

卫星气象文集

卫星气象文集编辑组编

气象出版社

5-53

P405-53

113

卫星气象文集

卫星气象文集编辑组编

气象出版社

内 容 简 介

本文集收编了1983年底中国气象学会卫星气象专业委员会成立暨学术交流会上的论文26篇，分工作报告、综述、大气遥感和卫星资料处理以及应用分析等四部分。

本书可供从事大气遥感、分析应用以及其他有关方面的业务、科研和教学工作者参考。

卫星气象文集

1983年卫星气象专业委
员会成立暨学术交流会
卫星气象文集编辑组编
责任编辑 陶国庆

* * *

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

密云华都印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本：787×1092 1/16 印张：11.5 字数280千字

1987年11月第一版 1987年11月第一次印刷

印数：1—1200 定价：2.40元

ISBN 7-5029-0032-2/P·0022

前 言

1983年12月3日至7日在北京召开了中国气象学会卫星气象专业委员会成立暨学术交流会议。在会上，曾宪波同志作了“中国气象学会卫星气象专业委员会成立的工作报告，”正式宣布卫星气象专业委员会成立，与会30个单位60名代表分组讨论并通过上述报告。

会议收到学术报告26篇，涉及面相当广泛，比前两次全国性卫星云图应用分析座谈会（讨论会）增加了大气遥感和资料处理等方面的新内容。专业委员会决定组织编辑组，编辑、整理这些交流材料，还特约有关专家写了两篇述评，形成这个卫星气象文集。

在论文集综述部份，从卫星遥感、接收和信息处理，到分析应用等各方面反映了国内外发展趋势、取得的成就和存在的问题。在大气遥感和卫星资料处理方面的论文，涉及近年来我国新开展的部份工作，在一定程度上反映了在发展定量处理系统、反演理论以及反演判断方面的若干进展。在应用分析方面的论文主要包括不同尺度暴雨云团的特征研究、台风定位和强度估计、以及中尺度云团的演变与高空气流之间的联系等。必须指出的是，不同地区几乎各有自己的暴雨分析预报模式。这表明气象卫星资料在我国气象业务中所起的作用越来越大。

由于我们水平有限，在编辑工作中会有缺点和错误，诚请读者批评指正。

卫星气象文集编辑组

1984年11月于北京

目 录

中国气象学会卫星气象专业委员会成立的工作报告·····	曾宪波 (1)
综述	
1. 空间遥感大气物理及海洋学的展望·····	赵柏林 (4)
2. 我国气象卫星资料分析应用的进展·····	方宗义 (14)
3. 卫星资料在数值天气预报中的应用与四维分析方法的若干进展·····	黄荣辉、吴津生 (23)
4. 局地强风暴的超短期预报和监视——美国区域天气观测和预报服务 (PROFS) 介绍·····	范惠君 (37)
5. Tiros-N/GMS卫星云图资料接收处理系统的组成和功能·····	徐建平 (50)
大气遥感和卫星资料处理	
6. 卫星扫描辐射计的地面分辨率的计算·····	朱广馥、何大雄 (59)
7. Tiros-N系列卫星区域定量资料处理·····	董超华 (68)
8. 二氧化碳混合比的变化与用卫星红外测值直接反演大气温度廓线的关系·····	肖乾广 (75)
9. 卫星遥感海面温度的大气削弱订正数值模拟·····	邱康睦 (83)
10. 地球大气红外间接遥测中的非适定问题·····	黎光清、董超华 (93)
11. 红外窗区单通道反演海面温度和大气总含水量的估计调整法·····	范天锡、邱康睦 (102)
12. Tiros-N系列卫星AVHRR/HRPT资料的海面温度反演·····	周嗣松、梁帮云 (107)
13. 美国NOAA卫星高分辨率云图和低分辨率云图单站定位网格的统一 算法·····	王大昌等 (115)
应用分析	
14. 卫星云图在南疆西部一次大降水分析中的应用·····	徐东进等 (121)
15. 影响上海地区有暴雨的台风卫星云图分析·····	汪尧昌、姚祖庆 (124)
16. 西北地区东部区域性大暴雨的两类云系演变模式·····	兰州军区司令部气象室 (127)
17. 雷雨大风在天气图、卫星云图、雷达资料上的反映及预报·····	廉淑芳 (134)
18. 暴雨云团和雹暴云团的对比分析·····	陈渭民 (137)
19. 西北地区东部暴雨云团的统计分析·····	夏建平等 (144)
20. 冷锋云系与切变线云系合并产生暴雨的卫星云图分析·····	蔡松青 (150)
21. 南疆地区大降水天气的卫星云图特征·····	唐淑娟 (159)
22. 中间尺度云团移动和发展与高空气流之间联系的个例分析·····	党人庆等 (163)
23. 纬度-时间剖面卫星云图分析·····	王衍明 (169)
24. “6·24”暴雨过程的云图分析(摘要)·····	还爱霞 (176)
25. 81年5月1日至2日锋前暖区降雹云系特征分析·····	李春风 (177)

中国气象学会卫星气象专业委员会成立的工作报告

曾宪波

各位委员、各位同志：

今天，我们在这里召开中国气象学会卫星气象专业委员会成立大会及学术交流会。

现在，我就卫星气象专业委员会的组织筹备情况、基本工作任务及今后三年的主要工作项目等问题作一简单汇报，提请大家审议。

一、

1982年6月，中国气象学会第十九届常务理事会第十次会议决议筹备成立中国气象学会卫星气象专业委员会，据此组成了筹备组，开始了筹备工作。1982年11月1日，中国气象学会第二十届常务理事会第一次会议正式决定理事会下设卫星气象专业委员会。1983年2月15日，第二十届常务理事会第二次会议决定，卫星气象专业委员会由13名委员组成。曾宪波同志为主任委员，赵柏林同志为副主任委员。委托国家气象局卫星气象中心为挂靠办事单位，卫星气象专业委员会的日常工作接受卫星气象中心党委领导。各位委员经主任委员、副主任委员协商提名，向有关单位征求意见，经常务理事审查，学会秘书处汇总和进一步调整，最后由学会理事长、副理事长审核、确定，关于1983年6月正式通报。卫星气象专业委员会初步组成如下：

