

PhiPsi 程序内部变量说明

1 常用常量

表 1 给出了 PhiPsi 程序中的常用常数（浮点数）说明，*Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Float_Type*。

表 1 PhiPsi 源程序常量说明

变量名	变量说明
<i>ZR</i>	0.0
<i>pi</i>	3.14159265358979323846264
<i>Cn_H</i>	$1.0 \cdot 10^2$
<i>Cn_K</i>	$1.0 \cdot 10^3$
<i>Cn_M</i>	$1.0 \cdot 10^6$
<i>Cn_G</i>	$1.0 \cdot 10^9$
<i>HLF</i>	0.5
<i>ONE</i>	1.0
<i>TWO</i>	2.0
<i>THR</i>	3.0
<i>FOU</i>	4.0
<i>FIV</i>	5.0
<i>SIX</i>	6.0
<i>SEV</i>	7.0
<i>EIG</i>	8.0
<i>NIN</i>	9.0
<i>TEN</i>	10.0
<i>ZP1~ZP9</i>	0.1~0.9
<i>ZPZ1</i>	0.01
<i>ZPZZ1</i>	0.001
<i>ZPZZZ1</i>	0.0001
<i>ZP25</i>	0.25
<i>ONEP5</i>	1.5
<i>Time_year</i>	$365.0 \cdot 30.416 \cdot 24.0 \cdot 3600.0$
<i>Time_month</i>	$30.416 \cdot 24.0 \cdot 3600.0$
<i>Time_week</i>	$7.0 \cdot 24.0 \cdot 3600.0$
<i>Time_day</i>	$24.0 \cdot 3600.0$
<i>Time_hour</i>	3600.0
<i>Time_min</i>	60.0
<i>Tol_8</i>	$1.0 \cdot 10^{-8}$
<i>Tol_10</i>	$1.0 \cdot 10^{-10}$

<i>Tol_12</i>	1.0*10 ⁻¹²
<i>Tol_20</i>	1.0*10 ⁻²⁰
<i>Tol_30</i>	1.0*10 ⁻³⁰
<i>Con_30</i>	30.0
<i>Con_90</i>	90.0
<i>Con_180</i>	180.0
<i>Con_240</i>	240.0
<i>Con_270</i>	270.0
<i>Con_360</i>	360.0

2 全局公共变量

表 2 给出了 PhiPsi 程序通用公共变量说明，所有子程序均需引用该公共数据模块，*Module_Global.f*中对应的模块名为 *Global_Common*。

表 2 PhiPsi 源程序通用公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Factor_Propagation</i>	裂缝扩展步长因子，即裂缝扩展步长= <i>Factor_Propagation</i> *单元特征长度
<i>Key_Propa_Type</i>	裂缝扩展类型：=1，固定步长；=2，实际步长（用于疲劳分析和动态分析）
<i>Delta_Factor_Edge</i>	程序内部控制参量：偏移量控制参数（边缘裂缝的偏置量），默认值为 0.001（即 0.001*单元特征长度）
<i>Delta_Factor_Aper</i>	程序内部控制参量：偏移量控制参数（计算点的偏置量），用于计算裂缝开度，默认值为 0.0001（即 0.0001*单元特征长度）
<i>Delta_Factor_Junc</i>	程序内部控制参量：偏移量控制参数，Junction 处的计算点需要偏移微小量，若不进行偏置，则 Junction 交叉裂缝处的开度计算不准确，默认值为 0.001（即 0.001*单元特征长度）
<i>Key_Heaviside_Value</i>	Heaviside 增强函数的值：= -1，则为(1, -1)；= 0，则为(1, 0)
<i>Num_Gauss_Points</i>	增强单元的高斯积分点数目，默认 64，不能取奇数（如 9×9=81），最大为 900
<i>Num_Substeps</i>	载荷子步数
<i>Key_Integral_Sol</i>	积分方案
<i>Num_Sub_Quads</i>	子四边形剖分积分方案的四边形数目（ <i>Key_Integral_Sol</i> =3 时设置），默认 16，注意不能取奇数
<i>Num_Gau_Points_3D</i>	增强单元的高斯积分点数目（3D 问题）
<i>Num_Gauss_P_FEM</i>	常规单元的高斯积分点数目
<i>Num_Gauss_P_FEM_3D</i>	常规单元的高斯积分点数目（3D 问题）
<i>Num_Gauss_P_Inc</i>	夹杂问题增强单元的高斯积分点数目
<i>Key_Propagation</i>	是否允许裂缝扩展，见关键字手册（附录 N）
<i>Material_Type</i>	材料类型，见关键字手册（附录 N）
<i>Material_Para</i>	材料参数，见关键字手册（附录 N）
<i>Key_SLOE</i>	线性方程组求解方法，见关键字手册（附录 N）
<i>Key_Data_Format</i>	数据存储格式，见关键字手册（附录 N）
<i>Key_Dimension</i>	问题的维数，见关键字手册（附录 N）

<i>Key_Contact</i>	是否考虑接触，见关键字手册（附录 N）
--------------------	---------------------

