



高职高专规划教材

Electrical Control of Mechanical and Electrical Products

机电产品电气控制

□ 主 编 王进满
副主编 宁龙卿



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

高职高专规划教材

机电产品电气控制

主 编 王进满

副主编 宁龙卿



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容提要

本书根据职业岗位技能需求,结合职业教育课程改革经验,采用以项目为导向,任务驱动的模式,以电气控制为主线,介绍了电气控制线路和 PLC 技术应用。全书共分两大部分。第一部分为机床电气控制系统,该部分以 4 个实际应用项目,介绍了常用低压电器的结构、原理、符号及应用,典型电气控制线路的组成、原理及安装调试,典型机床电气控制线路工作原理分析及常见故障排查。第二部分为 PLC 技术应用,该部分以三菱 FX2N 系列 PLC 为对象,通过 4 类典型应用,详细介绍了三菱 FX2N 系列 PLC 的结构、工作原理、内部元器件,介绍了三菱 GX Developer 编程软件、基本逻辑指令、步进顺序控制指令及常用功能指令的使用,并通过应用案例讲述了 PLC 程序设计的方法和技能,最后通过三菱 FX2N 对 C650-2 车床电气控制系统的改造,讲述了 PLC 应用的一般步骤、方法及施工和调试应注意的问题。

本书可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化、应用电子及数控技术等专业“电气控制与 PLC 应用”课程的教材,也可作为广大电子技术、电气技术、自动化方面工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电产品电气控制 / 王进满主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-308-09746-8

I .①机… II .①王… III .①机电设备—电气控制
IV .①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 040633 号

机电产品电气控制

王进满 主编

责任编辑 王 波

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 浙江省良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13

字 数 316 千

版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-09746-8

定 价 26.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

高等职业技术教育的主要任务是培养面向基层、面向生产、面向服务和管理一线职业岗位的实用型、技能型专门人才。本书根据高职高专教育的培养目标,从学生毕业所从事职业的实际需要出发,确定学生应具备的知识能力结构,将理论知识和应用技能整合在一起,形成以项目为导向,任务驱动的编写思路。本书的特点如下。

(1)以技术应用为主线,注重培养学生的职业能力,关注学生的就业岗位,突显职业教育的特点,注重对知识的应用和实践能力的培养。

(2)以项目为基础开展对整个教学内容的设计,设计思路基本如下:①提出项目教学目标;②提出与本项目内容相关的实际任务;③以任务为基础分析控制要求;④介绍解决任务所需的知识点;⑤在知识点介绍的基础上提出解决任务的方法和步骤;⑥最后在解决任务的基础上,完成实际操作训练。

(3)将课程的理论教学、实践教学、解决生产实际问题融于一体。在教材使用上,以完成某个项目为教学目标,师生双方互动,理论和实践交互,理中有实,实中有理。突出学生动手能力和专业技能的培养,利于充分调动和激发学生的学习兴趣,实现教、学、练的紧密结合,培养学生自主学习、主动学习的能力,以适应终身学习和可持续发展能力的培养要求。

(4)在文字叙述上,力求通俗易懂,便于理解。每个项目都有学习目标提示,每个项目后面都提供了习题和思考题。与项目任务相关的每个任务都提出了应掌握的基本知识和技能,以方便读者学习使用,使读者对所学知识能得到进一步的理解和掌握。

本课程的参考教学课时数为 96 学时。

本书编者有从事电气控制技术及 PLC 应用技术的教学与科研的一线教师,也有企业一线技术人员,在该课程的教学改革、实训室建设方面积累了一定的经验。本书由嘉兴职业技术学院老师王进满担任主编,加西贝拉压缩机有限公司高级工程师宁龙卿任副主编,嘉兴职业技术学院老师寇舒、吴湘莲、彭海兰、张春苗、李武朝任参编。具体分工如下:项目一、项目四、项目五、项目六由王进满编写;项目二中任务 1、任务 2 由张春苗编写;项目二中任务 3、任务 4 由吴湘莲编写;项目三由李武朝编写;项目七中任务 1 及附录由寇舒编写;项目七中任务 2 由彭海兰编写;项目八由宁龙卿编写。全书最后由王进满统稿、定稿。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中存在疏漏及不足之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,并将意见反馈至邮箱 wangjm0426@163.com,为谢!

