

海关货运监管智能化筛查和检查辅助机器人的应用

中国海关管理干部学院 刘欣侠
深圳墨影科技有限公司 杨一鸣
拱北海关 陈震宇

摘要：货物检查业务是海关监管工作的重要组成部分。近年来，随着中国国际化程度的不断提高，国际进出口贸易规模日益增大，海关货物检查工作不断进行改革以适应新形势和新要求。当前，由于海关辖区范围大、外勤作业点多且分散，传统货运现场检查模式存在距离远、时间长、成本高、有安全风险等问题，在一定程度上影响了检查效率。结合海关货物检查工作实际情况，本文提出了一种新的智能化安全筛查和检查辅助机器人方案，对检测技术、结构设计、机器人系统等核心技术进行了阐释，并对其在某海关实际应用中的结果进行了分析，研究并探索一种海关货物检查工作的新视角和新方法。

关键词：货运；监管；人工智能；机器人

一、应用背景

海关总署署长俞建华强调，要围绕更好统筹当前和长远，全面落实中央重大决策部署，持续深化改革创新，打造智慧海关，建设中国特色社会主义现代化海关，为推进中国式现代化贡献海关力量。海关货运监管智能化安全筛查和检查辅助机器人，是落实智慧海关要求的实际举措与一线应用，值得研究与推广。

如何在保障工作人员安全的同时，切实有效提高现场检查作业效率和质量成为海关工作中所面临的一个重要问题。智能机器人是近年来的一种新兴技术手段，运用智能机器人技术辅助海关人员进行货物检查，不仅能有效提高检查效率，还能最大程度上降低海关人员的安全风险，满足海关检查工作中安全高效的要求。结合以上问题，本文对智能机器人在海关货物检查工作中的应用进行了探索，以智能化筛查和辅助检查为最终目标进行研究。

二、智能机器人总体设计方案

本文所研究的智能检查辅助机器人系统主要由智能检查机器人本体和配套机器人运行支撑系统两大部分组成。通过在协作机器人车身四周布置多个摄像头监控现场作业情况，提供及时预警信息；通过在协作

机器人车身安装多种检测仪器满足各种复杂情况的检测；通过在车身布置快换治具来实现不同检测要求时的仪器切换。机器人根据布控指令到集装箱、 γ 放射率探测工位或者拉曼光谱检测位置进行相应工作。

配套机器人运行支撑系统是检查辅助机器人运行的智能化运行平台，负责管理整个系统的运行状态，接入各类场地传感器与流转数据，推动整个检查流程，对场地内多机器人实现合理调度，为检查过程中的图像进行智能算法分析，提供远程检查及远程检查管理。机器人运行支撑系统主要包含以下子系统：管理监控子系统、智能识别系统、场地集装箱运行逻辑系统和机器人调度系统等。

三、核心技术应用

（一）检测技术

在海关相关检测过程中，要保证检测过程的安全有效，首先需要对货物的类型和性质进行检测，本研究主要采用 γ 剂量率探测器、拉曼光谱仪、化学毒剂探测器三种技术对货物分析检测。

γ 剂量率探测器是一种检测辐射量是否超标，并可以保护工作人员安全的检测仪器。 γ 剂量率探测器由接口电路、电源电路、高压电源模块、G-M计数管、信号调理电路及中央处理单元等模块组成， γ 射线经G-M计数管探测器转换成电脉冲信号，脉冲计数率与辐射强度成正比。电脉冲信号经过脉冲成型电路整形后送入微处理器控制电路进行脉冲计数、非线性补偿和剂量率的转换。 γ 探头会根据辐射剂量率的强弱自动切换计数管及相应的工作电路，再通过RS485通讯接口将测量数据传送给机器人，经机器人回传给控制端，实现实时监测环境辐射。

不同物质具有不同的拉曼光谱，拉曼光谱仪通过其拉曼出峰位置的不同对该物质定性，完成物性分析。

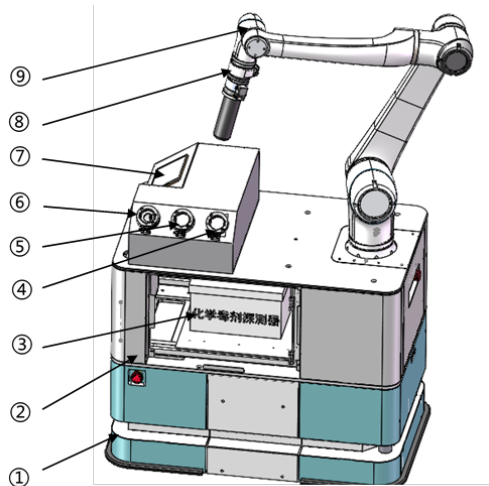
化学毒剂探测器由化学监测报警单元、主控单元、减振架、附件装等组成。化学监测报警单元可以实现对周围环境实时监测并对异常情况报警提示，对有害气体进行实时有效的监测。化学监测报警系统内置

