

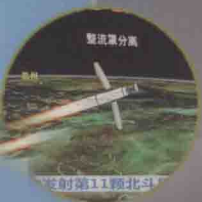
科学与未来  
丛书  
第2辑

# 遥远探测目标

yaoyuantancemubiao

翁祖平 郭之怀 赵俊环 编著

多视角审视地球  
非零距离探测目标  
重识自然的奥秘  
重拾科学的快乐



中国大百科全书出版社



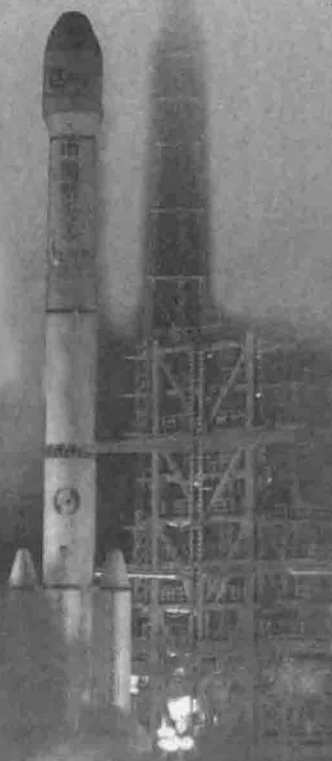
# 遥感探测目标



# 遥远探测目标

yaoyuantancemubiao

翁祖平 郭之怀 赵俊环 著



中国大百科全书出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

遥远探测目标 / 翁祖平, 郭之怀, 赵俊环著. —北京: 中国大百科全书出版社, 2012.3

(科学与未来. 第2辑)

ISBN 978-7-5000-8764-9

I. ①遥… II. ①翁… ②郭… ③赵… III. ①遥感技术—普及读物 IV. ①TP7-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第020858号

作 者: 翁祖平 郭之怀 赵俊环

责任编辑: 徐世新

出版发行: 中国大百科全书出版社

地 址: 北京阜成门北大街17号 邮编: 100037

网 址: <http://www.ecph.com.cn> Tel: 010-88390718

图文制作: 北京华艺创世印刷设计有限公司

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

印 张: 10

字 数: 75千字

开 本: 720 × 1020 1/16

版 次: 2012年5月第1版

印 次: 2012年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5000-8764-9

定 价: 29.80元

## 前言

为了贯彻《全民科学素质行动计划纲要》的精神，提高全民科学素质，我们撰写了《遥远探测目标》这本科普读物，其主要读者对象是社会公众、青年教师和中学生等。

《遥远探测目标》全书共分七部分，主要内容是介绍在地面、空中和太空领域探测地球。本书是《科学与未来》系列丛书之一。本书也是多年在中学开办选修课和在大、中、小学进行科普讲座的总结。

本书在编写过程中，得到了徐世新、沈乃澍、原永民、郭红锋、王莹、刘晓礼、高佳、李喻龙、郑伟、刘敏、刘继桥、李树建、崔旭明等专家的关心与指导，在此深表谢意。书中有关图片由国家天文台、国家卫星气象中心、北京天文馆、中科院遥感应用研究所、北京科源大地遥感中心、北京天力发科贸有限责任公司、北京则泰盛业科技发展有限公司、苏一光测绘仪器有限公司、北京拓普康商贸有限公司、徕卡测量系统（北京）有限公司等单位提供，再次向各单位致谢！

全书第一、二、三、七部分由翁祖平负责编写；第四、五部分由郭之怀负责编写；第六部分由翁祖平、赵俊环合作编写。

由于我们水平有限，编写时间仓促，不妥之处敬请广大读者批评指正。

# 目录

## 1 / 探测目标是人类生存和发展的需要



- 1 / 一、为了人类生存和发展
- 3 / 二、探测目标的形式
- 4 / 三、遥远探测目标的来历
- 6 / 四、被动与主动式探测目标
- 7 / 五、遥感、遥测与遥控
- 8 / 六、传感器与传感物质
- 10 / 七、遥感应用概况

