



全国普通高校电气工程及其自动化专业规划教材

E lectrical Control and PLC Technology

电气控制 及PLC技术

杨霞 刘桂秋◎编著

Yang Xia Liu Guiqiu



清华大学出版社



全国普通高校

Electrical Control and PLC Technology

电气控制 及PLC技术



杨霞 刘桂秋◎编著

Yang Xia Liu Guiqiu

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

“电气控制及 PLC 技术”是电气自动化、工业自动化、机电一体化、数控技术等专业的一门重要的学科基础课程,是将继电器技术、计算机技术、控制技术、网络通信技术集于一体的综合性、应用型课程。

本书在阐述电气控制及 PLC 技术基本原理的基础上,从应用的角度出发,反映电气控制及 PLC 技术在工业生产过程控制方面的广泛应用。本书“以 PLC 技术为主,以继电-接触器技术为辅”,主要任务是使读者掌握电气控制技术的继电器、接触器等控制电器的电气结构、基本动作原理、用途用法,掌握继电-接触器控制线路的基本控制环节的动作原理和分析设计控制线路的方法等;掌握 PLC 的基本组成、工作原理及指令系统,掌握 PLC 的“接线、编程、动作分析”的技术和方法,并初步形成 PLC 应用系统的设计、安装和调试等能力。本书在理论内容方面着重基本知识、基本理论和基本设计方法的介绍;在培养实践能力方面着重设计构思和基本设计技能的训练。通过对本书的学习,读者能够对电气控制技术和 PLC 控制技术有一定的了解,并具有一定的电气控制和 PLC 控制的设计能力。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及 PLC 技术/杨霞,刘桂秋编著. —北京:清华大学出版社,2017

(全国普通高校电气工程及其自动化专业规划教材)

ISBN 978-7-302-46397-9

I. ①电… II. ①杨… ②刘… III. ①电气控制 ②PLC 技术 IV. ①TM921.5 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 023643 号

责任编辑:梁 颖 梅栾芳

封面设计:李召霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:20

字 数:486 千字

版 次:2017 年 5 月第 1 版

印 次:2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

产品编号:072013-01

电气控制及 PLC 技术结合了自动控制技术、计算机技术、通信技术,是工业自动化技术的核心。本书在阐述电气控制及 PLC 技术基本原理的基础上,从应用的角度出发,充分反映电气控制及 PLC 技术在工业生产过程控制方面的广泛应用及其发展趋势。

全书分电气控制技术和 PLC 控制技术两大部分,与现有教材相比,有自己的独特特点。首先,基础知识讲解透彻,介绍了常用低压电器元件、电气控制的基本规律、常用典型电气控制线路分析和电气控制线路的设计;可编程控制器的基础知识、系统配置、指令系统等。其次,以机电控制为主线,给出了大量实例,并配有详细的程序,内容也是由浅入深,使读者逐步掌握 PLC 应用系统的设计及编程方法,弥补了国内相关书籍在程序设计方法介绍方面的不足,对于学习可编程控制器的具体应用有很大帮助,同时为配合教学需要和培养学生实践能力,本书着重基本设计技能的基本训练,在基本设计方法上展开撰写。此外,每一章后面都配有与该章学习目标紧密相关的思考题和习题,便于学生巩固所学内容。

近年来,德国西门子(SIEMENS)公司的 SIMATIC-S7 系列的 PLC 在我国已广泛应用于各行各业的生产过程的自动控制中。本书以西门子 S7-200 PLC 为例来编写,既注重基础知识,也注重工程应用,同时也系统地阐述了 PLC 控制系统的设计方法和技巧,介绍了应用系统的设计与开发,并提供了许多实验和典型的设计实例,加强了实际应用的设计指导。

编者从事电气控制及 PLC 技术课程教学多年,密切关注国内外学科最新进展,力求基本概念突出、内容新颖简化、理论与实际结合密切。本书系统性、实用性强,内容丰富,简明易懂,可作为大专院校自动化、电气工程、电气技术、机电一体化、机械设计制造和自动化等相关专业的教材,也可供工程技术人员参考和培训班使用。由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,敬请专家、同仁、读者批评指正。