主任委员：曾宪波

副主任委员：赵柏林

委员（以姓氏笔划为序）：

王丕诤	王宗皓	方宗义	仇广文
朱广麟	朱岗昆	匡定波	范天锡
赵柏林	党人庆	蒋尚城	曾宪波
黎光清			

学术秘书：邢福源

正式聘书已经学会秘书处颁发。

今天正式宣布中国气象学会第一届卫星气象专业委员会成立。

为了适应今后卫星气象各学科学术工作开展的需要，经专业委员会讨论，决定在卫星气象专业委员会之下分别设立气象卫星工程技术学组、气象卫星大气探测和资料处理学组、以及气象卫星资料应用学组。各学组成员名单如下：

气象卫星工程技术学组：

组长：曾宪波 匡定波

成员：朱广麟 仇广文 杜强华 李希哲 柳振华 杨震明 王介康

气象卫星大气探测和资料处理学组：

组长：赵柏林 黎光清

成员：范天锡 尹 宏 周凤仙 董超华 边道相

气现卫星资料应用学组：

组长：党人庆 王宗皓 方宗义

成员：蒋尚城 王华山 张伟廉 蔡松青 李玉兰 陈渭民 过文娟 姚祖庆

廉淑芳 范惠君 陈善敏

二、

大家知道，卫星气象事业，在世界、在我国都有了多年发展的历史。自1960年4月美国发射成功世界上第一颗气象卫星以来，短短二十几年，经过科学试验，逐步投入业务使用，气象卫星事业有了很大的发展。极轨业务气象卫星已经发展到第三代。静止业务气象卫星已经发展到第二代。气象卫星从单项观测到多项观测，从获取定性云图资料到获取定量大气探测资料，从气象观测到兼有通讯功能。气象卫星工程从单星系统到双星系统。气象卫星系统的建立从一个国家到多个国家。发展速度相当之快，发展规模相当之大。随着工程的迅速发展，气象卫星资料处理技术和分析研究，也有了很大进步。气象卫星资料的实际应用领域日益扩大，所起作用 and 所获效益日渐显著。气象卫星在世界气象科学技术现代化进程中的地位日益提高。

在我国，卫星气象工作也有了十多年的历史，早在1969年1月，我们敬爱的周总理就指示，一方面，要接收利用外国气象卫星资料，一方面，要搞我们自己的气象卫星。十几年来，这两方面，都有了相当大的进展。

1969年，我国第一套气象卫星实时云图接收设备APT研制成功，开始接收美国第一代业务极轨气象卫星艾萨（ESSA）云图，并陆续在许多军民部门用于天气预报、大气科学研究以及海洋、水文、航空服务等许多方面。1973年，我国研制成功甚高分辨率云图接收设备，接收美国第二代业务极轨气象卫星诺阿（NOAA）云图。1980年，我国改进与研制成功新的数字化资料接收设备，接收美国第三代业务极轨气象卫星泰罗斯-N/诺阿（TIROSN/NOAA）资料，可以给出四个通道的云图。1977年我国还研制成功静止气象卫星广播云图接收设备，接收日本静止气象卫星GMS广播的云图。1981年，我国研制了卫星云图增强显示装置和微处理机假彩色密度分制仪。1983年，我国引进了美国的泰罗斯-N卫星实时资料接收和云图处理设备，还引进了美国威斯康星大学“人-机对话”系统。同时在资料处理方面配合我国气象卫星风云1号云图处理方法的试验研究，处理分光计，大气探测资料反演方法的试验研究，取得了一定进展。近几年来，我国气象科技人员通过试验研究，初步形成了适合我国局地HRPT定量资料的处理软件系统。

1973年11月，在武汉召开了全国第一次卫星云图接收和分析经验交流会。1982年4月，在北京又开了气象卫星资料分析应用座谈会。大量的研究成果表明，利用云图研究台风和热带天气系统，研究我国高原大气，研究降水及其他强对流天气，已有了很大进展，并开始在国际上有一定的影响。所有这些进展，都为我国卫星气象工作的当前发展和未来进步，提供了有利条件，也为我国气象卫星系统的建设，提供了某些条件和经验。

1970年以来，建立我国自己气象卫星系统的工作，也有了许多进展。1970年5月正式组

建了我国气象卫星系统建设筹备单位——中央气象局701办公室。1977年起正式全面开展了我国极轨气象卫星系统的研制工作。相应的地面业务运行系统，即“气象卫星资料接收处理系统工程”，1983年被列为国家七十项重点建设工程项目，各方面的工作，正在加紧进行中。1979年，又开始了建立我国静止气象卫星系统的筹备工作。1982年4月，召开了我国静止气象卫星风云2号初步使用技术要求讨论会。目前，静止气象卫星总体及探测仪器的预研工作，已逐步展开，地面业务运行系统的建设，正在酝酿之中。

以上，接收利用国外气象卫星资料的任务，筹备建立我国自己气象卫星系统的任务，都在客观上要求着相应的学术工作的发展，要求着我们卫星气象专业委员会的建立，要求着我们卫星气象专业委员会在理论研究、工程技术发展、人才培养以及应用服务效益的提高等方面，发挥积极的促进作用。总之，我们卫星气象专业委员会的建立，有着深厚的客观基础，我们卫星气象专业委员会的工作，有着广阔的用武之地。

三、

根据中国气象学会的性质和任务，我国卫星气象专业委员会的基本工作任务有：

- 1.通过开展学术讨论和交流，推动我国卫星气象科学技术的发展、学术水平的提高，并推动科学技术协作组织的建立和工作的开展。
- 2.通过举办各种讲习班、训练班、报告会及一些刊物，为我国卫星气象科技人才的培养，为卫星气象科学技术的普及与提高，作出应有的贡献。
- 3.通过开展科技咨询工作，促进气象卫星资料为国民经济建设和国防建设服务的深入和扩展，促进应用服务社会效益与经济效益的不断提高。
- 4.通过国际科学技术的交往活动，加强国际卫星气象科技交流与合作，发展我国卫星气象工作者与各国卫星气象工作者之间的国际友谊。

空间遥感大气物理及海洋学的展望

赵柏林

(北京大学地球物理系)

