



应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

电气控制与PLC

王海文 李世涛 主 编



华中科技大学出版社
http://www.hustp.com

应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

电气控制与 PLC

主 编 王海文 李世涛
副主编 刘荣军 尉晓娟 陈 媛
胡 娜 王 灿 罗文军

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书从满足教学要求和实际工程应用出发,重点介绍了常用低压电器、电气控制线路基础及典型控制电路基本环节,典型设备电气控制电路分析,PLC 部分详细阐述了西门子、三菱、欧姆龙系列 PLC 的基础知识及程序的设计方法、PLC 控制系统设计方法,并列举了工程应用实例。

本书注重理论和实际应用相结合,内容由浅入深、通俗易懂,各章配有适量的习题,既便于教学又利于自学,可以作为学校教学或工程技术人员自学的参考教材。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并下载,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC/王海文,李世涛主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.5

应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5680-0858-7

I. ①电… II. ①王… ②李… III. ①电气控制-高等学校-教材 ②plc 技术-高等学校-教材
IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 099650 号

电气控制与 PLC

王海文 李世涛 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:狄宝珠

封面设计:李 嫒

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉正风天下文化发展有限责任公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19.5

字 数:484 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:39.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

《电气控制及 PLC 技术》是高等院校自动化、电气自动化、机电一体化等专业应用性很强的一门专业课。近年来,随着计算机技术、自动控制技术、现代制造技术的迅速发展,电气控制技术已由单纯的继电器硬接线的常规控制转向以计算机特别是 PLC 控制为核心的现代控制技术。基于高等院校学生知识结构的要求和就业岗位的特点,在遵循理论联系实际原则的基础上编写了本书。

本书按照先学后做、边学边做的原则,理论联系实际,具有较强的可操作性。通过学习,可有效提高学生的理论水平和实践操作技能,具有较强使用价值。

本书分两部分共十章。前四章内容的设计是为了使学生熟练使用低压电器,掌握电气控制电路基本环节,分析典型生产机械设备电气控制系统,培养学生分析、设计电气控制电路的能力。后六章为 PLC 控制技术,选择了具有代表性的欧姆龙 CPM1A 系列、三菱 FX 系列、西门子 S7-200 系列 PLC 产品,讲授了 PLC 的工作原理、程序设计与 PLC 应用系统设计等内容,以培养学生应用 PLC 进行电气线路设计和控制软件编写的能力。

本书在教学使用过程中,可根据专业特点和课时安排选取教学内容。每张后面附有习题与思考题,可供学生课后练习。

本书可作为高等院校本科自动化、电气技术及相近专业的电气控制及 PLC 或类似课程的教材,也可作为各类院校专科层次相关专业类似课程的选用教材,还可作为电气技术、自动化方面工程技术人员的参考书。

本书由大连工业大学王海文、大连工业大学艺术与信息工程学院李世涛担任主编,由哈尔滨石油学院刘荣军、大连工业大学艺术与信息工程学院尉晓娟、武汉科技大学城市学院陈媛和胡娜、桂林航天工业学院王灿和罗文军担任副主编。其中,王海文老师编写第 1 章,李世涛老师编写第 6 章,刘荣军老师编写第 2 章、第 3 章、第 5 章,尉晓娟老师编写第 7 章,陈媛老师编写第 10 章,胡娜老师编写第 4 章,王灿老师编写第 8 章,罗文军老师编写第 9 章,最后由王海文老师审核并统稿。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并下载,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

在编写本书的过程中,曾参考了兄弟院校的资料及其他相关教材,并得到许多同仁的关心和帮助,再次谨致谢意。

限于篇幅及编者的业务水平,在内容上若有局限和欠妥之处,竭诚希望同行和读者赐予宝贵的意见。

编者
2015年6月

目
录

CONTENTS

第 1 章 常用低压电器	(1)
1.1 低压电器基本知识	(1)
1.2 接触器	(5)
1.3 继电器	(9)
1.4 低压开关和低压断路器	(15)
1.5 熔断器	(22)
1.6 主令电器	(26)
1.7 低压电器产品型号	(28)
思考题与习题 1	(31)
练习题	(31)
第 2 章 电气控制线路图绘制与设计	(32)
2.1 电气控制线路图简介	(32)
2.2 电气控制线路图的绘制与识别	(36)
2.3 电气控制线路设计注意事项	(44)
思考题与习题 2	(46)
第 3 章 电气控制电路基本环节	(47)
3.1 电气控制电路基本规律	(47)
3.2 三相异步电动机的启动方法	(52)
3.3 三相异步电动机的制动方法	(61)
3.4 三相异步电动机的调速方法	(64)
3.5 直流电动机的电气控制	(69)
3.6 电液控制系统	(73)
3.7 电气控制系统常用的保护措施	(75)
练习题	(77)
第 4 章 典型设备电气控制电路分析	(78)
4.1 电气控制电路分析基础	(78)



