

数控加工技术

青岛市职业技术培训研究室组织编写



社会科学文献出版社

SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

数控加工技术

青岛市职业技术培训研究室组织编写



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术/青岛市职业技术培训研究室组织编写.

北京:社会科学文献出版社,2009.8

ISBN 978-7-5097-0999-3

I. 数... II. 青... III. 数控机床—加工—高等学校:

技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 152572 号

数控加工技术

编 者 青岛市职业技术培训研究室

出 版 人 谢寿光

总 编 辑 邹东涛

出 版 者 社会科学文献出版社

地 址 北京市西城区北三环中路甲 29 号院 3 号楼华龙大厦

责 任 部 门 高职教育出版中心

项目负责人 年维佳

责 任 编 辑 闵 佳

责 任 印 制 杨晓英

经 销 各地书店

排 版 青岛新华出版照排有限公司

印 刷 青岛润华印务有限公司

开 本 880 × 1230 毫米 1/32

印 张 11.625

字 数 380 千字

版 次 2009 年 8 月第 1 版

印 次 2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5097-0999-3

定 价 18.00 元



版权所有 翻印必究

本书编委会

主 任:丁鲁省

副主任:刘卫国 孙国强 赵同远 赵传祥

委 员:孙海生 曹文学 王佐凯 成身宝

侯正安 金积善 苗 欣 贾朋程

郭朋善 李延南 马玉进 刘美华

王建林 郭金敦

主 编:宋英斐

副主编:韩 樑

编 者:宋英斐 韩 樑 李文娟 王彦平

王胜宇 陈嘉睿

前 言

近年来,随着我国经济快速发展和产业结构优化升级,对技能人才的职业能力提出了更高的要求。为加快技能人才培养,提高技能人才培养质量,作为技能型人才重要培养基地的技工院校都在改革传统的课程设置和教学模式,逐步实施模块化、一体化教学。然而,在教学改革过程中,教材与教学模式不相适应的问题十分突出,这直接影响着技能人才的培养质量。因此,编写适合模块化、一体化教学的教材迫在眉睫。

为适应一体化教学的发展趋势,加强一体化教材开发,青岛市劳动和社会保障局成立了教材编写委员会,制定了技工院校教材开发计划,青岛市职业技术培训研究室具体承担了教材开发任务。教材编委会总结多年来技工院校教学改革经验,组织有关方面的专家、企业技术人员和技工院校骨干教师编写了《数控加工技术》一体化教材。

本教材共分三篇:第一篇,数控机床概述,共分两个课题单元;第二篇,数控车床操作训练,共四个模块、12个课题单元;第三篇,数控铣床、加工中心操作训练,共四个模块、10个课题单元。教材采用理论与技能训练一体化、模块化的编写方式,重点突出技能操作训练,在内容上系统阐述了数控车床、数控铣床、加工中心的加工技术理论及技能训练。学生通过有针对性的学习,能够系统地掌握本职业的实用技术与操作技能。本教材能够满足技工院校数控专业的教学需要,适合技工院校数控专业中、高级班教学和学习使用。

本书在编写过程中得到了青岛机电技术学校的大力支持,青岛市就业服务中心单连高同志参与了本教材开发的前期调研论证工作,中国海洋大学教授刘贵杰、青岛理工大学工程师刘松年、青岛市技师学院张明

续、四方机车车辆高级技工学校薛德镇、平度市技工学校孙德胜对本书的修订提出了宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心地感谢!

由于时间和水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

本书编委会

二〇〇九年七月

课题三 螺纹加工	(92)
子课题1 螺纹加工工艺及单行程螺纹切削指令	(92)
子课题2 螺纹切削循环指令(G92)	(105)
子课题3 螺纹切削复合循环指令	(115)
课题四 子程序	(130)
课题五 宏程序	(141)
模块三 数控车床的内部轮廓加工	(155)
课题一 单一内轮廓加工	(155)
课题二 复合内轮廓加工	(165)
课题三 内螺纹轮廓加工	(172)
模块四 数控车床综合加工	(182)
课题一 综合训练1	(182)
课题二 综合训练2	(193)
模块五 典型零件的工艺过程	(208)
课题一 轴类零件的工艺分析	(208)
课题二 普通盘类零件的工艺过程	(210)

