



数控机床

电气控制技术

S

HUKONG JICHUANG DIANQI KONGZHI JISHU

主编

王德发

副主编

李 亮

上海科学技术出版社

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制技术/王德发主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2009. 8

ISBN 978—7—5323—9849—2

I. 数... II. 王... III. 数控机床—电气控制
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 076148 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.75

字数: 240 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—4 300

ISBN 978—7—5323—9849—2/TG·192

定价: 25.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 简 介

本书以工程应用为目的,以理论适度、讲清概念、强化应用为重点,突出实用性、综合性,注重学生基本技能和综合能力的培养。全书共分8章,内容包括绪论、数控机床常用低压电器、数控机床常用电动机应用基础、数控机床常用电动机的基本控制线路、典型机床电气控制系统、数控机床电动机调速控制系统、可编程序控制技术、数控机床驱动装置。

本书可供相关行业初、中级工程技术人员参考,也可作为高等职业技术院校、高等专科学校、职工大学、业余大学、成人教育学院、电视大学以及其他大专层次的机电类专业的教材。

前 言

FOREWORD

数控机床电气控制技术是在信息论、控制论和系统论的基础上发展起来的一门综合应用技术。随着科学技术的迅速发展,机电类产品的自动化程度越来越高,机电一体化的设计已成为现代设计领域内的发展主流。

本书比较全面、系统地对数控机床电气控制技术进行了介绍,在内容的安排上,既注意本领域内基础理论及基本技术的阐述,又考虑了与本领域相关技术的扼要介绍;既讲解了基本原理,又注意强调实用性、针对性,并给出了如何应用基本原理处理工程实际问题的范例和工程应用实例;既着眼于先进技术及其未来的发展,同时又注重我国当前的国情。在行文叙述方面力求由浅入深、循序渐进。本书内容选择恰当,理论联系实际,突出实用性和综合性。

本书由王德发任主编,李亮任副主编。此外,姜晶、刘华军、闫锡忠、刘英海等教师和工程技术人员也参加了编写工作,在此表示感谢。本书在编写过程中得到了辽宁机电职业技术学院领导的大力支持和热情帮助,在此也表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床电气控制技术的概述	1
1.2 数控机床电气控制系统的组成	2
1.3 数控机床电气控制技术的前景	3
1.4 数控机床电气控制技术的经济效益和社会效益	7
思考与练习	9
第 2 章 数控机床常用低压电器	10
2.1 低压电器的基本知识	10
2.1.1 低压电器的分类	10
2.1.2 低压电器的基本结构	11
2.2 开关电器	13
2.2.1 低压隔离器	13
2.2.2 低压断路器	15
2.2.3 主令电器	16
2.3 接触器	19
2.3.1 接触器的用途及分类	19
2.3.2 接触器的结构及工作原理	19
2.3.3 接触器的选择	20
2.4 继电器	21
2.4.1 电磁式继电器	22
2.4.2 热继电器	23
2.4.3 时间继电器	24
2.4.4 速度继电器	25
2.4.5 温度继电器	26
2.5 熔断器	26

2.5.1	熔断器的结构和分类	26
2.5.2	熔断器的技术参数	27
2.5.3	熔断器的选择	27
2.6	执行电器	28
2.6.1	电磁阀	28
2.6.2	电磁离合器	28
	思考与练习	29
	第3章 数控机床常用电动机应用基础	30
3.1	直流电动机应用基础	30
3.1.1	直流电动机的工作原理和基本结构	30
3.1.2	直流电动机的机械特性	32
3.1.3	其他特性	33
3.2	交流电动机应用基础	34
3.2.1	三相异步电动机的工作原理	34
3.2.2	三相异步电动机的基本结构	34
3.2.3	三相异步电动机的特性	36
3.3	步进电动机应用基础	37
3.3.1	步进电动机的工作原理	37
3.3.2	步进电动机的结构	38
3.3.3	步进电动机的主要特性	38
3.4	其他常用的电动机	39
3.4.1	同步电动机	39
3.4.2	直线电动机	39
3.4.3	伺服电动机	40
3.5	电动机的保护	40
3.5.1	短路保护	41
3.5.2	过电流保护	41
3.5.3	欠电流保护	41
3.5.4	失压保护	41
3.5.5	欠电压保护	41
3.5.6	过电压保护	42
3.5.7	过载保护	42
3.6	电动机的选择	42

