

# ADINA 中的坐标系（轴）及其用途、用法

ADINA 广州 王学超

坐标系（轴）是 ADINA 中最基本的内容，在建模、初始/边界条件施加及结果后处理中都起着重要的作用，是学习和精通 ADINA 所必须完全掌握的重要方面。由于 ADINA 的坐标系（轴）涉及到的内容较为广泛，有必要对 ADINA 的坐标系（轴）加以归纳整理。

ADINA 中的坐标系（轴）主要有以下 9 种：

**Global System**（整体坐标系）

**Local Coordinate System**（局部坐标系）

**Skew System**（斜坐标系）

**Geometry Triads**（几何的坐标架）

**Element Local Coordinate System**（单元坐标系）

**Orthotropic Axes System**（用于与初始应变轴或材料轴对齐的正交轴系）

**Initial Strain Axes**（初始应变轴）

**Material Axes**（材料轴）

**Result Transformation System**（结果转换坐标系）

下面将分别对上述的 9 种坐标系进行详细的介绍。

## 1、Global System（整体坐标系）

**说明**：整体坐标系在 ADINA 中已经默认存在，如图 1.1 所示，不需要用户自行定义，也不能改动，其坐标系的名称代号为 0。

**用途**：可用于 ADINA 建模、求解及后处理的所有过程，默认情况下，ADINA 所有的建模、求解及后处理的所有结果都可以基于该坐标系。另外，ADINA 的求解过程也只能在整体坐标系中进行，所有基于其他坐标系的边界、载荷等信息求解时将会自动转换到整体坐标系。

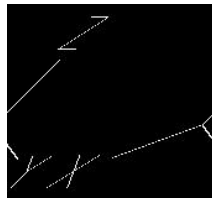



图 1.1

**注意**：后处理中，标有 X、Y、Z 或 XX、YY、ZZ、XY、XZ、YZ 的结果一般都是基于整体坐标系的结果，但对于 3-D plane stress 类型的单元，标有 YY、ZZ 等的结果为单元坐标系的结果，具体可参看理论手册。

## 2、Local Coordinate System（局部坐标系）

**说明**：局部坐标系需要用户自行定义，有直角坐标、柱坐标、球坐标三种类型。

**用途**：前处理中用于几何模型的建立，不用于求解，后处理中可以用作结果转换坐标系，详述在<9、Result Transformation System>部分。几何模型复杂时，选用合适的局部坐标系可以更加方便地建立几何模型。

**用法**：菜单 Geometry - Coordinate Systems...或者  图标来定义局部坐标系，如图

2,1 所示。Type 项选择局部坐标系的类型，Defined by 项选择定义局部坐标系的三种方式，即：原点和方向向量、原点和欧拉角、三个几何点。定义局部坐标系的三种方式实际是用不同方法定义了 XL、YL、ZL 三个方向，而 XL、YL、ZL 三向即定义了局部的直角坐标（或柱坐标或球坐标）。点击 Define Coordinate System 窗口中的 Set 将当前的局部坐标设为建模的活动坐标系，点击 Set Global 将整体坐标系设为建模的活动坐标系。