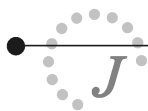
编 者

2011 年 12 月

目 录

上篇 机床电气控制系统

项目一 送料小车电气控制线路运行维护	3
任务1 安装和操作接触器自锁控制线路	4
一、学习目标	4
二、任务要求	4
三、任务实施	5
任务2 安装和操作接触器联锁的正反转控制电路	15
一、学习目标	15
二、任务要求	16
三、任务实施	16
任务3 送料小车电气控制线路的安装和操作	18
一、学习目标	18
二、任务要求	18
三、任务实施	20
思考与练习	21
项目二 C650-2 车床电气控制线路运行维护	24
任务1 安装和操作点动与连续运转控制线路	25
一、学习目标	25
二、任务要求	25
三、任务实施	26
任务2 安装和操作星—三角降压启动控制线路	27
一、学习目标	27
二、任务要求	27
三、任务实施	28
任务3 安装和操作三相笼型异步电动机能耗制动控制线路	33
一、学习目标	33
二、任务要求	34
三、任务实施	35
任务4 C650-2 车床电气控制线路常见故障分析及排除	37
一、学习目标	37



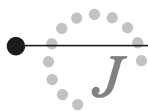
二、任务要求·····	37
三、任务实施·····	40
思考与练习·····	44
项目三 Z3040B 钻床电气控制线路运行维护 ·····	46
一、项目导入·····	47
二、Z3040B 摇臂钻床电路分析·····	48
三、项目实施——Z3040 车床电气控制线路常见故障分析及排除·····	51
思考与练习·····	52
项目四 X62W 铣床电气控制线路运行维护 ·····	54
任务 1 安装和操作顺序控制电路 ·····	55
一、学习目标·····	55
二、任务要求·····	55
三、任务实施·····	56
任务 2 安装和操作多地点控制线路 ·····	57
一、学习目标·····	57
二、任务要求·····	57
三、任务实施·····	57
任务 3 X62W 铣床电气控制线路常见故障分析及排除 ·····	58
一、学习目标·····	58
二、任务要求·····	59
三、任务实施·····	65
思考与练习·····	67

下篇 PLC 应用

项目五 多种液体自动混合装置的 PLC 控制设计 ·····	71
任务 1 PLC 及 FX2N 系列 PLC 的认识 ·····	72
一、学习目标·····	72
二、基本内容·····	72
任务 2 GX Developer 编程软件的使用及 PLC 接线 ·····	82
一、学习目标·····	82
二、GX Developer 编程软件的使用·····	82
三、PLC 接线·····	90
任务 3 喷泉控制 ·····	92
一、学习目标·····	92
二、任务要求·····	92
三、任务分析·····	92
四、任务实施·····	93

目 录

任务 4 电动机的星—三角启动控制	98
一、学习目标	98
二、任务要求	99
三、任务分析	99
四、任务实施	100
任务 5 电动机的正反向运动及 3 次循环控制	105
一、学习目标	105
二、任务要求	105
三、任务分析	106
四、任务实施	106
任务 5 扩展 进库物品的统计监控	109
一、任务要求	109
二、任务分析	109
三、任务设计过程	109
任务 6 两种液体自动混合装置的 PLC 控制	113
一、学习目标	113
二、任务要求	113
三、任务分析	114
四、任务实施	114
任务 7 多种液体自动混合装置的 PLC 控制	117
一、学习目标	117
二、任务要求	117
三、任务实施	118
思考与练习	122
项目六 十字路口交通灯控制	125
任务 1 自动送料小车往返运动控制	126
一、学习目标	126
二、任务要求	126
三、任务分析	127
四、任务实施	127
任务 2 十字路口交通灯控制	131
一、学习目标	131
二、任务要求	131
三、任务分析	132
四、任务实施	133
任务 3 按钮式人行横道交通灯控制	138
一、学习目标	138
二、任务要求	138



