

隐身飞机模型双站雷达截面积仿真

官 健,王春阳,李为民,郭艺奔
(空军工程大学导弹学院,陕西 三原 710038)

摘 要:一些文献对双基地雷达反隐身的体制和系统技术作了深入研究,但是并未涉及隐身飞机的双站 RCS 特性,针对 F-117A 隐身飞机通过独特的几何外形设计来实现隐身的特点,利用电磁仿真软件 XFDTD 计算和分析了 F-117A 隐身飞机的双站雷达截面积,包括同频率条件下头向入射、正侧向入射、尾向入射和同双站角条件下从低频频段到高频频段的双站雷达截面积在水平面和垂直面变化的特性,通过对仿真结果的分析得出了有利于反隐身的人射方向为正侧向,双站角为 $135^\circ \sim 180^\circ$,工作频段为低频段,为双基地雷达在频域和空域上的反隐身提供了有价值的参考。

关键词:电磁散射;雷达截面积;反隐身;双基地雷达

中图分类号: TN974 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-1194(2009)01-0046-03

Simulation and Analysis of Bistatic RCS of Stealth Fighter

GONG Jian, WANG Chun-yang, LI Wei-min, GUO Yi-duo

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 710038, China)

Abstract: Some articles conduct a deep research into anti-stealth mechanism and system technology of the bistatic radar, but leave RCS characteristic of stealth fighter untouched. According to the stealth character of F-117A stealth fighter realized by its unique geometric shape, bistatic RCS are calculated and its variation characteristic is analyzed by XFDTD at incidence angles of front, frontal lateral and rear with same frequency, as well as at the same bistatic radar angle with working frequency ranging from low frequency to high frequency. The simulation shows that to achieve better anti-stealth effect, the working frequency should be within low frequency range with the incident direction of frontal lateral and the bistatic radar angle of $135^\circ \sim 180^\circ$, providing valuable information for anti-stealth bistatic radar in frequency domain and spatial domain.

Key words: electromagnetic scattering; RCS; anti-stealth; bistatic radar

0 引言

目标的雷达散射截面积为雷达测量中的一个重要参量,隐身飞机就是用减小 RCS 的方法来降低敌方雷达作用距离,从而达到提高突防能力和生存概率的目的^[1-2]。文献[3~5]对双基地雷达反隐身的体制和系统技术作了深入研究,但是并未涉及隐身飞机的双站 RCS 特性这一重要课题。为此,利用电磁仿真软件 XFDTD 对 F-117A 的双站电磁散射特性进行了仿真。

1 同频率不同入射方向的 F-117A 双站雷达截面积

F-117A 是世界上首架真正意义上的隐身飞机,其显著特点是整架飞机几乎全由直线构成,没有任何明显的突出物,而且在不同部位涂敷不同的 RCS 吸收材料,这些措施大大降低了散射中心强度,给雷达探测带来困难。XFDTD 是基于时域有限差分法的全波三维电磁仿真工具,广泛应用于天线、射频/微波、电磁兼容、光学和生物电磁等领域。

在微波频段研究 F-117A 的 RCS 特性时,为了

* 收稿日期:2008-10-18

基金项目:国家自然科学基金项目资助(60773209)

作者简介:官健(1984-),男,山东德州人,硕士研究生,研究方向:雷达电子战相关理论与技术。E-mail: gongjianbest@163.com。

节省仿真程序运行时间,我们采用缩比模型(1 702 mm×1 110 mm×193 mm)。首先将模型导入 XFDTD^[6]软件中,然后进行网格剖分,网格大小为 12 mm×12 mm×12 mm,仿真界面如图 1 所示。

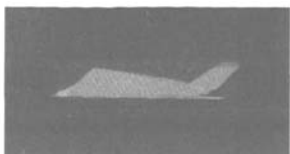


图 1 F-117A 时域网格剖分示意图

Fig. 1 XFDTD of F-117A stealth fighter

在 XFDTD 软件中设定入射电磁波类型为正弦波,频率 $f=2$ GHz,极化方式为垂直极化,仿真具有代表性的头向入射(方位角 $\varphi=180^\circ$,仰角 $\theta=90^\circ$)、正侧向入射(方位角 $\varphi=90^\circ$,仰角 $\theta=90^\circ$)和尾向入射(方位角 $\varphi=180^\circ$,仰角 $\theta=0^\circ$)时 F-117A 的 RCS 在水平面(接收位置 $\theta=90^\circ$, φ 取 $180^\circ\sim 360^\circ$)和垂直面(接收位置 $\varphi=180^\circ$, θ 取 $0^\circ\sim 180^\circ$)内随双站角变化的特性,结果见图 2~图 4。

