

编号: (78) 007

内部

出国参观考察报告

英国、瑞典遥感技术

56.176
177

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

英国、瑞典遥感技术

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 787×1092 · $\frac{1}{16}$ 4印张 100千字

统一书号: 15176·288 定价: 0.45元

1978年9月出版

目 录

一、遥感技术的应用效益	(1)
(一) 农业方面	(1)
(二) 地质找矿方面	(3)
(三) 海洋调查方面	(6)
(四) 气候资源方面	(7)
(五) 地图测绘方面	(8)
二、遥感技术系统	(10)
(一) 运载工具	(10)
1. 地球卫星	(10)
2. 飞机	(10)
3. 火箭	(13)
(二) 三类主要传感仪器	(13)
1. 多光谱相机和合成仪	(13)
2. 红外与多光谱扫描仪	(14)
3. 侧视雷达	(16)
(三) 图象数字处理	(16)
(四) 环境信息与地物波谱特性的观测	(18)
三、专题简报	(21)
(一) 英国、瑞典多光谱摄影技术及设备情况	(21)
(二) 英国、瑞典的一些红外遥感仪器	(27)
(三) 英国、瑞典侧视成象雷达应用简况	(36)
(四) 英国、瑞典的数字图象处理系统	(57)

英国、瑞典遥感技术

中国科学院遥感技术考察组

(1977年5月4日—6月24日)

一、遥感技术的应用效益

英国和瑞典没有单独发射地球卫星。瑞典于1969年成立了国家遥感委员会，属于国家三大委员会之一。下设水、土、气和数据四个部，推广遥感技术的应用。国家土地测量局积累了三十年来的航空象片档案，瑞典空间公司正积极筹建基律那地球资源卫星接收站，1978年上半年就可以直接收到美国及欧洲空间局以后发射的新的地球卫星资料，包括图象及磁带记录。国防研究院已准备全套图象数字处理的设备和软件。总之，瑞典已建立起自己独立的遥感技术系统。以适应本国资源勘测与环境监测的需要。

英国本土大约有155个遥感小组，绝大部分是遥感应用单位。海外部土地利用局收集了近百个国家30年来的航空象片档案。在亨丁、菲尔利等勘探公司各自拥有5—6架遥感飞机和成套图象处理设备。其他大学、研究所及政府部门中，掌握和利用卫星象片、航空象片或其他遥感技术手段，包括云雀火箭、侧视雷达等，都是相当普及的。在英国，遥感技术的应用已经不是实验阶段，而是作为生产、科研和政治部门广泛应用的作业方法之一。特别是海外部所属的单位是如此。

在遥感应用方面。瑞典和英国向考察组介绍了有关农业、地质找矿、海洋、水气资源和地图测绘五个方面的二十九个专题，列举了收到经济效益的许多事例，来说明遥感技术究竟能解决什么生产问题。

(一) 农业方面

遥感技术应用于土地利用、森林和植被普查，找水，荒地勘测与农业规划(图1)、虫害预报、道路选线和渠道设计，土壤侵蚀与土壤湿度观测、作物识别等九个专题，在英国大都有专业的机构在搞，而且取得了切实的效果。

例如著名的英国土地利用普查工作，在斯坦甫教授主持下，动员了6000名中小学教师，经过六年的努力才完成。而现在由菲尔利公司承担，利用卫星象片和航空象片，1976年只用4个人9个月的时间，就重编了全英三岛240,000平方公里的1:50,000土地利用图第四版，为城乡规划、环境保护、土壤改良，及时提供了最新图件。我国幅员辽阔，自然条件复杂，进行一次土地资源的普查，需要动员的人力物力都很大。1959年开展土壤普查时，动员了近70万农民群众，汇编成全国1:250万农业土壤图和土地利用图，花费了近五年的时间。第一次全国森林普查也前后延续了十一年。周总理生前十分重视土地资源的普查工作。为了摸清资源的家底，采用遥感技术无疑是一种多快好省的方法。荷兰在印度恒河上游的一次实验的经济效益来看，按每一千平方公里计算制图成本：用小比例尺黑白航空象片制成1:100,000的

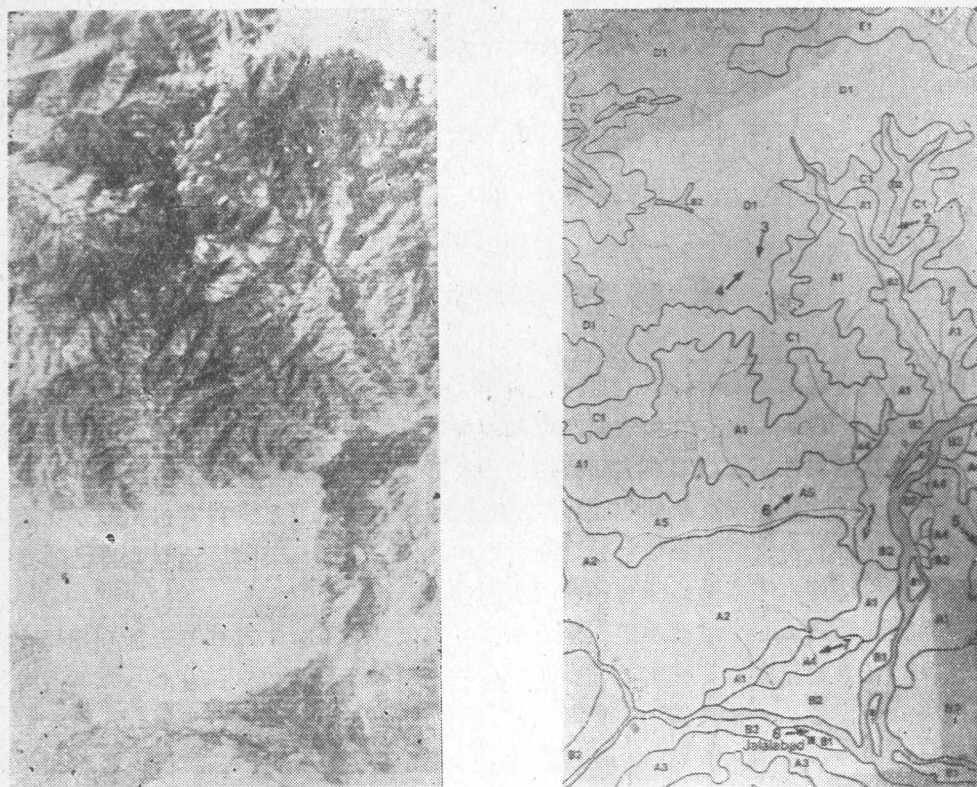


图1 用卫星象片编制伊朗农业区划与勘测荒地
(原图为彩色, 原比例尺1:250,000)

