

土木工程软件应用系列

LUSAS结构分析 及其在桥梁工程中的应用

主 编 范兴朗
副 主 编 荣 华 吴 熙 潘剑云
侯东序 黄帮秀
丛书主编 易富民

- ★ 基础理论点拨
- ★ 典型实例讲解
- ★ 工程实战演练
- ★ 视频导学同步

大连理工大学出版社



赠送超值光盘，内含**LUSAS**最新版本
14.5-3试用版软件+实例模型+视频演示

土木工程软件应用系列

LUSAS 结构分析 及其在桥梁工程中的应用

主 编 范兴朗
副 主 编 荣 华 吴 熙 潘剑云
 侯东序 黄帮秀
丛书主编 易富民

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

LUSAS 结构分析及其在桥梁工程中的应用/范兴朗主
编. —大连:大连理工大学出版社, 2011. 6
(土木工程软件应用系列)
ISBN 978-7-5611-6264-4

I. ①L… II. ①范… III. ①桥梁结构—结构分析—
应用软件, LUSAS IV. ①U443-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 102898 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连日升印刷厂

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm

印张:22.25

字数:512 千字

附件:光盘一张

2011 年 6 月第 1 版

2011 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:裘美倩

责任校对:李楠

封面设计:温广强

ISBN 978-7-5611-6264-4

定 价:46.00 元

土木工程软件应用系列 丛书编委会

丛书主编/主任:易富民

副主任:韦虹 刘名君 赵捷 刘蓉 赵艳华 王显利
王海涛 国巍 范兴朗 钟宏林 卢鹏程 王建超
董伟 尤志国

委员:卜丹 国振 涂兵雄 纪文武 荣华 吴熙
潘剑云 侯东序 黄帮秀 王荣波 陈春雷 冯华
董玲珑 李传林 何君 李标 宋方闹 祁伟
向华伟 鲁昭 杨微 刘忠平 王典斌 邱朝阳
杨树桐 张云国 李旭鹏 张宁 徐磊 李学进
梁猛 赵宏明 胡程鹤 徐锋 李珊 马永贺
宋志强 李庆华 钟亚伟 董晓刚 沈伟 蔡向荣
沈霞 黄涌 宋丽佳 董建熙 石柱 田建平
徐庆钟

序

范兴朗先生主编的《LUSAS 结构分析及其在桥梁工程上的应用》一书即将由大连理工大学出版社出版,本人很荣幸受邀为该书做序以表祝贺。LUSAS 软件是一款卓越的有限元分析软件,其友好的界面、丰富的单元材料库以及精准的非线性分析能力正在被各国的工程师们广泛地使用。用户可以通过其强大的非线性分析功能较为容易地完成土木工程中普通问题及预应力混凝土的收缩徐变和开裂等一些关键问题的有限元分析,从而为实际工程提供更加准确的分析依据。

LUSAS 软件目前在全球已经拥有数万用户,遍及美国、英国、意大利、葡萄牙、芬兰、奥地利、澳大利亚、以色列、韩国、日本、印度、马来西亚、新加坡、中东地区、南非、巴西、阿根廷、中国台湾及中国香港地区等。LUSAS 软件中包括高速铁路联合会规范(UIC774-3)、美国规范、韩国规范、芬兰及英国铁路公路规范、以色列、欧洲规范。中国桥梁规范在我公司与杭州劲创科技发展有限公司的共同努力下也即将添加完成。

目前已经有江阴长江大桥、润阳长江大桥、苏通长江大桥、香港青马大桥、台湾高速铁路等一批大型建设项目采用了 LUSAS 软件进行精确的有限元分析。

本书详细介绍了 LUSAS 软件在结构分析中的应用,前 6 章对 LUSAS 的各个分析功能做了详细的阐述,第 7 章通过实例说明了 LUSAS 在桥梁工程中的应用。本书内容翔实,举例恰当,适合作为高校学生及工程技术人员学习 LUSAS 软件的参考教材。

希望 LUSAS 软件能够成为中国结构工程师手里的一个有力的工具。

英国 FEA 公司总裁:Paul Lyons



前 言

随着计算机技术的飞速发展和广泛应用以及有限元理论的日益发展,出现了许多有限元分析软件,并在各个领域得到了广泛的应用。大型的通用有限元软件有 LUSAS、ANSYS、ABAQUS、ALGOR 和 NASTRAN 等。