4.2	卧式车床电气控制电路分析	(79)
4.3	摇臂钻床电气控制电路分析	(82)
4.4	卧式镗床电气控制电路分析	(86)
4.5	卧式铣床电气控制电路分析	(91)
4.6	平面磨床电气控制电路分析	(98)
4.7	组合机床电气控制电路分析	(102)
4.8	塔式起重机电气控制电路分析	(109)
4.9	交流桥式起重机电气控制电路分析	(114)
	思考题与习题 4	(123)
第 5 章	可编程序控制器概论	(124)
5.1	简介	(124)
5.2	可编程序控制器的组成	(129)
5.3	可编程序控制器的工作原理	(135)
5.4	可编程序控制器和继电器控制的比较	(138)
5.5	数控机床 PLC	(140)
	思考题与习题 5	(141)
第 6 章	S7-200 系列可编程序控制器	(142)
6.1	S7 系列 PLC 概述	(142)
6.2	S7-200 系列 PLC 的组成、性能指标及内部元器件	(143)
6.3	S7-200 系列 PLC 的扩展	(145)
6.4	S7-200 系列 PLC 编程基础	(148)
6.5	S7-200 系列 PLC 的指令系统	(155)
6.6	S7-200 系列 PLC 功能指令	(164)
6.7	S7-200 系列 PLC 指令应用举例	(186)
6.8	S7-300、400 简介	(188)
6.9	S7 系列 PLC 编程软件的安装与使用	(191)
	思考题与习题 6	(196)
第 7 章	FX2N 系列 PLC 的指令系统	(198)
7.1	FX 系列 PLC 简介	(198)
7.2	FX 系列 PLC 的基本逻辑指令与步进指令	(210)
7.3	FX2N 系列 PLC 的步进指令	(214)
7.4	FX2N 系列 PLC 的功能指令	(215)
7.5	FX2N 系列 PLC 的 PID 指令	(227)
7.6	FX2N 型 PLC 的编程举例	(228)
7.7	FX 系列 PLC 编程软件的安装与使用	(229)
	思考题与习题 7	(234)
第 8 章	欧姆龙 CPM1A 系列可编程序控制器	(237)
8.1	OMRONC 系列 PLC 概述	(237)
8.2	CPM1A 系列系统配置	(237)

8.3 CPM1A 系列性能指标	(238)
8.4 CPM1A 系列指令系统	(243)
8.5 COM1A 系列 PLC 指令应用举例	(246)
8.6 CX-Programmer 编程软件的安装与使用	(249)
练习题	(255)
本章小结	(256)
思考题与习题 8	(256)
第 9 章 可编程序控制器的程序设计	(257)
9.1 梯形图的编程规则	(257)
9.2 PLC 程序设计方法	(260)
9.3 顺序控制设计法	(266)
9.4 常用基本环节程序	(267)
9.5 应用举例	(277)
思考题与习题 9	(283)
第 10 章 PLC 控制系统设计	(284)
10.1 PLC 控制系统设计基本原则与内容	(284)
10.2 PLC 控制系统设计步骤	(284)
10.3 PLC 控制系统设备的选择	(285)
10.4 PLC 控制系统的工艺设计	(287)
10.5 减少 I/O 点的方法	(287)
10.6 提高 PLC 控制系统可靠性措施	(289)
10.7 PLC 与网络通信	(292)
10.8 PLC 控制系统中的应用实例	(298)
思考题与习题 10	(301)
参考文献	(303)

第1章

常用低压电器

电气控制系统和电力输配电系统中广泛使用的各类高、低压电器,在电能的生产、输送、分配及使用环节中起着控制、能量调节、电压转换、信号检测、电气保护等重要作用,并逐渐侧重于控制系统的配电、电压匹配、信号检测及电气保护等外围电气电路。

由于控制对象在电压、电流和功率等许多参数上的差异很大,控制系统无法对种类繁多的执行器件直接进行控制,而必须通过必要的电气元器件在能量上和速度上进行转换和匹配。控制系统和执行器件本身也需要工作电源,它需要通过电网经电气元器件组成的配电电路实现配送。此外,也必须为控制系统提供必要的电气保护措施,以避免因控制失效、操作失误或器件损坏等因素而造成的短路、过电流、过电压、失电压、弱磁等现象。因此,掌握低压电器知识和继电器控制技术是为了更有效地运用 PLC 等先进控制装置所必须打下的基础。



