

科学丛书



[加] D. 哈珀 著

巡天千里眼

遥感入门

巡天千里眼

——遥感入门——

[加] D. D. 哈珀 著

周诗健 译

阮忠家 校

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书是一本以介绍地球资源技术卫星为主的科普读物,并环绕卫星探测介绍了各种遥感探测技术的原理、方法和应用。全书共分九章,分别介绍了遥感探测的基本物理原理,可见光、红外和微波波长范围的各种传感器,雷达、激光等主动探测系统,气球、飞机、火箭、卫星等运载工具,地球资源技术卫星的结构、性能以及它的资料接收、显示和处理,最后介绍了资源卫星和遥感探测在陆地、水域、农业、林业等方面的应用。本书内容深入浅出、通俗易懂,可供具有高中文化水平的读者阅读,对专业工作者也有一定参考价值。

D. Dorothy Harper

EYE IN THE SKY

Introduction to Remote Sensing

Multiscience Publication Limited

Montréal, Québec, Canada, 1976

巡 天 千 里 眼

——遥感入门——

〔加〕D. D. 哈珀 著

周诗健 译

阮忠家 校

*

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 9 月 第 一 版

开本: 787×1092 1/32

1980 年 9 月 第 一 次 印 刷

印张: 6 插页: 5

印数: 0001—41,050

字数: 113,000

统一书号: 15031·251

本社书号: 1538·15—10

定 价: 0.70 元

译者前言

人造卫星和遥感探测技术的迅速发展,为从空间勘测地球资源开辟了一条新途径,地球资源技术卫星就是在这种背景下出现的。它具有探测范围大,获得资料迅速,受地面条件限制小,以及能反映地面的一些动态变化过程等优点,而引起人们的普遍重视。

1972年7月美国发射了第一颗地球资源技术卫星,1975年1月又发射了第二颗,并统一称为“兰莎”卫星,这一卫星系列共计划发射六颗卫星。由前两颗卫星取得的初步资料来看,它可广泛地用于农业、林业、地质、地理、水文、海洋、环境污染监测以及军事侦察等许多方面。卫星所获取的成果是其他方法不能得到的,它的使用价值大大超出了原先的预计。我国幅员辽阔,资源丰富,地球资源技术卫星无疑地将能发挥更大作用,因此了解并掌握这一新技术的有关知识,对我们来说也是很重要的。

本书是一本以介绍地球资源技术卫星为主的科普读物,并环绕卫星探测介绍了各种遥感探测技术的原理、方法和应用。作者D.D.哈珀是加拿大比绍普大学(Bishop University)物理系的一位副教授,她致力于科普工作,曾写过“活动中的同位素”一书,获得较大成功。作者文笔生动,将资源卫星和

遥感探测技术这一最新科学成就尽量写得通俗易懂。全书共分九章。第一、二、三章分别介绍了遥感探测所使用的基本物理原理,从可见光、红外,一直到微波各种波长范围的传感器,以及雷达、激光等主动探测系统。这部分主要是遥感探测的内容,资源卫星就是使用了其中一些遥感探测技术。第四、五、六章分别介绍了气球、飞机、火箭、卫星等运载工具以及“兰莎1号”卫星的主要结构和性质,卫星地面接收站的情况以及卫星资料接收、显示和处理的情况。这部分侧重于介绍资源卫星的内容。第七、八、九章分别介绍了资源卫星资料对陆地、水域、农业、林业等方面的应用,并适当介绍了机载系统和其他遥感探测技术在这些方面的应用。具有高中文化水平就可阅读本书,阅后则对地球资源技术卫星和遥感探测的基本原理、发展情况等,有一基本的了解,达到原书副题“遥感入门”的目的。

在翻译过程中,译者力求做到表达确切,文句通畅,对极个别地方略作删改,对原书少数错误处作了订正,并根据需要适当加以译注,有助于读者阅读。原书各章未分小节,只在目录栏内列出内容摘要。为醒目和便于阅读起见,译者参考原书内容摘要,将各章适当分节并列小标题,因而有些分节比较牵强,前后语句衔接不太自然。

