



航天遥感科学家为你讲科普

丛书主编 余涛

“天眼”望地球

TIANYAN
WANG DIQIU

李娟 刘苗 米晓飞 赵亚萌 著

河北科学技术出版社



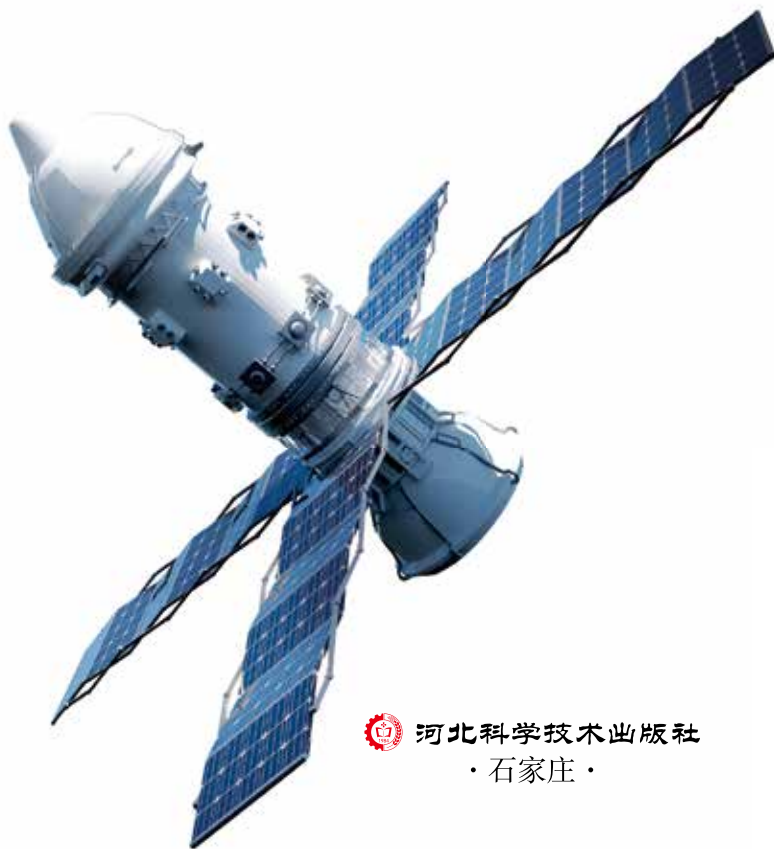
河北省科普专项
项目编号 20557609K

航 天 遥 感 科 学 家 为 你 讲 科 普

丛书主编 余 涛

“天眼”望地球

李 娟 刘 苗 米晓飞 赵亚萌 著



河北科学技术出版社

· 石家庄 ·

“航天遥感科学家为你讲科普”丛书

顾 问 顾行发
主 编 余 涛
编 委 会 臧文乾 黄祥志 王更科 赵亚萌 王 栋
吴增巍 贺雅琴 潘帅帅 许 鑫 井仲旭

图书在版编目（C I P）数据

“天眼”望地球 / 李娟等著. -- 石家庄 : 河北科学技术出版社, 2023. 1
(航天遥感科学家为你讲科普 / 余涛主编)
ISBN 978-7-5717-1374-4

I. ①天… II. ①李… III. ①航天遥感—少儿读物
IV. ①TP72-49

中国国家版本馆CIP数据核字(2023)第011043号

“天眼”望地球

李 娟 刘 苗 米晓飞 赵亚萌 著

责任编辑 张 健
责任校对 胡占杰
美术编辑 张 帆
封面设计 史 铮
出版发行 河北科学技术出版社
地 址 石家庄市友谊北大街330号（邮编：050061）
印 刷 河北尚印印刷有限公司
开 本 710毫米×1000毫米 1/16
印 张 6.5
字 数 102千字
版 次 2023年1月第1版
印 次 2023年1月第1次印刷
书 号 978-7-5717-1373-4
定 价 38.00元

版权所有 侵权必究



序

遥感是一门既古老又现代、既充满幻想又近在咫尺的技术。说它古老与充满幻想，是由于它深刻反映出人的愿望，从人类文明诞生之日起，就有着对“千里眼”“顺风耳”的向往和想象；说它现代与近在咫尺，是因其产生于现代科技进步，是当代的“千里眼”“顺风耳”，可以远观浩瀚宇宙，探索未知，近测体温，保护卫生安全。人们用“天眼”“鹰眼”“法眼”“慧眼”这些词汇形容这种既接“仙气”又接“地气”的神奇技术。

遥感作为一种现代高科技技术，反映了人的愿望，体现了人们掌握的应用物理知识与信息知识，需要较系统的科学知识与方法开展学习与研究。我们尝试从遥感知识的角度，根据幼儿、小学、中学、大学的认知层次将遥感知识进行区分并集成册。在本套读物中，《“小蜜蜂”太空奇遇记》旨在引导幼儿对遥感的好奇与兴趣；《太空中的“魔镜”》旨在点燃小学生的科技小火苗，并使其对遥感有所认识；《“天眼”望地球》旨在培养中学生的科技逻辑思维，并使其对遥感应用有所了解；《遥感知宇宙》是大学生跨学科专业的通识性遥感知识入门级读物，同时充分利用遥感

的学科交叉特点,帮助大学生进一步理解现代科学的本质。特别是在高中版、大学版着重讲述了中国科学家在遥感科技发展中所起的作用,为建设航天强国所做的努力,激发青少年追求进步的热情与爱国情怀。

本套读物作者都是在遥感科学一线长期从事科学研究的科学家,具有丰富的遥感知识,同时又非常热心科普工作,经常与幼儿园小朋友、小学生、中学生、大学生等不同层次学生开展科普互动。当前我国遥感应用蓬勃发展,社会信息化程度快速提高,相信这套读物能在这新的时代发挥重要作用。

余 涛

2022 年 11 月

前 言

为满足中学生对科学探索的热情和求知欲，本书应运而生。本书通过深入浅出地描述，讲述了航天遥感发展史和在实际生活中的应用，通过潜移默化的方式，逐步帮助读者建立现代科学理念和体系，并不断提升科学逻辑思维能力、创新能力和实践能力，为培养新一代的科学家和航天人才，为探索浩瀚宇宙、建设航天强国提供新的助力。

全书共分6章。第1章主要介绍遥感的发展历程，重点讲述遥感发展中观测手段从身临其境，行万里路；到欲穷千里目，更上一层楼；再到运筹帷幄，决胜千里的转变。第2章主要是讲述了遥感探测绘，开展地理新发现。第3章主要是利用遥感软件开展遥感图像处理实践活动。第4章主要是介绍遥感的应用本质和遥感靠什么感，并绍了遥感对象的7个特性、遥感探测的6根、遥感数据的5性等。通过对遥感卫星的构成、卫星参数、卫星系列的介绍，揭开“鹰眼、慧眼、法眼、火眼金睛”等“天眼”的神秘面纱。第5章主要介绍了陆地、海洋和气象等系列遥感卫星的特性和轨道分类等。第6章简要介绍了遥感技术在未来的一些潜在应用。

探索航天宇宙奥秘，点燃科学探索热情。本书所阐述的内容，不仅传播航天遥感科学知识，还着重致力于激发高中生的科学探索热情，培养科学逻辑思维能力、创新精神和拓展能力，

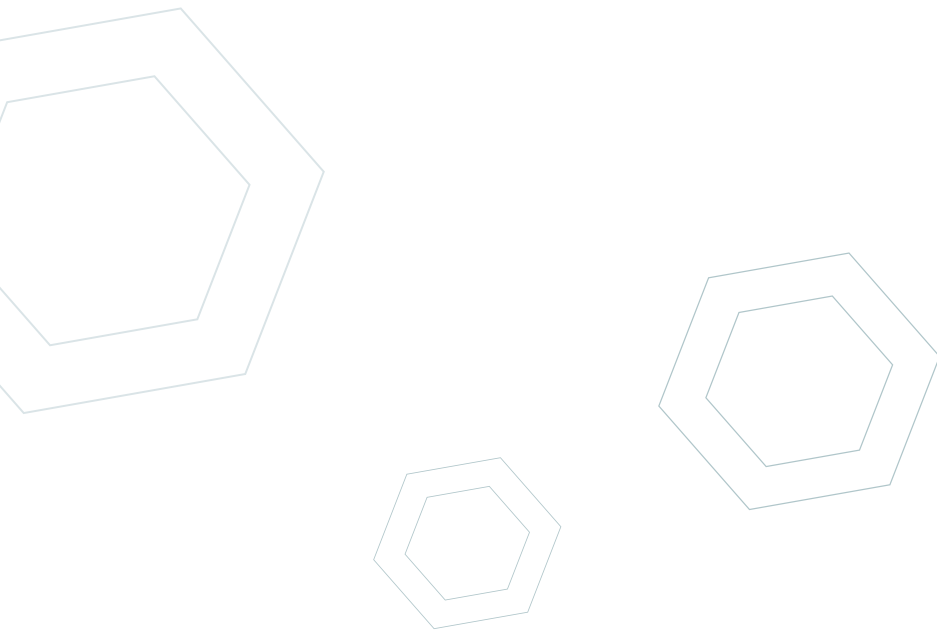
提升动手实践能力等。本书具有很强的科学性、可读性和普及性，符合高中生对前沿科技的探索精神和强烈的求知欲，可与相应教科书无缝对接。

全书由余涛策划与确定，编写团队成员完成设计、编写、统稿与修改工作，主要编写成员包括李娟、刘苗、米晓飞、赵亚萌、孙源、李玲玲、王更科、杨贯伟、臧文乾、黄祥志、刘川等。同时感谢刘建强老师提供的台风专题图、董新丰老师提供的矿产识别专题图等。

