

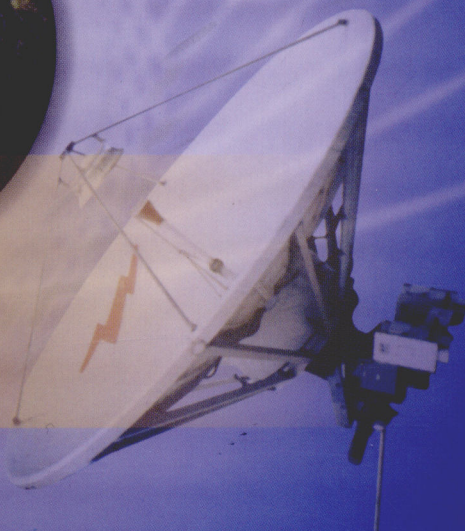
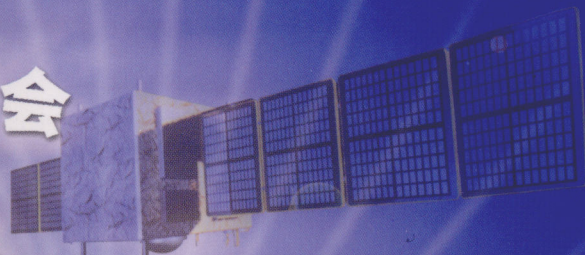
新世纪

气象科技创新 与大气科学发展

——地球气候和环境系统的探测与研究

卫星气象与空间天气学委员会
中国气象学会 大气物理与人工影响天气委员会 编
大气探测与仪器委员会

中国气象学会2003年年会



气象出版社

新世纪气象科技创新与大气科学发展

——地球气候和环境系统的探测与研究

中国气象学会 卫星气象与空间天气学委员会 编
大气物理与人工影响天气委员会
大气探测与仪器委员会

气象出版社

内 容 简 介

本书是中国气象学会 2003 年学术年会有关地球气候和环境系统的探测与研究方面的论文汇编,反映了近年来国内卫星遥感、大气物理和化学、大气探测技术的最新研究成果,共收录论文 108 篇,包括卫星遥感应用、大气物理与大气化学、大气探测技术。内容涵盖了卫星应用与空间天气、地基大气探测技术、气象业务应用系统、人工影响天气技术、数值模式等多方面的应用研究。

本论文集可供从事卫星遥感应用、大气物理和化学、大气探测技术的专业科技工作者阅读,对于全面了解国内卫星遥感应用、大气物理和化学、大气探测技术的现状和发展有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

地球气候和环境系统的探测与研究/中国气象学会卫星气象与空间天气学委员会、
大气物理与人工影响天气委员会、大气探测与仪器委员会编. —北京:气象出版社,2003. 11
(新世纪气象科技创新与大气科学发展)

ISBN 7-5029-3697-1

I. 地… II. ①中…②大…③大… III. 大气科学-学术会议-文集 IV. P4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 105174 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081 电话:68407061)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:纪乃晋 陈红 终审:郭彩丽

封面设计:王伟 责任技编:陈红 责任校对:黄云华

*

北京市白河印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:27.5 字数:813 千字

2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月第一次印刷

定价:380.00 元(全七册)

序

1924年10月,竺可桢等我国老一辈气象学先驱们发起并创建中国气象学会。自中国气象学会创建之始,就以举办学术年会的形式开展学术交流,以团结国内气象同仁,共图中国“气象学术之进步与测候事业之发展”。在1924年至1948年的25年间,中国气象学会曾先后举办过15届年会。中国气象学会年会的连续举办,倡导了学术交流,推动了气象学更多地吸纳其他自然科学的成果,进而为我国现代大气科学的建立奠定了重要的基础。

新中国成立后,由于气象科学的迅猛发展,学术年会大都由各专业学科,如气候、动力气象、大气物理等举行分散、小型的学术活动,而在每四年召开一次的中国气象学会会员代表大会期间才召开综合性的学术年会,随着现代大气科学的发展,学科交叉与渗透越来越明显,越来越重要,于是,2002年10月18日召开的中国气象学会第25届理事会常务理事会第一次会议做出专门决议,自2003年起恢复与建立中国气象学会年会制度,并将2003年年会的主题确定为:新世纪气象科技创新与大气科学发展。

年会制度的建立将有助于对学会学术活动进行重新整合和集成,突出多学科、跨领域、跨行业特性,从总体上提高学术活动的规模、水平、质量和效益,提升其学科、行业、社会的影响力,年会制度的建立,也有利于与世界各国的学术交流,更好地体现学会的学术地位和不可替代的特殊作用。

在筹备2003年年会的工作中,虽然遇到了诸如SARS爆发的影响等困难,但更多的是得到了国内各气象机构与各有关单位的切实支持以及众多科技人员的热情响应。在2003年年会组委会主席黄荣辉院士的具体指导下,本届年会各分会主席与学会秘书处通力合作,在较短的时间内编印出版了共七个分册的2003年年会论文集。感谢所有参与本文集编印工作的同志,感谢气象出版社提供的帮助。

如此众多的高水平论文汇编于这一文集中,为2003年年会的成功提供了重要的基础条件,期待它能够产生应有的作用,也期待2003年年会的所有参与者能够从对各种科学问题的交流切磋乃至争论中,从他人的成果和经验中,得到新的启迪和裨益。

