

# 第1章 绪 论

本章从电气控制与 PLC 的产生和发展、目前的制造水平和应用情况、未来的发展方向进行概括性介绍，从历史观、全局观、长远观进行综述。

需要重点掌握的内容：

- 电气和电气控制技术的概念

需要了解的内容：

- 电气和 PLC 控制技术的产生和发展
- 电气和 PLC 控制技术展望
- PLC 控制技术的应用

## 1.1 电气控制技术简介

人类对幸福生活的不断追求推动着科学技术的发展，电的发现及发电机的发明对人们的生活产生了巨大的影响。电看不见摸得着，与通常看得见摸得着的物质相比，更难控制。我国从晚清开始使用电，至今已有百余年的历史。科学界关于电的主流理论是电流体理论，因其不能通过肉眼所见，且在进行电压高低的变换过程中采用了变压器，而变压器一次侧与二次侧之间没有电线连通，是通过电磁耦合来传递能量的，既看不到，又摸不着，在当时看来，与中国气功中“气”的表现形式相同，和中国古代哲学中所说的“气”一样，是万物皆有的神秘现象，可在空中流动，故用“气”来翻译 fluid，把电现象解释为电流体的运动，把电流体（electric fluid）称为电气。

### 1.1.1 电气控制技术概述

电的发现改变了我们的生活，科学合理地使用电对提高人们的生活质量起着积极的作用。有了电，就需要对其进行分配、变换和控制，以满足用电设备的需求。对电进行控制的技术即为电气控制技术。具体措施是利用导线、电器组成相应的电气线路来实现。由电气控制线路制成的设备称为电气控制设备。

最原始的分配和控制电的方式是利用开关手动合闸或断闸进行通断电控制。所谓开关，顾名思义，就是开通与关断，电气开关器件就是开通与关断电气线路的器件，简称电气开关，如同输水管道的阀门。电气控制从最初的手动操作发展到采用电磁式电器进行通断电控制，以及如今的利用电力电子装置连续地改变电路参数或电参数进行控制。这些用于对电路进行控制从而满足用电设备需求的元器件和电工装置就是电器。

电气控制的作用是根据用电设备的要求把已有的电变换为满足要求的电，包括通断电控制、电形态的控制、电压大小的控制等。完成这些控制要求的电气线路由单个电器或众多电

器通过连接导线及辅助器件组成，把这些电气线路组装在柜体内即为电气控制设备。图 1.1 所示为电气控制设备与用电设备的连接框图。

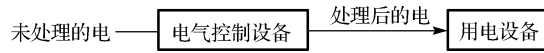


图 1.1 电气控制设备与用电设备的连接框图

利用电力对生产机械进行拖动的初期，常采用一台电动机驱动多台机器设备，相应的电气控制线路较为简单。随着生产工艺的变化，生产机械功能增多，机械设备的传动系统越来越复杂，需由多台电动机拖动机械设备的不同运动机构，使得电气控制线路复杂化。此外，生产过程中对影响产品质量的各种参数（如动作顺序、速度、转矩、压力、温度等）都要求能自动调整，这促使电气控制技术迅速向前发展。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、检测技术等许多先进的科学技术成果。随着控制理论和智能化技术的发展，电气控制技术继续向前发展。

目前，我国供电电网送到用户端的电压多为 380V 线电压和 220V 相电压，许多用电设备的额定电压为该值，因此只需通断电控制即可满足要求。如果用电设备需要的电为其他电压等级或有特殊要求，则需要经电气控制线路进行变换和控制。本书的电气控制技术内容从最简单的手动开关控制开始，到各种电气开关及其组成的控制线路，由浅入深进行分析介绍，同时把电力电子产品的应用安排在电气控制的相关章节，更深入的内容则在有关课程中讲述。

### 1.1.2 电气控制技术发展简史

1799 年，伏特发明了第一个化学电池。随后，安培、欧姆、亨利、法拉第、爱迪生、西门子、楞次、基尔霍夫、麦克斯韦、赫兹、特斯拉等人创造了一系列电气理论与实践成果，为电力工业的诞生和发展开辟了现实的途径。

