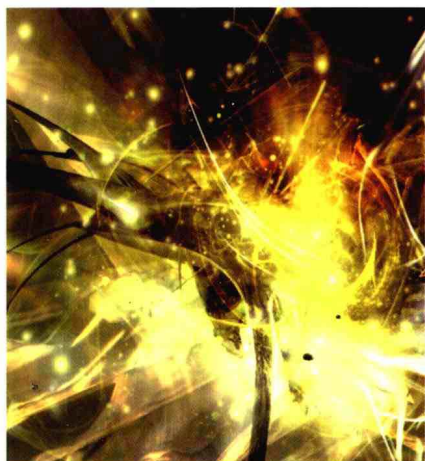


**中国职业技术教育学会科研项目优秀成果**

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



# 数控铣削加工工艺 编程与操作

高等职业技术教育研究会 审定

霍苏萍 刘岩 主编

赵鹏喜 副主编

Machining Process, Programming  
and Operation of NC Milling

- ◆ 提炼典型生产案例
- ◆ 强调工作过程导向
- ◆ 体现理论实训一体



**人民邮电出版社**  
POSTS & TELECOM PRESS

**中国职业技术教育学会科研项目优秀成果**

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



# 数控铣削加工工艺 编程与操作

高等职业技术教育研究会 审定

霍苏萍 刘岩 主编

赵鹏喜 副主编

Machining Process, Programming  
and Operation of NC Milling

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工工艺编程与操作 / 霍苏萍, 刘岩主编.  
北京: 人民邮电出版社, 2009. 5  
中国职业技术教育学会科研项目优秀成果. 高等职业  
教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材  
ISBN 978-7-115-19717-7

I. 数… II. ①霍…②刘… III. ①数控机床: 铣床—金  
属切削—加工—高等学校: 技术学校—教材②数控机床:  
铣床—金属切削—程序设计—高等学校: 技术学校—教  
材 IV. TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第025914号

## 内 容 提 要

本书以培养学生的数控铣削零件加工技能为核心, 以国家职业标准中级数控铣工考核要求为基本依据, 以工作过程为导向, 以项目为载体, 以 FANUC 数控系统为主、SIEMENS 数控系统为辅, 详细介绍了数控铣削加工工艺设计、程序编制, 数控铣床、加工中心操作加工等内容。

本书项目主要来源于企业的典型案例。共包含 8 个项目, 每个项目由项目导入、相关知识、项目实施、拓展知识、习题等 5 部分组成。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、机械制造及自动化类等专业的教学用书, 也可供有关技术人员、数控机床编程与操作人员参考、培训之用。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果  
高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材  
**数控铣削加工工艺 编程与操作**

- 
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会  
主 编 霍苏萍 刘 岩  
副 主 编 赵鹏喜  
责任编辑 李育民
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京楠萍印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1 092 1/16  
印张: 14.75  
字数: 360 千字 2009 年 5 月第 1 版  
印数: 1—3 000 册 2009 年 5 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-19717-7/TN

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

## 职业教育与职业资格证书推进策略与 “双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

林 平 周 虹 钟 健 赵 宇 李秀忠 冯建东 散晓燕 安宗权  
黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林 吴新佳 韩志国 周明虎 顾 晔  
吴晓苏 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

# 高等职业教育数控技术专业“双证课程”

## 培养方案规划教材编委会

主 任：周 虹

副主任：牛宝林 吴新佳

|      |     |     |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 委 员： | 朱 强 | 霍苏萍 | 周 玮 | 周 兰 | 贾俊良 | 陈万利 | 杨占尧 |
|      | 郑 金 | 李 辉 | 赵宏立 | 华满香 | 周建安 | 林宗良 | 金英姬 |
|      | 董小金 | 戴晓东 | 牛荣华 | 冯锦春 | 刘 岩 | 赵仕元 | 张雪梅 |
|      | 任成高 | 余慰荔 | 周旭光 | 苏 伟 | 刘 宏 | 吕永峰 | 王雁彬 |
|      | 郭宏彦 | 何全陆 | 张念淮 | 姜庆华 |     |     | 邵 萍 |

