

< 综述与评论 >

红外技术在未来军事技术中的地位和作用

蔡毅 潘顺臣

(昆明物理研究所, 昆明, 650223)

【摘要】通过对红外技术发展和应用的简要回顾和分析,认为红外技术已经从过去的战术地位发展到今天的战略地位,已经成为国家安全依赖的主要探测技术手段。红外技术将得到全面的、大规模的应用。红外技术已经在现在的、也必将在今后的局部战争中起到了举足轻重的作用,是影响未来军事斗争形势的高新技术。

【关键词】红外技术, 军事应用

1 引言

在人类即将进入 2000 年的前夕,进一步认识红外技术在未来军事技术中的地位和作用十分重要。因为战争不仅不会因一个新世纪的到来而消失,在未来的世界中,霸权主义、国家间的领土纠纷、国家分裂、民族和宗教矛盾等等仍然存在,世界多极化的趋势还将使这些矛盾变得错综复杂,未来的局部战争更加扑朔迷离。可以肯定的是,未来的局部战争将广泛的使用各种高新技术,而今天蓬勃发展的红外技术,在其中将起到举足轻重的作用。

第二次世界大战以来,红外技术的发展有了革命性的变化。从军事应用的角度看,主要有二点:首先是红外技术已从过去的战术地位发展到今天的战略地位;其次是红外技术已经从过去局部的、少数的应用发展到今天全面的、大规模的应用。现在,发达国家的陆、海、空、天中的各类武器系统中,红外系统已经是不可缺少的、甚至是主要的传感器。红外技术在现代军事技术中的这种地位和作用是由其巨大而迅速的技术进步支撑的。从技术角度看,红外技术的进步至少表现在以下 4 个方面:1)探测器的光谱响应从短波扩展到长波方向,实现了对室温目标的探测,充分利用大气窗口;2)探测器从单元发展到多元、从多元发展到焦平面阵列(FPA)探测器,上了两大台阶,相应的系统实现了从点源探测到获得目标的热成像飞跃;3)发展了种类繁多的探测器和系统,为红外系统的应用提供了充分的选择余地;4)红外系统从单波段探测向多波段探测发展,获得了更为丰富的目标信息。

2 红外技术发展的简要回顾与展望

有三大环节制约着用红外技术探测目标的效果。首先,不同的目标有不同的光谱特性,其次,目标和探测器之间的环境和距离,第三,探测系统的性能。在对流层以下,大气对目标红外辐射能量的传输有极大的影响。由于红外辐射的能量与分子振动和转动的能量相当,因此大气中气体分

收稿日期: 1999-03-20

子对红外辐射的共振吸收,不仅使红外辐射只能在 $1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 三个大气窗口内有效地传输,而且对在这三个窗口中传输的红外辐射也有相当大的衰减。但在大气层之外,目标发射的各波长的红外辐射都可以有效传输。红外辐射传输的这种特性,大致将红外技术的应用分成战术和战略应用两大类。在大气中红外技术典型的探测距离为 10 km,故以战术应用为主,如探测飞机、舰船和车辆等。在大气层外则探测距离在 1000 km 以上,因此可作为战略应用,如用于侦察卫星、气象卫星、弹道导弹的早期预警卫星等。

大气中,三个波段的红外辐射能量对应目标的典型温度大致分别为 1500 K、900 K 和 300 K。经过多年的工作,已经发展了完全覆盖三个大气窗口的各种高性能红外探测器。目前,用于在这三个波段的高性能红外探测器主要是 PbS、InSb 和 HgCdTe 器件,其性能已经接近或达到理论极限。50 年代末,红外技术出现了两件里程碑的事件:1) 出现了在液氮温区就可以达到背景限的长波 HgCdTe 红外探测器。由于降低了探测室温目标的使用条件,极大的扩大了红外技术的探测范围;2) 出现了热成像系统,将点源探测发展到热成像探测。这两个事件,至今都支配着红外技术的发展方向。