三、任务分析	138
四、任务实施	139
任务 4 大、小球分拣传送装置控制	142
一、学习目标	142
二、任务要求	142
三、任务分析	143
四、任务实施	143
思考与练习	148
项目七 呼叫送料小车控制	150
任务 1 4 组抢答器控制	150
一、学习目标	150
二、任务要求	151
三、任务实施	151
任务 2 送料小车控制	159
一、学习目标	159
二、任务要求	160
三、任务实施	160
思考与练习	168
项目八 PLC 在 C650-2 车床电气控制系统改造中的应用	169
一、学习目标	169
二、知识准备	169
三、项目要求与分析	174
四、项目实施	174
思考与练习	180
附录	181
附录 A 常用特殊辅助继电器一览表	181
附录 B FX2N 系列 PLC 基本指令一览表	182
附录 C FX2N 系列 PLC 应用指令一览表	183
参考文献	198

上篇 机床电气控制系统



项目一 送料小车电气控制线路运行维护

学习目标

1. 熟悉交流电动机的基本结构、工作原理及接线方式。
2. 掌握常用低压电器的结构、工作原理、规格、型号、选择及其在控制线路中的作用。
3. 能识读相关电气原理图、安装图。
4. 掌握自锁、正反转及其联锁控制线路工作原理。
5. 掌握送料小车控制线路常见故障及排除方法。
6. 会安装及检修电动机自锁、正反转及送料小车控制线路。

实训器材准备

1. 工具:常用电工工具。
2. 仪表:万用表、钳形电流表。
3. 器材:维修电工实训柜、连接导线。

实训考核标准

项目内容	配分	评分标准	学生自评	教师评估
装前检查	15	(1)电动机质量检查,每漏一处扣5分 (2)电器元件漏检或错检,每处扣2分		
安装元件	15	(1)不按布置图安装扣15分 (2)元件安装不紧固,每只扣4分 (3)安装元件时漏装小螺钉,每只扣2分 (4)元件安装不整齐、不均匀、不合理,每只扣3分 (5)损坏元件扣15分		
布线	30	(1)不按电路图接线扣25分 (2)布线不符合要求:主电路,每根扣4分;控制电路,每根扣2分 (3)接点松动、露铜过长、压绝缘层、反圈等,每个接点扣1分 (4)损伤导线绝缘或线芯,每根扣5分 (5)漏套或错套编码套管,每处扣2分 (6)漏接接地线扣10分		
通电试车	40	(1)热继电器未整定或整定错扣5分 (2)熔断体规格配错,主、控电路各扣5分 (3)第一次试车不成功扣20分 第二次试车不成功扣30分 第三次试车不成功扣40分		
安全文明生产	违反安全文明生产规程扣5~10分			
备注	除定额时间外,各项目的最高扣分不应超过配分数		总成绩	
开始时间		结束时间	实际时间	



任务1 安装和操作接触器自锁控制线路

一、学习目标

1. 基本知识

(1)掌握控制电路中各电器元件结构、型号规格、工作原理、使用方法及其在电路中所起的作用；

(2)掌握三相异步电动机自锁控制电路工作原理；

(3)掌握三相异步电动机自锁控制电路安装接线的步骤、方法、调试及排除故障的方法。

2. 技能

(1)能正确安装和操作接触器联锁的自锁控制电路；

(2)能正确检查和排除安装调试中所遇到的故障；

(3)学会使用接线图。

二、任务要求

三相笼型异步电动机单向运转控制线路如图 1-1 所示。启动时,合上刀开关 QF,按下启动按钮 SB1,接触器 KM 线圈通电,其常开主触点闭合,使电动机接通电源启动运转,同时与 SB2 并联的接触器常开辅助触点 KM 也闭合。当松开 SB2 时,KM 线圈通过其自身常开辅助触点继续保持通电,从而保证电动机的连续运行。这种依靠接触器自身辅助触点而使其线圈保持通电的现象,称为自锁或自保持,这个起自锁作用的辅助触点称为自锁触点。

