

CAXA

制造工程师

2013数控加工 自动编程教程

徐海军 王海英 主编



附赠1CD

基础知识全面
实例讲解详细
赠送 实例源文件
和操作视频

CAXA 制造工程师 2013

数控加工自动编程教程

徐海军 王海英 主编



机械工业出版社

本书主要围绕 CAXA 制造工程师 2013 的三维实体造型及数控加工操作技术展开介绍。全书共分 7 章, 其中第 1、2 章概述了数控加工技术和数控编程基础知识; 第 3 章介绍了 CAXA 制造工程师 2013 软件的主要功能和操作界面; 第 4~6 章根据软件操作流程, 分别讲解 CAXA 制造工程师 2013 的三维实体造型、常用数控加工操作, 以及数控加工后置处理等相关知识; 第 7 章通过 5 个典型综合应用实例, 完整地展示了 CAXA 制造工程师 2013 实体造型技术和数控加工操作方法。为便于读者学习, 随书赠送光盘, 内含实例源文件和操作视频。

本书既可以作为高职、中职院校机械制造、机械设计及数控技术专业的教材, 也可以作为广大数控加工技术人员的自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAXA 制造工程师 2013 数控加工自动编程教程/徐海军, 王海英主编. —北京: 机械工业出版社, 2014.6

ISBN 978-7-111-46727-4

I. ①C… II. ①徐… ②王… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 099461 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: 周国萍 责任编辑: 周国萍

责任校对: 闫玥红 封面设计: 马精明

责任印制: 乔 宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18 印张·435 千字

0 001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-46727-4

ISBN 978-7-89405-386-2 (光盘)

定价: 49.00 元 (含 1CD)

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

策划编辑: (010) 88379733

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

CAXA 制造工程师 2013 是北航海尔有限公司在 CAM 领域经过多年的深入研发和探索, 结合中国数控加工现状和国际先进技术, 在完全消化和吸收的基础上推出的在操作上“贴近中国用户”、在技术上符合“国际技术标准”的最新版 CAM 操作软件, 在机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、军工、建筑、轻工及纺织等领域得到广泛的应用, 以高速度、高精度、高效率等优越性获得一致的好评。CAXA 制造工程师 2013 主要面向 2~5 轴数控铣床和加工中心, 具有优越的工艺性能。与以往版本相比, CAXA 制造工程师 2013 新增加了部分加工操作, 对原有部分功能也进行了增强和优化。

本书主要以实例操作的形式介绍了 CAXA 制造工程师 2013 的操作方法和使用技巧。其中, 第 1、2 章概述了数控加工技术和数控编程基础知识; 第 3~6 章全面介绍了 CAXA 制造工程师 2013 的三维造型方法与数控加工操作的详细内容, 图文并茂地引导读者由浅入深地对 CAXA 制造工程师 2013 展开系统性的学习; 第 7 章通过专门设计的 5 个典型综合实例, 完整地展示了 CAXA 制造工程师 2013 实体造型技术和数控加工操作方法, 便于读者进一步全面掌握 CAXA 制造工程师 2013 的数控加工技术。

本书立足于工程实践操作的学习思想, 书中所选用的实例大都来自具体的加工实践。在编写形式上, 注重数控加工方法和理论知识与数控操作实践的结合, 读者可通过随书附赠光盘里的实例源文件, 参照书中介绍的操作流程, 更好地加深理解并巩固所学的知识内容, 提高三维实体造型和数控加工操作的综合能力。

本书既可以作为高职、中职院校机械制造、机械设计及数控技术专业的教材, 也可以作为广大数控加工技术人员的自学参考书。

本书由徐海军、王海英主编, 参与编写的一线技术人员和院校专业教师还有张宇、刘堃、陈刚、杨小刚、李梅、房凡余, 全书由康业鹏审稿。

本书在编写过程中, 参考了许多同类型的经典教材, 并在数控加工网站和论坛上得到许多网友的无私帮助, 在这里一并表示感谢!

由于编著者水平有限, 加上时间仓促, 书中存在的疏漏和不妥之处在所难免, 敬请广大读者批评指正!

编著者

目 录

前言

第1章 数控加工技术概述 1

- 1.1 数控加工机床 1
 - 1.1.1 数控加工技术及机床分类 1
 - 1.1.2 数控加工坐标系 2
- 1.2 数控铣床的结构与功能 4
- 1.3 数控铣床刀具参数 5
 - 1.3.1 铣刀类型、结构及其选用 5
 - 1.3.2 铣刀的刀片牌号 8
 - 1.3.3 铣刀角度及特点 8
 - 1.3.4 铣刀的齿数或齿距 10
 - 1.3.5 铣刀的直径 10
 - 1.3.6 铣刀的最大背吃刀量 11
- 1.4 数控机床的加工流程 11

第2章 数控加工工艺基础 12

- 2.1 数控加工编程方法 12
 - 2.1.1 数控加工程序的基本格式 12
 - 2.1.2 手工编制数控加工程序 14
 - 2.1.3 自动编制数控加工程序 15
- 2.2 数控加工的工艺流程 15
 - 2.2.1 选取 CNC 机床 15
 - 2.2.2 确定加工工序 15
 - 2.2.3 设计工件装夹方式 16
 - 2.2.4 设定对刀点及换刀点 16
 - 2.2.5 规划进给路线 17
 - 2.2.6 选取加工刀具 19
 - 2.2.7 设定切削参数 20
 - 2.2.8 数控编程的误差控制 21
- 2.3 高速切削加工工艺 21
 - 2.3.1 高速切削技术的诞生与发展 21
 - 2.3.2 高速切削技术的优点 22
 - 2.3.3 高速铣削加工工艺 22

