

# Advances

in Meteorological Science and Technology

# 气象科技进展

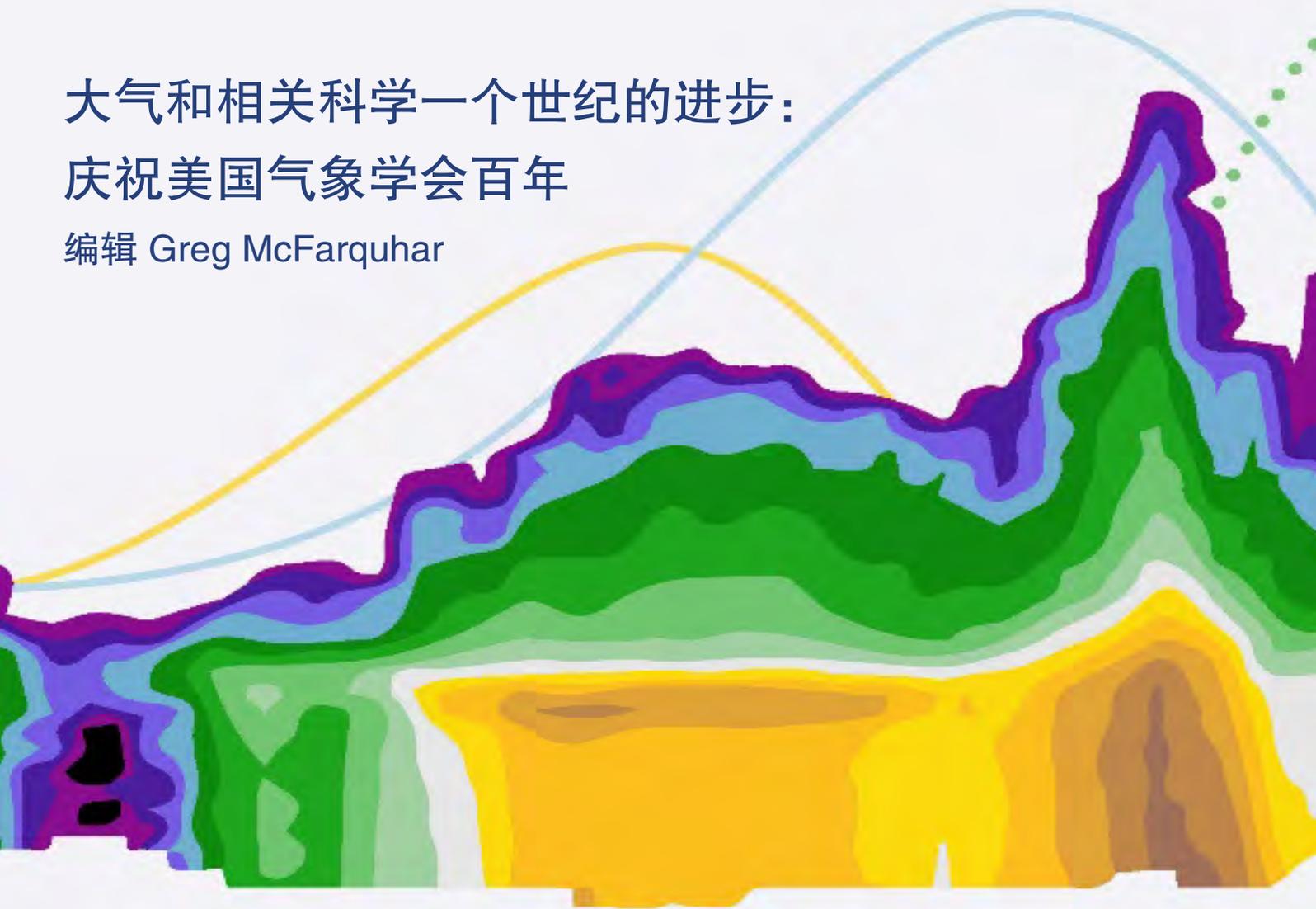
ISSN 2095-1973  
CN 10-1000/P

## 增刊

2019年12月  
第9卷 增刊

大气和相关科学一个世纪的进步：  
庆祝美国气象学会百年

编辑 Greg McFarquhar



# AMS100

ADVANCING SCIENCE, SERVING SOCIETY SINCE 1919

气象科技 **进展**  
Advances in Met S&T



中国气象局气象干部培训学院 主办

**主管** 中国气象局  
**主办** 中国气象局气象干部培训学院  
**出版** 《气象科技进展》(英文) 编辑部

**名誉主编** 丑纪范 中国气象局气象干部培训学院  
**主编** 许小峰 中国气象局

**副主编**

王志强 中国气象局气象干部培训学院  
 肖子牛 中国科学院大气物理研究所  
 翟盘茂 中国气象科学研究院  
 于玉斌 中国气象局  
 李维京 国家气候中心  
 胡永云 北京大学  
 谈哲敏 北京大学  
 孙健 中国气象局公共气象服务中心  
 费建芳 国防科技大学  
 赵立成 国家气象信息中心  
 张鹏 国家卫星气象中心  
 管兆勇 南京信息工程大学  
 何建新 成都信息工程大学  
 黄建平 兰州大学  
 廖小罕 中国科学院地理科学与资源研究所  
 贾朋群 (专职) 中国气象局气象干部培训学院

**常务编委 (按音序排名)**

成秀虎	高学浩	龚建东	郭虎	郭学良
李柏	李国平	罗云峰	倪允琪	曲晓波
任国玉	任小波	沈文海	王存忠	王怀刚
王卫丹	武炳义	杨修群	俞小鼎	张朝林
张庆云	赵平			

