飞行动目标角闪烁建模计算研究

赵亮亮^{1,2},胡楚锋²,李建周¹,朱海亮¹,范超群¹,赵惠玲¹ 1.西北工业大学,陕西西安 710072 2.西北工业大学 无人机特种技术重点实验室,陕西西安 710065

摘 要:飞机执行军事任务时,其过程一般表现为动态目标在复杂环境下的高速运动。飞机动态实测与静态测量得到的电磁散射特性存在较大差异,导致其角闪烁的计算方式也存在不同,飞机动态飞行时过程较为复杂,致使角闪烁计算过程也更加繁琐。本文从动目标角闪烁的角度出发,首先通过两个静态目标角闪烁算例验证了角闪烁计算部分的正确性,再利用飞机实测的惯导数据,通过姿态解算和电磁散射特性计算,实现飞机真实运动情况下的角闪烁计算。经模拟试验表明,该方法有效,此工作对于研究复杂动目标角闪烁具有一定的工程应用价值。

关键词:动目标;角闪烁;姿态解算;惯导数据

中图分类号:TN95

文献标识码:A

目标电尺寸能和波长相比拟,且含有两个及两个以上 的等效散射中心的任意扩展目标都会产生角闪烁^[1-2],它是 限制跟踪雷达,尤其是近距离跟踪雷达的角跟踪精度的主 要因素。计算飞机角闪烁的过程中必须先计算其电磁散射 特性,飞机在运动过程中不断地改变姿态来产生不同的轨 迹和方向,导致飞机在不同姿态下的电磁散射特性存在差 异,因此需要通过解算不同时刻下的飞机姿态,计算该姿态 下的电磁散射特性,进而获取角闪烁。实际应用中,如果对 角闪烁处理不当,还会增大雷达跟踪目标的误差,甚至会丢 失目标,产生严重后果。

参考文献[3]中通过 Simulink 仿真回路进行建模,并借 助FEKO软件计算该路径下的电场、相位等信息,进而计算 目标角闪烁。参考文献[4]中利用UG软件对目标进行几何 建模,并获取其三角面元信息,利用等效电磁流方法计算目 标的电磁回波场,进而计算角闪烁。参考文献[5]中针对以 匀速运动的航母为目标,进行坐标变化并求解散射场强,进 而计算目标角闪烁,过程较为简单。以上参考文献未能针 对任意目标模型进行角闪烁计算,计算过程需要多个软件 辅助运算,执行效率不高,缺少针对动目标角闪烁一体化计 算方式的集成。本文采用建模软件的相关开发功能,通过 导入目标模型,利用程序对惯导数据进行姿态解算并计算

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2021.09.010

对应姿态下的目标电磁散射特性,进而实现动态目标角闪烁计算^[6-9]。通过研究动目标角闪烁对于目标隐身与反隐身、目标识别、提高制导精度等领域将具有重要意义。

1 动目标角闪烁解算及方法

动目标角闪烁计算思路如图1所示,对于动态目标,通 过惯导数据解算不同时刻的姿态角,进而计算模型在该姿 态下的电磁散射特性最终计算角闪烁,通过与建模软件结 合最终完成运动目标角闪烁研究计算工作。

1.1 姿态信息获取

针对动目标角闪烁姿态信息的获取,以往多以基于飞 行轨迹或者弹道参数的姿态变化的方法^[10]。下面对基于飞 机轨迹或弹道参数的姿态和通过惯导数据解算姿态的这两 种姿态解算方法进行对比分析。

基于飞行轨迹或者弹道参数的姿态变化一般根据飞行 弹道关机点和落点位置参数等最终快速计算目标的运动轨 迹,使用物理光学和等效电磁流实时计算最终完成目标电磁 散射特性获取。该方法的优点是在运动建模仿真中会提前 获取电磁散射数据便于提高后续仿真的速度,缺点是电磁散 射特性仿真中所参照的数据表难以覆盖所有姿态角,并且不 可避免地导致电磁散射特性中幅度和相位的插值误差,从而

收稿日期: 2021-03-15;退修日期: 2021-06-18;录用日期: 2021-07-16

基金项目: 航空科学基金(2018ZD53048);陕西省2021年重点研发计划项目(2021KW-32)



引用格式: Zhao Liangliang, Hu Chufeng, Li Jianzhou, et al. Research on angle glint modeling of flying target[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 32(09):68-74. 赵亮亮, 胡楚锋, 李建周, 等. 飞行动目标角闪烁建模计算研究[J]. 航空科学技术, 2021, 32(09):68-74.



