

Abaqus 二次开发在三元乙丙橡胶/聚丙烯热塑性弹性体二维细观模型中的应用

苏江, 杨海波*, 宋建欣, 郝英哲, 张立群

(北京化工大学 有机无机复合材料国家重点实验室, 北京 100029)

摘要:针对采用手工方法建立三元乙丙橡胶(EPDM)/聚丙烯(PP)热塑性弹性体有限元模型工作效率极低的问题,采用 Python 语言对 Abaqus GUI 进行二次开发,建立模型相关界面。结果表明:通过界面输入相关模型参数可快速建立满足不同仿真分析要求的有限元模型,极大地简化了模型建立工作。蒙特卡洛方法可以建立具有不同特点 EPDM/PP 细观尺度有限元模型。

关键词: Abaqus 二次开发; 三元乙丙橡胶; 聚丙烯; 细观模型

中图分类号: TQ333.4; O241.82 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2015)06-0340-03

动态硫化三元乙丙橡胶(EPDM)/聚丙烯(PP)热塑性弹性体兼具 EPDM 的高弹性和 PP 的可加工性,广泛应用于汽车、电子和通讯等行业。通过细观形貌表征研究发现,EPDM/PP 弹性体内部 EPDM 具有随机分布以及大小随机性特点。有限元方法力学预测已成功用于类似形态研究^[1-5]。Abaqus 软件能够应用于静态结构力学、动态力学分析和二次开发等,尤其是通过集成 Python 语言,可以很方便地进行 Abaqus 程序二次开发^[6]。

本工作在 Abaqus 二次开发基础上,利用 Python 语言建立用户界面,并输入相关模型参数,自动生成 EPDM/PP 有限元几何模型。

1 EPDM/PP 细观形貌

EPDM/PP 细观形貌见图 1。由图 1 能够观察到分散相 EPDM 的粒子形状、分布情况和大小。

2 Abaqus 二次开发前处理

2.1 EPDM/PP 几何模型生成算法

采用蒙特卡洛方法建立 EPDM/PP 几何模

型,其基本流程如图 2 所示。首先采用 Abaqus 内部函数对分散相 EPDM 随机旋转和平移,使其

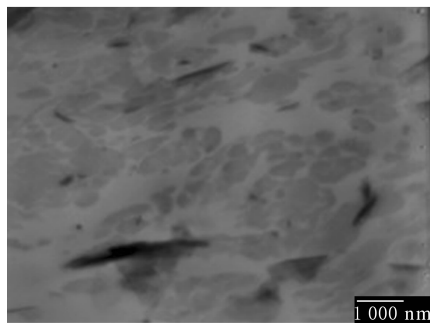


图 1 EPDM/PP 的细观形貌(深色表示 EPDM)

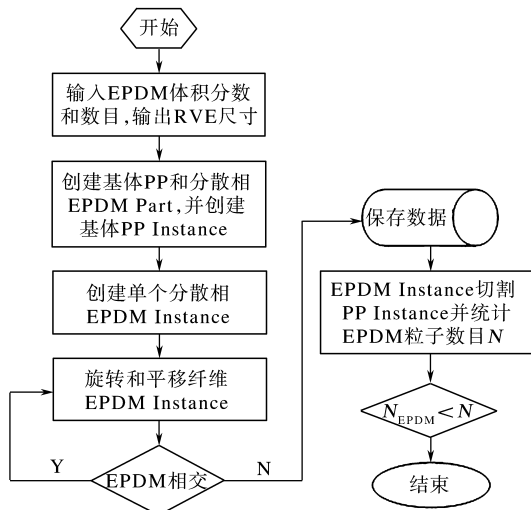


图 2 采用蒙特卡洛方法建立 EPDM/PP 几何模型流程

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展计划项目 (2011CB06003)

作者简介: 苏江(1988—),男,湖北利川人,硕士,现在佳通轮胎中国研发中心工作,从事弹性体力学有限元数值模拟计算研究。

* 通信联系人

具有随机的位置和取向,并判断分散相 EPDM 是否相交,如果满足不相交条件,则保存 EPDM 相关数据,否则继续旋转和平移操作。利用所有分散相 EPDM 形成的 Instance 切割基体 Instance,从而得到其几何模型。

