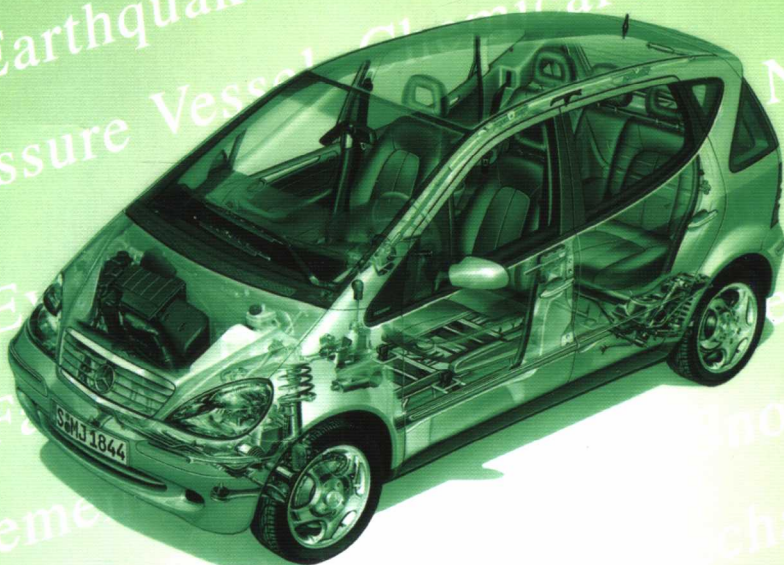


ANSYS技术丛书



余伟炜 高炳军 主 编
陈洪军 王呼佳
汪艳萍 姚新军 等编著

ANSYS

在机械与化工装备中的应用
(第二版)



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

万水 ANSYS 技术丛书

ANSYS 在机械与化工装备中的应用

(第二版)

余伟炜 高炳军 主 编

陈洪军 王呼佳 汪艳萍 姚新军 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是一本关于大型有限元软件 ANSYS 在机械及化工工程应用中的实例解集, 其工程背景深厚、内容丰富、讲解详尽, 针对每一具体实例, 均按照图形用户界面和命令流两种方式进行分析和讲解, 适用于不同的读者群。

本书分为三部分, 分别为基础部分、工程应用部分和高级分析部分。基础部分对 ANSYS 的基础理论加以介绍, 包括单元、本构模型等内容。工程应用部分是根据化工机械领域实际工程应用或研究而设置的相关例题讲解, 按照机械、化工设备领域传统的分类方法, 分为 ANSYS 在机械与化工容器中的应用以及在化工设备中的应用两篇。高级分析部分包含 ANSYS 优化设计、疲劳设计以及结构可靠性分析、Workbench 等诸多高级功能在机械、化工设备设计中的分析应用。本书还对有限元分析结果进行了相关的评价, 这样能更好地帮助读者理解分析的意义, 并迅速应用到工程和科研的实践中去。

本书特别适用于机械及化工装备专业的高年级本科生、研究生和工程技术人员, 可作为学习掌握 ANSYS 软件的参考教材。

在阅读本书时, 读者可以到中国水利水电出版社网站 (<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>) 下载本书配套的命令流文件, 方便上机练习, 以便尽快掌握工程实际问题的分析过程和步骤, 提高学习效率。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 在机械与化工装备中的应用 / 余伟炜, 高炳军主编. —2 版. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

(万水 ANSYS 技术丛书)

ISBN 978-7-5084-4714-8

I. A… II. ①余…②高… III. ①机械设计—有限元分析—应用程序, ANSYS②化工设备—设计—有限元分析—应用程序, ANSYS IV. TH122-39 TQ050.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 078622 号

书 名	ANSYS 在机械与化工装备中的应用 (第二版)
作 者	余伟炜 高炳军 主 编 陈洪军 王呼佳 汪艳萍 姚新军 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 29.5 印张 724 千字
版 次	2006 年 1 月第 1 版 2007 年 7 月第 2 版 2007 年 7 月第 2 次印刷
印 数	4001—8000 册
定 价	58.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

