



普通高等教育“十三五”规划教材
理论+实践+数字资源一体化规划教材

电气控制 与PLC应用技术

主编 叶建雄 贾昊 张朝兰



电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press

电气控制与 PLC 应用技术

主 编 叶建雄 贾 昊 张朝兰

副主编 彭星玲 万盛斌 胡 波

余长庚

参 编 廖高华 李 兵

 电子科技大学出版社

· 成都 ·

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术 / 叶建雄, 贾昊, 张朝兰主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2019.3

ISBN 978 - 7 - 5647 - 6752 - 5

I. ①电… II. ①叶… ②贾… ③张… III. ①电气控制②PLC 技术 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 035521 号

电气控制与 PLC 应用技术

叶建雄 贾昊 张朝兰 主编

策划编辑 魏彬

责任编辑 魏彬

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestp.com.cn

服务电话 028 - 83203399

邮购电话 028 - 83201495

印 刷 武汉市精彩印务有限公司

成品尺寸 185mm × 260mm

印 张 17.5

字 数 405 千字

版 次 2019 年 3 月第 1 版

印 次 2019 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5647 - 6752 - 5

定 价 49.80 元

版权所有 侵权必究

前言

S7-1200 是西门子 SIMATIC 控制器系列的最新紧凑型产品，作为 SIMATIC “全集成自动化”（TIA: Totally Integrated Automation）计划的一部分，S7-1200 系列 PLC 相比 200 系列 PLC，它在主机速度、内容容量、指令数量及功能方面都有了质的提升，可以轻松地将人机界面、变频器、运动控制器等与 PLC 进行灵活组态；可以进行信号板、信号模块和通信模块的扩展，S7-1200 系列 PLC 还具有内置 PROFINET、高速运动控制 I/O，可用于控制多种多样的设备，以满足不同形式的自动化需求。

本书分为十章。前面二章主要是常规电气控制的相关知识，其中第一章介绍常用的低压电器，如接触器、继电器和熔断器等；第二章讲述继电器控制电路的设计，如电气原理图的设计、异步电机的各种控制电路等；第三章是 PLC 概述，从宏观方面对 PLC 的产生、应用及发展趋势进行了介绍，对 PLC 的结构和工作原理进行了讲解；第四章针对 S7-1200 PLC 的硬件结构及安装使用方法进行了说明；第五章针对 S7-1200 PLC 的特点，介绍了其支持的数制、数据类型及程序组成模块，为后续的使用打下基础；第六章介绍了编程软件的安装及应用界面，以及变量表、交叉引用等功能的使用方法；第七章从基本指令、扩展指令和全局库指令三个方面对指令进行了讲解；第八章则讲述了各种程序设计方法及在 S7-1200 PLC 上的应用；第九章利用多个不同类型的应用实例，讲述了 S7-1200 PLC 的多种应用；第十章主要介绍了基于 S7-1200 PLC 的通信方法，并给出了实际通信实例，为其网络化应用打下基础。

本书的特点是注重理论和实践相结合，不少案例来源于实际项目，所有的功能程序均经过检测，并对照性地针对同一问题提供了不同的解决方案，适合作为本、专科学校的教材，也可作为工程技术人员的参考书。全书由叶建雄教授统稿，谢云敏教授进行了审阅并提出了宝贵意见。本书得到了南昌工程学院本科教学工程的支持，除参编人员外，研究生刘承林、钱江昆、张志伟等也做了大量工作，在此一并表示感谢。

因编者水平有限，疏漏和错误在所难免，敬请专家和读者批评指正。

编者
2019 年 1 月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 低压电器概述	1
1.2 接触器	5
1.3 继电器	8
1.4 熔断器	16
1.5 刀开关与低压断路器	18
1.6 主令电器	23
习 题	29
第 2 章 继电器控制电路设计	30
2.1 电气控制系统图绘制	30
2.2 异步电机的继电器控制电路	34
2.3 控制电路中常用的保护环节	45
习 题	48
第 3 章 PLC 概述	49
3.1 PLC 的基础知识	49
3.2 PLC 的特点及性能指标	50
3.3 PLC 的分类及应用	53
3.4 PLC 的基本结构及工作原理	55
习 题	63
第 4 章 S7-1200 PLC 的硬件结构	64
4.1 S7-1200 PLC 的硬件结构	64
4.2 S7-1200 PLC 的硬件接线规范	69
习 题	74
第 5 章 S7-1200 PLC 编程基础知识	75
5.1 数制、码制和逻辑运算	75
5.2 S7-1200 PLC 支持的数据类型	80