一、引言

气象卫星遥感大气和海洋,在短时间内,获取广阔地域上大量的资料,提供监测环境的信息,促进了大气物理和海洋学的发展。预期将有下面两个方面的突出变化:第一,传统地学的研究方法是由点的观测而推测到面,由面结合成空间。而卫星遥感观测在短时间内给出地表或空间的图象,这是大气物理和海洋学所需要的。卫星遥感观测丰富了以往的资料。如地球约有72%的面积是海洋,海洋上是没有人居住的,人们观测到的雨只有10%,有80%的雨下在海洋上。在大陆上,有25%的地方是永冻土,冰雪覆盖的地面上气象观测资料亦是缺乏的。而卫星遥感观测能够使这方面资料得以补充。第二,卫星观测促使地球作为整体来研究,就大气状态而论,卫星遥感观测同时能得到高低层大气的信息,海洋和大气系统的交换过程。如大气污染物质,在太平洋中荒芜的小岛——埃尼威托克环礁上也能观测得到,这些污染物质是漂洋过海而来的^[1]。大气化学和污染是全球的问题,而卫星遥感是开展这方面研究的有利工具。

1946年在美国白沙试验场发射V-2火箭将相机送入高空,超高层摄影成功,从资料上看见低气压云系的分布。1959年美国探索者6号卫星载有云图摄影装置。开始了卫星气象的新纪元。它在天气预告方面发挥良好的效益。1970年发射的雨云4号卫星上装有监测臭氧光化学有关波段的装置,进行大气臭氧层的观测。在七十年代中,雨云5—7号和海卫星1号增添了微波传感器,取得全球海况、水汽、云雨和土壤湿度等图象,扩展了卫星遥感在大气物理和海洋学中的应用。尤其是航天飞机的成功,它在观测海洋,大气污染、闪电、云层、冰雪的效能方面,已经看到了前景。卫星遥感在大气物理和海洋学中的贡献,必然会日益增大。

二、卫星遥感在大气物理及海洋学中的现状及展望

1. 大气物理

(1) 闪电^[2]

在1978年,美国宇航局(NASA)曾考虑了星载闪电图象仪(Satellite-borne Lightning Mapper Sensor)^[3]这项计划,它的目的是用于警戒强风暴活动、林区尖端放电引起的落雷及雷电活动状况的勘察,以供设计电力输送线路和通讯网络之用。闪电在科学上有

广阔的意义。近年来美国国防气象卫星(DMSP)对于夜间闪电进行全球的观测,发现海洋上的闪电远小于大陆上的闪电。1981年航天飞机飞行成功揭开了载人空间飞行实验的新时代,由于观测能力强,开辟了地球遥感的新途径,其中重要实验计划之一是日夜闪电的测量(Night/Day Optical Survey of Lightning NOSL)^[4],它能摄取全球闪电放电频数、闪电强度和持久时间,并能用光栅法摄制闪电光谱,并能区分雷暴闪电是云与云之间的闪电,还是云与地之间的闪电。闪电是地球中重要现象和过程,预计会对很多学科有所推动。如①雷暴产生的电流可达到电离层和磁层,维持电离层的正电荷,它相对于地球有几十万伏的正电位。闪电向电离层输送正电荷,向地球输送负电荷,闪电亦可能是电离层噪声发端的缘由。卫星闪电的精细观测,会对上述现象,进一步证实和评价。②闪电影响着对流层和地球的化学过程,但是由于观测太少,很难评价。闪电是大气化学过程中重要的一环,过去雷电化学多研究雷电的固氮作用,雷电大约使10%的NO固定到地球之上。雷电在臭氧循环中起着重要作用。最近发现在闪电光谱中有HO₂, HCN的谱线,同时亦指出闪电通道热的作用可能使CO₂, CH₄, H₂O中分解出C和H的过程。对于雷电作全球和长时间的观测后,可以作为一个参数引入大气化学的模式之中。③闪电的观测可以促进雷暴过程的了解,如雷暴强度和闪电活动的关系;雷暴在陆上与海上的差异;暖云是否有雷暴;台风和龙卷的电荷及闪电。从计算表明,雷电电场可伸展至低轨道卫星的高度,闪电构成电离层的扰动。用多种手段监测,亦可增进闪电物理过程的了解。④从理论上分析太阳活动会对大气环流有影响,从闪电的全球观测可建立太阳活动和闪电的关系。促进日地关系的研究。

(2) 云和降水^[5]

大气中云雨过程及其对地球环境的影响,为人们所关切。人们利用红外波段反映云层的灵敏,微波波段对雨水有所响应的特点,用红外和微波配合观测以确定云顶所在和云层的半水区。利用云层辐射频谱特性,微波和红外多通道辐射的观测,确定云中含水量,也作了一些尝试。用微波辐射测定海上的降水、台风的雨区都取得一定的成效^[6]。根据云雨出现使海陆上偏振度减退的特点,可用微波偏振度的减小判断气旋的发展或陆上雨强的分布^[7]。但是卫星遥感云和降水,在精确度和分辨率方面均有提高的必要。预计今后:①为了提高测雨的效能,主动微波遥感会装载在卫星上,以提高测雨的分辨率。气象卫星增添8mm波段雷达是切实可行的^[8]。目前机载合成孔径雷达测雨,取得成效,这对主动微波遥感上卫星起着促进的作用。②目前卫星观测积云和雷雨云的发展过程已取得成效,云雨结构反映着强风暴天气的过程。因此预计会有高分辨率遥感传感器研究云雨结构。如卫星上开拓2.53mmO₂吸收带及1.64mm水汽吸收带波段遥感大气温度和湿度,提高红外辐射计的分辨率,测量云顶温度,监视云增长变化等,在精细观测的基础上云雨物理的研究会有所推进。③卫星对于云雨进行精细观测,包括大气中水汽的汇聚与辐散,云中含水量及冰云位相情况,云雨的生消过程等。在此基础上指导人工降水等人工影响天气的实践。如卫星遥感图象中,选择人工降水“催化窗”的区域进行作业就是一例。

(3) 大气污染^[9]

