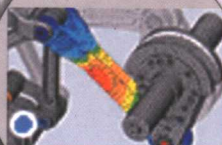


//



• 随书附光盘

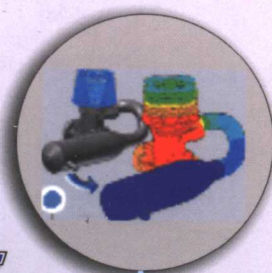


Mechanical Event Simulation

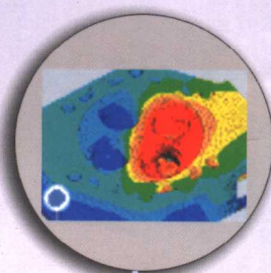
ALGOR

有限元分析软件 实例教程

刘长利 周少林 梁琳 编



FEA in CAD



Finite Element Analysis



Distance Learning



Piping Design and Analysis



人民交通出版社

China Communications Press

ALGOR

有限元分析软件 实例教程

刘长利 周少林 梁 琳 编



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书第一章简单介绍了 ALGOR 软件的特点和功能,第二章通过一个简单的实例分析介绍了 ALGOR 软件有限元分析的基本操作过程,第三、四章详细介绍了 ALGOR 软件的前后处理菜单界面,第五~十一章分别介绍了 ALGOR 软件机械动力仿真分析、线性和非线性静力学分析、线性和非线性动力学分析、瞬态和稳态的热传导分析、稳态和非稳态的流体流动分析、电场及 MEMS 分析和多物理场耦合分析等功能。

本书可以作为 ALGOR 软件用户的培训教程和学习参考用书,同时可以作为高等院校工程力学、机械设计制造、土木工程、航空航天、石油化工、水利、汽车、电子等相关专业开设有限元分析课程的辅助教材和学习材料,也可以作为广大工程技术人员使用 ALGOR 软件的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

ALGOR 有限元分析软件实例教程 / 刘长利, 周少林,
梁琳编. —北京: 人民交通出版社, 2005.9
ISBN 7-114-05707-5

I. A… II. ①刘… ②周… ③梁… III. 有限元分
析—应用软件, ALGOR—教材 IV.0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 089772 号

书 名: ALGOR 有限元分析软件实例教程
著 作 者: 刘长利、周少林、梁 琳
责任编辑: 陈志敏
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpress.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 18.25
字 数: 459 千
版 次: 2005 年 9 月 第 1 版
印 次: 2005 年 9 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN7-114-05707-5
印 数: 0001~3000 册
定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

前言

Qian Yan

ALGOR 作为世界著名的大型通用工程仿真软件,被广泛应用于汽车、电子、航空航天、医学、日用品生产、军事、电力系统、石油、大型建筑以及微电子机械系统等领域的设计、有限元分析、机械运动仿真分析中,全球有超过 20000 家用户选择使用 ALGOR 软件。

ALGOR 软件是在我国工程界十分熟悉的有限元分析软件 SAP5 基础上发展起来的。它最早在中国露面的时候被称作为 SUPER SAP。1995 年和 1998 年,ALGOR 公司分别推出 Windows 版本的 ALGOR95 和 ALGOR98,1999 年 1 月和 2000 年底,又推出了 R12 和 R13 版本。到 2003 年 9 月,ALGOR 公司推出了以多物理场耦合分析为特色的最新版本 V14。

ALGOR 软件最大的特点就是易学易用,界面友好,操作简单,这可以极大地提高软件应用者在工程实践中的效率。我们通过调查发现,ALGOR 是目前世界上最容易操作、开发最便捷的一套有限元分析软件。

ALGOR 软件的分析功能十分强大,包括线性应力分析、非线性应力分析、线性和非线性的动力分析、瞬态和稳态的热传导分析、二维和三维的稳态和非稳态的流体流动分析、电场分析、非线性机械运动分析等。ALGOR V14 版本引入了多物理场耦合分析功能,拓展了 ALGOR 软件的应用广度和深度。其机械运动仿真模块将大规模的机械运动和惯性的影响引入到有限元方程中进行计算,是各个有限元软件中首屈一指的。ALGOR 软件的管道系统分析和压力容器设计模块对于组织管道系统设计和分析是一个很容易上手和便捷的工具。2004 年 9 月,ALGOR 公司隆重推出以在 FEMPRO 中整合了强大的 Superdraw 三维绘图和建模功能以及二维、三维结构的网格划分工具为特征的全新版本 ALGOR V16。V16 版本中包含了对屈曲、冲击等分析的机械运动仿真,流体流动分析、热传导分析和线性动态分析工具,以及更多的结果评估和显示功能的改进。

