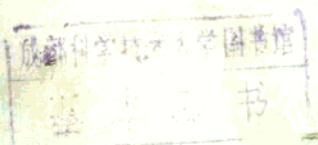


5782
7204

709809

机床电气自动控制

刘希金 张 弛 合编



沈阳工业学院 沈阳机电学院

机床电气自动控制

刘希金 张 弛 合编

沈阳工业学院 沈阳机电学院

机床电气自动控制

(高等工科院校内部教材)

沈阳工业学院 刘希金
沈阳机电学院 张弛 合编

开本787×1092 1/16·印张7·插页1

字数244.62千字

1983年8月沈阳第一版

定价：1.95元

前 言

本书编写目的,主要考虑到当前许多大专院校“机械工艺及设备”专业,包括电视大学及职工大学,均迫切需要一本适合于本专业学生实际接受水平的《机床电气自动控制》教材。尤其在教学计划中学时数不多,实验设备尚不完善的情况下,为使学生尽可能有重点地、扼要地掌握机床电气自动控制装备与电控技术的基本知识,故在编写中力求内容上少而精;顺序上由浅入深;循序渐进;附图直观明瞭;注意理论联系实际,按本专业培养目标作到学以致用。

本书内容共分绪论、机床电器、机床电气控制线路的基本环节、典型机床电气控制线路、机床电气控制线路的设计、机床电气调速系统、顺控器简介及机床的数字控制系统等八章。

本书第一、二、三、七章由沈阳工业学院刘希金同志编写;第四、五、六章由沈阳机电学院张弛同志编写;第八章由两同志共同编写。在讨论和制订编写提纲时有东北工学院李洪、章继伟同志参加。

另外与本书配套使用的还有《数控机床》、《机床电气自动控制实验指导书》等。

编写过程中,本书曾经东北工学院胡葆珩教授、同济大学侯镇冰教授、哈尔滨工业大学孙靖民教授、沈阳工业学院李新付教授、王富卿高级工程师等审阅初稿并提出不少宝贵意见。同时在工作中,自始至终得到沈阳工业学院院长柯莹台教授、沈阳机电学院付院长樊鹏、两院院长程同志、刘金哲同志,一系主任陈尚仁付教授及穆光华、翟绪进同志的热情关心与帮助。在绘图及征订统计中得到沈阳工业学院数控实验室丛美华同志的帮助,在此一并表示感谢。

本书除作机械工艺与设备专业“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,以及从事电控、数控方面工作的技术人员与工人参考。

由于水平及时间所限,凡有不足之处,敬请读者斧正。

编 者

一九八三年五月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 金属切削机床对电气自动控制的基本要求.....	1
第二节 机床电气自动控制的基本概念.....	2
第三节 机床电气自动控制技术发展概述.....	5
附：《机床电气自动控制》课程的任务.....	7
第二章 机床电器	9
第一节 机床电器的分类.....	9
第二节 非自动切换电器.....	10
第三节 自动切换电器.....	20
第三章 机床电气控制线路的基本环节	45
第一节 电气控制线路图、图形符号与文字符号.....	45
第二节 生产机械与电动机的机械特性.....	49
第三节 机床电控的基本环节.....	60
第四节 三相异步电动机应用.....	
第四章 典型机床电气控制线路	74
第一节 普通车床电气控制线路.....	74
第二节 钻床电气控制线路.....	77
第三节 镗床电气控制线路.....	81
第四节 铣床电气控制线路.....	87
第五节 组合机床电气控制系统.....	99
第五章 机床电气控制线路的设计	113
第一节 机床电气传动型式的选择.....	113
第二节 机床电动机容量的选择.....	115
第三节 机床电气控制方案的选择.....	117
第四节 机床电气控制线路设计.....	119
第五节 机床电气控制线路设计举例.....	127
第六章 机床电气调速系统	134
第一节 调速的基本概念.....	134
第二节 转速负反馈自动调速系统.....	144
第三节 其它反馈在自动调速系统中的应用.....	148

第四节	可控硅——直流电动机调速系统举例	155
第七章	顺序控制器简介	165
第一节	顺序控制器的基本概念与顺控器的分类	165
第二节	旁路原理与矩阵结构	167
第三节	基本逻辑组合型顺序控制器	175
第八章	机床数字控制系统	180
第一节	数控机床概述	180
第二节	数字技术基础	184
第三节	逻辑单元与逻辑部件	187
第四节	插补原理	190
第五节	串行运算器	198
第六节	输入装置	207
第七节	输出控制系统	211