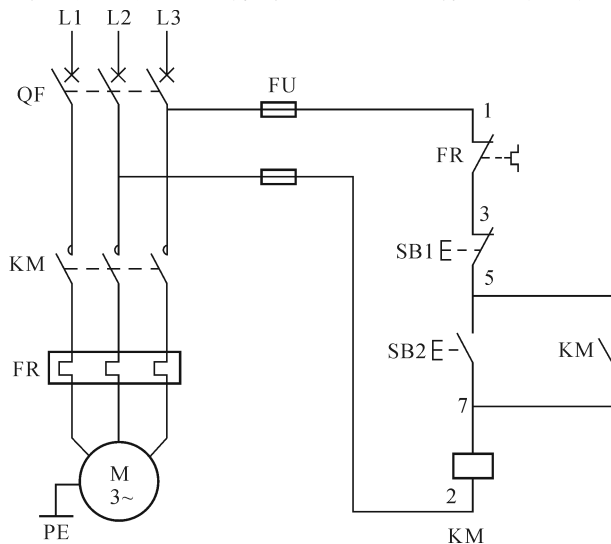


图 1-1 三相笼型异步电动机单向运转控制线路



停止运转时,可按下停止按钮 SB2, KM 线圈断电释放,主触点和自锁触点均断开,电动机脱离电源停止运转。松开 SB1 后,由于此时控制电路已断开,电动机不能恢复运转,只有再按下 SB1,电动机才能重新启动运转。

电路的保护环节如下:

(1)由熔断器 FU1、FU2 分别实现对主电路和控制电路的短路保护。

(2)由热继电器 FR 实现对电动机的过载保护。当电动机出现长期过载而使热继电器 FR 动作时,其在控制电路中的常闭触点 FR 断开,使 KM 线圈断电,电动机停转,实现对电动机的过载保护。

(3)自锁控制的欠压与失压保护。当电源电压由于某种原因欠压或失压时,接触器电磁吸力急剧下降或消失,衔铁释放, KM 的常开触点断开,电动机停转。而当电源电压恢复正常时,电动机不会自行启动,避免事故发生。

三、任务实施

【知识准备 1】 三相交流异步电动机

1. 三相交流异步电动机的结构及工作原理

交流异步电动机利用电磁线圈把电能转换成电磁能,再依靠电磁力做功,从而把电磁能转换成转子的机械运动。交流电动机结构简单,可产生较大功率,在有交流电源的地方都可以使用。三相异步电动机实物如图 1-2 所示。

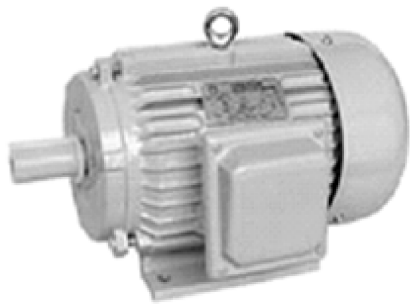


图 1-2 三相异步电动机外观图

三相异步电动机主要分为定子和转子两大部分,如图 1-3 所示。

定子由定子铁芯、定子绕组和机座三部分组成。定子铁芯是电动机磁路的一部分,是用 0.5mm 厚的硅钢片冲叠而成并固定在机座内,沿定子铁芯内圆均匀

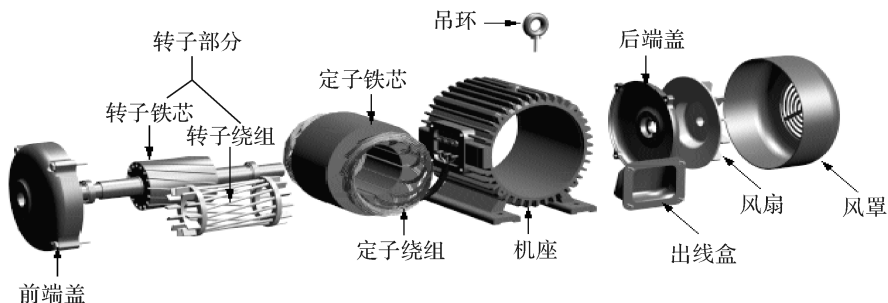


图 1-3 三相异步电动机结构图

地冲有许多相同的槽,用以嵌放定子绕组。定子绕组是由三个完全相同的在空间上互隔 120° 电角度安放的对称绕组组成,用来产生旋转磁场,三相对称绕组的六根引线可以接成星形或三角形,如图 1-4 所示。机座主要用来固定定子铁芯与前后端盖以支撑转子。