ALGOR 中的 InCAD 软件模块提供了所有主要 CAD 软件之间的相关联系,可以很方便地实现和 CAD 软件如 CADKEY、Mechanical Desktop、Pro/E、SolidWorks 和 Solid Edge 之间的文件数据转换。ALGOR 软件也支持普遍的

CAD 文件格式,如 STEP、IGES、STL 和 ACIS 等。更多的关于 ALGOR 软件的信息可以参看 www.algor.com.cn, www.algor.com, www.simwe.com 网站。

本书第一章向读者简单介绍了 ALGOR 软件的特点和功能;第二章通过一个简单的实例分析介绍了 ALGOR 软件有限元分析的基本操作过程,使读者在总体上对 ALGOR 软件有一个把握;第三、四章详细介绍了 ALGOR 软件前后处理的菜单界面;第五~十一章分别介绍了 ALGOR 软件机械动力仿真分析、线性和非线性静力学分析、线性和非线性动力学分析、瞬态和稳态的热传导分析、稳态和非稳态的流体流动分析、电场及 MEMS 分析和多物理场耦合分析等功能。

本书可以作为 ALGOR 软件用户的培训教程和学习参考用书,也可以作为高等院校工程力学、机械设计制造、土木工程、航空航天、石油化工、水利、汽车、电子等相关专业开设有限元分析课程的辅助教材和学习材料,同时也可以作为广大工程技术人员使用 ALGOR 软件的参考用书。

本书在整个写作过程中得到了 ALGOR 中国总代理:上海中仿信息科技有限公司(<http://www.cntech.com.cn/>)的大力支持,中仿公司为本书提供了 ALGOR 软件的最新资料,使本书得以顺利完成,在此,感谢中仿信息科技有限公司为本书写作提供的热情帮助和指导。杨凤鹏博士审阅了全部书稿,提出了许多建设性的意见和建议,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中一定存在许多缺点和错误之处,敬请读者批评指正。

目 录

MuLu

第一章 绪论	1
1.1 数值模拟技术及有限单元法	1
1.2 ALGOR 软件简介	3
1.3 ALGOR 的用户界面简介	10
1.4 关于本书的使用	11
1.5 本章小结	11
第二章 ALGOR 基本分析过程	12
2.1 ALGOR 的启动	12
2.2 在 FEMPRO 中打开模型	17
2.3 ALGOR 有限元分析简单实例	22
2.4 本章小结	33
第三章 ALGOR 菜单界面	34
3.1 常用工具栏和菜单	34
3.2 CAD Solid Model 界面	43
3.3 FEA Editor 界面	48
3.4 Superview 界面	56
3.5 Report 界面	63
3.6 ALGOR 的单位制	64
3.7 本章小结	66
第四章 ALGOR 的 InCAD 数据交换功能	67
4.1 ALGOR 的 InCAD 功能介绍	67
4.2 利用 InCAD 功能导入模型	68
4.3 不使用 InCAD 功能导入模型	69
4.4 三维电机支架安装模型	70
4.5 本章小结	75
第五章 ALGOR 的建模分网功能	76

