

机电设备 PLC 控制系统的组建与调试



项目一 CA6140 车床电器元件认知与选用



任务一 CA6140 车床电器元件认知与选用



CA6140 车床结构：床身、主轴箱、进给箱、溜板箱、刀架、光杠、丝杠和尾座等部件组成。

CA6140 车床驱动：由两台三相笼型异步电动机拖动，即主电动机、刀架快速移动电动机，另外还有冷却泵电动机。

任务：根据图 1-2CA6140 普通车床电气原理图和表 1-1 列出的 CA6140 普通车床电气控制所用到的电器元件，要求根据机床实际工况正确选择各电器元件具体型号。

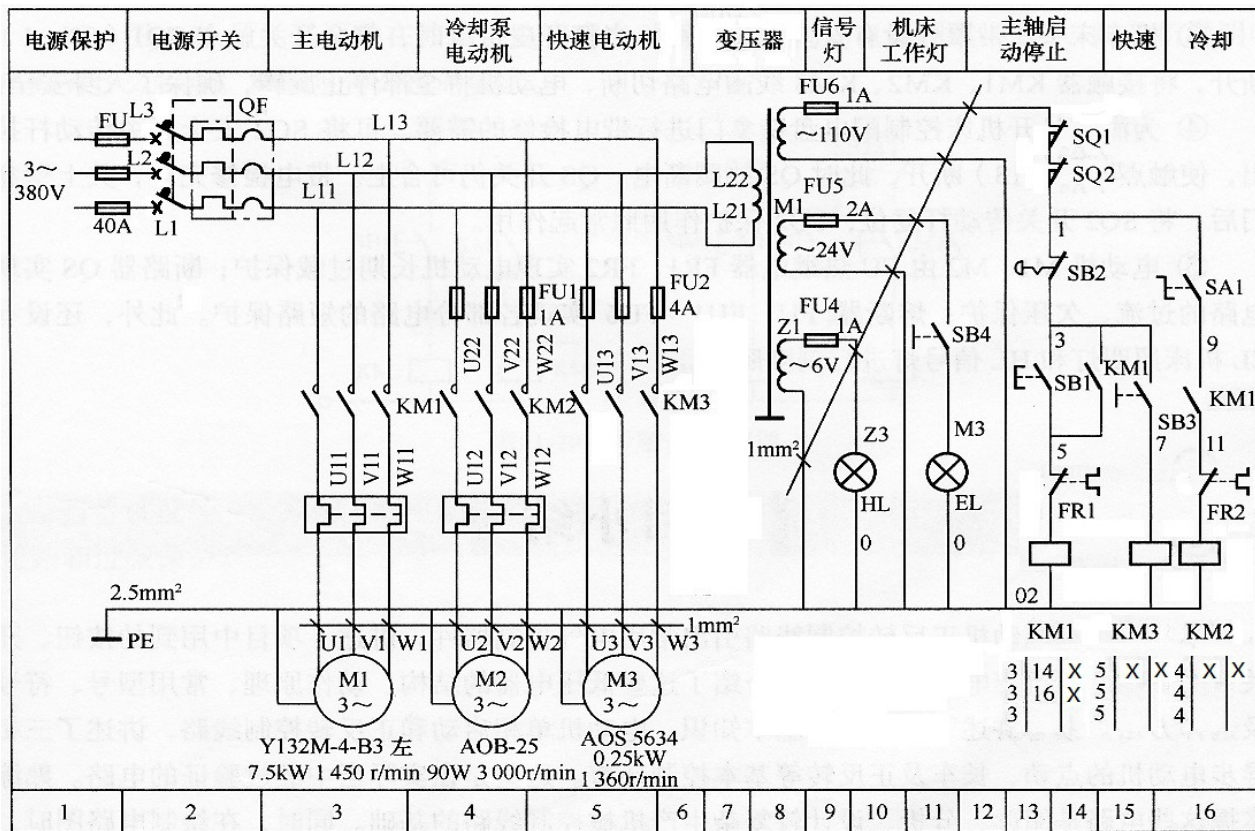


图 1-1 CA6140 车床电气原理图

表 1-1 CA6140 车床电器元件符号及功能说明表

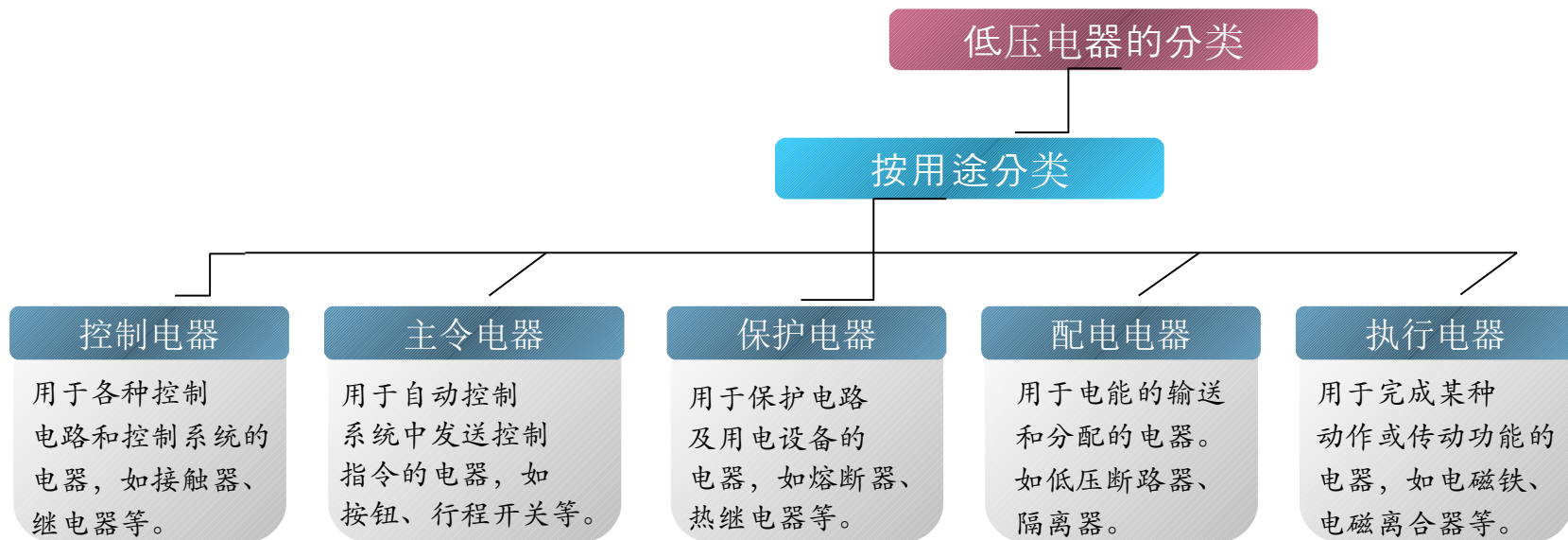
M1	主电动机	SB1	主电动机启动按钮
M2	冷却泵电动机	SB2	机床停止按钮
M3	快速移动电动机	SB3	快移电动机启动按钮
QF	开关电源用低压断路器	SB4	照明灯接通按钮
KM1	主电动机启动接触器	SA1	冷却泵电动机启动开关
KM2	冷却泵电动机启动接触器	SQ1	皮带罩开关
KM3	快移电动机启动接触器	SQ2	电柜门断电开关
FU、FU1、FU2、FU4 ~ FU6	熔断器	EL	照明灯
FR1、FR2	电动机过载保护热继电器	HL	信号灯