5.3	S7-1200 PLC 的存储区及寻址	85
5.4	PLC 的程序结构	92
	习 题	97
第 6 章	编程软件 STEP 7 的使用	98
6.1	编程软件 STEP 7 概述	98
6.2	STEP 7 编程软件的安装要求	98
6.3	编程软件的使用入门	99
第 7 章	S7-1200 PLC 的指令系统	106
7.1	基本功能指令	106
7.2	扩展功能指令	120
第 8 章	PLC 程序设计方法	139
8.1	S7-1200 PLC 的程序结构	139
8.2	程序的经验设计法	159
8.3	程序的顺序功能图设计法	165
8.4	程序设计示例	174
	习 题	181
第 9 章	PLC 控制系统应用及设计	183
9.1	PLC 控制系统设计原则	183
9.2	PLC 控制系统设计内容	185
9.3	TP 的使用	187
9.4	PLC 在生产中的应用	215
	习 题	237
第 10 章	S7-1200 PLC 的通信	239
10.1	工业控制网络通信基础	239
10.2	串口通信	244
10.3	基于以太网的 S7-1200 间的通信	259
10.4	S7-1200 PLC 与 S7-200 PLC 的通信	266
10.5	S7-1200 PLC 与 S7-300/400 PLC 的通信	270
	习 题	273
	参考文献	274

在工矿企业的电气控制系统中，采用的基本上都是低压电器。因此，低压电器是电气控制中的基本组成元件，控制系统的优劣和低压电器的性能有直接的关系。作为电气工程技术人员，应该熟悉低压电器的结构、工作原理和使用方法。可编程控制器在电气控制系统中需要大量的低压控制电器才能组成一个完整的控制系统，因此熟悉低压电器的基本知识是学习可编程控制器的基础。

低压电器是指额定电压等级在交流 1200V、直流 1500V 以下的电器。在我国工业控制电路中最常用的三相交流电压等级为 380V，只有在特定行业环境下才用其他电压等级，如煤矿井下的电钻用 127V、运输机用 660V、采煤机用 1140V 等。

单相交流电压等级最常见的为 220V，其他电压等级还有 6V、12V、24V、36V 和 42V，这些电压主要用于安全场所的照明、信号灯以及作为控制电压；直流用于动力的电压等级有 110V、220V 和 440V，用于控制的有 6V、12V、24V 和 36V，此外，在电子电路中还经常使用 5V、9V 和 15V 等直流电压等级。

1.1 低压电器概述

1.1.1 低压电器的分类

低压电器种类繁多，功能多样，构造各异，工作原理各不相同，因而常用低压电器的分类方法很多。

1. 按用途或控制对象分类

(1) 配电电器：主要用于低压配电系统中。要求系统发生故障时准确动作、可靠工作，在规定条件下具有良好的动稳定性与热稳定性，使电器不会被损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、熔断器、断路器等。

(2) 控制电器：主要用于电气传动系统中。要求寿命长、体积小、重量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、起动器、主令电器、电磁铁等。

2. 按动作方式分类

(1) 自动电器：依靠自身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作，如接触器、继电器等。

(2) 手动电器：用手动操作来进行切换的电器，如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器：利用触点的接通和分断来切换电路，如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器：无可分离的触点。主要利用电子元件的开关效应，即导通和截止来实现电路的通、断控制，如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式控制电器：根据电磁感应原理动作的电器，如接触器、继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器：依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器，如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

5. 按低压电器型号分类

为了便于了解文字符号和各种低压电器的特点，我国在《国产低压电器产品型号编制办法》(JB 2930—81.10)中，将低压电器分为 13 个大类，每个大类用汉语拼音字母作为该产品型号的首字母，第二位用汉语拼音字母表示该类电器的形式。

