

5年制、3年制高等职业教育机械制造专业系列教材

机床电气控制

(修订本)

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组编

项 毅 主编

02.35

东南大学出版社

5 年制、3 年制高等教育机械制造专业系列教材

机 床 电 气 控 制

(修订本)

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组编

项 毅 主编

项 毅 徐国基 盛佩英 编

罗智英 主审

东南大学出版社

· 南 京 ·

内容提要

本书共5章,主要包括:常用低压电器,电气控制电路基本环节,典型机床电气控制电路分析,可编程序控制器原理和控制方法等,并对继电器-接触器控制系统的设计、可编程序控制器程序设计和应用作了较为详细的介绍。本书内容丰富,重视实践技能的培养,对工厂常用机床电气控制电路分析、电气元件的选择都进行了讨论,并采用新的国家标准绘制电气控制图。书中还列有部分思考题、习题,供教学使用。书末附有低压电器产品全型号组成形式和电气原理图中常用新旧电气符号对照表两个附录。

本书是5年制、3年制高等职业教育机械制造专业系列教材之一,适用于工科机械类、机电一体化、自动控制等专业试用,若精减“*”号章节,亦可作为中专、中职机械制造与自动化专业的试用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制/项毅主编. —2版(修订本). —
南京:东南大学出版社,2003.8
5年制、3年制高等职业教育机械制造专业系列教材
ISBN 7-81050-014-7

I. 机… II. 项… III. 机床—电气控制—
高等教育:技术教育—教材 IV. TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第098307号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷
开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:11.25 字数:280千字

2003年8月修订本第8次印刷

印数:23201-27000册 定价:14.00元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

修订说明

由中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组织编写的这套由 12 门课程组成的机械制造专业教材,自出版后得到行业内外不少学校的赏识,使用后反响不凡。为使这套教材更能适应职业教育的改革,适应培养 21 世纪机械制造专业人才的需要,编委会征求了使用学校的意见后召开了教材主编研讨会,拟定了修订本套教材的指导思想和修订原则,并用一年多的时间对本套教材进行了修订。修订后的教材更能体现职业教育的特色,且面向 21 世纪增添了新技术内容,贯彻了“必须、实用、够用”的原则,突出应用,多举实例,力求做到“简明、易懂、适度、能用”,便于教学与自学,并注意到对学生素质的全面培养。

随着教育体制和招生制度的改革,高等职业教育发展十分迅速,这为这套系列教材的改革和编写提供了新的契机。修订后的系列教材主要适用于 5 年制、3 年制高等职业教育机械制造专业,为兼顾部分中等专业的教学需要,只要略去教材中带“*”号的章节后,也完全适用。

在修订过程中得到了陕西工业职业技术学院、福建职业技术学院、四川省工程职业技术学院、湖南工业职业技术学院、浙江机电职业技术学院、无锡职业技术学院、西安机电职业技术学院、上海市机电工业学校、常州机电职业技术学院、西安理工大学高等技术学院、安徽机电职业技术学院、东风汽车公司汽车工业学校、靖江市工业学校、廊坊市工业学校、邯郸市工业学校、浙江科技工程学校、成都市工业学校、辽宁机电职业技术学院和东南大学出版社等单位的大力支持,谨致诚挚的谢意。衷心希望广大教师和学生在使用中提出宝贵意见,以便再次修订时改进,使之日臻完善。

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会
机械制造专业教材编审委员会

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会
机械制造专业教材编审委员会

主任委员	程益良		
副主任委员	王希平		
委 员	刘际远	李铁尧	陈行毅
	高文征	聂建武	黄剑滕
	司徒渝	翟 轰	储克森
	苏群荣		

前 言

随着教育改革的深入和现代化建设的需要,高等职业教育得到了广泛和迅速的发展。为了适应新形势,高职教材的改革与建设显得非常重要和十分迫切。

高等职业教育的教材建设应有自身的理论规律和技术特色,其深度、广度和难度的掌握,需认真研究和深入讨论。因此,这是一项新的系统工程。

本教材适合5年制、3年制高等职业教育机械制造与自动化、机电一体化、自动控制等专业。教学时数为60学时左右,其中请适当安排实践教学学时。

本教材的编写指导思想是:着重培养生产现场实施型技术人员所必须掌握的理论和技能,使其更具体、更贴近生产实际,力求体现必须、实用、够用。在编写体例上,遵循教学规律和教材使用的特点,着重于典型机床的电气控制电路分析,可编程序控制器与机床常用继电器—接触器控制电路的设计;在加强工程实践能力的训练方面,突出了现场服务必须具备的技术和能力。

