

國外 遙感技術的發展

目 录

国外遥感技术发展概况和动向(代前言).....	(1)
第一部分 遥感平台和遥感仪器.....	(5)
一、遥感平台.....	(5)
1. 飞机.....	(5)
2. 气象卫星.....	(6)
3. 阿波罗宇宙飞船.....	(9)
4. 大地卫星.....	(10)
5. 航天飞机.....	(11)
二、各种遥感仪器.....	(12)
1. 航空相机.....	(14)
2. 多波段相机.....	(15)
3. 反束光导管摄像机.....	(18)
4. 多波段扫描仪.....	(19)
5. 固体自扫描仪.....	(20)
6. 微波雷达.....	(21)
7. 几种非图象显示的遥感仪器.....	(23)
第二部分 遥感图象数据的处理分析判读技术.....	(25)
一、地球资源卫星图象数据的接收和预处理.....	(25)
(一)地球资源卫星图象数据的接收.....	(25)
(二)遥感图象数据预处理.....	(27)
1. 遥感数据量和数据压缩.....	(27)
2. 预处理过程.....	(29)
3. 图象数据处理系统.....	(30)
4. 数字处理系统的发展动向.....	(34)
二、物体光谱特性和卫星图象判读原理.....	(34)
(一)物体的电磁波特性.....	(34)
(二)电磁波在大气中的传输特性.....	(36)

(三) 大地卫星遥感仪器采用的波段及其作用·····	(37)
(四) 卫星象片的判读标志·····	(38)
(五) 地物光谱特性测量·····	(39)
三、国外遥感图象数据的分析判读技术·····	(40)
(一) 目视判读技术·····	(41)
(二) 假彩色图象增强技术·····	(41)
1. 假彩色光学合成·····	(42)
2. 假彩色密度分割·····	(43)
3. 其它图象增强技术·····	(44)
(三) 电子计算机自动标志识别和分类技术·····	(44)
1. 比值分析法·····	(45)
2. 训练场地法·····	(45)
3. 聚类分析法·····	(46)
4. 其它识别分类法·····	(47)
5. 计算机自动标志识别和分类系统·····	(48)
第三部分 遥感技术的应用·····	(50)
一、各国应用概况·····	(50)
二、农业遥感·····	(51)
三、遥感用于水文、地理、地质勘测·····	(54)
四、用于海洋研究·····	(59)
五、遥感用于自然灾害预测预报·····	(60)
六、监视环境污染·····	(61)
七、遥感用于气象预报·····	(61)

国外遥感技术发展概况和动向

(代前言)

遥感技术是六十年代蓬勃发展起来的一门综合性探测技术。遥感,就是遥远感知事物的意思。它是在距地面几公里到几百公里甚至上千公里的飞机、卫星、飞船上,使用光学、电子和电子光学仪器(称为遥感仪器),接收从物体辐射、反射和散射的电磁波信号,以图象胶片和数据磁带记录下来,传送到地面接收站,经处理加工,从中提取对了解物体和现象有用的信息,再结合地面物体的光谱特征,来识别物体的种类、性质和变化规律。通常就把这一整个的接收、传输和处理分析判读遥感信息的过程,统称为遥感技术。遥感技术系统主要由遥感平台(飞机、卫星等)、遥感仪器、图象接收处理和分析判读应用四个部分所组成。若按遥感平台使用飞机或卫星来分,则可分为航空遥感和航天遥感(或称卫星遥感)。

航空遥感已有多年的历史。早在1858年,法国人从气球上拍摄了巴黎的城市象片,就开创了从地球外面观察地球的历史。1909年,意大利人莱特(Wright)从飞机上拍摄了第一张航空象片。第一次世界大战中,在飞机上采用望远镜和照相机进行军事侦察,从而出现了航空遥感。1937年,有了航空彩色摄影象片,能清晰地反映出地面景物,使航空摄影受到普遍重视。此后,航空遥感逐步在军事侦察、地质勘探、地图测绘、海洋观测等方面获得了应用。目前,航空遥感在各方面仍有广泛的应用。但是,航空遥感有其局限性。首先是摄影范围小,比如覆盖美国全境就需要拍摄一百五十万张航片,而且很多地方飞机还难以到达。因此,人们又积极寻

找新的遥感手段。五十年代后期,人造卫星的出现,为航天遥感的发展创造了条件。六十年代,美苏等国发射了一系列气象卫星等实用卫星和载人宇宙飞船,用航空摄影机拍摄了一批地球表面卫星象片,并开展了若干基础研究工作。七十年代,随着空间技术、红外和激光技术、电子和电子计算机技术的发展,促使航天遥感获得了迅速的发展。

与航空遥感比较,航天遥感具有某些独特的优点。首先卫星高度在数百公里以上,可以对大范围地区成象,系统地收集地球表面及其周围环境的各种信息,便于宏观地研究各种自然现象和规律;能迅速获得所覆盖地区各种自然现象的最新资料;能对同一地区周期性地重复拍摄,对多次取得的象片和资料进行分析对比,从而能及时发现和掌握自然界的各种动态变化;同时,还不受高山、沙漠、海洋、国界等地面条件限制,任何地区均能成象。因此,航天遥感已成为目前遥感技术发展的主流。

当前,国际上遥感技术发展的特点是美国在遥感技术的各个领域处于领先地位,代表了遥感技术的发展水平;苏联落后于美国,但也有一定的水平和发展规模;西欧、加拿大、日本等国正在迎头赶上;许多第三世界国家都把遥感技术列入国家发展规划,大力开展遥感活动,发展本国的遥感技术;国际协作和学术交流不断加强,活动频繁。

美国航宇局在六十年代发射的“雨云”、“泰罗斯”等气象卫星和“双子座”、“阿波罗”等载人宇宙飞船用摄影机拍摄了世界上第一批地球卫星象片。六十年代中期开始研

制地球资源卫星和各种遥感仪器,还对地物光谱特征和遥感图象数据处理分析判读技术等,做了大量的基础和理论研究工作。在经过长期的准备以后,于1972年7月发射了第一颗地球资源技术卫星(后来称为“大地卫星-1”),专门从事地球资源遥感。此后,1973年发射的“天空实验室”,1975年、1978年相继发射的两颗“大地卫星-2”,和“大地卫星-3”,特别是1978年还发射了一颗海洋卫星、一颗热容测绘卫星、一颗激光测地卫星以及新的气象卫星,使得美国开展地球资源遥感的卫星数量和规模,在国际上遥遥领先。参与美国地球资源遥感活动的有国家航空局、内政部、地质调查所、农业部、环境科学事务局、海军研究局等政府机构以及许多公司、研究机构 and 大学。目前,美国在遥感仪器、卫星地面站设备、图象数据处理分析判读技术、处理和识别分类系统(包括硬件和软件)以及遥感技术的应用方面都代表了世界先进水平。

苏联从六十年代后期相继发射的“联盟”、“东方”系列宇宙飞船和“探测器”、“礼炮”等自动星际站,用航空相机拍摄了一批地球表面象片,开始发展地球资源遥感。1973年底,“联盟”12号和13号宇宙飞船用多波段相机拍摄了苏联第一批多波段象片,后来又利用“流星”号气象卫星进行地球观测。1977年发射一颗“地球资源及海洋勘测卫星”,采用的多波段扫描仪,其分辨率为80米,相当于美国大地卫星-1号和2号采用的多波段扫描仪的水平。

西欧各国的遥感活动由欧洲空间局(ESA)进行协调和组织。该局于1977年11月发射了第一颗气象卫星,并制定了长期发展规划,计划在1982~1985年,发射“空间实验室”(Spacelab)。在欧洲空间组织的十国(法国、西德、瑞典、瑞士、英国、荷兰、比利时、西班牙、意大利、丹麦)中,最为活跃的要算法国。法国空间技术的力量和水平,居欧洲首位,到1978年共发射十六颗卫星,

仅次于美苏,居世界第三位。法国遥感技术的研究和应用原来分散在地质调查所、石油研究所、国家地理所和法国空间中心四家,1975年统一起来成立了法国遥感中心,属于法国空间局。他们制定了一个称为“SPOT”计划,即地球资源观测卫星计划。1976~1978年主要进行航空遥感、地面试验和卫星遥感的研究试验工作,并研制资源卫星,预定在1983年发射自己的地球资源卫星。同时,还参与了欧洲空间局的“空间实验室”计划。瑞典成立了国家遥感委员会,协调全国遥感技术的发展和运用,瑞典正在建立大地卫星地面接收站,他们遥感技术的发展重点在遥感数据处理和判读应用方面。英国没有全国统一的遥感组织,但约有155个遥感小组,主要发展遥感技术的应用。西德计划在1983年发射自己的陆地卫星,星上装有合成孔径雷达和激光雷达等,同时还为欧洲“空间实验室”研制微波等遥感仪器。

加拿大是对遥感技术的民用研究和实验最为积极的国家。1971年2月,就建立了国家遥感中心——资源卫星和航空遥感委员会,有17个政府部门参加,另外还有三个省级遥感中心,共同负责全国遥感工作。加拿大的遥感发展计划包括卫星遥感、航空遥感、应用计划和遥感仪器发展计划四个方面。加拿大已建立了两座地面站,接收美国“大地卫星”的图象数据,同时也在研制自己的地球资源卫星,并积极发展计算机处理分析技术,扩大遥感技术的应用。

日本的遥感活动始于1970年,但是发展很快。1972年,由政府有关部门和大学制订了地球资源卫星计划,总的课题是“日本环境变化型式的研究”,开展遥感资料的收集、处理和研究的综合研究,由日本空间发展厅和遥感中心统一负责。1977年发射了一颗同步气象卫星GMS-1。预计1978年底建成“大地卫星”地面接收站,1979年扩建后还可接收“海洋卫星”数据,为本国遥感应用服务。八

十年代,日本还将发射六颗地球观测卫星,其中三颗海洋观测卫星、两颗陆地卫星和一颗重磁测地卫星。

一些第三世界国家,如墨西哥、伊朗、巴西、阿根廷、菲律宾、巴基斯坦、埃及、扎伊尔等国,为了发展民族经济,也在结合本国特点,发展遥感技术。墨西哥的遥感技术在拉美国家中处于领先地位,1968年就建立了“国家外层空间委员会”,负责全国遥感发展。委员会积累了1970年以来的遥感资料,向二十个政府部门和许多生产部门提供遥感图象和动态观测数据,综合地为墨西哥自然资源勘测和开发利用服务。墨西哥除利用“大地卫星”资料外,自己还装备有侧视雷达、四波段航空相机等仪器的遥感飞机,发展航空遥感,并经常发射探空火箭和气球,进行观测实验。他们在全国设立22个地面试验场地,从事地物光谱试验等基础工作。巴西从1969年就制订了遥感计划。1973年,在美国航宇局支持下,建立了“大地卫星”地面站,积极利用卫星遥感资料。同时还有航空遥感活动,如利用机载侧视雷达勘测亚马逊河流域资源。其它国家也纷纷建立遥感发展机构。如菲律宾自然资源管理中心、巴基斯坦空间和高层大气研究委员会、印度国家遥感局、埃及遥感中心等,这些国家主要利用美国大地卫星资料,但是密切结合本国特点和条件,发展遥感技术和应用。如菲律宾利用遥感主要对森林资源和矿产进行勘测研究;巴基斯坦和埃及主要研究干旱、半干旱地区的开发利用。

随着各国遥感技术的发展,国际协作和学术交流活动也蓬勃发展。例如美国的地球资源卫星计划就有几十个国家参加;西欧十国、美法、美加等都有协作的双边和多边研究计划和项目。国际学术会议也很频繁。第一届国际遥感会议是1961年由美国密执安大学等单位发起的“环境遥感讨论会”,在密执安大学举行,仅有72人参加。此后每1~2年

举行一次,到第七届会议就发展到近千人参加的国际会议。1978年4月,在马尼拉举行的第十二届国际环境遥感讨论会,有45个国家约1000名代表参加,会上共发表288篇论文,这些会议对遥感技术的发展和交流起了很大的推动作用。此外,还有一些中小型的国际会议。如法国主办的“从空间观察地球和地球资源管理”(OST)会议,主要由欧洲国家以及美国等参加。1978年3月在法国图卢茨召开的第四次会议,有30多个国家的427名代表参加,会上共发表了78篇论文。加拿大到1977年,也召开过四次有少数国家参加的小型遥感会议。此外,还召开过一些专业会议,如1978年9月,由联合国粮农组织和印度遥感局联合主办在印度召开了遥感在农业上应用的国际会议。

近年来,国外遥感技术的发展动向是:在研制发射资源卫星的同时,重点发展遥感仪器、遥感图象数据处理和分析判读技术,并积极扩大应用。

当前发展的遥感仪器主要是多波段相机、多波段扫描仪、反束光导摄像机、微波辐射计、合成孔径侧视雷达等。多波段扫描仪借助光探测元件对目标进行机械扫描,得到多个波段图象数据,便于准确鉴别目标,在航天遥感中占有重要地位。美国“大地卫星-3”用的多波段扫描仪水平较高,共五个波段,其中四个波段分辨率为79米,热红外波段约240米。最近的发展趋势是采用电荷耦合器件制造多路扫描方式的固体自扫描仪,分辨率高,预计1981年发射的“大地卫星-D”采用的固体自扫描仪分辨率为30米,1983年法国发射的资源卫星用的固体自扫描仪分辨率达20米。合成孔径侧视雷达因有全天候特点而受到重视,目前主要用于航空遥感,美国1978年发射的海洋卫星已首次应用这种仪器。同时,侧视雷达还在向微波全息雷达方向发展。

国外从六十年代就开始研究遥感数据处

理技术,现在都采用电子计算机进行预处理,研究发展了若干计算机处理硬件系统和相应的软件,并积极研制实时处理系统。在分析判读技术方面,早期主要靠专门人员进行目视判读,简单方便,但速度慢、精确性差。近年来,新的分析判读技术得到迅速发展,主要是假彩色图象增强技术和电子计算机自动标志识别分类技术。前者通过光学方法使图象特征鲜明,改善人眼对影象灰度及细微变化的分辨能力,有利于分析判读,目前已普遍应用。后者借助计算机对遥感数据进行自动识别分类,快速精确,目前仍处于研究试验阶段,但它是今后的发展方向。此外,许多国家还花很大力量长期从事地物光谱特性和电磁波大气传输特性实验研究等基础工作,以期提高对遥感图象数据的分析判读能力。

国外遥感技术已经广泛应用在农林水利、地质地理、气象预报、海洋开发、环境监测等许多领域,并取得了不少成果。但是就应用水平来说,除地图测绘、土地利用调查、灾害性天气预报、森林探火等少数应用较成熟外,基本上还处于实验和开发阶段。

今后,随着遥感技术的发展,必将获得广泛而有效的应用。

我国是一个地大物博的国家,遥感技术在我国有着广阔的应用前景,是我们实现四个现代化必不可少的一种重要技术手段。方毅同志在全国科学大会的讲话中指出:“要重视空间科学、遥感技术和卫星应用的研究。”为配合国内各单位发展遥感技术,我们收集了国外有关遥感技术的资料,分遥感平台和遥感仪器、遥感图象数据接收处理和分析判读技术、遥感技术的应用等三个部分,进行整理,编写了这份资料,仅供参考。

由于我们水平所限,工作也不很细致,缺点和错误一定不少,恳请读者提出批评指正。

在资料编写初稿完成后,曾请中国科学院上海技术物理研究所张钧屏,复旦大学物理系叶仰林、徐建华,上海师范大学地理系刘树人、梅安新,物理系万嘉若等同志帮助审稿,在此一并表示感谢。

编者 1979.2

第一部分 遥感平台和遥感仪器

一、遥感平台

遥感,是指在距被观测目标几十米、几百米、几百公里,甚至上千公里的高度,用照相机、多波段扫描仪、微波雷达等具有各种用途的遥感仪器,拍摄所要观测的目标、或接收目标辐射、反射的各种波长的电磁波,并把它记录在胶片、磁带上,而后传送到地面接收站或遥感技术中心,进行各种复杂的图象、数据资料的处理工作。最后送交给各用户利用。

要装载这些具有各种用途的遥感仪器,就需要一个搭载工具。在遥感技术中,人们就把它称为遥感平台。遥感平台可以是气球、飞机,也可以是卫星、宇宙飞船等宇宙飞行器。它们飞行的高度按完成的任务的不同而不同,所携带的遥感仪器也按观测的对象不同而不同。

卫星是目前遥感技术中最重要的平台,迄今还在绕地球运行的卫星有两千多颗。就运行的轨道来说,可分三种情况:一种是低高度、短寿命的卫星,它的高度一般为150~200公里,寿命只有一至三个星期,这类卫星多数是为军事目的服务的侦察卫星;第二种是中高度、长寿命卫星,它的高度为350~1500公里,寿命可达一年以上,这类卫星有,以研究大气为重点的气象卫星,以勘察陆地环境和资源为主的大地卫星,以及考查海洋环境和资源为目的的海洋卫星等等。再一种是高高度、长寿命卫星,也叫同步或静止轨道卫星,它们的高度在36,000公里左右,这类卫星一般用作通讯。此外,为了能往返于地球、宇宙之间,美国在1977年研制成功航

天飞机,并已做了着陆试验,估计到1980年将投入正式使用,促进遥感技术向更深、更广的深度发展。

1. 飞 机

当第一架飞机问世,人们就考虑用它作为遥感平台,进行航空遥感试验。早期航空遥感主要用于军事需要,如在第二次世界大战期间,日本舰队偷袭珍珠港,使美国的太平洋舰队几乎在一夜间全部被消灭,这就与利用航空摄影所取得的情报有关。第二次世界大战以后,航空遥感技术向国民经济各领域和科学研究各方面发展,并取得了巨大的成绩。现已成为地质调查、土壤制图、土地分析及利用规划、农作物收获量的预测、自然灾害(地震、火山、山洪、风暴、砂暴等)的监测、野生动物和牧场及流域的管理勘察和研究的必不可少的工具。

航天遥感技术的出现,更进一步扩大了视野,能获得比航空遥感多得多的信息量。但由于飞机的灵活性大、同一地区的重复性大、因飞得低使图象的清晰度高,还可校对航天遥感所得的数据资料,还可进行地物光谱的测试工作,因而航空遥感在当前的遥感技术中仍占有相当的比重,也起着重要的作用。如法国为在1983年发射第一颗地球资源勘查卫星,早在1974年就用飞机进行了星载多波段照相机性能的试验工作,以及进行农作物地面光谱的测试工作。目前在发射地球资源卫星的国家,要进行地质勘查、地图测绘、森林火情探测、污染监视等等都还是靠航空遥感来完成的。

作为航空遥感平台的飞机,种类很多,有单引擎、低速、低高度的;也有双引擎、四

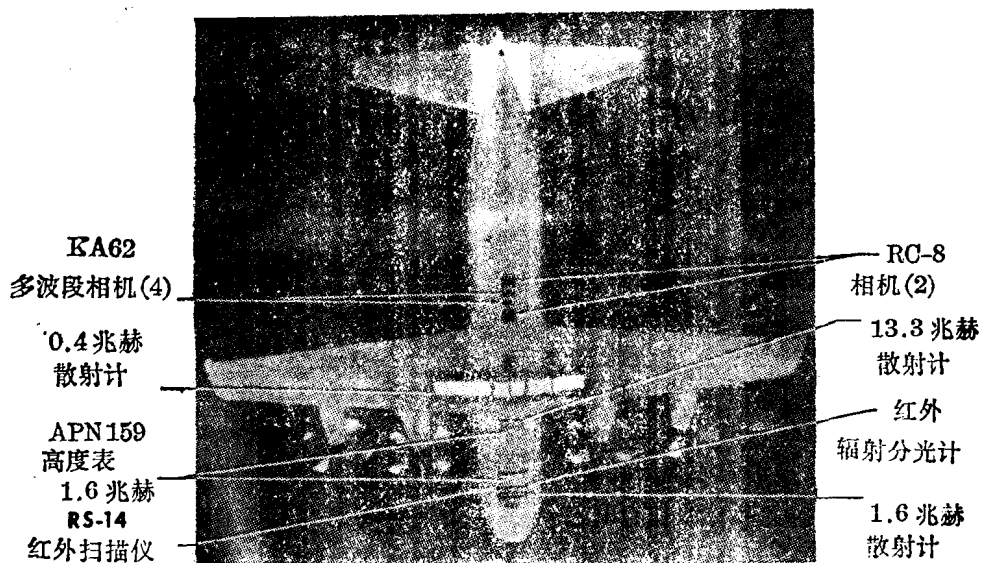


图 1-1 美国 NASA927 飞机装载遥感仪器的情况



图 1-2 B80 飞机正在进行遥感的情况

引擎、高速、高高度(2万公尺)的。用于航空遥感的飞机与普通的飞机结构一样,只是有一些特殊的要求,即要求机身下部有一仪器舱,在仪器舱的底部留出让仪器镜头对准地面的一定面积的窗口,同时,在进行遥感时,要求飞机速度均匀、高度不变、飞行平稳,以及在夜间进行航空遥感时所必须具备的条件等。

这里选载了美国航宇局的两架航空遥感飞机,其中,一架装载遥感仪器,另一架

正在进行遥感情况的两幅照片。图 1-1 所示的是美国 NASA927 飞机,在它的机身下部装有几件遥感仪器。图 1-2 是美国的 B80 飞机正在进行航空遥感的情况。

2. 气象卫星

天气是一个全球性的现象,它时刻都在影响着整个地球,与农业和国民经济关系极为密切。人们为了要对它进行精密的观测和准确的预报,最终能达到改造和控制天气和

气候,在世界各国的各地区都建立了大大小小的气象观测站和天气预报台站。但由于地球的大部分表面是海洋、极地和人烟稀少的地区,在这些地区如果要建立气象观测站,即使可能,所付出的代价也是很高的。因此,到目前为止,已建立的气象观测台站和天气预报台站,它所能观测到和预报到的范围仅占地球表面的20%左右。人造地球卫星的出现,为进行全球规模的气象观测和预报提供了可能性。美国、苏联、法国和日本等国都先后研制并发射了一系列气象卫星,昼夜不停地进行全球性的气象观测和天气预报等工作。

自1960年美国首次发射泰罗斯气象卫星系列以来,随着遥感技术的迅速发展,特别是由于红外观测精度的不断提高,气象卫星更广泛地应用,获得了大量的气象资料。因此,世界气象组织便制定了一项全球气象监视计划,用五颗对地静止的气象卫星和几颗极区气象卫星构成一个全球连续气象监视网。用卫星的中继数据可作出及时的、精确的天气预报,提供降雨区的范围及移动方向,为农业示出播种和收获的最佳时刻,并给远航船只提供最好的航线,使航行时间缩短。此外,卫星也收集有关雪覆盖区的资料,可准确地估计出河川的流速等。

美国至今已发射了“雨云”、“泰罗斯”、“艾萨”、“阿诺”、“应用技术卫星”等一系列气象卫星,在这方面仍处于世界领先地位。

苏联是从1967年开始发展气象卫星系列的。在这之前,苏联也发射过一些气象卫星,只是寿命只有几天,而又不成系列,这些卫星的发射主要是一些准备和试验性的。这十年来,共发射了三十颗“流星”卫星。这些卫星每日每时也都在提供全球天气形势资料。该系列卫星的轨道高度介于860~910公里之间,周期为102分钟。卫星姿态靠地平仪固定,其纵轴与地球表面垂直。卫星具有自动图象传输能力,因此,在世界上许多地面站都能够接收它的气象图片。但美国有人认为,苏联

气象卫星的记录与图片处理系统,尽管已有颇大改进、图片分辨率也有所提高,已接近美国水平,但迄今苏联还是采用美国的实用气象探测数据,没有什么新的发展。此外苏联的气象卫星红外图片质量一直不如美国的好。

法国在1971年发射了第一颗气象卫星,预计在1981年发射同步气象卫星,同时还考虑在1983年发射第三代的气象卫星。

日本在1977年发射成功第一颗同步气象卫星,该卫星重280公斤,它是由日本电气公司提出合同,美国休斯飞机公司研制并代发射的。它装有一台辐射计,每隔半小时提供一次可见光照片(分辨率1.25公里)和10到12微米的红外照片。它除用于一般的气象监视外,还同时用以发现和预报旋风、台风、尘埃风、怪风等在日本发生的危险气象。该卫星的设计寿命为五年,功率为225瓦。

下面就美国的雨云卫星和泰罗斯卫星为代表的气象卫星,作一介绍。

(1) 雨云卫星

雨云卫星系列的发射目的是为了收集有关气象数据资料。第一颗是1964年8月28日发射的,到1978年8月共有七颗成功地进入轨道运行,并提供大量的气象数据资料。所发射的雨云卫星,其外形基本上是相似的。下面介绍1970年发射的雨云卫星4号的一些情况。

雨云卫星的星体呈蝴蝶形,主要由三部分组成。下部是一个直径为142厘米的圆环,环的底面安有各种遥感仪器,飞行时底面总是对准地球。上部是一个较小的六角形舱,以构架与圆环相连。舱内安装姿态稳定系统和控制系统。两侧是两块大型的太阳能翼板,上下装有一万多个太阳能电池,太阳能翼板白天可自动跟踪太阳,以获取最大的能量。太阳能电池输出的能量可对七个镍-镉蓄电池充电,作夜间仪器工作的电源。卫星的总重量为400~450公斤。卫星的倾角接近90°为

太阳同步轨道。在高度为1100公里的圆形轨道上绕地球运行。周期为107分钟。卫星白天由南向北，拍摄白天地球的气象图象，夜间由北向南进行红外扫描获得地球的气象信息，卫星在中午和午夜通过赤道。卫星是采用三轴定向的。用两个红外地平仪作俯仰和侧滚的姿态测量，用一个偏航陀螺感测偏航姿态。三个轴的控制精度为 $\pm 1^\circ$ ，偏差率低于 $0.05^\circ/\text{秒}$ 。

雨云卫星1号装有可见光的高级光导摄影系统和图片自动传送装置，另有一套高分辨率红外辐射计。雨云卫星2号上除装有上述三套仪器外，还装有一套中分辨率五通道红外辐射计。雨云卫星3号上还装有卫星分光计和红外干涉分光计，第一次进行了垂直温度的探测试验。用询问、记录和定位系统对天气船、游动站、气球等遥测观测站进行定位，询问并收集它们的资料，为建立全球气象资料的观测和收集作准备。雨云卫星4号进一步进行大气垂直结构的探测工作，使温度精度的测量提高到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 内。在雨云

卫星5号、6号内采用了微波探测技术。雨云卫星7号携带了七种遥感仪器。其中，有两个将用于海洋学研究，一个为多通道扫描微波辐射计，用来探测海面温度、海水和海面风，一个为海岸带彩色扫描仪，用来测量海水中的叶绿素含量、海水温度等。其他五种仪器有地球辐射平衡仪，平流层临边红外监测仪，平流气溶胶量温仪，太阳辐射和大气散射的紫外光谱及总臭氧量测绘系统，以及温度湿度红外辐射仪。雨云气象卫星的设计寿命为一年。

(2) 泰罗斯卫星

1960年4月1日，在美国东部试验场发射了第一颗实验性的泰罗斯气象卫星，直到1965年共发射了十颗，它们从空中拍摄了云层图，并传到地面接收站，对气象研究具有一定的参考价值。在这基础上，于1966年开始，正式发射第一颗泰罗斯气象业务卫星（当卫星进入轨道后又命名为艾萨卫星），以后相继发射了九颗，这就是第一代气象业务卫星系列。到1973年，这些卫星共向地球发回了六十五万张电视气象图片。

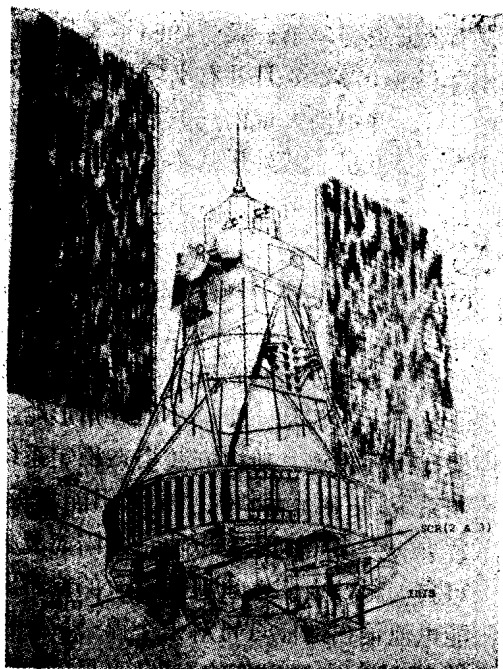


图 1-3 雨云卫星4号的外形照片

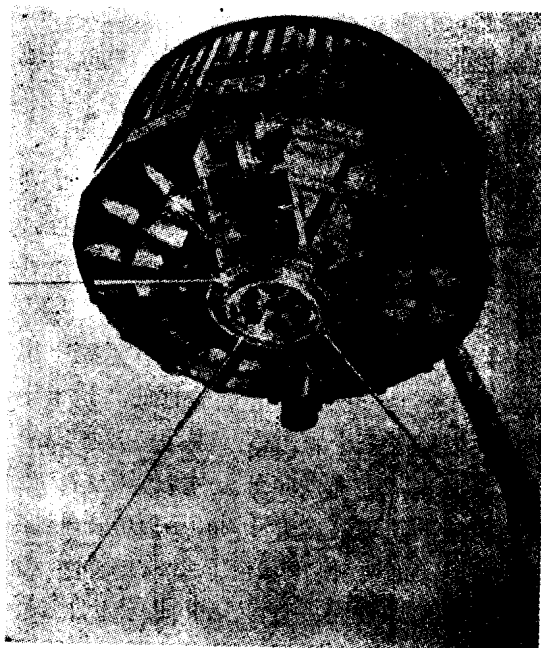


图 1-4 泰罗斯卫星的外形照片

1978年5月,又发射了泰罗斯14号气象卫星,它是一颗极地轨道的气象卫星。

泰罗斯卫星系列的外形结构基本相似,只是所携带的探测仪器有增减。卫星的外形为18面多边形柱体,呈帽盒状,高57厘米,直径为107厘米,上部一根接收天线,下部四根发射天线,观测仪器安在底部。侧面和顶部装有十万个左右的太阳能电池,作为卫星上观测、记录和通讯等系统的电源用。

泰罗斯卫星1至4号的运行轨道平面与地球的赤道平面交角为 48° ,可拍摄南北纬 55° 之间的气象图象。泰罗斯卫星5至8号的轨道倾角为 58° ,可拍摄南北纬 65° 之间的气象图象。泰罗斯卫星9和10号采用了近极地太阳同步轨道,倾角接近于 90° ,可拍摄全球的气象图象。卫星采用自旋稳定来达到姿态控制。卫星上携带的仪器有电视摄像机和中、低分辨率的红外辐射仪。白天用电视摄像机来拍摄气象图,晚上用红外辐射仪进行气象观测。卫星上用了广角、中角和窄角镜头的摄像机和自动图象传送摄像机。前三种镜头的摄像机用的是直径为1.27厘米的光导摄像管,可拍摄由500条扫描线组成的图象,对不同的视场有不同的分辨率。对五通道辐射仪、宽视场红外辐射仪和全辐射仪这三种红外辐射仪来说,可用于测量地球的反照率、地-气系统的红外辐射、水汽含量、辐射平衡、云层分布、地表温度等。

泰罗斯卫星的观测数据一般用两种方式送到地面,一为高级光导摄像机系统,它拍摄的气象图象,不立即发回地面,而是储存在卫星的磁带上,当卫星接到指令或经过资料接收站上空时发回到地球的接收系统;另一为图片自动发送系统,它可把拍摄的气象图象随时发送给装备有专门设备的地面接收站。泰罗斯卫星的设计寿命为三个月。

3. 阿波罗宇宙飞船

阿波罗宇宙飞船的发射计划是继载人双子星座宇宙飞船发射之后才着手研制的。它除了担负探索月球表面的任务外,还在进入地球轨道后,应用摄影设备,对地球表面进行了拍摄,获得了大量的地球表面照片,为进一步研制地球资源技术卫星,开发地球资源打下有力基础。

整个阿波罗飞船分运载火箭和飞船本体两部分。采用的动力系统是土星5号火箭。飞船本体又分登月舱、服务舱、指令舱和发射脱险装置四大部分。指令舱的形状是一圆锥体,它的底部直径是4米,高为3.5米,重约6吨。服务舱呈圆柱体形,直径为4米,高为7.5米,重约24~29吨。登月舱的形状非常奇特,高6.7米,直径4米,支脚间最大间距为9.5米,重约15吨。发射脱险装置形似一个铁塔,它装在指令舱的顶端,是整个阿波罗系统的最高部分,高为10米。飞船采用三轴稳定,靠操纵液体推进器的自动速率开关和手动开关达到喷射流姿态控制的目的。整个飞船的动力从1250安培时蓄电池组和19300安培时蓄电池组得到。

在指令舱和登月舱内装有70毫米的哈塞尔布莱德(Hasselblad)相机,16毫米米里根(Millikon)相机,35毫米莫勒(Maulel)相机,460毫米海康(Hycon)相机,以及彩色电视机。从阿波罗15号起,月球传感装置搬到称之为科学设备舱的服务舱内。阿波罗飞船15和16号的主要设备是,76毫米的地图测绘相机,76毫米的星体姿态相机,610毫米光一杠全景相机,激光高度计,质谱仪, γ 射线分光仪、X射线和 α 射线分光仪。阿波罗飞船17号是用月球探测器(侧视雷达)和红外扫描辐射计来代替分光仪。

阿波罗飞船的飞行轨道是在地球轨道或月球轨道,对地球轨道来说,有 30° 的倾角。飞船的设计寿命为两年。

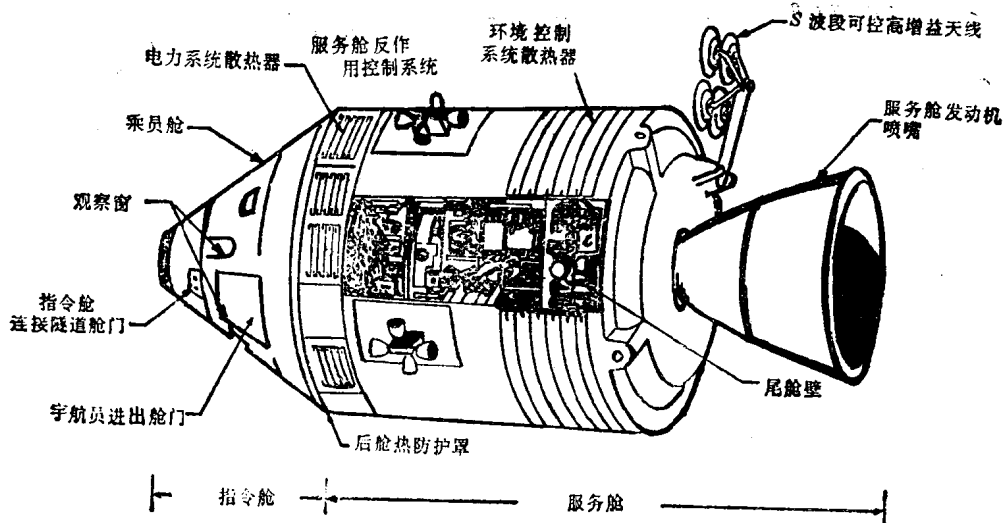


图 1-5 阿波罗飞船的结构图

4. 大地卫星

1972年7月23日美国航宇局发射了第一颗地球资源技术卫星，进行地球表面资源的勘测工作。1975年1月22日发射了第二颗地球资源技术卫星(此时改名为大地卫星)，1978年3月5日发射了第三颗，预计在1981年将发射第四颗。

法国也在着手地球资源技术卫星的研制工作，他们将在1983年发射第一颗。卫星上装有多波段固体自扫描刷式成像装置，微波侧视雷达，以及几种辐射计。

日本科学技术厅在1978年的财政年度申请资金中，拟定一项发射五颗地球资源卫星的计划。并将在1983年开始发射第一颗，以后每隔两年发射一颗，直到1991年发射第五颗。主要用于海洋和陆地观测的目的。

美国发射大地卫星主要用于地质探矿、地震、森林火情的探测、土地利用、农作物产量监视、环境污染监测、气象和海洋研究等方面。大地卫星发射后，使得加拿大、巴西、意大利、日本、伊朗等国都在本国设置地面接收站，接收来自卫星上有关地资信息，并加以处理利用，以促进本国经济的发展。

大地卫星的本体与雨云卫星相似，呈蝴蝶形。它由三部分组成。下部为圆环形，直径为1.5米，主要用于安装观测仪器和有关的通讯设备。上部为姿态控制系统。中间是一个六边形盒状结构和支撑架。整个卫星高度为3米。上部两边为两个张开的太阳能翼板。星体重约950公斤。卫星利用飞轮、阻尼陀螺、水平扫描仪和喷射流来达到三轴有效控制。俯仰和侧滚误差在 $\pm 0.4^\circ$ 以内，偏航中误差在 $\pm 0.6^\circ$ 之内。卫星采用近极地太阳同步轨道，平均高度为910公里，轨道的倾角为 99° ，飞行周期为103分钟。每天绕地球14圈，18天可将全地球覆盖一遍，地面分辨率为79米。

大地卫星携带的主要仪器有反束光导摄像机、多波段扫描仪、数据收集系统等。反束光导摄像机分三个光谱段，其中有能测水深的蓝-绿光谱(0.475~0.575微米)波段，适于测地形的黄-红光谱(0.580~0.680微米)波段，以及适于测植物的近红外光谱(0.690~0.830)波段。工作时，三个不同光谱波段的摄影镜头对准同一目标(185×185公里)进行拍摄。每25秒拍摄一张，每天可拍188个目标图像。星下点分辨率为45米，每

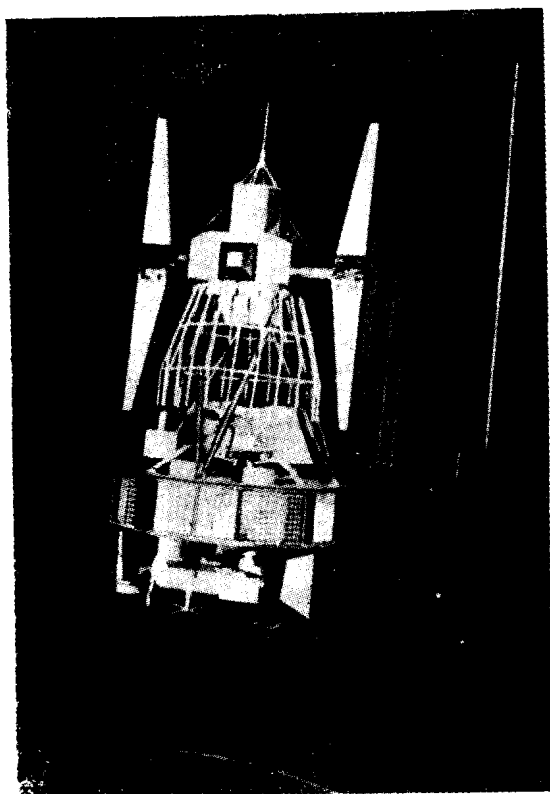


图 1-6 大地卫星-1 号的外形照片

幅图像由4500条扫描线组成，共有十个灰度等级。图像可贮存在磁带上，当经过指令数据收集站上空时发回，也可实时发送给地面接收站。第三颗大地卫星改用两架全色长焦距反束光导摄像机，其波段范围在0.505到0.750微米之间。每架摄像机拍摄范围为 93×93 公里。这样，每一幅多波段扫描仪的图象范围将由四幅反束光导摄像机的图像组成，使地面分辨率提高到40米。多波段扫描仪除了两个近红外波段(0.70~0.80微米和0.80~1.10微米)外，还增加了10.40~12.60微米的中红外波段。它与反束光导摄像机同样大小的目标进行扫描成像，其分辨率为79米，15个灰度等级。所增加的红外波段的分辨率为240米。大地卫星的设计寿命为一年，而实际上第一颗卫星已运行了五年之久。

5. 航天飞机

当前的航天遥感技术中，主要用作平台

的是卫星和飞船。要发射卫星、飞船等宇宙飞行器得靠火箭，对单次使用而又不能回收的火箭来说，将是宇航事业费成本高的的重要原因之一。同时对在空间运行的卫星和载人飞行的宇宙飞船来说，一旦当某些遥感仪器发生故障而无法获得及时修复时，就会使卫星和飞船失效。为了克服这些不足，研究象飞机一样的飞行器，并能在宇宙空间与地球间往返，提高航天活动的安全性和可靠性，节省航天事业的费用，这些是宇航家们迫切要解决的重大课题。美国在1977年8月12日研制成功了航天飞机，并进行载人首次着陆试验。这一成功为促进遥感技术的发展提供了新手段。

这种航天飞机的长度为37.2米，翼展为23.97米，重为68吨，与现代运输机差不多。它大致可分为前段、中段和尾段三大部分。前段除了反作用控制系统外，主要是一个乘员舱。中段主要是一个长18.6米，宽5.2米，高3.9米，容积为300立方米的大型货舱，一次可携带重达29吨的有效载荷。这个大型货舱可装载卫星、航天站、大型天文望远镜，以及各种宇宙探测仪器。为在轨道上释放携带的有效载荷和捕获正在轨道上运行的有效载荷，货舱里还备有自动操作的机械手和电视等装置。

航天飞机的尾段比较复杂，除主发动机、反作用控制系统等为航天飞机飞行提供动力的部件外，还有升降副翼、襟翼、垂直尾翼以及方向舵、速度闸等气动控制部件。调整这些气动控制、就可以使航天飞机在大气层中具有很好的机动性与稳定性。为完成宇宙运输任务，航天飞机还需要配备一个外储箱和两个固体火箭助推器，称之为航天飞机的附件。航天飞机安装在外储箱的背部，两个固体火箭助推器平行地挂在它的两侧。整个空间运输系统的长度为56.14米，起飞时的总重量为2000多吨。净重30吨左右的外储箱总共可装700多吨推进剂，起飞前的总重将近800吨，三

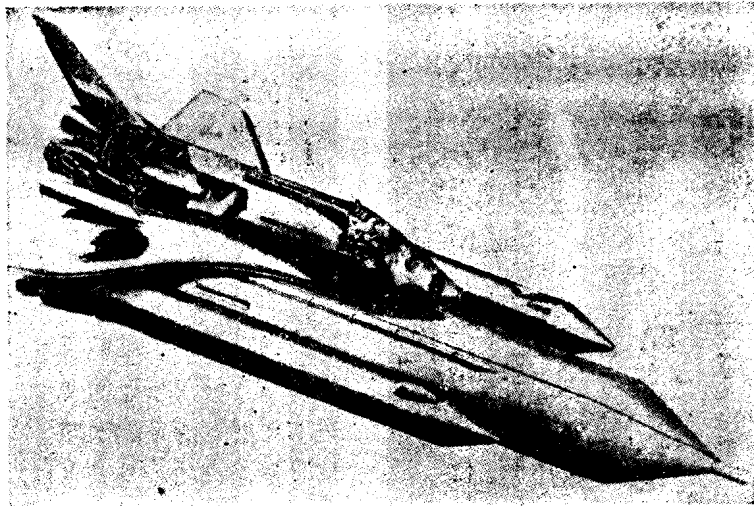


图 1-7 航空飞机的外形照片

台主发动机只能提供600多吨的推力,因此还需要两个固体火箭助推器进行助推。

这两个助推器的结构完全相同,每个自重为80吨,可装固体推进剂500吨,助推器的核心是固体火箭发动机,每台可为飞行器提供1200吨的推力。

航天飞机可象火箭一样垂直起飞,起飞时固体火箭发动机与航天飞机主发动机同时点火,共同把航天飞机推向太空。整个系统经过115秒钟后到达40公里的高空,然后助推器与整个系统分离,用降落伞溅落到海上进行回收,助推器可重复使用十至二十次。以后,航天飞机与外储箱自成体系,继续增加速度与高度。起飞后经过约480秒,航天飞机即可达到800公里的轨道。这时,抛掉外储箱,用自己的机动系统和控制系统最后完成进入轨道的任务。分离后的外储箱在再入大气层期间自行坠毁。因此,在完成作业返回地球时,就只有航天飞机本身了。航天飞机在轨道上运行的时间可达七至三十天。

二、各种遥感仪器

遥感平台是获得对目标进行远距离观测的一种运载工具,其作用固然很重要。但要

得到地质、气象、海洋、环境污染、作物长势等地球资源资料和用于军事侦察,就需要一种能完成上述任务的高分辨率的各种传感器——遥感仪器。遥感仪器是遥感技术中的核心部分。

目前所用的各种遥感仪器中,按接收电磁波的方式来分不外乎两种。一种是接收物体本身电磁波的辐射,称为被动式遥感仪器,如多波段相机、红外扫描相机、多波段扫描仪等,这类也称为光学遥感仪器。另一种是用激光器,微波雷达,人为地发出一定波长的电磁波,然后接收从物体上反射回来的电磁波脉冲,这种方式称为主动遥感仪器,如微波辐射计、激光高度计、微波合成孔径侧视雷达等。在第一类中,记录信息的方式是采用图像记录的方法,而第二种中可以用图像记录的方法,也可用非图像记录的方法。

在光学遥感仪器中,可见光遥感仪器主要是多波段相机。这类相机和一般的照相机不同的地方是,在相机内安装几组滤光片,把一束可见光分成几个窄带可见光谱,分别成像在黑白或彩色的胶片上。这类相机按其光学系统、机械结构不同又有若干类型,如多镜头单胶片相机、多镜头多胶片相机、单镜头光束分离型相机等。目前常用的是多镜

头多胶片相机。它已成为航空遥感的主要仪器之一，同时也用于航天遥感之中。此外，用于航空遥感的一般航空相机，如测绘相机、帧侦察相机、全景相机和缝隙相机，也起着重要的作用。

红外遥感技术所用的主要仪器是红外行扫描相机。这类相机最初用于军事，进行夜间高空摄影，后来也用于气象卫星、大地卫星上进行气象和地资遥感。这种相机的体积较大，因为它需要使红外探测元件进行致冷的液氮或液氮致冷器，以及需要光电转换系统。其工作原理是，利用红外探测器元件，接收来自目标的红外辐射，然后把电信号再转换成可见光，成像在普通的全色胶片上。它也是航空遥感最常用的遥感仪器之一。

无论是可见光的多波段相机，还是红外行扫描相机，它们所采用记录图像的工具都是黑白或彩色胶片，给使用带来一定的困难。因为在进行航空摄影时，常遇到低温、低湿、静电放射，以及处于近真空的空间状态，感光胶片容易发生干燥和破裂。在进行航天遥感时，胶片因受各种宇宙线的辐射而退化或受到损坏。同时所拍摄的像片要等卫星或飞船回收后才能取得，因而很不方便。为了克服这些缺点，目前的遥感技术中，采用的是电视摄像技术和光机扫描成像技术，如反束光导摄像机和多波段扫描仪。它能及时地把空间所拍摄的图像通过自动图像传送系统，把它直接传送到地面接收站，这样就可迅速地对接收到的图像进行必要校正处理，加以利用。这种类型的遥感仪器是当前使用最多的，也是极为重要的新型遥感仪器。

