

PLC系统 设计与运行维护

主编 张政 拾以超

PLC系统 设计与运行维护

主 编 张 政 拾以超
副主编 李 静 张 颖 李 萌 殷沐林 唐媛红 金大青 于保仨
主 审 李 宏

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

PLC 系统设计与运行维护/张政, 拾以超主编. —
镇江: 江苏大学出版社, 2015. 7
ISBN 978-7-81130-972-0

I. ①P… II. ①张…②拾… III. ①plc 技术 IV.
①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 148455 号

PLC 系统设计与运行维护

PLC Xitong Sheji Yu Yunxing Wei hu

主 编/张 政 拾以超

责任编辑/李经晶

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/丹阳市兴华印刷厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/14

字 数/326 千字

版 次/2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-972-0

定 价/30.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)



本教材是根据学生毕业后从事职业的实际需要,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,而形成的以任务驱动为导向的模块化教材。本书的特点如下:

(1) 采用食品行业自动化设备典型的案例进行教学,使学生在 学习 PLC 的过程中,也熟悉各种不同的食品自动化设备的工作流程。

(2) 采用模块化的结构,以任务驱动的形式编写,难易适中,加强了实践内容,突出针对性、实用性和先进性。全书尽可能多地利用图片,做到图文并茂,以增强教学效果。

(3) 本教材的各个任务均来自生产现场,每个任务的编写完整,不仅有硬件的分析、软件的设计,还有详细的过程分析。

全书共分为三大部分。第一部分为电气控制基本知识,以最广泛的实际案例引入,由浅入深地讲述了常用低压电器的结构原理、使用 and 选择方法,以及常用电机、机床的结构特点、线路分析和故障排除技能。第二部分为 PLC 程序设计,分为四大模块,分别为 PLC 的基本指令学习、PLC 应用指令的学习、PLC 其他指令、系统设计综合案例。第三部分为 PLC 系统运行与维护。最后附录介绍了西门子 S7-300 的相关内容及可编程控制器设计师的职业认证。

本书建议总学时为 80 学时,具体实施时,可以根据专业需要,选取不同的模块进行教学或调整学时。

本书由李宏任主审,张政、拾以超任主编。其中,第一部分由张颖编写;第二部分内容中,张政编写了五个任务,高邮中专的金大青老师编写了两个任务,殷沐林编写了两个任务,拾以超编写了四个任务,唐媛红编写了两个任务,李静编写了三个任务;第三部分由张颖及金凤集团的于保伶老师编写;附录由李萌编写。

