

# 大气探测文集

《大气探测文集》编辑组

气象出版社

1977  
100000

# 大气探测文集

《大气探测文集》编辑组编

气象出版社

## 内 容 简 介

本文集汇总了1980年春季召开的大气探测会议部分论文。内容大致分为遥感、地面观测仪器和高空观测、气象雷达等。这些论文广泛地介绍了气象部门和院校有关大气探测的科研成果，在一定程度上反映了我国近年来大气探测的理论和实际应用水平。文集可供气象台站和科研机构的有关人员参考。

## 大气探测文集

《大气探测文集》编辑组编

责任编辑：邹坚峰

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

空军气象学院印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

\* \* \*

开本：787×1092 1/16 印张：14.75 字数：350 千字

1983年11月第1版 1983年11月第1次印刷

印数：1—2,500 统一书号：13194·0145

定价：1.55元

# 目 录

大气探测学术会议小结.....易仕明 (1)

## 遥感

大气遥感概况.....赵柏林 (3)  
微波遥感大气温度、压力、湿度层结及云雨要素的研究.....赵柏林 尹宏等 (15)  
1.35厘米遥感大气湿度微波辐射计的研制.....李慧心等 (18)  
微波空对地遥感晴空大气温、湿分布的理论研究.....黄润恒 (20)  
雷达-微波辐射计系统遥感云雨参数的原理研究.....吕达仁等 (25)  
大气气柱内水汽总含量的遥测.....孔琴心等 (29)  
遥测大气水汽含量的红宝石激光雷达.....赵燕曾等 (33)  
多波段光度计的研制及大气气溶胶的观测.....毛节泰 赵柏林等 (38)  
重复频率激光气象雷达.....中国科学院大气物理研究所一室107组 (40)  
小型红外傅氏光谱仪.....孔琴心等 (44)

## 地面观测仪器

双压力法恒湿发生器.....郑德诚 (49)  
<湿度查算表>精度的研究.....陶祖文 邹耀芳 (55)  
ZQZ-3型无线电遥测自动气象站试验报告.....倪春森 (63)  
振动筒式数字压力传感器及其在气象探测上的应用.....陈明善 (68)  
电容式遥测雨量计.....郭世浩 (74)  
33GF超声波风速仪.....程刚等 (77)  
大气能见度仪.....谭锡等 (82)  
YZZ 1型有线遥测气象仪.....安务正等 (85)  
数字显示激光测云.....邓方模 伍受天 (90)  
新型线性毛发测湿元件.....于治信 (97)  
恒温热线风速仪与线性化模拟运算器.....程刚 (99)  
光控复制云雾质点的初步试验.....支克广等 (108)  
多道光学粒子计数器——一种大气气溶胶探测仪器.....安徽光机研究所二室202组 (112)  
遥测数字温度计.....黄隆钧等 (114)

## 高空观测、气象雷达及其它

我国高空探测现代化问题的探讨.....梁奇先 (120)  
低空探空仪.....杜金林 张嵩琛等 (124)  
探空仪测量大气折射率剖面中的两个问题.....杨广才等 (129)  
一种适用于探空仪热敏电阻温度元件的高反射率涂料.....黄炳勋 (139)  
利用701雷达测高反算气压的方法.....张冲 曾维达 (144)  
中美探空测风初步对比施放结果.....黄炳勋 (148)  
测风雷达的误差和精度试验方法.....戴理铭 (154)  
探空信息的处理与计算(摘要).....胡本贵 (162)  
五九型电码式探空自动记录器.....卞良赫等 (163)  
测风雷达安置误差的分析.....李白伟 (166)

701雷达真假定向识别附加器 .....	李白佳等 (172)
双波长雷达探测冰雹云中几个问题的讨论 .....	张海福 (175)
713雷达和843雷达探测降水能力的比较 .....	黄炎 葛润生等 (181)
应用太阳辐射测量713雷达的天线参数 .....	葛润生等 (185)
太阳法的进一步分析和应用 .....	陶善昌等 (190)
天气雷达回波数字处理方法 .....	葛润生等 (192)
船载气象卫星接收设备探讨 .....	谢军辉 (198)
简易雷暴探测仪 .....	朱维民 (206)
雷暴自动记录仪设计原理 .....	朱丰毅 叶子祥 (211)
应用太阳辐射测量711雷达的天线参数 .....	葛文忠等 (218)
遥测、通讯、遥控大型海洋水文气象浮标“南浮一号” .....	余文森 (226)

# 大气探测学术会议小结

易仕明

中国气象学会大气探测学术会议于1980年4月2日到8日在中央气象局召开。

会议收到论文106篇。在会上宣读的有72篇，其中大气遥感8篇，地面观测(包括观测元件及遥测自动)32篇，高空探测11篇，天气雷达9篇，其他(云雾物理、检定等)12篇。这些论文基本上反映了我国在这方面的成绩和水平。

在遥感方面，中国科学院大气物理研究所和北京大学地球物理系做了不少工作，在微波、激光、红外、声波的大气遥感理论和实践方面都取得了一定成果。本文集中赵柏林教授对此有较详细的介绍。

天气雷达是遥感技术中用得较广，效果较为显著的一种。近年来我国天气雷达发展较快，继711雷达之后又有713雷达投入使用，714雷达也在研制中。在数字化、校准雷达参数、雷达测量降水、雷达图象传输等方面的研究取得了进展，并进行了3cm与5cm及5cm与10cm雷达的对比观测。这些不但为具体了解雷达的实际效用，也为雷达的使用和雷达网的布置提供了依据。

