

# Advances

in Meteorological Science and Technology

# 气象科技进展

ISSN 2095-1973

CN 10-1000/P

## No.5

2017年10月  
第7卷 第5期



电视台4092.0m

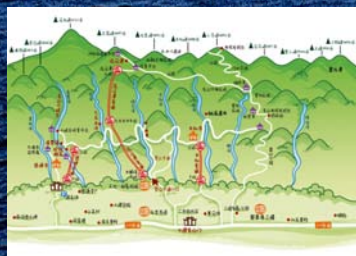
杉颯亭3520.0m

白雀寺2640.0m

阳和2130.0m

大理国家气候观象台1990.5m

洱海水上市1975.4m



## 大理国家气候观象台 苍山-洱海剖面观测系统

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**

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  
罗云峰 中国气象局  
李维京 国家气候中心  
胡永云 北京大学  
谈哲敏 南京大学  
孙健 中国气象局公共气象服务中心  
费建芳 解放军理工大学  
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  
廖小平 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 | 倪允琪 | 曲晓波 | 任国玉 |
| 任小波 | 沈文海 | 王存忠 | 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     | 封国林 | 何金海 |
| 何清  | 胡欣  | 胡跃文    | 姜彤  | 金飞飞 |
| 雷小途 | 李集明 | 李俊     | 李良福 | 李耀辉 |
| 李跃清 | 李忠明 | 梁旭东    | 刘晶森 | 刘黎平 |
| 刘立成 | 刘实  | 刘征宇    | 卢乃锰 | 陆日宇 |
| 罗兵  | 罗亚丽 | 马舒庆    | 马耀明 | 彭莹  |
| 浦一芬 | 宋燕  | 索渺清    | 汤绪  | 田红  |
| 万齐林 | 王斌  | 王斌(海外) | 王东海 | 王元  |
| 王建林 | 王武功 | 王延青    | 王迎春 | 王立广 |
| 王自发 | 卫晓莉 | 温敏     | 翁富忠 | 杨崧  |
| 谢志辉 | 闫冠华 | 延晓冬    | 杨萍  | 张大林 |
| 杨昭明 | 姚学祥 | 伊兰     | 翟武全 | 赵广忠 |
| 张广俊 | 张立祥 | 张小玲    | 张跃堂 | 朱定真 |
| 周定文 | 周建华 | 周凌晔    | 周显信 | 邹晓蕾 |
| 朱小祥 | 朱玉洁 | 祝燕德    | 邹立尧 |     |

**编辑部**

张萌 侯美亭 秦莲霞 冀文彬 江剑民  
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  
Notes: 气象科技进展编辑部/图书馆/干部学院/CMA  
网址: <http://cmalibrary.cn/amst>  
投稿系统: <http://qxkjjz.cbpt.cnki.net/EditorCN/Quit.aspx>  
官方微博: <http://weibo.com/2115232930/profile>  
印刷: 北京金吉士印刷有限责任公司

ISSN 2095-1973  
CN 10-1000/P  
定价: 30元



本刊已被万方数据、《中国学术期刊网络出版总库》和CNKI系列数据库以及《中文科技期刊》(维普网)全文收录, 相关著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。作者向本刊提交文章发表的行为(除事先声明外)视为同意文章被上述数据库收录。

## 目次

第7卷 第5期 2017年10月

1 许小峰: 主编语

### 研究论文

#### 封面报道 大理国家气候观象台建台十年

- 6 杨桂荣: 大理国家气候观象台发展之路
- 7 程建刚: 大理国家气候观象台建台十年
- 8 徐安伦, 李建: 大理国家气候观象台综合气象观测和研究
- 15 董保举: 基于点苍山—洱海剖面观测系统对青藏高原东南缘气象要素垂直变化的研究
- 21 苏锦兰, 杨桂荣, 易小蓉: 大理地区所代表的青藏高原东南缘降水日变化类型的分析

#### 研究进展

- 27 陶祖钰, 费海燕: 也谈Rossby长波理论及其“悖论”
- 32 彭嘉栋, 郭海峰, 段丽洁, 罗红梅: 电力调度气象服务效益评估研究——以长沙市为例
- 37 崔粉娥, 畅巨峥, 李卫敏, 靳甜甜: “达维”台风大暴雨过程熵流特征分析

## 主编语

云南因其地理位置特殊,地形地貌复杂,天气气候多变而引起众多气象研究者的关注,又因在“二战”中开辟了支持美国空军的“驼峰航线”(P72)而引起了不少人对这段特殊历史的兴趣。云南苍山,学名点苍山,位于青藏高原东南缘,与洱海相望,不仅构成了云南最著名的美景,还因其位于青藏高原东南缘关键水汽通道位置和具有从丘陵向高原过渡的典型特征,无疑在气象观测业务布局中具有独特价值。

2006年中国气象局在部署国家气候观象台网时,大理气象站成功入选并成为该网中围绕青藏高原和中国西南山地过渡带中重要的天气气候数据支撑站点。大理国家气候观象台建台10年来,带来了云南气象乃至更大范围相关领域科技人员以惊喜:观象台在完成既定业务升级和维护等繁重任务的同时,通过广泛的合作和积极争取各种科研项目,利用10年里陆续开展的多要素综合观测(P8)、梯度观测(P15)和复杂地形降水分析研究(P21)等成果,揭示了大理区域所在的青藏高原东南缘区域特有的天气气候特征。大理国家气候观象台在各方帮助下,主动和积极开展了针对性更强的研究,大量科研成果(P74)被广泛认可。将这些业务和研究工作进展,及代表性的成果收入到了本期大理观象台10年专栏,无疑具

有很好的启示意义和促进气象学科发展的现实作用。

美国科学院在最新出版的有关美国科技界应对灾害措施不力的报告中,用2012年桑迪飓风袭击纽约,导致纽约大学科学设备损失2000万美元以上和2001年热带风暴艾莉森给休斯顿带来灾害,导致德州大学健康科学中心受到重创,很多学者不得不另寻他处重新开始研究的事实,说明面对灾害,即使是科技界也难言能做到未雨绸缪,完美利用包括气象预报在内的各种信息。而应对天气气候灾害更多的受众,如何传播气象信息,则面临更大的问题和挑战。本期在论坛栏目组织的“气象传播”主题栏目(P46开始),7篇文章分别从气象信息管理、介入新媒体以及全球化特征等几个方面的视角,诠释了气象人对气象信息和知识传播的认识与实践过程以及未来发展趋向的思考。

云南省和大理市气象局,以及中国气象报社等机构,对本期推出的两个专栏给予了积极支持和配合,正是他们和更多机构及专家的热情支持和鼓励,才使得本刊针对一些热点和新的气象事业“增长点”,能够及时得以捕捉并向读者介绍,从而更全面反映气象事业整体进步。

许小峰

## 论坛 气象科技传播

- 46 陈力丹,许小峰:强化互联网思维,让气象传播更好地服务社会
- 48 彭莹辉,陆铭,辛源:气象信息传播管理现状分析与思考
- 52 苗艳丽,王昕:浅析气象新闻的特征和质量控制
- 55 段昊书,吴越:气象信息在微博、微信中的传播现状及特点
- 59 王淞秋:网站气象信息传播特征
- 62 张永,刘杰:中国气象局网站提升传播力浅析
- 66 姜海如,杨夏:气象信息传播载体效用的比较分析
- 69 张格苗:浅析气象传播全球化的特点、原因及影响

## 往事钩沉

### 台站巡礼

- 72 李武春,李鑫:“驼峰航线”与丽江气象机构的建立

## 科学观察

- 2 读图 数字 榜单

## 阅读

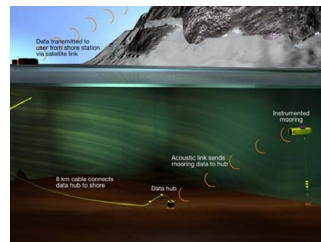
P2

### 书评

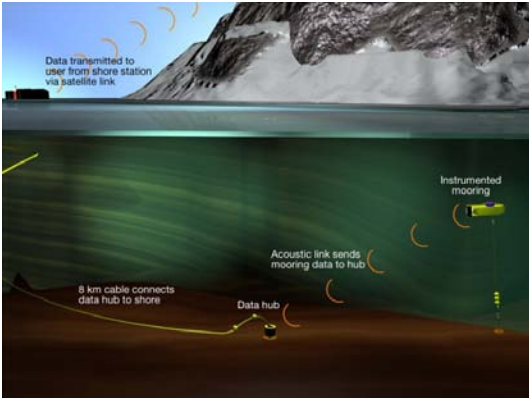
- 74 肖子牛:大理国家气候观象台:十年创辉煌——《大理国家气候观象台科研论文汇编》书评

### 信息

- 26 新书架
- 36 “台站巡礼”策划研讨活动顺利举办
- 75 高被引论文选编
- 76 编辑选编
- 79 涓流细雨
- 封3 媒体扫描



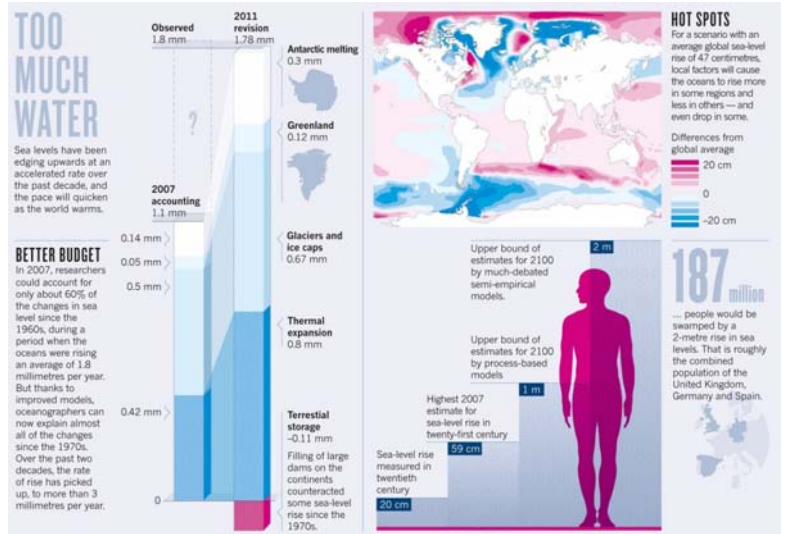
封3



### 加拿大实时海-冰观测系统的新改进

加拿大渔业和海洋部（DFO）联合多家机构于2009年在北极巴罗海峡东部建立了实时观测系统，8 km长的海底线缆连接着数据集成器，后者与系留的观测仪器间用声波传递数据。数据到达陆地后，再通过卫星传递到数据中心。2017年冬季，第二套类似的观测系统，更是展示了对海冰漂浮的观测能力。

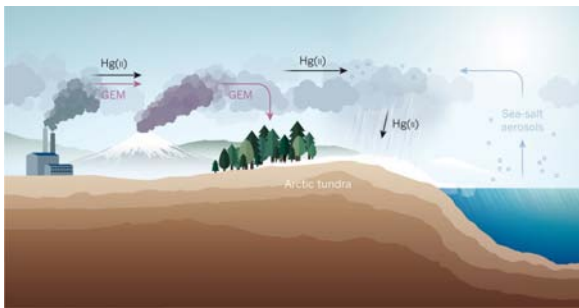
来源：DFO



### 海平面指纹提出全球性警告

全球海平面的变化，导致这种变化的贡献因素以及这些变化的地理分布等类似“指纹”信息，最近被科学家绘制出来，用这样的指纹信息预测到21世纪末全球海平面升高，幅度在20~100 cm之间。

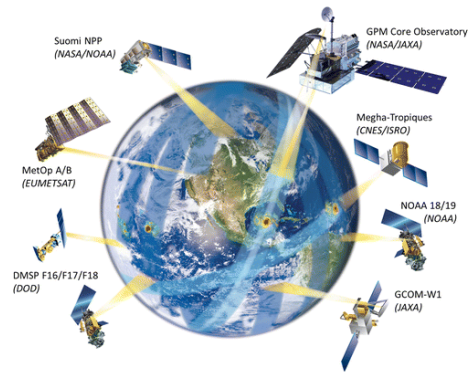
来源：Nature



### 北极水银沉降过程被揭示

人类在燃烧煤等活动中，会排放出两种形态的水银：气态水银元素（GEM）或包含水银颗粒的Hg（II），而火山喷发等自然源也可以释放GEM。这些排放传输到北极造成环境污染。这种污染过程以前被认为主要是通过降水或海洋-盐分产生气溶胶导致的过程，使得Hg（II）发生沉降引发。美国和法国学者的一项最新研究表明，发生在北极冻土内部的大约70%的水银沉降源自GEM而非Hg（II），而沉降过程在夏季通过植被吸收GEM而被放大。

来源：Nature



### 全球降水天基观测网业已形成

美国GPM降水监测卫星星座以及美国和世界其他国家组织的降水监测卫星，已经形成了针对全球降水监测的卫星覆盖网。这将有助于终端用户获取关键降水信息，以及改进对地球水循环的认识。

来源：BAMS

270万年

美国普林斯顿大学率领的科学团队成功在南极获得270万年冰芯，从而将之前的记录向前增加了170万年，从而有望揭示地球冰期开始时的情况。

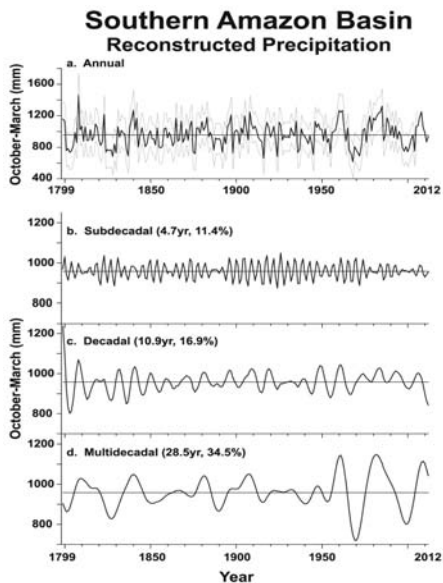
30亿吨

在2014—2016年发生的厄尔尼诺现象，引发热带森林地区的林火数量和严重程度上升，带来30亿吨碳排放增加，这相当于同期化石燃料和水泥生产排放量的近20%。

301亿美元

卫星专家在一份评估报告中给出的一项最新估计表明，未来10年发射升空的小卫星数量将超过6200颗，全球市场价值将达到301亿美元，而前10年的市场仅为89亿美元。

## 国际“气候基准站网”主题被引频次最高的前10篇论文



## 用树轮资料构建过去200+年降水资料

阿根廷和美国学者利用亚马孙流域南部湿度敏感的树轮数据，开发出当地1799—2012年湿季降水序列产品，使得该记录向前增加了150年。开发得到的降水数据除了给出降水年变化外，还清晰地揭示出当地降水的年代内、年代际和多年代周期变化特征。

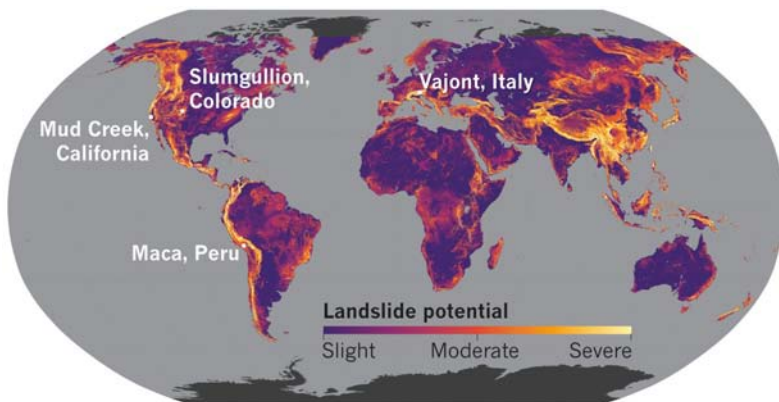
来源：GRL

| 排名 | 篇名   | 第一作者        | 来源   | 被引 |
|----|--|-------------|--|----|
| 1  | U.S. Climate Reference Network after one decade of operations status and assessment                                      | Diamond, HJ | Bulletin of the American Meteorological Society, 2013, 94(4) | 59 |
| 2  | Analysis of the impacts of station exposure on the US Historical Climatology Network temperatures and temperature trends | Fall, S     | Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2011, 116       | 46 |
| 3  | U.S. Climate Reference Network soil moisture and temperature observations  | Bell, JE    | Journal of Hydrometeorology, 2013, 14(3)                     | 43 |
| 4  | Validation of GOES-based insolation estimates using data from the US Climate Reference Network                           | Otkin, JA   | Journal of Hydrometeorology, 2005, 6(4)                      | 43 |
| 5  | Evaluation of the relationship between air and land surface temperature under clear-and cloudy-sky conditions            | Gallo, K    | Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2011, 50(3)  | 33 |
| 6  | A method to determine station density requirements for climate observing networks  | Vose, RS    | Journal of Climate, 2004, 17(15)                             | 29 |
| 7  | Air temperature comparison between the MMTS and the USCRN temperature systems  | Hubbard, KG | Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2004, 21(10)  | 24 |
| 8  | Evaluation of temperature differences for paired stations of the US climate reference network                            | Gallo, KP   | Journal of Climate, 2005, 18(10)                             | 20 |
| 9  | Sensor and electronic biases/errors in air temperature measurements in common weather station networks                   | Lin, X      | Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2004, 21(7)   | 16 |
| 9  | Station density strategy for monitoring long-term climatic change in the contiguous United States                        | Janis, MJ   | Journal of Climate, 2004, 17(1)                              | 16 |

来源：SCI-E数据库

检索时间：2017年8月31日

田晓阳 提供



## 滑坡全球风险分布

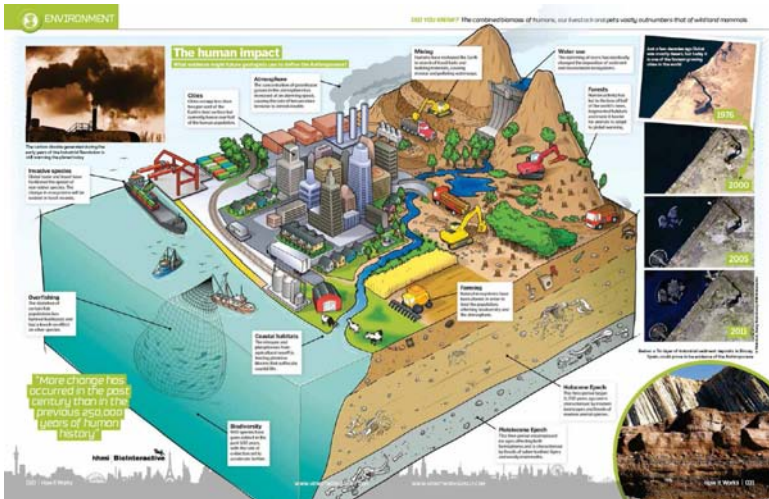
滑坡是世界上所有山区最主要的灾害威胁，每年有数千人死于滑坡灾害。科学家发现，滑坡有时快速发生致灾，有时则是一个缓慢过程，每年山坡滑动仅仅几个厘米到数米。然而，这种缓慢的移动在酝酿大的灾害：数年缓慢移动后会突然提速，带来致命的影响。科学家基于地形、植被损失和其他因素，给出可因降水和地震引发滑坡的全球风险分布图。

来源：Nature

**20%** 热带森林能向大气释放大量水汽，而毁林会使得降水减少。德国学者在一项针对亚马孙地区降水的研究表明，该地区出现的毁林，将使亚马孙地区的降水到21世纪中期减少20%，即使是远离毁林的区域也是如此。

**1℃** 气候变化对海洋的影响如何，最近科学家对南极半岛的研究表明，海水温度突然升高1℃，就足以彻底改变海洋状况，物种多样性下降，一些微小的侵入的泥沼生物将控制海床。

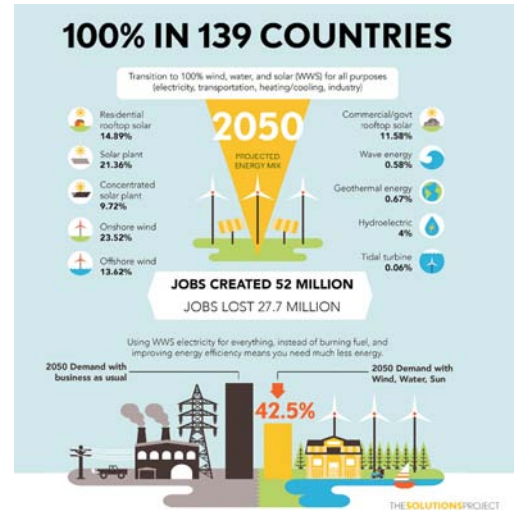
**150年** 英国气象局日前纪念海洋船舶气象预报业务150年，英国第一次海洋预报针对1859年的一次致命风暴展开，但业务化的海洋船舶气象预报则始于1867年并一直延续至今。



### 人类影响气候全景图

很有影响的科普期刊*How It Works*最新一期，用全景图的形式梳理了人类对地球环境的影响，这些影响或许可以让地质学家用来定义人类世的到来。

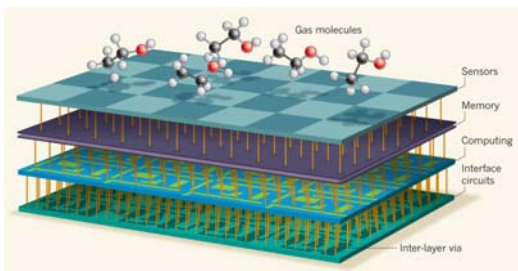
来源：*How It Works*



### 告别化石燃料？

美国、德国和丹麦学者在一项最新发表的研究中，为全球139个国家设计了到2050年在所有能源领域（运输、采暖/制冷、工业、农业/林业/渔业）100%用风能、水利和太阳能提供电力供给的路线图。这份路线图的实现还能避免全球升温达到1.5°C以及每年数百万人因空气污染死亡，同时净增2430万个新的长期全职工作岗位，减少42.5%的能源需求等。

来源：《*焦耳*》杂志



### 集成电路3D化带来感应和计算一体化应用

美国学者最新研发出的3D融合集成电路，能够对周围气体和水汽进行感应和分类。新集成电路改变了以前单层的模式，而是将4个设备层相互连接在一起。最上层的碳纳米三极管可以作为气体传感器，与下面的存储传感信号的记忆单元层、可利用机器学习技术确定气体或水汽的计算电路层联系在一起，由标准硅晶体管构成的最下层，与其他层交互并完成电路的运行。这项成果在很大程度上也预示了下一代计算系统的发展方向。

来源：*Nature*



### UWBRAD技术：为冰川做CT

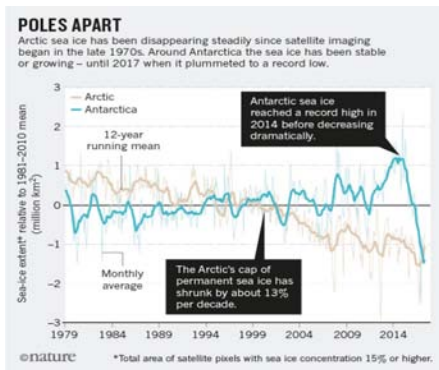
超宽带软件定义微波辐射计（Ultrawideband Software-Defined Microwave Radiometer, UWBRAD）技术被用来遥测冰川热辐射，从而得到冰川内部的温度信息。冰川内部应力关系中，物理温度起到了重要作用。UWBRAD利用多频道和针对每个频道的全带宽采样，能提供观测体在0.5~2 GHz范围内的亮温。该项新技术的应用，无疑会让科学家更好地把握冰川

来源：*NASA*

**数字** **12**万 km<sup>2</sup> 澳大利亚政府公布了覆盖12万 km<sup>2</sup>海洋的高分辨率海底观测数据，这些数据系2014年MH370航班失事后在找寻过程中获得的声呐图像数据，可用于气候和海啸等研究。

**2**倍 美国学者最新的研究表明，在印度洋和中国南海海区最繁忙的2条航道上，闪电的发生为对比区域的2倍，其原因或许和海运船只排放的颗粒物改变了风暴云的微物理，在混合相区域使得凝结加强有关。

**27**Gt 英国布里斯托大学学者在一项最新研究中，发现了格陵兰冰架融化与当地夏季云量的减少密切相关，利用卫星观测和气候模式模拟得到的量化关系表明，云量每减少1%，冰架冰体损失27±13 Gt。



### 两极海冰谜语：合作才能破解

地球南北极的一个共同点就是都有海冰。自卫星观测时代开始以来，两极海冰变化趋势呈现出截然不同的趋势：北极海冰面积以大约每10年减少13%的速度减少，而南极海冰面积保持稳定甚至有所增加，直到2014年达到面积极大值后快速减少。其中南极海冰的崩溃式减少，带给全球学术界的谜团，还需更多的协调，形成合力才能可能破解。

来源：Nature

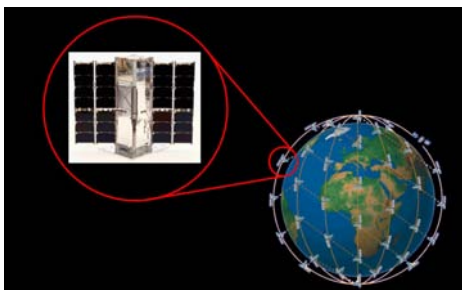
### 中国“气候基准站”主题被引频次最高的前10篇论文

| 排名 | 篇名                               | 第一作者 | 来源               | 被引  |
|----|----------------------------------|------|------------------|-----|
| 1  | 华北地区地表气温观测中城镇化影响的检测和订正           | 周雅清  | 气候与环境研究, 2005/12 | 131 |
| 2  | 1951—2009年中国不同区域气温和降水量变化特征       | 虞海燕  | 气象与环境学报, 2011/08 | 111 |
| 3  | 观测仪器和百叶箱的变化对地面气温观测值的影响及其原因分析     | 熊安元  | 气象学报, 2006/06    | 50  |
| 4  | 青海瓦里关大气CO <sub>2</sub> 本底浓度的变化特征 | 赵玉成  | 中国环境科学, 2006/02  | 41  |
| 5  | 用Kriging方法对中国历史气温数据插值可行性讨论       | 李伟   | 气象与减灾研究, 2008/12 | 37  |
| 6  | 中国地基GPS气象应用站网建设展望                | 曹云昌  | 气象, 2006/11      | 24  |
| 7  | 1959年—2005年长江三角洲气候要素变化趋势分析       | 史军   | 资源科学, 2008/12    | 21  |
| 8  | 不同时间分辨率对气象要素月平均值统计的影响            | 孙化南  | 应用气象学报, 2004/12  | 13  |
| 9  | 气象台站环境的卫星遥感调查与评估——以安徽代表气象站为例     | 杨元建  | 遥感技术与应用, 2011/12 | 9   |
| 10 | 国家基准站自动与人工气象观测值差异评估              | 赵煜飞  | 气象科技, 2011/08    | 8   |

来源：CAJD数据库

检索时间：2017年8月31日

田晓阳 提供



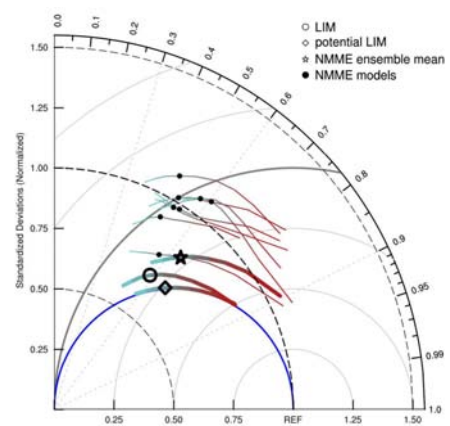
### NASA立体卫星网监测地球射出辐射

2016年11月11日，NASA的立体卫星系统RAVAN（The Radiometer Assessment using Vertically Aligned Nanotubes，垂直分布纳管辐射计评估）发射升空，旨在利用新技术观测地球向外能量辐射。系统2017年1月25日传回辐射数据，近日在顺利完成6个月试运行后，实现了业务化。RAVAN项目借助3个单位的立体卫星，展示了新技术用于监测地球能量平衡的方法。

来源：NASA

### 海温预报：掣肘来临？

很多气象中心开展了季节海温预报，然而，美国科罗拉多大学和NOAA的一项合作研究发现，美国利用8个海气耦合模式建立的NMME（北美多模式集合预报）系统对海温预报技巧全面接近更加简单的线性逆推模式（LIM），而目前业务预报技巧仅仅略低于估计的预报极限，以此为依据，目前只是在西太平洋预报技巧还有改进的余地。图中给出提前1~9个月海温异常预报技巧演化。



来源：GRL

15亿美元

世界银行发表的一份研究报告指出，非洲目前54%的地面和71%的高空气象站不能提供准确的观测数据，非洲气象水文现代化需要15亿美元的投入，但非洲的现代化每年将减少130亿美元损失。

1/5

目前全球1/5人口生活在南亚，美国麻省理工学院学者的一项研究表明，到21世纪末南亚的大部分地区将热得不再适合人类居住，其中未来几十年印度、巴基斯坦和孟加拉将频频遭受热浪。

400万美元

NOAA与微软公司日前达成协议，共同创立总部位于西雅图的Paul Allen公司，后者投入400万美元帮助NOAA在巴西东侧的大西洋区域布设25个深海Argo自动浮标站，这些站网每15天给出海区最深处到6000 m的海温和盐分等探测数据。

# 大理国家气候观象台发展之路

大理国家气候观象台 杨桂荣

大理国家气候观象台（以下简称大理观象台）成立于2006年5月。大理观象台位于青藏高原东缘，特有的地理环境和历史资源条件，成为其快速发展的天然优势。大理观象台对南支天气系统东移、对高原冷空气东移以及孟加拉湾风暴对我国中东部和西南、华南的影响等，是全国乃至东亚天气监测研究的最佳监测点。不仅如此，这里更是我国降水的主要空中水汽通道，大理处于东亚季风和西南季风的交汇处，对两支著名季风的监测作用十分突出。

大理气象观测资料可追溯到20世纪50年代初。大理观象台经过十年的建设，已经形成了一个较为完整的复杂地形下的区域综合观测网，覆盖整个青藏高原东南边缘横断山脉、从地面到高空、从山地到水面的立体观测体系。与此同时，大理观象台在谋发展大局、建业务平台、科研人才队伍建设等方面，取得了丰硕成果，受到了各方的高度评价，基本实现了建台之初提出的“立足云南、面向全国、跻身世界、带领跨越式发展”的建台目标。

**合作和交流造就了人才队伍** 建台之初，云南省局从全省基层台站选拔了五十多位从事观测、预报的科技人员，在观象台一起学习培训和共同开展研究工作。十年来，先后到大理观象台这个开放式大平台进行访问并开展学术交流的国内外著名专家学者多达60多位，他们分别来自德国、芬兰、英国、日本、中国台湾等地，还有国内著名高校和权威的科研院所。大理观象台牢固树立的开放姿态，强有力地吸引了一批著名的科研院校和单位前来商谈合作或正式签约。大

理观象台已经与中国气象科学研究院、中国科学院大气物理研究所、中国气象局气象探测中心建立了长期的合作关系，与南京信息工程大学、成都信息工程大学和地质大学正式签署了合作协议，还与北京大学、云南大学达成意向性合作共建校外实习基地。合作和交流过程中，观象台团队也通过完成中国气象局和省气象局的重点任务中得到锻炼，多人在全国和省级业务竞赛中获奖，数十篇科技论文发表在国家级核心期刊上，综合业务、科研能力走在了全省气象部门前列。

**综合观测结硕果** 一大批气象探测新设备布点大理观象台，其中先后新增了16套特种大气观测系统，形成了在复杂地形环境下的一个较为完整的区域气象综合观测体系，覆盖了从地面、水面、到高空大气多种物理参数的立体监测网络。洱海水上自动观测系统是我国西部高原湖泊气象环境观测的首创。该系统为有效保护洱海、揭示洱海对局地气候变化的作用，认识“湖—陆—气”相互作用及水汽热量交换规律和灾害性天气发生发展机制，提供了大量科学数据。

**未来发展之路** “往事如梭，岁月如歌”。大理观象台从成立到现在已度过十年，它走出了一条攻坚克难、创新发展之路，为边疆气象事业创造了辉煌、赢得了荣誉。展望未来，要实现打造世界名台的设计，大理观象台与先进省份和世界著名观象台站相比，还存在不小的差距。正视自身的不足，找准我们的问题，大理观象台才能百尺竿头、更进一步，稳步迈向世界名台之列。



# 大理国家气候观象台建台十年

程建刚

2006年5月中国气象局批复同意大理气象观测站作为国家气候观象台试点单位立项建设。十年来，大理国家气候观象台的业务系统建设、科技研发等工作均取得长足的发展，初步实现了“立足云南、面向全国、跻身世界、带领跨越式发展”的愿景。《大理国家气候观象台科研论文汇编》（以下简称“论文汇编”）的出版，作为研究型业务发展的主要成果，将为云南特色的气象现代化建设提供支撑，为基层气象台站的业务科技人员针对业务问题的科技研发工作提供参考和超越的样板。

大理国家气候观象台联合国际、国内相关科研院所科技工作者，依托大理国家气候观象台的基准气候观测系统、农田和水体不同下垫面近地面层通量观测系统、边界层风廓线雷达探测系统、苍山-洱海剖面典型山地气象观测试验系统、高黎贡山—哀牢山山脉自动气象观测网、GPS/MET水汽观测等十余个观测系统组成的“一台多点”式现代气象综合观测网，围绕西南季风水汽输送变化特征、复杂山地区域天气气候变化规律及机理、青藏高原东南侧非绝热加热关键区地气能量交换特征等核心科学问题，搭建了集大气综合观测、资料综合分析 with 基本业务应用为一体的我国西南地区极具特色的科研业务开放式创新平台。

“论文汇编”还展示了以大理国家气候观象台业务科研人员为主，围绕业务问题和地方经济社会发展需求，主动开展资料分析研究工作，在西南典型山地区域天气气候背景分析与研究、综合观测资料分析与应用、山地灾害性天气发生发展基本规律等方面取得的丰硕的研究成果。

特别值得提及的是该“论文汇编”的作者大多是业务和科研第一线的青年人，他们同时也是大理国家气候观象台建设的参与者，我十分欣慰地看到了他们的成长过程，也十分欣赏他们那种刻苦努力、勇于探索的科学精神。中国气象科学研究院的李建博士，在2010年6月至2012年8月挂职担任大理国家气候观象台副台长，期间运用自己的所学和专长致力于大理国家气候观象台的科研方向凝练和技术方法研究，带领这批年轻人开展创新性研究工作，挂职结束返回北京后，仍坚持每年2次回到大理国家气候观象台指导一线科技人员，推动大理国家气候观象台的科研实力和学术水平迅速提高。

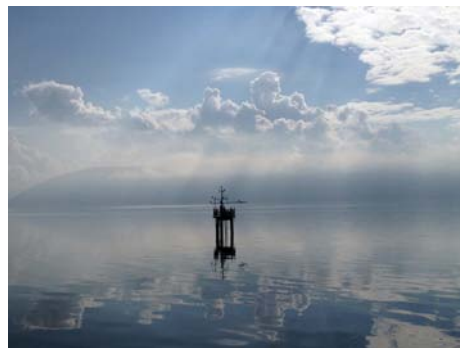
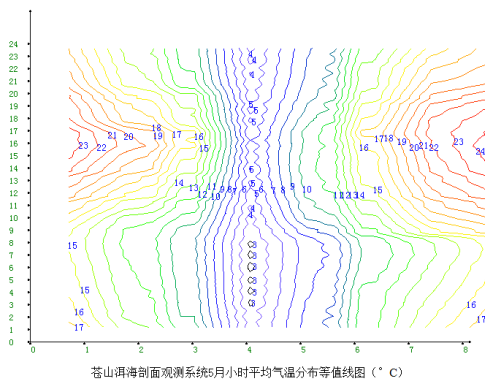
我希望，大理国家气候观象台围绕气象现代化目标，发挥优势，搭建“基础平台、创新平台、开放平台、服务平台”，继续发展云南特色的气象研究型业务，积极推动大理国家气候观象台的科研工作更上一层楼。

（本文摘自作者为《大理国家气候观象台科研论文汇编》（气象出版社2016年出版）所写的序言，题目为本刊所加。作者单位：云南省气象局）



## 大理国家气候观象台建台十年 专栏

- 6 大理国家气候观象台发展之路
- 7 大理国家气候观象台建台十年
- 8 大理国家气候观象台综合气象观测和研究
- 15 基于点苍山-洱海剖面观测系统对青藏高原东南缘气象要素垂直变化的研究
- 21 大理地区所代表的青藏高原东南缘降水日变化类型的分析
- 72 “驼峰航线”与丽江气象机构的建立
- 74 大理国家气候观象台：十年创辉煌  
——《大理国家气候观象台科研论文汇编》书评



# 大理国家气候观象台综合气象观测和研究

徐安伦<sup>1</sup> 李建<sup>2</sup>

(1 大理国家气候观象台, 大理 671003; 2 中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘要:** 简要介绍了近十年来大理国家气候观象台开展的综合气象观测项目, 系统总结了观测资料评估和质量控制技术、点苍山-洱海区域局地环流特征、大气垂直结构和边界层高度特征、地气间物质和能量交换特征、强降雨(雪)和大风等典型天气个例特征方面的研究成果, 归纳了观测资料在气象预测预报、数值模拟同化试验、机场飞机颠簸中的应用情况, 并展望了大理国家气候观象台未来的观测和研究方向。

**关键词:** 大理, 国家气候观象台, 综合气象观测

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.001

## Progress of Integrated Meteorological Observation and Research at Dali National Climate Reference Station

Xu Anlun<sup>1</sup>, Li Jian<sup>2</sup>

(1 Dali National Climate Observatory, Dali 671003 2 Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

**Abstract:** In this paper we introduce briefly the integrated meteorological observation items carried out by Dali National Climate Observatory in recent ten years. Then, we systematically summarize main research results as follows: the special atmospheric observation data assessment and quality control technology, the local circulation over the Diancang Mountain -Erhai Lake area, the characteristics of atmospheric vertical structure and planetary boundary layer height, the matter and energy exchange of land-atmosphere system, and the characteristics of typical weather events such as heavy rain, heavy snow and high wind. Furthermore, we summarize the applications of special atmospheric observation data in meteorological forecast, numerical simulation assimilation test and airport aircraft bumps. Finally, we propose some research direction for Dali National Climate Observatory in the future.

**Keywords:** Dali, National Climate Observatory, integrated meteorological observation

### 0 引言

2005年, 中国气象局制定出台的业务技术体制改革实施方案中, 把发展中国气候观测系统作为综合气象观测系统改革的重点内容之一<sup>[1]</sup>, 提出在中国建设国家气候观象台的改革目标。2006年, 中国气象局在不同气候关键区启动5个国家气候观象台的试点建设, 包括云南大理(代表川滇综合生态观测区)<sup>[2]</sup>、内蒙古锡林浩特(代表锡林郭勒草原观测区)<sup>[3]</sup>、广东电白(代表海洋综合观测区)<sup>[4]</sup>、安徽寿县(代表黄淮综合农田生态观测区)<sup>[5]</sup>、甘肃张掖(代表荒漠观测区)<sup>[6]</sup>。其中, 大理国家气候观象台(100°11'E、25°42'N, 海拔1990.5 m, 下称大理观象台)位于云贵高原与横断山脉南端结合部, 处于最高海拔4122 m的点苍山和平均海拔1972 m的洱海之间的平坦农田

中<sup>[7]</sup>, 其周边地区山地复杂地形特点明显<sup>[8]</sup>, 天气气候复杂多变, 气象灾害种类繁多, 是观测大气基本气候变量以及高影响天气变量的理想区域。大理观象台代表区域的地理位置特殊、地形地貌复杂, 既是南亚季风和东亚季风的交汇区, 以及东亚水汽输送的关键区, 也是青藏高原大气热源加热的敏感区, 同时还是各类数值模式模拟的难点地区<sup>[9]</sup>。大理观象台的立项建设对南支槽、孟加拉湾风暴和高原冷空气东移以及西南涡南移等天气系统影响产生的暴雨、暴雪等灾害性天气有很好的监测预警作用, 对改进我国西南地区乃至东亚区域的天气、气候模式和边界层、云物理过程参数化方案等起着重要性作用。

从试点建设至今的十年来, 大理观象台无论在硬件设施设备建设、人才队伍培养和业务能力提升上, 还是在开展大气边界层、复杂山地气象等领域的科学研究以及其成果转化应用方面, 都获得了长足的发展和可喜的成绩, 在云南基层气象台站中始终保持示范和引领作用, 成为国家气候观象台的示范站, 初步实

收稿日期: 2017年3月1日; 修回日期: 2017年8月3日  
第一作者: 徐安伦(1981—), Email: xualun@126.com  
资助信息: 云南省气象局科研项目(GY201602)

现了“立足云南、面向全国、跻身世界、带领跨越式发展”的愿景<sup>[10]</sup>。本文主要总结和归纳大理观象台十年来所开展的综合气象观测研究及其应用成果，并展望未来观测研究方向，以期为国家气候观象台的建设发展提供参考和借鉴。

## 1 观测项目

大理气象观测历史悠久，1932年起曾开展过简单的观测，1939年12月建立“中央气象局”大理测候所，1950年11月成立大理气象站，1951年后有了完整的气象记录，至今已积累了60多年的地面观测资料。2006年大理气象站升级为大理观象台后，在中国气象局、云南省气象局等上级主管部门以及中国气象科学研究院、中国科学院大气物理研究所等科研部门的支持下，以业务需求为导向、以研究方向为引领、

以科研项目为依托，合作开展了许多个国家级科研课题和野外科学试验，如中日气象灾害合作研究项目JICA（Japan International Cooperation Agency）<sup>[11-12]</sup>、青藏高原东缘对流云和水汽观测试验<sup>[13]</sup>等。此外，采用“一台多点”的布局，除地面气象常规观测外，新增了近地层通量观测系统、地基GPS水汽监测系统、边界层风（温）廓线雷达（Wind Profiler Radar, WPR）、洱海水上自动观测系统、点苍山—洱海剖面典型山地气象观测系统、基准辐射站、大口径闪烁仪（Large Aperture Scintillometer, LAS）等十余套特种大气观测系统的长期运行，组成了一个较为完整的复杂地形下的区域气象综合观测网，覆盖了从湖面、地面至高空大气物理参数的立体观测<sup>[14]</sup>，具体开展的观测项目见表1。在开展综合气象观测过程中，每套

表1 大理观象台综合气象观测项目

Table 1 Items of integrated meteorological observation at Dali National Climate Observatory

| 观测系统             | 观测要素  | 观测时间                            |
|------------------|---|---------------------------------|
| 地面气象常规观测         | 云量、云状、云高、能见度、天气现象、气压、气温、相对湿度、风速、风向、降水量、日照时数、蒸发量、浅层和深层地温、草面（雪面）温度、雪深等  | 1951年1月至今                       |
| 区域自动气象站          | 大理市辖区11个乡镇的气温、降水量   | 2006年7月至今                       |
| 近地层通量观测          | 4层（铁塔2、4、10、20 m高处）气温、相对湿度、风速风向，5层（地表下4、10、20、60、100 cm深处）土壤温度、体积含水量，3层（地表下4、10、20 cm深处）土壤热通量，单层（铁塔5.08 m高处）三维风速、超声虚温、水汽和CO <sub>2</sub> 密度，单层（距地1.5 m高处）辐射四分量、红外地表温度，气压，降水量，涡动相关法计算的动量、感热、潜热、CO <sub>2</sub> 通量等参数 | 2006年12月至今                      |
| 地面基准气候的对比观测      | 主要观测要素为气温、降水量，辅助要素为总辐射、地表温度、风速，观测设备由芬兰VAISALA公司和天津气象仪器厂生产   | 2007年1月—2008年12月                |
| 地基GPS水汽监测        | 大气可降水总量、中性大气的总延迟量、大气的湿延迟量、电离层电子浓度   | 2007年2月至今                       |
| 边界层风（温）廓线雷达      | 距地3~8 km高度范围的U风（东西风分量）、V风（南北风分量）、W风（垂直风分量）、水平风速、水平风向、信噪比、湍流谱宽、大气折射率常数，距地1 km高度范围的虚温，高度分辨率为100 m   | 2007年12月至今                      |
| 洱海水上自动观测         | 离平台1.5 m高处气温、相对湿度、风速、风向、气压、降雨量、冰雹强度，水位，1 m深处水温、电导率、蓝绿藻含量、pH值、溶解氧、盐分   | 2008年1月至今                       |
|                  | 离平台2 m高处三维风速、超声虚温、水汽和CO <sub>2</sub> 密度，离平台1.5 m高处辐射四分量、光合有效辐射，离水面0.05、0.2、0.5、1、2、4、6、8 m深处水温梯度，涡动相关法计算的动量、感热、潜热、CO <sub>2</sub> 通量等参数   | 2010年12月至今                      |
| GPS探空加密观测        | 对流层至低平流层的气温、相对湿度、气压、风速、风向、露点温度、混合比以及U、V风分量  | 2008年3、5、7月，2011年8—9月，2012年6—7月 |
| 100 m铁塔风能观测      | 铁塔8.5 m高处气压，10、70 m高处气温、相对湿度、风速、风向，30 m高处风速，50、100 m高处风速风向，70 m高处三维超声风速   | 2009年3月—2012年4月                 |
| 天气现象自动观测         | 地面液态降水的图像采集   | 2009年6月—2011年6月                 |
| 土壤水分自动观测         | 8层（地表下0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8、1.0 m深处）土壤体积含水量、重量含水量、有效水分贮存量、相对湿度  | 2010年4月至今                       |
| 点苍山—洱海剖面典型山地气象观测 | 沿25.7°N点苍山—洱海区域不同海拔高度（4092、3520、2640、2130、1990、1975、2088 m）处的气温、相对湿度、风速、风向、气压、降雨量、草温、地表温度、浅层地温  | 2010年12月至今                      |
| 新型自动气候站          | 气温、相对湿度、降水量、地温、风速、风向、气压、蒸发量、能见度   | 2010年12月至今                      |
| 大气负氧离子自动监测       | 迁移率≥1.0、≥0.4的负离子浓度  | 2011年12月至今                      |
| 雷电监测             | 地闪强度、极性和陡度<br>大气电场强度  | 2006年11月至今<br>2012年12月至今        |
| 雨滴谱仪             | 降雨类型、降雨强度、雨滴谱和雷达反射率   | 2012年6月—2013年2月                 |
| 微波辐射计            | 气温、相对湿度、水汽密度、液态水的垂直廓线   | 2012年6月—2013年2月                 |
| 大口径闪烁仪           | 大气折射率结构常数、区域感热和潜热通量   | 2012年6月至今                       |
| 基准辐射站            | 总辐射、直接辐射、散射辐射、反射辐射、UV、UVA、UVB、光合有效辐射、大气长波辐射、地球长波辐射  | 2014年10月至今                      |
| 环洱海生态气象“六要素”观测   | 环洱海周边布设12个“六要素”（气温、相对湿度、风速、风向、气压、降水量）自动站  | 2017年1月至今                       |

系统、每次试验均安排专人负责和日常维护管理，详细记录设备运行状况等，确保观测数据的质量和有序存储备份。目前，大理观象台已获取了大量宝贵的第一手观测资料，为开展西南水汽输送通道关键区水循环、复杂山地气象等研究提供了坚实的基础数据。

## 2 观测资料评估和质量控制

观测资料评估和质量控制是高质量数据产品分析与应用的前提和基础。十年来，大理观象台依据各套大气观测资料的自身特色和存在的问题，结合日常维护经验和故障记录，积极开展了观测资料评估、数据质量控制等工作。

针对WPR探测资料，董保举等<sup>[15-16]</sup>定量评估了WPR的探测能力，指出大气边界层内WPR的数据获取率大于80%、探测能力远远强于自由大气层；与当地探空加密观测数据对比发现，风速、风向垂直廓线的一致性较好，气温垂直廓线的一致性较差；与云南昆明、丽江、腾冲、普洱、蒙自探空站的数据对比发现，WPR测风资料与丽江站的最为接近，700 hPa以上的U、V风矢量基本一致，说明WPR探测的风速、风向垂直廓线资料是可信的。

针对涡动相关（Eddy Covariance, EC）通量观测资料，徐安伦等<sup>[17]</sup>采用英国爱丁堡大学开发的EdiRe软件（<http://www.geos.ed.ac.uk/abs/research/micromet/Edire/>），以2011年实测的高频（10 Hz）湍流资料为例进行预处理和质量评价，指出大理湍流通量计算的最佳平均周期为30 min，坐标轴旋转以及空气密度效应校正处理对计算结果影响较大；EC观测数据总体质量较高，约60%的通量数据可用于基础性研究；通量贡献源区整体呈西北—东南向分布，测站东南方向区域是湍流通量观测的主要贡献源区，上风向的距离约是仪器安装高度的160倍。

针对地面辐射观测资料，徐安伦等<sup>[14]</sup>借鉴地面辐射基准站网（Baseline Surface Radiation Network, BSRN）推荐的质量控制方法和中国气象局2010年发布的气象行业标准《地面气象辐射观测资料质量控制》，发展了对原始辐射观测数据进行质量控制的内容和方法，应用2010年实测数据分析表明，短波辐射传感器由零点漂移带来的测量误差不容忽视，太阳总辐射、短波反射辐射、大气长波辐射和地面长波辐射观测资料的总体质量较好。

针对地基GPS水汽监测资料，任菊章等<sup>[18]</sup>分析了云南7站的地基GPS反演的大气可降水量（Precipitation Water Vapor, PWV）（合称GPS/PWV）与美国NCEP/NCAR、NCEP/DOE和日本JRA-25再分析资料

