第五章

求解控制

主要内容

1. 总体说明
2. 求解控制

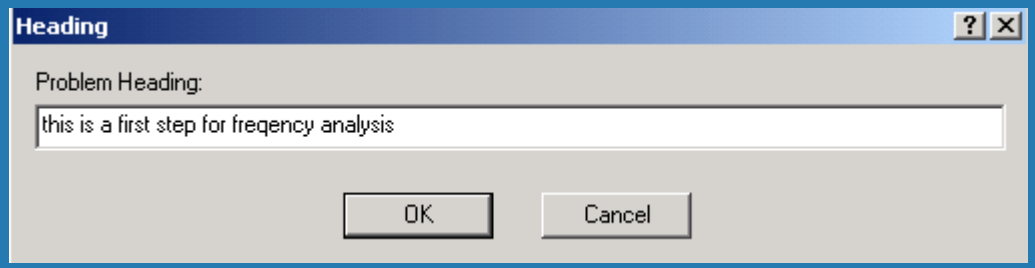
总体说明：

1．不同的分析涉及不同的求解控制，本章主要介绍各个模块求解通用的求解控制选项，分析类型相关的求解控制在《分析类型》一章中详细介绍；

2．软件对多数的求解控制设置缺省选项，如果没有明确的目的，可使用这些缺省项；

定义分析标题：

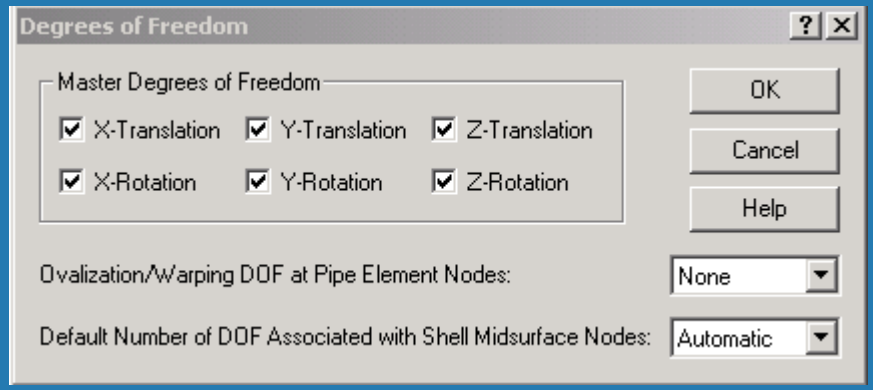
菜单：Control/Heading



说明：分析标题的定义是可选项。

定义模型自由度：

菜单：Control/Degree Of Freedom...



定义求解的自由度范围，点中的自由度为求解自由度；

对于2D分析，求解自由度为Y－Translation和Z－Translation；

在3D实体单元的模型中，求解自由度为Y－Translation，Y－Translation和Z－Translation，即三个平移自由度；

如果求解自由度过大，则生成求解文件*.dat时，给出警告信息（不影响计算过程和结果）：

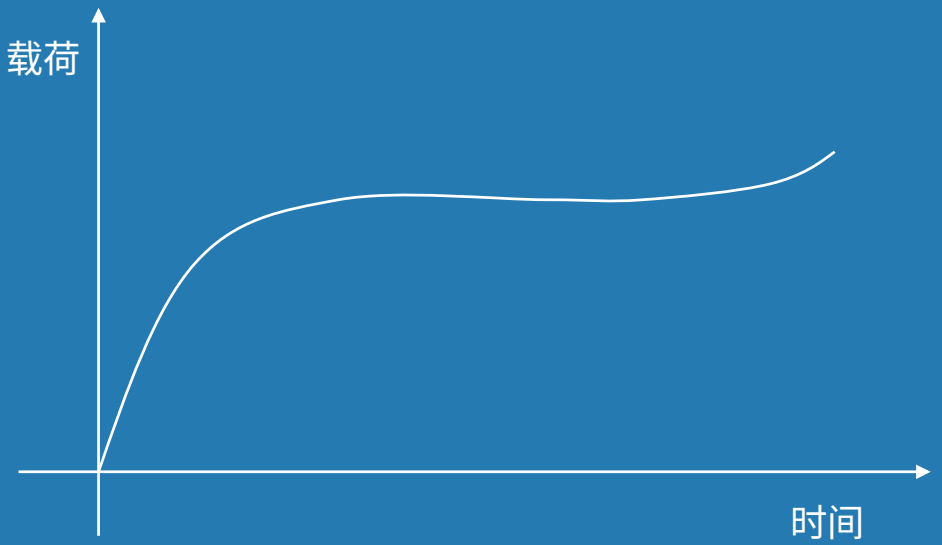
```
ADINA data input file E:\result\UMAT\1.dat successfully updated.
 ***WARNING: No element connection for node 1 directions 4, 5, 6
             No element connection for node 2 directions 4, 5, 6
...
```

定义时间函数：

菜单：Control/Time Function

ADINA中的载荷和时间：

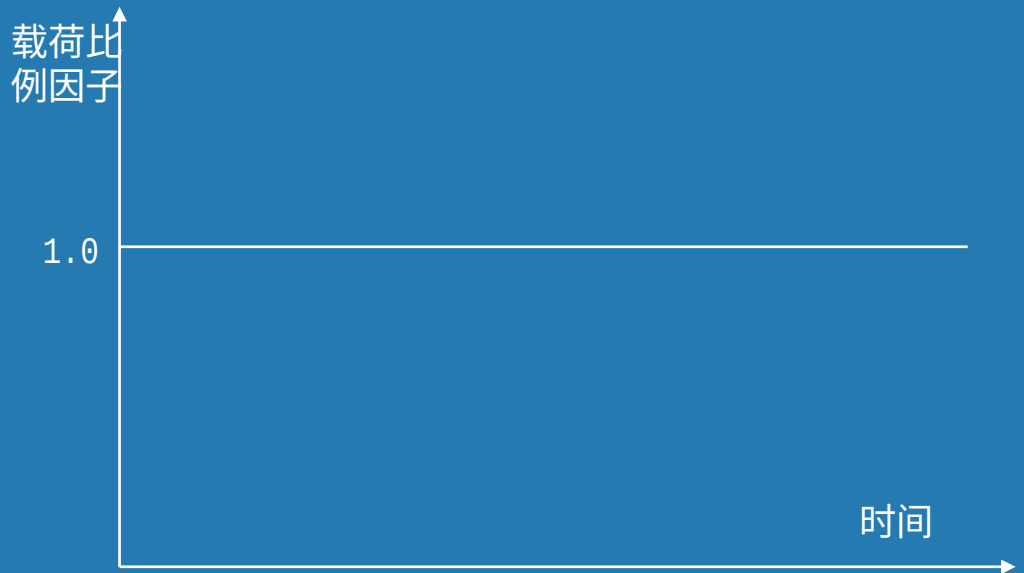
- 无论是在静力分析或瞬态分析中，ADINA中任何载荷都必须定义其随时间的变化关系；
- 对于瞬态问题，时间为真实时间，基于当前时间（步）计算加速度、速度、应变率等物理量；
- 在静态分析中，时间为“伪时间”，仅作为计数器使用，因此在静态分析中，“ 时间 ”可认为其没有单位。



ADINA中的载荷与时间相关

定义时间函数

- 时间函数定义了载荷比例因子随时间的变化过程，因此时间函数是没有单位的；
- 缺省的时间函数（标号1）是载荷比例因子为1并随时间没有变化，即从时间0～1e20，载荷比例因子恒定为1；
- 用于计算的载荷随时间变化曲线是定义载荷时输入的单一数值（Magnitude）与时间函数中各个时刻的比例因子乘积的结果；



