

一种雷达目标极化特性建模方法

刘宇 顾振杰 李亭

(中国人民解放军 91336 部队 秦皇岛 066000)

摘要:主要针对雷达目标极化特性建模问题开展相关研究,提出了一种利用 SolidWorks 虚拟装配技术构建目标几何模型,再利用 FEKO 电磁计算软件计算目标极化散射矩阵建模方法。采用该方法分别对典型舰船目标、飞机目标及角反射体进行了几何建模,并以舰船目标为例,详细介绍了极化散射矩阵求解过程,计算结果表明舰船在不同角度的主极化比交叉极化变化值差异很大,其变化趋势同实际测量情况基本一致。提出的雷达目标极化特性建模方法对于提高目标极化模型逼真度和仿真置信度具有重要意义。

关键词: SolidWorks; FEKO 电磁计算; 极化散射矩阵

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 140.35

Method for modeling polarization characteristics of radar target

Liu Yu Gu Zhenjie Li Ting

(PLA 91336 Force, Qinghuandao 066000, China)

Abstract: This paper mainly researches the modeling problem of radar target polarization, proposes the use of a SolidWorks virtual assembly technology to construct the target geometry model, then calculate the software to calculate the target scattering matrix using FEKO electromagnetic modeling method. By using the method of typical ship targets, respectively and the target plane reflector geometry modeling, and the ship as an example, introduces in detail the polarization scattering matrix calculation, the calculation results show that the ship at different angle than the main polarization cross polarization change value difference is very large, the trend is basically consistent with the actual measurements. The modeling method of polarization characteristics of radar target proposed in this paper is important for improving the fidelity of target polarization model and simulation confidence.

Keywords: SolidWorks; FEKO; polarization scattering matrix

0 引言

近年来,随着极化技术的发展各种高分辨成像、全极化测量能力的新型雷达系统逐渐取代了传统的低分辨、单极化体制雷达,成为雷达系统未来发展方向。因此雷达极化研究在世界范围内受到广泛关注^[1-4]。

其中对于雷达目标极化特性的研究是雷达极化研究中一个重要研究内容。本文主要针对雷达目标极化特性建模问题开展相关研究,首先对 SolidWorks 目标几何模型进行了研究,对典型舰船目标、飞机目标及角反射体进行了几何建模,其次对 FEKO 电磁计算软件计算目标极化散射矩阵建模方法进行了研究。文章以舰船目标为例,详细介绍了极化散射矩阵求解过程,计算结果表明该建模

方法所构建的目标极化模型具有较高的置信度,对于提高目标极化特性的模拟具有重要作用^[5-12]。

1 Solidworks 几何建模

SolidWorks 软件是第 1 个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,是一种智能化参数化 CAD 设计软件,具有界面友好、易学易用、可提供精确分析测试及优化设计等特点,在业界被称为“3D 机械设计方案的领先者”。

常用的三维设计方法主要有两种,一种是传统的“自下而上”的设计方法,顺序为:草图→特征→零件→装配体→工程图。自下而上的设计方法,将生成零件插入到装配体中,根据设计要求配合零件的方法。另一种是“自上而下”的三维设计流程为:装配体→零件→工程图。自上而

下的设计方法是从装配体开始设计工作,用户可以使用一个零件的几何体来帮助定义另一个零件,或生成组装零件后再添加加工特征。

SolidWorks 设计过程中可以灵活运用两种设计方法,设计过程形象而且直观,虚拟装配可以实现设计过程的随时校验,避免可能发生的错误,提高了设计效率。采用虚拟装配技术所构建典型舰船、飞机及角反射的几何模型如图 1~3 所示。

