

张晋西 郭学琴 张甲瑞 编著

逆向工程基础及 应用实例教程



YZL0890107087

清华大学出版社

逆向工程基础及 应用实例教程

张晋西 郭学琴 张甲瑞 编著



YZLI0890107087

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍四大著名逆向工程软件之首——UG NX 中提供的逆向工程造型软件 Imageware, 抽出 Imageware 中最常用的部分加以介绍, 重在实际操作技能的讲解, 以期读者在短时间内掌握逆向反求的基本技巧。

全书分为两个部分——基础部分和实例部分。基础部分介绍 Imageware 基本知识, 根据命令的使用频率, 选择常用的优先加以讲解, 重要命令均提供实例操作图形, 并提供原始点云。实例部分首先根据产品结构特点, 剖析逆向反求思路, 然后一步步具体地讲解实现过程。精选的实例包含大量的逆向反求技巧, 读者要认真体会, 学会分析, 逐步过渡到对任何复杂的产品均可提出有效的解决方案。

随书附赠的光盘提供了各章涉及的原始点云以及各步骤的反求结果文件共 60 个, 读者可结合本书学习使用。

本书可作为高校教材, 也可供设计技术人员阅读参考。

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

逆向工程基础及应用实例教程 / 张晋西, 郭学琴, 张甲瑞编著. —北京: 清华大学出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-302-26283-1

I. ①逆… II. ①张… ②郭… ③张… III. ①工业产品—计算机辅助设计—应用软件, Imageware—教材 IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 141699 号

责任编辑: 张秋玲 洪 英

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 杨 艳

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: 北京市清华园胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260

印 张: 11.5

字 数: 280 千字

附光盘 1 张

版 次: 2011 年 11 月第 1 版

印 次: 2011 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 29.00 元

产品编号: 036426-01

逆向工程技术与传统的正向设计方法不同。它是根据已存在的产品或零件原型,重构产品或零件的 CAD 模型,在此基础上对已有产品进行剖析、理解和改进,是对已有设计的再设计。在整个逆向工程中,产品三维几何模型的 CAD 重建是最关键、最复杂的环节。因为只有获得了产品的 CAD 模型,才能够在此基础上进行后续产品的加工制造、快速成型制造、虚拟仿真制造、产品的再设计等。逆向工程技术涉及计算机图形学、计算机图像处理、微分几何、概率统计等学科,是 CAD 领域最活跃的分支之一。逆向技术在我国的应用日趋广泛,很多企业急需这方面的杰出人才。

Imageware 由美国 EDS 公司出品,为 UG NX 中提供的逆向工程造型软件,居四大著名逆向工程软件之首,具有强大的点云数据处理、曲面造型、误差检测功能。可以处理几万至几百万的点云数据,根据这些点云数据构造的 A 级曲面(CLASS A)具有良好的品质和曲面连续性。利用 Imageware 的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以及平面度、真圆度等几何公差,所以该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,如国外有 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 DELPHI、成都飞机制造公司等大企业。

本书讲解及实例操作采用目前广受好评的 Imageware 12.1 版本,全书共分为两个部分。

第 1~5 章为基础部分,介绍 Imageware 基本知识,根据命令的使用频率,优先选择最常用的命令加以讲解,突出重点,便于读者尽快入门。常用命令均提供实例操作图形,并提供原始点云及完成结果文件,供对照理解。

第 6~9 章为实例部分,首先根据产品点云结构特点,剖析逆向反求思路,列出思路要点,然后一步一步具体地介绍操作过程,进行产品逆向构形。对关键曲面的构造,进行详细介绍并适当拓展一些知识与技巧;对简单曲面的构造,用简洁的语言交代构造思路,并给出结果。每一步操作都详细列出了命令在菜单中的位置,便于读者快速寻找使用。精选的实例包含大量的逆向反求技巧,读者要认真体会,学会分析,逐步过渡到对任何复杂的产品均可提出有效的解决方案。

本书根据作者多年的教学经验,抽出 Imageware 软件中最常用的部分加以介绍,重在实际操作技能的掌握,指导读者在短时间内融会贯通逆向反求的基本技巧。

随书附赠的光盘提供了各章涉及的原始点云以及各步骤的反求结果文件共 60 个,读者阅读本书时,可打开这些文件,作为原始素材,并与自己操作的结果进行比较。

本书获得重庆理工大学教材出版重点资助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者电子邮箱: zjx2002cq@sina.com。

