

# 基于 GCY520 型地铁内燃车的控制系统设计

朱榆涵

(中车北京二七机车有限公司 北京 100072)

**摘要:** 鉴于微机控制系统直接影响内燃车的性能和使用寿命,而传统的控制系统实时性差,处理能力有限,很难精确控制。基于技术和成本考虑提出了适用于 GCY520 型地铁内燃车的微机控制系统方案。整个系统方案分为硬件设计和软件设计两大部分。硬件设计采用贝加莱公司的 PLC 模块搭建硬件平台,由 CPU 模块、通信模块、输入输出模块、温度测量模块、计数模块以及两个显示屏组成。软件设计以贝加莱公司开发的 Automation Studio V3.0.90.28 为基础,采用 C 语言和梯形图实现整个系统的逻辑控制。最后装入 GCY520 型地铁内燃车对硬件电路中的信号和系统功能进行验证,结果表明信号的完整性良好,能实现对内燃车的柴油机和传动箱等设备的控制,经济实用且可靠性高,是一种具有良好应用前景的控制系统。

**关键词:** 内燃车; 可编程控制器; 控制系统

**中图分类号:** U262; TP273 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

## Internal combustion engine car's control system design based on GCY520

Zhu Yuhan

(Beijing Feb. 7th Railway Transportation Equipment Co., Ltd, Beijing 100072, China)

**Abstract:** Control system affects the performance and useful life of internal combustion vehicle. Implementations of internal combustion engine car's control system design based on GCY520 is presented. According to system function, the system is divided into hardware design and software design. The hardware design contains cpu module, communication module, input/output module, temperature module, counting module and two LCD monitors. The software design realizes logical control based on C language and ladder diagram. Finally we put the system into the internal combustion vehicle cab to test the performance. The results show that the control system runs stably and can meet the needs of users well.

**Keywords:** internal combustion vehicle; PLC; control system

## 1 引言

内燃机车是我国铁路运输的主要牵引动力,长期担负着万里铁路线繁重的运输任务,为国家建设、国民经济的发展发挥着重要的作用<sup>[1]</sup>。传统的内燃车微机控制系统大多由单片机实现,受到单片机运行速度、扩展能力以及开发方面的限制,已经很难实现大量的功能扩展<sup>[2]</sup>。可编程控制器(PLC)不仅具有强大的逻辑控制功能,还能适应恶劣的工业环境,在机车领域有很好的应用<sup>[3]</sup>。本文以贝加莱 PLC 为平台,提出了 GCY520 型地铁内燃车控制系统的设计方案,与传统内燃车相比,不仅具有牵引控制功能还能实现双端操纵台控权转换、调车与小运转工况转换、冷却风扇控制、交流发电控制及双车重联等功能,对深圳地铁的调车和救援工作具有重要的意义。

## 2 系统硬件电路设计

系统硬件电路结构如图 1 所示。由 CPU、输入输出模块、通信模块、高速计数模块、温度采样模块以及 2 个显示屏组成。CPU 采用的是贝加莱公司的 X20CP1584,包含电源模块、端子排 TB12 和插槽外罩,且具有 64 MB DRAM,1 MB SRAM,可擦写应用内存。1 个用于 X20IF-模块的插槽,2 个 USB 接口,1 个 RS232 接口,1 个 Ethernet 接口 10/100Base-T,1 个 POWERLINK V1/V2 接口<sup>[4]</sup>。输入输出模块分为模拟输入输出模块和数字输入输出模块。模拟输入模块采用的是 AI4622,具有 4 路输入端,电压范围是 ±10 V 或者 0~20 mA 或 4~20 mA,13 bit 分辨率。模拟输出模块采用的是 AO4622,具有 4 路输出端,电压范围是 ±10 V 或者 0~20 mA,12 bit 分辨率。数字输入模块采

用的是 DI9371,具有 12 路输入端,电压是 24 V,漏式,可配置的输入滤波,1 线连接技术。数字输出模块采用的是 DO9322,具有 12 路输出端,电压是 24 V,0.5 A,源式,1 线连接技术<sup>[5]</sup>。通信模块分为发送模块和接收模块。发送模块采用的是 BT9100,接收模块采用的是 BR9300。高速计

