

地球资源技术卫星 及其应用

科学技术文献出版社

毛主席语录

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

世上无难事，只要肯登攀。

洋为中用。

独立自主，自力更生。

我们也要搞人造卫星。

前 言

地球资源技术卫星是一种以探测地球资源为主要目的的人造地球卫星，它是在美国以往一系列军事侦察卫星、气象卫星和载人宇宙飞船等基础上发展起来的。这种卫星具有太阳同步近极地圆形轨道，高度910公里，周期103分钟，每天绕地球14圈，18天可将全球复盖一遍。星上载有反束光导摄像管照象机、多光谱扫描仪以及与地面为数众多的自动遥测站相连系的数据收集系统。卫星每天发回全球范围大量的地面多光谱遥感数据，经过处理以图象或计算机用带的方式提供用户使用。地球资源技术卫星的数据广泛地用于农业、林业、地质、地理、水文、海洋、环境污染监视以及军事侦察等方面。遵照毛主席“洋为中用”的教导，我们编译了“地球资源技术卫星及其应用”一书，供有关方面参考。

本书主要根据“NASA Earth Resources Technology Satellite, Data Users Handbook”一书，并参考了其它一些文献编译而成。全书主要从数据用户的角度介绍了该卫星的整个系统及其初步应用的情况，共分十章：概述、观察台和地面站、传感器和数据收集系统、运转控制中心和数据处理机构、轨道和轨道控制、校准、系统性能、输出数据产品、卫星地面校准试验站以及卫星数据的实际应用。

由于时间短促和水平的限制，书中难免存在许多错误和缺点，请读者批评指正。

中国科学院地理研究所

中国科学技术情报研究所

目 录

第一章 概 述

1.1 地球资源技术卫星 (ERTS) 的由来和发展	(1)
1.2 系统概观	(3)

第二章 观察台和地面站

2.1 观察台	(5)
2.1.1 姿态控制分系统	(5)
2.1.2 姿态测量传感器	(5)
2.1.3 宽带视频带记录器分系统	(6)
2.1.4 电源分系统	(6)
2.1.5 通讯和数据管理分系统	(6)
2.1.5.1 宽带遥测分系统	(7)
2.1.5.2 遥测、跟踪和指令分系统	(7)
2.1.6 热控制分系统	(8)
2.1.7 轨道调整分系统	(8)
2.1.8 电子设备转接分系统	(8)
2.2 地面站和地面通讯	(8)
2.2.1 一般情况	(8)
2.2.2 有效负载宽带通讯	(10)
2.2.2.1 飞船对地面的通讯	(10)
2.2.2.2 地面接收和记录	(11)
2.2.3 遥测、跟踪和指令数据的管理	(11)
2.2.3.1 遥测数据	(11)
2.2.3.2 指令数据	(12)
2.2.3.3 跟踪数据	(12)
2.2.3.4 DCS数据	(12)

第三章 传感器和数据收集系统 (有效负载)

3.1 反束光导摄像管 (RBV) 照象机	(12)
3.1.1 作业	(13)
3.1.1.1 网格符号和扫描定向	(15)
3.1.2 性能	(16)
3.1.2.1 分辨力	(16)

3.1.2.2	几何保真度	(17)
3.1.2.3	RBV的曝光能力	(17)
3.1.2.4	辐射测量保真度	(18)
3.2	多光谱扫描仪 (MSS) 分系统	(19)
3.2.1	作业和校准	(21)
3.2.1.1	作业	(21)
3.2.1.2	校准	(22)
3.2.2	性能	(22)
3.2.2.1	信噪比	(22)
3.2.2.2	方波响应	(23)
3.2.2.3	光谱带与光谱带的重叠	(23)
3.2.2.4	几何保真度	(25)
3.3	数据收集系统 (DCS)	(26)
3.3.1	数据收集台站	(28)
3.3.2	DCS飞船设备	(29)
3.3.3	在接收站的数据处理	(29)
3.3.4	在GDHS的数据处理	(29)

第四章 运转控制中心和数据处理机构

4.1	运转控制中心	(31)
4.1.1	系统的安排	(31)
4.1.2	数据的获取	(32)
4.1.3	指令发生	(32)
4.2	NASA数据处理机构	(33)
4.2.1	粗制处理分系统	(34)
4.2.1.1	RBV视频处理	(35)
4.2.1.2	MSS视频处理	(35)
4.2.1.3	分幅	(35)
4.2.2	精制处理分系统	(37)
4.2.2.1	输入甄别和地面控制的选择	(38)
4.2.2.2	影象测量、变形计算	(38)
4.2.2.3	影象变换和注记、影象数字化	(38)
4.2.3	特殊处理分系统	(39)
4.2.4	象片处理机构	(40)
4.2.5	质量控制	(42)
4.2.6	计算机服务分系统	(42)
4.2.6.1	DCS处理	(42)
4.2.6.2	影象注记处理	(43)
4.2.7	用户和保证服务处	(43)

