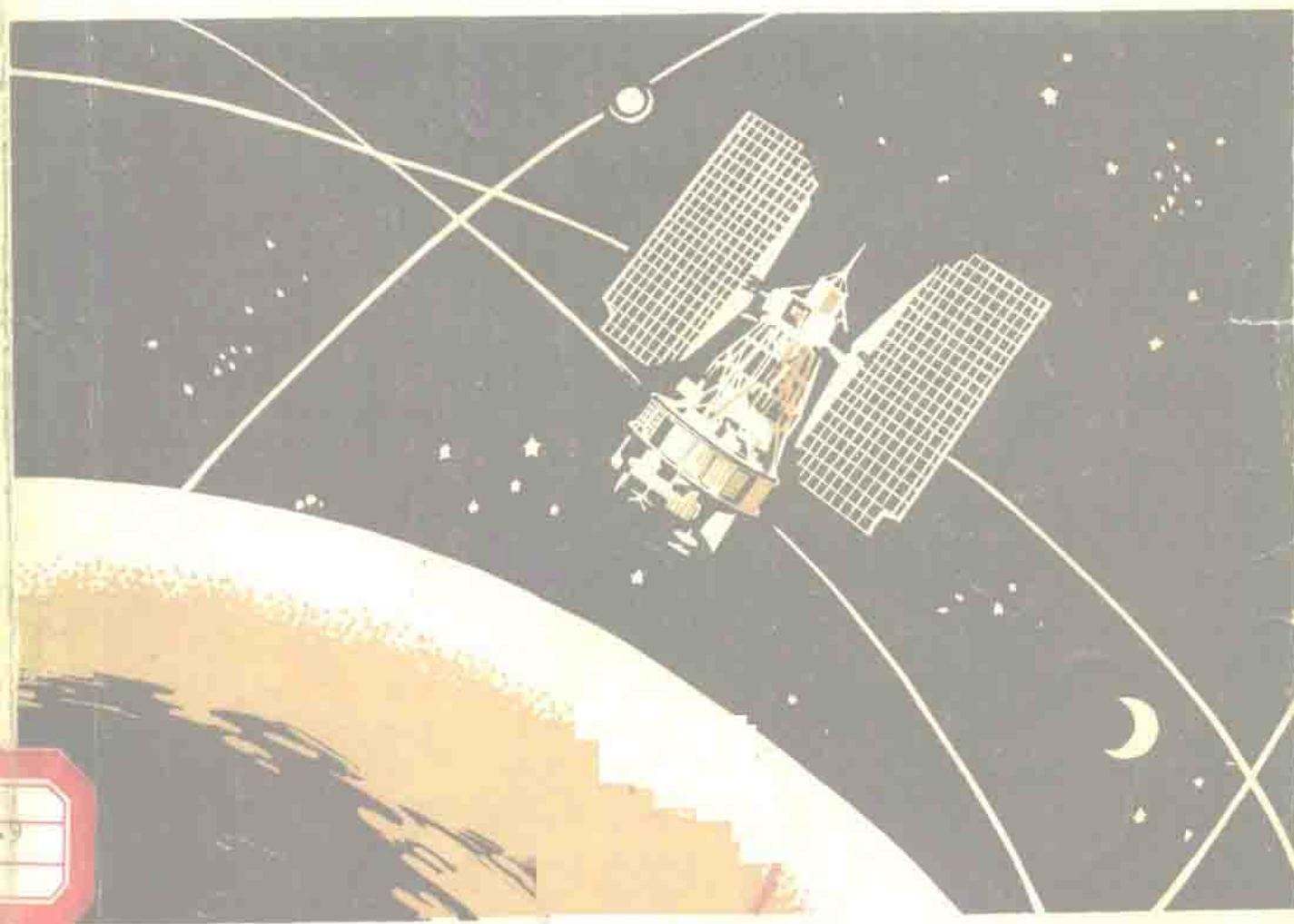


地球资源技术卫星



科学出版社

p631.9
ysy

474.2

地球资源技术卫星

阎守邕 童庆禧 编译

科学出版社

1980

00205

内 容 简 介

地球资源技术卫星是70年代初出现的一种以探测和研究地球资源为主要目的的卫星。目前在农业、林业、地质、地理、海洋、水文以及环境监视等领域里正在得到广泛的应用。本书主要从用户的角度系统地介绍了这种卫星的总体情况,旨在使用户能全面地了解其所使用的这种卫星数据的来龙去脉以及有关的影响因素、误差数量级和处理方法等。

全书共十一章。第一章简述地球资源卫星的概况及其在各学科领域中的实际应用;其余各章分别对该卫星的星体及地面系统、主要传感器系统、数据处理机构、轨道和轨道控制、传感器校准、系统性能、输出数据产品、卫星地面校准以及卫星数据的数字处理和数字应用分析处理等方面作了介绍。

本书可供从事农业、林业、地质、地理、海洋、水文、环境监视等方面的环境遥感、空间技术科学工作者、大专院校师生参考。

地球资源技术卫星

阎守邕 童庆禧 编译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年3月第一版 开本:787×1092 1/16

1980年3月第一次印刷 印张:13 插页:13

印数:0001—4,510 字数:298,000

统一书号:13031·1183

本社书号:1652·13—18

定价:2.70元

前 言

在遥感技术不断发展的基础上,一种以探测地球资源为主要目的的人造卫星——地球资源技术卫星,在70年代初开始出现了。这种卫星在900多公里的高度上,沿着一条太阳同步近极地圆形轨道,不断地对地球进行探测,获得了全球范围为数众多的多光谱数据,使人们能从宇宙空间的高度上,对自己长期居住和赖以生存的地球进行系统、重复性的观察和研究。由于这种卫星遥感的宏观性、综合性,使人们能居高临下,纵观全局,发现许多过去在地面观察中难以发现和无法发现的现象;由于它的及时性、周期性、长期性,使人们又能及时地监视各种地面现象的动态变化。因而,在地球资源调查、环境污染监视等方面得到了广泛的应用,收到了良好的效果,同时也使许多学科的理论研究工作进入了一个新的境界。这种卫星的发射,无论从科学价值上看,还是从实用价值上看,都有很重要的意义。为了帮助读者对这种卫星的整个系统、数据获取、处理和分析应用有一个比较全面的了解,我们从数据用户的角度,根据《NASA Earth Resources Technology Satellite Data Users Handbook》等资料编译了“地球资源技术卫星”一书,供参考用。

