

高级数控技工培训丛书

数控车加工

SUNNYTECH 浙大旭日-卫兵工作室

金涛 王卫兵 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高级数控技工培训丛书

数 控 车 加 工

SUNNYTECH 浙大旭日-卫兵工作室

金 涛 王卫兵 编著



机械工业出版社

数控加工是具有代表性的先进制造技术,数控车床更是应用最为广泛的数控机床,在机械制造业已普及。本书目标是培训掌握实用的数控车床操作和编程技术的高级技术人员,内容围绕当前应用较为广泛的数控车床操作和 NC 编程进行组织。主要内容包括:(1)实用数控车加工技术所必须掌握的基础知识,包括数控车削基本原理、数控车床简介;(2)常用数控车床的加工操作、工艺处理等;(3)手工编程或利用 CAD/CAM 软件进行自动编程的详细步骤、技术要点和工艺处理;(4)数控编程实例与练习。以若干典型的应用实例为背景,重点突出数控机床加工和 NC 编程的基本思路 and 关键问题,使读者把握学习的要点,迅速达到独立进行一般复杂程度的数控加工操作及编程的水平。

本书可作为大中专数控技术、模具、机械制造、机电一体化等专业的课程教材以及数控技术培训教材,也可作为数控车床操作与编程人员的自学教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车加工/金涛 王卫兵编著. —北京:机械工业出版社, 2004.6
高级数控技工培训丛书

ISBN 7-111-14508-9

I. 数... II. ①金... ②王... III. 数控机床—加工—技术培训—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 046321 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:周国萍 版式设计:冉晓华 责任校对:樊钟英

封面设计:解辰 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·7.25 印张·214 千字

0001—4000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

丛书序言

近年来,国内人才市场供需结构发生了深刻的变化。一方面,本科以上的高学历人才呈现相对饱和的状态,高校毕业生已不再是“天之骄子”;而另一方面,面向制造企业的技能型人才呈现供不应求的局面,甚至出现十几万年薪“抢”人才的现象。

全球制造业正向中国转移,且这种趋势已呈现出加速的势头。与此同时,传统的重高等教育、轻技能教育的观念也发生了变化。在国务院新闻办公室举办的2004年第一次新闻发布会上,发布了“以就业为导向,大力培养技能人才”的变革措施。政府计划在今后的若干年中加速培训数百万的技能型人才,以满足市场的需求。

然而,与这一趋势不相适应的是,面向制造的技能培训教材却相对较少。而一些相近的教材则普遍存在两个问题:一是理论部分比重偏大,实际操作、工艺、经验的比重偏小,与技能型人才的培训需求不相适应。二是知识结构往往比较陈旧,与当前的主流制造方式不相适应,如有的数控培训教材中还在讲授APT语言、纸带穿孔记录数据等过时的内容。

针对这一现状,我们推出了这套技能型人才系列培训教程,它围绕机械制造,特别是模具制造行业中的几种主流加工方式,即数控电火花加工、数控线切割加工、数控车加工、数控铣加工和模具数控加工,讲授数控设备的操作和应用技能,培养模具数控加工领域的技能型人才。

针对技能型人才的培养特点,本套教材打破以往将内容单纯按类别进行分割的板块式讲授方式,而是以相关技能的实际操作过程为主线进行讲解,即采用流程化的讲授方式,以便读者对相关技能的操作过程有更直观、更清晰的认识。此外,在内容的选取上尽可能减少理论,增加实际操作、工艺经验等方面的比重,以达到良好的实用性。

