

自动化集装箱码头 AGV 防撞技术

裴 珮 卫泽坤

上海国际港务(集团)股份有限公司尚东集装箱码头分公司

摘 要: 自动导引车是自动化集装箱码头最主要的水平运输设备,防撞保护是保障其稳定、可靠运行的必要条件。针对洋山深水港四期自动化码头自动导引车运行环境,介绍了主要的防撞技术,并结合 AGV 的不同运行工况,阐述了相应的防撞保护措施。

关键词: 自动导引车; 防撞技术; 运行环境

AGV Anti-collision Technology of Automated Container Terminal

Pei Pei Wei Zekun

Shanghai International Port (Group) Co., Ltd. Shangdong Container Terminal Branch

Abstract: Automated guided vehicle (AGV) is the most important horizontal transportation equipment in automated container terminal, and anti-collision protection is the necessary condition to ensure its stable and reliable operation. The main anti-collision technology is introduced in view of the operating environment of the AGV of the automated terminal in Yangshan Port Phase IV. Then, the corresponding anti-collision protection measures are expounded in combination with the different operating conditions of AGV.

Key words: automated guided vehicle; anti-collision technology; operation environment

1 引言

洋山深水港四期自动化码头是目前最大的自动化集装箱码头,AGV(Automated Guided Vehicle, 自动导引车) 取代传统集卡成为码头主要的水平运输设备^[1],AGV 在 VMS(Vehicle Management System, 车队调度系统) 的调度下,自动按照既定的运行轨迹行驶,完成集装箱的中转任务。在自动化码头中,AGV 动作频繁、工况复杂,需要与岸桥、场桥进行大量的交互作业。为了避免与码头上其他的设备设施发生碰撞,AGV 自身的防撞技术显得尤为重要,不仅要确保 AGV 在运行过程中的安全,也要确保在不同交互工况下各类设备及人员的安全^[2]。目前,主要的单机保护措施有激光器保护、超声波传感器保护、机械防撞保护 3 种模式。

洋山深水港四期码头地理环境较复杂,湿度、盐雾较大,整体自然环境相对较差,对各类传感器精度影响很大。无论是激光器还是超声波传感器,在雨天雾天可能会误报故障;表面灰尘杂物、设备安装精度、码头作业震动等因素也会影响设备的正常工作,因此需要构建完善的防撞系统,保障作业安全。

2 主要防撞技术

2.1 单机保护措施

(1) 激光器保护

激光防撞传感器安装时中心位置距离地面 0.916 m,且处在水平位置,可以扫描 $-5^{\circ} \sim 185^{\circ}$ 的一个平面,扫描距离 0.7 ~ 80 m(见图 1)。采用成熟的激光-时间飞行原理及多重回波技术,可扫描某一区域,并根据区域内各个点与扫描仪的相对位置,返回其测量值。激光防撞传感器测量数据为极坐标形式,返回的为测量物体与传感器的相对距离及角度。通常情况下,激光防撞传感器感应到障碍物对应在 7.5 m 处减速,在 1.5 m 处停车。

激光器对设备安装精度要求较高,若固定螺丝松动会对其测量精度造成影响。在顶升支架区域内,反光板的安装精度要求也比较高,且激光反光板表面可能会因有吊具落下的油污等对激光器造成影响,因此也要按时清洁,保养任务比较繁杂。

(2) 超声波传感器保护

超声波保护是在 AGV 在顶升支架区域内特有的保护。超声波传感器会检测前方一段距离内是否

有障碍物,若支架上本身已有集装箱而系统调度 AGV 带载进入支架时,超声波传感器将检测到支架上的障碍物,控制器根据超声波传感器的返回值发出 AGV 急停指令,使 AGV 紧急停车,从而起到保护作用。