表 1-2 CA6140 车床电机型号及主要参数

名称	文字符号	型号	额定功率 (kW)	额定电 流 (A)	额定电 压 (V)	转速 (转 / 分)	效率 (%)	功率 因数
主电动机	M1	Y132M-4	7.5	15.4	380	1450	87	0.85
冷却泵电动机	M2	AOB-25	0.09	0.28	380	3000		
快速移动电动机	M3	AOS5634	0.25	1.55	380	1360	46	0.55

低压电器定义

- 定义：交流 1200V 以下、直流 1500V 以下为低压，在此电压范围内使用的电器元件，统称低压电器
- 发展方向：小体积、高可靠性、使用方便、功能可组合性方向发展。



低压电器选型的一般原则：

- ① 低压电器的额定电压应不小于回路的工作电压，即 $U_n \geq U_g$ ；
- ② 低压电器的额定电流应不小于回路的计算工作电流，即 $I_n \geq I_g$ ；
- ③ 设备的遮断电流应不小于短路电流，即 $I_{zh} \geq I_{ch}$ ；
- ④ 热稳定保证值应不小于计算值；
- ⑤ 按回路启动情况选择低压电器。

» 知识点——低压电器元件

低压断路器

- 用途：作接通、分断和承载额定工作电流，并能在线路和电动机发生过载、短路、欠压的情况下进行可靠的保护。
- 结构：触点 + 灭弧装置 + 脱扣机构 + 操作结构。图 1-2
- 主要类型：框架式（万能式）一大容量；塑壳式。
- 型号举例：DZ 系列
- 符号：图 1-3



◆ 串接在 电路
中



» 知识点——低压电器元件

低压断路器的主要技术参数：额定电压、额定电流、通断能力和分断时间等。

表 1-3 DZ15 系列低压断路器的主要技术参数

型号	额定电压 (V)	壳架等级 额定电流 (A)	极数	额定电流 (A)	额定极限短 路分断能力 (kA)	额定运行短 路分断能力 (kA)	飞弧距离 (mm)
DZ15 - 40	380	40	2	20、25 32、40	3	3	≤50
			3	10、16、20 25、32、40			
DZ15 - 100	380	100	2	63	5	2.5	≤70

» 知识点——低压电器元件

- 低压断路器的选用
 - 1) 根据电气装置的要求确定断路器的类型
 - 2) 根据对线路的保护要求确定断路器的保护形式
 - 3) 低压断路器的额定电流和额定电压应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。
 - 4) 低压断路器的极限通断能力应大于或等于电路最大短路电流。
 - 5) 欠电压脱扣器的额定电压等于线路的额定电压。
 - 6) 过电流脱扣器的额定电流大于或等于线路的最大负载电流。



◆ 可起过载、短路、欠压保护

» 知识点——低压电器元件

接触器

- 用途：远距离频繁地接通和切断交直流主电路及大容量控制电路。
- 结构：电磁机构 + 触头 + 灭弧罩 图 1-4
- 主要类型：空气电磁式、机械连锁式
真空式、智能式、切换电容式
- 型号举例：CJ 系列
- 符号：图 1-5



» 知识点——低压电器元件

· 接触器的主要技术参数

额定电压、额定电流、吸引线圈的额定电压、电气寿命、机械寿命和额定操作频率。

表 1-4 CJX1 系列交流接触器的技术参数

型号	额定绝缘电压 (V)	机械寿命 10^4	额定工作电流 (A) 380V		电气寿命 10^4		可控电机功率 (kW) AC-3		
			AC-3	AC-4	AC-3	AC-4	230/220V	400/380V	690/660V
CJX1-9	660	10	9	3.3	1.2	0.15	2.4	4	5.5
CJX1-12	660	10	12	4.3	1.2	0.15	3.3	5.5	7.5
CJX1-16	660	10	16	7.7	1.2	0.15	4	7.5	11
CJX1-22	660	10	22	8.5	1.0	0.15	6.1	11	11
CJX1-32	660	10	32	15.6	1.0	0.12	8.5	15	23
CJX1-45	1000	10	45	24	1.0	0.12	15	22	39

» 知识点——低压电器元件

· 接触器的选用

1) 接触器的类型选择

根据接触器所控制的负载性质，选择直流接触器或交流接触器。

2) 额定电压的选择

接触器的额定电压应大于或等于所控制线路的电压。

3) 额定电流的选择

接触器的额定电流应大于或等于所控制电路的额定电流。

◆ 主触点、辅助触点、吸引线圈三者间的关系

◆ 常开触点、常闭触点的定义



» 知识点——低压电器元件

熔断器

- 用途：用于低压电路的短路保护。
- 结构：外壳 + 熔体（芯）。
- 主要类型：插入式、螺旋式、管式（无填料封闭管式、填料封闭管式）、导轨式、速熔式。
- 型号举例：R 系列
- 符号：图 1-6



注意！！

◆ 串接在被保护电路中

» 知识点——低压电器元件

表 1-5 熔断器的主要技术参数

型号	额定电压 (V)	额定电流/A		分断能力(kA)
		熔断器	熔体	
RT12 - 20	~415	20	2, 4, 6, 10, 15, 20	80
RT12 - 32		32	20, 25, 32	
RT12 - 63		63	32, 40, 50, 63	
RT12 - 100		100	63, 80, 100	
RT14 - 20	~380	20	2, 4, 6, 10, 16, 20	100
RT14 - 32		32	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32	
RT14 - 63		63	10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	

» 知识点——低压电器元件

· 熔断器的选用

熔断器的选择主要包括：熔断器类型、额定电压、熔断器额定电流和熔体额定电流的确定。

熔断器的类型主要由电控系统整体设计确定；

熔断器的额定电压应大于或等于实际电路的工作电压；

熔断器额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

熔体额定电流的确定：

- 1) 对于照明线路或电阻炉等电阻性负载， $I_{fN} \geq I$ ，式中 I_{fN} 为熔体的额定电流， I 为电路的工作电流。
- 2) 保护一台异步电动机时， $I_{fN} \geq (1.5 \sim 2.5)I_N$ 式中， I_N 为电动机的额定电流。

» 知识点——低压电器元件

· 熔断器的选用

3) 保护多台异步电动机时 $I_f N \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N\max} + \sum I_N$
 $I_{N\max}$ 为容量最大的一台电动机的额定电流; $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流的总和。