图1 动目标角闪烁计算分析图

Fig.1 Calculating and analyzing graph of moving target angle flicker

引起角闪烁计算的误差。而基于惯导数据的姿态解算方法通过记录飞机的欧拉角和球坐标能成功地解决以上问题。

通过惯导数据解算姿态方法一般会用到惯性导航系统,惯性导航系统用于计算导航方式,从一已知点的方位根据接连测得的运动体航向角和速度计算出其下一点的方位,由此可记录运动体的飞行过程。惯导数据中包括飞机球坐标系下的半径r、θ、φ角度以及方位角、俯仰角、滚转角等信息。通常来说,使用惯导数据记录飞机的欧拉角与球坐标的方法不依赖于外部信息、也不向外部辐射能量,相对过程更为便捷精确。因此,本文采用惯导数据进行姿态解算获取姿态信息的方法,此工作对于软件仿真中的模型变换也起着至关重要的作用。

1.2 动目标姿态解算

完成对动目标的建模,首要任务是解算目标在雷达视 角下的姿态。如图2所示,将任意时刻的目标投影到雷达 视线方向垂直的投影平面上,即为所求姿态。

进行姿态解算的过程中,需要三个已知参数:雷达坐标 参数、运动目标的位置参数和运动目标的自身转动参数。 为确定雷达和动目标的坐标参数,建立直角坐标系。一般 来说,雷达视向方向取决于雷达坐标和动目标的坐标差,因 此指定雷达位置为坐标原点可简化计算,雷达面的朝向可 由球坐标系中*θ*和*φ*唯一确定,而与目标的距离可通过收发 的时间差确定,即为球坐标中的参数*r*,从而雷达的视线方 向和动目标相对于雷达的位置由球坐标系中的*r*、*θ*和*φ*唯



一确定。该坐标系称为雷达坐标系[11-13]。

对于动目标转动参数的构建,本文采用了欧拉角的相 关定义,欧拉角的引入能够清晰地表明姿态变换中的各种 角度。本文通过导入飞机模型,并通过旋转几何模型的方 法,将目标的角度变换投影到计算机屏幕。

图3(a)为飞机模型的初始姿态,即未经过平动和转动变 换方式。假定此刻屏幕上呈现的姿态为雷达视角呈现的姿态。为了描述动目标的欧拉角,首先需要建立一个内嵌于目 标体的坐标系,称之为机体坐标系,如图3(b)所示,O点位于 模型的中心点,定义X轴为机体坐标系中的横滚轴,定义Y轴 为机体坐标系中的俯仰轴,定义Z轴为机体坐标系中的偏航 轴。由于该坐标系内嵌于动目标,因此称为机体坐标系。



(a)飞机模型初始姿态 (b)飞行 图3 飞机姿态及坐标轴

(b)飞行目标的机体坐标轴

Fig.3 Aircraft attitude and coordinate axes

通过上述定义的机体坐标系,进一步定义旋转参数:偏 航角、俯仰角和横滚角。偏航角ψ为机体坐标系横滚轴*X* 在*XOY*面上的投影与地面坐标系*x*轴的夹角,*O*为机体中心 点。如果*x*轴、横滚轴*X*的投影线和偏航轴*Z*满足右手螺旋 法则,则偏航角为正,反之为负,偏航角ψ如图4(a)所示。 俯仰角θ为机体坐标系横滚轴*X*在*xoz*面上的投影与地面 坐标系*x*轴的夹角,当*x*轴、横滚轴*X*的投影线和俯仰轴*Y*满 足右手螺旋法则,则俯仰角为正,反之为负,俯仰角如图4 (b)所示。滚转角为机体坐标系偏航轴Z在zoy平面上投影 与地面坐标系z轴的夹角,当z轴、偏航轴Z的投影线和横滚 轴X满足右手螺旋法则,则滚转角为正,反之为负,滚转角 如图4(c)所示。在使用转动参数时需重点强调的是必须指 定转动次序,且该转动次序在整个变换过程中保持一致^[14]。 通过以上变化即可成功解算动目标姿态信息。



