

升降横移式自动化立体停车系统设计^①

张月芹^{②*} 陈富林^{**} 陆 炜^{*} 欧志山^{*}

(^{*} 南京航空航天大学金城学院 南京 210016)

(^{**} 南京航空航天大学机电学院 南京 211156)

摘 要 为了提供空间停车位以提高停车场的停车能力,基于升降横移原理设计了一种 3 层 4 列 10 车位机械式立体停车系统。该停车系统以西门子 S7-200 可编程逻辑控制器(PLC)为主控制核心构建控制系统的硬件平台,基于组态软件力控 6.1 实现车库运行状态的实时监控,采用模块化思想编写控制程序并进行调试。试验结果表明,该车库运行稳定可靠,可以便捷地实现刷 IC 卡自动存取车。该停车系统可解决居民区停车乱、停车难的问题,具有一定的应用和推广价值。

关键词 升降横移式,立体停车库,可编程逻辑控制器(PLC),组态监控,IC 卡

0 引 言

随着经济的快速增长,城市家用小汽车大幅增加,传统地面停车库因受用地面积限制停车能力有限,难以满足日益增长的停车需求,因而建造机械式立体车库以增长停车位,是解决停车需求的重要途径^[1]。当前,常见的立体停车库有升降横移类、垂直升降类、巷道堆垛类等。其中,升降横移式立体车库具有空间利用率较高、场地适应性较强、性价比较高、使用便捷等优点,应用最为广泛^[2]。我国立体车库经历了多年的发展。借鉴于国外立体车库的研究^[3,4],我国研究人员对立体车库的结构、控制、现场监控等方面进行了创新^[5-7],但家用汽车占道和停车难的问题依然难以解决。因此,本研究设计了一种适用于居民区停车的立体车库,车库规模能够合理利用居民区的零散地面空间,这对规范美化小区环境及停车秩序,提高空间利用率及经济效益具有重要的现实意义。

该设计占用 4 个车位土地面积,是停放 10 辆小汽车的三层升降横移式立体停车库。以西门子可编

程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)为控制核心,实现了该车库的自动控制,并设计了上位机监控界面以实时监测车位运行状态,实现了刷 IC 卡自动存取车功能,为居民区车主提供了一种便利快捷的停车方式。

1 升降横移式立体车库工作原理及结构设计

1.1 工作原理

升降横移式立体车库是以载车板升降或横移产生垂直通道以实现存取车辆的立体停车设备,它主要由主体框架结构、载车板、升降传动机构、横移传动机构、控制系统等部分组成。本设计的车库为三层四列十车位的立体车库,其初始状态和各车位的编号如图 1 所示。每个车位安装一个载车板,实现车辆的平移或升降运动,二、三层载车板上设计有托盘,以供停放车辆。一层提供三个车位,载车板只作水平移动,在 2、3 车位之间空出一个车位,可保证二层或三层载车板工作时一层载车板只需横移一个车

① 江苏省大学生创新基金(2012S002)和 2014 年江苏省大学生创新创业优秀成果交流展示会入围作品(国创(省创)201213655002Y)资助项目。

② 女,1983 年生,博士;研究方向:特种加工及机电一体化;联系人,E-mail: zyqnuuaa@163.com
(收稿日期:2017-06-12)

位距离即可,简化了存取车的运动数量;二层也提供三个车位,每个载车板既可平移也可以升降,在5、6车位之间空出一个车位,则载车板也只需横移一个车位的距离、升降的距离只需车位至地面车位间的高度即可满足二三层存取车需要;三层提供4个车位,载车板上托盘只做升降运动。

在车库初始状态下,以取7车位为例,首先2车位和1车位分别右移一个车位,之后,5车位和4车位再分别右移一个车位,则7车位获得下降的垂直通道,可以无障碍地下降到一层完成取车。本车库可以在载车板动作数量较少的情况下,完成用户存取车功能,且存取车都在一层地面车位上完成,简单高效,安全可靠。



