



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112800628 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 04

(21) 申请号 202110212741.6

CN 107256298 A, 2017.10.17

(22) 申请日 2021.02.25

JP 2016011403 A, 2016.01.21

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112800628 A

李帅. 复合材料构件多尺度区域化建模与等几何固化分析.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2021, (第01期), 第B020-495页.

(43) 申请公布日 2021.05.14

(73) 专利权人 江西省科学院应用物理研究所

地址 330001 江西省南昌市青山湖区艾溪湖管理处昌东大道7777号

孙晓翔 等. 纤维微结构及界面对植物短纤维复合材料拉伸行为的影响.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2018, (第02期), 第B020-67页.

(72) 发明人 付远 刘颀 郭炜

许灿 等. 平纹机织碳纤维复合材料的多尺度随机力学性能预测研究.《力学学报》.2020, 第763-773页.

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 111/08 (2020.01)

G06F 113/26 (2020.01)

G06F 111/10 (2020.01)

XiaodongWang 等. A long-range force based random method for generating anisotropic 2D fiber arrangement statistically equivalent to real composites.《Composites Science and Technology》.2019, 第180卷第33-43页. (续)

(56) 对比文件

CN 106815408 A, 2017.06.09

CN 108304628 A, 2018.07.20

US 2020070389 A1, 2020.03.05

CN 106295062 A, 2017.01.04

CN 1665972 A, 2005.09.07

JP 2018091765 A, 2018.06.14

US 2015221092 A1, 2015.08.06

US 2010182405 A1, 2010.07.22

审查员 雷皓婷

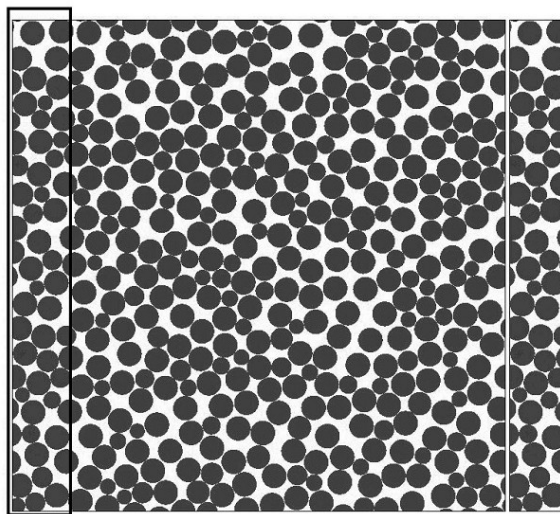
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于数字图像统计算法生成单向纤维树脂基复合截面的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于单向纤维树脂基复合截面的数字图像统计信息,随机生成相应截面模型的数值算法.该算法能够真实反映实际复合截面的有效图形信息.从而避免了其它算法生成模型的盲目性和不确定性.从而产生数值计算与实际复合结构对比度的失真和不准确.本算法的优势在于通过算法对真实复合截面数字图像的分析,能够精准把控已知复合截面的准确信息,生成与截面数字图像一致的随机复合模型.



CN 112800628 B

[接上页]

(56) 对比文件

Yaser Ismaila 等. Discrete element method for generating random fibre

distributions in micromechanical models of fibre reinforced composite laminates. 《Composites Part B: Engineering》. 2016, 第90卷第485-492页.

1. 一种基于数字图像统计算法生成单向纤维树脂基复合截面的方法,其特征在于本算法共分为八步,分别为:第一步获取真实截面的图像信息;第二步,计算出纤维直径的概率分布函数,以及纤维分布函数,可以表示为 $G(r) = \frac{1}{N_a(2\pi r)} \cdot \frac{dK(r)}{dr}$,在真实截面图相中选取一个圆环,其半径为 r ,在圆环外围外围 dr 长度下画一个外接圆,其半径为 $r+dr$,这两个圆环分别称为内环和外环,外环是内环在其半径方向上的微分,式中 $dK(r)$ 表示在内环内的纤维的平均数量,以纤维圆心落入内环内部为准, N_a 是每单位面积上的纤维数量;第三步,寻找第一临近距离取值区间,和第二临近距离取值区间,高体积分数复合纤维结构的纤维分布函数其上面会陆续出现多个峰值的振荡,从左至右分别称为第一临近距离统计峰,第二临近距离统计峰,……第 n 临近距离统计峰,在第二步所获取的纤维分布函数曲线上找到第一临近距离统计峰和第二临近距离统计峰,分别在每个峰的 $2/3$ 高度处沿 x 方向做平行线,平行线与该峰左右两个交点的 x 值的区间,分别称为第一临近距离取值区间,和第二临近距离取值区间;第四步,定义一个样本方形区域,随机生成第一根纤维;第五步,以第一根纤维位置为基准,以第一临近距离为基准随机生成第二根纤维;第六步,以第一根纤维位置为基准,以第二临近距离为基准随机生成第三根纤维;第七步,将第五步和第六步算法移动到第二根纤维,生成第四,第五根纤维;第八步,将算法第五步和第六步移到第三根纤维上,执行同样的程序,此后对每一根纤维重复此过程,直到样本方形区域被填满,程序终止。

2. 根据权利要求1所述的一种基于数字图像统计算法生成单向纤维树脂基复合截面的方法,其特征在于所述的第一临近距离取值区间和第二临近距离取值区间是从真实复合截面的数字图像信息计算出的纤维分布函数中获取的,该函数是一个存在多个波峰的振荡型衰减曲线,该曲线波峰的振荡衰减程度随着纤维体积分数的增加而降低,算法的临近距离取值区间值选取越多,则算法越精确,本算法只选取两个临近距离取值区间进行阐述,对于更高体积分数的截面,可以按实际需求在算法中增加对应的临近距离取值区间。

一种基于数字图像统计算法生成单向纤维树脂基复合截面的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种单向纤维增强复合材料结构的随机生成方法,尤其是基于实际复合截面的有效图形信息生成所对应的随机复合结构模型方法。

背景技术

[0002] 目前,对于单向树脂基纤维复合截面的生成方法有很多,这些方法的不断改进其目的大多是为了追求最大纤维填充体积分数。例如专利CN2021102008385公开了一种高体积分数的二维纤维填充算法,其纤维填充体积分数高达95%以上。可是实际上,对于复合结构仿真来说,大幅提高纤维填充体积分数的算法都是以放弃真实纤维填充结构的保真度为代价的。脱离了复合结构真实截面信息的填充算法在精确评估模型方面是缺乏实际意义的。复合结构真实截面信息包含了许多对于数值建模非常重要的信息,其中包括纤维第一,第二…第n临近距离的概率分布,填充纤维直径的概率分布,纤维的随机分布函数等等。这些信息都是其他算法没有考虑或者机械性考虑到的。因此,开发一种基于真实截面信息生成单向纤维树脂基复合截面的算法对真实截面情况的仿真尤为重要。

发明内容

[0003] 本发明提出了一种基于真实单向树脂基纤维复合截面数字图像开发的随机纤维复合模型的生成算法,与传统算法相比,该算法能够真实,有效,准确的把握数字图像信息,并生成与之相匹配的随机纤维填充模型。本算法的有益效果为,基于本算法生成的复合模型能够完全反应数字图像统计信息,避免生成的模型用于数值计算与真实模型对比严重失真的情况。

附图说明

[0004] 图1 全方位成像软件获取真实纤维截面的图像;

[0005] 图2 纤维分布函数 $G(r)$;

[0006] 图3纤维填充算法示意图;

[0007] 图4 基于本发明算法生成的随机复合截面模型。

具体实施方式

[0008] 一种基于数字图像统计算法生成单向纤维树脂基复合截面的方法分为如下步骤:

[0009] 第一步:对于所要研究的复合结构的截面采用全方位成像软件获取真实截面的图像信息(图1),并运用软件提取出纤维直径和每个纤维中心的x、y坐标等信息,进行统计分析。

[0010] 第二步:根据第一步所获取的信息,计算出纤维直径的概率分布函数,以及纤维分布函数,纤维直径的概率分布函数是根据第一步中获取的每根纤维图像直径信息基于概率

统计的方法进行统计的。而纤维分布函数可以表示为： $G(r) = \frac{1}{N_a(2\pi r)} \cdot \frac{dK(r)}{dr}$ 。其具体解释如下，根据图1所示，在图1中选取一个圆环，其半径为 r ，在圆环外围外围 dr 长度下画一个外接圆，其半径为 $r+dr$ ，这两个圆环分别称为内环和外环（外环是内环在其半径方向上的微分）。式中 $dK(r)$ 表示在内环内的纤维的平均数量（以纤维圆心落入内环内部为准）， N_a 是每单位面积上的纤维数量。纤维分布函数曲线如图2所示，高体积分数复合纤维结构的纤维分布函数其上面会陆续出现多个峰值的振荡，从左至右分别称为第一临近距离统计峰，第二临近距离统计峰，…第 n 临近距离统计峰。

[0011] 第三步：在第二步所获取的纤维分布函数曲线上找到第一临近距离统计峰和第二临近距离统计峰，分别在每个峰的 $2/3$ 高度处沿 x 方向做平行线，平行线与该峰左右两个交点的 x 值的区间，分别称为第一临近距离取值区间，和第二临近距离取值区间。获取这两个区间的 r 值范围。

[0012] 第四步：随机创建一个坐标为 (x_1, y_1) 的点，它位于一个样本方形区域（边界）内，其大小可自定义。用第二步获取的纤维直径的概率分布函数拟合实验测量的直径分布，以 (x_1, y_1) 为圆心随机生成纤维的直径 d_1 ，如图3中（1）所示。

[0013] 第五步：创建第二个点 (x_2, y_2) ，它是前一个纤维的第一临近距离。从 (x_1, y_1) 到 (x_2, y_2) 的距离由第一临近距离取值区间按照正态分布函数随机分配。新点的方向是随机角度 θ_1 ，其中 $0 \leq \theta_1 \leq 2\pi$ （见图3中（1））。纤维直径分配与第四步相同，并记为 d_2 。

[0014] 第六步：创建了第三个点 (x_3, y_3) ，它是第一个纤维第二近邻距离。从 (x_1, y_1) 到 (x_3, y_3) 的距离由第二临近距离取值区间按照正态分布函数随机分配。和之前一样，新点的方向也是随机角度记为 θ_2 ，其中 $0 \leq \theta_2 \leq 2\pi$ （见图3中（2））。纤维直径分配也与第四步相同，并记为 d_3 。

[0015] 第七步：然后，将第五步和第六步算法移动到第二根纤维，并分配它的第一和第二近邻，从它们各自的分布中提取最近的近邻距离，并像前面步骤一样分配纤维直径（见图3中（3））生成第四，第五根纤维。

[0016] 第八步：然后，算法移到第三根纤维上，执行同样的程序。此后对每一根纤维重复此过程，直到样本方形区域被填满，程序终止。

[0017] 算法的程序控制过程如下：

[0018] 1该算法在每次迭代中执行无数次检查，以确保没有纤维相互重叠，并且纤维位于所选的样本区域内。如果发生重叠或一个纤维被放置在样本方形区域之外，定向角度或纤维间距离被重新分配，直到找到一个合适的配置。

[0019] 2如果没有找到合适的位置（例如，在边界附近或纤维饱和的区域），算法将移到下一个纤维并继续之前的工作。

[0020] 3对于任何跨越边界的纤维，在相反的边界（上下边界，左右边界）上放置对应的纤维，以保持几何周期性（图4）。如果与新映射的纤维发生重叠，已经位于该区域的纤维将被移除。然而，一个新的纤维随后被重新分配到一个靠近映射纤维的位置，如果它是可用的，以便在局部尝试和维持正确的纤维体积分数。（左/上边界被切割的纤维，会在其对应右/下边界对应的位置补足，使其形成完整纤维结构，即保持边界的周期性，如图4所示将左边框选部分放置于边界右边形成周期结构，周期结构的优势在于可以将边界左右，上下拼接形

成完整的且无穷大的仿真模型)。

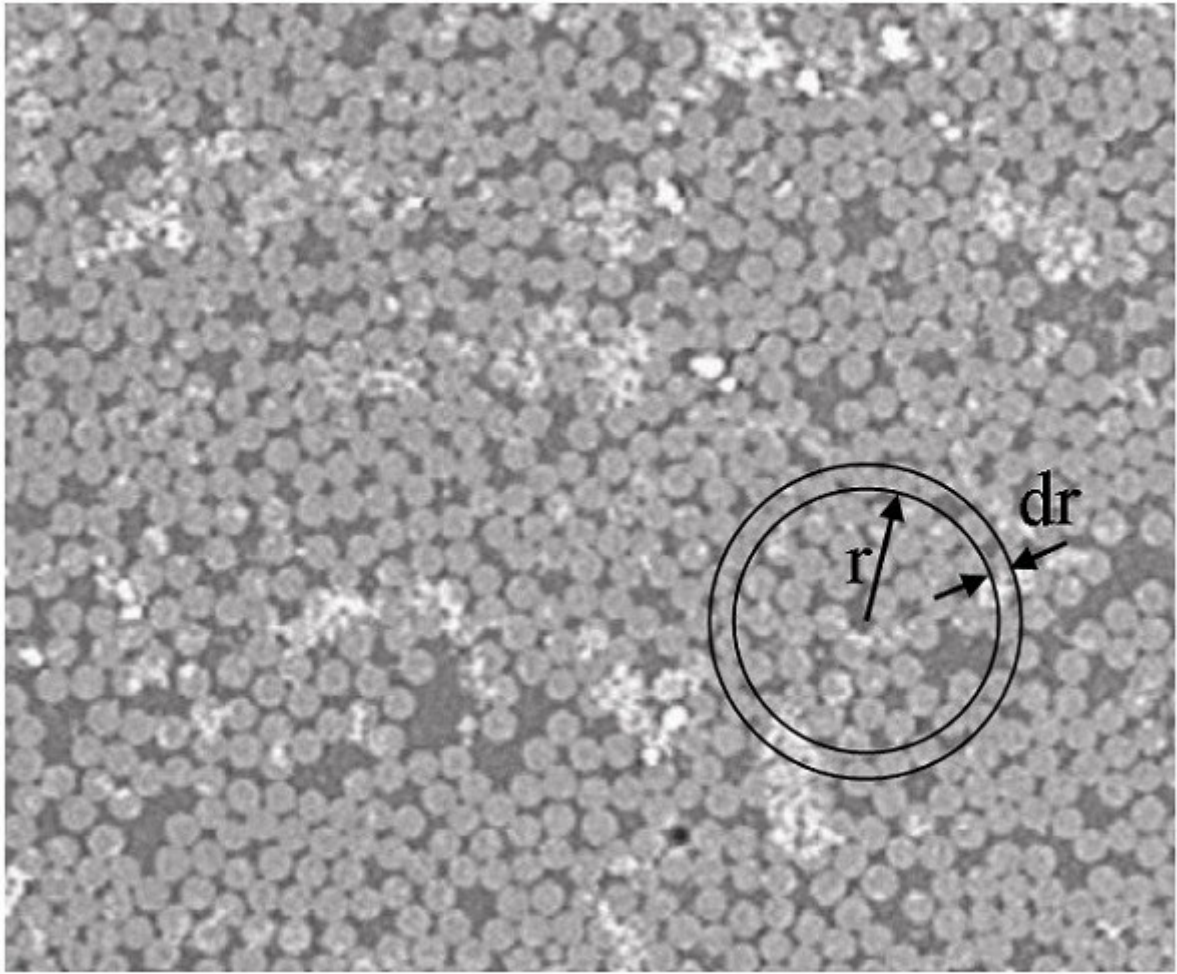


图1

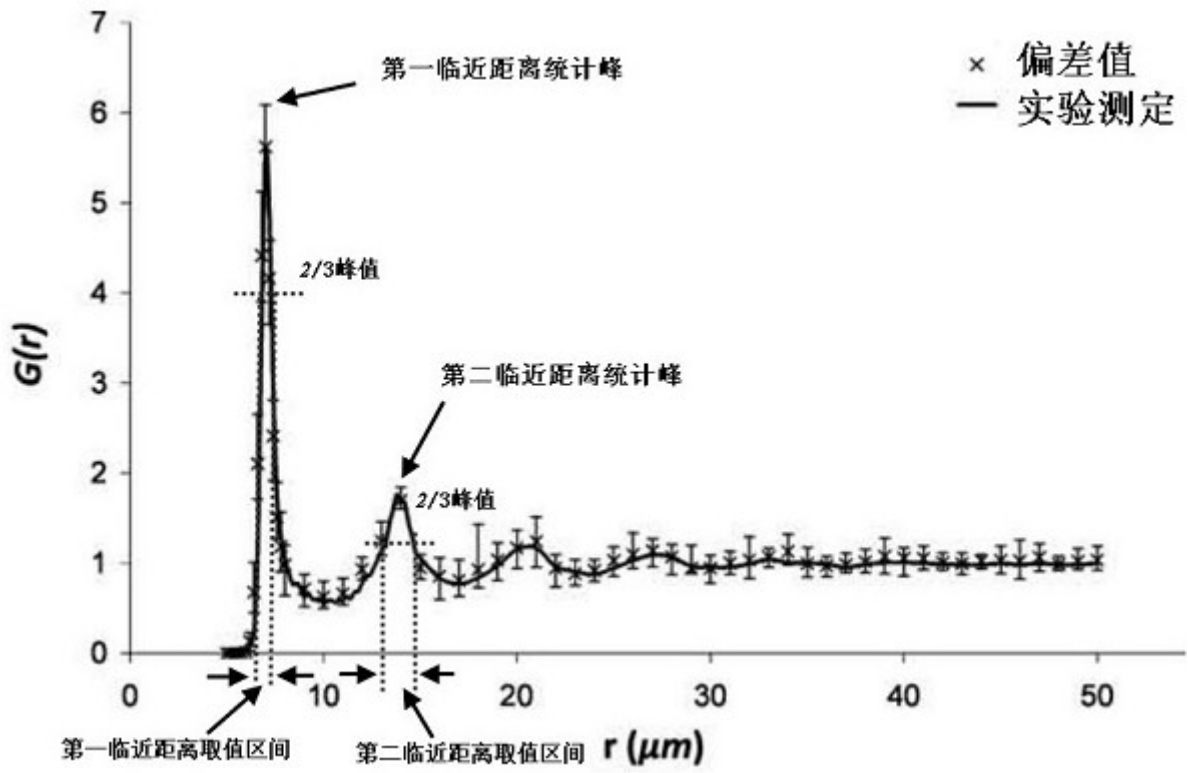


图2

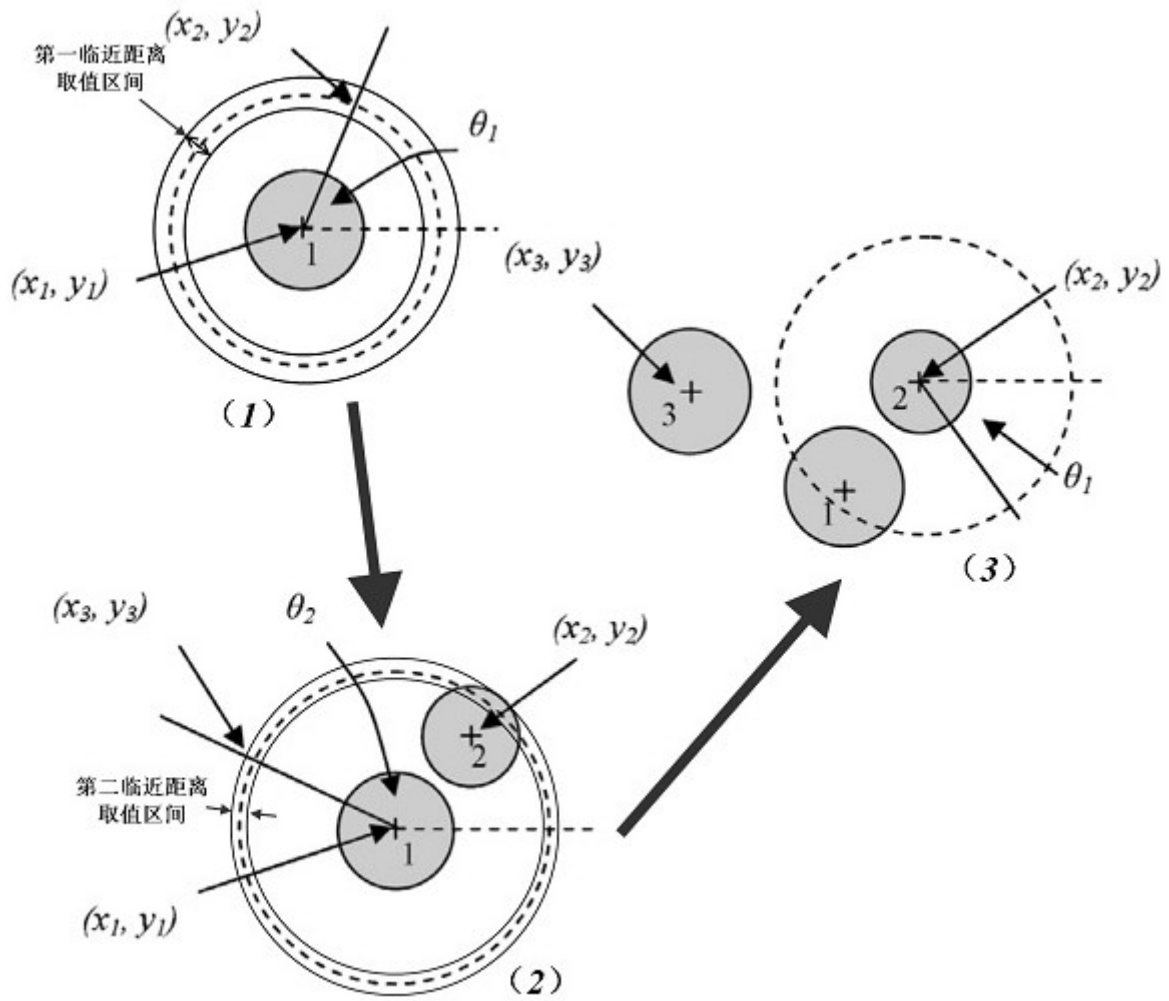


图3

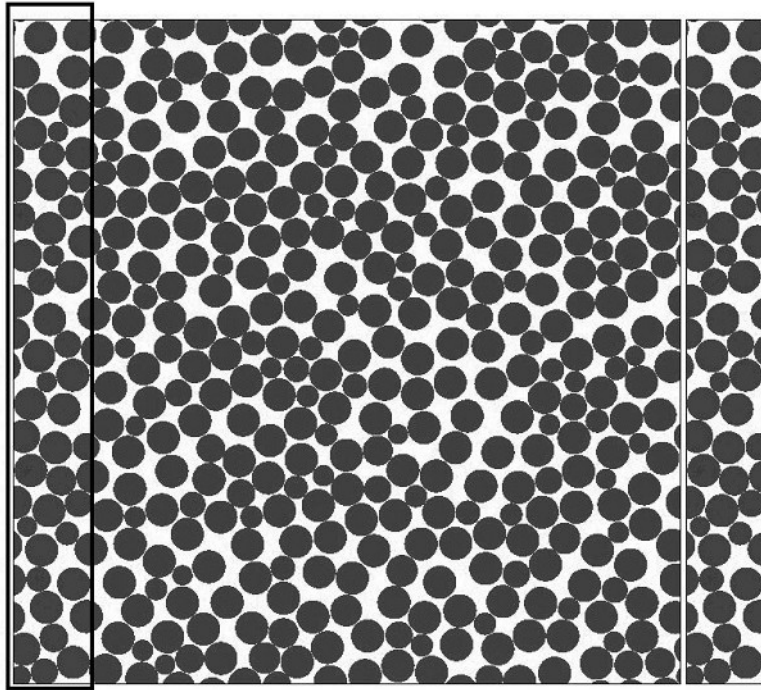


图4