计算机辅助工程 (CAE) 技术是计算机技术和工程分析技术相结合而形成的新兴技术。近四十年来, 美国 ANSYS 公司一直致力于 CAE 技术的发展和研究, 经过多年的发展, ANSYS 逐渐为全球工业界广泛接受, 并成为全球计算机辅助工程技术领域最主要的软件供应商之一。ANSYS 具有灵活和开放的解决方案, 从概念设计到详细设计都提供了全程 CAE 协同仿真环境, 可以使工程师们缩短研发周期, 降低研发费用, 提高设计质量。

在世界范围内, ANSYS 已经成为机械及压力容器行业分析软件的主流。在中国, ANSYS 成为第一个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在国务院十七个部委推广使用的分析软件。近十年来, ANSYS 软件在压力容器行业发挥着巨大作用, 成为压力容器分析设计的事实上的标准。ANSYS 为推动 CAE 分析设计在该领域的普及做出了卓有成效的工作, 为提高我国压力容器的分析设计水平做出了巨大的贡献。

本书作者长期使用 ANSYS 软件从事教学、科研工作, 完成了许多化工领域工程项目, 具有深厚的有限元理论背景, 对 ANSYS 软件的使用也有很深的造诣。本书从工程实际出发, 由浅入深, 详细介绍 ANSYS 软件在机械及化工领域的应用知识。实例包含化工机械设计中常见的设备类型 (接管结构、塔设备、存储设备及换热设备等) 和分析类型 (强度、刚度、寿命) 以及分析方法 (静力、动力、线性、非线性、热分析、屈曲、振动、耦合等), 还介绍了优化设计、可靠性分析等专题。

本书所举实例具有较高的参考价值, 特别适合于机械及化工装备专业的高年级本科生、研究生和工程技术人员, 并可作为学习掌握 ANSYS 软件的参考教材。

安世亚太科技 (ANSYS-CHINA) 有限公司

总工程师 梅林涛

2005 年 12 月

第二版前言

对于本书的再版,我谨代表所有参编人员对广大读者表示诚挚的谢意。没有大家的支持,没有读者的关注,我们也没有这样的机会来对书籍做一个修订。在这里,特别要感谢 HGBBS (www.hgbbs.net) 论坛上热心的读者, xiaoxiao、2443725 等还专门列举了书中勘误之处,从而为本书的修订工作提供了极大的帮助,同时也非常感谢大家对本书提出的改进意见。事实上,我们也一直在努力按照大家的意见进行修订工作,但是因为个人水平限制,可能有些方面做得不是特别好,还望大家见谅。

本书相比于第一版,其改动之处主要体现在下面几处:

(1) 对版本进行了升级,由原有的 9.0 版本升级到 10.0 版本,并对程序进行了调整。在这个过程中,我们也注意到由于版本的问题,对于某些 APDL 程序,例如补强圈与筒体接触分析,原程序在 9.0 版本下可以顺利运行,但在 10.0 下会出现编号错误的问题,因此希望读者在运行程序的时候一定要注意与程序版本相对应。

(2) 修改了原稿中的部分错误或者不当之处;对原版中部分非重点章节的内容进行了删减,同时努力丰富原有例子的内容,例如疲劳分析章节,以便读者有更深入的了解;增加了橡胶模型的相关介绍。

(3) 考虑到压力容器设计的特殊性,并且结合作者的工作实际,特别增加压力容器设计概述的内容,为压力容器设计分析提供更好的参考。

(4) 对原有的结构进行了调整,以便读者查询与学习,同时增添了极限分析实例,适当扩充了分析设计实例,对 Workbench 在化工行业中的应用进行介绍,力图将工程中涉及到的主要问题阐述清楚。

应广大读者的要求,对工程应用中的分析结果进行了相应的评价,这样能更好地帮助读者理解分析结果的含义,对实际的工程和科研具有更好的指导意义。

在修订过程中,有读者提到针对行业中的一些特殊设备进行分析,考虑到本书的主要目的是向大家讲述 ANSYS 在化工领域的一些基本应用,将一些典型的问题加以剖析,而对于具体工程实例需要大家在学习书籍的基础上进行升华与加工,因此本书没有开展过多的实例介绍,还望大家见谅。

本次修订工作第 1~3 章由内蒙古工业大学汪艳萍副教授负责,第 4~6 章及第 10 章由高炳军负责,其余章节由余伟炜、王呼佳、陈洪军负责,全书由姚新军审定。另外吴志俊、江广顺、李强、万雷、许志清、厉剑梁、董茜、殷世钦、王晓、郭敏、刘羽宇、黄茜、陈鲲、杜长城、余松、王斌、张胜、张赛桥、黄北军、刘军华、夏慧军等参与了其中部分章节的编写。

