

高职高专“十二五”规划教材

工厂电气 控制技术

肖洪流 主编 ■ 汤光华 主审

GONGCHANG DIANQI
KONGZHI JISHU



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

工厂电气控制技术

肖洪流 主编

汤光华 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从培养高技能应用型人才目标出发,将电气控制技术领域的相关知识和技能分解到各个具体项目之中,并巧妙地融入了电气自动化技术专业省级技能抽查训练题库。全书包括三相异步电动机的直接启动控制、三相异步电动机的正反转控制、三相异步电动机的限位控制、三相异步电动机的顺序控制、三相异步电动机的Y- Δ 启动控制、双速异步电动机的启动控制、三相异步电动机的能耗制动控制等15个项目。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术、机电一体化技术、机电设备维修与管理、生产过程自动化技术等专业的教学用书,也可供从事电气安装、调试、运行、维护和电器制造的广大工人和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制技术/肖洪流主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 2
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-16078-2

I. ①工… II. ①肖… III. ①工厂-电气控制-高等职业教育-教材 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第304332号

责任编辑: 张建茹
责任校对: 边 涛

文字编辑: 吴开亮
装帧设计: 关 飞

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 装: 三河市延风印装厂
787mm $\times$ 1092mm 1/16 印张14 字数336千字 2013年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 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: 29.00元

版权所有 违者必究

前 言

《工厂电气控制技术》是电气自动化技术、机电一体化技术等专业的一门实用性很强的专业核心课程，它对实现人才培养目标具有非常重要的作用。为了满足高职教育教学改革和高技能人才培养的需要，编者根据职业教育的特点，编写了这本《工厂电气控制技术》项目化教材。在教材的编写过程中，既注重培养对象对职业岗位(群)的适应程度，又注重知识结构和能力结构的有机结合，以先进的科学发展观来调整和组织教学内容。全书采用项目化框架结构，将知识与技能训练融为一体，是一本讲练结合、实用性强的教材。本书可作为电气自动化技术、机电一体化技术、机电设备维修与管理、生产过程自动化技术等专业的教学用书。

本书采用项目化结构，将理论与实践融为一体，比较适合于理实一体化教学。在教学内容的处理和编排上，既反映了工厂电气控制技术领域的最新技术，又充分考虑了高职学生的特点以及对知识、技能的要求，内容安排由易到难，循序渐进，便于教师教学和学生学习。同时，为了满足各高职院校接受省技能抽查和进行有针对性的训练，本书将电气自动化技术专业省级技能抽查试题库融入教材之中，教师可根据教学进度适时安排相关内容进行训练。

课程的基本任务如下。

- ① 熟悉常用控制电器的结构、原理、用途、型号及检测，能正确使用和选用。
- ② 熟练掌握继电控制系统的基本环节，具备阅读和分析电气原理图的能力。
- ③ 熟练掌握基本的电工操作技术、常用电工仪器仪表的使用。
- ④ 熟练掌握继电控制系统的安装与调试，学会复杂机床电路的安装、调试与维修。
- ⑤ 熟练掌握继电控制系统的设计方法，能设计简单的继电控制系统。

本书由肖洪流担任主编，并编写项目1~项目14；参加教材编写的还有徐伟杰，并编写项目14、项目15、附录1~附录3，汤光华教授主审。在教材的编写过程中，得到了张朝霞、罗智勇等老师的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏在所难免，恳请广大读者及同行批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

项目 1 三相异步电动机的直接启动控制	1
1.1 教学目标	1
1.2 相关知识	1
1.3 继电-接触器控制系统的基本控制环节	10
1.4 电气控制系统图	11
1.5 三相异步电动机的启动控制方式	12
1.6 电气控制系统常用的保护环节	12
1.7 电气原理图的识图	14
1.8 继电控制系统线路的检查	15
1.9 电动机的接线	17
1.10 实训环节	17
思考题与习题	25
项目 2 三相异步电动机的正、反转控制	26
2.1 教学目标	26
2.2 相关知识	26
2.3 电气原理图的识图	27
2.4 实训环节	28
思考题与习题	33
项目 3 三相异步电动机的限位控制	34
3.1 教学目标	34
3.2 相关知识	34
3.3 三相异步电动机的限位控制电气原理图的识图	37
3.4 实训环节	39
思考题与习题	45
项目 4 三相异步电动机的顺序控制	46
4.1 教学目标	46
4.2 相关知识	46
4.3 三相异步电动机的顺序控制电气原理图的识图	48
4.4 实训环节	49
思考题与习题	54
项目 5 三相异步电动机的 Y- Δ 启动控制	55
5.1 教学目标	55
5.2 相关知识	55
5.3 三相异步电动机的 Y- Δ 启动控制电气原理图的识图	58
5.4 实训环节	58
思考题与习题	63

