

Mastercam 数控加工完全自学丛书

# 图解 Mastercam 2017 数控加工编程 高级教程

陈为国 陈昊 严思堃◎编 著

● 图解 Mastercam 2017 CAM 高级操作技能

● 快速提升数控加工自动编程水平

● 详解数控加工工艺经验和心得

● 轻松步入数控加工高手行列



送练习文件、PPT课件

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



Mastercam 数控加工完全自学丛书

# 图解 Mastercam 2017 数控 加工编程高级教程

陈为国 陈昊 严思堃 编著



机械工业出版社

本书以 Mastercam 2017 版为基础, 针对 Mastercam 数控加工自动编程流程与典型操作、2D 数控铣削加工编程、3D 数控铣削加工编程以及数控车削加工自动编程展开了讨论, 其知识点的覆盖较为全面、完整, 其中很多 Mastercam 2017 版加工编程的知识点是同类图书中少有的内容。通过本书的学习, 可以使读者全面掌握 Mastercam 2017 的数控加工自动编程技术, 并能够完成较为复杂零件的数控加工编程工作。

为便于读者学习, 提供练习文件光盘, 同时提供配书 PPT 课件 (联系 QQ296447532 获取)。

本书理论联系实际, 较为全面地讨论了加工编程中加工策略、刀具选用与创建、各类参数设置和刀路分析等。书中配有大量的针对性较强的练习示例, 可帮助读者高效、快捷地掌握 Mastercam 2017 的自动编程功能。本书非常适合具备数控加工手工编程基础知识和 Mastercam 基础知识的读者, 以及希望提高自动编程能力的数控加工技术人员自学使用, 也可作为高等学校及培训机构 CAD/CAM 课程的教学用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

图解 Mastercam 2017 数控加工编程高级教程/陈为国, 陈昊, 严思堃编著.

—北京: 机械工业出版社, 2019.5

(Mastercam 数控加工完全自学丛书)

ISBN 978-7-111-62501-8

I. ①图… II. ①陈… ②陈… ③严… 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 (2019) 第 070522 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 王 琬

责任校对: 梁 静 封面设计: 马精明

责任印制: 郜 敏

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2019 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·438 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-62501-8

ISBN 978-7-89386-213-7 (光盘)

定价: 69.00 元 (1CD)

电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

封面防伪标均为盗版

网络服务

机 工 官 网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机 工 官 博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金 书 网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

机工教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

Mastercam 是美国 CNC Software 公司开发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件系统，具有二维几何图形设计、三维线框设计、曲面造型和实体造型等设计功能，以及可由零件图形或模型直接生成刀具路径、刀具路径模拟、加工实体仿真验证、可扩展的后处理及较强的外界接口等功能。自动生成的数控加工程序能适应多种类型的数控机床，数控加工编程功能快捷方便，具有铣削、车削、线切割和雕铣加工等编程功能。

Mastercam 自 20 世纪 80 年代推出至今，经历了三次较为明显的界面与版本变化，首先是 V9.1 版之前的产品，国内市场可见的有 6.0、7.0、8.0、9.0 等版本，该类版本的操作界面是左侧瀑布式菜单与上部布局工具栏形式的操作界面；其次是配套 Windows XP 版的 X 版风格界面，包括 X, X2, X3, …, X9 九个版本，该类版本的操作界面类似于 Office2003 的界面风格，以上部布局的下拉菜单与丰富的工具栏及其工具按钮操作为主，配以鼠标右键快捷方式操作，这个时期的版本已开始与微软操作系统保持相似的风格，能更好地适应年轻一代的初学者；为了更好地适应 Windows 7 系统及其代表性的应用软件 Office 2010 的 Ribbon 风格功能区操作界面的出现，Mastercam 开始第三次操作界面风格的改款，从 Mastercam 2017 开始推出以年代标记软件版本，具有 Office 2010 的 Ribbon 风格功能区操作界面的风格，标志着 Mastercam 进入了一个新时代。

Mastercam 2017Ribbon 风格界面特别适合年轻一代的初学者“弯道超车”，读者可紧随 Mastercam 2017 及其后续版本的变化而学习。由于 Mastercam 2017 界面的变化较大，因此即使是 Mastercam 的老用户也有阅读本书的必要。

2018 年 5 月，编者针对初学者出版了一本 Mastercam 2017 的基础教材《图解 Mastercam 2017 数控加工编程基础教程》<sup>[1]</sup>。而本书是针对有一定 Mastercam 2017 基础的读者撰写的，旨在进一步提高读者的数控加工自动编程水平。

本书作为高级教程，面对的是已具备 Mastercam 基础知识的读者，因此去除了 Mastercam 2017 设计模块的内容。对于加工编程的几何模型，主要是基于通用的\*.stp、\*.dwg 或\*.dxf 几何模型导入的方法获得，因此本书也适合 Mastercam 基础知识掌握不多的读者阅读。

全书共 4 章，第 1 章 Mastercam 数控加工自动编程流程与典型操作，讨论了自动编程流程以及部分 Mastercam 加工编程所需的实用基础知识，如工作坐标系的建立讨论了不多见的在工件上指定点建立工件系的问题，如何在后处理时输出工作坐标系指令 G55~G59 和附加工作坐标系 G54.1 P1~G54.1 P48 等，如何基于实体模型和 STL 格式文件创建加工毛坯，后处理程序 MPFAN.PST 的实用修改等，Mastercam 基础知识较好的读者可大致浏览一下，也许有您需要的知识。第 2 章 2D 数控铣削加工编程，主要讨论了铣削加工中的 2D 加工策略，其中有些知识点在同类图书中很少见到，如 2.2.1 节外形铣削加工刀路中“毛头”的概念、设置与应用，2.2.2 节中讨论的同一文档中基于不同“视图面板”建立两个不