中国气象学会理事长

何荣光

2003年11月8日

前 言

卫星遥感、大气物理与大气化学、大气探测属于高科技领域,是促进社会进步、发展国民经济、改善生态环境、支持科技发展和增强国防实力的重要学科,其科学性、技术性、应用性和服务性涉及到广泛的科学技术领域,特别是空间科学、信息科学、地球科学和生命科学。在强烈的应用需求牵引下,遥感技术、大气物理与大气化学、大气探测在国内外受到高度重视,竞争激烈,发展迅速,其应用已深入到经济建设和社会发展的各个方面,成为科技发展、社会进步的重要支柱。

我国是世界上具有独立发展遥感卫星技术能力的国家之一,已先后成功地发射了多颗气象、资源和军事遥感卫星,为卫星遥感技术和应用技术的深入发展提供了保证。目前我国遥感科技和应用技术已取得了长足的进步,积累了大量的经验。21世纪我国遥感技术将向高精度、定量化和全方位的新目标迈进,不断研制新型遥感仪器,逐步实现遥感卫星系列化、定量化和业务化,进一步推动遥感技术更好地为国民经济服务,为可持续发展服务,以新的姿态迎接本世纪信息技术及源头创新时代的到来。

大气物理学、大气化学和大气探测以及遥感技术是人们了解地球的物理、化学和生态特性及其变化的重要手段,是气象科研和业务工作的基础。没有对大气状况及时准确、连续详尽的了解,就难以实现对大气状况的精确预报和对灾害性天气的预报预警,因而也就谈不上趋利避害,造福人类。

科学技术的发展,特别是传感器技术、电子技术、计算机技术和通信技术的日新月异,为大气探测技术和气象仪器的发展开辟了一条崭新的道路。我国的大气预测技术和气象仪器领域正在发生着深刻的变化。其重要的标志体现在两个方面:一是我国大气探测技术领域里的科技工作者,经过几十年风风雨雨的不懈努力,已将科技成果转入气象业务应用,如自动气象站、L波段二次测风雷达-电子探空系统、新一代天气雷达等;二是各种新的大气探测技术和仪器的设计研制和试验,正在蓬勃展开,并取得了明显的进步,如大气遥感探测技术、飞机探测以及特种探测技术等,并且逐步渗透到环境监测领域,发展成为综合探测系统。

近年来,在国内各部门和其他社会力量的大力支持下,卫星遥感应用、大气科学正在向深度和广度发展。遥感技术与GIS、GPS的应用更趋于综合。大气物理、大气化学、大气探测已呈现出与卫星遥感相结合的趋势,在气候、气象应用方面尤其突出。光学及微波遥感探测表层,二者结合形成的大气立体探测,已经显示出了美好的发展前景。

展望未来,我国的卫星对地观测、大气物理与大气化学、大气探测技术正朝着新的发展阶段迈进。我们相信,这些学科的发展,反过来会进一步促进国民经济和社会的可持续发展。我国的卫星遥感、大气物理和化学、大气探测技术将会发展到更高的水平。

中国气象学会2003年学术年会是围绕“新世纪气象科技创新与大气科学发展”这个主题,在标志着中国航天技术发展里程碑的神州五号载人航天飞船刚刚成功完成首次载人飞行,举国上下一片欢腾的背景下召开的,是气象界、大气科学界的盛会。中华民族的航天创举,在本届学术交流会上将具有特别振奋的鞭策意义。

本次会议F分会场的主题是“地球气候和环境系统的探测与研究”。在卫星气象与空间天气学委员会、大气物理与人工影响天气委员会、大气探测与仪器委员会三个专业委员会共同协作下,共收集到全国各大院校和研究院所提交的论文108篇,集中反映了卫星遥感、大气物理和化学、大气探测技术的最新发展,涵盖了卫星应用与空间天气、地基大气探测技术、气象业务应用系统、人工影响天气技术、数值模式研究等多方面的应用研究。所有论文将按以上五部分收入论文集。

《地球气候和环境系统的探测与研究》专题论文集的出版,对于读者全面了解国内外卫星遥感应用、大气物理和化学、大气探测技术的现状和发展趋势有很大参考价值,对于促进大气科学的发展、普及科学知识、培养更多的优秀科技人才具有重要意义。

本届年会F分会场会议由卫星气象与空间天气学委员会、大气物理与人工影响天气委员会、大气探测与仪器委员会联合主办。在汇编此文集的过程中,大气物理与人工影响天气委员会主任委员毛节泰教授、大气探测与仪器委员会主任委员胡玉峰教授以及许多专家付出了辛勤的劳动,给予了很大的帮助,在此表示感谢。

由于编辑出版仓促,不妥之处,诚请指正。

中国气象学会卫星气象与空间天气学委员会主任委员

张文建

2003年11月10日

目 录

序
前言

一、卫星应用与空间天气

卫星气象在中国气象事业发展战略中的作用的思考 张文建(3)

加强历史气象卫星资料的规范化处理为气候研究和数据共享提供系列化产品 刘玉洁(10)

空间天气:从研究到预报 李昌兴(15)

空间天气对远程导弹作战的影响及对策探讨(摘要) 李贞堂 赵芳(19)

中国闪电密度的不均匀分布特征 马明 陶善昌 祝宝友(20)