项目 6 双速异步电动机的启动控制	64
6.1 教学目标	64
6.2 相关知识	64
6.3 双速异步电动机的启动控制电气原理图的识图	67
6.4 实训环节	68
思考题与习题	72
项目 7 三相异步电动机的能耗制动控制	73
7.1 教学目标	73
7.2 相关知识	73
7.3 三相异步电动机的能耗制动控制电气原理图的识图	77
7.4 实训环节	77
思考题与习题	82
省级技能抽查题库 继电控制系统的安装与调试模块	83
××省高等职业院校电气自动化技术专业技能抽查试题答题纸	96
省级技能抽查题库 小型电气控制系统的设计与制作模块	98
××省高等职业院校电气自动化技术专业技能抽查试题答题纸	101
项目 8 CA6140 普通车床电气控制分析	103
8.1 教学目标	103
8.2 相关知识	103
8.3 CA6140 普通车床电气控制线路分析	105
8.4 CA6140 普通车床电气接线图	105
8.5 CA6140 普通车床电气控制线路的故障与处理	107
项目 9 摇臂钻床控制系统分析与故障处理	109
9.1 教学目标	109
9.2 相关知识	109
9.3 Z3050 摇臂钻床电气控制线路分析	111
9.4 Z3050 摇臂钻床电器安装位置示意图	113
9.5 Z3050 摇臂钻床电气控制线路故障与处理	114
9.6 实训环节	114
省级技能抽查题库 继电控制系统的分析与故障处理模块	121
项目 10 卧轴矩台平面磨床电气控制线路分析	123
10.1 教学目标	123
10.2 相关知识	123
10.3 M7120 平面磨床电气控制线路分析	125
10.4 M7120 平面磨床电气控制线路常见故障与处理方法	128
10.5 实训环节	128
省级技能抽查题库 继电控制系统的分析与故障处理模块	135
项目 11 T68 卧式镗床电气控制电路分析	137
11.1 教学目标	137
11.2 相关知识	137
11.3 T68 卧式镗床的结构及运行	139
11.4 T68 卧式镗床控制线路常见故障与处理	142

11.5 实训环节	142
省级技能抽查题库 继电控制系统的分析与故障处理模块	149
项目 12 X62W 卧式万能铣床电气控制线路分析	151
12.1 教学目标	151
12.2 相关知识	151
12.3 X62W 卧式万能铣床电气控制线路分析	153
12.4 X62W 万能铣床电器安装位置示意图	157
12.5 X62W 万能铣床控制线路的故障与处理	158
12.6 实训环节	159
省级技能抽查题库 继电控制系统的分析与故障处理模块	166
思考题与习题	168
项目 13 某冷库的继电-接触器控制系统设计	169
13.1 教学目标	169
13.2 相关知识	169
13.3 继电-接触器控制系统设计实例	173
项目 14 一台小型电动机电气控制系统工艺设计	178
14.1 教学目标	178
14.2 相关知识	178
14.3 电气控制系统工艺设计实例	180
思考题与习题	183
项目 15 电工安全用电知识	184
15.1 教学目标	184
15.2 相关知识	184
15.3 电气火灾消防知识	186
15.4 触电的危害性与急救	189
15.5 电气设备安全运行知识	193
思考题与习题	195
附录 1 常用电工工具	196
附录 2 电工常用仪表的使用	202
附录 3 导线的连接与绝缘的恢复	211
参考文献	218

项目 1

三相异步电动机的直接启动控制



1.1 教学目标

- ① 熟悉几种常用低压电器的结构、工作原理、用途及型号意义。
- ② 熟悉几种常用低压电器元件在电气原理图上的图形和文字符号。
- ③ 掌握电气测量仪表,判断几种常用低压电器元件好坏的方法。
- ④ 熟悉继电-接触器控制系统的自锁、点动、连续基本控制环节。
- ⑤ 掌握三相异步电动机的直接启动控制电气原理图的识图。
- ⑥ 掌握三相异步电动机的直接启动控制系统的安装调试。
- ⑦ 掌握三相异步电动机的直接启动控制系统的设计与制作。



1.2 相关知识

1.2.1 低压电器元件的认识

低压电器是指工作在交流 1000V、直流 1200V 及以下的电路中,以实现对电路中电源的通断、信号的检测、执行部件的控制、电路的保护、信号的变换等作用的电器。

低压电器种类繁多,按动作原理分:

- ① 手动电器,如刀开关、断路器、控制按钮、行程开关等;
- ② 自动电器,如接触器、继电器、电磁阀等。

按工作原理分:

- ① 电磁式电器,如接触器、各种类型的电磁继电器;
- ② 非电量控制电器,如刀开关、控制按钮、行程开关、速度继电器、温度继电器等。

本项目重点介绍的是按用途分为以下五种类型:

- ① 低压配电电器,如刀开关、低压断路器、熔断器等;
- ② 低压控制电器,如控制按钮、万能转换开关、组合开关、接触器、电磁继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器、熔断器、电磁阀、电磁离合器及其他控制器等;
- ③ 低压主令电器,如按钮、主令开关、行程开关、主令控制器、转换开关等;
- ④ 低压保护电器,如低压断路器、熔断器、热继电器、电流继电器、电压继电器等;
- ⑤ 低压执行电器,如电磁阀、电磁离合器等。

其中,有些元件既是低压控制电器又是低压主令电器,如按钮;既是低压控制电器又是低压保护电器,如热继电器;既是低压配电电器又是低压保护电器,如熔断器、低压断路器。所以,此种分类并没有十分明显的界线。

