



自动化集装箱码头全自动堆垛机(ASC) 大车定位技术

张连钢^{1,2}, 王国勇², 王心成², 吕向东², 秦洪建², 栾新刚²

(1. 青岛港国际股份有限公司, 山东 青岛 266500; 2. 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司, 山东 青岛 266500)

摘要: 全自动集装箱堆垛机(ASC)大车定位的精度和速度,在很大程度上影响着堆场作业的效率及安全。针对自动化集装箱码头ASC大车自动定位问题,分析比较磁钉定位、格雷母线定位、激光测距定位、BPS定位、DGPS定位5种定位技术的原理和特点。结合青岛港自动化集装箱码头实例,综合考虑堆场布置、资金成本、大车运行速度等因素,提出了定位精确、反应迅速、可靠性高的磁钉+旋转编码器定位方法。

关键词: 自动化集装箱码头; 大车定位; 磁钉; 格雷母线; 激光测距

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2019)08-0006-04

Gantry positioning technology of automatic stacking crane in automatic container terminal

ZHANG Lian-gang^{1,2}, WANG Guo-yong², WANG Xin-cheng², LYU Xiang-dong², QIN Hong-jian², LUAN Xin-gang²

(1. Qingdao Port International Co., Ltd., Qingdao 266500, China; 2. Qingdao New Qianwan Container Terminal Co., Ltd., Qingdao 266500, China)

Abstract: The accuracy and speed of automatic stacking crane(ASC) gantry positioning affect the efficiency and safety of yard operation to a great extent. Aiming at ASC gantry automatic positioning in automatic container terminal, the paper analyzes and compares the principle and characteristics of magnetic nail positioning, gray bus positioning, laser ranging positioning, BPS positioning and differential GPS positioning. Comparing several factors such as yard layout, capital cost and gantry speed of Qingdao Port automatic container terminal, magnetic nail + rotary encoder positioning is put forward, which is accurate, rapid and reliable.

Keywords: automatic container terminal; gantry positioning; magnetic nail; gray bus; laser ranging

自动化集装箱码头堆场通常采用垂直布局、端头作业模式。堆场作业设备全自动堆垛机(ASC)不仅要完成堆码及海陆侧交互区的集装箱装卸,还担负着集装箱的搬运工作,需要在长度几百米的整个堆场内往返,与常规轨道吊相比,ASC大车系统成为频繁运行的机构。

ASC的运行和作业采用自动化模式,且大车运行速度快(通常不小于240 m/min)。因此,ASC的大车定位必须满足高速行驶下定位精确、反应迅速、运行可靠等要求,以确保ASC在堆码集装

箱时快速并准确定位,实现安全高效的自动化堆场作业。

1 轨道吊大车定位技术

目前,可用于轨道吊的定位技术主要包括:磁钉定位、格雷母线定位、激光测距定位、BPS条码定位、DGPS定位等。

1.1 磁钉定位

磁钉定位技术本质是射频识别,其基本工作原理为:标签进入磁场后,接收解读器发出的射

收稿日期: 2019-02-27

作者简介: 张连钢(1960—),男,研究员,从事港口设备自动化、智能化研究。

频信号, 凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息^[1]。

磁钉定位就是在轨道吊大车路径上等间距布置射频磁钉, 每个磁钉都有一个绝对位置, 轨道吊上安装扫描接收装置(transponder), 大车在行走过程中, 通过扫描磁钉确定实时位置。

磁钉定位的定位精度高, 实际应用时与旋转编码器组合成磁钉+旋转编码器方式, 精度可达微米级; 识别速度快, 可达毫秒级; 对声光无干扰; 封闭式包装, 不易污染和损坏。但磁钉依赖于进口, 价格较高; 扫描时, 磁钉与扫描接收装置间隔 50~100 mm, 对机构加工精度要求高; 磁钉在前期测量安装复杂, 工作量大。

1.2 格雷母线定位

格雷母线技术是基于感应无线技术原理的直线式绝对位置检测技术。由于其电缆按格雷码方式编码, 故又称“格雷母线”。格雷母线将电磁感应原理应用于位置检测和数据通讯领域。通过轨道吊上安装的感应天线箱与沿大车方向的扁平状格雷母线之间的相互感应来检测感应天线箱在格雷母线长度方向上的位置, 见图 1。该系统是一个最小的地址检测系统, 格雷母线仅由一对交叉线和一对平行线组成^[2]。

