



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105069201 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201510433649. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 07. 22

G06F 17/50(2006. 01)

(71) 申请人 太原重工轨道交通设备有限公司

地址 030024 山西省太原市经济技术开发区
电子街 17 号

申请人 太原科技大学

太原市万柏林区博睿金属成型技术
中心

(72) 发明人 王群娣 田继红 闫耀洲 张河清

魏华成 侯佩云 李树林 游晓红

刘志祥 李景丹 郭丰伟

(74) 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限
公司 14101

代理人 王思俊

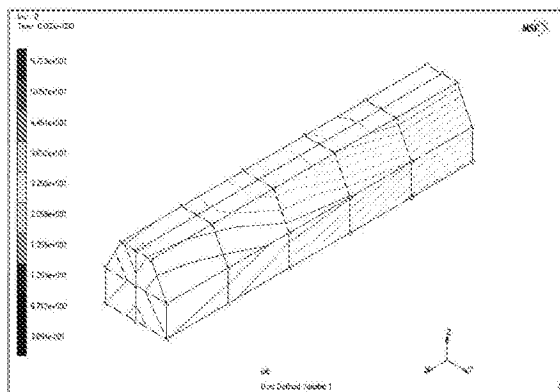
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法

(57) 摘要

一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法,属于有限元数值模拟机械强度分析技术领域。本发明针对通用有限元软件对构件在不同工况条件下的应力状态进行特定理论要求的综合分析时可能会遇到的困难,其特征是:基于 MSC. Marc/Mentat 2005 软件对不同工况条件下构件的有限元应力分析结果,通过提取各工况条件下单元积分点的应力分量数据,在通用有限元软件之外设置并计算求解自定义应力函数数据,并通过数据替换的手段实现自定义应力函数数据在 MSC. Marc/Mentat 2005 有限元模型上的可视化显示。本发明的优点及积极效果在于实现方法简单易行,适用范围广,可避开专业软件或二次开发的使用局限。



1. 一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法,其特征是:在计算机上基于 MSC. Marc/Mentat 2005 软件实现,其实施步骤是:

(1) 在 MSC. Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 PREPROCESSING 下完成以下操作:(1-1) 在 MESH GENERATION 菜单下,设定 COORDINATE SYSTEM 选项为 RECTANGULAR,并建立所要分析构件的合格的三维全六面体网格模型;点击 ELEMENT TYPES→MECHANICAL→3-D SOLID→7→OK,并选择所有单元,将所有单元的类型指定为 8 节点六面体单元,连续两次点击 RETURN 返回到 MESH GENERATION 菜单下;点击 SWEEP 命令,进入 SWEEP 菜单,在 SWEEP 下点击 ALL,在 REMOVE UNUSED 下点击 NODES 和 POINTS,点击 RETURN 返回 MESH GENERATION 菜单下;点击 RENUMBER→ALL;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-2) 在 GEOMETRIC PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 geom1 的几何特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 geom1 的几何特性:在 MECHANICAL ELEMENTS 下点击 3-D→SOLID→ASSUMED STRAIN→OK;将 NAME 名为 geom1 的几何特性施加到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-3) 在 MATERIAL PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 material1 的材料特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 material1 的材料特性:在 MECHANICAL MATERIAL TYPES 下点击 ISOTROPIC,在相应 ISOTROPIC PROPERTIES 菜单下填写所需的相关材料特性的数值,点击 OK 确认;将 NAME 名为 material1 的材料特性应用到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-4) 在 BOUNDARY CONDITIONS 菜单下,在 BOUNDARY CONDITION CLASS 下选中 MECHANICAL,针对工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下的每一个约束条件和每一个载荷,分别新建不同的边界条件并分别命名,并加载到相应点、线、面、节点、单元、单元边、单元面等元素上,N 为所有工况条件的数量,且 N 为正整数,设置完毕后点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;

(2) 在 MSC. Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 ANALYSIS 下完成以下操作:(2-1) 在 JOBS 菜单下,通过以下操作设置工况条件 1 对应的 job1 并提交有限元计算:点击 NEW,新建 NAME 名为 job1,在 ANALYSIS CLASS 下选中 MECHANICAL,在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下选中 INITIAL LOADS,在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下选中工况条件 1 下的所有约束条件以及所有载荷对应的边界条件名,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单,在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII,在 AVAILABLE ELEMENT TENSORS 下仅选中 Stress,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK,返回到 JOBS 菜单下;点击 CHECK 检查有限元模型,并按照提示修改有限元模型,确认无误后点击 RUN,在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT(1),提交有限元分析计算;当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束,所分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job1. t19 的有限元计算结果文件中,点击 OK 返回 JOBS 菜单;(2-2) 类比上述步骤 (2-1),在 JOBS 菜单下,分别设置工况条件 2、工况条件 3……直至工况条件 N 对应的 job2、job3……直至 jobN 并提交有限元计算,注意对应的 NAME 名分别为 job2、job3……直至 jobN,对应的在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下分别选中工况条件 2、工况条件 3……直至工况条件 N 下的所有约束条件以及所有载荷对应的边界条件名,对应的分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job2. t19、case_job3. t19……直至 case_jobN. t19 的有限元计算结果文件中;(2-3) 在 JOBS 菜单下,通

过以下操作设置一个特定工况条件的 job 并提交有限元分析:点击 NEW,修改 NAME 项为 job,在 ANALYSIS CLASS 下选中 MECHANICAL,在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下选中 INITIAL LOADS,在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下仅选中任一工况条件下的所有约束条件对应的边界条件名,不包括载荷,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单,在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII,在 AVAILABLE ELEMENT SCALARS 下通过选中 User Defined Var#1(User Sub PLOTV)、User Defined Var#2(User Sub PLOTV)……直到 User Defined Var#M(User Sub PLOTV) 来定义 M 个自定义输出量,M 为按照特定的理论要求设置综合分析所需要的自定义应力函数的个数,M 为正整数,设置完毕后点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK,返回到 JOBS 菜单下;点击 CHECK 检查有限元模型,并按照提示修改有限元模型,确认无误后点击 RUN,在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT(1),提交有限元分析计算,当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束,所分析计算的结果会自动存入 case_job. t19 的有限元计算结果文件中,点击 OK 返回 JOBS 菜单;(2-4) 点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面,点击 FILES 进入 FILE I/O 菜单,在 MODEL 下保存文件名为 case. mud ;

(3) 以记事本格式打开上述后缀名为“. t19”的所有有限元计算结果文件,每个文件中均可找到关键字 A 和后面与之最接近的关键字 B,所述关键字 A 为“= beg = 52300(Element Integration Point Values)”,所述关键字 B 为“= end =”;在 case_job1. t19、case_job2. t19……直至 case_jobN. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据为相应工况条件下按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据,所述六个应力分量的存放顺序为: σ_x σ_y σ_z τ_{xy} τ_{yz} τ_{zx} ;在 case_job. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据为所述特定工况条件下按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义输出量的数据,所述 M 个自定义输出量的数据的存放顺序为:User Defined Var#1(User Sub PLOTV)、User Defined Var#2(User Sub PLOTV)……直到 User Defined Var#M(User Sub PLOTV);

(4) 按照特定的理论要求设置综合分析所需要的 M 个自定义应力函数,所述 M 个自定义应力函数均是所述工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下的所有单元 8 个积分点的六个应力分量的函数;利用所述工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下所有单元 8 个积分点的六个应力分量数据在 MSC. Marc/Mentat 2005 软件之外进行计算求解,确定并按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的 M 个自定义应力函数的数据,所述 M 个自定义应力函数的数据格式以及存放格式要求与所述 M 个自定义输出量的数据格式以及存放格式完全相同,所述 M 个自定义应力函数的数据的存放顺序可自行拟定,并以记事本文件格式保存为 shuju. txt ;

(5) 以记事本格式打开文件名为 case_job. t19 的有限元分析计算结果文件,找到所述特定工况条件下按照单元编号顺序依次存放的所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义输出量的数据,并用 shuju. txt 中按照单元编号顺序依次存放的所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义应力函数的数据替换,另存 case_job. t19 为 case_zong. t19 ;

(6) 在 MSC. Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 POSTPROCESSING 下完成以下步

骤:点击 RESULTS,在 POST FILE 下点击 OPEN 打开 case_zong.t19 文件,在 SCALAR PLOT 下点击 SCALAR,在 SELECT POST SCALAR 下选中 User Defined Variable 1 直到 User Defined Variable M 中的第 J 项, J 为正整数且 $1 \leq J \leq M$,通过选择 SCALAR PLOT 下的 CONTOUR BANDS、CONTOUR LINES 等相应选项可以在 RESULTS 图形界面中所述构件的三维六面体单元模型上以云图、等值线等可视化方式显示第 J 个自定义应力函数的数据。

