DOI: 10.3969/j.issn.2097-180X.2023.04.003

复杂背景下低轨红外探测器对隐身飞机目标的探测性分析

田 浩, 胡海飞, 蔡 盛, 王久龙, 徐 伟

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,长春130033)

摘 要:以STSS LEO 天基红外探测器为例,分析近地轨道红外探测器对国外某隐身飞机目标的探测能力. 首先进行了隐身飞机目标的机身气动热分析、发动机喷口及尾焰热分析和辐射分析;然后对海洋-云层-大气的 光谱辐射特性及耦合特性进行定量分析,计算得到在给定探测场景(经纬度、季节、时段、风速、光照、大气)及探测 谱段下的辐射强度分布;最后基于上述分析结果,给出了星下点模式探测能力分析. 结果表明,STSS LEO Demo 红外探测器在星下点观测模式下,在云层遮挡时的最低信噪比19.2~26.1 明显高于阈值信噪比6,完全可以透过 云海背景探测并识别隐身飞机目标的尾焰辐射信号.

关键词:红外探测器;隐身飞机;云海背景;近地轨道;信噪比

中图分类号:TN976 文献标识码:A

文章编号:2097-180X(2023)04-0244-08

近年来,随着美国F22、F35等第五代超音速 战机的陆续服役和全球部署,其强大的雷达隐身 性能和快速突防能力对国土防空造成了严重威 胁^[1]. 传统的地基雷达对这类目标的探测预警 能力面临严峻挑战,亟需新的探测手段作为补 充^[2].相比地基雷达,低轨卫星红外探测视线不 受地球曲率限制,探测距离更远,覆盖面积更 大,探测波段更多,还可以灵活组网实现无缝覆 盖和接力探测,以实现对隐身飞机目标的全程跟 踪^[3]. 但是,天基红外探测器分辨率较低,难以 实现对目标轮廓纹理特征分辨,而且目标飞行参 数(速度、高度、姿态)多变,且背景(陆地、海洋、 云层、日照、气象等)红外辐射特性十分复杂[4-5], 因此,飞机目标在天基红外预警探测中属于典型 的暗弱目标^[6].对这类弱小目标的探测和识别 一直是业界和学术界研究的重点^[7]. 目前公开 的大部分研究都是针对中高轨红外探测器[8-12]. 因为高轨一般采用大面阵凝视探测器,覆盖范围 广,性能参数获取相对容易,还可以利用其他地 球同步轨道(GEO)卫星数据(如FY卫星数据)对 算法模型进行验证[13-15]. 反之,针对已有近地轨 道(LEO)红外探测器(如美国的STSS)对隐身飞机 探测性能分析的报道相对较少[16-17]. 而美国正 在抓紧LEO轨道红外预警星座组网布局^[18-19],分 析研究美国 LEO 平台红外预警探测能力对未来 国土防空反导建设具有重要研究价值^[20].本文 建立涵盖目标红外辐射模型、环境(大气、云层、 海洋)光谱吸收/散射模型、光学系统模型以及探测器成像模型的仿真链路,并构建潜在冲突区域的环境要素,综合分析在复杂云层-大气-海洋耦合背景下,位于1600km轨道的美国STSSLEO 天基红外探测器对国外某型号隐身飞机的实际 探测能力,并通过像元信噪比分析各观测要素 (飞行高度、速度、观测距离、角度、光照、云层等) 对探测性能的影响.

1 目标红外特性

1.1 机身气动热分析

以国外某型第五代隐身战斗机作为分析目标,机身长约19m,翼展约14m,高度约5m,升限18km,超音速巡航速度1.72*Ma*. 当其在北半球夏季高纬度地区5、10、15km高空以1.7*Ma*速度、0°攻角姿态巡航时,环境大气温度和压力按照国标GB/T1920—1980分别取216.7K和12110Pa,利用CFD软件进行高速稳态气动仿真,可以得到战斗机的稳态绕流空气场速度、压力分布和机身稳态气动温度分布.图1和图2是15km高空下机身稳态绕流空气场速度、压力分布以及气动温度分布(Wall Temperature 是蒙皮温度).

