

# 基于UG预处理的ANSYS有限元分析方法

李春旺, 解武杰, 杨尊袍, 傅振堂, 孙强

(空军工程大学理学院, 陕西西安710051)

**摘要:**为克服大型复杂构件使用ANSYS进行有限元分析时实体模型建立过程中的困难,将计算机辅助设计软件UG与有限元分析软件ANSYS结合起来,在UG中完成实体模型的创建、有限元模型的生成、材料属性的设置以及边界条件和载荷的加载等预处理工作,并生成解算文件。然后将解算文件直接导入ANSYS软件中进行求解,克服了UG实体模型导入ANSYS后网格划分困难、UG有限元模型导入ANSYS后预处理工作无法展开的缺点。实际算例表明,文中方法发挥了UG功能完备的建模优势及ANSYS强大的解算功能,并充分利用了解算文件的可修改性和ANSYS软件的开放性,使分析的可行性与精确性达到最大的统一,为大型复杂结构的有限元分析开辟了新途径。

**关键词:**有限元分析;计算机辅助设计;预处理;UG;ANSYS

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3516.2009.05.018

**中图分类号:** O34;TP391.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2009)05-0085-05

有限元分析(FEA)软件ANSYS具有功能强大的解算器,能够进行包括结构、热、声、流体以及电磁场等学科的计算,是目前国际上最流行的有限元分析软件之一<sup>[1-3]</sup>。然而,美中不足的是,ANSYS软件的实体建模功能相对薄弱。如果分析对象规模庞大,结构复杂,尤其是包含大量不规则的曲线和曲面时,使用ANSYS建立实体模型比较麻烦<sup>[4]</sup>,往往需要对模型进行简化<sup>[5]</sup>。同时,这种情况下网格划分常常需要借助布尔操作将整体模型进行分割,而此时ANSYS中分析对象往往不支持布尔操作,从而使得有限元模型的生成比较困难。为弥补这方面的缺憾,ANSYS为目前流行的计算机辅助设计(CAD)软件预留了接口<sup>[6]</sup>,可以输入CAD软件生成的实体或有限元模型,UG<sup>[7]</sup>就包含在其中。

UG作为当今世界最先进的计算机辅助设计软件之一,具有强大的实体造型和曲面造型功能。虽然UG也具有自己的CAE模块,但主要应用于模型的动力学仿真<sup>[8]</sup>,而且所能提供的解算器类型和结果数据都不是很充分。然而如果利用UG和ANSYS良好的兼容性,将它们联合起来,充分发挥UG功能完备的CAD模块和ANSYS强大的FEA功能,将为大型复杂结构的有限元分析开辟一条新的途径。

## 1 UG预处理

### 1.1 实体模型的建立

利用UG的NX功能模块,根据设计图纸,运用从底而上或自顶向下的建模方法,通过建立新组件或者建立并编辑UG自身的引用集,利用样条、桥接、偏置、投影、交叉等特性以及建立和编辑曲线、生成主片体等方法,逐步建立并修改组图,最终完成研究对象完整准确的实体模型<sup>[9]</sup>。

### 1.2 材料常数及边界条件的设定

实体模型建立完毕后,即可进入UG的结构分析模块。

\* 收稿日期:2008-10-16

基金项目:空军工程大学理学院博士学位论文创新基金资助项目(X2007B001)

作者简介:李春旺(1977-),男,陕西富平人,讲师,博士,主要从事航空材料的疲劳与断裂研究。

E-mail:langtaosha666@tom.com

在结构分析模块中,首先将解算器设定为 ANSYS,并按需要设定分析类型和解法类型。UG 为 ANSYS 设定的接口共预留了结构、热、轴对称结构和轴对称热 4 种分析类型以及线性静态、模态、屈曲和非线性静态 4 种解法类型。

其次进行研究对象材料特性设置。在设置材料属性时,要注意各个量的单位,使用同一单位制,和 ANSYS 统一起来,因为在 ANSYS 中没有显式单位,只是使用封闭的隐式单位制。材料属性的加载有 2 种方式,一种是在加载对话框中直接加载,另一种是通过文件修改来完成。第 2 种方法对于一些变化的材料属性尤其有效,比如材料非线性分析中的应力—应变。输入材料的应力—应变时还要注意,所输入的最大应力—应变值一定要含盖求解对象的整个响应范围,否则程序将无法处理超过所输入最大应力—应变的响应,计算结果将以输入的最大值代替超过它的响应值。

