



机械设计院

凝聚工程设计专业一线工程师和UG应用教学专家多年经验与心血。  
案例更经典，学习更快速！



本书光盘包括：

118个实例的模型、源文件和结果文件

28段多媒体语音视频教学录像，时间长达99分钟

# UG NX4

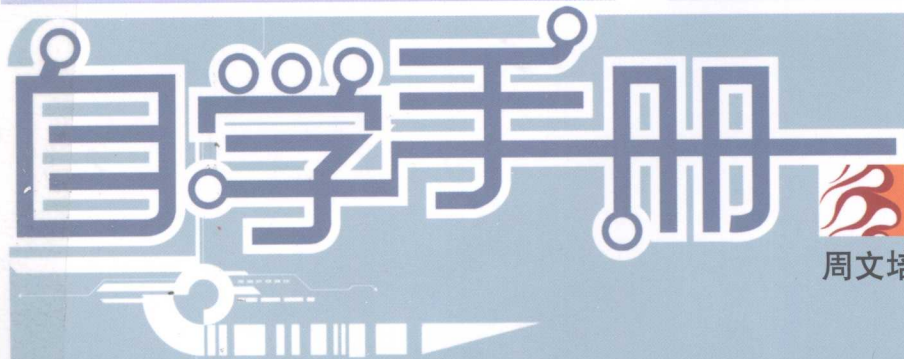
中文版  
自学手册

## 逆向造型篇

对逆向工程的基本概念、应用领域、常用方法以及如何在UG中实现进行了详细介绍，对应大量的实例应用，全程同步多媒体语音视频教学辅导，环环相扣。每个实例都配合完整的操作步骤。

初学者将在较短的时间内获得逆向工程的完整解决方案，全面掌握贴近实际应用的逆向工程设计方法。

本书为大中专院校机械专业的师生和初学者掌握逆向造型设计提供了一条快速上手的途径；对有一定基础的工程人员，也具有极大的参考价值。



冯如设计在线

周文培 连祥宇 李翔鹏

编著



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



机械设计院

# UG NX4 中文版 自学手册

——逆向造型篇——

## 自学手册



冯如设计在线

编著

周文培 连祥宇 李翔鹏

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目(CIP)数据

UG NX4 中文版自学手册. 逆向造型篇 / 周文培, 连祥宇, 李翔鹏编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.7  
(机械设计院. 自学手册)  
ISBN 978-7-115-17637-0

I. U… II. ①周…②连…③李… III. 计算机辅助设计—应用软件, UG NX4—技术手册 IV. TP391.72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 019168 号

## 内 容 提 要

本书介绍 UG 在逆向工程方面的应用。主要内容有: 逆向工程的概念和应用, UG/Imageware 软件基础, Imageware 前期点云处理, UG 三维设计建模基础, 逆向建模基础, 实体逆向建模, 自由曲面逆向建模, 复杂模型的逆向建模, 逆向数模的检查与品质评价, 逆向数模的修改与调整, 逆向工程实战。

本书对 UG 在逆向工程方面最常用的方法进行了深入浅出的介绍, 以精选的多个实例——体现, 是逆向工程经验与 UG 软件的完美结合。初学者及具有一定基础的中级读者, 都能通过书中给出的操作步骤完成实例效果的制作, 并通过技巧的提示达到举一反三的目的。希望读者通过本书中大量实例的操作练习, 能获取技术上的飞跃。

随书光盘包括书中的所有实例图形源文件、最终效果文件以及实例教学演示录像。冯如在线网站 <http://www.fr-cad.net> 为读者提供全方位的技术支持。

机械设计院·自学手册

### UG NX4 中文版自学手册——逆向造型篇

- ◆ 编 著 冯如设计在线 周文培 连祥宇 李翔鹏  
责任编辑 俞 彬
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鸿佳印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 27.25  
字数: 564 千字  
印数: 1—4 000 册
- 彩插: 4  
2008 年 7 月第 1 版  
2008 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17637-0/TP

定价: 49.80 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132687 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

# 前言

逆向工程作为一门比较新的技术，因其实用性和经济性，已经逐渐开始在航空航天、汽车、消费电子、医疗仪器、通用机械等工业领域被广泛地应用。

Unigraphics（简称UG）作为目前世界上在CAD/CAE/CAM方面运用最为广泛的软件之一，也因其强大的三维设计功能而被广泛地应用于逆向工程之中。

本书结合丰富的实例，对逆向工程的基本概念、应用领域、常用方法和技巧如何在UG中实现进行了详细的介绍，使得想从事逆向工程的读者和希望获得完整逆向工程解决方案的公司与个人，能够迅速将理论和实践相结合，从而掌握最贴近实际应用的逆向工程设计方法。

## 本书主要特点

- 完善的知识体系。从基础入门到进阶提高再到综合实战，以分模块类型的方式编排，采用阶梯式学习方法，对软件架构、应用方向和命令应用，都作了详尽的解析，逐步提高读者的使用能力，方便查找具体功能的实现方向，巩固学习技能。

- 通俗易懂，易于入手。功能介绍循序渐进，在实例的制作过程中除了详细的操作步骤外，还列举了UG数控加工中应注意的各种事项。对于初学者，以及具有一定基础的中级读者，只要按照书中的步骤一步步学习，都能通过书中给出的操作步骤完成实例效果的制作，并通过技巧的提示达到举一反三的目的，一定会在较短的时间内快速掌握UG数控加工的精髓。

- 强大的视频引导。附赠光盘包含书中实例的多媒体教学演示，其流畅的画质、简便的控制按钮、详实的步骤提示和操作总结，能帮助读者迅速掌握软件的应用要领。

- 注重实践、强调实用。本书精选大量实例，基本覆盖了UG逆向方面的各个知识点，对所涉及的知识内容、操作步骤和相关技巧进行了深入浅出的剖析。

## 本书主要内容

- 第1章讲解逆向工程的基本概念、应用领域和技术前景。
- 第2章介绍Imageware的基本应用方法。
- 第3章讲解点云的初步处理，包括基于Imageware的点云噪点清理与区域分割、测量与查



