

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

数控编程与加工技术

SHUKONG BIANCHENG YU JIAGONG JISHU

雷晓柱 刘瑞娟 主编

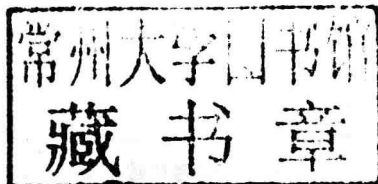


中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

数控编程与加工技术

雷晓柱 刘瑞娟 主 编
任黎明 李卫民 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书根据高等职业技术学院培养高端技能型人才的需求,突出职业教育的特点,重点加强技能训练,强化应用。本书共6个项目,包括认知数控机床;学习数控加工程序编制所用基本知识;数控车床编程与操作;数控铣床和加工中心编程与操作;数控机床维护与保养;CAD/CAM在数控机床上的应用等内容。从简单零件加工过渡到复杂零件的加工,突出实用性,可操作性,概念清楚准确,叙述层次分明,插图清晰易懂,以便教师教学和学生自学。书中每个项目都有实例和习题,以便于叙述编程及操作练习。

本书适合作为高职高专和各类职业技术学校的机械、数控、机电、汽车等专业的教材,也可以作为工程技术人员的参考书和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工技术/雷晓柱,刘瑞娟主编. —北京:
中国铁道出版社, 2015. 2

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-19703-2

I. ①数… II. ①雷… ②刘… III. ①数控机床—
程序设计—高等职业教育—教材②数控机床—加工—高等
职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第021901号

书 名: 数控编程与加工技术
作 者: 雷晓柱 刘瑞娟 主编

策 划: 何红艳
责任编辑: 何红艳
编辑助理: 钱 鹏
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任校对: 汤淑梅
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2015年2月第1版 2015年2月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 14 字数: 340千

书 号: ISBN 978-7-113-19703-2

定 价: 27.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

数控技术是一门集计算机技术、自动化控制技术、测量技术、现代机械制造技术、微电子技术、信息处理技术等多门学科交叉的综合技术,是近年来应用领域中发展十分迅速的一项综合性的高新技术。它是为适应高精度、高速度、复杂零件的加工而出现的,是实现自动化、数字化、柔性化、信息化、集成化、网络化的基础,是现代机床装备的灵魂和核心,有着广泛应用领域和广阔的应用前景。随着数控机床的飞速发展,对数控人才的需求也越来越大。本书是为满足培养高端技能型人才并适应数控技术发展的新形势和教学改革不断深入的需要,结合我们多年来数控编程与加工技术课程教学实践和经验,针对加强学生基础理论和实践能力而编写。

本书共6个项目,项目1的内容为认知数控机床;项目2内容为学习数控加工程序编制所用基本知识;项目3重点介绍数控车床编程与操作;项目4重点介绍数控铣床和加工中心编程与操作;项目5介绍数控机床维护与保养;项目6介绍CAD/CAM在数控机床上的应用。

本书重点是数控机床编程和加工,每个项目都有任务、习题,书后附有数控车技能测试题库。项目中的任务循序渐进,内容直观易懂,注重结合实际操作,在编写中强调实用性和系统性,力求让读者做中学、学中做。以任务为教学目的,通过任务的完成突出了加工工艺、编程和数控加工操作的相互结合,突出职业教育特色;在零件的加工过程中,有针对性地解决在工艺编制、程序编制和数控机床操作中遇到的一些常见问题;任务的选择是把提高学生的职业能力培养放在重要的位置,加强了实训和生产实习教学环节,突出学生对所学知识的应用能力和综合能力,增加了数控加工机床的维护与保养项目,使学生真正成为符合企业生产一线需求的高素质人才。

本书实例丰富,代表性强。学习完本教材,读者可以举一反三,从而更加熟练掌握数控编程与加工技术。

本书由唐山职业技术学院雷晓柱、刘瑞娟任主编,任黎明、李卫民任副主编,其中项目1和项目2由雷晓柱编写,项目3由刘瑞娟编写,项目4由任黎明编写,项目5和项目6由李卫民编写。全书由雷晓柱统稿。

本书适合作为高职高专和各类职业技术学校的机械、数控、机电、汽车等专业的教材,也可以作为工程技术人员的参考书和自学用书。在编写过程中得到有关老师的支持和帮助,并为本书提出许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2014年11月

