

实用机电工程系列教材



数控机床与编程

● 田 坤 主编

吴彰良 卫 静 副主编

华中科技大学出版社

实用机电工程系列教材

数控机床与编程

SHUKONG JICHUANG YU BIANCHENG

田 坤 主 编
吴彰良 卫静 副主编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程/田 坤 主编

武汉:华中科技大学出版社, 2001年9月

ISBN 7-5609-2320-8

I. 数…

II. ①田… ②吴… ③卫…

III. ①数控机床-高等学校-教材

②数控机床-程序设计-高等学校-教材

IV. TG659

实用机电工程系列教材

数控机床与编程

田 坤 主编

责任编辑:钟小珉 佟文珍
责任校对:蔡晓璐

封面设计:潘 群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:华中科技大学出版社照排室
印 刷:华中科技大学出版社印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:13

字数:280 000

版次:2001年9月第1版

印次:2001年9月第1次印刷

印数:1-3 000

ISBN 7-5609-2320-8/TG·50

定价:16.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书概述了数控机床的工作原理、组成及特点,主要介绍了数控机床的机械传动机构、自动换刀装置和数控机床编程。重点讲解了数控机床的主传动系统、进给伺服系统的机械传动机构、自动换刀装置及刀具系统和数控编程规则、数控加工分析、数控编程中的数值计算,具体介绍了数控车床、数控铣床、加工中心的编程指令和编程要点,并且结合实际讲述了数控加工实例。

本书可作为高等工科院校机电类专业以及各类成人教育、中专技校相关专业的教材,也可作为从事数控加工、数控技术与开发的工程技术人员的参考书。

实用机电工程系列教材

编写协作组成员单位

(排名不分先后)

武汉职业技术学院

河南职业技术学院

恩施职业技术学院

黄冈职业技术学院

中州大学

广州大学

武汉电力学校

东南大学职业技术学院

华中科技大学职业技术学院

广西机电职业技术学院

深圳职业技术学院

十堰职业技术学院

荆门职业技术学院

江汉大学

鄂州大学

黄石高等专科学校

湖北工学院职业技术学院

序 言

在千年钟声敲响、人类跨入新世纪之际,我们欣喜地看到,高等教育的模式正在从单一化向多样化、柔性化、社会化和现代化方向发展;正是这一发展,使得高等教育展现出蓬勃的生命力。真可谓“忽如一夜春风来,千树万树梨花开”。

以信息科技为重要标志的高新科技革命的飞速发展,正在改变着世界的面貌和人类的生活方式,推动着知识经济的到来。这就给高等教育改革的探索和研究提出了更高的要求。世界经济发展中最激烈的竞争,将不仅表现在经济和生产领域,而且更表现在培养人才的教育领域,特别是高等教育领域。因为在当今,经济的竞争,科技的竞争,一切的竞争,归根结底是教育的竞争,是人才的竞争,所以,江泽民同志指出:高等教育是教育的龙头。随着高新科技同机械行业的结合,现代机电产品不再是单纯的机械构件,而是由机械、电子、计算机等有机集成的所谓“机电信息一体化”产品。因此,现代机械制造越来越多地体现着知识经济的特征,“以人为本”的新观念正在取代“以技术为本”、“以先进设备为本”的传统观念。在这种情况下,社会对机械类高素质人才的需求也随之变化,人才的创新能力、实践能力需要大力加强,知识结构需要向通用、广泛、适应性强的方向转化。

现代机电工程就是机械工程科技与信息科技等现代科技的紧密结合,然而,既是机电专业而不是别的专业,自己专业的基础、自己专业的实践是丝毫不能忽视的。“九层之台,起于垒土”,“千里之行,始于足下”,离开了基础,离开了实践,一切将会成为空洞的,机电专业就更是如此。

为顺应高等教育改革的潮流,华中科技大学出版社继推出“21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”之后,又推出了这套“高等学校实用机电工程系列教材”。两套教材各有侧重,相得益彰,不同的学校可以根据自己的特点和教学要求选择不同的教材。

这套系列教材的特色在于:体现了人才培养的层次性、知识结构的交融性和教学内容的实践性。它降低了专业重心,拓宽了学科基础,对传统的课程内容进行了整合,加强各方面知识的融会贯通。特别值得一提的是,它强调实践能力的培养和基本技能的训练,以培养复合型、实用型人才为主要目标。

