

文章编号:1004-4280(2009)03-0069-03

# 自动化立体仓库堆垛机的优化控制

吕全海,沈敏德,陶秀义

(山东轻工业学院 机械工程学院,山东 济南 250353)

**摘要:**本文介绍了堆垛机的认址方式,研究了激光测距技术以及堆垛机闭环速度控制,并分别在硬件和软件上进行了设计和实现。该设计定位准确,能显著提高堆垛机的运行速度,并使其平稳。

**关键词:**激光测距;认址;变频器;PLC;闭环控制

**中图分类号:**F253.9

**文献标识码:**A

## The optimized control of stacker in automated high warehouse

LV Quan-hai, SHEN Min-de, TAO Xiu-yi

(School of Mechanical Engineering, Shandong Institute of Light Industry, Jinan 250353, China)

**Abstract:** The localization, the application of laser ranging and closed-loop control in speed control of a stacker are introduced and studied. The hardware and software for realization are also carried out. This design can locate the stacker precisely, and enhance the system's speed steadily.

**Key words:** laser ranging; localization; frequency changer; PLC; closed-loop control

## 0 引言

自动化立体仓库集成了通信技术、自动控制技术、检测技术、数据库技术和优化调度技术于一体,是现代物流的重要组成部分。由于自动化立体仓库空间利用率高、管理方便及自动化程度高,其应用也越来越广泛。随着红外线、高性能的 PLC、高性能的变频器及激光测距等新技术的广泛普及和应用,立体仓库堆垛机的运行速度有了明显的提高,原有的控制技术已经不能满足新型自动化仓库的需求,必须做出相应的调整。体现堆垛机性能高低的主要指标有:运行速度、平稳性、振动与噪音、认址精度、提升速度以及货叉的速度等。本文根据山东省某高校的自动化立体仓库的工程设计和实际应用的效果,探索了激光测距技术的应用以及堆垛机速度控制的优化实现。

## 1 堆垛机的认址

堆垛机要正确可靠地存取货物就要求精确地定位。堆垛机到位与否的判断,在 PLC 或者联机自动操作中必须自动进行。为此,在货架的每个货位上必须具有堆垛机能够识别的编码。

每条巷道左右两排货架可编号为  $X_1$  排、 $X_2$  排,沿堆垛机运行方向的每列货架列可依次编为  $Y_0 \sim Y_n$  列,  $Y_0$  列为出入货台处,垂直方向可变为  $Z_1 \sim Z_n$  层。采用直角坐标系  $(X, Y, Z)$  中的坐标(排,层,列),即能确定每个货位号。堆垛机应能自动检测它当前所处的坐标位置,使其能达到指定的货位。由于  $X$  方向坐标对于堆垛机货叉来说只有左右两个运动位置,因此只要检测到  $Y, Z$  的坐标即可。通常认址定位就是  $Y, Z$  坐标的确认<sup>[1]</sup>。堆垛机对其精度要求很高。位置确认的方法有很多种,目前普遍采用的方法有两种,即绝对认址和相对认址两种。

收稿日期:2009-03-15

作者简介:吕全海(1983-),男,山东省莱芜市人,山东轻工业学院机械工程学院在读硕士研究生,研究方向:物流装备和过程控制。

### 1.1 绝对认址

绝对认址是利用安装于每一列货格的运行光电开关及安装于立柱相应每一层上的起升光电开关,堆垛机的侧部及堆垛机的升降台各安装一个固定的认址挡板。在堆垛机每次通过时认址挡板对光电开关进行挡光或者透光作用,利用几个光电开关的通、断两种状态形成一组  $n$  位的二进制编码,通过 PLC 的计算,从而得到  $Y$ 、 $Z$  的坐标,确定堆垛机在运行中的位置。

这种认址方法使得 PLC 的编程变得比较简单,认址比较可靠。但是,在这种认址方式中,所需要的光电开关数量比较多,硬件的成本比较高,调试和安装都比较复杂。尤其是在整个立体仓库有所改变时,就显得这种认址方式的可移植性较弱。