1.1 低压电器基本知识

1.1.1 电器定义及分类

电器是一种能根据外界信号(机械力、电动力和其他物理量)和要求,手动或自动地接通、断开电路,以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

电器的控制作用就是手动或自动地接通、断开电路,“通”称为“开”,“断”称为“关”。因此,“开”和“关”是电器最基本、最典型的功能。

电器的功能多、用途广、品种多,常用的分类方法如下。

1. 按工作电压等级分类

1) 高压电器

用于交流电压 1 200 V、直流电压 1 500 V 及以上电路中的电器。例如,高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

2) 低压电器

用于交流 50 Hz(或 60 Hz)、额定电压 1 200 V 以下以及直流额定电压 1 500 V 及以下电路中的电器。例如,接触器、继电器等。

2. 按动作原理分类

1) 手动电器

人手工操作发出动作指令的电器。例如,刀开关、按钮等。

2) 自动电器

产生电磁力而自动完成动作指令的电器。例如,接触器、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、继电器、电动机启动器等。

2) 配电电器

用于电能的输送和分配的电器。例如,高压断路器等。

3) 主令电器

用于自动控制系统中发送动作指令的电器。例如,按钮、转换开关等。

4) 保护电器

用于保护电路及用电设备的电器。例如,熔断器、热继电器等。

5) 执行电器

用于完成某种动作或传送功能的电器。例如,电磁铁、电磁离合器等。

1.1.2 电磁式电器基本结构与工作原理

低压电器中大部分为电磁式电器,各类电磁式电器的工作原理基本相同,由检测(电磁机构)和执行(触头系统)两部分组成。

1. 电磁机构

1) 电磁机构的结构形式

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁组成,其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-1 和图 1-2 所示是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

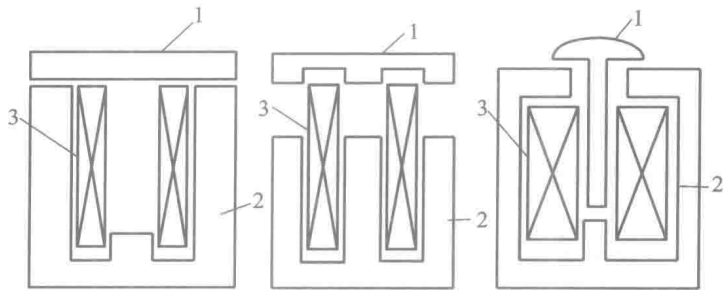


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁;2—铁芯;3—吸引线圈

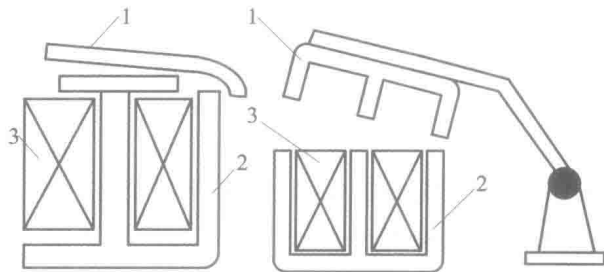


图 1-2 拍合式电磁机构

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,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁芯吸合。通入直流电的线圈称为直流线圈,通入交流电的线圈称为交流线圈。

直流线圈通电,铁芯不会发热,只有线圈发热,因此使线圈与铁芯直接接触,易于散热。线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型,以便线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁芯中有涡流和磁滞损耗,铁芯也会发热。为了改

善线圈和铁芯的散热情况,在铁芯与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁芯用硅钢片叠成,以减少涡流。

另外,根据线圈在电路中的连接方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。串联线圈串接在电路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗,匝数少,线圈的阻抗较小。并联线圈并联在线路上,为减少分流作用,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。

2) 电磁机构的工作原理

电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于衔铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移,衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此,作用在衔铁上的力有两个:电磁吸力和反力。电磁吸力由电磁机构产生,反力由复位弹簧和触头等产生。电磁机构的工作特性常用吸力特性和反力特性来表达。

3) 交流电磁机构上短路环的作用

由于单相交流电磁机构上铁芯的磁通是交变的,故当磁通过零时,电磁吸力也为零,吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开,磁通过零后电磁吸力又增大,当吸力大于反力时,衔铁又被吸合。这样,交流电源频率的变化,使衔铁产生强烈振动和噪声,甚至使铁芯松散。因此,交流电磁机构铁芯端面上都安装一个铜制的短路环,短路环包围铁芯端面约 $2/3$ 的面积,如图 1-3 所示。

