

浙江气象舞翩跹

——浙江省气象业务现代化采访侧记

■ 贾朋群 徐虹

ENSO是目前气象学者知晓的预测天气气候最强信号之一，凭借对ENSO的监测，一定程度上可以提前对干旱、洪涝和热带风暴等天气气候灾害做出预测。最近，《美国气象学会会刊》报道指出：ENSO不仅能影响降水和温度，还会改变急流的位置。这也让人联想：或许ENSO还和一些局地尺度和生命期很短的激烈天气，例如冰雹、飑线和龙卷风等联系在一起。最新的研究证实，中等强度的拉尼娜事件能够让美国南部生成更多的龙卷风和冰雹。

如果说大尺度环流的机理研究可能在提示龙卷风等中尺度天气的趋势方面有所帮助的话，那么具体到每一次天气过程的预警，则要另谋他途。就龙卷风而言，每年平均出现1300次龙卷风的美国，其龙卷风预警的提前时间，长期在10分钟上下徘徊，进展并不理想。追其缘由，短生命期的中尺度激烈天气过程一般只能依靠监测和预报员经验进行判断，而数值预报产品则因为资料更新速度问题，对短临预报帮助甚微是主要原因之一。然而，探测技术和大数据时代带来的数据快速处理和传输，特别是新一代气象卫星普遍缩短了星载传感器的扫描周期，导致数值天气预报的核心技术——快速同化系统的更新周期，先进国家已经从最初的6小时左右加快到1小时，甚至到了分钟量级。这样的改变，给龙卷风等区域和中小尺度激烈天气预警得到数值预报产品更加有力的支持，带来了新的曙光。

本期封面报道——“浙江省气象业务现代化”栏目，选取了浙江省在数值天气预报的快速同化系统（P6）和龙卷风分析（P13）两篇文章，从



本期“浙江省气象业务现代化”专栏让我们真实感觉到了浙江气象人前行的坚定步伐，他们的实践反映的是气象基层稳步推进现代化的风采。

一个侧面代表了我国基层气象业务系统在高科技的数值预报，以及面对局地激烈天气导致灾害的预警等方面的能力。为了进一步探究浙江省气象业务现代化进展和细节，本文作者针对本期专栏作者以及相关科研人员进行了采访，亲身感觉到浙江气象人上进的脉动，也引发出一些和现代化相关的思考。

1 区域性的ZJWARRS集中体现先进模式能力，局地资料的加入是亮点

为了解决精细化短时临近（0—24h）数值天气预报的缺失问题，浙江省气象局研制了快速更新同化预报系统（Zhejiang WRF-ADAS Rapid Refresh System, ZJWARRS）并投入业务运行，它是我国不多的几个省级气象部门主导研制和投入业务的快速同化系统之一。该系统除了常用的地面、探空资料之外，还同化了一些本地资料，如飞机报、雷达风廓线、多普勒雷达反射率等，实时提供了较高时空分辨率、较高更新频次的覆盖浙江省的全要素数值天气预报产品。

展望未来，ZJWARRS将融入更多和更为细化的模式本地资料，如地形和陆面覆盖等，以及新增的自动站数据和卫星观测数据，其中卫星数据的更多引入，应该是系统性能提升的关键，而一些目前流行的同化先进技术，如4DVAR、EnKF、Hybrid等的应用，也有助于这种提升的实现。

2 当模式产品遇见龙卷风等中小尺度激烈天气的短临预报，早日握手是国际前沿研究内容和共同期待

ZJWARRS的更新周期目前是3小时，基本上与本期专栏另一篇文章描述的发生在浙江北部中气旋伴随龙卷风的整个过程的时间相当，而致灾的龙卷风过程，从孕育到结束不过半小时左右。这也是为什么基层预报员面对即将到来的中小尺度天气系统，目光集中在雷达等监测产品上而很少关注数值预报产品，后者仅仅在趋势分析时体现其价值所在。桐乡“7.12”龙卷风预警过程（链接1）中，预报一线人员认为，目前的各种数值预报产品的价值，大多体现在24小时或更长时间天气形势的预估上，还很难在短临预报中与监测实况的指示意义相提并论，尽管数值预报短临产品还是能大致“框定”激烈天气的范围（图1左）。美国学者最新的研究，则借助风暴尺度数据同化和集合预报等技术，在美国强风暴实验室的基于预报的预警系统（Warn-on-Forecast System）试验中，借助模式的力量已经成功将龙卷风的预警时间延长了10分钟（图1右）。图1中的比较，让我们看到了差距和希望。