中国雷电活动的异常变化与 ENSO 事件 陶善昌 马明 祝宝友(24)

星载 GNSS 掩星接收机的现状及发展趋势 杜晓勇 薛震刚 符养(28)

黑龙江省产生冰雹的卫星云图特征分析 张晰莹 方丽娟 景学义等(33)

水汽图像在高原天气预报中应用的初步分析(摘要) 郁淑华 何光碧(39)

风云 2 号云图在短时强对流天气预报中的应用(摘要) 傅昺珊(40)

主特征提取应用于风云气象卫星云图处理 王振会 裴晓芳 许建明等(41)

局地 ATOVS 辐射资料在 NWP 同化中的偏差订正试验研究 刘志权 吴雪宝 张凤英(46)

从 118.75 GHz 附近 6 个通道亮温反演大气温度廓线的数值模拟研究 陈洪滨 林龙福(50)

东北地区大气臭氧总量的变化特征 汪宏宇 龚强(54)

SAR 资料海面风场反演模式的对比研究 刘宇迪(57)

利用数值模式和卫星资料分析沙尘输送 王炜 方宗义(61)

卫星资料反演大气可降水方法研究 师春香(65)

NOAA 卫星沙尘暴光谱特征分析及信息提取研究(摘要) 郭锐 倾继祖(70)

梅雨锋暴雨的四维变分同化试验 程小平 王云峰 侯志明等(71)

NOAA 卫星与我国台站积雪监测的比较 郭艳君 翟盘茂 李威等(75)

气象卫星图像产品气候资料集的建立及初步应用 赵元茂 徐八林(79)

西藏拉萨地区 NOAA NDVI 与气象气候要素的关系 除多(83)

近 20 年来中国气候变化的遥感监测(摘要) 张甲坤等(87)

利用 TM 和 AVHRR 资料估算非均匀地表区域能量通量 马耀明 李茂善 马伟强等(88)

气象卫星资料监测大范围旱情的应用试验 杨扬 周国良 戚建国等(93)

气象卫星遥感若尔盖高原环境和实地考察后的思考 但尚铭 但玻(97)

云南地球环境预测系统研究(摘要) 秦剑(100)

雾的 NOAA 卫星光谱分析 孙涵 孙照渤 李亚春(101)

卫星遥感监测雾的研究(摘要) 袁志康 赵奇峰 陈伟(106)

双星立体观测的云顶高度反演 王洪庆 吕胜辉 张焱等(107)

MODIS 多光谱云相态识别技术研究 周著华 白洁 刘健文(111)

基于统计模式识别的云分类技术研究 朱亚平 刘建文 白洁(117)

用星载雷达和微波辐射计对江淮云雨垂直结构进行分析及模拟研究

.....	刘文明	金鑫	朱元竞(121)
卫星遥感资料在台风路径预报中的四维变分同化应用	王云峰	王斌	马刚(128)

二、地基大气探测技术

平面偏振光的分子散射方向分布图	王普才	王建凯	(133)
南岭大瑶山浓雾的宏微观结构与能见度研究	吴兑	邓雪娇	毛伟康等(136)
武汉多普勒天气雷达系统建设的要素分析(摘要)	万玉发	吴翠红	左中正(144)
中小尺度天气系统的多普勒统计特征	伍志方	胡胜	叶爱芬等(145)
梅雨锋暴雨的多普勒雷达回波分析(摘要)	刘火胜	浦燕鸿	(153)
X 波段双极化、双波长微波主被动联合遥感系统的研制与初步观测			
.....	段树	张凌	刘锦丽等(154)
L 波段雷达-电子探空仪系统探空资料质量初析	黄炳勋	郭亚田	陶士伟等(158)
多普勒天气雷达探测中尺度气旋方法的研究	胡明宝	吴书君	杜晓勇(163)
朝阳地区一次飑线雷达回波演变浅析(摘要)	杨雷	霍星远	(167)
利用 VAP 法反演等高面上二维风场技术研究	王俊		(168)
利用新一代天气雷达研究夏季对流云特征	曾光平	陈秋萍	冯晋勤等(172)
CINRAD/SA 雷达调试与测试系统的开发及应用	段士军	吴京才	高玉春(179)
高达软件:从 NEXRAD 向 CINRAD 的移植和开发	高玉春	张建云	孟昭林(183)
未来 10 年我国大气探测技术的发展趋势			胡玉峰(187)
单多普勒雷达 VAP 方法反演水平风场的检验	刘淑媛	陶祖钰	(190)
CINRAD/SA 雷达天线的辐射特性分析及其支持双线偏振升级的可行性研究			
.....	梁海河	徐宝祥	刘黎平等(194)
单多普勒天气雷达在雷暴监测和甚临近预报中的应用(摘要)	刘洪恩	郭虎	(197)
CINRAD SA 型雷达系统稳定性分析	张建云	段士军	高玉春等(198)
基于数学形态学的多普勒天气雷达风场资料处理	黄小刚	陆汉城	费建芳等(204)
一次混合云暴雨中尺度三维动力结构特征的双多普勒雷达研究	周海光	张沛源	王玉彬(207)
实施计量抽样检查确保探空仪测量准确度			薛蜀云(212)
新型 GPSO3 大气臭氧探空系统	宣越健	王庚辰	马舒庆等(214)
采用双积分原理的数字式探空仪	翟东力	卢轶	(218)

