



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21-century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Machine Tool Electrical Control

机床电气 控制技术

陈光柱 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Machine Tool Electrical Control

机床电气 控制技术

陈光柱 主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制技术 / 陈光柱主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 8
21世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
ISBN 978-7-115-32661-4

I. ①机… II. ①陈… III. ①机床—电气控制—高等学校—教材 IV. ①TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第176884号

内 容 提 要

本书系统地介绍了机床电气控制技术所涉及的三大部分内容: 低压电器及基本控制线路基础、可编程序控制器基础、机床电气控制系统。另外, 本书还附有附录。全书共分7章, 主要内容有: 机床常用低压电器、电气控制线路基础、常用机床的电气控制线路、S7-200 PLC 基础知识、S7-200 PLC 的指令系统及网络、S7-200 开发软件、常用机床的 PLC 控制。

本书为高等院校机械专业“机床电气控制技术”课程的教材, 可作为授课课时数为60学时左右各类学校非工业电气自动化专业的教学用书, 还可作为电气、机械工程技术人员及有关专业师生的参考用书。

-
- ◆ 主 编 陈光柱
责任编辑 刘 博
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.75 2013年8月第1版
字数: 341千字 2013年8月北京第1次印刷
-

定价: 34.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

机床电气控制技术是综合了机床设备、低压电气控制、PLC 应用技术的一门新兴学科,是实现机械加工、工业生产、科学研究以及其他各个领域自动化的重要技术,是机械工程专业、电气工程、自动化工程等专业的一门重要专业课。

本书较系统地介绍了机床电气控制技术所涉及的三大部分,共 7 章。第一部分介绍低压电器及基本控制线路基础。第二部分介绍可编程序控制器基础。第三部分介绍机床电气控制系统。具体内容有:机床常用低压电器、电气控制线路基础、常用机床的电气控制线路、S7-200 PLC 基础知识、S7-200 PLC 的指令系统及网络、S7-200 开发软件、常用机床的 PLC 控制以及附录(低压电器产品型号编制方法、S7-200 存储器范围及特性、S7-200CPU 操作数范围、S7-200 指令集)。

本书在编写过程中,既强调机床电气控制技术的基础理论,又强调其实践性。内容的选择上强调机床电气控制技术的完整性与独立性,内容的编排结构按层次递进。由于可编程控制器(PLC)在国内应用的型号较多,考虑到工作需要,本书主要介绍西门子公司 S7-200 系列可编程控制器。每章后都附有思考题与练习题,以便于教师布置作业和学生自学。由于各个单位采用的实验设备和环境不一致,本书不附实验环节内容,但可根据本书内容编写实验环节训练。

本书第 1 章由陈光柱编写,第 2 章由黄洪全编写,第 3 章和第 7 章由张晴编写,第 4 章由王洋编写,第 5、6 章由杨小峰编写,附录部分由陈光柱和杨小峰共同编写。全书由陈光柱负责统稿。

本书为高等院校机械专业“机床电气控制技术”课程的教材,可作为授课时数为 60 学时左右的各类学校非工业电气自动化专业的教学用书,也可作为高职高专相关专业的教材,还可作为电气、机械工程技术人员及有关专业师生的参考用书。

本书得到了成都理工大学优秀创新团队培育计划(编号:KYTD201301)的资助。

由于编者水平有限,本书难免有疏漏和欠妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 机床常用低压电器	1	2.1.1 电气符号	29
1.1 电器的基本知识	1	2.1.2 电气图	33
1.1.1 电器的定义和分类	1	2.1.3 电气识图方法与步骤	35
1.1.2 电磁式低压电器的基本结构 和工作原理	2	2.2 电气控制的基本控制线路	37
1.2 主令电器	4	2.2.1 电动机的启动和自锁控制 线路	37
1.2.1 按钮开关	4	2.2.2 联锁控制和顺序控制线路	37
1.2.2 行程开关	5	2.2.3 多地点控制线路	39
1.2.3 接近开关	7	2.2.4 自动循环控制线路	39
1.2.4 光电开关	7	2.3 三相鼠笼型异步电动机的启动 控制线路	40
1.2.5 转换开关	8	2.3.1 直接启动控制线路	40
1.3 配电电器	10	2.3.2 降压启动控制线路	41
1.3.1 刀开关	10	2.4 三相鼠笼型异步电动机制动 控制线路	43
1.3.2 低压断路器	11	2.5 三相鼠笼型异步电动机速度 控制线路	45
1.4 执行电器	12	2.5.1 三相鼠笼型异步电动机的 变极调速	45
1.4.1 接触器	12	2.5.2 三相鼠笼型异步电动机的 变压调速	46
1.4.2 电磁阀	14	2.5.3 三相鼠笼型异步电动机电磁 转差离合器调速	47
1.4.3 制动电磁铁	15	2.5.4 三相鼠笼型异步电动机的 变频调速	48
1.5 控制电器	16	2.6 常用电动机控制的保护环节	49
1.5.1 电磁式继电器	17	2.7 电气控制线路的简单设计方法	50
1.5.2 中间继电器	18	2.7.1 经验设计法	51
1.5.3 时间继电器	18	2.7.2 逻辑设计法	52
1.5.4 速度继电器	21	思考题与练习题	54
1.5.5 压力继电器	22	第 3 章 常用机床的电气控制线路	55
1.6 保护电器	23	3.1 车床的电气控制线路	55
1.6.1 熔断器	23	3.1.1 CA6140 型卧式车床的型号含义、 基本结构和运动方式	55
1.6.2 电流继电器	24		
1.6.3 电压继电器	25		
1.6.4 热继电器	25		
1.7 信号电器	27		
思考题与练习题	28		
第 2 章 电气控制线路基础	29		
2.1 电气控制电路图的电气符号及 绘制原则	29		