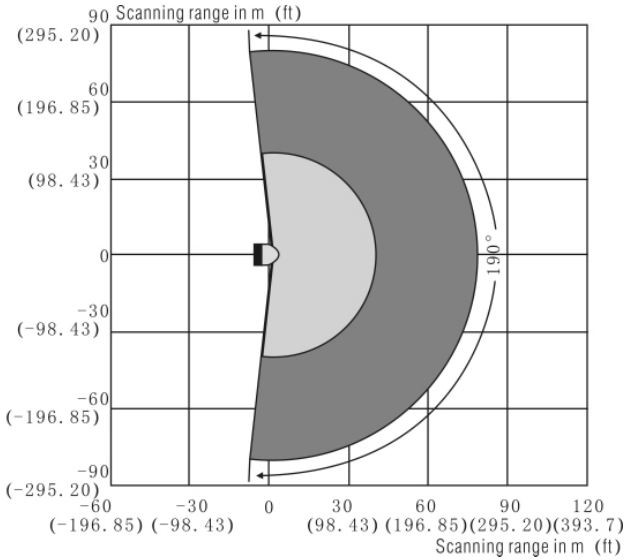


图 1 激光测距仪扫描面积

(3) 机械防撞保护

保险杠作为最基本的保护措施,是 AGV 最后一道防线,当保险杠受到外力时,常感应限位脱开,AGV 车轮抱闸停车。

2.2 系统保护

AGV 车队由 VMS 统一调度,VMS 在接受 TOS (Terminal Operation System, 码头管理系统) 发出的任务后规划路径,发送指令给 AGV,AGV 利用安装于车辆前后的导航天线识别埋在码头地面下的磁钉,从而获取当前位置,并结合 AGV 起始位置、当前车辆速度以及行驶方向等,计算当前姿态并将数据反馈给 VMS,由 VMS 生成锁闭区。锁闭区分为自身锁闭区(Self)、已申请锁闭区(Claim) 以及尝试申请锁闭区(Try Lock) 3 类。Self 区包含了车体自身的区域,需保证任何工况下的车体覆盖; Claim 区对应当前 AGV 已经独占的锁闭区; Try Lock 区对应当前尝试申请的锁闭区。

带载的 AGV 质量较大,相同速度下惯性较大,所以针对不同的工况,系统对 AGV 的速度做出了限制(见表 1)。

表 1 AGV 工况对应表

工况	速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	加速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (设计指标)	减速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (设计指标)	加速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (单机限制)	减速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (单机限制)	加速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (导航使用)	减速度 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) (导航使用)	电机转速 / ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)
空载	6	1.0(6 s)	1.0(6 s)	1.0(6 s)	1.0(6 s)			~ 1 690
带载 0~30 t	6	0.5(12 s)	0.5(12 s)	0.5(12 s)	0.6(10 s)			1 690~1 785
带载 30~50 t		0.4(15 s)	0.4(15 s)	0.4(15 s)	0.5(12 s)			(0~50 t)
带载 50~65 t	3	0.3(10 s)	0.3(10 s)	0.3(10 s)	0.40(7.5 s)			890~920 (50~65 t)
转弯	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	840~920 (0~65 t)
寸动	0.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	28.1~30.5 (0~65 t)
旁路限速	1	0.1(10 s)	0.1(10 s)	0.1(10 s)	0.1(10 s)	0.1(10 s)	0.1(10 s)	

3 不同工况下的防撞技术应用

3.1 AGV 的基本运行状态

根据 AGV 的运行状态,激光保护分为直行保护、斜行保护、转弯保护 3 种主要类型。激光保护基于多边形区域的障碍物检测,多边形区域的选择以 AGV 完成相关运行动作时,AGV 车身外轮廓形成的包络线为原型。考虑到 AGV 运行中存在的位置误差以及激光器的探测误差,对轮廓包络线进行调整,可以提前检测到 AGV 运行路径上出现的障碍物,并根据车速、载重等信息,计算可控停车和紧急停车的临界距离。

3.2 AGV 的工作环境

(1) 码头前方作业区

AGV 水平运输作业区布置在岸桥陆侧轨后,由装卸区、缓冲区和行驶区 3 个功能区组成^[3](见图 2)。

装卸区位于岸桥后伸距下方,装卸车道为单向布置,采用 1 台岸桥对应多条装卸车道的作业方式。

结合岸桥的吊具形式,装卸区的车道数定为 7 条,其中 4 条为装卸车道,3 条为穿越车道。AGV 在装卸区完成装卸后穿越车道转弯进入缓冲区,然后根据控制系统指令进入相应的行驶车道和指定箱

(下转第 63 页)

运中心洋山深水港区四期工程港外交通组织研究报告[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.

[3] 刘广红,程泽坤,林浩.自动化码头总体布局[J].水运工程,2013(10):73-78.

[4] 刘广红,程泽坤,罗勋杰,等.洋山深水港四期工程全自动化集装箱码头总体布置[J].水运工程,2016(9):46-51.

[5] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.

