

機床

電氣自動控制

龔浦泉 陳遠齡 主編

02.34

重慶大學出版社

机床电气自动控制

桑浦泉 陈远龄 主编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书比较系统地讨论了现代机床电气控制系统的主要类型。内容包括：继电器接触器控制电路的分析与设计；机床数字控制(介绍了全功能微机数控和经济型数控系统)；可编程控制器(PC)的原理和程序编制。电气无级调速控制部分，重点讨论了直流电动机无级调速控制。本书还简介了机床电气可靠性的基本知识。

在机床电路图形符号和电气原理图的绘制上，均贯彻新颁布的国家标准。

本书可作为大专院校机械制造及设备、机械设计与制造以及与之相近专业的教材，亦可供机械、电气工程技术人員参考。

机床电气自动控制

龚涌泉 陈远龄 主编

责任编辑 蒋怒安

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：14.5 字数：362千

1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

印数：1—8,000

标准书号：ISBN7-5624-0207-8
TH·13 (课)

定价：2.90元

前 言

为了适应机床电气自动控制技术迅速发展的需要,我们根据机械制造及设备专业的教学大纲,并结合多年来从事教学、科研工作的实践,着手编写了这本教材。在内容处理上,既注意基础部分,又充分反映本领域的最新技术;既考虑先进性,也注重结合当前国情。文字叙述力求简明扼要,深入浅出。

全书共分十章,内容包括机床继电器控制电路分析与设计;机床数字控制(包括对全功能数控和经济型数控的介绍);可编程控制器(PC);电动机无级调速控制;机床电气可靠性等几个部分。

在第二、三章采用逻辑表达式与文字叙述相结合的方式来分析继电器控制电路,以加强科学性及全书各部分的联系。第四章重点分析晶闸管直流电动机无级调速系统,并简介了交流电动机无级调速的原理与特点。第六章系统阐述了继电器控制电路的设计与元件选择,以便使读者具有设计机床电气原理图的能力。第七、八、九章属于机床数字控制的内容,其中第七章主要叙述机床数字控制的一般内容及全功能微机数控系统的工作原理;第八章在重点讨论逐点比较法插补原理的同时,还介绍了在全功能数控系统中采用的“时间分割法”插补原理;第九章对当前在我国推广使用的经济型数控的工作原理、硬件与软件进行了系统介绍。第十章介绍很有发展前途和实用价值的可编程控制器的工作原理以及程序编制。为了提高对机床电气系统工作可靠性的认识,在第五章还特别介绍了可靠性基本知识与提高机床电气控制可靠性的措施。

书中机床电路图形符号、机床电路原理图的绘制以及有关术语等均贯彻《GB5226—85》、《JB 2740—85》、《JB 2739—83》等新标准。

本书由四川工业学院龚浦泉、重庆大学陈远龄主编。第一、七章由龚浦泉编写,第二、三章由昆明工学院吴云峰编写,第四章由贵州工学院陈绍炯编写,第五章由成都机床电器研究所刘元洪编写,第六章由云南工学院魏敏编写,第八章由成都科技大学刘荣忠编写,第九、十章由陈远龄编写,全书由陈远龄、龚浦泉负责统稿。

本书由重庆大学徐宗俊担任主审。参加审稿的有华中工学院唐泳洪、成都机床电器研究所刘元洪、四川工业学院曾熙柏、贵州工学院李启瑞、成都科技大学马之行等。

重庆大学李明泉对本书的编写给予了不少帮助,在此致谢。

本书除可作机械制造及设备、机械设计制造、工业造型专业以及与之相近专业的教材以外,也可供其它有关专业师生和从事机械、电气方面的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,谬误之处难免,恳切希望读者批评指正。

