

新世纪军事制高点丛书

焦国力 董长军 主编

侦察监视 与夜视技术



 大象出版社

侦察监视与夜视技术

焦国力 董长军 主编

大象出版社

前 言

邓小平同志指出：“科学技术是第一生产力。”科学技术的发展，深深改变了人类社会的发展历程。军事技术的发展也正印证了这一点，从冷兵器时代到火药时代、从常规武器到核武器、从传统单兵种作战方式到现代多兵种合成作战方式，军事技术的每一次更新，每一次跨越，都极大影响了人类战争的进程，深刻改变了世界战略格局。正因为此，世界各国都全力将科技发展的最新成果投入到军事领域中来，毫不夸张地说，哪支军队首先掌握了军事高技术，哪支军队就首先抢占了军事制高点。

20 世纪末，我们所居的星球爆发了多次局部战争，尤其是 1991 年发生的海湾战争、1995 年的波黑战争和 1999 年的科索沃战争，集中展示了当代军事高技术的最新成就。尤其是各种功能各异的高技术武器大显身手，彻底改变了传统的作战方式，使现代战争发生了革命性的变化，21 世纪的未来战争形式已初见端倪。从总的趋势看，精确制导武器向小型、远程、多制导、更灵巧、低造价方向发展；隐身技术不但应用在飞机、舰船上，而且还应用在航天武器、装

甲战车甚至导弹上;电子对抗技术,将进一步扩大电子干扰频段范围,发展电磁脉冲、微波、激光强脉冲摧毁技术,同时网络攻击技术将成为重要作战手段;侦察监视系统,将发展更精密的侦察探测装备和新的提供信息技术,同时解决信息快速传输问题;夜视技术,将出现更清晰、通用化、轻便好用的夜视器材;自动化指挥方面,将在整个军队系统使用人工智能手段,在全球范围内实现指挥控制、侦察监视,使情报信息系统与武器系统相互灵巧地结合;在新概念武器方面,未来 10 年内将出现天基、机载激光器和短程大功率微波武器,一些新概念武器可能运用到战场上。

21 世纪之初,新的世界战略格局尚未形成,多极化的趋势已日趋明显,和平与发展是人类追求的最终目标。然而霸权主义、强权政治的图谋仍屡见不鲜,战争的阴霾依然笼罩在地球的上空。作为新世纪爱好和平的人们,我们要关注军事高技术,我们要了解军事高技术,我们更要掌握军事高技术。本丛书的主要任务和目的,就是通过对现代军事高技术知识的介绍,使读者了解 21 世纪高技术武器装备及其在未来战争中的作用。全套书追踪近年来世界军事领域的热点情况,特别是通过海湾战争和科索沃战争中高技术武器运用的有关战例,不但对大量的武器装备技术性能进行了详实的介绍,而且对重点武器装备的技术应用原理也进行了通俗易懂的论述。

参加本丛书编写工作的有:董长军、焦国力、达砾、李珊、雪莲、李淑艳等同志。我们衷心地希望通过本丛书,为广大读者打开神秘的军事高技术之门。

编 者

2000 年 1 月

目 录

／ 1 ／ 使战场“透明”的侦察监视技术

／ 2 ／ 1. 独领风骚的空间侦察

／ 16 ／ 2. 不可替代的航空侦察

／ 38 ／ 3. 传统的地面雷达侦察

／ 46 ／ 4. 反应迅捷的战场侦察

／ 52 ／ 5. 独具特色的水声侦察

／ 61 ／ 揭开夜幕的夜视技术

／ 66 ／ 1. 最先起步的主动红外夜视仪

／ 69 ／ 2. 发展迅速的红外热像仪

／ 71 ／ 3. 夜天光下的微光夜视仪

使战场“透明”的 侦察监视技术



高技术武器在战场上的运用,使战场形势变化莫测,瞬息万变,作战节奏大大加快,这对情报侦察系统提出了更高的要求。21世纪,情报已经是图像、数字和音频三者的实时传输,情报侦察系统更成为信息战的重要工具。高技术自动侦察系统既可以使军队对局部战场情况了如指掌,又能对全局性战场情况一览无余。它不但可以满足指挥员对战场动态情况的要求,而且可以随时提供攻击武器所需要的各种图像情报。