缺省的时间函数

定义时间函数

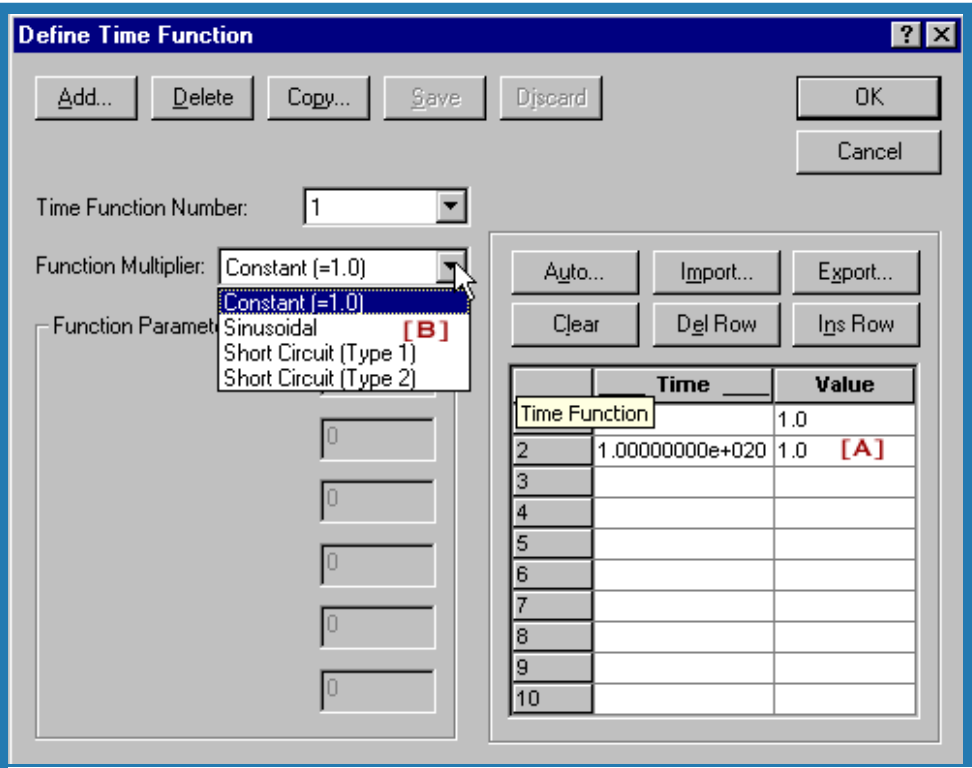
选择时间函数类型，共提供四种函数形式；

输入窗口的Value值即为f*(t)；

第一种函数时间是通过输入各个时刻的f*(t)值直接定义比例因子，因此用户可以通过控制离散点的多少，来模拟任何函数；

第二种为周期函数，窗口中输入的Value如果恒定为1，则是标准周期函数，如果Value值变化，则此时间函数在发展过程中周期不变，幅值发生变化；

函数三、四常用于电学分析中；



Function Multipier Type	Modification
Contant (=1.0)	$f(t) = f^*(t)$ Input values are unmodified.
Sinusoidal	$f(t) = f^*(t) \cdot \sin(\omega t + \phi)$
Short Circuit (Type 1)	$f(t) = f^*(t) \cdot \sqrt{(a + b \cdot \exp(-t/\tau))}$
Short Circuit (Type 2)	$f(t) = f^*(t) \cdot \left(\sqrt{\frac{\mu_0}{4\pi}} \cdot \sqrt{2} \cdot I \cdot \left(\sin(\omega t - \phi + \alpha) + \exp(-t/\tau) \cdot \sin(\phi - \alpha) \right) \right)$

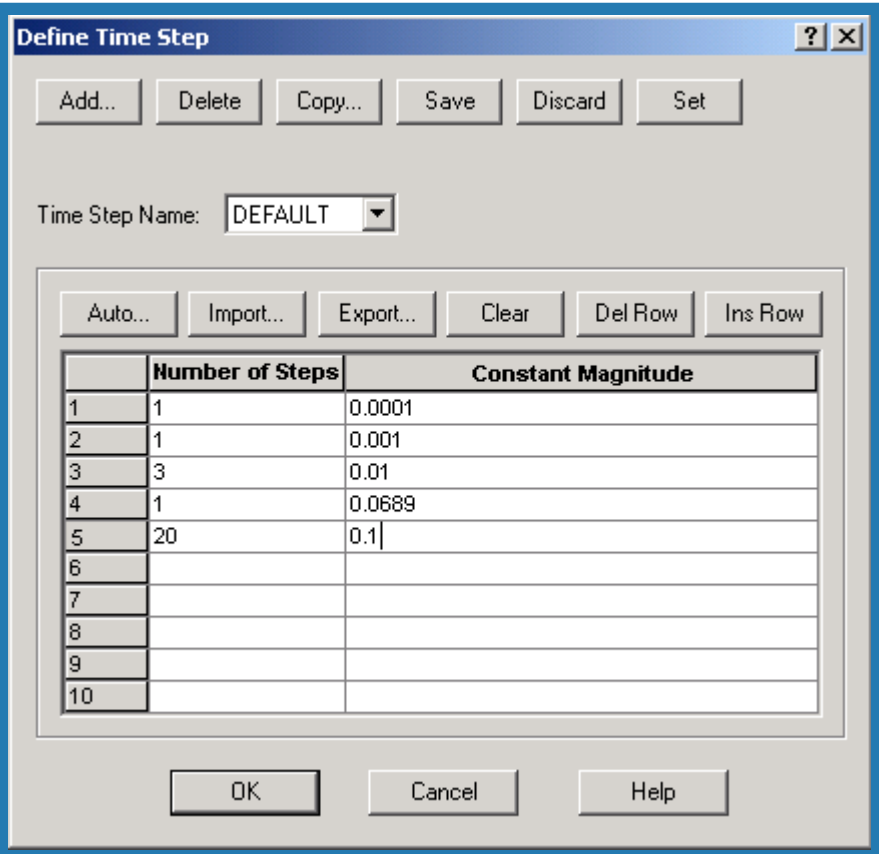
四种时间函数形式

定义时间步长

定义时间步长：

菜单：Control/Time Step

- 对于多数分析（包括所有的非线性分析），其求解过程需要分成很多步。由于ADINA规定所有载荷随时间的变化关系，因此通过定义求解过程的时间步大小就决定了每个时间步的载荷大小。
- 窗口中的第一列数值为时间步个数（整数），对应行输入数值为时间步长（实数）；
- 总的求解时间为每行两数值积之累加和。



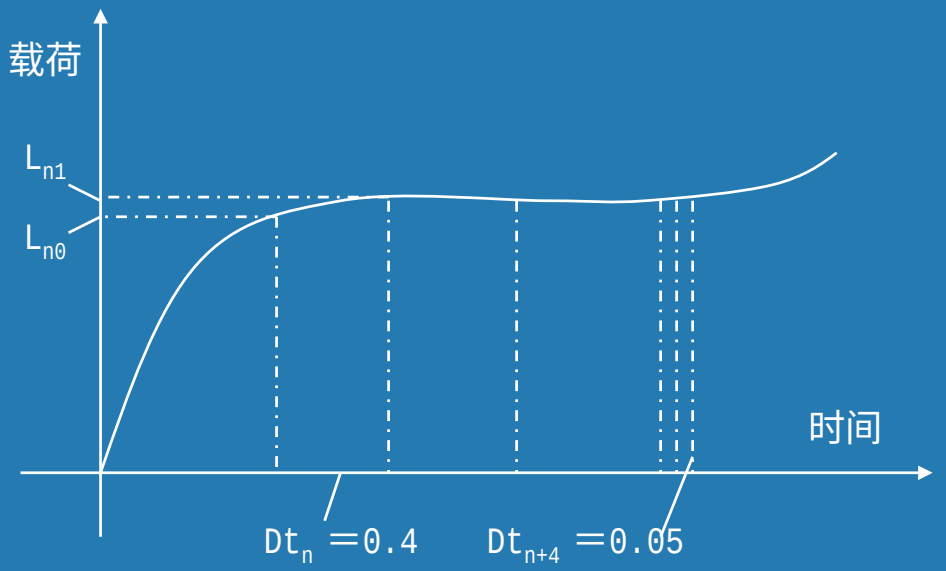
总时间步为26步，总求解物理时间为2.1时间单位；

定义时间步长

任意时间步中的载荷大小在载荷-时间曲线中确定；

在右图中，第n个时间步长为0.4，在前一时间步结果收敛时其载荷为L_{n0}进入此时间步求解时，载荷增加到L_{n1}；

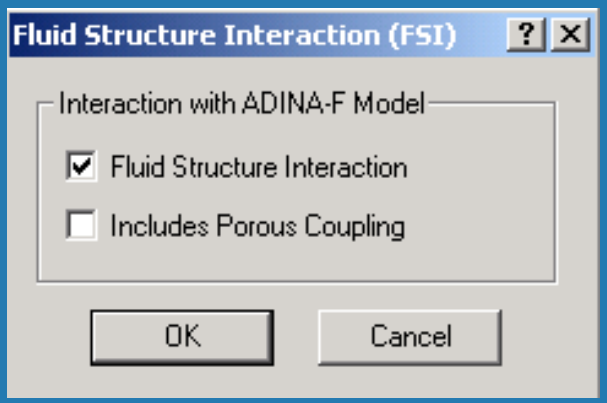
相应于时间步n的载荷增量为L_{n1}与L_{n0}之差；



定义分析假设－流固耦合开关

流固耦合开关：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Fluid Structure Interaction (FSI)