编 者

2011 年 5 月于重庆理工大学

第 1 章	Imageware 基本操作	1
1.1	Imageware 12.1 界面简介	1
1.2	快速入门小实例	2
1.3	基本操作与常用命令	5
1.4	图层与群组管理	9
1.4.1	层管理器	9
1.4.2	群组	10
1.4.3	捕捉模式	10
1.5	常用快捷键	11
第 2 章	点云操作	14
2.1	点云分类和创建	14
2.1.1	点云分类	14
2.1.2	获得点云	16
2.2	点云分割	19
2.3	点云处理	26
2.3.1	点云平均	26
2.3.2	点云平滑	26
2.3.3	数据精简	28
2.3.4	噪点删除	30
2.4	按特征提取点云	31
2.5	多边形化点云与编辑	33
2.5.1	多边形化点云	33
2.5.2	编辑三角形面片	33
2.6	点云测量与查询	34
第 3 章	曲线操作	36
3.1	创建曲线	36
3.1.1	3D 样条曲线	36

3.1.2	基本曲线	37
3.2	构造曲线	43
3.2.1	拟合曲线	43
3.2.2	派生曲线	48
3.3	曲线编辑	53
第4章	曲面操作	59
4.1	曲面创建	59
4.1.1	平面的创建	59
4.1.2	基本曲面的创建	60
4.2	曲面构造	63
4.2.1	点云构造曲面	63
4.2.2	通过曲线构造曲面	67
4.2.3	通过曲线扫掠曲面	72
4.3	曲面编辑	74
第5章	评估与误差检测	81
5.1	图形显示控制	81
5.1.1	控制点分布图	81
5.1.2	切向/法向显示图	81
5.1.3	曲率	83
5.2	曲面光顺性检查	85
5.3	曲线及曲面连续性判断	88
5.4	点云特性	90
5.5	可加工性	92
5.6	误差测量	94
5.6.1	与点云相关的误差测量	94
5.6.2	与曲线相关的误差测量	96
5.6.3	与曲面相关的误差测量	96
5.6.4	距离测量	98
5.6.5	面积测量	99
5.6.6	角度与切线方向	100
5.7	方向与排序	102
第6章	充电器插头	107
6.1	反求思路	107
6.2	曲面构造	108
6.2.1	提取点云	108
6.2.2	拟合曲面	110

6.2.3	倒圆角	114
6.2.4	三圆角曲面汇交	115
6.2.5	剪切圆孔	118
6.2.6	镜像获得对称曲面	119
6.3	误差与光顺性分析	120
第7章	茶壶	122
7.1	反求思路	122
7.2	定位点云	123
7.3	壶盖与壶身	126
7.3.1	壶盖回转轴	126
7.3.2	构建回转剖切曲线	126
7.3.3	壶盖与壶身回转曲面	130
7.4	壶柄	130
7.4.1	壶柄剖切曲线	130
7.4.2	放样壶柄	133
7.4.3	壶柄与壶身桥接	134
7.5	壶嘴	136
7.5.1	壶嘴剖切曲线	136
7.5.2	壶嘴顶部曲线	136
7.5.3	壶嘴放样曲面	137
7.5.4	壶嘴与壶身桥接	138
7.6	通气孔	139
7.6.1	圆孔剪切	139
7.6.2	重新制作壶盖部分曲面	139
7.7	误差分析	142
第8章	摩托车盖板	143
8.1	反求思路	143
8.2	大面	144
8.2.1	大面 D1	144
8.2.2	大面 D2 和 D3	147
8.3	侧面	147
8.3.1	侧面 C1	147
8.3.2	侧面 C2~C7	148
8.4	倒角	150
8.4.1	倒圆角	150
8.4.2	多面倒角 J0	150
8.4.3	Z 形倒角 J1	151

8.4.4	倒角 J2	153
8.4.5	收缩形倒角 J4	154
8.4.6	其余倒角	155
8.5	曲面上开槽	157
8.6	曲面上凸痕	158
第 9 章	移动电话	161
9.1	反求思路	161
9.2	采用颜色提取点云	162
9.3	背面与侧面	162
9.4	键盘面板	164
9.5	大面连接	165
9.6	球面听音孔	166
9.7	数字显示面板	168
9.8	键孔	169
9.9	送话孔	172
9.10	天线	173
参考文献		176

