

# 弹性时程计算

弹性时程计算不是一个单独的模块，分别包含在前处理 Prep、计算模块 Strat、建筑结构专用后处理 Archi、通用图形后处理 Plots 中。但其功能相对独立，因此单独讲叙。

前处理 Prep: 主要设置计算开关;

计算模块 Strat: 在一般静力、动力反应谱计算结束后，选择合适的地震波进行时程计算。管理地震波库文件，加入新的地震波。

专用后处理 Archi: 按建筑结构要求，统计层地震剪力、弯矩，统计最大层侧移，显示指定点的地震力、位移曲线，并输出图表。

通用后处理 Plots: 除与 Archi 中一样显示楼层反应参数和节点位移、地震力曲线外，还显示三维结构时程全过程动画。

## 1、前处理 Prep 中设置开关

[LoadSet,Ls; 菜单:荷载/1 荷载设置; 右二按钮 **L**]

该命令将弹出荷载总体参数设置对话框。在对话框的左上角**总体信息**组合框中，选中**动力时程计算**选项。只有选中该项，计算和后处理部分才能进行相应处理。

时程计算在动力反应谱计算基础上进行，必须同时选中**动力反应谱计算**选项。

## 2、计算模块 Strat 中进行时程计算

在一般静力、动力反应谱计算结束后，运行如下命令：

菜单：计算\B、动力时程计算

将弹出如下对话框进行参数设置。如前处理未选中动力时程计算选项，该命令将被禁制。如未进行地震反应谱计算，该命令也被禁制。

在动力反应谱计算结束后，可运行保存命令，将计算的中间数据保存在“Name.Ast”文件中，下一次启动 Strat 时，将自动读入该文件，然后再进行动力时程计算。

### 2.1 选择地震波

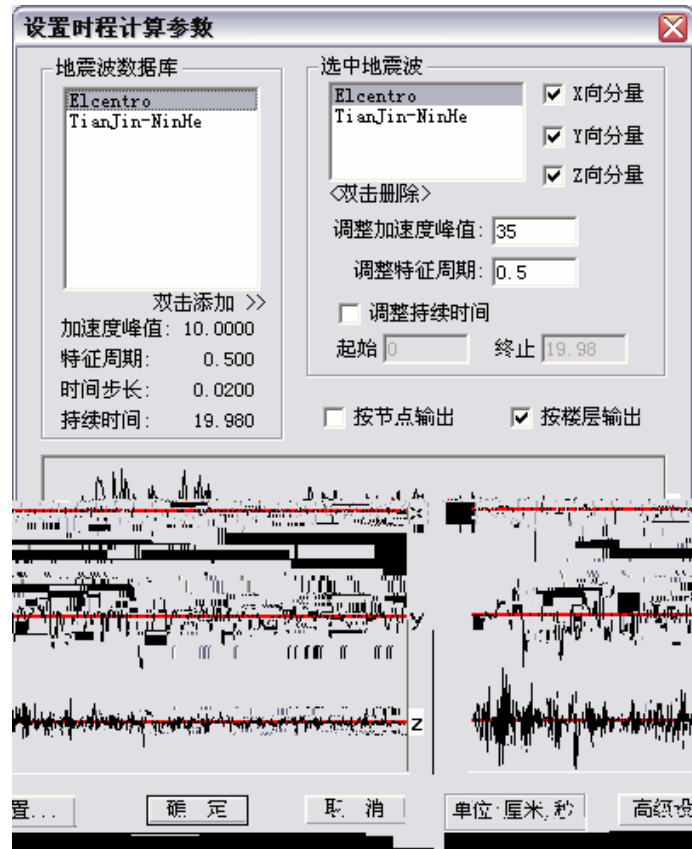
对话框左上角为已有**地震波数据库**中地震波的主要参数，鼠标点击相应的地震波，该波的主要参数和波形将显示在对话框上。

