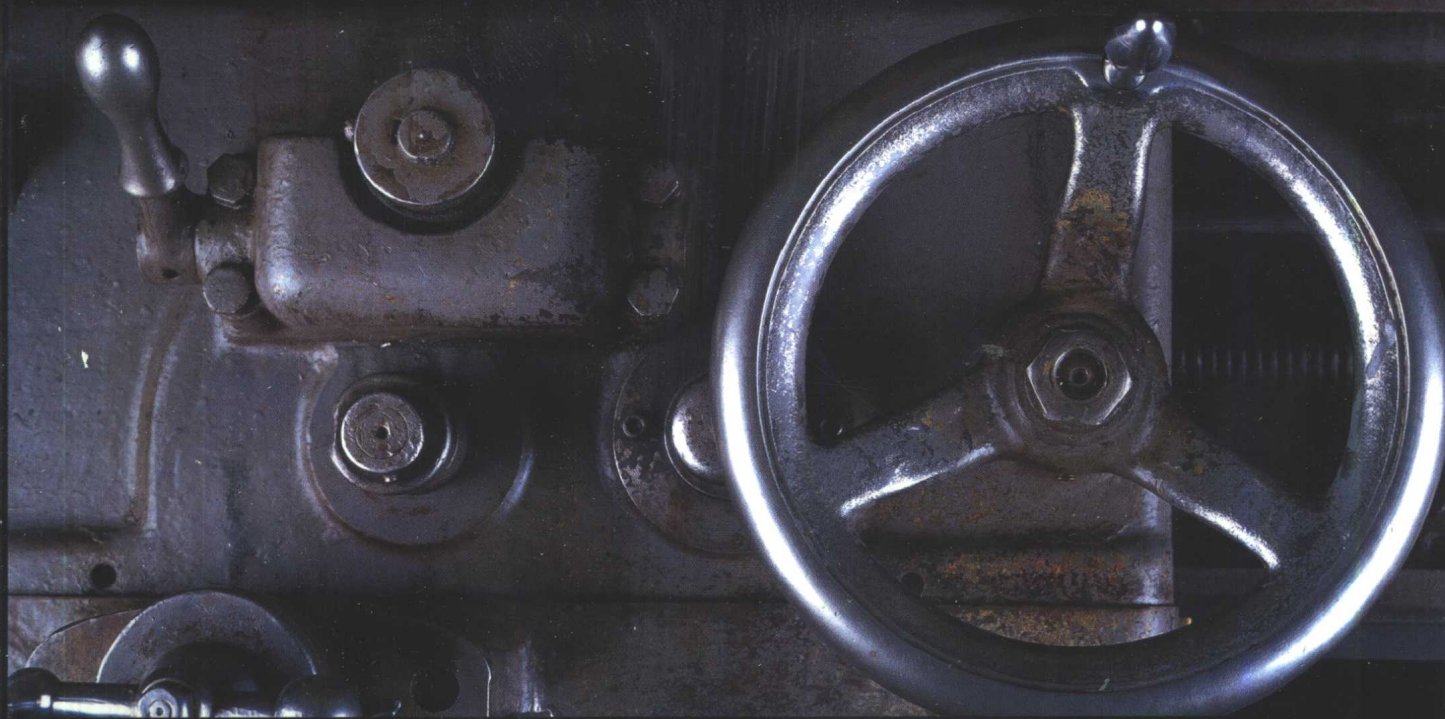


熊辜明 等 编著

机床电路 原理与维修



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

机床电路原理与维修

熊幸明 等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

机床电路原理与维修/熊辜明编著. - 北京:人民邮电出版社,2001.6
ISBN 7-115-06937-9

I.机... II.熊... III.①机床-控制电路-电路理论②机床-控制电路-维修
IV.TG502.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01093 号

内 容 简 介

本书以我国工厂、企业中常用的机床电气设备为典型,系统地介绍了各种机床电气控制线路的特点、工作原理、常见故障的分析与检查方法。主要有:组成机床电气控制线路的基本环节、机床电气设备故障检查方法;车床、镗床、钻床、磨床、铣床、龙门刨床、齿轮加工机床、数控机床等近 20 种不同类型机床的电路原理与维修方法。本书注重理论联系实际,注重分析问题和解决实际问题能力的培养,文字通俗易懂,深入浅出,实用性强。

本书适合于高中以上文化程度的工人阅读,可作为机床电气设备维修电工的培训教材和电气控制、机电、机制等专业的大中专学生的教学参考书,也可供从事机床电气设备设计与维修的工程技术人员参考。

机床电路原理与维修

◆ 编 著 熊辜明 等

责任编辑 姚予疆 邹文波

◆ 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 电子函件 315@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线:010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:18.75