编者

1988年7月于重庆

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 机床电气拖动与电气控制发展概况	(1)
一、机床电气拖动的发展与分类	(1)
二、机床电气控制系统的发展与分类	(2)
第二章 机床继电器基本电气控制电路及逻辑功能	(4)
第一节 机床电器逻辑表示及逻辑运算	(4)
一、机床电器的逻辑表示	(4)
二、逻辑代数的基本逻辑关系	(5)
三、基本逻辑运算及应用举例	(5)
第二节 机床电气原理图的画法规则	(8)
第三节 异步电动机起动、正反转、制动电路	(10)
一、异步电动机起动电路	(10)
二、异步电动机正反转控制电路	(12)
三、异步电动机的制动电路	(13)
第四节 其它基本控制电路	(16)
一、多速电动机调速控制	(16)
二、连续工作(长动)与点动控制	(18)
三、多地点控制	(18)
四、联锁控制	(18)
五、组合机床的基本控制电路	(19)
习题	(22)
第三章 机床继电器控制电路分析	(23)
第一节 CM6132普通车床控制电路	(23)
一、主轴电机的控制	(23)
二、主轴的变速	(25)
三、主轴的制动	(25)
第二节 Z3040摇臂钻床电气控制电路	(26)
一、主电机控制	(28)
二、摇臂的升降及夹紧控制	(28)
三、主轴箱与立柱的夹紧与放松	(29)
四、机床安装后控制电路的检查	(29)
第三节 X52K铣床的电气控制电路	(29)
一、主轴电动机的控制	(30)
二、进给运动的电气控制	(31)
三、圆形工作台的控制	(35)
四、其它控制	(35)
第四节 T619卧式镗床电气控制电路	(35)
一、电气控制电路的特点	(40)
二、电气控制电路	(40)
第五节 组合机床电气控制电路	(45)

一、机械动力滑台控制电路	(46)
二、液压动力滑台控制电路	(47)
习题	(50)
第四章 电动机无级调速控制	(53)
第一节 电动机调速的概念和指标	(53)
一、调速与稳速	(53)
二、机床对调速系统的要求	(53)
三、电动机无级调速的分类	(54)
四、调速的性能指标	(54)
第二节 晶闸管直流电动机无级调速	(56)
一、直流电动机的调速方式	(56)
二、带有速度负反馈的SCR-D调压调速系统	(58)
三、采用PI调节器的SCR-D转速负反馈系统	(61)
第三节 在自动调速系统中其它反馈环节的应用	(63)
一、电压负反馈	(63)
二、电流正反馈	(63)
三、电压微分负反馈	(64)
四、电流截止负反馈	(65)
第四节 DT006直流无级调速系统	(65)
一、主电路	(67)
二、励磁, 给定电压和综合控制信号	(67)
三、放大触发电路	(67)
四、保护环节	(67)
第五节 交流异步电动机调速简介	(68)
一、交流调速概述	(68)
二、晶闸管交流调压及逆变技术	(69)
三、异步电动机调速的定子调压法	(71)
四、异步电机的变频调速	(71)
习题	(75)
第五章 机床电气控制的可靠性	(76)
第一节 可靠性的基本概念	(76)
一、可靠性的定义与重要性	(76)
二、固有可靠性和使用可靠性	(76)
三、可修复产品和不可修复产品	(76)
第二节 失效与可靠性特征量	(77)
一、失效率	(77)
二、早期、偶然、耗损失效	(77)
三、可靠度与可靠寿命	(77)
第三节 可靠性设计	(78)
一、可靠性设计的内容	(78)
二、可靠性指标的制定	(78)
三、可靠性预测	(78)
四、可靠性分配	(79)

第四节 可靠性试验评估	(79)
一、概述	(79)
二、指数分布失效率的估计	(80)
三、指数分布失效率指标的检验	(81)
四、按合计数抽样检验	(81)
第五节 提高可靠性的途径	(82)
一、电气控制系统方案的选择	(82)
二、控制元件的选用	(82)
三、控制元件的工作环境	(83)
四、筛选和预防性更换	(83)
五、现场失效调查	(83)
第六章 机床电气控制电路设计	(84)
第一节 机床电气设计的基本原则	(84)
一、机床电气控制电路设计的要求	(84)
二、机床电气控制电路设计步骤	(84)
三、机床电力传动方案的确定	(84)
四、机床电气控制方案的确定	(85)
五、控制方式的选择	(86)
六、电动机容量的选择	(87)
第二节 机床常用电器元件选择	(90)
一、电器元件的可靠性	(90)
二、电器元件选择的基本原则	(91)
三、电器元件的选择	(91)
第三节 机床电气原理图的设计	(96)
一、原理图设计的一般原则	(96)
二、控制电路电源的选择及主回路设计	(96)
三、控制电路的经验设计法	(97)
四、设计举例	(99)
五、控制线路的逻辑设计法	(100)
第四节 电器位置图的绘制	(103)
一、电器布置原则	(103)
二、常用配线方式	(103)
三、电气元件位置图的绘制	(103)
四、检查与试验	(104)
习题	(105)
第七章 机床数字控制及其发展	(106)
第一节 概述	(106)
一、数控机床的工作原理	(106)
二、数控机床的特点	(108)
三、数控机床的分类	(108)
四、数控系统的性能	(108)
第二节 全功能数控系统简述	(109)
一、数控机床的计算机	(109)

