第六章

分 析 类 型

主要内容

1. ADINA结构分析
2. ADINA－T分析
3. ADINA－F分析
4. ADINA－TMC分析
5. ADINA－FSI分析

分析类型

说明：

1．ADINA结构模块可以完成如下类型的分析：

静态分析(Statics)
模态分析(Frequency/Modes)
模态叠加(Mode superposition)
模态应力计算(modal stress)
振型参与因子计算(Modal participation factors)
瞬态动力分析(Transient)
线性屈曲分析(Linearized Buckling)
非线性屈曲分析(Nonlinear Buckling)

2．除此之外，进行流固耦合、热-结构耦合分析时，也要在ADINA结构模块分析中定义相应的结构分析模型；

3．涉及模型求解的其它定义，需要在Control菜单中进行各种设置，其内容在《求解控制》一章中说明，本章不再重复；

分析类型

静力分析（Statics）：

- 静力分析求解无时间项的动量方程，即通过力矢量和刚度矩阵求解未知量位移（U单元），或位移和压力（U/P单元）；
- 静力问题分线性和非线性问题，线性问题是指无材料非线性、无几何非线性、无接触、相变、失效、流固耦合等现象的问题（可统称为状态非线性）；有任何现象之一，物理问题呈现非线性特征，为非线性问题；
- 线性问题不需要多载荷步，可一步求解；非线性问题必须将求解过程分为多步（时间步），逐步求解；

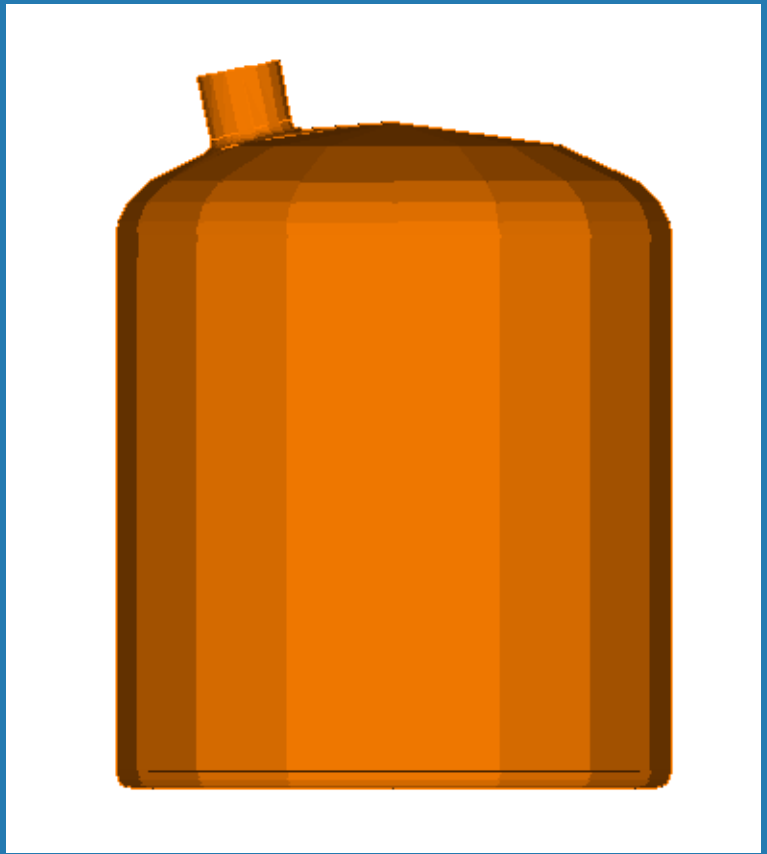
分析类型

线性静力分析：

可不需要任何求解控制；

单个时间步即可求解最终结果；

练习：压力容器受高压计算



结构模型中非线性定义：

1．模型中材料非线性的定义决定于采用何种材料模式，采用线弹性材料则不存在材料非线性；如果选择弹塑性、岩土、蠕变则引入材料非线性；

2．几何非线性的定义是决定于Control/Analysis Assumptions/Kinematic中有关大位移和大应变的定义；

3．状态非线性的定义决定于模型中是否有接触界面、流固耦合、相变的物理描述；

4．如果模型为非线性模型，则求解必须分成多步求解；如何设置时间步对收敛情况、CPU时间影响极大，通常可使用ADINA自动确定时间步长ATS设置；

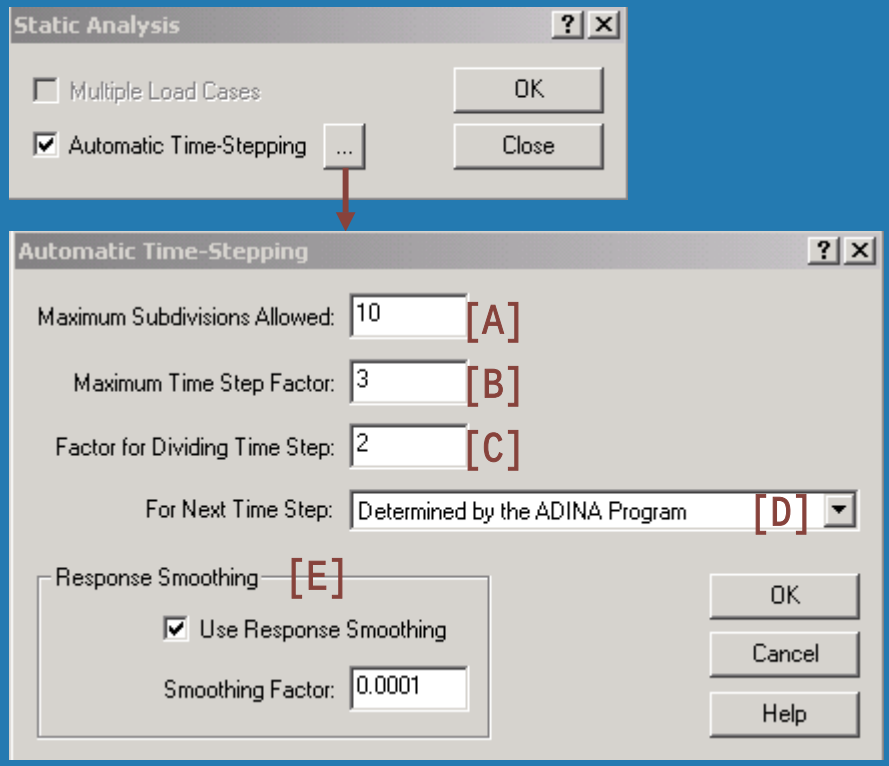
自动时间步长控制：

图标：

一般需要使用自动时间步长（Automatic Time Step）ATS方式；此方式对线性问题无效，用来控制加载的时间步大小；

[A]Maximum Subdivision Allowed（最大细分比例）：如当前时间步长为0.1,则细分后的最小步长为0.01,如果还不收敛，则不能继续细分，将退出求解并输出求解无法收敛的信息；

[B]Maximum Tine Step Factor(时间步长放大比例)：当求解非常容易收敛时，ADINA自动增大时间步长，输入3表示最大时间步长是当前时间步长的3倍；



[C]Factor for Deviding Time Step(时间步长细分因子)：当前步长没有收敛时，取的时间步长大小是当前时间步长的二分之一（二分）或三分之一（三分）；

[D]For Next Step(下个时间步长大小)：如果当前时间步结果收敛，程序提供四种方式确定下一个时间步大小：

Determined by the ADINA Program:

程序自动放大和缩小，根据收敛的情况（一般情况下推荐使用）；

Same as the Time Step that Gave Convergency：

与最后收敛的时间步长大小相同；

Same as the Time Step Prior to the Subdivision：

与细分前的时间步长相同；

Return to the Original Time Step Specified:

与用户指定的时间步长相同；

[E]Response Smoothing:

有利于收敛的技术，较大值将提高收敛速度。相关理论可参考理论手册P.486。

分析类型

练习：方块体大变形分析

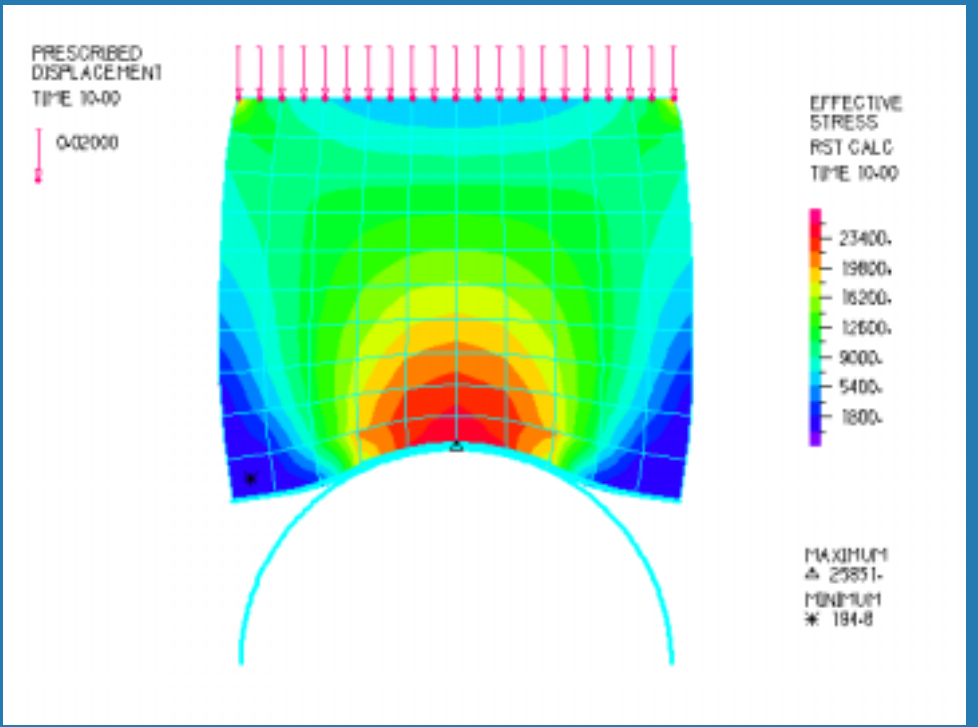
- 模型包括变形体方块和刚性圆柱
- 2D平面应变分析
- 包括的非线性：

  材料非线性（方块为弹塑性材料）

  几何非线性（方块在接触部位存在大变形）

  接触（两种接触）

- 采用自动时间步长ATS技术；



分析类型

频域动力分析类型：

模态分析

求解固有频率（和振型）；

模态应力计算

求解固有频率、振型以及结构应力分布；

参与因子计算

求解固有频率、振型以及针对外载荷或地面运动的振型参与因子；

响应谱分析

求解固有频率、振型、外载荷或地面运动的振型参与因子以及输入谱作用下的响应谱输出；最后一步计算在ADINA后处理中完成；

随机振动分析（基本同上；）

模态叠加计算

计算结构固有频率和振型、外载荷参与因子进行模态叠加瞬态动力分析，适用于线性模型，非线性程度高的模型要多次重启动求解，以确定不同非线性状态下的模态变化；

分析类型

模态分析：

模态分析是所有频域分析的基础；

[A]:提取的固有频率/振型阶数

[B]:输出振型阶数

[C]:输出控制

一般用于模态应力；

[D]:是否进行预应力模态分析

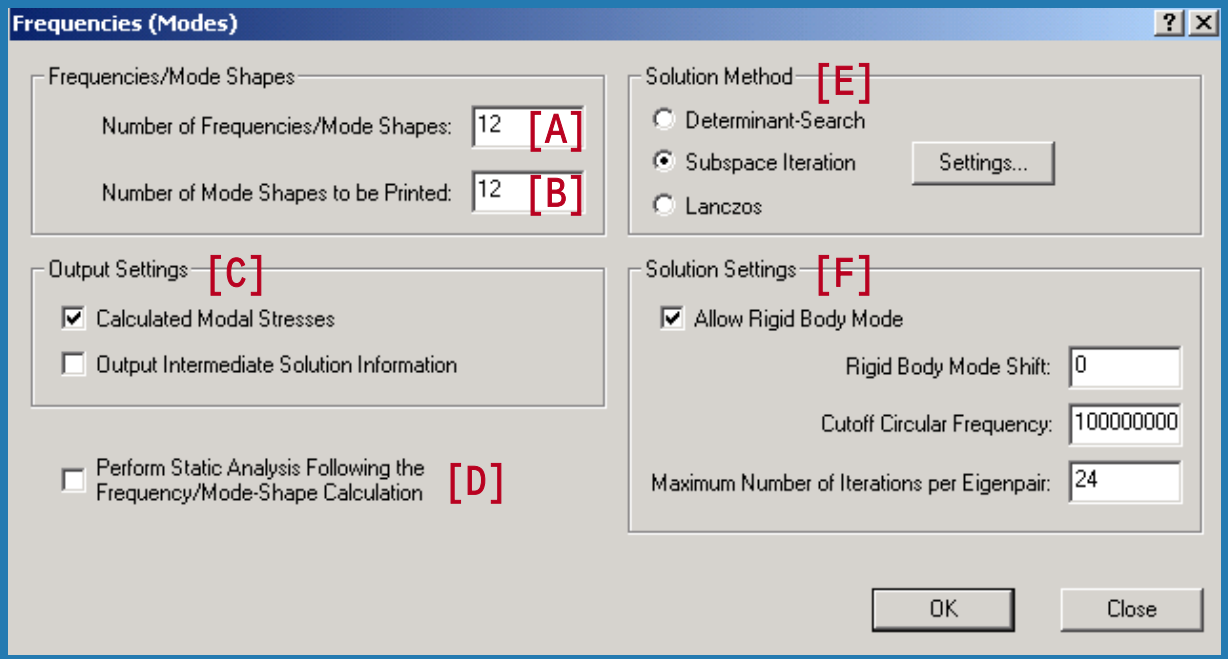
如果进行预应力模态分析，则求解模态时读取预应力计算结果；

[E]:求解器设置（详细介绍在下页）

Determinant-Search:结构/势流体耦合模态求解；

Subspace：子空间迭代求解器；

Lanczos：迭代求解，更适合大规模问题计算；



[F]:求解设置

主要进行刚体运动计算设置，采用缺省值；迭代次数设置；

[E]:求解器设置：

[a]:检查（复核）模态计算结果

[b]:求解频率波段

求解位于此波段内的特征值和振型；

[c]:Subspace选项