同工作坐标系的加工操作及其应用, 2.2.5 节中讨论的基于光栅文档转换矢量文档提取图形轮廓进行雕铣加工, 2.4.4 节中讨论的内、外螺纹铣削加工原理与编程方法等。第 3 章 3D 数控铣削加工编程, 详细讨论了 3D 铣削加工中全部的 3D 加工策略, 并通过大量的练习题强化练习, 相信通过这些练习将能够使读者有效地掌握 Mastercam 2017 中有关三维铣削加工编程功能, 其中有些知识点结合基础教程的相关内容可得到较好的掌握, 如 3.2.4 节的优化动态粗铣加工参数与刀路的分析, 3.3.6 节中关于径向尺寸稍大加工面径向分段放射加工的问题, 3.3.8~3.3.10 节讨论了投影、流线和熔接铣削精加工原理、刀路分析与应用等, 3.4.1 节中刀具管理及自建刀具库问题, 3.4.3 节中关于刀具路径的平移、旋转与镜像加工编程等问题。第 4 章数控车削加工自动编程, 分编程基础、基本编程、拓展编程和循环指令编程四部分进行了讨论, 其详细程度与同类图书相比也是较为全面的, 部分知识点也是之前图书中介绍不多的, 如编程基础部分介绍的在加工模型指定点上建立工作坐标系的方法, 实体模型与边界线创建非圆柱体加工毛坯, 自定心卡盘及其调头装夹的设置与应用, 自定心卡盘、尾顶尖、中心架等装夹动作参数设置及其应用, 拓展编程部分的动态粗车、切入车削和仿形粗车加工策略的原理、参数设置与应用分析等知识点也是代表现代数控车削加工的较新知识。总而言之, 编者认为, 即使是对 Mastercam 知识掌握较好的读者, 阅读本书也必然会有所收获。

为便于读者学习, 本书提供了练习文件光盘, 同时提供了配书 PPT 课件(联系 QQ296447532 获取)。

本书在编写过程中得到了南昌航空大学科技处、教务处、航空制造工程学院、工程训练中心和中航工业江西洪都航空工业集团有限公司等领导的关心和支持, 以及航空制造工程学院数控加工技术实验室和工程训练中心数控实训教学部等部门相关老师的指导和帮助, 在此表示衷心的感谢!

