

附光盘

工程软件数控加工自动编程丛书

CAXA

制造工程师2008 数控加工自动编程

第3版

康亚鹏○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



工程软件数控加工自动编程丛书

CAXA 制造工程师 2008 数控 加工自动编程

第3版

康亚鹏 主编



机械工业出版社

本书主要围绕 CAXA 制造工程师 2008 的造型及数控加工技术展开介绍。全书共分 7 章, 其中第 1、2 章简要地介绍了数控加工技术和数控编程的基础知识; 第 3 章概述了 CAXA 制造工程师 2008 软件的功能和操作界面; 第 4~6 章分别介绍了 CAXA 制造工程师 2008 的三维造型操作方法、常用数控加工操作方法, 以及数控加工后置处理的相关知识; 第 7 章以多个典型综合应用实例, 介绍了 CAXA 制造工程师 2008 实体造型技术和数控加工操作方法。随书赠送光盘, 含全书实例源文件。

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

图书在版编目 (CIP) 数据

CAXA 制造工程师 2008 数控加工自动编程/康亚鹏主编. —3 版.
—北京: 机械工业出版社, 2011.4
(工程软件数控加工自动编程丛书)
ISBN 978-7-111-33639-6

I. ①C… II. ①康… III. ①数控机床—加工—计算机辅助
设计—应用软件, CAXA 2008 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 034565 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 周国萍 策划编辑: 周国萍

责任印制: 李 妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2011 年 4 月第 3 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 22.5 印张 · 413 千字

0 001 - 4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 33639 - 6

ISBN 978 - 7 - 89451 - 892 - 7 (光盘)

定价: 41.00 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

策划编辑: (010) 88379733

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

第3版前言

CAXA 制造工程师 2008 是北航海尔有限公司在 CAM 领域经过多年的深入研究和总结,并对中国数控加工技术和国际先进技术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“国际技术水准”的最新 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 2008 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 2008 新增加了部分加工功能,对原有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 2008 的操作方法和使用技巧。其中,第 1、2 章主要介绍了数控加工技术和数控机床相关的基础知识;第 3~6 章全面介绍了 CAXA 制造工程师 2008 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 2008 展开系统性的学习;第 7 章通过专门设计的典型性综合实例,让读者进一步全面掌握 CAXA 制造工程师 2008 的数控加工技术。

本书立足于工程实践的学习思想,书中所采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与数控操作实践的结合,读者可以结合随书光盘里的实例源文件,参照书中介绍的操作方法,更好地加深理解并巩固所学的知识内容,提高综合的实体造型和数控加工能力。

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

本书由康亚鹏主编,徐海军、张武军、房敏、张文俊、邹腾安、王梦萍、高剑伟、曾宇、赵旋、张宇参与编写,房敏、徐海军对全书进行校对,康亚鹏对全书进行统稿。

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 者

目 录

第3版前言

第1章 数控加工技术简介	1
1.1 数控加工及机床的分类	1
1.2 数控加工中的坐标系	3
1.3 数控铣床的结构与功能	5
1.4 数控机床的加工流程	6
1.5 数控铣床常用的刀具	6
1.5.1 铣刀类型及其加工选择	7
1.5.2 铣刀的结构及加工选择	9
1.5.3 铣刀角度及特点	10
1.5.4 铣刀的齿数或齿距	12
1.5.5 铣刀的直径	13
1.5.6 铣刀的最大背吃刀量	13
1.5.7 铣刀的刀片牌号	13
第2章 数控加工基础知识	15
2.1 数控加工编程概述	15
2.1.1 手工编制数控加工程序	16
2.1.2 自动编制数控加工程序	16
2.1.3 数控加工程序的基本格式	16
2.2 数控加工的工艺过程	19
2.2.1 CNC 机床的选择	19
2.2.2 设置加工工序	20
2.2.3 工件装夹方式的设计	20
2.2.4 设定对刀点及换刀点	21
2.2.5 进给路线的设定	21
2.2.6 选取加工刀具	24
2.2.7 设定切削参数	25
2.2.8 数控编程的误差控制	26
2.3 高速切削加工工艺	27

