

机 床 电 器

(上)

上海市业余工业大学

机 床 电 器

(上)

上海市业余工业大学

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江西新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8 字数 187,000

1978年1月第1版 1979年8月第2次印刷

书号: 15119·1928 定价: 0.59 元

目 录

第一章 概述	1
第二章 机床单向运转、行程控制及电器保护线路	8
第一节 机床单向运转控制线路	8
第二节 机床的电器保护线路	13
第三节 机床的行程控制线路	18
第四节 铝材铣削专用机床电器线路分析	22
第三章 机床运转的动力——三相异步电动机	23
第一节 三相异步电动机的构造	23
第二节 三相异步电动机的工作原理	24
第三节 三相异步电动机的机械特性	35
第四节 三相异步电动机的铭牌和选择	37
第四章 机床起动、制动和正反转控制线路	44
第一节 异步电动机的起动	45
第二节 异步电动机的正反转	52
第三节 异步电动机的制动	54
第四节 双速电动机的控制	61
第五章 典型机床的电器控制线路	63
第一节 通用机床的控制线路	63
第二节 专用机床的控制线路	71
第三节 组合机床的控制线路	77
第六章 机床电器控制线路的设计	88
第一节 控制线路的一般设计方法	88
第二节 控制线路的逻辑设计方法	95
第七章 继电器通用程序控制器	106
第一节 怎样实现设计基本要求	106
第二节 CKQ-12J 通用程序控制器	108
思考题	116
附录 I 常用电器符号	118
附录 II 小功率变压器的计算	120

第一章 概 述

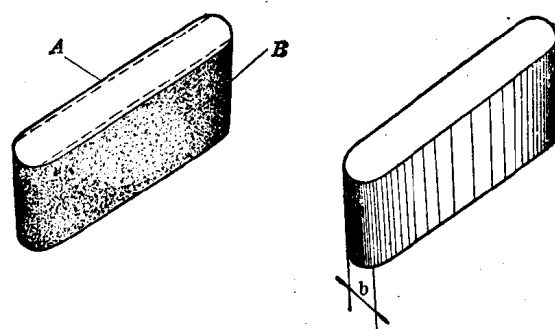
在伟大领袖毛主席“独立自主、自力更生”方针的指引下，我国机床工业从无到有，从小到大地蓬勃发展。广大工人和技术人员在三大革命实践中，创造了许多具有先进水平的金属切削机床，解放了大量的劳动力，提高了劳动生产率，推动了生产的迅速发展。

在这些通用机床和专用机床中，综合地运用了机械、液压、电器、电子等技术，有的还采用了气动、激光等技术。本书主要介绍电器、电子技术。总结和推广这些技术革新的经验，对于我们更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，实现四个现代化的宏伟目标是具有一定意义的。

毛主席教导我们：“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。人们总是首先认识了许多不同事物的特殊的本质，然后才有可能更进一步地进行概括工作，认识诸种事物的共同的本质。”本章将通过对上海铝材三厂设计、制造的铝材铣削专用机床的分析，使我们了解如何根据生产工艺所提出的要求，将机械、液压、电器等技术有机地配合使用，以便实现机床的运动和控制机床的工作循环。通过分析还将使我们明确电器控制系统在机床中的作用，从而能够结合以后各章的学习和通过生产实践，掌握和应用电器控制的方法及有关知识。

一、铝材铣削专用机床的作用

合金铝由铸锭拉延成材之前，先由切断机将铝锭锯断成如图 1-1 所示的坯料，然后再送上压延机压制成材。为了保证铝板轧制表面具有一定的光洁度，在将坯料送上轧机之前，还须将坯料的左、右两面（图 1-1 所示 A、B 两面）进行铣削加工。铝材铣削专用机床就是专门为此而设计的。



(a) 铝锭锯断后的形状 (b) 经两边铣削后的铝材

图 1-1 合金铝坯料

二、机床的运动及工作循环

铝材铣削专用机床的外形由图 1-2 所示。铣削铝坯左右两面的二个铣削动力头固定在机床两侧的床身上，它们分别由二只 2.2 千瓦的电动机驱动，左右铣刀盘之间的距离按轧制

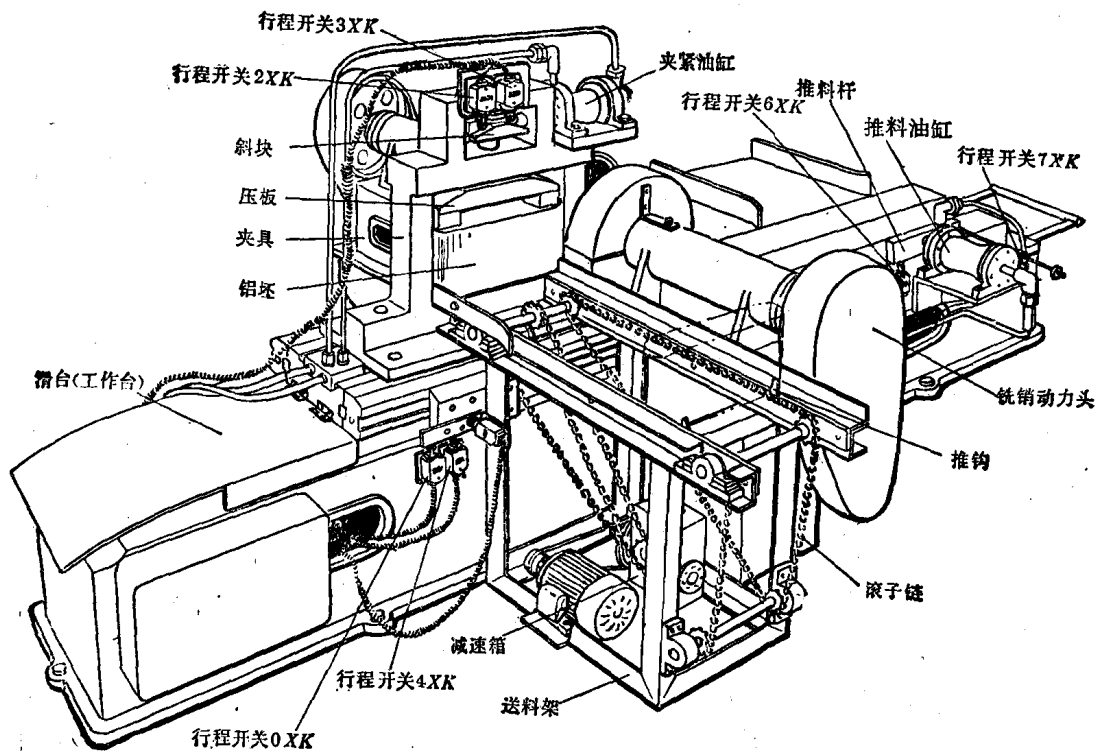


图 1-2 铝材铣削专用机床

铝坯所要求的厚度 b 调整。当铝坯进入夹具后，由夹紧油缸的活塞推动斜块将压板压下夹紧工件，然后由液压缸驱动的滑台带着铝坯进给二铣刀盘间进行铣削，铣削完成后，夹紧油缸的活塞退回，压板在弹簧的推力下复位，夹具放松，铝坯由推料油缸推出。

