

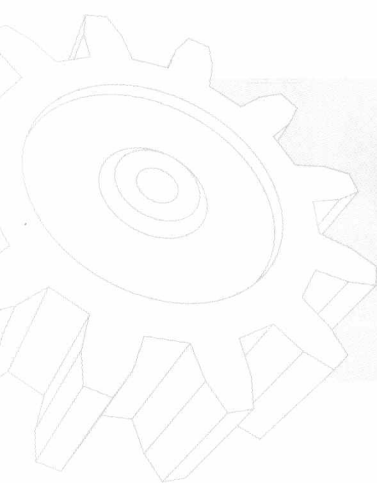
# Pro/Engineer Wildfire

## 制造基础教程

严京滨 编著



清华大学出版社



# Pro/Engineer Wildfire 制造基础教程

严京滨 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书基于 Pro/Engineer Wildfire 4.0 软件编写,介绍了 Pro/E NC 的主要模块及模块功能。全书结合作者多年的一线教学经验,选用典型的应用实例,按照初学者学习的角度来安排内容,全书共分为 5 章:数控加工基本概念、构建制造模型、Pro/E NC 的基本设置及操作、铣削、车削。本书着重使读者在掌握了一定的理论知识的基础上,建立清晰的建模思路,并结合实例和练习,轻松、快速地掌握和应用相关的方法和技巧。

本书内容系统规范,配以详尽的图例步骤指导,结合实例详尽介绍相关的实用技巧和应用技术要点,此外还附有相关的练习和思考题。本书可作为初学者快速入门的指导,也可作为各类高等院校和职业院校相关专业的教材或教学参考书,还可用作相关专业人员的自学教程或参考书籍。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

Pro/Engineer Wildfire 制造基础教程/严京滨编著. —北京:清华大学出版社,2009.8  
ISBN 978-7-302-20493-0

I. P… II. 严… III. 计算机辅助制造—应用软件, Pro/Engineer Wildfire—高等学校—教材 IV. TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 108182 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:10.5 字 数:255 千字  
(附光盘 1 张)

版 次:2009 年 8 月第 1 版 印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:25.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:027258-01

# 前言

# P

ro/Engineer Wildfire 制造基础教程

Pro/Engineer (Pro/E) 软件是美国参数技术有限公司 (Parametric Technology Corporation, PTC) 的软件产品, 功能包括产品设计、分析计算、动态仿真、输出工程图、加工制造等, 是目前国内应用比较广泛的 CAD/CAM 软件之一。计算机辅助设计及制造 (computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM) 技术已经越来越多地应用在数控加工领域, 利用三维 CAD 软件建立零件几何模型, 包括零件形状、尺寸和技术要求等, 再利用 Pro/E 特有的制造功能, 建立刀具库, 完成加工工艺参数的设定, 对加工情况进行仿真检验, 通过后处理进行程序文件转换, 输入到机床进行加工。利用 CAD/CAM 软件可以大大缩短设计制造的时间周期。

本书基于美国 PTC 公司的 Pro/Engineer Wildfire 4.0 软件进行介绍, 力求能使读者迅速了解、掌握和应用 Pro/Engineer 制造模块功能。全书选用典型的应用实例, 按照初学者学习的角度来安排内容, 共分为 5 章, 具体内容如下。

第 1 章: 数控加工基础, 主要是为后续 Pro/E NC 加工的学习奠定基础, 主要介绍与数控加工相关的基本概念, 以及与 Pro/E NC 有关的加工基本概念。

第 2 章: 构建制造模型, 主要介绍几种常用的构建制造模型的方法及手段。

第 3 章: Pro/E NC 的基本设置及操作, 通过一个实例, 介绍 Pro/E NC 加工的基本流程及相关选项, 使读者能够理解和掌握操作的基本要点。

第 4 章: Pro/E 铣削, 主要介绍 Pro/E 铣削加工基础, 如铣削参数的设定和铣削几何的设定等, 着重介绍了 11 种基础的铣削方法, 包括体积块加工、局部铣削、表面加工、曲面铣削、轮廓加工、腔槽加工、孔加工、刻模、螺纹加工、轨迹加工、陷入加工等。此外, 本章还介绍了镜像 NC 序列的方法。

第 5 章: Pro/E 车削, 主要介绍 Pro/E 车削加工基础, 如车削参数的设定和车削几何的设定等, 着重介绍了 4 种基础的车削方法, 包括区域加工、轮廓加工、凹槽加工、螺纹加工等。

