

数控大赛辅导用书

职业院校机械专业规划教材

数控加工工艺 与编程操作

(车床分册)

杨耀双 宋小春◎主编

SHUKONG JIAGONG GONGYI
YU BIANCHENG CAOZUO



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数控大赛辅导用书
职业院校机械专业规划教材

数控加工工艺与编程操作 (车床分册)

杨耀双 宋小春 主编



机械工业出版社

本书是按照“教学、实训、鉴定、竞赛四位一体”的原则进行编写的,共分为9个单元,主要包括:绪论、数控车床加工工艺、HNC—21T系统编程与操作、GSK 980TDa系统编程与操作、FANUC 0i系统编程与操作、SINUMERIK 802D系统编程与操作、典型零件的数控加工、复杂零件的数控加工、数控车床常见故障与排除。

本书以实际操作能力为主线,以数控加工工艺和数控编程为基础,将切削加工基本理论知识、基本操作技能、各种常用的加工方法、常用的刀具和夹具等内容有机地结合为一体。本书内容丰富,实用性强,各单元均附有思考与练习题,方便学生进一步巩固所学知识。

本书可供职业院校、技师学院机械专业师生使用,也可供参加数控大赛的人员使用,还可作为培训、鉴定用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程操作. 车床分册/杨耀双,宋小春主编.
—北京:机械工业出版社,2012.1
职业院校机械专业规划教材
ISBN 978-7-111-34621-0

I. ①数… II. ①杨…②宋… III. ①数控机床:车床—加工工艺—职业院校—教材②数控机床:车床—程序设计—职业院校—教材 IV. ①TG659②TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第086055号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:荆宏智 王晓洁 责任编辑:赵磊磊
版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽
封面设计:马精明 责任印制:杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2012年1月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·21印张·518千字
0 001—3 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-34621-0
定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网站:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着数控技术的发展,社会急需大量数控机床操作、编程、维护及维修的技能型人才,而且数控机床是工业现代化的重要装备,数控技术的应用越来越广泛。为适应数控车床高技能人才培养的需要,我们总结了多年在生产一线和教学岗位上的心得体会,针对学校教学的要求和企业需求,同时结合数控大赛的要求组织编写了本书。

本书在内容编排上,注重工艺知识和操作技能的实用性和可靠性。本书与目前市场的同类教材相比较,主要有以下特色:

(1) 本书介绍了 HNC—21T、GSK 980TDa、FANUC 0i 和 SINUMERIK 802D 系统的编程与操作,便于读者学习各系统。

(2) 内容编排符合学生的学习规律。大多数课题均由基础知识、课题实例、思考与练习三部分组成,书中内容详细、明了,深入浅出,图文并茂。

(3) 书中增加了数控车床常见故障与排除部分。作为数控车床操作者,不但要懂得机床操作方法,而且也应掌握数控车床常见故障与排除方法。本书内容以常见故障案例为教学点,对产生故障的原因进行了详细的剖析。

本书是为配合学校开展数控加工教学改革而开发的专业教材,主要内容包括:绪论、数控车床加工工艺、HNC—21T 系统编程与操作、GSK 980TDa 系统编程与操作、FANUC 0i 系统编程与操作、SINUMERIK 802D 系统编程与操作、典型零件的数控加工、复杂零件的数控加工、数控车床常见故障与排除。

本书既体现了教学、培训的水平 and 需要,又反映了我国数控职业技能鉴定和竞赛的新特色。本书根据数控行业的岗位要求,按照学习课题的顺序编写,通过教学目标、任务分析、相关理论、操作实践、思考与练习等环节组织教学内容,使教材紧紧围绕操作技能的培养,实现理论与实践的有机结合。

本书由杨耀双、宋小春主编,贾恒旦、尚建伟主审。参加编写的有杨耀双(单元1)、程智勇(单元2)、宋小春(单元9)、陈锡怀(单元3、单元5)、陈冬梅(单元4、单元6)、陈建立(单元7、单元8),附录A由吴玉华编写,附录B由程智勇、杨成芳编写。

由于编者水平和经验有限,而且编写时间较紧迫,书中难免存在缺点和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

单元1 绪论	1
单元小结	3
思考与练习	3
单元2 数控车床加工工艺	4
课题1 数控加工工艺概述	4
课题2 数控车削加工工艺特点	6
课题3 数控车床程序编制	8
课题4 数控车床基本功能指令	16
课题5 数控车床刀具的选择	18
课题6 数控车床工件的装夹	24
课题7 数控车削加工的工艺处理	27
课题8 零件加工工艺分析	37
单元小结	41
思考与练习	41
单元3 HNC—21T 系统编程与操作	42
课题1 HNC—21T 系统的编程指令	42
课题2 HNC—21T 系统操作面板说明	59
课题3 手动方式	62
课题4 MDI 运行方式	64
课题5 自动运行方式	64
单元小结	65
思考与练习	66
单元4 GSK 980TDa 系统编程与操作	67
课题1 GSK 980TDa 系统编程指令与操作面板说明	67
课题2 手动方式	97
课题3 编辑方式	99
课题4 自动方式	104
单元小结	108
思考与练习	108

