

Preliminary Discussion on the Failure Forecasting Related to a High-Impact Light Rain in Shanghai

Chunhong Shi

Shanghai Meteorological Center, Shanghai Meteorological Service, Shanghai
Email: schleiyu@hotmail.com, schleiyu@sina.com

Received: Jun. 16th, 2017; accepted: Jul. 7th, 2017; published: Jul. 10th, 2017

Abstract

Due to the failure forecast on a light rain of 8-9 April 2010 in Shanghai, the highest temperature forecast is fault, the error near 7°C. In this paper, the possible reasons of failure forecast on the high-impact light rain are discussed. The results show that: the lower (850 hPa) mesoscale frontogenesis slows down the moving speed of low-level shortwave trough, causing the shortwave trough appearing a unusual "forward-lean" vertical structure during the trough movement, leading to the trough line of high-level (500 hPa) passing through Shanghai but the lower-pressure system haven't and the light rain process sustains. Obviously, the unexpected phenomenon is difficult to forecast in operation. Furthermore, the forecast results have not been timely adjusted when the early forecasts have already shown the significant deviations, because of the inertia forecasting thinking. And the mesoscale analysis based on the numerical model products is not in-depth enough. Particularly, the limited capabilities of numerical model forecast on the weak process and its weather elements, are the main reasons for ultimate forecast failure. Finally, some inspirations on the forecast of spring light rain in Shanghai and model using skill on the weak weather process are shown in this paper.

Keywords

Light Rain, Weak Weather Process, High-Impact Weather, Failure Forecast

一次高影响小雨过程预报失误的原因初探

施春红

上海中心气象台, 上海
Email: schleiyu@hotmail.com, schleiyu@sina.com

收稿日期: 2017年6月16日; 录用日期: 2017年7月7日; 发布日期: 2017年7月10日

摘要

2010年冬春之交的4月,因对8~9日发生在上海地区的一次小雨过程的预报失误,导致9日最高气温的预报与实况相差近7度,市民反响强烈。本文对这一“高影响”小雨过程的预报失误原因,进行了初步分析,结果表明:低层(850 hPa)的中尺度锋生,减缓了低层短波槽系统的过境速度,使短波槽系统在过境时出现“前倾”的异常垂直结构,导致高空(500 hPa)槽线虽已过境,但小雨过程却(因低层低值系统尚未过境)不止的令预报员始料未及的现象;预报员的惯性预报思维在前期预报已出现明显偏差的情况下未及时调整,对数值模式的中尺度预报信息分析不够深入,特别是模式对弱天气过程的要素预报能力把握不准等均是最终造成这次预报失误的主要原因。文章最后还给出了上海地区春季小雨过程预报及数值模式对弱天气过程诊断量改进的几点启示。

关键词

小雨,弱天气过程,高影响天气,预报失误

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着探测及气象预报技术的持续改进,台风、暴雨和寒潮等激烈性的强天气过程的预报技巧得到了明显提升[1]。然而,诸如小雨、小雪等弱的天气过程,业务中既不易被察觉,也常不被重视,预报失误并引发不良社会反响的现象屡见不鲜[2][3]。事实上,在城镇化和经济全球化及尚无较完备的应对预案的背景下,小雨雪等弱天气过程的影响并不一定小,有时甚至成为对人们出行和生产生活带来显著影响的高影响天气。如:2010年9月17日造成北京全市交通严重拥堵的一场小雨,即为一例。2010年4月8~9日发生在上海地区的一场小雨,因对其过境(结束)时间的预报失误,导致高达6.6℃的温度预报误差,误导人们过早穿上了春装,从而引发民众强烈不满,也为一例。

虽然,全球气候变暖背景下,大雨和暴雨的频数将增加,而小雨的频数将减少[4]。但是,季节之交的小雨或小雪天气仍十分常见,加之全球气候变化背景下大城市和沿海地区的气象灾害脆弱性明显增加。因此,提高季节之交的小雨雪等弱天气过程的预报预警能力仍十分必要,而对预报失误个例的原因分析则不失为众所周知的有效手段之一[5]-[11]。本文对2010年4月8~9日上海一次小雨过程预报失误的原因进行了初步分析,旨在对日后上海地区初春(冬春之交)的小雨天气过程预报预警有所裨益。

2. 过程及预报情况概述

2.1. 小雨天气过程

受中纬度东移短波槽和低空低涡切变线的影响,上海地区自2010年4月8日开始下起了绵绵细雨,并持续至9月傍晚结束,过程最大降水量仅1.2 mm,是上海地区冬春之交常见的小雨天气过程。其中,9日全市(含自动雨量站和有人气象站)最大雨量为1.2 mm(位于市中心城区的徐家汇地区),雨强普遍较弱(全市最大逐小时降水量不足0.1 mm),是较典型的“毛毛雨”天气(图1),傍晚转阴到多云,偏东风3~4级,全天最高温度12.4℃、最低温度9.2℃。