4) 为防止发生越级熔断, 应使上一级 (供电干线) 熔断器的熔体额定电流比下一级 (供电支线) 大 $1 \sim 2$ 个级差。

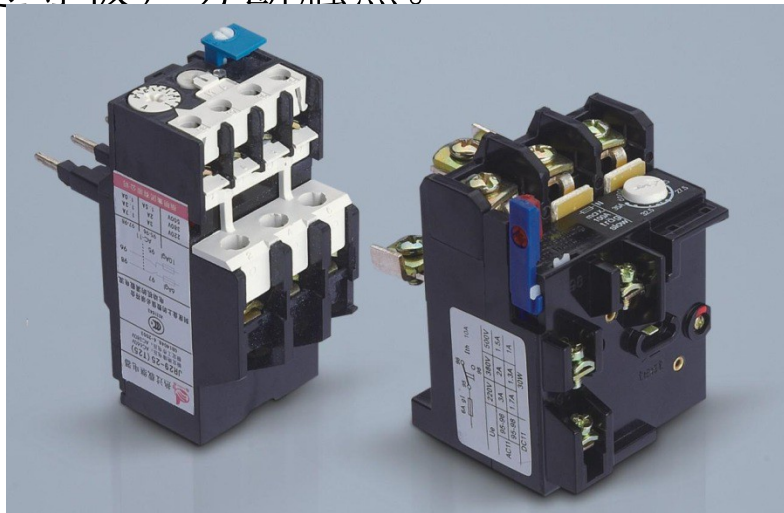


◆ **熔断器主要起
短路保护**

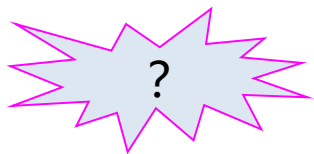
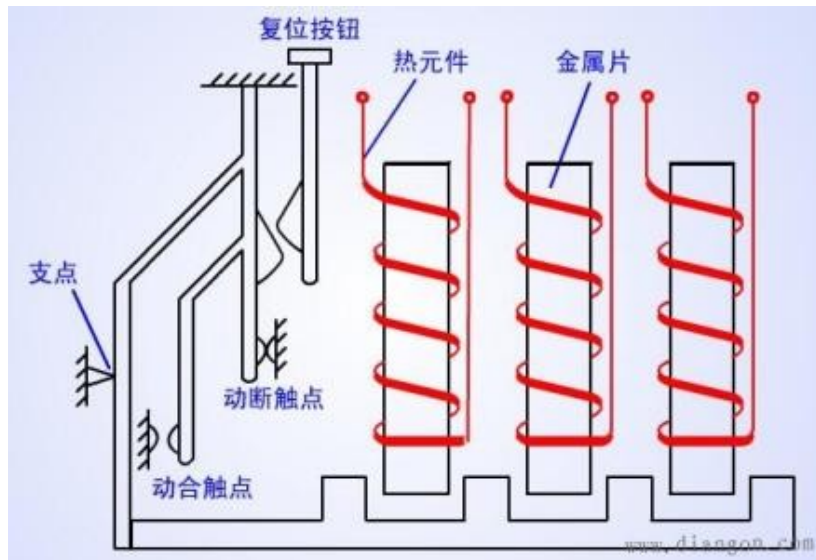
» 知识点——低压电器元件

热继电器

- 用途：利用电流的热效应原理实现电动机的过载保护
- 结构：热元件 + 触头 + 动作机构 + 整定装置 + 复位装置 图 1-7
- 原理：由双金属片的变形，通过导板，分断触点。
- 型号举例：JR 系列
- 符号：图 1-8



» 知识点——低压电器元件



热元件如何接在电路中？在
电路中如何实现保护？

» 知识点——低压电器元件

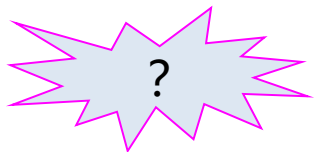
热继电器工作原理

发热元件接入电机主电路，若长时间过载，双金属片被加热。因双金属片的下层膨胀系数大，使其弯曲，推动导板运动，常闭触点断开。

- 主要技术参数

包括额定电压、额定电流、相数、热元件编号及整定电流调节范围等。

常用型号：JRS1、JR20、JR16、JR15、JR14 等系列，引进产品有 T 系列，3UP、LR1-D 等系列。



热继电器如何选用？

» 知识点——低压电器元件

表 1-6 热继电器的保护
特性

项号	整定电流倍数	动作时间	试验条件
1	1.05	>2h	冷态
2	1.2	<2h	热态
3	1.6	<2min	热态
4	6	>5s	冷态

» 知识点——低压电器元件

表 1-7 JR16 系列热继电器的主要
参数

型号	额定电流/A	热元件规格	
		额定电流/A	电流调节范围/A
JR16 - 20/3 JR16 - 20/3D	20	0.35	0.25~0.35
		0.5	0.32~0.5
		0.72	0.45~0.72
		1.1	0.68~1.1
		1.6	1.0~1.6
		2.4	1.5~2.4
		3.5	2.2~3.5
		5	3.5~5.0
		7.2	6.8~11
		11	10.0~16
		16	14~22
		22	
JR16 - 60/3 JR16 - 60/3D	60 100	22	14~22
		32	20~32
		45	28~45
		63	45~63

» 知识点——低压电器元件

· 选用

- 1) 热继电器结构形式的选择：星形接法的电动机可选用两相或三相结构热继电器；三角形接法的电动机应选用带断相保护装置的三相结构热继电器。
- 2) 根据被保护电动机的实际启动时间选取 6 倍额定电流下具有相应可返回时间的热继电器。一般热继电器的可返回时间大约为 6 倍额定电流下动作时间的 50%~70% 。
- 3) 热元件额定电流一般可按下式确定

$$I_N = (0.95 \sim 1.05) I_{MN}$$

对于工作环境恶劣、启动频繁的电动机，则按下式确定

$$I_N = (1.15 \sim 1.5) I_{MN}$$

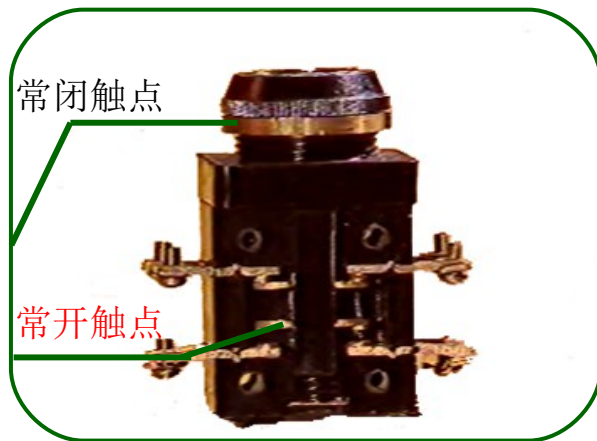
» 知识点——低压电器元件

按钮

- 用途：发布控制信号或指令
- 结构：按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳 图 1-9
- 主要类型：启动按钮、停止按钮和复合按钮
- 型号举例：LA 系列
- 符号：图 1-10



(a) 外形图



(b) 结构

» 知识点——低压电器元件

它只能短时接通或分断 5A 以下的小电流电路，向其它电器发出指令性的电信号，控制其它电器动作。由于按钮载流量小，不能直接用于控制主电路的通断，可以与接触器配合，对电动机实现远距离的自动控制。



