

高等学校试用教材

机床电气自动控制

东北重型机械学院齐占庆 主编

机械工业出版社

高等学校试用教材

机床电气自动控制

东北重型机械学院 齐占庆 主编



机械工业出版社

机床电气自动控制

东北重型机械学院齐占庆 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $17 \frac{3}{4}$ · 插页 1 · 字数 448 千字

1980 年 7 月北京第一版 · 1980 年 7 月北京第一次印刷

印数 00,001—19,000 · 定价 1.90 元

*

统一书号: 15033 · 4841

前 言

《机床电气自动控制》一书，是根据1978年4月高等学校一机部对口专业座谈会的精神和机械制造工艺与设备专业会议通过的“机床电气自动控制教材编写大纲”而编写的。全书分两篇共十章，主要内容有：机床电气控制线路的典型环节及典型机床电气控制线路分析、机床电气控制线路的一般设计方法及电气元件的选择、机床的可控硅直流调速系统、机床数控装置的基本原理及其组成、数控机床的程序编制以及顺序控制器的基本原理等。

在教材的编写过程中，既注意了反映我国机床电气控制的现状，也注意了机床控制新技术发展的需要，同时也力求写得适合机制专业学习“电气控制”的特点。在教材的内容上，不但注意了基础理论，而且注意了理论和实际相结合，以适应机制专业学习的要求。

考虑到各院校的具体情况不尽相同，本书编写了部分“选用内容”，并以章、节号前冠加“*”号标出，各校可视具体要求自行决定讲授与否。

本书由东北重型机械学院工业电气自动化教研室齐占庆同志主编，谢绪强同志协编。其中第一、二、三、四、五、十章由齐占庆同志编写，第七、八、九章由谢绪强同志编写，第六章由谢绪强、王守宇合写。

本书由内蒙古工学院工业电气自动化教研室徐云程同志主审，同时征求了有关院校的意见。在定稿过程中得到了一机部教编室高文龙同志认真地审阅。在编写过程中，东北重型机械学院臧瀛芝副教授、宋维公以及齐广学、刘彦民等同志审阅了初稿，并提出了许多宝贵建议，哈尔滨工业大学、大连工学院、沈阳机电学院、甘肃工业大学、北京机床研究所、大连组合机床研究所等单位，对本书的编写工作给予了热情支持，提供了方便。在此一并表示衷心感谢。

本书除作为机制专业“机床电气自动控制”课程的教材外，也可供其它有关专业师生，以及从事电气方面工作的技术人员、工人参考。

由于编者思想、业务水平有限，加之编写时间仓促，本书不妥之处必定不少，敬请读者批评指正。

1979年7月

目 录

第一篇 机床的电气控制

第一章 绪 论	1
§ 1-1 机床电气控制发展概况	1
§ 1-2 机床电气自动控制的基本概念	3
第二章 机床基本电器控制线路	5
§ 2-1 电器控制线路的表示符号和电气原理图的画法	5
§ 2-2 异步电动机的起动控制线路	6
§ 2-3 异步电动机正反转控制线路	9
§ 2-4 异步电动机制动控制线路	11
§ 2-5 电器控制线路的其它典型环节	13
第三章 典型机床电气控制线路分析	18
§ 3-1 普通车床的电气控制线路	18
* § 3-2 钻床电气控制线路	23
§ 3-3 T 68 型卧式镗床的电气控制线路	25
§ 3-4 X 62W 型万能升降台铣床电气控制线路	29
§ 3-5 组合机床电气控制线路	37
* 一、组合机床控制电路的基本控制环节	37
二、组合机床通用部件的控制线路	39
三、DU 型组合机床控制线路	45
第四章 直流调速控制系统	48
§ 4-1 机床电力拖动的速度调整	48
§ 4-2 反馈控制的基本概念	54
§ 4-3 转速负反馈自动调速系统	56
§ 4-4 电压负反馈环节、电压负反馈和电流正反馈环节在自动调速系统中的应用	61
§ 4-5 电流截止负反馈在自动调速系统中的应用	62
* § 4-6 采用调节器的自动调速系统	64
§ 4-7 可控硅-电动机直流调速系统举例	70
第五章 机床电气控制线路的设计与电气元件的选择	78
§ 5-1 机床电气设计的一般内容	78
* § 5-2 机床用电动机的容量选择	80
§ 5-3 机床继电器控制线路的设计	82
§ 5-4 机床常用电器选择	85
§ 5-5 机床电气控制线路设计举例	91
附录	97
1-1 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB 312-64)	97
1-2 电工设备文字符号 (摘自 GB 315-64)	103
1-3 常用电器主要型号规格	104

