

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列



逆向工程技术应用教程

刘 鑫 主 编

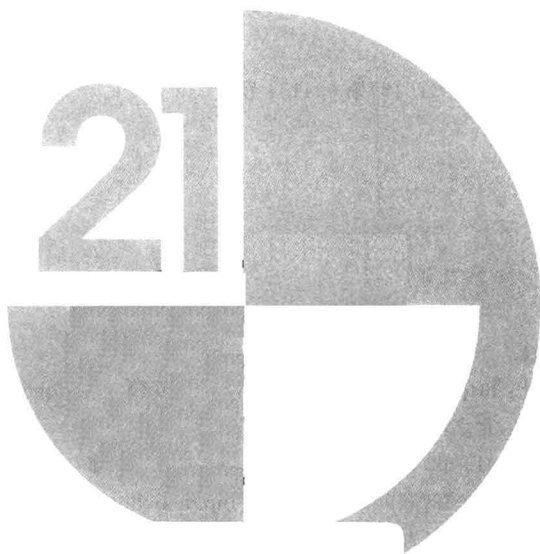
清华大学出版社

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列

逆向工程技术应用教程

刘 鑫 主 编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照逆向工程技术实际应用的具体流程,通过7个项目实例详细讲解了正向设计和逆向设计的区别、不同测量设备和逆向造型软件的具体使用技巧及逆向造型的设计特点。各项目根据逆向设计的不同阶段采用不同的软件进行设计,充分结合了市面上现有逆向造型软件的优点,避免了只用一种软件进行逆向设计的弊端。

本书可作为CAD/CAM等机械类专业高职高专学生综合技能实训的教材,也可作为从事CAD/CAM的工程技术人员参考用书。

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

逆向工程技术应用教程 / 刘鑫主编. --北京:清华大学出版社,2013

21世纪高职高专规划教材.模具设计与制造系列

ISBN 978-7-302-32361-7

I. ①逆… II. ①刘… III. ①工业产品—计算机辅助设计—高等职业教育—教材
IV. ①TB472.99

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第094154号

责任编辑:刘翰鹏

封面设计:常雪影

责任校对:刘静

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795764

印 装 者:北京市密东印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.5 字 数:307千字

版 次:2013年8月第1版 印 次:2013年8月第1次印刷

印 数:1~2800

定 价:29.00元

产品编号:049499-01

前 言

逆向工程技术作为一种新的产品开发形式,在缩短产品开发周期、消化吸收国外先进技术、提升产品竞争力中发挥着越来越重要的作用。现代逆向工程技术除广泛应用在汽车工业、航空航天工业、机械工业、消费性电子产品等几个传统领域外,也开始应用于多媒体虚拟实境、仿制和破损的修复等领域,特别是在模具设计与制造方面的应用更是有了重大突破。当前,企业界对逆向工程技术人员的需求量越来越大。为了顺应市场的需求与发展,完善机械类专业的课程设置,高等职业院校要根据社会需求设置课程,许多学校开设了《逆向工程技术》这门课程,并取得了良好效果。但是市面上关于逆向工程技术的相关教材比较少,特别是结合企业案例讲解逆向设计的就更少了。逆向工程技术的广泛应用和快速发展,将导致越来越多的院校开设这门课程。因此,亟须结合企业案例对逆向工程技术的具体应用进行讲解,才能做好这门课程的教学工作,使学生具备逆向工程技术的专业知识,掌握产品快速开发的过程和方法。

本书根据项目式教学方法的思路编写,在突出职业技能应用能力培养的指导思想下探索现代的高职教育形式,按照逆向工程技术实际应用的具体流程顺序,通过以下7个项目并结合实例详细讲解了正向设计和逆向设计的区别、不同测量设备和逆向造型软件的具体使用技巧及逆向造型的设计特点。

项目1:了解逆向工程技术。主要介绍逆向工程技术的定义、流程及应用领域;

项目2:利用常规测量方式的零件三维建模。结合项目介绍利用常用测量器具(包括游标卡尺、高度游标卡尺、千分尺、万能角度尺、半径规、塞尺等)进行常规测量的方法;

项目3:基于三坐标测量技术的数据采集。介绍三坐标测量机的测量原理及基本操作步骤,并结合项目操作三坐标测量机对工业产品进行测量;

项目4:基于3DSS光栅扫描技术的数据采集。介绍3DSS光栅扫描仪的测量原理及基本操作步骤,并结合项目操作3DSS光栅扫描仪对工业产品进行测量;

项目5:基于Geomagic的数据拼接处理。结合项目介绍Geomagic软件数据拼接的操作步骤及处理方法;

项目6:基于Imageware的数据预处理。结合项目介绍Imageware数据预处理和建立工件坐标系的一般步骤和方法;

