

基于 PLC 的立体车库自动控制算法的设计及应用

霍沛^{1,2}, 胡勇^{1,2}

(1. 四川理工学院机械工程学院, 四川 自贡 643000; 2. 过程装备与控制工程四川省高校重点实验室, 四川 自贡 643000)

摘要:在分析升降横移式立体车库的结构特点、车库运行原理的基础上,采用可编程控制器(PLC)为核心控制单元,对立体车库寻找最优路径自动程序算法进行剖析,阐述了最优路径自动控制算法的原理及算法实现,设计了车库自动控制方案。该方案具有自动控制条件安全可靠、减少存取车时间、简化人工操作、降低能耗等优点。

关键词:立体车库;升降横移;可编程控制器 PLC;最优路径算法;自动控制

中图分类号:TP273

文献标志码:A

引言

随着人们生活质量的显著改善,私家车的拥有量日益增长,停车拥挤、泊车困难、车位使用昂贵的问题日益尖锐突出。发达国家和地区解决停车难的主要办法是建设立体车库,即在某一层面建筑的单位空间内利用高度纵深停放更多的车辆^[1]。其采用结构化设计,每单元可分成两层至四层不等,每层车位数从几个到上百个,并且既可建为地上停车场也可建为地下车库,节省占地面积。立体车库根据其机械结构的不同可分为升降横移式、垂直循环式、巷道堆垛式、垂直升降式、简易升降式等。相对于其他立体车库,升降横移式立体车库机械结构简单,安全可靠性强,广泛应用于繁华商业区、火车站、住宅小区等场所^[2]。

升降横移式立体车库优点很明显,但控制手段较为单一,目前市面上的成品多是以手动控制为主,存在操作复杂、存取车时间较长、容易造成车辆短时间拥堵等缺点。本文主要研究基于可编程控制器(PLC)设计升降横移式立体车库自动控制系统,实现车辆存取调度路径最优化,减少车辆的存取时间,降低存取车的能耗,实现

车辆存取自动控制,升降车位无需人工操作,提高车库的整体效率和利用率。

1 车库整体结构与车位调度

升降横移式立体车库主体为钢架构,具体可由载车板模块、动力传动模块、控制系统模块和安全防护模块等模块组成,一般以二到四层居多^[3],车辆存取依靠载车板位移实现。在移动通道上除顶层外,其他层均有一个空位来形成一个升降通道。顶层可升降但不能横移,底层能横移但不能升降,中间若干层既可以升降又可以横移(图1)。在存取车过程中,底层车位可直接进入车库,其余层车位进车需要先判断所停车位下方车位是否有载车板,如有载车板需要将底层车位载车板横移到其他空位,之后再将其所停车位的载车板移到底层,升降动作完成后需要复原,横移动作完成后不需要复原。通过 PLC 发出的指令,载车板做出相应的升降或横移的动作,载车板到位与否通过限位开关和光电传感器感应,并且将数字量信息 0(未到位)或 1(到位)传递到 PLC 中,PLC 根据传感器传递的信号通过算法做出相应的判断,控制升降/横移传动系统做出相应的动作^[4]。

收稿日期:2014-08-26

基金项目:四川理工学院创新基金项目(y2014035)

作者简介:霍沛(1984-),男,河南洛阳人,硕士生,主要从事测量控制方面的研究,(E-mail)hpyxl@qq.com

胡勇(1955-),男,重庆人,教授,主要从事机械工程方面的研究,(E-mail)1532496175@qq.com

a _{n,1}	a _{n,2}	a _{n,3}	...	a _{n,m-1}	a _{n,m}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	升降通道
a _{3,1}	a _{3,2}	a _{3,3}	...	a _{3,m-1}	
a _{2,1}	a _{2,2}	a _{2,3}	...	a _{2,m-1}	
a _{1,1}	a _{1,2}	a _{1,3}	...	a _{1,m-1}	

图1 车位编号示意图

2 控制系统概述

2.1 控制系统的硬件结构及控制方案

升降横移式立体车库控制系统由上位机、PLC、光电传感器等部件组成,其控制硬件核心是 PLC,本文采用德国西门子公司生产的 S7-200 型 PLC,其拥有集成程度高、功能强大、体积小等优点,非常适合作为立体车库的控制器使用。S7-200 一共有 40 个 I/O 端口,分别为 16 个输出端口和 24 个输入端口,另外配有 RS485 通讯端口与上位机之间通讯。光电传感器采用欧姆龙公司的霍尔传感器,通过传感器感应所选车位载车板是否到位、实时空位车位所在位置。上位机采用 MCS51 单片机为核心,由液晶屏、通讯端口等外设元件组成^[5-6]。