3.6.1	电动机种类的选择	42
3.6.2	电动机形式的选择	42
3.6.3	额定电压的选择	43
3.6.4	额定转速的选择	43
	思考与练习	43
	第4章 数控机床常用电动机的基本控制线路	44
4.1	三相异步电动机的起动控制线路	45
4.1.1	三相笼型异步电动机全压起动控制线路	45
4.1.2	三相笼型异步电动机减压起动控制线路	45
4.2	三相笼型异步电动机的可逆运行控制线路	48
4.2.1	电动机可逆运行的手动控制线路	48
4.2.2	电动机可逆运行的自动控制线路	49
4.3	三相笼型异步电动机的制动控制线路	50
4.3.1	电磁抱闸制动和电磁离合器制动线路	50
4.3.2	能耗制动控制线路	51
4.3.3	反接制动控制线路	51
4.3.4	电容制动控制线路	52
4.4	其他功能的控制线路	53
4.4.1	点动与长动控制线路	53
4.4.2	联锁控制和顺序起动控制线路	53
4.4.3	多地点控制线路	54
4.4.4	步进控制线路	54
	思考与练习	55
	第5章 典型机床电气控制系统	56
5.1	电气识图的基础知识	56
5.1.1	电气控制系统图的基本表达方法	56
5.1.2	电气原理图	58
5.1.3	电气布置图	59
5.1.4	电气安装接线图	60
5.2	通用机床电气控制系统	61
5.2.1	卧式车床的电气控制系统	61
5.2.2	万能铣床的电气控制系统	63

5.3 数控机床电气控制系统·····	69
5.3.1 数控车床电气控制系统·····	69
5.3.2 数控铣床电气控制系统·····	79
思考与练习·····	83
 第6章 数控机床电动机调速控制系统·····	84
6.1 数控机床电动机调速的基本概念和指标·····	84
6.1.1 调速的基本概念·····	84
6.1.2 调速的性能指标·····	85
6.2 直流调速控制系统·····	86
6.2.1 直流电动机的调速方法·····	86
6.2.2 3种调速方法的性能比较·····	87
6.3 交流调速控制系统·····	88
6.3.1 交流调速的特点与分类·····	88
6.3.2 交流电动机的变极调速·····	89
6.3.3 交流电动机的串级调速·····	90
6.3.4 交流电动机的变频调速·····	92
思考与练习·····	97
 第7章 可编程序控制技术·····	98
7.1 可编程序控制技术概述·····	98
7.1.1 可编程序控制器的产生及发展·····	98
7.1.2 可编程序控制器的特点·····	99
7.1.3 可编程序控制器的基本类型·····	100
7.1.4 可编程序控制器的应用·····	101
7.2 可编程序控制器的组成及工作原理·····	102
7.2.1 可编程序控制器的组成·····	102
7.2.2 可编程序控制器的工作原理·····	105
7.3 数控机床可编程序控制器·····	106
7.3.1 数控机床PLC的控制对象·····	106
7.3.2 数控机床PLC的形式·····	107
7.4 可编程序控制器指令系统·····	109
7.4.1 PMC语言及编程·····	109
7.4.2 PMC的指令·····	110