LUSAS 是由英国 FEA 公司开发的高品质工程有限元分析专用软件,目前正向全球拓展。LUSAS 软件的起源可追溯到 1970 年,当时一批伦敦皇家学院的研究者开始致力于“伦敦大学应力分析系统(LUSAS—London University Stress Analysis System)”的研究。该研究组由保罗·里昂(Paul Lyons)博士领导,他于 1982 年创立了有限元分析技术公司——FEA。至此,LUSAS 作为一种商业软件进行市场推广与技术研发。现在,LUSAS 软件产品已成为大家所熟知,且较为实用的有限元软件包之一。

目前 LUSAS 软件已被广泛用于土木和建筑、桥梁工程、石油和气体、海洋与船舶、航空航天、汽车行业、复合材料、防御工程、矿山采矿、加工处理业和产品设计等领域。基于有限元分析方法,LUSAS 软件能有效地求解线性静力、自振频率、线性及非线性屈曲、疲劳、非线性效应、交互模态动力分析、温度场、施工阶段和土与结构共同作用等问题。

LUSAS 已在全球设立了多个办事处,并拥有由 20 多个发布商组成的营销网络,通过这些发布商向全球发行 LUSAS 产品,并进行技术支持。LUSAS 现已遍布世界各地,许多国家都有它的用户。英国 FEA 公司一直坚持对 LUSAS 核心程序的开发,以确保产品处于软件技术的前列。该公司也一直积极同许多大学、研究机构和企业保持合作。LUSAS 软件因其更新速度快且吸收最新的有限元技术,而备受广大用户的青睐。

本书以 LUSAS14.3 为平台,共分为 7 章。具体内容安排如下:

第 1 章 LUSAS 基本介绍。主要介绍了有限元的起源、基本概念、分析方法以及 LUSAS 软件的基本使用方法。

第 2 章 结构线性静力分析。主要介绍了 LUSAS 进行线性静力分析的方法和步骤,并列举了一些典型的实例。

第 3 章 结构实特征值分析。介绍了结构特征值分析的基本知识,包括特征值分析力学理论以及特征值分析在 LUSAS 上的实现步骤。最后,通过一些典型的实例对各种结构类型的特征值分析进行了论述。

第 4 章 结构线性动力分析。介绍了结构线性动力分析的基本知识,重点介绍了瞬态动力分析方法及其在 LUSAS 软件中的实现步骤。通过典型实例对 LUSAS 进行瞬态动力分析的方法和步骤做了详细的阐述。

第 5 章 材料非线性分析。首先对结构的非线性问题进行了阐述,然后介绍了非线性材料分析的基本知识,重点介绍了弹塑性材料分析及 LUSAS 软件所拥有的一些弹塑性材料模型,并通过典型实例对 LUSAS 进行非线性材料分析的方法和步骤做了详细的阐述。

第 6 章 几何非线性分析。介绍了几何非线性的基本知识,并介绍了几何非线性分析在 LUSAS 上的实现步骤及所需要注意的地方,最后通过典型实例对 LUSAS 进行几何非

线性分析的方法和步骤做了详细的阐述。

第7章 桥梁实例分析。本章以两个桥梁工程实例为背景,阐述了 LUSAS 软件在桥梁结构分析中的应用,桥梁结构分析中所使用的功能及操作在此两例中都有所表现。

本书中的所有实例模型均包含在书后所附光盘中,书中所附的光盘中还包含 LUSAS 软件最新版本 14.5-3 及各章典型实例的学习录像。

本书可作为工科院校土木、力学等专业高年级本科生、研究生学习 LUSAS 软件应用的学习教材,也可以作为结构工程、桥梁工程技术人员学习 LUSAS 软件的参考用书。

本书由范兴朗主编,荣华、吴熙、潘剑云、侯东序、黄帮秀为副主编。同时参加本书编写的工作人员有陈春雷、向华伟、何君、卢鹏程、宋方闹、张学、李标、徐卫敏、陈伟军、李志强、祁伟、曾程文。