项目7:基于UG的产品逆向设计。结合项目介绍UG进行逆向造型设计的方法。

本书涉及知识面广,作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见和建议,以便进一步修订和完善。

编 者
2013年5月

目 录

项目 1 了解逆向工程技术	1
1.1 逆向工程技术简介	1
1.2 逆向工程技术的工作流程	2
1.3 逆向工程技术常用软件	3
1.3.1 基于正向的 CAD/ CAE/ CAM 系统软件	3
1.3.2 专用的逆向造型软件	5
1.4 逆向工程技术的关键技术	8
1.4.1 数据采集技术	8
1.4.2 曲面重构技术	11
1.5 逆向工程技术的应用领域	14
项目 2 基于常规测量方式的零件三维建模	19
2.1 常规测量工具及其使用方法	19
2.1.1 游标卡尺	19
2.1.2 高度游标卡尺	20
2.1.3 千分尺(螺旋测微器)	21
2.1.4 万能角度尺	23
2.1.5 90°宽座角尺	25
2.1.6 半径规(R 规)	25
2.1.7 平板	26
2.1.8 量块	27
2.1.9 塞尺	27
2.2 计算机机箱塑料支架的测量	28
2.2.1 计算机机箱塑料支架结构分析	28
2.2.2 测量步骤与方法	29
2.2.3 产品各尺寸测量结果	33
2.3 计算机机箱塑料支架实体造型设计	34
2.3.1 新建支架模型文件	34
2.3.2 外形轮廓特征构建	35
2.3.3 台阶特征构建	36
2.3.4 侧面板特征构建	38
2.3.5 安装孔特征构建	40

2.3.6	两端吊耳特征构建	41
2.4	拓展训练	43
项目 3	基于三坐标测量技术的数据采集	44
3.1	三坐标测量机简介	44
3.1.1	三坐标测量机的历史与发展	44
3.1.2	三坐标测量机的测量原理	45
3.1.3	三坐标测量机的组成和结构	46
3.1.4	三坐标测量机在逆向工程中的作用	47
3.2	三坐标测量机基础测量技能实训	48
3.2.1	测量机操作盒	48
3.2.2	测头管理	49
3.2.3	测量坐标系	50
3.2.4	元素的测量和构造	52
3.2.5	元素的相关关系	54
3.2.6	形位公差的位置	54
3.2.7	测量数据的导入和导出	54
3.3	肥皂盒三坐标测量	55
3.3.1	实物分析及测量方案制订	55
3.3.2	测量系统构成	56
3.3.3	新建测量程序	58
3.3.4	定义测头文件	58
3.3.5	构造测量基准并建立工件坐标系	60
3.3.6	分区域测量	62
3.3.7	测量数据导出	63
3.4	肥皂盒逆向造型设计	63
3.4.1	新建肥皂盒模型文件	63
3.4.2	主体曲面特征构建	64
3.4.3	漏水孔特征构建	68
3.4.4	圆柱体特征构建	71
3.4.5	加强筋特征构建	72
3.4.6	肥皂盒创新设计	73
3.5	拓展训练	73
项目 4	基于 3DSS 光栅扫描技术的数据采集	75
4.1	3DSS 测量系统简介	75
4.1.1	3DSS 测量系统的特点和测量原理	75
4.1.2	3DSS 光栅扫描仪的组成和结构	76
4.1.3	3DSS 光栅扫描仪在逆向工程中的作用	76

4.2	3DSS 光栅扫描仪基本操作	78
4.2.1	扫描策略	78
4.2.2	扫描测量过程相关操作	79
4.2.3	分区域测量	88
4.2.4	测量数据导出	91
4.3	灯罩 3DSS 光栅扫描仪测量	93
4.3.1	实物分析及测量方案制订	93
4.3.2	扫描测量过程	93
4.3.3	测量数据导出	98
4.4	拓展训练	98
项目 5	基于 Geomagic 的数据拼接处理	99
5.1	数据拼接技术简介	99
5.1.1	多视点云数据对齐的定义	99
5.1.2	常用的多视点云数据对齐方法	100
5.2	Geomagic 软件基础	101
5.2.1	Geomagic 软件简介	101
5.2.2	Geomagic 软件优点	102
5.2.3	Geomagic 软件逆向设计常用命令	103
5.3	灯罩光栅扫描仪测量数据拼接处理	104
5.3.1	测量数据导入 Geomagic 软件	104
5.3.2	灯罩多视点云数据拼接处理	105
5.3.3	灯罩点云数据预处理	108
5.3.4	测量数据导出	109
5.4	基于 Geomagic 数据拼接的产品质量检测	110
5.4.1	汽车减震器托盘数据采集和数据拼接处理	110
5.4.2	导入测试对象和参考对象	111
5.4.3	色谱误差分析	111
5.4.4	创建注释和形位公差标注	112
5.4.5	2D 截面误差分析	113
5.4.6	创建报告	113
5.5	基于 Geomagic 的复杂曲面快速曲面重构	115
5.5.1	玩具猪数据采集	115
5.5.2	玩具猪数据处理	115
5.5.3	玩具猪数据三角化	117
5.5.4	创建 NURBS 曲面	120
5.6	拓展训练	123

