



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

卫星海洋学

刘玉光 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

卫星海洋学

刘玉光 主编



高等教育出版社

内容提要

本书借鉴了国内外的最新文献,在内容的广度、理论的深度以及最新信息的跟踪方面比国外同类教材有明显进步。本书前三章介绍了卫星遥感在海洋监测和海洋学研究中的作用、现有各种卫星和传感器等常识性信息,以便对卫星遥感有宏观了解。第四章、第五章和第六章叙述了海洋遥感的基本概念和基础理论。第七章到第十二章阐述了与卫星海洋学密切相关的各种卫星传感器的遥感原理、算法和产品以及在海洋学研究中的应用。书后还给出了参考文献、学习参考书、复习题和缩写名词。为培养学生从世界各国遥感网站查阅文献和获取数据资料的能力,书中给出了各国卫星遥感网站和海洋大气数据网站的地址。本书可作为海洋科学、大气科学、地理学、环境学、海洋测绘、地理信息系统和其他相关学科本科生或研究生的教材,也可作为科研人员的参考书。读者应具备微积分、大学物理和概率统计的基础。

图书在版编目(CIP)数据

卫星海洋学/刘玉光主编. —北京:高等教育出版社,

2009.5

ISBN 978-7-04-026457-9

I. 卫… II. 刘… III. 海洋观测卫星-卫星遥感-高等学校-教材 IV. P715.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 059566 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landracom.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landracom.com.cn
印 刷	保定市中华美凯印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16		
印 张	21	版 次	2009年5月第1版
字 数	410 000	印 次	2009年5月第1次印刷
插 页	6	定 价	26.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26457-00

前 言

自1985年美国人 R. H. Stewart 编著的 *Methods of Satellite Oceanography* 和英国人 I. S. Robinson 编著的 *Satellite Oceanography* 问世以来,“卫星海洋学”在高校已成为一门新兴课程。随着卫星遥感和卫星海洋学的迅速发展,上述教材已经不能满足我国高校对卫星海洋学教材的需求。在这种形势下,我们着手编写了我国的《卫星海洋学》教科书。本书编委会委员包括刘玉光、郭佩芳、殷晓斌、修鹏、徐青。

本书的前身是中国海洋大学“卫星海洋学”课程讲义,讲义的初稿由刘玉光于2002年春季完成。本书作为教材在中国海洋大学试用了八个学年,经历了八次修改。在修改过程中,郭佩芳提供了自编讲义等素材,修鹏参加了第六章和第七章的编写,殷晓斌参加了第八章和第九章的编写,徐青参加了第十章和第十一章的编写。全书最后的定稿由刘玉光于2008年完成。

2004年春季,本书第三稿已在中国海洋大学教学网络平台向公众提供。在本书试用期间,中国海洋大学海洋科学、海洋管理、军事海洋学和大气科学等专业的本科生,物理海洋学、流体力学、气象学、海洋技术、地图学与地理信息系统等专业的研究生提出了许多修改意见。本书许多插图标注了出处,凡是没有标注的插图由作者和学生绘制。作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本书的出版获得了教育部高等教育出版社的资助,谨此表示感谢。

作 者

2008年12月1日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 卫星海洋遥感的应用	1
第二节 中国气象卫星的发展	6
第三节 中国海洋遥感的进步	8
第四节 中国卫星发展的现状与目标	9
第五节 数据分发	14
第六节 海洋遥感信息和数据网站	15
第七节 阅读材料:厄尔尼诺和南方涛动	27
第八节 习题	28
第二章 气象卫星与水色卫星	30
第一节 遥感和遥感技术	30
第二节 气象卫星和主要传感器	31
第三节 中国风云卫星和传感器	36
第四节 水色卫星和主要传感器	40
第五节 中国“海洋一号”卫星及数据产品	49
第六节 阅读材料:Argos 数据收集转播系统	52
第七节 习题	53
第三章 海洋卫星与陆地卫星	55
第一节 装载微波传感器的海洋卫星	55
第二节 欧洲卫星 ERS-1/2 和 ENVISAT	56
第三节 高度计卫星	59
第四节 装载合成孔径雷达的卫星	59
第五节 装载散射计的卫星	61
第六节 陆地和海岸带观测卫星	61
第七节 高分辨率商业和军事卫星	66
第八节 历史上著名的海洋观测卫星	69
第九节 习题	71