询、稀释和网格化、曲线和曲面的创建与编辑、从曲线曲面上抽取点。

- 第4章介绍点云对齐和提取的各种方法。
- 第5章讲解UG与产品设计相关的概念、操作命令。
- 第6章介绍将使用UG软件在导入Imageware软件处理好的点云文件后,如何进一步提取点,根据点云创建基本曲线、创建平面和简单曲面。
- 第7章说明运用UG的基准特征、成型特征和特征操作命令进行实体逆向建模的方法和技巧。曲面构造完成后,可以使用曲面的编辑功能对曲面进行调整和修改,得到符合设计意图的曲面。
- 第8章介绍常用的曲面编辑与操作方法。
- 第9章介绍逆向数模品质分析的相关方法,包括逆向工程中误差的各种来源和避免方法,在Imageware和UG中对数模与点云间差异进行分析的方法,在UG中对曲线曲面的几何特性进行分析的方法,最后介绍要达到A级曲面所应遵循的设计准则和构建A面的方法。
- 第10章用多个实例,介绍如何应用前面学到的各种命令对较复杂的点云进行逆向建模。

本书由冯如设计在线策划,周文培、连祥宇、李翔鹏编写,李翔鹏对全书进行了统稿。参加编写工作的人员还有戴军、韦笑、李志云、李晓春、于樊鹏、赵成璧、孙宏、侯佳宜、许伟、戴文雅、李建锋、刘延军、赵远峰、陈磊、樊旭平、赵东辉、周峰、李琳、谢晖等,在此一并表示衷心的感谢!

本书内容全面、结构清晰、实例具有代表性。但由于编写较为仓促,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请广大读者提出宝贵意见。如果有任何问题可以通过电子邮件与编者联系。

网址: <http://www.fr-cad.net>

E-mail: [book\\_service@126.com](mailto:book_service@126.com)



冯如设计在线  
[www.fr-cad.net](http://www.fr-cad.net)

周文培 连祥宇 李翔鹏

2008年3月

# 目录

## 第 1 章 逆向工程概述..... 1

|       |                           |    |
|-------|---------------------------|----|
| 1.1   | 逆向工程基本概念.....             | 2  |
| 1.1.1 | 逆向工程定义.....               | 2  |
| 1.1.2 | 逆向工程优势.....               | 3  |
| 1.2   | 逆向工程相关软件.....             | 5  |
| 1.2.1 | 专用逆向软件.....               | 5  |
| 1.2.2 | 常用 CAD/CAM 系统.....        | 8  |
| 1.2.3 | UG/Imageware 软件与逆向工程..... | 10 |
| 1.3   | 模型重构方法.....               | 11 |
| 1.3.1 | 曲线拟合造型.....               | 12 |
| 1.3.2 | 曲面片直接拟合造型.....            | 12 |
| 1.4   | 逆向工程基本流程.....             | 13 |
| 1.4.1 | 点云资料测量.....               | 14 |
| 1.4.2 | 点云前期处理.....               | 15 |
| 1.4.3 | 逆向建模.....                 | 17 |
| 1.4.4 | 品质分析.....                 | 19 |
| 1.5   | 曲线和曲面参数.....              | 20 |
| 1.5.1 | 曲线参数.....                 | 20 |
| 1.5.2 | 曲面参数.....                 | 24 |

## 第 2 章 Imageware 软件基础..... 25

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 2.1   | Imageware 软件基础..... | 26 |
| 2.1.1 | Imageware 工作界面..... | 26 |
| 2.1.2 | Imageware 基本操作..... | 27 |
| 2.1.3 | Imageware 功能模块..... | 29 |
| 2.2   | Imageware 实体管理..... | 30 |
| 2.2.1 | 实体类型.....           | 30 |

|        |                            |    |
|--------|----------------------------|----|
| 2.2.2  | 层与群组.....                  | 31 |
| 2.3    | Imageware 实体显示.....        | 33 |
| 2.3.1  | 点云显示.....                  | 33 |
| 2.3.2  | 曲线显示.....                  | 36 |
| 2.3.3  | 曲面显示.....                  | 36 |
| 2.4    | Imageware 参数设置.....        | 38 |
| 2.4.1  | 系统参数选项.....                | 38 |
| 2.4.2  | 显示参数选项.....                | 38 |
| 2.4.3  | 文件参数选项.....                | 39 |
| 2.5    | Imageware 数据处理流程.....      | 40 |
| 2.5.1  | 点处理流程.....                 | 40 |
| 2.5.2  | 曲线处理流程.....                | 42 |
| 2.5.3  | 曲面处理流程.....                | 44 |
| 2.6    | 点云导入与转换.....               | 45 |
| 2.6.1  | 点云文件类型.....                | 46 |
| 实例 2-1 | .....                      | 47 |
| 2.6.2  | 点云格式转换.....                | 49 |
| 实例 2-2 | .....                      | 49 |
| 2.7    | UG 与 Imageware 间数据的转换..... | 50 |
| 2.7.1  | UG 导入和导出点云.....            | 51 |
| 2.7.2  | Imageware 导入和导出点云.....     | 52 |