4.3 胶片和显影剂的特性	(43)
4.3.1 象片分系统.....	(43)
4.3.1.1 象片分系统的传递函数.....	(45)
4.3.2 象片影象质量.....	(46)
4.3.2.1 色调再现.....	(46)
4.3.2.2 调制传递函数.....	(47)
4.3.2.3 粒度.....	(49)
4.3.2.4 空间均一性.....	(49)
4.3.3 尺寸的稳定性.....	(50)

第五章 轨道和轨道控制

5.1 轨道和复盖	(51)
5.1.1 地球复盖.....	(51)
5.1.2 影象重叠.....	(51)
5.1.3 可重复性.....	(52)
5.1.4 高度的变化.....	(52)
5.1.5 地方观察时间的确定.....	(55)
5.2 轨道控制	(64)
5.2.1 要求轨道的达到.....	(64)
5.2.1.1 轨道周期误差.....	(64)
5.2.1.2 倾角误差.....	(64)
5.2.1.3 误差校正.....	(64)
5.2.2 要求轨道的保持.....	(65)
5.3 任务计划	(66)
5.4 太阳高度的影响	(67)

第六章 校 准

6.1 反束光导摄像管照象机	(70)
6.1.1 辐射测量校准.....	(70)
6.1.1.1 预飞行亮度制图.....	(71)
6.1.1.2 改编.....	(72)
6.1.1.3 原始阴影校正.....	(74)
6.1.1.4 消去灯影象透过率计算.....	(75)
6.1.1.5 飞行校准影象.....	(75)
6.1.1.6 飞行消去灯影象的测量.....	(76)
6.1.1.7 现时校正.....	(76)
6.1.2 几何校准.....	(77)
6.1.2.1 校准网格位置.....	(77)

6.1.2.2	网格制图——校准焦距长度	(78)
6.1.2.3	照象机——照象机的调整	(78)
6.2	多光谱扫描仪 (MSS)	(78)
6.2.1	MSS的辐射测量校准	(78)
6.2.1.1	校准数据的获取	(78)
6.2.1.2	校准楔数据的应用	(79)
6.2.1.3	太阳校准的应用	(82)
6.2.1.4	MSS内部校准系统的预飞行校准——亮度与字码计数	(83)
6.2.2	MSS几何校正	(85)

第七章 系 统 性 能

7.1	几何精度	(88)
7.1.1	几何精度的量测	(88)
7.1.2	误差来源及其数量级	(88)
7.1.2.1	外部误差来源	(88)
7.1.2.2	传感器的内部误差	(89)
7.1.3	输出产品的几何精度	(89)
7.1.3.1	粗制影象产品	(89)
7.1.3.2	精制影象产品	(91)
7.2	辐射测量	(93)
7.2.1	定义	(93)
7.2.2	绝对和相对精度	(94)
7.2.3	宏观与微观	(94)
7.2.4	RBV和MSS的辐射测量精度	(95)
7.2.5	系统亮度传递函数	(96)
7.2.6	系统辐射测量精度	(97)
7.2.7	RBV照象机的辐射测量	(98)
7.2.7.1	校准光源	(98)
7.2.7.2	形象残留	(98)
7.2.7.3	RBV阴影	(98)
7.2.7.4	磁带记录器	(98)
7.2.7.5	通讯	(99)
7.2.7.6	电子束记录器的不均匀性	(100)
7.2.7.7	象片印象机和处理器	(100)
7.2.7.8	放大机	(100)
7.2.7.9	精制处理器	(100)
7.2.8	MSS的辐射测量	(100)
7.2.8.1	校准光源	(100)
7.2.8.2	原始的MSS校准	(100)

7.2.8.3	MSS校准的长期变化	(101)
7.3	分辨力	(101)
7.3.1	引言	(101)
7.3.2	RBV系统的分辨力模式	(102)
7.3.3	MSS系统的分辨力模式	(104)

第八章 输出数据产品

8.1	象片产品	(107)
8.1.1	粗制象片产品	(107)
8.1.1.1	影象的生产	(108)
8.1.1.2	影象的格式和注记	(108)
8.1.1.3	性能特性	(112)
8.1.1.4	交付形式	(112)
8.1.2	精制象片产品	(112)
8.1.2.1	影象的生产	(112)
8.1.2.2	影象格式和注记	(113)
8.1.2.3	性能特性	(114)
8.1.2.4	交付形式	(114)
8.2	计算机用带	(114)
8.2.1	粗制MSS计算机用带	(114)
8.2.2	粗制RBV计算机用带	(118)
8.2.3	精制MSS和RBV计算机用带	(120)
8.3	数据收集系统产品	(122)