设定模型是否进行流固耦合求解：

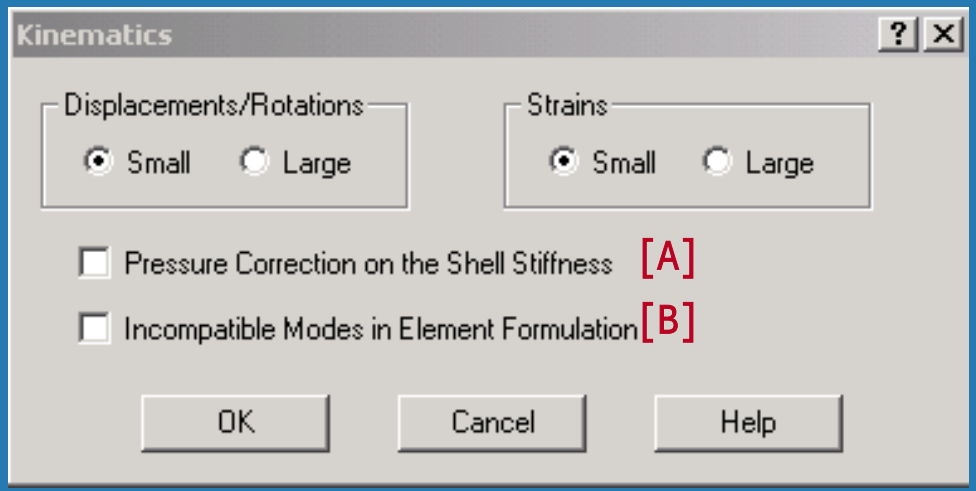
如果选择如右图所示选择Fluid Structure Interaction则后续菜单中出现定义流固耦合边界的菜单；

如果选择Includes Porous Coupling，并在Element Group中选择Element Option为Porous media，则后续菜单中出现定义多孔介质材料特性的菜单；

定义分析假设－几何非线性开关

几何非线性开关：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Kinematics



确定几何非线性形式：

1. Small Disp/Rot和Small Strains时，模型不存在几何非线性；
2. Large Disp/Rot和Small Strains时，模型为大位移几何非线性问题；
3. Large Disp/Rot和Large Strains时，模型为大位移及大应变几何非线性问题；

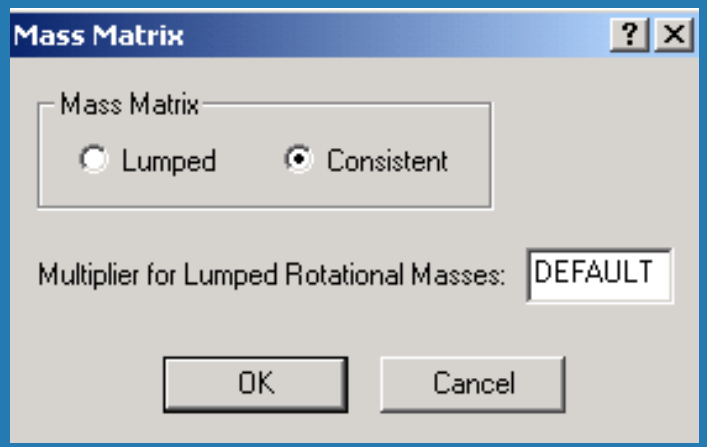
[A]:壳单元的压力更新选项，主要用于频域动力学分析时；

[B]:非协调单元选项（适用于2D和3D solid），非协调元引入节点无关的多余自由度，有利于解决变形锁定问题，但单元边界位移不再满足协调条件。

定义分析假设－质量矩阵形式

质量矩阵形式选择：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Mass Matrix



Lumped：集中质量矩阵（质量矩阵对角化），在进行中心差分方法求解瞬态动力问题时自动采用集中质量矩阵；

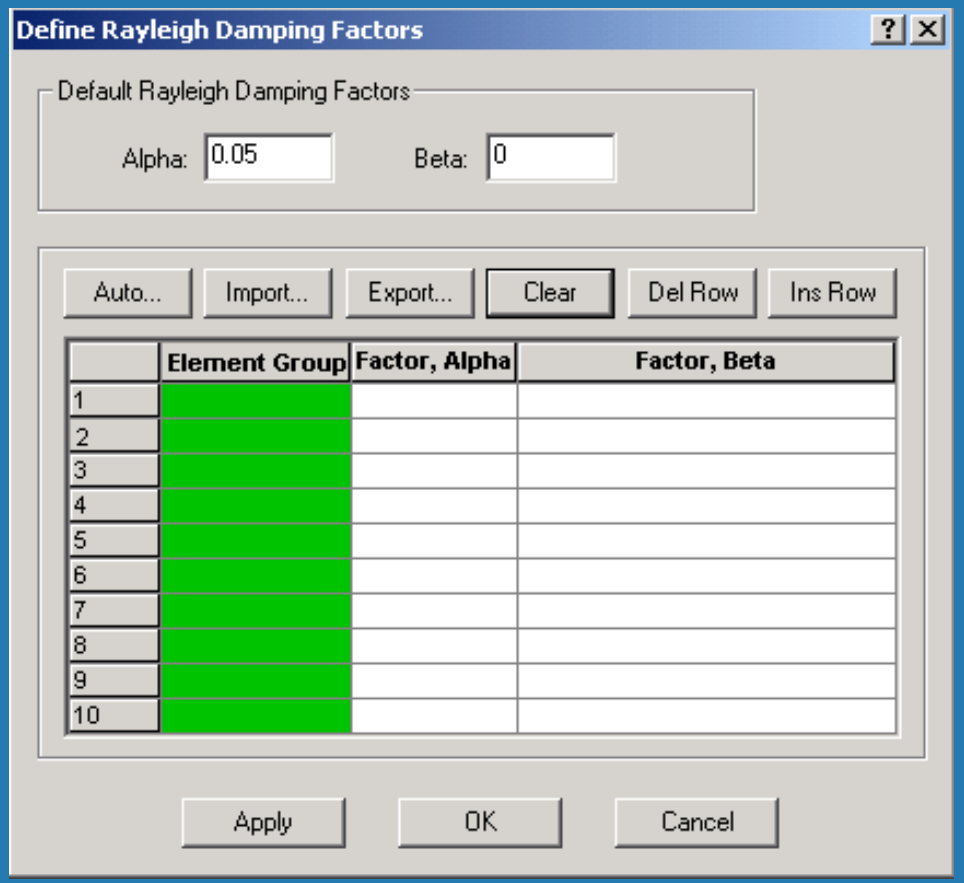
Consistent：一致质量矩阵，为稀疏矩阵；

定义模型阻尼：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Define Rayleigh Damping Factors

定义整个模型或各个单元组的阻尼，采用标准Rayleigh质量和刚度阻尼形式；

右图中对整个模型指定5%的质量阻尼。

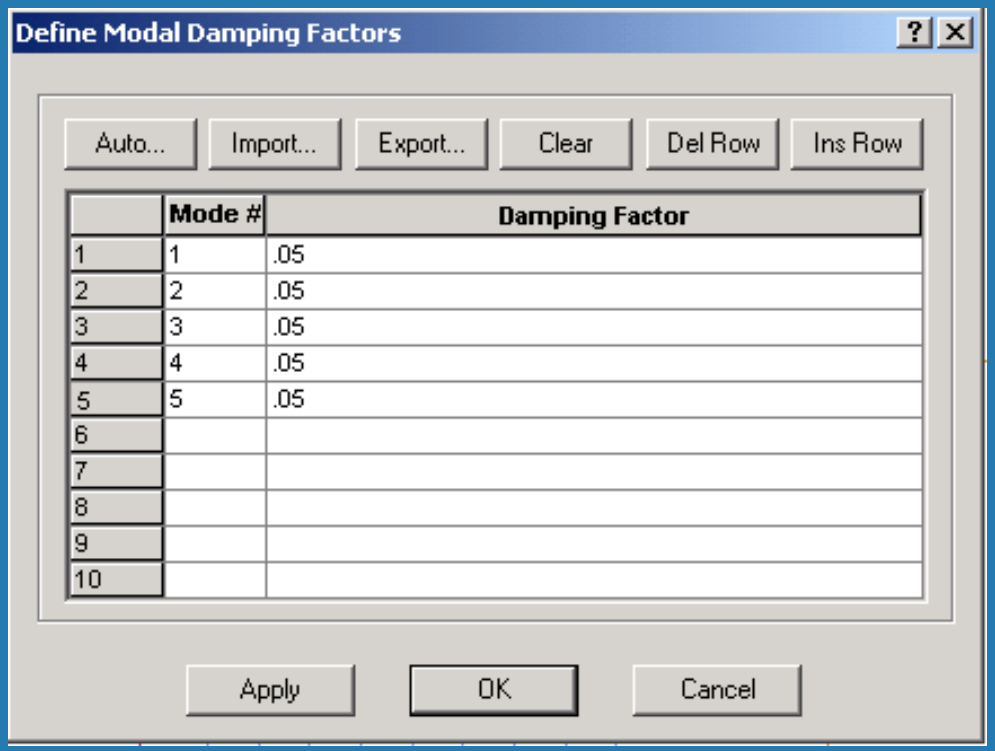


定义分析假设－模型阻尼比

定义阻尼比：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Define Modal Damping Factors

