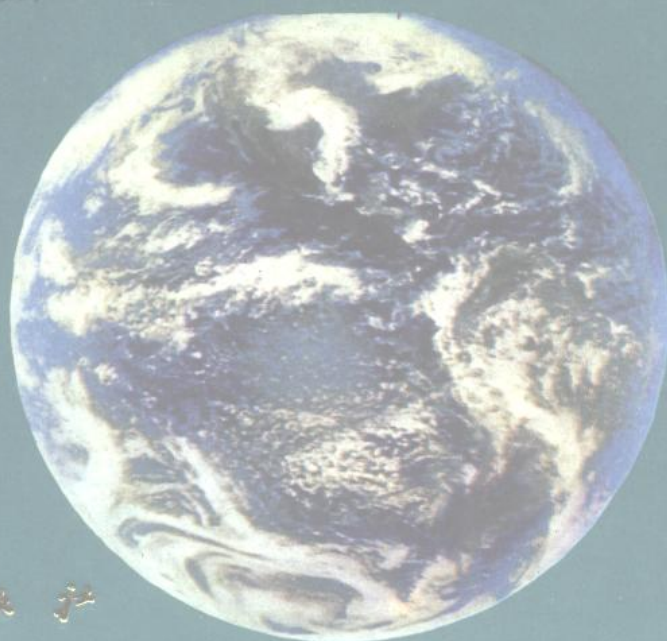




空间遥感图象的分析应用

中国科学院遥感应用研究所



国防工业出版社

空间遥感图象的分析应用

中国科学院遥感应用研究所

主编译 王长耀

编译 濮静娟 华缇健 刘益悟

国防工业出版社

内 容 简 介

遥感技术作为一门新兴的学科,随着空间科学技术的发展,近十多年来进展很大,获得了多方面的广泛应用,对促进国民经济的发展和国防建设都有很大作用。本书主要分两部分:第一部分为空间遥感的主要活动概述,着重介绍二十多年来,国际上一些国家发射的主要与空间遥感有关的卫星等系列以及它们的活动概况;第二部分 編集 百余幅(国内部分20多幅)典型的空问遥感彩色图象(含图版及其说明图),并按学科分类深入介绍和分析了这些图象在气象、地质、农业和林牧业、地理和制图、水文、海洋、天文以及军事方面等的应用实例。书中图象清晰,说明详细,可为研究和应用空问遥感图象的科技人员提供有益的资料。

本书可供从事遥感技术研究和应用的工程技术人员以及有关大专院校的师生参考。

空间遥感图象的分析应用

中国科学院遥感应用研究所

主编译 王长耀 编译 濮静娟 华缙健 刘益悟

责任编辑 王礼国 林秀权

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 22¹/₂ 插页 2 521 千字

1985年8月第一版 1985年8月第一次印刷 印数: 0,001—2,440 册

统一书号: 15034·2589 定价: 13.80元

前 言

近年来,随着空间技术的飞跃发展,遥感技术已进入了崭新的空间遥感阶段。今天,人造地球卫星和各种空间飞行器不仅可以从高空观察地球,而且可以飞越亿万公里去探测月球、火星、水星、金星、木星、土星,以至太阳系以外宇宙的奥秘。新型的空间遥感器每天向地球上发回大量的探测数据,从而使人们能从宇宙空间的高度上,大范围、快速、周期性地观测地球上和空间中的自然现象及其变化,并研究它们的发生、发展和演化规律。空间遥感技术作为人类认识自然,探索自然的一种新的现代工具,在国际上已被广泛地应用于生物、地学、天文学等科学领域以及军事侦察方面。从近年来国际上发表的大量有关空间遥感资料应用的成果来看,这些前所未有的丰富信息,大大开阔了人们的眼界,把人类对自然界的认识提高到了一个新的高度。

为了使我国遥感工作者进一步了解国外科学家在空间遥感图象应用方面的成果,我们编译了这本图集。本图集主要分两部分:第一部分为空间遥感的主要活动概述,着重介绍二十多年来,国际上一些国家发射的主要与空间遥感有关的卫星系列,如“气象卫星”、“阿波罗”宇宙飞船、“陆地卫星”、“天空实验室”、“旅行者”等,以及它们活动的概况;第二部分,从最近国外出版的《对地球的使命:陆地卫星观测世界》、《世界空间图象》等五本卫星照片图集中选择了这些卫星系列取得的百余幅空间遥感图象,并对“陆地卫星”拍摄我国部分地区的典型图象进行了专题分析,最后按学科介绍了这些典型图象在气象、地质、农业、林牧业、地理、制图、水文、海洋、军事、天文学等方面的应用实例。通过这些典型图象的分析,以期能为研究和广泛应用空间遥感图象的有关领域的专业工作者提供有益的参考。

参加本图集编译工作的有王长耀和濮静娟、华缙健及刘益悟等同志,进行资料准备的有郑兰芬、范惠茹、关威、张声荣、陈德松等同志,担任部分清绘工作的有甄淑平同志,在本图集编译过程中得到了陈述彭、杨世仁、童庆禧等同志的热情指导,对此致以衷心的感谢。