2.3.1 高速切削技术的发展	27
2.3.2 高速切削技术的优点	28
2.3.3 高速铣削加工工艺	29
第3章 CAXA 制造工程师 2008 概述	31
3.1 初识 CAXA 制造工程师 2008	31
3.2 CAXA 制造工程师 2008 运行平台	31
3.3 CAXA 制造工程师 2008 软件操作	32
3.3.1 安装 CAXA 制造工程师 2008	32
3.3.2 卸载 CAXA 制造工程师 2008	37
3.3.3 启动 CAXA 制造工程师 2008	38
3.4 CAXA 制造工程师 2008 操作界面	39
3.4.1 主操作界面	39
3.4.2 菜单栏	40
3.4.3 下拉菜单	40
3.4.4 状态栏	40
3.4.5 快捷菜单	40
3.4.6 工具栏	41
3.5 CAXA 制造工程师 2008 常用键和功能热键	42
3.5.1 常用键	42
3.5.2 功能热键	42
3.6 绘图平面与坐标系	43
3.6.1 绘图平面	43
3.6.2 坐标系	43
3.6.3 用户坐标系的创建	43
3.6.4 激活坐标系	44
3.6.5 删除坐标系	45
3.6.6 隐藏坐标系	45
3.6.7 显示坐标系	45
3.6.8 设定当前平面	46
3.7 CAXA 制造工程师 2008 图层与颜色设置	46
3.7.1 图层设置	46
3.7.2 颜色设置	47
3.8 CAXA 制造工程师 2008 查询功能	48
3.8.1 查询坐标	50

3.8.2	查询距离.....	50
3.8.3	查询角度.....	51
3.8.4	查询草图属性.....	51
3.8.5	查询线面属性.....	51
3.8.6	查询实体属性.....	52
3.8.7	查询轨迹点信息.....	53
3.9	CAXA 制造工程师 2008 帮助系统.....	53
3.9.1	屏幕提示信息.....	53
3.9.2	在线联机帮助.....	53
第 4 章	CAXA 制造工程师 2008 三维造型设计.....	55
4.1	三维造型相关术语.....	55
4.2	基本曲线的绘制.....	56
4.2.1	直线.....	56
4.2.2	圆弧.....	61
4.2.3	圆.....	64
4.2.4	矩形.....	66
4.2.5	椭圆.....	67
4.2.6	样条曲线.....	67
4.2.7	点.....	68
4.2.8	公式曲线.....	69
4.2.9	多边形.....	72
4.2.10	二次曲线.....	73
4.2.11	等距线.....	73
4.2.12	曲线投影.....	75
4.2.13	相关线.....	76
4.2.14	样条转圆弧.....	78
4.3	曲线编辑.....	79
4.3.1	曲线裁剪.....	79
4.3.2	曲线过渡.....	81
4.3.3	曲线打断.....	83
4.3.4	曲线组合.....	83
4.3.5	曲线拉伸.....	83
4.3.6	曲线优化.....	83
4.3.7	样条型值点.....	84

4.3.8	样条控制顶点.....	84
4.3.9	样条端点切矢.....	84
4.4	几何变换.....	84
4.4.1	平移	85
4.4.2	平面旋转.....	86
4.4.3	旋转	87
4.4.4	平面镜像.....	87
4.4.5	镜像	88
4.4.6	阵列	88
4.4.7	缩放	89
4.5	绘制曲面.....	90
4.5.1	直纹面	91
4.5.2	旋转面	93
4.5.3	扫描面	93
4.5.4	导动面	94
4.5.5	等距面	99
4.5.6	平面	100
4.5.7	边界面	103
4.5.8	放样面	104
4.5.9	网格面	105
4.5.10	实体表面.....	105
4.6	曲面编辑.....	106
4.6.1	曲面裁剪.....	107
4.6.2	曲面过渡.....	109
4.6.3	曲面拼接.....	111
4.6.4	曲面缝合.....	113
4.6.5	曲面延伸.....	114
4.6.6	曲面优化.....	115
4.6.7	曲面重拟合.....	116
4.7	实体特征造型.....	116
4.7.1	绘制草图.....	116
4.7.2	特征生成.....	121
4.8	应用实例.....	139
4.8.1	端盖零件实体设计	140

