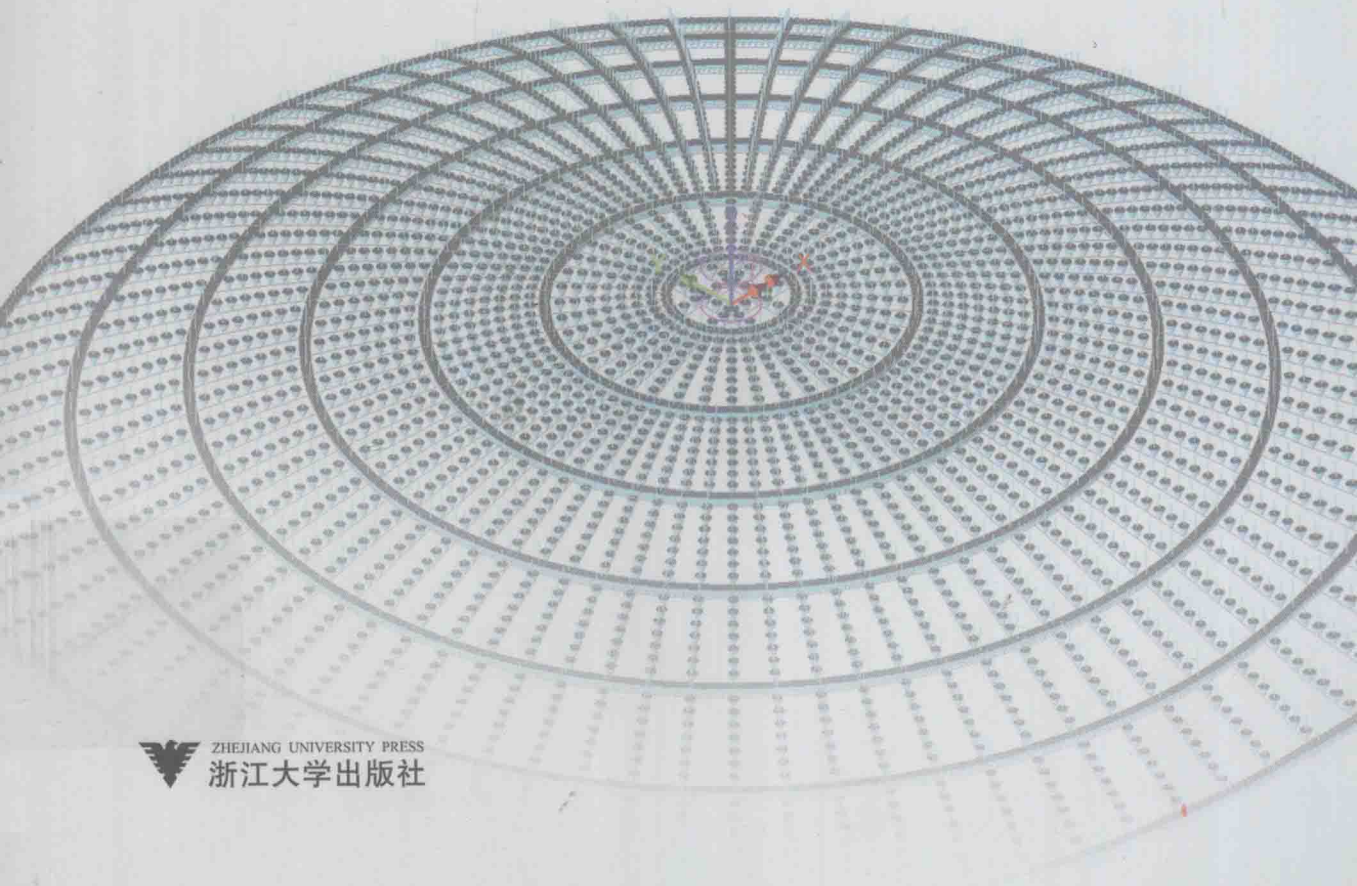




LUSAS软件

在LNG储罐有限元分析与设计中的应用

◎ 张超 主编



LUSAS 软件在 LNG 储罐有限元 分析与设计中的应用

主 编 张 超

编著者 单彤文 彭延建 陈团海

李 牧 陈锐莹 屈长龙

毕晓星



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

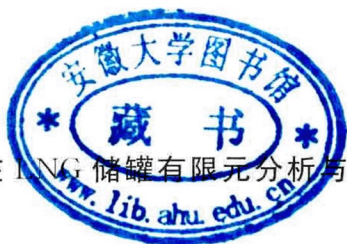
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