原书作者是加拿大人,因此,书中涉及加拿大的具体实例很多。加拿大是最靠近北极的国家之一,她对北极的利益极为关注,对两霸插手北极深感不安,书中不少地方流露出这一点。书中难免掺有作者的资产阶级观点,有些地方希望读

者批判地取舍,使其真正起到洋为中用的作用。原书大量采用英制计量单位,个别习惯数据译者已改为公制,但未一一换算(英制单位与公制的单位的关系见英制与公制的换算表),至于不常出现的单位,则在译注中换算说明。

书中常用英制单位与公制单位的换算表

名 称	等 值	折 合 公 制
英 里		1.609 公 里
码	3 英 尺	0.914 米
英 尺	12 英 寸	30.48 厘 米
英 寸		2.54 厘 米
磅		0.454 公 斤

原书涉及知识面较广,译者限于水平,难免有误,希望读者批评指正。

目 录

第一章 绪言.....	1
遥感的定义(1) 卫星遥感探测的意义(3) 光和电磁波(5)	
我们是如何看到物体颜色的(8) 用分光光度计曲线表示颜色(12)	
分光光度计(14) 荧光和拉曼效应(17) 近红外区和远红外区(19)	
微波区(23) 大气对光的吸收(24)	
第二章 传感器——我们的新“眼睛”.....	26
照相机(26) 飞机的飞行方式(29) 真、假彩色胶片(31) 多光谱成象(34)	
电视摄影机(37) 返束视象管(40) 多光谱扫描仪(43)	
热红外扫描仪(48) 红外成象的用途(50) 微波遥感(52)	
第三章 主动探测系统.....	56
雷达(56) 雷达系统的进展(60) 散射计(64) 激光的性质(66)	
激光测距的应用(68) 激光测污(71)	
第四章 运载工具——架设仪器的平台.....	75
从地面开始(75) 气球(76) 飞机(78) 火箭和卫星(80) 卫星的一般性质(83)	
“兰莎”卫星简介(85) 天空实验室(92)	
第五章 在地球上接收资料.....	96
地面接收站(96) 阿伯特太子城地面站(98) 怎样接收(101) 几何误差和辐射测量误差(106)	
“快看”系统(109) 自制彩色合成图片(111) 尽快地传送资料(112) 卫星的潜力(113)	
第六章 资料处理.....	116
黑白图片(116) 假彩色合成图片(118) 图片的光学限制和空间限制(120)	
计算机处理资料(121)	

第七章 我们居住的陆地.....	127
卫星图片用于绘制地图(127) 卫星图片的判读(132) 雷达用于 绘制热带和北极地图(133) 土地利用图(136) 监视动态变化过 程(139) 地质学中的应用(141)	
第八章 河流、湖泊和海洋.....	145
探测地表水和地下水(145) 探测冰和雪(147) 监测水质(150) 动态变化(154) 探测海水(157) 探测海上污染和温度(160) 探 测海态和海冰(161)	
第九章 农业、森林和野生动物.....	165
识别农作物品种(165) 在农作物生长方面的应用(167) 土壤状 况和天气预报(169) 估计树木的种类和数量(171) 探测森林灾 害(174) 绘制林区主题图(176) 调查野生动物(178)	

第一章 绪 言

遥感的定义

在熊熊燃烧的气体涡旋之中, 184 磅钢^①腾空而起开始了它的空间旅行。这个日子是 1957 年 10 月 4 号。射入地球轨道的第一颗人造卫星名叫斯普特尼克^②, 这是苏联人民的荣誉。第二天, 由收音机中听到这个新闻的大多数人, 纷纷感到敬畏, 甚至有点不安。通往未知世界的一扇新门打开了。在它的另一面意味着什么呢? 这个新成就会用于敌对目的吗? 它会用于使人类受益而不是使人类毁灭吗? 许多问题使人浮想联翩, 这个不平常的新形势使这些问题难以回答。