化学进样器、监测报警模块,监测过程由化学进样器对周围环境实时采样并分析测试,对超出设定阈值的数据报警提示。该系统首次采用模块化、整机集成设计实现,同时提供与机器人的实时通信接口以及外部调试用的接口。

(二) 机器人结构设计

上述检测是一项相对专业和复杂的流程,对于机器人的准确度、速度和稳定性都有很高的要求。因此,机器人的结构设计至关重要,良好的结构设计能够大大提高运行的流畅度。

本文的智能机器人结构主要由10个部分组成,整体结构如图1所示。



1—底盘;2—车身;3—化学毒剂探测器;4—拉曼光谱仪;5—化学毒剂探测器检测头;6— γ 剂量率探测器;7—车载电脑终端;8—机器人快换;9—协作机械臂;10—360°全景监控系统

图1 智能查检辅助机器人整体结构

机器人底盘采用伺服电机驱动差速底盘,能够实现直行、后退、转弯、原地旋转等功能。根据调度系统指令自主移动、自主规划路径。四周设置防撞保护传感器以及避障传感器,实现自主避障,保证机器人行走安全。车身用于承载机器人主机系统以及电气系统硬件,同时用于容纳部分仪器设备。机器人快换盘分为机器人侧和工具侧,机器人侧安装在机器人前端手臂上,工具侧安装在执行工具上,工具快换装置能快捷地实现机器人侧与执行工具之间电、气体和液体相通,便于切换不同检测仪器。车载终端集成音箱、麦克风,实现远程语音通话;集成摄像头可实现人脸识别功能。360°全景监控系统采用1080P高清输入输出;行人侦测系统能够实现真正的360°全景鸟瞰。充电桩具备220V/10A $\pm$ 10%市电/UPS电源接口切换,满足机器人的充电需求。

协作式机械臂为自由度机械臂,末端配备3个数字输入端口和3个输出端口,2个模拟量输入端口;电箱配备16个数字输入端口和16个数字输出端口,2个模拟量输入端口和2个模拟量输出端口;输入输出端口采用24V 2A直流电源;通讯接口支持Modbus TCP、Profinet(可选配)以及Ethernet/IP(可选配);机械臂可采用图形化编程和远程调用接口进行编程,防护等级达到IP66,具备10个高级安全配置功能可进行协同操作,其主要材质为铝合金,可在0~50℃环境下工作。

(三) 智能检查辅助机器人系统

1. 系统架构

检查辅助机器人系统主要由接口层、调度层和车载层三个部分组成,每层都有相对应的业务逻辑和用于人机交互的硬件终端。接口层通过呼叫终端进行交互,主要业务为呼叫处理和上层适配。调度层通过监控终端进行交互,主要业务为任务指派、路径规划和交通管理。

根据图2可知,车载层通过车载终端进行交互,主要业务为运动控制、自主导航和任务逻辑。整个系统采用可视化管理及操作,检查过程清晰明了;具有多种调度模式(智能调度、固定路线、人工干预),可适应不同环境的需求;具备多路径规划,自学习任务优化功能,智能化程度较高;支持多终端协同操作(手机、PC客户端、大屏),人机交互更加方便快捷。



图2 系统架构

2. 机器人调度系统

根据图3可知,机器人调度系统集成任务管理、路径规划、数据统计、交通管理、车辆管理五大功能于一体。任务管理功能可对任务进行增删改查,对任务结构管理,提高任务效率;路径规划功能可对机器人的行走路径进行计算和设计;数据统计功能可对AGV忙碌空闲时间以及任务响应时间进行统计;交通管理功能可处理路径上各类AGV之间的关系,提供五种交通管制策略;车辆管理功能可实时数据检测,对AGV进行操作,休息时可对充电逻辑进行控制。

