

高等职业技能操作与实训教材

数控车床

徐长寿 朱学超 编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等职业技能操作与实训教材

数控车床

徐长寿 朱学超 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床/徐长寿, 朱学超编. —北京: 化学工业出版社, 2005.7

(高等职业技能操作与实训教材)

ISBN 7-5025-7506-5

I. 数… II. ①徐…②朱… III. 数控机床: 车床-技术培训-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 086733 号

高等职业技能操作与实训教材
数控机床

徐长寿 朱学超 编

责任编辑: 高钰 陈丽

文字编辑: 宋薇

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京红光印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6 字数 169 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7506-5

定 价: 12.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

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社会效益和经济效益已引起了各国科技与工业界的普遍重视。专家们预言：21世纪机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争。目前，随着国内数控机床的应用范围日益扩大，急需培养一大批熟悉数控加工工艺，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。为了适应我国高等职业技术教育发展及应用型技术人才培养的需要，我们经过大量的实践与多次总结，编写了这本实训教程。

数控车床系统介绍了数控车床的结构和性能，数控车削的工艺知识、刀具性能，手工编程的方法和自动编程技术。尤其具有的特点是本书编入了很多实际例题，读者可以按照例题所给出的工艺路线、工艺参数、装夹方案、刀具类型和规格、输入例题中的程序，加工出相应的零件。对学生全面了解和掌握数控车削加工的工艺理论和操作技能有极大的帮助。

本书通俗易懂，内容丰富，实用性强；理论问题论述条理清晰，便于掌握；实例分析典型全面，完全接近生产实际，具有示范性，有利于培养学生的应用能力。本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控车床加工工艺及设备方面的实训教材，也可作为从事数控加工的技术人员和操作人员的培训教材，还可供其他有关技术人员参考。

全书由徐长寿、朱学超主编，由陶亦亦主审。本书在编写过程中得到众多专家、高级技师的关心和大力支持，尤其得到陈祥林老师的具体帮助，在此一并致谢。

由于编者的水平有限，加上数控车床加工技术发展迅速，书中难免存在有待改进之处，望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编 者

2005年6月

目 录

第一章 数控车床设备及工艺	1
第一节 数控车床概述	1
一、数控车床的构成	1
二、数控车床的分类及主要技术参数	3
三、数控车床主要加工对象	6
第二节 数控车削加工工艺基础	7
一、数控车削加工工艺的拟定	7
二、数控车床常用夹具	19
三、数控车削刀具	25
四、切削用量的选择	29
第二章 数控车床编程与操作	36
第一节 数控车床编程	36
一、数控车床编程基础知识	36
二、数控车床常用指令编程方法	40
第二节 数控车床使用技术	60
一、CK6136i 数控车床简介	60
二、操作面板	61
三、基本操作	67
第三节 数控车床维护保养与安全使用	80
一、文明生产和安全操作规程	80
二、数控车床的维护保养	82
第三章 数控车床加工典型零件的工艺分析及实例	87
第一节 典型零件加工实例	87
一、轴类零件的加工实例	87
二、套类零件的加工实例	89
三、螺纹车削加工实例	92
四、特型面的加工实例	95
第二节 综合车削加工实例	98

一、工艺分析及处理	98
二、尺寸计算	100
三、参考程序	100
第四章 数控车床操作工职业标准	103
第一节 职业概况	103
一、职业名称	103
二、职业定义	103
三、职业等级	103
四、职业环境	103
五、职业能力特征	103
六、基本文化程度	103
七、培训要求	103
八、鉴定要求	104
第二节 基本要求	106
一、职业道德	106
二、基础知识	106
第三节 工作要求	106
一、中级	106
二、高级	106
三、技师	106
四、数控车床高级技师	107
第四节 比重表	113
一、理论知识	113
二、操作技能	113
第五章 数控车床实训试题库	114
第一节 数控车床中级工应知试题库	114
一、判断题（每小题 1 分，共 40 分）	114
二、单项选择题（每小题 1 分，共 40 分）	116
三、多项选择题（每小题 1 分，共 5 分）	119
四、填空题（每小题 2 分，共 74 分）	119
五、名词解释题	121
六、问答题	122
七、综合题	123
第二节 数控车床中级工应会试题库	125
第三节 数控车床高级工应知试题库	135