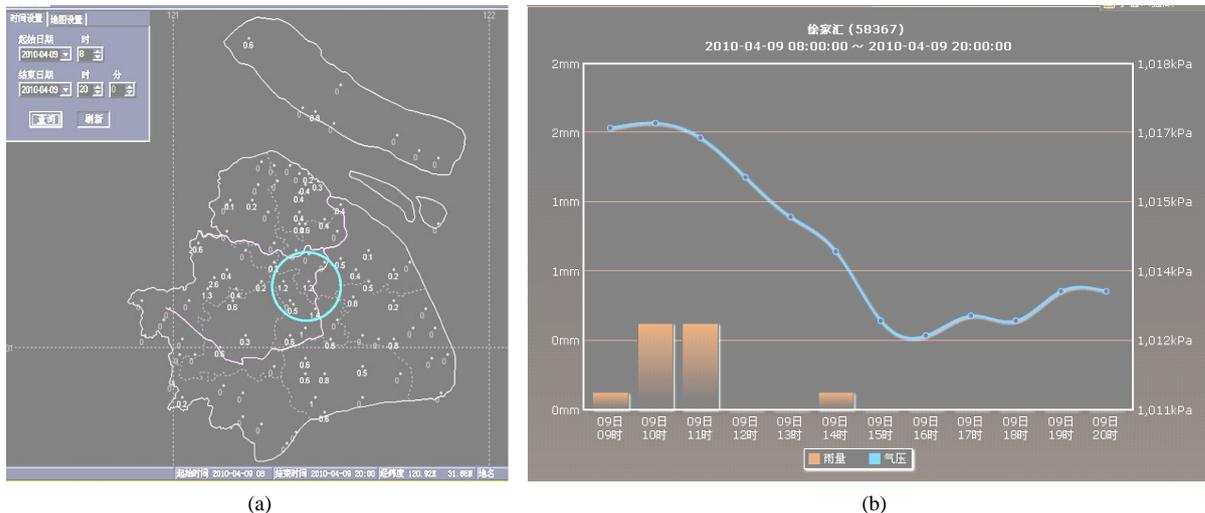


Figure 1. The sum precipitation of Shanghai (a) and the hourly precipitation of Xujiahui station (b) on 9th April, 2010
图 1. 2010 年 4 月 9 日全市降水量(a)和徐家汇站逐小时雨强(b)分布

2.2. 预报

2010 年 4 月 8 日 17 时预报：阴有时有小雨，今天下半夜转多云，明天多云到晴，今天下半夜到明天早晨局部地区有雾；东南风 4~5 级，今天下半夜转 3~4 级；明天最高温度 19 度，最低温度 9 度。

2010 年 4 月 9 日 5 时预报：阴到多云有零星小雨，今天上午转多云到晴；明天多云转阴；偏东风，今天夜里转南到东南风，风力都是 3~4 级；今天最高温度 18 度，明天最低温度 12 度。

2010 年 4 月 9 日 11 时预报：阴局部地区有小雨，今天下午转多云；明天多云，明天夜里转阴；东南风 3~4 级，今天夜里转南到东南风 4~5 级；今天最高温度 16 度，明天最低温度 12 度。

显然，雨止转多云的时间预报明显偏早(最早为 8 日下半夜即转为多云，直到 9 日 11 时仍预报当天下午即转多云，而事实上 9 日傍晚前后才转为多云)，导致 9 日温度的预计显著偏高(最高气温的最大预报误差高达 6.6℃)，造成被误导而过早穿上了春装的人们普遍感受到了上海冬春之交“乍暖还寒”的寒意，不满情绪油然而生，也给开展在即“上海世博会”气象服务蒙上了一层阴影和担忧。

3. 预报失误的主要原因

3.1. 短波槽过境时垂直结构的异常变化始料未及

2010 年 4 月 8~9 日发生在上海地区的小雨过程(以下简称“1049 小雨过程”)，是一次典型的短波槽东移过境造成的降水过程。事实上，长江中下游地区的春季(含冬春之交)，伴随每一次短波槽东移的是一次明显的降水过程，降水通常即位于 500 hPa 低槽的前方(如图 2 所示)，而且随着 500 hPa 低槽的移出(过境)，降水过程也随即结束，这一“槽过天晴”的预报概念模型也曾“屡试不爽”。然而，“1049 小雨过程”却持续到 500 hPa 的低槽移出后仍未结束。

资料显示：500 hPa 的低槽早在 9 日 08 时(北京时，下同)前即越过上海进入东海海域，700 hPa 的低槽也于 9 日 08 时前过境上海后入海，上海地区 700 hPa 及以上的中高空均为槽后的西北气流，是有利于降水过程结束的环流形势。然而，分析不难发现：9 日 08 时 850 hPa 上的低槽却尚未越过上海。可见，9 日 08 时的短波槽系统在垂直结构上呈现出显著的异常“前倾”特征，而该系统在过上海前仍表现出常态性的“后倾”结构(如图 3 所示)。显然，实时业务预报时，对于短波槽过境前后垂直结构的这一异常变化是始料未及的。

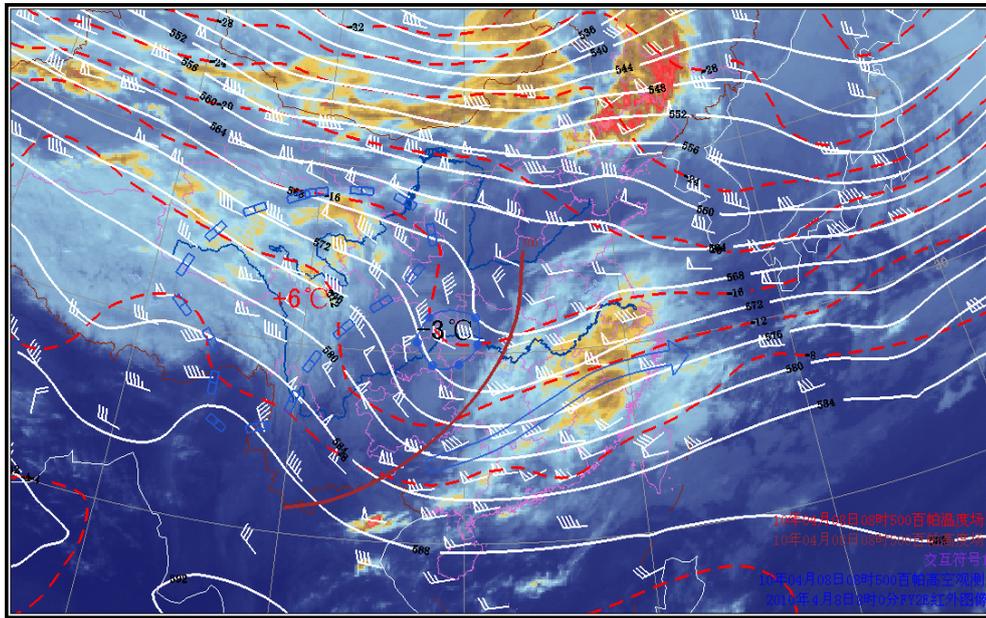


Figure 2. The typical circulation of Yangtze River rainfall caused by short trough at 500 hPa (8th April, 2010)

