

基于 DXF模型的数据读取与分析方法

梁海涛, 马军林, 童创明, 王晓丹

(空军工程大学导弹学院, 陕西三原 713800)

摘要: 为了对目标 DXF模型的电磁特性进行计算, 分析了此类模型数据文件格式。研究了读取和分析这类模型数据的方法。针对 DXF模型的质量分析方法, 提出了一种更简单的以三角形最短边与最长边之比定义的三角形质量因子, 用该因子对实例模型进行了分析, 得到的分析结果与文献 [1, 2]中所采用方法的结果一致, 证明了边长比因子的正确性和有效性; 通过对 DXF模型的分析, 证明了该模型的剖分质量较高。

关键词: DXF模型; 三角形质量因子; 几何建模; 网格剖分

中图分类号: TP391, TN911 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)02-0046-03

在目标的电磁特性计算中, 获取符合一定精度要求的目标模型, 进而生成一定格式表示模型的数据, 是进行精确计算的基础。目前, 建立目标的模型通常可以采用的方法有^[3]: ①基于表面测量数据的模型重建^[4-5]; ②从商品图库中购买几何图形; ③通过 AutoCAD 软件建立 (DXF) 模型。方法①采集的点准确、丰富, 可以精确的表示物体模型, 可以处理的模型种类丰富。但是建模系统需处理的数据量很大, 而且采集数据时由于外界影响, 存在一定噪声, 重建模型的算法比较复杂。方法②存在模型灵活性不够, 且会增加系统开发成本等缺陷。方法③中, 由于建模软件的发展已相当成熟, 所建模型精确、灵活, 且模型资源丰富, 可以通过多种来源获取, 因此是一种宜采用的方法。但是, AutoCAD 等模型表示形式与电磁特性计算软件要求不一致, 且未对模型质量进行分析。因此, 须将模型进行读取, 研究分析模型质量的方法。

1 DXF 模型数据格式分析与读取

1.1 DXF 模型数据格式分析

一个完整的 DXF 文件是由 4 个段和一个文件结尾组成的。其顺序和功能为: ①标题段 (HEADER): 记录 AutoCAD 系统的所有标题变量的当前值和当前状态; ②表段 (TABLES): 包含了 4 个表, 每个表又包含可变数目的表项; ③块段 (BLOCKS): 记录定义每一块时的块名、当前图层名、块的种类、块的插入基点及组成该块的所有成员; ④实体段 (ENTITIES): 记录了每个几何元素的名称、所在图层的名称、线型名、颜色号、基面高度、厚度以及有关的几何数据; ⑤文件结束 (EOF): 标识文件结束。

DXF 文件的每个段在结构上基本相同, 只是在具体功能上有差别。DXF 文件的每个段由若干个组组成, 每个组在 DXF 文件中占两行。组的第一行为组代码, 它是一个非零的正整数, 相当于数据类型代码, 每个组代码的含义是由 AutoCAD 系统约定的, 以 FORTRAN "I3" 格式 (即向右对齐并且用 3 字符字段填满空格的输出格式) 输出。组的第二行为组值, 相当于数据的值, 采用的格式取决于组代码制定的类型。组代码和组值合起来表示一个数据的含义和它的值。主要组代码及其含义如表 1 所示。

由于 DXF 文件格式充分考虑了接口程序的设计需要, 因此它能够容易地跳过不必要关心的信息, 同时又能方便地提取关心的信息。这为从 DXF 文件中提取模型的几何数据, 对数据进行再处理创造了条件。

收稿日期: 2006-04-11

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目 (2004F36, 2005F23)

作者简介: 梁海涛 (1979-), 男, 陕西富平人, 博士生, 主要从事目标几何建模与表面剖分、雷达目标识别研究。

表1 DXF 文件组代码及含义

组代码	含义	组代码	含义
0	标识一个事物的开始	30-37	Z 坐标值
1	一个文本,如字符串的值等	39	实体的厚度(固定的)
2	名字,如段、表、块的名字	40-48	高度、宽度、距离等
3-4	字符型数据的值,如线型说明	49	重复性的值
5	实体描述字(固定的)	50-58	角度值
6	线型名(固定的)	62	颜色号(固定的)
7	字样名(固定的)	66	实体的跟随标记(固定的)
8	图层名(固定的)	67	当前是模型空间还是图纸空间
9	标题变量名(固定的)	210	X 方向分量
10-18	X 坐标值	220	Y 方向分量
20-28	Y 坐标值	230	Z 方向分量

