

周庆亮. 美国强对流预报主观产品现状分析[J]. 气象, 2010, 36(11): 95-99.

美国强对流预报主观产品现状分析^{* 1}

周庆亮

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 为了全面反映美国强对流预报主观产品现状, 同时也为推进我国国家级强对流天气预报业务建设提供思路, 通过研读相关文献、最新技术报告和专家咨询等方式, 对当前美国国家级强对流天气预报业务的产品类型、制作、发布规范等最新进展进行了比较详细的分析, 并对我国国家级强对流天气预报业务建设提出了初步设想。通过分析看到, 美国的强对流预报业务产品, 以概率分类预报为主要形式, 是以预报员为主体的综合主观预报产品。现已形成了一个比较系统的短时、短期、中期预报业务产品系列。以其为参照, 我国强对流预报业务发展须加强四个方面的工作: 第一, 强对流天气气候学分析、诊断技术的研究应用; 第二, 基于高时空分辨率的中尺度数值预报系统的客观产品的研发和应用, 强对流分类预报方法的研制; 第三, 专门预报员队伍的建设; 第四, 科学的业务流程和高效的综合监测传输。

关键词: 风暴预报中心, 主观业务产品, 强对流天气, 现状分析

New Developments on Subjective Operational Products of the American National-Level Severe Convective Weather Prediction

ZHOU Qingliang

National Meteorological Center, Beijing 100081

Abstract: To reflect the situation of American national-level subjective operational products of severe convective weather prediction and provide the reference to the CMA (China Meteorological Administration) severe weather prediction operations, the newest developments of American national-level subjective operational products of severe convective weather prediction (its products, generation and issuance regulation) were analyzed. Some proposals were put forward to the further development of CMA severe weather prediction operations. The conclusion could be drawn through the analysis that American national-level subjective operational products of severe convective weather prediction mainly are the classified probability forecasts. They have been formed a systemic product series of short-time, short-term and medium-term forecasts now. By using of contrast, CMA severe weather prediction operations should strengthen their work in these four respects as follows. First, the application of climatology, meteorology, analysis technology and diagnosis technology of severe convective weather. Second, investigations of the forecast methods and mesoscale numerical forecast products which are based on the high resolution of time and space scales. Third, construct a steadily special team. The last is the scientific operation flow and efficient transportation of integrated monitoring.

Key words: storm prediction center, subjective operational products, severe convective weather, new developments assessment

引 言

美国的预报业务部门设置分为国家级专业预报

中心(National Specialized Centers)和地方预报台(Forecast Offices)两级。美国天气局国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)下属的国家级专业预报中心有7个,分

* 公益性行业(气象)科研专项“中尺度对流性天气诊断分析方法研究”(200906003-01)资助

2010年1月27日收稿; 2010年6月7日收修定稿

作者:周庆亮,从事高影响天气分析预报技术研究. Email:zhouql@cma.gov.cn

别是航空预报中心 (Aviation Weather Center, AWC)、气候预报中心 (Climate Prediction Center, CPC)、水文预报中心 (Hydrometeorological Prediction Center, HPC)、飓风预报中心 (National Hurricane Center, NHC), 也称热带预报中心 (Tropical Prediction Center, TCP)、海洋预报中心 (Ocean Prediction Center, OPC)、空间天气预报中心 (Space Weather Prediction Center, SWPC) 和风暴预报中心 (Storm Prediction Center, SPC); 地方预报服务部门分别有 122 个天气预报台 (Weather Forecast Office, WFO)、13 个水文预报中心 (River Forecast Center, RFC)、21 个航空气象服务中心 (Center Weather Service Unit, CWSU)、20 个天气服务台 (Weather Service Office, WFO)、1 个西海岸/阿拉斯加海啸预警中心 (West Coast / Alaska Tsunami Warning Center, WC/ATWC)、1 个太平洋海啸预警中心 (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC)。

美国风暴预报中心目前负责全美国大陆 (48 Continental United States) 的强对流天气监测和预报业务。其前身是美国强局地风暴室, 1954 年初建于密苏里州堪萨斯市, 后扩建为强风暴预报中心 (NSSFC), 1995 年正式命名为风暴预报中心, 1997 年迁于美国中南部俄克拉荷马州的诺曼 (Norman)^[1-4]。

为了全面反映美国强对流预报主观产品现状, 同时也为推进我国国家级强对流天气预报业务建设提供思路, 本文将对美国风暴预报中心的最新预报业务产品现状, 进行比较详尽的分析, 并对我国国家级强对流天气预报业务建设提出初步设想。