铝坯进入夹具前的送进(即送料)是靠滚子链传动的，在送料架下有一个 0.7 千瓦的电动机，运动经由皮带减速箱传至送料架上部的链轮，以使左右二根滚子链向着夹具方向传动。操作工人只要将坯料顺序地排列在料架上，铝坯就由滚子链上的推钩推着间断地自动进入夹具。

由此可见，在铝坯的加工过程中，带动左右铣刀盘和齿轮油泵的电动机都是始终运行着的，也就是说，左右铣刀盘一直在旋转，油泵一直供油。同时，各执行油缸和滚子链的送料等动作必须按照铝坯的加工要求，有顺序、有节拍地循环进行，否则就无法自动地完成坯料的加工，甚至会在节拍失调时损坏机床和刀具。这一工作循环大致如下：

- 0) 铣刀转动(二只主轴电动机转动)；
- 1) 送料(送料电动机转动，夹具夹紧坯料后停止)；
- 2) 夹具夹紧(油泵电动机转动，夹紧油缸动作)；
- 3) 滑台快进(油泵电动机转动，送进油缸动作)；
- 4) 滑台工进(油泵电动机转动，送进油缸动作)；
- 5) 夹具放松(油泵电动机转动，夹紧油缸动作)；
- 6) 推料(油泵电动机转动，推料油缸动作)；
- 7) 推料杆复位(油泵电动机转动，推料油缸动作)；
- 8) 滑台快退(油泵电动机转动，送进油缸动作)。

三、机床运动及工作循环的控制

通过以上分析,我们可以把铝材铣削专用机床所有的运动作一归纳:

左右铣刀的转动由电动机通过皮带轮、动力头中的齿轮传动来实现。

铝坯的送进(送料至夹具)由电动机通过皮带轮、减速箱中的齿轮、蜗杆蜗轮及链轮的传动来实现。这二者都为电动机驱动的机械传动。

铝坯的夹紧和放松、滑台的快进、工进和快退、推料和推料杆的复位都是由油泵电动机驱动油泵,使压力油通过一些液压元件(如换向阀、单向阀、节流阀等)推动油缸中的活塞来实现的。这种传动称为液压传动。

可见,本机床共用了四只电动机和三只工作油缸。“每一事物的运动都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着”。用这一唯物辩证法的观点进一步来分析铝材铣削专用机

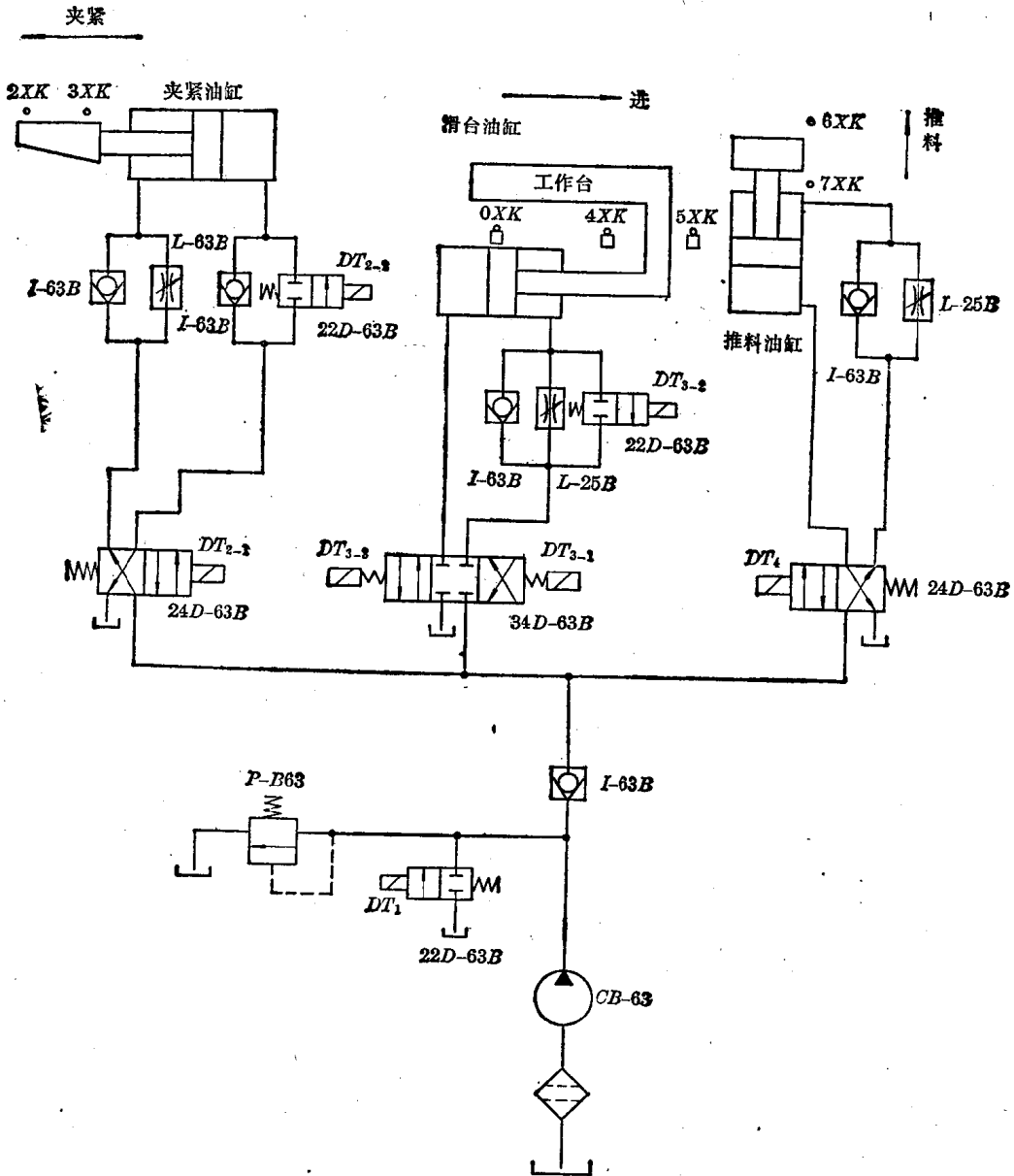


图 1-3 铝材铣削专用机床液压系统原理图

床, 可以使我们懂得, 实现该机床的所有运动以及工作循环必须由机、电、液相互配合、协同控制来保证。在以下分析这三方面的配合和联系时, 我们要着重注意哪些环节在起作用, 善于抓住影响运动的本质的东西, 从而了解电器系统在机床上的作用。