1. 独领风骚的空间侦察

空间侦察集中了航天、电子、新材料、新工艺等多种高技术领域,无论从起步还是到发展都一直站在科技领域的顶峰。

1957年,世界上第一颗人造卫星在苏联升上太空,很快,人造卫星就被用来执行军事任务。照相侦察卫星就是军用卫星大家庭中最早的一个成员。在侦察卫星中,除照相侦察卫星外,还有截获雷达信号和无线电通信信息的电子侦察卫星、用来进行洲际导弹试验探测和来袭预警的侦察卫星以及用来探测舰船活动的海洋监视卫星,从而形成了全天候、全方位、全时空的航天侦察能力。

火眼金睛——照相侦察卫星

照相侦察卫星可安装多种侦察设备,包括可见光相机、红外相机、多光谱相机、雷达成像以及电视摄像机等。它们各有自己的特点和用途。

照相侦察卫星的构造比较复杂。如美国 KH-11“锁眼”照相侦察卫星呈圆柱状,长 12.2 米,大部分直径为 3.05

米。注满燃料重量为 18 吨。它由两部分组成:短而宽的部分称为“公共汽车”,装有卫星进入最后轨道的主火箭发动机和控制卫星的副推进器,并载有燃料箱和飞行控制系统。另一部分是摄像机,沿卫星长度方向安装的一个空心管里,装有折叠镜式光学系统和长焦距镜头。其主镜直径为 3.66 米,用热稳定玻璃制成蜂窝状,以便获得足够的硬度和强度,而重量则轻于实心镜。被拍摄的物体发出的光经卫星侧翼的一个舷孔进入摄像机,然后由一倾斜镜反射至卫星的主镜上,该倾斜镜在曝光过程中缓慢转动,以使相机充分曝光。主镜把图像再聚焦到较小的活动镜上,再由活动镜扫射到卫星的主传感器,即一排电荷耦合器件数字化“胶片”上(前几代照相侦察卫星均使用胶片)。这种用电子器件记录下来的图像再经通信系统译成密码传回地球站。

照相侦察卫星与其他用途的卫星不一样。它一方面考虑要有较大的照相面积,另一方面考虑怎样得到更高的分辨率,即影像图像的轮廓是否清晰,纹理是否丰富,也就是它能看清目标的程度如何。据国外报道,现在美国高分辨率照相卫星,如 KH-12“锁眼”卫星地面分辨率可达到 0.15 米。如果拍摄的角度和大气条件允许,还可获得更高的分辨率(0.09 米)。

根据照相侦察卫星获得侦察结果的详细程度、侦察面积的大小、轨道高低等,可把照相侦察卫星分为“普查”型和“详查”型两种。

普查型照相侦察卫星,它的作用是进行大面积地区目标检查。如果军事情报分析人员需要进一步了解特别感兴趣的目标,就再派详查型卫星详细侦察。所以普查型照相侦察卫星飞行轨道要比详查型卫星要高,一般轨道近地点

为 200~300 千米,如使用低分辨率广角照相机扫描大片地面,一般每幅照片能拍照几千至几万平方千米的地区。另外,普查型照相侦察卫星在天上的停留时间也较长。如美国的“大鸟”型卫星地面分辨率为 0.3 米,工作寿命 9 个月。飞行轨道高度 160~300 千米(近地点轨道高度 160~190 千米)。现用的 KH-11 数字型侦察卫星,轨道高度远地点为 530 千米,近地点为 240 千米,工作寿命长达 3 年,地面分辨率低于 3 米。

详查型照相侦察卫星,它要求有较高的分辨率,如美国第三代详查回收型照相侦察卫星的地面分辨率为 0.3 米,而现在的第六代 KH-12“锁眼”卫星达 10~15 厘米,卫星飞行轨道近地点一般为 100~200 千米。

