

红外技术及其军事应用

南 秀 华

(石家庄军械工程学院 河北 050003)

一、发展简况

1800年,英国天文学家 F.W.赫谢尔发现了红外线,从此逐步发展起了红外技术.红外技术主要研究物体红外辐射的产生、传输、探测、识别及其应用.红外技术在军事上的应用开始于第二次世界大战,当时德国研制并使用了红外通信设备和红外夜视仪,这都属于主动式红外系统.战后,由于红外光子探测器和透红外光学材料的迅速发展,红外技术进一步引起了军事部门的重视.此后,红外技术的发展方向集中在被动式系统上.20世纪50年代,红外点源制导系统应用于战术导弹上.60年代红外技术在军事上的应用更为广泛,如应用于制导、火控、瞄准、侦察、监视等.60年代中期,又出现了光机扫描的红外成像技术.70年代,红外成像技术获得了迅速发展,热成像系统和电荷耦合器件的应用,都是这一时期里的重要成果.80年代,红外技术进入了研制镶嵌焦面阵列(CCD阵列)系统的新时期.

二、物理基础

1.基本概念

自然界中一切物体都不断地辐射着红外线,这种辐射与温度有关,故称为温度辐射,也叫热辐射.红外线是人眼看不见的一种光波,它是由物质内部的分子、原子的运动所产生的电磁辐射,是电磁频谱的一部分,其波段介于可见光和微波波段之间,即0.76—1000微米.通常按波长把红外光谱分成4个波段:近红外(0.76—3微米)、中红外(3—6微米)、中远红外(6—20微米)和远红外(20—1000微米).

一切物体都有其自身的红外辐射特性.为研究各种不同物体的红外辐射,人们用理想辐射体——绝对黑体(简称黑体)作为基准.能吸收全部入射的辐射而没有反射的物体称为黑体.根据基尔霍夫定律,良好的吸收体必然也是良好的辐射体,因此黑体的辐射能力也最强,其比辐射率定为1.任何实际物体的辐射发射量与同一温度下黑体的辐射发射量之比,称为该物体的比辐射率,其值总是小于1.物体的比辐射率,与物体材料的种类、表面特性、温度、波长等因素有关.黑体的辐射特性由普朗克公式表示,该公式给出了将黑体辐射作为温度函数的光谱分布.对某一温度,辐射量最大的波长与其温度的乘积为常数,此关系称为维恩定律.对所有波长积分所得到的总辐射量与温度的四次方成正比,这个关系称为斯特藩-玻尔兹曼定律.

物体发出的辐射,大都要通过大气才能到达红外光学系统.由于大气中的水汽、二氧化碳等气体对红外辐射会产生选择性吸收和其他微粒的散射,使红外辐射发生不同程度的衰减.人们把某些衰减较小的波段称为大气窗口.在0.76—20微米之间有三个大气窗口:1—2.7微米;3—5微米;8—14微米.目前红外系统所使用的波段,大都限于上述大气窗口之中.由于红外系统所探测的目标处于各自的特定背景之中,从而使探测过程复杂化.因此在设计红外系统时,不但要考虑红外辐射在大气中的传输效应,还要采用抑制背景技术,以提高红外系统探测和识别目标的能力.

2.工作原理

红外系统按工作原理可分为主动式和被动式两类.主动式系统需自带红外光源照射目标;被动式系统则直接探测目标的红外辐射.后者占主导地位的军用红外系统有:热成像系统、搜索跟踪系统、红外辐射计、警戒系统等.按信息

提供方式可分为成像和点源系统.按工作方式可分为扫描和非扫描系统,扫描系统又分为光机扫描和电子扫描系统.