全书共分十一部分,在第一章中,介绍了地球资源卫星的由来和发展,并概括地叙述了整个地球资源卫星系统和它在各个领域中的应用的情况。在第二章里,简要说明了星体上除传感器以外的各有关分系统及地面接收站、运转控制中心。第三章系统地対星载传感器(反束光导摄像管照象机和多光谱扫描仪)及数据收集系统的工作原理和性能作了介绍,这些传感器是数据的获取系统。第四章主要叙述各种地面数据处理分系统的结构和功能,同时还对胶片和显影剂的特性作了说明。第五章说明了这种卫星的轨道和覆盖特点、轨道调节以及任务计划的安排和太阳高度角的影响。第六章更多地介绍了反束光导摄像管照象机和多光谱扫描仪的校准方法和有关的问题。第七章则集中地反映了上述两种仪器的性能,主要包括其几何精度、辐射测量精度和分辨率等三个方面。第八章对卫星数据产品、象片、计算机用磁带以及数据收集系统产品的格式和有关的注记符号作了说明。第九章介绍了卫星地面校准监视方法、地面校准试验站选站原则以及地面校准数据的收集等。第十章讲卫星数据的数字处理,重点介绍了卫星数据几何校正的各种算法。第十一章主要介绍了卫星数据数字分析判读的处理方法,以及它们之间的初步比较。这十一个部分从内容上看是彼此关联的,它们使读者能够从不同的侧面来了解这种卫星,从而更好地利用它所取得的数据。

本书的编辑工作是在陈述彭、左大康同志的指导下进行的。在收集资料和编译过程中得到龚家龙、郑兰芬、王长耀等同志的帮助,南海海洋所夏戡原同志给我们提供了宝贵的资料,书中插图由郑汝华、张兆英、叶池等同志清绘,在此表示衷心的感谢。

本书涉及的范围相当广泛,由于我们水平所限,难免还存在不少缺点和错误,请读者批评指正。

TW53/53

目 录

前言	iv
第一章 概述	1
1.1 地球资源技术卫星 (ERTS)	1
1.2 ERTS 系统的概况	2
1.3 地球资源技术卫星的实际应用	6
第二章 星体和地面系统	12
2.1 星体	12
2.1.1 姿态控制分系统	12
2.1.2 姿态测量传感器	13
2.1.3 宽带视频带记录器分系统	13
2.1.4 电源分系统	13
2.1.5 通讯和数据管理分系统	14
2.1.6 热控制分系统	15
2.1.7 轨道调整分系统	15
2.1.8 电子设备接口分系统	15
2.2 地面站和地面通讯	16
2.2.1 有效负载宽带通讯	17
2.2.2 遥测、跟踪和指令数据的管理	19
2.3 运转控制中心	19
第三章 传感器和数据收集系统(有效负载)	21
3.1 反束光导摄像管 (RBV) 照象机	21
3.1.1 作业和校准	21
3.1.2 性能	25
3.2 多光谱扫描仪 (MSS)	29
3.2.1 作业和校准	30
3.2.2 性能	32
3.3 数据收集系统 (DCS)	35
3.3.1 数据收集平台	37
3.3.2 DCS 飞船设备	38
3.3.3 接收站的数据处理	38
3.3.4 地面数据管理系统 (GDHS) 的数据处理	38
第四章 NASA 数据处理机构	41
4.1 NASA 数据处理机构	42
4.1.1 粗制处理分系统	42
4.1.2 精制处理分系统	44
4.1.3 特殊处理分系统	47
4.1.4 象片处理机构	48

4.1.5	质量控制	50
4.1.6	计算机服务分系统	51
4.1.7	用户和保证服务处	51
4.2	胶片和显影剂的特性	51
4.2.1	象片分系统	51
4.2.2	象片影象质量	54
4.2.3	尺寸的稳定性	58
第五章	轨道和轨道控制	60
5.1	轨道和覆盖	60
5.1.1	地球覆盖	60
5.1.2	影象重叠	62
5.1.3	可重复性	62
5.1.4	高度的变化	63
5.1.5	地方观察时间的确定	63
5.2	轨道控制	71
5.2.1	要求轨道的实现	71
5.2.2	要求轨道的维持	72
5.3	任务计划	73
5.4	太阳高度的影响	74
第六章	校准	77
6.1	反束光导摄像管 (RBV) 照象机的校准	77
6.1.1	RBV 辐射测量校准	77
6.1.2	RBV 几何校准	84
6.2	多光谱扫描仪 (MSS) 的校准	85
6.2.1	MSS 辐射测量校准	85
6.2.2	MSS 几何校准	93
第七章	系统性能	94
7.1	几何精度	95
7.1.1	误差来源及其数量级	95
7.1.2	输出产品的几何精度	98
7.2	辐射测量	102
7.2.1	RBV 和 MSS 的辐射测量精度	103
7.2.2	系统亮度传递函数	104
7.2.3	系统辐射测量精度	105
7.2.4	RBV 照象机的辐射测量	106
7.2.5	MSS 的辐射测量	109
7.3	分辨率	109
7.3.1	RBV 系统的分辨率模式	111
7.3.2	MSS 系统的分辨率模式	114
第八章	输出数据产品	116
8.1	象片产品	117