限于作者的知识水平，书中疏漏之处在所难免，恳请读者不吝批评指正。

作 者

2022 年 12 月



目 录

一、遥感，你好	1
(一) 遥感一词的起源	1
(二) 萌芽时期 (1839 年前) ——身临其境，行万里路到近在眼前	2
(三) 初期发展 (1839—1957 年) ——形成独立的学科体系	4
(四) 现代遥感 (1957 年至今) ——太空中的“千里眼”	5
二、玩转遥感探测绘，开展地理新发现	10
(一) 自然资源监测	10
(二) 全球地表覆盖精细分类	19
(三) 重大自然灾害监测	20
(四) 跨越时空，考古和文物鉴定修复大显身手	27
(五) 军事情报收集和冲突形势动态应用	29
(六) 多源遥感卫星数据助力新时代新闻传播	29
三、用遥感软件，动手做一做	31
(一) 认识遥感图像	31
(二) 遥感应用 APP	34
(三) 应用中的原理知识	47
四、认识卫星遥感	50
(一) 遥感的物理本质	50

(二) 遥感靠什么来感	51
(三) 遥感观测模式的划分	55
(四) 遥感探测的 6 根是什么	56
(五) 遥感数据的 5 性是什么	63
(六) 遥感对象的 7 个特性是什么	65
(七) 遥感靠什么知	73
(八) 遥感“探”“测”“绘”揭秘	78
五、遥感卫星大家族——天眼回眸百媚生	80
(一) 陆地观测卫星成员知多少	80
(二) 海洋卫星动态监测海洋环境	81
(三) 气象卫星实现天有可测风云	83
(四) 遥感卫星轨道划分	83
(五) 遥感平台和遥感器	86
六、遥感开启未来	91
(一) 国家级重大研究助力地理空间信息发展	91
(二) 卫星遥感助力“活”地图走入千家万户	92
(三) 卫星遥感数据 +	93
(四) 探索遥感未来	93
参考文献	95

一、遥感，你好

对未知事物和遥不可及事物的认识、了解和理解是人类一直以来孜孜不倦的追求，也是一直追逐的梦想，古代神话中的千里眼与顺风耳是其典型代表。1609年，当伽利略举起望远镜看月球的时候，梦想照进了现实，这是人类第一次通过放置在人与月球之间的人造事物拉近了两者的距离，绘制了第一幅月球表面图，人类可以更好地认识月球了。经过几百年发展，在人的眼睛和观测对象之间的人造物，从一台简陋的光学望远镜，逐步进化出融合光、机、电等各类先进技术的相机、探头，得到各种形式的图像，以满足多种多样的应用需求。

遥感，顾名思义，就是遥远地感知对象，是一种不接触物体而感知和观测物体，并测量、分析和判定该物体或目标的性质、空间分布、类型和数量的感知技术。下面首先介绍遥感的起源和由来，以及航天遥感萌芽时期、发展初期到现代蓬勃发展的过程。本书主要介绍的是通过一定的观测平台，如卫星、飞机、无人机等，从空中或空间观测或感知我们居住并赖以生存的地球，即狭义遥感。而探月、黑洞探测等宇宙探测技术皆属于广义遥感的范畴，本书也有一定程度的介绍。

（一）遥感一词的起源

20 世纪 70 年代，针对当时国际上特别是美国已经开展以地球资源为主要目标的地球资源探测计划这一国际科技发展新形势，中国科学院组织开展了针对“地球资源卫星”的大规模调研和论证，并于 1975 年 7 月将调研结果向时任国防科委副主任的钱学森同志进行了汇报。

钱学森同志对于这次汇报的基本观点是，在当时我国有关卫星载荷技术、卫星测控技术、卫星轨道控制技术等各方面发展均不成熟的情况下，发展研制这类技术复杂，对卫星轨道、姿态、有效载荷等要求都很高的太阳同步地球资源卫星的条件和时机尚未成熟，直接进入卫星的研制不仅技术条件难以保障，而且满足发射、测控等配套条件都有很大的难度，钱学森同志建议要首先从基础抓起。

钱学森同志广征博引，从美国研制“地球资源卫星”的背景，讲到了喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory, JPL）和在美国威罗兰红外光学实验室基础上建立起来的密歇根环境研究所（Environmental Research Institute of Michigan, ERIM），从这些研究机构的基础工作和所取得的成就，讲到了他们严谨周密的研究计划。最后钱老一语道破：这个基础是什么呢？这就是遥感技术，必须首先发展我国的遥感技术。没有遥感，卫星就没有了眼睛，而遥感又涉及可见、红外、微波等波段，必须首先从这些基础研究做起。中国要将遥感技术发展摆在十分重要的位置来抓，只要把遥感技术搞上去了，地球资源卫星的研制也就水到渠成了！

这就是“遥感”一词的来龙去脉。正是这次汇报，促成了后来一系列重要的科技事件，也为一批最早从事遥感研究的科研人员从中科院地理所分离出来，成立专门从事遥感基础理论和应用研究的中国科学院遥感应应用研究所奠定了基础。

1975年7月，钱学森同志提出“遥感”一词。1979年12月，中国科学院遥感应应用研究所成立。

（二）萌芽时期（1839年前）——身临其境，行万里路到近在眼前

早在远古时期，人类就通过盘古开天辟地、女娲炼石补天、夸父逐日、嫦娥奔月等神话故事来寄托对宇宙的思考，尽管这些都不是真实的，却代表着古人对宇宙最初的认知和理解。

为了更好了解耳目所不及的事物，人们渴望拥有千里眼、顺风耳等超能力。我国古代的诗文中也大量记载了人们对远距离观测的外界事物的感知，例如苏轼的《题西林壁》（横看成岭侧成峰，远近高低各不同。不识庐山真面目，只缘身在此山中。）就是用遥感思维来描述自然界的尺度效应和观测角度效应。

古人在劳动、生活过程中对感知乃至遥远感知现象的总结，可以说是现代遥感理论的萌芽，是古代人民智慧的体现。

表 1-1 人们观察世界方式的进步

观测方式 / 手段	主要特点	观测特点	典型代表
眼睛	人类感知世界和认识世界的最重要手段	身临其境、行万里路	明代地理学家徐霞客；英国生物学家达尔文
世界上第一台望远镜	用于远距离观测	大程度延展了人类观测的范围和距离	17 世纪初荷兰小镇眼镜店老板利伯希偶然发明的第一部双筒望远镜
世界上第一台天文望远镜	用于星空观测	开启了天文学观测新时代	1609 年，伽利略发明了世界上第一台能放大 30 倍的望远镜，并用于土星光环、太阳黑子、太阳的自转、金星和水星的盈亏等现象的观测

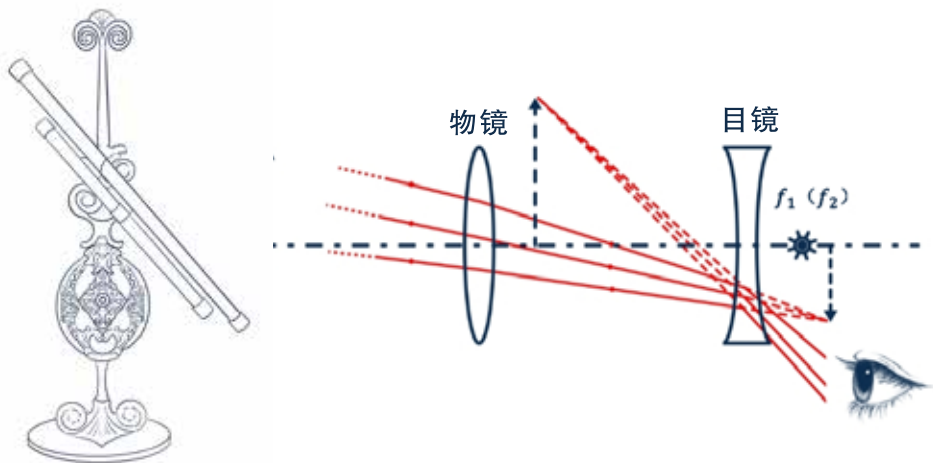


图 1-1 伽利略的望远镜

(三) 初期发展 (1839—1957 年) ——形成独立的学科体系

望远镜的出现为人们进行远距离观测打开了一扇窗，但望远镜却不能把观测到的事物记录下来。一直到 1839 年，达盖尔发表了他和尼普斯拍摄的照片，才第一次成功将事物记录在胶片上。10 年之后，法国人艾米·劳塞达特制定了摄影测量计划，成为有目的用图片记录地面的遥感技术的开端。随着时间和技术的发展，人们不再局限于地面观测，逐渐向航空观测发展，观测高度一般几千米到 1 万米。

1858 年 12 月，法国著名的摄影师纳达尔通过热气球拍摄了巴黎市的鸟瞰照片，是世界上最早的航拍胶片。1909 年，莱特兄弟通过安装在飞机机翼上的照相机拍下了世界上第一张真正意义上的航空照片。

随着观测平台从风筝、气球、软式皮艇逐渐向飞机过渡，遥感不断发展并形成独立的学科体系。航空观测在第一次和第二次世界大战中成为深入敌人阵地后方的“窥视对手的眼睛”。1944 年的诺曼底登陆行动同样离不开航空照相侦察。二战爆发前，德军总司令弗立契上将曾说过：“拥有最好的航空相机侦察能力的军队将赢得下一场战争。”在战争的驱使下，成像技术也逐渐由光学可见光向红外和微波方向延伸。红外线的利用实现了对温度敏感的热成像，夜间也能看到物体；微波的应用，最大限度地减少了天气的干扰，形成了全天时和全天候的探测能力。当时遥感的主要用途是气象探测、地形测绘、军事侦察、导弹预警等。

在此阶段，人们主要凭借自身经验通过目视解译进行判读。目视解译是指凭借人的眼睛（或借助光学仪器），依靠解译者的知识、经验和掌握的相关资料，通过大脑分析、推理、判断，提取遥感图像中有用的信息。该方法主要是根据人的经验和知识，通过照片的色形特征及解译标志来识别目标或对象，一度成为当时最主要的图像解读手段。但目视解译有其局限性，比如耗时费力、精度不太高等，特别是当拍摄的图片太多时，将耗时长达数月之久，严重影响时效性。

（四）现代遥感（1957 年至今）——太空中的“千里眼”

20 世纪 50 年代，美苏两国率先将空间观测技术从航空遥感领域发展到航天遥感领域。20 世纪 70 年代至 80 年代，国际上航天遥感技术已有突飞猛进的发展。特别是计算机技术和通信传输技术的不断进步，促进了航天遥感的飞速发展。