红外系统一般由红外光学系统、红外探测器、信号放大和处理、显示记录系统部分组成.其工作原理如图1所示:

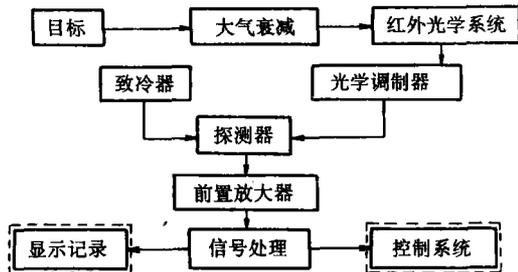


图1 红外系统工作原理图

红外光学系统把目标的红外辐射集聚到红外探测器上,并以光谱和空间滤波方式抑制背景干扰.红外探测器将集聚的辐射能转换成电信号.微弱的电信号经放大和处理后,输送给控制和跟踪执行机构或送往显示记录装置.红外光学系统的结构,一般可分为反射式、折射式和折反射式三种,后两种结构需采用具有良好红外光学性能的材料.

红外探测器一般有光子探测器、热释电探测器、热敏探测器、电荷耦合器件和红外电真空器件等.有些探测器要在低温下工作,需采用致冷器.致冷器有辐射致冷器、热电致冷器和冷冻剂致冷器等.采用何种致冷器,需视系统结构、探测器类型和使用环境而定.在探测器前的光学调制器,是将目标辐射进行调制编码,以便从背景中提取目标信号或目标的空间位置信息.

前置放大器将探测器输出的微弱信号进行初级放大,并给探测器提供合适的偏置条件.它的噪声指数很低,从而使探测器的噪声有可能成为系统的极限噪声.信息处理系统把前置放大器输出的信号进一步放大和处理,从信号中提取控制装置或显示记录设备所需的信息.一般非成像系统视目标为点辐射源,相应的信号处理、显示记录系统比较简单.红外成像系统,通常需将目标红外辐射转换成黑白照片和假彩

色照片或电视图像.这种图像不像可见光照相机所得的图像那样直观,它反映的是目标的辐射温度分布.

三、军事应用

由于红外系统比雷达系统的分辨率高,隐蔽性好,且不易受电子干扰,较之可见光系统具有能识别伪装、可昼夜工作、受天气影响小等优点.因此,在军事上得到了广泛的应用.

1. 红外夜视

50年代前期所用的红外夜视设备,都是主动式红外夜视仪,一般采用红外变像管作为接收器,工作波段在1微米左右,在夜间可看见100米处的人,1公里内的坦克、车辆和10公里远的舰船.现代红外夜视设备主要有红外热像仪、红外电视和改进的主动红外夜视仪等.60年代后期,美国研制了一种光机扫描式红外成像系统,为飞机夜航和在恶劣气候条件下的飞行提供观察手段,其工作波段是8—12微米,一般采用碲镉汞光子探测器接收,液氮致冷.它的技术性能比主动式红外夜视仪提高了一个数量级,夜间可观察到1000米处的人、10公里远的坦克和车辆、视距内的舰船.这种红外热像仪几经改进,到80年代初,许多国家已形成了标准化、组件化系统,为部队提供了一种简便、经济、互换性好的夜视设备.当前,红外夜视设备已广泛应用于陆、海、空三军,如用作坦克、车辆、飞机、舰船等的夜间驾驶用的观察设备;轻武器的夜瞄仪;战术导弹和火炮的火控系统;战场前沿的监视和观察设备;单兵侦察设备等.今后将发展用凝视型焦面阵列组成的热成像系统,它的战术技术性能将会进一步提高.

2. 红外制导

50年代中期,英、美、法等国相继研制成“响尾蛇”、“火光”、“马特拉”等第一代红外制导的空对空战术导弹.导弹的红外导引头采用非致冷硫化铅探测器,工作波段为1—3微米,其缺点是只能对敌机作尾追攻击,易受阳光干扰.随着红外技术的发展,红外制导系统日益完善.60年代后,在三个大气窗口都相继有了可供实用的红外系统,攻击方式由尾追攻击发展