(1) 刀开关 H，例如 HS 为双投式刀开关(刀型转换开关)，HZ 为组合开关。

(2) 熔断器 R，例如 RC 为瓷插式熔断器，RM 为密封式熔断器。

(3) 断路器 D，例如 DW 为万能式断路器，DZ 为塑壳式断路器。

(4) 控制器 K，例如 KT 为凸轮控制器，KG 为鼓型控制器。

(5) 接触器 C，例如 CJ 为交流接触器，CZ 为直流接触器。

(6) 起动器 Q，例如 QJ 为自耦变压器降压起动器，QX 为星三角起动器。

(7) 控制继电器 J，例如 JR 为热继电器，JS 为时间继电器。

(8) 主令电器 L，例如 LA 为按钮，LX 为行程开关。

(9) 电阻器 Z，例如 ZG 为管型电阻器，ZT 为铸铁电阻器。

(10) 变阻器 B，例如 BP 为频敏变阻器，BT 为起动调速变阻器。

(11) 调整器 T，例如 TD 为单相调压器，TS 为三相调压器。

(12) 电磁铁 M，例如 MY 为液压电磁铁，MZ 为制动电磁铁。

(13) 其他 A，例如 AD 为信号灯，AL 为电铃。

在选用低压电器时常根据型号来进行选择，所以本书按型号分类对上述低压电器的分类进行说明。

1.1.2 电磁式低压电器的基本结构

电磁式电器是指以电磁力为驱动力的电器，它在低压电器中占有十分重要的地位，在电气控制系统中应用最为普遍。各种类型的电磁式电器主要由电磁机构和执行机构两部分组成，电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种，执行机构则分为触头和灭弧装置两

部分。

1. 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力，带动触头动作，完成通断电路的控制作用。电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、磁轭(静铁芯)和衔铁(动铁芯)三部分组成。其作用原理是，当线圈中有工作电流通过时，电磁吸力克服弹簧的反作用力，使衔铁与铁芯闭合，由连接机构带动相应的触头动作。

按衔铁的运动不同，铁芯可分为拍合式和直动式两大类。图 1.1(a)为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯，其铁芯材料由电工软铁制成，它广泛用于直流电器中；图 1.1(b)为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯，铁芯形状有 E 形和 U 形两种，其铁芯材料由硅钢片叠成，多用于触头容量较大的交流电器中；图 1.1(c)为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯，它也是由硅钢片叠制而成的，多用于触头为中、小容量的交流接触器和继电器中。电磁线圈由漆包线绕制而成，也分为交、直流两大类，当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势，从而在磁路中形成磁通，使衔铁获得足够的电磁力，克服反作用力而吸合。

在交流电流产生的交变磁场中，为避免因磁通过零点造成衔铁的抖动，需在交流电器铁芯的端部开槽，嵌入一铜短路环，也叫分磁环，使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零，这样电磁吸力 F 总是大于弹簧的反作用力，将衔铁牢牢地吸住，从而可以消除交流铁芯的抖动和噪声。

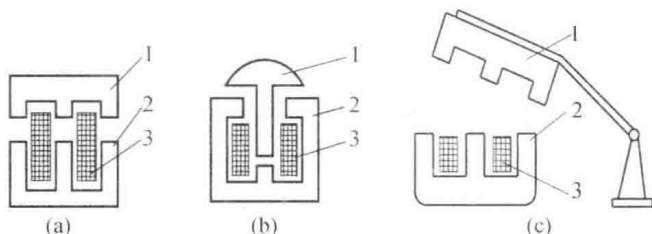


图 1.1 常用的磁路结构

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈

还应指出，对电磁式电器而言，电磁机构的作用是使触头实现自动化操作，因电磁机构实质上是电磁铁的一种，电磁铁还有很多其他用途，例如，牵引电磁铁，有拉动式和推动式两种，可以用于远距离控制和操作各种机构；阀用电磁铁可以远距离控制各种气动阀、液压阀以实现机械自动控制；制动电磁铁则用来控制自动抱闸装置，实现快速停车；起重电磁铁用于起重搬运磁性货物件，等等。

2. 触头系统

触头的作用是接通或分断电路，因此要求触头具有良好的接触性能，电流容量较小的电器(如接触器、继电器等)常采用银质材料作触头，这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似，可以避免触头表面因氧化膜电阻率增加而造成的接触不良。

触头的结构有桥式和指式两类。桥式触头又分为点接触式(如图 1.2(a)所示)和面接触式(如图 1.2(b)所示)，点接触式适用于电流不大的场合，面接触式适用于电流较大的

场合。图 1.2(c) 为指形触头，指形触头在接通与分断时产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，故其触头可以用紫铜制造，特别适合于触头分合次数多、电流大的场合。

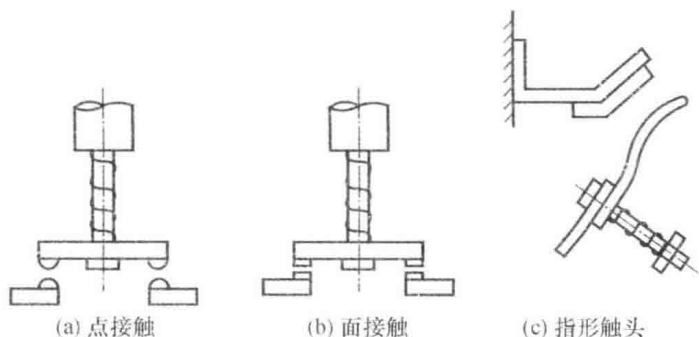


图 1.2 交流接触器触头的结构形式

3. 灭弧系统

触头在分断电流瞬间，在触头间的气隙中就会产生电弧，电弧的高温能将触头烧损，并用紫铜制造，特别适合于触头分合次数多、电流大的场合。可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施如下：