**编委 (按音序排名)**

毕宝贵	陈镜明	陈云峰	陈振林	崔春光
崔讲学	董文杰	杜钧文	封国林	何金海
何清	胡欣	胡跃俊	姜彤	金飞
雷小途	李集明	李俊东	李福森	李耀辉
李跃清	李忠	梁旭宇	刘乃	刘黎平
刘立成	刘实	刘征	卢乃	陆日宇
罗兵	罗亚丽	马舒庆	马耀明	彭莹
浦一芬	宋燕	索渺	汤清	田红
万齐林	王斌	王功青	王延	王海
王建林	王式功	王延青	王迎春	王永元
王自发	卫晓莉	温敏	翁富忠	吴立广
谢志辉	闫冠华	延晓冬	杨萍	杨松
杨昭明	姚学祥	伊小玲	翟武全	张大林
张广俊	张立祥	张跃堂	张广	朱定
周定文	周建华	周凌	周显	朱信
朱小祥	朱玉洁	祝燕德	邹立	邹尧

**编辑部**

张萌 侯美亭 秦莲霞 冀文彬 江剑民  
 崔晓军

地址: 北京市中关村南大街46号,  
 中国气象局气象干部培训学院 100081  
 电话: (010) 68409927/68409933  
 邮箱: amst@cma.gov.cn  
 网址: http://cmalibrary.cn/amst  
 投稿系统: http://qxkjjz.cbpt.cnki.net/EditorCN/Quit.aspx  
 印刷: 北京金吉士印刷有限责任公司

本期责任编辑: 贾朋群 张萌 李婧华 (特约)  
 田晓阳 (特约)

ISSN 2095-1973  
 CN 10-1000/P  
 增刊刊号: (2019)京新出刊增准字第(301)号  
 定价: 60元

**主编语**

美国气象学会(AMS)是国际上最有影响力的气象学术团体,也是我国气象科技人员最为熟悉的国外同行组织机构,在国际气象科技交流中发挥着举足轻重的作用。2020年AMS迎来百年华诞,在相关纪念活动中,推出了许多百年来很有价值的气象学术与科技发展历程回顾和述评。我们组织这期增刊,挑选了其中对我国乃至全球气象界都具有影响力的精华部分进行介绍,希望我国读者能从中受益。

这组评述文章以“大气和相关科学一个世纪的进步:庆祝美国气象学会百年”为主题,以AMS旗下《气象文集》第59卷的形式发表(共1393页)。本增刊以文集的27篇文章为蓝本,用编译的方式汲取其中的精华,同时在每篇文章数目庞大的引文里,摘取一些与文章主题密切相关的经典图表,并将支持评述文章对未来展望的最新文献信息加入其中,以扩充文章信息量和提高文章的可读性,从而构成了AMS《气象文集》第59卷的中文节略编译版。

在编译过程中,可以清晰看到美国气象同行在过去一个世纪里对学科发展显著贡献和有效推动,在一些关键转折性节点上发挥了独特和关键作用,在此,我们向这些开拓者们表达深深的敬意。

本期增刊为我国气象学人,包括业务、研究人员和气象爱好者提供了一次难得综合性学习机会,可以对自己投入其中或钟爱有加的学科做一次全面审视,也可以通过浏览一些自己不够熟悉的领域进展情况扩充视野,《文集》评述中揭示了让某一学科在100年的时间里,从“略知一二,却无所适从”,到逐步成熟、“走进社会经济的每一个角落”的不凡历程。这种变化,是科学实现其巨大的社会进步价值最鲜活的案例。

需要进一步强调的是这本增刊设计的主要目的,是希望引起读者对AMS文集的关注,肯定存在不少瑕疵的中文编译本,其功能应该仅限于一个引子,为读者阅读原文提供参考。在此,还要向主要来自中国气象局图书馆的编译者和对编译初稿提出修改意见的专家表示感谢。增刊的出版,得到了中国气象局气象干部培训学院2019年专项(内2019-002)和中国气象局科技与气候变化司相关项目的支持,两位特约编辑李婧华和田晓阳在前期做了大量工作,一并致以诚挚的感谢!

许小峰

## 目次

第9卷 增刊 2019年12月20日

(以下目录给出各章中文题目、编译者和导读文字,对应的原文目录见封底。为增加可读性,编译者从原文参考文献中选取一些与内容相关的图表作为附图和附表,并用**红色标题**标出;从原文中摘译的图表用**蓝色标题**标出,为方便阅读,编号均与原文保持一致。参考文献列表本刊不再给出,读者可对照原文查找。)

## 第1章 美国气象学会:支持科学界 100年 田晓阳 贾朋群.....6

讲述美国气象学会(AMS)第一个世纪的历程,着重于每次改革和新举措的提出如何与行业的发展相契合,最终促进科学研究进步。AMS是第一次世界大战后诞生的一批科学组织之一。第二次世界大战期间和战后,气象学的迅猛发展催生了各类期刊和专业会议,也推动学会成立各专业工作组。美国气象学会会刊(BAMS)的历史和学会一样悠久。这本期刊被设置为原创论文、信息推送混合的期刊,读一刊可知他刊事。BAMS开创了“封面论文”的形式,也用专栏追踪了很多大型科学试验。AMS组织的大型会议和子学科会议大部分开始于20世纪60年代。分各种主题的“伞式”年会成型要到80年代和90年代。现在会议也开始包含一些短期课程和小型研讨会。会议内容的呈现和推送日益网络化,但保持了一个传统,就是在BAMS上报送会议总结。

## 第2章 大气观测系统 100年进步 贾朋群 李婧华.....18

气象始于观察;现代气象学源自定量观测,辉煌于覆盖全球的大气观测系统的建立。AMS百年评述文集中,有多章涉及气象观测,而本章则专注于此。本章的展开方式,与类似的评述略有不同,在大约按照时间顺序给出大气观测系统的成熟和壮大过程的关键科学问题的阐述后,又从不同领域对观测的需求和促进的角度进行了解读和审视。这样的方式,很容易给读者一个感觉,就是很多科学观测,至少是在最开始,是围绕某个应用领域里的一个认识或预报难题设计的,而在完成或实施后,对整个学科的促进以及对观测系统本身的再认识,则是顺理成章的事情。