(a) 三层十车位停车系统机械结构图

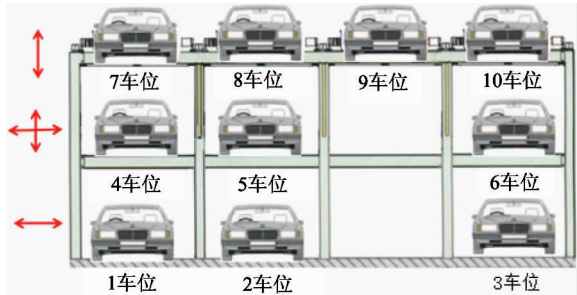
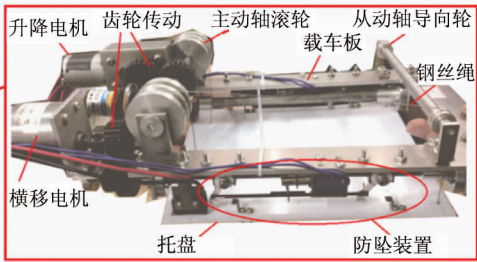


图1 三层十车位立体车库初始状态示意图

1.2 机械结构

根据家用汽车的真实尺寸,基于以上工作原理按照1:32的比例设计制作了立体车库的实物模型,如图2所示。



(b) 升降横移传动系统结构图

图2 立体车库模型结构实物图

车库本体结构由主框架、载车板、传动系统、安全防护装置等组成。主框架是车库的主支撑。载车板承载停放的车,采用框架结构便于车辆导入导出,每层载车板因运动要求不同结构设计也不同。一层载车板上安装横移电机,通过一对齿轮传动驱动载车板上的横移轴在导轨上进行左右限位运动。二层载车板结构较复杂,如图2(b)放大图所示,安装有横移和升降传动系统,横移机构与一层横移系统相同。升降机构采用钢丝绳传动,钢丝绳一端绕在主动轴的滚轮上,另一端由从动轴导向轮导向,主动轴和从动轴上分别安装有两个滚轮和导向轮以维持升降运动平衡。该升降机构运行时,升降减速电机驱动齿轮转动,从而使主动轴上的两个滚轮转动,钢丝绳长度变化驱使二层载车板上托盘上升或下降,实现车辆在上下层间传输。为防止一定高度的二层载车板因钢丝绳突然断裂或电机故障等意外而

发生坠落,在载车板下面安装了电磁式防坠装置,由牵引电磁铁、挂钩及吊环等组成,可有效防止一定高度的托盘坠落。三层载车板上托盘仅进行升降运动,升降机构及防坠装置与二层载车板相同,因载车板无须横移而将其固定于车库框架上。

2 控制系统

可编程逻辑控制器(PLC)因具有高可靠性、丰富的I/O接口模块、功能丰富等众多优点而在立体车库控制系统中得到广泛应用^[8,9]。控制系统不仅要控制一、二层载车板的横移和二、三层托盘的升降,还要通过传感器检测车位状态,并保障存取车安全。

