

绪 论

一、电气控制设备与控制技术的发展

电气自动控制技术是以科学技术的飞速发展为前提，以工业生产产品和生产工艺的不断更新为动力，从而得到不断发展的。

在 20 世纪 40 年代以前，工业生产基本上还是处于手工操作的时代，主要依靠操作者的手艺和经验去控制生产的过程，因此生产产量低、产品质量差、劳动强度大且劳动生产率低，经济效益也很差。

随着工业生产规模的日益扩大，在生产过程中必须处理的问题变得十分复杂。由于人类自身生理条件的原因，使人们对生产过程中动作的辨别、动作的速度、精度、动作的一致性，以及对复杂问题的反应和处理能力等方面都受到限制。虽然借助于常规的控制仪表和逻辑硬接线的控制装置（如继电器-接触器控制系统）能够在一定程度、一定范围内的自动化，但是对于生产过程中的随机干扰实行随机控制，以及多变量、高精度的控制等仍然难以实现。现代工业的发展迫切需要通过实现生产过程和生产设备的自动控制。所谓“自动控制”，就是指在没有人直接参与的情况下，通过控制系统使被控对象或生产自动地按照预先设置的规律进行工作。

自动控制使用的技术手段包括电气、机械、液压和气动等方法，其中电气自动控制是应用最为普遍的方法。任何的生产过程和生产设备都需要能源，自从人类在 19 世纪初开始掌握电能的产生与应用技术以来，电能就已成为工业生产最主要的能源，将电能转换成机械能的电动机成为工业生产最主要的动力设备。生产过程的运行、生产机械的起动、停止以及运行状态的调节等，都可以通过对电动机等动力设备的控制来实现，从而组成电力拖动自动控制系统如图 0-1 所示，它主要包括三个环节：

- (1) 动力设备 主要是各种电动机，是将电能转换成机械能以驱动生产机械的原动力。
- (2) 自动控制设备 通过对动力设备进行自动控制，以实现生产过程或生产机械运行的自动化。
- (3) 传动机构 动力设备与工作机构之间的传动装置。

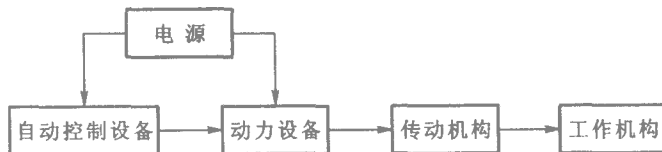


图 0-1 电力拖动自动控制系统的组成

电力拖动自动控制系统如果按照输入输出信号的状态特征，可分为开关量（数字量）和连续量（模拟量）两类，其控制系统分别为断续控制系统和连续控制系统。本书主要介绍开关量的断续控制系统。

在 20 世纪 70 年代以前,实现对开关量的自动控制基本上是采用继电器-接触器控制系统。这种控制系统主要由继电器、接触器和各种开关组成,由于它具有简单、经济的特点,因而至今仍在许多控制动作较简单、控制规模较小的设备上使用。继电器-接触器控制系统的主要缺点是:①因为是由较多的电器触点及其连接线组成,所以工作可靠性较差;②电器触点存在机械磨损,工作寿命短;③其硬接线使控制功能和动作顺序被固化,一旦控制要求有所改变就需要重新设计、布线和装配,不能适应产品和生产工艺不断更新带来控制功能经常变化的要求。在 20 世纪 50 年代开始,曾经使用过晶体管逻辑控制系统取代继电器-接触器控制,解决了有触点开关的问题,但由于这种控制装置仍然是硬接线,仍然解决不了通用性和灵活性的问题。

自从 1946 年世界上第一台电子计算机问世,就预示着将为实现工业生产的高度自动化提供强有力的手段。但是在 20 世纪 50~60 年代,用于工业自动控制的计算机还处于试验阶段,这一阶段的工业控制计算机主要用于开环数据记录、数据处理和过程监督,主要的原因是当时的计算机速度慢、价格贵、可靠性差,远不能满足工业控制的要求。

在 20 世纪 60 年代后期,随着电子工业的发展,出现了使用中小规模集成电路的第三代电子计算机,以其体积小、速度快、可靠性高,价格也较便宜的特点使计算机迅速进入工业生产自动控制的领域。在这一时期出现的可编程控制器(PLC)就是糅合了传统的继电器-接触器控制系统简单易懂、操作方便,和计算机控制系统功能强、通用性和灵活性好的优点,主要用于开关量控制的自动控制装置。

自从 20 世纪 70 年代以后,随着微电子技术的发展,大规模集成电路的制造成功,造价低廉的微处理器的大量出现,促使工业微机的应用迅速普及。因而产生了集中-分散型控制系统(DCS)。DCS 控制系统不仅提高了控制系统的工作可靠性,而且可以灵活方便地实现各种新的控制规律(如多变量、多参数控制、最优控制、自适应控制等)便于系统分批调试与投入运行。DCS 的出现和应用,为实现高水平的自动化提供了强有力的技术基础,为工业过程自动化向高层次发展带来了深远的影响。在控制设备方面,包括微机控制的智能型单元组合仪表和 PLC 的诞生,都标志着工业自动化真正进入了计算机时代。

自 20 世纪 80 年代迅速发展起来的计算机网络技术,又使得工业自动化发生了巨大变革,计算机网络化产生了控制与管理一体化的现代新型工业自动化模式。这种新型的自动控制系统已经超出了传统的工业工程技术领域,还包括了社会经济和生物生态各个领域,从局部控制进入了全局控制,既有若干个子系统的闭环控制,又有整个大系统的协调全面控制,可以实现在线优化、生产过程的实时调度、产品计划、统计、信息管理和决策管理。工业自动化系统能够在大量获取并处理生产过程和市场信息的基础上,科学地安排和调度生产以充分发挥设备的生产潜力达到优质、高产、低耗的最佳目标。

二、可编程控制器的产生与发展

在 20 世纪 60 年代,随着生产技术的发展、生产规模的扩大和市场竞争的日趋激烈,继电器-接触器控制系统其使用的单一性和控制功能简单(局限于逻辑控制和定时、计数等简单控制)的缺点逐渐暴露出来。因此需要有一种能够适应产品更新快、生产工艺和流程经常