单元5 FANUC 0i 系统编程与操作

课题1 FANUC 0i 系统的编程指令	110
课题2 手动方式	120
课题3 自动运行方式	121
课题4 创建和编辑程序	122
单元小结	124
思考与练习	124

单元6 SINUMERIK 802D 系统编程与操作

课题1 SINUMERIK 802D 系统操作面板与编程指令	126
课题2 SINUMERIK 802D 内外圆加工固定循环指令	134
课题3 手动方式	144
课题4 编辑方式	146
课题5 自动运行方式	148
课题6 通信方式	150
单元小结	151
思考与练习	152

单元7 典型零件的数控加工

课题1 典型轴类零件的加工	153
任务一 轴类零件的加工	153
任务二 圆锥轴类零件的加工	155
课题2 盘类零件的加工	159
课题3 套筒类零件的加工	161
课题4 三角形螺纹的加工	165
任务一 三角形外螺纹的加工	165
任务二 三角形内螺纹的加工	170
课题5 成形面的加工	174
单元小结	176
思考与练习	176

单元8 复杂零件的数控加工

课题1 薄壁零件的加工	181
课题2 偏心零件的加工	183
课题3 综合类零件的加工	190
任务一 综合类零件的加工（一）	190

任务二 综合类零件的加工（二）	194	课题6 机械系统故障诊断方法	227
课题4 组合零件的加工	197	课题7 综合故障实例分析与处理	228
任务一 组合零件的加工（一）	197	单元小结	230
任务二 组合零件的加工（二）	204	思考与练习	230
单元小结	213	附录	231
思考与练习	213	附录A 数控车床仿真系统	231
单元9 数控车床常见故障与排除	216	单元小结	257
课题1 安全操作与维护	216	思考与练习	257
课题2 数控车床常见故障现象和 原因	218	附录B CAD/CAM 自动编程	259
课题3 CNC 系统故障诊断方法	220	单元小结	327
课题4 伺服系统故障诊断方法	222	思考与练习	327
课题5 电器系统故障诊断方法	226	参考文献	329

单元 1 绪 论

- 教学目标**
1. 了解现代制造业的现状。
 2. 了解数控车床在现代制造业中的地位及应用。
 3. 了解本课程的特点及学习方法。

一、现代制造业概况

制造是人类按照所需的目的,运用掌握的知识和技能,借助手工或物质工具,采用有效的工艺方法和必要的能源,将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。制造是人类所有经济活动的基石。

制造业是所有与制造有关的企业群体的总称,是工业的主体。它是将制造资源,包括物料、设备、资金、技术、信息和人力等,通过制造过程转化为可供人们使用和消费的产品,是国民经济和综合国力的支柱产业。制造业涉及国民经济的许多部门,包括机械、食品、化工、建材、冶金、纺织、电子电器、运输机械等,它一方面创造价值,生产物质财富,另一方面为国民经济中各个部门和科学技术的进步与发展提供了先进的手段和装备。

纵观人类社会发展的历史,每一次技术革命都会引起制造业的巨大变革,推动经济的不断飞跃。第一次技术革命是18世纪下半叶纺织机械的发明、蒸汽机技术的广泛运用,以机器代替了手工劳动,促进农业社会向工业社会的转变。这次技术革命带动了纺织机械制造业及机械、冶金、化工等部门的飞速发展;第二次技术革命始于19世纪中下叶,其显著标志是电力的广泛运用,使生产力再一次得到飞跃,人类进入了“电气时代”,它推动了汽车、船舶、机车、石油等一系列相关制造业的迅速兴起;第三次技术革命发生在20世纪50年代,以原子能的利用、航天技术的发展、电子计算机的诞生和高分子合成技术的发展等为标志,带来了产业结构的进一步调整和升级;第四次技术革命是指20世纪80年代以美国为代表的新技术革命,其最主要标志是信息技术突飞猛进的发展,同时包括生物工程技术、新材料技术(纳米技术)的迅速崛起,带动人类社会从传统的机械化、工业化向自动化和智能化发展,产生了一系列高新技术产业,如计算机辅助设计与辅助制造、逆向工程、快速成形、并行工程等一大批新兴制造业。

现代制造业正是在这种科学技术飞速发展的背景下提出的。它主要包括两方面内涵:一是指含有高新技术的新兴制造业,如电子及通信设备制造业、生物医药制造业、新材料制造业等;二是指利用新技术对传统制造业进行提升,增加其技术附加值,从而区别于传统的制造业,大大提高了竞争力,如高档纺织服装制造业、数控精密机械制造业等。应用数控加工技术是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段,提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。

