

# PLC技术在煤炭工程电气自动化中的应用

乔少杰

陕西华电榆横煤电有限责任公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5098

**[摘要]** 可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称PLC)由于具有高可靠性和灵活性以及优异的环境适应性而被广泛应用于当今煤矿行业的电气自动化控制当中。本文主要研究PLC技术在煤矿行业中的应用机制、意义、问题以及发展趋势。首先介绍PLC的工作原理以及它相比于传统的继电器控制的优势;然后根据煤矿行业的需求,详细介绍了PLC在煤矿提升机、采掘设备、输送带、通风排水等方面的应用;接着指出了目前PLC使用中存在的系统封闭性、安全性以及与新技术的结合较差的问题;最后展望未来煤矿行业的发展趋势是网络化、智能化、集成化,而PLC也需要跟上时代的步伐,在开放的标准下加强自身的防护能力并且更好的与其他新技术相结合才能更好地为煤矿行业的安全、高效、智能做出贡献。

**[关键词]** PLC技术;煤炭工程;电气自动化;本质安全;智能化矿山

**中图分类号:** TD67 **文献标识码:** A

## Application of PLC Technology in Electrical Automation of Coal Engineering

Shaojie Qiao

Shaanxi Huadian Yuheng Coal and Electricity Co., Ltd.

**[Abstract]** Programmable Logic Controller (PLC) is widely used in electrical automation control in the coal mining industry due to its high reliability, flexibility, and excellent environmental adaptability. This paper studies the application mechanisms, significance, existing problems, and development trends of PLC technology in the coal mining sector. It first introduces the working principle of PLC and its advantages over traditional relay control systems. Then, according to the requirements of the coal industry, it elaborates on the applications of PLC in coal mine hoists, mining equipment, conveyor belts, ventilation, and drainage systems. It further points out existing issues in current PLC applications, such as system closedness, safety concerns, and weak integration with emerging technologies. Finally, it forecasts that the future development of the coal industry will be networked, intelligent, and integrated. PLC technology must keep pace with these trends by enhancing security under open standards and improving integration with new technologies, thereby contributing more effectively to safe, efficient, and intelligent coal mining operations.

**[Key words]** PLC Technology; Coal Engineering; Electrical Automation; Intrinsic Safety; Intelligent Mining.

### 引言

在我国“富煤、贫油、少气”的能源结构背景下,煤炭是我国一次能源消费的主要组成部分,也是我国能源安全的重要保障。但是,由于煤炭开采是在地质条件复杂、灾害频发的地底下进行,所以存在瓦斯突出、透水、火灾、顶板垮落等一系列问题。传统的以人工操作为主、简单的继电器控制方式不但工作效率低而且不能很好地处理随时可能出现的地下事故,造成严重的安全事故。因此,在这种情况下,加快煤炭行业的电气化、信息化以及智能化发展势在必行。而PLC在上世纪六十年代出现以后由于其可靠性高、抗干扰性强、编程方便、维护简单等特点很

快成为了工业控制领域的主流产品。而对于工作环境恶劣、安全性要求极高的煤矿来说,使用PLC是一种划时代的进步。它可以替代大量的复杂硬接线继电器回路,从而实现对各种机械设备准确、可靠地自动控制并为建立全矿综采自动化奠定良好的基础。本文就围绕PLC展开论述,探讨它是如何渗透到煤炭行业中去并且改变整个行业的生产和管理方式。

### 1 PLC技术的基本原理与核心优势

#### 1.1 PLC的基本构成与工作原理

PLC实质上是专门为工业现场而设计的一种小型工业控制计算机,其基本结构一般包括中央处理器(CPU)、存储器(Memor

y)、输入/输出(I/O)接口电路、电源模块及通信模块等几个主要部分。其中,CPU相当于整个系统的“大脑”,负责运行用户编制的程序;而存储器用来保存系统程序以及用户程序;I/O接口是PLC与外界交流的纽带,输入模块用来获取来自传感器、按钮或者行程开关等现场设备的信息,输出模块用来给接触器、电磁阀或者指示灯等执行部件提供控制信号。PLC的工作原理是采用一种称为“扫描”的工作方法,在一个扫描周期中,PLC先集中读取所有的输入点的状态并将其保存在输入映像寄存器中;然后,CPU逐一地从存储器中取出一条条的指令来执行,并依据输入的情况以及内部的数据进行相应的计算,得到每一个输出点的新状态并暂时放在输出映像寄存器内;最后再将输出映像寄存器中的内容一次性写回到对应的物理输出端口上以控制外部的负载<sup>[1]</sup>。由于它是集中输入、集中输出的方式,所以对外部的干扰具有很强的抵抗能力,提高了系统的可靠性和稳定性。

