

冬半年南京地区强冷空气(寒潮) 的影响和大风降温预报

梁汉明 张亮

(南京气象学院气象系)

本文根据1960—1980年冬半年126个月逐日天气图及其他报表资料，统计得出冬半年影响南京地区的强冷空气(寒潮)的若干事实，并由此计算出受强冷空气(寒潮)影响时，南京地区的偏北大风、过程降温预报的6个简易方程及相应图表。提供了一个较为主观定量的预报工具。

一、问题的提出

有关强冷空气(寒潮)的研究，过去很多人进行了大量的工作^{[1]—[6]}。本文试图通过对1960—1980年冬半年(10—3月)逐日天气图及气象资料的统计，比较分析，找出南京地区有关偏北大风、过程降温的客观预报简易方程和方法。

二、冬半年影响南京地区强冷空气 (寒潮)的若干统计事实

1. 资料和标准

地面温度(包括最低、平均温度)和极大风速、风向资料，取自《南京气候资料》和《江苏省气候资料》及相应的气象报表。天气图则以中央气象台编的为主，并参阅日本天气图和南京气象学院自绘天气图。

结合江苏省冷空气个例，普查并参考寒潮年鉴。将有关标准规定如下。

强冷空气标准

①48—96小时内过程降温 $\geq 7.8^{\circ}\text{C}$ (以日最低温度为主，并参考日平均温度)。②日最低温度 $\leq 8^{\circ}\text{C}$ (在3月、10月则为 \leq

9°C)。③当日出现 $\geq 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的偏北风。凡符合上述三个条件，则定为一次强冷空气影响(对于连阴雨，则只取符合条件的4天)。

寒潮标准

①48小时内最低或平均温度下降 10°C 或以上。②日最低温度 $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (3月、10月则为 $\leq 5^{\circ}\text{C}$)。③出现 $\geq 13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的偏北风。凡符合上述三个条件，则定为一次寒潮天气过程。

强冷空气路径

确定冷空气路径方法较多，这里根据地面冷高压的移动来确定。当地面冷高压进入蒙古人民共和国后，其主力开始从新疆、内蒙古西部经柴达木盆地或河西走廊东移影响南京的称为西路；若从内蒙古中部经河套附近东南下影响南京的叫中路；如由内蒙古东部经华北平原或渤海南下影响南京，则为东路。

2. 冬半年影响南京地区强冷空气(寒潮)路径及各月、各年频数分布

按照上述标准，从1960—1980年逐年1—3月，10—12月共21年126个月中，找出符合强冷空气标准的156例，其中符合寒潮标准的共50例，对这些个例进行统计分析后得到以下一些结果。

表1、2给出初步统计结果，从表看出：

(1) 路径特点：强冷空气影响南京以中路为最多，约占53%；西路次之，占26%；东路仅占21%。寒潮情况类似。

表 1 1960—1980年各路径强冷空气(寒潮)各月频数表

类 型		1月	2月	3月	10月	11月	12月	合计	平均
强冷空气	东路	7	6	6	3	5	6	33	1.57
	中路	13	9	12	10	23	15	82	3.90
	西路	1	3	5	7	14	11	41	1.95
	小计	21	18	23	20	42	32	156	7.43
寒潮	东路	3	1	1	0	1	0	6	0.3
	中路	5	3	6	4	7	6	31	1.5
	西路	0	1	1	3	2	6	13	0.6
	小计	8	5	8	7	10	12	50	2.4

(2)月际变化：两者均以11、12月最多，3月次之，最少是2月和10月。这与影响全国寒潮高峰月份有某些类似⁽³⁾，其差别是由地区不同引起的。

表 2 历年影响南京的强冷空气(寒潮)频数表

年		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
类 型												
强冷空气(次)		10	3	7	7	3	10	12	9	4	11	9
寒 潮(次)		5	0	4	3	1	3	4	4	1	3	5
年		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
类 型												
强冷空气(次)		6	10	8	8	3	6	8	6	12	4	
寒 潮(次)		1	2	1	3	0	3	1	1	4	1	

(3)年际变化：影响南京地区的强冷空气和寒潮各年(月)多少不一，差别很大。强冷空气每年(月)平均为7—8(1—2)次，最多12(5)次，最少3(0)次。而寒潮每年多少亦不同，平均2—3次，最多5次，有些年没有寒潮影响南京。

