

航天多光谱遥感

韩心志 编著

宇航出版社

V556

04

30381005

航天多光谱遥感

韩心志 编著

宇航出版社

内 容 简 介

本书以系统工程设计为中心, 阐述航天多光谱光学遥感的光学原理, 论证航天多光谱遥感传感器的主要参数, 讨论传感器的设计计算方法, 并介绍近10余年来国内外光学遥感的最新发展和最新成就。

本书适用于具有大专以上文化程度的读者, 可供高等院校、科研院所中从事航天光学遥感教学和科研工作的专业工作者参考。在一定程度上, 对广大使用卫星遥感数据的各类专业用户, 也有一些帮助。

航天多光谱遥感

韩心志 编著

责任编辑: 张 芝

*

宇航出版社出版

北京和平里滨河路1号 邮政编码: 100013

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京密云华都印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.25 字数: 228千字

1991年6月第1版第1次印刷 印数: 1—830册

ISBN 7-80034-392-8/V·053 定价: 16.00元

前 言

航天多光谱光学遥感是20世纪80年代重大科技成就之一。在科学研究、国防建设和工农业生产发展中占有极重要的地位。世界上工业先进的国家和地区，如美国、苏联、西欧、加拿大、澳大利亚、日本，以至印度，都在努力开拓本国的光学遥感事业。其中，美国于1982年7月16日发射的陆地卫星D及所配备的主题测绘仪TM，法国于1986年2月21日发射的地球遥感卫星Spot一号及其所配备的可见光高分辨率摄像机HRV，集中代表了现代光学遥感的最新成就和最高水平。

中国的光学遥感事业，也取得了重大成就。卫星回收技术已居世界领先地位。1986年建成的遥感卫星地面站，使我国成为世界上仅次于美国第二个有能力处理TM数据的国家。我国已于1988年9月7日成功地发射了第一颗太阳同步轨道气象卫星——风云一号。资源卫星的发射，也是指日可待的事了。

随着光学遥感与其应用的高速发展，遥感的理论研究与试验，如光学遥感的光谱辐射度学、大气光学、集成探测器列阵的理论实验、航天遥感致冷器、星上数据压缩技术及数据传输系统、地面站接收及数据处理系统等，都取得了很大成就，国内外每年都有大量论文发表。

在这种情况下，一本总结近10年来国内外航天光学遥感最新研究成果，并系统阐述航天光学遥感传感器理论与设计计算方法的书，无论对进一步促进航天光学遥感事业的发展，还是对建设一支高质量的航天光学遥感技术队伍，都显得具有重要意义和迫切性。尤其是对于我国的现状，这种必要性和迫切性显得更加

突出。

遗憾得很，目前还没有见到这样一本关于航天光学遥感的书，偶尔所得凤毛麟角，又太老了。

作者奉献本书，权作“止渴望梅”，暂解“燃眉之急”；二则意为“引玉之砖”，以叩航天光学遥感繁荣之门。

本书着重讨论星上遥感传感器的光学原理和光学系统，尤以光机式多光谱扫描仪为主。因为这一部分比较成熟，也更适合当前的实际需要。其次，作为基础，其中不少部分对其他类型的航天遥感传感器，如推帚式传感器和成像光谱仪，也都是适用的。