根据有限元温度场,利用网格微元面积加 权计算机身不规则几何表面的平均温度,表1给 出了不同飞行高度下机身加权气动温度计算结 果.飞机在1.7*Ma*速度、5~15km高度、0°攻角巡

收稿日期: 2023-08-30
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(62175234); 吉林省优秀青年科技人才项目(20230508111RC); 吉林省科技发展计划项目 (20210203151SF)
作者简介: 田 浩(1985-), 男,副研究员,主要从事天基光电探测预警以及光电对抗技术研究.
通信作者: 胡海飞(1984-), 男,副研究员,主要从事空间光学、先进制造、光机集成优化等研究. E-mail: huhf@ciomp.ac.cn

航时,机身温度范围约为290.3~388.6K.



局₿/km	温度/K	压力/Pa	温度/K	温度/K	温度/K
5	255.7	54 048	377.2	376.1	388.6
10	223.3	26 499	326.4	324.8	338.7
15	216.7	12110	292.6	290.3	302.8

1.2 发动机喷口及尾焰热分析

在不同高度下,大气压力、密度和含氧量有较 大差异,对燃烧速率和发热率的贡献程度不同, 因此,发动机喷口附近的尾焰温度也存在差异. 图3给出了飞行高度为5km和15km工况下发动 机喷口附近尾焰温度场.



(a) 飞行高度为5 km(b) 飞行高度为15 km图 3 不同飞行高度的发动机喷口附近尾焰温度场

从图3可以看出,在5km高度,发动机喷口和 尾焰温度最高,此时喷口蒙皮温度约1013.15K, 尾焰中心温度约1273.15K.在15km高度,发动 机喷口和尾焰温度最低,此时喷口蒙皮温度约 803.15K,尾焰中心温度约973.15K.

1.3 天基观测坐标系及模式定义

建立如图 4 所示的天基观测坐标系, S 为天 基观测平台,该坐标系以机体几何中心 O 为参考 点.机体飞行方向设为 X 轴, OXY 平面设为机体 飞行平面, Z 轴垂直飞行平面.天基观测平台对 飞机的观测线 OS 与 Z 轴之间的夹角 α 定义为观 测俯仰角,取值范围 [0, π/2],观测范围覆盖从飞 机正上方(-Z 方向)到水平侧向(-Y 方向).观测 线 OS 在目标飞行平面 OXY 上的投影 OG 与 X 轴 之间的夹角 β 定义为观测方位角,取值范围[0, π],观测范围覆盖从正向机头(-X方向)到正向尾 焰(+X方向).



图4 天基观测坐标系

设地球平均半径为R,天基探测器轨道高度 为H,临边探测模式下的最远探测距离为 D_{max} , 图 5 定义了天基探测器 2 种典型的临边探测模 式. 已知 R=6371 km,参考美国 STSS 系统,取 H=1600 km,按照目标飞机平均 10 km 飞行高度 计算,得 $D_{max} \approx 4780$ km.在不考虑多个探测器 协同探测的情况下,临边探测模式1和模式2构 成的观测包络线理论上可以覆盖单台天基探测 载荷的全部临边探测工况.





1.4 目标辐射分析

飞机本体(机头、机身和机翼)以及尾焰光谱 辐射强度分布 (α=0°, β=90°) 如图 6 所示. 从图 6(a)可以看出,当天基观测平台处于星下点观测 模式时,本体的光谱红外辐射峰值集中在 8~9 μm 以及 10~11 μm 两个谱段. 从图 6(b)可以看出,飞 机尾焰的光谱红外辐射峰值集中在 2~5 μm 谱 段,且光谱强度值远高于机身辐射强度. 随着飞 行高度的增加,大气密度和含氧量逐渐降低,尾 焰中心温度逐渐降低,红外辐射强度逐渐减小.



在图4所示的天基观测坐标系下,考虑目标 与探测器之间的相对位置关系,利用 MODTRAN 软件计算 1~15 µm 谱段在不同高度 H 以及不同 俯仰角 α 和方位角 β 下的大气总体透过率,以 α =30°、 β =60° 观测方向为例,当飞行高度分别 为 5、10 和 15 km 时,大气总体光谱透过率分布如 图 7 所示. 从图 7 可看出,在 2~5 µm 波段,大气 透过率整体较高,有利于天基观测,同时,对目 标尾焰光谱辐射强度积分后的辐射能量达到了 1.24×10⁵~1.67×10⁵ W/sr,远高于飞机本体辐射能 量(小于 10³ W/sr).