具体工作流程(图2)为:上位机发出指令,通过 RS485 通讯总线传输给 PLC,由 PLC 通过上位机传递的指令和传感器传来的信号进行比较,再通过控制算法进行相应处理,之后由输出信号控制电机进行相应的运动,其运动过程是通过操作人员向上位机发出需要的车库号信息,由上位机发送到 PLC,再由 PLC 通过传感器显示的当前状态来指示算法计算,并向各控制元件发出指令,控制升降/横移电机运动,以达到最终控制载车板移动到指定车位,并且当载车板移动到位后,安全挂钩会及时落下,保证安全。

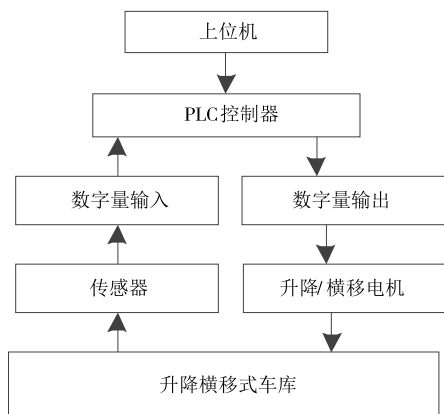


图2 升降横移式立体车库电控方框图

2.2 算法设计

升降横移式立体车库软件控制部分的核心是控制算法,控制算法的不同可导致控制方式的不同,优秀的控制算法可以在安全性和可靠性都有保证的前提下极大地缩短车库的存取车时间,简化人工操作流程。根据立体车库的实际控制要求,有手动模式和自动模式两种控制模式,在上位机中选择使用自动控制或手动控制其中一种,根据上位机传输的指令,PLC 进行相对应的算法选择(图3)。

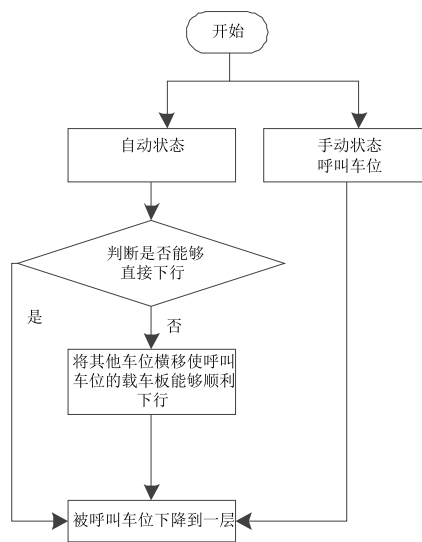


图3 整体程序算法流程图

2.2.1 手动控制功能设计

手动控制功能一般应用在外部意外断开电源后恢复电源、或出现因电线断开等不可控情况下的通讯故障,以及车库在装配调试或检修操作等状况。为此,对每块载车板都设计有手动控制功能:顶层手动控制升降、底层手动控制横移、中间若干层手动控制升降与横移。在进行手动操作时,先将自动/手动开关拨到手动的位置,然后按照动作要求,完成既定的操作。

2.2.2 自动控制算法设计

自动控制算法根据最优路径自动寻找空位。准确建立呼叫车位的下行通道,确保载车板高效稳定到位,通过 PLC 内部算法自动运算,控制载车板升降/横移运动,自动完成所需要的操作步骤,这就避免了误操作的可能^[7]。对于一个有 n 层、 m 列的升降横移车库,令其存取车位为 $a_{i,j}$, 对应层数为 $i(1 \leq i \leq n)$ 、列数为 $j(1 \leq j \leq m)$, 则呼叫的车位号运动轨迹要满足以下两个子方程^[8-9]:

$$\min \left\{ \sum_{k=1}^{i-1} |j - h_k|, 1 \leq j \leq m \right\} \quad (1)$$

$$\min\{i + \sum_{k=1}^{i-1} |j - h_k|, 1 \leq j \leq m\} \quad (2)$$

其中, h_k 表示第 h 行空车位的列数, m 为车库列数。每次存取车后需复位, 以确保存取车的可靠性。复位约定为: 横移车位移动后不需复位, 升降车位除顶层外移动后均需复位。考虑到车库存取车流程的规范性和可靠性, 车库正常运行时, 在完成一次存取车流程后, 产生下降动作的车位要恢复到流程开始前所在的层位, 产生横移的车位不需要还原。当所选车位为底层时, 可直接存取车辆。若所选车辆为其他层时, 算法会将所选车位的列数与下方所有层的空位所在列数相减, 如为零则不需要移动, 若大于零则需相关车位左移, 若小于零则需相关车位右移, 最终形成所选车位需要的下降通道^[10-11]。

