



 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

数控机床加工技术

主编 谭永刚 胡绍平



北京邮电大学出版社

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

数控机床加工技术

主 编 谭永刚 胡绍平

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工技术/谭永刚主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7 - 5635 - 1321 - 3

I. 数... II. 谭... III. 数控机床—加工—专业学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082650 号

书 名 数控机床加工技术
主 编 谭永刚 胡绍平
责任编辑 周 堃 聂立芳
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 9.75
字 数 198 千字
版 次 2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7 - 5635 - 1321 - 3/TP · 252
定 价 12.50 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

E - mail: publish@bupt.edu.cn

电话:(010)82551166 (010)62283578

Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁发的《中等职业学校机械加工技术专业教学指导方案》中主干课程《数控机床加工技术教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育教材。

制造自动化技术是先进制造技术的重要组成部分，其核心技术是数控技术。数控技术是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。它的出现及所带来的巨大效益，已引起世界各国科技与工业界的普遍重视。目前，随着国内数控机床用量的剧增，急需培养一大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。同时，为了适应我国中等职业技术教育及应用型技术人才培养的需要，为了更好地培养面向21世纪的中等职业技术人员，适应新世纪对专业知识的需求，教育部选择了一些重要专业进行面向21世纪中等职业教育国家规划教材的编写工作，作为中等职业学校机械加工技术专业的一门主干课程——数控机床加工技术的建设被提到了优先发展的地位。

本教材以三年制为基础，介绍了数控系统的基本组成和分类、数控机床的基本结构、数控加工工艺、数控机床的使用与维修以及CAD/CAM技术在数控加工中应用，选用了技术先进、占市场份额最大的日本FANUC(法纳科)系统作为典型数控系统进行剖析。通过典型数控机床和数控系统的介绍，将各部分教学内容互相贯通，有机地联系在一起。

本书的应用对象为中等职业学校数控应用技术专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业的学生，也可作为数控加工技术人员的参考资料。

本教材由谭永刚、胡绍平任主编，王鹏飞、刘芬、熊伟任副主编。其中第一、二章由谭永刚编写，第三、四章由胡绍平编写，第五章由王鹏飞编写，第六章由刘芬、熊伟编写。

本教材的教学时数为60-70学时，各章学时建议分配如下表：

章次	学时数	章次	学时数
第一章	16	第五章	6
第二章	8	第六章	4
第三章	16	机动	2
第四章	16	合计	68

由于编者水平有限，数控技术发展迅速，编写中难免有不足之处，敬请广大读者和各位同仁提出宝贵意见！

编者

目 录

第一章 数控机床基本知识	1
第一节 数控技术的发展	1
第二节 数控机床的特点及适用范围	3
第三节 数控机床的工作原理、组成、分类及典型结构	5
第四节 数控加工编程基础	14
本章小结	26
思考题	26
第二章 数控加工工艺	28
第一节 概述	28
第二节 数控加工工艺分析	29
第三节 刀具及切削用量的选择	37
第四节 数控机床夹具及工件的装夹方式	39
第五节 数控加工工艺文件	43
本章小结	45
思考题	45
第三章 数控车床及程序编制	46
第一节 概述	46
第二节 MJ—50 数控车床简介	49
第三节 FANUC 系统编程基础	50
第四节 FANUC 系统基本编程指令	54
第五节 刀具补偿	70
第六节 数控车床的操作	74
第七节 数控车床加工编程实例	77
本章小结	81
思考题	81

第四章 数控铣床加工技术	83
第一节 概述	83
第二节 XK5032 型数控铣床简介	84
第三节 数控铣床编程基础	86
第四节 FANUC 系统基本编程指令	89
第五节 刀具长度及半径补偿	94
第六节 固定循环	99
第七节 数控铣床的操作	101
第八节 铣削编程综合实例	108
本章小结	111
思考题	112
第五章 CAD/CAM 软件应用基础	114
第一节 概述	114
第二节 MasterCAM 简介	115
第三节 CAXA 制造工程师简介	127
本章小结	133
思考题	133
第六章 数控机床的应用与维护	134
第一节 数控机床的选用	134
第二节 数控机床的安装	136
第三节 数控机床的调试	138
第四节 数控机床的维护	140
第五节 数控机床的常见故障及维护	142
第六节 数控机床的安全操作	146
本章小结	148
思考题	148