变化的控制要求的工业控制装置，以取代继电器-接触器控制系统。在 1968 年美国通用汽车 (GM) 公司首先公开招标，提出了研制新型工业控制器的十项功能指标。根据这十项指标的要求，在一年后，由美国数据设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台可编程控制器，并且成功地应用在 GM 公司的生产线上。此后，日本的日立公司通过从美国引进技术，于 1971 年试制出日本的第一台可编程控制器。1973 年，德国的西门子公司独立研制出欧洲的第一台可编程控制器。在这一时期的可编程控制器虽然也采用了计算机的设计思想，但仅有逻辑控制、定时、计数等控制功能，只能进行顺序控制，故称为“可编程逻辑控制器”(Programmable Logic Controller) 简称 PLC。

到了 20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的发展，使 PLC 在处理速度和控制功能上都有了很大提高，不仅可以进行开关量的逻辑控制，还可以对模拟量进行控制，且具有数据处理、PID 控制和数据通信功能，发展成为一种新型的工业自动控制标准装置。因此于 1980 年被美国电气制造协会 (NEMA) 命名为“可编程控制器”(Programmable Controller) 简称 PC。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer) 相混淆，所以我国仍习惯以 PLC 作为可编程控制器的简称，本书也统一使用 PLC 这一简称。

1987 年，国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 作出了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作命令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关的设备，都应按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充功能的原则而设计。”

用 PLC 取代继电器-接触器系统实现工业自动控制，不仅由于用软件编程取代了硬接线，在改变控制要求时只需要改变程序而无需重新配线，而且由于用 PLC 内部的“软继电器”取代了许多电器，从而大大减少了电器的数量、简化了电气控制系统的接线、减小了电气控制柜的安装尺寸，充分体现出设计、施工周期短、通用性强、可靠性高、成本低的优点。特别是 PLC 采用的梯形图编程语言是以继电器控制电路图为基础的形象编程语言，一般电气技术人员和技术工人经过简单地培训就可以掌握，所以又有人把 PLC 称为“蓝领计算机”。甚至有人这样描绘现代化工厂里工人的形象：“工人左腰别着螺丝刀，右腰别着编程器”。

自 20 世纪 80 年代以来，PLC 在处理速度、控制功能、通信能力以及控制领域等方面都不断有新的突破，正朝着电气控制、仪表控制、计算机控制一体化和网络化的方向发展。PLC 技术、CAD/CAM/CAE (计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程) 技术和工业机器人已成为现代工业自动化的三大支柱。因为当今的可编程控制系统已经是集计算机技术、通信技术和自动控制技术为一体的新型的工业控制装置，所以已被称为“可编程计算机控制器”(Programmable Computer Controller) 简称 PCC。可编程控制器的发展过程表明，它事实上已改变了当初仅取代继电器-接触器控制系统的初衷，而发展成为在工业自动控制领域中推广速度最快、应用最广的一种标准控制设备。

三、本课程的性质、内容及教材使用方法建议

本教材主要介绍作为电力拖动自动控制系统的继电器-接触器控制系统和 PLC 控制系

统。本课程应是“电机及控制技术”(主要讲授变压器、交、直流电动机和特种电机、低压电器和电动机基本控制电路)的后续课程,本教材作为高职高专工科机电类专业的系列教材,与《电机及控制技术》教材配套使用。

对本课程的教学和本教材的使用提出几点建议,供参考:

(1) 处理好继电器-接触器控制系统与 PLC 控制系统之间的衔接关系,应在掌握继电器-接触器控制系统常规应用的基础上,进而掌握 PLC 控制系统的应用。

(2) 处理好教学内容的先进性与普及性的关系,既要让学生对新知识、新技术、新的产品和元器件有所了解,又要保证学生掌握本专业对应岗位必要的基本知识和基本技能,保证学生有较扎实的专业理论基础知识和实际工作能力。因此,对教材中的一些内容(如专用和组合机床控制电路,一些高级指令、特殊功能的应用,PLC 通信方面的知识,应用实例,其他系列的 PLC 产品,PLC 控制系统的设计、装配等内容),可选讲或作为阅读材料,也可以改用本地区、本行业的一些典型实例来组织教学。目前 PLC 的系列产品不断推陈出新,在教学中也应与时俱进,尽可能介绍一些新的产品。基本的教学原则是应让学生在掌握基本原理和应用规律的基础上,做到举一反三,触类旁通。

(3) 对于实践教学的内容(参观、实验、实训和课程设计),可结合相关的理论教学内容进行。如有条件,有些内容可在生产现场组织教学(如机床、起重机等机械设备的结构和运行状况)或者在实验室或专业教室进行教学(如第八章编程工具的使用)讲练结合,可能会收到更好的教学效果。

第一篇 继电器—接触器控制系统

第一章 常用机械设备的电气控制

第一节 电气控制系统图

电气控制线路是由许多电器元件按照一定的要求和规律连接而成的。为了表达各种设备的电气控制系统的结构和原理，便于电气控制系统的安装、调试、使用和维修，需要将电气控制系统中各电器元件及它们之间的连接线路用一定的图形表达出来，这就是电气控制系统图。电气控制系统图一般包括电气原理图、电器布置图和电气安装接线图三种，各种图有其不同的用途和规定画法，都要求按照统一的图形和文字符号及标准的画法来绘制。为此，国家制订了一系列标准，用来规范电气控制系统的各种技术资料。

一、电气控制系统图中常用的图形符号和文字符号

国家标准局参照国际电工委员会（IEC）颁布的标准，制定了我国电气制图的一系列有关国家标准 其中包括 GB/T4728—1998~2000 《电气简图用图形符号》,GB7159—87 《电气技术中的文字符号制定通则》。在电气控制系统图中常用的电器元件的图形和文字符号可参见附录一。