1-4 BK 系列控制变压器	110
1-5 电动机起停、保护电器表	110
1-6 JCB 系列油泵电动机起停、保护电器表	114

第二篇 机床的数字控制

第六章 机床的数字控制基础	115
§ 6-1 数控机床概述	115
* § 6-2 基本逻辑单元和逻辑部件	122
§ 6-3 基本数学运算及其实现	130
第七章 插补原理及程序编制	141
§ 7-1 逐点比较法插补原理	141
* § 7-2 脉冲数字乘法器和数字积分器式插补原理	149
§ 7-3 程序编制	160
一、人工编程	160
* 二、自动编程	167
第八章 机床的数控装置	176
§ 8-1 输入及输入装置	176
一、纸带的读入及输入寄存器	176
二、奇偶校验与译码	178
三、输入控制	186
* 四、光电输入机与拨码开关	186
§ 8-2 控制器	187
§ 8-3 运算器	195
§ 8-4 输出及伺服执行元件	201
* § 8-5 位置检测装置	205
第九章 数控机床实例	212
* § 9-1 JSKC-6140 简易数控车床	212
§ 9-2 SKC-630 简易数控车床	223
第十章 顺序控制器	235
§ 10-1 概述	235
§ 10-2 逻辑组合式顺序控制器	238
§ 10-3 步进式顺序控制器	251
一、步进控制方式的引出	251
二、步进式顺序控制器的基本工作原理	252
* 三、多功能顺序控制器及分级控制	257
四、步进式顺序控制器的程序编制	257
* § 10-4 可编程序逻辑控制器	260
* § 10-5 P150 型通用顺序控制器	265
附录	272
2-1 二进制逻辑电路图形符号 (SJ 1223-77)	272
2-2 G (准备) 功能代码 (ISO 标准)	277
2-3 M (辅助) 功能代码 (ISO 标准)	278

第一篇 机床的电气控制

第一章 绪 论

§ 1-1 机床电气控制发展概况

一切部门的生产机械设备，绝大多数是由机床加工而成的，因此说机床是机械制造业中的主要加工设备。机床的质量、数量及自动化水平，都直接影响到整个机械工业的发展。机床的自动化水平对提高生产率、提高产品质量、减轻体力劳动等方面都起到极为重要的作用。

机床的电气自动控制对于现代机床的发展有着非常重要的作用。从广义上说，现代机床电气自动控制的重要标志是：自动调节技术、电子技术、计算技术、综合控制技术在机床中的应用。虽然目前机床使用各种不同的动力设备，如液压装置、气压装置及电气设备等，但其中电气设备使用最广泛，是最主要的动力设备。即使使用液压或气压装置做动力，也离不开电气控制，因此说机床自动化水平，电气自动控制装置是它的重要标志。

机床的拖动装置发展迅速，变革很大。二十世纪初由于电动机的出现，使机床的动力得到了根本的改变。最初是由电动机直接代替蒸汽机，是由一台电动机拖动一组若干台机床，称为成组拖动。

成组拖动是通过中间机构（天轴）实现能量分配与传递的，机构复杂，传递路径长，损耗大，生产灵活性也小，不适于现代化生产的需要。二十世纪二十年代，出现了单独拖动形式，即由一台电动机拖动一台机床。

由于生产发展的需要，机床结构上的改变，床体的增大，尤其是运动相应的增多，这样各种辅助运动也由一台电动机拖动，其机械传动机构就变成十分复杂，而且满足不了生产工艺上的要求，因此出现由多台电动机分别拖动各运动机构的多电机拖动。

多电机拖动被采用后，不但简化了机床本身的机械结构，提高了传动效率，而且使机床各运动部分能够选择最合理的运动速度，缩短了工时，也便于分别控制，促进了机床的自动化。

由于直流调速性能好，调速范围可相应的扩大，调速精度高，调速平滑性强，在二十世纪三十年代出现直流发电机-电动机组的调速系统，以及通过电机放大机等元件实现控制的自动调速系统。由于可控硅等大功率整流元件的出现，变流技术的发展，可控硅-电动机直流调速系统，在新生产的机床中，已越来越多的被采用。

在机床电气控制方面，最初是采用手动控制，后来除了少数容量小，动作单一的机床（如小型台钻，砂轮机），使用手动控制电器外，多采用了继电器-接触器的自动控制方式。这种控制方式，可以实现对机床各种运动的控制，如起动、停止、反转、改变速度等等。它控制方法简单直接、工作稳定、成本低，能在一定范围内适应单机和生产自动线的需要。

但继电器接触器控制系统，由于它的固定接线，使用的单一性，即一台控制装置只能针对

某一个一种固定程序的设备，一旦工艺程序有所变动，就得重新配线。满足不了对程序经常改变，控制要求比较复杂系统的需要。

多年来，一种新型的控制装置——顺序控制器，得到迅速发展，它通过编码，逻辑组合来改变程序，实现对程序需要经常变动的控制要求。使机床控制系统具有更大的灵活性和通用性。它的主要特点是：通用性强，程序可变，编程容易，可靠性较高，使用维护方便。它在机械制造业的应用，提高了机床自动化水平。

由于二十年来电子技术、计算技术、现代工程控制理论、精密测量及机床结构设计各领域的最新技术的发展，推动了机床技术的新发展。数控机床就是应用上述各领域新技术而发展起来的一种自动化程度很高的新型机床。又由于现代尖端技术发展的结果，各种半导体器件、精密仪器、光学器械及控制装置对加工精度要求越来越高。因此继续提高机床的加工精度，也是当前机床发展的重要问题。目前正在发展以原子直径为单位的微细加工，也叫超精度加工。这种加工技术开辟了新的加工领域，如激光加工，化学加工、电子束加工等，这样又扩大了机床的范畴。对自动控制系统的的功能要求也越来越高，用计算技术控制自动化生产中的加工精度是一项有发展前途的课题。

现代数控机床经过二十多年的迅速发展，品种日益增多。从品种发展趋势上看有两个方面：一个是强调机床有“万能性”，来适应较广泛的加工要求；另一个是强调机床的专门化，目标是针对一定的加工范围，尽可能提高生产效率，即发展专用性的通用数控机床。目前后一种的发展趋势越来越大。