感谢所列参考文献以及未能囊括进入参考文献的参考资料的作者, 他们的资料为本书的编写提供了极大的帮助。

本书文稿虽经反复推敲, 但因时间仓促, 加之编者水平所限, 书中难免存在不足和疏漏之处, 敬请广大读者予以指正。

编者



# 目 录

## 前 言

## 第 1 章 Mastercam 数控加工自动编程流程与典型操作 ..... 1

### 1.1 数控加工自动编程流程简介 ..... 1

#### 1.1.1 Mastercam 数控加工自动编程流程 ..... 1

#### 1.1.2 Mastercam 数控加工自动编程流程举例 ..... 2

### 1.2 Mastercam 加工模型的准备 ..... 5

#### 1.2.1 Mastercam 软件 CAD 模块简介 ..... 6

#### 1.2.2 AutoCAD 二维模型的导入 ..... 6

#### 1.2.3 STP 格式 3D 模型的导入 ..... 7

#### 1.2.4 加工模型修改必需的操作简介 ..... 7

### 1.3 Mastercam 常规的典型操作 ..... 8

#### 1.3.1 “视图”选项卡的相关操作 ..... 8

#### 1.3.2 “主页”选项卡的相关操作 ..... 10

#### 1.3.3 操作管理器及其操作 ..... 12

#### 1.3.4 其他常见操作 ..... 16

### 1.4 Mastercam 加工编程典型操作 ..... 19

#### 1.4.1 Mastercam 工作坐标系的建立 ..... 19

#### 1.4.2 加工模块的进入 ..... 21

#### 1.4.3 毛坯的设置方法 ..... 22

#### 1.4.4 刀具的创建、选择与参数设置 ..... 29

#### 1.4.5 进/退刀设置与应用 ..... 35

#### 1.4.6 下刀设置与应用 ..... 37

#### 1.4.7 共同参数、参考点的设置 ..... 38

#### 1.4.8 平面 (WCS) 选项及其设置 ..... 39

#### 1.4.9 冷却液选项设置 ..... 39

#### 1.4.10 杂项变量设置 ..... 40

#### 1.4.11 刀路操作管理器及其应用 ..... 40

### 1.5 刀路模拟与实体仿真操作 ..... 42

#### 1.5.1 刀路模拟操作 ..... 42

#### 1.5.2 实体仿真操作 ..... 42

### 1.6 后处理与 NC 程序的输出 ..... 44

#### 1.6.1 程序编辑器的设置 ..... 44

#### 1.6.2 Mastercam 后处理与程序输出操作 ..... 44

#### 1.6.3 Mastercam 输出程序的阅读与修改 ..... 45

#### 1.6.4 Mastercam 后处理程序输出 NC 程序代码的其他问题 ..... 47

### 本章小结 ..... 50

## 第 2 章 2D 数控铣削加工编程 ..... 51

### 2.1 2D 铣削加工特点与加工策略 ..... 51

### 2.2 普通 2D 铣削加工编程及其应用分析 ..... 52

#### 2.2.1 外形铣削加工与分析 ..... 52

#### 2.2.2 2D 挖槽加工与分析 ..... 78

#### 2.2.3 面铣加工与分析 ..... 88

#### 2.2.4 键槽铣削加工与分析 ..... 94

#### 2.2.5 2D 雕铣加工与分析 ..... 96

#### 2.2.6 普通 2D 铣削综合示例与分析 ..... 100

### 2.3 动态 2D 铣削加工编程及其应用分析 ..... 103

#### 2.3.1 动态铣削加工与分析 ..... 103

#### 2.3.2 动态外形铣削加工与分析 ..... 108

#### 2.3.3 区域铣削加工与分析 ..... 110

#### 2.3.4 熔接铣削加工与分析 ..... 113

#### 2.3.5 剥铣加工与分析 ..... 116

#### 2.3.6 2D 动态铣削综合示例 ..... 118

### 2.4 孔加工编程及其应用分析 ..... 119

#### 2.4.1 钻孔加工与分析 ..... 120

#### 2.4.2 全圆铣削加工与分析 ..... 123

#### 2.4.3 螺旋铣孔加工与分析 ..... 125

#### 2.4.4 螺纹铣削加工与分析 ..... 127

#### 2.4.5 孔加工综合示例 ..... 134

### 本章小结 ..... 136

|                                   |     |                                   |     |
|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| <b>第 3 章 3D 数控铣削加工编程</b> .....    | 137 | <b>第 4 章 数控车削加工自动编程</b> .....     | 213 |
| 3.1 3D 铣削加工基础、加工特点与<br>加工策略 ..... | 137 | 4.1 数控车削加工编程基础 .....              | 213 |
| 3.2 3D 铣削粗加工及其应用分析 .....          | 140 | 4.1.1 车削加工模块的进入与<br>坐标系设定 .....   | 213 |
| 3.2.1 3D 挖槽粗铣加工与分析 .....          | 140 | 4.1.2 车削加工的毛坯设置 .....             | 216 |
| 3.2.2 平行粗铣加工与分析 .....             | 145 | 4.1.3 车削轮廓与边界轮廓操作 .....           | 222 |
| 3.2.3 插削(钻削)粗铣加工与分析 .....         | 148 | 4.1.4 车削加工调头装夹操作 .....            | 224 |
| 3.2.4 优化动态粗铣加工与分析 .....           | 151 | 4.1.5 车削加工卡爪、尾座和<br>中心架动作操作 ..... | 225 |
| 3.2.5 3D 区域粗铣加工与分析 .....          | 156 | 4.2 数控车削加工基本编程 .....              | 230 |
| 3.2.6 多曲面挖槽粗铣加工与分析 .....          | 161 | 4.2.1 车端面加工 .....                 | 230 |
| 3.2.7 投影粗铣加工与分析 .....             | 163 | 4.2.2 粗车加工 .....                  | 232 |
| 3.3 3D 铣削精加工及其应用分析 .....          | 166 | 4.2.3 精车加工 .....                  | 237 |
| 3.3.1 等高铣削精加工与分析 .....            | 166 | 4.2.4 车沟槽加工 .....                 | 239 |
| 3.3.2 环绕铣削精加工与分析 .....            | 170 | 4.2.5 车螺纹加工 .....                 | 244 |
| 3.3.3 混合铣削精加工与分析 .....            | 173 | 4.2.6 切断加工 .....                  | 246 |
| 3.3.4 平行铣削精加工与分析 .....            | 175 | 4.2.7 车床钻孔加工 .....                | 247 |
| 3.3.5 水平铣削精加工与分析 .....            | 178 | 4.2.8 数控车削加工基本编程<br>综合练习 .....    | 250 |
| 3.3.6 放射铣削精加工与分析 .....            | 181 | 4.3 数控车削加工拓展编程 .....              | 256 |
| 3.3.7 螺旋铣削精加工与分析 .....            | 184 | 4.3.1 仿形粗车加工 .....                | 256 |
| 3.3.8 投影铣削精加工与分析 .....            | 187 | 4.3.2 动态粗车加工 .....                | 259 |
| 3.3.9 流线铣削精加工与分析 .....            | 189 | 4.3.3 切入车削加工 .....                | 261 |
| 3.3.10 熔接铣削精加工与分析 .....           | 192 | 4.4 数控车削循环指令加工编程 .....            | 265 |
| 3.3.11 传统等高铣削精加工与分析 .....         | 194 | 4.4.1 粗、精车循环加工 .....              | 265 |
| 3.3.12 清角铣削精加工与分析 .....           | 196 | 4.4.2 仿形循环加工 .....                | 267 |
| 3.4 数控铣削编程工具的应用 .....             | 198 | 4.4.3 沟槽循环加工 .....                | 269 |
| 3.4.1 刀具管理及自建刀具库 .....            | 198 | 4.5 车削加工综合示例 .....                | 274 |
| 3.4.2 毛坯模型功能 .....                | 200 | 本章小结 .....                        | 276 |
| 3.4.3 刀路转换功能 .....                | 201 | <b>参考文献</b> .....                 | 277 |
| 3.4.4 刀路修剪功能 .....                | 207 |                                   |     |
| 3.5 3D 铣削加工综合示例 .....             | 208 |                                   |     |
| 本章小结 .....                        | 212 |                                   |     |

## 1.1 数控加工自动编程流程简介

Mastercam 编程软件虽然包含 CAD 与 CAM 模块，但 CAM 模块是其核心，大部分使用该软件的用户主要使用其 CAM 模块进行自动编程。当然，CAD 模块的基本功能等内容还是必须要掌握的，这部分内容可参阅参考文献[1]。本书主要基于该软件的 CAM 模块功能围绕自动编程展开讨论。

### 1.1.1 Mastercam 数控加工自动编程流程

Mastercam 数控加工自动编程大致可分为三大步骤，即加工数字模型的准备（CAD）、加工编程设计（CAM）和后处理（输出 NC 代码）。其中，加工编程设计（CAM）步骤是关键内容，也是本书主要介绍的内容，图 1-1 所示为其编程流程框图。

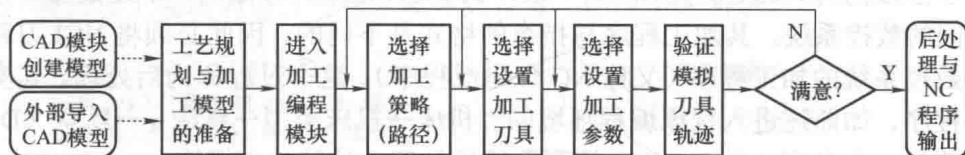


图 1-1 Mastercam 自动编程流程框图

#### 1. CAD 模型的准备

CAD 模型是数控自动加工编程的基础，包括 2D 与 3D 模型，加工编程中通过拾取相关加工模型获取加工编程的几何坐标参数。加工模型可以在 Mastercam 的 CAD 模块中创建，也可导入其他 CAD 软件造型的几何模型，如二维图形可用 AutoCAD 的图形文件(DXF 或 DWG 格式)，三维模型常用通用的 STEP 或 IGES 等格式的文件，大部分三维造型软件均可导出这些格式的文件。

#### 2. CAM 加工编程设计

CAM 加工编程设计包括加工模型的工艺设计与处理、加工类型模块的进入、基本属性的设置、加工策略的选择、刀具选择（或创建）与切削用量的设置、工艺规划与加工参数的设置、刀具路径（简称刀路，又称刀具轨迹或刀轨）的验证与仿真等。

CAM 设计首先要有一个加工模型，一般可采用设计模型，必要时根据加工的需要增加装夹部位等工艺部分。这部分工作仍然在设计模块上进行，其中 Mastercam 2017 版新增的“建模”选项卡中的同步建模功能可快速地进行加工模型工艺部分的设计，但其 3D 模型的过程参数将会自动删除，这一点使用时要注意。

Mastercam 的加工模块设置在“机床”选项卡“机床类型”选项区，主要包括铣床、车床、车铣复合、线切割、雕刻和设计等。其中，最右侧的“设计”按钮可快速地



返回 CAD 设计模块。加工模块中应用最为广泛的主要是“铣床”与“车床”模块。进入加工环境后，就可进行基本属性的设置，主要为材料毛坯和安全区域设置等。

加工策略是系统自身事先规划好的典型加工刀具路径，刀具路径的多少直接决定了系统的编程能力。以 Mastercam 铣床编程模块为例，单击功能选项卡操作标签“机床”，在“机床类型”选项区执行“铣床▼→默认(D)”命令，激活“刀路”选项卡，可看到有“2D、3D、多轴加工和工具”选项区等，并在“2D、3D、多轴加工”选项区可选择相应的加工策略。

