文章编号：2097-5899(2025)06-0045-07　　**中图分类号**：U294.1　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202410150002
引用格式：张岩，李博宇，周升健，等. 铁路货运场站作业安全冲突防护方法研究[J]. 铁路物流，2025，43(6)：45-51.
ZHANG Yan，LI Boyu，ZHOU Shengjian，et al. Safety Conflict Protection Method for Railway Freight Yard Operation[J]. Railway Logistics，2025，43(6)：45-51.

铁路货运场站作业安全冲突防护方法研究

张　岩[1]，李博宇[1]，周升健[2]，黄　孜[2]，汤　翔[2]

(1. 中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所，北京　100081；2. 中国铁路南宁局集团有限公司 柳州车站，广西 柳州　545007)

摘　要：智能化安全冲突防护方法对于确保铁路货运场站作业安全具有至关重要的作用。基于对铁路货运场站安全管理面临的问题及原因分析，提出安全冲突防护需求和解决思路。构建包括数据采集、信息传输和安全报警单元的物理架构，提出4种位置数据采集方案，设计多源融合定位、视频定位算法流程，分别给出人员与设备之间冲突、设备之间冲突和范围冲突的安全冲突防护逻辑。提出的铁路货运场站安全冲突防护方法可在一定程度上防护人员与设备之间冲突、设备之间冲突和范围冲突，能够促进铁路货运场站安全管理水平提升。

关键词：铁路；货运场站；多源融合定位；目标检测；冲突防护逻辑

0　引言

铁路货运场站是铁路物流系统的重要节点[1-2]，安全是铁路货运场站作业的基础[3-4]。位置冲突安全风险存在于货物装卸作业、人员站内走行、调车作业等环节，是铁路货运场站作业安全防护的重点。铁路场站安全冲突防护技术和方法研究方面，杨广全等[5]设计了货物装卸机械人机安全防撞智能预警系统，能有效防止装卸机械与人员相撞；唐浩[6]构建了考虑轨迹交叉影响的多叉车库内搬运防撞模型算法，设计了货运员与叉车的冲突解决方案；何雨[7]研究了无人看守铁路道口行人、车辆的目标检测和追踪方法，提出了人员和车辆位置冲突安全隐患的实时报警方法；孙国锋等[8]提出了基于溜放车辆和作业人员实时位置获取的人车距离计算方法，实现了作业人员危险预警。在此，基于铁路货运场站作业安全冲突防护需求分析，综合运用多源融合定位、视频定位和编码器定位等定位技术，对铁路货运场站内的人员和设备进行分类定位，基于位置信息设计人员与设备冲突、设备之间冲突和范围冲突的安全冲突防护逻辑，实现铁路货运场站的安全冲突防护，确保作业安全。

1　问题及解决思路

1.1　问题及原因分析

铁路货运场站内存在多类移动设备和人员，移动设备包括集卡、厢式货车、门吊、正面吊、调车机车(以下简称“调机”)、铁路货运车辆、叉车、带脱轨器的移动防护信号(以下简称“移动防护信号”)等，人员包括铁路作业人员、铁路管理人员和外来人员，移动设备和人员的实时位置和作业状态信息缺乏有效采集技术，存在移动设备之间、移动设备与人员之间的碰撞风险，缺乏位置冲突报警机制。

造成以上问题的原因主要包括3个方面。

(1) 系统性设计不足。铁路货运场站作业安全冲突防护系统性设计不足，各环节分散治理造成安全风险难以精准防控。对于货运场站安全冲突防护缺乏系统性思考，缺少统筹考虑整个货运场站全部移动设备和作业人员的位置安全监控，且能解决各种时空位置

收稿日期：2024-10-15
基金项目：中国铁道科学研究院集团有限公司科研项目(2023YJ264)

冲突的货运场站整体安全冲突防护方案的系统性设计。

（2）数据源点缺失。数据源点缺失主要表现在移动设备、人员和作业过程等数据源点的缺失。移动设备方面，目前站场移动设备状态信息采集装置配备不足，尤其是移动设备的实时位置、状态参数等信息无法得到全面和及时的采集；人员方面，缺少对各类人员的精确位置实时采集设备。

