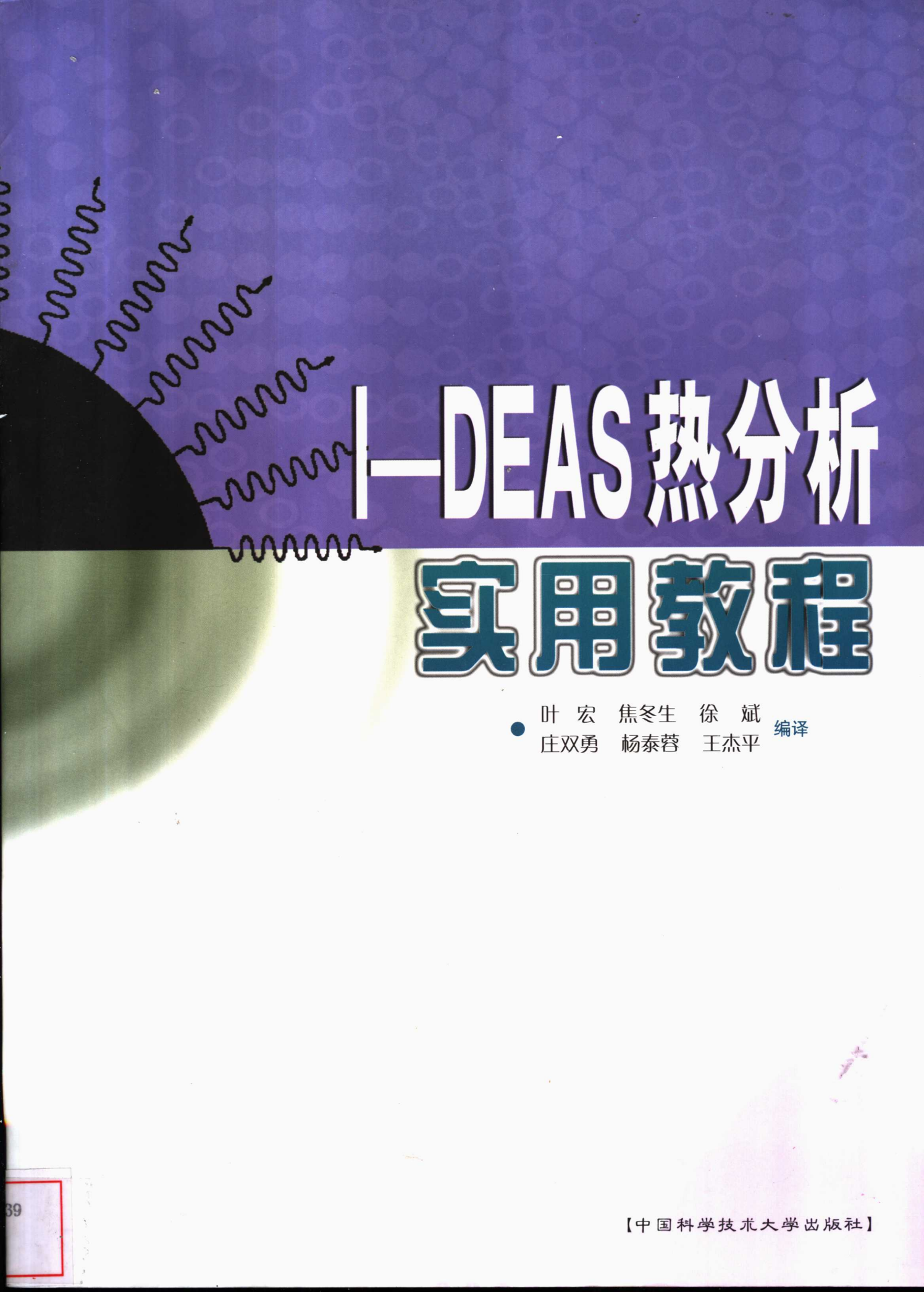




I—DEAS热分析 实用教程

• 叶 宏 焦冬生 徐 斌 编译
庄双勇 杨泰蓉 王杰平

I-DEAS 热分析实用教程

叶 宏 焦冬生 徐 斌

编译

庄双勇 杨泰蓉 王杰平

中国科学技术大学出版社

2003 · 合肥

内 容 简 介

I-DEAS 是美国 SDRC 公司生产的一种 MCAD 软件, 在 CAD/CAE/CAM/CAT 等方面具有较为广泛的应用。它可以帮助工程师以极高的效率, 在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程。