第三篇 数控铣床、加工中心操作训练

模块一 数控铣床、加工中心的基本操作	(214)
课题一 数控铣床、加工中心概述	(214)
子课题1 数控铣床、加工中心的组成	(214)
子课题2 数控铣床、加工中心的坐标系	(222)
课题二 数控铣床、加工中心的操作	(225)
子课题1 数控铣床、加工中心的基本操作	(225)
子课题2 数控铣床、加工中心的手动切削	(228)
模块二 数控铣床、加工中心的典型零件的加工	(238)
课题一 数控铣床、加工中心的轮廓加工	(238)
子课题1 工件坐标系与刀具长度补偿的应用	(238)

子课题 2 直线插补及刀具半径补偿的应用	(247)
子课题 3 圆弧插补的应用	(252)
子课题 4 槽的加工	(259)
课题二 孔系的加工	(268)
子课题 1 钻孔及钻深孔固定循环功能指令	(268)
子课题 2 螺纹加工固定循环功能指令	(275)
子课题 3 镗孔及铣孔固定循环功能指令	(283)
课题三 子程序的应用	(290)
课题四 坐标变换	(298)
子课题 1 比例缩放	(298)
子课题 2 可编程镜像	(304)
子课题 3 坐标系旋转	(310)
子课题 4 极坐标编程	(316)
课题五 用户宏程序概述	(323)
模块三 在线加工简介	(334)
课题一 自动编程概述	(334)
课题二 程序的后置处理	(336)
模块四 数控铣床、加工中心综合训练	(342)
课题一 综合训练 1	(342)
课题二 综合训练 2	(348)
附件 FANUC 数控指令	(358)

第一篇 数控机床概述

课题一 数控机床基本知识

一 数控技术的应用、发展及特点

1. 数控技术的应用

数控技术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,简称 NC(Numerical Control)。数控机床是指采用了数控技术的机械设备,就是采用数字信号对该设备的工作过程进行自动控制。

现代数控技术综合应用了微电子技术、计算机、自动控制、精密检测、机械设计与制造技术等多方面的最新成果,其不仅在宇航、造船、军工等领域广泛应用,而且也进入了汽车、机床等民用机械制造业。

2. 数控机床的发展

数控机床是为了解决单件、中小批量、精度高、复杂型面零件加工的自动化要求而产生的。数控机床的研究最早始于 20 世纪 40 年代末的美国帕森斯公司和麻省理工学院。1952 年,他们研制出世界上第一台三坐标直线插补连续控制的立式数控铣床。

3. 数控机床的特点

数控机床与普通机床相比具有如下的特点:

(1) 自动化程度高。

使用数控机床加工零件时,除了手工装卸工件以外,全部过程都可由数控机床自动完成。柔性制造系统上上下料、检测、诊断、对刀、传输、调度、管理也都可用机床自动完成,这样大大减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件。

(2) 具有加工复杂形状零件的能力。

复杂零件在飞机、汽车、造船、模具、动力设备和国防事业等部门的产品制造中具有十分重要的地位,其加工质量直接影响整机产品的质量及性能。数控加工的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

(3) 生产准备周期短。

在数控机床上加工新的零件,大部分准备工作是根据图样编制数控程序,而且编程工作可以离线进行,大大缩短了准备周期,因此应用数控机床十分有利于产品的升级和新产品的试制。

(4) 加工精度高、质量稳定。

目前,普通数控加工的尺寸精度通常可达到 ± 0.005 毫米,最高的可

达到 ± 0.01 微米。数控机床是事先编制好加工程序进行工作的,加工过程中无须人为的参与调整,因此不受技术工人的技术高低或情绪的影响,加工精度稳定。另外,数控机床可以通过在线自动补偿(实时补偿)技术消除或减少热变形、力变形和刀具磨损的影响,使加工精度的一致性得到了保证。这在传统机床上是无法做到的,因此采用数控加工技术可以提高零件的加工精度和产品质量。

