

## 县站预报研究

# 空间问题与时间序列问题

叶 篓 正

自 1958 年大跃进以来，在党的领导和毛泽东思想的指引下，我国广大台站气象工作者发挥敢想、敢干的革命精神，在群众经验的基础上，通过业务实践，摸索出了不少的县气象站预报方法，改变了过去单纯依靠气象合作预报的局面，作到了各地气象站、哨主要依据本地气象资料，结合收听气象台天气预报广播，并利用群众经验进行统计分析，作出当地的天气预报，这是天气预报史上的一个创举。

县气象站（简称县站，下同）发布天气预报已有十九年的历史了，它为我国社会主义革命和建设起了重要作用。当前，在以华主席为首的党中央领导下，全国掀起了农业学大寨的群众运动，无疑地气象部门尤其是县站要为这个伟大运动作出应有的贡献。因此，现在应当对县站预报方法作一总结，提出一些新的预报思路，提高气象站预报，以便能为普及大寨县这个伟大的任务更好地服务。

十几年来，全国各县站作了大量工作，初步摸索出了县站如何作天气预报的一条路径。各地都根据本地区的生产需要，提出了当地关键性天气和灾害性天气的一些预报方法，如台风、暴雨等。可以提的东西还很多，不能一一提到。这里有预报方法问题，有预报工具问题

（如用洞卡找相似），也有其他问题（如动物反应）。作者对县站的天气预报没有实践经验，不能对总结做什么工作。但想从一个侧面，对县站天气预报方法提出一些想法和思路，供同志们讨论。

这里我们首先把县站的单站天气预报方法和气象台的天气图预报方法做一对比分析，大家知道，大气无时无刻都处在变化之中，天气预报就是要从已知的情况，来预报未来的情况。大气无论在空间上或时间上都是一个整体。也就是说，一个地区的大气和整个地球其他地区的天气是息息相关的，一个地区的天气演变势必影响其他地区大气的运动。当然两个地区愈近，大气运动的关系也就愈密切，相互影响也就愈大、愈快；两地相距愈远，关系也就愈间接，相互影响的系统也就较大，相互影响所需的时间也就愈长。不能设想在北美洲出现一些雷暴就会影响我国天气，然而，如果美洲在一定天数中为某种大的天气系统，如大高压或大低压所盘踞，则它在一定时间内，由近及远地也会逐渐影响我国的大范围天气形势，从而影响我国大范围的天气。由此可以推论，两个地区相距愈近，愈可以相互影响比较小的天气系统，也就是天气变化的细节，两地相距愈远，相互影响也愈是在

比较大的系统方面，即在大范围天气方面两者才能相互影响。在时间上，大气也是一个整体，就是说大气的运动变化在时间上是连续的，这一时刻大气运动状态是上一时刻大气运动演变来的。因而这一时刻大气运动状态和其他时刻的大气运动状态是息息相关的。当然两个时刻相距愈近，它们之间的承续性也就愈大，两个时刻相距愈大，它们的承续性也就愈小。由此也可以推论，两个时刻相距愈近，愈可以承续天气的细节，两个时刻相距愈远，承续的天气状态愈是比较大的状况。也就是说愈是小的弱的天气现象，延续的时间也愈短；愈是大的强的天气现象，延续的时间愈长，影响的时间也愈长。

从上面的讨论可以看到，我们可以从两种不同的角度出发来预报天气。一种是从同一时间、不同空间的天气现象的相互影响出发作天气预报；另一种是从同一地点，不同时间的现象出发作天气预报。现行的数值预报纯粹是第一种方法。它认为整个大气运动，时时刻刻都严格遵循着若干已知的动力学和热力学规律在演变。因而根据某一时刻整个大气运动的状态，运用这些已知的规律就可以报出未来时刻的大气运动状态。县站如仅从本站的历史资料作天气预报，则纯粹是第