3 桐乡“7.12”龙卷风即是历史的延续，更向未来的气象服务提出挑战

浙北地区是典型的江南水乡，在物产丰美的同时，自然灾害也时常

链接1 桐乡“7.12”龙卷风预警过程

7月11日下午：桐乡市气象台发布一周气象信息，提出密切关注12—14日傍晚的局地强对流天气。

12日16:00：短期天气预报指出“今天夜里到明天阴有阵雨或雷雨，雨量中等，局部大到暴雨；偏南风3~4级，雷雨时偏北风短时风力6~8级”。

12日19:40：发布强降水提醒，“受切变线南压影响，未来3小时我市有中到大雨，局部暴雨；有降水时伴有强雷电和大风影响，请做好相关防御”。

12日19:44：发布雷电黄色预警信号：受强对流影响，今夜我市将自西而东出现强雷电、7~9级雷雨大风等剧烈天气，部分地区有暴雨，请防范。

12日21:35：发布实况通报，预报后期天气。

13日：上午查看灾情，下午与嘉兴市局、省气象台视频会商，得出天气过程结论。

桐乡市气象台提供

发生。就龙卷风事件而言，根据当地记载和气象记录，解放前后该地区发生过至少16起（链接2）。本期专栏文章描述的2014年7月12日龙卷风事件，造成了1人死亡，农作物受灾面积1389亩（1亩=666.67m²），倒塌房屋33间，1人死亡和1人重伤，转移人员25人，直接经济损失860万元的灾害。其中，龙卷风导致一些游客的交通工具受损，他们在获取理赔证据时，需要气象部门出具的大风等级证明。因此，快速认定事件的性质和对小范围强风等级进行估计，成为小尺度天气事件成灾后基层气象预报员必须应对的挑战。正是灾情和预报员的责任意识，加上灾后理赔现实需求，促成了本期这篇论文的构思。预报员严谨的分析和灾后调动更多探测资源（如嘉兴、湖州和杭州等地的雷达图像），最大限度地还原了事件真实情

景，最终通过与省台、湖州、台州等雷达短期天气专家联合鉴定了这次飊线伴随龙卷风的过程，为重灾区的保险理赔提供了科学严谨的大风气象证明。我们在对基层预报员点赞的同时，还有很多需要思考的问题。

首先，面对局地强灾害天气，我们的预报能力是否还有提升空间？桐乡市气象局针对“7.12”龙卷风过程的服务，无疑是相当成功的，其中特别是在灾害前1天发布了提示，在提请政府相关部门和民众关注的同时，也起到了提示值班预报员保持警惕的作用。然而，采访中我们得知，7月11日（星期五）恰好是发布一周天气信息的时候，依据数值预报产品比较成功地“捕获”了发生在24小时以后的天气过程。如果这次过程发生在一周更靠后的时间里，浙江省局以及其他预报员熟悉的各种数值预报产品是

否还如此“给力”还令人难以判断。因此，这次服务中早期预警中含有的“幸运”成分，还需要我们踏实地提供预报能力才有可能让我们继续“幸运”下去。

如果和中气旋相关的飊线和龙卷等现象增多，那么国外，尤其是龙卷风盛行的美国气象机构采用雷达及其他方法开展的预报预测研究，应该引起我们更多的注意（图2），其中，其快速同化系统中对龙卷风这类短生命过程的捕捉技术，尤其值得关注。而中国龙卷在傍晚多有发生，与美国多发生在午后情形存在差异，则需要我们积累更多的资料开展研究。

再者，对天气实况细节的关注和探测产品的深入挖掘，将是基层预报员的必修课。虽然浙北地区出现龙卷风并非罕见，但就一个地方来说，基本上是十年或更长时间一遇，因此预报员针对龙卷风预报的经验累积需很长时间。采访中，嘉兴市气象局首席预报员陆琛莉坦言，灾情上报后基于预报员培训和知识经验，定性为飊线，没有想到过是龙卷风。正是预报员基于一些细节的思考，例如旅游者的车辆在大风中平移了10米左右、新装修不久的酒店大门在风中损毁、距离不远的树木被刮倒的方向却不同、重灾区呈现“一条线”的特征等，唤醒了预报员的警觉：只有龙卷风能够解释这一切！此外，通过日新月异的探测产品，对激烈天气核心内容的快速辨认也是很大的挑战。本刊主办机构专

