

21 世纪技工技能入门丛书

数控车工技能 快速入门

编著 上海市职业指导培训中心

便于自学

适合培训

就业入门

SHIJIJIGONGJINENJINMENCONGSHU



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

数控车工技能快速入门

数控车工技能 快速入门



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪技工技能入门丛书

数控车工技能快速入门

编著 上海市职业指导培训中心

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车工技能快速入门/上海市职业指导培训中心
编著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2009. 7

(21 世纪技工技能入门丛书)

ISBN 978-7-5345-6727-8

I. 数… II. 上… III. 数控机床: 车床-车削-基本知识
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 071629 号

数控车工技能快速入门

编 著 上海市职业指导培训中心
责任编辑 孙广能
责任校对 郝慧华
责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009)
网 址 <http://www.pspress.cn>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京展望文化发展有限公司
印 刷 南通印刷总厂有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/32
印 张 10.75
字 数 235 000
版 次 2009 年 7 月第 1 版
印 次 2009 年 7 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-6727-8
定 价 21.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

内 容 提 要

本书系统地介绍了数控车床的分类与应用、数控车床的组成、数控车床的加工工艺及数控编程的基础知识,并结合实例讲解了 FANUC 0-TD 系统、SINUMERIK 802S 系统典型数控车床操作技能与加工实例。突出了应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容翔实。

本书可作为职业技能培训的配套教材;另外,还可作为在校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

前 言

综观改革开放 30 年,我国机床消费额大致和国民经济 GDP 增长值同步,10 年翻了一番。20 世纪 80 年代初,我国机床消费额为 10 亿美元,90 年代初达 20 亿美元,2000 年为 37.88 亿美元。当年世界机床最大消费国美国,消费额为 68 亿美元,原预计 2010 年中国将成为世界最大的机床消费市场,令人意想不到的是,2003 年美国发表的一项调查统计报告称:全世界机床产值 2002 年约 310 亿美元,比上年减少 14.2%,但中国比上年增加 20%,达 56.96 亿美元。我国已成为世界第一机床消费大国和全球第一机床进口大国。

无论从数控机床的增长速度,还是从进口数量的膨胀,无论从数控化率的国际比较,还是从技术等级的水平看,我们都能发现一个显而易见的事实:数控机床的广泛应用,急需大量的数控技术人才,急需在短期内培养出一大批高技能型人才。随着国际贸易的日益深入,我国制造企业已开始广泛使用先进的数控技术,而掌握数控技术的机电复合人才奇缺。2003 年,国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示,仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

《数控车工技能快速入门》一书系统地介绍了数控车床的分类与应用、数控车床的组成、数控车床的加工工艺、数控编程的基础知识,并结合实例讲解了 FANUC 0-TD 系统、SINUMERIK 802S 系统典型数控车床操作与加工实例,突出了



应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容翔实。

本书可作为职业技能培训的配套教材;另外,还可作为在校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

本书在编写过程中得到上海模具协会、江苏模具协会、江南大学机械学院、常州职业技术学院、上海现代模具技术培训中心、长三角国家高技能人才培养中心的大力支持和帮助,并得到众多专家的指导和鼎力相助;同时参考了大量的企业内训资料和图书出版资料,谨此表示衷心的感谢和崇高的敬意!

因编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009年6月于上海

目 录

第一单元 数控车床基础知识	1
课题一 数控车床概述	1
一、数控加工的定义和特点	1
二、数控车床的分类与应用	4
三、数控车床的结构组成	10
课题二 数控车床加工基础	28
一、车削加工原理概述	28
二、数控车削加工基础	40
 第二单元 数控车床加工工艺分析	 46
课题一 数控车床加工工艺概述	46
一、数控车床加工的主要对象	46
二、数控车床加工工艺的基本特点	48
三、数控车床加工工艺的主要内容	48
课题二 数控车床加工工艺分析	49
一、数控车床加工零件的工艺性分析	49
二、数控车床加工工艺路线的拟订	51
课题三 工件在数控车床上的定位与装夹	58
一、工件在数控车床上的定位	58
二、工件在数控车床上的装夹	62
课题四 数控车床加工工序的设计	73
一、进给路线的确定	73
二、定位与夹紧方案的确定	77
三、夹具的选择	77
四、刀具的选择	77