2.1 硬件设计

本控制系统由 PLC、13 个升降和横移电机、19

个升降横移定位传感器、10 个光电传感器、控制面板、防坠电磁铁等硬件组成,其控制原理及主要 I/O 口的分配情况如图 3 所示。

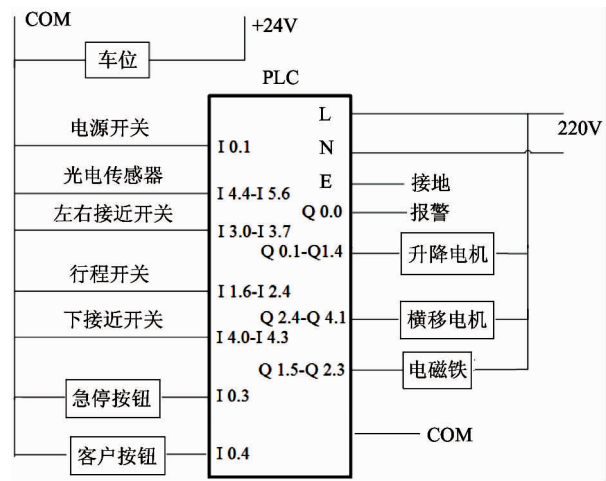


图 3 车库控制系统原理图

(1) 主控制器模块

控制核心采用西门子 PLC S7-200 CPU226, 根据 I/O 口分配,需要 32 个输入口、34 个输出口,而 S7-200 CPU226 只有 24 个输入和 16 个输出,因此选用 2 个 16 位 I/O 的 EM223 作为扩展模块以满足运行需求。PLC 与两扩展模块采用总线通信。

PLC 的主要控制对象是横移和升降电机,通过控制 6 个横移减速电机的正反转驱动 1~6 车位的载车板在导轨上横移;控制 7 个升降电机的正反转来完成 4~10 车位托盘的升降。车库工作时,PLC 接收和分析输入的存取车指令,接收并判断传感器的状态,做出合理的车位调度,使横移或升降电机动作驱使载车板或托盘运动,完成车辆的存取操作。

(2) 传感器模块

PLC 接收各传感器的信号,对载车板的位置、运行状态进行检测,实现对车位及进出车的自动调配和控制。

选用光电传感器,对车辆高度、长度进行检测,为 PLC 提供信号以判断载车板上有无车辆。当检测到异常情况时,系统立即发出报警并采取急停动作,等待管理员人工干预处理故障。

采用行程开关、接近开关对各个载车板或托盘的运动进行精确定位。根据车库的工作原理,需要限定 19 个位置,即一层的 4 个左右限位和 4 个下行

限位,二层的 4 个左右限位和 3 个上行限位,及三层的 4 个上行限位。根据各车位的限位要求不同,一层下行及左右限位、二层左右限位都采用了接近开关,而二层和三层的上行限位选择了行程开关。该升降横移定位方案为 PLC 提供稳定的信号,以便实现车位的精确停放和调配。如当 PLC 接收到托盘触及下行接近开关信号时,使升降电机断电停止转动,为下一个动作准备。

(3) 防坠电磁铁模块

防坠模块选用推拉式电磁铁,本车库共安装 14 个防坠模块对 4~10 车位的托盘进行保护,在每个载车板左右两侧各安装一个防坠装置,更安全可靠。当 4~10 车位中有托盘需要下降时,PLC 发出信号使电磁铁失电,电磁铁推杆被弹簧弹出,托盘上挂钩脱离载车板上吊环,托盘可以下降;当托盘再回到上层位置时,PLC 收到位置开关信号并发出信号使电磁铁得电,推杆缩回,托盘上挂钩挂住载车板吊环,保障停车的安全。

(4) 控制面板

控制面板上主要装有急停、启动、复位、客户按钮和一个预留的按钮。急停按钮用于车库在紧急情况时断开所有 I/O 单元的供电。当车库电气系统上电后车库管理员需要按下复位按钮,使各车位处于初始位置状态。当车库复位后,管理员按动启动按钮,则车位转换到等待用户刷卡可调用的状态。当用户存取车完毕,需要按动客户按钮以通知 PLC 控制系统,存取车完毕,此时各车位才能复位,等待下次操作。预留按钮为系统升级预留接口,以降低升级成本。

2.2 软件设计

2.2.1 车位状态监控

应用组态控制技术建立远端控制^[10],可简化车库的管理和实现远程操控。本系统采用组态软件力控 6.1 开发了上位机监控界面,以图形化方式对车库现场进行实时监测控制,管理员在监控室上位机界面中即可实时观察车库的运行状态,为自动存取车过程提供完备的操作和监控功能。当发现异常情况时,可进行人工干预,及时处理故障。

首先在力控组态中添加 PLC (S7-200 CPU226)

设备,通讯方式选择串口 COM3,建立 PLC 与力控组态的信号传输通道;然后将车库中待监控的变量输入到组态的符号表中,进行变量关联,便可以创建图形监控车库的运行状态。在组态设置中,添加了各传感器信号变量,PLC 实时采集传感器信号,并通过串口传输给组态软件,软件根据信号的变化完成监控界面中车辆的显示或隐藏。