7.4.3 S7-200 系列 PLC 程序编制	122
7.4.4 PLC 的内部元件及寻址方式	126
7.4.5 S7-200 系列 PLC 基本指令系统	131
7.4.6 S7-200 系列 PLC 功能指令	137
7.5 可编程序控制器的典型应用	145
7.5.1 三相异步电动机的起、停控制及正、反转控制	145
7.5.2 PMC 在机床上的应用	146
思考与练习	151
 第 8 章 数控机床驱动装置	153
8.1 数控机床驱动装置概述	153
8.2 步进电动机驱动装置	159
8.2.1 步进电动机结构和工作原理	159
8.2.2 步进电动机驱动器及其应用	161
8.3 变频电动机驱动装置	163
8.3.1 永磁式交流同步型电动机	163
8.3.2 通用变频器及其应用	164
8.4 交流伺服电动机驱动装置	166
8.4.1 交流伺服电动机概述	166
8.4.2 交流伺服电动机调速原理	170
8.4.3 变频调速技术	170
思考与练习	173
 参考文献	174

本章知识点

数控机床电气控制技术的概述

数控机床电气控制系统的组成

数控机床电气控制技术的前景

数控机床电气控制技术的经济效益和社会效益

本章导读

数控机床电气控制技术经历了一系列的发展阶段,如今到了比较完善和先进的阶段。了解数控机床电气控制技术的基本概念及发展概况,对学习数控机床电气控制技术课程有很大帮助,在开始学习数控机床电气控制技术之前,本章内容的介绍是让读者有一个整体上的把握和了解。

1.1 数控机床电气控制技术的概述

随着大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术的迅速发展,传统的机械工业已逐渐成为综合运用机械、微电子、自动控制、信息、传感测试、电力电子、接口、信号变换以及软件编程等技术的群体技术。在传统的机械加工设备已经不能满足现代工业制造需求的情况下,数控机床成为目前机械加工的主体,它在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起到了极其重要的作用。数控机床集机械、液压、气动、伺服驱动、精密测量、电气自动控制、现代控制、计算机控制和网络通信等技术于一体,是一种高效率、高精度、能保证加工质量、解决工艺难题和具有柔性加工特点的生产设备,它正逐步取代普通机床。

数控(Numerical Control, NC)技术是用数字化信息进行控制的自动控制技术;采用数控技术控制的机床,或者说装备了主控系统的机床,称为数控机床。数控机床是机电一体化的典型产品,现代数控系统又称为计算机数字控制(Computer Numerical Control, CNC)系统。

电气控制技术对现代机床的发展有着非常重要的作用,从广义上说,现代机床电气控制技术的重要标志是自动调节技术、电子技术、检测技术、计算机技术、综合控制技术应用于机床中。尽管现代机床的种类、功能和加工范围有所不同,但它们都离不开电气控制设备,离不开电气控制技术。电气控制装置的配备情况是现代机床自动化水平的重要标志。

1.2 数控机床电气控制系统的组成

数控机床电气控制系统由数控装置、进给伺服系统、主轴伺服系统、数控机床强电控制系统等组成,如图 1-1 所示。

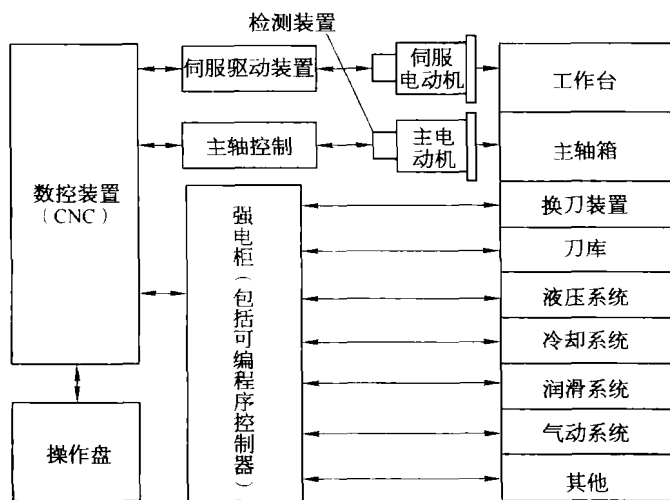


图 1-1 数控机床电气控制系统的组成

数控装置是数控机床电气控制系统的控制中心,它能够自动地对输入的数控加工程序进行处理,将数控加工程序信息按两类控制量分别输出:一类是连续控制量,送往伺服系统;另一类是离散的开关控制量,送往数控机床强电控制系统,从而协调控制数控机床各部分的运动,完成数控机床所有运动的控制。