## 第 3 章 Imageware 点云初步处理..... 53

|        |                |    |
|--------|----------------|----|
| 3.1    | 噪点清理与区域分割..... | 54 |
| 实例 3-1 | .....          | 55 |
| 3.2    | 点云测量与查询.....   | 59 |
| 实例 3-2 | .....          | 60 |
| 3.3    | 点云稀释与网格化.....  | 63 |



|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1 点云稀释 .....                                                                                             | 64 |
| 实例 3-3 .....                                                                                                 | 64 |
| 3.3.2 点云网格化 .....                                                                                            | 66 |
| 3.4 曲线创建与编辑 .....                                                                                            | 67 |
| 3.4.1 基本曲线拟合 .....                                                                                           | 67 |
| 3.4.2 高级曲线拟合 .....                                                                                           | 69 |
| 3.4.3 指定二次对象 .....                                                                                           | 73 |
| 3.4.4 曲线编辑 .....                                                                                             | 74 |
| 3.5 曲面创建与编辑 .....                                                                                            | 78 |
| 3.5.1 基本曲面拟合 .....                                                                                           | 79 |
| 3.5.2 基本曲面构造 .....                                                                                           | 80 |
| 实例 3-4 .....                                                                                                 | 81 |
| 3.5.3 自由曲面创建 .....                                                                                           | 84 |
| 3.6 从曲线曲面上抽取点 .....                                                                                          | 85 |
| 3.6.1 从曲线上抽取点 .....                                                                                          | 86 |
| 实例 3-5 .....                                                                                                 | 86 |
| 3.6.2 从曲面上抽取点 .....                                                                                          | 87 |
| 实例 3-6 .....                                                                                                 | 87 |
|  3.7 专家技能点拨——点云特征分析 ..... | 88 |
| 3.7.1 特征分析实例 1 .....                                                                                         | 89 |
| 实例 3-7 .....                                                                                                 | 89 |
| 3.7.2 特征分析实例 2 .....                                                                                         | 94 |
| 实例 3-8 .....                                                                                                 | 94 |

## 第 4 章 Imageware 点云对齐与提取 ..... 98

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.1 点云对齐的形式 .....  | 99  |
| 4.2 配对定位的形式 .....  | 101 |
| 4.3 点云对齐方法 .....   | 102 |
| 4.3.1 点对点式对齐 ..... | 103 |
| 4.3.2 混合模式对齐 ..... | 103 |
| 实例 4-1 .....       | 104 |
| 4.3.3 逐步式对齐 .....  | 107 |
| 实例 4-2 .....       | 108 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.3.4 最佳配合对齐 ..... | 114 |
| 实例 4-3 .....       | 115 |
| 4.3.5 交互式对齐 .....  | 117 |
| 4.3.6 SPT 对齐 ..... | 118 |
| 4.3.7 对齐信息 .....   | 119 |
| 4.4 提取点云薄片 .....   | 119 |
| 实例 4-4 .....       | 120 |
| 4.5 提取点云剖面 .....   | 121 |
| 4.5.1 平行剖切 .....   | 122 |
| 4.5.2 环形剖切 .....   | 122 |
| 实例 4-5 .....       | 122 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4.6 专家技能点拨：编辑定位动作 ..... | 124 |
|-------------------------|-----|

## 第 5 章 UG 三维建模基础 ..... 125

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 5.1 UG 工作界面 .....  | 126 |
| 5.2 UG 环境设置 .....  | 127 |
| 5.2.1 设置环境变量 ..... | 127 |
| 5.2.2 设置默认参数 ..... | 128 |
| 5.3 UG 基本操作 .....  | 129 |
| 5.3.1 文件基本操作 ..... | 129 |
| 5.3.2 模型显示操作 ..... | 131 |
| 5.3.3 鼠标基本操作 ..... | 133 |
| 5.3.4 部件导航器 .....  | 135 |
| 5.3.5 工具栏设置 .....  | 135 |
| 5.4 UG 图层管理 .....  | 138 |
| 5.4.1 工作图层 .....   | 139 |
| 5.4.2 图层的设置 .....  | 140 |
| 5.4.3 图层的类别 .....  | 141 |
| 5.4.4 移动至图层 .....  | 142 |
| 5.4.5 复制至图层 .....  | 143 |
| 5.5 UG 常用工具 .....  | 144 |
| 5.5.1 坐标系 .....    | 144 |
| 5.5.2 点构造器 .....   | 145 |

|                                                                                  |                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| 5.5.3                                                                            | 矢量构造器            | 148 |
| 5.5.4                                                                            | 类选择器             | 149 |
|  | 5.6 专家技能点拨——建模实践 | 150 |
| 5.6.1                                                                            | 泵座               | 151 |
| 实例 5-1                                                                           |                  | 151 |
| 5.6.2                                                                            | 凳子               | 156 |
| 实例 5-2                                                                           |                  | 156 |

## 第 6 章 UG 逆向建模基础 167

|         |          |     |
|---------|----------|-----|
| 6.1     | 点云上取提点   | 168 |
| 实例 6-1  |          | 168 |
| 实例 6-2  |          | 170 |
| 6.2     | 根据点云创建曲线 | 171 |
| 6.2.1   | UG 中曲线介绍 | 171 |
| 6.2.2   | 点云上直线创建  | 172 |
| 实例 6-3  |          | 172 |
| 实例 6-4  |          | 174 |
| 6.2.3   | 点云上曲线创建  | 176 |
| 实例 6-5  |          | 177 |
| 实例 6-6  |          | 179 |
| 实例 6-7  |          | 180 |
| 实例 6-8  |          | 182 |
| 实例 6-9  |          | 184 |
| 实例 6-10 |          | 185 |
| 实例 6-11 |          | 186 |
| 实例 6-12 |          | 188 |
| 6.2.4   | 点云上曲线编辑  | 189 |
| 实例 6-13 |          | 190 |
| 实例 6-14 |          | 193 |
| 实例 6-15 |          | 196 |
| 实例 6-16 |          | 199 |
| 实例 6-17 |          | 200 |
| 6.2.5   | 误差分析与调整  | 203 |

|                                                                                       |                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|
| 实例 6-18                                                                               |                   | 204 |
| 6.3                                                                                   | 根据点云创建平面          | 205 |
| 6.3.1                                                                                 | 在点云上创建平面          | 205 |
| 实例 6-19                                                                               |                   | 205 |
| 实例 6-20                                                                               |                   | 212 |
| 6.3.2                                                                                 | 点云上编辑平面           | 213 |
| 实例 6-21                                                                               |                   | 214 |
| 实例 6-22                                                                               |                   | 216 |
| 6.3.3                                                                                 | 误差分析与调整           | 219 |
| 实例 6-23                                                                               |                   | 220 |
| 6.4                                                                                   | 在点云上创建简单曲面        | 223 |
| 实例 6-24                                                                               |                   | 223 |
|  6.5 | 专家技能点拨：逆向工程中的半参数化 | 226 |
| 6.5.1                                                                                 | 删除对象的参数           | 226 |
| 实例 6-25                                                                               |                   | 226 |
| 6.5.2                                                                                 | UG 中会导致无参数的部分命令   | 229 |
| 实例 6-26                                                                               |                   | 229 |

