

文章编号: 1672-8785(2016)06-0001-05

论对大型海上目标的红外探测

王忆锋

(昆明物理研究所, 云南昆明 650223)

摘 要: 大型海上目标主要是指排水量在 8×10^6 kg 以上的军用水面舰船, 其中又以航空母舰为典型代表。介绍了航空母舰的红外辐射特征。基于搭载在同步卫星上的红外探测器和安装在大型货轮上的标准集装箱结构, 提出了实现大型海上目标红外辐射特征仿真测试系统设计和应用的构想。

关键词: 大型海上目标; 航空母舰; 红外探测; 红外辐射特征; 仿真测试系统

中图分类号: TN219 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.06.001

On the Infrared Detection of Large Surface Targets

WANG Yi-feng

(Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

Abstract: Large surface targets are mainly referred to the military vessels of more than 8×10^6 kg displacement, typically such as aircraft carriers. The infrared radiation characteristics of aircraft carriers are presented. On the basis of the infrared detectors mounted on a synchronous satellite and the standard container structures carried by a large cargo ship, the ideas of design and application of a simulation test system for infrared radiation characteristics of large surface targets are proposed.

Key words: large surface target; aircraft carrier; infrared detection; infrared radiation characteristic; simulation test system

0 引言

本文所定义的大型海上目标主要是指排水量在 8×10^6 kg 以上的军用水面舰船, 其中又以航空母舰 (以下简称航母) 为典型代表。在“有事”态势下, 对方航母或位于数千公里之外的海域, 其机动速度快, 并且受到多重防御体系的严密保护, 因此要想抵近观察几乎是不可能的。在这些限制性条件的约束下, 有效实现对航母的(实时)红外探测和跟踪成为了一大难题。

本文介绍了航母的红外辐射特征, 并提出了建立集装箱式大型海上目标红外辐射特征仿真测试系统的设想。

1 航母的红外特征

目标红外探测大体上属于差值信号探测的范畴。与背景之间的信号差值越大, 目标就越容易被探测到。对于红外探测器来说, 大海是一个非常“干净”的背景。所谓“干净”, 是指大海具有均匀的表面温度。太平洋表层水温的年平均值为 19.37°C , 比其他大洋的平均水温高 1.7°C , 因此太平洋是世界上最暖的海洋。由于处在低纬度上的面积比其他海洋大, 太平洋的水温也比较高。其中, 年均水温高于 25°C 的面积占太平洋总面积的 35%, 年均水温高于 20°C 的面积占 53%。

收稿日期: 2016-05-26

作者简介: 王忆锋 (1963-), 男, 湖南零陵人, 工学士, 高级工程师, 主要从事器件仿真研究。

E-mail: wangyifeng63@sina.com

舰船甲板深受所在海域环境温度的影响。目前,现代航母均采用钢制飞行甲板。其中最先进航母的飞行甲板的长度超过 300 m,宽度接近 80 m。甲板与海面之间至少有 30 ℃左右的温差。甲板白天吸热,夜间放热,因此其温度变化呈现出一个有规律性的周期循环。对于活动在太平洋海域的航母来说,由于受到较高气温及日照等因素的影响,即使没有飞机起降,白天甲板的表面温度也可达到 60 ℃以上。当有飞机起降时,飞行甲板的温度将会变得更高。具体数据在公开文献资料中都有所记载,本文在此不再引述。这些事实或许表明,在各种军事目标中,航母可能是一个红外辐射最大的目标源。

航母甲板上有一套洗消系统。如果甲板上的洗消喷头全部打开,那么其喷出的大量海水可以迅速降低甲板温度。但是从探测的角度来分析,如果红外探测器一直“看着”甲板,那么这种温度的迅速降低反而提示了一个值得关注的疑点。另一方面,我们很难想像航母会随时用海水来降低甲板温度。只要做不到这一点,航母甲板的红外辐射特征就会十分明显,而且也是不可消除的。

2 航母红外探测中的若干问题

在“有事”态势下,对方航母或位于数千公里之外的海域,并且处于层层防御体系的严密保护之下,因此几乎是不可靠近的。而红外探测器又只能在远方从高处观察,其作用距离受到地球曲率的限制。这与对空观测不同,从理论上讲,后者若非受到阻挡,一条光线便可延伸至无穷远处。红外探测器所在高度与作用距离之间的关系是一个可以计算的问题^[1-6]。通过简单的几何计算可以知道,即使在 100 km 的高度上观察海面,也看不到 2000 km 外的航母,更不用说 4000 km 以外的航母了。因此,若要看到航母,红外探测器所处高度必须更高,这时则只能依托卫星平台。图 1 所示为这种关系的示意图。