卫星遥感用于监测地域性或全球性大气污染是具有前景的。在七十年代初,就有人预期卫星监测大气污染的可行性,并指出在当时卫星水平的基础上,用有利的谱线可监测大气中的SO₂, NH₃, N₂O和CH₄的含量^[10]。在雨云3—4号卫星红外相干辐射仪的H₂O, CO₂和O₃吸收带中观测到CH₄, N₂O, NO₂, SO₂, H₂S和HNO₃吸收的痕迹。为了精细观测,采用了相关辐射仪,它是用已知吸收谱线和测量谱线相对比测量气体的浓度。用气球携带相关辐射

仪,在35km高度上飞行测量大气中的 N_2O 和 SO_2 取得成功。测量 SO_2 用的是 $0.3\mu m$ 紫外吸收带;测量 N_2O 用的是 $0.4-0.44\mu m$ 的吸收带。 SO_2 的气球测量结果和地面观测结果一致。 N_2O 缺乏当时的地面观测无法比较。气球飞行高度已在臭氧层主要部分以上,和卫星遥感状态相似。近十年来已发展到60个单元的相关辐射仪,并已在监测大气污染中使用。雨云7号卫星计划装有多种类型监测大气污染的仪器。航天飞机飞行成功以后,将会提高大气污染的监测能力,例如航天飞机的卫星测量大气污染计划(Measurement of Air Pollution from Satellite MAPS),首先用来测量CO,CO在对流层中的含量约为 $40-300/10^9$ 。此计划是测量大气中CO及其在对流层中高层的分布。CO的测量基于 $4.5-4.8\mu m$ 的吸收带,利用地球辐射经过大气的消光,从光谱中测出大气中CO的含量。它是有气体滤波器的相关辐射仪。瞬时视野在地面上的直径为22km,分三个不同路径检测,两个是经过CO吸收池,气压分别是350hPa和100hPa,用以测量大气7-8km处和10-12km处的CO含量。第三个是不经过吸收池,直接进入探测器。用此方法获取大气中CO的分布廓线及全球分布。CO在对流层中的分布如图1中所示。在飞机上用此设备进行模拟航天飞机对于大气中CO的监测已取得成功。卫星测量大气污染计划会长期地监测大气对流层中污染物质的分布及变化,用此可评价大气中的化学过程。

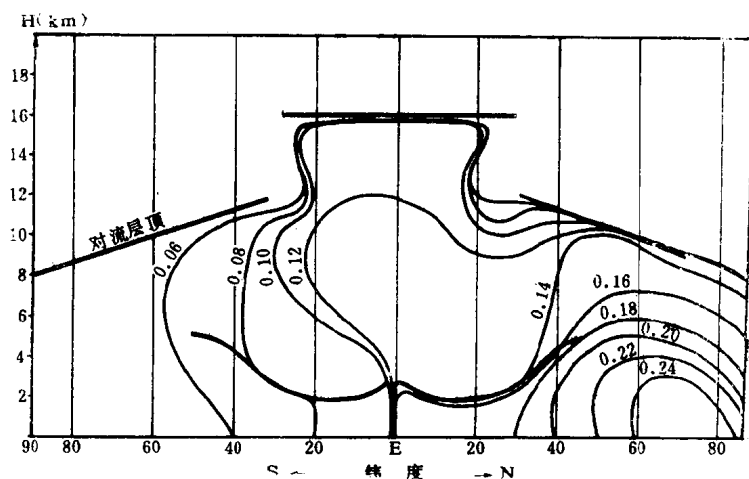


图1 大气中CO的平均分布(海上)

(4) 大气臭氧^[11]

卫星监测大气臭氧无论在全球总含量分布上,或者在垂直分布廓线上均显示着前景。综合起来,有三种方法,即反向散射紫外光谱仪(BUV)法,红外临边和星下辐射法,星体和太阳掩星法。在雨云4-7号卫星上均装有反向散射紫外光谱仪测量臭氧的装置,它的目的测量大气臭氧的总含量;在雨云卫星上还增加红外临边和星下辐射法的装置,它的目的是测量臭氧层的臭氧含量的分布廓线;太阳掩星法是用紫外光谱仪来测量53-55km上大气中臭氧的含量。大气臭氧总含量的卫星遥感和地面观测取得的结果一致。卫星遥感可以得到大气臭氧的全球分布,纬度、季节和逐日的变化。卫星遥感大气臭氧含量的分布廓线与火箭(化学荧光法)观测取得的结果相符合。例如,雨云4号反向散射紫外光谱仪(波长 $0.25-0.34\mu m$)和红外干涉光谱仪(波长 $9.6\mu m$)遥感大气臭氧的纬圈分布,见图2^[12]。用气球探

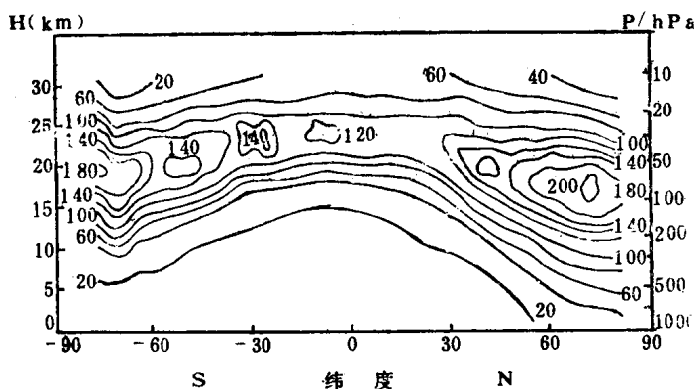


图2 卫星遥感大气臭氧的纬圈分布(1970年4月20-22日)

测臭氧纬圈分布和卫星遥感结果相比较, 臭氧极大值高度差 $<1\text{km}$, 臭氧含量差 $<10\%$ 。在提高观测水平的基础上, 卫星遥感全球臭氧的分布和变化, 预期会对大气臭氧的循环, 大气环境中的化学过程, 以及日地关系中, 太阳活动对于大气臭氧层的影响, 有进一步的了解。

(5) 大气尘暴[13, 14]