» 知识点——低压电器元件

数控机床上的按钮站

一般用：

红色表示停止和急停；

绿色表示起动；

黑色表示点动；

蓝色表示复位；

另外还有黄、白等颜色，
供不同场合使用。



» 知识点——低压电器元件

- 主要技术参数
- 额定工作电压 U_N 、额定工作电流 I_N 。
- 按钮的选用
 - 1) 根据使用场合，选择控制按钮的种类，如开启式、防水式、防腐式等。
 - 2) 根据用途，选用合适的形式，如钥匙式、紧急式、带灯式等。
 - 3) 根据控制回路的需要，确定不同的按钮数，如单钮、双钮、三钮、多钮等。
 - 4) 根据工作状态指示和工作情况的要求，选择按钮及指示灯的颜色。

» 知识点——低压电器元件

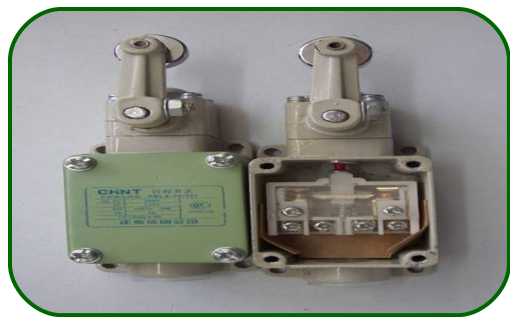
表 1-8 LAY3 按钮开关额定电压与额定电流对应表

使用类别	额定值					
AC-15	额定工作电压 (U_n) V	660	380	220	110	48
	额定工作电流 (I_n) V	0.45	0.79	1.36	2.72	6.25
DC-13	额定工作电压 (U_n) V	440	220	110	48	24
	额定工作电流 (I_n) V	0.13	0.27	0.54	1.25	2.5

» 知识点——低压电器元件

行程开关

- 用途：控制生产机械的运动方向、行程大小和位置保护
- 结构：操作头、触点系统和外壳 图 1-11
- 主要类型：按钮式、单轮旋转式、双轮旋转式
- 型号举例：LX 系列
- 符号：图 1-12



» 知识点——低压电器元件

- 主要技术参数
额定工作电压 U_N
额定工作电流 I_N
触点数量
动作行程
触点转换时间
动作力等。
- 行程开关的选用
使用场合
额定电压
额定电流
复位方式
触点数量等

» 知识点——低压电器元件

表 1-9 LX19 系列行程开关的技术参数

型 号	触 点 数 量		额定电压/V		额定电流 /A	触点换接 时间/s	动 作 力 /N	动作行程/mm 或角度
	常 开	常 闭	交 流	直 流				
LX19 - 001	1	1	380	220	5	≤0.4	≤9.8	1.5~3.5mm
LX19 - 111							≤7	≤30°
LX19 - 121							≤19.6	
LX19 - 131								
LX19 - 212								≤60°
LX19 - 222								
LX19 - 232								

» 知识点——低压电器元件

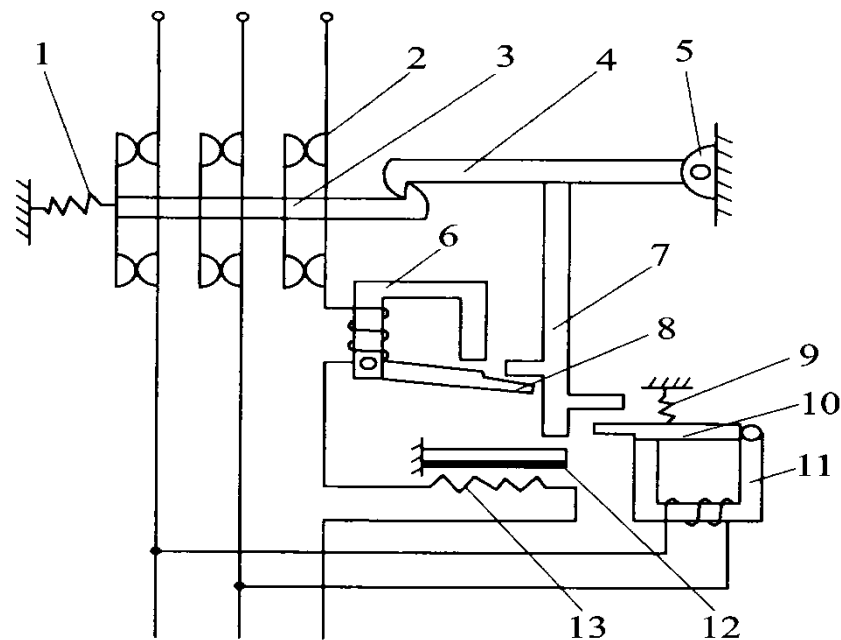
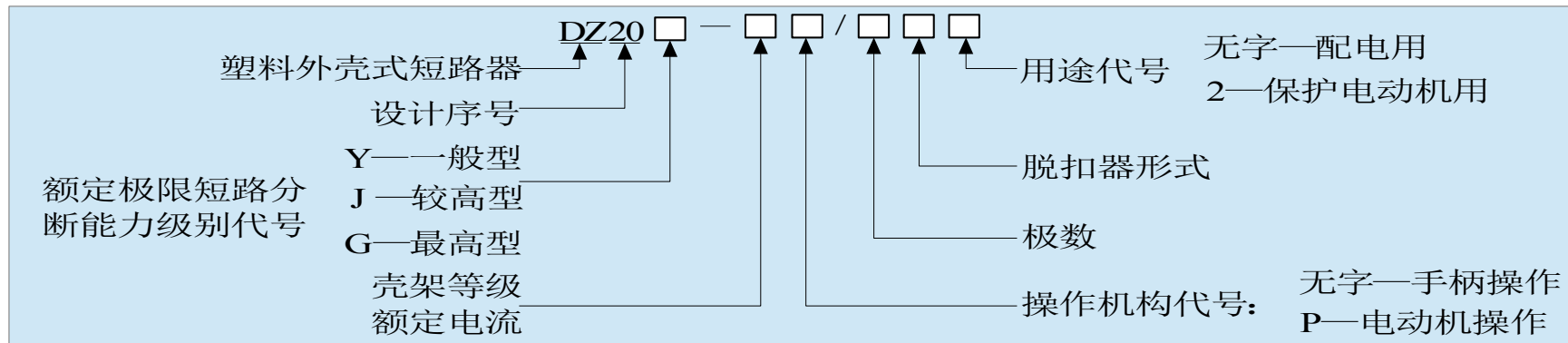


