

CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书

- 经典实例、思路技巧!
- 融会贯通、举一反三!
- 视频讲解、经验点评!
- 工厂一线工程师倾情力作



UG NX6 中文版

逆向造型设计经典实例解析

翰林工作室 ● 郑福禄 招才文 何志冲 编著

附赠视频教学光盘

- 内含素材文件
- 实例演示操作文件



清华大学出版社

CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书

UG NX6 中文版逆向造型设计 经典实例解析

翰林工作室

郑福祿 招才文 何志冲 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者根据多年的产品设计、编程以及模具设计经验,从以工厂所需、一切结合实际的原则出发,通过典型的实例向读者详细地阐述逆向造型设计的过程。另外,书中还包含了大量的操作技巧,读者可以更加轻松地掌握UG软件中的逆向造型设计功能。

全书共13章,内容精炼简要,主要包括逆向的要求及准备工作、逆向工程常用功能、反光镜、手柄(一)、轿车反光镜、鼠标、汽车配件、手柄(二)、挂钩、水龙头、剃须刀、玩具狗和人头。

本书的最大特色是内容丰富、实例详细,并且在实例中穿插了大量的设计工艺和操作技巧,实用性非常强,欢迎广大UG逆向造型设计的读者购买使用。

本书适用于造型工程师或结构工程师学习产品造型(实体或曲面)设计,也可作为中专、大专、本科以及社会相关培训的学习教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

UG NX6 中文版逆向造型设计经典实例解析/郑福祿,招才文,何志冲编著. —北京:清华大学出版社, 2009.8

(CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书)

ISBN 978-7-302-20094-9

I. U… II. ①郑… ②招… ③何… III. 工业设计:造型设计:计算机辅助设计-应用软件, UG NX6 IV. TB472-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第067744号

责任编辑:许存权 张丽萍

封面设计:张 岩

版式设计:魏 远

责任校对:王 云

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28 字 数:641千字

(附DVD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:49.00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:029383-01

前 言

UG 软件简介

Siemens PLM Software 公司是全球著名的 MCAD 供应商，主要为汽车与交通、航空航天、日用消费品、通用机械以及电子工业等领域，通过其虚拟产品开发（VPD）的理念提供多级化的、集成的、企业级的包括软件产品与服务在内的完整的 MCAD 解决方案。

Siemens PLM Software 公司的产品主要有为机械制造企业提供的包括从设计、分析到制造应用的 Unigraphics 软件、基于 Windows 的设计与制图产品 Solid Edge、集团级产品数据管理系统 iMAN、产品可视化技术 ProductVision 以及被业界广泛使用的高精度边界表示的实体建模核心 Parasolid 在内的全线产品。

UG 在航空航天、汽车、通用机械、工业设备、医疗器械以及其他高科技应用领域的机械设计和模具加工自动化的市场上得到了广泛的应用。多年来，UGS 一直在支持美国通用汽车公司实施目前全球最大的虚拟产品开发项目，同时 Unigraphics 也是日本著名汽车零部件制造商 DENSO 公司的计算机应用标准，并在全球汽车行业得到了广泛的应用，如 Navistar、底特律柴油机厂、Winnebago 和 Robert Bosch AG 等。

编写目的

（1）我国的模具和数控行业已经日益普及，尤其是在广东的深圳、东莞及中山等工业发达的地区，很多工厂都开始接受和使用 UG 进行逆向造型设计、编程和模具设计等。

（2）目前市场上优秀的 UG 书籍并不多，多数都是些简单的功能介绍、命令讲解等，和实际的生产设计、加工相差很远。本书作者有多年的设计经验，且愿意把这些工作经验和技巧呈现出来与大家一起分享，希望读者在逆向造型设计方面有所提高，并达到真正的学以致用。

本书特色

- （1）语言简洁，通俗易懂。
- （2）图文并茂，操作步骤详细。
- （3）实例经典、有代表性，且穿插了大量的设计技巧与思路。
- （4）技术含量高，非常接近实际生产加工。