本书突出实用性, 做到理论和实际应用相结合, 选择典型的实例, 轻松入门, 简单易学。读者通过本书能够直观、清晰地掌握模型制造的方法和技巧。作者结合多年的一线教学经验, 面对初学者的零起点特点, 在编写中着重以下几点。

(1) 实用性: 每一章节都结合相应的实例, 介绍操作的技巧和注意事项, 使读者能够快速地掌握, 并能够解决实际问题, 掌握基础的同时, 能在技巧上有所提高。此外, 本书中的菜单图例基本以中英文方式描述菜单项, 可供中文版和英文版用户参考使用。

(2) 连贯性: 为了突出知识点应用的连贯性, 有效地组织实例, 引导读者循序渐进地学习。

(3) 示教性: 对于每个实例的讲解, 采用详尽的 Step by Step 的图例方式, 易于读者的学习和操作。

软件的学习需要多练习、多体会、多思考, 希望读者按照书的提示和方法完成相关的实践练习后, 能够举一反三, 真正地掌握并且应用好软件。现在软件版本更新很快, 但是读者只要能够理解制造原理, 掌握制造建模的思路, 就可以轻松应对。

在编写过程中, 林亨教授、郭姗姗, 以及美国参数技术有限公司中国区教育合作经理胡全意女士提供了大力的支持和帮助, 在此表示衷心感谢! 本书参考了一些相关教材与著作, 在此向有关作者致谢!

由于作者水平有限, 难免有疏漏或错误之处, 欢迎读者提出宝贵意见和建议。

另本书配有模型文件盘, 读者在实例操作时, 可按照章节, 根据实例编号, 在配书光盘中找到与书中名字相符的模型文件使用即可。

作 者

2009.7

# 目录

# P

ro/Engineer Wildfire 制造基础教程

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 数控加工基础                     | 1  |
| 1.1 本章要点                         | 1  |
| 1.2 数控加工基本概念                     | 1  |
| 1.2.1 数控的基本概念                    | 1  |
| 1.2.2 数控机床的坐标系                   | 1  |
| 1.2.3 数控机床的参考点                   | 4  |
| 1.2.4 数控加工的基本工艺                  | 9  |
| 1.2.5 数控编程的步骤                    | 11 |
| 1.3 Pro/Engineer 加工基本概念          | 12 |
| 1.3.1 基本概念                       | 12 |
| 1.3.2 Pro/Engineer 制造模块的主要菜单及工具栏 | 14 |
| 1.3.3 Pro/E NC 相关文件类型            | 16 |
| 第 2 章 构建制造模型                     | 17 |
| 2.1 本章要点                         | 17 |
| 2.2 制造模型的构建方法                    | 17 |
| 2.3 制造模型的构建手段                    | 18 |
| 2.4 制造模型构建的实例                    | 19 |
| 2.4.1 在制造模块中创建工作件模型              | 19 |
| 2.4.2 在设计模块中创建工作件模型              | 26 |
| 2.4.3 通过创建组件/NC 模型得到制造模型         | 30 |
| 第 3 章 Pro/E NC 的基本设置及操作          | 32 |
| 3.1 本章要点                         | 32 |
| 3.2 Pro/E 加工基本流程                 | 32 |
| 3.3 Pro/E NC 的基本设置及操作            | 33 |
| 3.4 NC 序列的修改与重新排序                | 53 |
| 第 4 章 Pro/E 铣削                   | 55 |
| 4.1 本章要点                         | 55 |

|              |                    |            |
|--------------|--------------------|------------|
| 4.2          | 铣削加工基础             | 55         |
| 4.2.1        | 铣刀的选择              | 55         |
| 4.2.2        | 铣削类别               | 57         |
| 4.2.3        | Pro/E 铣削的加工方法      | 58         |
| 4.2.4        | Pro/E 铣削几何的设定方法    | 59         |
| 4.3          | 铣削加工方法             | 61         |
| 4.3.1        | 体积块(Volume)        | 61         |
| 4.3.2        | 局部铣削(Local Mill)   | 76         |
| 4.3.3        | 表面(Face)           | 78         |
| 4.3.4        | 曲面铣削(Surface Mill) | 81         |
| 4.3.5        | 轮廓(Profile)        | 101        |
| 4.3.6        | 腔槽加工(Pocketing)    | 106        |
| 4.3.7        | 孔加工(Holemaking)    | 108        |
| 4.3.8        | 刻模(Engraving)(雕刻)  | 112        |
| 4.3.9        | 螺纹加工(Thread)       | 114        |
| 4.3.10       | 轨迹(Trajectory)     | 119        |
| 4.3.11       | 陷入(Plunge)         | 122        |
| 4.4          | 关于镜像 NC 序列         | 124        |
| 4.4.1        | 创建镜像 NC 序列         | 124        |
| 4.4.2        | 镜像多个 NC 序列         | 126        |
| 4.4.3        | 练习及思考              | 127        |
| 4.5          | 铣削加工综合实例练习(田径场)    | 127        |
| <b>第 5 章</b> | <b>Pro/E 车削</b>    | <b>134</b> |
| 5.1          | 本章要点               | 134        |
| 5.2          | 车加工基础              | 134        |
| 5.2.1        | 车刀的选择              | 134        |
| 5.2.2        | Pro/E 车削的加工方法      | 135        |
| 5.2.3        | Pro/E 车削几何的设定方法    | 136        |
| 5.3          | 车削加工方法             | 137        |
| 5.3.1        | 区域加工               | 137        |
| 5.3.2        | 轮廓加工               | 145        |
| 5.3.3        | 凹槽加工               | 146        |
| 5.3.4        | 螺纹加工               | 147        |
| 5.4          | 车削加工综合实例练习(酒杯)     | 149        |
|              | <b>参考文献</b>        | <b>162</b> |