字数:467 千字

2001 年 6 月第 1 版

印数:1-5 000 册

2001 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-06937-9/TN·1331

定价:25.00 元

前 言

机械制造业在我国的国民经济中具有极其重要的地位，在工业现代化过程中起着重大作用。金属切削机床是机械制造业的主要加工设备，其技术性能和完好率直接影响机械制造业的产品质量和劳动生产率。

面对工厂企业中大量的传统机床和新型自动化机床，而维护、使用的技术人员又严重不足，技术资料匮乏，一批加入这支队伍不久的年轻的维修人员急需培养提高。本书就是为具有高中以上文化程度或技校水平以上的、从事机床电路维修的工人、技术人员编写的，也可供从事相关专业的大中专教学人员参考。

全书共分九章，主要内容有：机床电气控制线路的基本环节及故障检查方法；车床、镗床、钻床、磨床、铣床、龙门刨床、齿轮加工机床、数控机床的电路原理与维修方法。本书注重理论联系实际，注意实用性和典型性，对 8 大类近 20 台常用机床的电路工作原理作了深入浅出的分析，对近 400 例常见电气故障的检查步骤和维修方法进行介绍，并力图起到举一反三、触类旁通的作用。

全书图形、文字符号均采用国家新标准。

本书由熊幸明主编。书中第一、三、四、六章由熊幸明撰写；第二章由唐齐礼和熊幸明合写(唐齐礼撰写第一、二节,熊幸明撰写第三节)；第五章由王子麓撰写；第七章由谢宪继撰写；第八章由张万奎撰写；第九章由朱有为撰写；熊伟民、邓亚平、一舟、舒民等同志为本书提供了部分资料和参与了资料整理工作。陈有卿教授审阅了全部书稿，并提出宝贵意见。中国电工技术学会电工标准化研究会原秘书长，高级工程师李辛对本书的编写给予了大力支持和帮助，在此一并谨致衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在错误或不妥之处，诚恳地欢迎读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 机床电气控制线路的基本环节及故障检查方法	1
第一节 三相交流异步电动机的典型控制线路.....	1
一、全压起动控制.....	1
二、降压起动控制.....	3
三、制动控制.....	5
四、调速控制.....	9
第二节 直流电动机的典型控制线路	20
一、起动控制	20
二、反转控制	22
三、制动控制	23
四、调速控制	24
第三节 机床电气线路故障的检查方法	27
一、电压测量法	28
二、电阻测量法	28
三、短接法	28
第二章 车床电路的原理与维修	30
第一节 C616 型普通车床	30
一、电气控制线路特点	30
二、电路工作原理	31
三、常见电气故障与维修	32
第二节 C650 型普通车床	34
一、电气控制线路特点	34
二、电路工作原理	35
三、常见电气故障与维修	37
第三节 C5225 型双柱立式车床	40
一、电气控制线路特点	40
二、电路工作原理	46
三、常见电气故障与维修	49
第三章 镗床电路的原理与维修	54
第一节 T68 型卧式镗床	54
一、电气控制线路特点	56
二、电路工作原理	57

三、常见电气故障与维修	58
第二节 T612 型卧式镗床	61
一、电气控制线路特点	63
二、电路工作原理	63
三、常见电气故障与维修	67
第四章 钻床电路的原理与维修	72
第一节 Z35 型摇臂钻床	72
一、电气控制线路特点	72
二、电路工作原理	74
三、常见电气故障与维修	76
第二节 Z3040 型系列摇臂钻床	79
一、电气控制线路特点	79
二、电路工作原理	82
三、常见电气故障与维修	83
第五章 磨床电路的原理与维修	89
第一节 电磁吸盘的原理与维修	90
一、电磁吸盘的原理	90
二、常见电磁盘电路原理与故障维修	91
第二节 M7140 型卧轴矩台平面磨床	94
一、电路工作原理	94
二、常见电气故障与维修	97
第三节 M7475B 型立轴圆台平面磨床	102
一、电路工作原理	102
二、常见电气故障与维修	111
三、晶闸管装置的调试	119
第四节 M1380 型外圆磨床	120
一、电路工作原理	120
二、常见电气故障与维修	133
三、晶闸管调速系统的调试	145
第六章 铣床电路的原理与维修	147
第一节 X62W 型万能铣床	147
一、电气控制线路特点	149
二、电路工作原理	151
三、常见电气故障与维修	154
第二节 XN2010 型龙门铣床	158
一、电气控制线路特点	159
二、电路工作原理	166