第3章 CAXA 制造工程师 2013 基础知识 24

- 3.1 CAXA 制造工程师 2013 简介 24
 - 3.1.1 CAXA 制造工程师 2013 运行环境 24

- 3.1.2 安装 CAXA 制造工程师 2013 24
- 3.1.3 卸载 CAXA 制造工程师 2013 30
- 3.1.4 启动 CAXA 制造工程师 2013 31
- 3.2 CAXA 制造工程师 2013 操作界面 31
 - 3.2.1 主操作界面 31
 - 3.2.2 菜单栏 32
 - 3.2.3 下拉菜单 32
 - 3.2.4 状态栏 32
 - 3.2.5 快捷菜单 32
 - 3.2.6 工具栏 33
 - 3.2.7 导航栏 34
- 3.3 CAXA 制造工程师 2013 快捷键 34
 - 3.3.1 常用键 34
 - 3.3.2 功能热键 34
- 3.4 绘图平面与坐标系定义 34
 - 3.4.1 绘图平面 34
 - 3.4.2 坐标系 35
 - 3.4.3 用户坐标系的创建 35
 - 3.4.4 激活坐标系 35
 - 3.4.5 删除坐标系 36
 - 3.4.6 隐藏坐标系 36
 - 3.4.7 显示所有坐标系 36
 - 3.4.8 设定当前平面 36
- 3.5 图层与颜色设置 37
 - 3.5.1 图层设置 37
 - 3.5.2 颜色设置 38
- 3.6 查询功能操作 38
 - 3.6.1 查询坐标 40
 - 3.6.2 查询距离 40
 - 3.6.3 查询角度 40
 - 3.6.4 查询草图属性 40
 - 3.6.5 查询线面属性 41
 - 3.6.6 查询实体属性 41
 - 3.6.7 查询轨迹点信息 41
- 3.7 CAXA 制造工程师 2013 帮助系统 42
 - 3.7.1 屏幕提示信息 42

3.7.2 在线联机帮助.....	42	4.5.3 扫描面.....	77
第4章 CAXA 制造工程师 2013		4.5.4 导动面.....	78
三维造型与编辑	43	4.5.5 等距面.....	82
4.1 三维造型术语.....	43	4.5.6 平面.....	83
4.2 绘制基本曲线.....	44	4.5.7 边界面.....	86
4.2.1 直线.....	44	4.5.8 放样面.....	86
4.2.2 圆弧.....	49	4.5.9 网格面.....	87
4.2.3 圆.....	51	4.5.10 实体表面.....	88
4.2.4 矩形.....	52	4.6 编辑曲面操作.....	88
4.2.5 椭圆.....	53	4.6.1 曲面裁剪.....	89
4.2.6 样条曲线.....	54	4.6.2 曲面过渡.....	91
4.2.7 点.....	55	4.6.3 曲面拼接.....	93
4.2.8 公式曲线.....	56	4.6.4 曲面缝合.....	94
4.2.9 多边形.....	58	4.6.5 曲面延伸.....	95
4.2.10 二次曲线.....	59	4.6.6 曲面优化.....	95
4.2.11 等距线.....	59	4.6.7 曲面重拟合.....	95
4.2.12 曲线投影.....	61	4.7 实体特征造型.....	96
4.2.13 图像矢量化.....	61	4.7.1 绘制草图.....	96
4.2.14 相关线.....	62	4.7.2 特征生成.....	99
4.2.15 样条转圆弧.....	64	4.8 应用实例讲解.....	114
4.3 编辑曲线操作.....	65	4.8.1 轴承端盖零件实体设计.....	115
4.3.1 曲线裁剪.....	65	4.8.2 轴承端盖的凸凹模具设计.....	121
4.3.2 曲线过渡.....	67	第5章 CAXA 制造工程师 2013	
4.3.3 曲线打断.....	68	数控加工方法	129
4.3.4 曲线组合.....	68	5.1 数控加工的术语.....	129
4.3.5 曲线拉伸.....	68	5.1.1 模型.....	129
4.3.6 曲线优化.....	69	5.1.2 毛坯.....	129
4.3.7 样条型值点.....	69	5.2 起始点.....	130
4.3.8 样条控制顶点.....	69	5.3 机床后置.....	130
4.3.9 样条端点切矢.....	69	5.3.1 CAXA 软件的后置宏指令.....	131
4.4 几何变换操作.....	70	5.3.2 FANUC 系统中添加换刀、 切削液自动开关指令.....	131
4.4.1 平移.....	70	5.4 刀具库.....	132
4.4.2 平面旋转.....	71	5.5 加工参数的含义及其设置.....	135
4.4.3 旋转.....	71	5.5.1 切削用量设置.....	135
4.4.4 平面镜像.....	72	5.5.2 下刀方式设置.....	136
4.4.5 镜像.....	72	5.5.3 下/抬刀方式.....	136
4.4.6 阵列.....	73	5.5.4 区域参数设置.....	138
4.4.7 缩放.....	74	5.5.5 数控加工的其他术语.....	139
4.5 绘制曲面操作.....	74	5.6 常用工方法.....	141
4.5.1 直纹面.....	75	5.6.1 平面区域粗加工.....	141
4.5.2 旋转面.....	77		

5.6.2	等高线粗加工	144
5.6.3	平面轮廓精加工	148
5.6.4	轮廓导动精加工	151
5.6.5	曲面轮廓精加工	152
5.6.6	曲面区域精加工	154
5.6.7	参数线精加工	155
5.6.8	投影线精加工	158
5.6.9	曲线式铣槽加工	159
5.6.10	等高线精加工	161
5.6.11	扫描线精加工	164
5.6.12	平面精加工	165
5.6.13	笔式清根加工	166
5.6.14	曲线投影加工	168
5.6.15	三维偏置加工	169
5.6.16	轮廓偏置加工	170
5.6.17	投影加工	171
5.7	其他加工	173
5.7.1	工艺钻孔设置	173
5.7.2	工艺钻孔加工	174
5.7.3	孔加工	176
5.8	知识加工	176
5.9	轨迹仿真	177
5.10	轨迹编辑	180
5.10.1	轨迹裁剪	180
5.10.2	轨迹反向	182
5.10.3	插入刀位点	182
5.10.4	删除刀位点	183
5.10.5	两刀位点间抬刀	183
5.10.6	清除抬刀	184
5.10.7	轨迹打断	184
5.10.8	轨迹连接	184
5.11	生成并校核 G 代码	184
5.12	工艺清单	186