8.1.1	粗制象片产品	117
8.1.2	精制象片产品	123
8.2	计算机用带	123
8.2.1	粗制 MSS 计算机用带	124
8.2.2	粗制 RBV 计算机用带	124
8.2.3	精制 MSS 和 RBV 计算机用带	128
8.3	数据收集系统产品	128
第九章	ERTS 传感器的地面校准监视	134
9.1	地面校准试验站	134
9.1.1	选站原则	134
9.1.2	试验站的地面实况测量	135
9.2	卫星传感器的校准监视	136
9.2.1	地面试验站覆盖物的光谱反射率	136
9.2.2	太阳高度角和大气光学厚度	144
9.2.3	太阳辐射和“干洁”及混浊大气的透射率	145
9.2.4	预期辐射亮度的计算方法及结果	147
9.2.5	传感器的校准监视程序	157
第十章	ERTS 数据的数字处理	159
10.1	几何规正	159
10.1.1	最近邻近值算法	159
10.1.2	双线性内插算法	161
10.1.3	褶积算法	162
10.1.4	系统几何畸变	167
10.1.5	与景象有关的畸变	171
10.2	辐射测量规正	172
10.3	整饰	174
第十一章	ERTS 数据的数字分析判读处理	175
11.1	增强	175
11.1.1	反差扩展	175
11.1.2	比值影象	177
11.1.3	差值图象	178
11.1.4	过滤影象	179
11.2	分析	180
11.2.1	统计方法	180
11.2.2	影象比较	182
11.2.3	影象分类	184
11.3	显示	194
主要参考文献		198
略语表		199
图版		203
彩色图版		221

第一章 概 述

1.1 地球资源技术卫星 (ERTS)^{[1], [2]}

地球是人类居住和生活的星球。自从 1957 年第一颗人造地球卫星发射成功,以及遥感技术的迅速发展,人们对它的认识无论从广度和深度上都有了突飞猛进。这不仅说是人们可以从宇宙空间的高度上对全球范围的各种自然现象进行重复性的观测并监视和研究它们的动态变化,而且也把人们的视域从可见光范围扩展到紫外、红外以至微波范围,从而大大丰富了人们对地球的认识^[3,4]。

最早对地球环境进行系统探测和研究的卫星是气象卫星。自 1960 年 4 月份开始发射“泰罗斯”(TIROS)气象卫星系列以后,接着又发射了“艾萨”(ESSA),“雨云”(Nimbus),“艾托斯”(ITOS),“诺阿”(NOAA)等,气象卫星系列以及与地球自转同步、在赤道上空静止的气象卫星。这些气象卫星不仅对于地球大气圈的研究起着重大的作用,给人类带来了巨大的利益,如台风预报等;而且在无云的情况下也给大尺度的地球表面现象如积雪分布、海冰漂流、浅海海水透明度等的研究提供了大量有益的动态数据。但是,由于这种卫星是非圆形轨道,高度较大以及图象的分辨率较低等限制,不能满足人们对各种地球资源的调查和管理上的要求。因而在气象卫星发射之后不久又开始酝酿如何满足这方面要求的问题。

1972 年 7 月 23 日美国发射了第一颗地球资源技术卫星 (ERTS-1)^[1],于 1975 年 1 月 22 日又发射了第二颗地球资源技术卫星。第二颗资源卫星的轨道设计与第一颗在相位上相差 180°。这样,两个卫星同时围绕地球运转,组成一个观测系统,每九天能对地球上的同一地区进行重复观测。这对于许多地面动态现象的监视是十分有利的。

美国在使用地球资源技术卫星的同时,为了进行某些特殊实验并收集更为详尽的数据,还连续发射了一系列大型载人飞船——“天空实验室”进行了大量的地球资源观测。“天空实验室”是“阿波罗”宇宙飞船的继续,该飞船由发射“阿波罗”飞船的火箭——“土星 5 号”送到 436 公里、倾角 55° 近圆形轨道上。绕地球一周的时间约为 1.5 小时,每隔 5 天重复观测一次。在“天空实验室”2, 3, 4 号飞船上,每次运载 3 人进行长期的宇宙试验和观测,在地球资源观测方面共采用了六种传感器,取得了南纬 50° 和北纬 50° 之间地区的大量数据。例如:从 S-190A 多光谱照象机摄得 10400 幅彩色象片和 20800 幅黑白象片;从 S-190B 地形照象机获得 7200 幅彩色或黑白象片;同时还从多光谱扫描仪及红外、微波辐射计等仪器获得大量磁带信息。

地球资源技术卫星是从空间观测和研究地球的重要手段,特别第三颗资源卫星的发射是“使全球环境和资源观测走向全天候、昼夜工作的重要步骤”。虽然这种卫星的用途

1) 地球资源技术卫星现已改称“大地卫星”(Landsat),本书仍按习惯称这种卫星为地球资源技术卫星 (ERTS)。
2) 第一颗地球资源卫星在宇宙空间运转了五年半,向地面发回了数十万幅图象之后,于 1978 年 1 月正式关闭。1978 年 3 月 5 日又发射了第三颗地球资源技术卫星,继承第一颗卫星的轨道及其所承担的工作。

是多方面的,但它仍难以全面地满足各个方面的要求。例如:现在的资源卫星数据对于地质调查部门比较理想,而农林部门和环境保护部门则认为其分辨率较低、覆盖频率慢,不能满足农作物、森林调查和环境监测的要求。为了解决这一问题,一方面需要提高星载传感器的空间分辨率,高分辨率达到40米的水平时,对鉴别作物和森林将更为有效;另一方面也需要提高传感器的光谱分辨率,即将现有光谱带缩得更窄一些;除此而外还要缩短卫星重复观测时间、提高信-噪比等。对海洋研究而言,并不需要更高的空间分辨率,但需要有不同的光谱通道及更频繁的重复观测率。通过比较发现,在分辨水下特征方面,“天空实验室”的多光谱扫描和多光谱摄影数据要比地球资源技术卫星好。对水来说,最大的穿透波长在0.47微米以下直到紫外区,因此,卫星传感器工作波长范围有可能延伸到0.45微米的话,就会获得更多关于水下细节的信息。

除上述问题而外,地球资源卫星以及其他地球资源遥感实验项目中的另一个共同性的问题是遥感数据处理、分析的速度赶不上遥感数据收集的速度,因此一俟数据处理能力与卫星数据收集能力相适应之后类似地球资源卫星这样的空间系统将发挥出更大的作用,获得更多的效益。

