

普通高等教育电气信息类规划教材
中国石油和化学工业优秀出版物奖教材奖一等奖

电器与PLC

控制技术

(第四版)

张万忠 刘明芹 主编



化学工业出版社

普通高等教育电气信息类规划教材
中国石油和化学工业优秀出版物奖教材奖一等奖



电器与PLC 控制技术

(第四版)

张万忠 刘明芹 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书兼顾工程应用及教学需要,介绍了常用低压电器、变频器、继电器接触器控制电路及可编程控制器应用技术,系统阐述了电气控制分析及设计的一般方法。全书共四篇十三章,第一至第三章为第一篇,介绍常用低压电器及继电器接触器构成的基本应用电路。第四章独立成篇,介绍了西门子 MM4 变频器及其应用方法。第五至十二章为第三篇,介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 基本指令、功能指令、高速计数、高速输出、中断、通信、模拟量处理及 PID 处理等指令及应用。第四篇含第十三章,介绍电气控制系统设计及应用实例。本书第四版充实了电气控制在机电设备中应用的内容,加强了电气控制应用实例的介绍,教学知识点分布更加合理,工程氛围更加浓厚,能更好地满足素质教育的需要。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、机械制造及其自动化、机电一体化、电气技术等相关专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电器与 PLC 控制技术/张万忠,刘明芹主编.—4 版.

—北京:化学工业出版社,2019.6

普通高等教育电气信息类规划教材.中国石油和化学工业优秀出版物奖教材奖一等奖

ISBN 978-7-122-34242-3

I. ①电… II. ①张…②刘… III. ①电气控制系统-高等学校-教材②PLC 技术-高等学校-教材 IV. ①TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 060599 号

责任编辑:郝英华

装帧设计:张辉

责任校对:杜杏然

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17½ 字数 460 千字 2019 年 8 月北京第 4 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书第一版自 2002 年出版以来已有十七个年头了。承蒙广大师生的喜爱，十七年来本书已再版两次，教学效果不断得到提高。第三版以来，电器及 PLC 控制技术领域又有了新的进步，相关专业的教学重点也在不断地调整，为了进一步满足教学需要，本书进行了第三次修订。

本次修订采用了电气设计的新的国家标准，介绍了西门子可编程控制器相关的最新的技术进展，删除了技术上相对落后的电器的介绍，调整了电气控制设计的侧重点。

本次修订涉及本书绝大多数章节，删减了各章的一般性叙述，使内容更加紧凑；调整了全书知识点的分布，更有利于教学组织，更符合学生的学习及理解。

修订后全书分为四篇共十三章，第一至第三章为第一篇，介绍常用低压电器及继电器接触器构成的基本应用电路。第四章独立成篇，介绍了西门子 MM4 变频器及其应用方法。第五至十二章为第三篇，介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 基本指令、功能指令、高速计数、高速输出、中断、通信、模拟量处理及 PID 处理等指令及应用。第四篇含第十三章，介绍电气控制系统设计及应用实例。本书第一至第三章及第十三章由刘明芹负责编写，第七至第十二章由张万忠负责编写，钱入庭编写了第四到第六章。全书由张万忠统稿。参加本书编写工作的还有：王民权、武红军、胡全斌、孙远强、吴志宏等同志。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、机械制造及其自动化、机电一体化、电气技术等相关专业教材，也可供相关工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了北京西门子办事处的支持，提供了部分资料。在此表示感谢。由于编者水平有限，书中错误及不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2019 年 3 月

目 录

第一篇 低压电器及继电器接触器控制技术

第一章 电磁式低压电器	1
第一节 低压电器的分类及结构.....	1
第二节 电磁式接触器.....	5
第三节 电磁式继电器.....	8
习题及思考题.....	11
第二章 其他常用低压电器	12
第一节 刀开关及低压断路器.....	12
第二节 主令电器.....	15
第三节 熔断器.....	18
第四节 热继电器.....	21
第五节 控制用继电器.....	23
习题及思考题.....	26
第三章 基于继电器接触器的电力拖动控制电路	27
第一节 电气图纸的图形、文字符号及绘制原则.....	27
第二节 继电器接触器控制常用单元电路.....	30
第三节 三相异步电动机控制电路.....	33
第四节 直流电动机控制电路.....	40
第五节 电气原理图的读图分析方法.....	42
习题及思考题.....	52

第二篇 通用变频器应用技术

第四章 通用变频器应用技术	54
第一节 变频器的结构及工作原理.....	54
第二节 西门子 MM4 系列通用变频器简介.....	57
第三节 通用变频器的基本操控方式及应用举例.....	63
第四节 通用变频器使用的几个工程问题.....	77
习题及思考题.....	79

第三篇 S7-200 系列可编程控制器应用技术

第五章 可编程控制器及其工作原理	80
第一节 可编程控制器概述.....	80
第二节 可编程控制器的硬件构成及编程元件.....	82
第三节 可编程控制器的软件及应用程序编程语言.....	87
第四节 可编程控制器的工业应用模式及工作原理.....	92
第五节 可编程控制器的主要性能指标.....	96

