

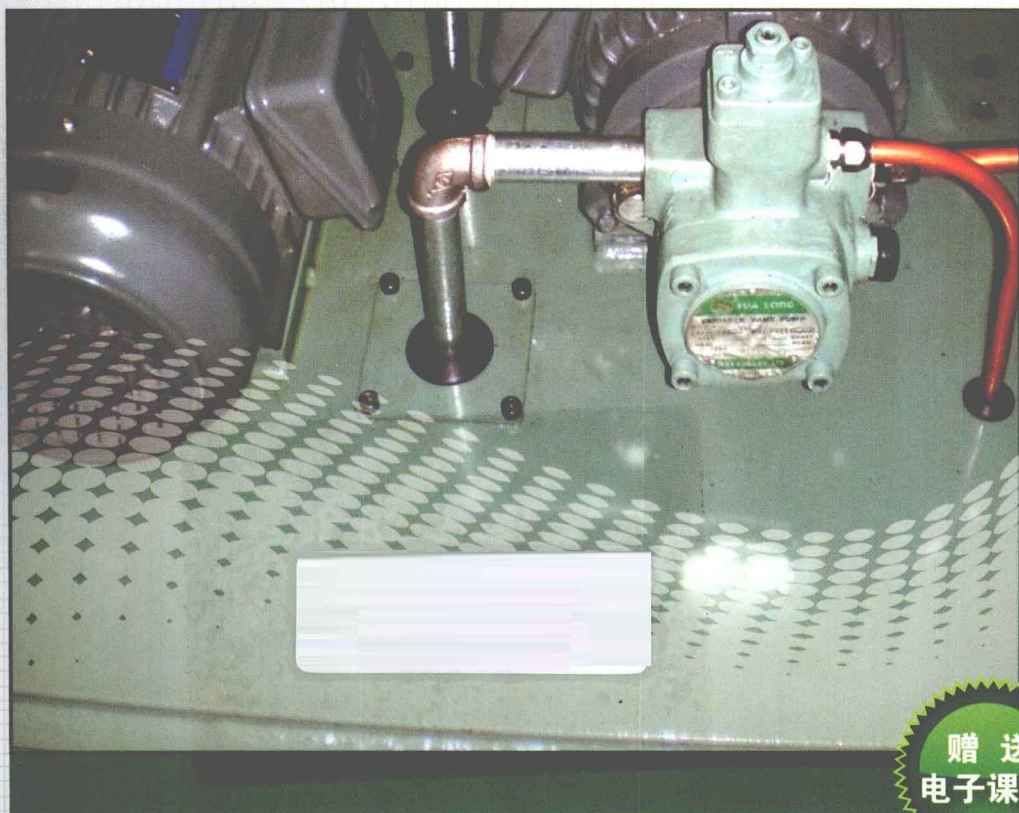


高职高专数控技术应用专业规划教材

数控加工技术

SHUKONG JIAGONG JISHU

廖玉松 李双科 主编
王晓明 疏剑 副主编
曹选平 韩江 主审



赠送
电子课件

清华大学出版社

高职高专数控技术应用专业规划教材

数控加工技术

廖玉松 李双科 主 编
王晓明 疏 剑 黄立宏 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以“基于工作过程系统化的课程体系”理论为指导,将数控车床操作工、数控铣床操作工、加工中心操作工、数控车床编程员、数控铣床编程员、加工中心编程员等岗位的典型工作任务整合为 10 章(每章对应一至两个学习情境),包括典型传动轴类零件编程与加工、成形面零件的编程与加工、带螺纹的轴类零件和轴套类零件的编程与加工、直方槽的编程与加工、圆弧槽的编程与加工、内外轮廓件与孔系类零件的编程与加工、复杂平面轮廓零件的编程与加工、椭圆类零件的编程与加工、滑座类零件的编程与加工、烟灰缸的编程与加工。每个学习情境都包含一个或多个真实的工作任务,每个学习情境包含任务单、资讯单、信息单、计划单、决策单、材料和工量具清单、实施单、作业单、检查单、评价单、教学反馈单等教学材料。

本书可以作为高职高专院校机械设计与制造专业、数控技术、机电一体化专业、模具设计与制造专业等教材,也可供从事数控加工、编程人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术/廖玉松,李双科主编.--北京:清华大学出版社,2013

高职高专数控技术应用专业规划教材

ISBN 978-7-302-33315-9

I. ①数… II. ①廖… ②李… III. ①数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 173616 号

责任编辑:汤涌涛 桑任松

封面设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22.25 字 数:538 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版 印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

产品编号:052222-01

前 言

“数控加工技术”是理论实训一体化课程，采用理论实训一体化教学方式。该课程培养的主要目标是使学生对数控机床的工作原理、数控加工程序的编制、数控机床的操作有一个全面的了解，能够对零件进行数控加工工艺分析及编制正确、合理的数控加工程序，并通过操作机床完成零件的加工，培养学生解决生产实际问题及进行深入学习的能力。

