

基于PLC的新型垂直提升式 立体车库控制系统设计

易倩颖, 叶云岳*, 郑 灼
(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 为实现机械式立体车库的高效全自动运行, 提出了基于可编程控制器(PLC)的立体车库控制系统解决方案。针对以直线电机直接驱动作为横移装置的新型垂直提升式立体车库, 首先介绍了该系统的结构和工作原理, 接着阐述了其车库控制系统的硬件组成和程序编制, 最后, 进行了立体车库控制系统的运行试验。试验结果证明, 该车库控制系统能够安全可靠地运行; 且所提供的新型立体车库设计方案是可行的、有效的。

关键词: 立体车库; 直线电机; 直接驱动; 控制系统

中图分类号: TH21; TP271*.4; TH39

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0409-04

Research of the control system based on PLC for a new vertical lift three-dimensional garage

YI Qian-ying, YE Yun-yue, ZHENG Zhuo

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In order to realize high efficiency and whole automation of mechanical three-dimensional garage, a solution of control system based on programmable logic controller(PLC) was put forward. For new vertical lift garage which used linear motor as transverse move device, firstly, its structure and operating principles were introduced, then the hardware constitution and software design of control system were deeply discussed. Finally, actual test of the control system on three-dimensional garage was done. The experimental results prove that the whole system could work reliably, and the technology solution proposed is effective and feasible.

Key words: three-dimensional garage; linear motor; direct drive; control system

0 引 言

随着国民经济的飞速发展, 车辆不断增多, 国内许多城市的车辆交通已经远远超过现有道路设施的负荷, 并且城市停车位紧缺的问题也日益突出。传统的平面停车场占用大量宝贵的土地资源, 无法有效解决目前停车难的问题, 而先进的自动化立体车库, 集机械、智能自动化、驱动及检测技术等于一体, 具有占地面积小、自动化程度高、使用方便、安全可靠等优点, 已成为未来车库发展的必然趋势^[1-4]。

机械式立体车库主要可分为垂直提升式、升降横

移式、巷道堆垛式、垂直循环式、圆形水平循环式、箱型水平循环式等^[5]。其中, 垂直提升式立体车库每层可设置2个或多个停车位^[6], 其工作方式类似于电梯, 利用升降装置将车辆提升至目标层, 然后启动横移机构将车辆存入泊位中。此种立体车库机械结构和控制较复杂, 但是能耗相对更少, 具有较好的发展前景^[7-9]。

本研究将介绍一种以直线电机直接驱动作为横移装置的新型垂直提升式立体车库, 由于去除了中间的机械传动环节, 横移电机将直接作用于载车板的运动控制, 能够实现横移动作的快速动态响应并且节省时间和能耗, 从而有效提高车库的运行效率。

收稿日期: 2011-10-15

作者简介: 易倩颖(1989-), 女, 江西宜春人, 主要从事电机控制方面的研究。E-mail: yiqianying@yahoo.com.cn

通信联系人: 叶云岳, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: yeyunyue@yahoo.com.cn

1 立体车库结构及工作原理

本研究中的立体车库共4层8个车位,供试验用,实际产品化时能够方便地进行横向或纵向扩展。车库结构示意图如图1所示,最底层定义为零层,用于车辆的出入库;中间的井道为载车台的升降通道,车位分布在井道两侧,每个车位对应有一块载车板,车库运行时,存在某个车位的载车板在升降台上的情况,如果此时用户需要存车,系统默认将车存入此载车板所在的车位,如果用户需要取车,则将载车板存入其所在的车位后再取车。