地面观测、高空探测及遥测自动化工作也有了相当大的进展。我国研制的自动气象站，在会上报告的有五种：海上一种，陆上无线遥测的两种，有线的两种。江苏无线电研究所研制的ZQZ-3型自动气象站在青海试用已取得较好结果。长春气象仪器研究所的DZZ-2型自动气象站经过在海岛、沙漠及山区的试验，各项指标达到要求，首批产品已交用户使用。我国的59型探空仪一直是人工接收的，最近研制成功了自动接收装置，为实现探空仪资料接收自动化迈出了重要的一步。

观测元件及观测方法方面的研究也取得了不少成绩。中央气象局大气探测所研制的热敏电阻和高反射涂层已在GZZ-7型探空仪上使用，与美国的探空仪相比，辐射误差小，在100mb层以下十分一致。长春气象仪器研究所的测温晶体性能良好；太原无线电一厂的测气压震动筒和辽宁省气象局的遥测冻土器均属新创。水银气压表增加了电接，不仅提高了调零点的精度，同时也便于观测；翻斗雨量计经过改进，减小了误差。我国自1954年以来一直采用苏联的湿度查算表，中央气象局大气探测研究所对干湿表理论及系数作了较严格的试验研究，制作了新的查算表，新表0°C以下湿球结冰与不结冰分别采用不同系数，提出我国百叶箱自然通风速度应采用0.4m/s(苏联为0.8m/s)。

其他还有南京大学的激光全息照相滴谱仪；安徽光机所的多道光学粒子计数器，吉林省气象局科学研究所的光控复制降水粒子的方法及中央气象局大气探测研究所的双压力法恒湿发生器等，都获得了好评。

探测现代化是气象工作现代化的重要基础。随着气象科学的发展，要求更深入广泛地认识大气变化规律。从空间尺度说，观测要求从中小尺度到行星尺度，自地面到高空；从时间

尺度说，要求认识自龙卷风之类的短时现象到长期气候变迁的规律；从内容上说，除一般气象要素外，还有大气化学、云雾物理及大气声光电等多方面的内容。这些都对大气探测工作提出更高的要求。任何气象业务及科研的进展都有赖于探测技术的发展。

现在国际上气象观测业务工作有两个重要方面：一方面重视获取全球资料，使数值预报准确率更高，时效更长，这是世界天气监视网（WWW）中的全球观测系统（GOS）的主要目标之一。全球观测系统是一个卫星观测和地面观测相结合的观测系统。在第一次全球大气试验（FGGE）中证实有效的一些先进装备，在八十年代要争取投入业务使用。如飞机探测资料卫星中转系统（ASDAR）和利用卫星传送资料的海上自由漂移浮标系统等。另一方面不少先进国家很注意发展中小尺度天气的观测工作。中小尺度或地方天气的观测，在时间和空间上都要求更密，用常规方法十分费力，有些甚至是办不到的。在这方面，静止卫星、遥感技术及自动观测网很有用。美、日等国已进行了不少工作，研究发展了一些新仪器，建立了相应的观测网，现在已能对一些中小尺度强烈天气进行监测和发布警报、预报。

遥测化、自动化是观测现代化十分重要的部分。搞遥测化自动化不仅是为了减低劳动强度，更重要的是更多更快地收集资料供情报、警报服务使用，特别象中小尺度的观测，需要稠密的站网，没有自动站网是不行的。将来我们应搞卫星与地面相结合的高度自动化观测传输系统，目前首先搞好无人自动气象站以解决沙漠、高原、高山及海岛的气象情报，同时逐步搞一般项目的遥测自动化。在这方面，这次会上已有不少研究，但还需改进完善。搞自动化要从实际需要、实际效果出发，也就是说要从提高观测时效、精度及减低台站工作劳动强度出发，首先要使那些观测强度大、观测不方便的项目及艰苦台站实现自动观测。自动化设备要求稳定可靠，如果自动设备稳定程度差，它的效用就会大大降低。搞观测自动化要有很大投资，在艰苦地区建立及维持自动站在经济上比较合算，但对内地说，就显得过于昂贵，必需力求把设备研制得便宜、可靠、耐用。国际上的经验也表明，自动化设备的推广使用，费用仍然是主要考虑的问题。

新元件的研究工作我们还要再接再厉，继续努力。元件的研究在自动化、提高精度、目测改器测、提高稳定度及降低成本等方面都是重要的。1980年世界气象组织仪器和观测方法委员会召开的气象仪器自动化会议认为，多年来在感应元件方面的研究没有大的突破，象湿度、气压等方面的元件亟需改进；会议呼吁会员国加强这方面的研究。这与我们的看法是一致的。

本次会上观测仪器设备方面的内容多，观测方法方面的内容少。要强调的是观测方法是观测工作中不可缺少的一环，否则观测设备就难以充分发挥其作用。观测时不仅要根据仪器设备的性能及观测目的制订出正确的观测方法，同时也包括根据观测目的选择合适的设备，经济有效地布设站网及选定观测时间。世界气象组织对观测方法很重视，特别对各种观测设备的“最佳配合”问题很重视，近两年已开过多次会议，对各种观测系统的性能、用途及经济价值给以评价，并要求根据数值预报的需要，研究全球最佳综合观测系统及区域的或地方的监测系统，以供全球观测系统（GOS）采用。

气象探测工作面临着现代化的光荣而艰巨的任务，让我们脚踏实地，努力前进。我们预期下届会议将会有更丰富的成果。

本文集由赵柏林、梁奇先、张菊生、易仕明负责编审，最后由张菊生负责编辑。

# 大气遥感概况

赵柏林

(北京大学地球物理系)