现代机床技术从“现代工程控制论”和“计算技术”中吸取了大量成果，从而发展了自动设计、自动管理、自动诊断、自动换刀、自动传送、工业机器人等机床自动化手段，使机床自动化技术，进一步提高到逐步代替人在生产中的部分脑力劳动的阶段。

在一般数控机床的基础上，加工中心机床近年来有了很大发展。它的特点是，有一套自动换刀装置，控制系统能控制机床自动更换刀具，连续地对各个加工面自动地完成铣削、镗削、铰孔及攻丝等多工序加工。因此它又叫多工序自动换刀数控机床。它改变了过去小批量生产中一人、一机、一刀的局面，而把许多相关的分散工序集中在一起，形成一个以工件为中心的多工序自动加工机床。

近年来又出现所谓加工过程最佳化控制方式。“最佳化”泛指人通过思维决定方案的 过程也交给机器自动完成。由于计算机的快速运算能力，能对瞬息万变的生产过程，如金属材料硬度不同，工件在切削过程变形等及时做出合理的反应。控制系统能根据变化的情况自动校正某些工艺参数，适应每个加工过程的情况。所以对改进产品质量、提高生产效率，都能收到良好的效果。

自适应数控机床，就是一种按照加工过程所发生的变化，自动调整到最佳切削条件的一种数控机床。自适应数控机床在工业先进国家 1968 年就有了正式产品，现已有自适应数控车床、铣床、磨床、钻床及电加工机床等。自适应控制机床，在正确使用条件下，它是提高机械加工效率的有效手段。

普通数控装置的控制逻辑是由固定接线的硬件结构实现的。其逻辑功能是固定的。用计算机代替数控装置的逻辑电路去完成数控功能，就是所谓的计算机数控（CNC）。计算机具有的数控功能，是由“控制程序”决定的，对不同的要求，只要改变一下“控制程序”即可。由于微处理器、微型计算机的出现，计算机成本大大降低。因此在工业发达的国家所生产的

数控装置大部分都是计算机数控了。

计算机数控发展的同时,计算机群控系统也在发展。由一台过程计算机直接控制几台、几十台,甚至上百台的数控机床,这就是“计算机群控系统”,也叫做直接数控系统(DNC)。

自动化的进一步发展,是联接生产中各个环节,实现传送各种物质材料的自动化。这就是把一群数控机床用自动传送连结起来,并在计算机统一控制之下形成一个管理和制造相结合的生产整体,就是所谓计算机群控自动线。国外也叫柔性制造系统(FMS)。

计算机群控自动线进一步发展,就是探讨使整个生产达到全自动化,实现无人自动化工厂,也就是所谓“系统工程学”在机械制造中的应用。近年来工业发达的国家,已完成无人自动化工厂的模型设计,设计制定了基本原理、功能、结构、辅助系统等,并已开始制做,将陆续投产。

综上所述,提高机床加工精度、生产效率都与数控装置的控制能力及控制系统的形式密切相关。特别是在计算技术的推动下,生产过程自动化程度迅速提高,逐渐把过去分散工作的单元紧密地结合在一起,向着综合自动化方向发展,是机械制造业应考虑的问题。

§ 1-2 机床电气自动控制的基本概念

生产机械一般说来是由三个基本部分组成,即工作机构、传动机构及原动机。当原动机为电动机时,也就是说,由电动机通过传动机构带动工作机构进行工作时,这种拖动方式就叫做电力拖动。

一般说来,电力拖动系统是指将电能转换成机械能,能使机器动作的电动机、电器线路(或其它控制装置)以及使电动机和机床运动部件相互联系的传动机构。它可分为两部分:

- 1) 电力拖动部分(包括电动机以及使电动机和机床相互联系起来的传动机构);
- 2) 电气自动控制部分。

从图 1-1 及图 1-2 示意图中,清楚的看出普通车床及数控机床电力拖动系统的两大部分。

我们总是把电动机以及与电动机有关联的传动机构合并一起视为“电力拖动”部分;把为了满足加工工艺要求使电动机起动、制动、

反向、调速等自动控制和电气操纵部分视为“电气自动控制”部分,或称电气自动控制装置。

机床电气自动控制,是采用各种自动控制元件、自动装置,对机床进行自动操纵,包括自动起动、制动、正反向、调速、自动调节转速,自动维持功率或转矩恒定,按给定程序或事先不知道的规律改变速度、改变转向和工作机构位置,以及工作循环自动化等等。由于数控技术的发展,电子计算机和微处理器的应用,使机床电气自动控制发展到一个新的水平,

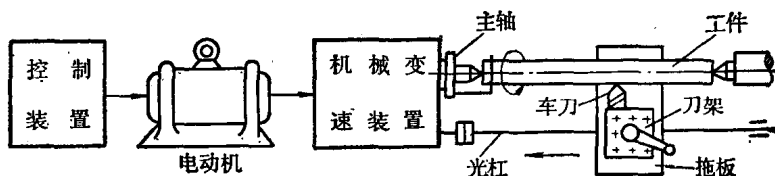


图1-1 普通车床加工示意图

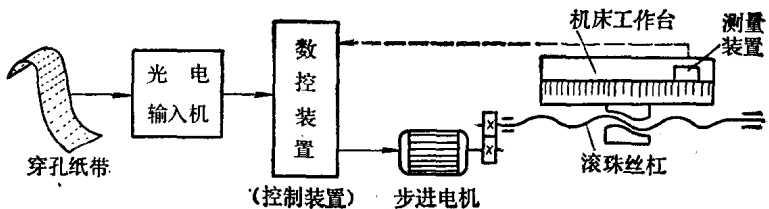


图1-2 数控机床工作示意图

向着生产过程自动化方向发展。应用计算机可以不断地整理大规模复杂生产过程中的大量数据，并且计算出最佳运行参数，通过控制装置及时的调整各运动部件，使之保持在最合理的运行状态，因而能够高速度，高质量地进行加工。