1 业务产品

美国风暴预报中心定义的强对流天气 (severe weather), 是指由强雷暴 (severe thunderstorm) 天气系统产生的龙卷、破坏性或大于 50 海里/小时 ($25.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) 的大风、大于 3/4 英寸 (1.9 cm) 的冰雹三种天气现象之一或者多个同时发生。风暴预报中心的预报业务产品主要是针对上述的强对流天气, 有对流天气展望 (convective outlook)、强风暴中尺度讨论 (mesoscale discussion) 和强对流天气警戒 (severe weather watch)^[5-6]。此外, 对于像强降水、寒潮与高温、热带气旋、冬季风暴、冬雨等灾害性天气, 风暴预报中心也针对一些地区发布短时预报, 而

且全国林火预报也由风暴预报中心发布。

1.1 对流天气展望

强对流天气展望, 是风暴预报中心对下级天气预报台的指导产品, 同时也发给应急管理部门、私人气象公司、媒体和其他天气用户。对未来 1~3 天的强对流天气影响, 强对流天气展望将分别用轻度、中度和高度 (slight, moderate, high) 三个危险等级给出落区和强度预报, 并分别给出具体危险袭击概率预报; 对于 4~8 天的展望, 只给出在这些天哪些地方有 30% 以上的可能出现强雷暴天气系统。

1.1.1 第 1 天的对流天气展望 (day 1 convective outlook)

第 1 天的对流天气展望产品使用文字、图形来描述美国大陆的雷暴、强雷暴天气的预报。文字描述使用的是专业技术语言, 面向富有经验的天气用户, 提供预报演变理由, 同时也清晰地给出产品的发布时间、时效等信息, 最大可能的严重天气灾害以及灾害的强度; 图形预报产品包括 3 个强对流天气危险等级 (slight, moderate, high) 预报和 10% 或以上的雷暴预报 (如图 1), 同时也分别给出龙卷、大风、强冰雹三种强对流天气的预报员主观综合的概率预报 (如图 2 至图 4)。

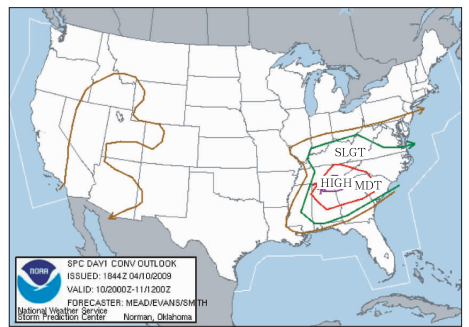


图 1 2009 年 4 月 10 日 18 时 44 分发布的 10 日 20 时至 11 日 12 时强对流天气危险等级预报标准时间, 图中未标注的箭头线的右侧代表 10% 或以上的雷暴预报落区
Fig. 1 Categorical graph of severe convective weather issued at 18:44 Z 10 April 2009 which is valid from 20:00 Z 10 April to 12:00 Z 11 April, CST/CDT. Hatched Area: 10% or greater probability of thunder storm within 40 km of a point

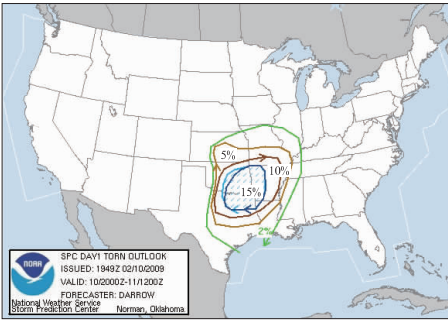


图 2 2009 年 2 月 10 日 19 时 49 分发布的 10 日 20 时至 11 日 12 时龙卷概率预报 阴影区代表有 10% 以上概率 出现 EF2~EF5 级龙卷

Fig. 2 Probability of a tornado issued at 9:49 Z 10 February 2009 which is valid from 20:00 Z 10 February to 12:00 Z 11 February CST/CDT. Hatched Area; 10% or greater probability of EF2-EF5 tornadoes within 40 km of a point

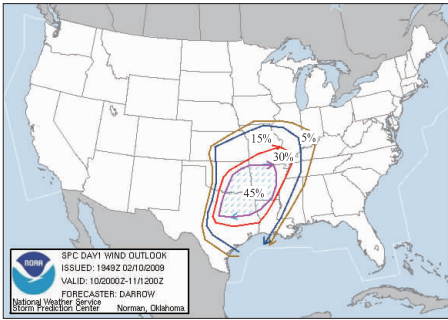


图 3 2009 年 2 月 10 日 19 时 49 分发布的 10 日 20 时至 11 日 12 时雷雨大风概率预报 阴影区代表有 10% 以上概率出现 65 节 ($33.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) 以上的大风