图例:	A	沙漠	A 1	陡削切割丘陵	游牧
			A 2	圆缓台地	游牧
			A 3	平原	灌溉农业
			A 4	缓坡冲积扇	游牧
			A 5	谷底平地	放牧
	B	草场	B 1	河床	放牧
			B 2	宽平冲积阶地	灌溉农业
	C	荒漠—森林	C 1	陡削切割山地	游牧
	D	针叶林	D 1	陡削切割山地	局部为森林
	E	高原与 高山草地	E 1	陡削切割山地	荒山
	F	高山	F 1	极陡山地	荒山

图件, 成本为500—1000美元; 用侧视雷达制成1:200,000的图件, 成本为2500—5000美元; 而用地球资源卫星象片制成1:250,000图件, 成本仅18.66美元。

对于自然环境与自然灾害的动态监测与预报, 遥感技术显示出重要的作用。包括旱涝预报、水源污染、土壤湿度、盐渍化的变化, 病虫害预报、森林草场火警等等。例如英国气象、水利部门合作, 用多普勒雷达, 监测云层中雨滴和冰屑的降落速度。雷达图象上显示出雨云的分布区域范围、密度, 同时对风速、暴雨、冰雹和晴空大气湍流进行观测, 可以二小时前发出预报。并用计算机推算小河流域的地表径流量, 对威尔斯山区的水库排放或存储, 及时作出判断。这项工作在英国南部已实验了15年, 证明切实有效, 计划扩建成12台雷达

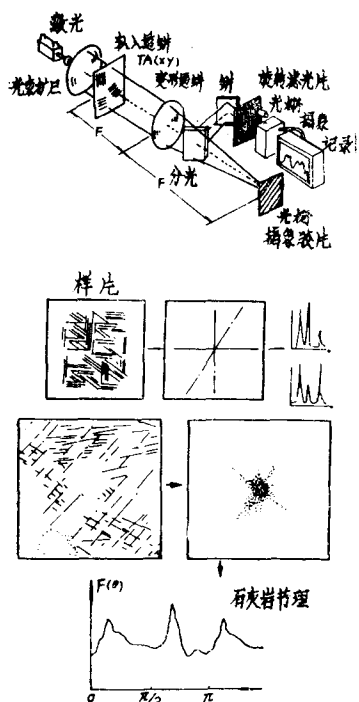


图2 激光线性分析仪及相干光学分析

组成的站网，就可以覆盖英伦三岛，保证农业水源的合理利用，充分发挥山谷水库防洪、抗旱的作用。进行暴雨的超短期预报，并确保伦敦航空港的安全（图5）。

又如英国布里斯托尔大学物理系，根据诺瓦卫星云图，在北非进行中长期旱涝预报，建立了一套计算机处理的模式，可以对台站稀少的干旱沙漠地区作补充预报，确定暴雨中心的雨量和分布。同时由治蝗中心参考地球资源卫星象片，对下垫面进行研究，分析蝗虫滋生的沼泽湿地状况。根据卫星云图查明蝗虫聚集的气流锋面，再用雷达监测蝗群的动向。十年来，用这样一整套遥感技术，对中近东、北非地区的旱涝和蝗虫灾情，发出趋势预报。通知当地农业部门，及早采取抗旱救灾措施。瑞典采用航空红外彩色摄影和红外扫描，监视森林虫害，在害虫出现14天后即可察觉。我国蝗虫灾害早已被灭绝，但是这种利用遥感技术来研究生态环境的方法，对于监测鼠害对草场的破坏，侦察松毛虫对南方松林的损害，也可能是值得借鉴的。

(二) 地质找矿方面

英国国家地质研究所、亨丁、菲尔利二大勘探公司，长期与大学合作，在地质制图、矿产普查、找水、找地热等方面，相当广泛地应用遥感技术，与常规地质方法、航空物探方法相结合，取得了发现新矿田和扩大储量的经济效果。

值得注意的是：由于遥感手段的参预，使勘探作业方法有了相当大的改变。英国一般找矿的三步曲是这样：首先利用卫星多光谱象片进行战略侦察，从大地构造和成矿条件着眼，编制小比例尺的图件，划定远景区。然后是派出遥感飞机，对远景区进行彩色红外或多光谱航空摄影、或取得侧视雷达图象，与航空磁法相结合，进行控矿构造或生物地球化学标志的分析，缩小勘测范围。然后派出直升飞机或地面勘探人员，进行验证。野外工作时间短，勘探周期也比较快。

利用卫星象片和航空象片对地质线性构造（Linament）进行分析，在英国同样认为是找矿、找水和地震分析的重要方法之一（图2）。伦敦大学帝国理工学院教授诺孟介绍了他和亨丁公司合作的经验。用这种方法不仅在赞比亚找到了金刚石矿点，在南也门找到了铜矿，在马来西亚发现了油田，甚至在地质工作已有153年历史的英格兰西南部，著名地质学家斯密士很早就描述了那一带的花岗岩体，最近从卫星象片上进一步查明了岩体周围的圈形和放射状构造线，认识有所深化，找到了更多的热液成矿的通道，也取得了扩大铅锌矿储量的效果。他还从板块运动和大陆飘移学说的观点，描述了全球范围内利用这种方法寻找金属矿的前景。并推测在我国东南沿海具有很大的潜力。我国曾经利用这种方法研究过控矿构造、潜水溢出带和深大断裂对地震的影响，但缺少激光偏光仪等自动分析记录装备，统计分析受工