图 1-2 低压断路器结构示意图

» 知识点——低压电器元件

DZ 系列型号表示法



» 知识点——低压电器元件

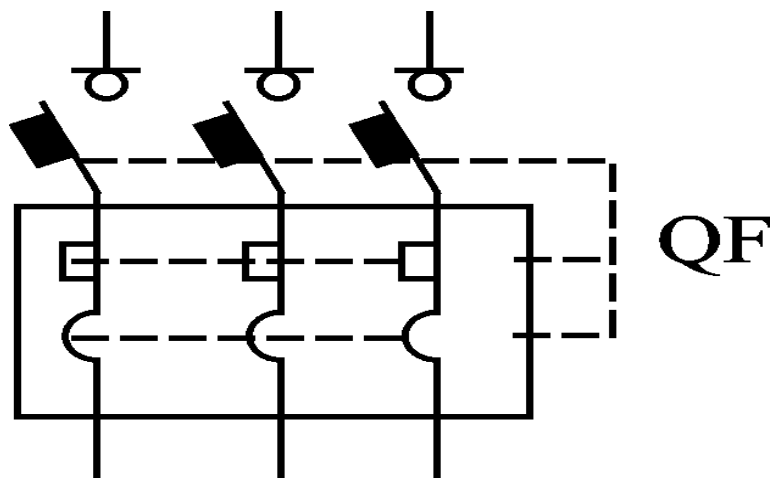


图 1-3 低压断路器电气符号

» 知识点——低压电器元件

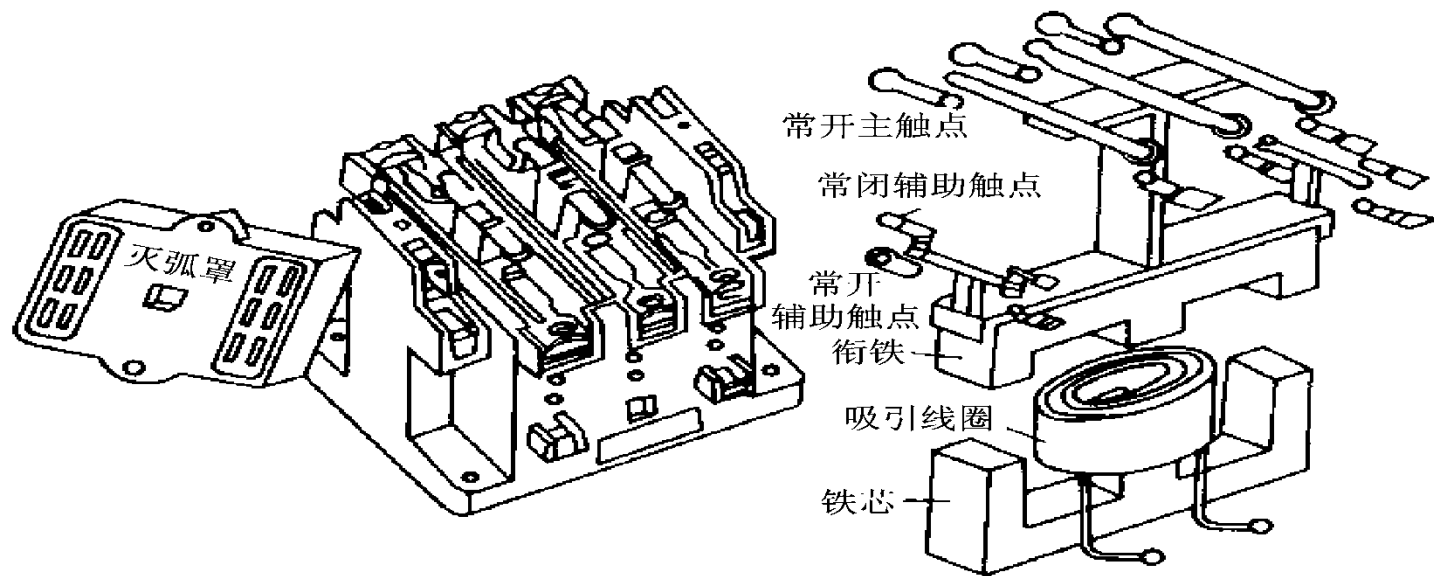
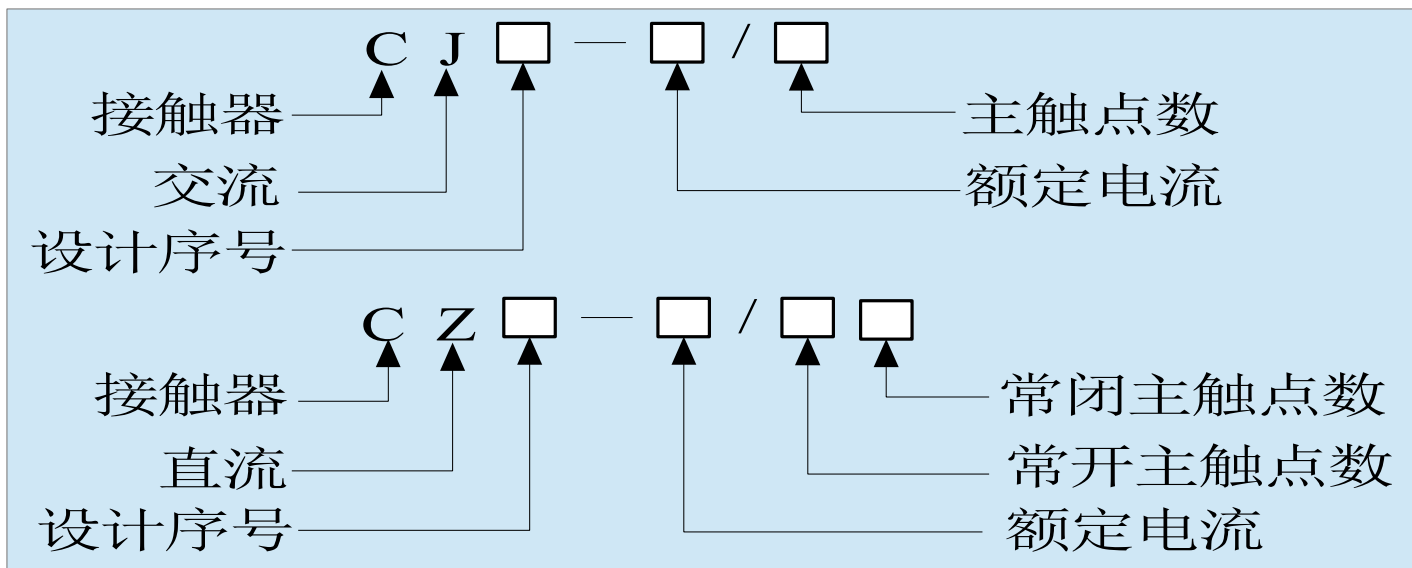


