

铁路集装箱正面吊装卸作业人员自动定位系统

钟福初 聂兵 陈亮

中国铁路上海局集团有限公司杭州货运中心

摘要: 铁路集装箱吊装有较高的风险,一旦设备出现事故可能威胁到周围人员的生命安全。为此,很多研究人员对吊装作业有着高度重视,开始研发各种安全保护措施。其中作业人员自动定位系统能够精准地确定集装箱吊装作业时周围人员情况,并且采取有效的安全防护办法。为了进一步探究集装箱吊装卸作业人员自动定位系统的功能,本文将重点围绕该系统应用价值、系统技术内容等方面展开探讨。希望对对相关工作者提供参考。

关键词: 铁路集装箱; 正面吊装; 人员定位系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.068

一、自动定位系统研制背景

随着目前我国铁路货物运输的不断发展,铁路与公路、水路多式联运日益增多,集装箱运输成为运输行业现代化发展的重要标志,具有很多其他运输方式无法比拟的优势。正面吊作为集装箱吊运的专用机械设备,其应用为集装箱运输提供了较大的起重量和相对灵活的起重方式。然而,在正面吊应用过程中,存在较高的劳动安全事故风险。因此,如何在铁路货场通过信息化辅助系统进一步保障正面吊作业人员安全并提高安全管理效率,已成为众多铁路货场面临的重要课题。

当前正面吊作业中存在如下安全隐患:①指挥和辅助人员是必要的,作业区无法保持无人状态;②司机技术性操作要求高,精力需集中在吊箱操作上;③地面指挥人员长期在重型机械周边活动,主要靠视觉判定危险;④缺乏直观且简洁的系统,用于辅助安全警示。

自动定位系统依据“智能化、精益化运行管理”的设计思路,以运用新技术实现安全管理信息化和自动化为目标,设计研发一款适用于正面吊的安全辅助系统。该系统采用北斗RTK高精度定位、智能定位+通信穿戴设备、人员位置和机械位置后台可视化监测等技术手段,实现对正面吊作业人员和吊车位置的精确定位。通过地理坐标系和直角坐标系的换算,实时反馈人和车辆的相对距离,并根据作业管理的需要设置安全预警阈值。系统通过前端界面向司机展示整个作业区域的人员和车辆分布,并在发现危险隐患时通过声光告警提示司机和辅助人员。

二、自动定位系统功能

该系统研发人员主要研发任务包括四方面,一是设计研发穿戴式高精度人员定位设备(安全帽为优先形态),厘米级定位;二是研发车载式高精度吊车定位设备,厘米级定位;三是开发一套人、车位置后台监测系统,可多屏展示,包含前端驾驶舱页面和后台管控页面;四是根据正面吊作业安全管理要求,开发一套充分考虑人、车、箱碰撞体积的位置算法,并设置告警策略,实现安全隐患实时自动告警提示。自动定位系统功

能如下:

(1) 正面吊的高精度定位。通过车载型北斗RTK定位终端,将正面吊的精确定位信息回传给系统后台。

(2) 正面吊作业辅助人员高精度定位。通过可穿戴设备对正面吊作业辅助人员进行高精度定位,本方案拟采用安全帽的形态,因为安全帽为该工作岗位规定佩戴的劳保用品,将传统安全帽集成基于RTK的厘米级定位模块及通信模块,同时配备电池,可续航至少一个班次作业时长,即可实时将人员位置回传给系统后台。

(3) 作业机械的碰撞体积模型建立。由于正面吊为大型作业机械,其本身体积远大于亚米级精度,故仅仅依靠高精度定位不足以预测人员与机械之间的碰撞危险,需结合正面吊的外观形态,在定位数据基础上通过算法建立正面吊轮廓外延的位置数据,即可模拟出所有可能发生碰撞的位置数据,从而判断人员与其碰撞可能性。