丛书作者既有多从事数控技术研究和教学工作的高校教师,也

IV

有来自生产第一线的、具有丰富实际经验的工程师，从而保证了丛书编写中理论与实际应用的协调统一。

我们热切地期待广大读者对丛书提出宝贵意见，并通过网站：www.cad-lab.com 或电子信箱：book@sunnytech.cn 与我们进行交流。

浙大旭日-卫兵科技图书
高级数控技工培训丛书编委会
2004 年 1 月 8 日

前 言

数控加工是现代制造技术的典型代表，在制造业的各个领域，如航空航天、汽车摩托车、模具、精密机械、家用电器等有着日益广泛的应用，已成为这些行业中不可缺少的加工手段。而数控车床是应用最为广泛的一种数控加工机床。伴随着全球制造业向我国逐步转移的发展趋势，对数控加工的需求必将呈现出高速、持续的增长，人才市场急需一批既懂得加工工艺，又熟悉 CAM 编程的专业人才。数控专业已被国家有关部门列为紧缺技能型人才培养项目。

数控车床是在普通车床的基础上发展起来的，但不同的是数控车床的加工过程是按预先编制好的程序，在计算机的控制下自动执行的，实现数控加工的关键在编程。

数控车床的操作与编程是一项实践性很强的技术。数控车床的操作技工通常要既懂得机床的操作，同时又能进行程序编制，还要能利用现代信息化的自动编程软件进行复杂工件的程序编制。我们组织编写的这本数控车培训教程，突出以应用为主线。本书按照数控车床的操作编程人员必须具备的知识结构安排本书内容，主要包括以下 6 部分内容：

第 1 部分，学习数控车加工技术所必须掌握的基础知识，包括数控车削基本原理、数控车床简介；

第 2 部分，数控车床的加工操作；

第 3 部分，数控车床编程的工艺处理；

第 4 部分，数控车床的手工编程；

第 5 部分，利用 CAXA 进行数控车程序的自动编制；

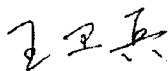
第 6 部分，数控程序编制实例。

各个部分的内容相对独立，可以按照实际情况进行学习顺序的调整。

本书由浙大旭日-卫兵工作室组织策划，由台州职业技术学院的

王卫兵老师编著。浙大旭日-卫兵工作室的工程师为本书提供了实例并完成部分例图的绘制。

由于水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请读者对本书提出宝贵意见和建议，以便我们不断改进。浙大旭日-卫兵工作室的网址为 <http://www.cad-lab.com>，作者 Email: guarder@sohu.com。另外，在模具信息网的模具数控论坛 (<http://bbs.moldinfo.net/>) 上开设有数控加工专题，与各位读者进行交流。



2004 年 6 月

目 录

丛书序言

前言

第 1 章 数控车削加工基础	1
1.1 数控车床加工概述	1
1.2 数控车削加工原理	2
1.3 数控车削加工特点	4
1.4 数控车削的主要应用	5
1.4.1 数控车削加工零件的类型	5
1.4.2 最适于用数控车加工的零件	6
第 2 章 数控车床	9
2.1 数控车床的分类	9
2.2 数控车床的组成	11
2.3 数控车床的控制系统	13
2.3.1 控制系统的组成	13
2.3.2 控制系统的主要功能	16
2.4 数控车床的主要机械结构	18
2.5 数控车床的技术参数	26
第 3 章 数控车削加工工艺	28
3.1 数控车削加工工艺的制订	28
3.1.1 零件图工艺分析	28
3.1.2 零件基准和加工定位基准的选择	29
3.1.3 工序的确定	30

3.1.4 加工顺序的确定	31
3.1.5 进给路线的确定	32
3.1.6 退刀与换刀	36
3.1.7 切削用量的选择	39
3.1.8 加工工艺文件	41
3.2 夹具与刀具的选择	42
3.2.1 夹具的选择	42
3.2.2 刀具的选择	45
3.2.3 刀具半径补偿	49
3.3 零件结构的工艺性分析及工序安排	49
3.3.1 零件的配合表面和非配合表面	50
3.3.2 悬伸结构	50
3.3.3 空间狭小类结构	52
3.3.4 台阶式曲线深孔结构	53
3.3.5 薄壁结构	53
3.4 数控车削工艺分析实例	55
第4章 数控车床操作	62
4.1 数控车床的控制面板	62
4.1.1 数控系统操作面板	62
4.1.2 机床控制操作面板	64
4.2 数控车床的基本操作	71
4.2.1 机床的开启与停止	71
4.2.2 手动操作机床	72
4.3 程序的输入、检查和修改	74
4.4 刀具补偿值的输入	76
4.5 对刀	78
4.5.1 试切法	78
4.5.2 机内对刀	80
4.5.3 机外对刀仪对刀	80
4.6 机床的自动运行	80
4.7 数控车床加工操作的注意事项	81