五、切削用量的选择	81
课题五 典型零件的数控车削加工工艺分析	85
一、轴类零件数控车削加工工艺	85
二、轴套类零件数控车削加工工艺	87
 第三单元 数控车床编程基础	100
课题一 数控编程基础知识	100
一、数控编程的基本概念	100
二、数控机床的坐标系统	103
三、数控加工程序与指令代码	107
课题二 数控车床的程序编制	114
一、数控车床的编程特点	114
二、数控车床的坐标系统	115
三、数控系统的功能介绍	118
四、S、F、T 功能	122
五、基本编程指令	124
六、换刀点的设置与自动换刀	130
七、刀具补偿功能	132
八、固定循环功能	137
九、螺纹车削加工	152
十、倒角与倒圆角	159
课题三 数控车削编程实例	161
一、数控车床编程实训一	161
二、数控车床编程实训二	171
 第四单元 典型数控车床加工实训	179
课题一 数控车床的操作	179
一、数控车床的操作方法	179
二、数控车床的安全操作规程	190
三、数控车床日常维护及保养	191
课题二 FANUC 0-TD 型数控车床的操作与加工	193



一、数控车床编程技术	193
二、数控车床操作要点	222
三、数控车床加工实例	227
课题三 SINUMERIK 802S 系统数控车床的操作与加工	248
一、数控车床编程方法	248
二、数控车床操作要点	295
三、数控车床加工实例	312
参考文献	335

第一单元 数控车床基础知识

课题一 数控车床概述

当前在机械加工设备中应用广泛的数字控制技术是一种采用计算机对机械加工过程中各种控制信息进行数字化运算、处理,并通过驱动单元对机械执行机构进行自动化控制的技术。大量的机械设备都采用了数控技术(CNC),尤其是数控车床和数控铣床以及加工中心等。

一、数控加工的定义和特点

1. 数控加工的定义

(1) 数控加工

数控加工即根据零件图样及工艺要求等原始条件来编制零件数控加工程序,再输入数控系统,从而控制数控机床中刀具与工件的相对运动,以实现零件的加工。

(2) 数控加工的过程

在 CNC 机床上,传统加工过程的人工操作被 CNC 的自动控制所取代。其工作过程为:首先将被加工零件的几何信息、工艺信息数字化(包括对刀具与工件的相对运动轨迹、主轴转速、背吃刀量、冷却液的开关、工件和刀具的交换等控制操作),按规定的格式和代码编程,然后将该程序输入到数控系统;CNC 系统对加工程序作一系列的处理,然后发出控制指令,驱动机床运动、进给运动及辅助运动,并使其相互协调,以实现零件的自动化加工。

(3) 数控的数据处理与转换过程

CNC 系统的数据转换过程如图 1-1 所示。

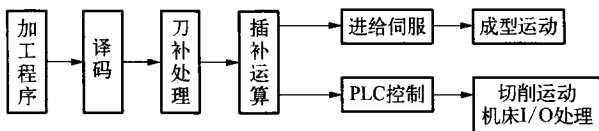


图 1-1 CNC 系统的数据转换过程

① 译码。译码程序的主要功能是将加工程序以程序段为单位转换成便于 CNC 处理的数据格式。主要包括：X、Y、Z 各轴坐标值、进给速度、主轴转速、G 代码、M 代码、刀具号以及子程序的调用和处理等。

② 刀补处理。为了方便编程及加工调整，现在的 CNC 机床均具有刀具位置补偿和刀具半径补偿功能。

③ 插补运算。数控程序提供了刀具相对于工件运动的起点、终点坐标和运动轨迹，而刀具如何从起点沿运动轨迹走到终点，则由 CNC 的插补装置或插补软件控制。

④ PLC 控制。CNC 系统对数控机床的控制分为“轨迹控制”和“顺序控制”。前者指对机床各坐标轴的速度和位置控制；后者指在数控机床运行过程中，以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、按钮、继电器等开关信号状态为条件，按预先规定的逻辑关系对主轴的启停、换向，刀具的更换，工件的夹紧、松开，液压、冷却、润滑系统的运行进行控制。

PLC 控制即上述的“顺序控制”或“逻辑控制”。

综上所述，数控加工原理就是预先编好的加工顺序以数据的形式输入数控系统，CNC 通过译码、刀补处理、插补运算等数据处理和 PLC 协调控制，从而实现对机床成型运动的控制，最终实现自动化加工。