二、电气控制系统图的绘制原则和基本方法

1. 电气原理图

电气原理图用图形和文字符号表示电路中各个电器元件的连接关系和电气工作原理，它并不反映电器元件的实际大小和安装位置。现以 CW6132 型普通车床的电气原理图（如图 1-1 所示）为例来说明绘制电气原理图应遵循的一些基本原则：

(1) 电气原理图一般分为主电路、控制电路和辅助电路。主电路包括从电源到电机的电路，是大电流通过的部分，画在图的左边（如图 1-1 中的 1、2、3 区）。控制电路和辅助电路通过的电流相对较小，控制电路一般为继电器、接触器的线圈电路，包括各种主令电器、继电器、接触器的触点（如图 1-1 中的 4 区）。辅助电路一般指照明、信号指示、检测等电路（如图 1-1 中的 5、6、7 区）。各电路均应尽可能按动作顺序由上至下、由左至右画出。

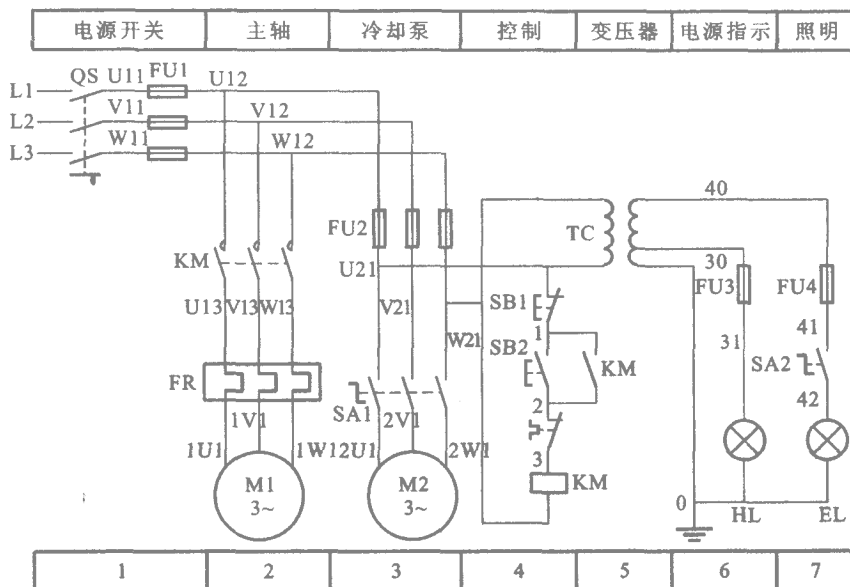


图 1-1 CW6132 型普通车床的电气原理图

(2) 电气原理图中所有电器元件的图形和文字符号必须采用国家规定的统一标准。在电气原理图中，电器元件采用分离画法，即同一电器的各个部件可以不画在一起，但必须用同一文字符号标注。对于同类电器，应在文字符号后加数字序号以示区别（如图 1-1 中的 FU1~4）。

(3) 在电气原理图中，所有电器的可动部分均按原始状态画出。即对于继电器、接触器的触点，应按其线圈不通电时的状态画出；对于控制器，应按其手柄处于零位时的状态画出；对于按钮、行程开关等主令电器，应按其未受外力作用时的状态画出。

(4) 动力电路的电源线应水平画出；主电路应垂直于电源线画出；控制电路和辅助电路应垂直于两条或几条水平电源线之间，耗能元件（如线圈、电磁阀、照明灯和信号灯等）应接在下面一条电源线一侧，而各种控制触点应接在另一条电源线上。

(5) 应尽量减少线条数量和避免线条交叉。各导线之间有电联系时，应在导线交叉处画实心圆点。根据图面布置需要，可以将图形符号旋转绘制，一般按逆时针方向旋转 90° ，但其文字符号不可倒置。

(6) 在电气原理图上应标出各个电源电路的电压值、极性或频率及相数；对某些元器件还应标注其特性（如电阻、电容的数值等）；不常用的电器（如位置传感器、手动开关等）还要标注其操作方式和功能等。

(7) 为方便阅图，在电气原理图中可将图分成若干个图区，并标明各图区电路的用途或作用。

2. 电器布置图

电器布置图反映各电器元件的实际安装位置，在图中电器元件用实线框表示，而不必按

其外形形状画出。在图中往往留有 10% 以上的备用面积及导线管（槽）的位置，以供走线和改进设计时用。在图中还需要标注出必要的尺寸。CW6132 型普通车床的电器布置图如图 1-2 所示。

3. 电气安装接线图

电气安装接线图反映电气设备各控制单元内部元件之间的接线关系。图 1-3 所示为 CW6132 型普通车床的电气安装接线图。

绘制电气安装接线图应遵循以下原则：

(1) 各电器元件必须用规定的图形和文字符号绘制。同一电器的各部分必须画在一起，其图形、文字符号和端子板的编号必须与原理图相一致。各电器元件的位置必须与电器布置图相对应。

(2) 不在同一控制柜、控制屏等控制单元上的电器元件之间的电气连接必须通过端子板进行。

(3) 电气安装接线图中走线方向相同的导线用线束表示，连接导线应注明导线的规格（数量、截面积等）；若采用线管走线时，须留有一定数量的备用导线。还应注明线管的尺寸和材料。

三、生产机械设备电气控制系统图的读图方法

阅读生产机械设备电气控制系统图的一般步骤和方法是：

(1) 首先应阅读生产机械设备的有关技术资料：了解设备的基本结构、运动情况、工艺要求和操作方法；了解设备机械、液压系统的基本结构、原理及与电气控制的关系，以及相关电器的安装位置和在控制中的作用；了解设备对电力拖动的要求，对电气控制和保护的一些具体要求。以期对设备有一个总体的了解，为阅读设备电气图作准备。

(2) 阅读电气原理图中的主电路：了解电力拖动系统由几台拖动电动机所组成，并结合工艺要求了解电动机的运行状况（如起动、制动方式、是否正反转、有无调速要求等）各用什么电器实行控制和保护。