## 12 / 从空中探测地球——航空遥感



- 12 / 一、探测飞机
- 15 / 二、怎样进行探测
- 20 / 三、探测地球的应用
- 33 / 四、空中摄影像片展示

## 34 / 拍摄目标的三维影像——立体视觉应用



- 34 / 一、两只眼睛的立体视觉
- 38 / 二、怎样拍摄三维影像
- 40 / 三、怎样观察三维影像
- 44 / 四、利用光学仪器在三维影像上绘地图
- 46 / 五、利用电子仪器在三维影像上绘地图
- 48 / 六、电子地图

## 51 / 从太空探测地球——航天遥感

- 51 / 一、时代天骄——遥感技术



- 59 / 二、遥感数据采集系统
- 69 / 三、遥感卫星的测控与数据的传输
- 71 / 四、遥感数据的接收与预处理
- 73 / 五、图像数据处理
- 76 / 六、遥感影像判读
- 77 / 七、遥感应用

## 85 / 星空侦探——航空航天侦察



- 85 / 一、本领高强的航空航天侦察
- 88 / 二、现代战争中的天眼神星
- 96 / 三、航空航天侦察的典型战例
- 103 / 四、小型侦察卫星和无人侦察飞机引领时代新潮流

## 107 / 遥测距离——激光的应用



- 107 / 一、什么是激光
- 111 / 二、激光测距的仪器
- 117 / 三、激光测距仪的工作原理
- 119 / 四、激光遥测距离的应用

## 127 / 给目标导航与定位——GPS应用



- 127 / 一、卫星定位迅猛发展的新时代
- 129 / 二、全球定位系统GPS星座
- 133 / 三、卫星定位系统的伙伴
- 136 / 四、怎样进行导航与定位
- 142 / 五、GPS系统的应用



# 探测目标是人类生存和发展的需要



兔子觅食

## 一、为了人类生存和发展

地球拥有150万种动物，不论哪种动物，它们都是以动物植物或微生物为食物，维持其种群生存和发展的。老虎、狮子为了捕获食物，必须首先用它的眼睛四处探寻食物目标；鲸、海豚、海豹、海狮等哺乳动物会用它们的超声波探测器官在海水中探寻食物目标或障碍目标；响尾蛇夜间为了觅食，会用它们身上特有的热红外线探测器官去探寻老鼠、兔子等目标的红外线辐射；警犬会用它们灵敏的嗅觉去探寻罪犯踪迹或毒品。

人类与其他动物相比，有发达的头脑与丰富的想象力。在六七千年前的新石器时代，人类开始发展原始农业、畜牧业，并以打猎、捕鱼、采集为辅，逐步建立了人类独立的生活圈。人类在可持续发展的理念指导下，不断研究探测目标的技术工具。中国东汉张衡于公元132年发明了世界上最早探测地震方位的



地动仪（复制品）

仪器——候风地动仪；唐代张遂与梁令瓚合作创制了黄道游仪，用于测定恒星位置和子午线的长度；北宋时期，制造了可辨别方向的罗盘针，用于航海导航。1609年，意大利科学家伽利略发明了望远镜，为拓展人类眼睛视野奠定了基础，利用望远镜可观察到更远、更清楚的目标。如今，望远镜非常先进，如地面的射电望远镜和太空中的哈

勃望远镜。1839年，法国画家达盖尔发明了摄影术，为人类探测目标时获得的影像信息记录留存创造了有效手段。如今，摄影术已广泛应用在探测目标的各个领域。

人类很长时间都在地面上进行探测目标的活动，视界范围不够宽广，总想提高探测目标的高度。1858年，法国摄影师纳达利用系留气球挂上照像机，升空200米后拍摄地形目标，开创了空中摄影的新纪元。1904年，在中国东北发生的日俄战争期间，俄军用气球挂上照像机，拍摄日方军事目标。第一、二次世界大战期间，侦察飞机搭载照像机拍摄敌方军事目标已得到广泛应用。1925～1930年，苏联与中国均开始应用飞机搭载照像机拍摄地面目标（航拍），为林业、水文调查和地形测绘服务，这种探测方法当时称为航空摄影测量（简称航测），20世纪80年代它被纳入航空遥感范畴。