习题及思考题	97
第六章 S7-200 系列可编程控制器资源及配置	98
第一节 CPU 单元及其技术指标	98
第二节 扩展模块及性能	102
第三节 S7-200 系列 PLC 的安装及接线	104
第四节 编程元件的地址范围及扩展单元地址编排	107
第五节 S7-200 系列 PLC 指令	108
第六节 STEP7-Micro/WIN 编程软件简介	112
习题及思考题	120
第七章 S7-200 系列 PLC 基本指令及逻辑控制应用技术	121
第一节 S7-200 系列可编程控制器基本指令	121
第二节 基于 PLC 的交流异步电动机控制技术	129
第三节 逻辑控制程序梯形图的经验设计法	134
习题及思考题	139
第八章 S7-200 系列 PLC 顺控继电器指令及顺序控制编程方法	141
第一节 顺序控制编程的初步认识	141
第二节 顺序功能图的主要概念、基本类型及编程	143
第三节 顺控继电器指令及编程应用	147
习题及思考题	153
第九章 S7-200 系列 PLC 功能指令及应用	155
第一节 功能指令的分类及使用要素	155
第二节 传送比较类指令及应用	157
第三节 数学运算类指令及应用	161
第四节 数据处理类指令及应用	166
第五节 程序控制类指令及应用	174
第六节 其他功能指令	183
习题及思考题	187
第十章 S7-200 系列 PLC 脉冲处理指令及运动控制技术	189
第一节 脉冲与运动控制	189
第二节 高速计数器及高速计数器指令	191
第三节 高速计数器的配置及高速计数器程序实例	195
第四节 高速脉冲输出及脉冲输出指令	198
第五节 PTO 及 PWM 功能配置与编程	202
习题及思考题	205
第十一章 S7-200 系列 PLC 模拟量单元及 PID 指令	207
第一节 EM235 模拟量工作单元	207
第二节 EM235 的配置及应用实例	211
第三节 PID 控制及 PID 指令	214
第四节 模拟量处理类程序编制的相关问题	219
习题及思考题	222
第十二章 S7-200 系列 PLC 通信指令与应用	223
第一节 S7-200 系列 PLC 支持的通信协议及组网器件	223

第二节	配置 PPI 通信	226
第三节	配置自由口通信	231
第四节	西门子变频器的 USS 指令控制	239
	习题及思考题	246

第四篇 电气控制系统设计及应用

第十三章	电气控制系统的设计及实例	247
第一节	电气控制系统规划设计的基本原则	247
第二节	电气控制系统设计的步骤与基本内容	248
第三节	电气控制系统设计实例：过程及点评	249
	习题及思考题	267

附录

附录 A	常用电器的图形符号与文字符号	268
附录 B	S7-200 系列 PLC 特殊存储器 (SM) 标志位	269
附录 C	S7-200 系列 PLC 错误代码	272
	参考文献	274

第一篇

低压电器及继电器接触器控制技术

第一章 电磁式低压电器

内容提要：电气控制系统离不开低压电器。电磁式电器是低压电器的代表性器件。本章从电磁式低压电器的结构、工作形式等入手，为在后续章节中引出电气控制线路分析的根本线索——“某一电器操作线圈的得电或失电将会引起整个电路中哪些接线状态的变化”作出铺垫。

低压电器指工作在交流 1200V、直流 1500V 额定电压以下的电路中，用于电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电器。低压电器是工业控制系统中不可或缺的电器。

第一节 低压电器的分类及结构

一、低压电器的分类

低压电器种类很多，功能、规格、工作原理及技术要求各不相同。按用途划分，低压电器主要有以下几类。

1. 低压配电电器

用于供电系统电能输送和分配的电器。含低压断路器、隔离开关、刀开关、自动开关等。这类电器的主要技术要求是分断能力强，限流效果好，动稳定及热稳定性能好。

2. 低压控制电器

用于各种控制电路和控制系统的电器。如接触器、继电器、启动器、各种控制器等。这类电器的主要技术要求是有一定的接通与分断电路的能力，操作频率高，电气和机械寿命长。

3. 低压主令电器

用于发送控制指令的电器。如按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。这类电器的主要技术要求是操作频率高，电气和机械寿命长，抗冲击。

4. 低压保护电器

用于电路和用电设备保护的电器。如熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器等。这类电器的主要技术要求是有一定的接断能力，可靠性高，反应灵敏。

5. 低压执行电器

用于完成某种动作和传动功能的电器。电动机是用得最多的执行电器。常用的还有电磁铁、电磁离合器等。

低压电器还可按使用场合分为一般工业用电器、工矿用特种电器、安全电器、农用电器、牵引电器等。按操作方式分为手动电器和自动电器等。按动作原理分为电磁式电器、非电量控制电器等。