图 7 α=30° 和 β=60° 时大气光谱透过率分布

大气中 H₂O 和 CO₂ 组分的吸收谱线对中波 红外信号衰减的影响最大,也是红外信号在大气 层传输过程中被吸收的主要原因. 图 8 给出了 上述 2 种组分在中纬度夏季白天的光谱透过率 分布. 由图 8 可以看出, H₂O 和 CO₂ 在探测谱段 2~5 µm 都具有较高的透过率,对天基红外探测 的影响较小.



图 8 H,O 和 CO,光谱透过率分布

综上所述,选定2~5µm作为天基探测波段较为合适.在该谱段下,目标在不同飞行高度以及在图4所定义的观测角度下的飞机本体总辐射能量分布如图9所示.

从图9可以看出,飞机目标尾焰的红外辐射 强度随探测器观测角度变化十分显著,尤其是当 方位角 β 趋向于 0°、俯仰角 α 趋向 90°时, 探测 器处于图 5 所示的临边探测模式 1, 高温尾焰面 向探测方向的等效辐射面积最小, 且辐射能量在 大气中的传递路径最远, 在同样的大气条件下衰 减最大.以目标飞行高度 5 km 工况为例, 目标 到达探测器入瞳位置的辐射能量最小, 只有 1086 W/sr.与之相对应, 当 β 趋向于 180°、 α 趋 向 90°时, 探测器处于图 5 所示的临边探测模式 2, 高温尾焰面向探测方向的等效辐射面积最 大, 但辐射能量在大气中的传递路径最远, 在同 样的大气条件下衰减也最大, 因此, 此时目标到 达探测器入瞳位置的辐射能量接近全局最大值 (星下点模式), 大约为 1.36×10⁵ W/sr.



图9 不同飞行高度下飞机本体总辐射能量分布

2 背景红外特性

2.1 海平面特性分析

海面在短波、中波下对太阳辐射的反射明显.为了定量分析海面亮带对飞机目标探测的影响,必须准确建立海面背景的辐射模型.

海背景等单纯背景的辐射特性主要由大气 散射、海水散射和海面辐射组成. 短波海背景光 谱主要由海面散射和大气散射组成,中长波海水 的辐射特性主要由海水的辐射表征. 对于中纬 度夏季的海平面,中波红外发射率一般取 0.97^[7].

图 10 给出了在 2~5 µm 波段、中纬度夏季白天、太阳入射角为 30°时海平面的双向反射率



第4期

(BRDF)分布.

2.2 云层特性分析

在天基探测时,云层背景具有很强的向上 散射效应,必须给予重点关注和考虑. 探测器主 要受到云层自身辐射及其对太阳光上行散射的 影响. 云的红外辐射特性与云层内部颗粒物的 组成、云滴尺寸分布及密度等参数密切相关. 按 照不同高度,云层主要分为高云、中云和低云三 类. 高云一般形成于5~6km以上,中云一般位 于3~4km处,低云一般位于3km以下^[10]. 通常 来说,分布在同一高度云层的温度波动范围较 小,一般认为,高云温度范围大致为240~260K, 中云温度范围大致为260~270K,低云温度范围 大致为 270~280K^[10].

图 11 给出了中纬度夏季地区,中云(含冰云和水云)在中波红外谱段(2~5 µm)发射率统计结果. 该统计结果在一定程度上可以代表中纬度 夏季地区典型云层的上行红外辐射特征,在探测 谱段 2~5 µm,水云红外发射率在 0.02~0.05 区 间,冰云红外发射率在 0.30 左右.





由于云层中包含大量尺度不一、形状各异的冰水粒子,对太阳有较强的散射作用,可能会 对目标的天基探测造成较大干扰,应予以重点考虑.引入BRDF分布函数来衡量云层在不同太 阳入射角度和观测角度下的光谱反射能力.

