

# 上海精细化格点预报业务进展与思考

王海宾 杨引明 范旭亮 储海  
(上海中心气象台, 上海 200030)

**摘要:** 针对大城市天气预报服务和精细化预报需求, 借鉴美国的图形化格点预报编辑器 (GFE) 和中国气象局的气象信息综合分析处理系统 (MICAPS), 上海市气象局于2013年研究建成基于浏览器/服务器 (B/S) 框架的精细化格点预报系统, 2014年6月正式投入业务应用。目前, 精细化格点预报系统已成为上海市气象局预报业务的主要支撑平台, 系统包括数值模式指导产品、格点编辑工具库和预报产品生成器等核心功能模块, 制作发布短临、短期格点预报产品, 以及基于订正格点场的图片和乡 (镇)、重点功能区预报。主要介绍了系统设计开发和业务应用情况, 并对业务应用中的相关问题进行了总结分析。

**关键词:** 格点预报, 精细化预报, 图形化编辑, 格点编辑, 自动化

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2016.04.002

## Development of Fine Gridded Weather Forecasting System in Shanghai

Wang Haibin, Yang Yinming, Fan Xuliang, Chu Hai  
(Shanghai Meteorological Center, Shanghai 200030)

**Abstract:** To satisfy weather forecast for the Shanghai metropolitan services and fine forecasting business needs, a fine grid forecasting system was built in 2013 based on the B/S frame and learning from the NOAA GFE system and CMA MICAPS system, and has been put into the official forecasting operation since June 2014. The fine gridded forecasting system consists of three core modules: guidance, smart tools and text formatter. Currently, it has become a major platform of weather forecasting business in Shanghai Meteorological Bureau. The routine gridded forecasting products are released in hourly for 0~12 hours, in every 3-hour for 12~72 hours, and for townships towns, some important functional areas, and revised in time. This paper introduces the progress of the system construction and forecast business applications, then analyzes related issues in the routine operation.

**Keywords:** gridded forecasts, fine forecasting, graphical editing, gridded editing, automatically

### 0 引言

随着经济社会的快速发展, 用户不仅对天气预报的准确率提出了很高的要求, 对预报的精细化程度也提出了愈加迫切的需求。国外, 美国、澳大利亚等建立了基于图形预报编辑的数字化预报业务<sup>[1-2]</sup>。国内, 国家气象中心开展了基于格点编辑平台的降水定量预报业务<sup>[3]</sup>, 广东省气象局建立了基于格点交互预报系统 (GIFT) 的数字化预报业务<sup>[4]</sup>。随着大城市精细化天气预报业务的推进, 乡 (镇)、重点功能区、重要交通枢纽等精细化站点要素预报逐步在上海市气象部门展开, 预报站点将达上百个, 预报要素包括了天气

现象、风向、风速、气温、相对湿度、降水量等, 预报时段为逐3h或者逐6h, 预报员的工作量将呈几何级数增长。依赖传统的预报编辑工具, 将不可能在有限的时间内完成如此巨大的预报订正工作。因此, 开发以高时空分辨率数值模式为基础的精细化格点预报系统, 逐步开展图形化预报, 就成为天气预报技术发展的必然需要。

通过借鉴美国图形化格点预报编辑器 (GFE)<sup>[1-2]</sup>和中国气象局的气象信息综合分析处理系统 (MICAPS)<sup>[5]</sup>设计思想, 上海市气象局建立了适合本地需求、基于B/S架构的大城市精细化格点预报系统, 实现各类气象信息综合处理、高分辨率数值模式产品接入、基于格点订正的图形化预报编辑、预报产品自动生成等功能, 极大提高了精细化预报工作效率, 在预报业务和科研工作中起到了基础性和关键性作用。当前, 精细化格点预报系统已经得到上海气象

收稿日期: 2014年7月23日; 修回日期: 2014年9月18日  
第一作者: 王海宾 (1979—), Email: haibin\_803@163.com  
资助信息: 上海市科学技术委员会科研项目 (14231202400);  
中国气象局关键技术集成与应用项目 (CMAGJ2015M22)