第 6 章 CAXA 制造工程师 2013

数控加工后置处理

6.1	机床后置处理参数设置	187
6.1.1	机床控制参数设置	188
6.1.2	程序格式的设置	192
6.2	后置设置	195

第 7 章 CAXA 制造工程师 2013

操作实例

7.1	连杆零件三维造型与数控加工	197
7.1.1	造型操作思路解析	197
7.1.2	创建异形底板特征	197
7.1.3	生成腰形环槽特征	198
7.1.4	生成圆柱凸台	200
7.1.5	添加过渡圆角	201
7.1.6	数控加工思路解析	201
7.1.7	准备加工条件	201
7.1.8	等高线粗加工主体外形	204
7.1.9	连杆外形平面轮廓精加工	207
7.1.10	腰形环槽曲线式铣槽加工	208
7.1.11	连杆笔式清根加工	210
7.1.12	加工轨迹仿真	211
7.1.13	生成加工 G 代码	213
7.1.14	生成加工工艺单	213
7.2	手机后盖三维造型与数控加工	214
7.2.1	造型操作思路解析	214
7.2.2	创建手机后盖主体	214
7.2.3	创建摄像头凸台及孔	216
7.2.4	创建闪光灯孔	217
7.2.5	创建耳机孔	218
7.2.6	创建扬声器孔	219
7.2.7	创建过渡圆角	219
7.2.8	创建文字	220
7.2.9	数控加工思路解析	221
7.2.10	准备加工条件	221
7.2.11	等高线粗加工手机后盖主体外形	223
7.2.12	三维偏置加工手机后盖主体外形	227
7.2.13	曲面区域精加工摄像头孔和闪光灯孔	229
7.2.14	曲线式铣槽加工扬声器孔	231
7.2.15	等高线精加工手机后盖主体外形	232
7.2.16	曲线投影加工文字	234
7.2.17	加工轨迹仿真	236
7.2.18	生成加工 G 代码	237
7.2.19	生成加工工艺单	238

7.3 齿轮轴端盖零件三维造型与 数控加工.....	238	7.4 鼠标实体的数控加工	257
7.3.1 造型操作思路解析	239	7.4.1 数控加工思路解析	257
7.3.2 创建齿轮轴端盖主体	239	7.4.2 鼠标外形的等高线粗加工	258
7.3.3 生成底板缺口	240	7.4.3 鼠标外形的轮廓偏置加工	260
7.3.4 创建加强筋板	241	7.4.4 鼠标滚轮的曲面区域精加工	262
7.3.5 生成底板轴孔	242	7.4.5 鼠标平面轮廓精加工	263
7.3.6 创建安装孔	243	7.4.6 加工轨迹仿真	265
7.3.7 添加过渡圆角	244	7.4.7 生成加工 G 代码	266
7.3.8 数控加工思路解析	245	7.4.8 生成加工工艺单	267
7.3.9 准备加工条件	245	7.5 行星架杆实体的数控加工	267
7.3.10 生成平面区域粗加工轮廓边线.....	246	7.5.1 数控加工思路解析	267
7.3.11 三维偏置加工齿轮轴端盖外形.....	246	7.5.2 行星架杆外形的等高线粗加工	268
7.3.12 平面区域粗加工底板轴孔	248	7.5.3 行星架杆外轮廓精加工	270
7.3.13 平面轮廓精加工底板外形	250	7.5.4 平面精加工行星架杆端面	271
7.3.14 钻孔加工安装孔	252	7.5.5 加工轨迹仿真	273
7.3.15 加工轨迹仿真	254	7.5.6 生成加工 G 代码	275
7.3.16 生成加工 G 代码	256	7.5.7 生成加工工艺单	275
7.3.17 生成加工工艺单	256	参考文献	277

第1章 数控加工技术概述

1.1 数控加工机床

1.1.1 数控加工技术及机床分类

数控加工, 英文为 Numerical Control (NC), 是通过一系列特定格式的数值与符号构成的代码信息, 来控制机床实现自动运转的切削加工方法。经过几十年的发展, 尤其是近几年随着计算机技术、控制技术、计算机图形学等发展与更新, 数控加工技术已成为当今社会中各个制造领域里的先进制造技术之一。

数控加工技术有两个突出特征: 一是可以充分控制加工精度, 包括加工质量精度及加工时间误差精度; 二是能够极大地保证加工零件品质的重复性, 从而稳定加工质量, 保证加工零件的一致性 & 互换性。通俗地讲, 数控加工中的零件质量及加工时间是由数控程序决定的, 与机床操作人员没有直接关系。

采用数控加工方法具有如下优点:

- 1) 大幅提高生产效率, 提高加工精度并且保证加工质量。
- 2) 简化工装夹具的设计与安装。
- 3) 减少各工序间的周转。原来需要用多道工序才能完成的工件, 用数控加工可一次装夹完成。
- 4) 便于进行加工过程管理, 减少检查工作量。
- 5) 加工过程具有柔性, 便于设计变更, 降低废、次品率。
- 6) 容易实现操作过程的自动化, 一个人可以管理多台机床。
- 7) 操作容易, 极大减轻体力劳动强度, 对机床操作人员的实际加工操作技能要求不高。

随着制造设备实现数控化的比率不断提高, 数控加工技术已在我国得到日益广泛的应用, 并且在各行业中发挥了重要的作用。比如在模具行业中, 掌握数控技术与否及加工过程中数控化率的高低, 已成为企业是否具有竞争力的重要标准。数控加工技术应用的关键在于计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 系统的质量。