项目① 认知数控机床	1
任务 分析机床各组成部分功能	1
相关知识	1
任务操作	12
习题	13
项目② 学习数控加工程序编制所用基本知识	14
任务 1 准确写出零件各点的坐标值	14
相关知识	14
任务操作	24
任务 2 合理确定零件加工路线	25
相关知识	26
任务操作	35
习题	36
项目③ 数控车床编程与操作	37
任务 1 加工简单阶梯轴	37
相关知识	37
任务操作	45
任务 2 加工复杂轴类零件	47
相关知识	47
任务操作	55
任务 3 加工螺纹零件	57
相关知识	57
任务操作	61
任务 4 加工套类零件与编制程序	63
相关知识	63
任务操作	67
任务 5 练习数控车	69
相关知识	69
任务操作	80
习题	83

项目④ 数控铣床和加工中心编程与操作	87
任务 1 认识数控铣床/加工中心的结构	87
相关知识	87
任务操作	90
任务 2 学习数控铣床/加工中心安全操作与安全生产	90
相关知识	90
任务操作	94
任务 3 学习数控铣床/加工中心常用刀具与工件装夹	95
相关知识	95
任务操作	103
任务 4 操作数控铣床/加工中心面板	105
相关知识	105
任务操作	112
任务 5 学习数控铣/加工中心对刀操作	118
相关知识	118
任务操作	123
任务 6 铣削平行面和沟槽类零件	126
相关知识	126
任务操作	132
任务 7 铣削台阶面	133
相关知识	134
任务操作	137
任务 8 铣削单一圆弧轮廓	138
相关知识	138
任务操作	146
任务 9 铣削叠加外形轮廓	148
相关知识	148
任务操作	153
任务 10 铣削封闭型腔	155
相关知识	155
任务操作	159
任务 11 加工连接孔	162
相关知识	162
任务操作	171
习题	175

参考文献 215

项目1 认知数控机床

数控机床的发展体现在数控功能、数控伺服系统、编程方法、数控机床的检测和监控功能、自动调整和控制技术等方面。数控机床能较好地解决形状复杂、精密、小批量零件的加工问题,具有适应性强,加工精度高和生产效率高的优点。

任务 分析机床各组成部分功能

通过该任务的学习,了解数控机床的组成、结构特点、结构对象、数控机床的传动系统,熟悉数控机床的工作原理。

1. 相关知识

一、数控机床的组成

数控技术是指采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,简称 NC(Numerical Control)、它不仅可以控制位移、角度、速度等机械量,还可以控制温度、压力、流量等其他量,是一种典型的控制、操作一体化产品。

数控机床一般由输入、输出设备、CNC 装置(又称 CNC 单元)、伺服单元、驱动装置(又称执行机构)、可编程控制器 PLC、电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1-1 为数控机床的组成框图,其中除机床本体之外的部分统称为计算机数控(CNC)系统。

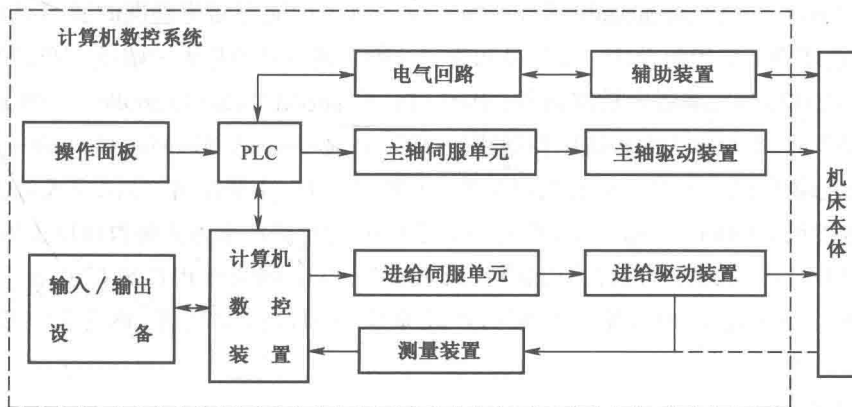


图 1-1 数控机床的组成框图

1. 机床本体

CNC 机床由于切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响,加之在加工中是自动控制,不能像在普通机床上那样由人工进行调整、补偿,所以其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密,采用了许多加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。

2. CNC 装置

CNC 装置是 CNC 系统的核心,主要包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC 系统的其他组成部分联系的接口等。数控机床的 CNC 系统完全由软件处理数字信息,因而具有真正的柔性化,可处理逻辑电路难以处理的复杂信息,使数字控制系统的性能大大提高。

