



成思源 谢韶旺 主编

Geomagic Studio

逆向工程技术及应用

清华大学出版社

Geomagic Studio

逆向工程技术及应用

成思源 谢韶旺 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

面对国内推广逆向工程技术和培训逆向工程专业人才的需求,我们编写了这本 Geomagic Studio 操作教材。本书针对三维逆向造型的实际需要,围绕 Geomagic Studio 软件的点云、多边形和曲面的生成、编辑及分析等相关内容,介绍了 Geomagic Studio 软件的功能、使用方法及注意事项。每一阶段均配有相应的实例操作来说明其应用思路和应用技巧。同时本书还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 Geomagic Studio 软件中的功能运用到实际工作中,尽快地达到学以致用目的。

本书突出逆向工程应用型人才工程素质培养要求,系统性、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,本书对相关领域的专业工程技术人员和研究人员也具有重要的参考价值。本书所配光盘,包括模型、视频文件等,为读者自学提供帮助。

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 Studio 逆向工程技术及应用/成思源,谢韶旺主编.--北京:清华大学出版社,2010.10

ISBN 978-7-302-23677-1

I. ①G… II. ①成… ②谢… III. ①工业产品—造型设计—应用软件,Geomagic Studio
IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 172436 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

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 装 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:251 千字
(配光盘 1 张)

版 次:2010 年 10 月第 1 版

印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

产品编号:039409-01



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表现出其应用价值。

Geomagic Studio 具有强大的逆向建模功能,在我国已得到广泛应用。该软件遵循点阶段—多边形阶段—曲面阶段的三阶段作业流程,可以轻易地从点云创建出完美的多边形模型和样条四边形网格,并转换为 NURBS 曲面,建模效率高;同时还提供了多重三维输出格式,方便与多种实体造型软件接口。新增的 Fashion 模块和参数化功能可以通过定义曲面特征类型来捕获物理原型的原始设计意图,并与正向软件结合进行参数化逆向建模与再设计,体现了逆向工程技术发展的最新成果。本书作为国内较早的 Geomagic Studio 的操作教材,结合工程应用实例,提供了详细的功能介绍与操作视频,可以帮助读者快速掌握 Geomagic Studio 软件的操作。

本书共有 8 章:

第 1 章 介绍逆向工程的概念及主要技术,阐述逆向工程技术实施的软、硬件条件及逆向工程技术的应用和意义。

第 2 章 概述数据采集系统和三坐标测量机的工作方式,介绍接触式及非接触式测量的优、缺点,对两类测量方式进行比较说明,以便对设备进行合适的选择。

第 3 章 首先介绍逆向工程 CAD 建模系统及其分类,对传统曲面造型方式与快速曲面造型方式系统的不同技术特点进行分析,并介绍逆向工程曲线曲面的数学基础。同时对 Geomagic Studio 逆向建模基本流程进行总结,归纳各阶段模块中 Geomagic Studio 的主要功能。最后介绍 Geomagic Studio 基础模块命令的操作,并结合实例演示操作步骤。

第 4 章 概括 Geomagic Studio 软件中点云阶段的主要功能,并对该阶段的命令进行详细说明。通过两个实例,介绍点云阶段的编辑操作和点云数据注册实现过程,对该阶段中的处理流程和技巧进行演示。

第 5 章 概括 Geomagic Studio 软件中多边形阶段的主要功能,并对该阶段的命令进行详细说明。通过两个实例,运用多边形阶段的技术命令完成多边形模型处理工作,介绍相关操作技巧和实际经验,对该阶段中的处理流程和技巧进行演示。

第 6 章 概括 Geomagic Studio 软件中形状阶段的主要功能,并对该阶段的命令进行详细说明。通过三个实例,运用形状阶段的命令完成该阶段模型曲面重构工作,介绍相关操作技巧和实际经验,对该阶段中的处理流程和技巧进行演示。