采用本教材时请注意以下几点:

(1) 本课程开设前,应对先修课程《电工与电子技术基础》、《计算机应用基础》的教学大纲和实际教学情况有充分了解,避免教学内容的脱节和不必要的重复。

(2) 讲授本课程典型机床电路分析时,要与《机械加工基础》、《金属切削机床》联系起来,以减少讲授难度。

(3) 本课程的实践性和应用性较强,要充分利用实验、专用周等实践环节,进一步提高学生的动手能力。

参加本次修订工作的有:陕西工业职业技术学院项毅;上海市机电工业学校罗智英担任主审。

由于编者水平有限,对修订版中的不当之处,敬请赐教。

编 者
2003年5月

目 录

0 绪论	1
0.1 机床电气拖动的发展	1
0.2 机床电气控制的发展	1
0.3 机床电气控制的基本概念	2
0.4 本课程的性质、任务及要求	3
1 机床常用电器和电气控制基本环节	4
1.1 机床电气原理图的阅读与绘制	4
1.1.1 电气控制电路的图形符号及文字符号	4
1.1.2 电气控制电路原理图	4
1.1.3 电气控制电路安装接线图	5
1.2 三相笼型异步电动机的起动控制电路	8
1.2.1 正转控制电路	8
1.2.2 三相笼型异步电动机的减压起动控制电路	23
1.3 三相笼型异步电动机正反转控制电路	30
1.3.1 电动机正反转控制电路	30
1.3.2 行程控制电路	31
1.4 三相笼型异步电动机制动控制电路	36
1.4.1 机械制动控制电路	36
1.4.2 电气制动控制电路	37
1.5 双速异步电机高低速控制电路	45
1.5.1 Δ -YY 双速异步电动机定子绕组的联接	46
1.5.2 按钮控制电路	46
1.5.3 时间继电器自动控制电路	47
1.6 电液控制	48
1.6.1 电磁换向阀和压力继电器	48
1.6.2 液压动力滑台工作循环	48
1.7 其他常用低压电器及电器维修	53
1.7.1 电磁式电流继电器	53
1.7.2 万能转换开关	54
1.7.3 自动开关	54
1.7.4 电器规格型号含义	56
1.7.5 控制电器常见故障及维修	57
思考题与习题	60
2 典型机床控制电路	63

2.1 普通车床的电气控制电路	63
2.1.1 CA6140 车床结构和运动情况	63
2.1.2 电气原理图分析	63
2.1.3 电器位置图	66
2.1.4 常见故障分析	66
2.2 铣床的电气控制电路	68
2.2.1 X6132 铣床的主要结构和运动情况	68
2.2.2 电气原理图分析	68
2.2.3 电器位置图	78
2.3 镗床的电气控制电路	78
2.3.1 T611 卧式镗床主要构造和运动情况	78
2.3.2 电气原理图分析	79
2.3.3 电器位置图	84
2.4 双面单工位液压传动组合机床	84
2.4.1 机床工作循环情况	85
2.4.2 电气原理图分析	85
2.5 Z3040 摇臂钻床的电气控制电路	87
2.5.1 主要结构和运动情况	87
2.5.2 电气原理图分析	88
2.6 机床控制电路的分析和维修	92
2.6.1 机床电气电路的一般分析方法	92
2.6.2 机床电气设备发生故障后的一般检查和分析方法	92
思考题与习题	94
3 机床继电器—接触器控制电路的设计	95
3.1 机床电气设计的基本内容	95
3.2 拖动电动机的确定	95
3.2.1 确定电动机的类型	95
3.2.2 确定电动机的容量	96
3.3 机床控制电路的设计	98
3.3.1 电气控制电路设计的原则	98
3.3.2 电气控制电路设计中的一些规律	98
3.3.3 电气控制电路设计中的注意事项	99
3.3.4 电气控制电路设计的方法	101
3.4 用分析设计法设计机床电路举例	101
3.5 机床常用电器的选择	104
3.5.1 刀开关、组合开关、按钮、行程开关的选择	104
3.5.2 自动开关的选择	104
3.5.3 交流接触器的选择	105
3.5.4 熔断器的选择	105