感谢浙江大学汪劲丰博士对本书的编写进行指导,并提供了宝贵的资料。感谢杭州劲创科技发展有限公司的陈荣斌总经理,余磊、冯华工程师对本书的写作提供技术上的支持。感谢英国 FEA 公司总裁 PAUL Lyons 博士为本书写序,并允许提供 LUSAS 软件的试用版本。本书在写作过程中还参考了上海现代建筑设计(集团)有限公司技术中心崔家春博士博客上的部分材料,在此,也一并感谢。感谢大连理工大学出版社刘蓉编辑,在本书写作中,她的耐心和细心使本书的内容和格式更为完善。

由于编写时间较为仓促,书中疏漏在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录

第 1 章 LUSAS 基本介绍	1
1.1 简介	1
1.2 LUSAS 软件介绍	2
1.2.1 基本情况	2
1.2.2 软件组成	2
1.2.3 LUSAS Bridge	3
1.3 LUSAS 基本操作	5
1.3.1 环境设置	5
1.3.2 LUSAS 文件类型与操作	7
1.3.3 LUSAS 几何操作	8
1.3.4 模型属性	10
1.3.5 执行分析的途径	14
1.3.6 结果浏览:如何查看分析的结果	15
1.4 本章小结	16
第 2 章 结构线性静力分析	18
2.1 静力分析简介	18
2.2 静力分析在 LUSAS 中的实现	18
2.3 梁截面形状和方向的定义	19
2.3.1 梁截面形状的定义	19
2.3.2 梁截面方向的定义	21
2.4 结构静力分析实例	22
2.5 本章小结	85
第 3 章 结构实特征值分析	86
3.1 引言	86
3.2 为什么要进行模态分析	87
3.3 模态分析简介	88
3.4 模态分析的数值方法	91
3.4.1 子空间迭代法	91
3.4.2 Guyan 缩减法	91
3.4.3 Lanczos 向量法	91
3.5 计算实例	92
3.6 本章小结	138

第 4 章 结构线性动力分析	139
4.1 动力分析简介	139
4.1.1 瞬态动力分析概述	139
4.1.2 线性瞬态动力分析算法	140
4.1.3 线性瞬态动力分析的积分时间步长	141
4.1.4 动力分析的阻尼	141
4.2 动力分析在 LUSAS 中的实现	142
4.3 结构动力分析实例	142
4.4 本章小结	199
第 5 章 材料非线性分析	200
5.1 非线性问题简介	200
5.2 材料非线性分析理论简介	200
5.3 LUSAS 非线性材料模型介绍	201
5.4 材料非线性分析实例	207
5.5 本章小结	255
第 6 章 几何非线性分析	256
6.1 几何非线性问题简介	256
6.2 几何非线性分析步骤	257
6.3 几何非线性分析实例	258
6.4 本章小结	306
第 7 章 桥梁实例分析	307
7.1 引言	307
7.2 分析实例	307
7.3 本章小结	345
参考文献	346

1.1 简介

有限单元方法,简称有限元法,是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法。它是20世纪50年代首先在连续体力学领域——飞机结构静、动态特性分析中应用的一种有效的数值分析方法,随后广泛用于求解热传导、电磁场、流体力学等连续性问题。

有限元法分析计算的思路 and 做法可归纳如下:

(1) 物体离散化

将某个工程结构离散为由各种单元组成的计算模型,这一步称做单元剖分。离散后单元与单元之间利用单元的节点相互连接起来;单元节点的设置应依据实际问题的性质、描述变形形态的需要和计算进度而定(一般情况单元划分越细则描述变形情况越精确,即越接近实际变形,但计算量越大)。所以有限元法中分析的结构已不是原有的结构物,而是由众多单元以一定方式连接成的离散物体。因此,用有限元法计算所获得的结果只是近似值。如果单元划分得足够密集且合理,则所获得的结果就更接近实际情况。

(2) 单元特性分析

1) 选择位移模式

在有限元法中,选择节点位移作为基本未知量时称为位移法;选择节点力作为基本未知量时称为力法;取一部分节点力和一部分节点位移作为基本未知量时称为混合法。位移法易于实现计算自动化,所以,位移法在有限元法中应用范围最广。

