

21 世纪新一代卫星遥感的发展前景

Prospects for the Development of a New Generation of Satellite Remote Sensing

陈圣波 刘 闯

(中国科学院地理科学与资源研究所,全球变化信息研究中心 北京 100101)

一、引言

1957 年第一颗人造卫星升空,标志着人类进入了太空时代。从此,人类开始从空中这一崭新的角度重新认识自己赖以生存的地球。遥感信息科学的形成与发展,形成了新型的对地观测信息系统,为地学研究提供了新的科学方法和技术手段,导致了地学的研究范围、内容和方法的重要变化,标志着地学信息获取和分析处理方法的一场革命^[1]。

人们通常从波谱分辨率、空间分辨率和时间分辨率等方面来描述 20 世纪遥感技术的发展。遥感的波谱域从最早的可见光 ($0.4\mu\text{m} \sim 0.76\mu\text{m}$) 向近红外 ($0.76 \sim 1\mu\text{m}$)、短波红外 ($1 \sim 3\mu\text{m}$)、热红外 ($8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$)、微波 ($1\text{mm} \sim 100\text{cm}$)、紫外延伸,扩展到了电磁波谱相当宽的波谱域;波段域从早期的黑白摄影、3 波段、4 波段 (MMS)、7 波段 (TM),直到现在利用的 100 ~ 200 波段,利用傅立叶光谱分析技术甚至可达到上千个波段;波段宽度从初期的 $0.4\mu\text{m}$ (黑白摄影)、 $0.1\mu\text{m}$ (MMS) 到 5nm (成像光谱仪)。遥感的空间分辨率从 $1\text{km} \dots 80\text{m}$ 、 30m 、 20m 、 5m 、 1m 到 15cm ,形成一个完整系列。遥感的时间分辨率从 30 天到 2 天、到半小时形成不同时间分辨率的系列。另外,多种传感器搭载同一平台,形成自校互校,以提高观测数据的准确性^[2]。现在我们同样对 21 世纪遥感的发展前景感到乐观和自信。

然而,遥感本身也存在一些“先天不足”,在 21 世纪,存在一些直接限制遥感发展的“瓶颈”,如遥感信息的穿透性、遥感技术的分析与理解能力等。针对遥感的这些困惑,本文分别从遥感与地球物理、遥感与地理信息系统、遥感与摄影测量、遥感与地球化学的角度来展望 21 世纪遥感的发展前景。

二、遥感与地球物理

遥感是利用地物的电磁波谱来研究物体的性

质和运动状态的。其研究的范围仅限于地表和表层物体。目前长波段 (如 L 波段) 的雷达波,虽具有穿透性,但其地下穿透深度是有限的,仅仅几米深,因此也称为雷达的“表皮深度”。可以说遥感对于地球深部物体的研究尚无能为力;但许多地面物体或现象并非孤立的,而是与深部物体和现象有着密切关系,如地震的发生,不仅表现为地面裂隙等震动现象,更多的能量是在地下一定深度释放出来的。有报道称,可以利用遥感来划分地震的强度等级,但其并没有考虑地下震动的强度,从这种意义上来看,是不太准确的。

地球物理是利用地下物体的物理性质,如密度、磁性、放射性等来反演地下物体的性质。显然,二者相结合,即利用地球物理的特点可以弥补遥感深部信息的缺陷。地球物理与遥感相结合的技术方式有彩色合成、叠加处理等,但前提是地球物理技术必须经过反演处理,如向上延拓等。

地物的电磁波谱实质上也是物体的一种物理性质,从这方面来看,遥感应归属于地球物理的范畴。反过来,采用地球物理技术不用与地下被测物体接触,仅通过仪器 (如重力仪、磁力仪等) 即可测定物体的物理性质。故广义上,地球物理测量又属于遥感的范畴。二者密不可分,其关系如图 1。