3.5.5 热继电器的选择	105
3.5.6 中间继电器的选择	105
3.5.7 时间继电器的选择	106
3.5.8 控制变压器的选择	106
思考题与习题	106
4 机床可编程序控制器	107
4.1 可编程序控制器概况	107
4.1.1 可编程序控制器的产生和发展	107
4.1.2 可编程序控制器的应用范围	108
4.1.3 可编程序控制器的特点	109
4.1.4 可编程序控制器的分类	109
4.2 可编程序控制器的结构与工作过程	110
4.2.1 可编程序控制器的基本结构	110
4.2.2 可编程序控制器的工作过程	112
4.3 可编程序控制器程序的表达方式	113
4.3.1 接点梯形图	113
4.3.2 指令表	114
4.3.3 逻辑功能图	114
4.4 可编程序控制器的指令系统	115
4.4.1 PLC 的继电器分类及其编号	115
4.4.2 基本指令	118
4.4.3 专用指令	126
4.5 编程器及其操作	133
4.5.1 编程器的外部组成及其作用	133
4.5.2 编程器的操作	136
4.6 可编程序控制器的应用	141
4.6.1 可编程序控制器系统设计的一般步骤	141
4.6.2 绘制梯形图的规则	143
4.6.3 可编程序控制器应用举例	144
思考题与习题	157
附录 I 低压电器产品全型号组成形式	161
附录 II 电气原理图中常用新旧电气符号对照表	163
参考文献	167

0 绪论

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,直接影响整个机械工业的发展;机床的自动化水平对提高生产效率和产品质量,减轻操作人员的体力劳动等方面都起到极为重要的作用。

机床的电气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,现代机床电气控制的重要标志是:自动调节技术、电子技术、检测技术、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,电气自动控制装置的配置情况正是机床自动化水平的重要标志。

0.1 机床电气拖动的发展

机床的拖动装置发展迅速,变革很大。20 世纪初由于电动机的出现,使机床的动力发生根本改变,最初是由电动机直接代替蒸汽机,由一台电动机拖动一组机床,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,生产灵活性小,不适于现代化生产的需要。20 世纪 20 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,机床结构发生改变,床体增大,运动增多,各种辅助运动也要由同一台电动机拖动,机械传动机构变得十分复杂,但仍不能满足生产工艺上的要求,于是出现由多台电动机分别拖动各运动机构的多电机拖动。多电机拖动的被采用,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,调速范围可相应扩大,调速精度高,平滑性强,在 20 世纪 30 年代出现了直流发电机—直流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。由于晶闸管等大功率整流元件的出现,变流技术的发展,晶闸管—电动机直流调速系统在新的机床中已越来越多的被采用。

0.2 机床电气控制的发展

机床电气控制,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,都采用继电器—接触器自动控制方式。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、改变转速等,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,满足不了程序经常改变,控制要求比较复杂的系统的需要。

多年来,一种新型的控制装置——可编程控制器得到迅速发展,它把继电接触器控制的优点与计算机的功能齐全,灵活性、通用性强的特点结合起来,用计算机的编程软件逻辑代替继电接触器控制的硬接线逻辑,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,其主要特点是: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,提高了机床的自动化水平。但无论是触点电器还是无触点逻辑元件,其输入和输出信号只有“通”和“断”两种状态,因而这种控制是断续的,不能连续地反映信号的变化,故称为断续控制。

