

CAD/CAM/CAE 实用技术

Imageware 逆向造型应用实例

SUNNYTECH
浙大旭日科技

单 岩 谢斌飞 编著

- 典型的应用案例，有助于掌握 Imageware 的使用方法
- 案例安排由易到难，逐步提升 Imageware 的应用水平
- “零起点”和“手把手”的教学模式，使得学习更加简便
- 光盘中附赠部分实例的操作视频，保证学习质量



源文件 + 操作视频



清华大学出版社

TP391.72

377D

2007

CAD/CAM/CAE 实用技术

Imageware 逆向造型 应用实例

单岩 谢斌飞 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书通过 5 个实际产品的逆向造型, 综合介绍使用 Imageware 软件进行逆向造型的方法与技巧。这 5 个产品分别为卡扣、安全帽、电池盒、后视镜和米老鼠。其中卡扣和电池盒分别属于简单实体和复杂实体造型; 安全帽和后视镜分别属于简单曲面和复杂曲面造型; 米老鼠属于工艺品类, 它是最复杂的曲面类型造型。通过这 5 个实例的学习, 将全面接触并提高各种曲面的构建、编辑和分析方法。

本书结构安排由易到难, 由浅入深, 每个实例均包括造型思路 and 详细的操作步骤两部分, 不仅能对照详细的操作步骤按部就班地练习, 提高软件运用的技能; 更能通过细读、揣摩造型思路, 切实掌握逆向造型的分析方法。本书以 Imageware 软件初、中级读者为对象, 采用“零起点”和“手把手”的教学模式, 使得学习更加简便。本书读者还可通过 51CAX 培训网进行答疑。

本书结构清晰, 语言简练, 实例丰富, 可操作性强, 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。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

Imageware 逆向造型应用实例/单岩, 谢斌飞 编著. —北京: 清华大学出版社, 2007.2

(CAD/CAM/CAE 实用技术)

ISBN 978-7-302-14468-7

I. I… II. ①单…②谢… III. 三维—造型设计: 计算机辅助设计—应用软件, Imageware IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001126 号

责任编辑: 胡伟卷 刘金喜

封面设计: 于洁 王永

版式设计: 康博

责任校对: 胡雁翎

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机: 010-62770175

邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015

客户服务: 010-62776969

印刷者: 北京季蜂印刷有限公司

装订者: 三河市兴旺装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 18.75 字 数: 433 千字

含光盘 1 张

版 次: 2007 年 2 月第 1 版

印 次: 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 36.00 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: 022160-01

《CAD/CAM/CAE 实用技术》丛书特色

▼ 基础知识与实用技术相结合

了解和掌握一定的基础知识，有助于深刻领会 CAD/CAM/CAE 技术中的各种实用功能，做到“知其然，更知其所以然”，从而提高学习效率，保证学习效果，为技术水平的不断提高打下坚实的基础。本丛书中的基础知识内容均经过仔细的筛选，与丛书中所讲授的各种实用技术密切相关。同时，以通俗直观的形式进行讲解，便于读者理解和掌握。

▼ 突出 CAD/CAM/CAE 技术的核心内容

CAD/CAM/CAE 软件虽然种类繁多，但其中的核心功能基本相同，并且构成了 CAD/CAM/CAE 技术的主要组成部分。丛书将各种 CAD/CAM/CAE 技术中的大量功能进行归纳、分类和总结，重点讲解具有共性的、最实用的部分，使读者从整体上把握 CAD/CAM/CAE 技术中的核心功能，并了解其中的规律性，从而达到学精学透的目的。

▼ 功能操作与实际应用相结合

本丛书不仅讲解了 CAD/CAM/CAE 软件中各种实用功能的操作步骤，更重要的是讲解这些功能的应用背景、应用方法和技巧，使读者能够将所学的知识应用到实际工作中，从而达到学以致用目的。