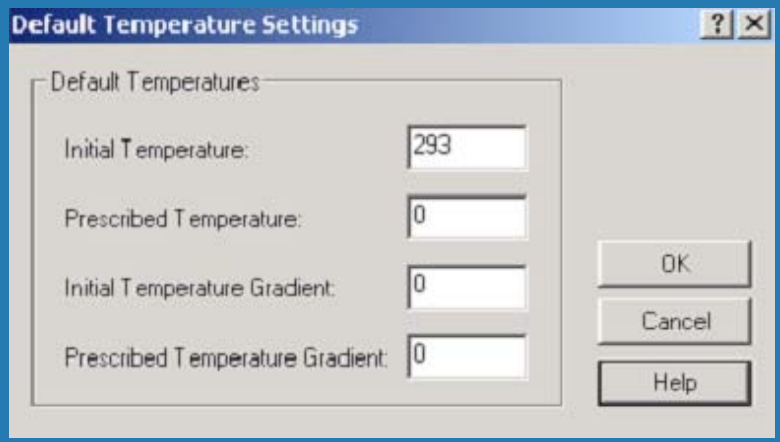
在响应谱分析中定义各阶模态的阻尼比；



定义分析假设－温度条件设定

温度条件设定：

菜单：Control/Analysis Assumptions/Define Temperature Settings



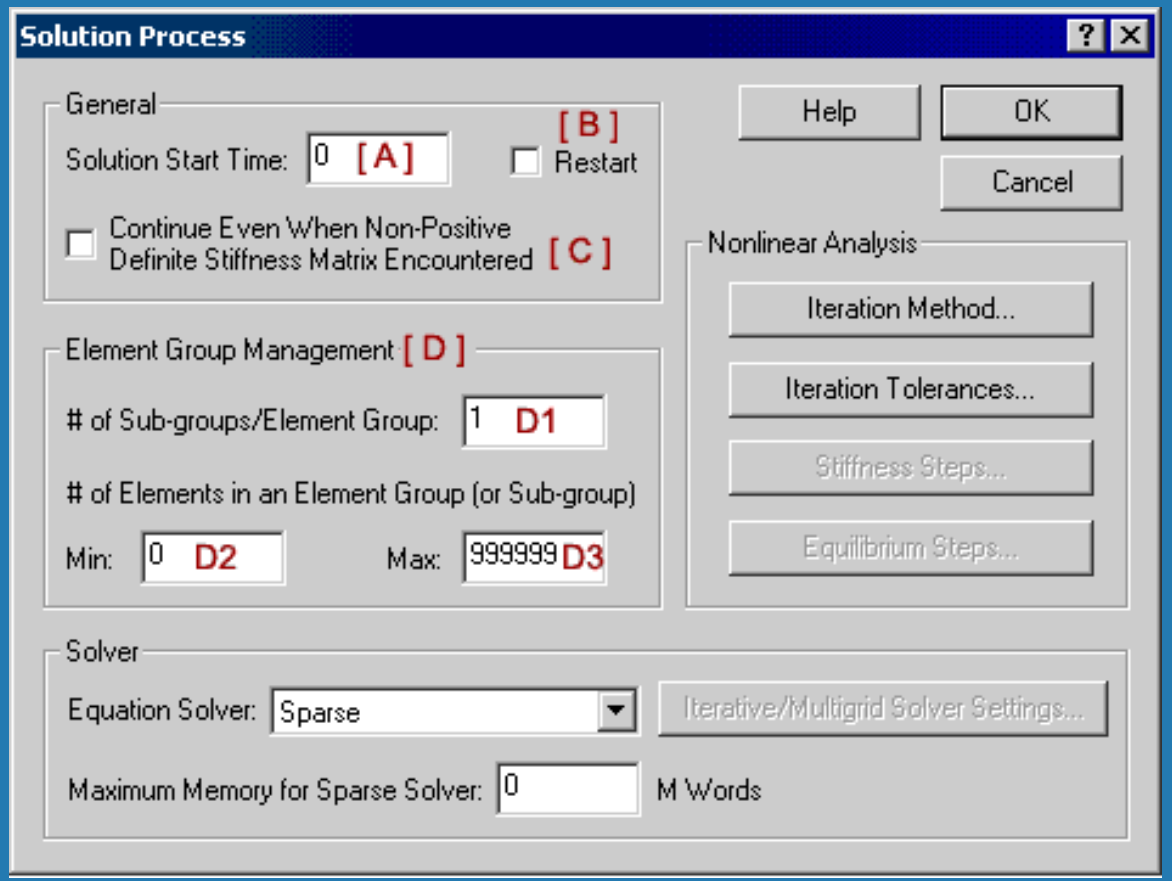
用于指定整个模型的初始温度和初始温度梯度（仅对于壳单元）；

如果需要指定不同的初始温度或初始温度梯度，在Model/Initial Condition中定义；

如果需要指定温度载荷，一般在Model/Loading/Temperature中定义，而不要使用此窗口的Prescribed ...选项；

方程求解设置：

菜单：Control/Solution Process



[A]:求解开始时间（如为重启动分析，择输入前一次求解的终止时间。）

[B]:重启动分析

可以从静力分析转到动力分析（如预应力模态计算），或从动力分析转到静力分析；

ADINA重启动分析具有丰富的功能，一般地可以在重启动模型进行如下修改：

自由度（Fix）类边界条件；

时间步定义；

时间函数定义；

约束方程和刚性联接；

Rayleigh阻尼；

收敛准则，自动时间步长设置等等；

[C]:开关：出现刚度矩阵特征值为零是否继续计算；

对于线性问题，除非模型中定义势流体介质，否则不应出现为零的特征值；