本图集是根据国外资料和我们近年来的工作实践编译的,但由于内容涉及的范围相当广泛,我们的工作经验有限,不妥之处一定很多,敬请读者批评指正。

目 录

第一部分 空间遥感主要活动概述	1
一、军事侦察卫星	3
二、气象卫星	6
三、“阿波罗”登月计划和星际探测	9
四、地球资源观察卫星系统	14
1. “陆地卫星”系列	14
2. 海洋卫星	19
3. 热容量制图卫星	20
4. “斯波特”卫星系列	21
5. “天空实验室”	24
6. “联盟号”和“礼炮号”轨道站	27
五、航天飞机计划	29
六、我国的科学实验卫星	31
参考文献	33
第二部分 空间遥感图象的分析应用（附图版及其说明）	34
一、空间遥感图象在气象学研究中的应用	37
1. 美洲与大西洋地区	41
2. 美洲与太平洋地区	44
3. 气象卫星拍摄的地球极圈	47
4. 埃及和红海上空的“急流”	50
5. 美国东海岸上空的巨大气旋	53
6. 苏联欧洲部分的气象卫星图象及气旋处理图象	56
7. 岛屿型的动力过程	58
8. 密执安湖地区的空气污染	60
二、空间遥感图象在地质学研究中的应用	62
9. 西奈半岛	70
10. 曼德海峡	73
11. 东非地堑——肯尼亚部分	76
12. 阿巴拉契亚褶皱山地	79
13. 麦克唐奈褶皱山脉	82
14. 纳纳尼勃穹窿	84
15. 洛杉矶地区的地质构造	86
16. 博斯腾湖地区的大断裂	89
17. 马尼科奥肯湖的圆形构造	92

18. 皮拉尼斯皮格的圆形构造	94
19. 理查特构造	96
20. 宜山山字型构造	99
21. 皮尔巴拉地块	102
22. 克拉玛依地区的构造与侵入岩	104
23. 西安地区新构造运动	107
24. 阿尔泰山中段的新构造运动	110
25. 贝加尔湖地区的地震地质背景	113
26. 大峡谷地区的地质单元	116
27. 图版 26 亚利桑那地区岩石单元的计算机处理图象	119
28. 加利福尼亚东部欧文斯谷地	120
29. 图版 28 黄金原地区的比值图象	122
30. 津巴布韦“大岩脉”地区的矿床	124
三、空间遥感图象在农业、林业和牧业调查中的应用	126
31. 英佩尔谷地的土地利用	134
32. 科罗拉多三角洲农业区	137
33. 内布拉斯加的灌溉区和田块划分	140
34. 得克萨斯州西北部的灌溉区和油田	142
35. 斋桑泊地区的土地利用	145
36、37. 菲尼克斯地区的彩色红外图象及其密度分割处理图象	148
38. 荷兰的海岸与圩田	152
39. 尼日尔-萨赫勒地区热带草原牧场	154
40. 森林火灾与烧荒	158
41. 鄂毕河沼泽区	160
42. 别拉洪河上游沼泽地区的土地利用	163
四、空间遥感图象在地理、制图研究中的应用	166
43. 阿尔及利亚萨乌腊河地区沙漠	171
44. 额济纳旗——戈壁、沙漠	174
45. 陇东黄土塬	177
46. 广西红水河“喀斯特”	180
47. 达尔马提亚——“喀斯特”和岛屿海岸	182
48. 夏威夷火山群岛	185
49. 铁蒂休眠火山喷发	188
50. 西西里埃特纳火山	190
51. 中安第斯高原火山锥	193
52. 长白山天池火山口	196
五、空间遥感图象在水文学研究中的应用	199
53. 阿拉斯加冰川	204
54. 珠穆朗玛峰	206
55. 阿尔卑斯山冰川	209
56. 冰岛的火山与冰原	212
57、58. 新疆北部阿尔泰山雪原 (1)、(2)	214
59. 汗腾格里峰冰川	219

60. 亚马孙河	222
61. 密西西比河洪水	224
62. 罗布泊 (1)、(2)	226
63. 西藏塔若错湖群	230
64. 鄱阳湖 (1)、(2)	233
65. 日瓦内湖	238
六、空间遥感图象在海洋和海洋资源调查中的应用	240
66. 密西西比河河口三角洲	249
67. 黄河三角洲	252
68. 长江口	254
69. 福建海岸与台湾海峡	256
70. 哈特勒斯角拉古纳海岸	259
71. 帕腊瓜纳半岛	262
72、73. 巴哈马沙洲中水下深谷及其等密度处理图象	265
74. 西沙群岛	268
75. 台湾岛南部	270
76. 巴罗海峡	273
77. 美国与苏联的国界——白令海峡	276
78. 南极洲	278
七、空间环境遥感图象在军事侦察方面的应用	281
79. 华盛顿-巴尔的摩地区	286
80. 卡纳维拉尔角	289
81. 芝加哥	292
82. 阿拉伯油田	294
83. 东京	296
84. 莫斯科	298
85. 摩尔曼斯克潜艇基地	300
86. 拜科努尔发射场	302
87. 萨雷沙甘反导靶场	305
88. 北京地区的计算机处理图象	308
八、空间遥感图象在天文学研究中的应用	310
89. 月球	313
89-1 月球图象 (1)	314
89-2 月球“环行山”的雷达图象	317
89-3 月球图象 (2)	319
89-4 月面上的辐射状裂纹	322
89-5 地球在月面上升起	323
90. 火星	324
90-1 火星表面图象	324
90-2 火星表面的沙漠和砾石	326
91. 金星	328
91-1 金星图象	329
91-2 金星表面的假彩色处理图象	331
92. 木星	332

92-1 木星图象	332
92-2 大红斑结构	334
92-3 木星的卫星	336
92-4 “木卫一”的处理图象	338
93. 土星	340
93-1 土星图象	341
93-2 土星及其卫星	344
94. “天空实验室”对太阳的观测	345
94-1 太阳日冕图象	346
94-2 太阳爆发的情景 (1~4)	347
参考文献	350

第一部分 空间遥感主要活动概述

六十年代以来,随着空间技术的迅速发展,成百上千颗人造地球卫星和宇宙飞船及其它各种空间飞行器被送入太空。人们长期盼望从空间来观察世界的梦想,今天变成了现实。

从空间观察地球,人们的视野一下子可以扩展到能够看到地球广大地区的区域特征,甚至地球 $1/4 \sim 1/3$ 地区的概貌。高山、沙漠、海洋等限制人们在地面上进行自然环境研究的这些困难地区,利用空间遥感技术,使人们第一次从这些地区得到了大量资料。区域性的地质构造、巨大的台风、洋流和浩瀚的沙漠等这些在地面调查中难以宏观观察到的自然现象,在卫星图象上却能逼真地展现在人们的面前。“欲穷千里目,更上一层楼”,利用太空中,其飞行高度为几百公里、甚至上万公里的卫星来观测地球,不仅扩大了人们的视野,而且使人们对各种现象间的相互联系性的认识提高了,减少了在地面工作时受到的局限性,从而为人们宏观地研究各种自然现象和规律提供了有利条件。