本书在编写过程中,参考了许多同行专家的论著,同时,也得到了江苏旺旺集团、清江正大制药有限公司、江苏李龙食品公司的调研支持,在此一并表示真诚的感谢。

由于编者的学识水平和实践经验有限,书中疏漏之处在所难免,敬请使用本书的读者批评指正。

编 者

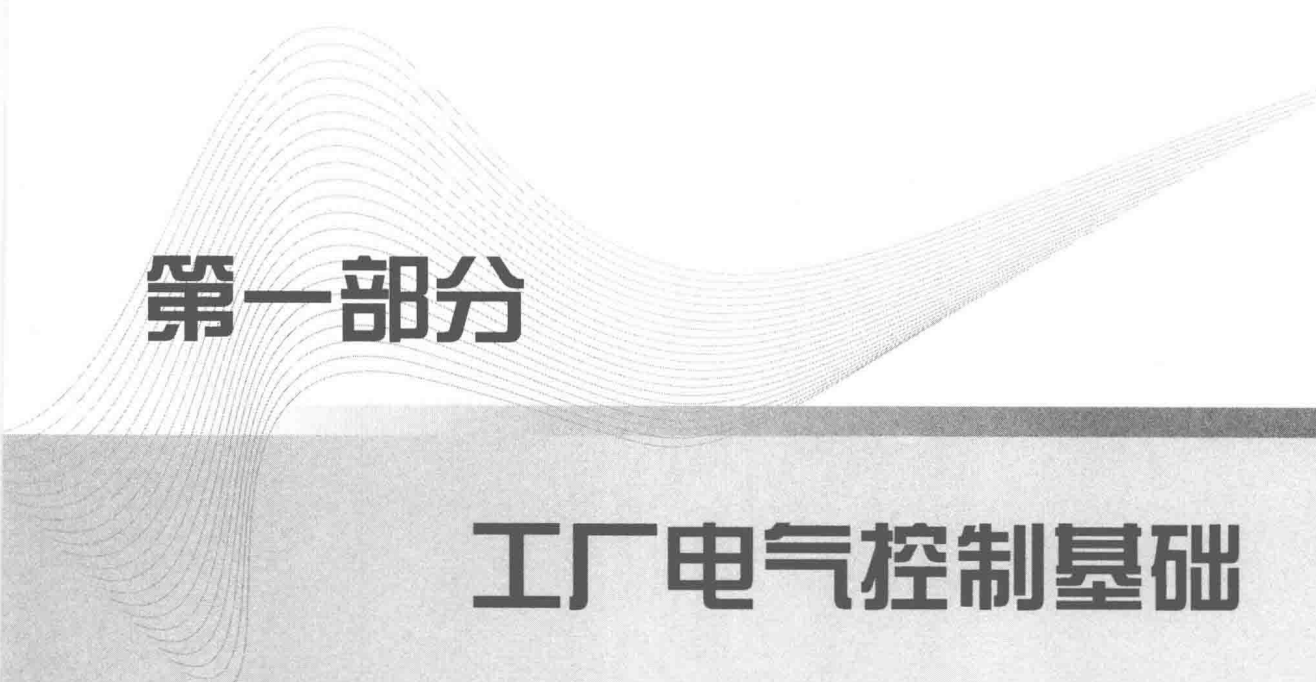
2014 年 12 月



目 录

第一部分 工厂电气控制基础	1
模块一 常用低压电器	3
一、开关	3
二、主令电器	6
三、熔断器	9
四、交流接触器	11
五、继电器	13
模块二 继电器—接触器电气控制电路	19
一、三相异步电动机的起动控制电路	19
二、三相异步电动机的制动控制电路	29
第二部分 PLC 程序设计	33
模块一 PLC 基本指令的应用	35
任务一 认识 PLC	35
任务二 电动机自锁控制程序设计	47
任务三 三地控制同一盏灯程序设计	60
任务四 三台电机顺序起动控制程序设计	65
任务五 仓库存放货物程序设计	72
任务六 机床液压滑台控制程序设计	77
模块二 PLC 应用指令	83
任务一 8 盏流水彩灯控制程序设计	83
任务二 温度 PID 控制程序设计	91
任务三 天塔之光控制程序设计	103
任务四 自动售货机控制程序设计	113
任务五 通风系统定时控制	123
模块三 PLC 其他指令的应用	131
任务一 水箱水位控制程序设计	131
任务二 PLC 数据通信	137

模块四 PLC 控制系统设计案例	148
任务一 液体混料罐的 PLC 控制系统设计	148
任务二 机械手的 PLC 控制系统设计	153
任务三 胶囊包装机控制系统设计	159
任务四 造粒机摇振控制系统	162
任务五 啤酒发酵自动控制系统	168
 第三部分 PLC 运行与维护	189
模块一 S7-200 的安装	191
模块二 可编程序控制器的故障检查与处理	195
模块三 可编程序控制器的检修与维护	199
 附录	204
一、S7-300 型 PLC 简介	204
二、可编程序控制系统设计师职业简介	208
三、S7-200 指令汇编	213
 参考文献	216

A series of thin, overlapping, wavy lines that flow from the left side of the page towards the right, creating a sense of movement and depth. They are positioned behind the main title and above the subtitle.

第一部分

工厂电气控制基础

模块一

常用低压电器

电器是电工器件的简称。凡是用来接通、断开电路,以达到控制、调节、转换和保护目的的电工器件都称为电器。若想用电动机拖动生产机械运行,以满足生产机械的各种不同的工艺要求,就必须有一套控制装置。尽管电力拖动自动控制系统已经向无触点、连续控制、微电子控制、计算机控制等方向发展,但由于继电器-接触器控制系统所用的控制电器结构简单、价格便宜,能够满足生产机械的一般要求,因此,目前仍然获得广泛的应用。

生产机械中所用的控制电器多属低压电器。低压电器是指工作在交流 1 200 V、直流 1 500 V 及以下的电器。低压电器种类繁多,构造各异,用途广泛,分类方法也不同。