① 迅速增加电弧长度(拉长电弧)，使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭；

② 使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电流有自然过零点，故其电弧较易熄灭。

低压控制电器常用的具体灭弧方法有以下几种。

(1) 机械灭弧。通过机械装置将电弧迅速拉长。这种方法多用于开关电器中。

(2) 磁吹灭弧。在一个与触头串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭。

(3) 栅片灭弧法。当触头分开时，产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因而就有许多个阴阳极压降。对交流电弧来说，近阴极处，在电弧过零时就会出现一个 150~250V 的介质强度，使电弧无法继续维持而熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧，如图 1.3 所示。

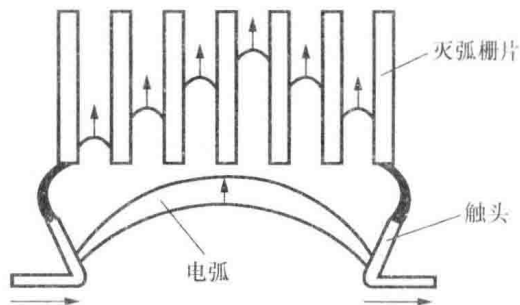


图 1.3 金属栅片灭弧示意图

(4) 窄缝(纵缝)灭弧法。在电弧所形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄(纵)缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭。这种结构多用于交流接触器上。

1.2 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或切断带有负载的交、直流电路或大容量控制电路的电器。控制对象主要是电动机，也可用于其他电力负载，如电热器、电焊机、电炉变压器、电容器组等。接触器不仅能接通和切断电路，还具有低电压释放保护作用，控制容量大，适用于频繁操作和远距离控制，工作可靠、寿命长等特点。接触器的运动部分(动铁芯、触头等)，可借助于电磁力、压缩空气、液压力的作用来驱动。在此，只介绍电磁力驱动的电磁式接触器。

1.2.1 接触器的结构及工作原理

电磁式接触器主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置等部分组成。如图 1.4 所示为交流接触器的结构示意图及图形符号。

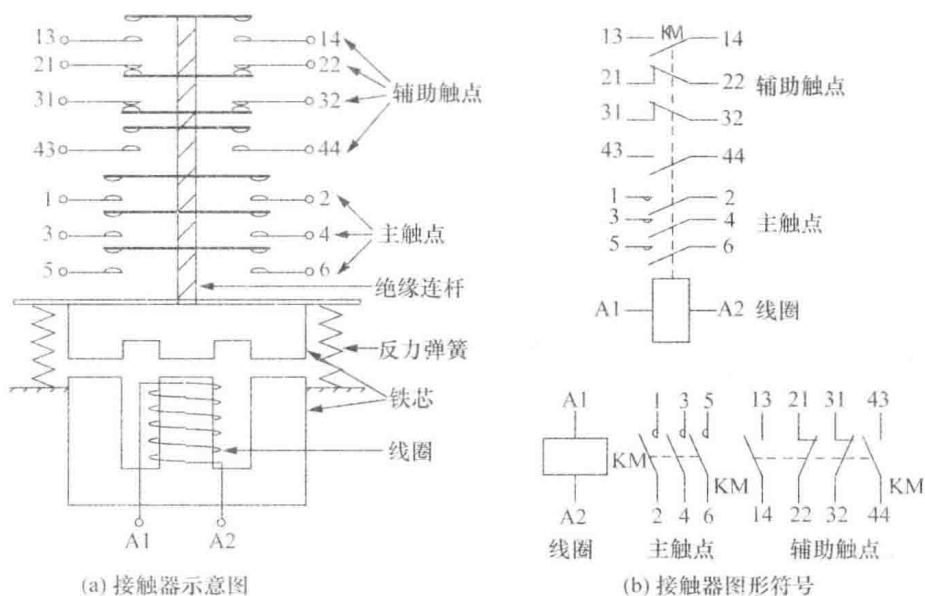


图 1.4 交流接触器的结构示意图及图形符号

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成。

(2) 触头系统。交流接触器的触头系统包括主触头和辅助触头。主触头用于通、断主电路，有 3 对或 4 对常开触头；辅助触头用于控制电路，起电气联锁或控制作用，通常有 2 对常开和 2 对常闭触头。