21 世纪人类正在进行一项宏伟的工程——数字地球建设。我们所看到的地球表面是数字地球的主体,与人类关系更密切。而更完整的数字地球还应包括地球深部的数字化。当然,深部地球数字化比地球表面数字化难度更大。这就要求将遥感与地球物理相结合,组成一个从空中到地表,再到地下的一个相对完整的对地观测系统。由此,建立起来的数字地球不仅是三维的,而且是透明的。

实际上,20 世纪人们已开始探索这方面的工作。如 20 世纪 60 年代就开始利用人造卫星进行地球物理调查工作。1979 年 10 月 30 日发射了一颗太阳同步磁卫星,倾角为 96.76° ,近地点 352km ,远地点 561km ,能在黄昏和黎明的时间对地观测。可以预

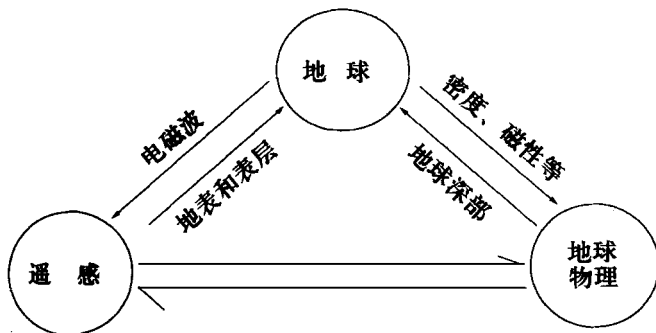


图1 遥感与地球物理的关系

见，本世纪搭载在太空轨道卫星上的遥感器不仅能接收电磁波信号，而且能记录地球深部物体的密度、磁性等物理差异。

遥感卫星地面站接收，并提交给用户的数据也包括相同数据存储方式，能在同一系统下进行遥感和地球物理数据的处理。

目前，许多数据处理方法都适合遥感与地球物理数据处理，如滤波等。还有一些软件，如 ERMapper 等，分别支持遥感与地球物理数据的处理。其实，二者的记录方式都是用行列式表示的栅格数据结构，这是他们二者可作共同处理的基础。

三、遥感与地理信息系统

地理信息系统是管理和分析空间数据的信息系统。在谈到遥感与地理信息系统的关系时，人们往往从两方面来描述：一方面遥感为地理信息系统提供数据源；另一方面地理信息系统为遥感提供管理与分析的工具。

采用多波段、多平台、多时相、多向成像、多向极化等方式收集的遥感信息日益丰富，可以用“海量”来形容，已远远超过人们可利用的程度。因此，遥感信息的高效管理与分析势在必行。

在遥感信息管理中，必须进行无损压缩，建立影像库。地理信息系统提供这方面的功能，同时，还可以参与遥感图像的处理分析。可以从地理信息系统提供的空间数据提取控制点对遥感图像进行几何校正。在遥感图像分类处理中，可以利用地理信息系统选取训练区，并将地理信息参与遥感图像分类，提高分类精度。

遥感影像是空间数据的一种形式，类似于 GIS 中的栅格数据，很容易利用遥感数据来丰富和更新地理信息系统管理的空间信息，况且遥感信息相应于其他数据采集方式更廉价、更准确、更及时。