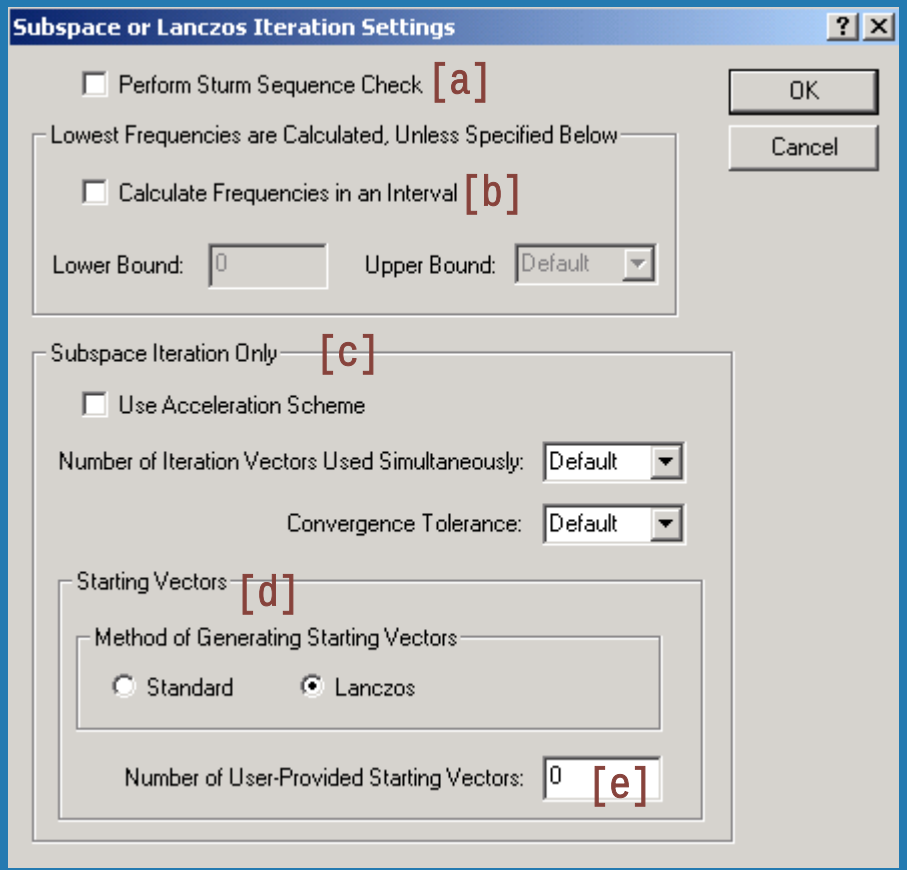
是否使用加速度技术（提高计算速度）

其它使用缺省值；

[d]:起始向量计算

采用Lanczos方法计算速度快；

[e]:用户输入起始向量数

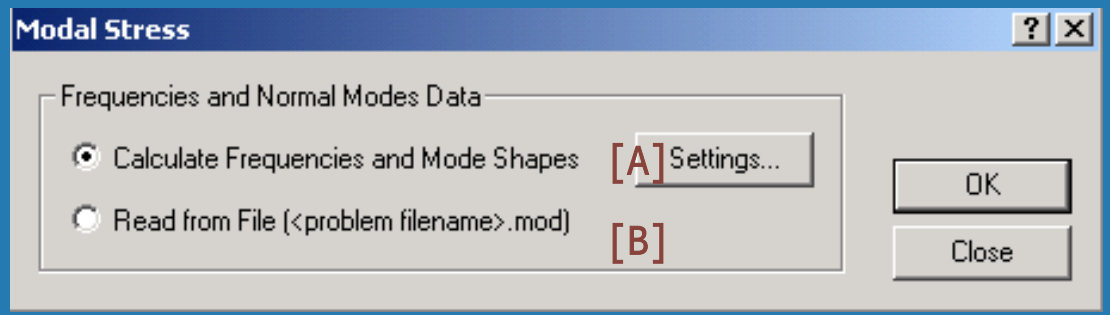


分析类型

模态应力：

用于计算各阶模态的单元应力、应变、支反力等；

模态应力求解可在Frequency/Modes分析时直接指定；



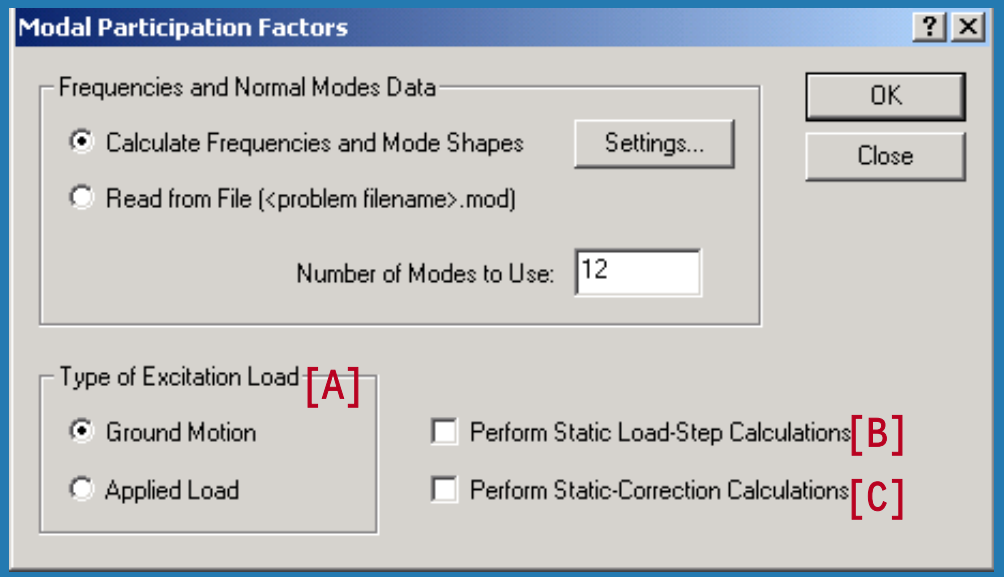
[A]:提取的固有频率/振型阶数(与模态计算相同)

[B]:读入已有的模态分析结果计算模态应力

模态参与因子计算：

模态参与因子的计算用于响应谱分析、谐响应分析和随机振动分析；

激励可以是地面运动和瞬态载荷；



[A]: 激励类型

Ground Motion：地面运动（加在模型全约束边界上的加速度），主要用于地震响应谱分析；

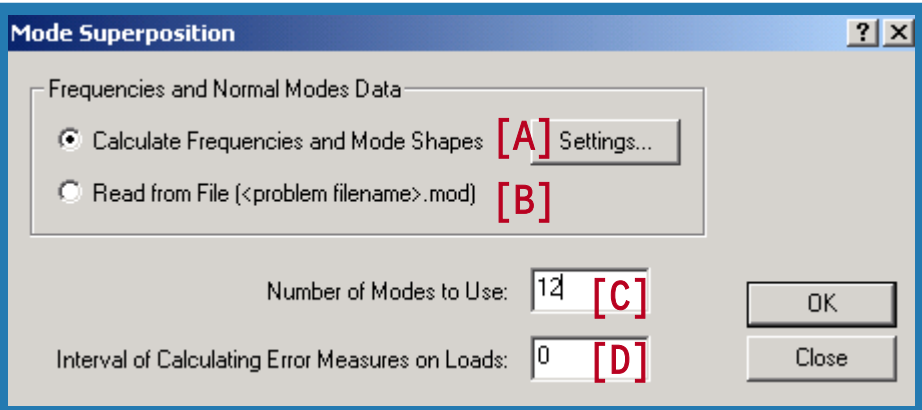
Applied Load：集中力；

[B]:进行静载分析

[C]:进行残差项计算

分析类型

模态叠加（Mode Superposition）



1. 可求解线性和非线性瞬态动力问题，当求解非线性问题时，可采用重启动技术时可重新计算当前系统的模态；

2. 采用Newmark隐式时间积分方法；

3. 可不输入阻尼比（Control/Analysis Assumptions/Modal Dampings）；也可为各阶模态输入各不相同的阻尼比；

[A]:设置模态求解的求解器

此种方式，求解器先求解各阶模态，之后自动采用模态叠加进行瞬态动力分析；

[B]:读入已计算的模态结果

[C]:采用的模态数

[D]:载荷匹配误差

分析类型

谐相应、响应谱、随机振动分析：

在ADINA后处理中进行，略；

分析类型

隐式直接积分瞬态动力分析:

提供Newmark和Wilson两种时间积分方法；

Wilson方法常用于结构抗震分析；

显式直接积分瞬态动力分析：

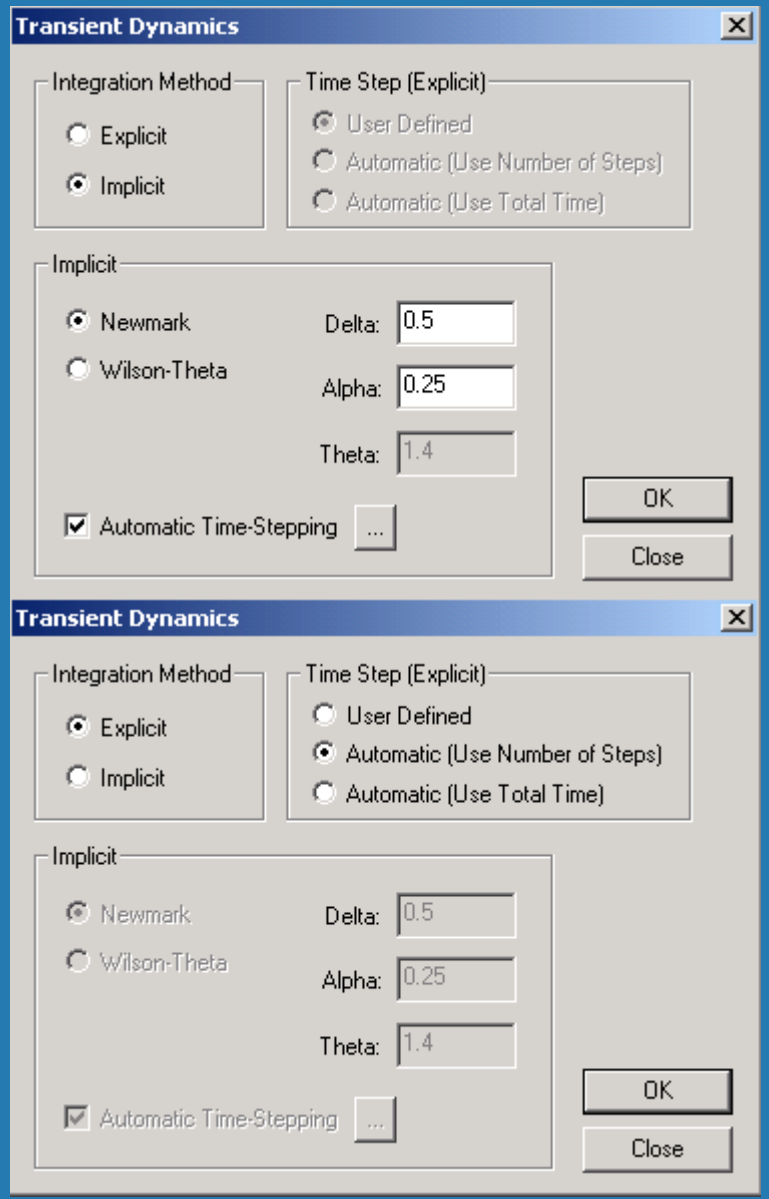
采用中心差分算法和集中质量矩阵；

有条件稳定，每一积分步要求时间步长要小于临界时间步长：

User Define：用户定义时间步长和时间步；

Automatic（Use Number of Steps）：用户定义时间步数；

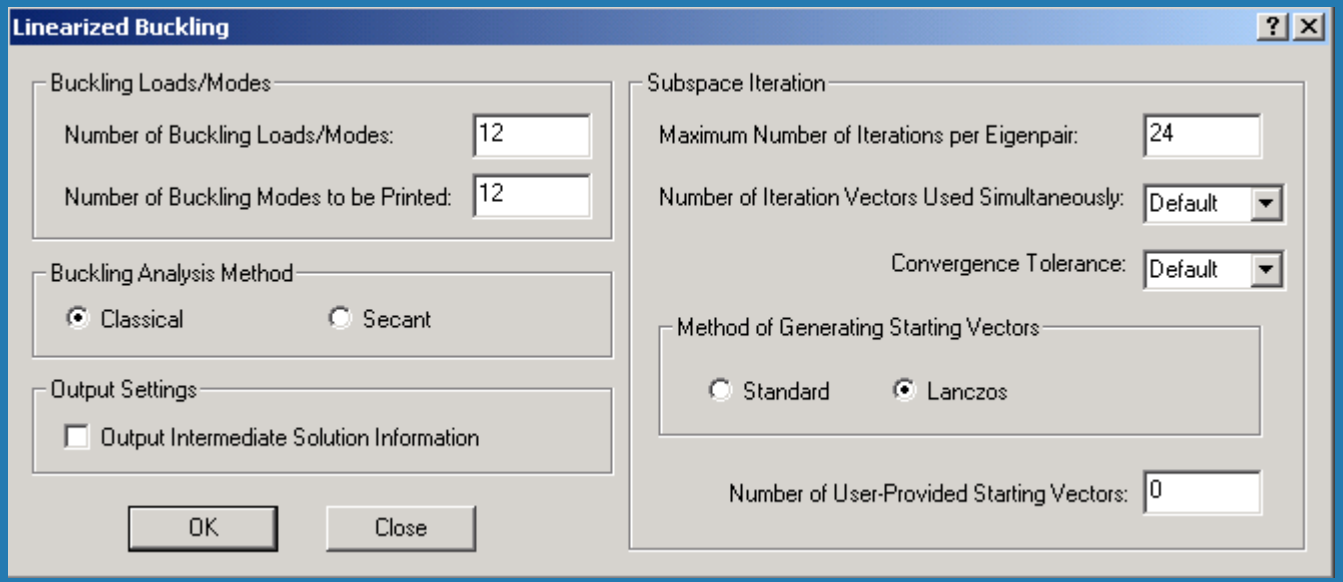
Automatic（Use total Time）：用户定义总求解时间；



分析类型

线性屈曲分析:

线性屈曲分析结果往往用于后续非线性屈曲分析的初始缺陷；Model/Initial Condition/Imperfection；



分析类型

非线性屈曲分析：

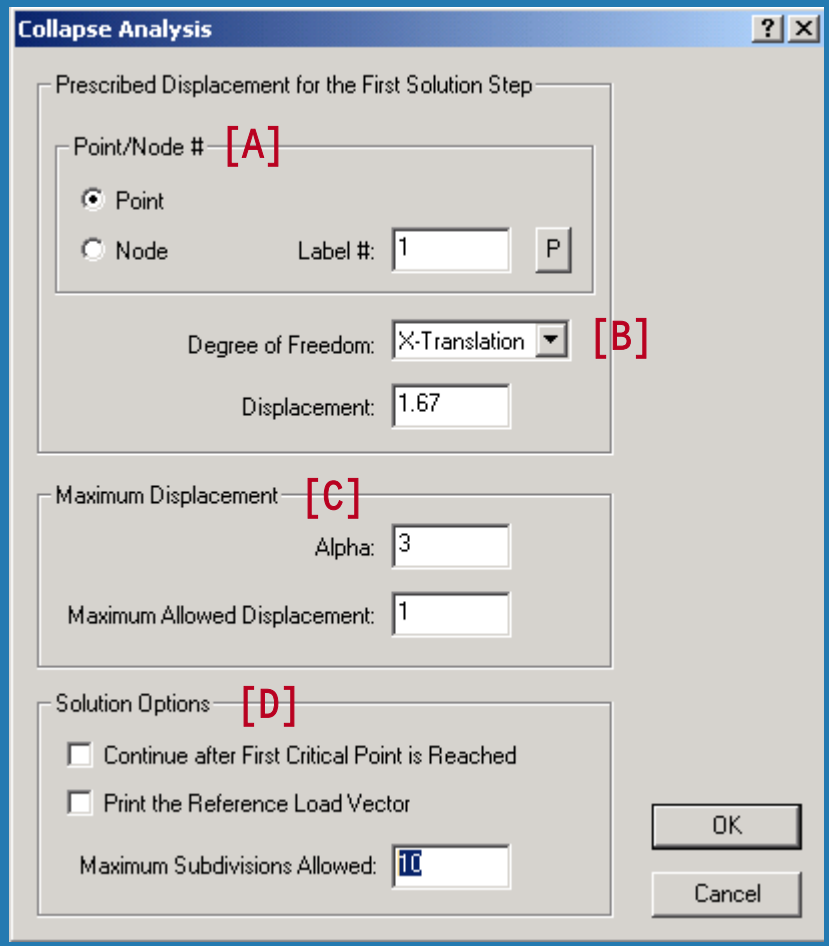
采用位移载荷控制（Load-Displacement Control）方法；

[A]:加载位置

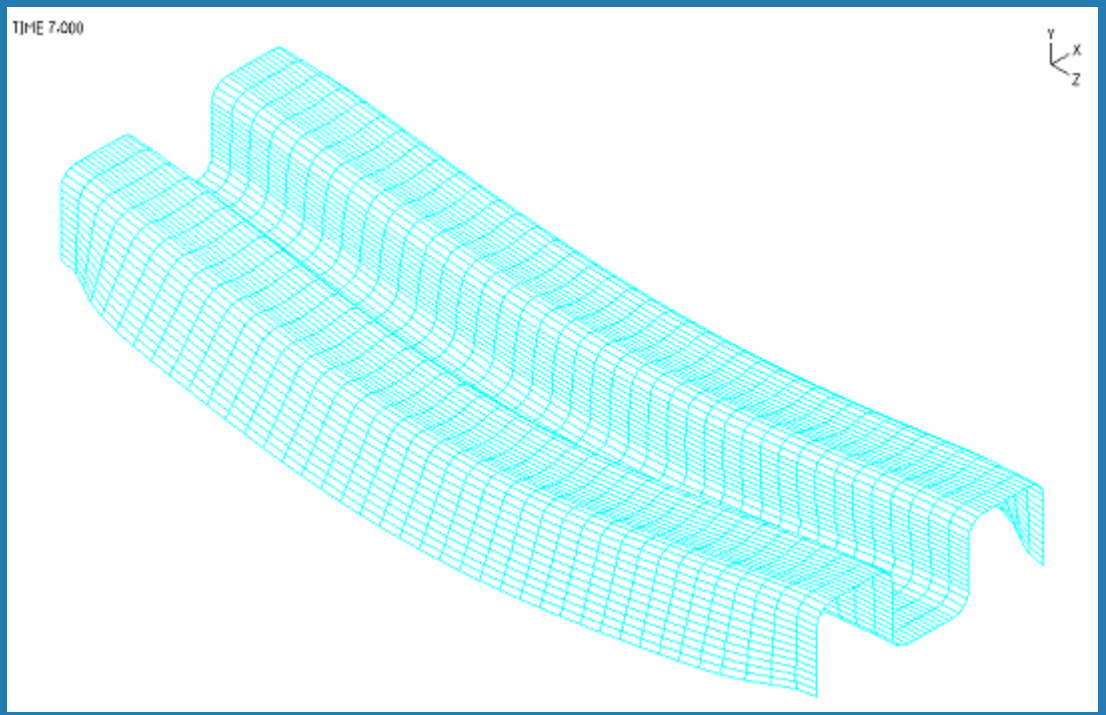
[B]:自由度及位移量

[C]:最大位移

[D]:是否进行后屈曲计算



练习：采用LDC方法计算瓦楞板纵向屈曲

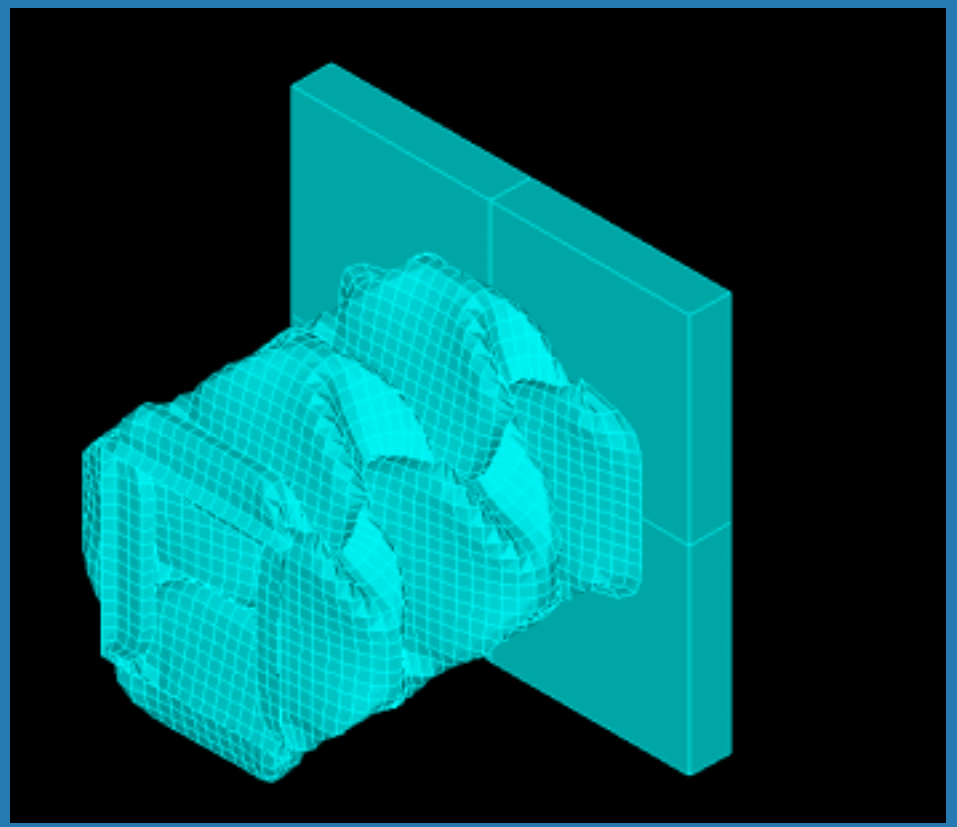


分析类型

非线性屈曲分析：

非线性屈曲问题还可采用ADINA的非线性功能直接进行求解；

练习题目：薄壁方梁屈曲变形分析



分析类型

总体说明：

1．ADINA-T可以完成如下类型的分析：

稳态分析

瞬态分析

热特征值计算

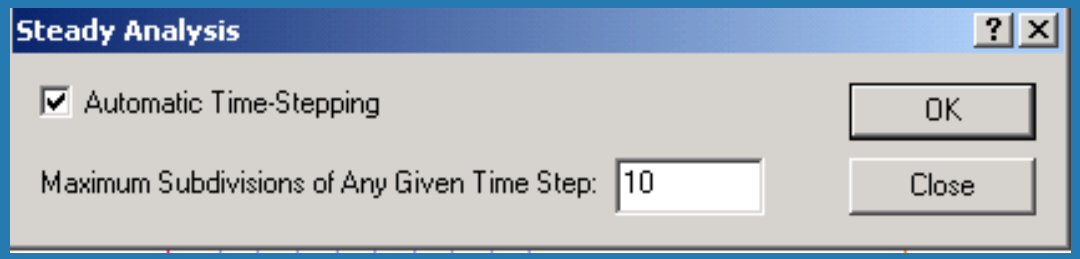
2．除此之外，进行热-结构耦合分析时，也要在ADINA-T中定义相应的热分析模型；