(3) 看电气原理图中的控制电路，在熟悉电动机控制电路基本环节的基础上，按照设备的工艺要求和动作顺序，分析各个控制环节的工作原理和工作过程。

(4) 根据设备的电气控制和保护要求，结合设备的机械、电气、液压系统的配合情况，分析各环节之间的联系、工作程序以及联锁关系。对应上一步，可以总结为：“化整为零看电路，积零为整看全部”。

(5) 统观整个电路，看有哪些保护环节。有些电器的工作情况可结合看电气安装接线

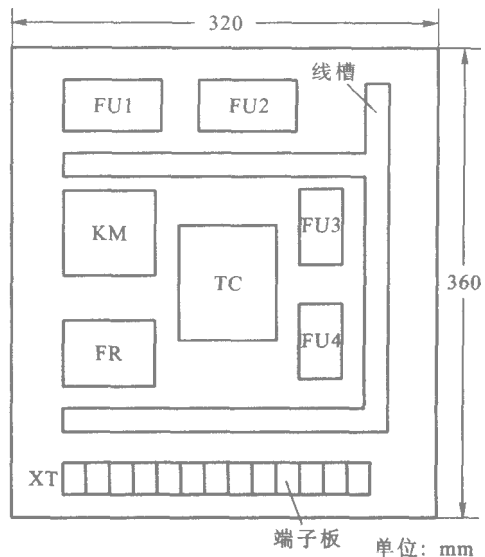


图 1-2 CW6132 型普通车床电气布置图

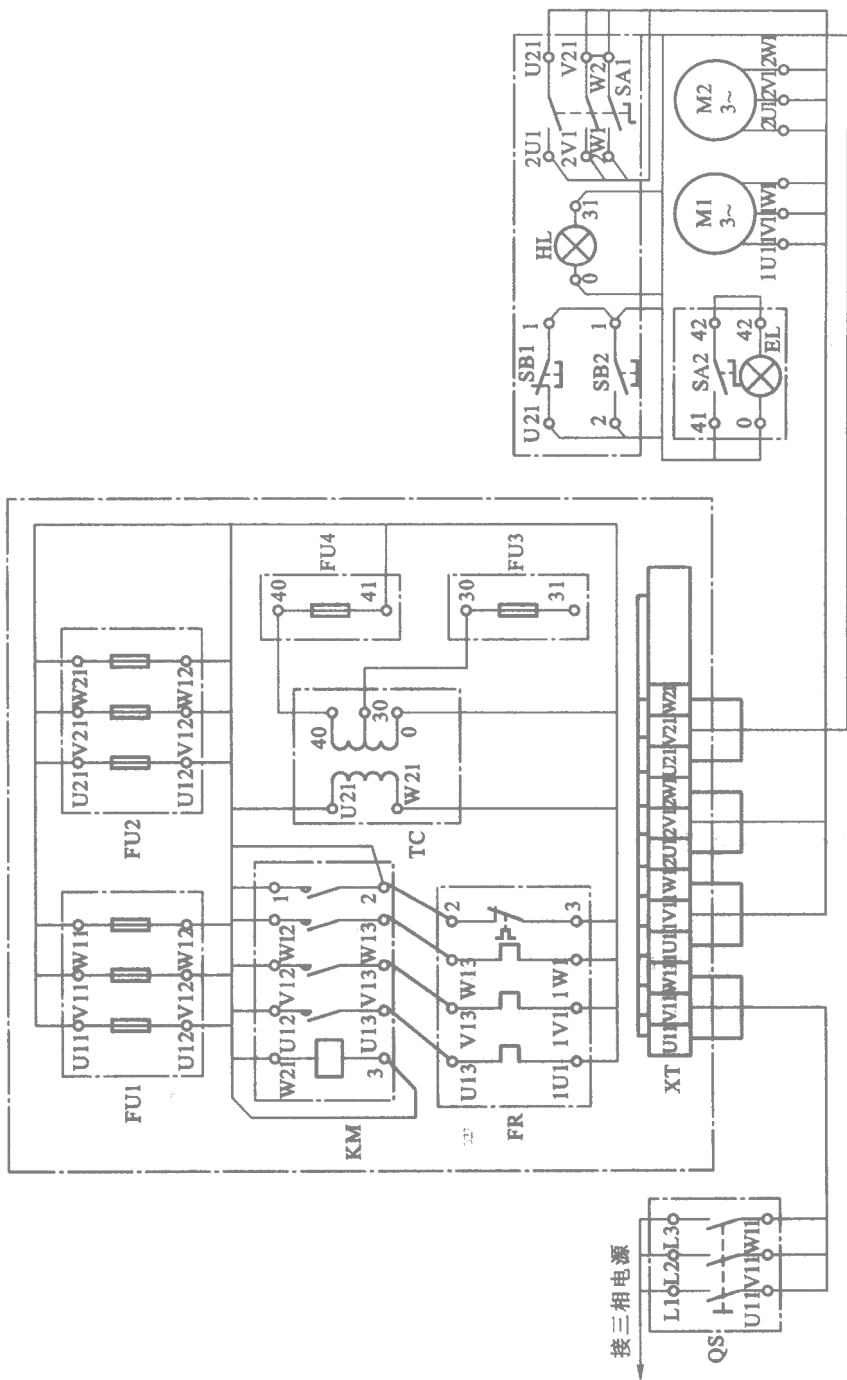


图 1-3 CW6132 型普通车床控制板安装接线图

图来进行分析。

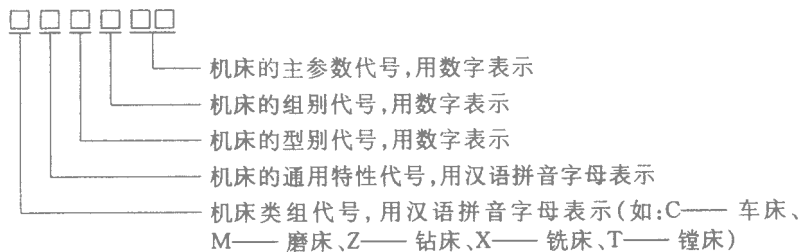
(6) 最后再看电气原理图中的其他辅助电路（如检测、信号指示、照明等电路）。

上述只是阅读设备电气图的一般步骤和方法，在这方面没有一个固定的模式或程序，重要的是在实践中不断总结、积累经验。每阅读一个电路，都应注意分析、总结其特点，这样才能够不断提高读图能力。