本书对 I-DEAS 软件的使用做了完整的介绍和阐述, 并配有一定量的实例, 可以帮助初学者快速掌握 I-DEAS 软件的使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

I-DEAS 热分析实用教程/叶宏等编. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.9
ISBN 7-312-01620-0

I. I… II. 叶… III. 计算机辅助制造—应用软件, I-DEAS—教材
IV. TP391·73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 080366 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮政编码: 230026, 发行电话: 0551-3602905, 3602906)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 850 mm×1168mm 1/16 印张: 20.75 字数: 480 千字

2003 年 9 月第 1 版

2003 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—2000 册

定价: 24.00 元

ISBN 7-312-01620-0/TP·327

前 言

I-DEAS 是美国 SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) 公司 (该公司于 2000 年并入美国 EDS 公司) 的产品, 是全球最知名的 MCAD 软件之一。I-DEAS 是一个高度集成的 CAD/CAE/CAM/CAT 系统, 它帮助工程师以极高的效率, 在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程。I-DEAS 具有完整的机械设计模块, 其中包括零件设计、特征定义、曲面实体设计、装配设计、误差分析、运动机构设计和工程图绘制等主要软件模块。I-DEAS 是全世界制造业用户广泛应用的大型 CAD/CAE/CAM 软件, 它在 CAD/CAE 一体化技术方面一直雄居世界榜首, 软件内含诸如结构分析、热力分析、优化设计、耐久性分析等真正提高产品性能的高级分析功能。

I-DEAS 以其高度一体化、功能强大、易学易用等特点而著称。在航空航天、汽车运输、电子及消费品和工业设备制造等方面拥有众多的成功用户, 包括福特、丰田、尼桑、雷诺、施乐、西门子、英国宇航系统与设备公司等。在我国, 正式使用 I-DEAS 软件的用户已经超过 1000 家, 居三维实体机械设计自动化软件的主导地位。

目前的最新版本为 I-DEAS 10 NX Series, 它可运行于 Windows/NT 和 UNIX 平台上。共有七大主模块, 包括工程设计 (Engineering Design)、工程制图 (Drafting)、制造 (Manufacturing)、有限元仿真 (Simulation)、测试数据分析 (Test Data Analysis)、数据管理 (Data Management)、几何数据交换 (Geometry Translator) 模块。

I-DEAS 模块概览

一、工程设计 (Engineering Design) 模块

工程设计模块主要用于对产品进行几何设计, 包括 Master Modeler(建模)、Master Surfacing(曲面)、Master Assembly(装配)、Mechanism(机构)等几个子模块。

1. 实体建模 (Master Modeler) 子模块

以前, 在零件未制造出时, 是无法观看零件形状的, 只能通过二维平面图进行想像。现在用 3DS 可以生成实体模型, 但用 3DS 生成的模型在工程实际中是“中看不中用”。用 I-DEAS 生成的实体建模, 不仅中看, 而且相当管用。事实上, I-DEAS 后阶段的各个工作数据的产生都要依赖于实体建模所生成的数据。

2. 曲面(Master Surface)子模块

由基本体素拼合成的实体, 属于比较规则的物体。但在实际中存在大量形状不规则的物体表面, 这些称为自由曲面。随着人们生活水平的提高, 对曲面产品的需求将会大大增加。用 I-DEAS 生成曲面仅需 2~3 步操作。Master Surface 生成曲面的方法有: 拉伸、旋转、放样、扫掠、网格、点阵等。由于生成曲面的方法较多, 因此 Master Surface 可以迅速建立任何复杂曲面。

3. 装配(Master Assembly)子模块

Master Assembly 可将零件在计算机上组装起来。它可用于计算干涉、质量特性等, 并能进行装配体的仿真显示。

二、工程制图 (Master Drafting) 模块

I-DEAS 的绘图模块是一个高效的二维机械制图工具, 它可绘制任意复杂形状的零件。

它既能作为高性能系统独立使用，又能与 I-DEAS 的实体建模模块结合起来使用。Master Drafting 子模块可生成符合各种标准的工程图。它支持 GB、ANSI、BS308、DIN、ISO 和 JIS 等制图标准。