各类机床采用自动控制技术后，操作者只要按电钮、旋转手柄或者发出加工指令，就能使设备进行工作，而且可以无须操作者参与生产过程的工作，设备就能按预先规定好的加工程序进行加工。

机床电气自动控制系统类型很多，主要有继电器-接触器控制系统，电机放大机控制的直流调速系统，可控硅-电动机直流调速系统，数字控制系统，计算机群控系统等。

《机床电气自动控制》课程，就是研究解决机床的电气控制有关问题，阐述机床电气控制原理（包括数控原理）、具体控制线路、数控装置，及其在具体控制系统中的应用。电气自动控制在机床各种类型控制系统中占主导地位，因此对机制专业及机床设计人员来说应该掌握机床电气控制的基本原理和方法。

第二章 机床基本电器控制线路

机床和一般生产机械都是由电动机来拖动的，电动机是通过某种自动控制方式来进行控制的。在普通机床中多数都由继电接触器控制方式来实现其控制的。尤其是由三相异步电动机拖动的交流拖动系统更是如此。

电器控制线路是由各种有触点的接触器、各种继电器、按钮、行程开关等组成的控制线路。

电器控制线路的作用是实现电力拖动系统的启动、反向、制动和调速等运行性能的控制，实现对拖动系统的保护，满足生产工艺要求实现生产加工自动化。各种机床的加工对象和生产工艺要求不同，电器控制线路就不同。有比较简单的，也有相当复杂的。但任何复杂的电器控制线路，也都是由一些比较简单的基本环节按着需要组合而成的。这一章就是介绍电器控制线路的基本环节。

§ 2-1 电器控制线路的表示符号和电气原理图的画法

在电力拖动自动控制系统中，包括各种元件，如继电器、接触器、电阻器、半导体器件、电机等，它们都是按一定方式联接起来的。每个元件又由许多部件组成，如接触器包括主触点、辅助触点、吸引线圈等。

为了便于设计、研究分析、安装和使用控制线路，必须使用统一的符号、文字和统一画法的图来表示它们。

为了查找方便在第一篇后附有统一标准的电工设备图形符号。

绘制电气原理图，一般按下面的规则：

1. 电气线路分主电路和控制电路（在电器控制线路中也叫辅助电路）两部分。主回路以粗线绘出。如电动机、起动电器、以及与它们相连接的接触器的触点所形成的线路叫

主电路；控制电路以细线绘出。除主回路以外的线路，如继电器、接触器的线圈，辅助触点及其它控制电器元件所连接的线路叫控制线路。图 2-1 是 C 620 普通车床控制线路图，粗线部分为主回路，细线部分为控制回路。

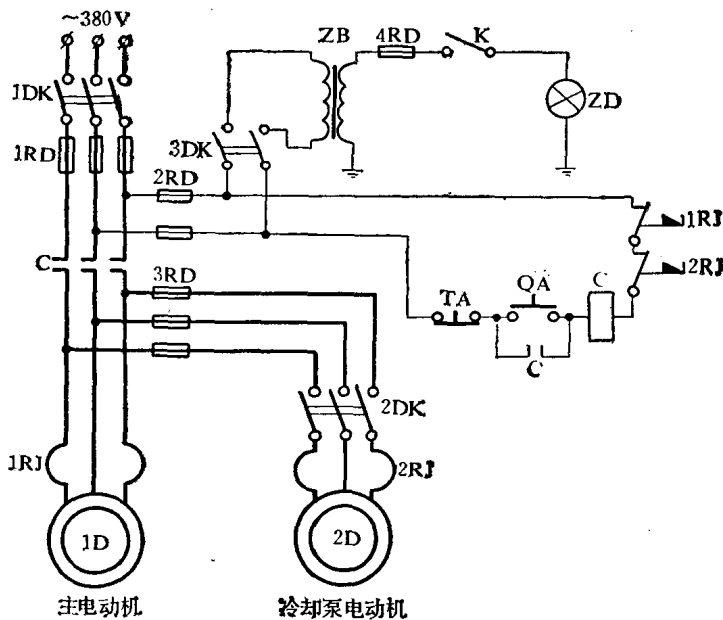


图2-1 C 620普通车床电器控制线路

2. 为了阅图和研究线路工作原理方便起见, 在电气线路中, 同一电器的各导电部件如线圈和触点常常不画在一起, 而是用同一文字标明, 即同一个文字表明是同一个电器不同的部分。如接触器 C 的线圈和触点都用 C 表示。

3. 对完成相同性质作用的几个电器在符号前加上数码表示区别。如图 2-1 中有三个开关, 用 1 DK、2 DK、3 DK 以示区别; 又如 1 XK₁ 及 1 XK₂ 表示同一限位开关的两个触点。

4. 电器控制线路中的全部触点都按“平常”状态绘出。“平常”状态对接触器、继电器等是指线圈未通电时的触点状态; 对按钮、限位开关是指没有受到外力时的触点位置; 对主令控制器是指手柄置于“零位”时触点位置。