（3）缺乏自动安全防护。货运场站视频监控系统采集到大量的视频图像数据，安全风险辨识以人工的方式为主，多为事后安全分析，难以全时段、全覆盖地掌握现场安全作业情况、发现安全隐患，难以有针对性地对安全冲突风险进行判断和超前预警。

1.2　安全冲突防护需求分析

铁路货运场站作业安全冲突防护需要防护人员与设备之间冲突、设备之间冲突和范围冲突。人员在场站入口、平交道口等地存在与公路卡车、机车车辆产生冲突的风险。作业人员在作业区域的冲突风险包括：①货检人员横穿铁路线路与铁路机车车辆碰撞；②装卸人员与集装箱、正面吊、门吊、叉车和公路卡车等碰撞；③调车人员违规进入高站台区域被挤伤。设备之间冲突包括公路卡车在平交道口与铁路机车车辆冲突、铁路机车车辆与移动防护信号冲突等。范围冲突包括设备超范围冲突和人员超范围冲突，设备超范围冲突如公路集卡违规进入危险区域，人员超范围冲突如非调车作业人员或调车作业人员在无作业计划的情况下进入铁路线路。

1.3　安全冲突防护解决思路

轨迹交叉理论指当人的不安全行为和物的不安全状态在各自发展过程轨迹中，在一定时间、空间发生交叉接触，导致事故发生[6]。基于对铁路货运场站作业安全管理面临问题及原因分析，结合轨迹交叉理论，提出基于时空位置的安全冲突防护方法。该方法通过高精度定位技术获得货运场站内移动设备和人员的三维位置坐标，形成三维历史运动轨迹，通过历史运动轨迹计算出移动设备和人员的运动方向和速度，进而预测可能发生的位置冲突，并通过声光方式进行风险报警，防止安全事故发生。

2　安全冲突防护方法

2.1　物理架构

铁路货运场站作业安全冲突防护方法是依托信息化、智能化技术，通过数据采集源点布设、智能设备配置、模型构建、信息系统建设等手段，实现场站作业安全冲突防护智能化。铁路货运场站作业安全冲突防护方法的物理架构包含数据采集单元、信息传输单元和安全报警单元。

（1）数据采集单元。铁路货运场站作业基础数据信息采集，核心内容包括对门吊、正面吊、集卡、铁路货运车辆、叉车等设备以及人员高精度位置信息的采集，同时需要采集作业过程、设备状态等信息。移动设备及人员的高精度位置信息采集主要依托车载定位设备、手持终端、视频采集设备、室内定位、惯性导航(以下简称“惯导”)定位等。采集到的位置信息和作业过程信息，通过信息传输单元进行传输。

（2）信息传输单元。铁路部门所属的调机、正面吊、门吊、作业人员等的北斗定位所需差分信息、位置信息、报警信息可通过3G/4G/5G专网无线通信网络传输，路外集卡、厢式货车的位置信息、报警信息可通过4G/5G公网无线通信网络传输。移动防护信号申领、归还、安装、撤除状态和安装扭力等作业过程信息可通过低带宽的专网远距离无线(Long Range Radio，LoRa)通信网络进行传输。场站的门禁状态信息可通过公网窄带物联网(Narrow Band Internet of Things，NB-IoT)无线通信网络进行传输。作业视频信息通过有线局域网进行传输，在无光纤的区域可通过高带宽的5G专网无线通信网络实现视频数据的低时延传输。公网无线通信网络采集到的数据，需要经过铁路安全设备才可进入铁路内部有线局域网。

（3）安全报警单元。安全报警单元实现铁路货运场站作业的动态实时可视化监控展示和安全冲突报警功能。基于从信息传输单元接收到的各种信息，通过多源融合定位、视频定位、编码器定位等方法，实现人员、集卡、门吊等的高精度定位和基于三维站场电子地图的可视化管理。利用安全冲突防护逻辑库对位置、作业过程等信息进行综合安全冲突逻辑判断，发现各类安全冲突并通过手持终端、警示灯、喇叭和远程停机控制等进行安全报警，提升铁路货运场站的安全管理水平。

2.2　位置采集方法

2.2.1　位置分类采集

对比分析定位技术的技术特点，重点分析定位精度、遮挡、便携性和可靠性等因素，选择最优的位置采集方案。当前主要定位技术特点对比如表1所示，表中所有技术的定位精度均可达到10 cm，其中设备上安装的北斗定位终端通过双频RTK差分算法可达到毫米级定位精度[9]，人员携带的北斗定位终端采用单频RTK差分算法可达到亚米级定位精度[10]。编码器是可靠性最高的一种定位技术，已应用于门式起重机定位，