1.2 DXF 模型数据读取

在细致分析 DXF 模型数据格式的基础上,得到以下 3 点结论:①满足要求的每个模型是由若干个三角形面构成的,但是每个模型中三角形面数,在 DXF 文件中不能直接读取,只有在遍历所有面后才能统计出;②每一个模型的面是统一组织存储的;③模型中的所有三角形面都存放在 DXF 模型的实体段(ENTITIES)中。因此,在设计读取 DXF 模型表面三角形的算法时作了如下两点考虑:第一,针对模型由未知个数的三角形面构成,在程序设计中需要对内存进行动态管理,这样可以提高对内存的利用率;第二,由于只对 DXF 模型的表面三角形的几何信息感兴趣,因此,在读取算法中跳过与此无关的信息。

2 DXF 模型质量分析方法

2.1 模型表示方式及质量分析方法

当前建模软件普遍采用的方法是将模型的表面结构用若干相连的三角形或者三角形与四边形组合来表示^[4]。因为三角形的生成方法简单,模型表示精度较高,在模型表面曲率变化剧烈的情况下,三角形的适应性较好,可通过增加三角形的数量来提高表示精度,并且已有 Delauney 三角形剖分算法,使得三角形的优化和控制比其它多边形容易。

在 Delauney 三角剖分算法中,控制三角形为最优或近似最优的方法很多,广泛采用的方法有^[5]:如 Thiessen 区域准则、最小内角最大准则、圆准则,且这 3 种准则是等价的^[6]。以最小内角最大准则为例,当一个多边形(四边形)划分为三角形时,要保证所得到的三角形的最小内角是最大的且通常认为,正三角形是最优的^[7]。如图 1 所示。

对 DXF 模型性能的分析可以分为两个部分,一是对模型表面三角形质量的计算,二是在得到三角形质量的基础上,得出表面用三角形表示的模型质量。在三角形质量计算方面,使用较多的是 α 值(面积与三边平方和之比)^[1-2]评价标准,具体定义如式(1)所示。对于任意三角形 ABC 有

$$\alpha = 2\sqrt{3} \frac{\vec{CA} \vec{CB} \cdot \vec{n}}{|CA|^2 + |AB|^2 + |BC|^2} \quad (1)$$

式中, \vec{n} 是该三角形的单位法向量,系数 $2\sqrt{3}$ 是为了使正三角形的 α 值取得最大值 1。但是求该 α 值需要进行求向量、向量叉乘和向量求模等运算,计算过程比较复杂。

2.2 三角形边长比方法

由于式(1)计算三角形质量因子有相对复杂的缺陷,本文提出了通过计算三角形最短边与最长边之比来定义三角形质量因子的方法。三角形质量因子 η 定义为

$$\eta = L_{\min}/L_{\max} \quad (2)$$



(a) 不符合最小内角最大的划分 (b) 符合最小内角最大的划分

图1 典型剖分结果示例

其中, $\eta(0,1)$ 为三角形质量因子, 当 $\eta=0$ 时, 三角形退化为一条线段; 当 $\eta=1$ 时, 三角形最优, 即为正三角形。 L_{\min} 和 L_{\max} 分别为三角形最短边和最长边的边长。部分典型三角形及其 η 值如图 2 所示。