第四章 卫星轨道与分辨率	72
第一节 卫星轨道	72
一、坐标系	72
二、太阳同步轨道	73
三、地球同步轨道或地球静止轨道	74
四、高度计卫星轨道	75
五、精确的循环轨道	76
六、重复周期	76
第二节 分辨率	77
一、夫琅禾费圆孔衍射	77
二、光学分辨率	78
三、微波雷达的分辨率	79
第三节 习题	80
第五章 电磁辐射	82
第一节 电磁波的波段	82
第二节 电磁波的波动方程	84
第三节 辐射术语	86
一、水平极化和垂直极化	86
二、立体角和观测的天顶角	88
三、辐射术语	89
四、朗伯表面	95
第四节 基尔霍夫定律	95
第五节 黑体辐射	97
一、黑体	97
二、普朗克定律和瑞利-金斯定律	97
三、亮温	99
第六节 菲涅耳公式	100
第七节 菲涅耳反射率 ρ 的公式	103
第八节 相对电容率的公式	107
第九节 习题	113
第六章 散射和吸收	115
第一节 描述衰减的术语	115
一、复折射率和穿透深度	115



二、衰减系数和光学厚度	121
三、漫衰减系数和光束衰减系数	123
四、体积散射函数	126
五、粒子的尺度分布函数和单粒子衰减截面	128
六、米氏散射和瑞利散射	129
第二节 辐射传输方程 I	132
一、大气辐射传输方程	132
二、光学质量和光学厚度	134
第三节 大气层和大气窗	135
一、对流层、同温层和电离层	135
二、臭氧	136
三、气溶胶	138
四、大气层空气分子、臭氧和气溶胶的光学厚度	140
五、水蒸气 and 氧气的吸收	143
六、大气窗	145
第四节 辐射传输方程 II	147
一、粒子的辐射传输方程	147
二、有边界存在时的辐射传输	148
第五节 习题	151
第七章 可见光和近红外辐射计与水色遥感	152
第一节 辐射计	152
第二节 水色遥感简介	153
一、卫星和传感器	153
二、初级生产力	155
三、水体类型	157
四、黄色物质	157
五、浮游植物色素	158
第三节 大气校正和离水辐射	161
一、大气透射率	161
二、离水辐射的贡献	163
三、MODIS 和 SeaWiFS 的大气校正	165
四、气溶胶散射的辐亮度	168
第四节 水色遥感的科学术语	170
一、离水辐亮度	170



二、遥感反射率	172
第五节 海洋水色要素的生物光学算法	177
一、分析算法	177
二、波段比值模型的分析基础	178
三、基于蓝绿比值的 SeaWiFS 经验算法	179
四、基于蓝绿比值的 MODIS 经验算法	181
五、基于蓝绿比值的 CZCS 经验算法	182
第六节 二类水体水色反演算法	182
一、代数法和非线性最优化法	182
二、主成分分析法和人工神经网络方法	183
三、海洋水色要素的经验算法	185
四、叶绿素-a 垂向最大值的经验算法	187
五、赤潮	188
第七节 习题	189
第八章 热红外辐射计	191
第一节 红外辐射计	191
第二节 热红外辐射计	192
第三节 热红外遥感的海洋学应用	195
第四节 试验型 MODIS 红外波段的海表面温度算法	197
第五节 习题	200
第九章 微波辐射计	201
第一节 微波辐射计	201
一、微波辐射计简介	201
二、在微波波段的辐射传输方程	207
第二节 海面的微波发射率	209
一、平静海面的微波发射率	209
二、粗糙海面的微波发射率	210
三、基于小斜率近似的海面发射率模型	213
四、海面发射率的 SSM/I 算法	216
第三节 海面物理参数的遥感	219
一、微波辐射计的海表面温度反演算法	219
二、微波辐射计的海面风速反演算法	221
第四节 雷达	222