现在我们来讨论, 由油泵打出的压力油是怎样使各工作油缸完成直线的往复(进、退)运动以执行各项工作的。

图 1-3 所示为铝材铣削专用机床的液压系统原理图, 其推料油缸的液压系统示意图如图 1-4 所示。推料油缸工作时(活塞带动推料块将坯料推出夹具), 电磁换向阀 DT_4 线圈通电, 其阀芯向右被吸至图示位置(将弹簧压紧)。此时, 来自油泵的压力油经油管 1、2, 二位四通电磁换向阀和油管 3 压入油缸的左腔, 使油缸左腔容积不断增大, 从而推动活塞向前移动, 将坯料推出。油缸右腔的油经油管 4、5, 节流阀(此时, 单向阀不通)、油管 6、换向阀和油管 7 流回油箱。

节流阀的作用和常见的水龙头相仿, 它的开口大小可以变化。节流阀开口大, 单位时间回油量大, 推料速度快; 开口关小, 单位时间回油量小, 推料速度慢; 开口关死, 回油流不出,

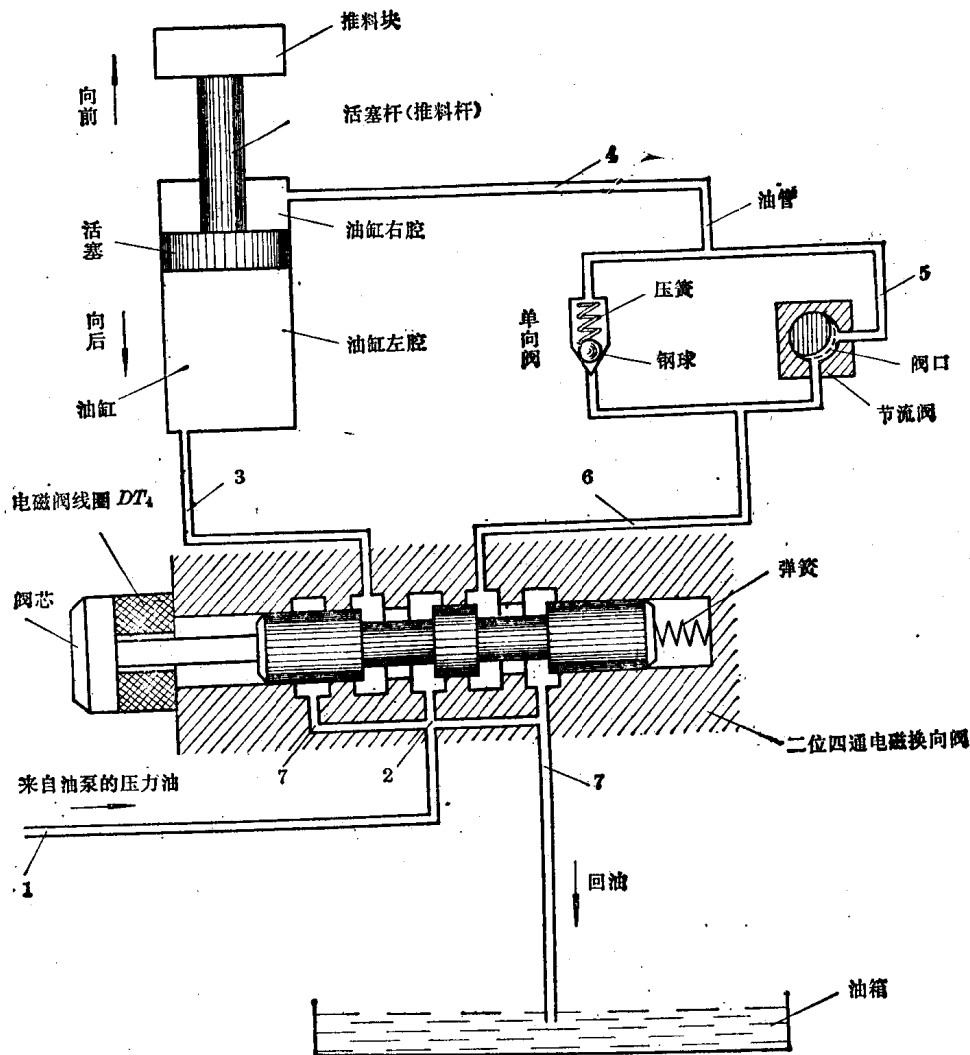


图 1-4 推料油缸部分的液压系统示意图

推料块不动。因此调节节流阀的开口，可以控制油缸右腔的回油量，从而控制了推料的速度。同理，进给油缸和夹料油缸也是如此。

要使推料块退回，只要改变压力油进出油缸的方向就可以了。此时，让电磁阀线圈 DT_4 失电，阀芯在弹簧的作用下，向左复至原位，油管 2 与 3，6 与 7 的通路被切断，而油管 2 与 6，3 与 7 被接通，压力油流向改变，来自油泵的压力油经油管 1、2，换向阀、油管 6、单向阀（由弹簧顶住的钢球被压力油顶起，通道打开）、油管 4 进入油缸右腔。油缸左腔的油经油管 3、换向阀、油管 7 流回油箱，活塞带着推料块快速向后退至原位。

通过以上分析不难知道，该机床三个工作油缸（夹紧、滑台进给和推料）都是由一个 CB-63 型齿轮泵打出的压力油所驱动。各油缸活塞的进、退依靠改变进出油缸左右二腔的油流方向来实现，而要改变进出油缸二腔的油流方向又必须改变电磁换向阀阀芯的左右（或左中右）位置。问题很清楚，最终就是要改变工作油缸所有电磁换向阀线圈 DT_1 、 DT_2 、 DT_3 、 DT_4 … 的通电和断电（失电）状态才能改变进出油缸二腔的油流方向，它们的关系见表 1-1。

