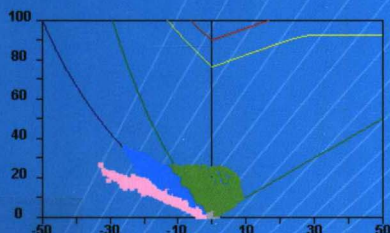


板料成形 CAE设计及应用

——基于DYNAFORM

STEP 45 TIME: 0.221400

FLD, middle layer



ETA/POST

主 编 王秀凤 郎利辉
编 著 谷国超 刘家雨 安冬洋 张树桐 胡 东



北京航空航天大学出版社

TG38/18

2008

板料成形 CAE 设计及应用

——基于 DYNIFORM

主 编 王秀凤 郎利辉
编 著 谷国超 刘家雨 安冬洋 张树桐 胡 东

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书以板料成形过程的有限元分析软件 DYNAFORM 为平台,通过对软件基本功能的介绍,结合编著者多年从事教学及应用的丰富经验,配以 5 个由浅入深的应用实例,对 DYNAFORM 软件的模型建立、网格划分、前处理、计算求解及后处理等过程做了详尽的介绍,以引导读者快速掌握应用 CAE 分析软件解决工程实际问题的技能。

本书可作为大专院校板料成形专业的参考教材,也可作为从事 CAE 设计的工程技术人员学习的辅助教材。

本书中 5 个实例的模型文件(*.igs 格式)和结果的视频文件(*.avi 格式)可在北京航空航天大学出版社网站(网址为 www.buaapress.com.cn)的“下载中心”进行下载。

图书在版编目(CIP)数据

板料成形 CAE 设计及应用:基于 DYNAFORM/王秀凤,郎利辉主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-81124-047-4

I. 板… II. ①王…②郎… III. 板材冲压—压型—计算机辅助分析—高等学校—教材 IV. TG386.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 167809 号

板料成形 CAE 设计及应用——基于 DYNAFORM

主 编 王秀凤 郎利辉

编 著 谷国超 刘家雨 安冬洋 张树桐 胡 东

责任编辑 胡 敏 赵 京

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:12.25 字数:274 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-047-4 定价:19.00 元

前 言

DYNAFORM 软件是由美国 ETA 公司和 LSTC 公司联合开发的用于板料成形模拟的专用软件包,可方便地求解板料成形工艺及模具设计涉及的复杂问题,是目前该领域中应用最为广泛的 CAE 软件之一。它可以预测板料成形过程中的破裂、起皱、减薄和回弹,评估板料的成形性能,为板料成形工艺及模具设计提供帮助,可以显著减少模具设计时间及试模周期,从而提高产品品质和市场竞争力。

CAE 软件从 60 年代初在工程上开始使用到今天,已经历了 40 多年的发展历史,其理论和算法都经历了从蓬勃发展到日趋成熟的过程,现已成为在航空、航天、机械和土木结构等众多领域中的产品结构设计时必不可少的数值计算工具。随着计算机技术的不断发展,CAE 系统的功能和计算精度也随之有了很大提高。计算时可采用 CAD 技术来建立几何模型,通过前处理完成分析数据的输入,求解得到的计算结果可以通过 CAD 技术生成形象的图形输出,如生成位移、应力、应变分布的等值线图、彩色云图,以及随机载荷变化的动态显示图等。这些结果可有效用于产品质量分析,为工程应用提供实用的依据。目前,DYNAFORM 软件已在世界各大汽车、航空、钢铁公司以及众多的大学和科研单位得到了广泛的应用;自进入中国以来,DYNAFORM 软件已在长安汽车、南京汽车、上海宝钢、中国一汽、上海汇众汽车公司和洛阳一拖等知名企业得到了成功应用。