一、雷达的波束宽度	222
二、天线的方向参数	223
三、辐亮度与温度的关系	224
四、天线的传输函数	225
第五节 习题	226
第十章 散射计	227
第一节 卫星和散射计	227
第二节 标准化雷达后向散射截面	229
第三节 电磁波在粗糙海面的散射	231
一、镜面反射	231
二、海面斜率的概率密度函数	232
三、布拉格共振散射	233
四、两尺度散射模型	235
第四节 经验模型	237
一、海面风场反演的经验模型	237
二、两个模型之间的比较	242
第五节 风浪的方向谱	245
一、深水风浪方向谱	245
二、重力毛细波谱	247
三、风浪的全方向曲率谱	248
第六节 习题	252
第十一章 高度计	253
第一节 高度计和海表面地形几何学	253
一、卫星和高度计	253
二、地形几何学	255
三、高度计的应用	258
第二节 海面地形	260
一、海平面异常和海表面异常	260
二、动力学过程对海面地形的影响	264
三、海流的反演	265
四、高度计对大地水准面的观测	267
五、高度计对开尔文波的观测	269
第三节 有效波高	271



第四节 风速的观测	273
一、镜面反射理论和风速反演	273
二、经验模型	275
第五节 高度计的数据产品	279
一、高度计卫星的地面轨迹	279
二、高度计测量的误差	280
三、T/P 和 Jason-1 的数据产品	282
第六节 习题	282
 第十二章 合成孔径雷达	284
第一节 合成孔径雷达简介	284
一、加拿大的雷达卫星和星载合成孔径雷达	284
二、欧空局的环境卫星和高级合成孔径雷达	286
三、合成孔径雷达的分辨率	288
第二节 合成孔径雷达的原理	290
一、多普勒效应	290
二、方位分辨率	292
三、距离分辨率	294
四、机载侧视雷达	294
第三节 合成孔径雷达的应用	295
一、一般介绍	295
二、海浪的方向谱	296
三、海面风场	297
四、内波	297
第四节 习题	300
 参考文献	301
附录一 学习参考书	311
附录二 复习题	313
附录三 缩写名词	323
附录四 彩色插图	329

目

录

VI



绪 论

第一节 卫星海洋遥感的应用

卫星海洋学(satellite oceanography)是利用卫星遥感技术观测和研究海洋的一门学科。卫星海洋学兴起于20世纪70年代,它是卫星技术、遥感技术、光电子技术、信息科学与海洋科学相结合的产物。笼统地讲,它包括两个方面的研究,即卫星遥感的海洋学解释和卫星遥感的海洋学应用。卫星遥感的海洋学解释涉及对各种海洋环境参量的反演机制和信息提取方法的研究,卫星遥感的海洋学应用涉及运用卫星遥感资料在海洋学各个领域的研究。

卫星海洋学涉及的详细内容有:①海洋遥感的原理和方法:包括遥感信息形成的机理、各种波段的电磁波(可见光、红外光和微波)在大气和海洋介质中传输的规律以及海洋的波谱特征。②海洋信息的提取:包括与海洋参数相关的物理模型、从遥感数据到海洋参数的反演算法、遥感图像处理 and 海洋学解释、卫星遥感数据与常规海洋数据在各类海洋模式中的同化和融合。③满足海洋学研究和应用的传感器的最佳设计和工作模式:包括光谱波段和微波频率的选择、光谱分辨率和空间分辨率的要求、观测周期和扫描方式的研究以及传感器噪声水平的要求。④反演的海洋参数在海洋学各领域中的应用。卫星遥感所获得的海洋数据具有观测区域大、时空同步、连续的特点,可以从整体上研究海洋。这极大地深化了人们对各种海洋过程的认识,引起了海洋学研究的一次深刻变革。卫星遥感资料和卫星海洋学的研究成果在海洋天气和海况预报、海洋环境监测和保护、海洋资源的开发和利用、海岸带测绘、海洋工程建设、全球气候变化以及厄尔尼诺现象监测等科学问题上有着广泛的应用。

