

文章编号: 1672-8785(2013)06-0029-05

复杂环境下的红外目标特性测量方法研究

王明波 刘 颖

(92493 部队 98 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 在复杂环境下进行目标特性测量是一项极其复杂的工作。研究了红外波段复杂环境的构成因素及特点, 系统分析了复杂环境对红外目标特性测量的影响, 并提出了测量条件及要求。最后对复杂环境下目标红外特性的测量与研究方法进行了详细讨论。该研究结果对目标辐射特性的测量与研究具有一定的参考意义。

关键词: 复杂环境; 红外; 目标特性测量

中图分类号: TN215 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.06.006

Research on Measurement Method of Infrared Target Characteristics in Complex Environment

WANG Ming-bo, LIU Ying

(Element 98 of Unit 92493, Huludao 125000, China)

Abstract: To measure the characteristics of a target in a complex environment is extremely difficult. The components and features of a complex infrared environment are studied. The influence of the complex environment on the measurement of infrared characteristics of a target is analyzed systematically. The measurement condition and requirements are proposed. Finally, the methods for measuring and studying the infrared characteristics of a target in a complex environment are discussed in detail. The result is of referential value to the measurement and study of the radiation characteristics of targets.

Key words: complex environment; infrared; measurement of target characteristics

0 引言

目标特性研究往往追求目标本身的特性参数, 即尽量达到所谓的“真值”。但在复杂环境下进行目标特性测量时, 所探测到的目标红外信号是经过复杂环境影响的。由于在不同时期、不同天气、不同目标状态和不同环境下目标的红外辐射特性不尽相同, 目标特性的测量就变得十分复杂。开展复杂环境下的目标特性研究能够为实战条件下的作战行动提供指导。本文重点研究在复杂环境下如何开展目标特性测量。

1 构成红外波段复杂环境的主要因素及其影响

光电目标特性测量受环境因素的影响较多, 背景环境的构成分析也比较复杂。其中, 红外波段环境复杂性的主要因素包括背景、大气环境和目标三个方面^[1]。

1.1 背景

背景因不同应用场合而发生变化。背景辐射在红外探测器上所形成的辐照度在某种条件下会比目标在探测器上产生的辐照度高出几个

收稿日期: 2013-05-15

作者简介: 王明波 (1979-), 男, 辽宁东港人, 本科, 主要研究方向为红外测量理论。

E-mail: lengrubing889@163.com

数量级,并且变化复杂。在不讨论空间目标的前提下,背景主要包括地面背景、海洋背景和天空背景三类。根据参考文献[3],地面背景辐射由两种机理产生:一种是反射的太阳光辐射,其中包括天空散射的太阳光辐射;另一种是地球本身的辐射(即地面背景的反射率和地面本身发射的热辐射)。归纳起来,构成地面复杂背景的反射率和热辐射的主要因素有:(1)地球的地貌和气象条件;(2)每日、每周和季节性变化的太阳高度角以及入射太阳光的光谱。

表1摘录了地球表面和云的反射特性及反射角度。可以看出:(1)随着太阳高度角的减

小,反射率增大;(2)反射率随纬度的增加而增加;(3)浓云覆盖有较高的反射率;(4)各地区的反射率存在季节性变化。

海面背景是比较复杂的环境之一。与其他的随机粗糙面不同,在风的作用下,海面高度会有起伏,再加上对太阳光的反射以及受海面本身鱼鳞光的影响,海面红外特性的测量就会变得非常复杂。