(1) 按操作方式可分为以下两类:

- ① 手动电器,通过人力操作而动作的电器。例如:开关、按钮等。
- ② 自动电器,按照输入信号或本身参数的变化而自动动作的电器。例如:接触器、继电器等。

(2) 按用途不同可分为以下四类:

- ① 控制电器,用来控制电路的通断。例如:开关、继电器、接触器等。
- ② 保护电器,用来保护电源、电路及用电设备,使它们避免在短路、过载状态下运行而造成损坏。例如:熔断器、电流继电器、热继电器等。
- ③ 主令电器,用来控制自动电器的动作,发出控制“指令”。例如:按钮、微动开关、接近开关等。
- ④ 执行电器,用来完成某种动作或传递功率。例如:电磁铁、电磁离合器等。

低压电器是电力拖动控制系统的基本组成元件。控制系统性能的好坏与所用低压电器直接相关。电气技术人员必须熟悉常用低压电器的基本结构、工作原理、规格型号和主要用途,并能正确选择、使用与维护。

一 开 关

开关是手动操作的低压电器,一般用于接通或分断低压配电电源和用电设备,也常用来直接起动小容量的异步电动机。

(一) 刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单且应用最广泛的一种手动电器。图 1.1.1 为

刀开关的典型结构,由操作手柄、触刀、静夹座和绝缘底板组成。推动手柄使触刀插入静夹座中,电路就会被接通。为了保证刀开关合闸时触刀与静夹座有良好的接触,触刀与静夹座之间应有一定的接触压力。

刀开关的种类很多。按刀的极数可分为单极、双极和三极;按刀的转换方向可分为单掷和双掷;按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操作式;按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩等。常用的刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

开启式负荷开关又名瓷胶盖闸刀开关,由刀开关和熔断器组合而成,装在瓷底板上,图 1.1.2(a)、(b)为 HK 系列闸刀开关结构图。

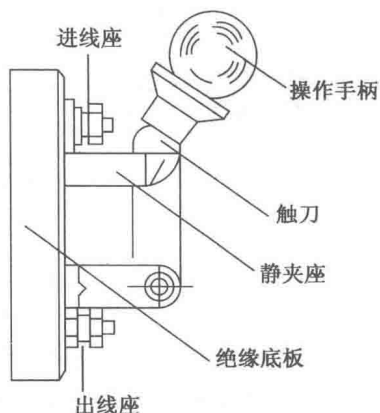


图 1.1.1 刀开关的典型结构

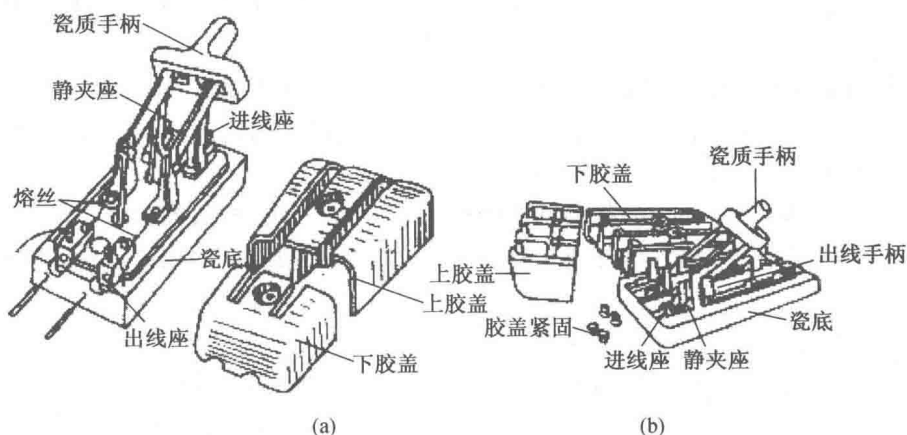


图 1.1.2 HK 系列闸刀开关结构图

HK 系列闸刀开关的图形符号如图 1.1.3 所示。

这种开关结构简单,价格低廉,常用作照明电路的电源开关,也可用来控制 5.5 kW 以下异步电动机的起动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置,不宜用于频繁地分、合电路。