## 第3章 海洋观测系统 100年进步 贾朋群 田晓阳.....40

观测是气象不变的主题,海洋观测因为海洋与大气相互作用及海洋与气候变化更加密切的关系而尤其如此。海洋观测在本文集中单独设章,既是一种新视角,更是气象科学深入研究使然。实际上,现代气象观测,包括站网建立和观测规范标准的统一等重要科学活动,大多始于海上船只气象观测的尝试。而世界气象组织(WMO)的前身,国际气象组织(IMO)更是主要由航海船长们策划成立的。从这个角度看,海洋观测还是现代气象观测的重要伏笔。阅读本章,可以看到海洋观测与大气观测类似的进步路径:从点到面;从地表向层结;以及从简单要素向更多要素。海洋探测台阶式的进步,也依赖于大型外场观测项目的设计和实施,这其中因为海域与陆地空间的不同,海洋大国和国际合作成为这些项目的主要源地。在这个角度上看,至少在过去百年里,美国气象和海洋学者的视角,拥有更多的全球成分。

## 第4章 地球大气的卫星观测 侯美亭 李婧华.....52

卫星气象学是大气科学中相对较新的分支。它基于二战后火箭技术的发展,起步于20世纪50年代末的冷战时期。在不到70年的时间里,卫星观测彻底改变了科学家观察和研究地球的方式。从早期的卫星观测开始,其数据就被用来对地球大气进行定量测量。现代卫星大气数据涵盖了温度和湿度、风场、痕量气体浓度、云和气溶胶特性、降水和辐射收支。本章作者认为地球科学面临的一个持续挑战是需要平衡持续数十年的连续性测量,这是监测气候变化和评估气候模式所必需的。然而,实现可持续测量的不同机构间的运作机制一直存在问题。本章建议,新的地球观测平台或者观测范式(如协同星座观测、立方体卫星等)必须在获得连续性测量的某些方面发挥成本效益,从而有效和高效地提供未来研究所需的观测。

## 第5章 海洋卫星遥感 50年 侯美亭 贾朋群.....73

本文集大多数经典学科领域贯穿AMS百年历史,甚至更长久,而本章的海洋卫星遥感主题仅有50年的历史,

其起源与 20 世纪 60 年代开始的太空时代有关。当卫星遥感形成全球性业务时，标志着海洋观测开始从船载观测向卫星遥感转变，卫星海洋学也由此诞生。第一张卫星观测得到的全球空间图像所展示的海洋的广阔和复杂状态，从开始就一直困扰和启发着海洋学者：困扰是因为发现了更多还无法解释的海洋多尺度现象；而启发则来自卫星时代的大视角与地球系统的整体观。

## 第 6 章 认识大气环流 100 年进步 贾朋群 李婧华.....89

大气环流主题，在 AMS 百年文集中可能被很多人划分到类似“经典”的主题，换句话说，其综述的很多内容属于经典气象学，是大部分业内人士相对熟知和深刻了解的。然而，细读本章，这种感觉似乎有些不准确。这或许与作者善于用小同行的语言描述这一领域的进展，很少用大同行语言进行脉络的梳理有关。但是，这也从另一个角度，说明大气环流主题本身的变化和发展似乎还没有看到框架性的限制或约束，这也是作者为什么与文集其他作者不同，在本章最后甚至没有给出学科的展望。本章的主要作者来自美国气象业务机构，但其研究的积累之厚重，细节之精通和面对地球大气层，解读各种认知和模拟方法、角度和思路的长短和演进，在本章中演绎得淋漓尽致。业务人员具有这样的理论造诣，权且可以认为这是作者对未来气象业务中心骨干素质的预测。

## 第 7 章 海洋环流研究百年进展 郑秋红 贾朋群.....95

海洋约占地球表面积的 71%，在大气科学领域，海洋被视为全球气候系统的一个重要环节和组成部分，它通过与大气的能量物质交换和水循环等，在调节和稳定气候上发挥着决定性作用，被称为地球气候的“调节器”。然而，从学科发展历程看，直到近代，人类对海洋的研究和理解仍远远滞后于大气。这主要受限于可用的数据资料，历史上，对海洋的观测要难得多。而不多的和逐渐累积的海洋观测数据，同大气科学类似，也最早应用于对海水运动，即海洋环流的解析和认知上。在 AMS 百年评述文集中，来自美国麻省理工学院的作者回顾了海洋环流研究百年进展。

## 第 8 章 认识大气 / 海洋变率耦合动力学 100 年进步 贾朋群 田晓阳 ..... 110

作者对海气之间联系的描述，与之前相似主题文献一般先对统计关系进行描述，再探讨这些现象的可能的机制不同，从摘要开始，作者就试图将普遍存在的海气相互作用现象，用物理机制进行串接，尽管这样的范式或许背后还有所谓灰色地带而存在争议，但是，大量观测和模拟成果在百年到数十年独自奔放之后，需要在 21 世纪完成二者在物理机制上的耦合，应该是作者脑子里的一种已经到来的趋势。作者创造性地利用最后 2 节，全面梳理了学科的去、现在和未来状况和面临的主要调整。这样的写法或许与气候预测本身有关：一方面气候预测需求因极端天气周期性发展变得引入注目；另一方面，在很长的时间里，季节到年际再到年代的气候预测，一直以“研究型业务”为标签开展，很多机制发现或理论建立都第一时间用于预测服务中。

## 第 9 章 边界层气象学 100 年进步 李婧华 贾朋群.....123

大气边界层是地球 - 大气间物质和能量交换的桥梁，地球科学的许多问题都与边界层密切相关，大气圈层乃至整个地球系统的非线性、混沌性等属性，在边界层也体现得最为充分。大气边界层的物理过程复杂而抽象，在过去 100 年里，每一次的重要进展几乎都与理论方法的创新或者观测技术的突破联系在一起。本章详细梳理了边界层研究中的一些宝贵经验教训，它们在帮助研究者们少走弯路的同时，更能激发出创新的思想火花。