3 模型相关变量

表 3 给出了模型相关公共变量说明，*Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Model*。

表 3 PhiPsi 源程序模型相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Num_Node</i>	节点数目
<i>Num_Elem</i>	单元数目
<i>num_of_Material</i>	材料类型数目
<i>Num_Bou_x</i>	<i>x</i> 方向自由度约束数目
<i>Num_Bou_y</i>	<i>y</i> 方向自由度约束数目
<i>Num_Bou_z</i>	<i>z</i> 方向自由度约束数目
<i>Num_Foc_x</i>	施加在节点上的 <i>x</i> 方向载荷数目
<i>Num_Foc_y</i>	施加在节点上的 <i>y</i> 方向载荷数目
<i>Num_Foc_z</i>	施加在节点上的 <i>z</i> 方向载荷数目
<i>Min_X_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>x</i> 坐标最小值)
<i>Max_X_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>x</i> 坐标最大值)
<i>Min_Y_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>y</i> 坐标最小值)
<i>Max_Y_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>y</i> 坐标最大值)
<i>Min_Z_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>z</i> 坐标最小值)
<i>Max_Z_Coor</i>	模型坐标范围 (<i>z</i> 坐标最大值)
<i>Elem_Node(Num_Elem,4)</i>	每个单元的四个节点编号
<i>Node_Elements(Num_Node,8)</i>	每个节点周围的单元编号，假设一个节点周围最多有 8 个单元
<i>num_Node_Elements(Num_Node)</i>	每个节点周围的单元个数
<i>Ele_Elements(Num_Elem,15)</i>	每个单元周围的单元编号，假设一个单元周围最多有 15 个单元（包含自身单元）
<i>num_Ele_Eles(Num_Elem)</i>	每个单元周围的单元个数
<i>Max_Diff_Elem_Num</i>	单元节点最大编号差
<i>Max_Half_Band_Width</i>	按照公式计算出的最大半带宽，节点自由度数*(单元节点最大编号差+1)
<i>Elem_Centroid(Num_Elem,2)</i>	各个单元的质心坐标
<i>Ele_yes_FEM_asemd(Num_Elem)</i>	用于标记单元的 FEM 刚度是否已经组集到总刚中
<i>EleGaus_yes_FEM_asemd(Num_Elem, Num_Gauss_Points)</i>	用于标记单元高斯点的 FEM 刚度是否已经组集到总刚中
<i>Total_FD</i>	总自由度数目
<i>Usual_Freedom</i>	常规自由度数目
<i>Enrich_Freedom</i>	增强自由度数目
<i>num_GP_Elem(Num_Elem)</i>	每个单元的 Gauss 点数目

<i>Ele_GP_Start_Num(Num_Elem)</i>	每个单元的 Gauss 点起始编号
<i>Gauss_CoorX(Total_Num_G_P)</i>	全部高斯点的 x 坐标, 其中 <i>Total_Num_G_P</i> 表示总 Gauss 点数目
<i>Gauss_CoorY(Total_Num_G_P)</i>	全部高斯点的 y 坐标, 其中 <i>Total_Num_G_P</i> 表示总 Gauss 点数目
<i>Key_Fracture_Zone</i>	是否定义矩形破裂区: 若定义, 则仅允许裂缝在该范围内扩展; 若未定义, 则允许裂缝在全模型内扩展
<i>Frac_Zone_MinX</i>	破裂区的 x 坐标范围, x 坐标最小值
<i>Frac_Zone_MaxX</i>	破裂区的 x 坐标范围, x 坐标最大值
<i>Frac_Zone_MinY</i>	破裂区的 y 坐标范围, y 坐标最小值
<i>Frac_Zone_MaxY</i>	破裂区的 y 坐标范围, y 坐标最大值
<i>Insitu_x</i>	模型的初始 x 方向地应力
<i>Insitu_y</i>	模型的初始 y 方向地应力
<i>num_CP_x_nodes</i>	节点耦合相关, x 方向自由度耦合的节点数
<i>num_CP_y_nodes</i>	节点耦合相关, y 方向自由度耦合的节点数
<i>CP_x_nodes(1: num_CP_x_nodes)</i>	要耦合的 x 方向自由度节点列表
<i>CP_y_nodes(1: num_CP_y_nodes)</i>	要耦合的 y 方向自由度节点列表
<i>x_max_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 x 坐标的范围, x 坐标最大值
<i>x_min_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 x 坐标的范围, x 坐标最小值
<i>y_max_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 y 坐标的范围, y 坐标最大值
<i>y_min_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 y 坐标的范围, y 坐标最小值
<i>z_max_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 z 坐标的范围, z 坐标最大值
<i>z_min_Elements(Num_Elem)</i>	每个单元 z 坐标的范围, z 坐标最小值

4 文件及文件名相关变量

表 4 给出了文件及文件名相关公共变量说明, *Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Filename*。

表 4 PhiPsi 源程序模型相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Filename</i>	输入输出文件的文件名
<i>Work_Directory</i>	输入输出文件所在的工作目录
<i>Full_Pathname</i>	输入输出文件的完整路径, <i>Full_Pathname = Work_Directory\Filename</i>
<i>Python_Directory</i>	Python 脚本所在目录