表 1-1 各工作油缸的活塞进、退与电磁阀线圈通、失电关系

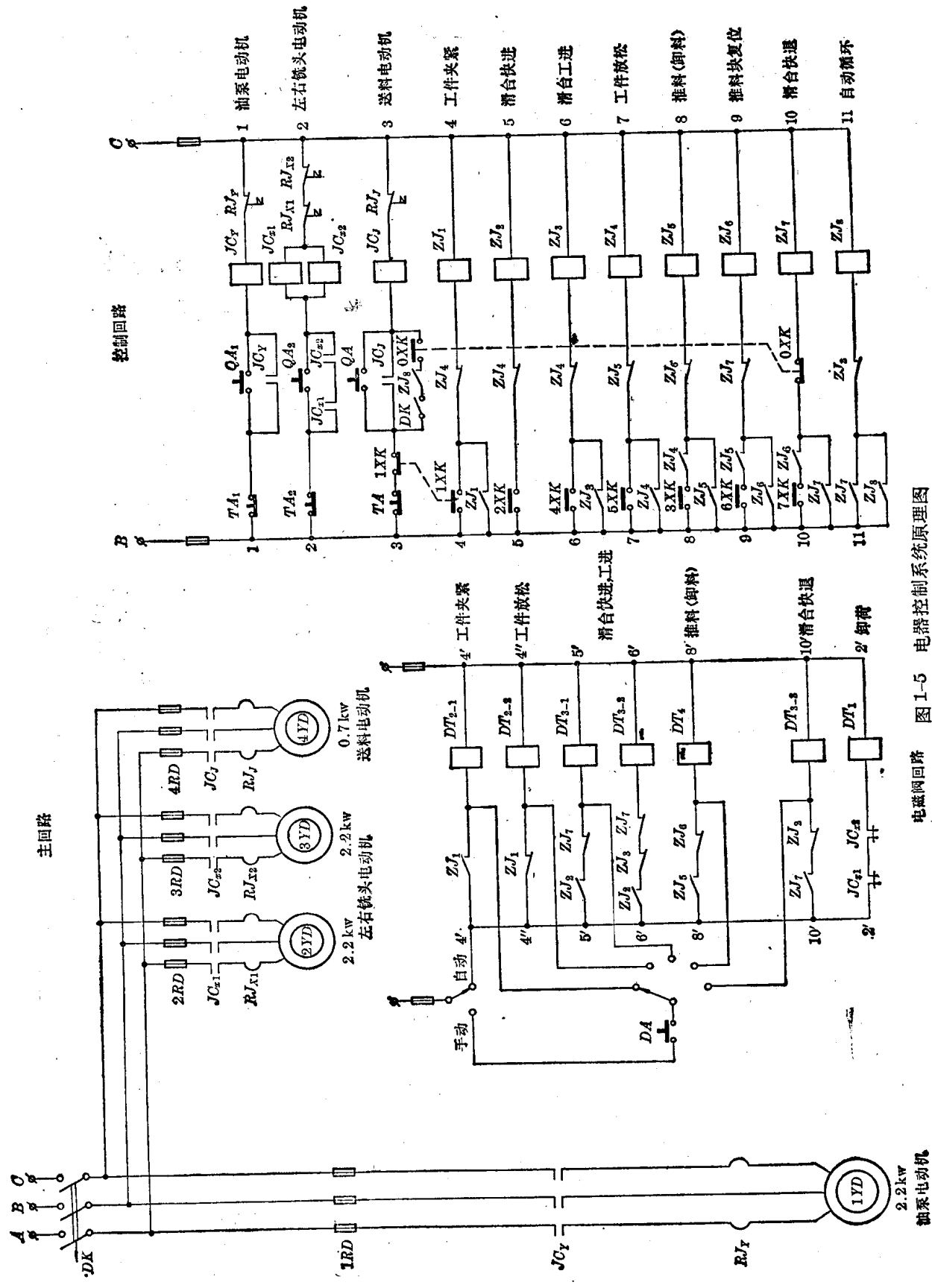
序号	工作循环	各油缸活塞进、退状态	各电磁换向阀线圈通、失电状态						
			DT_1	DT_{2-1}	DT_{2-2}	DT_{3-1}	DT_{3-2}	DT_{3-3}	DT_4
1	送料				+				
2	夹具夹紧	夹紧油缸右腔进油活塞向前		+					
3	滑台快进	滑台油缸左腔进油活塞快速向前		+		+	+		
4	滑台工进	滑台油缸左腔进油活塞向前		+		+			
5	夹具放松	夹紧油缸左腔进油活塞后退			+				
6	推料	推料油缸左腔进油活塞向前			+				+
7	推料杆复位	推料油缸右腔进油活塞后退			+				
8	滑台快退	滑台油缸右腔进油滑台后退			+			+	

注：有“+”者表示通电。

以上的液压系统的问题便可归结为，如何根据机床的工作循环，有顺序、有节拍地改变各工作电动机的运转和停止，控制各工作油缸的电磁换向阀线圈的通电和断电的电器系统问题，以使各执行机构按照工作循环的要求顺序动作。

四、机床电器控制系统的作用

根据机床工作循环的要求，有顺序地改变各工作电动机的运转和停止，控制各工作油缸电磁换向阀线圈以及各种低压电器线圈通电和断电，这就是机床电器控制系统的作用和任务。



电磁回路 图 1-5 电器控制系统原理图

图 1-5 所示为铝材铣削专用机床的电器控制系统原理图。机床的电器控制系统是与液压系统相似的,它由电动机、各种低压电器(如接触器、继电器、电磁阀、行程开关等)、保护电器(如熔断丝、热继电器等)通过导线联接所组成的(液压系统由泵、各种阀和液压元件通过油管联接所组成)。利用机床各执行机构在运动中变化的行程、压力、时间以及用手动控制的方法,接通或断开电路,使各种电器元件的线圈通电或断电(触头闭合或断开),最终就可以改变电动机和电磁阀线圈的通电和断电状态,以致达到改变各执行机构运动状态的目的。以下几章将结合图 1-5 所示的铝材铣削专用机床的电器控制线路,逐一讨论说明。