情报的回收和传输也是非常重要的环节。为了尽快得到侦察结果,要求照相侦察卫星应很快地把侦察到的情报送回地面。通常,地面获得卫星照片的方式有两种:一种是把在卫星拍好的胶卷回收到地面,另一种是在卫星上把照片的信息以无线电传输方式传到地面。

回收型照相侦察卫星工作原理是:在预定目标上空,卫星按地面指令或按控制程序自动进行拍照,曝光后的胶卷送至回收舱的暗盒中保存,待全部摄影任务结束后,卫星调整姿态,首先使回收舱从卫星主体中弹射出来,回收舱按地面指令在预定地区上空启动反推火箭,减速后,胶卷舱再与其他部分分离,进入再入轨道,穿过稠密大气层后抛弃防热罩,同时发出无线电信号。大约降至距地面 15 000 米时,降落伞自动张开,速度进一步减慢,此时配备回收装置的飞机在回收区上空巡逻,一旦发现胶卷舱,便立即在空中回收。如空中回收不行,胶卷舱落到海面或地面能继续发出无线

电信号,指示自己的位置,以便回收人员搜索。回收后的胶卷经冲洗后便可供判读分析。

传输型照相侦察卫星工作原理是:卫星照相后,先在卫星上自动冲洗胶卷,然后送到读出扫描系统,把底片上的图像转变成电信号,用无线电路发回地面,地面站收到这种无线电信号,经过相关处理,可还原成目标照片,供判读分析。

现在最先进的技术是采用电荷耦合半导体器件代替传统的胶卷。通过高速数据压缩把图像实时传回地面。这就完全不必使用胶卷和进行耗费时间的冲洗工作了。

目前,美国新一代照相侦察卫星,已集普查和详查与实时传输为一体,大大提高了情报的准确率和时效性。如美国第六代 KH-12“锁眼”照相侦察卫星,装备红外传感器、多频段相机、电荷耦合器件摄像机、可见光全景扫描相机、多频段扫描仪、微波扫描仪、微波成像侧视雷达、精确目标指示系统等。可在 300 千米的高度上进行全天候、全天时的照相侦察,可以分辨地面 10 厘米大小的图像。并且具有很高的轨道机动能力,可随时改变轨道飞行高度和轨道平面,能尽快飞经需要侦察的地区上空执行侦察任务。红外和多光谱扫描仪可昼夜侦察,确定导弹和导弹发射架的位置,区分伪装的人造植物和天然植物。侧视雷达还可发现地面下的目标。

在海湾战争和科索沃战争中美国和北约的侦察卫星均发挥了重要作用。1999 年科索沃战争中,美国使用了 3 颗 KH-12“锁眼”光学成像侦察卫星(美国把 20 世纪 90 年代发射的 KH-11 数字光学成像卫星称为 KH-12 侦察卫星),其中的一颗 KH-12/3 号卫星于 1995 年 12 月 5 日发射,工作在

270/980千米轨道上,倾斜角为 96.8° ,即运行在中纬度上空的正午和近午夜第二工作轨道面上,运行周期为 97 分钟。另一颗 KH-12/4 号卫星于 1996 年 12 月 20 日发射,工作在 249/998 千米近似轨道,倾角 97.9° ,运行在上午中段/夜晚中段时间轨道面,一天两个周期运行中能对中纬度侦察目标进行重复成像覆盖。这两颗星在不同的两个轨道面运行,两颗星又在不同的光照条件下,使光学和红外成像系统能对同一目标区域进行每日 4 次的观测,可以每 5~10 分钟完成一个地区的成像工作。而 1992 年 11 月 28 日发射的 KH-12/2 号卫星,目前轨道每月向西偏移 2° ,逐渐偏离了太阳同步轨道,使每个目标不再处于标准的光照状态下,但它同时扩展了每日对侦察目标成像的数量。该星的新轨道与上面两颗更为标准的轨道面卫星一起能够提供立体成像覆盖,正好是一个补充。