二、低压电器的结构

低压电器一般由工作机构、操动机构及灭弧机构三大部分组成。

(一) 工作机构

触头也称为触点，是接通及分断电路的关键部件，也是低压电器的工作机构。对触头的工作要求是接触电阻小，导电、导热性能好。

1. 触头的接触形式

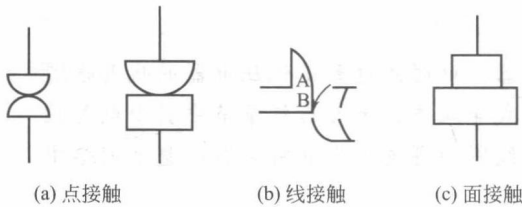


图 1-1 触头的接触形式

触头有点接触、线接触和面接触三种接触形式，如图 1-1 所示。

点接触适用于电流不大，触头压力小的场合。线接触适用于接电次数多，电流较大的场合。面接触适用于大电流的场合。

2. 触头的结构形式

触头由静触头和动触头两部分组成。触头动作时动触头动作而静触头不动。依触头动作前的自然状态可分为常开触头（动合）及常闭触头（动断）。常开触头指动作前处于断开状态的触头，常闭触头指动作前处于接通状态的触头。

触头依结构及接触形式有桥式触头及指形触头等基本种类。

(1) 桥式触头 如图 1-2 所示，桥式触头常同时安装结构及动作对称的常开和常闭触点。如图 1-2 中，动触头 5 依图中箭头方向动作时，常开触头闭合时，常闭触头断开。

(2) 指形触头 如图 1-3 所示，指形触头以动触头形似手指而得名。指形触头接通或分断时产生滚动摩擦，能去掉触头表面的氧化膜。指形触头的接触形式一般是线接触。

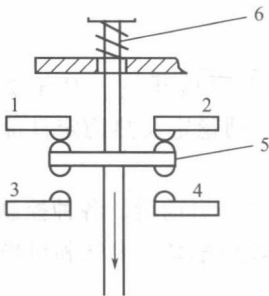


图 1-2 桥式触头的结构

1, 2, 5—常闭触头；3, 4, 5—常开触头；
5—动触头；6—复位弹簧

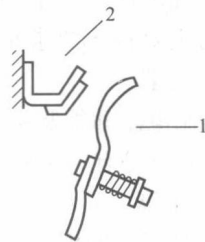


图 1-3 指形触头的结构

1—动触点；2—静触点

(二) 操动机构

操动机构指使触头动作的机构。手动电器的操动机构为操作手柄，如刀开关的手柄，按钮的按钮帽等。自动电器的操动机构指检测动作信号及产生动作动力的机构。现实中应用最普遍的操动机构为电磁机构。

1. 电磁机构的组成

电磁机构由线圈、铁芯和衔铁组成，根据衔铁相对铁芯的运动方式可分为直动式和拍合式两种。图 1-4 及图 1-5 分别为直动式电磁机构及拍合式电磁机构。电磁机构在线圈通入电流，产生磁场并吸引衔铁向静铁芯运动时带动动触头向静触头运动或从静触点离开，从而完成接通或分断电路的功能。触头动作的效能是常开触头接通而常闭触头断开它们各自连接的电路。

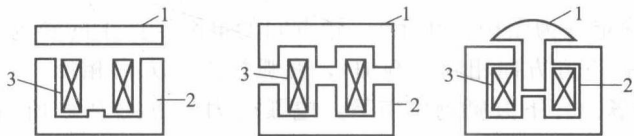


图 1-4 直动式电磁机构

1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

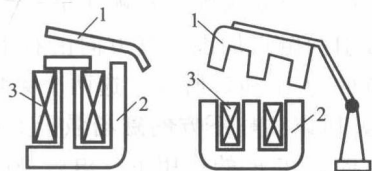


图 1-5 拍合式电磁机构

1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能。按通入电流种类可分为直流型线圈和交流型线圈。直流型线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型，使线圈与铁芯直接接触，易于散热。交流型线圈由于铁芯存在磁滞和涡流损耗，铁芯会发热，为了改善线圈和铁芯的散热情况，线圈设有骨架，使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型。另外，根据线圈在电路中的连接形式，可分为串联接入线圈和并联接入线圈。串联线圈主要用于电流检测类电磁式电器中，并联线圈主要用于电压检测类电磁式电器中。大多数电磁式电器线圈都按照并联接入方式设计。为减少接入线圈对电路电压分配的影响，串联线圈采用粗导线制造，匝数少，线圈的阻抗较小。并联线圈为减少电路的分流作用，需要较大的阻抗，一般线圈的导线细，匝数多。