一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法

技术领域

[0001] 本发明属于有限元数值模拟机械强度分析领域,具体涉及一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法。

技术背景

[0002] 有限元法是一种利用数学近似的方法对真实物理系统进行虚拟仿真的数值模拟技术,可分析构件在外负载状态下的应力、应变和位移等场量信息。MSC. Marc/Mentat 2005 是国际著名的通用有限元分析软件,其中, MSC. Marc 2005 是有限元分析模块, MSC. Mentat 2005 是可视化的前后处理图形交互对话界面,其后处理可方便地以等值线、云图等方式显示构件的有限元分析结果。

[0003] 在机械强度分析领域,采用有限元法来计算构件在确定工况条件下的应力状态已经被广泛应用,大多数通用有限元软件都可以实现该功能。但很多时候,设计者不但需要关注构件在某一确定工况条件下的应力状态,还需要根据特定的理论要求对构件在不同工况条件下的应力状态进行综合分析并将结果可视化显示,而这种综合分析以及可视化显示往往超出了通用有限元软件本身的功能,因此只能选用专业软件或对通用有限元软件进行二次开发。由于专业软件的发展始终落后于相关理论的发展,而且对通用有限元软件进行二次开发对操作者要求较高,所以这种根据特定的理论要求对构件在不同工况条件下的应力状态进行综合分析以及可视化显示的技术需求往往无法及时得到相应的技术支持,给工作带来了很大困难。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于利用通用有限元分析软件 MSC. Marc/Mentat 2005,提供一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法,来实现这种根据特定的理论要求对构件在不同工况条件下的应力状态进行综合分析并将结果可视化显示的功能,解决当前存在的一些技术困难。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的,其特征是:在计算机上基于 MSC. Marc/Mentat 2005 软件实现,其实施步骤是:

[0006] (1) 在 MSC. Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 PREPROCESSING 下完成以下操作:(1-1) 在 MESH GENERATION 菜单下,设定 COORDINATE SYSTEM 选项为 RECTANGULAR,并建立所要分析构件的合格的三维全六面体网格模型;点击 ELEMENT TYPES→MECHANICAL→3-D SOLID→7→OK,并选择所有单元,将所有单元的类型指定为 8 节点六面体单元,连续两次点击 RETURN 返回到 MESH GENERATION 菜单下;点击 SWEEP 命令,进入 SWEEP 菜单,在 SWEEP 下点击 ALL,在 REMOVE UNUSED 下点击 NODES 和 POINTS,点击 RETURN 返回 MESH GENERATION 菜单下;点击 RENUMBER→ALL;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-2) 在 GEOMETRIC PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 geom1 的几何特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 geom1 的几何特性:在 MECHANICAL ELEMENTS 下点击

3-D->SOLID->ASSUMED STRAIN->OK;将 NAME 名为 geom1 的几何特性施加到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-3) 在 MATERIAL PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 material1 的材料特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 material1 的材料特性:在 MECHANICAL MATERIAL TYPES 下点击 ISOTROPIC,在相应 ISOTROPIC PROPERTIES 菜单下填写所需的相关材料特性的数值,点击 OK 确认;将 NAME 名为 material1 的材料特性应用到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-4) 在 BOUNDARY CONDITIONS 菜单下,在 BOUNDARY CONDITION CLASS 下选中 MECHANICAL,针对工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下的每一个约束条件和每一个载荷,分别新建不同的边界条件并分别命名,并加载到相应点、线、面、节点、单元、单元边、单元面等元素上,N 为所有工况条件的数量,且 N 为正整数,设置完毕后点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;

[0007] (2) 在 MSC.Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 ANALYSIS 下完成以下操作:(2-1) 在 JOBS 菜单下,通过以下操作设置工况条件 1 对应的 job1 并提交有限元计算:点击 NEW,新建 NAME 名为 job1,在 ANALYSIS CLASS 下选中 MECHANICAL,在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下选中 INITIAL LOADS,在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下选中工况条件 1 下的所有约束条件以及所有载荷对应的边界条件名,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单,在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII,在 AVAILABLE ELEMENT TENSORS 下仅选中 Stress,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK,返回到 JOBS 菜单下;点击 CHECK 检查有限元模型,并按照提示修改有限元模型,确认无误后点击 RUN,在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT(1),提交有限元分析计算;当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束,所分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job1.t19 的有限元计算结果文件中,点击 OK 返回 JOBS 菜单;(2-2) 类比上述步骤 (2-1),在 JOBS 菜单下,分别设置工况条件 2、工况条件 3……直至工况条件 N 对应的 job2、job3……直至 jobN 并提交有限元计算,注意对应的 NAME 名分别为 job2、job3……直至 jobN,对应的在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下分别选中工况条件 2、工况条件 3……直至工况条件 N 下的所有约束条件以及所有载荷对应的边界条件名,对应的分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job2.t19、case_job3.t19……直至 case_jobN.t19 的有限元计算结果文件中;(2-3) 在 JOBS 菜单下,通过以下操作设置一个特定工况条件的 job 并提交有限元分析:点击 NEW,修改 NAME 项为 job,在 ANALYSIS CLASS 下选中 MECHANICAL,在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下选中 INITIAL LOADS,在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下仅选中任一工况条件下的所有约束条件(不包括载荷)对应的边界条件名,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单,在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII,在 AVAILABLE ELEMENT SCALARS 下通过选中 User Defined Var#1(User Sub PLOTV)、User Defined Var#2(User Sub PLOTV)……直到 User Defined Var#M(User Sub PLOTV)来定义 M 个自定义输出量,M 为按照特定的理论要求设置综合分析所需要的自定义应力函数的个数,M 为正整数,设置完毕后点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK,返回到 JOBS 菜单下;点击 CHECK 检查有限元模型,并按照提示修改有限元模型,确认无

误后点击 RUN, 在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT(1), 提交有限元分析计算, 当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束, 所分析计算的结果会自动存入 case_job. t19 的有限元计算结果文件中, 点击 OK 返回 JOBS 菜单; (2-4) 点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面, 点击 FILES 进入 FILE I/O 菜单, 在 MODEL 下保存文件名为 case. mud;

[0008] (3) 以记事本格式打开上述后缀名为“.t19”的所有有限元计算结果文件, 每个文件中均可找到关键字 A 和后面与之最接近的关键字 B, 所述关键字 A 为“= beg = 52300(Element Integration Point Values)”, 所述关键字 B 为“= end =”; 在 case_job1. t19、case_job2. t19……直至 case_jobN. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据为相应工况条件下按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据, 所述六个应力分量的存放顺序为: $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx}$; 在 case_job. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据为所述特定工况条件下按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义输出量的数据, 所述 M 个自定义输出量的数据的存放顺序为: User Defined Var#1(User Sub PLOTV)、User Defined Var#2(User Sub PLOTV)……直到 User Defined Var#M(User Sub PLOTV);

[0009] (4) 按照特定的理论要求设置综合分析所需要的 M 个自定义应力函数, 所述 M 个自定义应力函数均是所述工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下的所有单元 8 个积分点的六个应力分量的函数; 利用所述工况条件 1、工况条件 2……直至工况条件 N 下所有单元 8 个积分点的六个应力分量数据在 MSC. Marc/Mentat 2005 软件之外进行计算求解, 确定并按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的 M 个自定义应力函数的数据, 所述 M 个自定义应力函数的数据格式以及存放格式要求与所述 M 个自定义输出量的数据格式以及存放格式完全相同, 所述 M 个自定义应力函数的数据的存放顺序可自行拟定, 并以记事本文件格式保存为 shuju. txt;

[0010] (5) 以记事本格式打开文件名为 case_job. t19 的有限元分析计算结果文件, 找到所述特定工况条件下按照单元编号顺序依次存放的所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义输出量的数据, 并用 shuju. txt 中按照单元编号顺序依次存放的所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义应力函数的数据替换, 另存 case_job. t19 为 case_zong. t19;

[0011] (6) 在 MSC. Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 POSTPROCESSING 下完成以下步骤: 点击 RESULTS, 在 POST FILE 下点击 OPEN 打开 case_zong. t19 文件, 在 SCALAR PLOT 下点击 SCALAR, 在 SELECT POST SCALAR 下选中 User Defined Variable 1 直到 User Defined Variable M 中的第 J 项, J 为正整数且 $1 \leq J \leq M$, 通过选择 SCALAR PLOT 下的 CONTOUR BANDS、CONTOUR LINES 等相应选项可以在 RESULTS 图形界面中所述构件的三维六面体单元模型上以云图、等值线等可视化方式显示第 J 个自定义应力函数的数据。