这套教材是20多所高校长期从事教学和教学改革的教师用辛勤的汗水编写而成的,特别是一些高等职业技术学院、高等专科学校的参与,给这套教材增添了更多的色彩。教材的作者认真贯彻了“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的战略思想,倾注了他们教学改革中的大量心血,反映了他们丰富的教学经验。“衷心藏之,何日忘之?”我们对参加这套教材编写的老师们和积极支持这套教材出版

的学校表示衷心的感谢。我们相信,这套系列教材对各学校的教学改革、机电工程类高质量人才的培养能够起到积极的促进作用。

人非圣贤,孰能无过?书非白璧,孰能无瑕?由于编者经验不足,时间有限,形势的发展也在不断提出新的要求,因此,这套系列教材还需在使用中不断修改和完善。“嚶其鸣矣,求其友声。”我们期望广大读者不吝赐教。

江泽民同志指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”高等教育的改革,也需要不断地创新,不断地前进。一声号角撼大地,千红万紫进军来。21世纪教育的春天,已经来临。

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员
中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子

2001年3月10日

前 言

随着微电子、计算机、传感器、信息处理和自动控制器等技术的发展,数控机床也得到了迅速的发展,数控机床在生产过程中的使用也越来越普遍。数控机床根据加工工艺的要求,由数控系统对整个加工过程进行信息处理和控制,实现加工过程的全部自动化。数控加工是用程序控制机床实现自动化加工,数控加工程序的编制在数控加工中占有非常重要的位置。数控机床的发展极大地推动了计算机辅助设计(CAD)和制造(CAM),柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)与自动化工厂(FA)的发展,它已经成为现代制造技术的基础。

为了适应现代制造技术的发展和高等工科院校机电类专业的教学要求,我们编写了《数控机床与编程》一书。该书力求反映数控机床与编程的整体系统的基本理论知识,突出理论与实际相结合;内容层次分明、合理,叙述语言简练。

本书共分8章,第一章介绍数控机床的组成、工作原理、分类、特点及发展趋势。第二章介绍数控机床的机械传动结构。第三章介绍数控车床的自动换刀装置。第四章介绍数控编程的概念、内容、编程规则、数控加工工艺分析及数值计算。第五章介绍数控车床编程指令及编程实例。第六章介绍数控铣床编程指令及技巧。第七章介绍加工中心编程指令及实例。第八章介绍数控电火花切割机床编程及实例。

本书由河南机电高等专科学校田坤主编,河南机电高等专科学校吴彰良和平原大学卫静为副主编。田坤编写第一章、第四章和第七章,河南机电高等专科学校吴彰良编写第二章和第六章,平原大学卫静编写第三章,陈新亚编写第五章,牛克中编写第八章。

本书主要作为高等工科院校机电类专业的教材,也可供从事数控加工以及数控技术研究与开发的工程技术人员参考。

本书编写时参阅了有关院校、工厂、科研院所的一些教材、资料和文献,并得到许多同行专家的支持和帮助,在此致以衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2000年12月

目 录

第一章 数控机床概述	(1)
1-1 数控机床的产生及发展	(1)
1-2 数控机床的工作原理和组成	(2)
1-3 数控机床的分类	(3)
1-4 数控机床的特点	(7)
1-5 数控机床的发展趋势	(9)
习题与思考题	(11)
第二章 数控机床的机械传动结构	(12)
2-1 数控机床的主传动系统	(12)
2-2 数控机床的进给运动系统	(18)
2-3 回转工作台导轨	(26)
习题与思考题	(31)
第三章 数控机床的自动换刀装置	(33)
3-1 自动换刀装置的形式	(33)
3-2 刀库	(40)
3-3 刀具系统及刀具选择	(43)
3-4 刀具交换装置	(51)
习题与思考题	(56)
第四章 数控编程基础	(58)
4-1 概述	(58)
4-2 数控编程规则	(60)
4-3 数控加工工艺分析	(73)
4-4 数控编程中的数值计算	(79)
4-5 计算机辅助数控编程	(87)
习题与思考题	(90)
第五章 数控车床编程	(91)
5-1 数控车床编程指令	(91)
5-2 数控车床编程实例	(106)
习题与思考题	(112)
第六章 数控铣床编程	(115)
6-1 数控铣床编程指令	(115)