3. 冬半年强冷空气(寒潮)影响时500hPa环流型及其频数分布

以影响南京地区的低槽(压)为主进行分类。分为低槽(压)东移、小槽发展、低压(槽)旋转、横槽南压转向和阻高破坏、平直环流共五型，其环流特点和典型图例(略)。各环流型的频数分布见表3。

表 3 500hPa环流型频数分布表

路径	低槽东移		低压旋转		小槽发展		横槽南压		平直环流	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
东路	4	0	17	3	3	0	3	1	6	2
中路	36	14	22	9	14	3	7	5	3	0
西路	22	6	6	2	11	4	2	1	0	0
合计	62	20	45	14	28	7	12	7	9	2
年平均	3.0	1.0	2.1	0.7	1.3	0.3	0.6	0.3	0.4	0.1

*(1)、(2)分别表示强冷空气和寒潮；横槽南压转向和阻高破坏用横槽南压表示。

由表3看出：

(1)影响南京的强冷空气和寒潮以低槽东移和低压旋转型为最多，小槽发展型次之，三者总和约占86%。

(2)各型路径以中路为最多。其中低槽东移及小槽发展型以西路为次多，这可能与南京所处的地理位置有关。需要指出的是横槽南压转向和阻高破坏型的次数虽少，但统计期间7次中路强冷空气活动中，有5次在影响时都达寒潮标准，这对实际工作是很重要的。

4. 地面冷高压、高空锋区及冷中心强度频数分布

(1)地面冷高压强度和位置。冷高压强度平均为1053hPa，其中12月和1月最高，

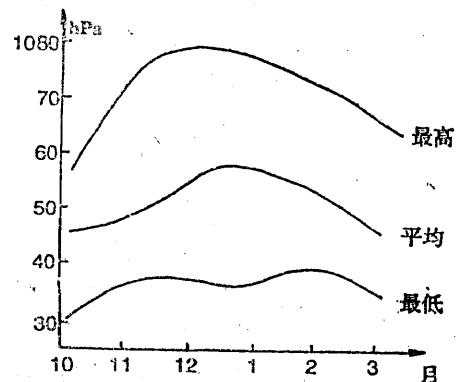


图1 地面冷高压各月强度分布图
极端最高达1075hPa以上，最低为1037hPa，10月最弱，3月次之，这与季节变化相一致。其强度和各月分布见图1。各个路径的冷高

压频数分布形式类似，只强度略有差别。

从统计中得到西、中、东路地面冷高压中心的平均位置分别在 $47^{\circ}\text{N}, 97^{\circ}\text{E}$, $49^{\circ}\text{N}, 101^{\circ}\text{E}$, $51^{\circ}\text{N}, 106^{\circ}\text{E}$ （见图2）。各路径冷高压中心位置随季节无显著变化，只是西路冷高压在3月、10月比其他月份要集中一些（图略）。

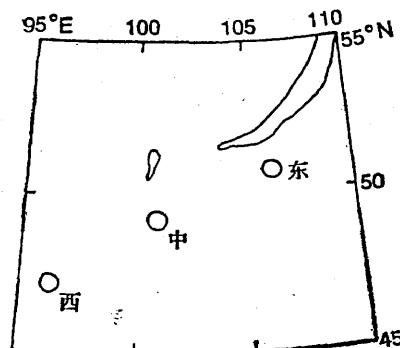


图 2 各路径冷高压中心平均位置图

(2) 高空锋区强度。这里采用锋区附近5个纬距的最大温差来表示其强度，范围是 $105\text{--}120^{\circ}\text{E}$ 、 $32\text{--}45^{\circ}\text{N}$ 。计算所有个例后得到 $850(700)\text{hPa}$ 锋区强度，最大温差为 $10\text{--}18^{\circ}\text{C}$ ($9\text{--}17^{\circ}\text{C}$)，以 $13\text{--}17^{\circ}\text{C}$ ($11\text{--}16^{\circ}\text{C}$)为最多，锋区平均强度为 14.4°C (13.2°C)，整个分布曲线呈山峰状，见图3。