3.1.2 CA6140 型卧式车床的电气控制要求	57	第 5 章 S7-200 PLC 的指令系统及网络	97
3.1.3 CA6140 型卧式车床的电气控制线路分析	57	5.1 S7-200 的基本指令	97
3.2 钻床的电气控制线路	60	5.1.1 位逻辑指令	97
3.2.1 Z3050 型摇臂钻床的型号含义、基本结构和运动方式	61	5.1.2 定时器	100
3.2.2 Z3050 型摇臂钻床的电气控制要求	62	5.1.3 计数器	101
3.2.3 Z3050 型摇臂钻床的电气控制线路分析	62	5.2 S7-200 的功能指令	102
3.3 铣床的电气控制线路	68	5.2.1 数据传送指令	103
3.3.1 X6132 型万能卧式升降台铣床的型号含义、基本结构和运动方式	69	5.2.2 数字运算指令	105
3.3.2 X6132 型万能卧式升降台铣床的电气控制要求	70	5.2.3 移位和循环指令	110
3.3.3 X6132 型万能卧式升降台铣床的电气控制线路分析	70	5.2.4 比较指令	114
思考题与练习题	77	5.2.5 转换指令	115
第 4 章 S7-200 PLC 基础知识	78	5.2.6 逻辑运算指令	121
4.1 PLC 概述	78	5.2.7 表操作指令	123
4.1.1 PLC 的历史演变	78	5.2.8 程序控制指令	126
4.1.2 PLC 的定义	79	5.2.9 特殊功能指令	131
4.1.3 PLC 的应用领域	80	5.3 S7-200 PLC 编程实例	137
4.1.4 PLC 的主要特点	80	5.3.1 液体混合模拟控制	137
4.1.5 PLC 与继电器控制的区别	81	5.3.2 交流电机 Y/ Δ 型启动控制	141
4.1.6 PLC 的分类	82	5.3.3 交通灯模拟控制	144
4.1.6 PLC 的基本结构	83	5.4 S7-200 PLC 网络通信技术	149
4.1.7 PLC 的工作原理	85	5.4.1 网络协议	150
4.2 硬件系统	86	5.4.2 组网实例	151
4.2.1 主机单元介绍	87	思考题与练习题	154
4.2.2 扩展模块介绍	89	第 6 章 S7-200 开发软件	155
4.3 S7-200 系统配置	91	6.1 编程软件的初步使用	155
4.3.1 基本配置	92	6.1.1 PLC I/O 地址分配	155
4.3.2 扩展 I/O 模块配置原则	92	6.1.2 使用 STEP 7-Micro/WIN 创建工程	156
4.3.3 扩展 I/O 模块配置举例	93	6.1.3 程序下载与调试	158
4.4 PLC 编程语言	94	6.2 编程软件功能	161
思考题与练习题	78	6.3 编程软件的使用	163
		6.4 程序调试及运行监控	165
		思考题与练习题	166
		第 7 章 常用机床的 PLC 控制	167
		7.1 车床的 PLC 控制	167
		7.1.1 方案设计	168
		7.1.2 根据方案设计的要求, 进行 PLC 的 I/O 端口分配	168

7.1.3 电路控制原理.....	168	A.2 企业产品型号组成.....	196
7.1.4 编写控制程序.....	171	A.2.1 企业产品型号组成形式 (推荐).....	196
7.2 钻床的 PLC 控制.....	175	A.2.2 企业产品型号组成部分的 确定.....	196
7.2.1 方案设计.....	175	附录 B S7-200 存储器范围及特性.....	198
7.2.2 根据方案设计的要求, 进行 PLC 的 I/O 端口分配.....	176	附录 C S7-200CPU 操作数范围.....	200
7.2.3 电路控制原理.....	176	附录 D S7-200CPU 指令集.....	202
7.2.4 编写控制程序.....	178	A: 布尔指令集.....	202
7.3 铣床的 PLC 控制.....	181	B: 传送, 移位, 循环和填充指令.....	204
7.3.1 方案设计.....	181	C: 逻辑指令.....	205
7.3.2 根据方案设计的要求, 进行 PLC 的 I/O 端口分配.....	182	D: 表, 查找和转换指令.....	206
7.3.3 电路控制原理.....	182	E: 中断指令.....	208
7.3.4 编写控制程序.....	185	F: 通信指令.....	208
思考题与练习题.....	188	G: 高速计数器指令.....	209
附录 A 低压电器产品型号编制方法		H: 定时器和计数器指令.....	209
摘自 JBT 2930-2007.....	189	I: 实时时钟指令.....	209
A.1 通用型号组成.....	189	J: 数学运算指令.....	210
A.1.1 通用型号组成型式.....	189	K: 程序控制指令.....	211
A.1.2 通用型号组成部分的确定.....	189	参考文献.....	212