在不同区域、不同时间尺度上的差异特征，结果表明GPS/PWV资料与3类再分析资料均能再现降水量在空间和时间上的分布特征，但各月平均可降水量GPS探测值要大于再分析资料估算值；孙绩华等<sup>[19]</sup>比较了地基GPS反演水汽值和探空水汽值的精度，结果表明两者的数值和变化趋势极为一致，且均方根小于2 mm，说明GAMIT水汽解算方案的地基GPS水汽反演结果可为业务科研使用。

针对LAS观测资料，徐安伦等<sup>[20-21]</sup>比较分析了LAS和EC在不同空间尺度上测量大气折射率结构常数 $C_n^2$ 和湍流热通量的异同特征，结果表明10 m高度上的LAS和5.08 m高度上的EC测量的 $C_n^2$ 、感热通量、潜热通量均有较高的相关性，相关系数分别为0.73、0.85、0.90；两种仪器测量的 $C_n^2$ 在日变化趋势上基本一致但在数量级上差异显著，其差异主要受测量高度不同的影响；两种仪器测量感热通量、潜热通量的差异与测量时段有关，其差异大小均存在明显的昼夜和季节变化特点。综合分析指出，LAS和EC两种仪器获取的数据可以相互融合和联合使用。

## 3 观测资料分析进展

### 3.1 点苍山—洱海局地环流特征

湖陆风是一种和地形有关以及下垫面不均匀加热、湖面与陆面之间温度差异引起的局地环流，多发生在大气背景环流较弱、少云晴朗的天气条件下。山谷风的成因与湖陆风相类似。大理点苍山—洱海区域受高大山体、湖—陆分布不均匀等因素影响，近地边界层内存在湖陆风、山谷风和峡谷风三者耦合效应引起的局地环流。针对点苍山—洱海局地环流特征，杨智等<sup>[22]</sup>利用近地层通量观测资料，分析了湖陆风、峡谷风的特征及形成原因和影响因素，指出白天以东风和东南风为主，夜间为西风 and 西南风为主。徐安伦等<sup>[23]</sup>利用GPS探空加密观测资料，分析了洱海湖滨大气边界层结构特征，大约距地2400 m以下，气流主要受点苍山和洱海的影响，可能存在着山谷风和湖陆风两者叠加效应引起的局地环流；距地500 m以下，白天多为东风和东南风，夜间多为西风和西南风。徐安伦等<sup>[9, 24]</sup>利用洱海湖面和陆面常规气象观测资料进行对比分析，认为受局部地形和洱海的影响，近地层常年存在湖陆风、山谷风、峡谷风三者叠加效应引起的局地环流。湖面盛行风白天以东南风为主，夜间以东南风和西西南风为主；地面盛行风白天以东南风为主，夜间以静风和西西北风为主。湖面与陆面盛行风向的转变与日出、日落时间有较好的对应关系。董保举等<sup>[25-26]</sup>利用WPR资料分析指出，点苍山—洱海局地

环流的高度可达到600 m左右。上述分析表明,在没有天气系统影响的条件下,大理点苍山—洱海区域局地环流特征显著,昼夜风向转变明显,白天以偏东风为主,风从湖面吹向陆面,而夜间以偏西风为主,风从陆面吹向湖面。

按照山地气象学基本理论,呈南北走向、高海拔的点苍山会形成不同气候的分界线,点苍山以西为东亚季风和西南季风的迎风坡,气流受地形的抬升作用绝热冷却,有利于凝结降水,而点苍山以东为背风坡,气流越山下沉增温减少降水,故点苍山西坡降水量比东坡多。但大理周边地面观测站1981—2010年资料统计显示,点苍山以西漾濞站平均年降水量(1029.1 mm)比点苍山以东大理站(1054.9 mm)偏少,而点苍山以东宾川站(563.9 mm)、祥云站(822.5 mm)明显偏多。从地理位置上看,大理站与点苍山东坡较近,宾川、祥云两站与点苍山东坡较远。可见,点苍山东西坡降水分布与典型的迎风坡、背风坡降水分布截然不同,具有很强的局地特殊性。然而这种特殊性是否由于点苍山—洱海区域的局地环流所致,还是由于青藏高原和横断山脉的大地形影响或其他原因所致,这一科学问题有待研究和深入探讨。

### 3.2 大气垂直结构和边界层高度特征

地球大气在水平方向上比较均匀,而在垂直方向上呈明显的层状分布,按热力性质通常划分为对流层、平流层、中间层和热层<sup>[27]</sup>。

高垂直分辨率(几米至几十米)的无线电探空资料,可以很好地显示大气垂直状况和精细结构。徐安伦等<sup>[28]</sup>通过2008年季风3个加密观测阶段的GPS探空资料分析指出,大理地区对流层顶高度分布在12.8~16.4 km,平均高度为14.8 km,对流层平均温度递减率为 $6.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ ;季风爆发前(后)水汽主要集中在6.6(8.3) km以下对流层;季风爆发前对流层至低平流层被西风带控制;季风爆发阶段对流层至低平流层风速减小,低平流层风向由西风转成东风;季风强盛阶段低平流层东风逐渐下传,对流层高层至低平流层风速增大,风向基本转成偏东风。

高时间分辨率(1~30 min)和垂直分辨率(60~150 m)的WPR探测资料,能够揭示大气边界层的垂直结构及其演变规律。董保举等<sup>[25]</sup>通过2008—2012年WPR和20 m铁塔探测的风速、风向资料分析指出,距地400 m以下风力基本为2级,盛行风向为偏东风;纬向风在距地600 m以下出现东、西风交替的日变化;风速日变化随高度的升高表现形式明显

不同,20 m以下呈现白天为高值时段、夜间为低值时段的单峰型结构,100~1500 m呈现日出和日落为高值时段、白天为低值时段的双峰型结构,2000 m以上日变化不明显。

大气边界层或行星边界层高度(Planetary Boundary Layer Height, PBLH)既是控制空气质量、污染物扩散的一个关键参数,也是数值天气预报、气候预测模式中边界层参数化方案的一个重要参数,其范围受下垫面和气象条件影响,随时间和空间变化而改变,典型值从几百米至1~2 km。在实际观测中,PBLH并不能直接测量,只能依靠高空探测资料(如温度、湿度、湍流或大气成分的垂直廓线)来估算<sup>[29]</sup>。徐安伦等<sup>[23]</sup>通过2008年加密观测获取的114份探空资料统计显示,洱海湖滨对流边界层高度分布在190~2500 m,平均高度为1061 m;稳定边界层高度分布在60~1760 m,平均高度为467 m。徐祥德等<sup>[30]</sup>、王寅钧等<sup>[31]</sup>分析指出,青藏高原东南缘午时对流边界层顶高可达1500~2500 m,其与感热相关性显著、与浮力项呈正相关。

### 3.3 地气间水、热、碳通量交换和湍流输送特征

离地球表面1~2 km高度的大气边界层是人类活动和生产活动的主要空间<sup>[32]</sup>,也是地球系统中大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈之间相互作用的关键区域。发生在地表附近的动量、热量、水分及CO<sub>2</sub>等物质的湍流交换和输送过程,是地气相互作用最直接和显著的物理过程,直接影响着大气边界层和区域天气气候的形成<sup>[33]</sup>,对全球大气环流和气候变化具有重要的影响。针对点苍山—洱海地气间物质和能量交换,徐安伦等<sup>[9]</sup>通过2008—2010年近地层通量观测资料分析指出,地表辐射通量和湍流通量均呈现出显著的日循环结构和干、湿季变化特征。地表反照率表现出早晨最大、傍晚次之及中午最小的非对称“U”型分布。感热、潜热通量全年有相似的日变化过程,变化幅度随季节变化,但潜热通量明显大于感热通量,表明地气热量交换中,感热作用小,潜热输送占主导地位。地面对大气的加热作用明显,主要以潜热方式加热大气;地面全年均为大气热源,白天表现为强热源,夜间表现为较弱的冷源。杨智等<sup>[22, 34-36]</sup>通过2007—2010年近地层通量观测资料分析指出,大气不稳定层结频次白天高于夜间,湍流强度白天强于夜间、干季强于湿季,无量纲湍流方差与大气稳定度满足1/3次方定律;能量闭合率干季大于湿季,动量通量、感热通量干季大于湿季,潜热通量湿季大于干季,热量交换形式以潜热为主;水稻田生态系统CO<sub>2</sub>

吸收通量比 $\text{CH}_4$ 排放通量大2~3个数量级, 总体表现为碳汇区。孙绩华等<sup>[7]</sup>通过2008年4—5月近地层通量观测资料分析指出, 西南季风爆发前, 动量通量数值较大且日变化特征较明显; 西南季风爆发后, 动量通量数值减小而日变化特征较不显著。西南季风开始前后地气热量交换都以潜热为主, 西南季风开始前一旬, 潜热通量的逐日变化特点是随时间逐渐减少, 感热通量逐渐增大, 二者差值逐渐减小; 西南季风开始后潜热通量的逐日变化为逐渐增大而感热通量逐渐减少, 二者差值逐渐增大。其原因既与雨季天气的变化有关, 也与下垫面状况的改变相联系。Liu等<sup>[37]</sup>通过2012年在洱海湖面获取的EC观测资料分析指出, 洱海在白天表现为冷湖效应, 夜间表现为暖湖效应; 湖面辐射四分量日变化规律显著, 反照率日变化呈“U”型分布; 感热通量和潜热通量平均日变化的峰值分别不超过25、150  $\text{W}/\text{m}^2$ , 白天湖面的有效能量主要分配为潜热通量;  $\text{CO}_2$ 通量除夏季存在弱的吸收外, 其余季节(冬季)表现为弱的排放; 2012年洱海年蒸发量为 $(1165 \pm 15)$  mm; 空气动力学粗糙度平均值为 $1.9 \times 10^{-2}$  m; 动量拖曳系数、热量输送系数和水汽输送系数平均值分别为 $2.02 \times 10^{-3}$ 、 $1.47 \times 10^{-3}$ 、 $1.36 \times 10^{-3}$ 。

### 3.4 强降雨(雪)、大风等典型天气个例特征

在强降雨(雪)天气个例方面, 董保举等<sup>[38-39]</sup>利用2008年6月1—2日大理暴雨过程的WPR资料和小时降水资料分析发现: WPR水平风资料可直观显示随时间变化风场的垂直结构; 高空气流的向下脉动与降水强度的增强有着紧密的联系; WPR产品(垂直速度、折射率结构常数和信噪比)可清楚地反映降水的开始、结束以及降水的强度; 降水前三维风的脉动变化较大, 水平风在垂直方向上存在风速切变, 最大探测高度明显升高; 降水期间WPR资料可以对降水性质进行判断, 功率谱密度出现双峰谱, 能测出垂直气流速度及下降粒子速度。董保举等<sup>[40-41]</sup>对2008年1月27日、7月18日、8月5日、9月25日以及2010年7月18—19日大理暴雨天气过程的GPS/PWV资料分析指出, 发生暴雨前GPS/PWV会呈现1~2天的增湿过程和1~2次的跃变过程, 跃变过程与降水发生和结束有较好的对应关系。董保举等<sup>[42]</sup>对2012年9月1—3日大理暴雨天气过程的微波辐射计和WPR探测资料分析指出, 降水时微波辐射计探测的云底高度保持在1 km以下, 液态水含量越大降水强度越强; 降水时WPR的探测高度增高, 水平风从地面到高空顺时针旋转(暖平流), 垂直气流速度小于 $-4$  m/s, 信噪比大于40 dB。陈红玉等<sup>[43]</sup>

通过2008—2012年汛期强降水发生前WPR探测资料的分析指出, 强降水前0~1 h最大探测高度最高, 强降水的强度与最大探测高度值及其增幅呈正相关; 强降水前1 h左右, 信噪比和垂直气流速度均出现峰值, 且它们的峰值越大, 强降水的强度也越大; 强降水前3~4 h, 距地4.0 km高度附近有中尺度急流出现。黄慧君等<sup>[44]</sup>对2015年1月9—10日大理雨雪天气过程的WPR探测资料分析指出, 信噪比增大对降水增强以及降水相态变化有较好的指示意义。

在大风天气个例方面, 杨澄等<sup>[45]</sup>选取2009—2010年大理的5个大风个例并进行了诊断分析, 指出青藏高原东南侧发生大风的环流背景相似,  $15^\circ\text{N}$ 附近的低纬地区有多个高压系统出现,  $35^\circ\text{N}$ 以北的中高纬地区有长波或者低压槽活动; 大风的发生主要受高空动量下传影响, 且边界层内存在低空急流; 感热向下传输和潜热释放给大风的产生和维持提供了热力条件; WPR探测高度和信噪比强度可作为大风预警指标, 当感热通量和潜热通量呈反位相变化时, 可对大风天气进行预警指导。

在霜冻灾害天气个例方面, 徐安伦等<sup>[46]</sup>对2009年3月14日大理发生晚霜冻灾害期间近地层通量观测资料分析指出, 此次晚霜冻发生前, 近地层气象要素会出现突变现象, 如气压未出现第二极小值等; 白天大气透明度高、无云、风速小、气压高、湿度小, 地表储存的热量较多, 气温升高且达到最高值的时间较晚, 地面以湍流方式向大气输送的能量以潜热通量为主, 傍晚日落后, 地表释放的热量开始增多而且远远超过白天吸收的热量, 加之水汽放射的长波辐射稳定, 获得大气逆辐射补偿的热量相对较少, 气温迅速下降, 从而近地面空气中的水汽发生凝结现象。

在雷电灾害个例方面, 杨艳军等<sup>[47]</sup>对2013年6月23日大理发生雷击事件(造成1人遇难)期间的闪电定位仪、多普勒天气雷达等探测资料分析指出, 雷电灾害上空有自西向东移动的对流单体, 雷击前后约20 min有26次负地闪记录, 电流强度为 $-63.3 \sim -21.2$  kA。

## 4 观测资料应用进展

在气象预测预报应用方面, 陈红玉等<sup>[48]</sup>利用WPR探测资料和小时降水资料, 统计分析了2008—2009年大理32次大雨、暴雨天气过程的信噪比、水平风速、垂直气流速度特征, 提出了强降雨预报的着眼点和阈值指标, 并建立了短临预报业务系统。李育等<sup>[49]</sup>分析了2010—2012年5—6月大理GPS/PWV资料与雨季开始期的变化特征, 认为GPS/PWV变化特征对干、湿季过渡期降水预报有一定的指示作用。

在数值模式试验应用方面,杨澄等<sup>[50]</sup>利用WRF模式耦合Noah陆面模式和CLM湖泊模式,模拟了点苍山—洱海区域的大风天气,并探讨了大风发生、发展、强盛、减弱整个过程的三维动力热力结构特征。王曼等<sup>[51]</sup>利用WRF模式和青藏高原东缘地区18个站点的GPS/PWV资料进行了同化试验,认为GPS/PWV资料同化对初始湿度和高度场的影响较大,而对温度和风场的影响较小。许鲁君等<sup>[52-53]</sup>利用耦合湖泊模型的WRF-CLM模式模拟了点苍山—洱海区域的局地环流特征和洱海的湖泊效应,表明模式对近地面气温、风向、风速、感热通量、潜热通量的模拟与观测基本一致,模拟结果能较好地再现区域山谷风和湖陆风相互作用的局地环流特征;非季风期湖泊对局地环流及大气边界层影响显著;季风期受降水天气系统影响,局地环流发展不充分,白天湖泊作用没有非季风期明显。

在飞机颠簸应用方面,高兵等<sup>[54]</sup>利用2009年1—3月WPR探测资料,结合机组报告的颠簸情况,分析了飞机不同程度颠簸条件下的风切变、急流出现高度以及垂直气流速度特征,认为WPR实时探测资料可以对大理机场飞机颠簸进行有效预警、预报,保障飞机安全飞行。

## 5 小结和展望

综上所述,过去十年间大理观象台在综合气象观测和研究方面取得不少成果,但由于其所处区域气候背景、地形地貌、下垫面状况等因素的复杂性,所建成的大气观测设备仍不能较好地对区域大气基本状况进行全面细致的观测,缺乏高空(对流层至低平流层)大气温度、水汽、相对湿度、风速、风向、云液态水等要素的观测,限制了对大气立体、三维结构的认识和理解。另外,由于国家气候观象台顶层设计不到位,缺乏稳定的运行和管理体制,新型观测仪器没有相关备件、没有明确标定或检定机构,设备运行状态、观测数据质量方面缺少科学评估,各类观测资料没有形成统一格式的数据集,观测资料在气象预测预报、模式检验和评估等业务中的分析应用也明显不足,这些问题也影响了各套观测系统的建设效益以及国家气候观象台的长远发展。

大理观象台的未来发展,一方面要紧密围绕我国气象事业的发展需求,另一方面要牢牢把握自身特色和优势。复杂地形影响,一直以来都是制约我国天气气候预测预测准确率提升的关键科学问题,也是各类数值模式模拟预测的难点问题;而就地形影响进行深入攻关研究的重要基础,是山地地区高精度的多种类综合气候探测资料。大理观象台位于青藏高原东南

延伸区、横断山脉中段,毗邻最高海拔4122 m的点苍山,其地形条件可作为横断山脉典型南北向山地和狭长谷底的典型样本。在大理观象台的未来发展中,一是要以周边10 km×10 km范围内的山地区域为核心区,在其内部架设高密度观测网,同时布设多种垂直探测设备,特别是针对云、水汽和风的垂直探测设备,为区域水循环和复杂山地气象研究以及短时强降水、雷暴、冰雹、大风等灾害天气监测预警提供第一手的观测资料。二是加强观测仪器的日常维护管理,研究有效的数据质量控制技术,建立高质量、规范化的数据资料集,围绕区域水循环和复杂山地气象,发展多源气象信息融合同化技术,开展西南复杂地形区天气、气候模式和边界层、云物理过程参数化检验和验证,深入研究西南水汽输送通道关键区的水汽输送变化、低纬高原复杂山地天气气候变化规律及其机理、青藏高原东南延伸区地气相互作用过程等核心科学问题。

## 参考文献

- [1] 陈贵川,卞林根,李平,等.国家气候观象台建设观测环境问题.气象科技,2008,36(2):244-248.
- [2] 杨艳军,付志嘉,王晓滨,等.大理国家气候观象台不同观测系统的观测数据差异性分析.气象水文海洋仪器,2016,(3):13-20.
- [3] 汪文雅,郭建侠,王英舜,等.锡林浩特草原CO<sub>2</sub>通量特征及其影响因素分析.气象科学,2015,35(1):100-107.
- [4] 谢韶,吕卫华,谢开川.气候环境变化对电白日照时数的影响.广东气象,2008,30(6):40-42.
- [5] 田红,伍琼,童应祥.安徽省寿县农田能量平衡评价.应用气象学报,2011,22(3):356-361.
- [6] 张良,李耀辉,王胜,等.张掖国家气候观象台常规气象资料检验分析.干旱气象,2010,28(1):49-53.
- [7] 孙绩华,樊风,徐安伦,等.西南季风爆发前后大理近地层风场及湍流通量的变化特征.气候与环境研究,2015,20(4):369-379.
- [8] 苏锦兰,李建,杨桂荣,等.横断山系云岭余脉点苍山东侧小时降水特性对比分析.气象,2015,41(1):17-24.
- [9] 徐安伦,李建,孙绩华,等.青藏高原东南缘大理地区近地层微气象特征及能量交换分析.高原气象,2013,32(1):9-22.
- [10] 程建刚.序言//徐安伦,杨桂荣,孙绩华,等.大理国家气候观象台科研论文汇编.北京:气象出版社,2016.
- [11] Xu X D, Zhang R H, Koike T, et al. A new integrated observation system over the Tibetan Plateau. Bull Amer Meteor Soc, 2008, 89(10): 1492-1496.
- [12] 张人禾,徐祥德.青藏高原及东缘新一代大气综合探测系统应用平台—中日合作JICA项目.中国工程科学,2012,14(9):102-112.
- [13] 施晓晖.青藏高原东缘对流云和水汽观测试验简介.气象科技进展,2014,4(5):48-52.
- [14] 徐安伦,李建,刘辉志,等.大理国家气候观象台地面辐射观测数据的质量控制研究.高原气象,2013,32(5):1432-1441.
- [15] 董保举,张晔,徐安伦.高原地区风廓线雷达资料评估.气象科技,2009,37(5):580-583.
- [16] 董保举,张晔,徐安伦,等.风廓线雷达测风和气球测风资料对比分析.云南大学学报(自然科学版),2011,33(S1):18-25.
- [17] 徐安伦,孙绩华,李建,等.大理波动相关观测数据的处理及质量评价研究.云南大学学报(自然科学版),2014,36(2):224-232.
- [18] 任菊章,孙绩华,李建,等.云南地区GPS探测与3类再分析可降水量的对比分析.高原气象,2014,33(6):1480-1489.
- [19] 孙绩华,吴萍,刘建宇.云南地基GPS水汽解算方案及精度检验.南京信息工程大学学报(自然科学版),2013,5(2):106-112.
- [20] 徐安伦,彭浩,董保举.大口径闪炼仪和波动相关仪测量大气折

- 射率结构常数的比较. 高原气象, 2015, 34(4): 935-941.
- [21] 徐安伦, 李建, 彭浩, 等. 洱海湖滨农田下垫面大口径闪烁仪与涡动相关仪测量的湍流热通量对比分析. 高原气象, 2017, 36(1): 98-106.
- [22] 杨智, 刘劲松, 孙绩华. 大理近地层山谷盆地湖陆风及湍流特征分析. 气象与环境学报, 2008, 24(5): 32-37.
- [23] 徐安伦, 董保举, 刘劲松, 等. 洱海湖滨大气边界层结构及特征分析. 高原气象, 2010, 29(3): 637-644.
- [24] 徐安伦, 赵晓红, 付志嘉, 等. 洱海盆地水面与地面气象要素变化特征的比较. 大气科学学报, 2011, 34(2): 225-231.
- [25] 董保举, 李建, 孙绩华, 等. 青藏高原东南缘低层风场垂直结构与变化特征. 高原气象, 2016, 35(3): 597-607.
- [26] 董保举, 张成稳, 付志嘉, 等. 云南大理边界层风垂直变化观测研究. 干旱气象, 2011, 29(2): 189-194.
- [27] 盛裴轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学(第二版). 北京: 北京大学出版社, 2003: 48-50.
- [28] 徐安伦, 钟爱华, 孙绩华, 等. 大理地区对流层至低平流层大气垂直结构的特征分析. 高原气象, 2016, 35(1): 77-85.
- [29] Coen M C, Praz C, Haeefe A, et al. Determination and climatology of the planetary boundary layer height above the Swiss plateau by in situ and remote sensing measurements as well as by the COSMO-2 model. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2014, 14(23): 13205-13221.
- [30] 徐祥德, 王寅钧, 赵天良, 等. 高原东南缘大气近地层湍能特征与边界层动力、热力结构相关特征. 气象, 2014, 40(10): 1165-1173.
- [31] 王寅钧, 徐祥德, 赵天良, 等. 青藏高原东南缘边界层对流与湍能结构特征. 中国科学: 地球科学, 2015, 45(6): 843-855.
- [32] 胡非, 洪钟祥, 雷孝恩. 大气边界层和大气环境研究进展. 大气科学, 2003, 27(4): 712-728.
- [33] 刘树华, 刘和平, 胡予, 等. 沙漠绿洲陆面物理过程和地气相互作用数值模拟. 中国科学: 地球科学, 2006, 36(11): 1037-1043.
- [34] 杨智, 刘劲松, 朱以维, 等. 云南大理干湿季近地层湍流特征对比分析. 气象科技, 2009, 37(4): 429-433.
- [35] 杨智, 刘劲松, 朱以维, 等. 云贵高原西部大理地区近地层湍流特征分析. 大气科学学报, 2010, 33(1): 117-124.
- [36] 杨智, 孙绩华, 徐安伦. 稻田CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>通量特征及碳平衡研究. 云南大学学报(自然科学版), 2013, 35(S2): 291-295.
- [37] Liu Huizhi, Feng Jianwu, Sun Jihua, et al. Eddy covariance measurements of water vapor and CO<sub>2</sub> fluxes above the Erhai Lake. *Science China: Earth Sciences*, 2015, 58(3): 317-328.
- [38] 董保举, 刘劲松, 高月忠. 基于风廓线雷达资料的暴雨天气过程分析. 气象科技, 2009, 37(4): 411-414.
- [39] 董保举, 付志嘉, 李明, 等. 风廓线雷达资料在暴雨天气过程特征分析中的应用. 气象科技, 2012, 40(1): 74-78.
- [40] 董保举, 王明栋, 刘建平, 等. 云南大理暴雨天气过程GPS大气可降水量特征分析. 云南地理环境研究, 2013, 25(5): 79-83.
- [41] 董保举, 高月忠, 张成稳, 等. 一次暴雨过程局地水汽和热力动力条件的综合观测分析. 云南大学学报(自然科学版), 2011, 33(S1): 81-85.
- [42] 董保举, 高月忠, 张丽芬. 新型探测资料在滇西北高原一次暴雨过程监测中的应用. 气象科技, 2014, 42(6): 1077-1082.
- [43] 陈红玉, 高月忠, 尹丽云, 等. 强降水过程风廓线雷达资料的极值特征. 气象科技, 2016, 44(1): 87-94.
- [44] 黄慧君, 李庆红, 钟爱华, 等. 风廓线雷达资料在强雨雪天气过程中的变化特征. 云南气象, 2015, 35(3): 9-14.
- [45] 杨澄, 付志嘉, 赵晓红. 青藏高原东南侧复杂地形下冬季大风诊断分析. 高原气象, 2014, 33(2): 346-354.
- [46] 徐安伦, 杨艳军, 孙绩华, 等. 大理地区晚霜冻灾害前后大气边界层特征分析. 气象科技, 2011, 39(4): 513-519.
- [47] 杨艳军, 徐安伦, 高月忠, 等. 大理典型山地条件下一次雷暴灾害天气分析与防御对策思考. 云南地理环境研究, 2016, 28(3): 72-76.
- [48] 陈红玉, 钟爱华, 董保举. 风廓线雷达资料在大雨、暴雨预报中的应用. 云南气象, 2010, 30(3): 20-25.
- [49] 李育, 杨桂荣. 大理2010—2012年雨季开始前后大气可降水量和水汽压变化特征. 云南气象, 2014, 34(4): 54-58.
- [50] 杨澄, 付志嘉. WRF模式对大理洱海盆地大风天气的模拟试验. 云南气象, 2016, 36(2): 4-10.
- [51] 王曼, 孙绩华, 赵韬, 等. 青藏高原东缘GPS水汽资料对暴雨模拟的影响分析. 高原山地气象研究, 2013, 33(4): 25-29.
- [52] 许鲁君, 刘辉志, 曹杰. 大理苍山—洱海局地环流的数值模拟. 大气科学, 2014, 38(6): 1198-1210.
- [53] 许鲁君, 刘辉志. 云贵高原洱海湖泊效应的数值模拟. 气象学报, 2015, 73(4): 789-802.
- [54] 高兵, 杨艳军. 风廓线雷达资料在大理机场飞机颠簸中的分析和应用. 高原山地气象研究, 2009, (增刊): 34-36.

# 基于点苍山-洱海剖面观测系统对青藏高原东南缘气象要素垂直变化的研究

董保举

(大理国家气候观象台, 大理 671003)

**摘要:** 利用在青藏高原东南缘云南大理点苍山-洱海间不同海拔高度设立的自动气象观测站资料, 分析了2012年1月1日—2014年12月31日的风向、风速、气温、相对湿度和气压等气象要素的立体变化特征, 得出: 1) 不同海拔高度风速日变化均呈单峰型分布, 海拔高度及地形对风速影响较大, 海拔2640.0 m位于东西风局地环流高度位置。海拔1990.5~2640.0 m都存在东西风、南北风转化的日变化。2) 气温日变化是单峰型分布, 最小值出现在日出后, 最大值出现在午后至日落前。3) 相对湿度日变化是单峰型分布, 海拔3520.0 m及以上的相对湿度最大值出现在22:00, 最小值出现在11:00, 而海拔1975.4~2640.0 m最大值出现在07:00-08:00, 最小值出在15:00-17:00。4) 气压日变化为双峰双谷型, 第一个峰值出现在中午前, 第二个峰值出现在午夜; 第一个谷值出现在日出前, 第二个谷值出现在日落。探讨了云南大理点苍山-洱海不同海拔高度气象要素日变化特殊分布是由于地形环境、水陆分布以及太阳辐射分布差异造成的, 为今后研究高原复杂下垫面的大气结构、地气交换及局地环流时空变化特征提供重要依据。

**关键词:** 日变化, 气象要素, 云南大理, 青藏高原

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.002

## A Study of Meteorological Element Daily Variation with Elevation in Yunnan Dali Region, the Southeastern Margin of Tibetan Plateau

Dong Baoju

(Dali National Climate Observatory, Dali 671003)

**Abstract:** Based on observational data at 6 automatic meteorological stations which were set up between Cangshan Mountains and Erhai Lake area in the southeastern margin of Tibetan Plateau, three dimensional variation characteristics of wind speed, wind direction, air temperature, relative humidity and atmospheric pressure were analyzed for the period from January 2012 to December 2014. The results show as follows: 1) The diurnal variation of wind speed at different elevations displayed as one peak, and it is influenced greatly by The altitude and terrain. The local of easterly and westerly wind cycle appears under 2640.0 m above sea level. There are diurnal variations of east-west and north-south wind components between 1990.5 m and 2640.0 m above sea level. 2) The diurnal variation of air temperature showed single valley with the minimum value before sunrise, and single peak with the maximum value in afternoon and before sunset. 3) The diurnal variation of relative humidity showed one peak with the maximum around 22:00 and one valley with the minimum around 11:00 at higher than 3520.0 m above sea level, while one peak with the maximum between 07:00 and 08:00 and one valley with the minimum at 15:00 to 17:00 between 1975.4 m and 2640.0 m above sea level. 4) The diurnal variation of atmospheric pressure showed double-peak with its first and second peak values before noon and midnight respectively, while double-valleys with its first and second valley values before sunrise and sunset respectively. The causes of diurnal variation of meteorological elements were related to terrain environment, land and lake distribution, solar radiation and so forth. These provide important basic knowledge on the atmospheric structure, the land-atmosphere exchange, and the local atmospheric circulation's variation around the Tibetan Plateau.

**Keywords:** diurnal variation, meteorological elements, Yunnan Dali, Tibetan Plateau

收稿日期: 2017年3月13日; 修回日期: 2017年8月14日  
作者: 董保举(1979—), Email: dongbaoju@163.com  
资助信息: 云南省气象局科技项目(YB201210)

### 0 引言

青藏高原东西长约3000 km, 南北宽约1500 km, 平均海拔高度在4 km以上, 高大的地形达到对流层中下部, 被称为“世界屋脊”和“地球第三极”, 气象

工作者对青藏高原进行研究表明：高原的热力和动力作用对中国东部地区的天气和气候、亚洲季风，乃至全球大气环流和天气气候都有重要影响<sup>[1-2]</sup>。近几年来，为认识青藏高原及珠峰大气结构和地气物理交换过程，在青藏高原以及珠峰地区相继开展了许多重要的大气科学试验，而且在青藏高原及珠峰复杂地形中建立了许多大气综合观测站，积累了大量宝贵的第一手观测资料，其中利用边界层铁塔资料、地面自动气象站观测资料和风廓线雷达资料研究边界层结构、地气物理交换过程及垂直高度上风场的变化特征等，取得了丰硕的科研成果<sup>[3-24]</sup>。如周明煜等<sup>[3]</sup>研究了青藏高原大气边界层结构特征：温度、湿度垂直变化与平原接近，水平流作用对边界层具有重要作用，它会影响垂直分布及时间变化的特点，高原上的边界层高度显著超过平原和海面上边界层高度，可达2200 m。邹捍等<sup>[12]</sup>发现珠峰北坡绒布河谷地区由于陡峭地形和复杂地表状态调整下的辐射加热和冷却过程所驱动，同时伴有大气动力学的影响，导致局地大气环流系统具有很强的特殊性，主要表现为长持续时间（上午直至后半夜）和强风速（12 m/s以上）的沿河谷下气流，以及上午至后半夜的近地上升运动和100 m以上高度中的下沉运动。张志刚等<sup>[13]</sup>利用2007年5—6月观测的珠峰北坡近地层气象资料，统计分析了大气温度、地面风向、风速等气象要素在不同海拔高度的日平均分布特征，进一步加深对珠峰北坡天气规律的认识，填补珠峰海拔7000 m以上连续观测气象资料及研究的空白。何立富等<sup>[17]</sup>利用自动气象站和探空观测资料，对珠峰地区地面和高空大气温度、气压、湿度和风向、风速等气象要素日平均变化和垂直分布特征进行了深入分析，为珠峰地区登山气象服务和进一步研究珠峰大气状况提供科学依据。王宇<sup>[25]</sup>利用常规观测气象资料，对云南各地山区气候进行了全面、系统的分析研究，深入地阐述了各山区各种气象要素的垂直分布特征及山区可利用的气候资源。

云南大理位于云南省的西部（98°52'—101°03'E，24°41'—26°42'N），地处云贵高原与横断山脉南端结合部<sup>[26]</sup>，青藏高原的东南边缘地区，金沙江、元江和澜沧江三大水系分水岭地段，是孟加拉湾西南季风带的迎风区。然而在该地区利用不同海拔高度的地面观测资料进行分析研究的成果较少，本文利用2012—2014年不同海拔高度的地面自动气象站观测资料，统计分析了大气温度、湿度、风向和风速等气象要素的立体变化特征，进一步加深青藏高原东南缘云南大理局地天气规律的认识，为今后研究高原典型区域的大气结构、地气交换及局地环流时空变化特征提供重要依据，为数

值模式预报能力的改善提供基础观测数据，为提高高原复杂山地预报准确率提供资料支撑。

## 1 观测区域概况和资料选取

云南大理国家气候观测台（E站，100.18°E，25.70°N，海拔高度为1990.5 m），其所在地东邻容积约为30.0亿 m<sup>3</sup>，面积超过250 km<sup>2</sup>的高原湖泊洱海，西及绵延约50 km、海拔3800 m左右的点苍山山脉，西面的点苍山与东面玉案山山脉（海拔约2400 m）又形成两山对峙的峡谷，山脉和峡谷走向近似南北向，如图1所示。以大理国家气候观测台为基础，沿25.70°N左右做剖面新建5个观测站，如表1所示。资料为2012年1月1日—2014年12月31日。A站海拔较高，冬季结冰，风速和风向存在问题，所以资料分析时不取A站风速和风向数据，资料在使用时剔除明显不合理数据。

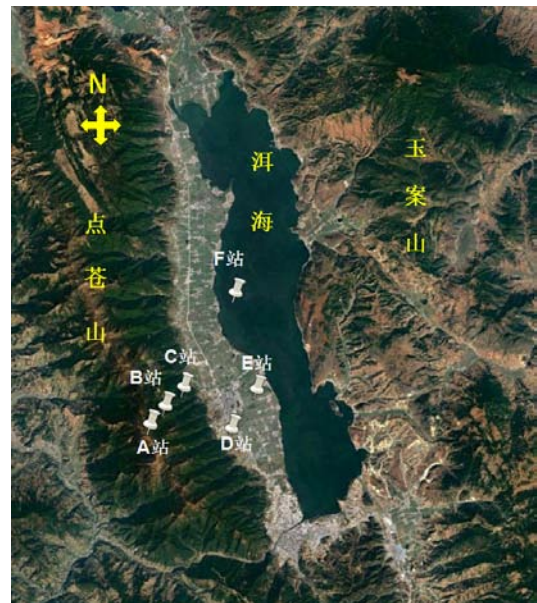


图1 云南大理地形和各自动站位置（引自Google Earth）  
Fig. 1 The terrain of Yunnan Dali and the locations of automatic weather stations (quote from Google Earth)

表1 各自动站站点信息

Table 1 The information of automatic weather stations

| 站名 | 经度/°E  | 纬度/°N | 海拔/m   | 备注        |
|----|--------|-------|--------|-----------|
| A  | 100.09 | 25.67 | 4092.0 | 点苍山电视台    |
| B  | 100.10 | 25.68 | 3520.0 | 点苍山杉庵亭    |
| C  | 100.12 | 25.70 | 2640.0 | 点苍山白雀寺    |
| D  | 100.16 | 25.67 | 2130.0 | 点苍山阳和     |
| E  | 100.18 | 25.70 | 1990.5 | 大理国家气候观测台 |
| F  | 100.14 | 25.78 | 1975.4 | 洱海水面上点    |

## 2 结果分析

### 2.1 风向和风速分布差异

为了便于比较它们在各个方位的大小及相应的

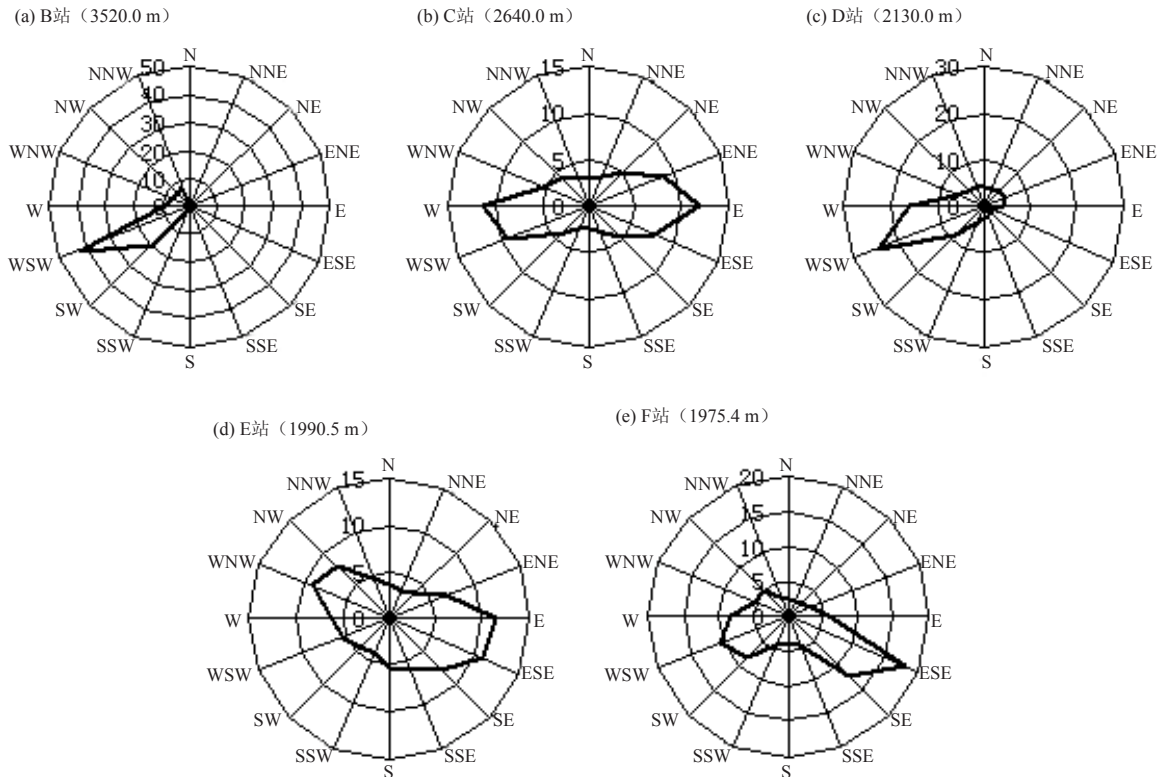


图2 不同高度风向频率分布特征

Fig. 2 The distributing characteristics of wind direction frequency at different elevations

变化,把各站风向的频率都换算成可比的百分数<sup>[27]</sup>,从图2中可以看出,B站的主导风向为西西南和西南风,分别占到43%和19%,基本上偏西风为主,其主要原因是该站位于近似南北向的点苍山山脉中上部,位于洱海盆地的西边,受高空西风 and 局地峡谷风南风影响;C站的主导风向为西风和东风,分别占到12%和11%,东风和西风基本一致,这与C站所处位置高度有关,C站比洱海盆地高出600 m左右,刚好是局地环流东西风能量交换最高的位置,这与许鲁君等<sup>[28]</sup>、董保举等<sup>[29]</sup>研究的云南大理点苍山-洱海地区环流高度是一致的;D站的主导风向为西西南和西风,分别占到24%和16%,基本上偏西风为主,其主要原因与B站近似,该站位于近似南北向的点苍山山脉山脚下,位于洱海盆地的西边,受高空西风 and 局地峡谷风南风影响;E站的主导风向为东风和东东南风,分别占到12%和11%,而F站的主导风向为东东南和东南风,分别占到18%和12%,可以得出E站和F站基本是东风和东偏南风,这是因为E站和F站均处在大理盆地中央,E站位于陆地,F站位于洱海水面,二者都受山谷风(湖陆风)和峡谷风影响。

从不同高度测站每小时平均风速的日变化分布可

以看出(图3),5个站风速日变化均呈单峰型分布。B站风速较大,平均风速为5.0 m/s;C站风速最小,平均风速仅为1.6 m/s;D—F站平均风速为2.3~3.0 m/s。其原因是B站处于洱海盆地西边点苍山山脉海拔3520 m的位置,海拔较高、风速较大;C站的海拔高度位于东西风局地环流高度位置<sup>[28-29]</sup>,所以风速较小;D—F站位于洱海盆地,海拔相对较低,四周都有山阻挡,风速相对较小。

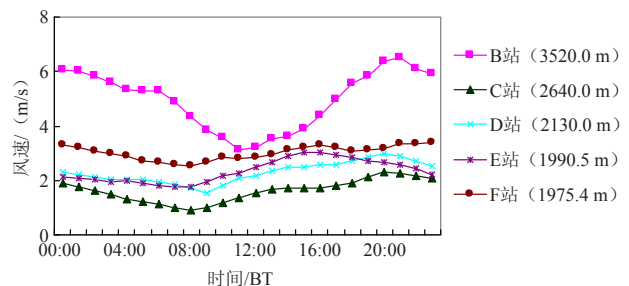


图3 不同高度风速日变化(单位:m/s)

Fig. 3 The diurnal changes of wind speeds at different elevations (unit: m/s)

从风速极值出现的时间来看,B站风速极大值出现在21时,为6.5 m/s,极小值出现在11时,为3.1 m/s;C站风速极大值出现在20时,为2.3 m/s,极小

值出现在08时，为0.9 m/s；D站风速极大值出现在20时，为3.0 m/s，极小值出现在09时，为1.5 m/s；E站风速极大值出现在15时，为3.0 m/s，极小值出现在07时，为1.8 m/s；F站风速极大值出现在23时，为3.4 m/s，极小值出现在08时，为2.5 m/s。总体看来风速都有明显的日变化，其共同特点是，日出前后至中午风速较小，日落后至凌晨风速较大。

## 2.2 纬向风和经向风日变化

为了进一步分析云南大理点苍山—洱海之间纬向风和经向风的变化规律，将风速进行分解。 $u$ 风（纬向风，或东西风）， $v$ 风（经向风，或南北风）分量按下式求得<sup>[30]</sup>，

$$\begin{aligned} u &= |V| \sin(\alpha - 180^\circ) \\ v &= |V| \cos(\alpha - 180^\circ) \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中， $|V|$ 为风速， $\alpha$ 为风向，北风定义为 $0^\circ$ ，东风定义为 $90^\circ$ 。然后对云南大理点苍山—洱海地区的纬向风和经向风进行平均，获得观测期间该地区纬向风和经向风不同海拔高度分布的日变化。

从图4a可以看出，C—F站都存在东西风转换的日变化，其中C、D和E站日变化最明显，F站只有19和20时为西风，其他时段都为东风，日出时东风风速较小，白天风速较大，日落风速较小，之后东风逐渐增大至凌晨。E站从23时至次日07时东风风速接近零，日出后东风逐渐增强，至13时为最大值为1.4 m/s，之

后逐渐减弱，到18时变为西风，西风持续至00时。C站09时开始出现东风，为0.2 m/s，随时间推移东风逐渐增强，至14时东风达到最大值，为1.0 m/s，之后东风逐渐减弱，16时为0.4 m/s，17时变为西风，为0.1 m/s，之后西风逐渐增强，至21时达最大值1.0 m/s，之后西风逐渐减弱，至次日07时为0.1 m/s。C站和D站东西风变化趋势基本一致，只是D站西风较大、C站较小，而东风C站比D站稍大。B站全天为西风，明显的单峰型结构，白天风速较小，日落后风较大，最大值发生在21时，为5.7 m/s，之后风速逐渐减小，最小值为次日11时，为2.8 m/s。

从图4b可以看出，C—E站都存在南北风转换的日变化，其中C站和D站日变化最明显，E站只有11和12时为北风，其他时段都为南风，凌晨至中午风速较小，中午后风速逐渐增大，至18时风速达到最大，为1.0 m/s，之后南风逐渐减小。C站和D站变化趋势基本一致，只是D站的变化幅度比C站大，日出至午后（08—15时）为北风，其他时段为南风。B站和F站全天为南风，存在明显的日变化，但是变化趋势基本相反，B站最小值出现在11时，为0.9 m/s，之后风速逐渐变大，21时达到最大值2.6 m/s，之后风速逐渐变小，最小值出现在日出后；F站的最大值出现在09时，为1.0 m/s，之后风速逐渐减弱，至18时达到最小值0.5 m/s，之后风速缓慢增加，至日出时达到最大值。

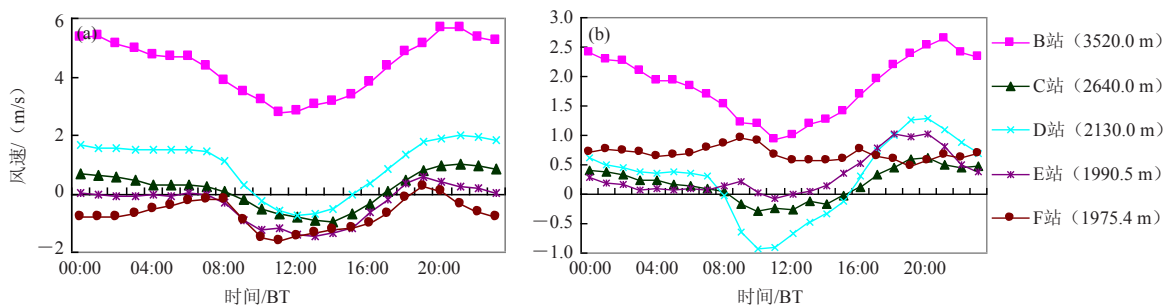


图4 纬向风 (a) 和经向风 (b) 日变化 (单位: m/s)

Fig. 4 The diurnal variation of zonal wind speed (a) and meridional wind speed (b) (unit: m/s)

## 2.3 气温日变化

不同海拔高度的6个测站气温日变化均呈单峰型分布(图5)，存在明显的日变化，最小值出现在07时(F站除外，最小值出现在08时)，最大值出现时间不一致，A站与F站相同，都是17时，B站为13时，C站和D站为15时，E站为16时。可以看出，除了A站和B站，F站最低气温和最高气温要比其他站晚1~2 h，这是因为F站的下垫面水体的热容量要比陆地大，导致水体上空的气温升高比陆地推后。从日较差来看，A站在点苍山山顶，与盆地地面相差2000 m

左右，由于海拔较高，日变化幅度不大，日较差为 $2.6^\circ\text{C}$ ，B站为 $5.6^\circ\text{C}$ ，F站为 $6.3^\circ\text{C}$ ，C站为 $7.1^\circ\text{C}$ ，D站为 $10.1^\circ\text{C}$ ，E站为 $9.2^\circ\text{C}$ 。6个站气温变化幅度中，F站气温上升比D站和E站慢，而在气温下降阶段D站和E站比F站下降得快，究其原因主要是下垫面不同，F站下垫面为水体，其他站为陆地，水的热容量比陆地的热容量大，所以F站变化较慢。

## 2.4 相对湿度日变化

不同海拔高度6个测站的相对湿度日变化都是单峰型分布，A站和B站海拔较高，相对湿度较大，为

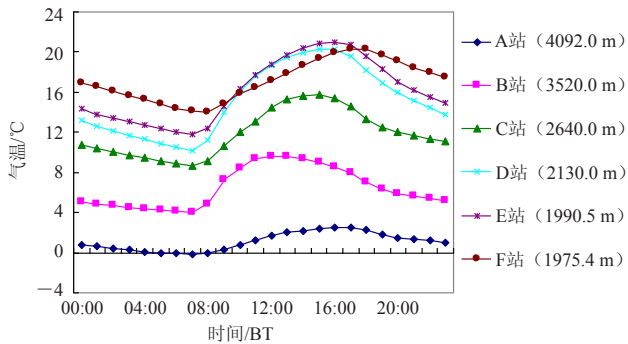


图5 不同高度气温日变化 (单位: °C)

Fig. 5 The diurnal variation of temperature at different elevations (unit: °C)

66.2%~89.9%，最大值（89.9%和77.1%）出现在22时，之后相对湿度逐渐减小，至次日11时出现最小值（81.4%和66.2%），存在日变化但变化幅度不明显；C—F站相对湿度存在明显的日变化，由于海拔较低相对湿度较小，为40.7%~77.8%，在07—08时出现最大值为75.5%、74.6%、77.8%和63.2%，随时间推移，相对湿度逐渐变小，15—17时出现最小值，分别为54.5%、40.7%、41.9%和42.3%，之后相对湿度逐渐增大，在日出时达到最大值。

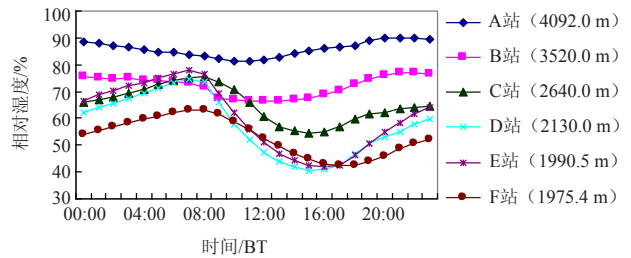


图6 不同高度相对湿度日变化 (单位: %)