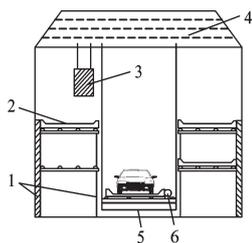


图1 立体车库结构示意图

1—钢结构框架;2—载车板;3—配重;4—塔楼;5—升降台;6—横移电机

整个车库控制系统可分为机械传动部件、控制部件以及检测装置。机械传动部件包括钢结构框架、车位架、载车板、升降电机及减速机构、横移电机、电磁铁、钢丝绳、升降台、抱闸、配重等,升降电机及减速机构通过钢丝绳驱动升降台的升降,横移电机则直接安装在升降台上,升降台的表面镀铜,横移电机与表面之间存在气隙,当电机通电后,横移电机便能够在升降台表面左右移动,再辅以电磁铁和光电传感器,就可以实现横移电机复位、存取载车板等多种功能;控制部件的控制对象为升降电机、横移电机以及车库的各种辅助装置,主要包括PLC、变频器、上位机等,其中PLC为整个控制系统的核心;此外,控制系统的实现离不开各种检测装置,包括光电传感器、霍尔传感器、压力传感器、按钮、接近开关、旋转编码器等。

用户存车的流程为:系统首先判断升降台上是否有载车板,若有,升降台直接降落至零层,若没有,则就近选择一个车位并取出相应的载车板,待升降台降落至零层后,用户即可将车开入,零层的对射式光电开关传感器以及压力传感器将对车辆是否符合停车标准以及是否停放到位进行检测,车辆停好后,用户按“确认停车”按钮,升降台开始上升,停靠至目标层后,横移电机驱动载车板沿导轨进入车位,停放到位后,横移电机回移,升降台平层处理;取车过程类似。

与一些直接采用接触器、断路器控制电机的立体车库不同,本研究考虑到立体车库对升降和横移系统的起停、定位精度以及速度控制等方面有较高要求,采

用可变频变压的变频器作为电机的驱动,在运行中,PLC根据当前的运行距离动态生成速度的给定值,并且引入速度PI环节,构成速度闭环控制系统,有效提高了系统的响应能力。理想的速度给定曲线如图2所示,包括加速段、匀速段、减速段及爬行段,可以看到,加、减速段的加速度恒定,可以让速度的变化更为平稳;此外,为了提高定位精度,本研究在到达目标位置之前须设定一段爬行距离(固定值),给定一个很低的爬行速度,以保证到位时能够可靠停止;在实际运算中,并非根据当前的运行时间来确定速度的给定值,而是结合当前的运行距离,根据软件内部设定的加速度、最小运行速度、最大运行速度等参数动态生成的。

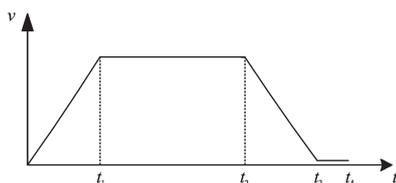


图2 理想的速度给定曲线

升降台和横移机构的定位均采用反射式光电开关传感器,每层的平层位置安装有专用反射镜,光电开关随升降台运动,每经过一层时,PLC检测到输入信号的变化,从而更新当前所在层的值,若已经到达目标层,则停止供电并且关闭抱闸;就横移机构而言,光电开关随横移机构运动,专用反射镜安装在升降台表面,考虑到实际的若干种动作可能,需要设计4个定位点,从左至右分别为:为取左边的载车板所要运动到的点,取出右边的载车板后所运动到的点,取出左边的载车板后所运动到的点,为取右边的载车板所要运动到的点。