5.1	ALGOR 的建模分网功能概述	76
5.2	ALGOR 的 2-D 建模分网实例	76
5.3	ALGOR 的 3-D 建模分网实例	91
5.4	本章小结	96
第六章	ALGOR 机械动力仿真分析	98
6.1	ALGOR 机械动力仿真分析概述	98
6.2	经典机构动力仿真分析实例(四连杆机构)	98
6.3	曲柄活塞机构动力仿真分析	110
6.4	非线性材料机构动力仿真分析	126
6.5	本章小结	135
第七章	ALGOR 结构静力学分析	136
7.1	ALGOR 结构静力学分析概述	136
7.2	结构静力学分析的文件类型	136
7.3	线性静力分析实例	137
7.4	非线性静力分析实例	152
7.5	本章小结	161
第八章	ALGOR 结构动力学分析	162
8.1	ALGOR 结构动力学分析概述	162
8.2	模态分析实例	162
8.3	频率响应分析实例	166
8.4	瞬态响应分析实例	172
8.5	响应谱分析实例	179
8.6	随机响应分析实例	183
8.7	本章小结	186
第九章	ALGOR 热分析	187
9.1	ALGOR 热分析概述	187
9.2	稳态热分析实例	189
9.3	瞬态热分析实例	197
9.4	本章小结	212
第十章	ALGOR 流体分析	213
10.1	ALGOR 流体分析概述	213
10.2	稳态流场分析实例	213
10.3	非稳态流场分析实例	223
10.4	本章小结	232
第十一章	ALGOR 电场分析	233
11.1	ALGOR 电场分析概述	233
11.2	电场强度及电压分析实例	234

11.3	MEMS 结构的电场-应力耦合场分析实例	243
11.4	电流及电压-热场耦合分析实例	249
11.5	本章小结	260
第十二章	ALGOR 多物理场耦合分析	261
12.1	ALGOR 多物理场耦合分析概述	261
12.2	热应力耦合场分析	261
12.3	稳态流场-热传导耦合场分析	271
12.4	本章小结	281
参考文献		282

第一章

绪论

1.1 数值模拟技术及有限单元法

对于大多数科学技术和工程实际领域内的许多力学问题和物理问题,在数学上都可以表述为一定边界条件下的常微分方程或偏微分方程的求解问题。对于大多数几何形状比较复杂的结构分析,不可能得到精确的解析结果,因此往往通过数值分析的方法给出问题的近似解。数值模拟分析方法最早是从结构化矩阵分析发展而来,逐步推广到板、壳和实体等连续体固体力学分析,近年来已发展到流体力学、温度场、电传导、磁场、渗流和声场等问题的求解计算。随着电子计算机的飞速发展和广泛应用,数值分析方法已成为求解科学技术问题的主要工具。

目前在工程技术领域内常用的数值模拟方法有有限单元法、边界元法、离散单元法和有限差分法等,但是就实用性和应用的广泛性而言,主要还是有限单元法。现代有限元法第一个成功的尝试,是将钢架位移法推广应用于弹性力学平面问题,这是 Turner, Clough 等人在分析飞机结构时于 1956 年得到的成果。他们第一次给出了用三角形单元法求得平面应力问题的正确答案。1960 年 Clough 进一步处理了平面弹性问题,他在论文“平面应力分析的有限单元法”中首次提出了有限单元法的概念,使人们开始认识了有限单元法的功效。1963 ~ 1964 年, Besseling, Melosh 和 Jones 等人证明了有限单元法是基于变分原理的里兹(Ritz)法的另一种形式,确立了有限单元法是处理连续介质问题的一种普遍方法。从 20 世纪 60 年代后期开始,进一步利用加权余量法来确定单元特性和建立有限元求解方程,因而进一步扩大了有限单元法的应用领域。

三十多年来,有限单元法的应用已由弹性力学平面问题扩展到空间问题、板壳问题,由静力平衡问题扩展到稳定问题、动力问题和波动问题。分析的对象从弹性材料扩展到塑性、粘弹性、粘塑性和复合材料等,从固体力学扩展到流体力学、传热学等连续介质力学领域。在工程分析中的作用已从分析和校核扩展到优化设计并和计算机辅助设计技术相结合。

当前,有限单元法理论研究已经从单纯的结构力学计算发展到可变形体与多体耦合分析、多相多态介质耦合分析、多物理场耦合、多尺度耦合分析以及微机电系统分析,发展基于超级计算机和计算机群的并行计算系统,基于网格计算的 CAE 系统,基于互联网的集成化与支持协同工作的 CAE 系统。许多主流大型商业有限元软件增强可视化的前置建模和后置数据处理功能,开发更加友好的多媒体用户界面、智能化用户界面。