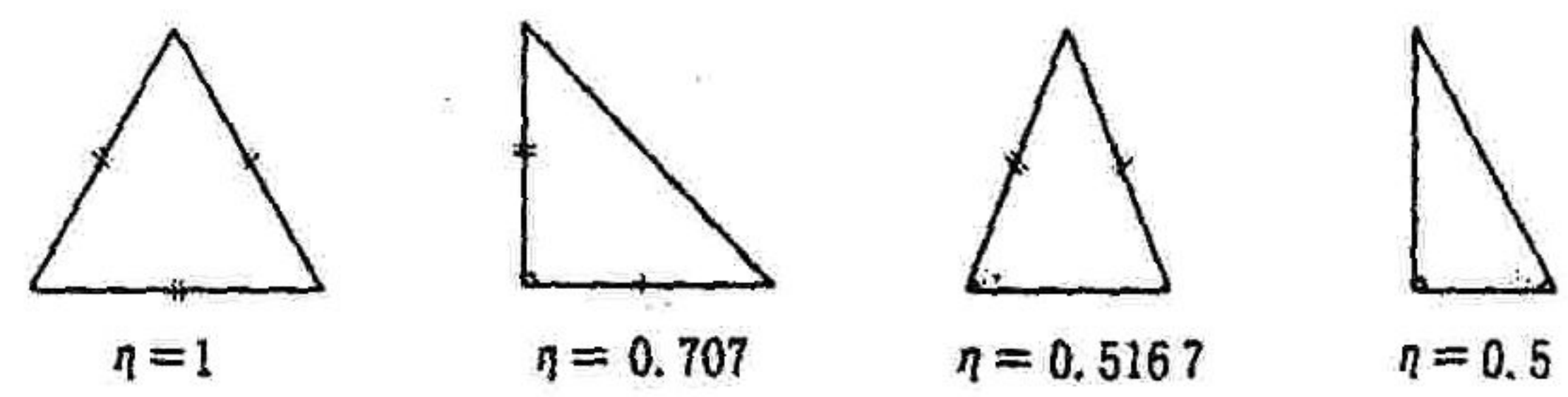


图 2 部分典型三角形及其质量因子

2.3 DXF 模型实例计算及结果分析

采用式(1)和(2)质量因子定义对“波音 747”的 DXF 模型的表面三角形质量进行了计算, 计算结果如表 2 所示。

表 2 模型表面三角形质量因子列表

模型类别	方法类别	最大 η 值	最小 η 值	平均 η 值
波音 747	文献方法	0.999 971	0.306 379	0.843 46
	本文方法	0.986 837	0.608 774	0.767 625

由表 2 可见, 本文方法与文献方法在计算三角形质量因子以及分析模型质量方面具有近似一致的性能, 证明了本文方法的正确性和有效性, 但是, 本文的方法较文献中的方法计算更简单。同时, 模型表面三角形的平均质量因子接近 0.8, 表明表示模型的三角形接近正三角形, 即达到了对模型的近似最优表示, 说明该模型的质量较高, 满足电磁特性计算软件对模型精度的要求。

3 结论

经过对 DXF 模型数据格式的分析, 研究了读取该模型数据的方法。在分析三角形及模型质量方面提出了以最短边与最长边之比定义的质量因子。以此定义对实例模型进行了计算分析, 给出了计算结果, 并与文献中常采用方法的计算结果进行了比较, 证明了本文方法是简单有效的。最后, 用实例验证了 DXF 模型表面三角形的精确性和稳定性。

参考文献:

- [1] LO S H. Generating Quadrilateral Elements on Plane and Over Curved Surfaces[J]. Computers & Structures, 1989, 31(3): 421 - 426.
- [2] 潘子杰, 杨文通. 有限元四边形剖分网格划分的两种算法[J]. 机械设计与制造, 2002, 2(4): 50 - 51.
- [3] 李建周. 雷达散射截面算法研究与应用[D]. 西安: 西北工业大学, 2003.
- [4] 邱泽阳. 基于散乱数据的曲面重构及相关技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2001.
- [5] 周晓云, 朱心雄. 散乱数据点三角剖分方法综述[J]. 工程图学学报, 1993, 7(1): 48 - 54.
- [6] Sibson R. Locally Equiangular Triangulations[J]. Computer Journal, 1977, 21(3): 243 - 245.
- [7] Cline A K, Renka R L. A Storage - Efficient Method for Construction of a Thiessen Triangulation[J]. Rocky Mountain Journal of Mathematics, 1984, 14(1): 119 - 139.

(编辑: 田新华)

A Study of Reading and Analysis Methods Based on DXF Models Data

LIANG Hai - tao, MA Jun - lin, TONG Chuang - ruing, WANG Xiao - dan

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: In order to calculate electromagnetic characteristic of target's DXF models, the model's data format is analyzed, the reading and analysis methods are studied. A sort of simpler quality factor, which is defined as the length ratio between the shortest and the longest edges, is proposed. The real DXF model's quality is analyzed according to the factor and the gained result is as good as in References 1 and 2, the correctness and validity of the factor are proved. Through analyzing, the better meshes generating quality of DXF model is proved. Key words: DXF model; triangular mesh; triangular quality factor; electromagnetic characteristic; geometric modeling; meshes generating