### 审稿委员会

主 任：魏东坡

副主任：张 鑫 王德发 熊 江

|      |     |     |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 委 员： | 米久贵 | 卜燕萍 | 徐立娟 | 陈忠平 | 庄 军 | 谭 毅 | 谢响明 |
|      | 汤长清 | 高荣林 | 卜新民 | 罗澄清 | 王德山 | 栾 敏 | 谢伟东 |
|      | 印成清 | 李加升 | 李锐敏 | 姬红旭 | 徐国洪 | 张国锋 | 陈孝先 |
|      | 李燕林 | 刘一兵 | 田培成 | 刘 勇 | 冯光林 | 魏仕华 | 曹淑联 |
|      | 山 颖 | 白福民 | 吕修海 | 王达斌 | 周 林 | 王军红 | 邓剑锋 |
|      | 周信安 | 叶立清 | 雷云进 | 谷长峰 | 向 东 | 葛序风 | 李建平 |
|      | 肖允鑫 | 李 丹 | 张光跃 | 陈玉平 | 林长青 | 王玉梅 | 戴晓光 |
|      | 刘晓军 | 张秀玲 | 袁小平 | 李 宏 | 张凤军 | 孙建香 | 陈晓罗 |
|      | 何 谦 | 周 玮 | 张瑞林 | 潘爱民 |     |     | 肖 龙 |

本书主审：向 东

## 丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于“双证书”的专业解决方案、课程资源匮乏,“双证课程”不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施“双证书”制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立、又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、“双

证课程”按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案，也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 [panchunyan@ptpress.com.cn](mailto:panchunyan@ptpress.com.cn)。

# 前言

数控铣削零件加工工艺编程与操作是数控工艺员、程序员、数控加工设备操作工的典型工作任务,是数控技术高技能人才必须掌握的技能。

本书以培养学生的数控铣削零件加工技能为核心,以国家职业标准中级数控铣工考核要求为基本依据,以工作过程为导向,以典型零件为载体,采用项目教学的方式组织内容,以 FANUC 数控系统为主、SIEMENS 数控系统为辅,详细介绍了数控铣削加工工艺设计、程序编制、数控铣床、加工中心操作加工等内容。

本书项目主要来源于企业的典型案例。共包含 8 个项目,每个项目由项目导入、相关知识、项目实施、拓展知识、习题 5 部分组成。项目一以平面槽形凸轮为例学习数控铣削加工的工艺基本知识和方法;项目二~项目五分别以平面凸轮廓、型腔、孔系和曲面要素等典型零件为例,学习零件数控铣削加工的工艺设计与程序编制的方法;项目六~项目八主要学习数控铣床与加工中心的基本操作方法。通过 8 个项目,由简单到复杂、由单一到综合,由工艺设计、程序编制到机床操作加工的学习和训练,学生不仅能够掌握数控编程知识,而且能够掌握完成零件数控加工工艺设计、程序编制和机床加工的方法,达到中级数控铣工、加工中心操作工的水平。

本书的参考学时为 48 学时,建议采用理论实践一体化教学模式,各项目的参考学时见下表。

| 项 目     | 课 程 内 容              | 学 时 |
|---------|----------------------|-----|
|         | 绪论                   | 4   |
| 项目一     | 数控铣削加工工艺分析           | 4   |
| 项目二     | 平面凸轮廓零件的工艺及程序编制      | 12  |
| 项目三     | 型腔类零件的加工工艺及程序编制      | 8   |
| 项目四     | 孔系零件的加工工艺及程序编制       | 8   |
| 项目五     | 曲面铣削加工工艺及程序编制        | 2   |
| 项目六     | 数控铣床(加工中心)的界面操作      | 2   |
| 项目七     | 数控铣床及加工中心刀具参数输入      | 4   |
| 项目八     | 数控铣床(加工中心)程序编辑、管理与运行 | 4   |
| 学 时 总 计 |                      | 48  |

本书由霍苏萍、刘岩担任主编,赵鹏喜担任副主编。霍苏萍负责全书的统稿和定稿工作,并编写绪论、项目一~项目三,赵丽娟编写项目四,刘岩、赵鹏喜共同编写项目五~项目八。在编写过程中,得到了孙云浩、张竖勋、权欢欢、田子欣和三门峡宏达电器公司工程师孙贵华的大力支持和帮助,在此表示诚挚的谢意!

