

基于计算机图形学、物理光学法的RCS算法

贾洪涛 张志军 陈文华 冯正和
(清华大学电子系微波组, 北京 100084)

jht07@mails.tsinghua.edu.cn

摘要: 图形电磁计算(GRECO)技术是一种计算雷达散射截面(RCS)非常有效的方法。本文对目标物体做了多边形表达的建模, 并利用物理光学的散射方程, 结合计算机图形学技术完善了 RCS 的计算, 避免了对物体进行剖分, 使得计算成本与频率无关, 消隐的引进也解决了计算中精度上的缺陷。从而达到高速精确的计算高频雷达散射截面的目的。

关键词: 雷达散射截面, 图形电磁计算, 计算机图形学, 物理光学

RCS computation Based on computer graphics and physical optics

JIA hongtao, ZHANG zhijun, CHEN wenhua, FENG zhenghe

(Department of Electronic Engineering , Tsinghua University of China, Beijing 100084)

Abstract: GERCO(Graphical Electromagnetic Computing) is one of the most valuable methods of RCS(Radar Cross Section) computation for the high-frequency region. In this paper, polygon model is constructed to describe the target. With scattering function of physical optics and the computer graphics technology which removing the hidden lines and surfaces we promote the computation of the RCS. The new method get rid of the process of meshing so the cost of the computation has nothing to do with the frequency. Moreover, The accurateness is guaranteed by computer graphics. The new method is of high speed and good accurateness.

Keywords: Radar Cross Section; Graphical Electromagnetic Computing; Computer Graphics; Physical optics

1 引言

图形电磁计算(GRECO)技术^[1]被认为是目前电磁散射理论界分析复杂目标雷达散射截面(RCS)最有效的方法。目前比较有效的图形计算方法是商业软件的剖分计算方法和由王宝发教授、刘铁军教授^[2, 3, 4]研究开发的利用图形软件标准接口技术OpenGL实现的方法。

商业软件的剖分方法受到计算速度和存储空间的限制。剖分必须把目标分解成尺度不大于 $1/3$ 波长的小三角形来计算, 剖分后平面单元的个数与频率的平方成正比。随着频率的增加计算的时间复杂度和空间复杂度几乎是几何级数增长的, 使得剖分算法并不适合于高频区的RCS计算。

利用OpenGL的方法首先将目标物体划分成一定数量的小四边形, 将每个不同的四边形赋给不同的颜色值, 利用图形卡的消隐能力对显示结果进行颜色判断, 对每个显示出颜色的四边形进行散射计算, 最后加总结果。该方法的计算与频率无关, 没

有高频计算的限制, 利用图形卡的消隐速度也很快, 其精确度是由四边形的大小决定的, 当物体尺度很大又存在很细微的细节或者存在部分遮挡的情况时, 该方法的计算精度就会受到一定影响。

针对现有方法的问题, 本文提出了一种新的方法, 该方法对目标物体做了多边形表达的建模, 并利用物理光学^[5]的散射方程, 结合计算机图形学的消隐^[6]技术完善了RCS的计算, 不再需要对物体进行剖分, 使得计算成本与频率无关, 消隐的引进也克服了计算精度上的影响。从而达到高速精确的计算高频雷达散射截面的目的。

2 系统流程

通常的计算目标的RCS, 首先需要对目标进行建模, 在我们的算法中希望模型由多边形的集合来表达, 每个多边形都是由一组逆时针排序的点组成且不小于3个; 对建立好的模型, 针对需要的角度进行旋转, 得到新的模型; 对旋转之后的模型进行消隐, 得到该角度下的可视多边形的集合, 该集

合即对散射有贡献的部分；将这个消隐后的多边形集合逐个输入到散射程序中，对每个多边形进行散射计算；加总每一个多边形的计算结果；最终得到

RCS。基本的流程图如图1所示。

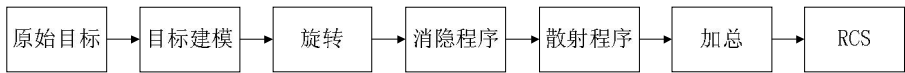


图1 系统的主流程图

该系统涉及到两个核心的算法，消隐算法和散射算法，其中消隐算法采用的是区域排序算法，散射算法则采用物理光学算法。

3 核心算法

3.1 消隐算法

目前有多种实用而成熟的算法，包括Z缓冲算法、区间扫描线算法、区域子分割算法、画家算法、区域排序算法等，由于前四种算法只关心最终图像显示的效果，多边形的信息在消隐的过程中丢失了，而消隐后的结果需要和处理多边形的物理光学算法对接，所以消隐后的多边形信息是必要的，区域排序算法正好满足这个要求，所以我们最终选择了这个算法。