第一章 数控机床基本知识

第一节 数控技术的发展

一、数字控制及数控机床的概念

数字控制——NC(Numerical Control),在机床领域是指用数字化信号对机床的运行过程及加工过程实行控制的自动化技术。

数字控制机床是具有数字程序控制系统的机床,简称数控机床。机床数字控制技术是把零件的加工尺寸和各种要求用代码化的数字表示后输入数控装置,再经过处理与计算后,发出各种控制信号,使机床的运动及加工过程在程序控制下有步骤地进行,并将零件自动加工出来的技术。

二、数控机床的产生

1952年,美国帕森兹公司与麻省理工学院伺服机构实验室合作,成功研制出一套三坐标联动、利用脉冲乘法器原理的试验性数字控制系统,并将它装在一台立式铣床上,这就是世界上第一台数控机床。1959年3月,美国克耐·杜列克公司开发了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

由于当时控制计算机的价格十分昂贵,1967年,英国首先把几台数控机床联接成具有柔性的加工系统,这就是最初的FMS柔性制造系统。随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统(NC),数字控制的许多功能由软件程序实现,于是出现了由计算机作控制单元的数控系统(CNC)。

1970年前后,美国英特尔(Intel)公司首先开发和使用了微处理器。1974年,美国、日本等首先研制出以微处理器为核心的数控系统,即MNC系统的数控机床。30多年来,微处理器数控系统(即MNC系统)的数控机床得到飞速发展和广泛应用。

20世纪80年代初,国际上出现了柔性制造单元FMC。柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)被认为是实现计算机集成制造系统CIMS的必经阶段和基础。

三、我国数控技术发展现状

我国从1958年开始研制数控机床,清华大学研制出了最早的样机。1966年我国诞生了第一台用于直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970年,集成电路数控系统制造成功。但是,由于历史的原因,数控机床的发展很慢,品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

从 20 世纪 70 年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域得到全面应用,数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平差,致使数控系统的可靠性、稳定性未得到解决,因此不能广泛推广。直到 20 世纪 80 年代,我国先后从日本、美国等国家引进一些先进的数控系统和直流伺服电机、直流主轴电机技术,并进行了商品化生产,这些系统可靠性高、稳定性好、功能齐全,推动了我国数控机床的发展,使我国数控机床在质量、性能、水平上有了一个飞跃。到 1985 年,我国数控机床的品种累计达 80 多种,并开始进入了实用阶段。

1986 年至 1990 年是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收”,推动了我国数控机床的发展。20 世纪 90 年代以来,我国主要发展高档数控机床。

目前,在数控领域,我国和先进的工业国家之间还存在一定的差距。我国数控机床的生产还远远满足不了国内生产的需要,更不能满足出口的要求。在现有数控机床中,还有待于进一步提高其利用率。随着加入 WTO,我国将成为世界制造中心,各行各业对数控机床的需求将会很大,数控机床也必然在国家建设中发挥更大的作用。

四、数控技术发展趋势

当前,数控技术的发展呈现以下发展趋势:

1. 高速、高效、高精度、高可靠性

高速、高效:机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

高精度:从精密加工发展到超精密加工,是世界各工业强国发展的方向。数控机床的精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级,应用范围日趋广泛。

高可靠性:数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,受性能价格比的约束,仍然是适度可靠。

2. 模块化、智能化、柔性化和集成化

模块化、专门化与个性化:机床结构模块化,数控功能专门化,机床性能价格比显著提高并加快优化;个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

智能化:智能化的内容包括在数控系统中的各个方面,一是为追求加工效率和加工质量方面的智能化;二是为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化;三是简化编程、简化操作方面的智能化;四是智能诊断、智能监控方面的内容,方便系统的诊断及维修等。

柔性化和集成化:柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。

3. 开放性

为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求,

NC 控制器透明以使机床制造商和用户可以自由地实现自己的思想。

4. 出现新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能。

第二节 数控机床的特点及适用范围

一、数控机床的特点

数控机床是实现柔性自动化的重要设备,与其他加工设备相比,数控机床具有如下特点:

1. 可以加工有复杂型面的工件

无论多么复杂的型面,只要能编制出加工程序就能加工出来。

2. 加工精度高

数控机床是按程序指令进行加工的,而且数控机床本身的精度都比较高,定位精度一般达到了 $\pm 0.01\text{mm}$,重复定位精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ 。由于数控机床加工完全是自动进行的,故消除了操作者人为产生的误差,使同一批工件的尺寸一致性好,加工质量十分稳定。

3. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的,工件加工过程中不需要人的干预,加工完毕后自动停车,使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻;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

工件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床能有效地减少这两部分的时间。由于数控机床的结构刚性好,能使用大切削用量的强力切削,提高了数控机床的切削效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空行程运动速度快,工件装夹时间短,更换工件时,不需要调整机床,同一批工件加工质量稳定,不需停机检验,使辅助时间大大缩短。在加工中心上加工时,一台机床能实现多道工序的连续加工,生产效率的提高更加明显。

5. 良好的经济效益

数控机床虽然设备昂贵,分摊到每个工件上的设备费用较高,但用数控机床加工工件可以节省许多其他费用,如用数控机床加工工件可以节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省了直接生产的生产费用;数控机床加工精度稳定,废品率低,使生产成本下降。另外,数控机床可以一机多用,节省厂房面积,减少建厂投资。因此,使用数控机床加工可以获

得良好的经济效益。

6. 有利于现代化生产管理

数控加工程序应用的是数字化信息,利用数控机床的通信接口与计算机联网,可以实现计算机辅助设计、制造和管理一体化。

二、数控机床的应用范围

根据数控加工的优缺点及国内外大量应用实践,一般可按适应程度将零件分为下列三类:

1. 最适应类

(1)形状复杂、加工精度要求高、用普通机床无法加工或虽然能加工但很难保证产品质量的零件。

(2)能用数学模型描述的复杂曲线或曲面轮廓零件。

(3)具有难测量、难控制进给、难控制尺寸的不开敞内腔的壳体或盒形零件。

(4)必须在一次装夹中合并完成铣、镗、铰、钻或攻螺纹等多道工序的零件。

对于上述零件,可以先不要过多地去考虑生产率与经济上是否合理,而应考虑能不能把它们加工出来,要着重考虑可能性问题。只要有可能,都应把对其进行数控加工作为优选方案。

2. 较适应类

(1)在普通机床上加工时极易受人为因素(如情绪波动、体力强弱、技术水平高低等)干扰、零件价值又高、一旦质量失控便造成重大经济损失的零件。

(2)在普通机床上加工时必须制造复杂的专用工装的零件。

(3)需要多次更改设计后才能定型的零件。

(4)在普通机床上加工需要做长时间调整的零件。

(5)用普通机床加工时生产率很低或体力劳动强度很大的零件。

这类零件在首先分析其可加工性以后,还要在提高生产率及经济效益方面作全面衡量,一般可把它们作为数控加工的主要选择对象。

3. 不适应类

(1)生产批量大的零件(当然不排除其中个别工序用数控机床加工)。

(2)需要通过较长占机时间调整加工内容(如以毛坯的粗基准定位来加工的工序等)。

(3)装夹困难或完全靠找正定位来保证加工精度的零件。

(4)上一道工序加工余量很不稳定的零件。

(5)必须用特定的工艺装备协调加工的零件(如必须按专用工装协调的孔及采集编程用的数据有困难的零件)。

(6)按某些特定的制造依据(如样板、样件、模胎等)加工的型面轮廓(主要原因是取数据难,易与检验依据发生矛盾,增加编程难度)。

参考上述数控加工的适应性,就可以根据拥有的数控机床类型和数量选择加工对象,或根据零件类型来考虑哪些应该先安排数控加工。

第三节 数控机床的工作原理、组成、分类及典型结构

一、数控机床的工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床,它在加工工艺与加工表面形成方法上与普通机床基本相同,最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法:数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。

在数控机床上加工零件时,首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数,再按数控机床规定采用的代码和程序格式,将与加工零件有关的信息,如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、切削进给量、背吃刀量)以及辅助操作(换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关)等编制成数控加工程序,然后将程序输入到数控装置中,经数控装置分析处理后,发出指令控制机床进行自动加工。

二、数控机床的组成

数控机床通常由程序载体、输入装置、数控装置、伺服驱动系统、强电控制系统、检测装置、机床本体与机床的零部件以及数控机床附件等组成。

1. 程序编制及程序载体

数控程序由数控机床自动加工零件所需工作指令组成,包含切削过程中所必需的机械运动、零件轮廓尺寸、工艺参数等加工信息。编制程序的工作可以人工进行,也可以在数控机床以外用计算机自动编程系统来完成。

