湖南大學

HUNAN UNIVERSITY

有限元方法及应用大作业

作 业 题 目：楔形板的有限元分析

学 生 姓 名：余根锐

学 生 学 号：S230200240

任 课 教 师：王琥

目录

一、问题描述

本文以楔形板为例，进行模型的有限元程序的设计和分析。楔形板的模型如图 1-1 所示。根据工程实际考虑，楔形板的拉伸应力应变有限元分析可以在保证强度和使用范围的情况下尽可能的减轻材料重量和厚度，并对实际应用具有重要的参考价值。

如图 1-1 所示物体，长为 160mm，宽为 40mm，两端高为 40mm，中间高为 20mm，材料的弹性模量 $E = 210000Mpa$，泊松比 $\mu = 0.30$。楔形块左端固定，右端最高处施加 1 kN/m 的线载荷，如图 1-2 所示。运用等参元法对其进行有限元分析。

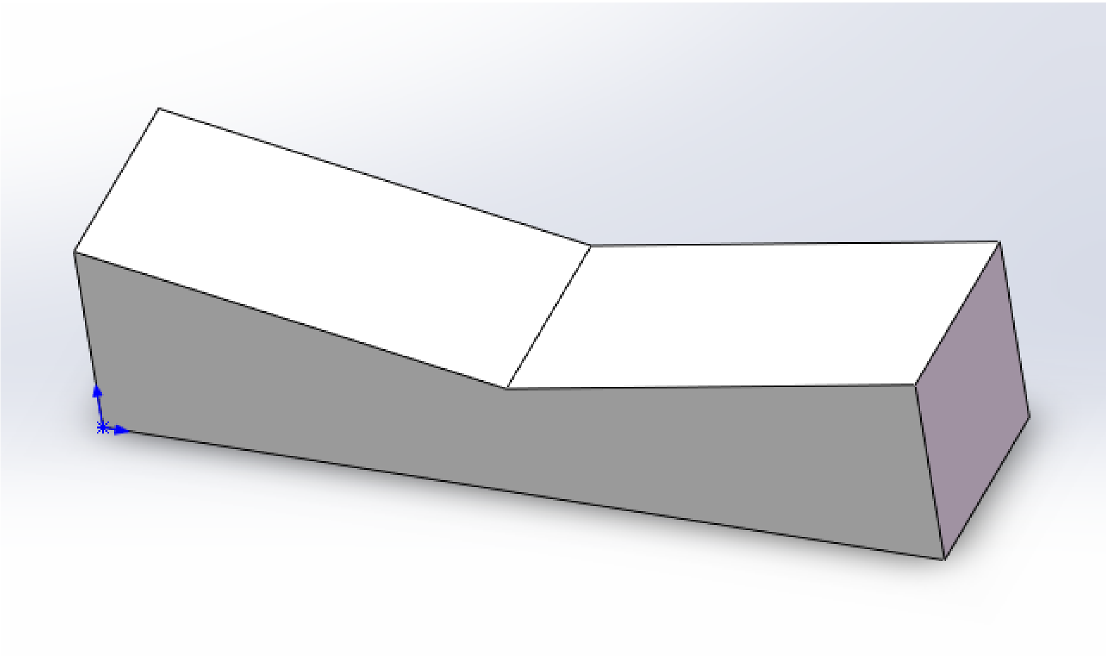


图 1-1 零件图

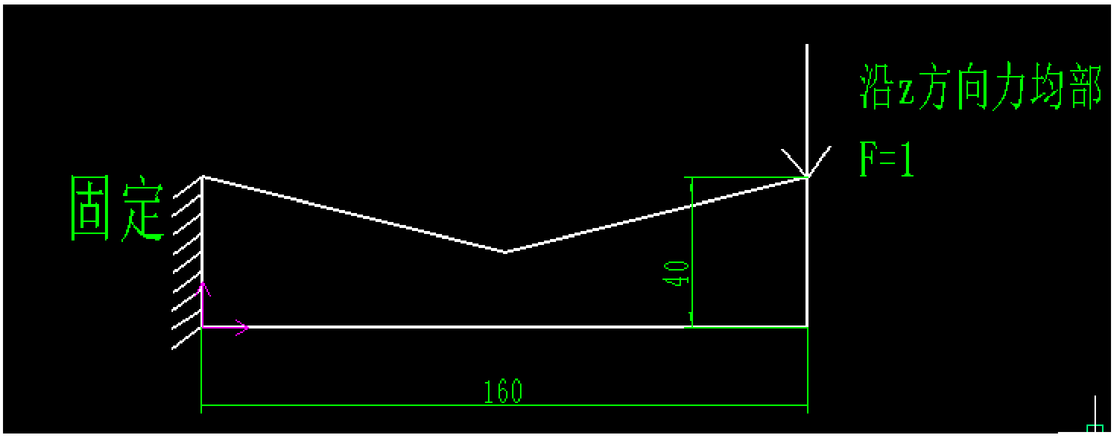
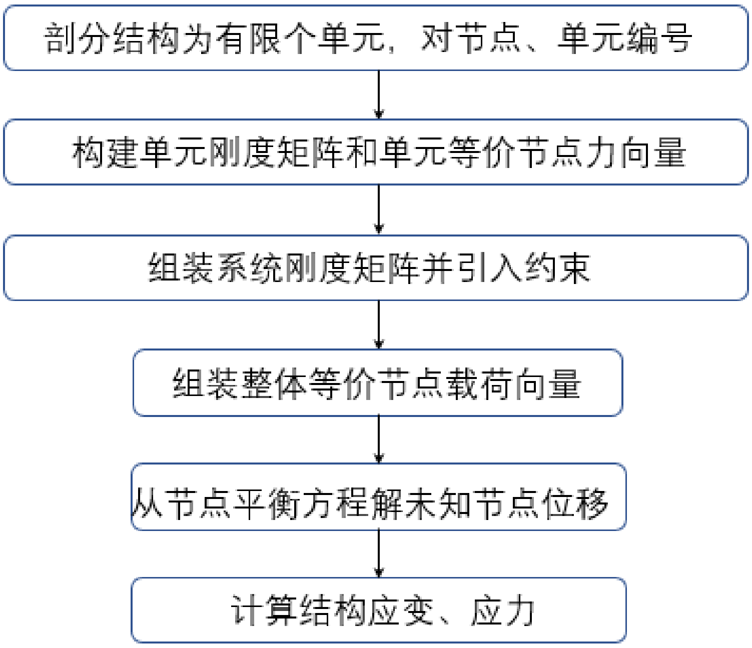


图 1-2 x-y 截面图，受力图

二、有限元方法流程



三、有限元编程分析

3.1 网格化分

利用 tecplot 软件对模型进行**前处理**划分网格后的模型情况如图 3-1 所示，网格单元为六面体单元，楔形板长为 160mm，宽为 40mm，两端高为 40mm，单元总数为$20\times8\times8=1280$个，每个单元有 8 个节点，节点总数为$21\times9\times9=1701$个，该系统每个节点的自由度数为 3，系统总自由度数为$3\times1701=5103$个。