二、数控车床在现代制造业中的地位和作用

在市场需求不断发生变化的驱动下,制造业的生产类型也由大批量生产开始向多品种、小批量的生产转化。大批量的产品,如汽车、拖拉机与家用电器等的零件,为了解决高产、

优质的问题，也多采用专用的工艺装备、专用自动化机床或专用的自动化生产线和自动化车间进行生产。由于其自动化程度高、效率高，在大批量生产条件下，分摊在每一个工件上的费用就相对较少，经济效益显著。但是，在机械产品中，单件与小批量产品占到 70% ~ 80%，如造船、航天、航空、机床、重型机械以及国防等部门需要的零件，其生产特征是加工量小、改型频繁、零件形状复杂、精度要求高，采用专用自动化程度高的自动化机床加工这类零件就显得很不合理。因为生产过程中需要经常改装和调整设备，对于专用生产线来说，这种改装与调整有时甚至是不可能实现的。即使是大批量的生产，为了满足市场上不断变化的需求，也必须不断地开发新产品，改变产品长期一成不变的做法，缩短生产周期。对于一些具有曲面、曲线轮廓的复杂零件，过去只能借助靠模和仿形机床加工，在更换零件时，必须制造靠模和调整机床，不但耗费了大量的手工劳动，延长了生产准备周期，而且由于靠模误差的影响，使加工精度也受到很大的限制。

如今，数控机床综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等方面的技术，具有高柔性、高精度与高程度自动化等特点，适合加工常规加工技术难以加工的单件小批量零件（特别是复杂成形曲面零件）。

数控机床按不同工艺用途可分为：金属切削类数控机床，如数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床以及加工中心等；金属成形类数控机床，如数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等；特种加工类数控机床，如数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床、数控火焰切割机床、数控激光加工机床等。其中，数控车床是目前国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床，占数控机床总数的 25% 左右（不包括技术改造而成的车床）。

数控车床主要的加工对象包括：

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，能方便和精确地进行人工补偿，所以能加工出尺寸精度要求较高的零件，在某些场合甚至可以以车削代替磨削。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，所以能加工出对素线直线度、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要求的几何形状的接近程度比用仿形车床要高得多。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和加工效率。

2) 表面粗糙度要求高的回转体零件。数控车床具有恒线速切削功能，能加工出表面粗糙度值小的零件。在材质、精车余量和刀具都已定的情况下，表面粗糙度值取决于进给量和切削速度。在普通车床上车削锥面和端面时，由于转速恒定不变，使车削后的表面粗糙度不一致，只有某一直径的表面粗糙度值最小。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和端面，使车削后的表面粗糙度值既小又一致。数控车床还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件。表面粗糙度值要求大的部位选用大的进给量，要求小的部位选用小的进给量。

3) 表面形状复杂的回转体零件。由于数控车床具有直线和圆弧插补功能，所以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，而组成零件轮廓的曲线可以是数学方程式描述的曲线，也可以是列表曲线。对于由直线或圆弧组成的轮廓，可直接利用机床的直线或圆弧插补功能，对于由非圆曲线组成的轮廓，应先用直线或圆弧逼近，然后再使用直线或圆弧插补功能。

4) 带特殊螺纹的回转体零件。普通车床能车削的螺纹相当有限，它只能车削等导程

直、锥面的公、英制螺纹，而且一台车床只能限定加工若干种特定导程。而数控车床不仅能车削任何等导程的直、锥和端面螺纹，还能车增导程、减导程，以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹，还可车削高精度的模数螺旋零件（如圆柱、圆弧蜗杆）和端面（盘形）螺旋零件等。数控车床车削螺纹时，主轴不必像普通车床那样交替变换方向，而是可以一刀一刀不停顿地循环，直到完成加工，所以它车螺纹的效率很高。数控车床可以配置精密螺纹切削功能，再加上采用硬质合金成形刀片，以及可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度值小。

5) 超精密的零件。复印机的回转鼓、录像机上的磁头及激光打印机内的多面反射体等超精密零件，要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值。它们均可在高精度、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 $0.01\mu\text{m}$ ，表面粗糙度值达 $Ra0.02\mu\text{m}$ 。

近几年来，我国在继续发展国产化数控机床的同时，还大力引进和吸收国外先进的数控机床设计与制造技术，研制、开发并批量生产了功能齐全、可靠性与生产效率更高的全功能数控车床、数控纵切自动车床及车削中心等高档产品，满足了国内市场的需要，部分数控车床（包括经济型）还销往国外。数控车床作为先进的、应用最广泛的制造业加工设备之一，在国民生产中占有重要地位，它与数控铣床、加工中心一起成为现代机械制造业的三大支柱。

三、本课程的特点及学习方法

“数控加工工艺与编程操作”是一门综合性、实践性、灵活性都较强的技能训练课程。在学习本课程之前，要学好初、高中的数学知识、机械制图与公差配合知识、金属材料与热处理知识、切削原理与刀具知识、普通车床的工艺与操作技能等相关知识，掌握这些知识，对学习这门课程会有很大的帮助。同时，该门课程是一门以实践为主的技能训练课程，在学习编程理论及零件编程时，要及时进行实操训练，使理论学习与技能训练紧密结合。另外，数控车床对零件进行加工也有很大的灵活性，不同型号的设备及系统有不同的规定和指令，即使同一种型号的设备 and 系统，在加工工艺的设计和程序的编制上也会有多种技术方案，此时就需要对具体问题进行具体分析，灵活运用所掌握的知识，制订出最有效的加工方法。