- 1957 年 10 月，苏联发射成功了第一颗人造卫星。

- 1960 年，美国开始利用航天器对地球进行长期观测，发射了 TIROS-1 和 NOAA-1 太阳同步气象卫星，促进了大气遥感探测发展。

- 1970 年 4 月 24 日，我国第一颗人造地球卫星“东方红一号”发射成功，拉开了中国人探索宇宙奥秘、和平利用太空、造福人类的序幕。

- 1972 年，美国发射了第一颗具有业务性质的“地球资源技术卫星”（后更名为“陆地卫星”），开启了常态化遥感对地观测的先河。

- 1999 年，美国成功地发射了地球观测系统（EOS）的第一颗极地轨道环境遥感卫星——Terra 卫星，标志着遥感定量观测新的里程开始。该卫星搭载的中分辨率成像光谱仪（MODIS）能够提供全球尺度、长时间序列的对地观测数据，极大促进了对地观测数据在人类经济和社会发展中的广泛应用，由此开创了遥感定量化新时代。

- 2013 年 4 月 26 日，我国成功发射高分一号卫星，该卫星是国家高分辨率对地观测系统重大专项天基系统的首发星。

- 2016 年 8 月 10 日，我国成功发射高分三号卫星，是国内首颗分辨率达到 1 米的 C 频段多极化合成孔径雷达卫星。

- 2016 年 12 月 11 日，我国成功发射风云四号卫星，其功能和性能实现了跨越式发展，与欧美第三代静止轨道气象卫星水平相当。

- 2016 年 3 月，国务院批复同意将每年的 4 月 24 日设立为“中国航天日”。

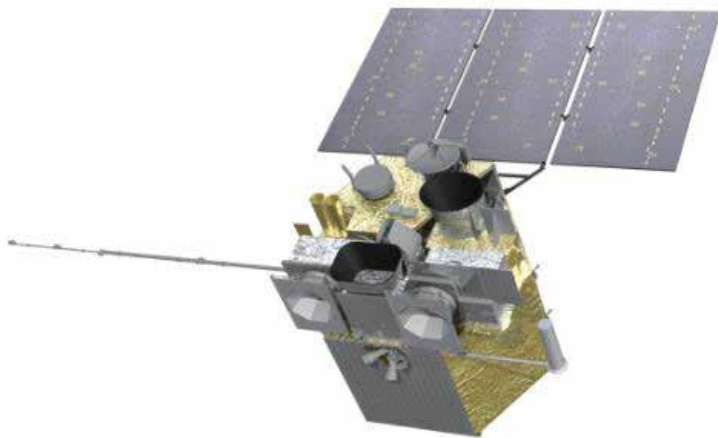


图 1-2 “风云四号” A 星仪器搭载先进的静止轨道辐射成像仪、干涉式大气垂直探测仪、闪电成像仪和空间环境监测仪器等
(http://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/cn/theme/FY4A_intro.html#intro)

世界各国一直致力于对地观测体系的发展，开展了一系列的科学探索计划，如国际全球综合观测系统（GEOSS）、地球观测系统（EOS）、欧洲的全球环境与安全监测系统（GMES）、美国的地球科学探索战略计划（ESE）、日本的综合海洋探测和陆地观测系统（JAXA）等。作为航天强国、大国，我国已发射了风云系列气象系列、海洋系列、陆地资源系列、高分系列等遥感卫星，同时发射了“北京一号”“北京二号”“吉林一号”“高景一号”等一系列商业卫星，形成了百花齐放的繁荣局面。



图 1-3 先进的静止轨道辐射成像仪是“风云四号”静止气象卫星的主要载荷之一

(http://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/cn/theme/FY4A_instrument.html#AGRI)

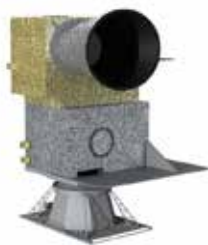


图 1-4 干涉式大气垂直探测仪是国际上第一台在静止轨道上以红外高光谱干涉分光方式探测三维大气垂直结构的精密遥感仪器，具有突破性

(http://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/cn/theme/FY4A_instrument.html#GIIRS)



图 1-5 闪电成像是全球第一批两颗静止气象卫星闪电成像仪之一
(http://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/cn/theme/FY4A_instrument.html#LMI)



图 1-6 空间环境监测仪器中包含有高能粒子探测器、磁强计和空间天气效应探测器
(http://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/cn/theme/FY4A_instrument.html#SEP)

在现代卫星中，空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率是体现遥感卫星搭载传感器水平的重要标志，也是遥感技术综合能力和遥感应用服务能力的体现。目前，遥感卫星向高分辨率、多时相、全天时、全天候方向发展。特别是人们对高分辨率的追求一刻也没有停下来：美国的 OrbView-5 卫星空间分辨率达 0.4 米。WorldView- II 卫星增加了多光谱波段，多光谱分辨率可达 1.8 米。GeoEye-2 空间分辨率达到 0.25 米。我国的“高分二号”卫星星下点空间分辨率可达 0.8 米，标志着我国遥感卫星进入了亚米级“高分时代”。

搭载在遥感卫星、飞艇、无人机等观测平台上的传感器可称为“太空中的千里眼”。基于遥感卫星宽覆盖的特点，人们实现了“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”的对地观测能力。太空探索永无止境，通过不断奋发图强、砥砺前行，中国的遥感事业逐渐实现从“东方红一号”到“东方红五号”，从“嫦娥一号”到“嫦娥五号”，从“神舟一号”到“神舟十二号”的飞越。

探月工程又称为“嫦娥工程”，可分为“无人月球探测”“载人登月”

和“建立月球基地”三个阶段，并按照“绕、落、回”三步走战略实施。其中“绕”主要是实施绕月探测，“落”主要是进行首次月球软着陆和自动巡视勘测，“回”主要是进行首次月球样品自动取样返回探测。2019年1月3日，嫦娥四号成功着陆月球背面，实现人类首次月球背面软着陆和巡视勘察。2020年12月1日，嫦娥五号成功降落在月球正面风暴洋北部吕姆克山、夏普月溪附近，也是人类探测器首次踏足月球上的这一区域。历经16天的巡视勘察，2020年12月17日，嫦娥五号返回舱安全着陆，带回了近2千克的月球样品，实现了我国地外天体首次采样返回，圆了中华民族飞天揽月的千年梦想，是航天强国建设征程中的重要里程碑。

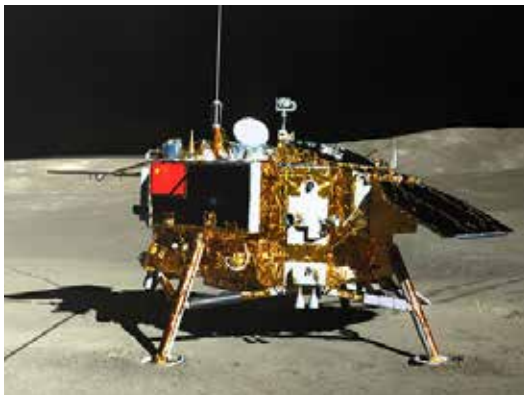


图 1-7 玉兔二号巡视器全景相机对嫦娥四号
着陆器成像



图 1-8 嫦娥四号着陆器地形地貌
相机对玉兔二号巡视器成像

(<http://www.sastind.gov.cn/n132/n230/n18088/c6805176/content.html>)

中国天眼——FAST 射电望远镜。500 米口径球面射电望远镜（Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST）于 2011 年 3 月 25 日开工建设，于 2020 年 1 月 11 日通过验收并正式开放运行。FAST 球面射电望远镜开创了建造巨型望远镜的新模式，建设了反射面相当于 30 个足球场的射电望远镜，灵敏度达到世界第二大望远镜的 2.5 倍以上，大幅拓展了人类的视野，可用于探索宇宙起源和演化。截至 2021 年 5 月，500 米口径球面射电望远镜已发现脉冲星逾 370 颗，并在快速射电暴等研究领域取得系列重大突破。



图 1-9 无人机拍摄的 FAST
(<http://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758838/c6810452/content.html>)

黑洞观测：人类渴望对更遥远更未知的宇宙星系进行探索。2019 年 4 月 10 日 21 时，中国科学院发布消息称，欧洲比利时的布鲁塞尔，南美洲智利的圣地亚哥，亚洲中国的上海和台北、日本的东京，北美洲美国的华盛顿，全球六地同时召开新闻发布会，同步公布了全球数百名科研人员参与合作的“事件视界望远镜（EHT）”项目发现了宇宙黑洞的“真容”。该黑洞位于室女座一个巨椭圆星系（M87）的中心，距离地球 5500 万光年，质量约为太阳的 65 亿倍，它的核心区域存在一个阴影，周围环绕一个新月状光环。此前，天文学家都是通过各种间接的证据来表明黑洞的存在，而 EHT 项目则是通过这个拥有地球直径的“虚拟望远镜”直接观测到了黑洞的存在，人类拍摄了首张真正意义上的黑洞照片。也因此直接证明了爱因斯坦广义相对论在极端条件下仍然成立。

时至今日，人类观察研究各类目标的方式逐渐从近距离肉眼观察、高倍望远镜发展到高清晰照相机、多角度多模式传感器等多种复杂技术手段，这些可以远离目标、通过非直接接触方式判定并分析目标性质的观测方式，都是广泛意义上的“遥感”。



图 1-10 首张宇宙黑洞照片
(http://www.shao.cas.cn/2020Ver/xwdt/tpxw/201904/t20190410_5596643.html)

二、玩转遥感探测绘，开展地理新发现

目前，我国的卫星遥感已形成精细化、多样化、体系化，进入了多层次、多角度、全方位、全天候的对地观测时代。卫星遥感已成为开展国家自然资源管理、生态环境保护与治理、应急管理保障不可或缺的重要手段，并成为助力新兴空间信息产业发展的核心力量。