3. 输入/输出设备

键盘、磁盘机等是数控机床的典型输入设备。除上述以外,还可以用串行通信的方式输入。数控系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器,显示的信息较丰富,并能显示图形。操作人员可通过显示器获得必要的信息。

4. 伺服单元

伺服单元是 CNC 装置和机床本体的联系环节,它把来自 CNC 装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式和模拟式之分,而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

5. 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动,通过简单的机械连接部件驱动机床,使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

6. 可编程控制器

可编程控制器(PC, Programmable Controller)是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置,专为在工业环境下应用而设计。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制,故把它称为可编程逻辑控制器(PLC, Programmable Logic Controller)。当 PLC 用于控制机床顺序动作时,也可称为编程机床控制器(PMC, Programmable Machine Controller)。

PLC 已成为数控机床不可缺少的控制装置。CNC 和 PLC 协调配合,共同完成对数控机床的控制。用于数控机床的 PLC 一般分为两类:一类是 CNC 的生产厂家为实现数控机床的顺序控制,而将 CNC 和 PLC 综合起来设计,称为内装型(或集成形)PLC,内装型 PLC 是 CNC 装置的一部分;另一类是以独立专业化的 PLC 生产厂家的产品来实现顺序控制功能,称为独立型(或外装型)PLC。

7. 测量装置

测量装置又称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,功能相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比

较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动。按有无测量装置,CNC系统可分为开环与闭环数控系统,而按测量装置的安装位置又可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度取决于步进电机和丝杠的精度,闭环数控系统的控制精度取决于测量装置的精度。因此,测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。此外,由测量装置和显示环节构成的数显装置,可以在线显示机床移动部件的坐标值,大大提高了工作效率和工件的加工精度。

二、数控机床的特点

数控机床的操作和监控全部在CNC设置数控单元中完成,它是数控机床的大脑。与普通机床相比,数控机床有如下特点:

1. 加工精度高,具有稳定的加工质量

数控设备是按照预定的程序自动工作的,消除了操作者人为产生的误差,因而产品的生产质量十分稳定,而且数控设备的机械部分具有较高的动态精度,数控装置的脉冲当量(分辨率)可达 0.001mm ,还可通过实时检测反馈正误差或补偿获得更高的精度,因此,数控设备可以获得比设备自身精度还高的加工精度。

2. 可进行多坐标的联动,能加工形状复杂的零件

数控设备几乎可以实现任意轨迹的运动和任何形状的空间曲面的加工,如用普通机床难以加工的螺旋桨、汽轮机叶片等空间曲面,可采用数控机床完成加工。

3. 加工零件改变时,一般只需要更改数控程序,可节省生产准备时间

数控设备在生产过程中是按照数控指令进行加工的,当生产对象改变时,只须改变数控设备的工作程序及配备所需的生产工具,而不改变机械部分和控制部分的硬件。这一点不仅满足了当前产品更新快的市场竞争需要,而且解决了单件、小批量及新产品试制的自动化生产问题。适应性强是数控设备最突出的优点。

4. 机床精度高、刚性大,可选择有利的加工用量,生产率高(一般为普通机床的3~5倍)

产品的生产时间主要包括工艺时间和辅助时间,数控设备可有效地减少这两部分时间。就数控机床而言,可采用大功率高速切削,缩短工艺时间;还可配备自动换刀装置、检测装置及交换工作台,减少了工件的装卸次数和其他辅助时间,从而明显地提高了生产效率。

5. 机床自动化程度高,可以减轻劳动强度

数控设备在生产过程中不需要人工干预,又可在恶劣的环境下自动进行工作,从而降低了工人的劳动强度,并极大地改善了劳动条件。

6. 对操作人员的素质要求较高

数控机床对维修人员的技术要求更高。

三、掌握数控机床的分类

数控机床的种类很多,从不同角度对其进行考查,就有不同的分类方法,通常有以下几种不同的分类方法。

1. 数控机床按工艺用途分类

切削加工类:数控镗铣床、数控车床、数控磨床、加工中心、数控齿轮加工机床、FMC等。

成形加工类:数控折弯机、数控弯管机等。

特种加工类:数控线切割机、电火花加工机、激光加工机等。

其他类型:数控装配机、数控测量机、机器人等。

2. 数控机床按控制运动的方式分类

(1) 点位控制数控系统

仅能实现刀具相对于工件从一点到另一点的精确定位运动;对轨迹不作控制要求;运动过程中不进行任何加工。适用范围:数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机。点位控制示意图如图 1-2 所示。