单元小结

本单元主要讲述了制造业的基本概念及发展历程，指出了数控加工技术是机械制造业的一次技术革命，采用数控加工手段，既可以解决机械制造中常规加工技术难以解决的单件小批量特别是复杂成形曲面零件的加工问题，又可以批量生产各类零件。在数控机床中，数控车床是目前国内使用量最大、覆盖面最广的数控加工设备，它与数控铣床、加工中心一起成为现代机械制造业的三大支柱。

思考与练习

1. 什么是制造业？什么是现代制造业？
2. 简述适合数控车床加工的几类零件。

单元2 数控车床加工工艺

- 教学目标**
1. 数控车床加工工艺的基本知识与工艺特点。
 2. 数控车床程序编制基础知识与基本指令。
 3. 数控车床刀具与夹具。
 4. 数控车床加工工艺编制。

课题1 数控加工工艺概述

一、工艺基本概念

(1) 工序 工人在一个固定的工作地点（一台机床或一个钳工操作台），对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那部分工艺过程，称为工序。

(2) 安装 加工工件前，在机床或夹具中相对刀具应有一个正确的位置并给予固定，这个过程称为装夹，一次装夹所完成的那部分加工过程称为安装。

(3) 工位 为减少工序中的装夹次数，常采用回转工作台或回转夹具，使工件在一次安装中，完成不同位置的连续加工，每一个位置所完成的那部分工序，称为一个工位。

(4) 工步 在被加工的表面、切削用量（指切削速度、背吃刀量和进给量）、切削刀具均保持不变的情况下所完成的那部分工序，称为工步。

(5) 走刀 被加工的某一表面，由于切削余量较大或其他原因，在切削用量不变的条件下，用同一把刀具对它进行多次加工，每加工一次，称一次走刀。

二、机械加工的质量要求

如图 2-1 所示为汽车轮毂轴承法兰盘外圈。

零件切削加工后的质量要求包括精度和表面粗糙度。

(1) 精度 精度是指加工后零件的实际尺寸、形状等参数与绝对准确的理论参数相符合的程度。其偏差越小，加工精度越高。精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度等三个方面。

1) 尺寸精度。尺寸精度是指尺寸大小误差程度，以公差大小表示。国家标准 GB/T 1800.2—2009 规定标准公差分成 20 级，即 IT01、IT0、IT1 ~ IT18，数值越大，精度越低。

2) 形状精度。形状精度是指零件表面与理想表面形状接近的程度，如圆柱度、圆度、平面度等。

3) 位置精度。位置精度是指表面、轴线或对称面之间的实际位置与理想位置接近的程度，如同轴度、平行度、垂直度等。

(2) 表面粗糙度 表面粗糙度是零件表面微观粗糙不平的程度。

由于切削加工，在零件表面上总会留下微细的凹凸不平的刀痕而使表面粗糙，影响产品的使用性能和寿命。为了保证零件的使用性能，要限制表面粗糙度的范围。

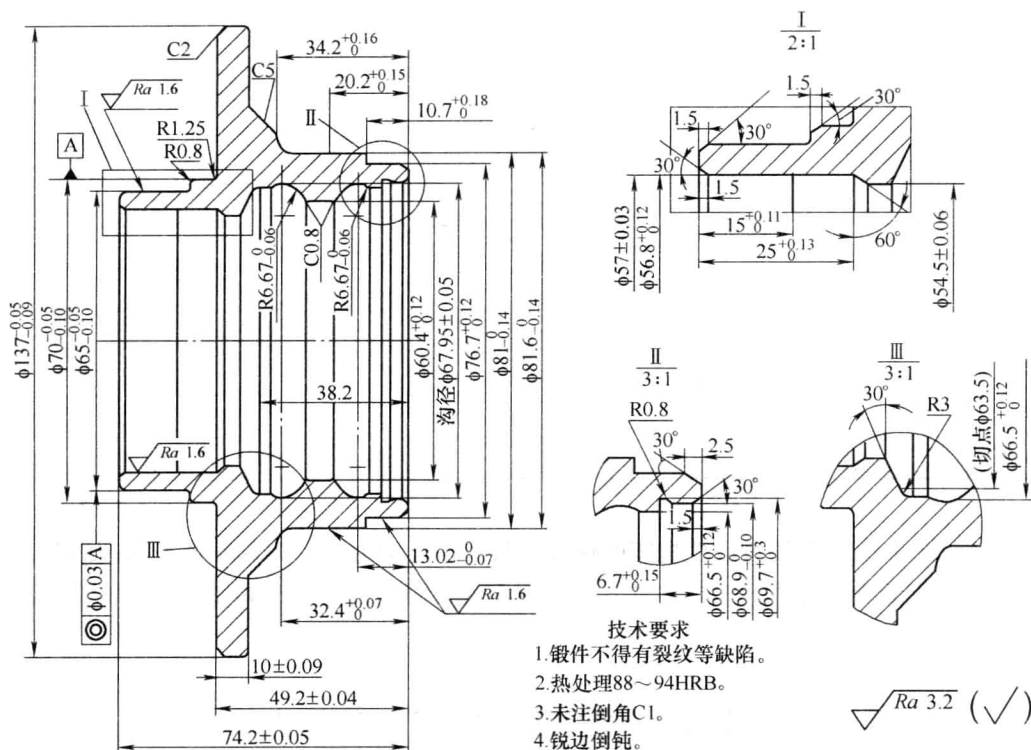


图 2-1 汽车轮毂轴承法兰盘外圈

表面粗糙度可依据国标 (GB/T 1031—2009) 所规定的参数评定。其中, 常用的是用轮廓算术平均偏差 Ra 值。表面粗糙度值 Ra 与表面光洁度的对应关系见表 2-1。