本书通过对 DYNAFORM 软件基本功能的介绍,结合编著者多年从事教学及应用的丰富经验,从 5 个典型的应用实例出发,由浅入深地对 DYNAFORM 软件的前处理、计算求解及后处理等过程做了详尽的阐述,以引导读者快速掌握应用 CAE 软件解决工程实际问题的技能。本书可作为大专院校板料成形专业的参考教材,也可作为从事 CAE 设计的工程技术人员学习的辅助教材。

本书共分 7 章,第 1 章由王秀凤、郎利辉编著,第 2 章由谷国超、王秀凤编著,第 3 章由刘家雨、王秀凤编著,第 4 章和第 5 章由胡东、王秀凤编著,第 6 章由安冬洋、张树桐、郎利辉编著,第 7 章由王秀凤编著。全书由王秀凤统稿,参与该书工作的还有周君、魏为。

文后参考文献中所列教材及资料对本书的编写起了重要的参考作用,在此谨向它们的编著者表示衷心感谢。对于书中疏漏或不当之处,望读者批评指正。

为了让读者通过学习书中的内容快速掌握 DYNIFORM 软件的基本用法,特将书中 5 个实例的模型文件(*.igs 格式)和结果的视频文件(*.avi 格式)上传到北京航空航天大学出版社网站上(网址为 www.buaapress.com.cn),读者可以到“下载中心”进行下载。

编著者

2007 年 10 月

目 录

第 1 章 初识 DYNAFORM 软件

1.1	DYNAFORM 软件简介	1
1.2	DYNAFORM 软件设计思想	3
1.3	DYNAFORM 软件在板料成形 过程中的分析流程	4

第 2 章 DYNAFORM 软件设计基础

2.1	模型的建立	6
2.1.1	直接导入模型	6
2.1.2	创建模型	7
2.2	网格划分	11
2.2.1	2 Line Mesh(二线网格划分)	11
2.2.2	3 Line Mesh(三线网格划分)	13
2.2.3	4 Line Mesh(四线网格划分)	13
2.2.4	Surface Mesh(曲面网格划分)	14
2.2.5	网格检查及网格修补	18
2.3	毛坯的生成、设定及排样	24
2.3.1	毛坯的生成	24
2.3.2	毛坯的设定	25
2.3.3	毛坯的排样	28
2.4	工具的设定	32
2.5	各种曲线的设定	34
2.5.1	定义加载曲线	34
2.5.2	曲线操作	38
2.6	冲压方向的调整	41
2.7	分析设置	43
2.8	计算求解	44
2.8.1	分 析	44
2.8.2	一步法求解(MSTEP)	49

2.8.3	输出新 Dynain 文件(Output New Dynain File)	49
-------	--	----

2.9	后处理	50
2.9.1	后处理功能简介	50
2.9.2	动画制作	53

第 3 章 圆筒形制件的拉深成形过程分析

3.1	圆筒形制件的工艺分析	54
3.1.1	计算毛坯尺寸	54
3.1.2	判断拉深次数	55
3.2	创建三维模型	56
3.3	数据库操作	56
3.4	网格划分	58
3.5	传统设置	62
3.6	设置分析参数及求解计算	72
3.7	后置处理	73

第 4 章 带凸缘低盒形件的排样及拉深成形过程分析

4.1	带凸缘低盒形制件的工艺分析	76
4.2	创建三维模型	79
4.3	数据库操作	88
4.4	网格划分	89
4.5	快速设置	93
4.6	分析求解	99
4.7	后置处理	100