1.1.1 有限单元法的基本思想

有限元分析的基本思想是用较简单的问题代替复杂问题后再求解。有限单元法利用在每一个单元内假设的近似函数来分片地表示全求解域上待求的未知场函数。单元内的近似函数通常由未知场函数或其导数在单元的各个结点的数值和其插值函数来表达。这样,一个问题的有限元分析中,未知场函数或其导数在各个结点上的数值就成为新的未知量(也即自由度),从而使一个连续的无限自由度问题变成离散的有限自由度问题。一经求解出这些未知量,就可以通过插值函数计算出各个单元内场函数的近似值,从而得到整个求解域上的近似解。20世纪60年代初首次提出结构力学计算有限元概念的克拉夫(Clough)教授形象地将其描绘为:“有限元法 = Rayleigh Ritz 法 + 分片函数”,即有限元法是 Rayleigh Ritz 法的一种局部化情况。不同于求解(往往是困难的)满足整个定义域边界条件的允许函数的 Rayleigh Ritz 法,有限元法将函数定义在简单几何形状(如二维问题中的三角形或任意四边形)的单元域上(分片函数),且不考虑整个定义域的复杂边界条件,这是有限元法优于其他近似方法的原因之一。

由于单元内近似函数分片地表示全求解域的未知场函数,并未限制场函数所满足的方程形式,也未限制各个单元所对应的方程必须是相同的形式,所以尽管有限元法开始是对线弹性的应力分析问题提出的,但很快就发展到弹塑性问题、动力问题、屈曲问题等,并进一步应用于流体力学问题、热传导问题等,而且可以利用有限元法对不同物理现象相互耦合的问题进行有效地分析。

1.1.2 有限单元法的基本过程

对于不同物理性质和数学模型的问题,有限元求解法的基本步骤是相同的,只是具体公式推导和运算求解不同。下面以结构应力分析为例,给出有限元求解问题的基本步骤。

1. 问题及求解域定义

根据实际问题,近似确定工程或物理问题的数学模型,包括问题的基本变量、基本方程、求解域和边界条件。

2. 求解域离散化

将一个表示结构或连续体的求解域离散为若干个不同有限大小和形状的子域(单元),离散后彼此相邻的单元利用公共节点相互连接起来,这一步称为有限元网络划分。根据具体问题的性质、求解精度等要求决定单元节点的设置。所以有限元法中分析的是与原结构同样材料、由众多单元以一定方式连接而成的原结构的离散体,因此有限元分析计算得到的结果只是近似的,一般情况下,如果单元划分得非常细而且合理,则所获得的结果可以无限逼近于真实结果。

3. 单元特性分析

在结构应力分析中,选择单元的节点位移作为基本未知量,这种方法称为位移法。位移法易于计算机编程计算,所以在有限单元法中得到广泛应用。在把物体离散为有限个单元之后,把单元中的位移表示为节点位移的插值函数,这种函数称为单元位移模式或位移函数。根据单元的材料性质、形状、节点数目、位置及含义等,应用弹性力学中的几何方程和物理方程,可以建立单元应变和应力矩阵,进一步根据最小位能原理导出单元刚度矩阵,这是有限元法的基础。

本步骤之一。

物体离散化后,有限元模型单元之间的力是通过公共节点传递的,因此需要将作用在单元边界上的表面力、体积力或集中力等效地移到节点上,即利用等效节点力代替所有作用在单元上的力。

为保证问题求解的收敛性,单元推导有许多原则要遵循。对工程应用而言,重要的是应注意每一种单元的解题性能与约束。例如,单元形状应以规则为好,畸形时不仅精度低,甚至可能导致无法求解。

4. 总体刚度矩阵的组集

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果重新联结起来,形成整体的有限元方程

$$[K]\{u\} = \{F\}$$

式中: $[K]$ ——整体刚度矩阵;

$\{u\}$ ——节点位移列阵;

$\{F\}$ ——载荷列阵。

5. 求解未知节点位移

求解联立的总体刚度矩阵方程组,得出有限元模型的节点位移。这里,可以根据方程组的具体特点来选择合适的计算方法,一般的算法有直接法、迭代法等。

6. 结果解释及评判

结构应力分析的直接结果是单元结点处的位移值,可以根据节点位移值得出单元、节点应变、应力值等导出量。对于计算结果的质量,将通过与设计准则提供的允许值比较来评价并确定是否需要重复计算。