二、输入装置.....	(112)
三、MNC的伺服系统.....	(114)
第三节 数控机床的控制系统.....	(119)
一、开环伺服系统.....	(119)
二、相位数字控制伺服系统.....	(120)
三、数字比较系统.....	(123)
四、点位控制系统.....	(125)
第四节 机床的数字显示.....	(125)
一、数显的功用.....	(125)
二、光栅数显装置的工作原理.....	(125)
第五节 数控机床的发展.....	(126)
一、数控加工中心 (MC)	(126)
二、微机数控系统 (MNC)	(127)
三、自适应控制 (AC).....	(127)
四、柔性制造系统 (FMS)	(127)
五、伺服电机.....	(128)
六、自动程序编制.....	(129)
七、经济型数控机床.....	(129)
习.....	(130)
第八章 插补运算及程序编制	(131)
第一节 逐点比较法插补运算.....	(131)
一、逐点比较法直线插补.....	(131)
二、逐点比较法圆弧插补.....	(133)
三、象限及坐标平面处理.....	(134)
第二节 数字积分器法插补运算.....	(136)
一、数字积分器直线插补.....	(136)
二、数字积分器圆弧插补.....	(139)
第三节 其它插补运算.....	(141)
一、目标点跟踪法插补原理.....	(141)
二、时间分割法插补原理.....	(143)
第四节 程序编制.....	(148)
一、人工编程.....	(148)
二、自动编程.....	(157)
习题.....	(158)
第九章 经济型数控系统	(160)
第一节 经济型数控概述.....	(160)
一、经济型数控的特点.....	(160)
二、经济型数控系统的种类.....	(160)
三、经济型数控的发展概况.....	(161)
第二节 经济型数控的控制装置.....	(162)
一、控制装置类型及特点.....	(162)
二、键盘功能.....	(163)
第三节 输入/输出隔离电路.....	(163)

一、光电耦合器的基本原理和特点	(163)
二、光电耦合器的应用电路	(164)
第四节 步进电机	(165)
一、步进电机的工作原理	(166)
二、步进电机的分类	(167)
三、步进电机的主要技术指标与特性	(167)
四、步进电机的环行分配器	(168)
五、步进电机驱动电路	(171)
第五节 经济型数控车床的控制软件	(173)
一、系统软件的组成	(174)
二、系统控制程序框图	(174)
三、部分程序剖析	(175)
习题	(183)
第十章 可编程控制器	(184)
第一节 顺序控制器的概念及发展	(184)
一、顺序控制及其实现手段	(184)
二、可编程控制器的特点与发展	(184)
第二节 PC的工作原理及指令系统	(186)
一、PC 的结构 和工作原理	(186)
二、PC 的 程序表达方式	(189)
三、PC 中使用的各种元器件	(189)
四、PC 的指令系统	(192)
五、程序编写的一般规则	(198)
第三节 PC应用举例	(199)
一、时间控制的程序设计	(199)
二、用移位指令SFT实现过程步进控制	(199)
三、物品分选系统控制程序设计	(205)
习题	(206)
附录	(207)
参考文献	(219)

第一章 绪 论

第一节 概 述

过去,生产机械由工作机构、传动机构、原动机三部分组成。自从电气元件与计算机应用在机械上后,现代化生产机械已包含第四组成部分——以电气为主的自动控制系统。它使机器的性能不断提高,使工作机构、传动机构的结构大为简化。

现代化的金属切削机床均用电动机作为动力源。机床主轴转速、工作台或刀架进给量的调节以及工作循环的控制与操作等均离不开电器元件、电子元件与系统。机床电气控制系统已成为现代机床的重要组成部份。

机床经过一百多年来的发展,结构不断改进,性能不断提高,这无不取决于电气拖动和电气控制系统的更新。电气拖动在速度调节方面具有无可比拟的优越性和发展前途。采用直流或交流无级调速电动机驱动机床,使结构复杂的变速箱变得十分简单,简化了机床结构,提高了传动效率与刚度。近年国外研制成功用于数控车床、铣床、加工中心机床上的电机-主轴部件,是将交流电动机转子直接安装在主轴上,使其具有宽广的无级调速范围,且振动和噪音均较小,它完全代替了主轴变速齿轮箱,对机床传动与构造将产生深远影响。