卫星的运行轨道有高轨道和低轨道之分。绝大多数卫星都运行在 200 ~ 2000 km 之间的低

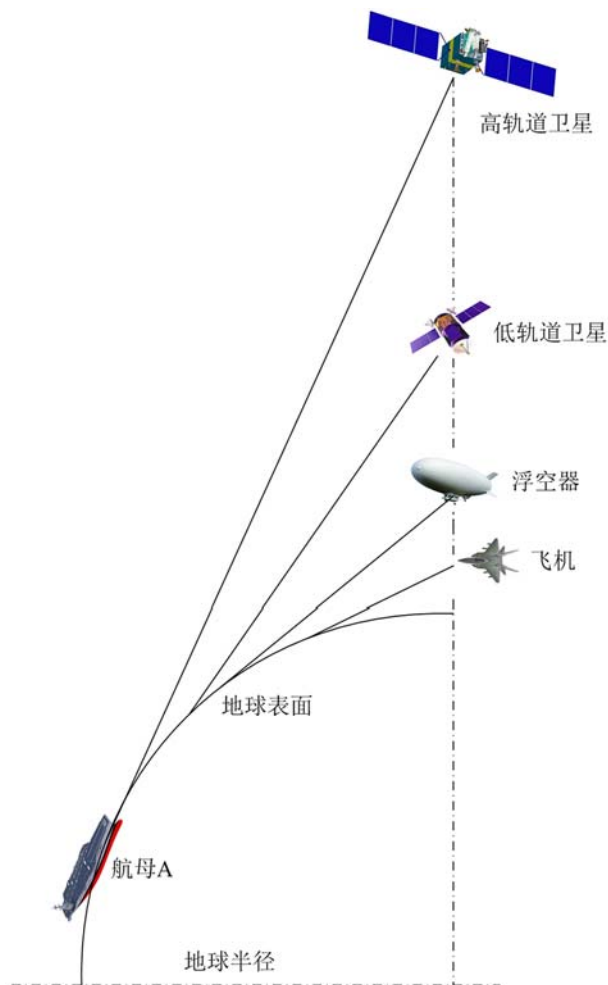


图 1 由于受地球表面曲率的影响,红外探测器对航母的作用距离受到所在平台高度的限制

轨道上。它们相对于地球不停转动,其速度比地球自转快很多。一颗低轨卫星绕地球一周,只有较短的一段时间经过航母所在海域,这个时间称为刷新时间。要想观察时间较长,就需要将几段刷新时间(尽可能无缝隙地)连接起来。为此需要多部署几颗卫星,即通过增加卫星数量来延长观察时间。

那么,有没有可能只用一颗卫星就可做到实时刷新呢?答案自然是有的。但是为了做到这一点,就需要大幅增加卫星轨道的高度。卫星轨道周期与地球自转周期(23 小时 56 分 4 秒)相同的圆轨道称为同步轨道,其轨道高度约为 36000 km。这种卫星称为地球同步轨道卫星。它随地球一起旋转,其位置相对于海(地)面静止不动,可实现对同一地点的持续观测。下面所提

到的红外探测器均是指以地球同步轨道卫星为搭载平台的红外探测器。

假设红外探测器的空间分辨率为 400 m, 此时长度接近 400 m 的航母飞行甲板只对应于一个像素。这是一个典型的点源目标红外探测问题。如果红外探测器的空间分辨率能够得到提高(比如达到 50 m), 那么飞行甲板最多也就对应于 8 个像素, 于是从一个点源变成了一个(长度很短的)线源。在这样的空间分辨率下, 要想看清细节即使不是不可能的, 那么也是非常困难的。换言之, 如果没有其他辅助信息的输入, 仅以不到 10 个像素的信息量, 则很难判断这些像素所对应的是一艘航母还是一艘超级油轮。这个问题与外层空间中的卫星跟踪颇为相似。在外层空间中飞来飞去的卫星看上去都是结构细节无法分辨的点目标。它们之所以可以被跟踪或识别, 简单地说就是因为已经将各种相关信息综合在一起, 并为它们建立了运动轨迹模型。