鼠标双击列表中相应的地震波，该波即被加到右侧被**选中地震波**列表中。双击被选中地震波，选中的波将被删除。

选择地震波主要根据地震波的特征周期。原则是地震波的特征周期与工程所在地的场地的特征

周期相近。如 Elcentro 波的特征周期为 0.5 秒左右，适宜于 II 类场地土的第二组(0.4s)、第三组(0.45s)的和 III 类场地土的第一组(0.45s)、第二组(0.55)的情况。地震波的加速度的峰值与抗震等级对应，反映地震作用的强度，一般可以不考虑，因为程序自动根据结构的抗震等级按规范要求进行调整。

如没有与工程场地特征周期相近的地震波，可人为调整地震波的特征周期，见下一节说明。需说明的是，选择地震波的特征周期并不是唯一因素，也可以选择特征周期有较大差别的地震波。



## 2.2 被选中地震波的参数设置

地震波同时具有X、Y、Z三个分量，隐含同时计算这三个分量。如不计算某一分量，取消该分量即可。对于大多数建筑结构，不需计算竖向地震作用，需取消**Z向分量**选项

**调整加速度峰值**。程序根据工程的抗震等级，按规范规定自动调整地震波的加速度峰值。用户也可根据需要调整为其它值。加速度峰值的调整根据地震波X、Y、Z各分量中最大峰值调整。如某一个波只计算Z分量，则只根据该波Z分量的最大峰值调整。

**调整特征周期**。隐含的特征周期为地震波本身的特征周期。如调整地震波的特征周期可输入新的数值，程序通过调整地震波的时间步长实现特征周期的调整。如Elcentro波的特征周期为 0.5s，如需调整为 0.4s，则将时间步长由 0.02s压缩为 0.016s。

**调整持续时间**。选中该选项后，下面**起始**、**终止**项将被激活，可输入起始时间、终止时间，下面的地震波图形上相应标志这两个时间点。两点之间的地震波才用于计算，两点之外的波被截除。地震波越长，需要耗费较长的计算时间，可选择峰值较大的一段进行计算，节省计算时间，对计算结果不会产生很大的影响。

但对于建筑结构，规范规定地震波持续时间不小于 10s。当调整了地震波的特征周期后，地震波持续时间应按调整后的时间计算。如上面调整 Elcentro 波周期为 0.4s 时，时间步长为 0.016s，持续

时间则不应小于 12.5s。

## 2.3 高级设置

点击**高级设置**按钮，将弹出如下对话框。高级设置涉及阻尼和激振方式。

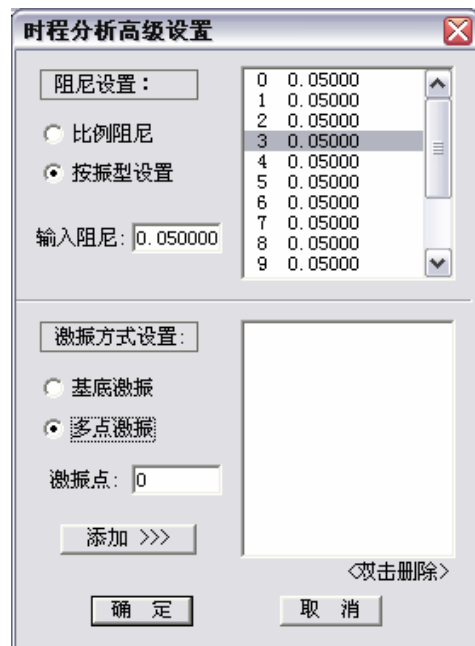
程序隐含振型阻尼为比例阻尼，即假定第 1、第 2 振型的阻尼与结构阻尼相同，其他振型阻尼由第 1、第 2 振型计算得到。