鉴于各个领域对地球资源技术卫星要求不同,目前这种卫星已分支为大地卫星(Landsat)和海洋卫星(Seasat)。海洋卫星是一个在宇宙空间工作的海洋探测系统。该飞船上将装载:雷达高度计、微波风场散射计、合成孔径摄影雷达、多通道微波辐射计以及可见/红外散射辐射计等遥感仪器。这种卫星可以把全球海洋动态(洋流、潮汐、热动态、大气-海洋界面动态等)及其它重要的物理特性,如:定向风场、海浪波谱、海面温度等的连续、全天候、大范围的数据及时提供用户使用。从而,为调查和开发海洋资源及航海等提供依据^[5]。

从上述不难看出:气象卫星、大地卫星以及海洋卫星三者结合起来,构成了一较完整的地球环境卫星遥感体系。这个体系使人们能从大气、陆地和海洋等不同侧面以及它们之间的相互联系来研究地球,获得关于整个地球环境和地球各个环境要素之间内在连系的总体概念和变化规律。

1.2 ERTS 系统的概况^[6]

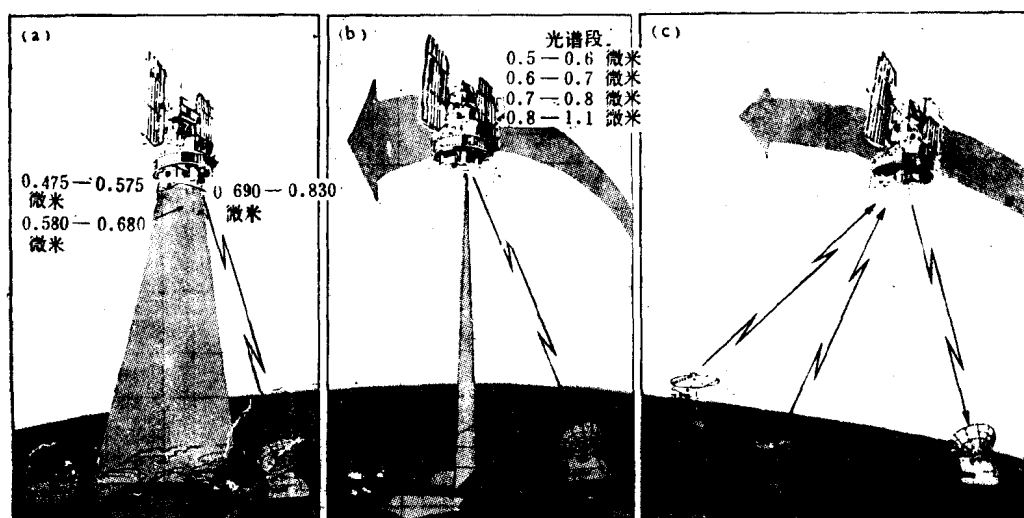
至1978年3月,已发射的三颗地球资源卫星的基本参数大体一致,如表1.2-1所示:

表 1.2-1 地球资源卫星星体的基本参数(ERTS 为例)

重量	959 公斤(2100 磅)
星体尺寸	3×1.5 米(10×5 英尺)
	太阳能电池集合板长 4 米(13 英尺)
电源	550 瓦
姿态控制	±0.7°
姿控精度	±0.07°
遥测	912 点
指令	520 个
温度控制	20℃
宽带视频记录器	每台磁带机的记录能力为 30 分钟(在星上共有两台记录器)
轨道调整	~80 米/秒

地球资源卫星运行的轨道是一种高度为 917 公里，倾角 99° 的太阳同步近极地圆轨道。在这种轨道上，卫星每绕地球一周的时间约为 103 分钟，每天绕地球飞 14 圈。在轨道上卫星观察到的地面条带宽 185 公里。在同一天里相邻两条轨道的地面条带间距为 2400 公里，每过一天相应的地面轨迹依次向西移动大约 159 公里，这样地面两相邻条带之间将有 14% 左右的重叠率（在赤道）。因而，18 天之后可将全球南北纬 81° 之间的广大地区覆盖一遍。此外，卫星将在相同的地方时间通过某个地区（向南通过赤道为上午 9 时 38 分），这样就保证了对该地区的重复观测是在大体相同的太阳光照条件下进行的。这对于分析和比较重复观测取得的数据是十分方便的。

地球资源卫星上载有三种主要获取地面信息的遥感仪器：反束光导摄像管照象机（RBV）、多光谱扫描仪（MSS）和地面数据收集系统（DCS）的星载部分（图 1.2-1）



(a) 反束光导摄像管照象机 (b) 多光谱扫描仪 (c) 数据收集系统

图 1.2-1 地球资源卫星传感器工作示意图

反束光导摄像管照象机是一种电视型的传感器，在第 1, 2 两颗卫星上共分三个波带，组成多光谱电视照象机系统（表 1.2-2）。在第三个卫星上，这种象机已改用全色波带，并用两个全色波带取代了分光谱的 RBV，从而使地面的分辨率提高到 40 米左右。以满足制图方面的要求。

多光谱扫描仪是一种光学机械扫描装置，它由扫描系统（扫描镜及光学系统）和多光谱探测器阵列元件组成。在第 1, 2 两颗资源卫星上装置了完全相同的四光谱带扫描仪，在第 3 颗卫星上增加了第五个热红外光谱带（表 1.2-2），从而使这种卫星能够在夜间收集地面图象数据。扫描仪在可见光和近红外光谱带的地面分辨率是 80 米，热红外波带的比可见光低三倍，为 240 米。但是对于反差较强的地面线性地物，例如横跨开阔水域的桥梁，植被区的道路等，其分辨率可高达 15 米。

除了上述两种遥感仪器而外，卫星上的数据收集系统（DCS）作为一种中继系统可将分布在地面广大无人区遥测数据收集平台所测得的数据接收下来并转发至地面接收站。为了收集广大地区的地理、地质、水文参数，在地球资源卫星计划中，在美国以及一些其它

地区布置了成百上千个无人地面数据收集平台,通过它们可以不断地将测得的河水流量,水位,水质,雪深,温度,火山和地震活动以及一些其它地面现象的数据传给卫星,再由卫星转发回地面接收站,供广大用户使用。地球资源卫星的系统功能可示于图 1.2-2。