由于时间仓促,编者水平和经验有限,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2009 年 1 月

# 目 录

|                        |    |                       |    |
|------------------------|----|-----------------------|----|
| 绪 论 .....              | 1  | 系统) .....             | 52 |
| 一、数控铣床及加工中心认识 .....    | 1  | (二) 模块式结构 (TMG 工具     |    |
| (一) 数控铣床的分类及加工对象 ..... | 1  | 系统) .....             | 54 |
| (二) 加工中心的分类及加工对象 ..... | 3  | 习题 .....              | 57 |
| (三) 数控铣床及加工中心基本构成      |    |                       |    |
| 及各部分作用 .....           | 7  |                       |    |
| (四) 数控机床的性能指标与功能 ..    | 10 | 项目二 平面凸轮廓零件的工艺及程序     |    |
| (五) 加工中心的加工及编程特点 ..    | 13 | 编制 .....              | 60 |
| 二、数控编程基础 .....         | 14 | 一、项目导入 .....          | 60 |
| (一) 数控铣削加工坐标系建立 .....  | 14 | 二、相关知识 .....          | 61 |
| (二) 数控铣削编程基本知识 .....   | 17 | (一) 平面铣削工艺设计 .....    | 61 |
| 习题 .....               | 21 | (二) 数控系统的相关功能指令 ..... | 62 |
|                        |    | 三、项目实施 .....          | 77 |
| 项目一 数控铣削加工工艺分析 .....   | 23 | (一) 加工工艺分析 .....      | 77 |
| 一、项目导入 .....           | 23 | (二) 编制加工程序 .....      | 78 |
| 二、相关知识 .....           | 24 | 四、拓展知识——SIEMENS 系统编程  |    |
| (一) 数控铣削加工的工艺特点 .....  | 24 | 简介 .....              | 80 |
| (二) 数控铣削加工零件的工艺性       |    | (一) NC 编程基本结构 .....   | 80 |
| 分析 .....               | 25 | (二) SIEMENS 系统 G 功能   |    |
| (三) 数控铣削加工的工艺路线的       |    | 代码 .....              | 81 |
| 拟定 .....               | 30 | (三) SIEMENS 系统支持的 M   |    |
| (四) 数值计算 .....         | 38 | 代码 .....              | 84 |
| (五) 零件的定位与装夹方式的        |    | 习题 .....              | 85 |
| 选择 .....               | 40 |                       |    |
| (六) 数控铣削加工常用刀具及        |    | 项目三 型腔类零件的加工工艺及程序     |    |
| 选用 .....               | 41 | 编制 .....              | 87 |
| (七) 数控铣削加工切削用量选用 ..    | 46 | 一、项目导入 .....          | 87 |
| 三、项目实施 .....           | 49 | (一) 项目分解 .....        | 88 |
| 四、拓展知识——镗铣类数控工具        |    | (二) 项目分析 .....        | 88 |
| 系统 .....               | 51 | 二、相关知识 .....          | 89 |
| (一) 整体式结构 (TSG 工具      |    | (一) 型腔铣削工艺设计 .....    | 89 |
|                        |    | (二) 数控系统的相关功能指令 ..... | 92 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 三、项目实施                              | 97  |
| (一) 某标志图形零件的工艺设计与编程                 | 97  |
| (二) 编写某型腔零件的加工程序                    | 100 |
| 四、拓展知识——西门子 802S/C 系统相关指令           | 105 |
| (一) 子程序                             | 105 |
| (二) 可编程的零点偏置和坐标轴旋转指令 G158、G258、G259 | 106 |
| 习题                                  | 107 |
| <b>项目四 孔系零件的加工工艺及程序编制</b>           | 111 |
| 一、项目导入                              | 111 |
| 二、相关知识                              | 112 |
| (一) 孔加工的工艺设计                        | 112 |
| (二) 孔加工固定循环指令                       | 115 |
| 三、项目实施                              | 125 |
| (一) 加工工艺分析                          | 125 |
| (二) 编写加工程序                          | 126 |
| 四、拓展知识——西门子 802S/C 系统固定循环功能         | 130 |
| (一) SIEMENS 系统固定循环功能                | 130 |
| (二) 各固定循环功能及应用                      | 132 |
| 习题                                  | 136 |
| <b>项目五 曲面铣削加工工艺及程序编制</b>            | 139 |
| 一、项目导入                              | 139 |
| 二、相关知识                              | 140 |
| (一) 认识宏程序                           | 140 |
| (二) FANUC Oi MC 用户宏程序使用方法           | 140 |
| 三、项目实施                              | 142 |
| (一) 加工工艺分析                          | 142 |
| (二) 编制加工程序                          | 143 |