卫星在遥远距离通过所装载的传感器对地球表面进行探测以获取大气和海洋的有关信息。海面反射、散射或自发辐射的各个波段的电磁波携带着海表面温度、海表面粗糙度、海平面高度以及海水所含各种物质浓度的信息。传感器能够测量在各个不同波段的海面反射、散射或自发辐射的电磁波能量,通过对承载信息的电磁波能量的分析,人们可以反演某些海洋物理量。传感器的遥感精度随着卫星遥感技术的发展在不断地提高,目前正在接近、达到甚至超过现场观测



数据的精度。

海洋表面是一个非常重要的界面。海洋与大气的能量交换都是通过这个界面进行的;海洋内部的变化也会部分地透过这一表面表现出来。运用计算机三维数值模拟和卫星遥感数据同化技术,人们就可以通过获得的海洋表面遥感信息,了解海洋内部的海洋学特征和物理变化过程。遥感监测海面的空间分辨率与电磁波的波长有关,可见光与红外辐射计获得的遥感图像具有更好的空间分辨率。虽然云的覆盖阻挡了可见光波段电磁波的透过,但是能够穿透云层的微波遥感弥补了不足。总之,可见光和红外遥感满足了人们对较高的空间分辨率监测的需求,微波遥感满足了人们对全天候监测的愿望。目前,运用卫星、航天飞机和普通飞机遥感技术,人们实现了对海表面温度(sea surface temperature)、海表面盐度(sea surface salinity)、海平面异常(sea level anomaly)、海流(ocean current)、海面风(sea surface wind)、海浪(sea waves)、海洋内波(ocean internal waves)、悬浮物浓度(suspended matter concentration)、叶绿素浓度(chlorophyll concentration)、色素浓度(pigment concentration)和水色(ocean color)等多种海洋要素的监测,以及大气剖面温度和湿度(atmosphere profile temperature and humidity)、垂程水汽含量(vertical water vapor column thickness)、可降水量(total column precipitable water vapor)、气溶胶光学厚度(aerosol optical thickness)等许多海洋和大气要素的监测。因为能够获取长时间、大范围、近实时和近同步的监测资料,卫星遥感在海洋监测和研究中正在发挥着越来越大的作用。然而,卫星遥感数据并不能完全取代传统的海洋学观测。例如,海洋内部垂直断面的测量必须依靠浮标或其他传统海洋学观测技术。卫星遥感数据与传统海洋学现场观测数据是互补的关系。利用卫星数据传输设备、浮标数据和许多其他现场海洋学观测数据可以实现近实时获取。通过卫星对全球范围海洋进行的实时、全方位和立体的遥感监测,能够获得多种稳定可靠的长期观测资料。海洋观测资料是人类开发、利用和保护海洋的重要基础。卫星遥感技术作为获取海洋观测资料的重要手段,已经得到广泛的应用。

图 1-1 是利用美国国家海洋大气局(NOAA)国家海洋资料中心(<http://www.nodc.noaa.gov/>)提供的卫星数据制作的 2001 年全球海洋的年平均海面温度(SST: sea surface temperature)的等温线图像,图中纵坐标代表纬度,横坐标代表经度,色标(color bar)的单位是 $^{\circ}\text{C}$ (摄氏度)。该图清晰地显示了西太平洋热带暖水区的范围大小和温度分布。西太平洋热带暖水区向大气和临近海域输运的热通量对于全球海洋大气热循环有举足轻重的影响,它的范围和温度变化与厄尔尼诺(El Niño)事件有密切关联,因而是科学家监测的重要目标。图 1-2 是利用美国宇航局喷气推进实验室(<ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub/>)提供的 TOPEX/Poseidon 卫星高度计观测资料制作的 1998 年 1 月的月平均全球



