

华北地区 1978 年的初雪

郭 进 修

1978 年 12 月 17—22 日, 华北地区出现了入冬以来第一次大范围降雪。降雪期间东亚地区的极锋锋区位于贝加尔湖、蒙古东部到华北北部一线, 呈西北—东南向。北京 700mb 以上的高空以及高山站五台山一直为西北风, 没有低槽东移影响华北。因此, 这次大范围初雪主要是低层回流造成的。与以前一般认为只有在 40°N 附近的锋区呈东西向时, 低层回流加西来槽共同作用才可能产生华北地区大范围降雪是不同的。

分析还表明, 华北地区上空 500mb 存在的正涡度平流, 起动并维持了该地区的一个次级环流, 这个次级环流中的上升运动是这次大范围降雪的直接动力。因此, 在实际预报工作中, 对西北气流控制下, 因对流层中高层正涡度平流所产生的上升运动, 必须仔细加以区别。

一、天气形势和降雪实况的演变

12 月 16 日 08 时 500mb 上(图 1), 雅库次克南部有一低压中心, 从低压中心到贝加尔湖北部有一弱的横槽, 中亚为一高压脊, 脊的后部有较强的暖平流配合, 而且太梅尔半岛还有一极地高压南掉与其呈反气旋性打通。按通常经验, 估计此脊还将进一步发展, 位于脊前贝加尔湖附近一个不多见的低达 -53°C 的冷温中心, 将可能向东偏南移动, 地面较强冷空气从超极地路径南下影响我国东部地区, 华北主要是大风降温天气, 降水将主要发生在淮河流域以南。然而, 从图 2 可见, 中亚脊发展与太梅尔半岛极高合并后, 脊

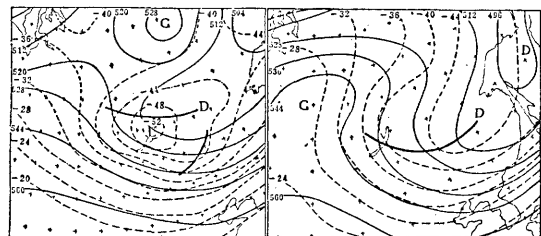


图 1 12月16日500mb图 图 2 12月18日500mb图

线顺转, 雅库次克南部的低压中心主要是缓慢东移, 横槽维持, 槽后东北风更加清楚, 因此地面冷空气不是爆发性南下, 而是偏北缓慢东移。17日当高压主体移到我国东北西北部时, 黄海北部、渤海和华北处在南伸的高压脊底部, 产生回流, 下午首先在天津出现降雪。随着偏东风的增大, 雪区向西扩大。20日, 横

槽西段切断出一个冷低压, 位于蒙古东部, 相应的在蒙古西部到我国西北地区为一浅脊。此时, 华北地区近地面层仍为偏东气流, 河西有弱冷空气东移, 因此雪区进一步向西扩展。21日, 随着 500mb 冷低压东南移, 地面回流减弱, 降雪区也逐渐减弱东移, 22日华北回流破坏, 降雪也完全停止。在这次过程中, 华北中部和南部普降大雪, 许多地方的降雪量超过 10mm, 北部也出现了小一中雪。

二、降雪成因分析

从图 3 可见, 在东北及黄海北部上空为一下沉区域, 华北及日本上空各有一个天气尺度强度的上升运动。18 和 20 日, 当华北地区的上升运动增强时, 降雪量增大; 当上升运动中心西移时, 降雪区向西发展; 而当它向东移时, 降雪区也向东移。可见这一上升运动与这次降雪的配置关系是很好的。

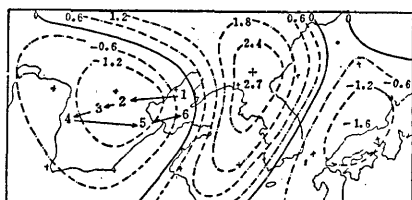


图 3 12月18日08时700mb垂直速度分布图

从 18 日 20 时 40°N 附近东西向垂直剖面图(图略)中可见, 一个冷堆位于辽东半岛和黄海北部附近, 在冷堆的东西两侧各有一条倾斜的锋区, 西侧的锋区从渤海上空伸向华北西北部上空, 降雪就发生在这条锋区附近。把这个垂直剖面上的水平风场(对流层中层为偏西风, 近地面层为偏东风)与垂直运动叠置在一起, 就可以得到如图 4 这样一张降雪期间理想化的东西向剖面模式。在此模式中, 存在一个以东路冷空气在黄海北部下沉, 并以低层偏东风的形式回流到华北上升,

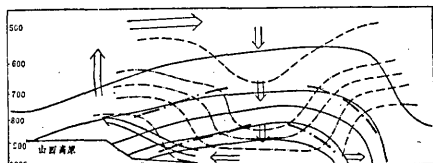


图 4 东西向垂直环流模式 实线为等位线, 虚线为等温线, 点划线为锋区

再在高空偏西风的作用下又进入黄海北部，这样形成一个天气尺度的垂直环流圈。在 18 日 20 时的东北—西南向剖面图（图略）中，不存在这样的环流圈，可见这次回流降雪天气，东西向环流圈中的上升气流有直接的贡献。