穿越大气层飞近有关行星或进入环绕行星轨道的空间探测器,对地球的卫星或其它行星进行逼近探测,这就使我们的“眼力”延伸了成千上亿公里。人类对宇宙、星体的认识也随着空间遥感技术的发展提高到了一个崭新的水平。

卫星在太空昼夜不停地运转,几天或十几天就可以把地球观测一遍,因而,可以获得最新颖、最现实的情报资料。通过卫星对同一地区、不同时间重复观测获取的图象进行对比分析,能够迅速掌握地面军事情况以及自然现象的动态变化,从而为军事部署和对灾害性自然现象的预报提供有力的参考依据。

随着空间技术的不断发展,目前,空间遥感活动中所使用的遥感器的的工作波段已几乎扩展到电磁波谱的各个部分(见图 1.1)。这些遥感器不仅包括在可见区工作的光学照相和电视摄像系统,而且包括在夜晚也可以工作,其波长位于红外谱段的红外扫描和辐射计系统,以及可以全天候观测,并且有一定穿透能力的微波雷达系统。今天,人们从前用肉眼看不见的那些千里以外的景物、夜幕笼罩下的山脉、河流和城市、浓雾遮盖的物体以及伪装起来的军事设施,都可能被卫星或宇宙飞船的遥感器所发现。

目前,空间遥感活动所获得的大量资料已经广泛地应用于军事、国民经济和科学研究的许多方面。空间技术的发展,使人类开始进入广阔无垠的宇宙空间,而且正在改变着地学、天文学和其它一些学科的面貌。空间技术把气象观测、资源考察、环境监测和地图绘制等工作提高到自动化的水平,不仅节省了大量的人力和时间,而且可以及时得到更丰富的资料。人造地球卫星作为一种信息传递枢纽,可以直接把信息从各地接收过来,又送到研究中心或各地,这将引起信息传递体制的根本改变。

正是由于空间遥感技术具有这些独特的优越性,因此,自从 1957 年 10 月苏联把第一颗人造地球卫星送入轨道以来,迄 1979 年上半年止,世界各国已经发射了 2395 个空间飞行器。在这些飞行器中,大多数是用于军事目的各类侦察卫星。在这期间也发射一些科学技术卫星,如通信卫星、测地卫星、导航卫星、地球轨道物理观测卫星以及以研究地球环