二种方法。这个方法的假定是不论远近地区的天气，对本地的影响都包含在本地的时间资料序列里，找出本地大气运动时间演变的统计规律，利用这种统计规律即可作预报。气象台利用天气图作预报则主要是第一种方法。不过，一般大台预报员不是仅用某一时刻的天气图，而是用连续三、四天的天气图作预报，所以大台作预报是参考了几天内天气系统变化规律的，而不是纯粹的第一种方法。一般县站作天气预报，除主要利用本站历史资料外，还要参考大台的天气形势广播，利用一些指标站的气象要素等，因而也不是单纯的第二种预报方法。

既然两种方法都可以作预报，它们之间就有一定的联系，也就是大气运动在空间的变化和在时间上的演变有一定的关联，现以简单的例子说明。图1是某一时刻 $t=t_0$ 大空气中一个天气系统，在 $t=t_0$ 时刻，

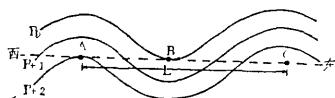


图 1

自C点向西到B点，再到A点这条线段上的气压分布：先是高压(C点)，逐渐降低到B点达最低，再向西，气压回升，到A点又达最高值。现假设这个系统无变化地以速度C自西向东移动。可以看出，在C点自 $t=t_0$ 到 $t=t_1$  ( $t_1=t_0+L/C$ ) 时段中的气压演变，和 $t=t_0$ 时刻C—B—A这条直线上气压变化是完全相同的。在这个简单的例子中，大气运动在空间上和时间上的演变是完全可以相互转变的。如果大气运动就是这样简单，则上述两种预报方法是完全等价的。实际上，大气运动并不是这样简单。如图1中的天气系统，在前进中有强度上的变化，或形势上的变化，则C点在 $t=t_0$

到 $t=t_1$ 时段中出现的气压演变，就不能完全相同于 $t=t_0$ 时刻C—B—A线段上的气压变化。由此看来，上述两种预报方法是有一定关系的，可是也有原则上的不同。

上述两种假定引出的两种预报方法，都有它的局限性。作者认为大气运动有遵循若干动力学和热力学规律的一面，但也有它统计规律的一面；愈是我们对大气运动的动力学和热力学认识不够完全或不够清楚的时候，愈是如此。从时间方面讲，相距时间愈长，在两个时间的大气运动即两个时间的天气的统计规律的比重就愈大，时间相距愈近，动力学和热力学规律的比重就愈大。从空间方面讲，两地相距愈远，统计规律在其间的运动关系中占的比重就愈大；两地相距愈近，动力学和热力学在其运动的关系中占的比重就愈大。应当指出，不论是在时间或空间的关系上，都有个天气系统的大小问题，也就是天气现象范围的大小问题。天气系统愈大，时间上或空间上相距又较近，它们之间动力学和热力学关系就愈大；天气系统愈小，时间上或空间上相距又较远，它们之间的统计关系就愈大。这里还应指出，有动力学和热力学关系的事物，并不是就不能用统计方法来预报的。

下面我们再比较一下大台和县站预报的优缺点。

大台利用天气图作预报，它的长处就是看得宽，看得远，可以看到整个空间的情况。预报地区现在是受什么天气系统控制，附近有什么天气系统，再远些又有什么天气系统，并根据过去几天的变化情况，比较容易推测未来几天这个地区将要受什么天气系统影响。然而大台负责预报的范围广，不可能对所预报范围内各个点的情况（如气象资料的历史演变、地形等等）作充分地仔细地考虑。县站负责本县的天气预报，可以充分利用本站

气象要素的历史演变规律，以及当地的天物象反映等，仔细考虑本地地形影响，这是有利之处。然而，由于资料情报的限制，县站不能看到整个大气的状况，这是不利之处。因此，县站作天气预报应当充分发挥其长处，尽量设法弥补其所短。这是提高县站天气预报的途径之一。

如何弥补县站天气预报方法之短，也就是如何增加县站对空间形势的了解，以用于预报。在这方面过去全国各地已作了不少工作，如收听大台广播的天气形势，增加小天气图，利用指标站气象要素的变化等等。怎样有效地利用这些资料，是应当研究的。上面说的是一方面，另一方面是如何从单站的气象资料，尤其是单站的高空测风和探空资料，推测空间的天气形势，以用于预报，是更值得讨论的。