### 1.2 PLC相较于传统控制方式的显著优势

在PLC广泛应用之前,工业控制主要依靠继电器等硬接线逻辑实现,有接线麻烦、体积庞大、不易排查故障、修改逻辑需要重新布线等问题。而PLC的出现使这一切发生改变。第一,高可靠性和良好的抗干扰能力:使用无触点集成电路及模块化结构,加上光耦合器、滤波器、看门狗等软硬件手段,在灰尘较大、潮湿或者有较强电磁干扰的地方(例如煤矿井下)仍然可以正常工作。第二,良好的适应性和可扩充性:修改控制逻辑只需要改变程序而不需要更换硬件,而且还有A/D、D/A、高速计数以及运动控制等功能模块,方便处理各种问题。第三,简便易学的编程方式:采用梯形图等方式进行编程,符合电工的习惯,容易上手;具有自诊断功能可以帮助迅速找到问题所在从而缩短机器停机时间。

## 2 煤炭工程对电气自动化的核心需求

### 2.1 极端环境下的高可靠性与本质安全性

煤矿井下是危险区域,在其中存在瓦斯(甲烷)或者煤尘达到爆炸极限时,所有用于该环境下的电器设备都应符合“本质安全”(Intrinsic Safety)或“隔爆”等标准,即在正常运行或者出现异常情况下产生的任何电弧或者热量不能点燃周围可燃物质。PLC系统尤其是其井下部分I/O模块以及现场仪表需为本安型或隔爆型产品。另外由于井下环境恶劣,在此环境中进行检修非常困难,如果控制系统出现问题会导致生产线停止运转,甚至造成事故,所以该系统需要有很高的MTBF(平均无故障时间)以及很低的MTTR(平均修复时间),保证全天候稳定工作。

### 2.2 复杂工艺流程的协同控制与实时性

现代化煤矿是集采、掘、运、通、排等众多分系统于一体的庞大复杂系统工程。各个分系统之间相互制约、相互影响。比如,采煤机开机之前要先打开刮板输送机;当主扇风机停机后,所有与之相连的工作面要立即停工。而电气控制系统不仅能单独控制一台机器工作,还可以实现不同系统之间甚至是不同区域之间的协调与配合。这就需要控制装置有很高的计算能力以及很高的快速反应能力,在发生突发事件时能够及时作出正确

的决策并采取相应措施来保证人身及设备的安全。

### 2.3 集中监控与远程管理的需求

为了减少井下工作人员,保障安全生产,煤炭行业积极推广“无人则安、少人则安”的思想。这就要求把许多原来必须有人值守的地方(例如变电所、水泵房、皮带机等)变成无人值守或者少人巡检。其前提条件是建设一个遍布整个矿区的数据采集、生产管理、视频监控、语音通信等全方位的一体化自动化系统,在地面调度室的操作员可以随时了解井下每个重要设备的工作情况以及周围环境,还可以对其进行远程启停及设置相关参数等功能。这对控制系统的联网性和信息化程度要求非常高。

## 3 PLC在煤炭工程电气自动化中的具体应用

### 3.1 矿井提升系统的精准控制

矿井提升机是矿井的“咽喉”,担负着人员、物料以及煤炭上下井的任务,因此它的安全性和稳定性非常重要。以前的提升机控制系统大多使用继电器-接触器的方式进行控制,控制精度不高并且容易发生问题<sup>[2]</sup>。而以PLC为主组成的电控系统可以对整个提升过程进行精确地闭环控制,在PLC上用高速计数单元不断读取编码器的数据来得到提升容器的位置和速度,在模拟量输出端根据需要给变频器或者可控硅发出信号使其产生平滑的S型加减速,另外在PLC中还有许多复杂的保护条件如过卷、过速、松绳、闸间隙过大等等,当有异常情况出现时会立刻做出反应使提升机制动从而保证万无一失。

### 3.2 采掘工作面的自动化作业

综采工作面是煤矿开采一线,设备众多,条件艰苦。在综采工作面应用中主要是集中控制。如采煤机而言,它的运行、切割、摇臂上下都是由PLC按照预先设定程序以及传感器信息进行调度完成。而且,PLC还可以充当综采工作面自动化系统“大脑”,实现“三机”(采煤机、刮板输送机、液压支架)联合作业<sup>[3]</sup>。比如当采煤机前进过程中,它所在位置被PLC检测到后,PLC立即发出命令,让液压支架自行进行降架、移架、升架操作并且控制刮板输送机推进,从而达到良好自动化采煤效果;而这一切都是通过PLC集中控制实现,大大减少综采工作面工作人员数量,提高工作效率及安全性。