第 1 章

Imageware 基本操作

本章对 Imageware 界面做了简单介绍,通过一个由点云构造曲面的小实例,使读者对软件的一些基本操作有大致地了解;右键菜单是常用命令的集合,初学者应优先掌握;层管理器可以给软件操作、管理带来极大的方便,本章对此做了解释和说明。掌握本章内容,可使读者在短时间内快速熟悉 Imageware 的基本操作。

1.1 Imageware 12.1 界面简介

运行 Imageware 12.1 后,软件界面如图 1.1 所示。界面主要包括视图区、菜单栏、工具条、滑动条、视图下拉列表、图层下拉列表、图形信息提示栏、命令信息提示栏、方位坐标、单位下拉列表等。

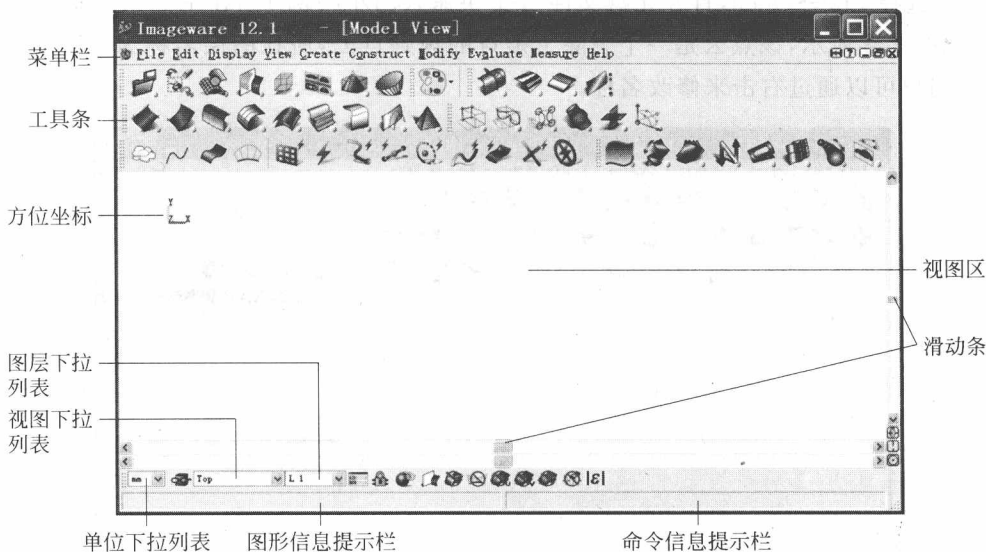


图 1.1

(1) 视图区: 显示打开的图形文件。

(2) 菜单栏: 包含软件的所有命令。

(3) 工具条: 和菜单功能一样,但通过图标可直观地选择命令。工具条中,右下角有凸起圆点的图标,按住鼠标左键不放,周围会弹出其余命令图标,如图 1.2 所示;灰色显示的图

标表示目前视图区没有可供操作的元素(如点云、曲线或曲面等),不可选择执行相关命令。

(4) 滑动条:拖动该滑动条,可方便地移动或旋转视图区中的图形。至于是移动还是旋转方式,可通过右击视图中空白处弹出的右键菜单来选定。

(5) 视图下拉列表:顶视图、底视图等 8 个视图,分别对应功能键 F1~F8,利用功能键可快速切换当前视图。

(6) 图层下拉列表:选择任意图层设置为当前层。

(7) 图形信息提示栏:显示当前实体信息。例如,当右击某曲面时,出现右键菜单的同时,该栏显示曲面的名称、所在层、跨度数、曲面阶次等。

(8) 命令信息提示栏:当执行某一命令时,实时提示下一步应如何操作。例如,提示用鼠标左键选择图中曲线等。当执行某些命令时,如果不知道下一步该如何做,可参考此提示信息。