本书以“基于工作过程系统化的课程体系”理论为指导，由滁州职业技术学院教师与博氏西门子公司、滁州经纬模具制造有限公司、滁州宏达模具制造有限公司等相关技术人员组成课程开发团队，共同进行基于工作过程系统化的课程开发与设计的。课程开发团队将数控车床操作工、数控铣床操作工、加工中心操作工、数控工艺员、数控车床编程员、数控铣床编程员、加工中心编程员等岗位的典型工作任务整合为 10 章，每章对应一至两学习情境，每个学习情境都包含一个或多个真实的工作任务，本书在此基础上编写而成。

“数控加工技术”课程打破学科限制，以零件加工任务为载体，学生按企业班组管理方式，分组接受任务后，学生从分析产品图样入手，确定合理的工艺方案，制定正确的走刀路线，选择适合的刀具，确定切削用量，编写数控程序，进行仿真加工验证程序和工艺，进行数控加工，生产出合格零件。

本书由 10 章构成，即典型传动轴类零件编程与加工、成形面零件的编程与加工、带螺纹的轴类零件和轴套类零件的编程与加工、直方槽的编程与加工、圆弧槽的编程与加工、内外轮廓件与孔系类零件的编程与加工、复杂平面轮廓零件的编程与加工、椭圆类零件的编程与加工、滑座类零件编程与加工、烟灰缸的编程与加工。每个学习情境包含任务单、资讯单、信息单、计划单、决策单、材料和工量具清单、实施单、作业单、检查单、评价单、教学反馈单。教学中教师按资讯、计划、决策、实施、检查、评价这 6 步组织教学，使学生在理论实训一体化教学方式下掌握知识，提高技能，提升素质。

本书由廖玉松、李双科任主编，曹选平、韩江主审，王晓明、疏剑、黄立宏担任副主编。本书在出版过程中得到了滁州职业技术学院、成都纺织高等专科学校、合肥工业大学、兰州工业高等专科学校、贵州工业职业技术学院等院校领导和教师的无私帮助及大力支持，谨在此表示感谢！

由于水平所限，书中难免有错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 典型传动轴类零件编程与加工1	
任务 1.1 认识数控机床.....4	
1.1.1 数控机床的产生与发展.....4	
1.1.2 数控机床的概念及组成.....6	
1.1.3 数控机床的种类与应用.....7	
1.1.4 数控机床加工的特点及应用.....11	
任务 1.2 认识数控机床的坐标系.....12	
1.2.1 机床坐标系的确定.....12	
1.2.2 坐标轴方向的确定.....13	
1.2.3 机床原点的设置.....13	
1.2.4 机床参考点.....14	
1.2.5 编程坐标系.....14	
1.2.6 工件坐标系.....15	
1.2.7 对刀.....15	
任务 1.3 掌握典型传动轴加工车削工艺.....16	
1.3.1 零件数控车削加工方案的拟定.....16	
1.3.2 车刀的类型及选用.....18	
1.3.3 选择切削用量.....22	
1.3.4 确定装夹方法.....25	
1.3.5 典型传动轴的工艺分析.....26	
任务 1.4 认识数控车床程序的结构.....27	
1.4.1 加工程序的一般格式.....27	
1.4.2 程序段格式.....28	
1.4.3 字的类型.....28	
任务 1.5 掌握典型传动轴数控车削加工程序编制.....29	
1.5.1 数控车床编程特点.....29	
1.5.2 主轴转速功能设定指令(G50、G96、G97).....30	
1.5.3 进给功能设定指令(G98、G99)..... 31	
1.5.4 T 功能..... 31	
1.5.5 M 功能 31	
1.5.6 快速点位运动指令(G00) 32	
1.5.7 直线插补(G01) 32	
1.5.8 暂停指令(G04) 33	
任务 1.6 掌握典型传动轴数控车削加工操作 35	
1.6.1 数控车床仿真软件的进入和退出 35	
1.6.2 数控车床仿真软件的工作窗口 36	
1.6.3 数控车床仿真软件的基本操作 40	
1.6.4 数控车床的仿真软件操作实例 46	
第 2 章 成形面零件的编程与加工 57	
任务 2.1 简单成形面类零件的加工 60	
2.1.1 圆弧插补指令(G02、G03)..... 61	
2.1.2 刀具半径补偿指令(G41、G42、G40)..... 62	
2.1.3 单一固定循环指令 64	
任务 2.2 复杂成形面类零件的加工 67	
第 3 章 带螺纹的轴类零件和轴套类零件的编程与加工 77	
任务 3.1 带螺纹的轴类零件的加工 80	
3.1.1 车螺纹指令(G32) 80	
3.1.2 螺纹切削单一循环指令(G92) 82	
3.1.3 车螺纹复合循环指令(G76) 83	