6-2 数控铣床编程实例	(127)
习题与思考题	(133)
第七章 加工中心编程	(137)
7-1 加工中心编程指令	(137)
7-2 用户宏编程	(152)
7-3 加工中心编程实例	(162)
习题与思考题	(170)
第八章 数控电火花线切割编程	(172)
8-1 数控电火花线切割加工概述	(172)
8-2 数控电火花线切割加工编程	(181)
8-3 数控电火花线切割编程实例	(188)
8-4 数控电火花线切割加工工艺及应用	(191)
参考文献	(195)

第一章 数控机床概述

1-1 数控机床的产生及发展

一、数控机床的产生

随着生产和科学技术的发展,机械产品的结构日趋复杂,其精度日趋提高,性能不断改善,因此,对制造机械产品的生产设备——机床,必然会相应地提出高效率、高精度和高自动化的要求。

在机械产品中,单件与小批量产品占到70%~80%。由于这类产品生产批量小、品种多,而且当产品改型时,机床与工艺设备均需作较大的调整,因此,这类产品的生产不仅对机床提出了“三高”要求,而且还要求机床应具有较强的适应产品变化的能力。这类产品的零件一般都采用通用机床来加工,通用机床的自动化程度不高,基本上是由人工操作,难以提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面组成的复杂零件,只能借助划线和样板用手工操作的方法来加工,或者利用靠模和仿型机床来加工,其加工精度和生产效率都受到很大的限制。要实现这类产品生产的自动化,已成为机械制造业中长期未能解决的难题。

数控机床就是为了解决单件、小批量,特别是高精度、复杂型面零件加工的自动化要求而产生的。1952年美国PARSONS公司与麻省理工学院(MIT)合作研制了第一台三坐标直线插补连续控制的立式数控铣床,它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果,是一种新型的机床,可用于加工复杂曲面零件。该铣床的研制成功,是机械制造行业中的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个崭新的阶段。

二、数控机床的发展

从第一台数控机床问世到现在的半个世纪中,数控机床的品种得以不断发展,几乎所有的机床都实现了数控化。1956年日本富士通公司研制成功数控转塔式冲床,美国帕克工具公司研制成功数控转塔钻床;1958年美国K&T公司研制出带自动刀具交换装置的加工中心MC(Machining Center),1978年以后加工中心迅速发展,各种加工中心相继问世。在20世纪60年代末期,出现了由一台计算机直接管理和控制一群数控机床的计算机群控系统,即直接数控系统DNC(Direct Numerical Control)。1967年出现了由多台数控机床连接而成的可调加工系统,这就是最初的柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System)。目前,已经出现了包括生产决策、产品设计及制造和管理等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统CIMS(Computer Integrated Manufacturing System),以实现工厂生产自动化。

数控机床的应用领域已从航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等机械制造业。出现了金属成型类数控机床,如数控折弯机、数控弯管机;特种加工数控机床,如数控线切割机、数控火焰切割机、数控激光切割机床等;其它还有数控绘图机、数控三坐标测量机等。

综上所述,数控机床已经成为组成现代机械制造生产系统,实现设计(CAD)、制造

(CAM)、检验(CAT)与生产管理等全部生产过程自动化的基本设备。

三、数控机床的概念

数控机床就是采用数字信息控制的机床。具体地说,凡是用代码化的数字信息将刀具移动轨迹的信息记录在程序介质上,然后送入数控系统经过译码、运算、控制机床的刀具与工件的相对运动,加工出所需工件的一类机床即称为数控机床。

数控技术 NC(Numerical Control)是指用数字信号构成的控制程序对某一对象进行控制的一门技术。它所控制的一般是位移、角度、速度等机械量,也可是温度、压力、流量等物理量。这些量的大小不仅是可测得的,而且可经 A/D 或 D/A 转换用数字信号表示。

1-2 数控机床的工作原理和组成

一、数控机床的工作原理

数控机床零件加工的步骤如下:

- (1) 根据被加工零件的图样与工艺规程,用规定的代码和程序格式编写加工程序。
- (2) 将所编程序指令输入机床数控装置。
- (3) 数控装置将程序(代码)进行译码、运算之后,向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号,以驱动机床的各运动部件,并控制所需要的辅助动作,最后加工出合格的零件。