采用位移法时,物体或结构物离散化之后,就可把单元中的一些物理量,如位移、应变和应力等用节点位移来表示。这时可以采用一些能逼近原函数的近似函数对单元中位移的分布予以描述。通常,有限元法就是将位移表示为坐标变量的简单函数。这种函数称为位移模式或位移函数,如 $y = af(x)$, 其中 a 是待定系数, $f(x)$ 是与坐标有关的某种函数。

2) 分析单元的力学性质

根据单元材料的性质、形状、尺寸、节点数目、位置及其含义等,找出单元节点力和节点位移间的关系式,这是单元分析中最为关键的一步。此时需要应用弹性力学中的几何方程和物理方程来建立力和位移的方程式,从而导出单元刚度矩阵,这是有限元法的基本步骤之一。

3) 计算等效节点力

物体离散化后,假定力是通过节点从一个单元传递到另一个单元。但是,对于实际的连续体,力是从单元的公共边传递到另一个单元中去的。因而,这种作用在单元边界上的表面力、体积力和集中力都需要等效地移到节点上去,也就是用等效节点力来代替所有作

用在单元上的力。

(3) 单元组集

利用结构力的平衡条件和边界条件把各个单元按原来的结构重新连接起来,形成整体的有限元方程

$$Kq=f \quad (1.1)$$

式中, K 为结构的整体刚度矩阵; q 为节点位移列阵; f 为荷载列阵。

(4) 求解未知节点位移

通过解有限元方程(1.1)得出相应的节点位移。这里,可根据方程的具体特点来选择合适的计算方法。

通过上述分析,可以看出,有限元法的基本思想是“一分一合”,分是为了进行单元分析,合则是为了对整体结构进行综合分析。

1.2 LUSAS 软件介绍

1.2.1 基本情况

LUSAS 是由英国 FEA 公司开发的高品质工程有限元分析专用软件,目前正向全球拓展。LUSAS 软件的起源可追溯到 1970 年,当时一批伦敦皇家学院的研究者开始致力于“伦敦大学应力分析系统(LUSAS—London University Stress Analysis System)”的研究。该研究组由保罗·里昂(Paul Lyons)博士领导,他于 1982 年创立了有限元分析技术公司——FEA。自此,LUSAS 作为一种商业软件,开始进行市场推广与技术研发。现在,LUSAS 软件产品已成为大家所熟知,且较为实用的有限元软件包之一。

目前,LUSAS 软件已被广泛用于土木和建筑、桥梁工程、石油和气体、海洋与船舶、航空航天、汽车行业、复合材料、防御工程、矿山采矿、加工处理业和产品设计等行业。基于有限元分析方法,LUSAS 软件能有效地求解线性静力、自振频率、线性及非线性屈曲、疲劳、非线性效应、交互模态动力分析、温度/场、施工阶段和土与结构共同作用等问题。

LUSAS 已在全球设立了多个办事处,并拥有一个由 20 多个发布商组成的营销网络,通过这些发布商向全球发行 LUSAS 产品,并进行技术支持。LUSAS 现已遍布世界各地,许多国家都有它的用户。英国 FEA 公司一直坚持对 LUSAS 核心程序的开发,以确保产品处于软件技术的前列。该公司也一直积极同许多大学、研究机构和企业保持合作。LUSAS 软件因其更新速度快且吸收最新的有限元技术,而备受广大用户的青睐。

1.2.2 软件组成

目前,LUSAS 软件共有四种商业产品:

- LUSAS 桥梁(LUSAS Bridge)——用于桥梁工程的分析、设计和评估。
- LUSAS 复合结构(LUSAS Composite)——用于复合产品或构件的设计。
- LUSAS 土木建筑(LUSAS Civil & Structural)——用于土木、建筑、核震或地震、岩土和离岸工程。
- LUSAS 分析家(LUSAS Analyst)——用于汽车、航空、防御工程、制造业和其他一些工程的分析。

非线性、动力、温度/场分析和快速求解器选项使得上述产品的有限元分析功能可满足用户的各种需求。

除上述四种商业产品外, LUSAS 还有一个研究版——LUSAS Academic, 主要用于教育机构的教学和研究, 允许使用各种类型的 LUSAS 商业产品的所有功能。