3．涉及模型求解的其它定义，需要在Control菜单中进行各种设置，其内容在《求解控制》一章中说明，本章不再重复；

分析类型

稳态分析（Steady State）：

可采用自动时间步长控制，与结构分析概念相同；



分析类型

瞬态问题（Transient）：

[A]:选择时间积分方法；

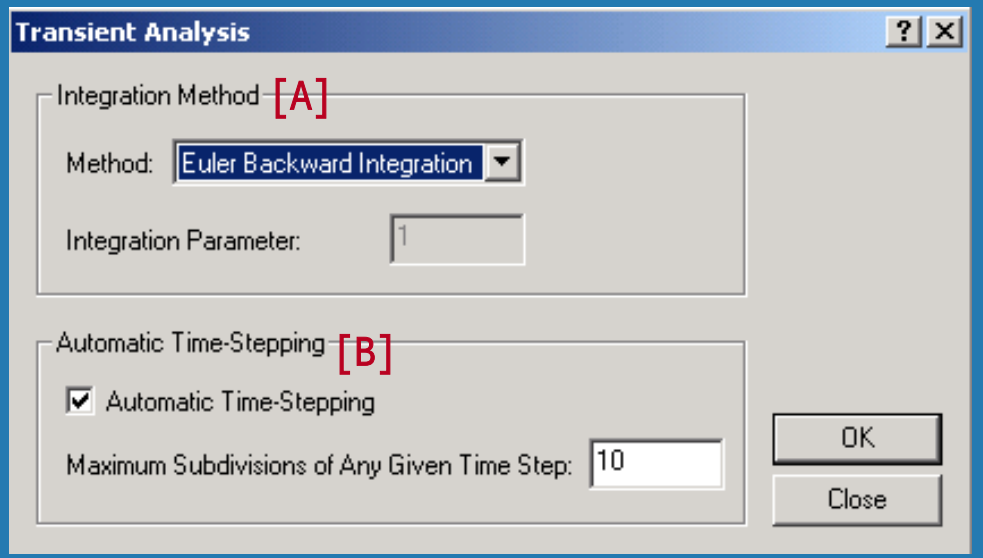
Euler Backward Inte.-隐式（Alpha＝1）

Euler Forward Inte.-显式（Alpha＝0）

Trapezoidal Rule－隐式（Alpha＝0.5）

Alpha Family:直接输入Alpha确定以上方式之一；

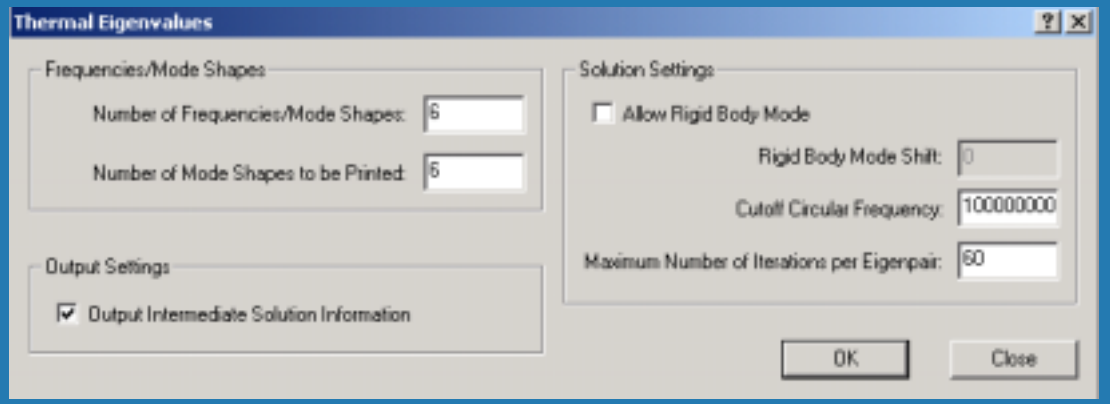
[B]:选择自动时间步长控制；

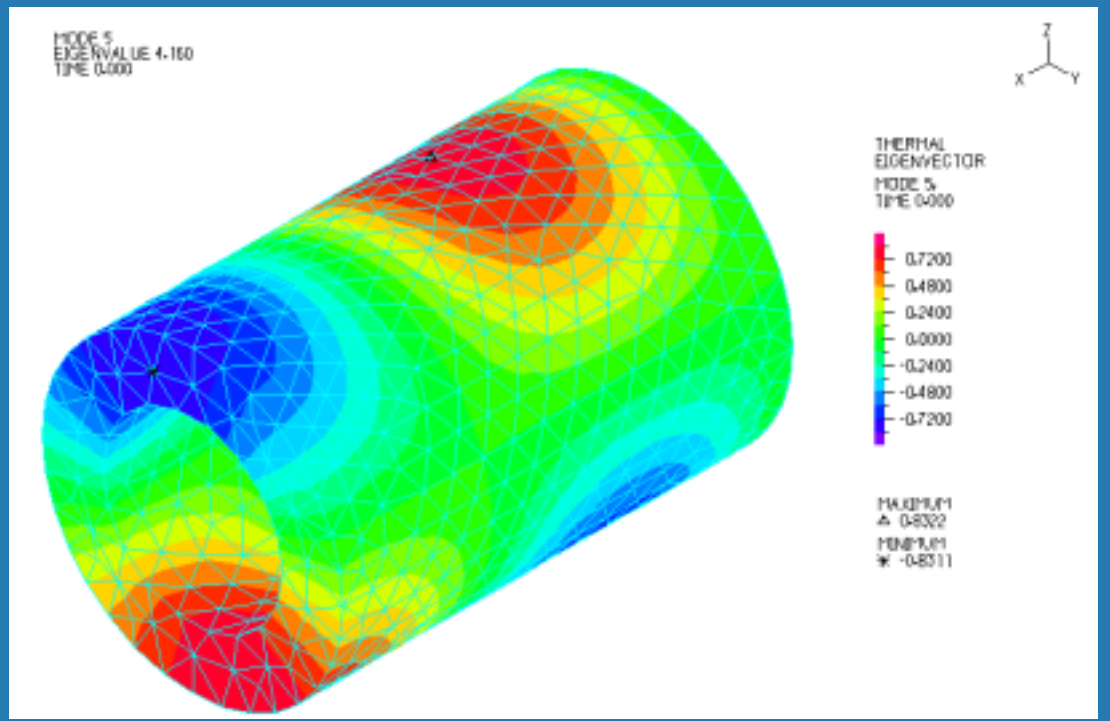


分析类型

热特征值计算（Thermal Eigenvalues）：

用于求解常热传导系数和常比热表征的热平衡方程的特征值和特征向量；





分析类型

总体说明：