Fig.6 The diurnal variation of relative humidity at different elevations (unit: %)

### 2.5 气压日变化

不同海拔高度6个测站气压日变化为明显的双峰双谷型，A—F站第一个峰值（621.3、667.2、740.8、788.4、802.4和804.0 hPa）出现在11—12时，第二个峰值（620.9、666.6、740.0、787.4、801.3和802.6 hPa）出现在00时；第一个谷值（619.7、655.4、739.0、786.5、800.5和801.9 hPa）出现在05—06时，第二个谷值（619.7、665.1、737.9、784.9、798.6和800.0 hPa）出现在18时，这与叶笃正等<sup>[1]</sup>、谢爱红等<sup>[8]</sup>的研究结果相一致，凌晨日出前后和中午时分的低谷高峰区与气温有关。气压日变化的另一个低谷高峰区

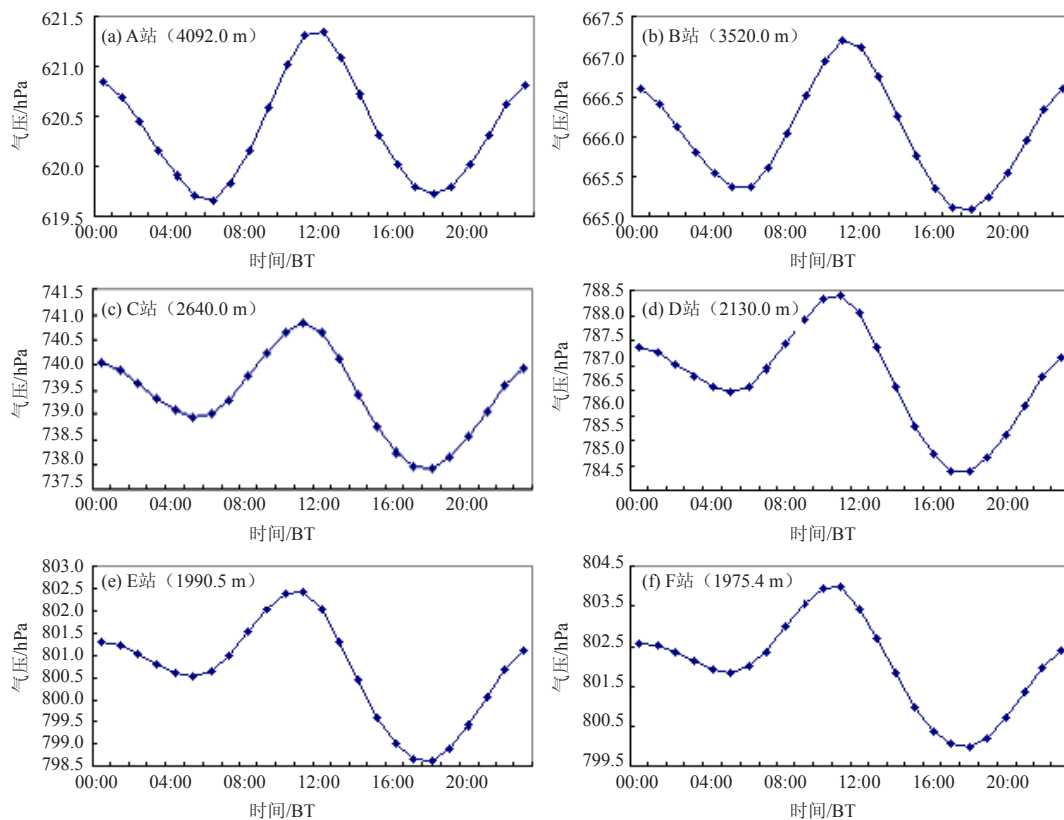


图7 不同高度气压日变化 (单位: hPa)

Fig. 7 The diurnal variation of atmospheric pressure at different elevations (unit: hPa)

的形成,是由于青藏高原周围有一条正变高的最大值带存在,导致其在日落后形成低谷区,子夜时分形成高峰区<sup>[1]</sup>。

### 3 结论

本文通过对2012年1月1日至2014年12月31日青藏高原东南缘云南大理点苍山—洱海间不同海拔高度的气象要素平均值的分析,得到如下结论。

1) B站主要受高空西风和局地峡谷风南风影响,而C—F站受山谷风(湖陆风)和峡谷风影响,存在东西风转化的日变化,日出时风速较小,白天风速较大,日落风速较小。东西风局地环流高度至C站。C—E站均存在南北风转化的日变化,B站和F站全天为南风。

2) 气温日变化均呈单峰型分布,存在明显的日变化,最小值出现在07—08时,最大值出现在午后至日落前。受下垫面性质、水陆分布以及地形加热等因素影响,除了A站和B站外,位于洱海水面的F站最低气温和最高气温要比其他站晚1~2 h。

3) 相对湿度日变化都是单峰型分布,A站和B站海拔较高,相对湿度较大,在66.2%~89.9%,最大值出现在22时,最小值出现在11时;C—F站由于海拔较低,相对湿度较小,在36.6%~77.8%,最大值出现在07—08时,最小值出现在15—17时。

4) 气压日变化呈明显的双峰双谷型分布,日出前出现第一个波谷,中午前后出现第一个波峰,日落出现第二个波谷,子夜时分形成第二个波峰。

#### 参考文献

[1] 叶笃正,高由禧.青藏高原气象学.北京:科学出版社,1979:10-48,153-171.  
 [2] 钱正安,焦彦军.青藏高原气象学的研究进展和问题.地球科学进展,1997,12(3):207-216.  
 [3] 周明煜,徐祥德,卞林根,等.青藏高原大气边界层观测分析与动力学研究.北京:气象出版社,2000:57-78.  
 [4] 钱泽雨,胡泽勇,杜萍,等.青藏高原北麓河地区近地层能量输送与微气象特征.高原气象,2005,24(1):43-48.  
 [5] 马耀明,姚檀栋,王介民.青藏高原能量和水循环试验研究:GAME/Tibet与CAMP/Tibet研究进展.高原气象,2006,25(2):

344-351.  
 [6] 李茂善,戴有学,马耀明,等.珠峰地区大气边界层结构及近地层能量交换分析.高原气象,2006,25(5):807-813.  
 [7] 徐祥德,陈联寿.青藏高原大气科学试验研究进展.应用气象学报,2006,17(6):756-772.  
 [8] 谢爱红,任贾文,秦翔,等.2005年5—7月珠穆朗玛峰北坡海拔6523 m气象要素特征.冰川冻土,2008,28(6):909-917.  
 [9] 李茂善,戴有学,马耀明,等.珠峰地区大气边界层结构及近地层能量交换分析.高原气象,2006,25(5):807-812.  
 [10] 徐安伦,李建,孙绩华,等.青藏高原东南缘大理地区近地层微气象特征及能量交换分析.高原气象,2013,32(1):9-22.  
 [11] 马舒坡,周立波,邹捍.珠峰北坡绒布河谷大气物质交换的观测研究.高原气象,2007,26(6):1224-1230.  
 [12] 邹捍,周立波,马舒坡,等.珠穆朗玛峰北坡局地环流日变化的观测研究.高原气象,2007,26(6):1123-1140.  
 [13] 张志刚,秦翔,何立富,等.2007年5—6月珠峰北坡不同高度气象要素特征分析.气象,2011,37(8):977-983.  
 [14] 杨兴国,秦大河,张廷军,等.珠穆朗玛峰北坡地区气温和湿度变化特征.气象学报,2012,70(4):855-866.  
 [15] 杨兴国,群觉,刘宏谊,等.珠穆朗玛峰北坡冰川表面不同季节气象特征分析.干旱气象,2008,26(4):16-21.  
 [16] 刘伟刚,张东启,柳景峰,等.喜马拉雅山中段地区气温直递减率变化特征.干旱气象,2013,31(2):240-245.  
 [17] 何立富,王遂缠,张志刚.穆朗玛峰地区气象要素特征观测研究.应用气象学报,2012,21(6):641-648.  
 [18] 秦翔,杨兴国,李健,等.珠穆朗玛峰北坡地区的气温分布及其垂直梯度分析.高原气象,2013,32(1):1-8.  
 [19] 郭建平,薛红喜,马兆岩,等.珠穆朗玛峰地区若干气象要素的垂直特征.高原气象,2013,32(6):1568-1579.  
 [20] 李剑东.青藏高原那曲地区风廓线结构的观测研究.北京:中国气象科学研究院,2005:1-41.  
 [21] 周立波,邹捍,马舒坡,等.南亚夏季风对珠穆朗玛峰北坡地面风场的影响.高原气象,2007,26(6):1173-1186.  
 [22] 邹捍,李鹏,朱金焕,等.HEST2007珠峰北坡风廓线观测研究.高原气象,2007,26(6):1199-1207.  
 [23] Zou H, Zhou L, Ma S, et al. Local wind system in the Rongbuk Valley on the northern slope of Mt. Everest. Geophys Res Lett, 2008, 35, doi: 10.1029/2008GL033466.  
 [24] 徐海,邹捍,李鹏,等.藏东南林芝机场低层风场垂直结构与变化特征.高原气象,2014,33(2):355-360.  
 [25] 王宇.云南山地气候.昆明:云南科技出版社,2006:13-48.  
 [26] 大理白族自治州气象局.大理白族自治州气象志.北京:气象出版社,2008:25-29.  
 [27] 张景哲,刘继韩.风的污染指数和不同风向的污染几率——城市总体规划中风和大气污染问题新探.环境科学,1986,3(6):15-19.  
 [28] 许鲁君,刘辉志,曹杰.2014.大理苍山—洱海局地环流的数值模拟.大气科学,38(6):1198-1210.  
 [29] 董保举,张成稳,付志嘉,等.云南大理边界层风垂直变化观测研究.干旱气象,2011,29(2):189-194.  
 [30] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法.北京:气象出版社,1992:608-609.

# 大理地区所代表的青藏高原东南缘 降水日变化类型的分析

苏锦兰<sup>1</sup> 杨桂荣<sup>1</sup> 易小蓉<sup>2</sup>

(1 大理国家气候观测台, 大理 671003; 2 南涧县气象局, 南涧 675700)

**摘要:** 用谐波分析法对大理地区各气象站2005—2014年的小时降水量做日变化分析, 结果表明, 各站点降水量日变化可用前3个谐波做拟合, 方差贡献率 $\geq 30\%$ 的谐波是显著谐波, 降水量日变化呈现4种形态: 洱海盆地内呈夜间单峰型, 后半夜降水高峰由持续 $\geq 3$  h的降水事件引起; 哀牢山起始西侧和点苍山西侧峡谷低地呈夜间峰值是午后峰值1.5倍的双峰型, 后半夜降水高峰多由持续 $\geq 6$  h的长时降水事件引起, 傍晚降水次高峰一般由持续 $\leq 5$  h的短时降水事件造成; 区域北部高山峡谷区属午后峰值是夜间峰值1.5倍的双峰型, 午后至傍晚的降水峰值由持续 $\leq 10$  h的降水事件引起, 夜间降水次峰值由持续4~10 h的降水事件造成; 南部和西部区域呈午后峰值与夜间峰值持平的双峰型, 持续 $\leq 4$  h的短历时降水事件易引发午后峰值, 而持续 $\geq 5$  h的降水事件则造成夜间降水高峰。这些降水特性的区域差异主要是由于太阳辐射日变化和复杂地形因素引起的湖陆风和山谷风效应造成。

**关键词:** 青藏高原东南缘, 降水, 日变化, 谐波分析

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.003

## Type Analysis of Precipitation Diurnal Variation in Dali Region, the Tibetan Plateau Southeast Margin

Su Jinlan<sup>1</sup>, Yang Guirong<sup>1</sup>, Yi Xiaorong<sup>2</sup>

(1 Dali National Climate Observatory, Dali 671003 2 Nanjian Meteorological Bureau, Nanjian 675700)

**Abstract:** The precipitation diurnal variations at 12 stations in Dali region were analyzed by using the harmonic analysis. The results show that the diurnal variations of rainfall at 12 stations, may be fitted by the first three harmonics, and the harmonic was significant when its variance contribution rate was bigger than 30%. Four types were found: Only one single peak in night in the Erhai basin, with rainfall events occurred usually 3 hours or more. Two peaks at the night and afternoon respectively in the valley of the western of Mount Ailao and Diancang: the rainfall at the night peak may last for 6 hours and is 6 times of that of that at the afternoon peak. Two peaks in afternoon and night in the Northern area of alpine valleys: rainfall may lasts 10 hours at the afternoon peak and was 1.5 times of that at the night peak which lasts for 4 hours or more. Two peaks at afternoon and night in Southern and western regions: rainfall events at the afternoon peak and the night peak, were all last around 4-5 hours. The differences between these types are mainly due to the lake-land wind and the hill-valley wind caused by the diurnal change of solar radiation and the complex terrain factors.

**Keywords:** Tibetan Plateau Southeast Margin, precipitation, diurnal variation, harmonic analysis

### 0 引言

降水作为气候的一个重要因素, 多年来其时间变化和空间差异是气候变化及气候差异研究重点关注的问题<sup>[1-5]</sup>。近10年来随着我国高时空分辨率降水资料的出现, 国内不少学者不再停留于旬、月、季、年、年际等长时间尺度上来研究降水特性, 开始从小时尺度出发深入分析研究: Yu等<sup>[6-7]</sup>首次利用我国台站自动观

测降水资料分析夏季降水日变化特性, 指出我国夏季降水日变化特征区域差异显著, 降水持续时间是区分不同类型降水事件的一个关键因素, 且降水的持续性能很好地解释降水日变化的双峰值; 李建等<sup>[8]</sup>使用小时降水分析北京夏季降水的气候特征和日变化规律, 指出降水量和降水频次高值和低值出现的主要时段; 姚莉等<sup>[9]</sup>分析了我国1 h雨强的时空分布特征, 指出雨强日变化具有明显的地区差异; 王夫常等<sup>[10]</sup>分析了我国西南区域的降水日变化, 指出西南降水夜雨特征明显, 且降水日变化存在东西区域差异。这些研究丰富了我们对降水特性尤其是降水日变化特性的认识, 有

收稿日期: 2017年3月31日; 修回日期: 2017年8月10日  
第一作者: 苏锦兰(1985—), Email: ss101003@163.com

利于降水天气预报。然而，降水精细化时空分布特征一直是研究难点，尤其是在复杂地形区域，如青藏高原、云贵高原等地。

随着几次青藏高原科学试验的推进，高原气象学的研究越来越受到人们的重视，高原及周边地区的降水活动也引起气象学者们的广泛关注，比如四川盆地夏季夜雨频繁的降水特征已被公认，但由于高原地区降水资料不足，特别是高原东南缘地区，由于地形复杂、自然环境恶劣，造成观测仪器更新换代缓慢、观测资料匮乏，限制了对其降水日变化特性的研究。大理地区（98°52′—101°03′E，24°41′—26°42′N）位于高原东南缘，地处东亚水汽通道上游和孟加拉湾西南季风带的迎风区，具有高原湖泊、大型山脉、盆地、谷地等多种不同尺度复杂下垫面特征，可以成为高原东南边缘复杂地形区域的典型研究代表。

关注复杂地形影响下大理地区降水的时空精细化分布特性，希望得到准确的降水日变化特征和区域分型，并对此做出定性解释，以期为检验数值模式物理参数化方案提供依据，提高对高原东南边缘地区对流活动的认识。

## 1 数据和方法

使用云南省大理地区12个国家级气象站2005—2014年小时降水观测数据，数据经过台站级、省级、国家级三级质量控制，质量可靠。考虑到双翻斗雨量传感器本身只能观测到液态降水，有固态降水时经过人工处理的数据会出现较大误差，仅对2005—2014年的雨季（5—10月）降水进行分析，时间均为北京时。

有效降水的标准为小时降水量 $\geq 0.1$  mm；若连续2 h没有发生降水，则定义该次降水事件结束，该次降水事件的持续时间定义为降水开始的1小时到结束的1小时之间持续的小时数。

谐波分析<sup>[11]</sup>是用三角函数来拟合数字信号或数字序列，根据拟合函数可以分析不同信号的周期、位相、振幅，可将周期函数表示为一个无穷多个频率为基本频率整数倍的谐振动之和，是研究不同尺度气候问题的常用工具。本文中通过使用谐波分析拟合降水量日变化序列，再用日变化序列经过谐波交换得到的振幅和位相来反映日变化的强弱、周期、峰值出现时间、对流活动传播特征，最终定量地对大理地区各站点降水日变化类型做出分型。

## 2 结果分析

### 2.1 谐波分析结果

根据高阶谐波分析原理，任一时间序列都可以看

作是由一系列正弦波迭加而成，谐波阶数 $k$ 的选取与实际资料的长度和取样频率有关，谐波拟合的好坏可以用各谐波的方差表示，还可以通过 $F$ 检验（服从第一自由度为2、第二自由度为 $(n-2-1)$ ， $n$ 在此文中取24，且置信度为97.5%的 $F$ 检验的阈值为4.4199）来检测谐波对应的周期是否显著。对大理地区12个国家级气象站2005—2014年多年累积的降水量日序列分别做谐波分析，阶数 $k$ 分别取1, 2, ..., 12，表1给出了降水量日变化序列的前3个谐波的方差贡献率和 $F$ 检验值， $k$ 取4及以后的谐波的方差贡献率很小，没有周期显示意义。方差贡献率能清楚表示某一谐波对实际变化序列的拟合效果，由表1可知，大理地区前3个谐波的总拟合结果与实际降水量日变化序列具有非常好的一致性，总方差贡献率约为62%~93%，其中拟合效果较好的台站包括鹤庆、大理、漾濞、宾川、剑川、洱源、永平，而区域南部的弥渡、祥云、巍山、南涧等站的总拟合效果较弱。

表1 大理州12个气象站降水量日变化曲线前3个谐波的方差贡献率(%)和 $F$ 检验值

Table 1 Variance contribution rate (%) and F test values of the first three harmonic for rainfall diurnal variation at 12 stations

| 地区 | 方差贡献率  |        |       |       | $F$ 检验值 |        |       |
|----|--------|--------|-------|-------|---------|--------|-------|
|    | $k=1$  | $k=2$  | $k=3$ | 和     | $k=1$   | $k=2$  | $k=3$ |
| 大理 | 80.85* | 9.28   | 1.21  | 91.35 | 44.34*  | 1.07   | 0.13  |
| 洱源 | 55.69* | 24.05  | 0.51  | 80.25 | 13.20*  | 3.32   | 0.05  |
| 漾濞 | 45.80* | 37.83* | 3.10  | 86.72 | 8.87*   | 6.39*  | 0.34  |
| 宾川 | 47.60* | 36.48* | 2.62  | 86.70 | 9.54*   | 6.03*  | 0.28  |
| 剑川 | 11.43  | 67.01* | 3.99  | 82.43 | 1.35    | 21.33* | 0.44  |
| 鹤庆 | 16.82  | 57.59* | 18.28 | 92.70 | 2.12    | 14.26* | 2.35  |
| 云龙 | 15.51  | 59.07* | 2.81  | 77.39 | 1.93    | 15.16* | 0.30  |
| 永平 | 15.27  | 64.58* | 2.00  | 81.85 | 1.89    | 19.15* | 0.21  |
| 弥渡 | 0.70   | 48.11* | 20.70 | 69.50 | 0.07    | 9.73*  | 2.74  |
| 祥云 | 4.17   | 54.25* | 3.44  | 61.86 | 0.46    | 12.45* | 0.37  |
| 巍山 | 0.91   | 58.66* | 9.09  | 69.66 | 0.10    | 14.90* | 1.05  |
| 南涧 | 17.58  | 55.70* | 2.03  | 75.31 | 2.24    | 13.20* | 0.22  |

注：\*表示谐波方差贡献率 $\geq 30\%$ 及通过置信度为97.5%的 $F$ 检验。

若将方差贡献率 $\geq 30\%$ 的谐波视为显著谐波，则由表1可知，降水量日变化只有谐波1是显著谐波的台站有洱源、大理，只有谐波2是显著谐波的台站有剑川、鹤庆、云龙、永平、弥渡、祥云、巍山、南涧，谐波1和谐波2都是显著谐波的台站有漾濞、宾川。这里的“ $\geq 30\%$ ”只是一个相对标准，该标准定义的好坏必须要进行显著性检验，由表可见，降水量日变化序列只有谐波1对应的周期通过检验的台站有洱源、大理，只有谐波2对应的周期通过检验的台站有剑川、鹤庆、云龙、永平、弥渡、祥云、巍山、南涧，

谐波1和谐波2对应的周期均通过检验的台站有漾濞、宾川。由此可得，在大理地区，方差贡献率 $\geq 30\%$ 的谐波对应的周期均通过了置信度为97.5%的显著性检验，一般可把方差贡献率 $\geq 30\%$ 的谐波变化对应的周期视为降水量日变化中的显著周期。

## 2.2 降水量日变化类型

将大理地区各台站2005—2014年累积降水量日变化序列的前3个谐波叠加拟合，如图1所示，由拟合曲线的波峰及波谷的相对位置可将降水量日变化分为4种类型：1) 夜间单峰型降水，包括大理(图1a)、洱源(图1b)，此类型日变化在11—21时都维持弱降水，22时—次日10时则是降水的高值时段，尤其是03—08时的降水高峰特别显著，小时降水量极值多出现于04—07时；2) 夜间峰值远高于午后峰值的双峰型降水，包括漾濞(图1c)、宾川(图1d)，此类型日变化不仅在01—08时出现最强降水高峰，

还会在15—20时出现另一个降水高峰，且夜间峰值降水量约是午后峰值降水量的1.5倍；3) 夜间峰值远低于午后峰值的双峰型降水，包括剑川(图1e)、鹤庆(图1f)，此类型日变化在00—06时出现降水第一个高峰，之后降水持续减少，在11时达最小，接着在15—19时出现降水第二个高峰，且午后峰值降水量约是夜间峰值降水量的1.5倍；4) 夜间峰值和午后峰值持平的双峰型降水，包括祥云(图1g)、永平(图1h)、弥渡(图1i)、云龙(图1j)、巍山(图1k)、南涧(图1l)，此类型降水日变化出现后半夜夜间峰值和午后峰值，一般情况下夜间和午后发生降水事件的可能性相当。

将上述降水量日变化类型分析结果体现在大理地区的海拔高度地形图上，如图2所示。由图可知：降水量日变化在点苍山—罗坪山沿线东侧的洱海盆地狭长区域内属夜间单峰型，点苍山—罗坪山沿线西

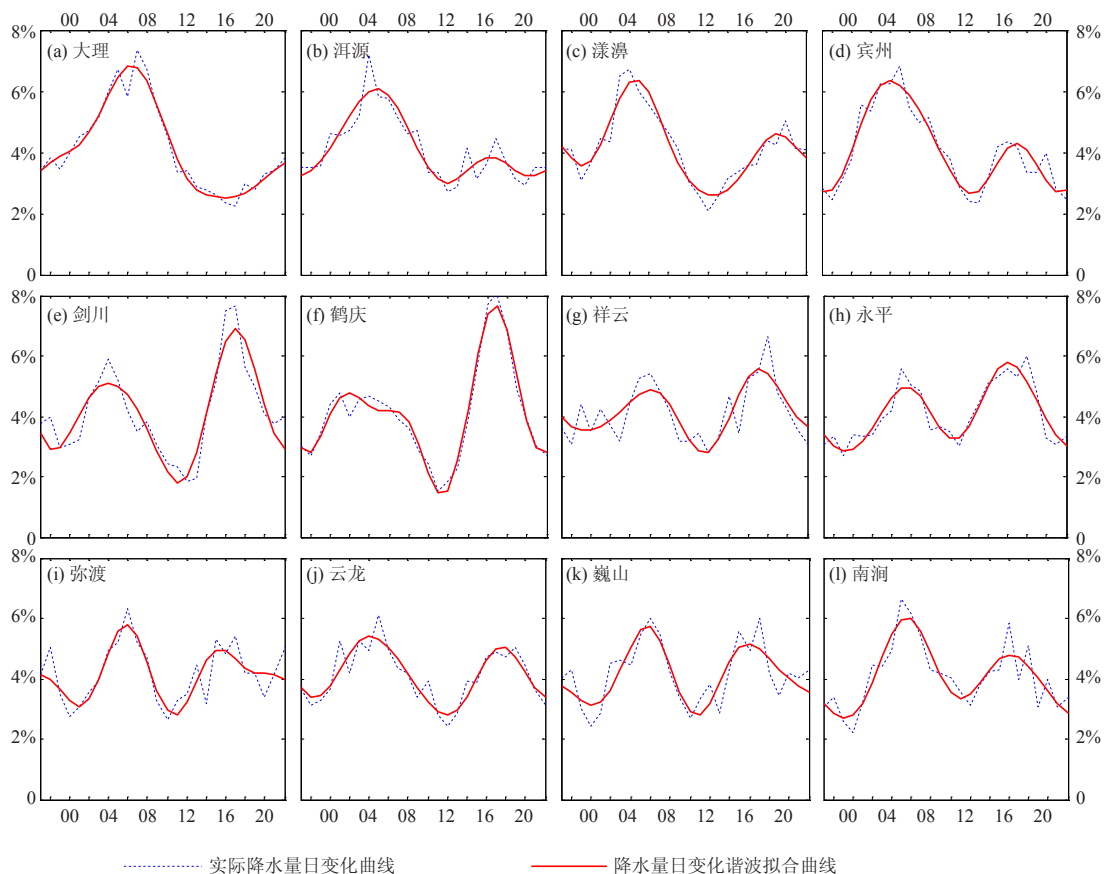


图1 大理地区各气象台站2005—2014年累积降水量日变化曲线及前3个谐波拟合曲线  
(X轴代表北京时间23时—次日22时，Y轴代表小时降水量占日降水量的百分比)

Fig. 1 Averaged observations and Fitted curves of the first three harmonic components for rainfall diurnal variation at 12 stations in Dali region for 2005–2014

( the X-axis presents 23 BT to 22 BT next day, the Y-axis presents the percentage of averaged hourly percentage of daily precipitation )

侧的峡谷低地和洱海以东、哀牢山起始地西部的低海拔盆地属夜间峰值远高于午后峰值的双峰型，区域北部的高山峡谷区午后降水量高峰远大于夜间次峰值降水，而区域西部及南部的低山小盆地范围内夜间降水和午后降水出现的可能性接近。图中椭圆区域属点苍山—洱海影响区域范围，可以关注到：①椭圆内由于点苍山和洱海湖泊的影响效应导致小区域内热力差异显著，午后降水量由西向东呈现出“多—少—多”的变化型式。②椭圆内区域的夜间降水量比椭圆外区域的大，即点苍山—洱海影响区域范围的夜雨强度明显大于其周边区域，这可能是大范围环流影响程度受地形因素的影响结果。③更靠近青藏高原东南麓的方框区域，海拔高，高山林立，其午后降水量高峰达大理地区之最。

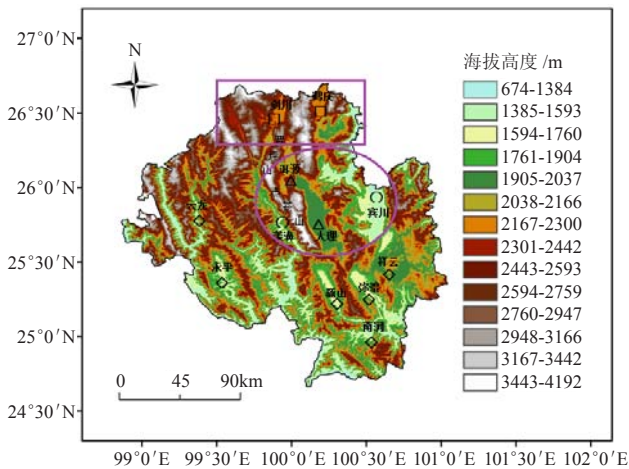


图2 大理地区降水量日变化类型区域分布图

( $\Delta$  为夜间峰值单峰型， $\circ$  为夜间峰值远高于午后峰值双峰型， $\square$  为夜间峰值远低于午后峰值双峰型， $\diamond$  为夜间峰值和午后峰值持平双峰型)

Fig. 2 Type distribution about precipitation diurnal variation in Dali region

( $\Delta$ : only a single peak in night,  $\circ$ : the night peak towers over the afternoon peak,  $\square$ : the night peak far below the afternoon peak,  $\diamond$ : the night peak comparable to the afternoon peak)

### 2.3 不同降水日变化类型的降水事件特征

为了进一步明确大理地区这4种不同类型降水日变化的特性差异，接着分析不同小区域2005—2014年里降水事件演变过程的特性及差异，如图3所示，横坐标表示北京时间21—次日20时，纵坐标表示降水事件的持续小时数，填色区表示大理站（图3a）、漾濞站（图3b）、鹤庆站（图3c）、巍山站（图3d）4个代表站点不同持续时间的降水事件在相应降水过程中的累积降水量，由图可见，4种降水日变化类型在降水事件方面存在不同的特征：1）大理站，持续1 h的

降水事件在12时达小时降水最大峰值，持续2 h的降水事件的最大小时降水在22时出现，持续3 h降水事件的最大小时降水出现于13时、次大值出现在08时，持续4~17 h的降水事件的最大小时降水多出现在04—08时，只有持续5、7、9 h降水事件的最大小时降水出现于前半夜，也就是说，洱海盆地狭长区域内在正午时段易发生持续时间很短、降水强度不强的短时弱降水事件，入夜后降水事件的持续时间逐渐变长，一般持续 $\geq 3$  h的降水事件往往会在后半夜至清晨引起降水高峰。2）漾濞站，持续1 h的降水事件的最大小时降水出现于18时，持续2 h的降水事件的最大小时降水出现于08时、次小时降水出现于18时，持续3 h降水事件的最大小时降水出现于19时，持续4 h降水事件的最大小时降水出现于21—22时，持续5 h降水事件的最大小时降水出现于03时、次小时降水出现于18时，即持续 $\leq 5$  h的降水事件更容易发生在18—21时的傍晚时段；而持续6~17 h的长时降水事件，除8、9 h外的各类降水事件多在03—06时的某个时次出现最大小时降水，即持续 $\geq 6$  h的降水事件一般会在后半夜出现降水高峰。3）鹤庆站，持续时间在1~10 h的降水事件中，除持续7、8 h的降水事件外，均在15—17时的某个时次出现最大小时降水，也就是说，大理地区北部高海拔区域的午后降水最高峰多由持续时间 $\leq 10$  h的降水事件造成，而夜间降水次高峰一般由持续4~10 h的降水事件引起，但降水强度较弱。4）巍山站，持续时间在1~4 h的降水事件在15—17时的某个时次出现最大降水，持续时间 $\geq 5$  h的降水事件的最大小时降水量多出现于夜间，即持续 $\leq 4$  h的降水事件易引发午后出现降水的一个峰值时段，而持续 $\geq 5$  h的降水事件易造成夜间另一个峰值时段。

### 3 结论和讨论

本文通过谐波分析方法定量地讨论了高原东南缘复杂地形大理地区的12个国家气象站2005—2014年的降水量日变化特征的区域差异，并对日变化特征做出准确分型，得到如下主要结论。

1）高原东南缘复杂地形大理地区实际逐小时降水量序列的日变化曲线可用前3个谐波较好地拟合，总方差贡献率在62%~93%，实际降水量日变化序列某一谐波的方差贡献率 $\geq 30\%$ 时能通过置信度为97.5%的F检验，一般可把这样的谐波变化对应的周期视为降水量日变化中的显著周期。

2）通过谐波可对大理地区实际降水量日变化类型做出4种定量划分：洱海盆地狭长小区域属夜间单峰型，其04—08时降水高峰由持续 $\geq 3$  h的降水事件引

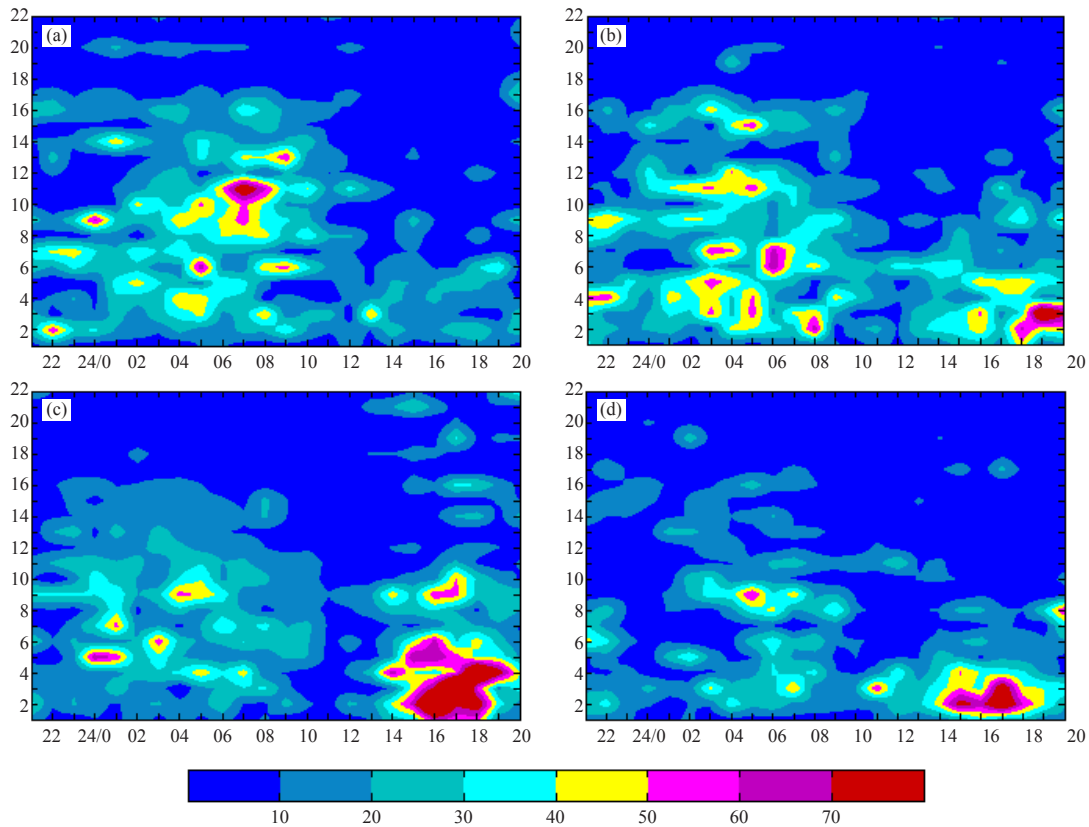


图3 4种降水日变化类型代表站点的不同降水事件特征差异  
 (a) 夜间单峰型; (b) 夜间峰值远高于午后峰值双峰型; (c) 夜间峰值远低于午后峰值双峰型; (d) 夜间峰值和午后峰值持平双峰型  
 (X轴代表北京时间21时一次日20时, Y轴代表降水事件持续小时数, 填色区代表不同持续时间降水事件在相应时次的累积降水量, 单位: mm)

Fig. 3 Differences of rainfall events among 4 types of rainfall diurnal variations  
 (a) only a single peak in night; (b) the night peak towers over the afternoon peak; (c) the night peak far below the afternoon peak; (d) the night peak comparable to the afternoon peak  
 (the X-axis presents 21 BT to 20 BT next day, the Y-axis presents the rainfall event duration in hours, shadings show that the accumulated rainfall amount for different rainfall events, unit: mm)

起; 洱海盆地以东区域和点苍山西侧峡谷低地属夜间峰值约是午后峰值1.5倍的双峰型降水, 其03—06时降水高峰多由持续 $\geq 6$  h的降水事件引起, 而18—21时的降水次高峰一般由持续 $\leq 5$  h的短时降水事件造成; 北部靠近丽江地区的高海拔高山峡谷区属午后峰值约是夜间峰值1.5倍的双峰型降水, 15—19时的降水高峰值由持续 $\leq 10$  h的降水事件造成, 00—06时的降水次峰值由持续4~10 h的降水事件引起; 南部和西部区域属午后峰值和夜间峰值持平的双峰型降水, 持续 $\leq 4$  h的降水事件易引发午后出现降水的一个峰值时段, 而持续 $\geq 5$  h的降水事件易造成夜间另一个峰值。

3) 总的来说, 包括洱海湖泊在内的河谷地带狭长区域内的降水主要集中在夜间, 这主要是由于湖陆风效应造成洱海附近狭长区域在夜间为上升气流控

制, 出现降水的概率高, 而在白天则受下沉气流影响, 发生降水的可能性小; 高原山地区域(尤以鹤庆、剑川为主)降水主要集中在午后, 主要是由于该区域海拔高度明显高于洱海盆地, 太阳辐射日变化造成山谷风环流, 白天高原山地为上升气流影响, 出现降水的可能性极高, 而夜间则为下沉气流控制, 发生降水的概率低。

具有复杂地形的高原东南缘大理地区如此繁杂的降水日变化特征除受到大范围大气环流影响外, 更多是由于太阳辐射日变化和地形因素引起的局地环流所导致, 湖陆风效应和山谷风效应相互叠加, 降水日变化特征区域差异显著。分析得到的降水日变化类型可较直观地供大理地区各县气象局天气预报服务人员参考应用, 不同县域强降水事件发生的时间段不同, 我

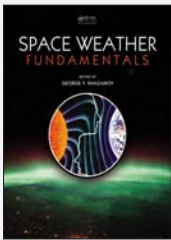
们在发布暴雨、强对流等预警时的侧重时间段也有所不同。

**参考文献**

- [1] 杨广基, 刘家铭. 东亚、东南亚、南亚地区降水的年变化和年际变化. 大气科学, 1987, 11(3): 304-312.
- [2] 白莹莹, 张炎, 高阳华, 等. 四川盆地降水变化的区域差异. 地理科学, 2011, 31(4): 478-484.
- [3] 李万源, 吕世华, 董治宝, 等. 中蒙干旱半干旱区降水异常的区域性差异及其年代际演变特征. 地球科学前沿, 2012, 2: 44-53.
- [4] 周胜男, 罗亚丽, 汪会. 青藏高原、中国东部及北美副热带地区夏季降水系统发生频次的TRMM资料分析. 气象, 2015, 41(1): 1-16.
- [5] 苏锦兰, 李建, 杨桂荣, 等. 横断山系云岭余脉点苍山东西侧小时降水特性对比分析. 气象, 2015, 41(1): 17-24.
- [6] Yu R, Zhou T, Xiong A, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China. Geophysical Research Letters, 2007, 34(1): 223-234.
- [7] Yu R, Xu Y, Zhou T, et al. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China. Geophysical Research Letters, 2007, 34(13): 173-180.
- [8] 李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征. 科学通报, 2008, 53(7): 829-832.
- [9] 姚莉, 李小泉, 张立梅. 我国1小时雨强的时空分布特征. 气象, 2009, 35(2): 80-87.
- [10] 王夫常, 宇如聪, 陈昊明, 等. 我国西南部降水日变化特征分析. 暴雨灾害, 2011, 30(2): 117-12.
- [11] 吴洪宝, 吴蕾. 气候变率诊断和预测方法. 北京: 气象出版社, 2005.

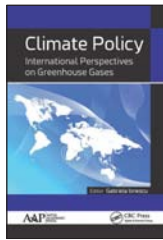
**新书架**  
**NEW BOOK**

感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆查阅



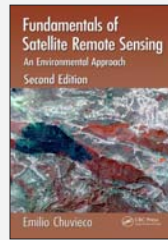
Space Weather Fundamentals  
《空间天气基础》

编著者: George V. Khazanov  
出版者: CRC Press  
出版年: 2016



Climate Policy: International Perspectives on Greenhouse Gases  
《气候政策: 温室气体排放的国际视角》

编著者: Gabriela Ionescu  
出版者: Apple Academic Press Inc.  
出版年: 2016



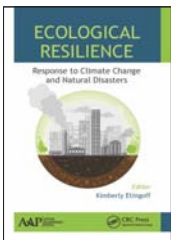
Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach, Second Edition  
《卫星遥感基础: 环境方法 (第二版)》

编著者: Emilio Chuvieco  
出版者: CRC Press  
出版年: 2016



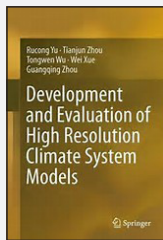
Remote Sensing Applications for the Urban Environment  
《城市环境遥感应用》

编著者: George Z. Xian  
出版者: CRC Press  
出版年: 2015



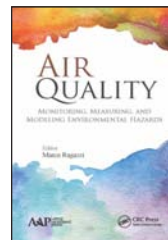
Ecological Resilience: response to climate change and natural disaster  
《生态恢复力: 应对气候变化和自然灾害》

编著者: Kimberly Etingoff  
出版者: Apple Academic Press  
出版年: 2016



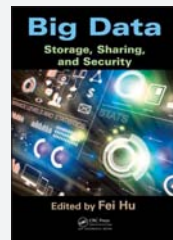
Development and Evaluation of High Resolution Climate System Models  
《高分辨气候系统模式的开发及评估》

编著者: Yu Rucong 等  
出版者: Springer  
出版年: 2016



Air Quality: Monitoring, Measuring, and Modeling Environmental Hazards  
《空气质量: 监测、测量及环境灾害模拟》

编著者: Marco Ragazzi  
出版者: Apple Academic Press  
出版年: 2017



Big Data: Storage, Sharing, and Security  
《大数据: 存储、共享及安全》

编著者: Hu Fei  
出版者: Auerbach Publications  
出版年: 2016

# 也谈Rossby长波理论及其“悖论”

陶祖钰<sup>1</sup> 费海燕<sup>2</sup>

(1 北京大学物理学院, 北京 100871; 2 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

**摘要:** 鉴于罗斯贝长波理论无辐散假定与物理学波动概念之间的矛盾, 文章讨论了牵连涡度和相对涡度之间的相互转换实际上都需要通过散度才能实现。从地转适应理论的角度看, 罗斯贝无辐散的假定实际上是假定地转适应过程无限快, 和物理学的波动概念并不抵触。最后从流线和轨迹的区别分析了长波中散度的分布特征及其与长波移速在物理上的关联。

**关键词:** 罗斯贝长波, 地转适应, 散度, 涡度

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.004

## Discussion on the Issue of Rossby Waves Theory and Its “Paradox”

Tao Zuyu<sup>1</sup>, Fei Haiyan<sup>2</sup>

(1 Department of Science of Atmosphere and Ocean, School of Physics, Peking University, Beijing 100871

2 China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081)

**Abstract:** Since the contradiction between the nondivergent assumption of Rossby waves theory and the concept of physics fluctuation, this paper discusses that the mutual conversion between implicated vorticity and relative vorticity is practically required by divergence. From the view of the geostrophic adaptation theory, the nondivergent assumption of Rossby is actually assumed that the process of the geostrophic adaptation is infinitely fast, which does not contradict the concept of physics fluctuation. Finally, the distribution characteristics of divergence in long wave and its physical correlation with long wave velocity are analyzed based on the difference between streamline and trajectory.