电力的广泛应用使人类进入了电气时代。电机、电话、电灯（分别由西门子、贝尔和爱迪生发明）三大电气发明照亮了人类实现电气化的道路。电气时代，是指以电动机为代表的机器设备，采用电能作为主要的能量形式来支配社会经济生活的时代。电气的广泛应用和远距离输送的成功，使得有线电报、电话、无线电通信、电视等信息传输相继发展起来。电、电流、电磁感应和电磁波的发现和应用，以及电力传输的成功，使得电力很快成为应用广泛的能源和动力。从此，人类真正进入了电气时代。

19 世纪 20 年代的电气开关采用金属棒与容器中的水银进行通断电控制，将金属棒插入水银中接通电路，将金属棒提起则断开电路。19 世纪 90 年代，出现了可对发电机进行保护的自动断电的断路器。电力系统中，为了保护人身及设备的安全，最早采用熔断器、避雷器、断路器等保护设备。随着发电机组的加大和电压等级的提高，陆续研制出由各种继电器及测量设备组成的保护电路，如今已经发展成为电力系统中的继电保护技术。

电力和用电设备的发展推动着电气控制技术的发展。在生产需求的直接推动下，具有实用价值的发电机和电动机相继问世，并在实践中不断完善。初始阶段的发电机是永磁式直流发电机，其磁场强度弱，电磁力小，实用性差。1845 年，英国物理学家惠斯通制成了第一台电磁铁发电机，用电磁铁取代永久磁铁，取得了极大成功。1866 年，德国科学家西门子制成了第一台使用电磁铁的自激式发电机，使大容量发电机在技术上取得了突破。1882 年，爱迪生建成世界上第一个正规发电厂，装设了熔丝、开关、断路器和电表等电器。19 世纪 80 年

代,两相和三相电动机相继问世,具有实用价值的变压器也研制成功,为远距离输电创造了条件,把电气技术提高到一个新的阶段。发电机和电动机是可逆的,是同一种机器的两种不同功能,作为电源输出装置是发电机,作为动力供给装置就是电动机。在1873年维也纳的工业展览会上,一位工人错把一台发电机当作电动机接上了电,结果发现发电机变成了一台电动机。从此,人们认识到直流电机既可作为发电机运行,也可作为电动机运行。

直流输电及高低电压变换的瓶颈,制约了直流电的发展。交流电压可以用变压器很方便地提高或降低,且交流电机制造方便、成本低廉、故障率低。19世纪80年代末,三相交流输电逐渐得到推广应用。1905年,出现了具有自由脱扣装置的空气断路器。从1930年开始,发明了各种灭弧装置,逐渐形成了目前的机构。随着电子技术的发展,产生了电子脱扣器。20世纪末,智能断路器问世。

从1836年发明了机电继电器并用于电报系统开始,继电器逐渐得到发展并应用于电气控制。工业上设计的继电器称为控制继电器。基于继电器原理,产生了用于控制较高电压和较大电流的接触器。在此基础上,各类电气产品如转换开关、按钮等主令电器和功能各异的电气产品相继问世,以满足各种用电设备的需求。随着电力的发展和用电范围的扩大,最初的发电、输电和用电相结合的方式逐渐开始分化,从电厂的发电到电力系统的输送电,再到用户端的分配电,发展为当今的电力系统。为满足用电设备的需求而对电进行控制的技术则发展为电气控制技术。由于用电量最多的设备为电动机,故电气控制的主要电路是控制电动机的电路。这些电路也适用于其他用电设备。为了保护电动机,产生了热继电器、电动机综合保护器等产品;为了测量电压和电流,产生了互感器、电压表、电流表等测量电器和仪表;为了进行时间控制,产生了时间继电器和时控开关;为了进行位置控制,产生了行程开关。20世纪70~80年代研发的新型电器主要是限流电器、真空电器、漏电电器和电子电器。从80年代后期开始,对传统新一代低压电器产品普遍提出了高性能、高可靠、小型化、多功能、组合化、模块化、电子化、智能化的要求。随着电力电子技术的发展,变频器、直流调速器等电力电子产品在电气控制方面得到广泛应用。总之,随着科学技术的发展和用电设备对电气要求的提高,新的电气产品不断产生,电气线路也随之变化。