1.2.3 LUSAS Bridge

在世界范围内有成千上万的桥梁工程师用 LUSAS Bridge 软件进行各种类型的桥梁结构分析, 在 LUSAS 软件网站(www.lusas.com), 列有用 LUSAS 软件分析的代表性项目。窗口式用户界面、建模助手和功能强大的车辆加载工具、车辆荷载优化及车辆荷载的智能组合等使得建模和加载及结果生成变得简单而快捷。

(1) 软件功能

LUSAS Bridge 能充分满足用户的各种分析需求。由于其具有代表当前最新技术的单元库和正交各向异性材料的模型, 再加上直接求解器和 Lanczos 向量法本征求解器, 使得各种类型的桥梁工程问题都能被高效地解决。现将 LUSAS Bridge 的主要功能分别简述如下:

1) 线性静力分析

LUSAS Bridge 可快捷、准确地计算出静力荷载产生的应力、应变、位移、弯矩、剪力和轴力等。假设荷载是瞬间施加的, 并立刻产生内应力, 忽略瞬时效应。

2) 自振频率分析

确定由风荷载、波动荷载和其他可变荷载作用引起的结构自振频率和模态振型。

3) 线性屈曲分析

计算相对刚性的结构, 如板梁、膜和 U 形框架, 在失稳或倒塌之前所能承受的最大荷载。

4) 交互模态动力分析(IMD)

对于大量瞬态荷载作用下的桥梁结构线性动力响应问题, 如多列列车以不同速度过桥或地震作用等, 交互模态动力分析工具为其提供了准确的分析方法, 分析时间较传统的时域分析大大减少。对于整体结构和已选定的节点和单元, 可得到力、弯矩、位移、响应时程和响应峰值等结果。可以将计算结果绘成图表, 也可以生成等值线、矢量及峰值图等。

5) 后张预应力分析

后张预应力分析工具可自动计算与预张力相等效的力, 并在各个方向上自动将其分配给模型。由于摩擦、锚具变形、徐变、收缩、松弛等导致的预应力损失均被计及。

6) 疲劳分析

根据相应的设计规范, 可对结构或其构件的疲劳响应进行计算。

7) 非线性分析

对施加的各种荷载效应进行局部和整体非线性分析, 可确保桥梁设计的经济性和安全性。LUSAS Bridge 能够解决的问题有几何非线性(大变形、有限转动和大应变)、材料非线性和非线性接触(点和面)。其非线性自动处理程序简化了非线性分析的应用过程, 如桥梁支座脱空、支座破坏、橡胶支座分析、弹塑性大变形平板屈曲、大变形索分析、开启桥的有限大转动分析等问题都可在该软件中实现。

8) 动力分析

LUSAS Bridge 能非常有效地解决地震和动力分析问题。结构的自振频率、与时间相关动荷载效应(如人行桥上的人群)和地震荷载响应等,均可被准确求出。如将动力和非线性选项相结合,运用隐式求解法可求解非线性动力问题。

9) 施工阶段分析

通过单元激活或钝化方法,可对分阶段施工的各种桥型及材料挖空等施工过程进行准确分析。

10) 土与结构相互作用分析

LUSAS Bridge 提供的土体模型具有强大的处理土工问题的能力。它可以考虑土体残余应力随深度而改变的特性,这对桥梁下部结构与土体的相互作用分析非常有用。LUSAS Bridge 能模拟岩石节理和孔隙水压力释放及土体固结,并能解决涉及长期凹陷和黏性土中的结构物及临时工程等方面的土工问题。

(2) 高级单元库

LUSAS Bridge 具有丰富的单元库,主要有以下几大类:

- 用于板状结构的板、壳单元
- 用于预应力、钢和复合结构的梁和壳单元
- 用于悬索桥的索单元
- 用于局部分析的实体单元

(3) 高级功能选项

1) 非线性分析选项

- 几何非线性
- 材料非线性
- 接触非线性
- 非线性自动求解程序

2) 动力分析选项

- 谱响应和强迫响应
- 瞬态隐式动力
- 非线性动力
- 模态或瑞雷阻尼分析

3) 交互模态动力分析(+)选项(IMD+)