### 1.2 相对认址

相对认址是在巷道每列货架的相应位置及堆垛机的立柱上相应的每一层安装一个固定的认址挡板,在堆垛机侧部及升降台上各安装两个光电开关(其中一个兼作停准光电开关),在堆垛机前后运动以及上下运动时每经过一个货位光电脉冲就加 1 或者减 1 得到地址。当某处出错时,所有的地址都会出错,直到堆垛机停止为止。因此这种认址方法可靠性比较低。为了提高认址的可靠性,利用两个光电开关同时认址,并互相校验,当两个计数器的值不同时则报警。一般的情况下,如果出现报警,往往只相差一个货位,手动修改就可以达到要求。

### 1.3 本文认址方式的选择

本文中选择的绝对认址方式,利用激光测距技术,选用上海加倍福公司的 ED240-P 型的激光测距仪。将激光测距仪传感器安装在堆垛机上,接收器固定在巷道的一端<sup>[2]</sup>。输出线直接接在 Profibus DP 总线上。

激光测距技术应用广泛,从微米级精确测距到千米级距离的测量,其特点如下:

(1) 所得到的数据为精确地位置信号,可以确定堆垛机的准确位置,易于实现实时控制;

(2) 所得到的的是高频数字信号,精度高,且和上位机接口方便;

(3) 将获得距离信息进行简单的转换,得到堆垛机当前运行的准确速度,便于调整和停准。

但是,激光测距的缺点也表较明显,其价位相对较高,并且不适合弯道认址。

## 2 堆垛机的变频调速闭环控制

### 2.1 变频控制的应用及其存在的问题

目前,自动化仓库巷道堆垛机应用的变频调速为手动设定几个固定的频率(如高、中、低速 3 种频率),根据堆垛机运行目标要求由 PLC 对变频器的 3 种频率(速度)进行切换,达到调速和停准的目的。但当堆垛机运行速度提高后,这种开环有级调速方式则不能满足控制要求。

### 2.2 闭环无级控制原理

一般的工业控制系统根据有无反馈作用可以分为开环控制和闭环控制 2 类。开环控制系统的输出端和输入端不存在反馈回路;而闭环控制系统的输出、输入端之间存在反馈回路,输出量对控制作用有直接的影响,可利用反馈信息减少输出偏差,其突出优点是精度高<sup>[3]</sup>。

该系统方案包括对两个部分的闭环控制:(1)对堆垛机运行速度的闭环控制。当要求堆垛机以某一速度运行时,根据激光测距仪反馈回来的堆垛机当前速度信号,实时调整变频器的频率值,使堆垛机迅速达到要求的速度平稳运行。(2)对堆垛机位移的闭环控制。当要求堆垛机到达某一目的地址时,根据激光测距仪反馈回来的堆垛机的距离信号及预先设定的控制策略调整变频器的频率值,使堆垛机先以较高的速度运行到接近目的地址的位置,然后平稳地减速到较低的速度运行,在到达目的地址的时候制动停准<sup>[4]</sup>。采用闭环控制方式能较好地满足自动化仓库中巷道堆垛机的高速运行、换速平稳、低速停准的调速控制要求。

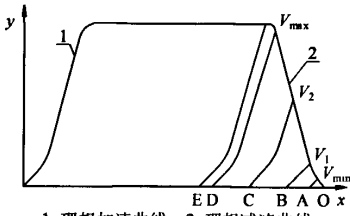
### 2.3 速度控制技术

在堆垛机速度的控制上,货叉的伸缩运动行程非常短,故采用恒低速控制,而载货台的升降运动则由双速电机进行控制。堆垛机沿巷道前后的运行是本文研究的重点。根据山东某高校的仓储物流实验室的实际情况,本文确定高速为 30 m/min,中速为 15 m/min,爬行速度即低速为 5 m/min。由此可得堆垛机的速度控制方式为:

#### 2.3.1 高速度控制的软件实现

为了使堆垛机获得最大运行效率,我们在保证变频器不跳闸及载货台上货物稳定的前提下,用最大的加速度加速,而且尽可能地以高速运行。根据变频器的特性,在一定载荷下变频器的理想加速和减速特性曲线如图 1 所示。图中,  $S_3 = OD$ , 为堆垛机长距离(超过 3 列货格)高速运行时,到达目的地