最后,再次感谢所有读者的厚爱,感谢所有为本书再版做出贡献的人。

作者 于 天津大学

2007 年 3 月

第一版前言

ANSYS 是最为通用和有效的商用有限元软件之一，它不断吸收当今世界最新的计算方法和计算机技术，引领着有限元界的发展趋势，并为全球工业界广泛接受，拥有全球最大的用户群。它融结构、传热学、流体、电磁、声学 and 爆破分析于一体，具有极为强大的前后处理及计算分析能力，能够同时模拟结构、热、流体、电磁以及多种物理场间的耦合效应。自落户中国以来，ANSYS 以其强大的功能、可靠的质量赢得了中国 CAE 用户的认可，并在我国的航空航天、铁路运输业、石油化工、机械制造、能源、汽车、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利等领域得到广泛应用，为各领域的科学研究和工程应用做出了巨大的贡献。

本书以 ANSYS 9.0 版本为依据，选用机械及化工行业的典型工程实例，具体讲解运用 ANSYS 高级有限元分析软件处理工程问题的思路和详细步骤，手把手教给读者面对一个工程问题如何筹划方案、建立模型、分析计算、结果处理等。本书根据工程应用的不同分为八章讲述，第一、二章介绍 ANSYS 的基础知识，第三、四章作为工程应用篇，重点介绍 ANSYS 在化工容器及化工设备中的应用，第五至八章介绍 ANSYS 高级分析功能在机械及化工行业的应用。

读者对象

本书可以作为高等院校、科研院所的科研人员和研究生的参考书，亦可作为广大工程技术人员参考书。本书特别适合希望在 CAE 行业中提升职业竞争力的读者。

本书特色

- 分析更深入——在内容安排上，结合化工机械的自身特点，全部覆盖化工机械的计算、分析、校核、优化、可靠性分析等几大方面，将 ANSYS 在机械与化工装备中的主流应用一网打尽，并且每个知识点都很深入，注重 CAE 分析的实际应用。
- 把握热点应用领域——ANSYS 在压力容器设计中已成为行业标准，压力容器在石油行业、化工行业、核物理等领域应用非常广泛，而且形成设计规范。对机械行业的响应分析、耦合分析、优化设计、疲劳分析、可靠性分析等也有很好的把握。
- 强大的工程应用背景——本书列举的实例都是从实际工程、科研项目中提炼出来，具有很强的参考价值。同时着重讲解如何用 ANSYS 解决实际科研、工作中的问题。
- 更加专注重点——专注于机械与化工装备应用领域，透彻讲解该领域的实际应用。
- 配备所有案例的命令流文件——让读者的学习过程更加高效，并且对命令流进行

详细注释,最大限度地增加可阅读性。该命令流文件可以到中国水利水电出版社网站(<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>)下载。

创作分工与致谢

本书由天津大学 CARE (Computer Aided Reliability Engineering) 实验室工作人员编写,编写人员多为硕士、博士或具有丰富实践经验的工程技术人员和老师。余伟炜与高炳军作为主编,根据其多年的设计和教学经验,结合实际对机械及化工设备中的常见模型进行分析,并在书中介绍解决实际问题的经验和技巧,具有较高的参考性和可读性。

本书第一、二、五、六、八章及第三章部分内容有余伟炜执笔,第三、四、八章部分内容及第七章由高炳军执笔,王呼佳、陈洪军主要负责第四章内容,全书由姚新军审定。另外汤臣杭、王涛、韩晓燕、赵树峰、董城、陈逢春、程伟、李凤琴、于德华、何瑛、李侠、张红柳、陈勇、宋洁、陈刚、白宁、李鑫、蔺永诚、朱宇峰等参与了其中部分章节的编写。

本书承蒙天津大学陈旭教授、西南交通大学蔡力勋教授、沈火明副教授的大力支持,他们对本书给予了诸多的指导,在此深表感谢。特别要感谢的是安世亚太科技(ANSYS-CHINA)北京有限公司的总工程师梅林涛先生,他为本书提出非常珍贵的意见和建议,并且亲自为本书作序。南开大学刘慧博士、西南交通大学叶裕明、肖新标博士对本书的编写也给出实际的指导,在此表示感谢。在本书的创作期间获得中国水利水电出版社老师的大力支持,正是他们辛苦的付出,才使得本书能够在第一时间面向读者。