如何学习本书

如何有效地学习本书，才能真正达到融会贯通、举一反三的效果呢？相信很多读者都想知道答案。根据本书的内容，作者提出了以下几点建议：

- （1）应该按章节顺序学习本书。先学习第 1 章内容，对测量仪加以认识，并掌握一定

的逆向设计知识；接着学习第 2 章内容，对逆向的常用功能进行系统化学习；再学习第 3~6 章，掌握曲线、编辑曲线、实体和曲面的基本功能的运用和技巧；然后学习第 7~10 章，其实例应含有复杂的曲面，读者必须要灵活地运用曲线、曲面、编辑曲线、实体等功能的操作，从而在造型设计方面得以提高；最后学习第 11~13 章，这 3 章的例子比较复杂，必须结合前面所学的知识进行综合运用，掌握构造曲线、构造曲面、拆面、补面等几个操作过程。在学习的过程中要学会将学习的知识转换为自己的，要做到在自己的脑海中有一个完整的设计思路与过程。

(2) 花更多的时间了解产品结构和工艺知识，掌握其产品设计、模具设计和编程加工等流程。

(3) 应有目的地了解家电、玩具、数码等产品的设计工艺要求。

本书编写人员

本书由郑福禄、招才文、何志冲主笔，其他参与编写和光盘开发的还有郑福达、赵战峰、李志明、韩思明、陈文胜、张罗谋、彭丽萍、郑志明、朱派龙、韩思远、王泽凯、揭英军、林华崧、陈卓海、梁炎、范得升等。

本书在编写过程中得到了佛山职业技术学院机电系多位高级讲师和教授的技术支持和指导，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促和作者自身的水平有限，书中难免存在一些不足之处，望广大读者给予指正，可通过 E-mail: HLdesign_OK@126.com 与我们联系。

编 者

目 录

第 1 章 逆向的要求及准备工作	1
1.1 主要内容	1
1.2 逆向工程的定义	1
1.3 逆向工程技术的优点	2
1.4 三维扫描技术	2
1.5 测量的关键环节与技术	3
1.6 接触式与非接触式测量的优缺点	4
1.7 逆向工程设计的准备工作	6
1.8 UG 逆向造型设计遵循的原则	7
第 2 章 逆向工程常用功能	9
2.1 主要内容	9
2.2 鼠标和键盘的妙用	9
2.3 逆向文件格式	10
2.4 重定位和坐标的运用	11
2.5 显示和隐藏特征	14
2.6 图层的运用 (规划点/线数据)	16
2.7 基准特征的运用	18
2.8 快速捕捉的运用	22
2.9 分析的运用	24
2.10 逆向工程造型用到的功能	25
2.10.1 曲线功能	25
2.10.2 编辑曲线	32
2.10.3 实体功能	35
2.10.4 曲面功能	40
2.10.5 分析形状功能	48
2.11 曲线曲面的光顺处理	50
第 3 章 反光镜	51
3.1 设计要点	51

3.2	操作步骤.....	51
3.3	掌握重点.....	62
第4章	手柄（一）.....	63
4.1	设计要点.....	63
4.2	操作步骤.....	63
4.3	掌握重点.....	73
第5章	轿车反光镜.....	74
5.1	设计要点.....	74
5.2	操作步骤.....	74
5.3	掌握重点.....	84
第6章	鼠标.....	85
6.1	设计要点.....	85
6.2	操作步骤.....	85
6.3	掌握重点.....	108
第7章	汽车配件.....	109
7.1	设计要点.....	109
7.2	操作步骤.....	109
7.3	掌握重点.....	132
第8章	手柄（二）.....	133
8.1	设计要点.....	133
8.2	操作步骤.....	133
8.3	掌握重点.....	158
第9章	挂钩.....	159
9.1	设计要点.....	159
9.2	操作步骤.....	159
9.3	掌握重点.....	185
第10章	水龙头.....	186
10.1	设计要点.....	186
10.2	操作步骤.....	186
10.3	掌握重点.....	214

第 11 章 剃须刀	215
11.1 设计要点	215
11.2 操作步骤	215
11.3 掌握重点	281
第 12 章 玩具狗	282
12.1 设计要点	282
12.2 操作步骤	282
12.3 掌握重点	358
第 13 章 人头	359
13.1 设计要点	359
13.2 操作步骤	359
13.3 掌握重点	436