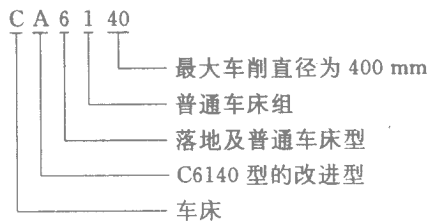
第二节 普通车床的电气控制电路

金属切削机床是进行机械加工的主要设备，它用切削的方法将金属毛坯加工成有一定形状、尺寸和表面质量的机械零件。常见的金属切削机床有车床、磨床、钻床、铣床和镗床等。金属切削机床的机械运动可分为三类：对金属工件进行切削的运动称为主运动（一般为机床主轴的旋转运动）；持续地把金属工件的被切削层投入切削的运动称为进给运动（即加工工具与加工工件之间的相对运动）；而其他的运动（如机床部件的位置调整运动）统称为辅助运动。

我国生产的金属切削机床型号的组成形式为



例如,CA6140型车床型号的含义为



一、普通车床的主要结构和运动形式

普通车床主要由床身、主轴变速箱、主轴（主轴上带有用于夹持工件的卡盘）挂轮箱、进给箱、溜板箱、溜板与刀架、尾架、丝杆与光杆等组成，如 CA6140 型普通车床的结构示意图如图 1-4 所示。

车床是使用最广泛的一种金属切削机床，主要用于加工各种回转表面（内外圆柱面、端

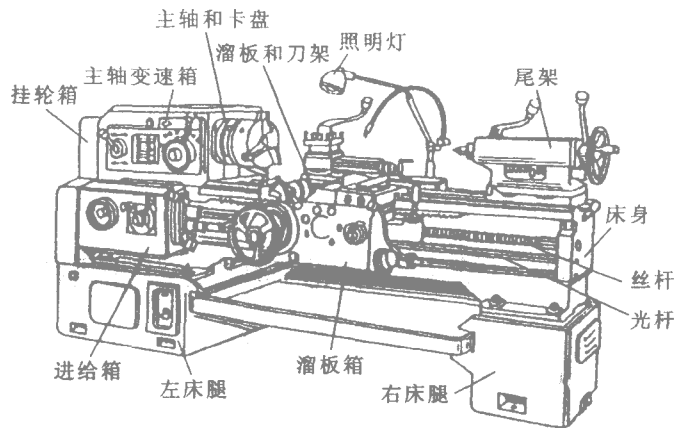


图 1-4 CA6140 型车床结构示意图

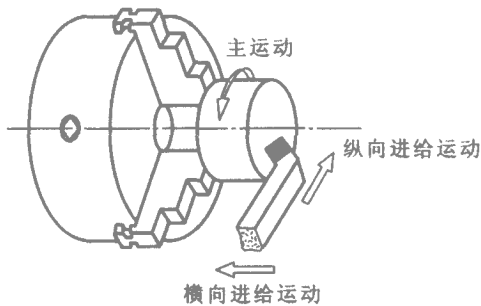


图 1-5 车床的主运动和进给运动示意图

面、圆锥面、成型回转面等），还可用于车削螺纹和进行孔加工。在进行车削加工时，工件被夹在卡盘上由主轴带动旋转；加工工具——车刀被装在刀架上，由溜板和溜板箱带动作横向和纵向运动，以改变车削加工的位置和深度。因此，车床的主运动是主轴的旋转运动，进给运动就是溜板箱带动刀架的直线运动（如图 1-5 所示），而辅助运动则包括刀架的快速移动和工件的夹紧和放松。

二、车床的电力拖动形式和控制要求

车床的主轴一般只需要单向旋转，只有在加工螺纹要退刀时，才需要主轴反转。根据加工工艺要求，要求主轴能够在相当宽的范围进行调速。一般中小型普通车床的主轴运动都用笼型异步电动机来拖动，电动机通过皮带轮将动力传递到主轴变速箱带动主轴旋转，由机械变速箱调节主轴的转速。主轴的反转可以用机械方法实现，也可以由电动机的反转来实现。

车床运行时，绝大部分的功率都消耗在主运动上，刀架的进给运动所消耗的功率很小。而且由于在车削螺纹时，要求主轴的旋转速度与刀具的进给速度保持严格的比例，因此一般中小型车床的进给运动也由主轴电动机来拖动。主轴电动机的动力由主轴箱、挂轮箱传到进给箱，再由光杆或丝杆传到溜板箱，由溜板箱带动溜板和刀架作纵、横两个方向的进给运动。

因此，车床对电力拖动及其控制有以下要求：

(1) 车床的主轴运动和进给运动采用笼型异步电动机拖动。车床采用机械方法调速，对电动机没有调速的要求；一般采用机械方法反转，但也有的车床要求主轴电动机能够反

转；主轴电动机直接起动。

(2) 在车削加工时，为防止刀具和工件温度过高，需要由一台冷却泵电动机来提供冷却液。一般要求冷却泵电动机在主轴电动机起动后才能起动，主轴电动机停机，冷却泵电动机也同时停机。

- (3) 有的车床 (如 CA6140 型) 还配有一台刀架快速移动电动机。
- (4) 具有必要的电气保护环节，如各电路的短路保护和电动机的过载保护。
- (5) 具有安全的局部照明装置。