丛书编委会

主 编 单岩（浙江大学）

副主编 吴立军（浙江科技学院）

编 委 周超明（浙大旭日科技） 赵东福（浙江科技学院） 王 刚（浙江大学）

褚专棋（浙大旭日科技） 王瑞金（浙江科技学院） 聂相虹（浙江大学）

周 瑜（浙大旭日科技） 邹凤楼（浙江科技学院） 谢斌飞（浙江大学）

丛书在线答疑方法

本丛书读者可通过 51CAX 培训网进行免费答疑，方法如下：

- (1) 在 www.51cax.com 网站注册并登录。
- (2) 在网站中点击“图书中心”或者“我要买书”，进入图书中心页面。
- (3) 在图书中心页面中点击“图书答疑密码”，在文本框中输入本书所附光盘表面标签上的号码，并确定。
- (4) 在图书中心页面下方“我购买的图书”栏目中该图书的右侧点击“答疑”，即可进入 BBS 的相关区域提出您的问题。

丛书序言

工业技术不断进步的一个重要标志是计算机应用的日益普及。在机械制造业,计算机辅助设计/制造/工程分析(CAD/CAM/CAE)技术的地位和角色正在发生深刻的转变——由稀有昂贵的高级技术资源普及成为常规的和必备的技术手段。随着全球制造业向我国的转移,这种转变已呈现出加速的趋势,形成了对该领域技术人才巨大的市场需求。

在这一趋势的带动下,CAD/CAM/CAE 技术已成为机械行业从业人员和高等院校相关专业学生的学习和培训热点。

CAD/CAM/CAE 技术的发展十分迅速,各种软件层出不穷,版本更新越来越快。面对种类繁多的软件以及日益复杂的功能,初学者往往会感到十分茫然,难以把握学习的要领,以致影响学习的效果和积极性。

为帮助读者扎实、高效地学习和掌握 CAD/CAM/CAE 技术中最实用的部分,我们组织编写了这套《CAD/CAM/CAE 实用技术》丛书。这套丛书总结了我们多年的 CAD/CAM/CAE 技术应用和培训经验,不仅包括了 CAD/CAM/CAE 技术中的经典内容,还讲授了一些比较专业的高级实用技术。其中包括:

- 通用的、基础性的 CAD 技术,如工程制图、三维造型等。
- 应用较为广泛的高级技术,如模具分析、逆向工程等。
- 常用的 CAE 分析技术。

本丛书希望达到的学习目标是:

- 使初学者快速坚实地掌握 CAD/CAM/CAE 的基础知识和基本技能,并具备一定程度的三维造型能力。
- 使具有一定 CAD/CAM/CAE 技术基础和工作经验的读者掌握更专业的高级技术,达到较高的应用水平。

本丛书可供具有中专以上文化程度的机械工程师自学,或作为高等院校相关专业课程的教材,以及用于 CAD/CAM/CAE 技术的普及和高级培训。

限于编写时间和作者的水平,丛书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。希望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便我们今后不断加以完善。可通过网站 <http://www.51cax.com> 与我们交流。

本丛书是编委会全体成员共同努力的结果,在此深表谢意。杭州浙大旭日科技开发有限公司的工程师们为本丛书提供了大量的技术资料和技术支持,在此也对他们表示衷心的感谢。

最后,感谢清华大学出版社为本丛书的出版提供的机遇和帮助。

《CAD/CAM/CAE 实用技术》丛书编委会

前 言

EDS 公司是全球领先的 IT 服务公司，其 Imageware 软件是当今世界上最先进的逆向工程软件之一，广泛应用于航空、航天、汽车、模具、通用机械和电子等工业领域。学习 Imageware 软件的逆向造型技术已成为当前 CAD 应用培训的一个热点。