KH-12/2 和 KH-12/3 号卫星直径大约为 4.5 米,长度约 15 米,全重为 14 吨(卫星净重约 10 吨)。KH-12/4 号卫星安装的与星体垂直的大型太阳能阵列板长有 13.7 米,宽 4.11 米,该星体内装有一架直径为 3.81 米的旋转式光电望远反射镜,可收取高倾斜角的图像。这样在离卫星飞行轨道数百千米以外的物体也可一览无余。再加上 KH-12 卫星上的高精度电子仪器,提供的图像比上一代 KH-11 更加清晰,可以对地面约 10 厘米的物体进行判读。

KH-12 具有 KH-11 所没有的红外传感功能,其先进的红外传感器可用于探测隐蔽性物体,搜索被隐藏的设施和装备,还可根据某目标区中不同的热辐射量来判断某设施和装备的工作状态。在科索沃战争中,航天器的红外传感器就探测出了难民在山上为取暖而生起的几百个微小火

点,北约凭此得以监视难民的分布情况。科索沃南联盟坦克机动留下的热痕,也会被卫星的红外成像系统发现。

KH-12 与 KH-11 的光学成像技术相似,即光学成像卫星的相机焦平面上的感光器件不再是高解像力的胶片,而是 CCD 电荷耦合器件。由光电转换直接成像,其数字图像信号通过美国“跟踪与数据中继卫星”(TDRS)或“军事星”向地面站实时传输。这 3 颗卫星的高分辨率图像在进行战略侦察、战术目标侦察、战场监视和毁伤效果评估等方面发挥了重要作用。

“耳听八方”——电子侦察卫星

如果说照相侦察卫星是太空的“眼睛”,那么电子侦察卫星就是太空的“耳朵”。电子侦察卫星集雷达信号侦察、通信信号侦收、导弹试验遥测信号接收等项重要侦察任务于一身。传统的电子侦察,其侦察平台一般是在地面、舰船和飞机上,但它们的侦察范围均有限,如地面侦察要设立无数个地面侦察站,而且设在亚洲的站就接收不到美洲的无线电信号,在前沿的台站仍然收不到对方纵深地区的雷达信号。而电子侦察卫星就有这种独特的侦察条件。它可以把敌国境内的雷达,包括已部署的雷达或新研制雷达的位置和性能(如工作频率、脉冲宽度、脉冲重复频率、功率等),进行定时或不定时的普查。还有,对方可以把导弹掩蔽在地下或把雷达伪装起来,但雷达的电磁辐射却难以逃避电子侦察卫星的“耳朵”。在武器系统的安装、雷达操纵员的培训,尤其是在发射试验期间,雷达迟早必须开机,也就不可避免地要受到电子侦察系统的探测和定位。雷达进行探测的时候,仿佛在天空中为搜寻它的人提供“签名”和“指

纹”。一旦雷达被探测到和定位,就可能对其辐射波进行分析,研究出针对性的电子对抗措施。海湾战争之前,美国的侦察卫星通过照相侦察和电子侦察,对伊拉克的各类军事目标进行了详细的侦察,对伊军的防空警戒雷达以及各类制导雷达的位置和电子数据了如指掌,从而在开战后,有针对性地采取电子压制和直接摧毁等措施,使伊军防空系统彻底失效。

电子侦察卫星一般运行在 300~1 000 千米的圆形轨道上,在这样高的轨道上,空气比较稀薄,卫星受到的阻力小,在轨道上可停留半年以上时间,它绕地球运行周期约为 90~105 分钟。在这样的高度上,卫星天线覆盖面积大,侦察范围广。据报道,有的电子侦察卫星能侦察半径 2 000~3 000 千米的圆形地区。另外,电子侦察卫星侦察持续时间长,经过一个地区上空的时间长达 10 分钟以上,这就比其他侦察手段优越和安全。