归纳起来,对红外目标特性研究影响较大的因素主要有三方面:(1)海杂波容易淹没弱小目标;(2)海天线的影晌;(3)海面反射所形成的亮带。

表1 地球表面和云的反射率数据摘录

反射表面	光谱特性	反射率角分布	总反射率 ρ
土壤与岩石	5 % ~ 45 %		
	增加到 1 μm	后向和前向散射	湿度减小反射率的 5 % ~ 20 %
	2 μm 以上减小	砂有大的前向散射	光滑表面有较大的反射率
		肥泥有小的前向散射	昼夜变化 小太阳角有大的反射率
植物	0.5 μm 以下小	后向散射	5 % ~ 45 %
	0.5 ~ 0.55 μm 有小的增大		昼夜变化
	0.68 μm 叶绿素吸收		小太阳角有大的反射率
	0.7 μm 急剧增大	小的前向散射	明显的年变化
	2 μm 以上减小		
	与生长季节有关		
水	0.5 ~ 0.7 μm 最大	大的后向和前向散射	5 % ~ 20 %
	同扰动和水波有关		昼夜变化
			小太阳角的极大同扰动和水波有关
雪和冰	随波长增加稍微减小	漫反射加上镜反射, 随入射角增大镜反射增加	25 % ~ 80 % 可变
	随纯度、湿度和物理 状态有大的变化		在大西洋为 84 %
			美国罗斯海 (Rose) 的冰为 74 % 白海的冰为 30 % ~ 40 %
云	从 0.2 ~ 0.8 μm 附近为 常数。在 0.8 μm 以上,	明显的前后散射	10 % ~ 80 %
	随波长的增加而减小,	和小的后向散射	
	随波长的增加而减小,	最小值出现在散射	随云的类型、云的厚度 和云底表面类型而变
	呈现出水蒸气吸收带	角 80° ~ 120° 散射角 143° 时有雾虹	

天空背景也是构成复杂环境的因素之一。除了由地球大气散射和辐射形成的光学天空背景之外,天空背景还包括云、雾、霾、雨和雪等。

1.2 大气环境

大气环境对外场红外目标特性测量的影响很大。红外辐射的大气传输过程非常复杂。目标发射出的红外辐射需要在大气中传输相当长的距离后才能到达探测器。红外辐射在大气传输过程中会受到大气衰减的影响,主要包括大气的吸收和散射以及云、雾、雨、雪等其他微粒的散射。但对红外辐射影响最大的是三种气体:水蒸气、二氧化碳和臭氧。虽然它们在大气中的含量少,但在红外波段具有强烈的吸收,基本上决定了大气的红外透过特性。其他微量气体只有在很长的大气路程中才会有明显的吸收,通常可以忽略不计。

目标与背景的红外辐射经过大气传输后最终到达红外探测器。红外辐射信号在大气传输过程中会被大气衰减,同时大气或太阳的辐射又会构成一定的背景辐射。大气衰减不仅依赖于大气中吸收辐射分子的物质种类和浓度,而且还依赖大气中悬浮微粒的大小和特性以及沿传输路径上各点的温度、压强和气候条件等因素。对于海洋环境来说,大气中的较大湿度会对红外辐射的传输产生更大影响。归纳起来,主要有以下几方面的影响^[2]: (1) 大气窗口的影响; (2) 大气自身辐射的影响; (3) 大气造成的瑞利散射、米氏散射和折射等影响; (4) 大气对太阳辐射的折射与反射的影响。

1.3 目标

作为复杂环境的一种构成因素,目标在以下情况下对测量的影响较大,即目标为弱小目标和多目标两种情况。

1.3.1 弱小目标

当成像系统与目标距离较远时,目标在成像平面上的投影为一个小目标,其大小仅为几个像素,甚至是一个像素。弱小目标的成像面积小,对比度低,边缘模糊,无纹理特征,尺寸及形状变化不定,可检测的信号相对较弱,特别是

在非平稳的复杂起伏背景的干扰下,地面背景中的树木、草丛、道路和海洋背景中的海浪、云层等与目标交叠在一起,导致无法直接从灰度、尺寸上和形状上将其与目标区别开来,成像的信噪比变得很低。因此,在测量中需要采取一定的办法来提高信噪比和目标信号提取能力。

1.3.2 多目标

在进行红外目标特性测量时,在一个测量区域甚至在同一探测器视场内,除被测目标外往往还包含多个其他目标。尤其是在被测目标为小目标或者测量距离较远、多个目标相距较近的情况下,对被测目标的识别和提取也会受到不小的影响。

2 红外辐射特性的测量条件及要求

2.1 测量条件

在进行目标红外辐射特性测量时,应该选择适当的背景、场地和时间以排除背景的影响。为了保证测量结果的可信性,一般应该满足以下条件: (1) 测量区域内表面平坦,对阳光等背景辐射反射均匀; (2) 在探测器的视场内没有其他热源; (3) 为了使背景因素的影响减至最小,飞机尾焰的测量往往需要在夜晚或日落后进行; (4) 要求测量点与目标之间保持通视、无遮挡; (5) 测量光路时,需要避免太阳光直射以及太阳照射海面时所产生的亮带; (6) 测量时,天气条件要好。尽量不要在雨、雪及大雾天气下进行测量,应选择在能见度高、湿度不太大的天气下进行测量; (7) 测量时,要求具有温度、湿度和气压等大气环境测量手段,能够记录测量时的大气参数; (8) 一般红外成像测量要求目标在视场中最少要达到十几个像素以上,如果目标在视场中所成的像过少,则无法有效提取其特性参数。