该算法所基于的理论和步骤如下：

在图像空间中，将待显示的所有多边形按深度值从小到大排序，用前面可见的多边形去切割后面的多边形，最终使得每个多边形要么可见，要么完全不可见。用区域排序算法消隐，需要用到一个多边形裁剪算法。当对两个形体相应表面的多边形进行剪裁时，称用来裁剪的多边形为裁剪多边形，另一个多边形为被裁剪多边形。算法要求多边形的边是有向的，不妨设多边形的外环总是逆时针方向，并且沿着边的走向，左侧始终是多边形的内部，右侧始终是多边形的外侧。若两多边形相交，新的多边形可以用“遇到交点后向右拐”的规则来生成。于是被剪裁多边形被分为两个乃至多个多边形；把其中落在裁剪多边形外的多边形叫做外部多边形；把落在裁剪多边形之内的多边形叫做内部多边形。

3.2 散射算法

本文采用物理光学法作为散射算法，该算法基于积分方程，与积分方法不同的是，考虑到高频场的局部性原理，完全忽略了各部分感应电流的相互影响，从而使得近似计算远区场变得简单的多。

如果这个平面是多边形，那么这个计算则可进一步简化为一个不含任何积分的简单表达式。这个

简单表达式就是使得计算与频率无关的关键，从而实现了高速算法。

4 仿真结果对比

为了验证程序的正确性，以舰船为例，我们采用商业软件和本程序分别计算该舰船的雷达散射截面。用本程序的计算步骤如下：

(1) 对目标进行建模，如图2所示：

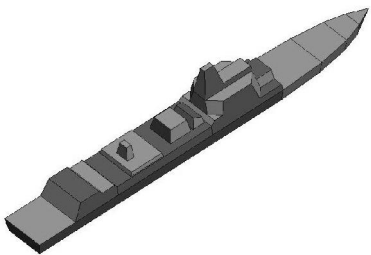


图2 舰船模型

(2) 对模型进行不同旋转角度下的消隐，图3示出了该模型在60°时的消隐效果，子图(a)是可视部分，子图(b)将可视部分立体旋转了一定角度以便看到消隐的效果。

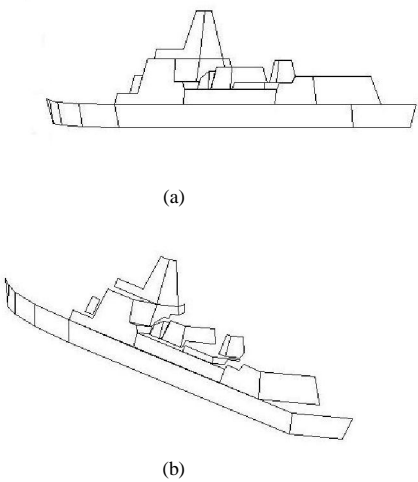
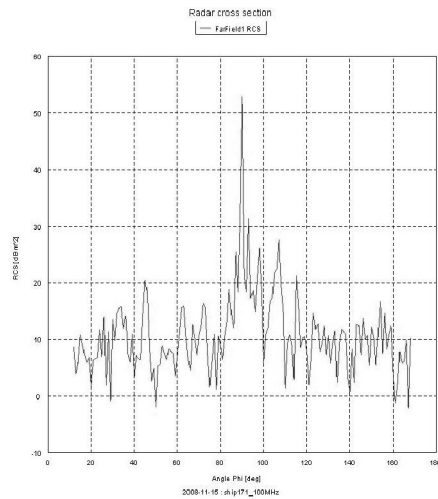