## 第 10 章 气相大气化学研究的百年进展 张定媛 田晓阳.....144

大气是人类生存环境的主要部分，大气化学是大气科学的一个重要分支，它主要研究地球大气的化学组成和其中发生的化学反应。随着各种大气环境污染事件层出不穷，大气化学的研究也日益受到重视。作者在本章中提到，大气化学的进步并不是在一条道路上前行，而是一个随机扩散的过程。这或许意味着，未来气相大气科学的进展，会像化学反应那样，与更多学科发生相互作用。

## 第 11 章 云物理、气溶胶和气溶胶化学 100 年进步 张定媛 田晓阳.....159

本章将关注点从前一章转向大气气溶胶的来源、演变和组成，颗粒物与大气水蒸气的相互作用以及云微物理过程。过去 100 年这些领域的进步，不仅来自概念突破，也来自一系列精细探索先前确定的微物理过程的定量理论和实验研究。机载平台、雷达技术和卫星仪器的显著进步，更使得在实验室中无法充分解决的大气过程研究成为可能。文集的 10 章和 11 章，实际上将熟知的“大气化学”领域又尝试进行了细分。目前的划分虽然在人类认识大气化学过程的进程方面，具有合理性，但二者很难划出一条清晰的分界线，而这一点或许正是大气中化学相

关过程的主要特征。

## 第 12 章 地球系统模式开发 100 年 田晓阳 贾朋群.....172

所谓地球系统模式,其历史原点无疑是着眼于大气动力和热力过程的 NWP 模式。NWP 在过去一个世纪里,从思想到实现以相对平稳的方式让预报发生了革命性的改变。与此同时,今天最先进的模式,不仅模拟大气,还通过加入越来越多的耦合过程,使得模式的内容和潜在的服务,覆盖了海洋、水文、冰雪、陆面等圈层和过程;针对大气层,在环流、天气之外,还能模拟影响空气质量的更广泛的化学、生物等过程。着眼于天气演变的 NWP 模式,在加入各种物理、化学甚至地球生物化学过程耦合机制后,开始走向全球气候和地球系统模式。这时,NWP 最初的形式,被冠以“动力核心”或类似名称,继续在这样的系统模式中发挥着某种核心作用及价值,然而模式的框架却不可逆转地进入到气候和地球系统框架。这样的过程,如本章总结所言,是建立在过去一个世纪许多概念和技术的革新之上,源自大气动力学和物理学、仪器和观测实践以及数字计算的发展。

## 第 13 章 预报和 NWP 应用 100 年进步 贾朋群 李婧华.....193

无论是气象业界,还是公众层面,如果选择一个与“气象”画等号的词,“预报”无疑是比例最大的词,而且无论国内还是国际都大约如此。“气象”与“预报”的紧密捆绑,即是气象科学主旨之铭记,更是学科的价值所在。全球气象学者近百年来,一步一步更加坚定和高高举起“预报”大旗,主动融入并最终得到社会的认可。这一根本性的改变,其背后是一支持续百年甚至更长时间全球数代气象工作者努力的长诗和画卷。

预报永远不会完美,但总是在趋于完美。这是最让人丧气,也是最让人振奋的,带给我们的是什么仅仅在于你的角度、态度和气度。这篇无疑可以称为是“C 位”的章节,细细品来能感觉到气象科学的勃勃生机。

## 第 14 章 气候的辐射强迫:辐射强迫的概念、强迫机制及其量化和应用 的历史演变 贾朋群 李婧华.....217

本章被反复提及的术语“强迫”,直观理解就是一种引擎,即地球气候系统运作背后的发动机。太阳恩泽了地球,是因为人类的家园位于太阳强大辐射场的适当位置,而地球和太阳轨道巧妙的交互,让太阳辐射承担了对人类友好的地球气候系统的发动机职能,地球也因此有了寒来暑往。然而,这部发动机由于内部或外部原因,哪怕只是很微小的调整或影响,也会带来地球气候大相径庭的场景。地球 46 亿年的气候变化已经生动地演绎了这种气候演化。高度文明的人类成为地球环境组成部分后,这种演化急需向着和谐而非相反的方向发展。作者在本章中,跟随 IPCC 评估的脚步,从太阳辐射强迫的角度,梳理了气候及其变化与自然和人类活动关系的科学认知,从而将人类社会生活与地球环境紧密地联系在一起。

## 第 15 章 热带气旋研究 100 年进步 李婧华 贾朋群.....237

热带气旋是最具能量和影响力的天气系统,也是气象界广泛关注的主题。本章从热带气旋的观测、生成和增强的理论、数值模拟以及预报等多个角度,展示了该研究领域所取得的卓越进展,是气象科学整体进步的一个最具代表性的缩影。作者也在结果讨论中,提示了一些跨越领域,启发整个气象界思考的问题。

## 第 16 章 温带气旋:气象学 100 年来的研究核心 张萌 贾朋群.....254

当现代气象学在手握经典物理学这一解读天气系统的“神器”后,20 世纪初正是从温带气旋这一影响人类集中居住地的天气系统开始小试牛刀的。本章对气象科学萌生期状况的描述,如凿如刻,不时把读者拉回到大学校园里天气学或动力气象学课堂。而对温带气旋作为完整天气系统的阐述,却又远远超越了那时的课堂,加入了高分模式、多轨道卫星探测以及再分析等更为深刻的语言进行了再次深耕和提炼。细读这章温带气旋认识史,节奏感也与科学螺旋式进展主流规律相映成趣:一方面,与欧洲鼻祖挪威学派相比,美国在百年开始阶段研究和业务都存在大约 5~10 年甚至更长的滞后期,但到了中后期不仅迎头赶上,而且完成了几近完美的超越,即芝加哥学派借势而生,催熟了现代气象科学。另一方面,作者特别强调过去 100 年里,领域内科学进步的主要因素是国际合作,阅读全文并徜徉在 100 年里温带气旋研究的热点不断在欧洲和美洲之间转换,世界各地的学者通过展开当地的加密观测以及国际化高度共享的卫星观测基础设施几乎从建成那一天就实现,作者这样的观点无疑是依据充足的。