(9) 方位坐标:位于视图的左上角,不受图形缩放的影响,给图形提供参考方位。

(10) 单位下拉列表:文件导入是没有测量单位的,可以在这里的下拉列表中设置单位,默认值为毫米。

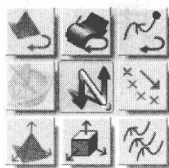


图 1.2

1.2 快速入门小实例

下面介绍一个简单的实例,通过点云反求曲面,使读者对软件操作有个大致的了解。

(1) 选择 File→Open,打开光盘文件“1-1 快速入门小实例 1”,在工具条上选择层管理器,如图 1.3 所示,该点云是一个去除了杂点的规则点云,所在图层名称为 L1,点云名称为“1”,用户可以通过右击来修改名称。

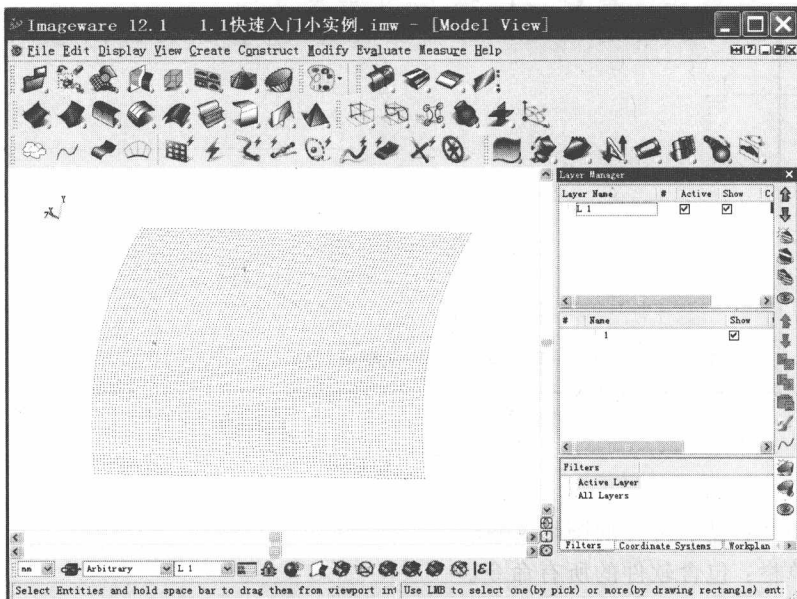


图 1.3

(2) 右击点云, 选择 , 如图 1.4 所示, 得到点云特性显示对话框, 如图 1.5 所示, 可以根据点云的名称, 修改点云显示的形状为 Cross Mark(十字形)或 Circle(圆形)等, 也可改变点云的颜色(Color)、点云的大小(Point Size)等。最后单击 Apply 按钮完成对话框的设置。

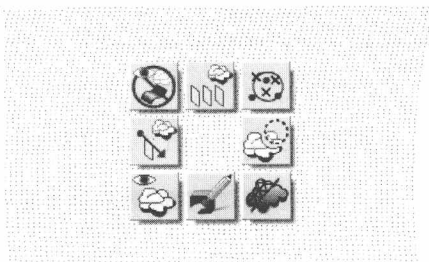


图 1.4

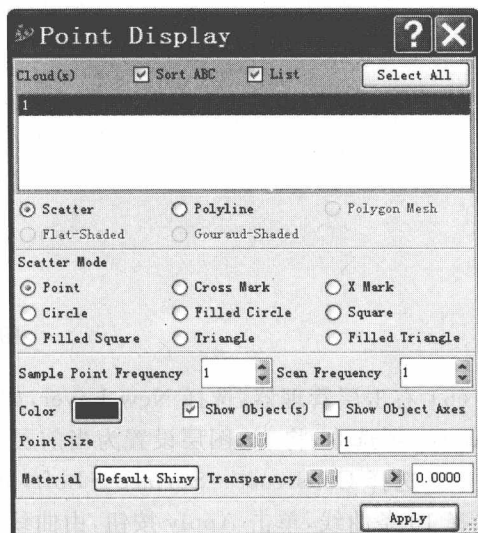


图 1.5

(3) 右击层管理器, 选择 New Layer, 如图 1.6 所示, 新建一个名为 L2 的图层。并且选中 Active 项, 将 L2 图层设置为当前层(活动层), 此后操作命令生成的新的点云、曲线、曲面等实体, 均将位于这一层上。