现代化机床在电气自动控制方面综合应用了许多先进科学技术成果,诸如:计算技术、电子技术、自动控制理论、精密测量技术等。特别是当今信息时代,微型计算机已广泛用于各行各业,机床是最早应用电子计算机的设备之一。早在20世纪40年代末期,电子计算机就与机床有机结合产生了新型机床——数控机床。现在价廉可靠的微机在机床行业中的应用日益广泛,由微机控制的数控机床与数显装置越来越多地在我国各类工厂中获得使用和推广。这些新科学技术的应用,使机床电气设备不断实现现代化,从而提高了机床自动化程度和机床加工效率,扩大了工艺范围,缩短了新产品试制周期,加速产品更新换代。现代化机床还可提高产品加工质量,减少工人劳动强度,和降低产品成本等。近20年来出现的各种机电一体化产品、数控机床、机器人、柔性制造系统等均是机床电气设备实现现代化的硕果。总之,电气自动控制在机床上占有极其重要的地位,机械制造及设备专业的学生以及从事机械设计和制造的工程技术人员都必须掌握机床电气与微机控制的理论和方法。

第二节 机床电气拖动与电气控制发展概况

一、机床电气拖动的发展与分类

20世纪初,由于电动机的问世,使得机床拖动发生了巨大变化。用电动机代替蒸汽机驱动成组的机床,使机床电气拖动随电动机的发展而发展。

1. 成组拖动

一台电动机经天轴(或地轴)由皮带传动驱动若干台机床工作,由于这种方式存在有传动

路线长、效率低、结构复杂等缺点，早已被淘汰。

2. 单独拖动

一台电动机拖动一台机床，较之成组拖动既简化了机床结构，又提高了传动效率，至今中小型通用机床仍采用单独拖动。

3. 多电机拖动

随着机床自动化程度的提高和重型机床的发展，出现了采用多台电动机驱动一台机床（如铣床）乃至十余台电机拖动一台重型机床（如龙门刨床）的拖动方式，这样可以缩短机床传动链，易于实现各工作部件运动的自动化。当前重型机床、组合机床、数控机床、自动线等均采用多电机驱动。

4. 直(交)流电动机无级调速

由于电气无级调速具有可灵活选择最佳切削用量和简化机械传动结构等优点，30年代出现的交流电动机—直流发电机—直流电动机无级调速系统，至今还在重型机床上有所应用。大功率晶闸管的问世和变流技术的发展，又出现了晶闸管直流电动机无级调速系统，它较之前者，具有效率高、动态响应快、占地面积小等优点，当前在数控机床、磨床及仿形等机床中已得到广泛应用。由于逆变技术的出现和高压大功率管的问世，80年代以来交流电动机无级调速系统有了迅速发展，它利用改变交流电的频率等来实现电动机转速的无级调速。交流电动机无电刷与换向器，较之直流电动机易于维护且寿命长，很有发展前途。

二、机床电气控制系统的发展与分类

1. 逻辑控制系统

它又称开关量或断续控制系统，逻辑代数是它的理论基础，采用具有两个稳定工作状态的各种电器和电子器件构成各种逻辑控制系统。按自动化程度的不同可分为：

(1)手动控制 在电气控制的初期，大都采用电气开关对机床电动机的起动、停止、反向进行手动控制。现在砂轮机、台钻等动作简单的小型机床上仍有采用。

(2)自动控制 按其控制原理与采用电气元件的不同又可分为

1)继电器接触器自动控制系统 多数通用机床至今仍采用继电器、接触器、按钮开关等电器元件组成的自动控制系统，因它具有直观、易掌握、易维修等优点，但功耗大、体积大，并且改变控制工作循环较为困难。

2)顺序控制器 由集成电路组成的顺序控制器具有程序变更容易，程序存储量大，通用性强等优点，广泛用于组合机床、自动线等。60年代末，又出现了具有运算功能和较大功率输出能力的可编程控制器PC(Programmable Controller)。它是由大规模集成电路、电子开关、晶闸管等组成的专用微型电子计算机，用它可代替大量的继电器，且功耗小、重量轻，在机床上具有广阔的使用前景。