目前,大型的有限元分析软件,包括 ALGOR 软件,将有限元分析过程分成三个阶段,即前处理、求解和结果后处理。前处理是建立或导入结构的几何模型,设置有限元模型的各种参数,包括单元类型选择、单元参数设置、材料特性以及分析类型选择等,最后将模型划分网格,完成有限元模型,大致相当于 1~2 步。有限元模型的求解大致相当于上述过程的 3~5 步,即根据有限元模型的设置参数,形成单元刚度矩阵,组集总体刚度矩阵,选择合适的求解器求解,得到节点的位移结果。结果后处理则是依据节点位移值,进一步计算节点应变、应力值,并采用图示和列表的形式显示结果供用户观察和分析。用户根据设计要求提供的允许值来评判计算结果,分析计算结果的正确性以及设计的合理性,决定是否重新计算或者改进设计结构。

1.2 ALGOR 软件简介

ALGOR 作为世界著名的大型通用工程仿真软件,被广泛应用于各个行业的设计、有限元分析、机械运动仿真中,包括静力、动力、流体、热传导、静电场、疲劳分析、管道工艺流程设计等,能够帮助设计分析人员预测和检验在真实状态下的各种情况,快速、低成本地完成更安全、更可靠的设计项目。ALGOR 以其分析功能齐全、使用操作简便和对硬件的要求低,在从事设计、分析的科技工作者中享有盛誉。作为中高档 CAE 分析工具的代表之一,ALGOR 在汽车、电子、航空航天、医学、日用品生产、军事、电力系统、石油、大型建筑以及微电子机械系统等诸多

领域均有广泛应用。工程师们通过使用 ALGOR 进行设计、虚拟测试和性能分析,缩短了产品投入市场的时间,并能以更低的成本制造出优质而可靠的产品。自从单机版有限元分析程序问世以及 CAD 界面系统的出现,ALGOR 软件发展壮大成为计算机辅助设计类工程软件领域内的重要一员。目前,全球有超过 20000 家用户选择使用 ALGOR 软件。

1.2.1 ALGOR 软件的发展过程

ALGOR FEAS(Finite Element Analysis System)软件是在我国工程界十分熟悉的有限元分析软件 SAP5 基础上发展起来的。它最早在中国露面的时候被称作为“SUPER SAP”,最初版本是在 PC 机 DOS 操作系统下运行。之后它的版本序列基本上以年份命名,如 SAP91, SAP93 等,仍然在 DOS 环境下运行。直到 1995 年,ALGOR 公司推出了在 Windows95 桌面环境下运行的 Windows 版本 ALGOR95,1998 年又推出了全新的基于 Windows95/98 和 Windows NT 操作系统的全 32 位有限元分析软件 ALGOR98。Windows 版本相对于 DOS 系统下的 ALGOR 软件,许多特性都有了大的改进,操作更加简单。到 1999 年 1 月,ALGOR 公司推出了 R12 版本,2000 年底,又推出了 R13 版,这个版本改动较大,在界面上使用了集成界面模式;功能上增强了 CAD 输入功能,开发大量的单元,增强了非线性分析、事件仿真分析等。2003 年 9 月,ALGOR 公司推出了以多物理场耦合分析为特色的最新版本 V14。它所引入的耦合多学科分析功能,可以用来模拟自然的、受迫的或者混合的对流,支持对非牛顿流体的分析,还增加了一种新的刚性单元,同时也针对客户的反馈进行了其他的修改。正如 ALGOR 产品部经理 Bob Williams 所说:“ALGOR 能使工程师更为精确地模拟各式各样的对流以及流体流动情况。”“新版本可以使用户着眼于工程中非常重要的一些热与流体直接相互作用的应用,如电子仪器的冷却,并可以包括变粘度流体或非牛顿流体。

2004 年 7 月,ALGOR 公司推出 ALGOR V15 版本,拥有全新的 Superdraw 作图和建模工具、完整而便捷的有限元网格建模、结果评估和显示界面。V15 包含一个扩展的材料库,更新的包含滑轮单元的机械运动仿真(MES)能力,改善的线性静态应力、热处理和流体流动分析工具,更多的结果评估和显示能力等。