(5) 生产效率高。

数控机床的加工效率一般是普通机床的 2~3 倍,尤其在加工复杂零件时,生产效率提高了十几倍甚至几十倍。一方面是其自动化程度高,具有自动换刀和其他辅助操作自动化功能,而且工序集中,在一次安装中能完成较多表面的加工。另一方面数控加工可以采用较大的切削用量,有效地减少了加工切削时间。数控机床在配有适当的刀库、毛坯库、上下料装置和多传感器的条件下,不仅具有全自动加工功能,而且具有对全过程自动检测功能、报警和修正误差功能。因此数控机床可以做到在白天有人看管和做好各种准备工作后,二、三班则可以在“无人看管”的条件下进行 24 小时的连续加工。这不仅改善了劳动条件,解决了晚上和节假日连续工作的问题,也大大提高了生产效率,缩短了生产周期,增加了企业的经济效益。

(6) 易于建立计算机通讯网络。

由于数控机床是使用数字信息,易于与计算机辅助设计和制造系统连接,形成计算机辅助设计和制造紧密结合的一体化系统,数控机床还可以与远程网络进行调度和控制,进行异地管理。

二 数控机床的结构及工作原理

1. 数控机床的结构

数控机床大体由输入/输出装置、数控装置、伺服系统(包括检测装置)和机床本体组成,如图 1-1 所示。

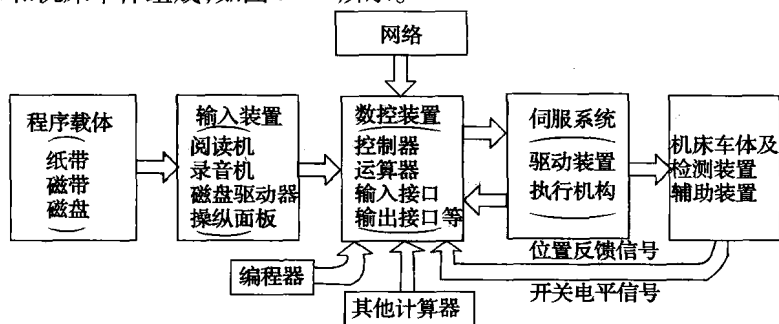


图 1-1 数控机床的结构及其工作原理

(1) 输入/输出装置。

输入/输出装置的主要功能是编制程序、输入程序和数据、打印及显示。

(2) 数控装置。

数控装置是数控设备的控制指挥中心。其主要功能为读入数值、存储、运算处理,产生控制信息控制机床运动,按确定的顺序和设定的条件规则实行程序控制。

(3) 伺服系统。

伺服系统是数控装置与机床本体之间的电传动联系环节。其主要功能是将数控装置插补产生的脉冲信号,经系统功率放大器放大后,驱动伺服电动机运转,从而通过机械传动装置拖动受控设备的执行机构运动。

(4) 机床主体。

机床主体是被控制的对象,一般都需要对它进行位移、角度和各种开关量的控制,比如主轴、进给传动机构、刀架等。

2. 数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件时,是将被加工零件的加工顺序、工艺参数和机床运动要求用数控语言编制出加工程序,然后输入到 CNC 装置;CNC 装置对加工程序进行一系列处理后,向伺服系统发出执行指令,由伺服系统驱动机床移动部件运动,从而自动完成零件的加工,如图 1-2 所示。



图 1-2 数控机床的工作过程

三 数控机床的分类及特点

数控机床的种类很多,各行业都有自己的数控机床分类方法。在机床行业,数控机床通常从以下不同角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类:指采用车、铣、镗、钻、铰、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可分为两类:普通数控机床和数控加工中心。

(2) 金属成形类:指采用挤、压、冲等成形工艺的数控机床,常用的有数控弯管机、数控压力机、数控冲剪机、数控折弯机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类:主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控火焰切割机等。

(4)测量、绘图类:主要有数控绘图机、数控坐标测量机、数控对刀仪等。

2. 按运动轨迹的方式分类

(1)点位控制数控机床:这类数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床等。

(2)直线控制数控机床:这类机床有数控车床和数控铣床、加工中心等。

(3)轮廓控制数控机床:这类机床有数控车床、铣床、磨床和加工中心等。

3. 按伺服系统类型分类

(1)开环数控机床。

开环数控机床没有检测反馈装置,指令脉冲信号单方向传送,而且指令发出后不再反馈回来,故称开环控制(如图1-3所示)。此类数控机床较经济,但速度及精度较低,用于对旧机床的开发改造。