1.2.2 低压配电电器

低压配电电器是用于供电系统中的低压电器，完成电能的输送及分配。

(1) 刀开关

① 刀开关的图形及文字符号 如图 1-1 所示。

② 作用 广泛应用于配电设备作隔离电源用，有时也用于小容量不频繁启动停止的电动机直接启动控制用。

③ 结构 HH 系列负荷开关主要由钢板外壳、触刀开关、操作机构、熔断器等组成。负荷开关带有简单灭弧装置，能够通断小负荷电流，图 1-2 和图 1-3 分别为 HH 封闭式系列负荷开关的结构和外型图。它的结构简单，操作方便。熔断器（熔体）熔断后，加以更换就可以再使用了。

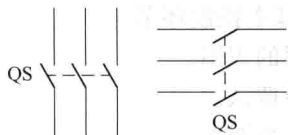


图 1-1 刀开关的图形及文字符号



图 1-2 HH 封闭式系列负荷开关

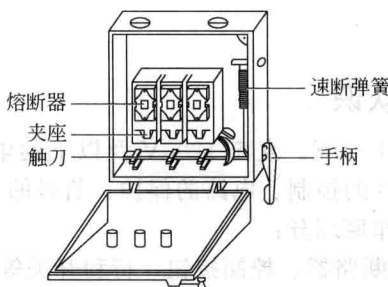


图 1-3 HH 系列负荷开关的结构和外型

④ 工作过程 刀开关是一种手动电器，合刀开关时，用手握住其手柄往上推合到位后，就能使其静触头和动触头正常闭合；断刀开关时，用手握住其手柄往下拉开到位，就能使其静触头和动触头正常断开。

⑤ 选用 刀开关根据其安装回路的电源种类、电压等级和电动机（或负载）的额定电流（或额定功率）进行型号选择。

⑥ 性能检测 用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡测量刀开关的通断电阻，刀开关合上时，每相的静触头和动触头之间电阻为零；断开时，电阻为无穷大。否则，其性能就不佳。

⑦ 注意事项

- 刀开关由于灭弧功能弱或无，故一般不能带负载停电；
- 刀开关必须垂直安装，并且合上时其手柄朝上、断开时其手柄朝下。否则容易发生人员触电事故；
- 合上时，静触头和动触头结合紧固并接合处完全到位；断开时，静触头和动触头有明

显的断点并有一定的间距。

(2) 断路器

① 断路器的图形及文字符号 如图 1-4 所示。

② 作用 可实现短路、过载、失压保护，一般作为电气控制柜的电源总开关。

③ 结构 断路器主要由触点系统、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及外壳等部分组成。如图 1-5 所示。

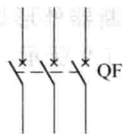


图 1-4 断路器的图形及文字符号

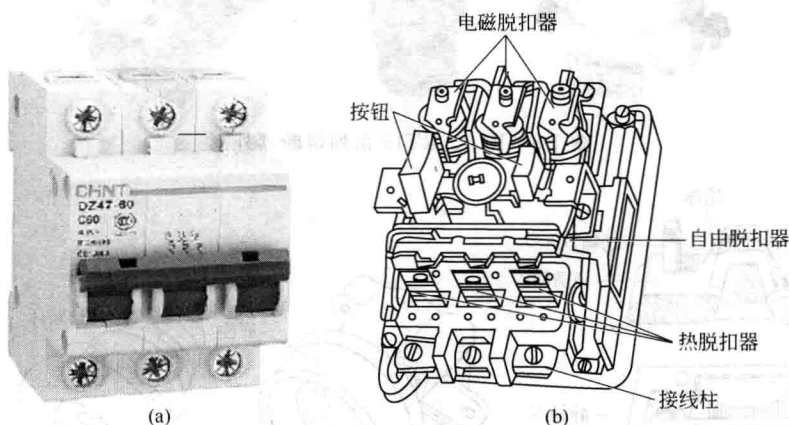


图 1-5 DZ47-60 型低压断路器
(a) 外形；(b) 结构

④ 工作过程 断路器是一种手动电器，当电路正常工作，合断路器时，用手握住其塑料绝缘手柄往上推合到位后，就能使其静触点和动触点正常闭合；断断路器时，用手握住其塑料绝缘手柄往下推到位，就能使其静触点和动触点正常断开。当电路工作异常时，断路器会自动跳闸切断电源实现保护作用。图 1-6 所示为低压断路器工作原理图。

⑤ 选用 断路器根据其安装回路的电源种类、电压等级和电动机（或负载）的额定电流（或额定功率）进行型号选择。

⑥ 性能检测 一般用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量断路器的通断电阻。断路器合上时，每相的静触点和动触点之间电阻为零；断开时，电阻为无穷大。否则，其性能就不佳。