第 1 章 逆向的要求及准备工作

1.1 主要内容

- 逆向工程的定义
- 逆向工程技术的优点
- 三维扫描技术
- 测量的关键环节与技术
- 接触式与非接触式测量的优缺点
- 逆向工程设计的准备工作
- UG 逆向造型设计遵循的原则

1.2 逆向工程的定义

在工程技术人员的一般概念中，产品设计过程是一个从无到有的过程：设计人员首先构思产品的外形、性能和大致的技术参数等，然后利用 CAD 技术建立产品的三维数字化模型，最终将这个模型转入制造流程，完成产品的整个设计制造周期。这样的产品设计过程可以称之为“正向设计”。逆向工程 RE (Reverse Engineering) 也称几何逆向，逆向工程则是一个“从有到无”的过程，是指在没有设计图纸或者设计图纸不完整的情况下，根据已经存在的产品模型的测量、数据处理，并在此基础上构造出产品的三维 CAD 模型进行再设计的过程。

随着计算机技术在制造领域的广泛应用，特别是数字化测量技术的迅猛发展，基于测量数据的产品造型技术成为逆向工程技术关注的主要对象。通过数字化测量设备（如坐标测量机、光学测量设备等）获取的物体表面的空间数据，需要经过逆向工程技术的处理才能获得产品的数字模型，进而输送到 CAM 系统完成产品的制造。因此，逆向工程技术可以认为是“将产品样件转化为 CAD 模型的相关数字化技术和几何模型重建技术”的总称。

逆向工程及其应用的一般过程如图 1-1 所示。由该图可知，3D 扫描和特征提取曲面重构是逆向工程的主要研究内容。逆向工程所建立的几何模型，通过 3D 扫描的 IGS、VDA、DXF 及 STL 等可输入到相应的应用系统。

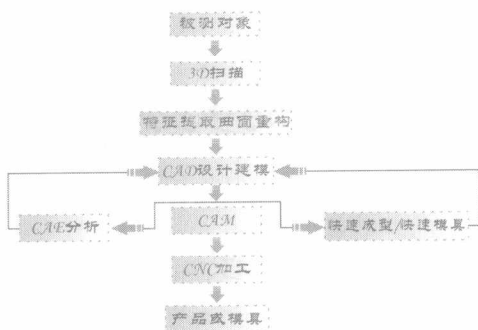


图 1-1 逆向工程及其应用的一般过程

1.3 逆向工程技术的优点

因为逆向工程是在已有实物的基础上进行再设计的，相对于传统的正向设计，具有以下一些优点：

- ❑ 产品设计周期更短。正向设计是一个“从无到有”的过程，需要预先构思好产品的功能结构，这往往需要灵感和慎密思考的时间。而逆向设计是以已有实物为参照物，比较直观，在此基础上进行复制和改进设计，可以节省很多的产品构思时间。
- ❑ 产品设计更成熟可靠。正向设计具有一定的局限性和不可预见性，即使是经验丰富的设计师，也不可能考虑得面面俱到。而逆向设计是在已有成熟产品上进行改进设计，风险会小很多，设计出来的产品也会更成熟、可靠。
- ❑ 产品设计成本更低。正向设计出来的产品一般都需要经过很多的实验来测试其可靠性，无论是功能、装配、耐久性等都需要经过检验，不仅时间周期长，而且成本也比较高。逆向设计的产品是在原有产品上进行改进的，产品相对比较成熟，在试验的时间和频率上可适当减少，从而降低成本。
- ❑ 产品的传承性更好。参照已有的产品进行逆向设计，可以更好地继承原有产品的优点，改进其缺点，使设计的产品不断获得改进与提高。

1.4 三维扫描技术

三维扫描就是测量有形物体表面的三维坐标数据，而每一个数据（点）都带有相应的X、Y、Z坐标数值，这些数据（点）集合起来形成的点云（Point Cloud），就能构成物体表面的特征。