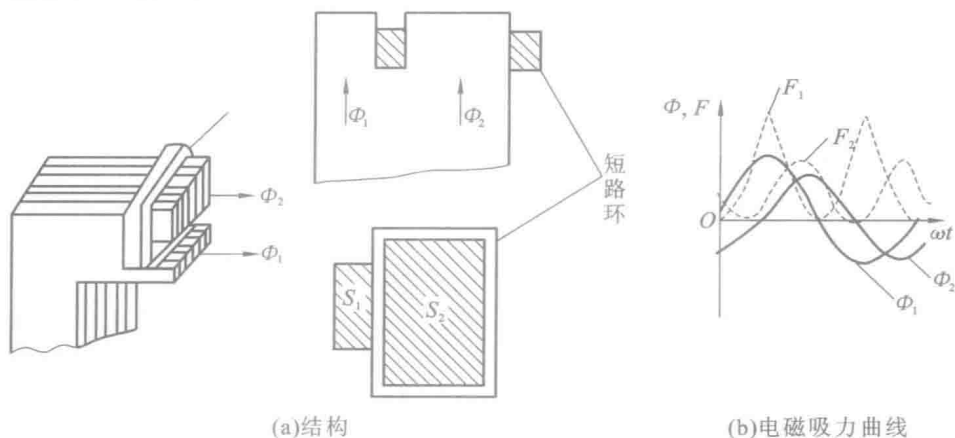


图 1-3 单相交流电磁机构铁芯

当交变磁通穿过短路环所包围的截面积 S_2 在环中产生涡流时,根据电磁感应定律,此涡流产生的磁通 Φ_2 在相位上落后于短路环外铁芯截面 S_1 的磁通 Φ_1 ,由 Φ_1 、 Φ_2 产生的电磁吸力为 F_1 、 F_2 ,作用在衔铁上的合成电磁吸力是 $F_1 + F_2$,只要此合力始终大于其反力,衔铁就不会产生振动和噪声。

2. 触头系统

触头(触点)是电磁式电器的执行元件,用来接通或断开被控制电路。

触头的结构形式很多,按其所控制的电路分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流;辅助触头用于接通或断开控制电路,只能通过较小的电流。

触头按其原始状态可分为常开触头和常闭触头:原始状态时(即线圈未通电)断开,线圈通电后闭合的触头叫作常开触头;原始状态闭合,线圈通电后断开的触头叫作常闭触头(线圈断电后所有触头复原)。



触头按其结构形式可分为桥形触头和指形触头,如图 1-4 所示。

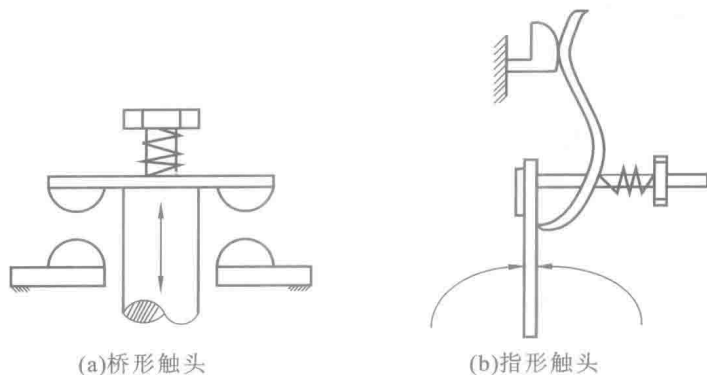


图 1-4 触头结构

触头按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触三种,如图 1-5 所示。

图 1-5(a)所示为点接触,它由两个半球形触头或一个半球形与一个平面形触头构成,常用于小电流的电器中,如接触器的辅助触头或继电器触头。图 1-5(b)所示为线接触,它的接触区域是一条直线,触头的通断过程是滚动式进行的。开始接通时,静、动触头在 A 点处接触,靠弹簧压力经 B 点滚动到 C 点,断开时做相反运动。这样可以自动清除触头表面的氧化物,触头长期正常工作的位置不是在易灼烧的 A 点,而是在工作点 C,保证了触头的良好接触。线接触多用于中容量的电器,如接触器的主触头。图 1-5(c)所示为面接触,它允许通过较大的电流。这种触头一般在接触表面上镶有合金,以减少触头接触电阻并提高耐磨性,多用于大容量接触器的触头。