第7章 概括 Geomagic Studio 软件中 Fashion 阶段的主要功能,并对该阶段的命令进行详细说明。通过实例,介绍如何通过定义曲面特征类型来拟合生成准 CAD 曲面模型,对该阶段中的处理流程和技巧进行视频演示。

第8章 概括 Geomagic Studio 软件中的参数化阶段,并对该阶段下的命令进行详细说明。通过对应用实例的讲解、处理技巧的说明以及视频操作的演示,介绍如何将 Geomagic Studio 软件中的初级曲面文件转换至 CAD 软件中进行参数修改,将逆向工程方面的技术与参数化建模有效连接起来,进一步提高逆向工程的应用范围。

为方便读者学习,本书提供配套光盘,包括所有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。

本书由成思源和谢韶旺编写。其中第3,7,8章由成思源编写,第1,2,4,5,6章由谢韶旺编写,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和哈尔滨工程大学工程训练中心众多研究生的心血,他们在逆向工程技术的研究与应用方面做了卓有成效的工作。其中余国鑫、吴问霆、姜鹏、董慧卿、冯广亮、邹付群、黎波、刘俊、刘军华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!

在本书编写过程中,得到了 Geomagic(杰魔)上海软件有限公司以及青岛海克斯康测量技术有限公司的支持,并参考了国内外相关的技术文献和技术经验,在此一并致谢。

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、同仁批评指正。编者衷心地希望通过同行间的交流促进逆向工程技术的进一步发展!

编 者

2010年9月



第 1 章 逆向工程简介	1
1.1 逆向工程概述	1
1.2 逆向工程的主要技术	2
1.3 逆向工程技术实施的条件	4
1.4 逆向工程的应用与意义	5
本章小结	7
第 2 章 逆向工程数据采集系统	8
2.1 数据采集系统概述	8
2.2 三坐标测量机	9
2.3 接触式测量	11
2.4 非接触式测量	12
2.5 各种测量方式的比较	13
2.6 测量数据处理	14
本章小结	14
第 3 章 逆向工程 CAD 建模系统	15
3.1 逆向工程 CAD 建模系统概述	15
3.2 逆向工程曲线曲面基础	17
3.2.1 曲线曲面拟合	17
3.2.2 曲线的参数表达	18
3.2.3 曲面的参数表达	21
3.2.4 曲线、曲面光顺性评价	22
3.3 逆向工程曲面重建的基本实现方式	23
3.3.1 传统曲面造型方式	23
3.3.2 快速曲面造型方式	26
3.3.3 逆向工程 CAD 建模系统分类	27

3.4	Geomagic Studio 逆向建模基本流程	29
3.5	Geomagic Studio 模块简介	30
3.6	Geomagic Studio 基本操作	32
3.6.1	启动软件及用户界面	32
3.6.2	鼠标控制和快捷键	33
3.6.3	帮助	35
3.6.4	基本操作案例	35
	本章小结	40
	思考题	40
第4章	Geomagic Studio 点阶段处理技术	41
4.1	点阶段基本功能介绍	41
4.2	点阶段主要操作命令列表	42
4.3	点阶段应用实例与处理技术	43
4.3.1	实例 A 凸台点云编辑处理技术	43
4.3.2	实例 B 摩托车挡泥板点云注册合并技术	52
4.3.3	点阶段其他处理技术	60
	本章小结	62
	思考题	62
第5章	Geomagic Studio 多边形阶段处理技术	63
5.1	多边形阶段基本功能介绍	63
5.2	多边形阶段主要操作命令列表	64
5.3	多边形阶段应用实例与操作命令	65
5.3.1	实例 A 存钱罐多边形初级阶段应用实例	65
5.3.2	实例 B 凸轮多边形高级阶段实例	78
5.3.3	多边形阶段其他处理技术	95
	本章小结	96
	思考题	96
第6章	Geomagic Studio 形状阶段处理技术	97
6.1	形状阶段基本功能介绍	97
6.2	形状阶段主要操作命令列表	98
6.3	形状阶段应用实例与命令说明	99
6.3.1	实例 A 自行车挡泥板的基本曲面创建	99
6.3.2	实例 B 凸轮高级曲面编辑	111
6.3.3	实例 C 探测轮廓线的凸台曲面化流程	113
6.3.4	形状阶段其他处理技术	123
	本章小结	125