任务 3.2 轴套类零件的加工.....91	4.3.7 数控铣削加工对刀具系统的
3.2.1 轴套类零件的特点.....94	要求..... 127
3.2.2 车床上加工孔的方法.....94	4.3.8 选择切削用量..... 132
3.2.3 车内孔时的质量分析.....95	4.3.9 确定装夹方法..... 136
3.2.4 一般轴套类零件的技术要求.....96	4.3.10 典型直方槽的工艺分析..... 137
3.2.5 加工工艺方法.....96	任务 4.4 认识数控铣床程序的结构..... 138
第 4 章 直方槽的编程与加工.....104	4.4.1 加工程序的一般格式..... 138
任务 4.1 认识数控铣床.....107	4.4.2 程序段格式..... 138
4.1.1 数控铣床的功能及加工	4.4.3 字的类型..... 139
对象.....107	任务 4.5 直方槽的编程..... 140
4.1.2 数控铣床的分类.....108	4.5.1 主轴转速功能设定指令(G96、
4.1.3 数控铣床的组成.....110	G97)..... 140
4.1.4 主轴传动系统的要求.....112	4.5.2 F 进给功能设定指令(G98、
4.1.5 主传动的变速方式.....113	G99)..... 140
4.1.6 数控铣床对进给系统机械传	4.5.3 T 功能..... 141
动装置的基本要求.....114	4.5.4 M 功能..... 141
4.1.7 进给系统机械传动装置的	4.5.5 快速点位运动指令(G00)..... 141
典型结构.....115	4.5.6 直线插补指令(G01)..... 142
4.1.8 数控铣床对进给系统伺服	4.5.7 绝对坐标和相对坐标指令
驱动元件的基本要求.....116	(G90、G91)..... 142
任务 4.2 认识数控机床的坐标系.....117	4.5.8 暂停指令(G04)..... 143
4.2.1 机床坐标系的确定.....117	4.5.9 直方槽类零件编程示例..... 143
4.2.2 坐标轴方向的确定.....117	任务 4.6 掌握直方槽数控铣削加工
4.2.3 机床原点的设置.....118	操作..... 144
4.2.4 编程坐标系.....118	4.6.1 数控铣床(加工中心)仿真软件
4.2.5 工件坐标系.....119	系统的进入和退出..... 144
4.2.6 对刀.....120	4.6.2 数控铣床仿真软件的工作
任务 4.3 掌握典型直方槽加工铣削	窗口..... 144
工艺.....120	4.6.3 数控铣床仿真软件基本
4.3.1 零件数控铣削加工方案的	操作..... 149
拟定.....121	4.6.4 数控铣床的仿真软件操作
4.3.2 铣刀的类型及选用.....122	实例..... 153
4.3.3 数控铣削刀具的基本要求.....124	第 5 章 圆弧槽的编程与加工..... 166
4.3.4 选择数控铣削刀具的原则.....125	任务 5.1 掌握常用数控铣削指令..... 169
4.3.5 选择数控铣削刀具时应考虑	5.1.1 加工平面选择指令(G17、
的主要因素.....125	G18、G19)..... 169
4.3.6 铣削刀具的选择.....125	5.1.2 坐标系设定指令..... 169

5.1.3 局部坐标系(G52).....	170	7.1.1 认识极坐标.....	229
5.1.4 各种对刀工具的使用.....	171	7.1.2 极坐标编程.....	230
任务 5.2 圆弧编程指令(G02、G03)及 相关辅助功能指令.....	173	任务 7.2 比例缩放指令编程.....	233
5.2.1 圆弧插补功能指令 (G02、G03).....	173	7.2.1 比例缩放加工功能指令.....	233
5.2.2 自动返回机床机械原点 指令(G28).....	175	7.2.2 使用比例缩放时第三轴的 缩放.....	235
5.2.3 辅助功能指令(M).....	176	7.2.3 使用比例缩放功能时的注意 事项.....	235
5.2.4 示例.....	179	7.2.4 缩放指令编程实例.....	236
任务 5.3 掌握标准 SIEMENS 数控系统 的使用.....	180	任务 7.3 镜像指令编程.....	240
5.3.1 启动 SinuTrain SINUMERIK 软件.....	180	7.3.1 镜像加工指令.....	240
5.3.2 创建机床.....	181	7.3.2 镜像加工实例一.....	241
5.3.3 启动机床.....	182	7.3.3 镜像加工实例二.....	244
5.3.4 面板说明.....	183	任务 7.4 旋转指令编程.....	244
5.3.5 主要操作步骤说明.....	185	7.4.1 旋转加工功能指令(G68、 G69).....	244
第 6 章 内、外轮廓件与孔系类零件 的编程与加工.....	194	7.4.2 编程实例一.....	245
任务 6.1 内、外轮廓件的加工.....	197	7.4.3 编程实例二.....	247
6.1.1 刀具半径补偿功能的目.....	197	任务 7.5 典型凸台数控铣削加工的 编程.....	247
6.1.2 刀具半径补偿指令(G41、G42、 G40).....	197	7.5.1 工件的工程图.....	247
6.1.3 刀具半径补偿功能的作用.....	199	7.5.2 数控加工工艺分析.....	247
6.1.4 子程序的调用.....	200	第 8 章 椭圆类零件的编程与加工.....	259
任务 6.2 钻孔循环指令.....	211	任务 8.1 了解 A 类宏程序与 B 类宏程序 的区别.....	262
6.2.1 孔加工循环的动作.....	211	8.1.1 数控宏程序的概念.....	262
6.2.2 孔加工循环控制指令.....	212	8.1.2 数控宏程序的优点.....	262
任务 6.3 SIEMENS 钻孔循环指令.....	218	8.1.3 数控宏程序的分类.....	262
6.3.1 主要参数.....	218	8.1.4 数控宏程序的使用方法.....	262
6.3.2 钻削循环.....	218	任务 8.2 FANUC Oi 系统的用户宏 程序.....	268
6.3.3 镗削循环.....	219	8.2.1 FANUC Oi 系统的用户宏 程序.....	268
6.3.4 线性孔排列钻削.....	219	8.2.2 关于变量.....	268
第 7 章 复杂平面轮廓零件的编程与 加工.....	226	8.2.3 系统变量.....	269
任务 7.1 极坐标编程.....	229	8.2.4 算术、逻辑运算与赋值.....	270
		8.2.5 转移和循环.....	274