4.8.2 端盖的凸凹模具设计	146
第 5 章 CAXA 制造工程师 2008 常用加工操作	153
5.1 数控加工的对象	153
5.1.1 模型	153
5.1.2 毛坯	154
5.2 起始点	155
5.3 机床后置	156
5.3.1 CAXA 软件的后置宏指令	156
5.3.2 FANUC 系统中添加换刀、切削液自动开关指令	157
5.3.3 FANUC 系统机床后置项的修改	157
5.4 刀具库	159
5.5 加工参数的含义及其设置	162
5.5.1 切削用量设置	162
5.5.2 下刀方式设置	163
5.5.3 切入/切出方式选择	164
5.5.4 加工边界定义	166
5.5.5 数控加工的其他术语	167
5.6 各种粗加工方法	169
5.6.1 平面区域粗加工	169
5.6.2 区域式粗加工	173
5.6.3 等高线粗加工	176
5.6.4 扫描线粗加工	181
5.6.5 摆线式粗加工	183
5.6.6 插铣式粗加工	185
5.6.7 导动线粗加工	188
5.7 精加工方法	189
5.7.1 平面轮廓精加工	189
5.7.2 轮廓导动精加工	192
5.7.3 参数线精加工	194
5.7.4 轮廓线精加工	198
5.7.5 导动线精加工	201
5.7.6 等高线精加工	203
5.7.7 等高线精加工 2	205
5.7.8 扫描线精加工	208

5.7.9 浅平面精加工	211
5.7.10 限制线精加工	213
5.7.11 三维偏置精加工	215
5.7.12 深腔侧壁精加工	217
5.8 补加工	219
5.8.1 等高线补加工	219
5.8.2 笔式清根加工	222
5.8.3 笔式清根加工 2	225
5.8.4 区域式补加工	226
5.8.5 区域式补加工 2	228
5.9 槽加工	230
5.9.1 曲线式铣槽加工	230
5.9.2 扫描式铣槽加工	233
5.10 其他加工	235
5.10.1 工艺钻孔设置	235
5.10.2 工艺加工	236
5.10.3 孔加工	238
5.11 知识加工	239
5.12 轨迹仿真	240
5.13 轨迹编辑	245
5.13.1 轨迹裁剪	245
5.13.2 轨迹反向	247
5.13.3 插入刀位点	247
5.13.4 删除刀位点	248
5.13.5 两刀位点间拾刀	248
5.13.6 清除拾刀	249
5.13.7 轨迹打断	249
5.13.8 轨迹连接	249
5.14 生成及校核 G 代码	250
5.15 工艺清单	252
第 6 章 CAXA 制造工程师 2008 加工后置处理	254
6.1 机床后置参数设置	254
6.1.1 机床控制参数设置	255
6.1.2 程序格式的设置	258

6.1.3 速度设置.....	261
6.2 后置设置.....	261
第 7 章 CAXA 制造工程师 2008 操作实例.....	265
7.1 端盖零件三维实体造型.....	265
7.1.1 造型操作思路解析.....	265
7.1.2 创建正八边形底座特征.....	266
7.1.3 生成轴承座特征.....	267
7.1.4 生成螺纹孔凸台.....	269
7.1.5 添加过渡圆角和倒角.....	270
7.2 盒盖旋钮三维造型与数控加工.....	271
7.2.1 造型操作思路解析.....	272
7.2.2 创建盒盖旋钮主体.....	272
7.2.3 创建太极图案形状缺口.....	273
7.2.4 创建过渡圆角.....	275
7.2.5 数控加工思路解析.....	276
7.2.6 准备加工条件.....	276
7.2.7 等高粗加工主体外形.....	280
7.2.8 太极图案的深腔侧壁精加工.....	285
7.2.9 盒盖旋钮的等高线补加工.....	288
7.2.10 加工轨迹仿真.....	289
7.2.11 生成加工 G 代码.....	292
7.2.12 生成加工工艺单.....	292
7.3 轮毂模具三维造型与数控加工.....	294
7.3.1 造型操作思路解析.....	294
7.3.2 旋转增料创建轮毂主体.....	294
7.3.3 旋转草图创建轮辐间凹腔.....	295
7.3.4 拉伸切出创建螺栓安装孔特征.....	298
7.3.5 创建轮辐凹槽特征.....	300
7.3.6 创建轮毂过渡圆角.....	302
7.3.7 数控加工思路解析.....	303
7.3.8 轮毂的等高线粗加工.....	303
7.3.9 轮毂的扫描线精加工.....	306
7.3.10 加工轨迹仿真.....	308
7.4 吊钩实体的数控加工.....	310