## 第 17 章 中尺度对流系统研究 100 年 贾朋群 李婧华.....275

作者采用类似中国章回小说的方式,用 20 节就中尺度对流系统(MCS)的发现、认识、分析、模拟和预报的

演进，娓娓道来，宛如一部浓缩版的气象认知史。细读这章内容，可以深刻感知气象科学进步的脉络感和对人类认知理论及技术进步双车道的依赖。文中大量概念图、剖面图和物理量分布图，阐述了复杂的天气现象从感知到认知的全过程。文中描述的外场科学试验，实际上是气象学者将天气现象请入实验室的有效办法：试验科学设计以及利用试验数据重新解读预报难题是保证和实现试验价值的关键所在，一些试验数据的“意外”更是弥足珍贵。最后，在技术进步带来认识飞跃方面，MCS给出了最鲜活的例子：几乎是与雷达出现同步，主宰强对流天气的对流云团特征，就被预报员和研究者移植到用雷达回波的形状（如盾形、线状或点状等）进行准确解读。各类强对流系统逐步演绎成雷达屏幕上有规律的回波像素的组合，让预报更多受益于雷达探测的同时，也体现了技术和气象科学进步共同创作的神奇。

## 第 18 章 强对流风暴研究和预报 100 年进步 贾朋群 李婧华.....291

经典气象学到现代气象学的发展中，与观测、机理和预测技术都密切相关的强对流，一直是气象各领域共同关注的交界点之一，而围绕这一交界点的科学问题，又是气象科学保护人类生命和促进社会福祉中最重要的内容。本章用了很多篇幅介绍了本领域新的发展方向，这些或许成为更多关注预报和本身从事一线的预报人员反复研读的内容。例如，作者以美国目前的预报系统为例，讨论了主要针对激烈天气的研究架构 WoF，如果改变为业务需要考虑的问题。这样的问题提出本身，实际上也代表了未来研究与业务进一步融合的倾向。尤其难得的是，这种贯穿全文的分析，即深度覆盖了激烈天气研究的各方面，同时也覆盖了从社会经济人文角度，审视灾害社会影响，以及如何更加科学地预报和服务于社会等内容。阅读此章，就能在激烈天气灾害主题下，感觉到自然科学和社会人文学科历史性聚合的脚步。

## 第 19 章 中尺度行星边界层气象学研究 100 年进步 贾朋群 李婧华 .....300

从学科建设、混合和新领域析出的角度看，来源于应用物理学的气象和大气科学，学科地位的上升和被广泛认可，一方面与其成果与民生及社会发展密切相关，另一方面也与学科面对新的科学问题滋生新的学科生长点，并收获科学服务于社会的新功能与活力不无关系。本章中的所谓中尺度行星边界层，实际上也是代表人类影响地球系统，包括大气圈、水圈和生物圈等多圈层的重要入口。全球人口增长并向城市和沿海聚集、气候变化中城市效应等多种社会变化，气象学科整体上的应对和学科内容的多元化趋势，这些在中尺度上人类影响最直接可见，又很可能通过各种机制影响更多时空尺度天气气候的现象以及它们的作用渠道和可能的影响等，本章给出了鲜活的例子。

## 第 20 章 山地气象研究 100 年进步 贾朋群 田晓阳.....307

AMS 百年文集中，如果挑选最接近教科书风格的章节，这篇山地气象学的评述会成为很多读者的选择之一。本章前 3 节，作者通过大量背景信息和涉及大地测量学等更广泛领域相关概念的介绍，让读者对这一较为“亲民”主题的评述的科学含量肃然起敬，为这一气象学分支吸纳的相关领域的科学概念和成就，特别是包括伯努利方程等经典物理学公式的直接应用，感到几分振奋。作者在本章开始，用篮球、保龄球和台球等的褶皱程度，直观解读地球表面的起伏地形，很好地开启了读者在阅读全文时需要的想象空间。与教科书的风格类似，本章也是文集中公式（111 个）和图表（79 个）较多的，而且很多公式来自物理学等学科的基本原理或其特别应用的表达。作者巧妙推证，得到了面对山地气象科学问题时这些公式的形式及应用途径，从而给出看似更加复杂的很多涉及山地和地形气象问题的规律性和理论上的解读，令人茅塞大开，让看似繁杂的山地气象变得有章可循。

## 第 21 章 极地气象 100 年进步 贾朋群 田晓阳.....320

地球两极被称为极地，从最直接的科学意义上来说，源自地球自转轴。这根虚无却实际存在的轴，与地球表面相交时，不仅解释了地球磁场，还造就了地球上两个自然环境最为恶劣的区域。具有全球视野的气象科学，其脚步向两极迈进的初期，不得不与 19—20 世纪初两极探险活动联系在一起。这些探险的，科学遗产之一，是包括整个国际科学界，在世纪时间尺度上，将四次地球物理年与极地年捆绑在了一起，或认为是同一件事情。就像极地是地球的一部分，作者在这篇极地气象进步的综述中，始终没有离开极地以外的发展气象进步，并常常通过与极区的对比，或者提示极地特殊性，或者感悟大气运动物理规律的内在一致性。这样的科学启发性或许是极地独到或独具魅力的地方。

## 第 22 章 应用气象 100 年进步 I: 基本应用 贾朋群 戴洋 邓京勉 .....332

人工影响天气（简称“人影”）、航空和国家安全气象，被本章作者定义为应用气象的三个基本领域。这些

领域无疑是现代气象科学进入成熟期时，面对的最迫切的应用。如果说人影主要是减少气象现象中的不利因素，从而造福人类；那么航空气象则是伴随技术进步，带来人类活动范围扩展的安全性保障，这一能力也直接决定了技术进步本身的可行性，或者是也是技术进步中的一部分。