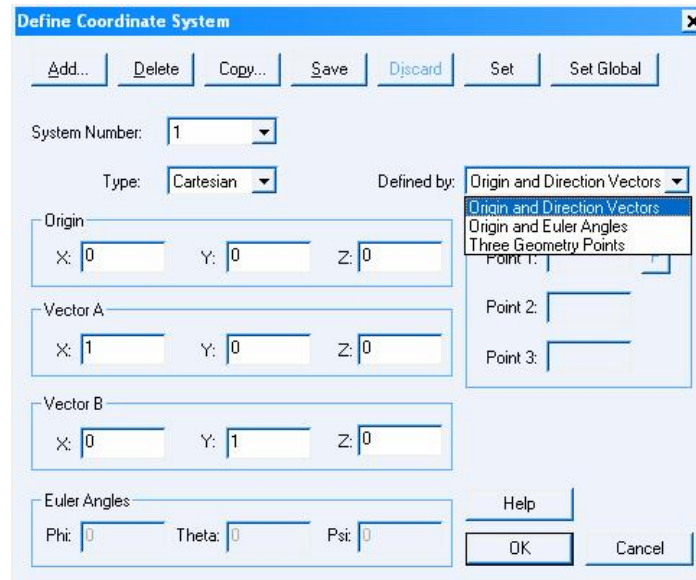


图 2.1

**注意：**无论点、线、面、体等几何信息位于整体坐标系还是局部坐标系，划分单元后所生成的节点均位于整体坐标系。

### 3、Skew System（斜坐标系）

**说明：**斜坐标系需要用户自行定义，可以是直角坐标，也可以是柱坐标或球坐标。

**用途：**Skew System 标示了节点自由度的局部方向，不能用于几何模型的建立，在前处理中，Skew System 用于某些特定方向的荷载、位移、约束等的施加。

**用法：**菜单 Model - Skew Systems - Define...来定义斜坐标系，其定义的方法很多，如图 3.1 所示。定义完成后，菜单 Model - Skew Systems - Apply...将所定义的 Skew System 指定到某一几何上，如图 3.2 所示。需要说明的是，定义 Skew System 时，若选择的 Type 为 Normal，则只需要给定斜坐标系 Name 即可，指定到某一几何后，Skew System 的一个坐标轴将垂直于该几何。

后处理中，可以得到对应于斜坐标系的位移结果：A-DISPLACEMENT、B-DISPLACEMENT、C-DISPLACEMENT，而没有被指定斜坐标的模型部分，其斜坐标系的位移结果默认为整体坐标系的结果。注意，斜坐标系中不会有应力、应变结果。