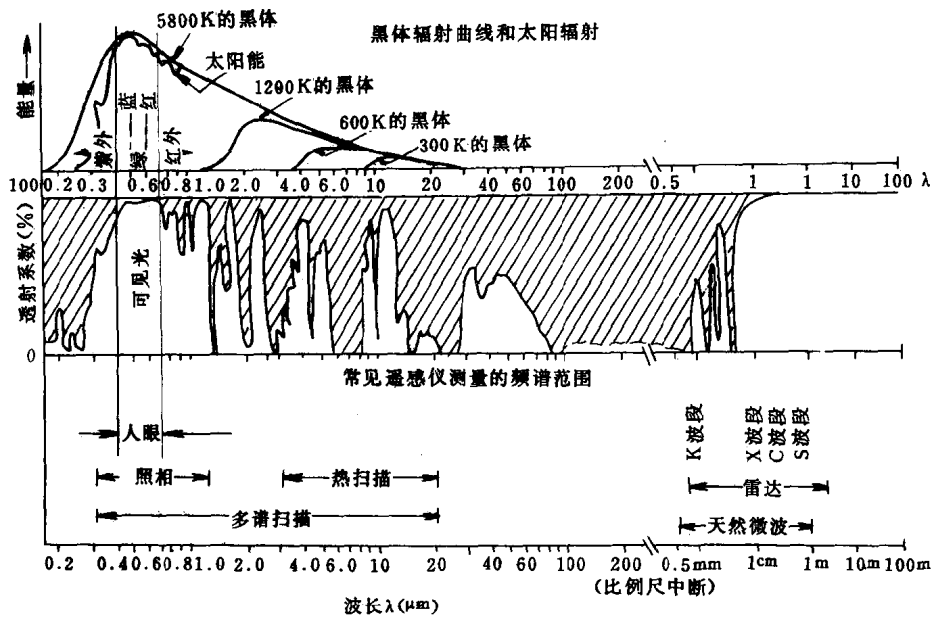


图1.1 遥感应用的电磁波谱图

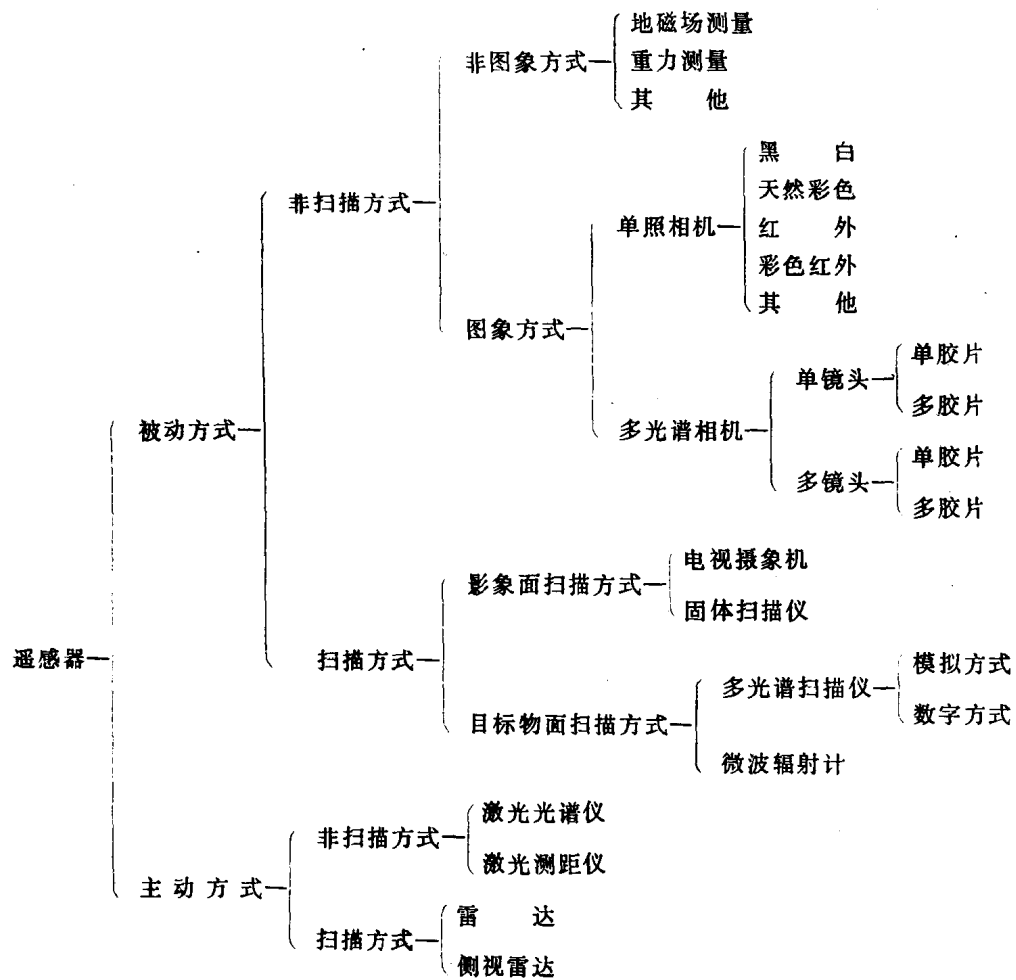


图1.2 遥感器的分类

境为重点的各种卫星系列。其中有以研究大气为重点的气象卫星，有以勘察陆地环境和资源为主的陆地卫星和以观察海洋环境和资源为主的海洋卫星等。目前，不少这类卫星已正式投入业务使用，并获得了显著效果。除了人造卫星以外，有的国家还发射了多种载人宇宙飞船、空间轨道站、天空实验室和航天飞机等大型飞行器，并采用各种类型的遥感器对地球环境以及星际空间开展了遥感活动（见图 1.2）。

以下仅就美、苏等国进行的与空间遥感有关的主要活动进行概要叙述。

一、军事侦察卫星

美、苏两个超级大国在激烈的军备竞赛中，为了迅速了解对方的军事情报，自从六十年代以来，发射了大量军事侦察卫星，互相进行空间侦察。

美国在六十年代中期，“照相侦察卫星”就已经相当成熟。它主要有两种类型：一种是“普查型照相侦察卫星”，它装有中等分辨率的广角照相机，可对地面进行大面积的普查和监视，其优点是可监视的面积大，取得情报信息较快，缺点是分辨率较低，传输图象的数量有限；另一种是“详查型照相侦察卫星”（见图 1.3），它装有高分辨率窄角照相机，胶片可以回收，其任务是对普查时发现的目标和已确定的目标进行更详细的侦察，一般寿命较短。1966 年下半年开始，美国发射了第三代“详查卫星”。这类卫星除装有高分辨率照相机外，还装有其它侦察遥感设备，通常每个月发射一次，特殊情况有所增减。“大鸟”卫星是美国 1971 年研制成功的第四代照相侦察卫星。

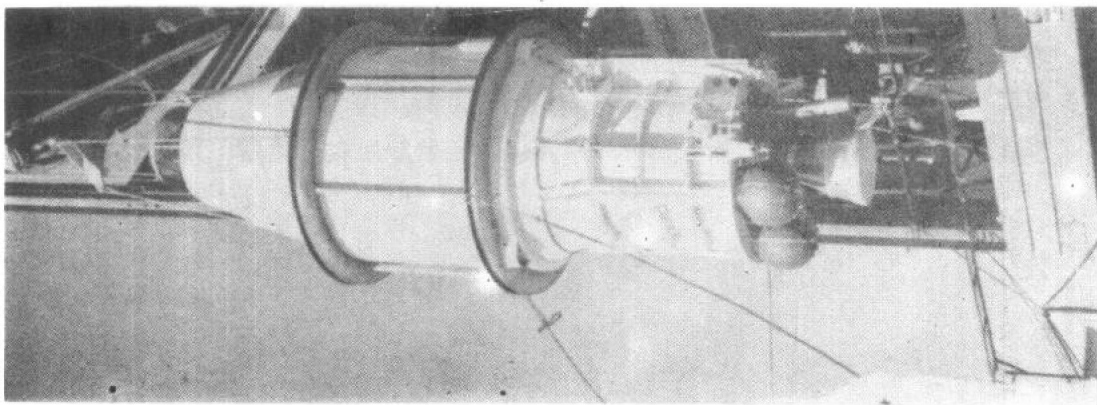


图 1.3 美国侦察卫星“发现者”外形图

卫星上载有一种新型的高分辨率照相机，焦距为 2.44m，据报导分辨率可达 0.3m；据猜测卫星上还装有可变焦距的远摄镜头的电视摄像机。美国利用这种卫星把“普查”和“详查”任务结合起来，其工作寿命可达四个月以上。在“大鸟”卫星上还可能装有一台 4 个或 6 个谱段的多光谱相机，用以揭露和探测一些特定地区的伪装和细微变化。同时星上还有另外一种大面积普查传感器——红外扫描仪，它能探测物体的红外辐射能量。若卫星在夜间飞行，利用这种仪器可以探测出地下导弹井并为保护导弹进行加温所散发出来的热量。

