

电子逻辑控制器在地铁中的应用研究

陈 志

浙江众合科技股份有限公司 浙江 杭州 310051

摘 要: 文章简述了当前列车继电器的环境背景,研究了旧继电器失效分析的原因和电子逻辑控制器对比分析,概述了一种电子逻辑控制器基础功能和结构组成,设计了电子逻辑控制器软件系统。还研究了地铁列车控制系统中电子逻辑控制器的应用问题,讲述了现有地铁上的应用案例,展望未来的技术前景。

关键词: 电子逻辑控制器、地铁、列车、继电器、技术

1 环境背景介绍

当代社会,伴随着我们国家的发展,城市轨道交通事业也大步前进。电子集成技术在地铁车辆上的应用越来越广泛。为解决旧式继电器容易老化的问题,电子逻辑控制器被引用到轨道交通领域,国内多个城市地铁采用它来简化列车硬线电路。^[4]

旧有的继电器在地铁列车中有着重要的作用,每列列车上有几百个机械触点的各样继电器,它们通过列车电缆线连接起来,构成了列车运行的逻辑控制系统,在列车中传递控制信号。它们涉及列车激活、司机室占有、车门状态检测、受电弓控制以及牵引制动等控制回路,关系着列车的运行安全,但也存在着缺陷,需要新技术去解决。

2 旧继电器失效分析

目前城市地铁列车上大都还采用旧式的电磁式继电器,它主要包含铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等部分,其通过电流通断吸合磁铁的原理,达到电路的开关作用,从而在列车电路系统中实现逻辑控制功能。

据统计,继电器损坏引起列车故障约占比6成。根据继电器本身特性和列车应用情况,我们分析造成其失效的主要原因如下。

2.1 机械触点物理材料的限制,如3000/天频率动作,预计继电器的寿命低于一年。

2.2 长久在得电状态,列车运行中高温铁芯会加速内部材料老化,引起卡滞故障。

2.3 长久在失电状态,其常闭触点在集中电流谐振下会失常。

2.4 连接触点长时在低负载的状态,会因润湿电流不够,无法有效去除表面氧化薄膜,而造成触点接触不良。

2.5 连接触点在大负载的情况下,由于分合瞬间的冲击电流带来触点材料损耗,长久使用会导致连触点损坏。

通过分析,上述不利因素会造成继电器使用中出现问题,其功能两三年时间逐渐失效,导致列车出现

异常。

3 一种电子逻辑控制器概述

电子逻辑控制器是一种可编程的逻辑控制系统,它采用电子信息技术可以用来替换列车上旧有的时间继电器、中间继电器等低压继电器去实现列车上的逻辑控制功能的逻辑控制装置。它将电子元器件开关进行电路集成,然后结合软件驱动设计相关逻辑应用到控制系统中去。

3.1 电子逻辑控制器基础功能

逻辑控制器的硬件采用电子集成电路,用光电耦合器控制开关的电路替代了接触式电磁式继电器,通过其“电-光-电”模式实现非接触的方式完成开关作用,在电路中实现逻辑控制功能。设计一种逻辑控制器可以实现的功能如下所示:^[5]