本书通过详细地介绍 5 个实例的造型过程，引导读者学习使用 Imageware 软件进行逆向造型的方法。

全书共分 5 章：卡扣、安全帽、电池盒、后视镜和米老鼠。

第 1 章 卡扣。介绍简单结构类实体的曲面造型思路与构建方法。

第 2 章 安全帽。介绍简单曲面类实体的曲面造型思路与构建方法。

第 3 章 电池盒。本章内容是第 1 章的提高篇，介绍复杂的结构类实体的曲面造型思路与构建方法。

第 4 章 后视镜。本章内容是第 2 章的提高篇，介绍复杂的曲面类实体的曲面造型思路与构建方法。

第 5 章 米老鼠。米老鼠属于工艺品类，本章介绍不规则曲面的造型思路与构建方法。

通过对这一系列实例的学习，读者将全面地接触各种曲面的构建方法、编辑方法和分析方法。

本书结构安排由易到难，由浅入深，建议读者按章节顺序学习。本书在实例的讲解中将初中级读者作为教学对象，每个实例均有造型思路和详细的操作步骤。采用“零起点”和“手把手”的教学模式，使得学习更加简便。

本书附赠光盘一张，其中包含了各个实例的源文件和部分实例的操作演示视频。

本书由单岩、谢斌飞、邹凤楼、吴立军、周超明、徐勤燕等编写。限于作者的知识水平和经验，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。读者可通过网站 <http://www.51cax.com> 或电子邮件 book@51CAX.com 与我们交流。本书责编的 E-mail: hnliujinxi@163.com。服务邮箱: wkservice@tup.tsinghua.edu.cn。

作 者

2006 年 10 月

目 录

第 1 章 卡扣	1
1.1 产品分析	1
1.2 点云的处理	3
1.2.1 分割点云	3
1.2.2 创建剖面	5
1.2.3 图层管理	8
1.3 顶面的制作	9
1.4 侧面的制作	13
1.5 底面的制作	17
1.6 内侧面的制作	27
1.7 曲面的裁剪	32
1.8 误差分析	42
第 2 章 安全帽	45
2.1 产品分析	45
2.2 点云处理和对齐点云	47
2.2.1 点云处理	47
2.2.2 对齐点云	49
2.3 圆形大面的制作	56
2.3.1 制作末端节点 T1	56
2.3.2 制作末端节点 T2	62
2.4 帽檐的制作	65
2.4.1 提取点云	65
2.4.2 制作均匀曲面	66
2.4.3 制作边界曲线	68
2.4.4 修剪曲面	71
2.5 后期处理	72
2.5.1 光顺度和曲率连续性检查	72
2.5.2 倒圆面	78
2.5.3 误差分析和微调	79

第 3 章 电池盒	83
3.1 产品分析	83
3.2 电池盒底座造型分析	85
3.2.1 T1 的造型分析	85
3.2.2 实现流程	85
3.3 制作底座上半部分	86
3.3.1 制作末端节点 E1	86
3.3.2 制作末端节点 E2	94
3.3.3 裁剪曲面	115
3.4 制作底座下半部分	123
3.4.1 制作节点 E3、E4、E5 和 E6	123
3.4.2 裁剪曲面	138
3.4.3 创建倒圆角	146
3.5 制作定位件	148
3.5.1 分割点云	148
3.5.2 制作节点 T2	151
3.5.3 制作节点 T3	159
3.5.4 制作节点 T4	161
3.5.5 制作节点 T5	164
3.5.6 制作节点 T6	165
3.5.7 制作节点 T7	166
3.5.8 制作节点 T8	168
3.5.9 制作节点 M1	169
第 4 章 后视镜	171
4.1 产品分析	171
4.2 点云的处理	173
4.3 制作大面	176
4.3.1 制作顶面 T1	176
4.3.2 制作侧面 T2	182
4.3.3 创建倒圆面	197
4.3.4 制作直纹面 T3	206
4.4 制作手柄	207
4.4.1 轮廓线	207
4.4.2 端面 T4	211
4.4.3 主干面 T5	214
4.4.4 分叉直纹面 T6	217