### 1.1.3 电气控制技术展望

电器和电气控制技术的发展方向主要取决于新工艺、新材料、新技术的研究与应用,以及电力系统和用电设施的发展需求。随着配电和电气控制系统的大型化和复杂化,一个系统中所用的电气元件越来越多,只要一个电气元件出现故障,就可能导致整个系统发生故障。因此,电器的可靠性研究与应用已成为国内外电器研究部门及制造企业的一项重要工作。

传统电器向着三个方向发展。**第一个方向是高性能、高可靠、小型化。**高性能指除提高其主要技术性能外,重点追求综合技术经济指标,如短路分断能力、小型化、产品功能的组合与派生、动作可靠性、接触可靠性,以及节约银材料、节能等方面。**第二个方向是模块化和组合化。**采用模块化结构是新一代低压电器主要发展方向之一。把一个复杂的产品分解为若干相对独立的模块,使复杂问题简单化,从而便于功能的分割与组合,实现新功能及其扩展。组合化是实现电气产品多功能化的重要途径,有功能组合和组合功能两种方式。所谓功能组合,是指电气产品由各种功能单元组合而成。功能单元中除基本单元能独立使用外,其他单元(如保护功能单元、辅助触点单元等)一般不能独立使用,但要求其系列通用性强。所谓组合功能,是指把两种以上电器有机地组合在一起。**第三个方向是电子化和智能化。**随

着电子元件质量的提高及价格的下降，特别是微处理器和计算机技术的引入及计算机网络和信息技术的应用，使得低压电器具有了智能化功能。电力电子技术和微处理器的发展，使得电力电子产品得到很大发展。电力电子产品的优势除智能化和通信功能外，还在于可连续改变电参数，从而使用电设备的性能得到更好的发挥，如电动机软启动器和变频器。随着其价格的逐渐降低，保护功能、联网等功能的加强，其优势明显，应用越来越广。在智能电气元件的基础上，研制和开发智能开关柜，智能型配电网系统随之应运而生。

## 1.2 PLC 控制技术简介

在复杂的电气控制系统中，查找和排除故障较困难，特别是工艺要求发生变化时，电气线路需要做相应的变动，改造成本高于重新制作成本，不经济。随着电子技术、自动控制、计算机等技术的发展，产生了可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。它由微处理器、存储器和外围电路组成，将控制器和被控对象方便地连接起来，克服了电气控制系统的缺点，适应了生产工艺复杂化和更新变化的要求，使得控制要求变化时电气控制线路的变化很小，因而得以迅速推广。PLC 属于工业控制计算机中的一类。

### 1.2.1 PLC 控制技术的产生和发展

PLC 的产生源于汽车制造业。1968 年，美国通用汽车公司（GM）公开招标，对汽车流水线电气控制系统提出了十点要求，即著名的“GM 十条”：

- ① 编程简单，可在现场修改程序；
- ② 维护方便，采用插件式结构；
- ③ 可靠性高于继电器控制装置；
- ④ 体积小于继电器控制柜；
- ⑤ 数据可直接送入管理计算机；
- ⑥ 成本可与继电器控制柜竞争；
- ⑦ 输入可以是交流 115V（美国的电网电压）；
- ⑧ 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动接触器、电磁阀等；
- ⑨ 扩展时原系统变更很小；
- ⑩ 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

条件提出后，立即引起了开发热潮。1969 年，美国数字设备公司研制出了世界上第一台 PLC，并成功应用于通用汽车公司的生产线上。当时 PLC 只是用来取代继电器逻辑控制系统，其功能仅限于执行逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能。1971 年，日本从美国引进该项新技术，并很快研制出其首台 PLC。1973 年，德国、法国研制出自己的 PLC 产品。1974 年，中国的第一台 PLC 问世。

20 世纪 70 年代初，人们将出现的微处理器引入 PLC，增加了运算、数据传送及处理等功能，使其成为具有计算机特征的工业控制装置。此时的 PLC 为常规电气控制技术和微机技术相结合的产物。70 年代中末期，计算机技术全面引入，PLC 的功能发生了飞跃，开始实用化。更高的运算速度、超小型体积、更可靠的抗干扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比奠定了它在现代工业中的地位。1980 年，国外工业界正式将其命名为可编程控制器（Programmable Controller, PC）。由于容易和个人计算机（Personal Computer, PC）的简称