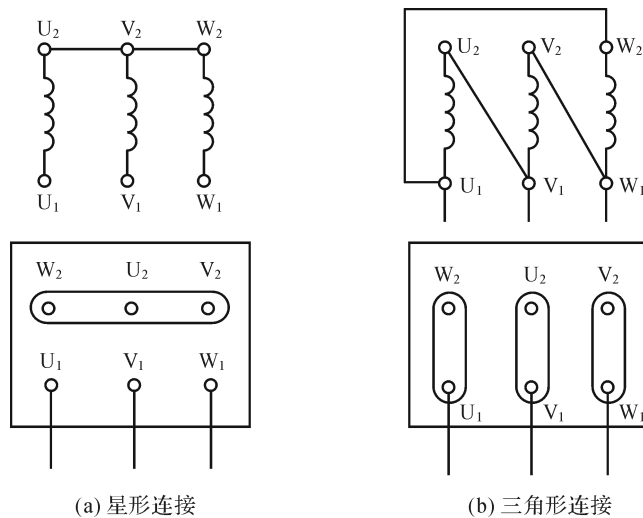


图 1-4 三相异步电动机接线端连接方法

转子由转子铁芯、转子绕组和转轴组成。转子铁芯也是由 0.5mm 厚的硅钢片叠成,整个铁芯固定在转轴上,转子外圆冲有均匀的槽,用以嵌放转子绕组。转子绕组分为笼型和绕线型两种结构,不必由外界电源供电,可自行闭合。

三相电动机究竟是如何工作的呢? 图 1-5 所示是一台单极的三相交流电动机的工作原理图,当三相绕组中流过三相交流电时,各相绕组按右螺旋定则产生磁场。每一相绕组产生一对 N 极和 S 极,三相绕组的磁场合成起来,形成一对合成磁场的 N 极和 S 极。这个合成磁场是一个旋转磁场,旋转磁场的速度与电流频率和电动机极数有关。

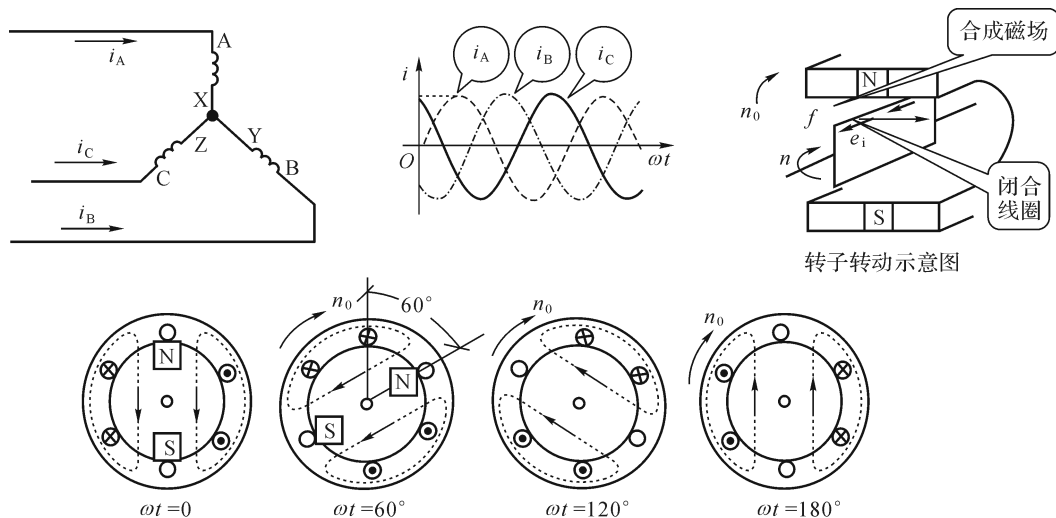


图 1-5 三相异步电动机工作原理图

旋转磁场的转速称为交流电动机的同步转速。当绕组电流的频率为 f , 电动机的磁极数为 p , 则同步转速(r/min)可用 $n = \frac{60f}{p}$ 表示。异步电动机的转速 n 为