(4) 右击点云, 选择 , 如图 1.7 所示, 得到平行剖切点云对话框, 在 Sections 文本框中输入 10, 选中 Auto Calculate Spacing 复选框, 自动计算各截面的间距, 单击 Apply 按钮确定。

(5) 选择 Construct→Curve from Cloud→Uniform Curve, 如图 1.8 所示, 选择新得到的名为“1 SectCld”的

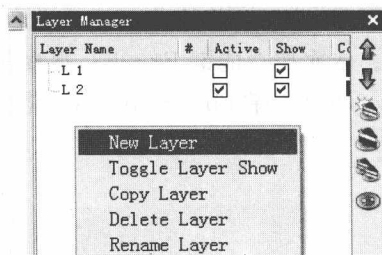


图 1.6

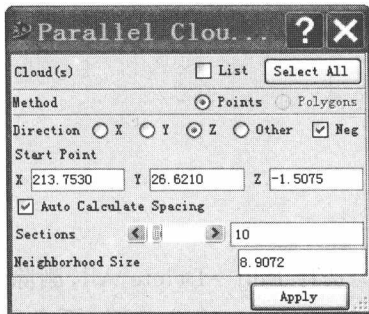
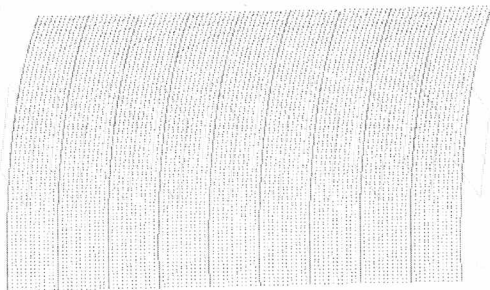


图 1.7

4 点云,单击 Apply 按钮,由点云得到 10 条均匀曲线。

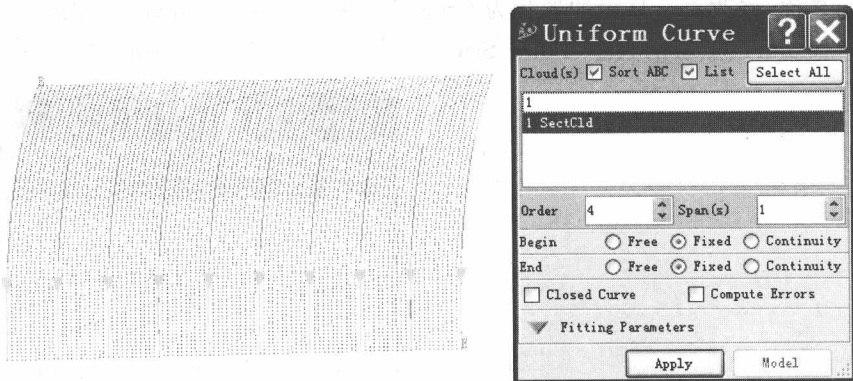


图 1.8

(6) 右击层管理器,选择 New Layer,如图 1.9 所示,新建立一个名为 L3 的图层。并且将 Active 项选中,将 L3 图层设置为当前层。

(7) 选择 Construct→Surface→Loft,如图 1.10 所示,依次选择 10 条曲线,单击 Apply 按钮,由曲线得曲面。

(8) 在层管理器中,取消图层 L1、L2 对应的 Show 的勾选,如图 1.11 所示,用鼠标单击 L3 图层,下面部分显示该图层上只有一个名为 LoftSrf 的曲面,就是刚刚生成的曲面。右击图形,选择  将该曲面渲染着色。至此,完成了点云重构曲面。依次按功能键 F1~F8,观察各种视图状态下的实体显示。