为便于监控室管理员更加直观地获知车库中出现的故障,根据组态中的传感器信号变量,添加了实时报警设置。当传感器信号出现异常时,如车辆未停放到位、存取车动作运行异常等,报警设置启动,上位机监控界面中弹出报警窗口,同时系统进入急停状态以避免事故发生,由管理员对故障进行人工干预排除,直至系统恢复正常。

为便于上层车的自动存取,为 4~10 车位配备了 IC 卡对车位进行标识,并将 IC 卡提供的车位信息添加到组态设置中。当用户刷卡后,对应的车位信号传输到组态中,组态软件识别出车位编号并传输给 PLC,PLC 确定车位所在层数,进行横移或升降动作完成存取车。实现刷 IC 卡自动存取车,不仅改变了传统存取车模式,而且提高了存取车效率。

图 4 为本车库的监控管理系统示意图。车库管理员只需通过上位机监控画面就可以实时掌握车库的运行情况,不仅降低了车库管理成本,而且提高了车库运行的可靠性。

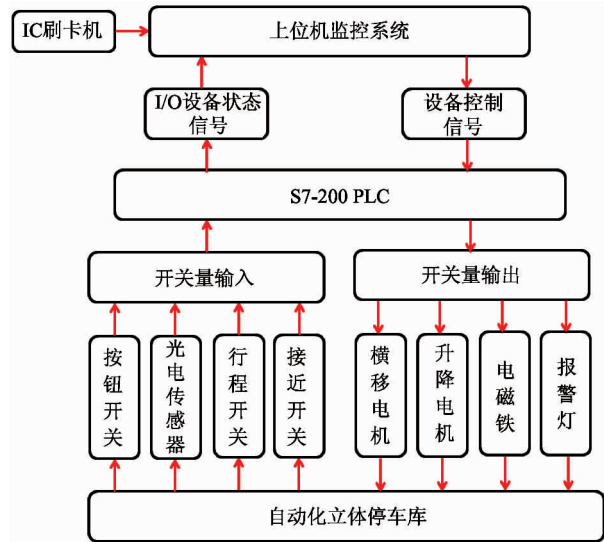


图 4 车库监控管理系统示意图

2.2.2 操作程序流程

系统程序由主程序、故障检测子程序、复位子程序、4~10 车位子程序等组成,采用梯形图语言在 STEP 7-Micro/WIN 内进行编写并通过调试。

图 5 为存取车主程序流程图。程序运行时,首先进入故障检测子程序,当发现车辆超长或超高、停放不到位等异常状态时,该子程序发出报警信号,并由 PLC 传输给组态监控软件,同时车库进入急停状态,切断所有电动机和电磁铁电源,等待管理员检修