三、常见电气故障与维修	173
第七章 龙门刨床电路的原理与维修	181
第一节 龙门刨床的生产工艺和控制特点	181
一、龙门刨床的生产工艺及主要组成部分	181
二、龙门刨床的控制特点	182
第二节 电机放大机及自动调速系统	183
一、直流发电机——直流电动机调速系统	183
二、电机放大机的工作原理	185
三、电机放大机——直流发电机——电动机自动调速系统	187
第三节 A 系列龙门刨床电路原理	191
一、A 系列龙门刨床的主要电气设备	191
二、交流控制电路	193
三、主拖动系统及工作台控制电路	198
四、抬刀控制电路	205
第四节 A 系列龙门刨床的常见故障与维修	205
一、直流电动机的常见故障及维修	205
二、电动机组起动部分常见故障	207
三、工作台常见故障	208
四、工作台换向的常见故障	211
五、工作台停车的常见故障	212
第五节 利用晶闸管变流装置的龙门刨床拖动系统简介	214
一、采用一组晶闸管变流装置,利用接触器实现电动机的可逆运行	214
二、采用两组晶闸管变流装置的可逆系统	215
第八章 齿轮加工机床电路的原理与维修	218
第一节 齿轮加工机床的生产工艺和电路特点	218
一、齿轮加工机床的分类	218
二、齿轮加工机床的生产工艺	218
三、齿轮加工机床电路的特点	219
第二节 Y3180H 型滚齿机	220
一、电气控制线路特点	222
二、电路工作原理	224
三、常见电气故障与维修	224
第三节 YM5132 型插齿机	227
一、电气控制线路特点	229
二、电路工作原理	232
三、常见电气故障与维修	233
第四节 Y4632A 型珩齿机	236
一、电气控制线路特点	237

二、电路工作原理	240
三、常见电气故障与维修	241
第九章 数控机床的电气原理与维修	246
第一节 数控机床的组成、原理和分类简介	246
一、数控机床的组成原理	246
二、数控机床的分类	248
三、数控机床维修所需设备、工具	250
第二节 数控机床的伺服系统	251
一、数控机床的伺服系统简介	251
二、伺服系统的控制原理和主要线路的介绍	252
三、数控机床进给速度调节放大单元电路分析	258
第三节 数控机床的预防性维修	266
第四节 数控机床故障诊断与维修	268
一、数控机床故障分布和分类	268
二、数控机床故障诊断过程和方法	269
三、数控系统常见故障诊断与维修	274
四、进给伺服系统故障分析及其排除方法	277
五、数控机床故障检查步骤	279
六、数控机床所受干扰及其预防措施	280
第五节 数控机床维修实例	282
一、SIEMENS 系统维修实例	282
二、FANUC 系统维修实例	284
三、A900 系统维修实例	289
参考文献	291

第一章 机床电气控制线路的基本环节及故障检查方法

各种机床和机械设备的电气自动控制线路是不相同的，要准确而迅速地排除机床电气控制线路的故障，必须熟悉它的工作原理。对每台机床而言，不论其控制线路多么复杂，总是由若干个基本控制环节组成的，每个基本环节起着不同的控制作用。我们在分析判断机床电气控制线路的故障时，一般都是从基本控制环节入手，因此，掌握机床电气控制线路基本环节对分析机床电气控制线路的工作原理和设备维修具有很大帮助。本章主要介绍在机床上应用广泛的三相交流异步电动机、直流电动机的起动、运行、调速及制动的基本控制线路。同时，对机床电气线路故障的几种检查方法作了介绍。

第一节 三相交流异步电动机的典型控制线路

三相交流异步电动机由于其结构简单、价格便宜、坚固耐用等一系列优点在机床中获得广泛的应用，其控制线路大都由继电器、接触器、按钮等有触点电器组成。它的控制部分分为起动、制动、调速等，其中起动又分为全压起动和降压起动，下面分别进行叙述。

一、全压起动控制

对于小容量的电动机，只要接上电源就可直接起动，这种控制方式称为全压起动控制。这里取最常用的两种线路进行分析。

1. 按钮和接触器联锁正、反转

按钮和接触器复合联锁正、反转控制线路如图 1-1 所示。由于其操作方便，安全可靠，在机床电力拖动设备中常用，如 Z35 型摇臂钻床立柱松紧电动机的电气控制线路和 X62W 型万能铣床的主轴反接制动控制均采用了这种控制线路。

