

# 多层循环式立体车库控制核心的研究

——从 PLC 到 DSP 的升级

Research on the core control of multilayer-cycle-type spatial carport

—— The upgrade from PLC to DSP

马幼捷<sup>1</sup>, 张海涛<sup>1</sup>, 周雪松<sup>1</sup>, 邵保福<sup>2</sup>, 马云斌<sup>2</sup>

MA You-jie, ZHANG Hai-tao, ZHOU Xue-song, SHAO Bao-fu, MA Yun-bin

(1. 天津理工大学, 天津 300384; 2. 天津市天兴机械制造有限公司, 天津 300270)

**摘要:** 立体车库是解决现代城市交通堵塞和停车难问题的重要途径之一。本文在综合了大量文献的基础上对多层循环式立体车库的结构和运行原理进行了分析, 将 DSP (Digital Signal Processor) 和 PLC (Programmable Logic Controller) 成功地应用于多层循环式立体车库中, 将两种控制核心的优势和劣势做出了详细的比较, 提出了立体车库在控制技术上存在的问题, 并对立体车库未来的控制核心做出了预测。随着 DSP 技术的不断发展和完善, 立体车库在控制性能、生产成本、运行费用上必将有更大的突破。

**关键词:** 多层循环; 立体车库; 结构; 运行原理; 控制核心

中图分类号: U468.8

文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2009)05-0009-05

## 0 引言

随着我国汽车工业的发展和城市现代化水平的不断提高, 使得城市交通拥挤的矛盾日益突出。交通瓶颈成为加速城市建设、提高人民生活质量的老大难。相比于常规的大中型停车场, 智能化立体车库以其节省占地面积、出入库管理方便、存取车省时省力、配置灵活等特点成为了解决城市“停车难”问题的重要途径和发展方向。目前, 立体车库在国内外的的发展已日趋成熟。人们对于其控制核心的研究开发也在逐步深化, 以 PLC 作为控制核心的立体车库在国际上已经得到了广泛的应用。但是, 由于控制核心和车库外围设备的高额成本, 使得现代立体车库在停车费用方面与常规停车库的比较中稍显逊色。要将立体车库彻底地推广应用, 必须从根本原因入手——不断提高和完善其控制技术, 对于立体车库控制核心的研究仍然是当今国内外立体车库行业的一个热门话题。

本文在综合大量文献的基础上以多层循环式立体车库为例, 分析了其结构特征和工作原理, 并重点介绍了两种控制核心 PLC 和 DSP 在立体车库中的应用, 将二者的优势和劣势作了详细的比较, 对立

体车库的控制核心做出了一定的预测。对相关人员认识、定位立体车库, 研究如何提高立体车库的性能以及深化了解立体车库的控制核心有一定的参考价值 and 实用意义。

## 1 多层循环式立体车库结构及其工作原理

多层循环式立体车库是采用了通过载车板作上下循环运动, 而实现车辆多层存放的多层循环式停车设备, 从而实现减少占地面积, 提高存取车自动化程度的机械式停车库。

### 1.1 多层循环型立体车库的主要结构

**钢结构框架** 主要由立柱、角钢、拖槽、机构梁、辅助梁、支撑管、调整梁、车板升降导轨、车板横移导轨、停车架等部件组成。

**车板旋转机构** 该机构设置在车库的出入口, 因为当车出入车库时, 为了方便存取, 必须先顺时针或逆时针旋转 90°。主要由旋转盘、插销电机、摩擦轮电机等构成。

**车板升降机构** 主要由电机、变频器、升降链、平衡链以及平衡重等组成。车库两侧各一套。

收稿日期: 2008-11-17

作者简介: 马幼捷 (1964 - ), 女, 天津市人, 特聘教授, 主要从事电力系统分析与控制的研究。

载车板 是轿车停放的场所和轿车位置转换的载体。

载车板横移机构 设置在每层横移导轨的中间。主要由电机、变频器、链传动长轴、链条、链轮及三级滑叉等组成。

自动控制系统 主要包括控制、拖动、检测及安全保护部分。为了保证传动装置在运行时做到低噪声、低能耗、自动加减速,并且运行平稳、高速、准确,车库的驱动装置多采用交流变频调速系统。