LUSAS 软件在 LNG 储罐有限元分析与设计中的应用 /
张超主编. —杭州:浙江大学出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-308-12719-6

I. ①L… II. ①张… III. ①储罐—有限元分析—应
用软件 IV. ①TE972—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 319237 号



LUSAS 软件在 LNG 储罐有限元分析与设计中的应用
张 超 主 编

责任编辑 石国华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州星云光电图文制作工作室
印 刷 浙江云广印业有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 19.25
字 数 480 千
版 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-12719-6
定 价 58.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式:0571-88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

序

近年来,能源短缺和环境污染成为世界关注的热点问题。转变传统高能耗、高污染的经济增长方式,发展以低能耗、低排放为标志的低碳经济,大力推行节能减排,实现可持续发展,正成为世界各国经济发展的共同选择。液化天然气,即 LNG,成为各国发展绿色、低碳经济的一个重要的替代选择,各类 LNG 项目在全球各地逐渐林立。

LNG 储罐是 LNG 产业链中的关键核心设备之一,也是大部分具备 LNG 存储功能的 LNG 项目中投资占比较大的设备之一。大型 LNG 储罐的耐低温、高安全性、高抗震等设计要求,决定了大型 LNG 储罐技术的高难度,也决定了这项技术必然成为石化工业上比较尖端的技术之一。而计算机硬件和数值仿真技术的快速发展,使掌握高难度的储罐技术成为可能,其中有限元软件的出现,为技术人员全面理解掌握储罐技术提供了强大的助力。

有限元软件作为有限元方法的载体,数十年以来在工程领域已成功地得到广泛应用。它强大的前后处理功能、丰富的单元类型,以及其非线性分析和瞬态动力分析的功能,在大型 LNG 储罐的计算分析中有着不可取代的作用和地位。特别是热动力计算分析这一在大型 LNG 储罐的整个技术体系中的核心之一,需要充分依靠并正确应用有限元分析技术才能做到准确有效、万无一失。

本书展示了编者在使用 LUSAS 这一经典有限元软件及应用该软件进行 LNG 储罐设计计算方面的成果,汇集了发展理论模型和工程应用实践的宝贵经验,必然使读者受益匪浅。

从 LNG 进口大国日韩两国的技术发展经验上看,有限元分析难题的攻克,是 LNG 储罐技术突破的关键环节。由此可知,由中国 LNG 行业的领军企业、中国海洋石油总公司在 LNG 领域的唯一代表——中海石油气电集团有限责任公司率先开展 LNG 储罐有限元分析的研究,必将促进中国 LNG 储罐技术的进一步突破。本书的出版也必将有助于进一步推动中国 LNG 储罐技术的自主发展,有助于进一步促进中国工程科学事业的进步,有助于进一步驱动中国 LNG 产业的技术进步,有助于中国自主设计和建造 16 万方、20 万方甚至更加大型的 LNG 储罐梦想的实现!

Paul Lyons
Professor & CEO LUSAS

前 言

LUSAS 是全球知名的通用有限元软件之一,拥有数万用户,在土木、桥梁、石油天然气、海洋与船舶、航空航天、汽车工业、水利等领域均有广泛应用。

在 LNG 储罐的热学和力学计算中,通用有限元软件是常用的工具,LUSAS 软件因其操作简便、结果准确、实用性强的优点为许多工程公司所青睐,其准确性和有效性已经被众多的工程应用项目所证实。该软件能有效求解静力、地震响应分析、内罐锚固疲劳、温度场、土与桩基础相互作用等问题。