到全向攻击,制导方式也有了全红外制导(点源制导和成像制导)和复合制导(红外/电视、红外/无线电指令、红外/雷达)。

红外点源制导系统已广泛应用于空空、地空、岸舰、舰舰导弹等数十种战术导弹上。红外成像制导系统的研制工作始于70年代中期,它比红外点源制导系统提供的信息丰富,具有更强的识别能力和更高的制导精度,80年代初已在“小牛”空地导弹上使用。随着焦面阵列器件研制成功,红外成像制导系统将进一步提高其识别能力,并使导弹具有自主攻击能力。

3. 红外侦察

用于地面、水面、空中的红外侦察设备,有红外照相机、红外扫描仪、红外望远镜、红外热像仪和主动式红外成像系统等。地面红外侦察设备主要是红外热像仪和主动式红外夜视仪。潜艇使用的有红外潜望镜。水面舰船借助红外探测跟踪系统,可监视敌方飞机和舰船的入侵。80年代初,采用点源探测系统,迎头探测飞机的距离达20公里,尾追探测飞机的距离达100公里,观测主动段战略导弹的距离大于1000公里。红外跟踪头与电影经纬仪和激光雷达相配合,还可用于靶场测量。第二次世界大战中,军用侦察飞机采用红外假彩色照相取得了明显的侦察效果。近30年以来,机载红外侦察设备主要采用红外扫描照相机,以后又采用热像仪。红外扫描照相机是一种将目标和背景的图像通过光机扫描-光电-电光转换后,使其照在可见光照片上成像的设备。这类设备在60年代的角分辨率仅有0.5毫弧度,即在1000米高空可区分开0.5米的间距,现在红外扫描照相机的分辨率提高了一个数量级。

空间红外侦察设备已用于导弹预警卫星、气象卫星、陆地卫星和照相侦察卫星上。导弹预警卫星可利用卫星上的红外望远镜实时发现飞出大气层的来袭战略导弹,并监视其飞行。军用气象卫星可利用卫星上的双通道行扫描仪拍摄全球云图。陆地卫星可利用卫星上的中远红外波段设备进行战略侦察。照相侦察卫星可利用卫星上的高分辨率的红外成像设备,昼夜侦察

和监视对方的军事目标和军事活动。

4. 红外对抗

应用红外对抗技术可使对方红外探测和识别系统的功能下降,甚至不起作用。对抗措施可归结为规避和欺骗两类。规避是利用伪装器材,将军事设施、武器装备等隐蔽起来,使对方探测不到己方的红外辐射源。伪装器材主要有红外伪装网和防红外涂料,80年代初期,它们仅能在1—3微米波段起作用,可对付某些红外照相机和扫描仪,但对红外热像仪却无能为力。欺骗是用与自身红外辐射波长相似但强度更大的辐射源,诱开对方的红外探测系统,这种主动对抗装置有红外诱饵和干扰机。前者如曳光弹、燃油箱等,后者是一种加调制的强红外源。它们多装在飞机和军舰上,用以引开来袭的红外制导导弹。这种主动对抗装置,直到80年代中期还难于对付在8—12微米波段工作的红外系统。对抵销红外对抗技术的作用,现代红外系统又采取了反对抗措施,如采用双色技术和多模跟踪技术等。

5. 红外隐身

隐身术是侦察和反侦察中必不可少的一种防御敌人、保存自己的重要手段。隐身术按电磁波谱可分为可见光隐身、红外隐身、雷达隐身等,可见红外隐身是其中的一种方法。红外隐身技术就是抑制目标的红外辐射,或改变目标的热形状,从而达到目标与背景红外辐射不可区分的一门技术,它是隐身术中很重要的一个领域。红外隐身技术也叫红外伪装技术,目前发展水平主要是针对中远红外(热红外)的伪装。在这方面主要有两条途径:一是“隐真”,二是“示假”。伪装方法有红外遮蔽技术、红外融合技术、红外变形技术、红外假目标技术等四种。其中,红外遮蔽技术中的红外热遮障技术是运用得较为广泛的一种红外伪装技术。从60年代后期发展起来的热红外隐身涂料的研制,也已通过初期探索而进入了开发利用阶段,为红外伪装技术开辟了新的途径。