5 动态分析相关变量

表 5 给出了动态分析相关变量说明, *Module_Global.f* 中的模块名为

表 5 PhiPsi 源程序动态分析相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Num_Ivex</i>	施加有 <i>x</i> 方向初始速度的节点数目
<i>Num_Ivey</i>	施加有 <i>y</i> 方向初始速度的节点数目
<i>Num_Ivez</i>	施加有 <i>z</i> 方向初始速度的节点数目
<i>Ive_x(Num_Ivex,2)</i>	<i>x</i> 方向初始速度, <i>Ive_x(Num_Ivex,1)</i> 为节点号, <i>Ive_x(Num_Ivex,2)</i> 为速度值
<i>Ive_y(Num_Ivey,2)</i>	<i>y</i> 方向初始速度, <i>Ive_y(Num_Ivey,1)</i> 为节点号, <i>Ive_y(Num_Ivey,2)</i> 为速度值
<i>Ive_z(Num_Ivez,2)</i>	<i>z</i> 方向初始速度, <i>Ive_z(Num_Ivez,1)</i> 为节点号, <i>Ive_z(Num_Ivez,2)</i> 为速度值
<i>Num_Iacx</i>	施加有 <i>x</i> 方向初始加速度的节点数目
<i>Num_Iacy</i>	施加有 <i>y</i> 方向初始加速度的节点数目
<i>Num_Iacz</i>	施加有 <i>z</i> 方向初始加速度的节点数目
<i>Iac_x(Num_Iacx,2)</i>	<i>x</i> 方向初始加速度, <i>Iac_x(Num_Iacx,1)</i> 为节点号, <i>Iac_x(Num_Iacx,2)</i> 为加速度值
<i>Iac_y(Num_Iacy,2)</i>	<i>y</i> 方向初始加速度, <i>Iac_y(Num_Iacy,1)</i> 为节点号, <i>Iac_y(Num_Iacy,2)</i> 为加速度值
<i>Iac_z(Num_Iacz,2)</i>	<i>z</i> 方向初始加速度, <i>Iac_z(Num_Iacz,1)</i> 为节点号, <i>Iac_z(Num_Iacz,2)</i> 为加速度值
<i>IDy_Num_Iteras</i>	隐式动态分析总的迭代步数
<i>IDy_Num_force_Itr</i>	隐式动态分析施加有外载荷的迭代步数 (即 <i>EDy_Num_force_Itr</i> 个迭代步后不再施加外载荷)
<i>delt_time_NewMark</i>	Newmark 隐式时间积分时间增量
<i>Key_EQ</i>	是否是地震分析, 若是, 则需要读入地震加速度值
<i>EQ_Ac_Time_Gap</i>	地震加速度数据的时间间隔
<i>num_EQ_Accel</i>	地震加速度数据个数
<i>num_EQ_Ac_nodes</i>	施加有地震加速度载荷的节点数目
<i>EQ_Ac_nodes(1:5000)</i>	施加有地震加速度载荷的节点列表 (最多支持 5000 个节点)
<i>Factor_Prop_Dy</i>	动态分析允许的裂缝扩展步长因子上限
<i>EDy_Num_Iteras</i>	显式动态分析总的迭代步数
<i>EDy_Num_force_Itr</i>	显式动态分析施加有外载荷的迭代步数 (即 <i>EDy_Num_force_Itr</i> 个迭代步后不再施加外载荷)
<i>Delt_Time_Explicit</i>	显式动态分析时间增量
<i>Key_Mass_Lumped</i>	是否采用集中质量矩阵 (即对角质量矩阵, 默认开启)
<i>Explicit_time_inc</i>	显式动态分析最小时间步长, 由理论公式计算得到, 见 8.4.1 小节