第 5 章 数控车削加工的编程	83
5.1 数控编程概述	83
5.1.1 数控编程的内容与方法	83
5.1.2 数控编程的种类	84
5.1.3 程序结构与格式	86
5.1.4 典型的数控系统与指令代码	89
5.2 数控编程中的几个基本概念	93
5.2.1 机床坐标系	93
5.2.2 基本概念	95
5.3 常用指令的编程要点	97
5.3.1 准备功能 G 指令	97
5.3.2 辅助功能 M 指令	111
5.3.3 刀具功能 T、进给功能 F 和主轴转速功能 S	112
5.4 子程序	114
第 6 章 CAXA 数控车 2000 自动编程	116
6.1 数控车 CAD/CAM 软件简介	116
6.2 CAXA 数控车的应用基础	117
6.2.1 CAXA 数控车的操作界面	117
6.2.2 绘图环境的设置	121
6.2.3 立即菜单的使用	123
6.2.4 点的输入	124
6.2.5 图素的拾取	126
6.3 CAXA 数控车图形绘制	127
6.3.1 基本曲线	127
6.3.2 曲线编辑	136
6.3.3 几何变换	140
6.4 CAXA 数控车程序编制	144
6.4.1 CAM 基础	144
6.4.2 刀具设置	145
6.4.3 轮廓粗车	149
6.4.4 轮廓精车	158

6.4.5 切槽功能	159
6.4.6 钻中心孔	160
6.4.7 螺纹固定循环	162
6.4.8 车螺纹	163
6.4.9 参数修改	166
6.4.10 生成代码	166
6.4.11 查看代码	167
6.4.12 轨迹仿真	167
6.4.13 代码反读 (校核 G 代码)	168
6.4.14 机床设置	169
6.4.15 后置处理设置	171
第 7 章 数控车加工编程实例	175
7.1 手工编程实例	175
7.1.1 轴的数控车加工	175
7.1.2 端盖的数控车加工	176
7.1.3 螺纹轴的数控车加工	178
7.2 CAXA 数控车编程实例	181
7.2.1 端面加工	182
7.2.2 外圆粗车	187
7.2.3 外圆精车	189
7.2.4 切槽加工	191
7.2.5 车螺纹	194
7.2.6 代码生成	198
附录	200
附录 A 常用车削用量	200
附录 B CAXA 数控车 2000 快捷键	207
附录 C 数控车工技能鉴定考核大纲	208
参考文献	222

第 1 章 数控车削加工基础

1.1 数控车床加工概述

现代数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品，是完全新型的自动化机床。

随着科学技术的不断发展，机械产品的性能、结构及形状的不断改进，对零件加工质量和精度的要求越来越高。由于产品变化频繁，目前在一般机械加工中，单件、小批量的产品约占七成以上。为有效地保证产品质量，提高劳动生产率和降低成本，要求机床不仅具有较好的通用性和灵活性，而且要求加工过程实现自动化。在通用机械、汽车、拖拉机等大批量生产的企业中，大都采用自动机床、组合机床和自动生产线，但这种设备的一次投资费用大，生产准备时间长，不适于频繁改型和多种产品的生产，同时也与精度要求高、零件形状复杂的宇航、船舶等其他国防工业的要求不相适应。如果采用仿形机床，首先需要制造靠模，不仅生产周期长，精度也将受到影响。数控机床就是在这种情况下发展起来的一种自动化机床，它适用于零件精度高、形状复杂的单件、小批量生产。