思考题.....	125
第 7 章 Geomagic Studio Fashion 阶段处理技术	126
7.1 Fashion 阶段基本功能介绍	126
7.2 Fashion 阶段主要操作命令列表	127
7.3 Fashion 阶段应用实例——涡轮叶片	127
本章小结.....	143
思考题.....	143
第 8 章 Geomagic Studio 参数化阶段处理技术	144
8.1 参数化阶段基本功能介绍	144
8.2 参数化阶段操作命令	144
8.3 参数化阶段应用实例——水壶	145
本章小结.....	157
思考题.....	157
参考文献	158



● 逆向工程简介

学习目标

通过学习,了解逆向工程技术的基本概念及主要技术,包括数据采集技术、数据处理技术和模型重构技术。了解逆向工程技术实施的软、硬件条件,以及逆向工程技术的应用及具有的工程意义。

通过本章的内容,使读者对逆向工程技术建立整体的认识,为后续 Geomagic Studio 软件的学习奠定基础。

学习要求

能力目标	知识要点
了解逆向工程技术的基本概念	逆向工程、正向工程
了解逆向工程中的主要技术	数据采集技术、数据处理技术、模型重构技术
了解逆向工程技术实施的软、硬件条件	逆向工程技术实施的软、硬件
了解逆向工程技术的应用和意义	逆向工程的应用领域

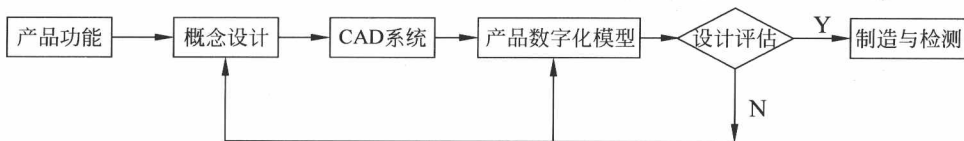
1.1 逆向工程概述

逆向工程(reverse engineering, RE),也称为反求工程,是从实物样本获取产品数学模型并制造得到新产品的相关技术,已经成为 CAD/CAM 系统中一个研究和应用热点,并发展成为一个相对独立的技术领域。在这一意义下,“实物逆向工程”(简称逆向工程)可定义为:将实物转变为 CAD 模型的数字化技术、几何模型重建技术和产品制造技术的总称。

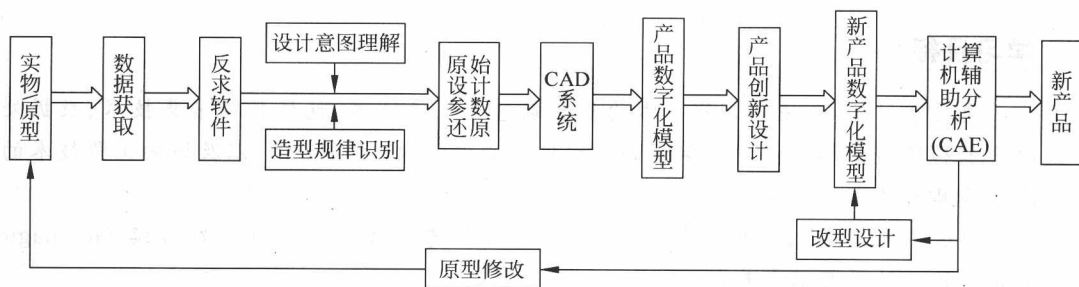
传统的产品开发过程遵循正向工程(或正向设计)的思维,从收集市场需求信息着手,按照“产品功能描述(产品规格及预期目标)→产品概念设计→产品总体设计及详细的零部件设计→制定生产工艺流程→设计、制造工夹具、模具等工装→零部件加工及装配→产品检验及性能测试”这样的步骤开展工作,是从未知到已知、从抽象到具体的过程。