Master Drafting 还提供了许多有用的工具，如动态导航技术等，这使设计人员制图变得非常方便。

三、制造(Manufacturing)模块

机械行业中需要用到 I-DEAS 制造模块中的 NC Machining(数控加工)功能。说到 I-DEAS 的数控功能，就不能不提 20 世纪 80 年代著名的“东芝事件”。当时，前苏联从日本东芝公司引进了一套五坐标数控系统及数控软件 CAMMAX，加工出高精度、低噪声的潜艇推进器，从而使西方的反潜系统完全失效，损失惨重。东芝公司因违反“巴统”协议，擅自出口高技术，受到了严厉的制裁。在这一事件中出尽风头的 CAMMAX 软件就是 I-DEAS 数控模块的一部分。

I-DEAS 的数控模块分三大部分：前置处理模块、后置处理编写器和后置处理模块。在前置处理模块中，I-DEAS 提供了完整的机加工环境，可同时处理三维实体和曲面，NC 刀具轨迹可根据仿真情况进行修正。后置处理编写器用于生成适合具体 NC 机床的后处理程序，该部分采用表格驱动，很容易编写出适应 FANUC、SIMENS、FAGOR 等数控系统的后置处理程序。后处理模块读入生成的后处理程序后，再对前置处理模块中生成的刀位文件 CL 进行处理，就可生成所需的数控程序。

四、有限元仿真(Simulation)模块

我们中国有句古话：“画虎画皮难画骨，知人知面不知心”，主要是讲事物内在特征很难把握。机械零件的内部变化情况也是很难知晓的。Finite Element Simulation(有限元仿真)使我们有了一双慧眼，能“看到”零件内部的受力状态。利用该功能，在满足零件受力要求的基础上，便可充分优化零件的设计。著名的可口可乐公司，利用有限元仿真，分析其饮料瓶，结果使瓶体质量减轻了近 20%，而其功能丝毫不受影响，仅此一项就取得了极大的经济效益。

I-DEAS 的有限元仿真应用包括三个部分：前置处理模块(Pre-Processing)、求解模块(Solution)、后处理模块(Post-Processing)。

五、测试数据分析 (Test Data Analysis) 模块

I-DEAS 的测试数据分析模块就像一位保健医生，它在计算机上对产品性能进行测试仿真，找出造成产品各种故障的原因，帮助你对症下药，排除产品故障，改进产品设计。

六、数据管理 (Data Management) 模块

I-DEAS 的 Data Management 模块简称 IDM，它就像 I-DEAS 家庭的一个大管家，将触角伸到 I-DEAS 的每一个任务模块，并自动跟踪你在 I-DEAS 中创建的数据，这些数据包括你存贮在模型文件或库中零件的数据。IDM 也跟踪数据之间的关系。这个管家通过一定的机制，保证了所有数据的安全及存取方便。

七、几何数据交换 (Geometry Translator) 模块

在实际中还存在一些别的 CAD 系统，如 UG NX、CATIA、PRO/ENGINEER、EUCLID 等。由于它们门户有别，所以各自的数据难以被对方所识别。但在实际工作中，往往需要接受别的 CAD 数据，这时几何数据交换模块就会发挥作用。I-DEAS 中几何数据交换模块有好几个，除了工业标准接口，如 IGES、STEP、DXF 等，还有与 UG、CATIA、PRO/ENGINEER、AUTOCAD 等常用软件的直接接口。其工作原理是先将别的 CAD 数据转换成中性数据(不依赖于原 CAD 系统)，然后将中性数据通过几何数据交换模块转换成 I-DEAS 数据，这样就可将外来数据全部“同化”。

本书共分四个部分：I-DEAS 基础篇、TMG 热分析篇、电子系统冷却（ESC）篇和理论篇。其中，I-DEAS 基础篇全面介绍了 I-DEAS 基本功能的操作和使用；在 TMG 热分析篇和电子系统冷却（ESC）篇中，详细介绍了两个热分析模块——TMG 和 ESC 的功能和特点，这两篇是本书的重点；理论篇介绍了 I-DEAS 热分析的原理，感兴趣的读者可参阅。本书深入浅出，循序渐进，适合广大使用 I-DEAS 的工程师和大专院校热工专业高年级学生使用。

本书编译者分工如下：叶宏编译了第十二、十七至二十二、二十五至二十七共十章；焦冬生编译了第九至十一、十四至十六共六章；徐斌编译了第四至八和三十四共六章；庄双勇编译了第一至三、十三、二十三和二十四共六章；杨泰蓉编译了第二十八至三十一章共六章；王杰平为本书撰写了前言。全书由叶宏统稿。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