图 12 给出了 2~5µm 波段在中纬度夏季白天时段、太阳入射角为 30°时云层顶部的 BRDF 分布.





2.3 云层-大气耦合特性分析

在目标光谱辐射信号的整个传递路径中, 云层与大气的耦合作用是影响探测器接收到目标光谱辐射强度的主要因素.由于云层颗粒物 (如水滴、冰晶)和大气强吸收组分(CO₂、H₂O、 CH₄、O₃等)之间互相关联的光谱吸收特性和多 重非定向反射/散射特性,导致目标光谱辐射信 号在云层和大气层的传输过程中经历多次方向 随机的吸收、反射和散射,其能量衰减规律及物 理模型都十分复杂.

设云层为卷云,高度为3km,厚度为600m, 云顶平均温度为265K;海平面平均风速15m/s, 海平面平均温度276K;太阳入射角为30°;目标 飞行高度分别取5km和15km,能够涵盖目标常 见飞行高度范围.图13给出了中纬度夏季白天 场景下,探测器单个像元视场内,在探测谱段2~ 5µm范围内所有光谱辐射源的辐射能量分布.



图 13 不同飞行高度下探测器单个像元视场内 辐射能量分布

按照天基红外探测器最高分辨率 500 m 计算,从以上分析结果可以看出,在单个像元视场 覆盖尺度(500 m×500 m),目标尾焰的辐射能量最高,其次是云顶上行辐射和海平面上行辐射,三 者辐射能量都在 10⁵ W/sr 数量级. 而大气路径辐 射低了 1-2 个数量级,约为 10³~10⁴ W/sr. 目标 本体(飞机蒙皮)的辐射能量最低,只有 10² W/sr 数 量级.

2.4 杂波特性分析

根据对目标-海洋-云层-大气的光谱辐射 特性及耦合特性的定量分析,计算得到在给定的 边界条件(经纬度、季节、时段、风速、光照、大气) 下,背景杂波(定义为背景海平面、云层和大气之 间的自身辐射/太阳直射/反射能量经过多重非 定向吸收和散射后到达探测器入瞳位置的均方 根数学表征)在给定谱段的辐射强度分布.中纬 度夏季白天与夜晚的海面背景杂波在2.0~6.0μm 波段的光谱辐射强度如图14所示.从图14可以 看出,4.3~4.5μm波段是云海背景杂波最小的谱 段,此时最有利于暗弱目标探测识别.



3 探测能力分析

3.1 探测器模型及指标

表 2 给出了美国 STSS 低轨验证卫星(LEO Demo,轨道高度 1600 km)的红外探测器性能参数的估计值^[16-17].

参数	估计值
视场角/(°)	1.76
光学孔径D/mm	250
焦距f/mm	300
光学系统透过率	0.7
探测波段(短波)/μm	3.1~4.7
像元数量	512×512
像元尺寸/µm	30×30
比探测率 D*/(m·Hz ^{1/2} ·W ⁻¹)	1.48×10^{12}
等效噪声带宽 Δf/Hz	50
积分时间 t _{int} /ms	15
噪声等效功率密度/(W/cm ²)	10^{-17}

低轨卫星红外探测器像元信噪比 SNR(信号 电压 ΔV_t 与噪声电压 V_n 的无量纲比值)计算公 式^[18]为

SNR = $\Delta V_t / V_n = (D^* / (A_d \Delta f)^{1/2}) [(t_0 t_a (\lambda) (\pi \Delta I) A_d) / (4F^2 (1 + M_{optic})^2 A_{DAS})]$

式中, ΔV_t 为目标在探测器像元位置产生的信号 电压(V); V_n 为低轨预警卫星探测器噪声电压峰 值(V); A_d 为探测器像元面积(m²); Δf 为探测器 的等效噪声带宽(Hz); t_0 为光学系统透过率; t_a 为大气透过率; λ 为波长(µm); ΔI 为目标与背景 杂波的红外辐射能量差(W/sr);F=f/D为光学系 统F数,f为光学系统焦距(m),D为光学系统入 瞳直径(m); $M_{optic}=R_2/R_1$ 为光学系统放大率, R_1 为目标与低轨红外预警卫星成像系统的距离 (m), R_2 为光学系统入瞳中心到探测器焦平面像 元位置的距离(m); $A_{DAS}=A_dR_1/R_2$ 为低轨红外预 警卫星探测器的视觉立体角在物空间的投影.