三、气象业务应用系统

长江流域梅雨锋暴雨外场科学试验资料库系统	高梅	接连淑	张文华等(223)
温度梯度监测系统在城市环境气象要素研究中的应用	黄珊	康西言	(227)
山体滑坡预报业务建设若干问题的讨论	马力	廖代强	(230)
自动气象站 GPS 自动授时系统(摘要)	熊国华	马中元	(235)
Ⅱ型自动气象站实时监测与报警系统的应用开发(摘要)	鲁礼炳	艾劲松	(236)
自动气象站系统安全探讨		尹洪波	(237)
基因特网/内联网技术的我省多部多普勒天气雷达资料网络共享应用		李芬	(240)
北京地区闪电定位与雷暴预警系统试验	陈宏尧	张传祥	张磊(244)
长江三角洲 GPS 气象网的建设和在天气预报中的初步应用	丁金才	叶其欣	黄炎(248)
北京地基 GPS 水汽遥测系统远程通讯与控制系统及其初步应用	张京江	张朝林	王迎春等(253)
自动气象站监测资料的质量评估		刘至仁	(256)

固态降水数据采集技术的研究(摘要)	杜广朝 鲁建立 王二虎等(261)
-------------------------	-------------------

四、人工影响天气技术

机载微波辐射计测云中液态含水量:野外飞行观测	金德镇 雷恒池 谷淑芳等(265)
吉林省 1995 年 5 月 9 日一次降水性层状云人工增雨微观探测飞行个例分析	谷淑芳 金德镇 张景红等(269)
河南典型层状降水云系物理概念模型研究——020405 低槽冷锋降水云系多尺度结构观测分析	周毓荃 洪延超 苏爱芳(273)
3S 技术在人工影响天气决策指挥业务中的应用	陈怀亮 邹春辉 周毓荃(276)
2002 年秋季陕北地区一次锋面云系综合探测分析	陈保国 樊鹏 雷崇典等(281)
陕西省关中、延安适宜人工增雨的时段及层状云雷达回波模型	李金辉 陈保国 罗俊颀(287)
飞机增雨播云物理效应极轨卫星资料分析及模拟研究	余兴 戴进 徐小红等(291)
人工增雨防雹作业信息的网络化快速管理	李蒙 陈坚 宋德燕(295)
机载温、湿度计在飞机人工增雨中的应用	王以琳 刘诗军 刘文等(299)
晋中市人工防雹减灾系统研究	胡玉清 刘晋 陈红萍(305)
人工增雨催化部位的 AMSU-B 图像特征分析	刘文 王俊(309)
机载对空微波辐射计测云液态水	雷恒池 魏重 沈志来等(312)
一次典型的冷锋雨带微观特征、降雨机制及其人工影响潜力的研究	刘健 于勇 蒋彤等(315)
飞机人工增雨宏观综合参数测量系统	李茂仑 金德镇(319)
催化剂扩散轨迹的探求	张景红 谷淑芳 汪晓梅等(322)
人工影响天气液氮载体的筛选	齐颖 汪学林 郑娇恒等(325)
用雷达回波进行定量人工增雨效果检验	崔莲 李薇 陈知新(328)
液态二氧化碳播云物理效应的观测研究	樊鹏 陈保国 雷恒池(331)
大气中 CO 柱总量的地基遥感探测	王庚辰 孔琴心 王普才等(336)
昆明地区春季臭氧的垂直分布	郑永光 朱佩君 陈鲁言等(340)
2002 年 1 月北京冬季臭氧垂直分布研究	彭丽 赵春生(345)
河北地区自然降水变化趋势及其物理成因初探	段英 郭金平 吴志会等(348)
西北地区空中水汽时空分布及变化趋势分析(摘要)	俞亚勋 王劲松 李青燕(354)
三峡中低海拔地区导线覆冰云雾及气象条件的观测研究	刘建西 刘渝 杨秀蓉等(355)
两次降雹天气过程的地闪分布特征	冯桂力 李昌义 房光华(361)
温垞子区域地面水平风场特征研究	马雁军 刘万军 杨洪斌等(365)
甘肃河西走廊及邻近地区空中水汽的变化特征	刘世祥 黄玉霞 刘治国(372)
一次大到暴雨的物理量诊断分析	刘治国 杨建才 王锡稳等(378)
长江流域梅雨锋暴雨过程 $\alpha-\gamma$ 中尺度结构及产生机理研究	刘黎平 阮征 覃丹宇(384)
“973”加密观测期间合肥地区不同类型暴雨的特征分析	郑媛媛 刘勇 朱红芳等(389)
应用时间序列评估人工增雨效果(摘要)	张玉峰 贾成刚 张文喜(393)

五、数值模式研究

冰雹云中累积带的数值模拟与分析	李薇 于勇 崔莲等(397)
一次暴雨过程的数值模拟及重力波分析	臧增亮 张铭 薛洪斌(400)
最大熵模型的应用	林红 胡欣(403)
湿热泡扰动对强对流云发展影响的数值研究	卿清涛 周和生 刘建西(408)