1．ADINA-F可以完成如下类型的分析：

稳态分析

瞬态分析

2．除此之外，进行流固耦合分析时，也要在ADINA-F中定义相应的流体分析模型；

3．涉及模型求解的其它定义，需要在Control菜单中进行各种设置，其内容在《求解控制》一章中说明，本章不再重复；

分析类型

稳态问题（Steady State）：

自动时间步长控制：

[A]:最大细分数

如果为10，则最小步长是原设定步长的0.1；

[B]:时间步长细分控制

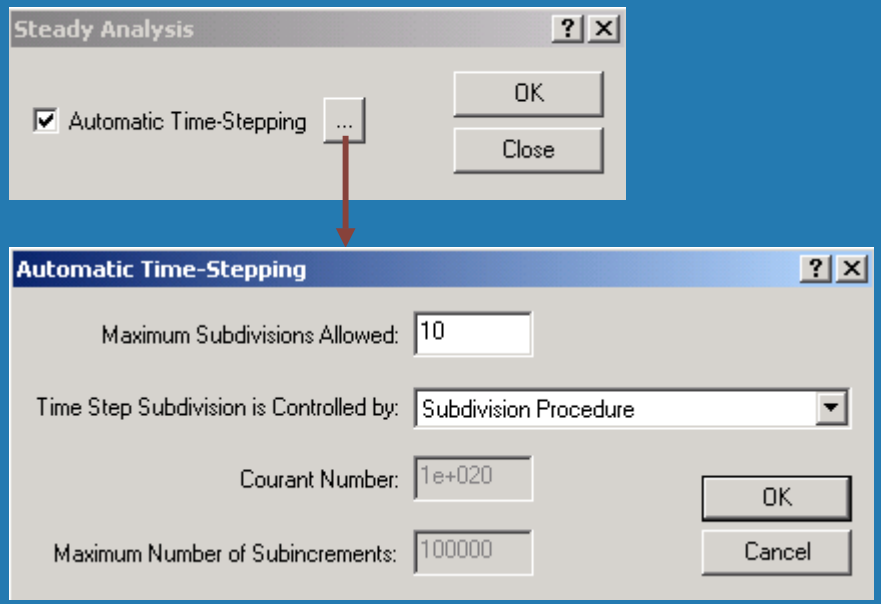
Subdivision Procedure

Courant Number

Subdivision Procedure&Courant Number

[C]:Courant Number

[D]:最大增量数



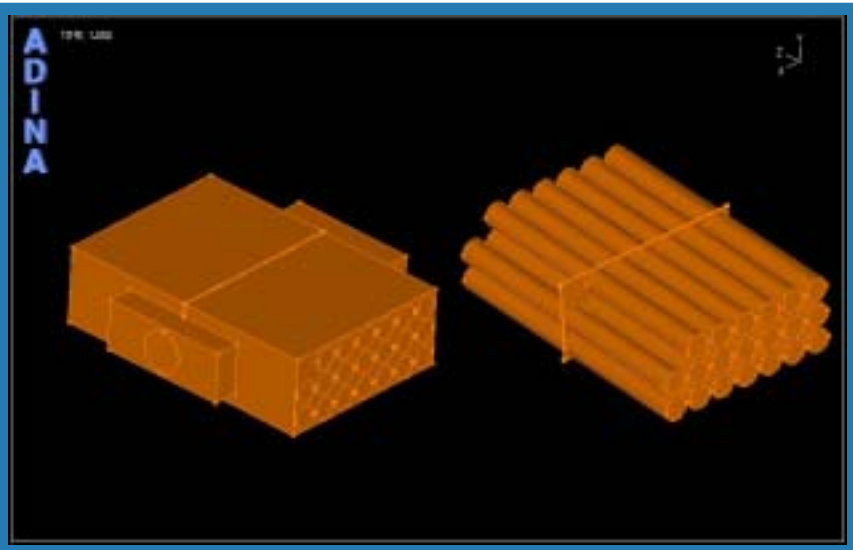
分析类型

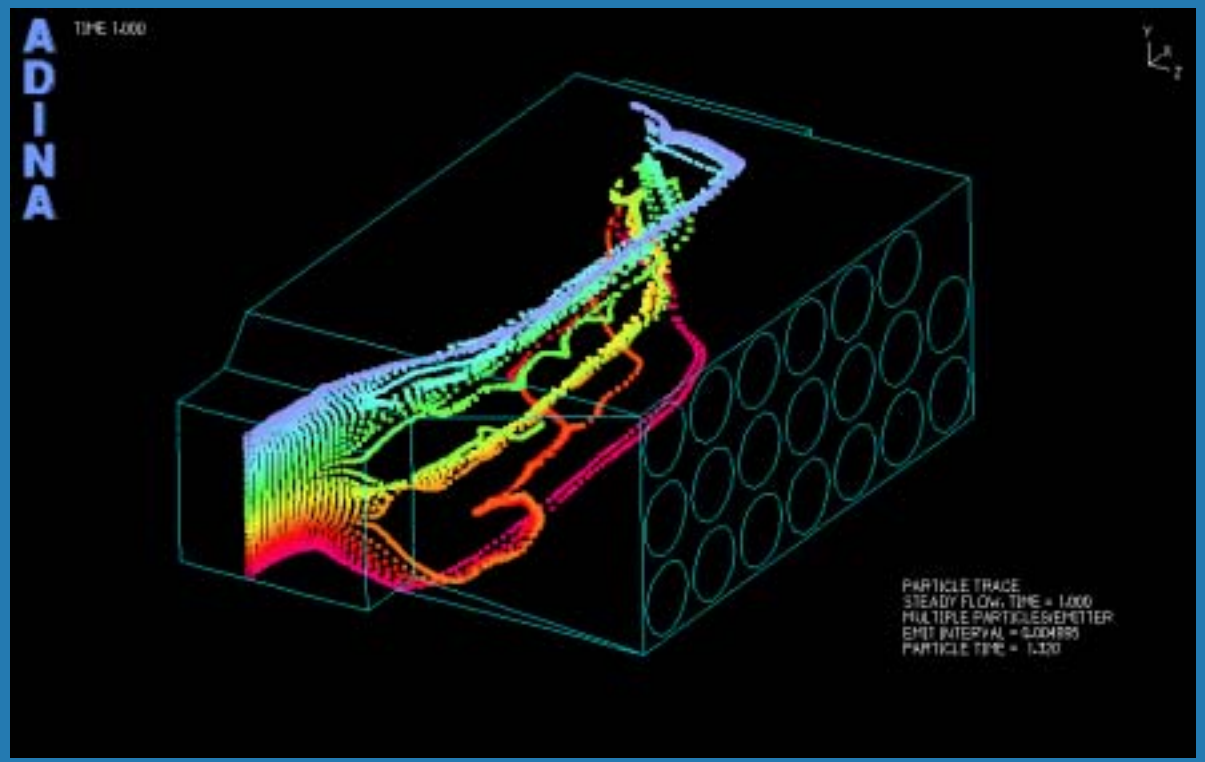
共轭传热计算

盒形电源内排列多组电池；

散热采用强迫对流方式；

计算温度分布和散热效率；



