

国外空间摄影侦察 及遥感技术的发展简介

一、空间摄影的发展简史

空间摄影侦察的发展已有 100 多年的历史，大致可分为三个不同阶段。

第一阶段，气球侦察。最先提出的是 1858 年有个法国人把一台普通的照相机装在气球上，在 100 米左右的高度上进行了摄影试验。1860 年在美国波士顿上空有人取得了第一批空中摄影照片。在此以后，德国人约丹、瑞士人西门相继研究成功了一种适合于空中摄影的镜头。1898 年，俄国人奇列试验成功了一台全景摄影机。这台摄影机是由 7 个摄影镜箱组成的，一个布置在中央，6 个分布在边缘，这样就获得了一张完整的、逼真的照片。到 1909 年，德国人欧瑞发明了一种立体自动测绘仪，使第一阶段的空间摄影走上完备，也为下一阶段的侦察打下了基础。

第二阶段，飞机侦察。飞机的摄影侦察大概是从 1910 年开始的，当时就有人把摄影机装在飞机上，在 2000~3000 米的高度上对地面进行摄影测绘，从此开始了机载摄影机的航摄工作。

所谓航空摄影，就是把一个特制的摄影机用一个减振架固定在机身下部的窗口上，由一名领航员，一名驾驶员和一名摄影师组成的小组进行的。

航空摄影的目的，有的是作地球资源探测，有的用来考查森林、山川等，但主要都是用在军事上的。在战争年代里，采用飞机摄影作为侦察手段，可以拍摄敌方的机场、军港、部队的调动布署，拍摄兵工厂、各种军事设施、交通要道，以及运输情况等照

片。据说，在第一次世界大战期间，互相拍摄的侦察照片每天都有好几千张，第二次世界大战则达到上万张。美帝对航摄侦察是很重视的，早在二次大战前就投入了大量的人力物力来从事航摄工作。第二次世界大战胜利后，当时的美帝国防部长甚至还吹嘘说：

“美国及其盟国之所以获得了第二次世界大战的胜利，主要是因为拥有最好的航空摄影侦察设备的结果。”当然，充分暴露了他们“唯武器论”的反动观点，大家都清楚，获得第二次世界大战胜利的，完全是全世界人民革命的力量。

战后，美帝从侵略的目的出发，更加迅速地发展了他们的航空摄影工业。在 50 年代中期，他们研制成功了一种能在 20000~30000 米高空飞行的 U—2 型间谍飞机。机上携带有一台 73—B 型的长焦距全景摄影机和一台 501 型的短焦距摄影机。U—2 飞机在 23000 米高空飞行时，能对地面鉴别出相当于 0.2 米的目标。1956 年，U—2 飞机对苏联作了首次侦察飞行，拍摄了有关苏修军事秘密的许多照片。

与此同时，美帝还发展了一种适用于低空拍摄的摄影机。其代表型号是 KS-56，采用一种叫法切耳得(Fairchild)的全景相机，焦距为 3 吋，相对孔径是 1:4.5，用 180° 水平的两块棱镜扫描，每扫一次即可拍摄一张 4 吋半×9 吋的照片。在 150 米的低空飞行时可鉴别 12~25 毫米大小的目标，飞行中的分辨率为每毫米 50 条线。到了 70 年代美帝的航空摄影有了更新的发展，其特点是：①曝光自动化（能够按摄影侦察区域的亮度控制狭缝的宽度，进行自动曝光）；②分辨率高（假

如用 EK3400型胶片时，分辨率可达每毫米120条线)；③底片储存量多(一架摄影机能储存2000呎长的胶卷)；④使用寿命高(一般可用100多万次)。此外，这种相机在10000米高空时，能以120°的方式对地面进行扫描，可拍摄20×800海里的面积，其代表性的型号是法切耳得(Fairchild)F638型，它是一种横扫描、大镜头、长焦距、大片幅的全景相机。

为了争霸世界的目的，苏修在航摄方面也一直同美帝搞竞争，他们已为航摄机装在米格式23型的飞机上，也可在20000~30000米的高空对地面进行摄影侦察，到印度洋和世界各地上空进行了多次的间谍飞行活动。

然而，在导弹武器发展的年代，利用飞机作为侦察手段，无论是U—2型的也好，或者是米格式的也好，它们都具有两个致命的弱点：①容易被击落，早在60年代初期，我国就多次击落了美帝的U—2间谍机；②飞机的航程和驾驶员的耐久力都有限。因此，到了50年代末60年代初，飞机的侦察就被卫星侦察所代替了。