现在, 几乎二十年以后, 我们看到了有数千颗这种卫星, 它们被送入围绕地球、太阳、月亮和其它行星的轨道; 我们看到了载人的空间飞行, 也看到了在宇宙中遨游而永不返回的宇宙飞船。卫星上装置的各种仪器把用其它方法不能取得的大量新情报送回地面。这些新情报开阔了我们的眼界, 激起了我们的种种希望。

① 指苏联发射的第一颗人造地球卫星, 重量为 83.6 公斤, 直径为 58.0 厘米的铝合金球体, 并附有四根弹簧鞭状天线。——译注

② 系俄文 СПУТНИК 的音译, 原意为“卫星”。——译注

这些新进展属于科学的一个分支,叫做遥感。

遥感,顾名思义,表示在远处能感知某种事物,也就是说,我们不实际接触对象而探测和度量它的一些性质。一个登上月球的宇宙航行者感觉到月球表面是干粉状的,这就不是遥感;他身临其境,因而能接触实物。如果你坐在家里电视机前的安乐椅上,看到宇宙飞船着陆装置撞击月球表面造成的尘埃云,并由此推论月球表面确是干粉状的,这就是遥感。你没有身临其境,你不能接触实物(接触图象除外)。伽利略就是一个早期的遥感者,他通过自制的望远镜观测星空。直升飞机上的驾驶员,当他察看下方马路上的交通情况,并向地面报告早晨上班的交通拥挤状况时,他也是一个遥感者。当我们晒太阳感到温暖时,当我们看赛马时,当我们听到壶里的水沸腾时,我们的行为就象一个遥感者了。这时我们的触觉、视觉或听觉器官都没有接触这些实物,而在一定距离外发挥作用。由温暖的感觉,我们推测出太阳是灼热的;由视觉,我们可以推测跑马的速度;由听觉,我们能够推测出壶里的水温已达沸点。

这些都是遥感的实例;然而,在科学界,遥感这个名词还必须有更严格的含义,对本书而言,我们只考虑在地球上空的仪器对地球资源和环境所进行的感知和测量。许多仪器基本上是各种类型的照相机:黑白胶片或彩色胶片的普通照相机、红外照相机、紫外照相机,以及电视摄象机等等。这些仪器用火箭、气球、飞机、直升飞机以及卫星等运载工具带到高空进行遥感。

卫星遥感探测的意义

法国摄影师陶纳空 (Felix Tournachon) 首次进行了空中摄影的试验, 他在气球上对巴黎作了空中摄影, 这是 1856 年的事。从那时直至今天, 方法和仪器逐步改进, 现在已有了装置在卫星上的高度成熟的仪器, 并按预定轨道环绕地球连续运行。正是这些, 引人注目地给出了遥感科学的整个新领域。

所有这些有什么好处呢? 它将为你和我做些什么呢?

一些早期最实用的结果是由美国国家航空和宇宙航行管理局 (以下简称美国宇航局) 1972 年 7 月发射的“兰莎 1 号” (Landsat^① I) 所取得的。它开始叫做“艾尔斯” (ERTS)^②, 但当 1975 年 1 月^③ 发射第二颗类似的卫星“兰莎 2 号”时, 才改名为“兰莎 1 号”。虽然是美国将这些卫星送入大约 600 英里的高空, 但其它国家可以与美国宇航局协商而利用卫星上发回的情报。这是多么丰富的情报! 事实上, 它多得几乎使人发愁。例如, 就加拿大而言, 它每年要发送约 75000 张地面图片。这些资料的处理和判读就不是一件简单的事情, 需要专门的地面接收站和科学技术人员。将这些情报及时送到需要的部门也是一件头疼的事。其中一些情报, 例如森林起火、浮冰通过船舶航路、春季洪水以及其它危急事件等, 只有将情报