线路动作原理如下：

合上 QS；

正转控制：



反转控制：

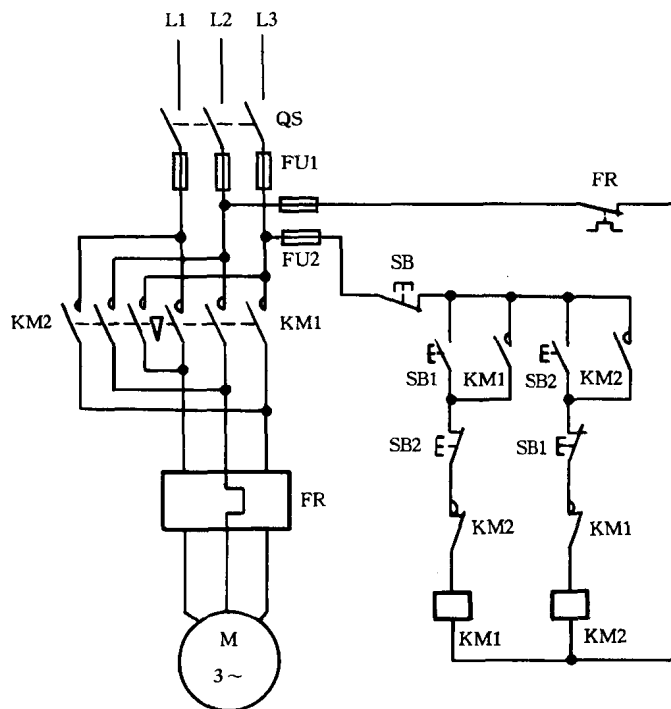
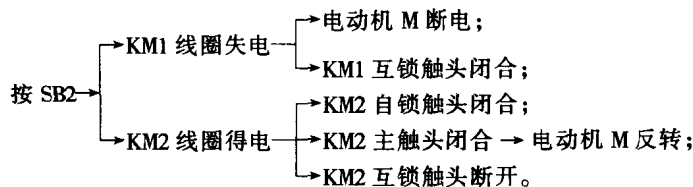


图 1-1 按钮和接触器复合联锁控制线路

由于采用了按钮互锁，需要改变电动机转向时，直接按正转按钮 SB1 或反转按钮 SB2 就可实现。同时，按钮和接触器的复合联锁保证了任何情况下都只能有一个接触器线圈得电，不会产生短路故障。

2. 行程开关控制的正、反转

有些机床，如龙门刨床、万能铣床的工作台要求在一定距离内能自动往返循环，实现对工件的连续加工，常采用图 1-2 所示的行程开关控制的正、反转线路。

为了使电动机的正、反转控制与工作台的前进、后退运动相配合，控制线路中设置了四个行程开关：SQ1、SQ2、SQ3、SQ4，按要求安装在固定的位置上。当工作台运动到限位之处，行程开关动作，自动换接电动机正、反转控制电路，通过机械传动机构使工作台自动往返运动。

按下前进起动按钮 SB1，接触器 KM1 得电动作并自锁，电动机 M 正转使工作台前进。当运行到 SQ2 位置时，撞块压下 SQ2，其动断触点使 KM1 断电，动合触点闭合使 KM2 得电动作并自锁，电动机 M 反转，带动工作台后退。当撞块又压下 SQ1 时，KM2 断电，KM1 又得电动作，电动机 M 正转，带动工作台前进，如此循环往复。

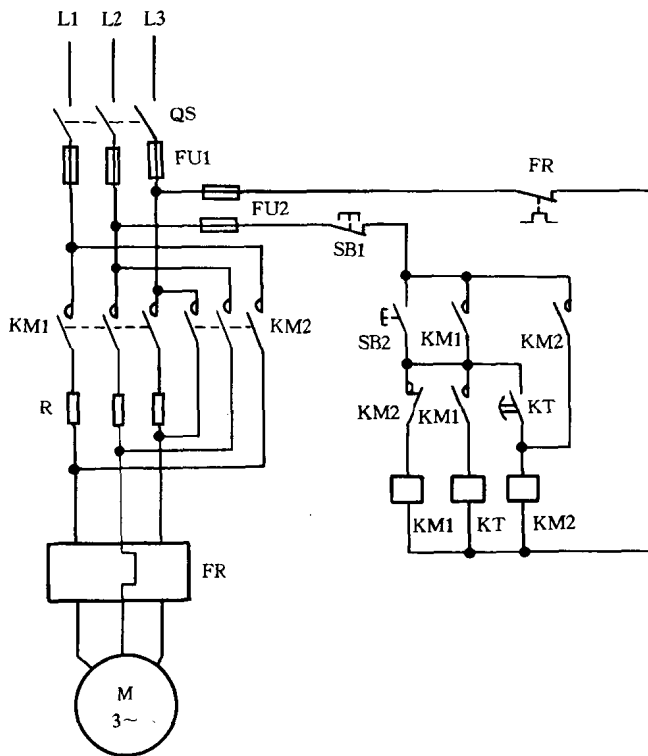


图 1-3 电动机定子串电阻降压起动控制线路

- KM2 自锁触头闭合；
- KM2 主触头闭合(短接电阻 R) → 电动机全压运行；
- KM2 常闭触头断开 → KM1、KT 线圈断电释放。

起动电阻一般采用 ZX1、ZX2 系列铸铁电阻，功率大，能够通过较大电流，三相所串电阻值是相等的。

2. 星形(Y)—三角形(Δ)降压起动

这种起动方法只适用于正常工作时定子绕组作三角形联接的电动机。起动时先把它联接成星形，起动完再恢复成三角形。这种降压起动方法简单经济，机床上使用较多。其控制线路如图 1-4 所示。