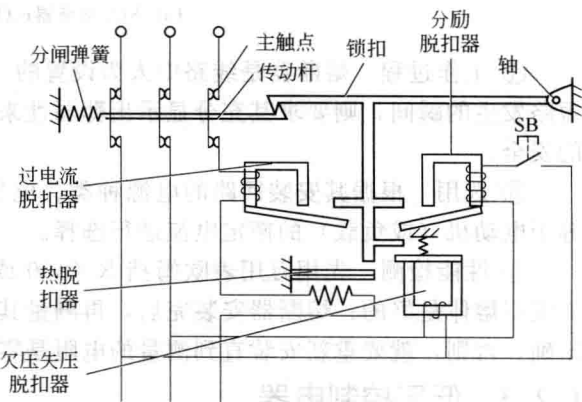


图 1-6 低压断路器工作原理图

⑦ 注意事项 断路器由于其灭弧功能强故一般能带负载停送电，特别是在发现电路异常或线路上有人触电时，可直接拉开断路器断开电源。

(3) 熔断器

① 熔断器的图形及文字符号 如图 1-7 所示。

② 作用 用于电路中的短路保护。

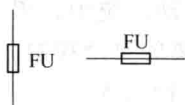


图 1-7 熔断器的图形及文字符号

③ 结构 熔断器主要由熔体、触点及绝缘底板（底座）等部分组成。RL1、RT18 系列熔断器外形如图 1-8 所示，RC1 系列半封闭插入式熔断器和 RL1 系列螺旋式熔断器结构如图 1-9 所示。

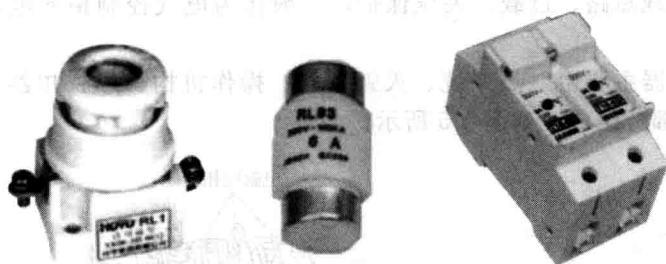


图 1-8 RL1、RT18 系列熔断器外形

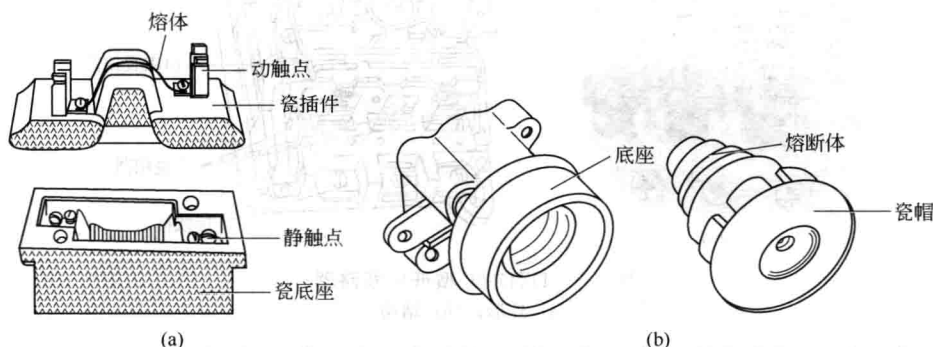


图 1-9 熔断器结构

(a) RC1 熔断器；(b) RL1 熔断器

④ 工作过程 熔断器是线路中人为设置的“薄弱环节”，要求它能承受额定电流，而当短路发生的瞬间，则要求其充分显示出薄弱性来，其熔体熔断断开电源，从而保护电器设备的安全。

⑤ 选用 根据其安装回路的电源种类、电压等级选择熔断器型号，熔体则根据大于或等于电动机（或负载）的额定电流进行选择。

⑥ 性能检测 先用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量其熔体两端的电阻。电阻为零就说明熔体是好的；熔断器安装完后，再测量其两外接触点的电阻，电阻仍为零才说明安装正确。否则，就要重新安装直到测量的电阻是零为止。

1.2.3 低压控制电器

低压控制电器是用于控制电路和控制系统的电器。此类电器要求有较强的通断能力，由于此类电器的操作频率较高，所以要求具有较长的电气和机械寿命。

(1) 接触器

① 交流接触器图形及文字符号 如图 1-10 所示。

② 作用 接触器是低压控制电器中的主要品种之一，广泛应用于电力传动系统中，用来频繁地接通和分断带有负载的主电路或大容量的控制电路，并可实现远距离的自动控制。接触器主要应用于电动机的自动控制、电热设备的控制以及电容器组等设备的控制等。

③ 结构

- 分类：按工作原理的不同可分为电磁式、气动式和液压式，绝大多数的接触器为电磁

式接触器；按触点控制负载的不同可分为直流接触器和交流接触器两种；此外接触器还可按它的冷却情况分为自然空气冷却、油冷和水冷三种，绝大多数的接触器是空气冷却式。在此主要介绍最常用的空气冷却电磁式交流接触器。