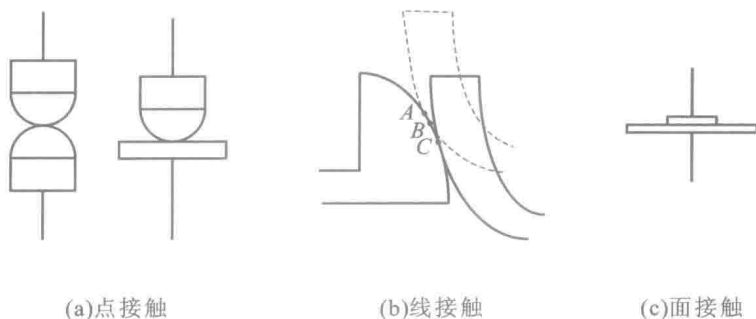


图 1-5 触头接触形式

3. 灭弧工作原理

触点在通电状态下动、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而产生电弧。电弧的存在既烧损触头金属表面,降低电器的寿命,又延长了电路的分断时间,所以必须迅速消除。

1) 常用的灭弧方法

(1) 迅速增大电弧长度 电弧长度增加,使触点间隙增加,电场强度降低,同时又使散热面积增大,降低电弧温度,使自由电子和空穴复合的运动加强,因而电荷容易熄灭。

(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 电动力吹弧如图 1-6 所示。双断点桥式触头在分断时具有电动力吹弧功能。不用任何附加装置,便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

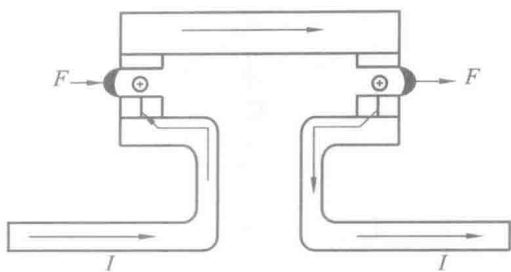


图 1-6 电动力吹弧示意图

(2) 磁吹灭弧 在触点电路中串入吹弧线圈,如图 1-7 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 1-7 中 \times 所示)。

触点间的电弧所产生的磁场,其方向为图中所示。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,电弧被吹离触点,经引弧角引进灭弧罩,使电弧熄灭。

(3) 栅片灭弧 灭弧栅是一组镀铜薄钢片,它们彼此间相互绝缘,如图 1-8 所示。电弧进入栅片被分割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧片之间都有 150~250 V 的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强,以致外加电压无法维持,电弧迅速熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却。基于上述原因,电弧进入栅片后就会很快熄灭。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,因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

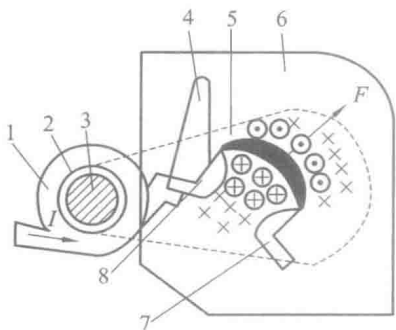


图 1-7 磁吹灭弧示意图

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

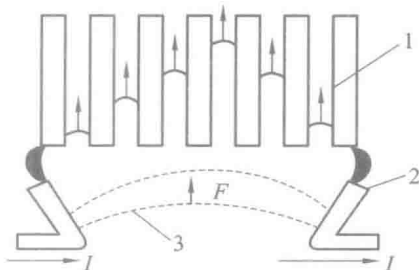


图 1-8 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片;2—触头;3—电弧

1.2 接触器

1.2.1 接触器

接触器是自动控制系统中应用最为广泛的一种低压自动控制电器,用来频繁地接通和断开交直流主电路和大容量控制电路,实现远距离自动控制,并具有欠(零)电压保护功能。主要用于控制电动机和电热设备等。

1. 接触器的结构

接触器主要由电磁机构、触点系统和灭弧装置组成,其结构示意图如图 1-9 所示。

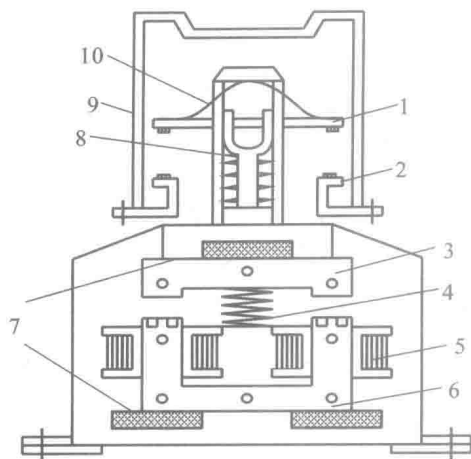


图 1-9 CJ20 系列交流接触器结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；
5—电磁线圈；6—铁芯；7—垫毡；8—触点弹簧；
9—灭弧罩；10—触点压力簧片