表1　定位技术特点对比

Tab.1　Comparison of positioning technical characteristics

定位技术	精度/cm	可靠性	遮挡影响	位置获取	累积误差	室内定位	移动终端
北斗	0.1~10	较高	大	连续	无	不适合	需要
惯性导航	10~100	较高	无	连续	大	适合	需要
UWB	10	较高	较小	连续	无	适合	需要
编码器	5	高	无	连续	小	适合	需要
电子标签	10~100	较高	无	点式	无	适合	需要
视觉	0.1~10	较高	较大	连续	无	适合	不需要
激光	1	较高	大	连续	无	适合	不需要

通常安装于驱动轴或从动轮上[11]。编码器可靠性高，但不适合采集在不固定线路上移动的人员和设备的位置，北斗定位技术适用于不在轨道上移动的人员和设备的定位，但受到遮挡影响较大，不适合应用在室内定位场景，组合运用UWB和惯性导航定位技术可解决室内定位问题[12]。电子标签是一种点式定位技术，定位精度取决于标签安装密度。惯性导航和编码器定位技术存在累积误差，需要与电子标签等定位技术结合使用，消除累积误差。传统惯性导航定位终端体积大且对人员的定位精度不高，微惯性导航(以下简称“微惯导”)技术适合应用于人员定位。视觉和激光定位技术不需要安装佩戴移动定位终端，其中视觉定位技术可利用既有监控摄像机，节约成本。

多源融合定位算法数据处理流程如图1所示，基于定位技术特点对比分析，结合不同人员和设备的不同作业区域，提出4种铁路货运场站位置数据采集方案，解决定位设备安装、供电、作业区域遮挡等问题。

（1）北斗＋RFID定位方案。应用北斗定位和RFID技术，在正面吊、调机上安装北斗高精度定位终端，室外调车作业人员佩戴北斗高精度人员定位终端，并通过手持机扫描RFID标签，获得移动防护信号的安装位置。

（2）多源融合定位方案。应用基于北斗、惯性导航、UWB、Wi-Fi等的多源融合定位算法，采集室内作业叉车和装卸人员的位置数据。

（3）视频定位方案。应用基于站内追踪、动态追踪和目标检测的视频定位算法，采集路外集卡、厢式货车，路内集装箱、货运车辆，外来人员或未佩戴定位终端的铁路管理人员的位置数据。