§ 2-2 异步电动机的起动控制线路

鼠笼式异步电动机有直接起动和降压起动两种方式。电工学课程中已讲授过如何决定起动方式, 我们这里只讨论电器控制线路如何满足各种起动方式。

一、直接起动控制线路

图 2-1 C 620 普通车床无论主电动机或冷却泵电动机都是采用了直接起动的线路。如冷却泵是用开关直接起动的, 一般小型台钻和砂轮机等也都可用开关直接起动, 如图 2-2 所示。

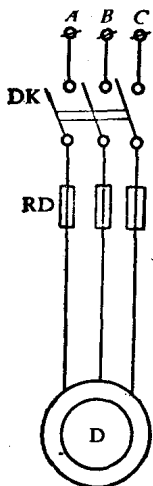


图2-2 用开关直接起动线路

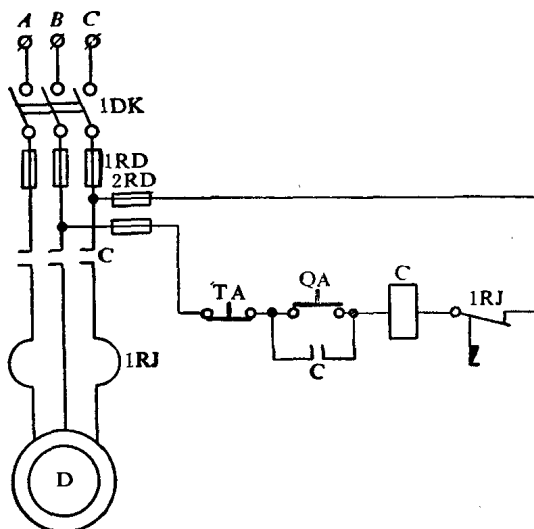


图2-3 用接触器直接起动线路

主电动机是采用接触器直接起动的, 许多中小型普通车床的主电机都是采用这种起动方法。如图 2-3 所示。

二、降压起动控制线路

较大容量的鼠笼式异步电动机一般都采用降压起动的方式起动。

（一）星-三角降压起动控制线路

在正常运行时, 电动机定子绕组是连成三角形的, 起动时把它连接成星形, 起动将近完毕时再接成三角形。目前 4 千瓦以上的 JO 2、JO 3 系列的三相异步电动机定子绕组在正常运行时, 都是接成三角形的, 对这种电动机就可采用星-三角降压起动。

图 2-4 a) 和 b) 是两种星-三角起动线路, 但它们起动的原则是一致的。从主回路

可知,当2C主触点闭合3C主触点打开时,则电动机定子接成三角形;当3C主触点闭合,2C主触点打开,则电机定子接成星形。所以如果控制线路能使电机先接成星形(即3C主触点闭合),并且经过一段延时后再接成三角形(即3C主触点打开,2C主触点闭合),则电动机就能做到降压起动后,再自动转换到正常速度运行。

我们首先分析图2-4a)的线路。这个线路是靠时间继电器SJ实现星-三角形转换的。按起动按钮QA,1C得电,3C得电,电动机在星形联结形式下得电起动。由于时间继电器SJ同时得电,其延时动断触点经一定延时后打开,则3C失电,此时时间继电器的延时动合触点闭合,使2C得电,即电动机绕组由星形自动换接成三角形得电运行。2C得电后其动断触点打开,SJ失电。由于2C动合触点闭合形成自锁,2C将继续得电,电动机正常运行。

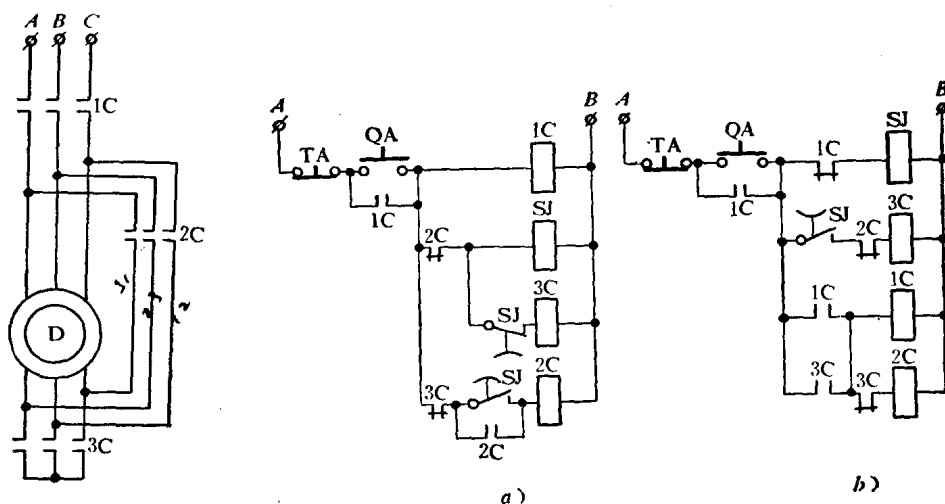


图2-4 异步电动机星-三角起动线路(1)

2C与3C的动断触点是保证接触器2C与3C不会同时得电,如果接触器2C与3C同时得电,就会使电源短路。

时间继电器SJ的延时闭合的动合触点的作用是保证在按下按钮QA后,使3C先得电,然后才是2C得电。

图2-4b)与a)线路基本上是相同的。b)线路的简单工作过程如下:按动按钮QA后,时间继电器SJ得电,其延时打开的动合触点瞬时闭合,使3C得电,3C动合触点闭合,又使1C得电,电动机在星形联结方式下起动。1C得电后,其动断触点打开,使SJ失电,其延时打开的动合触点,经一定延时后打开,使3C失电,从而通过3C动断触点使2C得电,电动机连接成三角形接线方式,起动到正常工作状态。