通过程序直接控制目标视向角的转动来实现雷达坐标 系的视向角变化,目标按照其自身俯仰角、横滚角等角度信 息进行变换,进而实现目标真实姿态下的转动,故不涉及坐 标变化,可以进一步计算目标电磁散射特性。

1.3 动目标角闪烁

存在多个等效散射中心的任何体目标都会存在角闪烁 线偏差^[15-16],目前针对角闪烁机理的解释存在相位畸变、能 流倾斜两个概念。角闪烁的计算也存在相位梯度法、波印 廷矢量法^[17-18]两种等价方法,由于计算电磁散射特性时获 取的相位信息较为精确,因此这里采用相位梯度法进行角 闪烁的计算。

在二维情况中,设相位参考的扩展目标和点目标的回 波信号分别为:

$$E_e = A(r,\theta) \exp\left[j(\omega t - 4\pi r/\lambda - \delta(\theta))\right]$$
(1)

$$E_0 = A(r) \exp\left[j(\omega t - 4\pi r/\lambda)\right]$$
(2)

式中:ω,λ,r分别为信号的角频率、波长、参考点目标到雷达的距离。电磁波的相位波前即空间中相位相同各点的轨迹,即:

$$\Phi(r,\theta) = \frac{4\pi}{\lambda}r + \delta(\theta) = \text{ mw}$$
(3)

扩展目标的波前不是球面,相位函数的梯度 $\nabla \Phi$ 与径向 存在倾斜角 θ_{α} - θ ,雷达指向- $\nabla \Phi$ 方向,参考点目标的相位 梯度和扩展目标视在中心之间的夹角即为角闪烁^[19-20]。针 对目标,其视在中心与目标中心的位移即为闪烁线偏差 e_{θ} , 单位通常取米或厘米。极坐标系下的表示形式如下:

$$\nabla \Phi = \frac{\partial \Phi}{\partial r} r + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \theta \tag{4}$$

二维情况下θ方向的角闪烁线偏差为:

$$e_{\theta} = rtg(\theta_{\alpha} - \theta) = \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} / \frac{\partial \Phi}{\partial r} = \frac{\lambda}{4\pi} \frac{\partial \delta}{\partial \theta}$$
(5)

相位函数的畸变导致角闪烁线偏差^[21],即相位函数对 视线角的变化率。在三维情况下,对应表达式为:

$$\nabla \Phi = \Phi r + \Phi \theta + \Phi \varphi = \frac{\partial \Phi}{\partial r} r + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} \varphi$$
(6)

式中:
$$e_{\theta} = r \frac{\Phi_{\theta}}{\Phi_{r}}, e_{\varphi} = r \frac{\Phi_{\varphi}}{\Phi_{r}}$$
。

三维情况下,由回波信号的相前导致的角闪烁误差,一 般要用两个正交误差来表示,即θ方向和φ方向的角闪烁线 偏差e_a和e_a,定义为:

$$e_{\theta} = \frac{r\Phi_{\theta}}{\Phi_{r}} \tag{7}$$

$$e_{\varphi} = \frac{r\Phi_{\varphi}}{\Phi_{r}} \tag{8}$$

式中: $\Phi_r, \Phi_{\theta}, \Phi_{\varphi}$ 是扩展目标回波信号相位梯度 $\nabla \Phi$ 的三个 球坐标分量,且:

$$\nabla \Phi = \hat{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \hat{\theta} \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} + \hat{\varphi} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi}$$
(9)

2 角闪烁算例

本节通过动静态两类算例来验证一体化角闪烁程序设计的正确性。

2.1 静态目标算例

(1) 圆柱模型

根据参考文献[22]中的模型。其中圆柱体的直径 2a = 3.812 λ ,高度 $2h = 8.774\lambda$,以圆柱的中心为坐标原点,计算 角度位于 ϕ 方向上,从 0° 到90°,设置频率为10GHz。

利用相位梯度法,通过程序控制模型变换完成电场相位信息获取并实现角闪烁的计算。结果如图5所示,图5(a)是文献中的垂直极化下的balance point motion数值, balance point motion即为角闪烁数值除以波长的结果,图5(b)是通过本文中程序计算的数值。