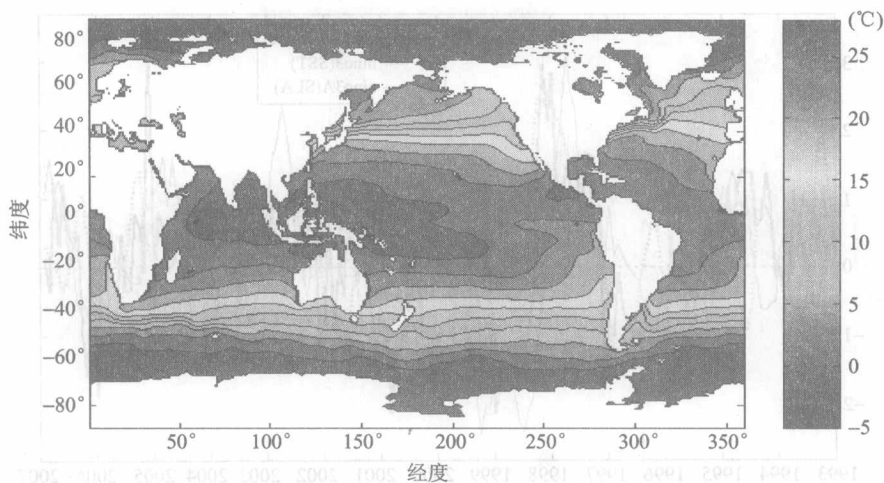


图 1-1 2001 年全球海表面温度的年平均等温线

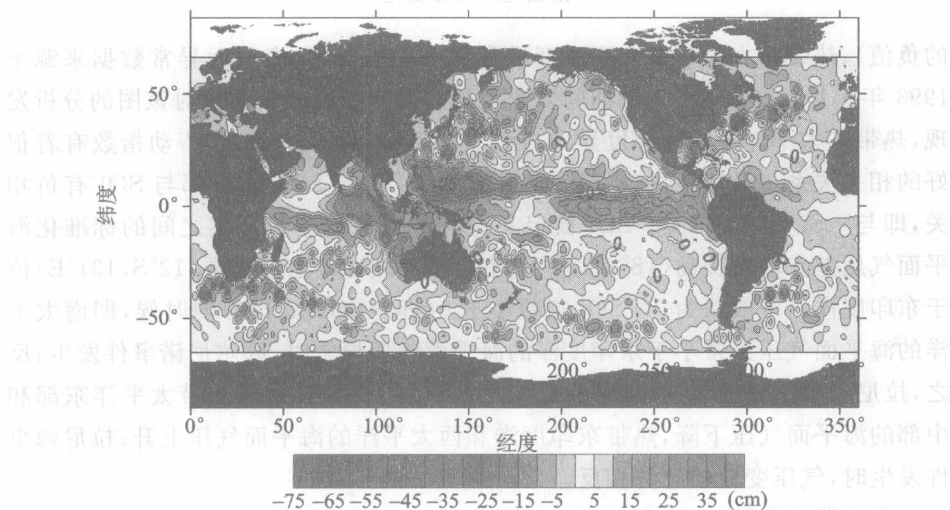


图 1-2 1998 年 1 月的月平均海表面异常的图像

海表面异常(SSA: sea surface anomaly)图像,图中色标的单位是 cm。该图清晰地显示了西太平洋热带暖水区海平面的降低和东太平洋热带海表面的增高,这是在厄尔尼诺事件中发生的典型现象。

使用卫星遥感的多年时间序列资料,能够研究海洋特征随时间的变化规律。图 1-3 显示了热带东太平洋海表面温度异常、海平面异常(SLA: sea level anomaly)以及南方涛动指数(SOI: southern oscillation index)随时间的变化,图中横坐标代表以年为单位的时间,纵坐标代表经过标准化处理的一 SOI(即 SOI