本书从 LNG 储罐设计和施工的实际出发,侧重于实际操作并具体解决计算分析问题。读者不需要具备很深的理论知识,即可轻松、迅速地掌握 LUSAS 的建模和分析方法。在内容编排上由浅入深,从储罐的静力分析入手,逐步讲解动力、桩土联合作用等高级分析问题;每章还从不同的角度阐述 LNG 储罐、LUSAS 软件以及具体分析中的问题,并在具体的分析过程中,详细讲解每个工程实例的操作步骤,读者可以轻松地按照书中提示,一步步地自行完成软件操作。而对于具体的分析问题,本书并不是简单的给出操作过程,而是详细地指出计算过程中要解决的问题,根据问题分析解决问题的方法,并提供最佳方案。

书中内容基于 LUSAS14.7 版本编写,其绝大部分内容适用于 LUSAS 的其他版本,为方便读者理解,本书没有使用参数化语言,而是通过菜单和工具条完成,以方便不同版本用户使用。

本书共设 11 个章节,分别为:

第 1 章:介绍 LUSAS 的分析功能、主要模块和帮助等;

第 2 章:介绍 LNG 储罐的发展历史与现状,预测 LNG 储罐的发展前景;介绍 LNG 储罐的工作原理、分类及组成,给出了 LNG 储罐分析与设计的原理及流程,为 LUSAS 软件在 LNG 储罐中的应用提供思路;

第 3 章:介绍钢结构的屈曲分析方法,通过求解结构的屈曲荷载得到结构达到屈服状态时所需要的最大荷载,从而对结构的承载力有一个比较准确的判定;

第 4 章:介绍动力分析主要考虑的两种情况,通过反应谱分析和时程分析对结构在地震工况下进行了计算分析;通过对土木结构动力分析使读者初步掌握 LUSAS 动态分析的基本操作;

第 5 章:介绍温度作用及其效应的分析,结构温度变化是由于传热引起的,

传热的三种基本方式:导热传热、对流传热和辐射传热;

第6章:介绍混凝土的收缩与徐变的基本理论及预应力效应的基本原理;介绍在使用 LUSAS 软件对储罐进行施工过程分析时,需要注意的问题;

第7章:介绍如何快速、详细、有效地进行局部构件应力分析,提供一些构件的分析方法;

第8章:介绍土与结构的作用系统分析、土的各种本构关系理论,并提供了一些土和结构作用的分析实例;

第9章:介绍如何对 LNG 储罐中的钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构进行规范的验算;

第10章:介绍如何使用 LUSAS 进行 LNG 储罐的泄漏分析,如自重、液体压力、地震等荷载如何加载到模型中;

第11章:介绍 LUSAS 的二次开发技术,如何使储罐的计算分析变得更简单。

本书将 LUSAS 软件的使用和 LNG 储罐的计算分析结合,既可作为 LUSAS 初级和中级用户的参考书,又可以为工程技术人员了解 LNG 储罐的有限元分析方法提供帮助,同时书中的分析原理也可以为其他专业人员提供参考。

气电集团一直致力于推动国内 LNG 关键技术的发展,投入了大量人力物力进行相关研究工作,这是本书得以出版的最大推动力。同时,衷心感谢杭州劲创科技发展有限公司在本书写作过程中给予的大量技术支持和协助。编者在写作过程中还参阅了同领域的大量书籍和文献,其思路和理论为编写此书提供了许多启发,在此一并感谢。

LNG 储罐技术和有限元分析技术分而视之均是庞大的主题,编者深感无法在一本书中将这两者全部论述清楚。本书只希望能将 LUSAS 的基本方法及其在储罐分析计算中的应用尽力展现给读者。限于编者水平有限,而技术的发展也日新月异,书中错漏在所难免,恳请读者批评指正,并欢迎读者和编者进行交流。