## 第 7 章 UG 实体逆向建模 233

|        |          |     |
|--------|----------|-----|
| 7.1    | 创建基准     | 234 |
| 7.1.1  | 创建基准面    | 234 |
| 实例 7-1 |          | 234 |
| 7.1.2  | 创建基准轴    | 237 |
| 实例 7-2 |          | 238 |
| 7.1.3  | 基准确定综合实例 | 240 |
| 实例 7-3 |          | 240 |
| 7.2    | 创建实体     | 246 |
| 7.2.1  | 简单几何体创建  | 247 |
| 实例 7-4 |          | 247 |
| 实例 7-5 |          | 254 |
| 7.2.2  | 创建拉伸体    | 257 |
| 实例 7-6 |          | 257 |



|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.3 创建回转体 .....                                                                                          | 261 |
| 实例 7-7 .....                                                                                               | 262 |
| 7.2.4 创建扫掠体 .....                                                                                          | 267 |
| 实例 7-8 .....                                                                                               | 267 |
| 7.2.5 基本几何体组合 .....                                                                                        | 271 |
| 7.3 编辑实体 .....                                                                                             | 273 |
| 7.3.1 移动实体 .....                                                                                           | 273 |
| 实例 7-9 .....                                                                                               | 273 |
| 实例 7-10 .....                                                                                              | 277 |
| 7.3.2 实体布尔运算 .....                                                                                         | 280 |
| 实例 7-11 .....                                                                                              | 281 |
| 7.3.3 实体倒角 .....                                                                                           | 288 |
| 实例 7-12 .....                                                                                              | 288 |
| 7.3.4 实体修剪 .....                                                                                           | 293 |
| 实例 7-13 .....                                                                                              | 293 |
|  7.4 专家技能点拨：实体逆向综合实例 ..... | 300 |
| 实例 7-14 .....                                                                                              | 300 |
| 7.4.1 分析点云特征 .....                                                                                         | 301 |
| 7.4.2 创建主体特征 .....                                                                                         | 302 |

## 第 8 章 UG 曲面逆向建模 ..... 310

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 8.1 曲面特征概述 .....   | 311 |
| 8.1.1 曲面创建方法 ..... | 311 |
| 8.1.2 片体转为实体 ..... | 312 |
| 8.2 点云直接构面 .....   | 313 |
| 8.2.1 通过点构面 .....  | 313 |
| 实例 8-1 .....       | 314 |
| 8.2.2 从极点构面 .....  | 315 |
| 实例 8-2 .....       | 315 |
| 8.2.3 点云构面 .....   | 316 |
| 实例 8-3 .....       | 317 |
| 8.3 网格曲面 .....     | 319 |
| 8.3.1 直纹面 .....    | 319 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.3.2 通过曲线构面 .....                                                                                         | 320 |
| 8.3.3 曲线网格构面 .....                                                                                         | 321 |
| 8.3.4 截面面 .....                                                                                            | 322 |
| 实例 8-4 .....                                                                                               | 323 |
| 8.4 扫描曲面 .....                                                                                             | 328 |
| 实例 8-5 .....                                                                                               | 330 |
| 8.5 缝合曲面 .....                                                                                             | 334 |
| 实例 8-6 .....                                                                                               | 335 |
| 8.6 扩大曲面 .....                                                                                             | 340 |
| 8.7 延伸曲面 .....                                                                                             | 341 |
| 8.8 修剪曲面 .....                                                                                             | 342 |
| 实例 8-7 .....                                                                                               | 343 |
| 8.9 移动曲面控制点 .....                                                                                          | 352 |
| 实例 8-8 .....                                                                                               | 354 |
| 8.10 偏置曲面 .....                                                                                            | 364 |
|  8.11 专家技能点拨：曲面建模要点 ..... | 366 |
| 实例 8-9 .....                                                                                               | 367 |

## 第 9 章 逆向数模品质分析 ..... 373

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1 逆向工程误差分析 .....                                                                                         | 374 |
| 9.1.1 数据测量误差分析 .....                                                                                       | 374 |
| 9.1.2 建模过程误差分析 .....                                                                                       | 375 |
| 9.2 数模与点云差异分析 .....                                                                                        | 377 |
| 9.2.1 Imageware 数模与点云间差异分析 .....                                                                           | 377 |
| 实例 9-1 .....                                                                                               | 377 |
| 实例 9-2 .....                                                                                               | 380 |
| 9.2.2 UG 数模与点云差异分析 .....                                                                                   | 381 |
| 实例 9-3 .....                                                                                               | 382 |
| 9.3 曲线曲面几何特性分析 .....                                                                                       | 383 |
| 9.3.1 曲线几何特性分析 .....                                                                                       | 384 |
| 9.3.2 曲面几何特性分析 .....                                                                                       | 387 |
|  9.4 专家技能点拨：A 级曲面 ..... | 390 |
| 9.4.1 A 面的设计准则 .....                                                                                       | 390 |

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 9.4.2 | 构建 A 面的方法..... | 392 |
|-------|----------------|-----|