地球资源卫星也和其他卫星一样,有着一整套地面系统,与卫星本身的各项作系统相比,地面系统要庞大和复杂得多。地球资源卫星的地面系统包括测控接收和数据处理两大系统。

整个地球资源卫星的测控接收系统是美国宇航局卫星跟踪和数据获取网(STADAN)

表 1.2-2 地球资源卫星传感系统概况

高分辨力电视摄像机(RBV)系统	覆盖面积		185×185公里(100海里 ²)	
	光谱带	1	0.48—0.57微米	ERTS-1,2
		2	0.58—0.68微米	
		3	0.69—0.83微米	
	全色		0.40—0.70微米	ERTS-3
	数据形式		3.5兆赫视频信号	
多光谱扫描仪系统(MSS)	覆盖面积		185公里(100海里)宽	
	光谱带	4	0.5—0.6微米	ERTS-1,2,3
		5	0.6—0.7微米	
		6	0.7—0.8微米	
		7	0.8—1.1微米	
	热红外		10.4—12.6微米	ERTS-3
数据收集系统(DCS)	地面数据收集平台数目 地面数据收集平台输入 数据形式		可布置1000个站 8个模拟或数字信号 100千赫数字信号	

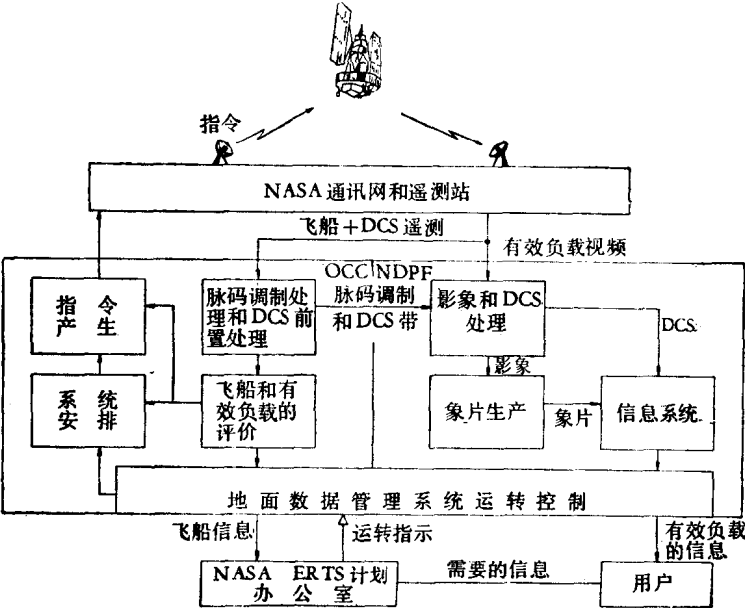


图 1.2-2 ERTS 系统功能图

及载人飞行网 (MSFN) 的一个组成部分。

资源卫星的地面接收系统最初只包括美国本土的三个站(阿拉斯加的费尔班克斯,加利福尼亚的戈尔茨顿和马里兰的格林伯特),以及位于普林斯阿尔伯特的加拿大接收站,后来又扩充了位于库伊巴的巴西接收站,位于福辛诺的意大利接收站,位于金沙萨的扎依尔接收站,位于德黑兰附近的伊朗接收站以及在于几奴纳的瑞典接收站。目前,还有一些国家,希望建立卫星地面站。根据联合国外层空间事务部的考虑,需要十六个地面接收站即可接收地球资源卫星和地球观测卫星全球范围的数据。除固定的地面接收站外,为了某种特殊需要,还设置了一种小型流动式地面接收站。

由于地面接收站数量和地区分布以及星载记录设备记录和存储能力的限制,卫星并不可能在任何时候,任何地区都观测,记录和发回遥感数据。这就需要根据具体情况,即需要程度和天气条件等由卫星的地面运转控制中心 (OCC) 控制卫星的数据收集工作。将需收集的地面景象控制在每天 188 幅以内。图 1.2-3 为地球资源卫星一天中典型数据收集区的安排示意图。

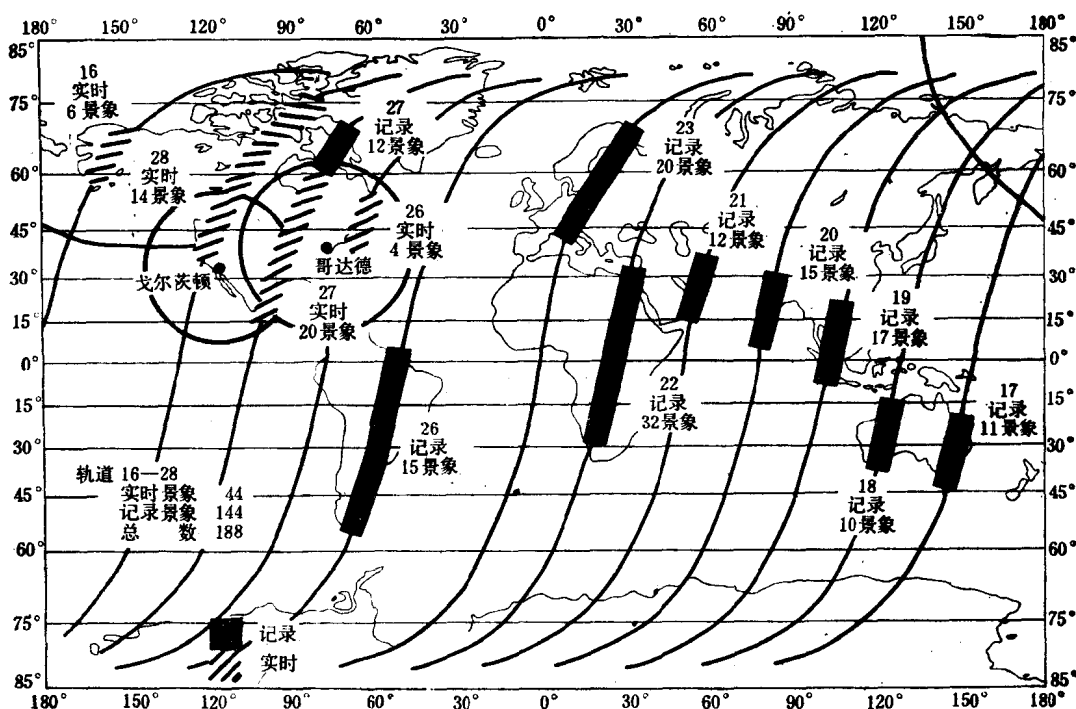


图 1.2-3 地球资源卫星典型日覆盖图

在美国本土,由地面接收站收到的卫星数据送至宇航局地面数据处理系统 (GDHS),这一系统由数据处理机构 (NDPF) 和运转控制中心 (OCC) 组成。整个数据处理机构具有每周处理一万张图象信息的能力,它的主要功能是把卫星发回来的遥感数据,经过误差纠正和加工处理,转换成胶片影象和计算机用磁带。