第二章 机床单向运转、行程控制及电器保护线路

第一节 机床单向运转控制线路

机床单向运转控制线路是电器控制线路中最简单的一种，这种线路主要实现异步电动机的单向起动、自锁、点动等要求。

图 2-1 所示为图 1-5 所示的铝材铣削机床电器系统原理图的一部分，这一部分主要是油泵电动机的单向运转控制线路。左图是主回路，右图是控制回路。

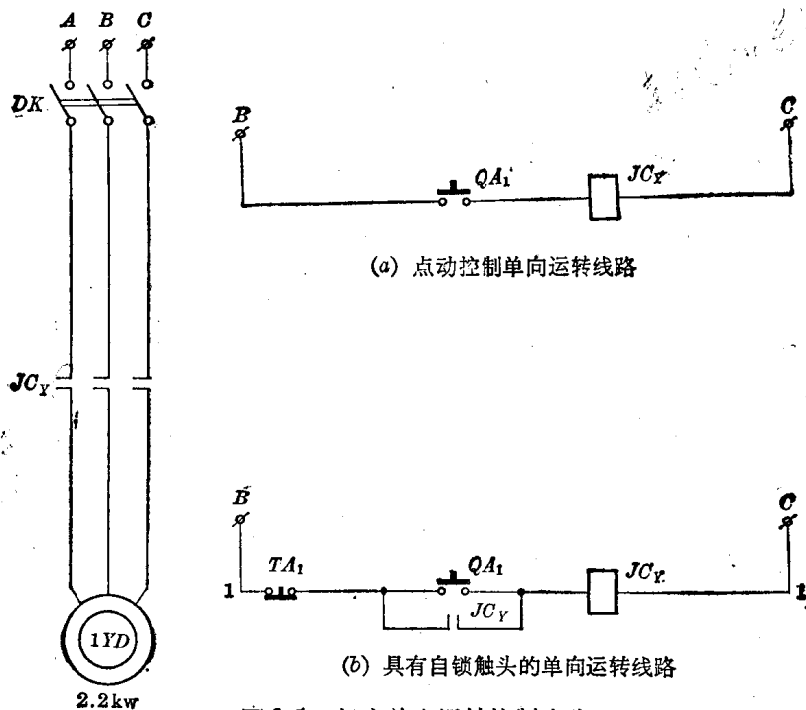


图 2-1 机床单向运转控制线路

一、线路分析

分析线路时，首先要了解线路上的图形和文字所代表的意义，按照规定：

① 凡是同一电器中的各个部件均须用同一文字符号表示，如图 2-1 中主回路与控制回路中都有 JC_Y 文字符号，这表明同一个接触器，其主触头用在主回路中，线圈则用在控制回路中，这些部件在结构上是一体的，但在原理图中却按工作职能画在不同的部位。因此不同电器就不能用同一文字符号，以避免混淆；

② 电路中所有图形符号都是表示这些电器在没有通电和没有外力作用时的状态。例如接触器的常开触头就是指触头在接触器未通电时的状态(断开)，而通电以后，它们就闭合；

③ 规定两根以上导线的联接处画上一个黑点“·”，表示导线是接通的，否则认为是不通的。需要将接线引出的电器线路要画一个带斜线的圆“ \oslash ”，表示电器联接是可拆卸的。

如图(a)所示线路,当主回路和控制回路接入电网后,按起动按钮 QA_1 ,使接触器 JC_Y 的线圈通电,在主回路中的主触头 JC_Y 立即闭合,主回路通电后电动机开始运转。但当松开按钮 QA_1 时,接触器 JC_Y 的线圈断电,它的主触头 JC_Y 即断开,电动机就脱离电源而停转。要使电动机重新转动,必须再按下按钮 QA_1 。这种控制方式,称为“点动”,常用于生产机械需要点动调整的场所。

图(b)与(a)所示线路不同,控制回路中加了停止按钮 TA_1 ,及在起动按钮 QA_1 两端并联了接触器 JC_Y 的常开辅助触头。当按下 QA_1 时,线圈 JC_Y 通电,不但主触头 JC_Y 闭合,接通电源,使电动机运转,而且常开辅助触头也闭合,因此,即使松开 QA_1 ,控制回路仍能保持接通。这种松开按钮后仍能自行保持控制回路接通的回路称做具有“自锁”(或称“自保”)的接触器控制回路,与按钮 QA_1 并联的一副常开辅助触头叫自锁(或自保)触头。这种线路要使电动机停转时,必须按一下停止按钮 TA_1 ,使接触器 JC_Y 断电,从而使主触头和辅助触头均断开,才使电动机停止运转。

通常在工厂中,除了机床的电器原理图之外尚有安装接线图。安装接线图是按电器在控制板(控制箱、控制屏)上的实际尺寸和所在位置绘制的。各种电器元件的布置,联接线走向,以及出线端子都要注明来龙去脉。这样有利于安装、维修和保养。

