

美国国家强风暴预报中心的 陆龙卷监视技术发展趋势

这里主要根据《国家强风暴预报中心预报技术的一些发展趋向》一文,介绍美国关于陆龙卷的监视(Tornado Watch)的核检(verification)统计。

陆龙卷的监视是在约 65,000 平方公里的矩形区域内,监视可能在预期强对流将开始的几小时前发布(不是按死规定的时间),其平均超前时间约 30 分钟。

发布这种监视的目的是通知国家天气局(NWS)、防灾和风暴监视小组、法律事务所和一般公众,指出有可能发生,要准备采取安全防护措施。国家强风暴预报中心还对国家天气局的地方机构发送监视结果,这些机构再向外传播。

陆龙卷监视的统计

Galway (1967) 提出 1952—1966 年期间的核检统计。此后继续进行这种鉴定。图 1 给出 1967—1977 年的监视核检。为核检监视的效果,考虑在监视的区域内于监视的有效时间内所出现的陆龙卷(注意既不用巨雹也不用灾害性雷暴阵风来验证陆龙卷的监视)。在 11 年中,技术总的提高是明显的。监视核检的百分比在六十年代后期约为 30%,而在七十年代的大部分时间却超过 40%。若包括紧靠龙卷监视区域的龙卷,则监视验证的准确率更高,自 1973 年以来提高到约 65%。

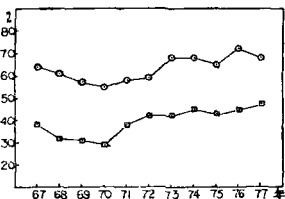


图 1 陆龙卷监视核检的百分数(方形), 上方曲线包括紧靠监视区的报告(圆形)

上面已指出,监视核检的百分数自七十年代以来有所提高。这意味着预报员能较好地辨认产生陆龙卷的天气型。关于监视核检有所提高的进一步证据可用陆龙卷指数加以说明(图 2)。龙卷指数是在每 10000 平方英里(2,6000 平方公里)、单位时间(6 小时),在监视的有效时间内龙卷的发生数。龙卷指数 1.0,指在 10000 平方英里区域,在有效的 6 小时期间内纪录到一次龙卷。三年滑动平均平滑掉由于年际气候变化所引起指数变化的部分。滑动平均表明,

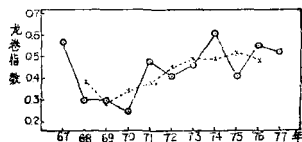


图 2 逐年陆龙卷指数(圆形)和其三年滑动平均(x)

自 1969 年以来技术的总趋势是有所提高的。

监测概率(POD)仅仅是在有效监视区域内龙卷发生的百分比(图 3)。自 1968 年以来,年监测概率值在 0.20—0.35 之间,并有大幅度的年际变化。然而,总的来说,存在着增长的趋势。当考虑紧靠监视区域的龙卷时,监测概率明显地提高,平均约为 0.42。

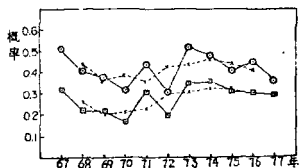


图 3 龙卷的监测概率(方形)及三年滑动平均(x)。上方曲线为紧靠监视区的报告(圆形)

进一步的统计仅根据龙卷暴发日进行,这主要来自 Galway (1978)。本文关于暴发的定义与 Galway (1977) 的一样,即在规定的时空条件下,出现 10 个或 10 个以上的龙卷。因此,发生 10 个或 10 个以上龙卷本身并不构成一次暴发。从 1967 年以来,已核检了暴发监视的 60% 以上(图 4),11 年平均为 66%。暴发龙卷的监视概率逐年有些振动,11 年平均为 0.58(图 5)。很明显,当把暴发日的这些结果和所有龙卷日作比较时,其技术水平之高给人的印象是深刻的。

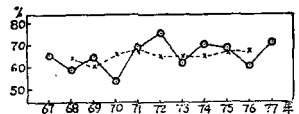


图 4 在大龙卷暴发期间龙卷监视核检的百分比(圆)及三年滑动平均(x)

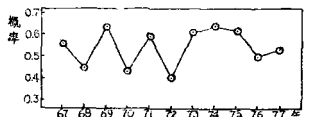


图 5 在大龙卷暴发期间龙卷的监视概率

对监视的讨论和评价

关于较罕见的天气事件的预报，例如强局地风暴预报，所使用的预报程序和其他类型的预报不同。同样，对这些预报的检验应该用专门的方式处理和说明。首先，在考察检验记录时，可能会发现，龙卷预报的技术水平不如所预料的那样高。但是，应当注意到，龙卷出现的气候概率远低于其他类型预报。

分析检验结果是个复杂问题，它涉及大量影响预报的复杂的因素。这些因素包括人员的变化和与此有关的预报员的经验水平，资料的获取和显示程序，包括遥感的应用，预报播发程序，甚至关于最佳监视特性的基本原理的改变。由于在龙卷预报中判断过程是高度主观的，要用统计方法论证技术水平的每一种变化是不可能的。