3) 灭弧装置

当触点断开的瞬间，触点间距离极小，电场强度较大，触点间产生大量的带电粒子，形成炽热的电子流，产生弧光放电现象，称为电弧。电弧的出现，既妨碍电路的正常分断，又会使触点受到严重灼伤，为此必须采用有效的措施进行灭弧，以保证电路和电器元件工作安全可靠。要使电弧熄灭，应设法降低电弧的温度和电场强度。常用的灭弧装置有灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置等。

接触器的图形、文字符号如图 1-10 所示。

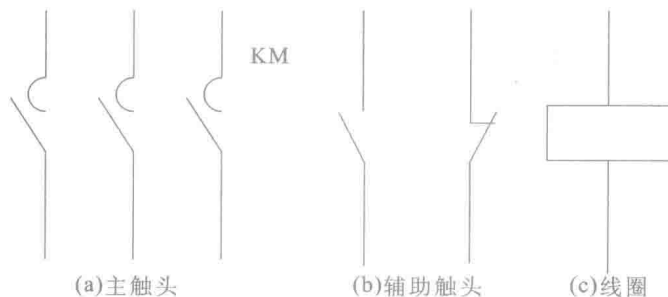


图 1-10 接触器的图形、文字符号

2. 接触器的工作原理

当电磁线圈通电后，线圈电流产生磁场，使静铁芯产生吸力吸引衔铁，并带动触点动作，动断触点断开；动合触点闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触点复位：动合触点断开，动断触点闭合。

3. 接触器的分类

接触器按其主触点所控制主电路电流的种类可分为交流接触器和直流接触器两种。交流接触器线圈通以交流电，主触点接通、断开的是交流主电路，当交变磁通穿过铁芯时，将产生涡流和磁滞损耗，使铁芯发热，为减少铁损，铁芯用硅钢片冲压而成。为便于散热，线圈做成短而粗的圆筒形绕在骨架上。

1) 电磁机构

电磁机构由电磁线圈、动铁芯（衔铁）和静铁芯三部分组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作。

2) 触点系统

触点是接触器的执行元件，用来接通或断开被控制电路。接触器的触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流；辅助触点用于接通或断开控制电路，通过的电流较小。

触点按其原始状态可分为动合触点和动断触点：原始状态时（即线圈未通电）断开，当线圈通电后闭合的触点称为动合触点；原始状态闭合，线圈通电后断开的触点称为动断触点（线圈断电后所有触点复位）。

