

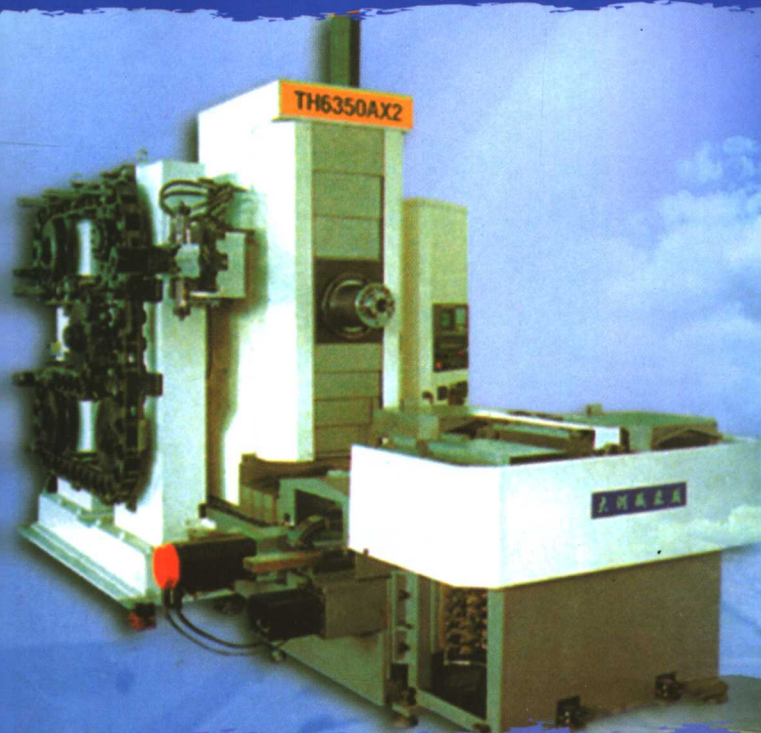


高职高专
数控技术应用类课程规划教材

数控机床

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主编 娄锐 主审 关玉明



大连理工大学出版社



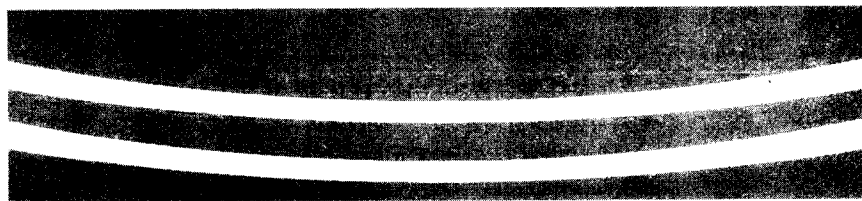
高职高专数控技术应用类课程规划教材

数控机床

新世纪高职高专教育教材编审委员会组编

主审 关玉明

主 编 娄 锐 副主编 梁宇栋



SHUKONG JICHUANG

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 / 姜锐主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2006. 8
高职高专数控技术应用类课程规划教材
ISBN 7-5611-3266-2

I. 数… II. 姜… III. 数控机床—高等学校: 技术学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077759 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 15.75 字数: 347 千字

印数: 1~4 000

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 赵晓艳

责任校对: 常义冬

封面设计: 波朗

定 价: 26.00 元

新世纪高职高专数控技术应用类教材建设 指导委员会

主任委员：

龙德毅 天津市教育委员会副主任

副主任委员：

叶 庆 天津市教委高职高专处处长

王 宇 天津市教委高职高专处副处长

委 员：

张英会 天津工程师范学院副院长

董 刚 天津职业大学副校长

吕景泉 天津中德职业技术学院副院长

戴裕崴 天津轻工职业技术学院副院长

吴佳礼 天津电子信息职业技术学院副院长

张维津 天津机电职业技术学院副院长

黄燕生 天津城建学院高职学院副院长

辜忠涛 天津石油职业技术学院副院长

李玉香 天津冶金职业技术学院副院长

杨冠声 天津现代职业技术学院副院长

王文选 天津渤海职业技术学院副院长

杜学森 天津滨海职业学院副院长

袁克强 天津工业大学高职学院院长

莫解华 广西工业职业技术学院副院长

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



新世纪

随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

《数控机床》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的数控技术应用类课程规划教材之一。

本教材针对高等职业技术教育的特点,将项目教学法融入教材,围绕着项目的任务展开教学,使教材的内容与形式均有所突破,便于教师在组织教学的过程中以项目带动教学,也有利于学生在完成项目任务的过程中学习本课程的知识,从而调动学生学习的积极性和主动性。