相混淆,为了便于区别,仍把它简称为 PLC。80 年代初,PLC 在先进工业国家已获得广泛应用,生产厂家日益增多,产量逐渐上升,PLC 步入成熟阶段。

20 世纪 80 年代,国际电工委员会(IEC)对可编程控制器国际标准制定了数稿草案,于 2003 年发布的可编程控制器国际标准 IEC61131-1 中对其做如下定义:可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的基于用户的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其相关设备都应该按易于与工业控制系统集成、易于实现其预期功能的原则设计。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期,PLC 发展最快,年增长率一直保持在 30%~40%。这一时期,PLC 在模拟量处理、数字运算、人机接口和联网方面的功能都得以大幅提升,并逐渐进入过程控制领域,且在某些应用方面取代了在该领域处于统治地位的分布式控制系统(Distributed Control System, DCS, 又称集散控制系统)。20 世纪末期,产品向着大型机和超小型机两端发展,产生了智能逻辑控制器(或称微型 PLC)及各种各样的特殊功能单元,研制出了各种人机界面单元、通信单元,使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易,PLC 的发展更加适应现代工业的需要。

随着 16 位和 32 位高性能微处理器、精简指令集计算机 CPU 等高级 CPU 的产生,PLC 所采用的 CPU 也在更新,并且在一台 PLC 中配置多个微处理器,进行多通道处理。大量内含微处理器的智能模块的出现,使 PLC 成为名副其实的多功能控制器。同时,由 PLC 组成的 PLC 网络也得到飞速发展。PLC 与 PLC 网络成为生产企业的首选工业控制装置,由 PLC 组成的多级分布式 PLC 网络成为计算机集成制造系统(CIMS)不可或缺的组成部分。PLC 及其网络成了现代工业自动化的三大支柱(PLC、DCS、现场总线控制系统 FCS)之一。

目前,PLC 的生产厂家达 200 多个,产品达 300 多种,知名品牌主要分布在欧美和日本。其中美国品牌主要有 AB、通用电气 GE、德州仪器 TI、霍尼韦尔等。欧洲品牌有德国西门子、法国施耐德、瑞士 ABB 等。日本品牌有三菱、欧姆龙、富士等。国产品牌有和利时、无锡信捷、厦门海为、北京安控等。

受各大公司的利益阻扰和技术难度的影响,各种 PLC 在编程语言、通信标准等方面互不兼容,使得自动化领域实现互换、互操作和标准化极为不便。随着国际标准的逐步完善和实施,PLC 正走向一个开放性和标准化的时代。

### 1.2.2 PLC 控制技术概述

PLC 是微机技术与传统电气控制技术相结合的产物,其基本设计思想是把计算机功能完善、灵活、通用等优点和电气控制系统简单易懂、操作方便、价格便宜等优点相结合。硬件采用标准的通用型控制器,根据实际应用对象,按控制要求编写程序存入控制器的存储器内,根据输入控制器的信号进行相应动作,通过控制器的输出信号完成对控制对象的控制。

以不变应万变,以小变应大变,少花钱多办事,复杂事情简单化,设备经久耐用,用得起用得住,控制系统适应能力强,成为 PLC 产生的直接动力。图 1.2 所示为 PLC 控制系统框图。图中,虚线框内表示某些控制系统没有该环节。各种开关量、模拟量信号输入到 PLC 的输入端,PLC 执行内部程序完成相应操作,通过其输出端输出相关的开关量和模拟量信号去控制电气设备或生产过程。当工艺发生变化时,只需改变内部程序即可,外部接线不变或变动很少。生产工艺越复杂,电气控制系统越大,采用 PLC 控制的优势越明显。

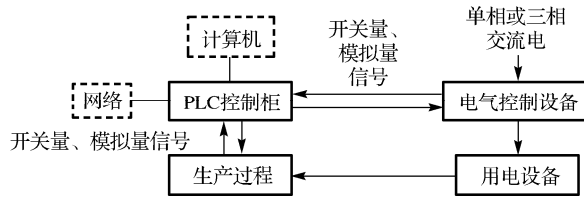


图 1.2 PLC 控制系统框图

PLC 性能的提高和功能的加强，使得其应用范围迅速扩大。从最初的以开关量为主的电气控制到如今的现场总线控制，从当初的汽车制造业到如今几乎所有的工业领域及生活服务领域，都有 PLC 的身影。