作者

2016 年 10 月

教 学 内 容	学习要点及教学要求	课时安排/学时	
		全部讲授	部分选讲
第 1 章 常用低压电器	★ 了解常用低压电器的概念、分类及结构组成 ★ 掌握电磁式低压电器、控制电器(主令电器、开关、控制继电器)、执行及显示电器(接触器、电磁铁、电磁阀、电磁制动器、显示电器)、保护电器(熔断器、保护继电器)的工作原理,在电气控制线路中的画法和图形符号 ★ 掌握这些控制电器、保护电器、执行及显示电器的使用	8	6
第 2 章 电气控制的基本和典型线路	★ 了解电气控制线路的设计、绘制及分析规则和方法 ★ 掌握基本电气控制线路:全电压和降压起动控制线路、三相笼型异步电动机的正反转控制线路、三相笼型异步电动机的制动控制线路、异步电动机调速控制线路 ★ 掌握几种典型特定功能控制电路:多地点控制线路、多台电动机先后顺序工作的控制线路、位置原则的自动循环往复控制线路、电流控制的横梁自动夹紧控制线路 ★ 了解机床电气控制线路:C650 卧式车床的电气控制线路和摇臂钻床的电气控制线路	10	8
第 3 章 可编程控制器的结构组成和工作原理	★ 了解 PLC 的产生、功能、特点与分类;了解 PLC 的应用状况和发展趋势;了解 PLC 硬件结构组成和软件组成;了解 S7-200 系列 CPU224 型 PLC 的结构和内部元器件 ★ 掌握 PLC 的工作原理与技术指标 ★ 掌握编程软件的使用法	6	4
第 4 章 S7-200 系列 PLC 基本指令	★ 掌握基本指令和应用指令、程序执行控制类指令及指令构成 ★ 掌握基本指令和应用指令、程序执行控制类指令的使用	8	6
第 5 章 数据处理、运算指令	★ 掌握数据处理指令(字节交换、存储器填充与字节立即读写指令)、移位指令、转换指令图形符号和应用 ★ 了解算术运算、逻辑运算指令、递增、递减指令、表功能指令图形符号和使用法	8	6
第 6 章 特殊功能指令	★ 掌握立即类指令、中断指令、高速计数器与高速脉冲输出、PID 控制指令和时钟指令	8	6
第 7 章 PLC 控制系统设计及实例	★ 了解 PLC 控制系统的设计规则和步骤;了解编程注意事项及编程技巧 ★ 掌握 PLC 程序设计常用的方法及应用	12	10
第 8 章 S7-200 的通信与网络	★ 了解通信的基本知识;了解 PC 与 PLC 通信的实现 ★ 了解 S7-200 通信部件及工业局域网基础知识	4	2
教学总学时建议		64	48

说明:

(1) 本书为自动化专业“电气控制及 PLC 技术”课程教材,理论授课学时数为 48~64 学时,不同专业根据不同的教学要求和计划教学学时数可酌情对教材内容进行适当取舍。

(2) 本书理论授课学时数中包含习题课、课堂讨论等必要的课内教学环节。

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.2 电磁式低压电器	3
1.3 控制电器	5
1.3.1 主令电器	5
1.3.2 开关	11
1.3.3 控制继电器	14
1.4 执行及显示电器	20
1.4.1 接触器	20
1.4.2 电磁铁	22
1.4.3 电磁阀	23
1.4.4 电磁制动器	24
1.4.5 显示电器	24
1.5 保护电器	25
1.5.1 熔断器	25
1.5.2 保护继电器	28
习题与思考题	32
第 2 章 电气控制的基本和典型线路	33
2.1 电气控制线路的设计、绘制及分析	33
2.1.1 电气控制线路的设计	33
2.1.2 电气控制线路的绘制与分析	35
2.2 基本电气控制线路	37
2.2.1 全电压和降压起动控制线路	37
2.2.2 三相笼型异步电动机的正反转控制线路	43
2.2.3 三相笼型异步电动机的制动控制线路	44
2.2.4 异步电动机调速控制线路	50
2.3 典型特定功能控制电路	52
2.3.1 多地点控制线路	52
2.3.2 多台电动机先后顺序工作的控制线路	52
2.3.3 位置原则的自动循环往复控制线路	56
2.3.4 电流控制的横梁自动夹紧控制线路	58
2.4 机床电气控制线路	59
2.4.1 C650 卧式车床的电气控制线路	59