第九章 ERTS地面校准试验站

9.1	地面校准试验站	(124)
9.1.1	选站原则	(124)
9.1.2	ERTS的地面校准试验站	(125)
9.1.3	地面实况测	(126)
9.2	卫星传感器预期接收到的辐射能量	(127)
9.2.1	地面试验站复盖的光谱反射	(127)
9.2.1.1	荒漠和半荒漠植被	(127)
9.2.1.2	土壤	(131)
9.2.2	太阳高度角和大气光学厚度	(136)
9.2.3	太阳辐射和“清洁”及混浊大气的大气透射率	(138)
9.2.4	计算方法及结果	(141)
9.2.4.1	计算方法	(141)
9.2.4.2	计算结果的简要讨论	(148)

9.2.4.3 计算辐射与飞机光谱测量的比较.....	(150)
9.3 传感器的监视和校准技术及程序.....	(151)
9.3.1 飞机测量法.....	(151)
9.3.2 模式法.....	(152)
9.3.3 传感器的校准监视程序.....	(152)

第十章 ERTS数据的实际应用

10.1 在农业和林业方面的应用.....	(155)
10.1.1 资源调查.....	(155)
10.1.2 灾害监视.....	(157)
10.1.3 土地利用.....	(159)
10.1.4 生产管理.....	(161)
10.2 在地质地理方面的应用.....	(162)
10.2.1 地质构造和找矿.....	(162)
10.2.2 动态过程.....	(165)
10.2.3 地图绘制.....	(167)
10.3 在水文和海洋方面的应用.....	(167)
10.3.1 在水文方面的应用.....	(167)
10.3.1.1 水资源调查.....	(167)
10.3.1.2 冰雪研究.....	(168)
10.3.1.3 洪水淹没区制图.....	(169)
10.3.2 在海洋方面的应用.....	(169)
10.3.2.1 河口研究.....	(169)
10.3.2.2 海岸带的动态变化.....	(170)
10.3.2.3 海流和海水.....	(173)
10.3.2.4 鱼群监视.....	(174)
10.4 在环境污染监视方面的应用.....	(174)
10.4.1 水污染.....	(174)
10.4.2 地面污染.....	(177)
10.4.3 空气污染.....	(178)
10.5 在军事侦察方面的应用.....	(178)

略 语 表

第一章 概 述

1.1 地球资源技术卫星的由来和发展

随着人造地球卫星和宇宙飞船的发射,开始了人类从宇宙空间研究人们长期生活和居住的地球环境的新阶段。美国航空和宇宙航行管理局(NASA)于1958年到1966年发射了“水星”、“双子座”等宇宙飞船,后来又发射了“阿波罗”载人飞船,通过各种照相机系统,拍下了上万张地球表面的照片。特别是1969年“阿波罗—9”号第一次将一台四光谱段的照相机带到宇宙空间,获得了更多有关地球资源的情报。这些宇宙飞船从空间获得的大量照片,经美国地质调查所等单位的分析研究,认为从宇宙空间对地球资源进行观测研究,不论在科学或技术上以及在对地球资源的管理和应用上都有很大的价值。

遥感技术的发展为从航空和宇宙飞船上观测地球资源奠定了技术基础。从1962年在美国密执安大学召开的“环境遥感讨论会”以来,遥感技术在一些国家有了迅速的发展。截至1975年10月,以密执安大学为基点的遥感技术讨论会已召开了十次,从1969年第6次会议开始发展成为“国际环境遥感讨论会”,现在参加这个会议的国家已有三十多个,人员达千人之多。

1964年到1965年,美国宇航局、国家科学院和海军研究局共同发起了一个名为“空间地理学”的研究。他们邀请了80多个地理学家、分11个专题探讨了从空间勘测地球资源的可能性,逐步形成了以地球为目标的一个空间计划。海洋研究局在国家科学院地理专门委员会的帮助下,还制订了一个空间飞行前的试验研究和辐射测量方案。后来地质调查所接过了这个方案,合并在“地理应用计划”中。这个计划于1966年在宇航局的资助下开始实施,其主要课题就是应用遥感技术来研究地球资源。这个计划中的大部分工作是由美国各大学承担的,其中尤其以密执安大学红外光学实验室所进行的“地球资源光谱信息”研究为突出。为从空间研究地球资源提供了大量的基本资料。

1966年9月,当时的美国内政部长提出了“地球资源观测卫星(EROS)计划”,要求查明遥感技术和宇宙观测在地球资源勘察中对哪些领域是有用的以及如何利用等问题。内政部所属的矿山局、土质保护局、土壤改良以及水产局等单位都参加了这个EROS计划。

1966年秋,NASA邀请国家科学院研究:卫星在以地球为其观测目标的应用中,可能有用的程度如何?此后,1967年和1968年又分别组织了几个小组进行调研工作。

1967年美国地质调查所参加了NASA的这项计划。他们建议制定一个逐步发展的方案。开始时,卫星可携带电视摄像机,沿太阳同步轨道飞行,对地球进行重复观测。另一方面,他们强调应继续发展载人空间飞行站,以便有可能获得分辨率更高的地面图象。他们的这一建议后来被NASA采纳,并付诸实施。