进入选择的加工策略后，将弹出相应的对话框和操作提示，此时可以通过人机交互的方式设置相应的加工参数。这一步的设置是自动编程的主要且灵活的部分，其随时可激活并编辑和修改。

在加工参数设置中，有部分参数设置是通用与必需的，如刀具选择与设置、切削用量设置、起/退刀点（又称参考点）设置、工件表面、安全平面和加工深度等设置。当然，还有部分参数的设置是相应加工策略特有的。

加工参数设置并确定后，系统会自动计算并生成与显示刀具路径，并可通过系统提供的“路径模拟”和“实体仿真”观察刀路等是否可接受。若生成的刀路不满意，则可返回相应位置重新设置，直至满意为止。

### 3. 后处理

上一步生成的刀具路径，是以一个\*.nci 刀路文件记录并存储的。学过数控编程的人都知道，不同的数控系统，其加工程序与指令的格式是不同的，因此必须将 NCI 刀路文件转换为指定数控系统的加工程序（又称 NC 代码或程序）。这个过程称为后处理，其实质是一个计算机程序。如前述进入铣床编程环境的“机床→机床类型→铣床▼→默认(D)”命令默认激活的是一个具有 4 轴 FANUC 铣削系统后处理文件的加工模块。

需要说明的是，准备学习并应用一个数控编程软件，一定要了解其是否具备自己所用机床数控系统所需的后处理文件，否则，前面学得再好，也不能实现数控加工。

## 1.1.2 Mastercam 数控加工自动编程流程举例

下面以一个呆扳手数控加工编程为例，介绍自动编程流程。读者可自行尝试设计，体会编程流程。

**例 1-1** 试编程加工图 1-2 所示的呆扳手轮廓，生成类型为小批量生产，工件材料为 45 钢。

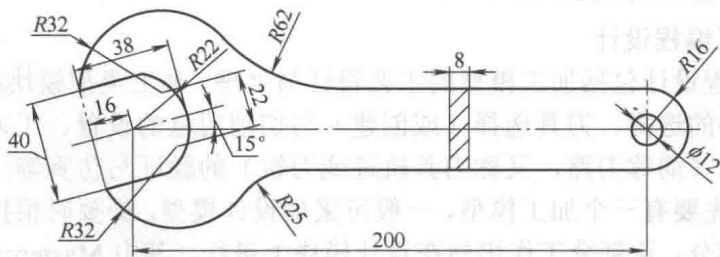


图 1-2 呆扳手工程图

编程过程如下：

**第一步：CAD 模型的准备。**这里选择在 Mastercam 的设计模块中绘制。因为是 2D 加工，故仅需绘制零件轮廓（见图 1-2）即可。绘制过程略。

## 第二步：CAM 加工设计。

步骤 1: 工艺规划与加工模型的准备。该工件的加工工艺为: 剪板机下料 247mm×95mm×8mm (板厚) → 钻 $\phi$ 12mm 孔 → 铣削开口轮廓 → 铣削外轮廓。其中, 钻孔与铣开口可采用平口钳装夹, 开口尺寸精度要求较高, 故需粗、精铣, 且精铣加工采用刀具半径补偿功能控制尺寸精度, 铣削后形状如图 1-3 所示。铣削外轮廓选择开口和孔定位并夹紧, 制作一个小工装直接固定在平口钳上, 如图 1-4 所示。其中, Z 向最高位置距离工件上表面小于 25mm。

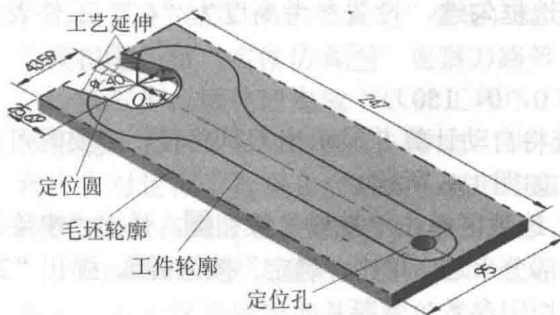


图 1-3 钻孔、铣开口工艺方案

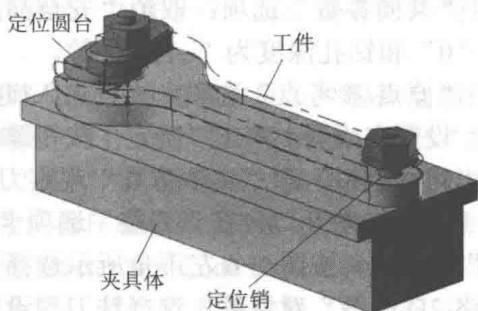


图 1-4 铣削外轮廓装夹方案

工作坐标系选定在工件上表面  $R22\text{mm}$  圆弧的圆心位置, 相对毛坯左下角尺寸如图 1-3 所示。铣削外轮廓时以定位圆台圆弧面找正对刀, 如图 1-4 所示。

步骤 2: 铣床加工模块的进入与基本属性的设置, 如图 1-5 所示。

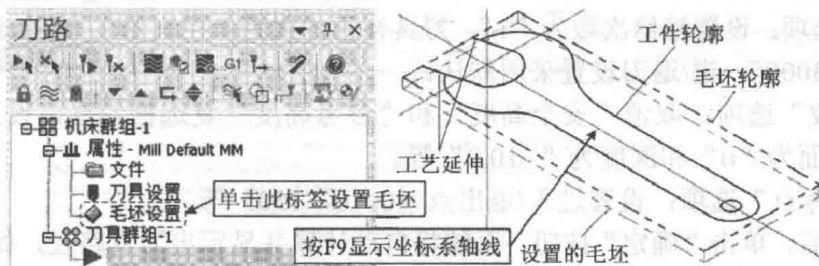


图 1-5 毛坯设置

首先, 启动 Mastercam 2017, 绘制如图 1-2 所示的零件轮廓线, 使图 1-3 所示的工作坐标系 WCS 与系统的世界坐标系重合, 否则, 可应用“转换→移动到原定”功能将工作坐标系快速移动到世界坐标系的原点位置。然后, 绘制毛坯轮廓 (四周留加工余量约 5mm), 并根据开口加工编程的需要将两开口直线延伸至毛坯边界, 如图 1-3 所示。

