

一种改进的有限元网格自动生成方法

李笑牛 韩万芝 陈塑寰 陈宇东 张书明

(吉林工业大学力学系, 长春 130025)

摘要 提出了一种基于二叉树方法和三角化方法的简单但有效的有限元网格自动生成方法。该方法可以产生全三角形单元、全四边形单元和三角形单元与四边形单元共存的混合形式的有限元网格。如若产生全四边形单元, 则该方法可以与二叉树方法相似, 产生尽可能多的正方形与矩形单元。该方法还可以推广到图形图像处理方面而处理非结构化的网格生成, 具有较强的应用价值。

关键词 有限元网格生成, 三角化方法, 二叉树方法

1 引言

近一时期, 对有限元网格自动生成算法的研究已越来越多地引起人们的注意, 这主要是因为现代计算机工程分析软件需要这一支持。因此, 有许多文献阐述这个问题^[1~4]。在这些文献中, 主要存在三类方法: 映射方法、二叉树方法、三角化方法。

二叉树方法虽然能处理任意形状的区域且可产生尽可能多的矩形或正方形网格, 但对边界需要做大量的处理。它产生的大多是非协调单元(或超单元)。与此相反, 三角化方法虽然能较精确地表示区域的几何边界, 但此类方法在区域内部经变换后产生的四边形不如二叉树方法产生的四边形形态好。

在本文中, 将采用一种基于三角化方法的全自动混合型网格生成算法。该算法具有二叉树方法和三角化方法的共同优点, 较二叉树方法减少了大量的边界计算且完全与原几何边界重合。在区域内部可以尽可能多地生成矩形单元, 且要求输入的信息较少。

2 算法描述

2.1 边界结点的生成

首先, 在区域的边界上按几何级数的方式产生

结点。

设 a, b 是边界段 ab 的两个端点, h_a 和 h_b 是两个端点处的平均单元尺寸, S_l 是边界段 ab 的长度。如果 $\max(h_a, h_b) \geq S_l$, 则在 ab 内不产生新的结点; 否则就按下式确定 ab 内应产生的结点的个数

$$N = \begin{cases} NINT\left(\frac{\log(h_b/h_a)}{\log p} + 1\right) + 1, & h_b \neq h_a \\ NINT\left(\frac{S_l}{h_a}\right) & h_b = h_a \end{cases}$$

其中

$$p = \frac{S_l - h_a}{S_l - h_b}$$

2.2 区域内结点及单元的生成

首先将由 2.1 节生成的所有边界结点看成是活结点。对每一个活结点 n_c , 根据它的前一个活结点 n_f 和后一个活结点 n_b 来确定如下的操作:

(1) 若 $\angle bcf \approx 90^\circ$, 则新的结点 n_p 由下式确定:

$$\overline{n_c n_p} = \overline{n_c n_b} + \overline{n_c n_f}$$

然后 n_p 变为活结点, 而 n_c 变为非活结点。(参看图 1(a))。

(2) 若 $\angle bcf \approx 180^\circ$, 则产生三个新的结点 n_r, n_p, n_q 。新的结点产生的方法参看图 1(b)。

(3) 如果 $\angle bcf$ 不属于上述两种情况, 则可根据 $\angle bcf$ 的大小来决定产生新结点的方法。具体方法

请参考文献[3]。

以上步骤一直进行到活结点的个数少于两个时为止。

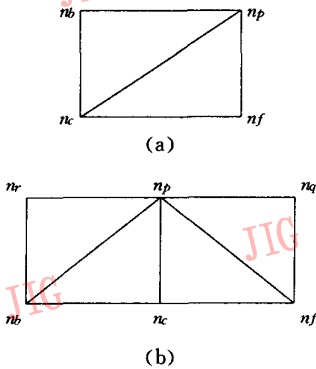


图 1 新结点和新单元的生成

Fig. 1 The generation of new nodes and new elements

2.3 三角形网格转化为四边形网格

三角形网格转化为四边形网格的主要方法有两种,一种是由单个三角形分裂成 3 个四边形;另一种是由两个相邻的三角形合并后再分成 4 个四边形。三角形合并时,可采用分级处理的方式,即选取合并后可产生最接近矩形的两个三角形来逐次合并,这可以由四边形的变形因子来决定。具体方法可参看文献[4]。