址前的变速运行距离,设  $S_3$  为大于 3 个货格的长度;  $V_2$  为堆垛机短距离(2 列货格)运行时加、减速曲线相交处的速度;  $S_2 = OC$ , 为堆垛机开始以  $V_2$  运行时与目的货格的距离;  $V_1$  为堆垛机变速运行的中间速度(通常距目的地址 1 列货格);  $S_1 = OB$ , 为堆垛机开始以  $V_1$  运行时与目的货格的距;  $V_{min}$  为保证停准而设定的堆垛机最小稳定运行(爬行)速度;  $S_0 = OA$ , 为堆垛机开始以  $V_{min}$  运行时与目的货格的距离。根据以上分析,提出堆垛机控制流程,见图 2。



1. 理想加速曲线 2. 理想减速曲线  
图 1 理想加减速特性

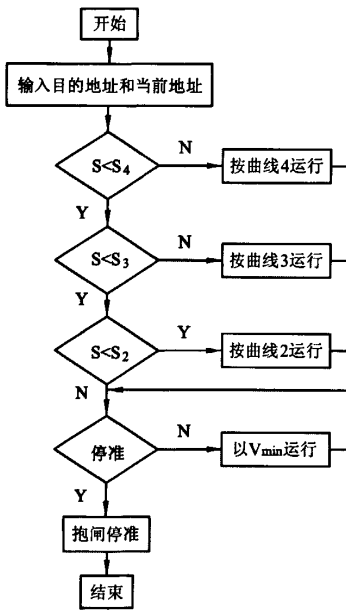


图 2 控制流程图

2.3.2 高速度控制的硬件实现

高速运行状态下,要实现对振动和噪音的有效控制,需对各项技术指标和性能提出更严格的要求,对相互关联的诸多因素综合控制、协调治理。只有把堆垛机作为一个系统加以分析研究,明确各因素之间的内在联系,对各因素进行重组改变,才能保证高速状态下堆垛机的正常运行。按照堆垛机运行规律,当运行速度超过 100 m/min 时,噪音曲线将出现拐点,振动和噪音急剧增强,而噪音控制的根本是振动的有效控制,因而减小振动是成功提速的关键。结合堆垛机结构的振动力学模型图,通过对关联因

素的综合分析,机械上采取了以下隔振、减震措施<sup>[5]</sup>。

(1) 因为堆垛机、货架和运行轨道是一个有机的整体,为避免共振,三者的固有频率接近必然会产生共振,因此三者应该采取不同方式的特殊隔振措施;

(2) 堆垛机整体构件设计均采用型材,提高了刚度,减轻了自重;

(3) 合理设计轴系结构,避免共振的转速;

(4) 运动部件的配合精度。特别是运行轮轴线的平行度精度,是平稳下横梁轴孔采用数控铣床一次装夹完成全部加工要素;

(5) 钳口式断绳保护结构复杂,采用了独立滚轮斜面的失重同步制动器专利技术,取消了所有连杆与弹簧构件,简化了结构;

(6) 为了降低整机驱动及升降功率,采用了弹性曳引装置专业技术,它的重量是传统曳引装置的 1/10。置于立柱底部,结构紧凑;

(7) 在构件的连接处采用弹性阻尼隔振技术;

(8) 运行轨道采用特殊加工工艺,提高平稳性,并采取特殊隔振结构避免与货架的共振。

3 结束语

采用激光测距、测速进行速度反馈的点击闭环变频调速方案是一种比较理想的控制方法,能够满足自动化立体仓库中堆垛机高速运行、换速平稳、低速停准的调速空要求,并从软件和硬件方面分别进行了设置,使得整个系统得到了一定程度的优化。实际应用中,该方案能精确控制电机转矩,低速运行性能好,调速范围大,且电机加速特性好,系统响应快,可靠性高。但是,该项技术实现的成本比较高,并且激光测距只适用于直道,无法在更加复杂的环境中得到实现。

参考文献:

[1] 周兴万. 自动化立体仓库中堆垛机的位置定位和速度控制[J]. 拖动与制动, 1998, (6): 48 - 49.  
 [2] 冯占营. 自动化立体仓库堆垛机优化控制技术[J]. 信息技术与信息化, 2004, (1): 101 - 104.  
 [3] 马笑, 赵伟奇. 提高堆垛机运行速度的方法[J]. 大众标准化, 2005, (2): 14 - 15.  
 [4] 王勇军, 周奇才. 自动化仓库堆垛机高速运行控制技术[J]. 起重运输机械, 2003, (1): 27 - 29.  
 [5] 丁小红. 堆垛机最佳爬行速度的确定[J]. 起重运输机械, 1999, (11): 1 - 4.