这样,经过几年的讨论,酝酿和研究,逐步形成了“地球资源技术卫星”的设想。戈达德空间飞行中心(GSFC)于1967年开始着手进行关于地球资源技术卫星合适性的构思,制订了一份题为“对ERTS-A和B设计研究的详细规定”的文件,确定了对这种卫星总的要求和目标,接着邀请工业部门提出进行ERTS B/C期工程研究的建议。到1969年6月,有两个公司承担了卫星本体的研究任务,这就是通用电气公司(GE)和TRW系统公司。NASA对

这两家公司各提供350万美元，要求他们于1969年11月提出设计方案。在他们的报告中，两家公司均提出采用现有的卫星作为基础，即GE公司的“雨云”卫星和TRW公司的“轨道地球物理观测站”，最后NASA采纳了GE公司的方案。卫星上的几个主要遥感仪器：多光谱扫描仪（MSS）由休斯飞机公司承包，反束光导管摄影机（RBV）和宽带磁带记录器由RCA电子公司承包。除此而外，为了使这一卫星得以充分应用。NASA在要求参加该卫星试验计划的国内外700多个科学家中选择了300多名组成了一个地球资源卫星基本研究小组。这个小组的成员来自美国43个州和世界上34个国家和两个国际组织。这些基本研究者的组成如下：

农业林业	49人
地理制图	27人
地 质	74人
水 文	36人
海 洋	30人
气 象	5人
环境质量、生态	60人
分析技术	22人
传感技术	2人
合 计	305人

整个地球资源卫星计划发射六颗卫星，分别以ERTS A、B、C、D、E、F作为标记（发射后称为ERTS-1、2、3、4、5、6）。计划ERTS-A是一颗实验型的卫星，它的主要目的在于试验卫星上的仪器的工作性能并取得有用的地球资源数据。ERTS-B将与A几乎相同，计划加上一个热红外光谱通道。ERTS-C和D将使用制图照象机并回收胶卷，ERTS-E和F主要将用于研究海洋。

1972年7月23日美国发射了第一颗地球资源技术卫星。在这颗卫星在空间运转了两年半之后，1975年1月22日又发射了第二颗卫星，为了便于人们了解这种卫星的性能和作用，在发射第二颗卫星的前夕，宇航局正式将这种卫星改名LANDSAT卫星（意为“大地卫星”）*。这样在美国的地球资源卫星计划中已有两个卫星在空间运行，不断地收集着世界各地的自然资源情报。由于地球资源卫星每隔18天可将地球全部拍摄一遍，而第二颗卫星发射时使它与第一颗在位相上相差180°。这样两个卫星一起重复观测同一地区的时间就缩短为9天，这对于一些现象的动态变化监视是十分有利的。在ERTS-1发射入轨之后不久，反束光导管摄影机就发生故障而停止工作，随后一台宽带视频磁带记录器又发生故障，其数据存储能力大大降低。

美国地球资源卫星发射以后，特别通过三年多的试验和应用，证明它在勘查、监视和管理地球资源方面一个很有效的工具，有些部门，如地质部门已将这种空间技术作为一个常用的手段，在地质构造、探矿、地震、森林清查、土地利用、城市规划、农作物产量监视、海洋研究以及环境污染监测方面发挥了较大的作用。从第一颗地球资源卫星发射以后，到现在已召开了三届地球资源卫星成果讨论会，带有广泛的国际性。

由于地球资源卫星数据的有用性，美国内政部专门在南达科他的苏福尔斯城建立了“地球资源数据中心”，向美国和世界各国提供地球资源卫星以及其它有关的地球资源观测数

* 为了便于我国了解，我们仍用地球资源技术卫星这一名词。

据。不少国家出于对本国自然资源观测的要求，纷纷向美国提出希望参加地球资源卫星计划并要求在自己国内建立地球资源卫星的地面接收站以直接接收卫星图象。目前除美国本土而外，已在加拿大、巴西、意大利、伊朗建立了地球资源卫星的地面接收站。非洲的肯尼亚和扎伊尔已向美国提出了建站的要求。目前，法国、日本、埃及和沙特阿拉伯等国家也正与美国宇航局就在这些国家建立资源卫星地面站问题进行商洽。由此可见，地球资源卫星正是象通讯卫星、气象卫星一样得到广泛应用的一种新型的应用技术卫星。

除了现行的地球资源卫星而外，美国为了进行某些特殊的试验也发射一些载人的宇宙飞船。1973年5月开始，美国就连续发射了四个“天空实验室”，其中带有大量的地球资源观测实验项目。目前，美国正计划进行地球观测卫星（EOS）的研究，这一计划的目的是要发射一系列称之为“超级 ERTS”的空间观测站，进行传感器、观测技术的试验及管理地球资源。根据这一计划将于1978—1979年发射一个4000磅的卫星到400—500哩的圆轨道上，这颗卫星预计将装载侧带图象雷达（Side Band Imaging Rader）以透过云雾对地面进行观测。卫星的分辨力将从现在地球资源卫星的300呎提高到30—100呎。1981年以后，这类地球观测卫星还计划从航天飞机上进行发射。