第 5 章 V 形件弯曲回弹过程分析

5.1	V 形件弯曲回弹的工艺分析	105
5.2	创建三维模型	106

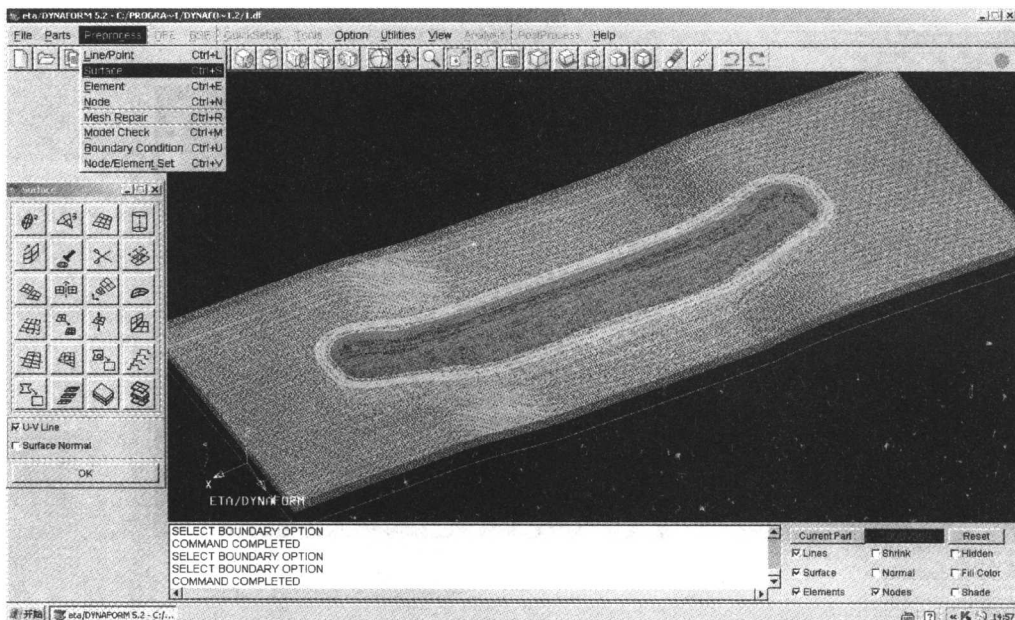


5.3 数据库操作	106	第7章 汽车覆盖件拉延成形过程分析	
5.4 网格划分	107	7.1 前上横梁外板零件的工艺分析	143
5.5 快速设置	111	7.2 创建三维模型	143
5.6 分析求解	115	7.3 数据库操作	144
5.7 回弹计算	116	7.4 网格划分	146
5.8 回弹结果分析	119	7.5 模面工程	150
第6章 板料液压拉深成形过程分析		7.6 工具定义	161
6.1 阶梯圆筒形制件的工艺分析	124	7.6.1 传统设置	162
6.2 创建三维模型	126	7.6.2 快速设置	173
6.3 数据库操作	126	7.7 设置分析参数及求解计算	176
6.4 网格划分	128	7.8 后处理	178
6.5 基本设置	132	附录	182
6.6 求解计算	137	参考文献	187
6.7 后置处理	138		

第 1 章 初识 DYNAFORM 软件

1.1 DYNAFORM 软件简介

DYNAFORM 软件是美国 ETA 公司和 LSTC 公司联合开发的用于板料成形数值模拟的专用软件,是 LS-DYNA 求解器与 ETA/FEMB 前后处理器的完美组合,是当今流行的板料成形与模具设计的 CAE 工具之一。在其前处理器(Preprocessor)上可以完成产品仿真模型的生成和输入文件的准备工作。求解器(LS-DYNA)采用的是世界上最著名的通用显式动力为主、隐式为辅的有限元分析程序,能够真实模拟板料成形中各种复杂问题。后处理器(Post-processor)通过 CAD 技术生成形象的图形输出,可直观地动态显示各种分析结果。软件应用环境如图 1.1 所示。



(a) 前处理环境

图 1.1 DYNAFORM 软件的应用环境

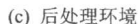


图 1.1 DYNIFORM 软件的应用环境(续)



该软件包括板料成形分析所需的与 CAD 软件的接口,丰富高效的单元类型,领先的接触和交界处理技术,以及百余种材料模型。其主要功能包括分析预压边、拉延、整形、弯曲、翻边和切边等板料成形过程中的不同工序,也可以进行多工步成形的分析。通过用户已定义好的成形工艺及模具形状来预测减薄拉裂、起皱和回弹等成形状态;同时对成形力、压边力、拉延筋和模具磨损等各种工艺问题进行分析,以便优化工艺和模具设计。