“大鸟”卫星很大，长约 15.24m，直径为 3.05m，有效载荷达 9090kg。它的轨道为太阳同步轨道，所以卫星每天白天都以相同的太阳角度经过一个目标的上空，而且每天两次飞越地球上各个地区，一次在白天，一次在黑夜。

有些“大鸟”卫星还携带几个小型卫星，即“一箭多星”，它们是 P-11 普查型电子侦察卫星，每个星体为 $0.3 \times 0.9\text{m}^2$ 构成的八面体，重约 56.82kg。这些子卫星由“大鸟”卫星上的火箭发动机送入 483 或 1451.61km 的圆形轨道上。人们认为它们能“实时”或近实时进行数据处理。P-11 的主要任务是对苏联和我国的防空雷达进行定位，并对其工作特性，包括频率、天线旋转速率、脉冲速度和持续时间，以及雷达的最大作用距离进行分类编目。那种 1451.61km 上的电子侦察卫星主要用于探测反弹道导弹雷达。

近几年，美国除了发射“大鸟”照相侦察卫星外，还发射一种 KH-11 的大型照相侦察卫星，据认为这是美国的第五代侦察卫星。KH-11 侦察卫星的轨道比“大鸟”卫星的高，而且寿命长，约为两年。更重要的是 KH-11 卫星采用数字传输来提供高分辨率侦察图象，而“大鸟”卫星是用回收胶卷的方式获得高质量图象。目前美国正在研制八十年代中期用航天飞机发射的第六代军事照相侦察卫星。

苏联利用卫星进行军事侦察的活动可以追溯到五十年代。他是世界上发射军事侦察卫星最多的国家。自从 1962 年 6 月苏联发射第一颗“宇宙-4”以来，截至 1980 年底苏联共发射成功 1339 颗卫星，其中回收的照相侦察卫星至少有 501 颗，占发射总数的 33%。

苏联使用两个靶场发射照相侦察卫星。一个是从提尤腊塔姆场发射，该场主要发射实验型或特殊型的飞行器；另一个是普列谢茨克靶场，在这里发射大部分的侦察卫星。

苏联为了掩盖发射军事卫星的目的，把侦察卫星混编入“宇宙号”系列中。一般认为，苏联的几代侦察卫星是由“东方号”、“上升号”和“联盟号”载人宇宙飞船直接发展而来。苏联的照相侦察卫星一般重 5000kg，卫星由一个带有回收降落伞的球形回收舱和一个安装侦察相机的仪器舱组成。当卫星飞行到最后一圈时，在塔什干上空仪器舱与回收舱分离，装有胶卷和信标发射机的回收舱开始降落，直至着陆回收（见图 1.4，1.5）。

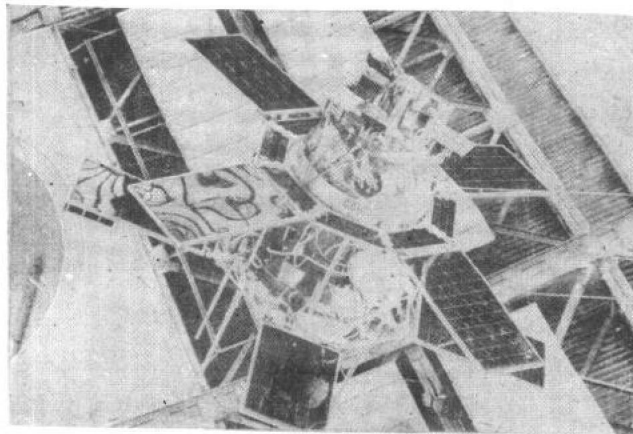


图1.4 苏联“宇宙号”侦察卫星

根据照相侦察卫星的性能和寿命，苏联的侦察卫星也有“普查”和“详查”两种，并可粗略分为四代，即第一代 3~8 天；第二代 8 天；第三代 12~14 天，第四代 30 天。