1.2 系统概观⁽³⁾⁽⁴⁾

整个 ERTS 系统的设计要满足如图1.2—1 简要说明的对该系统各方面的要求，包括复盖、精度、质量以及时间等。

根据用户确定的数量，获得大范围地区的多光谱影象和数字数据。 在相同的地方时间里，重复对地面和海岸进行观测。 沿飞行方向，影象有航向重叠。 相邻轨道的影象之间有旁向重叠。 影象定位精度要求优于2哩。 复盖周期不超过三个星期。 卫星的轨道寿命不小于一年。 在保证及时性的前提下，以有效的方式对数据加以处理，并分发给研究者使用。

表1.2—1 对 ERTS 系统的各种要求

为了达到其广泛的目标，ERTS—A 和 B 将在全球范围里重复地获取地面高分辨力的多光谱数据。为此，选用了两种传感器系统：四通道（ERTS—B 为五通道）多光谱扫描仪（MSS）和三个反束光导摄像管照象机（RBV）系统。此外，ERTS 观察台还将作为一个中继系统，把来自遥远而广泛分布的地面传感台站的数据集中起来加以转发。这些传感台站是由各个研究者根据自己的需要而设置的。因此，整个 ERTS 系统所收集到的数据，将使人们能够从光谱、空间、时间等范畴对地面特征进行定量的量测。

整个 ERTS 系统的情况可参看图2.2—1。观察台上装备有摄影多光谱传感器（MSS 和 RBV）。两台宽带视频（磁）带记录器和数据收集系统（DCS）的星上部分。飞船“工程环境”遙测、跟踪和指令分系统和 NASA 载人宇宙航行网（MSFN）或空间跟踪和数据获取网（STADAN）的一些站是一致的。宽带有效视频数据在阿拉斯加州费尔班克斯站

(STADAN) 以及 MSFN 的两个站: 加利福尼亚州戈尔茨顿以及马里兰州格林伯特 GSFC 站网试验和跟踪机构 (NTTF) 接收。

运转控制中心 (OCC) 是 ERTS 任务轨道作业的枢纽。在此安排整个系统的工作、产生对飞船的指令、监视和评价轨道作业的情况。DCS 遥测和指令数据在 OCC 与远处的地面站之间的传递, 将由 NASA 通讯网 (NASCOM) 完成。NASA 数据处理机构 (NDPF) 受理磁带形式的有效视频数据, 这些数据是在 NTTF 站通过 OCC 实时接收下来的, 或者是从阿拉斯加和戈尔茨顿站邮寄而来的。NDPF 必须完成由视频数据到胶片影像的变换、校正, 生产单光谱带的黑白影像和数字带, 生产由几个光谱带合成的彩色象片等。NDPF 还必须包括全部数据贮存和回放的系统, 并把数据产品和各种服务性的产品交付给研究者或其它数据用户使用。