(3) 灭弧装置。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触头以利于灭弧；对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

(4) 其他部件。包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

接触器上标有端子标号，线圈为 A1、A2，主触头 1、3、5 接电源侧，2、4、6 接负荷侧。辅助触头用两位数表示，前一位为辅助触头顺序号，后一位的 3、4 表示常开触头，

1、2 表示常闭触头。

接触器的控制原理很简单,当线圈接通额定电压时,产生电磁力,克服弹簧反力,吸引动铁芯向下运动,动铁芯带动绝缘连杆和动触头向下运动使常开触头闭合,常闭触头断开。当线圈失电或电压低于释放电压时,电磁力小于弹簧反力,常开触头断开,常闭触头闭合。直流接触器的图形符号和文字符号同交流接触器,交(直)流接触器的图形符号和文字符号如图 1.5 所示。

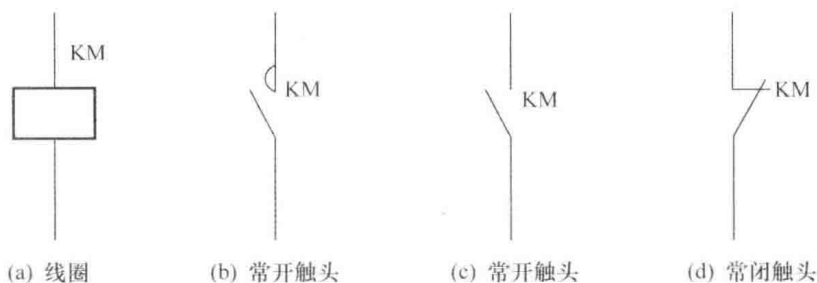


图 1.5 交(直)流接触器的图形符号和文字符号

1.2.2 技术参数和类型

1. 接触器的主要技术参数

接触器的主要技术参数包括极数、额定工作电压、额定工作电流、吸引线圈的额定电压,约定发热电流、额定通断能力、额定操作频率等。

(1) 极数。按接触器主触头的数量不同可分为两极、三极和四极接触器。

(2) 额定工作电压。接触器的额定电压是指主触头的额定电压。交流有 220V、380V 和 660V,在特殊场合应用的额定电压高达 1140V,直流主要有 110V、220V 和 440V。

(3) 额定工作电流。接触器的额定电流是指主触头的额定工作电流。它是在一定的条件(额定电压、使用类别和操作频率等)下规定的,目前常用的电流等级为 10A~800A。

(4) 吸引线圈的额定电压。交流有 36V、127V、220V 和 380V,直流有 24V、48V、220V 和 440V。

(5) 约定发热电流。在规定条件下试验,电流在 8h 工作制下,各部分温升不超过极限时接触器所承载的最大电流。

(6) 额定操作频率。接触器的额定操作频率是指每小时允许的操作次数,一般为 300 次/h、600 次/h 和 1200 次/h。

(7) 动作值。动作值是指接触器的吸合电压和释放电压。规定接触器的吸合电压大于线圈额定电压的 85% 时应可靠吸合,释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

(8) 机械寿命和电气寿命。接触器是频繁操作电器,应有较高的机械和电气寿命,该指标是产品质量的重要指标之一。

2. 接触器的常用类型

(1) 交流接触器。

交流接触器的触头流过交流电流,但对它的吸引线圈的电压并没有硬性规定,通常

施加交流电压,也有为了增加接触器的开闭次数和可靠性采用直流吸引线圈的。目前,国内常用的交流接触器有 CJ10、CJ12、CJ10X、CJ20、CJX1、CJX2、3TB 和 3TD 等系列。

CJ20 系列是全国统一设计的新型接触器,主要适用于交流 50Hz、电压 660V 及以下的电力线路中。它的磁系统采用双线圈的 U 形铁芯,吸引线圈一般用铜线绕成。由于交流接触器的吸引线圈电阻较小,故铜损引起的发热不多,其发热主要来源于铁芯,为了增加铁芯的散热面积,吸引线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离并将线圈制成粗而短的圆桶状。

触头系统采用双断点结构,动触桥为船形,具有较高的强度和较大的热容量。主触头通常有 3 对,也有 1 对、2 对或 5 对的,辅助触点在主触点两侧,25A 以上的交流接触器装有灭弧罩,灭弧罩按其额定电压和额定电流不同分为栅片式和纵缝式两种。