在遥感应用中，“探”主要是指通过发现、识别、确认、分类、聚类、变化检测等方式解决有关“what”特征问题，我们大家耳熟能详的全国土地资源调查、基础性地理国情监测业务都属于“探”的范畴。在这些业务中，借助人工目视解译以及计算机数字图像处理技术，可以给目标地物一一打上标签，告诉我们这是什么，那是什么。更神奇的是，在考古发掘、文物鉴定等方面，遥感都是不可或缺的重要帮手。

（一）自然资源监测

（1）“太空千里眼”助力全国土地调查，增强我国基础国力调查能力

全国土地调查是我国重要的基础国情国力调查，每 10 年开展一次。卫星遥感技术具有效率高、覆盖广、更新快等特点，是全国土地调查重要的技术支撑手段之一。目前我国已开展三次全国土地调查。

表 2-1 全国土地调查情况

序号	名称	时间	任务和特点
1	第一次全国土地调查	1984 年 5 月至 1997 年 12 月	工作量大，耗时长，大多为人工操作

续表

序号	名称	时间	任务和特点
2	第二次全国土地调查	2007 年 7 月至 2009 年	调查的主要任务包括农村土地调查、城镇土地调查、基本农田调查等。基于统一购置的航空、航天遥感资料，统一制作调查基础图件，保障了资料的可靠性、时效性和统一性
3	第三次全国国土调查	2018 年 9 月至 2021 年 8 月	全面采用优于 1 米空间分辨率的卫星遥感影像制作调查底图，广泛应用移动互联网、云计算、无人机等新技术，创新运用“互联网+调查”机制，全流程严格实行质量管控，最大限度减少人为干预

2021 年 8 月 26 日，自然资源部公开第三次全国国土调查（简称“三调”）主要数据成果。第三次全国国土调查历时 3 年，先后有 21.9 万调查人员参与，汇集了 2.95 亿个调查图斑数据，全面查清了全国国土利用状况。全国主要地类数据具体如下：耕地 12786.19 万公顷（191792.79 万亩）、园地 2017.16 万公顷（30257.33 万亩）、林地 28412.59 万公顷（426188.82 万亩）、草地 26453.01 万公顷（396795.21 万亩）、湿地 2346.93 万公顷（35203.99 万亩）、城镇村及工矿用地 3530.64 万公顷（52959.53 万亩）、交通运输用地 955.31 万公顷（14329.61 万亩）、水域及水利设施用地 3628.79 万公顷（54431.78 万亩）。其中北京、天津、河北、山西和内蒙古等华北区域的三调结果见表 2-2。“三调”数据成果全面客观反映了我国国土利用状况，也反映出耕地保护、生态建设、节约集约用地方面存在的问题，必须采取有针对性的措施加以改进；同时也是国家制定经济社会发展重大战略规划、重要政策举措的基本依据。

表 2-2 华北地区土地利用分类面积汇总

土地利用分类面积汇总表								
面积单位：万亩								
行政单位	耕地	种植园用地	林地	草地	湿地	城镇村及工矿用地	交通运输用地	水域及水利设施用地
合计	32734.92	2785.79	56995.34	88880.65	6063.52	7889.44	2356.35	3157.37
北京市	140.32	189.41	1451.44	21.69	4.66	470.47	73.92	92.56
天津市	494.34	55.38	222.39	22.48	49.08	498.37	67.94	355.96

续表

行政单位	耕地	种植园用地	林地	草地	湿地	城镇村及工矿用地	交通运输用地	水域及水利设施用地
河北省	9051.26	1508.8	9638.02	2920.89	214.05	3154.38	610.69	856.6
山西省	5804.25	961.38	9143.5	4657.66	81.64	1526.35	404.74	259.62
内蒙古自治区	17244.74	70.82	36539.98	81257.92	5714.09	2239.88	1199.05	1592.63

（数据来源：国土调查成果共享应用服务平台第三次全国土地调查及其变更调查统计报表）

（2）矿产资源遥感勘查

地质矿产勘查工作是国民经济建设的“先行官”，尤其是随着我国经济持续快速发展，相关能源和原材料需求一直很大。而我国很多地区的地理环境并不适合开展相关地面勘查工作，一线地质勘查人员付出了大量的时间和精力，甚至牺牲自己的生命。

地质矿产行业是我国最早应用遥感技术的部门之一，而遥感找矿又是“遥感地质学”中开展最早、应用范围最广泛的方向，特别是在边远以及自然条件恶劣的地区，遥感技术发挥了重要的作用。通过近 50 年的发展，遥感找矿为我国现代化建设做出了重要贡献，取得了重大成就，也始终是我国遥感技术应用最为活跃、成果最为显著的领域之一。

遥感地质找矿法是利用地质的遥感信息进行找矿的方法，原理是利用不同空间高度的传感器获取电磁波信息形式的遥感影像，通过其空间和光谱特征分析进行遥感地质信息解译。遥感影像不仅能够反映构造、地层岩性等地质信息，也可反映不同地质信息的综合形态特征，从而达到从宏观到微观识别地质信息的目的。遥感地质找矿就是通过识别和提取与成矿或控矿有关的地质信息，结合其他地质资料（地球物理、地球化学等），进行找矿预测。比如通过遥感影像的光谱信息，结合矿物波谱吸收特征可以对其进行提取，通过筛选与成矿直接有关的蚀变矿物信息，进而圈定有针对性的找矿有利地段。也可通过遥感影像提取控矿构造、赋矿地层等地质信息，进一步明确找矿方向和缩小找矿区域。

二、玩转遥感探测绘，开展地理新发现

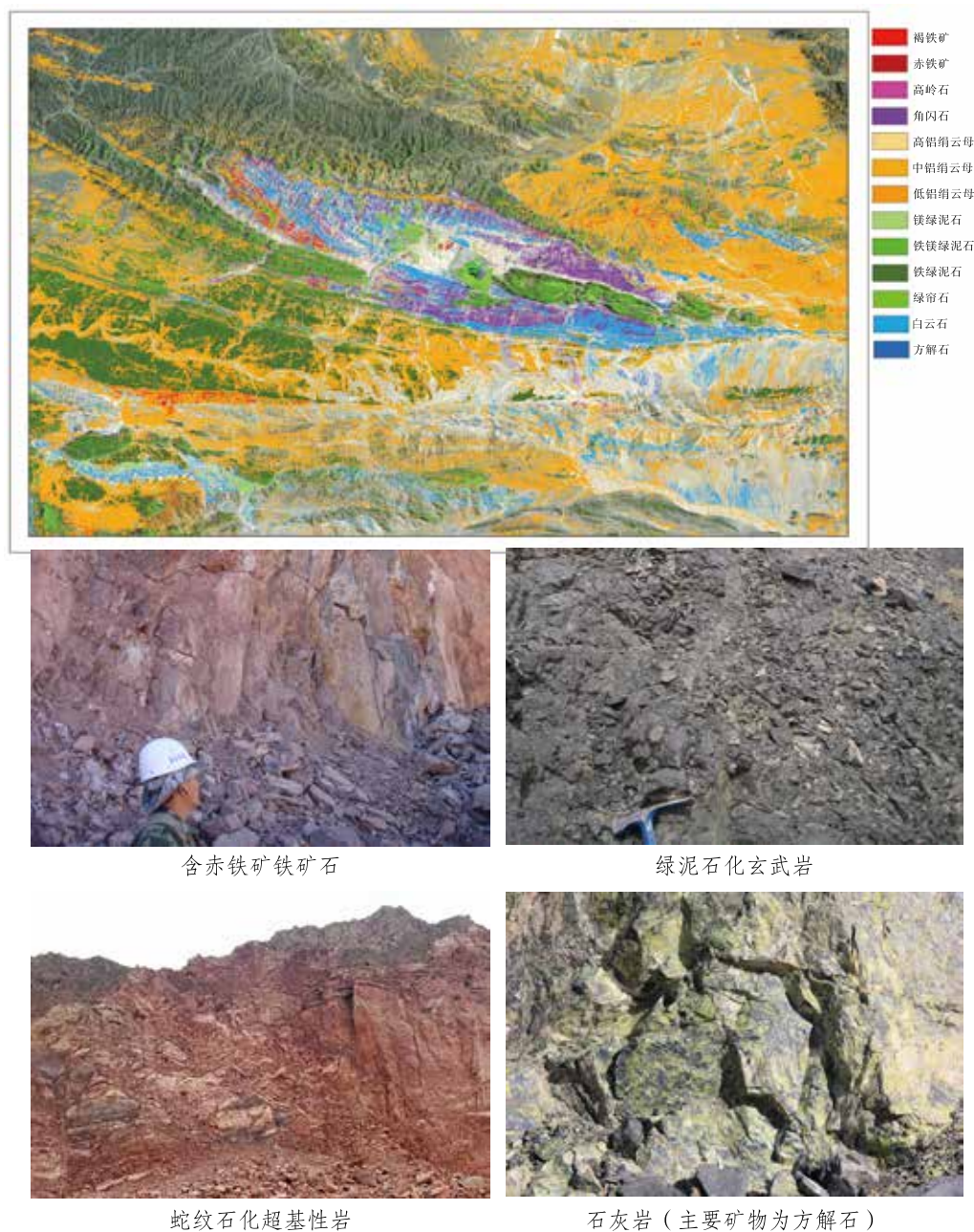


图 2-1 高光谱遥感矿物分布图

（3）森林资源调查监测

森林资源是再生性、动态性资源，利用遥感技术可以及时准确地获取森林资源的变化情况，对于森林资源的可持续发展具有重要的意义。森林资源遥感监测主要研究林地资源的利用情况。林地资源分类反映林地用途、性质及分布规律的基本地域单元，依据林地利用在地域分布上的客观差异性，将林地划分成不同利用方式和不同等级类型。

遥感技术在我国森林资源监测中起到了很大作用，如三北防护林、天然林保护工程和退耕还林工程等工程进展监测和成果监测。高分辨率多光谱遥感技术在森林类型解译、蓄积测定、健康评价等方面得到越来越广泛的应用，通过遥感技术快速提取树木信息、识别树种，对城市树种调查、配置、管理及森林生态系统监测具有重要意义。

