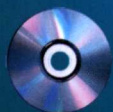




高等院校规划教材

岳贵友 漆向军 朱新涛 谢 驰 等编著

# Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版数控加工教程



含1CD

强调理论与实践相结合，注重专业技术技能的培养  
引入典型工程案例，提高工程实用技术的能力



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

# Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版 数控加工教程

岳贵友 漆向军 朱新涛 谢 驰 等编著

中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

Pro/ENGINEER Wildfire 是美国 PTC 公司著名的 CAD/CAM 类专业软件,在我国设计和加工领域中的应用越来越广泛,而数控加工又是 Pro/E 在工业界应用最为广泛的一个领域。

本书内容主要包括:数控加工基础、制造模型与制造设置、制造几何形状、铣削加工、车削加工、线切割加工、多轴联动加工和加工后期处理,几乎容纳数控加工中的全部内容。

本书讲解详尽,通俗易懂,理论联系实际,其选材都来自各企业数控加工实例。本书可作为高等院校机械类相关专业计算机辅助设计教材、数控培训院校教材,同时也可作为机械类等相关行业的工程技术人员的参考用书。

本书配有免费电子教案,此教案采用 PowerPoint 制作,可以任意修改。读者可以从中国水利水电出版社网站(<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>)下载电子教案及相关教学资源。

## 图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版数控加工教程 / 岳贵友等编著. —北京:中国水利水电出版社, 2006

(21 世纪高等院校规划教材)

ISBN 7-5084-3466-8

I. P… II. 岳… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 2.0—高等学校—教材 IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 144735 号

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名   | Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版数控加工教程                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 作 者   | 岳贵友 漆向军 朱新涛 谢 驰 等编著                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 出版 发行 | 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水)<br><a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) |
| 经 售   | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 排 版   | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 印 刷   | 北京蓝空印刷厂                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 规 格   | 787mm×1092mm 16 开本 21.75 印张 526 千字                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 版 次   | 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 印 数   | 0001—5000 册                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 定 价   | 35.00 元 (含 1CD)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

## 序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才要求的各类要求,我们成立了“21 世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21 世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才培养体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才培养的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才培养的探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了 3 个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现

学科发展的内在规律;教材内容循序渐进,保证学术深度,减少知识重复,前后相互呼应,内容编排合理,整体结构完整;采取自顶向下设计方法,内涵发展优先,突出学科方法论,强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是:

(1)面向应用型高等院校,在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度,注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系,根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要,建立新的课程体系,并在教材中反映出来。

(2)教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求,知识点不要求大而全,但一定要讲透,使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合,使学生通过实践深化对理论的理解,学会并掌握理论方法的实际运用。

(3)在教材中加大能力训练部分的比重,使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题,既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4)教材采用“任务驱动”的编写方式,以实际问题引出相关原理和概念,在讲述实例的过程中将本章的知识点融入,通过分析归纳,介绍解决工程实际问题的思想和方法,然后进行概括总结,使教材内容层次清晰,脉络分明,可读性、可操作性强。同时,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。

(5)教材在内容编排上,力求由浅入深,循序渐进,举一反三,突出重点,通俗易懂。采用模块化结构,兼顾不同层次的需求,在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写,如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等,注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6)大部分教材配有电子教案,以使教材向多元化、多媒体化发展,满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作,教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 [www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn) 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码,方便教师直接切换到系统环境中教学,提高教学效果。

总之,本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧,内容新颖,结构完整,概念清晰,深入浅出,通俗易懂,可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业,也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材,此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献,也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信,随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不断深入,具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见,以便进一步修订,使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

# 前 言

随着生产加工自动化水平的不断提高, Pro/ENGINEER 在我国设计和加工领域里的应用越来越广泛。该软件是当今最流行的 CAD/CAM/CAE 软件之一, 其功能强大, 设计操作简单, 因此拥有越来越多的用户。

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版是该软件的最新版本, 与老版本相比, 在程序界面和设计功能方面都做了较大的改进, 已经能够较好地满足用户的使用要求, 系统所做出的各项改进可以节省设计时间, 全面提高设计效率。目前, 随着机械加工自动化水平的不断提高, 对加工质量的要求也越来越高, 作为 CAD/CAM/CAE 一体化设计软件的 Pro/E 也显示出其突出特点, 更多的读者希望全面掌握这个软件在加工领域的使用方法和技巧, 同时他们也希望有一本好的学习参考书。基于此目的我们策划编写了本书。