程序隐含地震波的激振方式为基底激振，即地震波作用于结构基础作用于整个结构。

对于一般建筑结构，可直接采用这两项隐含设置，不需作任何改动。

### 阻尼设置

当通过实测、试验或其它方法，得到各振型的阻尼系数时，可选中**按振型设置**选项。这时右侧列表被激活，在下面的编辑框中分别输入各振型的阻尼。



### 激振方式设置

如不为基础激振，选择**多点激振**选项，输入地震作用节点号，即激振点，点**添加**按钮，则该节点添加到右侧列表中。

可以同时有多个激振点。各激振点上同时作用前面被选择的地震波。

## 2.4 计算输出选项

时程计算结果可同时输出各节点的地震力、地震反应位移，和按楼层统计的楼层地震力、地震反应位移。

选择**按楼层输出**。输出结构各层在地震波各计算点的楼层地震力、地震反应位移。

选择**按节点输出**。输出结构各节点在地震波各计算点的地震力、地震反应位移。


如输出节点的地震力、地震位移，则输出数值的量较大，形成很大的中间文件，计算时间也较长。对于一般的建筑结构，只选择按层输出即可。

如不选择按节点输出，在后处理 Archi、Plots 中将不能察看节点的地震力、地震反应位移。

## 3、计算模块 Strat 中加入新的地震波

加入新的地震波通过 Strat 模块的命令：

菜单：设置\输入新的地震波

或：上按钮

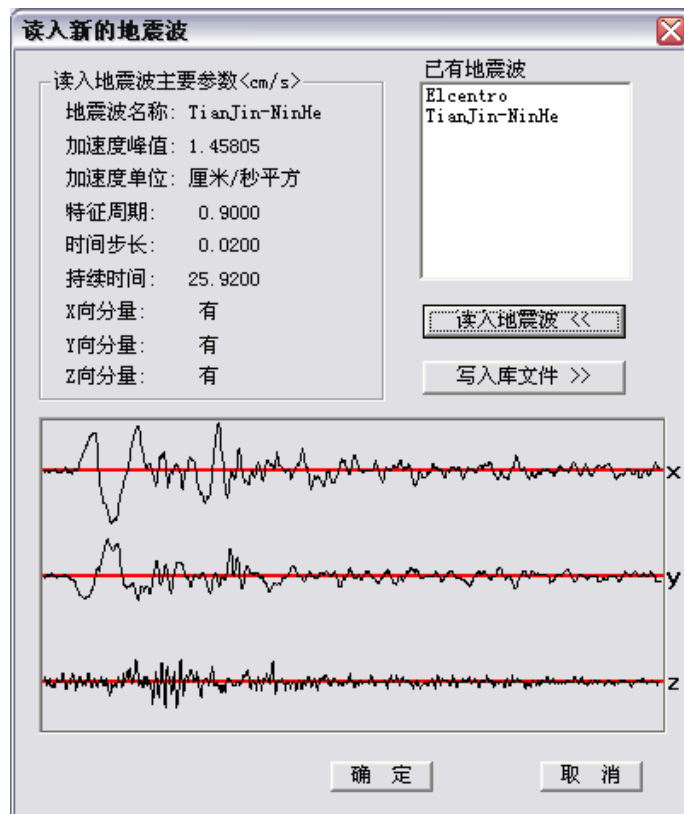
该命令在各种计算状态下均可执行。可单独启动 Strat 模块执行该命令。

运行命令后，将弹出如下对话框。对话框的右上角列出了系统地震波库中已有的各地震波的名称。

点对话框上的读入地震波按钮，将弹出标准的Window文件对话框。选中用户准备好的地震波文件，点确定退出文件对话框后，读入地震波的主要参数、地震波图形被显示在对话框上。下图即为读入Tianjin-NinHe波后显示的结果。

核对读入的数据，确定没有错误后，点写入库文件按钮，读入的地震波将写入系统的地震波库文件。同时对话框右上角的列表中加入了新加入地震波的名称。

写入库文件的地震波将与系统本身的地震波同样使用。系统地震波文件为 Strat 软件安装目录下的“Dyna.Wav”和“Dyna2.Wave”，用户可将这两个文件备份保存。