该软件核心技术包括动力显式积分算法、板壳有限元理论、材料的本构关系和屈服准则、接触判断算法和网格细化自适应技术、多工步成形模拟技术、CAD/CAM 软件和 CAE 软件之间的数据转换技术、建立有限元模型的若干技巧以及板料成形模拟的一般过程。作为专业化的数值模拟分析软件,该软件在使用时对用户的工程背景及理论知识要求并不高,不但具有界面友好和方便操作的特点,而且包括大量的智能化自动工具,帮助模具设计人员方便地求解各类板料成形问题,从而显著减少模具开发的设计时间及试模周期。

1.2 DYNAFORM 软件设计思想

DYNAFORM 软件主要由两部分组成: DYNAFORM 前后处理器和 LS-DYNA 有限元求解器。其主要特色表现为:

- 完备的前后处理功能,实现无文本编辑操作,所有操作在同一界面下进行,集成了操作环境,无需数据转换。
- 求解器采用业界著名、功能最强的 LS-DYNA 软件,它是动态非线性显示分析技术的创始者和领导者,可以解决最复杂的金属成形问题。
- 工艺化的分析过程囊括影响工艺的 60 余个因素,以 DFE(模面设计模块)为代表的多种工艺分析模块有良好的工艺界面,易学易用。
- 固化了丰富的实际工程经验。

其设计思想主要体现在:

- 提供了良好的与 CAD 软件 IGES、VDA、DXF、UG 和 CATIA 等文件的接口,以及与 NASTRAN、I-DEAS、MOLDFLOW 等 CAE 软件的专用接口,还有方便的几何模型修补功能。
- Quick Setup 功能的设置能够帮助用户快速地完成模型分析,大大提高了前处理的效率。
- 模具网格自动划分与自动修补功能强大,网格自适应细分可以在不显著增加计算时间的前提下提高计算精度,用最少数量的单元最大限度地逼近模具型面。允许三角形和四边形网格混合划分,并可方便地进行网格修剪。
- BSE(板料尺寸计算)模块采用一步法求解器,可以方便地将制件展开,从而得到合理的坯料尺寸。



- 与 LS-DYNA 相对应的方便易用的流水线式的模拟参数定义,包括自动接触描述、压边力预测、模具描述、边界条件定义以及模具和工件自动定位等功能。
- 可以用设定速度、加速度、力和压力等多种方式进行工具运动的精确定义,而且通过模具动作预览,用户在提交分析之前可以检查所定义的工具动作是否正确。
- DFE 模块中包含了一系列基于曲面的自动工具,如冲裁填补功能、冲压方向调整功能以及压料面与工艺面补充生成功能等,这些工具可以帮助模具设计工程师根据制件的几何形状直接进行模具设计。
- 用等效拉延筋代替实际的拉延筋实现了拉延筋定义的简化,大大节省计算时间,并可以使用户很方便地在有限元模型上修改拉延筋的尺寸及布置方式。
- 通过成形极限图动态显示各单元的成形情况,如起皱及破裂等,通过三维动态等值线或云图显示应力应变、工件厚度变化和成形过程等,允许用户对工件的横截面进行剖分,可生成 JPG、AVI、MPEG 等图形图像文件,用于分析成形和回弹结果。

