流程的无人化连续化作业,适配高流量场景需求;三是推动行业升级,构建“设备联动+数据驱动”的安检新模式,为智慧物流、智慧交通、数据共享建设提供技术支撑。

本文重点汇报智能安检控制系统工艺流程设计、核心设备组成及实际应用效果:(1)基于场景需求的正常/异常包输

送流程优化; (2) 货运信息管理、安全监控、分层安检等核心系统功能设计; (3) 输送设备、读码设备、安检设备的选型与集成方案。

2 智能安检控制系统设备设计的工艺流程

2.1 流程依据

本系统工艺流程设计遵循三大核心依据: (1) 国家标准要求, 符合《微量X射线安全检查设备》(GB15208.1-2018)《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》(GB/T22239-2019)、《基于集中判图模式的航空货物运输安全检查流程和信息应用规范》(MH/T7018-2022)等规范; (2) 针对项目货运站货的场景适配需求, 对航空货运站的运输最小为包装三边长度之和不小于40mm的小包装至1700mm*1700mm大包装及特殊件的不同货物特性, 优化设计各安检机尺寸、输送速度、检测精度等参数; (3) 以“高效分拣、精准检测、快速响应”为核心目标, 实现安检流程自动化闭环。

2.2 工艺流程

2.2.1 正常入库工艺流程

正常安检流程:“托运人(货运代理)录入货物信息→承运人收运核查并录入货运信息管理系统→生成安检申报单→交运人员激活安检通道→智能安检控制系统接收货物→自动读码站自动读码→安全快速A门开启→安检机自动安检→安检图像上传货运信息管理系统→集中安检判图→判图通过→安全B门开启→货物入库重复检查→入库”自动化闭环设计, 即“接收-识别-检测-分流-入库”闭环。

(1) 接收: 通过可升降卸货平台、伸缩皮带输送机及伸缩电动辊筒、自动卸货机器人等完成货车与接货皮带输送机无缝对接卸货, 货物平稳进入激活的智能安检输送机系统。(2) 信息绑定: ATR自动扫描识别货物条码标签, 将交运的货物信息(重量、目的、订单号)与其输送轨迹绑定, 同步上传至货运信息管理系统, 经货运信息系统与运单比对后, 回传给PLC控制系统, 同时开A门进入安检流程。(3) 安检: 安检分层管理系统根据货物集中自动判图风险等级, 分发给不同层级判图安检员(高风险货物经高级判图员检测, 低风险货物经由一般人员快速检测), 判图通过后, 由分层安检通知PLC控制系统, 将货物送入库或异常开包。(4) 合格判定: 安检分层管理系统通过X射线成像+AI辅助识别技术, 判定货物无异常后, 发送合格信号至PLC, 由PLC将货物通过分流器直接分给正常入库输送机, 开B门进行入库。

2.2.2 异常包输送流程

针对安检异常货物, 系统采用“报警-分流-暂存-复核”规范化处理流程。

(1) 异常报警: 安检机检测到危险品、违禁品或可疑物品时, 立即触发报警, 同步将异常信息(位置、图像、风险等级)上传至安全监控系统与货运信息管理系统备查询。(2) 自动分流: PLC系统接收异常信号后, 控制移栽机将异常包从主线分流, 避免影响正常货物输送。(3) 暂存待检: 异常包经移栽机输送至开包暂存输送机上, 设备自动启停以保持货物有序暂存, 暂存区配备视

频监控与信息显示屏、手持PAD; 待开包员来开包时, 打开C门传出可疑进行查验, 并上传开包信息与照片。

3 智能安检控制系统设备的设计与应用

3.1 货运信息管理系统

货运信息管理系统是整个安检控制系统的“数据中枢”包括:

(1) 信息录入与绑定: 在营业厅由托运人将托运信息录入, 经托运人激活安检输送通道后, 通过分层通讯与ATR联动, 实时采集货物条码、订单信息、重量尺寸等数据, 建立唯一进库货物身份标识。(2) 安检风险管理: 基于货物来源地、类型、历史安检记录等数据, 利用AI判图采用加权算法自动判定风险(高中低)等级; 并按风险货物层级, 推给相应层级安检判图员。(3) 数据追溯与统计: 存储安检结果、异常处理记录、设备运行数据, 支持按时间、区域、货物类型等维度统计分析。(4) 联动接口: 提供与安检机分层管理设备、PLC输送系统、安全监控系统、物流管理平台的数据交互接口, 实现信息实时共享。