二、数控机床的组成

数控机床的组成如图 1-1 所示。

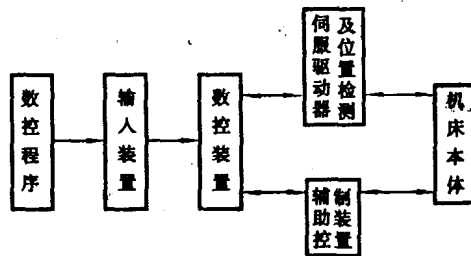


图 1-1 数控机床的组成

1. 数控程序

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。通过对零件进行工艺分析,得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息,然后用标准的由文字、数字和符号组成的数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序。

编制程序的工作可由人工进行,或者在数控机床以外用自动编程计算机系统来完成,比较先进的数控机床可以在它的数控装置上直接编程。

数控程序存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁卡、磁盘等。采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,并将其传送并存入数控装置内。根据程序存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机,录放机或软盘驱动器。有些数控机床,不用任何程序存储载体,而是将数控程序的内容通过数控装置上的键盘,用手工方式(MDI方式)输入,或者将数控程序由编程计算机用通信方式传送到数控装置中。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它接受输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令来控制机床的各个部分,进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是:由插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给位移量、进给方向和速度的指令,经伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动。其它还有主运动部件的变速、换向和启停信号;选择和交换刀具的刀具指令信号;控制冷却、润滑的启停,工件和机床部件的松开、夹紧以及分度工作台的转位等辅助指令信号。

4. 伺服驱动系统及位置检测装置

伺服驱动系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置(电机)组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移。每个作进给运动的执行部件,都配有一套伺服驱动系统。

伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中,使用位置检测装置,间接或直接测量执行部件的实际进给位移,与指令位移进行比较,按闭环原理,将其差值转换放大后控制执行部件的进给运动。

5. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是:接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和变换,以及其它辅助装置动作等指令信号,经必要的编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后直接驱动相应的电器,带动机床机械部件和液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。此外,机床上的限位开关等开关信号经它的处理后送数控装置进行处理。可编程控制器(PLC)已广泛作为数控机床的辅助控制装置。

6. 机床本体

数控机床本体由主运动部件、进给运动执行部件、床身及工作台以及辅助运动部件、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床的组成与普通机床相似,但传动结构要求更为简单,在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,而且其传动和变速系统便于实现自动化控制。

1-3 数控机床的分类

数控机床的种类很多,根据其加工工艺、控制原理、功能和组成,可以从几个不同的角度进行分类。

一、按加工工艺方法分类

1. 普通数控机床

为了不同的工艺需要,与传统的通用机床一样,普通数控机床有数控车、铣、钻、镗及磨床

等,而且每一类又有很多品种,例如数控铣床就有立铣、卧铣、工具铣及龙门铣等,这类机床的工艺性能与通用机床相似,所不同的是它能自动地加工精度更高、形状更复杂的零件。

2. 数控加工中心

数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。典型的数控加工中心有镗铣加工中心和车削加工中心。

数控加工中心又称为多工序数控机床。在加工中心上,可使零件一次装夹后,进行多种工艺、多道工序的集中连续加工,这就大大减少了机床台数。由于减少了装卸工件、更换和调整刀具的辅助时间,从而提高了机床效率;同时由于减少了多次安装造成的定位误差,从而提高了各加工面之间的位置精度,因此,近年来数控加工中心得以迅速发展。

3. 多坐标数控机床

有些复杂形状的零件,用三坐标的数控机床还是无法加工,如螺旋桨、飞机机翼曲面等复杂零件的加工,就需要三个以上坐标的合成运动才能加工出所需的曲面形状。于是出现了多坐标联动的数控机床,其特点是数控装置能同时控制的轴数较多,机床结构也较复杂。坐标轴数的多少取决于加工零件的复杂程序和工艺要求,现在常用的有四、五、六坐标联动的数控机床。

4. 数控特种加工机床

数控特种加工机床包括数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控激光切割机床等。

二、按控制运动的方式分类

1. 点位控制数控机床

这类机床只控制运动部件从一点移动到另一点的准确定位,在移动过程中不进行加工,对两点间的移动速度和运动轨迹没有严格要求,可以沿多个坐标同时移动,也可以沿各个坐标先后移动。为了减少移动时间和提高终点位置的定位精度,一般先快速移动,当接近终点位置时,再减速缓慢靠近终点,以保证定位精度。