（4）编码器＋电子标签定位方案。应用编码器和电子标签等高可靠性的定位技术，实现对门吊的大车、小车和起升装置等部位的三维定位。

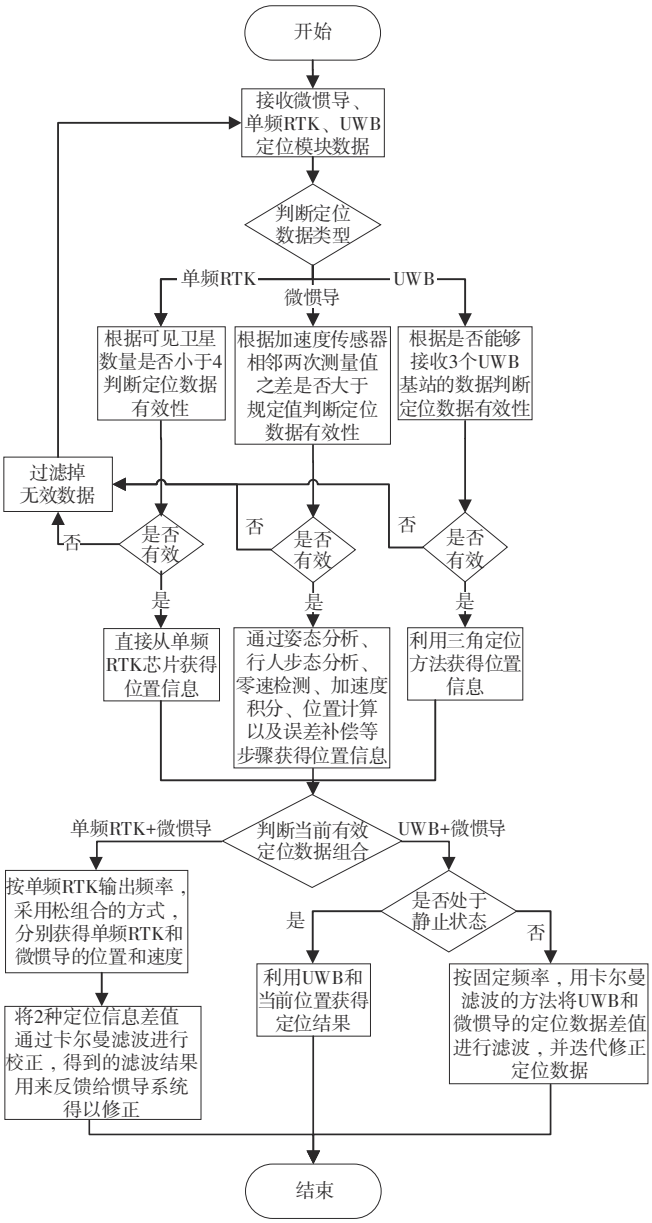


图1　多源融合定位算法数据处理流程

Fig.1　Data processing flow of multi-source fusion positioning algorithm

2.2.2　多源融合定位算法

多源融合定位算法从北斗定位装置、UWB定位装置、惯性导航定位装置等不同的数据源收集定位数据，选择相应的融合定位方法进行定位数据融合，最终得到高精度、高可靠的定位结果。人员携带的人员定位终端与调机、正面吊上面的设备定位终端不同，人员定位终端需要通过蓝牙接收作业人员鞋上的微惯导定位模块的定位数据，设备定位终端上可以直接集成惯导模块。双频RTK的设备定位终端体积较大，不适合作业人员佩戴，人员定位终端配备便携的单频RTK定

位芯片，设备定位终端配备定位精度更高的双频RTK定位芯片。图1中以人员定位终端的数据处理流程为例，设备定位终端流程类似。

如图1所示，定位终端根据RTK北斗定位、微惯导和UWB不同定位数据类型进行不同处理，首先要判断各定位数据的有效性，通过可见卫星数量是否小于4判断单频RTK定位数据有效性，根据相邻两次测量值之差是否大于规定值判断微惯导和惯导定位数据有效性，根据能否接收至少3个UWB基站信号判断UWB定位数据有效性。定位数据有效后，单频RTK定位可以直接从芯片读出定位信息，微惯导通过加速度积分和行人姿态分析获得定位信息，UWB定位可通过三角定位的方法获得定位信息。根据3种定位数据的有效性判断当前有效定位信息组合，室外北斗定位数据有效时采用单频RTK＋微惯导的组合定位方式，室内北斗定位失效时采用UWB＋微惯导的组合定位方式。RTK＋微惯导的组合定位方式按单频RTK输出频率，采用松组合的方式，分别获得单频RTK和微惯导的位置和速度，将2种定位信息差值通过卡尔曼滤波进行校正，得到的滤波结果用来反馈给惯导系统得以修正，从而不断迭代得到高精度的定位结果。UWB＋微惯导的组合定位方式需要判断是否处于静止状态，当静止时，利用UWB和当前位置获得定位结果，当非静止时，按固定频率，用卡尔曼滤波的方法将UWB和微惯导的定位数据差值进行滤波，并迭代修正定位数据。

2.2.3　视频定位算法

铁路货运场站内需要视频定位的移动目标包括路外集卡、厢式货车和路内集装箱、货运车辆等，同时将人员作为定位目标，且可作为佩戴了定位终端的作业人员定位数据的冗余数据，提升系统安全性。视频定位算法分站内追踪、动态追踪和目标检测3部分，目标检测确认目标在单独图像上的位置，动态追踪用于追踪视频中目标的位置，站内追踪用于非连续地追踪路外集卡、厢式货车在站内的位置。视频定位算法流程如图2所示，站内追踪模块在场站入口获得路外集卡和厢式货车的车号，从动态追踪模块获得追踪对象的位置信息，完成路外追踪车辆在站内的追踪。动态追踪模块首先读取货运场站监控视频流中的第i帧图像，判断该帧图像是否为关键图像，为提高实时性可将连续n帧图像的第1帧图像作为关键图像，对于非关键图像不进行处理，直接进入下一个循环。通过目标检测模型识别关键帧图像中的集卡、厢式货车、集装箱、人员等移动目标，获得每帧图像的移动目标检测结点的集合P，根据P的重叠率过滤并获得移动目标。通过轨迹关联算法关联轨迹，根据匹配关联结果，更新、新建或者删除移动目标的移动轨迹，然后循环处理下一帧图像直至结束。