下面介绍一下空中侦察发展的第三阶段——卫星侦察。

大家知道，卫星侦察较之于其他的侦察手段具有如下的优点：

① 飞行速度快，每小时可达20000~30000公里左右，比U—2飞机约快35倍，这样在很短的时间内，便能侦察到极其辽阔的地域；

② 飞得高、看得广。在300公里以上的高空能够侦察方圆几千公里的地区；

③ 寿命长，不受航程限制。甚至在没有燃料的情况下，还可飞行几天或几年，而且寿命随着轨道的增高而延长；

④ 在卫星上，相机拍摄时不受卫星发动机振动和大气扰动的影响；

⑤ 卫星绕地球运行时，由于地球自转，能使地球上的大部份地域进入卫星的观察范围。如果卫星的轨道与地球赤道的夹角

成90°时(即通常所说的极地轨道)，全球都能看到；

⑥ 不受国家主权的限制，外层空间如公海一样，没有什么高空主权的国际法约束。

鉴于以上原因，十几年来，美苏两霸都拚命地发展了各自的卫星侦察，来作为争夺世界霸权的工具。

二、卫星侦察的发展概况

最早研究用卫星进行侦察摄影的是美国的海军。关于人造卫星的可能性和用它作为军事侦察的潜力问题，早在第二次世界大战以后就被认识了。40年代后期，美国的“兰德”公司作了一系列的研究，50年代初期，它研究了侦察卫星的许多战略和技术概念，到50年代中期，在证实了未来运载火箭的有效性以后，美国就真正着手搞一个卫星计划。1955年3月16日，在中央情报局的主持下，美帝空军提出了一个战略卫星系统的正式使用要求，代号叫做WS-117L，这种卫星的运载工具是由美国洛克希德飞机公司制造的，名字叫做“阿吉纳”。

要研制一种具有实用价值的侦察卫星，必须解决许多技术问题，例如，卫星的稳定和定向，长焦距光学相机的设计和生产，以及摄影数据的回收等等。

要想使卫星侦察到的情报送回到地面，美国最初是考虑用电视摄影和磁带记录的方法，就是说，当卫星通过地面站的上空时，把储存的电视“照片”用无线电传输的方法送到地面。但是，这种回收方法分辨率太低，视场太小，因此放弃了这一方案。当然，后来的事实发展证明，这种传输方式还是有其独特的优点的，电视相机拍摄的图象可在较短的时间内传送到地面，而且优质的光导摄像管产生的分辨率接近于普通的摄影相机的分辨率，同步的通讯卫星还能够处理电视传输的频宽。它的这种优越性不仅使得侦察

照片有可能通过中继传到地面站，而且还使地面操作员能调整卫星相机镜头的不同焦距，或者为了探测伪装目标而更换不同色彩的滤光镜。所以，此方案还是可行的。到1957年，美国即决定同时研究另外的两种回收方案：一种还是用无线电传输的办法，但不是传输电视“照片”，而是使侦察相机拍摄到的照片在卫星上自动冲洗，烘干，然后用一个电眼扫描装置把图像直接变成电信号传输到地面。这种传输方式的侦察卫星起初叫作“哨兵”，后来改称为“萨莫斯”（“萨莫斯”的意思是“卫星和导弹观察系统”）。美帝的“萨莫斯”1号侦察卫星是在1960年10月11日发射的，但是没有进入轨道。到1961年1月31日又发射了“萨莫斯”2号进入到极地轨道，其高度在480~560公里之间，卫星约重1857公斤，其中摄影侦察设备重135~180公斤。在轨道上的头几个星期里，萨莫斯—2号都按指定的位置进行拍照，用无线电传输的办法把拍摄到的苏修军事秘密的照片传给地面接收站。当然，利用这种无线电的传输方法仍然有缺点，主要是传送速度很慢，例如，要把230毫米×230毫米的照片上的信息传送到地面就需要20分钟，而且经过地面站上空时不到10分钟，并且要消耗大量的能源，所以，在1961年9月9日发射“萨莫斯—3号”时，美帝就公开承认这是这种型号的最后一颗卫星（实际上这颗卫星没有发射出去，在发射台上就炸毁了），当然，作为一种传输方法来说，无线电传输还是可行的。

另一种回收方案是，直接回收胶卷仓。所用的卫星叫做“发现者”。它是从1959年2月28日第一次发射的，到1962年2月27日共发射38次，花3年时间，但是，其中第1次到第12次的回收都失败，只有“发现者—13号”和“发现者—14号”才开始回收成功，而且38次中总共只有12次成功，也就是说有26次回收失败。这种回收方法的实质就是，当卫星完成了拍照任务以后，就在指定的某一地区（例如在美国的阿拉斯加）上空将胶

卷仓弹出卫星外面，使其顺着太平洋顶上飞到夏威夷附近上空的一定高度就自动打开降落伞，这时一架运输机就迎上去使用一种特殊的“天空钩”将胶卷仓钩住。据说，万一由于某种原因没有钩住，胶卷仓就会落到太平洋的水面上，可以由海上舰艇进行打捞，而且万一捞不着，胶卷仓就会自动沉入海底，依靠装在上面的自动爆炸装置而自行炸毁。

上述“发现者”的胶卷仓，被回收到的12次中，有8次就是在空中由飞机钩住的，4次是在海上打捞到的。

“萨莫斯”和“发现者”型侦察卫星以及“米达斯”早期预警卫星是美帝的第一代侦察卫星。关于这些卫星上携带的相机问题，只有“发现者—14号”曾经透露过，据说全部照相设备的重量是45公斤，体积为0.085米³。

照相侦察卫星就其用途和任务讲，基本上有两种型号，各有不同的轨道寿命，分别介绍如下：

1. 普查卫星。

这种卫星的作用是监视某一国家的大片地区，找出重要的潜在目标。卫星上载有广角的低分辨力的相机，卫星的轨道寿命一般为3~4周，近地点约160公里，由于轨道是椭圆形的，大大减少了大气阻力，所以，工作寿命还可能延长。卫星的倾角一般都在80~90度，几乎全球都能侦察。

