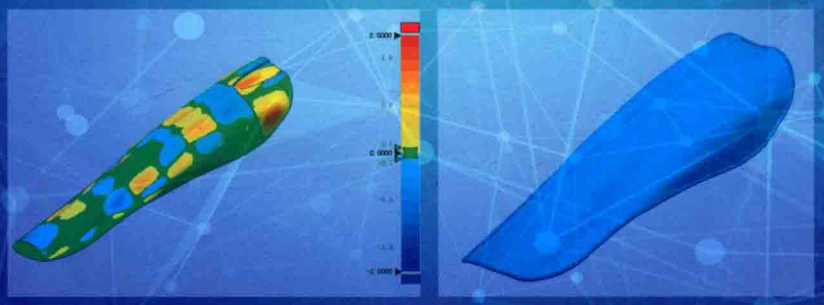




Geomagic Design X



成思源 杨雪荣 主编

逆向设计技术

清华大学出版社

Geomagic Design X

逆向设计技术

成思源 杨雪荣 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

Geomagic Design X 的前身 Rapid form XOR 是韩国 INUS 公司产品中的知名逆向工程技术软件,具有强大的三维建模功能,在国内外已得到广泛的应用。目前已被 3D System 公司收购,并更名为 Geomagic Design X,与 Geomagic Studio 等软件形成一个系列,各有所长,在企业及高校中的应用越来越普及。

本书作为国内第一本 Geomagic Design X 的操作培训教材,针对逆向建模技术的最新发展趋势,围绕 Geomagic Design X 软件的点云处理、领域分割、草图绘制及三维建模等相关内容,介绍该软件的主要功能、使用的思路及方法。每一阶段均配有相应的实例操作来说明其应用思路 and 技巧,提供了详细的功能介绍与操作视频,以帮助读者快速、直观地领会如何将软件中的功能运用到实际工作中,尽快地达到学以致用的目的。

本书突出逆向工程技术应用型人才工程素质的培养要求,系统性及实用性强。本书可作为 CAD 技术人员的自学教材、大专院校 CAD 专业课程教材以及 CAD 技术各级培训教材。同时,对相关领域的专业技术人员 and 研究人员也具有重要的参考价值。

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

Geomagic Design X 逆向设计技术/成思源,杨雪荣主编. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-48899-6

I. ①G… II. ①成… ②杨… III. ①工业产品—造型设计—计算机辅助设计—应用软件
IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 287974 号

责任编辑:赵 斌

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:8.5

字 数:201 千字

版 次:2017 年 12 月第 1 版

印 次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.00 元

产品编号:076503-01

FOREWORD

逆向工程技术目前已广泛应用于产品的复制、仿制、改进及创新设计,是消化吸收先进技术和缩短产品设计开发周期的重要支撑手段。现代逆向工程技术除广泛应用于汽车、摩托车、模具、机械、玩具、家电等传统领域之外,在多媒体、动画、医学、文物与艺术品的仿制和破损零件的修复等方面也体现出其应用价值。

Geomagic Design X 及其前身 Rapidform XOR 具有强大的逆向建模功能,在一些国家已得到广泛的应用。Geomagic Design X 提供了一个全新的又为大家所熟悉的建模过程,它不仅支持所有逆向工程的工作流程,而且创建模型的设计界面和过程与主流 CAD 应用程序很相似,用 SolidWorks、CATIA、Creo(Pro/E)或 Siemens NX 等进行设计工作的工程师,可以直接使用 Geomagic Design X 进行建模设计。Geomagic Design X 不仅拥有参数化实体建模的能力,还拥有 NURBS 曲面拟合能力,能够利用这两种能力共同创建有规则特征及自由曲面特征的 CAD 模型。本书作为国内第一本系统介绍 Geomagic Design X 操作的教材,提供了该软件各模块的功能介绍,体现了逆向工程技术最新的发展。教材提供了详细的功能介绍与操作视频,可以帮助初学者快速入门,并运用软件进行操作。

本书由 11 章内容构成:

第 1 章 逆向建模技术及方法,介绍逆向建模的一般流程及方法,对比常用逆向建模软件的特点,对 Geomagic Design X 逆向建模的方法与思路进行归纳。

第 2 章 Geomagic Design X 逆向建模技术基础,介绍软件的建模基础、各模块功能,以及初始模块的操作,包括打开、保存、实时转换、帮助等。

第 3 章 Geomagic Design X 点阶段处理技术,介绍点模块,结合实例对点云数据进行合并、拼接、封装、采样等操作。

第 4 章 Geomagic Design X 多边形阶段处理技术,介绍多边形模块,对多边形数据进行拼接、优化等。功能与 Studio 类似,其中修补精灵功能和 Studio 中的修补网格是一样的效果。

第 5 章 Geomagic Design X 对齐技术,介绍对齐模块,可以手动或自动对齐多边形或实体模型。

第 6 章 Geomagic Design X 领域阶段处理技术,介绍该软件特有的领域分割模块,对多边形模型进行基于面的领域划分,并可手动编辑领域范围。

第 7 章 Geomagic Design X 草图模块处理技术,介绍草图模块,包含面片草图和草图。面片草图主要用于逆向建模,有获取多边形数据平面截面线和三维空间投影边线两种方式。草图也是正向软件中的常用建模功能。