[0012] 本发明的优点及积极效果是:

[0013] (1) 本发明可利用 MSC. Marc/Mentat 2005 软件平台, 提供一种简单易用的方法, 使得在 MSC. Marc/Mentat 2005 软件之外经运算后的自定义应力函数数据再返回到 MSC. Mentat 2005 后处理界面中以云图、等值线等可视化方式显示。

[0014] (2) 本发明所述的自定义应力函数可根据需求任意设置, 克服了许多专业商品软件应用局限的缺点。

[0015] (3) 本发明无须对 MSC. Marc/Mentat 2005 软件作只有专业人士才能完成的程序二次开发工作,即可实现某些特定功能,简便易用。

[0016] (4) 本发明是在 MSC. Marc/Mentat 2005 软件平台上,将积分点的应力数据按照相关理论要求进行分析计算,再通过 MSC. Mentat 2005 后处理程序自动插入到节点上的。根据有限元理论分析可知,相对于节点处应力而言,积分点处的应力更精确,所以采用积分点的应力内插或外延确定节点应力结果更为准确。

[0017] (5) 因有限元应力分析时已经建立了相应的有限元单元模型,这样只要把相应数据导入即可轻松获得所需的可视化显示效果。

[0018] (6) 可采用程序设计的方法或使用通用函数计算软件提高积分点自定义应力函数的计算效率。

附图说明

[0019] 图 1 为异形截面悬臂梁在工况条件 1 下的受力状态示意图;

[0020] 图 2 为图 1 的右视图;

[0021] 图 3 异形截面悬臂梁在工况条件 2 下的受力状态示意图;

[0022] 图 4 为图 3 的右视图;

[0023] 图 5 为异形截面悬臂梁合格的三维全六面体网格模型;

[0024] 图 6 为加载了所有约束条件和所有载荷的异形截面悬臂梁的有限元模型;

[0025] 图 7 为 case_job1. t19 以记事本格式打开的部分数据界面;

[0026] 图 8 为 case_job2. t19 以记事本格式打开的部分数据界面;

[0027] 图 9 为 case_job. t19 以记事本格式打开的部分数据界面;

[0028] 图 10 为 shuju. txt 以记事本格式打开的部分数据界面;

[0029] 图 11 为 case_zong. t19 以记事本格式打开的部分数据界面;

[0030] 因数据量非常大,为完整表达数据的结构,图 7 至图 11 中均采用三行省略号来代替部分省略掉的数据;

[0031] 图 12 为综合等效应力的云图显示;

[0032] 图 13 为综合强度安全系数的云图显示;

[0033] 图 14 为综合等效应力的等值线显示;

[0034] 图 15 为综合强度安全系数的等值线显示;

[0035] 图中:

[0036] A——关键字“= beg = 52300(Element Integration Point Values)”;

[0037] B——关键字“= end =”;

[0038] C1——工况条件 1 和工况条件 2 下的位移边界条件;

[0039] D1——工况条件 1 对应的有限元计算结果文件中第一个单元第 1 个积分点的六个应力分量数据;

[0040] D2——工况条件 2 对应的有限元计算结果文件中第一个单元第 1 个积分点的六个应力分量数据;

[0041] D3——特定工况条件下对应的有限元计算结果文件中第一个单元第 1 个积分点的两个自定义输出量的数据;

[0042] D4——按照特定的理论要求计算获得到的第一个单元第 1 个积分点的两个用户自定义应力函数的数据,按照 D3 的数据格式以及存放格式排列;

[0043] D5——按照要求替换后 case_zong.t19 中的第一个单元第 1 个积分点的两个自定义应力函数的数据;

[0044] E1——工况条件 1 对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据;

[0045] E2——工况条件 2 对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据;

[0046] E3——特定工况条件下对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的两个自定义输出量的数据;

[0047] E4——按照特定的理论要求计算获得到的按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的两个自定义应力函数的数据,按照 E3 的数据格式以及存放格式排列;

[0048] E5——按照要求替换后 case_zong.t19 中的按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的两个自定义应力分量数据;

[0049] F1——工况条件 1 的载荷;

[0050] F2——工况条件 2 的载荷;

具体实施方式

[0051] 为详细说明本发明的特点所在,兹以一较佳实施例并配合附图说明。图 1 和图 2 表达了异形截面悬臂梁在工况条件 1 下的受力状态示意图,图 3 和图 4 表达了异形截面悬臂梁在工况条件 2 下的受力状态示意图,所示异形截面悬臂梁为同一构件,形状尺寸如图示(单位:mm),材质为 45 钢,材料弹性模量为 $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$,屈服强度 $\sigma_s = 360 \text{MPa}$,泊松比为 0.3。工况条件 1:一端固定,另一端承受载荷 F1;工况条件 2:与工况条件 1 类似,一端固定,另一端承受载荷 F2;特定的理论要求如下:首先采用传统等效应力理论分别分析该异形截面悬臂梁各点在工况条件 1 和工况条件 2 下的等效应力,然后作综合分析:比较该异形截面悬臂梁各点在所述两种工况条件下的等效应力,取较大值定义为该点的综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$,同时定义该点的综合强度安全系数 $n_{\text{综}} = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\text{综}}}$,并且以云图或等值线等可视化方

式显示悬臂梁各点的综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$ 以及综合安全系数 $n_{\text{综}}$ 。显然这种综合分析已经超出了通用有限元软件本身的功能,而现阶段又没有相应的专业软件可供选用,对通用有限元软件进行相应的二次开发因对操作者要求较高也不容易实现,所以这种根据特定的理论要求对构件在不同工况条件下的应力状态进行综合分析以及可视化显示的技术需求往往无法及时得到相应的技术支持,给工作带来了很大困难。

[0052] 本发明可利用通用有限元分析软件 MSC. Marc/Mentat 2005,提供一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法,来实现这种根据特定的理论要求对构件在不同工况条件下的应力状态进行综合分析并将结果可视化显示的功能,解决当前存在的一些技术困难。

[0053] 为便于表述,实施例中的有限元网格较大,实际应用时应根据需要细分。本发明是一种自定义应力函数的求解和可视化显示方法,在计算机上基于 MSC. Marc/Mentat 2005

软件实现的,其过程是这样的:

[0054] (1) 在 MSC.Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 PREPROCESSING 下完成以下操作:(1-1) 在 MESH GENERATION 菜单下,设定 COORDINATE SYSTEM 选项为 RECTANGULAR,并建立所要分析异形截面悬臂梁的合格的三维全六面体网格模型,如图 5 所示;点击 ELEMENT TYPES-→MECHANICAL-→3-D SOLID-→7-→OK,并选择所有单元,将所有单元的类型指定为 8 节点六面体单元,连续两次点击 RETURN 返回到 MESH GENERATION 菜单下;点击 SWEEP 命令,进入 SWEEP 菜单,在 SWEEP 下点击 ALL,在 REMOVE UNUSED 下点击 NODES 和 POINTS,点击 RETURN 返回 MESH GENERATION 菜单;点击 RENUMBER-→ALL;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-2) 在 GEOMETRIC PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 geom1 的几何特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 geom1 的几何特性:在 MECHANICAL ELEMENTS 下点击 3-D-→SOLID-→ASSUMED STRAIN-→OK;将 NAME 名为 geom1 的几何特性施加到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-3) 在 MATERIAL PROPERTIES 菜单下,点击 NEW,新建 NAME 名为 material1 的材料特性,并通过以下操作定义 NAME 名为 material1 的材料特性:在 MECHANICAL MATERIAL TYPES 下点击 ISOTROPIC,在相应 ISOTROPIC PROPERTIES 菜单中填写 YOUNG'S MODULUS 和 POISSON'S RATIO 的数值分别为 2.1×10^5 和 0.3 后点击 OK 确认,将 NAME 名为 material1 的材料特性应用到所有单元;点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;(1-4) 在 BOUNDARY CONDITIONS 菜单下,在 BOUNDARY CONDITION CLASS 下选择 MECHANICAL,首先定义工况条件 1 对应的所有约束条件以及所有载荷到相应元素上:点击 NEW,新建边界条件并修改 NAME 名为 CONS1-1,并设置构件工况条件 1 下的约束条件 C1 到相应节点上;点击 NEW,新建边界条件并修改 NAME 名为 LOAD1-1,并设置构件工况条件 1 下的载荷 F1 到相应节点上;再定义工况条件 2 对应的所有约束条件以及所有载荷到相应元素上:因工况条件 2 和工况条件 1 的约束条件相同,故此例中不再重复定义工况条件 2 的约束条件,而以约束条件 C1 替代;点击 NEW,新建边界条件并修改 NAME 名为 LOAD2-1,并设置构件工况条件 2 下的载荷 F2 到相应节点上,所定义的边界条件 C1 和载荷 F1、F2 如图 6 所示,所对应的边界条件名分别为 CONS1-1、LOAD1-1 和 LOAD2-1,设置完毕后点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面;