2. 电磁吸力及交流铁芯的短路环

电磁线圈通电以后，铁芯吸引衔铁带动触点改变状态接通或分断电路的力称为电磁吸力，电磁吸力与磁路中磁通的磁感应强度的平方成正比。

对于直流电磁铁，外加电压恒定，电磁吸力的大小只与气隙有关。对于交流电磁铁，由于外加正弦交流电压在气隙宽度一定时，其气隙磁感应强度按正弦规律变化，因而有两次电磁力为零的时刻，使电磁机构产生剧烈的振动和噪声，不能正常工作。解决办法是在铁芯端面开一小槽，在槽内嵌入铜质短路环，如图 1-6 所示。加上短路环后，磁通被分为大小接近、相位相差约 90° 的两相磁通。因两相磁通不会同时为零，由两相磁通合成的电磁吸力变化较为平坦，使通电期间电磁吸力始终大于复位弹簧反力，铁芯牢牢吸合。一般短路环包围 $2/3$ 的铁芯端面。

(三) 灭弧机构

通电状态下动、静触头脱离接触时，由于电场的存在，使触头表面的自由电子大量溢出，在高热和强电场的作用下，电子运动撞击空气分子，使之电离，产生电弧。电弧烧损触头金属表面，降低触头的寿命，又延长了电路的分断时间，所以分断较大电流的电器都配有灭弧机构。

1. 常用的灭弧原理

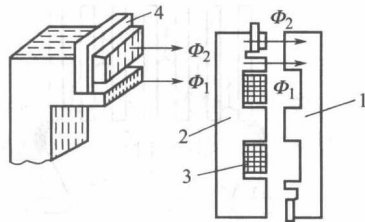


图 1-6 交流铁芯的短路环

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

(1) 迅速拉大电弧长度而降低单位长度电弧分担的电压 迅速使触点间隙增加, 电弧长度增长, 电场强度降低, 同时又使散热面积增大, 电弧温度降低, 使自由电子和空穴复合的运动加强, 可以使电弧容易熄灭。

(2) 冷却 使电弧与冷却介质接触, 带走电弧热量, 也可使复合运动得以加强, 从而使电弧熄灭。

2. 常用的灭弧装置

(1) 电动力吹弧 如图 1-7 所示。桥式触头在分断时具有电动力吹弧功能。当触头打开时, 在断口中产生电弧, 同时也产生如图中所示的磁场。根据左手定则, 电弧电流要受到指向外侧的力 F 的作用, 使其迅速离开触头而熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流电器中。

(2) 磁吹灭弧 在触头电路中串入吹弧线圈, 如图 1-8 所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围, 其方向由右手定则确定 (为图中 \times 所示)。触点间的电弧所产生的磁场, 其方向为 \oplus 和 \odot 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同 (叠加), 在弧柱上方方向相反 (相减), 所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下, 电弧受力的方向为 F 所指的方向, 在 F 的作用下, 电弧被吹离触头区, 经引弧角引进灭弧罩, 使电弧熄灭。

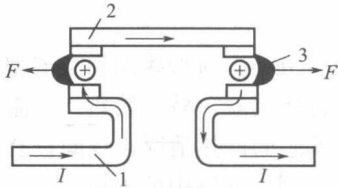


图 1-7 双断口结构触头的电动力吹弧效应

1—静触头; 2—动触头; 3—电弧

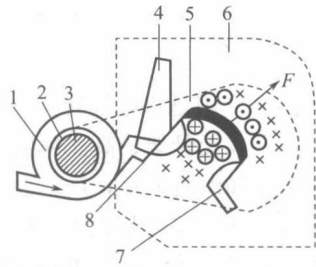


图 1-8 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈; 2—绝缘线圈; 3—铁芯;
4—引弧角; 5—导磁夹板; 6—灭弧罩;
7—动触点; 8—静触点

(3) 栅片灭弧 灭弧栅是一组薄钢片, 它们彼此间相互绝缘, 如图 1-9 所示。当电弧进入栅片时被分割成一段段串联的短弧, 而栅片就是这些短弧的电极, 这就使每段短弧上的电压达不到燃弧电压, 电弧迅速熄灭。此外, 栅片还能吸收电弧热量, 加速电弧的冷却。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多, 因此在交流电器中经常采用。

(4) 窄缝灭弧 这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现的。灭弧罩内有一个或数个纵缝, 缝的下部宽上部窄, 如图 1-10 所示。当触头断开时, 电弧在电动力的作用下进入缝内, 窄缝的分割降压、压缩及冷却去游离作用, 使电弧熄灭加快。灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。

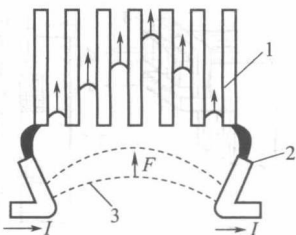


图 1-9 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片; 2—触头; 3—电弧

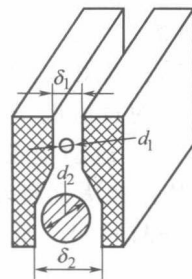


图 1-10 窄缝灭弧罩的断面

第二节 电磁式接触器

接触器是用来远距离频繁接通与分断交、直流较大容量电路的电器，也是最典型的电磁式电器。主要用于控制电动机、电焊机、电容器组等设备，具有供电电压降低时自动释放的保护功能，是电力拖动控制系统中使用最广泛的负荷开关之一。