项目 6 基于 Imageware 的数据预处理	125
6.1 数据预处理技术简介	125
6.1.1 点云数据预处理技术的意义	125
6.1.2 测量数据的剔除和修补	126
6.1.3 点云数据的滤波和精简	127
6.1.4 点云数据分块	128
6.2 Imageware 软件基础	129
6.2.1 Imageware 软件简介	129
6.2.2 Imageware 软件优点	130
6.2.3 Imageware 软件逆向设计常用命令	131
6.3 灯罩光栅扫描仪测量数据预处理	133
6.3.1 测量数据导入 Imageware 软件	133
6.3.2 灯罩点云数据预处理	134
6.3.3 工件坐标系的建立	135
6.3.4 关键特征提取及截面线剖切	142
6.3.5 后处理数据导出	145
6.4 拓展训练	146
项目 7 基于 UG 的产品逆向设计	147
7.1 UG 软件基础	147
7.1.1 UG 软件简介	147
7.1.2 UG 逆向造型的一般方法和技巧	149
7.2 灯罩产品 UG 逆向造型设计	152
7.2.1 测量数据导入 UG 软件	152
7.2.2 灯罩大面构建	154
7.2.3 灯罩边界修剪和实体生成	163
7.2.4 细节安装特征构建	168
7.3 拓展训练	172
附录 A 2009 年全国职业院校技能大赛“产品造型设计及快速成型”项目试题	173
附录 B 2010 年全国职业院校技能大赛“零部件 3D 测量与制造”项目试题	185
附录 C 2011 年全国 3D 大赛“天远杯”逆向设计竞赛样题	196
附录 D 2012 年全国职业院校技能大赛“工业产品造型设计与快速成型”项目样题 ...	199
参考文献	205

项目 1

了解逆向工程技术



项目目的

- (1) 了解逆向工程技术的概念和基本工作流程；
- (2) 了解常用的逆向设计造型软件；
- (3) 理解逆向工程技术的核心技术；
- (4) 掌握逆向工程技术的具体应用领域及应用方法；
- (5) 培养学生独立分析和解决实际问题的实践能力。



项目内容

- (1) 逆向工程技术简介及其工作流程；
- (2) 理解逆向工程技术的核心技术；
- (3) 掌握逆向工程技术的具体应用领域及应用方法；
- (4) 掌握逆向工程技术在模具行业的具体应用。



课时分配(参考)

本项目共 5 个单元,课时 4 学时。

1.1 逆向工程技术简介

随着工业的进步以及经济的快速发展,在消费者对产品高质量的要求下,产品功能上的要求已不再是赢得市场的唯一条件。产品不仅要具有先进的功能,还要有流畅、富有个性的产品外观,以吸引消费者的注意。流畅、富有个性的产品外观要求必然会使得产品外形由复杂的自由曲面组成。但是,在设计和制造中,传统的产品开发模式基于产品或构件的功能和外形,由设计师在计算机辅助设计软件中构造,即正向工程,很难用严密、统一的数学语言来描述这些自由曲面。

为适应先进制造技术的发展,需要将实物样件或手工模型转化为 CAD 数据,以使用快速成型(Rapid Prototyping, RP)系统计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)系统和产品数据管理(Product Data Management, PDM)的先进技术对其进行处理和管理,并进行进一步修改和再设计优化。此时,就需要一个一体化的解决方案:样品—数据—样品。逆向工程专门为制造业提供了一个全新、高效的重构手段,实现从实物到几何模型的直接转换。

逆向工程(Reverse Engineering, RE)又称为反向工程,其思想来源于从油泥模型到产品实物的设计过程。20世纪90年代初,在现代计算机技术及测试技术飞速发展的同时,逆向工程也发展成为一项以国内外先进产品、设备的实物为研究对象,以现代设计理论、人机工程学、计量学、计算机图形学和相关专业知识为基础,利用先进制造技术来进行产品仿制及新产品开发的一种技术手段,最终实现对先进产品的认识、再现及创造性地开发。

逆向工程作为消化吸收已有先进技术并进行创新开发的重要手段,人们对其的理论研究和应用越来越多。通过综合利用 RE 技术和 CAD 技术,形状复杂产品的数字化建模质量和效率将大大提高,并且能够以较低的成本制造出原型产品,从而有力支持新产品的创新设计和快速开发。