数模块输入最高频率可达 100 kHz,用于采集车速、柴油机转速等高频信号,共计 1 块 4 路<sup>[6]</sup>。温度采样模块可直接采样 PT100、PT1000 温度传感器,共计 1 路 4 块<sup>[7]</sup>。2 台 10.4inch 触摸显示屏,每台触摸屏均带 CPU,同时与远程 I/O 等模块通信。

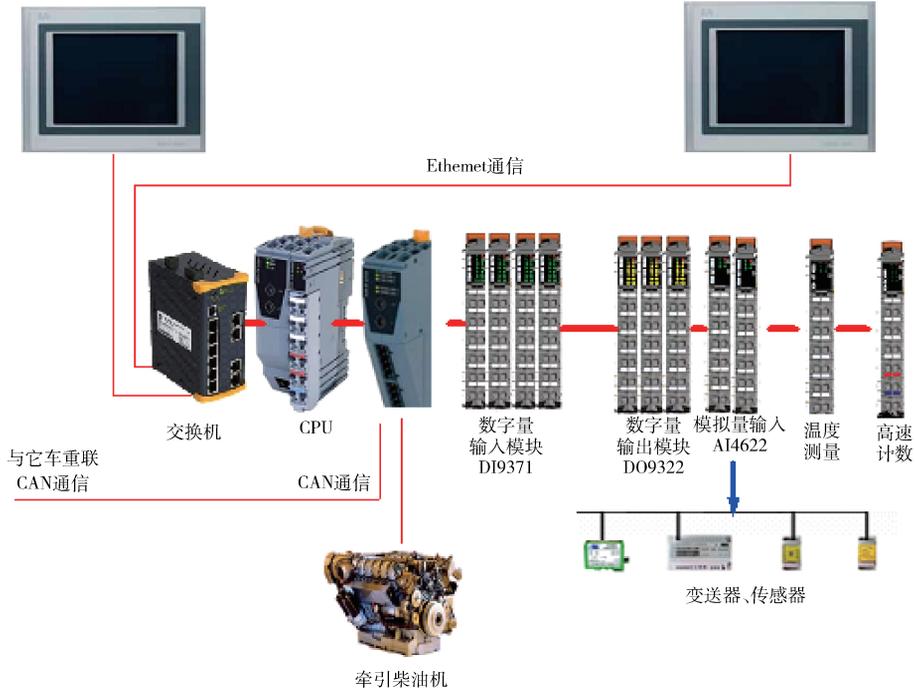


图 1 系统硬件结构

### 3 系统软件设计

#### 3.1 系统功能

地铁内燃车的功能是实现深圳地铁电客车的牵引。主要分为网络功能、柴油机控制、冷却系统控制、交流发电控制及其他辅助功能、故障分级及保护和机车重联运行等方面。

##### 3.1.1 网络功能

本系统采用的是 CAN 总线网络。与一般的通信总线相比,CAN 总线的通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性<sup>[8]</sup>。CAN 总线主要实现 CPU 与柴油机、作业机具

及其它 CAN 接口的通信。CPU 与扩展模块的通信也经过 CAN 总线,且可以实现故障时自动切换。

##### 3.1.2 柴油机控制

柴油机控制主要包括调速、参数显示及保护三部分。调速是通过 CAN 接口以通讯方式调速,同时将柴油机转速传送至传动箱控制器<sup>[9]</sup>。通常情况下的柴油机调速依据司控器档位信号,如表 1 所示。在使用液力制动或传动箱有特殊要求时,根据传动箱控制器的要求调节。参数显示主要通过 CAN 总线接收柴油机的各种参数如转速、水温、油压等在触摸屏显示。保护功能主要是各种故障情况下的柴油机卸载,如低油压保护、高温保护等。

表 1 司控器档位对应关系

司控器档位	0	1	2	3	4	5	6	7	8
柴油机转速	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400
司控器档位	9	10	11	12	13	14	15	16	
柴油机转速	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 050	2 100	