编制好的零件加工程序,存放在控制介质(存储载体)上,常用的控制介质有穿孔纸带、磁带、磁盘等信息载体。采用哪种存储载体,取决于数控装置的设计类型。最早使用的存储载体是穿孔纸带,这种存储载体如今已经逐渐被淘汰。对于配置有计算机驱动器的数控机床,可以将程序存储在磁盘上,通过软驱输入系统。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号并传送至数控装置的存储器。根据程序控制介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。

手动输入就是操作者利用机床上的键盘及显示屏输入加工指令。通信方式输入是指使用数控装置的串行口,通过相关软件和对有关参数的设定,直接读入在自动编程机上或其他计算机上编制好的程序。目前,随着 CAD、CAM、CIMS 技术的发展,以通信方式进行程序的

传输越来越多地被采用。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。它能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及各种控制功能。

4. 强电控制装置

强电控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统。其主要作用是接收数控装置输出的主轴变速、换向、启动或停止,刀具的选择和更换,分度工作台的转位和锁紧,工件的夹紧或松开,切削液的开或关等辅助操作的信号,经必要的编译、逻辑判断、功率放大后直接驱动相应的执行元件,以完成指令所规定的动作,从而实现数控机床在加工过程中的全部自动操作。

5. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分。它接受数控装置的指令信息,经功率放大后,严格按指令的要求驱动机床的运动部件,完成规定的运动,加工出合格的零件。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

6. 机床主体

与普通机床相比,数控机床主体结构虽然仍然由主传动装置、进给传动装置、床身及工作台和辅助装置组成,但其传动系统更为简单。并且数控机床的静态和动态刚度要求更高,传动装置的间隙要求尽可能小,滑动面的摩擦因数要求小,并有恰当的阻尼,以适应对数控机床高定位精度和良好的控制性能的要求。

三、数控机床的分类

1. 按控制系统功能分类

按控制系统的功能特点分类,可以将数控机床分为点位控制、点位直线控制、轮廓控制数控机床。

(1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是刀具相对工件的移动过程中,不进行切削加工,对定位过程中的运动轨迹没有严格要求,仅要求实现从一坐标点到另一坐标点的精确定位。为了尽可能地减少刀具的运动时间并提高定位精度,刀具先是快速移动到接近终点的位置,然后降低移动速度,使之慢速趋近定位点,以确保定位精度。这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控测量机、数控点焊机、数控弯管机等。图 1-1 是点位控制

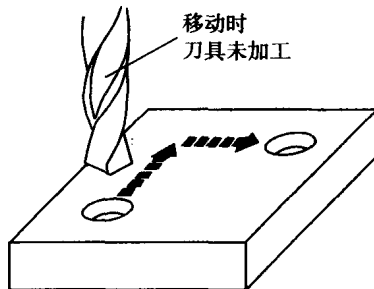


图 1-1 点位控制钻孔加工示意图

钻孔加工示意图。

(2) 点位直线控制数控机床

点位直线控制数控机床的特点是不但要控制从一坐标点到另一坐标点的精确定位,还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹。其轨迹是平行机床各坐标轴的直线,或两轴同时移动形成的 45° 的斜线。点位直线控制数控机床虽然比点位控制数控机床的工艺范围广,但在实用中仍受到很大的限制。这类数控机床主要有经济型数控车床、数控镗铣床、数控加工中心等。图1-2是点位直线控制铣削加工示意图。

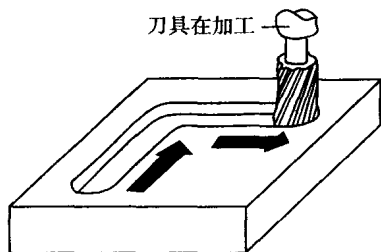


图1-2 点位直线控制铣削加工示意图

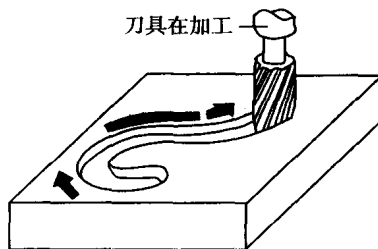


图1-3 轮廓控制铣削加工示意图

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床的特点是能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行加工控制。加工时不仅能控制起点和终点坐标,而且要控制整个加工过程中每一个点的坐标和速度,即控制刀具运动轨迹,将工件加工成一定的轮廓形状。这类数控机床主要有数控车床、数控铣床和加工中心等。图1-3是轮廓控制铣削加工示意图。