对于非线性问题，除非模型中定义了：

自动时间步长控制；

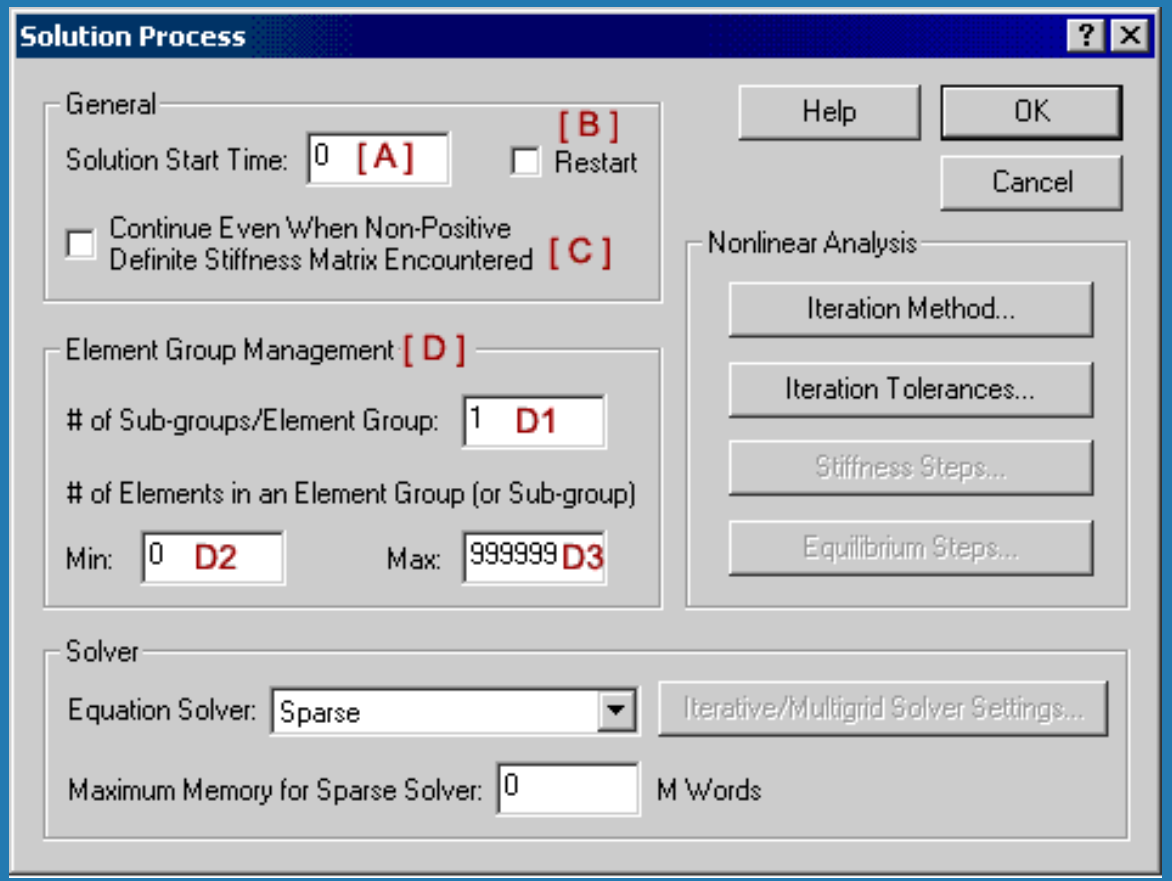
单元生死；

载荷位移控制；

接触；

势流体；

否则不应出现为零的特征值；



[D]:单元分组

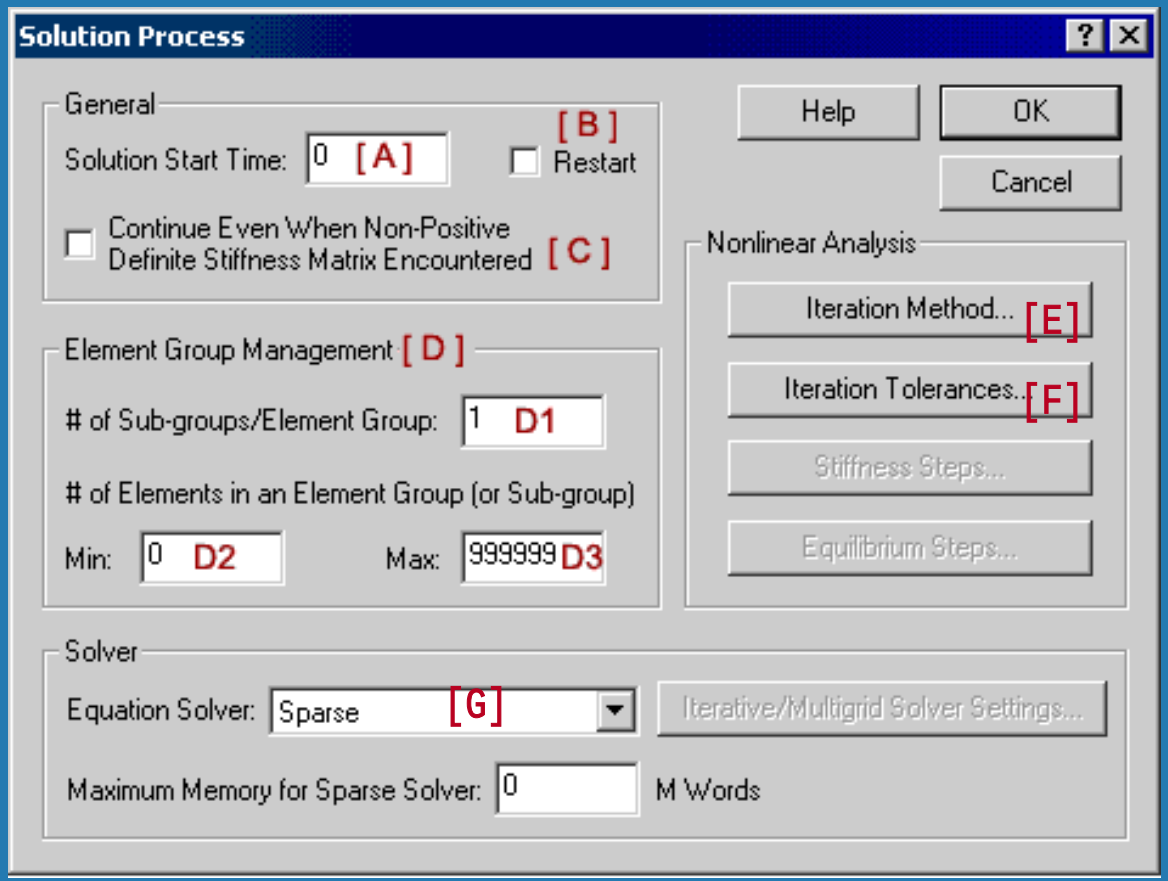
当模型规模很大或进行并行求解时使用。

一般D1＝12，D2=10*D1,D3=999999；

[E]:迭代方法选项（见后面）

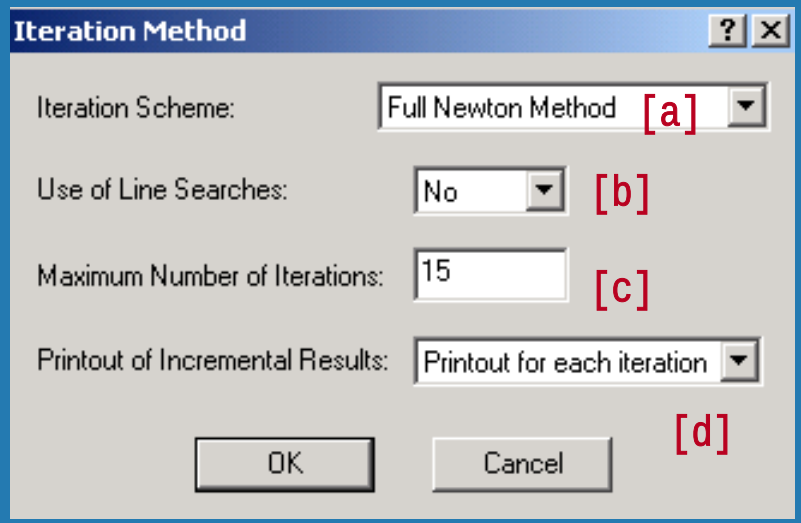
[F]:收敛准则选项（见后面）

[G]:求解器选项（见后面）



定义分析假设－方程求解设置-迭代方法

[E]:迭代方法选项弹出如下选项:



[a]:选择迭代方法

共有四种：Full Newton Method（缺省）

Modified Newton Method

BGFS Matrix Update Method

[b]:是否使用Line搜索方式

[c]:最大迭代次数

一般为8～15次；

[d]:是否输出每个迭代的结果

定义分析假设－方程求解设置-收敛控制

[F]:收敛控制

[a]:迭代收敛准则类型

Energy(0.001)

Energy and Force

Energy and Displacement

Force (0.01)

Displacement(0.01)

