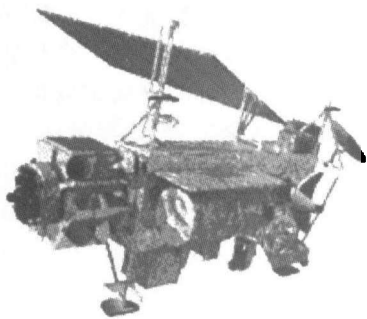


空间技术监测 自然环境和灾害



◆赵丰 周永宏

随着人类进入 21 世纪,对于地球科学的研究也提出了新的要求,美国航天局(NASA)开始规划新世纪的地球科学研究工作,同时在已有工作上取得了一些新的进展和新的成果。具体来说,NASA 的研究工作可以主要分为两方面,第一方面,从地球或地球近地轨道卫星往外做观测,这属于天文学的范畴;第二方面,从外太空或近地轨道往内做观测,这就属于地球科学的范畴。由于地球是一个非常复杂的系统,时时刻刻有各种各样的自然现象在发生和变化,所以需要采用多种技术对地球进行观测研究,并着重于用空间技术监测自然环境和灾害。

NASA 卫星研究计划

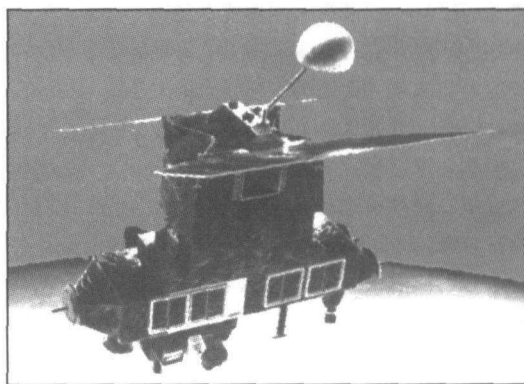
NASA 成立于 1958 年,从 1960 年代起开始从事地球科学的研究,并实施了一系列有代表性的大计划。如 1960 年代,NASA 发射了 Tiros 卫星,进行气象学方面的研究工作,并定时对外发布全球的气象云图。1970 年代,发射了 Landsat 地球资源卫星,它对全世界土地资源的合理利用作出了很大的贡献。1980 年代,发射了探测地球热辐射的卫星,用来测量地球表面温度随时间变化的情况。1990 年代,NASA 实施了高层大气科研卫星的计划,即专门测量大气高层臭氧层的变化情形。该卫星第一次发现,在南极上空每年 10 月份臭氧层开始变得稀薄,并形成臭氧层空洞。由于臭氧层保护人们免受太阳有害紫外线的照射,若臭氧层部分消失,会对人类的生态环境构成严峻的危机。至于臭氧层空洞的形成,到底是人为污染造成的还是自然现象,目前

还没有定论,但有一点可以肯定,即使它是自然现象,人为的污染加剧了臭氧层空洞的形成。

目前 NASA 的卫星研究计划有两个方向,一个是使用功能强大的大型卫星,NASA 在 1999 年发射了 Landsat7 土地资源卫星,接着将在 2001 年发射 Chem 卫星,用来做大气化学方面的研究。另一个是使用经济实用的小型卫星,NASA 提出了“更快、更好、更便宜”的口号。如 1999 年发射的 Quikscat 卫星和 2000 年底发射的 EOS-1、Srtm 卫星,以及 2001 年将发射的 Icesat 和 Jason-1 卫星。

空间技术监测自然环境和灾害

在进行地球科学研究的时候,必须注意研究的是地球的变化,而且主要是地球动力系统中非常规的异常变化,其中很多会带来一些灾难性的后果。对于自然环境和灾害的研究,通常来说,第一阶段是观察和监测。有了观察监测到的数据后才能进行分析,分析以后才能对地球增加了解,有了了解之后才能预报和预测,最后才能涉及到灾害的防治。在上述过程中,没有涉及到自然科学研究中的一个非常重要阶段,即实验阶段。因为研究地球科学的时候,无法把地球当作一个试