- 事件复合效应评估
- 快速求解
- 线性动力效应

4) 温度/场分析选项

- 稳态和瞬态温度/场分析
- 温度分布及传递分析
- 焊接效应分析
- 温度与结构的耦合效应分析

5) 先进的快速求解器选项

- 直接求解器
- Lanczos 向量法本征求解器

(4) 二次开发

为了满足用户的不同需求,LUSAS Bridge 支持用户二次开发,使用户对 LUSAS Bridge 的使用更具灵活性和可控性。LUSAS Bridge 支持以下两种二次开发。

1) 材料模型

用户通过 LUSAS MMI,用 Fortran 语言,可以方便地添加自己的线性及非线性材料模型,如三维徐变模型、弹塑性本构模型等。

2) 用户截面

用户通过 LUSAS 的 LPI,用 VB Script 语言,可以开发建模助手、拓展软件的前后处理功能。用户可以通过 LPI 对几何元素进行定义、划分几何体单元、设定结构,并可分配几何属性、材料属性、边界条件、荷载、工况以及各类在 LUSAS 中需要的变量。总体来说,二次开发使得用户在进行各类分析时,可以不用鼠标进行 LUSAS 界面操作。

1.3 LUSAS 基本操作

对于 LUSAS 软件的使用,关键是要将软件的基本操作与本章 1.2 节所叙述的有限元分析思路结合起来。认真思考并了解软件操作中每一步的目的和作用,这对软件的掌握非常有帮助。

使用 LUSAS 软件进行一个完整的有限元分析的操作流程:

- (1) 设置工作环境。一般包括单位体系设置,工作路径、文件名称和工作界面设置。
- (2) 建立几何模型。主要包括点、线、面和体的操作,也可以从其他软件导入。
- (3) 设定模型的几何属性。包括梁的面积、惯性矩、板的厚度以及其他偏心设置等。
- (4) 设定材料属性(根据需要选择材料,需要初步掌握用户建模手册的材料特性)。
- (5) 划分有限元网格。
- (6) 设定荷载条件。
- (7) 设定位移边界条件。
- (8) 执行分析。
- (9) 结果查看。

上述的(3)~(7)步之间没有严格的顺序,使用者可根据自己的习惯来决定先执行哪一步操作。下面将根据上述的操作流程,简单介绍 LUSAS 软件的基本操作功能。

1.3.1 环境设置

创建一个新模型时每次都会显示新模型对话框。新模型对话框能对一个模型文件进行命名并选择存储目录。

模型的标题、工号、单位体系和设计垂直轴也将在启动对话框内被定义。标题可以在常规表的模型属性对话框内进行再修改,访问路径为【文件】→【模型属性】菜单项。垂直轴的修改可以在【工具】→【竖轴】菜单项中进行。LUSAS 软件的单位体系是贯穿整个模型的,一旦创建的时候定义了单位体系就不能再修改了,LUSAS 提供了所有类型的单位体系组合,在新的版本中将实现单位的动态转换。

通过选择启动模版,在模型中可以建立一些有用的预先做好的属性。用户界面可以通过定义创建模型的类型使界面简单化。用户界面的选择也可以在常规表的模型属性对话框内进行再修改,访问路径为【文件】→【模型属性】菜单项。

下面对 LUSAS 界面作一个简要说明(图 1.1):