1963年5月美帝开始使用了加大推力的雷神—阿吉纳D火箭，把一个有效载荷比以前的侦察卫星大两倍（达到900公斤）的普查卫星送上侦察轨道，这是美国的第二代侦察卫星，它能携带比第一代较大的相机、更多的胶卷和其他消耗载荷，并增加了工作寿命。

据报道，美国第一代侦察卫星上的部份侦察设备曾用到“月球轨道飞行器”上，来拍摄月球表面的照片。根据公开发表的“月球轨道飞行器”的摄影设备来看，照相系统重为65公斤（包括能拍400张照片的胶卷），为

了满足比例尺和分辨率的要求采用了焦距为610毫米和80毫米的两个镜头，并采用分辨率达到500条线/毫米的、70毫米宽的胶片，用Bimat自动处理设备，在空中自动显影并烘干。为了在摄影时获得较高分辨力的图象，应用了光学高速传感器进行象移补偿。相机的分辨力可达：610毫米镜头的在46公里的高空上可分辨月面0.9米大小的目标。如果按180公里地球侦察轨道与46公里的月球轨道之比为4:1，用外推法推算，这种相机对地面的分辨力为3.6米。

美国第二代侦察卫星上用的大型相机是海康公司制造的，型号是LG-77型，焦距为1676.4毫米，胶卷画幅是116×116毫米²。如果用分辨率为200条线/毫米的胶卷，则在160公里高的轨道上能分辨出0.6米大小的目标，整个相机系统重为180公斤。

1966年8月，美帝对一种长储箱加大推力的雷神阿吉纳火箭作了第一次试验发射，1967年5月正式投入使用，它能把1170公斤重的有效载荷送入轨道，这标志着美帝出现了第三代的侦察卫星，有效载荷比第二代重20%。卫星上带有高分辨率的长焦距大孔径的象机及红外扫描器和很大的胶卷仓，还带有侧视雷达。红外扫描器探测到的战略目标记录在磁带上，同可见光照片一起用无线电传输到地面。

另外，这种卫星还可能装有一个新的“空间地面快速通讯系统”，这个系统能使卫星照片传输速度比以往的快得多，当卫星运行一周时，能把比过去多几倍的照片发回地面。

美帝的第三代侦察卫星可在轨道上运行一个月，寿命比以前的长，侦察能力也比以前的大得多。它还使用了一种多光谱的相机系统，能在4~6个波段工作，对一个目标同时拍几张照片，而相机的镜头可分别滤过可见光谱段和近红外波段的不同光线，根据拍摄到的照片进行分析比较就可识别真假目标。卫星上还装有中等分辨率的、大视场

的、测量精度高的测绘相机，因此，它不但可以“普查”和“详查”，还可以进行测绘。据报道，这种卫星上携带的侦察相机类似于探测月球的阿波罗15、16、17上所带的探测设备。

2. 详查卫星。

详查卫星的作用是对普查卫星找出的特别重要的地区重新拍摄照片，星上载有长焦距、大孔径和高分辨力的窄角相机。这种卫星的体积和重量都比普查的大，轨道高度也比较低，一般近地点约为128公里，因此，可获得最好的分辨率。

美帝的详查卫星是在1962年4月26日首次发射的，那天一种叫雷神/阿吉纳火箭把一颗载有E-6回收仓的卫星射入轨道，三天后，回收仓和胶片就被回收。这种卫星在1963年中期已达到实用阶段。到1967年8月，详查卫星就改用大力神-3B作为运载火箭，它能使卫星的寿命延长，从1968年开始，一般可在轨道上停留2周左右。第三代的详查卫星能改变其轨道，利用云层的间隙进行照相侦察，据说还可能带有红外探测器和多光谱照相设备，能够发现和透过伪装并在夜间拍摄。

1971年6月15日，美帝用两个捆绑的大力神-3D火箭发射了一颗新的一代侦察卫星，即所谓的第四代卫星，其非正式的名称叫作“大鸟”，重达11500公斤，卫星直径3.05米，长15.25米，有效载荷9吨。1972年1月20日又发射了第二颗。

“大鸟”能完成普查和详查的双重任务。它采用了一种新型的可展开式的直径为6.6米的天线，因此，克服了卫星数据传输的严格限制，其传输能力比原来的1.5米天线大16倍。卫星携带的是珀金-埃尔曼公司研制的相机，在160公里高的轨道上能分辨出地面上小于0.3米的目标，据说是目前分辨率最高的相机。经过曝光的高分辨率的胶卷从卫星内部弹射出来由回收仓送回地面。它还装有一台快速反应的胶片处理设备，通

过它，可把胶片上的图象用无线电快速传到地面站。“大鸟”预定在轨道上至少要呆2个月，带有好几个回收仓，为避免过早坠毁，卫星上还装有火箭升高其轨道，以延长卫星寿命，它的轨道比其他的详查卫星高，而且更为椭圆形，近地点为178公里，远地点为288公里。据报道，“大鸟”还可能带有侧视雷达系统以便透过云层进行侦察。

“大鸟”的探测设备中还有一架新式的电视相机，它有一个“可变”的远摄镜头。电视照片直接通过同步通讯卫星传输给地面接收站或舰载接收站，这样，地面接收站的操纵员就可直接指令卫星拍摄任何重要的目标。照片还可在卫星上进行冲洗，并立即由同样的通讯线路传输给地面。由于“大鸟”的寿命长，现在美帝每年只需发射4~5颗这样的卫星就能代替过去在同时期发射的十几颗老式的侦察卫星。美国空军称“大鸟”为美国空中侦察的重要支柱。