|        |     |
|--------|-----|
| 四、拓展知识 | 146 |
| 习题     | 146 |

## 项目六 数控铣床(加工中心)的界面操作

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 一、项目导入                         | 147 |
| 二、相关知识                         | 147 |
| (一) 数控铣床(加工中心)的操作规程            | 147 |
| (二) 数控机床控制面板                   | 148 |
| (三) 数控系统控制面板                   | 151 |
| (四) 数控铣床(加工中心)操作步骤             | 155 |
| 三、项目实施                         | 156 |
| (一) 项目实施内容                     | 156 |
| (二) 项目实施步骤                     | 156 |
| 四、拓展知识——西门子 802S/C 系统面板及基本操作   | 158 |
| (一) SIEMENS 802S 数控系统面板介绍      | 158 |
| (二) SIEMENS 802S 数控系统(机床)的基本操作 | 160 |
| 习题                             | 162 |

## 项目七 数控铣床及加工中心刀具参数输入

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 一、相关知识                              | 164 |
| (一) 对刀                              | 164 |
| (二) 刀具补偿值输入                         | 168 |
| (三) 加工中心对刀                          | 169 |
| (四) 加工中心换刀                          | 170 |
| 二、项目实施                              | 171 |
| (一) 项目实施内容                          | 171 |
| (二) 项目实施步骤                          | 171 |
| 三、拓展知识——SIEMENS 802S 数控铣床的对刀及刀具参数设置 | 172 |
| (一) 进入参数设定窗口                        | 172 |
| (二) 设置刀具参数及刀补参数                     | 173 |
| (三) 设置零点偏置值                         | 175 |

|                         |     |                              |     |
|-------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 习题 .....                | 175 | (三) 输入新程序 .....              | 184 |
| <b>项目八 数控铣床(加工中心)程序</b> |     | (四) 编辑当前程序 .....             | 184 |
| <b>编辑、管理与运行</b> .....   | 177 | (五) 程序运行 .....               | 185 |
| 一、项目导入 .....            | 177 | 习题 .....                     | 186 |
| 二、相关知识 .....            | 177 | <b>附录 1 职业技能鉴定试题</b>         |     |
| (一) 创建新程序 .....         | 177 | (中级) .....                   | 188 |
| (二) 编辑程序 .....          | 178 | <b>附录 2 职业技能鉴定试题</b>         |     |
| (三) 程序导入与导出 .....       | 179 | (高级) .....                   | 205 |
| (四) 程序的管理 .....         | 180 | <b>附录 3 数控铣工国家职业标准</b> ..... | 214 |
| (五) 程序检查、调试与运行 .....    | 180 | <b>附录 4 加工中心操作工国家职业</b>      |     |
| 三、项目实施 .....            | 181 | 标准 .....                     | 219 |
| (一) 项目实施内容 .....        | 181 | <b>参考文献</b> .....            | 224 |
| (二) 项目实施步骤 .....        | 182 |                              |     |
| 四、拓展知识——SIEMENS 802S    |     |                              |     |
| 系统数控铣床程序编辑、调试           |     |                              |     |
| 与运行 .....               | 183 |                              |     |
| (一) 进入程序管理方式 .....      | 183 |                              |     |
| (二) 系统软键应用 .....        | 184 |                              |     |

# 绪论

## 一、数控铣床及加工中心认识

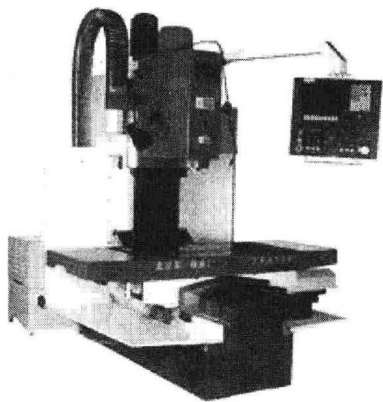
### (一) 数控铣床的分类及加工对象

#### 1. 数控铣床的分类

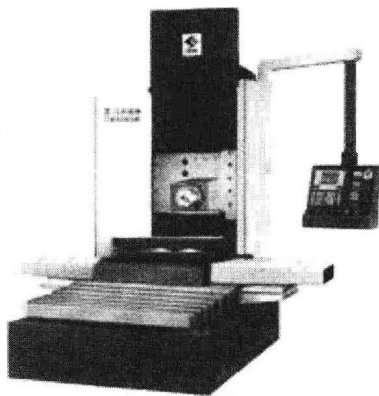
数控铣床是主要采用铣削方式加工工件的数控机床。其加工功能很强，能完成各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面、平面曲线、空间曲线等复杂型面的加工。配上相应的刀具后，数控铣床还可以用来对零件进行钻、扩、铰、镗孔和镗孔加工及攻螺纹等。通常数控铣床按机床主轴的布置形式及机床的布局特点进行分类。