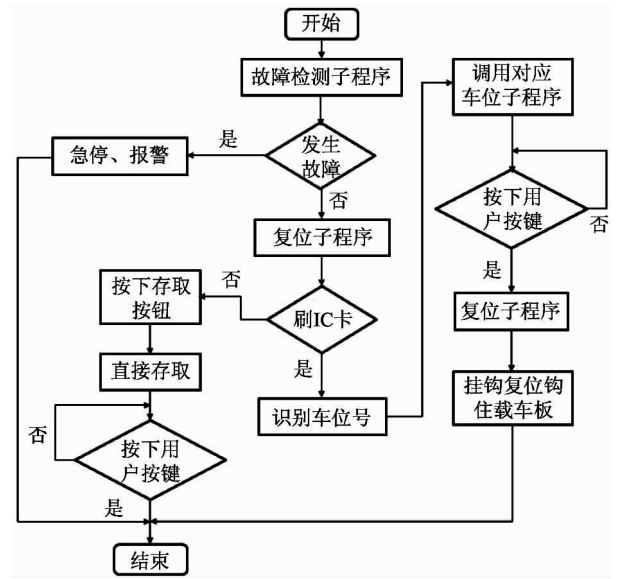


图 5 存取车主程序流程图

排除故障;车库恢复正常状态后,调用复位子程序自动完成各车位的复位。一层三个车位无须刷 IC 卡,用户只需按下存取车按钮,即可以无障碍地存取车辆;二层和七层的七个车位需要刷 IC 卡后识别出车位号,然后调用车位子程序完成车辆的存取操作。图 6 和图 7 为 4 车位存取车子程序流程图和部分梯形图语言程序,其他车位子程序类似。每个车位的动作顺序,都由子程序完成。为避免人车共入车库,需要做到人车分离,在用户完成存取车之后,要求其按下车库外面的用户按键,车库再进行复位动作。车位复位子程序实现每个车位复位后都始终处于设定的初始位置。该复位算法不仅可以提高控制系统的可靠性,而且简化了程序,使存取车的车位升降动作一致,提高了程序执行效率,且便于将来车位的扩展。

为提高系统的可靠性,各车位在调度时,任一载车托盘的升降不能同时运行,因此在程序中对各电机的正反转进行互锁控制;对不同载车板的横移或托盘的升降进行联锁以避免不同车辆的升降和横移同时运行。

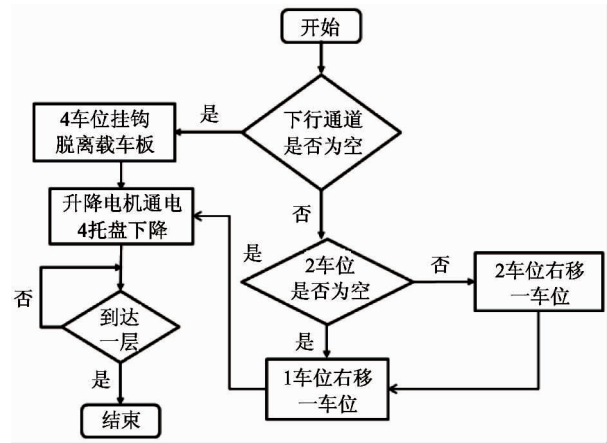


图 6 4 车位存取车子程序流程图

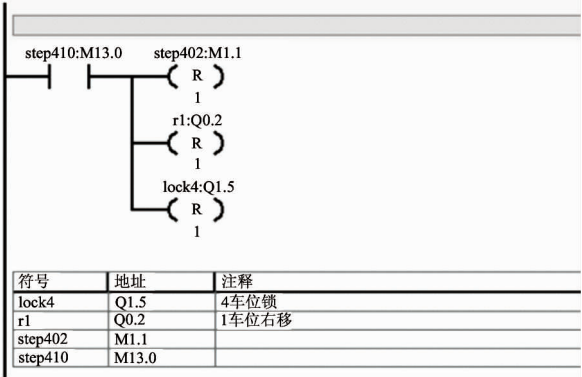


图 7 4 车位存取车部分梯形图语言程序

图 8 为立体停车库系统整体实物图。采用该模型对上述方案进行了验证,结果表明,该车库性价比高,控制系统稳定可靠,车库监控及操作简单,实现了高效自动存取车功能。该停车系统可为居民区用户提供一个便捷可行的停车方式。