从六十年代起,遥感方法广泛地在大气科学中应用,丰富多姿的方法、推陈出新的内容,逐渐地形成了大气遥感这门学科。近年来我国在大气遥感的许多方面也取得了进展,形成了一支大气遥感科研力量。中央气象局、中国科学院大气物理研究所、北京大学等单位在地面遥感和卫星遥感领域有不少良好的科研成果,有些已接近国际先进水平。本文就此略作介绍。在文献[1]中对以往的工作已做了总结,本文在此基础上作一些补充。有些重要成果,由于篇幅所限,难免疏漏。

## 一、微波遥感

地面遥感是卫星遥感的基础。大气是热噪声源,在微波段内,由氧分子和水汽的吸收构成大气微波吸收谱。用大气微波段的辐射信息可以遥感大气温度、湿度、压力层结及云雨要素。为此北京大学开展了地面微波遥感大气层结的研究<sup>[2-11]</sup>,用5毫米—3厘米微波辐射计,接收大气微波噪音。北京大学与大华无线电厂等单位协作研制了六种型号的微波辐射计,其指标如表1所示。

表1 微波辐射计的性能和指标

型 号	测 温 微 波 辐 射 计			测湿微波 辐射计	测云微波 辐射计	测雨微波 辐射计
	A型	B型	C型			
波 长	5 毫 米			1.35厘米	8 毫 米	3 厘 米
频率(千兆)	52.9	52.8	54.4	22.235	35.3	9.37
辐射计类型	迪克式	补偿式	补偿式	补偿式	补偿式	迪克式
整机噪声(分贝)	16.5	14	14	9.6	12	7.2
目 的	大气温度	大气温度	大气温度	大气湿度	云中含水量	雨中含水量
测量范围	<10公里	<10公里	<3公里	<10公里	<10公里	<10公里

上述微波辐射计中,用5毫米波段遥感10公里以下大气温度、压力层结,与无线电探空仪



相比较，5公里以下的温度偏差为2—3°C，气压偏差<2毫巴；用1.35厘米波段遥感大气湿度层结及总水汽含量，与无线电探空仪相比，偏差为3%。在云雨天气下遥感大气温度、湿度、压力层结，对于云层影响的修正要用8毫米波



图1 1.35厘米测湿微波辐射计

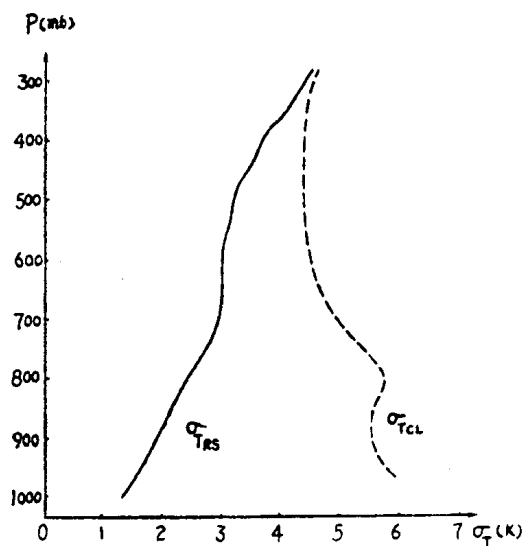


图2 微波遥感大气温度结果

( $\sigma_{TRS}$ : 微波遥感与探空资料的均方根偏差,

$\sigma_{TCL}$ : 气候资料的均方根偏差, 1976年10—11月北京)

段的信息。利用3厘米波段和8毫米波段的雨云信息，亦可遥感雨中含水量和云中含水量。

大气物理研究所105组用3.2厘米微波辐射计遥感一百公里范围内区域性总降水量也已取得成效<sup>[12,13]</sup>。

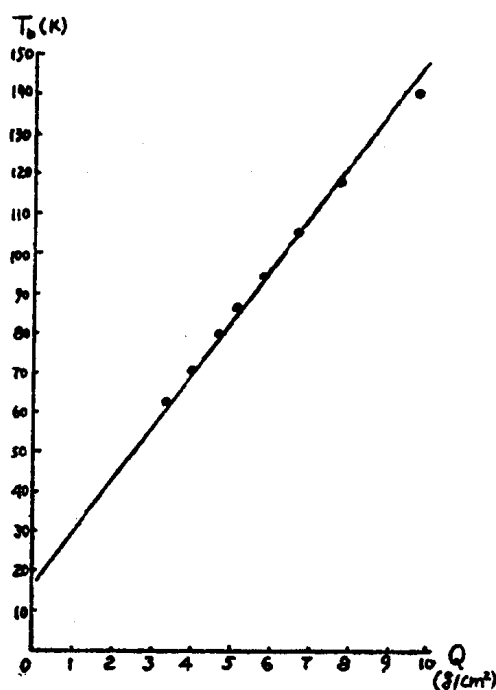


图3 微波遥感大气湿度层结

(1.35厘米亮度温度  $T_b$  与大气总水汽含量  $Q$  的关系, 1979年6—7月北京)

## 二、光和红外遥感

太阳是自然光源，从接收穿过大气的日光信息中，可以反演大气的状态。为此，北京大学开展了光和红外大气遥感的研究，用此研究大气的透明度及大气气溶胶谱分布。仪器见图4，它接收太阳辐射0.4—1.06 $\mu$ 中八个波段及8—12 $\mu$ 红外波段。用它遥感大气透明度谱分布及气溶胶谱分布见图5,6<sup>[14]</sup>。