下面以如表 1-1 所示的形式对三维扫描发展历程进行说明。

表 1-1 三维扫描发展历程

第一代 点测量	
代表系统：三坐标测量仪、点激光测量仪、关节臂扫描仪（精度不高），通过每一次的测量点反映物体表面特征。优点是精度高，但速度慢，如果要做逆向工程，只能在测量较规则物体上有优势	定义：适合做物体表面误差检测用
第二代 线测量	
代表系统：三维台式激光扫描仪、三维手持式激光扫描仪、关节臂+激光扫描头、通过一段（一般为几公分，激光线过长会发散）有效的激光线照射物体表面，再通过传感器得到物体表面数据信息	定义：适合扫描中小件物体，扫描景深小（一般只有 5cm），精度较低，此代系统是过渡性产品
第三代 面扫描	
代表系统：三维扫描仪（结构光、光栅式扫描仪）、三维摄影测量系统等、通过一组（一面）光栅的位移，再同时经过传感器而采集到物体表面的数据信息	定义：适合大中小物体的扫描，精度较高，扫描速度极快（华朗三维扫描仪单面 400mm×300mm 面积，时间≤5 秒），测量景深很大，一般为 300mm~500mm，甚至更大

1.5 测量的关键环节与技术

1. 数据采集

在逆向工程中，获取物体表面的三维数据是关键的第一步，这样才能进行后面的三维建模及误差检测，测量数据的质量及精度也将会直接影响后期建模的品质。

2. 测量前的准备工作

在测量模型之前，一般都需要做好以下几项准备工作：

- (1) 挑选缺陷最少、实际状态最好的产品来作为测量的产品原型。
- (2) 仔细了解被测产品的关键部位，以确保采集到的数据是足够的和有效的。
- (3) 对设备进行标定，确保设备本身的测量精度。
- (4) 准备好测量场地。测量设备对测量环境是有一定要求的，环境的光线明暗和场地空间的大小等都有可能影响测量的效果和效率，因此需要根据相应设备的测量环境要求准备好测量场地。

3. 测量方法

在目前的市场上，测量的方法主要有接触式和非接触式两种：

- (1) 接触式测量方法。该测量方法是指利用接触式的测量仪器，如三坐标测量机 CMM（Coordinate Measuring Machine），如图 1-2 所示。对物体进行测量，在测量材质为硬质、容易定位，只需测量孔位、平面、轮廓等指定特征的物体时，一般都采用接触式的测量方法，测量的精度可达 0.02mm，多用于质量的检测。

提示：在接触式采集方法中常用的还有电磁感应法。该方法将被测物体放在一个带有电磁场的台面上，然后用手持的触头在物体表面上滑过。触头上装有一个磁力感应器，可检测到触头的位置和方向。该方法以每秒钟 60 个点的速率采集物体表面上的点，但只能用于非金属材料的物体上。

(2) 非接触式测量方法。该测量方法一般都是应用光学和激光的原理进行的，如图 1-3 所示。非接触式测量方法近几年来发展速度很快，采用该测量方法获得的数据一般都是大量无序高密度的点云，适合于测量具有复杂曲面，对材质没有要求的物体。