① Landsat 为 Land Satellite 的缩写, 意为陆地卫星。——译注

② ERTS 为 Earth Resource Technology Satellite 的缩写, 意为地球资源技术卫星。——译注

③ 原文误为 2 月, 实际是 1 月 22 日发射的。——译注

非常迅速地送往主管部门,并能使他们来得及采取补救措施,否则毫无用处。其他资料,诸如内陆湖和别的地形特征的绘制,就不必这么迅速地处理。这些情报的一个直接效果是,发现我们的许多地图必须重新绘制,尤其是在象北极那样遥远的地方。又如,我们地理书上所标绘的一些岛屿,也并非恰如其分。

显而易见,遥感对加拿大和澳大利亚这一类国家是一种极有价值的手段,这些国家幅员辽阔,并且许多地方人迹难到。卫星遥感只花常规方法所需要的投资和时间的一小部份,就能收集广大领土上的资料。我们从电视系统转播天气预报图的方法中已有了切身体会。

遥感可以告诉林业工作者许多关于森林的情况:树木的种类和栽植范围;树木损失的原因是病虫害、人工采伐还是环境变化。遥感能够帮助地质学家了解地下矿藏,它可指出矿物的可能储藏量或值得进一步勘探的区域。遥感为地理学家提供了绘制地图的新方法,为农学家提供了估计农作物产量的方法,为环境学家提供了监测和识别油面和其它污染物的途径。

对加拿大提供的最有价值的情报可能是关于北极和北部区域的情况。我们对这些地区了解极少。随着勘探矿藏和石油资源活动的增加,我们对气候、海冰、地形以及其它环境特征的认识也应大大增加。我们不仅要了解环境对人类的影响,而且也应该了解人类对环境的影响。当然我们也能估计这些情况,但这只有在我们对大规模人类活动之前的自然状

况有所了解时方有可能。“兰莎”的发射适得其时。整个卫星计划,对航运人员、建筑工程师、地质学家以及其他一些人,都有不可估量的意义,同时也节省了成百万美元。

对轨道卫星而言,由于仪器以规则的时间间隔通过地球上空的相同点,并在若干天后(“兰莎”为18天),又在相同时刻通过该点,这就意味着可以观测缓慢的变化,例如船舶航路上浮冰的移动,湖泊和河流中冰的崩解速率,水蚀和流砂作用引起海岸线形状的变化。

所有这些现在能在全世界规模上作的事情,以前都是不可能实现的。这些遥感情报对发展中国家也有很大价值,使他们能又快又省地估计本国的资源。一些国家可以自己建立接收站;将资料以最快速度传递给其它国家的方法正在研究中。许多卫星在天空运行,它们送回大量的情报,我们必须机智而有效地利用它们。

因此,你会明白,卫星和空间研究不仅对几个似乎不知怎样花钱的富国来说是“天空中的喜鹊”^①,它也是所有人类的“天空中的眼睛”,它使我们得到很大的实惠,受益非浅。它的潜力无穷,至今尚未很好发挥。

光和电磁波

如上所述,遥感正在教会我们一种看事物的新途径。在介绍这些之前,我们应该先思考一下,我们实际上是怎样看到

^① 意即“频传喜讯”。作者这段叙述忽略了两个超级大国利用卫星妄图达到掠夺别国资源的侵略本质,而片面强调了全人类受益。事实上,两霸并没有富到不知怎样花钱而想造福全人类,得利最多的仍是他们自己。——译注

事物的, 又是怎样看到它们的不同颜色的。

通过反射光, 白天来自太阳的反射光, 夜间来自人造光源的反射光, 我们才看到了周围的大多数物体。取走光源, 我们将看不到任何东西, 这是由于没有光线再从物体上反射。这些反射光线通过我们眼睛的透镜, 聚焦在视网膜上; 光线在这里刺激某些细胞, 细胞又把信息传给大脑。一只眼睛很象一架照相机, 它们都有透镜。照相机中, 景物聚焦在胶片上; 而眼睛里, 则聚焦在视网膜上。