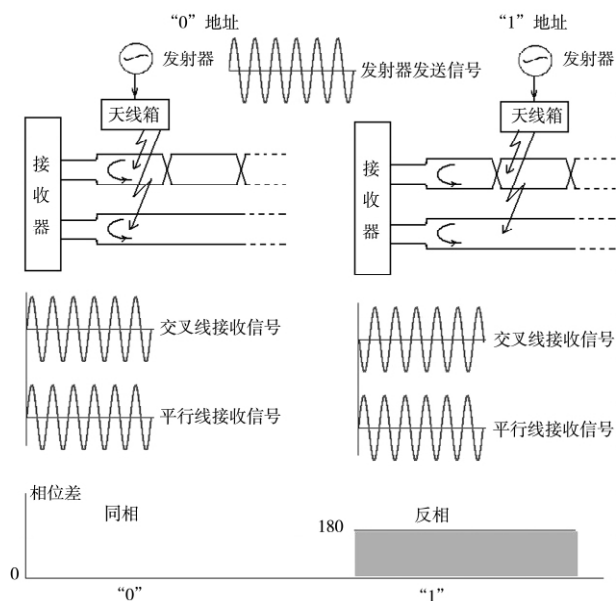


图1 系统工作原理

当移动的天线箱线圈中通入交变电流时, 在天线箱附近会产生交变磁场, 由于天线箱离编码电缆很近(约 80 mm), 故编码电缆近似处在一个交变的、均匀分布的磁场中, 因此每对编码电缆芯线会产生感应电动势。

地址检测单元对接收到的交叉线的信号和平行线的信号进行相位比较, 相位相同则地址为“0”; 相位相反则地址为“1”, 由此确定感应天线箱在格雷母线长度方向上的位置^[3]。

1.3 激光测距定位

在轨道端部车档处安装激光测距仪, 轨道吊上安装反射板, 激光测距仪工作原理见图 2。激光测距仪发射一个激光信号, 根据收到从反射板反射回来的信号的时间差来计算轨道吊与激光测距仪的相对距离, 从而计算出轨道吊的实际位置^[4]。

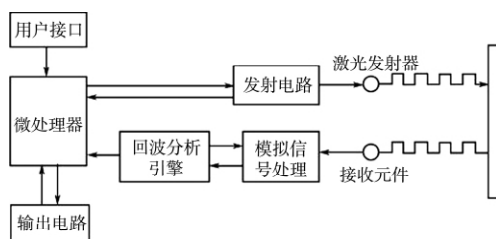


图2 激光测距仪工作原理

激光测距定位反应速度快、测量精度高、抗电磁干扰、安装调试简单、成本低。但测量距离一般不超过 200 m, 且容易因为受到雨雾、镜头油污、障碍物等的影响, 使接收到的激光信号强度变弱, 从而影响测量精度。

1.4 BPS 定位

BPS(条码定位系统)是由条码读取头和条码带组成, 用条码定位来代替人工定位。它的工作原理是将条码读取器安装在大车上, 条码带则全程安装在行走轨道旁边, 当大车在轨道上行走时, 安装在大车上的条码读取头实时扫描当前的几个条码, 利用可见的红色激光从条码带可测定毫米级的位置值, 通过内置的解码器输出大车当前的位置信息^[5]。如德国劳易测电子公司 Leuze BPS8 条码定位系统, 见图 3。



图3 Leuze BPS8 条码定位系统

BPS 系统具有非常高的测量精度；每次从 4 个条码中读取一个进行计算，安全可靠；最高速度达 7 m/s；最大测量距离达 10 km。但条形码易受污染，一旦污染则无法读取信息。

1.5 DGPS 定位

DGPS(差分全球定位系统)的工作原理是将 GPS 接收机安装在基准站上观测。由基准站知精密坐标，计算出基准站到卫星的距离修正数，并由基准站实时将这一数据发送出去。用户接收机

在进行 GPS 观测的同时，也接收到基准站发出的修正数，并对其定位结果进行修正，从而提高定位精度^[6]。

DGPS 定位的优点是不受任何天气的影响、全球覆盖(高达 98%)、应用广泛、可移动定位，缺点是系统结构复杂、建设费用较高、信号有时不稳定、数据精度可能受控制对象周围环境影响等。

2 轨道吊大车定位技术比较

轨道吊大车定位技术比较见表 1。结果表明，DGPS 定位技术的反应时间最长，定位精度最低且成本较高；BPS 定位对环境要求较高，目前主要应用于室内起重机大小车的定位，虽然现在也有应用于集装箱起重机的研究^[7]，但仍没有成熟的案例。所以 DGPS 定位和 BPS 定位一般不推荐作为轨道吊的大车定位技术。