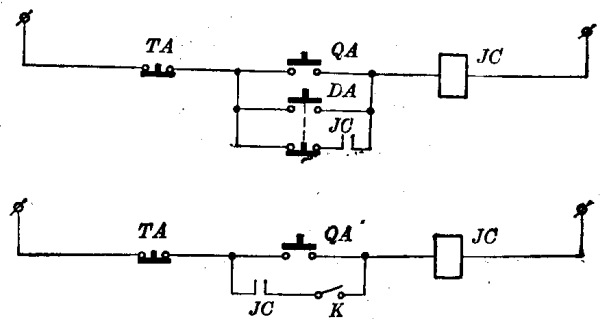


图 2-2 按钮和开关点动调整控制线路

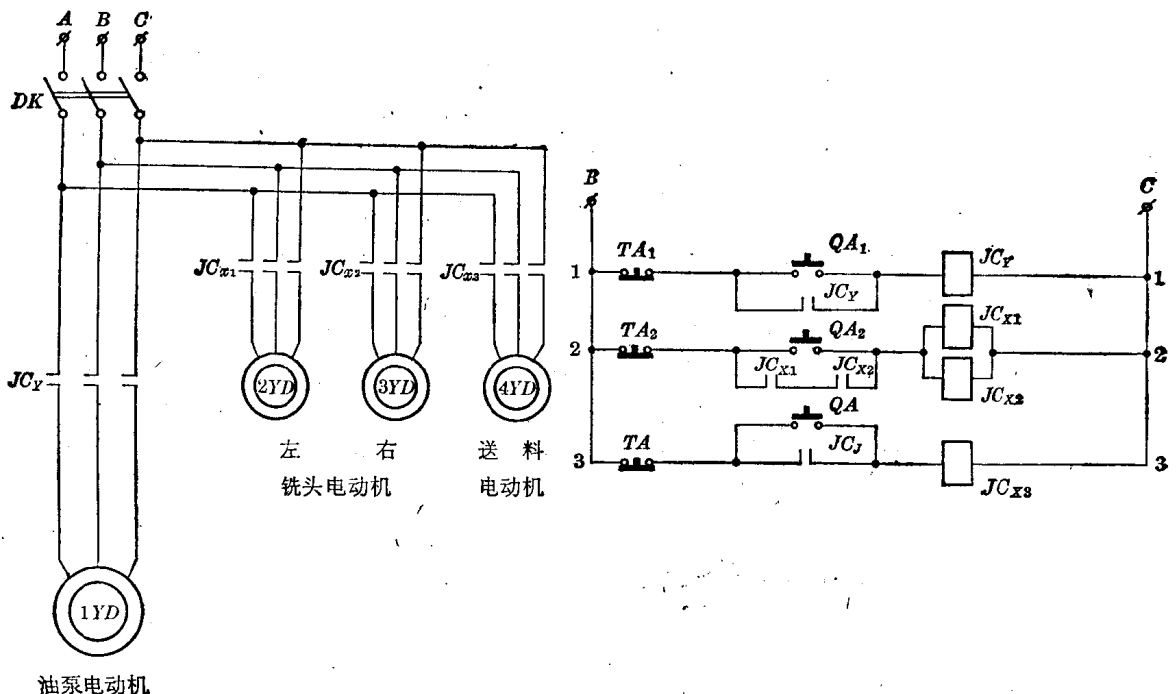


图 2-3 铝材铣削专用机床工作电动机的单向运转控制线路

此外，还有应用双接点按钮 DA 进行点动调整的工作线路，以及利用开关 K 进行点动调整的工作线路，如图 2-2 所示。

图 1-5 所示的铝材铣削专用机床的油泵电动机，左、右铣头电动机和送料电动机的控制回路是以上分析的单向运转控制线路，如图 2-3 所示。

二、交流接触器、按钮、开关

在电动机单向运转控制线路中，我们已经碰到了如交流接触器、开关、按钮等低压电器元件，现结合线路分别介绍。

1. 交流接触器

(1) 构造及工作原理 交流接触器用来接通或切断主回路或控制回路的自动电器。接触器的外形如图 2-4 所示。

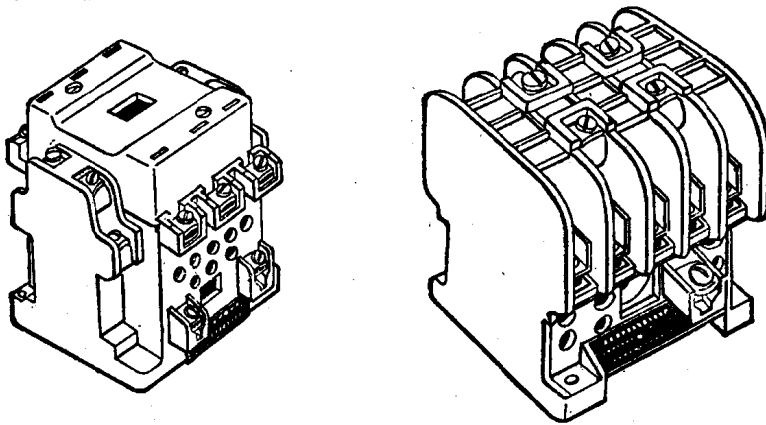


图 2-4 交流接触器外形图

如图 2-5 所示，主要由以下四个部分组成：

① 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）。

② 触头系统：包括三副主触头，四副辅助触头（二个常开、二个常闭）。辅助常开和常闭触头是联动的，即常闭触头打开时常开触头闭合。

接触器的主触头的作用是接通和断开主回路。辅助触头一般接在控制回路中，完成电

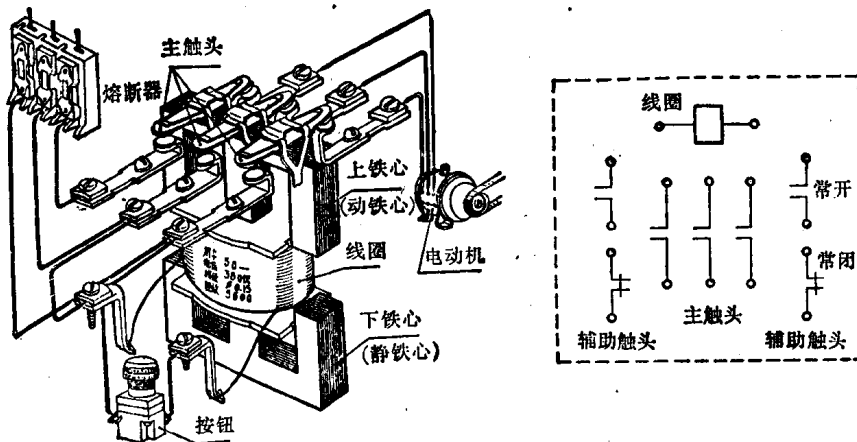


图 2-5 交流接触器的结构和触头系统示意图

路的各种控制要求。

③ 灭弧室：触头开关时产生很大电弧会烧坏主触头，为了迅速切断触头开关时的电弧，一般容量稍大些的交流接触器都有灭弧室。

④ 其他部分：包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧片、传动机构、短路环、接线柱等。

接触器的线圈与静铁芯固定不动。当线圈得电时，铁芯线圈产生电磁吸力，将动铁芯吸合，由于动触片与动铁芯都是固定在同一根轴上的，因此动铁芯就带动三条动触片向下运动，与三对静触片接触，使电源与电动机接通，电动机就起动运转。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，动触头就断开，电路被切断，电动机停止运转。

(2) 型号、技术数据及选择方法 机床中主要选用 CJ10 系列交流接触器，是供交流频率为 50 赫(或 60 赫)、最大电压 500 伏、最大电流 150 安电力电路的远距离接通与分断之用，并适用于控制一般电动机的起动和停止。CJ10 系列接触器的技术数据列于表 2-1。