2 立体车库控制系统的硬件组成

为达到较高的自动化程度并且能够安全可靠地运行,控制系统框图如图3所示。S7-300 PLC作为整个控

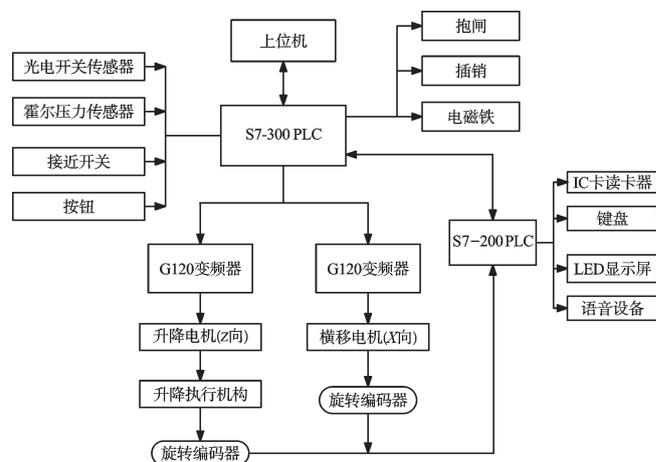


图3 立体车库控制系统框图

制系统的核心,担负与上位机通信、各种开关量信号的接入、利用开关量输出控制外围继电器的通断、控制变频器的运行、通过与S7-200 PLC的通信获取旋转编码器的信号变化以及实现与外围串口设备的数据交换等任务。

PLC是由微处理器、输入/输出设备、保护及抗干扰隔离电路等构成的可编程控制器^[10],具有可靠性高、体积小、通用性好、使用方便等优点,很适合立体车库这种对设备可靠性要求很高的应用场合。西门子的S7-300系列PLC能满足中等性能要求的应用,尤其适用于极其快速的过程或对数据处理能力有特别要求的中小型自动化控制系统。为了节省成本,该系统的串口通信和高速计数器功能由S7-200 PLC分担,所以S7-300 PLC的模块构成比较简单,由电源模块、CPU模块、数字量输入扩展模块、数字量输出扩展模块组成,CPU型号选用313C-2DP,自带数字量输入和数字量输出各16点,处理速度和运算能力均满足该系统要求。由于控制系统无模拟量输入,信号模块只需选用数字量的输入/输出,在确定输入/输出点数时,应根据实际需要并且预留一定的点数作为备用,车库设计的层数不同,需要的输入/输出点数也不同,利用点数的扩展可方便地实现立体车库系统的横向或纵向扩展。2层4车位的车库控制系统的输入/输出分配表如表1、表2所示。

表1 S7-300 PLC的输入信号分配表

地址	功能	地址	功能
I 0.0	存车	I 2.2	检测是否超高
I 0.1	取车	I 2.3	检测是否有车
I 0.3	取消1	I 2.4	检测是否超宽(对管1)
I 0.4	确认停车	I 2.5	检测是否超宽(对管2)
I 0.5	取消2	I 2.6	检测是否超重
I 0.7	检测载车台是否有载车板	I 3.0	板1光电
I 1.0	垂直方向光电开关	I 3.1	板1霍尔
I 1.1	水平方向光电开关	I 3.2	板2光电
I 1.2	零层到位	I 3.3	板2霍尔
I 1.3	重新扫描	I 3.4	板3光电
I 1.4	修改记录	I 3.5	板3霍尔
I 2.0	检测是否超长(对管1)	I 3.6	板4光电
I 2.1	检测是否超长(对管2)	I 3.7	板4霍尔

表2 S7-300 PLC的输出信号分配表

地址	功能	地址	功能
Q 0.0	红灯	Q 1.2	板1插销
Q 0.1	黄灯	Q 1.3	板2插销
Q 0.2	绿灯	Q 1.4	板3插销
Q 1.0	电磁铁	Q 1.5	板4插销
Q 1.1	抱闸		

变频器采用的是西门子SINAMICS G120,它采用模块化结构,集成安全保护功能、通讯能力和能量回馈

功能等,可提供V/f、FCC、矢量控制等多种驱动方案^[11]。该控制系统中,G120与S7-300 PLC通过PROFIBUS-DP方式通讯,G120为从站,S7-300 PLC为主站,主站通过发送控制字和给定频率,可控制变频器的运行、停止、正(反)转、输出频率等。

S7-200 PLC与S7-300 PLC之间的通讯是通过EM 277模块实现的,同样采用PROFIBUS-DP方式。在该控制系统中,S7-200 PLC主要有两个功能:①利用内部的高速计数器采集旋转编码器的信号,将计数值传递给S7-300 PLC,获取位置和速度信息;②利用其串口通讯功能,完全作为消息收发中转站,将IC卡读卡器输入的卡号、键盘输入的密码传递给S7-300 PLC,同时将S7-300 PLC发送的提示消息传递给LED显示屏、语音设备。当然,S7-200 PLC与这些外围设备并非直接相连,而是通过多级通讯接口板实现,为保证数据传输的实时性和可靠性,S7-200 PLC与通讯接口板之间的通讯协议比较复杂。