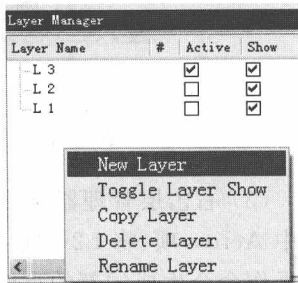


图 1.9

(9) 选择 File→Save As,将完成的曲面另存为文件“1-2

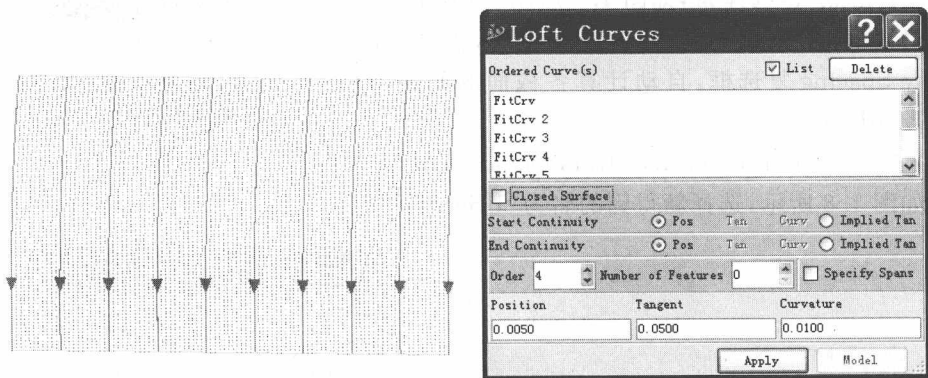


图 1.10

快速入门小实例 2”。

(10) 选择 Edit→Delete All,删除视图中的所有实体,使 Imageware 处于空白文件状态,这样,重新打开一个文件时,不必关闭 Imageware,也不会使两个文件的内容重叠在一起。切换操作文件时,经常需要运用这一方法。

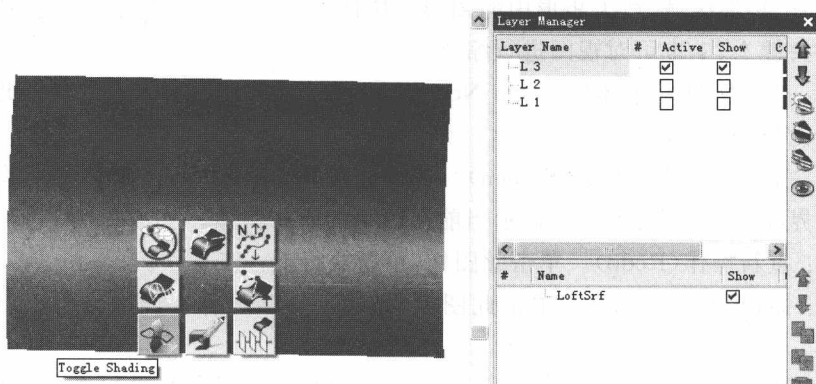


图 1.11

1.3 基本操作与常用命令

Imageware 的操作方式以鼠标为主,键盘为辅。很多工作只用鼠标就可以完成,对鼠标和键盘的熟练程度决定了工作效率。使用三键鼠标,三键各司其职。

1. 鼠标左键

鼠标左键用来选取操作中的所有对象,如几何体、图标、菜单、对话框中的命令和按钮、下拉菜单等。

2. 鼠标中键

鼠标中键目前很多是滚轮形状,按下中键,其作用相当于单击对话框中的 Apply 按钮。

3. 鼠标右键

鼠标右键是功能键,聚集了一些最常用的命令,很多操作均可使用右键菜单来完成。因此,开始学习的时候,熟悉右键菜单,不失为一种快捷的入门方式。

选择 File→Open, 打开光盘文件“1-1 快速入门小实例 2”, 当分别右击视图空白区域、点云、曲线、曲面时, 会弹出不同的浮动工具条, 可选择执行一些最常用的命令。另外, 当分别右击坐标系、约束和群组时, 也会有不同的工具条出现。

下面对这些命令分别加以介绍。

1) 在空白区域上右击

右击视图的空白区域, 将出现图 1.12 所示的右键菜单。

(1) : 移动视图(Translate View)。移动鼠标, 实体随视图平行移动。快捷实现方式: Shift 键+鼠标右键。

(2) : 旋转视图(Rotate View)。移动鼠标, 旋转视图。快捷实现方式: Shift 键+鼠标左键。

(3) : 区域放大(Zoom In Boundary)。按住鼠标左键不放, 拖动

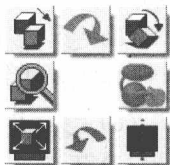


图 1.12

鼠标, 形成一个矩形区域, 放大矩形内的图形。快捷实现方式: Shift 键+鼠标中键。此外, 按住上下箭头键 $\uparrow$ 、 $\downarrow$ 也可对视图进行缩放。