执行“机床→机床类型→铣床→默认 (D)”命令, 激活“刀路”选项卡, 同时, 在“刀路”操作管理器中创建一个“机床群组-1”。单击“属性”展开项目树, 再单击“毛坯设置”选项标签, 弹出“机床群组属性”对话框, 默认为“毛坯设置”选项卡, 以毛坯轮廓和厚度 8mm 设置立方体毛坯, 如图 1-5 所示。

步骤 3: 选择加工策略 (刀路), 设置相关加工参数。由于手柄部孔的要求不高, 拟直接钻孔。开口部位尺寸精度要求较高, 拟分粗、精铣削, 且精铣要求启用刀具半径补偿功能。外轮廓尺寸精度要求不高, 不设置精铣加工。具体操作如下:

(1) 钻孔加工 在铣床“刀路”选项卡“2D”选项区下拉列表中单击“钻孔”按钮, 因为是第一个加工刀路, 故会弹出“输入新 NC 名称”对话框, 可确认使用默认的文件名称或

输入一个新名称, 该名称是后处理输出的文件名。单击“确定”按钮, 弹出“选择钻孔位置”对话框, 用鼠标拾取 $\phi 12\text{mm}$ 圆孔中心, 单击“确定”按钮, 弹出“2D 刀路-钻孔/全圆铣削深孔钻-无啄孔”对话框。选择刀具钻头, 设置相关切削参数等选项, 包括:

“刀具”选项: 选择 D12 钻头、刀具号“1”与刀补号“1”, 设置主轴转速为“1200”、进给速率为“40”。

“切削参数”选项: 循环方式为默认的“Drill/Counterbore”。

“共同参数”选项: 取消“安全高度”复选框勾选, 设置参考高度为“6”、工件表面为“0”和钻孔深度为“-11.6”等。

“原点/参考点”选项: 设置进入/退出点(0, 0, 150)。

设置完成后, 单击“确定”按钮, 系统将自动计算并显示出刀具路径, 必要时可使用“路径模拟”和“实体仿真”观察刀路等, 如图 1-6 所示。

(2) 铣削开口 在“刀路”选项卡“2D”选项区单击“挖槽”按钮, 弹出“串连选项”对话框, 按图 1-6 左下角所示选择开口的部分串连, 单击“确定”按钮, 弹出“2D 刀路-2D 挖槽”对话框, 选择铣刀和设置相关切削参数, 包括:

“刀具”选项: 选择 D16 整体平底立式铣刀、刀具号“2”与刀补号“2”, 设置主轴转速为“2600”、进给速率为“400”和下刀速率为“200”。

“切削参数”选项: 设置加工方向为“顺铣”、挖槽加工方式为“开放式挖槽”、壁边和底面预留量为“0”, 勾选“使用开放轮廓切削方式”复选框。

“粗切”选项: 设置切削间距为“50”(刀具直径%), 粗切进刀方式选择“关”。

“精修”选项: 设置精修次数为“1”、刀具补正方式为“控制器”、进给速率为“200”、主轴转速为“3000”, 进/退刀设置采用默认。

“共同参数”选项: 取消“安全高度”和“参考高度”复选框勾选, 设置下刀位置为“6”、工件表面为“0”和深度为“-10.0”等。

“原点/参考点”选项: 设置进入/退出点(0, 0, 150)等。

设置完成后, 单击“确定”按钮, 系统将自动计算并显示出刀具路径, 如图 1-6 所示。必要时可使用“路径模拟”和“实体仿真”观察刀路等。

(3) 铣削外轮廓 在“刀路”选项卡“2D”选项区单击“区域”按钮, 弹出“串连选项”对话框, 按图 1-7 所示选择毛坯轮廓为加工范围, 避让范围选择事先做好的基于外轮廓为主的避让串连曲线, 同时选择加工策略为“开放”, 关联到毛坯选择“无”或“相切”。单击“确定”按钮, 弹出“2D 高速刀路-区域”对话框, 选择铣刀和设置相关切削参数, 包括:

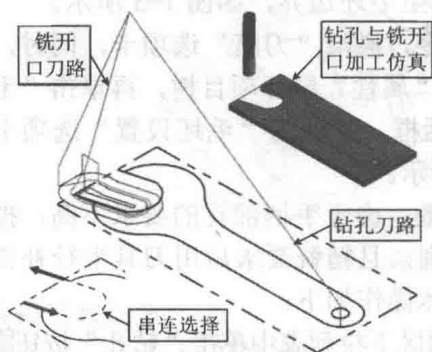


图 1-6 钻孔、铣开口刀具刀路与加工仿真等

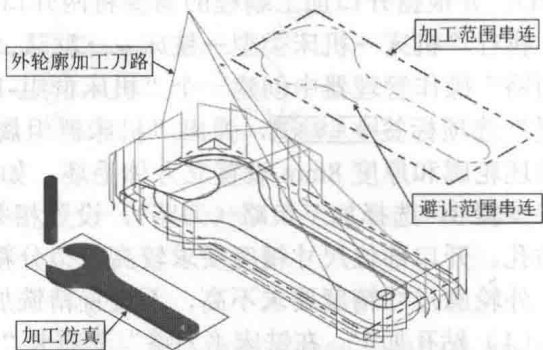


图 1-7 外轮廓铣削刀路与加工仿真等

“刀具”选项：同开口铣削设置。

“切削参数”选项：设置切削方向为“逆铣”、XY 步进量（刀具直径%）为“45”、壁边和底面预留量为“0”。

“共同参数”选项：取消安全高度复选框勾选，设置参考高度为“30”、下刀位置为“3”、工件表面为“0”和深度为“-10.0”等。

“原点/参考点”选项：设置进入/退出点（0，0，150）等。

设置完成后，单击“确定”按钮，显示出刀具路径，如图 1-7 所示。必要时可使用“路径模拟”和“实体仿真”观察刀路等。

第三步：后处理生成 NC 加工程序。在“刀路”操作管理器中单击“选择全部操作”按钮，选中以上三个操作。单击“执行选择的操作进行后处理”按钮，弹出“后处理程序”对话框，再单击“确定”按钮，弹出“另存为”对话框，操作后单击“确定”按钮，在指定位置生成 NC 加工程序，同时激活程序编辑器和 NC 程序。具体操作略。

Mastercam 默认激活的程序编辑器是其自带的 Mastercam Code Expert 编辑器，如图 1-8 所示。由于这里使用的是通用的 FANUC 后处理程序，且有较多的注释（图 1-8 中括号中的内容），故还需根据自己使用机床的数控系统进一步手工修改，详见 1.6.3 节中的介绍。