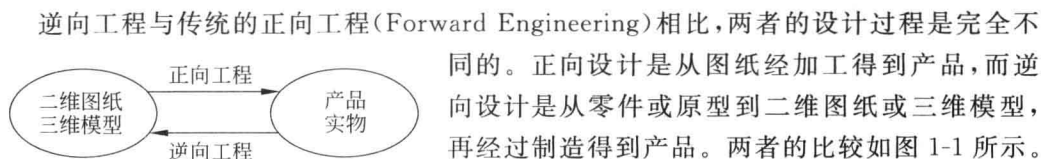


图 1-1 正向工程与逆向工程的比较

正向设计是从图纸经加工得到产品,而逆向设计是从零件或原型到二维图纸或三维模型,再经过制造得到产品。两者的比较如图 1-1 所示。

正向工程是从无到有的全新设计过程,而逆向工程则是对已有产品进行变形设计的再创新过程,两者在设计流程上有很大的区别,但目的都是一样的,即设计并生产出符合要求的产品。

1.2 逆向工程技术的工作流程

逆向工程工作的基本流程是:首先对实物样件或油泥模型进行数据采集,得到样件表面的几何数据,然后对这些数据进行去噪、三角化、全局优化、数据分块等预处理,再根据点云数据进行曲面重建,然后根据产品工艺和功能要求,对光顺后的曲面进行工艺分块和产品结构设计,最终完成产品 CAD 模型重建。之后还可以进行一系列后续仿真分析操作,如有限元分析、运动仿真分析以及数控加工指令生成等。图 1-2 为逆向工程的基本工作流程。图 1-3 为某发动机气道砂芯的逆向设计流程。

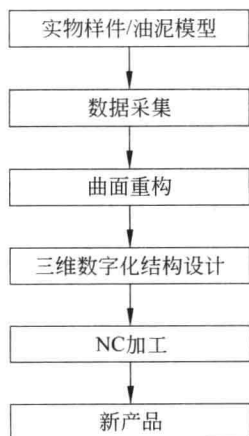


图 1-2 逆向工程的基本工作流程

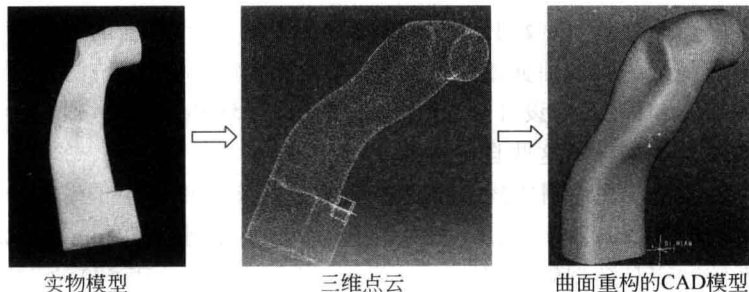


图 1-3 发动机气道砂芯逆向设计流程

1.3 逆向工程技术常用软件

1.3.1 基于正向的 CAD/CAE/CAM 系统软件

1. CATIA

CATIA 是法国 Dassault Systems 公司旗下的 CAD/CAE/CAM 一体化软件, Dassault Systems 成立于 1981 年, CATIA 是英文 Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application 的缩写。它支持从项目前阶段、具体的设计、分析、模拟、组装到维护在内的全部工业设计流程。CATIA 软件界面如图 1-4 所示。

它由以下三大模块专门进行逆向造型设计。

(1) Digitized Shape Editor, DSE, 数字曲面编辑器, 根据输入的点云数据, 进行采样、编辑、裁剪以达到最接近产品外形的要求, 可生成高质量的 mesh 小三角片体, 完全非参。

(2) Quick Surface Reconstruction, QSR, 快速曲面重构, 根据输入的点云数据或者 mesh 以后的小三角片体, 提供各种方式生成曲线, 以供曲面造型, 完全非参。

(3) Automotive Class A, 汽车 A 级曲面, 完全非参, 此模块提供了强大的曲线曲面编辑功能, 和无比强大的一键曲面光滑功能。几乎所有命令可达到 G3, 而且不破坏原有光滑外形。可实现多曲面甚至整个产品外形的同步曲面操作(控制点拖动、光滑、倒角等)。对于丰田等对 A 级曲面要求近乎疯狂(全 G3 连续等)的要求, 可应付自如。目前只有纯造型软件, 比如 Alias、Rhino 可以达到这个高度, 不过达不到 CATIA 的高精度。

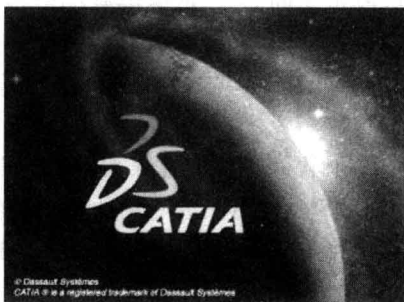


图 1-4 CATIA 软件界面

2. UG

UG(Unigraphics NX)是 Siemens PLM Software 公司的一个产品工程解决方案, 它为用户的产品设计及加工过程提供了数字化造型和验证手段。它不但拥有现今 CAD/CAM 软件中功能最强大的 Parasolid 实体建模核心技术, 更提供高效能的曲面建构能力, 能够完成复杂的造型设计。其生产厂商是全球著名的 MCAD 供应商 Unigraphics

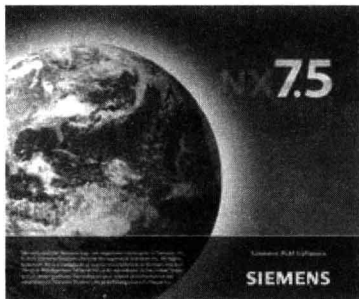


图 1-5 UG 软件界面

Solutions 公司(UGS), 主要通过其虚拟产品开发(VPD)的理念为汽车与交通、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 UG 软件界面如图 1-5 所示。

UGS NX 具有丰富的曲面建模工具。包括直纹面、扫描面、通过一组曲线的自由曲面、通过两组类正交曲线的自由曲面、曲线广义扫掠、标准二次曲线方法放样、等半径和变半径倒圆、广义二次曲线倒圆、两张

及多张曲面间的光顺桥接、动态拉动调整曲面、等距或不等距偏置、曲面裁减、编辑、点云生成、曲面编辑。

NX 还拥有自由形状建模,用于设计高级自由形状,或直接在实体上设计,或作为独立片体设计,使得它能够进行复杂自由形状的设计,如机翼和进气道,以及工业设计的产品。UG/Freeform 建模形成合并实体和曲面建模技术到一个强大功能的工具集的技术,技术包括沿曲线的扫描,利用 1、2 和 3 个轨道方法成比例地建立形状,从标准二次锥方法的放样体,圆形或锥形截面的圆角,在两个或更多的其他体间充顺桥接间隙的曲面,也支持通过一个曲线/点网格定义形状或对逆向工程任务通过点出去拟合建立形状模型,或通过修改定义的曲线,改变参数的数值,或通过利用图形的或数字的规律控制来进行编辑。例如,一个可变半径的倒圆或改变一个扫描的横截面积,模型是与所有其他 UG 功能完全集成的,UG/Freeform Modeling 也包括为评估复杂模型的形状、尺寸和曲率的易于使用的工具。

除了软件本身拥有强大的曲面设计功能,Siemens PLM Software 公司已经收购了由美国 EDS 公司出品的专用的逆向造型软件 Imageware,我们期待在后续的 UGS NX 版本中直接将 Imageware 的强大功能集成进来,实现无缝连接。

3. Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 软件是美国参数技术公司(PTC)旗下的 CAD/CAM/CAE 一体化的三维软件。Pro/ENGINEER 软件以参数化著称,是参数化技术的最早应用者,在目前的三维造型软件领域中有着重要的地位,Pro/ENGINEER 作为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准得到了业界的认可和推广。Pro/ENGINEER 软件界面如图 1-6 所示。



图 1-6 Pro/ENGINEER 软件界面

PTC 的系列软件包括了在工业设计和机械设计等方面的多项功能,还包括对大型装配体的管理、功能仿真、制造、产品数据管理等。

Pro/ENGINEER 还提供了目前所能达到的最全面、集成最紧密的产品开发环境。

它由以下模块专门进行逆向造型设计:

(1) Pro/SCAN-TOOLS 能够满足工业上使用物理模型作为新设计起点的需求。把模型数字化,它的形状和曲面就可以以点数据的形式输入到 Pro/SCAN-TOOLS 中,因此能产生高质量的与物理原型非常匹配的模式。

Pro/ENGINEER 允许将现有实物产品转换为数字化模型。它具有一整套自动化功能,并具有实施剧烈的设计变更的能力,从而有助于改进产品定制,并提高设计重用率。Pro/ENGINEER 逆向工程以其快速且功能强大的特性使用户能有效地利用现有的知识产权。

(2) Pro/SURFACE 能够使设计人员和工程人员直接对 Pro/ENGINEER 的任一实体零件中的几何外形和自由形式的曲面进行有效地开发,或者开发整个曲面模型。

(3) Pro/ENGINEER Interactive Surface Design 通过 Pro/ENGINEER 交互式曲面设计的自由形状曲面设计功能,使设计者和工程师可以快速轻松地创建极为准确并

且具有独特美感的产品设计。结果可以根据用户的需求而不是软件的限制来进行设计。

1.3.2 专用的逆向造型软件

1. Imageware

Imageware 由美国 EDS 公司出品,是最著名的逆向工程软件,正被广泛应用于汽车、航空、航天、消费家电、模具、计算机零部件等设计与制造领域。该软件拥有广大的用户群,国外有 BMW、Boeing、GM、Chrysler、Ford、Raytheon、Toyota 等著名国际大公司,国内则有上海大众、上海申模模具制造有限公司、上海 DELPHI、成都飞机制造公司等大企业。

以前该软件主要被应用于航空航天和汽车工业,因为这两个领域对空气动力学性能要求很高,在产品开发的开始阶段就要认真考虑空气动力学性能。常规的设计流程是:首先根据工业造型需要设计出结构,制作出油泥模型之后将其送到风洞实验室去测量空气动力学性能,然后再根据实验结果对模型进行反复修改直到获得满意结果为止,如此所得到的最终油泥模型才是符合需要的模型。如何将油泥模型的外形精确地输入计算机成为电子模型,就需要采用逆向工程软件。首先利用三坐标测量仪器测出模型表面点阵数据,然后利用逆向工程软件 Imageware 进行处理即可获得 A 级曲面。Imageware 软件界面如图 1-7 所示。

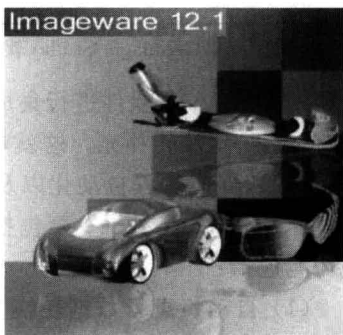


图 1-7 Imageware 软件界面

随着科学技术的进步和消费水平的不断提高,许多其他行业也纷纷开始采用逆向工程软件进行产品设计。

以微软公司生产的鼠标器为例,就其功能而言,只需要三个按键就可以满足使用需要,但是,怎样才能让鼠标器的手感最好,而且经过长时间使用也不易产生疲劳感却是生产厂商需要认真考虑的问题。因此微软公司首先根据人体工程学制作了几个模型并交给使用者评估,然后根据评估意见对模型直接进行修改,直至修改到满意为止,最后再将模型数据利用逆向工程软件 Imageware 生成 CAD 数据。当产品推向市场后,由于其外观新颖、曲线流畅,再加上手感很好,符合人体工程学原理,因而迅速获得用户的广泛认可,产品的市场占有率大幅度上升。

Imageware 采用 NURBS 技术,软件功能强大,Imageware 由于在逆向工程方面具有技术先进性,产品一经推出就占领了很大市场份额,软件收益正以 47% 的年速率快速增长。

Imageware 主要用来做逆向工程,它处理数据的流程遵循点—曲线—曲面原则,流程简单清晰,软件易于使用。

Imageware 在计算机辅助曲面检查、曲面造型及快速样件等方面具有其他软件无可匹敌的强大功能,它当之无愧地成为逆向工程领域的领导者。

2. Geomagic Studio

由美国 Geomagic 公司出品的逆向工程和三维检测软件 Geomagic Studio 可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,并可自动转换为 NURBS 曲面。Geomagic Studio 可根据任何实物零部件自动生成准确的数字模型。Geomagic



图 1-8 Geomagic Studio 软件界面

Studio 还为新兴应用提供了理想的选择,如定制设备大批量生产,即定即造的生产模式以及原始零部件的自动重造。Geomagic Studio 软件界面如图 1-8 所示。

Geomagic Studio 的特点:确保完美无缺的多边形和 NURBS 模型处理复杂形状或自由曲面形状时,生产率比传统 CAD 软件提高十倍。自动化特征和简化的工作流程可缩短培训时间,并让用户免于执行单调乏味、劳动强度大的任务。可与所有主要的三维扫描设备和 CAD/CAM 软件进行集成,能够作为一个独立的应用程序运用于快速制造,或者作为对 CAD 软件的补充。这就难怪世界各地有 3000 以上的专业人士使用 Geomagic 技术定制产品,促使流程自动化以及提高生产能力。

Geomagic Studio 主要包括 Qualify、Shape、Wrap、Decimate、Capture 五个模块。主要功能包括:

- (1) 自动将点云数据转换为多边形(Polygons)。
- (2) 快速减少多边形数目(Decimate)。
- (3) 把多边形转换为 NURBS 曲面。
- (4) 曲面分析(公差分析等)。
- (5) 输出与 CAD/CAM/CAE 匹配的文件格式(IGS、STL、DXF 等)。

3. CopyCAD

CopyCAD 是由英国 Delcam 公司出品的功能强大的逆向工程系统软件,它能允许从已存在的零件或实体模型中产生三维 CAD 模型。该软件为来自数字化数据的 CAD 曲面的产生提供了复杂的工具。CopyCAD 能够接受来自坐标测量机床的数据,同时跟踪机床和激光扫描器。