卫星影像处理与分析判读

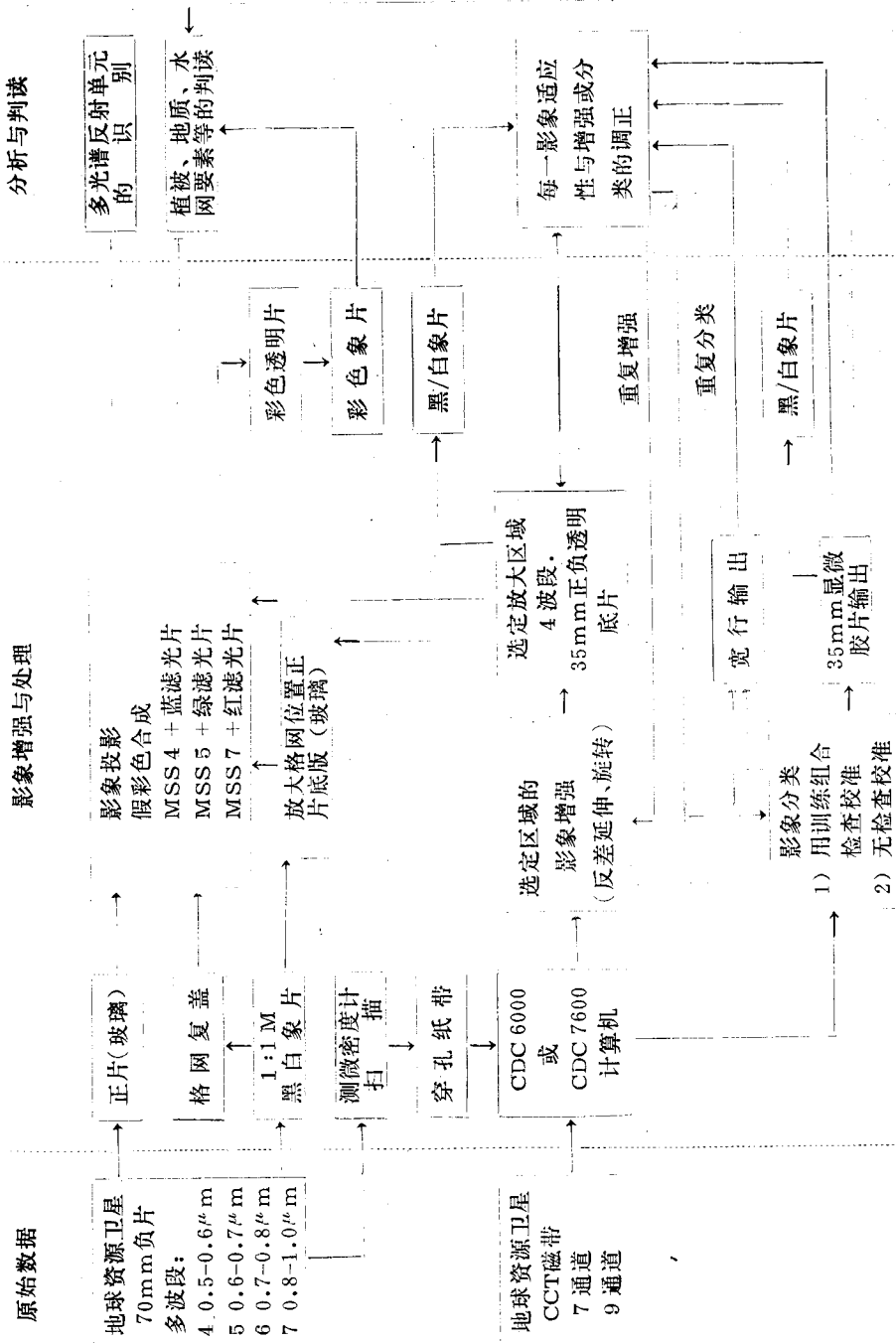


图3a 卫星象片处理与分析判读

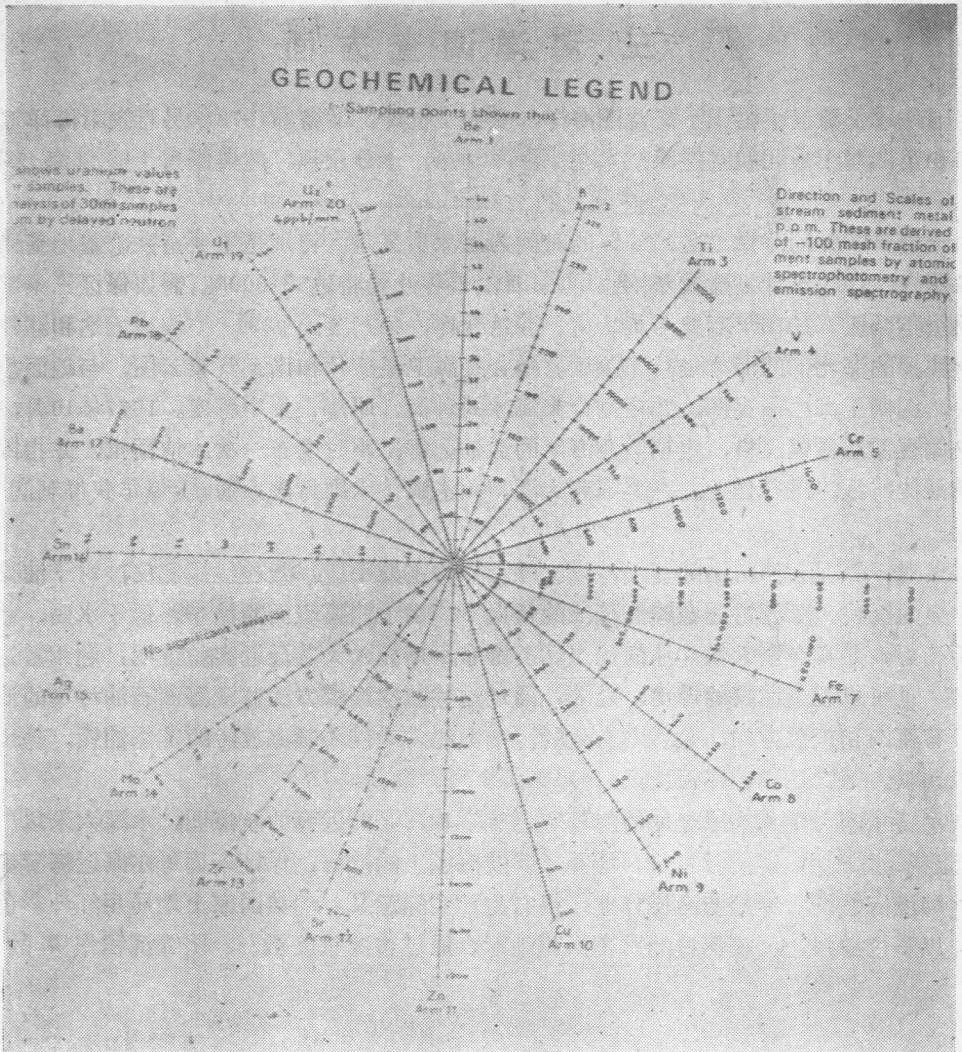


图3b 地球化学自动制图的光学码盘

作量的局限较大，方法上有待于现代化。

伦敦大学女教授柯尔，长期从事生物—地球化学找矿的研究，她介绍了在苏格兰北部设得兰岛找寻铀矿、钍矿和钾矿的地球化学标志；论述了在赞比亚热带雨林中出现的斑状草原，对铜矿露头的指示意义；还有她在澳大利亚汉姆士山脉找到红富铁矿和铜矿的指示植物和植物群落特征。现在她正在研究建立一套多光谱图象数字分析和自动制图的新方法（图3ab），充分利用遥感资料来找矿。她的方法与美国地质调查所试验的色谱异常分析方法原理大致相同，但更为经济实惠，用小型计算机就可以实现。

利用红外扫描仪寻找地下水源和热泉的实例很多。瑞典阿基阿公司在利比亚找到了地下水源。英国在摩洛哥附近的地中海浅海中，找到了解决城市供水的大量淡水涌泉。在太平洋中部的斐济岛上找到四处热泉，在附近海水中找到了四处淡水。在埃塞俄比亚找到的水源达700处。

(三) 海洋调查方面

美国地球资源卫星由于不能监测海洋，受到了批评。准备在1978年另行发射海洋卫星。在瑞典和英国对于应用航空遥感技术观测海洋动态，十分重视。瑞典侧重于监测海冰和油漏。