图 2. 500 hPa 短波槽系统过境引发长江中下游地区降水过程的典型环流形势图(2010 年 4 月 8 日 08 时)



(a) 8 日 08 时

(b) 9 日 08 时

Figure 3. The vertical structure abnormal “forward” changes before (a) and after (b) the shortwave trough

图 3. 短波槽系统过境前(a)后(b)垂直结构的“前倾”异常变化示意图

3.2. 低层的局地锋生作用关注不够

“1049 小雨过程”中(8 日 08 时和 9 日 08 时), 过上海的东-西向温度和湿度的垂直剖面如图 4 所示。对比图中虚框内等温线的分布可见: 在 500 hPa 低槽过境的过程中, 上海地区低层的温度梯度明显增大, 表明锋生现象明显。图 5 给出的 9 日 08 时的锋生函数取值的分布, 更清楚地显示了上海地区的低层锋生(发生在 850 hPa 及以下的对流层低层、冷暖空气交汇形成明显温度梯度)现象。

事实上, 低层的这一锋生现象一直持续至 9 日 20 时前后才结束(图略)。低层锋生的发生和持续, 不仅减缓了低层的低槽过境速度, 而且使低层的低槽在东移过程中得到了发展和加强, 9 日 08 时的 850 hPa 的流场上还出现了明显的低涡环流(925 hPa 及地面存在明显的暖湿切变线), 而此前的同一地区低层并未见该低涡环流(图 6)。

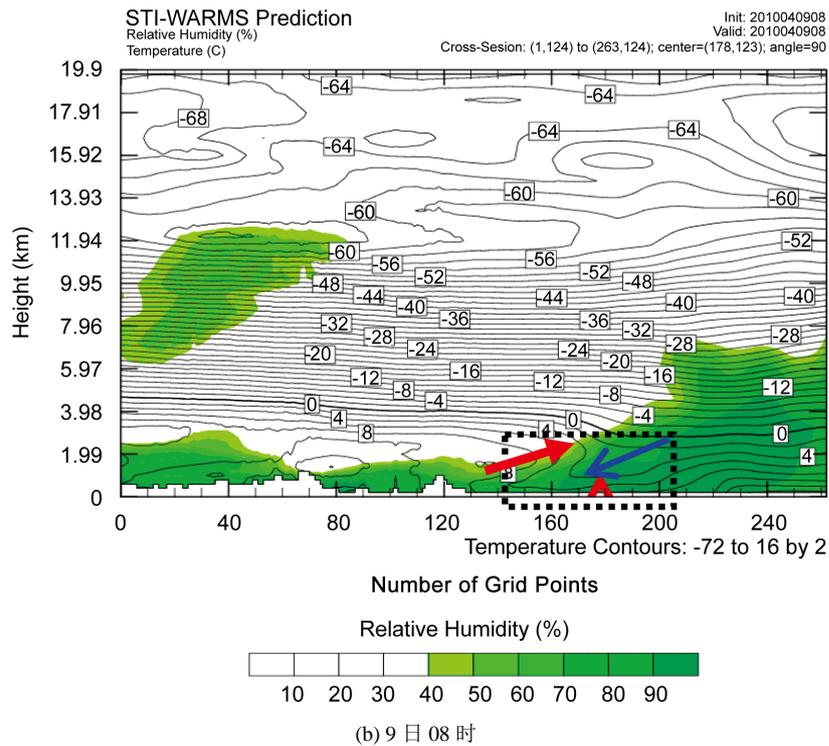
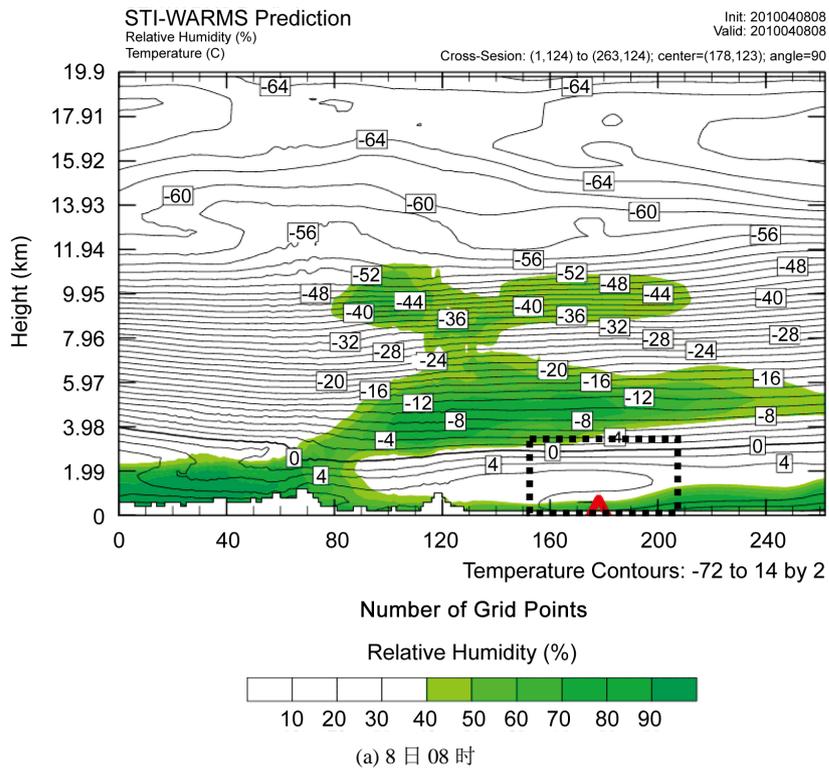