(4) : 变比例显示实体(Toggle Non-proportional Zoom Mode)。单击此图标, 实体在正常长宽比与变比之间切换。

(5) : 完整显示实体(Fill Screen)。实体充满整个视图, 显示实体的所有部分, 当实体超出图形界面时, 用此命令快速显示当前视图中的所有实体。

(6) : 重新操作(Redo)。单击此图标, 重新执行上一步操作。

(7) : 撤销操作(Undo)。单击此图标, 撤销上一步操作。误操作时, 可使用此命令退回。

(8) : 镜像显示当前实体(Mirror Display)。单击此图标, 将当前实体镜像显示, 默认镜像平面为 $Y=0$ 。在检查实体的对称性时, 经常用到该命令。如果误按了此图标, 视图中会出现另一个对称实体, 这常常会使初学者感到困惑, 再次单击此图标, 就可消除镜像。

2) 在点云上右击

在点云上右击, 将出现图 1.13 所示的右键菜单。

(1) : 隐藏实体(Hide Entity)。隐藏右击的实体。

(2) : 平行剖切点云(Parallel Cloud Cross Sections)。给定方向, 获得一组平行的扫描线(Scan Lines)。

(3) : 减少点云(Space Sampling)。当点云太密时, 采用此命令使点云均匀地稀疏。方法有两种, 一种是给出两点间距(Distance Tolerance), 此操作删除距离之内的点, 如图 1.14 所示; 一种是给出剩余点云的总数(To Total Number)。

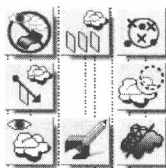


图 1.13

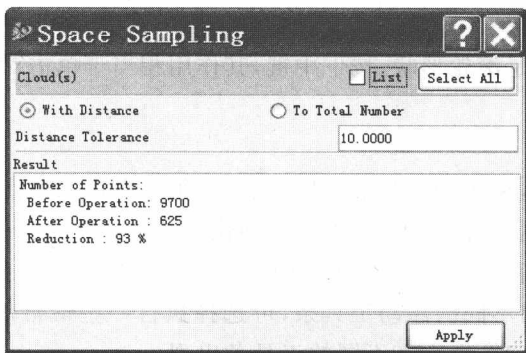


图 1.14

(4) : 交互剖切点云(Interactive Cloud Cross Sections)。用鼠标在点云上选点连线, 剖切点云, 获得扫描线(Scan Lines)。

(5) : 多边形框选点云(Circle-Select Points)。可以进行提取部分点云、删除部分点云、去掉噪声点或多余点等操作。该命令是点云处理的常用方法, 使用频率较高。

(6) : 点云显示(Point Display)。可以改变点云中点显示的形状(点、圆、十字形等)、显示/隐藏点云、减少可见点的数量等。

(7) : 删除实体(Cut Entity)。右击需要删除的实体,删除该实体。此外,也可按下X键,在出现的对话框中选择需要删除的实体。

(8) : 点云多边形化(Polygonize Cloud)。把点云用三角面片连接起来,可以使点云以离散、着色等方式显示,便于观察点云的全貌形状。如图1.15所示。

3) 在曲线上右击

在曲线上右击,出现如图1.16所示的右键菜单。

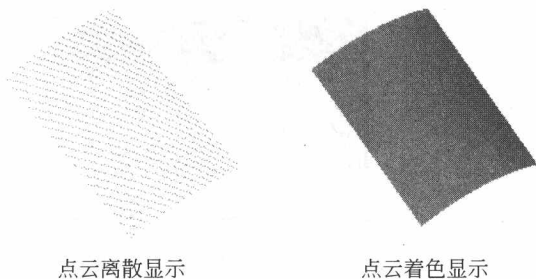


图 1.15

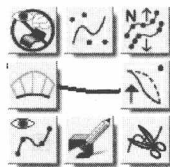


图 1.16

(1) : 显示/隐藏曲线的控制点(Toggle Control Point Visibility)。如图1.17所示。



图 1.17

(2) : 重新参数化曲线(Redistribute B-Spline)。增加曲线的Order(阶次)或Span(跨度)数,控制点增多,可使曲线模拟更复杂的形状,但将增加编辑曲线的难度,影响曲线的光顺性。如图1.18所示。