尘暴是地球沙漠化的表现。地面土壤风化后形成了细沙, 随着定向的气流, 在地球上弥散, 成为大气的污染源。在源地尘暴的长、宽、厚均为几百米的量级, 扩展达数百公里至上千公里, 厚度扩展至 $2-4\text{km}$ 。横跨海陆远洋传播, 在卫星图象上清楚可见。地球上主要的尘暴源有北非、东亚、中东和北美。在美国堪萨斯的尘暴, 由飞机上可见有数个源点, 稳定地支持着尘暴。尘暴亦有如云街一样, 形成了尘暴街。从空间监测中东的尘暴, 一次尘暴有 $8-25$ 个源点。东亚的黄沙是该地区的主要污染源, 它发源于中国西北部的沙漠地区和黄土高原, 一直漂泊到

日本, 从葵花号卫星上清楚可见。在夏威夷群岛亦可观测到, 从气溶胶的化学分析证实了这样一点, 见图3[15]。在图3中, 海钠代表着海洋来的气溶胶, 铝代表着大陆的气溶胶, 可见大陆来源的气溶胶占有很大的比重, 而且和东亚尘暴季节有鲜明的

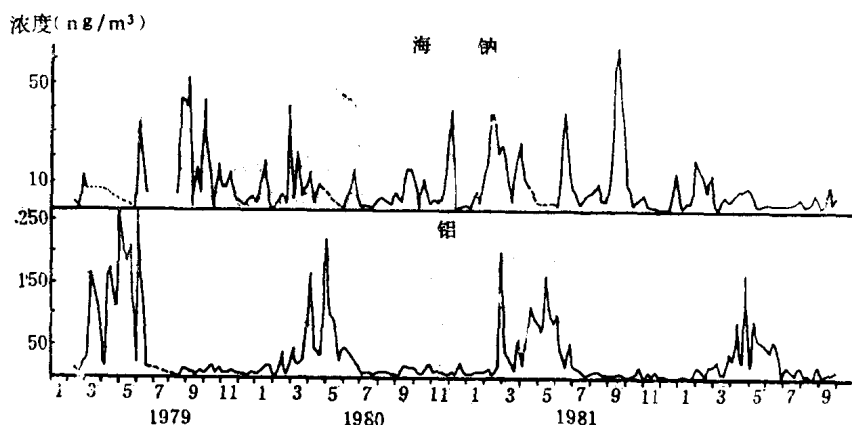


图3 大气气溶胶中铝和海钠的含量
(夏威夷Mount Loa Observatory)

响应, 每年3—5月夏威夷气溶胶中铝的含量达到峰值。尘暴的威力是很强大的, 已波及全球的大气环境。因此利用卫星监测大气中尘埃, 日益受到重视。目前已从定性走向定量的研究[16—19]。

①从地物景观(如海陆)对比模糊的程度, 判断尘埃的含量; ②用尘埃大气辐射传输方程, 分析尘埃的含量和图象亮度的关系, 研究尘暴的规模和强度。以1979年4月13—15日的尘暴为例, 从葵花号卫星图象得到的大气光学厚度分布, 如图4—5, 相应地, 地面上大气辐射的变化, 如图6,

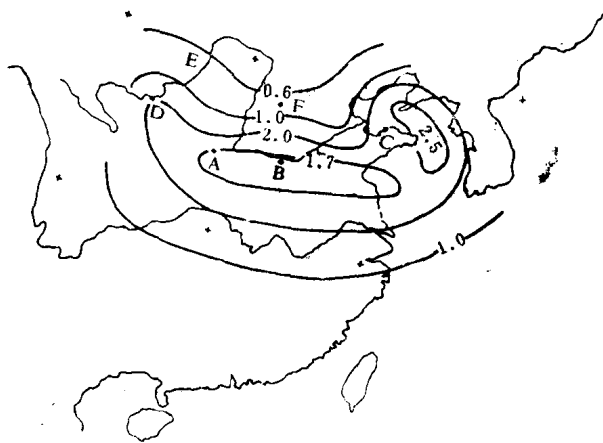


图4 大气尘暴光学厚度分布
(1979年4月13日)

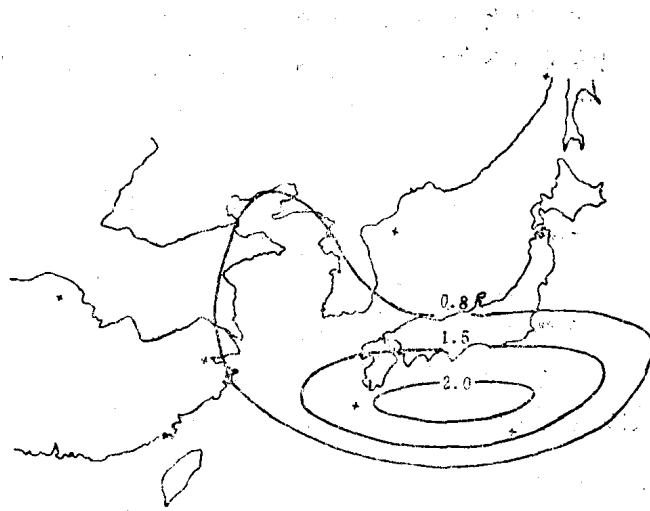


图5 大气尘暴光学厚度分布
(1979年4月15日)