而逆向工程则是按照产品引进、消化、吸收与创新的思路,以“实物—设计意图—三维重构—再设计”框架为工作过程,为提高工程设计、加工、分析的质量和效率提供数字化信息,

另一方面为充分利用先进的 CAD/CAE/CAM 技术对已有的产品进行再创新工程服务。因此,逆向工程可视为产品正向设计有益的补充,以及验证、促进正向设计的必备手段。逆向工程是一个“从有到无”的过程,即根据已有的产品模型,反向推出产品的设计数据,包括设计图纸和数字模型。正向工程与逆向工程的流程图如图 1-1 所示。



(a) 正向工程流程



(b) 逆向工程流程

图 1-1 正向工程与逆向工程

实体逆向工程的需求主要有两个方面：一方面,作为研究对象,产品实物是面向消费市场最广、最多的一类设计成果,也是最容易获得的研究对象;另一方面,在产品开发和制造过程中,虽已广泛使用了计算机几何造型技术,但是仍有许多产品,由于种种原因,最初并不是由计算机辅助设计模型描述的,设计和制造者面对的是实物样件。为了适应先进制造技术的发展,需要通过一定途径将实物样件转化为 CAD 模型,再通过利用 CAM、RPM、RT、PDM、CIMS 等先进技术对其进行处理或管理。同时,随着现代测试技术的发展,快速、精确地获取实物的几何信息已变为现实。例如,在汽车、航空等工业领域中复杂外形的设计,目前 CAD 软件还很难满足形状设计的要求,仍然需要根据由黏土、木头或石膏等制成的手工模型,采用逆向工程的手段将实物模型转化为 CAD 模型,实现对象数字化,从而建立起产品的数字化模型。

逆向工程改变了 CAD 系统从图纸到实物的传统设计模式,为产品的快速开发及原型化设计提供了一条新途径,广泛应用于机械、航空、汽车、医疗、艺术等领域。

1.2 逆向工程的主要技术

逆向工程技术的流程为:对实物样件进行坐标数据采集,得到表面几何数据,然后进行数据拼合、简化、三角化、去噪等预处理;由于测量模型通常由多个面组成,因而还需要对测



量数据进行分块,再进行曲面拟合,最后导入 CAD 系统进行产品模型重构。逆向工程有如下几项主要技术。

1. 数据采集技术

随着传感技术、控制技术、制造技术等相关技术的发展,出现了各种各样的数据采集方法,主要分为接触式、非接触式和破坏式三大类,其中代表性的数据采集设备有三坐标测量机、光学扫描仪和断层扫描仪等。

2. 数据处理技术

数据处理的关键技术包括多视拼合、噪声去除、数据简化、数据补缺和网格化等。

1) 多视拼合

无论是接触式或非接触式的测量方法,要完成样件所有表面的数据采集,必须进行多方位采集,数据处理时就涉及了多视拼合技术。即对从不同视角测量的样件数据确定一个合适的坐标变换方法进行拼接,将从各个视图得到的点集合并到一个公共的坐标系下,从而得到一个完整的模型。

2) 噪声去除

在测量过程中,由于环境变化和其他人为的因素,数据点不可避免地会存在噪声,有必要对数据点进行去噪滤波。数据滤波通常采用高斯、平均和中值滤波等方法。

3) 数据简化

当测量数据的密度很高时,如光学扫描设备常采集到几十万、几百万甚至更多的数据点,存在大量的冗余数据,严重影响后续算法的效率,因此需要按一定要求减少测量点的数量。

4) 数据补缺

由于被测实物本身的几何拓扑原因或者是受到其他物体的阻挡,会存在部分表面无法测量、采集的数字化模型存在数据缺损的现象,因而需要对数据进行补缺。例如,某些深孔类零件可能无法测全;另外,在测量过程中常需要一定的支撑或夹具,模型与夹具接触的部分无法获得真实的坐标数据。