表1 大车定位技术比较

定位技术	分辨精度	反应时间	适应环境	资金成本	备注
旋转编码器+磁钉	μm 级	ms 级	高温高湿强腐蚀	高	分辨率受机械运行打滑影响，依靠磁钉修正
激光测距	mm 级	ms 级	一般	一般	精确测量受雾气和雷雨天气影响
格雷母线	$<2\text{ mm}$	20 ms	高温高湿强腐蚀	高	固定轨道
BPS 定位	$<1\text{ mm}$	20 ms	差	一般	不耐冲击、污染
GPS 差分系统定位	$<20\text{ mm}$	1 s	一般	高	需定位卫星、地面基站、通讯支持

磁钉+旋转编码器定位、格雷母线定位和激光测距定位的定位精度和反应时间均能满足要求。定位方式的选取须根据码头实际情况，综合考虑堆场布置、大车移动速度及运行距离、投资成本等多项因素后再作出最优选择。

3 青岛港自动化堆场 ASC 大车定位技术

3.1 工程概况

青岛港自动化码头堆场垂直布局，在堆场的两端设有海侧交互区和陆侧交互区。在海侧交互区 ASC 与支架或水平运输设备(LAGV)进行交互，在陆侧交互区 ASC 与集卡进行交互。每个堆块长 430 m，配置 2 台 ASC。

3.2 工程技术要求

综合分析堆场装卸效率、设备性能以及运行工况等因素，ASC 大车速度选择为 270 m/min，定位精度为 $\pm 20\text{ mm}$ 以内。同时，考虑到 ASC 本身结构及负载变化等因素，大车定位还须有自动纠偏功能，即大车两侧轨道都须有独立的定位系统。

3.3 工程技术方案

由于激光测距定位距离一般不超过 200 m，只适用于大车运行距离较短的堆场，而青岛港自动化集装箱码头堆场长 430 m，且青岛年均大雾天 51.5 d^[8]，因此不选用激光测距定位方式。

对于格雷母线定位方式，为实现大车两侧的精确对位，需要在大车轨道两侧都安装格雷母

线, 2 台 ASC 的两侧都安装天线等设备, 根据实际堆场布置进行成本估算, 一个堆块的 2 台 ASC 大车定位的格雷母线系统的总费用约为 50 万元。而对于旋转编码器并辅助磁钉定位方式, 一个堆块的 2 台 ASC 大车磁钉定位系统的总费用约为 26 万元。

综合考虑堆场布置、ASC 大车运行速度、投资成本等各方面因素, 青岛港 ASC 大车定位选用旋转编码器+磁钉定位方式, 即采用与大车电机同轴安装的旋转编码器来计算 ASC 大车当前位置, 同时利用安装在 ASC 大车两侧轨道梁上的射频磁钉获得大车的绝对位置, 两者进行定位校验, 以满足 ASC 大车定位的需求。

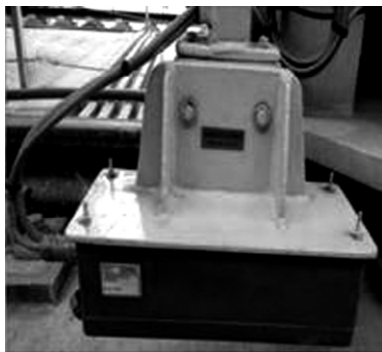
具体定位方式为: 在两侧的大车轨道旁间隔 5 m 直线布置磁钉, 见图 4a)、4b), 每个磁钉都有唯一的编码, 磁钉在堆场坐标系的绝对位置经过全站仪精确测量后, 再导入单机 PLC 的参数表, 在 ASC 的大车台车上安装磁钉天线 (transponder), 见图 4c)。另外, 大车电机上装有一只旋转编码器, 通过速度的累积获得大车位置的当前值 A。大车在运行过程中, 磁钉天线经过磁钉上方时分别读取当前磁钉编码, 通过 PLC 参数表自动获取磁钉位置 B, 系统实时将磁钉位置 B 与大车当前位置 A 进行比较, 若偏差不超过允许值, 将磁钉位置 B 的值传送至大车当前位置值 A, 以减小旋转编码器的累积误差。若偏差超过允许值, 则大车减速, 程序报错。



a) 磁钉



b) 直线布置



c) 磁钉天线

图4 磁钉定位系统组成

每台 ASC 的两侧大车机构各安装有一套旋转编码器和磁钉组成的定位装置, 两套大车机构分别进行定位。为防止龙门架偏转过大造成机械损伤, 控制程序以刚性腿大车位置为标准位, 根据刚性腿和柔性腿大车的位置偏差, 实时调节柔性腿大车驱动转矩, 实现两个大车机构位置动态调节、保持同步。