1.1 电器的基本知识

1.1.1 电器的定义和分类

1. 电器的定义

电器是指能依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动接通和断开电路，从而连续或断续地改变电路参数或状态，实现对电路或用电设备的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气元件或设备。

2. 电器的分类

(1) 按电压高低分类

高压电器：工作电压高于交流电压 1200V 或直流电压 1500V 的各种电器。例如，高压断路器、隔离开关、电抗器、电压互感器、电流互感器等。

低压电器：工作电压在交流电压 1200V 或直流电压 1500V 以下的各种电器。例如，接触器、起动器、自动开关、熔断器、继电器、主令电器等。

(2) 按控制作用分类

主令电器：用来发出信号指令的电器。例如：按钮、主令控制器、转换开关等。

配电电器：用来实现电能的输送和分配的电器。例如，开关、低压断路器、隔离器等。

执行电器：用来完成某种动作或传递功率的电器。例如，接触器、电磁阀、电磁铁。

控制电器：用来控制电路的通断的电器。例如，继电器。

保护电器：用来保护电源、电路及用电设备的安全，使它们不致在短路、过载状态下运行，免遭损坏的电器。例如：熔断器、热继电器、过（欠）电流（压）继电器、漏电保护器等。

(3) 按操作方式分类

手动电器：通过人力操作而动作的电器。例如，刀开关、隔离开关、按钮开关等。

自动电器：按照信号或某个物理量的变化而自动动作的电器。例如，高、低压断路器、接触器、继电器等。

(4) 按动作原理分类

电磁式电器：根据电磁铁的原理来工作的电器。例如，接触器、继电器等。

非电磁式电器：依靠外力（人力或机械力）或某种非电量的变化而动作的电器。例如，按钮、行程开关、速度继电器、热继电器等。

1.1.2 电磁式低压电器的基本结构和工作原理

电磁式低压电器在电气控制线路中使用量最大，其类型也很多，各类电磁式低压电器在工作原理和构造上亦基本相同。就其结构而言，大都由电磁机构、触点、灭弧装置和其他缓冲机构等部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁三部分组成，如图 1-1 所示。当线圈中有工作电流通过时，通电线圈产生磁场，于是电磁吸力克服弹簧的反力使得衔铁与铁芯闭合，由连接机构带动相应的触点动作。

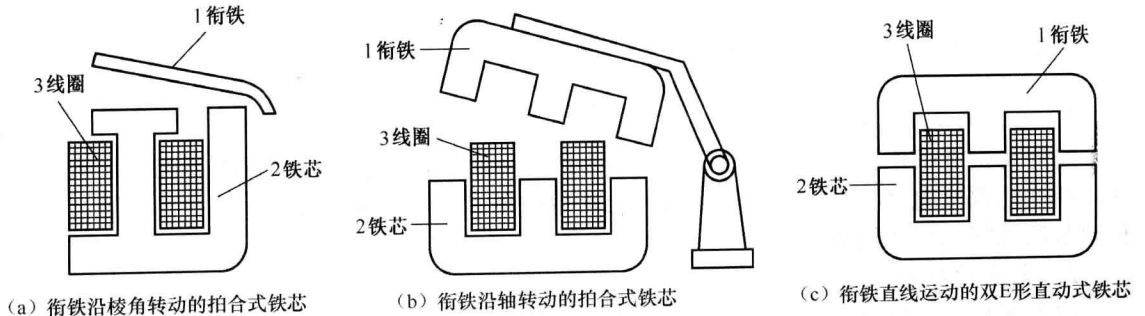


图 1-1 常用的电磁机构

(1) 电磁吸力数学描述

电磁吸力

$$F_{at} = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中 F_{at} ——电磁吸力，单位为 N；

B ——气隙中磁感应强度，单位为 T。直流电磁铁时， B =恒定值；交流电磁铁时，

$B=B_m \sin \omega t$ ；

S ——磁极截面积，单位为 m^2 。

(2) 吸力与反力特性

电磁机构的工作原理通常用吸力特性和反力特性来表征。电磁机构使衔铁吸合的力与气隙长度的关系的曲线称为吸力特性；电磁机构使衔铁释放（复位）的力与气隙长度的关系曲线称为反力特性。