数控加工是 Pro/E 在工业界应用最为广泛的一个领域, 本书将向读者详细介绍使用该软件进行数控铣削加工、数控车削加工、数控线切割加工和数控多轴联动加工的编程方法, 其具体章节的内容如下。

第 1 章: 介绍数控加工的基础知识、数控加工专业术语、软件的启动与界面环境、各菜单命名和图标功能。

第 2 章: 介绍制造模型的设置方法、工作机床的设置方法、刀具的设置方法、加工零件的设置方法、夹具的设置方法和退刀曲面的设置方法。

第 3 章: 介绍制造几何形状的创建和管理方法。

第 4 章: 介绍铣削加工中的各种方法和应用。

第 5 章: 介绍车削加工中的各种方法和应用。

第 6 章: 介绍线切割中的 2 轴和 4 轴加工方法和应用。

第 7 章: 介绍五轴铣削联动加工和 2 塔台车削加工的设置方法和应用。

第 8 章: 介绍加工后期处理器的创建方法和 NC 程序的生成。

本书在写作过程中力求通俗、简单、明了, 使初学者能够快速入门, 而且对从事机械制造业的工程技术人员也有一定的参考价值。为了将数控加工的基本原理和方法阐述清楚, 写作时叙述与实例并重, 选例大都来自数控加工工厂, 切合实际。在讲解各种加工方法时, 先详细介绍其加工方法设置过程和加工工艺过程, 然后通过实例详细介绍其应用过程, 最后通过练习题提高读者的应用能力, 使读者能得到举一反三的效果。

本书还配套了一张数据光盘, 内容包含 prt、res、avi 三个文件夹。其中 prt 文件夹存放本书的所有练习文件; res 文件夹存放书中实例完成后的文件; avi 文件夹存放本书的所有实例操作过程动画演示文件, 并配有全程语音讲解。读者可以将这些文件拷贝到硬盘上参考使用。

本书由岳贵友、漆向军、朱新涛、谢驰执笔编写完成。此外，刘明丹、曾维美、马荣朝、陈霖、谭雪松、张黎骅、吴维雄、廖念禾、端木光明、吴晓强也参与部分章节编写和整理材料的工作，在此向他们表示深深的谢意。

本书编写过程中倾注了作者大量心血，希望本书能够对读者有切实的帮助。但由于技术的发展，加之成书时间较短，书中难免会有疏漏和错误之处，欢迎读者批评指正。

编者

2005年10月

# 目 录

序

前言

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 数控加工基础 .....</b>             | <b>1</b>  |
| 1.1 数控加工概论 .....                      | 1         |
| 1.2 数控机床坐标系 .....                     | 2         |
| 1.3 数控加工工艺基础 .....                    | 3         |
| 1.4 常用编程指令 .....                      | 5         |
| 1.5 Pro/ENGINEER 数控加工专业术语 .....       | 10        |
| 1.6 Pro/ENGINEER 数控加工流程 .....         | 11        |
| 1.7 Pro/ENGINEER 制造模式的启动与操作界面简介 ..... | 11        |
| 1.8 练习题 .....                         | 19        |
| 1.9 本章小结 .....                        | 19        |
| <b>第 2 章 制造模型与制造设置 .....</b>          | <b>20</b> |
| 2.1 工作菜单介绍 .....                      | 20        |
| 2.2 参考模型 .....                        | 20        |
| 2.2.1 从文件中打开参考模型 .....                | 20        |
| 2.2.2 创建参考模型 .....                    | 24        |
| 2.3 工件 .....                          | 27        |
| 2.3.1 从文件中打开工件 .....                  | 27        |
| 2.3.2 创建工件 .....                      | 27        |
| 2.4 制造设置 .....                        | 28        |
| 2.4.1 机床设置 .....                      | 30        |
| 2.4.2 刀具设置 .....                      | 34        |
| 2.4.3 夹具设置 .....                      | 40        |
| 2.4.4 工件坐标系设置 .....                   | 41        |
| 2.4.5 退刀曲面设置 .....                    | 41        |
| 2.5 操作实例 .....                        | 44        |
| 2.6 练习题 .....                         | 48        |
| 2.7 本章小结 .....                        | 48        |
| <b>第 3 章 制造几何形状 .....</b>             | <b>49</b> |
| 3.1 铣削体积块 .....                       | 49        |
| 3.1.1 菜单命令介绍 .....                    | 49        |
| 3.1.2 操作实例 .....                      | 51        |