##### (1) 立式数控铣床

立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面，如图 0-1 (a) 所示。立式数控铣床中又以 3 坐标 ( $X, Y, Z$ ) 联动居多，可以附加数控回转工作台、增加靠模装置等来扩展数控立式铣床的功能、加工范围，进一步提高生产效率。此外，还有机床主轴可以绕  $X, Y, Z$  坐标轴中的其中一个或两个轴作数控摆角运动的 4 坐标和 5 坐标数控立铣。



(a) 立式数控铣床



(b) 卧式数控铣床

图 0-1 数控铣床主轴布局形式简图

## (2) 卧式数控铣床

卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面,如图 0-1(b)所示。卧式数控铣床主要用来加工零件侧面的轮廓。为了扩充其功能和扩大加工范围,通常采用增加数控转盘来实现 4 坐标、5 坐标加工。这样既可以加工工件侧面上的连续回转轮廓,又可以实现一次安装中通过转盘改变工位,进行“4 面加工”。卧式数控铣床主要适用于箱体类机械零件的加工。

## (3) 立、卧两用数控铣床

立、卧两用数控铣床指一台机床上有立式和卧式 2 个主轴,或者主轴可作  $90^\circ$  旋转的数控铣床,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,同时具备立式、卧式数控铣床的功能,其使用范围更广、功能更全、选择加工对象的余地更大。立、卧两用数控铣床主要用于箱体类零件以及各类模具的加工。图 0-2 所示为具有立式和卧式 2 个主轴的立、卧两用数控铣床。

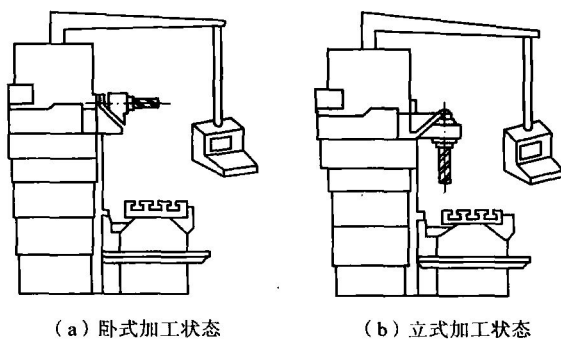


图 0-2 立卧两用数控铣床

## (4) 龙门数控铣床(数控龙门镗铣床)

对于大尺寸的数控铣床,一般采用对称的双立柱结构,保证机床的整体刚性和强度,即数控龙门铣床。龙门式数控铣床主轴固定于龙门架上。龙门式数控铣床主要用于大型机械零件及大型模具的各种平面、曲面和孔的加工。在配置直角铣头的情况下,可以在工件一次装夹中分别对 5 个面进行加工。对于单件小批量生产的复杂、大型零件和框架结构零件,能自动、高效、高精度地完成上述各种加工。图 0-3 所示为龙门式数控镗铣床的典型结构及铣头附件。龙门数控铣床有工作台移动和龙门架移动 2 种形式。

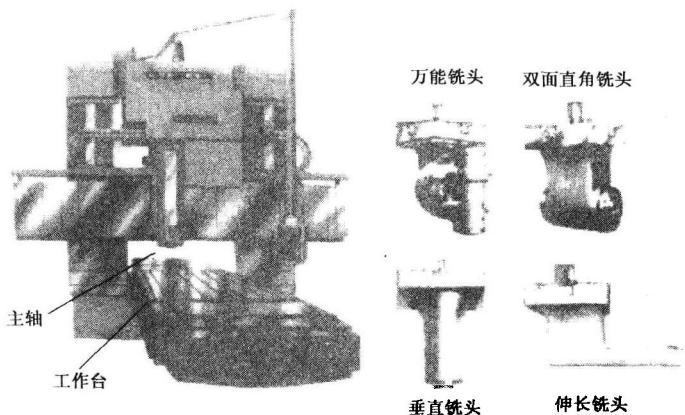


图 0-3 数控龙门镗铣床及其铣头附件

## (5) 万能式数控铣床

万能式数控铣床的主轴可以旋转  $90^\circ$  或工作台带着工件旋转  $90^\circ$ ,一次装夹后可以完成对工件 5 个表面的加工。

## 2. 数控铣床的加工对象

数控铣削加工是机械加工中最常用的加工方法之一,它主要包括平面铣削和轮廓铣削,也可以对零件进行钻、扩、铰、镗、铰加工及螺纹加工等。数控铣床主要用于加工各种材料如黑色金属、有色金属及非金属的平面轮廓零件、空间曲面零件和孔类零件等的加工。