数控机床的出现以及它所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。几十年来，数控机床在品种、数量、加工范围和加工精度等方面有了惊人的发展，随着电子元件的发展，数控装置经历了使用电子管、分立元件、集成电路的过程。特别是使用了小型计算机和微处理机以来，数控机床的性能价格比日趋合理，可靠性日益提高。在工业发达的国家中，数控机床在工业、国防等领域的应用已相当普遍，已由开始阶段的解决单件、小批量复杂形状的零件加工，发展到为减轻劳动强度、提高劳动生产率、保证质量、降低成本

等，在中小批量生产甚至大批量生产中得到应用。现在认为，即使对批量在 500 ~ 5000 件之间的不复杂的零件用数控机床加工也是经济的。随着经济的发展和科学的进步，我国在数控机床方面的开发、研制、生产等将得到迅速发展。发展数控机床是当前机械制造业技术改造的必由之路，是未来工厂自动化的基础。

数控车床是车削加工功能较全的数控机床。它可以把车削、铣削、螺纹加工、钻削等功能集中在一台设备上，使其具有多种工艺手段。数控车床没有旋转刀架或旋转刀盘，在加工过程中由程序自动选用刀具和更换刀位。采用数控车床进行加工可以大大提高产品质量，保证加工零件的精度，减轻劳动强度，为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用，提高企业产品的竞争能力。

数控加工与普通机械加工有很大的不同。在数控机床加工前，我们要把原先在通用机床上加工时需要操作工人考虑和决定的操作内容及动作，例如：工步的划分与顺序、走刀路线、位移量和切削参数等，按规定的数码形式编成程序，记录在数控系统存储器或磁盘上，它们是实现人与机器联系起来的媒介物。

加工时，控制介质上的数码信息输入数控机床的控制系统后，控制系统对输入信息进行运算与控制，并不断地向直接指挥机床运动的机电功能转换部件——机床的伺服机构发送脉冲信号，伺服机构对脉冲信号进行转换与放大处理，然后由传动机构驱动机床按所编程序进行运动，就可以自动加工出所要求的零件形状。

不难看出，实现数控加工的关键在编程。但光有编程还不行，数控加工还包括编程前必须要做的一系列准备工作及编程后的善后处理工作。

1.2 数控车削加工原理

数控机床是用数字信息进行控制的机床，即把加工信息代码化，将刀具移动轨迹的信息记录在程序介质上，然后输入数控系统，经过译码和运算、控制机床刀具与工件的相对运动、控制加工所要求的各种状态，加工出所需工件的一类机床。数控机床基本工作过程如图 1-1 所示。