控制线路动作原理如下：

合上 QS；

- 按 SB2 → KM1 线圈得电 → KM1 自锁触头闭合；
- KM_Y 线圈得电，主触头闭合 → 电动机 M 星形起动；
- KM1 主触头闭合 → 电动机 M 星形起动；
- KT 线圈得电 → 延时 → KM_Y 线圈断电；
- KM Δ 线圈得电 → 电动机 M 接成三角形运行。
- KM1 线圈仍得电

KM Δ 与 KM_Y 的动断触点保证接触器 KM Δ 与 KM_Y 不能同时得电，避免电源短路。KM Δ 的动断触点同时使时间继电器 KT 断电。

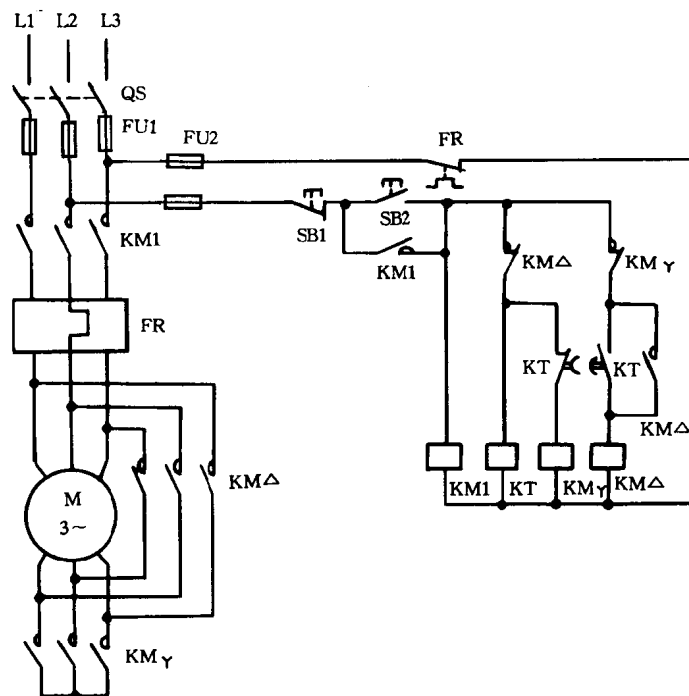


图 1-4 星形(Y)—三角形(Δ)降压起动控制线路

三、制动控制

当电动机的定子绕组断电后,电动机不能马上停转。而很多机床,如万能铣床、卧式镗床、组合机床等,都要求能迅速停车和准确定位,这就要求对电动机进行制动,强迫其立即停车。机床上常用的制动方式有反接制动和能耗制动,回馈制动也有应用。下面分别进行介绍:

1. 反接制动

反接制动的实质是改变异步电动机定子绕组中的三相电源相序,产生与转子转动方向相反的转矩,迫使电动机迅速停转。由于反接制动时旋转磁场的相对速度很大,制动力矩大,制动效果显著。但对传动部件的冲击也较大,能量消耗大,只适用于不太经常起、制动的设备,如铣床、镗床、中型车床主轴等的制动。

(1) 单向起动反接制动控制

单向运行的反接制动控制线路如图 1-5 所示。

线路工作过程如下:

合上电源开关 QS;

接 SB2 → KM1 线圈得电 → KM1 自锁触头闭合;
→ KM1 互锁触头断开;
→ KM1 主触头闭合 → 电动机 M 正转运行, KR 常开触点闭合。

按 SB1 → KM1 线圈断电;
→ KM2 线圈得电 → KM2 自锁触头闭合;
→ KM2 互锁触头断开;
→ KM2 主触头闭合,串入电阻 R 反接制动。电动机转速