2.4.2 摇臂钻床的电气控制线路	62
习题与思考题	66
第 3 章 可编程控制器的结构组成和工作原理	68
3.1 概述	68
3.1.1 PLC 的产生	68
3.1.2 PLC 的功能、特点与分类	70
3.1.3 PLC 的应用状况和发展趋势	73
3.2 硬件结构组成	76
3.3 软件组成	86
3.4 PLC 的工作原理与技术指标	88
3.5 西门子 S7-200 系列可编程控制器介绍	91
3.5.1 S7-200 系列 PLC 概述	91
3.5.2 S7-200 系列 CPU224 型 PLC 的结构	92
3.5.3 S7-200 系列 PLC 内部元器件	99
3.6 STEP7-Micro/WIN v4.0 编程软件介绍	104
3.6.1 STEP7-Micro/WIN v4.0 概述	105
3.6.2 STEP7-Mirco/WIN32 主要编程功能	114
3.6.3 通信	120
3.6.4 程序的调试与监控	121
3.6.5 项目管理	126
3.7 S7-200 系列 PLC 的装配、检测和维护	127
习题与思考题	131
第 4 章 S7-200 系列 PLC 基本指令	132
4.1 基本位逻辑指令与应用	132
4.1.1 基本位操作指令介绍	132
4.1.2 基本位逻辑指令应用举例	144
4.2 定时器指令	149
4.3 计数器指令	154
4.4 比较指令	159
4.5 程序控制类指令	161
习题与思考题	173
第 5 章 数据处理、运算指令	176
5.1 数据处理指令	176
5.1.1 数据传送指令	176

5.1.2	字节交换、存储器填充与字节立即读写指令	179
5.1.3	移位指令	181
5.1.4	转换指令	188
5.2	算术运算、逻辑运算指令	195
5.2.1	算术运算指令	195
5.2.2	逻辑运算指令	200
5.2.3	递增、递减指令	203
5.3	表功能指令	205
5.3.1	填表指令	205
5.3.2	表取数指令	206
5.3.3	表查找指令	209
	习题与思考题	211
第 6 章	特殊功能指令	212
6.1	立即类指令	212
6.2	中断指令	213
6.3	高速计数器与高速脉冲输出	218
6.4	PID 控制指令	235
6.5	时钟指令	241
	习题与思考题	242
第 7 章	PLC 控制系统设计及实例	244
7.1	PLC 控制系统的设计	244
7.2	PLC 程序设计常用的方法	246
7.2.1	编程注意事项及编程技巧	246
7.2.2	PLC 程序设计常用的方法	248
7.3	PLC 控制应用	270
7.3.1	交通信号灯的 PLC 控制	270
7.3.2	交流电动机正/反转和 Y- Δ 降压起动的 PLC 控制	272
7.3.3	霓虹灯的 PLC 控制	274
7.3.4	机械手的 PLC 控制	275
7.3.5	除尘室的 PLC 控制	276
7.3.6	温度采集的 PLC 控制	279
	习题与思考题	280
第 8 章	S7-200 的通信与网络	281
8.1	通信的基本知识	281