吸力特性与反力特性之间的配合关系如图 1-2 所示。欲使电磁衔铁可靠吸合，在整个吸合过程中，吸力需大于反力，这样才能保证执行机构可靠动作。直流与交流电磁机构的吸力特性分别如曲线 1 和 2 所示，反力特性曲线如曲线 3 所示。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 的区域内，反力随气隙

减小略有增大。到达 δ_2 位置时, 动触点开始与静触点接触, 这时触点上的初压力作用到衔铁上, 反力骤增, 曲线突变。其后在 δ_2 到 0 的区域内, 气隙越小, 触点压得越紧, 反力越大, 线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡。

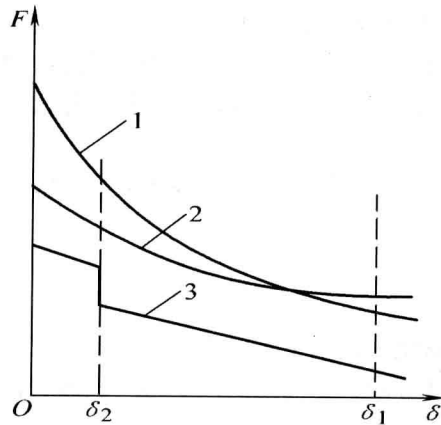


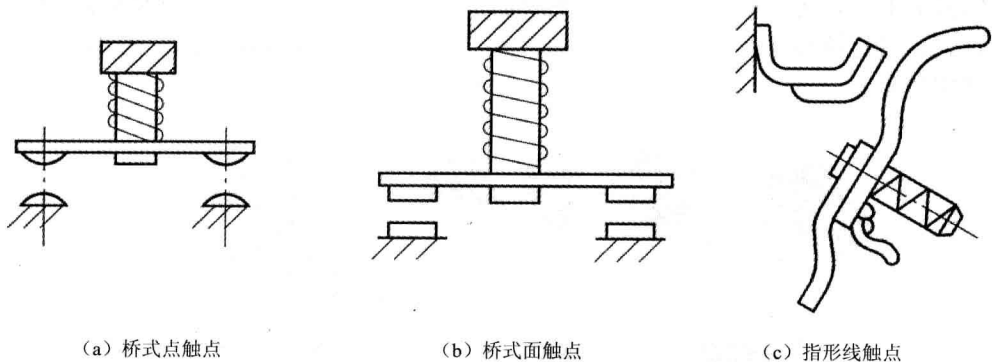
图 1-2 吸力特性与反力特性之间的配合关系

2. 触点

触点是一切有触点电器的执行部件, 这些电器通过触点的动作来接通或断开被控制电路。触点通常由动、静触点组合而成。

(1) 触点的结构形式

触点的结构形式主要有两种: 桥式触点和指形触点。触点的接触形式有点接触、线接触和面接触 3 种。图 1-3 所示为触点的几种形式。



(a) 桥式点触点

(b) 桥式面触点

(c) 指形线触点

图 1-3 触点结构形式

点接触适用于电流不大, 触点压力小的场合; 线接触适用于接通次数多, 电流大的场合; 面接触适用于大电流的场合。

(2) 触点的分类

按原始状态分为常开触点和常闭触点。当线圈不带电时, 动、静触点是分开的称为常开触点; 当线圈不带电时, 动、静触点是闭合的称为常闭触点。

3. 灭弧方法

开关触点在大气中断开电路时, 如果电路的电流超过 $0.25\sim 1\text{A}$, 电路断开后加在触点间的电压超过 $12\sim 20\text{V}$, 则在触点间隙(又称弧隙)中便会产生一团温度极高、发出强光和能够导电的近似圆柱形的气体, 称之为电弧。电弧实际上一种气体放电现象。电弧的存在, 既烧损触点金属表面, 降低电器的寿命, 又延长了电路的分断时间, 严重时会引起火灾或其他事故, 因此应采取措施迅速熄灭电弧。为使电弧熄灭, 可采用将电弧拉长、使弧柱冷却、把电弧分成若干短弧等方法。灭弧装置就是基于这些原理来设计的。

常见的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、金属栅片灭弧、灭弧罩等几种。

1.2 主令电器

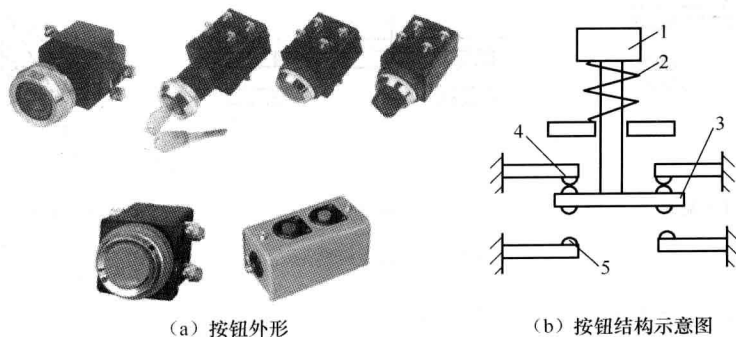
主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器, 主要用来控制接触器、继电器或其他电器线圈, 使电路接通或分断, 从而达到控制生产机械的目的。主令电器应用广泛、种类繁多, 本节介绍几种常用的主令电器。