1.1 头向入射 F-117A 双站雷达截面积

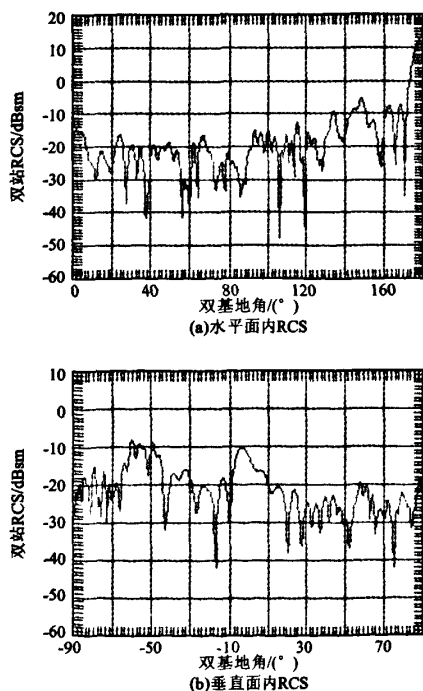


图 2 头向入射时 F-117A 双站 RCS

Fig. 2 Head direction bistatic RCS of F-117A

双基地雷达的 RCS 在双基地角 $\beta\leq 135^\circ$ 时基本等同于单基地雷达的 RCS,约有 2~8 dB 的起伏,如图 2(a)。

图 2 中在前向散射区($135^\circ<\beta\leq 180^\circ$),RCS 明显增大,水平面内的 RCS 却有 40 dB 的起伏,在垂直面内的 RCS 也同样有很大的变化,可见利用双基地雷达的前向散射特性是实现空域反隐身的重要手段之一。

1.2 正侧向入射 F-117A 双站雷达截面积

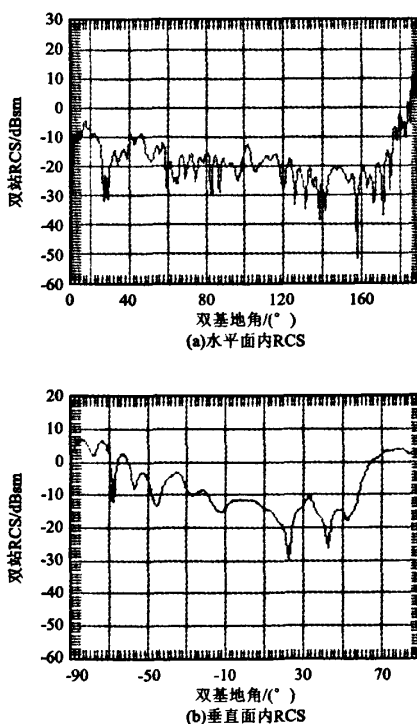


图 3 正侧向入射时 F-117A 双站 RCS

Fig. 3 Just side direction bistatic RCS of F-117A

图 3 在入射角一定的情况下,F-117A 的双站 RCS 随双站角的增大而增大。当入射时 $\theta=90^\circ$,双站角为 180° 时,水平面内 RCS 取得最大值。因此,采用大双站角观察,可望获得很好的反隐身效果。

与头向入射的图 2 比较,图 3 中在前向散射区,RCS 平均要高于头向入射。也就是说在双站角一样的情况下,侧向入射的 RCS 要高于头向入射时的 RCS,有利于反隐身。

1.3 尾向入射 F-117A 双站雷达截面积

图 4 中隐身飞机 F-117A 在机身背部的平均

RCS 明显高于机身腹部的 RCS,说明 F-117A 在机身腹部采用了较好的隐身措施,而对背部的隐身没有设计,用高空雷达采用背部照射的方法来探测隐身飞机是一项有效的反隐身措施。