任务 8.3 圆柱、圆孔顶部倒 R 面加工	278
8.3.1 圆柱顶部倒 R 面	278
8.3.2 圆孔倒 R 面加工	281
任务 8.4 椭圆加工	283
8.4.1 椭圆轨迹加工	283
8.4.2 椭圆内轮廓加工	285
8.4.3 椭圆外轮廓加工	289

第 9 章 滑座类零件的编程与加工 298

任务 9.1 加工中心的认识	301
9.1.1 加工中心概述	301
9.1.2 加工中心的主要加工对象及 加工方法	301
9.1.3 加工中心的分类	303
9.1.4 加工中心的刀库系统	304
任务 9.2 加工中心的换刀指令及长度 补偿指令	305
9.2.1 自动返回参考点指令(G28)	305
9.2.2 换刀功能及应用	306
9.2.3 刀具长度补偿	307
任务 9.3 加工中心的工艺安排及实例 分析	309
9.3.1 加工中心的基准设置及 工装	309

9.3.2 加工中心加工的对刀与 换刀	311
9.3.3 制定加工中心加工工艺	311
9.3.4 典型零件的工艺分析及编程 实例	315

第 10 章 烟灰缸的编程与加工 325

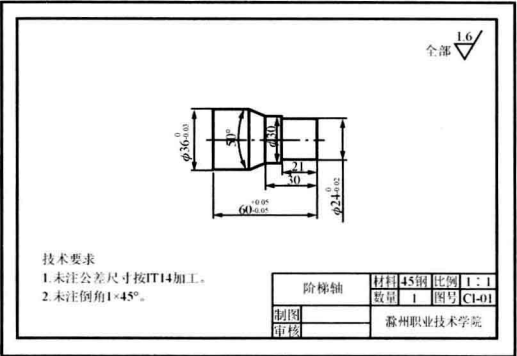
任务 10.1 UG 加工编程流程	328
10.1.1 UG/Manufacturing	328
10.1.2 UG 加工编程的一般 步骤	328
10.1.3 CAM 模块初始化	328
任务 10.2 烟灰缸的粗、精加工	329
10.2.1 烟灰缸主体粗加工	329
10.2.2 烟灰缸的半精加工	334
10.2.3 烟灰缸精加工	338
任务 10.3 加工仿真及后处理	338
10.3.1 刀具路径检验、编辑及 模拟	338
10.3.2 刀位轨迹文件后置处理技术 及 NC 文件的生成与传输	339

参考文献 346

第 1 章 典型传动轴类零件编程与加工

本章的任务单、资讯单及信息单如表 1-1 至表 1-3 所示。

表 1-1 任务单

学习领域	数控车编程与零件加工											
学习情境 1	典型传动轴类零件编程与加工	学时	24									
布置任务												
学习目标	<p>(1) 认识数控机床，掌握数控机床的组成、分类及加工特点；</p> <p>(2) 正确理解机床坐标系、机床原点、工件坐标系、工件原点，正确设置工件坐标系，掌握数控车床对刀过程；</p> <p>(3) 掌握车床程序的组成；</p> <p>(4) 掌握数控车床编程特点；</p> <p>(5) 学会利用准备功能指令 G00、G01、G96、G97、G98、G99 和辅助功能指令 M03、M05、M30 进行典型传动轴类零件加工程序的编制；</p> <p>(6) 正确理解典型传动轴类零件加工走刀路线；</p> <p>(7) 掌握数控车床加工典型传动轴的操作步骤；</p> <p>(8) 了解常用轴类零件材料 45 钢的切削加工性能；</p> <p>(9) 能够根据零件的类型、材料及技术要求正确选择刀具；</p> <p>(10) 学会利用游标卡尺、外径千分尺正确检测直线外形轴类零件外径尺寸、轴向尺寸；</p> <p>(11) 学会简单维护数控车床；</p> <p>(12) 在“典型传动轴类零件加工”实操过程中初步形成良好的工作习惯，树立安全生产的意识</p>											
任务描述	<p>1. 工作任务</p> <p>完成如图 1-1 所示阶梯轴零件的加工。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>技术要求</p> <p>1. 未注公差尺寸按 IT14 加工。</p> <p>2. 未注倒角 1×45°。</p> <table border="1" data-bbox="817 1580 1045 1647" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>阶 梯 轴</td> <td>材 料 45 钢</td> <td>比 例 1 : 1</td> </tr> <tr> <td>制 图</td> <td>数 量 1</td> <td>图 号 CI-01</td> </tr> <tr> <td>审 核</td> <td colspan="2">蕲州职业技术学院</td> </tr> </table>			阶 梯 轴	材 料 45 钢	比 例 1 : 1	制 图	数 量 1	图 号 CI-01	审 核	蕲州职业技术学院	
阶 梯 轴	材 料 45 钢	比 例 1 : 1										
制 图	数 量 1	图 号 CI-01										
审 核	蕲州职业技术学院											
图 1-1 阶梯轴												