影响数控加工效率及质量的一个关键技术就是如何进行数控加工程序的编制。传统的手工编程方法复杂、繁琐, 不仅容易出错, 而且难于检查, 无法充分发挥数控机床的加工优势。如在模具加工中, 经常遇到形状复杂的零件, 其形状用自由曲面来描述而无精确的解析表达式, 采用手工编程方法基本上无法完成数控加工程序的编制。近年来, 由于计算机软件和硬件技术的迅速发展, 计算机的图形处理功能有了很大增强, 基于 CAD/CAM 技术进行图形交互式自动编程方法日趋成熟。这种编程方法具有速度快、精度高、直观、使用简便和便于检查的特点。CAD/CAM 技术在工业发达国家已得到广泛应用, 近年来在我国也逐渐得到普及。

20 世纪 40 年代末, 美国开始研究数控机床。1952 年, 美国麻省理工学院 (MIT) 伺服机构实验室成功研制出第一台数控铣床, 并于 1957 年投入使用。这是先进制造技术发展

过程中的一个重大突破,标志着真正意义上的制造领域中数控加工时代的开始。数控加工是现代先进制造技术的基础,MIT 的这一发明对于制造行业而言,具有划时代的意义和深远的影响。自此以后,世界上主要工业发达国家都十分重视数控加工技术的研究。我国于 1958 年开始研制数控机床,成功试制出多套配有数控系统的数控机床,1965 年开始批量生产配有晶体管数控系统的三坐标数控铣床。

经过几十年的发展,目前的数控机床已经在工业界得到广泛应用,在模具制造行业的应用尤其广泛。数控机床种类繁多,一般将数控机床分为以下 15 大类:

- 1) 数控车床(含有铣削功能的车削中心)。
- 2) 数控铣床(含铣削中心)。
- 3) 数控镗床。
- 4) 以铣镗削为主的加工中心。
- 5) 数控磨床(含磨削中心)。
- 6) 数控钻床(含钻削中心)。
- 7) 数控拉床。
- 8) 数控刨床。
- 9) 数控切断机床。
- 10) 数控齿轮加工机床。
- 11) 数控激光加工机床。
- 12) 数控电火花线切割加工机床(含电加工中心)。
- 13) 数控板材成形加工机床。
- 14) 数控管料成形加工机床。
- 15) 其他数控机床。

在模具制造业中,常用的数控加工机床有:数控铣床、数控电火花成形机床、数控电火花线切割加工机床、数控磨床和数控车床等。

数控机床通常由控制系统、伺服驱动系统、检测系统、机械传动系统及其他辅助系统组成。控制系统用于数控机床的动作运算、管理和控制,通过输入端口获取相关控制数据,对这些数据进行解释和运算并对机床产生作用;伺服驱动系统根据控制系统的指令驱动机床,使刀具和零件执行数控代码规定的运动;检测系统则是用来检测机床执行件(工作台、转台、滑板等)的位移和速度变化量,并将检测结果反馈到输入端,与输入指令进行比较,根据其差别调整机床运动;机械传动系统是进给伺服驱动元件至机床执行件之间的机械进给传动装置;辅助系统根据其具体的作用可分为很多种类,如固定循环(能进行重复加工)、自动换刀(可交换指定的刀具)、传动间隙补偿(补偿机械传动系统产生的间隙误差)等。

在数控加工中,数控铣削加工是最为复杂、用途最广的加工种类,数控线切割、数控电火花成形、数控车削、数控磨削等的数控编程各有其特点。由于数控铣削加工的编程对数控加工程序编制具有重要的指导意义,本书将重点讲解数控铣削加工的编程操作方法。

1.1.2 数控加工坐标系

CNC 铣床或加工中心(Machine Center, MC)通过在特定的坐标系统中描述刀具运动的路径,来实现对零件特定外形的加工。坐标系统对 CNC 程序设计极为重要。常见的坐标

系有机床坐标系、工件坐标系等。

机床坐标系是数控加工系统中的绝对坐标系，用来描述整个加工过程中的行为和相对位置。不同的控制系统，机床坐标原点位置不同，一般为右上角，如图 1-1 所示。在加工过程中，机床坐标系作为其他坐标系的参照坐标系。数控机床在停机后，由于温度、振动等干扰，机床导轨等零部件会发生一定位移或变形，所以数控机床再起后，应当先校正机床的坐标原点，以保证坐标系统的正确。

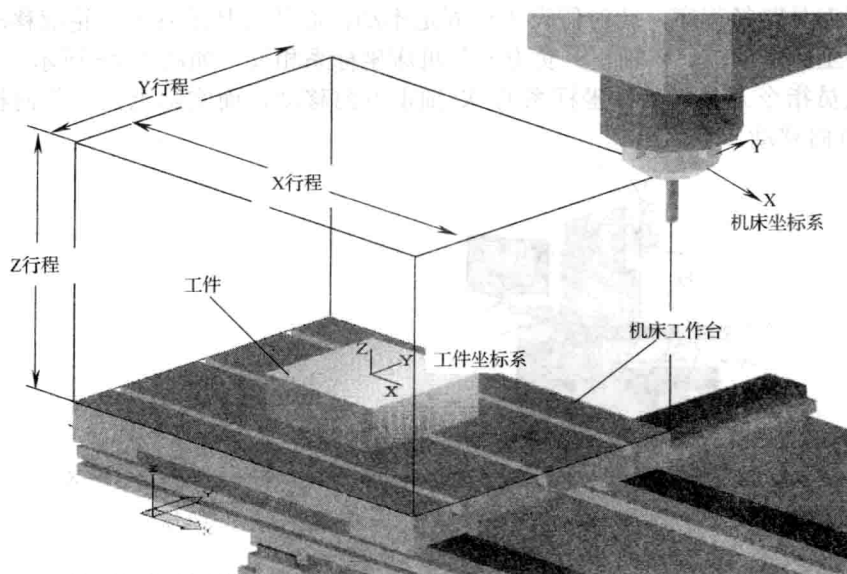


图 1-1 机床坐标系的原点

工件坐标系是设置在被加工零件上的坐标系，用来描述工件外形和尺寸，它建立在机床坐标系之下，以其为参照，可以有任意多个。

CNC 机床上各坐标系轴的标注采用右手直角坐标系（笛卡儿坐标系）。如图 1-2 所示，大拇指表示 X 轴，食指表示 Y 轴，中指表示 Z 轴，且手指所指的方向为坐标轴的正方向。X、Y、Z 轴向用于标注线性移动轴；另外定义三个旋转轴，绕 X 轴旋转者为 A 轴，绕 Y 轴旋转者为 B 轴，绕 Z 轴旋转者为 C 轴。三个旋转轴的正方向皆定义为顺着移动轴正方向看，顺时针转动为正，逆时针转动为负，如图 1-3 所示。