由于瑞典70%的海岸地区，90%的时间为海冰所复盖，特别是主要富铁矿基地基律纳位于北极圈内，1980年计划建成新钢铁厂，每日港口吞吐量将达33,000吨，需要保证三条破冰船航道的全年畅通，1975年瑞典与英、荷、芬兰合作，采用英国 p391- 型侧视雷达和红外扫描仪，对波罗的海北部的海冰进行了测绘。结合资源卫星象片和诺瓦气象云图，与地面雷达站相配合，编制了海冰预报图。其中划分出海冰的种类、厚薄、集中程度。1977年10月，瑞典将装备侧视雷达遥感飞机，定期监测海冰的活动。每二小时发布一次冰情预报，并指挥破冰船选择最佳航线，进行作业。在美国五大湖利用遥感技术维持破冰通航，每年获得利润达800万美元。

瑞典对于海面石油污染的监测，以红外扫描为主要手段。紫外线探测仪，对于油膜厚薄也有明显的反映。侧视雷达在略有风浪的情况下，由于油膜表面的糙率略低于水面，监测效果尤为良好。并具有全天候作业的优点。英国布里斯托尔大学最近实验证明：利用雷达的相错位移，也可以测量油膜的厚度。总之，通过这些航空遥感方法监测海面石油污染的油膜种类、分布范围和扩散方向，是行之有效的。瑞典经常对侵入领海放污的苏修油轮，提出警告或处以罚款。每次达三、四万美元。

斯德哥尔摩大学用高感光度的红外彩色航空片，修测近海的航海图，水深六米以内的险滩和暗礁等水下地形，清澈可见。填补了旧航海图上的缺漏，保证斯德哥尔摩近海游艇的安全。这种浅海航图对养殖与渔捞作业，很有生产实际意义。瑞典国家土地局用红外彩色航空片，加以彩色增强，反映河口的水下淤积地形，通过多次重复摄影，研究沉积作用的动态