## 第 23 章 应用气象 100 年进步 II：人口增长应用 吴灿 田晓阳.....345

在过去的 100 年里，地球上的人口增加了 4.6 倍，并且更加集中在城市中。这种扩张和迁移导致了对环境的压力。满足全球人口的能源、交通和工业需求会产生空气污染，空气污染气象学的发展使环境监管机构能够设定和监测排放量，从而帮助改善环境问题。而气象学在交通方面的应用，实现了更安全、强大的道路、铁路和水路系统，为未来的自动驾驶车辆做好了准备。所有这些相互关联的应用都展示了气象学者利用系统方法，集成多类型模型，更广泛地与其他领域的专家合作，参与到世界问题的解决之中。

## 第 24 章 应用气象 100 年进步 III：新兴应用 吴灿 田晓阳.....360

随着人类对粮食、能源、水之间关联关系认识的不断深入，超越了农业与气候之间物理联系的新一代农业气象模式正在出现。在空间天气的应用中，作者指出随着人类探索宇宙空间的愿望和能力的增长，人类对太阳-地球耦合系统的高技巧和高精度空间天气预报的需求将会与日俱增，关于野火（又可称为林火、山火等），虽然人类在理解和模拟火势发展方面取得了重大进展，但对其基本物理过程的理解还尚存空白，加之计算能力的限制，使得大气-野火耦合模型仍处于研究阶段，这也成为建立野火管理决策支持系统面临的最急迫的挑战。关于人工智能在应用气象学领域的应用，作者认为随着深度学习等人工智能领域新的运算模式的出现，在未来是否仍然通过增加处理器数量来提升计算性能尚未可知。

## 第 25 章 水文学 100 年进步 贾朋群 李婧华.....370

如果要为气象学选一门关系最密切的“姊妹”学科，选择水文学的将不在少数。这不仅是因为气象与水文学常互为上下游被紧密捆绑在一起：一方面，气象作为“上游”，为水文风情打下水来源的伏笔，而在服务端气象的水服务还要从水文调查中获得更多的启发；另一方面，从发展的视角来看，气象和水文均在现代流体动力学理论指导下构建了具有一定解析能力的模式开展诊断分析和预测服务，同时伴随大气圈层与水圈成为地球系统中最为活跃和敏感的圈层，共同成为掌控地球系统模拟的关键所在。这样的捆绑或交叉，水文与气象你中有我，我中有你的密切联系，实际上赋予了气象水文学这一经典学科领域更多的内涵，这一点可以从 WMO 成立之初就提出的并行三要素“天气、气候和水”中看出端倪。

## 第 26 章 社会科学、天气和气候变化 田晓阳 贾朋群.....382

天气和气候不单单只是大气科学问题。普通人如何理解天气预报？他们面对预警有怎样的反应？天气和气候灾害有什么社会影响？为什么有的决策考虑天气和气候知识，有的不考虑？这些都是社会科学关注并试图做出解答的问题。但在天气和气候科学中，社会科学仍是一个相对新的部件。这也是为什么 AMS 百年文集中回顾社会科学的章节，没有给自己加上“百年发展”的帽子。但对于广阔的“人文维度”，还是有很多故事可讲。而从故事也可以体会到，科学使用科学，有时比纯科学的发展能带来更大影响。

## 第 27 章 认识平流层和中间层 100 年进步 贾朋群 李婧华.....392

人类主要栖息在地球表面区域，然而，影响地表天气气候的系统和机制，广义上讲则贯穿整个大气层。随着探测技术的不断改进，地球大气被从动力结构的角度，不断被细化分层，而位于主要天气现象发生地——对流层之上的两个大气层，即平流层和中间层，不仅形成了对流层的上部边界和地球大气向太空的过渡，更通过对太阳辐射的影响，对下方大气的热力和动力过程带来影响。不仅如此，由于平流层和中间层相对平静，而能够进入到那里的包括人类导致的污染物大多为微小尺度，能停留更长的时间，从而导致位于大气高层的保护人类免于遭受太阳紫外辐射伤害的大气臭氧层受到破坏，从保护人类生态环境的角度，平流层和中间层得到学者们的高度关注。

在距离地面 10 km 或更高的大气平流层和中间层，海洋和大陆、国界等更加模糊，针对这里的研究，尤其需要国际合作和努力。这篇多个国家学者联合给出的评述，也让各国学者对大气高层的研究成果在文章中高度融合，让我们有机会更清晰地面对地球及其大气系统作为整体的运行和安康。

## 编译后记.....封三

## 编译后记

美国气象学会 (AMS) 为其百年诞辰准备的学科综述文集, 虽然在 2020 年初年会上与读者见面, 但是文集包括的 27 篇评述文章, 其数字化网络版从 2018 年下半年开始, 陆续在线发表。《气象科技进展》联合中国气象局图书馆, 通过图书馆和编辑部主办的气象信息类出版物《科技信息快递》, 于 2018 年 10 月开始, 推出“AMS 百年评述论文译介”栏目, 通过编译这些评述文章, 让相关读者了解 AMS 借助百年庆典, 对学科发展的梳理。