当极化方式均选择垂直极化时,通过文献中的数据和 计算所得数据对比,两者结果基本一致,吻合程度较高。

(2) 三球模型

这里根据参考文献[23]给出的三球模型,三个导体球 沿Z轴排列,中间球位于坐标原点,球1直径为97mm,球2 直径为64mm,球3直径为75mm,频率为10GHz的电磁波 从xoz平面内朝目标照射,通过在FEKO软件中计算得到的 相位信息和本文中的计算结果完全吻合,利用相位信息进







Fig.6 Angle glint comparison chart of the three-ball model

而可以计算角闪烁,文献中的计算结果如图6(a)所示,由于 计算所得的垂直极化和水平极化结果基本一致,故这里仅 展示计算得到的垂直极化下的数值。对比文献与计算所得 结果,数据基本吻合。再次验证了角闪烁计算结果的准确 性,为动态目标角闪烁计算工作提供了依据。

2.2 动态目标算例

本文采用的动态目标计算模型如图7所示。通过程序 实现惯导数据读入然后进行姿态解算,在建模软件中对模 型实现对应姿态下的变换并计算电场相位等信息,通过建



图 7 动态目标计算模型 Fig.7 Moving target calculation model

模软件相应开发功能完成角闪烁计算。

图8是一份惯导数据的实例截取图,第5列、6列分别为 目标方位角、目标高低角,第15列为飞机航向角,以指向正 北方向为基准,机头向右为正。第16列数据记录飞机俯仰 角,以机头水平为基准,上仰为正。第7列数据记录飞机真 横滚角,以机翼水平为基准,右机翼向下倾斜为正。最后三 行依次是俯仰角、方位角、横滚角。由于是远场测试数据, 故距离信息,r被隐去,不作为输入参数。



Fig.8 Example of inertial navigation data

将建模软件中的飞机模型按照惯导数据进行姿态变换,得到的雷达视向姿态如图9所示。成功实现了动态目标的姿态解算,得到动态目标姿态随时间的变化过程,用于 后续电磁散射和角闪烁的计算。



Fig.9 Aircraft in different attitudes

分别以方位角、俯仰角为横轴,以角闪烁数值为纵坐标,绘图如图10所示。从图10观察可以得出,随着时间的变化,方位角下的角闪烁数值基本稳定在-2~2m,俯仰角方向的角闪烁数值集中在-20~20m,较方位角方向的角闪烁数值范围更大,不过波动范围随时间变化逐渐趋缓。俯仰角处于较小数值时幅度较大可能是因为飞机按照该姿态角飞行过程中逐渐露出机腹,机腹部件较多导致电磁散射特



Fig.10 Aircraft angle scintillation calculation result graph

性数据发生较大程度的变化,导致角闪烁数值波动。通过 静态模型角闪烁计算以及惯导数据进行姿态变换结果对比 吻合程度较高,故可以认定该飞机模型动态角闪烁数值符 合实际情况。

3 结论

本文从动目标角闪烁角度出发,通过引入惯导数据进 行飞机真实情况下的姿态解算,利用建模软件对模型实现 惯导数据中不同姿态下的变换并通过相关开发功能实现了 对应姿态下的目标特性及角闪烁计算,通过编程软件与建 模软件结合最终完成运动目标角闪烁研究计算工作,实现 了动目标角闪烁的计算[24-25]。通过静态、动态目标与相关 文献结果对比,结果精确吻合程度高。相比较传统计算目 标角闪烁方法,充分利用惯导数据的真实性,并结合成熟的 姿态解算及电磁散射特性包括角闪烁计算部分的工作,对 导入的相应目标模型,实现了实际飞行过程中的角闪烁计 算,无须通过多个软件辅助计算。对于静态目标可以直接 通过电磁散射数据进而计算角闪烁,计算结果吻合程度高, 对于动态目标可以通过程序读取惯导数据进而在建模软件 中实现针对模型的姿态变化并计算电磁散射特性最终完成 角闪烁计算。此项工作的完成对于后续其他目标电磁散射 特性数据的集成计算等工作提供了扎实的基础,进一步完 善此类工作对于电磁特性的计算以及识别、分析、预估、优 化等各种动态军事目标具有重要意义。 **AST**

参考文献

[1] 黄培康,殷红成,许小剑.雷达目标特性[M].北京:电子工业 出版社,2005.

Huang Peikang, Yin Hongcheng, Xu Xiaojian. Radar target characteristics[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2005.(in Chinese)

[2] 黄培康,殷红成.扩展目标的角闪烁[J].系统工程与电子技术, 1990(12):1-17.