部门科研人员和预报员的初步认可，评价较好。

本文主要介绍了上海市气象局这一基于B/S框架的精细化格点预报系统，以及精细化格点预报业务进展与思考，并提出了进一步开发建设的思路。

## 1 格点预报系统设计

### 1.1 系统总体框架

精细化格点预报系统包括三个核心功能模块：数值模式指导产品、格点编辑工具库和预报产品生成器（预报引擎）。通过分析表明，系统实现和业务应用的难点在于核心功能模块的研究和集成。如图1所示，虚线部分是精细化格点预报系统，是上海市气象局一体化预报制作系统的核心部分。

精细化格点预报系统是人机交互式的图形化预报编辑平台。系统引入高分辨率数值模式指导产品作为初始场，结合地理信息系统（GIS）形成直观的图像界面，依赖格点编辑工具对格点预报进行图形化预报编辑、订正，然后通过预报产品生成器生成各种类型的预报服务产品（文本、网页、PDF、图片等）。

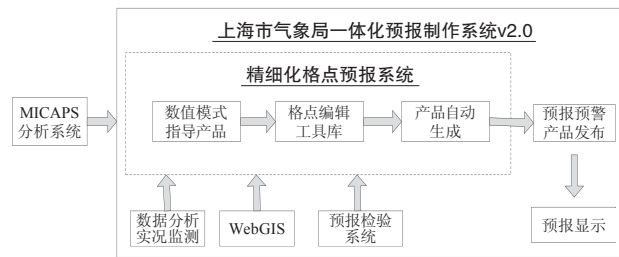


图1 上海一体化预报制作系统功能图

Fig. 1 Overview of the fine gridded forecasting system in Shanghai

### 1.2 基于 B/S 技术的软件系统实现

综合考虑，系统采用基于B/S三层框架结构，包括数据访问层、业务逻辑层和表示层，采用两个应用服务器：Web服务器和格点服务器。客户端和格点服务器使用超文本传送协议（HTTP协议）进行格点数据传输，数值模式库和格点预报库以二进制文件（要

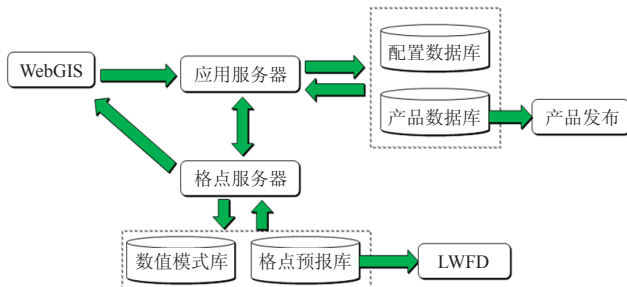


图2 软件系统分布图

Fig. 2 The software system distribution of fine gridded forecasting

素、时次、分辨率）的方式进行存储、检索等操作。如图2所示，WebGIS客户端发送请求给应用服务器进行编辑订正算法的调用，当系统服务完成算法调用后，再将计算或者反演结果返回到WebGIS界面进行格点数据的实时显示。

系统界面设计如图3所示：左边是格点数据管理器，预报员可以选择不同时次和不同要素，可以引入不同模式的指导产品；上边为编辑工具栏，可以快速地进行区域选择、格点场移动、编辑、曲线反演和智能工具的调用等；右边为基于WebGIS的空间编辑器，可以进行图形编辑和同步显示格点数据的修改。系统集成在上海市气象局一体化预报制作系统v2.0中，是一体化预报业务的核心功能。



图3 基于WebGIS技术的客户端界面

Fig. 3 The client interface based on WebGIS

## 2 系统主要功能和技术特征

### 2.1 数值模式指导产品

精细化格点预报系统必须基于高分辨率的数值模式格点库。上海数值模式指导产品包括定量降水预报（QPF）、快速循环同化更新系统（STI-WARR）、区域中尺度模式（STI-WARMS）、EC高分辨模式（ECMWF）、日本高分辨模式（JAPAN）和最优集成预报（OCF）等，预报时效最长达7d。其中，0~2h采用基于改进后的交叉相关方法（COTREC）<sup>[6-7]</sup>建立的定量降水预报，分辨率为1km，2~12h应用华东区域快速循环同化更新系统（STI-WARR），分辨率为3km，12~72h应用最优集成预报（OCF）作为默认数值模式指导产品。上海最优集成预报使用“递减平均”、“择优选取”、“要素分类”等技术对当前主流业务数值模式预报进行多模式误差订正及格点化评估集成，同时应用缺测补齐保证运行稳定性，实现对华东区域72h内逐3h、5km的