接触器选择方法：主触头的额定电流应大于或等于电动机的额定电流。吸引线圈的电压可根据控制回路的电压等级选择，CJ10 系列接触器的吸引线圈的电压等级有 36、110、220 及 380 伏 4 种。对于经常需要正反转的生产机械，选用的交流接触器容量可以适当放大，或者最好能选用 CJ10Z 重任务接触器。CJ10Z 接触器触头采用了新型粉末冶金材料，因此在大电流的使用条件下具有较长的寿命。

表 2-1 CJ10 系列接触器的技术数据

接触器型号	额定电流 (安)	辅助触头额定电流 (安)	可控制电动机最大功率 (千瓦)	
			220(伏)	380(伏)
CJ10-5	5	5	1.2	2.2
CJ10-10	10	5	2.2	4
CJ10-20	20	5	5.5	10
CJ10-40	40	5	11	20
CJ10-60	60	5	17	30
CJ10-100	100	5	30	50
CJ10-150	150	5	43	75

注：1. 接触器吸引线圈能在其额定电压的 85~105% 范围内正常工作；

2. 接触器为长期工作制，额定的动作频率为 1200 次/小时；

3. 接触器的合闸时间一般为 0.05~0.1 秒，

分闸时间一般为 0.1~0.4 秒。

2. 按钮

按钮是一种手动主令电器，图 2-6 是部分按钮的外形图。

按钮除常开触头或常闭触头外，还具有常开和常闭触头的复式按钮。其触头对数有 1 常开 1 常闭，2 常开 2 常闭，以至 6 常开 6 常闭(例 LA18-66)。对复式按钮来讲，按下按钮时，它的常闭触头先断开，经过一个很短时间后，它的常开触头再闭合。在机床中经常选用的按钮有 LA10 系列、LA18 系列、LA19 系列及较新型的 LA20 系列等几种。

按钮主要根据使用场合、所需触头数及颜色进行选择。停止按钮一般用红色。

3. 开关

开关型号很多，其结构和表示方法也各不相同。下面介绍机床中常用的三极开关。

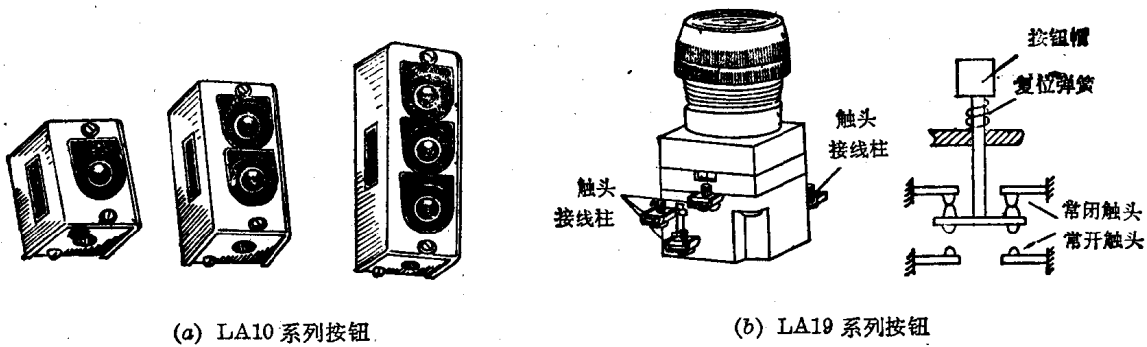


图 2-6 按钮的原理和外形

(1) HK_2 系列开启式负荷开关 这种开关可作小容量交流异步电动机的不频繁直接起动和停止用。本系列开关是由刀开关和熔断体组合而成的一种电器，装置在一块瓷底板上，上面覆着胶盖以保证用电安全，图 2-7 是其外形及结构图。它的结构简单，操作方便。熔丝（又称保险丝）动作后（即熔断后），只要加以更换就行了。

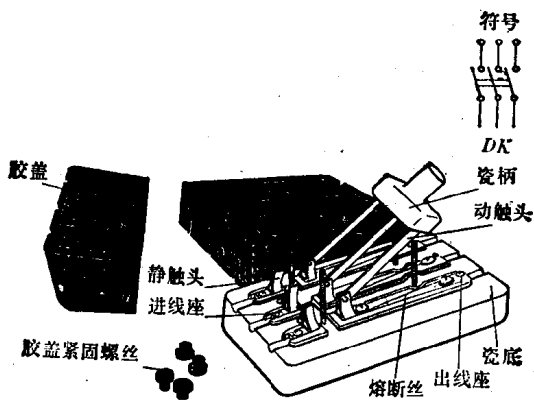


图 2-7 HK_2 系列开关的结构和外形图

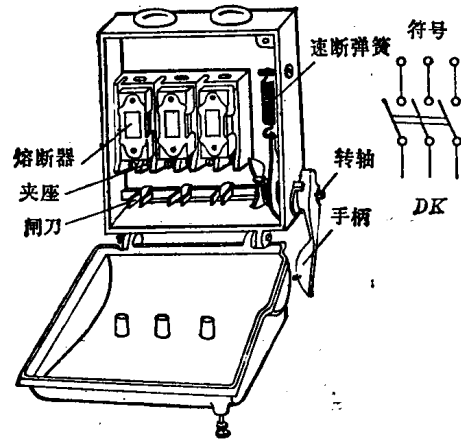


图 2-8 HH_3 系列开关结构和外形图

HK_2 开关根据控制回路的电源种类、电压等级和电动机的额定电流（或额定功率）进行选择。

(2) HH_3 系列负荷开关（铁壳开关） HH_3 系列封闭式负荷开关适用于工矿企业电器装置、农村电力排灌及电热照明等各种配电设备中，作为手动不频繁地接通分断电路，并可作为控制交流异步电动机的不频繁直接起动与停止用。

负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，装置在一只铸铁外壳内。其结构外形见图 2-8。

HH_3 系列开关操作灵活方便，能快速接通和分断负载电路，并有联锁装置，当箱盖打开时开关不能闭合，而开关闭合时箱盖不能打开以保证安全。开关的熔断器采用半封闭插插式熔器，熔断器动作后，重新更换熔丝仍可继续使用。

HH_3 开关也是根据电源种类，电压等级和电动机的额定电流（或额定功率）来选择。

(3) HZ_{10} 系列组合开关 HZ_{10} 系列组合开关适用于交流 50 赫，电压 380 伏以下，直流电压 220 伏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。本系列开关为不频繁操作的手拧开关。