(1) 电子逻辑控制器采集外部DC110V开关量输入信号。有干接点输出驱动功能。板卡有备硬件看门狗监视电路。有级联控制功能。

(2) 电子逻辑控制器有DC110V开关量输出驱动功能。有过流、短路保护功能。

(3) 电子逻辑控制器与列车控制系统有网络通信功能,能够接受并响应列车控制命令、时间和车号、故障信息、报警信息、输入/输出状态等信息。

(4) 电子逻辑控制器有逻辑控制和应用逻辑二次编程的功能。能根据输入采集值、通信数据值,实现定时、延时、组合逻辑控制功能。

(5) 电子逻辑控制器支持在线监控、离线仿真及单步调试。可以接收列车时钟信息,保持与列车时钟同步。有实时时钟RTC功能。

(6) 电子逻辑控制器有LED显示输入、输出、通信、电源等状态。有开关量输入/输出通道故障诊断、通信故障诊断功能。

(7) 电子逻辑控制器有工作状态数据和故障数据记录和转储功能。可记录输入点位输入值、输出点位输出

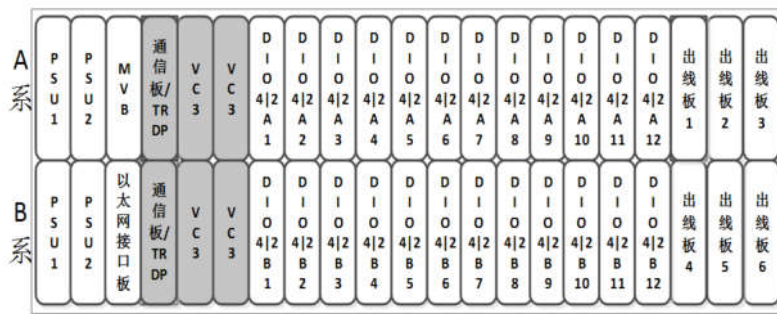
值、故障数据，数据记录时间、列车控制命令等；其数据可下载。

(8) 电子逻辑控制器的电源板、主控板、IO板有冗余功能。含有人机界面接口功能，可以查看软件和硬件版本，查看单板状态和各个单板输入输出状态。可对外通信，可拓展其他接口功能。

3.2 电子逻辑控制器结构组成

电子逻辑控制器由多块电子集成板卡硬件组成，通过集成电路共同实现其相应的逻辑控制功能。

电子逻辑控制器硬件包含PSU板，MVB板，通信板，VC板，DIO输出/输入板，出线板，背板线，CAN总线等等。各个板卡通过背板线进行有效连接，通过出线板和外部进行连接，系统通过PWR进行供电。^[5]不同配置下，板卡类型和数量会有不同。以6U SIL4/SLI2混合机柜笼为例子，设计一种电子逻辑控制器硬件方案参考组成如下图所示：^[3]



(5) 电子集成板卡

主要是实现物理硬件的控制，如采集输入输出电流实现电气化控制等。

4 对比表格分析

根据应用的研究和现实情况，选取部分方面进行电子逻辑控制器和继电器对比，像占用空间，逻辑可编程性，冗余功能，反映时间，经济成本，维修安装时间，故障诊断记录，可靠性，维护时间，使用寿命。具体对比情况如下表所示。^[7]

对比方面点	电子逻辑控制器	旧式继电器
占用空间	集成电路占用空间小，无布线	布线多，数量多，使用空间大
逻辑可编程性	集成板卡和软件结合，逻辑可编程，设计时间和逻辑控制列车，可编辑。	根据安装布线的固定逻辑时序电路实现列车控制，固定逻辑使用，不可编辑。
冗余功能	实现板卡冗余设计，A系任意单板故障，B都可启用备板，避免运行时功能失效。	无