[0055] (2) 在 MSC.Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 ANALYSIS 下完成以下操作:(2-1) 在 JOBS 菜单下,通过以下操作设置工况条件 1 对应的 job1 并提交有限元计算:点击 NEW,新建 NAME 名为 job1,在 ANALYSIS CLASS 下选择 MECHANICAL,在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 下选中 INITIAL LOADS,在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下选中工况条件 1 下的约束条件 C1 以及载荷 F1 对应的边界条件名 CONS1-1 和 LOAD1-1,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单,在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII,在 AVAILABLE ELEMENT TENSORS 下仅选中 Stress,点击 OK 确认并返回上级菜单;在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK,返回到 JOBS 菜单下;点击 CHECK 检查有限元模型,并按照提示修改有限元模型,确认无误后点击 RUN,在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT(1),提交有限元分析计算;当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束,所分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job1.t19 的有限元计算结果文件中,点击 OK 返回 JOBS 菜单;(2-2) 类比上述步骤 (2-1),在 JOBS 菜单下,设置工况条件 2 对应的 job2 并提交有限元计算,注意对应的 NAME 名为 job2,对应的在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的

BOUNDARY CONDITIONS 下分别选中工况条件 2 下的约束条件 C1 以及载荷 F2 对应的边界条件名 CONS1-1 和 LOAD2-1, 对应的分析计算的结果会自动存入文件名为 case_job2. t19 的有限元计算结果文件中; (2-3) 在 JOBS 菜单下, 通过以下操作设置一个特定工况条件的 job 并提交有限元分析: 点击 NEW, 修改 NAME 项为 job, 在 ANALYSIS CLASS 下选中 MECHANICAL, 在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下选中 INITIAL LOADS, 在 SELECT INITIAL LOADS 菜单下的 BOUNDARY CONDITIONS 下仅选中工况条件 1 下的约束条件 C1 对应的边界条件 NAME 名 CONS1-1, 点击 OK 确认并返回上级菜单; 在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下点击 JOB RESULTS 进入 JOB RESULTS 菜单, 在 POST FILE 下选定文件输出格式为 ASCII, 在 AVAILABLE ELEMENT SCALARS 下依次选中 User Defined Var#1 (User Sub PLOTV)、User Defined Var#2 (User Sub PLOTV) ……直至 User Defined Var#M (User Sub PLOTV) 定义 M 个自定义输出量, M 为按照特定的理论要求设置综合分析所需要的自定义应力函数的个数, M 为正整数, 在本实施例中 M 的取值为 2; 设置完毕后点击 OK 确认并返回上级菜单; 在 MECHANICAL ANALYSIS CLASS 菜单下的 ANALYSIS DIMENSION 下选中 3-D 并点击 OK, 返回到 JOBS 菜单下; 点击 CHECK 检查有限元模型, 并按照提示修改有限元模型, 确认无误后点击 RUN, 在 RUN JOB 菜单下点击 SUBMIT (1), 提交有限元分析计算, 当 EXIT NUMBER 显示为 3004 时有限元分析计算结束, 所分析计算的结果会自动存入 case_job. t19 的有限元计算结果文件中, 点击 OK 返回 JOBS 菜单; (2-4) 点击 MAIN 回到 MAIN MENU 界面, 点击 FILES 进入 FILE I/O 菜单, 在 MODEL 下保存文件名为 case. mud;

[0056] (3) 以记事本格式打开上述后缀名为“.t19”的所有有限元计算结果文件, 每个文件中均可找到关键字 A 和后面与之最接近的关键字 B, 所述关键字 A 为“= beg = 52300 (Element Integration Point Values)”, 所述关键字 B 为“= end =”; 在 case_job1. t19、case_job2. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据分别为工况条件 1 和工况条件 2 下按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据, 六个应力分量的存放顺序为: $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx}$, 图 7 和图 8 分别是 case_job1. t19 和 case_job2. t19 以记事本格式打开的部分数据界面, 图中所示的数据 D1 和 D2 分别为工况条件 1 和工况条件 2 对应的有限元计算结果文件中第一个单元第 1 个积分点的六个应力分量数据, E1 和 E2 分别为工况条件 1 和工况条件 2 对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据; 在 case_job. t19 的有限元分析计算结果文件中的所述关键字 A 和后面与之最接近的所述关键字 B 之间的数据为特定工况条件对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述 M 个自定义输出量的数据, 所述 M 个自定义输出量的数据的存放顺序为: User Defined Var#1 (User Sub PLOTV)、User Defined Var#2 (User Sub PLOTV) ……直到 User Defined Var#M (User Sub PLOTV), 在本实施例中 M 的取值为 2, 图 9 是 case_job. t19 以记事本格式打开的部分数据界面, 图中所示数据 D3 为特定工况条件下对应的有限元计算结果文件中第一个单元第 1 个积分点的两个自定义输出量的数据, E3 为特定工况条件下对应的有限元计算结果文件中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述两个自定义输出量的数据;

[0057] (4) 按照本实施例中特定的理论要求设置综合分析所需要的两个自定义应力函

数：综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$ 和综合强度安全系数 $n_{\text{综}} = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\text{综}}}$ ，所述两个自定义应力函数是所述的工况条件 1、工况条件 2 下的所有单元积分点的六个应力分量的函数；

[0058] 综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$ ：利用所述的两种工况条件对应的有限元计算结果文件中按单元编号顺序依次存放的所有单元 8 个积分点的六个应力分量的数据 E1 和 E2；按照传统等效应力理论分别计算所述两种工况条件下的所有单元 8 个积分点的等效应力

$\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$ ，然后针对所有单元每个积分点在两种工况下等效应力数值两两比较，将较大值确定为该单元积分点的综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$ 的数值；

[0059] 综合强度安全系数 $n_{\text{综}} = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\text{综}}}$ ，将上述计算得到的每个单元积分点的综合等效应力

$\bar{\sigma}_{\text{综}}$ 的数值代入该公式计算得到每一个单元积分点的综合强度安全系数数值；

[0060] 下面以第一个单元的第 1 个积分点为例简要介绍其两个自定义应力函数的计算过程：

[0061] 如图 7、图 8 中所示：

[0062] 对于工况条件 1，第一个单元的第 1 个积分点的六个应力分量数据 D1 为：

[0063] $\sigma_x = -0.377179E+01$ $\sigma_y = 0.127512E+01$ $\sigma_z = 0.178346E+00$

[0064] $\tau_{xy} = 0.660034E-01$ $\tau_{yz} = 0.390010E+00$ $\tau_{zx} = -0.386632E+01$

[0065] 按照传统等效应力理论经计算得该单元积分点在工况条件 1 下的等效应力

[0066] 为：

[0067] $\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} = 0.815191E+01$

[0068] 对于工况条件 2，第一个单元的第 1 个积分点的六个应力分量数据 D2 为：

[0069] $\sigma_x = 0.574134E+01$ $\sigma_y = -0.912928E+00$ $\sigma_z = -0.188179E+00$

[0070] $\tau_{xy} = -0.148593E+00$ $\tau_{yz} = -0.592392E+00$ $\tau_{zx} = 0.589501E+01$

[0071] 按照传统等效应力理论经计算得该单元积分点在工况条件 2 下的等效应力为：

[0072] $\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} = 0.120563E+02$

[0073] 因为 $0.120563E+02 > 0.815191E+01$ ，所以第一个单元的第 1 个积分点的综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}} = 0.120563E+02$ ，相应它的综合强度安全系数

$n_{\text{综}} = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}} = \frac{360}{0.120563E+02} = 0.298599E+02$

[0074] 同理计算并确定第一个单元其余 7 个积分点的两个自定义应力函数数据，以此类推计算并确定其余所有单元 8 个积分点的两个自定义应力函数的数据，按照单元编号顺序