如上所述，一个是数据源，一个是管理与分析的工具，二者密不可分。其关系如图 2 所示。

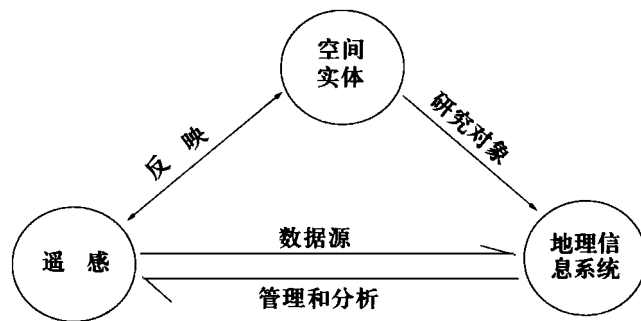


图2 遥感与地理信息系统的关系

但是，我们也注意到，遥感数据进入地理信息系统，并不是拿来就用，其数据格式与纯粹的栅格数据格式并不完全一样，必须进行处理；必要时进行专题信息的提取，形成矢量数据格式，从而达到更新空间数据库的目的。同时，基于栅格数据的空间分析功能，如缓冲区分析，并不适合遥感数据的分析；而遥感数据的一些常见处理方法，如图像增强、图像交换和图像分类，也不适合于 GIS 中的栅格空间分析。目前，尽管一些地理信息系统软件具备一定的遥感图像处理功能，如国内软件 MAPGIS 等；同时，一些遥感图像处理软件具备一些 GIS 的功能，如加拿大的 PCI 等，但是它们仅仅是功能上有效的“延长”，并非完全融合，或者是简单的集成，通过数据格式的转换来达到信息的共享，如遥感图像处理软件 ERDAS 与地理信息系统软件 ARC/INFO 之间的数据通讯方式即是如此。因此，既然在过去的 20 世纪，有关遥感图像处理和地理信息系统分别沿着不同轨迹取得了巨大的发展，在 21 世纪必然走向完全融合，以适应飞速发展的需要。它们将组成一个统一的综合体，具有统一的用户界面，协调的数据处理功能，具备综合性的空间查询、制图、管理和模型分析等功能。

四、遥感与摄影测量

目前，从事遥感研究与应用的学者可分为两类：一类是原来从事摄影测量工作；另一类原来从事地理、地质、林业、城市建设、计算机等专业工作。前者认为遥感属于摄影测量的范畴，后者则认为摄影测量是遥感的一个分支。

遥感的广义定义是泛指各种非接触的、远距离的探测技术，根据物体对电磁波的反射和辐射特性（《遥感大辞典》，陈述彭）。摄影测量是遥感的一个应用方面，除此之外，遥感还可用于地质找矿、土地利用规划等各方面。随着多光谱遥感到高光谱（或超光谱）、雷达遥感、红外遥感的成功利用，遥感技

术的研究内容已远远超出摄影测量的范畴。然而,我们也应注意,摄影测量学毕竟已有 100 多年的历史,开始称为图像量测学 (Iconmetry), 1837 年发明了摄影, 随后称为摄影测量学。再以后航空技术发达之后又叫做航空测量学。1957 年卫星上天后,又叫做航天测量。而遥感这个名词的提出是在 20 世纪 60 年代,随着其应用产生的巨大经济效益,逐渐为人们所认可,并发展成为一个独立学科。相比而言,遥感比摄影测量要年轻得多,但摄影测量的发展也始终贯穿于遥感技术的进步之中。“国际摄影测量学会 (ISP)”在 1980 年改称为“国际摄影测量与遥感学会”。

从应用的角度来看,摄影测量与遥感无论谁属于谁,并不重要。随着数字摄影测量技术日益完善,遥感图像已由原来的目视判读,发展到目前的自动判读,生成各种专题信息,同时利用数字摄影测量技术还可提取各种矢量信息,如 4D 产品,包括数字高程模型 (DEM)、数字正射影像 (DOQ)、数字栅格图形 (DRG) 和数字线划图形 (DLG) 的自动提取,这些都是遥感应用的基础。其关系如图 3。