### 1.2.3 PLC 控制技术展望

社会的发展推动各行各业向前发展，由各种电器组成的电气控制系统很难适应机械化流水线作业的生产方式及生产过程的自动控制，这是 PLC 产生的直接原因。工业自动化通常分为三类控制系统，第一类是控制开关量的逻辑控制系统，第二类是控制缓慢连续变化量的过程控制系统，第三类是控制快速连续变化量的电力拖动控制系统。传统上对这三类控制系统使用不同的控制装置。逻辑控制系统采用通断控制的电气控制装置；过程控制系统采用由电动单元、传感器及仪表组成的控制装置；电力拖动控制系统主要针对控制对象为电动机驱动的电力拖动控制装置。上述三类控制系统就是所谓的三电（电气控制、电动仪表、电气传动）。现代控制装置都以微处理器为中心进行开发，使得三电的功能互相渗透，并向一体化方向发展，微处理器成为三电一体的物质基础。实现三电一体化有两个方向，一个方向是通过网络载体实现。尽管逻辑控制系统、过程控制系统、电力拖动控制系统各不相同，但可通过网络实现三电一体化，集散控制系统即是此种情况。因其投入较大，故适用于大型自动化系统。三电一体化的另一个方向是通过控制装置来实现。PLC 灵活机动，三电集成度高，适用于各种规模的自动化系统。随着 PLC 内部处理器处理速度的不断提高，其功能不断增多，成为兼具数据处理功能和联网通信功能的名副其实的多功能控制器，是自动化技术的支柱技术之一，在自动控制中占有极其重要的地位。

目前，在工业控制领域，PLC 的应用情况大致如下：简单方便的微型和小型 PLC 约占 PLC 应用市场的 80%，只进行开关量控制的 PLC 约占 80%，实际应用里约 80% 的 PLC 使用 20 个左右的梯形图指令即可解决问题。增效、安全、开放、整合、信息化、智能化成为当下工业发展的需求。PLC 的发展趋势以此为背景，向着下述六个方向发展。

#### （1）外观向着小型化、模块化、集成化方向发展

体积缩小，意味着便于安装维护，系统集成时占用柜体空间小。在结构上，模块化使 PLC 的扩展更加灵活。为满足各种自动化应用需求，各种带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块既能扩展 PLC 功能，又使用灵活，延伸了 PLC 的应用范围。

#### （2）性能向着更快、更可靠、更智能、功能更多的方向发展

32 位微处理器的应用，使得新一代 PLC 运算速度更快，处理速度为纳秒级，输入/输出点数上万，拥有与 PC 一样的运算能力和数据处理能力。现代工业对可靠性的要求越来越高，用户希望 PLC 的故障检测与处理能力进一步增强。据统计，在 PLC 控制系统的故障中，CPU 和输入/输出模块故障仅占 20%，而外接设备、线路故障占 80%，前者通过 PLC 本身的软件进行检测、处理，后者则须发展用于检测外部故障的专用智能模块，以提高系统的可靠性。

未来的 PLC 能够将运动控制功能集成其中，而无须使用其他模块。为适合更多设备的应用，PLC 将具有更高的硬件、软件集成度。比如，实现与计算机集成制造（CIM）、机器人、计算机辅助设计/计算机辅助制造（CAD/CAM）、个人计算机、管理信息系统（MIS）的结合，使 PLC 在工厂自动化的未来发展中占据更加重要的地位。如今，PLC 已发展成为具有三电功能、数据处理功能、联网通信功能的多功能控制器。一些过去只有计算机才具有的高级处理能力，如浮点数运算、PID 调节、温度控制、步进驱动、精确定位、报表统计等功能，PLC 也可实现。从这个意义上来说，PLC 将从“控制器”晋升为新一代多功能控制平台。