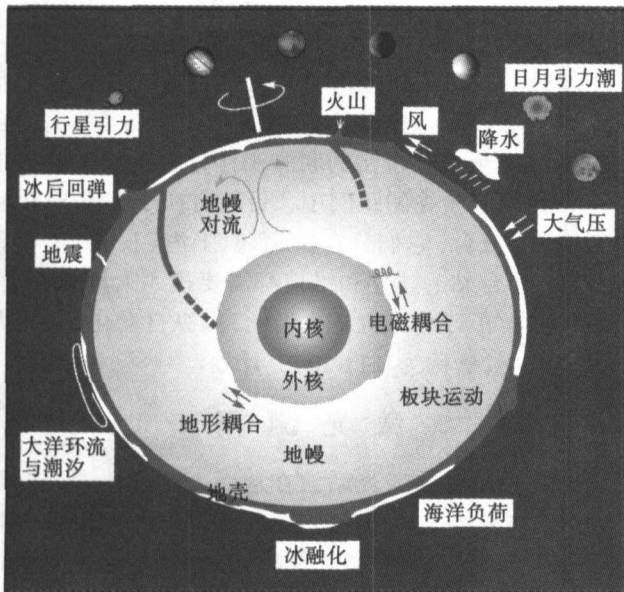
1980 年代美国发射的地球热辐射探测卫星

赵丰:博士,研究员,美国航天局高德飞行中心。

周永宏:博士,副研究员,中国科学院上海天文台,上海 200030。

Benjamin Fong Chao: Doctor, Professor, NASA Goddard Space Flight Center.

Zhou Yonghong: Doctor, Associate Professor, Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030.



复杂的地球动力学系统 由于时刻都有各种各样的自然现象在发生和变化,所以需要采用多种技术对地球进行观测研究,其中可利用空间技术来对全球的自然环境和灾害进行宏观的检测。

验品来进行实验,所以第一步的监测和观察就成为极为重要的一个过程,同时也是所有观测数据的来源。

从空间对地球进行的观测有两种方式。一种是被动式,一个浅显的例子就是天文望远镜,在这个工作过程中,观察者只需要接受物体发出的信号。另外一种则是主动式,它是由观察者主动地发出信号,然后接收被观察物体反射回来的信号,以此作为分析的数据。大家最熟悉的例子是雷达,它是在地面设置一个雷达站,用无线电波或微波来探测天上的飞行物。如果换用激光作为雷达波,就产生了一种比较新的技术,称为激光雷达。在海洋和大气观测中经常提到的探空,也是一种主动式的技术。下面主要介绍一些主动式的现代观测新技术。

综合孔径雷达

综合孔径雷达(SAR)就是通过机载或星载的方式,使用微波来探测地面上的地物、地形和地貌。如人们通过SAR技术探测到新西兰南岛的地形地貌、新疆古城和中国古长城的遗迹等。这些遗迹在地表面上一般不容易被看到,但是使用SAR,由于它的波长比较长,可以穿透地面,从而可以探测到地表下面的物体。因此这种空间观测新技术还有可能对自然考古学的研究作出一定的贡献。

如果进一步,将两个雷达放在空中对地面物体进

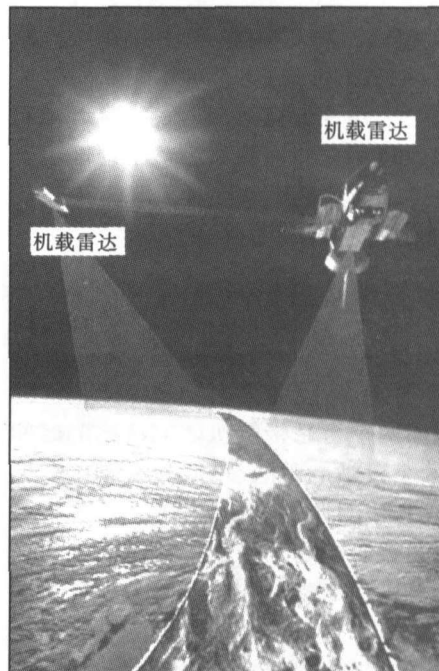
行立体摄像,就像人的两个眼睛看物体一样,会产生三维的感觉。通过立体测地雷达,可以在10天内将全球80%的地形地貌全部测量出来,这种工作具有一定的革命性,它是传统方法所无法比拟的。这套观测资料目前仍在处理过程中,初步结果表明,通过立体测地雷达可以清楚地拍摄到俄罗斯堪察加半岛和青藏高原的地形地貌。