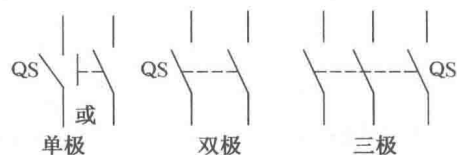


图 1.1.3 HK 系列闸刀开关图形的符号

闸刀开关型号含义:



对于普通负载,闸刀开关可以根据额定电流来选择;而对于电动机,开关额定电流可选为电动机额定电流的 3 倍左右。

闸刀开关在安装和使用时应注意下列事项:



(1) 电源进线应接在静触点一边的进线端(进线座应在上方),用电设备应接在动触点一边的出线端。这样当开关断开时,闸刀和熔丝均不带电,以保证更换熔丝时的安全。

(2) 安装时,刀开关在合闸状态下手柄应该向上,不能倒装或平装,以防止闸刀松动落下时误合闸。

(二) 转换开关(组合开关)

转换开关实质上也是一种刀开关,它由装在同一根轴上的单个或多个单极旋转开关叠装在一起组成,不过它的刀片是转动的。转换开关分单极、双极、三极和多极结构,根据动触片和静触片的不同组合有多种接线方式。图 1.1.4 所示为常用的 HZ10 系列组合开关的外形和图形符号。它有三对静触片,每个触片的一端固定在绝缘垫板上,另一端伸出盒外,连在接线线上,三个动触片套在装有手柄的绝缘轴上。转动手柄就可将三个触点同时接通或断开。

HZ 系列转换开关型号含义:



组合开关常用作交流 50 Hz, 380 V 和直流 220 V 以下的电源引入开关, 5 kW 以下电动机的直接启动和正反转控制, 及机床照明电路中的控制开关。

(三) 自动开关

自动开关又称低压断路器, 是低压配电网络和电力拖动系统中非常重要的一种电器, 除能完成接通和分断电路外, 还能对电路或电气设备发生的短路、过载及失压等进行保护, 同时也可用于不频繁地起停电动机。

DZ5-20 型自动空气开关的外形及结构如图 1.1.5 所示。

自动空气开关的工作原理如图 1.1.6 所示。图中是一个三级断路器, 三个主触头串接于三相电路中, 经操作机构将其闭合, 此时

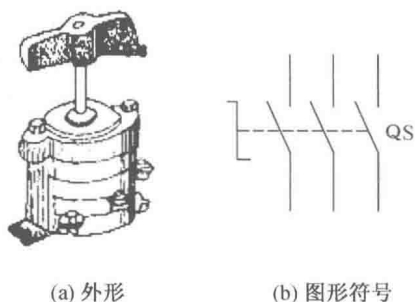


图 1.1.4 HZ10 系列组合开关的外形和图形符号

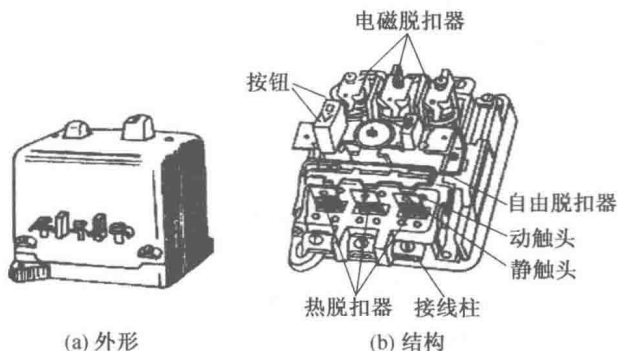


图 1.1.5 DZ5-20 型自动空气开关的外形和结构

传动杆由锁扣钩住,保持主触头的闭合状态,同时分闸弹簧被拉伸。当主电路出现过电流故障且电流大小达到过电流脱扣器的动作电流时,过电流脱扣器的衔铁吸合,顶杆向上将锁扣顶开,在分闸弹簧的作用下使主触头断开。当主电路出现欠压、失压或过载时,则欠压、失压脱扣器及过载脱扣器分别将锁扣顶开,使主触头断开。