### （3）通信向着开放化、网络化、无线化方向发展

随着信息化的发展，PLC 网络系统不再自成体系，而是向开放式系统发展。各大品牌 PLC 除完成设备控制任务外，还形成了自己各具特色的网络系统，可与上位计算机管理系统联网，成为整个信息管理系统的一部分。同时，随着现场总线技术的广泛应用，PLC 与其他现场智能化设备通过一根传输介质连接，构成现场工业控制网络。生产工艺的复杂化要求多种控制设备协同工作，以太网接口应成为 PLC 的标准配置，PLC 控制系统正从基于控制的网络，发展成为基于网络的控制。“铜退光进”“有线退无线进”的网络通信时代会引发新一代 PLC 硬件上的革命，那就是输入、输出部分与 PLC 分离，直接留在现场底层，通过光纤或无线方式与 PLC 相连，使 PLC 回归其“可编程逻辑控制”功能。未来，PLC 与智能手机互联，甚至配置 WiFi（Wireless Fidelity，高保真无线网络），从而带来工业现场的无线化变革。

### （4）编程软件向着简单化、平台化方向发展

PLC 编程软件的最大问题是各品牌没有统一标准，各不相同。这样不但需要安装和学习不同软件平台，还要在相互之间进行复杂的通信，重复输入相关数据并进行数据传送，既影响工作效率，又易出错。因此，推出可以兼容相关的自动化和驱动产品的软件平台，以减少复杂应用问题势在必行。在软件完善与改进方面，向简易编程、优化软件视图、增加帮助提示功能、实现软件互通方向发展，从而实现跨硬件的软件一体化和平台化。

### （5）生命周期向“前短后长”发展

在传统观念中，用户采购 PLC 重产品采购成本而轻总体拥有成本。如今，产品快速上市、降低运营成本成为提升市场竞争力的重要指标，PLC 的生命周期成为用户关注的焦点。PLC 生命周期包括设备运行前的设计、选型、采购、安装调试和运营中的维护维修、服务等环节。用户希望 PLC 的生命周期更趋合理，即把运行前的环节变得更简易、更人性化、时间更短；而在运营期间，故障更少、更可靠、寿命更长。通过增加自诊断功能，在发生故障时能直观地看到故障情况，并且通过远程维护功能，迅速排除故障。

### （6）PLC 功能的增强，促使可编程自动控制器（Programmable Automation Controller, PAC）的产生

高性能的 PAC 基于开放的工业标准，具有多领域功能、通用的开放平台，具备稳定的操作系统、可靠的组件、标准化的编程语言、开放性的自动化架构四大优异特性。PAC 包括 PLC 的主要功能及其扩大的控制功能，以及 PC-based 控制中基于对象的、开放数据格式和网络连接等功能，是介于 PC 和 PLC 中间的产品，有人说它是 PLC+PC，实际上是 PC 和 PLC 相融合的产物。PAC 融汇了 PLC 和工业过程控制（Industrial Process Control, IPC）的优点，具有明显优势。PAC 于 2004 年由美国人提出，因其出现较晚，市场有待开发。

## 1.2.4 PLC 的应用

PLC 已广泛应用于各行各业。冶金行业是 PLC 的第一大用户,在钢铁生产的各个环节都通过 PLC 进行控制,是大中型 PLC 的主要应用行业。PLC 的第二大用户是汽车制造业,汽车生产线的每道工序都会大量使用 PLC 进行控制。PLC 在化工行业的应用持续稳定增长,如合成材料、水处理和循环系统的控制。轨道交通行业中有两大环节使用 PLC,一个是车站,另一个是车辆。电力行业本身的自动化水平很高,对 PLC 的应用规模基数很大,是大中型 PLC 的一大应用行业。行业不同,但组成生产线的设备大同小异,因而将其归纳为如下五类进行介绍。

### 1. 顺序控制

顺序控制是指按照用电设备或生产工艺流程的要求,在各个输入信号的作用下,根据内部状态和时间顺序进行控制,使生产过程中各个执行机构自动有序地进行操作,是一种按照逻辑顺序进行开关量控制的开环控制方式。对于单台设备或简单的生产工艺,顺序控制较简单,微小型 PLC 即可满足控制要求。对于一个复杂的生产过程,如自动化流水线,控制系统较为复杂。顺序控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,如电梯、包装生产线、注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、电镀流水线等的控制,其他控制器无法与其相比。

### 2. 运动控制

PLC 可用于圆周运动或直线运动的控制,控制运动物体的速度、加速度和位置。有专用的运动控制模块,如驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能,广泛用于各种机床、装配机械、机器人、电梯等场合。