与坦克、导弹、飞机等军用目标不同, 像航母这样的特大型目标的数量非常有限。从开始建造到服役使用, 它们一直处于露天状态, 其红外辐射特征是难以隐藏的。这也就意味着, 假如有能力看见的话, 航母的动向还是可以被跟踪到的。若加上其他数据信息, 则可进一步将航母与其他大型目标区分开来。例如, 在速度方面, 商船的最高航速通常为 20 节, 且不可能超过 25 节, 而航母的航速超过 30 节, 有些更可达到 35 节, 所以利用速度即可区分航母与大型商船。另外, 大型商船上也没有飞机, 而只有航母才搭载飞机。飞机一旦起降, 甲板温度将会高达数百甚至上千摄氏度左右, 其附近空域也将出现时速在 300 km 以上的高速运动目标。基于这些特点(还有航向等等), 可以将大型商船或者假的诱饵航母与真航母区分开来。总之, 在一个各种数据信息相互佐证的动态模型的辅助之下, 实现对航母的实时跟踪或许是有可能的。

3 集装箱式大型海上目标红外辐射特征仿真测试系统

电热辐射板是一种以电为能源, 通过电加热元件传导方式使工作表面(一般为铝合金, 也有其他金属或非金属喷涂红外涂料)温度升高的板状结构(见图 2(a))。以标准集装箱结构(见图 2(b))为基础, 在集装箱顶板上安装温度可调节的电热辐射板, 构成目标红外辐射特征仿真模块单元, 如图 2(c)所示。根据目标特征面积的相应关键尺寸, 通过将一定数量的模块单元装配到大型远洋船舶上, 可以模拟航母飞行甲板在不同条件下的温度分布, 从而与同步卫星上的红外探测器一起构成大型海上目标红外辐射特征仿真测试系统, 如图 2(d)所示。

在安装完模块单元以后, 该船实际上就构成了一艘大型海上目标红外辐射特征仿真测试船。它可以作为一个标准黑体辐射源, 用于对各种大型海上目标在不同情况下的红外辐射特征进行标定。例如, 假设同步卫星所用红外探测器的空间分辨率为 400 m, 则用若干数量的模块单元拼出一个 400 m 长的条带(该条带可以是整体上具有相同的温度分布, 或者是不同部位具有不同的温度分布)。如果同步卫星上的红外探测器能够探测到该仿真测试船, 那么在同样的测试条件下, 它应该也能够探测到在同一海域活动的其他大型目标。

如图 3 所示, 如果在观察海域内的不同位置上部署两艘或多艘仿真测试船, 那么就可以模拟更加复杂的海上态势。

4 结束语

与坦克、导弹、飞机等军用目标不同, 像航母这样的特大型目标从开始建造到服役使用的过程中一直处于露天状态。航母虽然体积庞大且红外辐射特征明显, 但是在距离遥远的情况下, 如果技术手段不够先进, 那么要发现航母则是非常困难的。当技术手段够用(例如借助于同步卫星上搭载的红外探测器)时, 从理论上讲, 可以在大尺度范围内实现对航母的探测和



图 2 (a) 温度可调节的电热辐射板; (b) 标准集装箱结构; (c) 在集装箱顶板上安装电热辐射板, 构成目标红外辐射特征仿真模块单元; (d) 将若干数量的仿真模块单元配置到大型远洋船舶上, 与同步卫星上的红外探测器一起构成大型海上目标红外辐射特征仿真测试系统

定位。由于现役航母的数量十分有限, 通过将各种数据信息整合起来, 为每一艘航母建立一个与时间相关的活动模型, 并做到对航母的实时跟踪或是有可能的。

在从同步卫星轨道的高度上观察航母等大型海上目标的红外辐射特征时, 其细节是难以分辨的。人们所看到的仅仅是目标表面与海面之间的温度差异。若反映在成像效果上, 则只是

几个像素的信息 (比如灰度值) 有所变化。确认这一事实十分重要, 因为这是一个可以反过来推演的结论, 也是对实际目标的红外辐射特征进行仿真测试的基础。从理论上讲, 如果能够实现的关键尺寸与航母相近的仿真测试船的探测和跟踪, 那么也就可以做到对真实航母的探测和跟踪。