任务描述	2. 完成主要工作任务 (1) 编制车削加工如图 1-1 所示阶梯轴的加工工艺; (2) 进行如图 1-1 所示阶梯轴加工程序的编制; (3) 完成阶梯轴车削加工					
学时安排	资讯 8 学时	计划 3 学时	决策 1 学时	实施 8 学时	检查 2 学时	评价 2 学时
提供资料	(1) 教材: 余英良. 数控加工编程及操作. 北京: 高等教育出版社, 2005 (2) 教材: 顾京. 数控加工编程及操作. 北京: 高等教育出版社, 2003 (3) 教材: 宋放之. 数控工艺员培训教程. 北京: 清华大学出版社, 2003 (4) 教材: 田萍. 数控加工工艺. 北京: 高等教育出版社, 2003 (5) 教材: 唐应谦. 数控加工工艺学. 北京: 劳动保障出版社, 2000 (6) 教材: 张信群. 公差配合与互换性技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006 (7) 教材: 许德珠. 机械工程材料. 北京: 高等教育出版社, 2001 (8) 教材: 吴桓文. 机械加工工艺基础. 北京: 高等教育出版社, 2005 (9) 教材: 卢斌. 数控机床及其使用维修. 北京: 机械工业出版社, 2001 (10) GSK 980TDb 车床 CNC 使用手册, 2010 (11) FANUC 数控系统车床编程手册, 2005 (12) SINUMERIK 802D 操作编程——车床, 2005 (13) CK6140 型数控车床使用说明书, 2010 (14) 中国模具网 http://www.mould.net.cn/ (15) 国际模具网 http://www.2mould.com/ (16) 数控在线 http://www.cncol.com.cn/Index.html (17) 中国金属加工网 http://www.mw35.com/ (18) 中国机床网 http://www.jichuang.net/					
对学生的要求	1. 知识技能要求 (1) 认识数控机床, 掌握数控机床的组成、分类及加工特点; (2) 正确理解机床坐标系、工件坐标系, 正确设置工件坐标系, 熟练掌握数控车床对刀过程; (3) 掌握数控车床编程特点; (4) 学会利用准备功能指令 G00、G01 和辅助功能指令 M03、M05、M30 进行典型传动轴类零件加工程序的编制; (5) 项目实施加工阶段, 能够操作数控车床加工典型传动轴; (6) 能够根据零件的类型、材料及技术要求正确选择刀具; (7) 项目实施过程中, 能够正确使用工、量具, 用后做好维护和保养工作; (8) 每天使用机床前对机床导轨注油一次, 加工结束后应清理机床, 做好机床使用基本维护和保养工作; (9) 每天实操结束后, 及时打扫实习场地卫生; (10) 本项目结束时每组需上交 6 件合格的零件; (11) 按时、按要求上交作业					

续表

对学生的要求	<p>2. 生产安全要求</p> <p>严格遵守安全操作规程, 绝不允许违规操作。应特别注意, 加工零件、刀具要夹紧可靠, 夹紧工件后要立即取下夹盘扳手。</p> <p>3. 职业行为要求</p> <p>(1) 文具准备齐全;</p> <p>(2) 工、量具摆放整齐;</p> <p>(3) 着装整齐;</p> <p>(4) 遵守课堂纪律;</p> <p>(5) 具有团队合作精神</p>
--------	--

表 1-2 资讯单

学习领域	数控车编程与零件加工		
学习情境 1	典型传动轴类零件编程与加工	学时	24
资讯方式	学生自主学习、教师引导		
资讯问题	<p>(1) 认识什么是数控机床, 数控机床和普通机床的区别是什么?</p> <p>(2) 数控机床的组成, 如何分类及加工特点是什么?</p> <p>(3) 什么是机床坐标系、机床原点、工件坐标系、工件原点, 如何正确设置工件坐标系?</p> <p>(4) 如何正确对刀?</p> <p>(5) 数控车床程序由哪几个部分组成?</p> <p>(6) 数控车床编程有何特点?</p> <p>(7) 准备功能指令 G00、G01、G96、G97、G98、G99 的作用及编程格式是什么?</p> <p>(8) 辅助功能 M 指令及 T、F、S 指令在程序中起什么作用?</p> <p>(9) 怎样正确安排典型传动轴类零件加工走刀路线?</p> <p>(10) 常用轴类零件材料 45 钢切削加工性能如何?</p> <p>(11) 根据零件的类型、材料及技术要求如何正确选择刀具?</p> <p>(12) 对于数控车床粗、精加工, 如何正确选择合理的切削用量?</p> <p>(13) 如何正确选择游标卡尺、外径千分尺并正确使用?</p> <p>(14) 怎样进行数控车床简单维护, 维护数控车床要点有哪些?</p> <p>(15) 操作数控机床要树立哪些安全生产意识?</p> <p>(16) 6S 是什么, 在生产中如何养成 6S 习惯?</p>		
资讯引导	<p>(1) 数控机床、数控机床的组成、分类及加工特点参阅教材《数控加工编程及操作》(余英良主编. 北京: 高等教育出版社, 2005)。</p> <p>(2) 机床坐标系、机床原点、工件坐标系、工件原点, 正确设置工件坐标系参阅教材《数控加工编程及操作》(余英良主编. 北京: 高等教育出版社, 2005)。</p> <p>(3) 数控车床对刀过程参阅《GSK 980TDb 车床 CNC 使用手册》。</p> <p>(4) 车床程序的组成, 数控车床编程特点参阅教材《数控加工编程及操作》(余英良主编. 北京: 高等教育出版社, 2005)。</p> <p>(5) 准备功能指令 G00、G01 的作用及编程格式, 辅助功能 M 指令及 T、F、S 指令的作用参阅教材《数控加工编程及操作》(余英良主编. 北京: 高等教育出版社, 2005)。</p> <p>(6) 数控车削工艺参阅教材《数控加工编程及操作》(余英良主编. 北京: 高等教育出版社, 2005)。</p>		