### (1) 平面轮廓类零件

平面轮廓类零件是指零件的各个加工单元面均是平面,或可以展开为平面,如图 0-4 所示。这类零件的数控铣削相对比较简单,一般只用数控铣床的两坐标联动就可以加工出来。例如一般的凸轮类零件都属于此类工件。目前数控铣床加工的多数零件属于平面类零件。

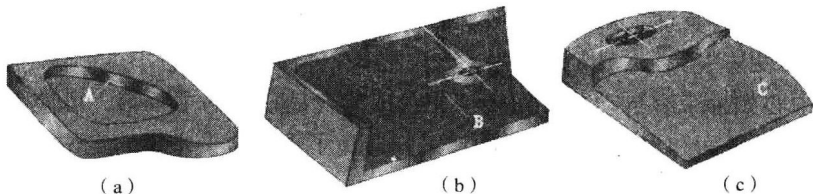


图 0-4 平面类零件

### (2) 变斜角类零件

变斜角类零件是指加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件,其加工面不能展开为平面。例如飞机上的整体梁、框、缘条、肋筋等。这类零件的加工,一般要采用多坐标联动的数控铣床加工,也可以在 3 坐标数控铣床上通过两轴半联动近似加工,但精度稍差。

### (3) 空间曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件,如图 0-5 所示,例如叶片、螺旋桨等。曲面类零件,其加工面不但不能展开为平面,加工过程中,从理论上讲,铣刀与加工面始终为点接触。这类零件在数控铣床的加工中也较为常见,通常利用 3 坐标数控铣床通过两轴联动、第 3 轴周期性移动的方式来加工。若用功能更好的 3 坐标联动数控铣床,还能加工形状更加复杂的空间曲面。当曲面复杂,且通道狭窄,会伤及毗邻表面时,就需要 4 坐标或 5 坐标数控铣床,通过刀具相对工件的摆动来加工。

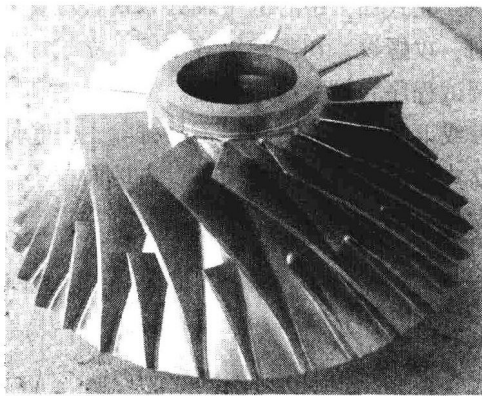


图 0-5 曲面类零件

### (4) 孔类零件

孔类零件一般都有多组不同类型的孔,如箱体、泵体类零件。由于孔的位置精度要求较高,特别适合在数控铣床和加工中心上加工。通过特定的孔加工功能指令进行一系列的孔的加工,如钻孔、扩孔、铰孔、铰孔、铰孔、铰孔、攻螺纹孔等。

## (二) 加工中心的分类及加工对象

加工中心 (Machining Center, MC), 是一种配备有刀库,并能自动更换刀具,对工件进行多工序加工的数控机床。

加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的。早期的加工中心就是指配有自动换刀装置和

刀库并能在加工过程中实现自动换刀的数控镗铣床。所以它和数控铣床有很多相似之处,不过它的结构和控制系统功能都比数控铣床复杂得多。加工中心的综合加工能力较强,主要用于箱体类零件和复杂曲面零件的加工,因为加工中心具有多种换刀功能及自动工作台交换装置(APC),故工件经一次装夹后,可以自动地实现零件的铣、钻、镗、铰、攻螺纹等多工序的加工。加工中心加工精度、自动化程度和工作效率较高,就中等加工难度的批量工件而言,其效率是普通设备的5~10倍,特别是对形状较复杂、精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产更为适用。

## 1. 加工中心的特点

① 具有自动换刀装置。能自动更换刀具,在一次装夹中完成铣、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等加工,工序高度集中。