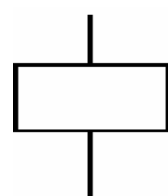
图 1-4 接触器结构示意图

» 知识点——低压电器元件

CJ、CZ 系列型号表示法



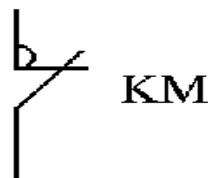
» 知识点——低压电器元件



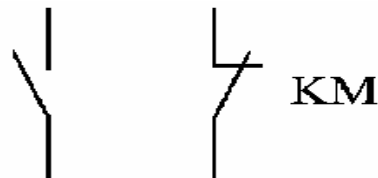
线圈



常开主触点



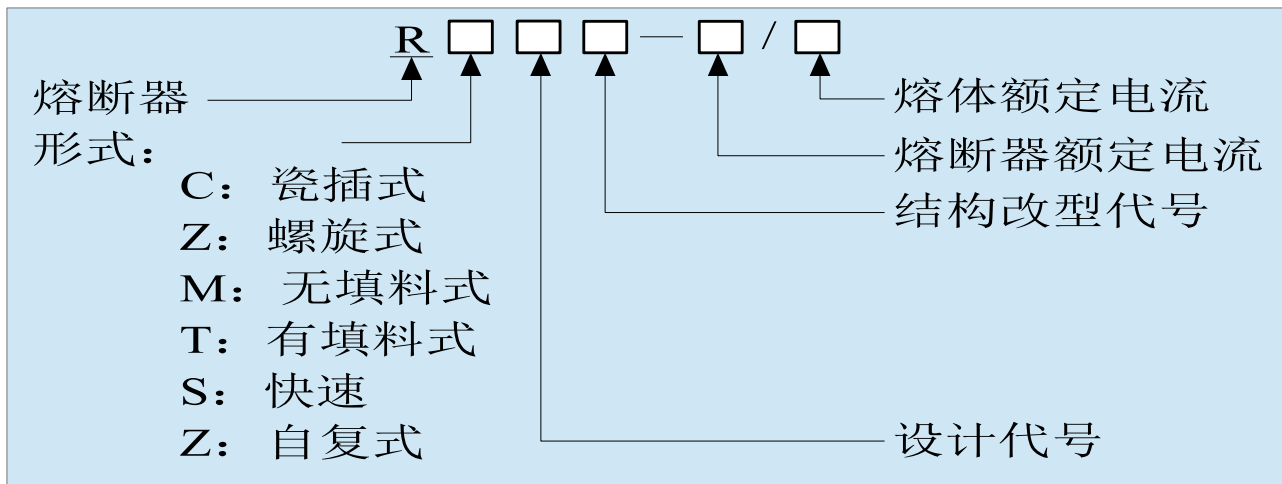
常闭主触点



常开、常闭辅助触点

图 1-5 接触器电气符号

R 系列型号表示法



» 知识点——低压电器元件

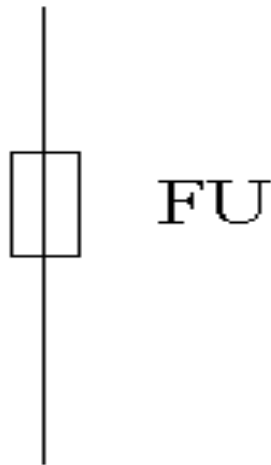
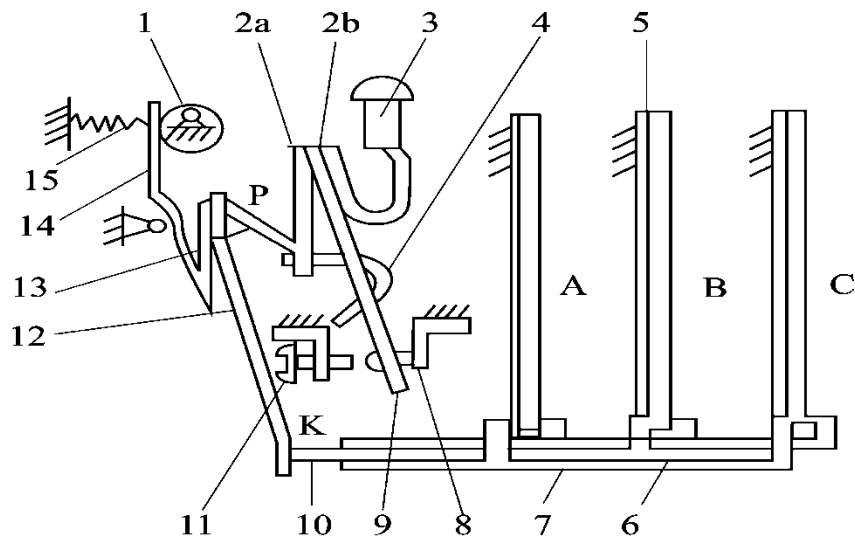
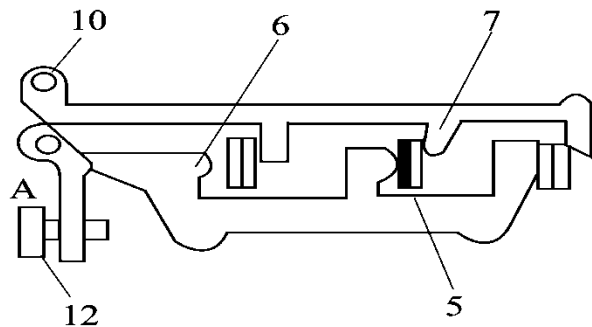