一次东北冷涡中积云特征的数值模拟	耿素江 王建捷 宫福久等(413)
伴随模式同化系统的设计及其应用研究	沈桐立 李华宏(418)
层状云中对流泡的形成和对降水影响的数值试验	齐彦斌 金德镇(421)
河南省降水性层状云系过冷云水和冰晶的模拟和观测对比研究	史月琴 刘奇俊 刘卫国(426)

一、卫星应用与空间天气

卫星气象 在中国气象事业发展战略中的作用的思考

张文建

(国家卫星气象中心,北京 100081)

1 前言

人类自 20 世纪 60 年代开创从空间观测地球环境以来,其观测能力在不断飞越和发展。为满足经济和社会发展对气象服务要求不断提高的需求和各行各业的应用需求,21 世纪头 20 年,全球业务对地观测卫星系统正在经历性能和功能上的飞跃发展。

进入 21 世纪,中国气象事业发展也进入了新纪元。党的十六大提出了全面建设小康社会的宏伟战略目标。《中国气象事业发展战略研究报告》(下称《报告》)以发展为主线,以服务为宗旨,高屋建瓴地提出了未来 20 年我国气象事业的发展战略思路 and 重点,提出了建设“四个一流”、完善“四个体系”、率先基本实现气象现代化、实现从气象大国向气象强国的跨越、总体水平达到国际先进水平的战略目标。这个战略目标是指导我国气象事业发展的战略指南。

《报告》在建设“四个一流”的战略目标中,将“面向国家需求,建立卫星对地监测系统”的内容,放在“一流装备”的首位。《报告》中多处提到“发展遥感遥测技术”“建立国际一流水平的天气、气候监测网,具备主要探测设备的自主研发能力”“以灾害性天气为重点,加强遥感遥测监测系统建设,大力发展极轨和静止对地综合监测卫星、小卫星等空基监测预警系统”等。这些都充分表明了卫星对地观测在我国气象事业发展战略中的重要地位和作用。我国卫星气象事业的发展作为气象事业发展的一个重要组成部分,如何在气象事业发展中发挥高科技支柱作用和做出显著的贡献,是应该加强研究的战略问题。

对地观测卫星及其应用的发展具有以下特点:

(1) 卫星发展具有高技术、高投入、高风险、高应用效益和较长研发周期的特性,所以发展必须考虑先进性、超前性和战略性,卫星对地观测的性能要体现时代性;

(2) 卫星观测具有全球覆盖优势,应用领域几乎触及国民经济和社会发展的每个领域,所以发展必须具有全局观;

(3) 卫星数据应用是新兴和交叉学科,需要发展新理论、应用新技术、开拓新领域,所以发展必须具有创新性,富于创造性。

我们要按照中国气象事业发展的战略思想和战略目标,指导我国卫星和应用发展的方略;站在为国民经济发展主战场服务的角度、维护国家可持续发展保护环境资源的高度,以及为国家安全服务的战略方位,来思考卫星的应用和发展;按照地球系统科学研究从观测(observation),到理解(understanding),进而实现模拟与预报预测(modeling and prediction)的三个科学发展阶段,梳理我国对地观测卫星及其应用的发展思路。

2 发展方向

2.1 向地球系统观测卫星方向发展

(1) 发展背景

观测是地球科学工作的基础,是地球科学发展的水之源、木之本,而卫星观测平台具有得天独厚的优势。从 1960 年世界发射第一颗气象卫星以来,经历了 40 多年的发展,目前已经到了从“气象卫星”向“地球系统观测卫星”的革命性更新换代发展的历史机遇期。

极轨卫星系统 到 2006 年前后,计划发射第一颗我国风云 3 号卫星,同期发射的还将有美国军民共用的“国家极轨业务环境卫星系统(NPOESS)”的第一颗研发卫星 NPP,和第一颗欧洲极轨卫星(METOP-1);2008 年前后,将形成由 FY-3, METOP-2/3 和三颗 NPOESS 卫星共同组成的强大的国际极轨卫星星座,卫星重复观测时间间隔可缩短到 3h 以内,最高空间分辨率达 250~375m;光谱范围覆盖紫外、可见光、近中远红外、微波、射电波等宽广波段;每颗卫星上的遥感仪器多达 8~10 个,观测对象包括了大气、陆地、海洋乃至太空(空间环境),观测内容包括大气陆地海洋物理变量、化学变量和大气陆地和海洋动力学变量,可以初步实现地球系统观测的目标。

静止卫星系统 欧洲静止第二代卫星已经于 2002 年 8 月 28 日发射成功。该卫星主遥感仪器有 12 个光谱通道,是目前静止轨道卫星上通道最多、空间分辨率最高(红外 3km,可见光 1km)的仪器。卫星可以每 15min 完成一次地球全圆盘观测。除高时效地进行临近和超短时天气预报外,优良的卫星遥感仪器性能可以对包括陆地生态环境在内的地球五大圈层变量进行观测,自然灾害监测能力很突出,初步实现了静止轨道地球系统综合观测的目标。

美国目前正在计划下一代静止卫星 GOES-R 系列,计划于 2012 年发射,初步计划 GOES-W 和 GOES-E 将分别由 A 和 B 两个序列,装载不同有效载荷,形成分布式星座,实现地球静止轨道上的多遥感仪器对地球进行高光谱、高实效和高辐射精度综合观测。