图2-5是用两个接触器和一个时间继电器,来进行星-三角转换的降压起动线路。

电动机连接成星形或三角形都是由接触器2C完成的。2C失电时电动机绕组由其动断触点连接成星形;2C得电时电动机绕组由其动合触点联结成三角形。由于在主线路中使用了接触器辅助触点(2C的动断触点),其容量有限,因此仅实用于功率较小的电动机起动。控制线路的工作原理不再具体分析。

星-三角起动方式,设备简单,经济,使用广泛,机床中应用很多。

上述这种用时间继电器靠时间间隔控制各电器的动作顺序,来完成操作任务的控制线路,

叫时间原则控制线路。这种按时间所进行的控制，称做按时间原则的自动控制，或称时间控制。

(二) 定子串电阻降压起动控制线路

图 2-6 是定子串电阻降压起动控制线路。电动机起动时在三相定子电路中串接电阻，使电动机定子绕组电压降低，起动后再将电阻短路，电动机仍然在正常电压下运行。这种起动方式由于不受电机接线形式的限制，设备简单，因而在中小型机床中应用也较广。机床中也常用这种电阻降压方式限制点动调整时的起动电流。

图 2-6 a) 控制线路工作原理如下：

合上电源开关 DK，按起动按钮 QA，1C 得电动作并自锁，电动机串电阻 R 起动。接触器 1C 得电同时，时间继电器 SJ 得电，其延时闭合动合触点的延时闭合使接触器 2C 不能得电，经一段延时后，2C 得电动作，将主回路电阻 R 短接，电动机在全压下进入稳速正常运转。

从主回路上看只要 2C 得电就能使电动机正常运行。但线路 a) 在电动机起动后，1C 与 SJ 一直得电动作，这是不必要的。线路 b) 就解决了这个问题。接触器 2C 得电后，用其动断触点将 1C 及 SJ 切断失电，2C 并自锁。这样，在电动机起动后，只有 2C 得电，使电动机正常运行。

补偿器起动是降压起动的另一种方式，实质上是利用自耦变压器降低电动机的起动电压的一种方法。

补偿器降压起动适用于容量较大和正常运行时定子绕组接成星形不能采用星-三角起动的鼠笼电动机。

补偿器 QJ₃、QJ₅ 系列都是手动操作。XJ 01 系列是自动操作的自耦降压起动器。这种起动方式设备费用大，通常用来起动大型和特殊用途的电动机，机床上应用较少。

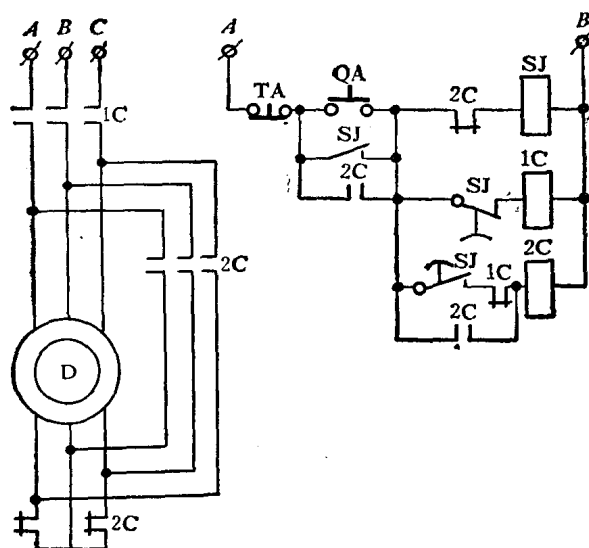


图2-5 异步电动机星-三角起动线路(2)

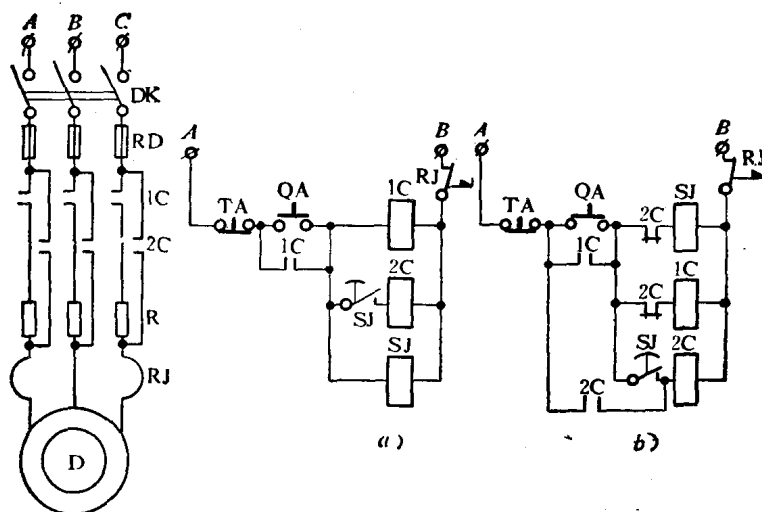


图2-6 异步电动机定子串电阻降压起动线路

§ 2-3 异步电动机正反转控制线路

要求控制线路能对电动机进行正、反向控制是生产机械的普遍需要。因大多数机床的主轴或进给运动都需要两个方向运行，故要求电动机能够正反转。在“电工学”课程中我们知道，只要把电动机定子三相绕组任意两相调换一下接到电源上去，使电动机定子相序改变，从而电动机就可改变方向了。