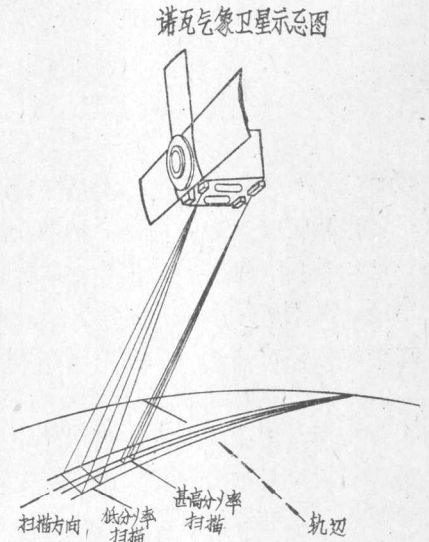
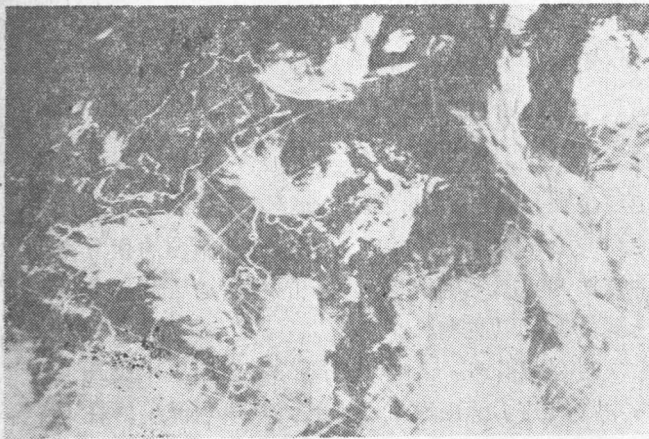


图4 利用诺瓦气象卫星镶嵌而成的欧洲及北大西洋云图（原图比例尺约1:10,000,000，用重氮纸自动输出）

变化、计算河流的输沙量。英国研究亚马逊河的岔流和江心洲的迁移，利用侧视雷达图象也取得了很好的效果。

诺瓦气象卫星甚高分辨率的云图，英国丹迪大学不仅用于气象预报，同时也用以分析英吉利海峡的海面水温温差，分析海流所受火山岛屿影响形成的湍流，以及大西洋底部冷流，通过直布罗陀海峡，注入地中海所造成的漩涡。这些都为海洋水文物理观测提供了生动形象的记录。诺瓦气象卫星示意及图象见（图4）。

瑞典渔业局深入研究了浅海兰绿藻和褐藻的不同反射光谱特性。现场检验航空多光谱象片和地球资源卫星扫描象片的效果。认为在水深3—6米范围内，兰绿藻的异形胞囊具有很强的固氮能力，是鱼类食物链的主要来源。了解它的分布，既有助于鱼捞，又可作为海域感受污染的标志。在地球资源卫星的第六波段象片上，反映出卷云状的图案。

(四) 气候资源方面

瑞典和英国都有本国装备的气象卫星接收站，接收低分辨率和甚高分辨率两种云图。除用于气象预报外，瑞典很注意作为一种研究全球气候资源的纪录。例如1967—1970年间冬季当地时间14点至16点的全世界云量与地面反射的平均亮度 (brightness)，按40×40公里格网的每日卫星观测数据统计出来。这种基础研究，没有卫星资料和计算机处理是不可能进行的；而这种基础研究，对于卫星摄影又是非常必需的。

英国牛津大学承担美国宇航局云雨气象卫星的红外辐射仪的研制。已经合作多年，并为云雨卫星4、5、6号所采用。为1977年下半年发射的云雨—7号卫星的新辐射仪，在原理和设计上都有新的进展。用压力调制，反算吸收量，不仅用于测定不同高度的辐射温度，还

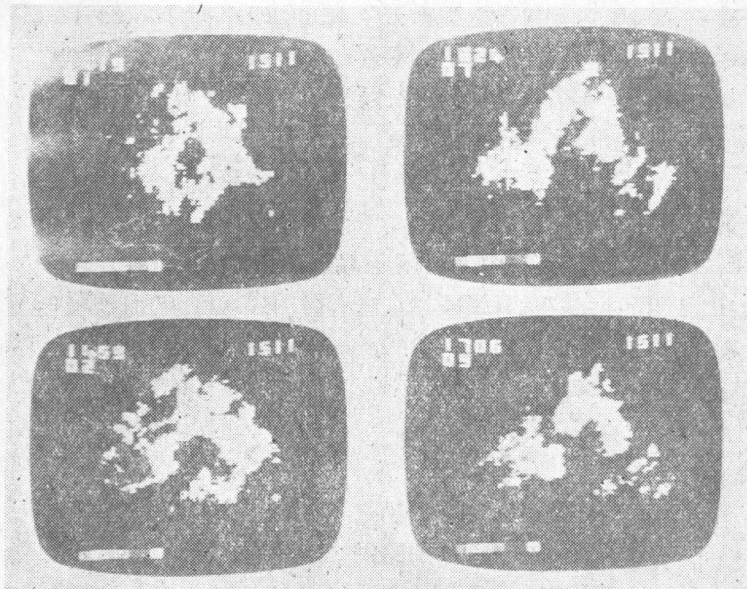


图5 利用三个多普勒雷达站对英国威尔士山区进行云量与降雨的监测（雷达图象已通过计算机转换为矩形坐标并拼接在一起，然后在监视器上以彩色密度分割形式向观众显示出来，作为预报暴雨和山洪的依据。）

可以同时测定大气的微量成分，包括 O_3 、 NO_2 、 CO 和甲烷等。云雨卫星观测数据，由华盛顿经通讯卫星中转到马德里，再用专线传输到牛津。每天整理绘出南北二个半球上不同高度的分层等温线图。例如今年冬天北半球在中国附近上空 55 公里高度层有一个 $290^\circ K$ 的冷中心；而在北大西洋上空则为一个 $260^\circ K$ 的热中心。当天南半球（夏季）只有一个围绕南极的热中心，向赤道均衡递降，等温线 $20^\circ K$ 均匀分布。半年以后这种趋势就完全颠倒过来。搞清这些规律，对于研究大气环流、气候异常的机制，具有重要的意义。