随着遥感技术的迅猛发展，从事遥感仪器研制的科学家们已预感再要提高光机扫描的多波段扫描仪，以及反束光导管摄像机的地面分辨率是件十分困难的事情了。因而提出大胆的设想，采用七十年代初出现的电荷耦合器件(简称 CCD)和电荷注入器件(简称 CID)，来代替光机扫描仪中的高速转动镜和

接收元件，这样不仅可大大提高遥感仪器的地面分辨率，而且也大大减小仪器的体积和重量以及提高仪器的可靠性。这一重大改革，使光学遥感仪器进入一个新的阶段。如法国为1983年发射的地球资源卫星已研制成这种固体阵列元件的刷式多波段扫描仪。当飞行高度为800公里时，地面分辨率则可达20米，比美国的地球资源卫星上用的多波段扫描仪的地面分辨率提高四倍。反束光导摄像机着重于改进摄像管的性能和向固体化方向发展。目前仍致力于提高反束光导摄像机的有效分辨率，如摄像管的扫描行数从4000行提高到10000行，则可使地面分辨率提高两倍以上。采用固体阵列元件也是反束光导摄像机的发展方向。

多波段相机、红外扫描仪和多波段扫描仪等光学遥感仪器，尽管它们有较高的图像分辨率，但不是一种全天候、全天时的遥感仪器。这方面，微波遥感仪器就显示出独特的威力来了。此外，它特别适宜于海洋探测，包括海风、海浪、海水盐份、冰层和温度等的检测，以及进行远距离大面积成像(如快速测绘地形)，同时也能对大气的性质、土壤的湿度、土壤表面粗糙程度，以及土壤的有限渗透性等进行测量。当然它与光学遥感仪器相比，存在着空间分辨率较低和数据的判读较复杂等问题。因此说，微波遥感仪器和光学遥感仪器是起着互为补充的作用。

微波遥感仪器可以是主动式的，也可以是被动式的，各具有不同的用途。被动的微波遥感仪器有微波辐射计、微波扫描仪等，它本身并不发射微波能量，而只是被动地接收由被观测的目标及其环境辐射的随机微波噪声。主动式的微波遥感仪器有雷达，高度计和散射计等。它既向目标发射微波能量，而又接收目标反射回来的微波能。

微波雷达有三种，真实孔径雷达、合成孔径侧视雷达和微波全息雷达。真实孔径雷达的空间分辨率较低，用于航空遥感，却不

适于航天遥感。美国有 APS-94(D), 和 APQ-97 两种。合成孔径侧视雷达有两种, 非聚焦的和聚焦的。以前一般用于航空遥感中, 1978 年 6 月美国发射的海洋卫星 1 号上首次应用合成孔径侧视雷达, 其分辨率是 800 公里高度为 25 米。1972 年, 美国密执安大学在制成合成孔径侧视雷达的基础上, 制成了微波全息雷达, 它装在飞机上进行多次摄影试验, 获得了质量良好的可见全息图像。这是一种新型的微波遥感仪器。

此外, 象微波辐射计、微波散射计、红外线温度辐射计、激光高度计、弗琅荷费谱线检测器等遥感仪器, 它们不是直接记录目标的图像, 而是测量和记录目标的温度、高度、海水浓度、土壤湿度、物质中所含的荧光物质等非图像参数。

由上可见, 各类遥感仪器在遥感技术中, 有其不同的应用范围, 不可互相代替, 在实际应用中, 往往是选择一种或几种遥感仪器配合使用, 以获得所需的最好遥感效果。下面就几种遥感仪器分别作简要介绍。

1. 航空相机

航空相机是遥感仪器中结构最简单的、使用历史最久的、一般航空遥感中较常用的一种遥感仪器。目前还在使用的有测绘相机、帧侦察相机、全景相机和缝隙相机四种。它们之间仅有的区别是结构有所不同, 而光学系统和成像机构是一样的。下面分别简要介绍。

(1) 测绘相机

测绘相机又是航空相机中结构最简单的一种相机。它的特点是图像畸变校正度高, 因而用于测绘地图。目前常用的一种是新设计的焦距为 150 毫米、视场角为 90° 的测绘相机。它的径向畸变一般小于 ± 10 微米。

大多数测绘相机都具有这些基本特点: 交叉对角线的总视场角是 90° 或 120° , 胶片大小是 23×23 厘米, f 值在 4 和 6.3 之间, 附有

T 值的防格晕滤光片, 该滤光片对于新的镜头组来说是 10, 对于老的镜头组来说是 20, 快门为内镜头, 框架基点位置的基准是镜头锥体的组成部分, 随着对地面景物的曝光, 滤光片和基准标志也同时被曝光在胶片上, 暗盒压平板处于真空状态, 同时, 飞机在大范围飞行时, 也记录飞行的数据。

(2) 帧侦察相机

帧侦察相机具有较高的分辨率和较低的 f 值和较狭的视场。它与测绘相机相比, 最大特点是不需用高灵敏校正畸变设备。该相机的某些技术指标是: 总视场角一般在 10° 到 40° 范围内, 胶片宽度 70 到 240 毫米, 焦距从几厘米到 1 米以上 (150 毫米、300 毫米、450 毫米), 快门常用焦面快门, 指示胶片中心的基准标志与暗盒相匹配, 不用光栅, 真空感光胶片很少使用小于 12.5 厘米的胶片。它的分辨率可在整个宽度范围内变化, 采用一架靠转动胶片来记录的、焦距为 60 厘米的帧侦察相机, 能得到大于 220 周/毫米的值。这种相机须频繁用于具有高的速高比飞机内, 才显示其特色。

(3) 全景相机

全景相机 (又称摇头相机), 是一种大视场 (可大于 100°) 相机。它的胶片呈柱面形, 胶片的宽平行于柱面的轴, 景物的像通过胶片前面的一条狭缝而成像在胶片上。狭缝的长等于胶片的宽度。狭缝的宽度通常是可调的, 用来控制曝光时间。现有三种类型的全景相机, 它们通常是根据镜头、狭缝和胶片的相对移动情况来区分的。

一种全景相机的结构是镜头和狭缝能转动, 而胶片在曝光 (直接扫描) 时保持不动; 另一种是棱镜可在静止镜头前转动, 其速率是胶片通过静止狭缝 (转动棱镜) 速率的一半; 第三种是镜头和狭缝结合再与胶片隔开, 以保持相对移动。

不论哪一种全景相机, 在拍摄时, 图像都有畸变产生。固定的全景相机产生的是全