4 结语

1) 分析 ASC 大车定位的要求, 对比几种常用大车定位技术的特点, 发现磁钉+旋转编码器定位、格雷母线定位和激光测距定位的定位精度和反应时间均能满足要求。

2) ASC 大车定位方式的选择须结合码头实际, 综合考虑码头堆场布置、装卸效率、ASC 大车运行速度及运行距离、投资成本等多项因素。

(下转第 19 页)

变。箱变布置在海侧 AGV 交互区,采用 10 kV 环网供电方式,提高了供电的可靠性和实用性。

5 生产控制中心及数据中心供电

自动化码头的生产控制中心和计算机数据中心是自动化码头的大脑,一旦系统失电,码头全部生产设备将停止运行,供电可靠性要求更高。为此,青岛港自动化码头采用了双回路双电源的供电模式,由变电所分段双回路供电,同时配备失电自启动发电机组,确保系统的不间断供电。

6 结语

1) 集装箱码头发展的未来是智能化集装箱码头,智能化码头装卸工艺特点对供电系

统可靠性提出了更高的要求。

2) 智能化集装箱码头采用堆场人机分离的管理模式,在供电设施布局上,要减少人员进入堆场,保障人员安全。

参考文献:

- [1] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.青岛港前湾港区自动化升级工程可行性研究报告[R].天津:中交第一航务工程勘察设计院有限公司,2015.
- [2] 任英敏.如何确保变电所供电可靠性[J].装备制造,2010(4):293.
- [3] 李松欣.关于提高供电可靠性的探讨[J].沿海企业与科技,2010(8):132-133.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 9 页)

3) 以青岛港自动化集装箱码头 ASC 大车定位系统选型为例,进一步说明 ASC 大车定位系统选择需要考虑的因素。其选择依据可为其他港口推广应用本技术提供有益的借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 庞召君.基于射频识别技术的集装箱管理系统的设计与实现[D].天津:天津大学,2010.
- [2] 薛晖,邱建东.格雷母线通信定位系统在有轨巷道式堆垛机上的应用[J].起重运输机械,2012(9):75-78.
- [3] 张丽娜.格雷母线定位系统在卸料小车上的应用[J].矿冶,2015,24(S1):229-232+234.

(上接第 14 页)

4) 本文提出一种新的箱位检测方案设计思路,以集装箱在 L-AGV 上安全极限偏差为基础,是一种侧重箱位的检测方案。该方案解决了止动块箱型检测方案的部分弊端,可充分发挥 AGV 载箱宽容度,对岸桥场桥作业效率提升有一定帮助,可为后续箱型检测设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 金祺,罗勋杰,韩保爽.自动化集装箱码头水平运输设

- [4] 冷建伟,李涛.基于激光测距技术的桥式起重机定位系统[J].起重运输机械,2011(6):39-41.
- [5] 李国洪.条码定位技术在 U 型巷道堆垛机系统中的应用[J].物流技术与应用,2010,15(5):98-100.
- [6] 王鹏.基于 DGPS 技术的箱位检测系统的设计与实现[C]//中国工程机械学会.中国工程机械学会工程起重机械分会第 16 届年会会刊.大连:中国工程机械学会,2013:215-219.
- [7] 梁晓波.基于 BPS 的集装箱起重机自动定位控制系统研究[D].成都:西南交通大学,2015.
- [8] 李建华,崔宜少,李爱霞.山东半岛及其近海大雾的统计与分析[J].海洋预报,2010,27(6):51-56.

(本文编辑 武亚庆)

- 备选型[J].水运工程,2016(9):87-90.
- [2] 刘志平,翟俊杰,陶德馨.自动化集装箱码头中的 AGV 技术[J].物流技术 2006(7):114-116.
- [3] 王伟,张连钢,唐立辉,等.自动化集装箱码头水平运输动力系统设计[J].港口装卸,2016(2):30-31.
- [4] 李坤.罐箱框架结构设计对罐体强度的影响[J].中国船检,2014(3):87-89.
- [5] 孙海燕,马嘉启.关于框架式集装箱的分析研究[J].科技与创新,2018(14):97-98.

(本文编辑 王璁)