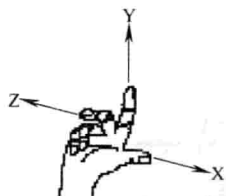


图 1-2 笛卡儿坐标系

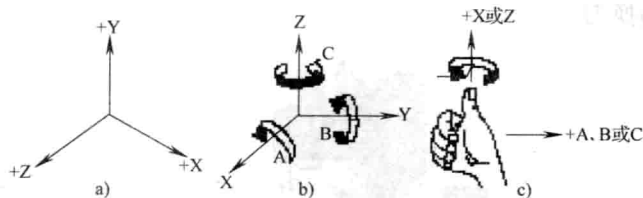


图 1-3 坐标系定义

a) 右手直角坐标系 b) X、Y、Z 移动轴，A、B、C 旋转轴 c) A、B、C 旋转轴

CNC 机床首先定义 Z 轴，即以机床的主轴线为 Z 轴，再以刀具远离工件的方向为正。以立式 CNC 铣床为例，如图 1-4 所示，定义机床坐标系为：主轴向上为“+Z”方向，向下为“-Z”方向；然后定义 X 轴，以操作者面向床柱，其刀具沿左右方向移动者为 X 轴，

且规定向左为正方向；最后依右手直角坐标系决定 Y 轴，刀具沿前后方向移动者为 Y 轴，向后为“+Y”方向，向前为“-Y”方向，其三轴的交点即为铣床坐标系原点。图 1-4a CNC 机床上的坐标轴所形成的坐标系为机床坐标系。一般的 CNC 铣床或 MC 在机床上会贴上机床坐标系的轴向，方便用户确认。

机床的各个运动是根据机床坐标系来确定的。由于立式 CNC 铣床或 MC 在 X、Y 轴上实际是工件移动而非刀具移动，为了符合编程人员工件固定不动的假设，需要在工件坐标系下来编写刀具路径程序，此时假设工件固定不动，而让刀具沿着工件轮廓移动加工。由此使得工件坐标系的 X、Y 轴正、负方向与机床坐标系相反，如图 1-4b 所示。

编程人员指令刀具向工件坐标系的 X 轴正方向移动，而实际上是工件向机床坐标系的 X 轴负方向移动。

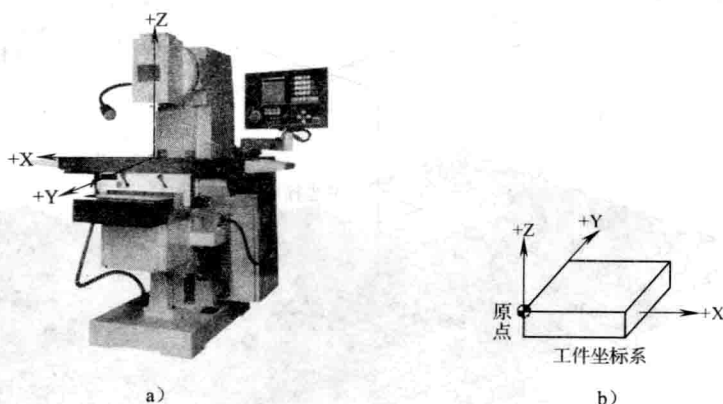


图 1-4 机床坐标系与工件坐标系

a) 机床坐标系 b) 工件坐标系

1.2 数控铣床的结构与功能

图 1-5 为一种常见的立式数控铣床，因为没有配备自动刀具交换装置（Automatic Tools Changer, ATC）及刀具库，故在加工过程中需要用手动方式换刀。图 1-6 为一种立式加工中心，图 1-7 为加装 A 轴的四轴加工中心，图 1-8 为五轴加工中心。加工中心因具有 ATC 装置及刀具库，故可将使用的刀具预先安排存放在刀具库内，需要时再下换刀指令，由 ATC 自动换刀。

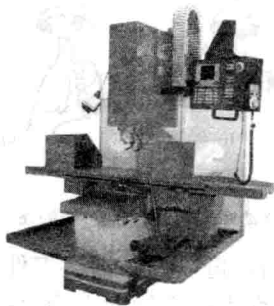


图 1-5 立式数控铣床

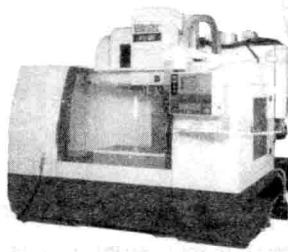


图 1-6 立式加工中心

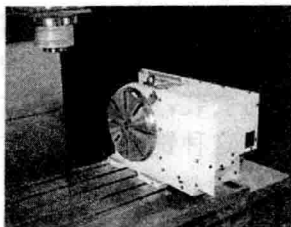


图 1-7 加装 A 轴的四轴加工中心

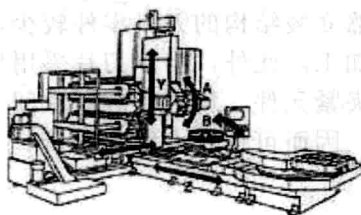


图 1-8 五轴加工中心

1.3 数控铣床刀具参数

根据被加工零件的材料、几何形状、表面质量要求、热处理状态、切削性能及加工余量等不同, 数控铣床需要采用不同的加工刀具。通常来说, 一般选择的刀具最好为刚性好、寿命长的刀具。图 1-9 给出了几种常见的铣削加工刀具 (简称铣刀)。