编者

2013年9月

目 录

第 1 章 LUSAS 土木软件基础	(1)
1.1 简介	(1)
1.2 LUSAS 软件简介	(1)
1.2.1 基本概况	(1)
1.2.2 软件模块组成和应用领域	(2)
1.2.3 LUSAS 土木建筑的主要功能概述	(2)
1.3 LUSAS 基本操作	(4)
1.3.1 环境设置	(5)
1.3.2 LUSAS 文件类型与操作	(7)
1.3.3 几何特征	(8)
1.3.4 单元种类	(11)
1.3.5 几何属性	(13)
1.3.6 材料属性	(14)
1.3.7 支承属性	(16)
1.3.8 荷载属性	(16)
1.3.9 求解控制和执行计算	(17)
1.3.10 结果查看和规范验算	(19)
1.3.11 二次开发接口和 .NET 语言的应用	(20)
1.4 本章小结	(21)
第 2 章 LNG 混凝土储罐应用的整体描述	(22)
2.1 LNG 储罐的历史和未来远景	(22)
2.1.1 LNG 储罐的发展历史	(22)
2.1.2 LNG 储罐发展趋势	(23)
2.2 LNG 储罐的工作原理	(26)
2.2.1 LNG 储罐接收工艺	(26)
2.2.2 LNG 储罐异常控制	(28)
2.3 LNG 储罐的类型及结构组成	(29)
2.3.1 单容罐	(29)
2.3.2 双容罐	(29)
2.3.3 全容罐	(30)
2.3.4 薄膜罐	(31)
2.4 LNG 储罐的分析和设计要领	(32)

2.4.1	分析和设计标准	(32)
2.4.2	荷载与荷载组合	(33)
2.4.3	许用应力与极限状态理论	(40)
2.5	本章小结	(43)
第 3 章	储罐静力分析	(44)
3.1	总体概述	(44)
3.1.1	静力分析简介	(44)
3.1.2	静力分析在 LUSAS 中的实现	(44)
3.2	LUSAS 钢结构分析和屈曲分析应用	(45)
3.2.1	问题描述	(45)
3.2.2	建立模型	(45)
3.2.3	运行分析	(53)
3.2.4	查看结果	(53)
3.3	LUSAS 荷载组合分析混凝土罐的应用	(55)
3.3.1	问题描述	(55)
3.3.2	建立模型	(55)
3.3.3	运行分析	(63)
3.3.4	查看结果	(63)
3.4	LUSAS 内罐部分的分析	(66)
3.4.1	问题描述	(66)
3.4.2	建立模型	(66)
3.4.3	运行分析	(72)
3.4.4	查看结果	(73)
3.5	本章小结	(74)
第 4 章	储罐动力分析	(75)
4.1	总体概述	(75)
4.1.1	动力分析简介	(75)
4.1.2	瞬态动力分析	(75)
4.1.3	谱分析	(76)
4.1.4	动力分析的阻尼	(76)
4.2	反应谱分析的应用	(77)
4.2.1	问题描述	(77)
4.2.2	建立模型	(77)
4.2.3	运行分析	(84)
4.2.4	查看结果	(84)
4.3	时程分析的应用	(89)
4.3.1	问题描述	(89)
4.3.2	建立模型	(90)
4.3.3	运行分析	(90)

4.3.4	查看结果	(90)
4.4	冲击分析	(94)
4.4.1	问题描述	(94)
4.4.2	建立模型	(94)
4.4.3	运行分析	(102)
4.4.4	查看结果	(102)
4.5	本章小结	(103)
第5章	储罐温度场分析	(105)
5.1	总体概述	(105)
5.1.1	传热基本理论	(105)
5.1.2	温度场的种类及计算	(106)
5.2	温度场稳态和瞬态的分析	(107)
5.2.1	问题描述	(107)
5.2.2	建立模型	(108)
5.2.3	运行分析	(112)
5.2.4	查看结果	(113)
5.2.5	瞬态分析	(113)
5.3	热辐射燃烧分析	(117)
5.3.1	问题描述	(117)
5.3.2	建立模型	(117)
5.3.3	运行分析	(121)
5.3.4	查看结果	(121)
5.4	混凝土水化热分析	(122)
5.4.1	问题描述	(122)
5.4.2	建立模型	(123)
5.4.3	运行分析	(135)
5.4.4	查看结果	(135)
5.5	本章小结	(137)
第6章	储罐施工阶段的有限元分析	(138)
6.1	总体描述	(138)
6.2	混凝土非线性施工过程和收缩徐变效应	(138)
6.2.1	混凝土的徐变效应	(138)
6.2.2	混凝土收缩分析理论	(139)
6.2.3	实例分析	(140)
6.3	预应力效应分析	(147)
6.3.1	预应力效应的三种概念	(148)
6.3.2	预应力效应分析方法	(149)
6.3.3	预应力的等效荷载计算	(152)
6.3.4	在 LUSAS 中施加预应力荷载	(153)