如何充分发挥县站天气预报方法之长，可以从两方面讲：一是尽量从县站资料中扩大可以用于预报的大气讯息。现在县站所用大气讯息除天物象外，主要是本站的气象观测资料，要从这里发掘他们的潜力，增加可用于预报的讯息。二是要从时间序列角度上更合理地更有效地利用这些资料，这里有一些理论问题和统计方法问题。

下面我们将对这两方面的问题进行一些讨论。本文先简单地讨论一下如何合理使用单站的时间序列资料作预报。对于这个问题，作者在本刊1975年第3期《长期预报的一些物理因子》一文中曾这样写道：“对同类天气系统讲，强度大的一般生存时间较长，强度小的一般生存时间也较短。由此可以推论，单站气象要素变化振幅强大的讯息持续时间也较长，强度小的讯息持续时间也较短；变化的时间尺度可以用要素曲线的峰点或谷点的时间间隔来度量，大的讯息在空间持续时间也较长，变化尺度小的讯息在空间

持续时间也较短。还可以想象强大的和持续时间长的系统引起的天气变化也大，引起变化的持续时间也长；强度小的和持续时间短的系统引起的天气变化也小，引起变化的持续时间也短。因此用单站要素曲线作预报时，也有个预报时段的长短和采用的曲线变化时段长短相适应的问题，同时以选取时间变化尺度较大的讯息作预报指标为好。”

下面我们将对这段说法作进一步的阐述。现任着选取北京地区一段时间，即1964年11月1日到1965年4月9日每日平均气压曲线，全长共160天（图2）。从这段时间序列的资料里先作两种相关系数。一种是

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^{160-j} (p_i' - \bar{p})(p_{i+j}' - \bar{p})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{160-j} p_i'^2\right) \left(\sum_{i=1}^{160-j} p_{i+j}'^2\right)}} \quad (j=1, 2, \dots, 10)$$

这里  $p_i' = p_i - \bar{p}$  ( $i=1, 2, \dots, 160$ )， $p_i$  为 1 日的气压（以1964年11月1日为第一天，…1965年4月9日为第160天）， $\bar{p}$  为 160 天的平均， $p_i'$  为 1 日 ( $i=1, 2, \dots, 160$ ) 与平均的偏差。这是 10 个相关系数。 $j=1$  时为  $r_1$ ，是相邻两天北京气压的相关系数； $j=2$  时为  $r_2$ ，是每相隔一天的两天气压相关系数； $j=3$  时为  $r_3$ ，是每隔两天的两天气压相关系数，……， $j=10$  时为  $r_{10}$ ，是相

隔九天的两天气压相关系数。这 10 个相关系数值见图 3。从图 3

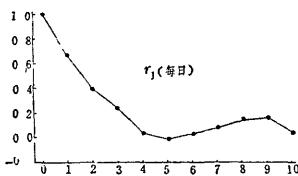


图 3 相隔  $j$  日的两天气压的相关系数 ( $j=0, 1, \dots, 710$ )

可以看出， $r_1 \approx 0.68$ ，相邻两天气压相关系数为 0.68，是比较不小的，但随时间间隔的增加，相关系数迅速下降，到相隔三天  $r_3 \approx 0.04$ ，相隔四天  $r_4 \approx 0.01$ ；所以到相隔三天的气压就没有什么相关了。因此，不加处理地或不加选择地就以某日的气压预报三日以后的气压是没有什么意义的。诚然，从图 3 可以看出， $r_6$  之后，有上升趋势， $r_8$  升到 0.15， $r_9 \approx 0.16$ ，后又迅速下降。这是说，北京的气压变化有某种程度的七、八天周期性质（在1964年11月1日到1965年4月9日这段时间是如此），不过相关系数不大，仅仅简单地以这种周期性质作预报还是不会好的。

现在我们作第二种相关系数。从图 2 中，我们选出 9 个变化时间较长强度也较大的峰值，即1964年12月2日，12月11日，12月25日，1965年1月4日，1月14日，1月31日，2月26日，3月4日和3月26日（最后4月4日的峰值未选，因为后面的纪录时间太短