在 18 日 20 时的东北—西南向剖面图中，还可看到一条随高度向东北倾斜的冷锋，位于降雪区 900mb 以上的上空，虽然地面分析不出一条向西移的冷锋，但是，这次降雪可以说是降雪区上空冷锋活动的结果。

关于水汽来源，有人分析了水汽通量后指出：这次华北降雪与偏东气流的水汽通道建立和发展关系很大。也就是这次华北初雪的水汽源地主要在黄、渤海，并以低层偏东风实现其向华北地区的输送。这也与以前总结的华北地区大范围降雪的水汽，主要来源于南海和孟加拉湾地区是不同的。

三、华北地区上升运动产生的原因

在一般情况下，上升运动是与槽前西南气流相联系的，那末，是什么原因导致在西北气流控制下的华北地区产生上升运动呢？

图 5 是 18 日 08 时 500mb 面上每 2.5 个经纬度中平均地转风涡度分布图，从中可见，华北是一个负涡度中心区，同时这一带为西北气流，因此也是一个正涡度平流区。从图 2 中可以看到，500mb 上华北地区等高线与等温线平行，温度平流几乎为零。位势倾向方程表明，位势高度的变化与涡度平流成反比，因此，华北地区 500mb 上的正涡度平流，将使该地区位势高度下降。这就意味着地面到 500mb 的厚度减小。由于华北地区上空温度平流较小，所以厚度减小所需的大气降温，只能通过上升绝热冷却才能实现。由于大气质量的连续性，在上升运动地区必然会有低层辐合、高层辐散。图 6 就说明了华北地区高层确实是辐散的，从

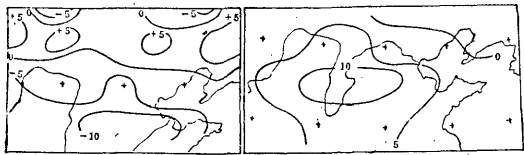


图 5 12月18日08时
500mb 地转风
涡度分布图

图 6 12月18日08时
300mb 上散度
分布图

18 日 08 时地面流线图（图略）可以看到，华北地区存在着风向和风速的辐合。这种垂直方向上的运动与水平方向上的散度，构成了叠加在主要环流——华北地区上空西北气流之上的次级环流，这里的次级环流，是由水平流场（如本例中的正涡度平流）破坏了大气的地转和静力平衡而强迫产生的。这个过程是这样的，当有水平流场作用时，厚度场（气压场）就会发生变

附表 18—21 日石家庄不同高度上的非地转风

外地转风 日期	高度	地面	850	700	500	300	200
18		-11.6	-5.6	0.8	4.6	2.3	5.4
19		-10.0	-1.6	-0.9	4.6	3.6	0.1
20		-1.6	0	8.6	8.2	1.1	1.0
21		-0.2	0.4	0.9	-3.2	-4.1	-4.3

化，因而原先实际风场与气压场（可用地转风表示）相适应的地转平衡被破坏，这就必然在水平方向上产生非地转风。这意味着水平方向上将产生散度，从而导致垂直方向上的运动，也就意味着静力平衡的破坏。于是次级环流就这样强迫产生，并通过它的散度来改变涡度场，通过它的垂直运动所产生的绝热变化来改变温度场，从而使大气调整成新的地转和静力平衡。从附表可以看到，18—20 日高层是超地转而低层是次地转的。也就是这三天中高层是辐散而低层是辐合的，因此这个次级环流能够维持。21 日地转平衡逐渐得到调整、恢复，甚至到 20 时高层出现次地转风，这个次级环流就不能再存在下去了，降雪也就很快停止。

我们用 18 日 08 时资料，分别计算了华北地区因 500mb 上的正涡度平流以及因低层辐合而产生在 700mb 面上的上升运动，中心值分别为 1.41 和 $1.9 \times 10^{-3} \text{mb/s}$ ，还利用地面的地转风，计算了因摩擦而产生在该地区行星边界层顶的上升运动，这个值较小，中心只有 $0.12 \times 10^{-3} \text{mb/s}$ 。

地形的强迫抬升，取决于地形的坡度，风速大小以及风与地形的夹角。对于华北地区来说，京广线附近的海拔高度只有 100 多米，如果从海面到这里的水平距离为 200km，18 日 08 时这一带的偏东风为 4—8m/s，那末，这里大范围的抬升只有 $0.2—0.4 \text{cm/s}$ 。在京广线以西，地形坡度很大，但在这次过程中，这里不是风向与大范围地形走向基本一致就是风速很小，因此，这次过程中地形的强迫抬升也是不大的。

综上所述，在华北地区上空的对流层中层，存在着正涡度平流，因而在高层出现辐散场，低层出现辐合场，是这次降雪期间在该地区产生上升运动的主要原因。至于温度平流、低层摩擦以及地形所产生的上升运动都比较小。

根据以上分析，掌握好中亚脊稳定，脊线顺时针旋转，横槽维持，把握住较强冷空气偏北缓慢东移，华北地区回流持续，诊断出西北气流控制下，因对流层中高层的正涡度平流而产生的上升运动，是预报这次持续时间长达 4—5 天的大范围初雪的关键。