本书的编译和出版得到了美国通力有限公司上海代表处的马兴国先生和中国科学技术大学出版社的大力支持，在此表示感谢。

编 者

2003 年 7 月 6 日于合肥

目 次

前 言	I
-----------	---

I-DEAS 基础篇

第一章 I-DEAS Master Series (主模块系列) 介绍	3
---	---

1-1 概 述	3
1-2 I-DEAS Master Series 能干什么?	3
1-3 I-DEAS TMG 模块简介	4
1-4 什么是 I-DEAS TMG?	4
1-5 I-DEAS TMG 能干什么?	4
1-6 TMG 模拟流程图	5
1-7 TMG 与 I-DEAS Electronic Systems Cooling (电子系统冷却) 接口	6
1-8 I-DEAS ESC 模块简介	6
1-9 什么是 I-DEAS ESC?	7
1-10 ESC 模拟流程图	7
1-11 启动 I-DEAS	8
1-12 使用鼠标选取实体	8
1-13 选择图标或图标菜单	9
1-14 通用图标	9
1-15 使用表格 (forms)	10
1-16 借助动态导航器创建几何图形	11
1-17 利用截面创建一个立体实体	11
1-18 使用不同的视角模式	12
1-19 使用功能键实现动态显示	12
1-20 使用选择过滤器 (Selection Filter)	13
1-21 组织你的工作	13
1-22 获取帮助, 先..... ..	14
1-23 使用指导 (Tutorials) 来学习 I-DEAS	14
1-24 在线指导: 快速提示	15

第二章 零件设计基础	16
------------------	----

2-1 概 述	16
2-2 一些定义	16
2-3 基本零件设计概览	16
2-4 为什么要创建零件?	17
2-5 使用工作平面 (workplane)	17

2-6	使用三步造型法 (Three-Step Modeling Process)	18
2-7	画草图和标尺寸	19
2-8	使用动态导航器 (Dynamic Navigator) 帮助绘图	19
2-9	控制几何约束	20
2-10	动态导航器控制	20
2-11	创建变量约束系统	21
2-12	添加约束	21
2-13	使用动态尺寸定义	22
2-14	修改尺寸	22
2-15	在一定位置上绘图	23
2-16	拉伸截面	23
2-17	零件命名和编号	24
2-18	显示选择对象的规则	24
2-19	使用选择过滤器 (Selection Filter)	25
2-20	使用区域选项	25
2-21	修改尺寸的外观	26
2-22	预先选择 (Pre-selection)	26
2-23	重新选择	27
2-24	在线指导: 画草图和加约束	27
2-25	在线指导: 拉伸和旋转特征	28
第三章	网格划分简介	29
3-1	概述	29
3-2	使用有限元分析法 (Finite Element Analysis)	29
3-3	有限元是什么?	29
3-4	离散区域	30
3-5	控制体方法	30
3-6	有限差分的公式	30
3-7	创建一个有限元模型 (FE model)	31
3-8	单元类型	31
3-9	指定零件的材料	32
3-10	材料类型	32
3-11	定义材料性质	33
3-12	快速创建 (Quick Create) 材料	33
3-13	物理性质表 (Physical Property Tables)	34
3-14	创建物理性质表	34
3-15	修改物理性质	35
3-16	自由网格划分 (Free Meshing) 概览	35
3-17	创建自由网格 (Free Mesh)	36
3-18	自由划分表面网格	36
3-19	网格划分预览	36
3-20	什么是“组”?	37

3-21	创建、显示组	37
3-22	在“Group Form”（组表）中对组进行操作	38
3-23	选择组	38
3-24	根据需要选取单元	39
第四章	后处理简介	40
4-1	概 述	40
4-2	后处理一般流程	40
4-3	加载结果	41
4-4	选择数据结果	41
4-5	用等温线评估结果	42
4-6	对所需单元进行后处理	42
4-7	创建显示模板	43
4-8	TMG 结果数据集	43
4-9	使用 I-DEAS 观察器显示结果	44
4-10	创建结果显示图	44
4-11	显示设置	45
4-12	选择结果	45
4-13	色条	46
4-14	形变和无形变选项	46
4-15	等值线、单元和箭头显示	47
4-16	显示模式	47
4-17	剖面的定义	48
4-18	ISO 光标显示	48
4-19	结果的动画显示	49
4-20	显示预设选项	50
4-21	打印结果	50
第五章	创建零件	52
5-1	概 述	52
5-2	调整和拖动	52
5-3	查看自由图形	53
5-4	使用拉伸（Extrude）选项	53
5-5	旋转零件	54
5-6	选择旋转选项	54
5-7	构造零件	55
5-8	引入相关性	55
5-9	创建相关性	56
5-10	倒棱角	56
5-11	使用零件目录	57
5-12	创建零件阵列	57
5-13	创建矩形阵列	58