通过 DYNAFORM 软件进行数值模拟的价值体现在以下几个方面。

- 缩短模具开发周期。在模具加工之前,通过预测设计和成形问题,可以将试模时间压缩到最短,几个小时的模拟工作可以节省现场数百小时的时间。
- 降低成本得到更大的利润空间。模拟工作缩短了制品的开发周期,提高了制品的设计质量,不仅可以预测造成极大成本浪费的设计缺陷,还可以节省昂贵的资源,如时间、人力和材料等。
- 增加了设计的可靠度。模拟工作可以让设计者评估模具设计的合理性,从而节省了利用试模评估带来的极高成本。模拟工作允许用户试验更经济的设计方案,可以在连续模中减少工位,尝试替代材料;对缺乏经验的设计者来说,可以捕捉潜在的设计缺陷;对有经验的设计师来说可以尝试更具风险性的、更复杂的零件以及为非传统的模具设计提供了更大的自由度。而在这之前,这些开发工作都要花费几个月的时间。

1.3 DYNAFORM 软件在板料成形过程中的分析流程

在应用 DYNAFORM 软件分析板料成形过程时主要包括三个基本部分,即建立计算模型、求解和分析计算结果,其流程如图 1.2 所示。

具体应用步骤表述如下:

① 直接在 DYNAFORM 的前处理器中建立模型或在 CAD 软件(如 UG、CATIA、PRO/E 等)中根据拟定或初定的成形方案,建立板料、对应的凸模和凹模的型面模型以及压边圈等模具零件的面模型,然后存为 IGES、STL 或 DXF 等文件格式,将上述模型数据导入 DYNAFORM 系统。

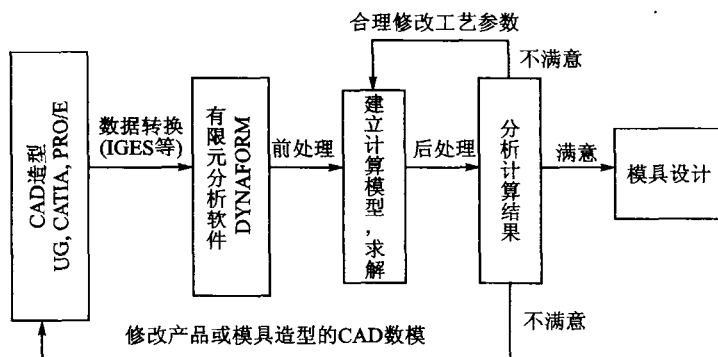


图 1.2 板料成形过程分析的流程

② 利用 DYNAFORM 软件提供的网格划分工具对板料、凸模、凹模、压边圈进行网格划分, 检查并修正网格缺陷(包括单元法矢量、网格边界、负角、重叠结点和单元等)。

③ 定义板料、凸模、凹模和压边圈的属性, 以及相应的工艺参数(包括接触类型、摩擦系数、运动速度和压边力曲线等)。

④ 调整板料、凸模、凹模和压边圈之间的相互位置, 观察凸模和凹模之间的相对运动, 以确保模具动作的正确性。

⑤ 设置好分析计算参数, 然后启动 LS-DYNA 求解。

⑥ 将求解结果读入 DYNAFORM 后处理器中, 以云图、等值线和动画等形式显示数值模拟结果。

⑦ 分析模拟结果, 通过反映的变化规律找到问题的所在。重新定义工具的形状、运动曲线, 以及进一步设置毛坯尺寸, 变化压边力的大小, 调整工具移动速度和位移等, 重新运算直至得到满意的结果。

第 2 章 DYNIFORM 软件设计基础

2.1 模型的建立

曲面模型的建立可以通过以下两种方式进行,一种是在 CAD 软件(如 UG、CATIA 及 PRO/E 等)中建立模型,然后存为后缀为 IGES、STL 或 DXF 等格式的文件,导入 DYNIFORM 系统;另一种是直接在 DYNIFORM 的前处理器中建立模型。实际应用时常采用第一种方式建立模型,这是因为虽然第二种方式使用较简单,但软件本身造型功能不够强大,因而应用受限制。

2.1.1 直接导入模型

在 DYNIFORM 中,直接将后缀为 IGES、STL 或 DXF 等 CAD 文件格式的数据读入 DYNIFORM 系统中,可以选择 File(文件)|Import(导入)菜单项,弹出如图 2.1 所示的对话框。