视频定位算法中最重要的环节是场站内移动目标检测，可采用YOLO、Faster-RCNN等模型训练人员、铁路货运车辆、集卡、集装箱等的目标检测模型[13]。首先收集包含铁路货运车辆、集卡、人员、集装箱等检测目标的图像，建立数据集，这些图像主要来自铁路货运场站的视频监控系统，然后将数据集划分为训练数据集和测试数据集。在进行完包括缩放、裁剪、归一化等图像预处理之后，用标注工具对路外集卡、厢式货车、人员、集装箱等检测目标进行分类标注，在具备高性能GPU的工作站设备上利用训练数据集训练移动目标检测模型。移动目标检测模型训练结束后，利用选择的测试集测试移动目标检测模型的可靠性，当识别结果可靠性达不到规定值时，需要调整移动目标检测模型参数，增加不同情况下标准图像的数量，扩充训练集并重新训练，直至目标检测模型精度满足要求，可将场站内移动目标检测模型部署到服务器上进行场站内移动目标检测。

2.3　安全冲突防护逻辑

2.3.1　人员与设备之间冲突防护逻辑

人员与设备冲突示意图如图3所示，通过定位方法获得人员的位置$P_1=(x_1，y_1，z_1)$和集装箱、龙门吊、叉车等设备的位置$P_2=(x_2，y_2，z_2)$，通过轨迹分析算法获得人员和设备的速度分别为$v_1=(v_{x1}，v_{y1}，v_{z1})$和$v_2=(v_{x2}，v_{y2}，v_{z2})$，根据历史轨迹获得运动方位角分别为$\theta_1=(\theta_{x1}，\theta_{y1}，\theta_{z1})$和$\theta_2=(\theta_{x2}，\theta_{y2}，\theta_{z2})$，通过三维位置坐标、速度和方位角可以预测出未来的轨迹冲突点$P_0=(x_0，y_0，z_0)$。

以人员和叉车冲突判断为例，两者均在同一个平面上运动，可不考虑高度轴，首先从P_1，P_2分别沿θ_1，θ_2方向画线，判断2条直线在三维空间上是否相交，求出交点P_0为轨迹冲突点，然后通过P_1，P_2与P_0之间的距离分别除以速度v_1，v_2可得到到达冲突点P_0的时间t_1，t_2。冲突点$P_0=(x_0，y_0)$的计算公式为

$$x_0=\frac{(y_2-y_1)-(x_2\times\tan\theta_{x2}-x_1\times\tan\theta_{x1})}{\tan\theta_{x1}-\tan\theta_{x2}} \tag{1}$$

$$y_0=\frac{(x_2-x_1)-(y_2\times\cot\theta_{x2}-y_1\times\cot\theta_{x1})}{\cot\theta_{x1}-\cot\theta_{x2}} \tag{2}$$