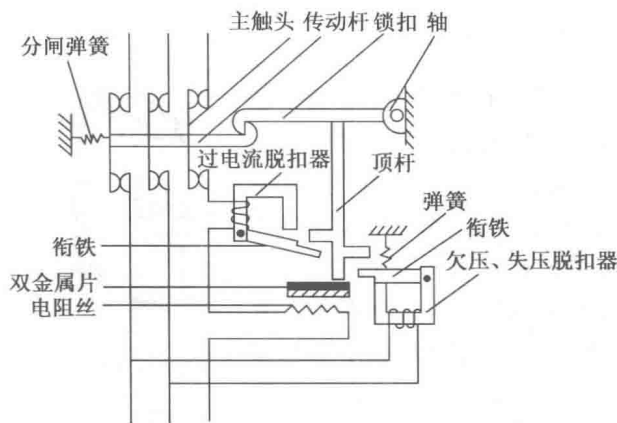


图 1.1.6 自动空气开关工作原理

自动空气开关与带熔断器的刀开关相比,具有以下优点:结构紧凑,安装方便,操作安全,而且在进行过载、短路保护时,用电磁脱扣器将三相电源同时切断,可避免电动机缺相运行。另外,自动开关的脱扣器可以重复使用,不必更换。

自动空气开关的主要参数是额定电压、额定电流和允许切断的极限电流。选用自动空气开关时要注意:

- (1) 其允许切断的极限电流应该略大于线路最大短路电流。
- (2) 额定电压和额定电流应不小于电路正常工作电压和电流。
- (3) 热脱扣器的整定电流应与负载额定电流相等。
- (4) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于正常工作时的冲击电流。

二 主令电器

主令电器是指在自动控制系统中发出指令或信号的电器,主要用来接通和分断控制电路以达到发号施令的目的。主令电器应用广泛,种类繁多,最常见的有按钮、行程开关、接近开关等。

(一) 按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器,通常用于控制电路发出的启动或停止等指令,以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开,再由它们去接通或断开主电路。另外,按钮之间还可实现电气联锁。

按钮一般是由按钮帽、复位弹簧、动触头、静触头 and 外壳等组成。图 1.1.7 所示为 LA19 系列按钮的外形和按钮的图形符号。

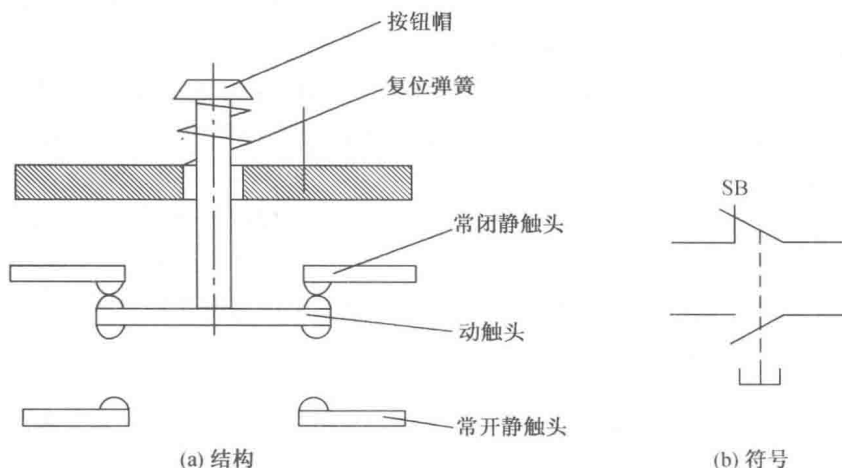


图 1.1.7 控制按钮结构与符号

常开按钮:手指未按下时,触头是断开的,当手指按下按钮帽时,触头被接通;手指松开后,触头在复位弹簧作用下返回原位而断开。常开按钮在控制电路中常用作起动按钮,其触头称为常开触点或动合触点。

常闭按钮:手指未按下时,触头是闭合的,当手指按下时,触头被断开;手指松开后,触头在复位弹簧作用下恢复闭合。常闭按钮在控制电路中常用作停止按钮,其触头称为常闭触点或动断触点。

复合按钮:当手指未按下时,常闭触头是闭合的,常开触头是断开的;当手指按下时,先断开常闭触头,后接通常开触头;而手指松开后,触头在复位弹簧作用下全部复位。复合按钮在控制电路中常用于电气连锁。