3 立体车库控制系统的软件设计

该控制系统的软件开发采用西门子STEP-7编程软件,该软件能够监视PLC内部变量,可操作性强。根据车库的控制要求,本研究采用模块化编程,程序由初始化组织块、主程序以及多个子程序组成,子程序包括复位子程序、存车子程序、取车子程序、取消功能、传感器故障自诊断和报警子程序、升降动作控制、横移动作控制、接收消息处理、发送消息、读取时间日期等,PLC上电后,总是顺序地、循环地执行主程序,主程序又不断地调用相关的子程序,如此周而复始。车库开始运行时,初始状态未知,必须调用复位子程序建立新的初始状态,程序流程图如图4所示。

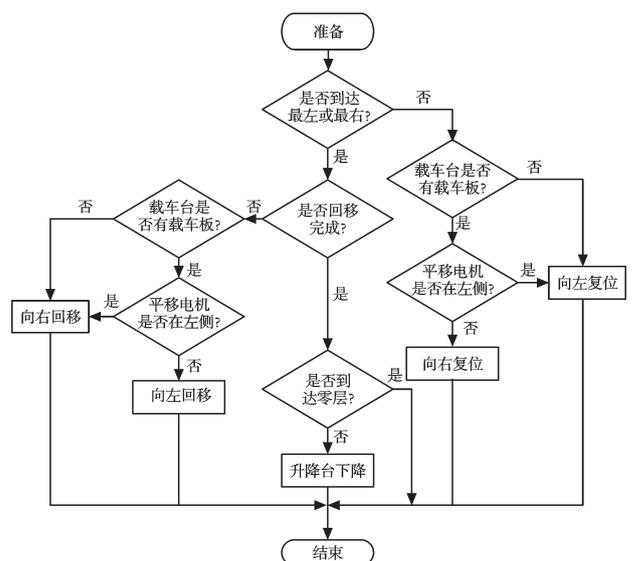


图4 复位子程序流程图

存车和取车操作不能同时进行,升降机构和横移机构也不允许同时运行,存车的程序流程图如图5所示。

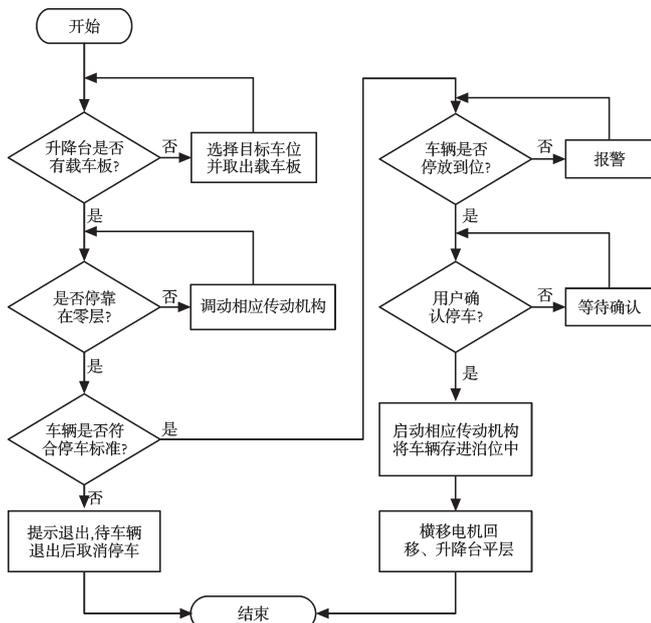


图5 存车子程序流程图

立体车库涉及人身和车辆的安全,因此在软件设计方面,除了实现要求的功能,还必须要有的安全措施,该控制系统主要设有以下几种安全保护:传感器故障自诊断和报警子程序通过扫描所有车位上的光电传感器和霍尔传感器,可以检测车库的初始状态,并且在发现故障情况下提供报警和故障提示;零层设有超长、超宽、超高检测装置,用于检测车辆是否符合停车标准以及是否停放到位;运动控制方面,本研究采用光电传感器和旋转编码器相互校验的方法预防因其中一种传感器故障所造成的冲撞、到达目标位置仍继续运动等错误,因为一旦这种错误发生,将对车库造成极大的冲击;此外,该系统还设有时间保护、各种校验等措施。