在日本名古屋用激光观测尖暴尘埃的分布及尘暴的厚度，如图7[20]。从卫星遥感大气尘暴的前景上看，它必然会成为大气环境评价的重要一环。

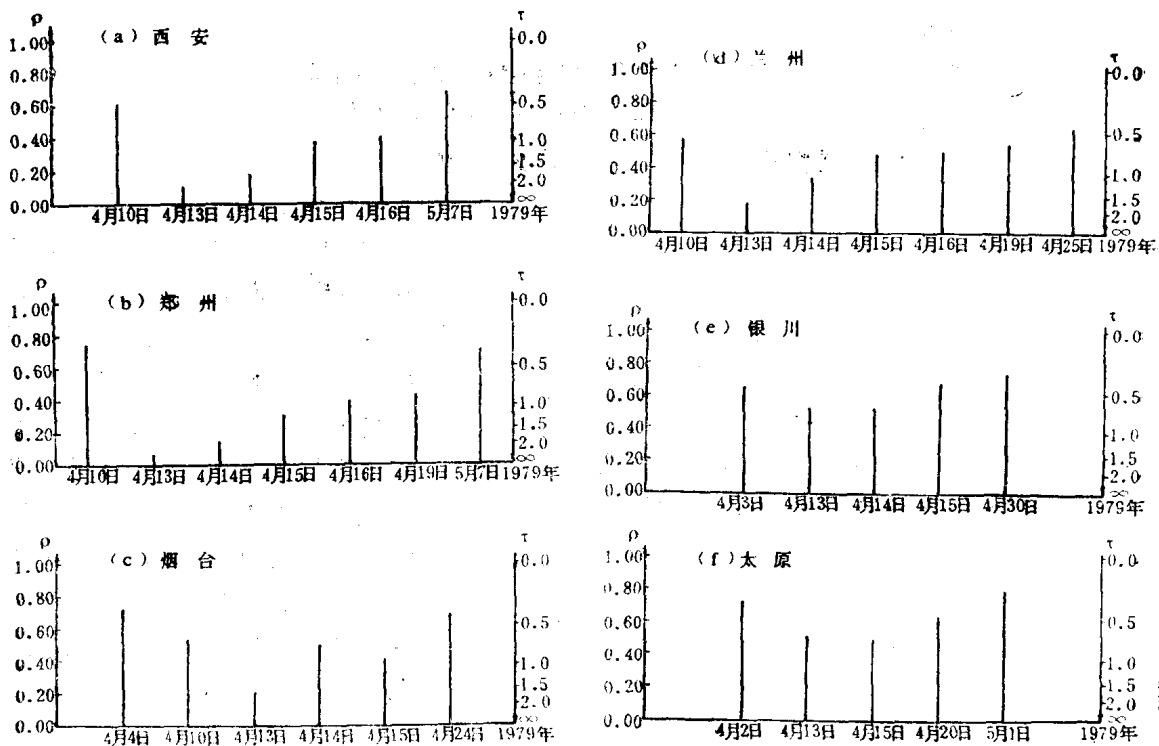


图6 尘暴发生前中后大气透射率的变化 $p = e^{-\tau}$
(a-f)

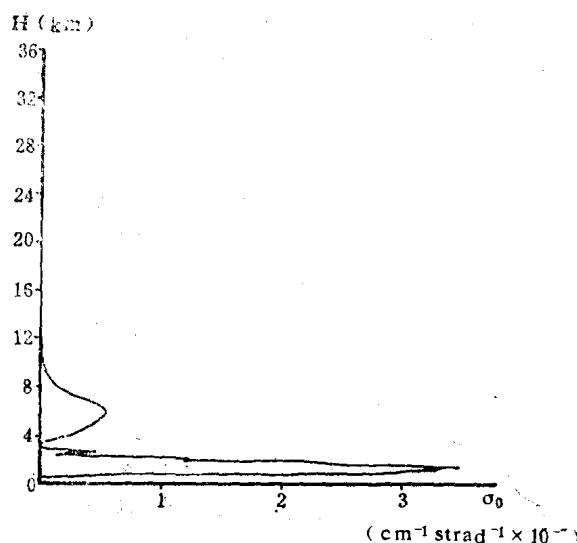


图 7 在发生尘暴时, 激光雷达 ($\lambda = 6943 \text{ \AA}$) 观测的后向
散射系数 σ_0 随高度的分布
(1979年4月14日名古屋)

从气候的角度上看, 气溶胶有两个作用, 它使气溶胶反射太阳辐射使地球降温作用和吸收太阳辐射的增温效应。因此要收集气溶胶粒子进行成分的分析 and 研究气溶胶对太阳辐射的散射过程, 而卫星遥感是监测天气气溶胶含量的重要手段。卫星监测大气气溶胶采用两种方法: ①通过可见光和近红外区波段反射太阳辐射的角度分布之测量, 用以确定大气光学厚度; ②选择相对浓度恒定的气体吸收带 (如 O_2 , CO_2) 中之谱线, 对太阳辐射进行临边测量, 用上述的方法可以确定10—15km大气气溶胶的消光系数。雨云7号上装有平流层气溶胶测量装置 (Stratospheric Aerosol Measurement I) 是用三波段测量日出和日落时的太阳, 其结果是气溶胶消光系数垂直分辨率可达1km, 此装置已于U-2飞机上进行观测实验, 并已取得成效。

2. 海洋学^[21]

1978年发射的雨云7号和海卫星1号上装载有大量的海洋遥感仪器。航天飞机计划进行景象雷达 (SIR-A) 和海洋色彩 (OCE) 的实验, 将海洋遥感推向一个新的时代。

(1) 海温^[22-25]

海面温度用红外遥感或微波遥感研究, 近年来不断地取得进展。在红外波段中, 海面接近于黑体辐射, 其亮度温度和热力学温度接近, 差别仅0.5K。测量平静海面温度可达0.5—1.5K, 红外波段亦有良好的分辨率约1—2km。但是它受大气的影响严重, 即使是在无云的情况下, 亦可导致测海面温度时有5—10K的误差。按在红外通道中, 水汽消光作用与其亮度温度有线性关系, 因此在改进的甚高分辨率辐射仪 (AVHRR) 中红外用 $3.5\mu\text{m}$ 和 $10-11\mu\text{m}$ 组合测海温, 能够订正大气的影。微波遥感海温可以排除云层的干扰。雨云7号和海卫星上扫描多频微波辐射仪 (SMMR) 获得海面温度的月平均值和船舶观测海面温度的月平均值之差在0.6K之内。比较起来, 扫描多频微波辐射仪观测海温有精度高、范围广的优点。每3天之内就可对世界绝大部分海洋进行两次测量。目前测量近陆海岸带海域尚有困难, 随着仪器设计的改善, 这些限制会消除。

在海洋上强的温度梯度区构成海洋的锋面，它的变化范围约为10—1000km。从卫星上可以看出强海温梯度区流动在副热带太平洋中部及在赤道附近振荡。强的海洋锋区伴随着涡流出现。

