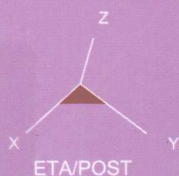
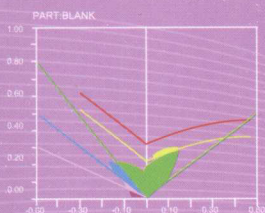


板料成形 CAE设计及应用

——基于AUTOFORM

PART_OUT
STEP 17 TIME: 0.032800
FLD,middle layer



CRACK
RISK
OF CRACK
SAFE
WRINKLE
TENDENCY
WRINKLE
SEVERE
WRINKLE
INSUFFICIENT
STRETCH



主 编 李飞舟
编 著 张永波 王秀凤 王积元



北京航空航天大学出版社

板料成形 CAE 设计及应用

——基于 AUTOFORM

主 编 李飞舟
编 著 张永波 王秀凤 王积元

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 AUTOFORM 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 6 个由浅入深的应用实例,对 AUTOFORM 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的学习辅助教材。

本书中 6 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”中进行下载。

图书在版编目(CIP)数据

板料成形 CAE 设计及应用:基于 AUTOFORM/李飞舟

主编. --北京:北京航空航天大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5124-0148-8

I. ①板… II. ①李… III. ①板材冲压—计算机辅助分析—应用软件, AUTOFORM IV. ①TG386.41-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 134223 号

版权所有,侵权必究。

板料成形 CAE 设计及应用 ——基于 AUTOFORM

主 编 李飞舟

编 著 张永波 王秀凤 王积元

责任编辑 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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:15.25 字数:390 千字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0148-8 定价:29.00 元

前言

AUTOFORM 软件是由瑞士研发与全球市场中心和德国工业应用与技术支持中心联合开发的用于板料成形模拟的专用软件包,它将来自世界范围内的许多汽车制造商和供应商广泛应用的诀窍和经验融入其中,并采取用户需求驱动的开发策略,从而保证提供最新的技术,方便地求解工艺及模具设计涉及的复杂板料成形问题,是目前该领域中应用最为广泛的计算机辅助 CAE 软件之一。它的显著特点是:①支持 Windows 和 Unix 操作系统,提供从产品概念设计直至最后模具设计的一个完整的解决方案;②特别适合应用于复杂的深拉伸和拉深成形模的设计,冲压工艺和模面设计的验证,成形参数的优化,材料与润滑剂消耗的最小化,新板料(如拼焊板、复合板)的评估和优化;③快速易用、有效、鲁棒(robust)和可靠;④直接由设计师来完成模拟,不需要大的硬件投资及资深模拟分析专家,其高质量的结果亦能很快用来评估,在缩短产品和模具的开发验证时间、降低产品开发和模具制作成本、提高产品质量等方面效果显著,给企业带来明显的竞争优势和市场机遇。

CAE 软件从 20 世纪 60 年代初在工程上开始使用直到今天,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、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,以及随机械载荷变化的动态显示图等。这些结果均可用于产品质量分析,为工程应用提供实用的依据。目前 AUTOFORM 软件已成为国际上著名的汽车覆盖件 CAE 分析软件,在国际上各大著名的汽车公司均有使用,我国的上海大众、重庆长安、北京比亚迪模具有限公司等汽车企业也采用该软件作为新车型覆盖件研发的分析工具。AUTOFORM 软件为进一步开展汽车覆盖件的研究提供了一个高层次的研究平台。

本书通过对 AUTOFORM 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 6 个典型的应用实例出发,由浅入深地对 AUTOFORM 软件的前处理、计算求解及后处理过程做了详尽的阐述,以引导读者快速掌握 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 技术的工程技术人员的学习辅助教材。

本书共分 8 章,第 1 章由王秀凤、王积元编著,第 2~4、8 章由李飞舟编著,第 5、6 章由李飞舟、王秀凤编著,第 7 章由李飞舟、张永波编著,参与该书编写工作的还有赵宁。许多作者编写的教材及资料对本书的编写起了重要的参考作用,在此一并表示衷心感谢。对于书中疏漏或不当之处,望读者批评指正。