按控制电流种类不同，接触器分为直流接触器和交流接触器。按主触点的极数可分为单极、双极、三极、四极、五极几种，单极、双极为直流接触器。

一、接触器的结构及工作模式

以下以交流接触器为例说明接触器的结构及工作模式。

1. 交流接触器的结构

交流接触器的结构示意图如图 1-11 所示。它主要由电磁机构、三相触头系统、灭弧装置和其他辅助部件组成。

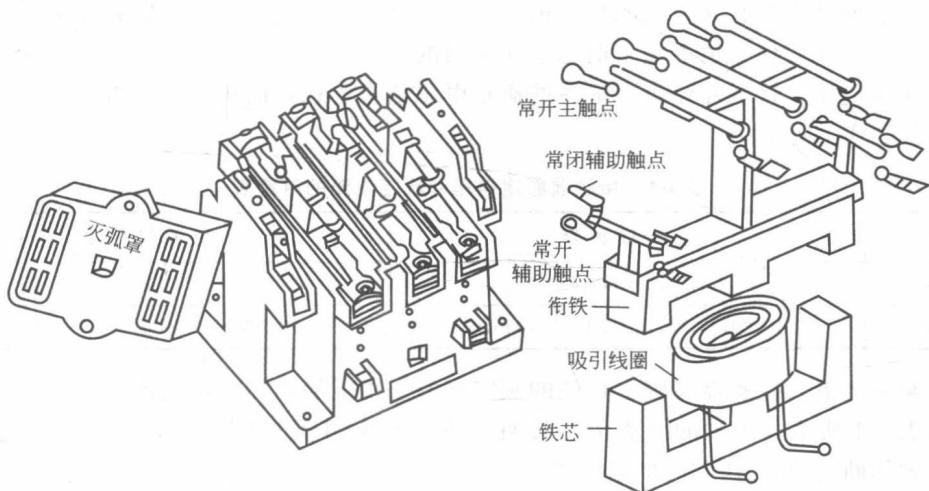


图 1-11 交流接触器结构示意图

其中，触头分为主触点及辅助触头。三相主触头用于接通或断开大电流主电路。辅助触头用于控制电路作电气联锁用。主触头一般容量较大，多为常开触点。辅助触头容量较小，通常是常开和常闭成对的，每组触头都由静触点或动触点组成。当线圈得电后，衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯，同时带动全部动触头移动，实现全部触头状态的同步切换。

接触器的其他辅助部件包括复位弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构、支架及底座等。

2. 交流接触器的接线及工作模式

接触器接入线路使用时，主触头接入主电路，如三相电动机的供电线路。线圈及辅助触点接入控制回路。当线圈接通大于线圈额定电压 85% 的电压时，线圈磁场力克服复位弹簧力，使衔铁带动触头动作，使常闭触头先断开，常开触头后闭合。当线圈断电或电压降到较低值时，电磁吸力消失或减弱，衔铁在复位弹簧的作用下释放，触头复位，实现低压释放的保护功能。

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。

目前我国常用的交流接触器主要有：CJ20、CJX1、CJX2、CJX3 和 CJX4 等系列；引进产品应用较多的有德国 BBC 公司制造生产的 B 系列，德国 SIEMENS 公司的 3TB 系列，法国 TE 公司的 LC1 系列等。常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22 等系列。

接触器型号的表达及含义如图 1-12 所示。

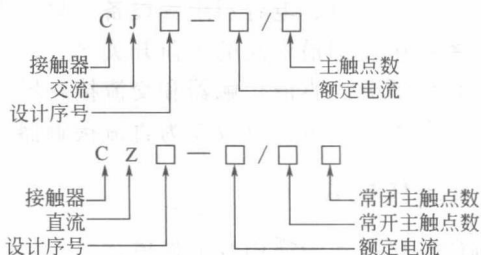


图 1-12 交流接触器型号的表达及含义

二、接触器的主要技术参数

电器的主要技术参数含电器的额定值，如额定电压、额定电流、额定转速等。额定值是电器长期正常工作的使用值。额定值标示在电器的铭牌上。

(1) 额定电压 接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点的正常工作电压。常用的额定电压等级如表 1-1 所示。

表 1-1 接触器额定电压和额定电流的等级表

技术参数	直流接触器	交流接触器
额定电压/V	110,220,440,660	127,220,380,500,660
额定电流/A	5,10,20,40,60,100,150,250,400,600	5,10,20,40,60,100,150,250,400,600