硬件配置包括工业服务器、数据库存储设备、操作终端; 软件采用B/S架构, 支持多用户并发访问与现场及远程管理。

3.2 安全监控系统

安全监控系统承担“实时监控+故障预警”功能, 组成与功能:

(1) 视频监控模块: 在接货区、安检区、暂存区、入库区等关键位置部署高清摄像头, 实现货物输送全流程、无死角可视化监控。(2) 设备状态监测: 通过光、温度、振动、位置等传感器实时采集输送机、安检机等设备运行参数, 异常时触发故障报警。(3) 报警管理模块: 集成声光报警、短信推送功能, 支持报警分级(设备故障报警、安检异常报警)与历史记录查询。(4) 监控中心终端: 工作人员通过大屏实时查看设备运行状态、货物输送轨迹、异常报警信息, 支持远程控制与指令下发。(5) 实现现场和集中判图室远程视频语音通话及记录功能。

3.3 安检分层管理系统及安检机

3.3.1 安检分层管理系统

核心功能为风险分层与检测策略适配, 实现对本项目出港、中转货物安检采用集中判图、可疑货物陆侧开包安检模式, 同时兼顾本地单机通道自动操作。

(1) 分层算法: 基于货物信息构建风险评估模型, 高风险货物(如航空货运、跨境快递)采用“双视角检测+人工复核”, 中低风险货物采用“双视角检测+AI判定”; (2) 检测参数调节: 自动调整安检机的X射线剂量、成像分辨率、检测速度, 平衡检测精度与效率; (3) AI辅助识别: 集成危险品识别算法, 支持刀具、枪支、易燃易爆物品等常见违禁品的自动识别, 误报率 $\leq 0.5\%$ 。(4) 分层管理系统利用组网功能, 将安检机发来的图像实现集中存储和图像分发功能, 在安检作业过程中, 分层管理系统通过与货运信息管理系统的接口合理分发过检货物安检图像信息至货运安检信息管理系统配对远程集中判图/质控工作站。(5) 安检机分层管理系统在接受货运安检复查过程中二次复检时, 正确分发复查货物安检图像。

3.3.2 安检机

选用微剂量X射线安检机:

(1)检测精度:采用双视角(俯视角、底视角),空间可识别最小金属物品尺寸 $\leq 1.0\text{mm}$,危险品识别准确率 $\geq 99\%$ 。(2)输送速度:大型安检机采用 0.2m/s 的辊筒输送机,小型则采用 0.5m/s 的高速安检输送,适配不同货物规格及尺寸及安检过货流量需求。(3)防护等级:铅板防护厚度 $\geq 2\text{mm}$,泄漏剂量 $\leq 1\mu\text{Sv/h}$,符合国家辐射安全标准。(4)接口特性:采用以太网接口,可与输送线控制PLC系统实时通信。

3.4 PLC设备控制系统

PLC设备控制管理系统是“控制核心”,负责协调所有设备的联动运行及货物跟踪。

(1)逻辑控制功能:基于工艺流程编写控制程序,实现输送机启停、移栽转向、分流合流及安全ABC门开启与关闭、货物与ATR条码匹配绑定及跟踪等动作的自动控制;(2)设备联动控制:接收货运信息管理系统货单异常等信号、安检分层系统合格/异常信号,精准控制设备及货物运行动作时序;(3)故障诊断与自恢复:可通过监控及本身HMI实时监测设备运行状态,检测到货物卡滞、过载、未正常读码等故障时,自动停机并报警,故障排除后支持一键恢复运行;(4)编程与调试:采用模块化编程,支持在线修改程序与参数调试,适配不同场景的流程优化需求。