为了使控制系统获得更好的静态和动态特性,完成更为复杂的控制任务,现在广泛采用了反馈控制系统。反馈控制系统是由连续控制元件组成的,它不仅能反映信号的“通”或“断”,而且能反映信号的数值大小。这种由连续控制元件组成的反馈控制系统,叫作连续控制系统。

用作连续控制的元件,过去普遍采用电机放大机和磁放大器。随着半导体器件和晶闸管元件的发展,越来越多地采用晶闸管作为控制元件,组成先进的、用途广泛的晶闸管控制系统。

由于数控技术的发展和电子计算机的应用,电力拖动自动控制又发展到一个新的水平,即向着生产过程自动化的方向迈进。应用电子计算机可以不断地处理复杂生产过程中的大量数据,计算出最佳参数,然后通过自动控制设备及时调整各部分生产机械,使之保持最合理的运行状态,实现整个生产过程的自动化,这是今后电力拖动自动控制发展的方向。

提高机床加工精度、生产效率都与控制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结合在一起,向综合自动化方向发展。

尽管如此,在当前的生产实践中,电力拖动断续控制系统仍是大量的、常见的,同时也是基本的,在工矿企业中广泛使用的生产机械仍由断续控制系统控制,同时又是机床电气控制的基础。

0.3 机床电气控制的基本概念

一般说来,电力拖动系统可分为两部分:

- (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 0-1 示意图中,可清楚地看出普通车床电力拖动系统的两大部分。

电力拖动系统主要分为直流拖动和交流拖动两大类,直流拖动是以直流电动机为动力,交流拖动是以交流电动机为动力。电动机不同,其电气控制装置也就不同。交流拖动系统的交流电动机结构简单,制造容易,造价低及容易维护等许多特点,在普通机床中仍占主导地位;直流电动机具有良好的起动、制动特性和调速性能,能在很宽的范围内进行平滑调速,对调速性能要求较高,对速度要求精确控制的机床都采用直流电动机拖动系统。

电动机以及与电动机有关联的传动机构合并称为电力拖动部分;把满足加工工艺要求使电动机起动、制动、反向、调速等电气控制和电气操纵部分称为电气自动控制部分,或

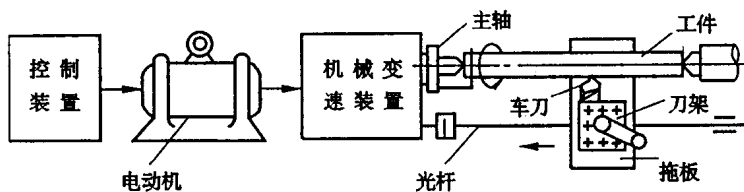


图0-1 普通车床加工示意图

称电气自动控制装置。

机床电气控制系统类型很多,按使用的电气设备分,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;晶闸管—电动机直流调速系统;数字控制系统;计算机控制系统等。

0.4 本课程的性质、任务及要求

本课程是机制专业的一门专业课,开设在先修课程《电工学与工业电子学》、《计算机应用基础》之后,其任务是给学生以机床电气控制系统(继电器—接触器控制、可编程序控制器控制)的结构、组成、工作原理和应用的基础理论和基本知识,使学生初步掌握机床电气控制系统的应用、设计方法,具有对简单机床电气控制系统设计、编程和调试的能力。

通过本课程的学习,应使学生达到下列基本要求:

- (1)熟悉机床常用控制电路的结构、工作原理及用途,并能正确选用;
- (2)熟悉机床控制电路的基本环节及其应用和分析方法,初步具有对不太复杂的机床控制电路改造和设计的能力;
- (3)初步掌握可编程序控制器(PLC)的基本工作原理、指令系统、编程特点和方法,能根据生产工艺过程和控制要求正确选用 PLC 和编制简单用户程序,并经调试应用于生产过程的控制。

1 机床常用电器和电气控制基本环节

机床一般都是由电动机来拖动,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控制,尤其是由三相笼型异步电动机拖动的交流拖动系统更是如此。