6 裂缝相关变量

表6给出了裂缝相关变量说明, *Module_Global.f*中的模块名为 *Global_Crack*。

表 6 PhiPsi 源程序裂缝相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Max_Num_Cr</i>	程序允许的最大裂缝数目
<i>Max_Num_Cr_P</i>	每个裂缝最多包含的裂缝点数目
<i>Max_Num_Cr_CalP</i>	每条裂缝最多包含的计算点数目
<i>Max_Num_Seg_CalP</i>	每个裂缝片段最多包含计算点数目
<i>Max_Num_Cone_Cr</i>	每个裂缝最多与其他 <i>Max_Num_Cone_Cr</i> 条裂缝相连
<i>Max_Num_Hl</i>	允许的最大孔洞数目
<i>Crack_Coor(num_crack,Max_Num_Cr_P,2)</i>	各裂缝的裂缝点坐标(x, y); 例如, <i>Crack_Coor(3,4,1)</i> 表示 3 号裂缝 4 号裂缝点的 x 坐标, <i>Crack_Coor(3,4,2)</i> 表示 3 号裂缝 4 号裂缝点的 y 坐标
<i>Elem_Type(Num_Elem,num_crack)</i>	单元相对于裂缝的增强类型: =1, 裂尖增强单元; =2, Heaviside 增强单元(无裂缝点, 即该单元无裂缝片段拐点); =3, Heaviside 增强单元(含裂缝点, 即该单元包含裂缝片段拐点); =4, Junction 增强单元, 例如: 若 67 号单元相对于 2 号裂缝为裂尖增强单元, 则 <i>Elem_Type(67,2)=1</i>
<i>Enriched_Node_Type(Num_Node,num_crack)</i>	节点相对于裂缝的增强类型: =1, 裂尖增强节点; =2, Heaviside 增强节点; =3, Junction 增强节点, 例如: 78 号节点相对于 3 号裂缝为 Heaviside 增强节点, 则 <i>Enriched_Node_Type(78,3)=2</i>
<i>Crack_Tip_Type(num_crack,2)</i>	各裂缝两个裂尖的类型: =0, 普通裂尖; =1, Junction 裂尖; =-1, 扩展到模型边界并终止扩展的裂尖; =-2, 初始边缘裂缝位于模型外部的裂尖
<i>c_POS(Num_Node,num_Crack)</i>	裂缝增强节点的增强节点编号, 例如: 若 377 号节点相对于 5 号裂缝为增强节点, 则 <i>c_POS_Hl(377,5)</i> 储存对应的增强节点编号
<i>Hole_Coor(Max_Num_Hl,3)</i>	各圆形孔洞坐标(x, y, r), x, y 为圆心坐标, r 表示半径, 例如: <i>Hole_Coor(3,1)</i> 、 <i>Hole_Coor(3,2)</i> 、 <i>Hole_Coor(3,3)</i> 分别表示 3 号孔洞的圆形 x 坐标、圆形 y 坐标和半径
<i>Na_Crack_Coor(num_crack,Max_Num_Cr_P,2)</i>	各天然裂缝的裂缝点坐标, 例如, <i>Na_Crack_Coor(3,4,1)</i> 表示 3 号天然裂缝 4 号裂缝点的 x 坐标, <i>Na_Crack_Coor(3,4,2)</i> 表示 3 号天然裂缝 4 号裂缝点的 y 坐标
<i>Cr_First_Tip(num_crack,2)</i>	各裂缝的 1 号裂尖坐标
<i>Cr_Second_Tip(num_crack,2)</i>	各裂缝的 2 号裂尖坐标
<i>Cr_First_Tip_Ori(num_crack)</i>	各条裂缝的 1 号裂尖所在裂缝片段的倾角(单位为弧度)
<i>Cr_Second_Tip_Ori(num_crack)</i>	各条裂缝的 2 号裂尖所在裂缝片段的倾角(单位为弧度)
<i>num_Crack</i>	当前载荷步的裂缝数目
<i>num_Hole</i>	孔洞数目

<i>Each_Cr_Poi_Num(num_crack)</i>	每个裂缝对应的裂缝点数
<i>num_Na_Crack</i>	天然裂缝数目
<i>Key_Na_Crack_Type</i>	天然裂缝的类型：1-摩擦裂缝；2-胶结裂缝
<i>Key_NaCr_Friction</i>	天然裂缝之摩擦裂缝是否考虑摩擦效应，若考虑则初始时刻所有天然裂缝即参与摩擦计算
<i>Each_Na_Cr_Poi_Num(Max_Num_Cr)</i>	每个天然裂缝对应的裂缝点数
<i>Node_Jun_elem(Num_Node, num_crack)</i>	Junction 增强节点对应的 Junction 单元号，例如若 57 号节点相对于 3 号裂缝为 Junction 增强节点，则 <i>Node_Jun_elem(57, 3)</i> 表示对应的 Junction 单元号
<i>Jun_Ele_Negative_Cr_Num(Num_Elem, num_crack)</i>	Junction 增强单元对应的被动裂缝号，例如若 49 号单元相对于 2 号裂缝为 Junction 增强单元，则 <i>Jun_Ele_Negative_Cr_Num(49, 2)</i> 表示对应的被动裂缝号
<i>Elem_Type_HI(Num_Elem, num_Hole)</i>	孔洞增强单元类型，例如：若 5 号单元相对于 3 号孔洞为增强单元，则 <i>Elem_Type_HI(5,3)=1</i>
<i>Enriched_Node_Type_HI(Num_Node, num_Hole)</i>	孔洞增强节点类型，例如：若 117 号节点相对于 3 号孔洞为增强节点，则 <i>Enriched_Node_Type_HI(117,3)=1</i>
<i>c_POS_HI(Num_Node, num_Hole)</i>	孔洞增强节点的增强节点编号，例如：若 117 号节点相对于 3 号孔洞为增强节点，则 <i>c_POS_HI(117,3)</i> 储存对应的增强节点编号
<i>Coors_Element_Crack(Num_Elem, num_crack, 4)</i>	裂缝和单元边线的交点坐标（若单元包含裂尖，则 <i>Coors_Element_Crack</i> 也存储该裂尖坐标），例如：（1）若 5 号裂缝与 54 号单元相交于 A、B 两点，则 <i>Coors_Element_Crack(54,5,1:2)</i> 存储 A 点坐标， <i>Coors_Element_Crack(54,5,3:4)</i> 存储 B 点坐标；（2）7 号裂缝与 121 号单元相交于 A 点，且其 2 号裂尖 T 位于该单元内，则 <i>Coors_Element_Crack(121,7,1:2)</i> 存储 A 点坐标， <i>Coors_Element_Crack(121,7,3:4)</i> 存储 T 点坐标
<i>Coors_Tip(Num_Elem, 2)</i>	各单元内的裂尖坐标，注：PhiPsi 程序中，每个单元仅允许包含 1 个裂尖
<i>Coors_Vertex(Num_Elem, 2)</i>	各单元内的裂缝点坐标（不包含裂尖），注：PhiPsi 程序中，每个单元仅允许包含 1 个裂缝点
<i>Coors_Junction(Num_Elem, num_crack, 4)</i>	用于 Junction 增强单元，裂缝和单元边线的交点坐标以及 Junction 点坐标；例如：若 350 号单元相对于 3 号裂缝为 Junction 增强单元，则 <i>Coors_Junction(350,3,1:2)</i> 存储 3 号裂缝和 350 号单元交点坐标， <i>Coors_Junction(350,3,3:4)</i> 存储 Junction 点坐标
<i>x_cr_tip_nodes(num_crack, Num_Node)</i>	裂尖增强节点对应裂尖的 x 坐标，例如：若 85 号节点相对于 2 号裂缝为裂尖增强节点，则 <i>x_cr_tip_nodes(2,85)</i> 储存 2 号裂缝对应裂尖之 x 坐标
<i>y_cr_tip_nodes(num_crack, Num_Node)</i>	裂尖增强节点对应裂尖的 y 坐标，例如：若 85 号节点相对于 2 号裂缝为裂尖增强节点，则 <i>y_cr_tip_nodes(2,85)</i> 储存 2 号裂缝对应裂尖之 y 坐标
<i>Crack_Jun_CrNum(num_crack, 2)</i>	裂尖若是 Junction 裂尖，则存储对应的被动裂缝号，用于确定 Junction 裂缝连通关系，例如：6 号裂缝（主动裂缝）的