数据处理机构包括一系列分系统,每周可将近万幅 RBV 和 MSS 视频数据通过电子束记录器 (EBR),产生 70 毫米的高质量胶片影象(比例尺为 1:3369000)。同时将对其中的 5% 的数据进行精制处理,即进行景象校正,提高卫星影象的定位精度。部分卫星遥感

数据将处理成计算机用磁带 (CCT), 供计算机分析应用, 这部分的数量仅占 RBV 数据的 1%, MSS 数据的 5%。

地球资源卫星的所有数据, 包括 RBV, MSS 和 DCS 的数据, 经粗制处理、精制处理和特殊处理以及 DCS 处理后送至数据中心, 供广大用户使用。

1.3 地球资源技术卫星的实际应用^{[7], [8]}

利用地球资源卫星勘查和研究自然资源, 需要适当的地面调查, 航空遥感等方法相互配合才能发挥更大的作用。但是它和其它方法相比具有一些独特的优点:

(1) 一张地球卫星资源象片面积为 185×185 公里, 能分辨地面大约 100 米见方的

表 1.3-1 地球资源卫星的实际应用

应 用 领 域	实 用 方 面
农 业 和 林 业	1. 勘察病虫害, 旱灾, 火灾, 研究其发生, 蔓延及结果 2. 调查农作物和树木的种类和长势 3. 探索最合理的水利灌溉管理方案 4. 农林资源清查及土壤制图 5. 农作物产量的估测和预报 6. 物候研究
地 理 和 地 质	1. 区域制图和找矿 2. 火山活动的监视和火山爆发的探测 3. 地震的监视与预报 4. 地热异常调查 5. 动力地貌过程, 如风沙移动, 河床演变等的监视 6. 水文地质研究 7. 编绘和修改地图 8. 土地利用研究 9. 研究农林和城市发展动向及人口变迁 10. 交通网的研究 11. 自然环境及变迁综合研究 12. 环境污染监测
水 文 和 海 洋	1. 流域调查和规划 2. 水源探测和积雪调查 3. 洪水监测, 估算和预报 4. 地下水溢出和主要河流流量 5. 湖泊状态及其特点的研究 6. 水污染的监测 7. 确定海水中淡水泉涌出位置 8. 确定河口, 海岸的动态变化和泥沙运动 9. 海流和海冰监视 10. 海况测定 11. 浅海地形制图 12. 渔群探测和定位 13. 海面油染污 14. 研究海底藏油位置, 促进大陆架开发 15. 确定海底生物丰富区域

物体和 15 米的线状地物, 可以在 18 天或更短的时间把全球南北纬 81° 范围内地面拍摄一遍。因此它的遥感范围大, 取得数据迅速, 全面;

(2) 一颗地球资源卫星可在轨道上工作 4, 5 年之久, 它在一定轨道条件下能重复拍摄地面, 对多次取得的数据分析对比有助于监视各种地面现象的动态变化;

(3) 地球资源卫星在 900 多公里的高度上工作, 不受各种地面条件的限制, 即使在人和飞机不易到达的地区也可以及时获得地面的遥感数据。

自 1972 年第一颗地球资源卫星上天以来, 取得了地面为数众多的遥感数据, 充分地显示了它们上述的优越性。目前这些数据已广泛地应用于各个方面, 使用效果良好, 经济效益巨大, 引起了世界各国的重视。地球资源卫星的实际应用概括起来可见表 1.3-1 所示。

为了进一步说明地球资源技术卫星实际应用的深度, 下面我们将列举一些具体的例子, 并说明它们的经济效益。

美国阿拉斯加大学利用地球资源卫星 MSS-4, 5 和 7 的彩色合成图象, 根据颜色等特征的差别, 绘制了阿拉斯加州西苏厄德半岛的植被图(图 1.3-1)。通过分析在图上划分出

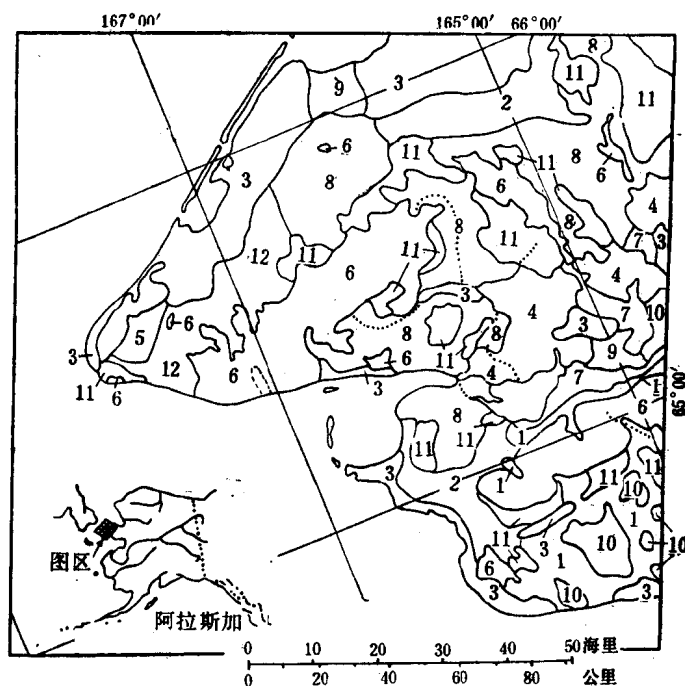


图 1.3-1 根据 ERTS-1 影象编绘的阿拉斯加西苏厄德半岛植被图

1. 灌丛; 2. 高地苔原; 3. 湿地苔原; 4. 火烧痕迹; 5. 衰落植被; 6. 高山荒漠; 7. 草地苔原; 8. 灌丛-高地苔原交错区; 9. 灌丛-湿地苔原交错区; 10. 灌丛-高山荒漠交错区; 11. 灌丛-高地苔原-高山荒漠交错区; 12. 具有一些衰落植被的高地苔原