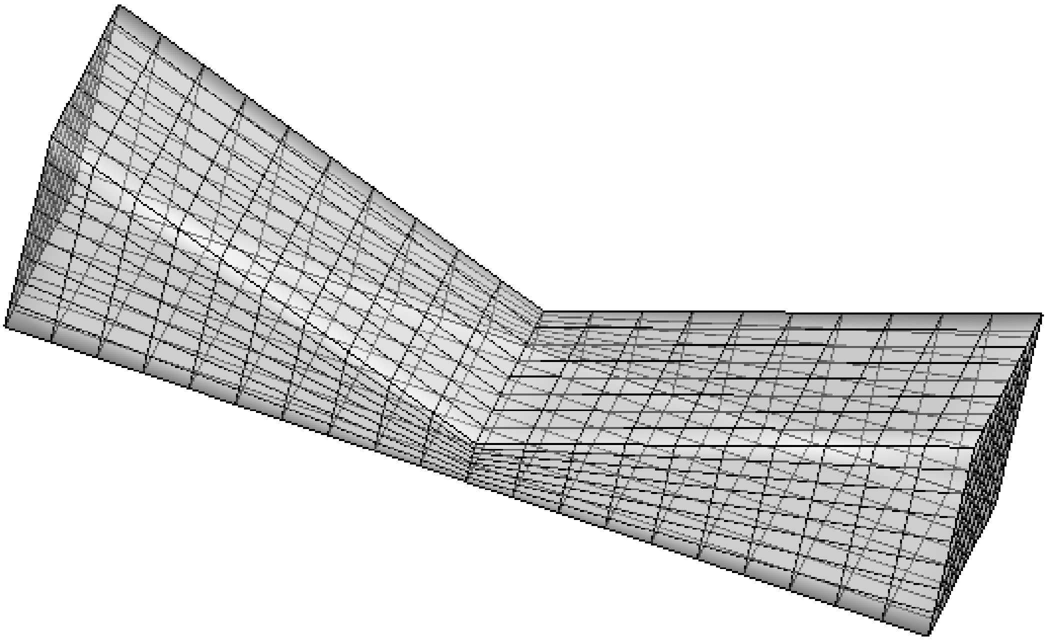


图 3-1 建模并划分网格图（tecplot 所绘）

```
%-------------------------------------------------------------------------
%前处理
%建立模型，网格划分
%-------------------------------------------------------------------------
ly=8;                          % X 轴的元素总量
lx=20;                         %Y 轴的元素总量
lz=8;                          %Z 轴的元素总量
lengthx=160;
lengthy=40;
lengthz=40;
nel=lx*ly*lz;                   %元素总量
nnel=8;                          %每个元素的节点数

%  定义材料
E=210000;                      %弹性模量 E
NU=0.3;                          %泊松比 μ
%-------------------------

grad=-0.4;                      %斜率
%-------------------------
%%节点坐标
%-------------------------
x0=[];
for k=1:lz+1
```

```
    for i=1:lx+1
        if i<=lx/2+1
                for j=1:ly+1
                x0=[x0; (i-1)*lengthx/lx(j-1)*(lengthy+(i-1)*lengthx*grad/lx)/ly(k-1)*
lengthz/lz];
                end
        else
                for j=1:ly+1
                    x0=[x0; (i-1)*lengthx/lx(j-1)*(lengthy+0.5*lengthx*grad-(i-lx/2-1)
*lengthx*grad/lx)/ly(k-1)*lengthz/lz ];
                end
        end
     end
end
%%节点编号
nodes=[];
for k=1:lz
    for i=1:lx
        for j=1:ly
          nodes=[nodes; (k-1)*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*(i-1)+j (k-
1)*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*i+j (k-1)*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*i+j+1 (k-
1)*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*(i-1)+j+1    k*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*(i-1)+j
k*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*i+j k*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*i+j+1
k*(lx+1)*(ly+1)+(ly+1)*(i-1)+j+1;];
        end
    end
end
%------------------------------------------------------------------