图 1-8 后处理生成 NC 加工程序

## 1.2 Mastercam 加工模型的准备

加工模型是自动编程的基础与必需，系统可通过选中的加工模型自动提取编程所需的几何参数（如坐标点、圆弧半径等）。自动编程加工模型的准备主要由两种方法获得：一是软件自身的 CAD 模块创建加工模型，这种方法使 CAD 与 CAM 模块之间的数据传送可以无缝连接，不存在数据局部丢失的问题（如局部小曲面的丢失等）；二是外部几何模型的导入，常用用户提供的设计数字模型（简称数模），也可根据自身习惯用 Mastercam 之外的软

件创建加工模型。Mastercam 软件能够识别大部分常见的几何模型格式文件，实际中用得较多的加工模型格式是 STP 和 IGS 等通用的几何文件交换格式。

### 1.2.1 Mastercam 软件 CAD 模块简介

Mastercam 作为一款通用的加工编程软件，其包含了 CAD 与 CAM 模块，对于准备使用该软件进行编程的用户，建议还是需要了解其 CAD 模块。Mastercam 2017 的 CAD 模块是系统启动的默认模块（也可单击“机床→机床类型→设计”按钮返回），其主要功能包括二维图形的“草图”绘制模块、三维模型的“曲面”与“实体”创建模块。这些二维图形和三维模型不仅可创建，还可重新激活编辑，“转换”功能还可对二维图形和三维模型进行平移、旋转和缩放等编辑操作。自 Mastercam 2017 开始，系统新增了基于同步建模技术的实体编辑功能（“建模”选项卡中），进一步拓展了加工模型的编辑功能。这些功能主要是可对用户提供的设计加工模型进行适当的编辑，增加工艺装夹等几何部分，也就是将设计模型拓展为自动编程用的工艺处理后的加工模型。有关 CAD 模块的具体功能可参阅参考文献[1]等。

### 1.2.2 AutoCAD 二维模型的导入

在 Mastercam 自动编程中，2D 铣削、车削与线切割编程等所需的加工模型一般仅需二维的几何图形即可，而 AutoCAD 是二维图形绘制应用广泛的软件之一，因此，Mastercam 提供了 AutoCAD 文件的导入接口，可方便地读取\*.dwg 和\*.dxf 等格式文件。图 1-9 所示为图 1-2 所示的呆扳手工程图导入过程图解。

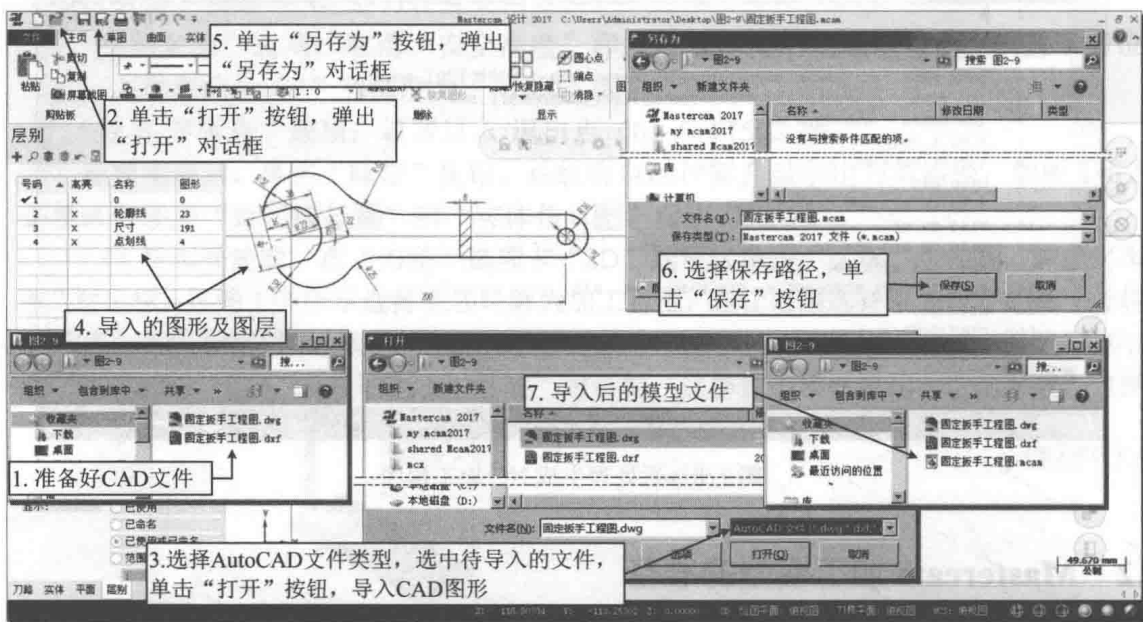


图 1-9 AutoCAD 格式文件导入过程图解


在导入 AutoCAD 文件时，若遇到不能识别文件的现象，可尝试将 AutoCAD 文件另存为更低版本格式文件或更换为\*.dxf 格式文件，这在使用较低版本的 Mastercam 软件时出现的可能性更大。





### 1.2.3 STP 格式 3D 模型的导入

STP 格式文件是一个通用的三维模型交换文件，文件扩展名为\*.stp 或\*.step，大部分工程应用软件（如 UG、CATIA、Pro/E、SolidWorks 等）都能够输出与读取该格式文件，Mastercam 也不例外。STP 格式文件导入过程图解如图 1-10 所示。导入操作步骤如下：

1) 准备好待导入的 STP 格式文件。

2) 启动 Mastercam 软件，在快速访问工具栏中单击“打开”按钮，弹出“打开”对话框。

3) 展开“打开”对话框右下角的文件类型列表，选择文件类型为“STP 文件 (\*.stp, \*.step)”，找到待导入的 STP 文件，必要时可重新命名文件名（默认文件名为 STP 格式文件的文件名）。

4) 单击“打开”按钮，读入 STP 文件，这时可在 Mastercam 绘图区看到导入的模型。

可保存该文件备用，或直接用于后续的编程操作。具体操作略。



图 1-10 STP 格式文件导入过程图解

需要说明的是，STP 格式文件导入的模型是一个实体模型。若是 IGS 格式文件，导入的模型则是一个曲面模型。关于各种格式文件导入模型的特点，读者可逐渐学习掌握。

### 1.2.4 加工模型修改必需的操作简介

用户提供的工件模型往往是设计模型，未考虑加工工艺的需要，因此，加工编程时常常需要对加工模型进行修改。在 Mastercam 2017 中，可利用“实体”和“建模”等选项卡中的相关功能修改实体模型，用“曲面”选项卡中的相关功能修改曲面模型。当然，修改过程中可能还会用到“草图”和“转换”选项卡中的相关功能。