一、判断题（每小题1分，共40分）	135
二、单项选择题（每小题1分，共32分）	137
三、填空题（每小题2分，共100分）	139
四、名词解释题	142
五、计算题	143
六、问答题	144
七、综合题	145
第四节 数控车床高级工应会试题库	147
附录1 数控车床中级工应知试题库参考答案	157
一、判断题（每小题1分，共40分）	157
二、单项选择题（每小题1分，共40分）	157
三、多项选择题（每小题1分，共5分）	157
四、填空题（每小题2分，共74分）	157
五、名词解释题	158
六、问答题	159
七、综合题	162
附录2 数控车床高级工应知试题库参考答案	164
一、判断题（每小题1分，共40分）	164
二、单项选择题（每小题1分，共32分）	164
三、填空题（每小题2分，共100分）	164
四、名词解释题	166
五、计算题	167
六、问答题	168
七、综合题	173
附录3 数控车床中级工应会试题库评分表	176
附录4 数控车床高级工应会试题库评分表	177
参考文献	178

第一章 数控车床设备及工艺

第一节 数控车床概述

一、数控车床的构成

与普通车床相类似，数控车床是数控机床中应用最广泛的一种。在数控车床上可以完成各种带有复杂母线的回转体零件的加工。高等级的数控车床（一般称为车削中心）还能进行铣削、钻削以及各种多边形零件的加工。在零件的复杂程度、加工精度和一致性方面，都是普通车床加工无法比拟的。另外，数控车床还可以大大减轻操作人员的劳动强度，使得昔日的“紧车工”变成既可保质保量完成加工任务，又不过分劳累的高技术操作人员。

数控车床由以下几个部分构成（见图 1-1）。

（1）车床主机 车床主机是数控车床的机械部件，主要包括床身、主轴箱、刀架、尾座、进给传动机构等。

（2）数控系统 数控系统（有时称为控制系统）是数控车床的控制核心。其主要部分是一台计算机，这台计算机与我们通常使用的计算机从构成上讲是基本相同的，其中包括 CPU（中央处理器）、存储器、CRT（显示器）等部分，但从其硬件的结构和控制软件上讲，它与一般的计算机又有较大的区别。数控系统中用的计算机一般是专用计算机，也有一些是工业控制用计算机（工控机）。

（3）驱动系统 驱动系统是数控车床切削工作的动力部分，主要实现主运动和进给运动。在数控车床中，驱动系统称为伺服系

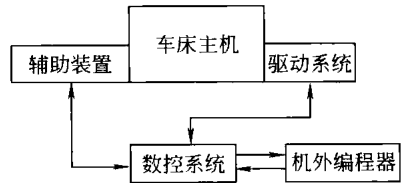


图 1-1 数控车床的构成

统，由伺服驱动电路和驱动装置两大部分组成。伺服驱动电路的作用是接收指令，经过软件处理，推动驱动装置运动。驱动装置主要由主轴电机、进给系统的步进电机或交流、直流伺服电机等组成。

(4) 辅助装置 与普通车床相类似，辅助装置是指数控车床中一些为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，冷却、照明、润滑、防护和排屑装置等。

(5) 机外编程器 由于数控车床经常用于加工一些复杂的零件，如加工具有复杂母线的回转体零件等，所以可能有一些加工程序会比较复杂。如果在车床上编制这些加工程序，一方面要占用大量的机时，另一方面在程序的编制过程中容易发生错误，于是机外编程器就应运而生了。机外编程器是在普通的计算机上安装一套编程软件，使用这套编程软件以及相应的后置处理软件，就可以生成加工程序。通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质（如软盘、光盘等），把生成的加工程序输入到车床的控制系统中，完成零件加工。

从总体上看，数控车床与普通车床的机械结构相似，即由床身、主轴箱、进给传动系统、刀架以及液压、冷却、润滑系统等辅助部分组成，其主要的机械部分也与普通车床基本一致。但由于数控车床的特点与普通车床不同，其某些机械结构也有一定的改变，只是基本形式是相同的。数控车床的导轨布局如图 1-2 所示。两者