$n \approx 0$ 时, KR 复位 → KM2 断电,制动结束。

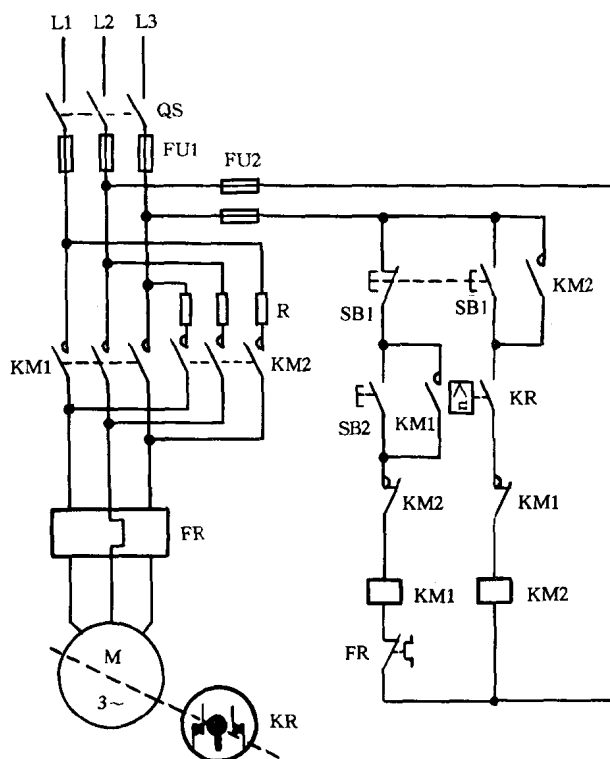


图 1-5 单向运行反接制动控制线路

显然，速度继电器 KR 在控制中起着十分重要的作用，利用它来“判断”电动机的停与转。在结构上，速度继电器的转子与电动机同轴连接，电动机转动时，速度继电器常开触点闭合，电动机停止时，其常开触点打开。