“大鸟”虽然是“最大最新”的侦察卫星，然而也有缺点，特别是从首次发现可疑的目标到拍摄详查照片之间仍要费一定时间。为了弥补这段时间差距，美帝正在研制第五代的侦察卫星，代号是1010，它将带有冲洗高分辨率照片的胶卷设备，并用更新式的扫描装置把底片图象经中继卫星用无线电传输给地面站，能够完成“实时”详查任务，这种卫星预计将在1976~1977年投入使用。

上面着重介绍了美帝发展侦察卫星的概况，那么，另一个超级大国——苏修的情况怎样呢？为了同美帝争夺世界，有人认为，十多年来，苏修发射的军事照相侦察卫星的数目超过任何一个国家，这种说法是不夸大的。

苏修是从1962年开始发射第一颗侦察卫星的，当然，从时间上看比美帝落后了几年。但是，从1968年开始，苏修每年发射的间谍卫星的数量就大大超过美帝。以1968~1972年这5年内统计的数字为例，苏修5年共发射168颗，而美帝才发射75颗，比美帝

多一倍以上。1972年苏修的卫星在轨道上进行间谍活动的总天数为366天，而美帝则为295天。苏修甚至在1973年5月15日这一天就发射二颗侦察卫星，一颗是“普查”，另一颗是“详查”。从以上的数字可见，苏修的扩张主义野心比美帝更大，比美帝具有更大的战争危险性。

从侦察卫星的功能上看，苏修和美帝是大致相同的，各自采用的技术也是差不多的，例如，关于胶片回收问题，苏修也是采用卫星弹射的直接回收和用无线电传输等办法。但是，总的说来，苏修的技术要比美帝的落后。主要表现在，苏修的卫星在轨道上停留的时间较短，而且有时会出现一些控制不灵的技术问题。由于这个问题的存在，苏修的侦察卫星在完成的任务之后有可能要坠落到别国的领土上，因此，苏修的侦察卫星几乎全部都装有自行爆炸的炸药。例如，1973年4月间，苏修发射的“宇宙”554号间谍卫星，在它得到降落的指令而没有作出反应时，它就自动进行爆炸了。

三、卫星上侦察相机的若干问题

大家知道，象征某种可见光探测器系统的重要参数一般包括比例尺、综合分辨率、地面分辨率、焦距和透镜的 f /数。对卫星相机的要求，一般是视场要大，分辨率要高，测量精度要高，重量要轻，可靠性也要高，而且尽可能要实时输出。

1. 关于视场问题。

目前，保证大视场的办法一般多采用全景摄影——即用扫描的办法，分有直接扫描和棱镜扫描两种。所谓直接扫描，就是指相机拍摄时，透镜转动，底片不动。这种办法的优点是分辨率高，结构较简单，但相机的尺寸较大；另一种是棱镜扫描，即棱镜旋转，底片也动。这个办法的优点是结构紧凑，但分辨率较低，还会产生相移，即棱镜

的光线同底片运行的速度有误差而引起的。

2. 关于相机的重量问题。

要增加卫星的重量就得增加运载火箭的推力，一般说来，每增加1公斤的卫星重量就得增大火箭的推力1吨左右，因此，关于相机的材料应尽量采用轻合金，结构上采用桁架结构等。

3. 关于比例尺。

比例尺给出的地面距离往往与空间相机提供的照片单位长度是一致的。假设相机垂直指向地面，比例尺(S)则等于高度(A)与焦距(F)的比值：

$$S = \frac{A}{F}$$

如果相机不是垂直指向地面，则这一比例或必须考虑用几何因素（指视角和地球曲率）加以修改。

4. 关于分辨率问题。

所谓分辨率，一般指两种，一个是地面分辨率，这是衡量空间摄影照片精度最有效的指标，这个问题下面再介绍。另一个是指胶片和相机的分辨率，叫综合分辨率。关于保证这后一个分辨率有几个因素。①照相窗口的结构要合理。由于卫星外部的空间是真空，里面有大气压力，因此，窗口用的平板玻璃每平方厘米承受的力是很大的，甚至会使玻璃变成弯曲，或者变混浊，因而影响分辨率，“双子座”上采用的是三层平板玻璃结构。②镜头底片要求每毫米达到几百条线；③要克服相移现象；④要保证相机所处的各种环境的因素稳定、平衡，例如，温度、压力、振动等等问题。

一般说来，相机的分辨力指的就是胶片和透镜的能力，或者两者的总和。通过黑白线组成的分辨率板，看它在每毫米能分辨的线数。一般地说，一条线象征的只是探测器的分辨率阈限，并不是相片的质量。由于衍射效应，透镜的最佳分辨率实际上是达不到的。理论上的计算表明，要保持分辨力不变，光学系统的孔径应随着焦距的增大而增