2004 年 9 月,ALGOR 公司隆重推出以在 FEMPRO 中整合了强大的 Superdraw 三维绘图和建模功能以及二维、三维结构的网格划分工具为特征的全新版本 ALGOR V16。V16 包含了对屈曲、冲击等分析的机械运动仿真,流体流动分析、热传导分析和线性动态分析工具,更多的结果评估和显示功能的改进。ALGOR 产品部经理 Bob Williams 说:“ALGOR V16 提供给有限元分析用户进行二维和三维设计与分析的一个强大的绘图、建模和网格划分工具的整合。所有的功能都内嵌在一个先进的、容易使用的用户界面下。设计师和分析员将会直接体验到 ALGOR V16 灵活的建模功能所带来的高效生产力。”

1.2.2 ALGOR 软件的特点

ALGOR 软件在能够满足大多数有限元分析功能的基础上,最大的特点就是易学易用,界面友好,操作简单,这可以极大地提高软件应用者在工程实际中的效率。正如美国 Kerotest 公司的总工程师 Richard W. Conley 所说:“我们之所以选择 ALGOR 软件,是因为它易学易用,并且能够有效地洞察我们的整个设计。”ALGOR 软件在分析上的功能十分强大,不仅可以进行

一般性质的线性应力分析、非线性应力分析、线性和非线性的动力分析、瞬态和稳态的热传导分析、二维和三维的稳态和非稳态的流体流动分析、电场分析、非线性机械运动分析等,还可以进行多场的耦合分析。特别是 V14 以后的版本引入了多物理场耦合分析功能,更加拓展了 ALGOR 软件的应用广度和深度。

多物理场耦合分析软件 ALGOR 软件的机械运动仿真模块对于将大规模的机械运动和惯性的影响引入有限元方程中进行计算是各个有限元软件中首屈一指的。用户如果想要知道物体能够承受多大的冲击载荷,只要输入相关的参数,ALGOR 会自动为你计算出结果。ALGOR 的管道系统分析和压力容器设计模块对于组织管道系统设计和分析是一个很容易上手和便捷的工具。我们通过调查发现,ALGOR 是目前世界上最容易操作,开发最便捷的一套有限元分析软件。在同行业中,ALGOR 软件的三维块体自动网格划分器是惟一的,也是最优秀的、最有效模块,它的中面网格划分功能也是目前商业有限元软件中最强大的。另外,它的混合网格划分不但会缩短求解的时间,而且会提高在临界点上的应力求解效果。无论使用 ALGOR 软件进行哪种功能的计算,它的用户使用界面都是相同的,并不随着分析功能模块的改变而变化。通过遍及所有模块对产品功能的熟悉,可以很快了解软件的应用并很容易掌握。最后,ALGOR 中的 Incad 软件模块提供了所有主要 CAD 软件之间的相关联系。通过 ALGOR 软件的导入导出功能可以很方便地实现和 CAD 软件如 CADKEY, Mechanical Desktop, Pro/E, Solid Works 和 Solid Edge 之间的文件数据转换。ALGOR 软件也支持普遍的 CAD 文件格式,如 STEP, IGES, STL 和 ACIS 等。ALGOR 产品全部符合 ISO 9001 及美国核能源工业质量保证体系标准。

ALGOR 软件除了上述的优势之外,在院校的教学和实验应用中还具有如下的特性:

(1)应用领域广泛。适合在机械、土木工程、航空航天、汽车工业、化工制品及工艺、消费产品、电子、娱乐行业、生物医学、军事/国防工业、电力/公用事业、休闲/运动行业、科学研究、大型结构物等领域中的设计、分析及仿真模拟。

(2)可以非常灵活地为教学中的设计、分析仿真以及实验进行直观地演示,教学效果明显。

(3)通过 ALGOR 美国总部网站(<http://www.algor.com/>),应用网络技术为远程教学和远程实验提供了强大的功能,进一步提高实验设备的利用率,并为异地实验数据及学术交流提供了高效的平台。

(4)ALGOR 及相关其他软件的设计分析能力已逐步成为学生技能的一部分,在国外,ALGOR 技能掌握成为许多新型企业招收员工的条件之一。

1.2.3 ALGOR 软件的分析功能

以下介绍 ALGOR 软件的几个主要分析功能:

1. 静力学分析功能

- 线性应力分析;
- 复合材料分析;
- 间隙单元分析;
- 复合材料和间隙单元分析;
- 线性稳定性分析。

2. 线性动力学分析功能

- 线性模态分析;
- 复合材料模态分析;
- 时间历程分析;
- 响应谱分析;
- 线性瞬态应力分析;
- 复合材料瞬态应力分析;
- 频率响应分析;
- 随机振动分析;
- 载荷作用下的模态分析。

3. 非线性动力分析功能

- 非线性模态分析;
- 非线性动态响应分析。

4. 热传导分析功能

- 稳态热传导分析;
- 瞬态热传导分析。

5. 流动分析功能

- 二维稳态流动分析;
- 二维瞬态流动分析;
- 三维稳态流动分析;
- 三维瞬态流动分析。

6. 电场分析功能

7. 疲劳分析功能

8. 管道设计及分析功能

9. 线性和非线性材料模型的机械事件仿真功能

10. 多物理场分析能力

电—机械场(对于 MEMS 的应用)、热—机械场、流体—热—机械场的分析等。

11. InCAD 功能

直接对 Autodesk Inventor, CADKEY, Mechanical Desktop, Pro/E, Solid Edge 和 SolidWorks 建立的模型进行 CAD/CAE 模型转换, 并进行有限元分析。FEMPRO 作为完整而易用的工作界面, 保证了其分析能力的实现, 它能支持广泛的 CAD 实体建模, 并含有有限元网格划分和建模的工具。

另外, ALGOR V16 具有如下新功能:

- 全新的 ALGOR 文件格式, 大大地加快数据的存贮和调用;
- Alibre Design Basic 8.0, 一个工业标准的 CAD 实体建模工具;
- 新的收敛方法, 用以提高在非线性问题求解时的精确度和速度;
- 在 MES 中, 增加了互动式定义接触对的功能;
- 加快了线型屈曲分析、MES、流体流动和耦合流—热分析的运行时间;

- 对流体流动分析墙壁约束的自动加载;
- 流体流动分析可视结果的流线显示。

1.2.4 ALGOR 软件的分析模块

1. 主要核心模块

(1) 多物理场分析模块 (Professional Multi-Physics)

用于线性性和非线性材料模型静力分析和机械运动仿真、线性动力学分析、稳态和瞬态的热传导分析、稳态和非稳态的流体分析和静电分析。

(2) 机械运动和力学仿真模块 (Professional MEMS Simulation)

用于线性性和非线性材料模型的静力分析和机械运动仿真、线性动力学分析和静电分析。

(3) 非线性机械运动仿真模块 (Professional MES/NLM)

用于线性性和非线性材料模型的机械运动仿真。

(4) 线性机械运动仿真模块 (Professional MES/LM)

用于线性材料模型的机械运动仿真。

(5) 非线性静力分析模块 (Professional Static/NLM)

用于线性性和非线性材料模型的静力分析。

(6) 线性静力分析模块 (Professional Static/LM)

用于线性材料模型的静力分析。

(7) CAD 数据交换分析模块 (InCAD Designer)

与大多数 CAD 软件之间进行下列分析中用到的 CAD/CAE 数据交换:线性材料模型的静力分析、线性动力学分析以及稳态和瞬态的热传导分析。主要可用于数据交换的 CAD 软件有:Autodesk Inventor, CADKEY, Mechanical Desktop, Pro/ENGINEER, Solid Edge, SolidWorks 等。另外,此模块由多个小模块组成,每个小模块分别针对每一个 CAD 软件进行数据交换。因此相关的模块有: InCAD Designer/ Autodesk Inventor, InCAD Designer/ CADKEY, InCAD Designer/ Mechanical Desktop, InCAD Designer/ Pro/ENGINEER, InCAD Designer/ Solid Edge, InCAD Designer/ Solid Works。

(8) 流体分析模块 (Professional Fluid Flow)

稳态和非稳态的流体分析。

(9) 热传导分析模块 (Professional Heat Transfer)

稳态和非稳态的热传导分析。

(10) 静电场分析 (Professional Electrostatic)