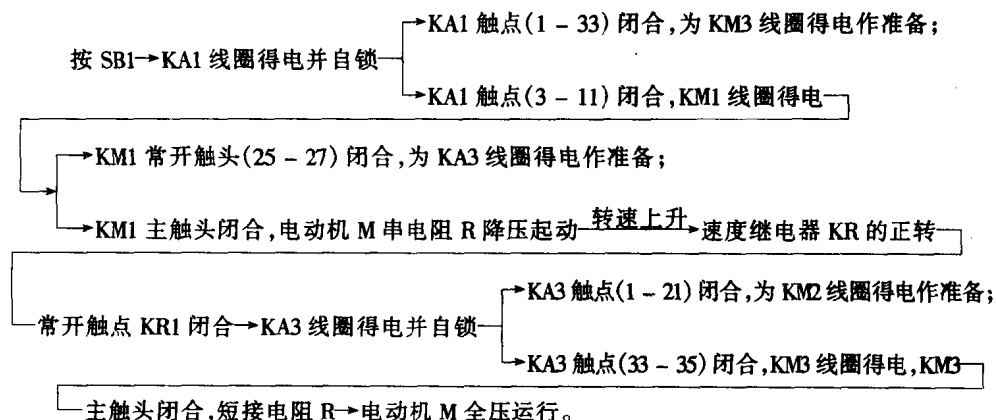
(2) 双向起动反接制动控制

双向起动反接制动控制线路如图 1-6 所示。

线路动作原理如下：

先合上开关 QS；

① 正转起动过程：



② 停车制动过程：

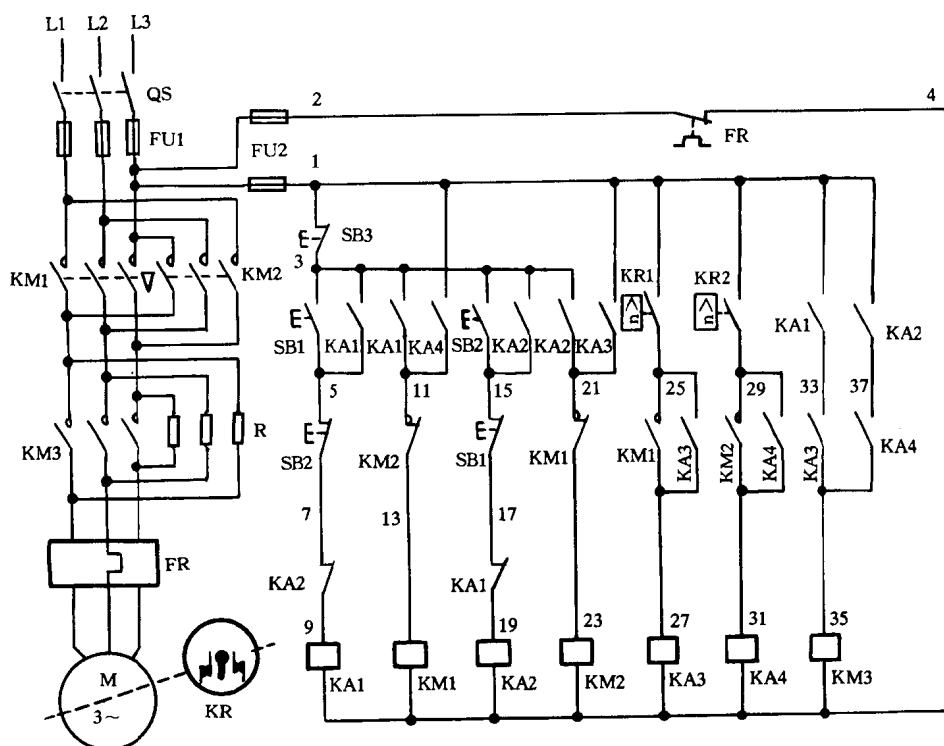
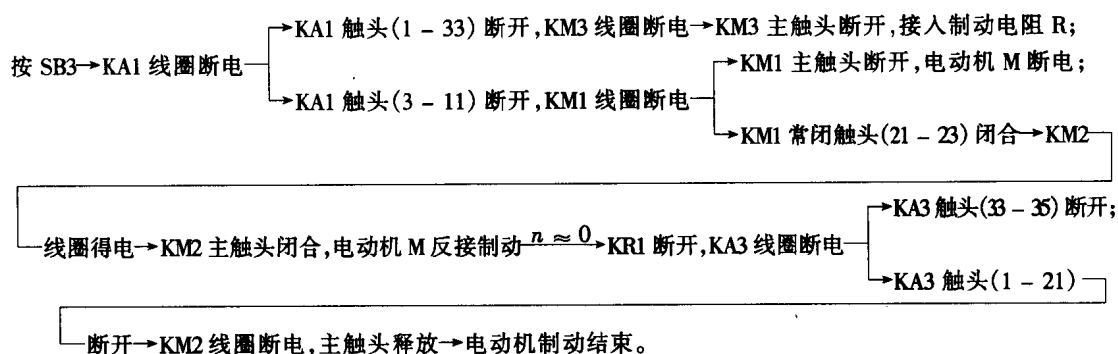


图 1-6 双向起动反接制动控制线路



相反方向的起动和制动原理与前面相同，只是起动时按的是反转起动按钮 SB2，通过 KA2 接通 KM2，将三相电源反接，电动机反向起动。停车时，通过速度继电器 KR 的反转常开触头 KR2 及继电器 KA4 控制反接制动过程的完成。

该线路用了三个接触器、四个中间继电器和一个速度继电器，电路较复杂，但运行安全可靠、操作方便。电阻 R 既能限制反接制动电流又能限制起动电流，有效地减小了电动机起、制动对电网的冲击。这种电路在机床上时有应用，如 C650 型车床主电机的正、反向起动与反接制动控制线路与此类似，只是少用了三个中间继电器，因而起动时没有降压起动作用。

2. 能耗制动

能耗制动是在运行中的三相异步电动机要停车时，在切除交流电源的同时，将一直流电

源接入电动机定子绕组中的任意两相。当电动机转速为零时，再切除直流电源。控制线路就是为实现这一要求来设计的，如图 1-7 所示。

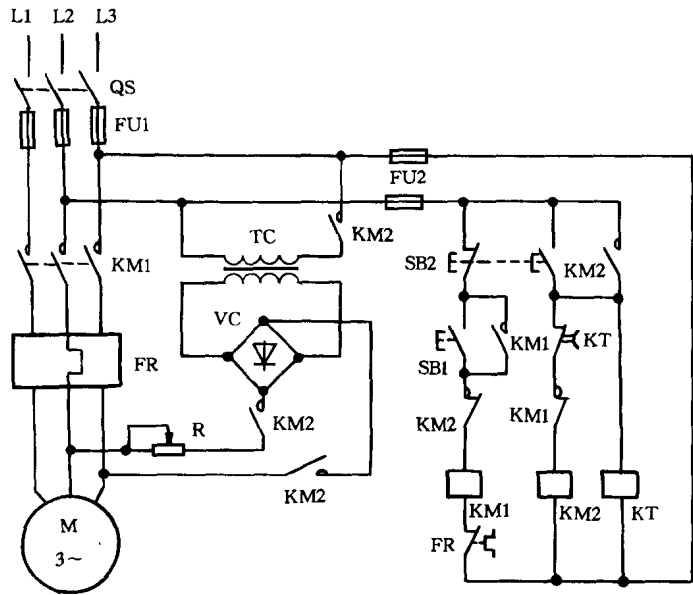


图 1-7 能耗制动控制线路

图中整流装置由变压器和整流元件组成，提供制动用直流电。KM2 为制动用接触器；KT 为时间继电器，控制制动时间的长短。线路工作过程如下：

先合上开关 QS；

(1) 起动过程

按 SB1→KM1 线圈得电并自锁

- KM1 常闭辅助触头断开联锁；
- KM1 主触头闭合→电动机 M 起动运行。

(2) 制动停车过程

按 SB2

- KM1 线圈断电
- KM2 线圈得电→KM2 主触头闭合→电动机能耗制动；
- KT 线圈得电→KT 常闭触头延时断开→KM2 线圈断电→KM2 主触头断开切断