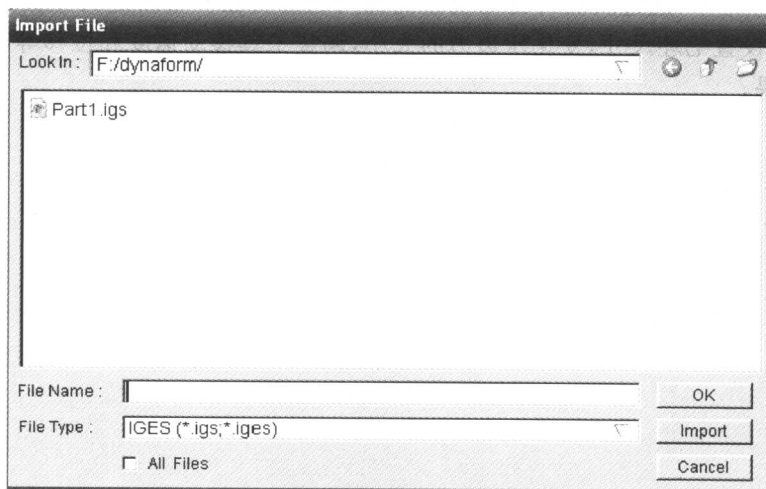


图 2.1 Import File(选择导入的文件)对话框



DYNIFORM 能够读取的文件类型如表 2.1 所示。

表 2.1 DYNIFORM 能够读取的文件类型

序 号	文件类型	文件名后缀	序 号	文件类型	文件名后缀
1	LS-DYNA	*.dyn, *.mod, *.k	8	VDA	*.vda, *.vdas
2	ABAQUS	*.inp	9	ACIS	*.sat
3	NASTRAN	*.nas, *.dat	10	CATIA4, CATIA5	*.model, *.CATPart
4	DYNAIN	*.dynain	11	PRO/E	*.prt, *.asm
5	AUTOCAD	*.dxf	12	STEP	*.stp, *.step
6	LINE DATA	*.lin	13	UG	*.prt
7	IGES	*.igs, *.iges	14	STL	*.stl

2.1.2 创建模型

利用 Preprocess(前处理)菜单中的选项,依据点/线或面,从空的数据库中创建几何模型。

1. Line/Point(线/点)工具栏

选择 Preprocess|Line/Point 菜单项,弹出如图 2.2 所示的工具栏。

(1) Line(创建线)工具按钮

在 DYNIFORM 中,可以利用已经存在的节点或点创建线,也可以通过坐标创建点,然后通过点创建线。

选择 Parts|Create 菜单项创建零件层,弹出如图 2.3 所示的对话框,将要绘制线的零件层设置为当前层。

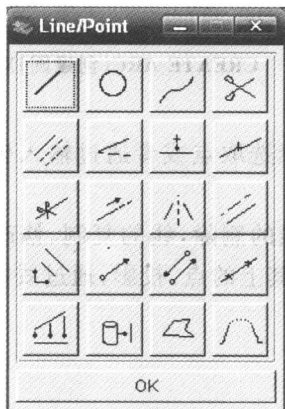


图 2.2 Line/Point 工具栏

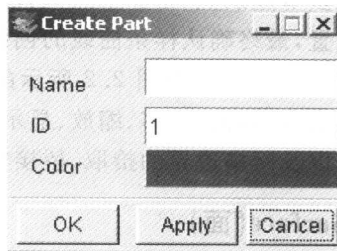


图 2.3 Create Part(创建零件层)对话框

单击 Line/Point 工具栏上的 Line 工具按钮,弹出如图 2.4 所示的对话框。可以选择已经存在的节点或点作为线上的一点来创建线,通过 Select by Cursor 中提供的不同选项选择点;或者通过输入坐标值直接创建点。如果对于所输入的点的位置参数不满意,可以单击 Reject (去除)工具按钮,以取消最后一个创建的点。创建点完成后,单击 OK 按钮,完成线的定义。