本教材在编写的过程中主要突出以下特点:

在各章的每一节开头均列出“本节提示”,其内容是对本节教学重点、难点的提示,目的是对学生的学习起引导作用,同时也便于学生在课后阅读、复习时参考。

本节教学内容每一章的最后,安排了训练项目作为实验教学环节,体现以培养学生能力为主线贯穿全书的编写原则。在内容的编排上,深入浅出、详略得当,既注重数控技术的先进性,又注重其实用性;文字论述通俗易懂,图文并茂。

本教材共分7章,分别是数控机床概述、数控机床的功能部件、数控机床液压与气动系统、数控车床、数控铣床、加工中心、数控机床的应用。

本教材可以作为高职高专数控技术应用、机电一体化技术、模具制造等专业的课程教材,也可以作为从事加工制造业的技术人员或操作者的参考书。

本教材由天津机电职业技术学院姜锐任主编,天津机电职业技术学院梁宇栋任副主编,具体编写分工如下:第1章、第2章和第4章由姜锐编写;第3章由任玉婷编写;第5章由王悦编写;第6章和第7章由梁宇栋编写。本教材



2 / 数控机床 □

由娄锐负责组稿和统稿。河北工业大学关玉明教授审阅了全稿,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本教材在编写过程中参阅了同行专家学者的教材、资料和文献,参阅了 DMG 公司、大和胜杰工业公司、福裕事业公司、哈斯自动数控机械公司、DANOBAT 公司、北京第一机床厂、济南第一机床厂、宝鸡机床厂、沈阳机床集团、大河数控机床公司、南京数控机床公司等制造商的产品样本,在此谨致谢意!

对于书中存在的不足和错误之处,诚望读者批评指正。

所有的意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411—84707492 84706104

编 者

2006 年 8 月



第 1 章 数控机床概论	1
1.1 项目的引出	1
1.2 数控机床的组成和特点	3
1.3 数控机床的分类	5
1.4 数控机床的主要性能指标.....	11
1.5 数控机床的发展趋势.....	15
复习思考题	17
第 2 章 数控机床的功能部件	18
2.1 项目的引出.....	18
2.2 主运动传动部件.....	19
2.3 进给运动传动部件.....	26
2.4 数控回转刀架和回转工作台.....	35
2.5 数控机床的支承部件.....	43
2.6 自动换刀系统.....	48
2.7 数控机床的辅助装置.....	54
2.8 项目训练:观察数控机床部分功能部件的组成与结构	57
复习思考题	64
第 3 章 数控机床液压与气动系统	65
3.1 项目的引出.....	65
3.2 液压元件概述.....	66
3.3 气压元件概述.....	83
3.4 液压气动基本回路.....	89
3.5 数控机床上典型液压与气压回路分析.....	99
3.6 项目训练:数控机床液压与气动元件及系统演示.....	107
复习思考题.....	109
第 4 章 数控车床	110
4.1 项目的引出	110
4.2 数控车床概述	115
4.3 数控车床的结构	121
4.4 车削中心	131
4.5 其他车削类数控机床介绍	135
4.6 项目训练:数控车床操作面板的使用及基本操作	138
复习思考题.....	141

第 5 章 数控镗铣床	142
5.1 项目的引出	142
5.2 数控镗铣床概述	148
5.3 数控镗铣床的结构	155
5.4 项目训练:数控镗铣床操作面板的使用及基本操作.....	159
复习思考题.....	173
第 6 章 加工中心	174
6.1 项目的引出	174
6.2 加工中心概述	179
6.3 立式加工中心	183
6.4 卧式加工中心	193
6.5 项目训练:加工中心操作面板的使用及基本操作.....	206
复习思考题.....	210
第 7 章 数控机床的应用	211
7.1 项目的引出	211
7.2 数控机床的选型	211
7.3 数控机床的安装与调试	214
7.4 数控机床的验收	226
7.5 数控机床的维护	230
7.6 项目训练:机床切削精度检验实训.....	234
复习思考题.....	239
参考文献	240