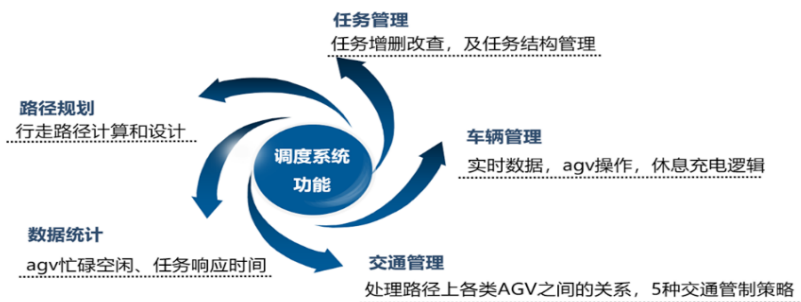


图3 机器人调度系统功能

3. 系统安全防护

为增加机器人系统的安全性和稳定性，降低货物检查过程中发生事故的风险，智能检查辅助机器人系统在硬件和软件中都装载了安全防护。

安全防护硬件包括激光、急停按钮及安全触边。安全激光安装在 AGV 前后，随着 AGV 沿着固定路线行驶时检测物体。当遇到障碍物时可用于降低速度并停止 AGV。激光分布区域分为三部分：减速区、停止区、抱闸区。保护区域的大小和形状可以自由设置，最大支持配置 16/31 种保护区。

软件的主要的安全防护逻辑包括以下几个方面：离线/通讯故障保护，此时 AGV 与调度系统失去联系，则停止行驶；超差保护，AGV 超出行驶通道一定距离后，则停止行驶；失速保护，AGV 速度异常，则停止行驶；部件故障保护，AGV 检测到安全传感器故障，则停止行驶，导航带缺损/地标丢失保护，AGV 导航地图缺损或导航标志物丢失，则停止行驶。

四、智能检查辅助机器人现场检疫采样应用示例

目前，智能检查辅助机器人主要用于某海关货运监管作业场的日常检查工作，机器人系统经过了一次实验室 DEMO 机测试和两次现场测试。两次现场测试地点均为某码头，分别对集装箱和冷链食品两种不同类型的货物进行辅助检查测试。

整个流程中机器人与工作人员协同作业，机器人完成大部分操作，人工进行辅助：机器人完成集装箱内环境采样、货物外包装采样、货物内包装采样、货物本体采样、采样标记以及采样过程中的拍照留证等工作；工作人员完成相关准备工作、开箱、开货物包装、搬运货物、人机交互界面操作等工作。采样流程中，机器人完成全部操作，工作人员通过交互界面指挥机器人的操作步骤，机器人自主完成全程的拍照录证操作。

智能检查辅助机器人的实际运用大大减少了检疫采样环节的人力成本，以某码头目前的作业模式，能够减少 5 人的人力成本。同时，检疫过程中的安全性和操作流程的规范性、可靠性也大大提高，降低了人员

操作中的不确定性。机器人实现自动采样、自动拍照、自主消毒、自主充电的功能，较以往的海关工作，智能化水平大幅提高。

五、结论

合理恰当地运用智能机器人技术，不仅能够提高检查流程的效率和规范性，还能减少工作人员与货物的直接接触，降低潜在的安全风险。检查辅助机器人在某海关的成功应用，是对全新领域的一次探索，对海关检查工作新方法进行尝试。本次应用实现了在海关进出口货物检查领域实现智能机器人辅助监管作业、提出采用智能化手段开展国门安全监测、将规范化操作流程通过智能技术实现。实践证明，智能机器人对于海关检查工作的帮助是巨大的，在准确性、规范性、安全性方面都有显著提高，降低了人工成本，进一步提升海关监管检查工作的智能化和高效化，取得了一定的经济效益和社会效益，起到了很好的技术引领和应用示范作用。

参考文献：

- [1] 崔锦, 陈志强, 李元景, 等. 智能机器人技术在海关监管中辅助人工查验的应用[J]. 中国口岸科学技术, 2020(12):10-19.
- [2] 吴宇迪, 刘军, 邹树梁. 机器人末端快换装置发展概况及关键技术分析[J]. 现代制造技术与装备, 2021, 57(08):106-108.
- [3] 付磊. SCADA 系统在煤矿井下安全生产中的运用[J]. 能源与节能, 2019(08):189-190.
- [4] 郭洮, 王凤娇, 缪波, 等. 基于高优先级调度算法的智能库房调度系统的研究与实现[J]. 大众用电, 2021, 36(03):72-74.
- [5] 黄强. 5G 技术在物流智能仓储中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2020(15):33-36.
- [6] 欧青立, 何克忠. 室外智能移动机器人的发展及其关键技术研究[J]. 机器人, 2000(06):519-526.
- [7] 顾梦婕, 季佳华, 吴猷, 等. 基于 5G 的智能机器人在海关监管中的应用[J]. 无线互联科技, 2022, 19(08):112-113.