消防系统 在停车库内设置整套自动灭火系统。烟感及温感探测器均匀分布在各层车架中间,如果库内温度或烟气浓度过高,消防系统将启动排风机直至达到设定要求。若失火,整个自动灭火系统会迅速将火熄灭。

## 1.2 车库运行原理

对于该式立体车库,存取车位存在非常大的不确定性,存取车时通过控制载车板横移机构和车库两侧的车板升降机构,使相邻两层做循环往复的运动,所以做循环存取的车位在每一次的存取车后它所处的位置都会有一定的变化。而车库存取车辆的核心策略在于有车辆的车板和无车辆的空的载车板之间的交换。

## 2 以PLC作为控制核心的多层循环式立体车库

目前国内外的立体车库绝大多数是以PLC作为控制核心,通过PLC来对各种数字量进行检测和控制。PLC英文全称Programmable Logic Controller,中文全称为可编程逻辑控制器。

### 2.1 硬件部分

#### 2.1.1 自动检测系统

1) 存车时,首先通过PLC程序来检测车库中空车位数及其位置:从用户自定义类型(UDT)的车库信息库中读取尚未存车的车位数及其在车库中的坐标,并判断哪个车位离出入口最近。

2) 将车辆停放到载车板上时,检测载车板上停放汽车长宽高重是否超限以及停放是否到位:采用光电开关在出入口底部进行扫描检测,光电开关的接收器和发射器分别安装在底层左右两边,在载车板前后位置均进行检测,当有车辆不符合规定的容车尺寸或停放不到位时,车就把光电开关光源挡住,此时系统不能动作,只有车辆停放到位后,系统才

能正常工作。

3) 取车时,检测出入口处载车板上车辆是否被取走,如取走则车库关门。

4) 检测载车板是否到位:在每个载车板上及出口处车位上装上限位开关,存取车时检测车辆载车板是否转动、升降或横移到位。如检测到载车板到位,将数据输出到PLC,控制电机制动并使制动器抱闸。

#### 2.1.2 PLC控制系统

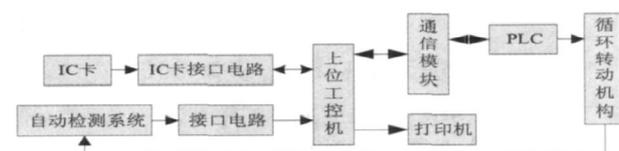


图1 车库控制系统组成框图

系统控制采用微型计算机上位工控机,PLC作下位机,对旋转盘、插销、升降、横移电机的转动直接控制。电气控制系统作为整个设备的重要部分,直接影响设备的工作性能。由于可编程控制器(PLC)是集微机技术、自动化技术、通讯技术为一体的通用工业控制装置,因此在自动停车系统中通常采用PLC作为电气控制系统的核心。

### 2.2 软件部分

#### 1) 控制程序顺序功能图

由此引出顺序控制设计法,所谓顺序控制,就是按照生产工艺预先规定的顺序,在各个输入信号的作用下,根据内部状态和时间的顺序,在生产过程中个执行机构自动地有秩序地进行操作。使用顺序控制设计法时首先根据系统的工艺过程,画出顺序功能图。

该式立体车库控制任务主要就是要完成对车库两侧载车板升降、每层所有载车板的整体横移以及定位的控制。该式立体车库顺序功能图如2所示。

#### 2) 车辆的自动存入与取出

由于该式立体车库的特殊性,个别车位在存取车后它的位置都会发生相应的变化,所以在设计程序的时候车库动作的同时,要随时更新每个车位数据。通过在建立用户定义数据类型(UDT),来存储和更新车板号(panel\_number)、存取车卡号(ID\_number)、车板空否(panel\_available)、车板所在层(panel\_position\_x)、车板所在列(panel\_position\_y)。取车时,通过遍历其信息数据库DB100,来核对车主卡号(ID\_number),确定其在车库中的位置(panel\_position\_x及panel\_positon\_y)。



图2 多层循环式立体车库顺序功能图

当车主刷卡并按存车键后，计算机将 IC 卡号 (ID\_number) 及当前时间读入，从车库信息数据库 DB100 中，选出 panel\_available=1 (1 表车板为空，0 表车板上有车) 的车位，并将其 UDT 元素信息存储在 MW200 开始的连续存储空间中。计算机利用存取车优化算法确定到达出入口最近的空载车板位置，并且通过通信模块把需要做循环运动的两层载车板和转动的车位数传输给 PLC，PLC 控制电机打开入口，司机将车开入出入口载车板，司机出库以后按确认键，车库关门。计算机将存入车辆所在的车板号 (panel\_number) 和入库时间都写入 IC 卡中。