本书将尽量援引足够的设计曲线和数据图表，供设计人员设计计算时引用。也就是说，作者力图使本书兼具某些“工具书”的功能。

作者自愧在这个领域内耕耘太少，恳切希望广大读者赐教。倘若本书能对我国的航天光学遥感事业有一点微薄贡献，作者就足以欣慰了。

作 者

1989年5月

目 录

第一章 光学遥感概论	(1)
1.1 光学遥感基本概念.....	(1)
1.2 现代光学遥感技术系统.....	(3)
1.3 地球资源遥感.....	(10)
1.4 光学遥感的主要应用.....	(16)
1.5 遥感技术发展史.....	(21)
1.6 航天光学遥感的现在和未来.....	(24)
参考文献.....	(26)
第二章 光学遥感中的信息载体——光辐射	(28)
2.1 光辐射的基本特性及其在遥感中的应用.....	(28)
2.2 光辐射的基本定律及其在遥感中的应用.....	(31)
2.3 光辐射的基本术语和度量单位.....	(31)
2.4 被动式资源遥感中两种最重要的自然辐射源.....	(38)
2.5 地球大气对航天光学遥感的影响.....	(40)
参考文献.....	(44)
第三章 光机式遥感传感器	(46)
3.1 TM光学原理.....	(48)
3.2 扫描系统.....	(49)
3.3 圆锥扫描.....	(63)
3.4 望远镜.....	(67)
3.5 红外光学设计中的特点.....	(73)
3.6 焦面结构和探测器列阵.....	(75)
3.7 星上定标系统.....	(84)
3.8 扫描仪功能方块图.....	(101)
参考文献.....	(104)

第四章 遥感数据的搜集方法和要求	(106)
4.1 遥感传感器的空间分辨率.....	(108)
4.2 遥感传感器的光谱分辨率.....	(123)
4.3 多光谱遥感传感器的辐射分辨率.....	(138)
4.4 多光谱遥感的时间分辨率.....	(156)
参考文献.....	(161)
第五章 推帚式多光谱扫描仪	(163)
5.1 推帚式扫描仪与光机式扫描仪的比较.....	(163)
5.2 多光谱线列阵遥感传感器概论.....	(172)
5.3 推帚式传感器光学系统设计.....	(189)
5.4 推帚式系统的调制传递函数.....	(223)
参考文献.....	(227)
第六章 成像光谱仪	(229)
6.1 光机扫描成像光谱仪.....	(229)
6.2 固体成像光谱仪.....	(233)
6.3 成像光谱仪的现状和发展.....	(240)
参考文献.....	(250)
第七章 海洋学遥感	(251)
7.1 海洋科学及其应用.....	(251)
7.2 海洋遥感波段选择.....	(262)
7.3 辐射分辨率计算.....	(269)
7.4 定标.....	(294)
7.5 海洋漫射衰减系数和叶绿素浓度测定.....	(308)
参考文献.....	(309)
第八章 光电探测器及系统	(311)
8.1 基本术语.....	(311)
8.2 探测器几个重要性能的进一步讨论.....	(323)
8.3 探测器的附件.....	(336)
8.4 探测器制冷器.....	(342)
8.5 量子探测器.....	(346)
8.6 红外扫描系统所考虑的问题.....	(357)

参考文献.....	(360)
第九章 光学遥感的方案设计.....	(362)
9.1 设计所需要的原始条件和技术要求.....	(362)
9.2 方案选择预算.....	(364)
9.3 方案确定.....	(364)
9.4 设计程序和方法.....	(370)
参考文献.....	(373)
附表1 太阳光谱辐照度.....	(374)
附表2 在垂直于太阳的表面上海平面的太阳辐照度.....	(380)
附表3 混浊度B作为纬度和高度函数的标准值.....	(383)

第一章 光学遥感概论

1.1 光学遥感基本概念

一、光学遥感

光学遥感，指借助于光辐射的特征所携带的目标信息，在一定距离上探测与识别目标的过程。

这里所说的光辐射特征，包括光辐射的方向、强度、光谱成分及其分布、偏振状态以及相位等。由这些辐射特征携带的目标信息有：被探测目标场中各目标的大小、几何形状、颜色、温度、反射特性和发射特性，以及目标间的相互配置等。依靠对获得的这些信息分析和判释，便可以确定目标场中被探测目标的属性及其相互间的关系。

至于“一定距离”，原则上没有严格限制。地面遥感的距离可以是几百米；航空遥感的距离可以是几十公里；而航天遥感的距离，可以是几百、以至上千公里。

这样，“遥感”的概念包含两个基本内容，即“遥”与“感”。而“光学遥感”是靠光辐射及其传播把“遥”与“感”联接成一个完整的、统一的整体。

这就是光学遥感理论及光学遥感技术的基本要点。

二、光学遥感技术

光学遥感技术，系指以光学传感器为技术基础，对目标物进行遥距探测与识别的全部技术过程。

在距离被探测地物场几十，以至上千公里的高度上，以航空飞行器或航天飞行器为观测平台，使用光学或光电子学传感器，接收地物场目标反射或发射的光辐射，以图像胶片或数字磁带的形式记录这些辐射，并通过回收方式或直接发送方式把所获得的资料送到地面接收站。