|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| 3.2        | 铣削曲面 .....        | 54        |
| 3.2.1      | 菜单命令介绍 .....      | 54        |
| 3.2.2      | 操作实例 .....        | 58        |
| 3.3        | 铣削窗口 .....        | 60        |
| 3.3.1      | 菜单命令介绍 .....      | 61        |
| 3.3.2      | 操作实例 .....        | 63        |
| 3.4        | 车削加工轮廓 .....      | 66        |
| 3.4.1      | 菜单命令介绍 .....      | 66        |
| 3.4.2      | 操作实例 .....        | 67        |
| 3.5        | 钻孔组 .....         | 69        |
| 3.5.1      | 菜单命令介绍 .....      | 69        |
| 3.5.2      | 操作实例 .....        | 70        |
| 3.6        | 基准特征 .....        | 71        |
| 3.7        | 练习题 .....         | 72        |
| 3.8        | 本章小结 .....        | 73        |
| <b>第4章</b> | <b>铣削加工 .....</b> | <b>74</b> |
| 4.1        | NC 加工方法设置 .....   | 74        |
| 4.2        | 加工参数介绍 .....      | 79        |
| 4.3        | 体积块加工 .....       | 83        |
| 4.3.1      | 加工方法设置 .....      | 83        |
| 4.3.2      | 加工实例 .....        | 84        |
| 4.3.3      | 练习题 .....         | 93        |
| 4.4        | 局部铣削加工 .....      | 95        |
| 4.4.1      | 加工方法设置 .....      | 95        |
| 4.4.2      | 加工实例 .....        | 97        |
| 4.4.3      | 练习题 .....         | 104       |
| 4.5        | 曲面铣削 .....        | 104       |
| 4.5.1      | 加工方法设置 .....      | 105       |
| 4.5.2      | 加工实例 .....        | 112       |
| 4.5.3      | 练习题 .....         | 123       |
| 4.6        | 平面加工 .....        | 124       |
| 4.6.1      | 加工方法设置 .....      | 125       |
| 4.6.2      | 加工实例 .....        | 125       |
| 4.6.3      | 练习题 .....         | 133       |
| 4.7        | 轮廓加工 .....        | 135       |
| 4.7.1      | 加工方法设置 .....      | 135       |
| 4.7.2      | 加工实例 .....        | 137       |