② 加工中心如果带有自动分度回转工作台或能自动摆角的主轴箱,可使工件在一次装夹后,自动完成多个平面和多个角度位置的加工,避免了重复装夹带来的定位误差,实现高精度定位和加工。

③ 许多加工中心带有自动交换工作台。一个工件在加工的同时,另一个工作台可以实现工件的装卸,大大缩短辅助时间,提高加工效率。

## 2. 加工中心的分类

加工中心的分类方法很多,按主轴在加工时的空间位置可分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心和五轴加工中心等。

### (1) 立式加工中心

立式加工中心的主轴处于垂直位置,如图0-6所示。立式加工中心能完成铣削、镗削、钻削、攻螺纹、切削螺纹等工序。立式加工中心装夹工件方便、便于操作、易于观察加工情况、调试程序容易、应用广泛。但受立柱高度及换刀装置的限制,不能加工太高的零件;在加工型腔或下凹的型面时切屑不易排除,严重时损坏刀具,破坏已加工表面,影响加工的顺利进行。立式加工中心的结构简单、占地面积小、价格相对较低,故适宜加工高度方向尺寸相对较小的盘套板类零件。

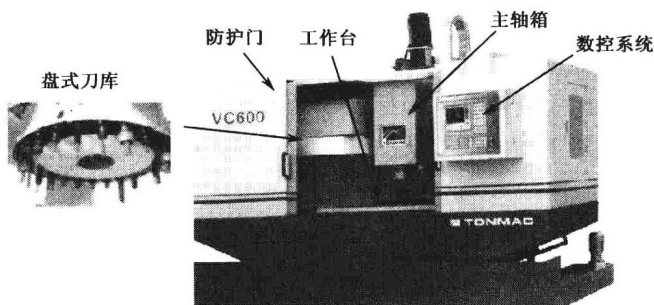


图 0-6 立式加工中心

### (2) 卧式加工中心

卧式加工中心的主轴处于水平位置,通常都带有自动分度的回转工作台,一般具有3~5个运动坐标,在一次装夹后,可以完成除安装面和顶面以外的其余4个表面的加工,如图0-7所示。较适于加工箱体类零件,特别是对箱体类零件上的一些孔和型腔有位置公差要求,以及

孔和型腔与基准面（底面）有严格尺寸精度要求的零件加工。与立式加工中心相比较，卧式加工中心的结构复杂、占地面积大、价格也较高；在调试程序及试切时不宜观察、加工时不便监视、零件装夹和测量不方便；但加工时排屑容易，对加工有利。

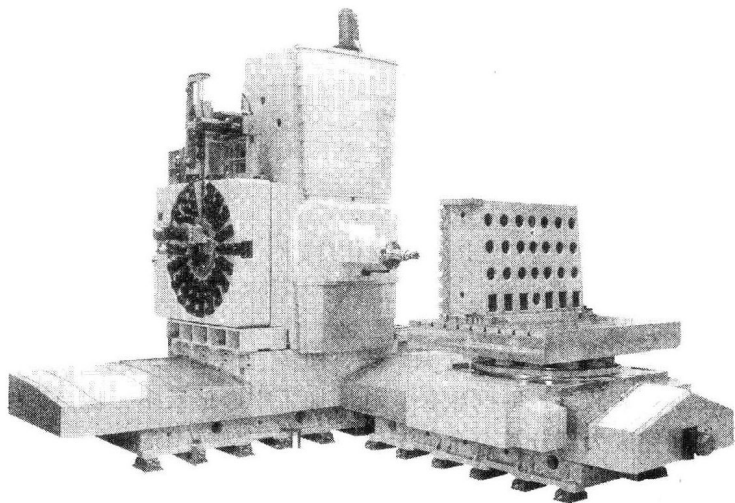


图 0-7 卧式加工中心

### （3）龙门式加工中心

龙门式加工中心的形状与龙门数控铣床相似，主轴多为垂直设置，除自动换刀装置外，还带有可更换的主轴头附件。其数控装置的功能比较齐全，能够一机多用，适用于大型和形状复杂的零件加工。

### （4）五轴加工中心

五轴加工中心也称万能加工中心，具有立式加工中心和卧式加工中心的功能。用五轴加工中心加工，工件一次安装后能完成除安装面以外的其余 5 个面的加工，同时可有效避免刀具干涉，有效地扩大工艺范围。