由图 1-1 可知,数控机床的控制任务是实现对主轴和进给系统的控制,同时还要完成相关辅助装置的控制;数控机床的电气控制系统

就是用电气手段为机床提供动力,并实现上述控制任务的系统。从数控机床最终要完成的任务来看,主要有以下 3 个方面的内容:

(1) 主轴运动

和普通机床一样,主轴运动主要是完成切削任务,其动力约占整台数控机床动力的 70%~80%,它主要是控制主轴的正转、反转和停止,可自动换挡及调速;对加工中心和切削中心还必须具有定向控制和主轴控制。

(2) 进给运动

数控机床区别于普通机床最根本的地方在于它是用电气驱动替代机械驱动,并且数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的,进给伺服系统包括伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测装置,如图 1-2 所示。

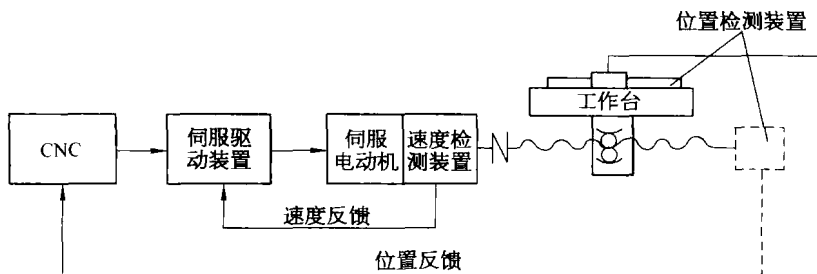


图 1-2 数控机床进给伺服系统

伺服控制的最终目的是实现对数控机床工作台或刀具的位置控制,伺服系统中所采取的一切措施都是为了保证进给运动的位置精度,如对机械传动链进行预紧和间隙调整,采用高精度的位置检测装置,采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机,提高数控系统的运算速度等。

(3) 强电控制

数控装置对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行连续控制外,还对数控机床的各种状态进行控制,包括主轴的调速、主轴的正、反转及停止、冷却和润滑装置的启动和停止、刀具自动交换装置、工件夹紧和放松及分度工作台转位等。例如通过数控机床程序的 M 指令、数控机床操作面板上的控制开关及分布在数控机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件的检测,由数控装置内的可编程序控制器(PLC)进行逻辑运算,输出控制信号驱动中间继电器、接触器、熔断器、电磁阀及电磁制动器等输出元件,对冷却泵、润滑泵液压系统和气动系统等进行控制。

电源及保护电路由数控机床强电线路中的电源控制电路构成,强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器及熔断器等连接而成,以便为辅助交流电动机(如冷却泵电动机、润滑泵电动机等)、电磁铁、离合器及电磁阀等功率执行元件供电。强电线路不能与在低压下工作的控制电路直接连接,只有通过断路器、中间继电器等元件,转换成在直流低电压下工作的触点的开关动作,才能成为继电器逻辑电路和 PLC 可接收的电信号,反之亦然。

开关信号和代码信号是数控装置与外部传送的 I/O 控制信号。当数控机床不带 PLC 时,这些信号直接在数控装置和机床间传送;当数控装置带有 PLC 时,这些信号除极少数的高速信号外均通过 PLC 传送。