孔琴心等研制红外傅氏光谱仪测量大气对太阳光的红外吸收谱也取得了成效<sup>[15]</sup>。任丽新、孔琴心用单色计测量通过大气层的太阳辐射，及用0.9423 $\mu$ 水汽吸收带和0.873 $\mu$ 窗口两个波段对比的方法测量大气气柱内水汽总含量，也取得了较好的结果<sup>[16]</sup>。

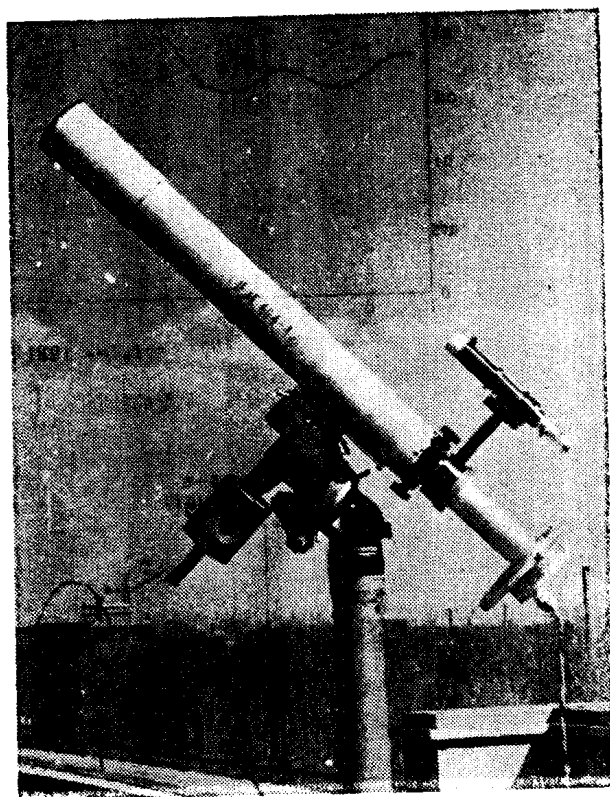
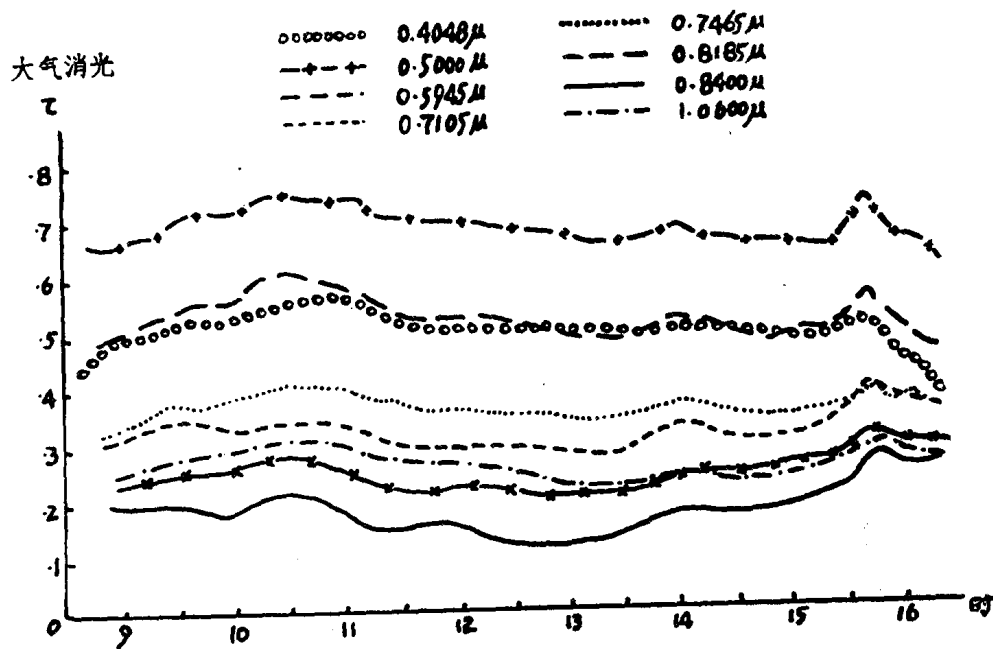
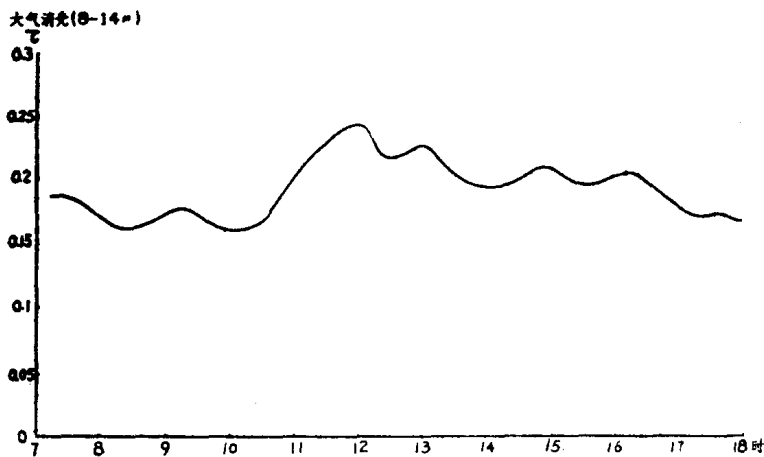


图4 光和红外辐射仪(0.4—1.06 $\mu$  8波段)