## 用户输入地震波文件格式

用户输入地震波文件为文本文件，格式自由，程序按字符格式读入数据，具有极强的容错能力，方便用户使用。文件分地震波参数、地震波数值两个部分。地震波文件名任意确定。

第一部分、地震波参数，按行输入：

说明：下面按行写入的参数必须单独一行，如一行内同时有其它参数将被忽略。输入字符可大写，也可小写

**第 1 行**、地震波名称。

名称不超过 20 个字符，可为英文字母、数字、汉字(一个汉字相当于两个字符)。多于 20 个字符的，多余的部分被忽略。

为便于在后处理的图形显示，尽量不要使用汉字作地震波名称。

### 第 2 行、地震波特征周期。

写地震波特征周期的数值。单位：秒(S)。

如不能确知地震波的特征周期值，可以输入一个任意数值。地震波特征周期是选择地震波时的参考依据，不影响计算结果。

### 第 3 行、地震波的时间步长。

写入地震波两个点之间的时间间隔。单位：秒(S)。

### 第 4 行、地震波的单位。

写标志数字。地震波加速度为  $m/s^2$  的写 1000， $dm/s^2$  的写 100， $cm/s^2$  的写 10， $mm/s^2$  的写 1。

### 第 5 行、地震波分量标志。

用 X、Y、Z 表示地震波的分量。有该向分量则写该字符，如无该项分量则不写。如写入字符“Y、Z”，则表示该地震波有 Y 和 Z 分量，无 X 分量。

标志字符的先后顺序与下面的地震波数值对应。如写标志“Y Z X”，表示下面地震波数值的第一段为 Y 向分量，第二段为 Z 向分量，第三段为 X 向分量。

## 第二部分、地震波数值，各分量分段输入：

按前面地震波分量标志中的顺序写地震波加速度的数值。如分量标志为“YZ”，则第一段写 Y 向分量，第二段写 Z 向分量。

数值可以是整数、浮点数(带小数位)，也可以写成指数程序格式的指数格式，如  $1.0e-3$ 、 $1.3D002$  等。(指数不能写成  $1.0 \times 10^{-3}$  的格式)。数值之间用空格或逗号隔开。

每行的个数不限，但每行列数不超过 150 列，超过 150 列的部分被忽略。

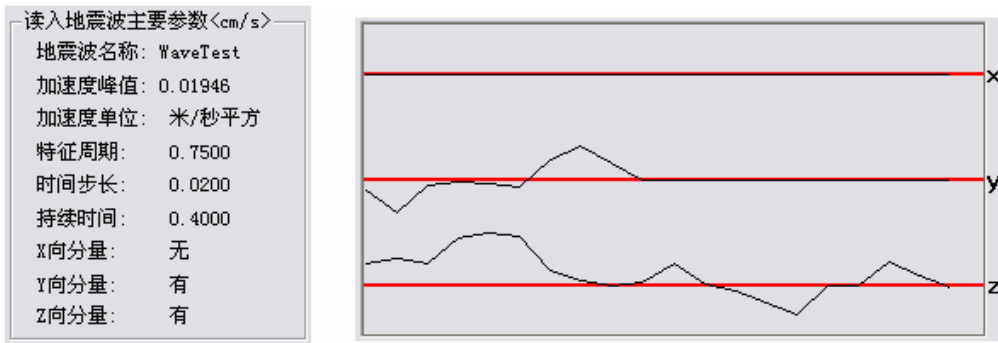
一个分量结束后，另起一行，写“End”作为结束标志。下一分量另起一行输入。

同一地震波的分量的数值个数可以不同。

例如下面的地震波文件。

```
WaveTest
  0.75
  0.02
  1000
  y , Z ,
0.387000E-02  1.236500E-02  2.430000E-03  1.215000E-03  0.129000E-02
0.258000E-02 -0.765500E-02 -1.279500E-02 -0.629000E-02  0.430000E-03
end
-0.817000E-02 -0.103200E-01 -0.838500E-02 -1.774000E-02 -1.946000E-02
-1.860000E-02 -0.580500E-02 -0.236500E-02  0.430000E-03 -0.150500E-02
-0.858000E-02 -0.645000E-03  0.193500E-02  0.658000E-02  1.107500E-02
0.430000E-03 -0.215000E-03 -0.907500E-02 -0.393500E-02  0.860000E-03
END
```