了），以此峰值为第一天，求峰值与相邻次日气压的相关系数， $(r'_1)$ ，峰值与相隔一天气压的相关系数  $(r'_2)$ ，……峰值与相隔八天的气压的相关系数  $(r'_9)$ 。结果见图 4，比较图 3 和图 4，可以看出， $r'_1$  ( $\approx 0.64$ ) 稍小于  $r_1$  ( $\approx 0.68$ )， $r'_2$  ( $\approx 0.44$ ) 稍大于  $r_2$  ( $\approx 0.40$ )；但此后则  $r'_j$  远大于  $r_j$ ，如  $r'_5 \approx 0.82$ ， $r'_6 \approx 0.01$ 。这个现象的物理意义正说明了前面的叙述“单站气象要素变化振幅大的讯息持续时间也较长，……强大的和持续时间长的系统引起的天气变化也大，引起

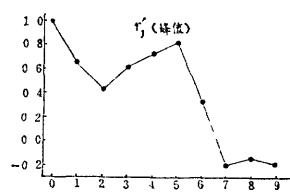


图 4 以峰值为第 1 天，第 1 天与第 2 天，……，第 1 天与第 9 天的气压相关系数

变化的持续时间也长，……”。另外，从图 4 还看到， $r'_j$  之后逐渐上升，到  $r'_9$  达最高 ( $\approx 0.82$ )。这说明，大的峰值出现后，往往在四一六天左右还要出现一个峰值，虽然后者比前者一般要小。这也说明强度大的系统能在较长的时间内引起较大的天气变化。所以作预报时，尤其是三、五天之后的预报，要抓振幅大时间长的讯息为预报指标才较好。

现在我们再将图 2 上每日平均气压纪录作五天和十天的滑动平

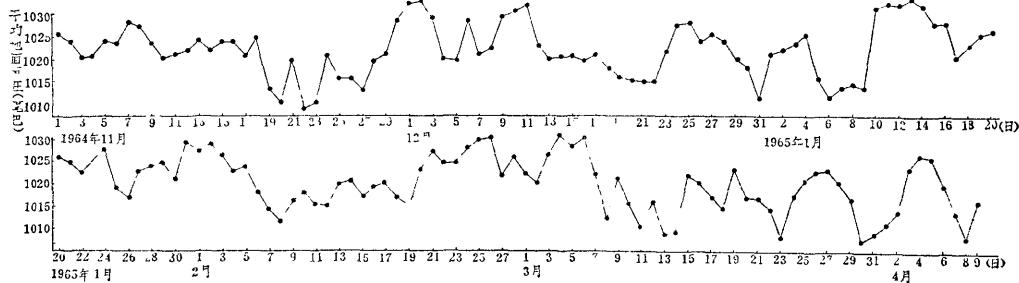


图 2 1964年11月1日至1965年4月9日北京逐日平均地面气压

均。然后再用滑动平均的气压求相邻两天，相隔一天，二天，……，九天的相关系数。图5和图6分别是用五天和十天滑动平均求得的相关系数分布。比较图5、图6和图3可以看出， $| \bar{r}_j |$ 要比 $| \bar{r}_i |$ 大得多， $| \bar{r}_j |$ 又比 $| \bar{r}_k |$ 为大。这是很自然的道理，这里不多讨论。有意思的是，前面的讨论已经指出，简单地以一天的情况作一、二天的预报是可能的( $r_1 \approx 0.68$ ,  $r_2 \approx 0.40$ )可是简单地以一天的情况作三天以上的预报就很困难了( $r_4 \approx 0.04$ ,  $r_5 \approx 0.01$ )但是从图5看 $\bar{r}_3 \approx 0.57$ ，( $\bar{r}_3$ 可以解释为头五天

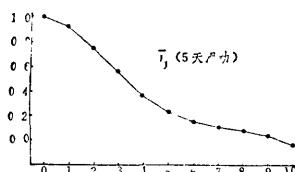


图5 将图2的北京气压作五天滑动平均后，相隔j日的两天气压的相关系数( $j=0, 1, \dots, 10$ )

