

绪 论

1. 电气控制技术的产生与发展

电气控制技术是通过控制传动装置或传动系统中的各类电动机、电磁阀等电气动力执行元件的控制，以实现生产过程自动化的控制技术。电气控制系统是其中的主干部分，在各行业中都得到了广泛应用，是实现工业自动化化的重要技术手段。

电气控制技术随着科学技术的不断发展、生产工艺不断提出新的要求，从手动控制发展到自动控制，从简单的控制设备发展到复杂的控制系统，从有触点的硬接线控制系统发展到以计算机为中心的存储控制系统。新的控制理论和新型电器及电子器件的出现推动电气控制技术不断发展。作为生产机械动力的电动机拖动，其拖动方式由初期的一台电动机拖动多台设备，或使一台机床的多个动作由一台电动机拖动，称为集中拖动。后随着生产机械功能增多和自动化程度的提高发展成为单独拖动，即一台设备由一台电动机单独拖动。为进一步简化机械传动机构，更好地满足设备各部分对机械特性的不同要求，又采用了多台电动机拖动，即设备的各运动部件分别采用不同的电动机拖动。

在经济发展和生产规模日益扩大的刺激下，对工业生产过程中动作的速度、精度，动作的一致性、协调性，以及对复杂问题的反应和处理能力等的要求不断提高。虽然借助于常规的控制仪表和逻辑硬接线的控制系统（如继电器-接触器控制系统）能够在一定程度、一定范围内的自动化控制，但是对于生产过程中的随机干扰实行随机调节，以及多变量、高精度的控制等仍然难以实现。现代工业的发展迫切需要通过实现生产过程和生产设备的自动控制。所谓“自动控制”，就是指在没有人直接参与的情况下，通过控制系统使被控对象或生产自动地按照预先设置的规律进行工作。

（1）电力拖动自动控制系统的组成

自从人类在 19 世纪初开始掌握了电能的生产与应用技术以来，电能就成为了工业生产最主要的能源。将电能转换成机械能的电动机成为了工业生产最主要的动力设备。生产过程的运行、生产机械的启动、停止以及运行状态的调节等，都可以通过对电动机等动力设备的控制来实现，从而组成电力拖动自动控制系统，电气自动控制系统是目前应用最为普遍的方

法。如图 0.1 所示,它主要包括四个环节。此外自动控制使用的技术手段还包括机械传动、液压传动和气动传动等方法。

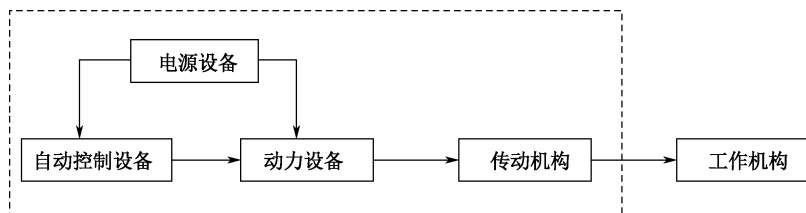


图 0.1 电力拖动自动控制系统的组成

① 电源设备——提供系统各部分设备需要的电源。

自动控制设备——通过对动力设备进行各种控制,以实现生产过程或生产机械运行的自动化。

动力设备——是将电能转换成机械能以驱动生产机械的原动力。

传动机构——动力设备与工作机构之间的传动装置。

(2) 电气控制技术的发展

在电力拖动控制系统中,继电器-接触器控制系统至今仍是许多生产机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。它主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等有触点的开关设备组成,由于其控制方式是断续的,故称为断续控制系统。它具有控制简单、方便实用、价格低廉、易于维护、抗干扰能力强等优点。但由于其接线方式固定,灵活性差,难以适应复杂和程序可变的控制对象的需要,且存在工作频率低、触点易损坏、可靠性差等问题。

电气控制技术伴随着电子技术、电动机制造技术、数控技术和计算机应用技术逐步发展起来。在 20 世纪 50 年代开始,曾经使用过晶体管逻辑控制系统取代继电器-接触器控制,解决了有触点开关的问题,但这种控制装置仍然解决不了通用性和灵活性的问题。在 20 世纪 60 年代后期,出现了使用中小规模集成电路的第三代电子计算机,在这一时期出现的可编程序控制器(PLC)集成了传统的继电器-接触器控制系统简单易懂、操作方便,以及计算机控制系统功能强、通用性和灵活性好的优点,主要用于控制开关量的自动控制装置。

20 世纪 70 年代以后,随着微电子技术的发展,大规模集成电路的制造成功,造价低廉的微处理器的大量出现,促使工业微机的应用迅速普及。现在 PLC 已作为一种标准化通用设备普遍应用于工业控制,由最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数字运算、数据处理和通信联网等功能,PLC 已成为电气自动化控制系统中应用最为广泛的控制装置。

此外,电气控制相继出现了直接数字控制系统(DDC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等。

自 20 世纪 80 年代迅速发展起来的计算机网络技术,又使得工业生产自动化发生了巨大变革,计算机网络化产生了控制与管理一体化的现代新型工业自动化模式。智能机器人、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统等高技术,形成了产品设计及制造和生产管理智能化的完整系统,将自动化生产技术推进到更高的水平。工业自动化系统能够在大量获取并处理生产过程和市场信息的基础上,科学