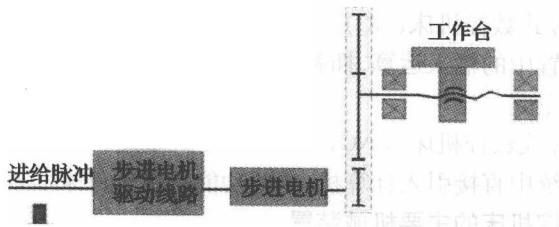


图 1-3 开环控制系统框图

(2)闭环控制数控机床。

闭环控制数控机床是在机床移动部件工作台上直接装有直线位移检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与所要求的位置指令进行比较,用比较后的差值进行控制,直到差值消除为止,达到精确定位,从而使位移精度大大提高(如图1-4所示)。此类数控机床一般为超精车床或超精铣床。

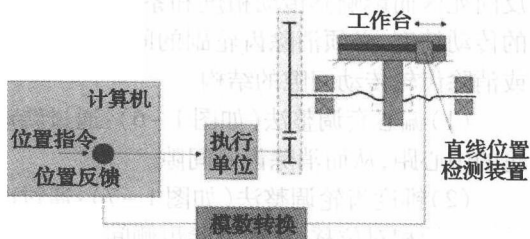


图 1-4 闭环控制系统框图

(3)半闭环控制数控

机床。

半闭环数控机床的检测装置不直接检测工作台的位移量,而是采用角度测量元件,该元件直接安装在伺服电动机或滚珠丝杠端部,通过检测伺服电动机的转角或滚珠丝

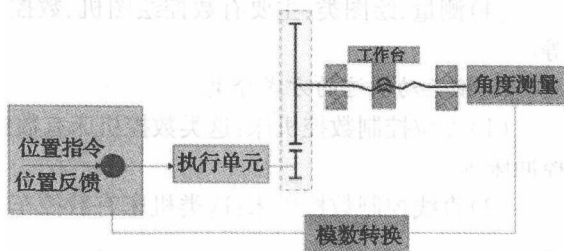


图 1-5 半闭环控制系统框图

杠的转角,推算出工作台的实际位移量。然后反馈到数控装置的比较器中,与输入原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,直到差值消除为止(如图 1-5 所示)。

半闭环数控机床兼顾了开环和闭环两者的特点,目前应用比较广泛。

4. 按数控装置类型分类

(1) 硬件式数控机床(NC)。

数控装置中的输入运算、插补运算以及控制功能均由集成电路或晶体管等器件完成。

(2) 软件式数控机床(CNC)。

数控系统中直接引入计算机,主要功能均由软件来实现。

四 数控机床的主要机械装置

1. 齿轮传动副

在数控设备的进给驱动系统中,为满足惯量、转矩或脉冲当量的要求,有时要在电动机到丝杠之间加入齿轮传动副,但齿轮传动副存在齿侧间隙,会造成进给反向时丢失指令脉冲,使运动滞后于指令信号,并产生反向死区而影响其传动精度和系统的稳定性。因此,为了提高进给系统的传动精度,必须消除齿轮副的间隙。下面介绍几种实践中常用的减小或消除齿轮传动间隙的结构。