(4) 多个元素定位后的系统化、图像化表达。通过图形化界面进行作业机械及人员在系统上的直观表达,让司机和后台安全监控人员可实时掌控人机相对位置,并根据工作经验提前预留安全距离。

(5) 安全隐患智能化识别算法研究。在正面吊定位数据、碰撞体积模型、人员定位数据等多数据源汇总后,需通过模拟碰撞的算法及其他因子的纠偏,相对准确地计算出每一次可能的碰撞风险,并在试运行期间持续优化算法,达到高灵敏度、低误报率的效果。

三、自动定位系统主要技术内容

(一) 北斗RTK终端

人员侧定位终端采用安全帽形态,配备小型化全方向内置天线,数据更新率为1-10Hz,差分定位精度可达2.5cm+1ppm,通信制式需支持联通/移动/电信4G,支持蓝牙通信,电池为3600mAh容量,可至少在高精度定位工作续航10小时。

正面吊车载定位终端采用外置可延长天线,数据更新率为1-10Hz,设计差分定位精度可达2.5cm+1ppm,通信制式需支持联通/移动/电信4G,输入电压需支持宽电压,5-24V灵活适配,能在各种车型上方便取电。且需要强抗干扰能力,车载型防护等级,满足复杂环境下长时间、高精度、高可靠性导航应用需求;支持蓝牙通信,可作为差分共享站给安全帽共享差分数据。

终端从原理上可分为7个单元,包括电源电路单元、主通信信号处理单元、sim卡信息处理单元、串口数据收发单元、以太网接口电路单元、以太网数据处理单元、射频信号处理单元。主通信处理单元为整个通信终端的核心单元,利用LTE芯片中的应用处理器内核,将整个LTE数据采集与终端安全、网关、互联网等功能集中到模块内部,使模块成为一个相对完整的系统,并可以灵活根据系统要求进行重新定义;sim卡信息处理

最大宽度、轴距、最大吊臂长等基本参数，模拟出该车型真实的碰撞范围，而不是采用固定值进行判断。同时可通过阈值余量调整，在不同碰撞风险临界点通过系统记录或输出不同告警。如不加碰撞距离余量则可模拟出任意一个定位终端是否在正面吊作业的绝对范围（实际可能触达的范围）内，这是碰撞事故会发生的临界点，一般作为追溯事故原因或极限告警使用，而加了8米的安全作业距离的阈值可作为风险告警或违规记录的算法变量代入值。

由于厘米级北斗RTK使用成本较高，且在本研究中正面吊定位和人员定位均需使用到该技术，故可考虑在批量使用该方案时采用差分共享的方法进行多终端单账号运行。具体可理解通过为一台数据CPE从cors系统获取到RTK差分数据后，再通过微功率模组将数据共享给附近其他定位终端，共享过程中需同时以子设备编号做数据隔离，区分数据属于哪台子设备。

（3）输入输出

本软件包含完整的人机交互界面设计，可允许直接通过鼠标、键盘进行PC端管理后台的操作。穿戴设备采用安卓系统，所有数据与管理后台实时同步。

（三）硬件技术内容

（1）多模无线通信模组与加密芯片的集成技术

支持集成公网与铁路专网多模通信模组，灵活支持公网APN和铁路无线专网接入，预留铁路内网通信专用加密模块和RSA公钥算法引擎，保障设备远程无线通信的安全加密与内网信息安全。

（2）研究铁路北斗RTK定位软硬件解决方案

基于铁路北斗系统RTK服务与国产北斗定位芯片，开发铁路北斗定位功能模块，形成定位服务模块化调用，实现用户侧免调试应用。

（3）研制铁路北斗的高精度定位与多模通信终端

根据本项目的研究目标选择高可靠性的主控芯片、本地通信接口模块，按照小型化、低功耗、高可靠的要求完成PCB设计与加工，为铁路生产业务终端提供安全可靠的通信服务与高精度定位服务。