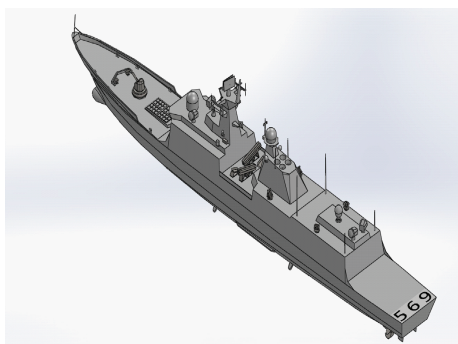


图 1 典型舰船目标几何模型

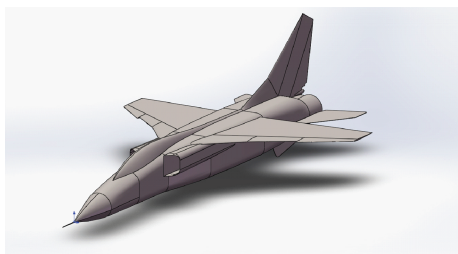


图 2 典型飞机目标几何模型

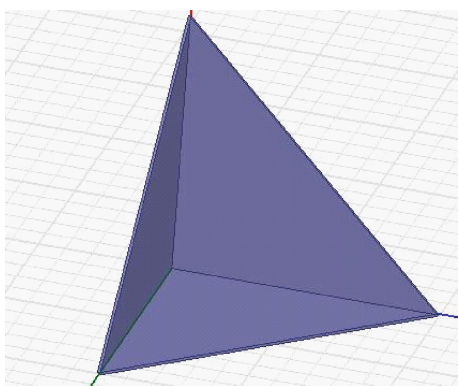


图 3 典型角反几何模型

2 基于 FEKO 雷达目标极化特性建模方法

FEKO 软件是国内外较为流行的电磁场高频计算软件之一,着重针对天线与布局、雷达散射截面(RCS)分析而开发的。基于严格的电磁场积分方程,只要计算机资源允许,可计算任何复杂系统的电磁问题。

利用 FEKO 计算目标极化散射矩阵方法过程如图 4 所示。

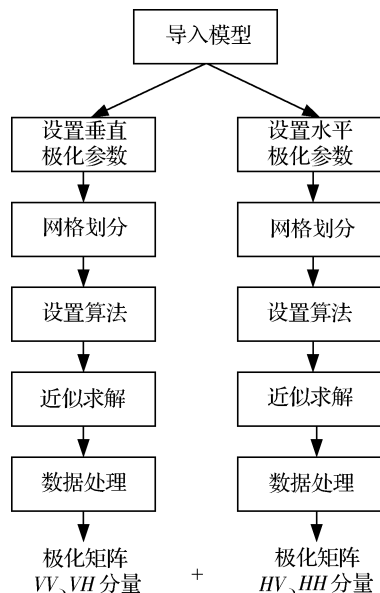


图 4 FEKO 求解流程

1) 导入模型。利用 FEKO 自带的建模模块来建立几何模型,也可以直接导入模型。

2) 参数设置。首先设置发射信号为垂直极化,设置入射波的幅度、相位、极化方向和入射方向。设置入射波的起始、终止频率和步进频率的个数。求解完成后,重新将设置发射信号为水平极化。

3) 网格划分。设定入射波的波长,确定模型区域的网格划分,一般来说网格单元边长取 $1/8 \sim 1/10$ 波长,PO 方法可以取到 $1/3$ 波长。

4) 算法选择。本文采用高频的方法求解电大尺寸的电磁散射问题,对于关键性的部位使用矩量法,对大的平面或曲面使用 PO 法,对于复杂的模型,还需要设置反射次数。

5) 近似求解。对于单站 RCS,需对每个平面入射波计算相对应的散射场。

6) 数据处理。对计算结果文件进行处理,从中提取极化信息,得出目标在不同姿态角下的不同频点的极化散射矩阵。

下面以舰船目标为例详细介绍求解过程。

首先将 SolidWorks 软件绘制的舰船模型保存为“*.x_b/*.x_t”的格式,导入 FEKO 电磁计算软件中,如图 5 所示。

导入模型后,分别在俯仰 0° 、方位 $0 \sim 360^\circ$ 不同方向间隔 1° 设置平面波入射,极化方向为垂直,频率设置为 3 GHz,如图 6 所示。

对模型进行网格剖分,由于舰船属于复杂电大目标,在高频时如果只选择矩量法计算,将会耗费大量内存空间和计算时间,因此选择 PO 近似和 MoM 相结合的方法进行计算,能大大节省内存空间和减少计算时间。剖分时三角形最大边长可以选择 $1/3\lambda$,即 3.331 cm,如图 7 所示。