利用雷达研究地形地貌只是静态观测,而实际上地球表面的形态是在不断变化的,并且变形的一个重要来源是板块运动。地球岩石圈是由若干个大的板块构成,板块和板块之间有着很缓慢的相对运动,绝大多数地质现象如地震、火山活动、地热,都发生于板块与板块磨擦的边缘,从板块构造的垂直剖面来看,地球内部的热对流推动着板块的移动。

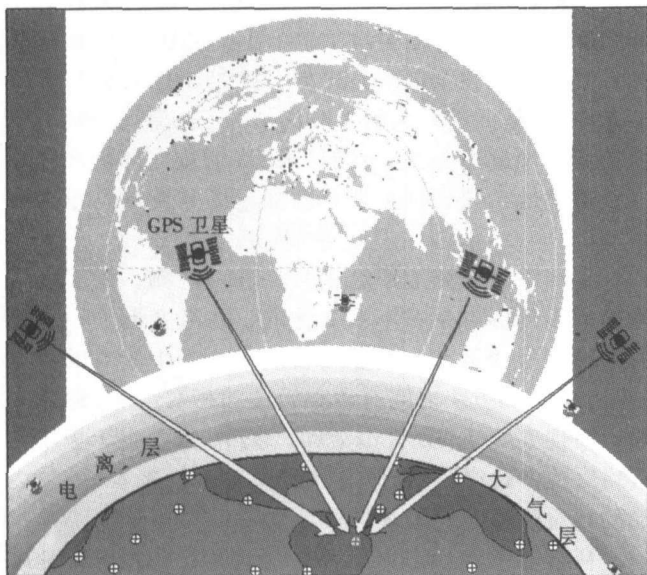
科学家采用SAR技术来测量地面的形变,即地形随时间的变化,如地震、火山活动、南极洲冰川漂移和人为抽取地下水引起的地面沉降等,其测量精度可达到厘米级。譬如说,把SAR在地震前后拍的图片进行比较,这种比较的技术称为干涉,从出现的干涉条纹,可以研究地震前后地面变形的情况。

全球定位系统

SAR技术主要是涉及面的测量,而在时间上是不连续的,往往要相隔几天,因此对于这几天期间所发生的中间过程并不清楚。现在有另外一种监测地形变的技术——全球定位系统(GPS),它着重于点的测量,且在时间上具有很好的连续性。GPS是利用空中6个轨



综合孔径雷达(SAR) SAR的工作原理是:雷达装在飞机和卫星上,以脉冲重复频率对地面目标发射线性调频信号,再对返回的波信号进行处理。经过距离和方位压缩后,SAR能得到地面目标的二维图像。由于SAR采用的波长比较长,可以穿透地面,所以可以探测到地表下面的物体。



全球定位系统 (GPS) GPS 系统由空间系统、地面控制系统和用户定位设备 3 大部分组成。目前空间系统由 24 颗工作卫星组成, 配置在 6 个 20 公里高度的圆形轨道上, 每个轨道上均匀分布 4 颗卫星。该配置可保证地球任何地点在同一时刻均能看到 4 颗卫星, 以满足全球连续实时精确导航定位。

道面内的 24 颗卫星, 对地面发射有代码的信号, 地面上利用接收机接收的信号定出自己的位置, 这在军事和商业上具有很多用途。

科学家成功地利用 GPS 来监测地形变。首先设定一个由两百多个 GPS 台站组成的全球台网, 即国际 GPS 服务网, 它可以将地球上的坐标系统定得很好, 从而可以进行精确的地球形变的测量。一个成功的例子, 是测量全球板块运动的速度。另外, 在区域性的范围内, 可以用 GPS 进行地震的监测。例如美国洛杉矶地震带的 GPS 测量, 在小小几百公里范围内密密麻麻地布满了几百台 GPS 接收机, 它们连续观测整个地区不同地点的位移, 从而可以清楚地了解该地震带地形变的情况, 这将有助于地震学家的地震预报工作。