表 2-1 表面粗糙度值 Ra 与表面光洁度的对应关系

表面粗糙度值 $Ra/\mu m$	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.1	0.2	0.1	0.05	0.025	0.012	0.006
表面光洁度	$\nabla 1$	$\nabla 2$	$\nabla 3$	$\nabla 4$	$\nabla 5$	$\nabla 6$	$\nabla 7$	$\nabla 8$	$\nabla 9$	$\nabla 10$	$\nabla 11$	$\nabla 12$	$\nabla 13$	$\nabla 14$

三、工艺卡

数控机床不同于普通机床, 它受控于程序指令, 加工的全过程都是按程序指令自动进行的。因此, 数控机床的加工程序与普通机床工艺规程有较大差别, 涉及的内容也较广泛。数控机床加工程序不仅包括零件的工艺过程, 还要包括切削用量、进给路线、刀具尺寸以及机床的运动过程。而这些内容全部在工艺卡片中有所体现, 车削加工工艺卡片见表 2-2。

表 2-2 车削加工工艺卡片

车 削 加 工 工 艺 卡 片											
工厂	产品名称及型号			零件图号		零件号					
	零件名称		毛 坯		种 类	尺 寸		重 量			
	机床型号				生产类型		时间定额				
辅助工具 或夹具				量具	刀具		T1	T2	T3	T4	
						类型					
						材料					
工序	工 序 内 容				机床号	工艺装备名称及编号			备 注		
						夹具	刀位	量具			
编制		校对		审核		会签		共 页	第 页		

因此，要求编程人员对数控机床的性能、特点、运动方式、刀具系统、切削规范以及工件的装夹方法都要非常熟悉。工艺方案的好坏不仅会影响机床效率的发挥，还将直接影响到零件的加工质量。

课题 2 数控车削加工工艺特点

按照加工对象的形状、尺寸等加工要求，通过手工编程或绘制图形并转换成代码，在数控机床床上，使其加工成半成品或成品的加工过程称为工艺过程。

一、数控加工工艺的特点

数控加工工艺与普通加工工艺基本相同，因此在设计零件的数控加工工艺时，首先要遵循普通加工工艺的基本原则与方法，同时还需考虑数控加工本身的特点和零件的编程要求。数控加工工艺的特点如下：

- (1) 高速化和高精度化 操作人员可以在较短的时间内掌握数控车床的操作和加工技能，可以高效地加工复杂、多工序零件，并保证较高的加工精度。
- (2) 复合化和柔性化 在保证硬件不变的条件下，只要根据需要，通过程序编制，可以一台数控车床多工步加工或多台数控车床流水线加工零件。
- (3) 智能化 数控车床可以通过 CAD/CAM 进行编程和加工，甚至网络遥控进行加工。

二、数控加工工艺基础

1. 数控加工工艺的主要内容

所谓数控加工工艺，就是用数控机床对零件进行加工的一种工艺方法。具体方法如下：

- 1) 选择合适的数控机床加工零件，确定数控机床的加工内容。
- 2) 对零件图样进行工艺分析，确定加工内容及技术要求。
- 3) 安排好数控加工工序，包括：工步的划分、工件的定位、夹具与刀具的选择、切削用量的确定等。

4) 做好特殊工艺的处理, 如对刀点、换刀点的选择, 加工路线的确定, 刀补的确定等。

5) 编写工艺文件, 如对零件图样的数字处理、编写加工程序单, 并保存起来或传输至计算机内。

2. 数控加工内容的选择

数控加工前, 对工件进行工艺设计是必不可少的准备工作。无论是手工编程还是自动编程, 在编程前都要对加工的工件进行工艺分析、拟定工艺路线、设计加工工序。因此, 合理的工艺设计方案是编制加工程序的依据, 工艺设计不好是数控加工出差错的主要原因之一, 往往造成工作反复、工作量成倍增加。编程人员必须首先搞好工艺设计, 然后再考虑编程。

当选择并决定对某个零件进行数控加工后, 并非其全部加工内容都必须采用数控加工, 数控加工可能只是零件加工工序中的一部分。因此, 有必要对零件图样进行仔细分析, 立足于解决难题、提高生产效率, 注意充分发挥数控机床的优势, 选择那些最适合、最需要的内容和工序进行数控加工。一般可按下列原则选择数控加工内容:

1) 普通机床无法加工的内容应作为优先选择的内容。

2) 普通机床难以加工, 质量也难以保证的内容应作为重点选择的内容。

3) 普通机床加工效率低, 工人手工操作劳动强度大的内容, 可在数控机床尚有加工能力的基础上进行选择。

相比之下, 下列一些加工内容则不宜选择数控加工:

1) 需要用较长时间占机调整的加工内容。

2) 加工余量极不稳定, 且数控机床上无法自动调整零件坐标位置的加工内容。

3) 不能在一次安装中加工完成的零星分散部位, 采用数控加工很不方便, 效果不明显, 可以安排普通机床补充加工。

此外, 在选择数控加工内容时, 还要考虑生产批量、生产周期、工序间周转情况等因素, 要尽量合理地使用数控机床, 达到产品质量、生产效率及综合经济效益等指标都明显提高的目的, 要防止将数控机床当作普通机床使用。

3. 数控加工零件的工艺分析

工艺分析是对零件进行数控加工的前期工艺准备工作, 数控机床加工中所有工步的刀具选择、走刀轨迹、背吃刀量、加工余量等都要预先确定好并编入加工程序。一个合格的程序员首先要是一个好的工艺员, 他应该对数控机床的性能、特点和应用、切削规范和标准工系统要非常熟悉, 否则就无法做到全面、周到地考虑加工的全过程, 并正确、合理地编制零件的加工程序。工艺分析主要包括零件图的分析和零件的结构工艺性分析。

(1) 零件图的分析 首先认真地分析与研究产品的零件图, 熟悉整个产品的用途、性能和工作条件, 了解零件在产品中的作用, 搞清各项技术要求对装配质量和性能的影响, 找出主要的和关键的技术要求, 然后对零件图样进行以下分析:

1) 零件图的完整性与正确性分析。零件图应足够、正确及表达清楚, 并符合国家标准, 尺寸及有关技术要求应标注齐全, 几何元素(点、线、面)之间的关系(如相切、相交、垂直、平行等)应明确。

2) 零件技术要求分析。零件的技术要求主要包括尺寸精度、形状精度、位置精度、表

面粗糙度及热处理等。这些要求在保证零件使用性能的前提下应经济合理。

3) 尺寸标注方法分析。零件图上的尺寸标注方法有局部分散标注法、集中标注法和坐标标注法等。对在数控机床上加工的零件,零件图上的尺寸应在加工精度能够保证使用性能的前提下,不采用局部分散标注法,而是应采用集中标注法或以同一基准标注法,即标注坐标尺寸。这样,即便于编程,又利于设计基准、工艺基准与编程原点的统一。

4) 零件材料分析。在满足零件功能的前提下应选用廉价的材料。材料选择应立足国内情况,不要轻易选用贵重及紧缺的材料。

(2) 零件的结构工艺性分析 各种类型表面的不同组合构成了零件不同的特点,对零件的加工工艺也将产生重要影响。例如,以圆柱面为主的表面,既可组成轴、盘类零件,又可构成套、环类零件;对于轴而言,既可以是粗而短的轴,又可以是细长的轴。由于这些零件的结构特点不同,使其加工工艺出现了很大的差异。同样,对于使用性能相同而结构不同的两个零件,它们的制造工艺和制造成本也可能有很大差别。

零件在满足使用要求的前提下所具备的制造可行性和加工经济性叫做零件的结构工艺性。好的结构工艺性可使零件加工容易,节省工时、材料。而差的结构工艺性则会使加工困难,浪费工时、材料,甚至有时无法加工。因此在对零件进行结构工艺性分析时,应注意充分领会产品使用要求和设计人员的设计意图,不应孤立地看问题,遇到工艺问题与设计要求有矛盾时,必须与设计人员共同磋商解决问题。

为了多快好省地把设计的零件加工出来,就必须对零件的结构工艺性进行详细的分析。主要考虑如下几方面:

- 1) 是否有利于达到所要求的加工质量。
- 2) 是否有利于减少加工劳动量。
- 3) 是否有利于提高劳动生产效率。

课题3 数控车床程序编制

一、数控车床程序编制基础

1. 程序编制的基本知识

现代数控机床是按照事先编制好的加工程序自动地对工件进行加工的高效设备,因此,理想的加工程序不仅能保证加工出符合图样要求的合格工件,同时应能使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥,使数控机床能安全、可靠及高效地工作。

在数控机床上加工工件时,首先要将被加工工件的全部工艺过程及其他辅助动作(如变速、换刀、冷却、夹紧等)按运动顺序,用规定的指令代码程序格式记录在控制介质上,通过人机交互设备送入数控装置,以此为依据自动控制机械加工部件完成工件的全部加工过程。从工件图样开始,到获得数控机床所需控制介质的过程称为程序编制。

2. 数控车床程序编制内容

一般来讲,数控车床程序编制过程的主要内容包括:分析零件图样、工艺处理、数值计算、编写加工程序单、制作控制介质、程序校验和首件试加工。具体步骤与要求如下:

(1) 分析零件图样 分析零件的材料、形状、尺寸、精度、批量、毛坯形状和热处理要求等,以便确定该零件是否适合在数控车床上加工,或适合在何种数控车床上加工。同时

明确加工的内容和要求。

(2) 工艺处理 在分析零件图的基础上,进行工艺分析,确定零件的加工方法(如采用的工夹具、装夹定位方法等)、加工路线(如对刀点、换刀点、进给路线)及切削用量(如主轴转速、进给速度和背吃刀量)等工艺参数。数控加工工艺分析与处理是数控编程的前提和依据,而数控编程就是将数控加工工艺内容程序化。制订数控加工工艺时,要合理地选择加工方案,确定加工顺序、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数等。同时还要考虑所用数控机床的指令功能,充分发挥机床的性能;尽量缩短加工路线,正确地选择对刀点、换刀点,减少换刀次数,并使数值计算方便;合理选取起刀点、切入点和切入方式,保证切入过程平稳;避免刀具与非加工面的干涉,保证加工过程安全可靠等。

(3) 数值计算 根据零件图的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系,计算零件粗、精加工运动的轨迹,得到刀位数据。对于形状比较简单的零件(如由直线和圆弧组成的零件)进行轮廓加工,要计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点的坐标值,如果数控装置无刀具补偿功能,则还要计算出刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状比较复杂的零件(如由非圆曲线、曲面组成的零件),就需要用直线段或圆弧段逼近,根据加工精度的要求计算出节点坐标值,这种数值计算一般要用计算机来完成。

(4) 编写加工程序单 根据加工路线、切削用量、刀具号码、刀具补偿值、机床辅助动作及刀具运动轨迹,按照数控系统使用的指令代码和程序段的格式编写零件加工的程序单,并校核上述两个步骤的内容,纠正其中的错误。

(5) 制作控制介质 把编制好的程序单上的内容记录在控制介质上,作为数控装置的输入信息。通过程序的手工输入或通信传输入入数控系统。

(6) 程序校验与首件试加工 编写的程序单和制作好的控制介质,都必须经过校验和首件试加工才能正式使用。校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控系统中,让机床空运转,以检查机床的运动轨迹是否正确。在有 CRT 图形显示的数控机床上,用模拟刀具和工件切削过程的方法进行检验更为方便,但这些方法只能检验运动是否正确,不能检验被加工零件的加工精度。因此,要进行零件的首件试加工。当发现有加工误差时,分析误差产生的原因,找出问题所在,加以修正,直至达到零件图样的要求为止。

3. 数控车床程序编制方法

数控车床程序编制的方法可以分为手工编程和自动编程两大类。

(1) 手工编程 手工编程是指编制加工程序的各个步骤,从工件图样分析、工艺处理、确定加工路线和工艺参数、编写加工程序单直到程序的检验,均由人工来完成。对几何形状较为简单的工件,所需程序不多,坐标计算也比较简单,使用手工编程既经济又及时。因此,手工编程在点位直线加工及直线圆弧组成的轮廓加工中被广泛使用。

但是,工件轮廓复杂,特别是加工非圆弧曲线、曲面等表面,或工件加工程序较长时,使用手工编程既烦琐又费时,而且容易出错,常会出现手工编程工作跟不上数控机床加工的情况,影响数控机床的工作效率。此时,就必须解决编程自动化问题。

(2) 自动编程 自动编程又称计算机辅助编程。自动编程是利用计算机专用软件来编制数控加工程序。编程人员只需根据零件图样的要求,使用数控语言,由计算机自动地进行数值计算及后置处理,编写出零件加工程序单,加工程序通过直接通信的方式送入数控机床,指挥机床工作。自动编程使得一些计算繁琐、手工编程困难或无法编出的程序能够顺利

地完成。同时减轻了编程的工作量,缩短了编程的时间,提高了编程的准确性,特别是复杂工件的编程,其技术经济效益有了显著提高。由于在实际生产中大多数工件都是复杂的,需要借助计算机辅助编程,用CAXA、UG、MasterCAM软件就可以进行数控编程。

二、数控车床的坐标系

数控车床标准坐标系是如图2-2所示的右手直角笛卡儿坐标系,其基本坐标轴为X、Y、Z直角坐标,大拇指的方向为X轴的正方向,食指为Y轴的正方向,中指为Z轴的正方向,该坐标轴与车床的主要导轨平行。

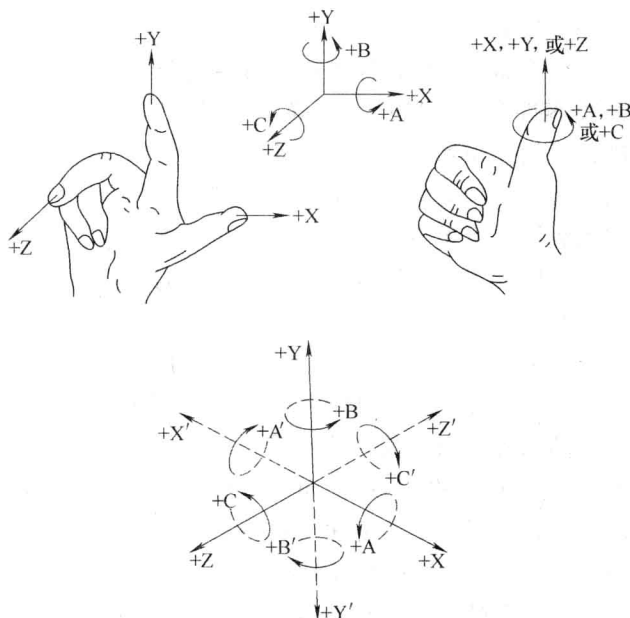


图2-2 右手直角笛卡儿坐标系

1. 坐标轴和运动方向命名的原则

- 1) 不论机床是工件静止、刀具运行,还是工件运行、刀具静止,数控车床的坐标运动指的是刀具相对于静止的工件坐标系的运动。当工件移动时,在坐标轴符号上加“'”表示。
- 2) 刀具远离工件的运动方向为坐标的正方向。
- 3) 机床主轴旋转运动的正方向是指按照右旋螺纹进入工件的方向。