Figure 4. The vertical profile of temperature and humidity over Shanghai by east-west ward at 8:00 on 8th (a) and 9th (b). (A: the location of Shanghai, Contours: temperature, Shade: relative humidity)

图 4. 8 日 08 时(a)和 9 日 08 时(b)过上海的东西向温湿垂直剖面图。(图中 A 的位置即为上海, 等值线为温度、阴影为相对湿度)

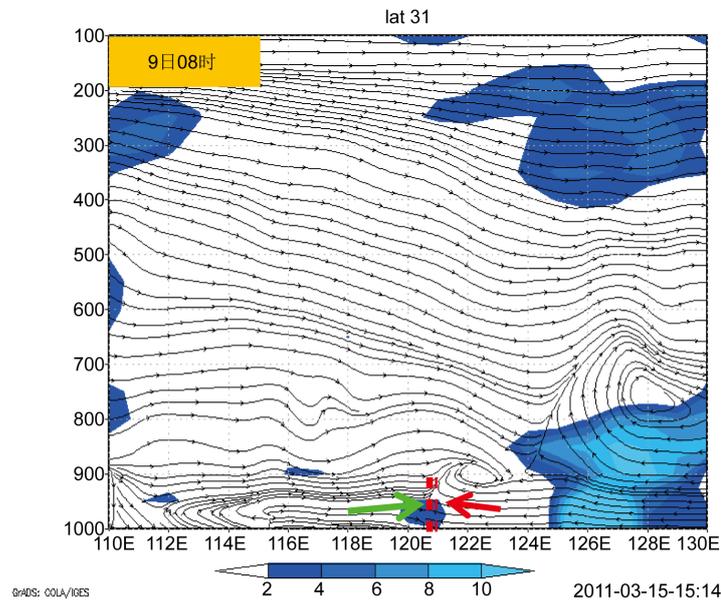


Figure 5. The vertical profile of frontal function over Shanghai by west-east ward at 8:00 on 9th (shaded: frontal function, flow field: wind of u component)
图 5. 9 日 08 时过上海的锋生函数取值的東西向垂直剖面(图中阴影区为锋生区, 流场为东西向的风场)

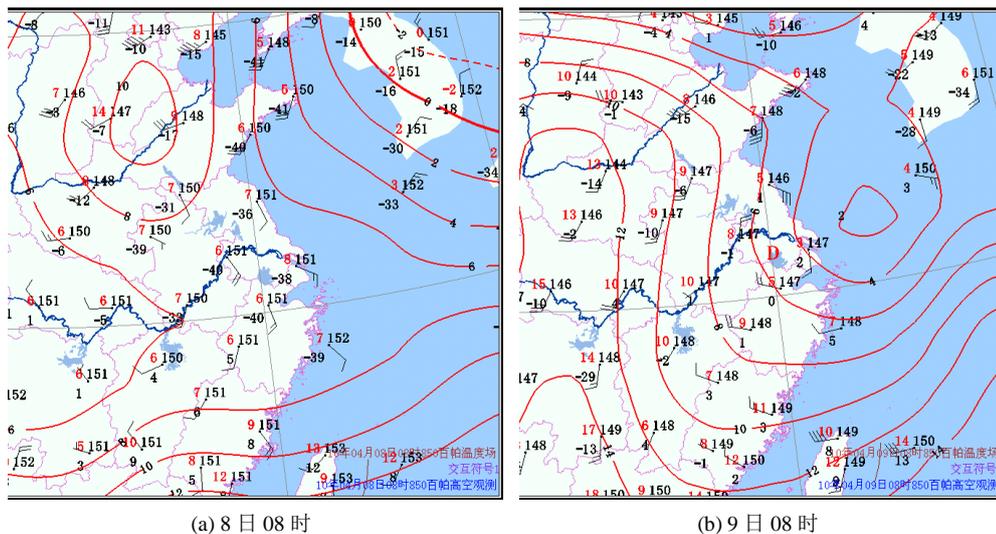


Figure 6. The frontal and 850 hPa vortex system before (a) and after (b) the trough transit (contour: temperature, D: low pressure circulation center)
图 6. 低槽系统过境前(a)后(b)低层的锋生及其激发的 850 hPa 低涡环流(图中等值线为温度, D 表示低压环流中心)

此外, 风廓线雷达资料清楚地表明: 上海地区 850 hPa 以下的边界层内是一致的富含水汽的偏东气流(图 7), 而这显然不利于降水过程的结束。但由于对短波槽过境前后结构变化的预判失误, 实时业务预报时并未对这一资料及其展现的异常现象引起足够的重视。

低槽过境过程中, 上海地区的低层(850 hPa 及以下)因有一支富含水汽偏东气流维持, 因此湿层较为深厚(如图 4 所示)。(上海宝山站)探空资料显示, 700 hPa 以下的相对湿度均达到饱和(图 8(a))。