5-14 创建圆形阵列	58
5-15 具有可变参数的阵列	59
5-16 增加参考平面	59
第六章 零件修改与管理	60
6-1 概 述	60
6-2 修改尺寸	60
6-3 修改特征参数	61
6-4 修改零件/特征的截面	61
6-5 删除特征	62
6-6 重现逐步更新过程	62
6-7 更新有限元模型	63
6-8 什么是历史树	63
6-9 访问零件的历史树	64
6-10 使用历史树表格	64
6-11 使用存贮和取出命令	65
6-12 为零件命名和编号	66
6-13 删除零件	66
6-14 复制零件	67
6-15 选择与零件相关的有限元模型	67
6-16 在线指导：修改零件	68
第七章 使用 I-DEAS 零件库和 FE Studies	69
7-1 概 述	69
7-2 使用各种数据存贮器	69
7-3 什么是项目？	69
7-4 什么是模型文件？	70
7-5 什么是抽屉？	71
7-6 模型文件和零件库的区别是什么？	71
7-7 为何要使用零件库？	71
7-8 给零件命名并将其保留在工作台上	72
7-9 与组内成员共享零件	73
7-10 把零件放进库中	73
7-11 Check-in 选项	74
7-12 从库中取出零件	74
7-13 什么是 FE Study（有限元研究）？	75
7-14 FE Studies 管理	75
7-15 替换材料属性和物理性质	76
7-16 替换整个模型中的性质	76
7-17 替换模型的部分性质	77
7-18 检查当前 FE Study 的性质	78
7-19 使用 FE Studies	78

7-20	当前 FE Study 设置	78
7-21	FE Studies 的优选项	79
7-22	选择结果	80
第八章	为有限元模型准备零件	81
8-1	概 述	81
8-2	为有限元模型准备零件过程概览	82
8-3	抑制特征	82
8-4	创建表面	83
8-5	修整表面	83
8-6	检查表面的自由边	84
8-7	缝补表面	84
8-8	零件分区	85
8-9	用 Extrude（拉伸）命令为零件分区	85
8-10	轴对称模型	86
8-11	轴对称线框模型	86
8-12	把线框附着在零件上	87
第九章	网格划分	88
9-1	概 述	88
9-2	权衡模型规模和求解时间	88
9-3	用自由网格划分实体单元	89
9-4	指定局部单元的尺寸	89
9-5	单元信息	90
9-6	手动网格划分和自由网格划分	90
9-7	使用手动网格划分	91
9-8	在表面上定义手动网格划分	91
9-9	在多于四个边的面上进行手动网格划分	92
9-10	在实体中定义手动网格划分	92
9-11	为实体设置手动网格划分的选项	93
9-12	对具有 N 个面的实体用砖形单元进行网格划分	93
9-13	删除网格	94
9-14	使用梁单元网格	94
9-15	创建梁截面	95
9-16	用自由网格划分定义梁单元	95
9-17	定义梁截面	96
9-18	生成梁单元	96
第十章	网格质量检查	97
10-1	概 述	97
10-2	质量检查概览	98
10-3	壳单元网格的质量检查	98