3)数字控制 40年代末，为了适应中小批机械加工生产自动化的需要，应用电子技术、计算技术、现代控制理论、精密测量等近代科学成就，研制成了数控机床。它是由电子计算机按照预先编好的程序（以数字和文字等表示），对机床实行自动化的数字控制。数控机床既有专用机床生产率高的优点，又兼有通用机床工艺范围广、使用灵活的特点，并且还具有能自动加工复杂的成形表面，精度高等优点。因而它具有强大的生命力，发展前景广阔。

数控机床的控制系统，最初是由硬件逻辑电路构成的专用数控装置NC(Numerical Control)，其成本昂贵、工作可靠性差、逻辑功能固定随着电子计算机的发展，又出现了

CNC(Computer Numerical Control)、DNC(Direct Numerical Control)、AC(Adaptive Control)等数控系统。

为了充分发挥电子计算机运算速度快的潜力,曾出现过由一台电子计算机控制数台、数十台、甚至上百台数控机床的“计算机群控系统”,又称计算机直接控制系统,这就是DNC。

随着小型电子计算机的问世又产生了用小型电子计算机控制的数控系统(CNC),它不仅降低了制造成本,还扩大了控制功能和使用范围。

近十年来,随着价格低廉工作可靠的微型电子计算机的出现,更加促进了数控机床的发展,出现了大量的微型计算机数控系统MNC(Microcomputer Numerical Control),当今世界各国生产的全功能和经济型数控机床均系MNC系统。

AC称为自适应控制系统,它能在毛坯裕量变化、硬度不均、刀具磨损等随机因素出现时,使机床具有最佳切削用量,从而始终保证具有高的加工质量和生产效率。

具有与数控机床控制系统相类似的工业机器人的诞生,为实现机械加工过程全盘自动化创造了物质基础。工业机器人在机械制造行业中担负焊接、喷漆、搬运、装配、装卸工件等工作,以代替人们从事的繁重劳动,它能在有毒害、有危险的地方工作或从事频繁而简单的劳动,且具有劳动效率高、工作可靠、可不停地进行工作等优点。工业机器人在有的国家以惊人的速度增长,例如在日本,每万名职工中拥有机器人数量已达40台,目前全世界拥有机器人的数量已达10万台,年增长率达50%。

由数控机床、工业机器人、自动搬运车等组成的统一由中心计算机控制的机械加工自动线称为柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System),它是自动化车间和自动化工厂的重要组成部分与基础。较之专用机床自动线,它具有能同时加工多种工件,能适应产品多变,使用灵活等优点。当前各国均在大力发展数控机床和柔性制造系统。

2. 连续控制系统

对物理量(如电压、转速等)进行连续自动控制的系统又称模拟控制系统,这类系统一般是具有负反馈的闭环控制系统,常伴有功率放大的特点,且有精度高、功率大、抗干扰能力强等优点。例如直流电动机驱动机床主轴实现无级调速的系统,交、直流伺服电动机拖动数控机床进给机构和工业机器人的系统均属连续控制系统。

3. 混合控制系统

同时采用数字控制和模拟控制的系统称混合控制系统,数控机床、机器人的控制驱动系统多属于这类控制系统。数控机床由数字电子计算机进行控制,通过数模转换器和功率放大等装置驱动伺服电机和主轴电动机带动机床执行机构产生所需的运动。

第二章 机床继电器基本电气控制电路及逻辑功能

机床电气控制中常用的继电器、接触器、开关等电器元件一般只有两个工作状态，因而可采用逻辑代数描述、分析、设计机床电气控制电路。

在逻辑代数中，把两个对立的物理状态的量(如继电器线圈的得电或失电，行程开关的受压或未受压，触头是吸合或释放，开关是闭合或断开)称为逻辑变量。在继电器触头控制电路中，通常把表征触头状态的逻辑变量称为输入逻辑变量，把表征受控元件线圈的逻辑变量称为输出逻辑变量(以下简称“变量”)。输入、输出变量的相互关系，用数学语言说就是函数关系，通常我们称输出变量是各输入变量的逻辑函数。

逻辑代数是一种双值代数，它的变量只有“1”、“0”两种取值；变量经过逻辑运算后的函数，也只有“1”、“0”两种取值。逻辑代数早在20年代就被用来研究电路设计，随着科学技术的发展，逻辑代数现在已是数字技术和计算技术的一个有力的数学工具。