图3 60°时的消隐效果

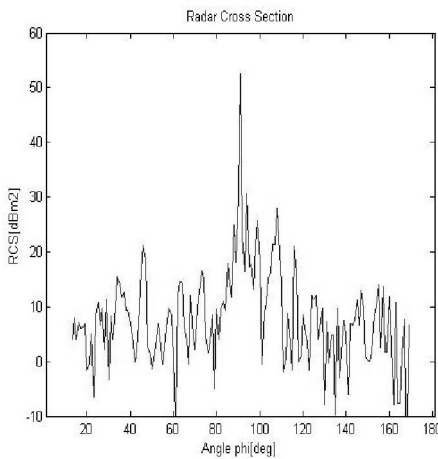
(3) 在每一个角度上将得到的消隐结果，即可

视目标的多边形集合表达,输入到物理光学计算程序中,加总所有可视多边形的散射结果,最终得到该角度总的雷达散射截面。

(4) 旋转模型从 0° 到 180° ,每隔 1° 重复b和c的操作,得到角度扫描的散射结果,800MHz下的对比结果如图4所示。



(a)商业软件结果



(b)本程序结果

图4 800MHz 时 RCS 结果对照

比较结果可知,在CPU为Intel Core2 Duo E6750 @ 2.66GHz,内存为4GB计算环境下,对800MHz的仿真,商业软件用时380分钟,本程序用时1.8分钟。随着频率的增加商业软件用时将以几何级数增长,据拟合结果估算,在3GHz时商业软件的用时将达到20天左右,而本程序计算时间将不随频率升高而增加。在精度方面,本程序的计算结果与商业软件的结果几乎完全吻合。说明了本程序在高频的雷达散射截面计算方面具有高速性和精确性。

5 结论

针对传统雷达散射截面算法在计算高频时的速度问题和精度问题,本文提出了一种新的实现方法。该方法首先对目标进行多边形集合的建模,利用物理光学在计算多边形目标时的高速性和计算机图形学中区域排序算法在消隐中的精确性达到了高速精确计算雷达散射截面的目的。对比结果表明,本文提出的方法与商业软件的方法在结果上十分吻合。

参考文献

- [1] Rius J M, Jofre Luis. High-frequency RCS of complex radar targets in real time. [J]. IEEE Trans Antennas Propagation, 1993, 41(9): 1308-1319.
- [2] 于洋, 王宝发. OpenGL 技术在电磁散射理论中的应用 [J]. 电子技术应用, 1998, (01)
- [3] 王宝发, 刘铁军. 复杂飞行目标电磁散射特性及计算 [J]. 电子学报, 1994, (09)
- [4] 秦德华, 王宝发, 刘铁军. GRECO 中棱边检测方法及其绕射场计算的改进 [J]. 电子学报, 2003, (08)
- [5] William B Gordon. Far-field approximations to the Kirchhoff-Helmholtz representations of scattered fields. [J]. IEEE Trans Antennas Propagation, July, 1975: 590-592.
- [6] 和青芳著. 计算机图形学原理及算法教程. 清华大学出版社. 2005

雷达散射截面 (RCS) 分析培训课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

雷达散射截面 (Radar Cross Section, 简称 RCS) 是雷达隐身技术中最关键的概念, 也是电磁理论研究的重要课题, 使用 HFSS 软件可以很方便的分析计算各种目标物体的 RCS。

由易迪拓培训推出的《HFSS 雷达散射截面分析培训课程套装》是从零讲起, 系统地向您讲授如何使用 HFSS 软件进行雷达散射截面分析的全过程。该套视频课程由专家讲授, 边操作边讲解, 直观易学。

HFSS 雷达散射截面分析培训课程套装



套装包含两门视频培训课程, 其中: 《两周学会 HFSS》培训课程是作为 HFSS 的入门培训课程, 帮助您在最短的时间内迅速熟悉、掌握 HFSS 的实际操作和工程应用; 《HFSS 雷达散射截面(RCS)分析》培训课程是专门讲授如何使用 HFSS 来分析计算雷达散射截面, 包括雷达散射截面、单站 RCS、双站 RCS 等的定义, 实例讲解使用 HFSS 分析单站 RCS、双站 RCS 和宽频 RCS 的相关设置和实际操作等。视频课程, 专家讲授, 从零讲起, 直观易学...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/130.html>

更多培训课程:

- **HFSS 培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>