	2 号裂尖和 3 号裂缝（被动裂缝）形成 Junction 交汇，则 $Crack_Jun_CrNum(6,2)=3$
$Crack_Jun_Elem(num_crack,2)$	裂尖若是 Junction 裂尖，则存储对应的裂尖所在单元号，用于确定 Junction 裂缝连通关系，例如：6 号裂缝的 2 号裂尖为 Junction 裂尖，且该裂尖位于 231 号单元内，则 $Crack_Jun_Elem(6,2)=231$
n_h_Node	Heaviside 增强节点个数
n_t_Node	裂尖增强节点个数
n_j_Node	Junction 增强节点个数
n_hl_Node	孔洞增强节点个数
$Max_Num_Ele_CalP$	每个单元内最多允许存在的计算点（裂缝与单元边线的交点）数目（默认值为 5），PhiPsi 程序中实际值为 2
$Crack_Tip_Coor(num_crack,2,2)$	各裂缝的两个裂尖坐标
$Edge_Disposed_Crack(Max_Num_Cr,Max_Num_Cr_P,2)$	用于边缘裂缝的 Matlab 后处理显示
$Flag_Crack_Tip_Out_Mol(num_crack,2)$	用于标记裂缝的两个裂尖是否超出模型范围
$num_Tol_CalP_Water$	模型总的参与流固耦合计算的计算点数目（即水压驱动裂缝对应的）
$num_Tol_CalP_All$	模型总的计算点数目（所有裂缝）
$Cracks_CalP_Num(num_crack)$	各裂缝计算点个数
$Cracks_CalP_Coors(Num_crack,Max_Num_Cr_CalP,2)$	各裂缝计算点坐标
$Cracks_CalP_Orient(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点对应的裂缝方位
$Cracks_CalP_Seg(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点对应的裂缝片段号
$Cracks_CalP_Elem(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点所在单元号
$Cracks_CalP_Aper(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点开度
$Cracks_CalP_Pres(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点水压
$Cracks_CalP_Pgra(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点压力梯度
$Cracks_CalP_Velo(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点流速
$Cracks_CalP_Quan(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)$	各裂缝计算点流量
$Cracks_CalP_Type(Max_Num_Cr,Max_Num_Cr_CalP,2)$	各裂缝计算点的类型及与其关联的裂缝号： (1) 计算点类型，存储于 $Cracks_CalP_Type(i_C,i_CalP,1)$ ，=0，普通计算点；=1，裂缝 i_C 的裂尖 1 与另一裂缝 $other_C$ 的 Junction 共用计算点；=2，裂缝 i_C 的裂尖 2 与另一裂缝 $other_C$ 的 Junction 共用计算点；=3，裂缝 i_C 的中部某点