静电场分析。

(11) 管道系统分析模块 (Professional PipePak)

压力容器和管道系统设计分析。

(12) 土木应用模块 (Civil)

在土木工程领域进行线性材料模型的静力分析。

(13) ALG/NASTRAN 模块

NASTRAN 的线性材料模型静力分析和机械运动仿真,线性动力学分析和静电分析。

(14) FEMPRO 模块

完整的有限元建模、结果评价和描述界面。

2. CAD 数据支持扩展模块

(1) InCAD/Autodesk Inventor Extender 模块

与 Autodesk Inventor 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(2) InCAD/CADKEY Extender 模块

与 CADKEY 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(3) InCAD/Mechanical Desktop Extender 模块

与 Mechanical Desktop 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(4) InCAD/Pro/ENGINEER Extender 模块

与 Pro/ENGINEER 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(5) InCAD/Solid Edge Extender 模块

与 Solid Edge 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(6) InCAD/SolidWorks Extender 模块

与 SolidWorks 之间的直接 CAD/CAE 数据交换。

(7) Rhinoceros Import Extender 模块

支持 Rhinoceros 的数据格式。

(8) FEM Input Deck Import Extender 模块

支持第三方 FEA 软件的输入格式。

(9) FEM Input Deck Import and Export Extender 模块

支持第三方 FEA 软件的输入输出。

(10) Piping Import Extender 模块

支持导入 CADPIPE, Intergraph PDS 和 CAESAR II 格式的文件。

3. 分析和建模的扩展模块

(1) Static Stress Analysis with Linear Material Models Extender 模块

用于线性材料模型的静力分析。

(2) Linear Dynamic Analysis Extender 模块

用于线性动力学分析。

(3) Dynamic Design Analysis Method (DDAM) Extender 模块

用于船舰冲击分析。

(4) Mechanic Event Simulation Extender 模块

用于机械运动仿真分析。

(5) Nonlinear Material Model Extender 模块

用于非线性材料模型。

(6) Inertial Load Transfer Extender 模块

基于机械运动仿真进行的静力分析,同时考虑载荷的惯性释放。

(7) Heat Transfer Analysis Extender 模块

用于稳态和瞬态的热传导分析。

(8) Fluid Flow Analysis Extender 模块

用于稳态和非稳态的流体运动分析。

(9) Electrostatic Analysis Extender 模块

用于静电场分析。

(10) PipePak Piping Design Extender 模块

用于管道系统设计和分析。

(11) PV/Designer 模块

用于自动建立压力容器和交叉管道的模型。

(12) Alibre Design 模块

Alibre Design 的二维制图、三维参数化实体建模,支持材料列表和实时的团队设计。

(13) Alibre Design Professional 模块

Alibre Design 的二维制图、三维参数化实体建模,支持材料列表和实时的团队设计,集成薄片金属设计,Alibre PhotoRender,Alibre 的零件库,ALGOR 的设计检查,以及 MecSoft 的 CAM 软件。

(14) Alibre Design(Upgrade)模块

将 Alibre Design Basic 升级到 Alibre Design。

(15) Alibre Design Professional(Upgrade)模块

将 Alibre Design Basic 或 Alibre Design 升级到 Alibre Design Professional。

(16) Composite Material Extender 模块

支持对复合材料的线性静力和模态分析。

(17) Motion - Enabled Composite Material Extender 模块

支持对复合材料的机械运动仿真。

(18) EAGLE 模块

用于建模、有限元分析、机械运动仿真和跨学科研究的编程语言。

4. NASTRAN 的扩展模块

(1) NASTRAN Input Deck Import Extender 模块

支持导入 NASTRAN 求解文件。

(2) NASTRAN Input Deck Export Extender 模块

支持输出 NASTRAN 求解文件。

(3) NASTRAN Results Import and Visualization Extender 模块

在 FEMPRO 对 NASTRAN 结果的后处理。

(4) NASTRAN Results Export Extender 模块

支持将 ALGOR 的计算结果输出给 NASTRAN。

(5) NASTRAN Solve Support Extender 模块

支持在 FEMPRO 中直接运行 NASTRAN 求解器。

(6) NASTRAN Support Extender 模块

对 NASTRAN 求解器和输入输出模块的完全支持。