## 1.1 本章要点

本章分为两大部分内容。第一部分是数控加工基本概念,此部分学习需明确坐标系统及相关参考点的含义,以及了解数控加工的相关基本工艺,为后续 Pro/E NC 加工的学习奠定理论基础。如果已经掌握此部分的概念与理论,可以直接跳过。第二部分介绍与 Pro/E NC 有关的加工基本概念,以及有关的菜单及文件类型。

## 1.2 数控加工基本概念

### 1.2.1 数控的基本概念

数控(numerical control, NC)通过数字指示控制,通过数字和字母代表几何和技术数据。国家标准(GB 8129—1997)将数控定义为“用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法”。

数控技术是采用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术,是现代制造系统的技术基础之一,如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等。数控技术的产生和发展,使模具制造有了较大变化和进步,制造模具更高效、更精密、更高质,制造类型更多样化。

### 1.2.2 数控机床的坐标系统

为便于数控系统和机床的设计、程序编制和使用维修,数控机床的坐标轴和运动方向有统一规定。

#### 1. 标准坐标(机床坐标)系的规定

每台机床都有自己的坐标系和坐标原点,它们是零件加工程序编制的重要依据。标准的机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系。如果在基本的直角坐标  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  之外,另有轴线平行于它们的坐标系,则附加的直角坐标系指定为  $U$ 、 $V$ 、 $W$  和  $P$ 、 $Q$ 、 $R$ 。这些附加坐标系的运动方向,可按决定基本坐标系运动方向的方法决定。围绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴的旋转坐标分别用  $A$ 、 $B$ 、 $C$  表示,见图 1.1。

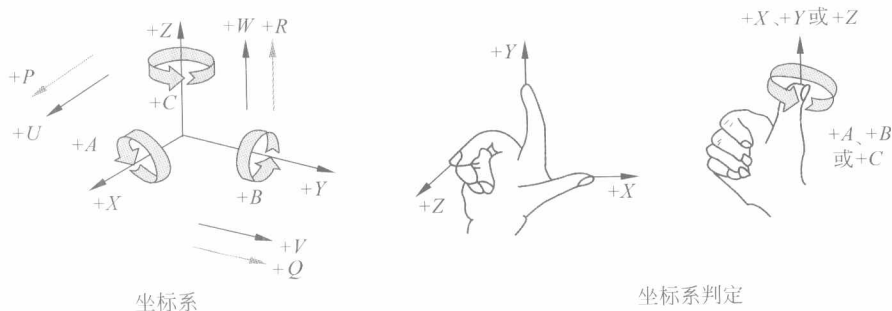


图 1.1 坐标系

目前,数控机床的坐标系已标准化,大多数机床采用右手定则,参见图 1.1。图中大拇指的指向为 X 轴的正方向,食指指向为 Y 轴的正方向,中指指向为 Z 轴的正方向。当右手的大拇指指向 X、Y、Z 的正方向时,其余四指所指示的就是该坐标轴旋转 A、B、C 的正方向。

数控机床的进给运动,有的由刀具运动来实现,工件不动;有的由工作台带着工件运动实现,刀具不动。

坐标轴正方向是假定刀具相对于静止的工件面运动,而当工件移动时,即在坐标轴字母上加“'”表示。按相对运动的关系,工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反,即有

$$\begin{aligned} +X &= -X', & +Y &= -Y', & +Z &= -Z' \\ +A &= -A', & +B &= -B', & +C &= -C' \end{aligned}$$