Delcam CopyCAD Pro 是世界知名的专业化逆向/正向混合设计 CAD 系统,采用全球首个 Tribid Modelling 三角形、曲面和实体三合一混合造型技术,集三种造型方式为一体,创造性地引入了逆向/正向混合设计的理念,成功地解决了传统逆向工程中不同系统相互切换、烦琐耗时等问题,为工程人员提供了人性化的创新设计工具,从而使得“逆向重构+分析检验+外形修饰+创新设计”在同一系统下完成。CopyCAD Pro 为各个领域的逆向/正向设计提供了高速、高效的解决方案。

CopyCAD 软件界面如图 1-9 所示。

Delcam CopyCAD Pro 具有高效的巨大点云数据运算处理和编辑能力,提供了独特

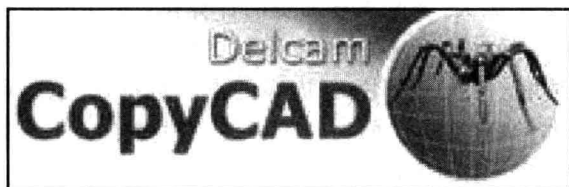


图 1-9 CopyCAD 软件界面

的点对齐定位工具,可快速、轻松地对齐多组扫描点组,快速产生整个模型;自动三角形化向导可通过扫描数据自动产生三角形网格,最大限度地避免了人为错误;交互式三角形雕刻工具可轻松、快速地修改三角形网格,增加或删除特征或是对模型进行光顺处理;精确的误差分析工具可在设计的任何阶段帮助用户对照原始扫描数据对生成模型进行误差检查;Tribrid Modelling 三合一混合造型方法不仅可进行多种方式的造型设计,同时可对几种造型方式混合布尔运算,提供了灵活而强大的设计方法;设计完毕的模型可在 Delcam PowerMILL 和 Delcam FeatureCAM 中进行加工。

CopyCAD 简单的用户界面允许用户在尽可能短的时间内进行生产,并且能够快速掌握其功能,即使对于初次使用者也能做到这点。使用 CopyCAD 的用户将能够快速编辑数字化数据,产生具有高质量的复杂曲面。该软件系统可以完全控制曲面边界的选取,然后根据设定的公差能够自动产生光滑的多块曲面。同时, CopyCAD 还能够确保在连接曲面之间的正切的连续性。

该软件的主要功能如下:

- (1) 数字化点数据输入。
- (2) 点操作。
- (3) 三角测量。
- (4) 特征线的产生。
- (5) 曲面构造。

4. RapidForm

RapidForm 是韩国 INUS 公司出品的全球四大逆向工程软件之一, RapidForm 提供了新一代运算模式,可实时将点云数据运算出无缝的多边形曲面,成为 3D Scan 后处理最佳的接口。RapidForm 也将使用户的工作效率提升,使 3D 扫描设备的运用范围扩大,改善扫描品质。RapidForm 软件界面如图 1-10 所示。



图 1-10 RapidForm 软件界面

该软件的主要特征如下:

- (1) 多点云数据管理界面。高级光学 3D 扫描仪会产生大量的数据(可达 100 000~

200 000 点),由于数据非常庞大,因此需要昂贵的计算机硬件才可以运算,现在 RapidForm 提供记忆管理技术(使用更少的系统资源)可缩短用户处理数据的时间。

(2) 多点云处理技术。可以迅速处理庞大的点云数据,无论是稀疏的点云还是跳点都可以轻易地转换成非常好的点云,RapidForm 使用过滤点云工具以及分析表面偏差的技术来消除 3D 扫描仪所产生的不良点云。

(3) 快速点云转换成多边形曲面的计算方法。在所有逆向工程软件中,RapidForm 提供一个特别的计算技术,针对 3D 及 2D 处理是同类型计算,软件提供了一个最快最可靠的计算方法,可以将点云快速计算出多边形曲面。RapidForm 能处理无顺序排列的点数据以及有顺序排列的点数据。

(4) 彩色点云数据处理。RapidForm 支持彩色 3D 扫描仪,可以生成最佳化的多边形,并将颜色信息映象在多边形模型中。在曲面设计过程中,颜色信息将完整保存,也可以运用 RP 成型机制作出有颜色信息的模型。RapidForm 也提供上色功能,通过实时上色编辑工具,使用者可以直接对模型编辑喜欢的颜色。