凡是用来接通和断开电路,以达到控制、调节、转换和保护目的的电气设备都称为电器。工作在交流 1200V 以下与直流 1500V 以下电路中的电器称为低压电器。低压电器作为基本元器件广泛应用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输和国防工业等的电力输配电系统和电力拖动系统中。从结构上来看,大多数低压电器都具有相同的组成部分——感测部分和执行部分。对于有触点的电磁式电器来说,感测部分大都是电磁机构,执行部分是触点。随着工农业生产的发展,供电系统的容量不断扩大,低压电器的额定电压等级范围有相应提高的趋势,同时,电子技术也将日益广泛地用于低压电器中。

各种生产机械的电气控制设备有着各种各样的电气控制电路,这些控制电路不管是简单的还是复杂的,一般都是由多个基本控制环节组成。我们在分析控制电路的原理和判断其故障时,一般都是从这些基本控制环节着手,因此,掌握电气控制电路的基本环节,对生产机械整个电气控制电路的工作原理分析及维修有着很大的帮助。本章介绍机床常用电器的构造、原理和机床电气控制电路的基本环节。

1.1 机床电气原理图的阅读与绘制

电力拖动电气控制电路主要由各种电器元件和电动机等用电设备组成,为了阅读方便,在绘制电气控制电路图时,必须使用国家统一规定的图形符号和文字符号,以及国家统一规定绘制电气控制电路图的方法。

1.1.1 电气控制电路的图形符号及文字符号

由电器元件组成的电力拖动自动控制电路中,有多种电器和电动机等,每个电器和电动机都有流过电流的部件,如触点、线圈、电动机的绕组等。为了表达这些导电部件的相互联接,及便于电器元件的安装、调整、使用和维修,必须采用统一的符号,按照容易看懂的原则用一定的规则画出,用不同的图形符号表示各种电器元件,用不同的文字符号表示各种电气元件的名称、用途等。

附录Ⅱ列出了电气控制电路常用的图形符号和文字符号,它们分别是根据国家标准 GB4728—84、GB4728—85 及 GB7159—87 列出的,旧标准是根据国家标准 GB312—64 列出的。列出旧标准,是为了在实际工作中碰到旧标准图时可作参照;所列图形符号,是指电器处在无电磁力或无其他外力作用下的正常状态绘制的。根据图面布置的要求,可将表内图形符号旋转 90°绘制。

1.1.2 电气控制电路原理图

电气控制电路原理图是为便于阅读与分析控制电路,根据简单清晰的原则,将原理图

采用电气元件展开的形式来绘制,它包括所有电气元件的导电部件和接线端头,但并不是按照电气元件实际布置位置来绘制的。

原理图一般分为主电路和辅助电路两部分,主电路是电气控制电路负载电路部分;辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路,是小电流通过的部分。

绘制电气控制电路原理图时应遵循以下原则:

(1)各个电器元件和部件在控制电路中的位置,根据便于阅读的原则来安排,同一电气元件的各个部件可以不画在一起。

(2)每一电器部件都用规定的图形符号表示,并在图形符号附近用文字符号标注它们属于哪个电器。

(3)图中电器元件触点的开闭,均以没有受到外力作用或线圈没有通电时的开闭状态画出,多位置电器以手柄置于零位时触点的开闭状态画出;此时触点呈断开状态的称“常开触点”,触点呈闭合状态的称“常闭触点”。

(4)绘制电气控制电路原理图的图幅可按机械制图的图号,根据需要选用。如果需要加长的图纸,应采用加长图纸,如 $A_3 \times 3(420 \times 891)$ 、 $A_4 \times 5(297 \times 1051)$ 。为了便于确定图上的内容和组成部分的位置,可以在图面上分区。为了便于检索分析、维修和寻找故障,原理图上各电路应按其功能分开画出,应将图面分成若干个区域(简称图区)。图区编号一般用阿拉伯数字写在图的下部,用途栏一般放在图的上部,用文字说明;图面垂直分区一般用英文字母标注;图区分区数应该是偶数。