此外,供电要求、外引导以及人员配置也需根据测量装备的具体情况进行设置。

2.2 对测量设备的技术要求

红外目标特性测量主要是测量目标的辐射强度、光谱特性和热辐射分布等,主要由红外辐射计、红外光谱仪和红外热像仪等设备来完成。

3 ~ 5 μm 和 8 ~ 12 μm 是大气红外传输的两个窗口。常温目标处在 8 ~ 12 μm 窗口。因此, 用于攻击常温目标的热成像武器系统大多工作在 8 ~ 12 μm 窗口。当路径上的可凝水量增加时, 8 ~ 12 μm 窗口透过率的下降速度比 3 ~ 5 μm 窗口快。当大气湿度达到一定值时, 工作在 3 ~ 5 μm 波段的热成像系统的探测距离更远。目前, 红外成像武器主要工作在 3 ~ 5 μm 和 8 ~ 12 μm 两个波段, 测量设备的工作波段也应与这两个波段相对应。

在实际测量中, 人们常用辐射强度来描述点源目标的红外辐射特性, 可以确定所选波段内的红外辐射强度。红外光谱仪是一种专为测定辐射的波长分布而设计的光电测量设备, 可以确定给定范围内的光谱分布。红外热像仪可以对物体的热辐射和温度分布进行非接触式无损探测, 并定性或定量地确定红外辐射的空间分布。

辐射计、热像仪和光谱仪的探测头不能直接日晒, 在 2 ~ 12 km 的测量距离范围内对舰船进行测量时应该避开太阳反射带。

此外, 为了减小大气衰减对测量的影响, 有时需要进行近距离测量。当测量距离较近时, 若用 2.5° 镜头进行测量, 目标则会超出测量视场。此时可以配置 10° 镜头进行近距离测量。当距离较远时, 海上大气的透过率较低, 目标信号经长距离衰减后将会大大减弱, 使测量精度下降。为保证远距离测量效果, 应选用灵敏度高的热像仪。目前, 红外成像武器系统的灵敏度高达 20 mK, 可选择与之相匹配的热像仪。

热像系统的瞬时视场会影响目标测量的空间分辨能力。瞬时视场越小, 空间分辨率越高, 图像也就越清晰。目前, 制导武器的成像探测器的像元数可达 512×512, 其空间分辨率较高。红外热像仪的空间分辨率应接近热成像制导武器的空间分辨率。可选择 320×256 像元的探测器和长焦镜头, 以满足测量要求。

测量数据应保证具有足够高的测量精度。影响红外辐射特性测量设备测量精度的因素较

多, 比如仪器的稳定性、环境温度变化的影响、大气衰减的影响、仪器的标定误差、模数转换的量化误差以及探测器响应的不均匀性等因素。为保证测量精度, 设备除了稳定性要好外, 还应具有温度补偿和大气衰减补偿措施, 应能对像素非均匀性进行校正, 应具有高分辨率的模数转换能力, 并应进行高精度定标。

3 复杂背景下的红外目标特性测量与研究

复杂环境下的红外目标特性研究工作与一般的目标特性研究追求真值的思想有所不同。复杂环境下的红外目标特性可以分为两个方面: 一是受复杂环境影响的红外目标特性; 二是尽量消除环境因素影响后的红外目标特性。

3.1 测量步骤

在进行目标红外辐射特性测量时, 应该选择适当的背景、场地和时间以排除背景的影响, 保证测量结果的可信性。一般按以下方法进行:

3.1.1 在室内或现场对设备进行定标

按测量要求架设好设备, 正确接线, 把黑体温控器调到所需温度, 并按规定预热; 仔细反复调整各部分, 使其保持同轴; 稳定测量黑体一小时, 观察输出结果是否处在要求范围内; 记下有关数据及所处位置的定标常数。