1.3 数控机床电气控制技术的发展前景

在数控机床高度发展的今天,机床电气控制自动化程度越来越高,因此机床电气控制的地位与作用也日益重要。机床电气控制技术的发展与电力拖动的发展紧密相连。

1. 机床电力拖动的发展与分类

20 世纪初期,由于发明了电动机,机床的电力拖动也发生了根本性的变革,用电动机代替了蒸汽机。随着电动机的发展,机床的电力拖动也步入了一个崭新的时代。

(1) 成组拖动

19 世纪末,直/交流电动机相继出现,最初是由电动机直接代替蒸汽机,即由一台电动机拖动一组机床,称为成组拖动。由于这种方式存在传动路线长、效率低、结构复杂、生产灵活性小、工作安全性低等缺点,目前已被淘汰。

(2) 单电动机拖动

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,称为单电动机拖动。单电动机拖动较之成组拖动,它简化了传动机构,缩短了传动路径,降低了能量传递中的损失,提高了传动效率,同时也提高了用电动机的调速性能,并易于实现自动控制。至今中小型通用机床仍采用单电动机拖动方式。

(3) 多电动机拖动

随着机床自动化程度的提高和重型机床的发展,机床的相关技术要求提高,出现了采用多台电动机驱动一台机床(如铣床)乃至十余台电动机驱动一台重型机床(如龙门刨床)的拖动方式,称为多电动机拖动。

采用多电动机拖动,不但简化了机床的机械结构,提高了传动效率,各工作部件还能选择最合理的运动速度,缩短了加工时间,而且便于分别控制,易于实现各工作部件的自动化,提高了机床整体的自动化程度。多电动机拖动已经成为现代机床最基本的拖动方式,当前重型机床、组合机床、数控机床及自动线等均采用这种拖动方式。

(4) 直/交流无级调速

由于电气无级调速具有可灵活选择最佳切削用量、简化机械传动结构等优点,20 世纪 30 年代出现了直/交流电动机无级调速,其中直流电动机无级调速系统至今还在重型机床上应用。20 世纪 60 年代以后,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、动态响应快及占地面积小等优点。当前在数控机床、磨床及仿形等机床中已得到广泛应用。由于逆变技术的发展和高压大功率管的问世,20 世纪 80 年代以来交流电动机无级调速系统开始迅速发展,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,因此,交流电动机无级调速是将来的主要发展方向。

2. 机床电气控制系统的发展与分类

在机床调速控制技术的发展过程中,电气控制技术也由手动方式逐步向自动控制方式发展。

(1) 逻辑控制系统

逻辑控制系统又称开关量或断续控制系统。逻辑代数是理论基础,采用具有两个稳定工作状态的各种电器和电子元件构成各种逻辑控制系统,按自动化程度的不同可分为手动控制和自动控制两种。

1) 手动控制 在电气控制的初期,大多采用电气开关对机床电动机的起动、停止及变向等进行手动控制,现在砂轮机、台钻等动作简单的小型机床仍在采用手动控制。

2) 自动控制 按其控制原理与采用电气元件的不同,自动控制又可分为如下几类:

① 继电器-接触器自动控制系统。多数机床至今仍采用继电器、接触器和按钮等电器组成的自动控制系统,它具有直观、易掌握和易维护等优点,但功耗大、体积大,并且改变控制工作循环较为困难,如果要改变,需重新设计电路。

② 顺序控制器控制。由集成电路组成的顺序控制器具有程序变更容易、程序存储量大和通用性强等优点,广泛用于组合机床、自动线。20 世纪 60 年代末,出现了具有运算功能和较大功率输出能力的可编程序控制器,它是由大规模集成电路、电子开关和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应用前景。随着计算机技术的发展,又出现了以微型计算机为基础的,具有编程、存储、逻辑控制及数字运算功能的可编程序控制器(PLC)。PLC 的设计以工业控制为目标,接线简单、通用性强、编程容易、抗干扰能力强和工作可靠性好,它一问世即以强大的生命力,大量占领传统的控制