$$n = \frac{60f_1}{p}(1-s) = n_1(1-s) \quad (1-1)$$

式中： s ——转差率，

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

由式 1-1 可见,要改变电动机的转速:①改变磁极对数 p ;②改变转差率 s ;③改变频率 f 。

当改变交流电动机供电电源的相序,就可改变电动机的转向。三相异步电动机在运行过程中需注意,若其中一相和电源断开,则变成单相运行。此时电动机仍会按原来方向运转。但若负载不变,三相供电变为单相供电,电流将变大,导致电动机过热。使用中要特别注意这种现象;三相异步电动机若在启动前有一相断相,将不能启动。此时只能听到嗡嗡声,长时间启动不了,也会过热,必须赶快排除故障。注意外壳的接地线必须可靠地接大地,防止漏电引起人身伤害。

2. 三相交流异步电动机的额定值

电动机的额定值规定了电动机正常运行的状态和条件,是使用和维护电动机的重要依据。异步电动机铭牌上标注的额定值主要有:

(1)额定功率 P_N :指电动机额定运行时轴上输出的机械功率,单位为 W 或 kW。

(2)额定电压 U_N :指电动机额定运行时加在定子绕组出线端的线电压,单位为 V。

(3)额定电流 I_N :指电动机在额定电压下使用、轴上输出额定功率时,定子绕组中的线电流,单位为 A。对三相异步电动机,额定功率与其他额定数据之间有如下关系:

$$P_N = \sqrt{3} U_N I_N \cos \varphi_N \eta_N$$

(4)额定频率 f_N :指电动机所接的交流电源的频率,我国电网的频率(即工频)规定为 50 Hz。

(5)额定转速 n_N :指电动机在额定电压、额定频率及额定功率下转子的转速,单位为 r/min。

【知识准备 2】 常用低压电器的使用

1. 刀开关

(1)结构、电路符号和型号规格

刀开关又称闸刀开关,是手动电器中结构最简单的一种,主要由静插座、触刀、操作手柄、绝缘底板等组成,典型结构及外形如图 1-6 所示。在低压电路中,刀开关主要用作电源



图 1-6 刀开关典型结构及外形图



隔离,也可用来非频繁地接通和分断容量较小的低压配电线路。目前生产的刀开关的额定电压一般为交流 500V 以下,直流 440V 以下。小电流刀开关的额定电流有 10A、15A、20A、30A、60A 等五级。大电流刀开关的额定电流一般分 100A、200A、400A、600A、1000A 及 1500A 等六级。

刀开关的图形符号和文字符号如图 1-7 所示。

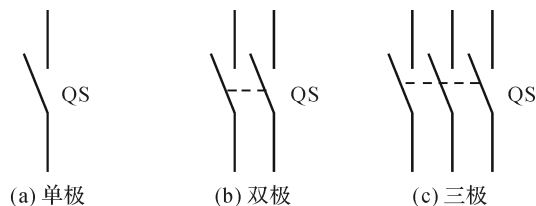


图 1-7 刀开关的图形、文字符号及型号

(2)刀开关的选用

①按刀开关的用途和安装位置选择合适的型号和操作方式。

②刀开关的额定电流和额定电压必须符合电路要求。刀开关的额定电流应大于或等于所分断电路中各个负载额定电流的总和。对于电动机负载,应考虑其启动电流,所以开启式刀开关额定电流可取电机额定电流的 3 倍;封闭式刀开关额定电流可取为负载额定电流的 1.5 倍。

(3)刀开关的安装

①刀开关在安装时应做到垂直安装,使闭合操作时的手柄操作方向从下向上合,断开操作时的手柄操作方向从上向下分,不允许采用平装或倒装,以防止误合闸;

②接线时应将电源进线接在刀开关上端,输出负载线接在下端,这样拉闸后刀片与电源隔离,可防止意外事故发生;

③刀开关安装后应检查闸刀和静插座的接触是否成直线和紧密。

2.熔断器

(1)结构、电路符号和型号规格

熔断器是一种当电流超过额定值一定时间后,以它本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器(见图 1-8、图 1-9)。广泛应用于低压配电系统和控制系统及用电设备中作短路和过电流保护。熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。熔体是熔断器的主要组成部分,它既是感测元件又是执行元件。熔体由易熔金属材料铅、锡、锌、银、铜及