另外，按运动坐标数和同时控制的坐标数的不同可以分为三轴联动、4 坐标三轴联动、四轴联动、五轴联动等。同时可控轴数越多，加工中心的加工和适用能力越强。一般的加工中心为三轴联动，三轴联动以上的为高档加工中心。

按工作台数量和功能分类，加工中心可分为单工作台加工中心、双工作台加工中心和多工作台加工中心。这里不作详细说明。

## 3. 加工中心的加工对象

加工中心的加工工艺有着许多普通机床无法比拟的优点，但加工中心的价格较高，一次性投入较大，零件的加工成本就随之升高。所以，要从零件的形状、精度要求、周期性等方面综合考虑，从而决定是否适合用加工中心加工。一般来说，加工中心适合精密、复杂零件加工，周期性重复投产零件加工，多工位、多工序集中的零件加工，具有适当批量的零件加工等。

### （1）既需要加工平面又需要加工孔系的零件

既需要加工平面又需要加工孔系的零件是加工中心的首选加工对象。利用加工中心的自动换刀功能，使这类零件在一次装夹后就能完成平面的铣削和孔系的加工。节约了装夹和换刀的

时间,零件的生产效率和加工精度都得以提高。这类零件常见的有箱体类零件和盘、套、板类零件,如图 0-8 所示。

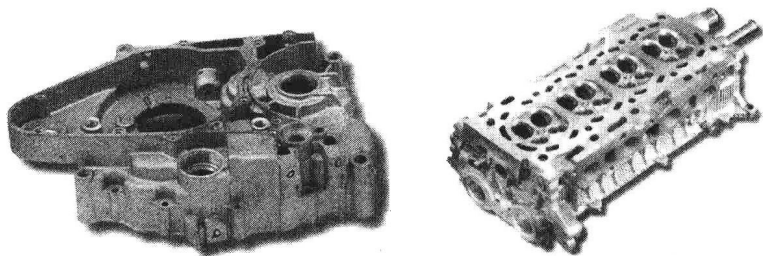


图 0-8 箱体类零件

### (2) 要求多工位加工的零件

这类零件一般外形不规则,且大多要点、线、面多工位混合加工。若采用普通机床,只能分成好几个工序加工,工装较多,时间较长。利用加工中心擅长多工位点、线、面混合加工的特点,可用较短的时间完成大部分甚至全部工序。

### (3) 结构形状复杂的零件

结构形状复杂的零件其加工面是由复杂曲线、曲面组成的。通常需要多坐标联动加工,在普通机床上一般无法完成,选择加工中心加工这类零件是最好的方法。典型的零件有凸轮类零件、整体叶轮类零件和模具类零件,图 0-9 所示为模具类零件示意图。

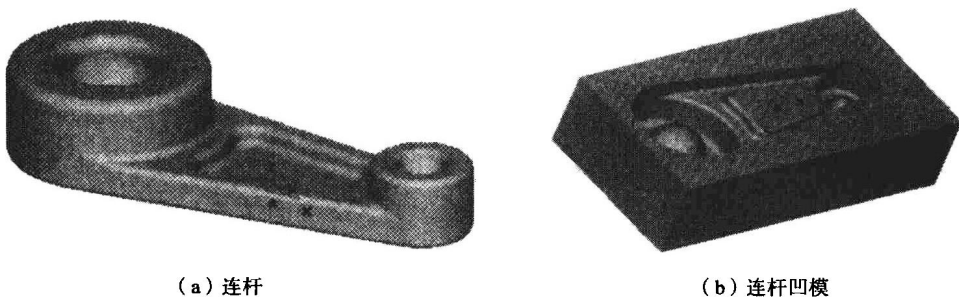


图 0-9 模具类零件

### (4) 加工精度要求较高的中小批量零件

加工中心具有加工精度高、尺寸稳定的特点。对加工精度要求较高的中小批量零件选择加工中心加工,容易获得要求的尺寸精度和形状位置精度,并可得到很好的互换性。

### (5) 周期性投产的零件

当用加工中心加工零件时,花在工艺准备和程序编制上的时间占了整个工时的很大比例。对于周期性生产的零件,可以反复使用第一次的工艺参数和程序,大大缩短生产周期。

### (6) 需要频繁改型的零件

需要频繁改型的零件通常是新产品试制中的零件,需要反复试验和改进。使用加工中心加工时,只需要修改相应的程序及适当调整一些参数,就可以加工出不同的零件形状,缩短试制周期,节省试制经费。