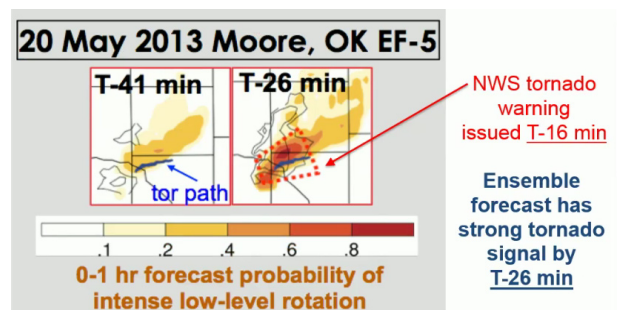
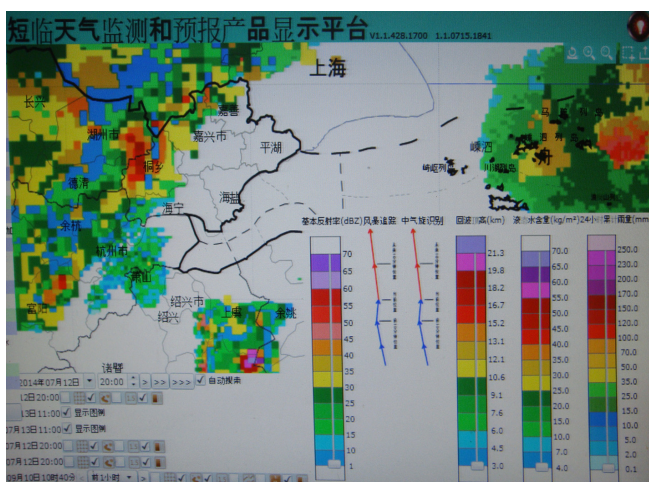


图1 (左)浙江省数值预报平台2014年7月12日20:00提供的天气监测和预报产品；(右)美国NSSL针对一次强龙卷的个例研究中，借助风暴尺度数据同化和集合预报技术，数值产品提前26分钟给出低层大气旋转增强的龙卷风信号，较目前业务预警时间提前了10分钟

家俞小鼎老师在最初看到专栏“7.12龙卷风”论文时，在肯定作者对龙卷风的定性是正确的，并给出了较为充分的论据的同时，一针见血地指出，作者初稿中指出的雷达图像中可能预示龙卷风的所谓速度对，其实是速度模糊，即向着雷达的速度非常大，而离开雷达速度较小，这是因为爬线以很快速度向着雷达移动导致的。作者后来与专家建立了密切联系，不仅在论文图2中按照专家意见加入了雷达径向速度图，更准确地给出了局地龙卷风在雷达上的痕迹，更结合实例对雷达的探测功能有了深刻的认识。采访中几位作者尤其感慨针对具体问题专家的点拨作用。我们虽然很难设想所有基层预报人员遇到类似问题都能像本文作者这样幸运，得到对口专家的“点拨”，但是，采访中我们也确实感到，中国气象局的各级培训机构应该更加结合预报实践，增加预报员与专家针对具体预报问题的直接交流机会，而气象科技期刊在这方面也是可以助力的，正如桐乡市气象局副局长朱周平所言：“基层人员交流机会少，尤其是技术人员参加培训等的机会更是少之又少，一些新知识、新技术来源渠道不多但又是基层预报员最需要的，而目前一些期刊“高大上”的内容偏多，实用性不够。”