OCC 和 NDPF 合起来构成 ERTS 的地面数据管理系统 (GDHS)。

图1.2—1 说明了整个 ERTS 系统的功能。

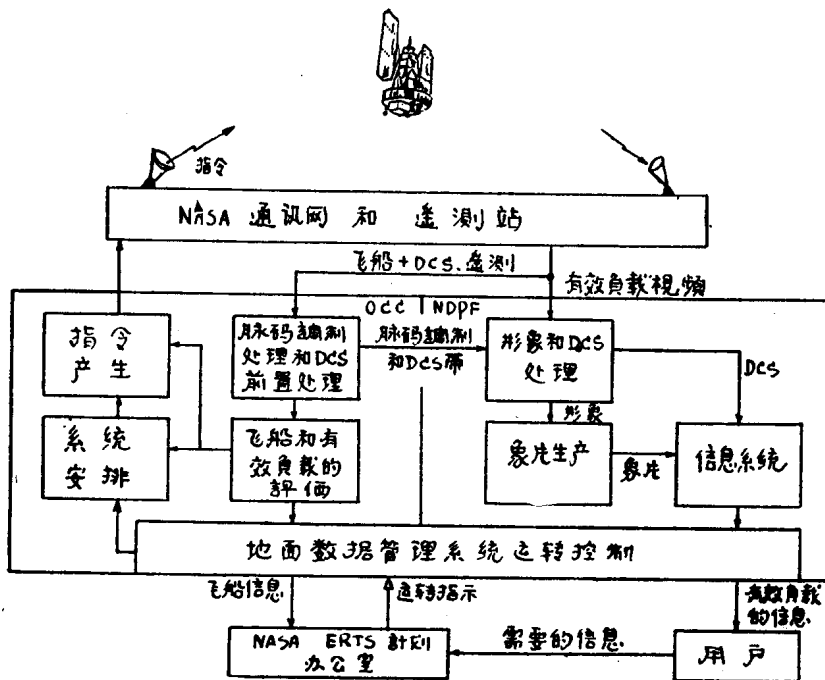


图1.2—1 ERTS 系统的功能

参 考 文 献

- (1) Dieter Steiner; Towards Earth Resources Satellites; the american ERTS and Skylab Programs. Photogrammetry vol. 27, №6, dec 1971.
- (2) “宇宙科学技术调查”科学技术厅研究调整局宇宙开发课, 昭和47年7月.
- (3) G. Paul Fishman; “Earth Resources Satellite ground data management with special emphasis on ERTS ground data handling system” AIAA paper, №71976.
- (4) ERTS OCC and NDPF—System Studies—book 1, №70-34451.

第二章 观察台和地面站

2.1 观察台

ERTS观察台是一种稳定指向地球的卫星，它由供电电源、控制、环境、轨道保持，姿态控制以及保证有效负载（Payloads）在一年轨道期间正常工作的一系列积成分系统组成（图2.1—1）。星体重量为2100磅（953公斤），整个高度约为10呎（3.04米），直径为5呎（1.52米），并具有两个张开的太阳帆板，总长为13呎（3.96米）。

2.1.1 姿态控制分系统

姿态控制分系统（ACS）提供沿局部地球铅垂方向和轨道矢量方向的飞船调整以及对俯仰、滚动和航偏轴的速度控制。ACS使飞船轴的指向精度达到与局部铅垂相差 0.4° （对俯仰和滚动轴言），使速度矢量的偏差在 0.6° 之内（对航偏轴而言）。在多光谱扫描仪（MSS）和反束光导摄像管照象机（RBV）工作期间，预计的转动速度各轴均小于每秒 0.015° 。这种速度产生的影象移动，在RBV短暂的曝光时间里是可以忽略不计的。但是在MSS影象中则会造成轻微的畸变。利用实测的姿态速度校正系数，在NASA NDPF地面影象处理时，可以使这种畸变得以补偿。

三轴主动式ACS利用地平扫描仪感应滚动和俯仰轴的姿态误差。用速度陀螺仪感应航偏轴的速度，并在一个陀螺仪罗盘中感应航偏轴的姿态。转矩系统和反作用喷嘴配合，产生对飞船动量的控制，在有必要的时候，产生巨大的控制转矩，而飞轮则用于精细的控制及剩余动量的储存。

2.1.2 姿态测量传感器

姿态测量传感器（AMS）是一个用来测定飞船俯仰和滚动轴精确姿态的独立部分（不用于姿态控制目的）。这种数据在地面处理时用于影象的定位和校正。AMS探测地球大气和空间背景中，由14到16微米范围内辐射水准的变化，确定飞船俯仰和滚动轴相对于局部铅垂的位置。当遥测数据对季节亮度及由其它因素造成的变化在地面加以补偿后，俯仰和滚动轴的姿态可以测定精确到 0.07° 左右。

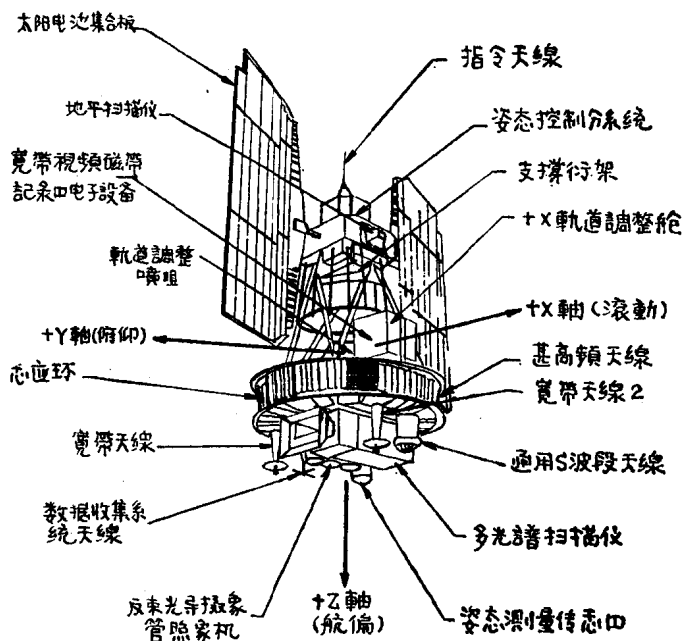


图2.1—1 ERTS观察台

2.1.3 宽带视频带记录器分系统

两台宽带视频带记录器(WBVTR)在远距离作业期间,记录、存贮和回放RBV或MSS输出的数据。每台可记录30分钟RBV3.2 MHz的视频模拟数据,或15Mbps的MSS数字数据。数据由四个横截两吋宽磁带排列的转动磁头(在一个转轮上)记录下来。记录和回放每秒钟均为12吋(30cm/秒),并具有同样的转动方向。每台记录器总的可用磁带长度是1800呎(548米)。