8.1.1	基本概念和术语	281
8.1.2	通信介质	283
8.1.3	串行通信接口标准	285
8.2	PC 与 PLC 通信的实现	288
8.2.1	概述	288
8.2.2	PC 与 S7-200 系列 PLC 通信的实现	290
8.3	S7-200 通信部件介绍	292
8.4	S7-200 PLC 的通信	296
8.4.1	概述	296
8.4.2	PLC 网络通信协议	298
8.5	工业局域网基础	306
	习题与思考题	308
	参考文献	309

常用低压电器

在可编程控制器(PLC)出现以前,控制作用由继电器和接触器组成的线路来实现,这常称为继电-接触器控制系统。对电动机和生产机械实现控制和保护的电工设备叫做控制电器。控制电器的种类很多,按其动作方式可分为手动和自动两类。手动电器的动作是由工作人员手动操纵的,如刀开关、组合开关、按钮等。自动电器的动作是根据指令、信号或某个物理量的变化自动进行的,如各种继电器、接触器、行程开关等。下面介绍组成继电-接触器控制系统的常用低压电器。

本章主要通过介绍电气控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格、图形及符号等知识,学会正确选择和合理使用常用电器,学会分析和设计电气控制线路的基本方法,为后继章节的学习打下基础。

【提示】 电气控制:由继电器和接触器组成的线路,称为继电-接触器控制线路。PLC控制:对电动机的开关量控制是经由接触器实现的,即 PLC→接触器→电动机;对油路管道的通断控制是经由电磁阀实现的,即 PLC→电磁阀。

1.1 概述

1. 低压电器的定义

电力系统电压高低的划分,因着眼点不同而有不同的划分方法。

我国的一些安全规程,例如电力行业标准 DL408—1991 规定:低压,指设备对地电压在 250V 及以下者,高压,指设备对地电压在 250V 以上者,这种方法是从人身安全方面考虑的。

而我国的一些设计、制造和安装规程通常是以 1000V 为界限来划分电压高低的(有的以 1200V 来划分,参见 GB 1497—1985《低压电器基本标准》)。

一般电力拖动对于低压电器的定义,工作在交流额定电压 1000V 及以下,直流额定电压 1200V 及以下。

控制电器按其工作电压的高低,以交流 1200V、直流 1500V 为界,可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。一般常用的低压电器指工作在交流 1200V、直流 1500V 额定电压以下的电路中,能根据外界信号(机械力、电动力或其他物理量),自动或手动接通和断开电路的电器,在此电压范围内使用的电器元件,统称为低压电器。

此外,尚有划分为低压(0~1000V)、中压(1000V~35kV)、高压(35~220kV)、超高压(220~800kV)和特高压(800kV 以上)。

低压电器是实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节。低压电器可分为手动低压电器和自动低压电器。随着电子技术、自动控制技术和计算机技术的飞速发展,自动电器越来越多,不少传统低压电器将被电子线路所取代。然而,即使是在以计算机为主的工业控制系统中,继电-接触器控制技术仍占有相当重要的地位,因此低压电器是不可能完全被替代的。

低压电器未来将向小体积、高可靠性、使用方便、功能可组合性方向发展。

【提示】 不过上面几种电压高低的划分,尚无统一的标准,因此划分界限并不十分明确。

2. 低压电器的分类

低压电器可分为控制电器、执行电器和保护电器。

控制电器主要用来接通和断开线路,以及用来控制用电设备,如刀开关、低压断路器、减压起动器、电磁起动器、主令电器等。

执行电器主要是用来完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

保护电器主要用来获取、转换和传递信号,并通过其他电器对电路实现控制,如熔断器、热继电器等。

常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		行程(限位)开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	
6	起动器	磁力起动器	主要用于电动机的起动
		Y-△减压起动器	
		自耦减压起动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		速度继电器	
		热继电器	

续表

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

下面介绍几种常用的低压电器分类方法。

1) 按工作原理分类

- (1) 电磁式电器。依据电磁感应原理来工作,如接触器、各种类型的电磁式继电器等。
- (2) 非电量控制电器。依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