读入后，其显示在对话框中的参数、地震波图形如下。



## 4、后处理 Archi 中查看、输出计算结果

后处理察看时程计算结果的命令：


菜单：显示\M 显示时程分析结果。

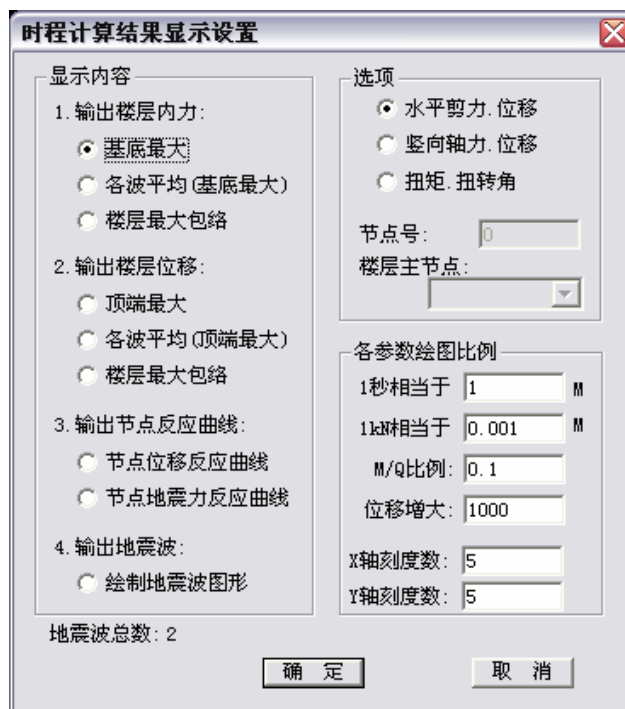
或：左侧第一列按钮

运行该命令后，屏幕上将通过图表的方式显示各种计算结果。

当计算多于一个地震波时，所有地震波的结果显示在一个图表上，用不同的颜色区别，在各图表的下方列出了各波的名称及对应的颜色。

各类图表均可与 AutoCAD 接口输出。转换到 AutoCAD 的图表各地震波图形被置于不同的图层，可在 AutoCAD 中将单个地震波的图形挑出来。

后处理计算结果的显示内容很多，通过如下对话框选择。与其它计算图形显示方式相同，按 F5 热键、或上按钮调用该对话框。



对话框左侧**图形内容**组合框中列出了四类时程计算结果：楼层内力、楼层位移、节点反应曲线、地震波。

除地震波外，其它三类结果结合对话框右上角**选项**中的三个选项，分别输出内力、位移的不同分量。

如选择输出**楼层内力**：

**水平剪力.位移**选项，输出楼层水平剪力 $Q_x$ 、 $Q_y$ ，和楼层弯矩 $M_x$ 、 $M_y$ ( $M_x$ 为绕x轴的弯矩)；

**竖向轴力.位移**选项，输出竖向楼层地震力 $N_z$ ；

**扭矩.扭转角**选项，输出楼层扭矩 $T_z$ 。

如选择输出**楼层位移**：

**水平剪力.位移**选项，输出楼层水平位移 $D_x$ 、 $D_y$ ；

**竖向轴力.位移**选项，输出轴向楼层竖向位移 $D_z$ ；

**扭矩.扭转角**选项，输出楼层扭转角 $R_z$ 。

如选择**节点反应曲线**：

**水平剪力.位移**选项，输出节点的水平地震力 $Q_x$ 、 $Q_y$ ，或水平位移 $D_x$ 、 $D_y$ ；

**竖向轴力.位移**选项，输出节点竖向地震力 $N_z$ ，或竖向位移 $D_z$ ；

**扭矩.扭转角**选项，输出节点扭矩 $T_z$ ，或节点扭转角 $R_z$ 。

#### 4.1 楼层内力

**基底最大**，指各地震波所有计算点中，底层剪力、轴力、扭矩最大的时间点所对应的楼层内力。各地震波分别输出，各波基底内力最大的时间点并不相同。

当输出水平剪力 $Q_x$ 、 $Q_y$ 时，同时输出绕X轴楼层弯矩 $M_x$ (由 $Q_y$ 产生)，和绕Y轴的楼层弯矩 $M_y$ (由 $Q_x$ 产生)。