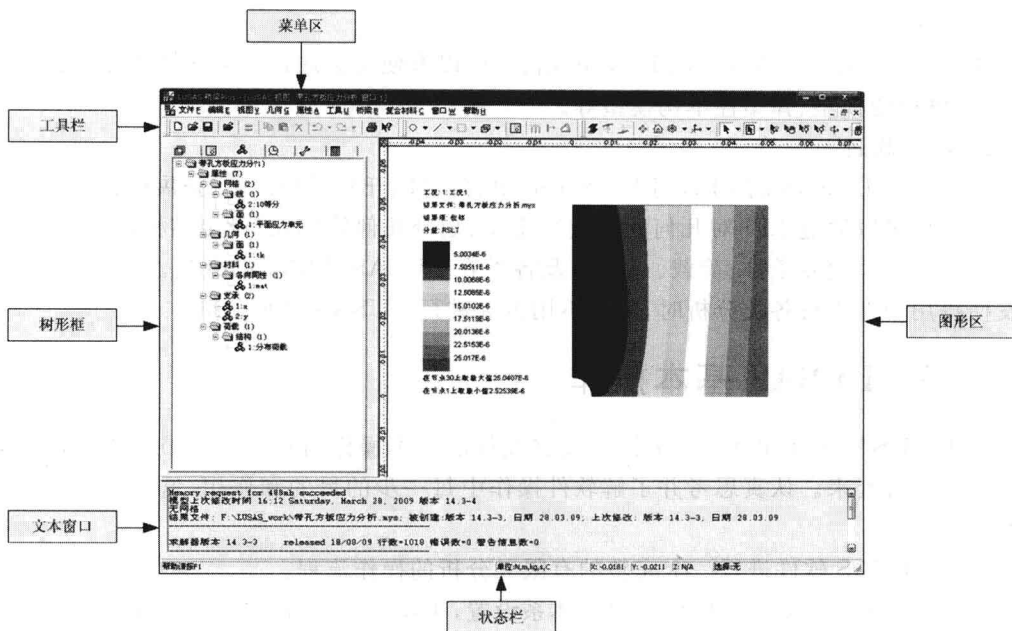


图 1.1 LUSAS 操作界面

(1) 树型工作栏(模型树)

树型工作栏经常用来在图形框内建立不同样式的模型。它由五个树型面板组成,分别是 层、 组、 属性、 荷载工况和 工具。树型工作栏支持拖放功能,如可以通过拖放树型工作栏的属性面板里的数据到先前选择好的对象上来实现属性的分配。可以在主菜单的【视图】→【树形框架】菜单项内设置多个树状框架,树状视图可以在多个框架中根据需要任意拖放。

(2) 状态栏

状态栏显示在建模期间的进程和帮助文本,包括模型的单位体系、当前指针的位置(如果模型是在正交平面体系下显示)和一项或几项当前的选择。在主菜单【视图】→【状态条】菜单中可以选择隐藏或显示状态栏。

(3) 文本窗口

默认的文本窗口出现在图形窗口下方、状态栏的上方。文本窗口的大小可以通过指针缩放来调整,查看的时候可以单独脱离出来或者隐藏。文本窗口显示在建模过程中的信息和警告。在主菜单的【视图】→【文本输出】菜单中可以选择设置隐藏或显示文本窗口。文本窗口的关联菜单允许定义字体和将文本输出到一个记录文件上去。默认的选择模式设

置的是选择文本的行,可以通过选择字符模式来改变选择模式,但是这样做将使后来的文本输出速度变慢。

(4) 工具栏

工具栏包含工具按钮。初始安装程序后界面中显示“主要”、“定义”和“查看”三个部分。所有的工具可以在主菜单的【视图】→【工具条】中设置为显示、隐藏或者自定义。当一个建模过程完毕后,当前的工具栏设置将被保存,下一次建模器启动的时候将使用上次保存的工具栏设置。

用户定义的工具栏也可以增加到用户界面,使用脚本语言为用户定义的按钮赋值行为动作。

(5) 获取帮助

LUSAS 包含一套全面的帮助系统,由以下几部分组成:

主工具栏中的帮助按钮用来获得 LUSAS 界面里关联的帮助。点击帮助按钮,然后点击任何的工具按钮或菜单项(甚至是灰色不可用的项)就会显示相关联的帮助信息。

【在线帮助】菜单提供帮助主题,包括建模器用户手册、参考帮助文件,如单元参考手册、实例手册和应用手册等。每个对话框也都含有【在线帮助】按钮提供帮助信息。

1.3.2 LUSAS 文件类型与操作

(1) 文件类型

LUSAS 使用了大量不同类型文件进行各种不同的操作。文件类型包括:

1) Model Files (mdl) 模型文件,LUSAS 建模器创建的模型文件,用来存放各种模型的定义信息。

2) Analysis Data Files(dat) 分析数据文件,LUSAS 建模器在运行期间创建的分析数据文件,完成一个分析需要由 LUSAS 求解器来共同执行。