至今,航测仍在城建、铁道与公路勘察、地形测绘、水利与矿业勘测、林业与地质调查和考古等方面广泛应用。

人类总是不满足于现状,总想飞得比飞机更高,从太空探测地球表面目标。1957年10月4日,苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星“斯普特尼克”一号。1960年4月1日,美国发射了世界上第一颗实验气象卫星“泰罗斯”一号,准确地探测了大气的运动规律。卫星的出现,使从空中探测地球目标的高度由几百米或几千米提升到几百千米甚至几万千米,从大气层提升到远离地球的外层空间——太空。卫星作为太空载体已发展到多种用途,如用于通信的通信卫星,用于监测海洋环境的海洋卫星,用于探测地面影像和资源的遥感卫星,用于地面、空中目标导航与定位的导航卫星,用于探测气象运动规律的气象卫星,用于探测太空环境的科学卫星,用于监视军事活动的预警卫星和侦察卫星等。



世界上第一颗人造地球卫星

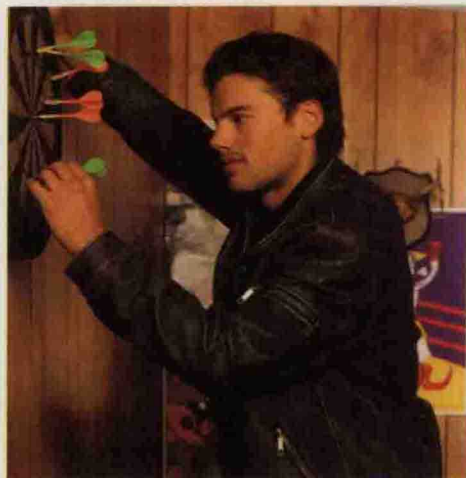
中国为了发展航天事业,1970年4月24日,中国向太空发射了第一颗卫星“东方红”一号。1988年9月7日,中国发射了第一颗太阳同步轨道试验气象卫星“风云”一号。1999年10月14日,中国又发射了第一颗“资源”一号卫星,探测地球资源。

## 二、探测目标的形式

探测目标的形式有三种。

第一种,直接接触的形式。比如,为了了解飞镖玩具,人除了用眼睛观察其外形外,还用手来直接触摸它,这种探测目标的形式就是直接接触的形式。因为触摸距离为零,又称零距离探测目标。又如,小孩为了品尝巧克力的滋味,必须用舌头去舔它,这也是直接接触形式探测目标。

第二种,利用生物器官非零距离探测形式。比如,人用眼睛观察风



直接接触

景，用鼻子闻花香，用耳朵听声音，以及用警犬破案等。又如，海洋里的海豚远距离用超声波探测食物或障碍，鸟类利用眼睛里的磁感细胞能感知地球磁场，从而能在远距离迁徙飞行时不迷失方向。

第三种，利用仪器非零距离探测形式。有人问，在寒冷的冬天，电力维修工人用绝缘棒触动野外供电电器上的冰块属于什么形式？这

是属于利用仪器非零距离探测形式，因为人体相对于冰块距离不为零，而是利用了媒介物（绝缘棒）接触冰块。人们利用飞机和卫星搭载仪器设备，在空中和太空遥远探测地面目标存在状况，这种活动称遥感。遥感含有遥远感知的意思。

### 三、遥远探测目标的来历

有眼睛的动物诞生后，就有了动物遥远探测目标的活动，如人用眼睛观察天象，鹰在空中巡视地面目标，海豚用超声波探测几千米外的目标，蝙蝠在夜间用超声波探测昆虫食物，蜻蜓用一对复眼像雷达一样定方向、测距离，追捕蚊子等。生物学家把这种用生物器官进行遥远探测目标存在的状态称为生物遥感。