该像元信噪比模型综合考虑了目标本体辐射信号、背景噪声信号、大气扰动以及光学系统特性的影响,可以在给定波段下,定量计算在不

同探测距离、角度以及目标特性(飞行速度、高度、姿态、尺寸)条件下,探测器焦平面每个像元 对目标及背景杂波辐射信号的响应.

3.2 探测结果及分析

STSS Demo 探测器的极限输出信噪比(SNR) 大约为6^[16]. 探测器像元总数为512×512,像元 信噪比阈值取6. 在星下点探测模式(认为视场内 没有其他干扰源)下,此时尾焰特征温度1200K, 目标飞行高度5km,无云层遮挡时探测器焦平面 像元响应分布如图15所示.考虑到光学衍射效 应,探测焦平面共有9×9个像元输出信噪比超过 了阈值6,像元信噪比峰值为82.6. 有云层遮挡 时探测器像元响应分布如图16所示,此时焦平 面共有4×4个像元输出信噪比超过了阈值6,像 元信噪比峰值为19.2.



射角 30°、云海观测背景下, STSS LEO Demo 载荷 在星下点观测模式下的目标模拟图像,此时目标 飞行高度 5km,由探测器视场右上方向左下方飞 行,在经过探测器视场时整个路径的成像效果 (分 9 次拍摄成像). 图 17(b)给出了探测器在对 应编号位置(1~9)的像元峰值信噪比变化曲线.



当目标飞行高度15km,此时尾焰特征温度 960K,在无云层遮挡时探测器焦平面像元响应 分布如图18所示.考虑到光学衍射效应,探测 焦平面共有5×5个像元输出信噪比超过了阈值 6,像元信噪比峰值为51.2.有云层遮挡时探测 器像元响应分布如图19所示,此时焦平面共有 4×4个像元输出信噪比超过了阈值6,像元信噪 比峰值为26.1.由于高度超过15km的云层很稀 薄,颗粒物间距很大,其散射相函数远低于5km 高度的云层,因此对目标光谱辐射的衰减效应要 明显低于5km高度的云层,所以目标在15km高 度被云层遮挡时仍能保持相对较高的信噪比.





图 20 给出了目标飞行高度 15 km,由 STSS LEO Demo 探测器视场右上方向左下方飞行,在 经过探测器视场时整个路径的成像效果(分9次 拍摄成像).图 21 给出了不同飞行高度下探测 器在对应编号位置(1~9)的像元峰值信噪比变化 曲线. 从图 21 可以看出,当飞机进入云层中或 者在云层下方飞过时(例如,从位置节点 5 飞到 节点 6),探测器的像元信噪比响应曲线均急剧下 降,其下降幅度甚至超过了由于尾焰温度变化导 致的机体喷口红外辐射强度的变化幅度.



图 19 有云层遮挡目标高度 15 km 像元信噪比和 辐照亮度分布



图 20 15 km 飞行高度时 STSS LEO Demo 探测器模拟成像



图 21 不同飞行高度下路径节点信噪比变化曲线 从图 15 一图 21 的分析结果可以看出:

1)目标在中纬度夏季白天,太阳入射角30°、 海平面平均风速15m/s、目标飞行高度5~15km、 探测器处于星下点观测模式时,STSS探测器像 元信噪比区间为19.2~82.6,且在同一飞行高度 下,有云遮挡时的信噪比明显低于无云时.

2)在星下点观测模式下, STSS 探测器在云 层遮挡时的最低信噪比 19.2~26.1, 明显高于阈 值信噪比 6, 完全可以透过云海背景探测并识别 隐身飞机目标的尾焰辐射信号.