由于时间仓促,作者水平有限,书中错误、纰漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2005 年 12 月

目 录

序

第二版前言

第一版前言

绪论.....	1
第1章 ANSYS 基本介绍.....	3
1.1 ANSYS 软件的主要功能.....	3
1.2 ANSYS 10.0 软件的新特性及新功能.....	5
1.3 ANSYS 10.0 启动与界面.....	6
1.3.1 系统要求.....	6
1.3.2 启动与退出.....	7
1.3.3 认识 ANSYS 10.0 的操作界面.....	9
1.4 ANSYS 10.0 文件系统.....	11
1.4.1 文件格式.....	11
1.4.2 对文件大小的限制.....	12
1.4.3 文件管理.....	13
1.5 ANSYS 接口工具.....	15
1.5.1 IGES 格式输入.....	16
1.5.2 与 Pro/E 接口.....	18
1.5.3 与 UG 接口.....	19
1.5.4 与 Parasolid 接口.....	20
1.5.5 与 CATIA 接口.....	21
第2章 ANSYS 基本分析技术.....	23
2.1 结构分析类型.....	23
2.1.1 结构静力分析.....	23
2.1.2 结构非线性分析.....	24
2.1.3 结构动力学分析.....	25
2.1.4 结构热分析.....	26
2.1.5 结构耦合场分析.....	26
2.2 ANSYS 材料模型.....	27
2.2.1 材料应力应变关系.....	27
2.2.2 材料本构模型.....	28
2.2.3 材料本构模型组合.....	34
2.3 ANSYS 单位制分析.....	35

2.4	ANSYS 基本分析过程	37
2.4.1	理解有限元	37
2.4.2	ANSYS 分析举例	37

第一篇 ANSYS 在化工容器中的应用

第 3 章	应力容器分析设计	44
3.1	压力容器设计解决方案	44
3.2	压力容器及其分类	45
3.3	强度理论	45
3.3.1	材料的破坏形式	45
3.3.2	基本强度理论	46
3.4	应力分类	47
3.4.1	应力分类	47
3.4.2	应力强度评定方法	48
3.5	分析报告模式	50
第 4 章	压力容器不连续区应力分析	52
4.1	高压容器筒体与封头的连接区的应力分析	52
4.2	压力容器开孔接管区的应力分析	61
4.3	支座支撑区应力分析	71
第 5 章	压力容器稳定性及极限载荷分析	84
5.1	概述	84
5.1.1	失稳分析	84
5.1.2	极限载荷分析	85
5.2	外压容器的失稳问题	86
5.3	压力容器的局部失稳问题	97
5.4	极限载荷分析	108
第 6 章	压力容器分析设计	114
6.1	加氢反应器裙座支撑区的机械应力分析	114
6.2	加氢反应器裙座支撑区的热应力分析	128
6.2.1	温度场分析	128
6.2.2	热应力分析	135
6.3	加氢反应器裙座支撑区的热应力评定	138
6.4	内压及接管弯矩作用下椭圆封头中心接管应力分析	149
第 7 章	压力容器中的接触分析	156
7.1	法兰连接中的接触分析	156
7.2	O 形密封圈回弹性能试验模拟	169
7.3	补强圈与筒体间接触特性分析	183

第二篇 ANSYS 在化工设备中的应用

第 8 章 塔设备分析	204
8.1 模态分析	204
8.2 风载荷动力响应分析	219
8.3 地震载荷动力响应分析	226
第 9 章 储存设备分析	235
9.1 球罐在风载荷下的动力响应	235
9.2 球罐在地震载荷下的动力响应	264
9.3 球罐在雪载荷下的应力分析	268
第 10 章 换热设备分析	271
10.1 固定管板换热器的机械场应力分析	271
10.2 固定管板式换热器的耦合场分析	285