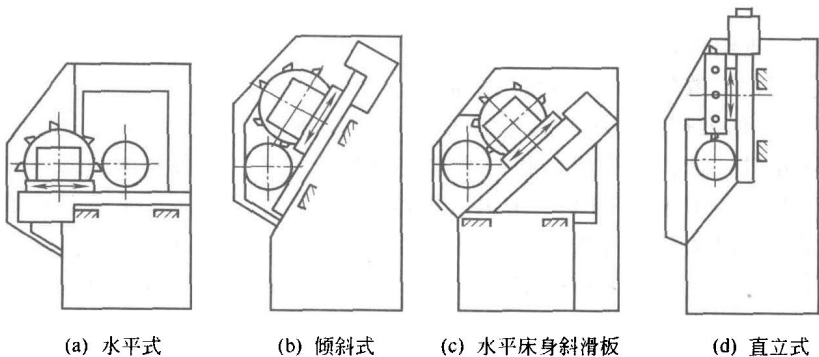


图 1-2 数控车床的导轨布局示意

不同的是对加工过程的控制，简单来讲，普通车床是由操作人员直接控制，车床的每一个动作都依赖于操作人员；而数控车床则是由操作人员操作数控系统，再由控制系统来驱动机床运动。

数控车床由于采用了计算机数控系统，其进给系统与普通车床相比发生了根本性的变化。普通车床的运动是由电机经过主轴箱变速，传动至主轴，实现主轴的转动，同时经过交换齿轮架、进给箱、光杠或丝杠、溜板箱传到刀架，实现刀架的纵向进给移动和横向进给移动。主轴转动与刀架移动的同步关系依靠齿轮传动链来保证。而数控车床则与之完全不同。数控车床的主运动（主轴回转）由主轴电机驱动，主轴采用变频无级调速的方式进行变速。驱动系统采用伺服电机（对于小功率的车床，采用步进电机）驱动，经过滚珠丝杠传送到机床滑板和刀架，以连续控制的方式实现刀具的纵向（Z向）进给运动和横向（X向）进给运动。这样，数控车床的机械传动结构大为简化，精度和自动化程度大大提高。数控车床主运动和进给运动的同步信号来自于安装在主轴上的脉冲编码器。当主轴旋转时，脉冲编码器便向数控系统发出检测脉冲信号。数控系统对脉冲编码器的检测信号进行处理后传给伺服系统中的伺服控制器，伺服控制器再去驱动伺服电机移动，从而使主运动与刀架的切削进给保持同步。

二、数控车床的分类及主要技术参数

由于数控技术发展很快，中国经济发展不平衡，根据用户的使用要求和经济承受能力的不同出现了各种不同配置和技术等级的数控车床。这些数控车床在配置、结构和使用上都有各自的特点。可以按照数控系统的技术水平或机床的机械结构对数控车床进行分类。

(1) 经济型数控车床 经济型数控车床（见图 1-3）一般是以普通车床的机械结构为基础，经过改进设计而得的，也有一小部分是对普通车床进行改造而得的。它的特点是一般采用由步进电机驱动的开环伺服系统。其控制部分采用单板机或单片机实现。也有一些采用较为简单的成品数控系统的经济型数控车床。此类车床的特点是结构简单，价格低廉，但缺少一些诸如刀尖圆弧半径自动补偿和恒表面线速度切削等功能。一般只能进行两个平动坐标（刀架的

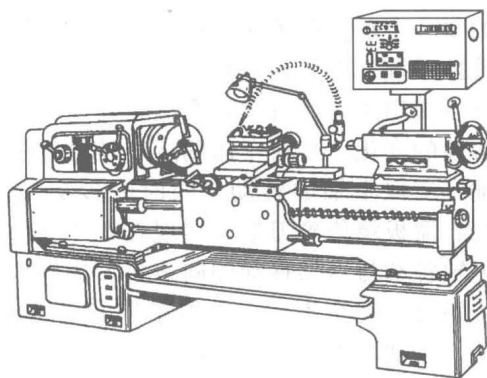


图 1-3 经济型数控车床

移动)的控制和联动。

(2) 全功能型数控车床 全功能型数控车床(见图 1-4)就是日常所说的“数控车床”。它的控制系统是全功能型的,带有高分辨率的 CRT,具有各种显示、图形仿真、刀具和位置补偿等功能,带有通信或网络接口。采用闭环或半闭环控制的伺服系统,可以进行多个坐标轴的控制。具有高刚度、高精度和高效率等特点。