6.4	本章小结	(158)
第 7 章	局部构件分析	(159)
7.1	总体概述	(159)
7.2	局部分析的实现方法	(159)
7.3	梁、壳、实体结合分析	(164)
7.3.1	问题描述	(164)
7.3.2	新建模型	(165)
7.3.3	划分网格	(166)
7.3.4	几何属性	(167)
7.3.5	材料属性	(169)
7.3.6	边界条件	(170)
7.3.7	施加荷载	(171)
7.3.8	约束方程	(172)
7.3.9	运行分析	(174)
7.3.10	查看结果	(174)
7.4	本章小结	(176)
第 8 章	土和结构相互作用	(177)
8.1	总体概述	(177)
8.1.1	土和结构作用简介	(177)
8.1.2	土和结构作用系统分析	(177)
8.1.3	土和结构作用的理论分析	(178)
8.2	土开挖施工分析	(179)
8.2.1	问题描述	(179)
8.2.2	建立模型	(179)
8.2.3	运行分析	(184)
8.2.4	查看分析结果	(185)
8.3	土和结构相互作用的各种方法应用	(186)
8.3.1	线性弹性土模型	(186)
8.3.2	弹塑性土模型	(188)
8.4	本章小结	(191)
第 9 章	LUSAS 后处理对于结构验算的应用	(192)
9.1	总体概述	(192)
9.2	钢筋混凝土板/墙设计工具	(192)
9.2.1	创建模型	(193)
9.2.2	运行分析	(200)
9.2.3	查看结果	(200)
9.2.4	荷载组合	(202)
9.2.5	配筋面积计算	(204)
9.2.6	裂缝宽度计算	(209)

9.2.7 小结.....	(211)
9.3 用户自定义结果功能进行规范验算	(212)
9.3.1 创建模型.....	(212)
9.3.2 运行分析.....	(236)
9.3.3 查看结果.....	(236)
9.3.4 荷载组合.....	(237)
9.3.5 规范验算.....	(239)
9.3.6 小结.....	(242)
9.4 本章小结	(242)
第 10 章 LUSAS 在 LNG 混凝土储罐的应用实例	(243)
10.1 概述	(243)
10.2 建模	(243)
10.2.1 几何模型	(244)
10.2.2 划分网格	(254)
10.2.3 材料属性	(255)
10.2.4 边界条件	(257)
10.2.5 荷载属性	(258)
10.2.6 瞬态热分析的控制	(263)
10.2.7 在数据文件中添加温度依存材料属性	(265)
10.3 运行分析	(265)
10.4 查看结果	(266)
10.5 本章小结	(276)
第 11 章 LUSAS 二次开发功能简介	(277)
11.1 概述	(277)
11.1.1 LPI 的优势	(278)
11.1.2 使用脚本操作建模器	(278)
11.2 .NET 平台下开发环境的搭建	(279)
11.3 开发实例	(280)
11.4 本章小结	(291)
索 引.....	(292)

第 1 章 LUSAS 土木软件基础

1.1 简介

有限元法是当今工程分析中应用最为广泛的数值计算方法。由于它的通用性和有效性,受到工程技术界的高度重视。随着电子计算机的快速发展,现已成为计算机辅助设计和计算机辅助制造的重要技术。

LUSAS 有限元分析软件,能够进行各种线性、非线性静力和动力分析,能够进行结构场、温度场或热力耦合分析。LNG 储罐的设计分析涉及线性静力分析、材料非线性分析、几何非线性分析、反应谱分析、线性和非线性时程分析,以及温度场分析、热力耦合分析等,LUSAS 软件已经得到大量的 LNG 储罐项目验证,它能够有效、准确地解决上述分析。