2. 数控加工的特点

(1) 加工精度高

数控机床是按数字指令进行加工的。目前数控机床的脉冲当量普遍达到了 0.001 mm，且进给传动的反向间隙以及丝杠螺距误差等可由 CNC 进行补偿，数控机床的加工精度由过去的 ± 0.01 mm 提高到 ± 0.001 mm；此外，数控机床的传动系统与机床结构都具有较高的刚

性和热稳定性,制造精度高;数控机床的加工方式避免了人为干扰因素,同一批零件的尺寸一致性好,合格率高,加工质量稳定。

(2) 对加工对象的适应性强

在数控机床上更换加工零件时,只需要重新编写或更换程序就能实现对新零件的加工,从而对结构复杂的单件、小批量生产和新产品试制提供了极大的方便。

(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制的程序自动完成的,操作者除了操作键盘、装卸工件、关键工序的中间检测及观察外,不需要进行其他手工劳动,劳动强度大大减轻。另外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却、自动润滑等装置,劳动条件大为改善。

(4) 生产效率高

数控机床主轴转速和进给量的变化范围较大,因此在每道工序上都可选用最有利的切削用量。由于数控机床的结构刚性好,因此允许采用大切削用量的强力切削,这就提高了数控机床的切削效率,节省了加工时间。另外,数控机床的空行程速度快,工件装夹时间短,刀具自动更换,从而节省了辅助时间;数控机床加工质量稳定,一般只作首件检查或中间抽检,节省了停车检验时间。一台机床可实现多道工序的连续加工,生产效率明显提高。

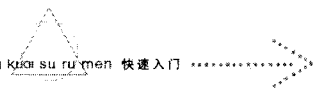
(5) 经济效益显著

数控机床加工一般不需要制造专用工夹具,节省了工艺装备费用。数控机床加工精度稳定,废品率下降,使得生产成本降低。此外,数控机床可实现一人多机、一机多用,节省了厂房面积和建厂投资。

(6) 有利于现代化管理

在数控机床上,零件的加工时间可由 CNC 精确计数,相同工件加工时间一致,因而工时和工时费用可精确估计,有利于精确编制生产进度表,均衡生产,取得更高的效益。

数控机床使用数字信息及标准接口、标准代码输入,可实现计算机



联网,成为计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)及管理一体化的基础。

3. 数控车床的特点

与普通车床相比,数控车床具有以下特点:

① 采用了全封闭或半封闭防护装置。数控车床采用封闭防护装置可防止切屑或切削液飞出给操作者带来的意外伤害。

② 采用自动排屑装置。数控车床大都采用斜床结构布局,排屑方便,便于采用自动排屑机。

③ 主轴转速高,工件装夹安全可靠。数控车床大都采用液压卡盘,夹紧力调整方便可靠,同时也降低了操作工人的劳动强度。

④ 可自动转刀。数控车床都采用了自动回转刀架,在加工过程中可自动换刀,连续完成多道工序的加工,大大提高了加工精度和加工效率。

⑤ 采用高性能的主传动及主轴部件。由于采用了高性能的主传动及主轴部件,具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小的优点。

⑥ 采用高效进给传动元件。数控车床具有传动精度高、响应快、破损小、传动链短的优点。一般采用滚珠丝杠螺母副和传动齿轮间隙消除机构等。

⑦ 主传动与进给传动分离。数控车床的主传动与进给传动采用了各自独立的伺服电动机,使传动链变得简单、可靠,同时,各电动机既有单独运动,也可实现多轴联动。

⑧ 车床本身具有较高的动、静刚度。

二、数控车床的分类与应用

(一) 数控车床的分类

随着数控机床制造技术的不断发展,为了满足不同用户的加工需要,数控车床的品种繁多,规格齐全,功能愈来愈强,装备数量愈来愈多,从而为制造业的创新、发展提供了有利条件。目前,对数控车床的分类有以下几种方法。

1. 按数控系统的功能分类

(1) 全功能型数控车床

它一般采用交、直流伺服电动机驱动,形成闭环或半闭环控制系统,主电动机一般采用伺服电动机。具有 CRT 显示,不但有字符,而且有图形、人机对话、自诊断等功能。具有高刚度、高精度和高效率等优点。