4.4.5 手柄分支面 T7	222
4.5 裁剪曲面	227
第 5 章 米老鼠	231
5.1 产品分析	231
5.2 点云处理	233
5.2.1 创建颜色特征	233
5.2.2 分割点云	235
5.2.3 创建轮廓线	238
5.3 耳朵	244
5.4 脸部	248
5.5 眼睛	251
5.5.1 眼皮	251
5.5.2 眼珠	254
5.5.3 倒圆角	263
5.6 鼻子	268
5.6.1 上半部分	268
5.6.2 下半部分	271
5.6.3 倒圆角	273
5.7 嘴巴	274
5.7.1 创建轮廓线	274
5.7.2 分割点云	277
5.7.3 制作舌头	278
5.7.4 制作嘴巴	279
5.7.5 倒圆角	282

第1章 卡 扣

本章通过实体“卡扣”的逆向制作过程，介绍使用 Imageware 软件进行逆向造型的一般过程，着重介绍分割点云和创建剖断面的方法、构建平面的各种命令等内容，同时初步接触曲面的构建方法。

本书将着重介绍每一个实例的软件实现过程，相关的基础知识不再一一赘述了。理论知识部分请参考本系列丛书中的《Imageware 逆向造型技术基础》一书的相关内容。

卡扣成形后的曲面如图 1-1 所示。

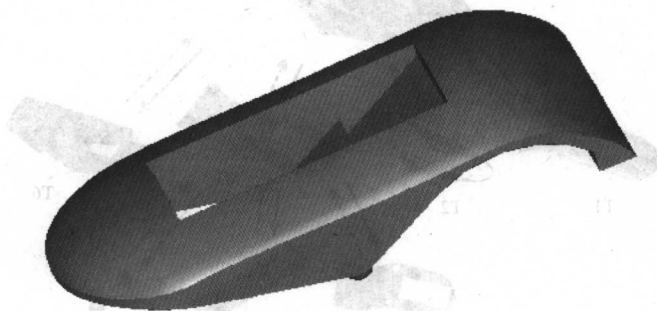


图 1-1

1.1 产 品 分 析

产品分析阶段是工程师对产品进行分解的过程，这也是整个逆向造型过程中最重要的部分。这个过程是工程师针对点云的特征来揣摩设计师在设计之初的设计思路，从而利用逆向的方法来重现模型的构建过程。

当然在没有二维图纸的情况下，不同的工程师对于同一个产品的点云可能有不同的分解方法。一般来说，只要满足曲面的光顺度以及制作出来的曲面与原始点云之间的精度要求，任何方法都是可以被采纳的。

对于有经验的工程师而言，在拿到三维模型的点云时都能按照一个比较简捷方便的途径来分解产品，也就是工程师在进行逆向造型之前，心中已经有了清晰的思路。现在最常用的分解方法是造型树法。