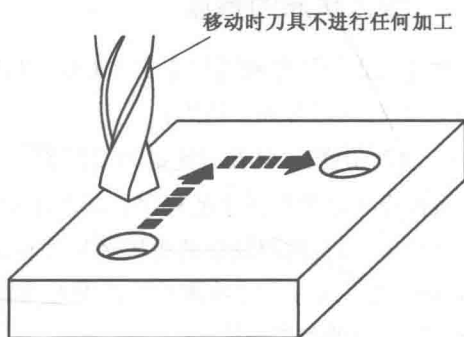


图 1-2 点位控制示意图

(2) 点位直线控制数控机床

如图 1-3 所示,点位直线控制是指数控系统除需要准确控制直线轨迹的起点和终点的定位外,还要控制刀具在这两点之间以指定的进给速度进行直线切削。采用这类控制的有数控铣床、数控车床和数控磨床等。

(3) 轮廓控制数控系统

轮廓控制(连续控制)系统:具有控制几个进给轴同时协调运动(坐标联动),使工件相对于刀具按程序规定的轨迹和速度运动,并在运动过程中进行连续切削加工,如图 1-4 所示。适用范围:数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面的机床。现代的数控机床基本上都是装备的这种数控系统。

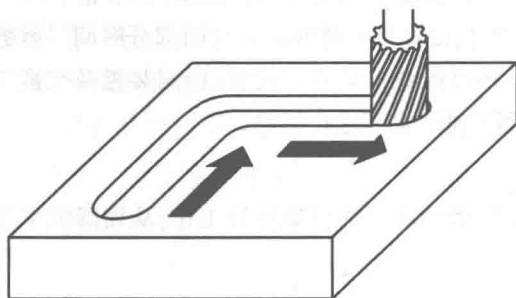


图 1-3 点位直线控制示意图

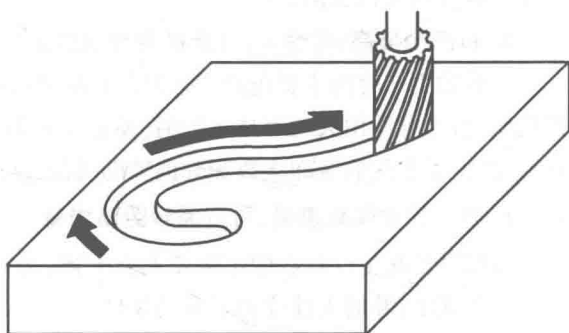


图 1-4 轮廓控制数控系统示意图

3. 按控制轴数分类

数控机床的移动部件较多,现多按直角坐标系对机床移动部件的运动进行分类和数字控制。数控机床的坐标数目或轴数是指数控装置控制机床移动部件的联动坐标数目。按控制轴数分类可分为两轴联动(平面曲线)、三轴联动(空间曲面,球头刀)、四轴联动(空间曲面)、五轴联动及六轴联动(空间曲面)数控机床,联动轴数越多数控系统的控制算法就越复杂。

4. 按伺服系统分类

按数控系统的进给伺服子系统有无位置测量装置可将数控系统分为开环数控系统和闭环数控系统,在闭环数控系统中根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环和半闭环两种。

(1) 开环数控系统(见图 1-5)

开环数控系统没有位置测量装置,信号流是单向的(数控装置→进给系统),故系统稳定性好;因为没有位置反馈,所以精度相对闭环系统来讲不高,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度;一般以功率步进电动机作为伺服驱动元件;这类系统具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。一般用于经济型数控机床。

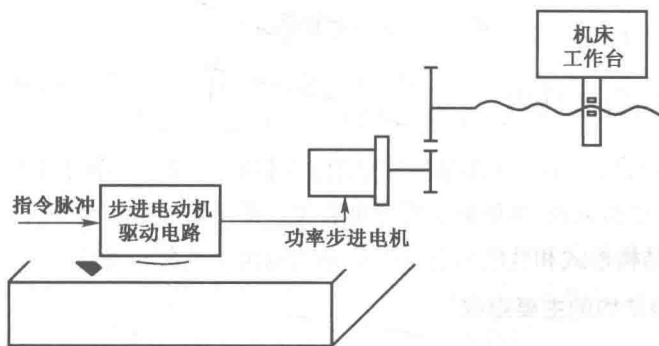


图 1-5 开环数控系统示意图

(2) 半闭环数控系统(见图 1-6)