(2)主要差距

我国极轨卫星和国际先进水平的主要差距,首先反映在遥感仪器研制起步晚、底子薄、水平低,以及遥感仪器单一、定量化精度和稳定性差等方面。目前风云 3 号卫星有些遥感仪器研制(微波成像仪、高光谱大气探测器等)举步维艰就是例证。遥感卫星大平台也是技术发展难点。我国静止卫星在平台和有效载荷两大技术的业务化方面还都未实现零的突破,期待风云 2 号 C 星开始实现业务化;目前美国、日本、印度静止卫星都已经实现三轴稳定平台,美国还实现了成像和探测的同步观测。我国要实现三轴稳定平台、成像和大气探测同步观测,亟待创新机制和特殊举措,否则很难和目前的风云 2 号卫星计划衔接。

(3)主要发展思路

——牵引两个型号卫星向高性能地球系统观测卫星发展。在卫星研发上,要按照需求牵引的发展方针和气象事业发展的“两个面向”战略,加大牵引力度。对国内要大力推进卫星和有效载荷走向市场机制的竞争发展态势,改变目前独家垄断的现状;对外要面向国际科技发展前沿,在自力更生的大原则下,利用改革开放的大趋势积极推动国际合作,走引进、消化、仿制提高的发展道路,突破卫星和遥感仪器仅限于国内研制,起点低、发展缓慢的僵局。大力促使 2015 年前后我国风云 3 号、4 号卫星达到初步实现地球系统综合观测卫星的发展目标,2020 年建立功能较强、性能较优秀的我国地球系统观测卫星系列。例如,在风云 4 号卫星发展方面,我们已经提出按照一个型号,两个序列(光学遥感卫星序列和微波遥感卫星序列)的基本发展思路,以形成国内竞争发展态势。光学序列重在进行高时间分辨率、高光谱分辨率和高辐射精度的观测;微波序列重在利用微波的高穿透性和 CCD 的高分辨率观测相匹配,进行全天候大气环境、强烈中尺度天气系统、台风、暴雨、洪涝等多种自然灾害的实时监测。风云 4 号卫星和遥感仪器从一开始就要按照新思路发展,走国际化合作发展的道路,这样到 2012 年前后我国静止卫星水平才可能达到和超越周边国家,接近世界先进水平。

——重视小卫星星座的并举发展。发展具有特殊观测任务的小卫星是对地观测卫星另一重要发展方向。小卫星具有投资少、研制周期短、技术复杂性低和应用见效快等一系列特点。可以预见,小卫星至少在以下三个方面可以发挥作用:(1)进行特种观测,如丹麦牵头的欧洲 GPS 气候研究小卫星(ACE+)、台湾和美国联合研制的 GPS 气象应用小卫星星座等,将给卫星遥感带来新的突破;(2)在业务卫星正式发射前,小卫星是新遥感仪器前期试验的最好平台,可以大大降低业务卫星的风险,验证和改进遥感仪器性能,并保持业务卫星运行的连续性,解决我国卫星发展中试验——业务——试验——业务的不利模式;(3)在业务卫星综合平台上个别遥感仪器损坏的情况下,可以用小卫星携带特定观测仪器弥补业务卫星平台的遥感仪器组观测。我们希望能够以协议接收和利用欧洲 ACE+

(GPS)小卫星、接收和使用我国目前已经计划研发的小卫星(包括科技部高性能对地观测微小卫星和环境与减灾小卫星星座等)为突破口,开展小卫星应用研究。

——我国有效载荷的发展要有突破,主要应体现在下列四个分辨率方面:

- 空间分辨率:空间像元的分辨能力要多大,才能识别所感兴趣的目标的特征和捕获其空间变化特性。随着对地球细节观测能力的要求越来越高,对空间分辨率的要求也在不断提高。

- 光谱覆盖和分辨率:在每一个空间像元上,测量连续电磁波谱那一部分,光谱分辨率如何选取,需要多少个光谱采样点,才能够获得所需的大气或地表的地球物理参数。

- 时间分辨率:需要对所感兴趣的目标进行多高频次的连续观测。对地球低轨道卫星,有时候需要组成星座系统来达到所需要的观测时间分辨率。

- 辐射分辨率:观测所需要的信噪比,即对观测目标的辐射变化的分辨能力。它决定了观测所需要的(和所能达到的)精度。

在卫星有效载荷发展的历史进程中,对上述四个分辨率领域的进展都要给予足够的重视,这也是有效载荷和卫星平台发展和创新的最主要的四个方面。全球卫星观测系统有效载荷发展的演进,关键是保持这四个方面的有效改进和整体平衡、协调发展。在发展的不同阶段,根据观测需求进行最佳折衷和取舍也是至关重要的。

——促成我国对地观测卫星发展的“全国一盘棋”。尽早促成“国家对地综合观测卫星”发展框架的建立,促使减少低水平重复、部门分割和国家资源浪费,促进对地观测卫星的集约高效发展。例如,通过目前正在进行的“国家中长期科技发展规划”,争取促成“综合对地观测卫星大平台”重大专项的立项。

从“气象卫星”向“地球系统综合观测卫星”和“对地观测小卫星”的同步发展,是气象科学发展和领域拓展的必然需求,是人类深刻认识和精确预报地球系统变化规律的必然发展方向,是推动我国气象事业发展重要的高科技利器,是气象事业发展战略的重要组成部分。