光学遥感技术的基本作业过程，可以用图 1-1 中的方块图来表示。

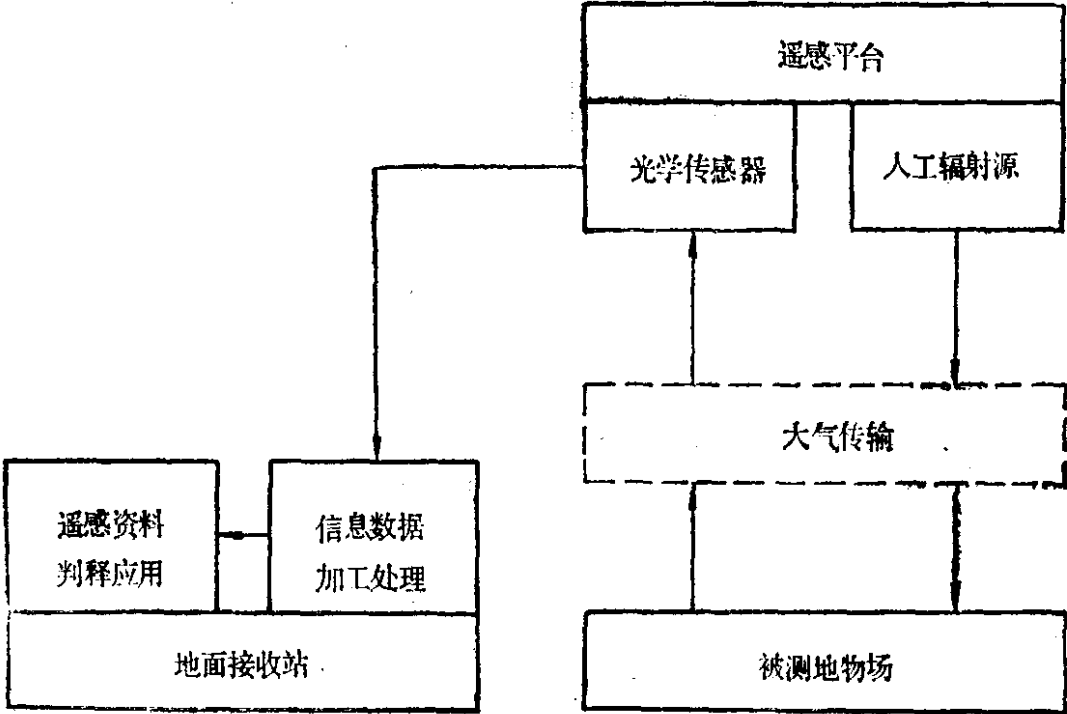


图1-1 遥感技术过程方块图

遥感资料在地面站加工处理后，形成产品。最后结合物体的几何特征和光谱特征，提取有用信息，从而识别目标物，并确定其相互关系。

当使用人工辐射源照明被测地物场时，称为“主动式遥感”，例如，激光遥感。目前，多数采用“被动式遥感”方式，它所利用的光辐射来源于自然辐射源，其中主要是来自太阳和地球。

从某种意义上来说，人对一定距离上目标场的观察，也是一

种光学遥感。在这种情况下，人身为遥感平台兼接收站；眼睛是遥感传感器；遥感资料的加工和处理，是通过大脑进行的。这种借助于天然器官的遥感能力是有限的，只能称为“遥感本领”，是一种本能的反映。这种遥感同使用现代工具与技术的遥感有本质上的差别。可以说，现代光学遥感是人类遥感本领的发展和延长。

1.2 现代光学遥感技术系统

现代遥感技术系统示于图1-2。一般由四个部分组成。

属于空间系统的有：遥感平台；遥感传感器。属于地面站系统的有：遥感数据接收和预处理系统；遥感资料分析与判释系统。

一、遥感平台

搭载遥感传感器的载体，称为遥感平台。遥感平台可以是航空飞行器，如气球或飞机等；也可以是航天飞行器，如火箭和人造卫星等。遥感平台是遥感传感器的寄体，是遥感中“遥”的具体承担者和体现者。