第一节 机床电器逻辑表示及逻辑运算

一、机床电器的逻辑表示

逻辑代数中，为了建立触头组合和逻辑变量运算，电路状态与逻辑函数式之间的对应关系一般作如下规定：

1. 用电器KA、KM、SQ……的动合(常开)触头分别表示继电器、接触器、行程开关的动合(常开)触头；用 $\overline{KA}$ 、 $\overline{KM}$ 、 $\overline{SQ}$ 表示动断(常闭)触头。

2. 电路中开关元件受激状态(如继电器线圈得电，行程开关受压状态)为“1”状态；开关元件的原始状态(如继电器线圈失电，行程开关未受压状态)为“0”状态。

触头的闭合状态为“1”状态，触头的断开状态为“0”状态。

这样，下列各式就有明确的意义。

$KA = 1$ 继电器线圈处于得电状态。

$KA = 0$ 继电器线圈处于失电状态。

$KA = 1$ 继电器动合(常开)触头处于受激吸合状态。

$KA = 0$ 继电器动合(常开)触头处于原始断开状态。

$\overline{KA} = 1$ 继电器动断触头处于原始闭合状态。

$\overline{KA} = 0$ 继电器动断触头处于受激断开状态。

$SB = 0$ 按钮动合触头处于原始断开状态。

$SB = 1$ 按钮动合触头处于受压闭合状态。

$\overline{SB} = 0$ 按钮动断触头处于受压断开状态。

$\overline{SB} = 1$ 按钮动断触头处于原始闭合状态。

3. 电路中电器元件触头的串联以“乘”(“ $\times$ ”)的关系表示；电路中电器元件触头的并联以“加”(“ $+$ ”)的关系表示。

从上述规定看出：开关元件本身状态的“1”、“0”取值和它的动合触头的“1”、“0”取值一致，而和其动断触头的“1”、“0”取值相反。

有了这些规定，就可以写出电路的数学表达式，以起动电路(图2-1)为例：

接触器KM动作的函数式 $f(KM)$ 可写成：

$$f(KM) = \overline{SB_1} (SB_2 + KM)$$

也可用下述表示方式

接触器KM线圈的逻辑表达式

$$KM = \overline{SB_1} (SB_2 + KM)$$

在电路上，此式表示接触器KM线圈的通电与断电由停止按钮 $\overline{SB_1}$ ，起动按钮 SB_2 和自锁触头KM控制，它的数学语言是：函数 $f(KM)$ 随自变量 $\overline{SB_1}$ 、 SB_2 和KM而变化。触头的自锁作用在电路中叫做“记忆功能”。

二、逻辑代数的基本逻辑关系

基本逻辑关系有三种：逻辑和、逻辑乘、逻辑非。在门电路中则有相应的“或门”、“与门”、“非门”三种逻辑门与其相对应。

逻辑和表示“或”的关系，为方便运算，用字母 A 、 B 、 C ……作为变量。

其公式： $f = A + B$

表示 A 、 B 两个变量的逻辑和构成了“或”函数 f 。意思是 A 取1或 B 取1，只要有一个变量是1，都将使函数 f 为1。

对电路来说，逻辑和构成并联电路，如图2-2所示，即只要有一对触头接通，线圈就通电。

逻辑乘表示“与”的关系。

其公式： $f = A \cdot B$

表示 A 、 B 两个变量的逻辑乘构成了“与”函数，意思是：只有当 $A=1$ 与 $B=1$ 时，函数 f 才为1，否则便为0。

对于电路来说，逻辑乘构成了串联电路，如图2-3所示，这表明只有当触头 A 与 B 都接通时，线圈才能接通(为1)。

逻辑非表示“否定”、相反的意思。

在逻辑代数的两个取值中， $\overline{0} = 1$ ， $\overline{1} = 0$ ，若令 $A=1$ 则 $\overline{A} = 0$ ，反之， $A=0$ ，则 $\overline{A} = 1$ ，如 A 表示电器的动合触头，那么 $\overline{A}$ 表示它的动断触头。