英格兰南部的雷达站，利用多普勒雷达变化反馈频率和扫描方位，来观测不同气象要素。例如垂直观测时，观测到高空 3 公里的雪片每秒下降只 1 米，雨滴每秒下降达 6 米。顶风扫描时，可找到冷锋和高速风区，有助于飞机的起落。作高角度圈形扫描时，可以测定风速风向，每秒 10 毫米的微风也可以测出来。综合以上几种观测方法，可以得到大气层温度的垂直梯度图。用高功率（约 500 千瓦）雷达安装于 60° 高角，每 3 秒钟可以测出 9 公里的剖面图一帧，显示时间约 60 倍。在图象处理过程中，将极坐标雷达图象转换为矩形坐标图象；将单站图象拼接成多站图象（图 5）。计划由现有 3 个雷达扩建为 12 个雷达，就可以复盖英伦三岛，预报单元现在加密到 1 公里见方，五年内计划达到 $1/10$ 公里见方，现在一般天气预报单元为 100 公里见方。这样使降雨预报就可为山区小河迳流估算服务。每二小时发布一次超短期预报，就解决了威尔士山区水库的排放、存储问题。这种雷达网的建设，为区域水资源勘测和开发利用开辟了一种新的技术途径。

（五）地图测绘方面

瑞典国家土地测量局负责提供全国的卫星象片和航空象片，储备着近百年来地图档案。包括地图 70,000 种，每七年更新一次。英国海外部土地利用局，收集 100 多个国家 30 年来的航空象片，提供全国使用。并承担各种大小比例尺地图的编制任务。亨丁和菲尔利勘探公司都拥有很大的测绘力量，包括从航空摄影到自动制图、印刷的全部生产设备。瑞典和英国航空遥感资料其所以在 155 个单位得到广泛的应用，和测绘部门充分提供象片和地图是分不开的，和判读与制图的自动化程度是分不开的。

另一方面，瑞典和英国地图测绘生产中应用遥感技术同样是相当普遍的。

利用地球资源卫星象片制图，明显地提高了效率，缩短了周期。例如英属南极领地编制 1:250,000 地形图（图 6），用第七波段多光谱象片，每幅只用 7 个工天。大约比用航空象片镶嵌成图，速度快 10 倍。在埃及阿斯旺以东重新修编 1:100,000 地质图 30 幅，内容比旧地质图详尽得多，增加了地层走向和断裂构造线，还订正了第三纪地层的分布界线，6 名地质工作者预期在半年内完成。又如在圭亚那新编 1:200,000（9 幅）和 1:500,000 地质、地貌图，二名地质工作者野外验证工作历时 4 年，经费约 4 万美元。这些例子，都说明比常规的制图方法节约得多。

由于卫星象片的利用，在英国和瑞典，引起了常规制图作业方法的工序改革。一般是先用卫星象片编制 1:500,000 至 1:250,000 的略图，然后派出遥感飞机或利用原有航空象片加密、详化。最后才派出地面勘测人员去调绘和验证。室内作业也有一些值得注意的技术革新：例如用撕膜法和机械分涂的方法，来制作四色影象地图时，把冰川、沙漠和石山分开来。把阴影光源从东南改换为西北方向，制成逼真的晕渲地图，也同样不用手工，而是采取制印中的蒙版法来解决。又如瑞典国家土地测量局在 Wild-A8 航测立体制图仪上，安装了一

随着遥感资料的应用和制图的自动化。地图的品种也有所创新。在越南战争中美国拍出的一种快速航空象片地图 (Pictomap) (图6)。在8个小时内可以提供给用户使用。这种地图并有地图的惯用符号和航空象片的形象特征, 颇受一般用户的欢迎。英国海外部土地利用局设计了多种形式的快速航空象片地图, 市场上相当畅销。此外, 雷达影象地图和卫星象片图都用于地质、地貌、水文等专题地图的底图。计算机自动分类统计的植被图、土地利用图。彩色增强的密度分级和边界增强地图, 在红外, 多光谱图象分析中, 已为地理制图部门所广泛使用。

二、遥感技术系统

遥感技术系统包括四个组成部分: 运载工具、传感器、图象处理和地物波谱特性实验。

(一) 运载工具

航空遥感的主要运载工具是飞机, 但在瑞典, 英国和法国也有使用气球的; 航天遥感的主要运载工具是地球轨道卫星和天空实验室。英国的云雀火箭也算是一种特殊的辅助工具。

1. 地球卫星

美国1972年和1975年先后发射了二颗地球资源卫星。1978年准备发射第三颗。欧洲国家对美国地球资源卫星的图象和磁带资料, 应用极为普遍。意大利已设立了第一个南欧、北非地区的接收站。1978年瑞典又将建成第二个北欧接收站, 比利时还计划搞第三个。全世界来说, 包括日本、伊朗、巴西等共有十个接收站。都受到美国的控制, 设站和美国宇航局要签订合同, 向美国提供地面实况数据资料。英国没有接收站, 由美国在伦敦设有一家跨国公司 (Seiscan) 推销图片和磁带。因此西欧共同体有关的十个国家联合起来, 组成欧洲空间局, 计划在1980年发射欧洲自己的天空实验室。1983年发射欧洲地球资源卫星。在他们的任务书中明确指出, 任务之一, 就是反对美苏两霸在空间技术方面的垄断, 其次是为欧洲各国提供土地、农业与淡水资源、海岸线的动态资料。还有所谓“合理管理世界资源”。

美国发射地球资源卫星, 每年投资平均约2000万至5000万美元, 而利润每年平均达14亿美元。第一颗卫星的寿命已有五年之久。

2. 飞机

欧洲空间局十个国家装备有31种不同型号的遥感飞机(图8)。载重最大的18吨, 最小的只有600公斤。根据欧洲空间局的选型报告, 认为中型飞机较好的有二种: 一种是法国 Brequet 公司的“大西洋1150型”双涡轮泵海上侦察机。载重18,550公斤, 续航18小时, 航高10,000米, 飞行速度每秒最小75米, 最大155米。起飞跑道长度1560米, 导航、通讯设备齐全, 可以同时装载航摄相机等12种传感器, 6个人操作, 造价约1000万美元(包括改装费30%在内)。另一种是荷兰 Fokker-VFW 工厂制造的“F27友谊号”双涡轮泵中型运输机, 载重5733公斤, 续航6小时, 航高9000米, 飞行速度每秒最小67米, 最大133米。起飞跑道750米。导航通讯设备良好, 可同时装备传感器七种: 包括航摄相机、多光谱相机、多光谱扫描仪、侧视雷达、剖面仪、散射仪、多频微波辐射计等。造价400万美元(包括改装费60%在内)。