最常使用的为Energy和Energy and Force准则；

[b]：能量收敛准则

[C]：接触力收敛准则

[d]：最小参考接触力大小

[e]：Line搜索方式收敛准则

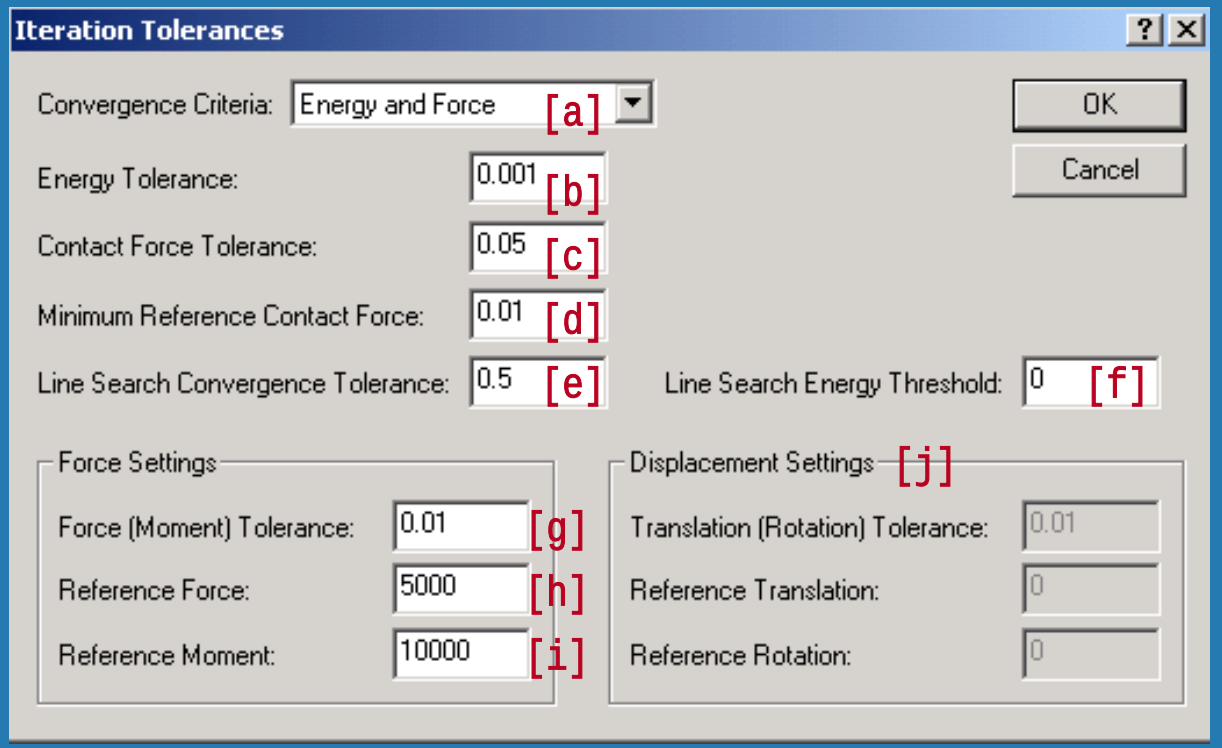
[f]：Line搜索方式最小参考能量值

[g]：力收敛准则

[h]：参考力

[i]：参考力矩

[j]：位移收敛准则设置（同力准则）



定义分析假设－方程求解设置-求解器选择

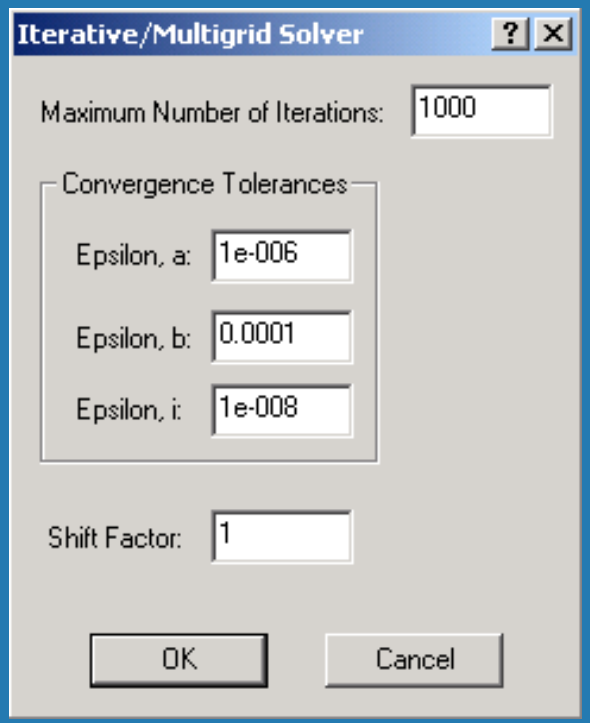
[G]:求解器选择

求解器共有四种：

- Direct
- Iterative
- Sparse
- Multigrid

缺省求解器为Sparse求解器；

如果选用Iteratice迭代求解器，则弹出右侧窗口，一般使用缺省设置即可；



其它求解控制选项：

菜单：Control/Miscellaneous Options

[A]:初始应变作为：

Initial Strains

Initial Stress

Initial Stress that cause Deformation

初始条件输入只有应变没有应力，可将应力作为应变从Model/Initial Condition中输入，然后在此选择Initial Stress，则输入数据当作初始应力参与计算；

[B]:计算质量特性

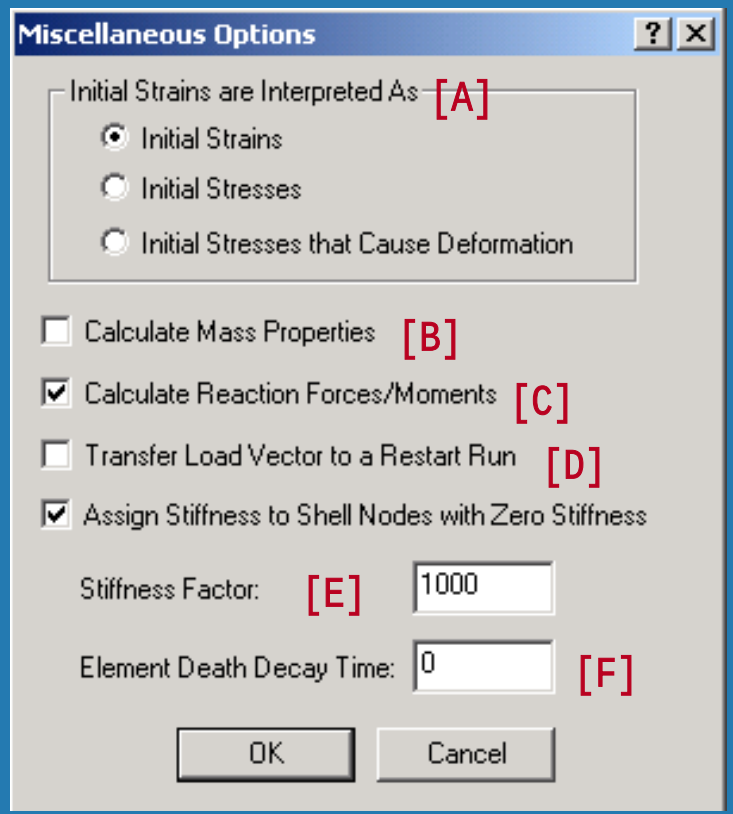
计算模型的质量和质心坐标；

[C]:计算支反力/力矩

[D]:在重启动文件中写入载荷向量

[E]:指定壳单元刚度为零节点刚度

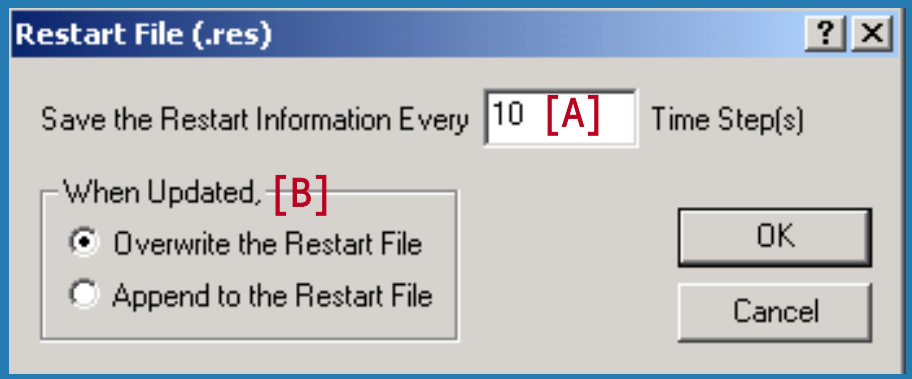
[F]:单元死的时间周期



写出重启动文件控制

写出重启动文件：

菜单：Control/Restart File (.Res)