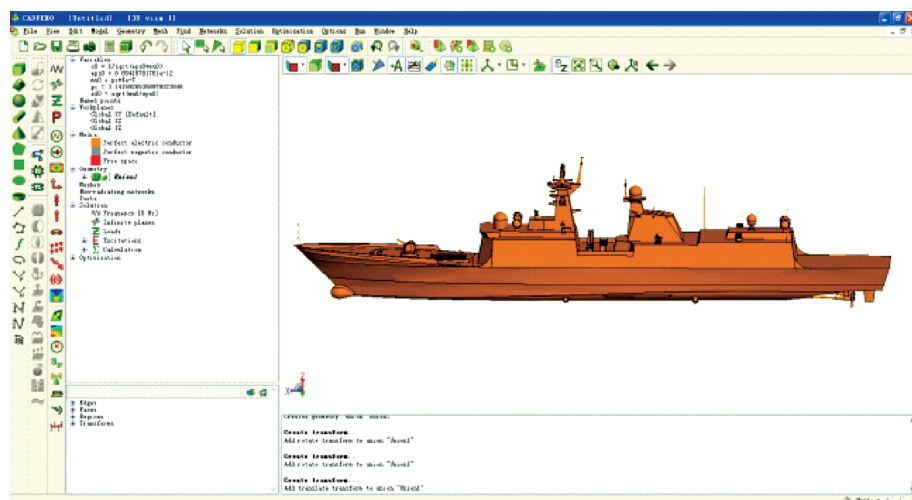


图5 FEKO 导入模型

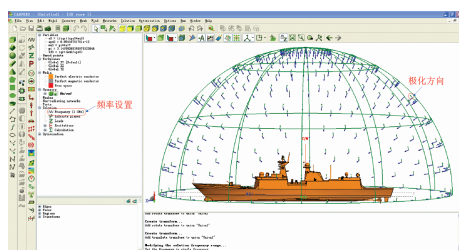


图6 设置入射波和频率

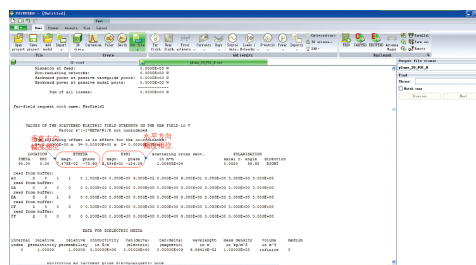


图8 结果文件

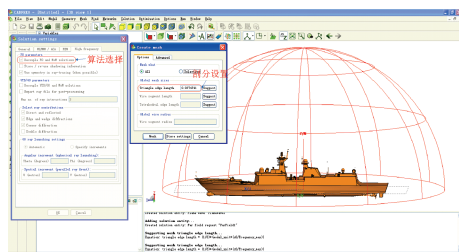


图7 剖分和算法选择

设置完成后进行求解,计算结果保存在*.out文件中,如图8所示。从该文件中提取相关的极化信息,构建极化散射矩阵。当设置入射波为垂直极化时,可以分别提取垂直发射,垂直和水平接收的幅度和相位信息,得到极化矩阵的VV、VH两个分量。设置入射波为水平极化,重复上述求解过程,得到极化矩阵的HV、HH两个分量。最终可构建出该舰船目标极化散射矩阵,如式(1)所示。

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} = e^{i\phi_{HH}} \begin{bmatrix} |S_{HH}| & |S_{HV}| e^{i(\phi_{HV} - \phi_{HH})} \\ |S_{VH}| e^{i(\phi_{VH} - \phi_{HH})} & |S_{VV}| e^{i(\phi_{VV} - \phi_{HH})} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3 仿真结果分析

按照本文提出雷达目标极化特性建模方法的分别,分别对典型舰船目标、飞机目标及角反射体构建极化模型,

计算其在1 GHz 频率极化散射矩阵。

舰船目标1 GHz 频率极化散射矩阵如图9所示,图中横坐标为方位角,范围从0~360°,纵坐标为RCS,单位dbsm。0°为舰首方向,从图中可以看出,舰船在不同角度的主极化比交叉极化变化值差异很大,最大极化差能达到40~50 dB。

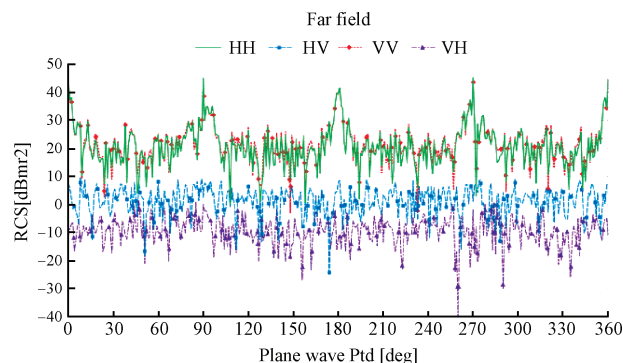


图9 舰船4个极化分量的RCS

飞机目标1 GHz 频率极化散射矩阵如图10所示,图中横坐标为方位角,范围从0~360°,纵坐标为RCS,单位dbsm。90°为机首方向,从图中可以看出,飞机在不同角度的主极化比交叉极化变化值差异很大,最大极化差飞机两侧位置能达到60 dB。