通过光学机械扫描,用单元红外探测器就能获得目标的热图像。在探测元性能不变时,系统的探测能力与探测元数量的平方根成正比,因此,用多元红外探测器可以大大提高系统的性能。典型的红外探测器有多元线列和 SPRITE 两种。这类热像仪统称为第一代热像仪。发达国家于 70 年代末开始大规模生产第一代热成像通用组件系统并装备部队。在红外技术和微电子技术的推动下,红外探测器迅速向 FPA 方向发展。FPA 有二大特征:一是探测元数量很大(达到 $10^3 \sim 10^6$ 个探测元),以至于可以直接放在红外望远镜的焦平面上,而无需光机扫描机构;二是一部分探测器信号处理工作由与探测器芯片互连在一起的集成电路完成,光学机械扫描由电子学脉冲取而代之。热成像系统的应用日益广泛,不同的用途对系统有不同的要求。由于不能用一种器件和系统同时满足所有的要求,今后 FPA 的发展将是多元化的。现在,典型的 FPA 有两类:扫描型的 $4N$ 系列和凝视型的 $M \times N$ 面阵系列。探测器实现焦平面化后,可很方便的与望远镜配合。FPA 是红外探测器发展史上的又一个里程碑。我们认为:不能简单的把 $4N$ 系列的 FPA 划为二代,凝视型的 $M \times N$ 面阵的 FPA,但是可以将采用和 $M \times N$ 小面阵的 FPA 的热像仪称为第二代热像仪。目前美、法等国已经规模生产第二代热像仪和开始进行装备。

新材料、新结构的 FPA 不断出现,使系统和用户有更大的选择余地。具代表性的 FPA 探测器有美国 Amber 公司研制的长波 HgCdTe 480×4 器件, Rockwell 公司研制的中波 HgCdTe 640×480 器件, 法国 SOFRADIR 研制的长波 HgCdTe 288×4 器件和中波 HgCdTe 128×128 器件, Amber 公司研制的 InSb 480×4 和 256×256 器件。十分成熟的硅技术使硅化物 FPA 迅速发展起来。目前,日本三菱公司已研制出 Pt:Si 1040×1040 器件, 获得高清晰度的热像已成现实。此外,量子阱 FPA 和非制冷 FPA 也异军突起。美国 Martin Marietta 公司用 AlGaAs/GaAs 研制的长波 256×256 量子阱 FPA 达到了很高的水平,虽然光谱响应窄一些,但其 NEDT 低到 22 mK ,因此,所得热像质量也很高,美中不足的是探测器需要在 60 K 温度工作。近年来,研制非制冷 FPA 取得了突破性进展,利用在硅微桥上的氧化钒薄膜制成的微测热辐射计阵列和用铁电材料制成的热电探测器阵列可以工作在 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 波段,其 NEDT 均可达 $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 。其中具代表性的有美国 Honeywell 公司基于 $\text{VO}_x\text{-Si}$ 微桥器件研制的 328×245 的非制冷 FPA, Texas 公司用钛酸锶钡研制的 328×244 非制冷 FPA 探测器。以这两种器件为核心的整机现已有商品出售。用长波非制冷 FPA 热像仪所拍的热图像

相当好。现在报道的最大的非制冷 FPA 是用铁电材料制备的 384×288 的 FPA, 并正在研制微测热辐射计的 640×480 规模的 FPA。

红外技术的核心、也是最活跃的部分就是红外探测器技术。完全可以说, 一个国家的红外探测器技术水平就代表其红外技术的水平, 解决了红外探测器的问题, 就使各种红外系统的发展有了坚实的基础, 红外探测器的发展方向就是红外技术的发展方向。预计今后红外技术将朝 6 个方向发展: 1) 探测器焦平面化, 即将部分信号处理电路和探测元集成在一起, 简化器件的封装; 2) 探测器大阵列化, 即继续提高焦平面上探测元的数量, 以尽可能的提高系统性能; 3) 探测器小型化, 包括提高焦平面上探测元的密度和减小器件的体积两个方面; 4) 探测器多色化, 包括拓宽探测器的响应波段, 使在一个器件封装内能响应两个或多个波段, 和将现有的波段划分成更为细致的波段, 以获得目标的“彩色”热图像; 5) 提高探测器工作温度, 以降低系统成本, 方便使用。6) 探测器品种多元化, 即在第一代中 HgCdTe 包打天下的局面在第二代军用热成像系统中将不复存在, InSb、Pt:Si、量子阱和非制冷 FPA 探测器等都将有与其技术发展水平相应的地位。就综合指标看, 至少到 21 世纪初, 高性能的 FPA 仍以 HgCdTe 为主。