## 第 10 章 逆向工程实战..... 393

|        |            |     |
|--------|------------|-----|
| 10.1   | 洗发水瓶 ..... | 394 |
| 10.1.1 | 点云处理 ..... | 394 |
| 10.1.2 | 特征划分 ..... | 396 |

|        |             |     |
|--------|-------------|-----|
| 10.1.3 | 逆向建模 .....  | 397 |
| 10.2   | 汽车钣金件 ..... | 403 |
| 10.2.1 | 点云处理 .....  | 403 |
| 10.2.2 | 特征划分 .....  | 406 |
| 10.2.3 | 逆向建模 .....  | 407 |



# 第1章

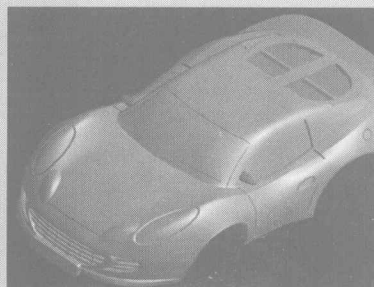
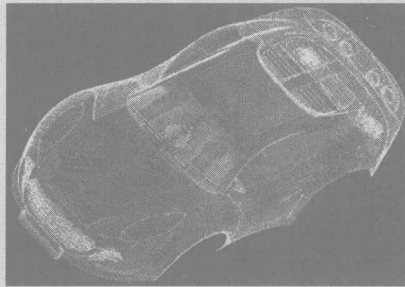
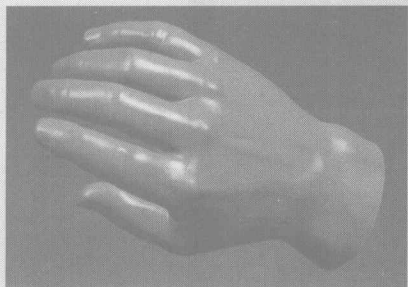
## 逆向工程概述

本章将系统介绍逆向工程的基本概念、应用领域和技术前景，包括目前国内工业领域中逆向工程最常用的工具软件和方法。

在开始学习 UG 软件的逆向建模之前，将介绍逆向工程的原理和基本流程，让读者对逆向工程有一个初步了解，有助于理解和掌握后续章节所要讲到的方法与技巧。

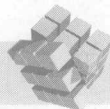
### 重点与难点

- 逆向工程基本概念和流程
- 逆向工程相关软件
- 模型重构方法



## 1.1

## 逆向工程基本概念



逆向工程作为一门比较新的技术，凭借其有效的缩短产品开发周期的特性和强大的成本优势，已逐渐被国内各工业领域所接受和推广。由于它和传统设计方式相比所具有的多方面优势，在汽车、冲压模具、注塑模具、航空等领域已经逐渐成为了产品开发的主流方法。下面将对逆向工程的基本概念、基本流程、常用软件、常用方法等方面的知识进行介绍。

## 1.1.1 逆向工程定义

逆向工程的思想最初来自从油泥模型到产品实物的设计过程，除此之外，目前基于实物的逆向工程应用最广泛的还是进行产品复制和仿制，尤其

是外观设计产品，因为不涉及复杂的动力学分析、材料、加工热处理等技术难题，而相对容易实现，如图 1-1 所示是应用逆向工程得到的 CAD 模型。

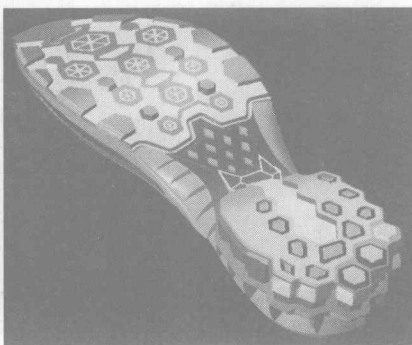
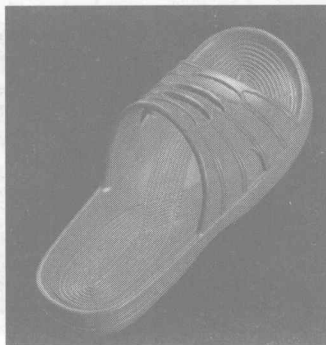
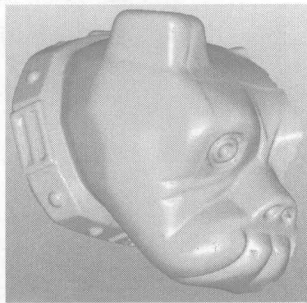
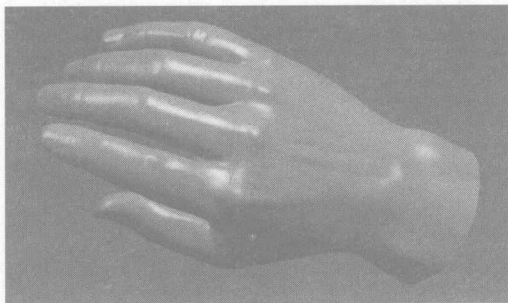


图 1-1 逆向重构模型

目前,这种从实物样件获取产品数学模型并制造得到新产品的相关技术,已成为 CAD/CAM 系统中一个研究及应用热点,并发展成为一个相对独立的领域。

在这一意义下,逆向工程(Reverse Engineering, RE)可以定义为:逆向工程是将实物转变为 CAD 模型相关的数字化技术、几何模型重建技术和产品制造技术的总称,是将已有产品或实物模型转化为工程设计模型和概念模型,在此基础上对已有产品进行解剖、深化和再创造的过程。

### 1.1.2 逆向工程优势

那么相对于传统的设计方法,逆向工程的优势具体体现在哪些方面呢?下面分几个方面来进行说明。

#### 1. 市场对工业设计的新要求

随着人们生活水平的提高,消费者面对在产品时不仅考虑产品的功能性,对产品外观造型的要求也越来越高。而传统的制造方式却无法保证能将设计者的设计理念准确地

表达出来。而利用逆向工程就可以做到只根据设计者的一个手工模型就可以提供精准的 CAD 模型。逆向工程在这方面的优势在消费电子、玩具、塑料生活用品等方面的体现尤为突出。