**Keywords:** Rossby waves, geostrophic adaptation, divergence, vorticity

### 0 引言

《气象科技进展》曾刊登了一篇由美国佛罗里达州立大学地球海洋大气系蔡鸣和中国科学院大气物理研究所虞越越撰写的题为《从牛顿力学来认识罗斯贝波的振动机理及其回复力》的文章<sup>[1]</sup>。这篇文章实质上讨论的是罗斯贝长波理论在表面上存在的一个非常明显的“悖论”, 即无辐散的假定与物理学波动概念的矛盾。作者试图通过牛顿力学的方法来为这个“悖论”给出一个合理的解释。在此之前, 该文作者已和美国乔治梅森大学黄渤华在JAS上发表了一篇用牛顿力学重新诠释罗斯贝波的振动和传播机理的论文<sup>[2]</sup>。所谓从牛顿力学来认识长波理论, 本质上就是从气块运动的角度来认识罗斯贝波。由于“波”是流场的一种现象, 改为用质点动力学来分析气块的运动, 即用拉格朗日方法来解释罗斯贝波的机理无疑是非常吃力

的一件事。本文试图从欧拉方法的角度, 即从流体力学来理解罗斯贝长波理论中表面上存在的“悖论”, 并加深对罗斯贝波中涡度和散度变化机理的认识。

为此首先介绍罗斯贝长波理论和波的物理本质之间存在“悖论”; 然后再从涡度方程和散度方程分析地转参数随纬度的变化的重要性, 指出罗斯贝长波理论的无辐散假定的本质实际上是假定地转适应过程无限快, 散度一旦产生就立即转化为涡度。这就是罗斯贝长波理论表面上存在“悖论”的本质。

### 1 罗斯贝长波理论的“悖论”

随意打开一张北半球500 hPa天气图(图1), 对流层中部最醒目的现象就是环绕极地的西风带和叠加在上面的波动。罗斯贝对涡度方程

$$\frac{d(\zeta + f)}{dt} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla(\zeta + f) = -(f + \zeta)D, \quad (1)$$

作无辐散假定 $D=0$ , 导出了长波移速公式, 并揭示了长波的机理是绝对涡度守恒, 即

$$\zeta_a = \zeta + f = \text{常数}.$$

式中 $\zeta_a$ 为绝对涡度,  $\zeta$ 是相对涡度, 地球自转涡

收稿日期: 2015年6月8日; 修回日期: 2015年8月20日  
第一作者: 陶祖钰(1939—), Email: taozuyu@pku.edu.cn  
资助信息: 中国气象局预报员专项(CMAYBY2017-092);  
国家自然科学基金(41475042)

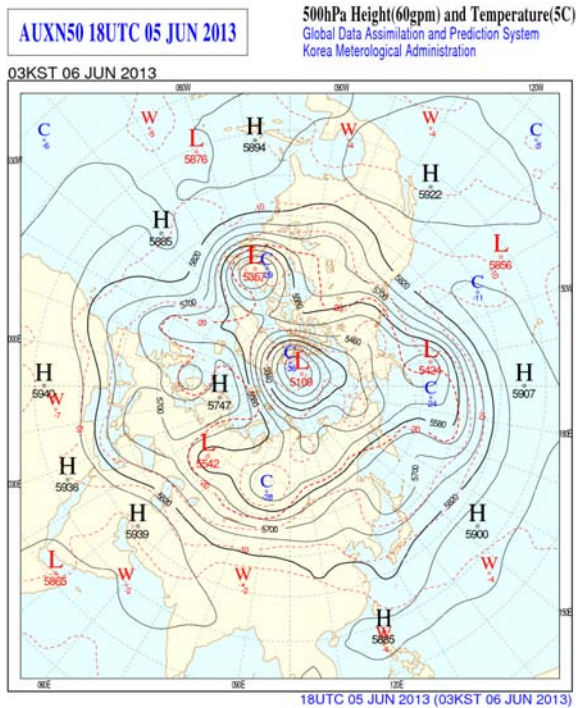


图1 北半球500 hPa高空图上的西风带和波动  
Fig. 1 The westerlies and waves at 500 hPa in the northern hemisphere

度  $f = 2\omega \sin \varphi$ 。地球自转的角速度  $\omega$  的数值为  $7.29 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,  $\varphi$  为纬度; 所以,  $f$  随纬度的增加而增加, 极地最大、赤道为0。相对于地球静止的空气块, 因为随地球一起转动, 具有与该纬度相同的地球自转涡度, 所以也称为牵连涡度。地球自转涡度常简称为地转涡度, 为避免和地转风涡度混淆, 本文将采用牵连涡度的称呼。绝对涡度守恒说明, 长波的本质是牵连涡度和相对涡度之间的转换。在地球流体力学中,  $f$  也称为地转参数。地转参数随纬度的变化 ( $\partial f / \partial y$ ) 在大气动力学中称为  $\beta$  效应, 是认识长波机理的关键。

500 hPa等压面由于最接近无辐散层, 其槽脊的移动速度和长波公式的理论速度相当接近。第一个有实用价值的数值预报模式是预报500 hPa等压面形势的一层正压模式。它就是在无辐散的假定下计算500 hPa等压面上相对涡度平流和地球自转涡度平流之间的余项。因此罗斯贝长波理论是近代气象学中具有划时代意义的重大进展。

但是, 长波理论和物理学的波动概念之间存在明显的矛盾。因为从物理学的观点看, 波动是由一个初始振动通过物质的辐合辐散而传播的, 如声波、重力波等。图2是重力波图示, 图中L表示低压扰动中心, H表示高压扰动中心, 图2b比图2a落后1/4周期。可见波动一定和散度相联系, Rossby长波也不能例外, 而

长波理论却是在无辐散的假定下才导出的, 这就是长波的悖论。正因为如此, 有的物理学家认为, 气象学中的罗斯贝波根本就算不上是波。这也是天气学和动力气象学教学过程中常常会发生的一个疑问。

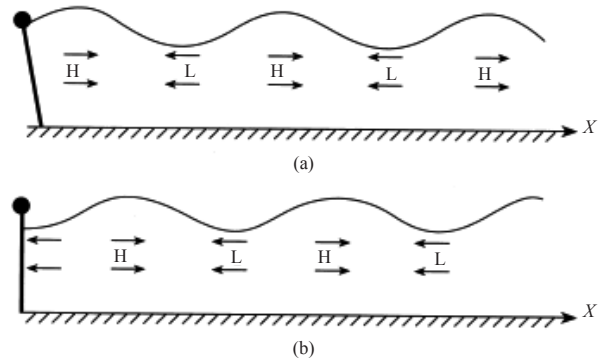


图2 振动与波的传播<sup>[3]</sup>  
Fig. 2 The propagation of vibrations and waves<sup>[3]</sup>

## 2 牵连涡度和相对涡度是如何相互转换的

### 2.1 相对涡度的散度制造项

在无辐散假定下, 绝对涡度守恒说明, 长波的形成机理是牵连涡度和相对涡度之间的转换, 因此教科书中常用如图3所示的图来定性解释长波槽脊的形成。当气块由位置①向低纬度移动到位置②时, 牵连涡度变小, 变小的部分转换成气旋式的正相对涡度, 形成槽; 当气块从位置②到位置③时, 情况相反, 牵连涡度增加, 增加的部分则一定来自气块的相对涡度, 所以到位置③, 气块的相对涡度变小, 成为反气旋式的负涡度, 形成脊。图3实际上只是表示一个气块移经长波的槽脊时它的绝对涡度始终是相同的, 并未对相对涡度是怎么减小或增加的做出回答, 也就是说, 图3只是一种对结果的描述, 而不是一个对物理机理的解释。

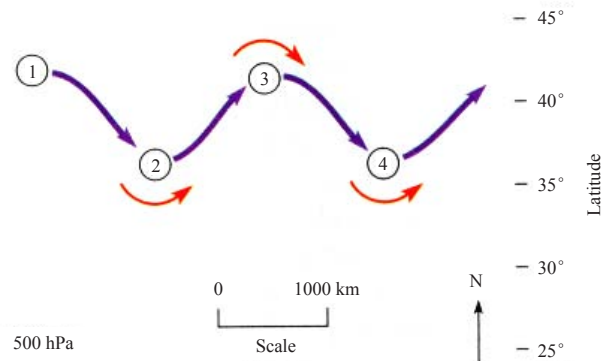


图3 长波绝对涡度守恒示意图<sup>[4]</sup>  
Fig. 3 The diagram of long wave absolute vorticity conservation<sup>[4]</sup>

牵连涡度的大小只取决于气块所在的地理纬度，这是地球自转决定的，比较容易理解。关键的问题是气块从长波脊运动到长波槽，再从长波槽运动到长波脊，气块的相对涡度是怎样从负涡度变为正涡度，再由正涡度变为负涡度的。为此需要将涡度方程写成相对涡度个别变化的形式

$$\frac{d\zeta}{dt} = -fD - v\frac{\partial f}{\partial y}, \quad (2)$$

来考察气块涡度变化的机理。式(2)中右边第一项 $-fD$ 是气块相对涡度的散度制造项，辐散使气块涡度减小，辐合使气块涡度增加。其中地转参数 $f$ 表示地转偏向力的作用(图4)，它使辐散流场转变为反气旋式流场，辐合流场转变为气旋式流场。也就是说，气块由位置①到位置②，相对涡度的增加一定是由辐合造成的。所以从涡度方程看，长波中由脊到槽的转变，一定是和辐合相联系的。

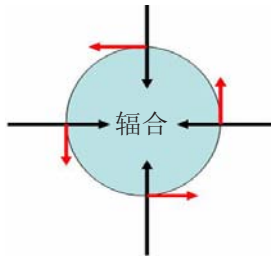


图4 辐合流场(黑色矢量)的地转偏向力(红色矢量)  
Fig. 4 The Coriolis force (red vector) in the convergent flow field (black vector)

## 2.2 牵连涡度平流项和牵连涡度的个别变化

式(2)右边的第二项 $-v(\partial f/\partial y)$ ，是牵连涡度平流项。在Rossby长波理论中它就是牵连涡度和相对涡度之间的转换项，所以认识这一项的物理意义特别重要。牵连涡度是气块与地球固定在一起旋转时所具有的涡度，即气块所具有的所在纬度的地球自转涡度。牵连涡度随纬度的增加而减小，极地的牵连涡度为地球自转角速度的两倍，即 $2\omega$ ；赤道上，牵连涡度为0。由于牵连涡度只和纬度有关，所以牵连涡度平流只与气块南北方向的运动，即风速的 $v$ 分量有关，与 $u$ 分量无关。在北半球，如图3中当气块向北运动由位置②到位置③， $v > 0$ ，则牵连涡度平流 $-v(\partial f/\partial y) < 0$ ，使气块的相对涡度减小， $d\zeta/dt < 0$ ；当气块向南运动由位置①到位置②， $v < 0$ ，则牵连涡度平流 $-v(\partial f/\partial y) > 0$ ，使气块的相对涡度增大， $d\zeta/dt > 0$ 。牵连涡度转换为相对涡度的物理过程可以用图5来说明。当流场为均匀的南风时(左)，地转偏向力指向东并向北增大，为反气旋式切变，引起流场反气旋式切变涡度增加。相反，当流场为均匀的北风时

(右)，地转偏向力也向北增大但指向西，故为气旋式切变，引起流场气旋式切变涡度增加。由此可见，地转参数随纬度的变化( $\partial f/\partial y$ )是牵连涡度向相对涡度转化的根本原因。

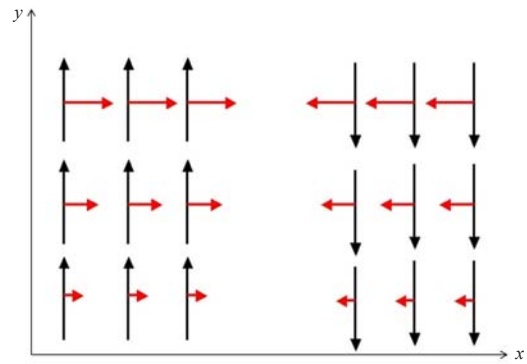


图5 均匀经向运动中地转偏向力(红色矢量)  
Fig. 5 The Coriolis force (red vector) in the uniform meridional circulation

从数学上可以证明牵连涡度平流就是气块牵连涡度的个别变化。首先将个别变化的全微分分解成偏微分

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + u\frac{\partial f}{\partial x} + v\frac{\partial f}{\partial y},$$

由于 $f$ 和时间及经度无关，

$$\frac{\partial f}{\partial t} = 0 \text{ 和 } \frac{\partial f}{\partial x} = 0,$$

所以

$$\frac{df}{dt} = v\frac{\partial f}{\partial y} = -(-v\frac{\partial f}{\partial y}),$$

即气块牵连涡度的个别变化和牵连涡度平流大小相等，但符号相反。向低纬运动时，气块的牵连涡度减小，而牵连涡度平流 $> 0$ 。将它代入式(2)则有

$$\frac{d\zeta}{dt} = -fD - \frac{df}{dt}, \quad (3)$$

在无辐散 $D=0$ 的假定下，式(3)就变为

$$\frac{d\zeta}{dt} = -\frac{df}{dt}. \quad (4)$$

所以从数学上看，无辐散假定实际上就是假定气块相对涡度的变化恒等于牵连涡度的变化。换言之，Rossby长波理论中无辐散的假定本质就是气块牵连涡度的变化随时随地立即转化为气块的相对涡度，而不考虑如图4所示的气块相对涡度的变化过程。

从地转适应理论的角度看，长波理论中无辐散的假定实际上就是假定地转适应过程无限快，也就是只考虑地转适应的最后结果，不考虑地转适应的具体过程。所以，长波理论中的无辐散假定并不意味着长波中没有辐合或辐散。如果要考虑地转适应的具体过程，就必须通过散度方程考察地转过程中散度的产生机理，或者如Cai等<sup>[2]</sup>用拉格朗日方法通过考察质点振动

的动力学来解释长波的机理。Rossby的历史功绩正是用一个非常简单的方法揭示了绝对涡度守恒是长波的本质，但不能因此而误认为长波真的是无辐散的。下面从长波移速不同于风速这个客观事实出发来讨论长波中所伴随的散度。

### 3 长波中的散度——槽前辐散和槽后辐合

#### 3.1 流线和轨迹

高空槽前辐散、槽后辐合是众所周知的基本事实，也是在制作天气预报时最常用到的一个基本概念。“槽前辐散、槽后辐合”是否对长波也同样适用？上一节只是从长波中气块相对涡度的个别变化说明必定有散度相伴随，但是并未给出散度的产生机理。本节仍用图3对长波中散度的产生机理做定性的解释。

图3中的气块自始至终沿同一条流线移动，气块的相对涡度在移动过程中发生正负交替的变化。这种情况只有在长波是静止时才成立，因为只有在流场不随时间变化的情况下，流线才代表轨迹。所以严格地讲，图3所表示的是长波移速为0的特殊情况。

长波公式

$$C = U - \frac{\beta L^2}{4\pi^2}, \quad (5)$$

表明，长波的移速 $C$ 总是小于西风的风速 $U$ ，波长越长，移速越慢。北半球中高纬度，长波移速的量级为 $10^0$  m/s，高空西风的量级是 $10^1$  m/s。在波长足够长的

情况下，由于长波的移速比西风的速度慢得多，所以把长波近似地看作静止是合理的。

#### 3.2 涡度平流和散度

在定常的情况下，涡度的局地变化 $\partial\zeta/\partial t=0$ 。把代表相对涡度的个别变化的全微分分解为局地变化和平流变化，即

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial\zeta}{\partial t} - (-V \cdot \nabla\zeta),$$

其中平流变化 $-V \cdot \nabla\zeta = -u \frac{\partial\zeta}{\partial x} - v \frac{\partial\zeta}{\partial y}$ 。由于 $\partial\zeta/\partial t=0$ ，所以

$$\frac{d\zeta}{dt} = -(-V \cdot \nabla\zeta), \quad (6)$$

即涡度的个别变化和涡度平流大小相等、符号相反。由此可见，在定常的情况下，涡度平流引起的流场变化和气块涡度的个别变化是相互抵消的，例如正涡度平流引起的局地涡度增加一定被气块涡度的减小所抵消。

在上一节涡度方程的讨论中我们已经知道气块涡度的个别变化一定与散度相联系，例如如图4所示，辐合使气块涡度增加。在图3中，气块由脊移到槽（从位置①移到位置②），与槽后的负涡度平流相配合。如图6所示，负涡度平流所引起的局地涡度减小，在地转偏向力的作用下引起辐合；而辐合导致气块涡度增加，将抵消负涡度平流，最终使局地涡度保持不变，使长波呈定常状态。

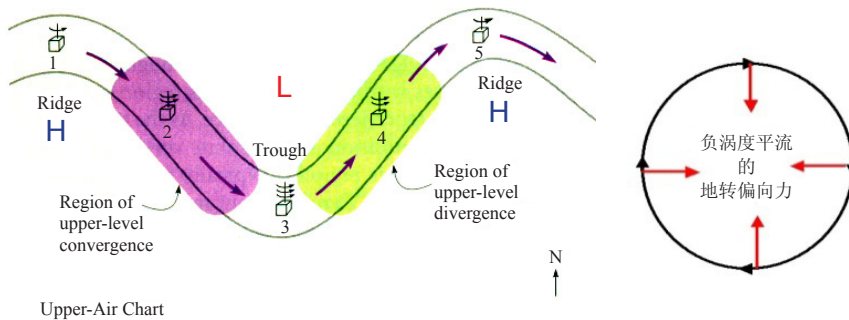


图6 负涡度平流引起辐合的示意图<sup>[4]</sup>

(黑色圆形矢线为负涡度平流引起的反气旋环流，红色矢量为地转偏向力)

Fig. 6 The diagram of the convergence caused by negative vorticity advection<sup>[4]</sup>

(Black circular line is anti cyclonic circulation caused by negative vorticity advection, red vector is the Coriolis force)

一般情况下，长波波速不等于0，波长越短、波速越快，波长越长、波速越慢。其机理如图7所示，涡度平流使长波前进，即槽脊的移动方向和基本气流相同；地球自转涡度平流使长波后退，即槽脊的移动方向和基本气流相反。波长越长，涡度平流越小，地球自转涡度平流的相对贡献越大，故移速越慢。当

波长足够长时，长波移速接近0，甚至后退（即向西移）。也就是说，在移动的长波中，涡度的局地变化不等于0是因为涡度平流和地球自转涡度平流没有相互抵消。

从上面的讨论可知，只要局地涡度变化不等于涡度平流，即波动的移速与西风带的风速不同，就表明

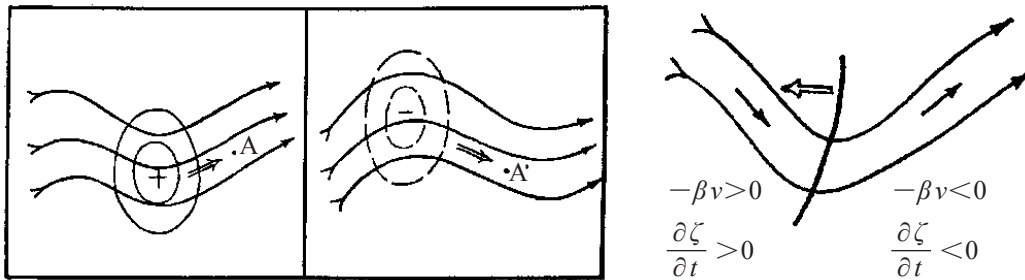


图7 涡度平流和地球自转涡度平流与长波移动关系示意图

Fig. 7 The diagram of the relationship among the vorticity advection, the planetary vorticity advection and long wave migration

存在气块涡度的个别变化，因此就一定存在散度。长波公式表述的就是波速和风速的差异。因此，长波和一切波动相同，必定和辐合辐散联系在一起。无辐散假定是为了推导长波波速公式时采取的一种数学处理方法。故不能因此就认为长波真的是无辐散的，这也不符合客观事实，即槽前有上升运动，槽后有下沉运动。

散度是波动传播的必要条件。在大尺度动力学准地转理论中，散度的作用是使地转平衡得以恢复（即地转适应）。故也可在物理上将长波理论在无辐散假定下得到的长波公式看作是地转适应的最后结果，而不去讨论长波在移动中发生的具体的地转适应过程。如陈国森等<sup>[6]</sup>所述，“Rossby长波理论是建立在地转适应理论基础上的”。因此，将Rossby长波称为不可压缩的正压波是不恰当的、值得讨论的，因为它没有反映长波真实的物理本质。

长波作为一种色散波，也存在群速度，即波动能量的频散现象，在天气图上表现为上游效应，即上游槽或脊的发展引起下游脊或槽的快速发展，是认识高空环流形势变化的基本理论依据。例如东亚寒潮过程乌拉尔山阻塞高压的建立和崩溃与东亚大槽加深

之间的密切关联就是典型的长波频散现象。所以长波不仅有从小到大的发展过程，而且长波槽脊的发展常常是非常剧烈的。这种发展过程都伴随有明显的冷暖平流，即每一个槽或脊的发展过程，都是一次典型的斜压发展过程。因此，如何看待长波频散和斜压发展的关系，乃至如何看待与之相关联的有效位能和扰动动能的传播，包括其中必然存在的两种能量的相互转换，是需要进一步讨论的问题，将在今后专门就长波频散及其相关联的能量转化问题进行讨论。

#### 参考文献

- [1] 蔡鸣, 虞越越. 从牛顿力学认识罗斯贝波的震荡机理及其回复力. 气象科技进展, 2013, 3(5):6-11.
- [2] Cai M, Huang B. A new look at the physics of Rossby waves: a mechanical-coriolis oscillation. J Atmos Sci, 2013, 70: 303-316.
- [3] Holton J R. An Introduction to Dynamic Meteorology(4rd ed). Academic Press INC, 2004.
- [4] Ahrens C D. Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment (6th ed). Brooke/Cole, Thomson Learning, 1999.
- [5] 北京大学地球物理系气象教研室. 天气分析和预报. 北京: 科学出版社, 1976: 81-82.
- [6] 陈国森, 王林, 陈文, 等. 大气Rossby长波理论的建立和发展. 气象科技进展, 2012, 2(6): 50-54.

# 电力调度气象服务效益评估研究 ——以长沙市为例

彭嘉栋<sup>1, 3</sup> 郭海峰<sup>2</sup> 段丽洁<sup>1</sup> 罗红梅<sup>2</sup>

(1 湖南省气候中心, 长沙 410118; 2 湖南省气象服务中心, 长沙 410118; 3 湖南省蓝山县气象局, 蓝山 425800)

**摘要:** 基于长沙市2010—2013年逐日日平均电力负荷资料及同时段逐日气象观测资料, 利用统计方法对分离出社会经济因素对电力负荷的影响, 在此基础上构建电力负荷与气象因子之间的关系模型, 并基于该模型和对比分析法对长沙市电力调度的气象服务效益进行评估, 最终得出2010—2013年长沙市电力调度的气象服务效益值为2.77亿元。

**关键词:** 长沙, 电力, 气象服务, 效益评估

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.005

## An Investigation of the Benefit Evaluation of Meteorological Service to Electric Dispatching: Taking Changsha as An Example

Peng Jiadong<sup>1,3</sup>, Guo Haifeng<sup>2</sup>, Duan Lijie<sup>1</sup>, Luo Hongmei<sup>2</sup>

(1 Hunan Climate Center, Changsha 410118; 2 Hunan Meteorological Service Center, Changsha 410118; 3 Lanshan Meteorological Bureau, Lanshan 425800)

**Abstract:** Using data of average daily power load and corresponding meteorological data for 2010—2013 in Changsha City, the influence of social and economic factors on power load has been eliminated by statistical methods. Then, the relationship model between electric power load and meteorological factors has been established, and the meteorological service benefit to electric dispatching in Changsha has been assessed by using comparative analysis method. The results show that the meteorological service benefit to electric dispatching is 277 million yuan for 2010-2013 in Changsha.

**Keywords:** Changsha, electric power, meteorological service, benefit assessment

### 0 引言

电力行业的诸多生产环节与气象有着密切的关联<sup>[1-10]</sup>。相关研究表明, 气象对于电力生产<sup>[3]</sup>、电力输送、用电调度<sup>[4-10]</sup>、电力设施维护<sup>[11]</sup>等与电力生产相关的主要环节都具有重要影响。在我国, 电力行业整体的气象敏感度仅次于农业和水利行业, 居气象敏感行业第3位<sup>[12]</sup>。

目前电力行业气象服务主要集中在三个方面: 一是天气变化对城乡居民生产生活电力负荷的影响; 二是气象条件对电力部门电力生产、电网建设、电网调度等方面影响的监测预报; 三是电力行业气象灾害预警和防御系统建设<sup>[13]</sup>。鉴于气象服务在电力行业主要生产环节中的突出作用, 很多学者已经开展了电力气象服务效益评估方面的研究<sup>[14-18]</sup>, 但以往的效益评

估多采用专家评估法(德尔菲法)开展<sup>[16-18]</sup>, 此法采取向专家咨询或调查问卷等方式获取数据, 主观性太强, 欧阳里程等<sup>[15]</sup>利用对比分析法对2009年广东省夏季高温期间电力调度环节的气象服务效益进行了定量评估, 但文中并未建立气象因子与电力负荷之间的关联模型, 导致评估结果存在较大的不确定性。本文以长沙市电力行业气象服务为例, 首先建立气象因子与电力负荷的关系模型, 然后采用对比分析法分析电力行业生产销售环节中是否有使用气象服务造成的损失, 如没有使用气象服务时的损失、使用气象服务无法避免的损失、由于气象预报与实况不符带来的损失以及根据气象预报采取措施的成本, 最后评估气象服务效益值, 可为其他地区的电力气象服务效益评估提供借鉴。

### 1 资料与方法

#### 1.1 资料

本文所用负荷资料是由湖南省电力公司提供的长

收稿日期: 2015年11月9日; 修回日期: 2016年7月5日  
第一作者: 彭嘉栋(1984—), Email: 1465976@qq.com

沙市逐日日平均电力负荷资料（简称为日负荷），资料年限是2010年1月—2013年12月；选用的气象资料是长沙市地面气象观测站同期的日平均气温资料。

## 1.2 方法

本文利用线性趋势分析方法分离电力负荷资料中受社会经济发展影响和气象因素影响的部分，利用多项式拟合法建立日负荷与气象因子的关系模型<sup>[9]</sup>；采用对比分析法开展电力气象服务效益评估<sup>[12]</sup>。

## 2 电力负荷资料的分离处理

图1给出了2010—2013年长沙市逐日日平均负荷的演变曲线。从中可见，负荷曲线可以用随时间呈某种增长程度变化的长期趋势项和以一年为周期的季节波动项这两项之和来表示，前者随国民经济发展而不断增长，后者即为气象条件等对负荷的影响，要研究气象因子对负荷的影响首先要从日负荷中除去国民经济发展拉动的负荷增长。由于2010—2013年我国的经济增长速度比较均匀，这里简单地采用线性关系来表示国民经济增长引起的负荷长期变化趋势项（ $E_t$ ）：

$$E_t = at + b, \quad (1)$$

式中， $t$ 表示时间， $a$ 和 $b$ 是系数，由于 $b$ 为常数， $at$ 即代表日负荷随时间变化的趋势项。由图1可知， $a = 0.6354$ ， $b = 1623.1$ 。而日负荷与负荷长期变化趋势项 $at$ 之差包含由气象因素、节假日和其他不可预测因素对负荷的影响，本文称为 $E_d$ ：

$$E_d = E - at, \quad (2)$$

式中， $E$ 表示日负荷， $E_d$ 表示由各种因素引起日负荷与趋势项的偏差，主要受天气变化和节假日等因素的影响。进一步分析表明，由于春节是我国人民的传统节日，工厂大都停工，春节期间的负荷与其他时间相比小很多；而其他节假日对电力负荷的影响较小。为去除节假日对日负荷变化的影响，本文暂且不考虑春节期间的负荷变化（每年扣除春节7 d，总共扣除28 d，实际分析1433 d的样本资料）。由于选用样本较大，基本上平滑了其他各种随机因素所引起的负荷波

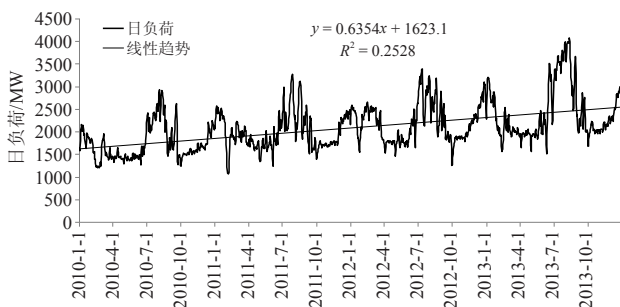


图1 2010—2013年长沙日平均负荷变化

Fig. 1 Daily average load fluctuation for the period from 2010 to 2013 in Changsha

动，可认为 $E_d$ 主要是由气象因子的变化造成的。本文将 $E_d$ 称之为气象负荷，然后分析 $E_d$ 与气象因子的关系。

## 3 气象负荷与气象因子关系模型的建立

在所有影响气象负荷的气象因子中，气温的影响最大。由图1可知，长沙市日气象负荷（ $E_d$ ）随气温的变化有明显规律，每年夏季高温时 $E_d$ 最大，冬季低温时有次峰值出现，而春、秋季则有低谷出现，这种以年为周期的变化特征非常明显。进一步分析发现，日平均气温与气象负荷的相关性要好于日最高气温和日最低气温（表略）。

图2为2010—2013年逐日日平均气温和 $E_d$ 的散点图。对两者进行多项式拟合发现，当气温较低时， $E_d$ 随日平均气温的下降而上升；当气温较高时， $E_d$ 随日平均气温的上升而上升。进一步仔细分析得到该多项式的拐点为19.7，即日平均气温在大于19.7℃时， $E_d$ 与日平均气温呈正相关；而日平均气温小于等于19.7℃时， $E_d$ 与其呈负相关。

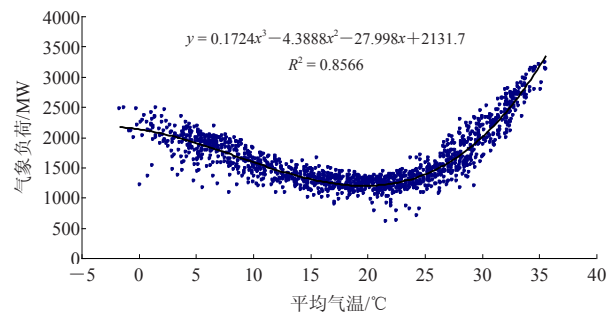


图2 2010—2013年长沙日平均气温与 $E_d$ 散点图及多项式拟合  
Fig. 2 Scatter chart and polynomial fitting between daily average temperature and meteorological load for 2010 to 2013 in Changsha

## 4 电力气象服务效益评估

采用对比分析法对2010—2013年长沙电力气象服务效益进行评估。

对比分析法气象服务效益客观估算的具体公式如下：

$$A = A_1 - A_2 - A_3 - A_4, \quad (3)$$

式中， $A$ 为气象服务增加或节省的产值， $A_1$ 为没有使用气象服务时的损失， $A_2$ 为使用气象服务后仍无法避免的损失， $A_3$ 为根据气象服务采取的成本， $A_4$ 为因气象预报与实况不准带来的损失。

根据第3节的分析可知，当日平均气温为19.7℃时，长沙日气象负荷值最低，为1194.95 MW，将此气温值作为电力公司进行电力调度的基准值，电力调度中心根据气象预报，决定是否增开发电机组（由于水电发电量较为稳定，主要是考虑增加地方电厂火电机组）。不同火电上网的上网电价不同，按平均0.46

元/kWh计算, 平均售电价按0.50元/kWh计算。

2010—2013年, 长沙日平均气温 $\leq 19.7^\circ\text{C}$ 共有752 d (不含春节), 日平均气温 $> 19.7^\circ\text{C}$ 共有681 d。调查结果显示, 湖南省天气预报准确率约为80%, 预报不准的情况分为两类, 第一类是实况值高于预报值, 其概率约为10%, 实况值平均比预报值高大约 $2^\circ\text{C}$ ; 第二类是实况值低于预报值, 其概率同样约为10%, 实况值平均比预报值低大约 $2^\circ\text{C}$ 。

根据以上资料数据, 分析计算2010—2013年长沙市电力气象服务的效益。

$A_1$ 没有使用气象服务时的损失即假设电力公司没有使用气象预报服务, 出现高温或低温天气时没有新增开发发电机组并卖出其相应新增电量的损失, 由以下三种情况相加得到:

①当预报准确时, 如果使用气象服务新增机组发电则其相应新增电量能全部卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

$A_{11}$  = 按照预报需新增的机组发电量 $\times$ 售电价 $\times$ 天气预报准确率。 (4)

②当实况值高于预报值时, 又可分为两种类型: 第一种类型是当气温实况值 $\leq 20.7^\circ\text{C}$  (即气温预报值 $\leq 18.7^\circ\text{C}$ , 假设预报不准确时, 实况值较预报值平均高 $2^\circ\text{C}$ ) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则新增机组发电量有剩余, 不能全部卖出, 只能卖出根据气温实况值需新增的发电量, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

$A_{121}$  = 按照实况值需实际新增的机组发电量 $\times$ 售电价 $\times$ 实况值高于预报值的概率。 (5)

第二种类型是当气温实况值 $> 20.7^\circ\text{C}$  (即气温预报值 $> 18.7^\circ\text{C}$ ) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要小于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则虽然新增电量不能满足实际需电量, 但均能卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

$A_{122}$  = 按照预报需新增的机组发电量 $\times$ 售电价 $\times$ 实况值高于预报值的概率。 (6)

第二种情况没有使用气象服务时的相应损失:

$$A_{12} = A_{121} + A_{122}。 (7)$$

③当实况值低于预报值时, 又可分为两种类型: 第一种类型是当气温实况值 $\leq 18.7^\circ\text{C}$  (即气温预报值 $\leq 20.7^\circ\text{C}$ , 假设预报不准确时, 实况值较预报值平均低 $2^\circ\text{C}$ ) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要小

于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则虽然新增电量不能满足实际需电量, 但均能卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

$A_{131}$  = 按照预报需新增的机组发电量 $\times$ 售电价 $\times$ 实况值低于预报值的概率。 (8)

第二种类型是当气温实况值 $> 18.7^\circ\text{C}$  (即气温预报值 $> 20.7^\circ\text{C}$ ) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则新增机组发电量有剩余, 不能全部卖出, 只能卖出根据气温实况值需新增的发电量, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

$A_{132}$  = 按照实况值需实际新增的机组发电量 $\times$ 售电价 $\times$ 实况值低于预报值的概率。 (9)

第三种情况没有使用气象服务时的相应损失:

$$A_{13} = A_{131} + A_{132}。 (10)$$

将2010—2013年长沙市日平均气温实况值按从低到高排列, 共计1433个样本 (不含春节法定假日), 第1~第696个样本的日平均气温 $\leq 18.7^\circ\text{C}$ , 第1~第791个样本的日平均气温 $\leq 20.7^\circ\text{C}$ , 第697~第1433个样本的日平均气温 $> 18.7^\circ\text{C}$ , 第792~第1433个样本的日平均气温 $> 20.7^\circ\text{C}$ ;  $gc_1$ 和 $gc_2$  ( $i=1, 2, 3, \dots, 1433$ ) 分别为根据第*i*个样本日的长沙日平均气温预报值和实况值, 由图2的拟合曲线公式计算得到的日负荷;  $gc_0$ 为日平均气温为 $19.7^\circ\text{C}$ 的日负荷 (根据图2的拟合公式, 日平均气温为 $19.7^\circ\text{C}$ 时, 日气象负荷最小)。综合以上,  $A_1$ 计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{11} = \sum_{i=1}^{1433} |gc_1 - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 80\% = 60.32,$$

$$A_{121} = \sum_{i=1}^{791} |gc_2 - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 2.66,$$

$$A_{122} = \sum_{i=792}^{1433} |gc_1 - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 3.24,$$

$$A_{12} = A_{121} + A_{122} = 5.9,$$

$$A_{131} = \sum_{i=1}^{696} |gc_1 - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 2.46,$$

$$A_{132} = \sum_{i=697}^{1433} |gc_2 - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 4.3,$$

$$A_{13} = A_{131} + A_{132} = 6.76,$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12} + A_{13} = 72.98。$$

$A_2$ 为使用气象服务无法避免的损失, 设 $A_2 = 0$  (不考虑错峰因素)。

$A_3$ 为根据气象预报采取措施的成本, 即电力公司

使用气象预报服务时需要向电厂购买的新增机组发电量的成本, 同样由以下三种情况相加得到:

① 当预报准确时, 使用气象服务新增机组发电, 则新增电量的相应成本:

$A_{31}$  = 按照预报需新增的机组发电量  $\times$  上网价  $\times$  天气预报准确率。 (11)

② 当实况值高于预报值时, 使用气象服务新增机组发电则新增电量的相应成本:

$A_{32}$  = 按照预报需新增的机组发电量  $\times$  上网价  $\times$  实况值高于预报值的概率。 (12)

由于使用了气象服务, 新增机组发电量根据预报值得到。

③ 当实况值低于预报值时, 使用气象服务新增机组发电则新增电量的相应成本:

$A_{33}$  = 按照预报需新增的机组发电量  $\times$  上网价  $\times$  实况值低于预报值的概率。 (13)

由于使用了气象服务, 新增机组发电量根据预报值得到。

综合以上,  $A_3$  计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{31} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 80\% = 55.49,$$

$$A_{32} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 10\% = 6.23,$$

$$A_{33} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 10\% = 8.3,$$

$$A_3 = A_{31} + A_{32} + A_{33} = 70.02.$$

$A_4$  由于气象预报与实况不符带来的损失分为两种情况:

第一种情况为根据气温预报值购买的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 由于按照预报新增的机组发电量不能全部卖出带来的损失, 这种情况的损失即为多购买的新增机组发电量的成本, 已经在  $A_3$  中予以考虑, 这里不再重复计算。

这里我们只考虑第二种情况, 该情况为根据气温预报值购买的发电量小于根据气温实况值所需的实际需电量时, 由于按照预报新增的机组发电量不能满足实际用电需求而带来的损失。第二种情况又可分为两种类型: ① 当实况值高于预报值且气温实况值  $> 20.7^\circ\text{C}$  时, 该类型由于气象预报与实况不符带来的损失  $A_{41} = (\text{按照实况需增开机组发电量} - \text{按照预报需增开机组发电量}) \times (\text{售电价} - \text{上网价}) \times \text{实况值高于预报值的概率}$ ; ② 当实况值低于预报值且气温实况值  $\leq 18.7^\circ\text{C}$  时, 该类型由于气象预报与实况不符带来的损失  $A_{42} = (\text{按照实况需增开机组发电量} - \text{按照预$

报需增开机组发电量)  $\times$  (售电价 - 上网价)  $\times$  实况值低于预报值的概率。

综合以上,  $A_4$  计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{41} = \sum_{i=792}^{1433} |gc2_i - gc1_i| \times 24 \times (0.50 - 0.46) \times 10\% = 0.13,$$

$$A_{42} = \sum_{i=1}^{696} |gc2_i - gc1_i| \times 24 \times (0.50 - 0.46) \times 10\% = 0.06,$$

$$A_4 = A_{41} + A_{42} = 0.19.$$

由以上可以得出, 2010—2013年长沙电力气象服务的效益 (单位: 亿元):

$$A = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 = 72.98 - 0 - 70.02 - 0.19 = 2.77.$$

## 5 结论与讨论

1) 长沙市日电力负荷受社会经济因素和气象因子的共同影响, 分离出社会经济的影响之后, 日负荷与气象因子特别是日平均气温密切相关, 并存在一个拐点, 即日平均气温在大于  $19.7^\circ\text{C}$  时,  $E_d$  与日平均气温呈正相关; 而日平均气温  $\leq 19.7^\circ\text{C}$  时,  $E_d$  与其呈负相关。

2) 通过多项式拟合的方法构建了长沙市日电力负荷与日平均气温的关系模型, 并以此为基础采用对比分析法对长沙市电力行业的气象服务效益进行评估, 最终得出2010—2013年长沙市电力行业的气象服务效益值为2.77亿元。该评估方法可为其他地区开展电力气象服务效益评估提供借鉴。

3) 本文气温预报的准确率、偏高量和偏低量采用的是估计的平均值, 效益评估中假设电力公司不使用气象服务时的基准日电力负荷是日平均气温为  $19.7^\circ\text{C}$  时的最小负荷; 同时一些特殊情况如工厂停工等在本文的评估模型中未加以考虑, 导致效益评估值存在一定的误差, 今后应加强这方面的研究, 使得效益评估更加精确。

### 参考文献

- [1] 洪国平, 李银娥, 孙新德, 等. 武汉市电网用电量、电力负荷与气温的关系及预测模型研究. 华中电力, 2006, 19(2): 4-7, 30.
- [2] 张立祥, 陈力强, 王明华. 城市供电量与气象条件的关系. 气象, 2000, 26(7): 27-31.
- [3] 黄伟, 张田, 韩湘荣, 等. 影响光伏发电的日照强度时间函数和气象因素. 电网技术, 2014, 38(10): 2789-2793.
- [4] 张凯, 姚建刚, 李伟, 等. 基于功率谱分解和实时气象因素的短期负荷预测. 电网技术, 2007, 31(23): 47-51.
- [5] 焦润海, 苏辰隽, 林碧英, 等. 基于气象信息因素修正的灰色短期负荷预测模型. 电网技术, 2013, 37(3): 720-725.
- [6] 刘旭, 罗滇生, 姚建刚, 等. 基于负荷分解和实时气象因素的短期负荷预测. 电网技术, 2009, 33(12): 110-117.
- [7] 廖峰, 刘清良, 贺辉, 等. 基于改进灰色模型与综合气象因素的母线负荷预测. 电网技术, 2011, 35(10): 183-188.
- [8] 栗然, 郭朝云, 韦仲康. 京津唐电网电力日峰荷与气象指数的关联性分析. 电网技术, 2008, 32(6): 87-92.
- [9] 金义雄, 段建民, 徐进, 等. 考虑气象因素的相似聚类短期负荷组合预测方法. 电网技术, 2007, 31(19): 60-64.
- [10] 康重庆, 周安石, 王鹏, 等. 短期负荷预测中实时气象因素的影响

- 分析及其处理策略. 电网技术, 2006, 30(7): 5-10.
- [11] 王瑞祥, 夏莹, 熊小伏. 计及气象因素的输电线路维修风险分析. 电网技术, 2010, 34(1): 219-222.
- [12] 许小峰, 等. 气象服务效益评估理论与方法与分析研究. 北京: 气象出版社, 2009.
- [13] 陈振林, 等. 电力行业气象服务效益评估(2010). 北京: 气象出版社, 2011.
- [14] 解令运, 濮梅娟, 刘立志, 等. 江苏省气象服务效益研究(II) 行业气象服务效益评估. 气象科学, 1997, 17(4): 401-408.
- [15] 欧阳里程, 张维. 广东省2009年电力行业气象服务效益值评估. 气象研究与应用, 2011, 32(1): 45-51.
- [16] 马吉伟, 沈宾, 刘刚. 吉林省电力行业气象服务效益评估分析. 吉林农业, 2012, (6): 142.
- [17] 万协成, 刘甜甜, 杨玲, 等. 湖南电力气象服务效益评估分析. 科技传播, 2011, (17): 116-117.
- [18] 古田会. 贵州2010年电力行业气象服务效益评估分析. 贵州气象, 2011, 35(5): 62-64.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京: 气象出版社, 1999.

## 一切史的研究 都是为了更加美好的未来 ——“台站巡礼”策划研讨活动顺利举办

■ 李冬梅(特约) 张萌

2017年8月, 我刊“台站巡礼”栏目第二次组稿策划活动在新疆成功举办。此次活动以“一带一路+气象台站”为主题, 旨在借用古代丝绸之路的历史符号, “讲好台站故事, 传承气象文化”。本次活动分研讨会和新疆区气象台站走访两个阶段, 吸引了来自南京信息工程大学等2所高校、中国气象局机关党委、气象干部培训学院、湖北等10多个省和计划单列市气象部门的近30人参加, 他们在感受新疆气象发展的历史传承的同时, 也带来了所在地具有厚重历史感台站的最新研究成果和深入挖掘线索并开展交流, 活动成功约稿10余篇, 特别是一些稿件, 由新疆区基层气象部门和本次活动参与者通过“结对子”完成。

本次活动由新疆区气象局党委办公室承办, 区气象局任易勇副局长全程参加并给予指导。编辑部为这次活动专门编辑、整理了本刊创刊以来在“往事钩沉”等栏目发表的气象史研究相关文章的合订本, 气象干部培训学院代表也介绍了学院通过成立专门课题



图 参加活动代表的合影

组和定时召集气象史学术会议开展研究的作法及取得的进展。

(作者单位: 李冬梅, 新疆维吾尔自治区气象局;  
张萌, 中国气象局气象干部培训学院)

# “达维”台风大暴雨过程熵流特征分析

崔粉娥<sup>1</sup> 畅巨峰<sup>2</sup> 李卫敏<sup>1</sup> 靳甜甜<sup>1</sup>

(1秦皇岛市气象局, 秦皇岛 066000; 2青龙满族自治县气象局, 秦皇岛 066500)

**摘要:** 应用耗散结构理论, 对2012年8月3—4日发生在河北省海岸带的一次台风暴雨过程进行诊断分析, 着重分析了大气排熵指数、边界层上部平均广义相当位温与暴雨的发生和落区的关系。结果表明: 副热带高压稳定少动和台风外围强盛的东南风急流造成了本次历史罕见的大暴雨局地特大暴雨天气; 大气排熵指数由高值向低值的演变有利于对流的发展, 从而导致对流暴雨形成; 负熵流区涵盖了强对流或对流性大暴雨发生的主要区域, 暴雨产生前5~6 h, 有高熵空气在边界层上部聚集, 暴雨区位于高熵中心附近、低空切变线和地面辐合线附近, 与高熵舌伸展的区域相一致。

**关键词:** 台风暴雨, 排熵指数, 广义相当位温

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.006

## Analysis of the Entropy Flow Characteristics During the Torrential Rainfall Event of Typhoon Damrey (2012)

Cui Fene<sup>1</sup>, Chang Juzheng<sup>2</sup>, Li Weimin<sup>1</sup>, Jin Tiantian<sup>1</sup>

(1 Qinhuangdao Meteorological Bureau, Qinhuangdao 066000

2 Qinglong Manchu Autonomous County Meteorological Bureau, Qinhuangdao 066500)

**Abstract:** Based on the theory of dissipative structures, a typhoon rainstorm event, which took place in the coastal zone of Hebei Province on 3-4 August 2012, is analyzed with emphasis on the relationship between the rainfall zone and two diagnostic variables, i.e, the atmospheric removing entropy index and the average generalized equivalent potential temperature in the upper boundary. The results show that: the stable subtropical high and the strong southeast jet outside the typhoon lead to an extreme weather event, associated with local torrential-heavy rain; the removing entropy index changing from high values to lower ones denoted the development of convection leading to the formation of heavy rainfall; the negative entropy flow area covered the main area of strong convection and convection heavy rainfall, and the high entropy air converged in the top of the boundary layer 5-6 hours before the torrential rainfall occurred, also the rainfall areas located near the center of high entropy, which is consistent with the high entropy tongue stretched regions.

**Keyword:** typhoon torrential rainfall, removing entropy index, generalized equivalent potential temperature

### 0 引言

耗散结构理论为天气预报和气候变化的研究提供了新的思路和方法<sup>[1]</sup>。熵平衡方程是制约大气运动的基本方程之一<sup>[2]</sup>。暴雨是与积云对流的发展或台风的活动紧密联系的天气过程, 而积云对流和台风一般被看成是大气中典型的“耗散结构”<sup>[3]</sup>。符长锋<sup>[4]</sup>借助熵平衡方程, 对台风暴雨过程在负熵流作用下的减熵运动进行了诊断和对比分析, 得出了台风大范围暴雨和强的负熵变相对应的结论; 张霞等<sup>[5]</sup>分析了熵流指数在远距离台风暴雨过程中的演变特征, 指出了各熵流指数与暴雨的发生和落区之间有良好的对应关系; 李

春虎等<sup>[6]</sup>应用耗散结构理论, 分析了排熵指数与远距离台风暴雨区的关系, 指出排熵指数对远距离台风暴雨分析预报有一定的指示作用。符长锋等<sup>[7]</sup>根据空气微团在多相系可逆湿绝热过程中的熵守恒原理导出了广义相当位温的概念和表达式, 表明广义相当位温能较完整地表现大气的温湿特征, 并在强对流天气和暴雨预报中加以应用。

目前, 广义相当位温在直接类台风暴雨预报中的扩展应用工作甚少, 本文借助广义相当位温构建的大气排熵指数, 对2012年8月3—4日发生在河北省海岸带的一次台风暴雨过程进行分析, 着重讨论了大气排熵指数、边界层上部平均广义相当位温的高熵中心在强降水时段的演变特征, 指出了各熵流指数与台风暴雨的发生和落区之间的对应关系, 旨在为此类台风暴雨过程的预报提供有益的参考。

收稿日期: 2015年12月13日; 修回日期: 2016年6月29日

第一作者: 崔粉娥(1977—), Email: cuifene@126.com

## 1 “达维”台风大暴雨实况及灾情

受2012年第10号台风“达维”影响，8月3—4日河北省沿海地区出现了强降水（图1），秦皇岛、唐山东南部、沧州东部出现了大暴雨，部分地区出现了特大暴雨，秦皇岛海阳镇最大为306.5 mm，唐山汤家河次之为273.3 mm。强降水主要集中在3日夜间到4日凌晨（图2）。加密自动站显示：最大雨强唐山古河为87.6 mm。根据翡翠岛海上自动气象站观测实况分析，4日01—04时海上平均风力为东北风7~8级阵风9~10级，最大值出现在4日02时40分，平均风速为19.3 m/s（8级），极大风速为27 m/s（11级），沧州沿海最高潮位达到5.17 m（警戒潮位4.8 m）。

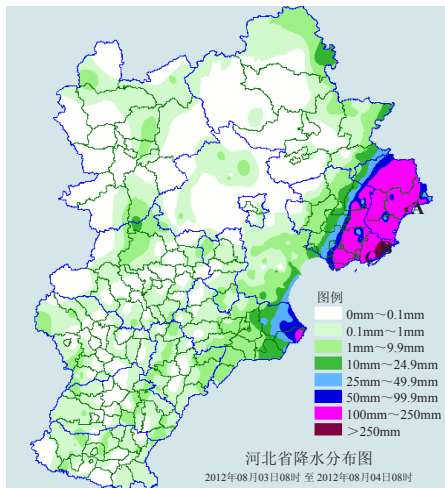


图1 2012年8月3日08时至4日08时河北省降水分布  
(单位: mm, 图中A代表秦皇岛海阳镇, B代表唐山汤家河, C代表唐山古河)

Fig.1 Distribution of rainfall in Hebei Province for 24 h from 08: 00 BT 3 to 08: 00 BT 4 August 2012 (unit: mm, A is Haiyang Town in Qinhuangdao region, B is Tangjiahe and C is Guhe in Tangshan region)

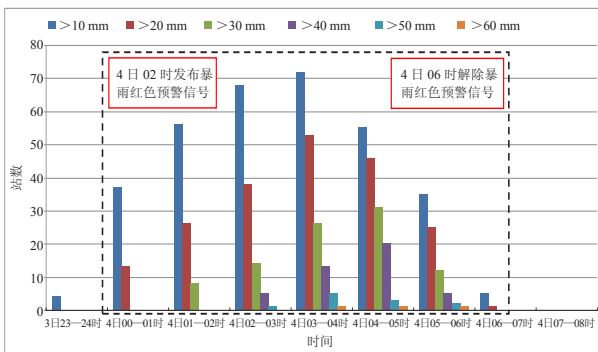


图2 2012年8月3—4日秦皇岛市逐小时降雨站数时序图  
(黑色虚线代表强降水时段)

Fig.2 The number of stations with rainfall in hours for 24h from 3 to 4 August 2012 (Black dashed lines indicate the heavy rainfall hours)

由于台风“达维”登陆时恰逢农历十五天文大潮期，同时该台风登陆时强度将保持台风强度，也是1949年以来登陆长江以北的最强台风，距离河北省海岸线最近时为15 km，产生风雨潮三碰头的影响。此次过程降雨强度较大，降水时间集中，造成河北省沿海地区大范围洪涝灾害，河北省秦皇岛为此次天气过程的重灾区之一，3座大型水库超过汛限水位、64座中型水库溢流。因洪涝灾害共造成174万人受灾，因灾死亡3人；农作物受灾面积17万  $\text{hm}^2$ ，绝收面积3万  $\text{hm}^2$ ；倒塌房屋1.6万间，直接经济损失达194亿人民币。

## 2 成因分析

### 2.1 大尺度环流背景与影响系统

在2012年8月3日08时500 hPa高空（图3a），河套地区有一短波槽缓慢东移，副热带高压（以下简称副高）成块状，脊线稳定在 $37^\circ\text{N}$ 附近，西脊点在辽东半岛，之后逐渐向西北偏北方向移动。同时，强热带风暴“苏拉”位于闽浙交界处沿海，随副高外围东南气流向西北方向移动；3日20时，高空槽进一步加深并向东北方向移动，且中纬度西风带系统经向度加大，副高稳定且略有西伸，有利于热带风暴“达维”向东北偏北方向移动。同时，次700 hPa高空图（图3e）在山东半岛和天津一带有明显的低涡环流，配合850 hPa高空图（图3c和3d）上同一位置也存在明显的低涡环流，维持较强的东南风急流，最大风速达到24 m/s。河北省东北部地区位于台风北侧，偏东风加强，有明显的气流辐合。河北省沿海地区秦皇岛、唐山等地的降水显著加强。

在8月4日08时500 hPa高空图（图3b）上，副高脊线西伸北抬逐渐与大陆高压合并控制华北地区，热带风暴“达维”进一步减弱为低压，并入西风槽向东北方向移动。700和850 hPa偏南风急流移到辽东半岛（图3d和3e），低压环流中心位于辽宁西部，“达维”对河北省的影响基本结束。

由副高动态图可见（图3f）：从2日20时开始至4日08时副高成块状分布，稳定维持在 $30^\circ\sim 40^\circ\text{N}$ ，北脊点稳定少动，西脊点略有西伸，副高中心为592 hPa，范围逐渐扩大，但中心数值不变。副高稳定少动且脊点的位置有利于热带风暴“达维”向北移动和水汽向河北海岸带源源不断输送。

### 2.2 中尺度系统分析

低空切变线是台风倒槽向北伸展的风向辐合线，由图3可知：在强降水时段的850 hPa风场上沿海岸带存在明显的风向风速辐合，是东北风和偏南风之间的切变，切变线附近具有较强的斜压不稳定性，有利于

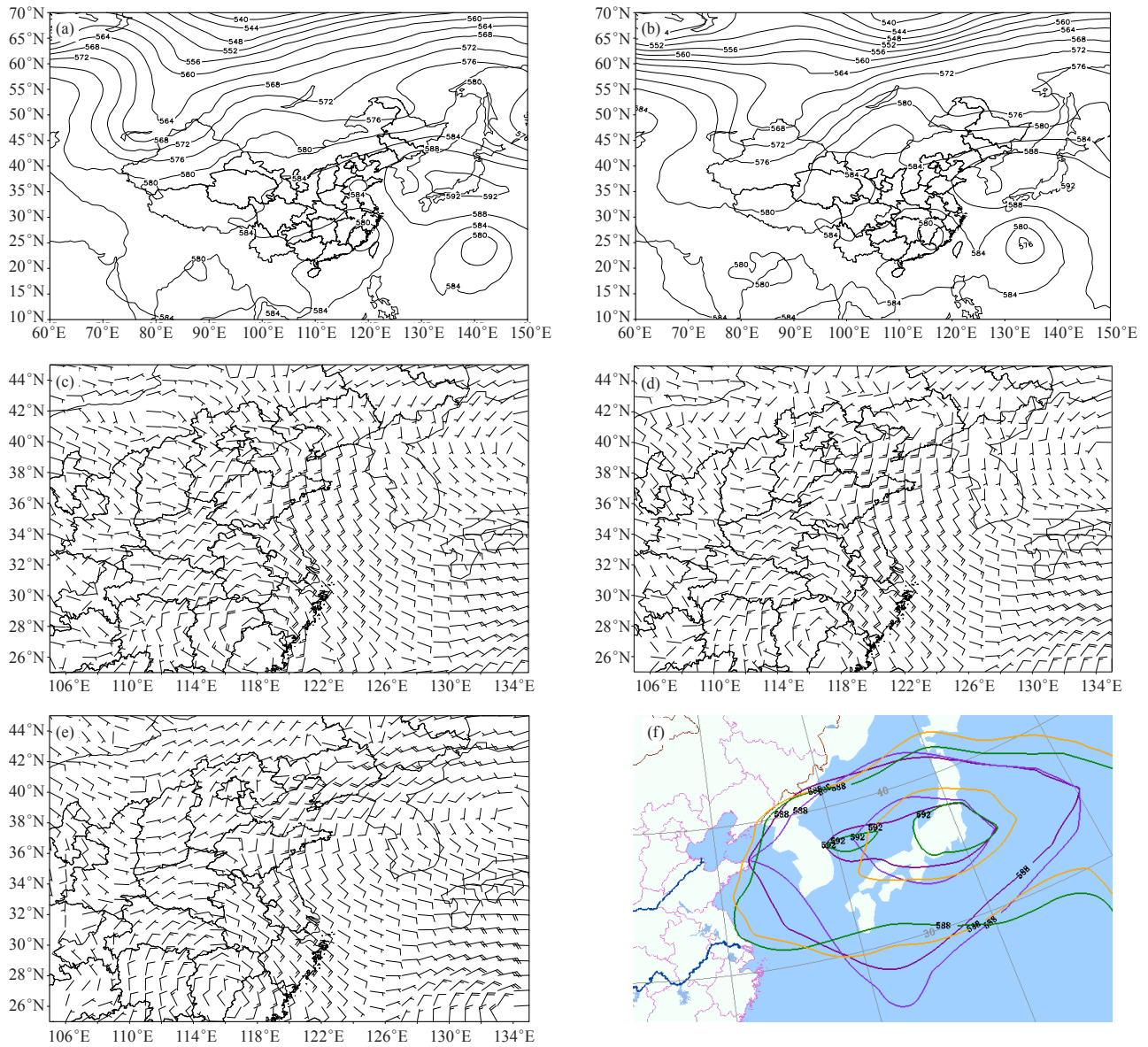


图3 2012年8月3日(a, c)和4日(b, d)500 hPa 08时高度场(a, b; 单位: dagpm)和850 hPa风场(c, d; 单位: m/s), 8月4日08时700 hPa风场(e, 单位: m/s), 以及500 hPa副高动态图(f; 蓝色: 2日20时, 紫色: 3日08时, 黄色: 3日20时, 绿色: 4日08时, 单位: dagpm)