取车时，车主刷卡并按取出键后，计算机扫描数据库，如有此车则读入取车时间，收费，并将 IC 卡号、存取时间、收费金额等数据保存，然后通过其卡号 (ID\_number) 读出要取车辆所在的车板号 (panel\_number)，然后利用存取车优化算法确定需要运转循环的相邻层位和需要循环的车位数，再由 PLC 控制电机把要取车辆载车板转动至左侧升降通道，由左侧升降电机带动车板及车上升至出入口，旋转盘带动已固定好的车板及车旋转 90° 后，打开出入口，司

机将车开出，自动检测系统检测到出入口处载车板上车辆已被取走，车库关门。

## 3 以 DSP 作为控制核心的多层循环式立体车库

### 3.1 控制器设计

立体车库的各种运动由带动拖车板的各个电机完成，立体车库控制本质上是对各个电机的控制，也就是对与电机连接的相应各个继电器开关的控制。所有继电器开关的控制信号均由 PWM 脉冲信号驱动控制，同时配有码盘传感器把拖车板的位置信号转换成脉冲信号。各控制器的任务就是按照指定的程序对这些继电器开关进行控制，使之完成相应的动作命令。

#### 3.1.1 控制器总体结构

立体车库控制器总体结构如图 3 所示。光电码盘传感器把拖车板的位置信息转换成两路宽度相同但相位差 90° 的脉冲信号，脉冲的数目与拖车板运动的距离成正比，相位差的符号代表了拖车板运动的方向。因此，通过对两路脉冲进行计数就可以得到拖车板的实际位置。脉冲信号经过光电隔离器件隔离后送入 CPLD 脉冲计数器，计数后的信息送入 DSP 主处理器。主处理器对接收到的拖车板位置信息进行计算和分析，并结合主控计算机的控制命令产生相应的 PWM 脉冲控制信号，经过光电隔离和功率放大后送给执行机构，控制拖车板的运行。DSP 通过 CAN 总线收发器连接到总线上，为提高精度，中间需要进行光电隔离。

#### 3.1.2 DSP 结构设计

DSP 主处理器是整个控制器的核心，主要完成信息处理和控制的各项功能。选用的 DSP 为某公司

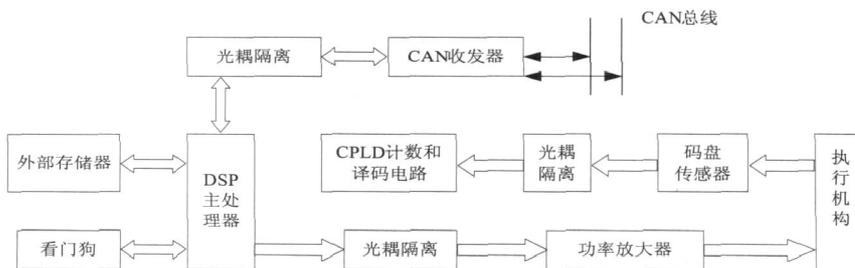


图3 控制器结构图

的 TMS320LF2407A 芯片，它是 C2000 系列中的高档产品，集实时处理能力和控制器外设于一身，非常适用于工业控制。

DSP 主处理器与外部电路的主要接口如图 4 所示。其中，CLKIN 为外部时钟信号输入端口，与外部频率为 10MHz 的时钟脉冲发生器相连，经过内部锁相环(PLL)倍频后为系统提供 40MHz 的工作时钟。PIJF 与 PILF2 与外部 Lc 滤波电路相连，为输入时钟提供滤波功能。XINT1 为外部中断输入端口，接收 CPLD 提供的外部中断信号，用来检测拖车板的零位。当每个拖车板经过自己的零位时，由光电零位检测开关发出一个脉冲信号，经 CPLD 译码后送 DSP 外部中断，DSP 运行中断服务子程序对信息进行分析处理，是哪一个拖车板就给哪一个计数器发送清零控制信号，如果是伪信号则不作理会。