Huang Peikang, Yin Hongcheng. The corner of the extended target flashes[J]. System Engineering and Electronic Technology, 1990(12):1-17.(in Chinese)

[3] 袁俊超,张小宽,王帅.机动目标角闪烁对制导精度影响仿真 研究[J].测控技术,2017,36(12):137-141.

Yuan Junchao, Zhang Xiaokang, Wang Shuai. Simulation study on the effect of maneuvering target angle blinking on guidance precision[J]. Measurement and Control Technology, 2017, 36 (12):137-141.(in Chinese)

[4] 赵言伟,陈晔,张远航,等.雷达目标角闪烁特性仿真分析[J]. 微波学报,2012,28(S3):44-47.

Zhao Yanwei, Chen Ye, Zhang Yuanhang, et al. Simulation analysis of radar target angle flicker characteristics[J]. Journal of Microwave, 2012, 28(S3):44-47. (in Chinese)

[5] 刘赵云,吴剑锋,卢大威.针对反舰导弹末制导系统的目标角 闪烁特性建模[J].航天电子对抗,2015,31(3):30-33.

Liu Zhaoyun, Wu Jianfeng, Lu Daiwei. Modeling of target angle flicker characteristics for anti-ship missile terminal guidance system[J]. Aerospace Electronic Countermeasures, 2015,31(3):30-33. (in Chinese)

[6] 范红旗,王胜,祝依龙,等.相位梯度法计算近场角闪烁的解析 式[J].电子学报,2009,37(5):937-941.

Fan Hongqi, Wang Sheng, Zhu Yilong, et al. Analytical formula for calculating near field angular glint by phase gradient method[J]. Electronic Journals, 2009, 37(5):937-941.

- [7] 潘长鹏,商潇文,李平,等.基于多散射中心理论的雷达目标角 闪烁建模研究[J]. 兵器装备工程学报,2018,39(7):93-97.
 Pan Changpeng, Shang Xiaowen, Li Ping, et al. Research on radar target angle flicker modeling based on multiple scattering center theory[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2018,39(7):93-97. (in Chinese)
- [8] 吴亦文,雷斌.基于外弹道的目标动态RCS仿真研究[J].国外 电子测量技术,2014,33(12):40-42.

Wu Yinwen, Lei Bin. Research on target dynamic RCS simulation based on exterior ballistics[J]. Foreign Electronic Measurement Technology,2014,33(12):40-42. (in Chinese)

- [9] 徐顶国,魏子豪,骆盛,等. 低RCS目标雷达散射特性增强方法 研究[J]. 航空科学技术,2021, 32 (5):39-43.
 Xu Dingguo, Wei Zihao, Luo Sheng, et al. Study on enhancement method of radar scattering characteristics of low RCS target[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 32 (5):39-43. (in Chinese)
- [10] 黄真,李艳文,高峰.空间运动构件姿态的欧拉角表示[J].燕山 大学学报,2002(3):189-192.

Huang Zhen, Li Yanwen, Gao Feng. Euler angle representation of attitude of spatial moving member[J]. Journal of Yanshan University,2002(3):189-192. (in Chinese)

[11] 李凯. 雷达扩展目标特性模拟技术[D]. 长沙:湖南大学,2014.

Li Kai. Radar extended target characteristic simulation technology[D]. Changsha: Hunan University,2014. (in Chinese)

- [12] 郭彪,孔小林,孙寒骁,等.直升机雷达特性模拟方法研究[J]. 航空科学技术,2019,30(7):57-61.
 Guo Biao, Kong Xiaoling, Sun Hanxiao, et al. Study on simulation method of helicopter radar characteristics[J]. Aeronautical Science & Technology, 2019,30(7):57-61. (in Chinese)
- [13] 曾宏刚.转捩模式与试验在高超声速边界层转捩中的应用研究[J].航空科学技术,2020,31(11):113-119.
 Zeng Honggang. Application of transition modes and experiments in hypersonic boundary layer transition[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020,31(11):113-119.(in Chinese)
- [14] 夏应清,杨河林,徐鹏根,等.雷达目标角闪烁预估计算[J].电 波科学学报,2003(1):111-115.
 Xia Yingqing, Yang Heilin, Xu Penggen, et al. Prediction of

radar target angle flicker[J]. Journal of Radio Science,2003(1): 111-115. (in Chinese)

