

集装箱码头无人驾驶车入门标准

何佳欢, 张 冉

(宁波大榭招商国际码头有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 为实现无人驾驶车在传统集装箱码头的广泛使用,以内集卡的无人化改造为背景,结合内集卡的作业要求,明确集装箱码头无人驾驶车入门标准,为码头成功引入无人驾驶技术提供参考依据。

关键词: 港口;集装箱码头;无人驾驶车;入门标准

0 引言

随着集装箱码头行业对作业流程和工艺要求的不断提升,越来越多的集装箱码头开始注重新技术给企业带来的变革影响。机械设备的无人化改造已成为传统集装箱码头智能化改造的重中之重。内集卡作为码头主要的水平运输工具,它的无人化改造在码头领域仍为空白。码头内集卡具有作业环境封闭、行驶速度低、行驶路径规则简单、技术实现壁垒低等特点,其在集装箱码头的无人化应用有广阔的前景。

内集卡的无人化,能大幅缩减集装箱码头对内集卡司机的需求量,解放人力,降低人工成本,同时解决因司机争抢作业造成码头拥堵,影响桥吊实际作业效率的问题。在此,基于集装箱码头业务特点和无人驾驶技术,综合无人驾驶车在宁波舟山港码头实际测试结果,阐述无人驾驶车应用于集装箱码头时,需要关注的最基本指标。

1 内集卡无人化改造的系统规划

内集卡是集装箱码头中名副其实的“搬运工”,它在码头内将集装箱由原位置移动到目标位置,并与装卸设备建立良好的交互,使每条作业指令快速、有效地完成。

为保证无人驾驶车在集装箱码头安全稳定高效运行,需要多个系统相互配合,其中主要包括集装箱码头生产系统(Container Terminal Operating

System,CTOS)、集卡调度系统(Track Control System,TCS)、无人驾驶系统、设备对位系统(Chassis Positioning System,CPS)等。内集卡无人化改造的系统规划见图1。

1.1 CTOS

CTOS是负责集装箱码头生产的核心系统,它管控码头中各项作业流程,在业务人员的控制下有计划地激活作业指令、分配作业设备、监控作业指令状态。在集装箱码头内集卡无人化改造的系统规划中,CTOS是作业指令的提供者。

1.2 TCS

无人集卡(本文也称“无人驾驶车”)的车辆管理、路径规划、任务调度、工作状态监控都由TCS完成。TCS在无人集卡作业的各个关键节点,给出最佳作业指令和路径,并监控无人集卡行驶过程中出现的异常,进行预警或提供异常处理决策。

1.3 无人驾驶系统

无人驾驶系统是操作无人集卡完成作业任务的主系统,它是无人集卡任务的“执行者”。通过无人驾驶技术完成内集卡改装,实现无人集卡自动驾驶。

1.4 CPS

CPS是一套辅助大型装卸设备(桥吊、龙门吊、堆高机等)与集卡进行位置匹配的对位系统。在龙门吊预先到达作业位置时,可提前介入辅助内集卡停车到位,提高内集卡一次停位成功概率,

