

导弹谐振区 RCS 涂敷减缩的 FDTD 研究

王家齐¹ 王强² 甄蜀春¹

(1 空军工程大学导弹学院, 陕西三原 713800, 2 95989 部队, 北京丰台 100078)

【摘要】本文采用 FDTD 方法, 针对某巡航导弹进行了建模分析, 分别计算出了目标在谐振区水平极化和垂直极化条件下雷达散射截面(RCS), 计算结果与矩量法符合。在此基础上进一步计算了分别在弹翼和尾翼涂敷吸波材料时的双站 RCS。结果表明, 这两组结构是导弹中较强的散射源, 对其进行适当涂敷处理能大幅减缩导弹鼻椎方向的 RCS。

【关键词】 FDTD 方法; 雷达散射截面; 吸波材料

FDTD Analyze on Ram Coat RCS Reduction of a Cruise Missile in Resonance Zone

WANG JIA-QI¹ WANG QIANG² ZHEN SHU-CHUN¹

(1 the Missile Institute of the Air Force Engineering University, Shannxi Sanyuan, 713800,
2 95989 division, Beijing 100078)

【Abstract】 In this paper, we adopt FDTD method to model a stealth cruise missile then the bistatic RCS with horizontal polarization(HP) and vertical polarization(VP) are obtained. The result agrees with Mom method. The result shows that the wings and back wings are a group of strong scattering source. It can reduce the overall missile RCS greatly to coat the wings and back wings with RAM properly.

【Key words】 FDTD, RCS, RAM

一、引言

随着雷达和电子对抗技术的发展, 电大尺寸复杂目标的电磁特性日益得到人们的重视, 雷达散射截面(RCS)是其主要参数之一, 是衡量目标隐身性能的重要标志^[1,2]。研究表明, 目标RCS减缩有 4 种基本方法: 整形、吸收材料、有源对消和无源对消。这几种方法都有各自的优缺点。其中整形是最为有效的, 也是目前使用得最多的一种方法。其次是涂敷吸收材料。具体对于谐振区RCS减缩而言, 由于目标本身尺寸与波长可以比拟, 因此整形法减缩效果有限, 需要采用吸收材料涂敷的方法进行

进一步RCS减缩。

但是采用吸收材料 RCS 减缩技术的难度在于,吸收材料在目标上的涂敷位置十分重要。要寻找到最佳涂敷方法往往只能采用实验测试,反复尝试不同的涂覆方法。显然,尽管这样做可信度较高,但整体研究过程费时费力。

FDTD 方法作为一种时域电磁场数值计算方法,在非均匀介质、任意形状和复杂结构的散射和辐射的宽频带模拟方面有着其特殊的优势。本文采用 FDTD 方法,对某型导弹进行几何建模,求解出了该典型目标的谐振区的 RCS,根据分析,计算了局部涂覆情况下对该型目标的 RCS 减缩效果。

二、计算结果及讨论

1 几何建模

某型巡航导弹的几何外形如图 1 所示。导弹全长为 6.25 米、翼展 2.67 米、弹径 51.8 厘米。

根据分析需要,我们采用自研的基于 CAD 平台的网格离散软件对该导弹模型进行网格离散化。为了便于分析,考虑到计算资源、速度等因素,整体模型采用边长为 10mm 的立方体网格进行离散化处理,共使用 630*308*171 个网格对整体结构进行离散化,导弹离散网格模型如图 2 所示。

考虑到FDTD的数值色散要求,根据离散准则

[3]:

$$\delta \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$
 [1]

式中 δ 为立方离散网格边长。根据式[1],模型能计算的最高频率约为 3GHz。



图 1 导弹实际外形图

2 边界和激励源的处理

为了保证计算结果的准确,计算步长取为

$$\Delta t = \frac{\delta}{2c}$$
 [2]



图 2 导弹 FDTD 网格图

激励源采用脉冲宽度为 32 步长,幅度为 1V/m 的时谐平面波源作为激励源对整体目标进行激励处理。考虑到目标的特点,计算时共计算 3000 步。

为了良好地模拟自由空间,网格边界上 (X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max} , Z_{min} , Z_{max}) 各采用了一阶Liao吸收边界进行截断处理[3]。