依次存放所有单元 8 个积分点的两个自定义应力函数的数据,所述两个自定义应力函数的数据格式与存放格式与所述两个自定义输出量 E3 的数据格式与存放格式完全相同,所述两个自定义应力函数的数据的存放顺序依次为综合等效应力和综合强度安全系数,并以“记事本”格式保存为 shuju.txt,如图 10 所示,图中 D4 所示的数据为第一个单元的第 1 个积分点的两个自定义应力函数的数据,其存放顺序依次为综合等效应力和综合强度安全系数;E4 所示的数据为按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述两个自定义应力函数的数据,其存放顺序依次为综合等效应力和综合强度安全系数;

[0075] (5) 以记事本格式打开文件名为 case_job.t19 的有限元分析计算结果文件,找到按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述两个自定义输出量的数据 E3,并用 shuju.txt 中按照单元编号顺序依次存放所有单元 8 个积分点的所述两个自定义应力函数的数据 E4 替换,另存 case_job.t19 为 case_zong.t19,如图 11 所示,case_zong.t19 中所示的数据 D5 和 E5 分别对应 shuju.txt 中的数据 D4 和 E4;

[0076] (6) 在 MSC.Mentat 2005 软件用户界面 MAIN MENU 的 POSTPROCESSING 下完成以下操作:点击 RESULTS,在 POST FILE 下点击 OPEN 打开 case_zong.t19 文件,在 SCALAR PLOT 下点击 SCALAR,在 SELECT POST SCALAR 下选中 User Defined Variable 1 或 User Defined Variable 2,通过选择 SCALAR PLOT 下的 CONTOUR BANDS、CONTOUR LINES 等相应选项可以在 RESULTS 图形界面中所述异形截面悬臂梁的三维六面体单元模型上以云图、等值线等可

视化方式显示两个自定义应力函数综合等效应力 $\bar{\sigma}_{\text{综}}$ 或综合强度安全系数 $n_{\text{综}} = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\text{综}}}$ 的

相应数据,图 12 和图 13 分别是按云图方式表达的综合等效应力和综合强度安全系数,图 14 和图 15 分别是按等值线方式表达的综合等效应力和综合强度安全系数。