七种主要植被类型, 而在现用的 1963 年编绘的植被类型图(图 1.3-2)中仅有四种。此外, 植被类型的区域分布现有的图件远不如利用 ERTS-1 图象编绘的植被图详尽。用目视方法根据卫星象片编制这种图只需要 10 个人时即可完成。如果采用影象增强技术和数字处理方法, 所编图件将更为详细和精确。

ERTS 的近红外光谱带数据, 可以在某些灾情被人眼觉察出来之前, 预先发现植物病

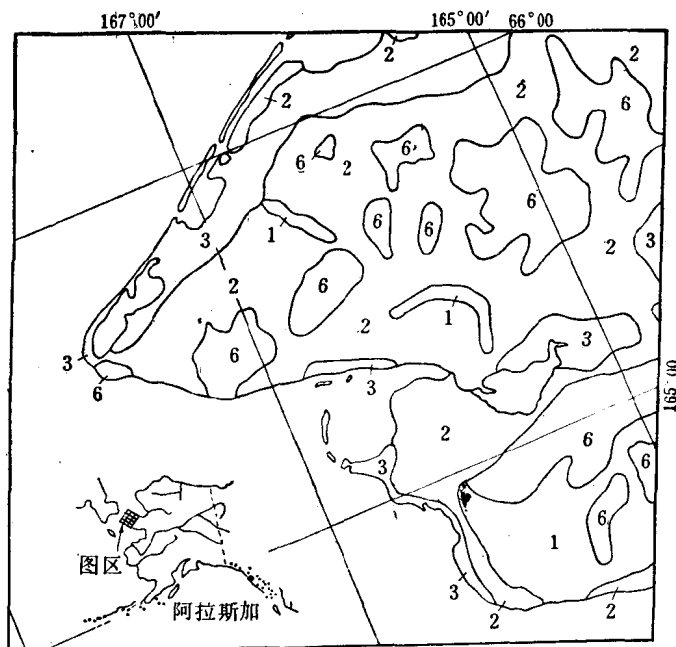


图 1.3-2 根据斯皮茨曼 (1963) 阿拉斯加植被图放大绘制的西苏厄德半岛植被图
1. 高灌木-灌丛; 2. 潮湿苔原-高地苔原; 3. 湿地苔原和沿海沼泽-湿地苔原; 6. 荒漠和
稀疏干苔原-高山荒漠

虫害的征兆。同时由于 ERTS 象片的覆盖面积大, 因而对于灾害监视要比地面观察和飞机调查能更广泛而快速。研究表明在加利福尼亚州南部沙漠地区的棉花重要产区, 红铃虫蔓延严重, 影响了棉花的产量和质量。加利福尼亚农业部通过规定播种和控制耕地时间, 调整棉花生长季节以抑制红铃虫的危害。对红铃虫的监视, 用常规方法 80 万英亩要花费 128 人时, 而根据卫星象片分析仅用 16 人时就够了, 从而提高效率 8 倍。在棉花生长季节, 用 ERTS 象片鉴别棉花地块的精度高达 80—90%, 可分辨的地块大小为 10 英亩。

估算作物产量是 ERTS 在农业领域中取得的重要成就之一。根据堪萨斯州 20 几个试验站的工作表明, 利用 ERTS-1 的数据对小麦产量估算的数字与农业部后来统计的数字只差 3%。因此 ERTS 和气象卫星相配合可以大面积估算作物产量, 这对粮食生产, 储运, 加工, 销售以及国际贸易都有重大意义。

在马萨诸塞州美格洛普里斯北部, 利用 1:25 万 ERTS-1 放大象片, 编制了土地利用图。图中可分出 8 种类型: 单一民族居住区, 多民族混合居住区, 空地, 农业居住区, 工商业区, 交道网, 农田以及林地和水域。面积达 1200 英亩的洛德岛, 这种图只用不到 40 个人时就画出来了。并且对州一级地区采用 11 种图例编制土地利用图的成本进行了比较估算, 详见表 1.3-2

表 1.3-2 土地利用制图成本比较估算

项 目	比 例 尺	比 值	最低成本估算
中 空 飞 机	1:20000	1	350,000 美元
高 空 飞 机	1:100000	1/5	70,000 美元
ERTS-1	1:250000	1/12.5	28,000 美元

利用 ERTS 数据不仅能加快区域地质制图工作的速度,而且还可以从很多方面帮助找矿,例如根据 MSS 象片和在加利福尼亚,内华达和亚利桑那州南部断块山区野外地质工作表明:区域构造对火山喷发,火成岩活动,成矿以及断裂活动起控制作用。在北纬 $34^{\circ}15'$ 到 $36^{\circ}45'$ 之内,以科罗拉多河为中心的一个地区里,它在第三纪是一个火成岩侵入的地区。这种侵入与火山活动密切相关,其产物是岩墙群,长条形火山岩以及伴生的向北延伸的正断层,这些线性构造是地壳沿东西方向拉长的结果。在此拉长区里,金矿和银矿的成矿作用和第三纪岩浆岩活动关系紧密。类似地区的圈定,将为地质勘探指出一个很有前景的成矿区。又如利用 ERTS-1 象片对南非克里斯塔林地盾的大地构造分区进行了研究。结果表明:用 ERTS-1 象片确定南非两个地质环境(花岗岩-绿岩环境和活动变质带环境)的接触带要比现有任何方法都精确。由于在接触带的基性和超基性岩中含有世界上最大的镍矿,因而这一点在经济上有着重大的意义。再如:在阿拉斯加东中部 Nabesna 四边形地区,发现与已知矿产有关的大型线性构造很长,它在传统的航空象片上是看不出来的。经过计算机判读分析表明:在此四边形地区所有 56% 的金属矿分布于由 ERTS 象片上鉴别出来的线性构造两侧一英里范围内。从计算机增强的 ERTS 影象上,根据彩色异常可计算出 72% 的已知矿点。有些已看到的彩色异常与已知的地球化学异常相符,有些则成为找矿的目标。除此而外还有一些例子,如根据已知斑岩铜矿的地貌标志,在巴基斯坦某地区从 ERTS 象片上找出了两个可能的斑岩铜矿的勘探区等等就不一一列举了。