三、基本逻辑运算及应用举例

1. 基本逻辑运算

根据以上的“与”、“或”、“非”三种基本逻辑关系，可以推导出逻辑代数的一些基本性质的公式(见表2-1)。

表中的莫根定理即为反演律

以上这些逻辑关系都可以用表格形式表达出来，这类表称为真值表，例如，逻辑和、逻辑乘、逻辑非可分别表示为表

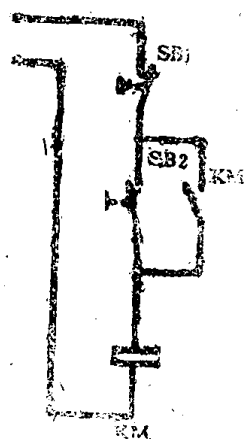


图2-1 起动电路

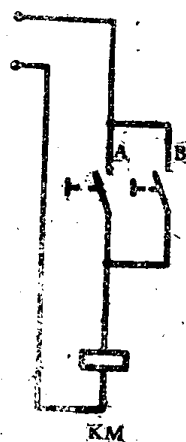


图2-2 并联电路

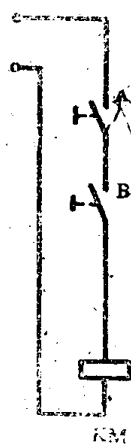


图2-3 串联电路

表 2-1

逻辑代数的基本性质

序 号	名 称	恒 等 式
1	基本定律	$0 + A = A$
2		$0 \cdot A = 0$
3		$1 + A = 1$
4		$1 \cdot A = A$
5		$A + \bar{A} = 1$
6		$A \cdot \bar{A} = 0$
7		$A + A = A$
8		$A \cdot A = A$
9		$\bar{\bar{A}} = A$
10	交 换 律	$A + B = B + A$
11		$A \cdot B = B \cdot A$
12	结 合 律	$(A + B) + C = A + (B + C)$
13		$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
14	分 配 律	$A \cdot (B + C) = AB + AC$
15		$(A + B)(A + C) = A + BC$
16	吸 收 律	$A + AB = A$
17		$A \cdot (A + B) = A$
18		$A \cdot (\bar{A} + B) = AB$
19		$A + \bar{A}B = A + B$
20		$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$
21		$(A + B)(\bar{A} + C)(B + C) = (A + B)(\bar{A} + C)$
22	莫根定律	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$
23		$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

2-2a、b、c。

真值表将逻辑代数式直观地表达出来，并可验证逻辑式的正确性。例如表2-3中，对应于任一组 A、B 值 $\overline{A + B}$ 和 $\bar{A} \cdot \bar{B}$ ， $\overline{A \cdot B}$ 和 $\bar{A} + \bar{B}$ 的值是分别相同的，这就证明了莫根定理。

2. 应用举例

(1) 逻辑代数的化简

利用上述基本定律和运算法则，可进行逻辑代数的恒等变换和化简。

例2-1. 化简 $A(A + B)$

表 2-2

A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

a)

A	B	A·B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

b)

A	$\bar{A}$
0	1
1	0

c)

表 2-3

A	B	$\overline{A+B}$	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A+B}$
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0

$$\begin{aligned} \text{解: } A(A+B) &= A \cdot A + A \cdot B = A + AB \\ &= A(1+B) = A \end{aligned}$$

例2-2. 化简 $A + \bar{A}B$

$$\begin{aligned} \text{解: } A + \bar{A}B &= A \cdot 1 + \bar{A}B = A(B + \bar{B}) + \bar{A}B \\ &= AB + AB + \bar{A}B + \bar{A}B = A(B + \bar{B}) + B(A + \bar{A}) \\ &= A + B \end{aligned}$$

例2-3. 化简 $(A+B)(\bar{A}+C)$

$$\begin{aligned} \text{解: } (A+B)(\bar{A}+C) &= A\bar{A} + AC + \bar{A}B + BC = AC + \bar{A}B + (A + \bar{A})BC \\ &= AC(1+B) + \bar{A}B(1+C) = \bar{A}C + \bar{A}B \end{aligned}$$

例2-4. 化简 $\overline{AC + BC}$

$$\begin{aligned} \text{解: } \overline{AC + BC} &= \overline{AC} \cdot \overline{BC} = (\bar{A} + \bar{C})(\bar{B} + \bar{C}) \\ &= \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} + \bar{C}\bar{C} \\ &= \bar{A}\bar{B}(\bar{C} + \bar{C}) + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} \\ &= \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} \\ &= \bar{A}\bar{C}(1 + \bar{B}) + \bar{B}\bar{C}(1 + \bar{A}) \\ &= \bar{A}\bar{C} + \bar{B}\bar{C} \end{aligned}$$