图 4 水平面和垂直面的曲线均具有不具有对称性,可见 F-117A 在设计上是不对称的。

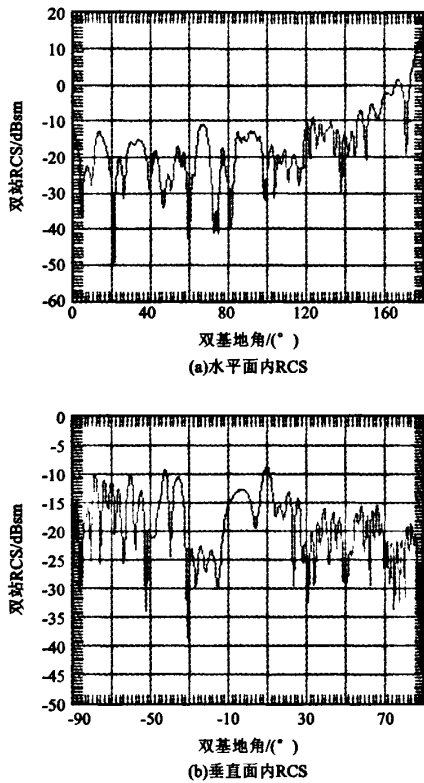


图 4 尾向入射时 F-117A 双站 RCS
Fig. 4 Caudal direction bistatic RCS of F-117A

2 同双站角不同频率的 F-117A 双站雷达截面积

上文对同频率不同入射方向的 F-117A 双站 RCS 的仿真是站在空域反隐身角度所作的研究,为满足双基地雷达在频域反隐身上的需求我们进一步研究同双站角不同频率的 F-117A 双站 RCS。

同样将 F-117A 缩比模型导入 XFDTD 软件,设定入射电磁波类型为正弦波,极化方式为垂直极化,工作频段 $f=0\sim5$ GHz,剖分网格大小为 $15\text{ mm}\times 15\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 。

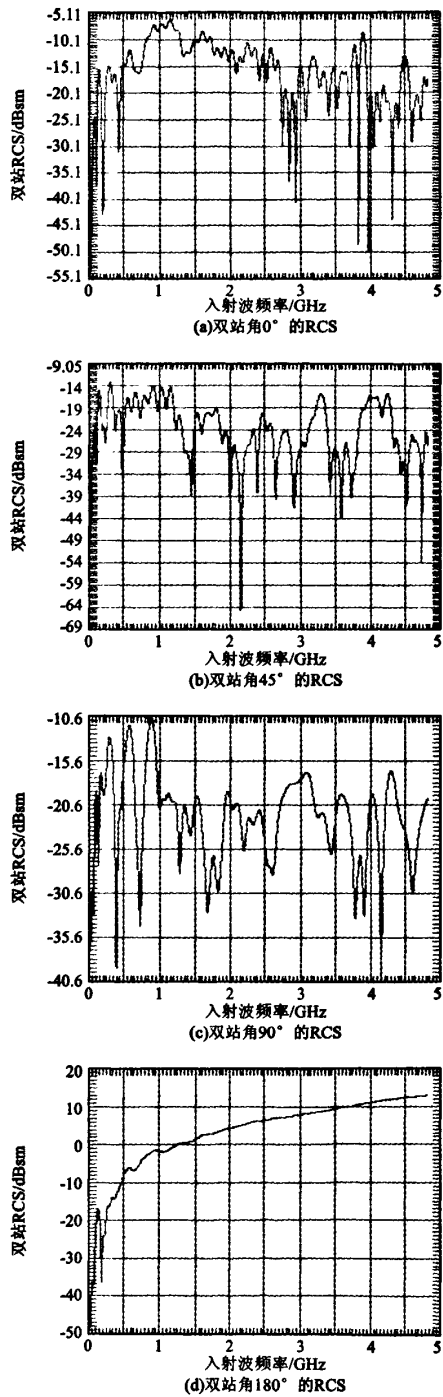


图 5 同双站角不同频率的 F-117A 双站 RCS
Fig. 5 Bistatic RCS of F-117A on different frequency

(下转第 52 页)

2) 研究分析所测得的发电机在弹道上的输出特性恰好描述了迫弹速度特性。发电机输出是具有两个极点的反 S 形曲线, 可用于控制迫弹在弹道峰点之后的适当时刻实现引信的接电控制和解除保险。