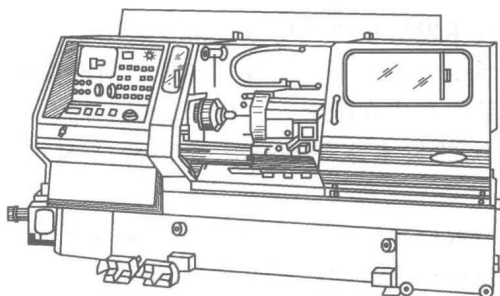


图 1-4 全功能型数控车床

(3) 车削中心 车削中心是以全功能型数控车床为主体,配备刀库、自动换刀器、分度装置、铣削动力头和机械手等部件,实现多工序复合加工的机床。在车削中心上,工件在一次装夹后,可以

完成回转类零件的车削、铣削、钻削、铰削、螺纹加工等多种加工工序的加工。车削中心的功能全面，加工质量和速度都很高，但价格也较高。车削中心的动力刀架如图 1-5 所示。

以下是 MJ-50 数控车床的主要技术参数。这台车床为两坐标、两联动，使用 FANUC-0TE 控制系统。

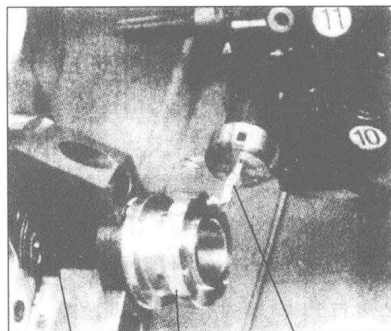


图 1-5 车削中心的动力刀架

最大工件回转直径	500mm
最大车削直径	310mm
最大切削长度	615mm
主轴转速	35~3500r/min (无级)
刀架有效行程	横向 (X 轴) 182mm; 纵向 (Z 轴) 675mm
快速移动速度	横向 (X 轴) 10m/min; 纵向 (Z 轴) 15m/min
允许刀具规格	车刀 25mm×25mm; 镗刀中 $\phi 2 \sim 45$ mm
刀盘上刀具数	10 把
主电机功率	连续负载 11kW; 30min 超载 15kW
伺服电机功率	X 轴 AC 0.9kW; Z 轴 AC 1.8kW
机床外形尺寸	2995mm×1667mm×1796mm
控制系统制造厂家	日本 FANUC 公司
定位精度	0.01mm/300mm
重复定位精度	0.005mm
加工外圆的圆度	0.005mm
控制系统的脉冲当量	0.001mm
机床噪声	≤76dB (A)

三、数控车床主要加工对象

数控车削是数控加工中用得最多的加工方法之一。结合数控车削的特点，与普通车床相比，数控车床适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

(一) 精度要求高的零件

由于数控车床刚性好，制造和对刀精度高，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，所以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。另外工件一次装夹可完成多道工序的加工，提高了加工工件的位置精度。

(二) 表面粗糙度值小的零件

数控车床具有恒线速切削功能，能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。因为在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。切削速度变化，致使车削后的表面粗糙度不一致，使用数控车床的恒线速切削功能，就可选用最佳线速度来切削锥面、球面和端面等，使车削后的表面粗糙度值既小又一致。

(三) 表面轮廓复杂的零件

由于数控车床具有直线和圆弧插补功能，可以车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件。图 1-6 所示的壳体零件封闭内腔的成形面，在普通车床上是无法加工的，而在数控车床上则很容易加工出来。

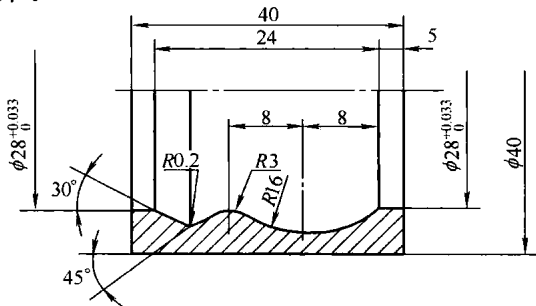


图 1-6 成形内腔零件简图

（四）带特殊螺纹的零件

数控车床具有加工各类螺纹的功能，包括任何等导程的直、锥和端面螺纹，增导程、减导程以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹。通常在主轴箱内安装有脉冲编码器，主轴的运动通过同步带 1:1 地传到脉冲编码器。采用伺服电动机驱动主轴旋转，当主轴旋转时，脉冲编码器便发出检测脉冲信号给数控系统，使主轴电动机的旋转与刀架的切削进给保持同步关系，即实现加工螺纹时主轴转一转，刀架 Z 向移动工件一个导程的运动关系。而且车削出来的螺纹精度高，表面粗糙度值小。