领域,PLC的发展方向之一是微型、简单和廉价,以便取代传统的继电器控制;而它的另一个发展方向是大容量、高速、高性能及对大规模复杂控制系统进行综合控制。

③ 数字控制。20世纪40年代末,为了适应中、小批量机械加工生产自动化的需要,应用电子技术、计算机技术、现代控制理论及精密测量等现代科学成就,研制出了数控机床,它是由电子计算机按照预先编制好的程序,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系统 NC(Numerical Control),但其成本昂贵、工作可靠性差及逻辑功能固定。随着电子计算机的发展,又出现了 DNC(Direct Numerical Control)、CNC(Computer Numerical Control)、MNC(Micro-Computer Numerical Control)和 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(Micro-Computer Numerical Control),当今世界各国生产的全功能和经济型数控机床均是 MNC 系统。

(2) 连续控制系统

连续控制系统是对物理量(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。这类系统一般具有负反馈的闭环控制系统,常伴有功率放大的特点,具有精度高、功率大及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,直/交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为混合控制系统,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器等装置驱动伺服电动机和主轴电动机带动机床执行机构产生所需的运动。

3. 数控机床电气控制技术的发展前景

大功率半导体器件、大规模集成电路、计算机控制技术、检测技术及现代控制理论的发展,推动了数控机床电气控制技术的发展,主要表现为在控制方法上,从手动控制发展到自动控制;在控制功能上,从单一功能发展到多功能;在操作上,从紧张繁重发展到轻巧自如。

在机床电气控制方面,最初采用手动控制,如少数容量小、动作单一的机床(小型台钻、砂轮机),使用手动控制。后来由于切削工具、机床结构的改进,切削功率的增大和机床运动的增多,手动控制已不能满足要求,于是出现了以继电器、接触器为主的控制点电器所组成的控制装置和控制系统,这种控制系统可实现对机床的各种运动的控制,如起停、变向和变速等控制,它们的控制方法简单直接、工作稳定可靠及成本低,使机床自动化向前迈进了一大步。

随着生产的发展,机床对加工精度、生产效率提出了更高的要求。继电器-接触器系统的

断续控制方式不能连续、准确地反映信号,很难达到精度的要求。后来又出现了各种可连续控制的控制元件,如电动机放大组、电子管及半导体放大器件,这就相应地出现了连续控制的自动控制方式及自动控制系统,如电动机放大机控制系统、晶闸管控制系统等。

另一方面,由于继电器-接触器控制装置接线固定,使用的单一性,难以适应复杂和程序可变的控制对象的需要,所以20世纪60年代初就出现了顺序控制器,它的初期是以继电器或接触器作为记忆的控制装置,即通过编码、组合逻辑来改变程序,满足不同的加工程序的需要,这样就使机床控制系统具有更大的灵活性和通用性,它的特点就是通用性强、程序可变、编程容易、可靠性高和使用维护方便等,它被广泛应用于机械手、组合机床及生产自动线上,大大提高了机床自动化水平。

近年来,可编程序控制器(PLC)在工业过程自动化系统中的应用日益广泛。可编程序控制器是以硬接线的继电器-接触器控制为基础的,逐步发展为既有逻辑控制、计时和计数,又有运算、数据处理、模拟量调解和联网通信等功能的控制装置,它通过数字量或者模拟量的输入和输出来满足各类机械控制的需要。可编程序控制器及有关外部设备,都按既易于与工业控制系统连成一体,又易于扩充其他功能的原则设计。可编程序控制器将成为生产机械设备中开关量控制的主要电气控制装置。

现代机床经30多年的迅速发展,品种日益增多,从现代控制理论和计算机数控中吸取了大量成果,从而发展了自动设计、自动管理、自动诊断、自动换刀及自动传送等机床自动化手段。提高机床的加工精度,也是当前机床发展的重要课题,目前正在发展以原子直径为单位的微细加工,也称为超精度加工。这种加工技术开辟了新的加工领域,如激光加工、化学加工等。这样又扩大了机床的应用范畴。

用数字程序控制(NC)的机床为数字控制机床,它综合了现代新技术,自动化程度也较高,但其控制是由硬件逻辑电路组成的。这种控制方式灵活性差,因此后来又出现了用计算机代替硬件逻辑电路的计算机数控(CNC),由于它控制灵活、通用性强、工作可靠及控制系统简单,因此而成为现代数控的基本形式。