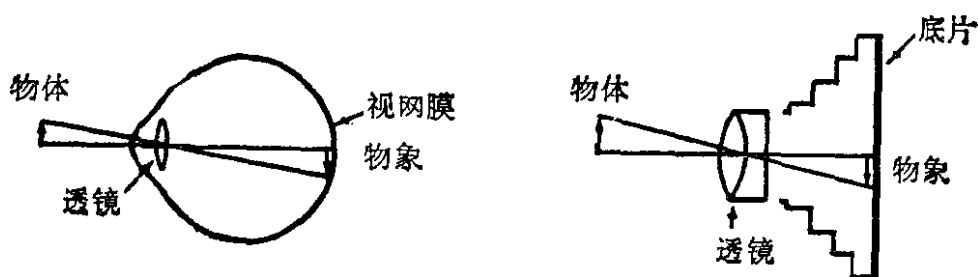


图1 人眼和照相机的示意图解

因此, 这一切都是光所造成的。光是什么? 每个人都知道, 但追问起来却不太好回答。光是一种象无线电波和爱克斯射线那样的电磁波辐射形式, 它们都象波动那样以直线传播。一个波至下一个波的距离, 比如说由一个波峰至下一个波峰的距离, 叫做波长, 通常用希腊字母 λ 来表示。波长决定着这些波的性质与特征, 所以一种波长表示无线电波的特性, 另一种波长却表示光波的特性, 以此类推。

为了更好一点观察这些波动, 让我们设想一种可以捉摸得到的波动形式, 譬如水波。投入池塘的石子将产生一系列以不同速度在池中传播的波动。因为我们不需要涉及具体的数字, 所以我们称之为速度 s 。由一个波峰至下一个波峰的距离

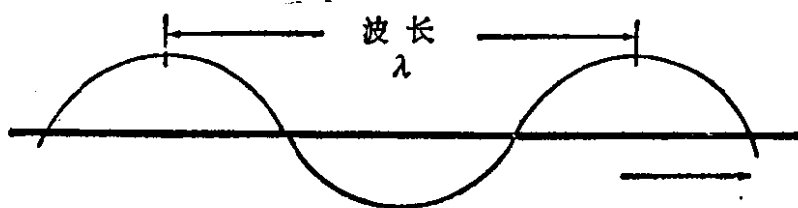


图 2 典型波动的形状

称为波长 λ 。如果我们设想池塘中有一直立的固定标竿，则我们就能计算在一定时间间隔内，比如说一分钟内，通过标竿的波动数目。这就给出波动的频率，假定为每分钟 30 次左右，我们称之为 f 。显而易见，如果波长大（即 λ 大），则频率小。倘若速度保持不变，而波峰间的距离变小（即波长减小），则波动通过标竿的频率 f 将变大。更精确地表达成公式则有

$$f = \frac{s}{\lambda}$$

或写成

$$\lambda = \frac{s}{f}。$$

光是一种以极高的速度在空气中传播的波动，事实上，所有的电磁波辐射都以这种高速，即每秒 300000 公里或每秒 300000000 米的速度，进行传播。我们用 c 来表示这种高速，由于它是一个常数，于是我们对电磁辐射有

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{或} \quad f = \frac{c}{\lambda}。$$

尽管我们用波长或用频率来描述波动不存在任何差别，但习惯上我们用波长来标记短波（如爱克斯射线、可见光和红外），有时微波也用波长来标记。而对频谱中无线电部份的较长波动，一般则用它们的频率来标记。