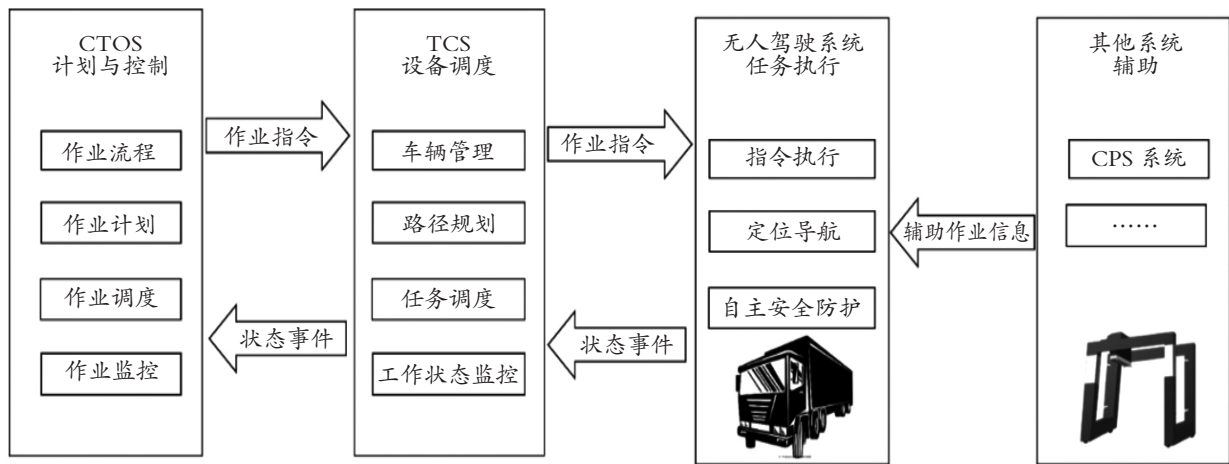


图 1 内集卡无人化改造的系统规划

在龙门吊滞后到达作业位置时，协助内集卡对位微调，保证集卡与设备相对位置相匹配，使作业安全顺利进行。

2 无人驾驶系统功能和要求

在本文提出的内集卡无人化改造的系统规划中，TCS 保证无人集卡各任务执行顺序的合理性，CPS 保证无人集卡与大型机械相对位置匹配的准

确性。此外，为保证无人集卡在集装箱码头作业区域内有效使用，无人驾驶系统应具备以下功能，并满足相应要求：

2.1 联网通信

此项功能评价无人集卡的信息交互能力，其具体要求为在集装箱码头港区内信息包传递成功率不低于 99.9%。总结无人集卡需要的基本通信接口，无人驾驶车接口见图 2。

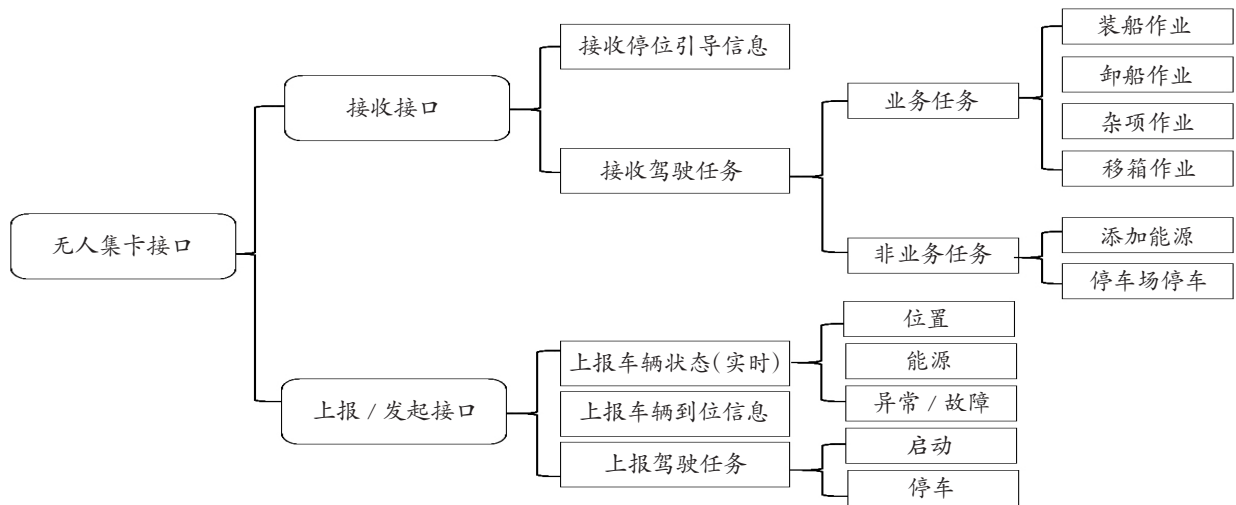


图 2 无人驾驶车接口

2.2 导航定位功能

在联网通信正常情况下，当 TCS 下发作业指令和规划好的行驶路径后，无人集卡需按获取到的路径行驶，具备自动寻迹功能。定位经纬度与真实经纬度之间误差小于 10 cm。

2.3 车道线识别和车道保持功能

车道线识别和车道保持功能保证车辆行驶在车道内，避免车辆行驶过程中偏离车道引发安全

问题。要求无人集卡完全行驶在车道内，在阴雨、强光、大雾、车道线残损率小于 50%等人工能作业条件下，无人集卡亦可正常作业，并满足：无人集卡车轮外边缘与相邻车道线内沿间距大于 15 cm；栏内作业车道，靠近龙门吊车道一侧车轮外边缘与相邻车道线内边缘大于 25 cm。

2.4 车速控制功能

一般情况下，码头内不同路段的限速有所差

异,例如,宁波大榭招商国际码头对堆场栏内、主干路、交叉路口、引桥、码头面的最高时速标准不同。这就要求无人集卡能够实现最高时速参数化,并能满足不同区域不同配置要求。

2.5 转弯控制功能

内集卡无论进栏、出栏、上码头面、离开码头面几乎都要完成车辆转弯动作。集卡转弯时,拖挂与车头行驶轨迹无法保证完全一致,会存在因对车轮行驶轨迹预估不正确,转弯时发生刮擦场地设备、集装箱、其他障碍物的情况。因此,转弯半径是该功能的关注重点。对无人驾驶车在转弯时的要求:

(1)干路靠近黄线一侧车轮外边缘与黄线最小距离大于 10 cm,保证不进入对向车道。

(2)干路靠近场地一侧车轮外边缘与栏位旁车道线最小距离大于 10 cm,保证不触碰箱区设施。

(3)转入、转出栏内作业车道:靠近龙门吊车道侧的车轮外边缘与栏内同侧车道线最小距离大于 25 cm;远离龙门吊车道侧的车轮外边缘与栏内同侧车道线最小距离大于 15 cm。

(4)转入、转出栏内借车道:车轮外边缘与栏内同侧车道线间距大于 15 cm。

(5)车尾转入车道时要求车身拉直。

当满足上述要求后,无人驾驶车需通过场内实测,测量最小转弯半径,该参数需最终由业务部门与安全保障部门确认。测量过程中车辆负载范围为 0~50 t,满足最小的转弯半径(待测量),多圈绕行后轮胎轨迹偏差小于 10 cm。

2.6 车灯控制功能

无人集卡投入集装箱码头使用后,存在无人集卡和常规车辆共同作业的情况,无人集卡需具备车灯提示功能,主要包括转向灯、危险警报灯、刹车灯、夜行示宽灯、尾灯、倒车灯等。

2.7 自动跟车功能

自动跟车功能主要包括稳定跟车行驶和停走功能等两部分。稳定跟车行驶时要求行驶过程中最小跟车距离保持在 20 m 以上。停走功能主要应用在集卡行驶到作业位置附近排队等待作业的情况,码头内不同区域对跟车距离要求不同。堆场排队等待作业时与前车间距保持 15 m;码头面排队等待时,如前车为作业集卡需保持 15 m 的停车距离,如前车为非作业集卡需保持 3 m 的停车间距。

2.8 自动换道功能

无人集卡在借道时,要求其对借车道的路况

进行判断,保证安全汇入借车道。当借车道在行车区间前 40 m 后 20 m 内无移动机械设备,前 30 m 后 20 m 内无静止障碍物,途经的龙门吊车道在行车区间前 15 m 后 15 m 内无龙门吊时,可以进行借道,并要求最小超车距离不小于 5 m。

2.9 行驶防撞功能

无人集卡需保留在常规道路上行驶的安全防撞功能,实时监测周边环境变化,避免事故发生。此项功能需满足以下要求:

(1)动态机械识别和响应。要求能够识别前方动态机械减速场景、前方机械制动场景、前方机械倒车场景、车道前方机械并入场景。最大检测距离不低于 20 m,最小可检测目标距离 4 m,并在 1 s 内给出响应。

(2)静态障碍物识别和响应。要求能在车辆行驶过程中识别车道前方、两侧障碍物,其中障碍物包括大型装卸设备、路面其他影响集卡行驶的固定物体。最大检测距离不低于 20 m,最小可检测目标距离 4 m,并在 1 s 内给出响应。

(3)行人识别和避让。要求能够识别车辆前方出现的行人,在距离不低于 20 m 时,可根据行人的行走轨迹进行避让,响应时间不得超过 1 s。

(4)障碍物识别准确率不低于 99.9%。

(5)最小可识别障碍物体积(待测量)。

(6)自动制动,一旦发生无法决策的情况立即停车,等待调度系统决策。要求车辆从最高限速到停车所需时间不超过 2.5 s,停车距离不大于 10 m。

2.10 停位调整功能

停位调整功能为码头特有功能,因为要与大型设备配合,需要较高停车精度。而且,停车位置与作业贝物理位置、大型机械设备作业位置、集装箱在车上位置均有关联,要成功完成一次作业任务,无人驾驶车根据 CPS 给出的移动信息进行调整,其中包含两种场景:集卡早于大型设备到达作业场地的对位微调(前进、后退、左右角度调整);集卡晚于大型设备到达作业场地的对位引导。

根据 CPS 对位的精度要求,无人驾驶系统需保证停位精度小于 5 cm,调整时最小前进步伐不超过 5 cm,最小后退步伐不超过 5 cm。

2.11 自动泊车功能

无人集卡在码头作业完成后,根据 TPS 引导回到停车场,自动行驶进入停车位。现有的无

人驾驶车很难完成自动泊车所需要的换挡动作。若自动泊车功能可实现,对其要求为能识别倒车行驶轨迹和两侧 0.5 m 范围内的障碍物,响应时间小于 1 s,停车后车辆与车位线内沿间距大于 15 cm。