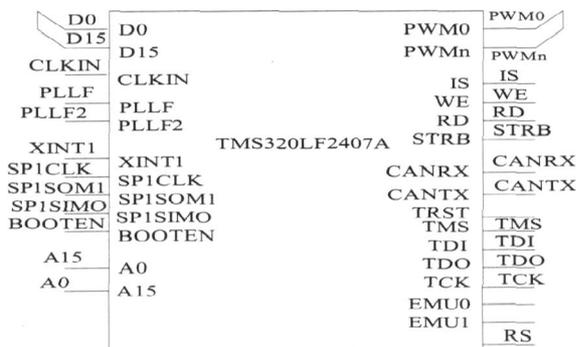


图 4 DSP 连线示意图

### 3.1.3 CPLD 结构设计

CPLD 作为控制器的脉冲计数器，并完成所有的译码功能，在控制器中同样占有十分重要的位置。本文选用的是某公司生产的 MAX7000 系列芯片中的 EPM7256AE，这是一款 100 引脚低电压(3.3V 供电同时兼容 5V)、高速度(传播延迟最小为 5ns)、高集成度(内含 256 个宏单元)的芯片，支持在系统可编程。其电路连接如图 5 所示。

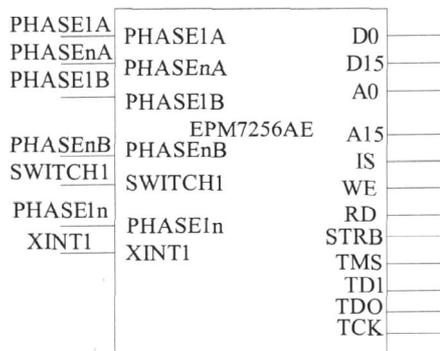


图 5 CPLD 连接示意图

在图 5 中，PHASE1A ~ PHASEnA 和 PHASE1B ~ PHASEnB 为多对码盘脉冲信号输入端口，接收码盘脉冲信号并进行计数，PHASE1A 与 PHASE1B 为 1 对输入，PHASEnA 与 PHASEnB 为 1 对输入，以此类推。SWITCH1 ~ SWITCH1-In 为各拖车板零位检测输入端口，当每个拖车板经过自己的零位时就由零位光电检测开关向 CPLD 输出一个脉冲信号，CPLD 对各零位脉冲信号进行处理后由 XINT1 端口以外中断的方式送 DSP 处理。D0 ~ D15 为 16 位数据端口，与 DSP 的数据总线相连，把计数结果送给 DSP。A0 ~ A15 和 IS、WE、RD、STRB 等端口分别与 DSP 相应端口连接，接收 DSP 的地址和控制信号，完成各种控制和译码功能。TMS、TDI、TDO、TCK 各端口分别与外部标准 JTAG 接口相连，完成各种仿真和调试功能。

所有的计数器都由同一个逻辑体完成，图 6 为单个计数器逻辑体示意图。其中，phasea、phaseb 分别为码盘传感器的两路脉冲输入信号，也就是计数的对象；clear 为 CPLD 内部译码后产生的清零信号，可以使计数器复位；read 为 CPLD 内部译码产生的 DSP 读计数器值信号，该位有效时把计数结果 q[] 送给 DSP。

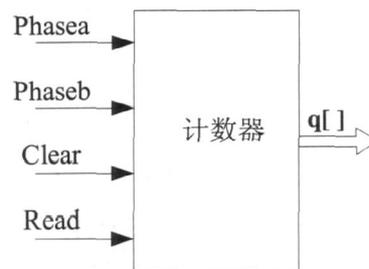


图 6 计数器示意图

用 MAX+plusII 环境自带的 AHDL 语言编写的 16 位计数器算法：

SUBDESIGN ahdleount  
(phasea ,phaseb ,clear , :-qPUT;

q[15..0] :OUTPUT;)

VARIABLE  
count[15..0] :DFF;

BEG  
countlj clk phasea;  
IF clear THEN  
countlj d=0;  
ELSIF phaseb THEN  
count[] .d=count[] .q+1;  
ELSE  
count[] .d=count[] .q-1;  
END IF;

```
IF read THEN
q[]=count[];
END IF;
END;
```