（4）主要粮食作物遥感监测应用

我国是人口大国和农业大国，利用卫星遥感数据开展粮食作物（水稻、小麦、玉米）种植面积提取、长势状况监测、主要病虫害发生发展状况监测、作物产量估算等对支持国家粮食生产宏观调控、保障粮食安全具有非常重要的意义。粮食作物遥感监测主要以高分辨率遥感卫星数据（如高分系列卫星、美国 Landsat 系列、欧盟 Sentinel 系列等）、气象数据、区划数据、地面调查数据等为数据源，同时综合考虑粮食作物形态及营养状况信息、病虫害发生发展特点、地面菌源 / 虫源信息及历年发生情况统计资料等，建立作物长势监测模型和主要病虫害发生发展状况遥感监测模型及估产模型，开展小麦、水稻、玉米等作物种植面积提取、长势状况监测、病虫害监测以及作物产量估算。

①小麦、水稻、玉米等粮食作物长势分析

《中国可持续发展遥感监测报告 2021》中相关监测结果显示，2020 年全国小麦种植面积约 3.6 亿亩，全国水稻种植面积约 4.5 亿亩，全国玉米种植面积约 6.2 亿亩。2020 年华北、华东、华中及西南麦区小麦生长状况良好，西北麦区生长状况略差，但与 2019 年相比整体长势状况偏好；2020 年全国

水稻整体生长状况良好，与 2019 年相比总体长势状况持平；2020 年全国玉米生长状况良好，与 2019 年相比总体长势持平。

②农作物种植面积遥感监测

农作物种植面积是开展农业遥感监测的基础数据，是进行农作物生长监测和作物产量估计的关键支撑数据。农作物面积遥感测量主要是利用卫星遥感影像和航空数据，经过影像的预处理等，直观展现农作物种植情况的时空分布，计算农作物种植面积，与传统人工测量相比，具备省时省力、高精度、高定位等特点。同时，农作物种植面积遥感监测是世界农业大国农情遥感监测业务的主要内容，其监测结果也是政府宏观监测与生产管理的重要依据。目前，世界上主要有 3 个农业遥感监测业务系统，分别是美国的农业遥感监测系统、欧盟的农业遥感系统以及中国的国家农情遥感监测业务运行系统。2012 年美国的农业遥感监测系统公布了全美国 121 种作物 30 米空间分辨率的作物分布图；2015 年，中国国家农情遥感监测业务运行系统发布了中国区域小麦种植面积“一张图”（主要是利用高分一号卫星宽幅相机 16 米空间分辨率数据制作）。

③农作物病虫害监测

农作物病虫害监测主要是基于高分辨率遥感卫星数据，结合中国气象局的全国气象数据和地面调查的菌源 / 虫源基数等植保数据、病虫害发生发展过程模型以及作物病虫害历年发生情况统计资料等，开展小麦和水稻等病虫害发生发展状况遥感监测。据《中国可持续发展遥感监测报告 2021》中相关监测结果，2019 年我国小麦和水稻的病虫害监测情况以及时间和空间的分布范围见表 2-3。

表 2-3 2019 年小麦和水稻病虫害监测情况

序号	粮食作物	病虫害监测情况	特征分析
1	小麦	条锈病全国累计发生面积约 989 万亩	4 月上旬在江汉、江淮、黄淮南部、西南及西北大部麦区显病，4 月中下旬至 5 月中旬达病害盛期，在西北、江淮及黄淮麦区扩散流行
		赤霉病全国累计发生面积约 520 万亩	4 月下旬在长江中下游及江淮麦区陆续开始显病，5 月中旬达病害盛期，在长江中下游、江淮及黄淮南部麦区扩散流行

续表

序号	粮食作物	病虫害监测情况	特征分析
1	小麦	麦纹枯病全国累计发生面积约 9070 万亩	4 月上旬在江汉平原、江淮及黄淮麦区显病，4 月中下旬在黄淮、华北及西南麦区扩散流行，5 月中旬达病害盛期，其中西南、江淮及黄淮麦区偏重发生，西北及西南麦区偏轻发生
		蚜虫全国累计发生面积约 9714 万亩	4 月上旬在华中北部、华北南部、西北东部及黄淮麦区局部发生，5 月中旬达虫害盛期，其中黄淮麦区和西北东部偏重发生
2	水稻	稻飞虱全国累计发生面积约 9121 万亩，与往年相比减少 24.6%	稻飞虱自 8 月中旬在东北、华中及华东等稻区局部发生，9 月上旬持续扩散流行，到 9 月中下旬达到虫害盛期，在东北及华中稻区偏重发生，西南及华南稻区轻度发生
		水稻稻纵卷叶螟全国累计发生面积约 7726 万亩，与往年相比减少 17.6%，	稻纵卷叶螟自 8 月中旬在东北、华东及华中等稻区局部发生，9 月上旬至中下旬持续扩散发生，其中在东北北部、华东及华中南部等稻区偏重发生，西南及华南稻区轻度发生
		水稻纹枯病全国累计发生面积约 5915 万亩，与往年相比减少 56.7%	纹枯病自 8 月中旬在东北、华东及华中等稻区点片发生，9 月上旬在东北、西南及华中等地持续扩散，至 9 月中下旬达到发病盛期，在东北、西南、江汉及江淮等稻区偏重发生
		水稻稻瘟病全国累计发生面积约 1624 万亩	主要在黑龙江、湖北、浙江、四川中部、湖南东部、安徽中部、江苏西南部、江西等稻区点片发生

（5）大气环境监测——雾霾监测

在中国，最近这些年雾霾才成为公众关注的现象。但从全世界范围来说，雾霾是已经困扰了人们 2 个多世纪的全球性难题。19 世纪初，有“世界工厂”之称的伦敦上空每年四分之一时间笼罩在雾霾之中。当时的英国作家狄更斯把空气中飘浮的浓雾状的煤灰比喻成“鹅毛大雪”，可以想象当时的雾霾有多严重。如今尽管发达国家治霾成效显著，但在很多地方仍然有卷土重来的趋势，越来越多的发展中国家也正遭受雾霾的侵袭。治理雾霾，全球出击，打赢蓝天保卫战，成为人类全力应对大气污染的关键词。如何科学、准确地监测雾霾，寻找应对办法，已经成为一个社会热点问题。

常规地基监测手段只能探测局部区域，探测范围有限，利用新型遥感监测技术可以从影像反演气溶胶厚度、扬尘地表遥感解译、秸秆焚烧三个方面探究

雾霾污染源的情况，并及时收集信息供政府决策，从而达到大范围雾霾监测的目的。雾霾最常用的表征之一就是气溶胶光学厚度，它表征大气柱中气溶胶颗粒物整体消光能力。气溶胶污染主要是指 PM_{2.5}、PM₁₀ 等细颗粒物浓度超标，影响人类的身体健康，据报道，全球每年约 210 万人死于 PM_{2.5} 等颗粒物浓度上升。

卫星遥感是观测气溶胶空间分布的重要手段，能够在大气颗粒物保持自然状态的情况下，快速获取区域范围内的气溶胶颗粒物空间分布、面积、等级、频次等，有助于全面掌握雾霾的产生、变化状况，在雾霾监测应用中有非常明显的优势。《中国可持续发展遥感监测报告 2021》监测结果显示，我国的空气质量状况获得极大改善，与 2016 年相比，2020 年全国细颗粒物年平均浓度下降了 15.24 微克 / 立方米，变化率达到 34.73%；与 2019 年相比，2020 年全国细颗粒物年平均浓度下降了 0.89 微克 / 立方米。

（6）水环境遥感监测

水污染是“世界头号杀手”，主要来自工业污染、农业污染和生活污染，全球每年约 2000 万人死于饮用不卫生的水。当前全国各地都在推进碧水保卫战，这也是污染防治攻坚战中三大保卫战之一。那么，如何监测水环境的变化？

除了到水域现场取样监测外，更宏观的水环境变化则需要借助卫星遥感技术来“从天上看水”。“坐地日行八万里，巡天遥看一千河。”借用毛主席的这句诗来描述水环境遥感监测工作是再合适不过。卫星遥感技术作为一种大范围、高效的对地观测手段，能够对研究区域的水环境状况进行大范围的常态化监测，通过分析特定波段内水体的辐射值并获得其光谱特性，进而建立相应的水质参数反演算法来监测各项水质参数，在水环境质量监测方面体现了强大的优势。

赤潮最早是因为海水变红而得名，但赤潮却不一定是红色。赤潮因所含生物种类和数量不同而呈现红、黄、绿和褐等不同颜色。赤潮具有突发性和成因复杂性的特点，很难有效防止赤潮灾害发生。赤潮大多数发生在比较温暖的季节，南海海区主要在 3 至 5 月份最为多见；在东海海区主要发生在 5 至 7 月份；黄渤海海区，则大多在 6 至 9 月份发生。

受多种因素影响，海洋溢油、浒苔、赤潮等水资源污染事件频发。目前赤潮的监测主要是利用船载和浮标现场观测，辅以卫星、航空遥感等快速大面积观测手段对相关关键环境参数进行监测。利用海洋一号 C/D 卫星海岸带成像仪、HY-1C/1D 卫星可以很好地识别到赤潮特征，获取赤潮位置、分布范围等重要信息（图 2-2），可为有关部门提供有效数据支持。