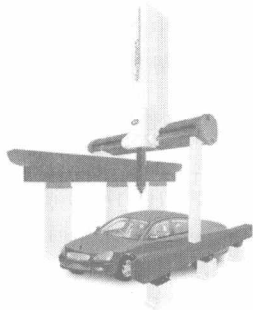


图 1-2 三坐标测量机

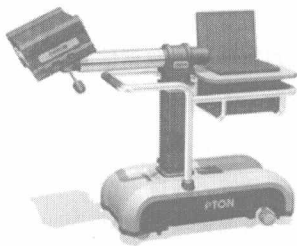


图 1-3 非接触 3D 测量仪

在实际应用中，要逆向设计的物体的型面一般都比较复杂的，这需要测量得到的点的数据足够多、足够密才能保证数模重构的精度，故在逆向工程中一般都采用非接触式的测量方法。

1.6 接触式与非接触式测量的优缺点

1. 接触式测量的优点

(1) 因接触式探头技术发展了几十年，其机械结构与电子系统已相当成熟，故有较高的准确性和可靠性。

(2) 接触式测量可以直接接触工件表面，故与工件表面的反射特性、颜色及曲率关系不大。

(3) 被测物体固定在三坐标测量机上，并配合测量软件，可精确测量出物体的几何形状，如面、圆、圆柱、圆锥、圆球。

2. 接触式测量的缺点

(1) 为了确定测量基准点而使用特殊夹具，会导致较高的测量费用。不同形状的产品会造成原来的夹具不适用而使成本大幅度增加。

(2) 球形的探头容易因接触力造成磨损。为了维持一定的精度，需要经常校正探头的直径。

(3) 不当的操作容易损害工件某些重要部位的表面精度，也会使探头损坏。

(4) 逆向工程技术接触式触发探头是以逐点进出方式进行测量的, 所以测量速度慢。

(5) 检测一些内部元件有先天的限制, 如测量内圆直径, 触发头的直径必定要小于被测内圆直径。

(6) 对三维曲面的测量, 因传统接触触发式探头是感应元件, 测量到的点是探头的球心位置, 故欲求得物体真实外形则需要对探头半径进行补偿, 因而可能会导致修正误差的问题。逆向工程技术测量某一曲面时, 假设此时探头正好定位在此被测点的表面采用方向上, 探头尖端与被测检之间的接触点为 A, A 点至其球心 C 点有一偏差量产生, 而实际上要求的位置是接触点 A。所以沿法线负方向必须补正一个探头半径值。整个曲面补正需繁杂的计算, 同时这也是测量误差的来源之一。

(7) 接触探头在测量时, 接触探头的力将使探头尖端部分与被测件之间发生局部变形而影响测量值的实际读数。

(8) 逆向工程技术测量系统的支撑结构存在静态及动态误差。

(9) 由于探头触发机构的惯性及时间延迟而使探头产生超越现象, 速度趋近会产生动态误差。

(10) 另外测量接触力量即使一定, 而测量压力并不能保证一定, 这是因为接触面积与工件表面纹路的几何形状有关, 不能保证为一样。

3. 非接触式测量的优点

(1) 不必做探头半径补偿, 因为激光光点位置就是工件表面的位置。

(2) 测量速度非常快, 不必像接触式触发探头那样逐点进出测量。

(3) 软工件、薄工件、不可接触的高精度工件可直接测量。

4. 非接触式测量的缺点

(1) 测量精度不算太高, 因非接触式探头大多使用光敏位置探测器 PSD (Position Sensitive Detector) 来检测光点位置, 目前 PSD 的精度还不够高, 约为 20 繆以上。

(2) 因非接触式探头大多是接收工件表面的反射光或散射光, 易受工件表面的反射特性影响, 如颜色、斜率等。

(3) PSD 易受环境光线及杂散光影响, 故噪声较高, 噪声信号的处理比较困难。

(4) 非接触式测量只能做轮廓坐标点的大量取样, 对边线处理、凹孔处理以及不连续形状的处理较难。

(5) 使用 CCD 作探测器时成像镜头的焦距会影响测量精度, 因工件几何外形变化大时成像会失焦, 成像模糊。

(6) 工件表面的粗糙度会影响测量结果。

下面以如表 1-2 所示的形式对接触式与非接触式扫描仪的技术对比进行说明。

表 1-2 接触式与非接触式扫描仪的技术对比

测量仪器	非接触式扫描仪	接触式扫描仪
测量方式	非接触式	接触式
测量精度	10~100 繆	1 繆
测量速度	1000~12000 点/秒	点采集速度较慢

续表

测 量 仪 器	非接触式扫描仪	接触式扫描仪
前期工作	有些测量工件需要喷漆无须基准点	需要设定坐标系统, 校正基准面
工作材质	无限制	硬质材料
误差	随曲面变化比较大	会有部分失真
测量死角	光学阴影处及光学焦距变化处	工件内部不易测量
优势	① 测量速度快, 曲面数据获取容易 ② 不必做探头半径补偿 ③ 可测量柔软、易碎、不可接触、薄件、毛皮、变形细小等工件 ④ 无接触力, 不会伤害精密表面	① 测量精度高 ② 可直接测量到工件特定的几何特征
缺点	① 测量精度相对不是太高, 无法判别特定几何特征 ② 陡峭面不易测量, 在测量中会存在测量死角 ③ 工件表面与探头表面不是垂直, 测量会存在一定误差 ④ 工件表面的明暗程度会影响测量的精度	① 需逐点测量, 速度慢 ② 测量前需做半径补偿 ③ 接触力大小会影响测量值 ④ 接触力会造成工件及探头表面磨损影响光滑度 ⑤ 倾斜面测量时, 不易补偿半径, 精度难以保证 ⑥ 测量工件内部时, 形状尺寸会影响测量值