1.2.1 按钮开关

按钮开关简称按钮, 是一种结构简单, 应用广泛的手动电器。在低压控制电路中, 用于手动发出控制信号, 短时接通和断开小电流的控制电路。

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、触点和外壳等部分组成, 通常做成复合式, 即具有常闭(动断)和常开(动合)触点。按下按钮帽时常闭触点先断开, 然后常开触点闭合。去掉外力后, 在复位弹簧的作用下, 常开触点断开, 常闭触点复位。复合按钮用于联锁控制电路中。

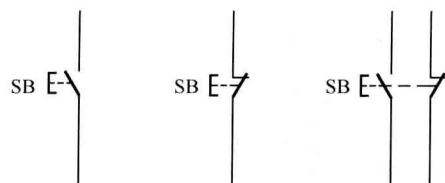
按钮开关的结构种类很多, 可分为普通按钮式、蘑菇头式、自锁式、自复位式、旋柄式、带指示灯式、带灯符号式及钥匙式等, 图 1-4 是按钮的外形与结构示意图。图 1-5 是按钮的图形及文字符号。



1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触点 4—常闭静触点 5—常开静触点

图 1-4 按钮外形与结构示意图

为了便于操作人员识别, 避免发生误操作, 生产中用不同的颜色和符号标志来区分按钮的功能及作用。如红色表示停止按钮, 绿色表示启动按钮, 如表 1-1 所示。



(a) 常开按钮 (b) 常闭按钮 (c) 复合按钮

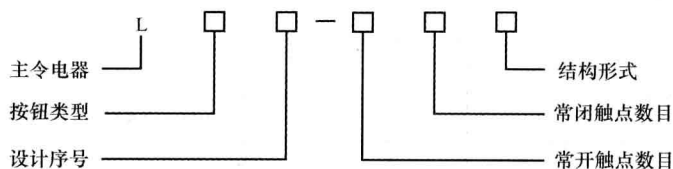
图 1-5 按钮的图形和文字符号

表 1-1 按钮颜色及其含义

颜色	含义	说明	应用示例
红	紧急	危险或紧急情况时操作	急停
黄	异常	异常情况时操作	干预、制止异常情况；干预、重新启动中断了的自动循环
绿	安全	安全情况或为正常情况准备时操作	启动/接通
蓝	强制性的	要求强扭动作情况下的操作	复位功能
白	未赋予特定含义	除急停以外的一般功能的启动	启动/接通（优先）停止/断开
灰			启动/接通停止/断开
黑			启动/接通停止/断开（优先）

按钮的主要参数有型式及安装孔尺寸，触点数量及触点的电流容量，在产品说明书中都有详细说明。

生产机械常用主令电器有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列，型号构成及含义如下。



字母含义：A—按钮；K—开启式；S—防水式；H—保护式；F—防腐式；J—紧急式；X—旋钮式；Y—钥匙式；D—带指示灯式；DJ—紧急式带指示灯。

选用原则：根据使用场合、被控电路所需触点数目、钮帽颜色等综合考虑。

1.2.2 行程开关

行程开关又称限位开关或位置开关，是一种利用生产机械某些运动部件对开关操作机构的碰撞而使触点动作，发出控制信号的主令电器。主要用来控制生产机械的运动方向、行程及位置保护。

行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式。机床上常使用微动式行程开关。图 1-6 是行程开关的结构示意图。图 1-7 是行程开关的图形和文字符号。