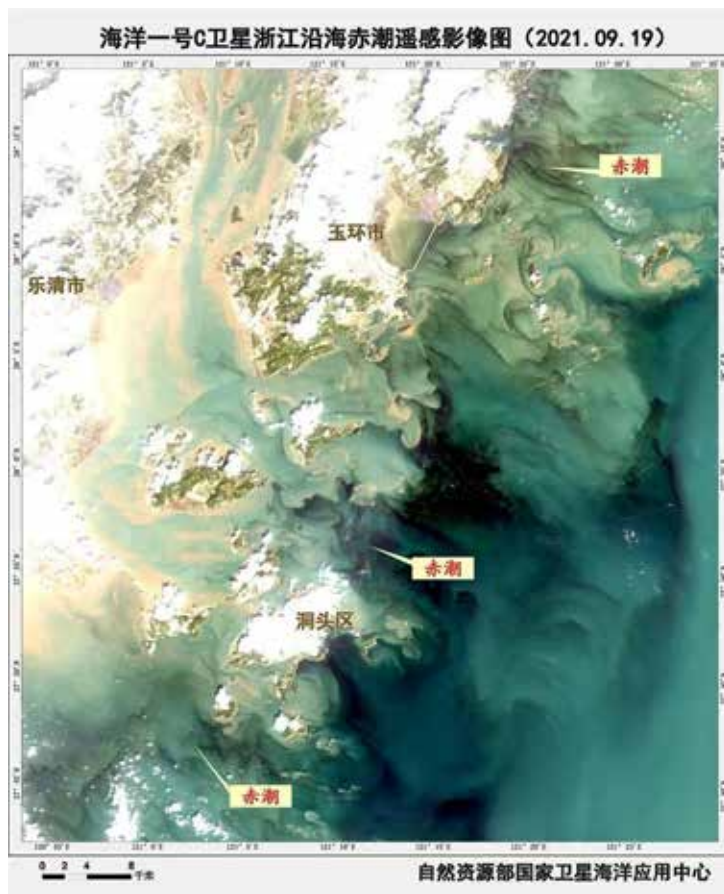


图 2-2 浙江沿海赤潮监测
(更多资料可关注海洋卫星微信公众号获得)

(7) 生态环境监测

全球生态环境与人类的生存和发展息息相关，涉及全球气候变化、生态

系统演变、人类活动影响等重大科学问题，已受到国际社会的高度关注。遥感技术在监测全球生态环境方面具有突出且不可替代的优势，可以及时、准确、直观地从全球、区域、国家等层面了解多种生态环境要素及其变化。

为满足全球生态环境变化监测和积极应对全球变化的需要，推动我国生态文明建设迈上新台阶，科技部于 2012 年启动了“全球生态环境遥感监测年度报告”工作，年报工作围绕全球生态环境典型要素、全球性生态环境热点问题和全球重点区域这 3 大类主题逐年发布，已经形成品牌，为中国深入参与全球科技创新治理提供了有效的信息保障，为各国政府、研究机构和国际组织的环境问题研究和环境政策制定提供了依据，加深了社会公众对全球生态环境状况的理解。

城市公园作为城市绿地系统的重要组成部分，在维系城市生态系统服务、改善人居环境方面发挥着重要的作用。北美洲、欧洲和亚洲一些国家的城市公园绿地面积非常大。近 20 年，随着城市园林绿化水平的提升，人均公园绿地面积呈现显著的增加。2020 年，世界城市人均公园绿地面积为 18.32 平方米。

（二）全球地表覆盖精细分类

地表覆盖分布是开展气候变化研究、生态环境评估及地理国情监测等不可或缺的重要基础信息。近年来，随着卫星遥感和计算机存储与计算能力的不断增强，全球尺度中高分辨率地表覆盖产品的应用需求日益增多，需要更高分辨率的土地覆盖信息，以更好地进行环境监测。2011 年全球首个 30 米地表覆盖制图问世。在此研究基础上，科学家历经 8 年开发出了世界首套 10 米分辨率的全球土地覆盖产品（FROM-GLC10 2017 v1），该产品与 30 米分辨率地表覆盖图相比可以看到更精细的信息，如小居民点、较小的水塘和农田等。2020 年，全球首套 2020 年全球 30 米精细地表覆盖产品发布。该数据集及时反映了 2020 年全球陆地区域（除南极洲）在 30 米空间分辨率下的地表覆盖分布状况，为地表相关应用提供了最新的数据支撑，对于全球变化、可持续发展分析以及地理国情监测等具有重要意义。

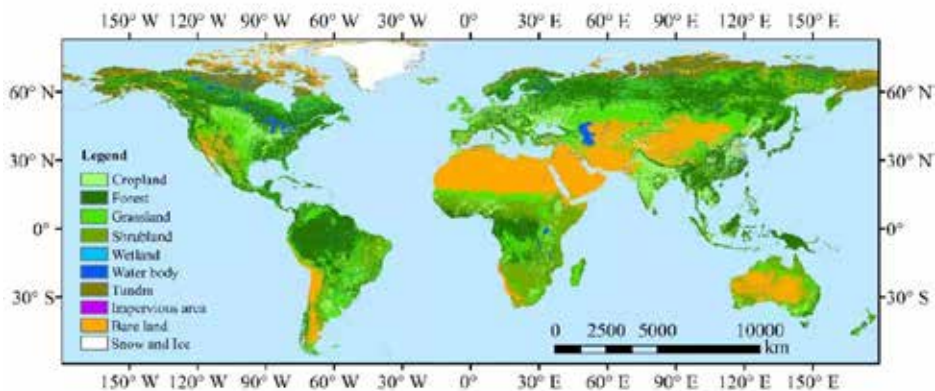


图 2-3 世界首套 10 米分辨率的全球土地覆盖产品
(FROM-GLC10 2017 v1)

(三) 重大自然灾害监测

根据应急管理部、国家减灾委员会办公室及相关部门研究,最近几年我国自然灾害形势复杂严峻,极端天气多发。2020 年,我国自然灾害主要以洪涝、地质灾害、风雹、台风灾害为主,各种自然灾害共造成全国 1.38 亿人次受灾,589.1 万人次紧急转移安置;10 万间房屋倒塌,30.3 万间严重损坏,145.7 万间一般损坏;造成严重经济损失。

2021 年自然灾害频发,以洪涝、风雹、干旱、台风、地震、地质灾害、低温冷冻和雪灾为主,沙尘暴、森林草原火灾和海洋灾害等也有不同程度发生。全年各种自然灾害共造成 1.07 亿人次受灾,因灾死亡、失踪 867 人,紧急转移安置 573.8 万人次;倒塌房屋 16.2 万间,不同程度损坏 198.1 万间;农作物受灾面积 1173.9 万公顷;直接经济损失 3340.2 亿元。

(1) 森林火灾监测

森林火灾是受社会因素影响较大的自然灾害,随着全球气候变化、林内人为活动加剧及毁林开荒等,森林火灾遍及世界每一个有森林植被的角落,如何有效防御和控制森林火灾也得到各国的高度重视。据不完全统计,全世界平均

每年发生森林火灾 22 万次，受害森林面积超过 1000 万公顷，约占全球森林总面积的 1%。近年来澳大利亚的悉尼圣诞大火、美国的黄石国家公园大火、印尼的苏门答腊大火、希腊雅典大火、亚马孙热带雨林大火、我国大兴安岭“5·6”大火等重大森林火灾对人民的生活和生态环境造成了重大影响。

卫星林火监测主要是利用气象卫星和陆地资源卫星进行森林火灾监测的先进手段，是现代森林防火工作中技术含量较高的森林火灾监测手段，其最大优势在于可对大面积森林进行无死角、全天候、实时监控，不仅可以及早发现早期林火，特别是边远地区和人烟稀少地区的林火，而且可以对已发现的林火特别是重大林火蔓延情况进行连续跟踪监测，为扑火提供辅助决策，也可以为日常森林防火及航空护林提供气象及地理信息，及时制定预防方案、巡护计划等。

四川凉山州地貌复杂，地势高低起伏大，地形崎岖封闭，自 2019 年连续几年均发生严重森林火灾，给当地环境、人员和经济造成巨大损失。2020 年 3 月 30 日 15 时，四川凉山州西昌市突发森林火灾，火场周边涉及博物馆、电池厂、加油站、液化气储配站、学校等 36 家单位，其中的 8 家危险化学品企业安全面临威胁，特别是最危急时刻，火线离马道液化气储配站不足百米。利用高分一号、高分二号、北京二号遥感影像迅速开展了森林火灾监测，截至 2020 年 4 月 1 日 12 时，西昌市森林火灾过火面积为 2480 公顷。（图 2-4）

（2）滑坡泥石流遥感监测

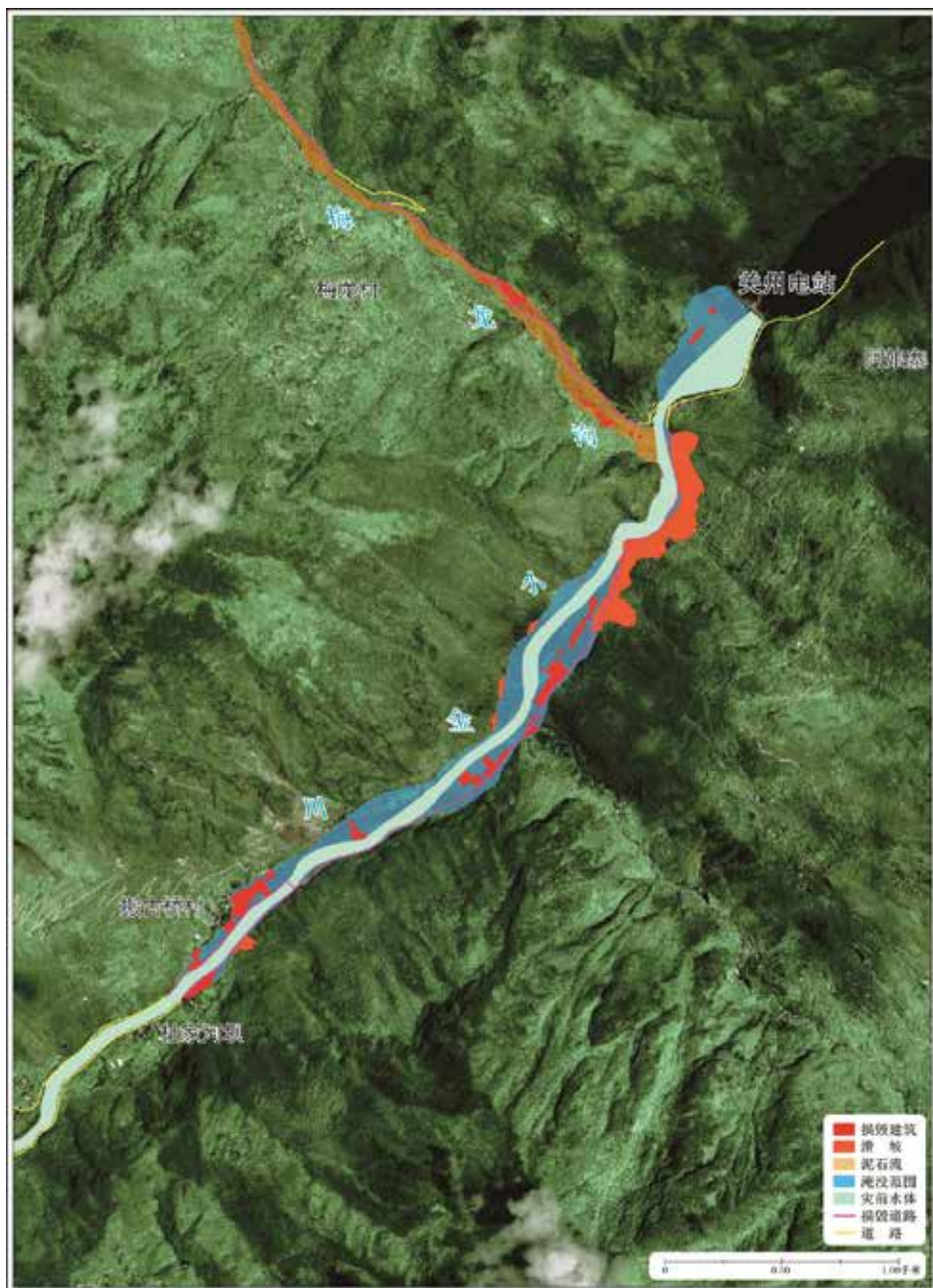
地质灾害通常指由于地质作用造成人民生命财产损失的危害。常见的地质灾害主要有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等。地质灾害遥感调查主要是利用遥感卫星数据，结合其他非遥感资料，以人机交互目视解译为主，计算机图像处理为辅，经综合分析形成地质灾害的分布、规模、形态特征及孕育背景，评价其可能的影响区域及对象，为灾后救援和救助等提供技术支持。