Fig. 3 Probability of damaging thunderstorm winds or wind gusts of $25.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ or higher issued at 19:49 Z 10 February 2009 which is valid from 20:00 Z 10 February to 12:00 Z 11 February. CST/CDT. Hatched Area; 10% or greater probability of wind gusts 65 knots ($33.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) or greater within 40 km of a point

3 个强对流天气危险等级 (slight, moderate, high) 是用来表征预期强对流天气威胁的范围大小和强度。轻度危险等级表明将有系统性的强风暴出现,但数目或区域都很小,根据不同的地域大小一般有 5~25 个 3/4 英寸 (1.9 cm) 冰雹报告,或者 5~25 个大风事件、1~5 个龙卷风出现;中度危险比起轻度危险等级,需要更高密度的强风暴发生,大多数

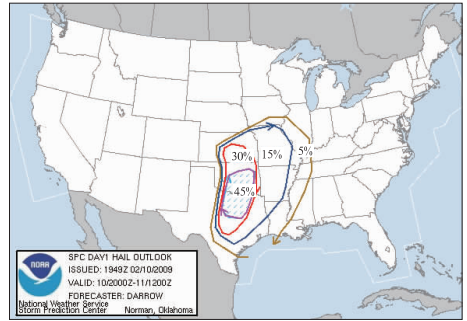


图 4 2009 年 2 月 10 日 19 时 49 分发布的 10 日 20 时至 11 日 12 时 3/4 英寸 (1.9 cm) 冰雹概率预报 阴影区代表有 10% 以上概率出现 2 英寸 (5 cm) 以上的冰雹

Fig. 4 Probability of hail 3/4 inches (1.9 cm) or larger issued at 19:49 Z 10 February 2009 which is valid from 20:00 Z 10 February to 12:00 Z 11 February. CST/CDT. Hatched Area; 10% or greater probability of hail 2 inches (5 cm) or larger within 40 km of a point

情况下有更多的强对流天气发生;高度危险等级不仅有显著的强对流天气发生,而且像强龙卷风和危害性大风等极端强对流事件发生的概率很大,有可能出现 F2 级以上的龙卷风、下击暴流群、 $80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的阵风,带来建筑破坏 (表 1)。

表 1 强对流天气危险等级标准 (美国)

Table 1 Categorical criteria of severe convective weather (used in USA)

危险等级	强对流天气指标
轻度 (slight)	出现 5~20 个强冰雹事件,或者 5~20 个强风事件,或者 2~5 个龙卷风
中度 (moderate)	出现 20~50 个强冰雹事件,或者 20~50 个强风事件,或者 6~19 个龙卷风
高度 (high)	出现大于 19 个龙卷风,并 2 个以上有可能达到 F3~F5 级,或者出现下击暴流组 (Derecho) 而导致极端大风灾害 (大于 50 个风灾报告)

危险等级预报只有预计可能伴有龙卷、大冰雹或致灾大风的系统性强对流发生时,才发布。系统性强对流一般指超级单体风暴、飚线、多单体雷暴复合体。三个危险等级的确定,主要依据强对流天气的发生概率 (表 2)。

第 1 天的对流天气展望每天发布 5 次:每天在 01 时 (美国时间,下同) 第一次发布预报,预报时效为当天 07 时到下一天 07 时;在 08 时和 11 时 30 分

表 2 “第 1 天对流天气展望”强对流天气发生概率
与危险等级转换表

Table 2 Day 1 probability to categorical outlook conversion

对流天气展望 (发生概率)/%	龙卷风	强风	冰雹
2	低于轻度	未使用	未使用
5	轻度	低于轻度	低于轻度
10	轻度	未使用	未使用
15	中度	轻度	轻度
30	高度	轻度	轻度
45	高度	中度	中度
60	高度	高度	中度

发布两次预报(早晨预报更新),预报时效到下一天 07 时;在 15 时发布一次预报(下午预报更新),预报时效到下一天 07 时;在 20 时发布一次预报(晚上预报更新),预报时效到第二天 07 时。

1.1.2 第 2 天的对流天气展望(day 2 convective outlook)

第 2 天的对流天气展望在文字和图像形式上跟第 1 天的对流天气展望相似,最大的不同是不发布大风、冰雹和龙卷的单种类概率预报,取而代之的发布一个综合强对流天气概率预报,并且每天只在早晨 01 时和下午 12 时 30 分发布两次,预报时效也是从当天的 07 时到下一天 07 时。