##### 3.1.3 传动箱控制

传动箱采用的是大连所生产的 DH07。该传动箱用 2

根变矩器二轴(A 轴和 B 轴),每根变矩器二轴上各装有 2 个性能不同的变矩器(起动变矩器和运转变矩器)。传动

箱换挡分为自动换挡和手动换挡两种<sup>[10]</sup>。当换挡选择开关位于自动位时,根据传动箱工况选择开关的位置、机车

速度依据表 2 控制换挡,档位对应工作继电器及电磁阀如表 3 所示。

表 2 传动箱换挡点

发动机档位	0	1	2	3	4	5	6	7	8
调车 I → II 速度	5.67	6.62	7.57	8.51	9.460	10.4	11.355 0	12.299 00	13.244
调车 II → I 速度	3.67	3.62	4.577	5.51	6.466	7.4	8.35	9.29	10.234
运转 I → II 速度	13.43	15.67	17.910 0	20.15	22.38	24.62	26.86	29.1	31.24
运转 II → I 速度	10.43	12.67	14.91	17.15	19.38	21.6	23.8	26.1	28.3
发动机档位	9	10	11	12	13	14	15	16	
调车 I → II 速度	14.19	15.13	16.08	17.02	17.91	18.91	19.3	19.6	
调车 II → I 速度	11.19	12.13	13.08	14.02	14.9	15.9	16.3	16.8	
运转 I → II 速度	33.58	35.81	38.05	40.29	42.5	44.7	45.8	47.0	
运转 II → I 速度	30.58	32.81	35.05	37.29	39.5	41.7	42.8	44.0	

表 3 传动箱档位对应工作继电器及电磁阀

档位	工作电	工作继	磁 阀	电 器
I 端前进 I 档 / II 端后退 I 档	B1	F1		KA12
I 端前进 II 档 / II 端后退 II 档	B2	F1、F2		KA12、KA13
I 端后退 I 档 / II 端前进 I 档	A1	F4		KA15
I 端后退 II 档 / II 端前进 II 档	A2	F4、F5		KA15、KA16

### 3.1.4 冷却系统控制

当冷却风扇选择开关置“自动”位时,控制系统检测介质温度(柴油机进气温度、柴油机水温、液压油温、传动油温),当任意一个温度点超过要求值时控制冷却风扇工作;当风扇选择开关置“低速”或“高速”位。则不管介质温度直接控制冷却风扇工作。

### 3.1.5 交流发电控制

当发电走行转换开关处于“发电”时,且机车速度为 0、柴油机转速为(600±10)r/min 时,PLC 控制电磁离合器得电吸合,同时发电机吸合灯亮。延时 3 s 后把柴油机转速提高到 1 500 r/min。

当发电走行转换开关处于“发电”时,机车速度大于 0 或柴油机转速超过 1 500 r/min,输出低电平,使电磁离合器失电断开,同时发电机吸合灯灭。

当发电走车转换开关处于“运行”位时,PLC 输出低电平,使电磁离合器失电断开,同时发电机吸合灯灭。

当该发电走车转换开关处于“运行”后,当 PLC 监测发电机交流输出电压大于 20 V 时,机车报警卸载。

### 3.1.6 辅助功能控制

数据存储及转存:当机车速度大于零或者柴油机转速大于 600 转或者点击显示屏上的数据存储按钮时即可进行数据存储。数据转存需将 U 盘插入 CPU 模块上标注 IF4 的 USB 口上,当数据未处于正在存储过程中时,按动

数据存储按钮,则将存储数据转存到 U 盘上。

轮径设置:出厂时的默认值是 840,在输入框中输入您要设置的新值后,点击“Enter”即可。

防滑/防空转保护:牵引工况时,当机车控制系统认为机车轮对发生了空转,给出报警信号,系统自动降低柴油机转速,柴油机的输出功率相应降低,直到轮对的空转消失;制动工况时发生了滑行,判断原理与空转相同,发生滑行时,给出报警信号,并控制撒沙。