续表

资讯引导	<p>(7) 零件材料 45 钢的切削加工性能参阅教材《机械工程材料》(许德珠主编, 北京: 高等教育出版社, 2001)。</p> <p>(8) 游标卡尺、外径千分尺正确使用方法, 对检测直线外形轴类零件外径尺寸、轴向尺寸正确检测参阅教材《公差配合与互换性技术》(张信群主编, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006)。</p> <p>(9) 数控车床的使用与维护参阅教材《数控机床及其使用维修》(卢斌主编, 北京: 机械工业出版社, 2001)</p>
-------------	--

表 1-3 信息单

学习领域	数控车编程与零件加工		
学习情境 1	典型传动轴加工	学时	24
信息内容			

任务 1.1 认识数控机床

1.1.1 数控机床的产生与发展

1. 数控机床的产生

1952 年, 美国帕森斯公司和麻省理工学院研制成功了世界上第一台三轴联动数控铣床。半个世纪以来, 数控技术得到了迅猛发展, 加工精度和生产效率不断提高。数控机床的发展至今已经历了两个阶段和 6 个时代。

1) 数控阶段(1952 年—1970 年)

早期的计算机运算速度低, 不能适应机床实时控制的要求, 人们只好用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统, 这就是硬件连接数控, 简称数控(Numerical Control, NC)。随着电子元器件的发展, 这个阶段经历了 3 代, 即 1952 年起的第一代——电子管数控机床、1959 年起的第二代——晶体管数控机床、1965 年起的第三代——集成电路数控机床。

2) 计算机数控阶段(1970 年至今)

1970 年, 通用小型计算机已出现并投入成批生产, 人们将它移植过来作为数控系统的核心部件, 从此进入计算机数控阶段。这个阶段也经历了 3 代, 即 1970 年起的第四代——小型计算机数控机床、1974 年的第五代——微型计算机数控系统、1990 年起的第六代——基于 PC 的数控机床。

2. 数控机床的发展趋势

当前世界上数控机床的发展呈现以下趋势。

1) 高速度、高精度化

速度和精度是数控机床的两个重要技术指标, 它直接关系到加工效率和产品质量。对

于数控机床, 高速度化首先是要求计算机数控系统在读入加工指令数据后, 能高速处理并计算出伺服电机的位移量, 并要求伺服电机能高速地做出反应。此外, 要实现生产系统的高速度化, 还必须谋求主轴转速、进给率、刀具交换、托盘交换等各种关键部件也要实现高速度化。

2) 多功能化

一机多能的数控机床, 可以最大限度地提高设备的利用率。如数控加工中心(Machining Center, MC)配有机械手和刀具库, 工件一经装夹, 数控系统就能控制机床自动地更换刀具, 连续对工件的各个加工面自动地完成铣削、镗削、铰孔、扩孔及攻螺纹等多工序加工, 从而避免多次装夹所造成的定位误差。

3) 智能化

数控机床应用高技术的重要目标是智能化。智能化技术主要体现在以下几个方面:

(1) 引进自适应控制技术。自适应控制技术(Adaptive Control, AC)的目的是要求在随机的加工过程中, 通过自动调节加工过程中所测得的工作状态、特性, 按照给定的评价指标自动校正自身的工作参数, 以达到或接近最佳工作状态。

(2) 附加人机会话自动编程功能。建立切削用量专家系统和示教系统, 从而达到提高编程效率和降低对编程人员技术水平的要求。

(3) 具有设备故障自诊断功能。数控系统出了故障, 控制系统能够进行自诊断, 并自动采取排除故障的措施, 以适应长时间无人操作环境的要求。

4) 小型化

蓬勃发展的机电一体化设备, 对数控系统提出了小型化的要求, 体积小化便于将机、电装置合为一体。日本新开发的 FS16 和 FS18 都采用了三维安装方法, 使电子元器件得以高密度地安装, 大大缩小了系统的占有空间。此外, 它们还采用了新型 TFT 彩色液晶薄型显示器, 使数控系统进一步小型化, 这样可更方便地将它们装到机械设备上。

5) 高可靠性

数控系统比较贵重, 用户期望发挥投资效益, 因此要求设备具有高可靠性。特别是对在长时间无人操作环境下运行的数控系统, 可靠性成为人们最为关注的问题。提高可靠性, 通常可采取以下一些措施。