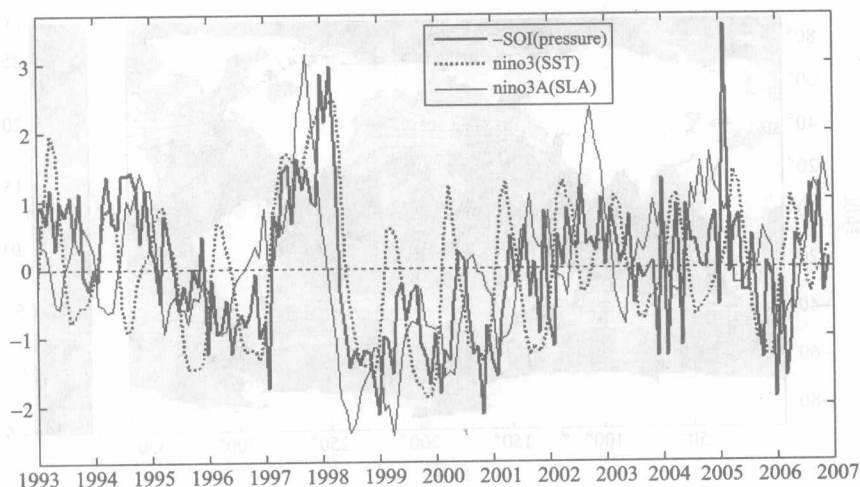


图 1-3 热带东太平洋海表面温度异常、海平面异常以及南方涛动指数随时间的变化

的负值)、热带东太平洋海表面温度异常和海平面异常,海平面异常数据来源于1993年1月—2006年12月期间多个卫星高度计的观测。通过对该图的分析发现,热带东太平洋海表面高度异常与海表面温度异常以及南方涛动指数有着很好的相关关系。具体地讲,热带东太平洋的SLA与SST异常都与SOI有负相关,即与 $-SOI$ 有正相关。SOI被定义为塔希提岛与达尔文港之间的标准化海平面气压差。塔希提岛($18^{\circ}S, 150^{\circ}W$)位于南太平洋,达尔文港($12^{\circ}S, 131^{\circ}E$)位于东印度洋。一般认为,当SOI指数小于0(即 $-SOI$ 大于0)的时候,即南太平洋的海平面气压异常小于东印度洋的海平面气压异常时,厄尔尼诺事件发生;反之,拉尼娜事件发生。这说明,当厄尔尼诺事件发生的时候,热带太平洋东部和中部的海平面气压下降,热带东印度洋和西太平洋的海平面气压上升;拉尼娜事件发生时,气压变化的趋势相反。

南方涛动指数(SOI)的一般定义是

$$SOI(month, year) = \frac{T(month, year) - D(month, year)}{SD}$$

式中T和D分别是塔希提(Tahiti)和达尔文(Darwin)的海平面气压异常,SD是1951年至1980年期间时间序列(T-D)的标准差,month和year分别代表数据对应的月份和年份。请注意,各网站给出的SOI序列的定义可能有所不同。根据美国国家环境预报中心(NCEP: National Centers for Environmental Prediction)给出的定义,上面T和D分别是塔希提和达尔文的标准化海平面气压异常;标准化就是被它们各自的标准差(standard deviation)相除。



通常认为,靠近秘鲁的热带东太平洋海域的海表面温度异常是厄尔尼诺事件的直接指示;南方涛动指数是厄尔尼诺事件的间接指示。在图 1-3 中, Nino3 代表位于(5°S — 5°N , 90°W — 150°W)的热带东太平洋海域, Nino3(SST)代表该海域的海表面温度异常, Nino3A(SLA)代表该海域的海平面异常。为了在相同幅度的变化范围进行比较,三组时间序列的数据都通过除以各自的标准差被标准化了。除了 Nino3 海域外,研究人员还经常使用 Nino1+2 代表位于(0 — 10°S , 80°W — 90°W)的热带东太平洋海域,使用 Nino4 代表位于(5°S — 5°N , 160°E — 150°W)的热带东太平洋海域,使用海洋尼诺指数 NOI (oceanic niño index)代表位于(5°S — 5°N , 120°E — 170°W)的热带东太平洋海域的海表面温度异常。美国得克萨斯大学的研究证实, TOPEX/Poseidon 卫星高度计观测的西太平洋海平面异常是非常准确的,其精度相当于在热带海洋和全球大气计划/热带大气海洋计划(TOGA/TAO)中布放的浮标测量。