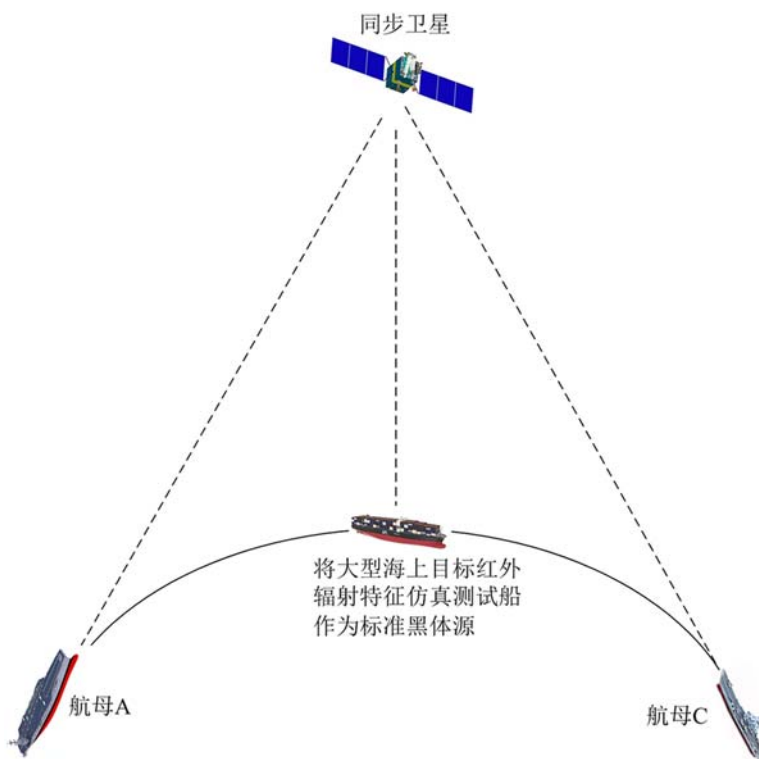


图 3 大型海上目标红外辐射特征仿真测试船可以作为一个标准黑体源与同步卫星上的红外探测器配合使用, 用于对不同目标在各种情况下的红外辐射特征进行标定

参考文献

- [1] 王忆锋, 余连杰, 陈洁, 等. 基于探测距离的军用红外探测器分类 [J]. 红外, 2011, 32(6): 34-38.
- [2] 王忆锋, 史衍丽, 李夏玲. 论红外探测系统作用距离的比较分析 [J]. 红外技术, 2012, 33(9): 515-520.
- [3] 王忆锋, 史衍丽, 马钰. 论红外探测系统的作用距离 (上) [J]. 红外, 2012, 33(11): 8-13.
- [4] 王忆锋, 史衍丽, 马钰. 论红外探测系统的作用距离 (下) [J]. 红外, 2012, 33(12): 8-12.
- [5] 王忆锋, 王丹琳. 利用卫星定位数据计算红外探测系统的作用距离 [J]. 红外, 2013, 34(7): 5-8.
- [6] 王忆锋, 刘萍. 论红外成像系统的最大作用距离 [J]. 红外, 2014, 35(12): 1-7.

新闻动态 News

美国 DRS 技术公司将继续提高致冷型红外焦平面阵列的性能水平

据 www.drs.com 网站报道, 美国 DRS 技术公司最近从美国国防高级研究计划局 (DARPA) 获得了一份合同, 他们将在 DARPA 的“波长级红外探测器”计划的资助下进一步提高其超小像元红外焦平面阵列 (FPA) 的性能水平。该研究有望更好地帮助飞行员们在恶劣条件下看得更加清晰, 以避免发生严重的安全事故。

这项“波长级红外探测器”计划旨在创新性地缩减传统红外探测器的像元间距, 以帮助研

究人员减小手持式瞄准具和分布式航空传感器等态势感知系统的尺寸、重量和功耗。

DRS 技术公司利用一项已获专利权的高密度电容工艺以及最先进的薄膜沉积技术来制造这些焦平面阵列。为了提高读出集成电路 (ROIC) 上每个像元的电荷存储容量, 他们在 ROIC 上制作了一种三维高密度电容器结构。基于这种方法, DRS 技术公司已经研制出了像元间距分别为 $5\ \mu\text{m}$ 和 $6\ \mu\text{m}$ 的红外传感器。此外, 他们还将进一步演示像元数更多、分辨率更高的红外焦平面阵列的小型封装能力, 以减小相关战术系统的体积。

□ 岳桢千