**注意：**两体（面、线）共用一个面（线、点）时，若两体（面、线）分别被指定了不同的斜坐标系，则应明确指定所共用的面（线、点）的斜坐标系。

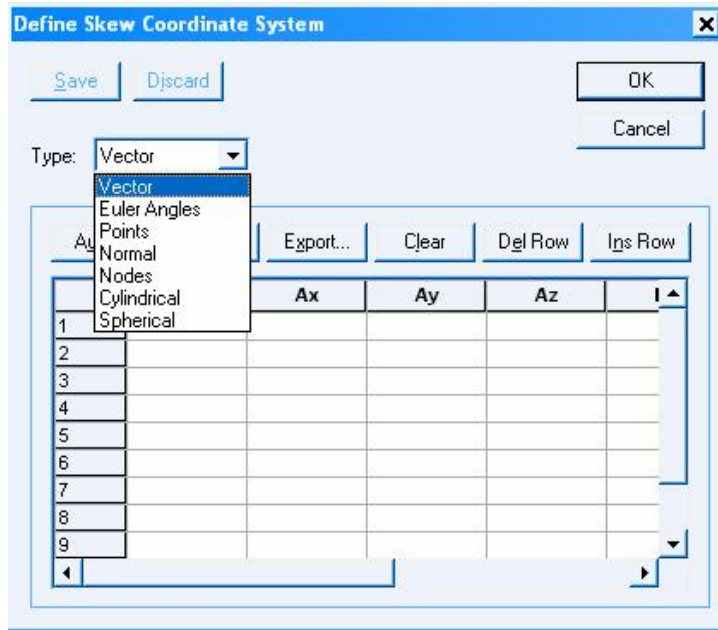


图 3.1

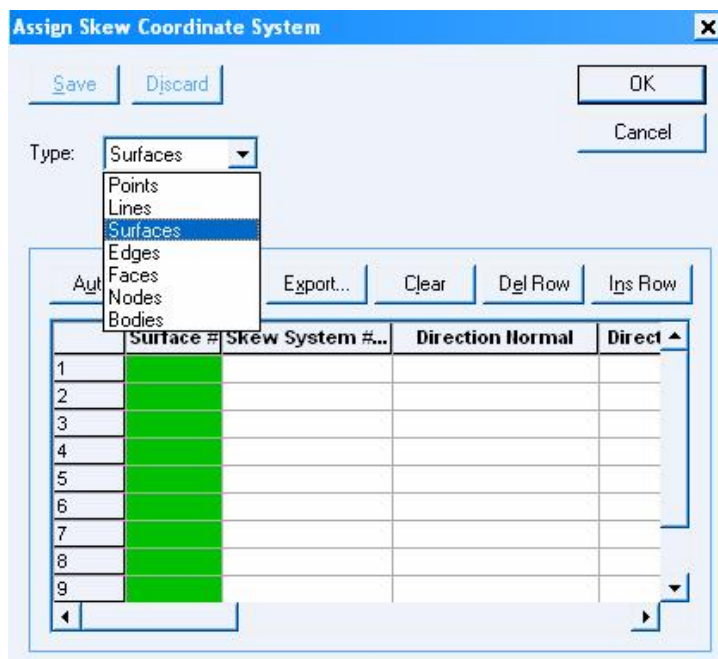




图 3.2

#### 4、Geometry Triads (几何的三坐标架)

**说明：**几何的坐标架为依附于几何的局部坐标。

**用途：**在进行划分密度的指定时，要求根据不同的方向来指定，这时可以打开依附于面或体的坐标架来查看几何的方向。

**用法：**打开面号的显示 ，则会显示面的坐标架标示 u、v 方向及外法线方向，如图

4.1 所示；打开体号的显示 ，则会显示体的坐标架标示体的 u、v、w 三个方向，如图 4.2

所示。

**注意：**一般来说，用 Vertex 方式建立面时，所选择的点中第一点到第二点的方向即为  $u$  方向，用 Patch 方式建立面时，第一条线的方向即为  $u$  方向；如果体是用 Extrude 方式建立，则拉伸的方向即为  $w$  方向，所用的面决定了  $u$ - $v$  平面。

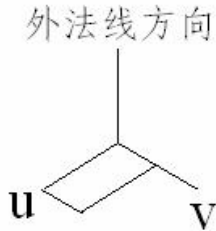


图 4.1

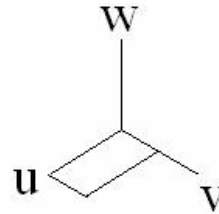



图 4.2

## 5、Element Local Coordinate System (单元坐标系)

**说明：**单元坐标系是单元的一种局部坐标，依附于所生成的单元，每个单元均有一个单元坐标系，在整个前处理、求解、后处理过程中，单元坐标系的方向是固定不变的。

**用途：**单元坐标系可以用于求解（如单元刚度矩阵形成）、梁单元截面定义、结果的输出等。

**用法** 菜单 Display - Geometry/Mesh Plot - Modify...(或直接点击图标)，点击 Element Depiction...，在弹出的 Define Element Depiction 窗口中的 Local System Triad 栏下，选中 Display Local System Triad，Type 选择为 Element Coordinate System，点击 OK 两次即可显示单元坐标系。

**注意：**ADINA 中单元的初始应变（或者以初始应变方式施加的初始应力）并不是施加于单元坐标系，而是施加于单元的另外一种局部坐标：初始应变轴；同样，对于正交各向异性材料，正交的材料特性也是基于单元的另一局部坐标：材料轴。

单元坐标系的方向与单元的形状有关，不一定与整体坐标系平行。另外，对于 2D - Solid 类型的单元，单元的外法线法方向 ( $t$  方向) 不一定与生成单元的几何面的外法线方向相同，而对于 shell 单元，生成的单元的外法线方向与几何面的外法线方向默认相同，但可以在划分 shell 单元时反向。

后处理中，STRESS (RST) 与 STRAIN (RST) 即为基于单元坐标系的应力、应变结果。注意，单元坐标系中不会有位移结果。

前面提到过，3D Plane Stress 单元标有 YY、ZZ 的结果也是单元坐标系的结果。

对于 Shell 单元，可以在 Define Element Group 窗口中选择应力的参考系(默认为 Global)，如图 5.2 所示，当 Stress Reference System 选择为 Local 或者 Mid-Surface 时(二者有区别，可参考理论手册)，则后处理中即可得出 STRESS(RST)与 STRAIN(RST)的结果，而不会有整体坐标系的 STRESS(XYZ)、STRAIN(XYZ)结果。