(5)线路平行排列,各分支电路基本上按动作顺序由左向右排列,导线交叉的电气连接处用圆黑点或圆圈标明。

(6)为了便于安装、检修、调整,电器元件接线端均用标记编号,主电路图上用回路标号;辅助电路的电气连接线用数字编号。号码从左向右,从上到下,每经过一个元件改变一个号,依次编排,不能缺号,也不能重号。

1.1.3 电气控制电路安装接线图

电气控制电路安装接线图,是为了安装电气设备和电器元件进行配线或检修电气故障服务的。在图中显示出电气设备中各个元件的空间位置与接线情况,它在安装或检修时对照原理图使用,它是根据电器位置布置最合理、联接的导线最经济等原则安排的。电气控制电路安装接线图绘制时,应遵循以下几个基本原则:

(1)各电器不画实体,以图形符号代表。

(2)各电器元件所画的位置,应与实际安装位置一致。

(3)安装接线图中,电器元件的文字符号及线号应与原理图一致,并按原理图联接。

(4)同一电器元件的各部件要画在一起。

(5)绘出连接线时,应标出导线及穿线管子的型号、规格和尺寸,管内导线应留有备用线。多根导线如走向一致,可合并画为单根粗实线,并在线上标出导线型号、线径和根数。

(6)不在同一处电器元件的联接应通过接线端子进行。

安装接线图中导线型号:

BVR 是铜芯塑料软线;BV 是铜芯塑料线;BLV 是铝芯塑料线。

管子标号有:钢管 GG、金属软管 JG、PVC 聚氯乙烯管等。

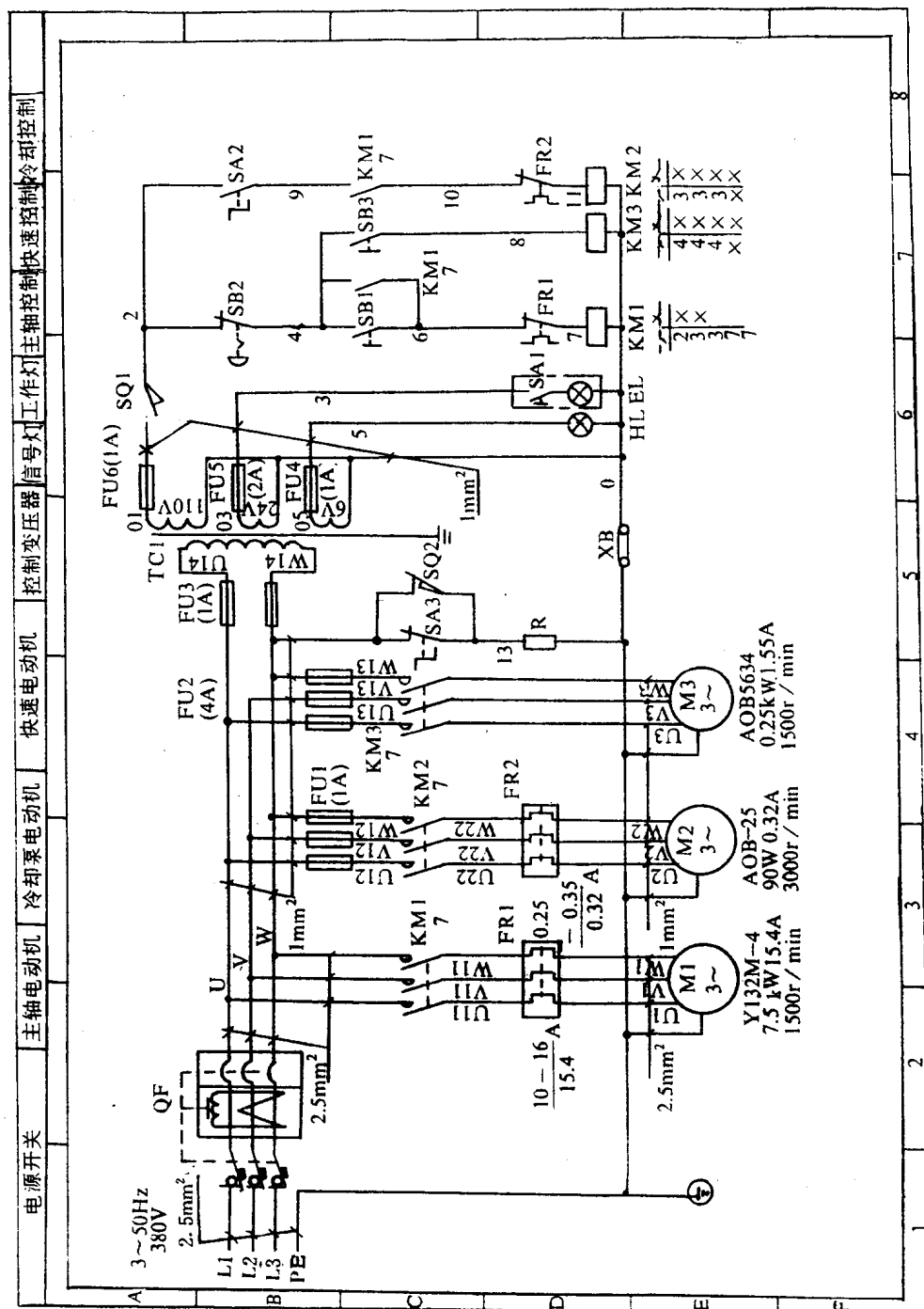


图 1-1 CA6140 车床电气控制电路原理图

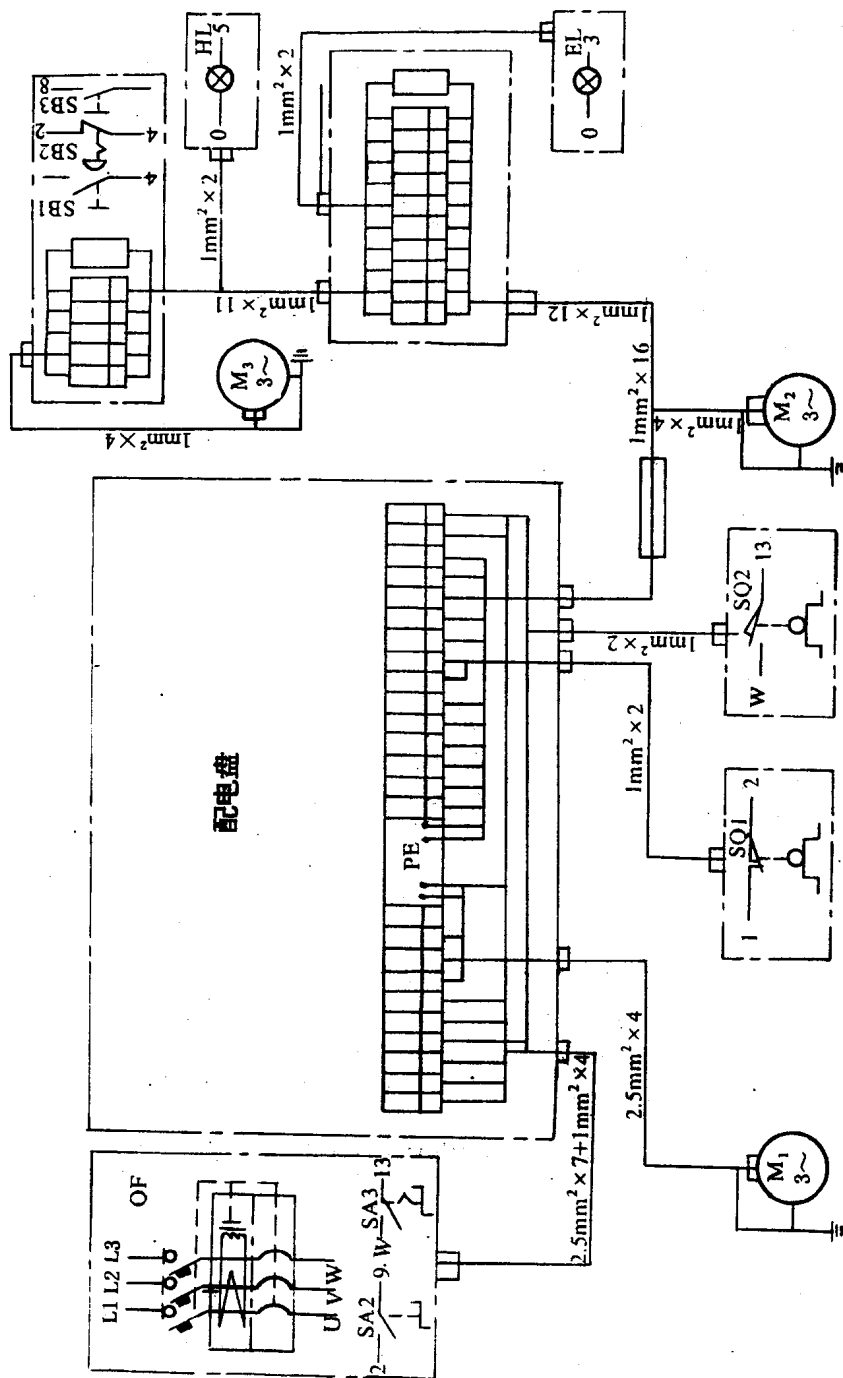


图 1-2 CA6140 车床安装接线图

1.2 三相笼型异步电动机的起动控制电路

电动机接通电源后,由静止状态逐渐加速到稳定运行状态的过程称为电动机的起动。

直接起动又叫全压起动,它是通过电器将额定电压直接加在电动机的定子绕组上,使电动机运转。其优点是所需电气设备少,电路简单;缺点是起动电流大。

小容量电动机(10kW 及以下)可以直接起动。判断一台交流电动机能否采用直接起动,也可根据下列经验公式确定:

$$\frac{I_{ST}}{I_N} \leq \frac{3}{4} + \frac{\text{电源变压器的容量(kVA)}}{4 \times \text{电动机额定功率(kW)}} \tag{1-1}$$

式中 I_{ST} ——电动机全压起动电流(A);

I_N ——电动机的额定电流(A)。

符合本公式,可以直接起动;不符合本公式,则应采用减压起动。

一般情况下,当电动机容量不超过电源变压器容量的 15%~20%时,都允许直接起动。

下面介绍直接起动的各种控制电路和相关的电器元件。

1.2.1 正转控制电路

1) 手动正转控制电路和电器

(1) 电器元件