图 1-6 熔断器电气符号

» 知识点——低压电器元件



(a) 结构示意图

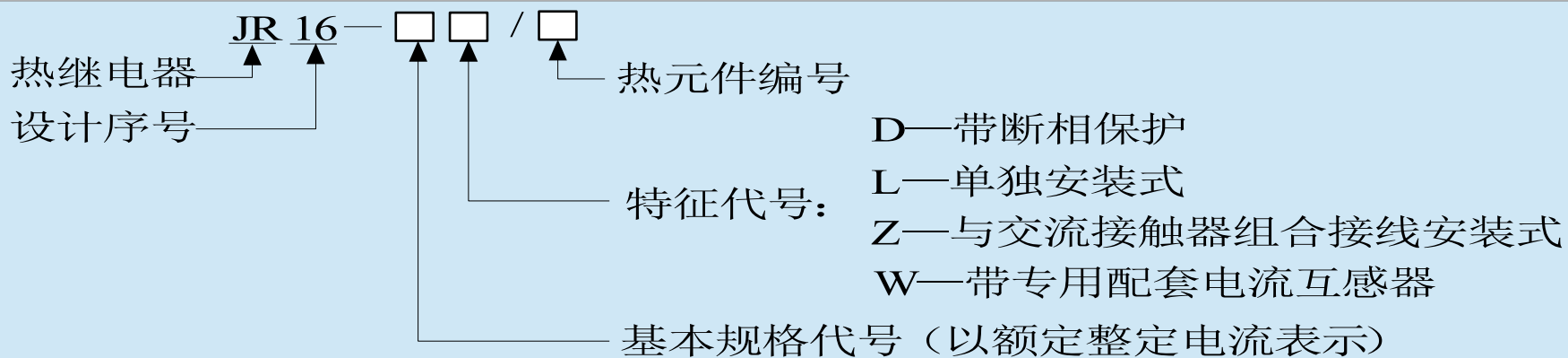


(b) 差动式断相保护示意图

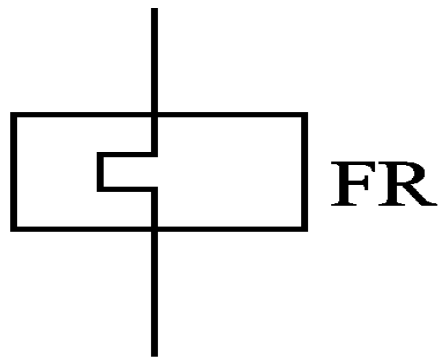
图 1-7 热继电器结构示意图

» 知识点——低压电器元件

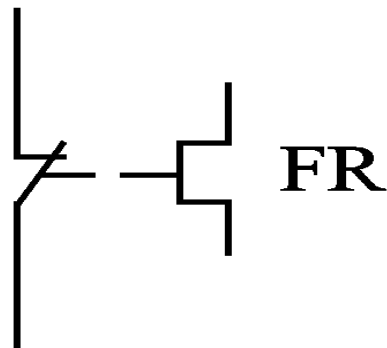
JR 系列型号表示法



» 知识点——低压电器元件



(a) 热元件



(b) 常闭触头

图 1-8 热继电器电气符号

» 知识点——低压电器元件

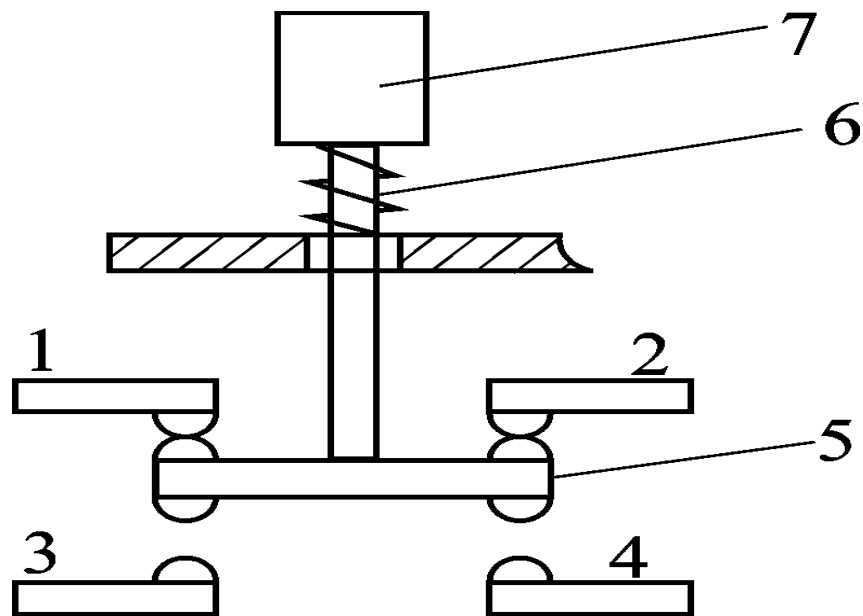
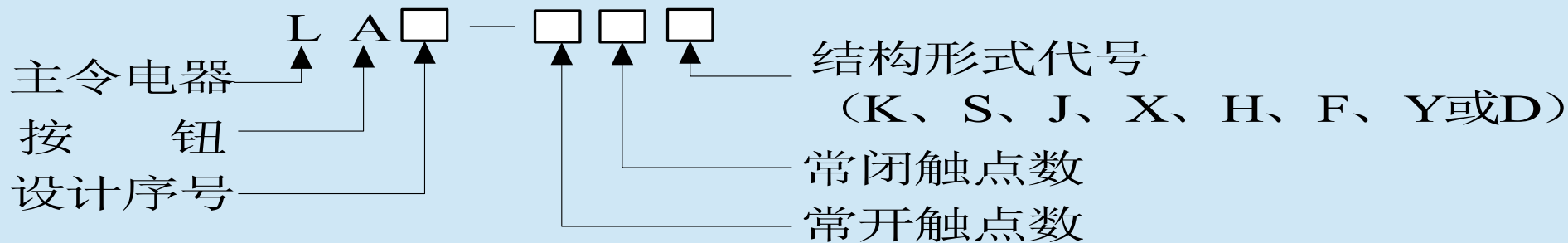
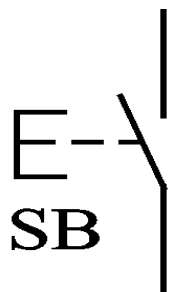