### 3.2 控制器工作过程

整个控制器的工作过程为：DSP 轮流读取每个计数器中的数值，并与主控计算机的控制命令进行比较，使用PD等算法计算出需要的控制信号，利用DSP内部自带的PWM脉冲信号发生器产生需要的PWM脉冲控制信号送相应执行机构，对拖车板进行控制，同时把拖车板的运行情况通过CAN总线上传给主控计算机，主控计算机再产生新的控制命令，如此进行下去，就可以完成规定的控制任务。

## 4 两种控制核心的综合比较

从以上的内容可以看出，虽然PLC和DSP都能完成对现代立体车库的控制，但是在立体车库的生产成本、运行费用、控制性能上仍有着很大的区别，在这里做一下必要的讨论。

### 4.1 PLC的优势和不足

#### 4.1.1 优势

目前的立体车库绝大多数采用PLC作为控制核心，是因为PLC具有自身的许多优势特点，具体表现在多个方面，其中可靠性高、抗干扰能力强、配套齐全、功能完善、适用性强、易学易用、系统的设计、建造工作量小，维护方便、容易改造、体积小、重量轻、能耗低等优势使得PLC在目前国内外控制领域中占有一席之地。

#### 4.1.2 面临的问题

尽管PLC在功能特点上有很多优势，但是但随着用户需求的不断提高和扩大，立体车库逐渐向智能化、人性化的方向发展，对立体车库的可靠性、控制精度和速度都提出了更高的要求，从而对控制芯片的性能也提出更高要求。PLC在立体车库的实际应用中存在的问题也越来越多的显现出来。

### 4.2 DSP的优势

首先在运行速度方面，PLC的运算速度只能达到us级，而DSP（数字信号处理器）的运算速度可以到ns级，因此能更好地满足电子高智能化立体车库对于控制芯片的要求；在生产成本方面，由于立体车库需要的I/O点数比较多，如果用PLC的控制方法，生产成本将会很高，但是用DSP+CPLD实现

的话会在生产成本上大大降低，目前DSP外扩CPLD的方法已经在军事、工业高精度控制、数码产品中都得到了广泛的应用；在控制性能方面，由CPLD完成大量复杂的逻辑运算，使得微处理器从繁忙的事务中解脱出来，DSP完成控制系统的数字运算功能、系统通讯、人机对话通讯、故障检测、自动检测等功能，这样可以进一步提高系统的响应速度和控制精度；在功能扩展方面，DSP在片内集成了各种工业上常用的各种模块，为立体车库功能的升级提供了强大的硬件保障。上述可以看出，DSP外扩CPLD会逐渐取代PLC成为现代电子智能化立体车库控制部分的主流。

## 5 结论

本文较全面地分析了多层循环式立体车库的结构和运行原理，将DSP、PLC成功地应用于多层循环式立体车库，对现阶段国内外的立体车库所应用的控制技术进行了评述（指出了DSP和PLC的优势和劣势），并对立体车库的发展做出了预测。

随着立体车库控制技术的不断发展、DSP芯片的不断升级与完善，DSP在未来必将取代PLC成为立体车库控制部分发展的主流，未来的立体车库在生产成本、运行费用、控制性能上定能实现更大的突破，智能化立体车库在未来必然有更大的发展。

### 参考文献：

- [1] 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.
- [2] 张满凡.车辆猛增停车难 市场看好立体车库[J].新经济,2005,(8):58-59.
- [3] 李振良,程志毅,庞磊,等.经济型立体车库[J].湖北工学院学报,2004,19(3):126-127.
- [4] 黄树波.城市建设应发展立体车库[J].辽宁建材,2004(3).
- [5] 程怀舟,周霞.PLC在立体停车库控制系统中的应用[J].设计制造,2004(9).
- [6] 廖艳娥.DSP、CPLD在V-M系统中的应用[J].武汉工业学院学报,2006,12.
- [7] 冯金光,周华平.DSP和CPLD在机器人控制器中的应用[J].机电工程,2004,12.
- [8] 王建祥,李永伟.PLC控制在播种机中的应用设计[J].农机化研究,2008,7.
- [9] 陈峰,毛玉良.基于CPLD的DSP电机控制系统主板设计[J].金陵科技学院学报,2005,21(3).
- [10] 周国荣,李致富.基于DSP和CPLD的开放式机器人控制器[J].控制工程,2006,1,13(1):84-86.