(2) 额定电流 接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流。常用的额定电流等级也如表 1-1 所示。表中的电流值是接触器安装在敞开式控制屏上，触点不超过额定温升，负荷为间断-长期工作制时的电流值。

(3) 线圈额定电压 指接触器电磁系统线圈的额定电压。常用的电压等级如表 1-2 所示。一般交流线圈用于交流接触器，直流线圈用于直流接触器，但交流负载在频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。线圈的额定电压可与触点的额定电压相同或不同。

表 1-2 接触器线圈的额定电压等级表

技术参数	直流线圈	交流线圈
额定电压/V	24,48,110,220,440	36,110,127,220,380

(4) 额定操作频率 指每小时的操作次数。交流接触器和直流接触器最高为 1200 次/h。操作频率直接影响到接触器的寿命和灭弧罩的工作条件，对于交流接触器还影响到线圈的温升。

(5) 接通和分断能力 指主触点在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值（此值远大于额定值）。在此电流值下，接通时主触点不应发生熔焊，分断时主触点不应发生长时间燃弧。电路中超出此值电流的分断任务则由熔断器、自动开关等保护电器承担。

接通及分断能力与使用类别有关，因此接触器用于不同负载时，对主触点的接通和分断能力的要求不一样。接触器在电力拖动控制系统使用时，常见的使用类别及其典型用途如表

1-3 所示。

表 1-3 接触器使用类别及典型用途

电流种类	使用类别	典型用途
AC 交流	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
	AC-2	绕线式电动机的启动和分断
	AC-3	鼠笼型异步电动机的启动、运转中分断
	AC-4	鼠笼型异步电动机的启动、反接制动、反向和点动
DC 直流	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
	DC-3	并励电动机的启动、反接制动、点动
	DC-5	串励电动机的启动、反接制动、点动

接触器的使用类别通常标注在产品的铭牌或工作手册中。表 1-3 中要求接触器主触点达到的接通和分断能力为：AC-1 和 DC-1 类允许接通和分断 1 倍的额定电流，AC-2、DC-3 和 DC-5 类允许接通和分断 4 倍的额定电流，AC-3 类允许接通 6 倍的额定电流和分断 1 倍的额定电流，AC-4 类允许接通和分断 6 倍的额定电流。表 1-4 列出 CJ20 系列交流接触器主要技术数据。

接触器图形及文字符号如图 1-13 所示。

表 1-4 CJ20 系列交流接触器主要技术数据

型号	主触点		额定绝缘电压/V	辅助触点 对数	额定工作电压/V	线圈电压/V	额定操作频率/(次/h)	可控制电器的最大功率/kW	
	对数	额定电流/A						220V	380V
CJ20-10	3	10	660	2 常开 2 常闭	220、380、660	AC:36、127、220、380 DC:48、110、220、	1200/600	2.2	4
CJ20-16	3	16						4.5	7.5
CJ20-25	3	25						5.5	11
CJ20-40	3	40						11	22
CJ20-63	3	63		18				30	
CJ20-100	3	100		28				50	
CJ20-160	3	160		48				85	
CJ20-250	3	250	4 常开 2 常闭 或 3 常开 3 常闭			600/300	80	132	

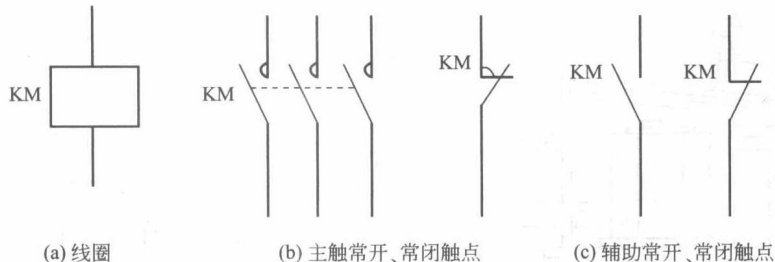


图 1-13 接触器的图形及文字符号

三、接触器的选用

一般根据接触器所控制的负载性质来选择接触器的类型。生产中广泛使用中小容量的笼型电动机，而且是一般负载，它相当于 AC-3 使用类别。控制机床电动机的接触器，负载比

较复杂,有用 AC-3、AC-4,也有用 AC-1 和 AC-4 混合的。根据电动机(或其他负载)的功率和操作情况来确定接触器主触点的电流等级时,如接触器的使用类别与所控制负载的工作任务相对应,一般应使主触点的电流等级与所控制负载的电流等级相当,或稍大一些。即额定电流应大于或等于被控回路的额定电流。吸引线圈的额定电压一般与所接控制电路的电压一致。触头数量和种类应满足主电路和控制线路的要求。

第三节 电磁式继电器

一、电磁式继电器的结构和特性

继电器指控制电路中根据某种输入信号的变化接通或断开电路,实现控制或保护目的的电器。与接触器的输入信号为单纯电压不同,继电器的输入信号种类很多,可以是电量,也可以是时间、压力、速度等非电量。其中采用电压及电流量,利用电磁力操动的继电器为电磁式继电器。