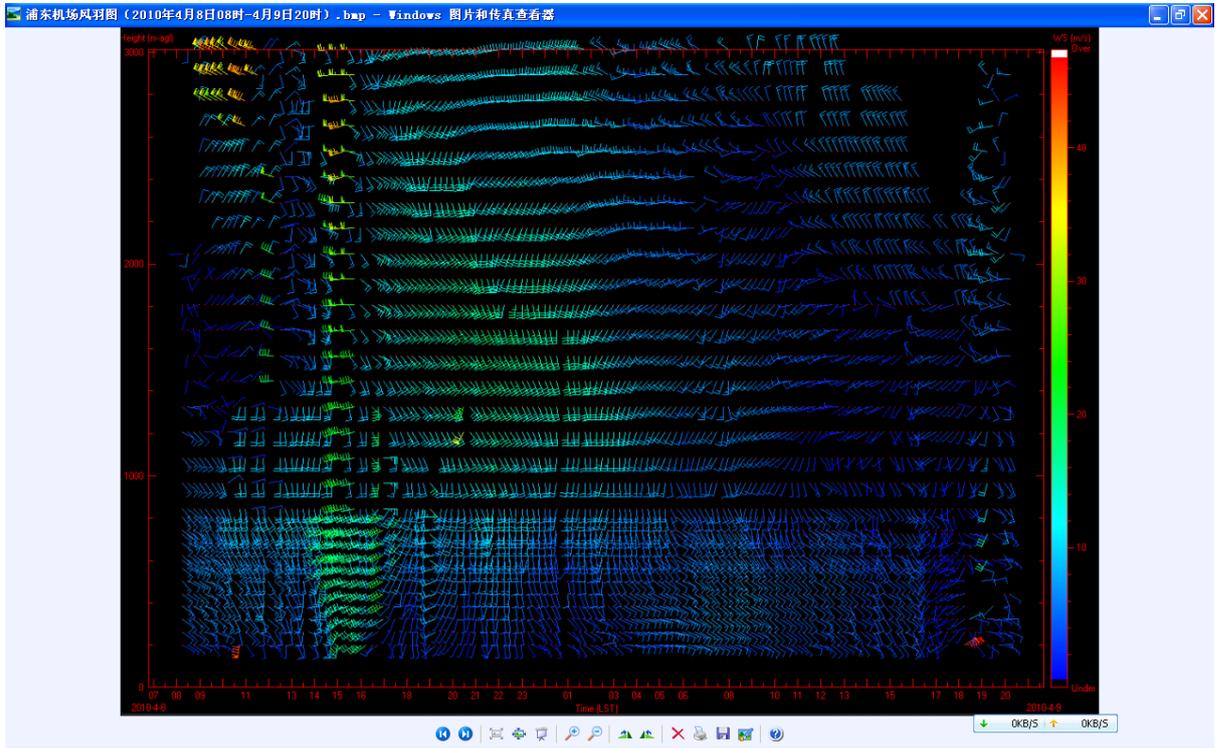


Figure 7. The distribution of wind profile radar from 8:00 on 8th to 20:00 on 9th (there are easterly flow under 850 hPa at 8:00 on 9th)

图 7. 8 日 08 时~9 日 20 时上海地区风廓线雷达资料(显示 9 日 08 时的 850 hPa 以下偏东气流)

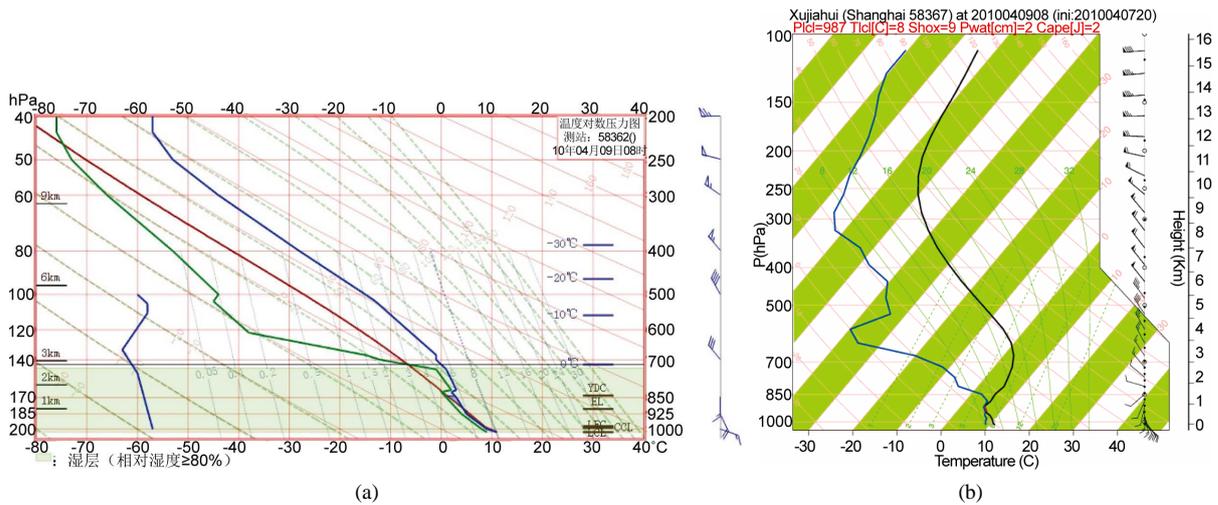


Figure 8. The distribution of Shanghai radio sound at 8:00 on 9th ((a): observation, (b): forecast by NWP)

图 8. 9 日 08 时上海地区的探空((a)-实况, (b)-数值模式预报)

值得注意的是,上海地区低层偏东气流消失(9 日 20 时, 图 7)的同时,低层的低涡环流也几乎同步移出上海,降水过程也随之结束。可见,低层的局地锋生作用(海陆地形差异导致的温度日变化可能加剧了这种锋生),不仅促进了低层的低值系统的发展,而且使低层的低涡系统东移减慢,加之低层低涡过境前的偏东风气流能带来连绵不断的充沛水汽,从而延长了此次弱降水过程的持续时间。而显然,实时业务预报时,对于低层的局地锋生的作用显然关注得很不够。

3.3. 预报员的惯性思维调整不及时

毋庸置疑, 预报员长期积累的经验及形成的预报概念模型的实际预报的贡献和作用。然而, “1049 小雨过程”的预报失误, 在相当大的程度上恰恰是受了“槽过天晴”这一预报概念模型的影响。回顾当时的预报, 不难发现: 8 日 17 时, 预报员判断 500 hPa 的低槽将于当天下半夜过境入海(事后证明这一判断是较准确的), 也正是基于这一判断和“槽过天晴”的概念模型, 才做出了“9 日白天将是多云到晴的天气”的预报, 加之风速不大(事后证明风的预报也较为准确), 因此气温回升将较为明显, 于是自然就有了“9 日最高温度 19 度”的预报结论。事后的观测资料表明, 9 日的最高温度与前一天并无多大变化, 预报明显失误, 从而对市民的衣着造成了“误导”。