(1) 提高线路集成度。采用大规模或超大规模的集成电路、专用芯片及混合式集成电路, 以减少元器件的数量, 精简外部连线 and 减低功耗。

(2) 建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系。例如, 采取防电源干扰, 输入/输出光电隔离; 使数控系统模块化、通用化及标准化, 以便于组织批量生产及维修; 在安装制造时注意严格筛选元器件; 对系统可靠性进行全面的检查考核等。通过这些手段, 保证产品质量。

(3) 增强故障自诊断功能和保护功能。由于元器件失效、编程及人为操作错误等原因, 数控机床完全可能出现故障。数控机床一般具有故障自诊断功能, 能够对硬件和软件进行故障诊断, 自动显示出故障的部位及类型, 以便快速排除故障。新型数控机床还具有故障预报、自恢复功能、监控与保护功能。例如, 有的系统设有刀具破损检测、行程范围保护和断电保护等功能, 以避免损坏机床及报废工件。



1.1.2 数控机床的概念及组成

1. 数控机床的基本概念

1) 数控

是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的方法。

2) 数控机床(Numerically Controlled Machine tool)

数控机床是指装备了计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)系统的机床, 简称 CNC 机床。

2. 数控机床加工零件的过程

利用数控机床完成零件加工的过程, 如图 1-2 所示, 主要包括以下内容。

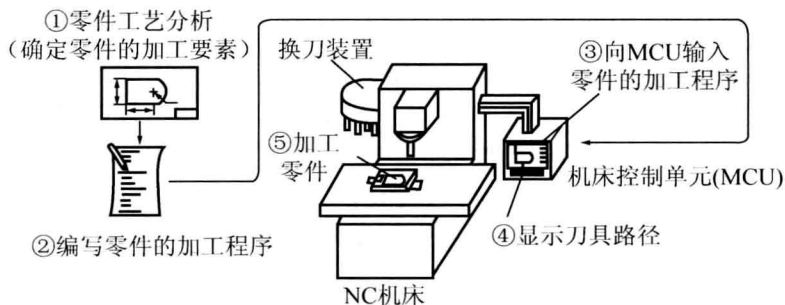


图 1-2 数控机床加工零件的过程

① 根据零件加工图样进行工艺分析, 确定加工方案、工艺参数和位移数据。

② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单, 或用自动编程软件直接生成零件的加工程序文件。

③ 程序的输入或传输。由手工编写的程序, 可以通过数控机床的操作面板输入程序; 由编程软件生成的程序, 通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

④ 将输入或传输到数控单元的加工程序, 进行刀具路径模拟、试运行等。

⑤ 通过对机床的正确操作, 运行程序, 完成零件的加工。

3. 数控机床的组成

数控机床由输入输出设备、计算机数控装置(简称 CNC 装置)、伺服系统、测量反馈装置和机床本体等部分组成, 其组成框图如图 1-3 所示, 其中输入输出装置、CNC 装置、伺服系统合起来就是计算机数控系统。

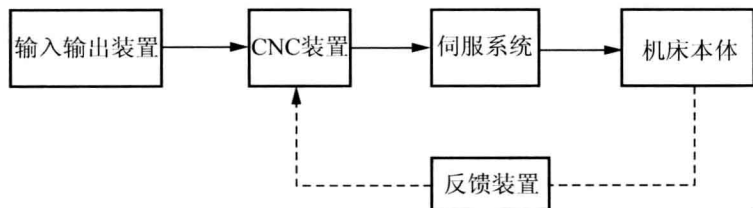


图 1-3 数控机床的组成

1) 输入输出装置

在数控机床上加工零件时,首先根据零件图纸上的零件形状、尺寸和技术条件,确定加工工艺,然后编制出加工程序,程序通过输入装置,输送给机床数控系统,机床内存中的零件加工程序可以通过输出装置传出。输入输出装置是机床与外部设备的接口,常用输入装置有USB接口、RS-224C串行通信口、MDI方式等。

2) CNC装置

CNC装置是数控机床的核心,它接收输入装置送来的数字信息,经过控制软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,使设备按规定的动作执行。现在的CNC装置通常由一台通用或专用微型计算机构成。

3) 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行部分,其作用是把来自CNC装置的脉冲信号转换成机床的运动,使机床工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,最后加工出符合图纸要求的零件。每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量(也叫最小设定单位),常用的脉冲当量为0.001mm/脉冲。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服系统,伺服系统的精度及动态响应决定了数控机床的加工、表面质量和生产率。伺服系统一般包括驱动装置和执行机构两大部分,常用的执行机构有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机等。

4) 检测反馈装置

对于半闭环、闭环数控机床,还带有检测反馈装置,其作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给CNC装置。检测反馈装置主要有感应同步器、光栅、编码器、磁栅、激光测距仪等。

5) 机床本体

机床本体是数控机床的机械结构实体,主要包括主运动部件、进给运动部件(如工作台、刀架)、支承部件(如床身、立柱等)以及冷却、润滑、转位部件,如夹紧、换刀机械手等辅助装置。与普通机床相比,数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点,归纳起来,机床本体的变化包括以下几个方面。