1. 电磁式继电器的结构

电磁式继电器的结构与动作原理和电磁式接触器相似,图 1-14 所示为电磁式继电器的典型结构。

(1) 电磁机构 交流电磁机构有 U 形拍合式、E 形直动式、空心或装甲螺管式等结构形式。U 形拍合式和 E 形直动式的铁芯及衔铁均由硅钢片叠成,且在铁芯柱端面上装有短路环(图 1-14 中未标出)。直流电磁机构为 U 形拍合式。铁芯和衔铁均由电工软铁制成。为了增加闭合后的气隙,在衔铁的内侧面上装有非磁性垫片,且铁芯铸在铝基座上。与接触器不同的是,为了调节继电器动作参数的方便,继电器具有释放弹簧及衔铁气隙大小的调节装置,例如图 1-14 中的调节螺钉及非磁性垫片。

(2) 触点系统 由于继电器的触点工作在小电流电路中,故不装灭弧装置。一般为桥式触点,有常开和常闭两种形式。额定电流一般为 5A。

2. 电磁式继电器的特性

继电器的主要特性是输入-输出特性,又称为继电特性。继电特性曲线为跳跃式的回环,即继电器的吸合值与释放值不等,一般继电器的释放值小于吸合值,如图 1-15 所示, X_2 为继电器的吸合值, X_1 为继电器的释放值。

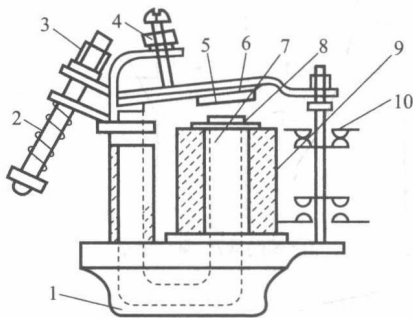


图 1-14 电磁式继电器的典型结构

- 1—底座；2—反力弹簧；3,4—调节螺钉；
5—非磁性垫片；6—衔铁；7—铁芯；8—极靴；
9—电磁线圈；10—触点系统

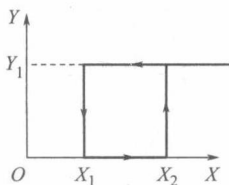


图 1-15 继电器特性曲线

继电器的返回系数 $K_f = X_1/X_2$ ，是继电器的重要参数之一。 K_f 值可以通过调节释放弹簧或调整铁芯与衔铁之间非磁性垫片的厚度来达到所要求的值。不同的场合要求不同的 K_f 值。一般继电器要求低的返回系数， K_f 值应在 0.1~0.4 之间，这样当继电器吸合后，输入量波动较大时不至于引起误动作。欠电压继电器则要求高的返回系数， K_f 值应在 0.6 以上，以提高欠电压保护的准确度。

二、电压继电器及电流继电器

电压继电器及电流继电器用于电压量及电流量的检测。它们电磁系统的主要差别是电压继电器线圈导线细且匝数多，电流继电器线圈导线粗且匝数少。电压继电器在接入电路时并联连接在待测量的电路端点，而电流继电器在接入电路使用时串联连接在待检测的电路中。

1. 电磁式电压继电器

电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制，可分为交流型和直流型。按吸合电压相对额定电压的大小，电压继电器又分为过电压和欠电压继电器。

(1) 过电压继电器 在电路中用于过电压保护。过电压继电器线圈在额定电压时，衔铁不产生吸合动作，只有当线圈的电压高于其额定电压一定值时衔铁才产生吸合动作，所以称为过电压继电器。常利用过电压继电器的常闭触点断开待保护电路的负荷开关。交流过电压继电器吸合电压的调节范围为 $U_x = (1.05 \sim 1.2) U_N$ 。因为直流电路不会产生波动较大的过电压现象，所以没有直流过电压继电器。

(2) 欠电压继电器 在电路中用作欠电压保护。当电路中的电气设备在额定电压下正常工作时，欠电压继电器的衔铁处于吸合状态。当电路中出现电压降低至线圈的释放电压时，衔铁释放，利用欠电压继电器的常开触点分断待保护的电路，实现欠电压保护。

通常，直流欠电压继电器的吸合电压与释放电压的调节范围分别为 $U_x = (0.3 \sim 0.5) U_N$ 和 $U_F = (0.07 \sim 0.2) U_N$ 。交流欠电压继电器的吸合电压与释放电压的调节范围分别为 $U_x = (0.6 \sim 0.85) U_N$ 和 $U_F = (0.1 \sim 0.35) U_N$ 。

选用电压继电器时，首先要注意线圈种类和电压等级与控制电路一致。然后，根据在控制电路中的作用（是过电压还是欠电压）选型。最后，按控制电路的要求选择触点的类型（是常开还是常闭）和数量。