图 1-11 所示为图 1-10 所示导入的实体模型基于“实体”选项卡中的“拉伸”功能修改模型的示例。其先是在底面提取轮廓线，向下拉伸 50mm 延长，然后在拉伸后的底面构建矩形框线，再向下拉伸 30mm 得到一个矩形底座。实体功能修改模型，会留下完整的建模历史记录，实体操作管理器中的操作记录如图 1-11 左侧所示。

图 1-12 所示为图 1-11 所示模型基于“建模”选项卡中的“推拉”功能将四方底座上表面向上拉伸 10mm 的操作示例。“建模”选项卡中的操作属于同步建模技术，其操作不仅会删除原来的建模操作历史记录，而且也不建立新的操作记录，“实体”操作管理器中的操作记录如图 1-12 左侧所示。

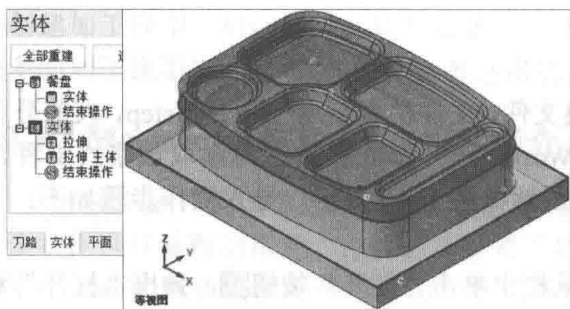


图 1-11 基于实体功能的修改

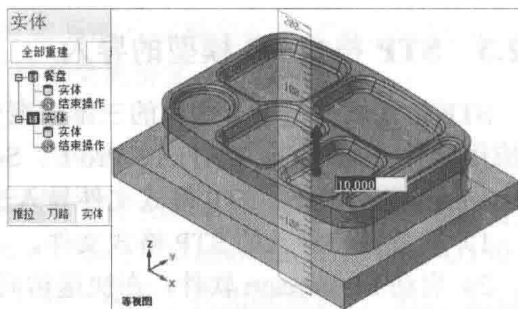


图 1-12 基于建模功能的修改

### 1.3 Mastercam 常规的典型操作

这里介绍的部分典型操作是 CAD 与 CAM 模块常见通用的操作。

#### 1.3.1 “视图”选项卡的相关操作

##### 1. 实体与曲面模型的线框与着色操作

实体与曲面模型的线框与着色显示是模型外观的渲染操作，但在编程操作时有时为了选择曲面或串连曲线时，切换为线框显示更为方便。这些操作按钮主要集中在两个位置：一是视窗右下角“状态栏”右侧的快速操作按钮（见图 1-13a），二是“视图”选项卡“外观”选项区左半边部分（见图 1-13b）。读者可任取一个 3D 模型，单击相应按钮，观察模型的显示体会操作功能。图 1-13c 所示为各功能按钮的显示示例，其中部分功能可以组合操作。

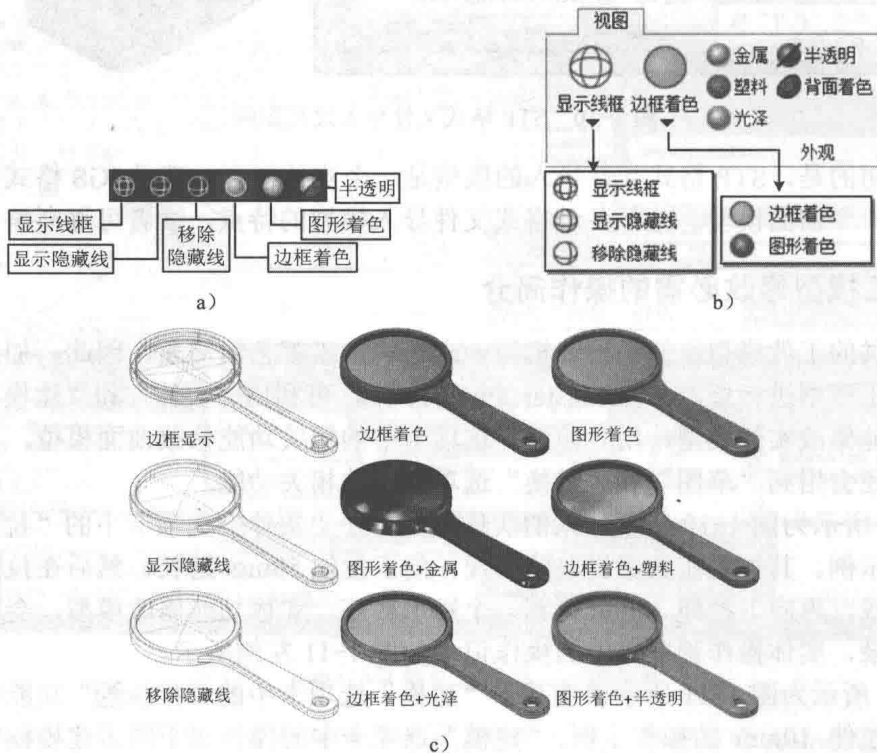


图 1-13 三维模型的线框与着色操作

a) “状态栏”上的快速操作按钮 b) “视图”选项卡“外观”选项区操作按钮 c) 显示示例

## 2. 坐标轴线与坐标系指针的显示操作

数字模型与数控编程中给的位置表达均涉及坐标系与坐标轴等概念。常用的坐标系包括坐标原点与三个正交的坐标轴，坐标轴正、负方向的无限延伸是坐标轴线，坐标系的显示称为坐标系指针，简称指针。在 Mastercam 2017 中，坐标轴线与指针的“显示/隐藏”操作功能按钮设置在“视图”选项卡中的“显示”选项区，如图 1-14a 所示。坐标轴线与指针的显示如图 1-14b 所示，左下角的“视角（视图方向）指针”是始终显示的，设计模块中可显示/隐藏的指针多一个“绘图平面指针”，激活加工模块后可进一步显示/隐藏“刀具平面指针”；坐标轴线分别以不同的颜色显示，世界坐标系轴线默认为灰色，工作坐标系 WCS 轴线为酱色，绘图平面坐标系轴线为绿色，刀具面坐标系轴线为淡蓝色，四种坐标轴线重合时看上去是灰色。轴线与指针的显示/隐藏操作使用频率较高，其快捷键分别为 **F9** 和 **Alt+F9**。