图 1-11 所示为新式交流接触器图片，图 1-12 所示为老式交流接触器外形图，图 1-13 所示为交流接触器的结构和触点系统示意图。

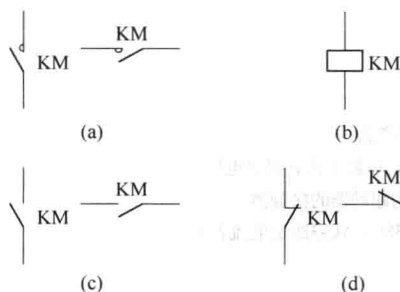


图 1-10 交流接触器图形及文字符号

(a) 接触器动合主触点；(b) 线圈；
(c) 接触器动合辅助触点；(d) 接触器动断辅助触点

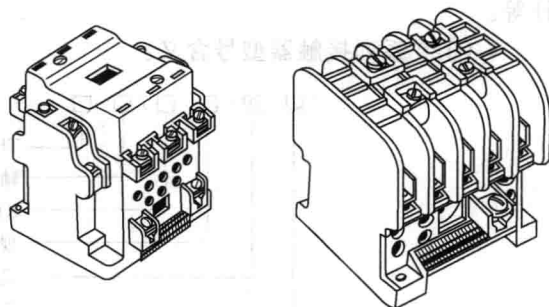


图 1-11 交流接触器外形图

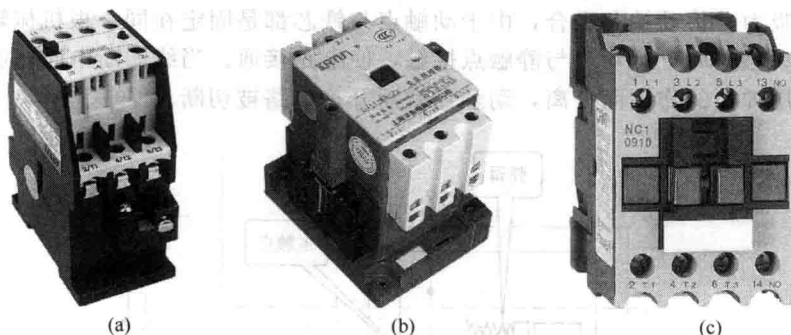


图 1-12 交流接触器

(a) CJ20 系列交流接触器；(b) CJX1 系列交流接触器；(c) NC1 系列交流接触器

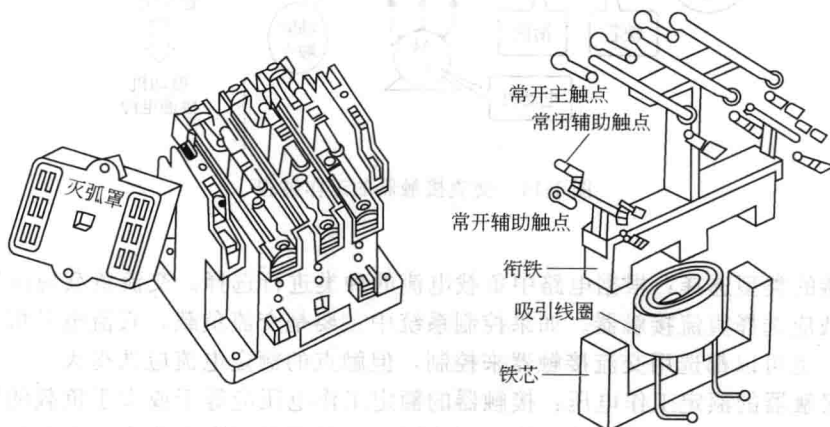


图 1-13 交流接触器的结构

• 构造：交流接触器主要由以下四部分组成。

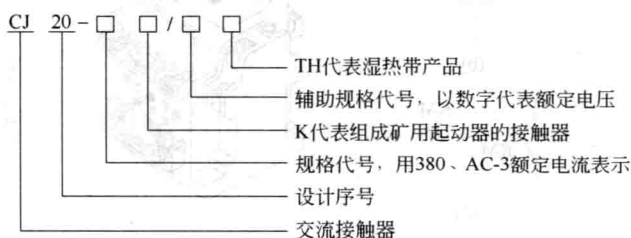
电磁系统：包括线圈、上铁芯（又叫衔铁、动铁芯）和下铁芯（又叫静铁芯）。

触点系统：包括主触点、辅助触点。常开和常闭辅助触点是联动的，即常闭触点打开时常开触头闭合。

灭弧室：触点开关时产生很大电弧会烧坏主触点，为了迅速切断触点开关时的电弧，一般容量稍大些的交流接触器都有灭弧室。

其他部分：包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧片、传动机构、短路环、接线柱等。

• CJ20 系列接触器型号含义：



• CJ20 系列交流接触器主要技术数据见表 1-1。

④ 工作过程 如图 1-14 所示，接触器的线圈和静铁芯固定不动。当线圈得电时，铁芯线圈产生电磁吸力，将动铁芯吸合，由于动触点与铁芯都是固定在同一根机械轴上的，因此动铁芯就带动动触点向下运动，与静触点接触，使电路接通。当线圈断电时，吸力消失，动铁芯依靠反作用弹簧的作用而分离，动触点就断开，电路被切断。