栏目推出后, 得到全国各地读者的好评和积极呼应。不少读者向图书馆索要这些文章的原文和图书馆收集的每篇文章所附的、经常超过 100 篇引文的信息。还有读者对文字中一些关键概念, 尤其是一些跨学科术语的翻译等, 提出了质疑。编译者认真听取了读者反馈意见, 在后期的编译过程中, 特别注意发挥集体智慧, 对一些难以理解的术语和句子结构等, 酌情进行集体讨论, 期待给出更合理的解读。目前的编译稿的原则, 一是注意“厚古薄今”, 对文章背景铺垫和百年历史经典发展节点的阐述, 注意尽量完整介绍; 二是对各章一般位于最后的对本领域未来发展的展望, 给予最大的关注, 希望这些作者用“温故知新”方式阐述的对未来学科发展方向的判断, 能启发中国读者进行更多的思考; 最后, 我们在阅读原文过程中, 努力体会作者引用的大量文献的“分量”所在, 这些引用文献, 往往被作者给出了或大或小的“标签”: 扭转了研究方向、发现了新的科学问题或提出的新的科学概念、研究方法或观测事实等。编译者发挥图书馆优势, 找到这些关键和有特色的引文, 从中汲取与文集内容相关的图文, 加入其中, 以期读者更好地理解 and 把握文集原文的阐述逻辑和得到的结果。尽管作了最大的努力, 限于编译者的水平, 错误和不足仍大量存在, 敬请读者继续帮助我们改进。

经由史出。阅读百年文集, 编译者仿佛又回到了学校, 有机会坐下来慢慢品味学科发展的过去、现在和未来的脉络。

---

(from back cover)

- 172 Randall, D. A., C. M. Bitz, G. Danabasoglu, A. S. Denning, P. R. Gent, A. Gettelman, S. M. Griffies, P. Lynch, H. Morrison, R. Pincus, and J. Thuburn, 2018: 100 Years of Earth System Model Development (Summary in Chinese by Tian Xiaoyang and Jia Pengqun)
- 193 Benjamin, S. G., J. M. Brown, G. Brunet, P. Lynch, K. Saito, and T. W. Schlatter, 2018: 100 Years of Progress in Forecasting and NWP Applications (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 217 Ramaswamy, V., W. Collins, J. Haywood, J. Lean, N. Mahowald, G. Myhre, V. Naik, K. P. Shine, B. Soden, G. Stenchikov, and T. Storelvmo, 2018: Radiative Forcing of Climate: The Historical Evolution of the Radiative Forcing Concept, the Forcing Agents and their Quantification, and Applications (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 237 Emanuel, K., 2018: 100 Years of Progress in Tropical Cyclone Research (Summary in Chinese by Li Jinghua and Jia Pengqun)
- 254 Schultz, D. M., L. F. Bosart, B. A. Colle, H. C. Davies, C. Dearden, D. Keyser, O. Martius, P. J. Roebber, W. J. Steenburgh, H. Volkert, and A. C. Winters, 2018: Extratropical Cyclones: A Century of Research on Meteorology's Centerpiece (Summary in Chinese by Zhang Meng and Jia Pengqun)
- 275 Houze Jr., R. A., 2018: 100 Years of Research on Mesoscale Convective Systems (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 291 Brooks, H. E., C. A. Doswell III, X. Zhang, A. M. A. Chernokulsky, E. Tochimoto, B. Hanstrum, E. de Lima Nascimento, D. M. Sills, B. Antonescu, and B. Barrett, 2018: A Century of Progress in Severe Convective Storm Research and Forecasting (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 300 Kristovich, D. A., E. Takle, G. S. Young, and A. Sharma, 2018: 100 Years of Progress in Mesoscale Planetary Boundary Layer Meteorological Research (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 307 Smith, R. B., 2018: 100 Years of Progress on Mountain Meteorology Research (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Tian Xiaoyang)
- 320 Walsh, J. E., D. H. Bromwich, J. E. Overland, M. C. Serreze, and K. R. Wood, 2018: 100 Years of Progress in Polar Meteorology (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 332 Haupt, S. E., R. M. Rauber, B. Carmichael, J. C. Kniviel, and J. L. Cogan, 2018: 100 Years of Progress in Applied Meteorology. Part I: Basic Applications (Summary in Chinese by Jia Pengqun, Dai Yang and Deng Jingmian)
- 345 Haupt, S. E., S. Hanna, M. Askelson, M. Shepherd, M. A. Fragomeni, N. Debbage, and B. Johnson, 2018: 100 Years of Progress in Applied Meteorology. Part II: Applications that Address Growing Populations (Summary in Chinese by Wu Can and Tian Xiaoyang)
- 360 Haupt, S. E., B. Kosović, S. W. McIntosh, F. Chen, K. Miller, M. Shepherd, M. Williams, and S. Drobot, 2018: 100 Years of Progress in Applied Meteorology. Part III: Additional Applications (Summary in Chinese by Wu Can and Tian Xiaoyang)
- 370 Peters-Lidard, C. D., F. Hossain, L. R. Leung, N. McDowell, M. Rodell, F. J. Tapiador, F. J. Turk, and A. Wood, 2018: 100 Years of Progress in Hydrology (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 382 Lemos, M. C., H. Eakin, L. Dilling, and J. Worl, 2018: Social Sciences, Weather, and Climate Change (Summary in Chinese by Tian Xiaoyang and Jia Pengqun)
- 392 Baldwin, M. P., T. Birner, G. Brasseur, J. Burrows, N. Butchart, R. Garcia, M. Geller, L. Gray, K. Hamilton, N. Harnik, M. I. Hegglin, U. Langematz, A. Robock, K. Sato, and A. A. Scaife, 2018: 100 Years of Progress in Understanding the Stratosphere and Mesosphere (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)

Supervisor China Meteorological Administration (CMA)  
Sponsor CMA Training Centre  
Published by Editorial Office of Advances in Meteorological  
Science and Technology

Honorary Editor Chou Jifan, CMA Training Centre

Editor-in-Chief Xu Xiaofeng, CMA

Associate Editors-in-Chief

Wang Zhiqiang

Xiao Ziniu

Zhai Panmao

Yu Yubin

Li Weijing

Hu Yongyun

Tan Zhemín

Sun Jian

Fei Jianfang

Zhao Licheng

Zhang Peng

Guan Zhaoyong

He Jianxin

Huang Jianping

Liao Xiaohan

Jia Pengqun (executive)