如果我们用两个接触器 1C 和 2C 来完成电动机定子绕组相序的改变，那么由正转与反转起动线路组合起来就成了正反转控制线路。

从图 2-7 a) 可知，按下 1QA，正向接触器 1C 得电动作，主触点闭合，使电动机正转。按停止按钮 TA 电动机停止。按下 2QA，反向接触器 2C 得电动作，其主触点闭合，使电动机定子绕组与正转时相比相序反了，则电动机反转。

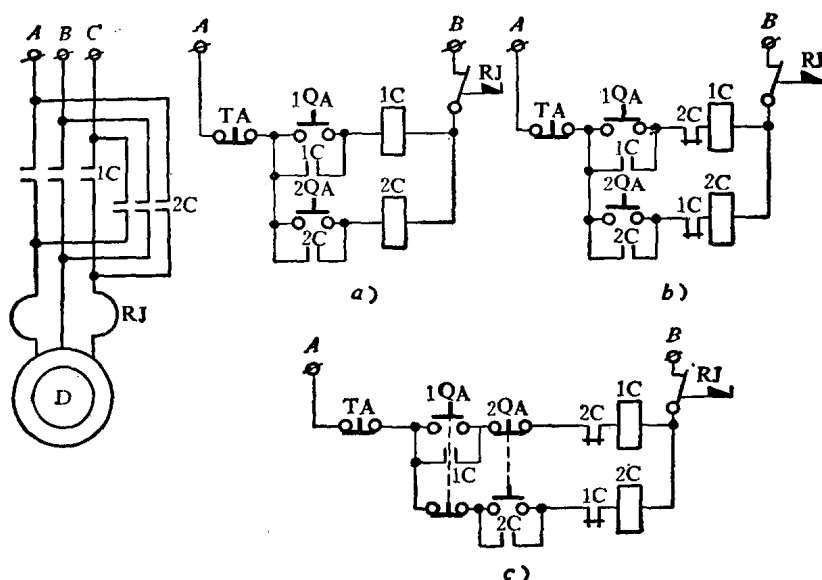


图2-7 异步电动机正反转控制线路

从主回路看，如果 1C、2C 同时得电动作，则就会造成主回路短路。线路 a) 如果按了 1QA，又按了 2QA，就会造成上述事故。因此线路是不能采用的。线路 b) 把接触器的动断辅助触点互相串联在对方的控制回路中，进行联锁控制。这样当 1C 得电时，由于有 1C 的动断触点打开，使 2C 不能得电。此时即使按下 2QA 按钮，也不能造成短路。反之也是一样。接触器辅助触点这种互相制约关系称为“联锁”或“互锁”。

在机床控制线路中，这种联锁关系应用极为广泛。凡是有相反动作，如工作台的上下、左右移动；机床主轴电动机必须在油泵电动机工作后才能起动；铣床的主轴电动机起动后，工作台才能移动等等。都需要类似这种联锁控制。

如果现在电动机正在正转，想要反转，则线路 b) 必须先按停止按钮 TA 后，再按反向按钮 2QA 才能实现，显然操作不方便。线路 c) 利用复合按钮 1QA、2QA 就可直接实现由正转变成反转。

很显然采用复合按钮,还可以起到联锁作用。这是由于按下1QA时,只有1C可得电动作,2C回路被切断。同理按下2QA时,只有2C得电。

但只用按钮进行联锁,而不用接触器动断触点之间的联锁,是不可靠的。在实际中可能出现这样情况,由于负载短路或大电流的长期作用,接触器的主触点被强烈的电弧“烧焊”在一起,或者接触器的机构失灵,使衔铁卡住总是在吸合状态,这都可能使主触点不能断开,这时如另一接触器动作,就会造成电源短路事故。

如果用的是接触器动断触点进行联锁,不论是什么原因,只要一个接触器是吸合状态,它的联锁动断触点就必然将另一接触器线圈电路切断,这就能避免事故的发生。

图2-8是机床工作台往返循环的控制线路。实质上是用行程开关来自动实现电动机正反转的。组合机床、龙门刨床、铣床的工作台常用这种线路实现往返循环。

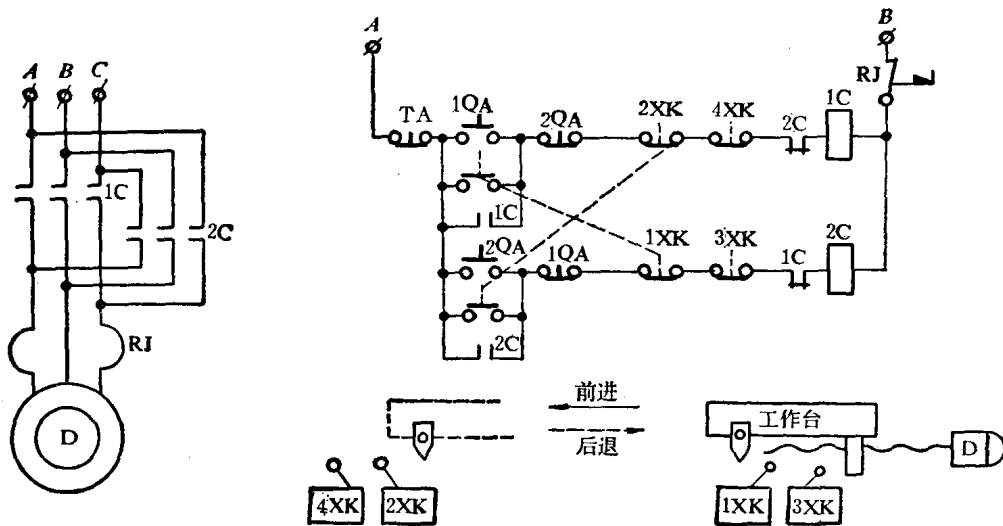


图2-8 行程开关控制的正反转线路

1XK、2XK、3XK、4XK为行程开关,按要求安装在固定的位置上,当撞块压下行程开关时,其动合触点闭合,动断触点打开。其实这是按一定的行程用撞块压行程开关,代替了人按按钮。