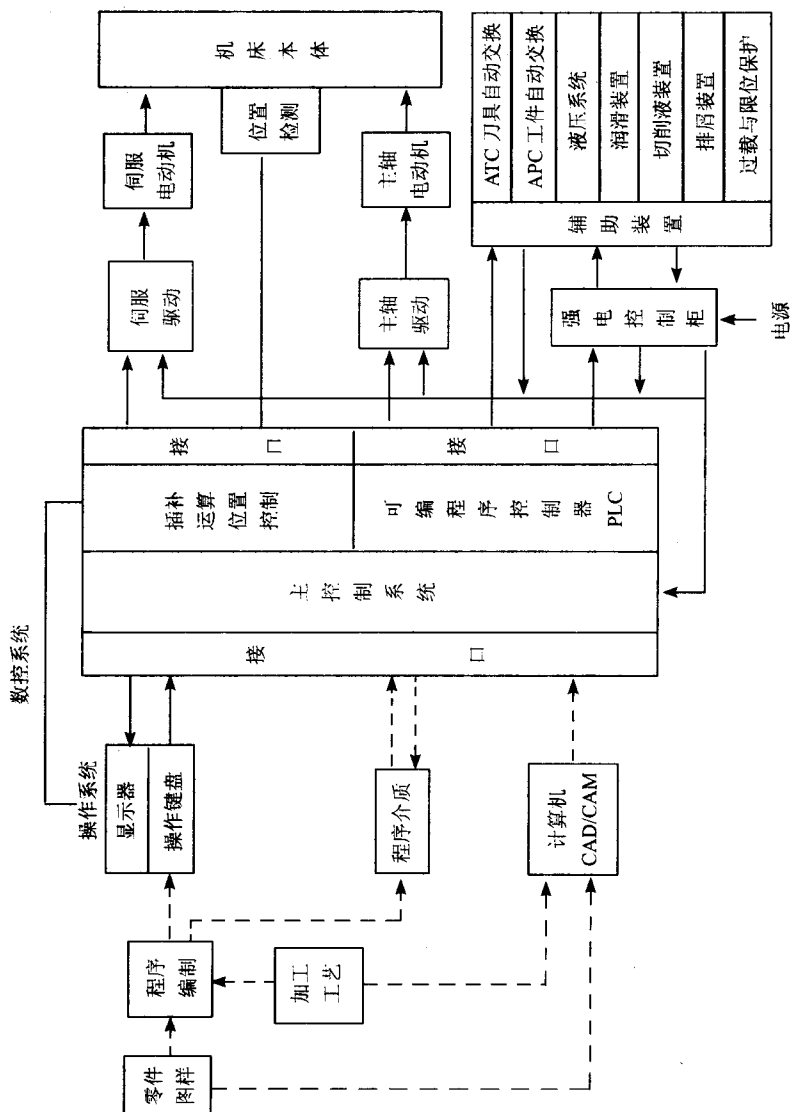


图 1-1 数控机床基本工作过程

数控车床是数控金属切削机床中最常用的一种机床。数控车床的主运动和进给运动是由不同的电动机进行驱动的，而且这些电动机都可以在机床的控制系统控制下实现无级调速。普通车床的传动是由一台电动机驱动的，它只能在一次调整完毕后，以固定的速度和方向进行加工；而数控机床则是由多台电动机驱动，它可以随时由数控系统对各台电动机进行控制，随时改变加工的速度和方向，因而可以加工出各种复杂的零件。

1.3 数控车削加工特点

1. 适应能力强，适于多品种、小批量零件的加工

在传统的自动或半自动车床上加工一个新零件，一般需要调整机床或机床附件，以使机床适应加工零件的要求；而使用数控车床加工不同形状的零件时，只要重新编制或修改加工程序（软件）就可以迅速达到加工要求，大大缩短了更换机床硬件的技术准备时间，因此适用于多品种、单件或小批量加工。

2. 加工精度高，加工质量稳定

由于数控机床集机、电等高新技术为一体，加工精度普遍高于普通机床。数控机床的加工过程是由计算机根据预先输入的程序进行控制的，这就避免了因操作者技术水平的差异而引起的产品质量的不同。对于一些具有复杂形状的工件，普通机床几乎不可能完成，而数控机床只是编制较复杂的程序就可以达到目的，必要时还可以用计算机辅助编程或计算机辅助加工。另外数控机床的加工过程不受体力、情绪变化的影响。

3. 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控机床的加工，除了装卸零件、操作键盘、观察机床运行外，其他的机床动作都是按加工程序要求自动连续地进行切削加工，操作者不需进行繁重的重复手工操作。所以普通机床需要人工全过程进行手工操作，包括工件的装夹、切削进给等；而数控车床加工时，编制好程序后，只需装夹工件，大大降低了劳动强度。