对于被选车位 $a_{i,j}$ ($i > 1$), 需建立其所需的升降通道(图 4)。第 y ($1 \leq y < i$) 层空位所在列可设为 k_y , 若 $k_y = j$, 说明 $a_{i,j}$ 车位正下方第 y 层为空位, 其所在层其余车位不需横移; 若 $k_y > j$, 说明在第 y 层中, $a_{i,j}$ 车位在空位左侧, 将第 y 层 $j - (k_y - 1)$ 列车位均右移 1 位; 若 $k_y < j$, 说明在第 y 层中, $a_{i,j}$ 车位在空位右侧, 将第 y 层 $(k_y + 1) - j$ 列车位均左移 1 位。其运动的总原则是: 升降复位, 平移不复位。根据上述存取车规则, 存车和取车操作的车位升降动作一致, 可以用同一控制程序实现相同车位的存取车控制^[12-13]。

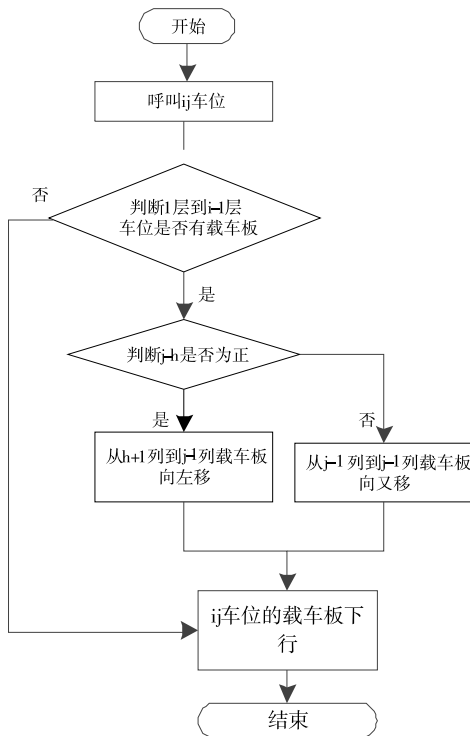


图 4 自动存取控制流程图

以升降横移立体车库的第三层 $a_{3,1}$ 号车位载车板为

例来说明算法的实际应用。当呼叫 $a_{3,1}$ 号车位时, 若要使 $a_{3,1}$ 号车位载车板下降, 则必须使 $a_{2,1}$ 号车位和 $a_{1,1}$ 号车位无载车板, 形成 $a_{3,1}$ 号车位载车板的下降通道。若 $a_{2,1}$ 号或 $a_{1,1}$ 号车位上有载车板, 就要将之移开, 空出车位。具体算法控制过程为: 若要 $a_{3,1}$ 号载车板自动下降, 则需要使 $a_{3,1}$ 自动下降的继电器线圈通电, 但这需要同时满足 $a_{3,1}$ 升降条件的继电器线圈和 $a_{3,1}$ 横移条件的继电器线圈通电这两个条件。满足 $a_{3,1}$ 升降条件就是指二层和三层的载车板都同时在自己的层位上不能下降一层, 当满足此条件后, 约束 $a_{3,1}$ 升降条件的继电器线圈常开触点闭合, $a_{3,1}$ 升降条件线圈带电。满足 $a_{3,1}$ 横移条件就是指空出 $a_{2,1}$ 号车位和 $a_{1,1}$ 号车位, 形成 $a_{3,1}$ 的下降通道, 这就需要同时满足 $a_{2,2}$ 横移限位、2 层空限位、 $a_{1,2}$ 横移限位和 1 层空限位的常开触点闭合并且 $a_{2,1}$ 横移限位和 $a_{1,1}$ 横移限位常闭触点断开, 此时 $a_{3,1}$ 横移条件线圈带电。当 $a_{3,1}$ 升降条件与 $a_{3,1}$ 横移条件的常开触点同时闭合后, 下降激活继电器线圈带电, 自动下降输出继电器线圈带电, 驱动下降电机通电^[14], 如图 5 所示。