Fig.3 Potential Heights at 500 hPa (a, b, unit: dagpm) and wind field at 850 hPa (c, d, unit: m/s) at 08:00 BT 3(a, c) and 08:00 BT 4(b, d) August 2012, wind field at 700hPa at 08:00 BT 4 August 2012 (e, unit: m/s), and evolution of subtropical highs (f, blue for 20:00 BT 2 August; purple for 08:00 BT 3 August; yellow for 20:00 BT 3 August and green for 08:00 BT 4 August)

此次台风暴雨过程的增幅。

从SWAN回算的秦皇岛和天津两部雷达的拼图与自动站风场叠加(图4)可以看到: 8月3日23时, “达维”的环流中心位于山东北部接近河北省, 此时海上风速加大, 有一条切变线从台风中心伸向河北省东北部沿海, 此时回波结构密实, 地面降水开始加大; 4日02时, 山东境内为偏南风, 河北省东北部沿海存在辐合线, 回波继续加强, 中心强度达到50 dBz以上, 降水强度加强; 之后, 河北省逐渐转为偏

北风控制, 风速减小, 回波减弱东移, 降水结束。

地面辐合线的存在与海陆分布有一定的对应关系, 随着“达维”的移动, 河北省东北部海岸带产生了东北风与西南风的辐合, 辐合抬升作用使得地面降水进一步增幅。

### 3 熵流指数表达式及其物理意义

#### 3.1 边界层上部平均广义相当位温

广义相当位温( $\theta_s$ )是大气显热和潜热的综合热

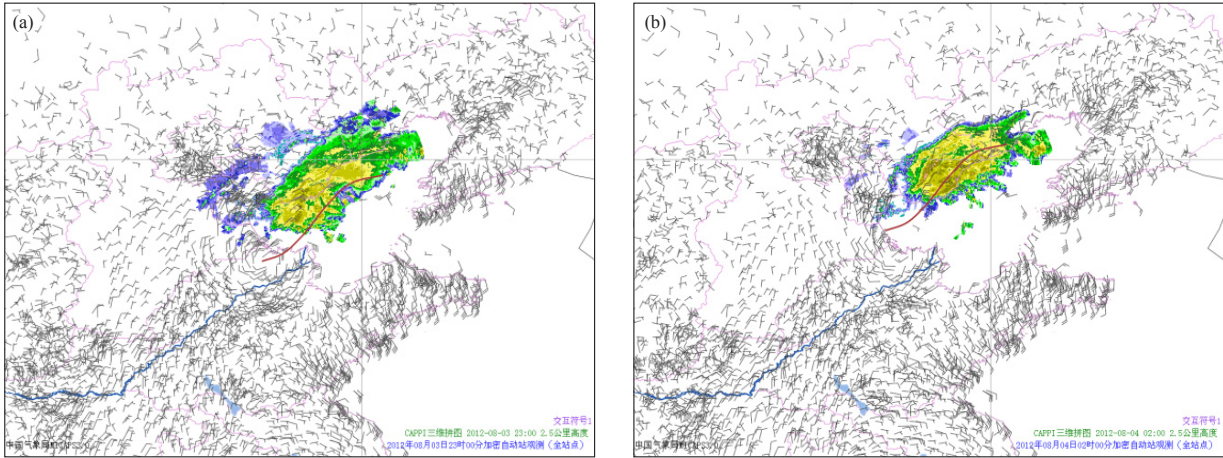


图4 2012年8月3日23时 (a) 和4日02时 (b) 雷达拼图与加密自动站风场叠加图  
Fig.4 Radio echo overlap the wind field at auto-stations at 23:00 BT 3 (a) and 02:00 BT 4(b) August 2012

力指标<sup>[8]</sup>，它全面考虑了水汽和液态水在大气热力过程中所能发挥的作用，精确而完整地反映了大气的温湿特征，并且在可逆湿绝热过程中是完全保守的。它是基于在可逆凝结绝热过程中熵不变这一重要性质得到的。

$$\theta_s = \tau\theta_e, \quad (1)$$

其中

$$\tau = \left[ \frac{T_k C_k}{\theta_d} \right]^r, \quad (2)$$

$$T_k = T(z_i) - \frac{g}{c_p} z, \quad (3)$$

$$\theta_e = \theta_d \exp\left( \frac{Lq}{C_{pd} T_k} \right), \quad (4)$$

式中， $C_k = \frac{C_w}{C_{pd}}$ ， $\theta_d$ 是干空气的位温， $\theta_e$ 是相当位温， $T(z_i)$ 是起始抬升高度处的气温，其余为常用符号。

对于饱和湿空气，式中凝结高度处的气温<sup>[9]</sup> $T_k$ 应改用 $T$ ； $r$ 是气块中水汽质量 ( $m_v$ ) 和液态水质量 ( $m_w$ ) 之和与该气块质量 ( $m$ ) 的比值。

$$r = \frac{m_v + m_w}{m}. \quad (5)$$

$\theta_s$ 的物理意义是<sup>[10]</sup>：假定一个携带有液态水的湿空气微团，在可逆湿绝热上升过程中，其中的水汽不断凝结出来并随该湿空气微团一起上升，一点也不脱离该湿空气微团，直至其中的水汽全部凝结为液态水（不考虑凝华作用）。这就相当于液态水的显热能和水汽的潜热能全部用来加热干空气。所表示的热量相当于该空气微团相当位温的 $\tau$ 倍。

边界层热量和水汽的输送对区域性暴雨是重要的，925~850 hPa处于边界层上半部，是熵流输入和聚积的重要层次， $\theta_s$ 场的高值舌区（高熵舌），突出

地显现这种熵的聚积现象。因此在天气分析，特别是在次天气尺度和中尺度强降水系统的诊断分析中是一个新的、实用的热力学参量。

### 3.2 大气排熵指数

对于开放体系，单位体积内熵流项的时间变率可以表示为<sup>[3]</sup>

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\nabla \cdot J_s, \quad (6)$$

式中， $S = \rho_s$ 为熵密度， $s$ 为比熵。 $J_s$ 是单位时间内流过单位面积的熵，简称熵流。

鉴于 $\theta_s$ 是大气比熵 $s$ 的单值函数，用 $\theta_s$ 替代熵流散度中的比熵 $s$ ，其效果是一样的，且量值变化更为显著，使用更加方便<sup>[4]</sup>，从而有

$$\frac{\partial S}{\partial t} \propto -\nabla \cdot \rho \theta_s V. \quad (7)$$

对式(7)积分并求其平均得<sup>[7]</sup>

$$\frac{\partial \bar{S}}{\partial t} \propto \frac{\int_{z_2}^{z_1} (-\nabla \cdot \rho \theta_s V_h) dz}{\int_{z_1}^{z_2} \rho dz} = \frac{\int_{p_2}^{p_1} (-\nabla \cdot \theta_s V_h) dp}{p_1 - p_2}, \quad (8)$$

式中， $p_1$ 和 $p_2$ 分别表示大气下层和上层某一等压面气压， $V$ 为水平风速矢量。根据式(3)，考虑到无辐射层通常位于500~600 hPa，因此用高层100~500 hPa平均熵流散度和低层600~1000 hPa平均熵流散度的差值，建立一种指数，称作大气排熵指数，用REI表示，公式为

$$REI = \frac{\partial \bar{S}}{\partial t} \Big|_{100}^{500} - \frac{\partial \bar{S}}{\partial t} \Big|_{600}^{1000}. \quad (9)$$

对流层下层600~1000 hPa是暴雨天气的能量和物质的输入层，中高层500 hPa至平流层下部的100 hPa是暴雨天气的能量和物质的输出层。REI的物理意

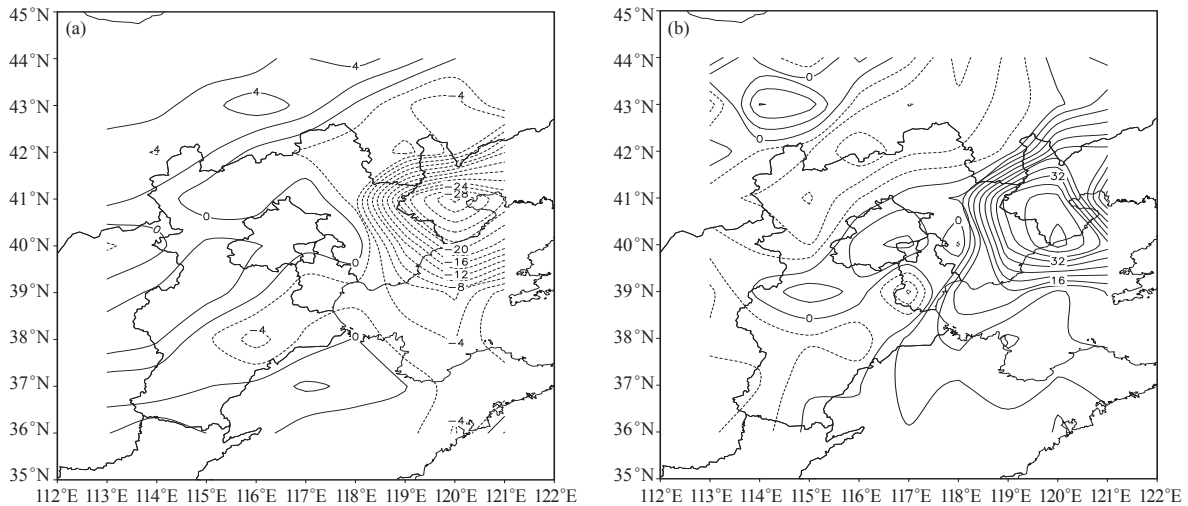


图5 2012年8月4日02时高空 (a) 和低空 (b) 平均熵流散度 (实线, 单位:  $10^{-5}$  K/s)

Fig.5 Averaged entropy flow divergence (unit:  $10^{-5}$  K/s) at 02:00 BT 4 August 2012: (a) for higher layer, (b) for lower layer

义: 当下层辐合 (即  $-\nabla \cdot \theta_s V_h > 0$ ) 和有高熵平流时,  $\frac{\partial \bar{S}}{\partial t} > 0$ , 对REI有负值贡献; 而上层则相反, 当其辐散 (即  $-\nabla \cdot \theta_s V_h < 0$ ) 和有低熵平流时,  $\frac{\partial \bar{S}}{\partial t} < 0$ , 对REI也有负值贡献。故当某地  $REI < 0$  时, 即下层辐合、上层辐散, 相当于有负熵流的作用, 大气的有序度增加, 有利于不稳定增强和暴雨天气发展。

#### 4 熵流指数分析

熵流指数分析使用的资料是  $1^\circ \times 1^\circ$  经纬度网格点的NCEP全球再分析资料 (2012年8月3—4日), 时间间隔6 h, 根据第3节介绍的  $\theta_s$  和REI公式运算。

##### 4.1 台风暴雨区大气排熵指数

符长锋<sup>[4]</sup>借助熵平衡方程论证了台风大范围暴雨和强的负熵变相对应, 并且负熵变的汇合能够清楚地反映出中、低纬度天气系统的相互作用, 为台风远距离影响的特大暴雨的出现提供先兆。

分析强降水时段 (2012年8月3日20时至4日08时) 台风暴雨过程中低空和高空的平均熵流散度发现, 台风暴雨区的平均熵流散度具有低空辐合和高空辐散的特征 (图5), 由前面公式 (9) 可知, 当低空辐合和高空辐散同时存在时, REI为负值。

本文用REI来表示熵变 (当  $REI < 0$  时表示有负熵变或负熵流), 从而讨论台风暴雨区与REI的关系。从REI分布 (图6) 可以看出: 图6a是主要降水时段前的REI分布, 可以看到在渤海地区存在一负熵变 (负熵流) 中心, 河北东部沿海一带为弱负值区, REI值为  $0 \sim -15 \times 10^{-5}$  K/s, 此处负熵流较弱的原因是对流运动并不强烈; 到了3日20时 (图6b), REI

负值区向西北方伸展, 范围扩大, 负值中心轴线呈东北西南向, 秦皇岛—唐山沿海一带REI负值由原来的  $-10 \times 10^{-5}$  K/s迅速减小为  $-40 \times 10^{-5}$  K/s; 台风随着时间的推移继续向北移动, 台风低压环流中心位于渤海, 河北省东北部地区位于台风北侧, 偏东风加强, REI负值中心向东北方移动, 负值中心轴线近乎南北向, 河北东部沿海一带REI负值区维持。3日夜至4日凌晨河北省的强降水正是出现在REI负值显著增大区 (图7), 台风暴雨落在REI中心偏左侧, 强降水分布在REI负值中心轴线附近。根据耗散结构理论, 降雨云的发展和维持必须满足负熵流, 才能抵消降雨云体内强大的熵产生, 这些地区上空负熵流的维持和增强, 有利于降雨云的继续发展<sup>[11]</sup>。

4日08时台风低压环流中心位于辽宁西部, 河北东部沿海一带REI有较大的正增幅, 由原来的  $-40 \times 10^{-5}$  K/s迅速增大为  $-5 \times 10^{-5}$  K/s, 强降水的北部地区存在一明显的正熵变中心 (正熵流) 中心, 说明强降水发生后, 云体中熵产生的作用已高于负熵流, 致使云体停止发展, 或移出或消亡<sup>[12]</sup>。

通过以上分析看到, 负熵变区或负熵流区的演变跟系统的演变基本一致, 3日14时至4日02时, REI出现明显的负距平, 同时段高空槽与河套地区短波槽同位相叠加, 副高与西风带高空槽之间西南急流加强, 西南急流引导“达维”向东北方向移动, 为台风暴雨创造了动力和层结不稳定条件。台风低压环流移动到渤海, 东南急流达到最强, 最大风速达到24 m/s, 河北省东北部偏东风明显加强, 台风外围充沛的水汽沿东南急流向河北东部沿海输送, 可产生深厚的湿层和强水汽辐合, 并导致不稳定性增强和不稳定能量的

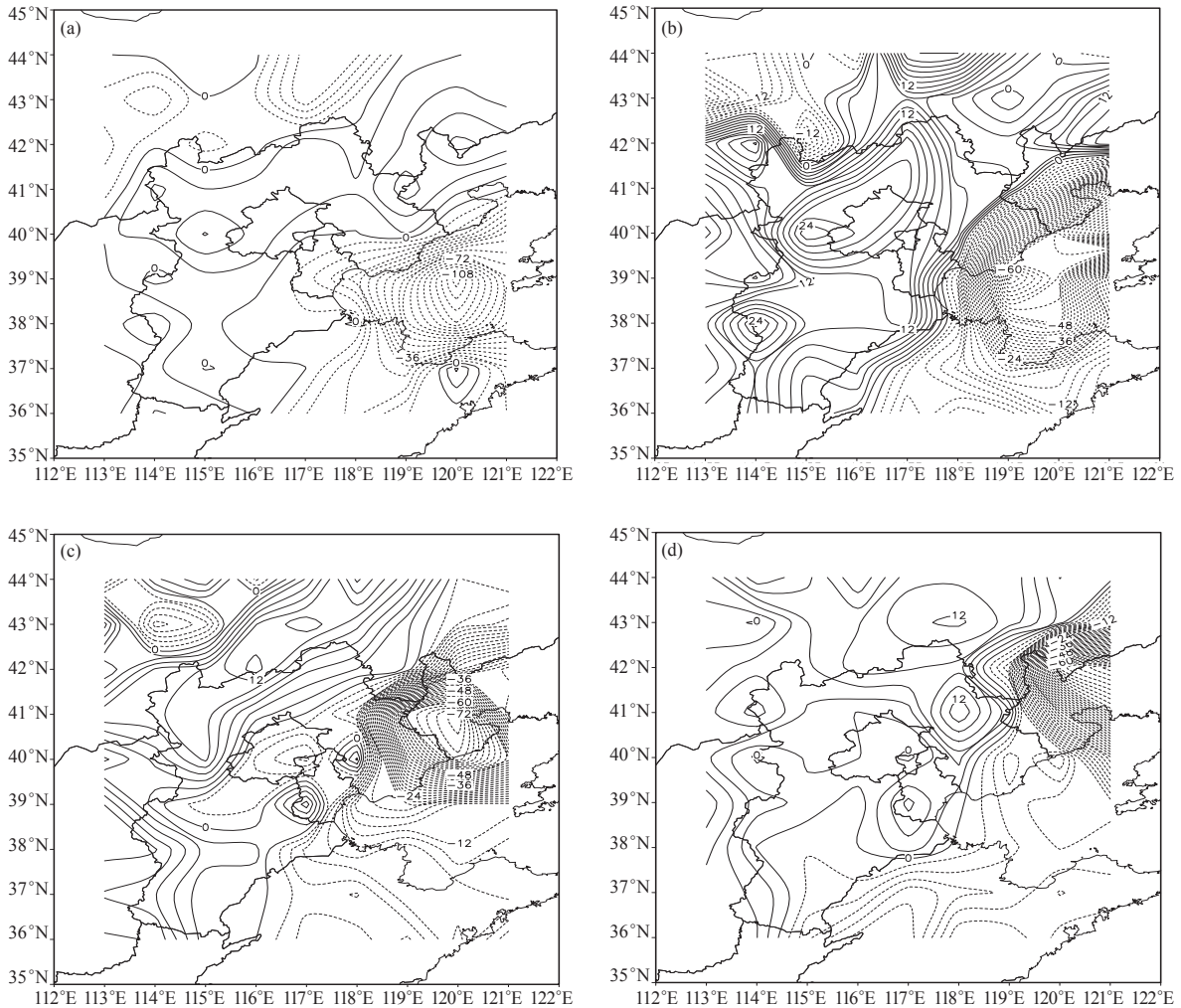


图6 2012年8月3日14时 (a) 和20时 (b)、4日02时 (c) 和08时 (d) REI分布图 (单位:  $10^{-5} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
Fig.6 Distribution of the REI (unit:  $10^{-5} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 14:00 BT 3 (a), 20:00 BT 3 (b), 02:00 BT 4 (c), and 08:00 BT 4(d) August 2012

积蓄和释放, 对该侧降水产生重要影响。4日02—08时, REI出现明显的正距平, 此时系统东移, 低压环流中心位于辽宁西部, 偏南急流移到辽东半岛, 河北省东北部地区处在水汽辐散区, 降水趋于结束。

#### 4.2 排熵指数与水汽通量散度对比分析

水汽通量散度的物理意义是: 在单位时间、单位体积内汇合进来或者输送出去的水汽质量。从850 hPa水汽通量散度图 (图8) 可以看出, 8月3日20时, 河北东北部有一个中心强度为  $-7 \times 10^{-5} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$  的水汽辐合带, 该辐合区逐渐向东北方向移动, 强度有所加强, 4日02时水汽通量辐合带位于河北和辽宁交界, 之后由于低压环流向东北方向移动, 水汽通量辐合减弱, 该地区的强降水逐渐结束。

与台风暴雨区的平均熵流散度或REI的对比分析可以看出: 负值区都可以代表低空辐合和高空辐散的

特征, 但熵流指数的演变与暴雨落区的对应关系明显优于水汽通量散度, 水汽通量散度体现不出中、低纬度天气系统的相互作用, 因此与强降水落区有偏差。

从REI的演变可以看到: REI由高值向低值的演变反映了大气低层的高熵通过垂直上升运动向高层大气输送, 有利于对流的发展。此结论同时也证明了REI对未来短时间内强对流天气的发生有明显的预测作用: 负熵流区涵盖了强对流或对流性大暴雨发生的主要区域, 暴雨产生前5~6 h, 有明显的REI负距平, 且大暴雨落在REI负值轴附近区域。因此, REI的演变对强降水的发生有较好的指示作用, 对台风暴雨落区预报提供有益的参考。

#### 4.3 边界层上部平均 $\theta$ 相当位温

925~850 hPa处于边界层上部, 是熵流输入和累积的重要层次, 夏季强对流天气或暴雨发生前, 一般

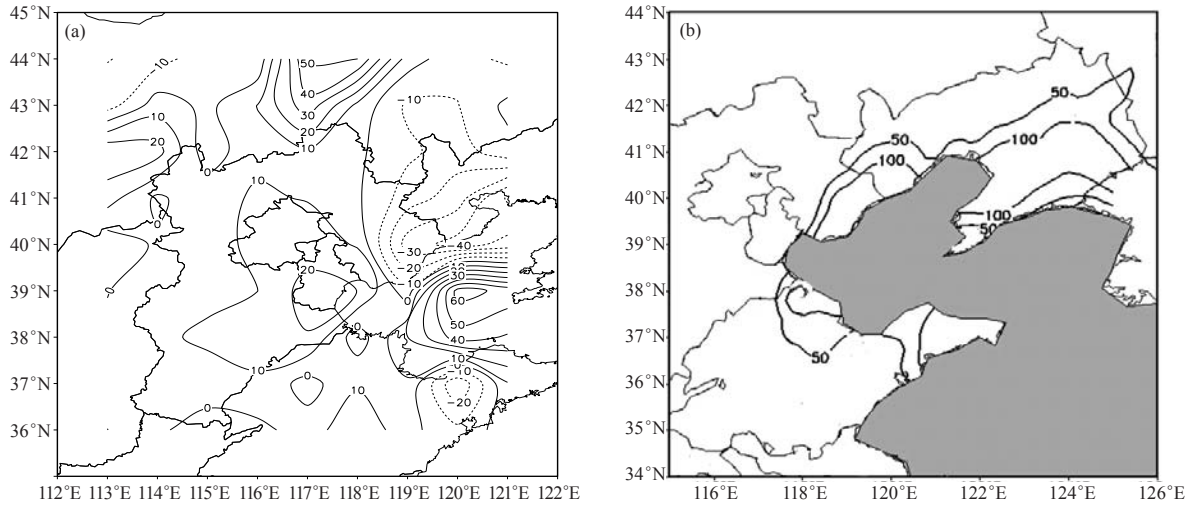


图7 2012年8月4日02时 REI差值 (图5b的值减去图5a的值) 分布图 (a, 单位:  $10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 和24 h暴雨区分布 (b, 单位: mm)  
 Fig.7 (a) Distribution of difference of the REI (unit:  $10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 02:00 BT 4 August 2012 (values in Fig.5b minus values in Fig.5a), (b) Rainstorm area in 24 hours (mm)

都有高温高湿空气从低层输入, 在边界层聚积的现象。当925和850 hPa均值场上的高熵舌所在区域上空有冷平流和排熵机制存在时, 该区通常会是对流不稳定度加大或对流不稳定即将发展的区域, 这通常是强降水即将发生的区域<sup>[7]</sup>。因此, 根据925和850 hPa均值场上平均 $\theta_s$ 的演变, 来讨论高熵舌与台风暴雨落区的关系。

8月3日20时 (图9a) 台风暴雨发生前, 由于受高压边缘高温高湿气团影响, 河北省边界层上部熵大于  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ , 但高熵中心的位置位于渤海地区, 与热带风暴“达维”低压环流中心相一致, 高熵舌由西南伸向东北, 河北东部沿海熵为  $135 \text{ }^\circ\text{C}$ 。到了4日02时 (图

9b), 高熵中心和强度都变化不大, 并且高熵中心在渤海持续时间达6 h以上, 随着系统东移和台风向北移动, 唐山—秦皇岛一带出现明显的高熵舌, 高熵舌由东南伸向西北, 大于  $135 \text{ }^\circ\text{C}$  的高熵区范围有所增大, 同时次的边界层上部高熵平流 (图10) 显示: 唐山—秦皇岛一带处于高熵平流中心区, 与未来的暴雨落区相吻合。这说明河北东部沿海上空有明显的熵流输入和聚集, 为该区域暴雨的发生和持续提供了必要条件。4日08时 (图略), 随着副高北抬和热带风暴“达维”低压向东北方向移动, 边界层上部高熵区北移, 河北省东部沿海暴雨区的熵值明显减小, 热带风暴“达维”对河北省的影响基本结束。

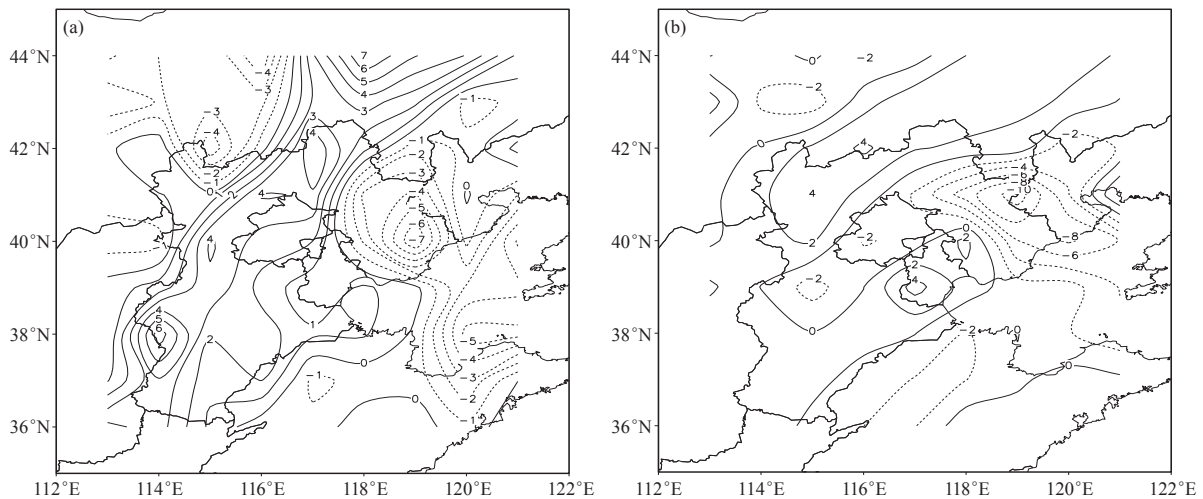


图8 2012年8月3日20时 (a) 和8月4日02时 (b) 850 hPa水汽通量散度场 (单位:  $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ )  
 Fig.8 Moisture divergence at 850hPa (unit:  $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ ) at 20:00 BT 3 (a) and 02:00 BT 4 (b) August 2012

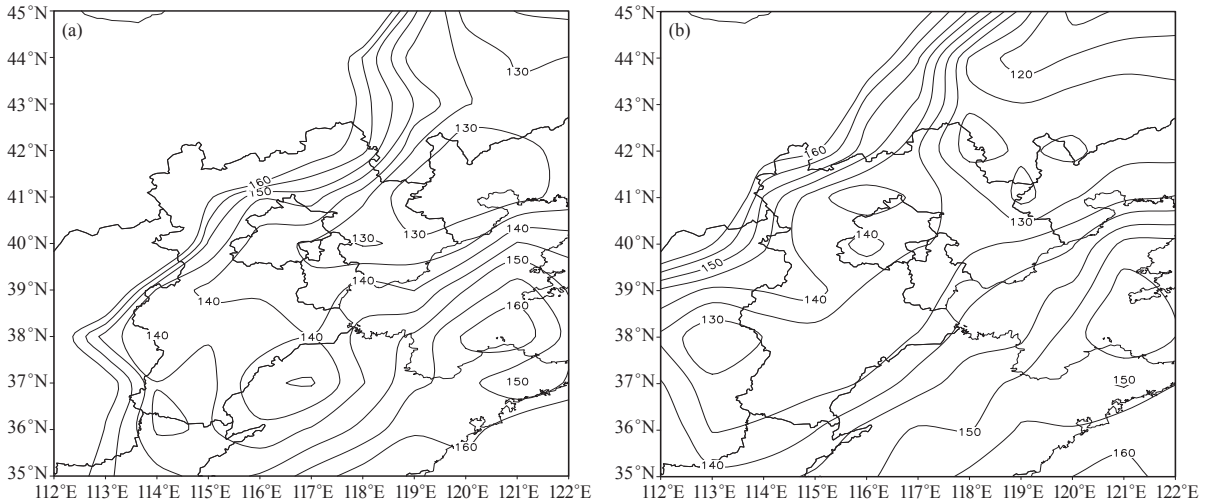


图9 2012年8月3日20时 (a) 和4日02时 (b) 边界层上部 $\theta_s$  (单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 9 Distribution of the  $\theta_s$  (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) above boundary layer at 20:00 BT 3 (a) and 02:00 BT 4 (b) August 2012

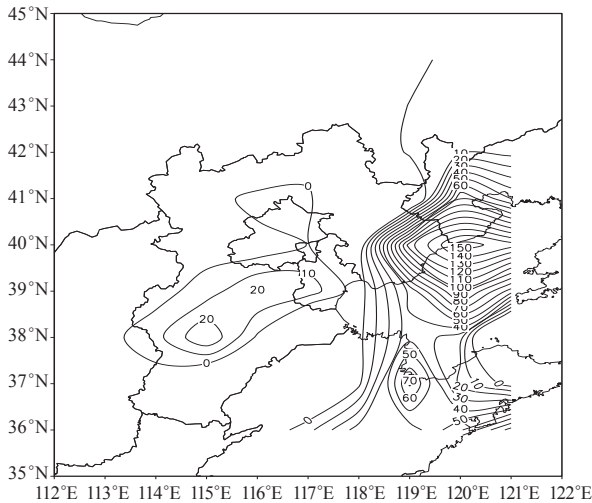


图10 2012年8月4日02时边界层上部 $\theta_s$ 平流 (单位:  $10^{-5}\text{ K/s}$ )

Fig.10 The  $\theta_s$  advection (unit:  $10^{-5}\text{ K/s}$ ) at upper boundary layer at 02:00 BT 4 August 2012

#### 4.4 广义相当位温与相当位温对比分析

相当位温 ( $\theta_e$ ) 是一个重要的温湿特征参数, 广泛应用于大气位势稳定度分析、气块运动轨迹等熵面追踪等问题。 $\theta_e$  的大值区是大气层结最不稳定的地方, 等 $\theta_e$  线密集区是位势不稳定和斜压不稳定集中的区域, 是大气中湿斜压不稳定能量集中的区域, 蕴藏着可供中尺度对流发展所必需的不稳定能量。

从850 hPa  $\theta_e$  场 (图11) 可见, 8月3日20时在渤海有一南北向的相当位温高值区, 中心值达356 K, 河北东北部处于 $\theta_e$  高值区, 且大于348 K, 该强度稳定少变; 4日02时高值区略有东移, 暴雨区位于该高值区中, 之后由于不稳定能量得到释放的缘故, 河北地区大气层结趋于稳定, 降水趋于结束。

台风暴雨过程中,  $\theta_s$  和  $\theta_e$  都能体现出高温高湿的特征, 但  $\theta_e$  未体现出能量聚集和高能舌与暴雨的对应关系, 明显比  $\theta_s$  粗略。

由以上分析可知, 在台风暴雨过程中, 边界层上部存在着高熵空气向暴雨区的输送。暴雨产生前6 h, 有高熵空气在边界层上部 (925~850 hPa) 聚集, 暴雨区位于高熵中心附近, 与高熵舌伸展的区域相一致, 高熵区与雷达强回波区分布相一致, 都位于低空切变线和地面辐合线附近, 高熵空气的聚集与中尺度系统相关性较好, 且熵流指数明显优于普通诊断量。

### 5 结论与讨论

1) 本次台风暴雨是高空槽、副高和热带风暴“达维”共同作用的结果。由于副高稳定少动且脊点位置有利于“达维”向北移动和水汽向河北海岸带源源不断输送, 再加上“苏拉”和“达维”的相互作用, 使河北省东部沿海地区出现大暴雨局地特大暴雨的历史罕见天气。

2) 此次台风暴雨过程中, 负熵变区或负熵流区的演变跟系统的演变基本一致, 负熵流区涵盖了强对流或对流性大暴雨发生的主要区域, 暴雨产生前5~6 h, 是西南急流和台风外围东南急流最强时段, 有明显的REI负值区, 且大暴雨落在REI负值轴线附近和强水汽辐合区域。

3) 直接类台风暴雨过程中<sup>[13-14]</sup>, 暴雨产生前6 h, 有高熵空气在边界层上部 (925~850 hPa) 聚集, 并向暴雨区输送, 暴雨区位于高熵中心附近、低空切变线和地面辐合线附近, 与高熵舌伸展的区域相一致。

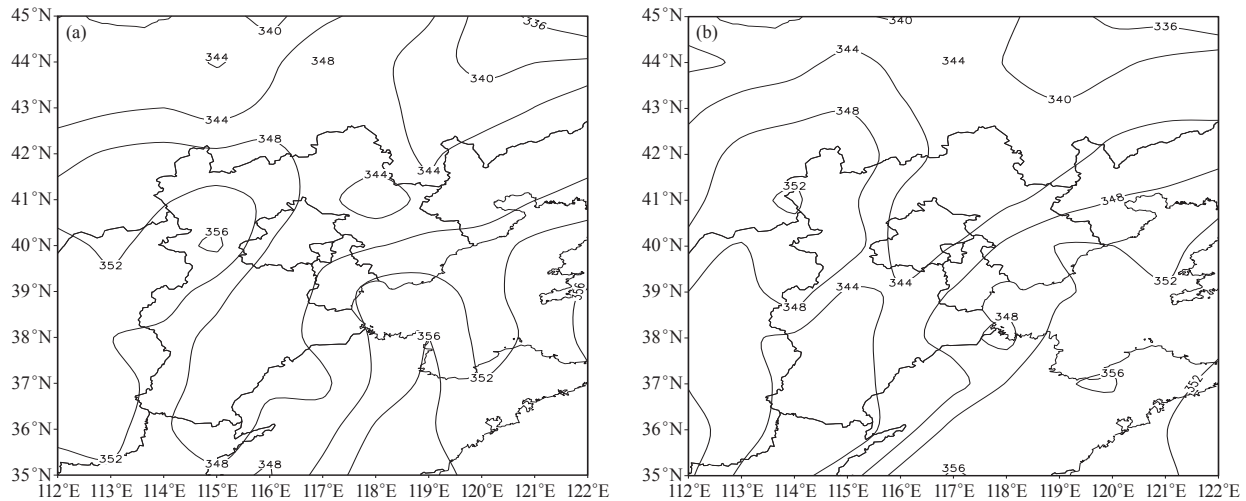


图11 2012年8月3日20时 (a) 和4日02时 (b) 850 hPa相当位温 (单位: K)

Fig.11 The potential equivalent temperature field at 850 hPa at 20:00 BT 3 (a) and 02:00 BT 4 (b) August 2012

本文讨论的REI和边界层上部 $\theta_s$ 可以被用于直接类台风暴雨的诊断和预报,明显优于普通诊断量,但由于台风暴雨与多种因素有关,以上结论有待于更多的实例予以证实。

#### 参考文献

- [1] 柳崇健. 大气耗散结构理论. 北京: 气象出版社, 1988: 26-65.
- [2] Peixoto J P, Oort A H. 气候物理学. 吴国雄, 刘辉, 译. 北京: 气象出版社, 1995: 320-323.
- [3] 李如生. 非平衡态热力学和耗散结构. 北京: 清华大学出版社, 1986: 68-160.
- [4] 符长锋. 台风暴雨大气熵变场的诊断和对比分析. 应用气象学报, 1991, 2(4): 408-414.
- [5] 张霞, 王咏青, 符长锋, 等. 一次远距离台风暴雨过程的熵流指数演变. 气象科学, 2007, 27(5): 522-529.
- [6] 李春虎, 罗哲贤, 张颖娴, 等. “麦莎”远距离台风暴雨的排熵指数分析. 南京气象学院学报, 2008, 31(3): 381-388.
- [7] 符长锋, 李任承, 赵振东, 等. 广义相当位温及其扩展应用. 气象, 2006, 32(3): 11-17.
- [8] 符长锋, 李任承, 吴万素. 广义相当位温及其在天气预报中的应用. 空军气象学院学报, 1994, 15(3): 213-220.
- [9] 刘健文, 郭虎, 李耀东, 等. 天气分析预报物理量计算基础. 北京: 气象出版社, 2005: 16-20.
- [10] 尤凤春. 一次暴雨一大暴雨过程的熵诊断分析. 气象, 1994, 20(8): 47-49.
- [11] 李昕, 沈树勤, 吴光. 一次淮北连续暴雨的熵分析. 气象科学, 1992, 12(3): 80-86.
- [12] 张霞. 熵流指数在远距离台风暴雨分析中的应用研究. 南京: 南京信息工程大学, 2007.
- [13] 李江南, 王安宁, 杨兆礼, 等. 台风暴雨的研究进展. 热带气象学报, 2003, 19(S1): 152-159.
- [14] 边清河, 丁治英, 吴明月, 等. 华北地区台风暴雨的统计特征分析. 气象, 2005, 31(3): 61-65.

## 强化互联网思维，让气象传播更好地服务社会

■ 陈力丹 许小峰

最近的20年，互联网已经全面地颠覆了社会生活的各个方面，信息（包括气象信息）的制作与传播方式、路径发生了巨大变化，就如每年发布《世界互联网发展趋势报告》的玛丽·米克尔所说：“20年巨变=人们用各种移动设备实现了全天候联系。”互联网不是传统意义上的“媒体”，不宜从自身的逻辑出发，把互联网仅仅视为影响力的平台或工具。互联网是一种重新构造世界的结构性力量，它正在重新聚合社会资源（包括气象资源）、市场资源（包括整个社会传播形态和路径）。在互联网不断发展的之下，我们的社会不知不觉中呈现着与传统社会不同的局面。数字化、移动化、大数据、云计算，重构了即时通信应用、信息内容和分发渠道，以及人们的工作环境、工作方式、信息接受方式和链接方式。

对气象信息的传播而言，采用新媒体不是简单的渠道转移、产品更新，而是信息采集环境的裂变，气象信息获取、传播和解读的渠道和方式的重构，内容生产和组织架构的变化。目前在信息服务方面，大数据分析将成为很多公共信息服务的核心业务，如果对此趋势认识不清，气象传播将跟不上传播技术发展的步伐。

气象信息的传播属于公共信息服务。近年来传播学范式创新中，其中一个值得关注的研究方向就是公共传播。在互联网+、全球治理和现代性交叠的语境中，多元主体、多元价值取向与多元实践准则的传播行为，在实践中呼唤公共利益作为基本共识，来搭建信息沟通、行动互联和意义共建的公共领域平台。

本期在“论坛”栏目推出的一组“气象信息传播”文章，展示气象信息在新媒体时代的表现，力图从互联网环境和公共信息服务两个角度讨论气象信息传播的创新。进一步做好这方面的工作，需要强化互联网思维，将气象信息业务与对传播方式的最新认识对接，使气象信息传播的创新常态化。气象信息的本质是亲民和社会必需，如何使气象信息不在传播中消弭于纷杂的环境当中，而是不断实现和放大气象科学之价值，是气象信息传播创新的重要任务。

（作者单位：陈力丹，中国人民大学；许小峰，中国气象局）

# 中国气象报

国内外唯一一家以关注气象、传播气象为己任的专业报纸。

- 1989.4.5  
正式创刊，  
从旬刊到周刊。
- 1993.7  
周二刊
- 2003.1  
周三刊
- 2007.7  
周四刊
- 2010.1  
周五刊
- 2015.1  
周五增设周末刊

舆论平台  
新闻出口  
服务手段  
业务展示  
科普园地  
文化载体



## 气象传播

■ 作者：王素琴 美术设计：赵森  
（单位：中国气象报社）

## 从传统媒体向媒体融合跨越

历经近 30 年发展，气象新闻传播已逐步拓展成为报纸、网站、新媒体融合协同发展的格局，全面融入并推动气象事业改革发展。

## 中国气象局中英文官方网站 (CMA 网)

中国气象局政务信息发布与互动的主要渠道、面向社会宣传气象事业和普及气象知识的重要载体、公众获取气象部门信息服务的权威平台。

2006.8

第一次改版

2009.5

第二次改版

2010.3

第三次改版

2011.6

开通手机版网页

2011.10

第四次改版

2014.10

第五次改版

稳居同类网站排名前十

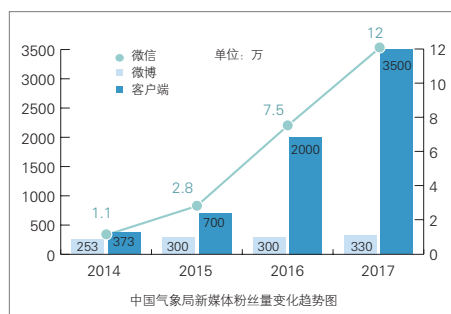
成为公众获取气象信息的重要渠道，日点击量 10 万次以上

多次入围中国“互联网+政务”优秀实践案例 50 强



## 新媒体

以气象信息资源为基础、以先进技术为支撑，推进微博、微信及新闻客户端等新媒体建设。



中国气象局官方微博“粉丝”已超过 330 万，并正在组建全国气象系统微博矩阵，微博话题阅读量屡破千万。

中国气象局官方微信订阅读户近 12 万。

中国气象局政务账号先后入驻今日头条、人民日报等 13 家国内知名新闻客户端，总用户数达 3500 万；着手建设全国气象头条号国-省-市-县四级矩阵，已吸引 500 多个气象局政务账号入驻。

## 气象科技传播 专栏

- 46 强化互联网思维，让气象传播更好地服务社会
- 46 气象传播：从传统媒体向媒体融合跨越
- 48 气象信息传播管理现状分析与思考
- 52 浅析气象新闻的特征和质量控制
- 55 气象信息在微博、微信中的传播现状及特点
- 59 网站气象信息传播特征
- 62 中国气象局网站提升传播力浅析
- 66 气象信息传播载体效用的比较分析
- 69 浅析气象传播全球化的特点、原因及影响



中国气象局官方微信



中国气象局官方微博



中国气象报微信



中国气象报微博

# 气象信息传播管理现状分析与思考

■ 彭莹辉 陆铭 辛源

气象信息传播是一项所涉内容广泛的社会行为，气象信息传播管理活动则是由各级气象主管机构依法开展的一种行政类活动，已经基本形成了具有我国特色的气象信息传播法治体系。

改革开放以来，我国气象信息传播服务业得到很大发展，气象信息传播领域不断扩大，覆盖了95%以上的人口，在服务人民群众生产生活中发挥了重大作用，取得了显著经济社会效益。但是，从成熟程度以及传播管理方面分析，气象信息传播服务业发展仍然存在较多问题，需要从政策和管理上进一步规范。

## 1 气象信息传播管理现状分析

气象信息传播是一项所涉内容广泛的社会行为，气象信息传播管理活动则是由各级气象主管机构依法开展的一种行政类活动，已经基本形成了具有我国特色的气象信息传播法治体系。

### 1.1 气象信息传播管理法定的内容

1) 气象信息传播管理法律。气象法律是由国家权力立法机关，依照法定程序制定、修改并颁布，并由国家强制力保证实施的涉及气象行为的规范。《气象法》是当前我国唯一的气象法律，是一切气象活动的法理基础。针对气象信息传播活动，《气象法》也规定了诸如公众气象预报和灾害性天气警报实行统一发布制度等内容，对维护发布传播的权威性和严肃性、有效维护气象预报发布和传播秩序发挥了重要作用。具体来说，《气象法》关于气象信息发布传播法律制度的特点有四项。一是强调气象预报的专业性特点，规定气象预报的制作和发布必须即由公共财政支持的国家气象台站来提供，必须按照职责向社会发布公众气象预报和灾害性天气警报。二是气象预报传播是指将已发布的气象预报进行转播、转载和转达的过程。所有媒体和单位传播气象预报，应当使用国家气象台站提供的最新气象预报，不得自行更改气象预报的内容和结论。三是有关科研教学单位、学术团体和个人研究形成的气象预报意见，可以提供给国家气象台站制作气象预报时参考，但不得以任何形式向社会公开发布。四是国务院其他有关部门所属的气象台站，如民航、水利、农垦、森工、盐业等部门的气象台站，可以制作提供本系统使用的专项气象预报，但

不得以任何形式向社会公开发布。

2) 气象信息传播管理法规。气象法规是由国务院制定和颁布的，具有法律效力的气象行政管理办法。国务院颁布的《气象灾害防御条例》中对气象信息发布传播进行了规范，其中涉及灾害性天气警报的制度有：统一灾害性天气警报发布；规范灾害性天气警报传播；明确灾害性天气警报发布传播的政府责任；规范基层组织传播气象灾害信息的职责。此外，国务院办公厅还下发了《关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作的意见》，明确提出八项措施：一是完善预警信息发布制度；二是加快预警信息发布系统建设；三是加强预警信息发布规范管理；四是充分发挥新闻媒体和手机短信的作用；五是完善预警信息传播手段；六是加强基层预警信息接收传递；七是健全预警联动机制；八是加强军地信息共享。

3) 气象信息传播管理规章。依据《气象法》和《气象灾害防御条例》，中国气象局，制定了《气象灾害预警信号发布与传播办法》《气象预报发布与传播管理办法》《气象信息服务管理办法》等规章。2017年5月，中国气象局印发《气象行业管理若干规定》（第34号令），对各级气象主管机构所属的气象台站向社会发布相关气象信息进行了规范，规定国务院其他有关部门和省、自治区、直辖市人民政府其他有关部门所属的气象台站不得以任何形式向社会公开发布气象预报信息，同时限定其他任何组织或个人不得以任何形式向社会发布相关气象信息。

4) 气象信息传播管理标准。气象标准是指国家或气象行业以文件形式发布的气象技术活动统一协定，包含可以用来为某一气象活动及其结果制定规则、导则或特性定义的技术规范或者其他精确准则。为规范全社会气象信息传播活动，近些年气象信息传播管理标准的制定和发布实现了较快速度的发展。仅2016年就发布了12项标准：《气象信息服务基础术语》《气象信息服务单位备案规范》《气象预报传播规范》《气象预报传播质量评价方法及等级划分》

《农村气象灾害预警信息传播指南》《气象服务公众满意度》《气象灾害防御重点单位气象安全保障规范》《气象灾害预警信息编码规范》《气象信息服务企业信用评价指标及等级划分》《气象信息服务单位运行记录规范》《气象信息服务单位服务文件归档管理规范》《气象信息服务单位年度报告编制规范》。

## 1.2 气象信息传播管理法定权限

《气象法》《气象灾害防御条例》有关条款规范了气象信息传播管理权限。

1) 法定权。《气象法》和《气象灾害防御条例》对违法发布气象预报的行为做出了明确规定：一是非法向社会发布公众气象预报、灾害性天气警报的行为；二是不按照法律法规传播公众气象预报、灾害性天气警报的行为；三是扰乱公共秩序的行为。这是气象行政主管部门履行气象信息传播管理职责的法理基础。

2) 检查权。对发布传播公众气象预报、灾害性天气警报的行为进行检查，也是一项由《气象法》和《气象灾害防御条例》予以明确的法定权利。

3) 处罚权。《气象法》《气象灾害防御条例》规定，对违法发布传播公众气象预报、灾害性天气警报的行为，气象行政主管部门和相关机关具有以下权力：一是警告权，警告是一种警戒性的纪律制裁方式，也是最轻微的一种制裁方式；二是罚款权，是行政处罚手段之一，是行政执法单位对违反行政法规的个人和单位给予的行政处罚；三是治安管理处罚权，这也是一种行政法律责任，但只能由公安机关实施。

4) 行政处分权。行政处分是由国家机关对所属的国家工作人员违法失职行为尚不构成犯罪，依据法律、法规所规定的权限而给予的一种惩戒。气象行政主管部门根据气象法律法规，对气象信息传播中的违法违规行行使行政处分权。

## 2 气象信息传播管理存在的不足

### 2.1 气象信息传播管理政策层面

1) 政策定位不够清晰，需进一步明确。气象信息传播公共政策关系到政府、气象主管机构以及各类社会组织和媒体的不同权利、义务与责任，以及市场和行业监管的方式方法等。

目前，公众气象预报、气象灾害预警等基本信息制作本身应属于基本公共气象服务范畴，这也是国外的基本经验。但对于气象信息传播，根据传播载体的不同却存在基本公共服务和非基本公共服务之分。对《气象法》规定的应当承担传播职责的媒介载体而言