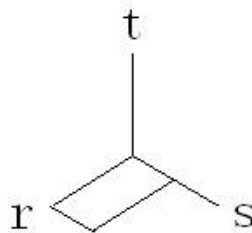


图 5.1

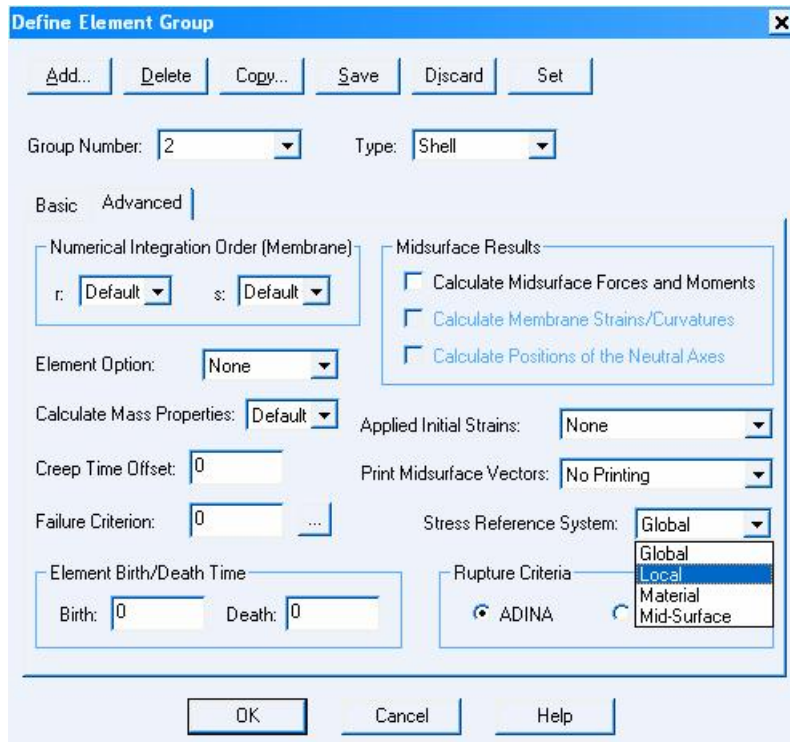


图 5.2

## 6、Orthotropic Axes System (用于与初始应变轴或材料轴对齐的正交轴系)

**说明**：正交轴系需要用户自行定义，其实是由三个互相正交的向量组成，故只能是类似直角坐标的形式。

**用途**：只用于将初始应变轴或材料轴与所定义的正交轴系对齐，达到调整单元的初始应变轴或材料轴方向的目的。

**用法**：菜单 Model - Orthotropic Axes Systems - Define...，如图 6.1 所示，定义的方式很多，定义完成后，将几何的初始应变轴或材料轴与正交轴系对齐，即可调整几何上单元的初始应变轴或材料轴的方向：

菜单 Model - Orthotropic Axes Systems - Assign (Material) ...将面、体或单元集的材料轴与定义的正交轴系对齐，如图 6.2 所示。

菜单 Model - Orthotropic Axes Systems - Assign (Initial Strain) ...将面、体或单元集的初始应变轴与正交轴系对齐，如图 6.3 所示。