第 1 章

数控机床概论

随着微电子计算机技术的发展,数控系统的性能日臻完善,数控技术的应用领域日益扩大,世界先进制造技术趋向成熟,数控加工技术在我国已进入普及阶段。而数控加工使用的工具——数控机床在数量上遍及制造业的绝大多数企业,在品种上除了所有的通用机床都实现了数控化之外,还有数控成型类机床、数控特种加工类机床及快速成型机床等。

1.1 项目的引出

本节提示

数控机床是装备了数控系统的机床。

数控机床适于加工形状复杂、精度要求高或是在普通机床难以加工的各类零件。

当今数控机床已经广泛应用于宇航、汽车、船舶、机床、轻工、纺织、电子、通用机械、工程机械等几乎所有的制造行业。

经过数十年的努力,伴随着电子技术及计算机技术的发展,数控机床不断地更新换代,飞速向前发展。如今,数控机床已经广泛用于宇航、汽车、船舶、机床、轻工、纺织、电子、通用机械、工程机械等几乎所有的制造行业。

1.1.1 项目一:加工回转体零件

加工如图 1-1 所示的回转体零件辊轮,毛坯为 $\phi 130$ mm 圆棒料,零件上 R15 圆弧面的表面粗糙度要求为 $R_{\text{a}}1.6$, $\phi 35$ 孔为 6 级精度的基准孔,其表面粗糙度要求为 $R_{\text{a}}1.6$ 。采用普通卧式车床加工该零件,无法达到图样上加工尺寸和精度的要求。而采用数控车床加工,是很容易达到加工要求的。

本项目的任务是了解数控机床的组成、工作过程和特点。

1.1.2 项目二:加工模具类零件

模具加工一般是单件小批量生产,而且加工面多为形状复杂的曲面,如图 1-2 所示即为加工的模具,显然模具类的零件采用普通铣床很难完成加工,甚至无法加工。而选用数

2 / 数控机床 □

控铣床或加工中心,使模具加工难度大的问题迎刃而解。

本项目的任务是在已经了解数控机床的组成、工作过程和特点的基础上,进一步了解数控机床的分类和数控机床的主要性能指标。

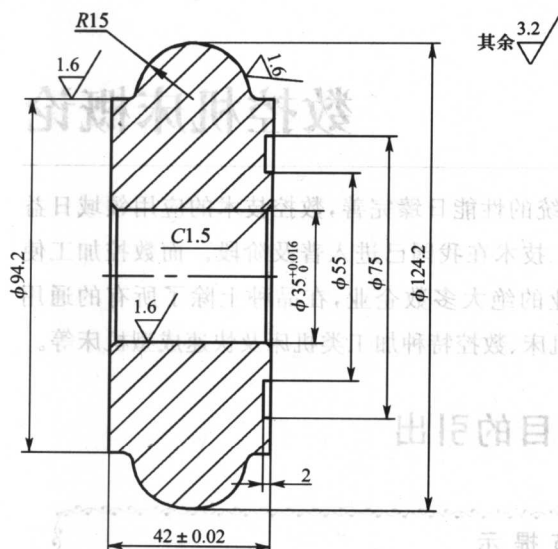


图 1-1 回转体零件辊轮

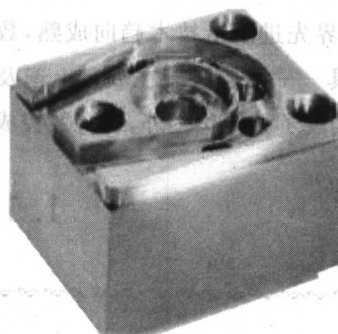


图 1-2 加工模具

1.1.3 项目三:加工箱体类零件

箱体类零件一般都具有孔系或型腔及多个平面,如变速器箱体、机床主轴箱箱体、汽车发动机缸体、齿轮泵壳体等。箱体类零件的加工特点是工序多、加工精度要求高,需要铣床、镗床、钻床等多种类型的普通机床和多种类型的刀具、夹具,从零件的毛坯到合格的工件要经多次安装、调整和加工。如图 1-3 所示为蜗轮减速器的箱体零件,需要加工上下、前后和左右六个面、垂直孔系、各面上的连接孔、两个倾斜面上的孔等,是典型的多面、多工序加工零件,采用具有回转工作台的卧式加工中心,经两次安装可以完成除两个倾斜面上孔之外的所有加工内容。加工效率高,容易达到工件图样上的加工精度要求,特别是单件小批量生产时,制造成本低。