交流接触器型号意义如图 1.6 所示。

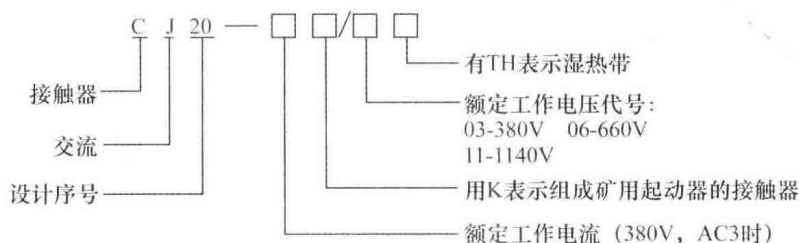


图 1.6 交流接触器型号的意义

(2) 直流接触器。

直流接触器主要用于额定电压至 440V、额定电流至 1600A 的直流电力线路中,作为远距离接通和分断电路,控制直流电动机的频繁起动、停止和反向。

直流电磁机构通以直流电,铁芯中无磁滞和涡流损耗,因而铁芯不发热。而吸引线圈的匝数多,电阻大、铜耗大,线圈本身发热。因此吸引线圈做成长而薄的圆筒状,且不设线圈骨架,使线圈与铁芯直接接触,以便散热。

触头系统也有主触头与辅助触头。主触头一般做成单级或双极。单极直流接触器用于一般的直流回路中,双极直流接触器用于分断后电路完全隔断的电路以及控制电机的正反转电路中。由于通断电流大,通电次数多,故采用滚滑接触的指形触头,辅助触头由于通断电流小,常采用点接触的桥式触头。

直流接触器一般采用磁吹灭弧装置。国内常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22 等系列。

直流接触器型号意义如图 1.7 所示。

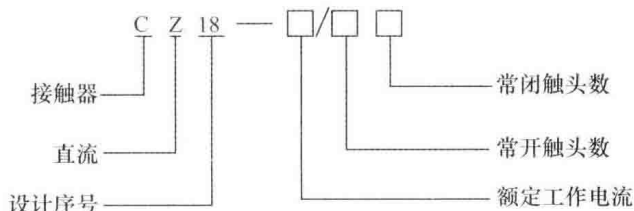


图 1.7 直流接触器型号的意义

1.2.3 接触器的选用

选用接触器时应主要考虑以下几个因素。

(1) 控制交流负载应选用交流接触器，控制直流负载则选用直流接触器。

(2) 接触器的使用类别应与负载性质相一致。

交流接触器按负荷种类一般分为 4 类，分别记为 AG1、AG2、AG3 和 AG4，其对应的控制对象分别为：AG1 无感或微感负荷，如白炽灯、电阻炉；AG2 绕线式异步电动机的起动和停止；AG3 笼形异步电动机的运转和运行中分断；AG4 笼形异步电动机的起动、反接制动、反转和点动。

直流接触器的使用类别大致可分为 3 类，DC1、DC3、DC5，其中 DC1 类控制无感或微感负荷；DC3 类控制并励直流电动机的起动，反接制动、反向和点动等。

(3) 主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

(4) 主触头的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流。

(5) 吸引线圈的额定电压应与控制回路电压相一致，接触器在线圈额定电压 85% 及以上时应能可靠地吸合。

1.2.4 接触器的维护

(1) 交流接触器的吸引线圈电压只在 85% ~ 105% U_N 时能保证可靠工作，电压高于这个范围，线圈都有可能烧毁；直流接触器的吸引线圈电压只在 85% ~ 105% U_N 时能保证可靠工作，电压降到 5% ~ 10% U_N 时，动铁芯释放。

(2) 短路环损坏后，不能继续使用。

(3) 触头表面应保持清洁，但不允许涂油。

(4) 触头严重磨损，当厚度只剩下 1/3 时，应及时更换。

(5) 原来带灭弧罩的接触器，一定要带灭弧罩使用，以免发生短路。

(6) 可动部分不能卡死，紧固部分不能松脱。

1.3 继电器

继电器是一种根据外界输入的电或非电的信号，来自动控制电路通断的电器。它具有输入电路(又称感应元件)和输出电路(又称执行元件)。当感应元件中的输入量(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作，其触点便接通或断开控制电路。

继电器的种类很多，按输入量可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器等；按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器等；按用途可分为控制继电器、保护继电器等；按用途可分为控制继电器、保护继电器等。下面对几种常用的继电器做介绍。