[A]:写出重启动文件的时间间隔，缺省为0，则在计算结束时写出重启动文件；

[B]:缺省为选择Overwrite，即后面写出的重启动文件覆盖前面的重启动文件，即只保留一个重启动状态；

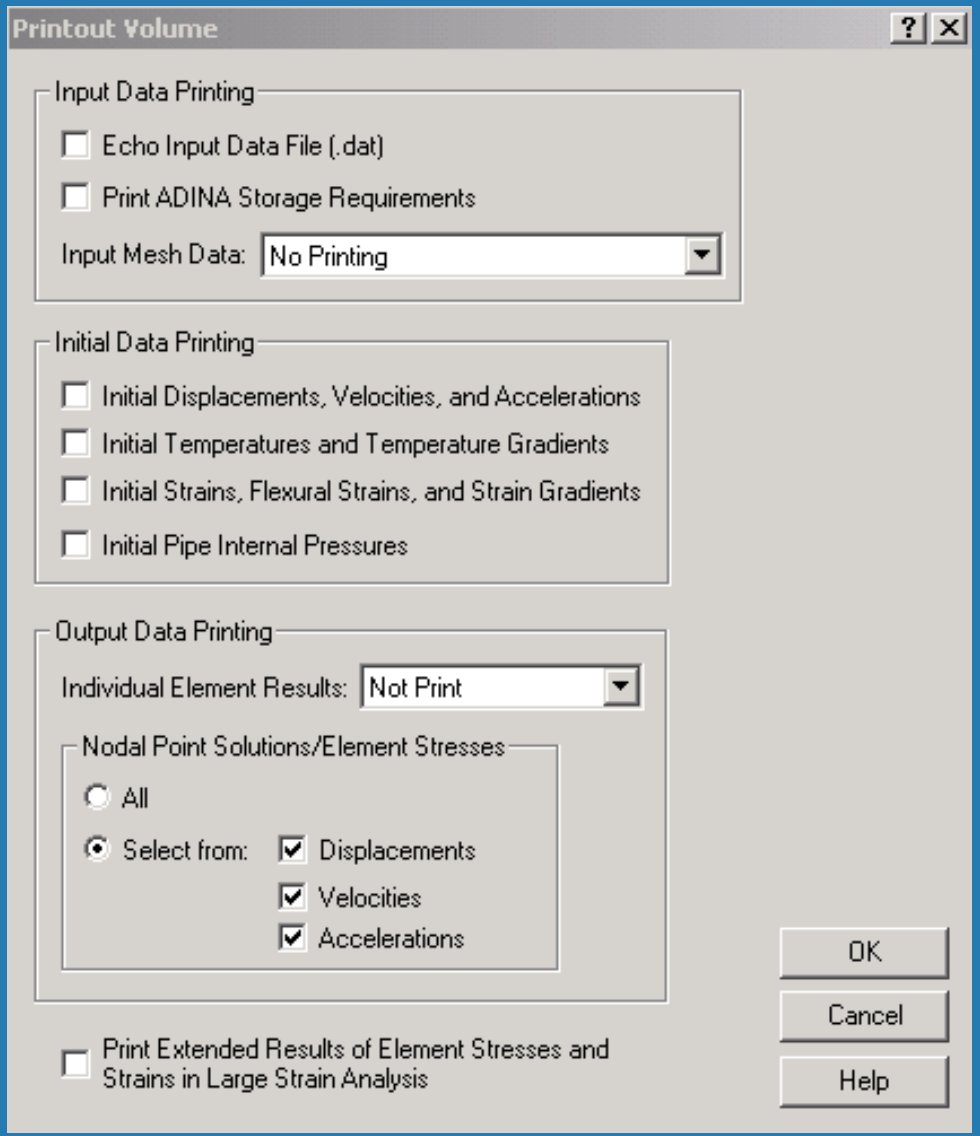
OUT文件信息控制：

菜单：Control/Printout (.out) / Volume

ADINA在求解时生成.out文件，从计算初始化到计算结果，以及如果出现错误的出错信息都写道这个文件中。此文件可以在求解过程中打开查看;

此菜单中的三个功能(Volume/Result at Nodes/Time Step) 是确定输出到.out文件中的内容;