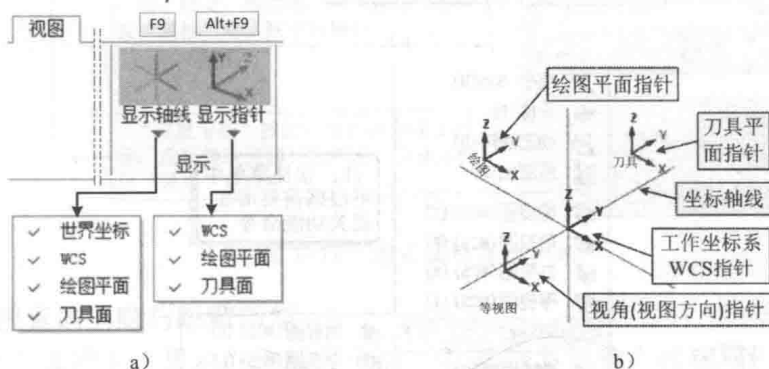


图 1-14 坐标轴线与坐标指针

a) 坐标轴线与指针按钮 b) 坐标轴线与指针显示

操作视窗中，“视角指针”布置在左下角，“绘图平面指针”布置在左上角，“刀具平面指针”布置在右上角且只在加工模块中显示。“工作坐标系指针 WCS”默认与世界坐标系重合，如图 1-15 所示，但也可以根据模型加工工艺的需要偏离世界坐标系，如图 1-16 中，工作坐标系 WCS 设置在图示最高部位（毛坯上表面几何中心处）。

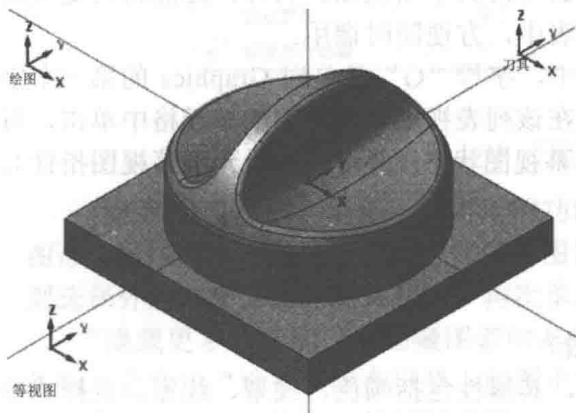


图 1-15 WCS 与世界坐标系重合

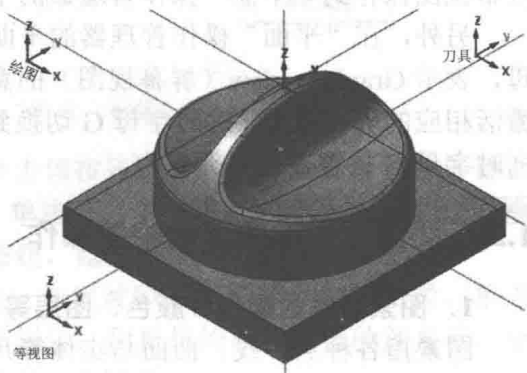


图 1-16 WCS 偏离世界坐标系

## 3. 视角（屏幕视图）及其切换操作

视角又称屏幕视图（Graphics view，简称 G），是观察视图方向在屏幕上所看到的模型

显示，对应机械制图中的投影视图。Mastercam 2017 中，视角的操作在“视图”选项卡“屏幕视图”选项区，如图 1-17a 所示。另外，在单击鼠标右键弹出的快捷菜单中也有常用的操作按钮，如图 1-17b 所示。

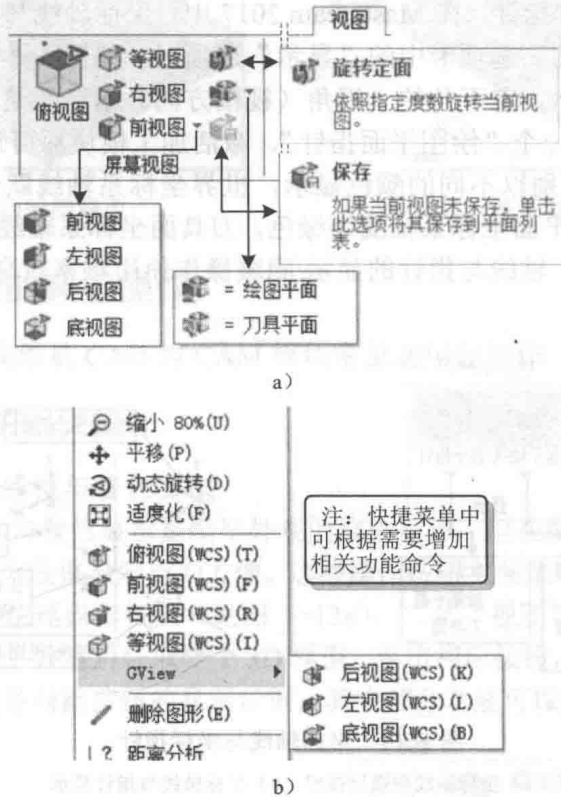


图 1-17 视角操作



a) “视图”选项卡“屏幕视图”选项区 b) 快捷菜单中的视角命令

“屏幕视图”选项区的功能较快捷菜单中更为完善，除了常规的屏幕视图外，还包括按指定的角度旋转模型操作屏幕视图、绘图平面与刀具平面视图。另外，还能将自定义的屏幕视图保存到“平面”操作管理器的平面列表中，方便随时调用。

另外，在“平面”操作管理器的平面列表中，字母“G”是单词 Graphics 的第一个字母，表示 Graphics view（屏幕视图）的意思，在该列表视图名称右侧的单元格中单击，可激活相应的屏幕视图，这时字母 G 切换到该屏幕视图状态（并可临时看到屏幕视图指针），同时字母 G 放置在该单元格中。

### 1.3.2 “主页”选项卡的相关操作

#### 1. 图素属性的操作（颜色、图层等的编辑）

图素指各种点、线、曲面与实体等几何体，其属性包括颜色、线型、线宽、点样式等以及放置的图层等。在“主页”选项卡“属性”选项区或快捷菜单中有一个“设置全部”按钮，单击会弹出“属性”对话框，可对图素属性进行设置，其旁边有一个“依照图形设置”按钮（快捷键为 Alt+X），可拾取现存图素快速获取其属性。图 1-18 所示为基于快捷菜单设置图素属性的编辑操作图解。