2. 电磁式电流继电器

电流继电器触点的动作与线圈的电流大小有关，可用作电路的电流保护。电流继电器分为交流型和直流型，按吸合电流相对额定电流的大小又可分为过电流继电器和欠电流继电器。

(1) 过电流继电器 过电流继电器在电路中用作过电流保护。正常工作时，线圈中流有额定电流，此时衔铁为释放状态。当电路中出现比负载正常工作电流大的电流时，衔铁产生吸合动作，从而带动触点动作，分断待保护电路。所以电路中常用过电流继电器的常闭触点。通常，交流过电流继电器的吸合电流调整范围为 $I_x = (1.1 \sim 4) I_N$ ，直流过电流继电器的吸合电流调整范围为 $I_x = (0.7 \sim 3.5) I_N$ 。

(2) 欠电流继电器 欠电流继电器在电路中作欠电流保护。正常工作时，衔铁处于吸合状态。当电路的电流低于负载额定电流，达到衔铁的释放电流时，则衔铁释放，同时带动触点动作，分断电路。所以电路中常用欠电流继电器的常开触点。

在直流电路中，负载电流的降低或消失往往会导致严重的后果，如直流电动机的励磁回

路断线，会产生飞车现象。因此，欠电流继电器在这些控制电路中是不可缺少的。当电路中出现低电流或零电流故障时，欠电流继电器的衔铁由吸合状态转入释放状态，利用其触点的动作切断电气设备的电源。直流欠电流继电器的吸合电流与释放电流调整范围分别为 $I_X = (0.3 \sim 0.65)I_N$ 和 $I_F = (0.1 \sim 0.2)I_N$ 。

选用电流继电器时，首先要注意线圈电流的种类和额定电流与负载电路一致。然后，根据对负载的保护作用（是过电流还是欠电流）来选用电流继电器的类型。最后，根据控制电路的要求选触点的类型（是常开还是常闭）和数量。

图 1-16 是电磁继电器产品的型号及含义示例。

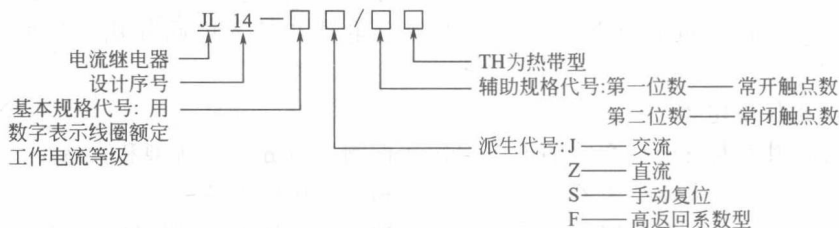


图 1-16 电磁继电器产品的型号及含义示例

表 1-5 为 JL14 系列继电器的技术数据。图 1-17 为电压、电流继电器的图形及文字符号。

表 1-5 JL14 系列交直流电流继电器技术数据

电流种类	型号	吸引线圈额定电流/A	吸合电流调整范围	触点组合形式	用途	备注
直流	JL14-□□Z JL14-□□ZS	1, 1.5, 2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 60, 300,	70%~300% I_N	3 常开, 3 常闭 2 常开, 1 常闭	在控制电路中过电流或欠电流保护用	可替代 JT3-1 JT4-JT4-S JL3 JL3-JL3-S 等老产品
	JL14-□□ZO		30%~65% I_N 或释放电流在 10%~20% I_N 范围	1 常开, 2 常闭 1 常开, 1 常闭		
交流	JL14-□□J JL14-□□JS JL14-□□JG	600, 1200, 1500	110%~400% I_N	2 常开, 2 常闭 1 常开, 2 常闭 1 常开, 1 常闭		

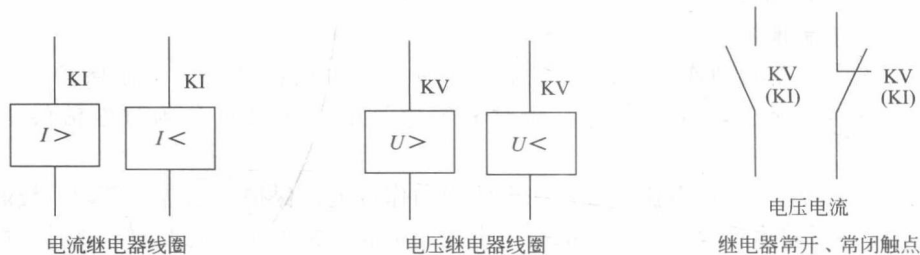


图 1-17 电压、电流继电器的图形及文字符号

三、中间继电器

中间继电器的结构与接触器相似，只是其触头容量一般为 5A。中间继电器常在控制电路中完成触点类型的转换、补充及信号的中继传递功能。

常用的中间继电器有 JZ15、JZ17、JZ18 等系列。以 JZ18-22 为例，JZ 为中间继电器的