(5) 点云合并功能。多个点扫描数据有可能经手动方式将特殊的点云加以合并,RapidForm 也提供一技术,使用者可以方便地对点云数据进行各种各样的合并。

1.4 逆向工程的关键技术

当前,国内外对逆向工程关键技术的研究主要集中在数据采集技术和曲面重构技术两个方面。

1.4.1 数据采集技术

形状表面数据采集是逆向工程的第一步工作,逆向工程技术的实施必须以数字化测量设备的输出数据为基础,只有在得到需要进行逆向设计的实体的表面三维信息后,才能实现模型检测、复杂曲面重建、评价和制造等后续工作。而逆向工程测量得到的数据质量直接影响对被测实体描述的精度和完整程度,进而影响重构的 CAD 曲面、三维实体模型的质量,并最终影响整个工程的进度和质量。因此,数据采集是整个逆向工程技术实施的基础,也是逆向工程中的关键技术之一。

根据测量探头是否接触零件表面,常用的数据采集方法可分为接触式采集方法和非接触式采集方法两大类,如图 1-11 所示。

1. 接触式数据采集方法

接触式数据采集方法主要有两种,即基于力触发原理的触发式数据采集和基于模拟量开关探头的连续扫描数据采集。

(1) 触发式数据采集方法。触发式数据采集采用触发式探头,当测头的探针与样件的表面接触时,由于探针尖变形触发采样开关,数据采集系统即可记下探针尖(测量球中心点)的当时坐标,探针沿样件表面轮廓逐点移动,就能采集到完整的样件三维数据。

(2) 连续式数据采集方法。连续式数据采集的探头采用模拟量开关,模拟式探头与样件的表面接触时会产生侧向位移,经可变线圈感应,会产生相对的电电压变化,此模拟电

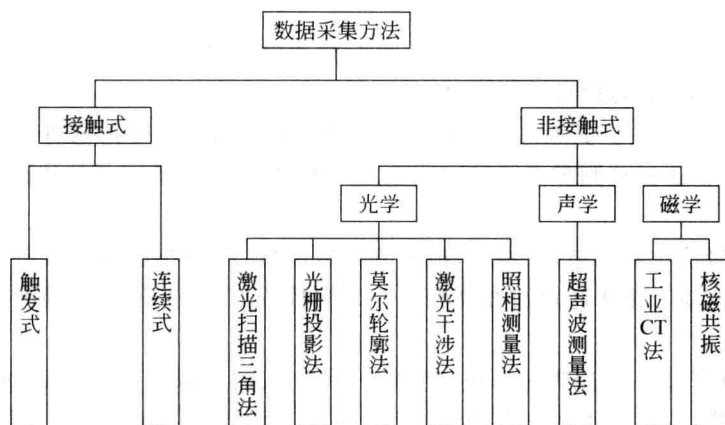


图 1-11 测量方法

压变化信号转换成数字信号送入处理器,探针沿样件表面轮廓移动,就能采集到完整的样件的表面轮廓数据。由于这种方法的数据采集过程是连续的,测量速度比触发式探头快许多倍,采样精度也较高。但使用模拟式探头时必须保持实时与样件的接触,测量过程中不能中途离开样件表面。这种测量适用于曲率变化平滑的样件表面。由于与样件的接触力较小,可以用小直径的探针去扫描具有细微部分或由较软材料制作的模型。

2. 非接触式数据采集方法

非接触式数据采集方法主要是利用光学、声学、磁学等学科的基本原理,将一定的模拟量转化为被测模型表面的坐标点。该方法包括激光扫描三角法、莫尔轮廓法、光栅投影法、照相测量法和工业 CT 法等,其中激光扫描三角法是逆向工程中复杂曲面数据采集应用最广泛的方法。

(1) 激光扫描三角法。其原理是将激光束照射到被测物体上,用 CCD 得到漫反射光成像点,根据光源点、被测物体表面反射点和 CCD 上的成像点之间的三角关系,从而计算出被测物体表面某点的三维坐标。

三角法的优点是速度快并且不与被测工件表面接触。因此,适合测量尺寸较大、外部曲面复杂的零件(见图 2-3)。随着先进技术的不断发展,激光扫描三角法将成为应用最为广泛的方法之一。

(2) 光栅投影法。其原理是利用投影仪将光栅影线投影到被测物体的表面,光栅影线受到被测样件表面高度变化的影响而发生变形,通过解调变形的的光栅影线可以计算出被测样件表面高度值,再通过解码即可确定被测件的三维坐标。

光栅投影法的优点是测量精度高、范围大、速度快、成本低、操作方便;缺点是只能测量表面曲率变化不大的物体,对于表面形状有突变的物体,光栅影线在陡峭处经常会发生相位突变,从而影响测量精度。

(3) 照相测量法。其原理是用一个或多个照相机,从不同方向拍摄被测物体三幅以上的照片,利用交会原理和模式识别,计算出各个特征点,进而综合计算出物体表面三维