**各波平均(基底最大)**，指各地震波楼层内力的平均值，各波的楼层内力取基底内力最大时的内力。

**楼层最大包络**，分别统计各地震波，在所有计算点中产生楼层内力的最大值。为楼层内力的包络值。同一地震波各楼层内力所对应的计算点可能不同。

#### 4.2 楼层位移

各分项的意义与**楼层内力**相同。不同的是楼层内力中输出基底内力最大输出，而楼层位移按顶端位移最大输出。

#### 4.3 节点反应曲线

输出节点在一个地震波作用下，位移、地震力的全过程反应曲线。只有在Strat计算时选中**按节点输出**选项后，才可以输出节点地震反应曲线。

当选该项时，右上角**选项**中**节点号**、**楼层主节点**被激活。可在节点号框内输入节点号。对于采用刚性楼层假定的结构，或具有局部刚性板的结构，**楼层主节点**框中列出了主节点和对应的楼层号。也可从该框中选择楼层主节点，主节点较完整地反应了一个楼层的地震力、位移的反应情况。

需说明的是，如节点上无有效质量，例如完全刚性楼层假定时的普通节点，节点地震力为0。

#### 4.4 地震波

输出各地震波三个分量的曲线。


## 图形设置

对话框右下角的组合框用于设置图表的显示比例。

时程计算结果的显示内容很多，涉及长度(m)、时间(秒)、力(kN)、力矩(kN\*m)、位移(m)等多种单位不同的参数。为统一各类单位，程序以长度单位 m 为基础，其它单位按一定的比例折算成长度单位，然后显示。


如显示楼层内力是，坐标竖轴为楼层高度，是单位为m的长度，而坐标的水平轴为剪力(单位kN)。如设**1kN相当于0.001M**，当楼层剪力为1000kN时，折算成长度1m在图表上显示。如图上同时显示弯矩，则先根据**M/Q比例**将弯矩折算成剪力，再折算成长度进行显示。

通过这种方式，直观、形象地将多种单位的参数进行统一显示。通过这些参数的调整，可以得到清楚直观的图表。

**X轴刻度数**、**Y轴刻度数**用于控制图表两个轴的刻度数。可结合图形参数对话框中字体的高度、宽度的调整，使图表中的数值显示清晰、易认。

## 5、后处理 Plots 中查看时程计算结果

后处理察看时程计算结果的命令：


菜单：显示G 显示时程分析结果； 按钮：左侧第一列 (黑色)

该部分显示楼层地震内力、地震位移的统计值，及节点地震力、地震位移，与 Archi 中完全相同。见前面第4条的说明，这里不再详述。

### 显示时程过程动画

如果在Strat计算时选中了**按节点输出**选项，(见本章第2条第2.4节)，可以在Plots模块察看地震时程作用下结构全过程动画。显示时程过程动画运行如下命令：

菜单：显示I 显示时程过程


按钮：左侧第一列 (暗红色)

将弹出右侧对话框，进行必要参数设置。

对话框上端为已经计算时选择的**地震波列表**，可用鼠标需显示的地震波。列表中同时显示了地震波的计算点数。

时程计算点数一般很多，如全部显示将耗时较长，对话框中提供一些选项，截取其中部分计算点显示。**显示起始点**、**显示终止点**截取中间一段显示。**间隔点数**指间隔几个计算点显示，这样既能加快显示过程，又能显示结构地震反应的总体过程。**位移放大比例**指地震变形增大倍数。

点确定退出对话框后，即在屏幕上动画显示结构在所选择地震波作用的变形过程动画。在屏幕底端的状态条上显示进度。

如需中途停止动画，只需再次点击时程过程按钮 (暗红色)即可。

动画图形用不同颜色区分结构各部分的变形大小，可在变形或振型图形参数对话框中设置。