三、CA6140 型车床电气控制电路分析

CA6140 型普通车床的电气原理图如图 1-6 所示，电器位置图如图 1-7 所示，电器元件明细表见表 1-1。

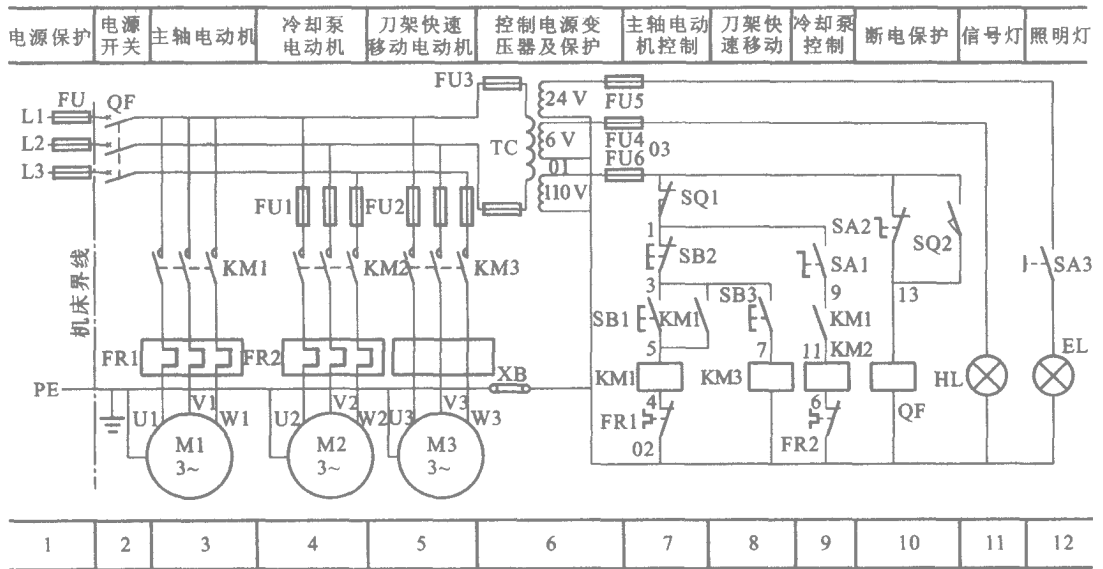


图 1-6 CA6140 型车床电气原理图

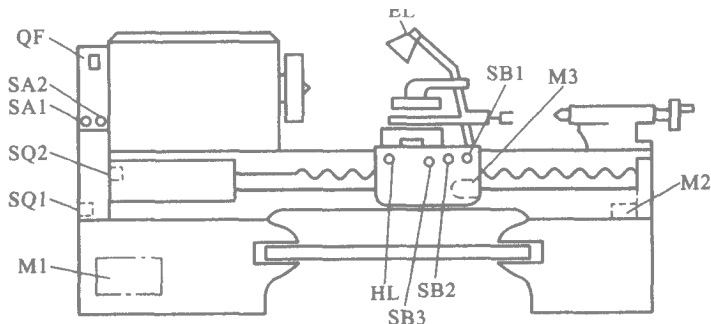


图 1-7 CA6140 型车床电器位置图

表 1-1 CA6140 型车床电器元件明细表

符号	名称	型号	规格	数量	用途
M1	主轴电动机	Y132M-4-B3	7.5 kW 15.4 A 1 440 r/min	1	主运动和进给运动动力
M2	冷却泵电动机	AOB-25	90 W 2 800 r/min	1	驱动冷却液泵
M3	刀架快速移动电动机	AOS5634	250 W 1 360 r/min	1	刀架快速移动动力
FR1	热继电器	JR16-20/3D	11 号热元件 整定电流 15.4 A	1	M1 的过载保护
FR2	热继电器	JR16-20/3D	1 号热元件 整定电流 0.32 A	1	M2 的过载保护
KM1	交流接触器	CJ10-40	40 A 线圈电压 110 V	1	控制 M1
KM2	交流接触器	CJ10-10	10 A 线圈电压 110 V	1	控制 M2
KM3	交流接触器	CJ10-10	10 A 线圈电压 110 V	1	控制 M3
FU1	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 1 A 熔体	3	M2 的短路保护
FU2	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 4 A 熔体	3	M3 的短路保护
FU3	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 1 A 熔体	2	TC 的一次侧短路保护
FU4	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 1 A 熔体	1	电源指示灯短路保护
FU5	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 2 A 熔体	1	车床照明电路短路保护
FU6	熔断器	RL1-15	380 V 15 A 配 1 A 熔体	1	控制电路短路保护
SB1	按钮开关	LAY3-10/3	绿色	1	M1 起动按钮
SB2	按钮开关	LAY3-01ZS/1	红色	1	M1 停机按钮
SB3	按钮开关	LA19-11	500 V 5 A	1	M3 控制按钮
SA1	旋钮开关	LAY3-10X/2		1	M2 控制开关
SA2	旋钮开关	LAY3-01Y/2	带锁匙	1	电源开关锁
SA3	旋钮开关		250 V 5 A	1	车床照明灯开关
SQ1	挂轮架安全行程开关	JWM6-11		1	断电安全保护
SQ2	电气箱安全行程开关	JWM6-11		1	
HL	信号灯	ZSD-0	6 V	1	电源指示灯
QF	断路器	AM1-25	25 A 线圈电压 110 V	1	电源引入开关
TC	控制变压器	BK2-100	100 V · A 380/110, 24, 6 V	1	提供控制、照明电路电压
EL	车床照明灯	JC11	带 40 W、24 V 灯泡	1	工作照明

（一）主电路

机床的电源采用三相 380 V 交流电源，由漏电保护断路器 QF 引入，总熔断器 FU 由用户提供。主轴电动机 M1 的短路保护由 QF 的电磁脱扣器来实现，而冷却泵电动机 M2 和刀架快速移动电动机 M3 分别由熔断器 FU1、FU2 实现短路保护。三台电动机均直接启动，单向运转，分别由交流接触器 KM1、KM2、KM3 控制运行。M1 和 M2 分别由热继电器 FR1、FR2 实现过载保护，M3 由于是短时工作制，所以不需要过载保护。

（二）控制电路

由控制变压器 TC 提供 110 V 电源，由 FU3 作短路保护。该车床的电气控制盘装在床身左下部后方的壁龛内，电源开关锁 SA2 和冷却泵开关 SA1 均装在床头挂轮保护罩的前侧面。在开机时，应先用锁匙向右旋转 SA2，再合上 QF 接通电源，然后就可以开启照明灯及按动电动机的控制按钮。