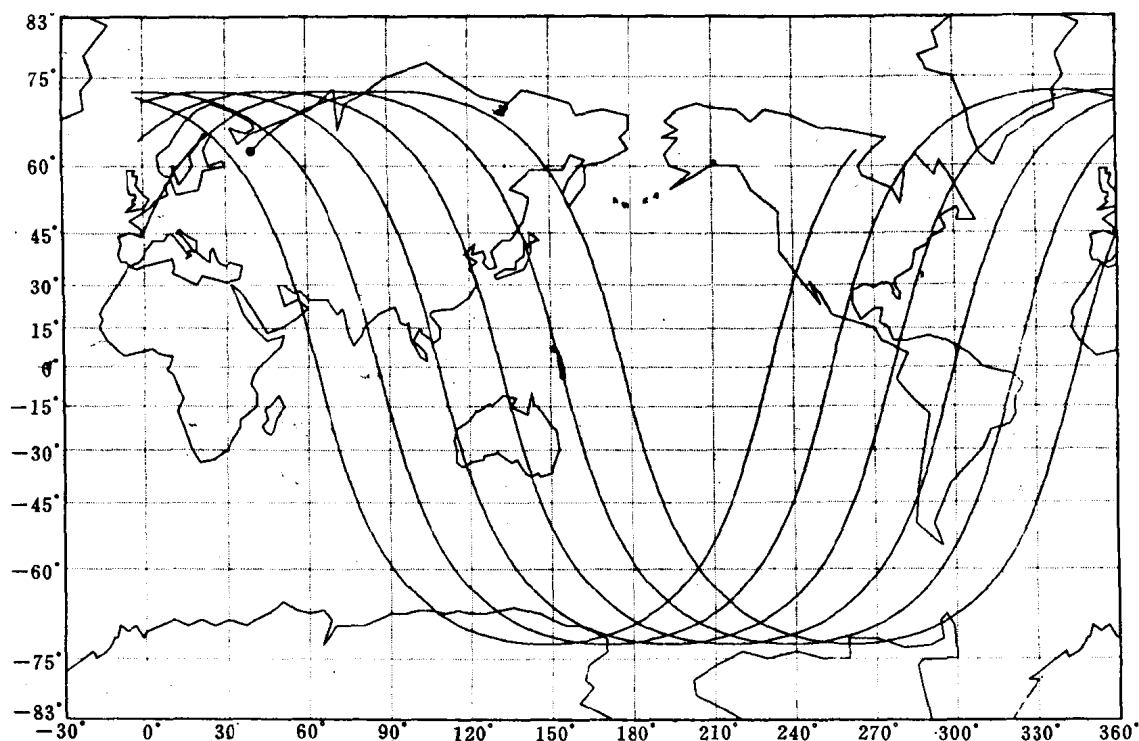


图1.5 “宇宙-1221”入轨前6圈轨道图

第三代“详查”卫星可以机动飞行，由于轨道可变，增加了精确覆盖特定地区的能力，并延长了卫星的寿命。卫星上携带的高分辨率相机，分辨率可能不超过2.2m，卫星重约6000kg，直径2.2m，高为6m。1975年9月5日，苏联发射了“宇宙-758”照相侦察卫星，它是一种新型长寿命的“普查”和“详查”结合型卫星，其分辨率较高，寿命也在30天左右，它标志着苏联第四代军事照相侦察卫星的开始。

除此之外，苏联还经常发射“快查型”侦察卫星来执行紧急任务，3~5天内回收。在苏联入侵我国领土珍宝岛、中东战争以及印巴战争时，苏联曾多次发射这种卫星进行侦察活动。

总之，目前在各种军事侦察卫星中装载的传感器归纳起来主要有两种，即使用胶卷的可见光照相系统和电视摄象系统，但它们一般都可以分为三个部分：聚焦图象的镜头、记录图象的接收器和用于曝光的快门。典型的照相接收器有胶卷和电视摄象管。按工作方式相机又可以分为：画幅相机、航线相机和全景相机等几种。

然而，无论采用哪种摄象系统，已采用的信息回收方式有两种：一是将胶卷舱投向地面，直接回收胶卷，这种方式因为没有传输过程中的信息损失，所以可保持原有图象的良好分辨率。一般来说，“详查”卫星多采用画幅式照相机，直接回收胶卷舱方式，以取得较高的地面分辨率；二是用无线电传输方式，即在卫星上利用干式快速显影法处理胶片，然后由卫星上的电子扫描装置或激光装置对已冲洗的胶片扫描，再通过无线电传输把信息送到地面站。这种方法传输信息快，但有信息损失。电视摄象机取得的信息一般可直接发送，

以解决实时侦察问题，但分辨率较低；无线电传输方式一般在普查型侦察卫星上使用。据报导，国外正在研究用激光作传输工具，这样既可增大容量，又便于保密。

二、气象卫星

在空间遥感活动中，发展得快且成效较大的卫星系列之一是气象卫星。自 1960 年以来，美国、苏联、日本及西欧等一些国家和地区共发射了四十多颗气象卫星，并在 1966 年实现了每日连续业务观测。

气象卫星按其轨道类型可分为两种：一种是近极地太阳同步圆形轨道，即要求轨道尽可能靠近极地、圆形，以保证在固定时间（同一地方时）经过每个观测站上空，能得到相同的照明条件和足够的太阳能，较好地获得全球范围的图象和定量数据；一种是地球同步轨道气象卫星，它在地球赤道平面内沿圆形轨道运行，且高度为 36000km，如果卫星运行方向与地球自转方向相同，则这类卫星绕地球一周的时间为 24 小时，正好与地球自转同步，看上去卫星相对静止于赤道上空的一个点，所以这种卫星也称为静止卫星。它既可以大面积的地球环境进行连续观测，同时，又可实现搜集、转播数据资料和完成通信、导航等多种任务。

气象卫星按其作用可分成试验卫星和业务卫星。试验卫星专供综合试验各种新式仪器、设备，探测原理、方法以及数据处理等。这类卫星中美国有“泰罗斯”（TIROS）、“雨云”（NIMBUS）、“应用技术”（ATS）等试验卫星；苏联有“宇宙”（COSMOS）试验卫星。业务气象卫星是专供日常业务使用的，主要任务是定时收集全球或局部地区资料，并向国内或世界各地用户提供服务，这类卫星中美国有“泰罗斯业务卫星”（TOS）、“改进的泰罗斯业务卫星”（ITOS）、“泰罗斯-N”（TIROS-N）卫星、“地球静止业务环境卫星”（GOES）；苏联有“流星”（METEOR）业务卫星。

以下概要介绍美国发射的气象卫星系列。

1. “泰罗斯”卫星系列及其发展

“泰罗斯”（TIROS）是电视和红外辐射观测卫星的缩写，它是早期使用的试验性气象卫星系列。1960 年 4 月 1 日美国在东部试验场发射了第一颗 TIROS-1 号卫星。自此以后又发射了 9 颗。

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，白天用电视摄像机拍摄图象，夜晚用红外辐射仪进行观测。“泰罗斯”卫星的观测数据一般采用两种发送方式。一种是“高级光导摄像系统”（AVCS），它拍摄的图象不立即发回地面，而是储存在卫星的磁带机上，当卫星经过接收站上空时，根据该站发来的指令回放；另一种为“图片自动发送系统”（APT），它拍摄的图象可随时发送给备有专门设备的地面接收站。

这种卫星的姿态采用了自旋稳定的办法。它的缺点是，因自转轴在空间作平动，摄像机在空间有较长的时间朝外空，即使是向地面观测也常常不是正对着地面，使资料订正复杂化。

“泰罗斯业务卫星”（TOS）克服了这一缺点，卫星在轨道上为滚轮式运行，两台摄像机安装在星体侧面的开口处，相差 180° ，光轴垂直于自转轴，仍采用自旋稳定，这样保证