2. 按伺服控制方式分类

数控机床按照伺服控制方式可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中,根据检测反馈装置安放的位置又可分为全闭环控制和半闭环控制两种。

(1) 开环控制数控机床

开环控制数控机床的特点是不带检测反馈装置,这类数控机床主要使用步进电机。图1-4所示是典型的开环数控系统,数控装置将工件加工程序处理后,输出数字指令脉冲信号,通过驱动电路控制功率步进电机转动,再经减速器带动丝杠转动,从而使工作台移动。改变进给脉冲的数目和频率,就可以控制工作台的位移量和速度。指令信息单方向传送,并且指令发出后,不再反馈回来,故称开环控制。

开环控制系统由于没有检测装置,也就没有纠正偏差的能力,因此它的控制精度较低。但由于其结构简单、调试方便、维修容易、造价低廉等优点,现仍被广泛应用于经济型数控机床及旧机床的数控化改造上。

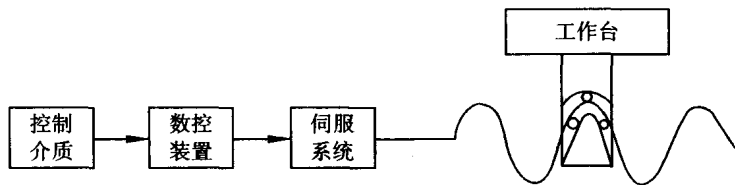


图 1-4 开环控制数控系统的结构框图

(2) 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床的特点是装有位置测量反馈装置。加工过程中,安装在工作台上的检测元件将工作台的实际位移量反馈到计算机中,与所要求的位置指令进行比较,用比较的差值进行控制,直到差值消除。可见,闭环控制系统可以消除机械传动的各种误差及工件加工过程中产生干扰的影响,使加工精度大大提高。图 1-5 所示为闭环控制系统框图。

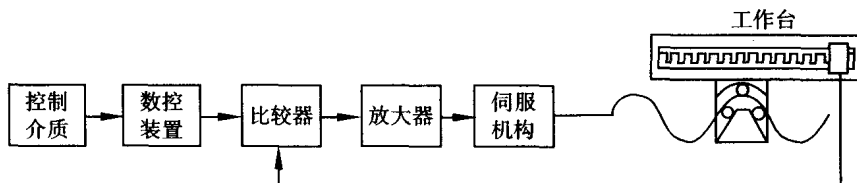


图 1-5 闭环控制数控系统的结构框图

闭环控制系统的加工精度高、速度快。这类数控机床常采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件,电动机的控制电路比较复杂,检测元件价格昂贵,调试维复杂,成本高。闭环控制系统主要用于一些精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精铣床和大型精密加工中心等。

(3) 半闭环控制数控机床

半闭环控制系统与闭环控制系统的控制方式相类似。它们之间的主要区别在于半闭环控制系统不是直接检测工作台的位移量,而是检测角位移,如圆光栅、旋转变压器、圆感应同步器、编码器等,并将检测装置从工作台改装在伺服电动机轴或丝杠端头上。由于反馈环内没有包含工作台,故称为半闭环控制。如图 1-6 所示的半闭环控制系统中,由转角检测元件检测出伺服电动机或丝杠的转角,推算出工作台的实际位移量,反馈到计算机中与指令值进行比较,用比较的差值进行控制。

目前,角位移检测装置与伺服电机被设计成一个部件,使系统的结构简单,安装调试都比较方便。半闭环控制系统精度较闭环控制系统差,但稳定性好,成本较低,调试维修也比较容易,兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点,因此应用比较普遍。