英国现有遥感飞机在20架以上, 瑞典至少有3架。在造型方面一般存在三个主要缺点:

一是传感器配套不齐，收集数据不全面；二是机上数据处理设备不够；三是导航设备缺乏。因此，适应能力有限，不能使用于试验阶段。在欧洲空间局的选型报告中，提出了另一种建

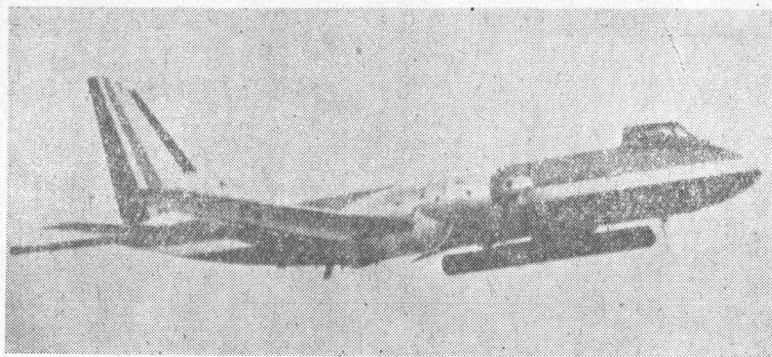


图8 欧洲遥感飞机之一

装有六种传感器：1. 真实孔径侧视雷达（X—波段），
2. 热红外扫描仪，3. RC-8 航空测绘相机，4. I²S
多波段扫描仪，5. 航空磁力仪，6. 35毫米窄缝相机。