了摄影机在拍摄时对准地面。

TOS是美国的第一代气象业务卫星，每颗卫星发射成功而进入轨道后即命名为“艾萨”（ESSA）卫星，ESSA是环境勘测卫星的缩写。

在泰罗斯业务卫星的基础上，美国发展了第二代具有广泛用途的气象卫星系列——改进的泰罗斯业务卫星（ITOS/NOAA）系列。

“艾托斯”（ITOS）卫星呈方形盒状（图1.6）。姿态采用三轴定向控制系统，可使卫星总是面向地球中心。ITOS卫星上携带的仪器较多，有AVCS和APT摄影机系统，两部双通道的扫描辐射仪（SR）、一个平板辐射仪（FPR）和一台太阳质子监测器（SPM）。SR在夜间用红外通道工作，白天则用红外或可见通道工作，由测得的可见或红外辐射数据也可定量求出云顶温度、云顶高度和海表温度等。SPM可用来估算太阳活动，特别是紫外辐射。

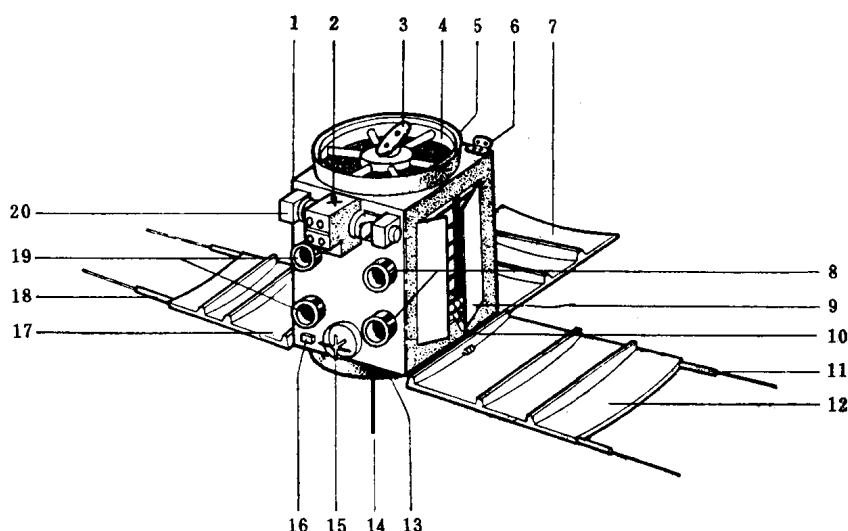


图1.6 改进型业务气象卫星——“艾托斯”结构图

1. 底盘；2. 辐射计；3. 旋转反射器；4. 飞轮；5. 分离环；6. 质子探测器；7. 太阳电池板；8. 自动传输图象照相机；9. 温控窗；10. 太阳电池板展开装置；11. 实时数据发送天线；12. 太阳电池板；13. 环状温控板；14. 指令接收天线；15. S波段天线；16. 太阳传感器；17. 太阳电池板；18. 实时数据发送天线；19. 先进光导摄影机；20. 辐射计。

“诺阿”（NOAA）卫星上装置了两种新型的仪器。一种是甚高分辨率辐射仪（VHRR），它有两个通道，可见光谱段为 $0.6\sim 0.7\mu\text{m}$ ，红外光谱段为 $10.5\sim 12.5\mu\text{m}$ ，它的分辨率比双通道扫描辐射仪有很大提高（见表1.1），星下点分辨率为 0.85km 。

另一种仪器为垂直温度廓线辐射仪（VTPR），主要用于接收来自大气 CO_2 和水汽的红外辐射，共有8个通道。利用VTPR可以探测全球地面到 30km 的大气温度垂直分布和水汽含量。在得到了温度的垂直分布资料后，通过静力公式，可推出上层的高度场。

美国的第三代业务卫星为“泰罗斯-N”双星极地轨道卫星系列，它的探测仪器、资料发送方式和业务应用范围有显著改进。

表1.1 VHRR与SR技术特性比较

辐射仪	探测波长 (μm)		视 角 (毫弧度)		星下点分辨率 (km)		红外准确度		扫描镜转速
	可见	红外	可见	红外	可见	红外	300K时	185K时	转/分
SR	0.52~0.73	10.5~12.5	2.5	5.3	3.6	7.2	1	4	48 240
VHRR	0.6~0.7	10.5~12.5	0.6	0.6	0.85	0.85	<0.6	3	400

“泰罗斯-N”系列携带的仪器主要有改进的甚高分辨率辐射仪 (AVHRR)、业务垂直探测器 (TOVS)、空间环境监视器 (SEM) 和自动观测平台定位系统 (DCPLS)。AVHRR 有 5 个波段, 分别为 $0.55\sim 0.9\mu\text{m}$ 、 $0.725\sim 1.0\mu\text{m}$ 、 $3.55\sim 3.93\mu\text{m}$ 、 $10.5\sim 11.5\mu\text{m}$ 以及 $11.5\sim 12.5\mu\text{m}$ 。辐射计的观测资料采用数字数值发送至地面, 同时对扫描边缘的几何畸变进行了订正, 图象空间分辨率均匀, 从星下点到边缘都是 4km 左右。由 AVHRR 观测取得的辐射数据可精确地计算海面温度 (精度为 $1.0\sim 1.5^\circ\text{C}$) 和云顶温度, 资料的空间分辨率在星下点为 1.1km, 边缘的几何畸变也得到了纠正, 利用数字图可清晰地识别云、冰雪覆盖、融雪范围。TOVS 由本探测装置 (BSV)、平流层探测装置 (SSU) 和微波探测装置 (MSU) 等三个遥测系列组成。根据它们的探测结果可以给出全球从地面直到 50km 平流层高度的大气温度垂直分布、大气中水汽含量分布和 O_3 总含量的资料。由于把红外和微波数据进行了结合, 测温精度可达 $1\sim 1.5^\circ\text{C}$ 。空间环境监测器对太阳质子和电子以及近地表环境的能量消耗进行监测。自动观测平台定位系统既可收集和发送各种观测器发出的观测资料, 又可对有些观测器进行定位。