(a) 0.4048—1.0600 $\mu$ , 1981年1月4日北京



(b) 8-1.4 $\mu$ , 1981年4月2日北京

图5 大气透明度的日变化  $\left( \tau = \frac{1}{\sec\theta} \ln \frac{I_0}{I} \right)$

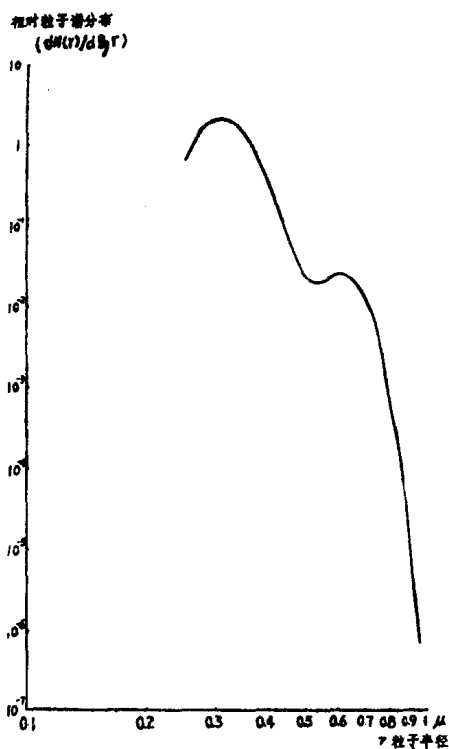


图6 大气气溶胶相对谱分布(1981年1月4日13:30北京)

### 三、激光遥感

大气物理研究所在研究激光遥感大气方面开创最早，并作了很多卓有成效的工作，如激光测距，激光探测斜视能见度，激光探测烟云和大气污染方面都取得了成绩<sup>[17]</sup>。为了遥感大气微弱信息和快速变化，大气物理研究所107组研制成功重复频率激光气象雷达<sup>[18]</sup>。上海无线电23厂激光测云仪已广泛地在业务中使用，将其数值化，并在测云的可靠性及准确性方面

作了检验<sup>[19]</sup>。

大气物理研究所声雷达组研制成功单点声雷达探测系统，并进行了低空大气逆温层及风的观测，取得了成功<sup>[20]</sup>。

#### 四、气象卫星遥感

从卫星上接收大气热辐射信息，遥感大气状态是很重要的。曾庆存、周秀骥等在红外、微波遥感原理方面作了不少很好的工作<sup>[21-26]</sup>。

中央气象局卫星气象中心与北京大学协作开展气象卫星微波遥感的原理和实验工作。气象卫星遥感大气，地物是背景，因此微波地物波谱的研究是很重要的。为此北京大学开展了微波地物波谱的研究，研究地物的介电系数、反射率及辐射率特性。

用短路传输法测量水、海水、土壤的微波复介电系数，测量结果和理论值是一致的（图7）。用微波反射率仪测水、土壤和油污的反射率特性，取得和菲涅耳原理符合的结果，如图8，9所示。用微波辐射率仪研究地物辐射率特性正在进行之中。