如图 1-2 所示是由卡通玩具的点云,由逆向造型软件得到线框模型,最后得到曲面模型的过程。

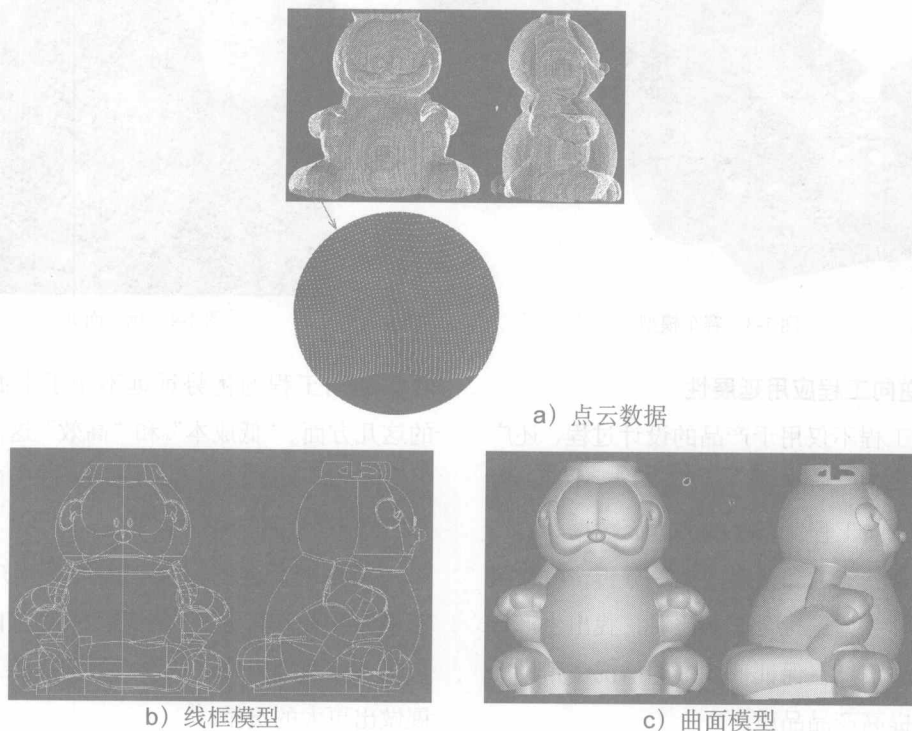


图 1-2 卡通玩具的逆向造型

## 2. 更高效的产品设计流程

传统的设计流程一般为：先从二维效果图到实物模型，然后测绘二维尺寸图，接着使用 CAD 软件建立 3D 模型，在 3D 模型上修改因二维设计考虑不周而导致的各种问题，最后才应用于加工。

而逆向工程则往往直接由设计师手工做出需要表达的产品造型模型，然后通过结构设计人员使用软件逆向建模并进行结构设计，最后应用于加工。因而，避免了初期二维设计对实际情况考虑不周而导致后续设计环节和生产

环节的时间成本浪费。如图 1-3 所示是根据玩具汽车的油泥模型扫描得到的 CAD 模型。为满足消费者的需要，目前的产品外形越来越追求变化和表面品质。由于传统测绘方式的局限性，CAD 软件的正向建模方法在面对产品复杂的表面时也显得越来越力不从心。而这则给了逆向工程最广阔的应用天地，它与 UG 等具有强大自由曲面功能的软件相结合，彻底解决了这个问题。如图 1-4 所示是米老鼠的面具模型，它的表面由多张自由曲面构成。

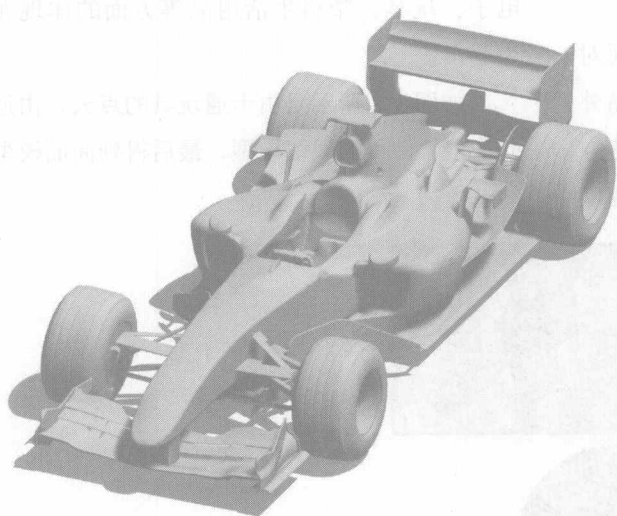


图 1-3 赛车模型

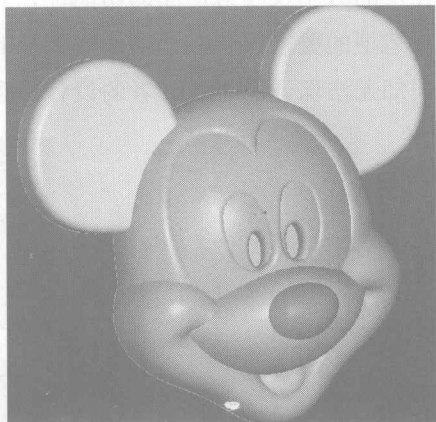


图 1-4 玩具面具

## 3. 逆向工程应用延展性

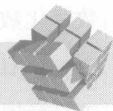
逆向工程不仅用于产品的设计过程，还广泛应用于产品成品品质的检测、模型比对等方面。利用逆向工程对模型的各方面数据具有精确全面的采集能力和精确的偏差分析，将成品数据与设计数据进行全面的比对，找出生产或设计上的缺陷。在保证低成本的情况下帮助企业高效地提高产品品质。