甚长基线干涉和卫星激光测距

除了 GPS 外, 还有两种较现代的测量技术。一种是甚长基线干涉技术 (VLBI), 它是通过测定遥远的河外射电源的信号在地面两个台站接收机之间传播的时间差, 来确定地面上两个台站的距离 (基线), 其精确度很高, 并可以测到基线变化的情形。所以, VLBI 技术也可用来精确测量全球的板块运动。

另一种技术是卫星激光测距 (SLR), 其原理是, 让天上的卫星带有反射器, 通过从地面上的激光台站发射激光脉冲, 照射到卫星上后, 再由卫星把它反射回

来, 通过测出光行走的时间, 可以计算出卫星和台站之间的距离。

全球甚长基线干涉网中, 中国有两个, 一个是上海天文台的 25 米射电望远镜, 另一个设在乌鲁木齐, 它们都参加了全世界台网的联测工作, 并达到世界先进水平。在国际激光测距网中, 目前有四十多座 SLR 台站, 中国有五台, 它们分布在北京、上海、长春、昆明和武汉。SLR 台站的建立和维持都需要投入大量的资金, 现在 NASA 正计划将台站小型化, 操纵自动化, 从而大大减少开支, 这称为“SLR2000”计划。

激光测高

SLR 技术是将激光站放在地面上测量轨道上卫星的高度。如果将这过程反过来, 把激光站放在卫星上对地面或海面进行测量, 这就是激光测高。利用激光测高可以对地球进行大范围的测量, 并且可以达到厘米级精度。2001 年 NASA 将要发射 Icesat 卫星, 目的是利用激光测高技术来监测南极格陵兰岛冰层消长的情况。另外, NASA 还有计划利用激光测高来测量森林树顶的高度, 从而对全球森林情况作一个系统的调查。

激光测高仪在火星探测中获得巨大的成功。经过 2~3 年的观测, 已经将火星的外形测量得很好, 通过测量结果, 可以看出火星上的地势起伏, 甚至看到了很明显的火星南极的冰层, 该冰层是二氧化碳和水的混合物。火星的南、北半球很不一样, 南半球基本上是高原, 很古老, 布满陨石坑。北半球基本上比较平缓, 科学家猜测, 很久以前北半球可能是海洋。

除了火星探测外, NASA 还计划将激光测高仪应用到木星和木卫-2 的探测。木卫-2 环绕木星运动, 表面有大量破裂的冰。根据推算, 木星对木卫-2 潮汐磨擦产生的热, 足够熔化掉大部分的冰。木卫-2 要是冰的话, 只能在其表面, 但有的科学家也猜测, 木卫-2 内部可能有深达几百公里的水。若有水, 就有可能存在生命, 即使是非常原始低级的生命。NASA 计划利用卫星上的激光测高仪去探测木卫-2。

地球重力场和磁场的观测与研究

地球上不同地方的重力并不完全相同, 它们实际上存在一点点差异。NASA 收集了 40 年来卫星轨道定轨资料、海洋测高观测值以及各国的地面重力观测数据, 综合处理得到一个目前世界上最先进的地球重力场模型——“EGM96”模型。

NASA 将要实施一个新的重力测量计划——“GRACE”计划, 预计一年后发射卫星。它是用两颗卫星测量地球重力场, 这两颗卫星之间用微波互相追

踪。利用这种技术可将重力测得非常精确,对于 EGM96 模型,过去花了 40 年,而将来用 GRACE,大概只需要一个月,而且精度要高出其 100 倍以上。所以,这是一个在重力场研究方面相当看好的计划,它不仅可测出重力场,而且还能测出重力场的变化,从而可用来研究地球内部和表面物质运动的情况,这种手段也有望作为全球变化研究的一种新的工具。

除了重力场之外,地球还有磁场。地球磁场是由地球内核金属物质流动造成的,即所谓“发电机效应”,形成了在地球表面的磁场。1980 年, NASA 发射了一颗 Magsat 卫星用来测量地球的磁场,之后近 20 年没有实施类似的地磁场测量计划。但是近年来,地磁场的测量活动又开始活跃起来。1998 年 NASA 分别与丹麦和南非合作发射了 Earthsat 卫星和 Sunsat 卫星,接着 2000 年 7 月与德国合作发射了 Champ 卫星,最近又将要与巴西合作发射 SAC-C 卫星,并且好几颗卫星都载有磁力仪,可为将来地磁场的测量提供很多新的资料。