2020 年 6 月 17 日，利用高分二号遥感影像对四川省甘孜州丹巴县发生的山洪泥石流灾害开展了应急遥感监测。山洪泥石流灾情监测与评估结果显

示：6月16日至17日的强降雨过程导致丹巴县半扇门镇梅龙沟发生泥石流，小金川河左岸受到冲出梅龙沟口洪水的巨大冲击，引发烂水湾阿娘寨村山体大范围塌方、滑坡，进而在杜家河坝河道较窄处堆积形成堰塞坝，并导致堰塞坝上游水位迅速升高，形成堰塞湖。此次山洪泥石流灾害造成小金川河堰塞湖长4.2千米，堰塞湖面积64.2公顷，淹没小金川河两岸约38.4公顷土地，淹没建筑物占地面积约7万平方米，阻断道路约6.5千米，给当地人民的的生活和经济造成严重损失。（图2-5）



图 2-4 西昌市森林火灾后 2020 年 4 月 1 日北京一号遥感影像
（引自《中国可持续发展遥感监测报告 2021》）



（3）暴雨洪涝监测

洪涝灾害一般包括洪水灾害和雨涝灾害两类。洪灾具有范围广、突发性强和损失大的特点，应急管理部发布的 2022 年上半年全国自然灾害情况显示：我国华南、江南等地极端强降雨过程频发，洪涝和地质灾害偏重。上半年，全国共出现 18 次区域性暴雨过程，全国共有 21 个省（区、市）426 条河流发生超警以上洪水。上半年洪涝灾害造成 2046 万人次受灾，因灾死亡、失踪 39 人，倒塌房屋 1.6 万间，直接经济损失 628 亿元。

气象卫星可以从多角度监测暴雨，其中云导风、多层中尺度动力、热力场反演、云分类、云内相态分布以及降水参数和下垫面特征的反演全方位展示了云团的发展特性，这些产品实现了利用卫星遥感反演出从大尺度到云尺度多空间尺度的监测目标。目前有的产品质量已达到在中尺度暴雨监测中应用的水平。

2022 年 6 月，江西省乐平市由于受大到暴雨和强降雨影响，洪水迅速上涨，续湖圩堤、西湖圩堤等多处发生漫顶和决堤，导致 12 万余名群众受灾，受灾面积达 70 平方千米。乐平市接渡镇、金鹅山乡、鸬鹚乡、文山乡等地存在大片新增洪涝区域，灾情较为严重的鸬鹚乡、文山乡新增大量淹没区，淹没区主要为农田，部分村庄受灾。利用高分三号卫星影像可及时有效解译出受灾地区洪涝灾情情况，包括暴雨前后过水区的变化、面积及受灾区的位置，为后续实施抗险救灾提供有力的空间数据和信息支持。（图 2-6）

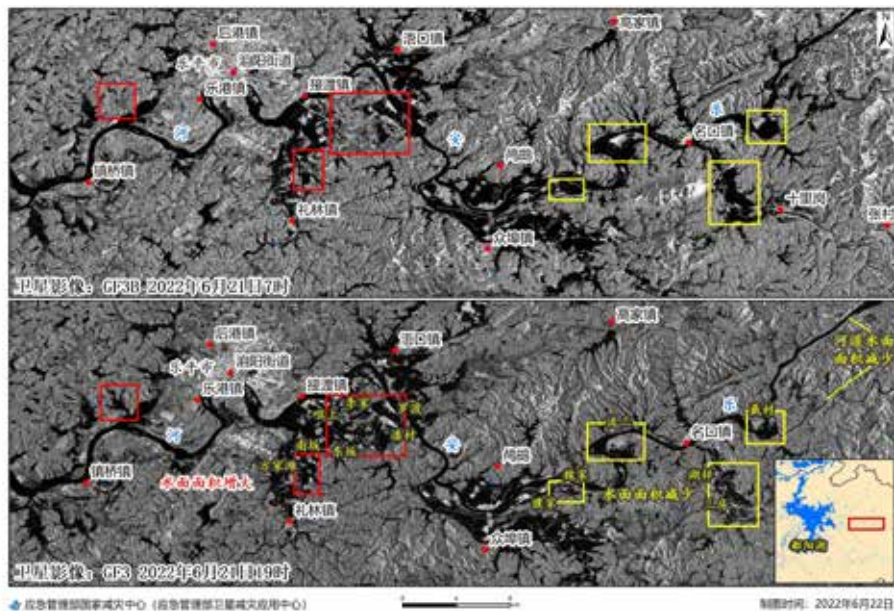


图 2-6 江西景德镇乐平市乐安河局地洪涝灾害遥感监测图
(<http://www.ndrcc.org.cn/hlzhjc/26569.jhtml>)

(4) 台风路径监测

中国是受台风影响最严重的国家之一。台风具有很强的破坏力，特别是风力达到 12 级 (或以上) 的台风，由于其强度大，影响时间长，伴随其登陆而来的狂风暴雨和风暴潮等往往会造成农作物大面积受灾、财损人亡等危害，深入内陆的台风还常引发洪水和泥石流等次生灾害，是众所周知的严重灾害性天气。

根据相关报道，2022年11号台风“轩岚诺”于8月28日在西北太平洋洋面上生成，8月30日升级成2022年首个超强台风。为什么“轩岚诺”能成为2022年首个超强台风？为何会再次增强？

据专家解释主要是由于4个方面的原因：与季节有关，秋台风相对来说更容易出现强台风；与海温密切相关，“轩岚诺”活动的海域，海温为30~32℃，比常年同期偏高；高层出流条件好，高层环流与北侧的高空急流接近以后，向外辐散增强，就如同烧火一般，热气越高，火着得更旺；随着

大陆高压减弱，风切变指数也变小，为台风增强再加“一把火”。

利用海洋一号 C/D 卫星海洋水色水温扫描仪（COCTS）红外云图可以有效监测“轩岚诺”台风云系分布、台风中心或台风眼及变化过程。根据监测结果可知，8月30日上午可看到明显的台风眼，中心无云区域扩大，台风眼直径达26千米，从8月31日01:10至9月1日10:45台风移动了810千米，从8月30日10:10至9月1日13:20台风移动了1252千米。