### 3.3 井下运输与辅助系统的智能调度

从工作面到地面煤仓,煤炭需要经过多级运输系统,如刮板输送机、带式输送机、给煤机等。PLC可以建立一套覆盖整个矿井运输集控系统。系统根据煤流量大小,自动控制相应皮带机启停,做到“顺煤流启动、逆煤流停止”的节电方式;同时,在重要位置安装料位计、跑偏开关、温度传感器等设备,PLC可以及时检测皮带运转状况,当出现堵煤、跑偏、打滑、超温等情况时,立刻发出警报并且联锁停机,避免事态进一步恶化。而在井下排水、压风、注氮等工作面,PLC也有重要作用,依据水仓水位高低、管路压力大小来决定是否开启水泵或者空气压缩机,达到无人值守的效果。

### 3.4 矿井通风与安全监控的动态调节

矿井通风是煤矿安全生产的生命线,在主扇风机以及局扇风机控制中均采用PLC技术。根据井下瓦斯浓度、温度、风速等因素,由PLC做出相应判断,调整风机转速或者叶片角度,满足需要送风量,既保证生产安全又节省大量电力资源。同时,PLC也是矿井安全监控系统(例如KJ系列系统)的一部分,用于收集分布在全矿区的各种传感器(瓦斯、一氧化碳、风速、负压等)信息并与其他如人员定位、视频监控等子系统配合使用形成一道安全保障屏障。

#### 4 PLC应用面临的挑战与未来发展趋势

##### 4.1当前面临的主要挑战

第一是系统封闭性和互操作性问题。长期以来,各品牌PLC(如西门子、罗克韦尔、三菱等)主要使用自己特有的硬件总线以及通信协议,造成一个个“信息孤岛”,这对大型煤炭企业实现对整个矿井的统一规划、建设和管理带来很大困难,加大了系统的整合难度及成本。第二是日益严重的安全风险。由于越来越多的PLC连接到工业以太网甚至企业内部局域网中,它们面临的来自外界的安全威胁大大提升。对工控系统的网络攻击(如Stuxnet病毒)已经不是一种假设,如何建立多层次的安全防护措施来保证控制命令不被篡改、重要信息不被窃取等成为亟需解决的问题<sup>[4]</sup>。第三是与新技术融合程度不够。目前大多数PLC仍然处于“自动化”的状态,在其所产生大量运行数据中只有很少一部分得到应用,对于物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)等新技术的应用还处在初级阶段。

##### 4.2未来的发展趋势

在面临挑战的同时,PLC技术的发展趋势是向网络化、智能化、集成化的方向发展。在网络化方面,基于标准以太网的工业通信协议(如Profinet, EtherNet/IP, Modbus TCP)已逐渐普及,使得不同品牌的PLC之间能够更好地互操作。智能化方面,新一代PLC不仅具有强大的逻辑控制功能,还拥有一定的智能性,可以完成简单的数据处理以及预测性维护等工作。比如通过监测电机电流、振动等参数的变化可及时发现可能出现的问题。而

在集成化方面,传统的单一控制器已经无法满足现代工业的需求,未来PLC将成为整个工厂自动化系统的一个重要组成部分,在其中发挥着越来越重要的作用。未来煤矿的整个自动化体系将会是一个“云-边-端”的架构,“端”、“边”位于井下的设备层,主要完成现场的生产和控制任务并把产生的大量数据上传给“边”,而“边”则是位于地面上的数据中心或者边缘计算网关,它将收集到的所有信息汇总之后再传送到上面的MES(制造执行系统)或者MOS(矿山操作系统)进行统筹规划调配,最后云端进行大数据分析、人工智能建模等高阶工作,从而实现全方位覆盖煤矿的信息化改革。

#### 5 结语

PLC由于自身具有很高的可靠性和灵活性以及良好的环境适应性,在煤矿工程中得到广泛应用,在煤矿提升、采掘、运输、通风排水等方面都发挥着重要作用。它是这些系统的控制系统。它提高了煤矿开采速度及自动化程度同时也保护了矿工的生命安全。但是由于系统相对封闭性、安全隐患以及不能很好地与其他新技术相结合问题的存在使得PLC也面临着巨大的挑战。未来只有走开放、合作、智能化的道路,使PLC更好地与工业互联网、大数据、人工智能等进行结合才能释放出更大的能量,才能推动建设一个更加安全、便捷、环保、智能化的煤矿。PLC在煤矿上应用远远没有结束而是又站在了一个新的起点上。

#### [参考文献]

- [1]周顺.PLC技术在煤炭工程电气自动化中的应用及效益分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(23):172-174.
- [2]张灵毅.浅析PLC技术在工程电气自动化中的应用[J].智慧中国,2022,(04):76-77.
- [3]丁行超.PLC技术及其在煤炭工程电气自动化中的应用初探[J].内蒙古煤炭经济,2022,(11):163-165.
- [4]李中锋.PLC技术及其在煤炭工程电气自动化中的应用分析[J].当代化工研究,2021,(12):56-57.