第8章 Geomagic Design X 建模技术,介绍模型模块,包括创建实体和曲面拟合。创建实体是将草图模块中所绘制的平面草图进行拉伸、旋转等操作,创建三维实体。曲面拟合是对领域进行曲面拟合。

第9章 Geomagic Design X 3D 草图处理技术,介绍3D草图模块,包含3D面片草图和3D草图,主要是通过绘制三维样条曲线方式创建曲面或实体。

第10章 Geomagic Design X 精确曲面技术,介绍曲面创建模块。功能与Studio中的自动曲面化类似,不过可以对NURBS曲面网格进行编辑。

第11章 Geomagic Design X 测量模块处理技术,介绍测量工具,包括测量距离(点到平面、线到线等)、测量角度(线与面、线与线等)、测量半径、测量断面及面片偏差分析。

为方便读者学习,本书提供配套资源,包括案例操作的数据文件和视频文件,以帮助读者通过实践快速掌握软件操作。

本书由成思源和杨雪荣主编。其中第1、2、6~10章由成思源编写,第3~5、11章由杨雪荣编写,全书由成思源统稿。本书还凝聚了广东工业大学先进设计技术重点实验室众多研究生的心血,他们在逆向工程技术的研发与应用方面做了卓有成效的工作。其中丛海宸、林泳涛、冯超超、徐永昌、李明宇、胡召阔、王小康、张中宝等研究生参与了部分章节的编写(实验操作及文字整理工作)。在此谨向他们表示衷心的感谢!

在实验室历届研究生的努力下,本实验室已相继编写出版了《Geomagic Studio 逆向建模技术及应用》《Geomagic Qualify 三维检测技术及应用》《Geomagic Design Direct 逆向设计技术及应用》等系列教材,体现了本实验室在吸收应用逆向工程技术最新发展成果方面所做的努力。

本书的编写工作得到了广东省科技计划项目(2014A040401078)、“逆向工程技术”广东省精品资源共享课建设项目、“反求设计与快速制造”广东省研究生示范课程建设项目的资助,特此致谢!

在本书编写过程中,得到了3D Systems Corporation|杰魔(上海)软件有限公司提供的支持,并参考了国内外相关的技术文献和技术经验,在此一并表示感谢。

由于编者水平及经验有限,加之时间紧迫,书中难免存在不足之处,欢迎各位专家、同人批评指正。编者衷心地希望通过同行之间的交流促进逆向工程技术的进一步发展!

编者

2017年12月



目 录

CONTENTS

第 1 章 逆向建模技术及方法	1
1.1 逆向工程技术简介	1
1.2 逆向建模的概念和常用方法	1
1.3 正逆向混合建模	2
1.4 基于 Geomagic Design X 的逆向建模方法	4
1.4.1 基于实体特征的逆向建模	5
1.4.2 基于曲面特征的逆向建模	8
1.4.3 混合逆向建模	9
第 2 章 Geomagic Design X 逆向建模技术基础	11
2.1 Geomagic Design X 版软件简介	11
2.2 数据类型	12
2.3 Geomagic Design X 逆向建模基本流程	13
2.4 Geomagic Design X 模块介绍	14
2.5 工作界面	16
2.6 鼠标操作及热键	19
2.7 面板	20
2.8 精度分析和属性	24
2.9 底部工具栏	27
2.10 常用对话框控制命令图标	28
2.11 环境菜单	28
2.12 应用实例	29
第 3 章 Geomagic Design X 点阶段处理技术	33
3.1 Geomagic Design X 点对象处理简介	33
3.2 Geomagic Design X 点对象处理的主要操作命令	35

3.3 应用实例	37
第4章 Geomagic Design X 多边形阶段处理技术	45
4.1 Geomagic Design X 多边形阶段简介	45
4.2 Geomagic Design X 多边形阶段处理工具	45
4.3 应用实例	48
第5章 Geomagic Design X 对齐技术	56
5.1 Geomagic Design X 对齐技术简介	56
5.2 对齐模块的主要命令	56
5.3 应用实例	57
第6章 Geomagic Design X 领域阶段处理技术	64
6.1 Geomagic Design X 领域阶段简介	64
6.2 领域阶段主要操作命令	65
6.3 应用实例	66
第7章 Geomagic Design X 草图模块处理技术	69
7.1 Geomagic Design X 草图模块简介	69
7.2 草图模块的主要操作命令	69
7.3 应用实例	73
第8章 Geomagic Design X 建模技术	79
8.1 Geomagic Design X 建模技术简介	79
8.2 建模模块的主要操作命令	79
8.3 应用实例	83
第9章 Geomagic Design X 3D 草图处理技术	93
9.1 Geomagic Design X 3D 草图功能简介	93
9.2 3D 草图阶段处理工具	93
9.3 应用实例	95
第10章 Geomagic Design X 精确曲面技术	107
10.1 Geomagic Design X 精确曲面阶段简介	107
10.2 精确曲面阶段的主要操作命令	107
10.3 应用实例	109

第 11 章 Geomagic Design X 测量模块处理技术	118
11.1 Geomagic Design X 测量模块概述	118
11.2 Geomagic Design X 测量模块主要操作命令	118
11.3 应用实例	118
参考文献	125

1.1 逆向工程技术简介

逆向工程(reverse engineering, RE)也称反求工程或反构工程,是近年来迅速发展起来的一种基于产品功能分解分析、CAD 模型重建等相关技术的方法,即对目标产品进行逆向分析和研究,得到该产品内部制造流程、产品结构、功能特性及核心技术等设计要素,然后在此基础上按照设计要素的基础上进行再设计。逆向工程技术为产品的改进设计提供了方便、快捷的工具,它属于先进制造技术开发手段,对已有产品基础上设计新产品,缩短了开发周期,降低了开发成本。

正向工程的概念是相对于传统的产品设计流程,即正向工程(forward engineering, FE)而提出的。正向工程是从市场需求中抽象出产品的概念描述,据此建立产品的 CAD 模型;然后对其执行实施或制造工艺生产得到产品的实物模型,经检验后,正向工程是由概念到 CAD 模型再到实物模型的开发过程。广义的逆向工程是指针对已有产品,通过分析其内在的产品设计、制造和装配等方面技术的一系列分析方法、手段和技术的综合,其研究对象为零件、部件和制品。狭义的逆向工程指的是实体逆向工程,即对产品几何形状的研究,它运用三维测量仪器对产品进行数据采集,将所采集的数据通过逆向建模技术重构出产品的实体几何形状,并在此基础上进行创新设计和生产加工。

逆向工程不管最早是起源于仿造,它的重要意义在于要在透彻理解的基础上研究分析原产品的设计原理并进一步创新,所以逆向工程作为一种先进的创新技术被广泛应用于工业产品的开发与设计中。

1.2 逆向建模的概念和常用方法

目前国内外有关逆向工程的研究是以几何形状重构的逆向建模技术为主要目标的。逆向建模就是针对已有的产品模型,利用一系列数字化测量设备采集数据,按一定测量方式产品的三维数据,然后按模型重建数据通过三维几何建模方法生成产品 CAD 模型。逆向建模的具体流程如图 1-1 所示,可分为几个阶段。

- (1) 数据获取,利用三维测量仪器对实物样品进行测量,得到其轮廓的三维数据;
- (2) 数据处理,在软件中对所采集到的三维数据进行优化,包括对数据的合并、采样、平



● 逆向建模技术及方法

1.1 逆向工程技术简介

逆向工程(reverse engineering, RE)也称反求工程或反向工程,是近年来迅速发展起来的一种综合了产品功能信息分析、CAD模型重建等相关技术的方法,即对目标产品进行逆向分析和研究,并得到该产品的制造流程、组织结构、功能特性及技术规格等设计要素,然后在理解其原始设计意图的基础上进行再设计。逆向工程技术为产品的改进设计提供了方便、快捷的工具,它借助于先进的技术开发手段,在已有产品基础上设计新产品,缩短了开发周期,降低了开发成本。

逆向工程的概念是相对于传统的产品设计流程,即正向工程(forward engineering, FE)而提出的。正向工程是从市场需求中抽象出产品的概念描述,据此建立产品的CAD模型,然后对其进行快速成形或加工生产得到产品的实物原型,概括地说,正向工程是由概念到CAD模型再到实物模型的开发过程。广义的逆向工程是指针对已有产品,消化吸收其内在的产品设计、制造和管理等各方面技术的一系列分析方法、手段和技术的综合,其研究对象主要是事物、影像和软件。狭义的逆向工程指的是实物逆向工程,即对产品几何形状的研究,它运用三维测量仪器对产品进行数据采集,将所采集的数据通过逆向建模技术重构出产品的三维几何形状,并在此基础上进行创新设计和生产加工。

逆向工程不是简单地把原有物体还原,它的重要意义在于要在重构模型的基础上研究分析产品的设计原理并进行二次创新,所以逆向工程作为一种先进的创新技术被广泛应用于工业产品的开发与设计中。

1.2 逆向建模的概念和常用方法

目前国内外有关逆向工程的研究是以几何形状重构的逆向建模技术为主要目标的。逆向建模就是针对已有的产品模型,利用三维数字化测量设备准确、快速地测量出产品表面的三维数据,然后根据测量数据通过三维几何建模方法重建产品CAD模型。逆向建模的具体流程如图1-1所示,可分为几个阶段:

- (1) 数据采集:利用三维测量仪器对实物样品进行测量,得到其轮廓的三维数据;
- (2) 数据处理:在软件中对所得到的三维数据进行优化,包括对数据的合并、采样、平

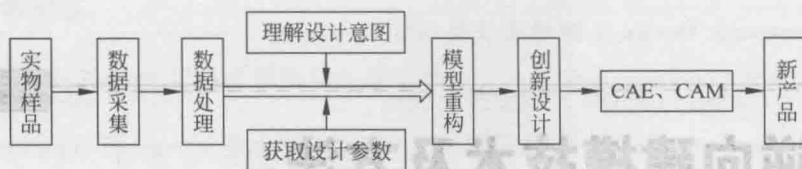


图 1-1 逆向建模的具体流程

滑、分割和三角面片化等处理；

(3) 模型重构：在优化得到的面片模型基础上，理解模型的原始设计意图，获取原始设计的相关参数，对形状规则的特征拟合出相应特征，对曲面特征进行曲面拟合，最终重构获得产品完整的 CAD 模型；

(4) 创新设计：对重构的 CAD 模型进行评价分析，并在其基础上做创新设计；

(5) CAE、CAM：对改进的产品进行计算机辅助分析和制造，若创新结构符合产品要求即可投入生产使用。

逆向工程是对产品的各部分进行功能分解，深刻理解各部分功能的原始设计目的，在此基础上，对重构得到的 CAD 模型进行创新性改进设计，是基于原产品设计的再设计。

目前逆向建模的常用方法有：面片建模，参数化特征建模，拟合曲面建模和混合建模。

面片建模是利用 3D 扫描数据创建最优三角形网格面片，即根据使用目的，通过删除缺陷、穴填补、修改形状以及优化面片结构来将 3D 扫描数据转化成最优三角网格面片。该方法虽然能够表达结构复杂的产品模型，但是并不能很好地反映产品的原始设计意图，所得到的 CAD 模型只是对原产品的简单复制。因此该方法可应用于分析产品模型的形状并通过 3D 打印创建参照原型模型。

参数化特征建模是依据分析 3D 扫描物体的设计意图和元素来创建参数化特征模型，所创建的特征可以通过控制参数来重复使用、重新定义、修改以及转换。该方法能够比较方便地对所提取的特征进行参数化修改，一定程度上提高了重建模型的效率。但是能够提取的参数信息有限，一般适用于产品表面规则的模型（如机械零件），制造基于现有产品增强功能的新产品，复制没有图纸或没有 CAD 数据的目标产品。

拟合曲面建模是利用 3D 扫描物体的优化面片来创建 3D 模型。该方法通过多种工具（如 Geomagic Design X 中的自动曲面、面片拟合、境界拟合等）从 3D 扫描数据的形状中快速、高效地提取精确的自由曲面，可以对有复杂曲面的模型进行编辑修改。因此这种方法广泛用于模型的外部结构重建（如汽车的车体等）、定制与人体器官匹配的产品、重建损坏的文物艺术品等方面中。

混合建模是在逆向设计的过程中混合使用多种逆向建模方式，来重构具有复杂结构特征的模型。

1.3 正逆向混合建模

正逆向混合建模是目前逆向工程中应用最为广泛的一种建模方法，其建模流程一般是首先在逆向建模软件中重构得到产品的三维表面数据，并将表面数据中有参特征的参数提取出来，然后将其导入正向建模软件中进行编辑修改和实体建模，即将逆向建模和正向设计

有机结合,充分发挥各自的优点。该建模方法能有效反求产品的原始设计意图,提高反求模型的参数化修改能力,有利于产品的创新再设计。该建模方法的流程如图 1-2 所示,这种基于正逆向建模软件的混合建模方法在建模过程中人机交互操作比较多,而且重建得到的曲面精度不高,在正向软件中曲面重构后一般都要进行误差分析,若重要曲面重建的差值太大,还要重新修改,建模耗时长。

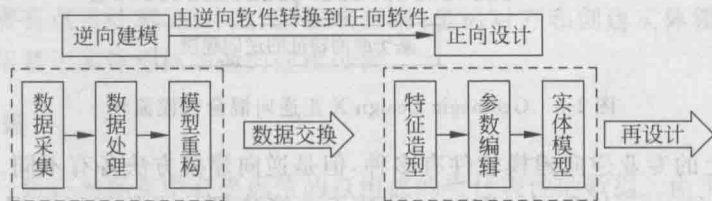


图 1-2 正逆向混合建模的一般流程

Geomagic Design X 是 Geomagic 公司推出的一款正逆向建模软件,它具有逆向建模软件的采集原始扫描数据并进行预处理的功能,还具有正向建模软件的正向设计功能,并且可以直接由扫描设备得到的 3D 扫描数据创建完全参数化的 CAD 模型,这些设计参数也是可以自由修改的。Geomagic Design X 可以使工程师在实物样品的特征有部分损坏或扫描数据不完整的情况下,提取到模型的设计意图和设计参数,重构得到产品的完整 CAD 模型;在重建 CAD 模型时,该软件还可以实时查询模型曲面的误差,给逆向设计的过程节省了不少时间。经测试,Geomagic Design X 逆向建模方式与传统曲面拟合方式相比节省了 80% 的时间。另外,在获取现有模型的设计参数后,如果要在其基础上进行改进设计或创新设计,该软件也具有极大的自由度和灵活性。

Geomagic Design X 提供了一个全新的又为大家所熟悉的建模过程,它不仅支持所有逆向工程的工作流程,而且创建模型的设计界面和过程与主流 CAD 应用程序中的很相似,用 SolidWorks、CATIA、Creo(Pro/E)或 Siemens NX 等进行设计工作的工程师,可以直接使用 Geomagic Design X 进行建模设计,其设计过程采用了常见的 CAD 建模功能与步骤,例如拉伸、旋转、扫描、放样等。基于 Geomagic Design X 的正逆向混合建模,用户可以直接将点云扫描或导入至软件中编辑处理,然后用丰富的工具命令从 3D 扫描数据中提取设计参数,再结合正向建模快速创建和编辑实体模型。Geomagic Design X 不仅拥有参数化实体建模的能力,还拥有 NURBS 曲面拟合能力,能够利用这两种能力共同创建有自由曲面特征的 CAD 模型。

逆向建模技术和正向设计方法在构建产品的 CAD 模型时各有长处,逆向建模的优势在于对原始测量数据的强大处理功能和曲面重构功能;正向设计的优势在于特征造型和实体造型功能,对几何特征的编辑修改比较方便。

Geomagic Design X 正逆向建模软件融合了逆向建模技术和正向设计方法的长处。该软件可以对 3D 扫描数据进行优化处理并创建三角面片,能通过领域分割自动识别三维规则特征如二次曲面(平面、球面、圆柱面和圆锥面)等,能通过面片草图用截面从面片模型中截取平面草图并做相应编辑,再利用拉伸、旋转、扫描和放样等正向设计的工具对规则结构进行重建,利用曲面拟合等工具对复杂曲面进行重建。Geomagic Design X 正逆向混合建模的具体流程如图 1-3 所示。

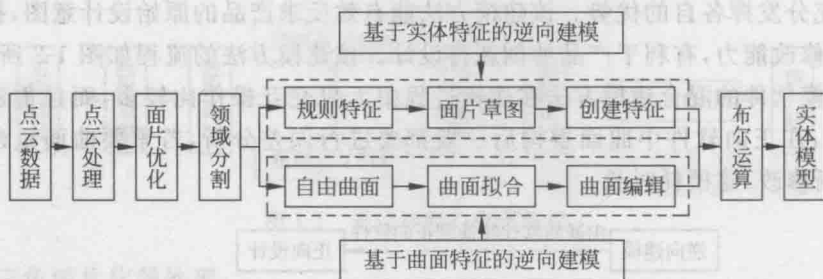


图 1-3 Geomagic Design X 正逆向混合建模流程

目前,市场上的专业逆向建模软件有多种,但是逆向建模方法各有不同。另一款正逆向混合设计的软件 Geomagic Design Direct 是基于直接建模技术的正逆向混合设计软件,通过计算并提取三角网格面模型中不同区域的曲率、法矢方向等参数,拟合得到相应的三维规则实体特征。逆向建模软件 Geomagic Studio 是对三角网格面模型按几何特征划分,分别拟合得到相应的三维曲面特征,最终重构得到的是曲面模型。相对于曲面模型,实体模型能更完整、严密地表达模型的三维形状。若要对 Geomagic Studio 得到的模型进行再设计,就必须将曲面模型传送至正向软件中编辑修改。与它们相比,Geomagic Design X 正逆向建模软件是一款参数化设计的逆向工程软件,具有强大的点云和三角面片处理功能,混合了实体和曲面建模功能,能够快速创建原始模型,并可以保证模型精度,还可以在重构模型的基础上直接做正向再设计。另外,对于实物特征有损坏或扫描数据不完整的情况,该软件也能重构得到产品完整的 CAD 模型。

1.4 基于 Geomagic Design X 的逆向建模方法

基于 Geomagic Design X 的逆向建模方法是根据点云数据得到优化的面片,再在面片的基础上构建规则而精确的模型。产品的外观结构特征分为规则曲面和自由曲面。对于规则曲面,如机械类零件等产品,常采用基于实体特征的逆向建模方法创建得到产品的实体模型;对于自由曲面,如艺术品等,常采用基于曲面特征的曲面拟合逆向建模方法,通过拟合得到产品的曲面。因此这两种重构方法是逆向建模技术中的主要方法,Geomagic Design X 逆向建模软件就是应用这些方法实现模型重构的。

为了使模型快速准确地重构并且适合制造,Geomagic Design X 基于实体特征的逆向建模方法可以识别出模型的特征形状,提取设计意图,获取设计参数,直接创建参数化的特征模型。Geomagic Design X 基于曲面特征的逆向建模方法可以拟合自由曲面,拥有强大的自动曲面拟合技术,同样支持 NURBS 曲面拟合,也可以采用手动的方式创建曲面网格模型,还可以对曲面进行剪切缝合,最终获得完整的曲面模型。此外,混合使用多种逆向建模方法还可以重构结构复杂的模型。

下面通过实例分别介绍在 Geomagic Design X 中基于实体特征和基于曲面特征的逆向建模方法,以及结合两种方法的混合建模方法。

1.4.1 基于实体特征的逆向建模

Geomagic Design X 软件基于实体特征的逆向建模首先利用点云数据创建三角形网格面片,利用软件中的工具提取断面轮廓或 3D 曲线,提取模型的原设计参数加以修改,再结合正向建模工具创建三维特征,最后利用布尔运算剪切或合并特征得到参数化的三维模型。该方法主要步骤有点云处理、面片处理、领域分割、坐标对齐和创建实体模型。下面以一机械零件为例介绍基于实体特征的逆向建模过程。

1. 点云处理

点云是由一组在坐标系中有坐标值的点组成的有代表性的数据。由于在采集点云数据的过程中会产生噪声点和采集到产品以外的数据点,需对点云数据进行优化处理。将点云数据导入到 Geomagic Design X 软件中,消除扫描点中的噪声杂点,采样以减少点云数据的数量,平滑点云数据以降低点云外侧形状的粗糙度。得到优化处理后的点云数据如图 1-4 所示,最后在其基础上创建得到面片。

2. 面片处理

面片是由一系列点、边、面(一般是三角形)组成的基于多面体的 3D 数字化数据。面片可以显示出物体的复杂曲面和结构形状,面片三角化是将三个点连接并构造曲面的过程。面片三角化的过程中可能会生成错误的三角形,如非流形三角形、多余三角形、交叉三角形和反转三角形等,要删除这些错误的三角形以提高面片的质量。另外初始得到的面片可能会出现孔和凸起等各种缺陷,因此需要对面片进修复处理。根据局部面片的形状曲率使用单元面填补缺失孔,移除并修复面片中的凸起部分。优化的面片如图 1-5 所示。

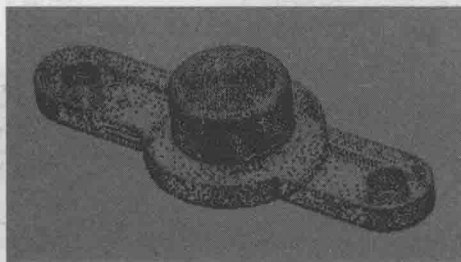


图 1-4 优化处理后的点云数据

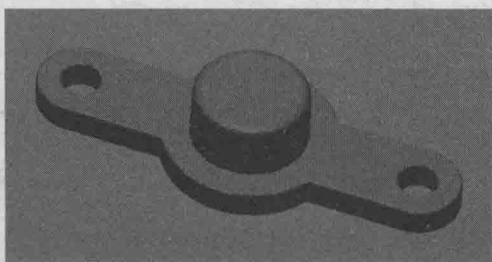


图 1-5 优化的面片

3. 领域分割

领域分割是根据扫描数据的曲率和特征将面片分类为不同的几何领域,也就是识别出不同的特征。在自动分割的结果中可能会出现识别错误,可以对各领域进行合并、分割和扩大缩小等编辑操作。领域分割的结果如图 1-6 所示。

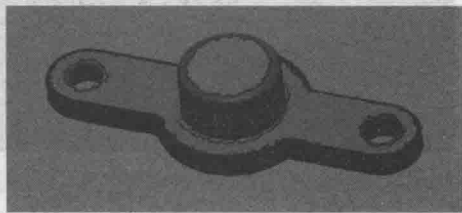


图 1-6 领域分割

4. 坐标对齐

对齐是一种依据设计意图快速、准确地将面片与三维坐标系对齐的工具。更简单地说,对齐就是考虑模型的坐标系在正向建模中可以放置的最佳位置,并在此逆向建模中将坐标系转换到理想的坐标系中。机械类零件在建模过程中一般都有一个标准位置的坐标系,因此这一步骤对机械类零件很重要。坐标对齐后的模型如图 1-7 所示。

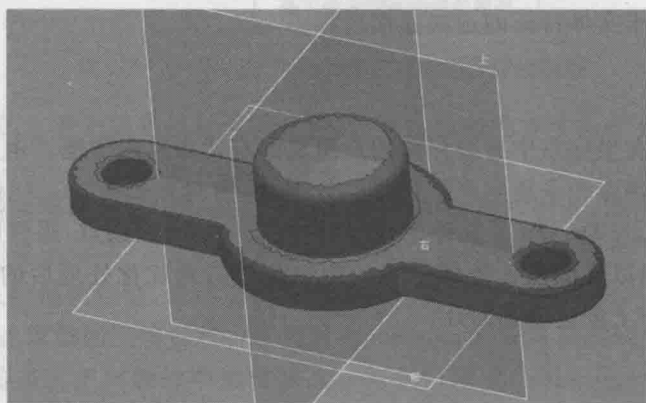


图 1-7 坐标对齐后的模型

5. 创建实体模型

基于正向建模方式的逆向建模主要利用自动面片草图工具,这是一种基于截面创建草图轮廓的新颖的、智能的工具。自动面片草图过程可从复杂截面中提取直线和圆弧,识别各线段之间的关系并自动约束,再将其连接生成一个截面轮廓。利用面片草图截取平面草图并做编辑,如图 1-8 和图 1-9 所示。

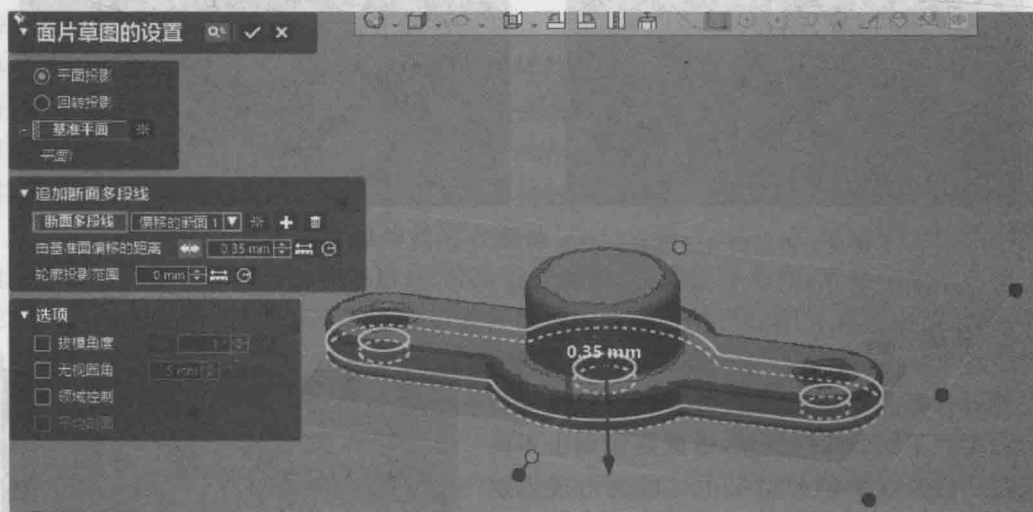


图 1-8 面片草图截取草图

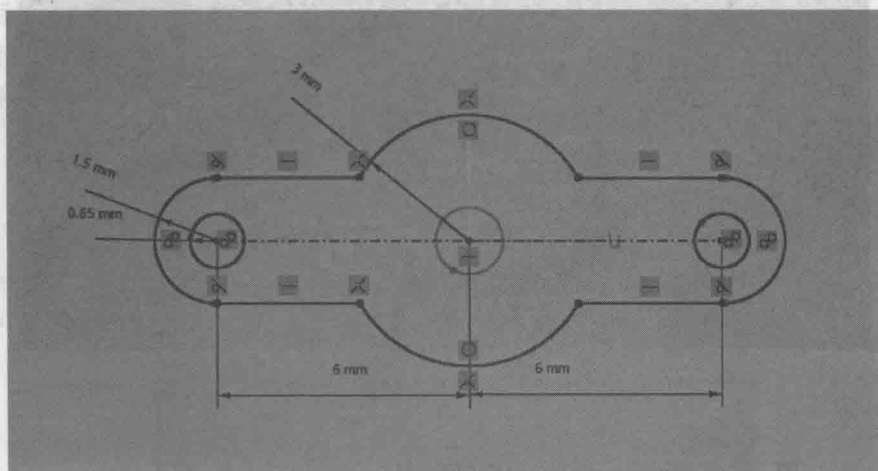


图 1-9 编辑截取的草图

获得面片草图后,利用 Geomagic Design X 软件中的正向建模工具(如拉伸、回转、放样和扫描等)创建实体模型,如图 1-10 所示。

利用自动面片草图按以上步骤创建该模型的其他部分并作相应的布尔运算,再依据之前的面片和领域给模型作出圆角,最终得到该机械零件的 CAD 模型,如图 1-11 所示。

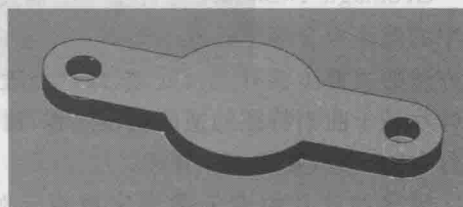


图 1-10 创建实体

特征

- ④ 草图1 (面片)
- ④ 拉伸1
- ④ 草图2 (面片)
- ④ 拉伸2 (合并)
- ④ 草图3 (面片)
- ④ 拉伸3 (剪切)
- ④ 圆角1 (恒定)
- ④ 圆角2 (恒定)
- ④ 圆角3 (恒定)
- ④ 圆角4 (恒定)

模型

- ④ 1
- ④ 面片
- ④ 实体
- ④ 草图
- ④ 参照平面
- ④ 参照坐标系

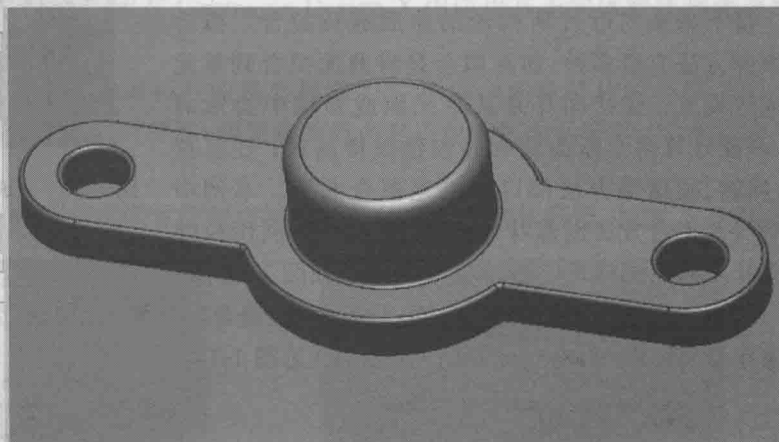


图 1-11 该机械零件的 CAD 模型

最后将重构得到的实体模型与面片作偏差分析,打开“精度分析”Accuracy Analyzer (TM)面板,设置体偏差范围为 $\pm 0.01\text{mm}$,可以确认逆向建模重构模型的绝大部分曲面在误差范围之内,如图 1-12 所示。

基于实体特征的逆向建模重构得到的实体模型精度高,参数明确,能直接发送到其他正向建模软件中使用,可以直接在其基础上进行再设计或直接用于生产制造。

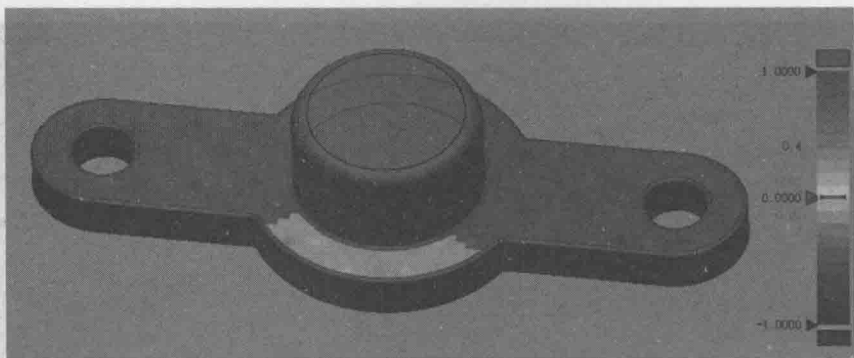


图 1-12 重构模型的精度分析结果

1.4.2 基于曲面特征的逆向建模

Geomagic Design X 软件基于曲面特征的逆向建模是利用点云数据创建面片,利用软件中的曲面拟合等工具或手动方式创建曲面,再将各个曲面剪切缝合得到完整的曲面模型。该方法的主要步骤有点云处理、面片处理、领域分割、坐标对齐和曲面创建。下面介绍风扇的叶片基于曲面特征的逆向建模过程,由于该方法的前四个步骤与基于实体特征逆向建模过程中的一致,在此不作详述。