(1) 偏心套调整法(如图 1-6):通过转动偏心套 2,方便地调整两齿轮的中心距,从而消除齿侧间隙。

(2) 锥度齿轮调整法(如图 1-7):通过改变垫片 3 的厚度,使齿轮 2 做轴向的相对位移,从而消除齿侧间隙。

◆ 以上两种方法的特点:结构简单,传动刚度好,能传递较大扭矩,但齿轮磨损后齿侧间隙不能自动补偿,又称刚性调整法。

(3) 双片齿轮错齿调整法(如图 1-8):由于弹簧 4 的作用使齿轮 1、2 错位,两个薄齿轮的左右面分别与宽齿轮的齿槽左右面贴紧,消除了齿侧间隙。

❖ 特点:结构复杂,传动刚度低,不宜传递大转矩,齿侧间隙能自动消除,始终无间隙啮合,又称柔性调整法。

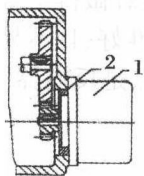


图 1-6 偏心套式
消除间隙结构

1 - 电动机

2 - 偏心套

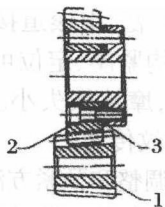


图 1-7 锥度齿轮
消除间隙机构

1、2 - 齿轮

3 - 垫片

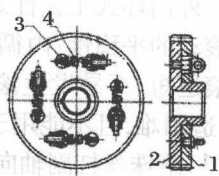


图 1-8 双片齿轮周向弹簧
错齿消隙结构

1、2 - 薄齿轮

3 - 短圆柱 4 - 弹簧

2. 滚珠丝杠副

(1) 滚珠丝杠副的原理、特点及类型。

滚珠丝杠副是在丝杠和螺母间以钢球为滚动体的螺旋传动元件,是直线运动与旋转运动相互转换的新型理想传动装置。如图 1-9 滚珠丝杠的结构示意图,当丝杠相对于螺母旋转时,滚珠在滚道内即自转又沿滚道循环转动,因而迫使螺母(丝杆)轴向移动。

在传动时,滚珠与丝杠、螺母之间基本上是滚动摩擦,所以具有很多优点:

- ①摩擦损失小,传动效率高。
- ②摩擦力小。
- ③磨损小,使用寿命长,精度保持性好。

④丝杠螺母预紧后,可以完全消除间隙,传动精度高、刚性好。

⑤运动具有可逆性。不仅可以将旋转运动转变为直线运动,也可以将直线运动转变为旋转运动。

因为滚珠丝杠副具有这些优点,所以现在各类中、小型数控机床的直

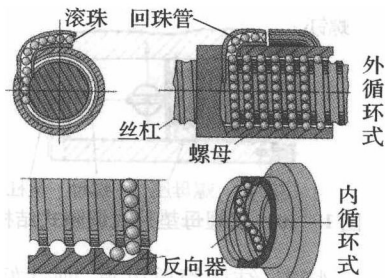


图 1-9 滚珠丝杠的结构示意图

线进给系统普遍采用滚珠丝杠。但是滚珠丝杠也具有如下缺点:

①制造工艺复杂,成本高。

②不能实现自锁,垂直安装时,为防止因突然停断电而造成主轴箱下滑,必须附加制动装置。

(2) 滚珠丝杠副的结构。

如图 1-9 所示,按循环方式分,滚珠丝杠副主要有外循环式和内循环式。外循环式工艺性好,使用广泛,但滚道接缝处很难做得平滑,影响滚珠滚动的平稳性;内循环式结构紧凑、定位可靠,刚性好、且不易磨损,返回滚道短、不易发生滚珠堵塞,摩擦损失小。其缺点是反向器结构复杂、制造困难,且不能用于多头螺纹传动。

(3) 滚珠丝杠副轴向间隙的调整和预紧方法。

滚珠丝杠副的轴向间隙,是指负载时滚珠与滚道型面接触的弹性变形所引起的螺母位移和螺母原有间隙的总和。滚珠丝杠副的轴向间隙直接影响其传动刚度和传动精度,尤其是反向传动精度。因此,滚珠丝杠副除了对本身单一方面的进给精度有要求外,对其轴向间隙也有严格的要求。滚珠丝杠副轴向间隙的调整和预紧,通常采用双螺母预紧方式,如图 1-10 所示的双螺母垫片式调隙结构和图 1-11 所示的双螺母螺纹调隙式结构。基本原理是使两个螺母间产生轴向位移,以达到消除间隙和产生预紧的目的。

①双螺母垫片式调隙式结构(如图 1-10):通过改变垫片的厚度,使螺母产生轴向移动。

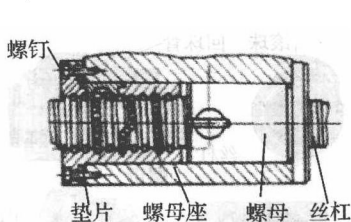


图 1-10 双螺母垫片式调隙式结构

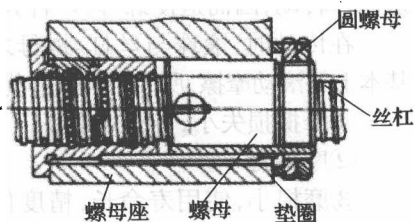


图 1-11 双螺母螺纹调隙式结构

特点:结构简单可靠、刚性好、装卸方便,但调整精度不高,适用于一般数控机床。

②双螺母螺纹调隙式结构(如图 1-11):通过拧动圆螺母即可消除间隙并产生预紧力。

特点:结构简单、工作可靠、调整方便,但预紧量不准确,调整精度较