最后，当大数据时代来临，互联网+整天被高喊的时候，我们是否该为基层预报员做更多的实事？采访

链接2 浙江北部历史上有记载的龙卷风灾害

1949年前12次：

- 元至正十五年（1355年）：嘉兴，坏民居百余；
- 明嘉靖十二年（1533年）：桐乡，压死二十余人；
- 明嘉靖四十一年（1562年）：嘉兴、嘉善，屋宇伤者千数；
- 明嘉靖四十三年（1564年）：嘉兴，大雷电，龙见；
- 明崇祯十六年（1643年）：桐乡，拔木坏屋；
- 清顺治十五年（1658年）：海盐，蛟龙尽起入海，水涨平地行舟；
- 清康熙八年（1669年）：海盐，雹击死一人，覆舟死无人；
- 清康熙十四年（1675年）：嘉善，冰雹；
- 清康熙四十四年（1705年）：桐乡，飓风龙风大作，摄去人无数，坏民居四十余家，压死八人；
- 清乾隆三十八年（1773年）：平湖，舟有掷至数里外者；
- 清乾隆四十七年（1782年）：平湖，有物空中过；
- 民国十五年（1926年）：嘉兴，风来时，下垂若螺，桥梁、牌坊、民屋倒塌，长四五里，伤数百人。

1949—1995年前4次：

- 1982年8月21日：嘉善，2个公社受龙卷风袭击，倒房12间，死1人；
- 1986年7月15日：平湖、海盐、嘉兴，2个公社14个乡受龙卷风袭击，2.5万亩农田受灾，倒房760间，倒电杆360根，死亡3人；
- 1991年8月7日：吴兴、嘉善、嘉兴，28个乡受龙卷风袭击，风力12级以上，倒房3000多间，死亡9人，经济损失3700万元；
- 1995年7月21—24日：嘉兴、嘉善、平湖、海宁，共22个乡117个村遭龙卷风和冰雹袭击，风力普遍有11~12级死伤各2人，直接损失2405.6万元。

嘉兴市气象局首席预报员陆琛莉 提供

中一个细节触动了我们。如前所述，短临预报时间就是生命。预报员及时发出预警信息，除了手中的各种监测和预测产品外，最“靠谱”的信息，是天气系统在上游的表现——天气实况。但是，目前“灾情逐级上报”体制下，预报员准确、及时获得上游天气实况很难，如果恰巧台站位于多地

市或省交界处，则几乎成了奢望（因为临省出现的灾情先要逐级上报到该省省级气象局，才可能再逐级下放到位置更近但跨过省界的下游台站）。预报员们有时无奈地找寻社交平台上非专业、有几分随意但还算及时的信息。“天气无国界”常被气象人提及，但现实中的行政边界，却实实在

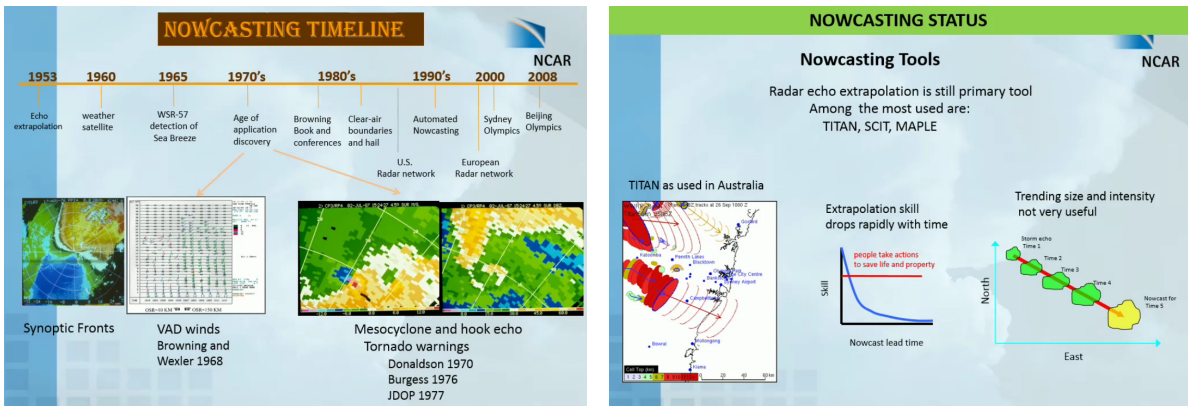


图2 美国气象学会第37届雷达会议上，雷达专家在对雷达与短临预报的梳理中，指出中气旋和龙卷预警等在1970年代已经成熟（左），并到目前一直是最重要的工具，其他工具的开发也开始发力（右）