无缝隙客观精细化预报。基于运行速度原因，数值模式格点指导产品采用分辨率1~5km，预报要素包括最高(低)温度、湿度、相对湿度、风向、风速、天气现象以及降水量等。

如图4格点管理器界面和模式切换界面中所示，系统提供选择基于上一次预报结果进行更新修正，也可以导入数值模式产品重新编辑订正，可根据不同预报时次和要素选择导入不同的数值模式产品。另外，在格点管理器中，将默认数据、上次预报结论、保

存数据、选中数据用不同的颜色进行区别显示，同时用不同的字母区别不同的模式产品，并对是否完成编辑的状态进行标注。针对缺报格点场，系统可应用三次样条或者抛物线插值方法补齐缺报时次，采用字母“s”标示。图形化预报编辑需要交互处理的格点数据量非常大，为提升运行速度，数值模式格点库中统一了模式预报产品格式，建立标准网格数据库，并且，在格点管理器中进行了数据缓存处理。



图4 数值模式指导产品应用：(a) 格点管理器；(b) 模式切换  
Fig. 4 The grid guidance interfaces: (a) grid controller; (b) model switch

## 2.2 格点编辑工具

格点编辑工具是为了对格点预报进行图形化编辑提出的，主要实现将天气概念模型应用到交互式图形化预报制作中去，并使格点数据订正结果在WebGIS界面中同步更新。上海精细化格点预报系统实现了多种基本编辑工具，包括平滑、过滤、增减、调整、插值、平移、区域操作等，可以通过图形编辑的方式，直接编辑预报格点数据，图5是编辑工具应用示例。另外，实现了格点与站点的转换反演及时空的影响反演计算，建立了依赖基准站的曲线订正反演模型和站点预报影响模型，将模型中基准站点反演到“面”预报，同时面反演和时间序列反演结合，实现多时次预报快速订正。系统建立了时空、天气要素一致性调整技术，避免天气现象、降水量、云量等不同气象要素可能出现的预报不一致的现象。如下，公式(1)是基准站反演到“面”预报的差值算法，公式(2)是影响时间序列反演公式：

$$f(i) = W_0 + \sum_{i=1}^n (W_i - W_0) \frac{D^2 - d_i^2}{D^2 + d_i^2} / \sum_{i=1}^n \frac{D^2 - d_i^2}{D^2 + d_i^2} \quad (1)$$

式中， $W_0$ 为原始格点值， $W_i$ 为影响范围内第*i*个基准点

值， $D$ 是影响半径， $d_i$ 是格点到第*i*个基准点的距离。

$$f(i) = \frac{MaxT(T_i - T_{min}) + MinT(T_{max} - T_i)}{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

式中， $T_{max}$ 、 $T_{min}$ 是时序最高、最低值， $MaxT$ 、 $MinT$ 是修改后最高、最低值， $T_i$ 是原始值。

## 2.3 预报产品生成器

预报产品自动生成技术是预报产品生成的引擎，主要是指预报产品的文字和图形产品自动生成技术，包括确立基础语法库、确立转换规则库、格点预报场分析、区域识别、天气统计分析、转折点识别(包括时间点、语言转折、区域转折判断)、预报输出等技术要点。基于自然语言分析技术和原理，预报产品生成器针对订正之后的格点预报产品进行分析，通过插值、统计、推导计算等生成每个格点、城镇或者区域上的天气预报预警用语(包括天气、风、降水、温度及变化趋势描述)，预报内容根据所需的天气尺度、时间尺度、空间尺度，按照天气预报用语标准分类，然后生成各种类型预报产品(如文本、PDF和图片等)。