1.7 逆向工程设计的准备工作

对产品模型进行数字化处理之前, 首先理解原有模型的设计思想, 在此基础上还要修复和克服原有模型上所存在的缺陷。从一定意义上说, 逆向工程应用也是一个重新设计的过程。在开始进行一个逆向设计前, 应该对产品进行仔细分析, 主要考虑以下一些要点:

(1) 确定设计的整体思路, 对自己手中的设计产品模型进行系统的分析。面对大批量、无序的点云数据, 初次接触的设计人员会感觉到无从下手, 如图 1-4 所示。这时应该周全地考虑好先做什么、后做什么、用什么方法做, 主要是将模型划分为几个特征区域, 得到设计的整体思路, 并找到设计的难点, 要做到心中有数。

(2) 确定模型的基本构成形状的曲面类型, 这关系到相应设计软件的选择和软件模块的确定。对于眼镜盒有上下盖和打开的位置, 必须要将其分清楚, 如图 1-5 所示。一般需要采用具有方便调整曲线和曲面的模块; 对于初等解析曲面的零部件, 如平面、圆柱面、圆锥面等, 则没必要因为有测量数据而用自由曲面去拟合一张显然是平面或圆柱面的曲面。

值得注意的是, 在设计过程中, 并不是所有的点都是要选取的, 因此, 在确定基本曲面的控制曲线时, 需要找出哪些点或线是可用的, 哪些点或线是一些细化特征的, 需要在以后的设计中用到, 而不是在总体设计中就体现出来的。事实上, 一些圆柱、凸台等特征是在整体轮廓确定之后, 测量实体模型并结合扫描数据生成的。同时应尽量选择一些扫描质量比较好的点或线, 对其进行拟合。

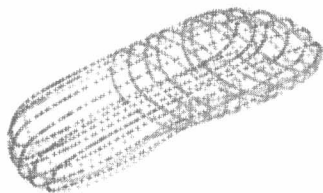


图 1-4 点云数据



图 1-5 曲面模型

1.8 UG 逆向造型设计遵循的原则

UG 的逆向设计遵循点一线一面一体的一般原则。

1. 测点

测点之前先规划好该怎么打点。测点的一般原则是在曲率变化比较大的地方打点要密一些，平滑的地方则打点可以稀一些。值得注意的是除了测剖面、分型线外，测轮廓线等特征线也是必要的，它会在构面时带来方便。

2. 连线

连线之前先整理好点，包括去误点，同方向的剖面点放在同一层里，分型线点、孔位点单独放一层，轮廓点也单独放一层，便于管理。

接下来可以连线，先连分型线点，后连剖面点。连分型线点尽量做到误差最小并且光顺。因为一般情况下分型线是产品的装配结合线。对汽车、摩托车来说，连线的误差一般控制在 0.5mm 以下。连线要做到有的放矢，根据样品的形状、特征大致确定构面方法，从而确定需要连哪些线条，不必连哪些线条。连线可用直线、圆弧、样条，最常用的是样条，选择“通过点”的方式。选点间隔尽量均匀，有圆角的地方先忽略，做成尖角，做完曲面后再倒圆角。因测量有误差及样品表面不光滑等原因，连成的样条需要调整，使其光顺。调整中最常用的一种方法是编辑样条，选择编辑点选项，在“编辑点”的对话框中有编辑点方法，此时可以根据需要选择移动点、添加点、移除点等选项。利用鼠标拖动控制点，这里有许多选项，如限制控制点在某个平面内移动、往某个方向移动、是粗调还是细调，以及打开曲率分析-曲率梳功能进行查看样条曲线曲率梳。另外，调整样条经常还要用到编辑点的一个端点到另一个点，使构建曲面的曲线有交点。