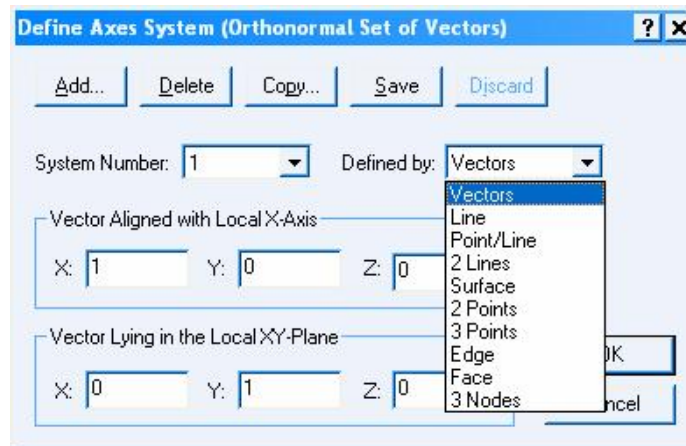


图 6.1

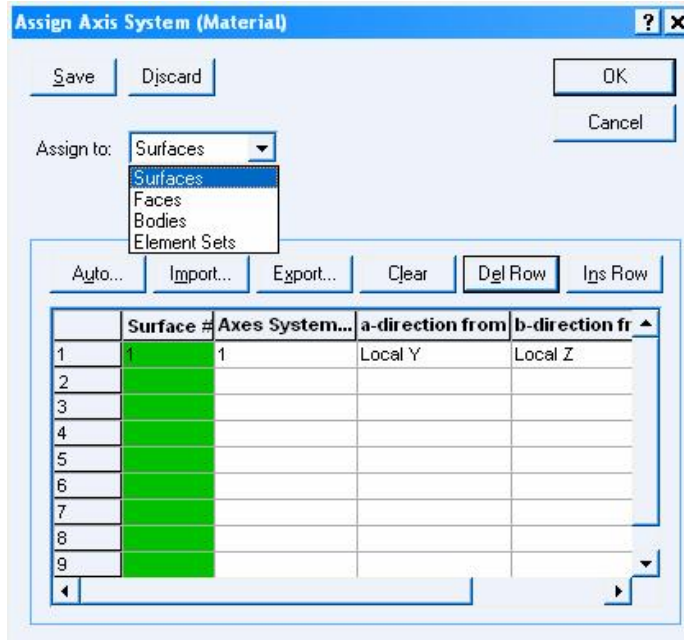


图 6.2

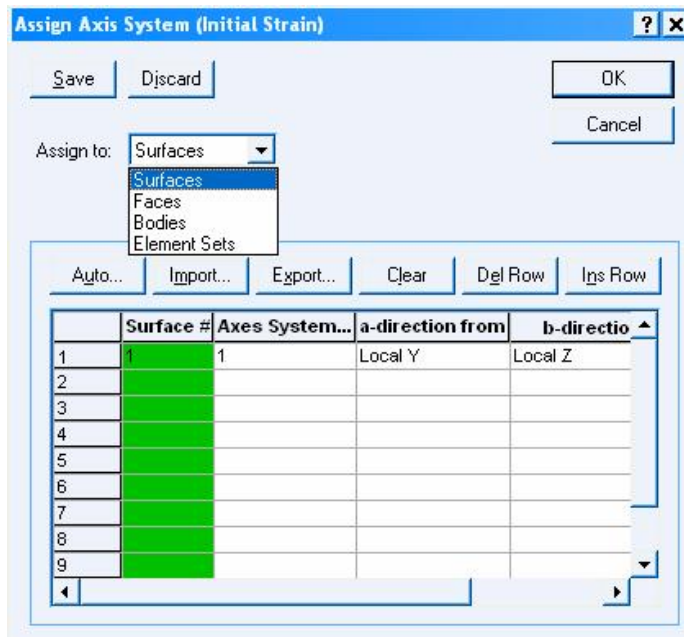


图 6.3

对于 2D、Plate、Shell 单元, (注意, 3D 单元不可以), 还可以用下面的方式定义正交轴并同时直接将单元的材料轴或初始应变轴与之对齐:

菜单 Model - Orthotropic Axes Systems - Specify to Elements (Material) ...

菜单 Model - Orthotropic Axes Systems - Specify to Elements (Initial Strain) ...

对于几何体, (几何面不可以), 也可以用另外的方式将该体的材料轴或初始应变轴与已经定义好的正交轴系对齐:

菜单 Model - Element Properties - 3D-Solid..., 如图 6.4 所示。



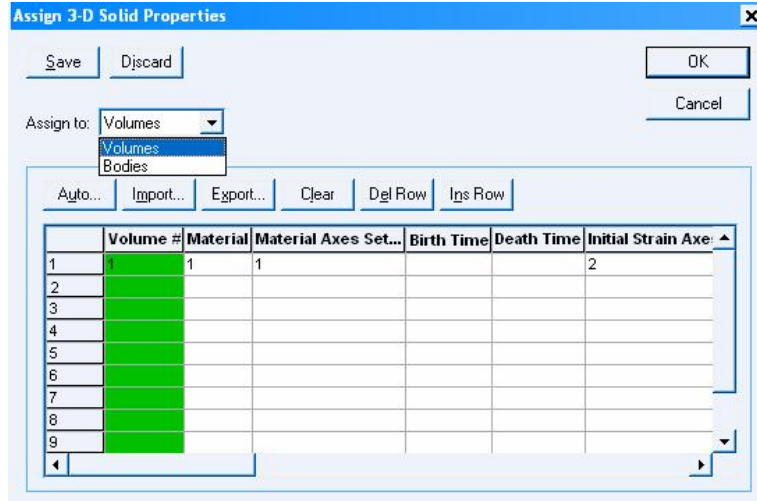



图 6.4

**注意：**正交轴系的三个坐标轴的标示为 Local X、Local Y、Local Z。初始应变轴或材料轴三个坐标轴的标示为 a、b、c。

## 7 Initial Strain Axes( 初始应变轴 )

**说明：**初始应变轴依附于每个单元，ADINA 中已经默认存在，如图 7.1 所示，但多数情况下需要与定义的 Orthotropic Axes System 对齐，以调整初始应变轴的方向。

**用途：**定义初始应变（或以初始应变方式所加的初始应力）的施加方向。

**用法：**只有在定义单元组中选择了有初始应变，如图 7.2 所示，将 Applied Initial Strains 选择为 Nodal Only（或 Element Only 或 Nodal and Element），这时，才可以显示单元的初始应变轴，菜单 Display - Geometry/Mesh Plot - Modify...（或直接点击图标），点击 Element Depiction...，在弹出的 Define Element Depiction 窗口中的 Local System Triad 栏下，选中 Display Local System Triad，Type 选择为 Initial Strain Axes，点击 OK 两次即可显示单元的初始应变轴。

**注意：**默认情况下，单元的初始应变轴与单元坐标系不一定对齐，默认的各个单元初始应变轴的方向与单元形状有关，也不一定与整体坐标系对齐。一般来说，用于计算的初始应力场取自于前次计算结果的整体坐标系，而作为本次计算初始应力时，是施加于初始应变轴的方向，故要判断是否要对初始应变轴的方向进行调整：