```

3.2 建立单元刚度矩阵并组建系统刚度矩阵

```
%----------------------------------------------------------------------
%%%计算单元刚度矩阵、刚度矩阵组装
%----------------------------------------------------------------------
K=sparse(3*(ly+1)*(lx+1)*(lz+1),3*(ly+1)*(lx+1)*(lz+1));%单元刚度矩阵
F=sparse(3*(ly+1)*(lx+1)*(lz+1),1);                      %系统载荷向量
disp=zeros(3*(ly+1)*(lx+1)*(lz+1),1);                    %定义位移矩阵
for ii0=1:nel                                            %读取各单元的节点编号

  xi1= x0(nodes(ii0,1),1);yi1=x0(nodes(ii0,1),2);zi1=x0(nodes(ii0,1),3);
  xi2=x0(nodes(ii0,2),1);yi2=x0(nodes(ii0,2),2);zi2=x0(nodes(ii0,2),3);
  xi3= x0(nodes(ii0,3),1);yi3=x0(nodes(ii0,3),2);zi3=x0(nodes(ii0,3),3);
  xi4= x0(nodes(ii0,4),1);yi4=x0(nodes(ii0,4),2);zi4=x0(nodes(ii0,4),3);
  xi5=x0(nodes(ii0,5),1);yi5=x0(nodes(ii0,5),2);zi5=x0(nodes(ii0,5),3);
```

```
  xi6= x0(nodes(ii0,6),1);yi6=x0(nodes(ii0,6),2);zi6=x0(nodes(ii0,6),3);
   xi7=x0(nodes(ii0,7),1);yi7=x0(nodes(ii0,7),2);zi7=x0(nodes(ii0,7),3);
  xi8= x0(nodes(ii0,8),1);yi8=x0(nodes(ii0,8),2);zi8=x0(nodes(ii0,8),3);

Loc=[xi1,yi1,zi1;xi2,yi2,zi2;xi3,yi3,zi3;xi4,yi4,zi4;xi5,yi5,zi5;xi6,yi6,zi6;xi7,yi7,zi7;
xi8,yi8,zi8;];
  %计算单元刚度
  [KE,B,D]=gangdujuzh(E,NU,Loc);
  edof=[3*nodes(ii0,1)-2,3*nodes(ii0,1)-1,3*nodes(ii0,1),3*nodes(ii0,2)-
2,3*nodes(ii0,2)-1,3*nodes(ii0,2),3*nodes(ii0,3)-2,3*nodes(ii0,3)-
1,3*nodes(ii0,3),3*nodes(ii0,4)-2,3*nodes(ii0,4)-1,3*nodes(ii0,4),3*nodes(ii0,5)-
2,3*nodes(ii0,5)-1,3*nodes(ii0,5),3*nodes(ii0,6)-2,3*nodes(ii0,6)-
1,3*nodes(ii0,6),3*nodes(ii0,7)-2,3*nodes(ii0,7)-1,3*nodes(ii0,7)    ,3*nodes(ii0,8)-
2,3*nodes(ii0,8)-1,3*nodes(ii0,8)];
  %%选出节点、自由度编号、并组装刚度矩阵
  K(edof,edof)=K(edof,edof)+KE;
end
%------------------------------------------------------------------------
```