通常在命名或编程时,不论机床在加工中是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定被加工工件相对静止不动,而刀具在移动。标准的坐标系是一个右手直角笛卡儿坐标系,并同时规定刀具远离工件的方向作为坐标的正方向。机床主轴旋转运动的正方向是按照右旋螺纹进入工件的方向。

## 2. 坐标系的判定

### 1) Z 坐标

在数控机床坐标系中,机床传递切削力的主轴轴线为 Z 坐标。对于没有主轴的机床(如刨床等),则规定垂直于工件装夹表面的坐标轴为 Z 坐标。铣床、钻床、镗床、攻丝机等是主轴带动刀具旋转;车床、磨床和其他形式旋转表面的机床是主轴带动工件旋转。当机床有几个主轴时,则选一个垂直于工件装夹面的主轴为 Z 轴。规定增大工件和刀具距离(即增大工件尺寸)的方向为正方向。如在钻镗加工中,钻入或镗入的方向是 Z 的负方向。

### 2) X 坐标

在 X、Y 轴中,主要进给方向是 X 轴。X 轴是定位面的主轴,与工件装卡面平行,主要作水平运动。

为了确定 X 轴,将机床分成以下两种。

#### (1) 有工作轴

##### ① 刀具旋转的机床(钻、铣、镗、攻丝机)。

当 Z 坐标为水平时(主轴是卧式的),从刀具主轴后端向工件方向看,X 正方向为向右

方向,参见图 1.2。

当  $Z$  坐标为垂直时(主轴是立式的),对于单立柱机床,面对刀具主轴向立柱方向看, $X$  运动的正方向指向右方,参见图 1.3。

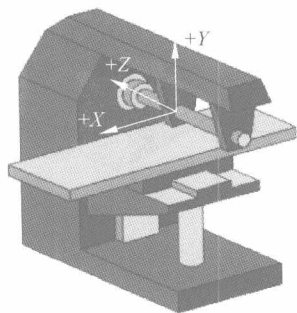


图 1.2 卧式升降台铣床

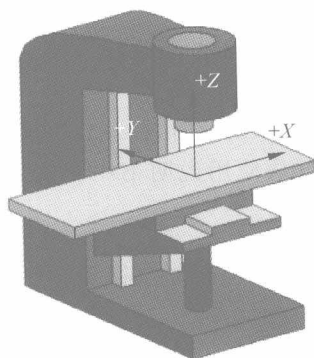


图 1.3 立式升降台铣床

对于双立柱机床,面对刀具主轴向左侧立柱方向看, $X$  运动的正方向指向右方,参见图 1.4。

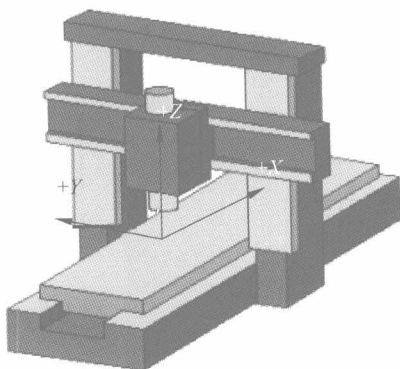


图 1.4 龙门式轮廓铣床

② 工件旋转的机床(车、磨)。 $X$  坐标的方向是径向的,且平行于横溜板。同样,取刀具远离工件的方向为  $X$  正方向,参见图 1.5。

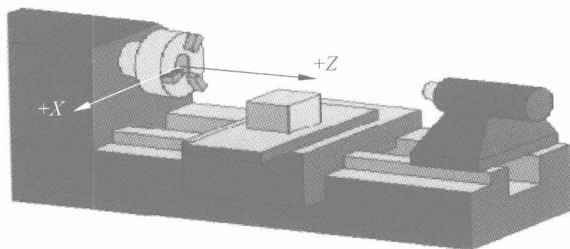


图 1.5 车床

### (2) 无工作轴(刨、线切割机)

对于没有刀具旋转和工件旋转的机床(如刨床),  $X$  坐标平行于主要切削方向, 以该方向为正方向, 参见图 1.6。

### 3) $Y$ 坐标

在确定了  $X$ 、 $Z$  轴的正方向后,  $Y$  坐标轴按右手直角笛卡儿坐标系来确定其方向。

每台数控机床出厂时, 都规定好了自己的机床坐标系, 使用者可以从使用说明书中查阅, 以此作为零件加工程序编制的依据。

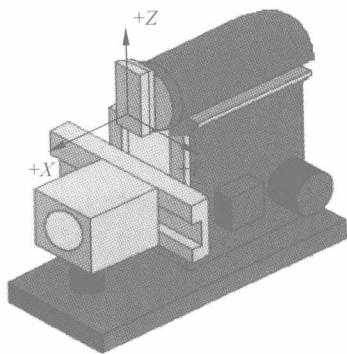


图 1.6 刨床

## 3. 绝对坐标系与相对坐标系

### 1) 绝对坐标系

在坐标系中, 所有的坐标点均以某一固定坐标系原点作为坐标位置的起点, 并以之计算各点的坐标值, 这个坐标系称为绝对坐标系, 参见图 1.7。绝对坐标系可以避免尺寸的积累误差。