1.3.1 电磁式继电器

在控制电路中用的继电器大多数是电磁式继电器。电磁式继电器具有结构简单、价格低廉、使用维护方便、触点容量小(一般在5A以下)、触点数量多且无主、辅之分、无灭弧装置、体积小、动作迅速、准确、控制灵敏、可靠等特点,广泛地应用于低压控制系统中。常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器、中间继电器以及各种小型通用继电器等。

1. 电磁式继电器的基本结构

电磁式继电器的结构和工作原理与接触器相似,主要由电磁机构和触头系统组成。由于继电器多用于控制电路,工作电流较小,所以不需要灭弧装置。另外,继电器可以对各种输入量做出反应,而接触器只有在一定的电压信号下动作。但继电器为满足控制要求,需要调节动作参数,因此具有调节装置。

电磁式继电器也有直流和交流两种。图1.8为直流电磁式继电器结构示意图,在线圈两端加上电压或通入电流,产生电磁力,当电磁力大于弹簧反力时,吸动衔铁使常开、常闭接点动作;当线圈的电压或电流下降或消失时衔铁释放,接点复位。

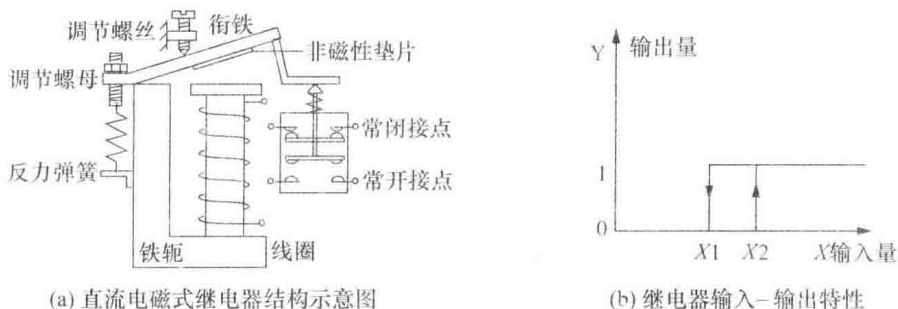


图 1.8 直流电磁式继电器结构示意图

2. 电磁式继电器的主要参数和特性

(1) 电磁式继电器的参数

① 额定参数。继电器线圈和触头在正常工作时允许的电压值或电流参数称为继电器额定电压或者继电器额定电流。

② 动作参数。包括继电器的吸合值和释放值。对于电压继电器有吸合电压 U_0 与释放电压 U_r ; 对于电流继电器有吸合电流 I_0 和释放电流 I_r 。

③ 返回系数。是指继电器释放值与吸合值的比值,用 k 来表示。

④ 整定值。继电器动作参数的实际整定数值,可人为调整。继电器的吸动值和释放值可以根据保护要求在一定范围内调整,现以图1.8(a)所示直流电磁式继电器为例予以说明。

- 转动调节螺母,调整反力弹簧的松紧程度可以调整动作电流(电压)。弹簧反力越大动作电流(电压)就越大,反之就越小。

- 改变非磁性垫片的厚度。非磁性垫片越厚,衔铁吸合后磁路的气隙和磁阻就越大,

释放电流(电压)也就越大,反之越小,而吸引值不变。

- 调节螺丝,可以改变初始气隙的大小。在反作用弹簧力和非磁性垫片厚度一定时,初始气隙越大,吸引电流(电压)就越大,反之就越小,而释放值不变。

⑤ 动作时间。分吸合时间和释放时间两种。

⑥ 灵敏度。是指继电器在整定值下动作时所需最小功率或安匝数。

(2) 电磁式继电器的特性。

继电器的主要特性是继电器的输出量随输入的变化规律,即输入-输出特性,又称为继电特性,如图 1.8(b)所示。

当继电器输入量 X 由 0 增加至 X_2 之前,输出量 Y 为 0。当输入量增加到 X_2 时,继电器吸合,输出量 Y 为 1,表示继电器线圈得电,常开接点闭合,常闭接点断开。当输入量继续增大时,继电器动作状态不变。

当输出量 Y 为 1 的状态下,输入量 X 减小,当小于 X_2 时 Y 值仍不变,当 X 再继续减小至小于 X_1 时,继电器释放,输出量 Y 变为 0, X 再减小, Y 值仍为 0。