海洋的观测和研究

海洋约占地球表面积的 70%,它是地球的生态环境和气候演变中的一个很重要的因素。譬如说,在过去 100 年,海水的平均温度在增加,尽管增加量不大,但由于是全球性的,将会对人类生存环境和气候造成比较大的影响。另外,从近 50 年大气中二氧化碳含量的变化来看,除了明显的季节性变化外,它还存在一个长期增长的趋势,这主要是由于燃料燃烧的影响。根据测算,由燃料燃烧放出的二氧化碳应比观测到的要多很多,所以余下来的二氧化碳可能已被海洋中的海水吸收了。

厄尔尼诺是海洋研究中一个十分重要的课题,它表现为东太平洋海温的异常上升。气象学家的研究表明,厄尔尼诺实际上是太平洋赤道带海洋和大气相互作用过程中发生异常变化引起的,它平均每隔 2 至 7 年发生一次,引起全球性的气候异常。例如,在 1982 至 1983 年的强厄尔尼诺事件期间,在澳大利亚和非洲地区出现了旱灾,而在美国西部地区出现了严重的水灾,造成了约 80 亿美元的经济损失。

海面风速是海气相互作用的一个重要指标,现在科学家采用一种新的技术来进行测量。其基本原理是,由卫星散射仪发出微波,然后测量海面反射的回波波形。由于该波形代表了海面的起伏程度,且海面起伏主要是风吹造成的,所以由此可确定海面的风速和风向。1999 年, NASA 发射了 Quikscat 卫星,通过散射仪几乎可以在 12 小时内将全球风场测量出来。需要指出的是,在海洋深部还存在着很强的洋流,这个洋流可由

海水输送带的理论来描述。并且地球几万年尺度上交替的冰期和间冰期可能与它有关。

对于观测海洋,传统的方法是用船航测。但问题是,这种资料往往覆盖范围有限,而且连续性差,因而非常贫乏,难以满足科研上的需要。现在 NASA 有一新的计划,即“海面洋流浮标计划”。在海面上放置几千个浮标,浮标上面放有 GPS 接收机,通过观察浮标的漂流运动,可以得到海洋表面海流的情况。

从空间观测海洋,人们还采用海洋测高的新技术。这个计划始于 1970 年代,到了 1992 年,发射了 TOPEX 卫星,由于使用了最先进的仪器,而且卫星轨道定得很准,所以海面测量的精度达到了厘米级,可以精确测量到海面变化的情况,海洋学家还由此进一步推算得到复杂的海底地形。另外,通过海洋测高卫星,科学家成功地监测到 1997 年至 1998 年的厄尔尼诺和随后而来的拉尼娜事件形成、发展和消失的过程。

过去的海洋潮汐资料主要来自海岸验潮站测量的结果。大洋中的海潮很复杂,人们无法知道,因此往往借助于数值模拟。而现在可以方便地由 TOPEX 卫星资料计算出来,从而带来新的突破。从 TOPEX 资料分析结果得出,全球平均海平面以每年 1~2 毫米的速度上升。由于 TOPEX 卫星的巨大成功,今后 NASA 将会连续实施一系列的海洋卫星计划。

水色监测也是观测海洋的一种重要工具,它是测量水面反射的辐射值(海水颜色)的变化。其中包含有很多有用的信息,如海洋生物的多寡和沉积物的分布等。通过水色监测,可以观测到墨西哥湾的赤潮。赤潮是指海洋微生物的突然大量繁殖,从而对近海养殖业带来很多不利的影响。通过水色仪,还可看到陆海交界的状况,如长江口泥沙的流失和飓风后的美国东海岸的湍流带动的泥沙等。

地球是人类美丽的家园,人类只有一个地球,它跟人类的生活息息相关。在世界经济发展的进程中,环境保护往往被忽略,有时甚至被牺牲,可是以往的经验教训表明,若环境没有保护好,人类往往会付出更大的代价。现在人们对环保已经越来越重视,已经拥有许多的新技术和新工具,应该充分利用这些条件,为环境保护和自然灾害的防治,作出更大的贡献!