静液压油系统:静液压油箱上带有 1 个吸油过滤器、1 个回油过滤器、1 个低液位报警器以及 1 个液压油温传感器。2 个过滤器均带有堵塞发讯器,发讯器电压为 DC 24 V,当过滤器堵塞时发讯高电平,PLC 显示“吸油过滤器”、“回油过滤器堵塞”;低液位报警器用电电压为 DC 24 V,当液位低时,输入高电平报警;温度传感器用电电压为 DC 24 V,可以将温度信号传递到 PLC,通过显示屏显示液压油温。

### 3.1.7 故障分级及保护

拟采用分级措施对不同故障实现不同的控制,同时将故障检测作为 1 个子程序,在主循环中分时调用。将故障主要分为 3 类:1)报警类。该类故障只做报警,并不进行其他控制。如低水位。2)卸载类。该类故障在报警的同时进行柴油机卸载。如柴油机水温高。3)制动类。在报警、卸载的同时进行液力制动,如列车紧急。

### 3.1.8 机车重联运行

考虑双车的重联运行,各列车将司控器信号及加载信号通过重联插头并联相接,将各车的传动箱系统、柴油机系统、制动系统的主要参数和状态以及故障提示信息等重要参数通过网络于各个显示屏显示。

## 3.2 系统界面

整个系统分为牵引界面、辅助功能、它车界面、开关状态、故障履历、帮助信息和累计信息界面。其中牵引界面是系统的主界面如图 2 所示,主要显示柴油机的转速、油

压、水温以及传动箱的油温、充油等状态。辅助功能页面包含时间日期设置、数据记录与转存、触摸调试以及触摸屏 I/II 端换向等。它车界面与牵引界面相同,当重联指示灯变绿,两车重联后才能查看它车数据。开关状态主要显示 PLC 的 I/O 口的状态。故障履历页面分为当前故障和历史故障两个页面。当前故障页面只显示当前的报警,历史故障页面显示所有发生过的报警。机车信息界面记录柴油机累计运行时间与里程。帮助信息界面简要介绍系统功能和故障处理方法。

有的显示绿色有的显示灰色。绿色代表此通道有信号输入/输出,灰色代表此通道没有信号。



图 4 模块工作状态示意

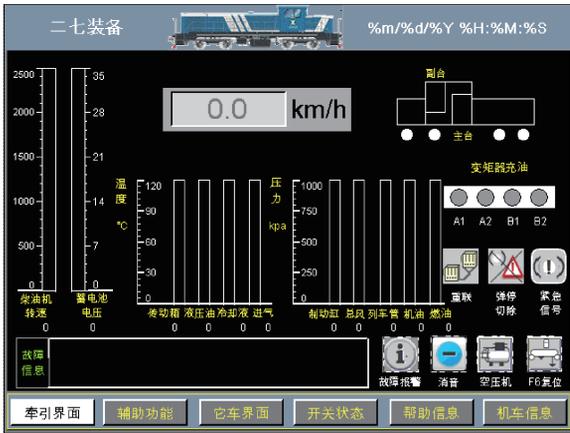


图 2 牵引界面(断电状态)

### 4.2 系统功能测试

系统功能测试的目的是测试微机控制系统能否实现对内燃车柴油机和传动箱等装备的控制。将系统程序写入 CF 卡装入 CPU 卡槽内,程序运行时首先进入起始页面,经过 5 s 系统自动跳入牵引页面如图 5 所示。

## 4 测试结果及分析

### 4.1 PLC 硬件连接测试

硬件测试的目的是为了测试接通电源后,贝加莱 PLC 各模块能否正常工作。将 CPU 和 CAN 通信模块装入司机室电器柜如图 3 所示,此时显示 CPU 处于给电运行模式,以太网通信正常,有 4 路 CAN 通信通道均处于正常工作状态。



图 3 CPU 工作状态示意



图 5 牵引界面(上电状态)