半闭环数控系统的位置是从驱动装置(常用伺服电动机)或丝杠引出,采用旋转角度进行检测,并不直接检测运动部件的实际位置;半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此可获得稳定的控制性能,其系统的稳定性虽不如开环系统,但比闭环系统要好。由于丝杠的螺距误差和齿轮间隙引起的运动误差难以消除,因此,其精度较闭环差,较开环好。但可对这类误差进行补偿,因而仍可获得满意的精度;半闭环数控系统结构简单、调试方便、精度也较高,因而在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

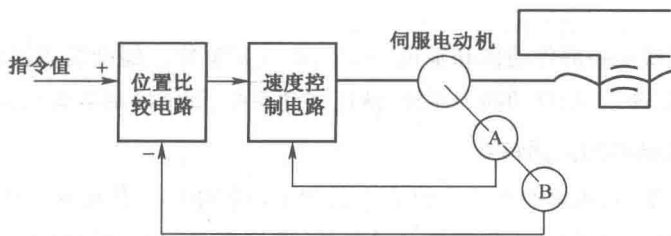


图 1-6 半闭环数控系统示意图

(3) 全闭环数控系统

全闭环数控系统的位置采样点如图 1-7 所示,可直接对运动部件的实际位置进行检测;从理论上讲,可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和矢量量。具有很高的位置控制精度;由于位置环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,故很容易造成系统不稳定,使

闭环系统的设计、安装和调试都相当困难;该系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

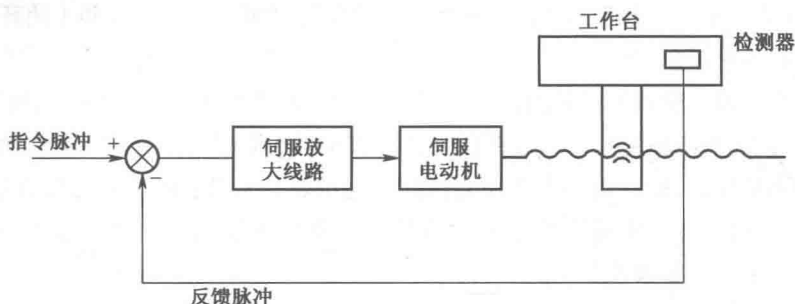


图 1-7 闭环数控系统示意图

四、数控机床的机械结构

数控机床的机械结构包括主传动装置、进给传动装置、工作台、床身等主要部件及刀库、自动换刀装置、润滑装置、冷却装置、排屑装置等辅助装置。由于数控机床是一种高精度和高生产率的自动化机床,其机械结构形式和性能与普通机床相比有很大改善和提高。

1. 数控机床机械结构的主要组成

(1) 主传动系统

它包括动力源、传动件及主运动执行件(主轴)等,其功用是将驱动装置的运动及动力传给执行件,以实现主切削运动。

(2) 进给传动系统

它包括动力源、传动件及进给运动执行件(工作台、刀架)等,其功用是将伺服驱动装置的运动与动力传给执行件,以实现进给切削运动。

(3) 基础支承件

它是指床身、立柱、导轨、滑座、工作台等,是整台机床的基础和框架,用于支承机床的各主要部件,并使它们在静止或运动中保持相对正确的位置。

(4) 辅助装置

辅助装置是指实现某些部件动作和辅助功能的系统和装置。辅助装置视数控机床的不同而异,按机床的功能需要选用,如自动换刀系统、液压气动系统、润滑冷却装置和排屑防护装置等。

2. 数控机床机械结构的主要特点

数控机床是高精度、高效率的自动化机床。其加工过程中的动作顺序、运动部件的坐标位置及辅助功能都是按预先编制的加工程序自动进行的,操作者在加工过程中无法干预,不能像在普通机床上加工零件那样,对机床本身的结构和装配的薄弱环节进行人为的调整和补偿。所以,数控机床几乎在任何方面均要求比普通机床设计得更为完善,制造得更为精密。数控机床的结构设计已形成独立的体系,其结构特点主要有以下几个方面。

(1) 很高的静、动刚度及良好的抗振性能

机床刚度是指机床结构抵抗变形的能力。机床在静态力作用下所表现的刚度称为机床的静

刚度;机床在动态力作用下所表现的刚度称为机床的动刚度。数控机床要在高速和重载荷条件下工作。机床床身、底座、立柱、工作台、刀架等支承件的变形都会直接或间接地引起刀具和工件之间的相对位移,从而引起工件的加工误差。因此,这些支承件均应具有很高的静、动刚度及良好的抗振性能。提高数控机床结构刚度的措施有:

①提高数控机床构件的静刚度和固有频率。合理地进行结构设计,改善受力情况,以减少受力变形。例如,机床的基础大件采用封闭箱形结构;数控车床上加大主轴支承轴径,尽量缩短主轴端部的受力悬伸长度,以减少所受弯矩;采用合理布置的肋板结构,以便在重力较小的情况下具有较高的静刚度和适当的固有频率;数控机床的主轴箱或滑枕等部件,可采用卸荷装置来平衡载荷,以补偿部件引起的静力变形,常用的卸荷装置有重锤和平衡液压缸;改善构件间的接触刚度和机床与地基连接处的刚度等。

②改善数控机床结构的阻尼特性。改善机床结构的阻尼特性是提高机床动刚度的重要措施。可在大件内腔充填砂芯和混凝土等阻尼材料,也可采用阻尼涂层法,即在大件表面喷涂一层具有高内阻尼和较高弹性的黏滞弹性材料(如沥青基制成的胶泥减振剂、高分子聚化物和油漆腻子等),涂层厚度越大,阻尼越大。阻尼涂层常用于钢板焊接的大件结构。采用间断焊缝,也可以改变连接处的摩擦阻尼。间断焊缝虽使静刚度略有下降,但阻尼比大为增加。

③采用新材料和钢板焊接结构。长期以来,机床大件材料主要采用铸铁。现部分机床大件已采用新材料代替。主要的新材料是聚化物混凝土,它具有刚度高、抗振好、耐腐蚀和耐热的特点。用丙烯酸树脂混凝土制成的床身,其动刚度比铸铁高6倍。用钢板焊接结构件替代铸铁构件的趋势也在不断扩大,从应用于单件和小批量生产的重型机床和超重型机床,逐步发展到应用于有一定批量的中型机床。钢板焊接结构既可以增加静刚度,减小结构质量,又可以增加构件本身的阻尼,因此,近年来在一些数控机床上采用了钢板焊接结构的床身、立柱、横梁和工作台。

(2) 良好的热稳定性

机床在切削热、摩擦热等内外热源的影响下,各个部件将发生不同程度的热变形,使工件与刀具之间的相对位置关系遭到破坏,从而影响工件的加工精度。为减弱热变形的影响,使机床热变形达到稳定状态,常常要花费很长的时间来预热机床,这又影响了生产率。对于数控机床来说,热变形的影响就更突出。一方面,因为工艺过程的自动化及其精密加工的发展,对机床的加工精度和精度的稳定性提出了越来越高的要求;另一方面,数控机床的主轴转速、进给速度以及切削量等也大于传统机床的切削用量,而且常常是长时间连续加工,产生的热量也多于传统机床。因此,要特别重视采取措施减少热变形对加工精度的影响。

(3) 较高的灵敏度

数控机床通过数字信息来控制刀具与工件的相对运动,它要求在相当大的进给速度范围内都能达到较高的精度,因而运动部件应具有较高的灵敏度。导轨部件通常采用滚动导轨、塑料导轨、静压导轨等,以减少摩擦力,使其在低速时无爬行现象。工作台、刀架等部件的移动由交流或直流伺服电动机驱动,经滚珠丝杠传动,减少了进给系统所需要的驱动扭矩,从而提高了定位精度和运动平稳度。

数控机床在加工时,各坐标轴的运动都是双向的,传动元件之间的间隙会影响机床的定位精度及重复定位精度,因此,必须采取措施消除进给传动系统中的间隙,如齿轮副、丝杠螺旋副的间隙。



近年来,随着新材料、新工艺的普及与应用,高速加工已经成为目前数控机床的发展方向之一。快进速度达到了每分钟数十米甚至上百米,主轴转速达到每分钟上万转甚至十几万转,采用电主轴、直线电动机、直线滚动导轨等新产品、新技术已势在必行。

(4) 高效化装置、高人性化操作

由于数控机床是一种高速、高效机床,在一个零件的加工时间中,辅助时间也就是非切削时间占有较大比重,因此,压缩辅助时间可大大提高生产率。目前,已有许多数控机床采用多主轴、多刀架及自动换刀等装置,特别是加工中心,可在一次装夹下完成多工序的加工,以节省大量装夹换刀的时间。