通常使用缺省设置，否则可能导致.out文件很大。

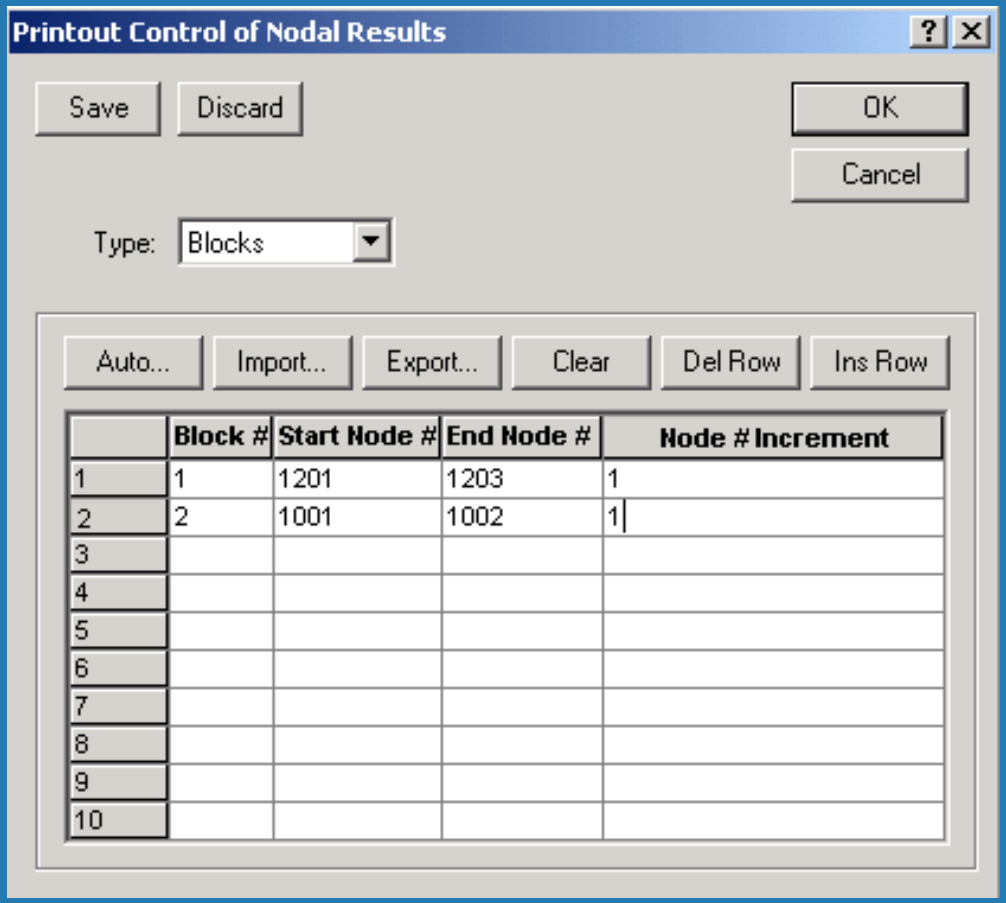


写出节点结果到OUT文件：

菜单：Control/Printout Control of Nodal Results

定义节点的Blocks（组），在求解过程中输出相应的结果到OUT文件，便于查看并监视求解过程。节点结果通常为位移、速度、加速度、压力等等；

与下页的定义的结果输出Time Step联合使用；



定义了节点1201，1202，1203，1001，1002共5个节点的结果写出到.out文件中；

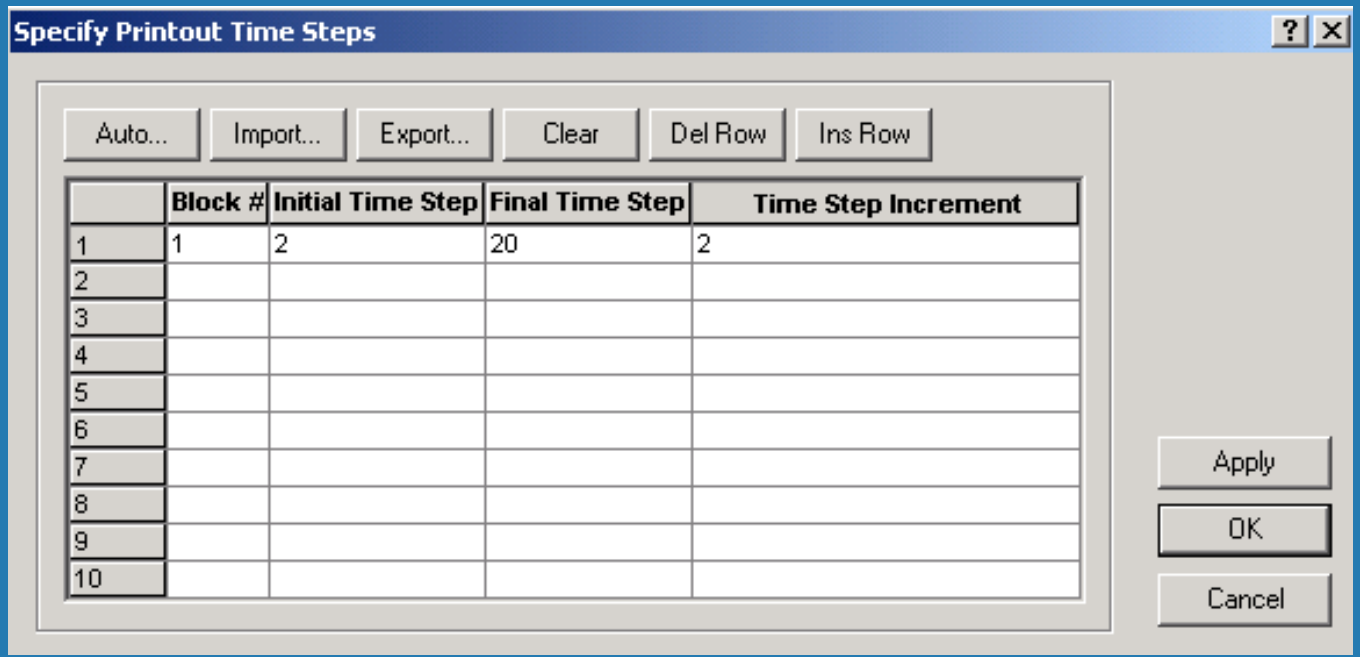
OUT文件信息控制－写出节点结果到OUT文件的时间步

写出节点结果到OUT文件的时间步：

菜单：Control/Specify Printout Time Steps

缺省情况下，每个时间步的计算结果都写到OUT文件中；此功能是将指定时间步的结果输出，主要用于控制OUT文件的大小；

与上页的Nodal Results联合使用



输出结果的时间步为1、2、5、8、11、…

结果文件信息控制：

菜单：Control/Specify Printout Time Steps

ADINA的结果文件名为.por(t),此组菜单控制输出到.por文件的内容。

[A]:结果文件.por格式

通常采用Binary二进制格式，TEXT格式主要用于对ADINA进行开发的用户使用；

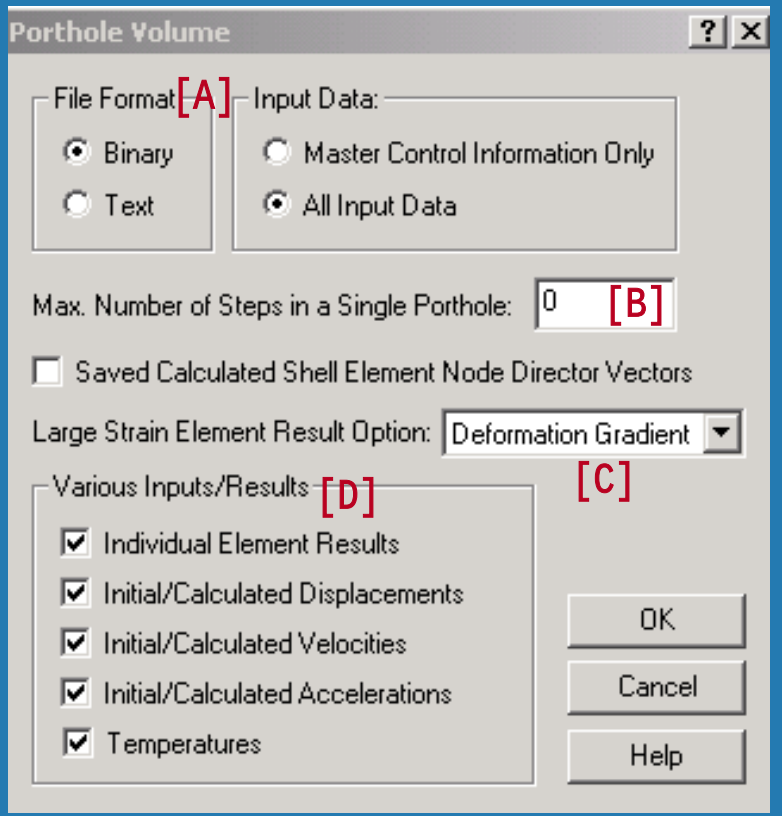
[B]:最大的结果步

缺省0表示所有的时间步结果全部输出，一般使用缺省值；

[C]:大应变分析的应变量度

可选择变形梯度和拉伸比，一般为缺省值；

[D]:初始结果输出控制



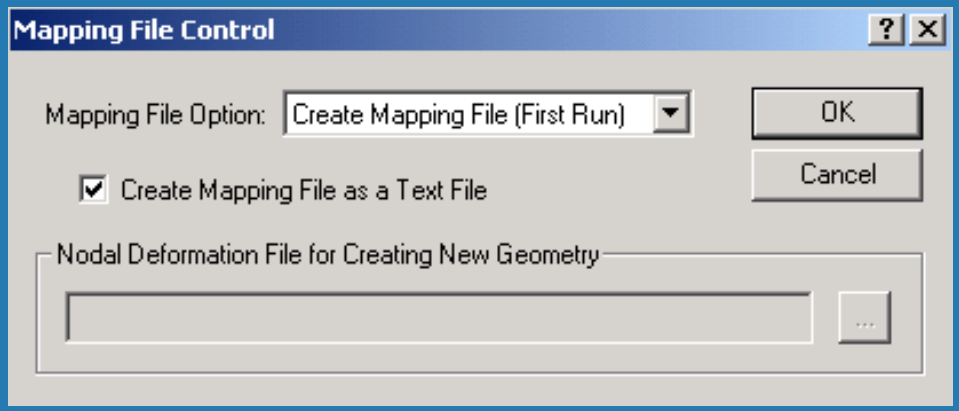
说明：此组菜单的其它功能类似对.out文件的输出控制，略。

映射文件控制：

菜单：Control/Mapping File Control

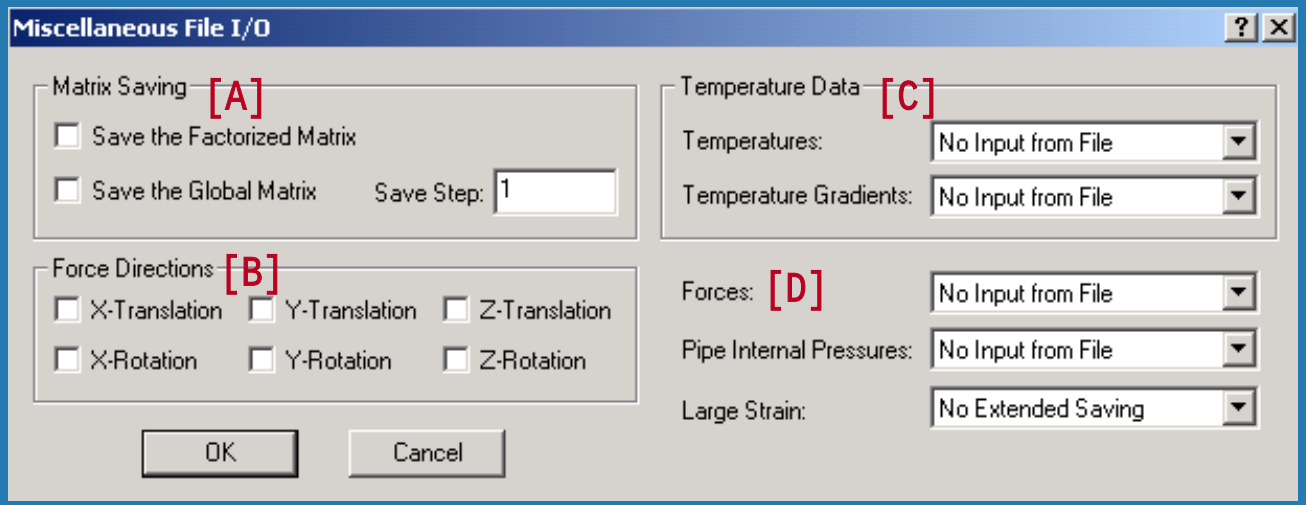
Mapping File－映射文件用于在同一分析模型中在不同的阶段（网格进行了重划分后）传递节点坐标、应力应变等结果。例如金属的锻压大变形分析需要使用此功能；

此菜单用于控制在分析不同阶段写出结果到映射文件，或从映射文件读入结果到当前网格（当前构形），从而完成结果传递；



特殊文件输入/输出控制：

菜单：Control/Miscellaneous File I/O



[A]:方程矩阵输出

可以存储任意时间步的有效矩阵到fort.70名字的ASCII文件，主要用于用户开发。

[B]:力方向

[C]:温度结果输入

当进行温度－结构耦合分析（TMC）时，一般选择Input From File方式是在结构模型计算过程中逐步读取温度结果。温度结果文件为.tem，是ADINA-T计算自动输出的；

[D]:其它结果输入控制