编著者

2010 年 7 月

目 录

第 1 章 初识 AUTOFORM 软件	1
1.1 AUTOFORM 软件简介	1
1.2 AUTOFORM 软件设计思想	2
1.3 AUTOFORM 软件在板料成形过程中的分析流程	3
第 2 章 AUTOFORM 软件设计基础	5
2.1 AUTOFORM 启动	5
2.2 AUTOFORM 4.0 用户主界面介绍	6
2.2.1 菜单栏(Menu Bar)	6
2.2.2 图标工具栏(Icon Bar)	6
2.2.3 右侧工具栏(Right Bar)	8
2.2.4 底部工具栏(Bottom Bar)	10
2.3 菜单栏中的主要功能	11
2.3.1 文件管理菜单(File)	11
2.3.2 模型菜单(Model)	12
2.3.3 运行(Run)	56
2.3.4 结果查看(Results)	56
2.3.5 时间(Time)	63
2.3.6 显示(Display)	65
2.3.7 视图(View)	65
2.3.8 选项(Options)	65
第 3 章 简单圆筒形件拉深成形过程分析	67
3.1 圆筒形件的工艺分析	67
3.2 模型的建立与导入	68
3.3 模型前处理工具设置	69
3.3.1 Geometry generator	69
3.3.2 Blank generator	69
3.3.3 Process generator	71
3.4 模拟计算	82
3.5 模拟结果	82
3.5.1 FLD 分析	82
3.5.2 厚度云图分析	83
3.5.3 可行性分析	83



第4章 家用轿车引擎盖拉伸成形过程分析	86
4.1 家用汽车引擎盖工艺分析	87
4.2 创建三维模型	87
4.3 AUTOFORM 数据库操作	88
4.3.1 创建 AUTOFORM 数据库与模型的导入	88
4.3.2 模型操作工程	90
4.3.3 毛坯计算与排样	94
4.4 模拟类型与模拟参数设置	97
4.5 模拟计算	105
4.6 模拟结果分析	106
4.7 选用增量算法(Incremental)模拟步骤	110
4.7.1 创建 AUTOFORM 数据库与模型的导入	110
4.7.2 模型预处理	110
4.7.3 冲压方向	111
4.7.4 创建压料面	113
4.7.5 工艺补充	117
4.7.6 毛坯计算与排样	118
4.7.7 模拟工具控制参数设置	119
4.7.8 模拟计算	135
4.7.9 模拟结果与分析	135
第5章 V形件弯曲回弹过程分析	139
5.1 V形件弯曲回弹的工艺分析	139
5.2 创建三维模型	140
5.3 数据库操作	140
5.4 模型工程	142
5.5 分析计算	152
5.6 结果分析	153
第6章 机罩拉深成形过程分析	157
6.1 机罩零件的工艺分析	157
6.2 模型的导入	157
6.3 模面工程(Model)	158
6.3.1 工艺补充	158
6.3.2 工具参数设置	162
6.3.3 添加成形工具设置	168
6.4 模拟计算	179
6.5 结果分析	179

6.5.1 FLD 图	179
6.5.2 Formability	179
6.5.3 结果优化分析	180
第 7 章 左、右护板拉深成形过程分析	185
7.1 左、右护板的工艺分析	185
7.2 模型的导入	186
7.3 模型工程	187
7.3.1 Geometry generator 参数设置	187
7.3.2 Blank generator 参数设置	190
7.3.3 Process generator 参数设置	190
7.4 求解计算	198
7.5 结果与分析	199
7.5.1 Formability(零件可成形性)结果查看	199
7.5.2 FLD 曲线结果查看	200
7.5.3 Thickness 厚度结果查看	200
7.5.4 结果的优化	201
第 8 章 后盖拉延成形过程分析	206
8.1 后盖的工艺分析	206
8.2 模型的导入	206
8.3 模型预处理与工艺补充	208
8.4 毛坯板料计算	218
8.5 工具参数设定	220
8.5.1 Blank (毛坯板料)选项卡	220
8.5.2 Tool (工具)选项卡	222
8.5.3 设置拉延筋	222
8.5.4 Process(过程)	225
8.5.5 添加工序	227
8.6 模拟计算	229
8.7 模拟结果与分析	231
8.7.1 初次模拟结果	231
8.7.2 结果优化	233
参考文献	235