第一章 绪 论

第一节 金属切削机床对电气自动控制的基本要求

一、电气自动控制系统对现代机床的重要性 机床是机械工业中的主要生产机械设备。机床经过一百多年的发展历史，时至今日现代机床已综合应用了许多先进科学技术成果，包括诸如自动调节技术、计算技术、电子技术、电测技术和精密制造技术等方面的技术成就。在组成现代机床拖动核心的设备中，虽有液压、气动与电力等多种不同形式装置，然而公认其中使用最为广泛的仍是以电能为基础的电力拖动设备。因为通过电动机与相应的机床电器等装置，不仅将电能转化为机械能十分方便、可靠与安全，而且在速度调节以及简化与改进机床传动系统与机床结构方面，有着十分密切的关系与影响。此外，众所周知，即便在使用其它装置作动力，也同样离不开电气控制。因此，可以说：现代机床电气化的形式与水平对劳动生产率和加工精度的提高，对减轻体力劳动和降低生产成本等重要问题有着举足轻重的影响。电气自动控制水平是机床自动化水平的重要标志。

二、机床电气的基本要求 现代机床对电力拖动、电气自动控制技术与装备有哪些要求呢？从现代机床的发展趋势来看，可以归纳为以下几个方面：

1、从成组拖动到单机拖动，进一步又发展到当前的多台电机拖动，皆应使机床机械结构与传动结构简化。例如简化甚至取消某些运动的分配机构，从而提高传动效率与传动精度，使机床某些运动部件获得最佳运动速度和理想传动精度，有效地体现经济一技术效益。

2、在速度调节方面除要求调速装置、简单、紧凑、可靠、节能外，还应有较宽的调速范围和较高的调速精度与平滑性。

3、在电气自动控制技术装备上，不但要求控制方式安全，可靠，而且要求操作方便、装置简单、体积小、便于调整，工作稳定、有相当程度的适应性，同时便于维护和修理，成本也应尽量低廉。

4、在电器方面要求有广阔的环境适应性、耐高温、许用操作频率高、寿命长、动作灵活、便于安装和使用。

5、在自动化程度方面要求不断提高，不仅主要操作有着高度自动化水平，而且在辅助性操作方面也有着较高的自动化程度。例如提高控制系统的遥控、遥测、动作相互协调与自动调节能力，不断展宽控制系统对年产纲领的适应性。

6、对其它形式的动力装备，如液压、气动装置，以及其它形式的控制方式（如射流控制与气动控制等）均能发挥电气装备之所长，配合其它装置与之协调一致。使电控技术作到扬长避短，综合应用，以期切合生产实际需要并获得较高的经济技术效果。

第二节 机床电气自动控制的基本概念

一、机床电气自动控制内容 机床电气自动控制是指机床电力拖动系统的自动控制与保护。具体地说：就是电动机及各种电器装置通过外界所加给的控制信号，应能完成诸如启动、转换、反向、调速、点动、脉动、自动循环运动，自动切换运动，按予定方式加工运行、自动保护、自锁、自动显示以及终止操作过程的电气控制与自动调节。

由于机床电器线路的主要内容是电动机的控制线路，因此除对控制线路的作用原理进行剖析外，尚应对电机特性，包括电动机拖动对象的工作特性也应有所了解。对交、直流电机的调速方法应有概括的了解，并重点掌握直流调速系统。（包括可控硅大功率整流元件在直流调速系统中的应用。）

由于各种机床电器对实现机床电气自动控制起着重要作用，因此应对常用机床电器的结构，工作原理，特性，适用原则以及型号规格和在使用中的注意事项等有一般了解。同时了解电机特性与电机发热理论的基础上，在不同工作制的条件下，合理确定电动机容量和选择合适型号。