3 算例与结论

图 2 给出了一个含有圆孔的多边形区域网格自动生成的算例。图 2(a)产生了全三角形网格。从中可以看出它含有较多的直角三角形,这在以后转化成四边形网格时可以产生较多的矩形单元或正方形单元。图 2(b)是经转化处理后生成的全四边形网格

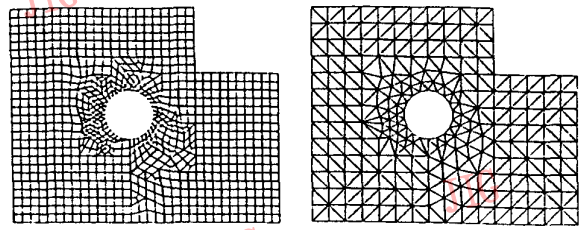


图 2

Fig. 2

- (a) 含有圆孔的多边形区域的三角剖分。
- (a) Triangular mesh of a poly-hole geometry.
- (b) 全四边形单元网格图
- (b) All-quadrilateral meshes

图。该图中含有大量的矩形(正方形)网格,具有良好的形态。

从上例可以看出,本文描述的方法兼有四叉树方法与三角化方法的共同特点。方法简便,使用灵活,可根据不同的需要采用不同的参数来决定生成哪一种网格。能在保证边界精确表示的前提下尽可能多地生成矩形单元,具有良好的应用前景。

参考文献

- 1 Chellamuthu K C, Ida N. Algorithms and data structures for 2D and 3D adaptive finite element mesh refinement, *Finite Elements in Analysis and Design*, 1994, 17: 205~229.
- 2 Ernst Rank, Manfred Schweingruber and Markus Sommer. Adaptive Mesh Generation and Transformation of Triangular to Quadrilateral meshes, *Communications in numerical methods in engineering*, 1993, 9: 121~129.
- 3 Xie G, Ramaekers J A H. Graded Mesh Generation and Transformation, *Finite Elements in Analysis and Design*, 1994, 17: 41~55.
- 4 闵卫东,唐泽圣. 三角形网格转化为四边形网格. *计算机辅助设计与图形学学报*, 1996, 8(1): 1~6.



李笑牛,副教授。1985年毕业于兰州大学并获得理学学士学位,1991年毕业于吉林工业大学并获应用数学专业硕士学位。现为吉林工业大学计算力学专业博士研究生。主要研究领域为最优化方法及其应用,计算几何及工程分析应用软件开发。

A Developed Algorithm to the Automatic Mixed-Mode Mesh Generation

Li Xiaoniu, Han Wanzhi, Chen Suhuan, Chen Yudong, Zhang Shuming

(Department of Mechanics, Jilin University of Technology, Changchun 130025)

Abstract In this paper, a simple but efficient algorithm for automatic mesh generation over arbitrary polygonal domains is proposed. The algorithm can generate three different mesh topologies: an all-triangular element mesh, a mixed-mode element mesh (which consist of both quadrilateral and triangular elements) and an all-quadrilateral element mesh. If an all-triangular element mesh is the result mesh needed, the method can work just as other general triangulation method. If a mixed-mode or all-quadrilateral element mesh should be generated, the method can generate rectangles or squares as more as possible.

Keywords Finite element mesh generation, Triangular method, Quadtree method

(上接 521 页)

The Dynamic Searching Optimization Image Reconstruction Method on the Condition of Maximum Entropy

Yang Pengling, Jiang Genmiao, Zhou Yunfen

(CT Department of NEU Software Center, ShenYang 110006)

Abstract This paper presents a kind of dynamic searching image reconstruction method that satisfies several criteria. From the image space essence, this paper establishes three criterion functions. The entropy function derivative isn't a linear function, this paper presents a method that transforms it to a proximate linear formula and gets a iteration formula. The dynamic searching method, to the best, avoids the adjustment overdose or insufficiency problem in the course of iteration that exists in many iteration methods.

Keywords Random transformation, Maximum entropy, Dynamic searching, Image reconstruction