(2) 海洋颜色

海洋颜色是研究海洋反射光谱的特性。可用它来分析全球的叶绿素，评价全球的碳循环和海洋生物圈。在雨云7号上有海岸带水色扫描器(CZCS)，用它可监测海洋中的暖环(Warming Ring)和墨西哥暖流活动，海岸带的叶绿素小于 $1\text{g}/\text{m}^3$ ，海岸带的色彩也反映着水中泥沙，可用来探测海岸中沉积物区。目前已用陆地卫星测绘全球图象，并标明高叶绿素区和高泥沙区。

(3) 洋流

对于海洋基准面的勘测，可以推断全球范围内的大洋环流。海卫星携带雷达高度计测量海洋表面的高度其误差只有5—7cm。海洋表面的起伏面就相当于压力场，通过压力场可以计算出表面的地转速度。在墨西哥湾，洋流就可检测出100—150cm阶梯状的动力高度，这里还可以测出冷暖环区。海洋高度变化常常导致中尺度的涡旋。

(4) 海风与波浪

波浪的高度可由雷达测高仪中的脉冲回波波形中测出来，从回波功率中还可以推断出风速来。海卫星雷达测高仪精度，在浪高 $<5\text{m}$ ，风速 $<10\text{m}/\text{s}$ 时，浪高和风速的误差分别为30cm和 $1.6\text{m}/\text{s}$ 。卫星测得的波浪要比船舶准确。由海卫星雷达测高仪得到的全球风、海浪图，及从雷达测高仪测得的浪高，可以看出涌浪的所在。同时海卫星散射计，从粗糙海面散射资料中，可以推测风向和风速，平均误差为 $1.42\text{m}/\text{s}$ 。由海卫星散射计测绘出的海面(如阿拉斯加湾等)的风场图，可供业务使用。因为缺乏常规的观测，很多临界天气现象出现而未被发现或未能确定其发生地点，而由散射计推导出来的风场，可以对诸如高压、低压、锋面和热带风暴等特征天气进行精确的定位。如确定飓风的位置可以精确到25—50km范围以内。使用海卫星散射计资料还可以提高对风暴的预报质量，很多事例说明，通过散射计风场资料能及早识别出发展成破坏性风暴的低压区，而常规观测方法要比它晚12—14小时才能看出这种低压区域。这样可以利用卫星资料提早发出风暴警报。卫星微波辐射计，从粗糙海面辐射的资料亦可以测风速、风向、精度为 $2\text{m}/\text{s}$ 。这是最早的卫星(雨云5号)测海面风的方法。在雨云7号和海卫星上扫描多频微波辐射仪，星下分辨率为150km。由于它的分辨率低，只适于在广阔的洋面使用。

(5) 海冰^[26—28]

在海洋中，北半球为10%，南半球为13%是为海冰所覆盖。个别浮冰以每天50km的速度移动，而每天10—20km速度是常见的。为了航运的安全经常要报告冰流图。这些信息，卫星遥感是最有效的来源。同时，北极地区亦经常有10%以上的洋面为无冰区，这些区域形成了水道。水道(裂缝)和冰穴有时开、有时闭。极区海冰的范围季节性变化很大。北极约为15%，而南极为80%。从卫星遥感得到北极冰图每周公布一次，供使用。极冰和地球气候变迁互为因果，为了气候研究的目的要测量冰层的累积率。在微波波段，冰水亮度温度差可达100K。微波遥感可以检测冰层的范围和冰层的累积。雨云5号电扫描微波辐射仪(ESMR)，提供极区海冰分布的天气图，见图8^[28]。从飞机微波辐射计上可以观测出海港中冰水占有的比例，在北极区可以区分当年冰和多年冰。雨云7号扫描多频微波辐射仪测量视野中的冰块成份，其误差约为8%。

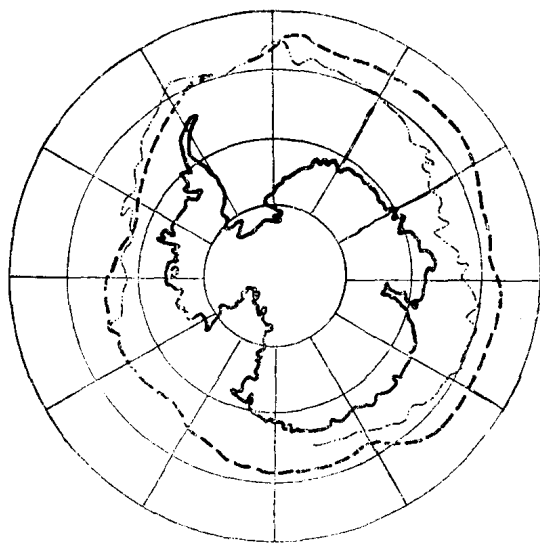


图8 南极的冰盖 (雨云5号ESMR $\lambda = 1.55\text{cm}$)
 ---美国海军图冰线, ———雨云5号遥感的冰线
 (1973年8月8日)

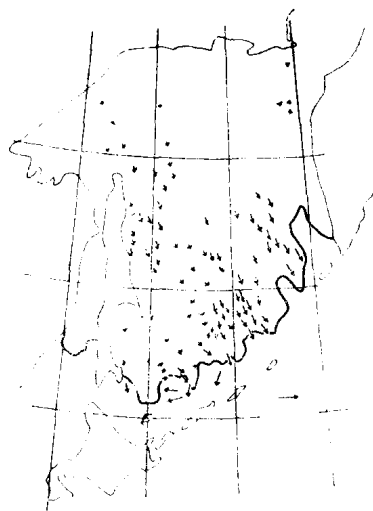


图9 海冰漂流速度图
 实线为冰密度在7/10以上的南方边界
 (1979年4月24日03时)

地球上约有85%的淡水在南极和格陵兰以冰的形式存在。雨云5号遥感南极冰盖轮廓和船舶探测结果吻合。冰山是淡水源,在淡水缺乏的地球上,利用冰山已提到日程之上。冰山由极地冰块上脱落下来,用卫星监测极地冰盖的盈虚,有助于冰山的预告。用葵花号卫星和陆地卫星勘测港湾冰块分布,及跟踪流冰的路径,也作了不少研究工作。例如图9^[27]。