对电气自动控制系统中常用的控制方式，不仅要研究其工作原理和装置的结构，而

且要联系实际场合需要，归纳成基本的逻辑操作内容与顺序，进行合理的设计，布局与安排，以便完成系统的控制程序。

二、机床电控的基本概念，机床电气自动控制系统按被控量的性质基本可以归纳为两大类：第一类是开关量的断续控制系统和第二类是模拟量的连续控制系统。

在第一类的控制类型中，包括以下形式的控制系统：

- 1、继电——接触器控制系统。
- 2、顺序控制器控制系统。
- 3、数字计算装置控制系统。

在第二类的控制系统中，包括有下列形式的控制系统：

1、直流调速系统中，常用的以下四种方式：

- 1)、直流发电机——电动机组调速系统。
- 2)、交磁电机放大机的直流机组或直流电机的调速控制系统。
- 3)、交磁放大器控制直流机组或直流电机的调速控制系统。
- 4)、可控硅控制的直流电动机调速系统。

2、交流调速系统中，常用调节电源频率方式的交流异步电机调速控制系统及电机转子电路串接电阻的交流电机调速控制系统。

上述内容的电气控制系统中，开关量的断续控制装备组成可参见图 1—1 所示，其中继电器接触器控制系统可看成有触点控制系统，顺控器及数控装置控制系统可看成无触点控制系统。前者较后两种系统发展要早，至今仍沿用许多设备中，并且继电器—接触器系统可以实现强电控制，因此往往在后者的控制中也以它作为控制系统或控制装置的一个组成部分。这种系统的维护与使用比较简单，成本较低，易于普及，但因依靠固定接线将一定数量的继电器与接触器联结起来，予以实现某一特定操作与功能，因此其适应性与顺器控及数控方式无法相抗衡，这样，才使顺控器及数控技术得以蓬勃发展，并具有广阔的发展前景。

机床电气自动控制装备中，机床电器的种类，规格、品种繁多，但可以分为两大类：即非自动切换电器与自动切换电器。某些手动的主令开关可视为第一类电器，某些控制元件、器件，如接触器、继电器、电阻器及熔断器等可视为第二类电器。作为电器器件，一般必须同时具备感应与执行动作的两大机能。因此电器的定义是：凡按外界特定信号

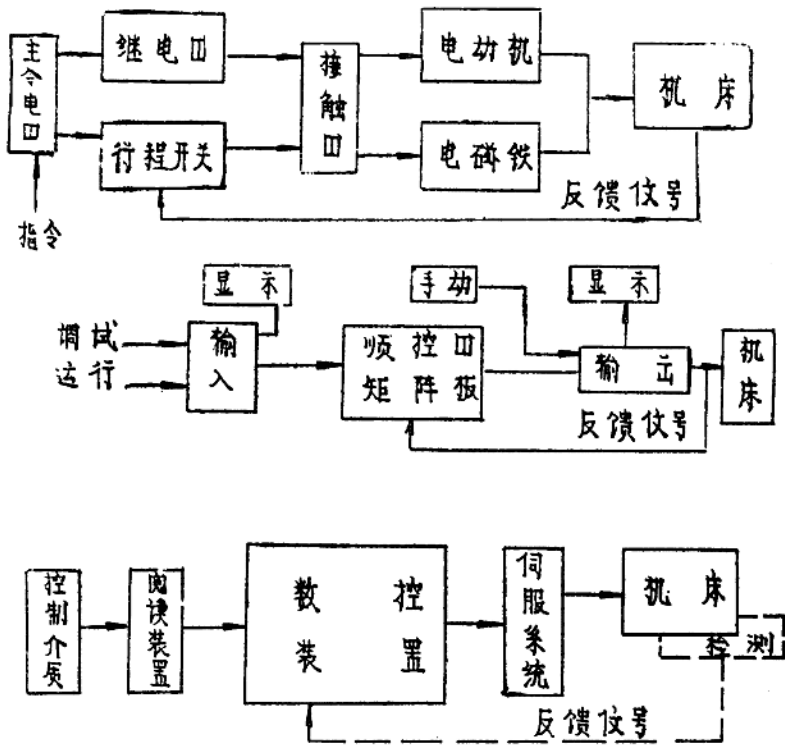


图 1-1 有触点控制系统(继电器接触器系统)与无触点控制系统(变频及M/C控制)