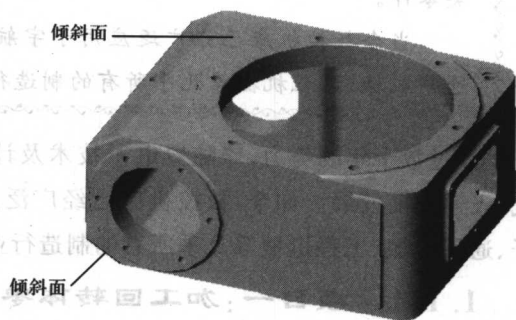


图 1-3 蜗轮减速器的箱体零件

本项目的任务是了解从世界上第一台三坐标立式数控铣床的诞生,到数控机床已成为当今机床工业的主流产品及数控机床的应用技术在国内已进入普及阶段,数控机床所经历的发展过程和未来的发展趋势。

1.2 数控机床的组成和特点

本节提示

数控机床主要由程序载体、人机交互装置、数控装置、伺服系统和机床本体五部分组成。

数控机床具有适应范围广、生产准备周期短、工序高度集中、生产效率和加工精度高、能完成复杂型面的加工及有利于生产管理的现代化等优点。

与普通机床相比,数控机床价格昂贵,养护与维修费用较高,要合理使用、妥善保管。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品,主要由程序载体、人机交互装置、数控装置、伺服系统和机床本体五部分组成,如图 1-4 所示。

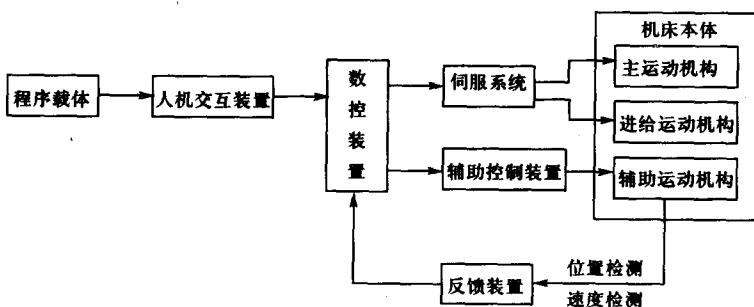


图 1-4 数控机床的组成框图

1. 程序载体

要对数控机床进行控制,就必须在人与数控机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物被称为程序载体,如穿孔带、磁带、磁盘等。

在数控机床上加工零件,首先要对零件图样上的几何形状、尺寸和技术条件进行工艺分析,在此基础上确定加工顺序和走刀路线;确定主运动和进给运动的工艺参数;确定加工过程中的各种辅助操作,之后用标准格式和代码编制出工件的加工程序,再将加工程序存储到程序载体上。

2. 人机交互装置

数控机床的操作人员要通过人机交互装置对数控系统进行操作和控制。键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备,现代数控机床,可以利用机床上的显示屏及键盘以手动方式输入加工程序,或是对输入的加工程序进行编辑、修改和调试;也可以通过计算机用通信方式将自动编程产生的加工程序传送到数控装置。数控系统通过显示器显示机床运行状态、机床参数以及坐标轴位置等,高档的显示器还具备显示加工轨迹图形的功能。

根据程序载体的不同形式,人机交互装置还可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器

4 / 数控机床 □

等。其中光电阅读机是一种传统的人机交互装置,在过去的加工程序的输入中,发挥了重要的作用。光电阅读机利用红外光敏元件识别穿孔带上每排孔的代码,并将孔所排列的二进制图案转换成电信号送入数控装置。随着计算机技术的发展,计算机中的软、硬磁盘驱动器作为通用存储装置已融入数控系统,与光电阅读机相比,后者存取速度快、存取方便,所以得到越来越多的应用。