(1) 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小等优点。

(2) 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

(3) 具有完善的刀具自动交换和管理系统。

(4) 在加工中心上一般具有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。

(5) 机床本身具有很高的动、静刚度。

(6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部件进行全封闭。

对照数控车床,找出数控车床各对应组成部分,熟悉数控车床操作面板的构成。观察数控车床的脉冲当量,脉冲当量是数控系统每发出一个脉冲引起机床移动部件的位移量。

1.1.3 数控机床的种类与应用

数控机床的分类方法很多,大致有以下几种。



1. 按工艺用途分类

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，各种类型的数控机床基本上起源于同类型的普通机床，按工艺用途分类，大致可分为以下几种。

1) 金属切削类数控机床

这是指采用车、铣、镗、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床及加工中心。切削类数控机床发展最早，目前种类繁多，功能差异也较大。这里需要特别强调的是加工中心。加工中心即带有刀库，能够实现自动换刀，可以完成两个或两个以上加工工序的数控机床。这类数控机床都带有一个刀库和自动换刀系统，刀库可容纳 16~100 多把刀具。图 1-4 和图 1-5 所示分别是立式加工中心、卧式加工中心的外观。立式加工中心最适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件，一般情况下，除底部不能加工外，其余 5 个面都可以用不同的刀具进行轮廓和表面加工。卧式加工中心适宜加工有多个加工面的大型零件或高度尺寸较大的零件。

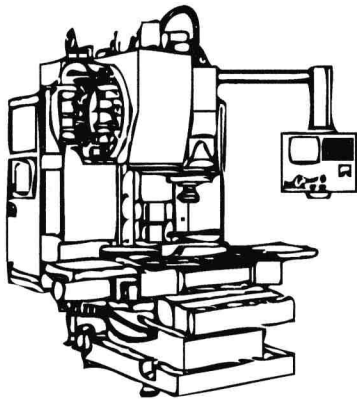


图 1-4 立式加工中心

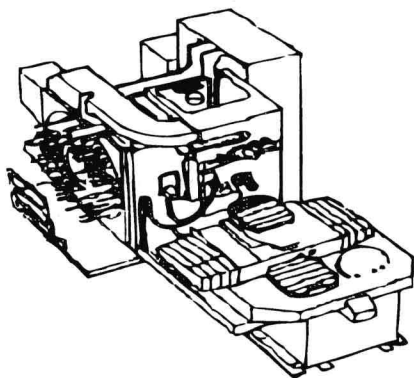


图 1-5 卧式加工中心

2) 金属成形类数控机床

这是指采用挤、冲、压、拉等成形工艺的数控机床。包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控压力机等。这类机床起步晚，但目前发展很快。

3) 数控特种加工机床

如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控火焰切割机床、数控激光切割机床等。

4) 其他类型的数控机床

如数控三坐标测量仪、数控对刀仪、数控绘图仪等。

2. 按机床运动的控制轨迹分类

1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床只要求控制机床的移动部件从某一位置移动到另一位置的准确定位，而对于两位置之间的运动轨迹不作严格要求，在移动过程中刀具不进行切削加工，如图 1-6 所示。为了实现既快又准的定位，常采用先快速移动，然后慢速趋近定位点位的方法来保证定位精度。

具有点位控制功能的数控机床有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机等。

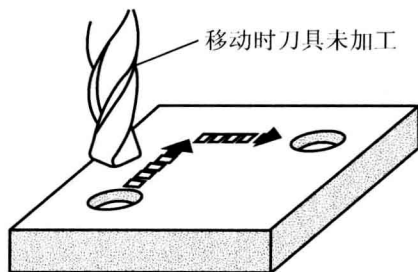


图 1-6 点位控制数控机床加工示意图

2) 直线控制数控机床

直线控制数控机床的特点是除了控制点与点之间的准确定位外，还要保证两点之间移动的轨迹是一条与机床坐标轴平行的直线，而且对移动的速度也要进行控制，因为这类数控机床在两点之间移动时要进行切削加工，如图 1-7 所示。

具有直线控制功能的数控机床有比较简单的数控车床、数控铣床、数控磨床等。单纯用于直线控制的数控机床并不多见。

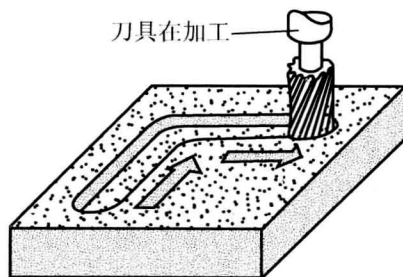


图 1-7 直线控制数控机床加工示意图

3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续轨迹控制，这类数控机床能够对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制，因而可以进行曲线或曲面的加工，如图 1-8 所示。

具有轮廓控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等。

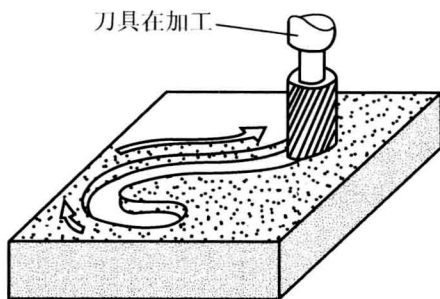


图 1-8 轮廓控制数控机床加工示意图