一个产品可以看作是许多个基本的简单的几何元素通过各种关系“合成”的。这种分解的方法称为造型树法。

观察卡扣的外形特征,可以利用造型树法将其分为4个部分:顶面、侧面、底面和内侧面。分解过程如图1-2中的实线箭头所示。

其中顶面可以由顶部的点云直接拟合为一个面,不能继续分解。我们将顶面称为末端节点T1,简称节点T1。

侧面部分也是由一组连续的曲面组成,称为节点T2。

底面(M1)较顶面和侧面复杂,可以分解为1个连续的曲面(节点T3)、7个平面(节点T4)和2个凸台曲面(节点T5)。

内侧面由8个平面(节点T6)组成。

逆向造型的实施过程与产品分析的分解过程刚好相反,即从最下面的节点开始制作,最后得到造型树顶端的产品,如图1-2中的虚线箭头所示。

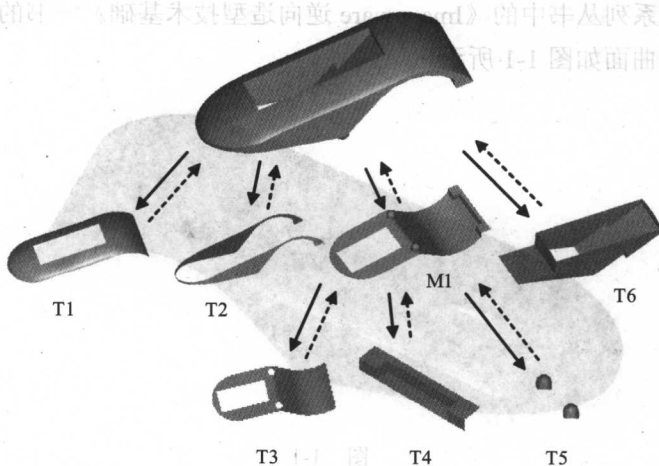


图 1-2

具体操作步骤概要如下。

步骤一：点云的处理

(1) 分割点云。将点云分割为上下两个部分。

(2) 创建剖断面。利用下面的点云创建侧面、底面和内侧面的剖断面点云。

步骤二：曲面的制作

(1) 顶面的制作。

(2) 侧面的制作。

(3) 底面的制作。

(4) 内侧面的制作。

(5) 曲面的裁剪。

步骤三：误差分析

分析曲面与原始点云之间的误差。

1.2 点云的处理

1.2.1 分割点云

分割点云是为后续利用点云直接拟合曲面作准备，就是将需要的点云从完整的点云中分离出来。

【操作步骤】

- (1) 打开附书光盘 exercise 文件夹中的文件 kakou.imw。
- (2) 使用菜单命令 Construct→Polygon Mesh→Polygonize Cloud，得到如图 1-3 所示的命令对话框。在 Cloud 栏显示点云名称 kakou，如果视图中有多个点云可以选择 List 复选框，然后选择需要的点云，也可以在视图中直接单击需要的点云。在 Neighborhood Size 栏中设定多边形化点云的相邻点距离 0.50，根据多边形化的效果可以来调整这一个数值，一般取点与点距离的 3~5 倍。

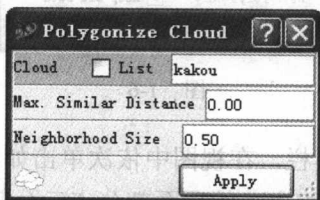


图 1-3

- (3) 单击鼠标中键确定。多边形化前后的点云变化如图 1-4 所示。实体多个面的点云重合在一起，初学者可能产生混淆感。利用多边形命令可以更加直观地观察点云的成形特征，决定点云的分割方案。

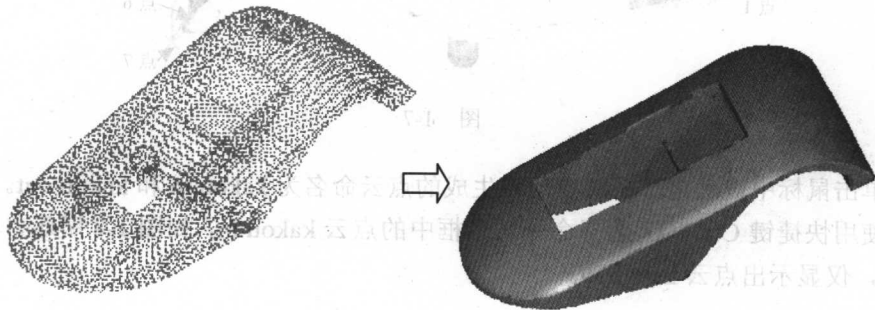


图 1-4

(4) 单击主工具条(Main)上的 Views 命令图标, 按住鼠标左键, 移动鼠标到如图 1-5 所示的 Front View 命令图标上, 释放鼠标左键。将系统的视图调整到前视图的位置。

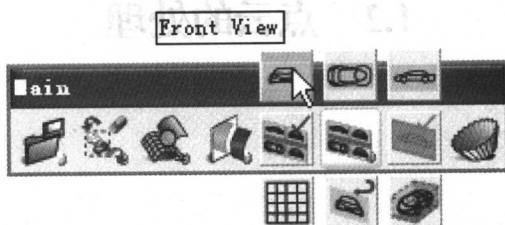


图 1-5

(5) 使用菜单命令 Modify→Extract→Circle-Select Points, 得到如图 1-6 所示的命令对话框。在 Keep Points 栏中选择 Both 选项, 即将点云分割开, 并且保留两部分的点云。选择 Keep Old Data 复选框, 保留原始的点云。