Managing Editors

Cheng Xiuhu, Gao Xuehao, Gong Jiandong, Guo Hu, Guo Xueliang, Li Bai, Li Guoping, Luo Yunfeng, Ni Yunqi, Qu Xiaobo, Ren Guoyu, Ren Xiaobo, Shen Wenhai, Wang Cunzhong, Wang Huaigang, Wang Weidan, Wu Bingyi, Yang Xiuqun, Yu Xiaoding, Zhang Chaolin, Zhang Qingyun, Zhao Ping

Editors

Bi Baogui, Bin Wang, Chen Jingming, Chen Yunfeng, Chen Zhenlin, Cui Chunguang, Cui Jiangxue, Dong Wenjie, Du Jun, Feng Guolin, He Jinhai, He Qing, Hu Xin, Hu Yuewen, Jiang Tong, Jin Feifei, Lei Xiaotu, Li Jiming, Li Jun, Li Liangfu, Li Yaohui, Li Yueqing, Li Zhongming, Liang Xudong, Liu Jingmiao, Liu Liping, Liu Licheng, Liu Shi, Liu Shengyu, Lu Naimeng, Lu Riyu, Luo Bing, Luo Yali, Ma Shuqing, Ma Yaoming, Peng Yinghui, Pu Yifen, Song Yan, Suo Miaoqing, Tang Xu, Tian Hong, Wan Qilin, Wang Bin, Wang Donghai, Wang Jianlin, Wang Shigong, Wang Yanqing, Wang Yingchun, Wang Yuan, Wang Zifa, Wei Xiaoli, Wen Min, Weng Fuzhong, Wu Liguang, Xie Zhihui, Yan Guanhua, Yan Xiaodong, Yang Ping, Yang Song, Yang Zhaoming, Yao Xuexiang, Yi Lan, Zhai Wuquan, Zhang Dalin, Zhang Guangjun, Zhang Lixiang, Zhang Xiaoling, Zhang Yuetang, Zhao Guangzhong, Zhou Dingwen, Zhou Jianhua, Zhou Lingxi, Zhou Xianxin, Zhu Dingzhen, Zhu Xiaoxiang, Zhu Yujie, Zhu Yande, Zou Liyao, Zou Xiaolei

**Editorial office**

Zhang Meng, Hou Meiting, Qin Lianxia, Ji Wenbin, Jiang Jianmin, Cui Xiaojun

Add: CMA Training Centre, 46 Zhongguancun Nandajie,  
Beijing 100081, China

Tel: +86-10-68409927/68409933

Email: amst@cma.gov.cn

<http://cmalibrary.cn/amst>

<http://weibo.com/2115232930/profile>

Printed by

Beijing Jinjishi Printing Limited Liability Company

ISSN 2095-1973

CN 10-1000/P

RMB 30.00

## Main Contents

**(Suppl Issue: A Century of Progress in Atmospheric and Related Sciences: Celebrating the American Meteorological Society Centennial, A Chinese Summary Version from AMS Meteorological Monographs, Vol.59)**

Inside front cover Xu Xiaofeng/ Message from the Editor-in-Chief

### Abridged AMS Meteorological Monographs(59) in Chinese

- 6 Seitter, K. L., J. Nathans, and S. Mankins, 2018: American Meteorological Society: 100 Years of Supporting the Scientific Community (Summary in Chinese by Tian Xiaoyang and Jia Pengqun)
- 18 Stith, J. L., D. Baumgardner, J. Haggerty, R. M. Hardesty, W. Lee, D. Lenschow, P. Pilewskie, P. L. Smith, M. Steiner, and H. Vömel, 2018: 100 Years of Progress in Atmospheric Observing Systems (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 40 Davis, R. E., L. D. Talley, D. Roemmich, W. B. Owens, D. L. Rudnick, J. Toole, R. Weller, M. J. McPhaden, and J. A. Barth, 2018: 100 Years of Progress in Ocean Observing Systems (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Tian Xiaoyang)
- 52 Ackerman, S. A., S. Platnick, P. K. Bhartia, B. Duncan, T. L'Ecuyer, A. Heidinger, G. Skofronick-Jackson, N. Loeb, T. Schmit, and N. Smith, 2018: Satellites See the World's Atmosphere (Summary in Chinese by Hou Meiting and Li Jinghua)
- 73 Fu, L., T. Lee, W. T. Liu, and R. Kwok, 2018: 50 Years of Satellite Remote Sensing of the Ocean (Summary in Chinese by Hou Meiting and Jia Pengqun)
- 89 Held, I. M., 2018: 100 Years of Progress in Understanding the General Circulation of the Atmosphere (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Li Jinghua)
- 95 Wunsch, C. and R. Ferrari, 2018: 100 Years of the Ocean General Circulation (Summary in Chinese by Zheng Qihong and Jia Pengqun)
- 110 Battisti, D. S., D. J. Vimont, and B. P. Kirtman, 2018: 100 Years of Progress in Understanding the Dynamics of Coupled Atmosphere-Ocean Variability (Summary in Chinese by Jia Pengqun and Tian Xiaoyang)
- 123 LeMone, M. A., W. M. Angevine, C.S. Bretherton, F. Chen, J. Dudhia, E. Fedorovich, K. B. Katsaros, D.H. Lenschow, L. Mahrt, E. G. Patton, J. Sun, M. Tjernström, and J. Weil, 2018: 100 Years of Progress in Boundary Layer Meteorology (Summary in Chinese by Li Jinghua and Jia Pengqun)
- 144 Wallington, T.J., J. H. Seinfeld, and J. R. Barker, 2018: 100 Years of Progress in Gas-Phase Atmospheric Chemistry Research (Summary in Chinese by Zhang Dingyuan and Tian Xiaoyang)
- 159 Kreidenweis, S. M., M. Petters, and U. Lohmann, 2018: 100 Years of Progress in Cloud Physics, Aerosols, and Aerosol Chemistry Research (Summary in Chinese by Zhang Dingyuan and Tian Xiaoyang)

(continued in page Inside back cover)