第三篇 ANSYS 的高级分析技术

第 11 章 ANSYS 优化设计	302
11.1 优化设计概述	302
11.1.1 优化设计理论	303
11.1.2 优化设计基本概念	304
11.1.3 优化设计过程与步骤	306
11.1.4 优化设计注意事项及建议	313
11.2 压力容器壁厚优化设计	314
11.3 换热器封头管箱线性变厚度段参数优化分析	327
第 12 章 结构可靠性分析	341
12.1 结构可靠性概述	341
12.1.1 结构可靠性分析相关概念	342
12.1.2 可靠性分析过程与步骤	344
12.2 高压球形容器强度可靠性分析	346
12.3 塔设备裙座支撑区可靠性分析	358
第 13 章 疲劳分析	373
13.1 疲劳分析	373
13.1.1 疲劳分析的相关概念	373
13.1.2 疲劳分析过程	374
13.2 平板封头与筒体连接区的疲劳分析	380
13.3 吸附塔的疲劳分析	384
第 14 章 ANSYS 其他高级技术应用	399
14.1 APDL 参数化设计语言	399

14.1.1	APDL 参数化设计语言的主要概念	399
14.1.2	APDL 应用实例——涡旋压缩机涡盘建模	403
14.2	子模型	409
14.2.1	子模型技术概述	409
14.2.2	带局部夹套卧式容器的应力分析	413
14.3	单元生死	422
14.3.1	单元生死的主要概念	422
14.3.2	单元生死特性的使用	423
14.3.3	单元生死的控制	425
14.3.4	单元生死在焊接过程中的应用	426
14.4	法兰结构螺栓装配分析	446
14.4.1	Workbench 概述	446
14.4.2	模型调入	449
14.4.3	加载求解	449
14.4.4	结果后处理	454
14.4.5	FE Modeler 模块中的有用信息	455
参考文献		459

绪 论

ANSYS 综述

ANSYS 是融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件,可广泛用于核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、汽车交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等一般工业及科学研究中。

ANSYS 公司成立于 1970 年,总部在美国宾夕法尼亚州的匹兹堡,目前是世界 CAE 行业中最大的公司。其创始人 John Swanson 博士为匹兹堡大学力学系教授、有限元界权威。在 30 多年的发展过程中,ANSYS 不断改进提高,功能不断增强,目前最新的版本已发展到 10.0 版本。

该软件具有以下几个主要特点:

(1) 完备的前处理功能。ANSYS 不仅提供了强大的实体建模及网格划分工具,可以方便地构造数学模型,而且还专门设有用户所熟悉的一些大型通用有限元软件的数据接口(如 MSC/NASTRAN、ALGOR、ABAQUS 等),并允许从这些程序中读取有限元模型数据,甚至材料特性和边界条件,以完成 ANSYS 中的初步建模工作。此外,ANSYS 还具有近 200 种单元类型,这些丰富的单元特性能使用户方便而准确地构建出反映实际结构的仿真计算模型。

(2) 强大的求解器。ANSYS 提供了对各种物理场量的分析,是目前唯一能融结构、热、电磁、流体、声学等为一体的有限元软件。除了常规的线性、非线性结构静力、动力分析外,还可以解决高度非线性结构的动力分析、结构非线性及非线性屈曲分析。其提供的多种求解器分别适用于不同的问题及不同的硬件配置。

(3) 方便的后处理器。ANSYS 的后处理分为通用后处理模块(POST1)和时间历程后处理模块(POST26)两部分。后处理结果可能包括位移、温度、应力、应变、速度以及热流等,输出形式可以有图形显示和数据列表两种。

(4) 多种实用的二次开发工具。ANSYS 除了具有较为完善的分析功能外,同时还为用户进行二次开发提供了多种实用工具,如宏(Marco)、参数设计语言(APDL)、用户界面设计语言(UIDL)及用户编程特性(UPFS),其中 APDL(ANSYS Parametric Design Language)是一种非常类似于 FORTRAN 77 的参数化设计解释性语言,其核心内容为宏、参数、循环命令和条件语句,可以通过建立参数化模型来自动完成一些通用性强的任务。

ANSYS 在计算机辅助工程中的地位

计算机辅助工程(CAE)技术是计算机技术和工程分析技术相结合形成的新兴技术。CAE 软件是由计算力学、计算数学、结构动力学、数字仿真技术、工程管理学与计算机技术相结合而形成的一种综合性、知识密集型信息产品。CAE 的核心技术是有限元理论和数字计算方法。经过几十年的发展,CAE 软件分析的对象逐渐由线性系统发展到非线性系统,由单一的物理