7.4.1	数控加工思路解析	310
7.4.2	吊钩外形的扫描线粗加工	310
7.4.3	吊钩外形的扫描线精加工	313
7.4.4	吊钩底部轮廓的笔式清根加工	315
7.4.5	加工轨迹的仿真	317
7.4.6	生成加工 G 代码	321
7.4.7	生成加工工艺单	321
7.5	咖啡杯及侧壁文字数控加工	323
7.5.1	数控加工思路解析	323
7.5.2	咖啡杯等高线粗加工	323
7.5.3	咖啡杯扫描线精加工	326
7.5.4	咖啡杯笔式清根加工	328
7.5.5	侧壁文字设计及加工	330
7.5.6	加工轨迹仿真	333
7.6	盒座凹腔的数控加工	335
7.6.1	数控加工思路解析	335
7.6.2	盒座凹腔的区域轮廓粗加工	335
7.6.3	盒盖凹腔的等高线精加工	339
7.6.4	盒盖凹腔的笔式清根加工	342
7.6.5	加工轨迹仿真	344
参考文献		347

第 1 章 数控加工技术简介

1.1 数控加工及机床的分类

数控加工，又称 NC（Numerical Control）加工，是通过一系列特定格式的数值与符号构成的数字信息，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，尤其是随着计算机技术、控制技术、计算机图形学等的发展与更新，数控加工已成为应用于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；二是极大地保证加工质量的重复性，从而稳定加工质量，保证加工零件质量的一致及互换。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，而与机床操作人员没有直接关系。

总的来说，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，用数控加工可以一次装夹完成。
- 4) 便于进行加工过程管理，减少检查工作量。
- 5) 便于设计变更，加工设定柔性，降低废、次品率。
- 6) 容易实现操作过程的自动化，一个人可以操作多台机床。
- 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另一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，不仅易于出错，而且难于检查，限制了

数控机床功能的充分发挥。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，在国内的应用也越来越普及，已经成为实现制造业技术进步发展的必然趋势。

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为普及。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。

在模具制造行业中，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运算、管理和控制，通过输入介质得到数据，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；机床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，本书将重点介绍对数控加工程序编制具有指导意义的数控铣削加工的数控编程操作方法。

1.2 数控加工中的坐标系

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

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。不同的控制系统其机床坐标原点位置不同，一般为右上角。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、振动等原因，机床导轨等会发生一定位移或变形，所以数控机床再起动后，应当先校正机床的坐标原点，以保证坐标系统的正确。

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，可以有任意多个。

CNC 机床各轴的标注采用右手直角坐标系（笛卡儿坐标系）。如图 1-1 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 1-2 所示。

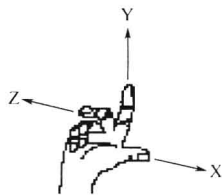


图 1-1 笛卡儿坐标系

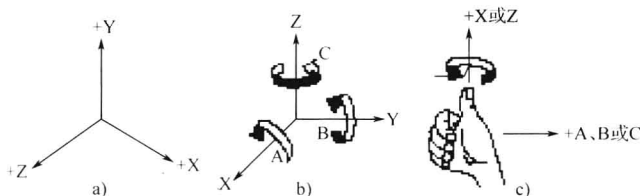


图 1-2 坐标系定义

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,主轴向上为“+Z”方向,向下为“-Z”方向,如图 1-3 所示;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,且规定向右为正方向;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,向前为“+Y”方向,向后为“-Y”方向。以上定义为工件坐标系,其三轴的交点即为工件坐标系原点。图 1-3b 所示即为工件坐标系。编程人员依据工件坐标系来编写刀具路径,且必须假设工件固定不动,刀具沿着工件轮廓移动加工。