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| 4.7.3 练习题 .....       | 146        |
| 4.8 腔槽加工 .....        | 147        |
| 4.8.1 加工方法设置 .....    | 147        |
| 4.8.2 加工实例 .....      | 148        |
| 4.8.3 练习题 .....       | 156        |
| 4.9 轨迹加工 .....        | 157        |
| 4.9.1 加工方法设置 .....    | 158        |
| 4.9.2 加工实例 .....      | 159        |
| 4.9.3 练习题 .....       | 166        |
| 4.10 孔加工 .....        | 168        |
| 4.10.1 加工方法设置 .....   | 170        |
| 4.10.2 加工实例 .....     | 174        |
| 4.10.3 练习题 .....      | 182        |
| 4.11 螺纹加工 .....       | 183        |
| 4.11.1 加工方法设置 .....   | 184        |
| 4.11.2 加工实例 .....     | 187        |
| 4.11.3 练习题 .....      | 194        |
| 4.12 刻模加工 .....       | 196        |
| 4.12.1 加工方法设置 .....   | 196        |
| 4.12.2 加工实例 .....     | 197        |
| 4.12.3 练习题 .....      | 204        |
| 4.13 陷入加工 .....       | 205        |
| 4.13.1 加工方法设置 .....   | 205        |
| 4.13.2 加工实例 .....     | 206        |
| 4.13.3 练习题 .....      | 210        |
| 4.14 本章小结 .....       | 211        |
| <b>第5章 车削加工 .....</b> | <b>212</b> |
| 5.1 车削加工基础 .....      | 212        |
| 5.2 车削加工方法设置 .....    | 214        |
| 5.3 区域车削 .....        | 216        |
| 5.3.1 加工方法设置 .....    | 216        |
| 5.3.2 加工实例 .....      | 221        |
| 5.3.3 练习题 .....       | 230        |
| 5.4 轮廓车削 .....        | 231        |
| 5.4.1 加工方法设置 .....    | 231        |
| 5.4.2 加工实例 .....      | 233        |
| 5.4.3 练习题 .....       | 240        |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 5.5 凹槽车削 .....          | 242        |
| 5.5.1 加工方法设置 .....      | 242        |
| 5.5.2 加工实例 .....        | 245        |
| 5.5.3 练习题 .....         | 253        |
| 5.6 螺纹车削 .....          | 254        |
| 5.6.1 加工方法设置 .....      | 254        |
| 5.6.2 加工实例 .....        | 256        |
| 5.6.3 练习题 .....         | 262        |
| 5.7 本章小结 .....          | 263        |
| <b>第6章 线切割加工 .....</b>  | <b>264</b> |
| 6.1 线切割加工概述 .....       | 264        |
| 6.2 线切割加工方法设置 .....     | 265        |
| 6.3 2轴线切割加工 .....       | 267        |
| 6.3.1 加工方法设置 .....      | 267        |
| 6.3.2 加工实例 .....        | 269        |
| 6.3.3 练习题 .....         | 276        |
| 6.4 4轴线切割加工 .....       | 278        |
| 6.4.1 加工方法设置 .....      | 279        |
| 6.4.2 加工实例 .....        | 279        |
| 6.4.3 练习题 .....         | 287        |
| 6.5 本章小结 .....          | 290        |
| <b>第7章 多轴联动加工 .....</b> | <b>291</b> |
| 7.1 多轴联动加工概述 .....      | 291        |
| 7.2 五轴铣削联动加工 .....      | 292        |
| 7.2.1 加工方法设置 .....      | 292        |
| 7.2.2 加工实例 .....        | 292        |
| 7.2.3 练习题 .....         | 300        |
| 7.3 2塔台车削联动加工 .....     | 301        |
| 7.3.1 加工方法设置 .....      | 301        |
| 7.3.2 加工实例 .....        | 302        |
| 7.3.3 练习题 .....         | 313        |
| 7.4 本章小结 .....          | 313        |
| <b>第8章 加工后期处理 .....</b> | <b>314</b> |
| 8.1 后期处理概论 .....        | 314        |
| 8.2 创建后期处理器 .....       | 314        |
| 8.2.1 菜单命令介绍 .....      | 314        |
| 8.2.2 创建后置处理器 .....     | 327        |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 8.3 CL 数据转换 .....    | 329 |
| 8.3.1 菜单命令介绍 .....   | 329 |
| 8.3.2 创建刀位数据文件 ..... | 330 |
| 8.4 练习题 .....        | 332 |
| 8.5 本章小结 .....       | 332 |
| 参考文献 .....           | 333 |

# 第 1 章 数控加工基础

## 1.1 数控加工概论

数控加工技术是制造工业现代化的重要基础，是自动控制在生产中的应用，是一个国家工业现代化水平高低的重要标志。在数控机床上加工零件时，首先要根据零件图纸经过工艺分析和数值计算，编写出程序清单，然后将程序代码输入到机床控制系统中，从而有条理地控制机床的各部分动作，最后加工出符合要求的产品，其加工原理如图 1-1 所示。

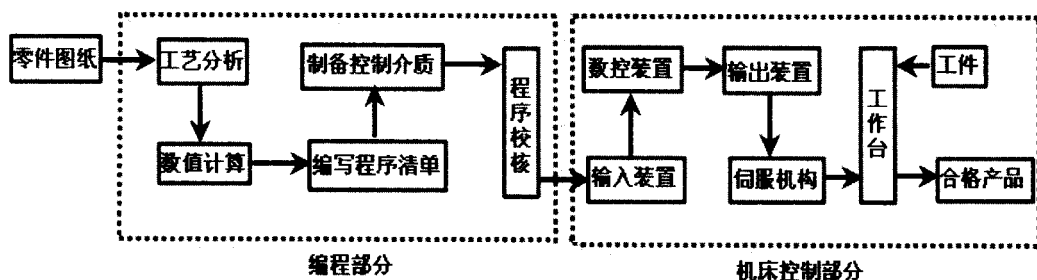


图 1-1 数控加工原理图

近年来，由于计算机技术的迅速发展，数控技术的发展也相当迅速。传统的制造技术以及制造模式正在被快速原型法、虚拟制造技术、柔性制造单元以及柔性制造系统等先进的制造技术所代替。其中快速原型法和虚拟制造技术被称为未来制造业的两大支柱技术。