采用点位控制的机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。

2. 直线控制数控机床

这类机床不仅要控制点的准确定位,而且要控制刀具(或工作台)以一定的速度沿与坐标轴平行的方向进行切削加工。机床应具有主轴转速的选择与控制、切削速度与刀具的选择以及循环进给加工等辅助功能。这种控制常用于简易数控车床、数控镗铣床等。

3. 轮廓控制数控机床

这类机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。其数控装置一般要求具有直线和圆弧插补功能、主轴转速控制功能及较齐全的辅助功能。这类机床用于加工曲面、凸轮及叶片等复杂形状的零件。

轮廓控制数控机床有数控铣床、车床、磨床和加工中心等。

三、按所用进给伺服系统的类型分类

1. 开环数控机床

开环数控机床采用开环进给伺服系统,开环控制系统如图 1-2 所示。这类控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发

出一个进给指令脉冲,经驱动电路功率放大后,驱动步进电动机旋转一个角度,再经传动机构带动工作台移动。这类系统信息流是单向的,即进给脉冲发出去以后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制。

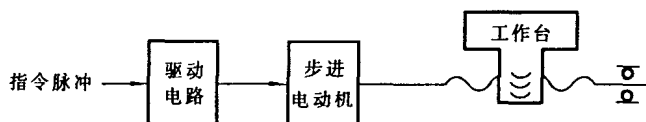


图 1-2 开环控制系统

开环控制系统的优点是结构较简单、成本较低、技术容易掌握。其缺点是：由于受步进电动机的步距精度和传动机构的传动精度的影响,难于实现高精度的位置控制,进给速度也受步进电动机工作频率的限制。因此开环数控机床一般适用于中、小型控制系统的经济型数控机床,特别适用于旧机床改造的简易数控机床。

2. 闭环数控机床

闭环数控机床的进给伺服系统是按闭环原理工作的。闭环控制系统如图 1-3 所示。这类控制系统带有直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移量进行检测。伺服驱动部件通常采用直流伺服电动机和交流伺服电动机。图中的 A 为速度测量元件,C 为位置测量元件。当位移指令值发送到位置比较电路时,若工作台没有移动,则没有反馈量,指令值使得伺服电动机转动,通过 A 将速度反馈信号送到速度控制电路,通过 C 将工作台实际位移量反馈回去,在位置比较电路中与位移指令值进行比较,用比较后得出的差值进行位置控制,直至差值为零时为止。这类控制系统,因为把机床工作台纳入了控制环节,故称为闭环控制系统。该系统的优点是可以消除包括工作台传动链在内的传动误差,因而定位精度高。其缺点是由于工作台惯性大,对机床结构的刚性、传动部件的间隙及导轨副的灵敏性等都提出了严格的要求,否则对系统稳定性会带来不利影响。同时调试和维修都较困难,系统复杂,成本高,一般适用于精度要求高的数控机床,如数控精密镗铣床。

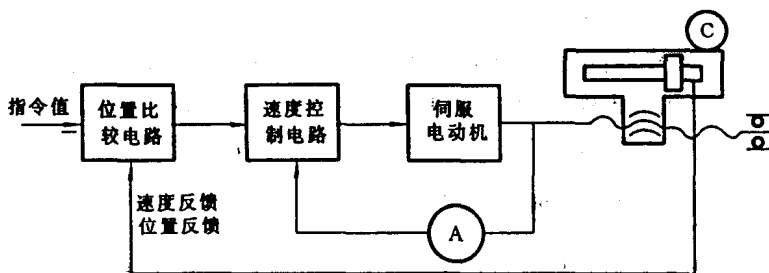


图 1-3 闭环控制系统

3. 半闭环数控机床

半闭环控制系统如图 1-4 所示。这类控制系统与闭环控制系统的区别在于采用角位移检测元件,检测反馈信号不是来自工作台,而是来自与电动机相联系的角位移检测元件 B。通过测速发电机 A 和光电编码盘(或旋转变压器)B 间接检测出伺服电动机的转角,推算出工作台