虽然军用热成像技术处于一代到二代的转变时期, 但受经济、技术和其他方面因素的限制, 将出现一代和二代军用热成像系统长期共存的局面。从装备的使用角度看, 对热成像系统的战术技术指标要敢于有舍有取, 突出重点, 只要达到使用要求, 所用技术应是越简单越好。现在, 即使是在美国, 为追求性能而容忍高达 500% 的预算并超出计划的年代也已经一去不复返了。

我们查阅了近年报道的 79 个重要的机载前视红外 (FLIR) 系统的相关资料, 可以对以上的分析提供一个佐证。FLIR 对探测器的要求很高, 在这 79 个系统中, 按探测器材料分, HgCdTe 的有 64 个, 占 81%, InSb 和 Pt:Si 的共有 15 个(其中 InSb 的 7 个, Pt:Si 的 8 个), 占 19%。按波段分, 长波的 64 个, 中波的 15 个。按探测器的代分, 采用一代红外探测器的有 58 个(其中采用 SPRITE 探测器的有 18 个), 占 73.4%, 采用二代 FPA 探测器的有 21 个, 占 26.6%。从上述简单的分析, 可以得出 3 个结论: 1) 就高性能探测器而言, 目前仍以长波 HgCdTe 的为主, 2) 已有相当数量的 FLIR 采用了二代 FPA 探测器, 说明了二代技术已经成熟并占有一定的市场分额, 但成熟的一代技术仍有很大的市场。3) 在中波波段, InSb 和 Pt:Si 探测器大致是平起平坐。这三个结论与上述分析是一致的。

3 红外技术的军事应用现状

在西方发达国家, 以第一代热成像系统为代表的红外技术已广泛运用于陆、海、空三军, 并多次在实战中使用, 获得很好的战果。当前, 在陆军中, 红外技术用于反装甲武器、低空防御、坦克和步兵战车的火力控制、车辆的夜间驾驶、步兵直射武器的瞄准和战场侦察等方面; 在海军中, 红外技术用于反舰导弹和低空飞机的探测、近程反导系统的火力控制、潜艇的光导桅杆等方面; 在空军中, 红外技术用于空空导弹和空地导弹的制导、对地攻击的搜索和跟踪系统、侦察和夜间驾驶等方面; 在航天, 用于侦察、预警和遥感等。归纳起来, 红外技术的军事应用主要有以下五个方面: 1) 精确制导, 2) 火力控制本质区别系统, 3) 夜间和恶劣天候作战, 4) 侦察、搜索、跟踪和测距, 5) 星载探测器。

精确制导是红外技术最早也是最成功的应用领域。在近程导弹中红外制导单独使用, 在远程导弹中, 则作为末制导使用。红外制导具有结构简单、体积小、重量轻、工作可靠、成本低、环境适应性比可见光好并且可以“发射后不管”等诸多优点。因此, 广泛用于空空导弹、空地导弹(制导炸