RBV模拟视频信号通过WBVTR中的视频电路送入频率调制部分。这种信号作为一种反相的模拟信号被接收,其直流电平是有漂移的,经过调频、放大而被记录下来。为了在回放过程中,保证磁头在视频信号出现水平空缺间隔期间能正常转换,当每三个一组曝光开始时,WBVTR磁头轮在记录过程中,均需对RBV信号再定相。回放时,RBV信号由上述四个转动磁头依次读出,经过适当的变换,在频率调制部分产生出连续的RBV信号。而后,这种信号在地面解调,复现出原来的模拟信号的波形。

MSS数字视频数据作为一种非归零电平(NRZ-L),以15Mbps速度的数据流被接收。在WBVTR中,数据流被重新锁定,然后频率调制一个调频载波。所产生的频率—相位—键控(FSK)信号用四个转动磁头记录。MSS数据是异步记录的,即数据流和转动磁头是不同步的。在回放时,MSS信号被同样的四个磁头依次读出,通过变换和解调产生出连续的NRZ-L、15兆码位/秒的数据流。

每一台WBVTR在任何时刻都可记录或回放RBV或MSS的数据。在记录或回放时,每台WBVTR要加进适当的磁带位移以选择合适的磁带位置,RBV或MSS数据的选择可用适当的地面指令完成,该种指令可以存贮在飞船设备里,以备嗣后远距离作业期间执行。

2.1.4 电源分系统

电源分系统供应整个飞船和有效负载分系统作业所需的电能。在阳光照射时,该分系统提供短期稳定—24伏、980瓦的最大输出。这个数字是从550瓦太阳能电池组帆板加8个4.5安培蓄电池的负载复用推算出来的。预计有效负载工作时,其功率要求对实时作业而言是480瓦,对远距离作业来说则是521瓦。若把该系统当作一个能量消耗系统来讨论的话,开始时期它可以维持有效负载(RBV和MSS两者)每条轨道“开动时间”平均为20分钟,而在一年之后则减少为12.1分钟。“开动时间”的缩短主要由于在一年轨道生活里宇宙微粒撞击太阳能电池,使之效率降低所致。然而,实际的有效负载“开动时间”尚受其它系统的限制(如:地面站通过时间,记录能力等)所约束,平均每条轨道为12分钟。

在发射阶段以及飞船进入地球阴影范围时,全部电能则由蓄电池供应。在阳光照射时期,飞船负载用不完太阳能电池组的电能用以对蓄电池充电,同时通过辅助设备切断使负载过量的任何电能消耗。

2.1.5 通讯和数据管理分系统

通讯和数据管理分系统(图2.1—2)保证整个飞船工作流程的进行,它由宽带遥测分系统和窄带遥测、跟踪和指令分系统组成。

2.1.5.1 宽带遥测分系统

宽带遥测分系统接受和处理来自RBV、MSS和两台宽带视频带记录器的数据，并把它们发射给地面接收站。

该分系统由两台20瓦S带调频发射机以及有关的滤波器、天线和信息调节设备组成。如图2.1—3所示，该系统允许任意两种数据来源或者是实时的，或者是记录下来的数据，通过两条下行线中的任一条（一种数据一条）同时发射。可控功率电平行波管（TWT）放大器和束状天线使传感器数据，在最小功率条件下取得最大的保真度。采用一个单独的行波管放大器交叉搭接和复式作业（两个数据源）即使在硬设备失灵时也可以继续工作。

2.1.5.2 遥测、跟踪和指令分系统

遥测、跟踪和指令分系统集中飞船和传感器，环境工程参数数据并将其发送给地面站，提供跟踪辅助设备，接收发自载人空间飞行网（MSFN）或卫星跟踪和数据获取网（STADAN）的指令，并使之在飞船上付诸执行。此外，它还为数据收集系统（DCS）的数据发送提供线路。