3.5 系统重要机械设备组成

3.5.1 ATR自动读码站

(1)结构特点:根据过货尺寸扫描成像景深需求,兼顾经济,采用三面自动扫描,配备高清工业面阵相机(≥ 2000 万像素),能够实现更大的工作距离和更广阔的视野覆盖。用MSC800控制器为核心,星型控制相机,保证了系统的可扩展、即插即用性、运行的稳定和可靠性;(2)功能参数:读码速度 $\leq 0.1\text{s/件}$,识别率 $\geq 99.9\%$;(3)能检测货物长度,并输出货物长度信息给上位PLC,对货物尺寸超限给予报警提示;(4)具备光学字符识别(OCR)、人工远程视频补码(VCS)及视觉应用接口,可以通过网络访问监控视频信息,支持客户SCADA或智慧园区系统。

3.5.2 接货皮带(辊筒)输送机

(1)结构特点:根据输送货物的特性,对于 $\leq 100\text{Kg}$ (每平方米载重)的小型货物,采用耐磨带式输送机;对于 $\geq 100\text{Kg}$ (每平方米载重)或托盘大货物,则采用辊筒输送机,驱动装置电机根据所属需要选择变频装置。(2)功能参数:输送宽度 1000mm 或 1500mm 、 1800mm ,输送机宽度根据安检机选定;设备长度要满足最长货物需要,如通过 900mm 货物必须选用 $\geq 1500\text{mm}$ 长度的输送机;输送速度根据所选安检机匹配为 0.2m/s 或 0.5m/s ;

3.5.3 传输功能皮带(辊筒)输送机

为满足不同场地布局需求,输送线需精确、平稳运动,与爬

坡、转弯等设备无缝对接。采用模块化设计,具有调速输送功能。输送长度 $2\text{m}\sim 10\text{m}$ 可选,输送速度需同步,并支持无级调节。

(1)平稳传递:可采用恒速设置,需要配备光电传感器,检测到货物后自动启动,以便检测货物运行;(2)拉距传递:采用变频设置,需要配备光电传感器,检测到货物后自动启动,以便与前序货物拉开距离运行;(3)配合ATR扫码传输:采用变频设置,需要配备光电传感器,检测到货物后自动启动配合ATR扫码,同时安装跟踪编码器,进行货物与条码绑定。

3.5.4 移栽输送机

(1)结构特点:对于 100kg 以下货物输送采用摆轮分流器,由伺服电机驱动,配备高精度定位传感器,摆轮可转弯角度 $90^\circ/180^\circ$;对于 100kg 以上货物输送采用顶升移栽分流器,纵向为辊筒,横向为链条,由伺服电机驱动凸轮,配备高精度定位传感器,可转弯角度 $90^\circ/180^\circ$;(2)功能参数:摆轮分流器的移栽速度 0.5m/s ,定位精度 $\pm 5\text{mm}$,支持货物双向移栽;顶升移栽机移栽速度为 0.2m/s ,定位精度 $\pm 5\text{mm}$;(3)控制逻辑:接收PLC的分流信号后,快速响应完成移栽动作,不影响主线输送效率。

3.5.5 其他附属设备

为保证智能分拣及安全隔离,还配备接货升降平台、安全围网、快速ABC门、防护装置及计量等附属设备。

4 结束语

本系统通过优化工艺流程、集成核心设备、强化系统联动,实现了安检流程自动化、信息化与智能化,有效解决了传统安检模式效率低、精度差、人工依赖度高问题。实际应用表明,该系统在提升安检效率、保障安全管控、降低运营成本等方面具有显著优势,可广泛应用于航空货运、物流安检等领域。

未来,智能安检控制系统将向三个方向发展:一是深化AI技术融合,提升危险品识别的泛化能力,实现更复杂物品精准检测;二是引入物联网与大数据分析,构建设备预测性维护模型,进一步提升系统可靠性;三是拓展多模态检测技术,融合X射线、毫米波、气体探测等手段,实现全方位无死角安检。通过持续技术创新,为安全管控提供更智能、更高效解决方案。

[参考文献]

[1]微剂量X射线安全检查设备第1部分,通用技术要求:GB15208.1-2018[S].

[2]信息安全技术网络安全等级保护基本要求:GB/T22239-2019[S].

[3]基于集中判图模式的航空货物运输安全检查流程和信息安全应用规范:MH/T7018-2022[S].

作者简介:

姜亚洲(1971--),男,辽宁锦西人,正高级工程师,研究方向为工程施工与管理。