4. 具有较高的生产率和较低的加工成本

机床生产率主要是指加工一个零件所需要的时间,其中包括机动时间和辅助时间。数控车床的主轴转速和进给速度变化范围很大,并可无级调速,加工时可选用最佳的切削速度和进给速度,可实现恒转速和恒切速,以使切削参数最优化,这就大大地提高了生产率,降低了加工成本,尤其对大批量生产的零件,批量越大,加工成本越低。

(1) 批量生产。对于批量生产,特别是大批量生产,在保证加工质量的前提下要突出加工效率和加工过程的稳定性,其加工工艺与单件、小批量不同。例如夹具选择、进给路线安排、刀具排列位置和使用顺序等都要仔细斟酌,有关内容在相关章节中具体介绍。

(2) 单件生产。与批量生产相对的是单件生产。单件生产的最大特点是要保证一次合格率,特别是具有复杂形状和高精度要求的工件。在单件生产中与合格率相比,效率退居其次。

单件生产所使用的数控工艺在进给路线、刀具安排、换刀点设置等方面不同于批量生产。与批量生产相比,单件生产要避免过长的生产准备时间。

1.4 数控车削的主要应用

1.4.1 数控车削加工零件的类型

数控车削是数控加工中用得最多的加工方法之一。由于数控车床具有加工精度高、能作直线和圆弧插补以及在加工过程中能自动变速的特点,因此,其工艺范围较普通机床宽得多,凡是能在普通车床上装夹的回转体零件都能在数控车床上加工。

回转体零件分为轴套类、轮盘类和其他类几种。轴套类和轮盘类零件的区分在于长径比,一般将长径比大于1的零件视为轴类零件;长径比小于1的零件视为轮盘类零件。

1. 轴套类零件

轴套类零件的长度大于直径,加工表面大多是内、外圆周面。圆周面轮廓的母线可以是与Z轴平行的直线,切削形成台阶轴,轴上可有螺纹和退刀槽等;也可以是斜线,切削形成锥面或锥螺纹;还可以

是圆弧或曲线（用参数方程编程），切削形成曲面。

2. 轮盘类零件

轮盘类零件的直径大于长度，加工表面多是端面，端面轮廓的母线可以是直线、斜线、圆弧、曲线或端面螺纹、锥面螺纹等。

3. 其他类零件

数控车床与普通车床一样，装上特殊卡盘或者夹具就可以加工偏心轴或在箱体、板材上加工孔或圆柱体。

1.4.2 最适于用数控车加工的零件

针对数控车床的特点，下列几种零件最适合数控车削加工。

1. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好，制造和对刀精度高，以及能方便和精确地进行人工补偿和自动补偿，所以能加工尺寸精度要求较高的零件。在有些场合可以以车代磨。此外，数控车削的刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，再加上机床的刚性好和制造精度高，所以它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度等形状精度要求高的零件。对于圆弧以及其他曲线轮廓，加工出的形状与图样上所要求的几何形状的接近程度比用仿形车床要高得多。数控车削对提高位置精度还特别有效。不少位置精度要求高的零件用普通车床车削时，因机床制造精度低、工件装夹次数多而达不到要求，只能在车削后用磨削或其他方法弥补。例如，图 1-2 所示的轴承内圈，原采用三台液压半自动车床和一台液压仿形车床加工，需多次装夹，因而造成较大的壁厚差，达不到图样要求，后改用数控车床加工，一次装夹即可完成滚道和内孔的车削，壁厚差大为减小，且加工质量稳定。

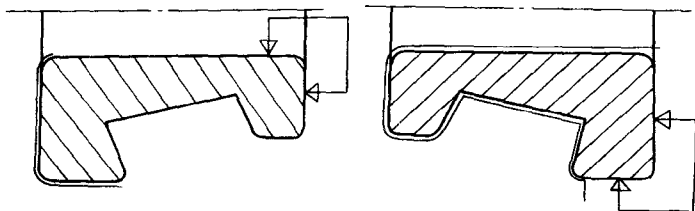


图 1-2 轴承内圈