2) 按动作原理分类

- (1) 手动电器。用手或依靠机械力进行操作的电器,如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。
- (2) 自动电器。借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器,如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

3) 按用途分类

- (1) 控制电器。用于各种控制电路和控制系统的电器,例如接触器、低压断路器、继电器、电动机起动器及主令电器。主令电器是用于自动控制系统中发送动作指令的电器,例如按钮、行程开关、万能转换开关等。
- (2) 保护电器。用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。
- (3) 执行电器。指用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

3. 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。

【提示】 对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好、限流准确等。对低压控制电器,则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

1.2 电磁式低压电器

从结构上来看,电磁式低压电器一般都具有两个基本组成部分:感测部分和执行部分。感测部分接收外界输入的信号,并通过转换、放大、判断,做出有规律的反应,使执行部分动作,输出相应的指令,实现控制的目的。执行部分则是触头。对于有触头的电磁式电器,感测部分大都是电磁机构。对于非电磁式的自动电器,感测部分因其工作原理不同而各有差异,但执行部分仍是触头。

电磁式低压电器构成：电磁机构+执行机构+灭弧装置。

1. 电磁机构

电磁机构包括固定铁心、衔铁、电磁线圈(吸引线圈)，如图 1-1 所示。

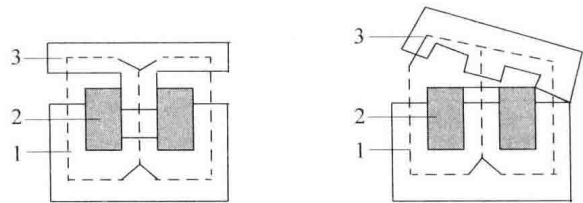


图 1-1 常用电磁机构的形式结构示意图
1—铁心；2—线圈；3—衔铁

电磁机构分为直动式和拍合式两类。

工作原理：电磁线圈通电后，电磁吸力大于弹性力，使衔铁闭合。

铁心材料：直流-电工软铁；交流-硅钢片(端面嵌铜短路环克服交流颤抖声)。

2. 执行机构

低压电器的执行机构一般由主触点及其灭弧装置组成。

1) 触点

触点用来接通或断开被控制的电路。它的结构形式很多，按其接触形式可分为 3 种，即点接触、线接触和面接触，如图 1-2 所示。



图 1-2 触点的 3 种接触形式结构示意图

图 1-2(a)所示为点接触，它由两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成。它常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触点或继电器触点。

图 1-2(b)所示为线接触，它的接触区域是一条直线。触点在通断过程中是滚动接触，这样，可以自动清除触点表面的氧化膜，同时长期工作的位置不是在易烧灼的起始点而是在终点，保证了触点的良好接触。这种滚动线接触多用于中等容量的触点，如接触器的主触点。

图 1-2(c)所示为面接触，它可允许通过较大的电流。这种触点一般在接触面上镶有合金，以减小触点接触电阻和提高耐磨性，多用作较大容量接触器或断路器的主触点。

【提示】 电磁式低压电器触点动作顺序：先断后合。

2) 电弧的产生与灭弧装置

当断路器或接触器触点切断电路时，如电路中电压超过 10~20V 和电流超过 80~100mA，在拉开的两个触点之间将出现强烈火花，这实际上是一种气体放电的现象，通常称为“电弧”。电弧种类包括交流电弧(交流电弧存在交流过零点，电弧易熄灭)和直流电弧。