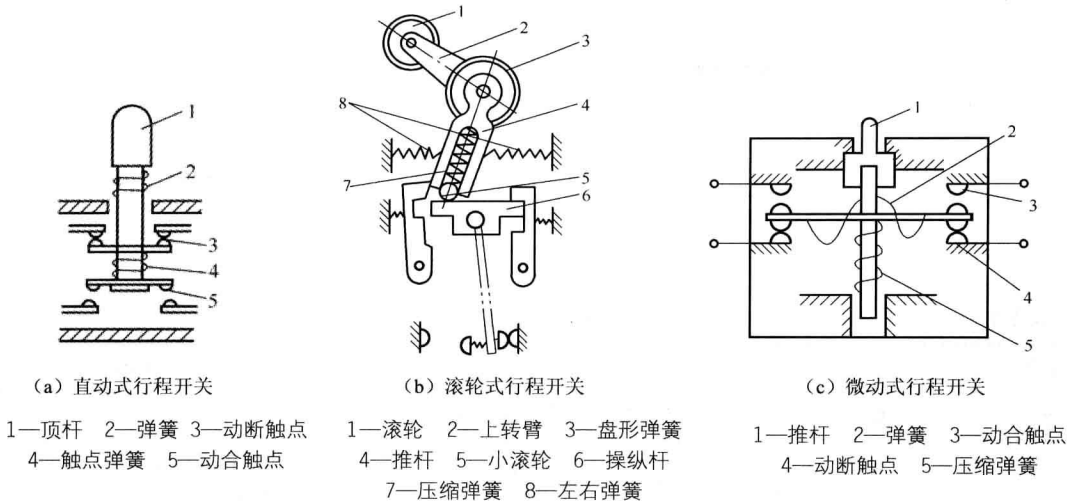


图 1-6 行程开关结构示意图

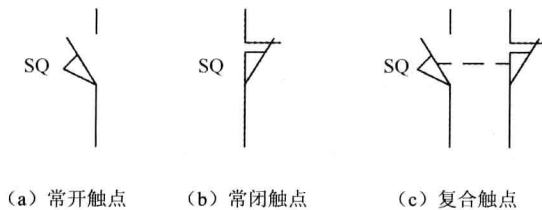
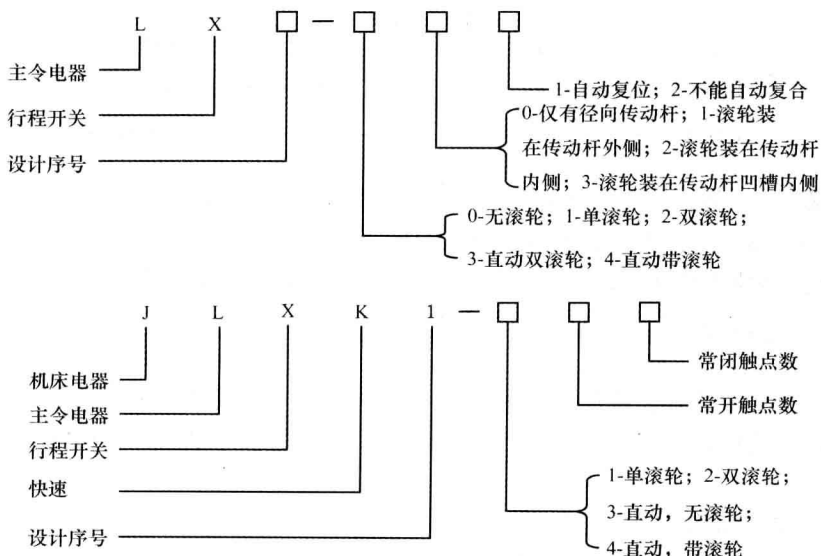


图 1-7 行程开关的图形和文字符号

行程开关的主要参数有动作行程、工作电压及触点的电流量等。常用行程开关有 LX19 系列和 JLXK1 系列，型号构成及含义如下。

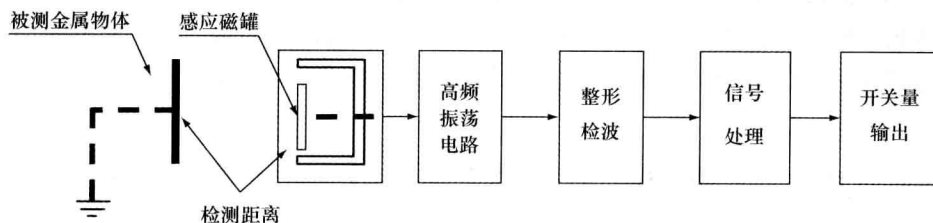


选用原则：主要根据被控电路特点、要求及生产现场条件和所需触点数量、种类等因素

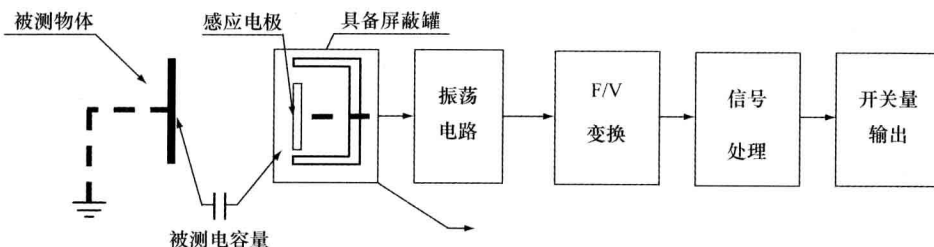
综合考虑。

1.2.3 接近开关

接近开关又称作无触点行程开关，当某种物体与之接近到一定距离时就发出动作信号，它不像机械行程开关那样需要施加机械力，而是通过其感应头与被测物体间介质能量的变化来获取信号。接近开关按其工作原理分有：高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等，其中高频振荡型最为常用。图 1-8 为接近开关的工作原理图，图 1-9 为接近开关的图形和文字符号。