用公式(1)和(2)求出冲突点P_0后，可求出P_1与P_0的

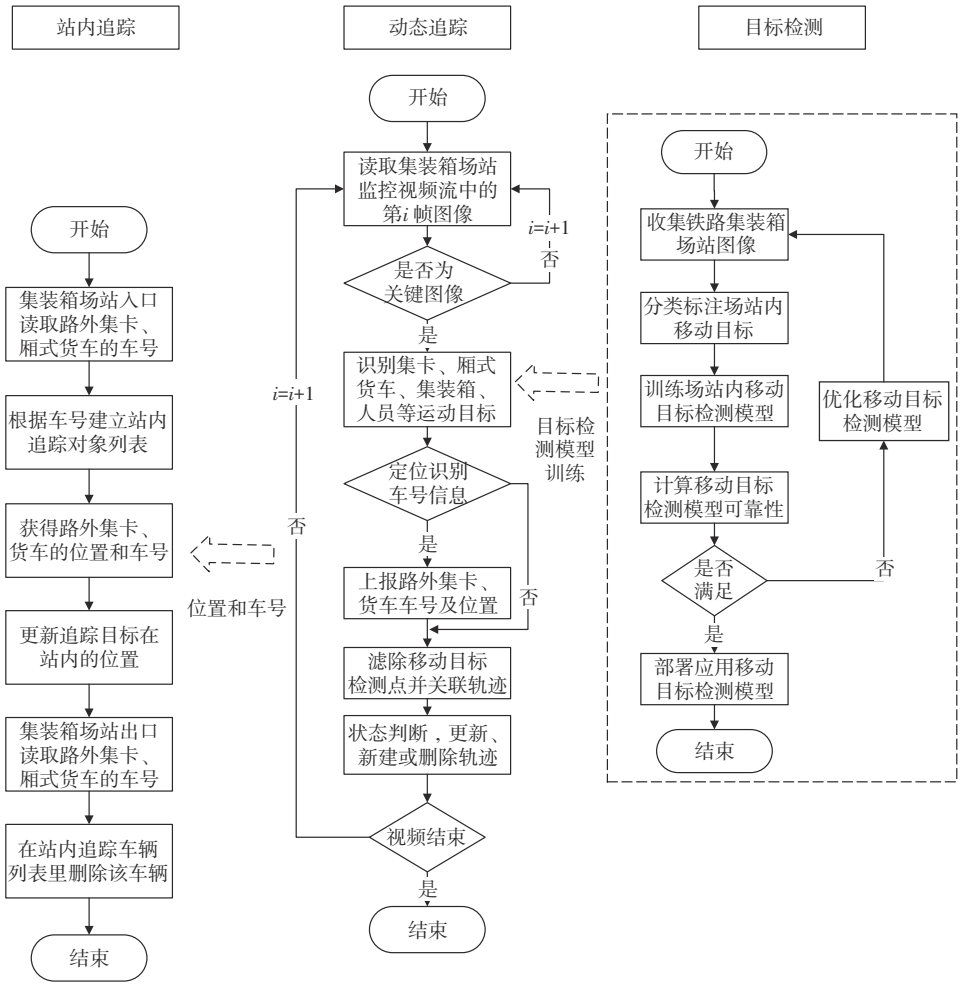


图2　视频定位算法流程

Fig.2　Video localization algorithm process

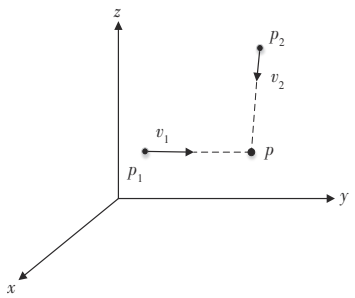


图3　人员与设备冲突示意图

Fig.3　Conflicts between personnel and devices

距离D_1，P_2与P_0的距离D_2，然后计算到达冲突点P_0的时间t_1，t_2，具体公式如下。

$$t_1=\frac{D_1}{v_1}=\frac{\sqrt{(x_0-x_1)^2+(y_0-y_1)^2}}{v_1} \tag{3}$$

$$t_2=\frac{D_2}{v_2}=\frac{\sqrt{(x_0-x_2)^2+(y_0-y_2)^2}}{v_2} \tag{4}$$

最后计算t_1与t_2的差值，当差值小于规定值时，可判断存在冲突风险，通过作业人员定位终端和龙门吊、正面吊上的喇叭进行冲突报警。

2.3.2　设备之间冲突防护逻辑

设备之间冲突防护可以采用2种逻辑。逻辑一为基于轨迹交叉的判断方法，通过运动轨迹预测冲突地点和时间，判断过程与上文的人员与设备之间冲突防护相同。逻辑二采用位置与作业计划预测冲突点。例如，移动防护信号冲突是一种典型的设备之间冲突，当移动防护信号未撤除时机车车辆在股道上移动，会导致脱轨事故。在作业人员安装移动防护信号后，用手持机扫描移动防护信号上的RFID标签，将当前作业人员位置作为移动防护信号的安装位置。通过位置投影算法将移动防护信号投影到距离最近的股道上，冲突防护逻辑判断操作人员排列的调机行进的进路上是否存在安装了移动防护信号的股道，则可判断出进路与移动防护信号冲突。当进路与移动防护信号冲突时，监