五、数控机床的主运动、进给运动

1. 数控机床主传动系统的变速方式

数控机床主轴的调速是按照控制指令自动执行的,因此,变速机构必须适应自动操作的要求。在主传动系统中,目前多采用交流主轴电动机和直流主轴电动机无级调速系统。为扩大调速范围,满足低速大扭矩的要求,也经常应用齿轮有级调速和电动机无级调速相结合的调速方式。

数控机床主传动系统主要有 4 种变速方式,如图 1-8 所示。

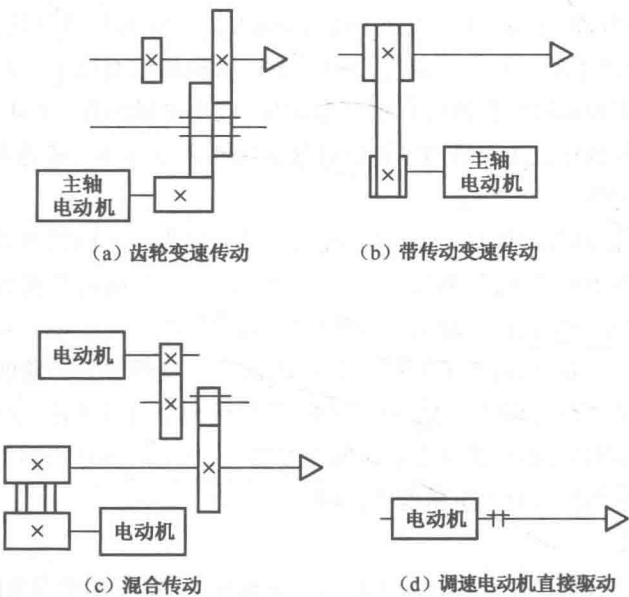


图 1-8 数控机床主传动系统

(1) 带有变速齿轮的主传动

大、中型数控机床多采用这种变速方式。如图 1-8 (a) 所示,通过少数几对齿轮降速,扩大输出扭矩,以满足主轴低速时对输出扭矩特性的要求。数控机床在交流或直流电动机无级变速的基础上配以齿轮变速,可实现分段无级变速。滑移齿轮的移位大都采用液压缸加拨叉,或者直接由液压缸带动齿轮来实现。

(2) 通过带传动的主传动

如图1-8(b)所示,这种传动主要应用在转速较高、变速范围不大的机床上。电动机本身的调速就能够满足要求,不用齿轮变速,可以避免齿轮传动引起的振动与噪声,它适用于高速、低转矩特性要求的主轴。常用的是三角带和同步齿形带。

(3) 用两个电动机分别驱动主轴

图1-8(c)所示为上述两种方式的混合传动,具有上述两种性能。高速时,电动机通过带轮直接驱动主轴旋转;低速时,另一个电动机通过两级齿轮传动驱动主轴旋转,齿轮起到降速和扩大变速范围的作用,这样就使恒功率区增大,扩大了变速范围,克服了低速时转矩不够且电动机功率不能充分利用的问题。但两个电动机不能同时工作,也是一种浪费。

(4) 由调速电动机直接驱动的主传动

如图1-8(d)所示,调速电动机与主轴用联轴器同轴连接,这种方式大大简化了主传动系统的结构,有效地提高了主轴部件的刚度,但主轴轴出扭矩小,电动机发热对主轴精度影响较大。近年来,出现另外一种内装式电主轴,即主轴与电动机转子合二为一。其优点是主轴部件结构更紧凑,质量小,利于控制振动和噪声;缺点同样是热变形问题。由调速电动机直接驱动的主传动惯性小,可提高启动、停止的响应特性,因此,温度控制和冷却是使用内装式电主轴的关键问题。

2. 数控机床主传动系统的特点

与普通机床相比较,数控机床主传动系统共有下列特点:

(1) 转速高、功率大

数控机床的主传动系统能使数控机床进行大功率切削和高速切削,从而实现高效率加工。

(2) 变速范围宽

数控机床的主传动系统有较宽的调速范围,一般 $R > 100$,以保证加工时能选用合理的切削用量,从而获得最佳的生产率、加工精度和表面质量。

(3) 主轴变换迅速、可靠

数控机床的变速是按照控制指令自动进行的。因此,变速机构必须适应自动操作的要求。并由于直流和交流主轴电动机的调速系统日趋完善,使机床不仅能够方便地实现宽范围无级变速,而且减少了中间传递环节,提高了变速控制的可靠性。