1.1.3 第 3 天的对流天气展望(day 3 convective outlook)

第 3 天的对流天气展望在文字和图像形式上跟第 2 天的对流天气展望相似,但其只发危险等级分类预报(slight, moderate, high),不发布雷暴预报。每天只在早晨 02 时 30 分发布一次预报。

1.1.4 第 4~8 天的对流天气展望(day 4~8 convective outlook)

第 4~8 天的对流天气展望,用一幅落区图来描述预报时段内的强对流天气威胁。在落区图中的落区表示至少在其内有 30% 的强对流天气发生可能性,这相当于轻度(slight)危险等级的上限。每天只在早晨 03 时 30 分发布一次预报。

当在第 1 天的对流天气展望中,发布了龙卷爆发或者区域性灾害大风强对流天气高危险等级时,风暴中心还向下级台站、其他天气用户发布“公众强天气展望(The Public Severe Weather Outlooks, PWO)”。这是一种明语预报,一般提前 12~24 小时发布,用于提醒当地气象台和用户关注潜在的危险天气形势给公共安全造成的影响。对于中等级别的对流天气危险等级,也可能发布第一次“公众强天气展望”。这种产品的发布,可以在下一轮的“第 1

天对流天气展望”更新中发布,但如果是碰上“第 1 天对流天气展望”早晨更新预报时间,则马上发布。

1.2 中尺度讨论

当各种天气条件非常有利于强风暴系统的发展时,美国风暴预报中心通常在发布天气警戒前 1~3 个小时发布中尺度讨论业务产品。另外,美国风暴中心也会针对冬季的暴风雪、冬雨等灾害性天气发布该类产品。对于强降雨以及对流性系统也偶尔发布中尺度讨论。

中尺度讨论是基于观测、针对一个有限的地区、短时、定性的提醒,是不定时发布的一种图文合并的产品。其主要是讨论目前强对流天气的实况,未来几个小时的可能演变及其预报理由。如果是针对强风暴系统的中尺度讨论,还要给出即将发布的警戒发布时间和区域。

强风暴系统的中尺度讨论可以针对强对流天气的发展,提供一个更提前的考虑时间,并在警戒发布之前提前着手各项业务工作的升级。

1.3 强对流天气警戒

当各种天气环境要素条件非常有利于产生有组织的强风暴系统(organized severe thunderstorms)和龙卷发生时,美国风暴预报中心发布强风暴警戒或龙卷警戒。龙卷可以在发布任何一种警戒时发生,而龙卷警戒只是在各种条件非常有利于多龙卷或者强龙卷发生时才发布。强对流天气警戒,将会提醒公众要对正在变化的天气形势和可能的警报开始保持高度关注,同时也为应急管理部门、风暴志愿者、媒体提供了非常宝贵的时间来做好应对准备。制作预警的落区时,通常是画一个平行四边形,但最终的落区通过跟当地气象台的会商后,精确到县。通常预警的落区为 2~4 万 km²,根据不同的天气形势可以稍大或者稍小些;在大多数年份里,每年要发布 800~1000 次。一个典型的警戒有效时段为 6~7 个小时,但期间它可以取消、更替或者重新发布

美国国家级风暴中心发布强风暴警戒或龙卷警戒,是表明在未来几个小时有强对流天气可能发生,而不是保证一定要发生。而当地气象台发布的警报,是指强对流天气已经发生或者马上就要发生。当风暴中心对在某一地区强对流天气发生的可能性觉得比较有信心时,就可以发布强风暴警戒或龙卷警戒,但是至少要在强对流天气发生前 1 个小时发出。

强风暴警戒或龙卷警戒的内容非常简短,除了

给出受影响的地区、有效时间以及可能引发的强对流天气外,还包含一个简短的天气讨论及航空飞行建议。

每个强风暴警戒都是不一样的,为了更好地给出强风暴的警戒,针对于龙卷、雷暴大风和冰雹两种强风暴事件,分别提供强风暴警戒的概率预报。

在 SPC 业务产品“对流天气展望”和“强对流天气警戒”中,给出的概率预报值是有很大差别的。前者针对强对流天气事件发生的预报概率,是指在一个半径为 40 km 的区域,所以概率值比较小,不会超过 60%;后者“强对流天气警戒”给出的强对流天气事件发生的预报概率,是指整个警戒区域($(2\sim 4)\times 10^4\text{ km}^2$),所以概率值比较大。

2 小结与讨论

近些年来,我国科研机构通过专项研究,提出了我国强对流天气预报业务平台建设的若干科学问题^[7],全国省级台站的强对流天气分析、短时临近预报方法研究、预报业务系统建设工作发展迅速^[8-10]。