导炸弹)、地空导弹、反坦克和反舰导弹等。

现装备各国空军的空空格斗导弹全部采用红外制导。空空格斗导弹已发展了四代,其最重要的差别就是在红外探测器方面。最早采用的探测器是单元常温工作的 PbS,之后发展到制冷的 InSb 或 HgCdTe 四象限、多元甚至 FPA 等。探测器低温工作提高了导弹跟踪距离,如第一代采用非制冷的单元 PbS 探测器,探测器响应短波红外波段,只能尾追攻击,以美国的 AIM-9B 为代表。第四代则采用 InSb 或 HgCdTe 多元线列加光机扫描或 FPA 器件的热成像导引头,探测器响应中波或长波红外波段,液氮温度工作,能探测飞机蒙皮的热辐射,可进行全向攻击。采用中波多元线列 HgCdTe FPA 探测器的空空导弹以法国的 MICA 空空导弹为代表,它是用 64 元线列 FPA 探测器研制的。采用焦平面器件的空空导弹以英国的 ASRAAM 为代表,它采用 InSb 128×128 FPA 探测器作热成像制导,明显提高了导弹抗干扰的性能。部分中距拦射空空导弹也采用了红外制导,如俄罗斯的 R27。便携式地空导弹也普遍采用了红外制导,现服役的 28 种型号中有 21 种采用红外导引头,其余的采用激光驾束制导,但所用激光均为红外激光。

实战中使用最多、效果又好的空地导弹当数美国的“MAVERICK”AGM-65D/F 反坦克导弹。该弹采用 4×4 的长波 HgCdTe 光导探测器,低温工作,用 20 面转鼓进行光机扫描成像,串-并扫模式,其分辨目标的距离是用可见光导引头的“MAVERICK”AGM-65A/B 导弹的 2 倍,命中率提高 3~5 倍。用 AGM-65D 的导引头,美军还发展了 GUB-15、AGM-130、Stand-of-Land Attack Missile (SLAM)AGM-84 等等。1990 年 1 月 20 日,美海军位于红海的“萨拉托加”号航空母舰上起飞的 A-6 舰载攻击机,首次发射了 AGM-84 导弹攻击伊拉克的一个发电站。导弹经约 100 km 的飞行,第一发击穿发电站的防护门,第二发弹则穿过这个弹孔摧毁了厂房内的发电机,令人瞠目结舌。

反坦克导弹也与红外技术结下了不解之缘。迄今为止,反坦克导弹发展了三代。现大量装备的第二代采用红外半自动有线指令制导,并普遍配备了热成像瞄准具。以美军的“TOW-II”为例,其发射制导装置配备了 AN/TAS-4 热瞄具,该热瞄具采用长波 60 元光导 HgCdTe 探测器通用组件,分置式 Stirling 制冷机,冷却时间约 6.5 min,有宽窄两个视场: $6.8^\circ \times 4.3^\circ$ 和 $2.2^\circ \times 1.1^\circ$,发光二极管显示,探测距离达 3000 m。在第三代反坦克弹中,远程弹多采用长波红外成像制导,如美军的 AAWS-M——先进中程反坦克导弹和欧洲的 Trigat-LR。前者采用长波 64×64 的 HgCdTe FPA 探测器。粗略统计,世界各国从一代到二代的 74 种反坦克导弹中,采用红外有线制导的有 38 种,热成像制导的 9 种(均为第三代),配备热瞄具的有 19 种(均为二代以后)。采用红外制导(包括热成像制导)或作为复合制导方式之一的有 18 种,即使用红外技术的系统有 58 种之多。在 31 种制导炸弹中,采用红外制导的有 6 种,其中 5 种是热成像制导。

热成像在火力控制系统的典型应用是主战坦克。我们统计了世界各国自 70 年代至今研制和装备的 51 种坦克火控系统,其中采用微光夜瞄具的有 26 种,热成像瞄具的 25 种,有部分系统两种都能用。代表性的热成像瞄具是美国 M60A3 的 AN/VSG-2 热成像瞄具,其作用距离在 2000 m 以上。该热瞄具由 Texas 仪器公司生产,使用 120 元的 HgCdTe 光导探测器,响应波段 $7.6 \sim 11.7 \mu\text{m}$,并扫体制,宽窄两个视场分别为 $7.8^\circ \times 15^\circ$ 和 $2.6^\circ \times 5^\circ$ 。美国 M1 系列和德国 Leopard-2 坦克均采用与之相同的扫描器和探测器,这三种坦克热瞄具的性能大致相当。