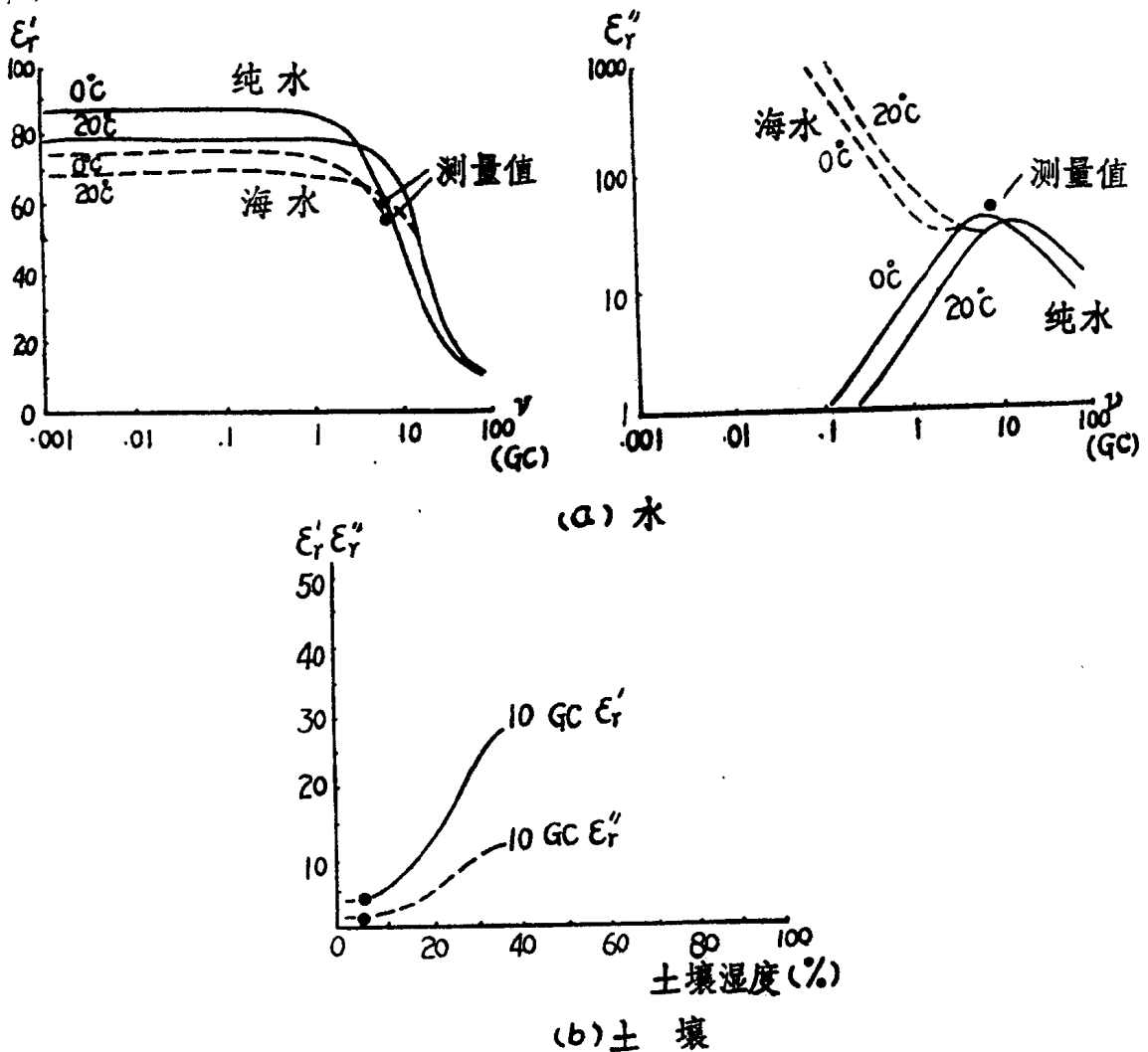


图7 微波复介电系数测量 ( $\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$ )

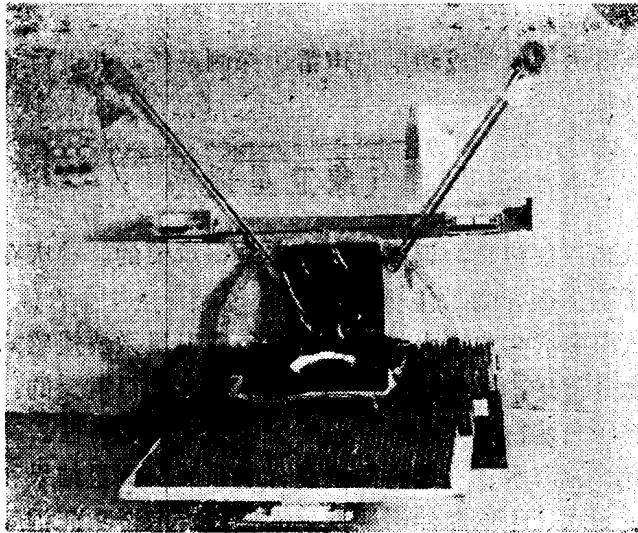


图8 微波反射率仪

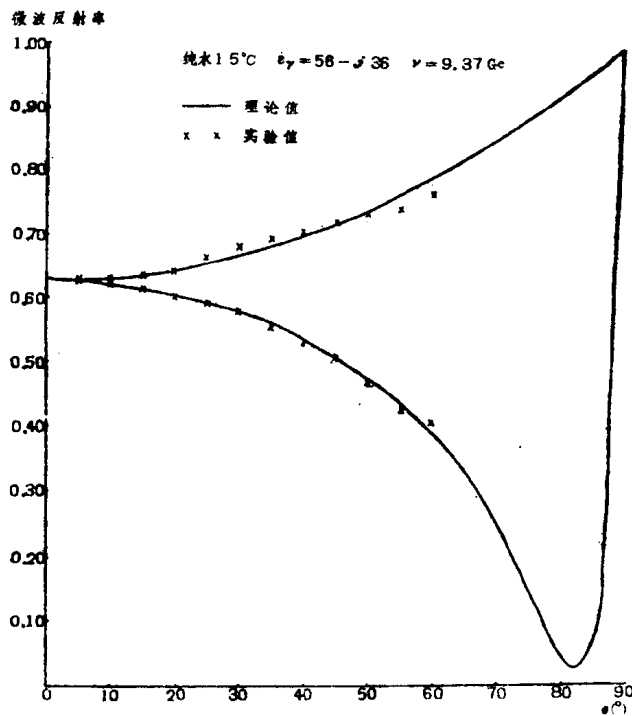


图9 微波反射率随角度的变化(水面: 频率9.37千兆)

## 五、气象卫星展望

遥感用于卫星之上使得气象学进入新的时代,使传统的地学研究有所变化。第一,传统地学方法是由点的观测推断到面,由面结合成空间的特征。卫星观测给我们以面和空间的图象,由此在进行点的研究中能有的放矢;再者面和空间的资料也要丰富,如地球有72%是海

洋，海洋上没有人居，因此人们观测到的雨只有10%，有80%的雨是下在海洋上，它所释放的潜热是大气环流的能量，一切大型天气过程如果不考虑这份能量是无法解决的。大陆之上有25%的地方是永冻土，这是地球冷汇。以往这些冷热源地的资料都是缺乏的，而卫星观测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，就大气而言，它同时能得到高低层的资料，从地气系统或海气系统获得它们间能量交换的信息。迄今已发射的气象卫星约100颗，海洋卫星和资源卫星各有几颗。

美国气象卫星有如下系列<sup>[27-31]</sup>：

1. **TIROS**：1960—1966年共发射10颗。这种卫星上载有电视相机和辐射计，测量云图、水汽分布及辐射平衡。

2. **ESSA**：1966—1969年共发射9颗。除1号外，双号上有自动图象传送系统（**APT**），单号上有高级光导摄影机系统（**AVCS**）。除气象目的外，还有海洋冰雪的调查。