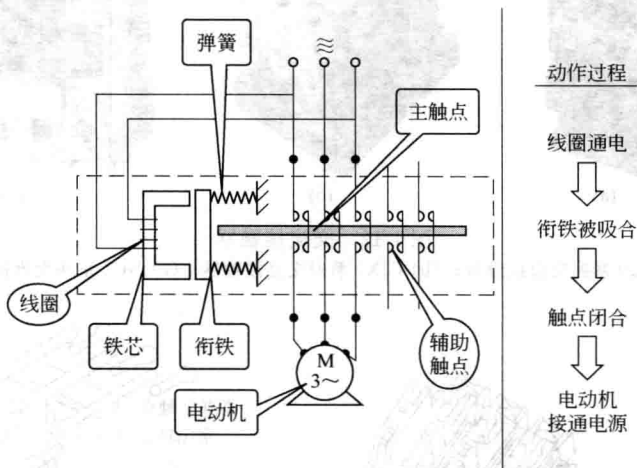


图 1-14 交流接触器的工作过程

⑤ 选用

• 接触器的类型选择：根据电路中负载电流的种类进行选择。交流负载应选用交流接触器，直流负载应选择直流接触器。如果控制系统中主要是交流负载，直流电动机或直流负载的容量较小，也可以都选用交流接触器来控制，但触点的额定电流应选得大一些。

• 选择接触器的额定工作电压：接触器的额定工作电压应等于或大于负载的额定电压。

• 选择接触器的额定工作电流：被选用的接触器的额定工作电流应不小于负载电路的额定电流。也可根据所控制的电动机最大功率进行选择。如果接触器是用来控制电动机的频繁启动、正反或反接制动等场合，应将接触器的主触点额定电流降低使用，一般可降低一个等级。

• 根据控制电路要求确定线圈工作电压和辅助触点数量：如果控制线路比较简单，所用接触器的数量较少，则交流接触器的线圈电压一般直接选用 380V 或 220V。如果控制线路比较复杂，如机床类电气控制系统，使用的电器又比较多，为了安全起见，线圈额定电压可选低一些，这时需要增加一台控制变压器。直流接触器线圈的额定电压应视控制电路的情况而定。而同一系列、同一容量等级的直流接触器，其线圈的额定电压有好几种，可以选线圈的额定电压和直流控制电路的电压一致。一般直流接触器的线圈是加直流电压，交流接触器的线圈一般加交流电压。有时为了提高接触器的最大操作频率或者降低交流电磁噪声节能，交流接触器也有采用直流线圈的。辅助触点数量如表 1-1 所示。

表 1-1 辅助触点约定发热电流及触点组合表

型号	CJ20-16/25/40	CJ20-63/100/160	CJ20-250/400/630
约定发热电流/A	10		16
触点组合	2 常开，2 常闭	2 常开，2 常闭； 4 常开，2 常闭	4 常开，2 常闭； 3 常开，3 常闭； 2 常开，4 常闭

⑥ 性能检测 先用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量其线圈电阻，一般为 $1.5k\Omega$ 左右；再测其触点是否正常，没动作时，常开触点应是断开的，常闭触点是闭合的。模拟动作时，所有常开触点应是闭合的，所有常闭触点是断开的。否则，其性能就不佳。

(2) 热继电器

① 热继电器图形及文字符号 如图 1-15 所示。

② 作用 常采用热继电器作电动机的过载保护。

③ 结构 热继电器主要由感温元件（或称热元件）、触点系统、动作机构、复位按钮、电流调节装置、温度补偿元件等组成。图 1-16 所示为热继电器图，图 1-17 所示为热继电器结构原理图。

④ 工作过程 热继电器是负荷的过载电流通过发热元件短时间产生大量热量使检测元件受热弯曲，推动执行机构动作的一种保护电器。主要用来保护电动机或其他负载免于过载以及作为三相电动机的断相保护等。

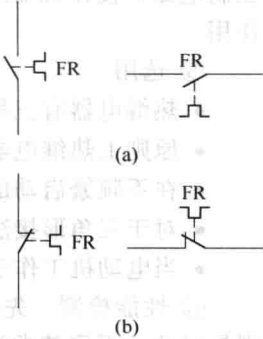


图 1-15 热继电器图形及文字符号

(a) 热继电器动合触点；
(b) 热继电器动断触点

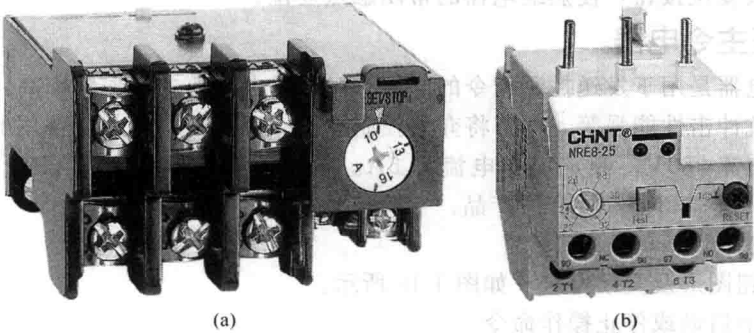


图 1-16 热继电器

(a) JR36 系列热继电器；(b) NRE8 电子式热继电器

感温元件由双金属片及绕在双金属片外面的电阻丝组成。双金属片是由两种膨胀系数不同的金属以机械碾压的方式而成为一体的。使用时将电阻丝串联在主电路中，触点串联在控制电路中。