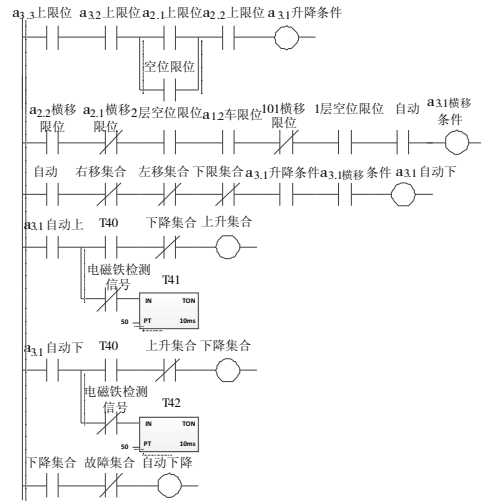


图 5 $a_{3,1}$ 车位自动下降梯形图

3 结束语

本文所设计的算法能够满足 1 到多组的 3×3 立体车库组合自动控制。通过对不同组数的多次试验结果表明: 载车板的升降横移运动速度可稳定在 8 米/分钟, 平均每次存取车时间在 50 秒以内, 有效地缩短了存取车时间, 保证了车道畅通。并且在电路断电或机械部分发生故障的极端条件下通过电机自锁和防脱落挂钩等保护措施有效地防止了车辆损坏, 保障人员安全^[15]。另外, 以 $a_{3,1}$ 自动下降为例, 自动存取控制步骤为 3 步, 手动存取步骤为 6 步, 在自动存取控制情况下, 存取步骤

明显减少,存取效率明显提升,能耗也相应减少。目前,算法已成功投入实际应用,并且控制稳定、性能安全可靠。

参考文献:

- [1] 马幼捷,张海涛,邵保福,等.电子智能化立体库的研究现状与走向[J].电气自动化,2008,30(5):3-6.
- [2] 汤平,刘昭琴.PLC控制的立体车库研究分析[J].制造业自动化,2013,8(1):154-156.
- [3] 钱愿君,赵宇龙.常见立体机械车库类型[J].中国电梯,2008,19(1):63-67.
- [4] 程怀舟.基于PLC的多层升降横移立体停车库控制系统设计[J].电子设计应用,2005,4(2):100-102.
- [5] 李瑞琴,邹慧君.可控机构的分类及应用[J].机械设计与研究,2002(4):17-19.
- [6] 吴宇红.三层立体车库监控系统设计[J].科技与创新,2014(7):41-42.
- [7] 杨叔子,杨克冲,吴波.机械工程控制基础[M].4版.武汉:华中科技大学出版社,2000.
- [8] 沈金龙.升降横移式立体车库的监控调度及管理系统的研究与开发[D].南京:南京航空航天大学,2013.
- [9] 李辰寅.一种升降横移式立体车库调度算法的设计与实现[D].苏州:苏州大学,2008.
- [10] 杨永刚.PLC技术在自动传输系统中的应用[J].机电一体化,2004,10(5):72-73.
- [11] 廖京盛,陈重霖,李楨.PLC在自动货物提升机中的设计与应用[J].微计算机信息,2004,20(9):1-3.
- [12] 廖玲玲,肖素梅,肖湘菲.基于SRD的升降横移式立体车库运行可行性分析[J].西南科技大学学报,2014(3):74-78.
- [13] Spragins J,Hammond J,Pawlikowski K. Telecommunications:protocols and design[M].New Jersey:Addison Wesley Publishing Company,1991.
- [14] Yao Hongliang,Yao Guangshun. Summarizes question which in the PLC application and the use should pay attention[J]. Journal of Anhui Vocational College of Electronics & Information Technology,2006,5(2):74-76.
- [15] 欧阳圣,胡望宇.几种经典搜索算法研究与应用[J].计算机系统应用,2011,20(5):243-247.

Design and Application of Automatic Control Algorithm of Stereo Garage Based on PLC

HUO Pei^{1,2}, HU Yong^{1,2}

- (1. School of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;
2. Process Equipment and Control Engineering Key Lab of Colleges in Sichuan Province, Zigong 643000, China)

Abstract: Based on the analysis of structure characteristics, garage operation principle of the lifting and moving solid carport, and the programmable controller (PLC) is used as the core control unit, the automatic program algorithm to find optimal path of solid carport is analyzed. Then, the principle and algorithm implementation of optimal path automatic control algorithm are stated, and the garage automatic control scheme is designed. The scheme has a safe and reliable automatic control condition and can reduce the access time, simplify the manual operation, reduce energy consumption, and so on.

Key words: stereo garage; lifting and moving; programmable controller (PLC); optimal path algorithm; automatic control