3) 在星下点观测模式下,当海平面的 BRDF 值相对稳定时,云层对目标探测器信噪比的影响 明显大于目标飞行高度(5~15km)的影响.如果 云层厚度增大、云顶温度降低、冰晶含量增加(冰 云的中波发射率大约是水云的10倍),当飞机进 入云层后,红外探测器的信噪比会快速减小,导 致卫星对飞机的探测能力和发现概率大幅度 降低.

4 结论

1)本文从像元信噪比响应特性(即目标辐射 能量与背景杂波辐射能量的相对比值)的角度分 析评价低轨红外探测器对隐身飞机目标的实际 探测能力,通过对目标光谱发射、传输和成像链 路进行建模和仿真,得到不同观测工况和观测条 件下探测器的信噪比曲线,分析了星下点探测模 式下低轨红外探测器在复杂云海背景中对隐身 飞机目标的探测能力.

2)结果分析发现,在星下点观测模式下,云 层对探测器信噪比的影响最大.当云层为温度 较高、分布较为分散的水云时,即使飞机进入云 层下方,信噪比出现大幅度下降,低轨探测器(例 如 STSS LEO Demo)依然能够探测识别其尾焰辐 射的红外信号.而当云层特性出现较大变化(例 如从高温水云变成低温致密冰云)后,低轨探测 器对进入云层的飞机尾焰红外信号的捕捉能力 将大幅降低.

3)本文研究结果对于在复杂云海背景下对 暗弱目标的快速探测与识别,具有一定的参考价 值.本文主要对星下点观测模式进行了分析,倾 斜观测模式有待于进一步分析和研究.

参考文献:

- 沈飞,丁亮,康戈文,等.F22尾焰红外辐射特性及探测仿 真研究[J].现代电子技术,2016,39(5):5-9.
- [2] 赵良玉,雍恩米,王波兰.反临近空间高超声速飞行器若 干研究进展[J].2020,41(10):1239-1250.
- [3] 王云萍.美国天基红外导弹预警技术分析[J].光电技术 应用,2019,34(3):1-7.
- [4] ZHANG Juqi,QI Hong,JIANG Donghang,et al.Integrated infrared radiation characteristics of aircraft skin and the exhaust plume[J].Materials,2022,15:7726.
- [5] 黄伟,吉洪湖,卢浩浩.大气及地面红外辐射对高空飞机 长波低发射率红外隐身效果的影响[J].航空动力学报,

2016,31(2):350-359.

- [6] 赵艳华,戴立群,白绍竣,等.全谱段光谱成像仪系统设计 及实现[J].航天返回与遥感,2018,39(3):38-50.
- [7] ZHOU Xiaoxuan,NI Xinyue,ZHANG Jingwen,et al.A novel detection performance modular evaluation metric of space-based infrared system[J].Optical and Quantum Electronics,2022,54:274.
- [8] LIU Yongxue,XU Bihua,ZHI Weifeng,et al.Space eye on flying aircraft:from Sentinel-2 MSI parallax to hybrid computing[J].Remote Sensing of Environment,2020,246: 111867.
- [9] KASTURI E,DEVI S P,KIRAN S V,et al.Airline route profitability analysis and optimization using BIG DATA analyticson aviation data sets under heuristic techniques[J]. Procedia Computer Science,2016,87:86-92.
- [10] RAO A G.Infrared signature modeling and analysis of aircraft plume[J].International Journal of Turbo and Jet-Engines,2011,28(3):187-197.
- [11] YUAN Hang,WANG Xiaorui,YUAN Ying,et al.Spacebased full chain multi-spectral imaging features accurate prediction and analysis for aircraft plume under sea/cloud background[J].Optics Express,2019,27:26027-26043.
- [12] MAHULIKAR S P,RASTOGI P,BHATT A.Aircraft signature studies using infrared cross section and infrared solid angle[J].Journal of Aircraft,2021,59:126-136.
- [13] 朱含霉,李夜金,胡亭亮,等.空中目标全姿态运动特性描述和参数分析系统(英文)[J].红外与激光工程,2018,47 (S1):168-173.
- [14] 刘尊洋,李修和.SBIRS-GEO 预警卫星工作机理与探测 参数分析[J].激光与红外,2018,48(3):363-368.
- [15] YUAN Hang,WANG Xiaorui,GUO Bingtao,et al.Performance analysis of the infrared imaging system for aircraft plume detection from geostationary orbit[J].Applied Optics,2019,58(7):1691-1698.
- [16] 康甜.STSS Demo 红外传感器性能分析[J].红外技术, 2018,40(6):534-540.
- [17] 郭松,贾成龙,陈杰.美国STSS卫星有效载荷主要指标探 讨[J].上海航天,2012,29(3):38-41.
- [18] 李培泽.天基红外预警高超声速目标成像特征研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2022:27-29.
- [19] 宋博.美国天基空间态势感知系统发展[J].国际太空, 2015(12):13-20.
- [20] 朱含露,饶鹏.天基平台下空中目标安全监视[C]//第二届 中国空天安全会议论文集.大连,2017:96-100.