快速原型法是国外 20 世纪 80 年代中后期发展起来的一种新技术，它综合运用了 CAD 技术、数控技术、激光加工技术和材料技术，实现了从零件设计到三维实体原型制造一体化。

虚拟制造是以计算机支持的仿真技术和虚拟现实技术为前提，首先对企业的全部生产、经营活动进行建模，然后在计算机上求得系统的最佳运行参数，最后在现实生活中运行。虚拟制造技术主要包括设计过程仿真和加工过程仿真，在 Pro/E 中能很好地实现这一点。利用 Pro/E 进行虚拟仿真加工时，首先根据现实中的模型在三维实体模式下创建出实体造型，然后在制造模式下规划加工 NC 序列，进行自动编程，最后在计算机上进行仿真。

由于 CAD/CAM 软件的不断推出和更新，降低了数控加工的复杂程度，简化了数控程序的编写过程，利用计算机很好地实现了自动编程。在进行自动编程时，编程人员根据零件图和工艺要求，使用有关 CAD/CAM 软件（主要有 Pro/ENGINEER、Master CAM、UG 等），先利用 CAD 模块将零件图形输入到计算机中，然后利用 CAM 模块产生刀具路径，进而用后期处理产生 NC 代码，最后通过计算机与数控系统的串行通信接口把 NC 代码输入数控机床，对零件进行加工。其具体过程为：

- （1）根据零件图建立加工模型特征。
- （2）设置被加工零件的材料，工件的形状与尺寸。

- (3) 设置加工机床参数, 确定加工零件的定位基准面、加工坐标系和编程原点。
- (4) 选择加工方式, 确定刀具的初始位置、下刀位置和安全高度。
- (5) 设置加工参数 (如进给速度、机床主轴转速等)。
- (6) 进行加工仿真, 修改刀具路径。
- (7) 后期处理生成 NC 代码。
- (8) 根据不同的数控系统对 NC 做适当的修改, 将正确的 NC 代码输入数控系统, 驱动数控机床。

## 1.2 数控机床坐标系

(1) 规定原则: 数控机床坐标系是一个右手笛卡儿坐标系, 用右手螺旋法则判定如图 1-2 所示, 右手的拇指、食指和中指互相垂直, 并分别代表  $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$  轴。围绕  $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$  轴回转运动分别用  $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$  表示, 其正向用右手螺旋定则确定。与  $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 、 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$  相反的方向用  $+X'$ 、 $+Y'$ 、 $+Z'$ 、 $+A'$ 、 $+B'$ 、 $+C'$  表示。