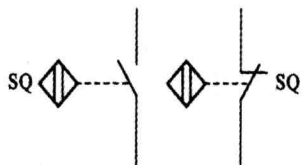


(a) 电感式接近开关工作原理



(b) 电容式接近开关工作原理

图 1-8 接近开关工作原理图



(a) 常开触点 (b) 常闭触点

图 1-9 接近开关的图形和文字符号

接近开关的主要技术参数包括：动作距离、重复精度、操作频率、复位行程等。

1.2.4 光电开关

光电开关（光电传感器）是光电接近开关的简称，是另一种类型的非接触式检测装置，它是应用光电效应原理的制作而成的一种电子设备。它是利用被检测物对光束的遮挡或反射，由同步回路选通电路，从而检测物体有无的。物体不限于金属，所有能反射光线的物体均可被检测。光电开关将输入电流在发射器上转换为光信号射出，接收器再根据接收到的光线的

强弱或有无对目标物体进行探测。多数光电开关选用的是波长接近可见光的红外线光波型。

光电开关是由发射器、接收器和检测电路三部分组成。发射器对准目标发射光束，发射的光束一般来源于半导体光源，发光二极管（LED）、激光二极管及红外发射二极管。光束不间断地发射，或者改变脉冲宽度。受脉冲调制的光束辐射强度在发射中经过多次选择，朝着目标不间断地运行。接收器有光电二极管或光电三极管、光电池组成。在接收器的前面，装有光学元件如透镜和光圈等。在其后面是检测电路，它能滤出有效信号和应用该信号。此外，光电开关的结构元件中还有发射板和光导纤维。

常用光电开关按检测方式可分为对射式、漫反射式和镜面反射式三种类型。对射式检测距离远，可检测半透明物体的密度（透光度）。漫反射式的工作距离被限定在光束的交点附近，以避免背景影响。镜面反射式的反射距离较远，适宜作远距离检测，也可检测透明或半透明物体。光电开关工作原理如图 1-10 所示，光电开关的图形符号和文字符号如图 1-11 所示。

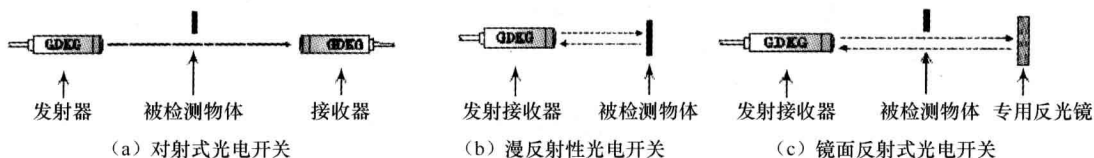


图 1-10 光电开关工作原理

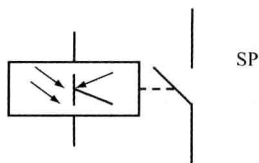


图 1-11 光电开关的图形和文字符号

1.2.5 转换开关

转换开关是一种多档式、控制多回路的主令电器。转换开关具有多触点、多位置、体积小、性能可靠、操作方便、安装灵活等优点，多用于机床电气控制线路中电源的引入开关，起着隔离电源作用，还可作为直接控制小容量异步电动机不频繁起动和停止的控制开关。

目前常用的转换开关包括组合开关和万能转换开关两大类。两者的结构和工作原理基本类似，在某些应用场合可以相互替代。转换开关按结构可以分为普通型、开启型和防护组合型。按其用途又可分为主令控制和控制电动机两种。

1. 组合开关

组合开关实质上也是一种特殊的刀开关，与刀开关的操作不同，它是在平行于安装面的平面向左或向右转动操作。在电气控制线路中，组合开关常被作为电源引入的开关，也可以用作不频繁地接通和断开电路、接换电源和负载，以及控制 5KW 以下的小容量电动机的正反转和星形或三角形起动等。组合开关的结构图如图 1-12 所示。组合开关主要根据电源种类、电压等级、工作电流、使用场合的具体环境条件等来进行选择。图 1-13 为组合开关的图形和文字符号。

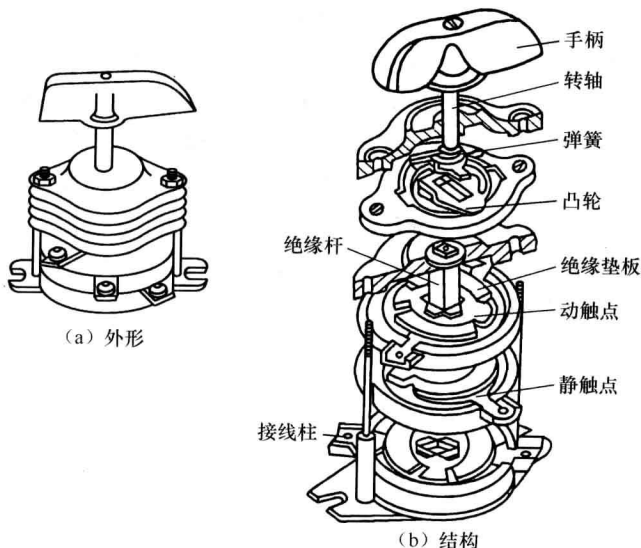


图 1-12 组合开关的结构图

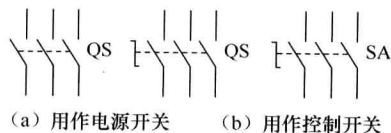
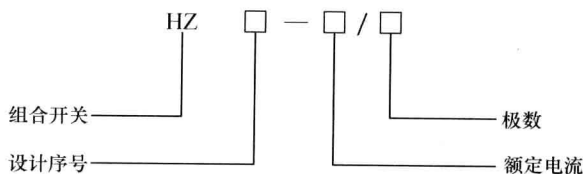