地安排和调度生产，充分发挥设备的生产潜力，达到优质、高效、低耗的目标。

2. 可编程控制器（PLC）的产生与发展

由于继电器-接触器控制系统的结构烦琐、故障率高，制约着它的发展，工程技术人员必须另外寻找新的解决方法以适应工业发展的需要。在1968年，美国通用汽车（GM）公司率先提出了研制新型工业控制器的十项功能指标。根据这十项指标的要求，在一年后，由美国数据设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程控制器，并且成功地应用在GM公司的生产线上。此后，日本的日立公司通过从美国引进技术，于1971年试制出日本的第一台可编程控制器。1973年，德国的西门子公司独立研制出欧洲的第一台可编程控制器。在这一时期的可编程控制器虽然也采用了计算机的设计思想，但仅有逻辑控制、定时、计数等控制功能，只能进行顺序控制，故称为“可编程逻辑控制器”（Programmable Logic Controller, PLC）。可编程控制器技术是以硬接线的继电器-接触器控制为基础，以软件手段实现各种控制功能，并以微处理器为核心。

随着微电子技术和计算机技术的发展，PLC在处理速度和控制功能上都有了很大提高，不仅可以进行开关量的逻辑控制，还可以对模拟量进行控制，并且具有数据处理、PID控制和数据通信功能，发展成为了一种新型的工业自动控制标准装置，因此于1980年由美国电气制造协会（NEMA）命名为“可编程控制器”（Programmable Controller, PC）。但由于PC容易和个人计算机（Personal Computer）相混淆，所以在我国仍习惯以PLC作为可编程控制器的简称，在本书中也统一使用PLC这一简称。1987年，国际电工委员会（IEC）对PLC做出了明确定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专门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命令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的设备，都应按易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩充功能的原则而设计。”

由于用PLC内部的“软继电器”取代了许多电器，从而大大减少了电器的数量、简化了电气控制系统的接线，充分体现出设计、施工周期短，通用性强，可靠性高，成本低的优点。特别是PLC采用的梯形图编程语言是以继电器梯形图为基础的形象编程语言，一般电气技术人员和技术工人经过简单培训就可以掌握，用PLC取代继电器-接触器系统实现工业自动控制，不仅由于用软件编程取代了硬接线，在改变控制要求时只需要改变程序而无须重新配线，而且可以在模拟的情况下进行调试、修改，减少了大量的现场工作。

近年来，随着微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术的发展，PLC在处理速度、控制功能、通信能力以及控制领域等方面都不断有新的突破，正朝着电气控制、仪表控制、计算机控制一体化和网络化的方向发展。PLC技术、CAD/CAM/CAE（计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程）技术和工业机器人已成为现代工业自动化的三大支柱。因为当今的可编程控制系统已经是集计算机技术、通信技术和自动控制技术为一体的新型的工业控制装置。可编程控制器的发展过程表明，它在事实上已改变了当初仅仅取代继电器-接触器控制系统的初衷，而发展成为在工业自动控制领域中推广速度最快、应用最广的一种标准控制设备。本书根据目前我国工业控制上较普遍的运用情况，将介绍三菱可编程控制器的使用方法。

3. 本课程的性质、内容和任务要求

本课程是职业教育“机电技术应用”专业(或其他相近专业)的一门专业技术主干课程,主要内容如下。

(1) 工业控制系统中的继电器-接触器控制系统包括常用电动机继电器控制电路、常用机械设备的电气控制等。

(2) PLC 控制系统包括 PLC 的基础知识、PLC 的编程方法、PLC 的控制系统设计、PLC 的应用实例等。

(3) 变频器的基本应用。

通过本课程的学习,要求掌握常用机床继电器控制和采用 PLC 控制的相关理论知识,并能对电路进行分析、设计,达到维修电工中级技术标准,会正确安装使用变频器。

对本课程的学习方法提出几点建议,供参考:

(1) 打好继电器—接触器控制系统的基础,进而学习掌握 PLC 控制系统的应用。

(2) 注意学习内容的普及和发展需要。

在学习中要掌握与本专业对应的基本知识和技能,培养岗位关键能力。既要对新知识、新技术、新产品和新元件有所了解,又要有较扎实的专业理论基础知识和实际工作能力。因此,按照不同地区的要求可对书中的一些内容进行取舍,也可以联系本地区、本行业的一些典型应用实例来组织教学。

(3) 学习时应注意掌握基本原理和应用规律,做到举一反三、触类旁通。

由于电气控制技术也处于不断进步的发展过程中,必然会不断出现许多新元件、新设备。本书在编写时考虑到大多数地区和院校教学器材配置的实际情况,采用普及面较广的电器设备和三菱的 FX2N 系列 PLC 作为教学范例,并结合三菱变频器的一般使用作介绍,在学习时可根据实际情况选用或作为补充内容。如果条件许可,也应注意学习了解一些新的 PLC 系列产品。不同型号的 PLC 产品,其基本结构和工作原理是基本相同的,指令系统也有许多相同的地方(特别是同一国家或地区的 PLC 产品)。

(4) 加强实践技能训练,做到理论和实践相结合。

对于教学过程,应在专业教室进行;如有条件的可以直接在生产现场组织开展,做到讲练结合,可收到更好的学习效果。