1.2 LUSAS 软件简介

1.2.1 基本概况

LUSAS 是由英国 FEA 公司开发的高品质的工程有限元分析专用软件,目前正在全球化推广。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已开始致力于“伦敦大学应力分析系统(London University Stress Analysis System, LUSAS)”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。从此,LUSAS 作为一个商业软件,开始进行市场推广与技术研发。LUSAS 软件产品现今已成为大家所熟知的、最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、产品设计等行业。LUSAS 软件能有效地解决线性静力、自振频率、线性及非线性屈曲、疲劳、材料非线性、几何非线性、交互模态动力分析、温度场、施工阶段、土与结构相互作用等分析问题。

LUSAS 已在全球设立了多个办事处,已形成由 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 公司一直保持对 LUSAS 核心程序的开发,以确保产品

处于有限元软件技术的前列。该公司也一直积极同许多大学、研究机构和企业保持合作。因此,LUSAS 软件经常更新,以吸收最新的有限元技术。

1.2.2 软件模块组成和应用领域

目前 LUSAS 软件共有五种商业产品,根据不同产品选项,每种产品又分为简化版本、标准版本和高级版本。

- LUSAS 桥梁(LUSAS Bridge),用于各种类型桥梁的分析、设计和评估,包括从简支梁桥到复杂的斜拉桥和悬索桥等;
- LUSAS 土木建筑(LUSAS Civil & Structural),用于土木、建筑、核电或地震、LNG 储罐、岩土和离岸工程;
- LUSAS 分析家(LUSAS Analyst),用于汽车、航空航天、国防、制造业和其他一些工程的分析;
- LUSAS 复合材料(LUSAS Composite),用于复合材料产品或构件的分析设计;
- LUSAS 高精度模具(LUSAS HPM),用于精确预测分层复合材料在加工过程中的扭曲、反转工程表面和模拟复杂的结构。

非线性、动力、温度场分析、水化热分析、快速求解器以及其他产品选项,使得上述产品的有限元分析功能可满足用户的各种需求。

除上述五种商业产品外,LUSAS 还有一个针对高校的学院版——LUSAS Academic,其主要用于教育机构的教学和研究,允许使用各种类型的 LUSAS 商业产品的大部分产品选项。

1.2.3 LUSAS 土木建筑的主要功能概述

在世界范围内有成千上万的土木工程师使用 LUSAS 土木建筑软件进行各种类型建筑结构的分析,在 LUSAS 官方网站(<http://www.lusas.com/case/civil/index.html>)中列有用 LUSAS 土木建筑分析的代表性工程项目。窗口式用户界面、树形目录、建模助手、预应力筋导向、荷载组合和包络等使得建模、加载及结果处理变得简单而快捷。

(1) 软件功能

LUSAS 土木建筑能充分满足用户各种分析需求,由于其具有代表当前最新技术的单元库、正交各向异性材料本构模型,再加上快速多波前求解器和 block Lanczos 法本征求解器,使得各种类型的工程问题都能被高效地解决。现将 LUSAS 土木建筑的主要功能分别简述如下:

① 线性静力分析

LUSAS 土木建筑能够快速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,并立刻就产生内应力,忽略了时间效应。

② 固有频率分析

计算模型的固有频率和模态振型,是进行屈曲分析、反应谱和线性时程分析的基础。

③ 线性屈曲分析

对梁、板、膜和 U 形框架等某些结构,计算其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)

对于瞬态荷载下的结构线性动力响应问题,如地震等,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计算结果,且计算结果可绘成图表,生成云图、矢量及峰值图等。

⑤后张预应力分析

后张预应力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可根据美国、欧洲或中国的规范进行计算。

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损伤度进行计算。

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,可确保建筑结构设计的经济性和安全性。LUSAS 土木建筑能够进行的非线性分析有: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)及碰撞等。

⑧动力分析

LUSAS 土木建筑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、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的方法,可对分阶段施工的各种建筑结构及土体开挖等的施工过程进行准确分析。