采用热成像系统后,可提供各军、兵种在夜间和恶劣天候有效的执行作战任务。海湾战争期间,即使是已获得制空权的美空、海军,对巴格达的轰炸完全是依靠前视红外系统在夜间进行的。在最近北约对南斯拉夫的侵略中,夜间轰炸是其主要的作战方式。这极大的减少了飞机和飞行员

的损失。在过去的 20 年里, 美国至少发展了 18 种机载前视红外(FLIR)系统, 装备其空、海军的二、三代主力战斗机。其典型产品是 Martin Marietta 公司研制的装备 F-16C/D, F-15C/D/E 的 LANIRN 机载吊舱, 该系统包括雷达型的 AN/AAQ-13 和红外、激光型的 AN/AAQ-14 两种。红外吊舱直径为 381 mm, 长度为 2502 mm, 重量为 236 kg, 均比雷达型的大。有宽窄两种视场, 分别为 $10.6^\circ \times 10.6^\circ$ 和 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, 搜索范围水平方向为 $-150^\circ \sim +150^\circ$, 垂直方向为 $-150^\circ \sim +10^\circ$ 。2 个吊舱可以同时使用, 也可分别使用。雷达导航吊舱装备先进的地形跟踪雷达, 使飞机能在低达 30 m 的高度上安全飞行, 以保证红外吊舱的使用。红外吊舱使用 180 元的长波 HgCdTe 光导探测器, 探测距离约 10 km, 激光测距最大 24.5 km。配套武器为 Pavemay I、II、III 激光制导炸弹, AGM-123A、SkipperII 和 AGM-65D 空对地导弹。该系统从 1978 年论证到 1991 年参加海湾战争, 前后 13 年间投资 10 亿美元, 1988 年投入批量生产。美空军 AN/AAQ-13 订货 561 台, AN/AAQ-14 订货 506 台, 金额 29 亿美元, 投入海湾战争使用的系统约 60 套。该系统还出口到土耳其、南朝鲜、以色列、埃及等国。

陆军和海军都将红外系统作为对地(海)面和低空飞行目标进行侦察、搜索、跟踪和测距的技术手段之一, 在雷达受到严重干扰时则作为主要的探测设备使用。已经报道使用红外探测技术的陆军地面防空系统约有 18 种, 都可 360° 旋转, 俯仰角一般为 $-10^\circ \sim +50^\circ$, 探测距离为 7 ~ 20 km。由于红外探测系统相对简单, 体积小, 抗干扰能力强, 有比较好的天候适应性, 因此大部分用空空格斗导弹和便携式地空导弹组成的机动野战防空武器采用红外探测系统。具代表性的系统如美国、瑞士联合研制的 ADATS, 美国的“小槲树”, 英、法联合研制的 ARISE, 瑞典的 IRB-700 等。“小槲树”被台湾陆军和海军选作近程低空防空武器用, 装备约 40 套。该系统将 AIM-9D 空空格斗导弹作为地对空导弹, 采用 180 元的长波 HgCdTe 光导探测器组成的红外装置作为搜索跟踪系统。热像系统也因其体积小, 便于无人机使用而作为标准的探测设备。

此外, 热成像系统普遍装备武装直升机。由于武装直升机的飞行高度很低, 需要装备 2 台不同用途的热成像系统。一台用于夜间驾驶, 一台用于对地攻击。美国所有的武装直升机均装备了多种型号的 FLIR 和夜间导航设备, 各国新研制和装备的武装直升机均将 FLIR 和夜间导航设备作为机上标准装备。

在国外, 已研制了不下 17 种舰用红外警戒系统, 16 种以上的潜艇光电桅杆。在舰用红外警戒系统中, 法国的水平最高, 以其 VAMPIR ML11 系统为代表, 由 SAT 公司研制。该系统可同时工作在 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 两个波段, 中波用 InSb 探测器, 长波用 HgCdTe 探测器, 探测掠海导弹的距离约 10 km, 扫描速度 1 次/s, 扫描视场俯仰角在 $-10^\circ \sim +50^\circ$ 之间, 指示精度不大于 3 mrad, 反应时间约 2 s, 可同时处理 40 个目标。