① 熔断器

熔断器是电网和用电设备的安全保护电器之一。其主体是用低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体,串联在被保护的电路中。它是根据电流的热效应原理工作的。在正常情况下,熔体相当于一根导线;当发生短路或过载时,电流很大,熔体因过热熔化而切断电路。

熔断器作为保护电器,具有结构简单、价格低廉、使用方便等优点,应用极为广泛。

i. 熔断器的结构

熔断器由熔体(俗称保险丝)和熔器(或称熔管)组成。熔体为丝状或片状,熔体材料通常有两种:一种由铅锡合金等低熔点材料制成;另一种由银、铜等金属制成。正常工作的时候,流过熔体的电流小于或等于它的额定电流,由于熔体发热的温度尚未到达熔体的熔点,所以熔体不会熔断,电路仍然保持接通。当流过熔体的电流达到额定电流的 1.3~2 倍时,熔体缓慢熔断;当流过熔体的电流达到额定电流的 8~10 倍时,熔体迅速熔断。电流越大,熔体熔断越快,如表 1-1 所示。

表 1-1 常用熔体安秒特性

熔体通过的电流/A	$1.25 I_N$	$1.6 I_N$	$1.8 I_N$	$2.0 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$	$8 I_N$
熔断时间 /s	∞	3600	1200	40	8	4.5	2.5	1

表中 I_N 为熔体额定电流,通常取 $2 I_N$ 为熔断器的熔断电流,其熔断时间约 30~40s。因此熔断器对轻度过载反应比较迟钝,一般只能作短路保护。

ii. 熔断器的技术参数