2.2 用户界面开发

建立的 EPDM/PP 有限元几何模型用户界面如图 3 所示。需要采用一些参数确定基体大小、分散相 EPDM 粒子大小和取向度等,所有参数均有默认值。

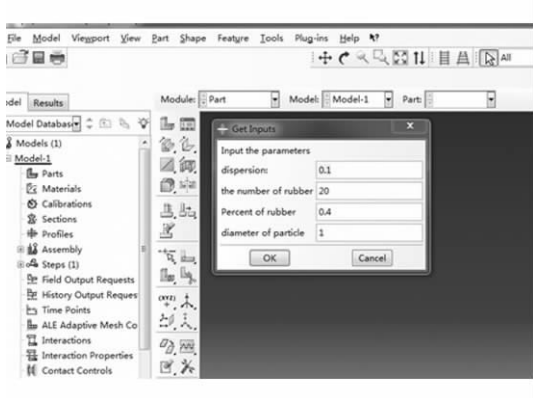


图 3 EPDM/PP 有限元几何模型用户界面

为方便使用其几何模型建立程序,利用 Abaqus 的 GUI 二次开发功能建立用户界面,包括运行按钮区和参数输入区两部分。运行按钮区有 OK 和 Cancel 两个按钮,分别作为运行和取消其模型建立操作;参数输入区可以输入模型相关几何参数。

开发 EPDM/PP 几何模型的 GUI 界面时,需要使用很多 Abaqus 对象类型,在整个程序运行开始之前调用几个模块,如 AbaqusGui 和 AbaqusConstants 模块, ABAQUS 对象包括 session, mdb 和 odb 三类。其中 mdb 包括计算模型对象和作业对象,几乎满足二次开发编程所有对象要求。本模型通过输入界面输入模型参数,模型参数传递内核程序并显示模型界面图像。

2.3 内核程序建立

(1) 建立随机分布和取向分布分散相添加基体模型。首先生成对应 part 模型,圆形(椭圆形) EPDM 和 PP 的 part 模型生成程序如下。

① 圆形 EPDM 的 part 模型生成代码

```
s1 = mdb.models['Model-1'].Sketch(name='_
```

```
profile_', sheetSize=100.0)
```

```
s1.CircleByCenterPerimeter(center = xy[i],
point1=(xy[i][0]+rr[i], xy[i][1]))
```

```
mdb.models['Model-1'].Part(name='Part-1',
dimensionality=TWO_D_PLANAR, type=DE-
FORMABLE_BODY)
```

```
p1 = mdb.models['Model-1'].parts['Part-1']
```

② 椭圆形 EPDM 的 part 模型生成代码

```
s1 = mdb.models['Model-1'].Sketch(name='_
profile_', sheetSize=100.0)
```

```
s1.EllipseByCenterPerimeter(center = xy[i], ax-
isPoint1=(xcon1, ycon1), axisPoint2=(xcon2,
ycon2))
```

```
mdb.models['Model-1'].Part(name='Part-1',
dimensionality=TWO_D_PLANAR, type=DE-
FORMABLE_BODY)
```

```
p1 = mdb.models['Model-1'].parts['Part-1']
```

③ 基体 part 模型生成代码

```
s = mdb.models['Model-1'].Sketch(name='_
profile_', sheetSize=10.0)
```

```
s.rectangle(point1=(0.0, 0.0), point2=(bian-
chang, bianchang))
```

```
p = mdb.models['Model-1'].Part(name='Part-
1', dimensionality=TWO_D_PLANAR, type=
DEFORMABLE_BODY)
```

```
p.BaseShell(sketch=s)
```

(2) 二维几何模型中 EPDM 取向分布和大小分布实现。建立 EPDM/PP 二维几何模型过程中,可以创建 EPDM 随机取向分布和定向分布以及 EPDM 粒子大小分布。针对不同用户要求,使用变量 degree 实现,当 EPDM 取向随机分布时,变量 degree 由 random() 赋值;当 EPDM 取向定向分布时,变量 degree 由用户输入值确定。EPDM 粒子大小分布一般包括均一粒子大小和正态分布。EPDM 粒子大小均一分布时,变量 degree 可由用户输入值确定;EPDM 粒子大小正态分布时,变量 degree 可由用户建立子函数确定,其子函数利用 BoxMuller 定理生成符合正态分布的粒子大小。