3.3 加载边界条件及求解

根据模型实际工况加载恰当的边界条件及力。

```
%------------------------------------------------------------------
%        边界处理并求解：
%------------------------------------------------------------------
for i=1:lz+1
 F(3*(ly+1)*(lx+1)-1+(i-1)*3*(ly+1)*(lx+1),1) = -1000; %力
 end

alldofs= [1:3*(ly+1)*(lx+1)*(lz+1)];
for i=1:lz+1

fixeddofs= [1+(i-1)*3*(ly+1)*(lx+1):1:3*(ly+1)+(i-1)*3*(ly+1)*(lx+1)];%固定自由
度
end
```

3.4 计算解位移和应力

```
%-----------------------------------------------------------------------
% 计算解位移和应力
%-----------------------------------------------------------------------
%计算位移
```

```
freedofs= setdiff(alldofs,fixeddofs);
disp(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \ F(freedofs,:);
stresplt=zeros(3*(lx+1)*(ly+1)*(lz+1),1);
for ii0=1:nel
   xi1= x0(nodes(ii0,1),1);yi1=x0(nodes(ii0,1),2);zi1=x0(nodes(ii0,1),3);
   xi2=x0(nodes(ii0,2),1);yi2=x0(nodes(ii0,2),2);zi2=x0(nodes(ii0,2),3);
   xi3= x0(nodes(ii0,3),1);yi3=x0(nodes(ii0,3),2);zi3=x0(nodes(ii0,3),3);
   xi4= x0(nodes(ii0,4),1);yi4=x0(nodes(ii0,4),2);zi4=x0(nodes(ii0,4),3);
   xi5=x0(nodes(ii0,5),1);yi5=x0(nodes(ii0,5),2);zi5=x0(nodes(ii0,5),3);
   xi6= x0(nodes(ii0,6),1);yi6=x0(nodes(ii0,6),2);zi6=x0(nodes(ii0,6),3);
     xi7=x0(nodes(ii0,7),1);yi7=x0(nodes(ii0,7),2);zi7=x0(nodes(ii0,7),3);
   xi8= x0(nodes(ii0,8),1);yi8=x0(nodes(ii0,8),2);zi8=x0(nodes(ii0,8),3);

Loc=[xi1,yi1,zi1;xi2,yi2,zi2;xi3,yi3,zi3;xi4,yi4,zi4;xi5,yi5,zi5;xi6,yi6,zi6;xi7,yi7,zi7;
xi8,yi8,zi8;];
   [KE,B,D]=gangdujuzh(E,NU,Loc); %计算应变矩阵
   edof=[3*nodes(ii0,1)-2,3*nodes(ii0,1)-1,3*nodes(ii0,1),3*nodes(ii0,2)-
2,3*nodes(ii0,2)-1,3*nodes(ii0,2),3*nodes(ii0,3)-2,3*nodes(ii0,3)-
1,3*nodes(ii0,3),3*nodes(ii0,4)-2,3*nodes(ii0,4)-1,3*nodes(ii0,4),3*nodes(ii0,5)-
2,3*nodes(ii0,5)-1,3*nodes(ii0,5),3*nodes(ii0,6)-2,3*nodes(ii0,6)-
1,3*nodes(ii0,6)    ,3*nodes(ii0,7)-2,3*nodes(ii0,7)-1,3*nodes(ii0,7)    ,3*nodes(ii0,8)-
2,3*nodes(ii0,8)-1,3*nodes(ii0,8)];
   stresplt(edof,:)= stresplt(edof,:)+k*disp(edof,:);
     stress(ii0,:)=D*B*disp(edof,1);
     strain(ii0,:)=B*disp(edof,1);
end
```

3.5 输出结果到 plt 文件中

```
%-----------------------------------------------
%   输出结果到 plt 文件
%-----------------------------------------------
fid_out=fopen('Q8-result.plt','wt');
fprintf(fid_out,'TITLE="test case governed by poisson equation"\n');
fprintf(fid_out,'VARIABLES="x" "y" "z" "u" "v" "w" "s11"    "s22" "s33"\n');
fprintf(fid_out,'ZONE T="flow-field", N= %8d,E=%8d,ET=BRICK,
F=FEPOINT\n',nnode,nel);

for i=1:nnode
   fprintf(fid_out,'%10.10f,%10.10f,%10.10f,%10.10f,%10.10f,%10.10f,%10.10f\n',
x0(i,1), x0(i,2),x0(i,3), disp(3*i-2,1),    disp(3*i-1,1),disp(3*i,1),    stresplt(3*i-
2,1),stresplt(3*i-1,1),stresplt(3*i,1));
end
```