（下转71页）

书还针对如何就评估结果与用户沟通给出相关建议。

该书共分为十个章节。第一章为总体简介，介绍了气象、水文服务及服务经济效益评估的背景，并在此基础上明确提出本书的目标及路线图。

第2—4章主要帮助读者理解效益评估的基本情况。第2章介绍了气象/水文服务的产生和传播过程及其产生经济价值的机制。第3章解释了实施气象/水文服务社会经济效益研究的目的及介绍了对评估结果感兴趣的的不同用户群体。第4章主要为社会经济效益评估工作的规划、启动和实施等具体过程提供建议，给出了开展社会经济效益研究的10个步骤，并介绍了主要参与研究的主体，以指导研究准备工作的开展。

第5—8章介绍了效益评估相关经济学理论以及具体评估效益、成本和进行效益—成本分析（BCA）的方法论等。第5章主要为读者提供了社会经济效益研究相关的经济学理论背景，并对第6—8章所涉及的效益，成本和收益成本分析（BCA）的定义和概念进行了介绍。由于不同用户、不同效益类型，其评估方法不同，第6章对评

估气象水文服务效益的不同方法进行综述，并提供相关案例解释不同方法的优势和局限性。如一些方法会涉及到大量的数据收集、用户调查，如进行服务支付意愿（WTP）调查及建立经济效益评估模型等，而其他方法的实施过程相对简单。国家气象水文部门需要根据服务用户的类型，考虑资源和时间的限制来选择适用的效益估计方法。第7章从国家气象/水文部门的角度出发对服务生产和传播不同阶段中所产生的成本进行了阐述。第8章描述了进行效益成本分析中用于比较效益和成本的标准和方法，并解释了所产生的价值折价或集中的原因。本章还在如何通过效益成本分析的结果分析研究的不确定性和敏感性等方面给予一定的指导意见。

效益评估成果的沟通交流是效益评估工作最后一环，涉及教育、宣传和质量评审及气象水文服务应用等多方面工作，在第9章中主要介绍了与用户沟通相关的多个重要方面，例如如何通过广播、电视、平面媒体、网络、短信和会议等多种方式向不同受众发布不同类型的评估成果等。第10章主要对本书进行总结，以及就如何在未来效益评估

中改进评估方法给出建议，并对未来工作进行展望。

此外，该报告还包括5个附录，包含气象水文相关词汇表、经济学术语、全球范围内气象水文服务发展及其效益评估进展的历史背景，评估气象水文服务效益的非经济学的社会科学方法调研以及9个社会经济效益评估研究案例总结等五部分内容。

简之，该书可视为国际上开展气象水文服务效益评估的指南性书籍，一方面对各国气象水文部门如何设计、实施和开展效益评估工作给予具体指导，另一方面也重视效益评估成果的宣传，强调气象/水文学家、社会经济学家以及用户团体（包括潜在用户、政府部门及相关基金组织）之间的有效沟通。此外，该书是从经济学角度评估服务的效益，利用单独章节（第5章：Economic Essentials）介绍经济学背景知识，并强调利用不同评估方法的优势评估不同类型的效益，这个也是本书的亮点之一。

（作者单位：中国气象局气象干部培训学院）

（上接68页）

在地挡在了天气系统移动的途中。在这里，“扁平化”管理的理念是沉甸甸的。实际上，激烈天气发生后，当地预报员第一时间通告下游预报员对致灾系统保持警惕，应该是预报员最基本的职业素质。然而，我们在告别仅靠电话和传真传送信息进入网络时代后，对天气系统移动路径沿线预报员之间的联动似乎有所忽略，而建立这样的平台对目前的通信技术而言，实在不是难事，关键是各级管理部门

需要树立替预报员着想的意识。

本期“浙江省气象业务现代化”专栏，是本刊在设立了“基层现代化”栏目后，第一次具体到特定的省市，并且以封面报道的方式推出，意在让气象科技的前沿进展，高效和及时地与基层气象现代化融合。虽然栏目的两篇文章，仅是浙江省气象业务现代化实践的侧面，但是却让我们真实感觉到了浙江气象人前行的坚定步伐，他们的实践反映的是气象基层

稳步推进现代化的风采。本文作者和两篇文章作者的交流，特别是在桐乡市气象局的实地采访，更是让我们体会到了浙江气象人勇于争先的进取精神。当然，2020年中国全面实现气象现代化还要面对各类挑战，还需要气象人更大的努力。

（作者单位：贾朋群，中国气象局气象干部培训学院；徐虹，浙江省气象学会）