逆向工程的优势远远不止于上面所讲述的这几方面。“低成本”和“高效”这两个所有经营者和生产者都最关心的词语在逆向工程上都得到了很好的体现。

相信随着逆向工程在国内更为广泛的被应用和开发，其更多的优势以及更广的应用领域也会被发掘出来，从而对推动民族工业的发展做出更大的贡献。

## 1.2

## 逆向工程相关软件



逆向工程在软件方面的环节主要分为两个阶段。首先是对点云测量设备采集来的点云进行初步处理和分析,这方面目前应用比较多的软件有 Imageware、Geomagic studio 等。然后就是运用 UG、CATIA、Pro-E 等软件进行逆向建模。从目前的实际应用来看,Imageware 与 UG 软件的组合还是占了绝大部分的比例。

## 1.2.1 专用逆向软件

下面介绍一些用得比较广泛的专用逆向软件。

## 1. Imageware

Imageware 是著名的逆向工程软件,广泛应用于汽车、航空、航天、消费家电、模具和计算机零部件等领域。Imageware 作为 UG 中专门为逆向工程设计的模块,具有强大的测量数据

处理、曲面造型和误差检测的功能:可以处理几万至几百万的点云数据;根据这些数据构造的 A 级曲面具有良好的品质和连续性,其模型检测功能可以方便、直观地显示所构造的曲面模型与实际测量数据之间的误差及平面度、圆度等几何公差。如图 1-5 所示是应用 Imageware 得到的曲面模型。

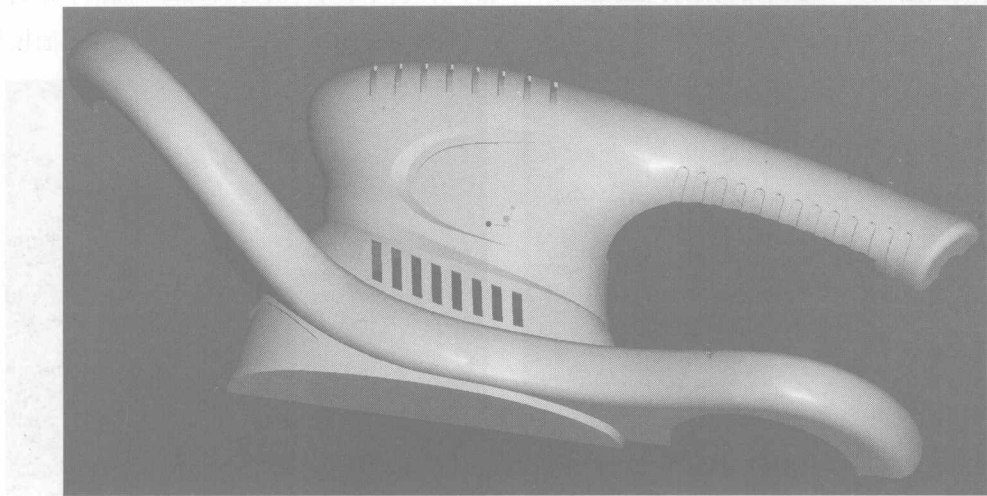


图 1-5 应用 Imageware 得到的曲面模型

## 2. CopyCAD

CopyCAD 是 DELCAM 公司的产品,是一个功能强大的“逆向工程”系统,利用 CopyCAD 用户可以快速编辑数字化数据,并能做出高质量的、复杂的表面。CopyCAD 能完全控制表面边界的选择,自动形成符合规定公差的面、多面

块曲面,还能保证相邻表面间相切的连续性。

从实物模型生成 CAD 模型,用于分析和工程应用;更新 CAD 模型以反映对现有零部件或样品的修改情况;将过去的模型转入 CAD 文件中,收集数据用于计算机显示和动画制作。如图 1-6 所示是应用 CopyCAD 得到的曲面模型。

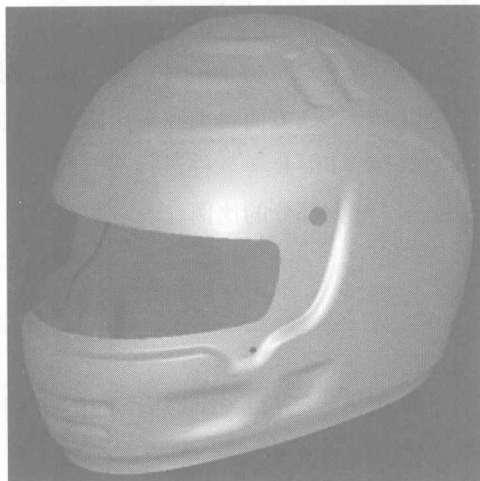
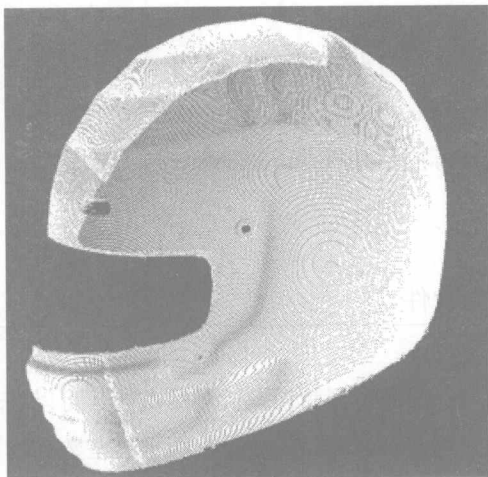


图 1-6 应用 CopyCAD 得到曲面模型

## 3. Geomagic Studio

Geomagic Studio 是美国 Raindrop Geomagic 软件公司推出的逆向工程软件,该软件是目前市面上对点云处理及三维曲面构建功能最强大的软件,从点云处理到三维曲面重建的时间通

常只有同类产品的三分之一。

利用 Geomagic Studio 可以轻易地从扫描所得的点云数据创建出完美的多边形模型和网格,并可以自动转换为 NURBS 曲面。如图 1-7 所示是应用 Geomagic Studio 得到的曲面模型。

