

基于 STL 模型的砂型表面网格重构算法

杨伟东¹, 净鹤洋¹, 方妍娇¹, 陈学广², 于建军³

(1. 河北工业大学机械工程学院, 天津 300401; 2. 河北工业大学材料科学与工程学院, 天津 300401;

3. 唐山昊中科技有限公司, 河北唐山 063611)

摘要: 为解决通用模拟软件对STL模型生成表面网格时存在局部网格稀疏的问题, 本文提出了一种基于STL模型的砂型表面网格重构算法。该算法对生成的表面网格进行特征边界以及表面网格内部加密, 可有效解决表面网格密度低、质量不高的问题。基于ProCAST模拟软件进行实例仿真, 其结果验证了经表面网格重构后的STL网格模型模拟仿真的可行性。

关键词: 表面网格; 网格加密; 有限元仿真; 砂型铸造

砂型铸造是一种相对经济的金属成形工艺, 常用于制作复杂形状的金属零件, 且大小不受限制^[1-2]。其中, 数值模拟计算是验证实际铸造可行性和提高铸件质量的重要手段^[3]。在3D打印用于砂型铸造的实际应用中, 设计人员通常不提供原始CAD模型, 而将砂型的原始数据以STL文件格式保存。由于STL文件仅存储三角面片的顶点和法矢量信息, 是对实体模型表面进行三角形离散化的表达。离散化的STL模型往往存在面片不封闭、面片分布不均匀且形状狭长尖锐等问题, 通用铸造模拟软件对其直接进行表面网格生成时存在网格密度低、质量不高的问题, 若将其直接作为有限元仿真的对象, 则可能会导致求解失败。

针对上述问题, 国内外学者主要针对表面网格生成方法进行了研究。Bechet等通过将模型进行平面子区域划分, 采用改进的Delaunay方法生成最终的网格模型^[4]。杨晓东等提出将网格自适应过程分成均匀化和变密度化两个迭代过程, 在均匀化迭代的基础上对网格进行细化操作^[5]。Ito等采用曲面网格生成算法对整体模型进行基于STL模型特征边的子区域网格划分, 修复了STL网格缺陷^[6]。马新武等提出了一种改进的区域分解法, 用于三维表面三角形和四边形网格的自动生成^[7]。

综上所述, 以上方法并未有效解决表面网格密度低、质量不高的问题, 因此本文提出了一种表面网格重构算法, 对生成的表面网格的特征边界及网格内部进行加密, 构建符合砂型数值模拟仿真的表面网格。其技术路线如图1所示。

作者简介:

杨伟东(1972-), 男, 教授, 博士, 研究方向为增材制造、计算机集成测控系统。
E-mail: yangweidong@hebut.edu.cn

通讯作者:

陈学广, 男, 副教授。电话: 15602077001, E-mail: cxg@hebut.edu.cn

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)

06-0852-07

基金项目:

河北省科技重大专项资助项目(21284901Z); 河北省高等学校科学技术研究项目(ZD2020191)。

收稿日期:

2023-07-18 收到初稿,

2023-09-04 收到修订稿。

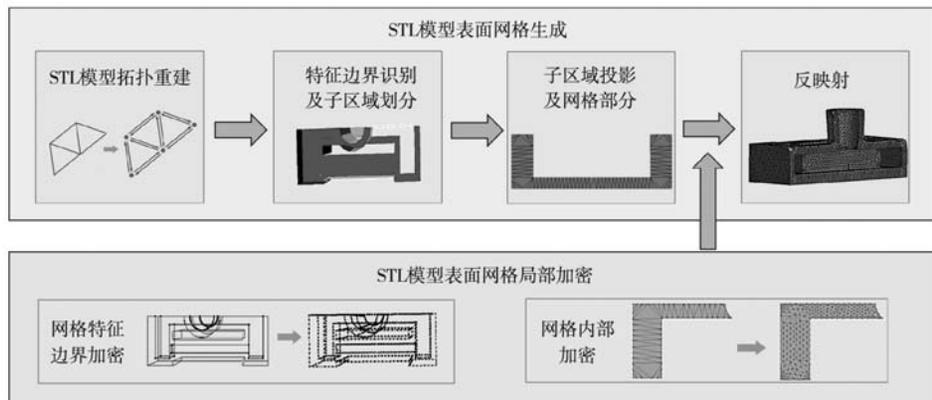


图1 STL模型表面网格重构技术路线图

Fig. 1 Technology roadmap of the STL model surface mesh reconstruction

1 STL模型的表面网格生成

1.1 基于半边结构的 STL 模型拓扑重建

本文以STL文件作为三维表面几何形状的输入文件。由于STL文件记录的三角面片的几何信息相互独立，不存在拓扑关系，为便于网格划分等后续处理，应先对STL模型进行拓扑重建。

STL模型中多个三角面片共用一个顶点信息，导致大量的相同数据被重复记录，造成数据存储量过大、处理效率低。为此，本文采用基于哈希表的STL三角面片冗余顶点快速滤除算法剔除多余的顶点数据。通过读取STL模型三角面片信息并建立顶点哈希表、点表和面表，计算顶点的哈希地址，判断顶点哈希表中是否有相同值，若有则剔除，若没有则将此点记入点表并添加索引。遍历模型的三角面片顶点，直至冗余数据全部剔除。

在剔除完冗余数据的基础上，建立基于半边数据结构的相邻三角面片拓扑关系。半边数据结构的核心是将三角面片的一条边分裂成两条有向半边，建立相邻三角面片之间的联系^[8-9]。采用半边数据结构记录点、半边、面三种元素的相邻关系，建立STL模型三角面片之间的拓扑关系，为后续网格处理提供基础。

1.2 基于特征边界识别的子区域划分

准确、高效提取STL特征边界是处理网格算法的前提，也是不丢失STL模型的原始特征信息的重要保障。Béchet提出通过计算相邻三角面片之间的法向量夹角的方法识别特征边界^[4]。对于简单模型，特征边界比较容易识别，而对于一些复杂模型，其表面区域可能存在非预期的不连续边界，这些断点边界与模型的几何结构无关，但会导致表面分割失败。为抑制这些边界断点，采用聚集聚类的方法修复断点边界，进行二次识别特征边界。在此引入度的概念，度是指特征边界的节点相邻点的数量。该方法将度小于1的聚为一类，其余聚为一类，并剔除度为1的断点边界，实现断点边界修复。

采用基于特征边界的深度优先搜索算法进行子区域的划分。选取任意一个三角面片，根据三角面片之间的拓扑关系，搜索相邻的三角面片，并将其加入同一子区域，若该相邻三角面片已经加入其他子区域或者它的边属于特征边界，停止搜索该方向的三角面片。以上算法对于简单模型能有效分割表面，但对于圆柱体等特殊曲面结构，不能有效识别其特征边界，导致无法进行子区域划分，因此，本文提出二次角度判断分割表面的方法。基于初步划分的子区域，计算该区域中任意三角面片的法向量夹角，当三角面片的法向量夹角不超过阈值时属于同一子区域，超过阈值

时属于不同子区域。其中，阈值一般设定不超过180°，具体可视圆柱等曲面结构的总体角度取值。

1.3 子区域投影及表面网格剖分

为降低三维曲面网格生成难度，将子区域表面的网格节点进行参数化投影至二维平面，在二维平面上生成表面网格。为保证投影过程中三角面片不会发生重叠，选择子区域中三角面片法矢量和的方向作为投影方向，并对三维网格中三角面片的顶点坐标进行坐标变换，计算出三维网格在二维平面的投影。

对投影后得到的二维平面区域进行表面网格生成，主要分为两个步骤：第一步是根据特征边界点对二维平面区域进行Delaunay表面网格剖分；第二步是对网格内部进行局部加密细化，提高网格密度和质量。Bowyer-Watson算法是最常见的Delaunay三角化网格生成算法，它利用Delaunay三角剖分的空圆性质通过逐步插点的方式实现网格剖分^[10]。

1.4 网格的反射射算法

二维平面网格生成后，网格节点都位于二维平面内，需反射射至原始模型表面，与边界拟合形成最终的三维网格模型。由于投影矩阵不存在逆矩阵，故二维空间的网格节点反射射不能利用逆矩阵计算。为计算出二维空间的网格节点在三维空间中的坐标，在二维平面中插点构建四叉树^[11]，然后以初始三角形所在矩形为包围盒，搜索属于初始三角形内部的网格节点，利用三角形面积权重法计算出二维平面内的网格节点在三维空间中的坐标，进而生成三维空间的最终网格模型。

2 STL模型的表面网格加密

在数值计算中，网格密度与数值分析的精度和效率密切相关。过密的网格计算精度较高，但仿真时间较长。而较疏的网格的计算效率较高，但运算精度较低。网格的加密方法主要有两种：一种是对表面网格边界加密，另一种是对表面网格内部加密。

本文以生成的表面网格作为初始网格，对初始网格的边界节点和表面网格内部进行局部加密，实现网格的密度控制，以达到有限元分析的网格模型要求，提高仿真模拟结果的准确性。

2.1 表面网格特征边界加密

STL模型的初始表面网格局部特征边界节点比较稀疏，因此需对特征边界的网格节点加密以达到有限元分析的要求。本文采用特征加密点识别并赋值的方法，实现控制网格的疏密程度。

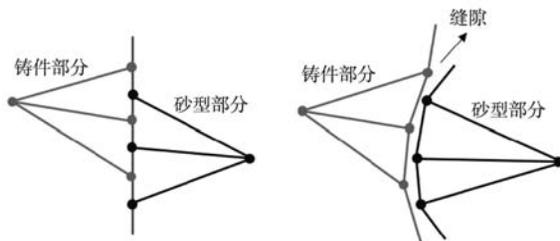
2.1.1 特征边界加密点提取

砂型外表面的网格密度比型腔内部的网格密度大，即砂型外表面的特征边界节点尺寸值比型腔内部特征边界节点尺寸值大，因此将砂型的特征边界节点大小分为两个部分：砂型外表面和砂型型腔。将砂型特征边界中尺寸值较小的节点作为特征加密点，对这两部分的网格节点分别赋值，实现表面网格特征边界加密。

由于STL模型的特殊性，铸件和砂型分为完全重合和不重合两种情况，故铸件的特征边界节点和砂型中型腔部位的特征边界节点也分为重合和不重合两种情况。

对于铸件的特征边界节点与砂型型腔上的特征边界节点重合的情况，只需查询铸件顶点容器和砂型顶点容器中坐标相同的顶点，这些重合顶点即为特征加密点。

对于不重合的情况，具体又可以分为两种：一种是砂型型腔特征边界节点在铸件模型特征边界上，另一种是砂型型腔的特征边界和铸件模型的特征边界之间存在缝隙，如图2所示。为有效解决特殊加密点提取难的问题，本文提出采取曲线闭合的方法提取砂型型腔上的特征边界加密点。



(a) 两模型节点在同一直线 (b) 两模型之间存在缝隙
图2 铸件模型和砂型型腔的特征边界节点不重合的两种情况
Fig. 2 Two cases where the feature boundary nodes of the casting model and the sand cavity do not coincide

如图3所示，利用砂型型腔特征边界节点 V_2 和铸件特征边界节点 V_0 、 V_1 构成三角形，通过公式(1)计算砂型型腔特征边界节点至铸件特征边界的距离 d 。设定距离 d 的阈值，若小于阈值，则判断 V_2 为砂型型腔上的点，也就是特征加密点。综合考虑两种不重合的情况以及STL模型狭长三角形的边长，设定阈值小于STL模

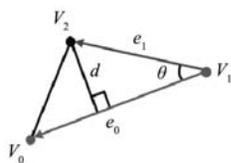


图3 提取特征点几何意义图
Fig. 3 Extracting the geometric meaning of feature points

型的原始精度，即可实现对特征加密点的提取。

$$d = |\vec{e}_0 \vec{e}_1| \sin \theta \quad (1)$$

式中： e_0 为铸件特征边界向量， e_1 为铸件特征边界节点和砂型型腔特征边界节点构成的向量， θ 为两向量夹角。

2.1.2 特征边界加密

特征边界加密是网格划分的基础，也在一定程度上决定了内部节点的排列方式。当特征边界节点的尺寸值相同时，采用均匀的方法对特征边界进行加密，而当特征边界节点的尺寸值不同时，需对特征边界采用非均匀的方法。为适应不同的节点尺寸要求，同时保证网格的平滑过渡，本文提出采用变密度法对特征边界进行加密。

如图4所示，设特征边界总长度为 L ，两边网格节点分别为 A 和 B ，其对应的网格尺寸为 d_A 和 d_B ，利用 d_A 和 d_B 控制插入的加密点数量。



图4 特征边界加密点
Fig. 4 Feature boundary encryption point

当 $d_A \neq d_B$ 时，采用渐变的方式插入新节点，该边界应插入节点个数 N 为：

$$N = \int \frac{1}{d(s)} d(x) - 1 = \text{int} \left(\frac{L}{d_B - d_A} \ln \frac{d_B}{d_A} \right) - 1 \quad (2)$$

式中， $d(s)$ 为特征边界的间距函数。

当 $d_A = d_B$ 时，以均匀方式插入网格节点，该边界应插入节点个数 N 为：

$$N = \text{int} \left(\frac{L}{d_A} \right) - 1 \quad (3)$$

根据节点的数量，每个新插入节点的网格尺寸 $\rho(X)$ 可表示为：

$$\rho(X) = d_A + (d_B - d_A) \frac{X}{L} \quad (4)$$

式中， X 为新插入节点距特征边界上节点 A 的距离， X 的限制条件为 $0 \leq X \leq L$ 。

依据上述计算结果，采用变密度法进行特征边界加密插点。新节点的位置可通过插值定理计算其空间坐标值：

$$X_i = \frac{(X_B - X_A) h_i}{L} + X_A \quad (5)$$

$$Y_i = \frac{(Y_B - Y_A) h_i}{L} + Y_A \quad (6)$$

$$Z_i = \frac{(Z_B - Z_A) h_i}{L} + Z_A \quad (7)$$

式中: X_i 、 Y_i 、 Z_i 为第*i*个节点的空间坐标值, h_i 为第*i*个节点距特征边界上节点A的距离。

2.2 表面网格的内部加密

由于特征边界加密后的网格单元依然存在形状狭长的三角形, 无法满足模拟仿真的要求, 因此需对表面网格内部进行加密以提高网格单元的密度及质量。对于非结构网格单元来说, 等边三角形是有限元分析中较好的单元网格形状, 因此生成近似于等边三角形的形状是较为理想状态。常用的网格内部加密方法是重心插值法, 但这种插值方式单一, 且容易产生不符合要求的三角网格。因此, 本文提出采用三角网格单元外心和重心加权平均的方法计算内部插值点的位置。该方法不仅节省了大量的时间, 而且更有利于生成符合要求的网格单元, 但它比较适合锐角或直角网格单元, 对于钝角网格单元易产生不符合要求的三角网格。因此针对钝角三角网格单元, 采取度优化的方法插入网格内部点。综上, 本文结合外心和重心加权平均及度优化两种方法分别对初始网格内部进行插点加密。

2.2.1 锐角或直角网格单元

采用外心和重心加权平均的方法选取锐角三角网格单元或直角三角网格单元作为待插入节点的网格单元, 如图5所示。

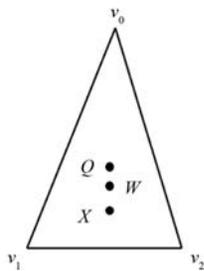


图5 插入新节点位置

Fig. 5 Insert new node position

根据重心到三个顶点距离的平方和最小的原理, 构建三角网格单元与等边三角形的标准相似率 p 计算公式:

$$p = \frac{(W-v_0)^2 + (W-v_1)^2 + (W-v_2)^2}{2r^2} \quad (8)$$

式中: r 为外心的半径, v_0 、 v_1 、 v_2 为三角形的顶点坐标, W 三角网格单元的重心坐标, 其中相似率 p 的限制条件为 $0 < p \leq 1$ 。由于任意三角形的顶点坐标都与其重心坐标不重合, 因此 $p > 0$ 。在等边三角形中, 外心和重心为同一个位置, 因此标准相似率 $p=1$ 。当三角网格单元越接近等边三角形时, 越大, 反之则越小。当

$p=1$, 说明该三角网格单元无需进行内部节点插入。当 $p \neq 1$, 则插入节点的坐标 X 计算公式如下:

$$X = Wp + Q(1-p) \quad (9)$$

式中: p 为相似率, W 为三角单元的重心坐标, Q 点为三角单元的外心坐标。

2.2.2 钝角网格单元

采用度优化的方法选取钝角网格单元作为待插入节点的网格单元。在平面网格中, 钝角处的度通常小于6, 计算该节点处在理想状态下所需三角形数 h_i :

$$h_i = \frac{\alpha}{60^\circ} \quad (10)$$

式中, 内部钝角三角网格单元取 $\alpha=360^\circ$, 特征边界上的钝角三角网格单元取 $\alpha=180^\circ$ 。

其中需考虑两种情况, 第一种情况钝角存在于网格内部。如图6a所示, 钝角A点的度为5, 而根据公式(10)计算出A点在理想状态下所需三角形数量 h_i 为6, 因此需对钝角三角网格单元进行插点优化。如图6b所示, 在钝角A对应的边BC上插入点G并对网格重新划分, 点G的坐标计算公式如下:

$$V_G = \frac{1}{2} V_B + \frac{1}{2} V_C \quad (11)$$

式中, V_B 、 V_C 分别为B、C的坐标。点G的度为4, 对点G的度进行二次优化以提高网格质量。计算点G所在三角形中角度最大的三角形, 并对角度最大的三角形进行局部边缘翻转操作。如图6c所示, 通过计算得 $\angle DGC$ 最大, 寻找以DC为对角线的四边形并进行边缘翻转操作, 翻转后得点G的度为5, 有效提高了该点的度。

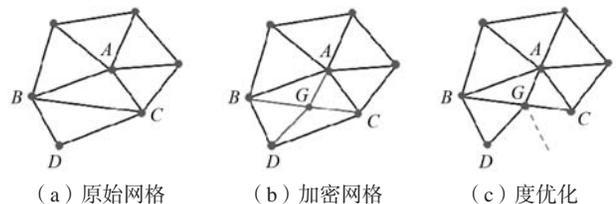


图6 钝角网格单元加密

Fig. 6 Encryption of obtuse mesh cells

第二种情况钝角存在于特征边界处。如图7所示, 顶点C是一个实际度为2的特征顶点, 但根据公式(10)求出理想状态下的度为3, 因此需对此钝角三角网格单元进行优化。以特征顶点C为起始点, 搜索以非特征边CG所在的四边形ABCG和CGFD, 分别求得与特征点C对应的点A和点F的度, 点A的度为6, 点F的度为5。然后分别计算点A和点F和理想状态下度6的平方差, 平方差分别为0和11, 取平方差较小点所在的四边形ABCG, 在其对角线处插入中点Q, 连接相邻的各个顶点, 形成新的三角网格并更新三角网格列表。

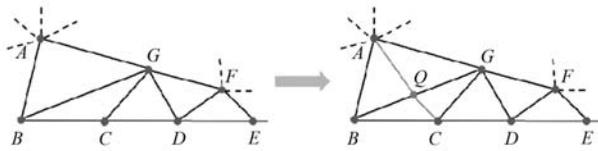


图7 特征边钝角的度优化

Fig. 7 Degree optimization of obtuse angle of the feature edge

3 算例分析

针对本文提出的STL模型表面网格重构算法,对表面网格重构后的STL模型进行网格质量评定以及验证其模拟仿真的可行性。

质量因子是评定网格质量的方法之一。质量因子 $q \in [0, 1]$, q 越大表示三角网格和正三角形相似率越高,网格质量越好。对于三角网格,最直接的方法是采用网格单元的最小内角角度判断几何形状大小,其内角角度越接近 60° ,表明该三角网格单元质量越高。因此本文结合质量因子和内角角度的方法,综合评定网格质量。

原始STL模型和表面网格重构的STL模型的质量因子分布如图8所示,原始STL模型共有三角面片3 276个,其中57.9%的三角网格质量因子小于0.2,只有3.39%的三角网格介于0.4~0.6之间,网格质量整体较差,而表面网格重构后的STL模型共有三角面片31 172个,其中93%以上的三角面片质量因子大于0.5,且主要集中在0.6~0.8、0.8~1.0这两个区间,网格质量显著提升。

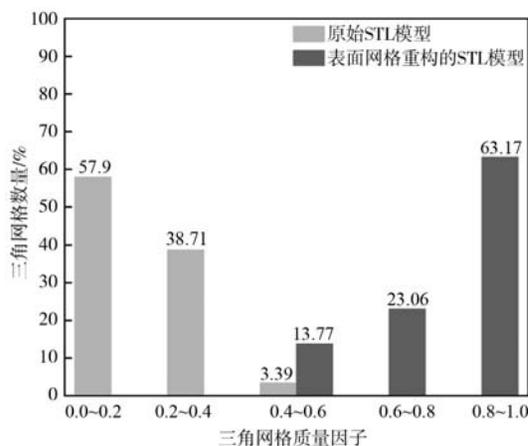


图8 两种网格模型的质量因子分布图

Fig. 8 Quality factor distribution of two grid models

由表1的三角网格单元最小角度分布可知,表面网格重构后的STL模型三角网格大多数都大于 30° ,其中 $45^\circ \sim 60^\circ$ 区间的三角面片占55.1%,而由于该砂型内腔结构较复杂,出现了少量角度小于 30° 的情况,但对于整体模型来说,不影响整体三角网格质量。

为了对比本文提出的STL模型表面网格重构算法的

表1 两种网格模型的三角网格单元最小角度分布
Table 1 Minimum angle distribution of the triangular mesh elements in two mesh models

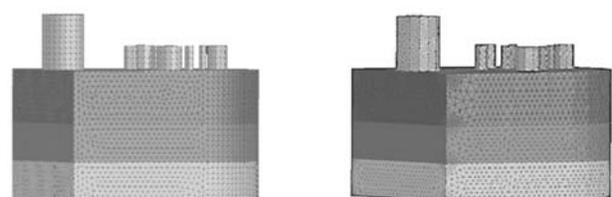
网格模型	三角网格单元最小角度/ $(^\circ)$			
	0~15	15~30	30~45	45~60
原始STL模型	58.3	29.1	12.6	0
表面网格重构后的STL模型	0	3.2	41.7	55.1

表面网格生成效率,选用通用铸造模拟软件ProCAST中的Mesh方法,对蜗杆减速机箱体铸件砂型进行网格划分,所生成的X_T网格模型如图9a所示。表2为本文方法与Mesh方法的网格划分结果的对比。可以看出,本文提出的方法在网格生成效率方面与Mesh方法不相上下,但整体网格密度明显提升。

表2 两种网格模型的网格密度及生成效率对比
Table 2 Comparison of mesh density and generation efficiency of the two mesh models

方法	模型	网格数目	耗时/s
本文	表面网格重构后的STL模型	31 172	27.0
Mesh	X_T网格模型	22 063	23.0

在网格质量评定以及生成效率对比的基础上,以表面网格重构后的STL模型为输入,运用ProCAST模拟仿真软件进行体网格划分,完成前处理功能^[12]。再采用成熟的铸造工艺方案,以树脂砂为砂型制造材料,HT200灰铸铁为浇注金属材料,完成后处理功能。以原始CAD模型生成的X_T网格模型为参照,对比分析两种网格模型在不同时刻的充型温度场和凝固场的结果,验证表面网格重构后的STL模型仿真模拟的可行性。本文选用蜗杆减速机箱体铸件砂型为研究对象,图9分别为X_T网格模型以及表面网格重构后的STL模型对比图。



(a) X_T网格模型

(b) 表面网格重构的STL模型

图9 两种模型的网格划分对比图

Fig. 9 Mesh comparison between the two models

图10为X_T网格模型和表面网格重构的STL模型在不同充型时刻的温度场分布示意图。从充型的整体过程看,两个网格模型在充型时刻的温度变化相差不大,且两者的变化规律较为符合。

图11为X_T网格模型和表面网格重构的STL模型的

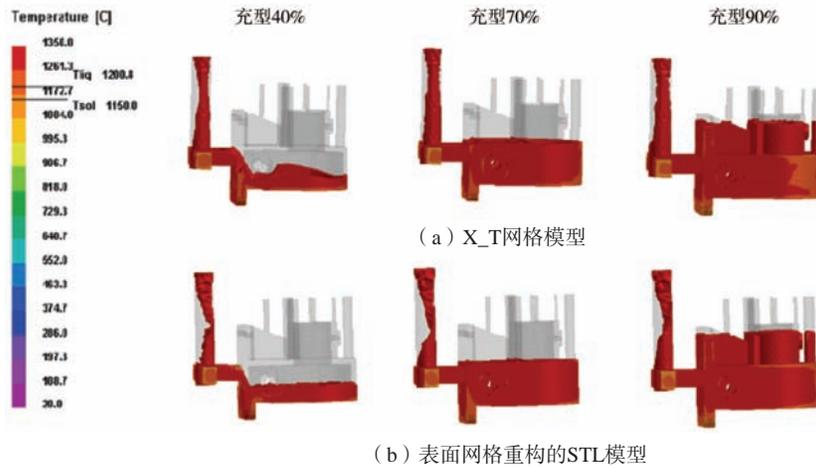


图10 两种网格模型在不同充型时刻的温度场分布示意图

Fig. 10 Temperature field distribution diagram of two mesh models at different filling time

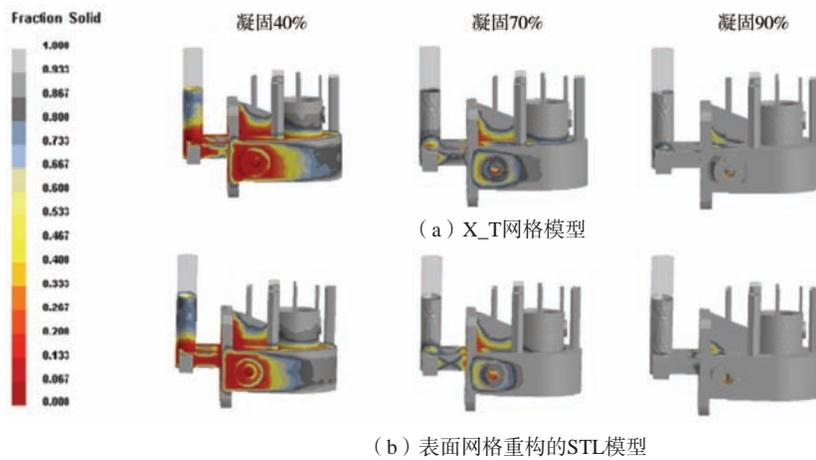


图11 两种网格模型的凝固场分布示意图

Fig. 11 Solidification field distribution diagram of two mesh models

凝固场分布示意图。从凝固的整体过程看，两个网格模型都从铸件的两端逐渐凝固，且每个阶段的凝固变化规律和每个部位的固相率大致相同。

基于上述分析，在相同实验条件下，因仿真软件自身的精度和网格的微小偏差，两种网格模型在温度场和凝固场的结果略有不同，但从铸件本身来看，这两个网格模型的温度变化趋势大体相同，铸件的凝固顺序也相同，表明两个网格模型的模拟结果较为相似，验证了本文所提出的基于STL模型的表面网格重构算法符合有限元分析要求，可提供较为准确的铸造仿真结果。

4 总结与展望

本文提出基于STL模型的表面网格重构算法，对表

面网格生成后的STL模型，识别并提取子区域的特征边界，并针对特征边界和表面网格内部网格稀疏的部位提出了局部加密算法，有效提升了局部网格的密度和质量。通过对蜗杆减速箱体铸件砂型STL模型进行表面网格重构，利用ProCAST仿真模拟软件对表面网格重构的STL模型与原始CAD模型生成的X_T网格模型进行充型温度场和凝固场的实验验证，在相同且成熟的铸造工艺参数条件下，实验表明，两个网格模型的模拟结果相似度极高，进而验证了本文提出的基于STL模型的表面网格重构算法符合模拟仿真的网格要求，并且能准确模拟出铸造结果。

参考文献:

- [1] SIVARUPAN T, BALASUBRAMANI N, SAXENA P, et al. A review on the progress and challenges of binder jet 3D printing of sand moulds for advanced casting [J]. Additive Manufacturing, 2021, 40: 101889.
- [2] 许庆彦. 铸造技术路线图: 数字化、网络化、智能化铸造 [J]. 铸造, 2017, 66 (12): 1243-1250.
- [3] 李社新, 金晶. 非结构网格离心泵全流场数值模拟研究 [J]. 机械科学与技术, 2016, 35 (2): 210-215.
- [4] BÉCHET E, CUILLIERE J C, TROCHU F. Generation of a finite element MESH from stereolithography (STL) files [J]. Computer-Aided Design, 2002, 34 (1): 1-17.
- [5] 杨晓东, 申长雨, 李倩, 等. 结构自适应有限元分析中的高质量网格生成方案 [J]. 机械工程学报, 2009, 45 (8): 292-297.
- [6] ITO Y, NAKAHASHI K. Surface triangulation for polygonal models based on CAD data [J]. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2002, 39 (1): 75-96.
- [7] 马新武, 赵国群, 王芳. 一种三维表面网格自动生成方法 [J]. 计算力学学报, 2015, 32 (2): 250-255.
- [8] 张应中, 谢馥香, 罗晓芳, 等. 采用半边编码的三角网格拓扑数据结构 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2016, 28 (2): 328-334.
- [9] BOMFIM D S, SOARES R L, BEZ L F, et al. HETOOL: A half-edge topological object-oriented library for generic 2D geometric modeling [J]. Software X, 2023, 21: 101307.
- [10] 周雪梅, 黎应飞. 基于Bowyer-Watson三角网生成算法的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49 (6): 198-200.
- [11] BERGMANN M, FONDANÈCHE A, IOLLO A. An Eulerian finite-volume approach of fluid-structure interaction problems on quadtree meshes [J]. Journal of Computational Physics, 2022, 471: 111647.
- [12] 谢秋峰, 薛鑫, 吴亚夫, 等. 基于ProCAST涡壳体铸件精铸过程数值模拟研究 [J]. 铸造, 2015, 64 (7): 647-652.

Surface Mesh Reconstruction Algorithm of Sand Mold Based on STL Model

YANG Wei-dong¹, JING He-yang¹, FANG Yan-jiao¹, CHEN Xue-guang², YU Jian-jun³

(1. School of Mechanical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China; 2. School of Material Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China; 3. Tangshan Haozhong Technology Co., Ltd, Tangshan 063611, Hebei, China)

Abstract:

To solve the problem of local mesh sparseness when generating surface meshes for STL models by general simulation software, this article proposed a surface mesh reconstruction algorithm for sand mold based on the STL model. This algorithm encrypted the feature boundary of the generated surface mesh and the interior of the surface mesh, which could effectively solve the problems of low density and quality of the surface mesh as well as inability to perform finite element simulation. An example simulation was carried out based on ProCAST simulation software, and the result verified the feasibility of STL mesh model simulation after surface mesh reconstruction.

Key words:

surface mesh; grid encryption; finite element analysis; sand casting