对于平面问题，初始应力场列出的顺序为 (YY、ZZ、XX、YZ、XY、XZ)，显示各单元的初始应变轴，查看各单元初始应变轴的 a、b 的正方向是否与整体坐标的 Y、Z 的正方向分别对齐，若对齐，则不需调整，若没有对齐，则应进行调整。

对于三维情况，初始应力场列出的顺序为 (XX、YY、ZZ、XY、XZ、YZ)，显示各单元的初始应变轴，查看各单元初始应变轴的 a、b、c 的正方向是否与整体坐标的 X、Y、Z 的正方向分别对齐，若对齐，则不需调整，若没有对齐，则应进行调整。

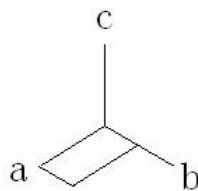


图 7.1

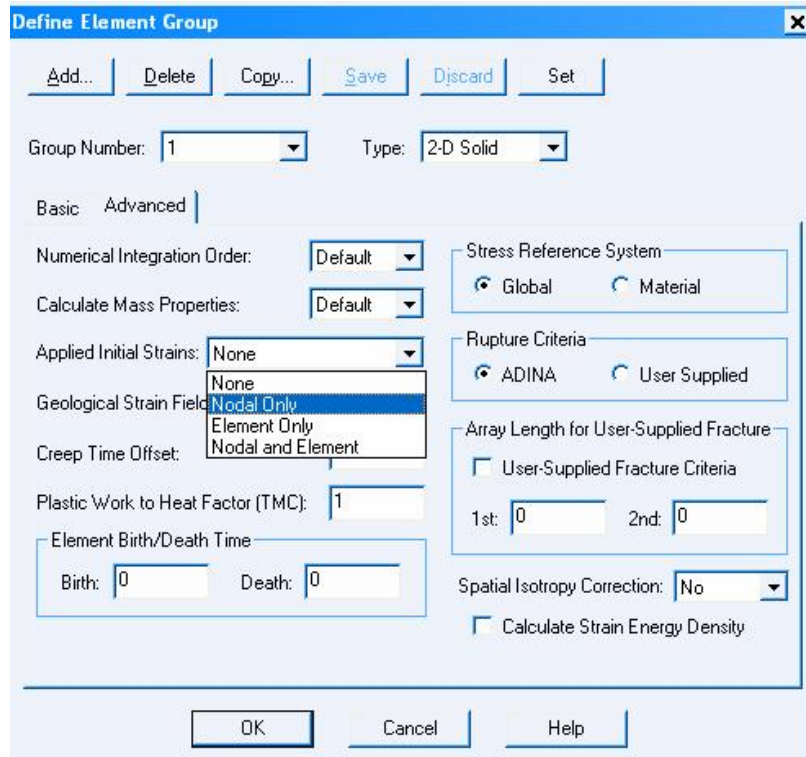



图 7.2

## 8、Material Axes (材料轴)

**说明：**材料轴依附于每个单元，ADINA 中已经默认存在，如图 8.1 所示，但多数情况下需要与定义的 Orthotropic Axes System 对齐，以调整材料轴的方向。

**用途：**定义正交各向异性材料的正交方向。

**用法：**只有在定义单元组时选择了正交各向异性材料，如 Elastic-Orthotropic、Plastic-Orthotropic、Thermo-Orthotropic 等材料时，才可以显示单元的材料轴，菜单 Display - Geometry/Mesh Plot - Modify... (或直接点击图标)，点击 Element Depiction...，在弹出的 Define Element Depiction 窗口中的 Local System Triad 栏下，选中 Display Local System Triad，Type 选择为 Material Axes，点击 OK 两次即可显示单元的材料轴。

**注意：**默认情况下，单元的材料轴与单元坐标系不一定对齐，默认的各个单元的材料轴的方向与单元形状有关，也不一定与整体坐标系对齐。

定义并使用各向异性材料时应注意，对于平面问题，材料轴的 a-b 平面指的是整体坐标系的 YZ 平面，轴 a、b 的具体方向根据需要进行调整。

对于使用了各向异性材料的单元组，其应力的输出的参考轴可以为材料轴（默认为 Global），如图 8.2、8.3 所示分别设定 2D-Solid 单元组、Shell 单元组的应力参考系为材料轴。（注意：对于没有使用各向异性材料的单元组，该选择不起作用，均为 Global）。后处理中，STRESS(ABC)及 STRAIN(ABC)即是基于材料轴的结果，而这时，整体坐标系的 STRESS(XYZ)、STRAIN(XYZ)将不会输出。另外，材料轴中不会有位移结果，注意区别于 Skew System 中的位移结果（标号为 A、B、C）。