场发展到多场耦合系统,并在航空、航天、机械、建筑、土木工程、爆破等领域获得了成功的应用。并随着计算机技术、CAD 技术、CAPP 技术、CAM 技术、PDM 技术和 ERP 技术的发展,CAE 技术逐渐与它们相互渗透,向多种信息技术的集成方向发展。

经过多年的发展,ANSYS 逐渐为全球工业界所广泛接受。其用户涵盖了机械、航空航天、能源、交通、土木、国防军工等众多领域。ANSYS 构成了这些领域国际国内分析设计技术交流的主要分析平台。ANSYS 独具特色的多物理场耦合分析技术和涵盖优化设计、随机有限元分析等在内的一体化的处理技术充分体现了 CAE 领域的最新发展成就。它能与多数 CAD 软件接口实现数据的共享和交换。其在 CAE 市场的地位可见一斑:

(1) 第一个通过 ISO 9001 质量认证的分析设计软件。

(2) 世界范围内增长最快的 CAE 软件。

(3) 美国机械工程师协会 (ASME)、美国核安全局 (NQA) 及近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。

(4) 第一个通过了中国压力容器标准化技术委员会认证并在国务院 17 个部委推广使用的分析软件。

(5) FEA 界荣获美国 “R&D 明星” 殊荣。

(6) ANSYS 成为第一个能求解 1 亿自由度模型的 CAE 软件。

(7) 680 多家商业用户和 560 家高校用户,用户总数超过 1200 家的广大中国用户群。

ANSYS 在机械与化工装备设计中的应用

在机械行业分析设计中,越来越多地应用 CAD、CAE 技术进行辅助设计和辅助分析。ANSYS 软件有效地将有限元数值分析技术和 CAD、CAE 有机地结合在一起,使用户可以直观地分析结构设计中的问题,有效地节省生产和开发费用。近十年来,已经有多种版本的 ANSYS 软件在机械设计行业发挥着巨大作用。

在压力容器行业,ANSYS 占据了国内 95% 以上的市场份额,成为压力容器分析设计的事实上的标准。尤其是在 1995 年,全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (原全国压力容器标准化技术委员会) 发布了 JB4732—1995《钢制压力容器分析设计标准》后,ANSYS 有限元的应用更是上了一个台阶。

在传统的设计中,鉴于压力设备安全问题的重要性,世界各工业国都制定了相应的规范,其设计往往偏于保守,使得设计的容器显得又笨又重;另一方面,保守的设计会引起用户和制造厂家的成本上升,从而造成一些不必要的浪费。随着化工设备向着大型化、复杂化、高参数化方向发展,作为压力容器零部件设计的常规设计方法受到了冲击,受压零部件的设计越来越多地利用应力分析来完成。有效地利用 ANSYS 等 CAE 工具进行有限元辅助分析设计,为化工机械设计提供了强有力的技术保证。

ANSYS 为推动 CAE 分析设计在机械和化工领域的普及做出了卓有成效的工作,为提高我国压力容器的分析设计水平做出了巨大的贡献。依靠其卓越的表现,ANSYS 软件成为第一个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在国务院 17 个部委推广使用的分析软件。

第 1 章 ANSYS 基本介绍

知识点:

- ANSYS 产品主要功能
- ANSYS 10.0 产品的新特性
- ANSYS 的启动与界面
- ANSYS 的文件系统
- ANSYS 接口工具

本章导读:

本章主要介绍 ANSYS 的运行环境、工作环境和文件系统及其新增功能与主要技术特点,然后介绍了 ANSYS 的数据接口,以方便读者使用 CAD 软件建模,加快分析进程。通过本章的学习,读者可以掌握 ANSYS 的基本知识,熟悉 ANSYS 的操作环境和文件系统,了解 ANSYS 与 CAD 软件之间的数据接口等。

1.1 ANSYS 软件的主要功能

ANSYS 软件提供了对各种物理场量的分析,是一种能够融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件,其主要功能包括:

1. 结构分析

结构分析是有限元分析方法最常用的一个应用领域。结构分析中得到的基本未知量是节点位移,其他一些未知量如应力、应变、支座反力等都可以通过节点位移计算得到。ANSYS 能够完成的结构分析有:

- 结构静力分析:用来计算在固定不变的外载荷作用下结构的位移、应力、应变等响应。一般不考虑系统惯性和阻尼,但可以分析那些固定不变的惯性载荷(重力、离心力)对结构的影响。
- 结构非线性分析:结构非线性包括几何非线性(大变形、大应变、应力强化等)、材料非线性(弹塑性、粘弹性、超弹性等)、单元非线性(接触问题、钢筋混凝土单元等)。ANSYS 能够分析静态和瞬态非线性问题。
- 结构动力分析:用来求解在随时间变化的载荷作用下的结构的动态响应,包括模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析、谱反应分析。
- 隐式、显式(ANSYS/LS-DYNA)及显式—隐式—显式耦合求解。

2. 热分析

热分析用于计算一个系统的温度等热物理量的分布及变化情况。基于热平衡方程,ANSYS 程序能够计算各节点的温度,并导出其他的热物理量。ANSYS 能够完成的热分析有:

- 稳态温度场分析: 研究稳定的热载荷对系统或部件的影响, 用以确定由于稳定的热载荷引起的温度、热梯度、热流率、热密度等参数。
- 瞬态温度场分析: 用以计算一个系统的随时间变化的温度场及其他热参数。
- 相变分析: 含有相变问题的热分析是一个非线性的瞬态问题, ANSYS 可以分析包括凝固、融化在内的相变问题。
- 辐射分析: ANSYS 可以模拟点到点、点到面、面到面的热辐射效应。

3. 流体动力学分析

ANSYS 程序的 FLOTTRAN CFD 分析功能能够进行二维及三维的流体瞬态和稳态动力学分析。其可以完成如下分析:

- 层流分析、湍流分析。
- 自由对流与强迫对流分析。
- 可压缩流/不可压缩流分析。
- 亚音速、跨音速、超音速流动分析。
- 多组份流动分析。
- 移动壁面及自由界面分析。
- 牛顿流与非牛顿流体分析。
- 内流和外流分析。
- 分布阻尼和 FAN 模型。
- 热辐射边界条件。
- 管流。

4. 电磁场分析

ANSYS 程序能分析电感、电容、涡流、电场分布、磁力线分布及能量损失等电磁场问题, 也可以用于螺线管、发电机、变换器、电解槽等装置的设计与分析。其内容主要包括:

- 2D、3D 及轴对称静磁场分析。
- 2D、3D 及轴对称时变磁场、交流磁场分析。
- 静电场、AC 电场分析。
- 电路分析, 包括电阻、电容、电感等。
- 电路—磁场耦合分析。
- 电磁兼容分析。
- 高频电磁场分析。
- 计算洛伦磁力和焦耳热/力。

5. 声学分析

ANSYS 程序能进行声波在含流体介质中的传播的研究, 也能分析浸泡在流体中的固体结构的动态特性。这些功能可用来确定音响的频率响应, 研究音乐大厅的声场分布等。其涉及范围包括:

- 声波在容器内的流体介质中传播。
- 声波在固体介质中的传播。
- 水下结构的动力分析。
- 无限表面吸收单元。

6. 压电分析

压电分析用于分析二维或三维结构对 AC、DC 或任意随时间变化的电流或机械载荷的响应。主要研究内容如下:

- 稳态分析、瞬态分析。
- 谐响应分析。
- 瞬态响应分析。
- 交流、直流、时变电载荷或机械载荷。

7. 多耦合场分析

多耦合场分析就是考虑两个或多个物理场之间的相互作用。ANSYS 统一数据库及多物理场分析并存的特点保证了可方便地进行耦合场分析, 允许的耦合类型有以下几种:

- 热—应力。
- 磁—热、磁—结构。
- 流体流动—热。
- 流体—结构。
- 热—电。
- 电—磁—热—流体—应力。

8. 优化设计

优化设计是一种寻找确定最优设计方案的技术。ANSYS 程序提供多种优化方法, 包括零阶方法和一阶方法等。对此, ANSYS 程序提供了一系列的分析→评估→修正的循环过程。此外, ANSYS 程序还提供了一系列的优化工具以提高优化过程的效率。