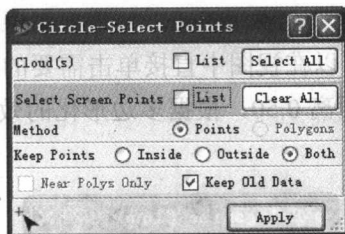


图 1-6

(6) 单击 Select Screen Points 栏, 在视图中依次单击如图 1-7 所示的“点1”~“点9”所在的位置。注意框选的目的是将点云的顶面部分点云分割出来, 所选择的点的位置不能超过顶面与侧面之间的边界。



图 1-7

(7) 单击鼠标中键确定。系统自动将生成的点云命名为 kakou in 和 kakou out。

(8) 使用快捷键 Ctrl+J, 选择命令对话框中的点云 kakou in, 如图 1-8 所示, 单击鼠标中键确定, 仅显示出点云 kakou in。

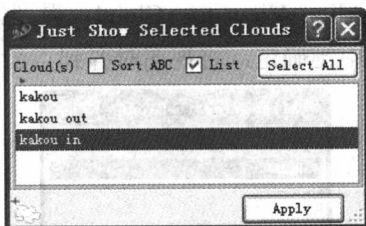


图 1-8

(9) 单击主工具条(Main)上的 Views 命令图标, 按住鼠标左键, 移动鼠标到 Top View 命令图标上, 释放鼠标左键。将系统的视图调整到俯视图的位置。

(10) 使用快捷键 Shift+N, 显示出视图中的实体名称。

(11) 使用菜单命令 Modify→Extract→Circle-Select Points, 在 Keep Points 栏中选择 Outside 选项, 即删除选框内的点云。不选择 Keep Old Data 复选框。单击 Select Screen Points 栏, 在视图中依次单击如图 1-9 所示的位置, 将内侧面的点云包含在内。单击鼠标中键确定。

(12) 使用快捷键 Ctrl+N, 得到如图 1-10 所示的命令对话框。在 Object 栏中选择点云 kakou in, 在 New Name 栏中输入点云的新名称 Cld dm。更改点云的名称是为了更好地管理点云文件。例如, 这里将点云命名为 Cld dm, 表示顶面的点云。



图 1-9

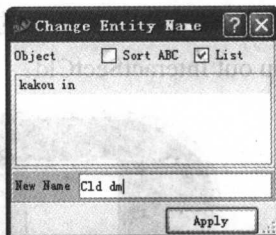


图 1-10

1.2.2 创建剖面

利用前面步骤中分割出来的点云 kakou out 来创建剖面。这些剖面将用来构建轮廓线。

【操作步骤】

(1) 使用快捷键 Ctrl+J, 选择命令对话框中的点云 kakou out, 单击鼠标中键确定, 仅显示出点云 kakou out。

(2) 使用菜单命令 View→Align View to→Cloud, 得到如图 1-11 所示的命令对话框。选择点云 kakou out, 单击鼠标中键确定, 将视图对齐到点云的位置。

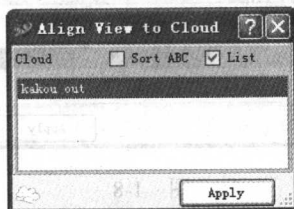


图 1-11

(3) 使用菜单命令 Construct→Cross Section→Cloud Interactive, 得到如图 1-12 所示的命令对话框。

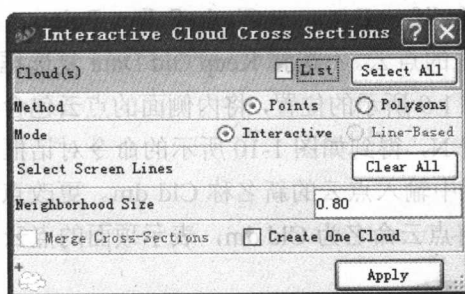


图 1-12

(4) 单击 Select Screen Lines 栏, 按住 Ctrl 键(使得两点间所成的直线沿着水平或者是垂直的方向), 在视图中单击如图 1-13 所示的两个点的位置, 单击鼠标中键确定。系统自动将剖面命名为 kakou out InteractSectCld。