在大气层外最有利于红外系统的使用, 因此红外探测器是气象卫星、遥感卫星的必备探测器, 是导弹预警卫星主要的探测器。在美国已结束的“战略防御计划”和正在进行的“战区弹道导弹防御计划”中, 天基星载红外探测器都是探测助推段导弹的主要手段, 是识别中段弹道导弹的手段之一, 反导弹动能拦截器也采用了 FPA 探测器的热成像导引头。美国现在使用的 3 颗“国防支援计划”导弹预警卫星装备了 2000 元的 PbS 和长波 HgCdTe 红外探测器, 用于探测弹道导弹的发射。海湾战争期间, 美军用“国防支援计划”预警卫星监视伊拉克“Scud”导弹发射, 为“Patriot”导弹拦截提供了基本的情报保障。在实战条件下实现了导弹打导弹, 这是防空史上的一个里程碑。

此外, 红外技术在通信和敌我识别上也得到应用。美国已成功的进行了用二氧化碳红外激光

击落飞行导弹的试验,证明了利用红外辐射作为定向能武器使用的可行性。红外探测系统在隐身和反隐身方面都将大有可为,如在F-117A隐身飞机中,未装备雷达,而将FLIR作为主要的探测设备。

和任何技术一样,红外技术也有局限性。主要缺点是在大气层内的探测能力不如雷达,受天气条件的影响比较大。

4 军用红外技术的未来

从技术角度讲,红外技术有4大优点:1)环境适应性优于可见光,尤其是在夜间和恶劣天候下的工作能力;2)隐蔽性好,一般都是被动接收目标的信号,比雷达和激光探测安全且保密性强,不易被干扰;3)由于是靠目标和背景之间的温差和发射率差形成的红外辐射特性进行探测,因而识别伪装目标的能力优于可见光;4)红外系统的体积小,重量轻,功耗低,特别适用于“发射后不管”的精确制导武器。因此,未来的红外技术仍将朝保持其优点的方向发展。从国际的大环境看,冷战结束后,美国进行了全球战略的调整,美军为未来作战提出的7种作战能力中头2种都与红外技术密切相关,即能将全球监视系统和通信系统以及有关数据的合成与处理集中用于某一战区,形成信息优势,在全天候、昼夜条件下能伪装和突破防线,识别和打击重要的固定和机动目标。

在军事需求的牵引和相关技术发展的推动下,作为高新技术的红外技术,在未来军事技术中的作用将更加广泛和重要,其战略地位表现在3个方面。

1) 红外技术是国家安全依赖的主要探测技术手段

弹道导弹和远程巡航导弹的早期预警、跟踪、识别和拦截对国家战略目标的安全至关重要。在两伊战争、海湾战争和最近北约对南联盟的空袭中,远程巡航导弹和弹道导弹已作为有效突击和反击武器得到使用。红外探测器是侦察卫星、资源遥感卫星、气象卫星必备的传感器,对国家安全和经济利益有重大影响。因此可以毫不夸张的说,红外技术已经成为国家安全依赖的主要探测技术手段。

2) 红外技术应用更加广泛

红外技术在未来军事技术中的战略地位也是由其使用的广泛性和重要性决定的。今后,红外技术的局限性将随技术的发展进一步的得到克服,除继续运用于以上领域外,还将运用于迅速发展的光电对抗、光通信、定向能武器等方面。特别是战斗机和导弹日趋隐身化、高速化,第四代战斗机可超音速巡航,巡航导弹速度也将达到 $3 \sim 5 Ma$,高速飞行不可避免的产生气动加热,能使目标表面温度高达 $300 \sim 500 ^\circ C$,此时目标的红外特征明显。相对而言,雷达隐身技术要成熟得多,这样红外探测技术将成为探测隐身目标的重要手段。当雷达被电子干扰不能使用后,红外探测技术将成为主要的防空探测手段。