遥感平台的运行特征及姿态状况，无疑会直接影响遥感传感器的工作性能和遥感数据的精确性。所以卫星就必须具有姿态控制和轨道控制装置。

卫星平台都是多用途的，携带着负有独立任务的各种分系统。除所述姿态及轨道控制分系统外，还有电源、星上计算机、遥测、指令等分系统。

卫星平台的稳定方式有两种，即三轴稳定和自旋稳定。平台一般为立体组件型结构。由轻质铝合金、碳纤维板和空心管子构成。上面安装着有效载荷（即遥感传感器）、辅助设备和可展开的折叠式太阳能电池帆板。

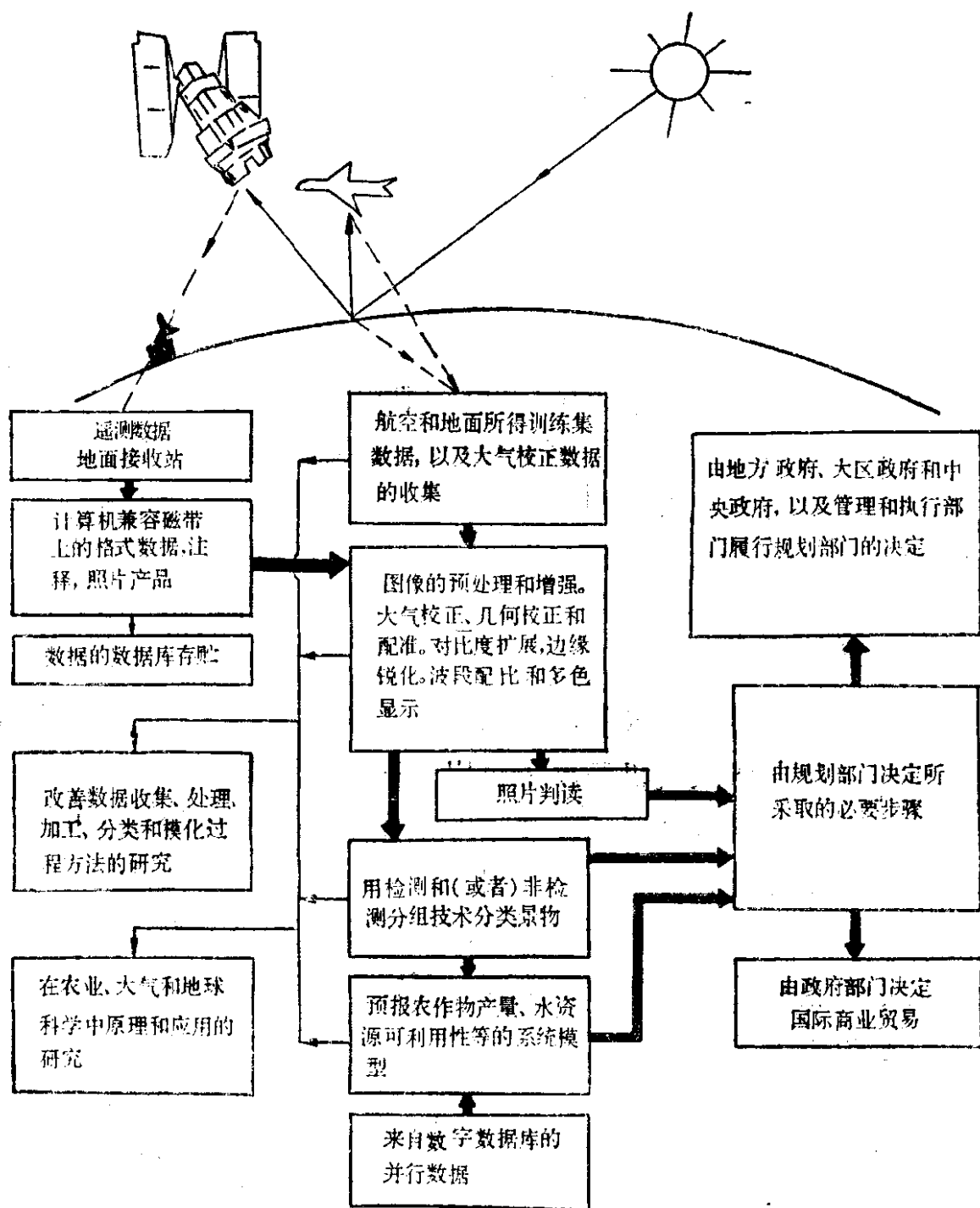


图1-2 现代遥感技术系统图

对于卫星平台，与遥感数据及其质量有关的重要参数是：

- 1) 平台轨道高度，以及平台速高比的变化范围；

2) 指向特性, 即指向精度。例如陆地卫星D飞船, 指向精度为 0.01° ; Spot卫星, 指向精度为 0.05° (均方根值)。

3) 稳定特性, 即最大偏移量。陆地卫星D飞船, 最大偏移量为 $(10^{-6})^{\circ}/s$; Spot卫星, 最大偏移量则为 $(6 \times 10^{-6})^{\circ}/s$ (均方根值)

二、遥感传感器

遥感传感器的作用, 是收集、记录目标场中目标的辐射能量, 并把所获得的数据发送至地面站。遥感传感器是遥感中“感”字的承担者和体现者。

传感器是遥感技术系统中的核心, 它与遥感平台一起, 集中代表了现代遥感技术的水平。图1-3表示遥感传感器的分类。

本书讨论被动式遥感中扫描方式的传感器。这类传感器有如下优点:

1) 和主动式传感器相较, 不需要人工辐射源去辐照被观测的地物场目标, 而利用自然辐射源进行观测。这样, 传感器的体积、重量, 以及对电源的要求, 都大为降低, 更适合于航天遥感的要求。

2) 和非成像传感器相较, 这类传感器可得到地物场的图像。其获得的结果不仅直观, 而且能提供更丰富的细节。

3) 和非扫描传感器相较, 它的突出特点是:

① 可以把工作光谱范围扩得很宽。应用的光谱可以从紫外线、可见光、近红外、短波红外、中红外, 一直扩展到远红外波段。而感光胶片使用的光谱范围, 目前只能到近红外波段。当光谱波段进入热红外波段时, 传感器本身也难于构成了。