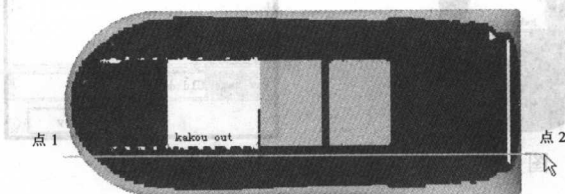


图 1-13

(5) 使用快捷键 F5, 将视图调整到前视图的位置。继续使用 Interactive Cloud Cross Sections 命令, 单击视图中如图 1-14 所示的位置, 单击鼠标中键确定。系统自动将剖面命名为 kakou out InteractSectCld 2。

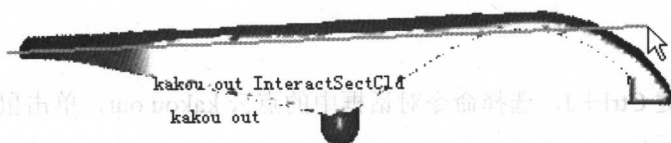


图 1-14

(6) 使用快捷键 F1, 将视图调整到俯视图的位置。继续使用 Interactive Cloud Cross Sections 命令, 单击视图中如图 1-15 所示的位置, 单击鼠标中键确定。系统自动将剖面命名为 kakou out InteractSectCld 3。

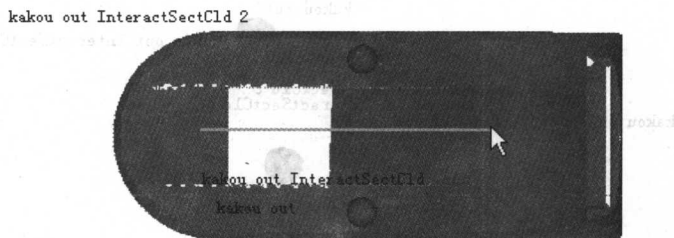


图 1-15

(7) 使用快捷键 F5, 将视图调整到前视图的位置。继续使用 Interactive Cloud Cross Sections 命令, 单击视图中如图 1-16 所示的位置, 单击鼠标中键确定。系统自动将剖面命名为 kakou out InteractSectCld 4。

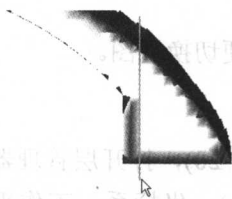


图 1-16

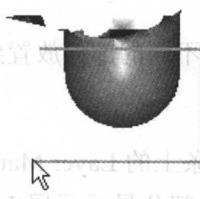


图 1-17

(8) 使用菜单命令 Modify→Extract→Circle-Select Points, 选择点云 kakou out, 在 Keep Points 栏中选择 Inside 选项, 即删除选框以外的点云。不选择 Keep Old Data 复选框。单击 Select Screen Points 栏, 在视图中依次单击如图 1-17 所示的位置。单击鼠标中键确定。

(9) 继续使用 Circle-Select Points 命令, 选择点云 kakou out InteractSectCld 2, 在 Keep Points 栏中选择 Both 选项。单击 Select Screen Points 栏, 在视图中依次单击如图 1-18 所示的位置。单击鼠标中键确定。

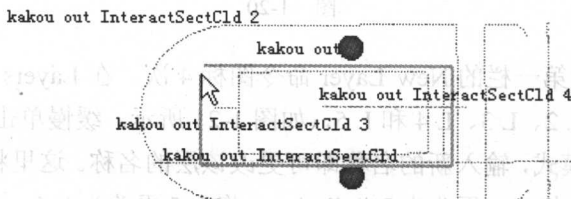


图 1-18