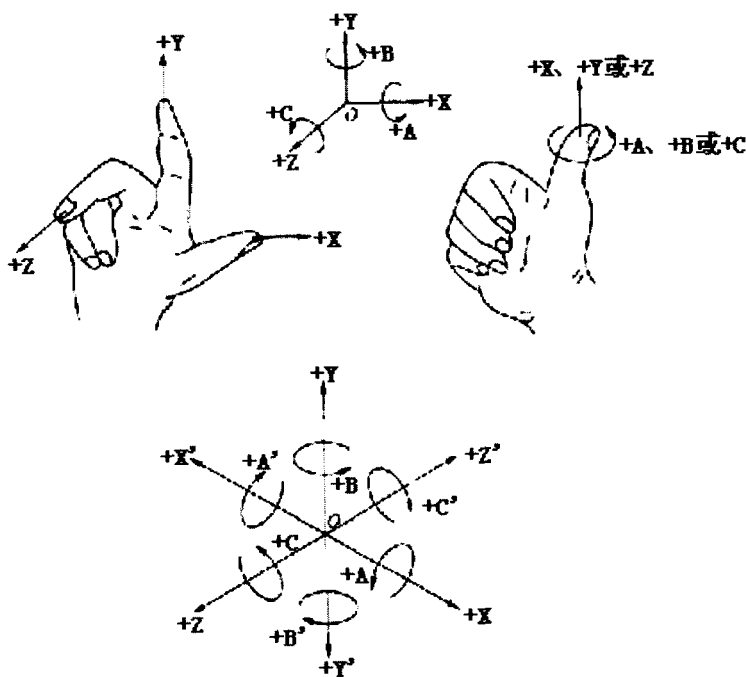


图 1-2 右手笛卡儿坐标系

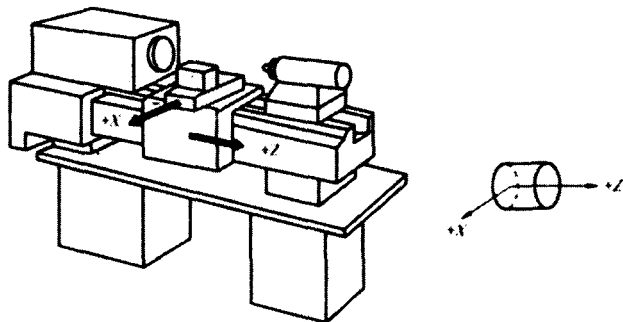
(2) 工件运动坐标系和刀具运动坐标系。数控机床的坐标系是机床运动部件进给运动的坐标系。其规定为: 用字母带 “'” 的坐标表示工件相对 “静止” 刀具而运动的工件运动坐标系; 用字母不带 “'” 的坐标系表示刀具相对 “静止” 工件而运动的刀具运动坐标系。

(3) 坐标轴的确定方法及步骤。

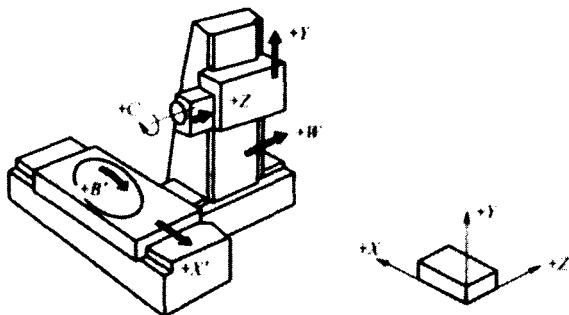
- **Z 轴:** 一般产生切削力的主轴线为 Z 轴。刀具远离工件的方向为正方向, 当机床有几个主轴时, 选一个与工件装夹面垂直的主轴为 Z 轴。当机床无主轴时, 也选取与工

件装夹面垂直的主轴为 Z 轴。

- X 轴：一般位于平行工件装夹面的水平面内。对于工件做回转切削运动的机床，在水平面内取垂直工件回转轴线（Z 轴）的方向为 X 轴，刀具远离工件的方向为正方向。
- Y 轴：根据已确定的 X、Z 轴用右手笛卡儿坐标系确定。
- A、B、C 轴：此三轴为回转进给运动坐标。根据已确定的 X、Y、Z 轴，用右手螺旋定则确定 A、B、C 三轴坐标，如图 1-3 所示。



(a) DEFAULT 数控机床



(b) 立式数控铣床

图 1-3 数控机床坐标系

(4) 机床坐标系。其坐标系和运动方向视机床的种类和结构而定。机床坐标系的原点也称机床原点。

(5) 工件坐标系。该坐标系是编程时用来定义工件形状和刀具相对工件运动的坐标系。为了保证编程与机床加工的一致性，工件坐标系也应是右手笛卡儿坐标系。工件装夹到机床上时，应使工件坐标系与机床坐标系的坐标轴方向保持一致。该坐标系的位置由程序员确定。

### 1.3 数控加工工艺基础

数控加工工艺是采用数控机床进行零件加工所使用的方法和技术手段的总和，是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术，是大量数控加工经验的总结。数控加工工艺内容包括：

- 对零件图进行分析，明确数控加工的内容及技术要求，并选择适当的数控机床。

- 具体设计加工工序，选择刀具、夹具及切削用量。
- 处理特殊的工艺问题，如对刀点、换刀点确定，加工路线确定，刀具补偿，分配加工误差等。
- 编写加工程序，并校验与修改。
- 首件试加工以进一步修改加工程序，并对现场问题进行处理。
- 编制数控加工工艺技术文件，如数控加工工序卡、刀具卡和程序说明卡等。

数控加工工艺源于传统的加工工艺，在进行数控加工工序安排时，同样要遵循普通机械加工工艺的基本原则，即：

(1) 基面先行。用作基准的表面应先加工出来，因为定位基准的表面越精确，装夹误差越小，也就越能保证加工精度。

(2) 先粗后精。在进行工序安排应按照粗加工——半精加工——精加工的顺序依次进行，直到达到加工零件的精度为止。

(3) 先主后次。零件的主要工作面和装配基面应先加工，次要表面可放在主要加工表面加工到一定程度后、最终精加工之前进行。

(4) 先面后孔。箱体和支架类零件平面轮廓尺寸较大，一般先加工平面，再加工孔和其他尺寸。

(5) 刀具集中。当工件的待加工面较多时，用同一把刀具完成的那一部分工艺过程为一道工序过程。

在试加工成功后，就要编制数控加工工艺技术文件。这些专用技术文件既是数控加工的依据，也是需要操作者遵守、执行的规则。目前数控加工工艺技术文件尚未制定国家统一标准，各个企业一般都根据本单位的特点制定了一些必要的工艺技术文件，主要包括数控加工工序卡、数控加工刀具卡、机床调整单和数控加工程序单等。