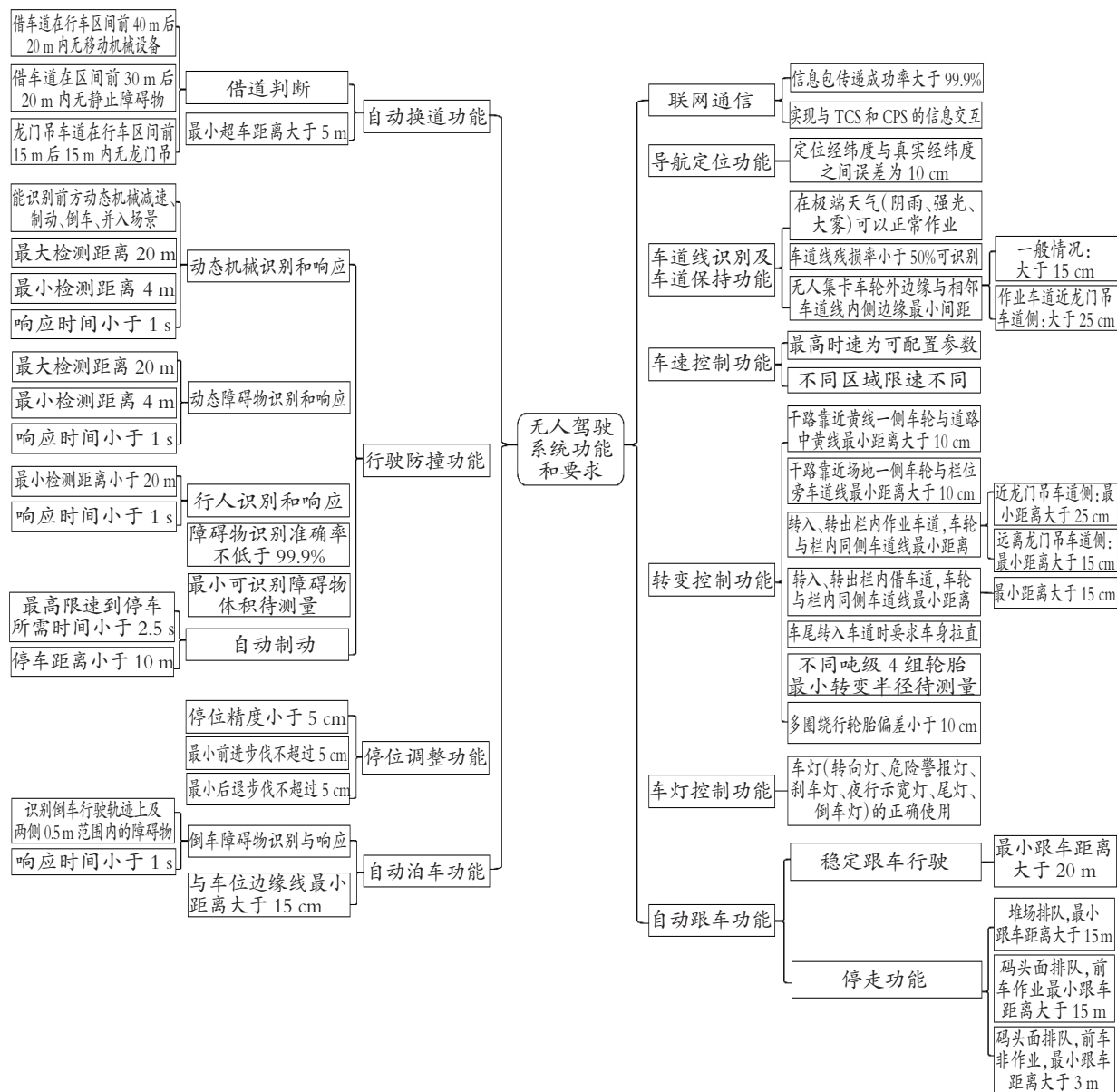


图3 无人驾驶系统功能和要求

在该标准体系中,最重要的控制环节是车道线识别和车道保持功能、转弯控制功能、行驶防撞功能、停位调整功能等。值得注意的是,因各集装箱码头的车道宽度,场地大小等条件差别,本文提及的各项指标参数在应用时会有一定的个性化差异,提出的各项指标参数值为本码头内集卡驾驶员经验所得,仅供参考。

3 无人驾驶车入门标准

将上述 11 项功能的要求进行整理,提出集装箱码头无人驾驶车综合入门标准。无人驾驶系统功能和要求见图 3。

4 结 语

本文结合集装箱码头中内集卡工作场景,阐述 CTOS、TCS、无人驾驶系统、CPS 的功能及其相互之间的关系,提出码头对无人驾驶系统的基本要求,并提出集装箱码头无人驾驶车入门标准,为无人驾驶车进入码头投入使用提供参考。