根据电弧产生的物理过程可知,欲使电弧熄灭,应设法降低电弧温度和电场强度,以加强消电离作用。当电离速度低于消电离速度,则电弧熄灭。

根据电弧产生的机理过程,得到灭弧原则方法有:①迅速拉长电弧;②冷却和去游离法。根据上述灭弧原则,设计出几种灭弧装置,用于熄灭触头分断负载电流时产生的电弧。

常用的灭弧装置有如下几种。

(1) 磁吹式灭弧装置

这种灭弧装置是利用电弧电流产生的磁场来灭弧,因而电弧电流越大,吹弧的能力也越强。它广泛应用于大电流的直流接触器中。

(2) 灭弧栅

灭弧栅灭弧原理:灭弧栅片由许多镀铜薄钢片组成,片间距离为 2~3mm,安放在触点上方方的灭弧罩内。一旦发生电弧,电弧周围产生磁场,使导磁的钢片上有涡流产生,将电弧吸入栅片,电弧被栅片分割成许多串联的短电弧,当交流电压过零时电弧自然熄灭,两栅片间必须有 150~250V 电压,电弧才能重燃。这样一来,电源电压不足以维持电弧,同时由于栅片的散热作用,电弧自然熄灭后很难重燃。灭弧栅是一种常用的交流灭弧装置。

(3) 灭弧罩

比灭弧栅更为简单的是采用一个用陶土和石棉水泥做的耐高温的灭弧罩,用以降温和隔弧,可用于交流和直流灭弧。

(4) 多断点灭弧

在交流电路中也可采用桥式触点,如图 1-3 所示。有两处断开点,相当于两对电极,若有一处断点要使电弧熄灭后重燃需要 150~250V,现有两处断点就需要 $2\times(150\sim250)\text{V}$,所以有利于灭弧。若采用双极或三极触点控制一个电路时,根据需要可灵活地将二个极或三个极串联起来当作一个触点使用,这组触点便成为多断点,加强了灭弧效果。

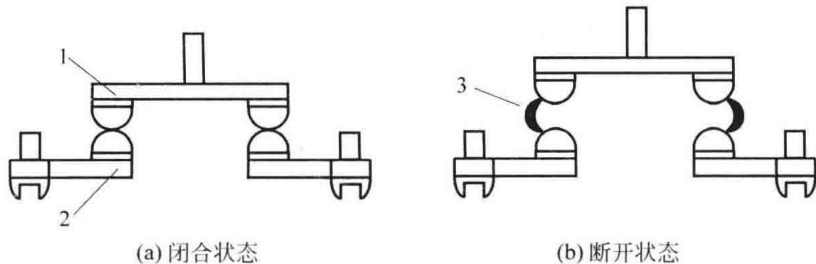


图 1-3 桥式触点结构示意图
1—动触点; 2—静触点; 3—电弧

1.3 控制电器

1.3.1 主令电器

主令电器是一种用于继电-接触器自动控制系统中发送动作指令的电器,常用来控制电力拖动系统中电动机的起动、运行调速、停车及制动等。例如按钮、行程开关、万能转换开关等。下面介绍几种常用的主令电器。

1. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用十分广泛的手动主令电器，它可以与接触器或继电器配合，对电动机实现远距离的自动控制，用于实现控制线路的电气联锁。

控制按钮一般由按钮帽、复位弹簧、触点和外壳等部分组成，其结构如图 1-4 所示，按钮中触点结构一般为桥式，触点形式和数量可以是 1 常开 1 常闭，或多常开多常闭，一直到 8 常开 8 常闭形式。接线时，可以只接常开或常闭触点。

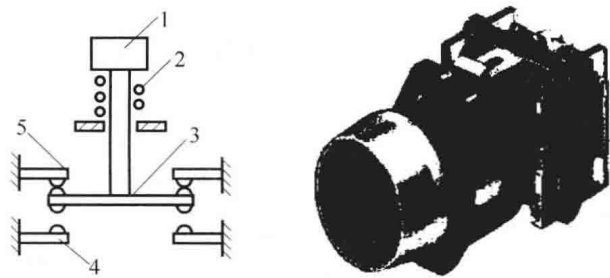


图 1-4 按钮开关结构示意图

1—按钮帽；2—复位弹簧；3—动触点；4—常开静触点；5—常闭静触点

在电气自动控制电路中，控制按钮用于手动操作发出控制信号，使控制线路接通或断开，以使接触器、继电器、电磁阀、电磁起动器等电器的线圈通电或断电，达到控制这些电器的目的。当按下按钮时，先断开其常闭触点，而后接通其常开触点。当按下按钮的力消失后（释放按钮），在复位弹簧作用下，按钮帽复位，触点复位。按钮提供了一个脉冲式信号。控制按钮可做成单式（一个按钮）、复式（两个按钮）和三联式（有三个按钮）的形式。