的实际位移量,将此值与指令值进行比较,用其差值来实现控制。从图 1-4 可以看出,由于工作台没有包括在控制回路中,因而称之为半闭环控制。这类控制系统的伺服驱动部件通常采用宽调速直流伺服电动机,目前已将角位移检测元件与电动机设计成一个部件,使系统结构简单、方便。半闭环控制系统的性能介于开环与闭环之间,其精度没有闭环控制系统高,调试却比闭环控制系统方便,因而得到广泛应用。

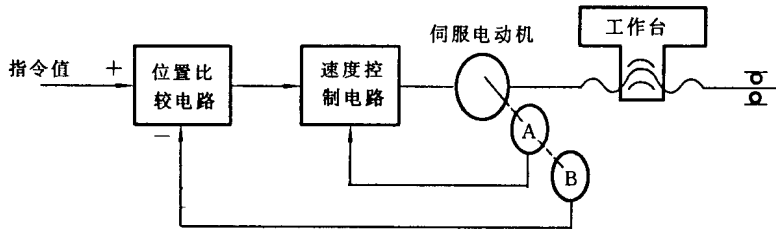


图 1-4 半闭环控制系统

四、按所用数控装置类型分类

1. 硬件式数控机床

硬件式数控机床(NC 机床)使用硬件式数控装置,它的输入、插补运算和控制功能,都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路也不相同。改变或增、减控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路。因此其通用性、灵活性差,制造周期长,成本高。20 世纪 70 年代初期以前的数控机床基本上都属于这种类型。现代数控机床已不再采用硬件式数控系统。

2. 软件式数控机床

这类机床使用计算机数控装置(CNC)。这种数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机再加上通用或专用的大规模集成电路制成。数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,所以不同功能的机床其系统软件也就不同,而修改或增减系统功能时,不需改变硬件电路,只需改变系统软件,因此,它具有较高的灵活性,同时由于硬件电路基本是通用的,这就有利于大量生产,提高质量和可靠性,缩短制造周期和降低成本。20 世纪 70 年代中期以后,随着微电子技术和微型计算机的出现,以及集成电路的集成度不断提高,计算机数控装置才得到不断的发展和提高;目前几乎所有的数控机床都采用了计算机数控装置。

五、按数控装置的功能水平分类

按数控装置的功能水平通常把数控机床分为低、中、高档三类。这种分类方式,在我国用得很多。低、中、高三档的界限是相对的,不同时期的划分标准不同。就目前的发展水平来看,可以根据表 1-1 的一些功能及指标,将各种类型的数控产品分为低、中、高档三类。其中高、中档一般称为全功能数控或标准型数控。在我国还有经济型数控的提法。经济型数控属于低档数控,是指由单板机、单片机和步进电动机组成的数控系统和其它功能简单、价格低的数控系统。经济型数控装置主要用于车床、线切割机床以及旧机床改造等。

表 1-1 不同档次数控功能及指标表

功 能	低 档	中 档	高 档
系统分辨率	10 μ m	1 μ m	0.1 μ m
进给速度	8~15m/min	15~24 m/min	24~100 m/min
伺服进给类型	开环及步进电动机	半闭环及直、交流伺服	闭环及直、交流伺服
联动轴数	2~3 轴	2~4 轴	5 轴或 5 轴以上
通信功能	无	RS-232C 或 DNC	RS-232C、DNC、MAP
显示功能	数码管显示	CRT:图形、人机对话	CRT:三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	强功能内装 PLC
主 CPU	8 位 CPU	16 位、32 位 CPU	32 位、64 位 CPU

1-4 数控机床的特点

一、数控机床的特点

1. 加工精度高

数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。目前数控机床的脉冲当量普遍达到了 0.001mm,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,因此,数控机床能达到很高的加工精度。对于中、小型数控机床,定位精度普遍可达 0.03mm,重复定位精度为 0.01mm。此外,数控机床传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,制造精度高,数控机床的自动加工方式避免了人为的干扰因素,同一批零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量十分稳定。

2. 对加工对象的适应性强

数控机床上改变加工零件时,只需重新编制(更换)程序,输入新的程序就能实现对新的零件的加工,这就为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。对那些普通手工操作的一般机床很难加工或无法加工的精密复杂零件,数控机床也能实现自动加工。

3. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了安放穿孔带或操作键盘、装卸工件、关键工序的中间检测以及观察机床运行之外,不需要进行繁杂的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

4. 生产效率高

零件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,因此数控机床每一道工序都可选用最有利的切削用量。由于数控