四、主要技术特点与创新点

（1）北斗RTK技术在高精度定位上的可靠性已在各种行业得到了验证，但对于作业过程中的大型机械设备，防碰撞算法不但需要获取精确的定位数据，还需要充分考虑机械本身的外形特点、运动规律以及人员安全作业管理规范。本课题中的碰撞算法充分结合正面吊的运动规律、机械外形，形成一套适合应用于货场等开放式区域内，人机混合作业过程中解决碰撞可能性实时分析的数学算法，再通过与管理规定和安全作业吻合的逻辑判断分析，辅以现有的其他防碰撞辅助手段，提高铁路货场正面吊作业安全性。

（2）系统可提供的显示系统主要包括车载全景影像（项目后期增加）、安全帽语音报警、管理端网页报警以及正面吊紧急制动（本期暂不安装）。从不同的受众群体出发提供直观告警。

（3）北斗RTK高精度定位技术最大的特点在于可以实时采集车辆、人员等作业场景中主要元素的绝对地理

位置，而非只分析几者之间相对位置来预测碰撞风险。这对于其他基于位置信息的应用无疑是一个重要的数据复用机会，如轨迹分析、资产管理、人员调度等，为防撞系统与其他系统的融合及更复杂的综合应用提供了基础条件。

五、投入运行效果与推广应用前景

（一）效益分析

课题面向正面吊作业安全管理，进一步建立安全生产的高科技辅助手段，保障货运吊装作业人员的人身安全。

经济效益方面，由于使用北斗差分定位技术，实现了作业机械及人员的高精度定位，货场调度人员可以通过后台系统实时掌控作业机械及现场人员的精确位置，在高精度地图上进行调度和监控，为作业指挥调度提升效率。

（二）成果应用趋向和应用单位

形成一套拥有完全自主知识产权的铁路集装箱正面吊装卸作业人员自动定位系统，力图为铁路场站日常正面吊生产提供一个安全可靠的环境，可全面推广的解决方案，发展铁路安全生产管控的新模式。

该项目针对大部分正面吊的真实作业过程中的痛点，设计出了一套基于计算机通信、图像识别、人工智能等技术的正面吊装卸作业人员位置监测系统，可以解决目前正面吊作业中存在的多种安全问题，具有很高的实用性。故该系统在铁路货运体系中可全面推广，应用单位包括铁路货运站、第三方货运公司及其他同类货运部门。

结束语

建立基于北斗RTK高精度定位获取的人、机GIS基础数据，结合正面吊作业机械的外形、运动规律、监测需求，形成一套适合应用于货场等开放式区域内，人机混合作业过程中解决碰撞可能性实时分析的数学算法，再通过与管理规定和安全作业吻合的逻辑判断分析，辅以现有的其他防碰撞辅助手段，提供全局性的货场机械作业安全管控新思路。

参考文献

- [1] 蒋志伟. 应急隔离病房集装箱模块总体定位及偏差处理[J]. 建筑施工, 2021, 43(05): 761-763.
- [2] 涂昊. 基于深度学习的集装箱箱号智能识别算法研究[D]. 西南交通大学, 2021.
- [3] 伍平平, 曾晓辉. 3600 TEU集装箱船船体制作精度控制措施[J]. 船海工程, 2021, 50(01): 5-8.
- [4] 赵伟. 集装箱正面吊液压系统维修保养[J]. 设备管理与维修, 2020(08): 95-96.
- [5] 刘政刚. 集装箱正面吊金属构件常见故障及其修复和预防措施[J]. 集装箱化, 2020, 31(03): 26-29.
- [6] 缪华, 崔世超. 集装箱正面吊CAN总线通信原理与排故技巧[J]. 港口科技, 2019(09): 25-28.
- [7] 黎应雄, 彭宽丹. 集装箱正面吊无线高清视频监控系统的构建研究[J]. 铁道货运, 2018, 36(09): 67-70.