Analysis on detectability of stealth aircraft targets by low orbit infrared detectors in complex backgrounds

TIAN Hao, HU Haifei, CAI Sheng, WANG Jiulong, XU Wei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Taking the STSS LEO space-based infrared detection platform as an example, this paper analyzes the capability of low earth orbit infrared detector to detect a foreign stealth aircraft target. The paper first performs the aerodynamic thermal analyses on the fuselage, thermal analysis of engine nozzle and tail flame, as well as radiation analysis of the stealth aircraft target, and then makes quantitative analyses on the spectral radiation characteristics and coupling characteristics of ocean-cloud-atmosphere, calculating to obtain the distribution of infrared radiation intensity under the given detection scenario (longitude and latitude, season, period of time, wind speed, light and atmosphere) and the given detection spectral range. Finally, based on the above analysis results, the paper presents the analysis on detection capability of sub-satellite point mode. The results show that, in the observation mode of sub-satellite point, STSS LEO Demo infrared detector has the lowest SNR 19.2~26.1 under cloud occlusion, which is significantly higher than the threshold SNR 6, and thus it can completely pass through cloud-sea background to detect and identify the tail flame radiation signal of stealth aircraft targets.

Airborne radar short-range clutter extraction based on yaw angle compensation and support interval

GUO Xiaole^{1,2}, QIU Wei^{1,2}, YANG Xueya^{1,2}

(1. The 38th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Hefei 230088, China;

2.Key Laboratory of Aperture Array and Space Application, Hefei 230088, China)

Abstract: In the short-range ground target detection with the non-side-looking airborne radar, since the pitch angle of ground clutter scatterers varies with distance, the clutter distribution shows non-homogeneity, resulting in high near-range clutter intensity, which greatly affects the subsequent target detection. In order to eliminate short-range clutter effectively, this paper proposes a method of short-range clutter extraction based on yaw angle compensation and support interval. Firstly, the scatter azimuth and the aerial carrier yaw angle are estimated from the long-range clutter formed by the main lobe. Then, the support interval of clutter is determined according to the antenna installation angle, yaw angle and other factors. Finally, the short-range clutter region is extracted by subsection processing. The experimental results show that, in time of extracting the short-range clutter, the proposed method can be used to obtain the information directly from the spectrum and process it, with small computation and convenience for engineering application.

Key words: airborne radar; yaw angle; short-range clutter; support interval; subsection extraction

High-fast-stealth target detection system based on shortwave broadcast external radiation sources

ZHOU Yu¹, CHEN Jun¹, XIA Xinyu²

(1.CEC Jinjiang Information Industry Co., Ltd., Chengdu 610051, China; 2.No.93147 Unit, the PLA, Chengdu 610051, China)

Abstract: In order to improve the performance and survivability of radar in complex electronic countermeasures environment, this paper proposes a design of external radiation detection system based on shortwave amplitude modulation (AM) broadcast. First, the system composition and hardware function are given. Then, the system processing framework is designed, and the key technologies are expounded, including radiation source selection, long time integrated motion compensation, direct wave suppression, false track elimination by bistatic location and so on. Finally, the test, simulation and experiment results are presented. The test results show that the extended detection system designed in this paper is effective compared with the RCS of civil aviation target and stealth target.

Key words: shortwave broadcast external radiation source; passive radar; high-fast-stealth target detection; long time integration; direct wave suppression; false track elimination