10-4 检查变形和拉伸	99
10-5 检查变形和拉伸的四边形壳单元	99
10-6 检查扭曲	100
10-7 检查重合节点	101
10-8 检查重合单元	101
10-9 检查单元的自由边	102
10-10 检查单元法线的一致性	102
10-11 检查变形和拉伸的四面体和砖形单元	103
10-12 “门铰链”(Hinge door) 单元	103
第十一章 高级网格划分	104
11-1 概 述	104
11-2 其他建模技术概述	104
11-3 拉伸生成单元	105
11-4 修改单元属性	105
11-5 修改网格划分定义	106
11-6 修改单元的物理性质	106
11-7 修改单元的材料属性	107
11-8 随温度变化的材料属性	107
11-9 正交各向异性材料	108
11-10 定义正交各向异性材料	108
11-11 正交各向异性材料矢量	109
11-12 表面的辐射性质	109
11-13 单元显示选项	110
11-14 将两个 FE 模型合成	110
11-15 实体单元的表面覆盖	111
11-16 壳单元的边覆盖	111
第十二章 后处理	112
12-1 概 述	112
12-2 显示设置	112
12-3 设置计算范围	113
12-4 单元显示 (Displaying Elements)	113
12-5 设置数据范围	114
12-6 利用探针 (Probe) 显示模型中特定点的结果	114
12-7 数据评估	115
12-8 结果的动画显示 (Animating Results)	115
12-9 显示箭头图	116
12-10 结果的曲线图	116
12-11 选择要画曲线图的实体	117
12-12 创建图形文件	117
12-13 使用多重窗口	118

TMG 热分析篇

第十三章 I-DEAS TMG 简介	121
13-1 概 述	121
13-2 TMG 任务栏	121
13-3 TMG 实体简介	122
13-4 实体管理	122
13-5 单元选择	123
13-6 导热建模	123
13-7 为边界条件创建单元	124
13-8 使用几何体组	124
13-9 温度边界条件	125
13-10 单元的热负荷	125
13-11 单元热流密度	126
13-12 创建因变量边界条件	127
13-13 对流边界条件	127
13-14 辐射边界条件	128
13-15 模型的求解	128
13-16 检查结果	129
13-17 阅读模型的总结	129
第十四章 热耦合	130
14-1 概 述	130
14-2 什么是热耦合	130
14-3 使用热耦合	130
14-4 理解热耦合	131
14-5 理解热耦合：主单元的选择	131
14-6 理解热耦合：特殊形状	132
14-7 理解热耦合：消除板内假导热	132
14-8 理解热耦合：网格尺寸	132
14-9 创建热耦合	133
14-10 热耦合的单元类型	133
14-11 热耦合类型	134
14-12 热耦合的性质	134
14-13 非几何单元	135
14-14 创建非几何单元	135
14-15 使用非几何单元	135
14-16 特殊的非几何单元	136
14-17 热耦合举例 1：粘接连结	136
14-18 热耦合举例 2：电路板插槽	136
14-19 热耦合举例 3：螺栓接口	137

14-20 热耦合举例 4: 蜂窝板上的多层辐射隔热 (Multilayer Insulation -MLI)	138
第十五章 导热建模	139
15-1 概 述	139
15-2 热网络	139
15-3 两种导热计算方法	139
15-4 单元 CG 导热法	140
15-5 用 CG 法计算的温度结果	140
15-6 Element CG (单元重心) 法的优点	141
15-7 Element CG 和单元变形	141
15-8 Element CG 法的缺点	141
15-9 单元中心导热计算方法	141
15-10 单元中心法的优点	142
15-11 单元中心法的缺点	142
15-12 如何转到单元中心法	142
15-13 用单元中心法对变物性建模	143
15-14 多层壳单元	143
第十六章 使用求解器	145
16-1 概 述	145
16-2 TMG 求解器概览	145
16-3 模拟设置	145
16-4 稳态分析的参数设置	146
16-5 使用稳态分析	147
16-6 瞬态分析的概念	147
16-7 瞬态分析的参数设置	148
16-8 使用瞬态分析参数	148
16-9 瞬态积分控制方法	149
16-10 周期性收敛	149
16-11 求解方法	150
16-12 Jacobi 求解器选项	150
16-13 求解器高级选项	151
16-14 流动选项	151
16-15 初始条件	152
16-16 创建初始温度	152
16-17 利用再运行控制	153
16-18 确定 $RC_{\min}$ 的技巧	153
第十七章 结 果	155
17-1 概 述	155
17-2 结果的数据类型选项	155
17-3 验证你的结果	155