(题头图为 1990 年代美国发射的高层大气科研卫星。)

关键词: 空间技术 自然环境 灾害 监测



SPECIAL

3 The 2000 Nobel Prize for Chemistry: a Thoughtful Story of Shirakawa

Ouyang Zhongcan

Professor H. Shirakawa and his two American winners won the 2000 Nobel Prize for chemistry for their contributions to the revolutionised development of electrically conductive polymers. Up to the glorious peak Professor H. Shirakawa had walked a lengthy and rugged road that has evoked a great repercussion in Japanese scientific and technological communities.

FRONTIER

7 The Schrödinger Cat at the Boundary between Quantum and Classical Worlds

Sun Changpu

The conceptual developments of the Schrödinger cat in association with the various fundamental problems in quantum mechanics are reviewed. The possible solution to the Schrödinger cat paradox is included in the considerations for the quantum coherence of a macroscopic object in general.

12 The Moon—A Virgin Soil for Human Being to Exploit Resources

Zou Yongliao, Ouyang Ziyuan

This paper briefly describes topography, structure, components and the origin of the Moon. It then presents evidence that there is plenty of ^3He in lunar soil and ilmenites in mare basalts on the Moon. It also describes the exploration trend of the Moon and points out that China has the capacity to explore the Moon not only in basic theory researches, but also in space technologies development.

16 Nanometer Information Material

Xia Jianbai

Nanometer information material is closely related to the electronics, photo-electronics, communication technology, and computer technology. The international research situation in this field, including self-assembled quantum dot lasers, silicon-based nanometer material, II-VI compound semiconductor nanocrystals, quantum devices and single electron transistors is briefly introduced.

20 Monitoring Natural Environment and Disasters with Space Techniques

Zhao Feng, Zhou Yonghong

The article introduces the new progress and achievements in monitoring natural environment and disasters with space techniques, made by National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA.

24 Supernova Remnants

Lu Fangjun

Supernova remnants (SNRs) are diffused sources in the sky. Three famous SNRs, the Crab nebula, the Vela SNR and the Cygnus Loop are described in detail. Some frontiers in SNR research are also outlined.

FORUM

28 Gauss - Bonnet Formula and Maxwell Equation

Shiing Shen Chern

The paper describes in concise way the famous Gauss - Bonnet formula in the differential geometry as well as the significant contribution of Chern to the field. It clarifies the role, which plays in the development of mathematics in the 20th century and emphasizes the close relation with the gauge theory in physics.

31 On the Essence of Knowledge Economy

Wang Zeke

Unlike other economic factors such as capital, labor, time, land and other natural resources, knowledge, including ideas and formulas, is the only factor which does not obey the law of diminishing returns. This is the essence of the so-called knowledge economy.

35 The Patterns in the Development of Technology and their Economic Meanings: The Viewpoints of Post - Schumpeterism

Wang Shunyi

According to the innovation theory of post - schumpeterism, this paper introduces four patterns in the development of technology, and analyzes their economic meanings.

40 Scientific Taste of Appreciation and Comprehensive Ability Education

Hu Jianghao

ORIGIN & DEVELOPMENT

46 The Discovery of the Mössbauer Effect

R. L. Mössbauer

A historical outline of the discovery of recoilless nuclear resonance absorption of γ - radiation, also called the Mössbauer effect is given.

SCIENCE & ART

50 Unification of Science and Art — Contribution of Professor T. D. Lee

Liu huaizhu, Shi baohua, et al.

The article tells about the contribution of Professor T. D. Lee to the unification of science and art which was initiated by him.

COMPASS

54 Biomaterials and Advanced Technology

Xu Jiayue, et al.

Biomaterial science is an emerging interdisciplinary field, although some materials, such as metals, were used in dentistry more than 2000 years ago. Progress in biomaterial science and its clinical applications are reviewed in this paper.

Office: 450 Ruijin Er Road

Shanghai 200020

P. R. China

E-mail: kexue3@mail.kexuemag.com

Fax: 86-21-64730679

Telephone: 86-21-64734651

Publisher: Shanghai Scientific and Technical Publishers

(http://www.sstp.com.cn)

Distributor: China International Book Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing)

Code Number: BM1188

Date of Publication: 2001-05-25