(2) Arc(创建圆)工具按钮

圆的创建可以通过三种方法来实现。单击 Arc 工具按钮,弹出如图 2.5 所示的对话框。它包含三种创建圆的方法:CENTER AND RADIUS(圆心和半径创建圆)、TANGENT TO 2 LINES(与两线相切创建圆)、THROUGH 3 POINTS(不共线三点创建圆)。用户可以根据不同需要选择不同的方法来进行创建圆。

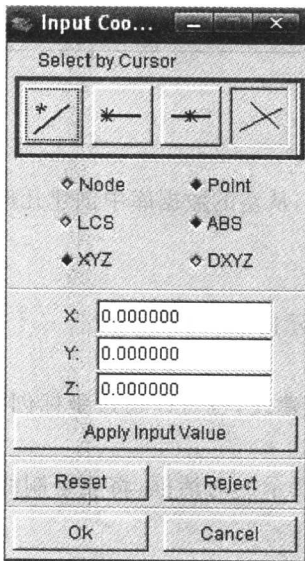


图 2.4 Input Coordinate 对话框

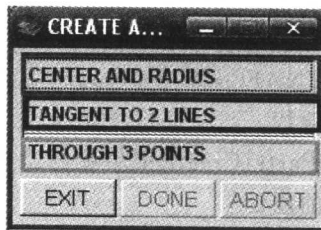


图 2.5 CREATE ARC(创建圆)对话框

(3) Spline(创建样条曲线)工具按钮

通过多节点或点(至少三点)创建样条曲线,可通过鼠标选取点或者通过输入坐标值来确定点的位置,最终确认样条曲线的创建。

用户还可以通过如图 2.2 所示的其他选项进行点和线的删除,线的复制、修改、添加、连接、分割、延长、镜像、偏移、缩放、显示、颠倒方向、重新分布其上的点、投影,通过线与面的截点来创建线以及网格边界的拾取、桥接等操作。

2. Surface(面)

选择 Preprocess|Surface 菜单项,弹出如图 2.6 所示的工具栏。



(1) Create 2L(两线创建曲面)工具按钮

单击 Create 2L 工具按钮,弹出对话框如图 2.7 所示。单击 LINE 选项,可以选择两条线,通过选定的两线创建曲面;单击 REJECT LAST 选项可撤销最后一次选择的线;单击 LINE SEGMENT 选项,选择几个线段后,通过单击 Done 按钮,可将几个线段组合成一条线;单击 POINTS/NODES 选项,可通过选择两点或节点确定一条线。

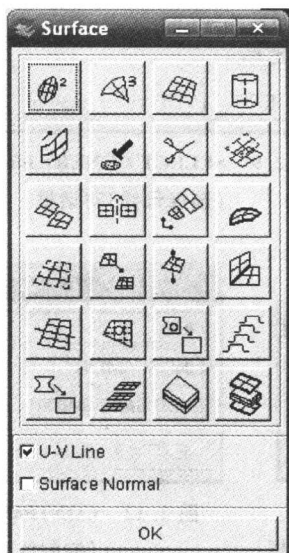


图 2.6 Surface 工具栏

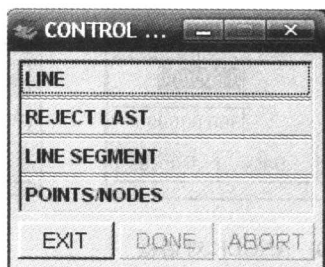


图 2.7 CONTROL KEYS(控制键)对话框

(2) Create 3L(三线创建曲面)工具按钮  和 Create 4L(四线创建曲面)工具按钮 
三线创建曲面和四线创建曲面的操作过程同两线创建曲面操作类似。