我国“天气在线”网站 <http://www.t7online.com/> 对厄尔尼诺作出了详细的解释。厄尔尼诺现象通常指太平洋海温异常升高,引起全球气候异常并造成鱼类大量死亡的现象。在一般情况下,热带西太平洋的表层水温较高,而东太平洋的海温较低。这种东、西太平洋之间海表面温度的梯度变化和信风一起,构成了海洋-大气耦合系统的准平衡态。每隔 2~8 年,这种准平衡态就要被打破一次,西太平洋的暖气流伴随雷暴东移,使得整个热带太平洋水域的水温变暖,气候出现异常,其持续时间为一年或更长时间。

厄尔尼诺(El Niño)在西班牙语中的意思是“圣婴”。厄尔尼诺是指赤道太平洋东部和中部海表面温度持续异常偏高的现象,该现象首先发生在南美洲的厄瓜多尔和秘鲁太平洋沿岸附近,多发生在圣诞节前后,因此得名。厄尔尼诺过后,热带太平洋有时会出现与上述情况相反的状态,称为拉尼娜现象。拉尼娜(La Niña)的意思是“小女孩”。拉尼娜现象表现为赤道太平洋东部和中部海表面温度持续异常偏低。通常,这两种现象伴随着全球性气候异常。厄尔尼诺现象发生时,位于西太平洋地区的国家如澳大利亚、印度尼西亚常出现旱灾,而南美沿岸国家如秘鲁、厄瓜多尔则有暴雨发生。相反,拉尼娜现象发生时,澳大利亚、印度尼西亚常有水灾,而秘鲁、厄瓜多尔则出现干旱。厄尔尼诺是一种不规则重复出现的现象,一般每 2~8 年出现一次。据统计,从 1950 到 1998 年共发生了 16 次厄尔尼诺现象,10 次拉尼娜现象。一般而言,厄尔尼诺现象发生时,全球平均温度会升高。不过,最近发生厄尔尼诺现象的程度加重,已造成近百年来热带东太平洋平均温度最高的三年都在 1990 年以后。厄尔尼诺和拉尼娜是热带中、东太平洋海温冷暖交替变化的异常表现,这种海温的冷暖变化过程构成一种循环,在厄尔尼诺之后接着发生拉尼娜并非稀罕之事。同样发生拉尼娜后



也会接着发生厄尔尼诺。但从 1950 年以来的纪录来看,厄尔尼诺发生频率要高于拉尼娜。厄尔尼诺与热带中、东太平洋海温的增暖和信风的减弱相联系,而拉尼娜却与热带中、东太平洋海温的变冷和信风的增强相关联。因此,厄尔尼诺和拉尼娜实际上是热带海洋和大气共同作用的产物。

第二节 中国气象卫星的发展

我国气象卫星包括两个主要系统:极轨卫星系统和地球静止卫星系统。通过二者的相互结合和补充,可建立一套全面的气象卫星业务运行体系和相应的地面数据接收处理和应用系统,以满足我国各部门的气象、环境观测和防灾减灾的需要。极轨和地球静止气象卫星是两种不同观测特性的卫星。极轨卫星距离地球表面较近,能够更加清楚地观测海洋;极轨卫星围绕地球转动,能够观测全球海洋。中期数值天气预报、气候预测和全球生态环境变化监测、远洋航海、航空所需的气象资料等,主要从极轨气象卫星获得。静止气象卫星相对地球静止,它可以连续观测地球的一个固定区域。静止气象卫星对灾害性天气系统,包括对台风、暴雨和植被生态动态突变的实时连续观测具有突出的能力。两种气象卫星的观测功能不能相互替代。对于全球性的大气运动,要准确预测全球或某一地区的天气和气候变化,需要拥有全球的气象资料,而极轨气象卫星可以满足这种需求。但是,只有发射和管理卫星的国家才能通过存储回放的方式获取全球资料。作为一个用户地面接收站,则只能接收一定范围内当地的气象卫星资料。因此,只有自己发射和运行极轨气象卫星,才能真正实现全球观测。