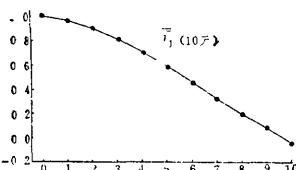


图6 将图2作十天滑动平均后，相隔j日的两天气压相关系数( $j=0, 1, \dots, 10$ )

的平均与后五天的平均(不是滑动平均)的相关系数，但两个相邻的五天有两天的相重)。因此，简单地以头五天的平均预报下五天的平均(这两个五天有两天相重)是可能的，因为它们相关系数比较高(0.57)。我们还把1964年11月1日至1965年4月9日平均气压做成了候平均，每相邻两候的平

均气压的相关系数为0.30(和图5的 $\bar{r}_5 \approx 0.23$ 大致相当)，这个相关系数之值说明头一候的平均对下一候平均的预报是很有参考意义的。

我们再来看图6，它的 $\bar{r}_5 \approx 0.59$ ，是个比较大的相关。因此以头十天的平均作下十天平均的预报(两个十天中间有五天的相重)是可以的。即使 $\bar{r}_5$ 的值仍有0.33，就是两个相邻的十天中只有三天的相重，它们的相关仍然不是很小。因而这样的头十天的平均对下十天平均的预报仍很有参考意义。

这里的讨论也正说明前面的论点，“用单站气象要素作天气预报时，也有个预报时段的长短和采用的曲线变化时段长短相适应的问题”。

上面用于讨论的资料是某一特定地点和某一特定时段的。如果用另一地点，另一时段，所得的相关系数会不同的。不过地点和时段都是任意取的，换了地点和时段，相关系数虽会改变，但相信其结果还会符合上述论点的。

下面我们对时间更长的，如一、两个月以上的预报予以简单的讨论。任何一段时间的天气变化都是由一个或一个以上的时间长短不同的天气过程所组成，也往往一次大的天气过程由若干个小的天气过程所组成。在同一季节里，一般类似的天气过程引起类似的天气变化。一种类似的天气过程一般将引导出另一种类似的天气过程。天气预报就是要预报天气过程，也要抓天气过程作天气预报。短期预报是如此，长期预报也是如此。不过长期预报要抓时间长的由若干个时间较短天气过程所组成的长期天气过

程。譬如说，冬季有冬季流行的天气形势，春季有春季流行的天气形势，夏季又有它自己流行的天气形势。由冬季流行的天气形势演变到春季流行的形势，或者演变到夏季流行的形势，就称为季节长度的天气过程。作季节长度的天气预报，一般也要抓季节过程的特色。一般，我国在初春之际要作夏季降水的多寡，这时我们要抓冬季这个长期过程的特色，如这个长过程里寒潮次数多而强，则冬季的平均温度就低，如冬季流行天气形势结束得早，则春季来临也会早；等等。总之，要抓长期的过程，长期的平均，而不要仅以某一段较短时段的情况作长期预报，因为不管时间长短天气变化总是有过程的，冷暖相间的。本来是个冷冬，冷冬里也有短时回暖。如果资料时段取得太短，本来足一个冬季，资料正好取到回暖时段，用于预报的资料就没有代表性了。

当然，上述是一般情况，对某些特殊天气现象，虽然是短时现象，也可以作长期天气预报。如某年出现打雷时间特别早，它表示了这年季节来临得早，这个现象时间虽短，但也可作为长期预报的一个指标。

近年来，我国一些单位用冬季西太平洋海温，尤其黑潮温度距平预报长江中下游和华北汛期降水的距平，成效较好。这里的冬季是指头年12月，次年1月和2月三个月的平均距平，而不是冬季里某个较短时段的距平，虽然一般海温的变化比较缓慢，可是也有过程的。整个冬季的平均情况，可能是很暖或很冷，但某个时段则可能处在一个过程的下降或上升阶段，不论是下降或上升阶段的海温都没有代表性。所以就是用大气以外的现象作为预报的指标，也有个预报时段的长短与所用资料时段的长短相匹配的问题。