蝙蝠、蜻蜓遥远探测目标

中国很久以前就有利用仪器进行遥远探测目标的活动，如公元132年，东汉张衡发明测定地震方位的“候风地动仪”。公元138年“候风地动仪”测量出了陇西大地震。战国时代创制了磁石指南的“司南”仪器，北宋发明了“指南针”用于军事作战和航海导航。

1960年4月1日，美国发射了世界上第一颗实验气象卫星，监测全球天气变化。1962年，在美国召开会议讨论该气象卫星搭载侧视雷达和红外线扫描仪获得云图的应用问题，并定名此会议为“环境遥感”会议，“遥感”名词从此诞生，英文名词为Remote Sensing，缩写为RS。从此，其他卫星在太空的活动都纳入遥感范畴。由于遥感是遥远探测目标的活动，于是又将遥感概念推广到地面和航空领域里的遥远探测目标活动中，由此产生了地面遥感和航空遥感的概念。卫星在太空中进行遥感，就产生了太空遥感（或称航天遥感）的概念。

遥感无论在地面、空中或太空领域里进行，按其专业应用可分为气象遥感、地质遥感、海洋遥感、铁路遥感、水利遥感、环境遥感、林业遥感等种类。

如按遥感利用的媒介质可划分为可见光遥感、红外线遥感、微波遥感、多光谱遥感等种类。

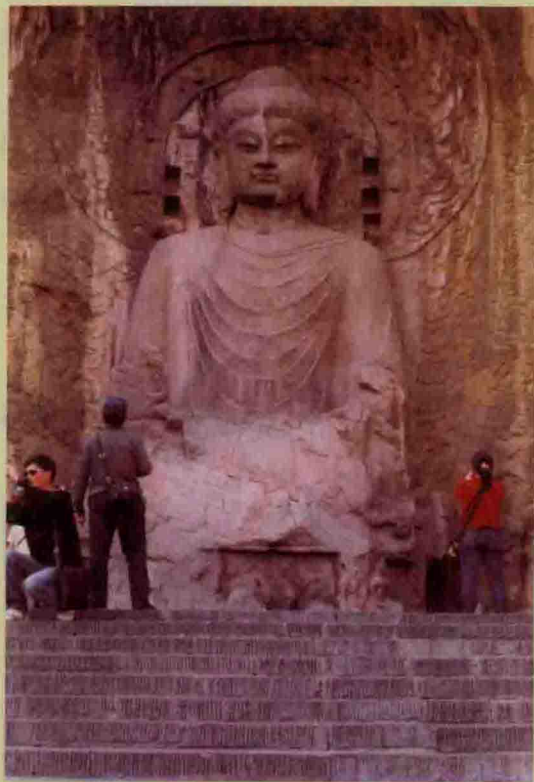
在遥感过程中，航空与航天高度有区别，一般认为航空高度在30千米以内，航天高度在100千米以上。



中国气象遥感（风云二号气象卫星）

## 四、被动与主动式探测目标

在人们利用仪器探测目标时，仪器要接收由被探目标反射的可见光（如阳光或灯光）或由目标发射的不可见光（如红外线、X射线等）带来的目标存在状态的信息，这种工作方式称为被动式探测目标。如我们用照像机拍摄目标的影



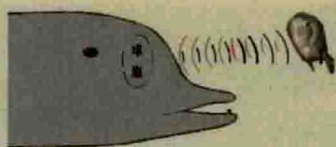
给洛阳龙门石佛拍照

像，就属于被动式探测目标。

老鼠、兔子都是热血动物，它们与人类一样，身体不断地向外界发射红外线。夜间响尾蛇能用红外线探测器官以千分之一的灵敏度遥感探知老鼠、兔子散发出来的红外线，从而确定老鼠、兔子的存在，以便捕获它们。鸟类的眼睛有着灵敏的磁感细胞，借此感知地球磁场存在状况，从而正确寻出迁徙的方向。海中凶残的鲨鱼能在几千米外用嗅觉探寻动物血腥气味的存在，以便前去捕获，这些生物遥感的工作方式属于被动式探测目标。