预报产品生成器中，格点向区域转换时自动生成

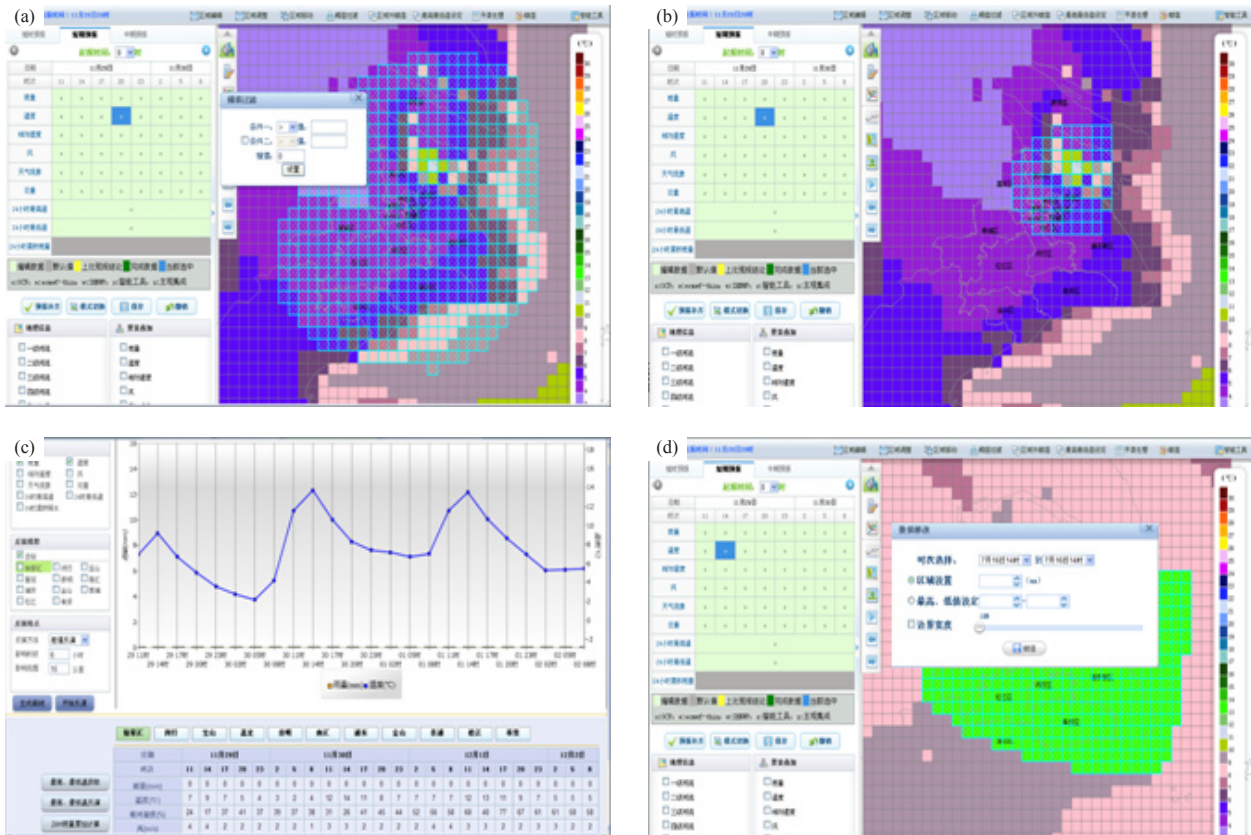


图5 编辑工具示例

(a) 阈值过滤; (b) 区域移动; (c) 曲线订正; (d) 区域编辑

Fig. 5 Smart tools: (a) threshold filter; (b) drag one region; (c) curve revised; (d) region editor

区域天气预报的逻辑设计较复杂，其中涉及任意站点和不同区域的预报（站点、区县、中心城区、长江口区等），涉及针对不同用户的不同预报预警产品（广播稿、城市积涝、城市交通风险等），针对不同天气变化趋势用语的各种判别方法等。目前，基于统计判断最大可能性的方法，对预报用语自动生成技术进行了尝试，基于格点场能够自动生成短临预报、今明天气描述、城市积涝等预报产品。