可以证明，监视范围越大，检验监视的机会就越好。也就是说，如果监视的尺度增大，原在空间上靠近监视区的龙卷就可能“抓住”。因此，监视检验的成就大小，与监视区域的大小成正比例。图6表明，龙卷监视的平均区域在11年期间一般已变得较大。这种趋势与检验的百分比相一致（图1）。但请注意，区域增大的趋势并未影响龙卷指数的统计

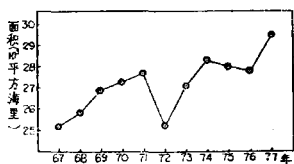


图6 龙卷监视的平均面积 (10³ 平方海里)

(图2)，由于指数是按单位面积计算的。

超前时间定义为 $t_i - t_v$ ，此处 t_i 是监视的发布时刻， t_v 是有效监视期的开始时刻。超前的时间越长，预报的不可靠性越大。超前时间长的监视很可能在对流发展之前发布，而超前时间很短或无超前时间的监视，通常是在正出现雷暴活动的情况下才报出来*。

图7为年平均超前时间。直到1974年，超前时间平稳下降，而在最后几年却逐步上升。平均超前时间最短的年份是1973和1974年，也记录了最高的监视概率

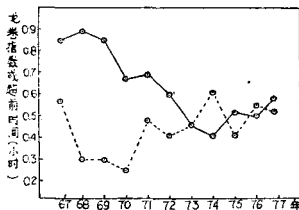


图7 平均超前时间(小时, 实线)及龙卷指数(虚线)

(图3)。而且比较超前时间和龙卷指数(图7)也同样表明这种接近反相的关系。

影响年统计的一个更重要的因素，可能是与强局地风暴暴发有关的龙卷数。回顾在暴发的事件中显示出的高度预报技术，研究暴发对检验结果所可能有的影响是合乎逻辑的。图8给出了年龙卷总数，包括与

暴发相联系的龙卷数。注意到在此期间内非暴发龙卷数相对稳定，而暴发龙卷数却有很大波动。看来年龙卷总数在很大程度上取决于暴发龙卷数，即出现大量龙卷暴发的年份也是龙卷总数最大的年份。图9表明，具有较高龙卷数的年份，反映出有更多暴发事件，也具有最高的监视机率。我们认为这不是一个随机事件，而是在暴发事件期间表现出较高的预报技术的结果。

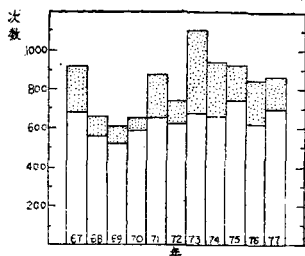


图8 包括大龙卷暴发期间(阴影区)的龙卷总数

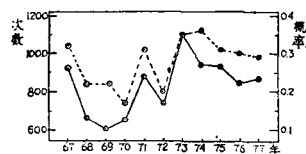


图9 逐年龙卷总数及龙卷监视概率(虚线), 左标为龙卷数, 右标为监视概率

结论

龙卷监视的统计表明，监视检验的百分数自1970年以来有稳步提高。龙卷的监视概率自1974年以来稍有下降；然而，看来这在很大程度上与某一年中龙卷暴发数密切相关。当对所有监视的2/3验证时，证明在龙卷暴发期间具有较高的技术水平。在龙卷暴发期间的监视概率，比不大有龙卷的日子的监视概率高两倍以上。

由检验结果虽可看出稍有改进的趋势，但在最近10年还跟不上大尺度数值天气预报和大气遥感探测技术的进步。这是因为龙卷的短期预报，无论用主观或客观的方法，都需要从天气尺度资料中来考虑小尺度大气过程。

业务数值天气预报模式仍限于作天气尺度预报。为了使用诊断分析和大尺度模式输出用的统计方法预报强局地风暴事件的出现，已做了一些工作。尽管这种客观指导预报是有帮助的，但是天气尺度和较小尺度的特征间的关系仍然是不肯定的。而且，这些统计方法的潜力，受到母体数值模式分辨率不足和有预报价值的高空及雷达观测的限制。标准高空观测网不能满足探测中尺度系统的需要，可利用的资料在近20年也减少了10—15%，例如无线电测风、气球测风和每小时航空观测计划的减少。现在有助于确定对流发展的低层边界及对流本身方面，卫星记录经常提供极

* 为了能在强局地风暴出现之前有适当的发布时间，通常要求一定的超前时间。但是太长的超前时间可能使公众反应迟钝，并减少监视的效果。虽然最佳超前时间尚须进一步研究，但是作者认为应该为约2小时。

贵的资料，预报员的诊断工作主要依靠卫星照片。

看来，局地强风暴预报的显著改进，取决于严密的、客观的方法，以了解次天气尺度环流及其与大尺度流型的关系。中尺度系统间的动力关系，必须从卫星图像和由大尺度数值模式所描写的天气尺度的发展来推断。要达到这一目的，需要更进一步提高计算机能力。要取得中尺度预报过程的重大改进，大概要通过将套

网格的中尺度模式和从新卫星系统得到的资料结合起来。由于计算技术的限制，未来的业务数值模式将限于区域尺度 (Regional Scale)。具体的中尺度预报仍将需要人机结合。当这种系统投入业务时，将继续需要具有次天气尺度分析能力的有经验的预报人员。
陆同文、彭治班摘自 BAMS Vol.60. (1979). No. 4.

殷显曦校