电动机直流电源，制动结束。

能耗制动的实质是把转子储存的机械能转变成电能，又消耗在转子的制动上。显然，制动作用的强弱与通入直流电流的大小和电动机转速有关，调节可调电阻 R，可调节制动电流的大小，从而调节制动强度。相对反接制动方式，它的制动准确、平稳，能量消耗较小，一般用于要求制动平稳准确的设备，在磨床、龙门刨床等的控制线路中用得较多。

3. 回馈制动

回馈制动又叫再生发电制动，只适用于电动机转子转速 n 高于同步转速 n_1 的场合。

在电动机工作过程中，由于工作条件的变化，可使电动机的转速 n 超过定子绕组旋转磁场的同步转速 n_1 。起重机从高处下降重物时就是一例，如图 1-8 所示。

图中电动机的转子转速 n 与定子的旋转磁场的旋转方向相同，且转子转速比旋转磁场的转速高，即 $n > n_1$ 。这时转子绕组切割旋转磁场，产生的感应电流的方向与原来电动机状态时相反，则电磁转矩方向也与转子旋转方向相反，电磁转矩变为制动转矩，使重物不致下降太快。这种制动方式能把电动机储存的能量(此处包含重物的势能)转换为电能反馈给电网。所以经济效果好，不足之处是应用范围较窄。

又如变极调速电动机(如 T68 型卧式镗床的主电动机)，当电动机由两极($n_1 = 3000\text{r/min}$)变为四极($n_1 = 1500\text{r/min}$)时，定子的同步转速变为 1500r/min ，而转子由于惯性仍以原来的转速 3000r/min 旋转，这时 $n > n_1$ ，电动机变为发电机运行，产生发电制动作用。

四、调速控制

异步电动机的调速方法主要有下面几种：改变定子绕组联接方式的变极调速、改变转子电路中串联电阻调速、变频调速和串级调速等。其中改变转子电路串联电阻调速方法只适用于绕线式异步电动机。变频调速和串级调速由于控制线路复杂，尚未普遍应用。这里主要介绍改变鼠笼式异步电动机极对数的调速方法、近年来发展较快的电磁调速异步电动机的调速方法。同时，对变频调速技术也作简单介绍。

1. 变极调速控制

有些机床，为了得到较宽的调速范围，采用了双速电动机。如 T68 型卧式镗床的主轴电动机、YM5132 型插齿机的刀具电动机以及车床、铣床、磨床等机床中均有应用。少数机床也有使用三速和四速电动机的，其原理和控制方法基本相同。这里以双速异步电动机为例进行分析。

(1) 双速异步电动机定子绕组的联接

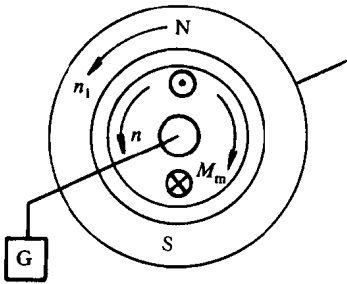


图 1-8 回馈制动原理示意图

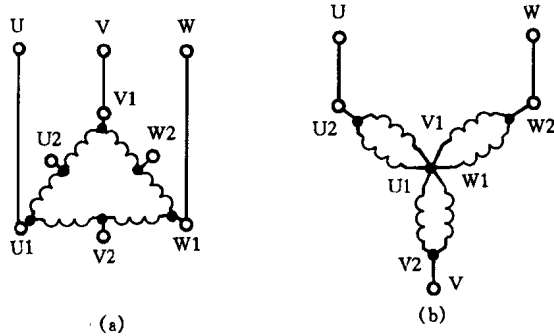


图 1-9 双速异步电动机三相定子绕组 Δ / YY 接线图

图 1-9 为双速异步电动机三相定子绕组 Δ / YY 接线图。其中图 1-9(a)为三角形联接，图 1-9(b)为双星形联接。转速的改变是通过改变定子绕组的联接方式，从而改变磁极对数来实现的，故称为变极调速。在图 1-9(a)中，出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 接电源， U_2 、 V_2 、 W_2 端子悬空，绕组为三角形接法，每相绕组中两个线圈串联，成四个极，磁极对数 $P = 2$ ，其同步转速 $n = \frac{60f}{P} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500\text{r/min}$ ，电动机为低速；在图 1-9(b)中，出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 短接，而 U_2 、 V_2 、 W_2 接电源，绕组为双星形联接，每相绕组中两个线圈并联，成两个极，磁极对