是基本公共气象服务；对国家法律法规没有规定应当承担相应传播义务的媒介载体而言，则属于非基本公共气象服务。即使法定承担传播义务的媒介载体，传播公众气象信息也存在形式创新问题，在完全不影响全体公民享受基本公共气象服务权利前提下，通过形式创新能够部分利用市场配置资源的，也可以划为非基本公共服务范畴，如私人定制的气象短信服务。因此，对于属于非基本公共气象服务的气象信息传播，应根据市场化原则，发挥市场决定作用，积极支持各类组织和媒介参与传播行为，避免行政干预和人为垄断。然而在实践中，目前在政策层面对非基本公共气象信息传播行为的支持还不够明确和完善。

2) 主体责任还不够明确，依法监管较难。目前，气象信息传播存在法律责任不够明确的情况，气象信息传播难以有效满足政府、社会、公众不同主体、不同行业与领域，以及不同地区与人群的需求。一是从服务和治理过程来看，现行气象法律法规尚未完全涉及信息化和新媒体时代气象信息传播内容；二是从责任主体来看，现行气象法律法规对于气象信息传播监管的规定主要涉及到广播、电视、报纸、电信等传统媒体，尚未完全涉及网站、手机、电子显示屏、数字读物等各类新媒体；三是从法律行为和责任来看，现行气象法律法规主要对传播“气象预报与灾害性天气警报”的来源做了相应的责任规定，没有规定违法行为需承担的法律后果，使得法律义务最终成为道德义务，其约束效力有限。

3) 传播媒介良莠不齐，政策调整相对滞后。新媒体的广泛介入是当下气象信息传播面临的最严峻的挑战。目前，众多提供气象信息的网站良莠不齐，气象信息来源繁杂、途径不同、真假难辨、良莠不齐。有部分网站与中国气象局合作，使用合法的官方气象信息；有部分网站购买国外机构的气象信息；还有部分网站数据来源不清，难以判别其提供的气象信息的有效性。据统计，百度排名前20的气象网站中只有7家的数据来源于官方，5家网站的数据部分来源于官方，其余网站数据信息来源不明。针对这种情况，如果不对相关气象信息传播政策进一步加以明确，既会严重干扰气象信息统一发布制度，也将面临着各种新媒体气象信息传播监管问题。

4) 气象信息获取仍有一定难度，资料共享力度不够。保证基础气象信息作为一种开放的公共资源，是气象信息传播更好地服务于社会的基础，但由于受到国家财政支持度的影响，其开放程度还明显不够。一是基础气象信息资料开放度

不足，即便开放的信息资料也多为历史性资料，没有对社会提供实时基础数据资料。二是气象信息资料应用限制严格，目前的共享管理办法限制以任何形式向第三方转让资料。比如2001年中国气象局制定发布的《气象资料共享管理办法》第十一条规定：“用户要求提供用途、类别、范围、数量，以及是否涉外使用等内容的证明文件”；第十二条规定：“用户对各级气象主管机构组织提供的气象资料，只享有有限的、不排他的使用权”；第十五条规定：“用户从各级气象主管机构获得的用于非经营性活动的气象资料，不得用于经营性活动”，等等。三是设置了过多的用户分级限制，用户获取基础气象信息资料不便；另外气象信息基础设施支撑能力不足，在线服务能力较弱，很多社会气象企业不知道从哪些途径获取气象资料。

## 2.2 气象信息传播内容层面

1) 气象信息传播内容比较单一。根据《气象法》规定，各级气象部门及其所属的气象台站需向社会提供两类气象信息：一是天气预报；二是灾害性天气警报。我国气象信息传播产品内容还较单一，形式相对单调，与国外同类产品相比有明显差距，如美国具有多个世界顶尖的商业气象服务公司，传播的气象信息产品内容丰富，形式多样。

2) 气象信息传播社会参与不足。一是对商业气象信息传播的支持不够。新媒体时代，气象信息传播孕育着无限的发展潜能与巨大的商业价值。但《气象法》规定：“通过传播气象信息获得的收益，应当提取一部分支持气象事业的发展”。这一规定已与新媒体时代气象信息传播的现状不适应，或许会影响社会力量的参与。二是对公众正确理解和使用气象信息引导不够。新媒体时代的气象信息社会传播不但需要在形式和内容上不断创新，还需要把握好气象信息传播舆论的“制高点”，比如及时将网民引发的各类气象传播事件转变成气象知识科普的良好机会，从而提升对大众的气象科学知识普及质量等。三是对建立行业自律机制的推动不够。根据调查统计估算，目前我国提供气象信息服务的网站有上千个，手机天气app初步统计有五百多个，由于我国全国性气象信息传播行业协会尚未建立，气象信息传播行业标准和规范等都还有待进一步建立和完善，如何通过行业协会等社会组织加强新媒体行业自律、提升社会责任感，还需要积极探索和推进。

## 2.3 气象信息传播秩序层面

1) 不认真履行气象信息传播义务。一些传播载

体因担心商业利益受到影响，常规气象信息传播经常出现打折、缩水的情况，如电视天气预报尚未播完就插入广告；少数通信运营单位对气象短信发送采取拖延态度，影响了气象信息传播的时效性和作用发挥，特别是预警短信拖延发送，延误了防灾减灾的有利时机。这些现象不仅严重影响了公民应当享有的公共气象服务权利，而且很容易造成社会秩序混乱。此外，社会上一些个人或者组织，擅自把个人的气象预报意见或学术讨论会上的气象预报意见，通过各种媒介向社会公开传播，这些意见或观点在社会上的广泛传播，给政府组织防灾减灾和人民群众正常的生产生活秩序带来了不良影响。

2) 刊播非正常来源天气预报信息。一些媒体未经气象部门许可，擅自刊播和转载天气预报信息，因信息来源不规范导致气象信息不准确，对社会造成负面影响。一些记者通过非正常渠道获取并在媒体上刊播不该刊播的气象信息及其相关报道，因气象信息不准确或者表述不当对社会产生错误引导。一些公共设施随意转载传播气象信息。一些窗口单位开展包括气象信息服务在内的便民服务，随意转载的气象信息司空见惯。

3) 非法利用气象信息招揽用户。一些商业企业、手机运营企业以免费发送天气预报短信、设立气象信息电话咨询增值服务等“噱头”招揽用户，还有的企业利用虚假气象预报做广告来吸引眼球，在社会上造成不良影响。一些机构或个人利用气象资料全球共享，非法设立气象信息服务站，以网络平台、电话咨询、手机短信等形式向社会公众或有关单位发布和传播气象信息，谋取利益。这些行为既可能造成气象服务信息不准确，又严重影响了气象信息服务的正常秩序。

4) 气象信息传播不规范。2014年，中国气象局应急减灾与公共服务司联合国家统计局开展全国公众气象服务调查，发布了《关于气象部门天气预报信息对外发布一致性问题的调查报告》。报告指出，天气预报信息发布存在五个方面的问题：一是发布预报时效不一致；二是同一时段发布的预报内容要素、结论不一致；三是预报更新时间不一致；四是预报信息发布不规范；五是预报信息来源不明。在气象预报不可能百分之百准确的前提下，各种违法违规传播的气象信息进一步降低了公众获知的气象预报信息的准确率，并对公众行为产生误导。特别是不实灾害性天气气象信息的传播，可能造成气象灾害防范不足或过度防范，从而引发社会公众对气象部门发布的气象信息

的科学性和公正性产生怀疑和不满。当有重大灾害性天气发生时,更可能影响到人民群众的生命财产安全。因此,必须加强气象信息发布传播管理,以维护气象信息传播正常秩序。

### 3 加强气象信息传播管理的思考

新媒体时代气象信息传播管理的核心是要政策引领、社会参与、严把行业标准,强化监督管理,维护传播秩序。

1) 完善气象信息传播政策,正确引导舆论。为经济社会的健康发展提供良好的社会舆论氛围,是新闻媒体作用的集中表现。在现代信息社会中,管理部门要主动加强与媒体的沟通与协调,通过沟通实现与媒体的换位思考,在协调和服务中引导舆论;要充分尊重媒介发展的客观规律,利用媒介做好信息传播工作,改变以往单纯指令性的管理,使之更好地为信息传播服务,以增强公众的参与性。在政策构建层面,要加快出台支持气象基础数据资源开放的政策,提高新媒体气象信息传播产业化发展水平,推动气象信息传播产业规模化、集约化发展。应加快制定气象信息传播市场运行的基本规则和行业标准,引导、吸引有业务能力、技术水准和人才优势的优质社会资源的积极参与,防止低水平、重复、无序竞争对气象信息传播市场的不利影响,避免“先乱后治”现象。在气象信息传播技术和服务方面,应激发社会媒体的积极性,鼓励社会力量参与专业性新媒体信息传播技术的研制和开发,大力发展现代化气象传播技术,提高气象信息传播效率。

2) 强化气象信息传播监管,维护传播秩序。一是进一步细化气象主管机构作为气象信息传播的监管主体责任,并完善相关管理职能、管理队伍建设等一系列基础体系建设。二是加强气象信息传播管理制度建设,建立传播气象信息发布、监管平台和跟踪监管评价机制。坚持“积极利用、科学发展、依法管理、确保安全”的方针,坚持互联网发展与管理统一,行政手段与法律手段统一,产业发展与信息安全统一,参照国际惯例与适应中国国情统一,形成法律规范、行政监管、行业自律、技术保障、公众监督、社会教

育相结合的新媒体气象信息传播管理体系,从而形成我国气象信息传播管理的体制机制。三是创新信息监管方式。对于传播虚假、过时气象信息,传播非权威发布气象信息,以及传播违法涉密气象信息,造成误导公众,引发社会恐慌等行为,要严守底线,强化管理。

3) 打造全媒体传播格局,扩大气象信息传播覆盖面。2014年8月18日,中央全面深化改革领导小组第四次会议审议通过了《关于推动传统媒体和新兴媒体融合发展的指导意见》,凸显了国家对加快媒体融合,打造全媒体信息传播格局的高度重视。融合发展不是在原来传统媒体基础上的叠加,也不是传统媒体业务与新媒体业务的并行,而要实现各种媒介资源、生产要素的有效整合,实现信息内容、技术应用、平台终端、人才的共享融通,形成一体化的组织结构和传播体系。在此背景下,气象部门应积极顺应国家媒体融合整体战略的规划要求,抓住机遇,着力做好气象媒体融合的总体规划以及战略发展思路,着力打造全媒体气象信息传播集约化综合平台,构建全媒体气象信息传播新格局,实现气象信息服务全覆盖。

#### 深入阅读

- 董勤, 2010. 《气象法》的修订须以可持续发展为目标. 法学, (5): 57-66.
- 姜海如, 2006. 气象社会学导论. 北京: 气象出版社.
- 宋晓丹, 2012. 气象基本法视域下《气象法》的不足与完善. 阅江学刊, 4(6): 96-101.
- 彭黎明, 2010. 论气象社会学的构建及研究展望. 前沿, (22): 86-88.
- 彭莹辉, 刘立成, 叶梦姝, 等, 2014. 气象信息传播参与社会管理的路径分析. 阅江学刊, (6): 28-33.
- 平悦, 2006. 电视气象信息传播探析. 南宁: 广西大学.
- 王倩, 2012. “全媒体时代”提升气象信息传播力的思考. 现代传播: 中国传媒大学学报, 34(2): 162-163.
- 吴晓荃, 杨佑保, 2007. 新媒体环境下的气象信息传播策略. 东南传播, (9): 10-12.
- 于志庆, 2009. 当前气象传播研究现状分析. 青年记者, (3Z): 10-11.
- 翟杰全, 2009. 科技传播政策: 框架与目标. 北京理工大学学报(社会科学版), 11(2): 10-12.
- 中国社会科学院新闻与传播研究所, 2014. 中国新媒体发展报告 NO.5 (2014). 北京: 社会科学文献出版社.

(作者单位: 彭莹辉, 中国气象报社; 陆铭, 湖北省气象局; 辛源, 中国气象局发展研究中心)

# 浅析气象新闻的特征和质量控制

■ 苗艳丽 王昕

气象新闻报道经历了从“天气简报”到“气象新闻”，从“直线报告”到“立体解读”的转变，从而使气象新闻在媒体上由配角成为主角。

气象信息是一项重要的信息类别，从其社会性来看，它是针对具有鲜明时效性和地域性的天气气候事件，通过获取、理解、转化、利用等再加工手段而形成的信息，公众可以利用它获取生活上的便利、精神上的满足或是经济上的收益。气象新闻、气象情报、气象报告、气象相关文献等都可归为气象信息。本文的研究对象定位于气象新闻，即通过大众媒介传播的与新近或即将发生的天气气候现象相关的事实。

## 1 气象新闻的特点与呈现方式

气象新闻通常涉及以下几个方面的内容：天气气候实况回顾；气象灾害场面描述、利弊影响及应对措施；气象监测预报预警服务产品的新闻化表达；气象灾害影响分析预估、科学解析及生产生活建议。一些和气象部门甚至国家机构相关的气象基础设施建设、相关政策和决策等实时新闻，也可以归入气象新闻中，但不作为本文讨论的重点。气象新闻的每一个方面都可以形成独立的新闻产品，也可以通过组合形成立体化的报道模式。成熟的气象新闻呈现的时态大都是回顾过去，立足现在，预告未来，且会对极端破坏性和特殊影响性给予突出强调和提示。

2016年9月14日中新网文字报道《“最强台风”逼近厦门全市停产停工休市防台风》与高清图片组合刊发，是一个典型的气象新闻案例。该新闻生动全面反映台风临近时，厦门“三停一休”防御部署落实情况。其间，该网站还刊发了《强台风“莫兰蒂”登陆厦门 风雨潮三碰头》《“莫兰蒂”台风“登鹭”见闻：风雨同行中秋夜 仍有微光似曦》等文章，从标题便可清晰判断出其中有的报道侧重于介绍气象灾害影响预报，突出科学性；有的则侧重于反映灾害现场的民生状况，突出人文性。

### 1.1 气象新闻的特点

1) 权威性。天气气候是一种自然现象，对大气领域的研究也形成了相应的学科，对于复杂、深奥事物的报道必然要体现出科学性，如实况统计的科学

性、预报结论的科学性、原理分析的科学性、决策部署的科学性等。囿于现阶段人类对气象科学问题认识的局限性，天气预报预测存在不确定因素，应对和研判也时常遇到未知局面，气象新闻可能会出现非主观原因导致的失实，但在“当下”还是极具权威性的。现实中，要特别注意将气象新闻的非主观失实与气象谣言区分开，以法律手段对后者予以管理和惩治。所谓气象谣言就是指部分个人、团体以博眼球或谋利为目的，故意编造的关于天气的不实之说。

2) 时效性。众所周知，时效性是判定新闻价值的重要指标。气象新闻的时效性特征最为显著，生命力具有较大弹性。长期业务化运行的气象预报时效多为3天，而且准确率相对较高，气象新闻的时效与预报时效相对应。近些年，随着气象预报能力的增强，气象预报时效延长到5天、7天，甚至10天，气象新闻的时效也随之调整，只是随着时间推移，天气实况对预报结论和气象新闻随时进行着检验，一旦预报出现偏差，气象新闻的生命也随之陨灭。由于气象信息的特殊服务属性，法律法规赋予了媒体明确的传播职责，为保障气象新闻的时效，特别是遇有重大突发气象事件，媒体通过开放“绿色通道”可以实现即时性插播、滚动播放。

3) 实用性。气象新闻在满足公众知情权的基础上，往往更注重受众现实层面的需求，因而更接地气、更具实用价值。气象新闻从来不是“天气报告”的有闻必录，而是经过精挑细选后，附着了不可替代的服务指导功能。随着气象服务产品种类的增加和内容的改进，例如与旅游、健康、出行相关的各类生活指数、生活指南的问世，让气象新闻的实用性也更加突出。

4) 全球性。大气无国界，天气气候事件的发生未必局限于一国一地，影响力也常常会延伸到国际领域。相应地，气象新闻便具备了明显的全球性特征。在互联网科技的支撑下，气象新闻的国际传播范围和能力得以扩大，更加强化了气象新闻的全球性特征。

例如大国在气候变化上的最新态度和举措、美国卡特里娜飓风等报道，都是全球性较强的气象新闻。

## 1.2 气象新闻的呈现方式

新闻界长期以来都十分推崇内容为王的理念，但快读时代的“包装”也日益成为不可忽视的因素。当下，气象新闻正走向深加工、细加工的模式，表现形式和手段也日益呈现出多元化、分众化特征，有时形式甚至成为了内容的一部分。分析其原因，一方面在于随着全球气候变暖的影响深入，极端气象灾害呈多发、频发、重发之势，这是备受瞩目的不可回避的客观现实，也是极具新闻价值的媒体关注点；其次，社会公众在提高生活品质过程中需要气象服务的深度参与，这种需求的增长和要求的提高对于气象新闻生产也是一种牵引和刺激；再者，在信息爆炸时代，在媒体融合发展的大背景下，新闻的内在规律也始终在引导气象新闻表现形式不断进行创新和变革。

气象新闻呈现形式按照载体可分为文字、图片、图例图示和影像新闻。其中，文字新闻的兼容性强、表达力强，可以承载各种气象资讯内容；其余几种则在表达上各有优势，例如图片和音视频的直观、现场感更适合展示气象灾害场面，图例、图示则适合反映科学原理的诠释和预报结论过程的解读。而在处理具有重大影响的气象新闻时，网络媒体则往往会采用“多媒体”的呈现方式，以增强表达的感染力、通俗性和传播力。

经过实践的打磨，气象新闻报道经历了从“天气简报”到“气象新闻”，从“直线报告”到“立体解读”的转变，从而使气象新闻在媒体上由配角成为主角，由当初无足轻重的服务性信息变成新闻媒体上重要的新闻品种。

据统计，最近30年，全球86%的重大自然灾害、59%的因灾死亡、84%的经济损失和91%的保险损失都是由气象灾害及其衍生灾害引起的。我国作为典型的季风气候国家，气候种类多且复杂多变，自20世纪中叶以来，高温、干旱、暴雨、台风等极端天气气候事件趋多增强。在气象灾害的社会敏感性越来越强的趋势下，新闻媒体必须对关乎人民生命财产安全的气象报道予以重视，这是新闻规律使然。

在我国传媒格局中，不论是传统的报纸、广播、电视，还是如今兴盛的网络、微博微信、新闻客户端，气象新闻都占据了纸媒一席之地。《新京报》是较早开辟气象新闻版的，2003年创刊至今，始终将A叠最后一版作为“气象版”，以刊发气象新闻图片、预报产品、生活贴士为主。在都市类报刊中，开设气

象板块、栏目早已司空见惯，固定版面、版位对于气象新闻的处理也提出了更高的要求，同时满足了读者的多样化需求，也培养了读者新的阅读习惯。

对于牵涉面广、灾害损失重、民生影响大的天气气候现象，以及针对气象灾害展开的防御处置、科学认知、灾后重建等气象新闻事件，媒体在处理上往往要经过深度挖掘和横向延伸，这类气象信息远远超越了日常生活服务类信息的范畴，如党委政府对暴雨洪灾开展防御部署、严寒天气下启动“看天供暖”机制、厄尔尼诺事件波及粮食安全，这些已经进入政务要闻、民生新闻、经济新闻等范畴。

## 1.3 案例分析

2016年7月3日上午，台风“尼伯特”在西北太平洋生成。7月9日13时45分，“尼伯特”以强热带风暴级在福建石狮沿海登陆。受其影响，福建中部沿海地区发生暴雨到大暴雨，局部特大暴雨，造成多地内涝严重，引发生命财产损失。

《福建日报》7月4—6日一版要闻连续发文《今年1号台风，7日起影响我国外海渔场》《“尼伯特”6日进入我省48小时警戒区》《“尼伯特”可能于8日登陆闽浙沿海》拉开此番报道序幕，分别围绕防御救援和灾后重建阶段相继开设两个栏目予以强化，多次以整版、大半各版的篇幅刊发于要闻版，突出其作为版面的报道核心，并持续至7月18日（表1）。新福建客户端、东南网相关报道与之形成互动呼应。

表1 2016年7月1—31日《福建日报》关于台风“尼伯特”的报道统计

| 版位    | 文章/篇 | 图片/张 | 栏目                           | 刊发频次 |
|-------|------|------|------------------------------|------|
| 要闻版   | 107  | 42   |                              | 27   |
| 国际/国内 | 12   | 12   | 《全力以赴防御“尼伯特”》<br>《齐心协力 重建家园》 | 3    |
| 民生    | 2    | 3    |                              | 1    |

与此同时，《福建日报》2016年7月共出版4期《天下画刊》（每周四第16版）板块，持续通过图文并茂的形式，围绕防汛减灾的主打内容展开策划，突出人性关怀、强调协作互助、倡导科学防御，做足气象新闻的分量。

可以说，新闻图片作为一种重要手段不仅增强了传统媒体气象新闻报道的表现力，也正在“有图有真相”的新媒体风尚下，发展为不可替代的重要角色。

## 2 气象新闻传播的质量

气象新闻传播的质量问题，是指在人们接收气象新闻的过程中，一些虚假信息、误传或误导信息、缺乏时效性或无用的信息存在于传播中，从而影响经济社会活动的正常开展，造成决策的失误，甚至重大人

人员伤亡和经济财产损失。

## 2.1 影响质量的因素和危害

气象新闻传播是一项较为复杂的社会性工作，其内容质量生产会受到多方面影响。

1) 受经济社会发展水平影响。经济社会发展水平不同，信息传播内容、传播渠道和传播形式便不尽相同。在我国，一些经济发达、媒体发展环境好、科学资源丰富、人口集中的地区，气象新闻会实现广覆盖甚至重复覆盖；而在边远农村、欠发达地区，气象新闻传播手段有限，受众知识水平较低、信息利用率低，往往导致传播的成本高、效果差。这种由经济社会发展水平决定的影响往往会延伸到更深层次观念层面，其差异在短时间内很难消除。

2) 受传播主体影响。20世纪50年代，传播学者大卫·怀特将社会学的“把关人”理论引入大众传播领域，提出了新闻传播的“把关”过程模式。传媒组织或传播主体对新闻信息进行取舍，决定哪些内容能与受众见面，实际承担的便是“把关人”的角色。比如，在传播气象新闻时，记者要用大众化、通俗化的表达方式对专业性的气象术语进行选择性的“翻译”，这个过程势必要融入自己的理解，这就是传播主体影响新闻传播的一种表现。如今，在新媒体冲击下，“把关人”群体扩大了，参与气象新闻传播的主体多、载体多、层次多、社会成分复杂，直接或间接地影响气象新闻质量的主体因素由此变得更为复杂。

3) 受技术因素影响。历史上，每一次传播技术的突破，都会带来气象传播质量新的重大发展。但技术也是把“双刃剑”，在网络化时代，一个特定气象新闻事件可能引发多元化的评论，有失偏颇甚至谬误的观点容易掩盖真相，造成社会舆论的混乱。如对2015年百度排名前50的气象服务网站<sup>①</sup>进行跟踪分析发现，有半数网站没有标注数据的具体来源，这就需要根据相关法律法规，进一步加强对网络气象信息服务的管理与规范。

包括气象新闻在内的气象信息事关人民群众生产生活安排，尤其是气象预报预警信息关乎人民群众生命财产安全，因此气象传播若存在质量问题将会引起严重的社会后果。它将扰乱人们正常的生产生活

节奏，影响气象防灾抗灾决策，干扰正常气象工作秩序，降低政府部门和媒体的公信力。

## 2.2 提高气象新闻传播质量和效益的途径

从更及时、更便捷、更可信、更通俗，覆盖面更广的质量控制角度来讲，气象新闻传播效益还有很大提升空间，这也是信息生产者和传播媒体共同的责任。可以从以下几个方面着力改善。

1) 畅通媒体渠道，发挥主流媒体主导作用。主流媒体具有较强的权威性，站在维护人民生命安全的立场，应更加重视对气象信息的传播，特别是对成为热点、难点、焦点的气象话题给予更优的版面、篇幅和时长，强化舆论引导。同时，积极有效地融合新兴媒体，扩大自身的传播力、影响力。

2) 增强信息发布和传播者的综合素养。客观、权威的信息，公开、公正的评论和分析，可以帮助每一位受众成为“智者”。要对从业人员即传统职业“把关人”加强职业道德、思想品德和业务能力的培养，以高标准把住第一道关口；同时吸纳意见领袖的主动参与，引导“影子把关人”发挥正效益，以创新的方式形成强大的信息推送力。

3) 强化监管，对违法违规传播行为进行追责。发布和传播气象新闻，无论是主流媒体还是自媒体都应该遵守规范，政府组织和相关部门应强化对这部分工作的监管。对于制造虚假气象信息，违反法律法规发布和传播气象信息的行为均应依法予以追究，形成法律的震慑作用，从而为气象信息传播营造良好氛围。

### 深入阅读

陈娟, 2005. 从直线报告到立体解读——解析气象新闻二十年嬗变. 中国记者, (11): 74-75.  
郭庆光, 2011. 传播学教程. 北京: 中国人民大学出版社.  
苗艳丽, 2017. 地市级报刊做活气象新闻报道的思考. 中国新闻出版广电报, 2017-02-16(4).  
彭莹辉, 刘立成, 叶梦姝, 等, 2016. 新媒体时代的气象信息传播公共政策. 阅江学刊, (1): 21-25.  
王淞秋, 2014. 网站气象信息服务现状评估分析. 气象软科学, (4): 95-99.

(作者单位: 苗艳丽, 中国气象报社; 王昕, 中国气象局公共气象服务中心)

<sup>①</sup> 包括: 中国天气网、2345天气预报、Ip138天气预报、天气在线、天气网、8684天气查询网、欣欣天气预报、中国气象局天气预报、hao123天气、米胖天气频道、搜狗天气、360天气、网易天气预报、114啦·天气、搜狐天气、搜狗网址导航天气、中央气象台、腾讯天气、同程网天气预报、中国网天气预报、携程天气、新浪天气、气象网、嘻嘻网天气预报、121天气、春运网天气、高速宝天气预报、便民查询网天气预报、天气预报网、铁友天气、The Weather Network、风云录、91天气预报、中国气象视频网、查天气、高铁网、火车网天气、新华网天气预报、天气321、心知天气、昆明国旅天气预报、天气主播网、天气预报(5566)、天气预报查询网、天气预报15天、询天气、好天气网、qixiangtai、中华天气预报网、逍遥天气。

# 气象信息在微博、微信中的传播现状及特点

■ 段昊书 吴越

气象信息在微博、微信上传播,具备时效性好、传播面广、符合当下阅读习惯等诸多优势;更好满足了气象信息,尤其是预报、预测、预警信息及时、准确、广泛发布的需求。

微博即“微型博客”(Micro-Blogging),最初是指提供微型网络日志服务一类的社交网站;随着移动互联网技术发展和智能手机普及,微博的主要运行载体变为移动客户端,进而增添了即时通信等功能。

在我国,新浪公司从2009年起运营“新浪微博”(Weibo),其用户量、访问量在国内居首位,并已在美国纳斯达克独立上市。新浪最初将微博解释为“一句话博客”,在信息发布字数等方面有所限制。随着技术发展,新浪微博的信息承载量也在不断增加,并在图、文之外,增添了视频发布、直播链接等功能。微博已成为新媒体时代具有代表性的一种信息共享、传播及获取平台<sup>①</sup>。

微信(WeChat)是腾讯公司于2011年推出的一个为移动智能终端提供即时通信服务的应用程序。如果说微博是跨越Web 1.0时代(以门户网站为主要信息传播媒介)和Web 2.0时代(以移动智能终端软件为主要信息传播媒介)的产物,那么微信从诞生之初,其技术核心就是服务于“移动互联生活”。

在即时通信功能之外,微信陆续开放了移动支付、公众信息发布、好友信息分享等功能。而凭借其“公众号”“朋友圈”“小程序”等功能,微信已成为新媒体时代一个重要的信息传播媒介。根据腾讯公司披露,截至2016年第二季度,微信已经覆盖中国94%以上的智能手机,月活跃用户达到8.06亿<sup>②</sup>。

## 1 微博、微信信息传播的特点

微博、微信之所以能成为一种新的信息传播媒体,在于其技术上顺应了移动互联网技术的发展、适应了智能手机及网络的普及,内容上迎合了现代人阅读、休闲娱乐时间的碎片化需求,方式上更注重传播主体与受众的交流,信息流向从单向变为多向。这也决定了其信息传播的以下特点。

### 1) 符合“快速阅读”习惯

一方面,技术发展使微博、微信可实现“实时信息传播”,而不需要传播者进行复杂的编辑、剪辑及后期制作;另一方面,受众通过手机等移动终端获取信息时,阅读时间多呈“碎片化”,人们倾向于更快速、轻松地获取信息。

因此,在微博、微信上,信息内容通常避免生涩、冗长,行文风格以幽默、诙谐为主,常配合多种展现形式。微博、微信常充分调用图片、图表、视频等形式,内容及排版方式较活泼,与传统媒体有较大区别。

### 2) 实现与受众多向互动

微博、微信的传播方式是双向的,传统意义上的发布者和受众都可以成为信息发布者,能够进行互动,且能在互动中实现信息的二次传播。当然,微博与微信在信息流动方式上也存在差异。

微博作为一个开放式的信息发布平台,其一条信息发布后,任何关注信息发布者的用户均可看到;一条信息在发布后,接收者可以通过评论、点赞等行为给信息发布者以反馈;任何人对微博的评论、点赞等行为,在此之后浏览此条微博的其他用户均可看到。

在微信上,公众号上所发布的信息,对象明确为其订阅者;同时,受者将接收后的信息通过朋友圈转发,新的信息接收者必须是发布者的好友。因此,微信是一个典型的封闭式的信息发布媒介。对相关信息的反馈、评论、点赞只有发布者本人可以看到。一定程度上,使用微信发布信息可以最大限度保障其内容在转发、传播的过程中不被篡改;信息流向也更可控。

### 3) 融媒体手段应用

微博、微信一方面降低了信息发布的门槛,使每个人都有机会成为信息发布者;另一方面,发布技术

① 新浪.中国微博元年市场白皮书,2010。

② 腾讯企鹅智酷.微信数据化报告,2016。

门槛的降低也使得抢占舆论场的过程中，必须更多突显差异化、个性化的表达。

## 2 气象信息在微博、微信的传播概况

以“天气”“气象”“气候”“天气预报”等关键词在微博、微信上进行检索，结果发现，此类信息的发布者多为各级气象主管部门；同时，商业性气象服务公司、气象知识爱好者等也会通过相关微博、微信发布相关信息。

从时间上来看，深圳市气象局的官方微博“深圳天气”开设于2010年11月，是我国开设最早的气象类微博。截至2015年，全国各级气象部门开设的官方微博账号已超过900个。2017年上半年，人民日报社评估全国综合排名前五的气象类微博，依次为“深圳气象”“中央气象台”“广州天气”“中国气象局”“气象北京”。

根据中国气象局有关部门在2016年进行的统计，全国各地气象部门开设的官方微信公众账号超过850个。全国31个省（自治区、直辖市）气象局全部设立了微信官方公众账号，部分省（自治区、直辖市）气象台、公共气象服务中心、预警中心等相关单位及各市县气象部门也设有公众账号。

截至2016年底，全国气象部门共拥有超过1800个微博、微信账号，粉丝数达6260.9万。

## 3 气象信息在微博、微信中的传播现状分析

### 3.1 传播主体

在新浪微博以“气象”为关键词搜索账号（截至2017年8月17日），显示有关账号共28394个，其中“机构认证”账号2038个，“个人认证”账号664个；以“天气”为关键词搜索账号，显示有301334个账号，其中“机构认证”账号11359个，个人认证账号886个（两个检索结果互有交叉）。

仅对认证账号进行分类可知，信息传播主体包括：1) 各级气象部门开设的官方微博；2) 商业气象公司，如“墨迹天气”等开设的官方微博；3) 气象爱好者或科普类自媒体，如“中国气象爱好者”“大姨夫和你说天气”等。个人认证账号中，传播主体以气象新闻媒体人、公共气象服务从业者居多。

与微博相比，微信公众号因其封闭式的管理模式，对气象类微信公众号数量的精细查询存在难度。根据调查，微信气象信息传播主体分类与微博类似，主要为气象机构、商业气象企业、气象爱好者或科普自媒体、气象从业者。值得关注的是，微博上粉丝较多的账号，其同名微信公众号通常也具有较大影响力。

这其中，一部分气象微博、微信，出于其信息传播主体定位，其传播内容较为固定。如“中国气象爱好者”的微博、微信只发布科普类信息，通常不涉及气象服务、预报预测、政务类信息；各地气象部门开设的微信公众号中，定位为“服务号”的常以气象预报预测、实况信息查询和发布功能为主，不涉及政务类、科普类信息。

### 3.2 传播内容与形式

#### 1) 预报服务类信息占多数

本文采取抽样调查方式，选取“深圳天气”“中央气象台”“广州天气”“中国气象局”“气象北京”5家微博，以及“中国气象局”“中央气象台”“广州天气”“气象北京”等知名气象微信，取其2017年8月5日至8月15日共11天的微博、微信内容进行分析。

5个微博账号11天内共发布（含转发）信息1151条，其中气象预报预警类信息501条，占比44%。譬如，“中央气象台”微博发布（含转发）信息94条，其中预警类信息31条、预报类信息25条，占比60%；“中国气象局”微博发布（含转发）消息324条，其中预警类信息29条、预报类信息57条，占比27%。微信方面，“中央气象台”“广州天气”“气象北京”11天内推送的信息中预报预警类信息占比分别为71%、83%、50%。中国气象局的官方微信承担一定政务功能，但其推送预报预警信息比例也达到15%。应当说，气象预报预警类信息是气象微博、微信最常发布的内容。

气象科普类或生活提示类信息在气象微博、微信信息中所占的比重也较大。上述5个微博账号发布的气象科普类信息为223条，总占比达到19%。其中，“中央气象台”微博发布科普类信息15条，占比15%；“中国气象局”微博发布科普类信息47条，占比14%。微信方面，“气象北京”等科普类信息占比接近五成。

气象政务类信息在微博、微信气象信息中整体所占比重不大。譬如，中国气象局官方微博11天内发布政务类信息30条，占比9%；中国气象局官方微信11天内推送的20条信息中，政务类信息为5条，占比25%。传统媒体政务信息传播中，“党报”模式给受众留下刻板印象，大多数受众甚至直接拒绝阅读。但在新媒体时代，微博、微信如何进行政务信息传播是从业者必须去研究的命题。自2013年7月中国气象局微信公众号正式开通以来，在微信气象政务信息传播上有过诸多探索，譬如，将一些气象部门的工作放在“夜

读”等板块展现,取得了很好的宣传效果。该微信公众号在2016年腾讯政务新媒体峰会上荣获了“政务突破奖”。

## 2) 图片影音类信息表现手法丰富

在微博、微信气象信息传播中,图片影音等表现手法得到充分运用。相较于文字,图片影音更具直观视觉、听觉冲击力,更能吸人眼球;也更符合受众碎片化的阅读习惯。

在上述5个微博账号11天内发布的信息中,含图片、图表、影音类的信息超过98%;调查中的所有气象微信信息也都嵌入了图片信息。在中国气象局、中央气象台等微博、微信上,还会定期发布单纯以图片展示的信息,如“图解天气”“气象九宫格”等。面对近年来严重的雾霾天气,中国气象局官方微博发布微视频《关于雾霾的那些事儿,这个动画全都告诉你》,化解了文字的枯燥,用影音信息将一些专业词汇变得通俗易懂、生动形象;中国气象局官方微博也曾用图片故事的形式讲述“测霾人”24小时的故事,生动地将雾霾下政府部门的工作压力呈现出来,让公众看到事情的“另一面”。

但在微博、微信气象信息传播中,近年来受各大媒体热捧的短视频、视频直播技术,其运用频次尚不算多。譬如,中国气象局微博11天内发布的324条信息中,仅含视频类信息11条,主要涉及突发天气实况和四川九寨沟地震救援服务情况。总体来看,气象信息在微博、微信传播中,原创、高质量的视频类信息仍不多见。

但从大的发展趋势看,近年来,短视频和视频直播技术已成为微博、微信传播方式中的“标配”。

### 3.3 传播特点

#### 1) 时效性具备优势、信息覆盖面更大

公众之所以关注气象信息,很大程度上是因为天气影响着人们的衣食住行。人们需要能“随时随地”了解气象信息,这对其信息传播的及时性、广泛性提出更高需求。

传统媒体,包括报纸、广播、电视,传播气象信息时都需要通过更为复杂的编辑流程,且对公众接收信息的媒介有一定限制。而在有移动网络支持的情况下,公众接收微博、微信上的气象信息只需要一部手机或移动终端。

由于微博、微信具有转发功能,其信息传播可形成“裂变式模式”,具有“滚雪球”效益。尤其是在灾害性天气事件发生时,权威信息一经气象部门发布,在各种媒体、大V、公众号的裂变式转发中,滚

动的气象信息可通过微博、微信全方位辐射式传播出去,且通过小群体扩展到更大范围的群体,增强了气象信息的覆盖面和影响力。

以2017年8月16日下午北京出现的冰雹强对流天气为例。当日15时11分,“气象北京”发布冰雹黄色预警及相关预报信息;16时左右,全市多地开始出现冰雹。该信息迅速得到相关受众转发。尤其是很多北京市民是通过“朋友圈”获取的相关信息。而这类短临预警信息,如果通过传统媒体发布,在时效上便难以得到保障。

#### 2) 贴近新媒体阅读习惯

受众接收微博、微信信息时,通常占用碎片化时间,从效率上需要“快速阅读”,从功能上要兼具“信息获取”与“娱乐消遣”等功能。试想,公众在地铁上、电梯里、排队时阅读信息,很难做到“静下心来阅读”。气象微博、微信发布的信息通常力求简短,行文风格以幽默、诙谐为主;甚至在编发内容较长的信息时,会对文章进行拆分、拆解,标注全文阅读可能花费的时间,并使用一些俏皮、活泼的文字技巧来增强可读性。

因而,在微博、微信信息传播中,“讲段子”“讲笑话”成为较为常见的文字技巧。但需要指出的是,分析案例会发现,成功的微博、微信信息传播往往不止于“笑话”,而是与其传播内容有巧妙结合。

譬如,2017年2月20日,我国北方多地出现强降雨过程。中央气象台在其官方微博上,借用游戏“萝卜蹲”,发布一条微博“新疆下、新疆下,新疆下完陕西下;陕西下,陕西下,陕西下完山西下;山西下、山西下,山西下完河南下……”。该游戏虽是一个较为常见的儿童游戏,但受到电视节目《爸爸去哪儿》的影响,具备一定的舆论热度。在中央气象台当天发布的微博中,更直接称之为“萝卜蹲预警”,并与社交媒体、网友进行互动,称“被河南萝卜气死了。明明是一个接着一个蹲,现在蹲到山西了,河南不远了”;最后还与一些地方媒体视频挑战“萝卜蹲”。在该案例中,“萝卜蹲”不是一个单纯的“段子”,而是成系列、成体系的传播策划,有效传递了暴雨预报信息,最终累计评论数超6000。

此外,微博、微信信息传播中还存在“热点聚集效应”,即越热的话题越容易吸引更多传播者参与传播,进而被更多受众获悉。运用“蹭热点”“借话题热度”等手段,能显著提升传播效果。譬如,中国气象局、中央气象台官方微博都曾与网友口中的“雨神”歌手萧敬腾进行互动。因萧敬腾被网友戏称“人

到哪里，哪里就下雨”，气象类微博借助这一热点发布的话题得到很高关注度。与萧敬腾本人在微博上形成互动后，更让话题热度进一步提高。

### 3) 信息多向流动拉近与受众距离

在微博、微信的信息传播平台上，受众可根据自己的兴趣爱好和信息需求选择信息，平台运营者则可以通过后台算法分析用户行为，有针对性地推送相关信息。根据传播学理论，这种“垂直化传播”的效果是最为直接的。而要实现这一切，改变传播媒体信息“从传播者到受众”的单向流动模式就显得尤为重要。微博、微信平台也为传播者与受众双向互动，以及传播者根据受众反馈进行“二次加工”“精准推送”等提供了技术条件。

特别是，气象信息与人们生活息息相关，受众在获取气象信息时往往有与发布者沟通、交流的需求，譬如询问天气变化趋势、了解科普常识等。在微博、微信气象信息传播中，这种信息的多向流动显著拉近了传播者与受众的距离，调动了受众的参与积极性。借助各地受众反馈及上传的视频、图片资源，气象类微博、微信的传播者可以不断充实气象类新闻事件发生时的资料，对传播内容进行“再丰富”。

譬如，2015年7月，西北太平洋上出现“三台共舞”，其中两个台风影响我国。中国气象局官方微博开设“三台共舞”微话题，并以直播方式与网友进行互动，及时发布台风最新动向及科普知识，请专家在线回答网友问题。这次微博信息传播形成良好效果，微话题阅读量达968.5万，累计评论数达2471条。

### 4) 存在信息传播风险与弊端

由于微博、微信信息信息的发布主体不局限于气象部门，也包括相当多的自媒体或气象爱好者。信息传播的门槛大幅降低，也会在一定程度上影响信息的真实性。

譬如，2017年6月19日，微信公众号“中国气象爱好者”及其同名微博发布消息《六年来最大的冷涡暴雨即将光临京津冀！你一定要准备好！》。该信息一经推出，就获得了上万阅读量。而在其他微博、微信账户以及一些传统媒体转发的过程中，类似“特大暴雨”“已经大到雷达回波无法测量的上限”等词句被刻意突出，一时间真假难辨。但事实上，这篇文章的许多内容并未经气象主管部门核实，亦缺乏科学

性。北京市气象局、市网信办立即开展执法，分析谣言特征。6月22日，北京市网信办官方微信曝光了微信公众号“中国气象爱好者”“密云360网”等部分违法传播主体，提醒市民不要轻信非正规渠道发布的气象预报信息。

同时，由于微博、微信（尤其后者）信息多为“熟人传播”，受众在阅读好友转发的信息时，更容易相信，而非质疑。因此，微博、微信上不实信息的传播风险进一步增大。回顾近年来多起“气象谣言”事件，其传播媒介大多为微博、微信。

## 4 小结

随着全球气候变暖的影响深入，极端气象灾害呈多发、频发、重发之势，这是不可回避的客观现实，也是极具新闻价值的媒体关注点；随着经济社会发展，公众在提高生活品质过程中需要气象服务的深度参与和融入，这种需求的增长对气象信息传播也提出了更多新的要求。

气象信息在微博、微信上传播，具备时效性好、传播面广、符合当下阅读习惯等诸多优势；更好满足了气象信息，尤其是预报、预测、预警信息及时、准确、广泛发布的需求。因此，重视并发展微博、微信气象信息传播，对于做好公共气象服务和气象科普宣传工作尤为关键。

从现状上看，微博、微信气象信息传播存在政务信息传播效果有待提高，短视频及视频直播等传播形式有待丰富等值得探讨的问题；另一方面，也应重视对微博、微信气象信息传播的监管，以确保其信息真实性，尽量规避信息传播风险。

### 深入阅读

- 毛基任, 2015. 新浪微博与微信朋友圈信息传播特点分析. 采与编, (2): 68-69.
- 唐绪军, 吴信训, 黄楚新, 2016. 新媒体蓝皮书: 中国新媒体发展报告No.7 (2016). 北京: 社会科学文献出版社.
- 杨政, 任静, 裴克莉, 2014. 关于气象微信公众平台发展的思考. 山西科技, (5): 23-25.
- 占琦, 2017. 新媒体时代政务信息传播新模式探析——以中国气象局应对“雾霾”为例. 东南传播, (2): 52-53.
- 张海鹏, 2017. 短视频的分享应用与新媒体领域传播方式的创新研究. 新闻研究导刊, (1): 188.
- 张丽, 朱芙蓉, 江海萍, 等, 2015. 微信平台在气象信息传播中的应用. 安徽农业科学, (10): 387-389.