3 计算结果及分析

根据上述分析模型，我们计算出了 100MHz 时水平面上整体导弹的 RCS。为了验证计算精度，我们同时用矩量法对导弹模型进行了计算验证，结果如图 3 所示。可以看出，两者变化趋势符合得很好。但是由于 FDTD 网格的立方体离散，主要是在弹头、弹翼、尾翼等处，网格拟合存在的“阶梯效应”，使得 FDTD 计算结果在某些角度偏大。

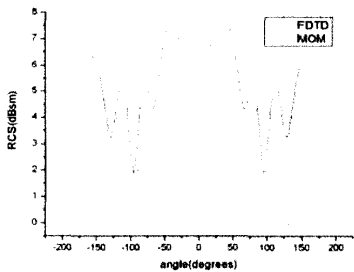


图 3a 导弹水平面双站 RCS (VV 极化，
theta=90)

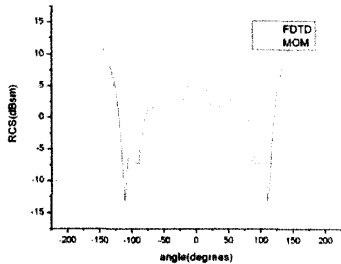


图 3b 导弹水平面双站 RCS (HH 极化，
theta=90)

利用 FDTD 模型计算了该型导弹在 100MHz 时分别在目标尾翼和弹翼涂敷厚度为 30mm 的某磁性吸收材料的双站 RCS 在水平面上的计算结果，分别如图 4 所示。可以看出在涂敷条件下，整体 RCS 水平尤其是鼻椎方向有明显的降低。由图 4a 可以看出，在垂直极化条件下，弹尾涂敷对整体双站 RCS 减缩效果显著，而导弹弹翼相对对整体 RCS 贡献不大；在水平极化条件下，如图 4b 所示，通过涂敷可以发现，弹翼对整体 RCS 起着重要的作用，该结果与我们根据理论分析基本一致。

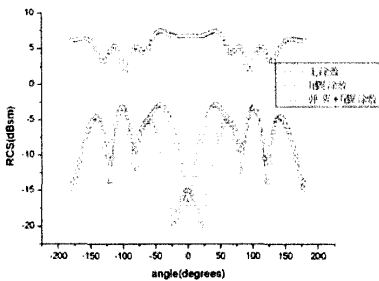


图 4a 涂敷条件下导弹水平面双站 RCS
(VV 极化)

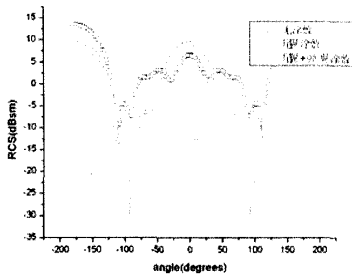


图 4b 涂敷条件导弹水平面双站 RCS
(HH 极化)

三、结论

本文采用 FDTD 方法,对某型导弹的双站 RCS 进行了分析计算,结果与矩量法符合的很好。在此基础上进一步分析计算了在导弹弹翼及其尾翼涂敷吸波材料的 RCS,结果表明在谐振区,导弹弹翼和尾翼是一组较强的散射源,对其进行涂敷处理能对大大降低导弹鼻椎方向的 RCS。

四、参考文献

- 1、阮颖铮《雷达截面与隐身技术》,北京:国防工业出版社,1998。
- 2、E. F. 克拉克等著,阮颖铮等译,《雷达散射截面-预估测量和减缩》,电子工业出版社,1988 年。
- 3、高本庆《时域有限差分法 FDTD Method》. 出处,北京:国防工业出版社,1995 年。
- 4、李明之等,《用 FDTD 方法分析涂敷目标的散射》,北京大学学报(自然科学版),第 37 卷,2001.1。
- 5、赵卫华,邓发升《飞航导弹雷达截面(RCS)计算》,电子对抗技术,2001.4。

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/>