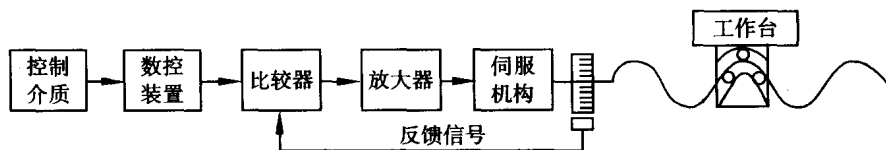


图 1-6 半闭环控制系统的结构框图

3. 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平来分,有两种分法,一种是把数控机床分为高、中、低档(经济型)数控机床。这种分类方法在我国应用较普遍,目前高、中、低三档的界限还没有一个统一的界定标准,加之不同时期划分的标准也不同,故按照功能水平分类的指标限定仅供参考。

按数控系统功能分类的另一种分法是将数控机床分为经济型(简易)、普及型(全能)和高档型数控机床。其中,全能型并不追求过多功能,以实用为准,也称为标准型。经济型数控机床的目的是根据实际机床的使用要求,合理地简化系统,降低价格。在我国,经济型数控机床是指具备了功能简单、价格低、使用操作方便的低档数控系统的机床。

四、数控机床典型结构

数控机床的加工过程可以自动进行而不需人工参与,故对数控机床的结构提出了比普通机床高得多的要求。传统机床的一些弱点(如结构刚性不足、抗振性差、滑动面的摩擦阻力较大以及传动元件中存在间隙等)限制着数控机床技术性能的发挥。因此,现代数控机床在机械结构上,有许多地方与普通机床有显著的不同。现代数控机床除机床基础件外,主要由以下各部分组成:主传动系统(即主轴传动系统);伺服系统;进给传动装置;工件实现回转、定位的装置及附件;自动换刀装置;实现某些动作和辅助功能的系统和装置,如液压、气动、润滑、冷却等系统及排屑防护装置;实现其他特殊功能的装置,如监控装置、加工过程图形显示和精度检测装置等。

了解这些结构及其工作原理,对于使用和调整数控机床都是十分必要的。这里仅介绍以下典型结构。

1. 滚珠丝杠螺母副

(1) 工作原理

滚珠丝杠螺母副是在丝杠和螺母之间放入滚珠,丝杠与螺母间成为滚动摩擦的运动副。图 1-7 所示为滚珠丝杠螺母副的结构示意图。丝杠 1 和螺母 3 上均含有圆弧形面的螺旋槽,将它们装在一起便形成了螺旋滚

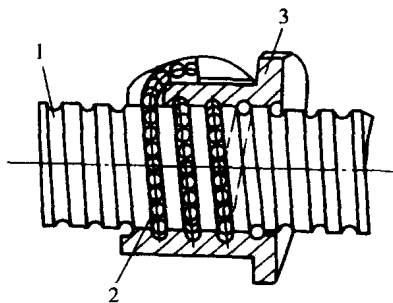


图 1-7 滚珠丝杠螺母副

道,滚珠 2 在其间循环滚动。

(2) 特点

与普通丝杠螺母副相比,滚珠丝杠螺母副具有以下优点:

①摩擦损失小、传动效率高 滚珠丝杠螺母副的摩擦系数仅为 0.002 ~ 0.005,传动效率为 0.92 ~ 0.96,比普通丝杠螺母副高 3 ~ 4 倍,所以发热量小,可实现高速运动。

②运动平稳无爬行 由于摩擦阻力小,动、静摩擦力之差极小,故运动平稳,不易出现爬行现象。

③预紧后可消除反向间隙 滚珠丝杠副经预紧后,可消除反向间隙,因而无反向死区,同时也提高了传动刚度和传动精度。

④磨损小、精度保持性好、使用寿命长。

⑤具有运动的可逆性 由于摩擦系数小、不自锁,因而不仅可以将旋转运动转换成直线运动,也可将直线运动转换成旋转运动,即丝杠和螺母均可作主动件或从动件。

滚珠丝杠副的缺点是:结构复杂,丝杠和螺母等元件的加工精度和表面质量要求高,故制造成本高;不能自锁,特别是垂直安装的滚珠丝杠,会因部件的自重而自动下降,所以必须增加制动装置。

2. 齿轮间隙消除机构

数控机床的机械进给传动装置中的齿轮传动副总是存在着一定的齿侧间隙,齿侧间隙可以造成进给系统的反向运动误差,对闭环控制系统来说,齿侧间隙也会影响系统的稳定性。因此,齿轮传动副常采用各种消除侧隙的措施,以尽量减小齿轮侧隙。消除齿轮传动副侧隙的措施有:

(1) 刚性调整法

采用刚性调整法调整后的齿侧间隙不能自动补偿,因此,对齿轮齿厚和齿距公差应有严格的要求,否则会影响传动的灵活性。这种调整方法结构较简单,且有较好的传动刚度,但调整较费时。

①偏心轴套调整法 如图 1-8 所示,齿轮 1 装在电动机轴上,调整偏心轴套 2 可以改变齿轮 1 和 3 之间的中心距,从而消除齿侧间隙。

②轴向垫片调整法 如图 1-9 所示,将一对齿轮 1 和 2 的轮齿沿齿宽方向制成稍带锥度,改变垫片 3 的厚度就改变了齿轮 1 和 2 的轴向相对位置,从而消除了齿侧间隙。双薄片齿轮垫片调整法如图 1-10 所示,两个薄片斜齿轮 3 和 4 套在带键的轴上,靠改变垫片 2 的厚度使齿轮 3 和 4 的左右齿面分别与宽斜齿轮 1 的齿槽左、右侧面靠紧,达到既消除齿侧间隙又能使齿轮灵活转动的要求。这种调整法无论正、反向回转,均只有一个薄齿轮承受载荷,故齿轮承载能力较小。

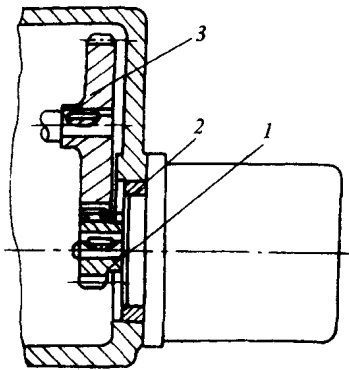


图 1-8 偏心轴套调整法

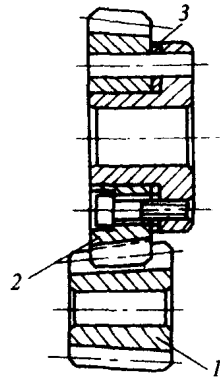


图 1-9 轴向垫片调整法

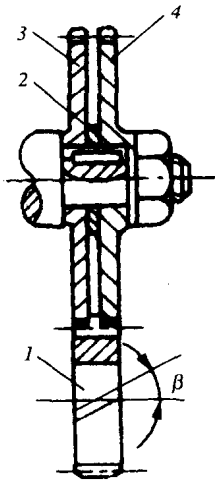


图 1-10 双薄片齿轮垫片调整法

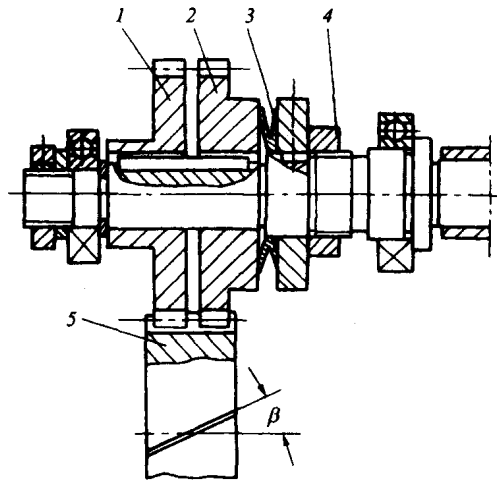


图 1-11 双薄片齿轮轴向压簧调整法

(2) 柔性调整法

这种调整法一般都采用调整弹簧弹力的方法消除齿侧间隙,因而调整之后的齿侧间隙可自动补偿,在齿轮的齿厚和周节有变化的情况下,也能保持无间隙啮合。但这种调整法结构较复杂,传动刚度低,传动平稳性也差。

①轴向压簧调整法 如图 1-11 所示,两个薄片斜齿轮 1 和 2 靠螺母 4 调节弹簧 3 的轴向压力,使齿轮 1 和 2 的左、右齿面分别与宽斜齿轮 5 齿槽的左、右齿面贴紧;弹簧力调整应适当,使它能承受扭矩,否则消除不了间隙。但弹簧力过大时,会造成齿轮磨损过快。

②周向弹簧调整法 如图 1-12 所示,采用了可调拉力弹簧调隙。在两个薄片齿轮 1