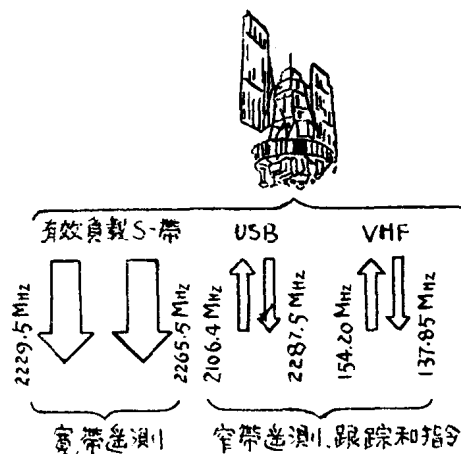


图2.1—2 ERTS通讯线路

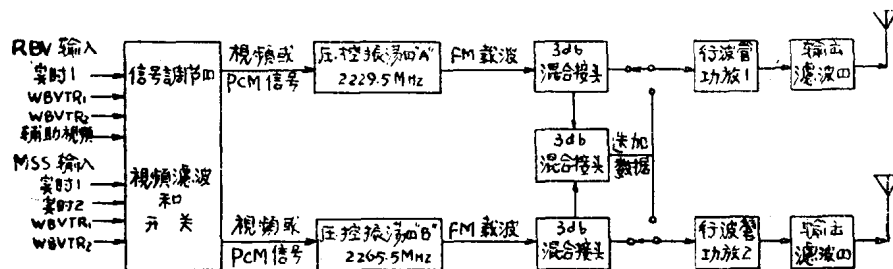


图2.1—3 宽带遥测分系统工作原理图

当速度在每16秒钟一次到每秒五次之间时，总数为912个遥测点（576个模拟的，16个10位数的数字字码，320个1位数的二进制字码）可以被采样。这种数据是脉码调制（PCM）的，可以通过甚高频（VHF）或通用S带线路（USB），以1Kbps的速度实时发射。对于以24 Kbps速度回放的两台窄带记录器（WBTR）而言，每台可存贮多至210分钟的数据。模拟数据具有8位精度或者是256分之一的精度。

通用S带设备有能力通过同一个2287.5MHz的载波同时发射在各个单独的副载波上的实时遥测（768KHz）、回放数据（597KHz）、DCS数据（1.024MHz）以及伪随机测距信息。回放数据可以从任一窄带记录器或宽带视频带记录器的辅助磁道中抽取出来。

通过137.86MHz的VHF设备一次仅能发射实时或回放数据（来自任一窄带记录器）中的一种。三个ERTS接收站一般均采用USB下行线。

指令可通过STADAN 154.20MHz的VHF线路或者MSFN 2106.4MHz的USB线路进入

飞船接收机备用机组 (redundant sets) 而加以执行。这些指令可以是指令/时钟能够执行的512条指令中的一条, 或者是指令积分装置能辨认的8条指令中的一条。总计有30条指令/时钟指令可以存贮起来, 以便在超出地面站接收范围时执行。在使用存贮的指令时, 可以完成有效负载的各种远距离作业。

2.1.6 热控制分系统

热控制分系统提供飞船和传感器部分一种 $20 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的受控环境。热控制通过有源(断续器和加热器)和无源(辐射器、绝热和涂层)部件来实现。断续器安置在感应环的各个部分上, 由两相充满液体的膜盒组件来激励。这些组件紧紧地被热耗散元件夹住, 并安装了和热耗水平相应的许多断续器叶片。加热器连接在感应环的不同位置上, 以防止在低设备负载周期延长的时间里, 温度下降到允许的最低水平以下。当这些地方的温度下降到某个预定数值以下时, 加热器根据地面指令有选择地通电流。感应环上、下表面都是绝热的, 防止通过这里增加或减少热量。外部结构和辐射表面加了涂层, 以便获得所需的发射和吸收数值。低吸收和高发射涂层的无源辐射器用来帮助断续器衰减感应环上的热量。RBV、MSS、WBVTR和NBTR都装备有辐射器。

2.1.7 轨道调整分系统

轨道调整分系统(OAS)测定入轨后精确的ERTS轨道参数, 并在整个飞行任务期间完成各种轨道调整, 以保证传感器影象复盖范围重叠和长时期里的可重复性。

OAS是一种单元推进剂, 胼加注燃料推进系统, 它由三个火箭发动机、一个推进剂油箱、馈电系统以及辅助结构和必要的内连燃料管道, 电线组成的独立舱构成。OAS安装在飞船感应环上, 沿着(+)滚动轴, (-)滚动轴以及(-)俯仰轴各置放一个推冲器, 因而推冲矢量近似地通过飞船的质量中心。用这些推冲矢量, OAS可以给飞船加速度, 校正一年轨道生活中由于大气阻力或其它误差来源造成的平面入轨误差、倾斜入轨误差以及轨道的摆动。

2.1.8 电子设备转接分系统

电子设备转接分系统的功能包括: 电源开关、遥测信号发生、开关逻辑、电源保险、数据分路、时间码处理以及设备的自动关闭。时间码数据取自指令/时钟, 编入存贮自动记录器, 在需要的时候转发给RBV和MSS。定时器和有效负载连接。如果正常的断开不能实现时, 宽带视频带记录器和S带发射机在工作了32分钟之后, 电源自动切断。对RBV、MSS、WBVTR以及OAS来说, 电源开关(受控与不受控的)、瞬变负载电路以及点火均包括在这个分系统里。

2.2 地面站和地面通讯

2.2.1 一般情况

飞船和地面的通讯由地面站来管理, 这些地面站是NASA、STADAN的组成部分之一。NASA通讯网(NASCOM)系统为这些地面站和位于哥达特宇宙航行中心的地面数据管理