(3) EPDM 粒子之间相交判断。通过观察 EPDM/PP 细观形貌,发现 EPDM 粒子不应该出现相交,自行建立用户子程序作为相交判断方法。

EPDM 粒子不相交判断方法为相邻粒子距离大于粒子半径之和。

3 应用实例

基于开发的 EPDM/PP 几何模型建立程序，通过输入不同模型参数而生成不同类型几何模型，结果如图 4 所示，不同模型对应的参数见

表 1。

4 结论

(1)采用 Python 脚本语言对 Abaqus 进行二次开发,得到用户图形界面,输入相关模型参数,可以建立不同类型的 EPDM/PP 几何模型,与手工方式相比效率显著提高。

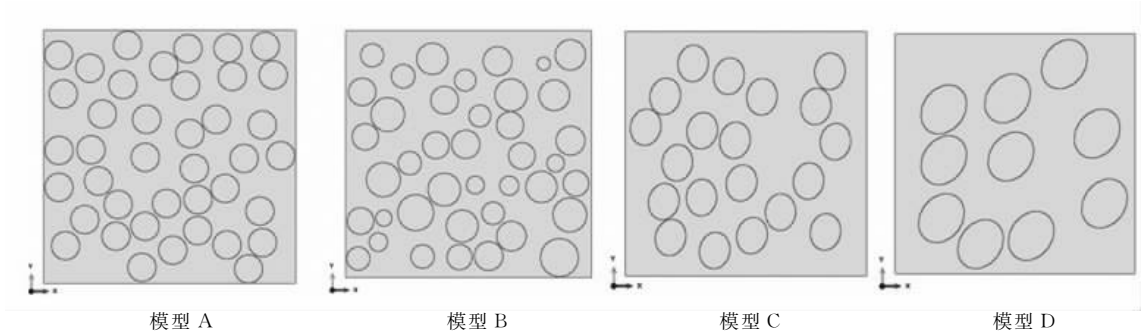


图 4 输入不同参数条件得到的 EPDM/PP 几何模型

表 1 不同类型几何模型对应的参数

模型类型	基体长度/ μm	EPDM 粒子大小/ μm	EPDM 取向度/ $^\circ$	EPDM 粒子数量/个	EPDM 面积分数
模型 A	17.72	1	—	40	0.40
模型 B	265.5	15	—	40	0.40
模型 C	66.71	长轴 $a=5.00$, 短轴 $b=4.25$	15~80	20	0.40
模型 D	9.153	长轴 $a=5.00$, 短轴 $b=4.00$	60	8	0.30

(2)根据 EPDM/PP 几何模型特征,蒙特卡洛方法可以建立分散相 EPDM 定向和随机取向几何模型以及分散相 EPDM 粒子大小均一分布和正态分布的几何模型。

参考文献:

[1] 田明,刘力,田洪池,等. EPDM/PP 共混型热塑性硫化胶的增容研究[J]. 合成橡胶工业,2003,26(3):144-147.
[2] 谭江华. 橡胶与颗粒增强橡胶的力学行为及其有限元模拟[D]. 湘潭:湘潭大学,2012.
[3] 潘炯玺,叶林忠,李刚,等. 动态硫化 PP/EPDM 热塑性弹性

体性能的研究[J]. 橡胶工业,1997,44(5):259-262.
[4] Takuo Asamia, Koh-hei Nitta. Morphology and Mechanical Properties of Polyolefinic Thermoplastic Elastomer. I. Characterization of Deformation Process[J]. Polymer,2004,45(15):5301-5306.
[5] Takashi Aoyamaa, Angola Juan Carlosa. Strain Recovery Mechanism of PBT/Rubber Thermoplastic Elastomer[J]. Polymer,1999,40(13):3657-3663.
[6] 曹金凤,王旭春,孔亮,等. Python 语言在 Abaqus 中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,2011:10-80.

收稿日期:2014-12-13

一种抽真空密炼机

中图分类号 TQ330.4+3 文献标志码 D
由王孔金申请的专利(公开号 CN 103552167A,公开日期 2014-02-05)“一种抽真空密炼机”,涉及的抽真空密炼机包括机架、密炼室、压料装置、密炼装置和抽真空装置。机架的下部设有密炼室,上部设有压料装置;密炼室连接密

炼装置,密炼室的上方设有用于对密炼室进行抽真空的抽真空装置。该设备在工作过程中可对密炼室进行自动抽真空,防止密炼室内的有害气体排出外界造成环境污染,同时可阻止密炼室内的化工原料被外界空气氧化,确保生产出高质量的产品。

(本刊编辑部 赵 敏)