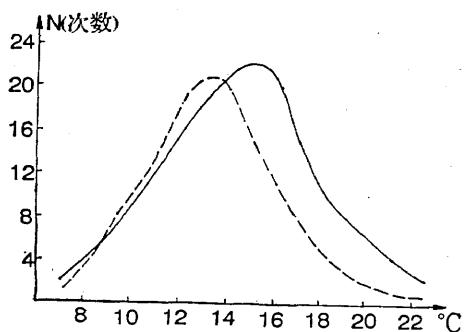


图 3 850 (实线) 700 (虚线) hPa 锋区平均强度

统计分析表明，高空锋区以11、12月的次数多且强，东、中、西路锋区平均强度分别为 14.4 (12.5) $^{\circ}\text{C}$, 14.9 (13.9) $^{\circ}\text{C}$,

13.5 (12.9) $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 500 和 700hPa ，冷中心强度。 $500(700)\text{hPa}$ 冷中心平均强度为 -4.36°C (-31.2°C)，强度为 -40°C 到 -48°C (-28°C 到 -36°C)的频数较大（表略）。从路径看，都是东路略强，平均 -44.8°C (-32.6°C)，西路较弱，平均为 -41.1°C (-29.4°C)。从季节分析，均是2月最强，平均达 -47.0°C (-35.2°C)，1月次之，平均为 -45.0°C (-34.0°C)，10月最弱，平均只达 -37.1°C (-23.4°C)。

影响南京的寒潮， $500(700)\text{hPa}$ 冷中心2月（1月）最强，达 -53°C (-43°C)，最弱也有 -44°C ；10(11)月最弱仅为 -34°C (-21°C)。

从以上分析看到，地面冷高压最强是12月和1月，气温也最低。高空冷中心最强则

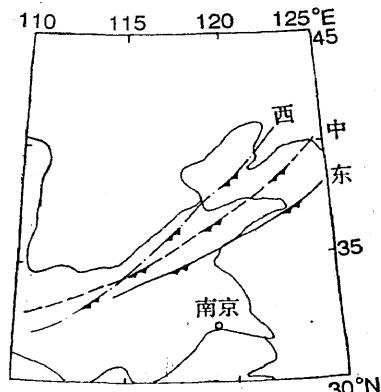


图 4 未来8—12小时影响南京的冷锋平均位置

出现在1月和2月，约滞后一个月。

5. 未来12小时影响南京地区的各路径冷锋平均位置

据21年的统计，得出未来8—12小时影响南京各路径冷锋的平均位置为（见图4）：

西路在营口—济南—南阳附近。

中路在丹东—荷泽—安康一线。

东路在平壤—青岛—亳县一带。

上述各路径冷锋的平均位置，为预报南京地区冷锋的过境时间及偏北大风的起始时间提供了一个气候背景及参考指标。

三、强冷空气影响时，南京地区 降温预报方程

1. 过程降温预报

由略去小项的气温局地变化方程知，局地温度变化主要由冷、暖平流及非绝热变化引起。当无明显冷、暖平流影响时，主要是后者引起近地面温度变化。它受天空状况、风、降水、下垫面性质等的影响，可以根据不同情况，由历史资料分别统计出平均值或订正值，以供预报时参考、订正。下面只讨论冷平流影响时南京地区的降温预报。

实践表明，引起局地明显降温的冷平流要有一定厚度。本文采用850和700hPa两等压面的锋区强度——温差来间接代表冷平流强度。对西路强冷空气取南京与银川；中路用南京与呼和浩特；东路取南京与北京、济南之间的850和700hPa温差，统计与未来南京地区过程降温之间的关系。绘制成各个路径冷空气影响时南京过程降温散布图。图5给出中路强冷空气南京过程降温散布图，西、东路亦相似（图略）。

经计算，三个路径的强冷空气过程降温预报回归方程分别为：

$$\text{东路: } Y_{\text{东}} = 7.21 + 0.15 \Delta T_{\text{东}} \quad (1)$$

$$\text{式中 } \Delta T_{\text{东}} = [T_{\text{南京}} - \frac{1}{2}(T_{\text{北京}} + T_{\text{济南}})]_{700}$$

$$+ [T_{\text{南京}} - \frac{1}{2}(T_{\text{北京}} + T_{\text{南济}})]_{850}$$

$Y_{\text{东}}$ 表示东路强冷空气影响时，南京地区最低气温的过程降温预报值（下同）。 T 的下标表示测站温度。700、850表示在该等压面上（下同）。