第1章 初识 AUTOFORM 软件

1.1 AUTOFORM 软件简介

AUTOFORM 软件是由瑞士研发与全球市场中心和德国工业应用与技术支持中心联合开发的用于板料成形模拟的专用软件,是目前该领域中应用最为广泛的计算机辅助 CAE 软件之一。它提供了从产品的概念设计直至最后的模具设计的一个完整的设计方案,特别适用于复杂的深拉伸和拉深成形模的设计,以及冲压工艺和模面设计的验证、成形参数的优化、材料与润滑剂消耗的最小化、新板料(如拼焊板、复合板)的评估和优化。在模拟技术方面采用新的隐式有限元算法保证求解的迭代收敛,数值控制参数的自动决定和使用精确的全量拉格朗日理论等保证求解快而且准确。软件应用界面如图 1.1 所示。

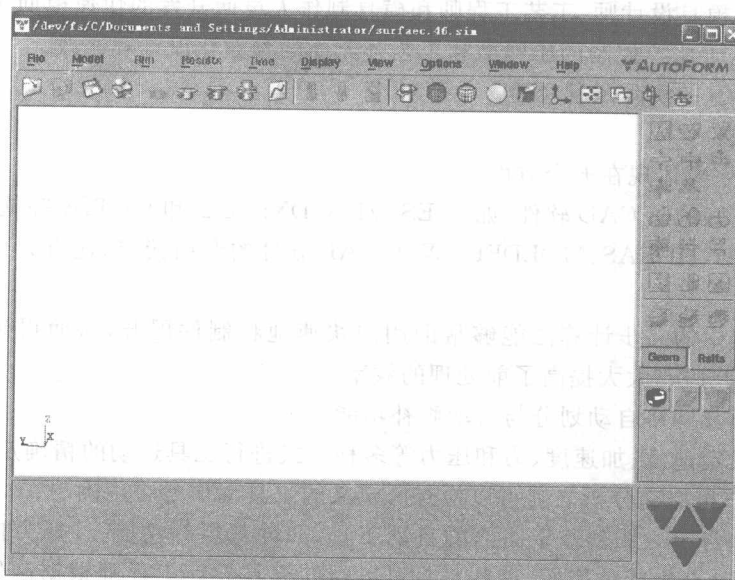


图 1.1 AUTOFORM 软件的应用界面

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。其主要模块包括 User-Interface(用户界面)、Automesh(自动网格划分)、Onestep(一步成形)、DieDesigner(模面设计)、Incremental(增量求解)、Trim(切边)、Hydro(液压成形)等。软件可通过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、拉伸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隐式增量算法、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、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等。作为专业化的数值模拟分析软件,该软件在使用时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,而且拥有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 AUTOFORM 软件设计思想

AUTOFORM 软件功能主要由前后处理和隐式增量有限元求解两部分组成。

其主要特色表现为以下四个方面。

(1) 主要特色

① 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。

② 求解器采用最新的有限元迭代求解技术,能够真实模拟板料成形中各种复杂问题,与显式算法相比能在更短的时间里得出结果。

③ 专为汽车模具设计师、工艺工程师和模具制作人员而开发的快速模面设计及其优化模块,快速实现了基于用户控制的压料面和工艺补充面的参数化设计和修改。

④ 固化了丰富的实际工程经验。

(2) 设计思想

其设计思想主要体现在七个方面。

① 提供了良好的与 CAD 软件,如 IGES、VDA、DXF、UG 和 CATIA 等软件的文件接口,以及与 NASTRAN、IDEAS、MOLDFLOW 等 CAE 软件的专用接口,还有方便的几何模型修补功能。