(2) 经济型数控车床

早期的经济型数控车床是在普通车床基础上改造而来的,一般采用步进电动机驱动的开环控制伺服系统,其控制部分通常结构简单、功能单一(如采用单板机)。随着数控技术的发展,对经济型数控车床有了新的界定,它与全功能型数控车床相比,除了主电动机采用变频电动机、伺服控制方式采用开环控制、数控系统的档次较低、刚度及制造精度较全功能型数控车床低外,其他与全功能型车床已没有多大区别。表 1-1 列出了不同档次数控系统的功能及指标。

表 1-1 不同档次数控系统的功能及指标

功 能	经济型	中 档	标准型
系统分辨率	10 μm	1 μm	0.1 μm
G00 速度	3~8 m/min	10~24 m/min	24 m/min 以上
伺服类型	开环及步进电动机	闭环(半闭环)及直、交流伺服	闭环(半闭环)及交流伺服
联动轴数	2~3	2~4	5 轴及以上
通信功能	无	RS232C/DNC	RS232C/DNC/MAP
显示功能	LED 显示	CRT 显示	CRT: 三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	功能强大的内装 PLC
主 CPU	8 位、16 位	16 位、32 位	32 位、64 位
结 构	单片机/单板机	单微处理器或多微处理器	分布式多微处理器



(3) 车削中心

它是以全功能型数控车床为主体,并配置刀库、换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等,实现多工序复合加工的机床。在工件一次装夹后,可完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等各种加工工序,功能全面,但价格较高。

(4) FMC 车床

它是一种由数控车床、机器人或机器人等构成的柔性加工单元。它能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化。

2. 按主轴的配置形式分类

(1) 卧式数控车床

它是主轴轴线处于水平位置的数控车床。它又可分为水平导轨卧式数控车床和倾斜导轨卧式数控车床。

(2) 立式数控车床

它是主轴轴线处于垂直位置的数控车床,并有一个直径较大的工作台,用以装夹工件。这类数控车床主要用于加工大直径的盘类零件。

(3) 具有两根主轴的数控车床

根据主轴的布置方式分为双轴立式数控车床和双轴卧式数控车床。

3. 按数控系统控制的轴数分类

(1) 两轴控制的数控车床

车床上只有一个回转刀架,可实现两坐标(X轴、Z轴)联动。

(2) 多轴控制的数控车床

档次较高的数控车削中心都配备了动力铣头,还有些配备了Y轴,使机床不但可以进行车削加工,还可以进行铣削加工。

(二) 数控车床的主要功能

不同数控车床其功能也不尽相同,各有特点,但都应具备以下主要功能。

1. 直线插补功能

控制刀具沿直线进行切削。在数控车床中利用该功能可加工圆柱面、圆锥面和倒角。

2. 圆弧插补功能

控制刀具沿圆弧进行切削。在数控车床中利用该功能可加工圆弧面和曲面。

3. 固定循环功能

固定了机床常用的一些功能,如轮廓加工循环、切螺纹、切槽等。使用该功能简化了编程。

4. 恒线循环功能

通过控制主轴转速保持切削点处的切削速度恒定,以获得一致的加工表面。

5. 刀尖半径自动补偿功能

可对刀具运动轨迹进行半径补偿,具备该功能的机床在编程时可不考虑刀具半径,直接按零件轮廓进行编程,从而使编程变得方便、简单。

6. 其他拓展功能

对于一些全功能的数控车床和车削中心,除了具有前述主要功能外,还常常具有下列一些拓展功能。

(1) C轴功能

主轴完成一般机床中旋转工作台的工作,在实现回转、分度运动的同时,与X、Z轴联动,可以完成端面螺旋槽等加工。要实现C轴功能,数控车床必须配置动力刀架并使用旋转刀具,此时由刀具做主运动。

(2) Y轴控制

非径向、轴向坐标(假设方向),类似铣削功能,主轴可实现分度或回转运动。与C轴功能一样,数控车床必须配置动力刀架并使用旋转刀具。

(3) 加工模拟

通过机床自带的模拟功能可对加工轮廓、加工线路及刀具干涉等状况进行模拟,而加工精度(尺寸、形状、位置公差)及表面粗糙度(R_a),则无法通过模拟得以检验。

(三) 数控车床的应用

数控车床是数控加工中应用最多的加工方法之一。综合数控车床的特点,数控车床适合加工具有以下要求和特点的回转体零件。