根据司控器换档开关的位置不同可以控制柴油机的转速,当前显示柴油机转速是 1 750 转。蓄电池电压正常的工作范围是 22~26,当前蓄电池的电压是 31,超过正常范围显示红色。通过 CAN 通信模块接收系统的温度和压力值,其中绿色代表正常工作,黄色代表警醒状态,红色代表报警状态。车速可以实时在显示屏显示,并且与车速表速度值一致。拨动控权开关可以实现对内燃车控权的控制,如图所示有钥匙的一端代表控权端,机车的行进方向用箭头的指示方向表示。两个车重联时,重联图标变为绿色。列车紧急停车时,紧急信号图标变为红色。当系统存在报警时,报警图标变成红色,点击按钮可以查看当前存在的报警。空压机风压不足时,可以点击空压机打风按钮强制打风。变矩器充油状态灯故障时,点击 F6 复位按钮

将 4 个数字输入模块、2 个模拟输入模块、1 个温度测量模块、3 个数字输出模块和 1 个计数器模块依次接入 CAN 通信模块,如图 4 所示,接通电源后,模块 12 路通道

实现对变矩器的复位。

点击翻页按钮翻至开关状态页面,测试微机控制系统能否与内燃车各装备正常通信,如图 6 所示。开关状态页面的指示灯与装备的工作状态一致,代表可以正常通信。



图 6 开关状态界面

## 4 结 论

本文采用模块化的设计思想,选用高可靠性的贝加莱公司的 PLC 作为硬件主体,通用性强,性能优良。目前该系统已经成功装于 GCY520 型深圳地铁内燃车,用于牵引地铁电客车,运行功能稳定,效果良好。

## 参 考 文 献

[1] 张斌. 基于 PLC 的内燃机车逻辑控制系统的研

究[D]. 成都:西南交通大学,2007.

[2] 李涛. 内燃机车微机控制系统的研究和设计 [D]. 北京:北京交通大学,2006.

[3] 余建国. PLC 在工业远程控制方面的应用[J]. 自动化博览,2006, 24(S1):60-61.

[4] 苏姗姗,苏小光. 基于 PLC 的信号采集系统[J]. 国外电子测量技术,2012,20(9):28-29.

[5] 王斌. 迅猛发展的贝加莱 PLC 控制技术[J]. 工业控制计算机,2011,19(4):10-11.

[6] 赵欣. 贝加莱 PLC 与 PCC 励磁调节器的研究与实现[J]. 传感器与微系统,2010,27(5):63-65.

[7] 何赛松,徐雷. PLC 与 PC 机的串行通讯在数控管切割中的应用[J]. 机械设计与制造, 2012(1): 49-51.

[8] 魏丰,潘小虎,曾勇,等. 光纤 CAN 总线集线器及其组网研究[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(12): 2839-2844.

[9] 罗惠谦,杨晓静. 基于 PLC 的柴油机安全系统的研究[J]. 仪表技术,2010(11):1-2.

[10] 朱伟. 基于 PLC 的机械静压复合传动箱控制系统研[D]. 西安:长安大学, 2012.

## 作者简介

朱榆涵,1985 年出生,2013 年于北京航空航天大学获得硕士学位,现就职于中车北京二七机车有限公司,主要研究方向为大型养路机械产品的设计开发。

E-mail:zhuyuhan\_buaa@126.com

(上接第 21 页)

[7] HUANG X B, WU K L. A Broadband and vialess vertical microstrip-to-microstrip transition[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory Technology, 2012, 60(4): 938-944.

[8] 卿晨,夏雷,徐锐敏. 微带线到共面波导的 LTCC 宽带耦合互连过渡[J]. 微波学报,2012(8): 340-343.

[9] LIU G, LIN L, XIAO Y, et al. Vialess vertical microstrip-to-microstrip transition using open slot-line[J]. Electronics Letters, 2015, 51(23): 1895-1896.

[10] 冉涛,傅光,范一鹏. 一种新型双层微带定向耦合器[J]. 电子科技, 2011,24(1): 118-120.

[11] 陶子文,宽带微带线过渡结构的研究与设计[D]. 南京:南京理工大学,2014.

## 作者简介

张国忠,1985 年出生,工学硕士,工程师,主要研究领域为接收通道设计、微波电路设计等。

E-mail:guozhongzhang@163.com