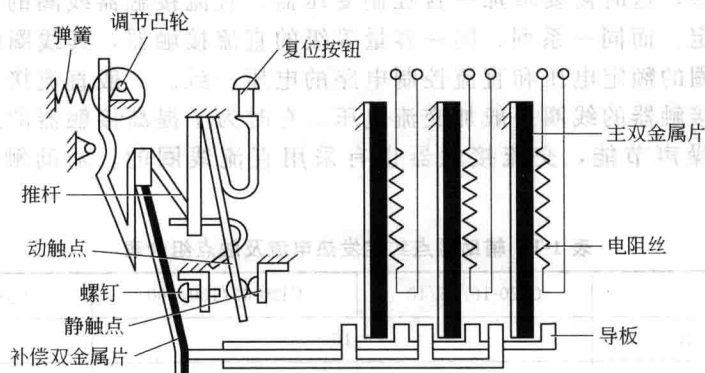


图 1-17 双金属片式热继电器结构原理图

当过载电流流过电阻丝时，双金属片受热膨胀，因为两片金属的膨胀系数不同，所以就弯向膨胀系数较小的一面，利用这种弯曲的位移动作，切断热继电器的常闭触点，从而断开控制电路，使接触器线圈失电，接触器主触点断开，电动机便停止工作，起到了过载保护的作用。

⑤ 选用

- 热继电器有三种安装方式，应按实际安装情况选择其安装形式。
- 原则上热继电器的额定电流应按大于或等于电动机的额定电流来选择。
- 在不频繁启动的场合，要保证热继电器在电动机启动过程中不产生误动作。
- 对于三角形接法电动机，应选用带断相保护装置的热继电器。
- 当电动机工作于重复短时工作制时，要注意确定热继电器的允许操作频率。

⑥ 性能检测 先用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量其 3 个热元件是否导通，导通则是好的；再测其常开触点是否断开、常闭触点是否闭合。否则，要用手动复位恢复其原状态才能正常使用。

⑦ 注意事项 一般的热继电器在过载故障动作后，不能自动复位，需手动复位。在电动机发生过载故障排除后，若要使电动机再次启动，一般需 2min 以后，待双金属片冷却，恢复原状后再按复位按钮，使热继电器的常闭触点复位。

1.2.4 低压主令电器

低压主令电器是用于发送控制指令的电器。对这类电器要求操作频率高，电器的机械和电气寿命长，抗冲击性能强等。本节将介绍控制按钮、万能转换开关。常用的控制按钮其额定电压一般为交流 380V，额定工作电流为 5A。常用的控制按钮有 LA10、LA18、LA19、LA20、LA25 及进口和合资生产的产品。

(1) 控制按钮

① 控制按钮图形及文字符号 如图 1-18 所示。

② 作用 下启动或停止操作命令。

③ 结构 控制按钮一般由按钮、复位弹簧、触点和外壳等部分组成。图 1-19 所示为控制按钮图片，图 1-20 所示为控制按钮的原理和外形图。

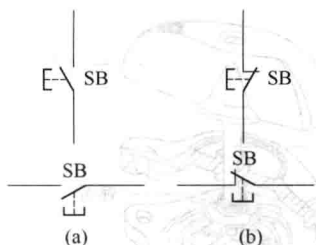


图 1-18 控制按钮图形及文字符号
(a) 动合触点；(b) 动断触点

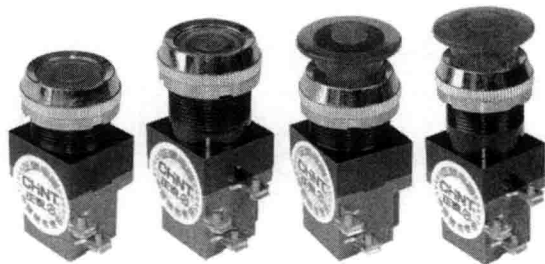


图 1-19 控制按钮

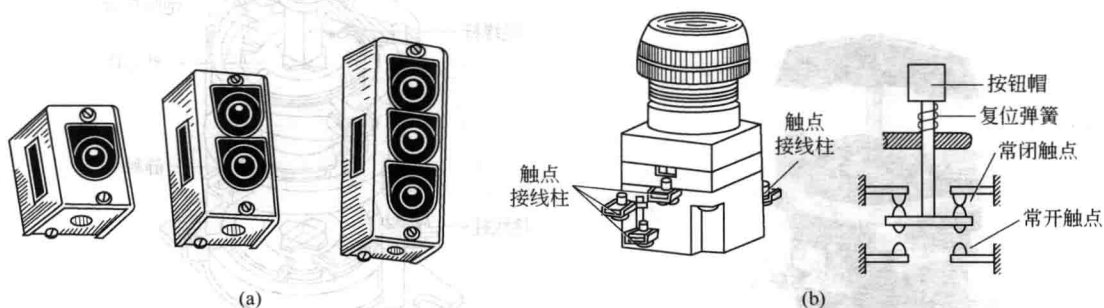


图 1-20 控制按钮的原理和外形图

(a) LA10 系列按钮；(b) LA19 系列按钮

控制按钮可以做成很多形式以满足不同的控制或操作的需要。结构形式有钥匙式，按钮上带有钥匙以防止误操作；旋转式（又叫钮子开关），以手柄旋转操作；紧急式，带蘑菇钮头，突出于外，常作为急停用，一般采用红色；掀钮式，用手掀钮操作；保护式，能防止偶然触及带电部分。控制按钮的颜色可分为：红、黄、蓝、白、绿、黑等，一般绿色按钮作为启动按钮，红色按钮作为停止按钮。