此外,红外技术在军事上的应用,还有通信、报警、毒气监测、弹药引爆、区域警戒等方面,有着广阔的发展前途。

物理学与无损检测技术

张晓春

耿子山

宋成有

(黑龙江矿业学院) (桃山林业局鸡岭子弟学校) (巴彦县兴隆中学)

无损检测技术是一门新兴的综合性的应用技术科学,它以物理学为基础,同时涉及材料科学、微电子学和计算机科学等.该技术以不损害被检测对象的使用性能为前提,对各种工程材料、零部件和结构件进行有效地检验和测试,借以评价它们的完整性、连续性、安全可靠性及某些物理性能.检测的主要内容是看被检对象表面或内部是否有缺陷(如气孔、砂眼、裂纹、夹杂和脱胶等)存在,并判断缺陷的形状、性质、大小、位置、取向和内含物等情况;还能提供涂层厚度、材料成分、组织状态、应力分布以及某些物理量和机械量等信息.利用智能化仪器和动态无损检测技术还可以对在役或正在生产的产品进行现场质量监控.

无损检测技术可以根据所检出的缺陷的特性,依照常规力学或断裂力学的判据对被检物的可靠性作出恰当的评价.所以无损检测技术是为了保证材料和构件的高质量、高性能以及在安全使用上提供科学依据的重要方法.它是工业生产中实现质量控制、改进工艺和提高生产率的重要手段,也是保障设备安全运行的重要措施.因此,无损检测技术在工业界,特别是在航天航空、机械制造、核技术、锅炉压力容器、电站设备、铁道、石油化工、建筑、冶金矿山等工业中被广泛应用.

无损检测技术所使用的各种无损检测方法

总之,红外技术是现代光学技术的一个重要分支,军用红外技术是红外技术应用于军事领域的一项新兴的光学技术.综观红外技术在军事上的应用,可概括为:为部队提供夜间行动和作战能力;为部队提供军事情报;提高武器系统的命中精度;改善武器系统抗电磁干扰的能力等.由此可见,红外技术对战争的战略战术和军队的作战行动,产生着重大的影响.今后红外

的基本原理几乎涉及到现代物理学的各个分支.目前应用最广泛的常规无损检测方法主要是渗透检测、磁力检测、涡流检测、射线检测和超声波检测.随着物理学的发展,近年来许多无损检测新方法和新技术也获得了迅速的发展和运用.如声发射、激光全息、微波、红外、穆斯堡尔谱、巴克豪森等等.

渗透检测的基本原理是利用渗透液的润湿作用和毛细现象,使渗透液进入工件表面开口的缺陷,随后被吸附和显像.具体操作是:首先清洗受检工件表面,使其干燥;在受检表面上涂渗透液,由于毛细现象渗透液被吸入缺陷内,再除去表面多余的渗透液;在试件表面施加显像剂,缺陷内部的渗透液被显像剂吸附,形成与缺陷形状相应的痕迹或图象.观察缺陷图象有着色法和荧光法.着色法在日光或灯光下用肉眼或借助于10倍以下的放大镜观察.荧光法需要在暗室中紫外线灯的照射下观察.渗透检测原理简单、操作容易、方法灵活、适用性强,可以检测各种材料,且不受工件几何形状、尺寸大小的影响.该法对表面裂纹有很高的检测灵敏度,缺点是不能检测内部缺陷和夹杂物.

磁力检测是利用导磁金属在磁场中被磁化,并通过显示介质来检测缺陷特性的一种方法.在磁导率不同的两种介质的界面上,磁感应线方向会发生改变.若两种介质的磁导率相差技术的发展趋势是:在研制具有信号处理能力的镶嵌焦面阵列成像系统的同时,重视室温长波红外系统的研制,以满足军事上的多种要求.成像技术与模式识别、微处理机技术相结合,将出现具有自适应能力的凝视型实时空间的侦察监视系统和具有自主攻击能力的武器系统.远红外(20—1000微米)波段的开拓,将为军事应用展示新的前景.