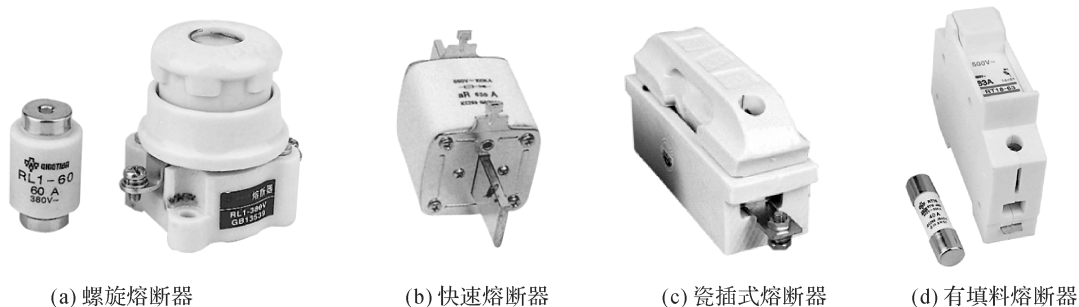


图 1-8 熔断器结构及外形图

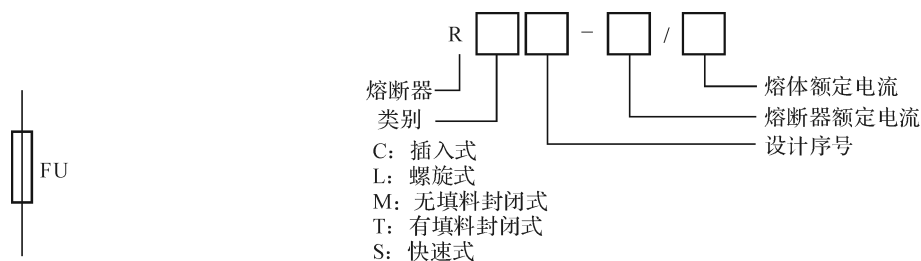


图 1-9 熔断器的图形、文字符号及型号规格

其合金制成,通常做成丝状、片状、带状或笼状,它串联于被保护电路。熔管一般由硬质纤维或瓷质绝缘材料制成半封闭式或封闭式外壳,熔体装于其内。熔管的作用是便于安装熔体和有利于熔体熔断时熄灭电弧。

(2) 主要技术参数

- ① 额定电压:指熔断器长期工作时和熔断后所能承受的电压。
- ② 额定电流:熔断器长期工作,各部件温升不超过允许温升的最大工作电流。
- ③ 极限分断能力:熔断器在规定的额定电压和功率因数(或时间常数)条件下,能可靠分断的最大短路电流。

(3) 熔断器额定电流的选择

- ① 保护无启动过程的平稳负载如照明线路、电阻、电炉等时,熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。
- ② 保护单台长期工作的电机熔体电流可按最大启动电流选取,也可按下式选取:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

式中: I_{RN} ——熔体额定电流; I_N ——电动机额定电流。

如果电动机频繁启动,式中系数(1.5~2.5)可适当加大至3~3.5,具体应根据实际情况而定。

- ③ 保护多台长期工作的电机(供电干线)

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N$$

式中: $I_{N_{\max}}$ ——容量最大单台电机的额定电流; $\sum I_N$ ——其余电动机额定电流之和。

3. 接触器

(1) 交流接触器的结构和工作原理

接触器属于控制电器,是依靠电磁吸引力与复位弹簧反作用力配合动作,而使触点闭合或断开,主要控制对象是电动机。接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点,并可实现远距离控制,是电器控制中使用最为广泛的电器元件。

图 1-10 所示为 CJ20-20 型交流接触器的外形与结构示意图。交流接触器由以下四部分组成:

- ① 电磁机构:电磁机构由吸引线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成,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 触头系统:包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路,通常有三对常开触点,根据主触点的容量大小,有桥式触点和指形触点两种结构形式。辅助触点用于控制电路,一