根据模拟和实际的 ERTS-1 象片分析, RBV 和 MSS 两个系统的影象实际上具有大约 250 米的地面分辨能力。从制图精度要求,它可编制或修订 1:500000 或更小比例尺的平面图或象片图。美国农业部土壤保护局制图处,编制的一幅 1:1000000 全美国的象片图就是突出一例。该图是用夏秋季节无云条件下的 595 张 ERTS MSS-5 影象相嵌而成。据估计如用常规航空测绘制图技术获得同样的图件,需要 150 万航空象片,工作若干年,花费 5000 万美元才能完成,而用 ERTS 象片 595 张就可以制作这幅 3×4.8 米有控制的相嵌图,仅花了 95000 美元,六个人工作五个月就完成了。这幅全国性的象片图对研究美国土地利用,植被分布,排水系统,地表水经营管理以及地质构造和找矿等都有很大价值。

ERTS-1 象片可以提供流域植被覆盖,地质地貌特征,松散沉积物和土壤,土地利用以及水体,积雪等方面的资料,绘制流域分水线,水系分布图等,有助于流域规划,开发利用方案制定(特别是边远地区)。同时可以把流域盆地的特征和季节性雪盖,洪水联系起来,作为没有气象站和水文站的流域估算水资源的一种补充。此外,用 ERTS 象片进行洪水淹没调查等方面也是极为有效的。

ERTS 数据在海洋方面的应用是广泛的,在此仅举一两个例子来说明。大型的洋流,如墨西哥湾东部的洛普(Loop)流,在海面是有反映的,因而可以为遥感所利用。在外海上,叶绿素的集中使海水颜色从蓝变为绿色,它们密集区域在空间分布上变化很大,浓度较低的地方主要出现在洋流之中,而洋流的旋卷边缘带则是一个堆积带,在此出现叶绿素浓度的峰值。水动态作用还引起海面藻类的集中,它们在近红外光谱带具有高反射率。综合上述现象可用“边缘效应”这个术语来概括。在一定环境条件下,洋流的边界在多光谱象片上表现为一条亮线。由于剪切力的不同,洋流中海面往往比周围的海面要高一些。

而高起的海面产生泡沫、白沫等。这些泡沫对光主要是散射而不是吸收,因而反射较强。在 ERTS-1 象片上可以看出上述现象,并可用于洋流的定位。如图 1.3-3 所示。

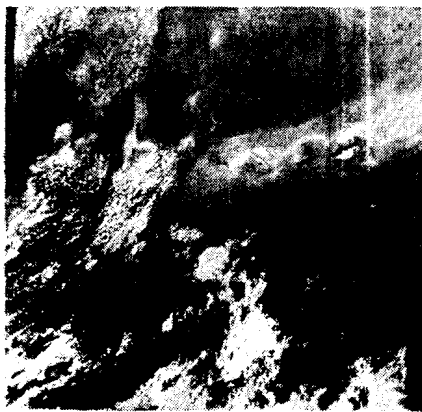


图 1.3-3 洛普流的 MSS-4 影象
(由佛罗里达湾来的海流,颜色较深,在象片上比周围海水域明亮)

对北极三个海域——波弗特海东部,巴芬湾以及格陵兰海进行了初步分析研究。海冰在 ERTS-1 各光谱带影象中均可发现,根据一些判读标志它们可以和云层相区别。在海冰的研究过程中,由原始 70 毫米负片变成象片的处理十分重要。如果以保存陆地上的细节为标准来选择曝光量,会使冰体的许多重要特征在象片上表示不出来,这是应加避免的。在各光谱带影象中, MSS-4 和 5 可以显示出较多的冰体特征的细节。从 ERTS-1 数据中获得大量关于海冰类型的信息,能够分辨出的冰体类型包括:各种类型的浮冰,不同密度的冰山、冰带、碎冰、融冰,快速流动的冰块,冰间水路,冰裂缝,冰上湖泊,冰溶洞以及漫水冰等。诸如“小浮冰”(20—100 米宽)之类的海冰可以

发现,海冰的密度也能画出来。根据卫星数据得到的结果和现有的为数不多的资料是吻合的。一些海冰标志在 24 小时内可鉴别并测量出它们的运动情况。有些大的浮冰甚至可以在长达 20 天时间里被识别出来,并确定它的移动的路径和速度。MSS-4 和 7 光谱带影象的多光谱分析,可以得出单个光谱带所不能得到的许多关于海冰类型和冰面特征的信息。例如,溶洞往往可以和冰面水体区分开来,它们在两个光谱带中表现不同,冰面特征可以说明冰的年龄。此外,上述两个光谱带的配合使用,能够把冰上的雪线可靠地绘制出来。海冰的运动和分布对航运及沿岸经济活动起重大作用,卫星数据的应用其成效是明显的。

根据许多研究工作的总结,ERTS-1 多光谱扫描仪的几个光谱带对识别沿海地区的各种特征有着不同的效果,其有效程度如表 1.3-3 所示。

ERTS 数据在环境污染监视以及环境质量评价方面的应用的一个有趣的例子是:利用 1972 年 10 月 10 日 MSS 象片,特别是在 MSS-5 和 6 的象片上,十分明显地发现一个

表 1.3-3 各光谱带识别沿海特征的有效性

沿 海 特 征	ERTS-1 多光谱扫描仪光谱带			
	4	5	6	7
悬浮沉积物	F	G	F	
环流(海流)	F	G		
界限和海滨	F	G		
水团	G	G		
等深和海底浅滩	G	F		
海岸变迁和沿岸活动		F	G	G
陆地/海水的划分			F	G

注: F=不容易看出的
G=容易看出的