### 3 业务应用与问题讨论

#### 3.1 业务应用情况

精细化格点预报业务于2013年11月在上海中心气象台开始业务试验，在2014年6月正式投入业务应用，制作发布精细化格点、站点等预报产品。考虑到本地需求，临近预报为0~2h 定量降水预报直接发布，短临预报为2~12h，一天制作三次（08时、14时和20时），短期预报为12~72h，一天制作两次（08时、20时），分辨率分别为1、3和5km。预报要素可以根据数值模式格点库和业务需求进行配置，满足智能手机、城市防灾和城市交通等各类用户的精细化天

气预报需求。同时，提供了乡镇级的精细化预报，可以订制任意地点（由经、纬度确定）的逐3h精细化预报，可以制作一些衍生产品，如城市积涝风险、体感温度、舒适度、过程雨量、极大风等。

图6是格点预报生成的精细化预报产品示例。其中，图6a是自动生成发布的乡镇预报产品示例，可包括各类要素、过程雨量、累计雨量、舒适度、极大风等；图6b是自动生成的嘉定区精细化站点要素预报，经预报员修正后发布；图6c和6d是自动生成的分区县站点要素预报和要素预报时序图。可以看出，基于格点订正的预报业务能够协调各种预报产品之间的一致性，丰富产品表现，能够满足各类用户的精细化天气预报需求。