④ 工作过程 按下按钮时，它的常闭触点先断开，经过很短时间后，它的常开触点再闭合；松开按钮时，它的常开触点先断开，经过很短时间后，它的常闭触点再闭合。

⑤ 选用 主要根据控制回路所需要的常开、常闭触点个数来选。

⑥ 性能检测 用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量其未动作时，常开触点是否断开、常闭触点是否闭合，动作时，常开触点是否闭合、常闭触点是否断开。

(2) 组合开关

① 组合开关的图形及文字符号 与刀开关一样。

② 作用 HZ10 系列组合开关适用于交流 50Hz、电压 380V 以下，直流电压 220V 以下的电气设备中作接通或分断电路、换接电源或控制小型异步电动机正反转之用。

③ 结构 HZ10 系列组合开关有若干动触点及静触点，它们分别装于数层绝缘体内，动触点装在附有手柄的转轴上，随转轴旋转而变更其通断位置。本系列开关为不频繁操作的手拧开关。图 1-21 所示为 HZ10 系列组合开关图片。图 1-22 所示为 HZ10 系列组合开关的结构和外形图。

④ 工作过程 把操作手柄打在与安装孔平行的位置时，组合开关处于断开；把操作手柄打在与安装孔垂直的位置时，组合开关处于闭合。

⑤ 选用 根据其安装回路的电源种类、电压等级和电动机（或负载）的额定电流（或额定功率）进行型号选择。

⑥ 性能检测 用万用表欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 测量其处于断开位置时，触点是否断开；处于闭合位置时，触点是否闭合。



图 1-21 HZ10 系列组合开关

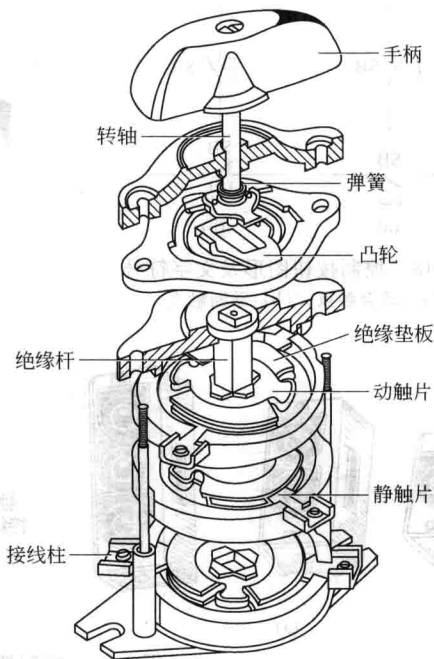


图 1-22 HZ10 系列组合开关结构和外形图

⑦ 注意事项 HZ10 系列组合开关上处于对角线位置的触点才是一对触点。当黄、绿、红三色电源线（对应电源为 L1、L2、L3 相）对组合开关进线时，必须从左至右接线，才能保证组合开关的出线电源也为 L1、L2、L3，三相电源的相序才不会出错。

1.3 继电-接触器控制系统的基本控制环节

电气控制设备种类繁多，功能各异，但其控制原理、基本线路、设计基础是类似的。尤其是继电-接触器控制系统，它是由许多具有不同控制功能的经典电路构成，或者称之为基本控制环节。主要有自锁与互锁的控制、点动与连续运转的控制、多地联锁控制、顺序控制与自动循环的控制等。

1.3.1 自锁控制

由启动按钮 SB、接触器 KM 的常开辅助触点并联构成自锁控制。当合上电源刀开关 QS，按下启动按钮 SB，KM 线圈通电吸合，与启动按钮并联的 KM 常开触点也闭合。当松开 SB 时，KM 线圈通过其自身常开辅助触点继续保持通电状态，这种依靠接触器自身辅助触点保持线圈通电的电路称为自锁电路，常开辅助触点称为自锁触点。

1.3.2 点动与连续运转的控制

在实际生产过程中，某些电气设备常会要求既能正常启动连续工作，又能实现位置调整的点动工作。所谓点动，即按按钮时电动机转动工作，松开按钮后，电动机即停止工作。点动控制主要用于机床刀架、横梁、立柱等的快速移动、对刀调整等。

图 1-23 所示为电动机点动与连续运转控制的几种典型电路。其具体电路工作分析如下。

① 图 1-23 (a) 所示为最基本的点动控制电路。按下 SB，接触器 KM 线圈通电，常开主触点闭合，电动机启动运转；松开 SB，接触器 KM 线圈断电，其常开主触点断开，电动