	与另一裂缝 <i>other_C</i> 的 Junction 共用计算点；=4，裂缝 <i>i_C</i> 的中部某点与另一裂缝 <i>other_C</i> 的十字交叉共用计算点；=5，裂缝 <i>i_C</i> 的裂尖不与其他裂缝相连的普通计算点 (2) 对应的裂缝号 <i>other_C</i> ，存储于 <i>Cracks_CalP_Type(i_C,i_CalP,2)</i> ，说明： <i>Cracks_CalP(i_C,i_CalP,1)</i> =5 时不需要该参数
<i>Cracks_GloNumCalP(num_crack,Max_Num_Cr_CalP)</i>	各裂缝各计算点的全局编号
<i>Cracks_LocalNumCalP(Max_Num_Cr*Max_Num_Cr_CalP,2)</i>	全局计算点对应的裂缝号和局部计算点号：参数 1，裂缝号；参数 2，局部计算点号
<i>Num_JunPair</i>	Junction 交汇点对的对数
<i>Cracks_JunPair(num_crack,2)</i>	Junction 点对应的计算点号（全局编号）：参数 1，对应被动裂缝的计算点号（从计算点号）；参数 2，对应主动裂缝的计算点号（主计算点号）
<i>Ele_NumCalP(num_elem)</i>	各单元内的计算点数
<i>Ele_CalPNum(num_elem,Max_Num_Ele_CalP)</i>	各单元内的计算点编号（全局编号）
<i>Conta_Integ_Point</i>	接触迭代的积分点数目
<i>Norm2_Contact_R_PSI_0</i>	接触迭代第一个迭代步的残差
<i>Cracks_HF_Ele_L(num_crack,Max_Num_Cr_CalP-1)</i>	每个水力压裂裂缝流体单元的长度
<i>Cracks_Cone_Num(num_crack)</i>	裂缝连通关系相关参数（仅在水力压裂时用到），每条裂缝直接相连的裂缝数目（包括裂尖相连和中部相连）
<i>Cracks_Cone_Cr(num_crack,Max_Num_Cone_Cr)</i>	每条裂缝直接相连的裂缝号（包括裂尖相连和中部相连）
<i>Cracks_Cone_NumTipCr(num_crack)</i>	每条裂缝有几个裂尖与其他裂缝联通，值为 1 或 2
<i>Cracks_Cone_TipCrNum(num_crack,2)</i>	每条裂缝的两个裂尖与其他裂缝的联通关系（具体的裂缝号）： <i>Cracks_Cone_TipCrNum(i_C,1)</i> 储存裂纹 <i>i_C</i> 裂尖 1 的联通裂纹号； <i>Cracks_Cone_TipCrNum(i_C,2)</i> 储存裂纹 <i>i_C</i> 裂尖 2 的联通裂纹号
<i>Cracks_Cone_TipJuEle(num_crack,2)</i>	与每条裂缝的两个裂尖直接相连的裂缝交叉点所在单元号
<i>Cracks_Cone_TipJuCor(num_crack,2,2)</i>	与每条裂缝的两个裂尖直接相连的裂缝交叉点坐标
<i>Cracks_Cone_NumMidCr(num_crack)</i>	与每条裂缝中部 Junction 相连的裂缝数目
<i>Cracks_Cone_MidCrNum(num_crack,Max_Num_Cone_Cr)</i>	与每条裂缝中部 Junction 相连的裂缝号
<i>Cracks_Cone_MidCrTip(num_crack,Max_Num_Cone_Cr)</i>	与每条裂缝中部 Junction 相连的裂缝对应裂尖号
<i>Cracks_Cone_MidJuEle(num_crack,Max_Num_Cone_Cr)</i>	每条裂缝中部 Junction 点所在单元号
<i>Cracks_Cone_MidJuCor(num_crack,Max_Num_Cone_Cr,2)</i>	每条裂缝中部 Junction 点坐标
<i>KI(num_crack,2)</i>	每条裂缝两个裂尖的 I 型应力强度因子 K_I
<i>KII(num_crack,2)</i>	每条裂缝两个裂尖的 II 型应力强度因子 K_{II}

<i>Cracks_HF_State(num_crack)</i>	每条裂缝是否被水驱动（水力压裂裂缝）：=0，无水；=1，有水
<i>Inj_Point_Loc(2)</i>	非对称水力压裂分析的注水点坐标
<i>CalP_num_InjP_Local</i>	全模型注水点对应的计算点号（局部编号），对于对称水力压裂，该编号等于1，所以对称水力压裂模型不需要该参数
<i>Cracks_Allow_Propa(num_crack)</i>	各条裂缝是否允许扩展
<i>Crack3D_Coor(num_crack,4,3)</i>	3D 裂缝各裂缝的坐标点，每个裂缝面由空间中的4个点组成，各点坐标为(x, y, z)
<i>Dis_Node_to_FS(num_Node,num_Crack)</i>	用于3D裂缝，各个节点距离各裂缝面的符号距离
<i>Yes_Node_PER_in_FS(num_Node,num_Crack)</i>	用于3D裂缝，各个节点到各个裂缝面的垂足（PER）是否在裂缝面上
<i>PER_Node_to_FS(num_Node,num_Crack)</i>	用于3D裂缝，各个节点到各个裂缝面的垂足坐标
<i>Vector_o_Orient(num_crack,3)</i>	用于3D裂缝，原点相对于各裂缝面的方位向量
<i>Sign_o_Orient(num_crack)</i>	用于3D裂缝，原点相对于各裂缝面方位的符号（正、负）
<i>Cr_Plane_Line_Center(num_crack,4,3)</i>	用于3D裂缝，裂缝面四条边线的中点，用于计算应力强度因子
<i>Cr_Plane_Normal_vector(num_crack,3)</i>	用于3D裂缝，裂缝面的外法线向量
<i>KI_3D(num_crack,4)</i>	用于3D裂缝，每个裂缝面4条边线中点的I型应力强度因子
<i>KII_3D(num_crack,4)</i>	用于3D裂缝，每个裂缝面4条边线中点的II型应力强度因子
<i>KIII_3D(num_crack,4)</i>	用于3D裂缝，每个裂缝面4条边线中点的III型应力强度因子