3. 数控装置

数控装置是数控机床最重要的组成部分。主要由输入/输出接口线路、控制器、运算器和存储器等组成。数控装置的作用是将人机交互装置输入的信息,通过内部的逻辑电路或系统的控制软件进行译码、存储、运算和处理,将加工程序转换成控制机床运动的信号和指令,以控制机床的各部件完成加工程序中规定的动作。

4. 伺服系统

伺服系统是由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成的数控机床执行机构。其作用是接受数控装置发出的指令信息并经功率放大后,带动机床移动部件作精确定位或按规定的轨迹和速度运动。伺服系统作为数控机床的最后控制环节,其控制精度和动态响应特性,对机床的工作性能、加工精度和加工效率有直接的影响。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,从布局到结构都充分考虑适应数控加工的特点,它是用于完成各种切削加工的执行部件。与传统机床相比,数控机床具有传动结构简单、运动部件的运动精度高、结构刚性好、可靠性高、传动效率高等特点。

1. 2. 2 数控机床的特点

数控机床作为一种高自动化、高柔性、高精度、高效率的机械加工设备,具有以下优点:

1. 适应范围广

数控机床通过执行已经编制好的加工程序来控制机床执行机构,对零件进行自动加工。当加工对象的尺寸或局部形状变化时,只需对该零件加工程序进行修改;当改变加工对象时,只需重新编制一个数控加工程序。因此数控机床可以适应多种不同零件的加工。

2. 生产准备周期短

在数控机床上加工新的零件,大部分准备工作是针对零件的工艺分析和编制数控加工程序,而不是去准备钻模、镗模及其他专用工具、夹具等工艺装备,这样大大缩短了生产准备时间。因此应用数控机床,十分有利于企业产品的升级换代和新产品的研制。

3. 工序高度集中

为了体现高自动化、高柔性、高精度的特点,数控机床在结构和功能的设计上,充分考虑了工序的集中,既保证机床粗加工时有足够的刚度,又保证精加工时有可靠的精度。在数控机床上加工,特别是在带有自动换刀系统的数控机床上加工,往往是工件一次装夹后,完成尽可能多的加工内容。这样就可以减少机床、夹具的数量和因重复装夹定位造成的误差,同时还能够缩短工序转换、等待和装夹等辅助加工时间。

4. 生产效率和加工精度高

由于数控机床在结构设计上采用了有针对性的设计,因此加工时可以采用较大的切削用量。特别是一些重切数控机床,其切削用量可以是普通金属切削机床常用量的十几

倍。加上自动换刀等辅助动作的自动化,使得数控机床的生产效率比普通机床有大幅度的提高。同时,数控机床还具有相当高的加工精度和质量稳定性。这主要是由机电结合的设计特点所决定,首先是在结构上引入了滚珠丝杠螺母机构和各种消除间隙结构等,使机械传动的误差尽可能小;其次是采用了软件精度补偿技术,对机械传动误差进行补偿;第三是用程序控制加工,减少了人为因素对加工精度的影响。这些措施不仅保证了较高的加工精度,同时还保证了较高的质量稳定性。

5. 能完成复杂型面的加工

数控系统不仅可以控制机床多个轴的运动,而且能够驱动多个轴联动,使刀具在三维空间中能实现任意的轨迹运动,使得许多在普通机床上无法完成的复杂型面的加工成为可能。

6. 有利于生产管理的现代化

在数控机床上加工零件,能准确地计算加工工时和费用,由于工序高度集中,节省工装夹具、简化了中间检验工序、减少了半成品的管理环节,有利于实施现代化的生产管理模式。同时,数控机床使用了数字信息控制,为计算机辅助设计、制造及实现生产过程的计算机管理与控制奠定了良好的基础。

与普通机床相比,数控机床价格昂贵,养护与维修费用较高,如果使用和管理不善,容易造成浪费并直接影响经济效益。因此,要求设备操作人员和管理者有较高的素质,严格遵守操作规程和履行管理制度,以利于降低生产成本,提高企业的经济效益和市场竞争力。

1.3 数控机床的分类

本节提示

数控机床的分类有多种方法,最基本的分类方法是按工艺用途分类。

按工艺用途将数控机床分为:

1. 切削类:普通型数控机床,如数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床、数控齿轮加工机床等;加工中心。
2. 成型类:数控液压机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等。
3. 电加工类:数控电火花成型机、数控电火花线切割机、数控火焰切割机、数控激光加工机等。

数控机床是在通用机床的基础上发展起来的,它们和传统的通用机床工艺用途相似。因此,按工艺用途对数控机床进行分类,是最基本的分类方法。还可以按数控系统控制运动的方式或按伺服驱动的控制方式对数控机床进行分类。

1.3.1 按工艺用途分类

1. 切削类

(1) 普通型数控机床

最常用的普通型数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床和数

控齿轮加工机床等金属切削类机床。

①典型的数控车床,如图 1-5 所示。从布局上看,刀架的结构与普通车床相比变化较大,工件装夹在主轴前端,随主轴旋转;刀具安装在回转刀架上,刀架作纵向和横向两个坐标轴的移动。在数控车床上除了能够完成普通车床上的工艺内容外,还能完成各种复杂的内外回转表面的加工。例如,加工如图 1-6 所示的手把零件。

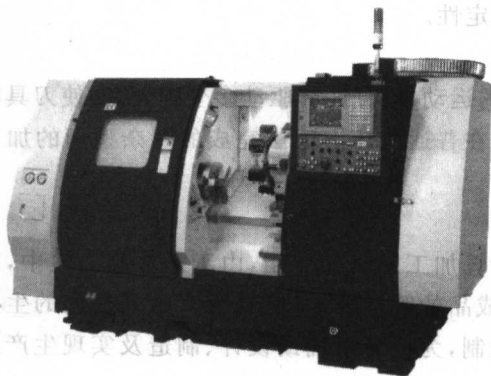


图 1-5 数控车床

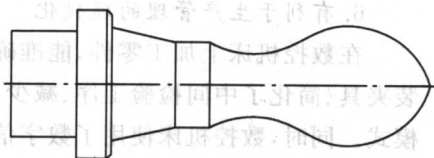


图 1-6 手把零件

②典型的数控铣床,如图 1-7 所示。其布局和结构与普通立式铣床相同,主轴带动刀具旋转,升降工作台可以作纵向、横向和垂直方向三个坐标轴的移动。普通铣床所能完成的工艺内容,数控铣床都能完成。除此之外,由于数控系统通过伺服进给机构可以同时控制两个或三个坐标轴的运动,数控铣床还可以加工如图 1-8 所示的具有曲线轮廓的平面凸轮零件和如图 1-9 所示的复杂三维曲面凸模。数控铣床主轴前端的结构与普通铣床不同,可以分别安装铣刀、钻头和镗刀,因此还具有数控钻床和数控镗床的加工功能,图 1-10 所示为利用数控铣床加工的连接板零件。