### 2) 增量坐标系(相对坐标系)

在坐标系中, 运动轨迹的终点坐标是以起点计量的坐标系称为增量坐标系(相对坐标系), 参见图 1.8。

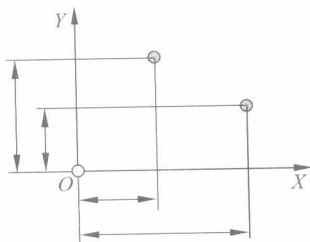


图 1.7 绝对坐标系示意图

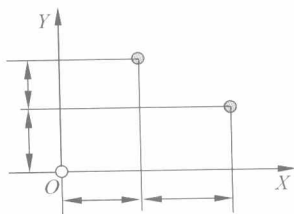


图 1.8 相对坐标系示意图

当对零件的加工轮廓进行编程时, 要将图样上的尺寸换算成点的坐标值。如果选用的工件零点、编程零点位置不同, 采用的尺寸标注方式不同(绝对尺寸或增量尺寸), 其点的坐标值也不同。

## 1.2.3 数控机床的参考点

CNC 机床坐标系确定以后, 还应确定一些基准点(参考点), 见图 1.9。

### 1. 机床零点(符号 M)

机床坐标系是机床上固有的坐标系, 机床零点  $M$  是机床坐标系统的坐标原点。该点也是机床测量的基准, 在机床零点的基础上测量整个机床。机床零点由机床制造商确定, 不能被任意改变。此外该点是其他坐标系和参考点如工件坐标系、编程坐标系、机床参考点的基准点。如图 1.10 所示为车床和铣床机床零点  $M$  位置的图例。CNC(计算机数控)车床的零点一般设在主轴前端面的中心。CNC 铣床的零点位置, 各生产厂家不一致。有的设置在机床工作台中心, 有的设置在进给行程范围的终点。

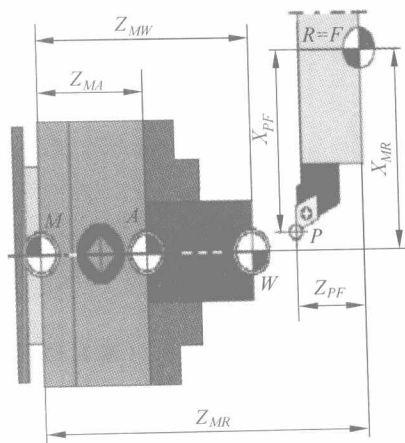
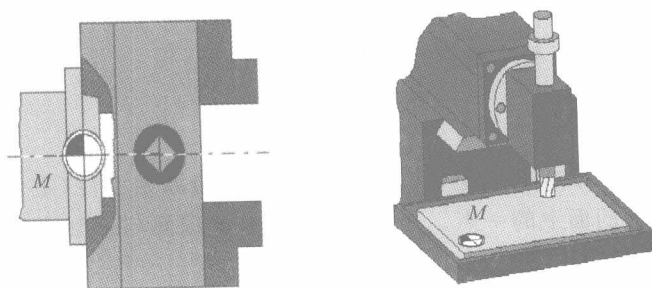


图 1.9 基准点示意图

图 1.10 车床和铣床机床零点  $M$  位置的图例

## 2. 工件零点(符号 $W$ )

工件零点  $W$  是工件坐标系的坐标原点,可由编程者设定和改变。工件坐标系是为确定工件几何图形上各几何要素(点、直线、圆弧)位置而建立的坐标系。

选择工件零点时,最好把工件零点放在能够将工件图的尺寸方便地转换成坐标值的地方。车床工件零点一般设在水轴中心线上,在工件的右端面或左端面。铣床工件零点,一般设在工件外轮廓的某一个角上,进刀深度方向的零点,大多取在工件表面。

工件零点选用的原则如下。

(1) 选在工件图样的尺寸基准上。可直接用图纸标注的尺寸,作为编程点的坐标值,以减少计算工作量,参见图 1.11 示例 1。

(2) 能使工件方便地装卡、测量和检验。尽量选在尺寸精度、光洁度比较高的工件表面上。这样可提高工件的加工精度和同一批零件的一致性。如铣床,工件零点被设置在参照表面的交点处,参见图 1.12 示例 2。