另外,在交流接触器的铁芯端面上还安装了一个铜环(短路环),目的是消除振动和噪声,使接触器安全可靠地工作。

直流接触器线圈通以直流电流,主触点接通、断开直流主电路,直流接触器的外形如图1-11(a)所示。

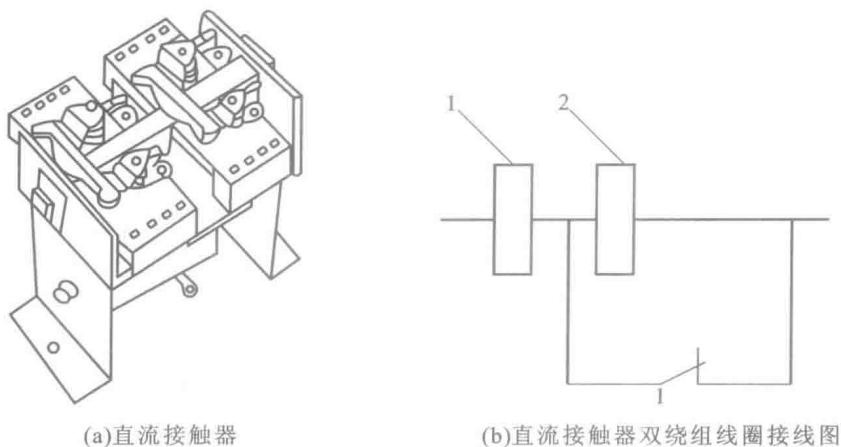


图 1-11 直流接触器外形图及双绕组线圈接线图

由于直流接触器线圈通以直流电,铁芯中不会产生涡流和磁滞损耗,故铁芯不会发热。为方便加工,铁芯用整块钢块制成。为便于线圈散热,一般将线圈制成高而薄的圆筒状。

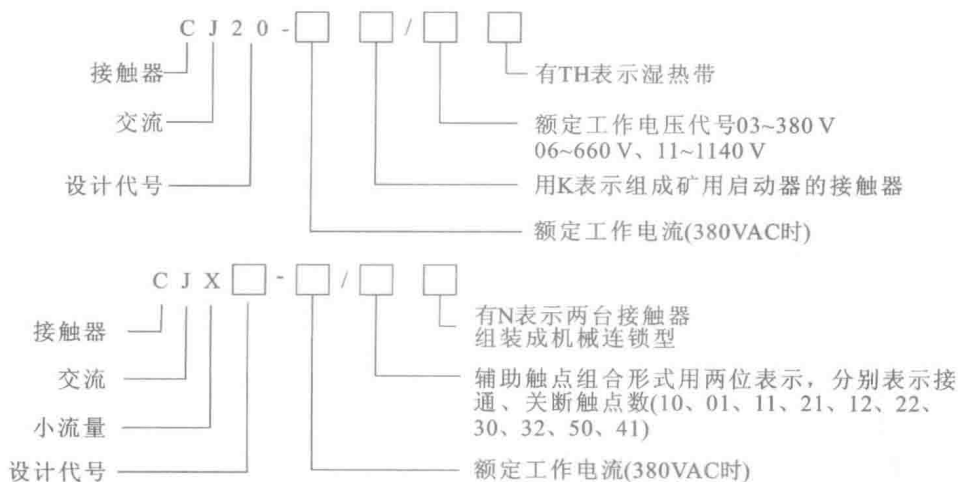
对于 250 A 以上的直流接触器往往采用串联双绕组线圈,直流接触器双绕组线圈接线图如图 1-11(b)所示。图中,线圈 1 为启动线圈,线圈 2 为保持线圈,接触器的一个动断辅助触点与保持线圈并联连接。在电路刚接通的瞬间,保持线圈被动断触点短接,可使启动线圈获得较大的电流和吸力。当接触器动作后,动断触点断开,两线圈串联通电,由于电源电压不变,所以电流减小,但仍可保持衔铁吸合,因而可以节电和延长电磁线圈的使用寿命。

由于直流接触器灭弧较困难,一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

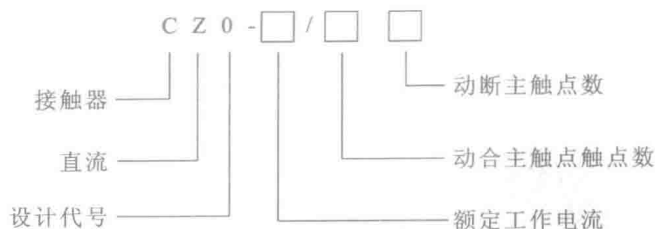
1.2.2 接触器的表示方法

接触器主要用型号及电气符号来表示。

交流接触器的型号表示方法如下:



直流接触器的型号表示方法如下：



接触器的电气符号如图 1-12 所示。

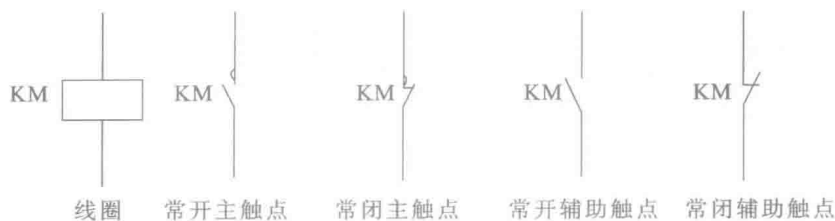


图 1-12 接触器的电气符号

1.2.3 接触器的主要技术参数及选用

1. 接触器的主要技术参数

1) 额定电压

额定电压是指接触器铭牌上主触头的电压。交流接触器的额定电压一般为 220 V、380 V、660 V 及 1140 V；直流接触器的额定电压一般为 220 V、440 V 及 660 V。辅助触点的常用额定电压交流接触器为 380 V，直流接触器为 220 V。

2) 额定电流

接触器的额定电流是指接触器铭牌上主触头的电流。接触器电流等级为 6 A、10 A、16 A、25 A、40 A、60 A、100 A、160 A、250 A、400 A、600 A、1 000 A、1 600 A、2 500 A 及 4 000 A。

3) 线圈额定电压

接触器吸引线圈的额定电压交流接触器有 36 V、110 V、117 V、220 V、380 V 等；直流接触器有 24 V、48 V、110 V、220 V、440 V 等。

4) 额定操作频率

交流接触器的额定操作频率是指接触器在额定工作状态下每小时通、断电路的次数。交流接触器一般为每小时 300~600 次，直流接触器的额定操作频率比交流接触器的高，可达到每小时 1 200 次。