② 不需要回收技术。光电子探测器列阵可以长期反复使用, 使遥感传感器和其平台具有相对长的寿命。

③ 所得结果可以迅速发送至地面接收站, 具有实时观测功能。

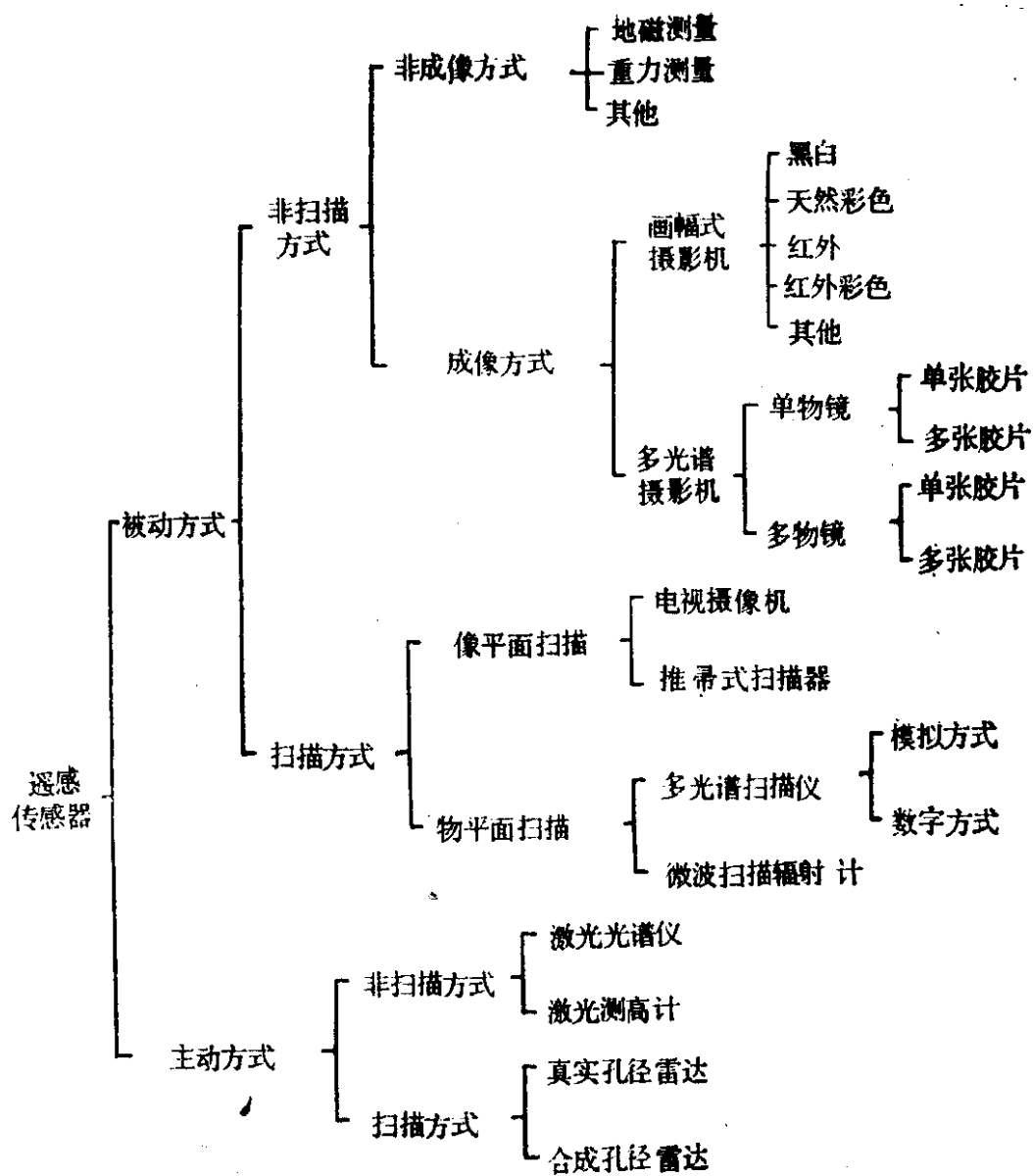


图1-3 遥感传感器分类

这类传感器的缺点是，受天时特别是天候的影响很大。

三、遥感数据传输和图像处理系统

陆地卫星D数据传输和图像处理系统，可以作为这类系统的典型。此系统的方块图示于图1-4。

陆地卫星D(1)的光学传感器所获得的数据，通过航天飞行器上的“跟踪-数据中继卫星”天线，借助于使用ku波段通讯频率的“跟踪-数据中继卫星”系统(2)中继至“跟踪-数据中继卫

星”地面站(3)。在此，数据记录在高速记录器上；然后，再通过国内通讯卫星尽可能快地中继到空间飞行中心。图中(4)和(6)是国内通讯卫星地面站，(5)是国内通讯卫星。

传感器的数据到达空间飞行中心时，记录在高速度、高密度的磁带记录器上，并同航天飞行器姿态及天体位置推算表信息一起，通过数据管理系统中的数据输入系统(7)输入到数据管理系统。

在数据管理系统内部，数据输入系统系指从陆地卫星D接收全部传感器数据流、并将其记录在作进一步处理用的高密度磁带上的那一部分。在数据输入系统中，数据被扫描，并作出云层覆盖估计，以确定将充分处理哪些数据。在这些数据范围内，也为地面控制点和其他几何校正处理抽样地选择样品。