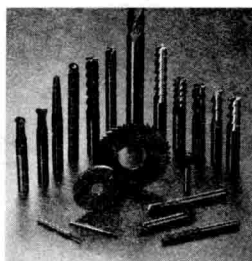


图 1-9 常见的铣削加工刀具

1.3.1 铣刀类型、结构及其选用

铣刀一般由刀片、定位部分、夹持部分和刀体等组成。由于刀片在刀体上有多种定位与夹紧方式, 刀片定位部分的结构又有不同类型, 使得铣刀的结构形式有多种, 分类方法也较多, 主要依据刀片排列方式来选择铣刀。刀片排列方式可分为平装结构和立装结构两大类。

1. 平装结构 (刀片径向排列)

如图 1-10 所示, 平装结构铣刀的刀体结构工艺性好, 容易加工, 并可采用无孔刀片 (刀片价格较低, 可重磨)。由于需要夹紧元件, 刀片的一部分被覆盖, 容屑空间较小, 且在切削力方向上的硬质合金截面较小, 故平装结构的铣刀一般用于轻型和中量型的铣削加工。

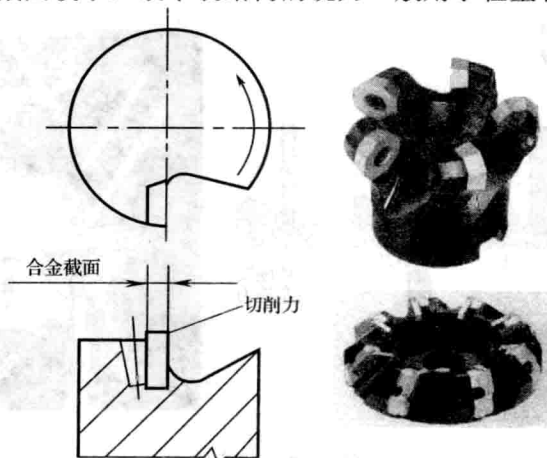


图 1-10 平装结构铣刀

2. 立装结构 (刀片切向排列)

如图 1-11 所示, 立装结构铣刀的刀片只用一个螺钉固定在刀槽上, 结构简单, 转

位方便。虽然立装结构的刀具零件较少，但刀体的加工难度较大，一般需用五坐标加工中心进行加工。此外，由于刀片采用切削力夹紧，夹紧力随切削力的增大而增大，因此可省去夹紧元件，增大了容屑空间。由于刀片切向安装，在切削力方向的硬质合金截面较大，因而可进行大背吃刀量、大进给量切削。这种铣刀适用于重型和中量型的铣削加工。

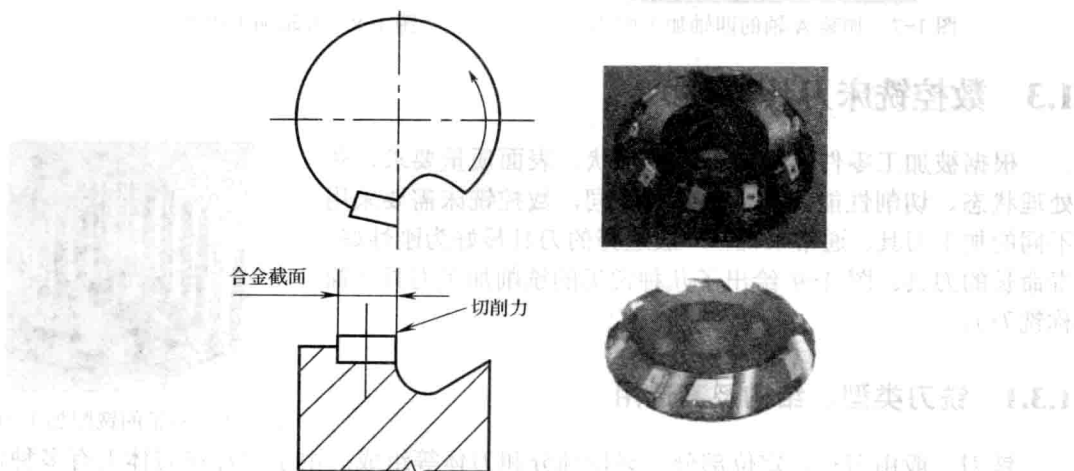


图 1-11 立装结构铣刀

一般需要根据被加工零件的几何形状来选择刀具类型，主要选取原则如下：

1) 加工曲面类零件时，为了保证刀具切削刃与加工轮廓在切削点相切，避免切削刃与工件轮廓发生干涉，一般采用球头铣刀。粗加工用两刃铣刀，半精加工和精加工用四刃铣刀，如图 1-12 所示。