按钮的主要技术参数有:规格、结构、触点对数和按钮的颜色。通常新选用的规格为交流额定电压 500 V,允许持续电流 5 A。按钮的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等,供不同场合选用。全国统一设计的按钮新型号为 LA25 系列,其他常用的有 LA2, LA10, LA18, LA19, LA20 等系列。

为了便于识别各个按钮的作用,避免误操作,通常在按钮帽上作不同标记或涂不同的颜色。例如:蘑菇形表示急停按钮;一般红色表示停止按钮;绿色表示起动按钮。更换按钮时应注意:“停止”按钮必须是红色;“急停”按钮必须用红色蘑菇按钮;“起动”按钮是绿色的。按钮必须有金属的防护挡圈,且挡圈必须高于按钮帽,这样可以防止意外触动按钮帽时产生误动作。

安装按钮的按钮板和按钮盒必须是金属的,并与机械的总接地母线相连。悬挂式按钮应有专用接地线。

(二) 行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关,是一种很重要的小电流主令电器。行程开关是利用生产设备中某些运动部件的机械位移碰撞位置开关,使其触头动作,将机械信号变为电信号,接通、断开或变换某些控制电路的指令,借以实现对机械的电气控制要求,这类开关常被用来限制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定位置或行程自动停

止、反向运动或自动往返运动等。行程开关的结构形式很多,但基本上以某种位置开关元件为基础,装置不同的操作头而得到各种不同的形式。

行程开关按运动形式分为直动式和转动式;按结构分为直动式、滚动式和微动式;按触点性质分为有触点式和无触点式。行程开关的图形符号如图 1.1.8 所示。

1. 直动式行程开关

图 1.1.9 为直动式行程开关结构图,其动作与控制按钮类似,只是它是用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。其优点是结构简单,成本较低;缺点是触点的分合速度取决于撞块的移动速度。若撞块移动太慢,则触点不能瞬时切断电路,使电弧在触点上停留时间过长,易烧蚀触点。

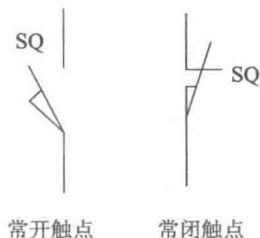


图 1.1.8 行程开关的图形符号

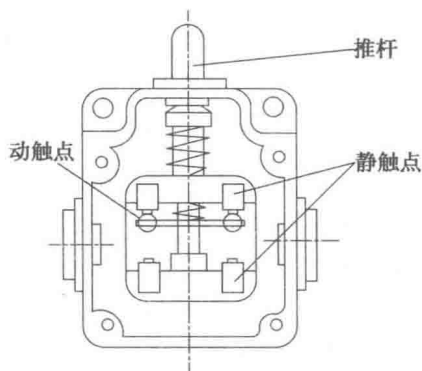


图 1.1.9 JLXK1 直动式行程开关

2. 微动开关

为克服直动式结构的缺点,可采用具有弯片状弹簧的瞬动机构,如图 1.1.10 所示。当推杆被压下时,弹簧片发生变形,储存能量并产生位移,当达到预定的临界点时,弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃,从而

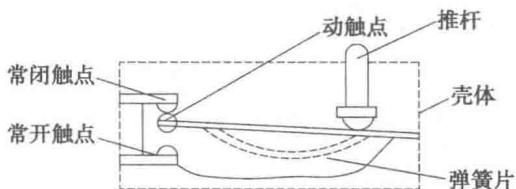


图 1.1.10 LX31 微动开关

导致电路的接通、分断或转换。同样,减小操作力时,弹簧片会向相反方向跳跃。

微动开关体积小、动作灵敏,适合在小型机构中使用。

行程开关选用原则:

- (1) 根据安装使用环境选择防护形式;
- (2) 根据控制回路的电压和电流选择行程开关系列;
- (3) 根据运动机械与行程开关的传力和位移关系选择行程开关的头部形式。

(三) 接近开关

接近开关又称无触点的行程开关,不同于普通行程开关,接近开关是一种非接触式的检测装置,当运动着的物体在一定范围内接近时,它就能发出信号,控制运动物体的位置。

根据工作原理,分电磁感应式和光电式等,而电磁感应式接近开关有高频振荡型、电容型、霍尔效应型、感应电桥型等,其中以高频振荡型为最常用。高频振荡型接近开关由感应头、振荡器、开关器、输出器等组成。当装在生产机械上的金属物体接近感应