（五）超精密的零件

磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜等零件，要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值，它们适合于在高精度、高性能的数控车床上加工。数控车床超精加工的轮廓精度可达到 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度达 $R_a 0.02\mu\text{m}$ ，超精加工所用数控系统的最小分辨率应达到 $0.01\mu\text{m}$ 。

第二节 数控车削加工工艺基础

一、数控车削加工工艺的拟定

（一）数控车削加工方案的确定

一般根据零件的加工精度、表面粗糙度、材料、结构形状、尺寸及生产类型确定零件表面的数控车削加工方法及加工方案。

1. 数控车削外表面及端面加工方案的确定

（1）加工精度为 IT7~IT8 级、 $R_a 0.8\sim 1.6\mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用普通型数控车床，按粗车、半精车、精车的方案加工。

（2）加工精度为 IT5~IT6 级、 $R_a 0.2\sim 0.63\mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、细车的方案加工。

（3）加工精度高于 IT5 级、 $R_a < 0.08\mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用高档精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精密车的方案加工。

(4) 对淬火钢等难车削材料，其淬火前可采用粗车、半精车的方法，淬火后安排磨削加工。

2. 数控车削内表面加工方案的确定

(1) 加工精度为 IT8~IT9 级、 $R_a 1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用普通型数控车床，按粗车、半精车、精车的方案加工。

(2) 加工精度为 IT6~IT7 级、 $R_a 0.2 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、细车的方案加工。

(3) 加工精度为 IT5 级、 $R_a < 0.2 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用高档精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精密车的方案加工。

(4) 对淬火钢等难车削材料，淬火前可采用粗车、半精车的方法，淬火后安排磨削加工。

(二) 工序的划分

1. 数控车削加工工序的划分方法

对于需要多台不同的数控机床、多道工序才能完成加工的零件，工序划分自然以机床为单位来进行。而对于需要很少的数控机床就能加工完零件全部内容的情况，数控加工工序的划分方法如下。

(1) 以一次安装所进行的加工作为一道工序 将位置精度要求较高的表面安排在一次安装下完成，以免多次安装所产生的安装误差影响位置精度。例如，以图 1-7 所示的轴承内圈为例，轴承内圈有一项形位公差要求，即壁厚差——滚道与内径在一个圆周上的最大壁厚差别。此零件的精车，原采用三台液压半自动车床和一台液压仿形车床加工，需 4 次装夹，滚道与内径分在两道工序车削（无法在一台液压仿形车床上将两面一次安装同时加工出来），因而造成较大的壁厚差，达不到图纸要求。后改用数控车床加工，两次装夹完成全部精车加工。第一道工序采用图 1-8 (a) 所示的以大端面和大外径定位装夹的方案，滚道和内孔的车削及除大外径、大端面、相邻两个倒角外的所有表面均在这次装夹内完成。由于滚道和内径同在此工序车削，壁厚差大为减小，且加工质量稳定。此外，