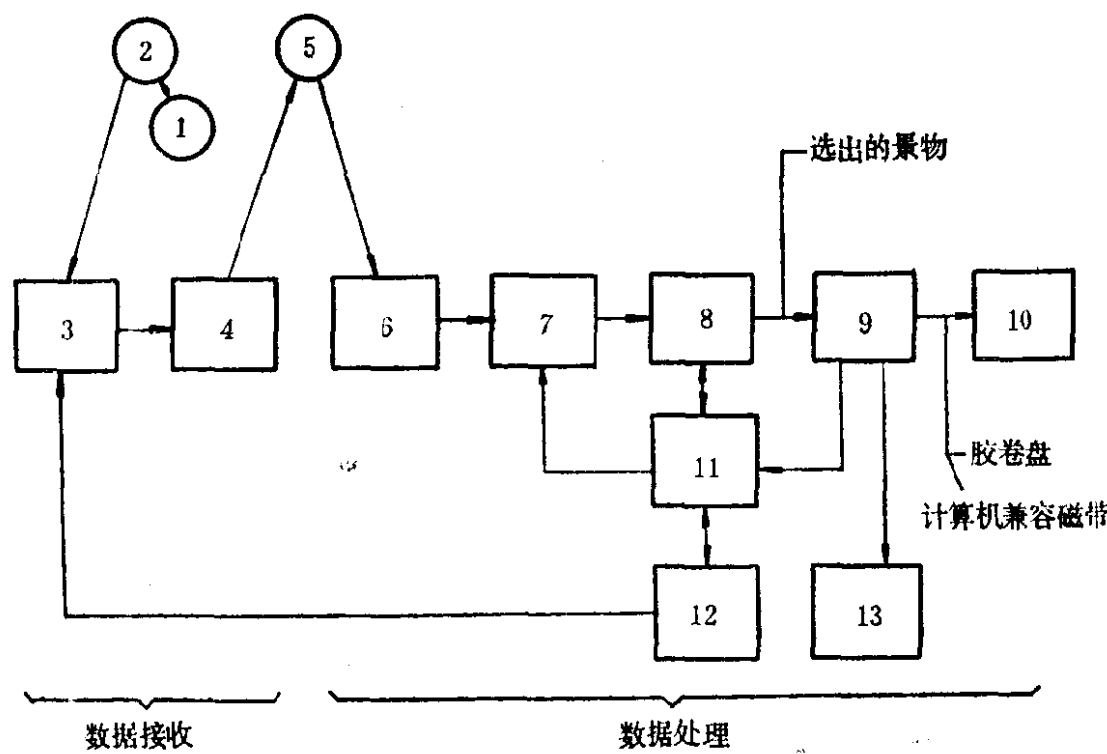


图1-4 陆地卫星D的数据传输系统

在中央数据处理室(8)，可得到部分处理的高密度磁带。“部分处理”意指，将对探测器响应、定标等的变化进行数据校正，

因而得到辐射校正的数据。经处理并制成高密度磁带的数 据，存入临时档案室(10)。被选出的景物像则先送到数据管理系统的产 品形成和分配室(9)。

产品形成和分配室的主要职能是形成数字输出产品，也生产 数据胶卷盘。其输出是全校正的高密度数字磁带和胶卷盘。

在数据管理系统产品形成和分配室内，设有几何校正子系 统，用于几何校正，并参照给定的地图投影法进行图像数据绘 图。此功能由一重新采样过程来实现。此过程对可应用于给定地 图投影法的、预先确定的栅格，确定像元素的辐射度值。数据管 理系统产品形成与分配室的几何校正目标，是参照给定的地图投 影法把数据配准到像素的0.3，时间的90%的精度以内。也就 是说某时刻(t_1)获得的图像，对另一时刻(t_2)获得的图 像，二者间的配准在空间上应达到0.3个像素，在时间上应达到90% 的范围。

图中(11)是中心数据处理室，(12)是操作控制中心，(13) 是陆地卫星D评价系统。评价系统的目的，在于要查明陆地卫 星D系统是否为满足原计划所需要进行的分析和检验提供了最大的 便利条件和可能性。

四、分析判释技术系统

依用户使用目的，对预处理的图像胶片或计算机用磁带进行 分析、判断、解释，从中提取有用信息，并将其“翻译”成常规 文字资料或图件。此过程称为“判释”或“判读”。

除常规目视判释技术外，为提高判释速度和精度，目前发展 了光学增强技术和电子计算机判释技术。

彩色合成技术和假彩色等密度分割技术，均属图像的光学增 强技术。它们把黑白影像信息转化为彩色图像信息，提高了鉴别 目标特征的能力。

计算机技术的数字图像处理，不仅不会在处理过程中丧失信

息，而且还能增强信息、改组信息，并具有通用性、可重复性以及
以及对原始数据精确存贮性等优点。这种自动数据处理系统，将目
标识别的灰度特征自动转换成更准确识别目标的数字“图形”。
这种对待判释的目标自动识别和分类的方法，特别适用于大量遥
感资料的处理，快速而又准确，且能直接得到判释结果。这样，
判释不再局限于“像片判读”，而应确切地称为“图像分析”了。