2.2 向多种类对地观测卫星数据接收发展

(1) 主要发展方向

目前我国气象部门主要接收中国风云卫星、美国 NOAA 和 EOS 卫星,日本 GMS 业务卫星,欧洲 METEOSAT 卫星的数据。普遍存在数据较单一、数据分辨率低而单一,以及以被动光学遥感仪器为主的局面。长期工作经验表明,发现大范围灾害和自然环境变异需要宽扫描幅宽的环境卫星数据,但分析灾害细节和确定环境异常时需要 10m 分辨率数据;洪涝等多种自然灾害常发生在多云条件下,可见光和红外遥感仪器不能穿透云层,不能精确预测中尺度暴雨系统的降水,因而也无法观测云下的洪涝灾害。在暴雨洪涝(如 2003 年淮河大洪水)等自然灾害肆虐的紧要关头,面对国家需求,我们却感到束手无策,不能在国家最需要的时候及时提供救灾信息。面对中国气象事业的大发展,这种局面必须要突破。

(2) 对策思路

——实现接收卫星数据的空间分辨率的多元化。争取在两年内突破目前气象业务应用卫星数据空间分辨率低且单一的局限,向多种空间分辨率卫星数据接收利用方向发展。这样才有利于打开业务和服务领域拓展的局面,体现我国气象部门对地观测能力和服务整体能力的提升。我们计划并通过大力协调,接收我国发射的多种卫星,如环境和减灾小卫星,以及科技部专项“高性能对地观测微小卫星”,逐步走出我国气象事业拓展领域需要高精度、高空间分辨率卫星数据“无米之炊”的困境,解决对高空间分辨率遥感数据的需要。国内卫星和国际卫星的接收在时效和空间覆盖上可以互补。这些高分辨率、全天候卫星遥感数据除实时监测环境变异和对自然灾害进行详查分析外,还应通过数据资源共享提供更广泛的服务。

——实现全天候观测卫星的接收能力。随着国内和国际雷达卫星技术的逐步成熟和投入运行,我们要逐步增强国外和我国雷达卫星数据获取的能力。和地基雷达观测相配合,提高灾害性天气监

测预测能力;和被动遥感仪器相结合,全天候实时监测地表灾害,在国家和人民最需要的时候提供及时的服务。同时为气象科学的研究和开拓应用提供多元化遥感数据,进而开发雪深和雪水当量、土壤含水量、海冰和冰川范围及厚度等多种被动遥感仪器无法获取的遥感产品。例如建设能够兼容接收风云三号和国内外雷达卫星的接收系统,并加大投入业务运行经费,维持业务地接收这些卫星数据的能力。由于这些卫星是商业卫星,运行稳定性和接收可靠性很高,很适用于气象业务部门。

——通过网络获取卫星遥感数据。随着网络技术的发展和国际科学对地观测卫星数据的开放,对于有些非直接广播的国外先进卫星遥感数据和加工产品,应逐步加大网络获取卫星数据的力度。特别是新的卫星遥感仪器数据,例如美国 EOS 卫星上的创新仪器“多角度成像仪(MISR)”,高空间分辨率的“先进地球热发射和反射辐射计(ASTER)”等数据,乃至近实时的 QUIKSCAT 卫星的海洋表面风场产品。这些数据和产品对我国拓展应用和先进遥感仪器的研制参考等,都具有很高的应用和研发价值。由于先进卫星遥感数据量大,要开通国际高速网络通道,才能真正有效地通过网络获取国外卫星观测数据和产品。

2.3 定量产品生成、信息开发和应用水平大为提高

(1) 主要发展方向

——定量产品和信息开发。卫星遥感观测获取的是太阳电磁波的反射辐射(紫外和可见光波段)或地球系统电磁波的热辐射(红外和微波)。对深层次的应用,必须完成从卫星遥感的电磁辐射量,到地球环境物理化学变量之间的科学转换,形成地球物理和化学、动力学变量。这是一个复杂而理论高深的数学物理反演过程,需要大量的科学和应用的试验验证,才能实现从数据到产品的“反演”;或经过复杂的数据同化过程,将遥感辐射量通过同化系统转变为地球环境变量。卫星是高速运动的人造天体,要解决卫星观测数据的复杂地理定位的几何和运动学问题。

在技术上,首先要有遥感仪器技术的保证,如高精度的仪器定标和稳定可靠的遥感仪器性能。在卫星发展的早期,遥感仪器定量化水平差,所以很少有定量化产品;在信息处理技术上,高性能计算机使得高精度计算成为可能。

——数据和产品应用领域。卫星遥感数据和产品的应用领域,随着卫星数据和产品质量的提高在不断拓展;随着计算机和模式计算能力的提高,应用深度不断加深。在美国、欧洲等发达国家和地区,卫星数据产品和应用已经深深根植于气象服务业务系统中,成为必不可少的重要数据源。例如,卫星图像产品已经成为每日天气预报的必不可少的依据。在美国和欧洲的数值天气预报数据同化系统中,卫星数据的使用已经占总数据量的 90% 以上。

产品研制、信息开发和应用,是信息技术、数学物理和地球系统科学专业知识相结合的高科技工作,特别是应用需要既懂得遥感又精通模式的交叉学科人才队伍。要有一定规模的高科技人才队伍和充足而持续的经费和资源投入,才能够研制出高质量的卫星遥感产品和提取有价值的定量化信息并为全国气象和各有关部门提供产品和服务。这是“科技兴业”的典型代表方面之一。