17-4 打印选项	156
17-5 创建打印选项	156
第十八章 辐 射	158
18-1 概 述	158
18-2 辐射的一般流程	158
18-3 辐射建模	158
18-4 辐射理论简介	159
18-5 理解黑体视角系数	159
18-6 阴影检测	160
18-7 单元子划分	160
18-8 视角系数的和	160
18-9 误差判据	161
18-10 固定子划分 (Fixed Subdivision)	161
18-11 辐射传热	162
18-12 澳本海姆 (Oppenheim) 辐射算法	162
18-13 哥布哈特 (Gebhardt) 方法	163
18-14 创建辐射模型	164
18-15 封闭腔体	164
18-16 创建辐射请求表	164
18-17 辐射请求类型	165
18-18 封闭腔体辐射请求	166
18-19 封闭空间	166
18-20 创建单元逆侧	167
18-21 理解逆侧	167
18-22 改变辐射侧	168
18-23 单元辐射开关	168
18-24 阴影检测的技巧	169
第十九章 辐射加热	170
19-1 辐射加热 (Radiative Heating)	170
19-2 建立辐射加热模型	170
19-3 辐射加热的概念	170
19-4 创建辐射热源	170
19-5 太阳能加热的概念	171
19-6 创建全日太阳能加热 (Diurnal Solar Heating)	171
19-7 定义太阳能辐射密度 (Solar Flux)	172
19-8 定义其他的作用	172
19-9 确定模型的朝向	173
19-10 定义固定的太阳位置	173
19-11 定义变化的太阳矢量	174
19-12 光线跟踪 (Ray-tracing)	174

19-13 在辐射计算中取消单元.....	175
19-14 记住.....	175
第二十章 人造卫星及轨道分析	176
20-1 概 述.....	176
20-2 轨道加热的概念.....	176
20-3 参考矢量.....	176
20-4 轨道术语.....	177
20-5 创建轨道 (Creating an orbit)	178
20-6 轨道类型选择.....	179
20-7 轨道类型定义.....	179
20-8 行星和太阳的特征.....	179
20-9 轨道参数 (Orbit Parameters)	180
20-10 人造卫星的姿势.....	181
20-11 旋转和自旋的人造卫星.....	181
20-12 计算位置.....	182
20-13 轨道显示.....	182
20-14 轨道激活.....	183
20-15 Orbit/ Attitude Modeling (轨道/姿势建模) 分析细节.....	183
20-16 对机械运动效果建模.....	183
20-17 联接 (Articulation) 的定义.....	183
20-18 联接 (Articulation) 参数.....	184
第二十一章 管道流动网络	185
21-1 概 述.....	185
21-2 管道流动一般流程.....	185
21-3 理解管道流动.....	186
21-4 创建曲线模拟管道流动.....	186
21-5 创建梁截面.....	186
21-6 为管道网络创建梁单元网格.....	187
21-7 风扇/泵 (Fan/Pump) 实体.....	187
21-8 进/出口实体.....	188
21-9 管道性质.....	188
21-10 压头损失处理 (Head Loss Override)	189
21-11 管道摩擦.....	190
21-12 流动截面取代 (Flow Section Override)	190
21-13 锥形流道 (Taper Across Branch)	190
21-14 对边界层影响因素的建模.....	191
第二十二章 对 流	192
22-1 概 述.....	192
22-2 流体网络一般流程.....	192

22-3	流体网络基础	193
22-4	管道单元	193
22-5	受迫对流	193
22-6	创建受迫对流耦合	194
22-7	受迫对流耦合细节	194
22-8	自然对流	195
22-9	创建自然对流耦合	195
22-10	自然对流细节	195
22-11	环境条件	196
22-12	选择流动模型的结果	196
22-13	流动模型求解选项	197
22-14	检查流动模型的结果	197
22-15	封闭循环建模技巧	197
22-16	多种流体建模技巧	198
第二十三章 I-DEAS 边界条件任务：数据边和数据面		199
23-1	概 述	199
23-2	使用边界条件任务	199
23-3	传热边界条件概览	200
23-4	边界条件任务与 TMG 边界条件	200
23-5	传热边界条件的定义	201
23-6	传热边界条件表	201
23-7	创建基于几何图形的边界条件	202
23-8	创建辐射边界条件	203
23-9	创建其他边界条件	203
23-10	创建边界条件集	203
23-11	理解边界条件集	204
23-12	使用边界条件集	205
23-13	什么是数据实体	205
23-14	数据实体的图形显示	205
23-15	用函数创建数据边	206
23-16	用数据边创建随位置变化的边负荷	207
23-17	用函数定义数据面	207
23-18	用函数创建数据面	208
23-19	用结果集创建数据面	208
23-20	用数据面定义面上的变量负荷	209
23-21	按比例绘制负荷草图	209
23-22	修改数据边	209
23-23	修改数据面	210
23-24	在线指南：使用数据边和数据面	210
23-25	节省时间的特殊技巧	211