大。

下面介绍关于地面分辨率问题。一般说来，地面尺寸与地面分辨率是等效的。地面分辨率的意思是指在良好的反差条件下能辨别的地面最小目标值。

假定G为地面分辨率，S为比例尺，R为胶片 and 相机的综合分辨率，则在相机垂直于地面的情况下，

$$G(\text{呎}) = \frac{A(\text{呎})}{300 F(\text{呎}) R(\text{线/毫米})}$$

其中，A为飞机或卫星的高度，F为相机的焦距。

上式表明，对同类设备来说，卫星得到的地面分辨率要比飞机的低。跟U-2飞机所用的相机比较，要使卫星侦察变成一个有生产能力的事业，看来提高分辨率或增大焦距是必要的。上式还说明，增大焦距是提高分辨率的折衷方案，就是说，100吋焦距和25线/毫米的分辨率等于25吋焦距和100线/毫米的分辨率。这个等值对于一张照片所含的大量有用的数据是不正确的，而对于地面分辨率是正确的。总之，如果焦距的分辨率的折衷方案是成立的话，它最好向着较低分辨率和较大焦距的方面发展。

卫星的性质和地面大气层特性对于获得地面分辨率是具有严重的限制性的。由于大气层的阻力，射入很低轨道的卫星会很快地衰减，不是坠落于地面，就是由于摩擦而销毁，除非卫星上有一个火箭发动机能使卫星在轨道上周期性地上升并防止卫星衰减，这就必须在高度和有效寿命间采取某种折衷方案。如果胶片的供给量受到重量限制而引起的卫星寿命缩短，就应选择低轨道，这就是详查卫星选择的轨道以便使地面分辨率达到最佳。如果数据从电视相机通过遥测装置发回地面，或把大量的极好的胶片发回地面，则更长寿命的卫星是有希望的。此外，卫星还受到运载火箭推力的限制。例如，美帝在60年代初期用的是“雷神”小型火箭，严格限制了相机的体积、可载的胶片数量等

等，目前使用的“大力神”火箭就大大地减少了这些限制。

大气层的影响和地面外壳的运动也会引起地面分辨率的降低。对于高分辨率来说，不仅卫星的运转而且地球的自转都必须进行补偿。补偿的办法可以采用极短的曝光时间，或者使相机实现旋转，后者要求相机的驱动装置的重量分布要合理，前者要求综合考虑胶片的感光度和胶片的分辨率。

单独大气层影响也会引起地面分辨率的降低。大气层的不均匀性和骚动往往会引起亮度、位置和尺寸的变化。这些不利因素主要发生在卫星接近地球的对流层顶的时候。由水和灰尘引起的光散射也会引起分辨率的降低，所以侦察摄影最好是在雨后天晴的时候。

云层的复盖也是一个很麻烦的问题。根据气象卫星的情报来调整侦察卫星的发射，可在一定程度上克服这个问题。但是，在某些地方，例如象莫斯科，难得没有云层，当然，有的卫星可以改变它的轨道，这样就可以利用云层的间隙进行侦察。

电视较之于胶片具有不同性质的优点。电视能提供瞬时的侦察，这对于象早期预警卫星的用途是很重要的。如果使用优质的光导摄像管，则电视得到的分辨率会比过去更引人注目。若胶片在卫星上冲洗，则所得的照片就必须用电视相机或激光束进行扫描才能把数据传回地面，用这种传递方法，不仅信息会受到损失，而且通信上的要求也很高。

有人认为，采用立体照相技术，即用两台相机拍照，为判读员提供立体照片，也会提高照片的清晰度。

应当指出的是，地面分辨率并不是图象质量的唯一确切的衡量标准，它只表示照片特征的阈值。而背景的反差高，就容易发现目标，背景的反差不足就会使目标模糊不清。很长的目标，例如铁路和电线，尽管它们的尺寸低于计算的地面分辨率，通常都能

分辨出来。太阳的投射角和目标内在的反射率也很重要，因为它们影响目标的表面亮度。

目前，在黑夜利用月光和星光进行微光摄影或微光电视的技术已取得了较大的进展，这种技术对于侦察夜间活动和监视北极区域很重要，但要获得高感光系统，分辨率是要受到损失的。另一种新技术是卫星采用激光束进行仿真照相也在迅速发展着。

四、遥感技术及其在侦察卫星上的应用

什么叫遥感呢？简单地说，就是从远方测量物体，或者，换句话说，“遥感”就是不用手直接接触而对某种物体或现象进行测量或考查的一种技术。例如，照相机就是一种遥感器，利用它可以测量或者记录反射光而无须用手去触动被摄的对象。拿人眼来说，实际上也是一种遥感器。再如，微波辐射计、光电倍增管、固体探测器和光谱仪等也是属于遥感器。

“遥感”这个词是1962年美国首先使用的。十多年来，“遥感”这种技术已得到了迅速发展，目前，它已形成一个崭新的科学技术领域。“遥感”，不象某些别的技术，它不会污染地球的环境，相反，利用它可以探测地球上某些地区的污染情况，从而提供人们改善居住条件的可能性。

遥感技术的应用范围是很广泛的，而且可以断言，将来的发展一定是一个不可估量的深度和广度。但是，就目前来说，遥感技术主要是用在以空间摄影为中心的各种空间考察和侦察方面。一般说来，空间摄影只是利用可见光到近红外这一波段，可是，遥感系统所利用的波长范围却能扩大到紫外，甚至微波这样宽的范围，电磁波段大约从0.1微米(X-射线)到10,000微米(无线电波)这一段。