电子侦察卫星不像照相侦察卫星装有照相和冲洗设备,而装有各种接收天线、侦察接收机和磁带记录器。当卫星飞经敌方上空时,就将各种无线电频率、电磁信号记录在磁带上,在卫星飞经本国地球站上空时,再回收磁带,或以快速通信方式将信息传回。如美国空军的 P-11 电子侦察卫星,采用圆形轨道,高度为 600 多千米,卫星上有一台磁带记录器可存贮 3 小时的数据,并在 15 分钟内将这些数据发回地面。

电子侦察卫星又是安装在太空上的窃听器,它可以停留在任何一个国家和地区上空,执行电子谍报任务。如苏联曾把一颗“宇宙”号卫星专门送到美国加利福尼亚州上空的轨道上,用来直接获取旧金山地区各工业公司研制生产

的新型电子设备的信号情报。这种对电子工业进行侦察的活动,目的就是预先或尽早了解对方的电子产品情报,这无疑是对本国电子工业的一种促进,以便采取针对性措施。

太空卫士——导弹预警卫星

导弹预警卫星的出现,是因美国和苏联都拥有大规模的洲际弹道导弹而发展起来的。双方洲际弹道导弹都有飞越北极上空攻击对方的能力,也都有同时遭受核报复的可能。因此,战略预警是战略防御中的重要环节。洲际弹道导弹从发射到命中8 000~12 000千米外的目标,只需30分钟时间。这就要求预警卫星在导弹发射以后能尽早发现它们,以便告知平民紧急疏散隐蔽,同时发射反弹道导弹在大气层外拦截它们,并命令自己的导弹部队进行发射反击。

预警卫星的轨道有两种:一种是同步静止轨道,一种是太

大椭圆轨道,两者各有千秋,但都有站得高、看得远的特点。同步静止卫星在赤道上空,离地球35 800千米。由于卫星与地球是相对静止不动的,再加上它位置很高。地球的弯曲度对它的影响较小,所以可以连续侦察某一地区的目标。导弹发射后90秒,卫星便能发现,并自动把这一情况传送给地面站。地面站再传送给指挥、控制、通信和情报系统,总共用时不过三四分钟。这样,在双方洲际弹道导弹落地之前25分钟,潜艇发射的弹道导弹落地前15分钟,预警卫星就能发现它们,赢得了许多宝贵时间。正因为预警卫星“站”得高,加上它自身以每分钟6圈的速度自转,所以它的望远镜只要张开 10° 角,一颗卫星就能侦察地球表面五分之二地区。若在地球赤道上空相隔 120° 放置3颗这样的卫星,则地球低纬度地区的任何地方发射导弹,都逃脱不

了它的“眼睛”。美国卫星从 1971 年投入使用以来,为探测苏联、法国各国的导弹发射,正是采用这种轨道侦察的。

苏联及现在的俄罗斯,则采用大椭圆轨道卫星,其近地点在南半球,离地球约 600 多千米;远地点在北半球,离地球约 40 000 千米。卫星运行周期约 12 小时,其中约 8 小时位于北半球上空。若在这样的轨道上等距离放置 3~4 颗预警卫星,那么就能保证一天 24 小时总有一颗卫星在监视北半球。这既解决了连续监视问题,又带来了两个好处:一是弥补了同步静止预警卫星侦察不到北极地区的漏洞。北极附近是俄美激烈争夺和部署战略力量的关键地区。二是简化了设计,减少了费用。因为发射同步静止轨道卫星,技术很复杂,费用也大,而大椭圆轨道相对说来容易得多,可以大大节省人力和物力。

许多人可能认为,预警卫星能通过观察仪器发现正在飞行中的导弹本身,其实不然。导弹长度只有二三十米,预警卫星是看不到它的。那么,预警卫星是怎样对它进行观测的呢?原来,它主要是根据导弹发射时产生的红外辐射进行探测。

导弹发射时,从它的尾部喷出炽热的、长长的火焰。远远看去,火焰边缘处有时有些抖动,像根羽毛,一般称做羽状尾焰。它的温度可达 3 000℃ 以上。洲际导弹尾部温度这么高,因而它产生了强烈的红外辐射。预警卫星上安装有对红外线敏感的元件,感受到这种辐射,就会产生一个脉冲电流,证明有导弹发射了。