再次进行载荷加载。在 UG 中施加载荷时,可在点、线、面、体及边缘上加载包括重力、离心力和温度载荷在内的各种外加载荷。

最后对研究对象进行约束。定义约束时,可在点、线、面及边缘的各个方向上定义各种类型的平移和旋转约束,包括固支、简支、对称及自定义的活动范围。

### 1.3 网格划分

在 UG 中,提供了零维的点单元,一维的线单元,二维的面单元及三维体单元,其中三维体单元又包括 8 节点的 SOLID45 六面体单元和 10 节点 SOLID92 四面体单元。

网格划分时,可以先利用 UG 的自动判断功能,得到系统建议的网格尺寸,并以此尺寸进行网格划分。如果网格太疏或太密时,再改变网格尺寸。在划分结构复杂的实体模型时,系统建议的网格尺寸也不一定可行,需要对网格尺寸进行微调。此时如果要加密或减少网格,建议以划分成功的网格尺寸的半数或倍数为新的网格尺寸。划分完毕后,系统会自动对网格进行检测,指出超出 90% 和 100% 阈值的单元。有时这些单元的存在会导致网格在 ANSYS 中不被接受,需要重新进行网格划分。重新分网时,一方面可以调整网格尺寸,另一方面也可以对模型中线条尺寸对比悬殊部位及雅可比阈值较大部位的线/面先分网,然后再整体进行网格划分,或者对这些区域进行网格加密。网格划分完毕后,要给网格分配其对应的材料参数——这一点不同于 ANSYS,在 ANSYS 中划分网格之前先将材料参数分配给对应的实体模型。

## 2 解算器执行文件

预处理工作完成后,就可执行分析菜单中的解算命令。此时,如果 UG 和 ANSYS 成功链接,则直接进入解算过程;如果二者没有成功链接,则会跳出“找不到解算器可执行文件”的信息。这时,只要在工作目录下找到解算器执行文件——.inp 文件,将其导入 ANSYS,解算工作就会开始。

将解算器执行文件导入 ANSYS 进行求解的好处在于:可以对解算器执行文件进行检查,并做必要的修改。解算器执行文件依次包括起始命令、节点描述、材料属性、网格及其类型、约束点及类型、载荷点及类型和求解命令。节点描述包括节点的编号和三维坐标。要注意的是同一个问题每次生成的解算器执行文件的节点编号并不相同,因为起始点的选取是随机的,所以文件中凡是涉及到节点的地方,编号都有可能不同。

对于材料常数,要仔细检查它们的单位是否和初始输入时一致,是否同属一个封闭的单位制,以免在 ANSYS 中出错。同时也可以根据需要进行修改,在后面的例子中可以看到加入应力—应变曲线的程序段。

## 3 ANSYS 解算及后处理

### 3.1 UG 文件的导入

通常,将 UG 文件导入到 ANSYS 中,包括下述 2 种不同的类型:

1) 实体模型的导入。在 UG 中生成研究对象的实体模型后,利用 ANSYS 的导入功能直接将实体模型导入 ANSYS。这是目前有限元分析中最常用的方式,它充分利用了 UG 强大的实体建模功能,但没能利用 UG 灵活的有限元建模功能,不能克服大型复杂构件在 ANSYS 中分网困难的缺点。

2) 有限元模型的导入。在 UG 中生成研究对象的实体模型,并进行网格划分,然后将其导入 ANSYS。此方法充分利用了 UG 强大的建模功能,但这种方法导入 ANSYS 的文件存在一个缺点,就是导入的模型只

有网格和节点,而没有实体模型的关键点、线、面和体,使得材料属性分配、边界条件设置、载荷加载等前期处理工作无法开展。

为克服上述2种方法的缺陷,充分发挥UG功能完备的建模优势及ANSYS强大的解算器功能,本文采用一种新方法——解算器执行文件的导入。其特点在于:完全在UG中进行预处理,然后利用ANSYS软件file菜单中的“read input from”命令,将在UG中生成的解算文件(.inp文件)直接读入ANSYS,利用ANSYS的解算器进行求解。

### 3.2 求解及后处理

将解算器文件读入后,ANSYS即开始求解。此时,如果要对ANSYS进行设置,也可终止求解,设置完毕后再启动求解命令。例如在进行弹塑性分析时,可能就会对ANSYS的非线性等求解控制选项进行设置。求解完毕之后,根据需要,可在ANSYS的后处理模块中提取各种数据结果,并进行分析处理。

## 4 算例

### 4.1 问题描述

某型航空发动机压气机中介机匣的应力场分析。中介机匣的结构见图1,材料为低碳12%铬钢,20℃时材料的弹性模量 $E=216.53\text{ GPa}$ ,泊松比 $\nu=0.3$ ,应力—应变关系见表1,所受的外加载荷见表2<sup>[10]</sup>。