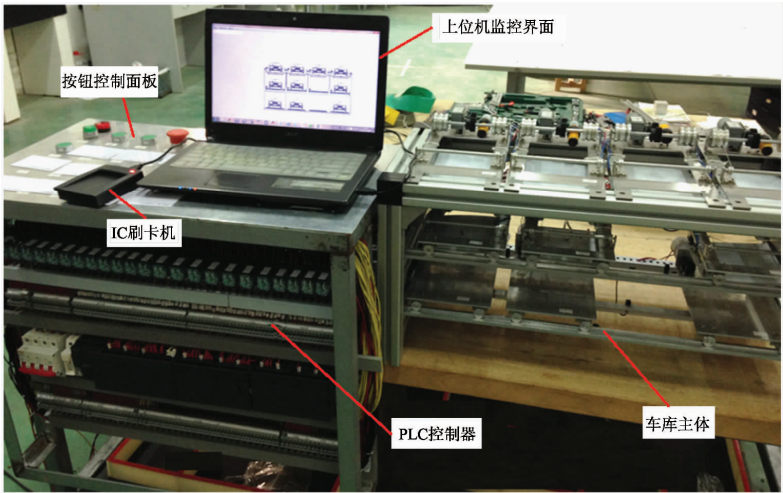


图 8 立体停车库系统整体实物图

3 结 论

本设计以西门子 PLC 为主控制器,在三层十车位的升降横移式立体车库结构设计基础上完成了控制系统的设计,并实现了上位机组态远程监控,可刷 IC 卡自动完成存取车,具有一定的智能化功能。本设计对其他立体停车库或自动化仓库的设计具有一定的参考意义。其具有如下主要优点,

(1) 机械结构性价比高,根据动作需要完成每

层结构设计;(2) 安全有保障,采用急停按钮、电磁式防坠装置、行程开关、光电检测等装置以有效保护人员和设备的安全;(3) 具有智能化和人性化功能,采用上位机远程集中监控及 PLC 控制,可刷 IC 卡实现全自动存取车,高效便捷;(4) 便于车位扩展,新增加车位信息只需接入 PLC 总线,在软件 and 上位机监控界面中进行对应变量的添加、设置即可。

参考文献

[1] 温沁月, 鲁力群. 国内外立体车库现状及发展综述.

- 物流工程与管理, 2016, 38(7):159-161
- [2] 李果, 张广明, 凌祥. 多层升降横移立体停车库控制系统设计与实现. 机械设计与制造, 2011, 3:174-175
- [3] Tsai M F, Ye C K, Sinn A. Smart service relying on Internet of Things technology in parking systems. *Journal of Supercomputing*, 2016: 1-24
- [4] Zhdanov A A, Korolev V V, Utemov A E. Adaptive control system for car parking. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2010, 49(3):472-480
- [5] 杜桂荣, 彭斌, 邵兵等. 多层升降横移式立体停车库的结构和控制系统. 兰州理工大学学报, 2003, 29(1): 64-66
- [6] 赵金萍, 熊君星, 邹文强等. 基于 Flexsim 的自动化立体仓库出入库仿真与优化. 高技术通讯, 2017, 27(1):81-87
- [7] 李刚, 姚小明, 马殷元. 自动化大型立体停车库计算机监控系统. 兰州理工大学学报, 2008, 34(6):117-120
- [8] 刘屹巍. 基于 PLC 的立体车库控制系统设计. 科学技术与工程, 2011, 11(27):6735-6737
- [9] 李练兵, 宋翔宇, 王铁成. 巷式新型平面移动式立体车库控制系统设计. 机械设计与制造, 2015, 12:166-169
- [10] 胡瑜, 张惠云. 智能立体停车库计算机监控系统. 天津科技大学学报, 2006, 21(2):62-64

Design of lifting and transversing automatic spatial parking systems

Zhang Yueqin^{* **}, Chen Fulin^{**}, Lu Wei^{*}, Ou Zhishan^{*}

(^{*} Department of Mechanical and Electrical Engineering, Jincheng College of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211156)

(^{**} College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

Abstract

To provide space parking places and to improve the parking capacity of a parking lot, a 3-layer and 4-row mechanical spatial parking system with 10 parking spaces is designed based on the principle of lifting and transversing. The parking system's hardware platform of the control system is designed with the programmable logic controller (PLC) of Siemens S7-200 as the main control core. The system uses the configuration software Force Control 6.1 to realize the real-time monitoring of its operating status. The control program is written and debugged based on the modular thinking. The parking system's operation results show that the working of the system is stable and reliable, and it easily achieves automatic parking with an IC card. The parking system can solve the problems of parking confusion and parking difficulty in residential areas, thus having certain application and promotion values.

Key words: lifting and traversing, spatial car parking lot, programmable logic controller (PLC), configuration monitoring, IC card