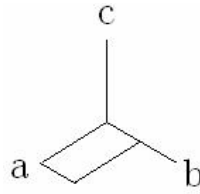


图 8.1

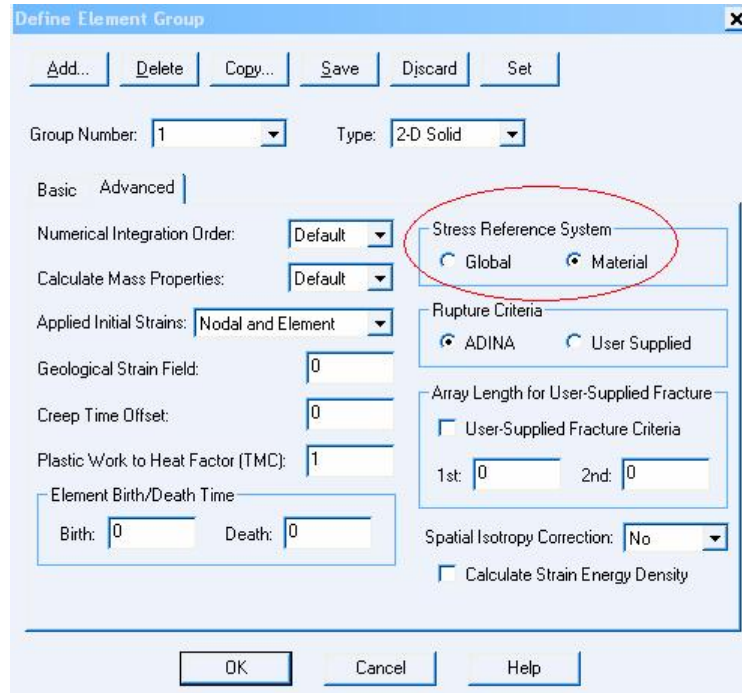


图 8.2

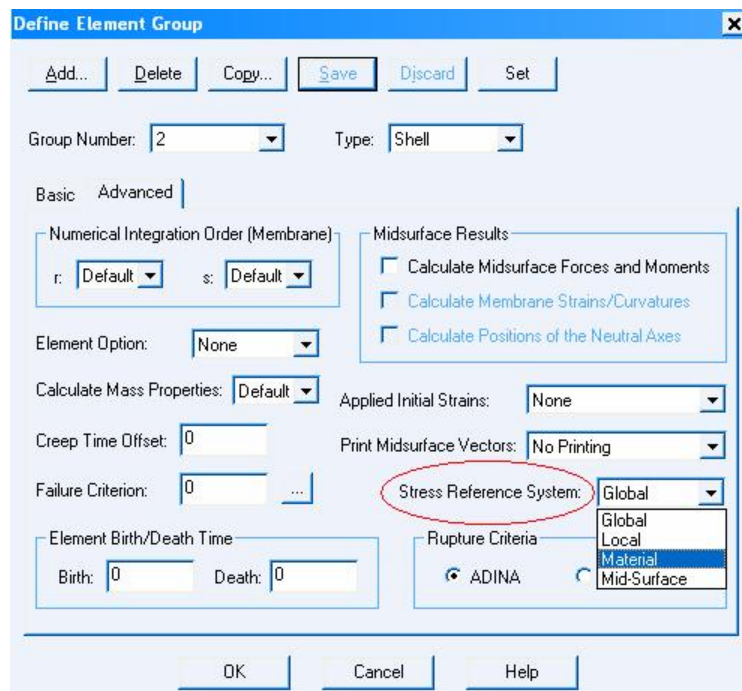




图 8.3


## 9、Result Transformation System (结果转换坐标系)

**说明：**该坐标系，如图 9.1 所示，默认时为整体坐标系，需要用户自行定义所需的坐标系。可以有直角坐标、柱坐标、球坐标三种形式，上述<2、Local Coordinate System>中的局部坐标系可以用作结果转换坐标系。

**用途：**用于后处理中，转换整体坐标系中的应力、应变结果到结果转换坐标系。

**用法：**后处理中，菜单 Display - Band Plot - Create...(或图标)，点击 Create Band Plot 窗口中 Result Control 项右侧的 ... 按钮，进入 Define Result Control Depiction 窗口，点击该窗口中 Coordinate System 项右侧的 ... 按钮，进入 Define Coordinate System 对话框。或者，菜单 Display - Band Plot - Modify...(或图标)，点击 Modify Band Plot 窗口中的 Result Control...按钮，依次即可进入 Define Coordinate System 对话框，如图 9.2 所示。该坐标系的定义方法与<2、Local Coordinate System>中的局部坐标系的定义方法完全相同。定义完成后，可在 Define Result Control Depiction 窗口选择所用的结果转换坐标系（默认为 0，即整体坐标系）。