(3) Revolution(旋转曲面)工具按钮

单击 Revolution 工具按钮,弹出如图 2.8 所示的对话框。选择一条线作为旋转面的旋转轴,选定后所选线高亮显示,并弹出如图 2.9 所示的对话框。旋转轴线与母线选择完毕后弹出 ANGLE(设定旋转角)对话框,要求设定起始角和终止角,如图 2.10 所示。起始角和终止角参数设定好,单击 OK 按钮,完成旋转面的生成。

(4) Sweep(扫掠生成曲面)工具按钮

单击 Sweep 工具按钮,弹出对话框如图 2.11 所示。当单击 NORMAL SWEEP 选项采用法向扫掠时,母线旋转指向方向线法向外;当单击 RIGID SWEEP 选项采用严格扫掠时,母线不旋转。选择时弹出如图 2.12 所示的对话框,然后再选择母线和方向线,程序将自动生成曲面。图 2.13 和图 2.14 分别为同一方向线和母线通过不同扫掠方式得到的曲面。

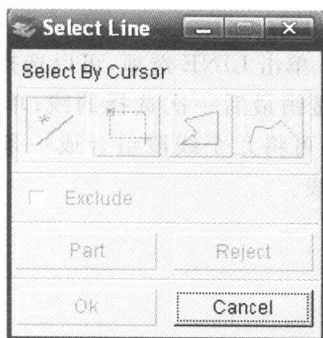


图 2.8 Select Line(选择旋转轴)对话框

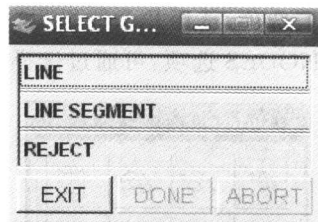


图 2.9 SELECT GENERATRIX
(选择母线)对话框

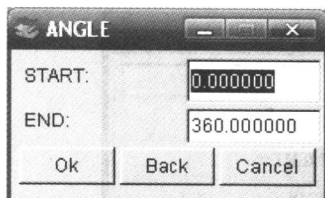


图 2.10 ANGLE 对话框

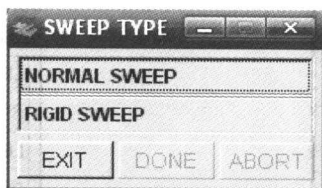


图 2.11 SWEEP TYPE
(扫掠方式)对话框

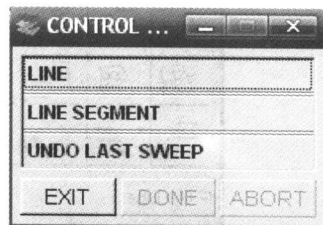


图 2.12 CONTROL LINE
(控制线)对话框

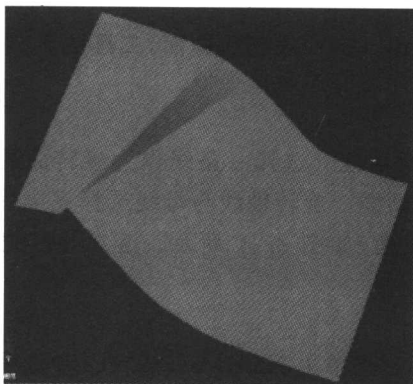


图 2.13 法向扫掠

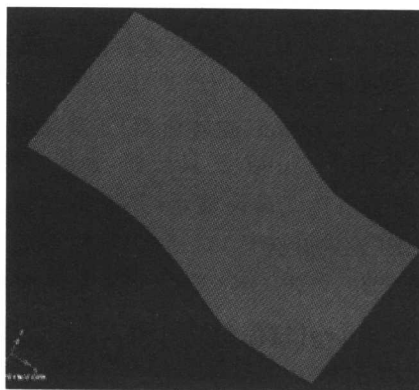


图 2.14 严格扫掠

用户还可以通过 Surface 工具栏中的其他功能进行曲面的显示、删除、变换、复制、镜像、缩放、分割、修剪、复原和组合等操作。