(2) 用逻辑式简化电路和表征电路

1) 用逻辑式简化电路

例2-5. 化简电路图2-4a。

解: a) 图的逻辑式为

$$f(KM) = KA_1 \cdot KA_2 + \overline{KA_1} \cdot KA_3 + KA_2 \cdot KA_3$$

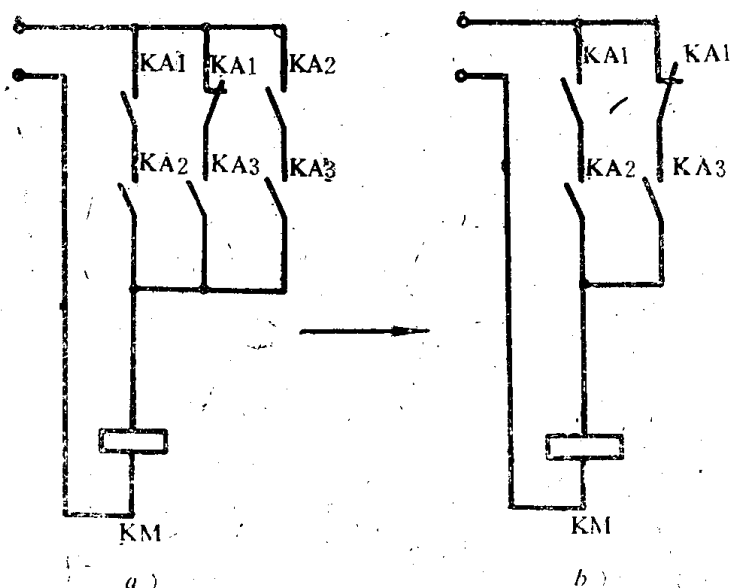


图2-4 两个相等的函数及其等效电路

化简:

$$\begin{aligned}
 f(KM) &= KA1 \cdot KA2 + \overline{KA1} \cdot KA3 + KA2 \cdot KA3 \\
 &= KA1 \cdot KA2 + \overline{KA1} \cdot KA3 + KA2 \cdot KA3 (KA1 + \overline{KA1}) \\
 &= KA1 \cdot KA2 + \overline{KA1} \cdot KA3 + KA1 \cdot KA2 \cdot KA3 + \overline{KA1} \cdot KA2 \cdot KA3 \\
 &= KA1 \cdot KA2 (1 + KA3) + \overline{KA1} \cdot KA3 (1 + KA2) \\
 &= KA1 \cdot KA2 + \overline{KA1} \cdot KA3
 \end{aligned}$$

因此, a)图化简后得b)图, 表明a)图与b)图在功能上等效。

2)按逻辑式表征电路

逻辑式 $f(KM) = SA \cdot \overline{KA1} + KM(KA1 + \overline{KA2})$

式中KM为接触器, SA为手操作开关, KA1、KA2为继电器。

$f(KM)$ 表示接触器KM线圈得电与否的函数。SA、KA1、 $\overline{KA2}$ 、KM为开关变量, 由此构成“与或”函数, 其表征的电路如图2-5所示

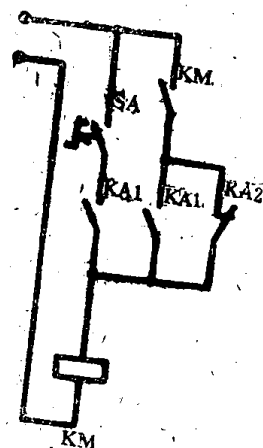


图2-5 按逻辑式表征的电路

第二节 机床电气原理图的画法规则

在机床电气自动控制系统中, 一般应用多种元件, 如继电器、接触器、半导体器件、电动机及其它电器等, 这些元件在系统中都按一定的要求和方法联系起来, 实现电气自动控制。为了便于对控制系统进行设计、研究分析、安装和使用, 控制系统中的各种元件, 必须使用国家规定的统一符号、文字和图形来表示, 本书附有统一标准的机床电气设备电路图图形符号和电器的文字代号, 供读者查阅。

下面着重介绍电路原理图的绘制。

电气原理图是用来帮助理解电气设备的各种功能的。它是用各种符号、电气连接联系起来描绘全部或部分电气设备的工作原理。绘制电气原理图应按《GB5226—85》、《JB2739—83》、《JB2740—85》规定的标准, 此标准是参照国际电工标准制定的。