3) Solver Output Files (out) 求解器输出文件,是 LUSAS 求解器创建的文本文件,内容包含输入数据、分析过程中导致中断的错误和警告信息的详情和请求结果信息。

4) Results Files (mys) 结果文件,由 LUSAS 求解器创建,供 LUSAS 建模器使用的包含一切分析结果的文件。结果文件通常也被称为 Plot 文件。

5) History Files (his) 历史文件,由 LUSAS 求解器创建,供 LUSAS 建模器使用的包含指定的分析结果的文件。

6) Script Files (vbs) 脚本文件,包含 LUSAS 建模器产生的命令集,因此,当它们被重载,一连串的命令可自动进行。脚本文件可以由 LUSAS 建模器记录或直接用文本编辑。

7) Session Files (ses) 会话文件,LUSAS 建模器运行的时候自动创建的文件,包含在会话期间所有的命令发出的记录。

8) Interface Files (dxf,igs,def) 接口文件,允许 LUSAS 的结构图形信息和外部的第三方软件实现数据交换。

9) Picture Files (pic,bmp,jpg,wmf) 图片文件,让屏幕内容保存到一个标准的文件格式。图片文件是可供 LUSAS Expose 程序调用、打印和绘制的。

由于所有类型的文件都有默认的后缀名,用户只需指定文件名而不用输入后缀名,

LUSAS会自动给各个类型的文件名使用相应的后缀名,这样不会导致不同类型的文件在保存的时候被覆盖。

(2) 文件操作

模型文件包含当前的数据库和设置的所有信息。信息是以二进制形式存储的,只能通过使用 LUSAS 建模器来打开。模型文件不会自动储存,当退出 LUSAS 建模器的时候会提醒是否要储存或变更模型文件。

1) 新建文件。访问路径为主菜单的【文件】→【新建】命令,提示关闭一个现有的模型文件,并创造新的模型文件。

2) 保存文件。访问路径为主菜单的【文件】的【保存】和【另存为】命令,在任何时刻可以对模型文件进行存盘操作,【另存为】允许存盘的时候指定一个文件名。

3) 打开文件。使用主菜单的【文件】中的【打开】命令,可以选择所需的模型文件打开先前储存的模型文件。建模器会提示确认目前加载的模型将被关闭。

4) 关闭文件。使用主菜单的【文件】中的【关闭】命令来关闭当前打开的模型文件。

1.3.3 LUSAS 几何操作

LUSAS 有四种几何元素:

1) 点,有限元模型的最基本组成。

2) 线,定义有限元模型的边(组合线由一连串的连续的线组成)。

3) 面,定义模型的外在面和内在构造面。

4) 体,定义模型的简单实体组成。

这四种几何元素是分层次定义的,即点定义线,线定义面,面定义体。

如果使用不涉及低阶元素的技术来创建高阶几何元素,例如,通过指定坐标,建模器会从它们定义的时候自动生成低阶几何元素。此外,低阶几何元素具有关联功能,例如,一个点移动了,那么由此定义的高阶几何元素,如线,也将移动。

如低阶几何元素被高阶几何元素所应用,其不可以被删除,例如,如果某条线是被引用于面的定义,则这条线不可以被删除。

(1) 点的操作

点是模型的基础,点定义的命令在【几何】→【点】。点的定义可以有以下几种方法:

1) 坐标:通过输入 X 、 Y 和 Z 坐标(Z 可选)定义点。如果一个非局部笛卡尔坐标系统是在使用,则在局部坐标系统中设置指定坐标系。对话框标签将更新,以反映所需的坐标输入。

2) 光标:允许用鼠标指针在屏幕上定义一系列的点。点可以在 XY 、 YZ 或 XZ 平面捕捉网格。纵坐标可以为平面以外的非零值。此工具对定位线和面上的点很有用。

3) 从网格:在选定的网格的每个节点上定义点。这对于后来的荷载或支撑的分配需要定义点是有用的。

4) 通过相交:在选定的两条或两条以上的线的交叉处定义点。当选定的线没有实际相交,则点将会在最接近相交的位置生成。

(2) 线的操作

线的定义在【几何】→【线】命令。线的定义种类: