

九十年代空间遥感的展望*

杨世仁

(中国科学院遥感应用研究所)

1988年6月3日收稿

摘 要

本文系统地介绍了世界各国当前的和今后十年的空间遥感计划,包括美国的 LANDSAT-6, LANDSAT-7 卫星,航天飞机的 SIR-C/X-SAR, NASA 空间平台和载人空间站;加拿大的 RADARSAT 卫星;欧洲空间局的 ERS 和 AERS 卫星及 ESA 空间平台;法国的 SPOT 卫星系列;日本的 MOS 卫星系列和 JERS 卫星;印度的 IRS 卫星和 SROSS-II 卫星计划以及这些计划的主要使命,装载的传感器和轨道参数,并归纳了这些计划的特点,最后,还讨论了今后十年中,空间遥感应用的主要内容。

一、前 言

十年来,航天遥感由试验性运行进入实用,并逐步向商业化方向发展。发射卫星的国家日益增多。应用领域逐步扩大。航天遥感所获取的数据,使人类对自己赖以生存的地球现状及其变化有了进一步的了解。在展望今后十年中航天遥感技术及其应用前景之前,先简要地回顾一下八十年代航天遥感的进展。

十年来,影响最大的仍然是美国的 LANDSAT (陆地卫星)系列。LANDSAT 4, 5, 同时装载 MSS 多光谱扫描仪和 TM 主题制图仪,其地面接收站已遍布世界各地(图 1)并拥有广泛的用户。根据美国“土地遥感商业化法案: 公共法 98-365”, EOSAT 公司在 1985 年 9 月 27 日获得经营 LANDSAT 的合同,在政府的补贴下,负责 LANDSAT 4, 5 图像数据的接收和销售,及新一代陆地卫星 LANDSAT 6, 7 的发展^[1]。表 1 列出了 LANDSAT 1-5 的主要技术参数。美国在 1978 年 6 月 26 日曾发射装载合成孔径侧视雷达 SAR 和多频段微波扫描辐射计的海洋卫星 SEASAT-1,它在轨道上运行了约 100 天,在 1978 年 10 月 9 日停止工作(表 2)。在此期间曾获取相当数量的北美和西欧的 SAR 图像,为航天侧视雷达的应用提供了重要的实验数据。

法国在 1986 年 2 月发射了 SPOT-1 资源遥感卫星。星载的 CCD 推扫式扫描仪 HRV 能获取 20 m 地面分辨率的多光谱图像和 10 m 分辨率的全色图像,并能向轨道左右两侧倾斜,以获取具有立体测图功能的图像对(表 3)。SPOT-1 卫星的星载磁带记录仪能接收 SPOT 卫星地面站以外地区的图像数据。到 1987 年秋为止,已收取我国境内的图像数据三千余幅。法国空间局在 SPOT 计划开始时就考虑商业化问题。为此组建了

* 编者注: 本文系本刊特约稿件。

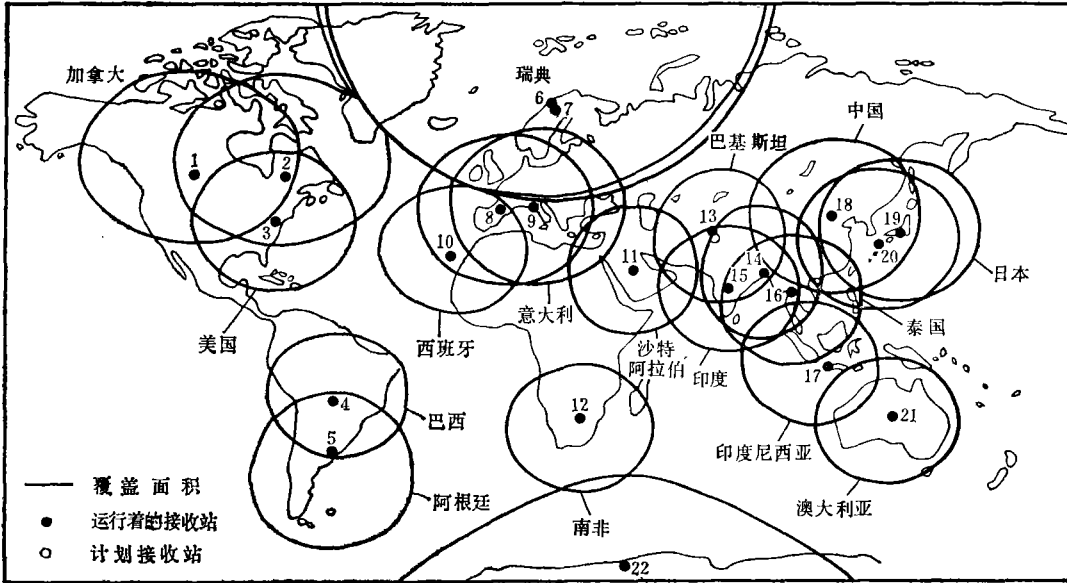


图 1 LANDSAT(L), SPOT(S)和 MOS(M) 卫星地面接收站在世界各地的分布
 Fig. 1 Distribution of Landsat, SPOT and MOS-1 ground receiving stations in the world
 1.L.S. 加拿大 Prince Abert 2.S 加拿大 Gateneav 3.L. 美国 Greenbelt 4. L.S.巴西 Cuiaba 5.L. 阿根廷 Mar Chiquita 6.M 挪威 Tromsø 7.L.S.M 瑞典 Kiruna 8.S 法国 Toulouse 9.L.M 意大利 Fucino 10.L.M 意大利 Mas Palmas 11.L.(S) 沙特阿拉伯 12.L 南非联邦 13.L 巴基斯坦 14.S 孟加拉 Dacca 15.L. S. 印度 Hyderabad 16. L. M 泰国 Bangkok 17.L 印度尼西亚 18.L.(S) 中国 北京 19.L.M. (S) 日本 琦玉县 20.M 日本 熊本县 21.L.(S) 澳大利亚 Alice Springs 22.M 日本南极昭和基地

SPOT IMAGE 公司来负责 SPOT 图像数据的预处理和销售^[2]。SPOT 1 IMAGE 公司和 EOSAT 公司能在多大程度上实现商业化尚有待实践。现在是通过政府补贴下的商业化运行来提高工作效率,充分发挥遥感图像的作用确已得到重视。

日本在 1987 年 2 月发射了 MOS-1 海洋观测卫星。卫星上装有地面分辨率为 50m 的 4 波段多光谱扫描仪 MESSR,地面分辨率为 900m 的可见光和分辨率为 2700 m 的 3 波段热红外扫描仪 VTIR,以及地面分辨率为 32 km 和 23 km 的二频段微波辐射计(表 4)。将有分布在世界各地的 9 个地面接收站来接收 MOS-1 卫星的遥感图像数据(见图 1)^[3,4]。

在航天飞机实验中,美国和西欧曾多次进行航天遥感试验。美国在 1981 年 11 月 12 日曾在哥伦比亚号航天飞机上获取 SIR-A 合成孔径侧视雷达图像。1984 年 10 月 5 日曾在挑战者号航天飞机上获取过 SIR-B 合成孔径侧视雷达图像和大相幅相机(LFC)像片。联邦德国曾于 1983 年在空间实验室(Spacelab)上获得 METRIC 相机及 MOMS-1 两波段扫描仪图像数据。这些试验所获取的均为一次性而非周期覆盖的图像。表 5 和表 6 分别为 LFC 和 METRIC 相机的主要技术数据。

苏联早在 1974 年就在 Meteor, Soyuz 和 Salyut 飞行计划中拍摄了地面分辨率为 30 m-80 m 的多光谱像片。1977 年联盟 6 号载人宇宙飞船曾携带 MKF-6M 多光相机获取地面分辨率为 10-20 m 的六个波段的像片。在 1980-1984 年的 Cosmos-1500 和

表 1 美国 LANDSAT 1—5 的主要技术参数
Table 1 Specifications of Landsat 1 to 5

发射—终止日期			
LANDSAT-1	1972/7/23-1978/1/6	LANDSAT-2	1975/1/22-1982/2/25
LANDSAT-3	1978/3/5-1983/3/31	LANDSAT-4	1982/7/16-
LANDSAT-5	1984/3-		

轨道参数	LANDSAT 1,2,3	LANDSAT 4,5
轨道	近极地圆形轨道	近极地圆形轨道
高度	918 km	705 km
倾斜度	99.09°	98.2°
覆盖范围	82°N—82°S	83°N—83°S
周期	103 min	99 min
跨越赤道时间	上午 9:30	上午 9:45
重复周期	18d	16d

传感器					
MSS	波段	波谱范围 (μm)	辐射分辨率 (%)	地面分辨率 (m)	备注
	4	0.5—0.6 (绿)	0.57	79/82(LANDSAT 1-3/4,5)	扫描带宽 185 km
	5	0.6—0.7 (红)	0.57	79/82(LANDSAT 1-3/4,5)	
	6	0.7—0.8 (近红外)	0.65	79/82(LANDSAT 1-3/4,5)	
	7	0.8—1.1 (近红外)	0.70	79/82(LANDSAT 1-3/4,5)	
	8	10.4—12.6 (热红外)	1.5 Kω 300K	237 m (LANDSAT3)	
反束摄像管	波段	波谱范围 (μm)		地面分辨率 (m)	备注
	1	0.475—0.575 (蓝绿)	(LANDSAT 1,2)	80	扫描带宽 185 km
	2	0.580—0.680 (黄红)	(LANDSAT 1,2)	80	
	3	0.690—0.830 (红、近红外)	(LANDSAT 11,3)	80	
		全色 0.575—0.750	(LANDSAT 3)	40	双 RBV, 各 98 km 宽
TM	波段	波谱范围 (μm)	辐射分辨率	地面分辨率 (m)	备注
	1	0.45—0.52	0.8% NEΔρ	30	扫描带宽 185 km
	2	0.52—0.60	0.5% NEΔρ	30	
	3	0.63—0.69	0.5% NEΔρ	30	
	4	0.76—0.90	0.5% NEΔρ	30	
	5	1.55—1.75	1.0% NEΔρ	30	
	6	10.40—12.50	0.5K NEΔT	120	
	7	2.08—2.35	2.4% NEΔρ	30	

1602 飞行中, 曾用地面分辨率为 200 m—1000 m 的可见光和红外扫描仪及合成孔径侧视雷达来观测海洋。1987 年苏联开始对外公开所获取的遥感图像并组建了 SOYUZKARTA 和 GLAVKOSMOS 两个机构, 对外提供有偿服务。SOYUZKARTA 可提供全色、彩色和多波段像片, 例如, 用 KATE-140, -200 和 -1000 相机拍摄的像片, 地面分辨率分别达到 50—60m, 30m 及 5—6m。后者为目前地面分辨率最高的民用遥感图像。用 SMK-6 M 多波段相机拍摄的波段范围为 0.46—0.5 μm, 0.52—0.56 μm, 0.58—0.60 μm, 0.64—0.68 μm 及 0.78—0.86 μm, 地面分辨率为 20—40m 的多光谱相机具有极好的波谱分辨率。

我国航天工业部曾多次用回收式卫星获取全色和彩色红外像片。经过几何纠正后,

表 2 SEASAT 的主要技术参数
Table 2 Specifications of Seasat

发射—终止日期 1978/6/26—1978/10/9

轨道参数	轨道	近极地圆形轨道	高度	800 km.		
传感器	SAR 合成孔径侧视雷达		SMMR 多频率扫描微波辐射计			
工作/观测频率 (GHz)	1.3 (23.5cm) L 波段		6.6	10.69	18.21	37
作用			海面温度	风 速	大气中水蒸汽, 云中水分, 降雨	大气中水蒸汽, 云中水份, 降雨
入射角	17.5°—22.5°		——			
瞬时视场角 (m)	25×25		18×28×10 ³			
扫描带宽 (km)	100		600			
备注	——		测量地面双极化方向的微波辐射			

表 3 法国 SPOT 卫星的主要技术参数
Table 3 Specifications of French SPOT

发射—终止日期 1986/2/21—

轨道参数	轨道	近极地圆形太阳同步轨道	周期 26d 传感器可以倾斜, 同一地带可在下列日期获取数据: D, D + 1, D + 5, D + 10, D + 11, D + 15, D + 16, D + 20, D + 21, D + 25	
	高度	832 km		
	倾角	98.7°		
传感器	高分辨率 CCD 刷式扫描仪(HRV)			
	波谱范围 (μm)		多光谱方式 0.50—0.59 0.61—0.68 0.79—0.89	全色方式 0.51—0.73
	仪器瞬时视场角		4.13°	4.13°
	星下地面分辨率(m)		20×20	10×10
	每扫描行像元数		3000	6000
	星下扫描带宽(km)		60	60
	像元编码方式		3×8 字位	6 字位 DPCM 码
	图像数据率		25兆 字位/秒	25兆字位/秒

图像的中心具有较好的地面分辨率。这些像片已在我国国民经济建设的某些领域中获得应用。

二、美国的卫星遥感计划

美国在 1982—1987 年期间调整了空间遥感计划。将 LANDSAT 计划移交给 EOSAT 公司经营, 气象卫星仍由美国大气和海洋局 (NOAA) 负责, 继续向公众开放。若干种经特殊处理的遥感数据将作为常规产品向全世界销售。例如, 每两星期可提供整个国家的低分辨率的植被指数图像产品。新一代的海洋卫星将由美国国防部通过美国海军部门来经营管理, 但民用部分仍由美国大气和海洋局经管。美国宇航局 (NASA) 主要负

表 4 日本 MOS-1 海洋观测卫星的主要技术参数
Table 4 Specifications of Japanese MOS-1 satellite

发射—终止日期 1987/2/19—				
轨道参数	轨道			
	近极地圆形太阳同步轨道			
	高度	908.7 km		
	倾角	99.1°		
	绕地球一圈时间	103.18 min		
	覆盖地球周期	17d		
	过赤道时刻	上午 10:30		
传感器	MESSR 可见光 近红外扫描仪	VTIR 可见光 热红外扫描仪		MSR 微波辐射计
波段范围 (μm)	0.51—0.59 0.61—0.69 0.72—0.80 0.80—1.10	0.5—0.7	6—7 10.5—11.5 11.5—12.5	
观测频率 (GHz)				23.8±0.2 31.4±0.25
仪器瞬时视场角	54.7 μrad	1.0 mrad	3.0 mrad	
地面分辨率 (m)	50	900	2700	3200 2300
S/N 比	39—15 db	55 db(A1b = 80%)		
温度分辨率			0.5 K	1k 1k
检测元件	CCD	Si-PIN 二极管	HgCdTe	
扫描带宽(km)	100 km	1500 km		317 km
扫描方式	电子扫描	机械扫描		机械扫描

表 5 航天飞机大相幅相机的主要技术参数
Table 5 Specifications of Large Format Camera in the space shuttle mission

飞行参数			
飞行时间	1984 年 10 月	飞行高度	约 296km
相机参数			
孔径	F/60	焦长	12''
曝光时间	4ms—32 ms	底片尺寸	9''×18''(23×46 cm)
底片长度(薄片基)	1219.2m	底片张数	2400 张
曝光间隔	7.5s	地面分辨率	20m
像片地面尺寸	222 km×444 km	像片比例尺	1:971000
纵向重叠百分数	80, 70, 60, 10		

责先进的空间实验系统的研究发展,如航天飞机的 SIR-C 计划,地球观测系统 (EDS) 计划等。

LANDSAT 计划

EOSAT 公司把 LANDSAT 6, 7 叫做 OMNISTAR。它将保持 LANDSAT 4, 5 的轨道参数,并将进行卫星结构的模块化,改进并增加传感器和支撑部件,以便能进行部件的更新,使这两颗卫星能运行 20 年。

表 6 STS 9/SPACELAB 空间实验室 METRIC 相机主要工作参数
Table 6 Specifications of Metric Camera in the STS 9/Spacelab mission

飞行参数			
起飞降落时间	1983/11/28—1983/12/8	飞行高度	240-257 km
飞行速度	7.7km/s	像片比例尺	1:820,000
每幅像片覆盖	189×189 km	飞行倾角	57°
底片型号	柯达 Double-X 航空像片 2405 黑白片	图像移动	0.002 秒曝光时间内底片 移动 16 μ m (地面 16m)
相机参数			
相机型号	改进型 RMKA 30/23	镜头	TOPAR 1 (7 镜片组合)
焦距	305.128mm	最大畸变	6 μ m 测量值
分辨率	39 线对/mm	曝光时间	1/250—1/1000 s
底片长度	150 m = 550 幅像片	底片宽度	24 cm
相机尺寸	46×40×52 cm	底片幅面	23×23 cm
暗盒大小	32×23×47 cm		

LANDSAT 6 仍采用光机多光谱扫描仪,但将作下列改进: (1) MSS 仍为四波段,但其中一个可见光波段用波长范围为 1.55—1.75 μ m 的短红外波段代替,并将地面分辨率提高到 60 m。(2)将 TM 扫描仪改为增强型 TM 扫描仪。它将保留原有的七个波段和 30 m 的地面分辨率,增加一个地面分辨率为 15 m 的全色通道。全色和多光谱图像数据的几何位置将进行配准。(3)增加一个宽视场海洋传感器 SeaWIFS。它有 6 个可见光和近红外波段,2 个热红外波段。扫描视场角为 58°,扫描带地面宽度为 2700 km。主要用于获取海洋的颜色及海面温度。图像数据的地面分辨率有高、低两种,高分辨率为 1.125 km,低分辨率为 4.5km。星载磁带记录仪可记录全球的低分辨率 SeaWIFS 数据。因进行商业化运行,这些数据将进行特殊的编码。只在用户订购时提供。(4)根据用户要求,可能增加一台窄波段热红外扫描仪。图 2 为 LANDSAT 6 的外形图。

LANDSAT 6 原定 1988 年发射,现推迟到 1991 年。由于 LANSAT 5 可能在 1989 年失效,因此 LANDSAT 计划有可能从 1989—1991 年中断两年。

LANDSAT 7 计划在 1994 年发射。主要的传感器将采用“先进的陆地卫星传感器”ALS (Advanced Landsat Sensor)。它实际上是一种成像光谱仪,在可见光、近红外和短红外波段范围有 32 个波段。其中 8 个波段能同时配准。ALS 的地面分辨率为 10—20m,扫描带宽度为 41km,可旁向倾斜以获取 635km 宽范围内的任一扫描带,因而具有 SPOT-1 卫星图像的立体成像功能。此外,还打算使用具有 4 个窄波段的热红外扫描仪。EOSAT 公司还考虑将 ALS 的地面分辨率提高到 5m。作为 LANDSAT 计划的进一步发展。目前正在考虑将 ALS 的波段数目增加到 64—128 个,并进一步提高其地面分辨率。

航天飞机的 SIR-C 计划

美国宇航局原计划在 1987 年进行 SIR-C 侧视雷达的试验。因航天飞机失事而推迟到 1991 年进行。该计划主要试验航天飞机成像雷达 SIR-C。它有 L(23.5 cm)和 C(5.7 cm)两个波段和 HH, HV, VH, VV 四个极化方向。雷达波束的入射角可在 15°—60°

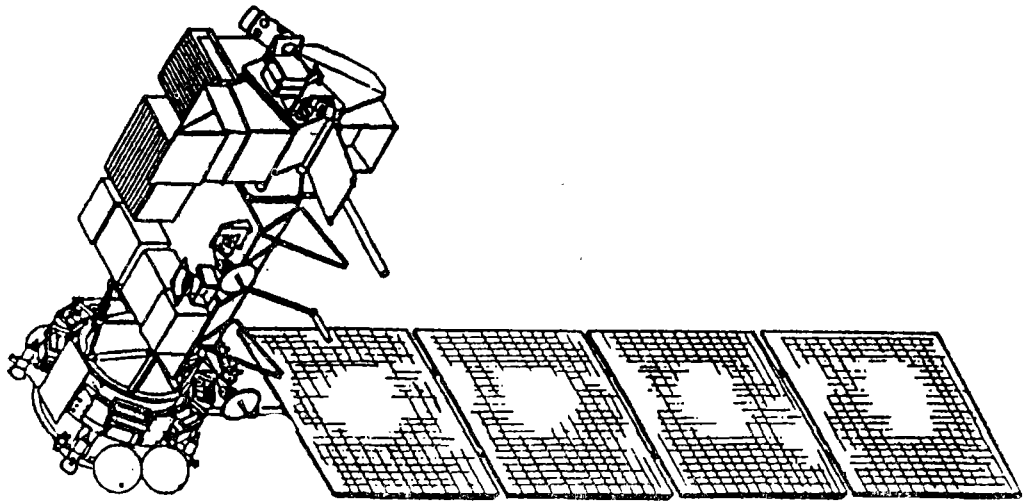


图 2 LANDSAT 6 卫星的外形图

Fig. 2 LANDSAT-6 configuration

之间变化。地面扫描带宽度为 35km 到 120 km,地面分辨率为 15—90 m。雷达获取的干涉图像数据,将用数字方式通过中继通讯卫星 TDRSS 送到地面卫星接收站进行处理。SIR-C 将于 1991 年中和 1992 年末的两个不同季节,在航天飞机上进行飞行试验。在试验时,还将装载联邦德国空间研究机构 DFVLR 和意大利 PSN 联合研制的 X 波段合成孔径侧视雷达 X-SAR。X-SAR 用 VV 极化方式成像,入射角在 15°—60° 范围内变化时,扫描带宽度约 30 km。因此,在这次试验中可以同时获取 L, C, X 三个波段不同极化方向组合的侧视雷达数据。它将为冰雪、海洋、水文、植被、地质等领域的应用研究提供丰富的资料。表 7 列出了各种波段和极化方向的侧视雷达数据在不同领域中的适用性。SIR-C 和进一步改进的 X-SAR 将装载在预定于 1995 年运行的对地观测系统 EOS 中,并叫作 SIR-C/X-SAR 雷达。

表 7 不同波段和极化方向的侧视雷达图像的适用性
Table 7 Frequency and polarization requirements for glaciology, hydrology, vegetation, oceanography and geology applications

		波 段			极化组合		
		L	C	X	HH	VV	HV
冰 雪 研 究	海冰类型识别	——	——	——	——	——	——
	海冰变化	——	——	——	——	——	——
	湖泊河流冰冻观测	——	——	——	——	——	——
	冰块和冰壳	——	——	——	——	——	——
	积雪范围和条件	——	——	——	——	——	——
水 文	土壤湿度	——	——	——	——	——	——
	地表粗糙度和侵蚀	——	——	——	——	——	——
	地块形状	——	——	——	——	——	——
	水陆边界	——	——	——	——	——	——
	积雪范围	——	——	——	——	——	——
植 被	生物量	——	——	——	——	——	——
	树冠湿度	——	——	——	——	——	——
	表层状态	——	——	——	——	——	——
海 洋	洋流、波前和涡流	——	——	——	——	——	——
	海洋内部和洋面波浪	——	——	——	——	——	——
	海风强度	——	——	——	——	——	——
	水深测量特性	——	——	——	——	——	——
地 质	地壳结构、纹理	——	——	——	——	——	——
	干旱区研究	——	——	——	——	——	——
	沙漠化	——	——	——	——	——	——

—— 最好 ▨ 其次 ▧ 较差 ▩ 未知

三、加拿大的卫星遥感计划

加拿大政府已批准了 RADARSAT 卫星计划。这是一项国际合作计划：加拿大提供雷达并负责卫星的运行，英国提供卫星平台和其它传感器，美国宇航局负责发射卫星。计划发射时间约为 1994 年。这将在欧洲空间局的 ERS-1, ERS-2 和日本的 JERS-1 发射之后，EOS 正式运行之前。卫星的设计工作寿命约五年。卫星上的主要传感器为多性能的合成孔径侧视雷达 SAR。此外还可能装载“先进的沿轨扫描辐射计” AATSR，“先进的雷达高度计” ARA 和海浪波谱仪 OWS。

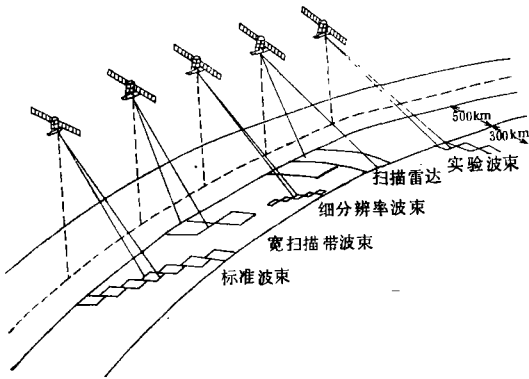


图 3 RADARSAT SAR 的几种工作状态
Fig. 3 RADARSAT SAR imaging geometry

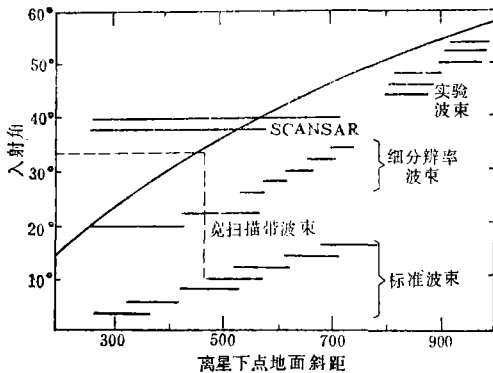


图 4 RADARSAT SAR 在不同工作状态时，入射角与离星下点地面斜距间的关系
Fig. 4 Incidence angle as a function of ground range from nadir for the various modes of operation in RADARSAT SAR

带宽度为 45 km，扫描带在远侧，波束间稍有重叠，可获取地面分辨率为 9×10 m 的图像。(4)两个宽扫描带，单视向、低分辨率的波束，扫描带宽分别为 300 km 和 500 km。对应的地面分辨率为 30×35 m 和 55×32 m。最后一种工作方式每天能覆盖北纬 75° 以上地区或每三天能覆盖北纬 50° 以上地区一次(图 3, 4)。

雷达次波束的入射角为 $49^\circ - 59^\circ$ ，其扫描带宽度为 300 km，紧靠主波束扫描带的远侧。它有 6 个试验波束，每一波束的扫描带宽度为 75 km。各波束间有部分重叠。其地面分辨率约为 28×30 m。次波束主要用于实验，对图像数据的质量未作严格的规定。

RADARSAT 的飞行高度设计成 800 km。绕地球一圈的时间约 101 min。在轨道的

向阳面有 20 min, 背阳面有 8 min 工作在各种可由指令控制的条带制图状态。星载记录仪能记录 10 min 的雷达图像数据, 到地面接收站接收范围内回放。目前计划建立 3 个地面站, 分别位于加拿大的 Princo Albert, Gatineau 和苏格兰的 Stranraer。

表 8 RADARSAT 合成孔径侧视雷达的主要技术参数

Table 8 Specifications of
RADARSAT SAR

频率	C 波段 5.3 GHz
射频带宽	11.6, 17.3 或 30 MHz
采样频率	12.9, 18.5 或 32.3 MHz
发射脉冲宽度	42 μ s
脉冲重复频率	1270—1390 Hz
峰值发射功率	5kW
平均发射功率	300 W
雷达数据率	73.9—100 Mb/s
采样字长	L, Q 各 4 字位
天线尺寸	15 \times 1.6m
天线极化方式	HH

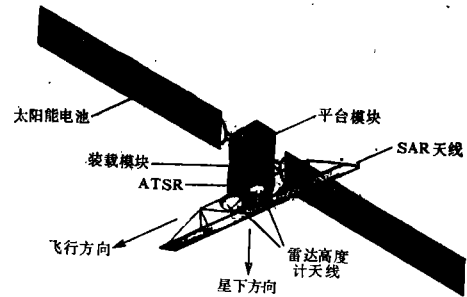


图 5 RADARSAT 卫星外形图

Fig. 5 RADARSAT configuration

RADARSAT 主要用于海洋观测, 如极地冰覆盖, 冰山位置和海况以指导航运; 植被覆盖和地质条件复杂地区的地质填图, 也可用于农业和森林的监测和制图以及用雷达图像进行立体测图的研究等。卫星上还可能装载原为欧洲空间局的 ERS-1 卫星设计制造的“先进的沿轨扫描辐射计” AATSR (参看第四节), 用于精密测量洋面温度。这对研究海洋和大气间的热交换模式是十分有用的。它还可测量云顶温度, 进行云量统计等。RADARSAT 使用了很多先进技术, 如利用扫描合成孔径侧视雷达(Scanning SAR)原理, 通过对雷达波束的高低和形状控制, 以获得两个相邻的扫描带, 使扫描带宽度达到 800 km。由于使用了 3 个雷达频率通带, 可以在很宽的扫描带中得到均匀的高的地面分辨率。星载的高速雷达处理器可以实时速度的四分之一来处理图像数据。现在正在考虑用于监测中欧常规武器控制的空间对地侦察卫星 PAXSAT-B 将是建立在 RADARSAT 高技术基础上的。表 8 为 RADARSAT 星载 SAR 的主要技术数据。图 5 为 RADARSAT 的外形图。

四、欧洲空间局的卫星遥感计划

欧洲空间局(ESA)计划在 1991—1992 年发射主要用于海洋研究的 ERS-1 卫星, 在 1994—1995 年发射“先进的陆地观测”卫星 (Advanced Land Observation Satellite) 并考虑在 1995—1997 年建立 Columbus 空间对地观测站。

ERS-1 是由法国、联邦德国、意大利、瑞典、英国、荷兰、奥地利、丹麦、挪威、西班牙、瑞士、比利时和加拿大等国联合研制的实验卫星。主要用于科学研究、应用研究和地球物理数据的验证。星载的主要传感器有以下几种^[7]。

1. C 波段 (5.3 GHz) 有源微波仪 (AMI)

它有三种工作状态: 成像雷达状态, 微波波浪散射计状态及微波风力散射计状态。AMI 工作在成像雷达状态时为 VV 极化方向的合成孔径侧视雷达, 入射角为 23° , 地面分辨率在侧距方向为 30m, 在方位方向为 8—30 m, 地面扫描带宽度为 80km, 扫描带内侧离星下点 294 km。表 9 为 AMI 工作在 SAR 状态时的有关参数。

AMI 工作在波浪散射计状态时为采样成像工作方式。在沿轨道方向 200—300 km 行程中选取 5×5 km 的图像数据变换成功率谱。由于海浪能调制雷达波束在洋面的后散射系数, 因此从功率谱可得到海浪讯息。AMI 工作在风力散射计状态时的扫描带宽度为 400—500 km, 地面分辨率为 50 km。可测量 4—24m/s 的风速和 0° — 360° 的风力场数据。

表 9 SAR 成像工作状态时的参数

Table 9 Specifications of SAR in ERS-1 in imaging mode

频率	C 波段, 5.3 GHz	频带宽度	13.5 MHz
脉冲重复频率	1640—1720 Hz	长脉宽/压缩脉宽	$37.1 \mu\text{s}/64 \text{ ns}$
天线尺寸	10 m × 1 m	峰值功率	4.8 kW
极化方式	线性 VV	入射角(标称值)	23°
A/D 采样频率	18.96 MHz	地面分辨率	$30 \times 30 \text{ m}$
扫描带宽度	80—99km	采样窗口(时间)	$299 \mu\text{s}$ (对应于 99 km
离星下点 294 km		扫描带宽)	
量化等级		辐射分辨率	2.5 db
地面侧距压缩	51, 5Q		
卫星上侧距压缩	61, 6Q		

2. Ku 波段 (13.7 GHz) 雷达高度计 RA

它有海洋和冰两种工作状态。海洋状态时频带宽度为 330 MHz, 冰状态时频带宽度为 82.5 MHz。雷达脉冲指向星下点, 脉冲宽度为 $20 \mu\text{s}$, 脉冲重复频率为 1020 kHz, 雷达天线的直径为 1.2 m, 峰值功率为 50W。它主要用于测量波浪的高度、洋面风速及各种冰的参数。

3. 沿轨扫描辐射计和微波探测仪 (ATSR/M)

它由红外成像扫描仪和指向星下点的微波探测器构成。红外扫描仪以圆锥形扫描, 工作在 $3.7 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m}$ 和 $12 \mu\text{m}$ 三个波段。其空间分辨率为 $1\text{km} \times 1\text{km}$, 辐射分辨率为 0.1°K 。主要用于测量洋面温度和云顶温度。预期的测量精度, 在 $50\text{km} \times 50 \text{ km}$ 见方的面积内、当云覆盖为 80% 时达到 0.5 K。微波探测器指向星下点, 它有 23.8 GHz 和 36.5 GHz 两个工作频率, 瞬时视场角对应于地面 22 km, 主要用于测量大气中的水汽含量。

4. X/S 波段精密测距定位仪 (PRARE)

该仪器工作在 X 波段 (7225.296 MHz), 利用 Doppler 效应来测量卫星相对于移动式地面站之间的精确距离和速度。并用 S 波段 (2248 MHz) 的讯号来校正电离层引起的误

差。PRARE 使高度的测量精度大大提高,使 ERS-1 能用于研究海洋环流,海面形状及地壳运动等问题。

5. 激光后反射器 (LR)

装在卫星外壳半球形体表面的 9 个后反射器,反射地面站发出的红外激光,以构成精确的激光测距定位系统。它可以确定卫星的轨道位置,精确到 1—2 m。用以标定微波高度计,使测量高度的相对精度达到 ± 10 cm。

图 6 为 ERS-1 卫星的外形及各传感器在卫星上的位置。表 10 为计划测量的主要地球物理参数及预期达到的精度。

ERS-1 卫星将采用近极地太阳同步圆形轨道。卫星高度为 785 km,倾角为 98.52° 。绕地球一周的时间约 100.5 min。过赤道的时间为上午 10 时 30 分。因为是实验卫星,因此卫星的重复周期是可变的。在卫星发射后的三个月内,卫星的重复周期为 3d。三个月后,重复周期可在 3—35 d 内变更。欧洲空间局目前考虑设置 5 个地面接收处理站,分别设置在瑞典的 Kiruna, 意大利的 Fucino, 加拿大的 Gatineau, 西班牙的 Mas Palomas 及一个可移动的地面站。

欧洲空间局发射 ERS-1 卫星有以下主要目的。

1. 科学研究

局部(如近海)、区域和全球范围的海洋环流研究;中规模的海洋旋涡观测;风和浪的相互作用;洋面形状和海洋水准面的测量;大气和海洋的交互作用如热交换和能量平衡问题的研究;海冰制图及海冰的动态变化监测;气象模式及其变异;海岸附近的水深测重,以及微波辐射和海洋、冰雪、植被、土壤等各种地物相互作用机制的研究。

2. 应用研究

促进气象、海况和海冰运动的实用预报研究;海上油气勘探和生产,捕捞,确定航线等海上作业应用;评价单独使用 SAR 或与其它传感器复合使用来检测海上石油污染和航迹预测;海岸带航运侦察,以及 SAR 在农、林、水等陆上再生资源监测和各种非再生资源调查,地质填图,土地利用制图等方面的应用。

3. 地球物理数据的验证

单个传感器及 ERS-1 上多个传感器测得数据的组合,和地面及航空遥感测得的数据

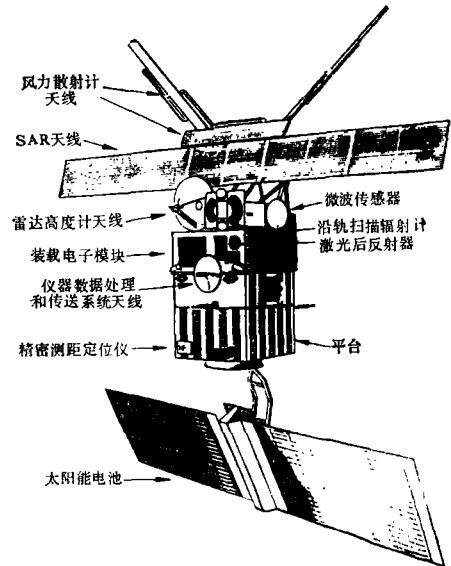


图 6 ERS-1 卫星的外形及各传感器在卫星上的位置

Fig. 6 ERS-1 configuration and location of sensors in the satellite

表 10 ERS-1 测量的主要地球物理参数的范围和精度
Table 10 Geophysical measurements and ERS-1 performance parameters

主要地球物理参数	测量范围	测量精度	主要仪器
风力场—风速 —风向	4—24m/s 0—360°	±2m 或 10%中较小一个 ±20°	风 力 散 射 仪 和 雷 达 高 度 计 风 力 散 射 仪
海浪场—浪高 —波浪方向 —海浪波长	1—20m 0—360° 50—1000 m	±0.5m 或 10%中较小一个 ±15° 20%	雷 达 高 度 计 SAR 波 浪 工 作 状 态 SAR 波 浪 工 作 状 态
地表成像—海洋 —海岸带 —海冰 —陆地	80—99 km 扫描带宽	几何/辐射分辨率 a) 30m/2.5 db b) 100m/1 db	SAR 成 像 工 作 状 态
高 度—洋面 —极地冰盖	745—825 km	2m 绝对误差 ±10cm 相对误差	雷 达 高 度 计
卫星定位 海洋表面温度 水汽	500km 扫描带 25 km 点上	±10cm ±0.5°k 10%	精 密 测 距 定 位 仪 沿 轨 扫 描 辐 射 计 (红 外) 微 波 探 测 仪

ERS-1 卫星的设计工作寿命为 2—3 年。为了获得 5—6 年的试验运行周期,欧洲空间局计划在 ERS-1 卫星发射二、三年后,继续发射 ERS-2 卫星。

欧洲空间局目前还在考虑“先进的陆地观测卫星”(AERS)计划,拟议在 1994—1995 年期间发射。根据欧洲空间局土地应用工作小组(LAWG)在 1987 年的建议,AERS 具有下列特点。

(1) 其主要传感器为可以获取全天候图像的多频段多极化方向的合成孔径侧视雷达 SAR, 和工作在可见光和近红外波段的中高分辨率的 CCD 推扫式扫描仪。SAR 的频段和极化方向以及 CCD 扫描仪的波段数目、波长范围,将由分析试验组根据应用试验的要求来确定。

(2) 考虑在 AERS 上装载高分辨率的成像光谱仪,多通道微波辐射计,气体相关频谱仪及与大气和环境有关的气象仪器。

(3) 卫星上将装载实时数据处理和数据压缩装置。

(4) AERS 将为 90 年代初期发展的新型传感器提供必要的装载试验空间。

欧洲空间局还打算在 Columbus 极轨平台上安放如 SAR,多光谱扫描仪或成像光谱仪等先进的遥感仪器。Columbus 载人空间站预定在 1995 年送上轨道。空间平台上的仪器可以进行维修、元部件更新及改进。

五、法国的卫星遥感计划

法国的 SPOT 卫星计划将实施到本世纪末。在 1986 年发射 SPOT-1 卫星之后,就制订了 SPOT-2, 3, 4 号卫星的研制计划。SPOT-1, 2 的设计工作寿命为 3 年, SPOT-3, 4 的设计工作寿命为 4 年。SPOT-2 卫星打算在 1989 年 3—5 月间发射, SPOT-3 将在

1992 年, SPOT-4 将在 1994 年以后发射。4 个卫星可以工作到 2 000 年。

SPOT-1, 2, 3 号卫星具有相同的结构, 但在 SPOT-2 以后的卫星中, 打算装载 DORIS Doppler 测轨和无线电定位系统。它可以提供地面信标的精确地理位置。DORIS 系统由星载的 DORIS 部件和卫星轨道定位信标网络组成, 后者由分布在世界各地、已知其精确地理坐标位置的地面信标站构成。星载的 DORIS 部件是能精确测量接收到的载频无线电接收机。当卫星进入地面信标站范围内时, 接收并测量由地面信标站发送的频率为 2036.25 MHz 和 401.25 MHz 的两个无线电讯号的 Doppler 位移。其中一个频率用于测量卫星相对于地面信标站的径向速度, 另一个用于消除由电离层传播信号延迟而造成的误差。由于各个地面信标站的精确地理坐标位置是已知的, 因此根据测得的数据和地球作用于卫星的重力, 就可以精确确定卫星的轨道。DORIS 系统将根据已知的精确的卫星工作轨道, 用同样的原理来确定地面用户信标的地理坐标位置。DORIS 系统可用于测量强烈地震造成的地表位移, 冰川、冰帽和冰块的运动, 水库大坝的推移, 也可用于完善海洋中岛屿的联测, 大陆板块的移动等。

SPOT-4 上的传感器将作较大的改进。目前的考虑是: (1) 在 HRV 中增加一个波段范围为 1.5—1.7 μm , 地面分辨率为 20m 的短红外波段; 使 HRV 的图像数据由原来的三个波段增加到四个波段; (2) 原有 10 m 分辨率的全色通道将改为 10 m 分辨率波段范围为 0.61—0.68 μm 的红色通道; (3) 增加一个地面分辨率不低于 1 km, 扫描带宽度约 2000 km 的宽视场扫描仪, 其波段数目和范围将与 HRV 相同, 用于监测全球的耕地、森林和草地的状态, 为区域性的作物管理提供数据。获取的数据可直接传送给地面站。通过星载记录仪, 设于法国的中心地面站, 每天都可以收到覆盖全球的数据。

六、日本的遥感卫星计划

日本的 MOS 海洋观测卫星的设计工作寿命为 2 年。在 1986 年 2 月发射 MOS-1 后, 计划在 1989 年发射 MOS-1A (或 MOS-2)。然后大约每隔两年发射一个。一共打算发射 5 个 MOS 卫星, 以保持 MOS 卫星计划在 90 年代的连续性。

日本通商产业省在 1984 年制订了 JERS-1 地球资源卫星计划, 主要用于地球资源调查和环境监测。重点在地质调查和测绘制图。也考虑用于积雪、海冰、海面温度和植被分布的科学研究, 监测海岸带和近海开发活动, 以及全球规模的环境污染监测^[6]。

JERS-1 卫星将装载 3 种传感器, 包括一台合成孔径侧视雷达 SAR, 一台可见光和近红外 CCD 扫描仪 VNIR 和一台短红外辐射扫描仪 SWIR。SAR 将工作在 L 波段 HH 极化方向, 入射角为 35°, 地面分辨率为 18 m, 扫描带宽度为 75 km。天线长约 11 m, 发射时折叠收起, 入轨后再打开。VNIR 是 MOS 卫星上的 MESSR 的改进, 其波段范围为 0.45—0.52 μm , 0.53—0.60 μm , 0.63—0.69 μm 和 0.76—0.80 μm 。最后一个波段设计成可以前向观测, 以构成立体像对(参看第七节印度的 SROSS-II 卫星)。SWIR 有四个波段, 分别为 1.65 μm , 2.10 μm , 2.20 μm 及 2.35 μm 。VNIR 和 SWIR 的地面分辨率均为 18 m, 扫描带宽度为 75 km。因此这 3 种传感器所获取的遥感图像数据, 容易配准复合使用。

JERS-1 卫星计划在 1990 年发射,设计工作寿命为 2 年。图 7 为 JERS-1 卫星的外形。

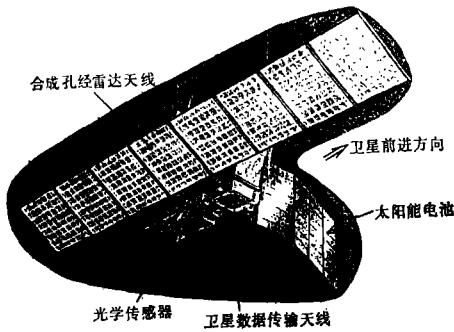


图 7 JERS-1 卫星的外形图

Fig. 7 JERS-1 satellite configuration

它具有宽视场、易于进行姿态控制的特点。卫星运行的轨道为近极地太阳同步圆形轨道。卫星高度约 560—570 km, 轨道倾角约 98° , 轨道重复周期为 44 d。遥感图像数据将用 X 频段 (8025—8400 MHz) 中的两个频道来传送, 每个频道的数据传送率均为 30 MPS。卫星装载的记录仪可记录 20 min, 以获取地面接收站以外的遥感数据。

七、印度的卫星遥感计划

印度原计划在 1986—1987 年发射的 IRS-1 印度资源卫星已推迟到 1988 年发射。IRS-1 卫星的轨道为近极地太阳同步圆形轨道, 卫星高度为 904 km, 过赤道时刻为上午 10 时 25 分, 轨道重复周期为 22d。

IRS-1 装载的主要传感器为一台焦距为 162 mm, 视场角为 9.4° , 瞬时视场角为 $80 \mu\text{rad}$ 的 CCD 线列多光谱扫描仪 LISS-1 和两台并列在一起的、焦距为 324 mm, 视场角为 4.7° , 瞬时视场角为 $40 \mu\text{rad}$ 的 CCD 多光谱扫描仪 LISS-2。LISS-1 和 LISS-2 均具有 4 个波段, 其波长范围为 $0.45\text{—}0.52 \mu\text{m}$, $0.52\text{—}0.659 \mu\text{m}$, $0.62\text{—}0.68 \mu\text{m}$ 和 $0.77\text{—}0.86 \mu\text{m}$ 。这与 Landsat, TM 的第 1 到第 4 个波段大致相似。每个 CCD 线列由 2 048 个元件构成。LISS-1 的图像地面分辨率为 73m, 扫描带宽度为 148 km。LISS-2 的地面分辨率为 36.5 m, 扫描带宽度为 $2 \times 74 \text{ km}$ 。它们的辐射分辨率均为 1/128。LISS-1 和 LISS-2 的图像数据将分别以 5.2 Mbs 和 $2 \times 10.4 \text{ Mbs}$ 的传送率向地面站发送。

继 IRS-1 之后, 印度将发射 SROSS-II 卫星。卫星上将装载由联邦德国研制的单镜头光电立体扫描仪 MEOSS。该仪器有 3 个放在同一焦面上的工作在推扫式扫描状态的 CCD 器件。其中一个指向星下点, 另两个分别沿轨道方向向前或向后倾斜 23° , 以获取立体像对。与 SPOT 卫星获取的旁向重叠的像对不同, SROSS-II 获取的立体像对是纵向重叠的, 像对中的两张图像获取的时间相差仅 29s, 因而具有更好的立体测图效果。设在印度的 Hyderabad 和联邦德国的 Weilheim 的地面接收站, 将接收 SROSS-II 的图像数据。

八、其它国家的卫星遥感计划

除上述国家的卫星遥感计划外, 印度尼西亚和新西兰将合作研制 TERS 热带资源遥感卫星。TERS 卫星将采用赤道轨道, 星载传感器指向南北纬 10° 间的赤道地区, 每天可覆盖 4 次, 以求获得低云覆盖的遥感图像。TERS 卫星计划在 1990 年发射。巴西已制定 MECB 卫星遥感计划, 打算在 1990 年与其它国家合作发射两颗装载多光谱相机的遥感卫星。

九、我国的卫星遥感计划

我国的空间技术及其应用已取得很大的进展。目前正在发射多颗返回式国土卫星的基础上,拓展新一代的卫星遥感计划,包括将在 1988 年发射的风云一号气象卫星,及计划在 90 年代发射的资源卫星和海洋卫星^[11]。为满足我国资源勘探和环境监测的需要,资源卫星的传感器很可能采用接近 TM 的波谱分辨率和 SPOT HRV 的地面分辨率的多光谱扫描仪。

十、对地观测系统 (EOS)

NASA 计划在 1995 年建立空间平台,1995—1997 年建立载人空间站。ESA 将在 1997 年建立空间平台。这些空间台站主要作用之一为对地观测,研究全球水和生物地球化学循环及大气海洋和陆地的地球物理过程^[12]。重点研究课题有以下几个方面。

(1) 水循环

对全球降雨、蒸发、土壤水分蒸发和径流量的定量分析;控制水循环的各种因素和海、陆冰对水循环过程的影响;以及植被、土壤和地表形状与水循环各环节相互作用的定量分析等。

(2) 生物地球化学循环

碳、氮、硫、磷和微量金属元素的生物地球化学循环;全球生物量分布及控制生物量空间分布和随时间变化的因素;原生物质总量在地球上的分布及有机物质在每年中的生长循环和逐年的变化;沉积物与营养物质从陆地向海洋和内陆水体输送过程;对流层中各种气体和气溶胶的分布和传送过程的定量分析,确定产生这些气体和气溶胶的来源和强度,以及它们在海洋、地表、沿海及内陆水体中的沉积和在高层大气中的积累;了解酸雨产生和沉积过程。

(3) 气候过程

确定大范围、长周期(以月和年计)的气候(风、大气压、温度、云、降雨等)变化模式;太阳辐射净输入量和辐射输出关系变化的定量分析及其与云量的关系;大范围内观测的气象数据与海面温度及洋流之间的关系;地表蒸发、辐射量和粗糙度对局部或区域气候影响的定量分析;海、陆冰覆盖对全球气候影响的估价;对古气候的进一步研究;确定地面生物群落产生或吸收二氧化碳及其它微量气体的作用;以及在概率的基础上进行气候的预测。

(4) 大气的地球物理过程

了解对流层、同温层和散逸层的化学、辐射和动态过程的耦合,及高层和低层大气之间的耦合;进一步定量了解大气中臭氧的变化及人类活动对大气中臭氧的影响;进一步了解大气中电场的变化及保持的机制;提高气象预报准确度和周期。

(5) 海洋地球物理过程

测量中大规模的洋流及进一步了解洋流的长周期变化;地球上的热、质量和动量与大气和海洋的关系;了解控制海冰变化及其与冰下水相互作用的过程;了解物理和生物的交流

互作用,包括垂直和水平的变化;洋面和深层水的交换过程的研究。

(6) 陆地的地球物理过程

测量大陆岩体的成分、形状和在全球的分布及其制图;了解造成地壳形态和结构的原因;了解降雨、径流、尘暴、地震、火山爆发等对地表的影响;了解内陆冰盖的动力学;对气候、地形、植被和地质地层等因素与土壤形成和退化的关系的定量分析;了解板块移动速度在时间上的变化;测量全球的重力和磁力场,以更精确地了解地幔的结构;解释地磁场的缓慢变化乃至逆转的原因;以及地球长波重力场的缓慢变化与地幔粘滞结构的关系。

这些内容与一些重要的地球科学问题,如大气中二氧化碳增加和气候变化的关系,人类活动可能造成臭氧层的枯竭,埃尔尼诺(El Niño)改变气象模式及酸雨等,存在着紧密的联系。

NASA 空间平台采用太阳同步轨道,于当地时间 13 点 30 分过赤道。平台运行高度为 824 km,可载重 3500 kg,提供 3.5 kW 电力。记录、回放和通过中继卫星 TDRSS 传送的最高数据率为每秒 300 兆字位。平台可存贮 10^{12} 字位的数据。直接对地传送数据的最大传送率为每秒 100 兆字位。图 8 为 NASA 空间平台的外形图。

NASA 空间平台装载的主要遥感传感器为中高分辨率成像光谱仪,合成孔径侧视雷达,激光定位系统,激光风力探测仪和红外大气探测仪。

中分辨率成像光谱仪(MODIS)主要用于测量生物和物理过程。该仪器有指向星下的(MODIS-N)和可倾斜的(MODIS-T)两种结构。MODIS-N 在 $0.47\text{--}2.13\ \mu\text{m}$, $3.7\text{--}4.56\ \mu\text{m}$ 及 $6.7\text{--}14.2\ \mu\text{m}$ 波段范围内有 40 个波段。像元分辨率有 250 m, 500 m 和 1 km 三种,地面扫描带宽度为 1800 km。MODIS-T 可倾斜 $\pm 50^\circ$, 以避开阳光闪烁及便于进行地物的双向反射分布函数(BRDF)的测量试验。它在 $0.4\text{--}1.04\ \mu\text{m}$ 的波谱范围划分成 64 个波段。其地面分辨率为 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 。扫描带宽度为 1800 km。

高分辨率成像光谱仪(HIRIS)主要用于测量地质、生物和物理过程。其瞬时视场角为 30 m,扫描带宽为 30 km。在 $0.4\text{--}1.0\ \mu\text{m}$, $1.0\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ 波谱范围内划分成 200 个波段,分别具有 9.7 和 11.7 nm 的带宽。与 MODIS-T 相似,HIRIS 可沿轨方向倾斜 $+60^\circ/-30^\circ$,垂直轨道方向倾斜 $\pm 24^\circ$ 。

合成孔径侧视雷达(SAR)是 SIR-C/X-SAR 的进一步发展(参看第二节),但具有 3 种工作状态,分别对应于 20—30 m, 30—50 m 和 50—100 m 的地面分辨率与 100—200 km, 200—500 km 和 700 km 的扫描带宽度。

激光测距系统(GLRS)由激光测距/测高子系统,高速高精度光学跟踪子系统及导航和高度测定子系统构成。主要用于研究活动构造带和构造带接边间的地壳运动,及测量冰块、地面和云顶的高度剖面值,测量精度可达 10 cm。

激光大气风力探测仪(LAWS)由稳频的 CO_2 脉冲激光器、连续扫描发送—接收望远镜、外差检波器及讯号处理器构成,直接用于测量对流层的风场。

红外大气探测器(AIRS)是工作在 $0.67\text{--}0.71\ \mu\text{m}$ 和 $3.6\text{--}16.8\ \mu\text{m}$ 的宽视场扫描仪。具有 15 km 和 50 km 两种地面分辨率。主要用于大气温度及其它特性的测量。

欧洲空间局考虑在空间平台上装载的遥感器有中分辨率成像光谱仪(MERIS),高分辨率成像光谱仪(HRIS),激光大气探测器(ATLID),微波散射计(SCATT-2),微波测高

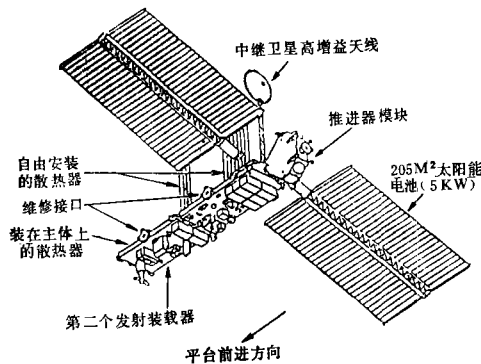


图 8 NASA 空间站的外形图

Fig. 8 NASA's Polar Platform configuration

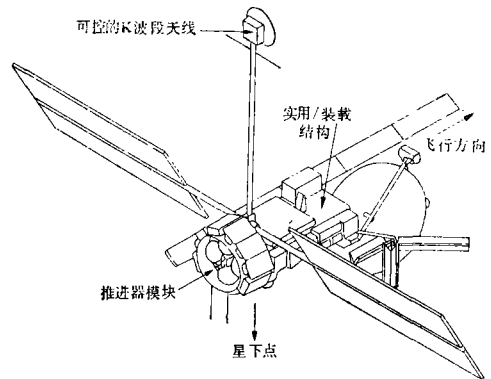


图 9 ESA 空间站的外形图

Fig. 9 ESA's Polar Platform configuration

仪 (ALT-2) 及 C 波段合成孔径侧视雷达 (SIR-C)。其中一些仪器是 ERS-1 星载仪器的发展(参看第四节)。日本考虑在空间平台上装载中热红外扫描仪(ITIR)和先进的扫描微波辐射计 (AMSR)。图 9 为 ESA 空间平台的外形图。

目前美国宇航局正在考虑建立第二个空间站。日本也在研究建立自己的空间站的计划。

十一、结 论

十年来卫星遥感取得了重大的进展, 目前已有十多个国家制订了各自的或多边合作的卫星遥感计划(表 11)。这些计划的实现, 将形成真正的多平台、多时相和多传感器的空间遥感系统。它将具有下列特点:

(1) 卫星遥感获取的图像数据将具有不同等级的地面分辨率, 能满足从全球性的宏观观测(如扫描带宽为 2700km 的 SeaWIFS 图像数据)到 1:2.5 万(如 7 m 地面分辨率的 ALS 图像数据)之间的各种比例尺的专题制图需要。

(2) 传感器的波段范围将包括可见光、近红外、短红外和热红外。在微波波段, 将使用 L, C 和 X 波段的合成孔径侧视雷达和多频段的微波辐射计。

(3) 多光谱扫描仪的波谱分辨率将进一步提高, 逐步向具有 32, 64 直到 128 个波段的成像光谱仪方向发展。热红外波段将划分成更细的波段。合成孔径侧视雷达将向多极化、多视向方向发展。雷达波束成形等新技术将得到实际应用。

(4) 除 SPOT 卫星外, ERS-1, RADARSAT, JERS-1 和 SROSS-II 均能获取可用于立体测图的遥感图像。JERS-1 卫星上的 VNIR 和 SROSS-II 卫星上的 MEOSS 传感器, 能获取沿轨道方向(纵向)重叠的立体像对, 它们基本上是一时刻的图像, 因而将具有更好的立体测图功能。

(5) 对海洋的观测将更为受到重视。加拿大的 RADARSAT, 欧洲空间局的 ERS-1, 日本 MOS 和 JERS 卫星均将对海洋的观测放到重要的地位。这些卫星均将装载合

表 11 九十年代的遥感卫星

Table 11 Summary of remote sensing spaceborne in next decade

国家	卫星型号	发射日期	主要传感器及其性能	地面分辨率(m)	扫描带宽(km)
美国	LANDSAT-6	1991	MSS 4 波段可见光,近,短红外	60	185
			ETM 7 波段可见光,近,短,热红外	30	185
			全色	15	185
			SeaWiFS 6 波段可见光,近,热红外	1125/4500	2700
			TIR	120	185
	LANDSAT-7	1994	ETM 4 波段可见光,近,热红外	30	185
			全色	15	185
			ALS 32 波段可见光,近,短红外	7	41—635
	航天飞机	1991	SIR-C L,C 波段,HH VV HV VH 极化方向 X-SAR X 波段	15—90	35—120
	EOS	1995—97	空间站,搭载多种对地观测传感器		
加拿大	RADARSAT	1994	SAR C 波段,HH 极化方向,四种工作方式 对应地面分辨率 9×10m, 28×25m, 28×35m 和 55×32 m	9—55	500+300
欧洲空 间局	ERS-1	1991—92	AMI/SAR C 波段 ATSR/M 红外扫描仪, 3.7, 11.12 μm	8—30 1000	80
	AERS	1994—95	SAR, VNIR, 成像光谱仪		
	Columbus		空间站,搭载多种对地观测传感器		
法国	SPOT-2	1989	HRV, 3 波段可见光,近红外 全色(可测像对)	20 10	60 60
	SPOT-3	1992	HRV, 3 波段,可见光,近红外 全色(可测像对)	20 10	60 60
	SPOT-4	1994	HRV, 4 波段可见光,近,短红外 红色通道 0.61—0.68 μm	20 10	60 60
日本	MOS-2	1989	MESSR 4 波段可见光近红外	50	100
	MOS-3	1991	VTIR 可见光 (0.5—0.7 μm)	900	1500
	MOS-4	1993	热红外 6—7, 10.5—11.5, 11.5—12.5 μm	2700	1500
	MOS-5	1995	MSR 双频率微波辐射计	3200/2300	317
	JERS-1	1990	SAR L 波段 HH 极化方向 VNIR 4 波段可见光,近红外(可测像对) SWIR 4 波段短红外	18 18 18	75 75 75
印度	IRS-1	1988	LISS-1 4 波段可见光,近红外 LISS-2 4 波段可见光,近红外	73 36.5	148 148
	SROSS-II		MEOSS CCD 扫描仪(可测像对)		