另外，可以将前处理中所定义的局部坐标系，见<2、Local Coordinate System>所述，用作后处理中的结果转换坐标系，但要在进行后处理时，先将模型的 .idb 文件打开，再打开 .por 文件。

**结果转换坐标系的显示：**后处理中，菜单 Display - Geometry/Mesh Plot - Modify...(或直接点击图标)，点击 Element Depiction...，在弹出的 Define Element Depiction 窗口中的 Local System Triad 栏下，选中 Display Local System Triad，Type 选择为 Result Transformation System，点击 OK 两次即可显示各个单元的结果转换坐标系。注意，前处理中，结果转换坐标系也可以显示，方法与上同，但只能显示其所默认的 0 坐标系。

**注意：**后处理中，STRESS ( 123 ) STRAIN ( 123 ) 即为结果转换坐标系中的结果，结果转换坐标系中不会有位移结果。

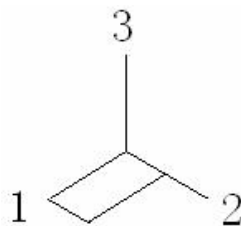


图 9.1

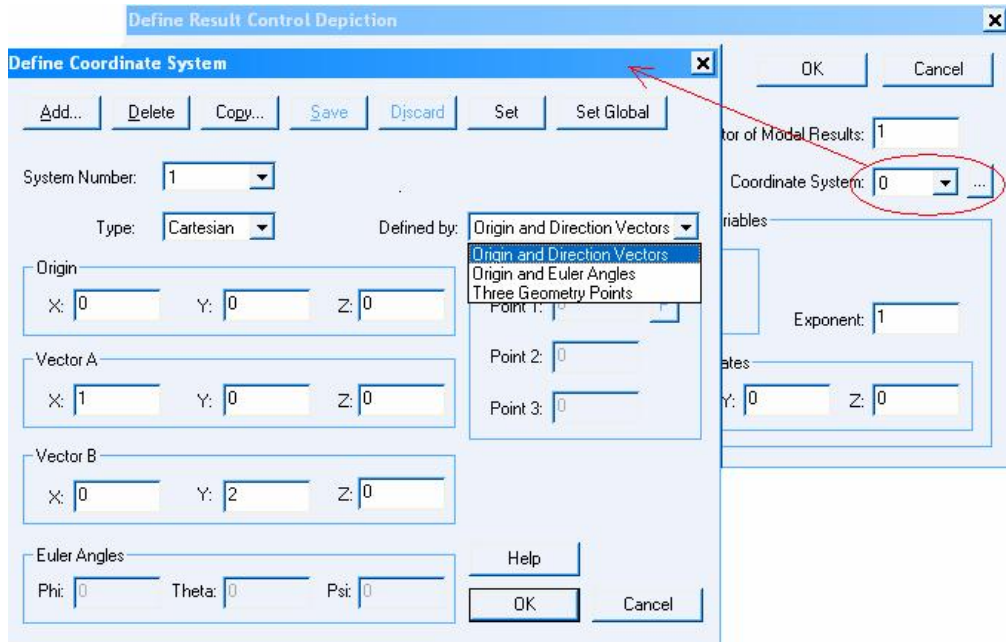


图 9.2

附： $STRESS(IJK)$  的意义：

$IJK$  方向不代表某一坐标系，当一些单元的应力是在整体坐标系中输出时， $STRESS(IJK)$  应力分量等于整体坐标系中的应力分量；当一些单元的应力是在等参坐标系中输出时， $STRESS(IJK)$  应力分量等于等参坐标系中的应力分量；当一些单元的应力是在材料坐标系中输出时， $STRESS(IJK)$  应力分量等于材料坐标系中的应力分量。 $STRESS(IJK)$  主要用于一些结果不变量（即不依赖于坐标系的方向）的计算，比如， $EFFECTIVE\_STRESS$  就是用  $STRESS - II$ 、 $STRESS - JJ$  等来定义的。（《理论手册》P712）