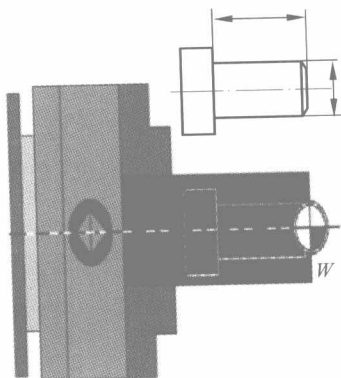


图 1.11 工件零点选用示例 1

(3) 对于有对称几何形状的零件,工件零点最好选在对称中心点上,参见图 1.13 示例 3。

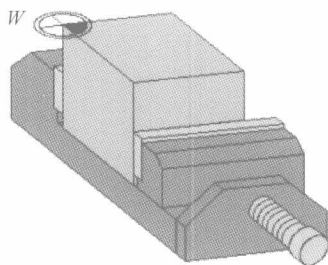


图 1.12 工件零点选用示例 2

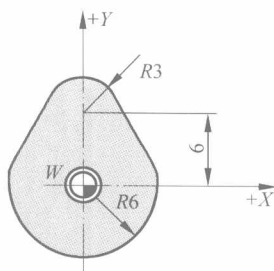


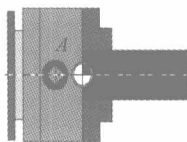
图 1.13 工件零点选用示例 3

### 3. 编程零点

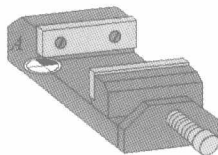
编程零点即程序零点,一般对于简单零件,工件零点就是编程零点。而对形状复杂的零件,需要编制几个程序或子程序。为了编程方便和减少坐标值的计算,编程零点就不一定设在工件零点上,而设在便于程序编制的位置。

### 4. 定位点(符号 A)

定位点 A 能通过 NC 编程者选定,是工件装卡点,指原始工件(毛坯)紧贴在机床工作台挡块或夹具挡块上的面上的一点。一般,车床取卡盘端面与 Z 轴的交点,铣床取夹钳底平台左侧上一点,参见图 1.14。



车床

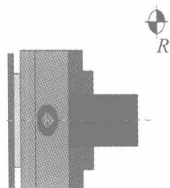


铣床

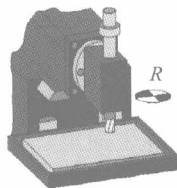
图 1.14 定位点的选定

### 5. 参考点(符号 R)

R 是机床加工运动的极限点,由限位开关来设定。参考点 R 也是由机床制造商来确定的。R 是用于对机床工作台(或滑板)与刀具相对运动的测量系统进行定标和控制的点。对于一个增量测量设备来说,必须要有一个参考点,参见图 1.15。



车床



铣床

图 1.15 参考点的确定

## 6. 刀位点(符号 $P$ )

刀位点  $P$  确定刀具在机床工作区的位置,当测量和输入刀具修正因素后,控制系统能识别该点。图 1.16 显示的是车床、铣床、钻床刀位点的位置。

## 7. 刀具的位置参数

对于某项任务(如修正刀具轨迹),除了刀位点,一个 CNC 系统需要附加信息确认刀具刀尖半径的中心和切削边的位置。切削边的位置描述了与刀具刀尖半径中心  $S$  有关的理论刀位点  $P$  的位置。它被标以字母“L”或“P”(如 L3 或 P5),具体表示取决于厂商的控制系统。

### 注意

在具体加工之前,需要把刀具的刀尖圆弧半径和刀具的位置参数输入到 CNC 系统的存储器中。

图 1.17 为车刀刀尖示意图,工件的形状与刀尖半径的大小有直接关系,必须将刀尖圆弧半径  $R_s$  输入到存储器中。

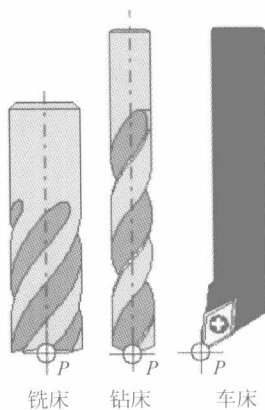


图 1.16 刀位点的位置

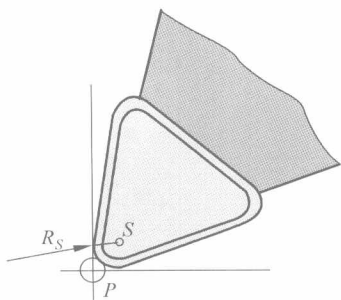


图 1.17 车刀刀尖示意图

对于车床刀具,相对于切削半径中心,存在 8 种不同的刀具位置,参见图 1.18。

对于钻刀和铣刀,刀具半径中心  $S$  和刀位点  $P$  是相同的。此处,刀具位置是 0 或 9,参见图 1.19。

## 8. 对刀点

对刀点是数控加工中,刀具相对于工件运动的起点。程序也是从这一点开始执行,所以对刀点也称作程序原点或程序起点。

选择对刀点的原则是:

- 对刀点应便于数学处理和程序编制;
- 对刀点在机床上容易校准;

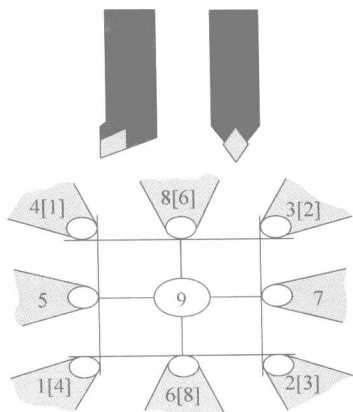


图 1.18 车床刀具位置示意图

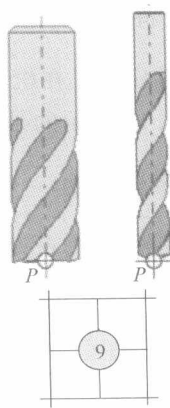


图 1.19 钻刀和铣刀的刀具位置

- 在加工过程中便于检查；
- 引起的加工误差小。

对刀点可以设置在零件、夹具上面或机床上面,但最基本的一条是它必须与零件的定位基准有一定的尺寸关系,这样才能确定机床坐标系与工件坐标系的关系。

图 1.20 所示对刀点相对于机床零点的坐标为 $(x_0, y_0)$ ,而工件零点相对于机床零点的坐标为 $(x_1 + x_0, y_0 + y_1)$ ,这样就把机床坐标系、工件坐标系和对刀点之间的关系明确地表达出来了。

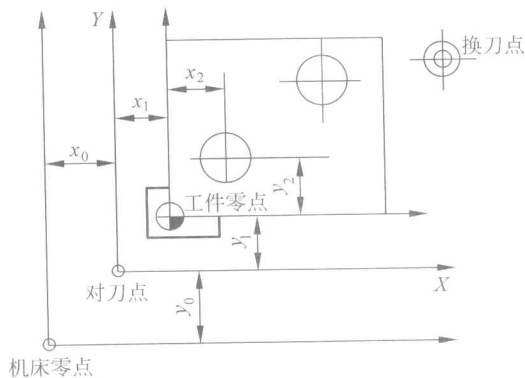


图 1.20 对刀点的坐标值

通常,在绝对坐标系统的数控机床上,第一个程序的坐标值应为对刀点在机床坐标系中的坐标值。图 1.20 中的 $(x_0, y_0)$ 在相对坐标系统的数控机床上,则需人工检查对刀点的重复精度,以便于零件的批量生产。

## 9. 换刀点

在数控车床、数控铣床等使用多种刀具加工的机床上,工件加工时需要经常更换刀具,在程序编制时,就要考虑设置换刀点。换刀点应根据工序内容安排。换刀点的位置应根据

换刀时刀具不碰伤工件、夹具和机床的原则而定。一般换刀点应设在工件或夹具的外部(见图1.20)。

## 1.2.4 数控加工的基本工艺

### 1. 工序划分

在数控机床上加工零件,工序比较集中。在一次装夹中,应尽可能完成全部工序。常用的工序划分方法如下。

(1) 按先粗后精的原则划分工序,这样可减少粗加工变形对精加工的影响。考虑到零件形状、尺寸精度以及工件刚度和变形等因素,先粗加工,快速切除余量;后精加工,保证精度和表面粗糙度。粗加工后工件的变形需要恢复一段时间,最好不要紧接着安排精加工。

(2) 按所用刀具划分工序,这样可减少换刀次数,缩短空行程,减少不必要的定位误差和减少换刀时间。多采用按刀具集中工序的方法,即将工件上需要用同一把刀加工的部位全部加工完之后,再换另一把刀来加工。