在电气控制线路中，常开按钮常用来起动电动机，也称起动按钮，常闭按钮常用于控制电动机停止，也称停止按钮，复合按钮用于联锁控制电路中。

按钮开关的主要参数、触头数量及触头的电流容量，在产品说明书中都有详细说明。

为了便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常将按钮帽做成不同的颜色，以示区别，其颜色有红、绿、黑、黄、蓝、白等。如：红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮等，见表 1-2 所示。

表 1-2 按钮颜色及其含义

颜色	含 义	典 型 应 用
红色	危险情况下的操作	紧急停止
	停止或分断	全部停机。停止一台或多台电动机，停止一台机器某一部分，使电器元件失电，有停止功能的复位按钮
黄色	应急、干预	应急操作、抑制不正常情况或中断不理想的工作周期
绿色	起动或接通	起动，起动一台或多台电动机，起动一台机器的一部分，使某电器元件得电
蓝色	上述几种颜色（即红、黄、绿色）未包括的任一种功能	
黑色 灰色 白色	无专门指定功能	可用于“停止”和“分断”以外的任何情况

按钮开关的图形符号及文字符号如图 1-5 所示。



图 1-5 按钮开关的图形和文字符号

市面上还偶有一些特殊功能的按钮,其功能与上述的不同。这样的按钮,当按下按钮的力撤销后,按钮帽复位,但触点不复位;当再次按下按钮后,触点才复位。它们实际上是一般意义上的开关,而不是一般意义上的按钮,它们是按钮式开关,有的场合就称它们为开关。有些这样的按钮,在断电后触点复位,可以对电路实现断路保护。还应当看到,有些称为开关的电器(比如行程开关),它的功能实际上与一般意义上的按钮的功能相同,也就是当操作力释放后触点自动复位。所以我们必须根据它们的实际功能,而不是根据它们的名称去进行控制电路的设计。

按照操作方式、结构以及功能的差别,控制按钮可分为普通按钮式、蘑菇头式、自锁式、自复位式、旋柄式、带指示灯式、带灯符号式及钥匙式等。

控制按钮还可称为主令电器,是主令电器中的一种。主令电器是电气自动控制系统中用于发送或转换控制指令的电器,由于它是一种专门发布命令的电器,故称为主令电器。主令电器用于控制电路,被用来对控制电路进行闭合和断开操作,以实现相应的控制命令。

2. 行程开关

行程开关又称为限位开关。行程开关(限位开关)除检测生产机械的行程外,还可以安装于生产机械行程的极限终点处,作设备安全保护用。

行程开关是对生产机械运动部件行程进行控制的电器。当运动部件运行到指定位置时,挡铁压合行程开关,使控制电路接通或断开,发出电信号,使生产机械的运行转入下一步程序(比如运动部件退回)。行程开关是依照生产机械的行程发出控制命令的主令电器。它的作用原理与按钮类似。行程开关广泛用于各类机床和起重机械,用以控制其行程、进行终端限位保护。在电梯的控制电路中,还利用行程开关来控制开关轿门的速度、自动开关门的限位以及轿厢上、下限位保护。

行程开关的基本结构有三个主要部分:摆杆(或称顶杆,操作机构)、触头系统和外壳,摆杆与动触头相连。

行程开关的动作原理基本与按钮相同,即摆杆被操作(受相应的力)后,行程开关的动触头跟着动作,使其常闭触点断开、常开触点闭合;当操作力撤销后摆杆复位,动触头复位,触点状态复原。但是摆杆不是由手动的,而是由机械设备的某些可动刚体部件撞动或压合的。行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式。