3. 构面

运用各种构面方法建立曲面，包括通过曲线网格、扫掠、直纹、通过曲线组、从点云等，要根据样品的具体特征而采用相应的构面方法。通过曲线网格构面可以保证曲面边界曲率的连续性，因为可以控制四周边界曲率（相切），而通过曲线组只能保证两边曲率。假如两曲面交线要倒圆角，因为通过曲线网格的边界就是两曲面的交线，显然这条线要比两个通过曲线组曲面的交线光顺，这样倒出来的圆角质量是不一样的。

初学者造型时，两个面之间往往有“折痕”，很难看，主要是这两个面不相切所致。解决该问题可以通过调整参与构面（通过曲线网格）曲线的端点与另一个面中的对应曲线相切，再加上通过曲线网格边界相切选项即可解决，只有曲线相切，才能保证曲面相切。

另外，有时做一个单张且比较平坦的曲面（如汽车、摩托车的前大灯灯面）时，直接用点云构面（从点云）更方便和更准确。有时面之间的空隙要桥接，以保证曲面光滑过渡。

构建曲面时还要注意，当一张曲面不光顺时，可求此曲面的一些截面，再调整这些截面使其光顺，然后利用这些截面重新构面，效果会好些。

在构建曲面的过程中，有时还要再加连一些线条，用于构面，连线和构面要经常交替进行。曲面建成后，要检查曲面的误差，一般测量点到面的误差，像摩托车、汽车塑料件等，不要超过 1mm。构面最主要的是抓住样件的特征，该有圆角的地方就要有圆角，该尖角的地方就要轮廓清晰。

构面还要注意简洁。面要尽量做得大，张数少，不要太碎，有利于后面增加一些圆角、斜度、增厚等特征，而且也有利于下一步编程加工，刀路的计算量会减少，NC（数控）文件也小。

4. 构体

当外表面完成后，下一步就要构建实体模型。当模型比较简单且所做的外表面质量比较好时，使用缝合和增厚功能即可创建实体。但大多数情况却不能增厚，所以只能使用偏置曲面功能向外偏置，从而得到外表面。用偏置曲面功能可同时选择多个面或用窗口全选，会提高效率。对于那些无法偏置的曲面，要学会分析原因。一种可能是由于曲面本身曲率太大，偏置曲面后会自相交，导致偏置曲面失败。另一种可能是被偏置曲面的品质不好，局部有皱纹，这种情况只能修改好曲面后再偏置曲面。还有一些曲面看起来很好，但就是不能偏置曲面，遇到这种情况可用抽取几何体成为体（Body）曲面，然后做偏置曲面，这样的设计思路一定可行。偏置后的曲面有的需要裁剪，有的需要补面，用各种曲面编辑手段完成内表面的构建，然后缝合内外表面成一个实体，最后再进行产品结构设计，如加强筋、安装孔等。

第2章 逆向工程常用功能

2.1 主要内容

- ☐ 鼠标和键盘的妙用
- ☐ 逆向文件格式
- ☐ 重定位和坐标的运用
- ☐ 显示和隐藏特征
- ☐ 图层的运用（规划点/线数据）
- ☐ 基准特征的运用
- ☐ 快速捕捉的运用
- ☐ 分析的运用
- ☐ 逆向工程造型用到的功能
- ☐ 曲线曲面的光顺处理

2.2 鼠标和键盘的妙用

在 UG NX 系统中，系统默认支持三键鼠标，其分别为左键（MB1）、中键（MB2）和右键（MB3）。在设计过程中鼠标还可以结合键盘上的 Ctrl、Shift 和 Alt 键进行使用，这样在设计的过程中不但方便操作，而且能够提高设计效率。下面将详细介绍鼠标的用法。

（1）鼠标左键（MB1）：通常用于在系统中选择菜单命令或在工具条中单击功能按钮、选择特征和双击特征进行编辑参数，如图 2-1 所示。



图 2-1 双击特征（编辑参数）

（2）鼠标中键（MB2）：按住鼠标中键（MB2）并保持，然后拖动鼠标即可进行旋转模型的视角。在使用某些功能的过程中，会弹出其功能的对话框，单击鼠标中键（MB2）