2. 接触器的选用

(1) 额定电压的选择：接触器的额定电压不小于负载回路的电压。

(2) 额定电流的选择：一般接触器的额定电流不小于被控回路的额定电流。对于电动机负载额定电流可按经验公式计算，即

$$I_c = \frac{P_N \times 10^3}{k U_N}$$

式中： k ——经验系数，通常取 $k=2.5$ ，若电动机启动频繁，则取 $k=2$ 。

(3) 吸引线圈的额定电压：吸引线圈的额定电压与所接控制电路的电压相一致。此外，接触器的选用还应考虑接触器所控制负载的轻重和负载电流的类型。

1.3 继电器

继电器是一种小信号自动控制电器,它利用电流、电压、速度、时间、温度等物理量的预定值作为控制信号来接通和分断电路。实质上,继电器是一种传递信号的电器。它根据特定形式的输入信号动作,从而达到控制信号的目的。

1.3.1 继电器的结构及工作原理

继电器由感应机构、中间机构和执行机构三部分组成。感应机构反映的是继电器的输入量,并将输入量传递给中间机构,中间机构将它与预定量(即整定值)进行比较,当达到整定值时(过量或欠量),就使执行机构产生输出量,从而接通或分断电路。

继电器的工作特点是具有跳跃式的输入输出特性,其特性曲线如图 1-13 所示。在继电器输入量 X 由零增至一定值之前,即在 X 小于 X_0 之前,继电器输出量 Y 为 Y_{\min} 。当输入量 X 增加到 X_0 时,继电器吸合,输出量 Y 突变为 Y_{\max} ;若 X 继续增大, Y 保持不变($Y=Y_{\max}$)。当输入量 X 减小,若 X 仍大于 X_c 时,输出量 Y 保持不变($Y=Y_{\max}$)。当输入量降低至 X_c 时,继电器释放,输出量 Y 由 Y_{\max} 突变为 Y_{\min} ;若 X 继续减小, Y 保持不变($Y=Y_{\min}$)。

继电器的种类很多:按用途分类,有控制继电器和保护继电器;按动作原理分类,有电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器和热继电器;按输入信号的不同分类,有电压继电器、中间继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器等。下面主要介绍常用的电磁式继电器、时间继电器、热继电器和速度继电器。

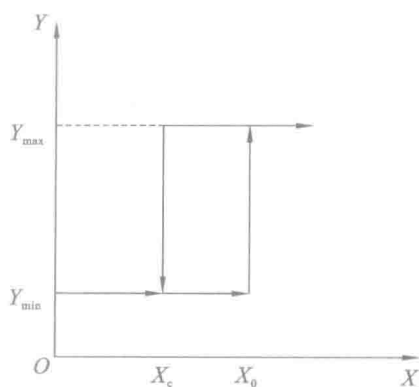


图 1-13 继电器特性曲线图

1.3.2 电磁式继电器

常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器和中间继电器。

1. 电磁式继电器的结构及工作原理

电磁式继电器是应用最多的一种继电器,主要由电磁机构和触头系统组成,其原理如图

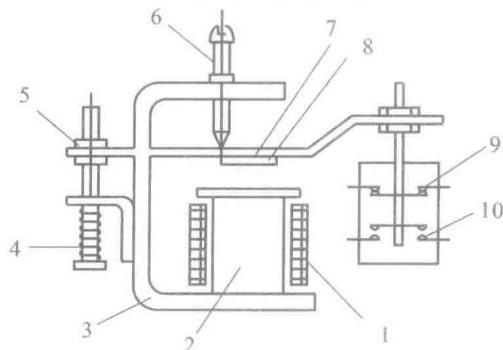


图 1-14 电磁式继电器原理图

- 1—线圈;2—铁芯;3—磁轭;4—弹簧;
5—调节螺母;6—调节螺钉;7—衔铁;
8—非磁性垫片;9—常闭触头;10—常开触头

1-14 所示。由于继电器用于控制电路,故而流过触头的电流比较小,不需要灭弧装置。电磁式继电器的电磁机构由线圈 1、铁芯 2 和衔铁 7 组成。它的触头一般为桥式触头,有常开和常闭两种形式。另外,为了实现继电器动作参数的改变,继电器一般还具有调节弹簧松紧和改变衔铁打开后气隙大小的装置,如通过调节螺钉 6 来调节弹簧 4 的反作用力的大小,即可调节继电器的动作参数值。

当电路正常工作时,弹簧 4 的反作用力大于电磁吸力,衔铁 7 不动作,若通过线圈 1 的电流超过某一定值时,弹簧 4 的反作用力小于电