3. **NOAA/ITOS**：1970—1978年共发射6颗，它上面载有的仪器见表2。

**表2 NOAA卫星上的仪器**

	仪器名称	波段(μ)	通道	分辨率(km)	目的
1	甚高分辨辐射仪 ( <b>VHRR</b> )	0.5—0.75 10.5—12.5 通讯用频率 1697.5兆赫	2	0.9	海冰、云图、海面温度。
2	扫描辐射仪 ( <b>SR</b> )	0.5—0.75 10.5—12.5 通讯用频率 137兆赫	2	4.1 7.7	海冰、云图、海面温度。
3	温度垂直廓线辐射仪 ( <b>VTPR</b> )	12—19	8		垂直温度、湿度分布。
4	太阳质子监视仪 ( <b>SPM</b> )				质子和电子的数目能量。

4. 雨云 (**Nimbus**) 卫星：1964年以来共发射7颗，它上面搭载的仪器先后有20余种。1975年发射的雨云6号所搭载的仪器见表3。其特点是用红外辐射仪和微波辐射计配合遥感大气层结，采用扫描观测，可以覆盖全球。由于有微波辐射计配合，可以在云天下遥感，又由于覆盖全球，可以绘制卫星观测（温度、湿度、压力、风、雨等要素）的天气图。雨云7号在1978年秋发射，它的任务是：（1）观测对流层和平流层中大气污染的源和汇，并绘制图；（2）观测海洋颜色、温度、冰，检测水面污染和浮游生物；（3）观测大气层及边界层，为降水预告和长期预告提供信息；（4）大气长短波辐射变化和地球气候的变化监测。

5. **TIROS-N**系列：这是第三代业务卫星，计划从1978—1984年共发射7颗。它搭载的仪器见表4。

6. 海洋卫星 (**Seasat**)：海洋卫星观测海浪、洋流等海洋特性，以及大气中的要素。海洋和气象两学科的关系日益紧密，如此观测趋势是必然的。为了观测海洋状态，海洋卫星上

搭载有主动式微波遥感设备。它所搭载的仪器见表5。

表3 雨云6号卫星上搭载的仪器

	仪器名称	波段	通道	分辨率	目的
1	温湿红外辐射仪 ( <i>THIR</i> )	10.3—12.5 $\mu$ 6.5—7.1 $\mu$	2	8公里 22公里	①平流层和对流层上层水份含量 ②急流和锋面位置
2	高分辨率红外探测仪 ( <i>HRIS</i> )	0.7—15 $\mu$	17	23—31.3公里	①地表温度 ②40公里以下温度垂直分布 ③10公里以下水汽分布 ④铅直方向云中含水量 ⑤长波辐射测量 ⑥云量 ⑦地面平均反射率
3	电扫描微波辐射仪 ( <i>ESMR</i> )	0.81厘米 (37千兆)	双偏振 接收	25公里	①极地海冰分布 ②海洋上空水份的分布,海面风的分布 ③地面特性 ④海陆雨区
4	扫描微波波谱仪 ( <i>SCAMS</i> )	1.35厘米 (22.235千兆) 0.9厘米(31.65千兆) 0.5厘米(52.85千兆) (53.85千兆) (55.43千兆)	5	144—361公里	①0—20公里大气温度、湿度分布、云中含水量 ②水汽及云中含水量世界分布 ③天气信息
5	地球辐射平衡 ( <i>ERB</i> )	0.2—50 $\mu$	22	4.6公里×9.1公里	①入射太阳辐射 ②地球反射 ③地球辐射
6	临边辐射反演辐射仪 ( <i>LRIR</i> )	8.7—25 $\mu$	4	8公里×0.6公里	15—60公里大气中温度臭氧及水汽的分布
7	调压红外辐射仪 ( <i>PMR</i> )	15 $\mu$	2	71公里×350公里	40—90公里温度分布
8	热带风、能量转换 和参考层试验 ( <i>TWERLE</i> )	用400兆定压气球观测,以和通讯卫星观测			①等压面上热带的大气环流和凤场 ②热带对流层和中纬度环流的相互作用

表 4 TIROS-N 卫星上搭载的仪器

	仪器名称	波段	通道	分辨率	目的
1	改进的甚高分辨率辐射仪 (AVHRR)	0.55—0.9 $\mu$ 0.725—1.0 $\mu$ 3.55—3.93 $\mu$ 10.5—11.5 $\mu$ 11.5—12.5 $\mu$ 通讯用频率 1700兆	5	1.1公里	云图、冰雪、海温、温度分布
2	TIROS业务垂直探测器 (TOVS) a. 基本探测装置(BSU) b. 平流层探测装置(SSU) c. 微波探测装置(MSU)	2.7—29.41 $\mu$ 14.96 $\mu$ 0.5厘米 $\left( \begin{array}{l} 50.31 \text{ 千兆} \\ 53.73 \text{ 千兆} \\ 54.96 \text{ 千兆} \\ 57.95 \text{ 千兆} \end{array} \right)$	14 3 4		测量温度、湿度的垂直分布
3	资料收集和平台定位系统 (DCPLS)				①收集固定观测站, 浮标的记录 ②固定观测站、浮标的位置 ③温度、风、海流
4	空间环境监视仪 (SEM)				太阳质子和电子的数量及能量