1. 主轴电动机的控制

按下装在溜板箱上的绿色按钮 SB1，接触器 KM1 通电并自锁，主轴电动机 M1 启动运行。停机时，可按下装在 SB1 旁边的红色蘑菇形按钮 SB2，随着 KM1 断电，M1 停转；SB2 在按下后可自行锁住，要复位需向右旋。

2. 冷却泵电动机的控制

冷却泵电动机 M2 由旋钮开关 SA1 操纵，通过 KM2 控制。由控制电路可见，在 KM2 的线圈支路中串入 KM1 的辅助动合触点 (9-11)。显然，M2 需在 M1 启动运行后才能开动；一旦 M1 停机，M2 也同时停转。

3. 刀架快速移动电动机的控制

由控制电路可见，刀架快速移动电动机 M3 由按钮 SB3 点动运行。刀架快速移动的方向则由装在溜板箱上的十字形手柄控制。

（三）照明与信号指示电路

同样由 TC 提供电源，EL 为车床照明灯，电压为 24 V；HL 为电源指示灯，电压为 6 V。EL 和 HL 分别由 FU5 和 FU4 作短路保护。

（四）电气保护环节

除短路和过载保护外，该电路还设有由行程开关 SQ1、SQ2 组成的断电保护环节。SQ2 为电气箱安全行程开关，当 SA2 左旋锁上或者电气控制盘的壁龛门被打开时，SQ2 (03-13) 闭合，使 QF 自动断开，此时即使出现误合闸，QF 也可以在 0.1 s 内再次自动跳闸。SQ1 为挂轮箱安全行程开关，当箱罩被打开后，SQ1 (03-1) 断开，使主轴电动机停转。

四、CA6140 型车床常见电气故障的诊断与检修

(一) M1 不能起动

出现的现象是按下起动按钮时 M1 不能起动 或发出‘嗡嗡’声 甚至一按下起动按钮熔断器就烧毁；或是按下停止按钮停机后无法再起动；或在运行中突然停机，然后再不能起动等。

发生此类故障时，首先应检查主电路电源电压是否正常，熔断器有无熔断，电源开关 QF 有无跳闸；其次应检查热继电器 FR1，看热继电器是否已动作过。如果热继电器已动作过，则应先检查引起其动作的原因，例如负载过大（切削时进刀量过大且运行时间过长），或热继电器整定电流值过小，或是热继电器选配不当，看是否需要更换热继电器，或是重新调整其整定电流值。找出原因后，将热继电器复位，即可重新起动电动机。

此外，还应检查交流接触器 KM1 若接触器本身没有问题 则要检查控制电路 先将 KM1 主触点的三条引出线断开，然后合上电源开关 QF 按下起动按钮 SB1 看 KM1 能否动作。如 KM1 不能动作，则故障多在控制电路中 KM1 的支路上，如按钮开关的触点及接线是否接触良好，停止按钮 SB2 及行程开关 SQ1 的动断触点是否接触良好，热继电器 FR1 的触点有无问题，等等。最后应检查控制电路的电源是否正常（如 TC 的副边有无 110 V 电压 熔断器 FU3 有无熔断等）。在这些故障均排除后，主轴电动机 M1 应能正常起动。

(二) M1 断相运行

若 M1 在按下 SB1 时不能起动并发出‘嗡嗡’声 或是在运行中突然发出较明显的‘嗡嗡’声 这是电动机发生断相故障的现象。发现电动机断相 应立即切断电源，避免损坏电动机。断相就是三相电源缺了一相，造成的原因可能是三相熔断器熔断了二相，或是接触器的三相主触点中有一相接触不良，也可能是接线脱落。有的机床的熔断器安装在床身上，在机器运行时因振动造成熔断器松脱，也可能造成电动机断相。电动机的断相运行会使电动机因过载而烧毁，在找出故障原因并排除后，M1 应能正常起动和运行。但是，平时应有针对性地进行检查，注意消除隐患。

(三) M1 能起动，但不能自锁

其原因一般多是 KM1 自锁触点接触不良或接线松动。

(四) M1 不能停转

按下停止按钮 SB2，M1 不能停转，其原因可能是：

(1) 接触器 KM1 主触点熔焊。

(2) 停止按钮 SB2 损坏不起作用。

(3) 新更换的接触器因擦去其铁心表面的防锈油，在多次吸合动作后使铁心粘住，从而

使主触点无法断开。

（五）M2 故障

1. M2 不能起动

因为 M2 是与 M1 联锁的 所以必须在 M1 起动后 M2 才能起动 如果只是 M2 不能起动,除按上述检查 M1 不能起动的方法进行检查外,还应检查控制电路中 KM1 的辅助动合触点(9-11)是否接触不良。

2. M2 烧毁

除电气方面的原因外,冷却泵电动机烧毁的原因很可能是负荷过大,当车床冷却液中金属屑等杂质较多时,杂质的沉积常常会阻碍冷却泵叶片的转动,造成冷却泵负荷过大甚至出现堵塞现象,叶片可能完全不能转动导致电动机堵转,如不及时发现,就会烧毁电动机。此外,在车床加工零件时,冷却液飞溅,可能会有冷却液从接线盒或电机的端盖等处进入电动机内部,造成定子绕组出现短路,从而烧毁电动机。这类故障应着重于防范,注意检查冷却泵电动机的密封性能,同时要求车床的操作者使用合格的冷却液,并及时更换冷却液。

（六）控制变压器的故障

该车床采用控制变压器 TC 给控制和照明、信号指示电路供电,机床的控制变压器常常会出现烧毁等故障,其主要原因是:

1. 过载

控制变压器的容量一般都比较小,在使用中一定要注意其负荷与变压器的容量相适应,如随意增大照明灯的功率或加接照明灯泡,都容易使变压器因过载而损坏。

2. 短路

产生短路的原因较多,包括灯头接触不良造成局部过热,使螺口灯泡锡头脱焊造成两极短路;灯头内灯丝因长期过热导致绝缘性能下降而产生短路;灯泡拧得过紧,也有可能使灯头内的弹簧片与铜壳相碰而短路;此外,控制电路的故障也会造成变压器二次绕组短路。因此平时应注意检查,并选用合适的熔体。