[0077] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应该视为本发明的保护范围。

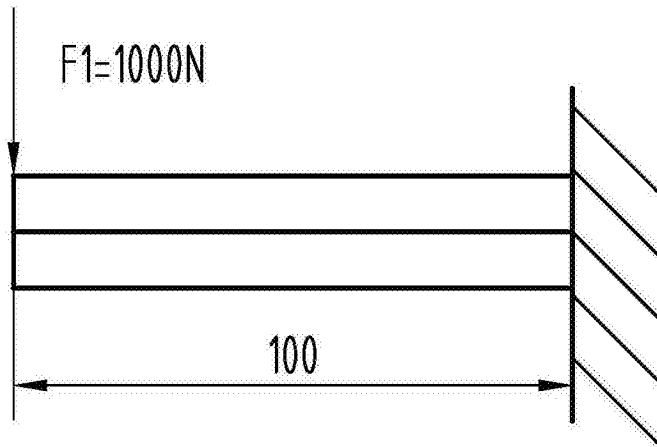


图 1

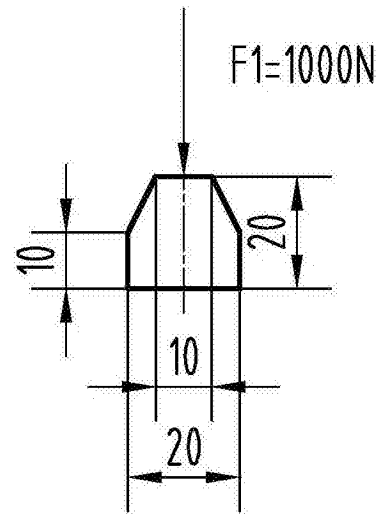


图 2

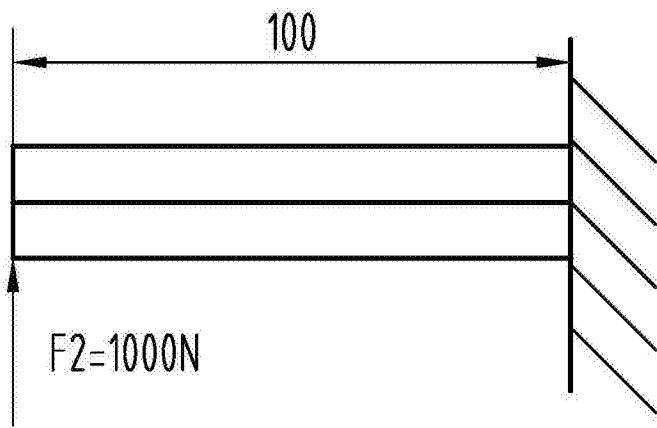


图 3

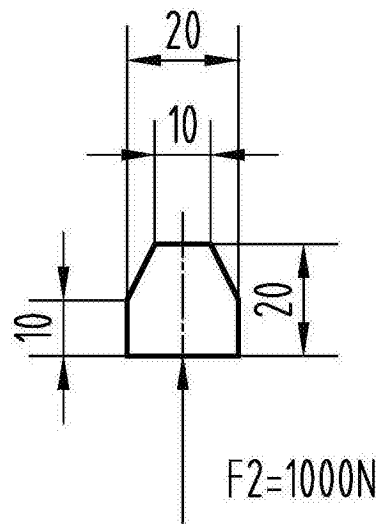


图 4