② 模面工程中的一步计算法能够帮助用户快速地将制件展开,从而得到合理的坯料尺寸,进而完成模型分析,大大提高了前处理的效率。

③ 强大的模具网格自动划分与自动修补功能。

④ 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。

⑤ 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。

⑥ 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。

⑦ 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。

(3) 数值模拟的价值

通过 AUTOFORM 软件进行数值模拟的价值体现在以下三个方面。

① 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加工现场数百小时的时间。

② 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。

③ 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,可以捕捉到潜在的设计缺陷,对有经验的设计师来说可以用来尝试更具风险性的、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 AUTOFORM 软件在板料成形过程中的分析流程

应用 AUTOFORM 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。

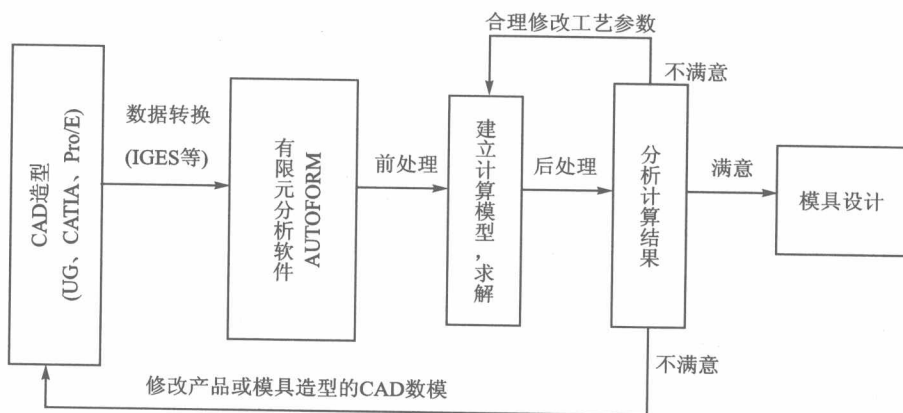


图 1.2 板料成形过程分析的流程

具体应用步骤表述如下所述。

① 直接在 AUTOFORM 的前处理器中建立模型。或者在 CAD 软件(如 UG、CATIA 和 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 AUTOFORM 系统。

② 利用 AUTOFORM 软件提供的网格划分工具对板料、凸模、凹模、压边圈进行网格的自动划分,自动检查并修正网格缺陷。

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,然后求解。

⑥ 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。

AUTOFORM 软件的基本操作流程

图 1-1 所示为 AUTOFORM 软件的基本操作流程。图中所示为 AUTOFORM 软件的基本操作流程,其流程如下:



图 1-1 AUTOFORM 软件的基本操作流程

1. 准备 (Preparation): 包括确定材料属性、模具参数、边界条件等。

2. 建模 (Modeling): 建立工件和模具的几何模型。

3. 网格划分 (Meshing): 对工件模型进行网格划分,以提高模拟精度。

4. 模拟 (Simulation): 设置分析参数,进行数值模拟计算。

5. 后处理 (Post-processing): 以云图、等值线等形式显示模拟结果,分析成形质量。

6. 输出 (Output): 生成模拟结果报告,为后续工艺优化提供依据。

第2章 AUTOFORM 软件设计基础

2.1 AUTOFORM 启动

在桌面或“开始”菜单中双击 AUTOFORM 4.0 图标,弹出如图 2.1 所示的图框,表示 AUTOFORM 4.0 软件开始启动进程。完成 AUTOFORM 4.0 启动后,弹出如图 2.2 所示的对话框。用户可以根据零件实际工艺要求,选中相应的模块,然后单击对话框右下角的 OK 按钮,就会进入 AUTOFORM 4.0 软件的主界面,如图 2.3 所示。