把遥感数据处理流程和服务网结合起来示于图1-5，再结合
图1-2和图1-4，这样就可对遥感数据的传输、处理、判释和应用
有一个总体的和较详细的了解了。

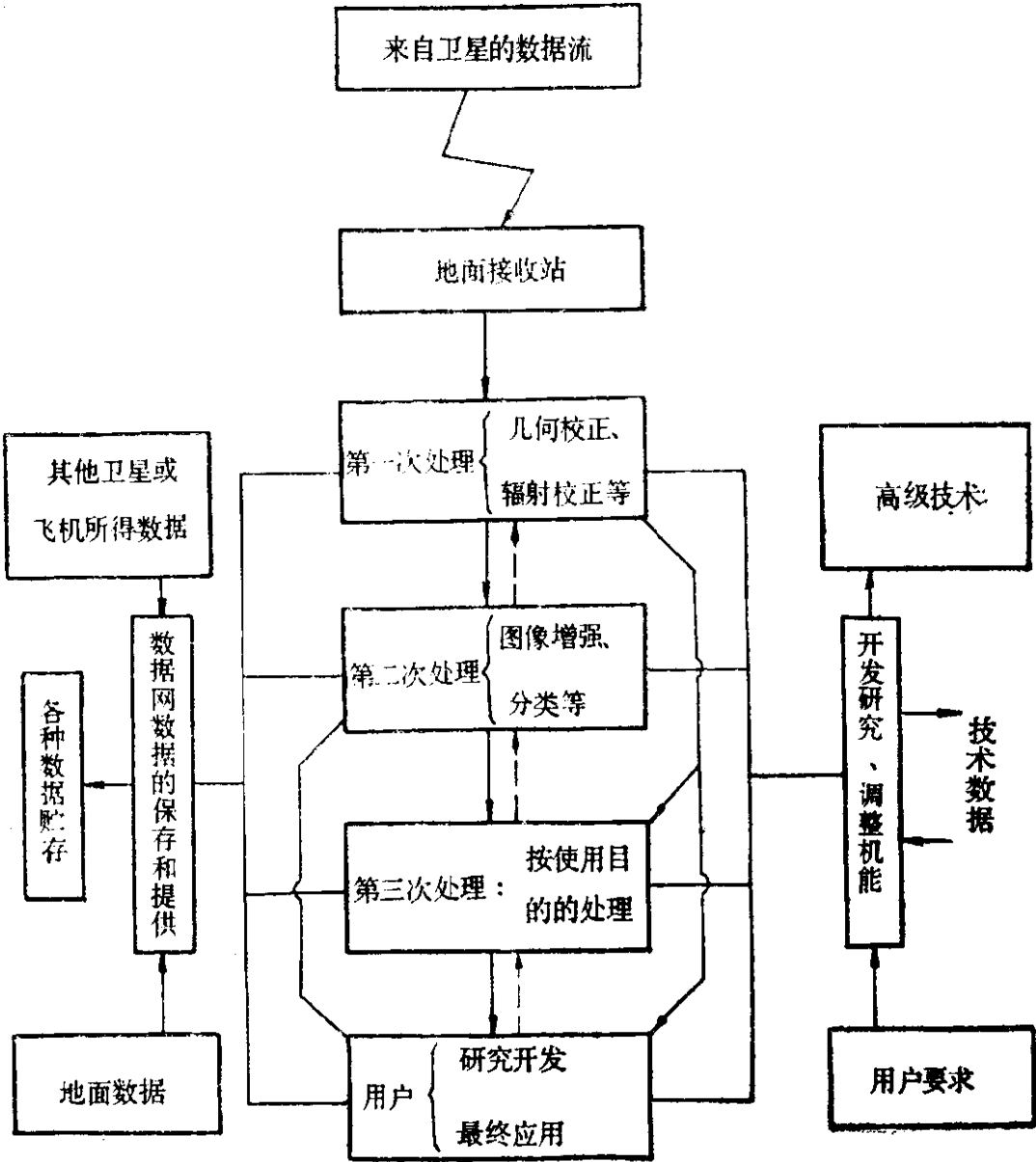


图1-5 遥感数据处理流程和服务网