7 夹杂相关变量

表7给出了夹杂相关变量说明，*Module_Global.f*中的模块名为*Global_Inclusion*。

表7 PhiPsi 源程序夹杂相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Max_Num_Incl</i>	程序允许的最大夹杂数目
<i>Max_Num_Circ_Incl</i>	程序允许的圆形夹杂数目
<i>Max_Num_Poly_Incl</i>	程序允许的多边形夹杂数目
<i>Max_Num_Ellip_Incl</i>	程序允许的椭圆形夹杂数目
<i>Max_Num_Edges_Poly</i>	程序允许的每个多边形夹杂的最大边数
<i>num_Inclusion</i>	总的夹杂数目
<i>num_Circ_Incl</i>	圆形夹杂数目，圆形夹杂通过圆心坐标和半径定义
<i>num_Tri_Incl</i>	三角形夹杂数目，通过3个点的坐标定义
<i>num_Quad_Incl</i>	四边形夹杂数目，通过4个点的坐标定义

<i>num_Penta_Incl</i>	五边形夹杂数目, 通过 5 个点的坐标定义
<i>num_Poly_Incl</i>	多边形夹杂数目
<i>num_Ellip_Incl</i>	椭圆形夹杂数目
<i>Circ_Inclu_Coor(Max_Num_Circ_Incl,3)</i>	各圆形夹杂的位置及大小(x,y,r)
<i>Circ_Inclu_Mat_Num(Max_Num_Circ_Incl)</i>	各圆形夹杂对应的材料号
<i>Poly_Incl_Coor_x(Max_Num_Poly_Incl, Max_Num_Edges_Poly)</i>	各多边形夹杂的 x 坐标
<i>Poly_Incl_Coor_y(Max_Num_Poly_Incl, Max_Num_Edges_Poly)</i>	各多边形夹杂的 y 坐标
<i>Poly_Inclu_Edges_Num(Max_Num_Poly_Incl)</i>	各多边形夹杂的边数 (边数等于顶点数)
<i>Poly_Inclu_Mat_Num(Max_Num_Poly_Incl)</i>	各多边形夹杂的材料号
<i>Elem_Type_Incl(Num_Elem,num_Inclusion)</i>	用于标记夹杂增强单元, 例如: 若 90 号单元相对于 2 号夹杂为增强单元, 则 <i>Elem_Type_Incl(90,2)=1</i>
<i>Enriched_Node_Type_Incl(Num_Node, num_Inclusion)</i>	用于标记夹杂增强节点, 例如: 若 173 号节点相对于 3 号夹杂为增强节点, 则 <i>Enriched_Node_Type_Incl(173, 3)=1</i>
<i>c_POS_Incl(Num_Node,num_Inclusion)</i>	夹杂增强节点的增强节点编号, 例如: 若 56 号节点相对于 3 号夹杂为增强节点, 则 <i>c_POS_Incl(56,3)</i> 储存对应的增强节点编号

8 单元边长、面积和体积相关变量

表 8 给出了单元边长、面积和体积相关变量说明, *Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Elem_Area_Vol*。

表 8 PhiPsi 源程序单元边长、面积和体积相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Max_Elem_Area</i>	最大单元面积
<i>Min_Elem_Area</i>	最小单元面积
<i>Ave_Elem_Area</i>	平均单元面积
<i>Ave_Elem_L</i>	平均单元长度 (平均单元面积的开方根)
<i>Min_Ele_Edge_Length</i>	最小单元边长
<i>Max_Ele_Edge_Length</i>	最大单元边长
<i>Ave_Elem_Vol</i>	平均单元体积
<i>Max_Elem_Vo</i>	最大单元体积
<i>Min_Elem_Vol</i>	最小单元体积
<i>Max_Elem_Area_Enrich</i>	增强单元的最大单元面积
<i>Min_Elem_Area_Enrich</i>	增强单元的最小单元面积
<i>Ave_Elem_Area_Enrich</i>	增强单元的平均单元面积
<i>Ave_Elem_L_Enrich</i>	增强单元的平均单元长度
<i>Ave_Elem_Vol_Enrich</i>	增强单元的平均单元体积

9 材料参数相关变量

表 9 给出了材料参数相关变量说明，*Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Material*。

表 9 PhiPsi 源程序材料参数相关公共变量说明

变量名	变量说明
$D(\text{num_of_Material},3,3)$	各材料的应力应变关系矩阵
$S(\text{num_of_Material},3,3)$	各材料应力应变关系矩阵的逆矩阵
$St(\text{num_of_Material},2)$	各材料的抗拉强度, 说明: 对于各向同性材料, 仅 $St(\text{num_of_Material},1)$ 有效, 下同
$Sc(\text{num_of_Material},2)$	各材料的抗压强度
$T_Alpha(\text{num_of_Material})$	各材料的热膨胀系数
$KIc(\text{num_of_Material},2)$	各材料的断裂韧度
$E(\text{num_of_Material},3)$	各材料的弹性模量
$\nu(\text{num_of_Material},3)$	各材料的泊松比
$thick(\text{num_of_Material})$	各材料的模型厚度
$density(\text{num_of_Material})$	各材料的密度
$Lame_lambda(\text{num_of_Material})$	各材料的拉梅常数 λ
$Lame_mu(\text{num_of_Material})$	各材料的拉梅常数 μ

10 位移相关变量

表 10 给出了位移相关变量说明，*Module_Global.f*中的模块名为 *Global_DISP*。

表 10 PhiPsi 源程序位移相关公共变量说明

变量名	变量说明
$DISP(\text{Total_FD})$	节点 (包括增强节点) 位移向量
$DISP_x_Gauss(\text{Total_Num_G_P})$	高斯点 x 方向位移向量
$DISP_y_Gauss(\text{Total_Num_G_P})$	高斯点 y 方向位移向量
$DISP_z_Gauss(\text{Total_Num_G_P})$	高斯点 z 方向位移向量