4 运行试验

经调试,车库已经能够实现任意车位的停取、取消、传感器故障自诊断和处理以及多种安全保护等功能,并且能与上位机、IC卡读卡器、键盘、LED提示屏等设备相互配合,车库系统的人机界面图如图6所示。

经测试,升降机构的最大运行速度可以达到1.0 m/s,横移机构为0.8 m/s;正常运行时,可设定系统升降运行的最高速度0.6 m/s、爬行速度0.02 m/s、加速度0.2 m/s²,横移运行的最高速度0.5 m/s、爬行速度0.04 m/s、加速度0.2 m/s²,S7-200 PLC每5 ms读取一次高速计数器值,S7-300 PLC每50 ms运算一次PI,实际运行效果良好。

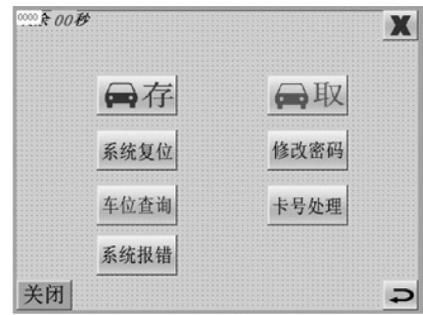


图6 人机界面图(管理员操作界面)

5 结束语

本研究就一种采用直线电机直接驱动作为横移装置的垂直提升式立体车库的控制系统展开相应的分析和设计。试验证明,基于PLC的速度闭环控制系统不仅满足控制的实时性要求,还具有自动化程度高、可靠性高和扩展性好等特点。

立体车库是未来车库发展的趋势,而研究结果表明,本研究中的车库系统能为此提供一种新型的设计方案。

参考文献(References):

- [1] 文继华,梁萍,刘强,等. PLC在立体车库中的应用[J]. 微计算机信息,2008,24(9-1):88-90.
- [2] 姚小明,范多旺,马国欣,等. 基于PROFIBUS现场总线的自动化立体车库监控系统[J]. 兰州交通大学学报,2005,24(3):102-105.
- [3] 马红麟. 基于PLC控制的升降横移式立体车库的研究与设计[J]. 智能建筑与城市信息,2007(9):85-89.
- [4] 付翠玉,关景泰. 立体车库发展的现状与挑战[J]. 机械设计与制造,2005(9):156-157.
- [5] 朱纯仁. 机械式立体车库控制系统设计与程序编制[J]. 南京工业职业技术学院学报,2010,10(2):15-17.
- [6] 王芳卿. 立体停车库及其控制[J]. 电气传动,1998(6):45-51.
- [7] 张启君. 立体车库的主要型式及技术特点[J]. 机电产品开发与创新,1999(2):7-9.
- [8] 周雪松,田密,马幼捷,等. 智能化立体车库存取车优化控制策略的研究[J]. 制造业自动化,2008,30(10):29-34.
- [9] CHINRUNGUENG J, SUNANTACHAIKUL U, TRIAMLUMLERD S. Smart Parking: an Application of optical-Wireless Sensor Network [C]// Proceedings of the 2007 International Symposium on Applications and the Internet Workshops, Hiroshima: [s.n.], 2007.
- [10] 李雪雪,柯尊忠. PLC在立体车库自动控制中的应用研究[J]. 机电产品开发与创新,2003(2):7-8.
- [11] 西门子公司. SINAMICS G120与S7-300之间的DP通讯[M]. 西门子公司,2009.

[编辑:李辉]