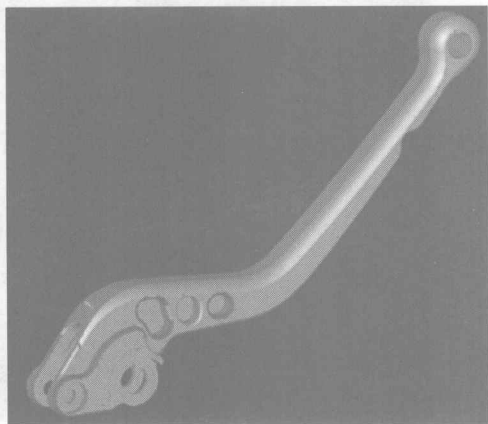
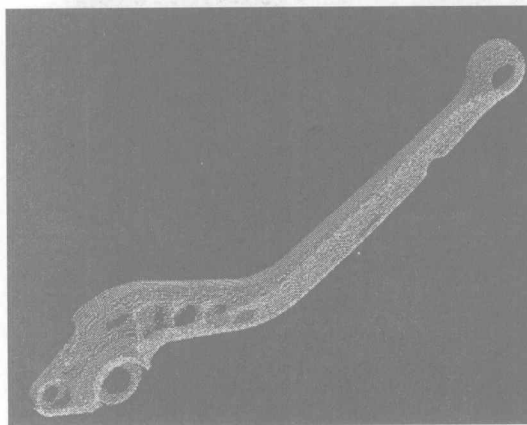


图 1-7 应用 Geomagic Studio 得到的曲面模型

#### 4. Rapidform

Rapidform 是韩国 INUS Technology 公司推出的专业逆向系列软件,目前已推出 Rapidform 2004 版。Rapidform 是基于 3D 扫描数据点云来构建 NURBS 曲线、曲面和多边形网格的,最终获得无缺陷、高质量的多边形

或自由曲面模型。

Rapidform 具有强大的多边形优化功能,能使用户构建任何所需的 3D 几何模型。多边形网格和 NURBS 曲面能被直接送入下游应用,如计算机动画、游戏和影视等。图 1-8 所示是应用 Rapidform 得到的曲面模型。

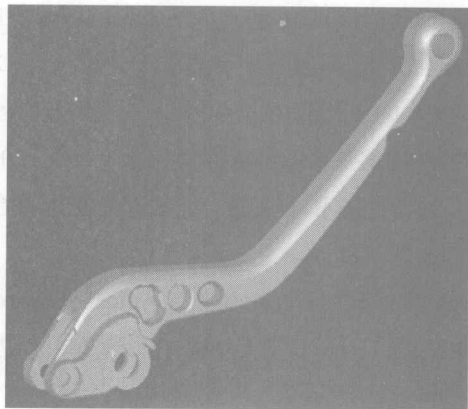
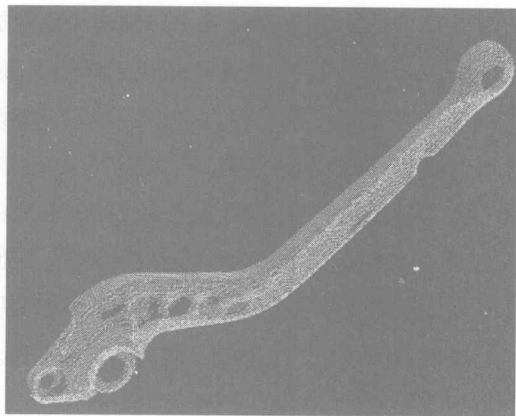


图 1-8 应用 Rapidform 得到的曲面模型

#### 5. ICESurf

与在 Pro/ENGINEER 下集成的 Pro/SCANTOOLS 不同,ICESurf 是 PTC 公司的产品中一个 A 级自由曲面的构造工具,是一个独立的模块。它最主要的特点是可以直接构造曲面(无需先构造曲线)和曲面质量的动态评价(曲面调整中的曲面诊断结果动态更新),是汽车、摩托车外覆盖件、内

修饰件等自由曲面构造的有力工具,但要求测量数据比较完整。ICESurf 能把点云数据自动转换成三角形面片模型,可以用它来求任意截面线、边界线和特征线,也可以用它来做快速成形或 NC 加工编程,这个面可以不是一个传统意义的曲面模型。ICESurf 也可以用于构造曲面模型的设计。图 1-9 所示是应用 ICESurf 得到的曲面模型。

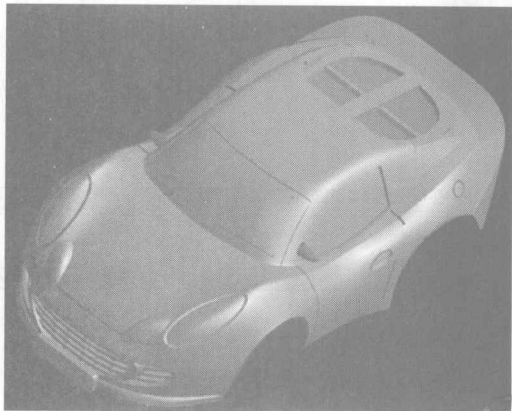
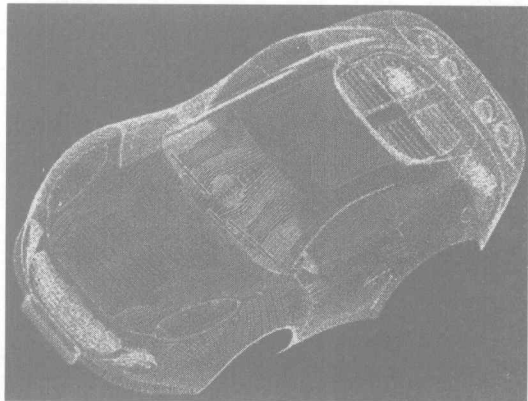


图 1-9 应用 ICESurf 得到的曲面模型