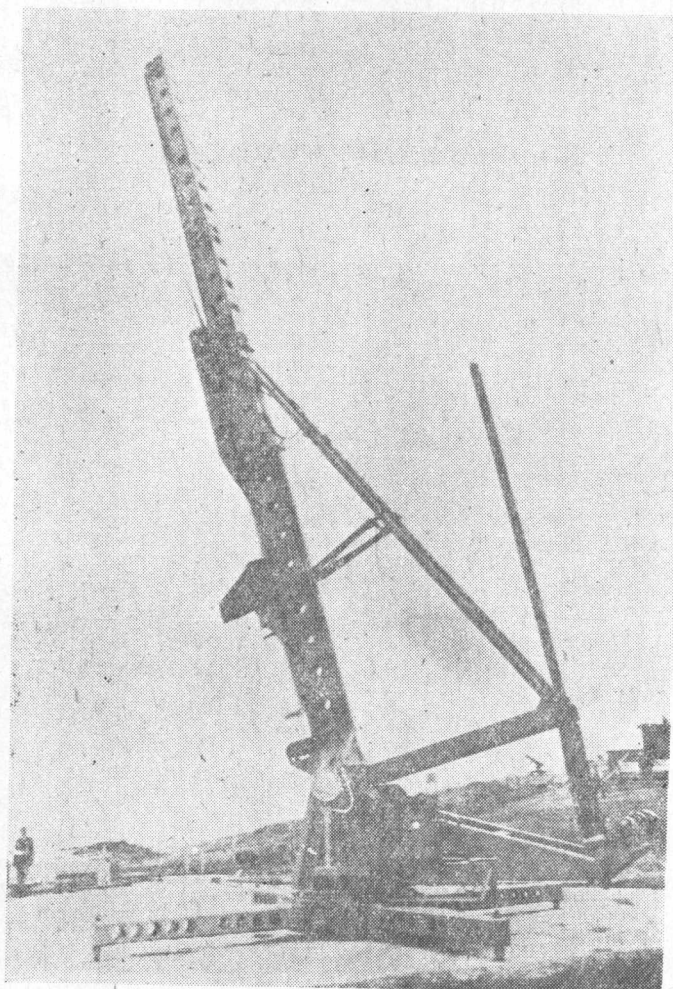


图9 英国航空公司制造的云雀火箭发射架

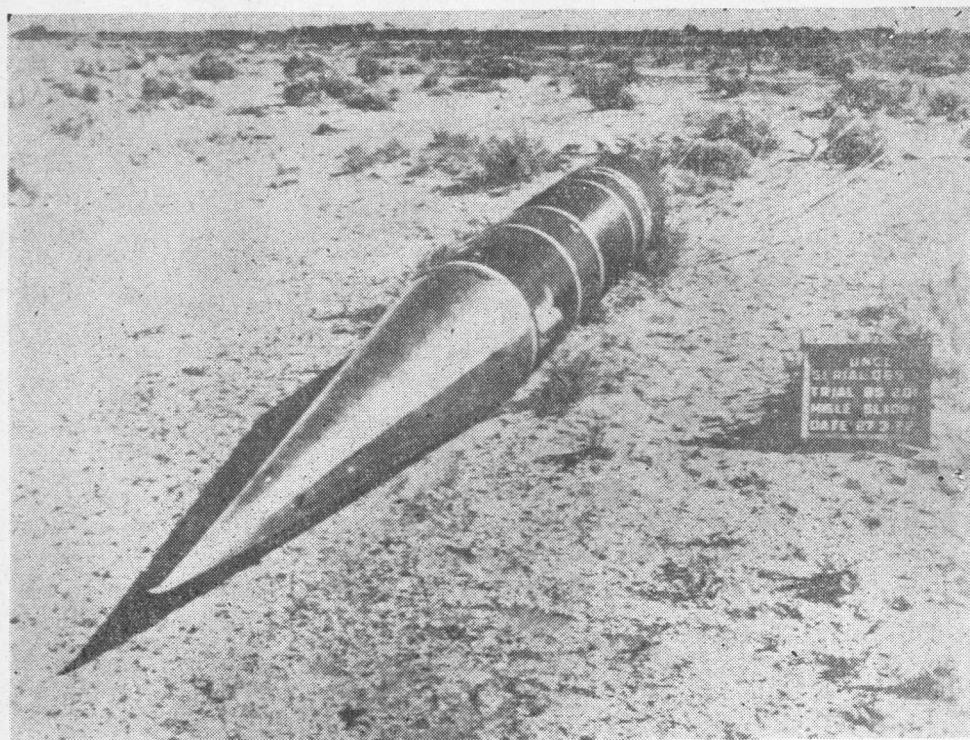


图10 云雀火箭发射后用降落伞收回的情况



图11 云雀火箭在阿根廷拍摄的图象（道路、河流和田块都很清晰。）

议,主张采用小型飞机,分组装备传感器。例如英国大部采用“皇后空军80或B8”(Queen-Air 80, B80)型小飞机,载重不超过600公斤,续航6小时,最小速度每秒仅55米,起飞跑道只200米,造价45万美元。有人主张分别装备一种主要传感器,例如多光谱扫描仪、侧视雷达或多频微波辐射计三者之一,适合不同任务的需要。再配备多光谱相机或红外辐射计等二至三种,就可以满足专业遥感需要。

3. 火箭

英国飞机制造公司(BAC)生产的云雀(Skylark)探空火箭(图9),是否可以用作为一种航天中间试验装置或辅助手段,尚待进一步分析研究。云雀火箭共分三节。第一、二节为动力部分,第三节为负载部分。长达3.6米,由一节一节圆筒连接组装,方向由头部喷嘴控制;姿态由陀螺控制,精度达1/30度。火箭发射后163秒达到200公里高度时每20秒旋转60°,每2.5秒拍照一次。安装F-24航测相机和哈斯德多光谱相机,随着火箭的旋转,相幅在地面复盖面积组成六角形平面,面积约400,000平方公里,飞行时间约10分钟,降落时用降落伞回收(图10)。造价约15万美元,据说只有卫星的1%。

云雀火箭共计生产了356枚。曾经用于天文、大气、地球物理探空试验,发射可靠性为85%。用于资源考察试验仅有3次:1972年3月在澳大利亚乌姆拉地区,发射成功,收回红外彩色胶片,用于土地利用调查,效果良好。1973年3月英国与阿根廷政府合作,在圣·路易斯地区,发射也是成功的,进行了土地利用调查(图11)。但第三次,1977年,在瑞典基律那发射,由于仪器失灵,试验失败了。

云雀火箭装置简便,可以选择最有利的天气条件,高度介于卫星和飞机之间。

(二) 三类主要传感仪器

1. 多光谱相机和合成仪

感受可见光和近红外波段的照相机,是主要的传感仪器之一。在欧洲31种遥感飞机中,有27种装有多光谱相机,26种装有普通航测相机。在瑞典和英国,多光谱相机分为多镜头型和多相机型两类。除亨丁公司改装了一种MK-1型四波段、四镜头的单相机外;其余大部分航空多光谱相机都是用四台瑞典哈斯德公司生产的500EL/M型相机组合而成的。甚至云雀火箭、阿波罗-9号宇宙飞船和天空实验室S190A也都选用同一类型的哈斯德相机(图12)。哈斯德相机占领着国际市场。

参观瑞典哈斯德照相机公司时,他们向考察组介绍了这种照相机的特点:①采用Carl Zeiss镜头和Kodak胶片,静态分辨率可达50—80对线/毫米;②可以装配14种不同焦距的镜头:焦距从30毫米到500毫米,视场角从9°至180°度不等;③配有150种组件;④配有6种暗盒,最大片量30米,拍500张;⑤卷片和快门用微电机驱动,充电一次可拍10,000张;⑥摄影间隔控制器便于同步、遥控;⑦四机快门同步精度可达6—10毫秒;⑧多相机组装,选用胶片灵活;⑨体积小,四台总重量不超过15公斤;⑩造价低,每四台组装总价合人民币10,000元。

多光谱象片需要采用合成装置,处理成为天然色或假彩色象片,用于分析判读或制成影像地图。在英国,一般采用光学的合成装置,形式繁简不一。商品型号较多:有用三台幻灯机或放大机组成的;也有用四组滤光片组合的(图22)。也有能自动测定和控制光源亮度,自动更换滤光片并测定显示曝光量的(图21)。



图12 天空实验室拍摄的英格兰岛西南部（原图为彩色）

参观英国、瑞典以后，我们认为当前航空多光谱相机和合成仪的研制方向，主要是力求结构简单、工作可靠，降低造价，早日定型生产，以适应遥感应用部门普及推广的需要。在广泛深入实践的基础上往高里提，积极准备航天反束光导管摄像机。

2. 红外与多光谱扫描仪

遥感技术中观测红外波段的传感仪器主要有四种：红外辐射计、红外热图象仪、红外线扫描仪和多光谱扫描仪。这次对英国、瑞典考察，不仅对这几种传感器的经济技术效益有了广泛的了解，而且对于扫描机构、校正元的安置、记录方式、分光光栅元件等关键技术问题和动向，有所收获。

英国牛津大学大气物理系为美国雨云卫星—7号设计了一种新型的压力调制的红外辐射计，利用 CO_2 本身的吸收带，克服了制作极窄波带滤光片的困难，消除了选择调制辐射计中二个光路之间不平衡所带来的误差。对于测定几种大气成分，测定大气温度的垂直分布。在理论上和工程设计上都有新的创见。

瑞典AGA公司生产的透射式象扫描热图象仪（680型和750型），在保证精度的条件下，温差灵敏度高（ 0.2°C ）、功耗小、轻巧方便，显示清晰，适用于野外测试和机载遥感。在利比亚找水和瑞典森林防火方面实验效果良好。瑞典国防研究所研制的热图象仪，结构上也有可资借鉴的优点。