3) 从所测速度特性曲线看, 与实际迫弹速度曲线基本一致。涡轮发电机就是一种测速发电机。建议将发电机改为主绕组供电, 而增加辅助绕组用于测速, 以减小供电与测速之间的相互影响, 提高速度性能。也可降低因倍压检测对电容耐压的苛求。

4) 利用所测发电机输出的速度特性, 可以设计速度比较式空炸引信。

在迫弹引信用涡轮发电机的研制、特性测试和应用中, 凝聚了许多科技人员的艰辛劳动。本文只是简要分析, 错误之处难免, 望不吝指正。

(上接第 48 页)

图 5 中 F-117A 在米波波段的平均 RCS 明显高于厘米波时的 RCS, 说明 F-117A 在厘米波段有较好的隐身效果, 而对频率较低的米波雷达隐身效果不明显, 用低频雷达探测隐身飞机是一项有效的反隐身措施。

当双站角为 180° (如图 5(d) 所示) 时 RCS 相对较大, 所以在这两个双站角区域有利于反隐身; 当双站角为 45° 、 90° 时 RCS 均比双站角为 0° 时低 (如图 5(a)、(b)、(c) 所示), 所以在这两个双站角区域不利于反隐身。

3 结论

本文仿真了 F-117A 隐身飞机的双站 RCS 随频率和双站角变化的特性, 得出了有利于反隐身的人射方向为正侧向、双站角为 $135^\circ < \beta \leq 180^\circ$ 和工作频段为低频段, 与报道的 F-117A RCS 相吻合, 为双基地雷达在频域和空域上的反隐身提供了有价值的参考数据。但是, 文章仅对 F-117A 外形特征进行了计算分析, 没有考虑表面涂覆材料对 RCS 的影响, 有待进一步研究。

参考文献:

[1] 薛晓春, 王雪华. 隐身与反隐身技术的发展研究[J]. 现代

参考文献:

- [1] 浦发, 芮筱亭. 外弹道学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1989.
- [2] 王雨时. 迫击炮弹引信解除保险距离性能指标分析[J]. 探测与控制学报, 2007, 29(3): 5-9.
WANG Yu-shi. Analysis of performance index of arming distance of mortar shell fuze[J]. Journal of Detection & Control, 2007, 29(3): 5-9.
- [3] 李福松, 于春明, 徐敏. 旋转式气动发电机作为速度传感器探讨[J]. 探测与控制学报, 2007, 29(3): 21-24.
LI Fu-song, YU Chun-ming, XU Min. [J]. Discussion on air driven revolving generator as velocity transducer[J]. Journal of Detection & Control, 2007, 29(3): 21-24.
- [4] 防御技术, 2004, 32(2): 32-37.
XUE Xiao-chun, WANG Xue-hua. The development study of stealth and anti-stealth[J]. Modern Defence Technology, 2004, 32(2): 32-37.
- [2] 杨振起, 张永顺, 骆永军. 双多基地雷达系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [3] 韩英臣, 张永顺, 刘芸红. 雷达组网反隐身技术探讨[J]. 电子信息对抗技术, 2003, 4(2): 9-12.
HAN Ying-chen, ZHANG Yong-shun, LIU Yun-hong. Discussion on the anti-stealth technology for radar networks[J]. Electronic Information Warfare Technology, 2003, 4(2): 9-12.
- [4] 戴筠. 雷达组网反隐身技术可行性探讨[J]. 现代雷达, 1998, (3): 2-5.
DAI Jun. An investigation of feasibility of anti-stealth techniques for radar networks[J]. Modern Radar, 1998, (3): 2-5.
- [5] 方振和, 刘喜斌. 多传感器数据融合技术对抗隐身目标[J]. 上海大学学报(自然科学版), 1998, 4(1): 107-112.
FANG Zhen-he, LIU Xi-bin. Data fusion Technique of multi-sensor struggle against stealth target[J]. Journal of Shanghai University (Natural Science Edition), 1998, 4(1): 107-112.
- [6] Varadarajan V, Raj Mittra. Finite difference time domain (FDTD) analysis using distributed computing[J]. IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 1994, 4(5): 144-145.

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/>