初期的预警卫星虽然能探测到导弹的发射,但是高空云层反射的太阳光中包含有红外辐射,地球上森林火灾、钢铁厂的火光,也能被红外敏感元件感受到,会发出假警报。

怎么解决这一问题呢?人们采取了两种办法:一是寻找探测导弹尾焰的辅助途径。科学家们发现,高温的导弹尾焰亮度也很高,尤其当导弹飞出大气层后,因为大气层压力降低,尾焰的体积迅速膨胀,成为一条长1.5千米的明亮光带。针对这一现象,人们在卫星上加装了电视摄像机,当卫星的红外敏感元件发现导弹后,电视摄像机也发现了亮光,即可以判定导弹发射了。二是寻找避开云层反射阳光的办法。就是不断改进红外敏感元件。用硫化铝红外敏感元件,它只对2.7微米的红外辐射敏感,这样就避开了云层反射的2.3微米的红外辐射。但同时,大气层本身也吸收波长2.7微米的红外辐射,因而地表面的森林失火、钢铁厂发出的2.7微米的红外辐射统统被它吸收或阻挡了,不会被卫星探测到,减少了虚警。但导弹在尚未飞出大气层时,它辐射的红外线也被大气吸收,卫星就探测不到导弹,只有导弹飞出大气后才能探测到,时间上要晚一两分钟。还有,在导弹火箭停止工作后的飞行中段,预警卫星就探测不到它了,对导弹无法连续跟踪。这些问题,随着科技的进步,人们正逐步加以解决。二是采用“凝视”型红外探测器。这种探测器含有几百万个红外敏感元件,整个卫星不用旋转,只需让这几百万个元件各自凝视地球表面一小片地区就行了。只要某地区内有较强的红外辐射,相应的敏感元件就能感受到并发射信号。根据敏感元件所在位置,就可反推出红外辐射源所在的地区。如果红外辐射是钢铁厂、森林火灾的火光,由于它们本身不移动,因此只有与它们相对应那几个元件才会向外发信号。这时,计算机就会把它排除掉,免除了虚报。如果是导弹在飞行,由于它们运动很快,会使一串敏感元件依次发射出信号,计算机根据哪些敏感

元件发信号及其发信号的时间,可算出红外辐射源的轨迹和运动速度,从而能推断出是飞机,还是导弹,同时可测出飞向哪里,弹着点在何处,甚至可以发现贴近地面飞行的巡航导弹。二是采用长波红外探测器,它能侦察到发动机熄火后,靠惯性继续飞行的导弹,并跟踪直到它再入大气层。三是在同步轨道上安装巨大的雷达天线阵,其直径可达数百米以上,从天上用雷达监视导弹和飞机的飞行,以及海上舰艇的运动。

由于导弹核武器的不断扩散,使预警卫星身价倍增,特别是在海湾战争中,美国最担心的是伊拉克的“飞毛腿”导弹袭击。在战争期间,美国的“国防支援计划”卫星发挥了极有价值的作用,伊拉克“飞毛腿”导弹一经发射,它们就能利用红外探测器探测到导弹的排气火舌,然后向美军和以色列、沙特发出袭击即将来临的警报。起初,卫星只能提供90秒的导弹袭击预警时间,后来卫星具备了与驻以色列和沙特“爱国者”防空导弹部队近实时通信能力,从而使预警时间提高到5分钟。海湾战争中,伊拉克共发射88枚“飞毛腿”导弹(向以色列发射42枚、向沙特地区发射46枚),有21枚被“爱国者”防空导弹拦截。这就是因为有了预警卫星才为“爱国者”导弹拦截赢得了宝贵的时间。所以,预警卫星被美国称为无价之宝。

遥看大洋——海洋监视卫星

地球表面70%的面积是茫茫的大海,海洋上有成千上万艘舰船在航行或在港口停泊。要从这浩繁的目标中分辨出哪些是军用舰艇,哪些是民用商船,绝非是一件容易的事。这些靠传统的海岸瞭望哨、岸基雷达或无线电侦察,都