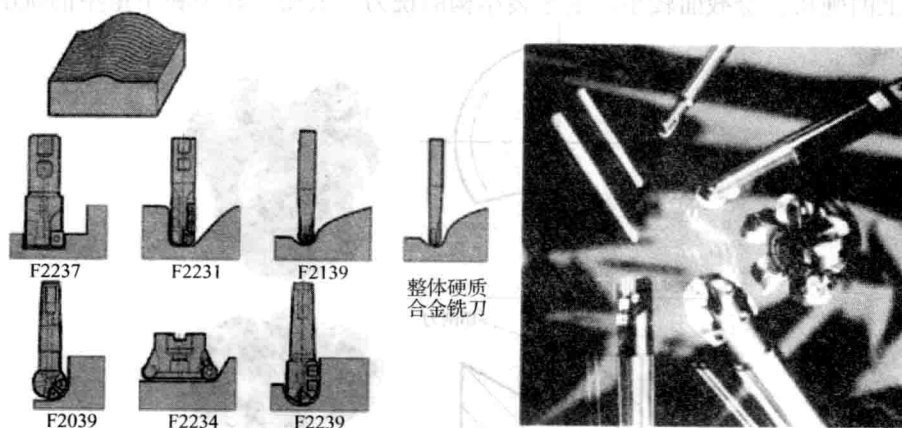


图 1-12 球头铣刀

2) 铣较大平面时，为了提高生产效率和降低加工表面表面粗糙度值，一般采用刀片镶嵌式盘形铣刀，如图 1-13 所示。

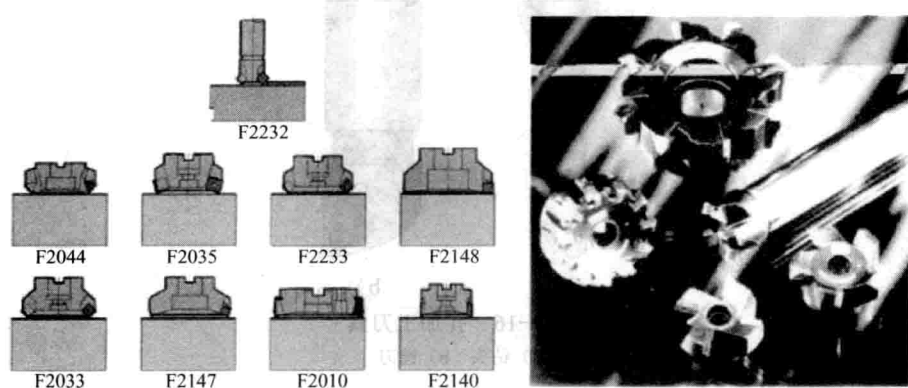


图 1-13 盘形铣刀

3) 铣削平面或台阶面时, 一般采用通用铣刀, 如图 1-14 所示。

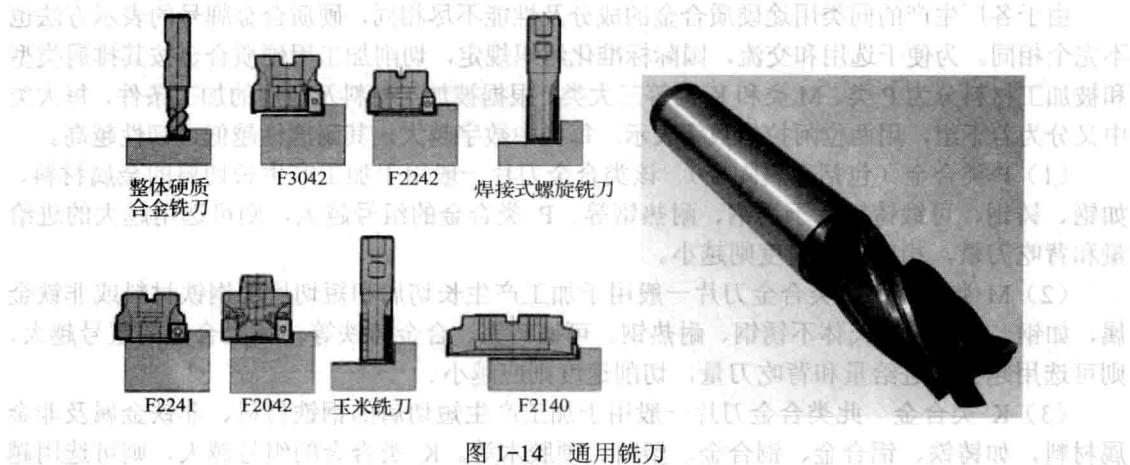


图 1-14 通用铣刀

4) 铣键槽时, 为了保证槽的尺寸精度, 一般用两刃键槽铣刀, 如图 1-15 所示。

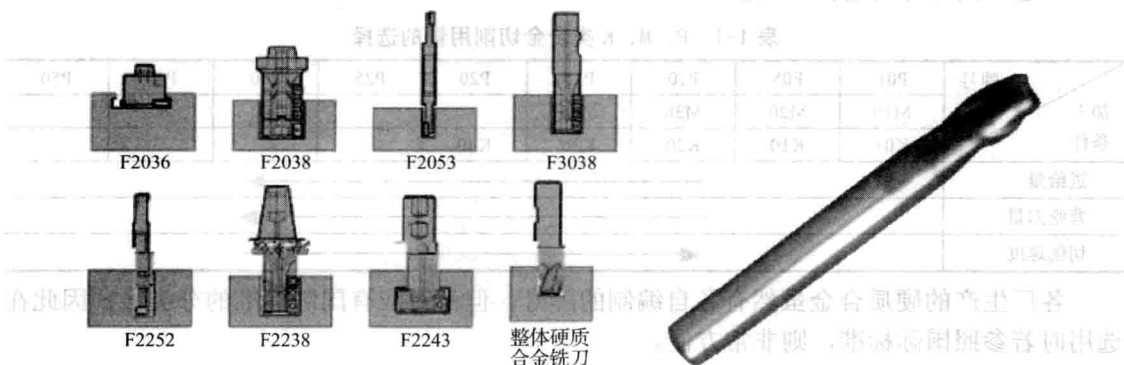


图 1-15 两刃键槽铣刀

5) 孔加工时, 可采用钻头、镗刀等孔加工刀具, 如图 1-16 所示。

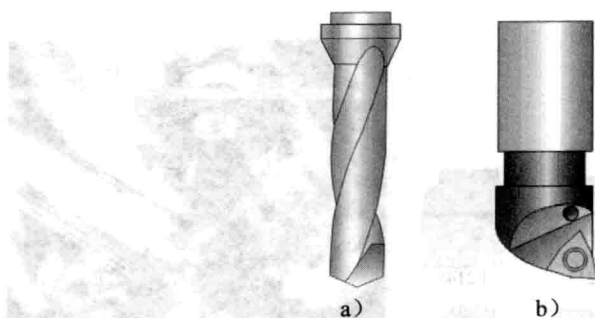


图 1-16 孔加工刀具
a) 钻头 b) 镗刀

1.3.2 铣刀的刀片牌号

选择刀片硬质合金牌号的主要依据是被加工材料和硬质合金的性能。选用铣刀时，一般可按刀具制造厂商提供的加工材料及加工条件来选取相应牌号的硬质合金刀片。

由于各厂生产的同类用途硬质合金的成分及性能不尽相同，硬质合金牌号的表示方法也不完全相同。为便于选用和交流，国际标准化组织规定，切削加工用硬质合金按其排屑类型和被加工材料分为 P 类、M 类和 K 类等三大类。根据被加工材料及适用的加工条件，每大类中又分为若干组，用两位阿拉伯数字表示。每类中数字越大，其耐磨性越低，韧性越高。