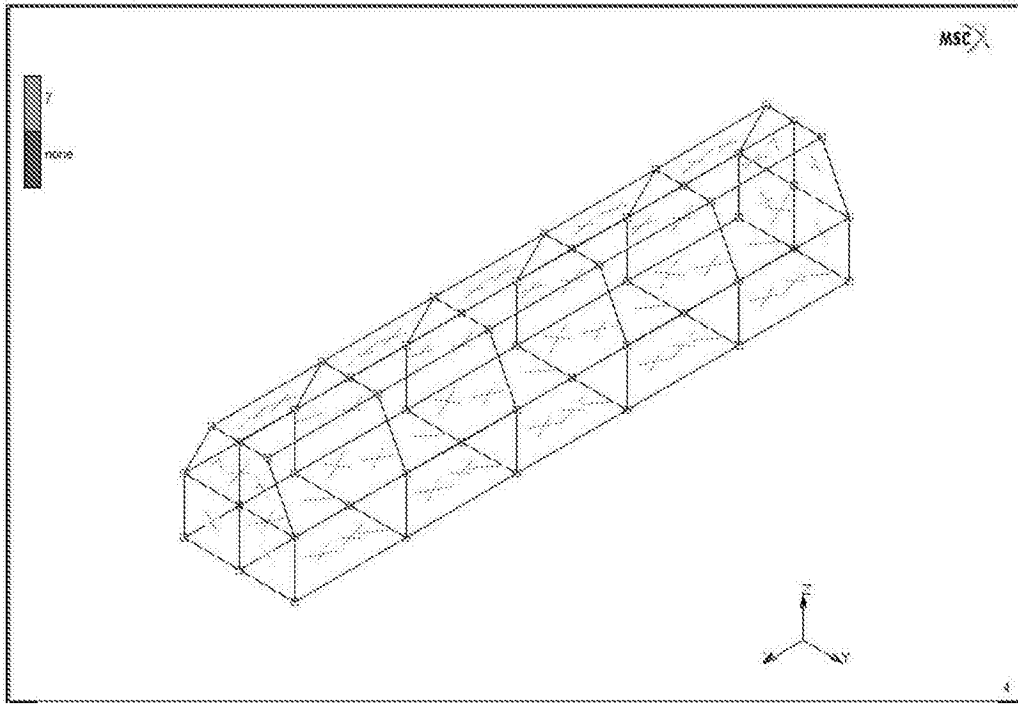


图 5

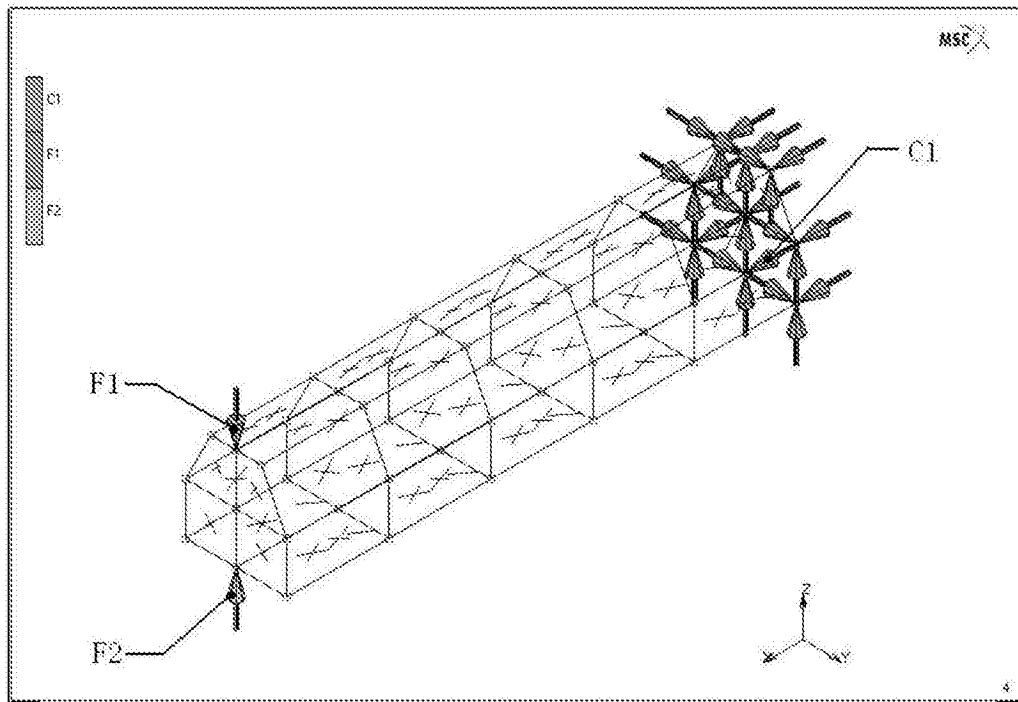


图 6

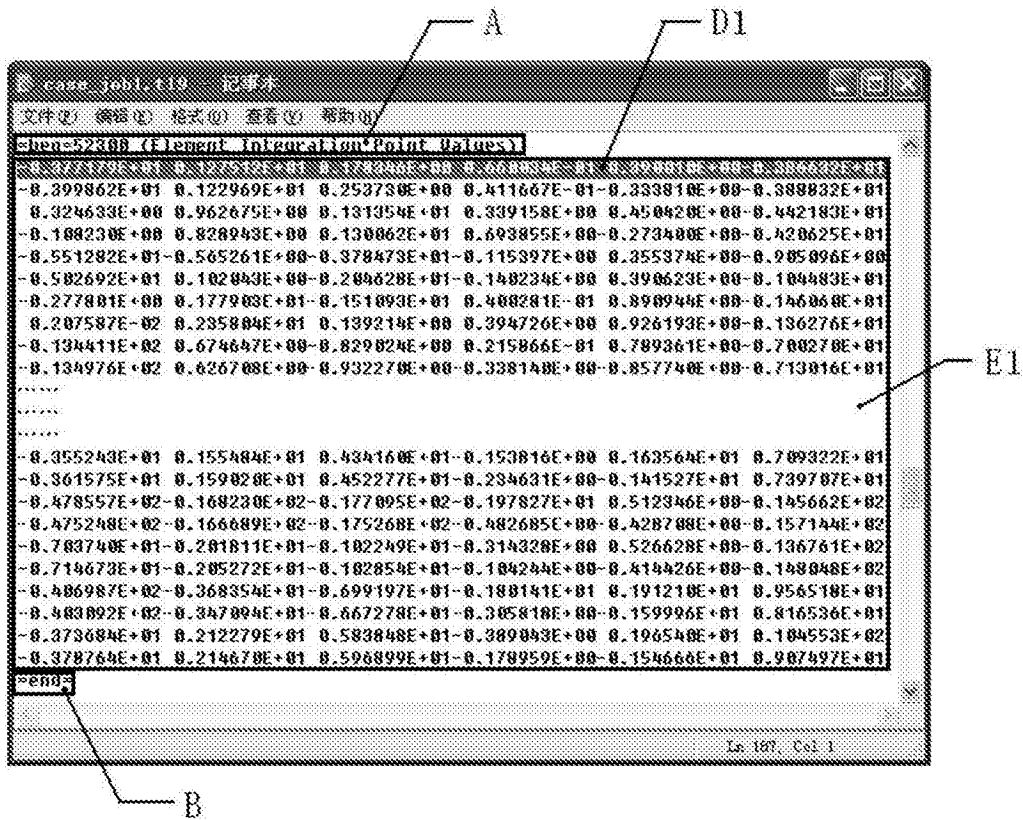


图 7

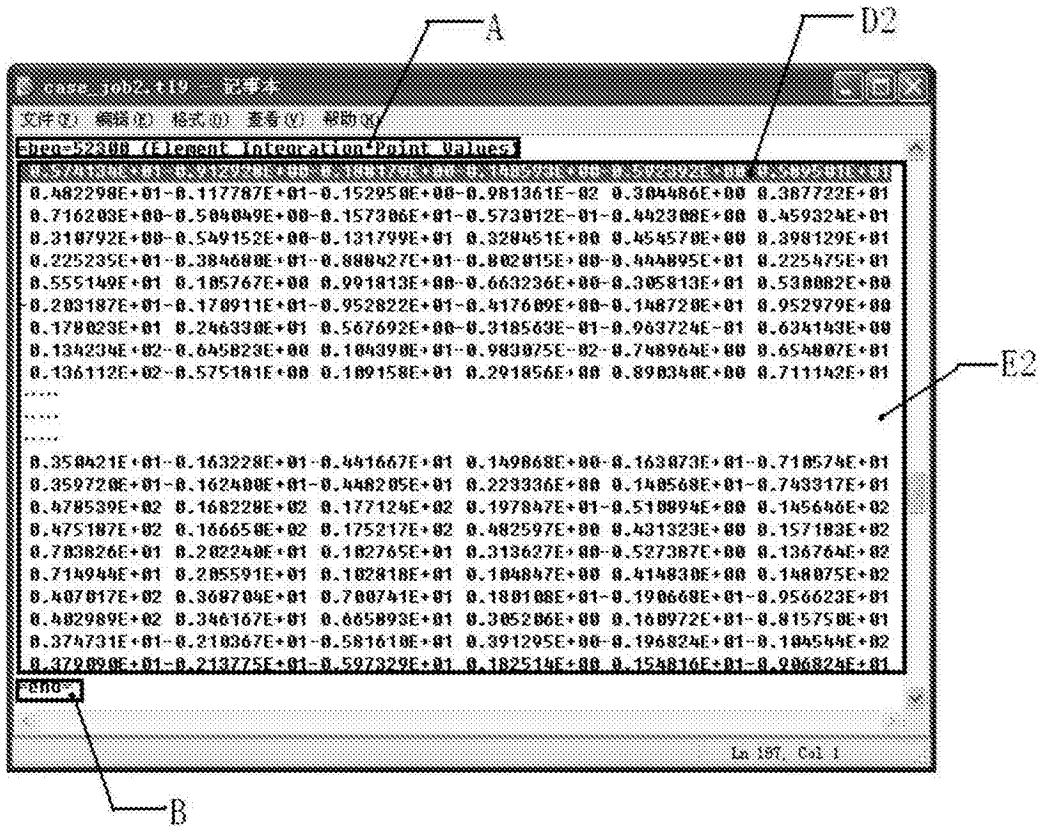


图 8

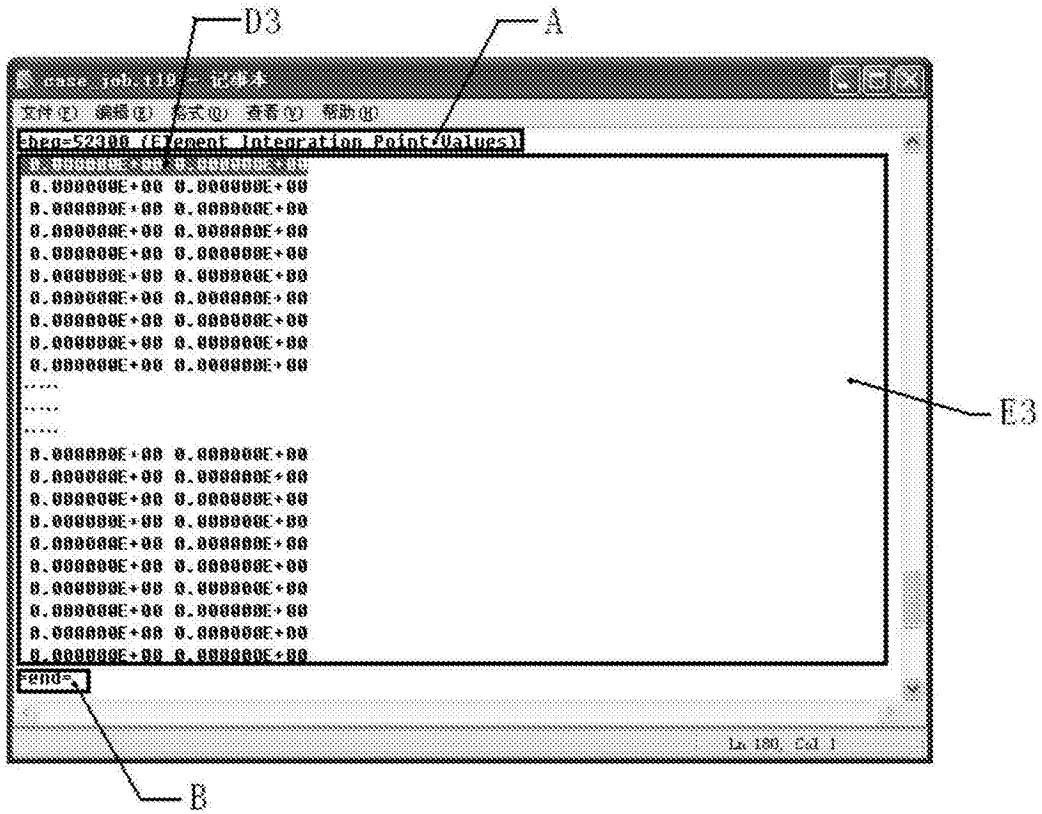


图 9

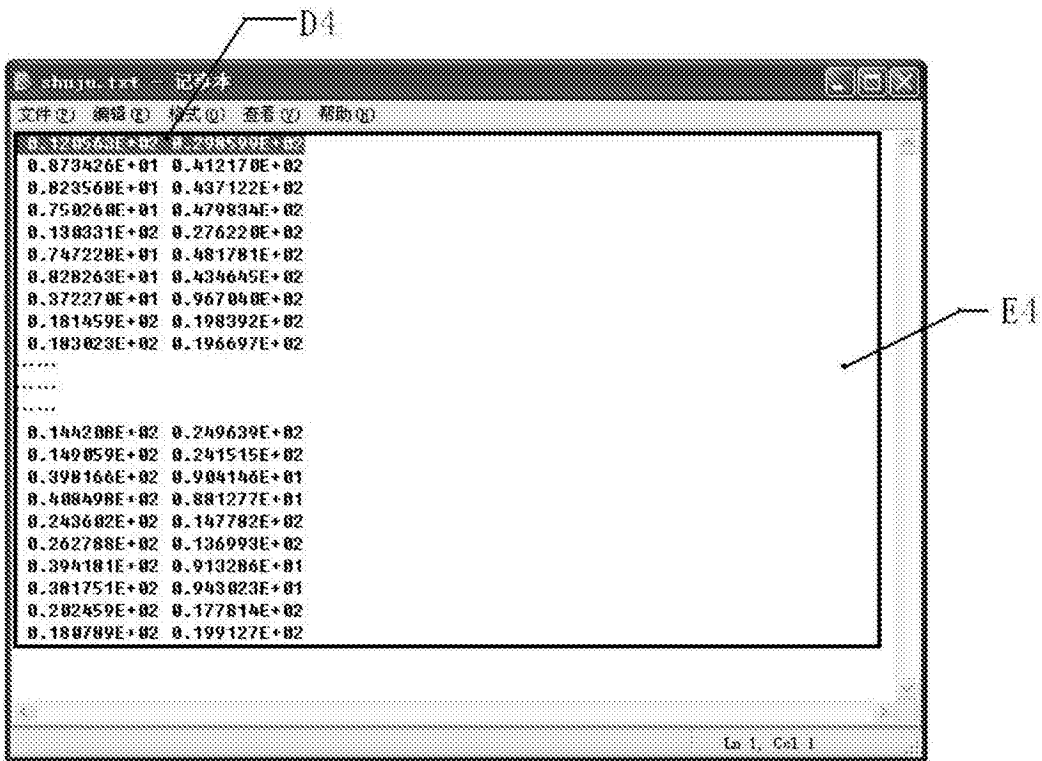