头时,由于感应作用,处于高频振荡器线圈磁场中的金属物体内部产生涡流损耗,使振荡回路因能耗增加而导致振荡减弱,直到振荡停止。此时开关器导通,并通过输出器发出信号,以起到控制作用。

接近开关具有定位精度高、操作频率高、功率损耗小、寿命长、使用面广、能适应恶劣工作环境等优点。目前,接近开关已逐渐得到推广应用。

三 熔断器

熔断器是一种当流过其内部的电流超过规定值一定时间后,以其自身产生的热量使熔体熔化,在配电系统和用电设备中主要起短路保护作用。使用时,熔断器串接在被保护的电路中,正常情况下相当于一根导线。当流过熔断器的电流超过规定值时,熔体产生的热量使自身熔化而切断电路。熔体是用低熔点的金属丝或金属薄片做成的。

熔断器具有结构简单、使用方便、价格低廉等优点,其应用极为广泛。

熔断器主要由熔体和绝缘底座组成。熔体材料基本上分为两类:一类由铅、锌、锡及锡铅合金等低熔点金属制成,主要用于小电流电路;另一类由银或铜等较高熔点的金属制成,用于大电流电路。熔断器的图形和文字符号如图 1.1.11 所示。



图 1.1.11 熔断器的符号

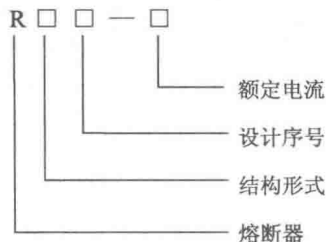
熔断器的主要技术参数:

(1) 额定电压。这是从灭弧的角度出发,规定保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 额定电流。额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流。应该注意的是熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

(3) 极限分断电流。极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。它取决于熔断器的灭弧能力,与熔体额定电流无关。

熔断器型号的含义:



常用的熔断器有无填料瓷插式熔断器、无填料封闭管式熔断器、有填料螺旋式熔断器和快速熔断器等。

(一) 无填料瓷插式熔断器

瓷插式熔断器又名插入式熔断器,由瓷盖、瓷底座、静触头、动触头和熔体组成。

RC1A 系列瓷插式熔断器外形与结构如图 1.1.12 所示。它是一种结构简单的最

常见的熔断器,熔体更换方便、价格低廉。一般用于交流 50 Hz,额定电压 380 V,额定电流 200 A 以下的线路中,作为电气设备的短路保护及一定程度上的过载保护。

(二) 有填料螺旋式熔断器

有填料螺旋式熔断器由瓷帽、熔管、瓷套及瓷底座等组成。熔管是一个瓷管,内装熔体和石英砂,熔体的两端焊在熔管两端的导电金属盖上,其上端盖中间有一熔断指示器,当熔体熔断时指示器弹出,通过瓷帽上的玻璃窗口可以看见。

RL1 系列螺旋式熔断器的外形与结构如图 1.1.13 所示。这种熔断器的特点是其熔管内充满石英砂填料,增强了熔断器的灭弧能力。石英砂填料之所以有助于灭弧,是因为石英砂具有很大的热惯性与较高的绝缘性能,并且因其为颗粒状,同电弧的接触面较大,能大量吸收电弧的能量,使电弧很快冷却,从而加速电弧熄灭过程。

螺旋式熔断器具有体积小、灭弧能力强、有熔断指示和防振等优点,被大量用于配电及机电设备中。此外,有填料的封闭管式熔断器,具有分断能力高、有醒目的熔断指示和使用安全等优点,被广泛用于短路电流很大的电力网络或配电装置中。

(三) 快速熔断器

快速熔断器主要用于半导体功率元件和变流装置的短路保护。因为半导体功率元件的过载能力差,只能在极短的一段时间内承受过载电流(例如 70 A 晶闸管元件能承受 6 倍额定电流的时间仅为 10 ms),所以要求熔断器具有快速熔断的特性。