我国国家级强对流预报业务开展比较晚,2005 年中央气象台在强对流和强降水的预报方法研究和技术开发的基础上,开始尝试在 4—9 月制作全国 24 小时内的强对流天气落区(主要是雷暴和强降雨)综合预报产品。2007 年中央气象台正式增加了每天 3 次的全国雷暴落区预报业务工作。2009 年 3 月 1 日,中央气象台正式组建了专门的强对流天气预报业务机构——强天气预报中心,并从 2009 年 4 月 1 日起正式开展了全国强对流天气分类落区预报业务:每天 3 次(05 时、10 时、17 时)发布全国强对流天气落区预报产品:产品的预报时效为 24 小时,预报间隔 12 小时,预报内容为全国一般性对流天气(雷暴)和强对流天气(雷雨大风、冰雹、龙卷或大于 $20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的短历时强降雨)落区预报二分类预报。2010 年 4 月 1 日开始,中央气象台全国强对流天气落区预报调整为每天制作我国强对流天气 24 小时分类落区预报和 48~72 小时强对流天气落区预报:24 小时预报时效内,制作雷暴、雷雨大风和冰雹、短时强降水 3 种分类落区预报;48~72 小时内,制作雷暴和强对流天气(雷雨大风、冰雹或短时强降雨)落区预报。

美国国家级的强对流天气预报业务,经过半个世纪的发展,已经形成了一个比较系统的短时、短期、中期预报业务产品系列,预报时段从 2 小时到 8 天。国家级的强对流业务对下指导产品,同时也有

公共气象服务、专业气象服务产品,通过网站等提供给广大用户,既是对当地气象台站警报服务的一个必要补充,也可以达到上下业务相互促进的目的。美国的强对流预报业务产品,以概率分类预报为主要形式,是以预报员为主体的综合主观预报产品。我国国家级的强对流天气预报业务中心,业务产品的发布应该以美国的风暴中心为重要参照。为了完成这样的业务目标,必须加强以下 4 个方面的工作:

(1) 我国强对流天气气候学分析、诊断技术的应用;

(2) 基于高时空分辨率的中尺度数值预报系统的客观产品的研发,预报方法的研制;

(3) 稳定的、专业化强对流天气预报员队伍的建设;

(4) 科学的强对流预报业务流程和高效的综合监测传输。

致谢: 本文得到美国 NCEP 风暴预报中心主任 Joe Schaefer 博士、国家气象中心主任端义宏博士的悉心指导和国家气象中心强天气预报中心刘鑫华博士的热情帮助,在此一并深表感谢!

参考文献

- [1] Ostby F P. Operations of the National Severe Storm Forecasting Center[J]. Wea Forecasting, 1992,7(4):546-563.
- [2] 许晨海,朱福康,杨连英,等. 美国强天气过程预报进展[J]. 气象科技, 2003, 31(5):308-313.
- [3] Corfidi S. A Brief History of the Storm Prediction Center [OL]. <http://www.spc.noaa.gov/history/early.html>.
- [4] Schaefer J T. The NOAA/NWS Storm Prediction Center [R]. Key Note at CMA 5TH Symposium on Severe Weather Prediction, Oct., 2008.
- [5] Novy C H, Edwards R, Imy D, et al. SPC and its Products [R]. Note for MEA444, November 13, 2008.
- [6] Schaefer J T, Schneider R S, Weiss S J. Subjective Probability Forecasts at the NWS Storm Prediction Center[R]. Presentation at the 2009 National Weather Association (NWA) Annual Meeting, Oct., 2009.
- [7] 倪允琪. 建设中尺度天气业务平台的若干科学技术问题 I: 科学问题与基本架构[J]. 气象, 2007, 33(9):3-8.
- [8] 陈秋萍,冯晋勤,李白良,等. 福建强天气短时潜势预报方法研究[J]. 气象, 2010, 36(2):28-32.
- [9] 赵培娟,吴蓁,郑世林,等. 河南省强对流天气诊断分析预报系统[J]. 气象, 2010, 36(2):33-38.
- [10] 漆梁波,陈雷. 上海局地强对流天气及临近预报要点[J]. 气象, 2009, 35(9):11-17.
- [11] 郑永光,张小玲,周庆亮,等. 强对流天气短时临近预报业务技术进展与挑战[J]. 气象, 2010, 36(7):33-42.
- [12] 张小玲,张涛,刘鑫华,等. 中尺度天气的高空地面综合图分析[J]. 气象, 2010, 36(7):143-150.