⑩土与结构相互作用分析

LUSAS 土木建筑提供的土体模型具有强大的处理土工问题的能力,使用非常广泛。它可以考虑土体残余应力随深度而改变,这对下部结构与土体的相互作用的分析非常有用。LUSAS 土木建筑能模拟岩石节理、孔隙水压力释放及土体固结模拟,能解决涉及长期凹陷、粘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 土木建筑具有丰富的单元库,主要有以下几大类:

- 用于结点单元和点质量的点单元;
- 用于线的梁单元;
- 用于板状结构的板、壳单元;
- 用于平面问题的平面应力、应变单元;
- 用于三维实体分析的实体单元。

(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(IMDPlus)
 - 不同方向地震波效应的叠加分析；
 - 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
 - 快速多波前求解器；
 - block Lanczos 法本征求解器。

1.3 LUSAS 基本操作

对于 LUSAS 软件的使用,关键是要熟悉 LUSAS 建模的流程,并要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为:

- (1)设置工作环境,一般包括文件名称、工作路径、模型标题、单位体系、工作界面和坐标轴设置等;
- (2)建立几何模型,主要包括点、线、面和体的创建,也可以从其他软件导入;
- (3)划分有限元网格;
- (4)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;
- (5)设定材料属性,用户可以选择材料库中的材料,也可以自己定义所需的材料;
- (6)设定位移边界条件;
- (7)设定荷载条件;
- (8)执行分析;
- (9)结果查看。

上述(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。根据上述操作流程,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,每次都会显示模型启动对话框。模型启动对话框能对一个模型文件进行命名和选择存储目录,并能定义模型的标题、单位、用户界面和竖轴等,具体如图 1.1 所示。

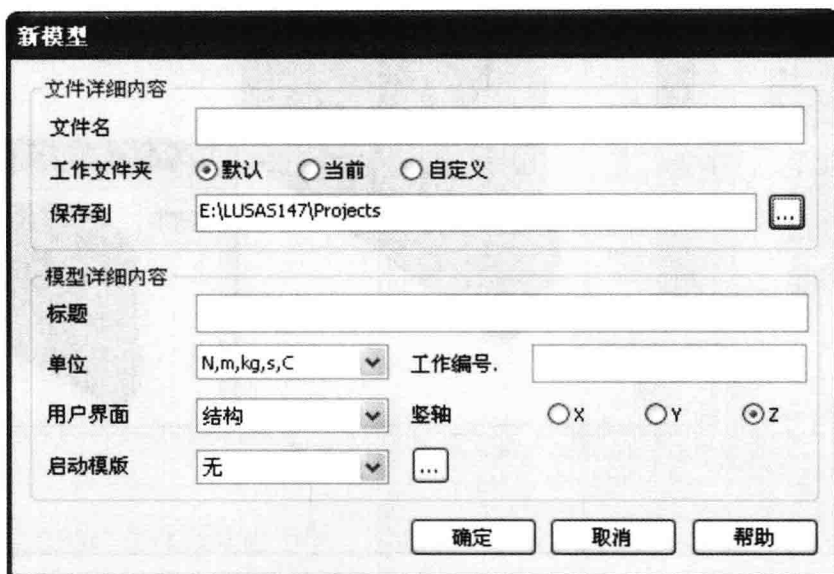


图 1.1 新建模型对话框

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。竖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 1.2):

(1) 主菜单

主菜单包含 LUSAS 建模器的所有功能和选项设置。创建模型时需要的功能都可以在主菜单中找到,并且主菜单还可以对建模器的其他部分进行自定义,例如按钮栏、树形目录、图形窗口等。

- 文件:创建和保存模型,运行脚本文件,创建图片文件,打印等;
- 编辑:复制和粘贴,选择记忆等;
- 视图:工作或页面布局模式,组,层和显示布局等;
- 几何:点、线、面和体的创建和操作等;
- 属性:属性的创建(例如网格、材料、支承和荷载等);
- 工具:模型数据、变量、工况、图形和截面切片等;