自动或手动接通或断开电路、实现对电路或非电对象控制作用的电器工业设备，均称为电器。

在高级形式的电气自动控制系统装备中，电子元件在近卅年不长的时间里经过了电子管、晶体管、集成电路、大规模与超大规模集成电路的四代更新，目前正向超微型的分子集成电路过渡。电子元件在机床的数字控制系统中已广泛应用，为现代机床的自动化开辟了捷径。

第三节 机床电气自动控制

技术发展概述

随着生产力的不断发展与科学技术的不断进步，人们在许多生产部门广泛的使用机器。而任何部门的生产机械装备中机床所占的比重以及在生产中所起的作用都很可观。马克思对机器的定义是“一切发展了的机器都由三个在本质上不同的部分——发动机（即原动机），配力机（即传动装置）与工具机（即工作机构）构成”。当原动机为电动机时，使配力机的结构产生巨大变化，并把工作机构效率大为提高，所能完成的工作任务也越来越复杂，适应不同年产纲领的能力显著加强。因此可以说当原动机发生革命性变革后，推动了配力机与工具机的不断改变与革新。

电动机是本世纪初期出现的。最初，由于作为电能统一体的电源与负载皆具有简单形式，无所谓电气控制拖动系统，因此电源与负载双方的电器只具有最简单、实用的形式。一旦当电动机成为原动机后，拖动中控制方面的矛盾首先表现在控制电动机的电器方面。实际上电动机的控制过程也仿效了其他类型原动机的控制过程。从本质上可以概括为“开关”与“调节”两大作用：例如最初用来控制电动机的电“阀门”就是刀开关和变阻调节器。操作方式是手动的，拖动方式是成组的，也就是说一台电动机通过

天轴联动拖动多台机床。随着机床的改进和工作任务的繁杂，机床的体积也不断加大，使拖动方式由成组拖动发展到单电动机拖动，也就是一台电动机专门拖动一台机床。目前现代化的金属切削机床已普遍采用多电动机拖动，即一台机床上采用了好几台电动机，而每个电动机只负责一个局部的拖动。机床的各个运动部分通过自动控制电器或其它控制工具而相互联系起来，组成自动化的电力拖动系统，这样使机床的生产率与加工精度取得了显著的提高。

机床的不断演变和革新推动了拖动方式的改进，而它们的演变对电动机和电器产生了显著的影响。首先，电动机数量的剧增使控制电器的数量随之而增长；其次，在原有手动控制电器的基础上发展了自动控制电器，电器的规格与品种猛增；最后，对电器的质量的要求也越来越高，无论在工作准确性、可靠性，快速动作、高操作频率、长寿命和小体积等各个方面都要求有较高的指标与严格的标准。

各种性能优异的电器相继被设计与制造出来以后，使机床电力拖动和电器控制系统的功能与自动化水平有很大提高。例如在三十年代出现的直流发电机—电动机调速系统，以及通过电机放大元件等实现控制的自动调速系统。当大功率可控硅等整流元件应用以后，随变流技术的发展，使直流调速系统面目为之一新。再如继电器接触器的自动控制方式，对于只要求实现诸如起停，反转和变速等简单、直接控制是适用的，因为它成本低、工作稳定，便于维修，但不能广泛通用于各类设备的控制。一般只能单一使用，即一台控制装置只能针对某种（或某一个）既定程序的设备。因为它的接线是固定的。电器元件、部件的布局也是不能随意更动的。因而无形中将工艺限制的很呆板。这样显然不能适应现代化生产的需要，尤其不能适应新兴尖端科技发展的需要，因为这些部门的产品更新周期是很短的。

顺序控制器则在这种形势下应运而生、而且一经出现、便立刻得到迅猛发展。顺序控制器可以通过灵活多变的基本逻辑组合并采用编码方式，甚至被称为“准计算机”，很容易满足对程序需要经常变动的控制要求。大大地提高了机床控制系统的“柔性”。顺序控制器很容易掌握使用方法且便于普及，投资少收效快，适合于中、小企业使用。可以说顺序控制器对开辟机床自动化的广度具有重要意义。

目前机床自动化控制的最高级形式是机床的数字控制，它综合应用了计算技术原理，现代工程控制理论。在短短的卅年内，从世界上第一台三坐标连续控制数控铣床到

当今计算机群控、微机控制、自适应控制、一体化控制等，发展速度之快，自动化水平提高之迅速皆使人瞩目。因此可以预料，今后不断开拓电气自动控制技术新功能的同时，必将出现更高水平自动化形式。例如在探讨生产过程全盘自动化时，已作出无人自动化工厂的初步设计；这种无人化工厂(Unmanned Factory)是计算机控制的集成化工厂，采用了数控机床、工业机器人、厂内数据收集系统及自动测试系统等，因此人基本不介入生产而是由计算机分级控制，用集成软件系统(System of Integrated Software)使厂内各个单元工作程序化和协调化。毫无疑问，这些高级形式机床电气控制系统有力的促进了生产力的发展和人类社会的进步。

附 第三节 《机床电气自动控制》

课 程 的 任 务

本门课程的任务，就是通过学习、实验及必要的练习，研究掌握机床的电力拖动与电气自动控制有关问题。因此根据上述任务提出以下要求：

1、根据科学技术的发展，机制工艺与设备专业学生在今后学习与工作实践中，必然要遇到电气自动控制方面的实际问题。尤其当微处理机日益深入各个领域时，在机制行业中必然会有更多的计算机应用问题，其中包括计算机控制应用。因此通过本门课程应了解与掌握电气自自动控制的基本知识，进行基本训练。

2、对常用机床电器能合理选择，对机床电气控制线路的基本环节能独立分析其工作原理并灵活运用，练习解决一些简单的设计任务或实际问题。为今后在工作中搞些技术革新项目与设备技术改造项目打下基础。

3、能由简到繁地阅读一些书内未列入的机床电气控制线路图。练习在原图的基础上提出改进建议或替换局部线路改变部分操作。

4、建立直流调速系统的一些基本概念，初步了解具有代表性的不同方式的直流调速控制系统的特点、方法与装置。

5、能灵活运用顺序控制器的编程方法，将电器控制系统(用直接控制原理的加工程序)转换为顺序控制器的操作系统(用旁路原理编排加工程序)。掌握基本逻辑组合型顺序

控制器的型号，使用方法及程序予选编排技巧。熟悉各个基本环节，在生产实际中解决常见零件加工方法。

6、通过对机床数字控制技术一章的选学，能概括了解现代机床的发展和特点并掌握数字技术在机床上的应用，为今后进一步学习数控机床的工作原理与结构传动打下基础，以适应计算机在工业控制应用方面深入发展的需要。

第二章 机床电器

第一节 机床电器的分类

机床电器品种、规格繁多。各地厂家生产的机床电器的结构与规范亦不完全一致，因此对机床电器按公认方法合理分类，将有助于对机床电器的正确了解、选用与维修。也为机床典型电器控制线路分析打下基础。

通常机床电器按以下方法分类：

一、按用途或职能分类：可以分为以下四类：

1、控制电器 主要用于对机床各部分运动的控制，例如使机床电动机或电器接通与分断；有时也用于改换电路联接状态。这些电器常见的有接触器及各种按钮开关等。

2、保护电器 机床运行中电路处于工作状态时，必须有严格的保护措施。例如对电动机和电路至少要有短路保护与过载保护等。能起保护作用的电器有熔断器、热继电器等多种类型与结构的电器。它们统统属于保护电器。

3、执行电器 这类电器主要用于完成或执行机床的某些机械操作，往往由它们组成机床的执令机构：如电磁铁、电磁阀、电磁离合器与电磁吸盘等。

4、辅助电器 为了保证电路的正常工作并稳定电路的工作状态；确定或显示电路的运行参数与实际状况，除以上三类电器外还必须有辅助电器，它们有电容器、变阻器、变压器及指示装置，（报警装置）等。

二、按动作的手动操作或自动操作分类 电器的动作用手动完成时称为手动电器，也称为非自动切换电器。机床上常用的手动电器有按钮、刀开关、组合开关，十字形主令开关与行程开关等。

电器的动作若按电信号或某个物理量（如温度、速度或电磁力的作用等）的变化而自动完成操作时，则称为自动切换电器。属于自动切换电器的有接触器，各种形式

与结构的继电器等。自动切换电器可以使机床操作远距离化、自动化，在机床电器中占重要地位。

三、按电压等级分类 机床电器大多在500伏电压以下工作。若以交流1000伏，直流1200伏为分界线，则工作在此线以上的电器统称为高压电器，这些电器主要用在配电室或电厂。工作在交流1000伏以下的统称为低压电器，多用在机床电器控制等方面。这类电器的特点是种类繁多，改型较快。

四、按有无触点分类 机床电器目前在强电控制方面以有触点电器为主，但近年来由于晶体管问世以后，大功率硅管的应用，也使机床电器中增加不少无触点的机床电器品种。由于机械式触点在高温下易烧蚀，所以在寿命与可靠性方面都存在问题，不过有触点电器结构和维修比较简单，便于使用与普及。机床常用无触点电器有晶体管无触点行程开关，晶体管时间继电器或载荷继电器等。

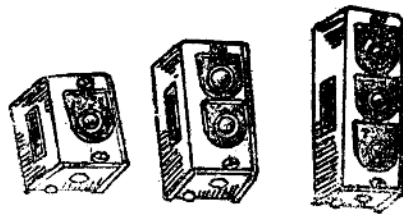
第二节 非自动切换电器

如前所述，非自动切换电器主要依靠操作人员手动完成触点的切换。由此可知它不适用于频繁操作和不适用于高电压和大电流电路的场合下应用。下面分别叙述几种常用的机床手动切换电器。

一、按钮开关 主要用于短时接通或断开的小电流电路，可以使某些电器“闭合”或“断开”。显然它是以下达指令的方式工作的，故也被称为“主令电器”。图2—1 (a) 示出了LA10系列按钮的外形。图2—1 (b) 是普通掀压式按钮。图2—1 (c) 示出了LA18系列的旋钮式按钮。最后图2—1 (d) 表示用于紧急停车按钮的蘑菇头按钮帽。通常机床按钮以红色表示停车；以绿色表示安全运行。图2—2 表示出按钮的内部结构。额定电压为：交流500伏，直流400伏。额定电流为5安。选用时要全面考虑具体场合和条件，如所需要的触点数目、安装位置、耐压、电流大小、颜色区别与操作是否方便等。

常用按钮开关有以下系列：LA 2、LA10、LA18、LA19和LA20等。按钮开关在线路中图形符号可参见本章最后附表（电工系统图常用图形符号摘自GB312—64）。LA系

系列制按钮见表 2—1 所示。



(a) LA10 系列按钮

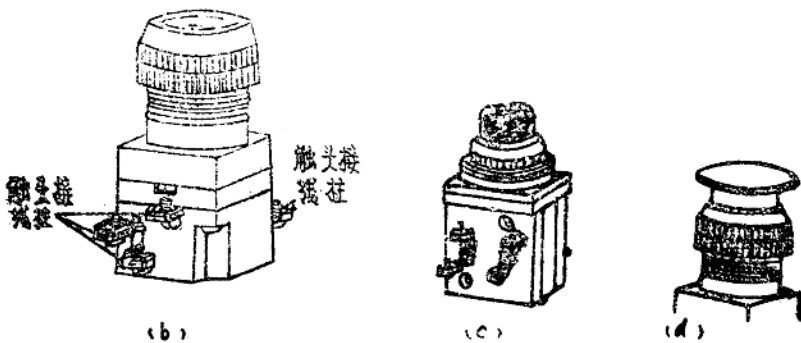


图 2—1 按钮外形

(b) — 普通蘑菇头按钮 (c) — 蘑菇头按钮 (LA10 系列) (d) — 紧急停止按钮的蘑菇头按钮

二、刀开关 主要用于当机床电机容量不大于 7.5 千瓦时对电动机直接但不频繁的启动与停止。

HK 2 系列刀开关 (见图 2—3 所示)、HH 3 系列刀开关 (见图 2—4 所示) 皆由操作手柄、刀夹和绝缘底板等零件组成。其中熔丝在烧断时可拆除更换后继续使用。HH 3 系列刀开关组装在铸铁盒内, 当盒盖打开状态时, 开关不能闭合。熔断器为半封闭插入式, 更换方便。

选用刀开关应注意用于启动异步电动机时, 其额定电流至少三倍于电动机的额定电流。一般刀开关耐压在 500 伏左右。额定电流分档有 60、100、200……1500 规格。刀开关极数的选择也应按具体场合需要来确定。

HK 1、HK 2 及 HD11、HD14 系列刀开关主要型号、规格与基本技术数据见表 2—2 所示。