控中心通过手持机和定位终端向信号操作人员、司机和调车组人员进行冲突报警。

2.3.3　范围冲突防护逻辑

安全报警单元保存范围冲突安全规则库，可定义多条安全规则。每条安全规则规定相应的移动设备和人员禁止进入规定的三维区域，是否需要预计进入禁入区域报警和相应的报警规则。安全报警单元启动线程循环判断，首先移动目标位置$P_1=(x_1, y_1, z_1)$是否已经进入禁入区域，当移动目标位置不在禁入区域时，根据移动目标轨迹推算是否满足预计进入禁入区域报警规则。根据判断结果触发已经进入禁入区域报警和预计进入禁入区域报警，从而实现公路卡车进入禁入区域、平面调车作业人员即将进入高站台等场景下的安全报警。

3　结束语

人工智能、北斗定位等技术不断发展成熟，为铁路货运场站安全防护水平提升提供了技术支撑。通过对货运场站内不同特点的移动设备进行分类，可为不同设备配置最优的位置采集方案，结合多源融合定位和视频定位算法，能够获得移动设备和作业人员的高精度位置，从而实现基于时空位置冲突判断的铁路货运场站安全冲突防护。目前已经尝试将提出的方法应用于移动防护信号冲突、平交道口人车冲突、公路卡车超范围冲突等安全防护，取得了较好的效果，下一步基于提出的方法，实现场站内人箱碰撞冲突防护、公路卡车进入禁区报警和室内货运装卸人员与叉车碰撞防护等功能。

参考文献：

[1] 王丹竹，叶　飞，田宏业，等．铁路集装箱场站调度协同优化体系构建研究[J]．铁道运输与经济，2020，42(12)：38-42，48．
WANG Danzhu，YE Fei，TIAN Hongye，et al．Collaborative Optimization System for Railway Container Yard Scheduling[J]．Railway Transport and Economy，2020，42(12)：38-42，48．

[2] 李　楠，孔庆玮，吴志伟，等．基于移动终端的集装箱装卸计划自动生成方法与应用研究[J]．铁道货运，2023，41(10)：1-8．
LI Nan，KONG Qingwei，WU Zhiwei，et al．Research on Automatic Railway Container Loading and Unloading Plan Generation Method Based on Mobile Devices[J]．Railway Freight Transport，2023，41(10)：1-8．

[3] 刘　赫．北京局集团公司货运人身安全管理对策研究[J]．铁道货运，2021，39(4)：41-45．
LIU He．Study on Strengthening Personal Safety Management of Freight Transportation by China Railway Beijing Group[J]．Railway Freight Transport，2021，39(4)：41-45．

[4] 唐　浩，王丹竹，刘伟达，等．关于铁路货运场站安全防护智能化建设的探讨[J]．铁道货运，2022，40(4)：46-50．
TANG Hao，WANG Danzhu，LIU Weida，et al．Discussion on Intelligent Construction of Safety Protection at Railway Freight Yards[J]．Railway Freight Transport，2022，40(4)：46-50．

[5] 杨广全，杨　旭，史　村．铁路货物装卸机械人机安全防撞智能预警系统设计[J]．铁道货运，2024，42(1)：26-30．
YANG Guangquan，YANG Xu，SHI Cun．Design of the Human Machine Safety and Collision Avoidance Intelligent Warning System for Railway Freight Loading and Unloading Machinery[J]．Railway Freight Transport，2024，42(1)：26-30．

[6] 唐　浩．考虑轨迹交叉影响的铁路物流基地作业安全防护方法研究[D]．北京：中国铁道科学研究院，2021．

[7] 何　雨．基于YOLO的无人看守铁路道口视频监控技术的研究[D]．徐州：中国矿业大学，2021．

[8] 孙国锋，田志强，马亚雯，等．铁路驼峰调车场作业人员安全防护系统研究与设计[J]．铁道运输与经济，2019，41(8)：22-27，35．
SUN Guofeng，TIAN Zhiqiang，MA Yawen，et al．A Research and Design of the Safety Protection System for Railway Hump Yard Operators[J]．Railway Transport and Economy，2019，41(8)：22-27，35．