(4) 主轴组件的耐磨性高

主轴组件的耐磨性高能使传动系统长期保证精度。凡有机械摩擦的部位,如轴承、锥孔等都有足够的硬度,轴承处还有良好的润滑。

3. 主轴部件的支承与润滑

机床主轴带动刀具或夹具在支承中作回转运动,应能传递切削转矩承受切削抗力,并保证必要的旋转精度。目前,数控机床主轴的支承配置形式主要有3种,如图1-9所示。

①前支承采用双列圆柱滚子轴承和 60° 角接触双列向心推力球轴承组合,后支承采用成对安装的角接触球轴承。这种配置形式使主轴的综合刚度大幅度提高,可以满足强力切削的要求,因此普遍应用于各类数控机床主轴中。

②前轴承采用高精度的双列角接触球轴承,后支承采用单列(或双列)角接触球轴承。这种配置具有良好的高速性能,主轴最高转速可达 $4\,000\text{ r/min}$,但它承载能力小,因而适用于高速、轻载

和精密的数控机床主轴。在加工中心的主轴中,为了提高承载能力,有时应用3个或4个角接触球轴承组合的前支承,并用隔套实现预紧。

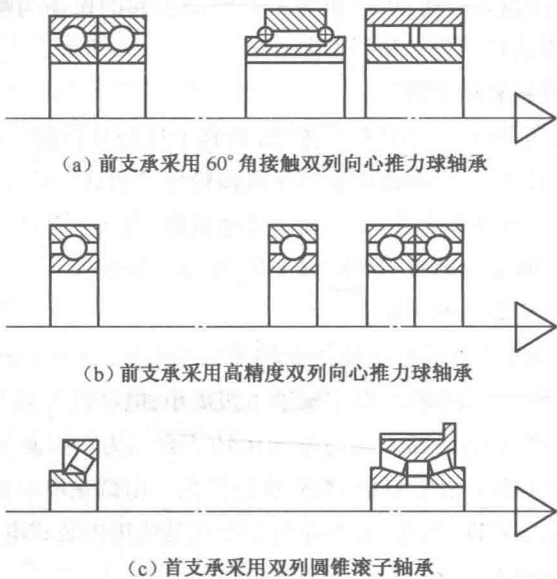


图 1-9 数控机床主轴的支承配置

③前后轴承采用双列和单列圆锥轴承。这种配置径向和轴向刚度高,能承受重载荷,尤其能承受较强的动载荷,安装与调整性能好。但这种配置限制了主轴的最高转速和精度,因此适用于中等精度,低速与重载的数控机床主轴。为了尽可能减少主轴部件温升热变形对机床工作精度的影响,通常利用润滑油的循环系统把主轴部件的热量带走,使主轴部件与箱体保持恒定的温度。在某些数控镗、铣床上采用专用的制冷装置,比较理想的实现了温度控制。近年来,某些数控机床的主轴轴承采用高级油脂,用封入方式进行润滑,每加一次油脂可以使用 7~10 年,简化了结构,降低了成本且维护保养简单。为了防止润滑油和油脂混合,通常采用迷宫密封方式。

4. 主轴准停装置

在数控镗床、数控铣床和以镗铣为主的加工中心上,为了实现自动换刀,使机械手准确地将刀具装入主轴孔中,刀具的键槽必须与主轴的键位在周向对准;在镗削加工退刀时,要求刀具向刀尖反方向径向移动一段距离后才能退出,以免划伤工件,这都需要主轴具有周向定位功能;另外,一些特殊工艺要求情况下,如在通过前壁小孔镗内壁的同轴大孔,或进行反倒角等加工时,也要求主轴实现准停,使刀尖停在一个固定的方位上,以便主轴偏移一定尺寸后,使大切刃能通过前壁小孔进入箱体内对大孔进行镗削,所以在主轴上必须设有准停装置。

目前,主轴准停装置很多,主要分为机械式和电气式两种。

传统的做法是采用机械挡块等来定向。图 1-10 为 V 形槽轮定位盘准停装置原理图,在主轴上固定一个 V 形槽轮定位盘,使 V 形槽与主轴上的端面键保持所需要的相对位置关系。当主轴需要停车换刀时,发出降速信号,主轴转换到最低速运转,延时继电器开始动作,并在延时 4~6 s 后,无触点开关 1 接通电源,当主轴转到图 1-10 所示位置即 V 形槽轮定位盘 3 上的感应块 2 与无触点开关 1 相接触后发出信号,使主轴电动机停转。另一延时继电器延时 0.2~0.4 s 后,压力油进入定位液压缸