HZ₁₀ 系列组合开关由若干动触片及静触片，它们分别装于数层绝缘件内，动触片装在附有手柄的转轴上，随转轴旋转而变更其通断位置。它的结构外形，符号见图 2-9。

HZ₁₀ 系列开关也是根据电源种类、电压等级、所需触头数、电动机的容量进行选用。

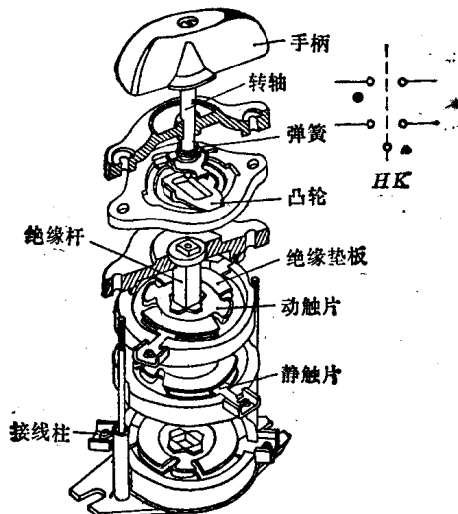


图 2-9 HZ₁₀ 系列组合开关结构和外形图

第二节 机床的电器保护线路

以上介绍的图 2-1 的电器线路不是完整的，它缺少必要的保护环节，因为电动机在运行过程中可能发生过载、短路等故障，不设置保护性电器，就会产生事故，因此一般线路中应有短路、过载及联锁保护。其他的一些保护措施（过电流、失磁等）则根据实际需要另行设置。

一、欠压保护

机床在正常运转时，可能由于其他设备产生故障引起断电而停车。当电源恢复正常后，电动机会随之重新运转起来，则这就可能因操作者缺乏准备而造成机械的损毁，甚至危及安全。

前面介绍的电动机单向运转线路具有这样的特点：当电源电压由于某种原因降低到额定电压 85% 以下（或失压）时，接触器电磁线圈所产生的电磁力因不能吸牢衔铁而释放。这时，接触器的主触头和辅助触头同时打开，使电动机的电源切断，并失去自锁。当电源恢复后，只有操作人员重新按下起动按钮，才能使电动机起动，所以带有自锁环节的电路本身已经具备了欠压（或失压）保护作用。

二、短路保护

机床的主回路和控制回路中，如果两相发生短路（如图 2-10 中 BC 相短路），那么，由于 BC 相回路的负载（电阻抗）接近于零，电流迅速上升，而导致同一线路上的其他电器被烧毁。为了避免这种事故，铝材铣削专用机床与其他机床一样，在电器线路中设置了熔断器 RD。

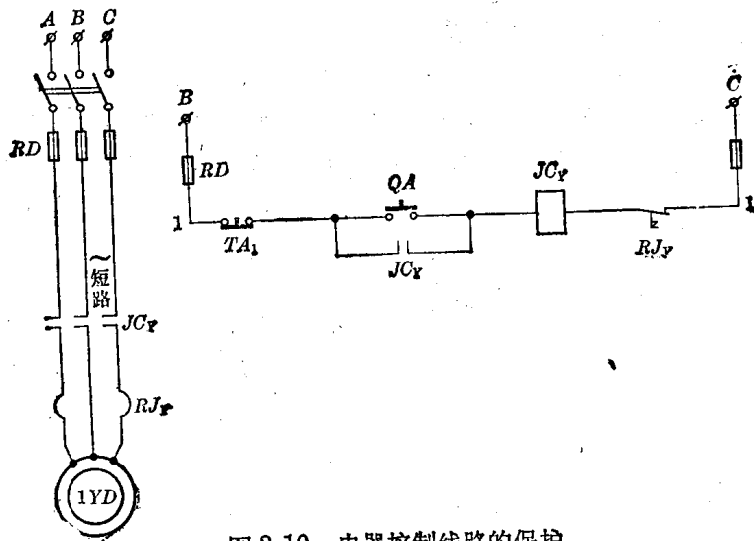


图 2-10 电器控制线路的保护

熔断器是线路中人为设置的“薄弱环节”，在线路正常工作时，要求它能承受额定电流，而当短路事故发生的瞬间，则要求其充分显示出薄弱性来，首先熔断，从而保护电器设备的安全。

1. 熔断器的型号

熔断器的主要元件是熔丝，它串联在被保护电路中。由于熔丝的熔点很低，当电路发生短路或严重过载时，流过熔丝的电流过大就会自动烧断，切断电路，起到保护作用。

机床电器线路中，常用熔断器有 RC1 系列插入式熔断器、RL1 系列螺旋式熔断器（其外形见图 2-11）和 RLS 系列快速熔断器。它们的技术数据列于表 2-2、表 2-3。RLS 系列的熔断器有着高速熔断的特性，适宜保护可控硅元件。

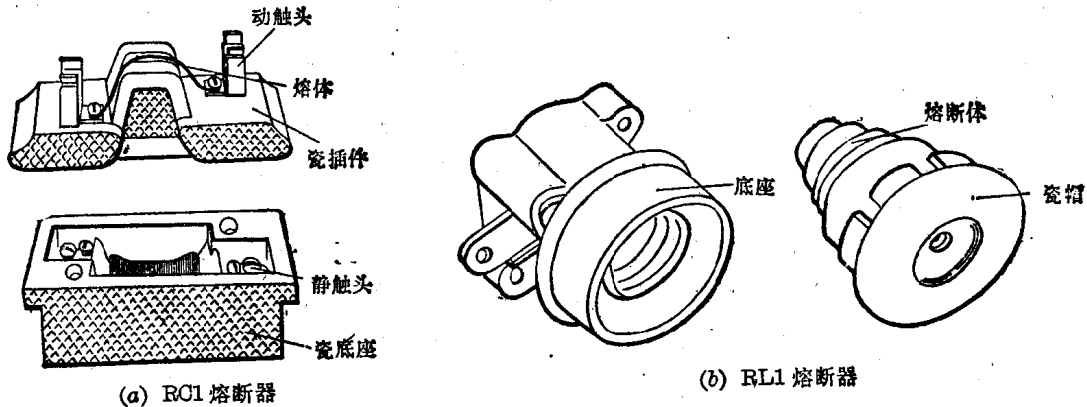


图 2-11 熔断器外形图

2. 熔断器的选用方法

熔丝的选择原则是电动机在额定电流正常工作时，保证熔丝不会熔断；电动机在启动时熔丝能经得住启动电流的冲击；在电动机过载时能保证熔断。

电动机的熔断丝一般按下式估算：

对一台电动机来说
$$I_n = (1.5 \sim 2.5) I_e$$