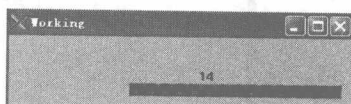


图 2.1 启动进程显示

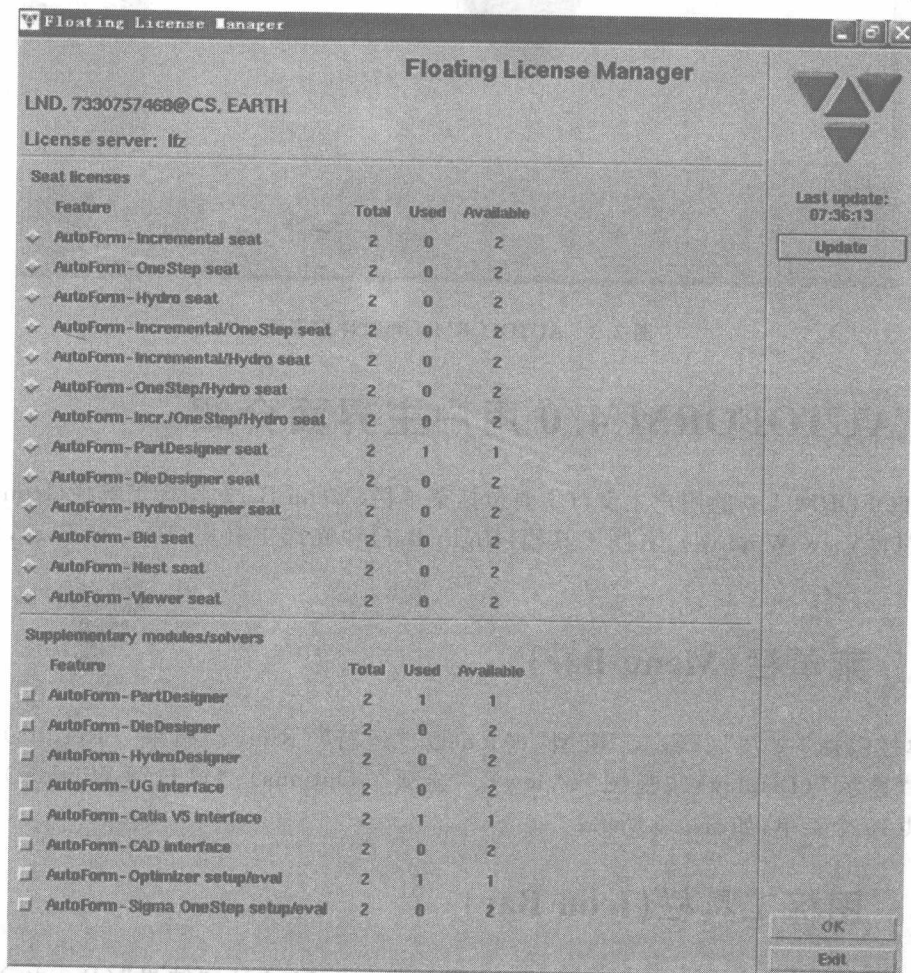


图 2.2 “用户模块选项”对话框

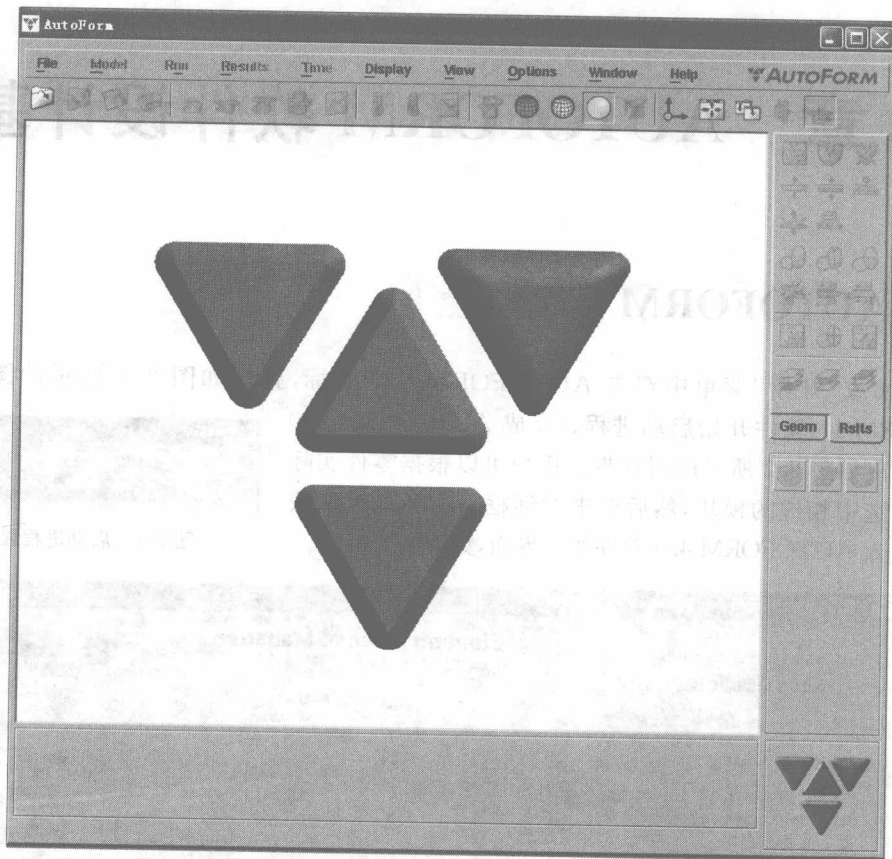


图 2.3 AUTOFORM 4.0 软件主界面

2.2 AUTOFORM 4.0 用户主界面介绍

AUTOFORM 4.0 的用户主窗口主要包括菜单栏(Menu Bar)、图标工具栏(Icon Bar)、图形显示窗口(View Window)、右侧工具栏(Right Bar)和底部工具栏(Bottom Bar),如图 2.4 所示。

2.2.1 菜单栏(Menu Bar)

菜单栏包括“文件”(File)、“模型”(Model)、“运行”(Run)、“结果”(Results)、“时间”(Time)、“显示”(Display)、“视图”(View)、“选项”(Options)、“窗口”(Window)、“帮助”(Help)共 10 个菜单,如图 2.5 所示。

2.2.2 图标工具栏(Icon Bar)

图标工具栏(Icon Bar)包含“文件”(File)、“模型”(Model)、“结果”(Results)、“显示”