#### 3.2 业务应用中存在的主要问题

目前，系统业务运行稳定，对上海市精细化预报起到了技术支撑作用。针对半年多来的应用分析如下：

1) 由于采用了B/S框架结构，也在很大程度上增加了软件开发难度。尤其在以下三种场景下：大容量格点场数据图形化预报编辑结果需要在WebGIS

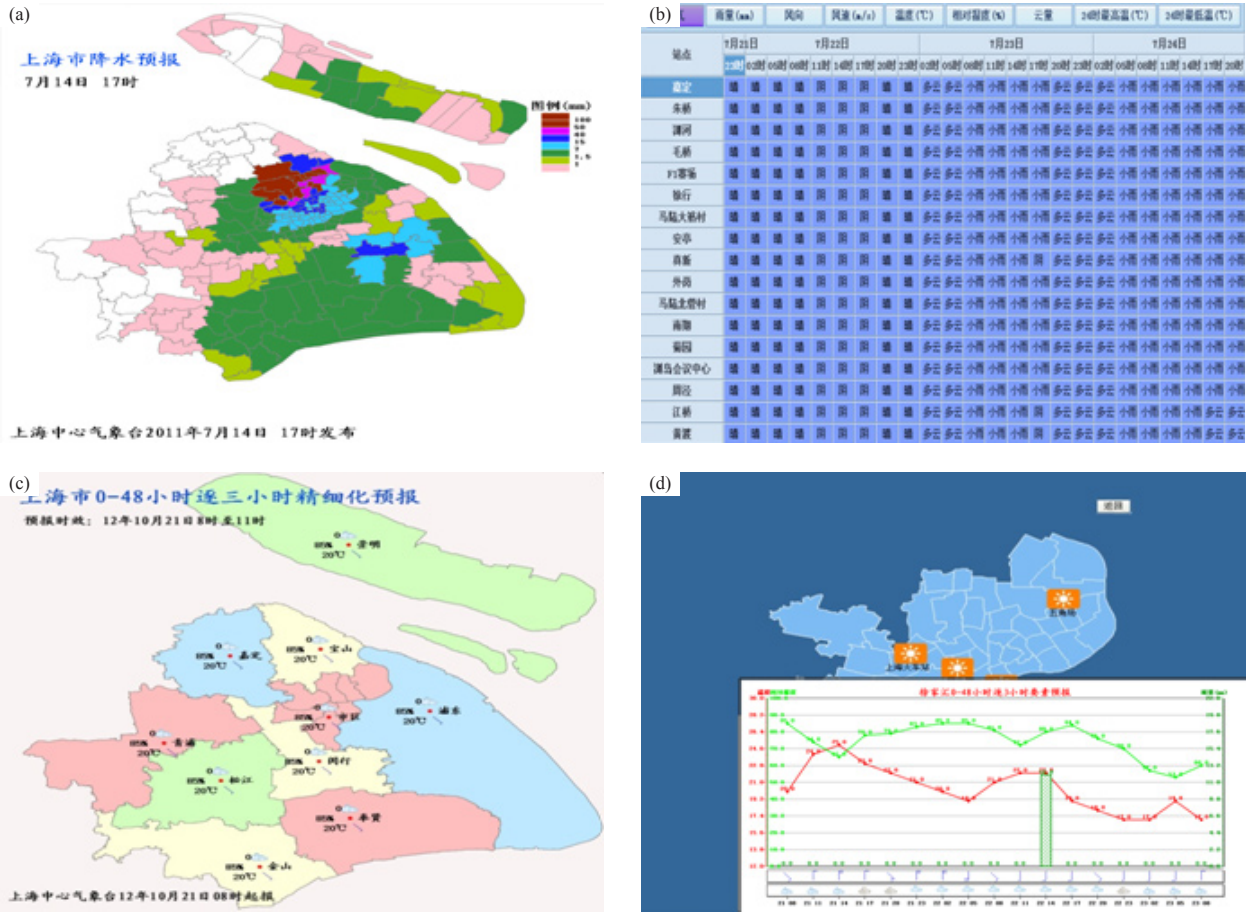


图6 格点预报自动生成的精细化预报产品

(a) 3h降水量乡镇预报; (b) 站点预报; (c) 分区县站点要素预报; (d) 精细化逐时要素预报曲线  
Fig. 6 Text formatter products: (a) township precipitation forecasts; (b) station forecasts; (c) element forecasts for regions; (d) curve charts of hourly fine forecasts

上同步显示; 格点场数据到站点数据的解析、反演和计算实现; 大容量数据在浏览器/服务器模式下的保存发布。

2) 从系统建设角度, 精细化格点预报系统的难点在于格点编辑工具库和预报产品自动生成的研究和实现。编辑工具库需在总结大量预报经验基础上提炼各个区域、各种类型的本地天气概念模型并加以实现; 预报产品生成器需要设计大量的复杂规则对格点预报场进行自动计算、解析, 模拟预报员用语生成针对不同用户的不同预报产品。

3) 基于格点编辑的精细化预报产品制作与目前站点预报制作流程及预报思路有较大差异, 对预报员提出了全新的挑战, 预报员需要熟悉预报经验积累、预报思路建立、业务流程调整、制作方式改变等, 在应用开始阶段会遇到很大的阻力。另外, 格点预报编辑的推出是一项重大业务流程调整, 需与国家级预报业务做好衔接。

4) 检验系统方面。通过半年的业务应用表明, 目前对高时空分辨率数值模式的检验方法单一, 缺失较为完整地进行图形化预报编辑的检验体系。格点预报系统进行模式选择和图形化编辑依赖于格点场的检验分析。检验系统需对各个数值模式、主观预报产品都能够及时检验, 并进行多模式对比分析, 为预报业务人员确定采用哪个模式、及时订正模式产品、调整预报思路提供技术支撑。

进一步开发应用后, 系统能够提高天气预报科技含量和精细化水平, 满足各类用户对气象服务的个性化需求, 为上海市的精细化天气预报技术发展提供一个较好的方案。

#### 4 小结

经过半年多的业务应用, 目前格点预报系统已经得到上海气象部门科研人员和预报员的初步认可。综合起来, 上海的格点化预报制作系统具有以下特点:

1) 预报产品丰富, 预报站点增加数倍, 能够基本实现大城市精细化预报需求; 2) 预报员由大部分时间编辑、校正、发布预报产品转为需大部分时间进行格点编辑; 3) 基于WebGIS构架设计, 管理维护简单, 能够有效地保护数据平台和管理访问权限, 能够进行格点预报编辑并在WebGIS界面中同步更新; 4) 从预报制作流程方面, 基于格点编辑的精细化预报产品制作, 可使预报员将精力放在天气概念模型的研究和格点预报编辑上去。