(1) P 类合金（包括金属陶瓷） 该类合金刀片一般用于加工产生长切屑的金属材料，如钢、铸钢、可锻铸铁、不锈钢、耐热钢等。P 类合金的组号越大，则可选用越大的进给量和背吃刀量，相应切削速度则越小。

(2) M 类合金 该类合金刀片一般用于加工产生长切屑和短切屑的钢铁材料或非铁金属，如钢、铸钢、奥氏体不锈钢、耐热钢、可锻铸铁、合金铸铁等。M 类合金的组号越大，则可选用越大的进给量和背吃刀量，切削速度则应越小。

(3) K 类合金 此类合金刀片一般用于加工产生短切屑的钢铁材料、非铁金属及非金属材料，如铸铁、铝合金、铜合金、塑料、硬胶木等。K 类合金的组号越大，则可选用越大的进给量和背吃刀量，切削速度则相应越小。

上述三类牌号的选择原则参见表 1-1。

表 1-1 P、M、K 类合金切削用量的选择

加工 条件	牌号	P01	P05	P10	P15	P20	P25	P30	P40	P50
	M10	M20	M30	M40						
	K01	K10	K20	K30	K40					
进给量	→									
背吃刀量	→									
切削速度	←									

各厂生产的硬质合金虽然有各自编制的牌号，但都对应有国际标准的分类号，因此在选用时若参照国际标准，则非常方便。

1.3.3 铣刀角度及特点

描述铣刀形状的角度可分为前角、后角、主偏角、副偏角、刃倾角等。为满足不同的

加工需要,铣刀形状可通过多种角度组合而成。各种角度中最主要的是主偏角和前角(制造厂的产品样本中对刀具的主偏角和前角一般都有明确说明)。

1. 主偏角 κ_r

主偏角为切削刃与切削平面的夹角,如图 1-17 所示。常见的铣刀的主偏角有 90° 、 88° 、 75° 、 70° 、 60° 、 45° 等几种。

主偏角对背向力和背吃刀量影响很大。背向力的大小直接影响切削功率和刀具的抗振性能。铣刀的主偏角越小,加工过程中产生的背向力越小,从而抗振性也越好,但背吃刀量也随之减小。

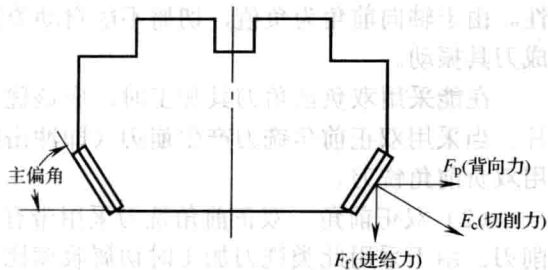


图 1-17 铣刀主偏角

(1) 90° 主偏角 该主偏角一般在铣削带凸肩的平面时选用,一般不用于单纯的平面加工。该类刀具通用性好,既可用于加工台阶面,又可以加工平面,一般在单件、小批量的加工中广泛选用。由于该类刀具的背向力等于切削力,进给力大,易振动,因而要求机床具有较大功率和足够的刚性。在加工带凸肩的平面时,也可选用 88° 主偏角的铣刀。较之 90° 主偏角铣刀,其切削性能有一定改善。

(2) $60^\circ \sim 75^\circ$ 主偏角 该主偏角适用于平面铣削的粗加工。由于加工过程中的背向力明显减小(特别是 60° 时),使得刀具的抗振性有较大改善,切削平稳、轻快。在平面加工中应优先选用该主偏角的刀具。 60° 主偏角铣刀主要用在镗铣床、加工中心上的粗铣和半精铣加工; 75° 主偏角铣刀为通用型刀具,适用范围较广。

(3) 45° 主偏角 此类铣刀的背向力大幅度减小,约等于进给力,切削载荷分布在较长的切削刃上,具有很好的抗振性,适用于镗铣床主轴悬伸较长的加工场合。采用该类刀具加工平面时,刀片破损率低,寿命长;在加工铸铁件时,工件边缘不易产生崩刃。

2. 前角 γ_o

铣刀的前角可分解为径向前角 γ_f 和轴向前角 γ_p ,如图 1-18 所示。径向前角主要影响切削功率;轴向前角则影响切屑的形成和进给力的方向,当 γ_p 为正值时,切屑即飞离加工面。径向前角和轴向前角正负的判别如图 1-18 所示。常用的前角组合形式如下:

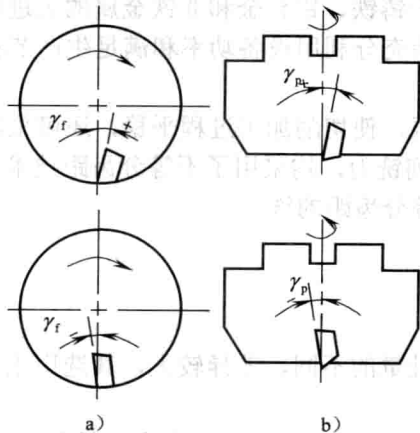


图 1-18 前角

a) 径向前角 γ_f b) 轴向前角 γ_p