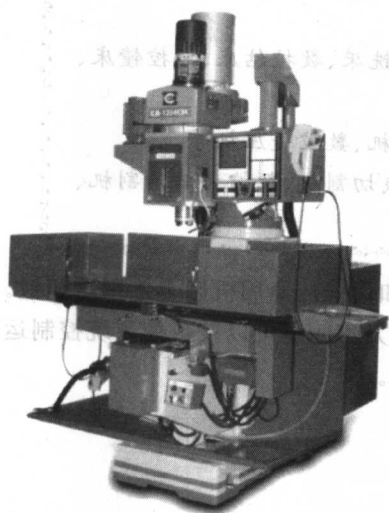


图 1-7 数控铣床

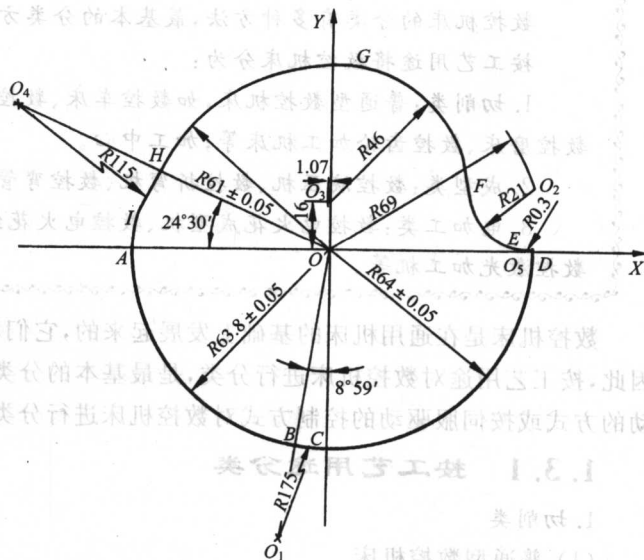


图 1-8 平面凸轮零件

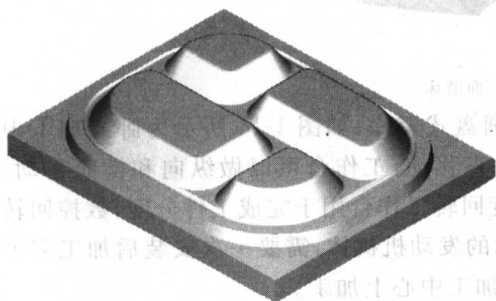


图 1-9 三维曲面凸模

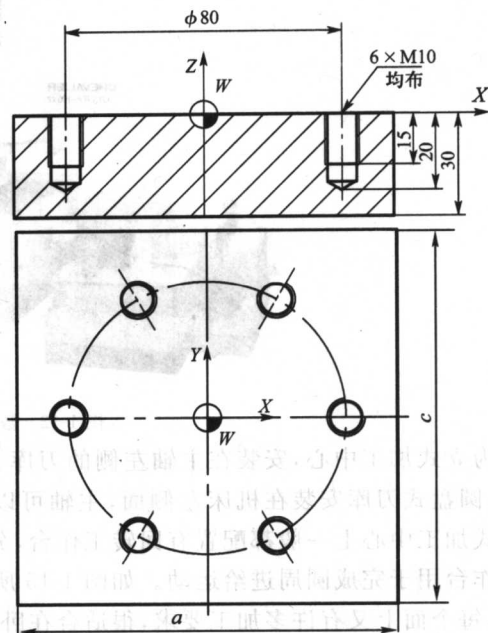


图 1-10 连接板零件

③如图 1-11 所示为带有转塔主轴头的数控钻床,转塔上安装有多个主轴头,主轴头上预先安装有各工序所需要的旋转刀具,加工过程中各主轴头依次地转到加工位置,并带动刀具旋转,此时处于非加工位置的主轴头均与主运动脱开。数控钻床主要完成钻孔、扩孔、铰孔、铰孔和攻螺纹等工艺内容,还可以完成简单的铣削功能。

④如图 1-12 所示为数控平面磨床的外观图,主要用于高硬度、高精度零件的平面加工。随着砂轮半径补偿技术、砂轮自动修整技术和磨削固定循环技术的发展,数控磨床的加工功能会越来越强。

(2) 加工中心

普通数控机床一般只能完成一到两种工艺的加工,适用于单件、小批量和多品种的零件加工。在普通数控机床上加装刀库和自动换刀装置,构成一种带自动换刀系统的数控机床,称为加工中心。以镗铣加工中心为例,它将数控铣床、数控钻床和数控刨床的功能组合在一起,工件在一次装夹后,可以对零件的大部分加工表面进行铣削、镗削、钻孔、扩孔、铰孔和攻螺纹等多种加工。如图 1-13 所

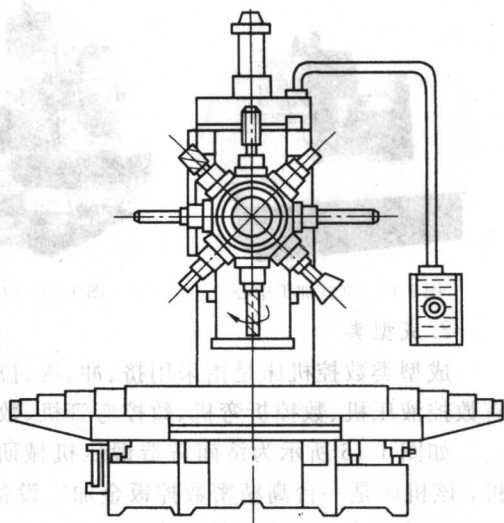


图 1-11 数控钻床