(作者单位: 中国气象报社)

# 网站气象信息传播特征

■ 王淞秋

网站对气象信息的传播逐渐减少了人们对传统媒介的依赖程度，并且日益受到大多数人的追捧。

网络作为一种新兴传播形式，具有传统媒介无法比拟的优势，体现在传播这些优势是基于其自身特性之上，网络现已成为继报纸、广播、电视等传统媒体之后又一气象信息传播媒介，并由于其多元化、丰富性、快速性、全球性等优势，迅速成为气象信息传播的主要阵地。

## 1 网站气象信息传播特点

### 1.1 气象信息网络传播的概念

气象传播是气象信息的传递与交流，是传播的一种，必然具有传播的一般特点。同时，又与气象活动的特殊性紧密联系，受到人们从事气象活动的生产生活方式和有关条件的制约。网络传播就是以计算机和网络为载体的信息传播活动。在网络传播中，将气象信息以数字的形式存储在光电介质上，再通过光纤通信与计算机网络高速传播，并借助于计算机设备进行阅读和使用，从而达到气象信息的交流、利用与传播的目的。网站是网络传播的主要形式。

### 1.2 网站传播的特点

网站以其形式丰富、渠道广泛、覆盖率高、精准到达、性价比高、推广方便等特点在现代传媒产业中占据越来越重要的位置。网站对气象信息的传播逐渐减少了人们对传统媒介的依赖程度，并且日益受到大多数人的追捧，主要是由于网站传播气象信息时具有以下几个特点。

1) 气象信息资源的极度丰富性。网站传播将电子计算机和数字通信设备作为自身的硬件平台，使得其在信息储存方面显示出极大的优越性。网站几乎没有信息容量的限制，使得网站可以存储和传播大量的气象信息，网站传播的气象信息的丰富性远高于其他传播方式，为受众提供了尽可能多的选择。

2) 气象信息表现形式多样性。从本质上讲，互联网是一种多媒体的综合性的信息平台。通过网站可以将文字、图像、视频、音频等多种信息表现形式于一体，卫星云图、动态雷达图片、天气实况直播等各

种手段，可以使受众在接受气象信息时获得不同感官的体验与享受。

3) 传播的强时效性和广域性。相对于传统的传播媒介来说，网站在信息传播方面显示出了极强的时效性，而气象预报、预警信息、天气实况等气象信息也具有极强时效性，气象信息可以借助网站实现“秒速”传播。不仅如此，网站传播气象信息不受地域限制，只要用户登陆网站即可获取网站提供的信息。因此用户可以随时随地的通过网站获取世界各地最新的气象信息。

4) “编辑分发”模式。与其他新媒体传播模式不同的是，网站气象信息分发主要是“编辑分发”模式。用户主要是气象信息的接收者。但是用户可以通过浏览器的信息搜索迅速得到自己所要查找的气象信息。正是由于网站的这一便捷性，越来越多的人开始将它作为获取气象信息的主要渠道。编辑分发模式既是网站传播的优点也是它的缺点，优点在于用户登陆网站只需挑选接收自己需要的气象信息即可，但缺点在于用户不能有效地与网站进行双向交流互动，用户不能成为气象信息的制作者和传播者。

## 2 网站气象信息传播发展概况

我国专门网站气象信息传播，最早可追溯到20世纪90年代，伴随互联网技术的进步逐渐发展起来。2001年，中央气象台建成问天网（www.tq121.com.cn），主要发布全国2000多个县市的天气预报和生活气象指数。2008年7月中国天气网（www.weather.com.cn）上线，成为首个公众气象服务门户网站。中国天气网下设31个省级站和澳门特区站，以及台风网、英文网两个子网站，开设了国内天气、国际天气、灾害预警、天气新闻、气候变化、气象科普、生活天气、交通天气、环境气象等20余个频道、200多个栏目。

目前我国传播气象信息的网站已经相当普及。各大门户网站、搜索引擎、政府类网站的页面中气象信息均是其不可或缺的一部分。而独立的气象类网站，

不论是官方网站还是企业网站，近年来都发展迅猛，提供的气象信息越来越丰富、多元化。网站所传播气象信息内容的丰富性和传播信息数量已远远超过传统媒体。

## 2.1 传播气象信息网站类型

截至2016年6月，中国网站总数为454万个，通过百度搜索“天气”“天气预报”等关键字，可得相关结果约1亿个，涉及网站5000多个。我国网站气象信息传播主要有两类：一类是气象部门建设的专门气象信息网站，包括中国气象网、中国天气网、中央气象台网、中国兴农网和中国气象视频网以及各省（自治区、直辖市）气象部门建设的地区性气象服务网站；另一类是综合门户网站，包括新华网、人民网、央视网、新浪网、腾讯网等数十家大型综合网站，其通过与气象部门或气象服务门户网站建立气象信息联动传播机制、开辟天气专栏向社会公众提供服务。

百度排名前50位的传播气象信息的网站中，专门的气象类网站有25家，占50%，较2014年增加1家；综合门户网站的天气类子网站有6家，占12%；网址导航网站的天气类子网站有6家，占12%；属于旅游类网站的天气子网站有3家，占6%；属于生活服务类网站的天气类子网站有10家，占20%（图1）。目前，各家网站提供的气象信息以预报信息为主，多集中于天气预报（包括旅游天气、交通气象等）、空气质量监测信息、各类生活指数、雷达卫星图片、天气资讯等。官方的两家网站还提供灾害预警的服务。

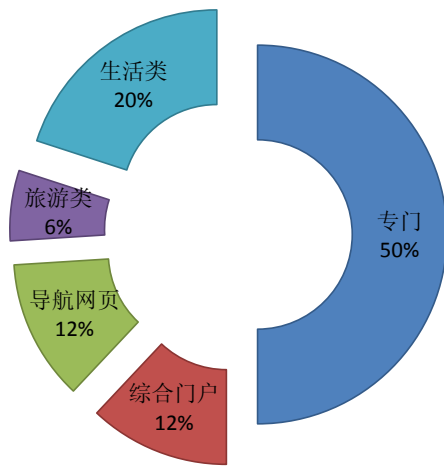


图1 搜索页面排名前50的传播气象信息的网站类型

## 2.2 样本分析

伴随着我国网民及网络普及率逐年稳步增长，通过网站获取气象信息的网民人数近年来也比较稳定，有小幅增长。以中国天气网（中国气象局官方网站）为样本，分析中国天气网近年来的数据。

### 1) 受众特征分析

2012年1月，天气网用户数为6400万，到2015年4月，网站用户达到1.09亿。公众已经逐步培养起通过网站获取气象信息的习惯。据调查，通过中国天气网获取气象信息的民众约占所有渠道的30%，其中城市用户较农村用户通过网站渠道获取气象信息的占比略高，这也与全国互联网城市网民与农村网民的人数占比基本一致。而用户20~29岁年龄段较多，但30~39岁用户的访问次数、总浏览量及访问时长均要高于20~29岁年龄段的用户（表1）。通过年龄分析可以发现，通过网站获取气象信息以40岁以下的中青年用户居多，40岁以上的用户无论是从数量还是从访问时长都远低于40岁以下的用户。

表1 中国天气网访问人群基本特征

|        | 总覆盖人数/<br>万人 | 总访问次数/<br>万次 | 总页面浏览量/<br>万 | 总访问时长/<br>小时 |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 20~29岁 | 383.4        | 446.5        | 905.8        | 422966       |
| 30~39岁 | 189.6        | 593.9        | 954.8        | 767377       |
| 40~49岁 | 139.7        | 293.2        | 442.3        | 55278        |
| 50~59岁 | 183.5        | 282.5        | 379.3        | 53666        |
| 60岁及以上 | 8.7          | 19.0         | 16.4         | 749          |
| 总计     | 905.0        | 1635.1       | 2698.6       | 1300036      |

注：数据来源于中国互联网数据平台，统计时间为2016.12.26—2017.01.01。

### 2) 访问地域特征

根据中国互联网数据平台的统计数据显示，中国天气网在我国中部地区的访问量较高，其访问次数及访问页面和时长在全国地区均为最高（表2），二、三、四级的城市用户占据中国天气网访问量的绝大部分（表3）。中部地区三、四级城市较多，两种类型统计数据提供的信息基本相符，可以看到二、三、四

表2 中国天气网访问地域基本特征

|    | 总覆盖人数/<br>万人 | 总访问次数/<br>万次 | 总页面浏览量/<br>万 | 总访问时长/<br>小时 |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 东部 | 188.3        | 483.5        | 983.9        | 147727       |
| 中部 | 571.2        | 817.8        | 1144.6       | 610975       |
| 西部 | 102.8        | 163.2        | 404.5        | 33609        |
| 东北 | 42.7         | 170.6        | 165.5        | 507726       |
| 总计 | 905.0        | 1635.1       | 2698.6       | 1300036      |

注：数据来源于中国互联网数据平台，统计时间为2016.12.26—2017.01.01。

表3 中国天气网访问城市基本特征

|    | 总覆盖人数/<br>万人 | 总访问次数/<br>万次 | 总页面浏览量/<br>万 | 总访问时长/<br>小时 |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 一级 | 93.9         | 122.3        | 153.8        | 26787        |
| 二级 | 208.2        | 410.6        | 967.7        | 106419       |
| 三级 | 272.8        | 531.4        | 727.9        | 571713       |
| 四级 | 329.5        | 570.2        | 848.5        | 595076       |
| 五级 | 0.6193       | 0.6193       | 0.6193       | 41           |
| 总计 | 905.0        | 1635.1       | 2698.6       | 1300036      |

注：数据来源于中国互联网数据平台，统计时间为2016.12.26—2017.01.01。

级的城市用户更喜欢通过访问网站获取气象信息。一级城市由于移动网络和无线网络的迅速发展,大量用户由电脑端转移至手机端,因此一级城市的覆盖人数反而要低于二、三、四级城市。

### 3) 浏览量及信息类型

从2008年中国天气网建站以来到2012年之前,其浏览量呈逐渐上升趋势,2012—2014年基本保持平稳。2014年以后,电脑端的浏览量有略微下降趋势,而通过手机浏览网站的浏览量开始上升,但整站的浏览量大幅增加。因此可以发现,网站用户逐渐由电脑端转移到手机端。信息类型方面,主要访问内容是天气预报与新闻详情,城市天气是主要搜索对象,中国天气网的访问量主要集中在天气相关信息(包括天气预报、台风、雷达、云图等),天气预报信息浏览量达到百万级以上,而生活服务、科普知识、交通等方面的信息的关注程度普遍较低(图2)。

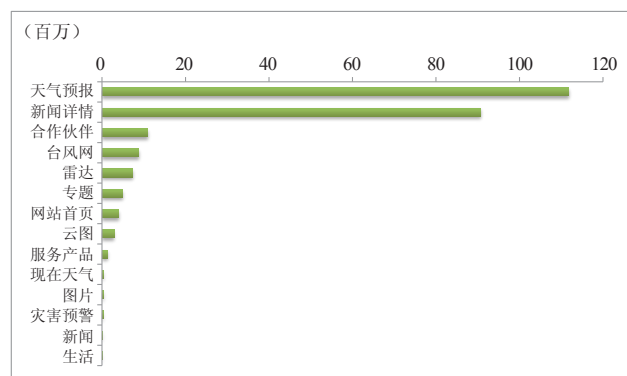


图2 用户浏览网页主要关注信息

## 2.3 网站气象信息传播法律政策规定及涉及的政策情况

关于网站气象信息传播的管理,现有的法律和政策,有《中华人民共和国气象法》(以下简称《气象法》,2000年)《气象预报发布与刊播管理办法》(2003年)《气象灾害预警信号发布与传播办法》(2007年)《气象灾害预警信号及防御指南》(2007年)《基于手机客户端的气象灾害预警信息播发规范》(气象行业标准,QX/T 147—2011),以及《国务院办公厅关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作的意见》(国办发〔2011〕33号)《国家气象灾害应急预案》(2010年)等。2015年之前大部分法律和政策主要针对传统媒体或气象灾害预警信息,都没有明确对网站气象信息传播的监管。但是2015年5月1日正式施行的《气象预报发布与传播管理办法》及2015年6月施行的《气象信息服务管理办法》根据社会需求的变化和新媒体时代气象信息传播的特点,进一步

规范了网络气象信息传播的有关行为。而且云南、黑龙江、湖北、四川、重庆、浙江、河南、陕西、宁夏、四川、江西、广西、西藏、江苏、吉林、北京在《气象法》实施办法中,在有关气象信息发布的条款里也都明确的提出了互联网、网站或信息网。

目前针对网站气象传播的政策法律体系正在逐步建立完善中,以规范网站气象信息传播行为的展开。通过百度搜索国内传播气象信息的网站,据统计只有大约三分之一网站的信息来源于中国气象局。研究显示,大部分气象信息来源不明的网站其气象信息的可信度较低,而公众对于气象信息的可靠性较为敏感,网站提供的气象信息可靠性也会影响用户对网站的黏性,例如新浪天气在2015年的气象信息可靠性较2014年有大幅下滑,其在百度搜索的排名也随之大幅下滑。《气象预报发布与传播管理办法》与《气象信息服务管理办法》正式实施后,网站的气象信息来源有向正规渠道发展的趋势,网站传播的气象信息整体水平逐年提高。

## 3 讨论

网站气象信息传播具有气象信息资源极度丰富、气象信息表现形式多样、传播时效强地域广、“编辑分发”的特点,也是其优点。随着互联网的发展,通过网站获取气象信息的人数逐年稳定增长。公众已经逐步培养起通过网站获取气象信息的习惯。从用户年龄看,40岁以下的用户占主体,从地域分析看,二、三、四级城市用户占主体。

公众在网站上主要访问的内容是天气预报,气象信息与人民的生产生活息息相关,气象信息的可靠性甚至关系到公众的生命财产安全。为保障气象信息的可靠性,同时充分利用资源准确及时地传播气象信息,需要加强对网站气象信息传播的服务与管理,逐步完善网站气象信息传播标准和法规体系,加强监督执法力度。同时官方也要为传播气象信息的网站提供数据接入服务。

### 深入阅读

- 李玮,柳晶,徐辉,2016.基于用户的中国天气网运营研究.第33届中国气象学会年会 S13“互联网+”与气象服务——第六届气象服务发展论坛,西安,2016年11月2—4日.北京:中国气象学会.
- 彭莹辉,刘立成,叶梦姝,等,2016.新媒体时代的气象信息传播公共政策.阅江学刊,(1):21-25.
- 叶梦姝,陈力丹,2011.天气信息大众传播的发展历程回顾.气象科技进展,1(2):43-46.

(作者单位:中国气象局科技与气候变化司)

# 中国气象局网站提升传播力浅析

张永 刘杰

中国气象局微博在实行专人维护后，不断加强更新策划，保持每天有更新、每周有话题，并以轻松活泼的语言与网友互动，同时建立粉丝群和气象微博群，打造气象微博矩阵，协同开展舆论引导。

根据2017年1月发布的第39次《中国互联网络发展状况统计报告》，截至2016年12月，中国网民规模达到7.31亿，其中，手机网民规模达6.95亿，占比提升至95.1%，增长率连续3年超过10%。台式电脑、笔记本电脑的使用率均出现下降，手机不断挤占其他个人上网设备的使用。2016年，新增网民中使用手机上网的群体占比达到80.7%，较2015年增长9.2%，使用台式电脑的网民占比下降16.5%。

就新闻传播而言，微博、微信等社交平台已经成为新闻传播及素材收集的重要途径，其与资讯客户端的协同，极大提升了新闻传播的范围和速度。据统计，截至2016年12月，我国网络新闻用户规模为6.14亿，手机网络新闻用户规模达5.71亿，占手机网民的82.2%，年增长率为18.6%<sup>①</sup>。与此同时，借助移动互联网的“东风”，近年来新闻客户端呈现爆发式发展势头，搜狐、网易、新浪、腾讯以及人民日报、新华网等门户网站和媒体纷纷推出移动资讯app，专业资讯app也应运而生。其中2012年上线的“今日头条”，依靠其先进的算法和推送技术，在短短的几年间已经成为移动资讯领域的“巨无霸”和“领头羊”。截至2016年10月，“今日头条”累计激活用户高达6亿，活跃用户达1.4亿，每天每个用户平均使用76分钟<sup>②</sup>。

新闻传播格局的深刻变化，已经改变了传统的以纸媒和PC端为中心的阅读习惯，公众在信息传播中的地位上升，碎片化传播、互动性体验日益重要。与之对应，普通民众成为舆论传播的重要主体，网络舆论生态随之发生变革。新的舆论环境颠覆了传统的单向传播模式，“去中心化”趋势越来越明显，普通公众以多种方式参与到新闻信息的采集、生产、传播当中，“传—受”之间的界线日益模糊。无疑，顺应时代发展的新形势，对于办好政府门户网站提出了新的

挑战。

## 1 政府门户网站面临的挑战分析

政府门户网站担负着信息公开、回应关切、提供服务的重要职责，是政府密切联系人民群众的重要桥梁，也是网络时代政府履行职责的重要平台。面对移动互联网生态的蓬勃发展，国内政府门户网站在信息传播方面普遍存在以下短板和问题。首先，信息更新发布不及时，部分网站栏目存在“僵尸化”现象，一些政府网站的重大政策信息、重要活动等未能做到及时、准确发布。第二，传播渠道建设不适应移动互联网发展趋势，诸多政府网站仍然没有开通新闻客户端账户，对微博、微信账号的运维等重视不够，传统的运维模式使政府信息的传播效果大打折扣，使“发得出、传不出去”成为普遍现象。第三，政策解读力度不够，形式单一，图标图解、音频视频等新媒体手段应用能力不足，缺乏深入浅出、通俗易懂的展现形式，吸引力和可读性有待提高。第四，回应公众关切意识不高，服务能力有待提升，与公众互动交流渠道有限，应对突发事件的主动性和舆论引导能力不足。

在移动互联网大发展的新时期，政府门户网站的传播能力建设必须适应新的形势，在渠道上要面向新的平台，在业务架构上要勇于打破中心化传统，在内容展现形式上要加强媒体融合。只有这样才能不被时代所淘汰，更好地发挥政府窗口的作用。

## 2 移动互联网时代的新实践

近年来，“中国气象网”作为中国气象局门户网站面临同样的发展问题。该网承办和协办单位（气象宣传与科普中心和中国气象报社）采取紧跟移动互联网发展新趋势，及时开设气象微博、微信官方账号，入驻今日头条、搜狐、新浪、人民日报等新闻客户端等措施紧跟形势发展。在网站内容的采写、策划

① 中国互联网络信息中心. 第39次中国互联网络发展状况统计报告, 2017: 40-42.

② 新浪科技. 今日头条CEO张一鸣: 已有1.4亿活跃用户, 每天平均用76分钟. <http://tech.sina.com.cn/i/2016-11-17/doc-ifixwrwk1313520.shtml>

和更新维护上,探索“去中心化”管理机制,根据各平台特点建立新的业务流程,探索重大宣传“整体策划”,并突出社交平台的快速、活泼、互动性强的特点,努力打造立体化的信息传播格局。

## 2.1 “去中心化”探索

### 2.1.1 抢占移动互联网阵地

2015年2月,在中央网信办召开的“政务新媒体建设发展经验交流会”上提出了打造“两微一端”(微博、微信、新闻客户端)政务新媒体的全新概念。2014年1月,“中国气象网”微博更名为“中国气象局”,在此之前,2013年7月“中国气象局”官方微信开通。截至2017年7月,中国气象局在新浪、腾讯、人民、新华4个微博平台共计粉丝330万,其中新浪微博粉丝数升至180万,“中国气象局”微信订阅数近12万。除了自有客户端平台外,自2014年4月开始,“中国气象局”政务账号陆续入驻搜狐、新浪、今日头条、人民日报、网易、腾讯新闻、一点资讯、天天快报、凤凰、UC、澎湃11个新闻客户端平台,总订阅用户达3500万。此外,中国气象网于2011年开通手机版网页,便于移动端浏览。

由于气象信息大多兼具新闻属性和公共服务属性,这些渠道的建立大大拓宽了移动互联网的入口,使气象信息的覆盖面和传播效率大大提高。

### 2.1.2 重建业务架构 新媒体异军突起

在信息的采编发布流程、展现形式乃至业务管理架构方面同样需要“去中心化”(图1),打破以门户网站为中心的传统运维模式。在传统模式下,信息的篇幅大小、语言风格、形式展现都以PC端为中心,未免大而全、形式单一、可读性差,时效上难以满足需求。特别是在突发事件发生后,微博、微信等社交媒体和新闻客户端等移动端平台往往是公众第一时间“围观”现场的主渠道。因此,首先要重构采编发布流程,建立“一稿多变多用、新媒体优先”的业务流程。“一稿多变多用”即同样内容的新闻稿件,要根据网站、微博、微信、客户端等不同平台的需求进行采写,使之在风格上达到差异化。例如,在文章的标题和内容编排上,新媒体可以更加活泼、生活化一些。“新媒体优先”即在发布流程上,以新媒体为优先,其次是传统PC端,特别是针对重大事件和突发事件的宣传,要及时通过新媒体滚动实时发布有关信息,发挥新媒体“短、快”的优势,第一时间回应社会关切,以“碎片化、组合式”的宣传主动引导社会舆论。在此方面,新华网、人民网已经做出表率,许多重大新闻都以简短的形式首先在自媒体上发布,后

期再发布较为全面、综合的新闻稿。其次,在业务架构上,也要打破传统的、以门户网站为中心的业务管理机制。要设立专人专岗和实体机构负责新媒体的日常运行维护;在日常宣传策划上树立整体意识,针对重大、突发事件要实施“统一策划、协同行动”,并突出新媒体的重要作用。

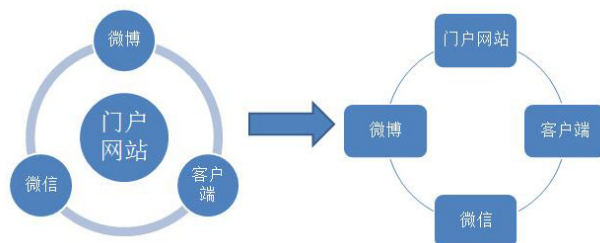


图1 业务架构去中心化

依托于气象报社的新闻采编资源,中国气象网在内容建设上拥有先天优势。近年来,中国气象报社积极探索信息传播的“去中心化”。除了实行专人负责新媒体运营外,在新闻采写上,强调培养多面手,探索尝试“一稿多用”,特别是针对社会关注度高的新闻事件,采写或编辑新媒体专用稿件;同时,将新媒体纳入日常策划会商机制,加强新媒体策划的主动性,遇有重大或突发事件,根据网站、新媒体、报纸不同平台的特点,实行“整体策划”和“协同行动”,努力打造差异化传播格局。例如,经过改造后的科技稿件“天气预报大进步!风云四号气象卫星成功获取首批图像和数据”,在新浪微博阅读量达39万;新媒体专稿“习主席提到的‘孟夏之日’是什么时节?”在今日头条上获得超过两万的推荐量,微博阅读量达5.4万;针对2017年6月21日至24日的华北暴雨,官方微信发布解读文章“先别着急问暴雨去哪儿了?京津冀这轮降雨很长情”,获得广泛转发,阅读量近1.4万。2015年7月,台风“莲花”“灿鸿”“浪卡”三个台风影响我国期间,记者及时开展专家访谈、撰写服务动态稿件和最新动态消息,网站编辑制作推出有关科普图解和监测产品,供各平台使用;中国气象局在搜狐新闻客户端和网易新闻客户端的政务发布厅推出在线直播“台风‘莲花’‘灿鸿’强势来袭”,以图片、文字、语音、视频等方式不间断直播台风移动方向、影响、科普、气象服务等,吸引网友650万,参与互动人数超过50万;同时,中国气象局官方微博开设话题“三台共舞”,滚动推送台风动态和解读信息,吸引网友讨论5000条,话题阅读量近2600万。

新媒体的互动性大大弥补了网站的短板,除了重

大天气外，直播也为网友了解气象事业发展提供了新机会。例如，针对2017年2月我国新一代静止气象卫星风云四号A星获取首批图像和数据，中国气象网邀请气象卫星专家，做客演播厅，通过新浪微博、“一直播”视频、网易新闻客户端等直播互动平台与网民朋友聊天。访谈过程中，有在国外工作的同胞表示“第一次了解祖国的卫星，觉得祖国好强大”，很多网友在听完专家讲解后，纷纷表示“为祖国气象事业点赞！”。据统计，新浪“一直播”视频阅读量达5万多次，网易新闻客户端累计共有1.4万人收看，访谈相关微博话题“卫星监测”阅读量达442万。

中国气象局微博在实行专人维护后，不断加强更新策划，保持每天有更新，每周有话题，并以轻松活泼的语言与网友互动，同时建立粉丝群和气象微博群，打造气象微博矩阵，协同开展舆论引导。在政务微博总体粉丝下降的趋势下，关注度逆势增长，新浪微博粉丝升至180万，保持在全国政务百强排行榜前一百名，气象部门前十名，收获2016年《人民日报·政务指数微博影响力报告》全国十大中央机构微博奖等荣誉。中国气象局官方微信积极开设“象博士的小课堂”“气象故事会”“诗词中的气象”“象姐夜读”等特色栏目，利用H5、音视频和动画，以醒目的标题、活泼的形式编辑文章，受到网友的欢迎。截至2017年7月，中国气象局政务新媒体11家新闻客户端平台共计发稿3万余篇，拥有订阅用户数3500万，服务覆盖人群超6亿。2014年8月中国气象局入驻今日头条以来，累计阅读量超1亿，在2015年、2016年分别获“最具影响力政务头条号”奖、“最具传播力政务头条号”奖。

## 2.2 打造融媒体品牌

媒体融合是当今互联网发展的重要特征，对于政府门户网站而言，实现文字、图片、图解、音频、视频、动画、H5等不同媒体形态产品的制作和融合发布，无疑是提升传播能力的必然要求。近年来，中国气象报社践行媒体融合的发展理念，在中国气象局门户网站及其“两微一端”政务新媒体的建设上开展了有益的探索，打造了图解气象、全媒体头条、H5、象姐夜读等若干公众喜爱的品牌。图解气象以图片的形式解读气象知识、重大政策文件、重要天气气候事件、重大科技创新等，板式简洁美观，语言通俗易懂，易于阅读和传播。例如，“图个明白”系列图解聚焦雷电、暴雨、雾、霾及次生灾害等气象基础知识和灾害防御；“身边的气象”则围绕人们的生活需求，推出了“开学季的气象清单”“高考气象小贴

士”等广泛传播的图解。自2014年开始，中国气象网网站推出全媒体头条，以“主打稿+视频+图片+图解+手机版”的形式，聚焦某个重大事件，将不同媒体形式融为一体。H5近年来成为中国气象局微信常用的媒体展现形式，不仅板式富于变化，而且配以背景音乐后，增强了渲染力，易于通过手机分享和传播。2016年中国气象网首次与腾讯网联合策划制作科普视频“你认识超强台风尼伯特吗？”，采取手绘动画的形式，对“尼伯特”特点及防御等进行科普，动画视频同时在CMA网和腾讯网首页发布，播放量达到1600多万，取得了良好的科普宣传效果。2017年开始，中国气象局微信推出“象姐夜读”栏目，结合当下流行的人声朗读，通过图文、音频等表现形式，讲述气象人自己在工作和生活中的故事，分享心路历程和感悟体会，在部门内外传播正能量，成为气象工作者在新媒体上的文化互动交流平台。栏目每周推出一期，深受网友喜爱。此外，微信还推出“气象故事会”栏目，通过对气象报文章进行配图+配乐的形式，宣传基层气象工作人员的感人故事，展示气象工作者爱岗敬业的良好精神风貌。

在重大活动期间，中国气象报社也开展了融媒体报道尝试。例如，在2017年世界气象日期间，中国气象网联合新华网和世界气象组织推出大型中英文融媒体专题，并推出手机版。专题不仅内容丰富多彩，涵盖视频、H5、图文，还将微博、微信、新闻客户端等多种媒体和社交平台融为一体，集中展现，凸显媒体融合报道。世界气象日开放活动期间，策划推出“象姐带你玩转世界气象日”系列短视频，以现场讲解的方式向网友展现了开放日活动。公众在这里可以点击浏览中国气象局院内及全国各地气象部门组织的开放日活动盛况，也可以参与互动游戏如闯关答题、问卷调查、网络诗词大会等。在2017年5月的气象科技活动周期间，中国气象网推出专题集中展示活动实况以及气象科技成果，同时，在专题中置入“360度全景展示气象科技活动周虚拟展馆”，供网友足不出户逛遍展馆；推出图解“气象界的黑科技风暴来了”“气象科技创新体系之数字和声音”，开展气象知识调查互动等。中国气象局微博开设微话题“气象科技活动周”，阅读量达293万次；10万人参与中国气象局在网易新闻客户端的现场直播；中国气象局微信推出H5“掌中体验：带你提前玩转2017气象科技活动周”等。同时，中国气象局微信接入网站专题，方便用户一键获取全部信息，实现网站与社交媒体无缝隙连接。

### 2.3 深化媒体合作

除了加强自身建设之外,政府门户网站深化与主流媒体之间的合作也是提升传播能力的重要举措。近年来,中国气象报社与新华网、中国政府网、人民网等主流媒体积极寻找契合点,完善互利合作机制,努力打造合作品牌。例如,中国气象网与新华网经过多年的探索,建立了信息共享和联合策划机制,打造了联合访谈、联合专题、二十四节气、联合调查、“聊天”等品牌栏目。例如,针对重大天气气候事件及时邀请气象专家进行解读,推出联合访谈,在双方网站显要位置推送。天气联合访谈通过专家解读的方式及时回应社会关切,达到了为公众解疑释惑的目的。双方还针对全国两会、世界气象日等重大活动和重要事件制作联合专题,借助新华网的平台使传播效果大大提高。例如,在2016年底风云四号A星发射期间,双方推出大型融媒体专题,并在新华网首页第一屏要闻栏目进行发布,突出展示了气象科技创新的成就,取得了较好的传播效果。

2016年5月,中国气象网与新华网经过深入研讨后,共同策划推出了“聊天”栏目。“聊天”以当下热点天气事件为切入点,将其与百姓生活息息相关的内容相结合,以数据可视化的方式进行展示,每月至少推出一期;围绕下个月的天气气候特点,提炼核心内容,与节气、假日、健康等结合,每月最后几天推出下月气象图文产品,具有大数据分析、前瞻性、亲和性等特点。栏目每期都在新华网首页显要位置推出,依托新华网强大的传播平台,栏目在提高公众防灾减灾意识、普及科学知识方面发挥了重要作用。截至目前,已经推出沙尘暴、厄尔尼诺影响、南方汛情、高考天气等24期,得到社会积极反响。此外,针对突发天气事件,与新华网联合推出科普图解,例如,在2016年6月23日江苏盐城发生龙卷风后,与新华网及时制作联合图解“江苏盐城遭龙卷风袭击——一图为你解惑”,以图画和数据的方式科普了龙卷风的形成原因、特点和预报难度等。

在气象国际合作日益紧密、我国承担的国际义务日渐增多的背景下,网站还注重向国外推广内容。一方面通过新华网的合作渠道,实现了重要稿件向新华网英文版推送;另一方面,与世界气象组织秘书处建立联系,向其推送重要外宣稿件,并在近年来的世界气象日等重大活动期间,联合推出专题。这些合作机制的建立,对于宣传我国气象科技、提升我国国际形象发挥了重要作用。例如,2016年12月,中国气象网

刊发津巴布韦气象局局长谈援非气象设施成效稿件,经网站英文版发布后,向新华网英文版和世界气象组织网站推送,随后被人民网英文版、中非合作论坛网、南非在线以及津巴布韦新闻网等中外媒体关注和转载,取得了良好的传播效果。

### 3 结语

在当下的移动互联网时代,政府门户网站建设面临新的机遇和挑战。化挑战为机遇不仅需要在理念上改变,更需要在业务架构、人力配置、技术支撑等方面勇于革新、大胆实践。无疑,传统的业务管理架构要适应去中心化趋势,资源上要向移动端平台倾斜,内容上要符合移动端阅读习惯,这样才有利于信息的传播。需要强调的是,新媒体渠道的建立和业务架构的改变只是迈出了第一步,如何打造富有吸引力的移动互联网内容仍是摆在众多门户网站面前的挑战。在此方面,可通过深化媒体融合,打造面向不同用户群需求的传播产品,或加强对外合作等进行探索,而都以传播效果作为检验实践成功与否的唯一标准。另一方面,建立新的传播优势,也需要人力资源的调整,特别是需要增加计算机、视频制作、美术编辑等技术人才,同时熟知政务新媒体的“段子手”也将炙手可热。这些改变无疑将增加运营成本,但与其巨大的社会效益相比,仍然值得管理者追加砝码。

此外,由于“两微一端”政务新媒体尚处在发展之中,业务管理机制不尽完善,其“短、平、快”的特点同时也构成了一把“双刃剑”,一旦内容审核把关不严,新媒体或成为谣言的推手,或公开不适宜的信息,增加了管理风险。对于大多数门户网站的管理者而言,需要进一步提高认识,切实增加“两微一端”的运营管理,完善“采、编、发”业务流程,做到严格审核和监控。同时,在突发事件的舆论引导上,也要根据移动互联网和社交媒体的特点,做好舆情跟踪研判,积极主动地向社会公众公开相关信息,有针对性地开展回应和解疑释惑工作,从而把握好舆论引导的“时、效、度”。

#### 深入阅读

冯妮妮, 2016. 新媒体时代的传播转型研究. 新闻研究导刊, 7(6): 93, 97.  
南隽, 2016. 把握传媒变革趋势积极占领新兴舆论阵地——学习贯彻习近平总书记关于新兴媒体发展战略重要论述. 中国记者, (6): 39-41.

(作者单位: 中国气象报社)

# 气象信息传播载体效用的比较分析

■ 姜海如 杨夏

任何一种传播媒介都需要结合当地的生产生活状况，结合人民群众差别性的需求，以使其在气象相关信息的传播中发挥最大效用。

在我国，气象信息传播发展经历了从无到有、从简到繁、从传统媒体到新媒体的发展历程。目前，气象信息传播虽已进入历史最繁荣的时期，但要满足人民群众“无处不在、无时不在”以及“及时、准确、权威、实用”的要求，仍然有很大差距，尤其在一些偏远地区、经济落后地区及弱势群体中还存在气象信息传播盲区。因此，当前须进一步加强气象信息传播载体效用的研究，以不断满足人民群众对气象信息的需求，使气象信息更好地服务经济社会发展。

## 1 气象信息传播载体类型

传播载体作为手段、中介，包括了载体、渠道和符号系统。人类历史的传播载体演化大致可以分为五个阶段：原始载体阶段、语言载体阶段、文字载体阶段、印刷载体阶段和电子载体阶段。人类从最原始的运用自己身体为载体发展到利用外物为载体再到发明创造复杂的符号系统、信息载体和传输渠道，信息传播实现了由量到质的巨大变化。气象信息传播与人类社会的发展密切相连，我们依据气象信息的传播形式及其普及性，对现阶段在气象信息传播中所利用到的载体进行以下简单的分类：

1) 口头传播载体。口头传播是一种最早最传统的传播形式。今天利用口头传播气象信息仍是比较有效用的重要形式，这种形式有气象科技讲座、论坛、现场会议、咨询和讲课等，包括气象科技知识短期培训班、专题讲座、科技报告会、经验交流会、专题讨论会、现场参观等多种形式。传播受众通过亲自参加这些活动，可亲自看到和听到一些新的气象知识和气象技术信息的成功经验，而且可以互动交流，增进传播者和受众的情感。

2) 实物传播载体。在气象信息传播中实物传播载体是一种经常利用和非常见效的载体形式。包括气象科技书籍、气象科普读物、气象文化类书籍；挂图、黑板报、展板，活页资料、小册子、传单、年历等；气象科普基地、科普气象站、气象科普馆、气象

台站对外开放参观等实物。这些传播载体形式在气象科技信息传播中能起到了非常好的作用和效果。

3) 电信传播载体。电信传播是指利用电子技术在不同的地点之间传递信息的方式，主要包括无线电、电报、电话、短信、数据通信，也包括用于大众传播的广播、电视、计算机网络通信等。电信高效、可靠的传播方式被应用在人类社会、经济活动以及人们日常生活的方方面面。任何一种电信传播新技术一旦产生都会应用于气象信息传播。

现在多从传统媒体与新媒体划分载体，传统的大众媒体传播载体主要是指报纸、广播、电视等气象信息传播载体；气象科技书籍、杂志、科教电影、光碟、录像带、录音带等；还包括有线广播和气象专用电台等。

新媒体传播载体，一般意义上主要指在网格信息处理技术基础上产生的媒体形态，包括在线的网络媒体和离线的其他数字媒体形式，如微信、微博、手机app等，这是近些年来信息传播发展的方向和趋势，气象信息传播对新媒体的有效利用促进了中国气象信息传播服务业的发展。

## 2 气象信息传播不同载体效用的比较

传播效果是指传播对人的行为产生的有效结果。具体指受传者接收信息后，在知识、情感、态度、行为等方面发生的作用和变化，通常意味着传播活动在多大程度上实现了传播者的意图或目的。传播效果是一切传播活动的根本，不管有意还是无意，一切传播活动都是为了达到特定的目的，也就是说为了达到特定的传播效果。影响传播效果的因素很多，传播载体就是其中重要影响因素之一。不同的传播载体，对气象信息传播会产生不同的传播效果。

1) 传统传播载体效用。传播学对各种类型传统媒介的研究结果认为，书面资料、听觉信号和电视信号在劝说受众接收信息和通过教育提高受众的认知能力中最为有效。电视图像在改变态度上最有效，其次

是听觉信号。这些传播载体的效果，也基本适合于气象信息传播。

在气象信息传播中，实物传播载体是特别重要的一种方式。实物传播载体具有立体化、看得见、摸得着的特点，让人身临其境得到全方位的感受，这种传播方式更便于公众参与，并得到记忆深刻的效果。如各种规模和层次的气象展览会、气象博览会、气象产品交易活动等等，在传播气象科技信息方面有着不可低估的作用。

在气象技术信息传播中，尤其是在直接面对基层受众的时候，一些比较简单的“小媒介载体”通常更为有效，如有线广播、活页资料、小册子、小挂图、黑板报、展板、录像带、录音带等。

在气象灾害技术传播中，大众传播媒介在与人际传播相结合的情况下往往更为有效。例如在防雷技术传播中，不仅大众传播媒介得到了高效利用，而且各级政府积极组织推广，防雷技术专家广泛参与，在一些地区防雷技术推广到城市每个社区和农村每个村组，从而大大降低了我国雷电灾害发生的概率。整体上看，传统传播载体主要由报纸、广播和电视等媒体构成，它们之间各具特色（表1）。

2) 传统与新媒体传播效用比较。传统媒体与网络等新媒介相比，二者在传播特性上差别非常大（表2），

传统媒体和新媒体传播气象信息效用差别比较明显，但也有各自的优势，因此在气象信息传播中传统媒体和新媒体将会长期并存。

气象信息传播内容十分丰富，不同的气象信息传播内容具有不同的传播特点和规律，就传播气象预警预报信息来讲，它具有传播责任大、受众范围广、传递时效快、地域性强等特征，必须遵循权威性、公益性、全覆盖性、及时性等基本传播规律。因此，无论新媒体，还是传统媒体都应发挥各自的效用优势，积极参与承担气象预警预报信息的传播。

### 3 气象信息传播载体多元化选择

在信息技术快速发展的今天，气象信息传播整体呈现出媒体融合发展的传播格局。所谓融合发展主要体现在两个方面：一是传播方式的多样化。在气象信息传播中，传统媒体报纸、广播、电视继续发挥作用，人群相对稳定，但占比逐步减少；新兴媒体网站、微信、微博、手机app等传播载体将逐步成为气象信息传播的主要渠道。二是跨媒体、多媒体联动传播方式正在深刻改变着传播格局，成为气象信息传播的主导模式。在气象信息传播领域，手机、网络等新媒体整合了文字、声音、影像等表达方式，成为了天气信息传播的新平台；网络融合、终端融合等技术使得在任何时间地点、通过任意方式接收天气信息成为

表1 传统传播载体效果比较

| 载体类别 | 报纸                               | 广播                                  | 电视  |
|------|----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 特质性  | 报纸的信息传递主要是通过印刷在纸张上的文字、图片来完成的     | 广播的信息传递主要是利用声音符号作用于人们的听觉系统          | 电视的信息传递是通过声音和画面作用于人们的视觉和听觉系统而完成的          |
| 时序性  | 报纸信息的接收顺序灵活；读者完全可以按照自己的习惯和兴趣阅读   | 以时间为顺序的线性传播方式；广播听众只能按照其播出顺序收听，自主性较弱 | 以时间为顺序的线性传播方式；电视观众只能按照电视节目的播出顺序收看         |
| 重读性  | 报纸信息可以反复阅读，当读者看到感兴趣的信息可以收藏报纸或做剪报 | 广播信息相对难收藏，转瞬即逝，即使受众没听懂也基本没机会再重复收听   | 同广播                                       |
| 适合性  | 长于做深度报道，适合传达深度信息，不适合应急类气象信息传播    | 适合传递事实性信息、描述性信息，非常适合应急类气象信息传播       | 适合场景再现，其声画并茂的优势是其他两种媒体无法比拟的，非常适合应急类气象信息传播 |
| 时效性  | 时效性差，由于其制作、传播方式决定其传播信息的速度不如广播、电视 | 时效性强，直播节目几乎和事件同步发生                  | 同广播                                       |
| 便捷性  | 信息接收与保存方便                        | 信息接收可随身带，很方便，但难以保存                  | 信息接收很不方便，也难以保存                            |

表2 传统媒介与新媒体综合效用比较

| 项目   | 传统媒体（报刊、广播、电视）                                 | 新媒体（网络、微信、微博、客户端）                               |
|------|--|---|
| 传播时效 | 相对滞后性，需要经过采访、编辑、录制、审查等程序，才能与受众见面，受时空的影响        | 即时性，不受时空影响，可以实现即时传播，时效性强                        |
| 信息来源 | 可控性，信息会受到传播者程度性审查，信息来源可靠性高                     | 不可控性，信息发布传播自由，良莠难分，对受众信息识别能力的要求较高               |
| 传播方式 | 单向传播，互动性差，它传播者为中心，受众被动接收信息。广电媒介线性传播不利于受众延时接收信息 | 双向传播，互动性强，受众主动接受信息，也可以发布信息。具有多媒体特性。受众可以随时随地接收信息 |
| 传播内容 | 内容受限，受传播载体的限制，信息容量有限。信息的准确性高，但受众可选择性低          | 内容无限，海量信息。信息随意性强，有用与无用信息共存，受众可选择性强              |
| 可信程度 | 信任度高。传统媒体多为事业单位，近10年来商业化平面媒体增多，信任度有一定下降        | 灵活性高，创新性多，但信任度较低；政府和事业单位新媒体可信度较高                |

现实。

气象信息传播是一项涉及全民共同关心的事业，气象信息共享涉及全社会生命财产安全和民生基本保障。从目前我国国情看，许多现代化的气象信息传播设施，在基层许多群众可能还没有能力使用。因此，在现阶段的气象信息传播中，必须注重传播载体多元融合。具体建议有以下几点：

1) 合理有效利用各种传播载体。我国幅员辽阔，自然条件千差万别，经济发展不平衡现象突出，加之气象信息需求的全民性，可以说几乎没有适用于所有人群的普适性气象信息传播载体。任何一种传播媒介都需要结合当地的生产生活状况，结合人民群众差别性的需求，以使其在气象相关信息的传播中发挥最大效用。气象信息传播媒介的选择，会直接影响气象信息传播效果，电话、电传、计算机网络和电视、广播或有线广播、小报、村头黑板报等各有不同传播优势，包括选择必要的人际传播，如通过气象信息员进行面对面传播，在一些边远地区，可能还将使用一些最原始的载体传播气象信息手段，如在应急情景下敲锣、击鼓、口哨等方式传播气象信息，使群众在应急情况紧急逃生。

2) 大力推广普及现代传播技术。在城市和在一些经济相对发达的地区，可以重点发展网络气象信息传播，使新媒介在气象信息传播中发挥优势。现代科学技术不断地向前发展，信息量也在不断地扩大，信息更新的速度也越来越快，气象相关信息也随之不断增加和变化，通过发展气象信息网络，能够及时准确地为群众提供气象科技发展的最新前沿信息，拓宽他们的视野，提前获得最新的科技成果，从而推动气象技术应于经济社会发展。但由于基层群众整体文化水平限制，对于大多数基层普通群众来讲，智能手机和

电脑操作仍然需要学习和指导。在农村基层应考虑建设一支熟悉新媒介载体的气象信息员队伍，包括市、县、乡三级信息联络员，并且向乡村延伸，大力发展农村气象信息员，使更多基层群众学会应用网络媒介。

3) 处理好新媒体与传统媒体的关系。近些年来，一些经济比较发达的地区，城乡受众利用网络传播和获取气象信息已经成为现实，取得了很好的社会效果。但在一些欠发达地区，新媒介普及还不够广泛，特别是电视、广播等仍是当前农民获取信息的主要渠道，必须充分利用好这些传统媒介，以保证广大农村的气象信息覆盖率。当前，气象信息传播需要综合运用网络、电视、电话、广播、报纸等手段，把各种途径有机地结合起来，以充分发挥出各自优势，为不同情况的受众所欢迎，使气象信息传递更为便捷和顺畅，使气象服务产生更大的社会经济效应。

4) 确保基本公共气象信息传播。由于新媒体和社会传媒力量的参与，气象信息传播的时效和覆盖面大幅提高，得到了人民群众的高度认同。但在这种发展趋势下，气象部门一些传统的传播形式发展呈现下降趋势，在一些基层单位甚至出现退出参与传播气象信息现象。对此，一定应十分慎重，特别是在一些经济比较落后地区和部分脆弱的人群传播，对基本公共气象信息传播还需要依靠公益性组织承担，而不能单纯依靠社会力量。

#### 深入阅读

戴元光, 等, 2001. 20世纪中国新闻学与传播学. 上海: 复旦大学出版社.

李广增, 1997. 新闻传播学. 石家庄: 河北大学出版社.

倪延年, 1999. 知识传播学. 南京: 南京师范大学出版社.

张迈曾, 2002. 播学引论. 西安: 西安交通大学出版社.

(作者单位: 湖北省气象局)

# 浅析气象传播全球化的特点、原因及影响

■ 张格苗

发展到现在，气象信息全球化不仅体现在重大气象灾害发生时全世界铺天盖地的媒体报道，更体现在随时随地，只要你想，立刻就能获得全球几乎任何一个地方的天气预报预警、气候状况及各类气象生活指数。

美国斯坦福大学吉登斯教授认为全球化是“某个场所发生的事物受到遥远地方发生的事物的制约和影响，或者反过来，某个场所发生的事物对遥远地方发生的事物具有指向意义，以此种关系将远隔地区相互联结，并在全世界范围内不断加强这种关系的进程。”

尽管对全球化问题的研究由来已久，但在气象传播领域，仍鲜少有针对其全球化特征的分析的探讨。本文将试图探索气象传播全球化的特点、原因及影响。鉴于与气象信息有关的传递与交流都可称之为气象传播，本文中气象传播全球化特指气象信息传播突破国家和地区、民族的地域限制，实现在全球范围内的共享。

## 1 气象传播全球化的特点

人类的气象活动产生于旧石器时代末、新石器时代初。促进新石器时代到来的根本因素是农业产生，后者推动了气象知识的产生与发展，随着气象知识的传递，就出现了气象传播。而后，它贯穿于整个人类社会发展的全部进程，并且随着社会进步经历了不同的发展阶段，并呈现出不同的特征。

### 1.1 气象信息传播全球化

中国有句俗语，“一山有四季，十里不同天”。由于纬度、海陆位置、海拔高度、地质条件和地形地貌等的影响，不同地区的天气和气候系统也不尽相同。因此，古代气象传播的属地化特征非常明显。以我国二十四节气为例，因其主要反映的是淮河流域的气候规律，因此相对来说更适用于指导黄淮流域地区的农事活动。

即便是具有现代意义的气象传播，在20世纪90年代以前也大多受地域限制。从20世纪末开始，这种强烈的属地化特征逐渐“败下阵来”。首先表现在重大气象灾害的全球化传播上。1998年，我国境内发生特大洪灾，成为全世界媒体关注的焦点。据不完全统计，到8月下旬，全球有数百家新闻机构近4000名记

者云集湖北、黑龙江等灾区，对中国洪灾进行了直接采访和报道。2005年，美国史上破坏最大的飓风“卡特里娜”给路易斯安那州、密西西比州及阿拉巴马州造成灾难性的破坏，引发全球媒体关注。

发展到现在，气象信息全球化不仅体现在重大气象灾害发生时全世界铺天盖地的媒体报道，更体现在随时随地，只要你想，立刻就能获得全球几乎任何一个地方的天气预报预警、气候状况及各类气象生活指数。

### 1.2 气象传播者竞争全球化

作为传播行为的发起者，气象信息传播者也经历了由简单到复杂，由单一到多样的变化。从简单的政府加媒体组合到政府、企业、社会组织、个人及各种各样的媒介主体，气象传播者的队伍从未像今天这样壮大过。然而，由于越来越重视气象传播的内容及效果，他们之间的竞争也从未像今天这样激烈过，并且突破了国家、民族的地域局限。

与政府传播不同，企业传播是一种商业行为，为的是追求利润最大化。因此，在大数据时代，气象行业海量的数据资料成为全球各家企业青睐的对象。2016年1月，IBM斥20亿巨资收购天气公司除天气频道之外几乎所有资产，并推出了一款针对企业用户个性定制、能准确预报0.2~1.2英里小尺度局地天气的预报模式。事实上，两年前，谷歌也曾提出要收购天气公司的数据业务，但没有谈拢。除了全球知名企业，在俄罗斯，其最大的网络公司Yandex也在发布短时临近天气预报、实时更新小尺度区域天气提升用户体验方面下了很大功夫，并计划将其天气服务推广至巴西、印度、墨西哥、美国、英国等国。

### 1.3 气象传播者协作全球化

在竞争全球化的同时，气象传播者之间的协作也在全球范围内广泛展开，而且密切程度越来越深。

其中，最具代表性的就是2016年12月6日生效的《巴黎协定》。《巴黎协定》使得国际上又有了一个

具有法律约束力的气候协议，填补了《京都议定书》第一承诺期2012年到期后一直存在的空白，并且，《京都议定书》只覆盖了主要发达国家，而《巴黎协定》由全球发达国家和发展中国家近200个缔约方共同签订，意义非凡。联合国时任秘书长潘基文对此表示：“曾经难以想象，现在不可阻挡。”用这句话来形容气象传播者之间的协作也毫不为过。

国际组织不但本身承担了气象传播者的重要角色，还协调和推动了各气象传播者之间的合作。在世界气象组织（WMO）官网上，在全球或部分区域开展的国际合作计划就有32项之多，涉及空间天气、农业气象、洪水预警等多个方面；在每年3月23日世界气象日之际，发动全球气象部门共同就一个主题开展庆祝活动。

#### 1.4 全球范围内气象传播公认的规则和价值理念得以形成

传统看来，由于气象传播都是本国家或地区内的事情，各国历史、国情、文化和利益的不同，各国的气象传播规则都有彼此的差别。但公众对准确及时气象信息的需求已成为全球共识。在这种需求的引导下，各机构、组织通过激烈的竞争和深入的合作，逐渐形成了公认的规则和价值理念，如：气象预报预警的时效性、准确率和精细化程度至关重要，无论传播者身份如何，谁的气象信息越及时、越准确、越精细、越贴心，谁就越能吸引到更多受众的支持，也越能得到同行尊重；气象信息只有与行业、生产、生活紧密结合，才能使其效益最大化，因此针对不同行业、不同领域，制作、加工和传递有针对性的气象信息尤其重要；携手应对气候变化是全人类共同的责任，没有任何国家、团体或个人可以置身事外、独善其身；在任何气象灾害的报道中，尊重生命、彰显人文关怀是普世的价值观和准则。

## 2 气象传播全球化的原因

### 2.1 经济全球化是气象传播全球化的基本原因

全球化首先是经济的全球化，在经济占主导地位的基础上，世界各种民族和文明在多种领域内逐渐进行交流和融合。在这一过程中，天气气候信息的重要性得以凸显，它影响到生产的效益，贸易和投资的盈亏，也是决定交通、旅游等民生相关活动安全性和舒适度的重要因素，由此催生了世界范围的气象传播需求。着眼于这种迫切需求，气象信息就意味着生产力和利益。谁最先掌握、提供了最有效的信息，谁就在市场上占上风。气象传播全球化的趋势正是为满足世

界范围内气象信息需求而发展起来的。

### 2.2 全球利益一体化是气象传播全球化的根本原因

在全球化中，世界上各个主体并不是孤立的，而是彼此联系、合作，存在着共同利益，如全球环境问题、生态问题、疾病和健康、和平发展问题等，都关系地球上所有人的利益。正是这些共同的利益使全世界不同文化、不同信仰的人注意力集中到一起，共同关注世界上每个角落发生的事情。

### 2.3 气象科学发展是气象传播全球化的自然基础

气象科学发展不断证明了地球表层环境的整体性：一个圈层的变化会导致其他圈层的变化，一个地区的变化会引起其他地区的变化，局部变化也会引致半球甚至全球环境的变化。以厄尔尼诺现象为例，原本它只是指南美洲西海岸向西延伸、经赤道太平洋至日期变更线附近的海面温度异常增暖的现象。但从20世纪70年代起，科学家发现厄尔尼诺是全球异常天气的重要原因。近年来，事实更加清晰：在厄尔尼诺年，印度尼西亚、澳大利亚、南亚次大陆和巴西东北部均出现干旱，而从赤道中太平洋到南美西岸则多雨。中国东北可能出现低温，全国大部分地区降水可能偏少。

另一方面，气象科技的进步则让全球气象监测、高分辨率的全球气象预报和高质量的全球气象服务成为可能。欧洲中期天气预报中心的全球数值模式可以提供分辨率达9 km的全球数值预报产品；中国气象局GRAPES全球预报系统也能为东南亚和中亚等地区提供洪水、暴雪、强风、干旱等灾害性天气事件预测信息。

### 2.4 信息传播方式变革是气象传播全球化的技术基础

在20世纪很长一段时间里，无论在中国，还是在欧洲等发达国家和地区，大众信息传播方式主要由报纸、广播、电视媒体组成。从20世纪90年代开始，几乎与经济全球化同步，国际互联网在全球范围内打破了“三足鼎立”的格局，而经济全球化与国际互联网之间相生相依、彼此促进的关系也颇耐人寻味。现在，全世界网络、手机、移动终端、微博、微信、app等新媒体和自媒体迅猛发展，网络、数字技术出现裂变式发展，互联网呈现出移动化、社交化、视频化、个性化和碎片化等诸多新特点，大数据和云计算能为人们提供海量信息，从而满足不同的人的个性化的信息需求。

这种变革使气象传播全球化在技术上成为可能。数值预报产品可以通过“气象云”实现快速共享；气象服务信息通过新媒体手段和社交网络平台得到更快

速和更广泛传播,受众还可实时反馈、评价,甚至提供信息,将原本的单向传播变为双向甚至多项互动传播,将自己变成气象传播者。以全球天气精准预报网(The Weather Underground)为例,截至2016年,它汇聚了全球超过20万个个人气象站。这些气象爱好者将放在家里或院子中的气象站实时监测数据分享上传,相应可以接收该网提供的定制位置天气预警、14d天气预报服务,长期积累后,还能获得所属站点的气候趋势。由此可见,借助新的手段,参与气象传播的方式愈加多样和便捷,气象传播者与受众的身份也不再具有严格界限,这为气象传播全球化提供了重要的技术基础。

### 3 气象传播全球化的积极影响

#### 3.1 促进气象科技进步,提升气象服务质量

曾任欧洲中期天气预报中心主任的阿兰·索普和同事2015年9月在《自然》杂志封面文章中将数值预报近30年的巨大进展称之为“静悄悄”的革命。值得关注的是,过去十年,几乎所有数值预报模式都取得了明显进步。英国气象局科学部主任安迪·布朗指出了其中一个原因:在这个密切联系的国际化世界中,友好竞争和大量信息共享是这些中心的常态。

#### 3.2 气象传播全球化是全球气候治理的监督力量

在全球气候治理行动中,这一点尤为突出。今年6月1日,特朗普宣布美国退出《巴黎协定》。消息一出,国际社会一片哗然。全世界各个国家,从政治首脑、科学家、商人到普通公众,对其谴责、批评之声不绝于耳。在如此强大的舆论压力之下,特朗普虽仍未改变自己的决定,但这种力量已经更加激发了美国国内部分州府、大批经济活动遍及全球的美国企业及影视明星、普通公众等自发行动,携手应对气候变化。

### 4 气象传播全球化中存在的问题

#### 4.1 传播力量、传播流向、传播内容不均衡现象依然存在

在气象传播全球化进程中,居于主导地位的仍是欧洲、美国、日本等强势地区和国家。他们借助最先进的技术和最发达的网络,及强大的资本力量,在传播中输出自己的技术方式和价值理念,使其成为其他弱势地区和国家模仿的“范本”。由此,不可避免地,会导致全球范围内气象传播力量、流向的不均衡。

#### 4.2 国际化气象谣言频现

传播方式的变革使气象信息发布、接收更加便捷,但在硬币的另一面,气象谣言的传播也更加方

便。在气象传播全球化趋势下,一些广为传播的谣言或误解开始呈现国际化。

在中国,每逢大雨,有城市出现较大面积积水时,德国慕尼黑、法国巴黎、英国伦敦及日本东京等城市下水道“神话”就会被人反复提及。且不论这些城市的下水道工程是否有描述的那么神奇,但它们并不能保证让城市永不积水。人们常常忽略,暴雨中的巴黎、伦敦、东京也曾屡屡“看海”。

今年7月3日,非洲东部国家肯尼亚位于赤道附近的Nyahururu地区迎来降“雪”,在全球社交媒体上引发了一场狂欢。我国一篇微信公众号文章标题直指“肯尼亚7月飘雪,是天降异象还是大选造势”,传播甚广。事实上,当地气象局首席专家7月5日就表示,赤道地区不可能下雪,这并非雪,而是非常细密的冰雹。

由此可见,作为气象传播者,特别是权威政府部门、社会组织、媒体和企业等应当对气象信息进行甄别,确认其准确性后再行传播。当谣言开始蔓延时,也应及时辟谣,确保受众接收到正确的气象信息。

### 5 小结

气象信息传播全球化的本意就是要打破各种空间的限制壁垒,突破国家和民族的地域限制,从而在全球范围内实现气象信息资源共享,并进而在此基础上促进各国、各种类型气象信息传播者的交流和融合,最终提升全球气象服务的质量。从本质上看,气象传播全球化具有积极且进步的历史意义。

随着我国经济的崛起和社会的发展,对我国政府、组织、媒体、民众来说,应积极参与、主动迎合气象信息传播全球化的趋势,在资源更大程度共享的基础上,借助新媒体等力量和手段,积极参与国际气象竞争与协作,努力提高自身的气象服务水平和气象传播能力,并争取机会主导创建全球气象行业公认的规则与理念,提升我国在全球气象领域的话语权。

#### 深入阅读

- 陈力, 2004. 现代新闻传播全球化的发展与启示. 郑州: 郑州大学.  
樊晓国, 1998. 西方媒体关于中国洪灾报道的分析. 国际新闻界, (z1): 21-25.  
沈正赋, 2015. 信息采制主体及其传播方式的历史嬗变与现代转型. 现代传播(中国传媒大学学报), 37(8): 12-18.  
张格苗, 译, 2016. 欧洲人照亮了天气预报. 中国气象报, 2016-01-27(3).  
Anthony G., 1990. The Consequences of Modernity. New York: Policy Press.