图 10

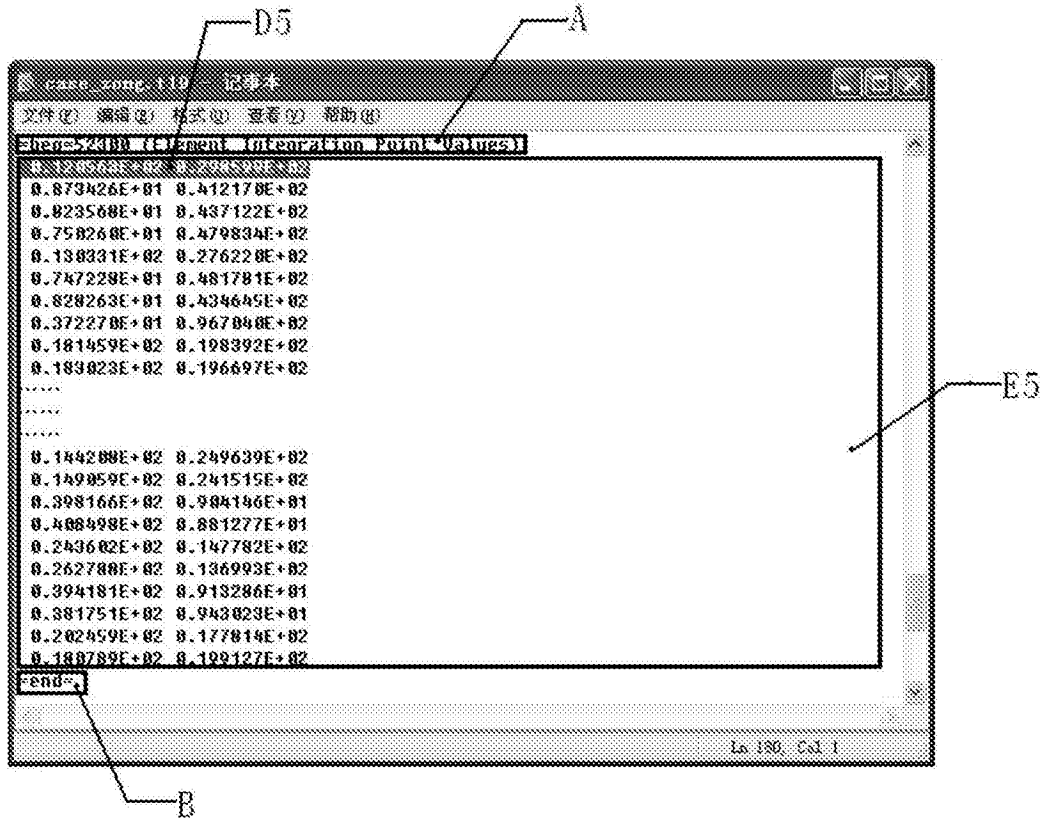


图 11

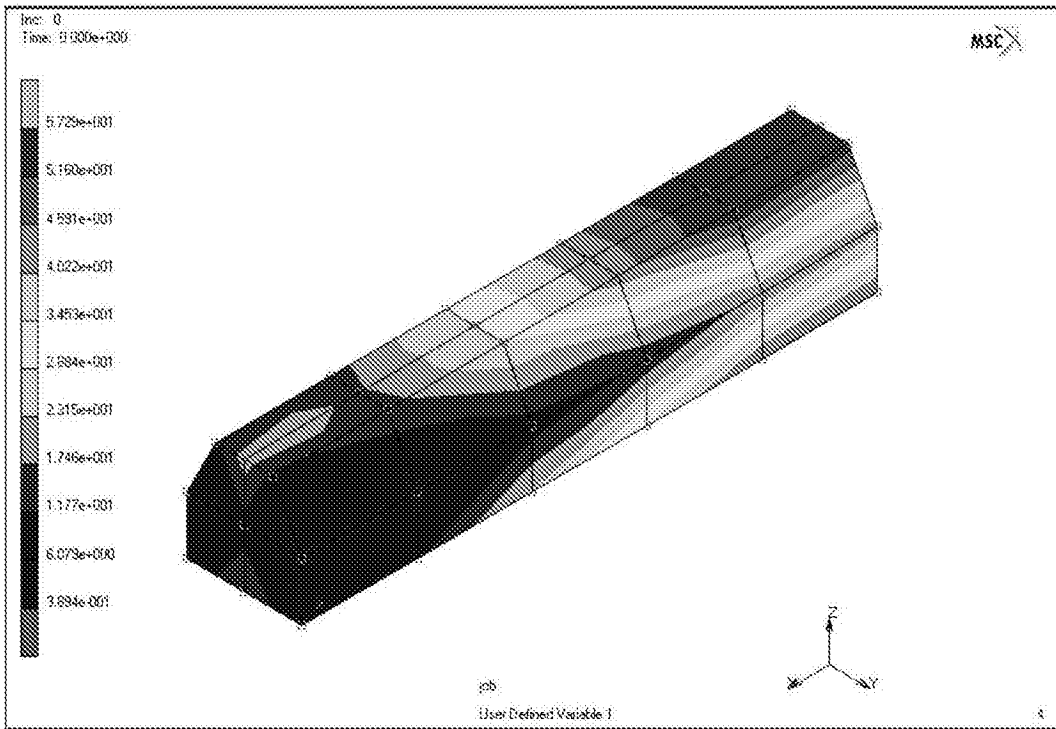


图 12

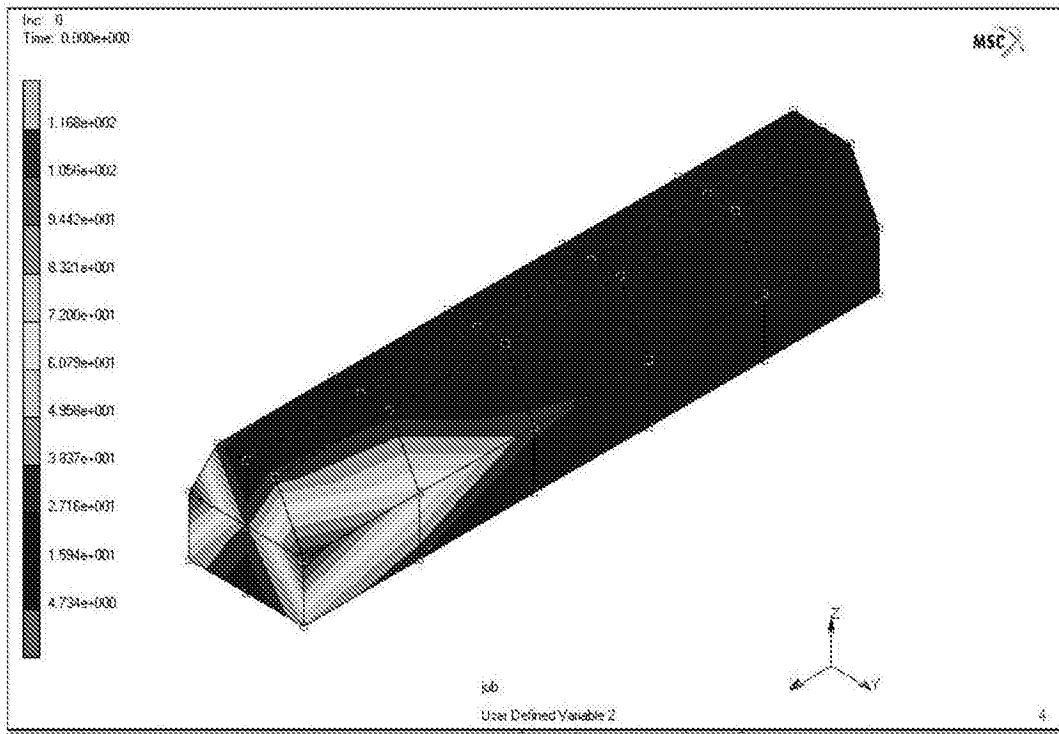


图 13

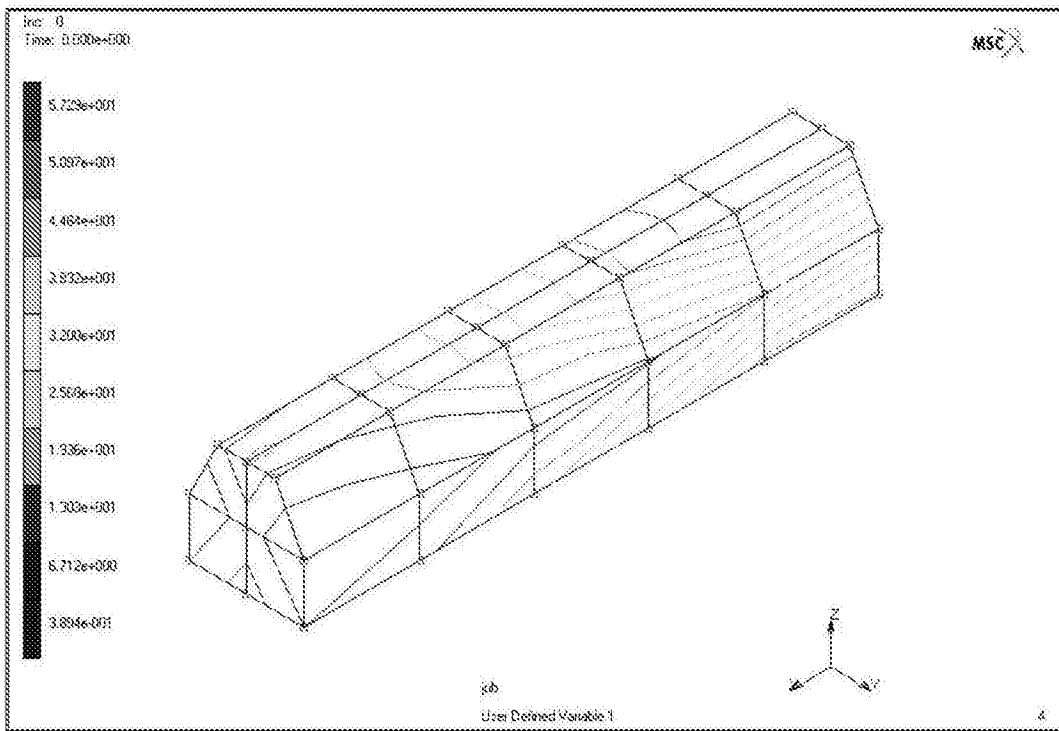


图 14

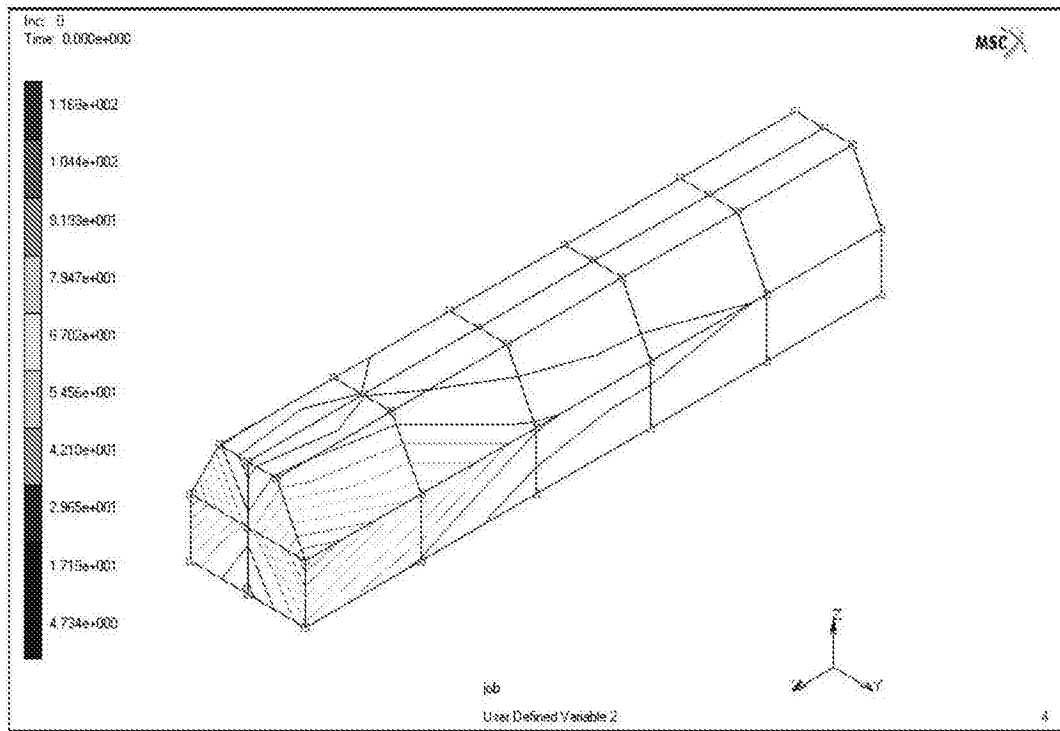


图 15