雷达波对于冰层和岩石的界面,冰层和水底的界面,冰层和冰磧土的界面,均有强的反射特性。用雷达波在南极和格陵兰冰盖及冰层结构的勘测上均取得成效。星载雷达的性能会改善,必然会在勘测冰层方面取得进展。

3. 积雪水文^[29]

在可见光和红外波段(0.4—1.3 μm),雪、沙漠、湿地和小麦之间反射率有显著的差异,见图10^[30]。用陆地卫星或诺阿(NOAA)卫星的可见光波段的灰度推测陆地上的雪线和积雪深度有一些经验的关系。但是微波遥感陆地冰雪方面,无论主动和被动,均取得了成效。积雪水量与辐射率有反相关,而与后向散射系数有正相关,有十分灵敏的响应。在雨云5—6号卫星电扫描微波辐射仪观测了大陆上雪盖,绘制了北美大陆的雪盖图,勘察了加拿大高原地带积雪。积雪深度和微波(波长1.55cm, 0.81cm)辐射计的亮度温度有反比的关系,它们的相关系数分别达到0.76—0.86,见图12^[30]。在

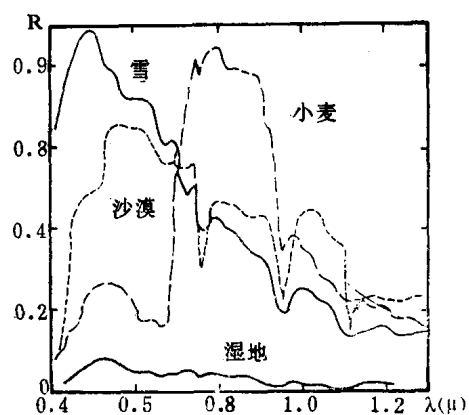
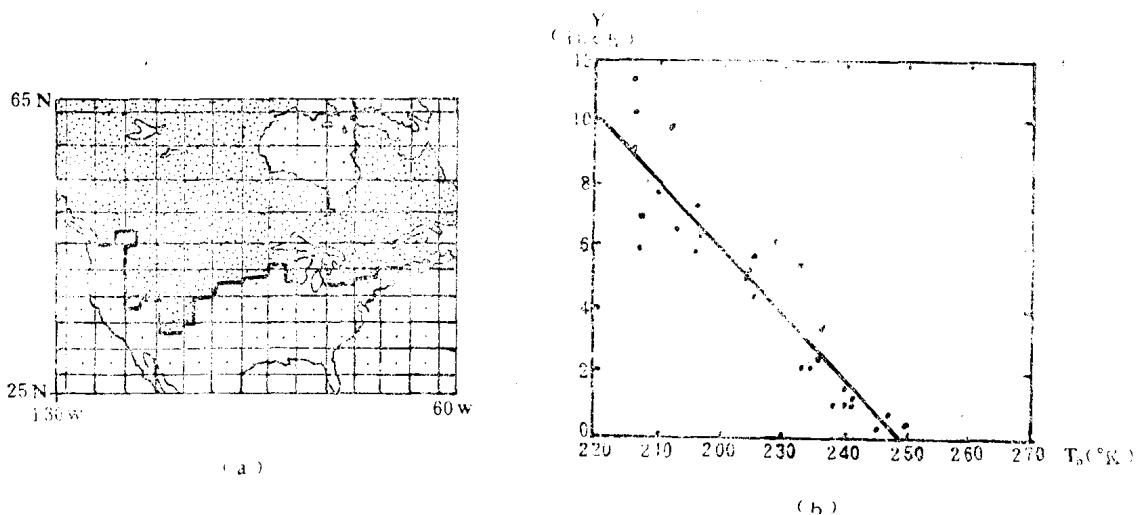


图10 反射率R光谱分布

巴基斯坦和美国的一些地方从卫星资料分析看,历年积雪面积与该地区季节河水量成正



(a) 积雪区 (1976年3月15—21日) (b) 亮度温度 T_b 与雪深 r 的关系 ($\lambda = 0.81\text{cm}$, 垂直偏振)

图 11 雨云6号ESMR ($\lambda = 0.81\text{cm}$) 遥感加拿大高原的积雪区和雪深

比。利用卫星资料从积雪面积上可以进行日融雪流量的预测。在预测日水流量方面, 实测值和预测值是符合的, 其决定系数为0.78—0.95。卫星遥感必然会在开发大陆上冰雪资源, 预防融雪春汛中发挥作用。

三、结 束 语

大气物理和海洋学是地球环境科学中的重要组成部份, 包含着许多世界人们所共同关心的问题。随着空间遥感技术的发展, 推动着大气物理和海洋学的进程, 它必然在监测全球环境中扮演光辉的角色。我国有辽阔的陆地和万里海疆, 我们应当在这方面作出较大的贡献。

参 考 文 献

- [1] Atlas E., C.S.Giam, Global transport of organic pollutants: Ambient concentrations in the remote marine atmosphere, *Science*, 211 163—165, 1981.
- [2] Gage K.S., B.B.Balsley, Advances in remote sensing of the atmosphere, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 21 955—964 1983.
- [3] Davis M.H., et al, Some scientific objectives of a satellite-borne lightning mapper. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 64 114—119, 1983.
- [4] Taranik J.V., M.Settle, Space Shuttle: a new era in terrestrial remote sensing. *Science*, 214 619—626, 1981.
- [5] Reynolds D.W., T.H.V.Haar, L.O.Grant, Meteorological satellites in support of weather modification. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 59 269—281, 1978.
- [6] Sabatini R.R., D.L.Hlovka, R.Arcess, Application of Nimbus-5 ESMR to rainfall detection and to sea ice detection, AD AO13245, 1975.
- [7] Hayden C.M., L.F.Hubert, P.C.McClain, R.S.Seaman, Quantitative meteorological data from satellites. *Technical Note No. 166*, Edited by J.S.Winston, WMO No. 531, 1979.
- [8] Atlas D., J.Eckerman, R.Meneghin, R.K.Moore, The outlook for precipitation on measurements from space. *Atmosphere-Ocean*, 20 50—61, 1982.
- [9] Cracknell A.P., Remote sensing in meteorology, oceanography and hydrology, Ellis