9. 用户编程扩展功能

用户可编程特性 (UPFS) 是指, ANSYS 程序的开放结构, 允许用户连接自己编写的 FORTRAN 程序和子过程。UPFS 允许用户根据需要定制 ANSYS 程序, 如用户自定义的材料性质、单元类型、失效准则等。通过连接自己的 FORTRAN 程序, 用户可以生成一个针对自己特定计算机的 ANSYS 程序版本。

10. 其他功能

ANSYS 程序支持的其他一些高级功能包括拓扑优化设计、自适应网格划分、子模型、子结构、单元的生和死等。

1.2 ANSYS 10.0 软件的新特性及新功能

ANSYS 10.0 版本秉承 Workbench 主旋律, 提供给用户可供选择的全自动或个人控制的强大分析软件, 并且其延续了 ANSYS 一贯强大的耦合场技术, 其新版本的功能将灵活性和实践性相融合, 在易用性、协同工作以及耦合技术 (如流固耦合) 等方面有很大提高。

新增功能的亮点如下:

1. 网格处理

新版本在核心的网格处理技术上有较大增强, 实现了在 ANSYS Workbench 的各个应用程序间共享网格。另外, 双向参数互动的 CAD 接口的稳健性也得到了提高。ANSYS ICEM CFD 10.0 通过混合网格剖分新功能和 CAD 模型细节处理功能, 提供了完整的一系列网格划分工具

以模拟真实世界。

此外, ANSYS 10.0 加入了旋转机械和叶片设计工具, 丰富了 Workbench 环境下的行业化功能, 包括 ANSYS BladeModeler 以及 ANSYS TurboGrid——高质量的叶片设计六面体网格划分工具。

2. 机械应用领域

ANSYS 10.0 增加了旋转机械的陀螺效应, 从而提高了 ANSYS 对涡轮机械和其他旋转结构的转子动力学分析的能力。

3. 高频电磁领域

ANSYS 10.0 版本提供了一个新的模式端口。此端口大大简化了集成电路 (IC)、射频识别 (RFID) 和射频微机电系统 (MEMS) 等多种设备分析传输线端口的建模。利用此端口建模, 可以显著缩小模型尺寸, 在保证精确的频域计算结果的前提下, 可以节约 30%~50% 的求解时间和内存需求。

4. 流体动力学领域

ANSYS CFX 10.0 首次开发出具有预测层流向湍流转换的 Menter-Langtry γ - θ 模型。其新增的瞬态拉格朗日颗粒轨道计算功能, 可以进行压缩燃烧、颗粒沉淀以及喷雾沉积的模拟计算。新增的颗粒二次破碎模型能够捕捉液滴在外力作用下发生破碎的情况, 有多个现成模型可供使用, 同时支持用户自定义选项。

ANSYS CFX 10.0 扩展了多项欧拉多相流模型的功能。该版本正式发布了用于计算气泡流动的各项同性的 MUSIG 模型, 可以用来计算气泡的聚并和破裂。新增的动能理论模型改善了流化床计算, 多相流的数值计算能力也大为增强。对于密闭系统的多相流, 数值计算强化了每一相的守恒, 而自由界面和界面张力计算的鲁棒性也有所改善。

5. 耦合场领域

ANSYS 10.0 版本为复杂的流固耦合 (FSI) 问题提供了更为完善的解决方案, 整合了世界一流的应力分析和流体分析技术, 形成了一套完整的 FSI 解决方案。

6. 并行分析领域

ANSYS 10.0 的并行求解器增加了对 CPU 和通信技术的选择余地。除了支持 Ethernet 和 Gigabit Ethernet 外, ANSYS 10.0 还支持 Myrinet 和 InfiniBand。相对于以前的架构, ANSYS 10.0 能以最少的成本满足高性能的集群计算。ANSYS 现在可以支持 Windows XP 64 位机的 AMD 和 EMT64 芯片集, 此项改革解决了许多用户在 Windows 操作系统下, 运行大型模型所面临的 2GB 的内存限制。另外, ANSYS 用户不再需要写硬盘就可以完成整个求解, 从而节约了求解时间。ANSYS 10.0 的并行求解器可以解决高于一亿自由度的大型电磁问题, 在 CAE 行业独树一帜。

1.3 ANSYS 10.0 启动与界面

1.3.1 系统要求

1. ANSYS 10.0 对硬件的最低要求

计算机: 可以采用奔腾 (Pentium)、AMD 或者 Itanium 系列。