- [15] Xia Y, Xu P. Radar target's angular glint based on the RCS
 [C]// 2007 International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications, Hangzhou, 2007:978-980.
- [16] 黄斌科,蒋延生,汪文秉. 几种典型目标的角闪烁特性分析[J].
 系统工程与电子技术,2003(11):1333-1335.
 Huang Binke, Jiang Yansheng, Wang Wenbing. Analysis of angular flicker characteristics of several typical targets[J].
 System Engineering and Electronic Technology,2003(11):1333-1335.(in Chinese)
- [17] 殷红成,黄培康,王超.再论扩展目标的角闪烁[J].系统工程与 电子技术,2007(4):499-504.

Ying Hongcheng, Huang Peikang, Wang Chao. Re-discussion on the angular flicker of the extended target[J]. System Engineering and Electronic Technology,2007(4):499-504. (in Chinese)

[18] 方宁,宁焕生,王宝发.复杂目标可视化角闪烁偏差计算[J].北 京航空航天大学学报,2006(2):186-189.
Fang Ning, Ning Huansheng, Wang Baofa. Calculation of angular flicker deviation for visualization of complex targets
[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and

[19] 殷红成,王超,黄培康.雷达目标角闪烁三种表示的内在联系

Astronautics,2006(2):186-189. (in Chinese)

(英文)[J]. 雷达学报,2014,3(2):119-128.

Ying Hongcheng, Wang Chao, Huang Peikang. The radar target angle flashes three kinds of internal connections (English)[J]. Journal of Radar, 2014,3(2):119-128.(in Chinese)

- [20] 王国玉, 汪连栋, 王国良, 等. 雷达目标角闪烁的建模与仿真
 [J]. 飞航导弹, 1999(10):52-56.
 Wang Guoyu, Wang Liandong, Wang Guoliang, et al. Modeling and simulation of radar target angle flicker[J]. Flying Missile, 1999(10):52-56. (in Chinese)
- [21] Guo K, Niu T, Sheng X, Location reconstructions of attributed SCs by monopulse radar[J]. Radar Sonar & Navigation IET, 2018, 12(9):1005-1011.
- [22] Ross R A, Bechtel M E. Scattering-center theory and radar

glint analysis[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1968,4(5):756-762.

[23] 王超. 高频电磁散射建模方法及工程应用[D]. 北京:中国传 媒大学,2009.

Wang Chao. Modeling method and engineering application of high-frequency electromagnetic scattering[D]. Beijing: Communication University of China, 2019. (in Chinese)

- [24] Sui M, Xu X. Angular glint of complex targets for high range resolution radar[C]// 2012 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, 2012.
- [25] Chen J J, Fang Y, Zhang K, et al. Angular glint modeling and simulation for complex targets[C]//2008 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, 2008.

Research on Angle Glint Modeling of Flying Target

Zhao Liangliang^{1,2}, Hu Chufeng², Li Jianzhou¹, Zhu Hailiang¹, Fan Chaoqun¹, Zhao Huiling¹

1. Northwestern Polytechnical University, Xi' an 710072, China

2. Science and Technology Laboratory of UAV, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710065, China

Abstract: When an aircraft performs a military mission, it is considered to be as a high-speed movement of a dynamic target in a complex environment. There is a larger difference between the electromagnetic scattering characteristics obtained by the dynamic measurement of the aircraft and the static measurement, which results in different calculation methods of the angular glint. The process of the aircraft dynamic flight is more complicated, which makes the angular glint calculation process more complicated. From the perspective of the angular glint of the moving target, this paper first verifies the correctness of the angular glint calculation part through two static target angular glint calculation and electromagnetic scattering characteristic calculation. The modeling software can import any model and use the secondary development function to achieve attitude calculation and calculate electromagnetic scattering characteristics to complete the angular glint calculation of the moving target, which avoids the cross use of multiple software and greatly improves the convenience of the angular glint research process. This work has certain theoretical research significance and engineering application value for the study of complex moving target angular glint.

Key Words: moving target; angular glint; attitude calculation; inertial navigation data

Received: 2021-03-15; Revised: 2021-06-18; Accepted: 2021-07-16

Foundation item: Aeronautical Science Foundation of China(2018ZD53048); Shaanxi Provincial Key R&D Program(2021KW-32)