3.6 刚度矩阵和 B 矩阵计算

```
function [KE,B,D]=Stiffnesske(E,NU,Loc)

gsx=[-0.7745966692 0 0.7745966692];
gsw=[0.55555555556 0.888888888889 0.55555555556];
D=[1-NU NU NU 0 0 0;NU 1-NU NU 0 0 0;NU NU 1-NU 0 0 0;0 0 0 0.5-NU 0 0;0 0
0 0 0.5-NU 0;0 0 0 0 0 0.5-NU;];
D=D*(E/((1+NU)*(1-2*NU)));
KE=zeros(24,24);
for ii=1:3
    sx=gsx(ii);
    sw=gsw(ii);
    for jj=1:3
        nx=gsx(jj);
        nw=gsw(jj);
        for kk=1:3
            tx=gsx(kk);
            tw=gsw(kk);
            [BD,B,D]=BDcalc(sx,nx,tx,Loc,E,NU);
            KE=KE+sw*nw*tw*BD;
        end
    end
end
function [KE,B,D]=Stiffnesske(E,NU,Loc);

gsx=[-0.7745966692 0 0.7745966692];
gsw=[0.55555555556 0.888888888889 0.55555555556];
D=[1-NU NU NU 0 0 0;NU 1-NU NU 0 0 0;NU NU 1-NU 0 0 0;0 0 0 0.5-NU 0 0;0 0
0 0 0.5-NU 0;0 0 0 0 0 0.5-NU;];
D=D*(E/((1+NU)*(1-2*NU)));
KE=zeros(24,24);
for ii=1:3
    sx=gsx(ii);
    sw=gsw(ii);
    for jj=1:3
        nx=gsx(jj);
        nw=gsw(jj);
        for kk=1:3
            tx=gsx(kk);
            tw=gsw(kk);
            [BD,B,D]=BDcalc(sx,nx,tx,Loc,E,NU);
            KE=KE+sw*nw*tw*BD;
```

```
            end
        end
    end
```