(3) 按安装次数划分工序,即将每一次装夹作为一道工序。这种方式适用于加工内容不多的零件,在专用数控机床和加工中心中常用。

(4) 按加工部位划分工序。对于加工内容很多的工件,可按其结构特点将加工部位分成几个部分,如内腔、外形、曲面或平面,并将每一部分的加工作为一道工序。

### 2. 加工顺序

总的加工顺序安排应根据零件的结构和毛坯状况,以及定位、安装与夹紧的需要来考虑,一般原则如下。

(1) 合理进行工序组合,尽量采用工序集中,同时上道工序的加工不能影响下道工序的定位与夹紧,中间穿插有通用机床加工工序的,也应综合考虑。

(2) 以相同定位、夹紧方式进行的加工或用同一把刀具加工的工序,最好连续加工,以减少重复定位次数、换刀次数与挪动压板次数,避免所引起的误差,从而提高加工精度和生产率。

(3) 先内后外,即先进行内腔(内孔)加工,后进行外形加工。

(4) 按先面后孔的原则安排加工顺序,这样可提高孔的加工精度,避免面加工时引起的变形。

(5) 首先进行定位基准面的粗、精加工,然后加工其余表面。为了利于及早发现毛坯的内在缺陷,精度要求较高的主要表面的粗加工一般安排在次要表面粗加工之前。

(6) 加工中容易损伤的表面(如螺纹等)应放在加工路线的后面。

### 3. 加工余量的选择

加工余量泛指毛坯实体尺寸与零件(图纸)尺寸之差。零件加工就是把大于零件(图纸)尺寸的毛坯实体加工掉,使加工后的零件尺寸、精度、表面粗糙度均能符合图纸的要求。通常要经过粗加工、半精加工和精加工才能达到最终要求。因此,零件总的加工余量应等于中

间工序加工余量之和。工序间的加工余量的选择应根据下列条件进行。

(1) 应有足够的加工余量,特别是最后的工序,加工余量应能保证达到图样上规定的精度和表面粗糙度要求。

(2) 应考虑加工方法、装夹方式和工艺设备的刚性,以及工件可能发生的变形。过大的加工余量反而会由于切削抗力的增加而引起工件变形加大,影响加工精度。

(3) 应考虑零件热处理引起的变形,适当的增大一点加工余量,否则可能产生废品。

(4) 应考虑工件的大小。工件越大,由切削力、内应力引起的变形亦会越大,加工余量也要相应的大一些。对横截面积小的细长零件或薄板零件应采用分几次走刀加工到最后尺寸或对称去除余量法安排加工余量。

(5) 在保证加工精度的前提下,应尽量采用最小的加工余量总和,以求缩短加工时间,降低加工费用。

#### 4. 选择走刀路线

走刀路线是指数控加工过程中刀位点相对于被加工工件的运动轨迹。

在数控机床加工过程中,走刀路线的选择是非常重要的,它不仅与被加工零件表面粗糙度有关,而且与尺寸精度和位置精度都有直接关系。过长的走刀路线会影响机床的寿命、刀具的寿命等。走刀路线包括切削加工的路径及刀具引入、返回等非切削空行程。确定走刀路线主要是确定粗加工及空行程的走刀路线,因为精加工切削过程的走刀路线基本上都是沿其零件轮廓顺序进行的。

实际生产中,走刀路线的确定要根据零件的具体结构特点,综合考虑,灵活运用。例如应尽量减少进、退刀时间和其他辅助时间。在铣削加工零件轮廓时,要尽量采用顺铣加工方式,这样可提高零件表面粗糙度和加工精度,减少机床颤振。选择合理的进、退刀位置,尽量避免沿零件轮廓法向切入和进给中途停顿。进、退刀位置应选在不太重要的位置。走刀路线一般先加工外轮廓,再加工内轮廓等。要选择工件在加工后变形小的路线,对横截面积小的细长零件或薄板零件应采用分几次走刀加工到最后尺寸或用对称去余量法安排走刀路线。确定较好的走刀路线,除了依靠大量的实践经验外,还应善于分析,必要时辅以一些简单计算。

#### 5. 切削用量

设置切削用量是否合理,直接影响到数控机床的加工效率,设置的原则是:粗加工时,一般以提高生产效率为主,但也应考虑经济性和加工成本;半精加工和精加工时,应在保证加工质量的前提下,兼顾切削效率、经济性和加工成本。具体的数值应结合经验,并参照机床说明书、刀具说明书、切削用量手册设置。

##### 1) 主轴转速 $n$

$$n = \frac{1000V_c}{\pi D_c}$$

式中, $n$  为机床主轴转速, r/min;  $V_c$  为切削线速度,由刀具的材料和寿命决定, m/min;  $D_c$  为刀具直径或工件直径, mm,如车外圆时取工件待加工表面直径,镗孔时取工件已加工表面直径,铣削时取铣刀外径,钻孔时取钻头外径等。