11 水力压裂相关变量

表 11 给出了水力压裂相关变量说明，*Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_HF*。

表 11 PhiPsi 源程序水力压裂相关公共变量说明

变量名	变量说明
-----	------

<i>Max_Num_Frac</i>	程序允许的最大水力压裂破裂步数
<i>Key_HF_Conv_Crite</i>	迭代收敛准则：=1，仅通过裂缝开度判断；=2，通过裂缝开度和水压判断
<i>Num_Frac</i>	水力压裂破裂步数
<i>Viscosity</i>	压裂液粘度
<i>Viscosity_Par_m</i>	动态粘度指数 <i>m</i>
<i>Key_Visco_Type</i>	压裂液粘度计算方式，=1，粘度保持不变；=2，粘度随支撑剂的浓度变化
<i>Visco_Zoom_Factor</i>	动态粘度允许的最大粘度增大倍数（仅用于 <i>Key_Visco_Type</i> = 1 时）
<i>Key_Leakoff</i>	是否考虑压裂液的泄露
<i>Coeff_Leak</i>	Cater 泄露系数
<i>Max_MNR_Iter</i>	水力压裂分析各破裂步最大 Newton-Raphson（简称 N-R）迭代次数
<i>Max_Num_Lnsrch</i>	每个 N-R 迭代步最多执行的线搜索和回溯次数
<i>MNR_Tol</i>	水力压裂分析 N-R 迭代收敛容差
<i>Key_Symm_HF</i>	是否是对称水力压裂模型
<i>Type_of_HF</i>	水力压裂类型：=1，断裂韧度支配；=2，粘度支配
<i>Inject_Crack_Num</i>	包含注水点的注水裂缝号
<i>Inject_Q</i>	当前时刻的注水量
<i>Inject_Q_Time(200)</i>	注水曲线（时间-流量曲线）对应的各个时刻，最多 200 个数据点
<i>Inject_Q_Val(200)</i>	注水曲线（时间-流量曲线）各时刻对应的注水点流量值，最多 200 个数据点
<i>Counter_Num_iFrac</i>	水力压裂分析各破裂步结束时对应的总的 N-R 迭代次数

12 裂缝面接触相关变量

表 12 给出了裂缝面接触相关相关变量说明，*Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Contact*。

表 12 PhiPsi 源程序裂缝面接触相关公共变量说明

变量名	变量说明
<i>Elem_Conta_Sta(Num_Elem,num_Crack)</i>	当前接触迭代步每个单元的接触状态（相对于每条裂缝）：=0，未接触；=1，发生了接触；例如， <i>Elem_Conta_Sta(43,3)</i> =1 表示相对于 3 号裂缝面而言，43 号单元发生了接触（43 号单元为 3 号裂缝的增强单元）
<i>Elem_Conta_Sta_Last(Num_Elem,num_Crack)</i>	上一接触迭代步每个单元的接触状态（相对于每条裂缝）：=0，未接触；=1，发生了接触

13 应力相关变量

表 13 给出了应力相关变量说明, *Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_Stress*。

表 13 PhiPsi 源程序应力相关变量说明

变量名	变量说明
<i>Stress_xx_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>x</i> 方向应力
<i>Stress_yy_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>y</i> 方向应力
<i>Stress_zz_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>z</i> 方向应力
<i>Stress_xy_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>xy</i> 剪应力
<i>Stress_yz_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>yz</i> 剪应力
<i>Stress_xz_Node(num_Node)</i>	各节点 <i>xz</i> 剪应力
<i>Stress_vm_Node(num_Node)</i>	各节点 Von Mises 应力
<i>Stress_xx_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>x</i> 方向应力
<i>Stress_yy_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>y</i> 方向应力
<i>Stress_zz_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>z</i> 方向应力
<i>Stress_xy_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>xy</i> 剪应力
<i>Stress_yz_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>yz</i> 剪应力
<i>Stress_xz_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 <i>xz</i> 剪应力
<i>Stress_vm_Gauss(Total_Num_G_P)</i>	各高斯点 Von Mises 应力

14 后处理相关变量

表 14 给出了后处理相关变量说明, *Module_Global.f* 中的模块名为 *Global_POST*。

表 14 PhiPsi 源程序后处理相关变量说明

变量名	变量说明
<i>Key_Post_CS_G_Coor</i>	是否保存 Gauss 点坐标
<i>Key_Post_CS_G_Disp</i>	是否计算并保存 Gauss 点位移
<i>Key_Post_CS_G_Strs</i>	是否计算并保存 Gauss 点应力
<i>Key_Post_S_Dof_F</i>	是否保存各自由度的载荷值, 以便于后处理
<i>Key_Post_Cracked_Ele</i>	是否计算并保存破裂 (第三强度准则) 的单元, 根据主应力差确定 $\sigma_1 - \sigma_3 > Tol$
<i>Key_Post_S_TanDisp</i>	是否计算并保存裂缝的切向相对位移
<i>Tol_Stress_1_3</i>	是否满足 $\sigma_1 - \sigma_3 > Tol$ 中的 Tol 的值