随着第一代极轨气象卫星“风云一号”和第一代静止气象卫星“风云二号”由试验转入业务应用,我国气象卫星业务应用体系正逐步走向成熟。在发射了两颗试验卫星后,我国第一代极轨气象卫星“风云一号”系列完成了各项试验任务,从第三颗星开始转入业务应用,并被世界气象组织列入全球气象业务应用卫星行列。在发射了两颗试验卫星后,我国第一代地球静止气象卫星“风云二号”系列也进入业务运行,并已列入全球地球静止气象卫星观测网。作为国际气象卫星网络的重要组成部分,风云气象卫星系列的使用增强了我国参与国际合作的能力。表 1-1 显示了我国风云气象卫星系列的信息。“风云一号”是我国第一代极轨气象卫星,A 星、B 星、C 星、D 星分别于 1988 年 9 月、1990 年 9 月、1999 年 5 月和 2002 年 5 月发射。“风云二号”是我国第一代地球静止气象卫星,A 星、B 星、C 星、D 星分别于 1997 年 6 月、2000 年 6 月、2004 年 10 月和 2006 年 12 月发射。



表 1-1 我国的风云气象卫星系列

名称/时间	资助者	传感器	运行轨道资料
风云一号系列卫星 FY-1C:1999/5 FY-1D:2002/5	中国气象局	MVISR	太阳同步近圆形极轨轨道 再访问时间:1 天
风云二号系列卫星 FY-2C:2004/10 FY-2D:2006/12		VISSR	地球同步轨道 业务星位置:105°E,0°N 备份星位置:86.5°E,0°N 功能测试星位置:123.5°E,0°N
风云三号(2008)	中国气象局		太阳同步近圆形极轨轨道
风云四号(计划中)	和国家海洋局		地球同步轨道

目前,中国气象局卫星气象中心的地面站能接收我国风云系列卫星资料、美国国家海洋大气局管理的诺阿/极轨环境卫星(NOAA/POES)资料和日本地球静止气象卫星(GMS)资料,并对用户提供服务。气象卫星所获得的遥感数据在火、水、冰、台风、大雾、沙尘暴等天气和自然灾害的监测中都发挥了重要的作用,取得了明显效益,大大增强了我国气象卫星为国民经济和防灾、减灾服务的能力。

2008年5月发射的“风云三号”是我国研制的第二代太阳同步轨道气象卫星,星上装载十一台探测仪器。除了可见光和红外扫描辐射计外,“风云三号”卫星还装载了红外分光计、微波温度计、微波湿度计、中分辨率光谱成像仪、紫外臭氧垂直探测仪、紫外臭氧总量探测仪、微波成像仪、太阳辐射监测仪、地球辐射探测仪和空间环境监测仪。已建成的北京、广州、乌鲁木齐、佳木斯等四个国内主站和瑞典基律纳高纬度站将承担卫星数据接收任务。卫星的图像传输分系统包含实时图像传输和延时回放图像传输两种,实时传输通道特征将和国际同类卫星兼容。由于增加了微波传感器,可实现全球三维、全天候、多光谱、定量气象探测。“风云三号”卫星的主要任务是:提供全球的温度、湿度、气压、云和辐射等参数,实现中期数值预报;监测大范围的自然灾害和生态环境;探测地球物理参数,支持全球气候变化与环境变化规律的研究;为航空、航海等部门提供全球任意区域的气象信息等。与“风云一号”相比,“风云三号”卫星技术优势非常明显:一是载荷新,如微波温度计、微波湿度计、微波成像仪等都是首次研制上天;二是载荷多;三是中分辨率光谱成像仪分辨率可达250 m,一次扫描幅宽达2 900 km;四是灵敏度高,卫星在距地800 km左右的太空,能监测地面温度0.1℃的变化;五是新增轨道控制能力,使卫星在设计寿命内始终在预定轨道上工作;六是数据存储、传输能力大幅提升。“风云三号”卫星的先进探测性能大大提高了我国的对