总之, 多功能收集大量数据的“泰罗斯-N”将成为美国致力于首次全球大气研究计划实验的一个组成部分。

2. “雨云” (NIMBUS) 卫星系列

“雨云”卫星是专供综合试验各种新型仪器、探测原理、方法及相应的资料传递和处理技术的环境试验卫星。第一颗于 1964 年 8 月 28 日发射, 至今共有七颗成功地进入轨道以提供试验使用。

“雨云”卫星依靠气体喷气系统和感应轮可使其保持三轴稳定, 从而使卫星始终对准地表, 姿态误差在三个方向上不超过 $\pm 1^\circ$ 。卫星第一次采用近极地太阳同步轨道, 实现了完全对地球定向, 以保证有充足的能源供给。平均轨道高度为 1100km, 倾角为 99° 。中午和午夜通过赤道, 白天由南向北运行, 拍摄白天地球环境图象, 夜间由北向南进行红外扫描。

这类卫星的特点是, 探测项目和装载仪器多、体积大、重量重。如“雨云-G”上计划携带 7 种遥感仪器, 即用于探测海面温度、海水和海面风的多通道扫描微波辐射仪; 探测海水中的叶绿素含量、海温等的沿岸带彩色扫描仪; 地球辐射平衡仪、平流层临边红外监测仪、平流层气溶胶测量仪、太阳和反向散射紫外光谱及总臭氧测绘系统以及温湿红外辐射仪。

总之, “雨云”卫星计划提供了先进的电视摄像机、高分辨率无线电辐射、温度探测仪、微波传感器数据收集系统和数据中继系统。

3. 应用技术试验卫星 (ATS) 和地球静止业务环境卫星 (GOES/SMS) 系列

应用技术试验卫星和地球静止业务环境卫星都属于地球同步轨道气象卫星。ATS 主要用来综合试验各种先进的探测仪器和技术。1966 年 12 月 7 日发射了第一颗, 先后共发射了 5 颗。在 ATS 卫星上, 主要试验的仪器是不同类型的电视摄像机, 例如, 在 ATS-3 上第一次携带了一台由红、绿、蓝三色构成的彩色自旋扫描云层照相机, 每 28 分钟拍摄一张全球 $1/3$ 面积的图象, 其分辨率为 2400 条线, 此外, 还有一台图象正析照相机拍摄黑白图象, 中心分辨率为 7km; ATS-4 上装置了图象正析照相机, 可以得到高分辨率的图象。

SMS 是同步气象卫星的缩写, 以后改为 GOES。GOES 是地球静止业务环境卫星的缩写。1974~1975 年, 美国先后发射了同步气象卫星 SMS-1 和 2; 1975 年 10 月至 1980 年 9 月共发射了 4 颗 GOES。

在 GOES 卫星系列上携带的主要仪器有可见光和红外自旋扫描辐射仪 (VISSR)、数据传送系统 (DCS)、天气传真试验 (WEFAX) 以及空间环境监视仪 (SEM)。VISSR 的可见光通道 ($0.54\sim 0.7\mu\text{m}$) 可供反照率测量, 扫描线为 10000 条, 中心点分辨为 1.25km (白天); 红外通道 ($10.5\sim 12.6\mu\text{m}$) 供 $180\sim 315\text{K}$ 之间的辐射温度测量, 扫描线为 2500 条, 中心分辨率为 5km。该系统可对 6000km 的覆盖区进行全景扫描, 也可根据地面指令作局部扫描。数据传送系统用以收集和传送各种环境资料, 比如分散在各地观测站所测的水位、雨量、地震、潮汐以及浮标、船舶和自动气象站观测记录数据。WEFAX 用以把资料中心处理过的图象数据传送给卫星, 然后再转发给各用户接收利用。SEM 用以测量太阳射出的质子、 α 粒子及电子等高能粒子, 以监测太阳活动的长期变化。

三、“阿波罗”登月计划和星际探测

“阿波罗”登月计划是苏、美两个超级大国在空间争夺中, 美国对苏联抢先发射世界第一颗人造地球卫星和第一艘载人宇宙飞船作出的强烈反应, 也是美国为了挽回空间劣势, 不惜付出巨大代价的一项空间活动。

在此项计划以前, 美国已经开始了“水星”飞船计划。

“水星”飞船计划是美国第一个载人轨道飞行计划。它从 1958 年 10 月开始研制, 到 1963 年 5 月结束, 整个计划共发射了 25 艘飞船, 其中 4 次为载假人飞行, 4 次为载动物飞行, 6 次载人飞行, 其它均为不载人飞行。

“水星”计划所使用的飞船, 其外形和本身结构、尺寸及重量, 都大体相同。“水星”飞船的外形象一只圆锥形的钟 (见图 1.7), 重量为 $1000\sim 1830\text{kg}$ (载人飞船的重量为 1300kg 左右), 高约 2.9m, 直径约 1.83m, 顶部直径约 0.5m。飞行轨道参数为: 近地点约 160km, 远地点约 260km, 周期 88 分钟, 倾角约 32.5° 。

“水星”计划主要是实验人能否在空间环境中生活, 解决把人送往太空并安全返回的技术。在这项实验飞行中, “水星”宇航员用手持相机从轨道上对地球拍摄了第一批图象, 从而引起了人们从空间研究地球的极大兴趣。

“双子星座”计划是“水星”计划和“阿波罗”计划之间的过渡计划, 其目的是研究“阿波罗”载人登月所必须的技术和其它有关问题。从 1961 年到 1966 年发射的两艘不载