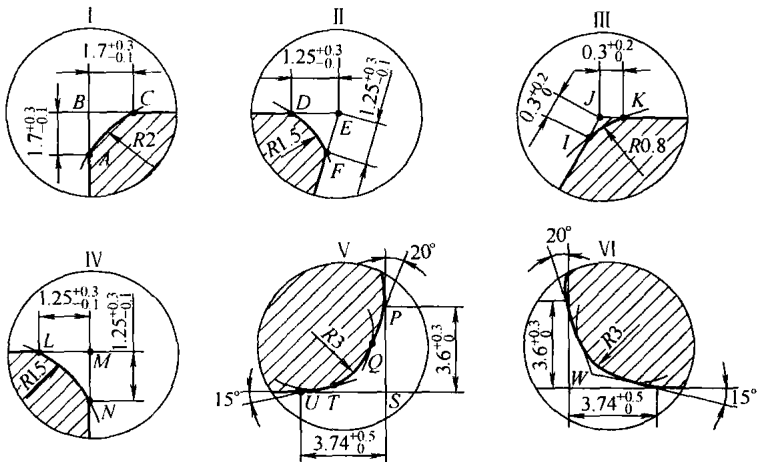
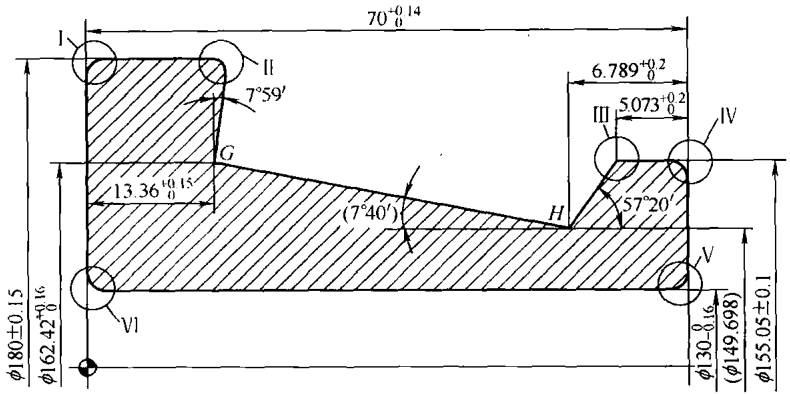


图 1-7 圆锥滚子轴承内圈零件简图

该轴承内圈小端面与内径的垂直度、滚道的角度也有较高要求，因此也在此工序内同时完成。若在数控车床上加工后经实测发现小端面与内径的垂直度误差较大，可以用修改程序内数据的方法来进行校正。第二道工序采用图 1-8 (b) 所示的以内孔和小端面定位装夹方案，车削大外圆、大端面及倒角。

(2) 以一个完整数控程序连续加工的内容为一道工序 有些零件虽然能在一次安装中加工出很多待加工面，但考虑到程序太长，会受到某些限制，如控制系统的限制（主要是内存容量）、机床连

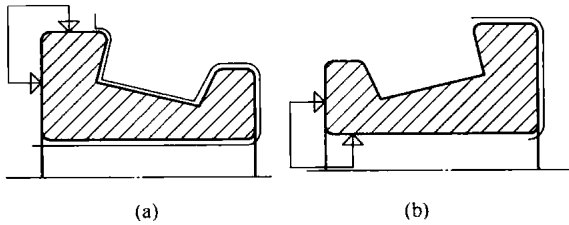


图 1-8 轴承内圈两道工序加工方案

续工作时间的限制（如一道工序在一个工作班内不能结束）等，此外，程序太长会增加出错率，查错与检索困难，因此程序不能太长。这时可以以一个完整的数控程序连续加工的内容为一道工序。在本工序内用多少把刀具、加工多少内容，主要根据控制系统的限制、机床连续工作时间的限制等因素考虑。

(3) 以工件上的结构内容组合用一把刀具加工为一道工序 有些零件结构较复杂，既有回转表面也有非回转表面，既有外圆、平面也有内腔、曲面。对于加工内容较多的零件，按零件结构特点将加工内容组合分成若干部分，每一部分用一把典型刀具加工。这时可以将组合在一起的所有部位作为一道工序。然后再将其他组合在一起的部位换另外一把刀具加工，作为新的一道工序。这样可以减少换刀次数，减少空程时间。

(4) 以粗、精加工划分工序 对于容易发生加工变形的零件，通常粗加工后需要进行矫形，这时粗加工和精加工作为两道工序，可以采用不同的刀具或不同的数控车床加工。对毛坯余量较大和加工精度要求较高的零件，应将粗车和精车分开，划分成两道或更多的工序。将粗车安排在精度较低、功率较大的数控车床上，将精车安排在精度较高的数控车床上。

以车削图 1-9 (a) 所示手柄为例，具体工序的划分如下。

该零件加工所用坯料为 $\phi 32\text{mm}$ 棒料，批量生产，加工时用一台数控车床，工序划分如下。

第一道工序 [按图 1-9 (b) 所示将一批工件全部车出，包括切断]，夹棒料外圆柱面，工序内容为：先车出 $\phi 12\text{mm}$ 和 $\phi 20\text{mm}$ 两圆柱面及圆锥面（粗车掉 $R42\text{mm}$ 圆弧的部分余量），转刀后按