3) 红外技术是未来高技术局部战争使用的主要技术之一

未来高技术局部战争必然是在高强度电子对抗条件下进行的,很可能多数的战斗都是在夜间或恶劣的天气情况下进行。此时,红外系统被动工作的优越性将更加充分的显示出来。获得战场上的单向透明性(实际上是获得战场信息优势),对夺取战斗的胜利和减小损失具有决定性的作用。

参考文献

- 1 Wolfe W L. & Zissis G J. *The Infrared Handbook*. 3rd. Edy. Infrared Information Analysis Center, SPIE, The International Society for Optical Engineering, 1989
- 2 Reine M B. *SPIE*, 1984.443: 2 ~ 10
- 3 Leftwich R F, et al., *SPIE*, 1988.930: 76 ~ 86
- 4 O'Leary A P. *Jane's Electro-Optic Systems*, 2nd Ed., Jane's Information Group Inc., 1997
- 5 Tribolet P, et al., *SPIE*, 1994.2225: 369 ~ 381
- 6 Miller J L, *Practical of Infrared Technology*. Van Nostrand Reinhold, New York: 1994
- 7 DeWames R E, et al., *SPIE*, 1992.1735: 2 ~ 16
- 8 Kosonock W F. *SPIE*, 1990.1308: 2 ~ 26
- 9 Villani T S, et al., *SPIE*, 1994.2225: 2 ~ 10
- 10 Beck W A, et al., *SPIE*, 1994.2225: 130 ~ 138
- 11 Herring R J & Howard P E. *SPIE*, 1996.2746: 2 ~ 12
- 12 Meyer B, et al., *SPIE*, 1996.2746: 13 ~ 22
- 13 Marshall C, et al., *SPIE*, 1996.2746: 23 ~ 31
- 14 Jerominek H, et al., *SPIE*, 1996.2746: 60 ~ 71
- 15 Radford W, et al., *SPIE*, 1996.2746: 82 ~ 92
- 16 Norkus V, et al., *SPIE*, 1996.2746: 51 ~ 59
- 17 Owen R, et al., *SPIE*, 1996.2746: 101 ~ 112
- 18 McEwen R K. *SPIE*, 1997.3061: 277 ~ 786
- 19 Rogalski A. *Infra. Phys. Technol.*, 1994.35(1): 1 ~ 21
- 20 O'Leary A P. *Electro-optics-thermalimaging systems*, Edition No.2, London: Jane's information group. 1994
- 21 黄翔. 尖端科技, 1993(110): 14 ~ 21
- 22 “世界制导兵器手册”编辑部. 世界制导兵器手册. 北京: 兵器工业出版社, 1996
- 23 “世界坦克装甲车辆手册”编辑部. 世界坦克装甲车辆手册, 北京, 兵器工业出版社: 1991.
- 24 Wanstall B. *International Defense Review*, 1991(5): 481 ~ 483
- 25 *Defense Electronics & Computing (Supplement to IDR)*, 1989(9): 116
- 26 Doug Richardson. 现代隐身飞机 (中译本), 北京: 科学出版社, 1991
- 27 武桂馥. 美国全球战略调整. 北京: 国防大学出版社, 1996: 161

作者简介: 蔡毅, 男, 生于 1959 年, 1982 年毕业于四川大学物理系半导体物理专业, 1995 年毕业于中国科学院上海技术物理研究所红外物理国家实验室, 获理学博士学位, 现从事 HgCdTe 焦平面红外探测器的研究工作。

The Importance of Infrared Technology in Future

Cai Yi, Pan Shunchen

(Kunming Institute of Physics, Kunming, 650223)

Abstract The history and application of infrared technology were simply reviewed and analyzed. The facts show that infrared technology has been developed from previous tactical applications to today's strategic applications, and has become primary detection technology on which the nation security depend. Infrared technology will be applied extensively. It not only has taken but also will take the important part in nowadays and future local war. And it is a high technology that influence future military position.

Key Words Infrared technology, Military application