热地区和热带丛林地区,将成为十分重要的遥感手段。

(6) 由于多个近极地轨道太阳同步卫星同时运行,可以大大缩短获得同一地区遥感图像的周期。这将有利于进一步加强对重要地区的环境监测应用。

(7) 传感器的波段数目增加和地面分辨率的提高, 将使可以获取的遥感图像数据量急剧增加。如何使用这些数据, 将成为重大问题。接收并保存全部数据会十分困难。根据用户要求收取所需要的波段(可控制程序)及用星载处理器进行实时处理后, 把有用的讯息提供给用户将会得到认真的考虑。

(8) 为了实现空间遥感的商业化, 其它遥感卫星也可能采用目前 SPOT 卫星所考虑的将遥感数据加密后传送, 以实现在商业合同基础上的服务。与此同时, 由于很多国家发射了遥感卫星, 遥感技术及其应用的国际合作也必将进一步加强。

(9) 空间遥感的发展并不能完全取代航空遥感。由于大气干扰, 在大气层外获取的图像, 其空间分辨率存在一定的极限, 通常认为很难超过 30 cm 的地面分辨率。辐射量的大气订正也是较为复杂的问题。虽然目前空间遥感图像的地面分辨率已达到 1m 左右(如类似 SPOT 卫星的法国的 Helios 侦察卫星), 但很少可能发射这样高分辨率的地球资源卫星。因此对于某些具体应用, 如大比例尺的土地利用调查, 用于工程项目的摄影测量, 工业和居民区的热泄漏和污染监测等, 利用航空遥感仍将有较高的性能价格比。

总的说来, 空间遥感技术的发展已大大超前于应用研究。为了适应 90 年代遥感应用的要求, 以下几方面必将得到进一步的重视。

(1) 最佳波段选择

成像光谱仪具有上百个波段, 红外扫描仪的波段也会划分得很细。由于电磁波谱段对特定地物反应的选择性, 以及各波段间存在相关关系, 使用全部数据不但分析处理十分累赘, 而且是毫无意义的。对特定的应用, 例如水体中叶绿素或浮游生物含量研究、岩体识别、植被分类等, 只需要使用少数几个波段的图像讯号。选择最佳的波段组合, 以满足某个或某些应用要求(或叫波谱域中的特征抽取), 将成为重要的研究内容。

(2) 雷达图像的解译

侧视雷达图像除用于海洋研究、地质构造解译、土壤水分测定等领域外, 在陆地资源调查和环境监测方面也将获得更为广泛的应用。不同波长和极化方向的雷达波, 对不同地物的表面和体积散射特性及其在雷达图像上的反映, 将进行更深入的研究, 以提供雷达图像判读的依据。L, C, X 波段, HH, HV, VH, HH 的极化方向组合, 加上入射角的改变, 可以得到具有多种特征(类似于多光谱扫描仪)的图像。通过数字和光学处理可形成便于目视判读的假彩色图像。利用侧视雷达图像进行立体测图, 也是极待研究的课题。

(3) 计算机图像处理系统的应用

空间遥感获取的数据量急剧增加, 将对计算机图像处理提出更为迫切的要求。目前计算机的性能价格比也在急剧提高。因此, 政府和大企业将广泛使用巨型机和大型机, 在某些领域中将使用专用处理器来分析处理遥感图像。以个人计算机为基础的图像分析处理系统, 将为各专业领域的遥感专家提供高性能和廉价的图像数据分析处理手段。应当指出的是, 波谱分类精度将随着波谱分辨率的提高而增加。空间分辨率的提高将使纹理分析和上下文分析方法得到实际的应用。

(4) 地理信息系统的建立和应用

各种地面分辨率, 不同传感器和多时相的遥感资料可以成为全国性的, 地区、省、市级的及问题针对性的地理信息系统的建立和更新的重要信息来源。地理信息系统是动态演

变监测、科学或应用问题的定量研究或建立数学模式的重要工具。以遥感资料为基础的地理信息系统,将和计算机图像处理及计算机辅助制图工作站密切结合;并将成为计算机信息网络的组成部分,它将在规划、管理和决策中起重要作用。由于微机功能的日益增强,以个人计算机为基础的地理信息系统将会普及。

(5) 海洋研究

从空间对海洋系统进行周期性的观测,将为海洋研究提供重要的数据。它还将在诸如海水监测、洋流监测、近海污染、海水中浮游生物量估计、捕捞、导航、海上救灾等方面起到重要的作用。

(6) 灾害研究

对地观测周期的加密、分辨率的提高及卫星轨道的精确定位系统的建立,将使卫星遥感在诸如林火、火山爆发、山崩、滑坡和泥石流、洪水泛滥、旱涝、地震以及人为的灾害(如核电站事故)等灾情监测和预报的某些方面得到应用。

(7) 空间平台和载人空间站对地观测系统将在 90 年代后期起重要的作用

台站上装载的先进遥感仪器将获取大量的数据。这些数据不但能促进人类对地球的了解,而且可在生产实际中发挥重要的作用。对这些数据的分析处理和应用方法的研究将成为今后遥感应用研究的一个非常重要的方面。

(8) 在常规应用领域将逐步向商业化方向发展

如土地利用调查,农作物长势监测和估产,森林和水资源调查,各种非再生资源的探测以及地质调查等应用,将逐步向商业化方向发展。

参 考 文 献

- [1] EOSAT Information Sheet, Earth Observation Satellite Company, 1986.
- [2] Caesar Voüte, Some Consequences of the Commercialization of Satellite Remote Sensing, Butterworth & Co (Publishers) Ltd., 1987.
- [3] Caesar Voüte, The Future Generation of Resources Satellite, ITC Journal, 1986.
- [4] 地球观测データ利用ハンドブック—ランドサット編, 改訂版, 宇宙开发事业团地球观测センター編集, リモート・センシング技術センタ, 1986 年。
- [5] An Assessment of New Sensor Developments in Remote Sensing Applications for the Exploration of Natural Resources, Department of Technical Cooperation for Development, Natural Resources and Energy Division, Infrastructure Branch, December 1987.
- [6] 小泉洋吉, もも 1 号の运用及び地球观测システムの动向, 第 10 回リモートセンシングシンポジウム昭和 62 年(1987)9 月 29 日。
- [7] Announcement of Opportunity for ERS-1 Technical Annex: ERS-1 System Description, May 20, 1986.
- [8] Announcement of Opportunity for ERS-1 Science, Application, validation, May 20, 1986.
- [9] TRSC Newsletter., Thailand Remote Sensing Center, Vol. 6, No. 1, March 1988.
- [10] NRSC News Issue, The Newsletter of the UK National Remote Sensing Center, No. 11, Spring 1988.
- [11] China Determined to Improve Rockets and Satellites China Daily, May 13, 1988.
- [12] Announcement of Opportunity: EOS The Earth Observing System, Jan. 19, 1988. A. O. No. OSSA-1-88 And Background Information Package.
Vol. 1. Science and Mission Requirements Working Group Report,
Vol. II. From Pattern to Process: The Strategy of the EOS.
Vol II. A. Data and Information System,
Vol. II. B. MODIS Moderate-Resolution Imaging Spectrometer,
Vol II. C. HIRIS High-Resolution Imaging Spectrometer: Science Opportunities for the 1990s.
Vol. II. D. LASA Lidar Atmospheric Sounder and Altimeter,
Vol. II. E. HMMR High-Resolution Multifrequency Microwave Radiometer,

Vol. II. F. SAR Synthetic Aperture Radar.
Vol. II. G. LAWS Laser Atmospheric Wind Sounder.
Vol. II. H. Altimetric System Panel Report.

SPACE REMOTE SENSING IN THE NEXT DECADE

Yang Shiren

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

In this article, the space remote sensing projects in the next decade, including the LANDSAT-6,7, SIR-C/X-SAR Space Shuttle mission, NASA manned Station and Space Platform in the U.S.A., the RADARSAT of Canada, ERS, AERS and Space Platform of the ESA, SPOT series in France, MOS series and JERS satellite in Japan, and IRS and SROSS-ii satellites in the India are introduced systematically. The purposes, sensors on board and the orbit parameters of these projects are described. The technical features of these projects are compared and the main application research fields in future space remote sensing are discussed.