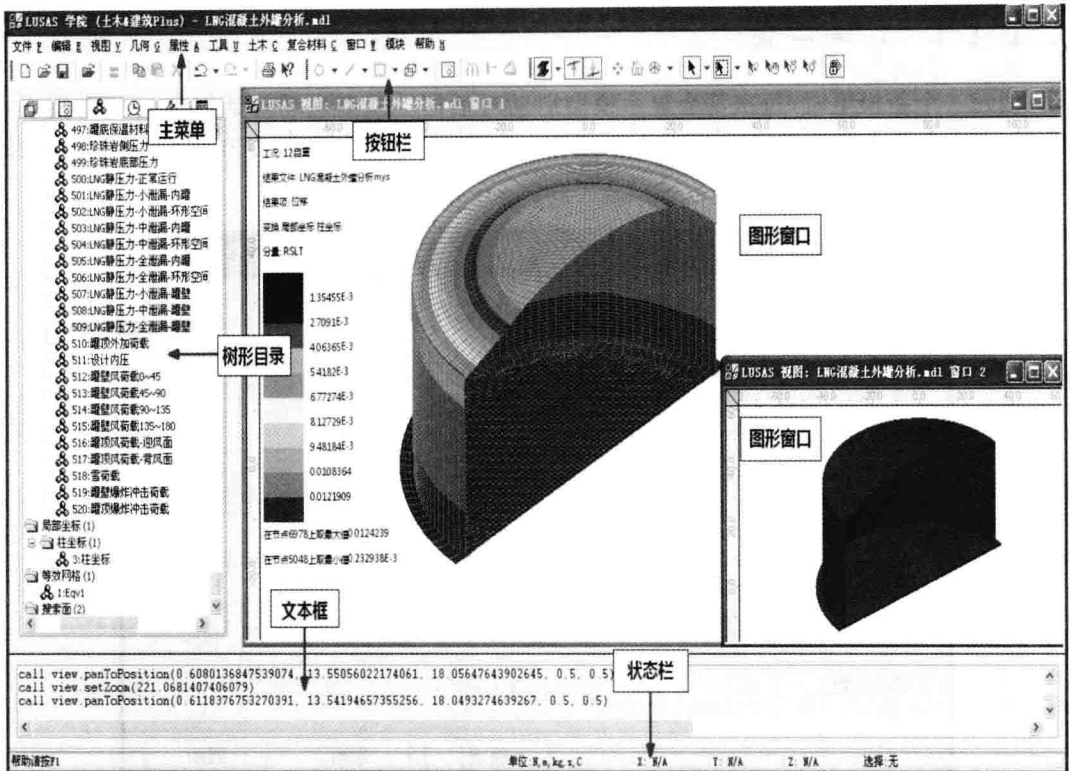


图 1.2 LUSAS 建模器界面

- 窗口:窗口的创建和控制等;
- 帮助:在线帮助等。

另外,对于不同的软件产品,菜单栏还含相应的主菜单。例如如果选择 LUSAS 土木建筑产品,主菜单还将包含土木菜单,LUSAS 土木建筑所特有的所有产品模块(例如预应力筋向导、钢筋混凝土板的设计等),将包含在此菜单中。

(2) 树形目录

树形目录直观地显示了与图形窗口中相关的数据,方便模型的创建、修改以及后处理时模型结果的显示等。它由 6 个树形面板组成,分别是层、组、属性、工况、工具和报告。LUSAS 建模器支持从树形目录中拖动属性,并在图形窗口中释放,从而实现模型属性的设置。可以在主菜单的视图>树形框架菜单项内设置多个树形目录,树状视图可以在多个框架中根据需要任意拖放。

- 层:在前处理和后处理中,控制每个窗口中图层的显示;
- 组:以特定的名称集合进行操作模型;
- 属性:包括建模过程中划分网格、赋材料、设置支承和施加荷载等;
- 工况:工况选择和分析控制;
- 工具:非模型相关数据,图形数据,变量等;
- 报告:结果报告的创建和操作。

模型中使用的属性都显示在树形目录中,方便用户进行属性的修改和模型的操作。