3. 模型重构技术

产品的三维 CAD 模型重构是指从一个已有的物理模型或实物零件产生出相应的 CAD 模型的过程,包含物体离散测点的网格化、特征提取、表面分片和曲面生成等,是整个 RE 过程中最关键、最复杂的一环,也为后续的工程分析、创新设计和加工制造等应用提供数学模型支持。其内容涉及计算机、图像处理、图形学、计算几何、测量和数控加工等众多交叉学科和工程领域,是国内外学术界,尤其是 CAD/CAM 领域广泛关注的热点和难点问题。

在实际的产品中,只由一张曲面构成的情况不多,产品形面往往由多张曲面混合而成。由于组成曲面类型的不同,因此,CAD 模型重建的一般步骤为:先根据几何特征对点云数据进行分割,然后分别对各个曲面片进行拟合,再通过曲面的过渡、相交、裁剪、倒圆等手段,将多个曲面“缝合”成一个整体,即重建的 CAD 模型。

随着计算机辅助几何设计理论和技术的发展及应用、CAD/CAE/CAM 集成系统的开

发和商业化,利用产品实物的数据采集技术,通过各种数据处理手段获得产品 CAD 模型信息,然后充分利用成熟的 CAD/CAE/CAM 技术快速、准确地建立实体数学几何模型,在工程分析的基础上,加工出产品模具,最后制成产品,便形成了逆向工程技术与 CAD/CAE/CAM 集成的样品—数据—产品的开发过程,如图 1-2 所示。

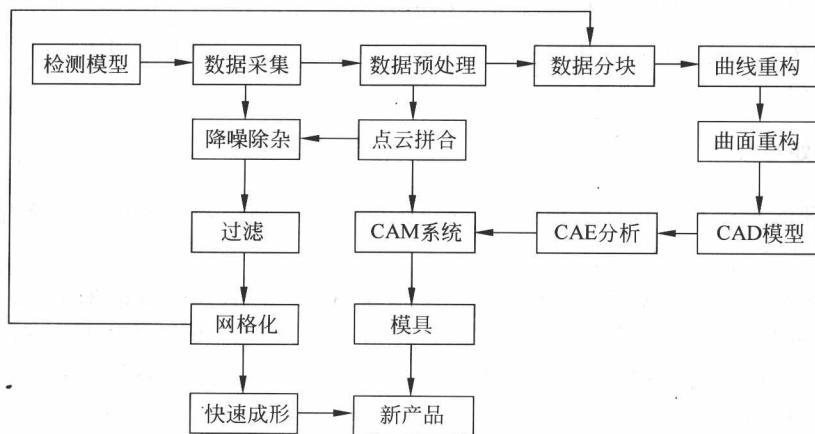


图 1-2 逆向工程主要技术

1.3 逆向工程技术实施的条件

1. 逆向工程技术实施的硬件条件

在逆向设计过程中,需要从设计对象中提取三维数据信息。检测设备的发展为产品三维信息的获取提供了硬件条件。不同的测量方式,不但决定了测量本身的精度、速度和经济性,还造成了测量数据类型及后续处理方式的不同。根据测量探头是否和零件表面接触,逆向工程中物体表面三维数据的收集方法一般可以分为接触式(contact)和非接触式(non-contact)两种。接触式包括基于力-变形原理的触发式和连续式数据收集;而非接触式主要有激光三角测量法、激光测距法、光干涉法、结构光法、图像分析法等。

总的来说,精度与获取数据时间是数字化方法最基本的指标。数字化方法的精度决定 CAD 模型的精度及反求的质量,测量速度也在很大程度上影响反求过程的快慢。目前常用的各种方法在这两方面各有优缺点,且有一定的适用范围,所以在应用时应根据被测物体的特点及对测量精度的要求来选择对应的测量方法。在接触式测量方法中,三坐标测量机(coordinate measuring machining, CMM)是应用最为广泛的一种测量设备;而在非接触式测量方法中,激光三角法和结构光法被认为是目前最成熟的三维形状测量方法,在工业界得到广泛应用,德国 GOM 公司研发的 ATOS 测量系统及 Steinbichler 公司的 COMET 测量系统都是这种方法的典型代表。能够同时结合接触式测量和激光扫描的关节臂式测量机目前在国内也得到了广泛的应用。

不同的测量对象和测量目的,决定了测量过程和测量方法的不同。在实际测量时,应该根据测量对象的特点以及设计工作的要求采用合适的测量方法并选择相应的测量设备。

2. 逆向工程技术实施的软件条件

随着逆向工程及其相关技术理论研究的深入进行,其成果的商业应用也日益受到重视。在专用的逆向工程软件问世之前,CAD模型的重建都依赖于正向的CAD/CAM软件,如UG、GRADE、Pro/Engineer等。由于逆向建模的特点,正向的CAD/CAM软件不能满足快速、准确的模型重建需要,所以开发专用的逆向软件的需求日益迫切。较早的做法是在一些商品化的CAD/CAM软件上集成逆向模块,如Pro/Engineer的SCAN-TOOLS模块、UG的Point cloudy功能、CATIA的QSR/GSD/DSE等几个模块。随着市场需求的增长,这些有限的功能模块已不能满足数据处理、造型等逆向技术的要求,而伴随着逆向工程及其相关技术理论研究的深入进行及其成果商业应用的广泛展开,大量的商业化专用逆向工程CAD建模系统日益涌现。当前,市场上提供逆向建模功能的系统达数十种之多,具有代表性的EDS公司的Imageware、Geomagic公司的Geomagic Studio、Paraform公司的Paraform、PTC公司的ICEM Surf、DELCAM公司的CopyCAD以及国内浙江大学开发的RE-Soft等。

这些系统的出现极大地方便了逆向工程设计人员,为逆向工程的实施提供了软件支持。

1.4 逆向工程的应用与意义

1. 逆向工程的应用

1) 新产品开发

现在产品正朝着美观化、艺术化的方向发展,产品的工业美学设计逐渐纳入创新设计的范畴。为实现创新设计,可将工业设计和逆向工程结合起来共同开发新产品。首先由外形设计师使用油泥、木模或泡沫塑料做成产品的比例模型,从审美角度评价并确定产品的外形,然后通过逆向工程技术将其转化为CAD模型,这不仅可以充分利用CAD技术的优势,还大大加快了创新设计的实现过程。在航空业、汽车业、家用电器制造业以及某些玩具制造行业都得到不同程度的应用和推广。

2) 产品的仿制和改型设计

在只有实物而缺乏相关资料(图纸或CAD模型)的情况下,利用逆向工程技术进行数据测量和数据处理,重建与实物相符的CAD模型,并在此基础上进行后续的操作,如模型修改、零件设计、有限元分析、误差分析、数控加工指令生成等,最终实现产品的仿制和改进。该方法可广泛应用于摩托车、家用电器、玩具等产品外形的修复、改造和创新设计,提高了产品的市场竞争能力。

3) 快速模具制造

为了在激烈的市场竞争中生存和发展,模具制造业引进了各种先进的设计技术。逆向工程技术在快速模具制造中的应用主要体现在两个方面:一是以样本模具为对象,对已符合要求的模具进行测量,重建其CAD模型,并在此基础上生成模具加工程序;另一种情况是以实物零件为对象,为了利用CAD/CAM技术来加工模具,首先要将实物转化为CAD模型,并在此基础上进行模具设计。

4) 快速原型制造

快速原型制造(rapid prototyping manufacturing, RPM),综合了机械、CAD、数控、激光以及材料科学等各种技术,已成为新产品开发、设计和生产的有效手段,其制作过程是在CAD模型的直接驱动下进行的。逆向工程恰好可为其提供上游的CAD模型。两者相结合组成了产品测量、建模、修改、再测量的闭环系统,可实现设计过程的快速反复迭代。

5) 产品的数字化检测

这是逆向工程一个新的发展方向。对加工后的零部件进行扫描测量,获得产品实物的数字化模型,并将该模型与原始设计的几何模型在计算机上进行数据比较,可以有效检测制造误差,提高检测精度。另外,通过CT扫描技术,还可以对产品进行内部结构诊断及量化分析等,从而实现无损检测。

6) 医学领域断层扫描

先进的医学断层扫描仪器,如CT等能够为医学研究与诊断提供高质量的断层扫描信息,为人体器官的CAD建模提供了良好的条件。在反求人体器官CAD模型的基础上,利用快速成形(RP)技术可以快速、准确地制造硬组织器官替代物、体外构建软组织或器官应用的三维骨架以及器官模型,为组织工程进入定制阶段奠定基础,同时也为疾病医治提供辅助手段。

7) 服装、头盔等的设计制造

根据个人形体的差异,采用先进的扫描设备和曲面重构软件,快速建立人体的数字化模型,从而设计制造出头盔、鞋、服装等产品,并使人们在互联网上就能定制自己所需的产品。同样,在航空宇航领域,宇航服装的制作要求非常高,需根据不同体形特制,逆向工程中参数化特征建模为实现批量的定制头盔和衣服的制作提供了新思路。

8) 艺术品、考古文物等的复制

应用逆向工程技术,还可以对工艺品、文物等进行复制,可以方便地生成基于实物模型的计算机动画、虚拟场景等。

2. 逆向工程的意义

逆向工程作为吸收和消化现有技术的一种先进设计理念,其意义不仅仅是仿制,应该从原型复制走向再设计。以现有产品为原型,对逆向工程所建立的CAD模型进行改进得到新的产品模型,实现产品的创新设计。CAD模型是实现创新设计的基础,还原实物样件的设计意图,注重重建模型的再设计能力是当前逆向工程CAD建模研究的重点。三维重建只是实现产品创新的基础,再设计的思想应始终贯穿于逆向工程的整个过程,将逆向工程的各个环节有机结合起来,集成CAD/CAE/CAM/CAPP/CAT/RP等先进技术,使之成为相互影响和制约的有机整体,从而形成以逆向工程技术为中心的产品开发体系。

逆向工程是一门开拓性、综合性、实用性较强的技术,属于新兴的交叉学科分支。逆向工程的重大意义在于:逆向工程不是简单地把原有物体还原,它还要在还原的基础上进行二次创新。所以逆向工程作为一种新的创新技术现已广泛应用于工业领域并取得了重大的经济效益。

我国是最大的发展中国家,消化、吸收国外先进产品技术并进行改进是重要的产品设计手段。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,缩短开发周期,可以使企业适应小批量、多品种的生产要求,从而使企业在激烈的市场竞争中处于有利的地位。逆向工程技术的应用对我国企业缩短与发达国家的差距具有特别重要的意义。

本章小结

本章首先对逆向工程技术的基本概念进行了定义,然后介绍了逆向工程中的主要技术,包括数据采集技术、数据处理技术和模型重构技术;阐述了逆向工程技术实施的软硬件条件;最后归纳了逆向工程技术在各行业中的应用,并指出了应用和推广逆向工程技术的重要工程意义。



学习目标

通过学习,了解逆向工程数据采集系统的分类以及相应的测量原理,了解三坐标测量机的基本类型及功能,掌握接触式测量与非接触式测量的不同技术特点,了解测量数据的处理技术。

通过本章的内容,使读者了解逆向工程中的数据采集系统,有助于读者根据自身需求和产品特性,选择合适的数据采集设备。

学习要求

能力目标	知识要点
了解逆向工程数据采集系统基本概念	接触式测量、非接触式测量
了解三坐标测量机	固定式三坐标测量机、便携式关节臂测量机
掌握接触式测量与非接触式测量技术特点	接触式测量和非接触式测量的优、缺点
了解测量数据的处理技术	杂点删除、过滤、采样

2.1 数据采集系统概述

数据采集是指通过特定的测量方法和设备,将物体表面形状转换成几何空间坐标点,从而得到逆向建模以及尺寸评价所需数据的过程。选择快速而精确的数据采集系统,是逆向工程实现的前提条件,它在很大程度上决定了所设计产品的最终质量,以及工作的效率和成本。目前市面上常见的数据采集系统有多种形式,如三坐标划线机、三坐标测量机、便携式关节臂测量机、激光测量系统、结构光测量系统等。其测量原理不同,所能达到的精度、数据采集的效率以及所需投入的成本也各不相同,需根据所设计产品的类型做出相应的选择。

根据测量时测头是否与被测量零件接触,目前的测量方法通常分为接触式和非接触式两大类。其中,接触式测量设备根据所配测头的类型不同,又可以分为力触发式以及连续扫描式等类型,常见的产品有三坐标测量机和关节臂式测量机。而非接触式测量设备则与光

学、声学、磁学等多个领域有关,根据其工作原理不同,可分为光学式和非光学式两种,前者的工作原理多根据结构光测距法、激光三角形法、激光干涉测量法而来,后者则包括 CT 测量法、超声波测量法等类型。逆向工程数据获取方法分类如图 2-1 所示。

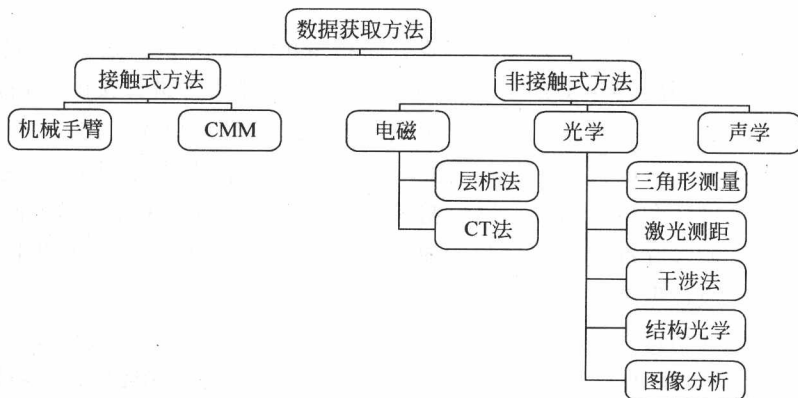


图 2-1 逆向工程数据获取方法分类

目前市面上的测量设备生产厂家较多,产品类型也多种多样,其中在行业里面居领导地位的公司包括瑞典海克斯康公司、美国 Brown & Sharpe 公司、法国 Romer 公司、瑞士 TESA 公司、意大利 DEA 公司、德国 Leitz 公司、以色列 CogniTens 公司等。

另外,在逆向工程的数据采集处理过程中,数据测量和点云处理软件也占据了极为重要的位置,它们决定了硬件设备采集数据在计算输出时的准确性和便捷性。目前行业内较为重要的测量软件主要包括 PC-DMIS 和 Quindos 等,而点云处理软件则有 Geomagic Studio、Imageware 等。

2.2 三坐标测量机

三坐标测量机起源于 20 世纪 50 年代,其最初仅仅具有检测仪器的作用,可对加工零部件的尺寸、形状、角度、位置以及形位公差等要求进行检测,其采用的测头也只有接触式测头这一种。随着科学技术的不断进步,三坐标测量技术已经日益成熟,现在的三坐标测量机除了原有的接触式检测方式之外,还可以外接非接触式激光扫描测头、红外线式触发测头、针尖式接触测头等多种形式的测头,实现曲面的连续扫描、管路管件的非接触测量以及在零部件上直接划线等功能。该设备由于具有很高的测量精度以及较快的测量速度,而被广泛地应用于航空航天、汽车制造、轨道交通、电子加工乃至科研教学等领域,应用于产品设计、制造、检测的全过程。而随着逆向工程技术的发展,三坐标测量机也成为该领域中重要的数据采集系统。

三坐标测量机根据测量原理不同,可分为固定式三坐标测量机、便携式关节臂测量机等多种类型。由于其工作原理不同,其结构组成也各不相同。以下对目前最为常用的固定式三坐标测量机以及便携式关节臂测量机进行介绍。