四、后处理

对其模型离散划分网格，使用 tecplot 对 plt 格式文件做后处理。所得云图：

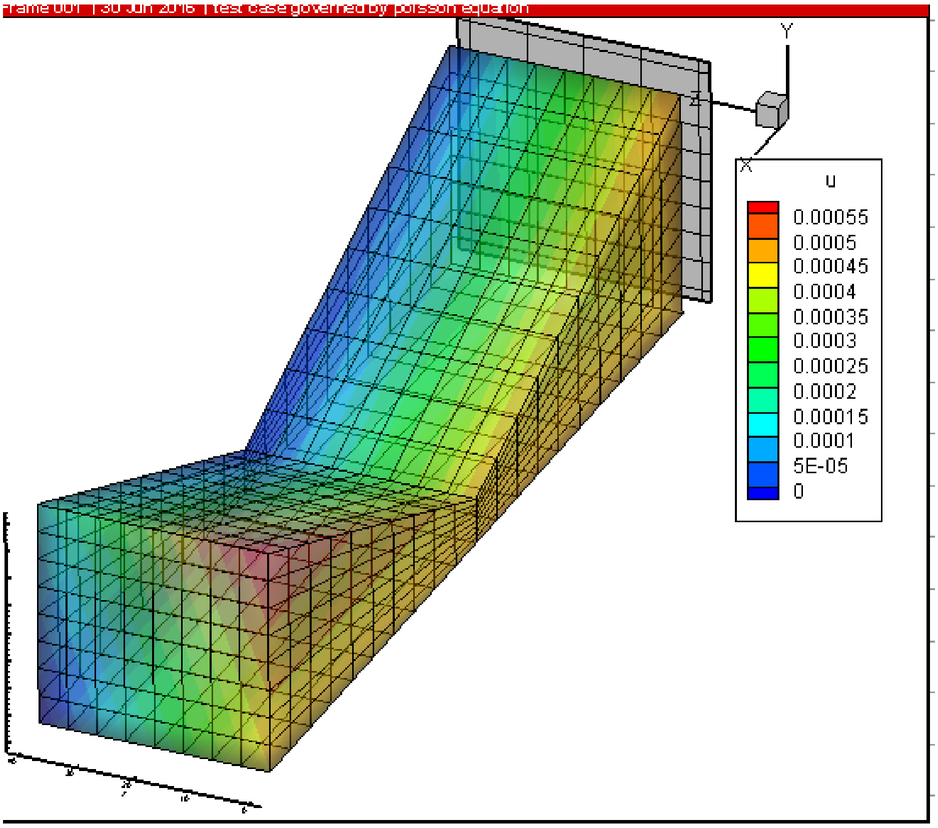


图 4-3　X 方向应变图

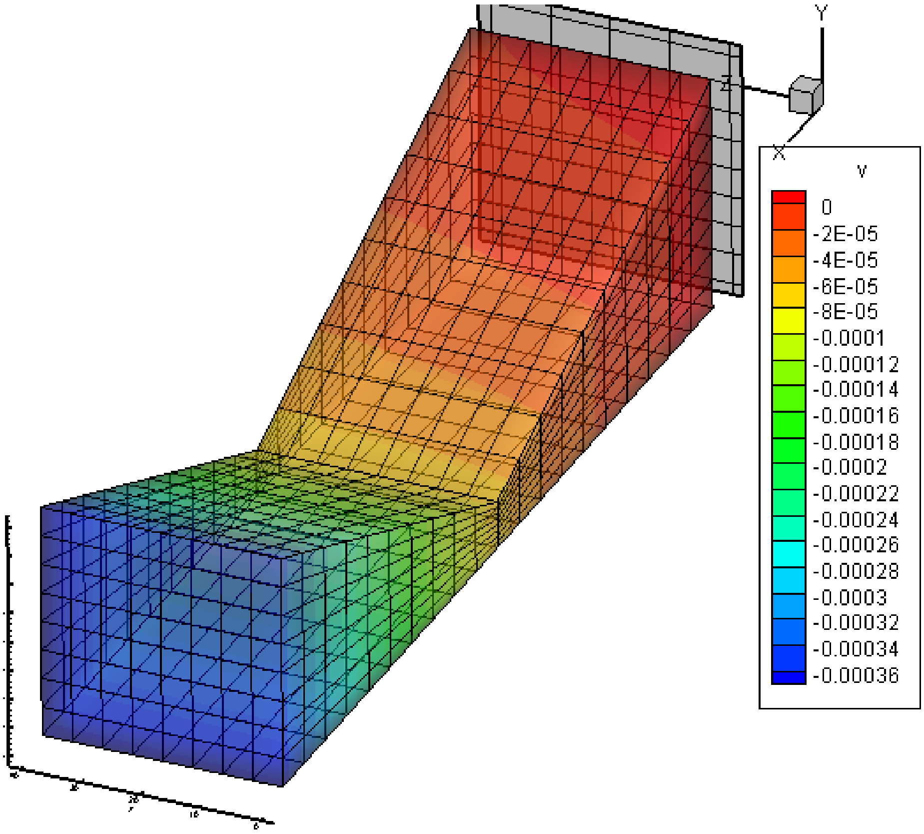


图 4-4　Y 方向应变图