在继电特性曲线中, X_2 称为继电器吸合值, X_1 称为继电器释放值。返回系数 $k = X_1/X_2$ 值可以调节,不同场合对 k 值的要求不同。例如,一般控制继电器要求 k 值低些,在 0.1~0.4 之间,这样继电器吸合后,输入量波动较大时不致引起误动作。保护继电器要求 k 值高些,一般在 0.85~0.9 之间。一般 k 值越大,继电器灵敏度越高, k 值越小,灵敏度越低。

3. 电流继电器、电压继电器与中间继电器

(1) 电流继电器。

电流继电器的输入量是电流,它是根据输入电流大小而动作的继电器。电流继电器的线圈串入电路中,以反映电路电流的变化,其线圈匝数少、导线粗、阻抗小。电流继电器可分为欠电流继电器和过电流继电器。

欠电流继电器用于欠电流保护或控制,如直流电动机励磁绕组的弱磁保护、电磁吸盘中的欠电流保护、绕线式异步电动机起动时电阻的切换控制等。欠电流继电器的动作电流整定范围为线圈额定电流的 30%~65%。电流正常不欠电流时,欠电流继电器处于吸合动作状态,常开接点处于闭合状态,常闭接点处于断开状态;当电路出现不正常现象或故障现象导致电流下降或消失时,继电器中流过的电流小于释放电流而动作,所以欠电流继电器的动作电流为释放电流而不是吸合电流。

过电流继电器用于过电流保护,如起重机电路中的过电流保护。过电流继电器在电路正常工作时流过正常工作电流,正常工作电流小于继电器所整定的动作电流,继电器不动作,当电流超过动作电流整定值时才动作。过电流继电器动作时,其常开接点闭合,常闭接点断开。过电流继电器整定范围为(110%~400%)额定电流,其中交流过电流继电器为(110%~400%) I_N ,直流过电流继电器为(70%~300%) I_N 。

常用的电流继电器的型号有 JL12、JL15 等。电流继电器作为保护电器时,其图形符号如图 1.9 所示。



图 1.9 电流继电器的图形符号

(2) 电压继电器

电压继电器的输入量是电路的电压大小，其根据输入电压大小而动作。与电流继电器类似，电压继电器也分为欠电压继电器和过电压继电器两种。欠电压继电器吸合电压动作范围为 $(20\% \sim 50\%)U_N$ ，释放电压调整范围为 $(7\% \sim 20\%)U_N$ ；过电压继电器动作电压范围为 $(105\% \sim 120\%)U_N$ ；零电压继电器当电压降低至 $(5\% \sim 25\%)U_N$ 时动作，它们分别起欠压、过压、零压保护。电压继电器工作时并联在电路中，反映电路中电压的变化，用于电路的电压保护。

电压继电器常用在电力系统继电保护中，在低压控制电路中使用较少。电压继电器作为保护电器时，其图形符号如图 1.10 所示。

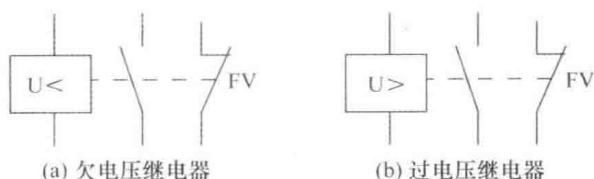


图 1.10 电压继电器的图形符号

(3) 中间继电器

中间继电器是常用的继电器之一，它的结构和接触器基本相同，如图 1.11(a)所示，其图形符号如图 1.11(b)所示。

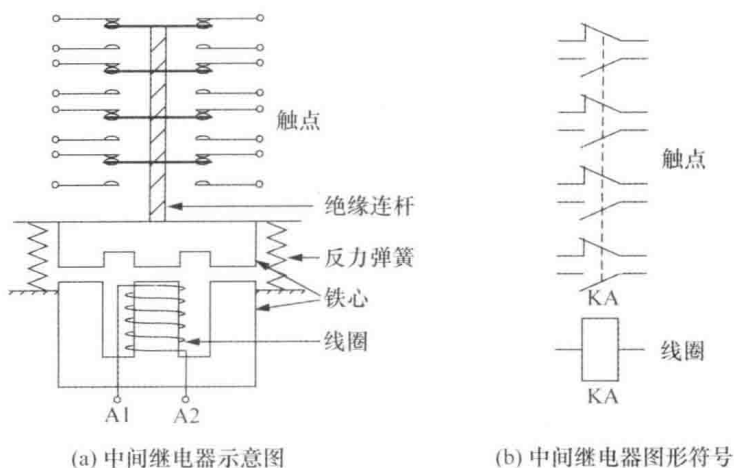


图 1.11 中间继电器的结构示意图及图形符号