### 3. 过程控制

对连续变化量的控制方法可分为三种:第一种为预先控制或前馈控制;第二种为同期控制或过程控制;第三种为事后控制或反馈控制。在工业生产过程中,有许多连续变化的模拟量需要进行控制,如温度、压力、流量、液位和成分等,对这些作为工艺参数的被控量进行控制就是过程控制。PLC 在处理这类被控量时,需进行模拟量和数字量之间的转换。PLC 厂家都生产了配套的模数(A/D)和数模(D/A)转换模块,使其能够用于模拟量的控制。通过编制相应的控制算法程序,完成所要求的控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法,许多 PLC 都有 PID 功能模块。用 PLC 控制模拟量的同时还可控制开关量,其他控制器不具备这个优点。若为纯模拟量控制系统,则 PLC 在性价比上并无优势。过程控制在冶金、化工、热处理等行业应用较广。

### 4. 数据处理

绝大多数 PLC 具有数据处理功能,可实现算术运算、数据比较、传送、移位、转换、译码/编码、排序、查表、位操作等。某些 PLC 还可以完成开方、浮点数、函数、矩阵、PID 等运算操作,可利用通信功能将数据传送到其他智能装置,或与 CRT、打印机连接,显示和打印数据。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统,也可用于造纸、冶金、食品加工等行业的过程控制系统。



## 5. 联网控制

把 PLC 与 PLC、其他智能装置及计算机通过传输介质连接起来,可实现通信或组建网络,从而构成功能更强、性能更好的 PLC 网络控制系统。这样可以极大地提高 PLC 的控制范围和规模,实现多个设备之间的数据共享和协调控制,提高控制系统的可靠性和灵活性,增加系统的监控和科学管理水平。除 PLC 自身可以组建网络进行控制外,还可以通过网络接口模块与以太网相连。

## 习 题

1. 什么是电气控制技术?
2. 电器向哪几个方向发展?
3. 什么是 PLC? PLC 有何特点? PLC 可以用于哪些方面的控制?
4. 三电的含义是什么?
5. 写出工业自动化的三大支柱。

## 第2章 常用电器及相关材料

本章介绍常用电器、电气控制相关材料、电气标准及认证等知识。

需要重点掌握的内容：

- 电器的分类
- 常用低压电器的简单工作原理及常用电器的符号
- 信号电器及常用电量测量仪表

需要了解的内容：

- 电器品牌及规格型号
- 导电体、电气柜体及辅助材料
- 中高压电器及防爆电器
- 电气标准及电气认证的概念

### 2.1 电器综述

根据生产机械对用电设备的要求，利用电器组成电路实现对电气的控制。用电设备对供电电压的要求不尽相同。电气控制系统中常用的交流电压等级分为低压和高压。低压一般指1200V以下的电压，主要包括660V、380V、220V、110V等，工业控制电气线路中以380V应用最多。我国规定36V以下电压为安全电压，包括36V、24V、12V等。国际电工委员会(IEC)规定50V及以下电压为安全电压，特殊环境则为24V或12V以下。高压一般指1200V及以上的电压。电力系统中则把6kV、10kV称为中压，35kV、110kV、220kV称为高压，330kV、500kV、1000kV称为超高压。电气控制系统中直流电压则以1500V为高低压的分界线。动力电源常用的直流电压等级有110V、220V、440V，控制电源所用的直流电压等级主要有6V、12V、24V和36V，电子电路中还有5V、9V和15V等电压等级。

#### 2.1.1 电器分类

按照不同的方式，电器有不同的分类。

##### 1. 按电器的用途分类

按电器的用途可将电器分为配电电器和控制电器两类。配电电器主要用于为用电区域或用电设备进行电的分配。常用的配电电器有隔离开关、断路器等。控制电器主要用于满足生产过程中用电设备的动作要求而对电进行控制，包括对电能进行控制和对各种信号进行控制及进行保护的电器。常用的控制电器有接触器、继电器、主令电器、变频器、直流调速器、温控开关、液位开关等。

##### 2. 按电器的动作方式分类

按电器的动作方式分为手动电器、电动电器和自动电器。手动电器通过人手动操作使电