螺旋式快速熔断器的结构与螺旋式普通熔断器相同,不同的只是熔体,快速熔断器的熔体具有快速熔断的特性。常用的快速熔断器有 RS 和 RLS 系列。使用时应当注意,快速熔断器的熔体不能用普通的熔体代替,因为普通的熔体不具有快速熔断的特性。

(四) 熔断器的选择和维护

根据被保护电路的要求,首先选择熔体的规格,再根据熔体去确定熔断器的规格。

1. 熔体额定电流的选择

(1) 对于电炉和照明等电阻性负载,可用作过载保护和短路保护,熔体的额定电流应稍大于或等于负载的额定电流。

(2) 电动机的起动电流很大,熔体的额定电流要考虑起动时熔体不能被熔断而应选得较大,因此对电动机而言,熔断器只宜作短路保护而不能作过载保护。

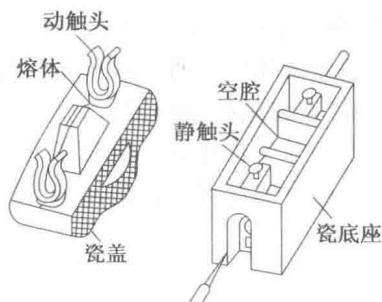


图 1.1.12 RC1A 系列瓷插式熔断器



图 1.1.13 RL1 系列螺旋式熔断器

对于单台电动机,熔体的额定电流(I_{fN})应不小于电动机额定电流(I_N)的 1.5~2.5 倍,即 $I_{fN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$ 。轻载起动或起动时间较短时,系数可取近 1.5;带负载起动、起动时间较长或起动较频繁时,系数可取 2.5。

对于多台电动机的短路保护,熔体的额定电流(I_{fN})应不小于最大一台电动机的额定电流(I_{Nmax})的 1.5~2.5 倍,加上同时使用的其他电动机额定电流之和($\sum I_N$),即 $I_{fN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$ 。

2. 熔断器的选择

熔断器的额定电压和额定电流应不小于线路的额定电压和所装熔体的额定电流。其结构形式根据线路要求和安装条件而定。

四 交流接触器

接触器是一种自动控制电器,可用来频繁地接通和断开主电路。它主要的控制对象是电动机、变压器等电力负载,可以实现远距离接通或分断电路,允许频繁操作。接触器工作可靠,还具有零压保护、欠压释放保护等作用。接触器是电力拖动自动控制系统中应用最广泛的电器。

接触器按其线圈通过电流种类不同,分为交流接触器和直流接触器。本节只介绍交流接触器。

(一) 交流接触器结构

交流接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置等部分组成,其结构和符号如图 1.1.14 所示。

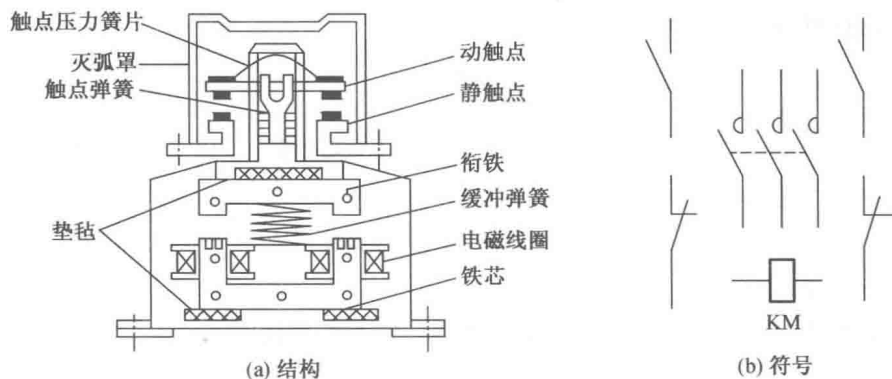


图 1.1.14 交流接触器的结构和符号

1. 电磁系统

电磁系统由线圈、动铁芯、静铁芯组成。铁芯用相互绝缘的硅钢片叠压铆成,以减少交变磁场在铁芯中产生涡流及磁滞损耗,避免铁芯过热。铁芯上装有短路铜环,以减少衔铁吸合后的振动和噪声。铁芯大多采用衔铁直线运动的双 E 形结构。交流接触器线圈在其额定电压的 85%~105% 时,能可靠工作。电压过高,则磁路严重饱和,线