[6] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程总平面及装卸工艺方案研究报告[R].上海:洋山深水港区四期工程建设指挥部,中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.

[7] 罗勋杰.集装箱码头闸口优化策略[J].集装箱化,2009(12):11-14.

张传捷: 201306,上海市浦东新区同汇路1号

收稿日期: 2018-12-12

DOI: 10.3963/j.issn.1000-8969.2019.01.018

(上接第17页)

区。行驶区车道采用双向布置,设6条车道,双向各3条车道(见图3)。

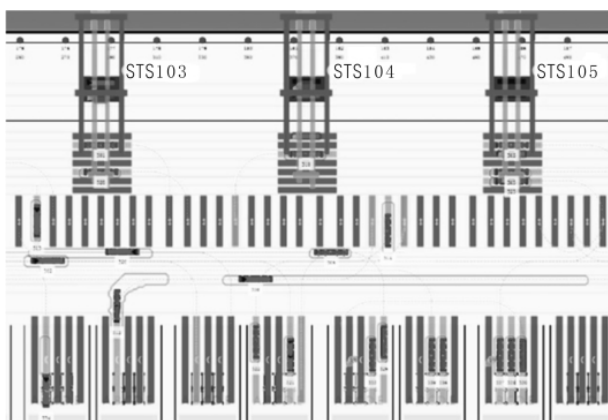


图2 码头前方作业区

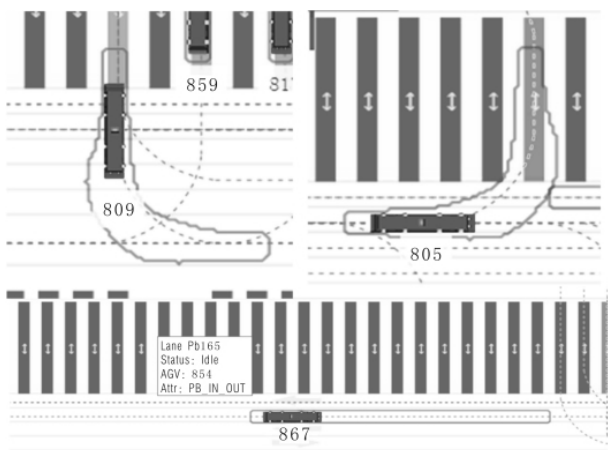


图3 AGV在码头生产区的锁闭形式

(2) 自动化堆场交互区

AGV进入支架采用线性拟合及距离防撞法^[4]。AGV在支架区域的运动过程中,前后2个180°防撞传感器可以探测到预先安装在支架侧边的防撞板。防撞传感器实时采集防撞板有效范围内的数据,并对数据进行干扰滤波后,利用线性拟合的方

法求取防撞板在传感器坐标系中的直线方程。通过计算AGV轮廓的4个顶点到防撞板直线方程的距离,判断AGV是否离支架太近,若太近,将触发安全模块,使AGV停车,从而避免碰撞事故的发生。

在AGV进入支架过程中,避障系统使用SICK数据,构建矩形区域,实时检测是否有障碍物在支架内部,将AGV防撞包围盒实时投影到码头磁钉坐标系中,比较AGV防撞包围盒与缓冲支架防撞包围盒两者之间是否存在重叠。若2个包围盒出现重叠部分,代表AGV与缓冲支架距离太近,将会触发防撞安全控制器。

4 结语

尽管AGV防撞保护使用了多种技术和措施,但仍然存在部分盲区,如车身中间两侧等区域,因此在自动化区域内仍要尽可能地保持AGV作业环境良好,避免其在运行过程中受到影响,造成部件损坏。

参考文献

- [1] 何继红,林浩,姜桥.自动化集装箱码头装卸工艺设计[J].中国港湾建设,2016(4):67-70.
- [2] 张辰贝西,黄志球.自动导航车(AGV)发展综述[J].信息技术,2010(39):53-59.
- [3] 吴沙坪,何继红,罗勋杰.洋山深水港四期自动化集装箱码头装卸工艺设计[J].水运工程,2016(9):126-166.
- [4] 李沛,李新德.基于多传感器信息融合的AGV避障算法[J].华中科技大学学报(自然科学版),2015(43):224-227.

卫泽坤: 201306,上海市浦东新区同汇路1号

收稿日期: 2019-01-18

DOI: 10.3963/j.issn.1000-8969.2019.01.005