——我们的主要差距。国际上卫星和应用发达国家非常重视定量化产品开发、信息的提取和深层次应用,在卫星发射前 5 年甚至更长时间,就启动预先研究,并给予足够和持续的经费支持,吸引全世界很多科学家从事定量产品研制、信息开发和应用研究。

我们的主要差距是:国家投资进度晚、强度低,往往是在卫星发射前应用系统才立项,基本没有预先研究。这种情况造成卫星发射后很长时间应用效益得不到发挥。我国的遥感仪器定量化定标技术较低,可见光仪器还没有实现星上定标校准,仪器衰减大,性能稳定性比较差,很难形成高质量稳定的产品序列。从事定量化遥感产品和信息提取的人才匮乏,且后继乏人,从事应用研究的多学科人才更少。我国有遥感课程教育的大学屈指可数。

(2) 发展思路

——集中国家级队伍发展高质量定量化产品。国家卫星气象中心要发挥国家级单位的龙头作用,将研制出高质量的卫星遥感产品和提取有价值的定量化信息作为工作的首要任务。加强监督

造促使遥感仪器定量化水平提高,充分利用国际卫星遥感数据开发定量产品,包括空间天气监测产品,促使我国对地遥感仪器、信息提取和应用向定量化方向,并按照四高(高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率和高辐射精度)目标协调发展,针对不同需求发挥某一目标的特色,避免一味追求高空间分辨率,不注重定量化遥感产品开发的趋势。在人才队伍不足的条件下充分利用社会资源和国际合作渠道,在未来2~3年内要取得突破性进展,并走上良性循环和健康发展的快车道。

——动员全气象部门和利用社会力量拓展卫星应用。卫星数据要进入模式,这是卫星数据定量化应用的高层次。卫星数据要进入数值天气预报模式,在提高预报精度和时效方面做出贡献;卫星数据要进入气候系统模式,在提高气候预测准确率和对气候模式预测的真实性检验两大方面发挥不可替代的作用。卫星数据要在临近预报和超短时预报这些常规观测时效无法满足需求的领域和方面发挥更大作用,提高业务预报能力。总之,卫星应用的发展是整个应用部门的大事,要从高层次上推动,用大项目带动,切实下工夫,才可能将其落到实处,用到深处,实现遥感定量化应用的最重要的发展目标。否则就不能实现卫星数据在数值天气预报、气候变化、环境预测定量分析等方面的深层次应用,应用就会停留在“看图识字”的水平。

2.4 数据、产品和服务能力的大跨越

(1) 背景和差距

——数据服务存在很大的技术“瓶颈”。数据服务是世界上所有卫星运行国的重要任务和基本服务内容。接收系统建设费用高,任何国家不可能也不应该重复投资和建设,而要在数据服务和数据共享上下工夫。

数据共享和服务首先要转变思想观念,要站在国家发展的高度上,认识到数据共享给国民经济和社会发展带来的巨大经济利益和社会价值,这才是体现卫星应用效益的最基本形式。要认识到数据服务是卫星运行单位的根本职责,而不能向本部门 and 全社会提供及时有效的数据服务就是失职。其次,要加大投资力度和利用高技术解决数据服务在资源上和技术上的“瓶颈”问题,要突破技术障碍,让全国重要的用户能够高时效地大数据量地获取对地观测数据,解决全国开展卫星遥感的“无米之炊”问题。

——目前国家卫星气象中心的卫星数据共享和服务存在巨大的技术障碍。卫星遥感数据特别是较高分辨率数据的特点是数据大,例如一条轨道 MODIS 数据高达 800~1000MB,由于前期投资的严重不足,长序列数据很难在线服务,加上网络资源的限制,实时数据服务的效率不高;积累 20 年的宝贵数据亟待抢救,基本上无法提供有效服务和使用。

——产品和服务要向为国民经济服务方面迈进。产品和服务是体现对地观测卫星效益的高层次应用。按照美国 NOAA 的研究,美国每年 GDP 的 1/3(按 2002 年计约 30000 亿美元)是气象敏感的,GDP 的 10%(9000 亿美元)是直接受到天气和气候影响的。及时高效高质量的气象服务直接就可以创造社会经济价值,或通过减少灾害损失为国民经济发展挽回损失而实现价值。

我国是一个自然灾害频繁发生的国家,我们的灾害(火、水、雪、沙尘暴、大雾等)监测服务还基本上是准确的及时的,为我国防灾减灾、为公众安全,乃至国防建设和安全提供了有效的服务,做出了一定的贡献。

——定量化高质量卫星应用产品亟需开发和提高。我国目前定量化产品不多,质量不高,应用方面不广,深层次应用服务和取得的效益受到一定的限制。如前所述,在高分辨率和全天候上还没有突破,为国家的经济和环境服务的能力还不强。

国际上发达国家的数据、产品和服务也是随着卫星的发展和社会需求的发展而发展的。以美国卫星运行单位为例,1970 年取名为 NESS(国家环境卫星服务局,这个阶段主要是为接收卫星数据服务的);到 1980 年改名为 NESDIS(国家环境卫星、数据和信息服务局),这时地面系统不仅要为卫星服务,还要为用户负责提供数据和信息服务。

(2) 对策思路