虽然随后的天空状况并未如愿地“云开日出”, 虽然当时仍漂着“绵绵细雨”, 但事实上, 实时的预报思路仍然沿袭了“槽过天晴”的惯性思维, 并始终“坚信”很快就会“雨止转多云”。正因为如此, 9 日 5 时的预报, 仍坚信“零星小雨很快就会结束, 上午即会转多云到晴”, 同时考虑到转多云的时间较 8 日 17 时预报得稍迟, 对 9 日最高温度的预判也适当“调低”了些。然而, 虽然此时(9 日 5 时)的气温只有 10 余度, 但仍坚信“雨止日出后气温将迅速上升”, 于是对 9 日最高温度的预报也仅较此前“调低”了 1 度而已, 而这仍与实况相差高达 5.6 度。

值得一提的是, 即使是到了 9 日的 11 时, 即使是小雨仍在“绵绵”地漂着, 即使此时(9 日 11 时)的气温只有约 11 度, 但由于 500 hPa 的低槽已经过境, 受“槽过天晴”思维的影响, 实时预报中仍“坚信”此时的小雨很快就成“零星”和“局部”之势, 很快就要结束了, 下午即将“转多云”, 气温将于下午迅速上升, 仍预计至 14 时前后将升至 16 度。而事实上, 绵绵细雨直到 9 日傍晚 20 时许才结束, 当日最高气温也只有 12.4 度。

显然, 8 日 17 时对 500 hPa 低槽过境时间的判断是较为准确的, 但对“槽过天晴”中具体的“槽”(结构)及其过境时的“过法”没有做详细的具体分析, 简单地把“槽过天晴”中的“槽”等同于 500 hPa 的槽线。而事实上, “1049 小雨过程”中的“槽”在过境时, 500 hPa 上的槽线如预报员预计的如期过了境; 700 hPa 上的槽线也过了境, 但其过境的时间稍迟于 500 hPa 上的槽线, 过境后的位置也较 500 hPa 的槽线偏西; 850 hPa 上“槽”则由于低层的锋生而增强为低涡环流并因此而减缓了过境脚步, 直至 9 日 20 时前后才过境入海。

可见, 伴随“1049 小雨过程”的“槽”在过境过程中, 其垂直结构发生了从过境前(8 日 08 时)的“后倾”(常态性的)结构到过境时(9 日 08 时)的“前倾”(异常性的)结构的异常变化, 但实时预报中未针对低槽过境时的这一异常变化, 做出预报思路的及时的调整, 最终导致了预报的失误。

3.4. 数值模式的主动释用能力有待加强

事实上, 欧洲中心(EC)的集合预报、日本气象厅(JMA)的精细化数值模式、中国气象局国家气象中心(NMC)的 T639 模式、中国气象局上海台风研究所(STI)的区域中尺度模式(STI-WARMS)等上海中心气象台日常业务中常用的几个国内外主流模式, 对 500 hPa 槽线的过境预报均与预报员的判断基本一致, 且均预报上海地区 9 日白天(08~14 时)无降水(如图 9 所示), 加之是从 STI 区域模式中输出的探空图(如图 8(b))预报表明上海地区整层均较干, 这也在很大程度上“支持和鼓励”了预报员“坚信”上海将于 9 日“雨止转多云, 气温将快速上升”的预报思路。

显然, 也正因为数值模式对 500 hPa 槽线过境及上海地区无降水的预报结论与“槽过天晴”的预报概念模型“完全吻合”, 加之 9 日 05 时许, 从上海的多普勒雷达上就已看不到明显的降水回波(图略)了, 导致预报员对“9 日将雨过天晴, 气温将迅速上升”的预报思路和结论“坚信不疑”, 而没有对低槽的低层结构及低空的锋生现象引起足够的重视。