$$\text{中路: } Y_{\text{中}} = 7.13 + 0.23 \Delta T_{\text{中}} \quad (2)$$

$$\Delta T_{\text{中}} = \frac{1}{2} [(T_{\text{南京}} - T_{\text{呼和浩特}})_{700} + (T_{\text{南京}} - T_{\text{呼和浩特}})_{850}]$$

$$\text{西路: } Y_{\text{西}} = 6.40 + 0.38 \Delta T_{\text{西}} \quad (3)$$

$$\Delta T_{\text{西}} = \frac{1}{2} [(T_{\text{南京}} - T_{\text{银川}})_{700} + (T_{\text{南京}} +$$

$$T_{\text{银川}})_{850}]$$

东、中、西路方程的相关系数 r 分别为0.49、0.53、0.68，通过信度 $\alpha = 0.05$ 的统计检验。

对东路33例，中路82例，西路41例用上述方程检验，若取预报误差绝对值为 2.5°C (2.0°C)，则拟合率分别为91% (82%)，87% (76%)，92% (78%)。

通过上述分析讨论，可以给出预报强冷空气影响南京地区最低温度的过程降温步骤。

(1) 选取起始场：确定在 $32-45^{\circ}\text{N}$ 、 $105-120^{\circ}\text{E}$ 范围850hPa是否存在有5个纬距 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ，700hPa有 $\geq 9^{\circ}\text{C}$ 的温差出现。若有则定为有强冷空气影响。

(2) 确定类型：据500hPa数值预报图或经验预报，初步确定冷空气爆发的类型

(即前述五种中的一种或二种)，同时用实时天气图补充考虑。

(3) 确定路径：计算降温值。据地面预报图初步确定冷空气路径，并用分析的天气参考订正。使用方程(1)-(3)计算过程降温值(08和20时均计算，取较大值)。

(4) 进行订正：求取最低温度值。根据出现过程最低温度的前一天夜间的天空状况及风力，用历史资料统计求出平均值予以订正。

订正后的过程降温预报值 T 为

$$T = Y + A_1 + A_2$$

式中 Y 是用方程(1)-(3)计算的值。 A_1 和 A_2 分别表示夜间天空状况及有、

表 4

	晴—少云	多云	阴	降水
A_1	0	-2.3	-5.3	-6.0

表 5

	晴	晴	多云	多云	阴	阴
风速 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	≤ 3	≥ 4	≤ 3	≥ 4	≤ 3	≥ 4
A_2	0	-1.0	-0.5	-0.7	-0.2	-0.4

无风时的订正系数。取值，见表4、5。表中风速都是指偏北风。

求出 T 值后，再根据冷空气影响前最低气温的最高值与 T 值相减，便可得出该次强冷空气影响后出现的最低气温值。可提前48—72小时求出 Y 值，作为2—3天后最低气温预报的参考。

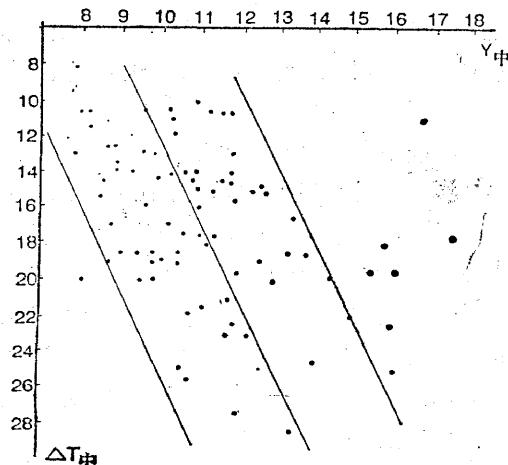


图5 中路冷空气时南京过程降温
与 $\Delta T_中$ 散布图

2. 偏北大风预报

为简便起见，假定地面实际风就是地转风，同时不考虑地形、摩擦、地表热力等作用，采取某几个固定测站的气压差表示气压梯度的大小，对不同路径的冷空气可选取若干测站，用它们之间的气压差作为预报极大风速的主要依据。