3.3 电子逻辑控制器软件设计

可对电子逻辑控制器软件设计，它具有可编程控制逻辑的功能，设计一种软件系统可由上到下分为以下5个部分作为架构。

(1) 智能布尔逻辑编辑应用

主要是存储应用业务数据，一般是逻辑运算表达式集合，采用二进制格式文件保存。

(2) 逻辑单元控制器

主要是对第一层的输入逻辑数据进行录入翻译然后逐条执行。

(3) 软件平台

主要是对输入和输出的开关量进行采集和输出功能，进行系统内外数据信息交换

(4) 操作系统

主要是包含驱动，驱动底层的电子集成板卡硬件，进行硬件故障检测和诊断

续表：

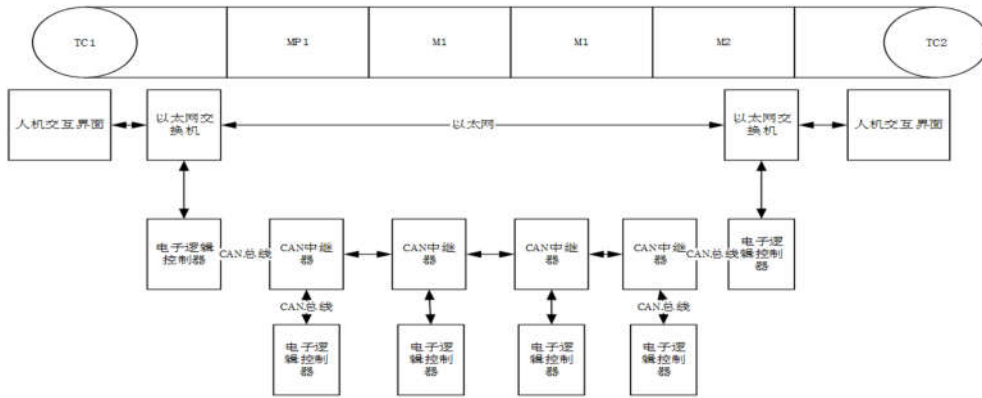
对比方面点	电子逻辑控制器	旧式继电器
反映时间	时间短，微秒级	毫秒级
经济成本 ^[6]	一次性成本：一次改造更换金额高。维护成本：后续维护成本低。	一次性成本：一次更换金额低。维护成本：更换数量多，频繁，长期人力，维护成本高。
维修安装时间	维修时间短，	维修时间长
故障诊断记录	故障独立记录，可下载日志分析，有诊断能力。	无诊断，无记录
可靠性 ^[6]	故障率低，可靠性好	故障频繁发生，可靠性比较差
维护时间	损坏次数少，频率低	损坏次数多，频率高
使用寿命	寿命周期10年	2-3年

5 列车上的电子逻辑控制器应用案例

地铁列车车箱相互连接，在车头TC1和TC2连接上人机交换设备，通过以太网交换机连接上以太网，以太网连接上电子逻辑控制器，MP1, MP2, M1, M2车每列车箱连上一个电子逻辑控制器，车厢之间通过CAN中继器和

CAN总线进行连接。^[2]设计了一种列车上控制器连接参考模型如下图所示:

目前全国地铁越来越多开始用逻辑控制器来替代电子逻辑控制器,以下是电子逻辑控制器替换继电器的地



铁列车真实项目。

真实案例《深圳地铁9号线项目LCU系统继电器替代清单》, 替换旧继电器188个, 《广州地铁3号线LCU改造项目继电器替代清单》, 换掉246个。《深圳地铁1号线LCU改造项目继电器替代清单》更换继电器236个, 大大减少了数量, 节省了空间。^[1]比如《佛山地铁2号线改造项目》替换94个继电器。《合肥地铁2号线LCU应用方案》替换约60个。以后地铁的车辆将逐步采用逻辑控制器去取代原有的机械继电器。

替换前后现场示意图对比^[3]:



结束语

目前考虑的技术待完善和实际列车安全, 像大电流、高电压的, 蓄电池激活继电器、紧急制动相关环路

继电器暂无法取代。车辆其他继电器改造前后, 空间布局简化, 连线减少, 维护简单, 检修容易, 通过分析和预测, 以后电子逻辑控制器可以降本增效并减少故障。

电子逻辑控制器将会得到越来越多的应用在新的地铁列车和改造的地铁线路中, 作为重要的单元成为未来列车无人驾驶的新兴的关键技术。电子逻辑控制器在保障列车安全行驶前提下, 它适合列车推广和应用, 将成为未来新趋势。

参考文献

[1]王正斌《简述地铁车辆LCU系统及应用》2020年11月
 [2]谢志平《地铁车辆的 LCU应用及旁路设计》
 [3]母庚鑫.耿斯涵.沈英杰.李皓煜《基于LCU的地铁车辆控制电路研究》
 [4]李维峰《城市轨道交通信号系统新技术发展应用前景》2021年12月
 [5]乐建锐.李恒瑞.王莉《LCU在深圳地铁9号线车辆中的应用》
 [6]李昌强《地铁车辆LCU逻辑控制技术的应用研究》
 [7]王利伟《LCU在合肥地铁3号线车辆上的应用研究》