图 1-13 组合开关的图形和文字符号

HZ 系列组合开关型号构成及含义如下。



2. 万能转换开关

万能转换开关由多组相同结构的开关元件叠装而成，它由操作机构、定位装置、触点、接触系统、转轴、手柄等部件组成。它具有更多操作位置和触点，能够连接多个电路的一种手动控制主令电器。由于它的档位多、触点多，可控制多个电路，所以能适应复杂线路的要求。万能转换开关的结构图见图 1-14。按手柄的操作方式可分为自复式和自定位式两种，所谓自复式是指用手拨动手柄于某一档位时，手松开后，手柄自动返回原位；定位式则是指手柄被置于某档位时，不能自动返回原位而停在该档位。目前常用的万能转换开关有 LW5、LW6 等系列。万能转换开关的选用主要根据用途、所需触点挡数和额定电流来选择。

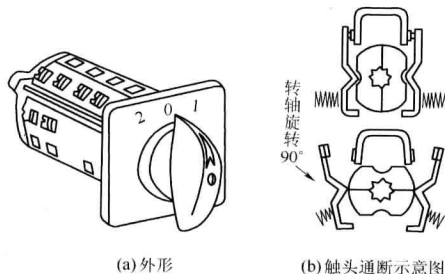


图 1-14 万能转换开关的结构图

万能转换开关的手柄操作位置是以角度表示的，不同型号的万能转换开关的手柄有不同

的操作位置。由于其触点的分合状态与操作手柄的位置有关，所以除在电路图中画出触点图形符号外，还应画出操作手柄与触点分合状态的关系。其表示方法有两种，一种是在电路图中画虚线和画“●”的方法，如图 1-15 (a) 所示，用虚线表示操作手柄的位置，用有无“●”表示触点的闭合和断开状态。例如，在触点图形符号下方的虚线位置上画“●”，则表示当操作手柄处于该位置时，该触点处于闭合状态；若在虚线位置上未画“●”，则表示该触点处于断开状态。另一方法是，在电路图中既不画虚线也不画“●”，而是在触点图形符号上标出触点编号，再用通断表表示操作手柄于不同位置时的触点分合状态，如图 1-15 (b) 所示。在接通表中用有无“+”来表示操作手柄不同位置时触点的闭合和断开状态。

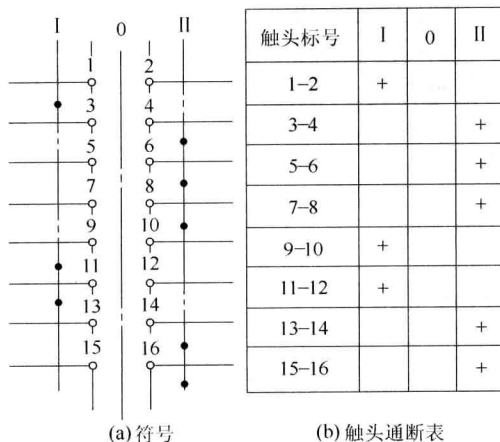
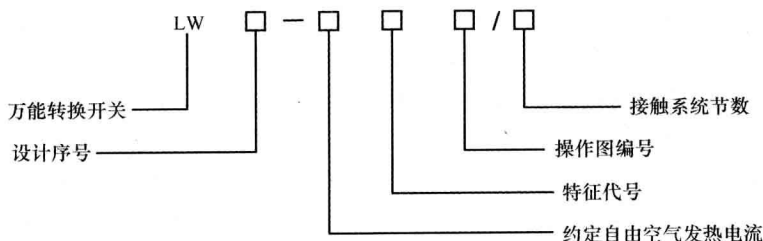


图 1-15 万能转换开关的图形符号和通断表

万能转换开关的文字符号为：SA。

万能转换开关型号构成及含义如下。



1.3 配电电器

1.3.1 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，是一种结构最简单、应用最广泛的一种手动电器。主要用于接通和切断长期工作设备的电源及不经常起动及制动、容量小于 7.5kW 的异步电动机。

按刀数可分为单极、双极和三极。单极一般适用于控制 220V 的照明回路；双极适用于 220V 的插座回路；三极适用于 380V 的动力回路。

刀开关的选用主要考虑回路额定电压、长期工作电流（额定电流）以及短路电流所产生