表1 材料的应力—应变关系

Tab.1 Stress-strain relationship of the material

$\sigma/\text{MPa}$	400	700	800	900	1 100	1 300	1 500
$\epsilon/(\%)$	0.184 8	0.323 3	0.478 5	0.771 1	3.170 8	14.836 5	60.541 5

表2 中介机匣外加载荷

Tab.2 Loads on the intermediate case

$X_1$	$Y_1$	$Z_1$	$Y_2$	$Z_2$	$Y$	$Z$	$Y_A$	$Z_A$
197 248	58 666	-55 902	5 423	14 131	-4 413	2 206	338	8 903
$Y_c$	$Z_c$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$X_A$	$X_c$	
398	-1 480	-4 949	-4 540	-13 319	-13 728	22 227	5 811	

### 4.2 UG 预处理

根据中介机匣的设计图纸,在UG中建立中介机匣的实体模型,见图1。注意到实体模型的长度单位为mm,输入 $\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{s}$ 单位制下的材料参数。根据实际安装,对中介机匣主安装节、后安装边和吊耳中间分别在 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 进行固支<sup>[11]</sup>。并将表2各载荷量值乘以 $10^6$ 后加载于相应的表面——将力的单位牛顿转换为 $\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{s}$ 单位制下的量值。最后以系统建议尺寸8.89 mm,用10节点SOLID92单元划分网格,见图2。

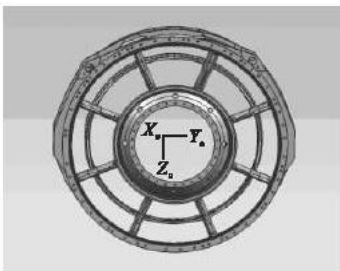


图1 中介机匣的实体模型

Fig.1 The practical model of the intermediate case

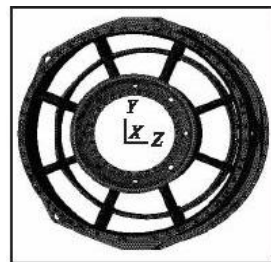


图2 中介机匣的有限元模型

Fig.2 The FEA model of the intermediate case

### 4.3 解算文件的检查修改

预处理工作完成后,即可执行分析菜单中的解算命令,生成解算文件。然后回到工作文件夹,用记事本打开解算文件,进行检查,并加入下面的程序段,确保各个参数均设置为 $\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{s}$ 单位制下的量值,并实现应力—应变曲线的输入。

```

MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA ,EX,1,,2.1645E11
MPDATA ,PRXY,1,,0.3
MPTEMP,1,20
MPDATA ,DENS,1,,7.760E-3
TB,MISO,1,1,9,
TBTEMP,20
TBPT,,0.001848,400000000
TBPT,,0.003518,700000000
TBPT,,0.004785,800000000
TBPT,,0.007711,900000000
TBPT,,0.031708,1100000000
TBPT,,0.148365,1300000000
TBPT,,0.605415,1500000000

```

#### 4.4 ANSYS 解算及后处理

完成对解算文件的检查修改后,通过 ANSYS 软件 file 菜单中的“read input from”命令将其读入 ANSYS 进行求解。求解完成后,提取的应力分布云图见图 3。

## 5 结束语

文章提出的基于 UG 预处理的 ANSYS 有限元分析方法,将计算机辅助设计软件 UG 与有限元分析软件 ANSYS 结合起来,在 UG 中完成实体模型的创建、有限元模型的生成、材料属性的设置以及边界条件和载荷的加载等预处理工作,并生成解算文件,将解算文件导入 ANSYS 中进行求解。充分发挥了 UG 在建模中的优势及 ANSYS 强大的解算功能,使分析的可行性与精确性达到了最大的统一,为大型复杂结构的有限元分析开辟了新途径。

实际算例表明:当研究对象为诸如中介机匣等结构复杂、细节繁琐的大型复杂构件时,利用本文提出的方法,可以顺利地各项预处理及有限元分析工作。同时,从建模到结果提取的整个过程中,可以利用解算文件的可修改性和 ANSYS 软件的开放性,随时对问题的求解过程进行修正。