角反1 GHz频率极化散射矩阵如图11所示,图中横坐标为方位角,范围从 $0 \sim 90^\circ$,纵坐标为RCS,单位dbsm。从图中可以看出,角反在不同角度的主极化比交叉极化变化值差异很大,最大极化差角反 45° 位置能达到75 dB。

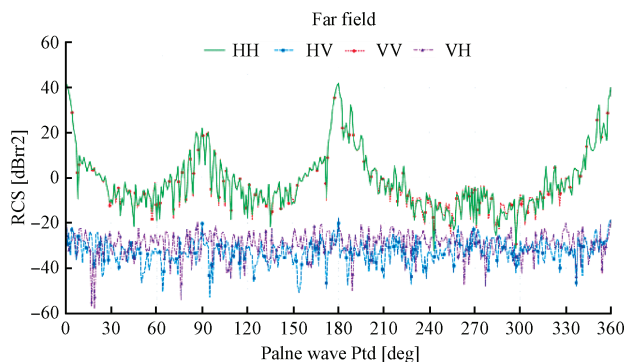


图10 飞机4个极化分量的RCS

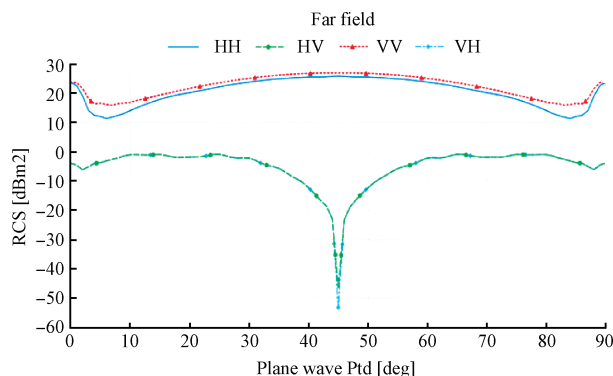


图11 角反4个极化分量的RCS

4 结论

本文主要针对雷达目标极化特性建模问题开展相关研究,重点对SolidWorks构建目标几何模型方法、FEKO电磁计算软件计算目标极化散射矩阵建模方法等内容进行研究。文章以舰船目标为例,详细介绍了极化散射矩阵求解过程,计算结果表明该建模方法所构建的目标极化模型具有较高的置信度,对于提高目标极化特性的模拟具有重要作用。

参考文献

- [1] MARCUS S, COLELLA B D, GREEN T J. Solid-state laser synthetic aperture radar[J]. Appl Opt, 1994, 33(6): 960-964.
- [2] NATHANSON F E. Adaptive circular polarization[C]. IEEE Int. Radar Conf. Arlington, 1975:221-225.
- [3] POELMAN A J. Virtual polarization adaptation: a method for increasing the detection capability of a radar system through polarization vector processing[J]. IEE Proceedings F, 1981, 128(5):261-270.
- [4] 蒋彦雯, 邓彬, 王宏强, 等. 基于FEKO和CST的太赫兹目标RCS仿真[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013, 11(5): 684-689.
- [5] 陈德喜, 颜俐, 王海婴. FEKO软件的RCS仿真应用[J]. 舰船电子工程, 2008, 28(9):125-128.
- [6] 李振, 察豪, 王月清, 等. 基于FEKO的球体电磁散射分析[J]. 舰船电子工程, 2008, 28(10):191-193.
- [7] 罗扬, 田怀文. 基于SolidWorks平台的盘形凸轮参数化设计[J]. 机械, 2010, 37(1):49-51.
- [8] 李震, 李强, 杨建鸣. 基于SolidWorks斜齿轮二次开发技术的研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2006(8): 12-14.
- [9] 丁彩红. SolidWorks中函数曲线绘制的二次开发[J]. 机械与电子, 2006(7):79-80.
- [10] 南华, 方宁, 苏珉. 海面SAR时域回波信号可视化仿真计算[J]. 电子测量技术, 2015, 38(6):118-121.
- [11] 邓豪, 王军锋, 乔明, 等. 基于轻小型飞机的微型全极化SAR飞行试验研究[J]. 电子测量技术, 2016, 39(11):168-172.
- [12] 刘宇, 李亭, 顾振杰. 阵列式射频仿真系统中目标全极化回波模拟方法研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(1):33-38.

作者简介

刘宇, 1979年出生, 工程师, 主要研究方向为射频仿真。
E-mail: liuyu12592@163.com