3. 熔体选得过大

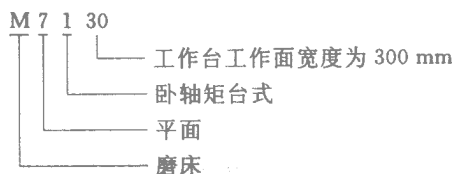
变压器的熔体一般应按额定电流的两倍选用,若选得过大将起不到保护作用。

第三节 平面磨床的电气控制电路

一、平面磨床的主要结构和运动形式

磨床是用磨具和磨料（如砂轮、砂带、油石、研磨剂等）对工件的表面进行磨削加工的一种机床，它可以加工各种表面，如平面、内外圆柱面、圆锥面和螺旋面等。通过磨削加工，使工件的形状及表面的精度、光洁度达到预期的要求；同时，它还可以进行切断加工。根据用途和采用的工艺方法不同，磨床可以分为平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、工具磨床和各种专用磨床（如螺纹磨床、齿轮磨床、球面磨床、导轨磨床等）其中以平面磨床使用最多。平面磨床又分为卧轴和立轴、矩台和圆台四种类型，下面以 M7130 型卧轴矩台平面磨床为例介绍磨床的电气控制电路。

M7130 型平面磨床型号的含义为



M7130 型卧轴矩台平面磨床的主要结构包括床身、立柱、滑座、砂轮箱、工作台和电磁吸盘如图 1-8 所示。磨床的工作台表面有 T 型槽，可以用螺钉和压板将工件直接固定在工作台上，也可以在工作台上装上电磁吸盘，用来吸持铁磁性的工件。平面磨床进行磨削加工的示意图如图 1-9 所示，砂轮与砂轮电动机均装在砂轮箱内，砂轮直接由砂轮电动机带动旋转；砂轮箱装在滑座上，而滑座装在立柱上。因此磨床的主运动是砂轮的旋转运动而进给运动则分为以下三种运动：

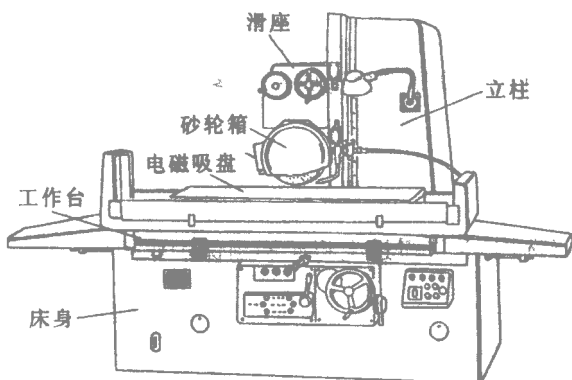


图 1-8 M7130 型卧轴矩台平面磨床结构示意图

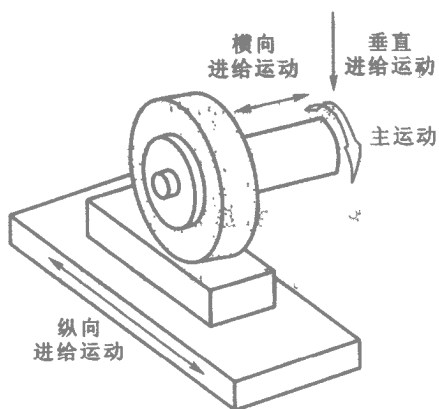


图 1-9 磨床的主运动和进给运动示意图

- (1) 工作台（带动电磁吸盘和工件）作纵向往复运动。
- (2) 砂轮箱沿滑座上的燕尾槽作横向进给运动。
- (3) 砂轮箱和滑座一起沿立柱上的导轨作垂直进给运动。

二、平面磨床的电力拖动形式和控制要求

M7130 型卧轴矩台平面磨床采用多台电动机拖动，其电力拖动和电气控制、保护的要求是：

(1) 砂轮由一台笼型异步电动机拖动，因为砂轮的转速一般不需要调节，所以对砂轮电动机没有电气调速的要求，也不需要反转，可直接起动。

(2) 平面磨床的纵向和横向进给运动一般采用液压传动，所以需要由一台液压泵电动机驱动液压泵，对液压泵电动机也没有电气调速、反转和降压起动的要求。

(3) 同车床一样，也需要一台冷却泵电动机提供冷却液，冷却泵电动机与砂轮电动机也具有联锁关系，即要求砂轮电动机起动后才能开动冷却泵电动机。

(4) 平面磨床往往采用电磁吸盘来吸持工件。电磁吸盘要有退磁电路，同时，为防止在磨削加工时因电磁吸盘吸力不足而造成工件飞出，还要求有弱磁保护环节。

(5) 具有各种常规的电气保护环节（如短路保护和电动机的过载保护）；具有安全的局部照明装置。

三、M7130 型平面磨床电气控制电路分析

M7130 型平面磨床的电气原理图如图 1-10 所示，电器位置图如图 1-11 所示 电器元件明细表见表 1-2。

表 1-2 M7130 型平面磨床电器元件明细表

符号	名称	型号	规格	数量	用途
M1	砂轮电动机	JO2-31-2	3 kW 6.13 A 2 860 r/min	1	主运动动力
M2	冷却泵电动机	JCB-22	0.125 kW 2 790 r/min	1	驱动冷却液泵
M3	液压泵电动机	JO2-21-4	1.1 kW 2.67 A 1 410 r/min	1	驱动液压泵
FR1	热继电器	JR16-20/3D	9 号热元件 整定电流 6.13 A	1	M1 的过载保护
FR2	热继电器	JR16-20/3D	7 号热元件 整定电流 2.67 A	1	M3 的过载保护
KM1	交流接触器	CJ10-10	10 A 线圈电压 380 V	1	控制 M1
KM2	交流接触器	CJ10-10	10 A 线圈电压 380 V	1	控制 M3
KI	欠电流继电器	JT3-11L	1.5 A	1	电磁吸盘弱磁保护