#### 参考文献:

- [1] 周宁. ANSYS 机械工程应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.  
ZHOU Ning. ANSYS Applied Case of Mechanical Engineering [M]. Beijing: China Waterpower Press, 2006. (in Chinese)
- [2] 李晓春,吴胜兴. 基于 ANSYS 的混凝土早期徐变应力仿真分析[J]. 系统仿真学报,2008,20(15):3944—3947.  
LI Xiaochun, WU Shengxing. Simulation of Early-age Concrete Creep Stress Based on ANSYS [J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(15):3944—3947. (in Chinese)
- [3] 侯满义,李曙林,孙旭,等. 飞机壁板结构战伤的动力有限元仿真[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2007,8(1):1—3.  
HOU Manyi, LI Shulin, SUN Xu, et al. Dynamic Finite-element Simulation on Aircraft Panel Structure Battle Damage [J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2007, 8(1): 1—3. (in Chinese)
- [4] 李春旺,孙强,刘京春,等. 某型航空发动机低压压气机转子二级叶片\盘应力分析[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2007,8(3):4—7.  
LI Chunwang, SUN Qiang, LIU Jingchun, et al. Stress Analysis for the Second Stage Rotor Blade and Disc of A Cer-

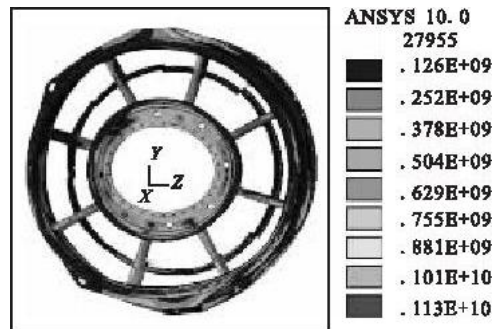


图 3 中介机匣应力分布

Fig. 3 The stress distribution on the intermediate case

- tain Aero engine Low Compressor [J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2007, 8(3): 4—7. (in Chinese)
- [5] 白金泽, 孙 秦, 郭英男. 应用 ANSYS 进行复杂结构应力分析[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(3): 441—446.  
BAI Jinze, SUN Qin, GUO Yingnan. Stress—analysis of A Complex Structure with the ANSYS System [J]. Mechanical Science and Technology, 2003, 22(3): 441—446. (in Chinese)
- [6] 王学文, 杨兆建, 段 雷. 大型 CAE 软件 ANSYS 及强度试验对比研究[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(10): 212—215.  
WANG Xuwen, YANG Zhaojian, DUAN Lei. Research on Large CAE Software ANSYS and Strength Test Contrast [J]. Computer Applications and Software, 2007, 24(10): 212—215. (in Chinese)
- [7] 马秋成, 韩利芬, 罗益宁, 等. UG·CAE 篇[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.  
MA Qiucheng, HAN Lifen, LUO Yining, et al. UG·CAE [M]. Beijing: China Machine Press, 2002. (in Chinese)
- [8] 刘善林, 胡鹏浩, 张 勇. 基于 UG 的凸轮机构运动仿真研究[J]. 机械, 2007, 34(12): 44—46.  
LIU Shanlin, HU Penghao, ZHANG Yong. The Motion Simulation and Research of Cam Mechanism Based on UG [J]. Machinery, 2007, 34(12): 44—46. (in Chinese)
- [9] 洪如瑾. UG NX4 CAD 快速入门指导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 109—136.  
HONG Rujin. UG NX4 CAD Guide [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 109—136. (in Chinese)
- [10] 李春旺. 某型航空发动机中介机匣力学性能研究[D]. 西安: 空军工程大学, 2008.  
LI Chunwang. Mechanics Function Analysis of A Certain Aeroengine Intermediate Case [D]. Xi'an: Air Force Engineering University, 2008. (in Chinese)
- [11] 国营红旗机械厂. 某型航空发动机技术说明书[Z]. 西安: 国营红旗机械厂, 1981: 39—43.  
Hongqi State Machinery Plant. Technology Guide of A Certain Aero Engine [Z]. Xi'an: Hongqi State Machinery Plant, 1981: 39—43. (in Chinese)

(编辑: 徐楠楠)

## The ANSYS Finite Element Analysis Method Based on the UG Preprocess

LI Chun—wang, XIE Wu—jie, YANG Zun—pao, FU Zhen—tang, SUN Qiang  
(Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** In order to overcome the difficulties of ANSYS finite element analysis (FEA) on complicated and large—scale structures, the computer aided design (CAD) software UG and the FEA software ANSYS are combined together. The practical model, finite element model, material property, load and restricting condition are accomplished in UG software. Then the solving file is created and put into ANSYS software to operate. The results show that the use of the method presented in this paper brings into full play the merits of UG software in building models and the powerful superiority of ANSYS software in algorithms. The method makes full use of the modifiability of the solving file and the openness of the ANSYS software, which integrates the feasibility of analysis with the calculation precision to the utmost. Thus, the method proposed in this paper opens up a new way to FEA for complicated and large—scale structures.

**Key words:** FEA; CAD; preprocess; UG; ANSYS