表 5 海洋卫星上搭载的仪器

	仪器名称	波段	分辨率	目的	测量范围	测量精度
1	压缩脉冲雷达测高仪 (CPRA)	2.16厘米 (13.9千兆)	2公里 $\times 7$ 公里	海面水准高度 高潮 重力波	5厘米—200米 10厘米—10米 1—20米	$\pm 10$ 厘米 $\pm 10$ 厘米 $\pm 0.5$ 米
2	微波风场散射计 (MWS)	2.06厘米 (14.5千兆)	50公里	海面风	4—28/米秒	$\pm 2$ 米/秒 $\pm 20^\circ$
3	相干合成孔径成像雷达 (CSAIR)	22厘米 (1.37千兆)	50米	海冰, 污染, 风暴, 波浪		
4	可见光及红外扫描辐射仪 (SV/IRR)	0.52—0.73 $\mu$ 10.5—12.5 $\mu$	4公里 6公里	海温, 海冰, 云层, 暴风雨		
5	多通道微波扫描辐射仪 (双偏振接收) (SMMR)	4.55厘米 (6.6千兆) 2.81厘米 (10.69千兆) 1.67厘米 (18千兆) 1.43厘米 (21千兆) 0.81厘米 (37千兆)	121公里 $\times 99$ 公里 74公里 $\times 49$ 公里 44公里 $\times 29$ 公里 38公里 $\times 25$ 公里 21公里 $\times 14$ 公里	大气水源, 云中水份海 温, 冰雪, 雨区, 雨 强, 土壤湿度, 天气系 统, 海面风	海面风 7—50米/秒 海温 —2—35 $^\circ$ C	$\pm 2$ 米/秒 相对值0.5 $^\circ$ C 绝对值2 $^\circ$ C



7. 静止气象卫星：包括应用技术卫星 (ATS) 系列中的部分卫星 (ATS-1, ATS-3, ATS-6) 和同步气象卫星-地球静止业务环境卫星 (SMS/GOES) 系列。ATS除作通讯之用外，还作一些气象观测。SMS是GOES的原型，在1974—1975年间共发射了2颗。这两颗卫星曾参加过世界气象组织当时进行的大西洋热带试验。GOES是目前业务上用的静止气象卫星，其主要遥感仪器是可见光和红外自旋扫描辐射仪 (VISSR)，用以测量昼夜云的分布、海陆温度及云顶温度等。卫星上还装有太阳粒子观测仪器，用以测量高能粒子的能量和数目，并装有资料收集系统，收集船舶、浮标等气象站的资料。

预期气象卫星发展的趋势如下：

1. 被动微波遥感频段陆续增多。因为能在云天之下测量气象要素及地球、海洋多种要素，并且还能测量云雨，为此美、苏两国科学家开展了联合研究。

(a) 频段增密。如美国国防气象卫星计划 (DMSP)，已研制成功5毫米7个频率的微波辐射计，用来测量大气温度层结<sup>[36]</sup>。

(b) 为增加微波遥感的分辨率而开拓短波。气象、水文、地质都要求开展1毫米波长以下的微波遥感，事实上海面温度绘图辐射仪 (SSTIR, 计划装在雨云7号卫星上)中已有0.5毫米的微波辐射计，这样可以观测到云雨天气的精细过程、积云云型及其发展等。估计在八十年代可望在这方面有所突破。

(c) 为提高微波遥感的分辨率而加大天线尺寸。例如：美国应用探索者卫星设计用10米直径天线的21厘米微波辐射计，用以测量土壤湿度、地貌、地质之用。

2. 主动微波遥感将用于气象卫星。现在运载能力和功率供给已能达到需要。雷达有高的分辨率，一些要素如陆地上的雨、海面的风及海面气压，用雷达测量有其优越性<sup>[35]</sup>。美国国防气象卫星已有此计划。用卫星测高仪探索副热带辐合区已作过初步研究<sup>[34, 40]</sup>。

3. 扫描成象。从雨云卫星的发展看来许多波段都是扫描成象盖满全球，由此得到一系列资料图，如全球水汽图、云中水份图、雨量图、风场图、等压面上高度、温度、湿度图等，将成为新型式的天气图供天气预告之用。

预计卫星气象除对天气分析外，还会对以下诸方面有所推动：

1. 对云雨物理将有所推动。由于卫星观测分辨率提高可以观测云雨的细微结构，寻找人工影响天气的时机，检查其效果。例如认为人工影响中有“催化窗”，从卫星观测云顶温度以寻找催化的时机。按强风暴研究计划，在1982年风暴卫星 (Stormsat) 上装有微波大气探测辐射仪 (MASR) 外，还要装先进大气探测及成象辐射仪 (AASIR)。微波大气探测辐射仪上有2.53毫米 (118千兆) 氧吸收波段及1.6毫米 (183千兆) 水汽吸收波段的微波辐射计，用以测温、湿、云雨，其分辨率可达10公里<sup>[37]</sup>。另外，卫星甚高分辨率红外、可见光辐射仪分辨率可达300米，这对于地面温度、云顶温度、云体增长变化的监视是有益的。在精细观测基础之上云雨物理会有所推进，微波与红外配合可得到云中结构的信息，例如微波 (0.8厘米) 与红外 (8—12 $\mu$ ) 可以推断云中冰水的分布<sup>[33]</sup>。

2. 与辐射有关的问题会有所突破。例如，平流层及中层大气的辐射平衡问题，在雨云4号卫星用反向散射紫外光谱仪 (BUV) 测量大气臭氧取得成功，大气探索者5号 (Atmosphere Explorer 5) 及雨云7号上都在作这方面的探测，从中获得了全球大气臭氧量的信息。同时卫星提供平流层及中层大气的成份与气象状况的资料，有助于对于该层辐射平衡的