风扇的叶片由点云数据完成点云处理、面片处理、领域分割、坐标对齐等操作之后的模型如图 1-13 所示,这些操作可以称为前处理。

接下来是对叶片所构成的曲面进行拟合。拟合曲面的方法有很多种,面片拟合是将曲面拟合到单元面或领域上;放样向导是从单元面或领域中提取对象,智能计算多个断面轮廓并创建放样路径;还有拉伸、回转、扫描等方法都可以创建拟合曲面。本例中利用面片拟合方法创建叶片的上下表面,再利用拉伸生成叶片的轮廓曲面。叶片拟合的曲面如图 1-14 所示。

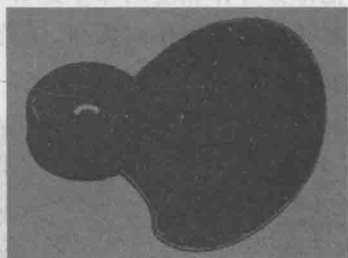


图 1-13 完成前处理的风扇叶片模型

编辑拟合的曲面,如剪切曲面、延长曲面、缝合等。再对曲面模型作细节处理,如叶片的边缘作全部面圆角,得到叶片的曲面模型(见图 1-15)。

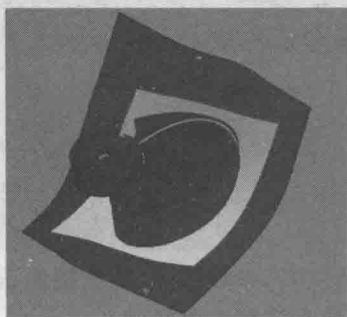


图 1-14 叶片拟合的曲面

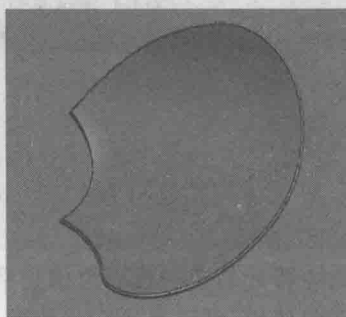


图 1-15 叶片的曲面模型

最后将重构得到的曲面模型与面片做偏差分析,打开“精度分析”Accuracy Analyzer(TM)面板,设置体偏差范围为 $\pm 0.1\text{mm}$,由精度分析的结果可知绝大部分的曲面偏差符合精度要求,如图 1-16 所示。

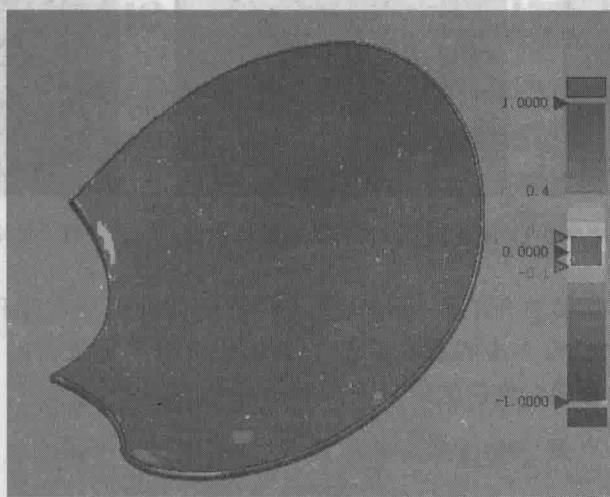


图 1-16 重构模型的精度分析结果

1.4.3 混合逆向建模

混合逆向建模就是在逆向建模的过程中使用多种建模方法来完成模型的重构。下面以机械零件涡轮叶片为例,简单介绍在 Geomagic Design X 中应用基于实体特征与曲面特征的混合建模方法。

涡轮叶片点云数据完成前处理得到的模型如图 1-17 所示。涡轮叶片的模型主要分为两部分:中间部分是一个规则的回转体,四周是两组由自由曲面构成的叶片,均布在回转体周围。

采用基于实体特征的逆向建模方法创建涡轮叶片的中间回转体模型,如图 1-18 所示。

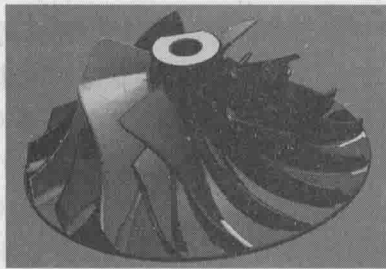


图 1-17 完成前处理的模型

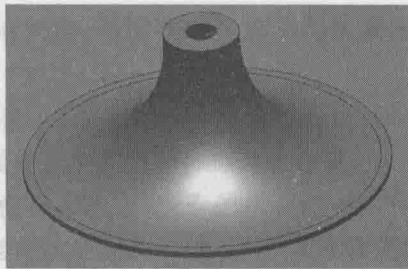


图 1-18 涡轮叶片中间部分的模型

采用基于曲面特征的逆向建模方法创建涡轮的叶片模型,如图 1-19 所示。

将中间回转体模型与叶片模型作布尔运算,得到涡轮叶片的整体模型如图 1-20 所示。打开“精度分析”查看重构模型的偏差,如图 1-21 所示。