(作者单位: 中国气象报社)

# “驼峰航线”与丽江气象机构的建立

■ 李武春 李鑫

1942年，中国抗日战争正处在相持阶段。这一年，日本占领了缅甸，切断了滇缅公路，阻断了中国经海路和陆路获取战争物资的通道。为了中国抗战补给的需要，中美两国开辟了一条从印度丁江到中国云南昆明和四川宜宾的空中运输通道，因这条通道要经过喜马拉雅山、高黎贡山和横断山脉，沿途高峰起伏，犹如骆驼的峰背，故称“驼峰航线”（图1）。

“驼峰航线”始于1942年，终于第二次世界大战结束之时。担任“驼峰航线”运输任务的是美国航空队和中国航空公司。该航线成为中国抗战时期的一条重要补给线，在抗战中发挥了极其重要的作用，为抗战的最后胜利做出了巨大贡献，但同时也付出了惨重的代价。在长达3年的艰苦飞行中，“驼峰航线”上无论是飞机还是飞行员，损失巨大。

飞越“驼峰航线”对于飞行人员而言是近乎自杀式的航程。“驼峰航线”上飞机坠毁有诸多原因，如机械故障、日本军机袭击、飞行员缺乏经验及气象条件复杂等。飞机从印度基地起飞到达中国云南丽江、昆明，要飞越怒江、澜沧江和金沙江之间的高山峻岭、深涧峡谷和漫无边际的原始森林。沿线天气气候



在丽江，不难查到当年飞机失事的记载，不难找到当年飞机失事的遗址。

极为恶劣，飞机频繁遭遇各种强对流天气：如暴雨、雷电、冰雹、强风，有时还伴有结冰、大雾等，可谓危机四伏。在丽江，不难查到当年飞机失事的记载，不难找到当年飞机失事的遗址。如1943年12月17日上午10—11时，一架美军运输机在太安乡海西村委会海西一社坠毁爆炸；1943年2月5日，一架美军运输机在石鼓镇四兴村委会8组坠毁；1944年7月30日，一架美军飞机在七河镇忠义村创初山上坠毁。

据史料记载，1944年7月30日在七河镇忠义村创初山上坠毁的飞机是因为遭遇雷雨天气。笔者查阅了当天金虹山观测站的气象观测资料，确有雷暴记录，但无降水记录。丽江地形复杂，立体气候明显，素有“一山四季”“十里不同天”等气候特点，遇局地性强对流天气，观测站只闻雷声没有降水的现象时常发生。

丽江地处中国西南部、云南西北部、青藏高原东南缘。因其特殊的自然地理位置和人文环境等原因，

丽江自然而然成为“驼峰航线”上的一个重要节点，发挥了极其重要的作用。1942年下半年，一个临时机场应运而生，场址在今丽江市玉龙县白沙镇玉湖村委会文华村民小组，取名白沙机场。同时，在当地民众的帮助下，在机场一角修建了航空站，有美国空军官兵驻守和值勤。航空站的主要任务是导航、救助、加油、修理。航空站设有一个气象站，建在白沙乡太平村，距机场2.5 km。



图1 “驼峰航线”示意图

在建航空站之前，丽江已有一个气象观测站，就是1942年5月民国政府中央气象局在丽江古城（今大研镇）金虹山弦天阁建立的测候所。金虹山观测站每天定时观测3次，分别是06、14和21时。观测记录的项目有气温、相对湿度、风向、风速、云、降水、能见度、天空状况、天气现象等。金虹山观测站保留下来的资料记录始于1943年1月1日。从当时保留下来的地面气象观测记录资料看，全部是金虹山弦天阁观测站的数据，而非机场观测站的数据。由此分析，当时为“驼峰航线”提供气象保障服务的实际应该是金虹山观测站，白沙机场气象站只是金虹山观测站设立的一个观测点。当时供气象通信联络用的电台不在机场，而是设在丽江古城兴文小学南院。

第二次世界大战结束后，金虹山弦天阁观测站继续保留，并延续至云南和平解放。1950年9月1日，西南军区司令部气象队接管了民国政府中央气象局所属的丽江金虹山弦天阁测候所，建立西南军区司令部航空站丽江气象站。1954年1月，气象站建制由军队转移地方政府。1955年3月，气象站建制又由地方政府收归省气象局领导。此后，丽江下辖的华坪、永胜、宁蒗、玉龙、古城5个县级气象机构相继成立，并随着气象现代化建设的逐步推进，气象业务、服务系统不断完善和发展。丽江气象观测站也一步步升格和拓展，1964年1月1日建立丽江高空气象观测站，1996年1月1日丽江地面观测站升格为国家基准气候站。

目前，丽江市、县气象机构已拥有集地面、高空、新一代天气雷达（图2）、农业气象、辐射、酸雨、雷电、GPS水汽通量等为一体的气象综合观测系统，集天气预报、气象科技、防雷、人工影响天气、气候评价、气象环境论证等为一体的综合服务系统。全市气象部门拥有国家基准气候站1个、新一代天气雷达站1个、高空探测站1个、太阳辐射观测站1个、酸雨监测站1个、区域自动气象观测站140个。气象服务涉及工业、农业、林业、水利、国土、环保、旅游、航空、消防等多个领域。



图2 2006年1月1日启用的丽江新一代天气雷达

通过数代丽江气象人的不懈努力，为丽江、为国家、为人类积累了长达70多年的气象资料。在获取、积累这笔宝贵财富的同时，丽江气象人还为当地国民经济和社会发展，以及国家航空航天事业提供了及时可靠的气象服务，做出了巨大的贡献。

（作者单位：李武春，云南省丽江市气象局；  
李鑫，云南省永胜县气象局）

## 大理国家气候观象台：十年创辉煌

——《大理国家气候观象台科研论文汇编》书评

### ■ 肖子牛

气象科学的发展萌芽于对大自然天气现象的观察，现代大气科学的兴起起步于对大气运动和变化的观测仪器的使用。可以说，大气科学的基础和根本是观测，大气科学是一门在观测中诞生、在观测中发展起来的自然科学。

随着时代的变迁，人类对大气的了解更加深入，对大气的观测也提出了更多、更广、也更精细的要求。我们要想知道明天天气的阴晴，也想知道几个月之后是否会有干旱的袭击，以及全球气候的变暖是否会毁灭人类的文明。这些答案可能都在观测里。虽然全球的天气气候千差万别，复杂纷纭，但其全部信息的总和中却蕴含着全球大气不断演变的脉搏。国家气候观象台，就是担负起这一重任的气候观测机构，这是坚守着人类气候安全的最前方的哨所。

为获取高准确性，高精度，能够反映几十年到一百年以上的尺度变化的气温、降水等基准观测资料，中国气象局在不同气候关键区，选择了五个具有区域代表性的气象观测站，建设用于进行长期、稳定、连续的气候观测的国家气候观象台，开展气候观测与技术研发与试验，大理国家气候观象台就是其中之一，也是西南地区唯一一个试点站。

国家气候观象台的观测是业务和科研的融合，丰富的观测产品和高水准的观测业务要求，带动了这一地区气象科研工作的开展。

《大理国家气候观象台科研论文汇编》就是2006年大理国家气候观象台成立以来当地气象科研工作者科研成果的荟萃。论文汇编分天气气



中国气象局在不同气候关键区，选择了五个具有区域代表性的气象观测站，建设用于进行长期、稳定、连续的气候观测的国家气候观象台，开展气候观测与技术研发与试验，大理国家气候观象台就是其中之一，也是西南地区唯一一个试点站。



气象出版社，2016年

候分析、特种大气观测资料分析与应用、气象设备维护和数据质量控制以及农业气象等4个主题，共计近60篇文章，展示了最近10年该站研究、业务人员撰写或参与撰写，并在各种科技期刊上发表的研究论文，全面反映了观象台在气象科学研究和业务中的价值。其中有不少解决实际业务需要的技术总结和科研成果，也不乏具备国际视野的学术佳作。这一著作不仅可以作为气候观测和应用的学科交流平台，也见证了国家气候观象台的建设如何带动了一个地区科学研究工作的过程和历史。

大气科学是一个古老而年轻的学科，气象是一个科研性很强的

业务工作。新的观测任务和新的观测结果，是这个学科或这个行业前进的推动力。按中国气象局曾经的设想，大理国家气候观象台仅仅是全国五个国家气候观象台试点站之一，今后还会建立更多的国家气候观象台，以更好地做好防灾减灾和应对气候变化的工作。很遗憾由于一些原因，国家气候观象台的建设工作停顿了十年。但国家气候观象台的建设还会在将来重新起步，也将有更多的气象科研的优秀群体和团队在国家气候观象台的推动下成长起来，为中国成为一个气象强国做出贡献。

(作者单位：中国科学院大气物理研究所)

# 高被引论文选编

## “气候基准站”主题

来源数据库: SCI-E和CAJD, 检索时段: 2015—2016年

**美国气候基准站网 (USCRN) 和合作观测计划 (COOP) 网的观测视角: 基于温度和降水的对比**——Observational perspectives from US Climate Reference Network (USCRN) and Cooperative Observer Program (COOP) Network: Temperature and precipitation comparison. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2015, Vol. 32, No. 4.

美国合作观测计划 (COOP) 网于20世纪90年代初形成, 提供逐日的温度和降水观测。然而, 自然进气温度传感器和非屏蔽降水量测仪的手动观测常常导致气象测量的不确定性。NOAA国家气候数据中心 (NCDC) 为提高观测质量, 通过改进观测技术 (布设通风温度传感器、屏蔽式降水量测仪) 和测量技术 (自动化和冗余传感器), 建立了美国气候基准站网 (USCRN)。USCRN旨在提供高质量和连续的观测资料, 以监测长期的温度和降水趋势, 并提供独立参考, 以便与其他数据集/网络进行比较。美国北卡州气候研究所的Leeper等评估了USCRN和COOP计划之间不同的技术和操作选择对温度和降水观测的影响。比较发现, 自然进气的COOP传感器通常比USCRN观测的日最高温度高 $0.48^{\circ}\text{C}$ , 日最低温度却低 $0.36^{\circ}\text{C}$ , 而且站点之间的变化相当大。对于降水, COOP观测的季节性降水总体略有增加 (1.5%)。COOP测量仪对风造成的偏差 (无屏蔽) 敏感, 尤其在冬季更为明显, 冬季COOP观测值比USCRN低了10.7%。相反, 在夏季, 湿润因子和量测仪器蒸发是USCRN偏差的来源, 导致在

较暖的月份, COOP观测值要高。COOP观测中的不一致性 (例如, 多日观测、时间偏移、记录错误) 使得USCRN和COOP之间的比较更加复杂化, 并导致随着时间的推移、仪器和观测者的变化而变化的独特的偏差分布。

**一种全球气候基准站网的设计理念**——A global climate reference network. *Weather*, 2015, Vol. 70, No. 4.

全球性的陆地气象观测始于大约1850年, 在海洋上, 海表温度的观测从帆船时代就开始了。时至今日, 伴随着自动气象站 (AWS)、卫星观测的发展应用, 气象观测的技术手段已经大大提高。然而, 不同仪器观测的精度、时空分辨率和稳定性往往存在差异, 而且目前许多观测仪器不能满足检测小的、缓慢的气候波动所要求的精度。为此, 英国TerraData公司 (主要致力于气象和水文数据采集咨询) 的总监Ian Strangeways提出了一种可用于气候监测的新的全球气候基准站网的设计理念。在其看来, WMO的全球气候观测系统 (GCOS) 不过是从

现有的业务运行的气象站中选取一部分进行组合, 其中, 传统的人工观测站占据了相当比例, 但世界上不同国家之间、甚至同一国家内的气象观测标准和仪器维护都缺乏统一的标准, 以及气象站点分布的不均匀、AWS和传统观测之间的衔接问题等等, 都影响到气候变化监测的准确性。研究高度评价了美国气候基准站网 (USCRN) 的设计, 认为其能满足全球气候监测站的所有要求, 能够做到气候数据的长期、准确、稳定和無偏差的收集, 下图即是一个典型的USCRN站点观测仪器设置示例。尽管USCRN对于全球气候基准站网的设计具有很好的借鉴意义, 但研究也提出了一些改进措施, 比如, 成本的降低、设计的适度简化、最具代表性的站点数量及分布 (取决于所观测变量本身的特征、区域大小和所需的时间分辨率)。

**使用美国气候基准站网评估美国历史气候数据集均一化的影响**——Evaluating the impact of US Historical Climatology Network homogenization using the US Climate Reference Network. *Geophysical Research Letters*, 2016, Vol. 43, No. 4.

在美国历史气候数据集 (USHCN) 中, 包括台站迁移、仪器变化和观测时间变化在内的许多不均匀性因素, 导致长期温度趋

Instruments at a Typical USCRN Station



势的评估复杂化。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）和其他组织采用自动成对相邻比较方法对原始温度记录进行了不均匀性的检测和校正，但由于受到美国均一化的大趋势影响，这些检测和校正存在争议。新的美国气候基准站网（USCRN）提供了一套均匀的表面温度观测数据，可以作为对原始USHCN站点进行订正的有效实证检验。通过比较邻近的USHCN和USCRN站，美国加州大学伯克利分校的Hausfather等发现，2004—2015年，订正使得USHCN站的趋势和月距平与网络重叠时相邻的USCRN站相似。这些结果提高了对均一化表面温度记录的可靠性的信心。

### 南京市PM<sub>2.5</sub>扩散与气象条件的关系——《环境监测管理与技术》2016年第28卷第1期

姜迪等使用2013年PM<sub>2.5</sub>监测数据和南京气候基准站的气象资料，分析PM<sub>2.5</sub>扩散与气象条件的关系。结果表明：PM<sub>2.5</sub>质量浓度与降水量有良好的负相关关系；较大混合层厚度和不稳定的大气层结有利于PM<sub>2.5</sub>质量浓度的降低；在南京地区，PM<sub>2.5</sub>质量浓度在东北风向和西南风下相对较低，而且与风速也有较好的负相关性；较高的湿度不利于PM<sub>2.5</sub>质量浓度的降低，并会影响能见度，60%~70%的湿度区间是PM<sub>2.5</sub>污染加重的转折点。

### 高污染下云凝结核对雨、雾滴谱的影响——《中国环境科学》2016年第36卷第9期

方莎莎等利用气候基准站、云凝结核计数器、雾滴谱仪和雨滴谱仪等观测资料，分析威宁污染时期云凝结核（CCN）对雨雾滴谱的影响。结果表明：观测期间威宁CCN数浓度很高， $S=0.2\%、0.4\%、0.6\%$ 和 $0.8\%$ 时的平均CCN浓度分别为2884、8003、10470、11685  $\text{cm}^{-3}$ ，与部分重污染城市相当；CCN有明

显的日变化特征，分别在12:00、16:00和20:00出现峰值，与居民生活排放、火电源排放、湍流交换和气象条件等有关；利用 $N=CS^k$ 拟合威宁CCN活化谱，平均拟合参数 $C=14288 \text{ cm}^{-3}$ ， $k=0.8$ ，表明该地属典型大陆型核谱；威宁冬季云层薄、云顶低的云系特点提供了宏观天气背景，高浓度CCN是导致此次雨、雾过程弱，滴谱窄的重要微观条件。

## 编辑选编

使用北美区域再分析资料分析北美南部大平原地区陆-气耦合的季节和年际变化——Seasonal and interannual variability of land-atmosphere coupling across the Southern Great Plains of North America using the North American regional reanalysis. *International Journal of Climatology*, 2017, in press.

土壤湿度是一种变化相对缓慢的陆表变量，对陆-气反馈过程的产生与维持具有重要影响。北美南部大平原是受到土壤水分和降水交互作用强烈影响的区域之一。美国俄克拉荷马大学的Basara等使用1979—2014年的北美区域再分析数据集，通过分析北美南部大平原（SGP）中尺度陆-气耦合（LAC）时空分布的季节和年际变化特征，研究了土壤湿度变化通过影响潜热通量（SM-E）进而对降水（E-P）带来的影响。结果表明，在南部大平原，SM-E关系在时间和空间上呈现出明显的季节演变，与湿润的夏季月份（6—8月，JJA）相比，旱季夏季期间的E-P关系更强。此外，季节内以及年际尺度上陆-气耦合的变率较大，而对于年际间的空间和时间关联，并没有特定的区域显示出一致的耦合特征。因此，研究结果表明，虽然SGP整体上对陆-气耦合敏感，但特定区域受耦合影响的程度可能与嵌入在天气条件以及区域气候中的中尺度非局地因素有关。

北半球遥相关型预报时效3~4周的预报因子和预报技巧——The predictors and forecast skill of Northern Hemisphere teleconnection patterns for lead times of 3-4 weeks. *Monthly Weather Review*, 2017, Vol. 145, No. 7.

太平洋—北美型（PNA）、北大西洋涛动（NAO）和北极涛动（AO）是三种主要的大气遥相关型，会强烈影响北半球12月至次年2月的天气。美国Scripps海洋研究所的Black等使用偏最小二乘回归（PLSR）方法，对1980—2003年预报时效长达5周的三种遥相关型指标进行了冬季两周统计预测。PLSR方法通过将包括射出长波辐射（OLR）、300 hPa位势高度（Z300）和50 hPa位势高度（Z50）在内的预测场进行线性组合来确定预测因子指标，使得预测因子指标解释的方差达到最大，从而产生遥相关型预测指数。总体而言，PLSR模型在长达5周的预报时效内都能产生统计显著的技巧，特别是第3~4周PLSR联合预测和PNA、NAO、AO指数验证之间的交叉验证相关性分别为0.34、0.28和0.41。PLSR方法还允许隔离少量预测型，有助于揭示每个遥相关型的预测技巧的来源。如预期的那样，结果揭示了热带对流（OLR）对于3~4周期间的预测技巧的重要性，但初始的Z300也占据了很大一部分技巧。总体而言，本研究的结果为改善次季节—季节（S2S）预测提供了前景，并对在这些时间尺度上的可预测性进行了物理解释。

应用于林业领域的高空间分辨率极端风速的变异性估计——Estimation of the high-spatial-resolution variability in extreme wind speeds for forestry applications. *Earth System Dynamics*, 2017, Vol. 8.

生物经济在减缓气候变化和国家经济可持续发展方面正发挥着越来越大的作用。在芬兰这样的森林国家，目前的生物经济50%以上依赖于

森林资源的可持续管理和利用。风灾是芬兰森林面临的主要风险之一，对风灾脆弱地区的高空间分辨率极端风速进行分析，有助于森林经营计划的风险评估。为此，芬兰气象研究所的Venäläinen等研究了采用20 m空间分辨率的土地利用数据集和高分辨率高程数据，利用风速乘法因子方法对最大风速进行空间降尺度的可行性。研究首先利用ERA-Interim再分析数据，计算了粗空间分辨率上的最大风速10年回归水平。然后，使用地统计技术，将计算结果降尺度到26个气象站的位置，以代表环境的多样性。通过与站点观测数据比较发现，降尺度后的10年回归水平是站点观测到的变化的66%。另外，将使用风速乘法因子降尺度得到的10年回归水平与WAsP模型的模拟结果进行比较，发现二者出现差异的区域主要位于芬兰北部，尽管空间变异特征大体相似，但在某些局部地区存在较大差异。结果表明，风速乘法因子方法提供了一种可行的风速降尺度工具，可用于在高空间分辨率下识别具有最高森林损害风险的位置，也可用于为风力损害风险模型计算提供必要的风力气候信息，从而可估计风灾预测风速阈值的概率，以及估计森林的风灾风险概率。

**基于卫星和地面观测的欧洲1983—2010年地面太阳辐射趋势**——Trends in downward surface solar radiation from satellites and ground observations over Europe during 1983–2010. *Remote Sensing of Environment*, 2017, Vol. 189.

地面太阳辐射（SSR）是全球能量平衡和气候系统的重要组成部分。西班牙比利牛斯生态学研究所的Sanchez-Lorenzo等研究了基于卫星和地面观测的欧洲1983—2010年SSR的变化趋势。研究首先介绍了卫星遥感反演的各种天气状况下的SSR特征，结果显示，欧洲大部分地区的SSR出现了增长，特别是20世纪90年代中期以来，在中部和北部地区以及春季的

增长尤为明显。整个欧洲，从1983年到2010年，SSR平均每十年增加至少 $2 \text{ W/m}^2$ ，考虑到卫星反演产品缺乏气溶胶变化的影响，卫星反演的SSR的增长可能主要与云辐射效应的降低有关。其次，基于地面观测和卫星反演的各种天气状况下SSR数据之间的差异，导出了残差序列，结果显示，残差在1983—2010年间大幅增加，中欧和东欧每十年高达约 $2 \text{ W/m}^2$ 。这些残差时间序列的空间变化与以往文献中报道的欧洲晴空下的SSR趋势一致，这可能表明，残差系列中的差异不仅是由卫星反演产品中的校准问题所能解释的。

**使用高分辨率遥感植被产品对粗分辨率土壤水分数据进行空间降尺度**——Spatial disaggregation of coarse soil moisture data by using high-resolution remotely sensed vegetation products. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2017, Vol. 14, No. 9.

澳大利亚新南威尔士大学的Kim等提出了一种新颖的土壤水分（SM）降尺度方法，该方法仅通过遥感植被指数即可对粗空间分辨率的土壤水分数据实现空间降尺度。本质上，该方法基于植被与特定时间段的SM积分之间的条件关系，将粗尺度的SM数据降尺度到植被产品的空间分辨率。该方法提出的一个重要前提是考虑到SM与区域植被条件的相互作用，SM降尺度数据应该能从一个时间段平滑过渡到下一个时间段。研究通过采用2010年1月—2011年12月的高分辨率（250 m）MODIS归一化植被指数（NDVI）数据，对粗分辨率的ESA CCI（欧空局气候变化倡议项目）土壤水分数据进行降尺度，并与在美国和西班牙进行的连续两年（同期）的地面土壤水分观测数据进行对比，验证了该方法的效果。此外，研究还将降尺度结果与现有的但需要地表温度（LST）数据的同类降尺度方法进行了对比。结果表明，本研究提出的方法可以提供具有合理

空间变异性的高分辨率的SM数据，而且，本方法中的SM-NDVI关系可以替代同类方法所需要的LST信息。

**条件非线性最优扰动和繁殖向量相结合的一种集合预报方法**——《科学通报》2017年第62卷第21期

集合初始扰动的好坏对集合预报效果有着至关重要的影响。为了产生能够捕捉到初始场不确定性的初始扰，在不考虑模式误差的情况下，周仕政等用Lorenz-96模式探讨了条件非线性最优扰动（conditional nonlinear optimal perturbation, CNOP）在集合预报中的应用，并与传统的增长繁殖模方法（breeding of growing mode, BGM）进行了比较。发现用CNOPs代替 $L_2$ 范数较大的繁殖向量（breeding vectors, BVs）的集合预报技巧明显高于BGM方法。在分析误差是快速增长型扰动的条件下，新方法对预报结果的改善幅度随预报时间的延长而增大，特别是在中期预报范围（6~14 d）内，改善效果更加明显。按照通常距平相关系数（ACC）不小于0.6则视为有效预报的标准，新方法和BGM方法得到的集合预报相对于参照预报而言，都能够将有效预报时间延长4 d左右。

**气候变暖背景下降水持续性与相态变化的研究综述**——《气象学报》2017年第75卷第4卷

持续性降水和固态降水（或近地面气温为 $0^\circ\text{C}$ 左右的降水）都能导致洪涝和低温雨雪冰冻等灾害性的极端事件，对人民群众生命和财产安全以及社会经济发展也会造成严重危害。目前中外围绕降水量、极端降水事件变化等已开展了大量研究，但在降水持续性和相态变化的特征及其影响机理方面的研究仍显不足。因此，围绕降水持续性和相态变化的相关研究，翟盘茂等对近20余年来取得的一些重要研究进展进行回顾。研究指出，在气候变暖背景下降水持续性和相态变化的特征在全球范围内表现出了区

域上的不一致性。有关降水持续性变化方面,中国南方地区持续性降水过程及其产生的降水量呈现增多趋势,但北方地区呈现减少的趋势,而西南地区长持续性降水呈下降趋势。至于降水相态变化方面,中国南方地区持续性雨雪冰冻事件在气候变暖背景下总体呈减少趋势。这些变化除了与气候变暖有关外,可能还与大气遥相关模式、低频振荡及ENSO事件等引起的大气环流异常有关。今后应该更多开展气候变暖背景下降水持续性和相态变化的特征、可能机理以及其与气候变暖的可能联系方面的研究,以期通过相关研究深入理解中国降水持续性与相态变化的规律、成因及其与旱涝、低温雨雪灾害等的联系,进一步加深对气候变暖背景下中国天气、气候的影响及其机理的认识。

#### 塔克拉玛干沙漠和戈壁沙尘起沙、传输和沉降的对比研究 ——《中国科学(地球科学)》2017年第47卷第8期

塔克拉玛干沙漠(Taklimakan Desert, TD)和戈壁沙漠(Gobi Desert, GD)是东亚两个最主要的沙尘源区,对区域甚至全球的能量收支、生态系统及水循环过程都有非常重要的影响。陈思宇等利用WRF-Chem模式(The Weather Research and Forecasting model with Chemistry)对比研究了2007—2011年不同季节TD和GD地区的起沙、传输以及沉降情况,探讨了TD和GD地区对整个东亚地区沙尘的贡献。研究表明,地形、海拔高度、热力条件以及环流条件的差异导致了两大沙源区在沙尘释放、抬升能力以及远距离输送等方面均有很大不同。GD地区地形平坦,海拔高度相对较高,上空位于南北两支急流汇合处,高空风速大,深厚的对流混合促使高空急流下沉支将更多的高空动量不断下传到对流层中层,导致GD地区中低层风力增大,有利于GD沙尘的垂直抬升。因此,在强西风急流的作用下,GD沙尘容易进

行远距离输送,是东亚地区最主要的沙尘贡献区域。春、夏季节GD沙尘传输量分别约占起沙量的35%和31%。TD在东亚地区的起沙能力最强,春季起沙通量为 $70.54 \text{ Tg}\cdot\text{a}^{-1}$ ,占东亚地区起沙的42%。然而,TD地区身处盆地、三面环山,且近地面多以东风为主,沙漠上空风速较小,因此TD地区不利于沙尘传输,大量沙尘在扬起后又重新沉降到地表(总沉降量约为 $40 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )。只有当TD沙尘抬升到4 km以上才能进入西风带开始远距离输送,对整个东亚地区沙尘的贡献相对较小,春、夏季节TD沙尘传输量分别约占起沙量的25%和23%。

#### Ka波段固态发射机体制云雷达和激光云高仪探测青藏高原夏季云底能力和效果对比分析 ——《大气科学》2017年第41卷第4期

激光云高仪和云雷达是探测云底的两种设备,但其探测能力和探测结果有一定的差异,对比分析两种设备的测云效果有助于正确认识它们的探测优势,推进我国云雷达在云探测中的应用。吴翀等提出了基于云雷达数据的云底和云顶高度分析方法,利用2014年夏季第三次青藏高原大气科学试验云雷达、激光雷达和激光云高仪数据,统计了三种设备探测青藏高原低云、中云和高云的云底高度偏差、探测率,分析了激光云高仪探测云底偏高的原因,根据探测结果提出了固态发射机体制雷达探测青藏高原低云的优化观测模式,模拟分析了探测效果。结果表明:1)云雷达对高云的探测能力要明显优于激光云高仪,但其对低云的探测能力有待改进,激光云高仪探测云底下部的边界层内的云雷达回波信号可能是非云降水回波;低层云的遮挡作用明显降低了激光云高仪对多层云的观测能力;与激光云高仪相比,云雷达仍然会漏掉一些高云和中云。2)激光云高仪探测的中云和高云的云底很多在云雷达回波内部,云雷达和激

光云高仪观测的云底的时空对应关系比较差。3)增大激光发射功率和优化固态发射机体制云雷达观测模式可提高云的观测能力,微波和激光雷达数据融合可全面了解不同类型云的宏观特征。这一工作为云雷达和激光雷达数据的应用,评估激光云高仪和云雷达探测青藏高原云的能力,讨论设计优化的云观测方案,为推进我国云观测技术的发展提供了重要参考依据。

#### 积雪在El Niño影响东亚夏季气候异常中的作用 ——《地球物理学报》2017年第60卷第9期

王妍凤等利用1948—2010年Global Land Data Assimilation System (GLDAS) NOAH陆面模式资料、GPCC月平均降水资料和NCAR/NCEP全球月平均再分析资料,采用滤波、距平合成和线性相关等方法,分析了El Niño成熟位相冬季欧亚大陆积雪异常的分布特征,研究了关键区积雪融化对后期春、夏季土壤湿度、土壤温度以及大气环流与降水的影响,揭示了El Niño事件通过关键区积雪储存其强迫信号并影响东亚夏季气候异常的机制和过程。主要结论如下:El Niño成熟阶段冬季伊朗高原、巴尔喀什湖东北部和青藏高原南麓区域是雪深异常的三个关键区,这些区域的雪深、雪融和土壤湿度有明显的正相关;这三个关键区雪深异常通过春季融雪将冬季El Niño信号传递给春、夏季局地土壤湿度,通过减少感热通量和增加潜热通量对大气环流产生影响;春末夏初伊朗高原土壤湿度异常对东亚夏季气候异常的影响最大,其引起的降水异常与El Niño次年夏季降水异常分布基本一致,春夏季青藏高原南麓和巴尔喀什湖附近土壤湿度也都明显增加,均会对中国华北降水增加有显著正贡献。在利用El Niño事件研究和预测东亚夏季气候异常时,还应考虑关键区雪深异常对El Niño信号的存储和调制作用。

## 《《 涓流细雨 》》

“In addition to constellations, [Surrey Satellite] remains committed to producing affordable one-off satellites, and re-use of module designs, [and] judicious use of [off-the-shelf commercial] technology. Short time-scale and one-roof design and manufacture are all enduring keys to the lower-cost, small-satellite approach. Nevertheless, the increasing acceptance of constellations of satellites is an interesting development that is closely coupled to the concept of keeping the costs down. Not only does the constellation produce major technical benefits such as increased temporal and spatial coverage supporting new user capabilities and applications, but also, the higher volume of satellites in production can be used to bring the individual satellite cost down further.”

“除了地球观测星座，公司还将研发可行的一次性卫星，模块设计的再利用和现成的商业技术的判断使用。短时间和一体化设计、制造，都是确保低成本小卫星发展的关键。然而，越来越多卫星星座的出现是一个有趣的发展方向，它与持续降低成本的概念完全耦合。星座不仅产生增加时空覆盖这样的技术效益以支持新用户的能力和应用程序，而且，生产更多体积的卫星，还能让单一卫星成本进一步下降。”

——“今日卫星”网站今日发表“回顾小卫星的挑战和机遇”文章，介绍了近年来全球小卫星事业的发展，在“新地球观测星座”一节，文章指出，地球观测是小卫星在商业领域取得收益之外的另一个重要领域。例如，英国萨利卫星技术公司（Surrey Satellite Technology Ltd）支持多国小DMC（灾害监测星座）系统的开发，其星座地面分辨率为32 m，扫描带宽640 km。而土耳其的Bilsat-1系统能够提供12 m分辨率的黑白照片和24 m分辨率的彩色照片。中国Beijing-1卫星照相机的分辨率更是达到了4 m。这些小卫星项目都将支持“空间与重大灾难国际宪章”（International Charter on Space and Major Disasters）项目。文章借萨利卫星技术公司的CEO Martin Sweeting先生的话，描述了小卫星开发的优势所在。

“These capability requirements are brought into sharper focus when you consider that our country is potentially more exposed to the impacts of climate change than most developed nations. Our location means that key factors that influence the climate in our region are not well represented in climate models developed by other countries. It is in our national interest to ensure our national climate science capability, built up over the past 50 years, is maintained. This will also mean Australia maintains its custodianship of many aspects of climate science research in the Southern Hemisphere.”

“这些能力需求，当考虑到我国较大多数发达国家可能受到更多气候变化影响时就显得更加需要重视。我们所处地点意味着影响我们区域气候的关键因子，在其他国家开发的气候模式中不会很好地表述。确保我们的国家气候科学能力是我们的国家利益所在，这种能力在过去50年里逐步建立起来，需要保持。这还意味着澳大利亚在南半球气候科学研究的诸多方面保持其地位。”

——针对澳大利亚科学院近日发布的对该国气候科学能力的评估报告（见本期封3），报告的主要作者，澳科学院院士Trevor McDougall教授如是说。

“That’s hugely challenging. It’s the difference between building a car that travels around Sydney and building one that wins a Formula One Grand Prix.”

“那是一个巨大的挑战。造车周游悉尼和制造一辆能获得一级方程式大奖的汽车不是一回事儿。”

——世界上第一个类似的气候变化相关诉讼案，2017年9月将在澳大利亚法院审判。两位纳税人Guy和Kim Abrahams于2017年8月8日将澳大利亚联邦银行告上法庭，指出其2016年行长报告中没能充分提示投资者气候变化风险，原告提出未来银行的年度报告中不应该省略这部分内容。针对这个诉讼案，位于澳大利亚悉尼的气候系统创新中心的气候学者Andy Pitman提出上述意见，他还进一步支持，研究者一直在警告企业界和政府，需要的气候模拟和相关气候服务领域加大投入，这样的投入能使得公众和私人用户获得预测和其他相关信息。

“Tim’s mixture of operational expertise and scientific knowledge make him an ideal choice for this position. His understanding of the vital collaborations between NOAA, private forecasting companies, and the academic community can help foster the movement of research to operational forecasting and advance the nation’s weather prediction capabilities. Furthermore, his knowledge of Earth system science and his ability to align that science with budget and programs will be essential to moving NOAA forward in the next few years.”

“Tim在业务实践和科学认知两方面的经历，使他成为这个位置的理想人选。他意识到在NOAA、私人预报公司和学术界之间的至关重要的合作，能够有利于研究向预报业务的转化和提升国家天气预报能力。而且，他对地球系统科学的认知，以及他将科学与预算和项目结合起来的能力，对于未来几年将NOAA向前推进十分关键。”

——在经过长时间等待之后，美国总统特朗普终于做出了关于NOAA官员任命的提名，只是这次他并没有直接提名NOAA局长，而是先提名了之前局长热门人选之一的，在美国海军任职的海军少将Timothy Gallaudet博士担任NOAA“二把手”。这位被称为Tim的在军队服役长达32年的海洋学者，至少得到了美国学界的欢迎，UCAR主席Antonio Busalacchi的上述表态比较积极。

“We believe the damage estimate from Irma to be about \$100 billion, among the costliest hurricanes of all time. This amounts to 0.5 of a percentage point of the GDP of \$19 trillion. We estimated that Hurricane Harvey is to be the costliest weather disaster in U.S. history at \$190 billion or one full percentage point of the GDP. Together, AccuWeather predicts these two disasters amount to 1.5 of a percentage point of the GDP, which will about equal and therefore counter the natural growth of the economy for the period of mid-August through the end of the fourth quarter.”

“飓风厄玛造成的损失将达1000亿美元，使其成为历史上破坏损失最惨重的飓风之一。该损失占美国19万亿GDP的0.5%。我们估计飓风哈维是美国历史上损失最大的天气灾害，达到1900亿美元，占GDP的1%。两次飓风损失相加，AccuWeather公司预计损失将达GDP的1.5%，这意味着抵消了美国8月中到年底的自然经济增长。”

——美国两个飓风相继登陆造成重大损失后，AccuWeather公司对飓风的损失进行了估计，并给出的结果。该公司的创建者和总裁Joel N. Myers博士介绍了估计结果。

欧洲中期天气预报中心2017年学术年会日前召开，本次会议的主题为“集合预报：过去、现在和未来”，参会专家在这次会议上，针对目前在各预报中心广泛使用的集合预报的发展历程进行了梳理，结合科技创新对集合预报的未来，进行了很好的展望。



“During the Seminar we will be discussing: 1) The root of ensemble prediction: what were the challenges 25 years ago? 2) Ensemble initial conditions. 3) Representation of model uncertainties. 4) Error growth, signal propagation and scales interactions. 5) End-to-end ensembles: a look into applications. 6) Ensemble verification and diagnostics. 7) Expanding the ensemble horizon.”

“会议期间我们将讨论：1) 集合预报的起源：25年前的挑战是什么？2) 集合预报的初始条件。3) 模式不确定性的表示。4) 误差增长、信号传播和尺度相互作用。5) 端对端集合预报：应用探索。6) 集合预报验证和诊断。7) 集合预报拓展。”

——25年前，ECMWF和NCEP同时推出全球中期集合预报产品作为其业务的一部分，集合预报系统也从研究正式成为业务预报的主要支持系统。集合预报也因此改变了数值天气预报的范式：从单一的确定性预报转变为给出预报范围，并可以推知未来可能的情景或者计算感兴趣事件的概率，从而在整体上估计预报的信度水平。本次会议的主持者之一，来自ECMWF的Andrew Brown先生在会议欢迎词中，开明宗义提出了会议的7大主题。

“[Ensemble prediction] First showing that it was, in principle, possible to predict the weather beyond a few days. Then, opening the field of dynamical probabilistic forecasting. Finally, pointing the way to practical solutions to the prediction of the mean and covariance leading to ensemble predictions and singular vector initial uncertainty sampling.”

“[集合预报]首先原则上表明，预报天气可以提前数天。第二，其开辟了动力概率预报领域。最后，指出了预报均值和方差的可行方案，使得集合预报和奇异向量开始了不确定性采样。”

——来自NCAR的Joe Tribbia在阐述了集合预报思想，从萌芽到受到关注，再到业务预报中应用过程后，这样总结和表述了集合预报在理论与预报实践上的意义。

“The application of ensemble ideas to monthly (and seasonal) forecasting was not controversial. What was more controversial is that ensemble forecast methods should be developed within what was referred to as ‘the limit of deterministic predictability’. Medium-range ensemble forecasting was treated with scepticism. Instead of probabilistic prediction, the thought at the time was that we should be trying to ‘forecast the forecast skill’ of the deterministic forecast. This turned out to be a forlorn hope, though it led to some very important scientific spin offs, such as how to perturb the initial conditions in a medium-range ensemble forecast.”

“集合预报的思想应用于月（和季节）预报没有争议。争议在于集合预报方法的开发应该结合被称为‘确定性的可预报性之极限’展开。中期集合预报值得怀疑，而概率预报的思想，曾经是尝试针对确定预报‘预报预报技巧’。这样的结果是孤注一掷，尽管带来了一些很重要的科学副产品，如在中期集合预报中如何扰动初始条件。”

——曾经在欧洲中期天气预报中心开创概率预报，现在在天津大学工作的Tim Palmer，一直在理论和实践两条路上，积极探索包括集合预报方法在内的概率预报的学科和业务发展方向，其在会上一席话，或许点出了集合预报作为一种预报途径，需要找到与经典理论的融合和交叉点。

“Ensemble of variational data assimilation methods are straightforward to implement upon existing 3D/4D-Var schemes. They provide perturbed states that can be used to initialize EPS, both at global and regional scales. Operational at Met-France and ECMWF. Next step is the development of ensembles of 4DEnVars competitive with existing EDA and/or EnKF.”

“集合变分数据同化方法的直接应用是基于已有的3D/4D变分方案。这样做得到的扰动状态可以初始化EPS，可以是全球系统或区域尺度。这在法国气象局和ECMWF已经业务化。下一步是开发4DEnVars，并和现有的EDA和/或EnKF进行竞争。”

——参会的来自法国气象局的Laure Raynaud详尽介绍了数据同化中的集合方法，指出了未来向4D发展的思路。

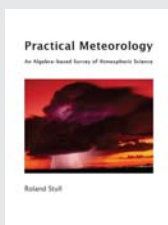
“Recent efforts have involved running the coupled Ensemble Prediction System with prognostic aerosols (CAMS model). Ensemble forecasts only have perturbed meteorology. Aerosol fields differ in the ensemble members as a result of perturbed transport. For natural aerosols, such as dust, whose emissions depend on wind, sources are indirectly perturbed. First ever attempt to produce a sub-seasonal prediction of aerosols.”

“近来的进展包括运行加入气溶胶的耦合集合预报系统（CAMS模式）。集合预报仅包含扰动的气象场，集合成员中的气溶胶场不同，这是因为扰动传输导致的。对于自然气溶胶，比如沙尘，其排放决定于风，来源是间接扰动的。[欧洲中期天气预报中心]最先试图制作季节内气溶胶预报。”

——来自欧洲中期天气预报中心的Angela Benedetti先生，以“空气质量和大气成分的集合预报”为题，全面介绍了该中心目前利用集合方法开展空气质量和大气成分预报的最新进展，他的介绍也表明，利用集合方法，空气质量预报在向更长时间尺度发展。

### 《实用气象》 2017年7月

这本最新出版的气象学实用教程，不仅可以在网上 ([https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical\\_Meteorology/](https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/)) 获取全书22章的内容，而且出版方加拿大英属哥伦比亚大学地球、海洋和大气科学系还鼓励读者指出书中各种错误或可改进之处，为图书再版汲取读者良好建议。



### 《澳大利亚气候科学能力评估》 2017年8月

澳大利亚科学院最新发表的这份评估报告，发现该国在气候模拟方面实力严重不足，主要欠缺表现在气候观测、对一些领域的气候认识以及包括气候预测的服务等方面。报告建议今后4年里，在4个领域里聘用77位气象科学家以加强该国气候科学能力。

### 《英国空间》 2017年8月

这本英国空间局主办的期刊，在2016年8月出版了最后一期纸版期刊后，今年重新包装和扩展，改为电子期刊重新出版。期刊支持全球读者网上预定后，出版机构在新刊出版后，推送给读者。



### 《2016年地球气候》 2017年8月

美国气象学会今年继续以BAMS增刊的方式，给出享有地球气候年度诊断报告美誉的年度全球气候状态分析。

## 媒体扫描

## MEDIA SCAN

### 《科学进展》 2017年8月

本期封面用一张印度工人饮水照片，突出了南亚地区湿热威胁人类生存的情况。本期给出中国香港和美国学者合作，分析南亚人口密集农业区面临致命热浪袭击的情况。



### 《建筑环境的微粒体》 2017年8月

美国科学院最新发表的这份报告的副标题为：室内微生物、人类健康和建筑物的研究议程。报告用6章建筑物内和微生物群落相关的污染及其与人体健康之间的联系，以及未来的相关研究框架。

### 《时代》 2017年9月25日

这本主导世界舆论风向的期刊，本期封面报道很应时地分析了美国不平静的夏末飓风带来的灾害，提出向灾害学习等观点。



### 《CGMS-45报告》 2017年9月

气象卫星协调组织 (CGMS) 第45次大会今年6月在韩国举行，CGMS最新发表的这份251页的大会最终报告，不仅对会议进行了很好的描述，更为未来全球在气象卫星领域的合作和技术换代给出了前瞻性的指导。

**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  
Luo Yunfeng  
Li Weijing  
Hu Yongyun  
Tan Zheming  
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, Ni Yunqi, Qu Xiaobo, Ren Guoyu, Ren Xiaobo, Shen Wenhai, Wang Cunzhong, 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 Zhengyu, 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

Add: CMA Training Centre, 46 Zhongguancun Nandajie,  
Beijing 100081, China  
Tel: +86-10-68409927/68409933  
Email: amst@cma.gov.cn  
<http://library.cma.gov.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

- 1 Xu Xiaofeng/ Message from the Editor-in-Chief  
**Article**  
6 Yang Guirong/ Development of Dali National Climate Reference Station  
7 Cheng Jianguang/ The First 10 Years for Dali National Climate Reference Station  
8 Xu Anlun, Li Jian/ Progress of Integrated Meteorological Observation and Research at Dali National Climate Reference Station  
15 Dong Baoju/ A Study of Meteorological Element Daily Variation with Elevation in Yunnan Dali Region, the Southeastern Margin of Tibetan Plateau  
21 Su Jinlan, Yang Guirong, Yi Xiaorong/ Type Analysis of Precipitation Diurnal Variation in Dali Region, the Tibetan Plateau Southeast Margin  
27 Tao Zuyu, Fei Haiyan/ Discussion on the Issue of Rossby Waves Theory and Its "Paradox"  
32 Peng Jiadong, Guo Haifeng, Duan Lijie, Luo Hongmei/ An Investigation of the Benefit Evaluation of Meteorological Service to Electric Dispatching: Taking Changsha as An Example  
37 Cui Fene, Chang Juzheng, Li Weimin, Jin Tiantian/ Analysis of the Entropy Flow Characteristics During the Torrential Rainfall Event of Typhoon Damrey (2012)

## Forum

- 46 Chen Lidan, Xu Xiaofeng/ Internet Thinking and It's Practice in the Dissemination of Meteorological Information: As a Better Way to Serve Society  
46 Wang Suqin, Zhaomiao/ Meteorological Info: Developing from Tradition to Fusion  
48 Peng Yinghui, Lu Ming, Xin Yuan/ Current Status and Consideration of Meteorological Information Communication Management  
52 Miao Yanli, Wang Xin/ Preliminary Study of the Characteristics and Quality Control of Meteorological News  
55 Duan Haoshu, Wu Yue/ A Study of the Current Status and Characteristics of Meteorological Information in Weibo and WeChat  
59 Wang Songqiu/ Characteristics of Meteorological Information Transmission on Websites  
62 Zhang Yong, Liu Jie/ Primary Analysis That How the Government Portal Websites Improve the Communication Power in the Mobile Internet Era - A Case Study of China Meteorological Administration Website  
66 Jiang Hairu, Yang Xia/ A Comparative Analysis of the Effectiveness of Meteorological Information Communication Media  
69 Zhang Gemiao/ Primary Study of the Characteristics, Causes and Effects of Globalization of Meteorological Communication

## History

### Station

- 72 Li Wuchun, Li Xin/ The Hump Air Route and the Establish of Weather Office in Lijiang  
74 Xiao Ziniu/ A Decade of Colorful Landscape

## Survey

- 2 Picture/ Number/ Ranking

## Reading

### Information

- 75 Selected Papers