1) 数控加工工序卡，如表 1-1 所示。它与普通加工工序卡有许多相似之处，是编程人员结合数控加工工序进行数控加工的主要指导性工艺资料，工序卡应按确定的工艺路线填写。

表 1-1 数控加工工序卡

| 单位名称 |      | 产品名称 |      |                  | 零件名称             |          | 零件图号 |     |
|------|------|------|------|------------------|------------------|----------|------|-----|
|      |      |      |      |                  |                  |          |      |     |
| 工序号  |      | 程序编号 |      | 夹具名称             |                  | 使用设备     |      | 车间  |
|      |      |      |      |                  |                  |          |      |     |
| 工步号  | 工步内容 | 刀具号  | 刀具规格 | 主轴转速<br>(mm/min) | 进给速度<br>(mm/min) | 背吃<br>刀量 | 备注   |     |
| 1    |      |      |      |                  |                  |          |      |     |
| 2    |      |      |      |                  |                  |          |      |     |
| 3    |      |      |      |                  |                  |          |      |     |
| 编制   |      | 审核   |      | 批准               |                  | 年 月 日    | 共 页  | 第 页 |

2) 数控加工刀具卡，如表 1-2 所示。它是操作人员调换刀具或安装刀具的主要依据。数控加工对刀具的要求十分严格，一般要求在机外对刀仪上，事先调整好刀具直径和长度。



表 1-2 数控加工刀具卡

| 产品代号 |     | 零件名称 |      | 零件图号    |         | 程序号         |     |
|------|-----|------|------|---------|---------|-------------|-----|
| 工步号  | 刀具号 | 刀具名称 | 刀柄型号 | 刀具      |         | 补偿量<br>(mm) | 备注  |
|      |     |      |      | 直径 (mm) | 刀长 (mm) |             |     |
| 1    |     |      |      |         |         |             |     |
| 2    |     |      |      |         |         |             |     |
| 3    |     |      |      |         |         |             |     |
| 编制   |     | 审核   |      | 批准      |         | 共 页         | 第 页 |

3) 机床调整单。它是操作人员在加工前调整机床的依据。它主要包括机床控制面板开关调整和数控加工零件安装、零点设定卡两部分。不同的数控机床其机床调整单将有所不同。

4) 数控加工程序单。它是记录数控加工工艺过程、工艺参数和位移数据的清单，不同的数控系统，程序单的格式将有所不同。

## 1.4 常用编程指令

数控机床是用程序进行驱动的，而在数控加工程序中，主要有准备功能 G 指令、辅助功能 M 指令、进给功能 F 指令、主轴转速 S 指令和刀具功能 T 指令等。因此在进行软件自动编程前有必要了解常用数控代码功能，以便最后进行程序的校验。

### 1. G 指令

G 指令用来规定刀具和工件的相对运动轨迹（即插补功能）、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿和坐标偏置等多种加工操作。

(1) G90——绝对坐标系指令。表示程序语句中的尺寸为绝对坐标值，即从编程坐标原点开始计算的坐标值。如图 1-4 所示，刀具由 A 点直线插补到 B 点，用绝对坐标系指令编程为：

G90 G01 X80 Y50

(2) G91——相对坐标系指令。表示程序语句中的尺寸为相对坐标值，即坐标系的值为相对于前一个点的值。如图 1-4 所示，刀具由 A 点直线插补到 B 点，用相对坐标系指令编程为：

G91 G01 X-60 Y20

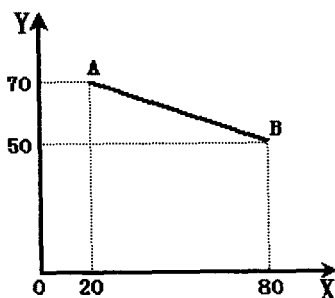


图 1-4 坐标系尺寸

(3) G92——工件坐标系指令。用于设定程序起始时刀具中心在工件坐标系中所处的位