(3) : 显示/隐藏曲线的曲率图(Toggle Create Curvature Plot)。在曲线上右击,切换曲率图的显示与隐藏状态,这是评估曲线光顺性的方法之一。如图1.19所示。

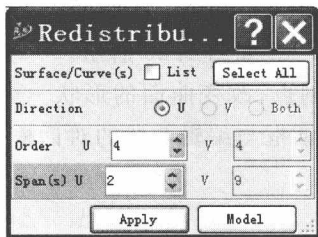


图 1.18

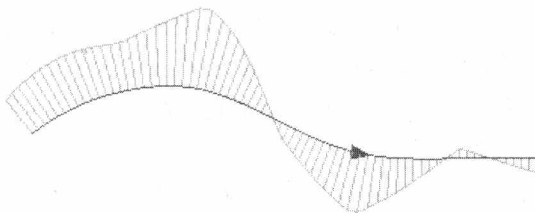


图 1.19

(4) : 编辑曲线(Edit Curve)。修改曲线的控制点,改变曲线的形状。可以用鼠标拖动控制点,也可准确地输入控制点的坐标修改值。如图1.20所示。

(5) : 显示/隐藏曲线的节点(Toggle Knot Visibility)。如图1.21所示。

(6) : 剪断曲线(Snip Curve(s))。可以用取点、曲线、平面等方式剪断曲线。如图1.22所示。

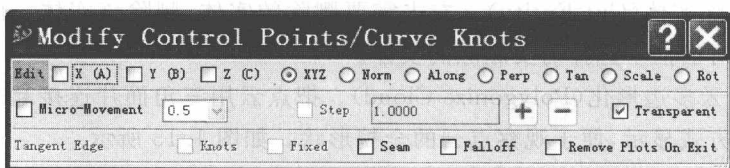


图 1.20



图 1.21

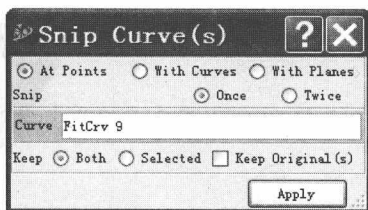


图 1.22

4) 在曲面上右击

在曲面上右击, 出现如图 1.23 所示的右键菜单。

(1) : 显示/隐藏曲面的控制点(Toggle Control Point Visibility)。如图 1.24 所示。

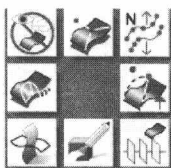


图 1.23

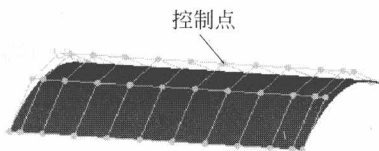


图 1.24

(2) : 重新参数化曲面(Redistribute B-Spline)。增加曲面的 Order(阶次)或 Span(跨度), 控制点增多, 可使曲面模拟更复杂的形状, 但将增加编辑曲面的难度, 影响曲面的光顺性。其对话框与重新参数化曲线的对话框一样, 如图 1.18 所示。

(3) : 显示/隐藏曲面的曲率图(Toggle Create Curvature Plot)。在曲面上右击, 切换曲率图的显示与隐藏状态, 这是评估曲面光顺性的方法之一。如图 1.25 所示。

(4) : 编辑曲面(Edit Surface)。用来修改曲面的控制点, 改变曲面的形状。可以用鼠标拖动控制点, 也可准确地输入控制点坐标修改值。其对话框与编辑曲线的对话框一样, 如图 1.20 所示。

(5) : 切换曲面线框/着色显示。如图 1.26 所示。

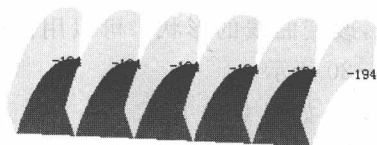
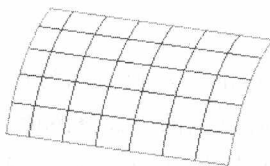
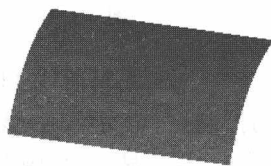


图 1.25



线框显示曲面



着色显示曲面

图 1.26