(1) 直动式行程开关。其结构原理如图 1-6 所示,其动作原理与按钮开关相同,但其触点的分合速度取决于生产机械的运行速度,不宜用于速度低于 0.4m/min 的场所。

(2) 滚轮式行程开关。其结构原理如图 1-7 所示,当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时,撞杆转向右边,带动凸轮转动,顶下推杆,使微动开关中的触点迅速动作。当运动机械返回

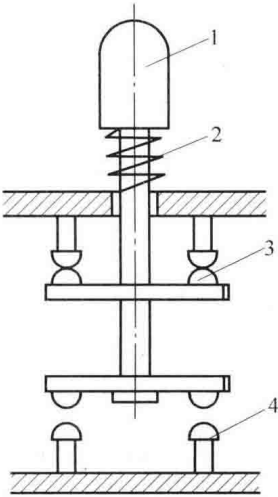


图 1-6 直动式行程开关结构示意图
1—推杆; 2—弹簧; 3—动断触点; 4—动合触点

时,在复位弹簧的作用下,各部分动作部件复位。

滚轮式行程开关又分为单滚轮自动复位和双滚轮(羊角式)非自动复位式,双滚轮行程开关具有两个稳态位置,有“记忆”作用,在某些情况下可以简化线路。

(3) 微动开关式行程开关。其结构如图 1-8 所示。

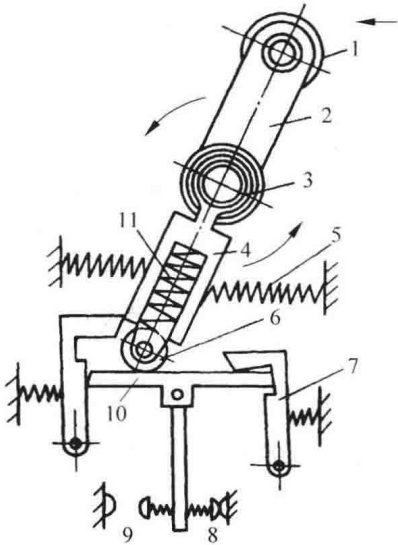


图 1-7 滚轮式行程开关结构示意图

1—滚轮；2—上转臂；3、5、11—弹簧；4—套架；
6—滑杆；7—压板；8、9—触点；10—横板

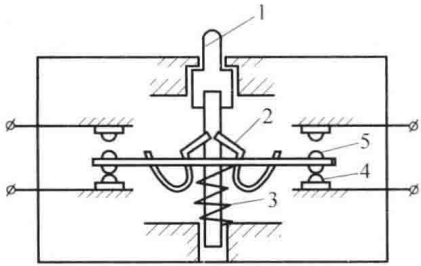


图 1-8 微动式行程开关结构示意图

1—推杆；2—弹簧；3—压缩弹簧；4—动断触点；
5—动合触点

行程开关的图形和文字符号见图 1-9 所示。行程开关的主要参数有动作行程、工作电压及触头的电流容量,在产品说明书中有详细说明。



图 1-9 行程开关触点符号

3. 接近开关

接近开关是非接触式的行程开关,简称接近开关。它由感应头、高频振荡器、放大器和外壳组成。其功能是当某种物体与之接近到一定距离时就发出开关动作信号,而不像机械行程开关那样需要施加机械力。接近开关是通过其感应头与被测物体间介质能量的变化来取得信号的。其应用已远超出一般行程控制和限位保护,它可以像机械行程开关一样完成行程控制和限位保护,也可以用于工件计数、与计数有关的检测及液面控制等。

接近开关可根据其感应机构(接近信号发生机构)工作原理的不同分为高频振荡型、电磁感应型、霍尔效应型、光电型、永磁及磁敏元件型、电容型、超声波型等多种形式,其中以高频振荡型为最常用,占全部接近开关产量的 80% 以上。高频振荡型用于检测各种金属,当前应用最为普遍;电磁感应型(包括差动变压器型)用于检测导磁和非导磁金属;电容型用