若利用仪器探测目标时，仪器首先向目标发射激光（红外线），然后仪器立即接收由目标返回的带着目标存在信息的反射光，这种工作方式称主动式探测目标。如“嫦娥”一号卫星搭载的激光测高计（仪）测量卫星至月面高度，就属于主动式探测目标。海洋中的海豚与陆地上的蝙蝠都能利用返回超声波去探索食物和障碍状况。海豚是通过头上“脂球”向外界发射超声波，超声波遇到目标立即返回海豚耳朵，它的大脑从而感知目标存在的大小与形状。蝙蝠是

从嘴向外发射超声波探测目标，然后由耳朵接收由目标反射回来的超声波，大脑从而感知食物或障碍的状态。这些生物遥感活动的工作方式也属于主动式探测目标。



海豚发射超声波寻食

## 五、遥感、遥测与遥控

遥远探测目标存在状态就是遥感，遥感所获得的结果有两类：一类是图像结果，另一类是非图像结果。获得图像结果的遥感称图像遥感（通常简称遥感），获得非图像结果的遥感称非图像遥感（又称遥测）。不论图像遥感或非图像遥感都可以采用被动式或主动式工作方式。如卫星搭载照像机对地面拍照，获得地面目标影像，这是图像遥感，工作方式是被动式探测目标。如果航天飞机搭载雷达拍摄地面影像，雷达仪器要先向地面发射微波，然后再接收地面返回的微波构像，这也属于图像遥感，但工作方式是主动式探测目标。2010年1月海地发生地震，建筑物损失惨重，英国科学家应用遥感卫星拍摄的海地地震前后地面影像对比，可估算出地面建筑物损失量，该资料随即提供给海地当局救灾机构使用。

遥感与遥测的区别是获得的结果不同，前者是获得图像结果，后者是获得非图像结果。在探测目标过程中，无论遥感与遥测，被探测目标都未改变存在状态。这是遥感与遥测的共同之处。

图像遥感、遥测与遥控都属于非零距离探测目标的活动，因而它们的名词首字都是“遥”。遥控的结果与图像遥感、遥测都不同，遥控的结果是被探测目标存在状态发生变化，且只能采用半主动式工作方式。如遥控汽车行进时，遥控器（仪器）首先向遥控汽车（目标）发射超短波（无线电波），但遥控器不接收遥控汽车返回的超短波，这就属于半主动式工作方式。卫星发射上天，海洋上的测控船要遥控卫星改变姿态，要遥测跟踪卫星运动轨迹。下面归纳了图像遥感、遥测、遥控特征比较（见表1—1）：



遥测地物点坐标

表1-1 遥感、遥测、遥控特征（比较）

|      | 项目  | 图像遥感 | 遥测 | 遥控   |
|------|-----|------|----|------|
| 工作方式 | 主动式 | ✓    | ✓  | 半主动式 |
|      | 被动式 | ✓    | —  | —    |
| 遥感结果 | 图像  | ✓    | —  | —    |
|      | 非图像 | —    | ✓  | —    |
| 目标状态 | 不变  | ✓    | ✓  | —    |
|      | 改变  | —    | —  | ✓    |

注：“✓”符号表示完全适应的项目，“—”符号表示不适应的项目，半主动式是仪器只向目标发射传感物质，而不接收返回传感物质。

## 六、传感器与传感物质

传感器是遥感过程中应用的仪器设备，如照像机、激光测高计、红外扫描仪、雷达、射电望远镜等。传感物质是传递目标存在状态信息给传感器的物质，或是传感器单向传递给目标的控制信息物质（遥控用物质），如可见光、红外线、X射线、 $\gamma$ 射线、微波、激光、无线电波、声波、地震波等。