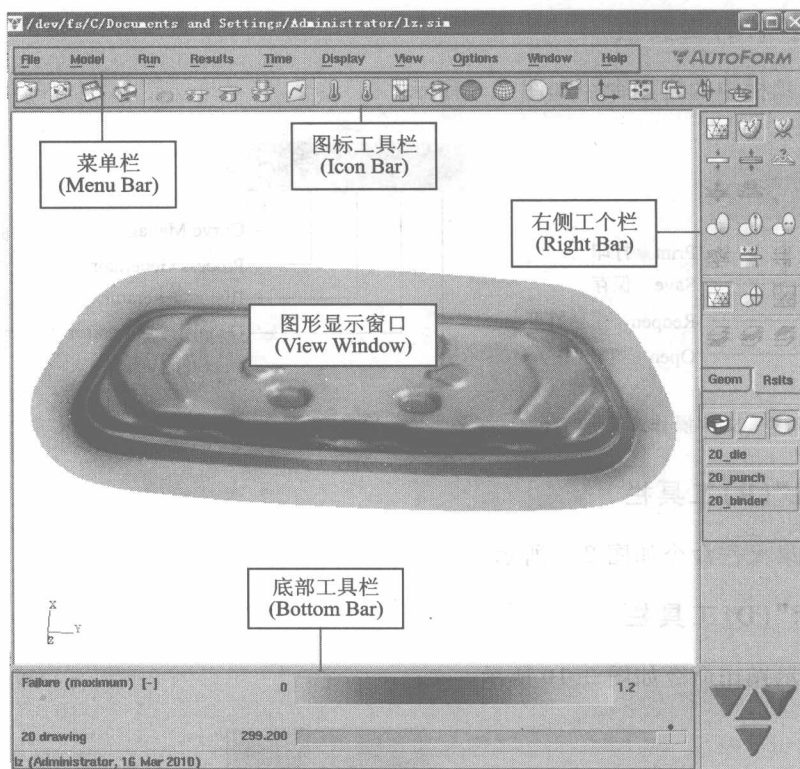


图 2.4 主界面各区域介绍



图 2.5 菜单栏

(Display)、和“视图”(View)等几个部分,并对这几个主菜单中的常用功能组进行了集成合并,如图 2.6 所示。

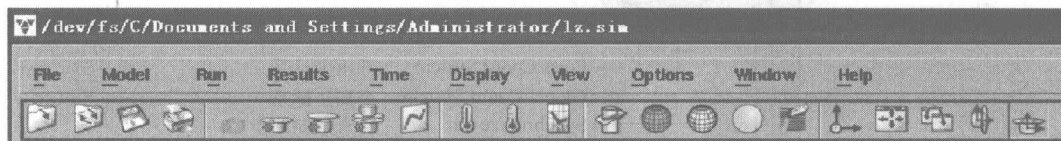


图 2.6 工具栏

1. “文件”(F)工具栏

“文件”工具栏中的常用命令如图 2.7 所示。



2. “模型”(M)工具栏

“模型”工具栏中的常用命令如图 2.8 所示。

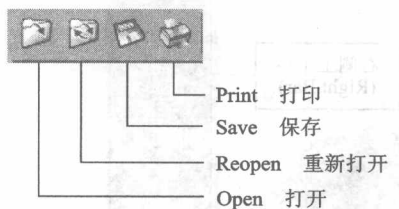


图 2.7 文件操作命令

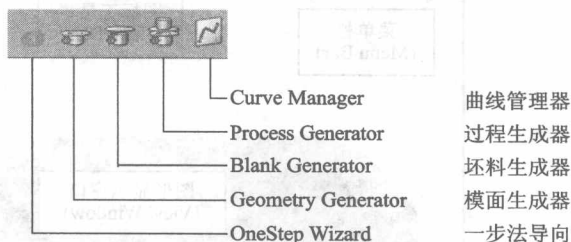


图 2.8 模型操作命令

3. “结果”(R)工具栏

常用的结果操作命令如图 2.9 所示。

4. “显示”(D)工具栏

常用的显示操作命令如图 2.10 所示。

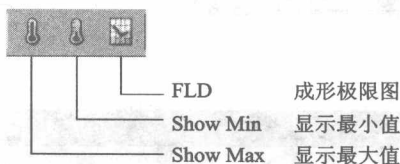


图 2.9 结果操作命令

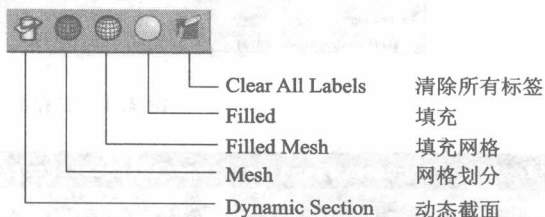


图 2.10 显示操作命令

5. “视图”(V)工具栏

常见的视图操作命令如图 2.11 所示。

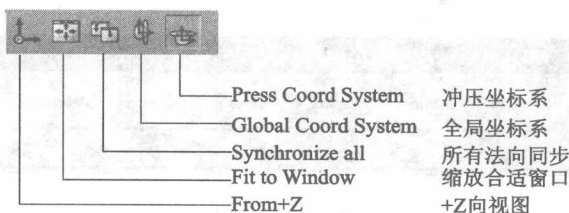


图 2.11 视图操作命令

2.2.3 右侧工具栏(Right Bar)

右侧工具栏主要集成了输入/输出的显示控制命令,如图 2.12 所示。这个工具栏由三部

分组成:输入零件/模型几何体显示控制(Geom)组件,如图 2.13 所示;模拟结果输出参数/变量显示控制(Rslts)组件,如图 2.14 所示;零件/工件/模具显示控制组件;如图 2.15 所示。其中图 2.15 为采用增量法与液压模块时的显示结果,这个控制面板会跟随启动的模块不同而变化。