用于空间摄影的遥感系统，一般可分为图象方式和非图象方式两种。这里所说的图

象方式是利用各种图象信息的收集手段，泛指非图象方式以外的所有测定方式，下面图 1 A 表示遥感系统的体系，图 1 B 示出图象方式的详细分类。

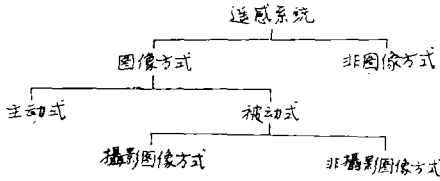


图 1 (A) 遥感系统的体系

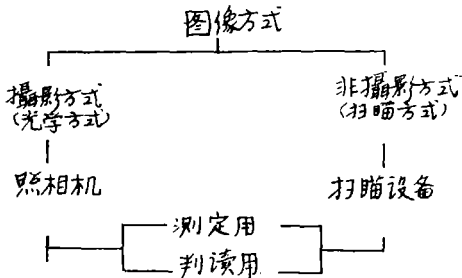


图 1 (B) 图象方式的详细分类

细分类图表示，图象方式分为摄影方式和非摄影方式，前者也可用光学方式来表示，后者可用扫描方式来表示。

日本地质调查所的松野博士将图象方式

分为被动式与主动式，主动式表示雷达的图象，其他的图象方式均包括在被动方式项目中，这是一种新的分类法。

一般说来，系统的分类难以采用单一的表现形式，不论是光学方式还是扫描方式，扩大到详细分类之后，最终将有摄影化学记录的情况与电子学的磁带记录情况。就是扫描方式也可细分为扫描光学图象面与扫描被摄体表面等情况。图上所示的只是其中一例，根据学科的选择方式，将这些分类相互结合是最理想的。

空中摄影是遥感的核心，它是将地球或其它行星表面的一部分从遥远的地方拍摄下来。可以把有关三维空间坐标信息与有关物质结构的信息转换成二维的照片。

这样，通过一次信息转换记录下来的照片就成了被瞬时记录的（被拍摄的）对象的宝贵的信息源。对于这种信息，为了从中提取三维信息，需要再现的过程。

利用空中摄影来测量和调查是由记录和再现两个过程组成的。对于其他的一切也按照这种过程加以说明是最合适的方法。程序的组合归纳如图 2。

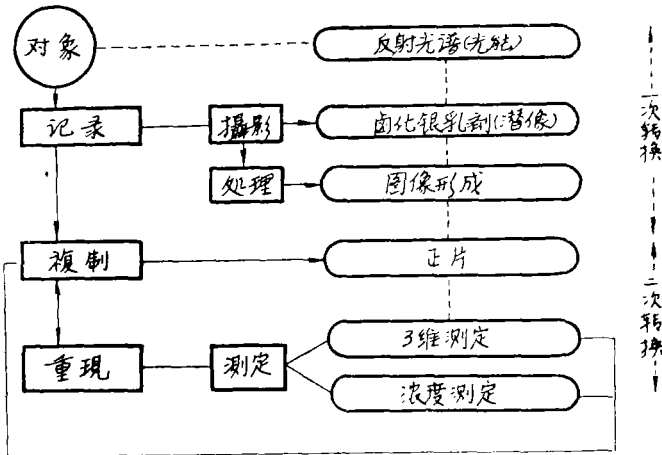


图 2 记录与重现过程

空间摄影的信息处理

空间照片中所含有的信息的再现，可分为两类，即信息的定量与定性。最初的组成如图 3 所示。

照片信息的定量分析根据后述的立体透视原理，采用制图机将地球表面的立体模型再现，进行长、宽、高等三维测定。这个方法又叫作定量照相测量。这样测量加工成的

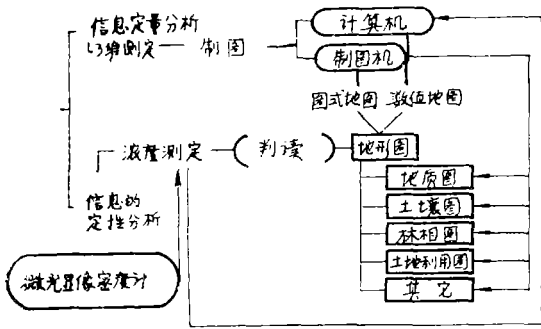


图3 空中摄影的信息处理

图就是一般的地形图。把制图机得到的三维测定值不以图形来表现而直接将测定值存储在计算机的存储器中，将X、Y的平面坐标值以网格形式表示，只有两个轴以数值形式表示的数值地形图。将高质量的1/50,000地形图与数值地形图比较示出。数值地形图是新式的地形图。

照片信息的定性分析是从照片形状、浓度、图形、结构进行图象的性质判定，最初被叫做照片判读。对应定量摄影测量又称为定性摄影测量。特别是这时以浓度测量为重点，也可将浓度测量机与计算机组合进行自动判读。

结果，将定量化制成的地形图作为普通地图，而且同时记录下来。

这样，定量化与定性化两个不同范畴的方式互相有机地关连起来，这可以说是处理空间摄影信息的特殊点。

图象方式的内容

图象方式分为光学与扫描两种。光学方式是所有航空照相机摄影的总称。航空摄影机从机构上看，种类繁多，一般说，按使用目的分类较为妥当，即上面说明的定量化（制图）与定性化（判读）。