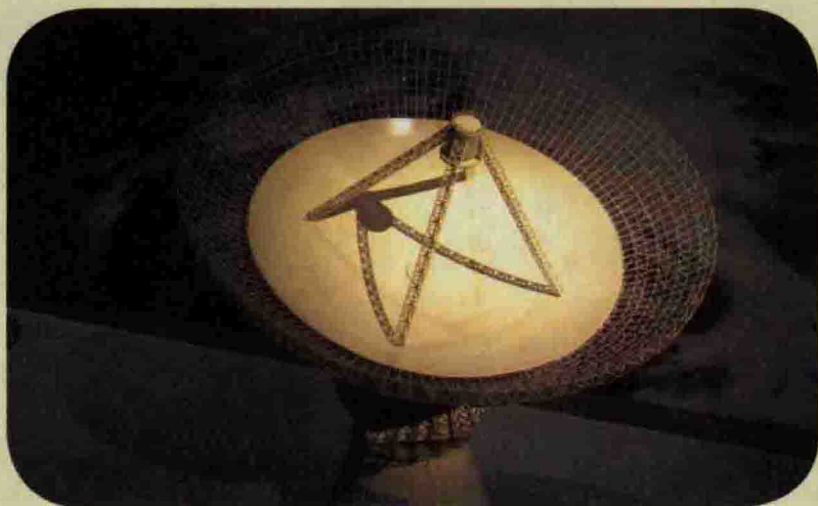
注：X射线波长（0.01~1纳米）， $\gamma$ 射线波长（小于0.01纳米），微波波长（0.1毫米~1米）。

部分传感器、传感物质归纳如表（1—2）：

表1-2 遥感应用的部分传感器与传感物质

| 序号 | 传感器名称   | 遥感结果 | 利用的传感物质 | 工作方式 |
|----|---------|------|---------|------|
| 1  | 照像机     | 图像   | 可见光/红外线 | 被动式  |
| 2  | 干涉成像光谱仪 | 图像   | 可见光/红外线 | 被动式  |
| 3  | 红式外扫描仪  | 图像   | 红外线     | 被动式  |

|    |                |     |             |     |
|----|----------------|-----|-------------|-----|
| 4  | 多光谱扫描仪         | 图像  | 可见光/红外线     | 被动式 |
| 5  | 电视摄像机          | 图像  | 可见光         | 被动式 |
| 6  | 射电望远镜          | 图像  | 无线电波（米波）    | 被动式 |
| 7  | 微波辐射计          | 非图像 | 微波          | 被动式 |
| 8  | GPS导航定位仪       | 非图像 | 微波          | 被动式 |
| 9  | X射线能谱仪         | 非图像 | X射线         | 被动式 |
| 10 | $\gamma$ 射线能谱仪 | 非图像 | $\gamma$ 射线 | 被动式 |
| 11 | 激光雷达           | 非图像 | 激光          | 主动式 |
| 12 | 微波雷达           | 非图像 | 微波          | 主动式 |
| 13 | 激光测距仪          | 非图像 | 激光          | 主动式 |
| 14 | 激光测高计          | 非图像 | 激光          | 主动式 |
| 15 | 微波散射计          | 非图像 | 微波          | 主动式 |
| 16 | 声雷达            | 非图像 | 声波          | 主动式 |
| 17 | 地震仪            | 非图像 | 地震波         | 被动式 |



射电望远镜

传感器放在地面上进行遥感称地面遥感，如地面军用防空雷达侦察敌机。传感器搭载飞机对地面进行遥感称航空遥感，如航空飞机搭载激光测高计（仪）探测飞行高度。传感器搭载航天卫星对地面进行遥感称航天遥感，如多光谱辐射扫描仪搭载气象卫星探测云图和水汽分布图。

## 七、遥感应用概况

遥感——遥远探测目标的存在状态，它在20世纪第二次世界大战后发展迅速，广泛应用于国民经济各个领域。遥感图像结果和非图像结果随时出现在我们身边，如目前出现的GPS导航、定位手机应用，通信卫星转播电视节目、通信，老年人外出GPS急救报警系统，每晚电视节目中的天气预报中演示的云图，航拍（航空摄影）地面影像图，卫拍（卫星摄影）地面影像图等。



中国苏一光OTS型全站仪(见115页)



射电望远镜探测星辰  
(本图由中国国家天文台提供)