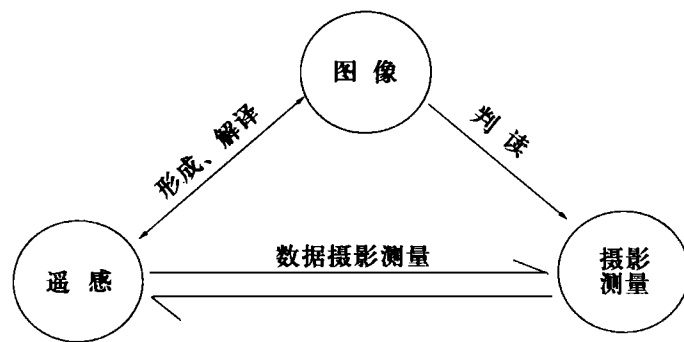


图 3 遥感与摄影测量的关系

因此,以遥感影像作为数字地球建设的数据源,必须借助于数字模型摄影技术,由遥感图像的目视解译走向遥感影像的理解,这样才能满足日益增长的社会需要。

五、遥感与地球化学

地物的波谱特征是利用遥感识别和区分地物的基础。地物的波谱特征主要是由地物的化学成分决定的,如 OH^- 、 CO_3^{2-} 和 Fe^{3+} 等都有不同的波谱曲线特征。遥感正是基于这种差别来区分不同的化学

成分,即不同的地物类型。在地质找矿中,由此确定矿床的蚀变岩 (带) 时就有许多成功的例子。

20 世纪 80 年代以来发展起来的超 (高) 光谱成像仪,通过将地物的光谱细分,足以达到识别地物化学成分的目的。在实际应用中,超 (高) 光谱成像仪能够确定岩石的化学成分,进而确定岩石的类型。显然,地物的波谱特征是联系遥感与地球化学的纽带。其关系如图 4 所示。

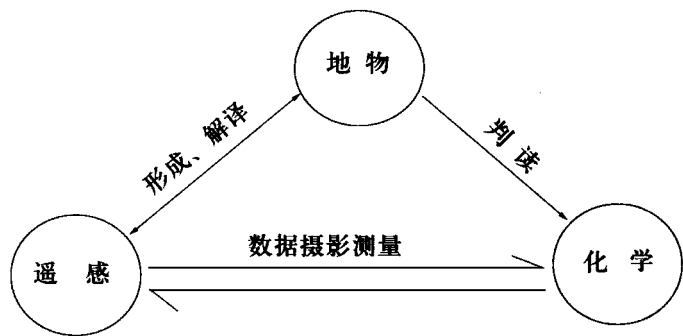


图 4 遥感与地球化学的关系

1999 年 12 月美国发射的对地观测系统 (EOS) 卫星,搭载多种传感器,其中 MOPITT (Measure Of Pollution In The Troposphere) 能够直接测量对流圈大气中 CO 和 CH_4 的含量,即大气的化学成分。同时,美国预计于 2003 年发射一颗地球化学卫星来测定包括大气在内的地物的化学成分。无论是岩石 (土壤) 的化学成分,还是大气的化学成分,广义上都属于地球化学研究的范畴。因此,随着 21 世纪地球化学卫星的发射和应用成功,将开拓人类从利用遥感卫星来确定地球的宏观特征,到利用遥感卫星来确定地球的微观化学成分的新时代。

参考文献

- [1] 徐冠华,田国良,王超. 遥感信息科学的进展和展望. 地理学报,1996(9)
- [2] 李德仁,关泽群. 空间信息系统的集成与实现. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000
- [3] 杜道生,陈军,李征航编. RS. GIS. GPS 集成与应用. 测绘出版社,1995
- [4] 李德仁. 空间信息系及其应用——RS. GPS. GIS 及其集成. 武汉测绘科技大学出版社,1998
- [5] 邬伦,刘瑜,马修军等. 地理信息系统——原理、方法和应用. 科学出版社,2001(2)
- [6] 张超,陈丙咸,邬伦. 地理信息系统. 高等教育出版社,2000 (责任编辑 孙立明)

(上接第 61 页)

- 见:中国水文地质工程地质勘察院编. 环境地质研究 (第四辑). 北京:地震出版社,1999,90~96
- [13] 孟繁雨,毛建华,吕勋. 调整露天垃圾堆肥系统解决城市生活垃圾处理问题. 环境保护,1998(12):18~19

- [14] 郭广寨,陆正明,石峰. 城市生活垃圾综合处置系统的选择. 上海环境科学,2001,20(1):37~40
- [15] 李维新. 中国城市垃圾资源回收利用途径及对策. 资源科学,2000,22(3):17~19

(责任编辑 王宏章)