3.1.2 对目标进行测量, 并记录现场环境数据

在合适的场地上架设设备, 使之处于待测状态; 记录环境参数, 了解目标的运动航线; 按要求记录测量数据和目标的相关参数。

3.1.3 室内和外场定标

在测量结束后, 按测量前后的定标步骤重新对仪器进行定标。

3.1.4 数据处理

在测量结束后, 对数据进行处理。

3.2 受复杂环境影响的红外目标特性测量与研究

目标特性研究往往追求目标本身的特性参数, 即尽量达到所谓的“真值”。在实战条件下, 红外测量装备工作在复杂环境下, 其所探测到的目标红外信号也是经过复杂环境影响的。因此, 直接提供给实战行动的用作数据支撑的目

标特性数据及研究结果就应该把环境因素叠加进去,去除了环境因素反倒会变得不再“真实”了^[3]。

在测量过程中要充分考虑环境的复杂性。应尽量采用与实战中使用的红外侦察和红外制导等装备的探测性能一致的探测设备,其测试环境及测量航路的设置也应尽量贴近实战环境。

为了突出弱小目标,提高信噪比,从而提高目标检测概率,将红外小目标图像的目标增强、检测前的背景抑制和噪声削减综合起来考虑是十分必要的。

此外,测量中应采用大量环境信息记录设备,对温度、湿度、气压、风向、风速、距离以及能见度等参数都应有明确的记录。这些数据在测量后可作为测量附属信息与测量结果一并提供。

在进行目标特性处理时,应尽量尊重原始数据,只需消除由于测量设备与真实装备之间的不同所造成的影响和由其它不确定因素引起的偏差即可。

3.3 尽量消除环境因素影响后的目标特性测量及研究

从字面上来看,这一点与前一点是相互矛盾的,但不同的目标特性需求会造成不同的测量和处理方法。将尽量消除环境因素影响后获得的“真值”作为基础数据与各种环境因素相叠加,对于被测目标的研制以及隐身设计等工作都是有利的。

探测器探测的海面目标辐射一般由五部分组成。测量和事后数据处理中需要尽量消除这五方面因素的影响^[4]:(1)目标经其与探测器间的大气衰减后的辐射;(2)来自海洋背景浪面本身的辐射;(3)探测器与目标之间的大气辐射;(4)天空大气照射到海面后经反射进入到探测器的辐射;(5)太阳照射到海面上经反射后进入到探测器的辐射。

首先,对于能进行室内测量的目标,尽量采用室内测量方法。必须进行外场环境测量的,尽量采用高端探测设备进行测量,而且测量前要在同一测量环境中对其进行定标。

此外,测量应尽量在夜间进行,以免太阳光辐射对目标产生影响。日间测量则应避开太阳在海面上形成的亮带,而且不要迎着太阳光进行测量。对于背景辐射,可先行测量海面背景的红外特性,再适时将其剔除;也可在测量前以海面为背景通过白平衡来消除海面辐射。

测量中,测量设备需要具有特征区域切割功能,在大的测量背景下可以划出目标特征区域以减小背景辐射的影响。在条件许可的情况下,可通过在被测目标上加装标准辐射源来提供基准值,从而提高测量精度。

测量中同样应采用大量的环境信息记录设备,对温度、湿度、气压、风向、风速、距离以及能见度等参数都应有明确的记录。这些数据在测量后可作为测量附属信息与测量结果一并提供。

在数据处理中,可采用相应的大气处理软件对测量数据进行修正,以进一步剔除大气衰减所造成的影响。

4 结束语

在复杂环境下进行目标特性测量是一项极其复杂的工作,其测量理论和测量方法都需要人们进行专门的研究。目标的红外特性会受其本身工作状态和环境条件的影响。只有进行多项目测量,才能准确反映目标的红外特性。在对背景红外辐射进行研究时,需要进行大量测量,并对数据进行统计分析。本文在总结多年目标特性测量工作经验的基础上,研究了在复杂环境下开展红外目标特性测量的条件、方法以及注意事项。该研究结果对辐射特性的测量与研究具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 姚连兴. 目标与环境特性测量与研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [2] 韩玉阁. 大气传输特性对目标与背景红外辐射特性的影响[J]. 应用光学, 2003.
- [3] 赵强. 目标在复杂背景中的红外成像特性研究[J]. 制导与引信, 2005, 26(3): 15-18.
- [4] 胡文友, 王亭慧. 海天背景红外辐射特性测量[J]. 红外, 1995, 26(2): 10-14.