制图使用特殊的度量相机，判读使用侦察相机，细分如图4。

判读相机中使用的是一种带式摄影机，它依据飞机与地球的相对速度而移动相机内的胶片，通过细带，记下连续的航空照片。利用小型胶片的闪光式相机，在空中以非图

象方式测量时，可作识别地球上的位置。

广角相机是以圆锥体镜头向相对飞行器飞行方向的直角方向扫描拍摄的。飞行器速度与镜头扫描速度会造成被记录下的地球表面图象的中心部与两端的照相比例尺的变化与位置的相对位移。

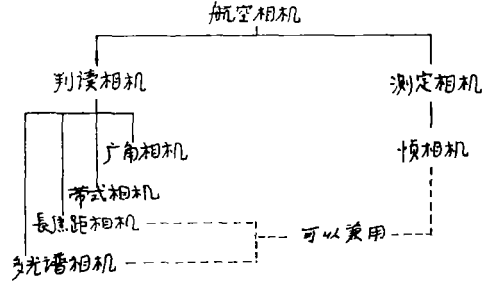


图4 航空相机的细分类

图5上表示的是帧相机与广角相机的基本结构，长焦距镜头也属于帧相机之列，但应指出的是镜头的光轴不能校准。

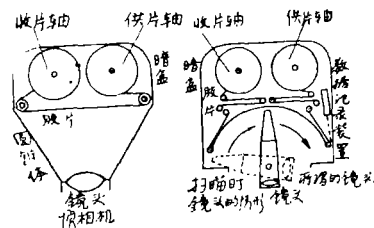


图5 帧相机与广角相机的基本结构

遥感技术作为空间摄影的一种手段，最引人注目的是空间“多光谱照相”的发展。这是60年代初迅速发展起来的一种技术。所谓“多光谱照相”，就是用一组照相机在一个画面上拍摄好几张照片。每架照相机各用一种不同的滤光镜，使它只拍摄在可见光光谱的一个狭小部分里反射出来的一种光。例如，第一张照片采用只反射兰色光的滤光镜照相机拍摄，而第二张则用红色滤光镜拍摄同一个画面，第三张用绿色滤光镜，第四张再用红外敏感胶卷。

胶卷经过处理后，可以单独分析，也可以和一种或其他几种胶卷结合起来分析，也可用彩色滤光镜投影以便增强一种特殊光谱的谱段。一般说来，在一张普通的彩色照片

里，人的眼睛对于相同性质的景物是不容易看清楚，比如说，原来的野草和新近移植来的新草，在同一张照片里，人的眼睛看起来是一样的，但是，在多光谱的照相中，新草容易辨认，因为新草对一种颜色的光反射多些，而原来野草又对另一种颜色光反射多些。又如，地面上的一条河和一条公路，用人的眼睛要在照片上判断或辨认是很困难的，但是，如果用多光谱照相，那就是一种很容易的事了。多光谱照相的这种特性，对于识别导弹发射井的地面上的伪装是具有特殊意义的。

多光谱照相机的第一次飞行试验是在1962年底由美国空军的一架叫做C-130型的运输机进行的。当时的多光谱照相系统是由九架照相机组成的，每架照相机各在不同的谱段工作。美帝的目的是希望利用这种多光谱摄影系统来秘密探测别国的地下核爆炸，理由是地下核爆炸可能会使土壤或树叶的反射特性发生某些细小的变化。以后几年连续作了多次试验，到1965年底，据说，这些试验表明，多光谱的照相技术对于核爆炸具有巨大的侦察能力。

多光谱照相的另外一种叫法，叫做“假色”技术，据说，多光谱照相机上面用的一种胶卷是特殊胶卷，它通过黄色滤色镜曝光，冲洗出来后，干燥的地区呈黄色，潮湿的地区则呈不同程度的青兰色。水域显色较深，而且水越深颜色也亦深。据报导，这种技术在拍摄海岸和三角洲的侦察相片时已证明有效。苏修还准备利用这种技术来探测潜水艇的活动。

1965年以后，美帝还把多光谱照相技术用到“地球资源卫星”上。第一颗“地球资源卫星”上就用一个多光谱扫描器，它能将在三条可见光谱和一条近红外光谱内工作，能在不同的光谱带上记录相同的“景物”，据说，采用这种系统能够很好地分析各种植物的信号差，还可用来测定遭受病虫害的农作物和森林的位置，探测污染源和发现地下

矿藏等，因为多光谱的照相技术就是根据地面上的所有有生命或无生命的物体和地形都能反射或发射不同的光谱，这样的一个原理进行工作的。1966年以后，美帝航宇局在政府的一些部门，如农业部、内政部的大力支持下，已进行了一项地球资源勘测计划。70年代以来，美帝的航宇局为了验证上述的原理，计划在1972~1973年间发射两颗不载人的试验卫星，同时还准备在载人的“天空实验室”里进行其他的地球资源勘测试验。计划为“天空实验室”提供一部具有六个谱段的多光谱照相机，这部相机能同时对一景物拍摄四张不同谱段的黑白照片，以及一张红外照片和一张全色照片。据说，这架照相机的重量才180磅。

另外，据1973年报导，美帝载人的“天空实验室”还采用了一种叫S-192多光谱扫描器，它能把从地面收集到的光能分为13个光谱段，其中12个为可见光和近红外光，一个是热红外光。这种扫描器能测量光强度，并记录在磁带上，然后根据磁带制出类似“照相”的图象。