下面用图形画出电磁辐射的频谱。它从伽玛射线和爱克斯射线这样极短的波长一直延伸到无线电部分的长波。

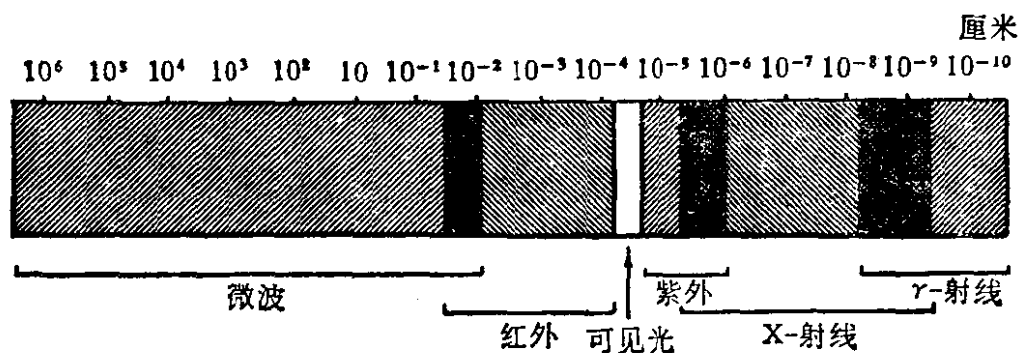


图 3 电磁波频谱

由图你可看到，作用于我们的眼睛并称之为光的那一部分，在整个频谱中只占很小一部分。在可见光两边都有一个很接近于可见的区域，可见与不可见的阈值随人而异，一些人比另一些人看的波长范围能够更宽些。在短波端有紫外线，它使我们在夏季能晒黑皮肤。在长波端有红外线，它给我们以热感。由伽玛射线直至无线电波的所有射线都是太阳发射出来的，当它们通过地球大气时却被吸收了许多。这对我们是一大幸事，否则所有的人早就被烧死了。

我们是怎样看到物体颜色的

现在我们的最大兴趣仍在目视事物，所以我们取出频谱中的可见光部分并仔细看看它。它的波长约从 400×10^{-9} 到 750×10^{-9} 米(即 4×10^{-5} 到 7.5×10^{-5} 厘米)。由于这些数字抄写起来麻烦，我们对这一范围使用一个新单位——毫微米，它等于 1 米的十亿分之一或 1×10^{-9} 米，于是我们可以

说, 频谱的可见光部分从 400 到 750 毫微米。这仅仅是巨大的电磁辐射谱的一小部分, 它可通过我们的眼睛将信息传给大脑。然而, 照相机胶片可以在更大的波长范围内记录物象, 可以用在紫外和近红外区。另一些类型的传感器甚至可以探测更大的波长, 诸如深入红外区内部叫做热红外区的部分, 以及雷达使用的微波区部分。

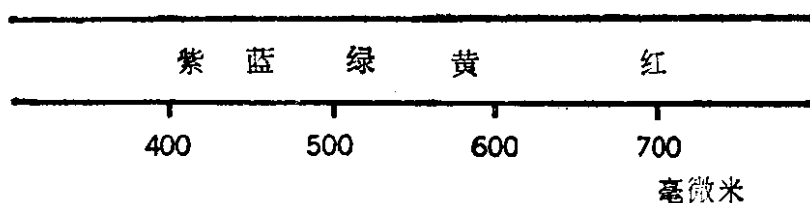


图 4 可见光频谱

我们常看到物体具有各种颜色。不同的颜色是由于到达我们眼睛的光波波长不同而造成的。让我们再拿频谱的可见光部分来说吧, 如果波长约 450 毫微米的光射到我们眼睛后面的视网膜上, 则我们看到蓝光; 如果是 520 毫微米的波长, 则我们看到绿光; 如果是 700 毫微米的波长, 则我们看到红光; 依次类推。每种波长的光到达我们的大脑时都给出不同的信息, 这就解释了为什么不同的光产生不同的颜色。氖灯光之所以常常呈红色, 是因为它辐射的大部分光能在约 700 毫微米的波长范围内的缘故。这些灯在不同的条件下工作还能产生其它一些颜色。汞灯常常是较冷的蓝光, 因为它的大部分辐射在约 400 到 450 毫微米的频谱的紫端和蓝端处(它的许多辐射也在紫外部分, 但是这部分我们看不见)。在机场周围常用的钠灯发出耀眼的桔黄色, 因为它在 580 毫微米波