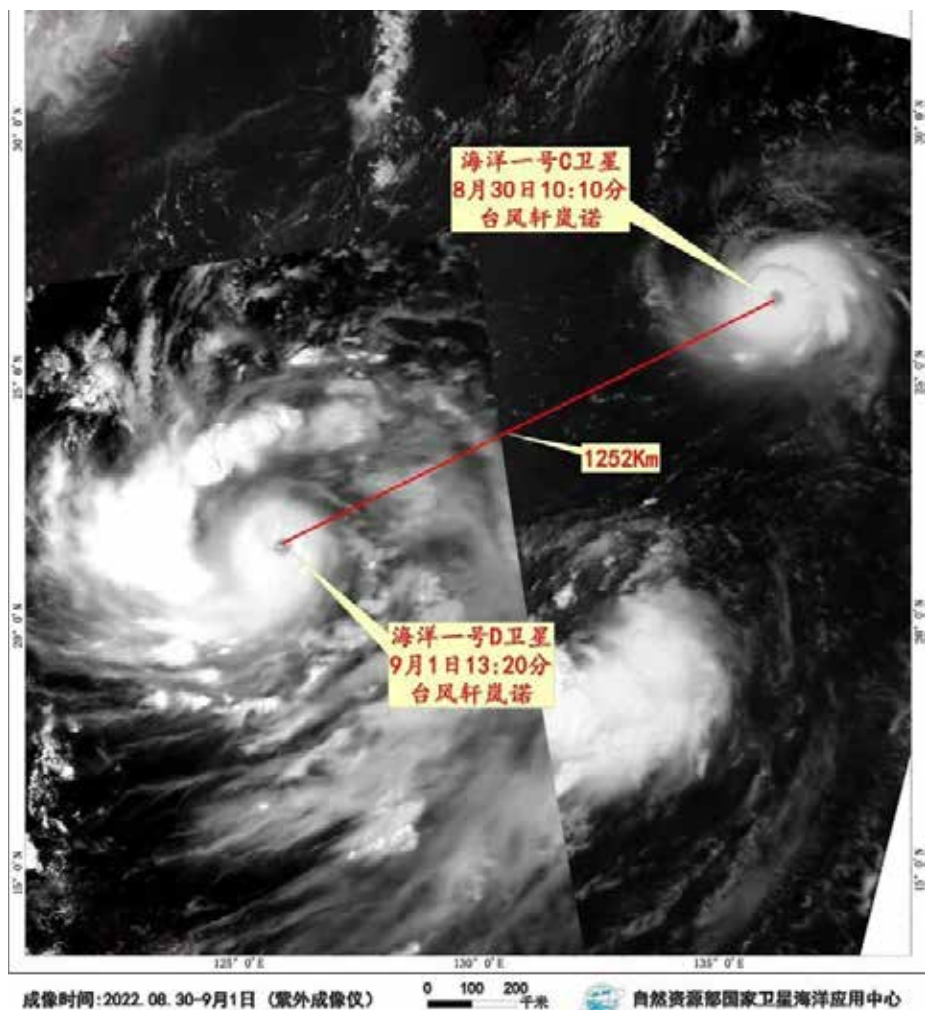


图 2-7 台风“轩岚诺”遥感监测（更多资料可关注海洋卫星微信公众号获得）

由于受台风“轩岚诺”外围云系影响，9月3日我国浙江东北部、上海西南部等多地出现大暴雨，福建东部沿海、浙江东部沿海和台湾岛沿海等出现6~8级阵风、局地9~10级。预计，“轩岚诺”将以每小时15~20千米的速度向北偏西方向移动，强度将逐渐加强，最大强度可达超强台风级（16级，52~55米/秒），并逐渐向浙江东北部近海靠近。

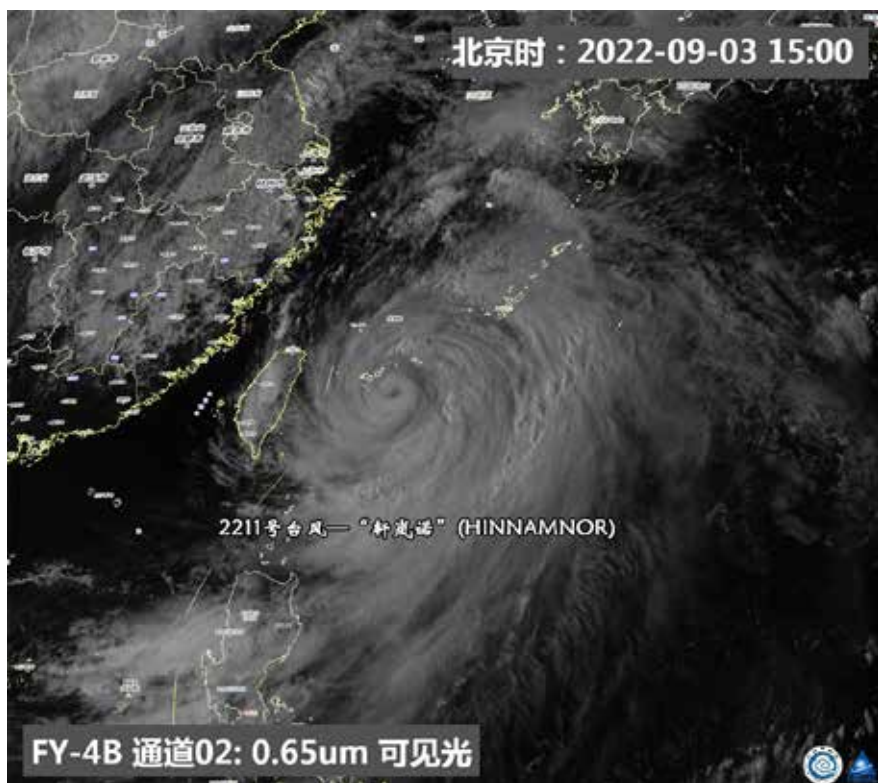


图 2-8 FY-4B 静止气象卫星可见光云图（2022 年 9 月 3 日 15:00）
（http://www.cma.gov.cn/ztbd/2022zt/2022tf/20220902/2018070910/202209/t20220903_5070400.html）

（四）跨越时空，考古和文物鉴定修复大显身手

遥感考古于 20 世纪初起源于欧洲，欧美多国已普遍运用遥感技术从事考古调查与研究。遥感考古工作主要利用遥感图像获取和解译的原理，在结

合考古成果、历史知识和文献资料的基础上进行。遥感考古有一套较为完备的技术方法，来庖丁解牛式地还原不同时代墓葬的建筑风格，使学者获得宝贵的一手考古资料。例如，利用航天遥感技术，2018年4月在丝绸之路西端突尼斯发现10处古罗马时期考古遗存，这是中国科学家首次在境外发现考古遗址。

另外，遥感技术在文物修复和文物鉴别上也有独特优势。在古画修复中，利用高光谱遥感技术的一双“慧眼”，通过数据处理分析，可以确切地知道当初绘画的这些矿物原料的种类，甚至可以通过这些数据知道其产地，这就为修复选用绘画颜料提供了依据。例如，科研人员对《崇庆皇太后八旬万寿图》的研究中，选取崇庆皇太后、乾隆帝与东西间的妃嫔的头冠为研究目标，从目视识别角度分析，头冠主要呈现黑色、棕色，部分为金饰。根据经验分析，棕色颜料包含赭石颜料，但是并不确定，为了确定棕色颜料成分，将棕色颜料的光谱曲线与故宫标准颜料光谱库进行比对分析，证明了棕色颜料中包含赭石成分。

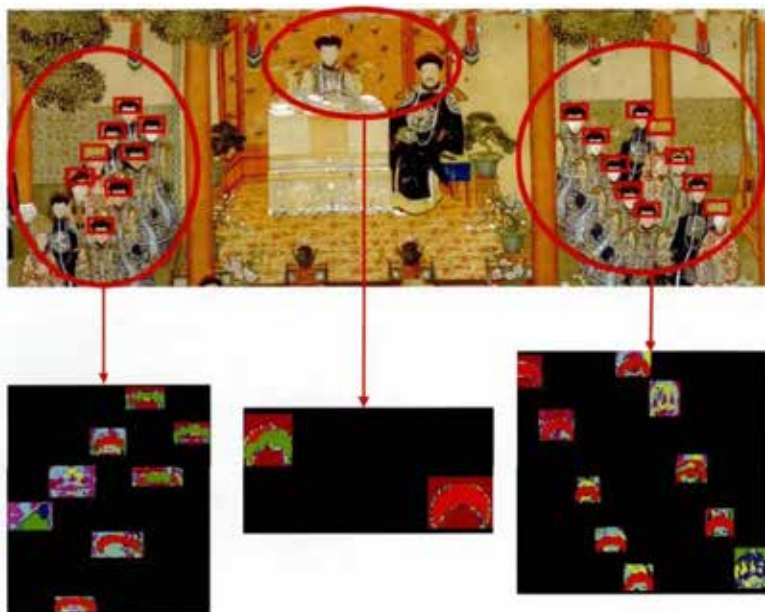


图 2-9 遥感技术用于颜料信息提取

（五）军事情报收集和冲突形势动态应用

高分辨率商业遥感卫星在现代军事战争中已有广泛应用，可以在冲突爆发前后提供大量高清卫星数据，已逐渐成为战时新闻的重要来源。1986年，利用法国地球观测卫星的热红外影像监测了切尔诺贝利核反应堆爆炸事故相关情况；2015年，利用美国国防气象卫星夜间灯光数据研究分析了自2011年叙利亚爆发战乱后人民流离失所和经济衰退的变化；2016年，以高空间分辨率遥感影像为证据报道了东南亚渔业普遍存在滥用奴工的现象。

鉴于卫星数据在军事应用中的大范围侦察、长期重复监测和实时监测等优势，以及近年来商业遥感卫星空间分辨率等性能的不断提升，世界各国情报界开始逐渐广泛地利用商业遥感卫星数据进行战斗冲突实时监测、情报收集和战场情况动态分析，并且对其依赖日益加深。美国 Maxar 公司拥有全球领先的商业遥感卫星，涵盖了全色、多光谱、近红外等多个波段，空间分辨率可达 0.3 米，可实现全球覆盖监测，据估计该公司占全球遥感卫星市场份额的一半。在 2021 年俄乌冲突中，Maxar 公司公开的高分辨率卫星影像为各界分析本次冲突事件的双方军事动态、战场形势分析等提供了重要数据支持，并被各国媒体广泛引用。通过分析遥感卫星数据可以清晰看到冲突发生前俄军集结动向、攻击机、战斗机、直升机、战地医院、陆军车辆和防空部队等装备和军事部署情况等。

（六）多源遥感卫星数据助力新时代新闻传播

遥感新闻传播学是利用遥感器开展新闻传播活动的学问，是遥感应用学与新闻传播学的交叉学科。主要是利用遥感的角度、观点、方法和技术开展新闻传播活动，主要研究内容包括面向新闻传播的遥感信息获取、处理、传播与效果等多个部分；是研究遥感影像及其增值产品作为新闻媒介的呈现形态与生产流程的科学，是包括遥感影像获取、遥感影像精确处理、影像理解

与信息提取、遥感新闻叙事、遥感新闻可视化、遥感镜头语言等问题的一门多学科交叉的科学与技术。

遥感新闻传播学以新闻传播学和遥感科学与技术为基础，同时与文学、艺术学、心理学、计算机科学、社会学、经济学、地学等学科密切相关，具有较强的综合性和实践性。

2019年，综合利用高景一号、高分一号等卫星数据的高空间分辨率的优势，实时获取了中华人民共和国成立70周年国庆阅兵现场的盛况，形成便于快速分发传播的遥感新闻报道，充分展现了遥感新闻的及时性、有效性、传播快等优势 and 特点。2020年2至3月，通过地面温度反演、植被含水量、夜光、北斗定位、船舶定位系统等多种数据的分析与可视化，新华社卫星新闻实验室发布了“卫星发现一个信号”系列报道，及时反映了中国在疫情有效控制之后的复工复产情况，引发了全国各界高度关注，为政府部门的决策提供了重要参考。