在计算机数控发展的同时,计算机群控系统也在发展,出现了一台过程计算机直接控制几台、几十台的数控机床,即计算机群控系统,也称为直接数字控制系统(DNC)。

在一般数控机床的基础上,近年来加工中心机床(MC)也有了很大发展,它可以自动选刀换刀,自动连续地对各个加工面完成铣削、镗削、铰孔及攻螺纹等多工序加工,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。

AC称为自适应控制系统,它在毛坯余量变化、硬度不均及刀具磨损等随机因素出现时,使机床具有最佳切削用量,自动调整到最佳切削条件,从而始终保证具有较高的加工质量和生产效率。自适应控制系统20世纪60年代在工业发达的国家就有了正式产品,现已有自适应数控车床、铣床、磨床、钻床及电加工机床等。

机床自动化的进一步发展,是连接生产中各个环节、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接起来,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,它是数控机床、智能机器人、自动化仓库、自动检测与运输技术等新型高技术

及计算机辅助设计、辅助制造与生产管理控制等软件技术高度发展的结果。这就是柔性制造系统 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元件、能适应产品多变及使用灵活等优点,当前各国均在大力发展数控机床和柔性制造系统。

随着生产的发展,由单个机床的自动化逐渐发展为生产过程的综合自动化。柔性制造系统 FMS,再加上计算机辅助设计 CAD、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助质量检测 CAQ 及计算机信息管理系统构成计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System),它是当前机械加工自动化发展的最高形式。机床电气自动化的水平在电气控制技术迅速发展的进程中将不断推向新的高峰。

数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机及火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。自 20 世纪 70 年代以来,电气控制相继出现了直接数字控制(DNC)系统、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人、集散控制系统(DCS)及现场总线控制系统等多项高技术,形成了从产品设计与制造和生产管理的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推向更高的水平。未来数控机床电气控制技术的发展趋势主要体现在以下 3 个方面:

1) 从性能上看 向高精度、高效率、高性能及智能化的方向发展。如以数控机床为例,其控制精度能实现 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 的高精度,其进给速度可达 $24\sim 100\text{ m/min}$,甚至更高,其联动和控制的轴数能实现 $9\sim 15$ 轴,同时增加了人机对话功能,设置了智能 I/O 通道和智能工艺数据库,给使用、操作和维护带来了极大的方便。今后,随着专用集成电路特别是超大规模集成电路的发展,机电一体化产品将越来越向高性能方向发展。

2) 从功能上看 向小型化、轻型化及多功能方向发展。所谓小型化、轻型化,不仅是精细加工技术发展的必然,也是提高效率的需要。通过结构优化设计和精细加工,可使机械的质量减轻到与人的体重相称的程度。所谓多功能,也是自动化发展的要求和必然结果。一般机电一体化产品,为了适应自动化控制规模的不断扩大和高技术的发展,不仅要求它们具有数据采集、检测、记忆、监控、执行、反馈、自适应及自学习等多种功能,甚至还要具有神经系统的功能,以便能实现整个生产系统的最佳化和智能化。

3) 从层次上看 向系统化、复合集成化方向发展。复合集成既包括各种分技术的相互渗透、相互融合和各种产品不同结构的优化与复合,又包含在生产工程中同时处理加工、装配、检测及管理等多种工序。为了实现多品种、小批量生产的自动化与高效率,应使系统具有更广泛的柔性。首先可将系统先分解为若干个层次,使系统功能分散,并使各部分协调而又安全的运转,然后,再通过硬、软件将各个层次有机的联系起来,使其性能最优、功能最强,柔性制造系统就是这种层次结构的典型。

1.4 数控机床电气控制技术经济效益和社会效益

数控机床控制技术综合利用各种相关技术的优势,扬长避短,取得了系统优化效果,具有