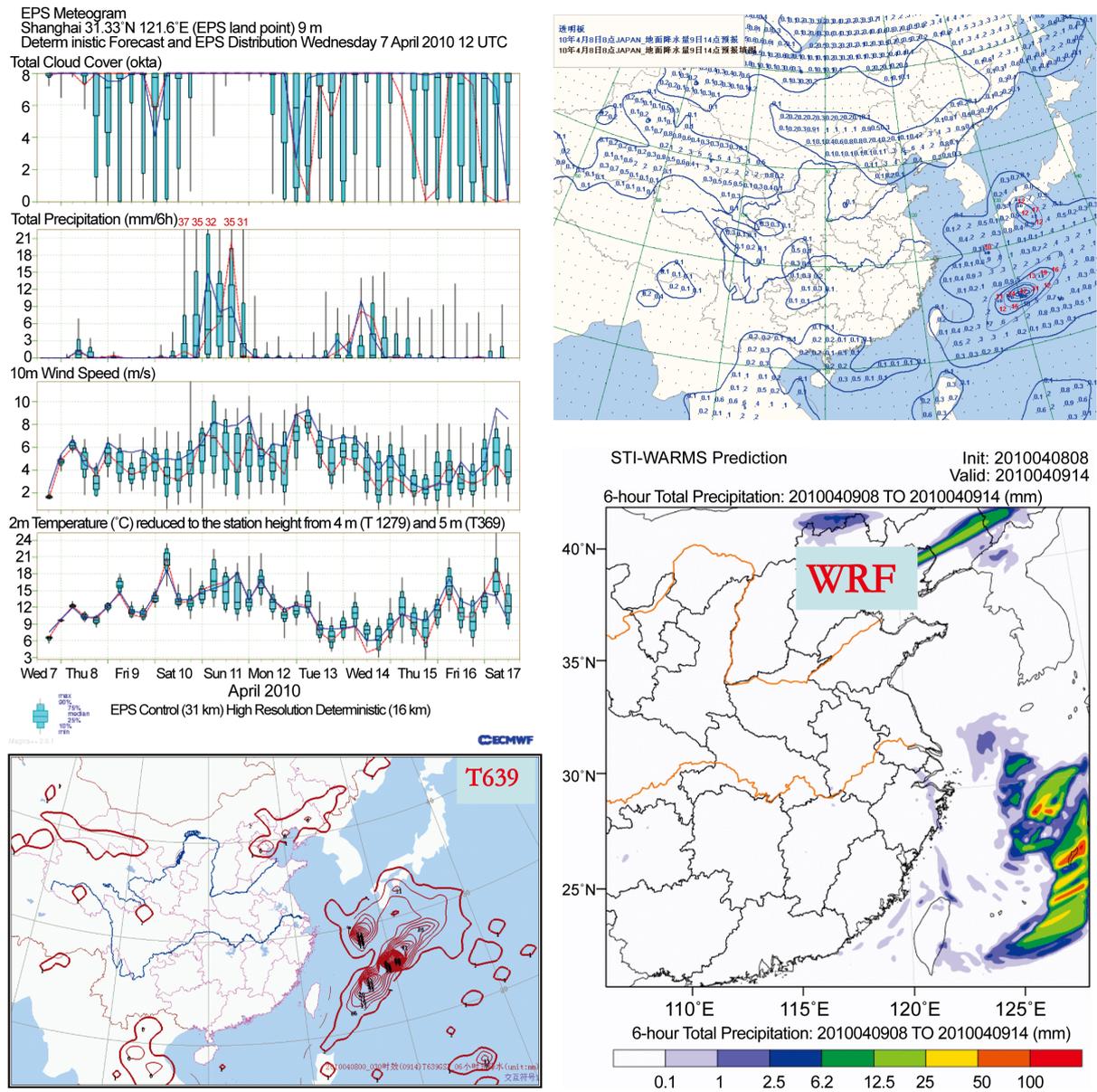


Figure 9. Without precipitation in Shanghai on 9th daytime forecast by several major NWP models (left and up: EC ensemble forecast, right and up: JMA model, left-down: T639, right and down: WARMS mode of STI)

图 9. 业务常用的几个主要数值模式均报 9 日白天上海地区无降水。(左上-EC 集合预报, 右上-JMA 的模式, 左下-NMC 的 T639, 右下-STI 的 WARMS)

事实上, 从现有数值模式的输出产品中, 还是能分析出一些低空锋生及低涡生成和东移减缓等“蛛丝马迹”的。例如: 从 EC 的集合预报(7 日 20 时起报)报出了 9 日上海的天空状况为阴天、最高温度不超过 15 度(图 9(a)); STI 的 WARMS 模式(8 日 08 时、20 时起报)还成功预报出了上海地区低低空有锋生、850 hPa 有低涡生成以及低空至地面的低值系统东移缓慢等“迹象”(图 10)。然而, 实际业务中, 这些中尺度演变特征的“迹象”与“无雨”等模式直接输出的要素预报结果不一致的情况时有发生, 特别是在小雨等弱天气过程的预报中尤为明显, 这也是“1049 小雨过程”预报中上述“迹象”未被预报员足够关注的客观事实。

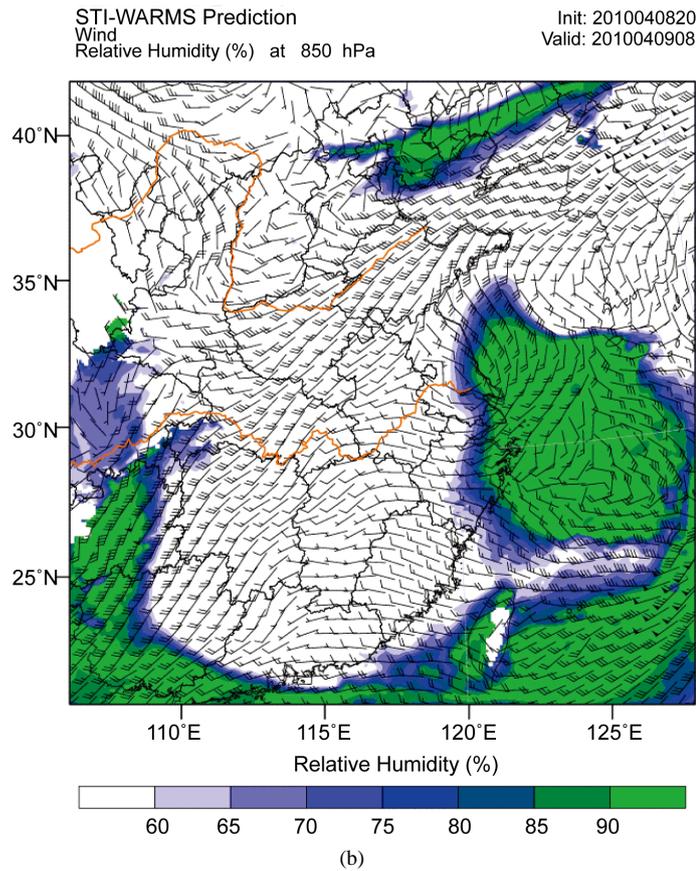
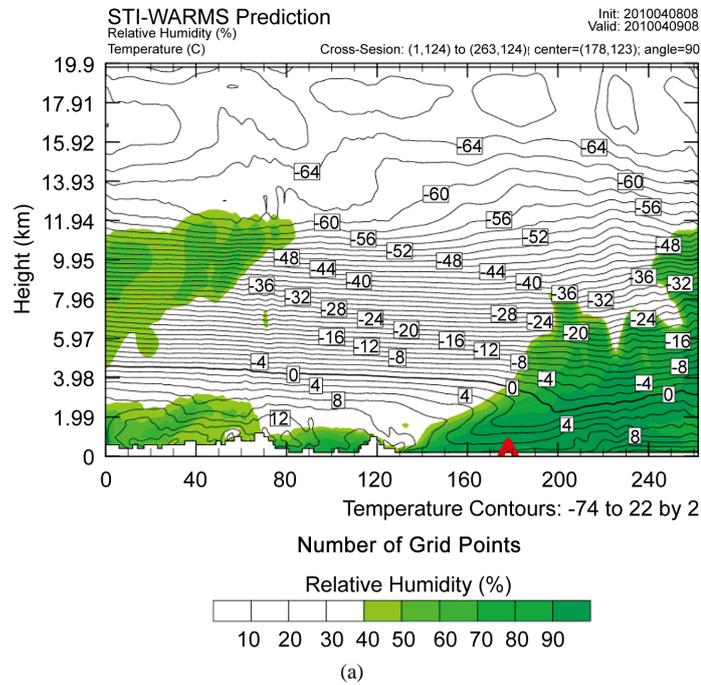