[9] 陈文涛，程鹏飞，徐彦田．GPS/BDS/GLONASS双频RTK定位算法研究[J]．测绘通报，2020(1)：55-60，70．
CHEN Wentao，CHENG Pengfei，XU Yantian．Research on GPS/BDS/GLONASS Dual-Frequency RTK Positioning Algorithm[J]．Bulletin of Surveying and Mapping，2020(1)：55-60，70．

[10] 孙艺轩，蔚保国，杨东凯，等．单频RTK动态精度检测法及实验验证[J]．北京航空航天大学学报，2020，46(5)：988-993．
SUN Yixuan，WEI Baoguo，YANG Dongkai，et al．Method and Experimental Verification of Dynamic Accuracy Detection of Single-Frequency RTK[J]．Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics，2020，46(5)：988-993．

[11] 胡　淦，秦元贵，史　村．卷钢堆场门式起重机定位系统设计研究[J]．铁道货运，2023，41(5)：33-39．
HU Gan，QIN Yuangui，SHI Cun．Design and Research on Positioning System of Gantry Crane in Coil Steel Yard[J]．Railway Freight Transport，2023，41(5)：33-39．

[12] 戴　波，李志超，刘学君，等．基于泰森多边形的UWB危化品堆垛仓储货物定位技术[J]．化工学报，2016，67(3)：878-884．
DAI bo，LI Zhichao，LIU Xuejun，et al．UWB Location Technology of Hazardous Chemicals Stacking Storage Based on Thiessen Polygon[J]．CIESC Journal，2016，67(3)：878-884．

[13] 邵延华，张　铎，楚红雨，等．基于深度学习的YOLO目标检测综述[J]．电子与信息学报，2022，44(10)：3697-3708．
SHAO Yanhua，ZHANG Duo，CHU Hongyu，et al．A Review of YOLO Object Detection Based on Deep Learning[J]．Journal of Electronics & Information Technology，2022，44(10)：3697-3708．

（责任编辑：吴文娟）

Safety Conflict Protection Method for Railway Freight Yard Operation

ZHANG Yan[1], LI Boyu[1], ZHOU Shengjian[2], HUANG Zi[2], TANG Xiang[2]

(1. Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China; 2. Liuzhou Station, China Railway Nanning Group Co., Ltd., Liuzhou 545007, Guangxi, China)

Abstract: Intelligent safety conflict protection methods are crucial to ensuring safe operations at railway freight yards. Based on an analysis of the issues and causes facing safety management at railway freight yards, this paper proposed the needs and solutions for safety conflict protection. It built a physical architecture that includes data collection, information transmission, and safety alarm units, and suggested four location data collection schemes. It designed a multi-source fusion positioning and video positioning algorithm process, providing safety conflict protection logic for conflicts between personnel and equipment, conflicts between equipment, and range conflicts. The proposed safety conflict protection methods for railway freight yards can effectively protect against conflicts between personnel and equipment, conflicts between equipment, and range conflicts, thus improving the safety management level of railway freight yards.

Keywords: Railway; Freight Yard; Multi-source Fusion Positioning; Object Detection; Conflict Protection Logic

(上接第 44 页)

Analysis of Differences between Lithium Battery Testing Standards and Railway Transportation Conditions and Optimization Suggestions

YAO Zhenkun[1], ZHANG Hui[2]

(1. Freight Department, China State Railway Group Co., Ltd., Beijing 100844, China; 2. Transportation & Economic Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: The lithium battery testing standards are an important basis for ensuring the safety of lithium battery products and transportation. The current lithium battery testing standards are mainly based on Section 38.3 of Part 3 of the United Nations *Manual of Tests and Criteria*, which is an internationally accepted testing standard. However, there are significant differences between this standard and the actual conditions of railway transportation in China. To propose a lithium battery testing standard that meets the conditions of railway transportation in China, this paper identified the safety risks of lithium batteries, reviewed the existing testing standards, and compared the differences in temperature, vibration, and impact testing methods between the existing standards and the actual railway transportation conditions. Optimization suggestions for temperature, vibration, and impact testing methods suitable for railway transportation conditions were proposed, providing technical support for lithium battery railway transportation in China, as well as a reference for formulating lithium battery railway transportation testing standards.

Keywords: Lithium Battery; Testing Standard; Temperature Test Method; Vibration Test Method; Impact Test Method