2. 坐标轴的规定

(1) Z坐标轴

- 1) 在机床坐标系中,规定传递切削动力的主轴轴线为Z坐标轴。
- 2) 对于没有主轴的机床(如数控龙门刨床),规定Z坐标轴垂直于工件装夹面的方向。
- 3) 如果机床上有几个主轴,则选一垂直于工件装夹面的主轴作为主要的主轴。

(2) X坐标轴

- 1) X坐标轴是水平的,它平行于工件的装夹面。
- 2) 对于工件旋转的机床,X坐标轴的方向在工件的径向上,并且平行于横滑座。
- 3) 对于刀具旋转的机床,如Z坐标轴是水平(卧式)的,当从主要刀具的主轴向工件看时,+X坐标方向指向右方;如Z坐标轴是垂直(立式)的,当从主要刀具的主轴向立

柱看时, $+X$ 坐标方向指向右方。

4) 对于刀具或工件均不旋转的机床(如刨床), X 坐标平行于主要的进给方向, 并以该方向为正方向。

(3) Y 坐标轴 Y 坐标轴根据 Z 和 X 坐标轴, 按照右手直角笛卡儿坐标系确定。

(4) U 、 V 、 W 坐标 如果在 X 、 Y 、 Z 主要直线运动之外另有第二组平行于它们的运动, 可分别将它们的坐标指定为 U 、 V 、 W 坐标。

(5) 旋转坐标 旋转坐标 A 、 B 、 C 分别表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 坐标轴的旋转坐标。如 $+A$ 表示在 $+X$ 坐标轴方向按照右旋螺纹旋转的方向。

3. 各类数控车床的坐标系

国际标准化组织(ISO)对数控机床的坐标轴及其运动方向均有一定的规定。因为数控车床有不同的类别及不同的结构, 所以其坐标系中各坐标轴所规定的坐标方向也不相同, 常用数控车床的坐标轴及其坐标方向如图 2-3 所示。

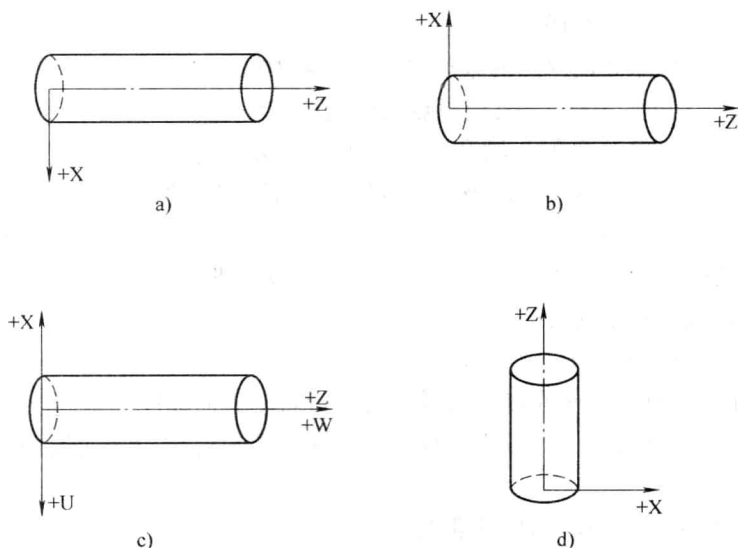


图 2-3 常用数控车床的坐标系及其坐标方向

a) 水平导轨卧车 b) 倾斜导轨卧车 c) 双刀架卧车 d) 单刀架立车

图 2-3a 所示为只有两个移动坐标的数控车床的坐标系及其运动方向。

(1) X 轴坐标运动 X 轴规定为水平平行于工件装夹表面的轴, 它是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标, 对于工件旋转的车床, 取横向离开旋转中心的方向为 X 轴的正方向。

(2) Z 轴坐标运动 规定与主轴线平行的坐标轴为 Z 坐标轴 (Z 轴), 并取刀具离开工件(夹头)的方向为 Z 轴的正方向。

三、数控车床的控制轴

数控车床在加工零件时, 常常要控制两个或两个以上坐标轴方向的运动。对“几”个坐标轴方向的运动进行数字控制时, 这台机床就称为“几”坐标数控机床。

本书介绍的数控车床属于两坐标数控机床, 能同时对两个坐标轴 (X 、 Z 轴) 进行连续轨迹控制, 加工时不仅要控制刀具运动的起点和终点, 还要控制整个加工过程中的走刀路线和速度, 其控制方式能够联动, 是可以加工有曲线轮廓零件的数控车床。