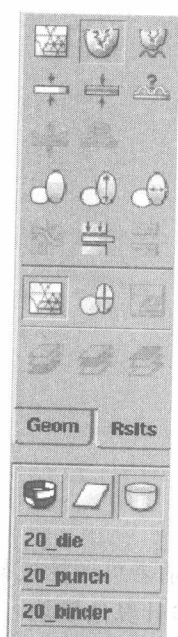


图 2.12 右侧工具栏

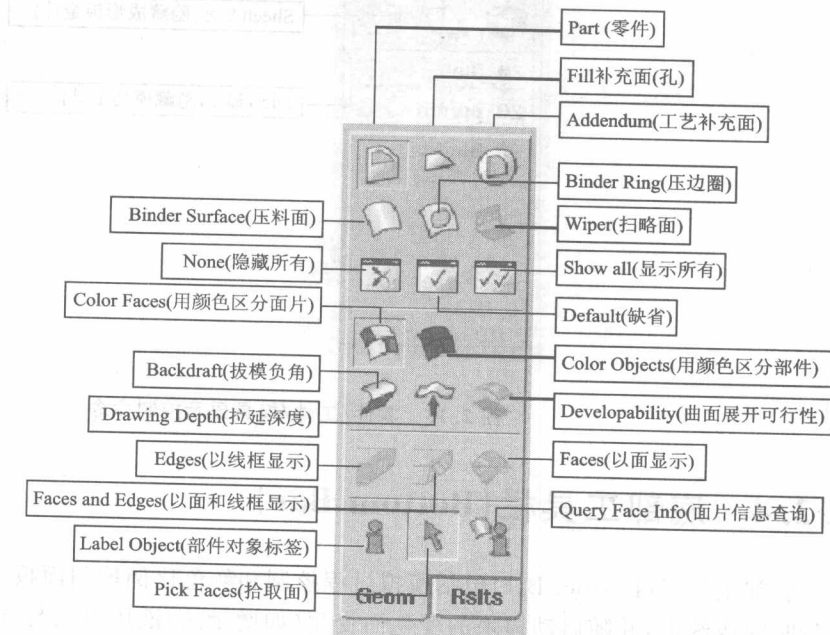


图 2.13 输入零件/模型几何显示控制命令

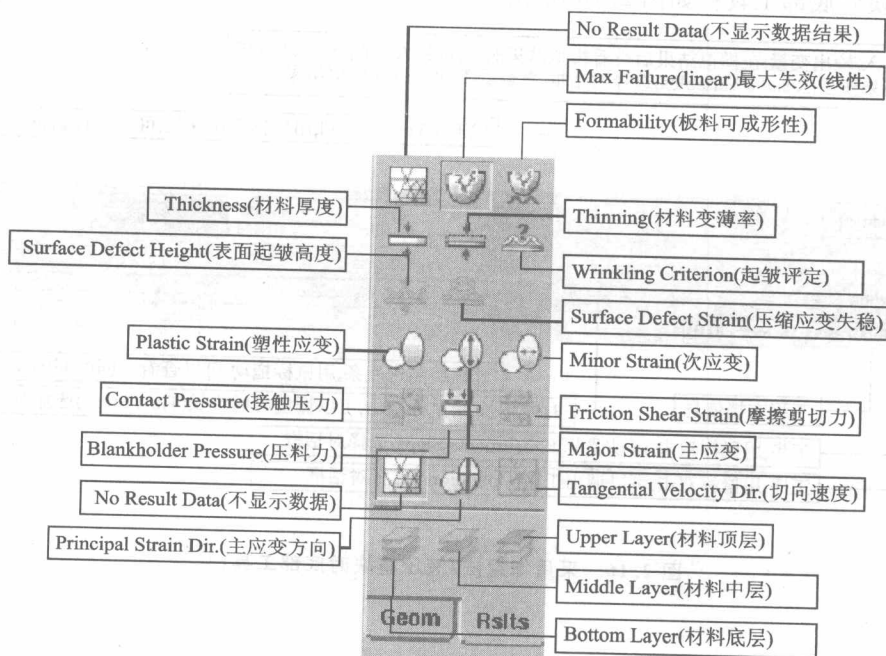


图 2.14 模拟结果输出命令