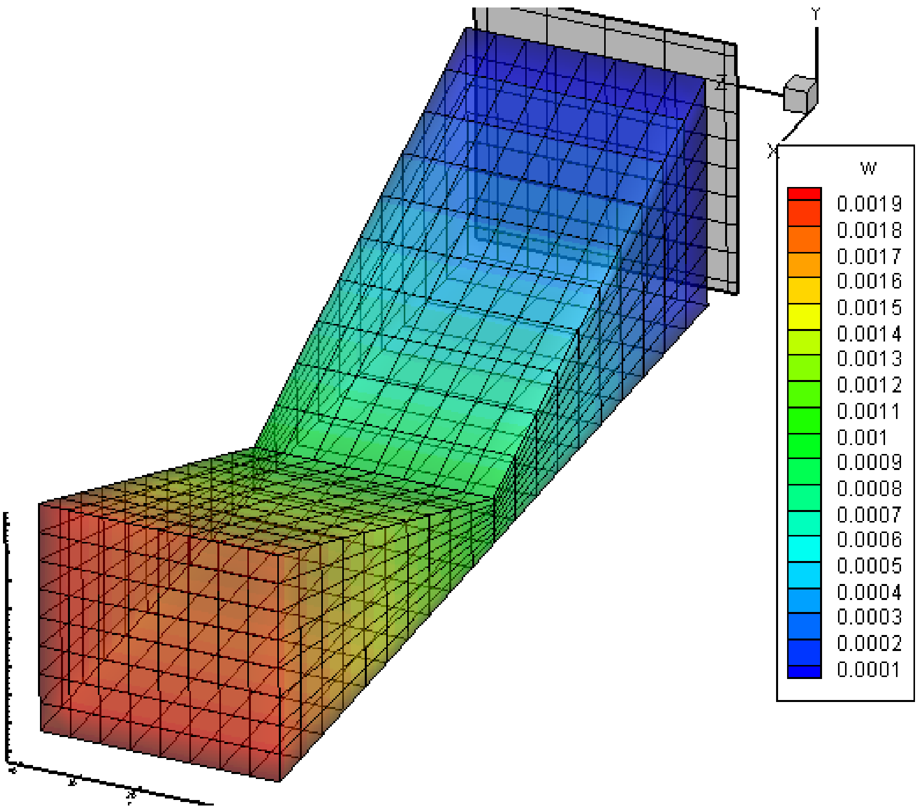


图 4-4　Z 方向应变图

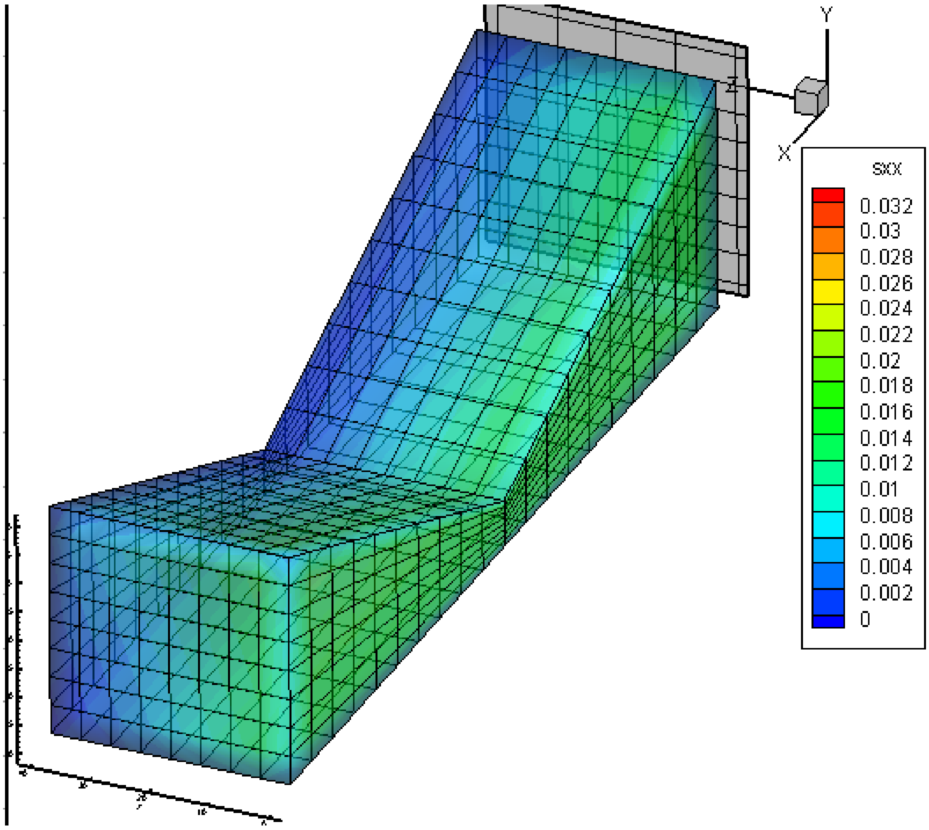


图 4-5 应力图

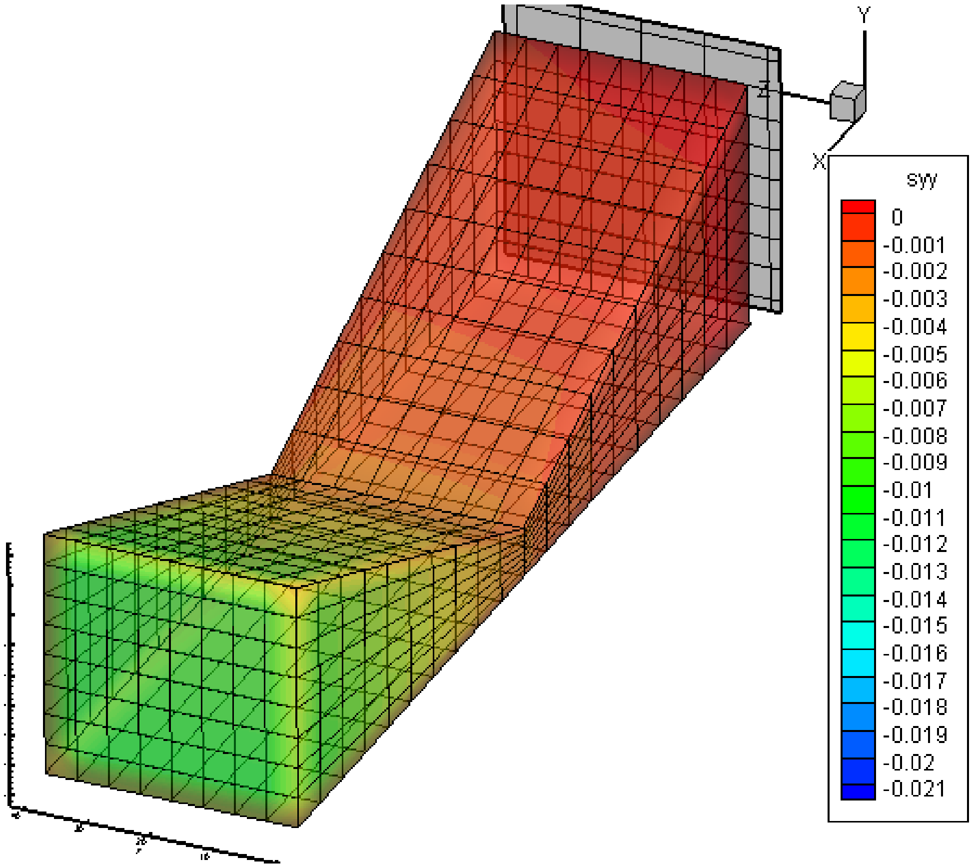


图 4-6 应力图

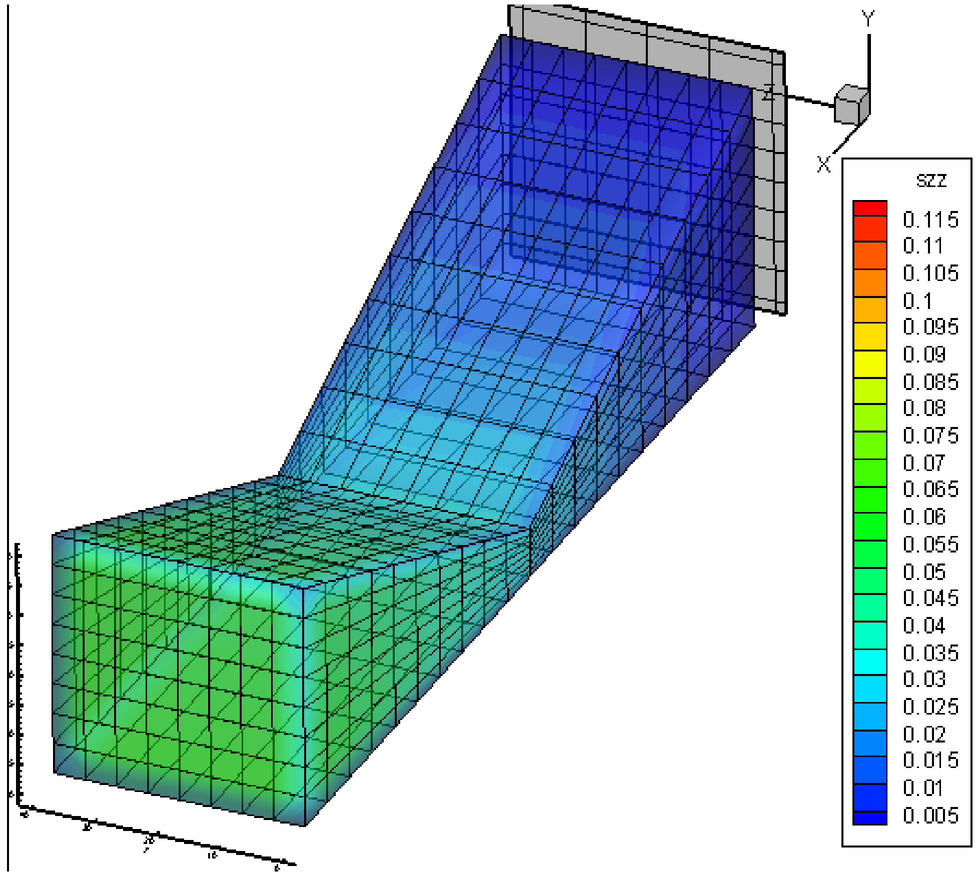

Y
Z
X
SZZ
0.115
0.11
0.105
0.1
0.095
0.09
0.085
0.08
0.075
0.07
0.065
0.06
0.055
0.05
0.045
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005

图 4-7 应力图