按下正向起动按钮1QA,接触器1C得电动作并自锁,电动机正转使工作台前进。当运行到2XK位置时,撞块压下2XK,2XK动断触点使1C断电,但2XK的动合触点使2C得电动作并自锁,电动机反转使工作台后退。当撞块又压下1XK时,使2C断电,1C又得电动作,电动机又正转使工作台前进,这样可一直循环下去。

TA为停止按钮。1QA与2QA为不同方向的复合起动按钮。之所以用复合按钮,是为了满足改变工作台方向时,不按停止按钮可直接操作。限位开关3XK与4XK安装在极限位置。当由于某种故障工作台到达1XK(或2XK)位置时,未能切断2C(或1C)时,工作台继续移动到极限位置压下3XK(或4XK),此时最终把控制回路断开,使电动机停止,避免工作台由于越出允许位置所导致的事故。因此3XK、4XK起限位保护作用。

上述这种用行程(及限位)开关按照机床运动部件的位置或机件的位置变化,所进行的控制,称做按行程原则的自动控制,或称行程控制。行程控制是机床和机床自动线应用最为广泛的控制方式之一。

§ 2-4 异步电动机制动控制线路

许多机床,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。制动停车的方式有两大类,机械制动和电气制动。机械制动采用机械抱闸或液压装置制动;电气制动实质是使电动机产生一个与原来转子的转动方向相反的制动转矩。机床中经常应用的电气制动是能耗制动和反接制动。

一、能耗制动控制线路

能耗制动是在三相异步电动机要停车时切除三相电源的同时,把定子绕组接通直流电源,在转速为零时再切除直流电源。

控制线路就是为了实现上述的过程而设计的。这种制动方法,实质上是把转子原来“储存”的机械能,转变成电能,又消耗在转子的制动上,所以叫做“能耗制动”。

图 2-9 a) 与 b) 是分别用复合按钮与时间继电器实现能耗制动的控制线路。

图中整流装置由变压器和整流元件组成。2C 为制动用接触器; SJ 为时间继电器。

图 2-9 a) 是一种手动控制的简单的能耗制动线路。按下起动按钮 QA, 接触器 1C 得电动作并自锁, 电动机起动。停车时, 按下停止按钮 TA, 其动断触点使 1C 断电, 同时其动合触点, 在 1C 失电后接通 2C, 这就切断了电动机交流电源, 并将直流电源接入电动机定子绕组, 电动机在能耗制动状态下迅速停车。放开停止按钮, 2C 断电, 切断直流电源, 制动结束。

为了简化操作, 实现自动控制, 线路 b) 采用了时间继电器, 时间继电器 SJ 的作用代替了手动控制按钮。停车时, 按停止按钮 TA, 1C 失电切断交流电源, 并使 2C 得电, 使电动机加入直流电源, 进行能耗制动。2C 得电的同时 SJ 得电, 当制动到零速时, 延时打开的动断触点按预先调整好的时间打开, 使 2C 失电, 切断直流电源, 制动完毕。2C 失电使 SJ 也失电。

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, 在同样转速下电流越大制动作用越强。一般取直流电流为电动机空载电流的 3~4 倍左右, 过大将使定子过热。图 2-9 直流电源串接的可调电阻 R, 是为了调节制动电流的大小的。

很显然图 2-9 b) 能耗制动控制线路, 是用时间继电器按时间控制的原则组成的线路。

二、反接制动控制线路

电工学课程中已经讲过, 反接制动实质上是改变异步电动机定子绕组中的三相电源相序,

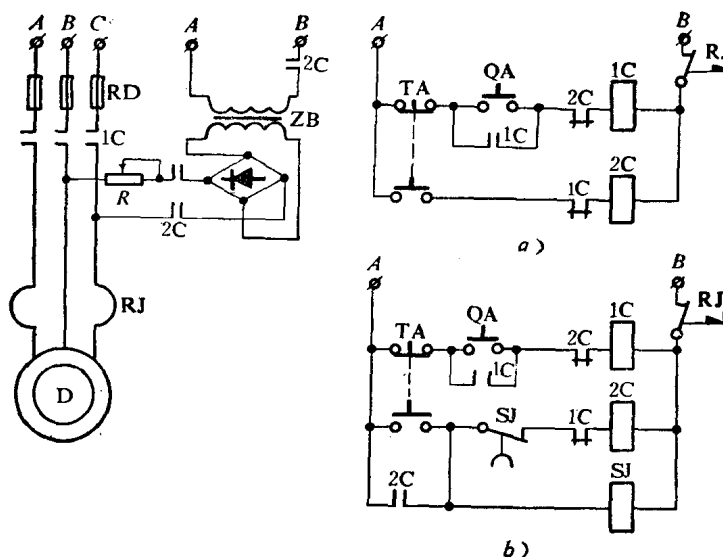


图2-9 能耗制动控制线路