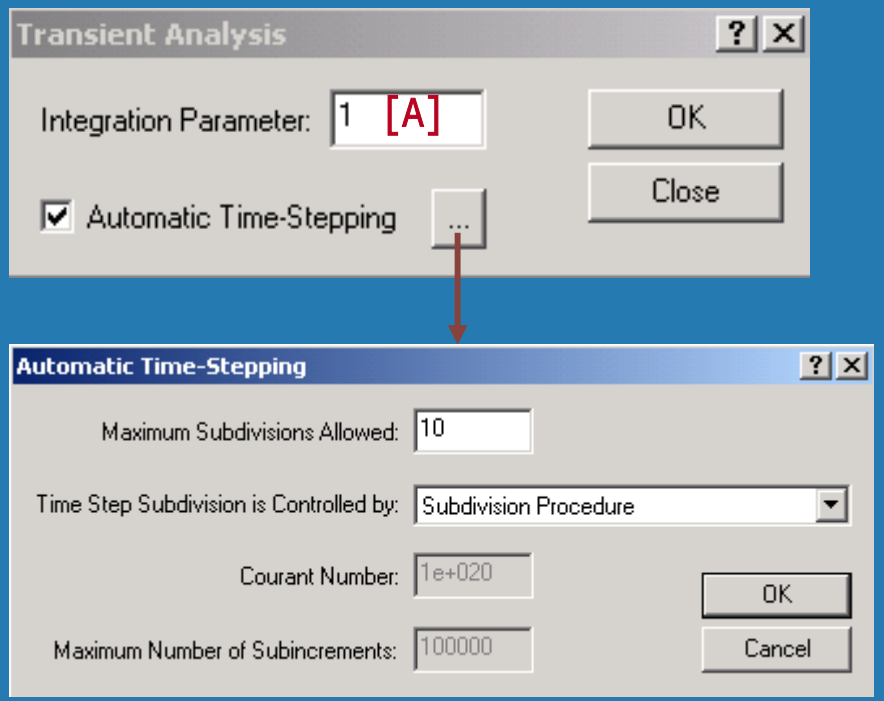


分析类型

瞬态分析(Transient)：

自动时间步长选项与稳态分析相同；

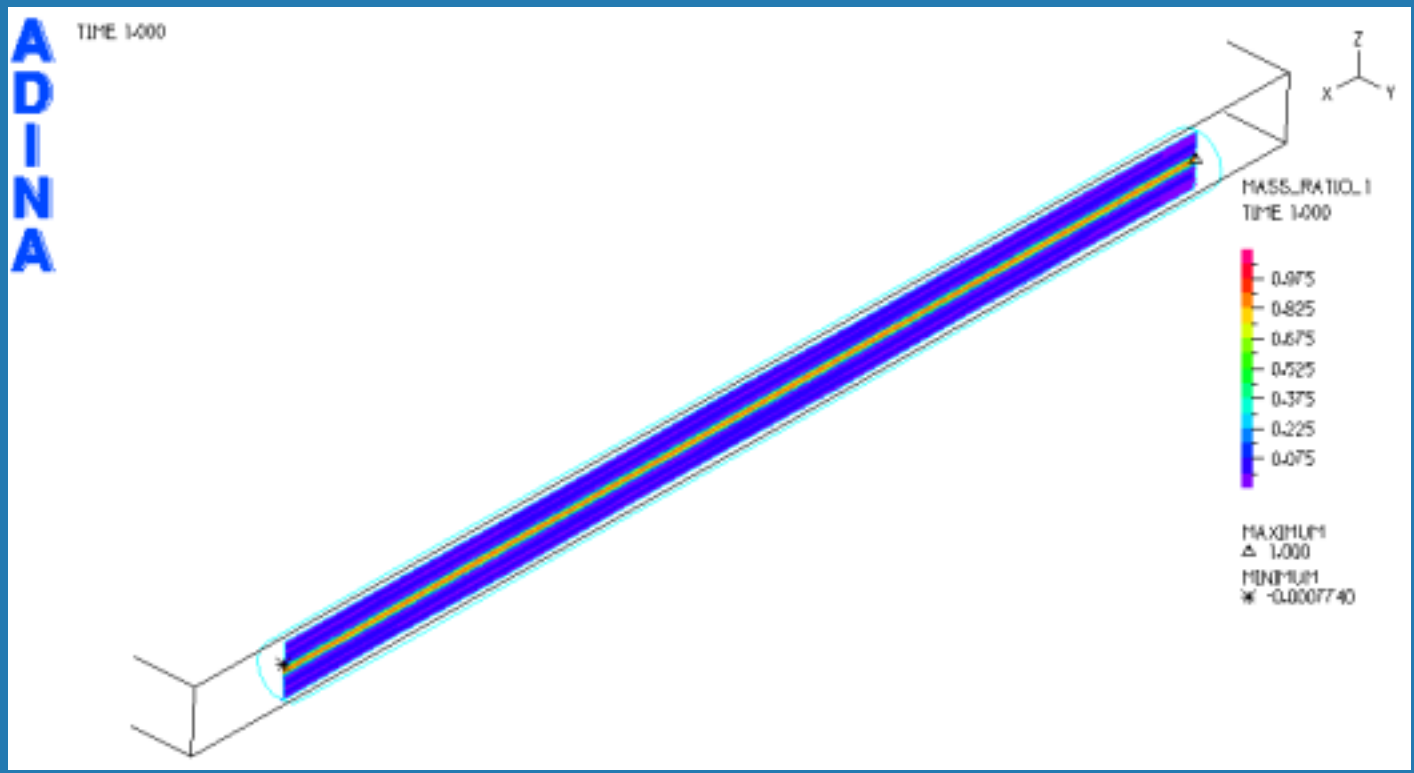
[A]:时间积分参数；



分析类型

质量扩散模拟

模拟药物扩散过程；



分析类型

热机械耦合计算（TMC：Thermal Mechanical Coupling）：

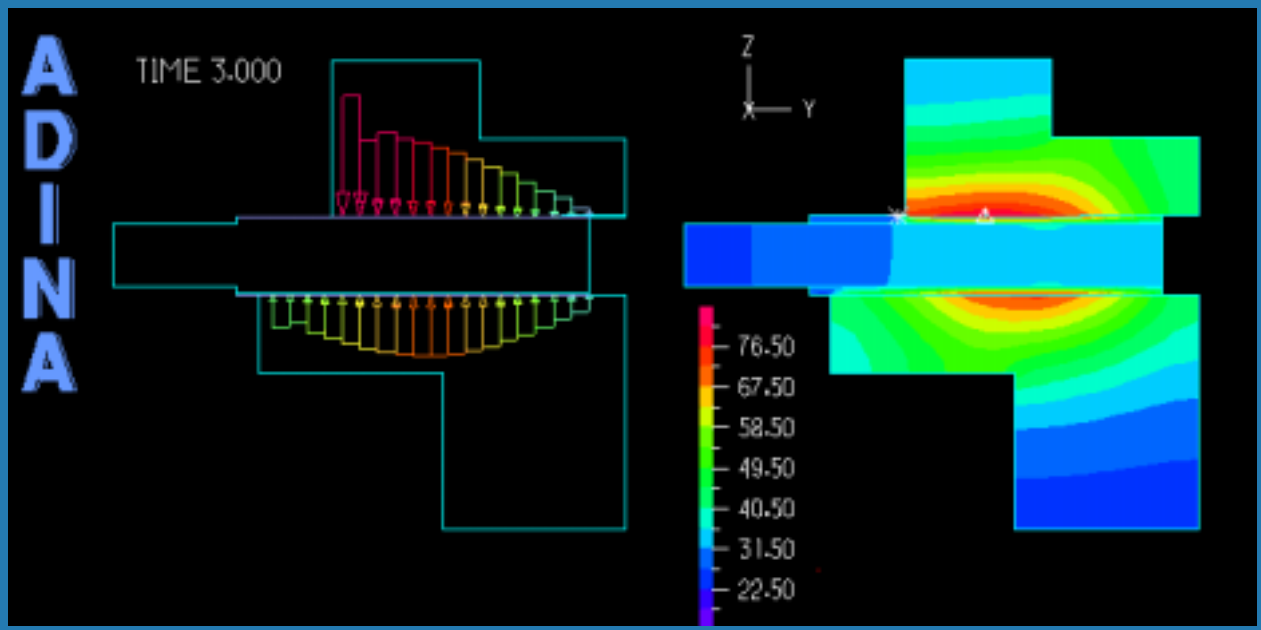
提供两种耦合计算方式：

全耦合方式用于计算：

- 材料加工过程中塑性功转化为热
- 接触界面摩擦生热
- 接触体之间的接触传热

其它问题可以采用One Way耦合方式；

练习：刹车片摩擦生热计算

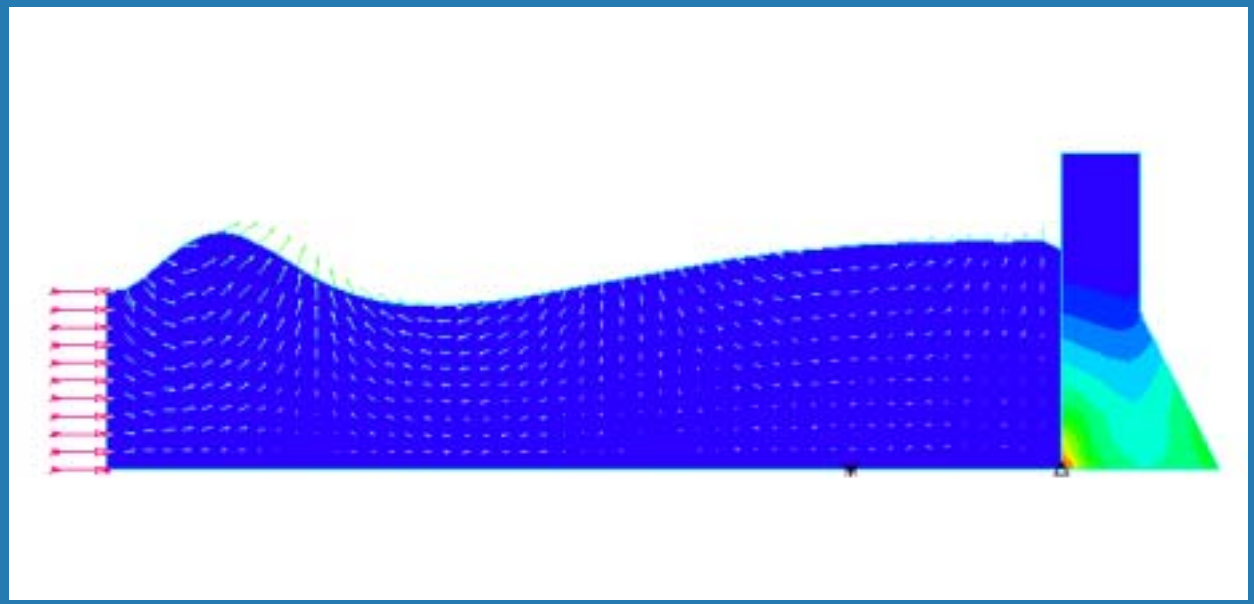


分析类型

流固耦合计算（FSI：Fluid Structure Interaction）：

Two Way Coupling；

One Way Coupling；



练习：水对坝的冲击

坝体底部固定，水流左侧流速周期变化形成波浪冲击坝体；