在进一步的开发中, 需要在系统性能、数值预报模式、编辑工具箱以及检验系统等方面持续改进, 需不断提高预报产品自动生成技术, 扩大格点预报应用范围, 减少预报员进行“二次修改编辑”。另外, 需要基于格点预报库探索更精细化的影响预报应用, 如城市积

涝防灾和中小河流洪水灾害气象风险预报预警等。

#### 参考文献:

- [1] NOAA ESRL. Graphical Forecast Editor Information Generation Section. [Online] Available: <http://esrl.noaa.gov/gsd/eds/gfesuite/> (2016/06/28).
- [2] 王海宾, 杨引明, 漆梁波, 等. 澳大利亚气象局图形预报编辑器 (GFE) 介绍及分析. 大气科学研究与应用, 2012(1):109-116.
- [3] 中国气象局国家气象中心. FUSE系统完成格点化功能升级并面向全国气象部门发布. [Online] Available: <http://www.nmc.gov.cn/cms/article.php?articleId=84> (2014/09/05).
- [4] 杨群娜, 吴乃庚. 广东数字网格预报业务正式投入使用. 中国气象报, 2012/12/02.
- [5] 李月安, 曹莉, 高嵩, 等. MICAPS预报业务平台现状与发展. 气象, 2010, 36(7): 50-55.
- [6] Li L, Schmid W, Joss J. Nowcasting of motion and growth of precipitation with radar over a complex orography. J Appl Meteor, 1995, 34: 1286-1300.
- [7] 陈雷, 戴建华, 陶岚. 一种改进后的交叉相关法 (COTREC) 在降水临近预报中的应用. 热带气象学报, 2009, 25(1): 117-122.

## 谢尚平、金飞飞当选美国地球物理联合会会士

■ 李婧华 张萌

7月26日, 美国地球物理联合会 (American Geophysical Union, AGU) 公布了2016年度入选的会士名单。今年共有来自世界各地的60名科学家入选会士名单, 著名气象学者谢尚平和金飞飞当选其中。



谢尚平 美国斯克里斯普斯海洋研究所教授。主要从事海气相互作用和气候变化研究工作, 在相关领域取得了一系列令人瞩目的成果: 包括提出“风速-蒸发-海表温度反馈 (WES)”机制; 发现了夏威夷岛链的尾迹效应; 提出了印度洋对西北太平洋及东亚夏季气候变异的电容器效应, 并被日本气象厅采用为气候监视指数; 提出了海洋增温非均匀性理论, 并发现全球变暖下热带降水变化存在“暖更湿” (warmer-get-wetter) 的分布特征。谢尚平1984年毕业于山东海洋学院 (现中国海洋大学) 海洋系, 1991年于日本东北大学获得博士学位。近年来, 谢教授主要致力于“区域气候变化”和“全球变暖停滞”等方向的研究, 并引领了一批国内的年轻科学家在国际气候变化研究的舞台上崭露头角。

金飞飞 美国夏威夷大学气象系教授, 主要从事大尺度大气和海洋环流动力学及气候变率的研究。特别是在ENSO理论和动力学研究方面, 开创性地提出了ENSO充电振子理论模型, 使科学界对厄尔尼诺现象的认识向前跨越了一大步。他的研究成果多次在Nature和Science杂志发表。金飞飞1982年毕业于南京气象学院 (现南京信息工程大学), 同年考入中国科学院大气物理研究所攻读硕士学位, 在导师朱抱真的指导下完成了论文《大气环流振荡的非线性动力学研究》, 由于其研究水平突出被破格授予博士学位。2007年以来, 金飞飞与国家气候中心开展了多项合作, 并于2012年入选国家第八批“千人计划”创新短期人选。



AGU是全球最大的地球科学学术组织, 成立于1919年, 目前全球会员6万2千余人。自1962年起, AGU从会员中选出杰出者为会士 (Fellow), 以表彰他们在地球和空间科学研究上的贡献, 每年只有不超过千分之一的会员可以获得这项荣誉。

(作者单位: 中国气象局气象干部培训学院)