经1960—1980年冬半年的个例资料分析，不同路径强冷空气（寒潮）影响时，南京地区出现极大风速的气压差 ΔP 分别取：

$$\Delta P_{东} = \frac{P_{北京} + P_{沈阳}}{2} - P_{南京}$$

$$\Delta P_{中} = \frac{P_{北京} + P_{西安}}{2} - P_{南京}$$

$$\Delta P_{西} = P_{平凉} - P_{南京}$$

式中 $\Delta P_{东}$ 、 $\Delta P_{中}$ 、 $\Delta P_{西}$ 分别表示东、中、西路强冷空气影响南京与某些测站的气压差， P 的下标表示该测站的气压。根据冷空气影响的不同路径，将南京地区出现的极

大风速历史资料与上述各测站的气压差绘成散布图。

使用历史资料计算极大风速时，如缺测则据文献[7]提出的南京瞬时极大风速与10分钟平均最大风速的关系式求极大风速。公式为

$$Y_m = 1.35x + 0.5$$

式中 x 为10分钟平均最大风速， Y_m 为当时求得的瞬时极大风速。

图6给出中路强冷空气影响时南京偏北方向极大风速散布图，其余路径近似。三个路径极大风速的预报回归方程分别为：

$$F_{东} = 11.2 + 0.34\Delta P_{东} \quad (4)$$

$$F_{中} = 8.8 + 0.84\Delta P_{中} \quad (5)$$

$$F_{西} = 10.9 + 0.27\Delta P_{西} \quad (6)$$

式中 $F_{东}$ 、 $F_{中}$ 、 $F_{西}$ 分别表示东、中、西路强冷空气影响时南京地区出现的偏北方向极大风速($m \cdot s^{-1}$)。方程的相关系数 r 分别为0.48、0.79、0.47。取信度 $\alpha = 0.05$ ，经统计检验均大于临界值。若预报误差取绝对值 $3.5m \cdot s^{-1}$ ($2.6m \cdot s^{-1}$)，则东、中、西路方程的拟合率分别为95%(89%)，90%(81%)，90%(83%)。

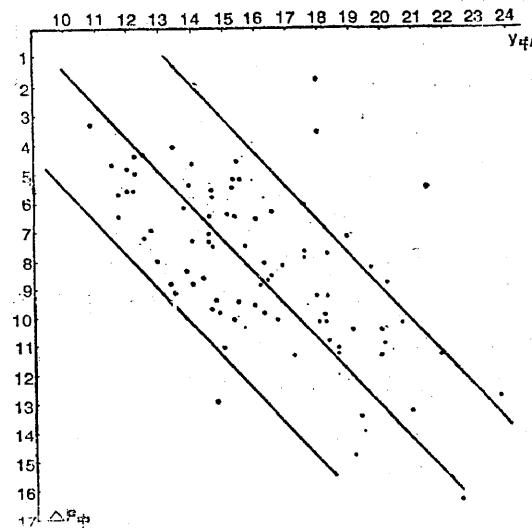


图6 中路冷空气时南京极大风速
与 $\Delta P_中$ 散布图

对与方程拟合率不好的个例，进行比较归纳，得出绝大多数是下述一种或两种情形。

(1) 连阴雨达4天以上，对过程降温影响较大。

(2) 有两次或以上过程连续出现。

(3) 出现过程最低气温的前一天夜间的风速较大或没有转晴，从而影响该次过程的最低气温值。

(4) 长江中下游地区受“L”型高压控制，冷锋过后对风速有减弱作用。

(5) 江南地区有气旋强烈发展以及非冷锋影响而引起的大风。

经近几年实际应用，效果尚好。强冷空气影响后的局地最低气温可在2—3天前作出

预报，引起的极大风速亦可在12—24小时前作出。另外还可与应用高空温度数值预报及地面气压场数值预报的PP方法，互为补充，同时也可为局地大风、降温预报气象专家系统提供参考资料。

参 考 文 献

- (1) 程纯枢，有关长江下游寒潮的若干统计，气象学报，26卷第1—2期1955。
- (2) 叶笃正等，北半球冬季阻塞形势的研究，科学出版社，1962。
- (3) 商联，寒潮知识，气象，1975年，9期。
- (4) 王为德，张培忠，近年来寒潮天气过程研究的进展，北方灾害性天气文集(1978—1979)，气象出版社，1981。
- (5) 王为德，我国寒潮的研究，气象，1979，第10期。
- (6) 江苏省气象局预报课题组，江苏重要天气分析和预报(上册)，气象出版社，1988。
- (7) 中央气象局研究所，全国应用气候会议论文集，P36，科学出版社，1977。