Figure 10. The successfully forecast of Shanghai front (a) and 850 hPa vortex (b) at 8:00, 9th by STI-WARMS

图 10. STI-WARMS 模式成功预报出上海 9 日 08 时的低空的锋生(a) 和 850 hPa 低涡生成(b)

事实上, 由于模式的降水是诊断量, 因此, 模式中对于小雨等弱天气过程的要素诊断方案也仍有待进一步改进和完善。同时, 预报员也应增强主动关注模式预报的中尺度系统的演变“迹象”与模式直接输出的要素预报不一致的现象, 并加强分析, 提高使用和主动释用模式预报产品的能力。

4. 结论与讨论

受短波槽系统过境的影响, 2010年4月8~9日在上海地区发生了一次小雨天气过程。低层中尺度的锋生, 不仅使低层的低值系统得到了进一步的发展, 而且减缓了其东移入海的速度, 导致短波槽系统在过境时出现中高空已经过境而低层仍未过境、短波槽系统在垂直方向上由过境前的“后倾”形态演变为过境时的“前倾”的现象, 实时业务预报时始料未及。事实上, 实时业务预报中, 过多依赖于500 hPa上的槽线已经过境及“槽过天晴”概念模型, 而未足够关注到短波槽系统在过境时垂直结构的异常变化特征, 也未对数值模式要素与形势预报的一致性, 特别是中尺度信息进行充分的分析, 最终由于对小雨天气过程结束时间的预判偏差而导致最高气温预报的严重失误。

通过以上对“1049小雨过程”预报失误的原因分析和讨论, 可供日后季节之交的弱天气过程预报时参考的启示有:

1) 弱天气过程的影响不一定小, 把握不准和预报失误有时也会造成严重的社会影响, 而成为“高影响”天气, 特别是在当下气象灾害脆弱性日益增大的大城市。因此, 日常预报中树立“每个过程都不放过”的理念十分必要。

2) “槽过天晴”中的“槽”是指整层的低值系统, 而非单纯的500 hPa上的槽线。事实上, 本例(“1049小雨过程”)中的降水结束与低层(850 hPa)低涡系统的过境几乎同时发生。因此, 实际预报中要关注低槽过境前后的垂直结构演变, 并特别注意低槽的整体过境时间。上海地区春季(或冬春之交)低槽过境的降水过程, 要特别关注低层低值系统的移动速度及东风气流携带的充沛水汽对“回流雨”的影响。

3) 模式的诊断量, 特别是表征局地的、弱天气过程特征的要素诊断方案, 仍需在大量个例分析的基础上进一步改进和完善。预报员应增强主动、综合分析和解释应用模式产品的能力, 切忌简单地使用模式输出的要素预报结论, 特别是在模式预报的中尺度系统演变“迹象”与模式直接输出的要素预报不一致的情况下, 尤显重要。

4) 当前期的预报结论已与实况出现明显偏差时, 要及时调整预报思路, 切不可“一条道走到黑”。

致 谢

本文在成文前曾在中国气象局培训中心(现为中国气象局干部培训学院)2011年首席预报员春季研修班上交流, 并得到培训班老师及许爱华、郑媛媛、罗喜平等首席预报员的指导和鼓励, 在此一并致谢!

基金项目

中国气象局预报员专项课题(编号: CMAYBY2011-014)。

参考文献 (References)

- [1] 张碧辉. 2013年11-12月业务数值模式天气学检验报告[J]. 天气预报, 2014(1): 61-64.
- [2] 李仲虞. 一场小雨击瘫北京交通 6因素发威造成昨晚暴堵[N]. 北京青年报, 2010-9-18.
- [3] 李力言. 一场小雨足以击瘫北京交通[N]. 京华时报, 2010-9-19.
- [4] IPCC, Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4).
<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-cn.pdf>
- [5] 李亚琴. 2012年桂西北一次暴雨漏报的原因分析[J]. 气象研究与应用, 2013, 34(S1): 29-31.

-
- [6] 王志远. 高原东部一次大雨天气过程预报失误原因分析[J]. 青海气象, 2011(4): 19-22.
- [7] 张蕾, 王明洁, 李辉. 短时强降水临近预报相对准确率的探讨[J]. 广东气象, 2015, 37(2): 1-6.
- [8] 张成军, 范小明, 马国涛. 宁夏南部一次大雨转大雪天气过程预报失误分析[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(S1): 100-104.
- [9] 梁利. 一次较强降水过程预报失误的原因分析[J]. 现代农业科技, 2010(19): 226-270.
- [10] 魏晓雯, 梁萍, 何金海. 上海地区不同类型短时强降水的大尺度环流背景特征分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(2): 69-75.
- [11] 杨诗芳, 郝世峰, 冯晓伟, 等. 杭州短时强降水特征分析及预报研究[J]. 科技通报, 2010, 26(4): 494-500.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org