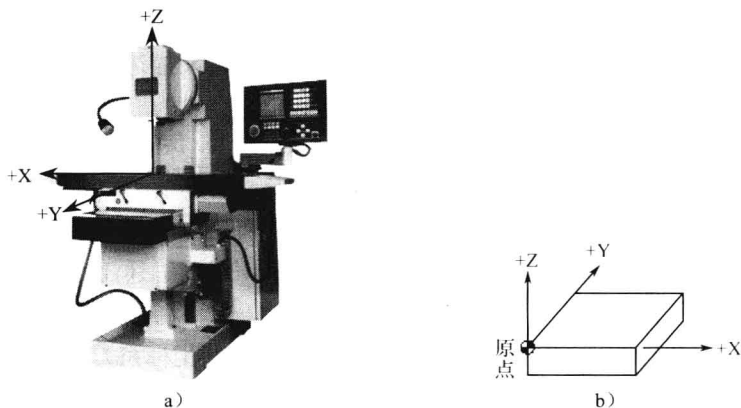


图 1-3 机床坐标系与工件坐标系

a) 机床坐标系 b) 工件坐标系

图 1-3a 所示 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,其机床坐标系的 X、Y 轴正、负方向与工件坐标系相反。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 轴正方向移动。不同的控制系统其机床坐标原点位置不同,一般为右上角,如图 1-4 所示。

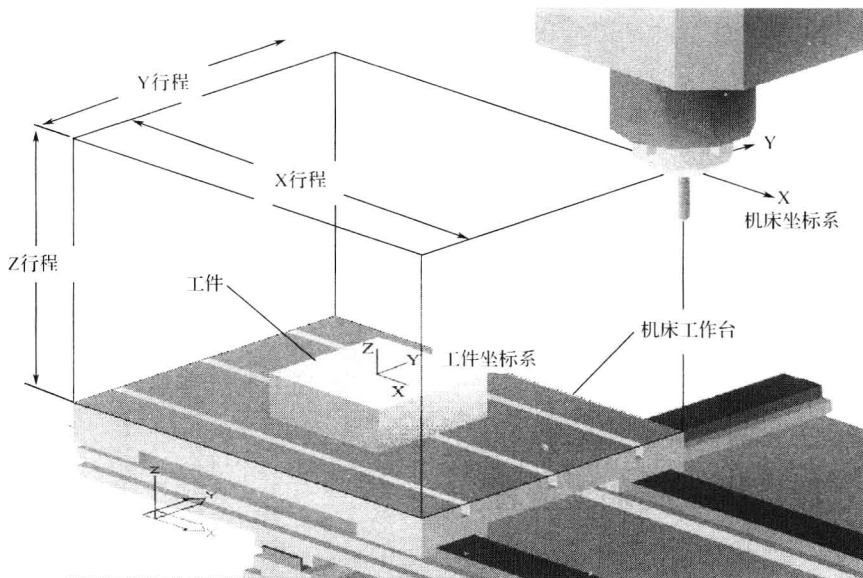


图 1-4 机床坐标系的原点

1.3 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（ATC，Automatic Tools Changer）及刀具库，故在加工过程中需要手动方式换刀。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。

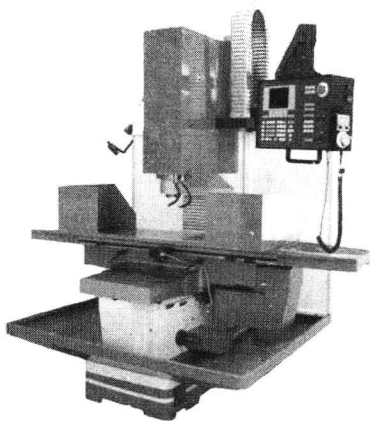


图 1-5 立式数控铣床

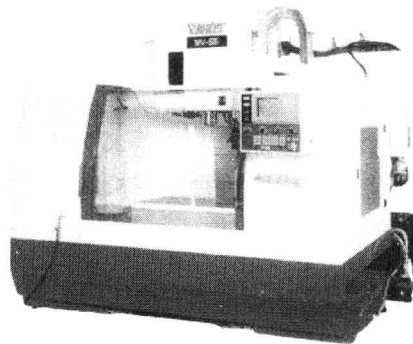


图 1-6 立式加工中心