这种S-192多光谱扫描器安装在“天空实验室”的一种叫作多用途的连接器中，能在376公里高的轨道上扫描62.4公里宽的地域，它一次可以测量和记录来自约4047平方米视场的光能。它有一个24吋的俯视镜，能从地面收集光能，再经过机械扫描平面镜使光能通过一个光学装置，把光能分成上述的各种光谱段。然后，再把这些光能聚焦在一组由13个低温冷却的汞—镉—碲组成的传感器里，经过测量后转换成电子信号，最后把这些信号贮存在磁带上，送回地面进行分析。

遥感技术在侦察卫星上的另外一种设备就是“红外传感器”，或者叫“红外扫描器”。它能在完全黑暗的情况下，产生象照片那样的图象，对于探测重要的战略设施特别有用。红外扫描器之所以能够“看见”或探测出目标来，是因为每个物体在高于绝对零度（-460°F）时，都能发射或反射不同强度的

红外光波的缘故，使红外系统能进行精细的探测工作。人、工厂、汽车、甚至冰山等等都能发出红外辐射。例如，绿色植物中的叶绿素有一种非常清晰的红外线“指纹路”，因此，按照照片中的色彩变化，红外扫描器就可以探测出海洋的一种浮游生物，这种生物是提供地球上氧气的主要来源叶绿素的主要含量。

在军事应用上，“红外传感器”发现或探测目标的能力取决于重要战略目标和它周围环境的误差。例如，一个温暖的厂房，如果它周围的地面冰雪复盖，要发现它是比较容易的。同样，一般在冷水中航行的热船也是如此。混凝土和柏油路在白天吸收太阳的热量，但在晚上却能很快散热，因此，路和它的两边地面之间的温差就显得格外突出。因此，红外传感器对于探测伪装的目标，或容易被忽略的物体，具有特殊的用途。例如，据美帝报导，苏修设在边远地区的大型热电厂，通常是为地下工厂供电的，而这些地下工厂的关键部分一般都已掩蔽或伪装，但在红外扫描器产生的照片里却很容易看出热电厂。再如，核潜艇要用水来冷却它的反应堆，而且在航行中还会不断地排出余热，因此，船尾的水温比其周围的水温高得多，所以，在天空中飞行的红外扫描器也能跟踪核潜艇。

红外扫描器一般都采用对红外线敏感的特殊“探测器”，而这些“探测器”能把红外辐射转换成相应强度的电信号。因此，对某些应用来说，这些电信号可用来产生象照片那样看得见的图象。红外扫描器装在战略卫星上可用作大面积的侦察，并将所得的信号暂时贮存在磁带里，然后通过各种方式传递到地面站。有一种卫星用的红外探测器能探测出对方导弹的热辐射，据说这种探测器是由2000个元件组成的，它能在3~5微米波段范围内工作。

目前，国外在早期预警卫星和侦察卫星上用的一般都是近红外探测器，它能在夜间

照相并透过伪装。

当然，必须指出的是，红外光学系统的分辨力与可见光相比是比较低的，据说，对于一般的8微米波段来说，红外要比可见光低一个数量级以上，有人估计，在1970年以后，用焦距1.2米的红外相机，从480公里高空可能得到的分辨力为3米。

此外，侦察或预警卫星要发现和跟踪中程导弹，只能用8~14微米的远红外探测器，这是因为与发动机工作阶段相比，燃烧的导弹温度比较低的缘故。

除了上述的多光谱照相机和红外照相机以外，据说，如果在载人的空间飞行器上安装一种适当放大率的双筒望远镜，使人在轨道上也会很容易看到许多潜在的要害目标，并且迅速地拍下这些目标。

五、侦察卫星的局限性

从以上几个方面看，利用卫星作为一种侦察手段是可行的，也是比较有效的，但是，它并不是万能的，更不是百分之百准确的。象其他任何武器一样，也是有它固有的局限性的，更不能决定战争的胜负。比如，关于侦察相机的地面分辨率问题，由于云层和大气等气象问题和自然条件的干扰，即使再好的相机也是很难达到完美无缺的。

根据国外文献的看法，关于侦察卫星的局限性问题，归纳起来有以下几点：

1. 导弹发射井的施工过程，如果全部在地下进行的话，则侦察卫星要发现它是很困难的；

2. 如果导弹是采用多弹头再入飞行器和多弹头分导再入飞行器，而且全部部署在地下井或者潜艇内，则从侦察卫星的照片上就无法看出和识别，也看不出导弹上带有多少个弹头；

3. 氢弹可以做得很小，由于高能火箭的发展，将来甚至有可能将洲际导弹装在载重汽车上，并把这些汽车伪装成运输汽油或

其他物资的运输车，因此，就很难辨别那些汽车是运送导弹的；

4. 卫星照片的判读还存在着许多问题，例如，美帝从卫星照片上得到了苏修北部有个大型建筑的情报，但是，美帝的情报机构内部就争论了好几年，定不下来这个建筑是什么东西；

5. 卫星照片不能揭开正在实验室内部研制的各种新式武器；

6. 由于侦察卫星飞过某一地区的上空是有一定时间的，所以导弹试验者可以安排试验时间同卫星飞过的时间错开；

7. 卫星很难侦察出来关于激光武器的发展和使用情况。