图 1-9 按钮结构示意图

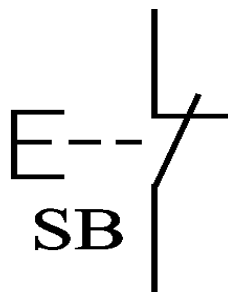
LA 系列型号表示法



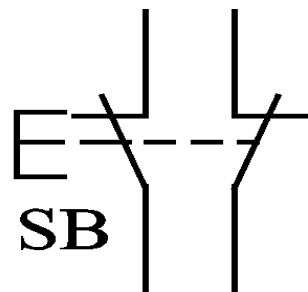
» 知识点——低压电器元件



常开触点



常闭触点



复合式触点

图 1-10 按钮电气符号

» 知识点——低压电器元件

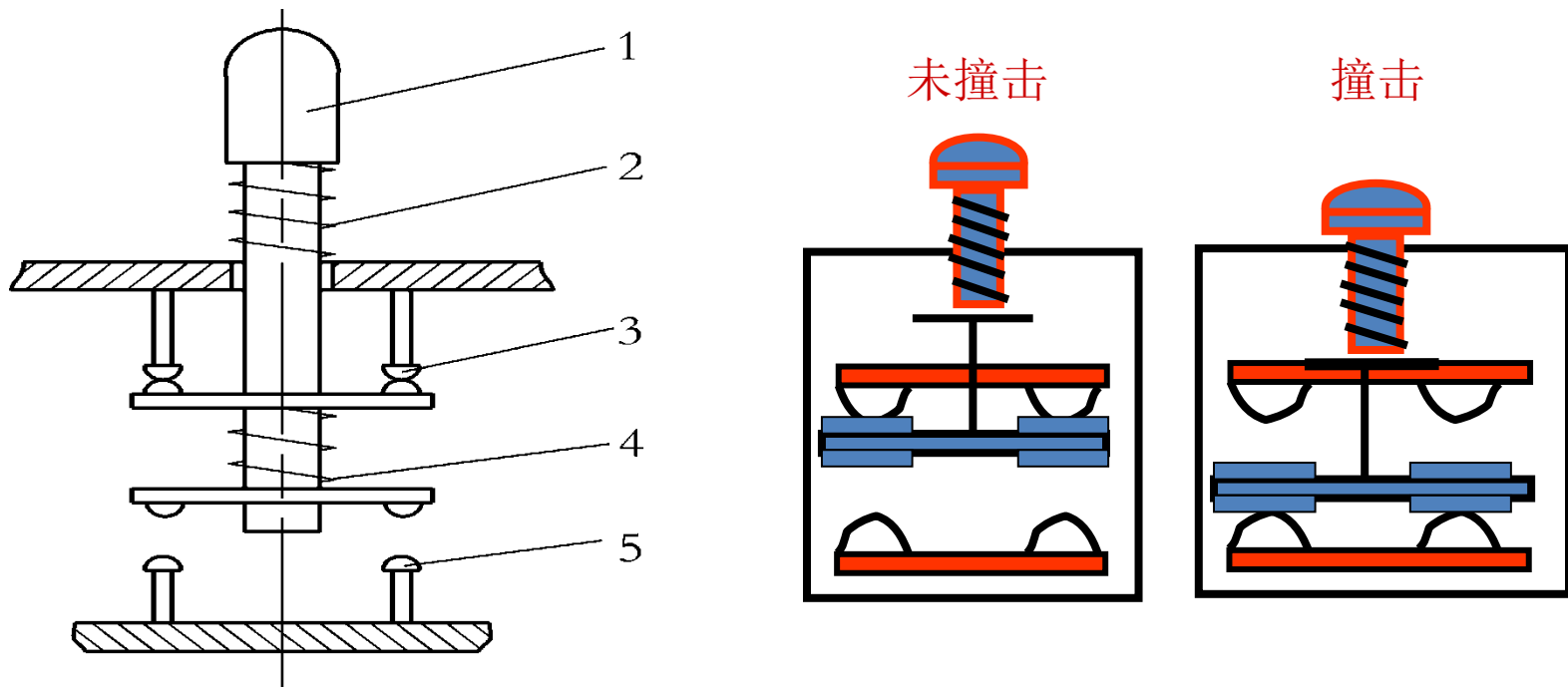
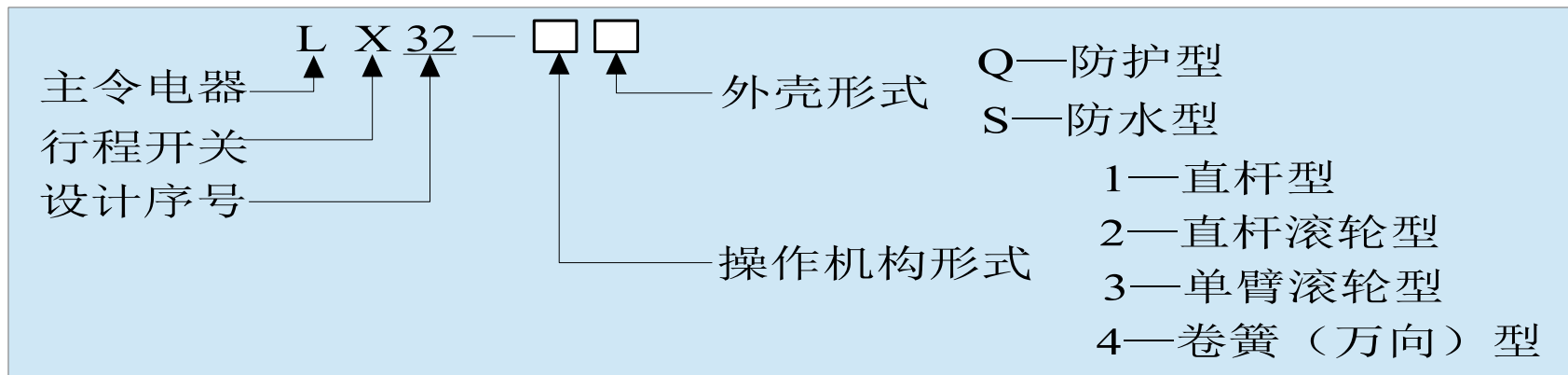
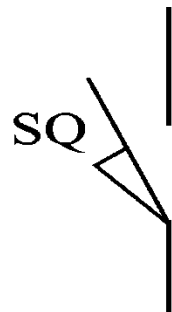


图 1-11 行程开关结构示意图

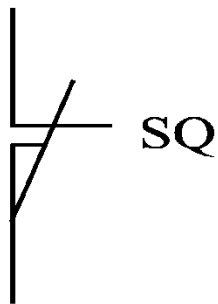
LX 系列型号表示法



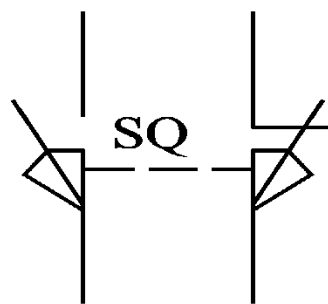
» 知识点——低压电器元件



常开触点



常闭触点



复合式触点

图 1-12 行程开关电气符号

1. 低压断路器的选择

低压断路器的选择应注意以下几点：

- 1) 低压断路器的额定电流和额定电压应大于或等于电路、设备的正常工作电压和工作 电流。
- 2) 低压断路器的极限通断能力应大于或等于电路最大短路电流。
- 3) 欠电压脱扣器的额定电压等于电路的额定电压。
- 4) 过电流脱扣器的额定电流大于或等于电路的最大负载电流。



低压断路器的选择

本任务中，低压断路器作为机床电源总开关使用，实现机床主电路三台电动机和控制电路的电源通断，三台电动机的额定电流分别为 15 A、1.55 A 和 0.28 A，控制电路一般称为小电流电路，工作电流在 5 A 以下。根据低压断路器选择注意点 1)，通过查表 1-3，CA6140 普通车床电源总开关可选 DZ15 — 40 I40A 型低压断路器。

2. 交流接触器的选择

本任务中，接触器 KM1、KM2 和 KM3 分别控制主电动机、快速移动电动机和冷却泵电动机，三台电动机的额定电流分别为 15 A、1.55 A、0.28 A。按公式 1-1 计算，结合表 1-4，KM1 可选 CJX1—16 型接触器，KM2、KM3 可选 CJX1—9 型接触器。

3. 熔断器的选择

本任务中，共涉及 5 组熔断器，分别是冷却泵电动机熔断器 FU1、快速移动电动机熔断器 FU2、信号电路熔断器 FU4、照明电路熔断器 FU5 和控制电路熔断器 FU6。根据熔断器选择依据，快移电动机和冷却泵电动机需考虑冲击电流影响，FU1、FU4、FU6 可选 RT14—20 型熔断器，熔芯 1 A；FU2 可选 RT14—20 型熔断器，熔芯 4 A。FU5 可选 RT14—20 型熔断器，熔芯 2 A。

4. 热继电器的选择

本任务中，主轴电动机和冷却泵电动机长时间工作，启动不频繁，需过载保护；快移电动机点动短时工作，无需过载保护。根据式（1—5）计算并结合表 1—7，主轴电动机热继电器可选 JR16—20 I3 型，整定电流 15.4 A，冷却泵电动机热继电器可选 JR16—20 I3 型，整定电流 0.32 A。

5. 控制按钮的选择

本任务中，SB1 为主电动机启动按钮，可选 LAY3 — 10 型按钮，绿色；SB2 为机床停止按钮，可选 LAY3 — 01ZS I1 型按钮，红色；SB3 为快移电动机点动按钮，可选 LA9 型按钮，黑色；SB4、SA1 分别为照明灯接通按钮和冷却泵电动机启动按钮，可选 LAY3 — 10xI23 型按钮，绿色。

6. 行程开关的选择

本任务中，SQ1 为带轮罩开关，作为机床保护开关使用。根据 CA6140 普通卧式车床行程开关安装位置、动作要求可选 YBLx — K2 I411K 型行程开关。SQ2 为机床或电气控制柜安全工作的电气联锁开关，可选 JWM6 — 11 型门限位开关。

CA6140 车床电器元件明细表见教材 P19 页的表 1 — 10 所示。