

北方冬麦区大雪的一种中期环流特征

余 鹤 书

1979年2月下旬北方冬麦区出现一场近三十年来少见的大雪。本文利用北半球500mb0—5波合成波高度图等资料，分析了这场大雪的大尺度环流中期过程特征，结果表明：在北半球中高纬度由三波型转为偶极型的背景下，极地涡旋从欧洲位移至亚洲北部，并在华北上空形成一支很强的纬向气流；同时中低纬地区大型波动调整为5波流型，高原西部波槽建立和东亚沿岸波脊发展，使华北上空出现南、北两支气流的汇合，造成大雪天气。另外，还指出中高纬形势调整的激发源、极涡活动周期、中低纬波动演变等有关中期预报的一些判据。

实 况

1979年2月21—23日，北方冬麦区（以下简称华北）出现了一场大范围降雪（图略），冀、晋、豫、鲁、陕和内蒙古南部降雪量为15—25mm，很多地区积雪深达一尺左右，江淮地区先降雨后下雪，降水量15—40mm，局地出现冻雨。这场大雪持续两天，大部分地区降水量多于常年2月下旬的3至5倍，有许多地区的降水量为近30年来的最大值。这场大雪对于旱情的缓和，以及冬小麦返青生长十分有利。

这次大雪是比较典型的华北锢囚形势^[1]。降雪开始时，在合成波图上北半球呈典型的偶极型，两大波脊分别位于欧洲和阿拉斯加上方，强大的极涡中心位于亚洲北部和北美，亚洲极涡中心强度深达476位势什米，比常年平均偏低32位势什米左右。极涡呈平底型态，范围几乎占据整个亚洲中、高纬地区。涡旋周围有一支很强的锋区急流，在涡的后部（约70—80°E）偏北急流不断输送冷空气南下，在涡的南部，华北至东北上空，偏北急流已转成具有地转风速达30m/s左右的纬向偏西气流。与此同时，日本海暖脊的加强和高原西侧长波槽的建立，东亚中低纬地区形成东高西低环流形势，促使西南暖湿气流向北发展。两支气流在华北上空发生强烈辐合，出现大范围的大雪天气。

为了解这场大雪的大型环流演变特点，我们采用福里哀波谱分析方法，对所得到的北半球500mb0—5波合成波高度图、距平图以及大型波动各个成分波的振幅和位相等资料，进行讨论。

高纬环流形势演变特征

2月5日以后，随着北大西洋和阿拉斯加阻高的建立（图1），北半球两大洋波幅有明显增长。6—8日伴随大西洋阻高的发展，从美洲极涡中分裂出一个波槽，经格陵兰沿大西洋阻高顶部的急流区向东偏南移动，

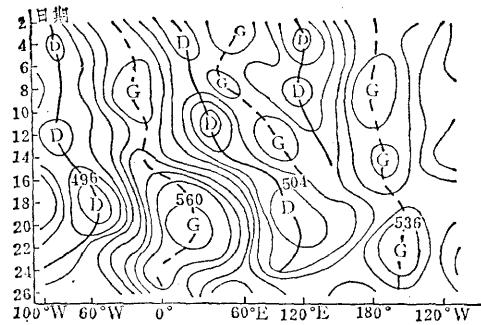


图1 500mb 60°N 0-5波合成波高度时间变化图

进入欧洲后迅速加深。10日涡旋中心加深到490位势什米，并南移到65°N上空，成为北半球一个较强的涡旋。它和大西洋阻高构成一对重要环流系统。一旬以后，正是这对大尺度波动影响我国华北的大雪天气和冷空气的活动。在上游经向环流发展能量频散效应下，中亚波脊也获得发展。12日的合成波图上（图略）北半球中高纬度呈三槽三脊环流型。大尺度环流形势的变动，经常是在较短时间内进行的，这是中期形势预报的困难所在。从图1和合成波图（图略）可看到，14—16日的48小时内，北半球流型发生了剧烈变化，大西洋阻高和欧洲极涡相继由比较稳定状态转变为向东移动，最后导致极涡在亚洲建立，中亚脊被迫迅速向东南衰退，北半球大型环流由三槽三脊转变为两槽两脊。在这次变动过程中阿拉斯加大型波脊的变化，落后于欧亚，在16—18日的两天内仅东移15个经距，以后又稳定下来。值得注意的是，这次美洲东岸大型波槽的变化，明显地比上、下游地区的变动早。在图1上可看到，2—12日美洲大型波槽一直稳定在90°W，12日以后，在一次再生过程中，大型波槽迅速向东移动，负变高侵入下游阻高脊区，从而引起下游一系列的调整。美洲槽提早两天变动这一事实，似乎可以看作是北半球一系列波动调整的激发源。这次例子和以往实际预报工作中，把美洲东岸、大西洋和欧洲一带环流的变动作为中期预报的着眼点或关键区考虑是一致的^[2]。

上述过程演变从波谱分析中也表现得比较清楚（图2），9—13日，北半球2波略为衰减时，波数为3的波迅速增幅，并成为这一时期振幅较大的波。13日以后，3波急速减幅，波数2的波则持续增幅，20日2波波幅达最大值。位相角变化主要发生在14—16日，2波的第一波脊明显向东移动，而在其前后的时

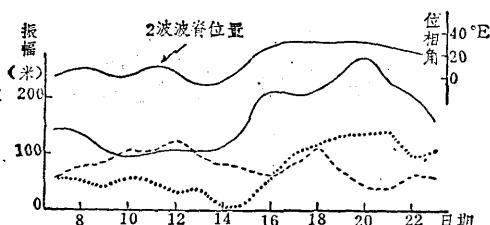


图 2 60°N 1—3 波振幅和 2 波位相角变化 点线为 1 波振幅，实线为 2 波振幅，虚线为 3 波振幅

间里位相角变化甚小，大尺度环流系统比较稳定。另外，在这一段时间里，波数为 2 的波的振幅都比较大，除中旬前期波数 2 的波有所减弱外，大多数时间内北半球高纬均以波数为 2 的波为基本波。显然，在这次中高纬环流的变化中，波数 2 的作用最大。总之，波谱分析的结果和上述大型系统的演变是一致的。

由此可见，这次大雪大尺度流型的变化是属于半球性的环流调整过程。大雪前一星期到 10 天，3 波的美洲东岸大槽领先东进，这种“激发”作用引起下游大型波动一系列的变动，在较短时间内半球形势调整为偶极型。这时大西洋阻高东进至欧洲上空，欧洲涡旋消失，亚洲北部建立起极地涡旋，为大范围大雪天气提供了有利的环流背景。

极涡的演变及东亚急流的特征

分析 500mb 合成波图上大型环流的演变过程表明：东半球极地涡旋的活动，具有显著的阶段性、突变性和周期性特征；同时极地涡旋活动的各个阶段，东亚地区上空急流的位置和强度相应呈现不同的特点。下面分三方面讨论。

1. 极涡活动的三个阶段

图 3 上为 500mb 0—5 波合成波图上极涡中心的

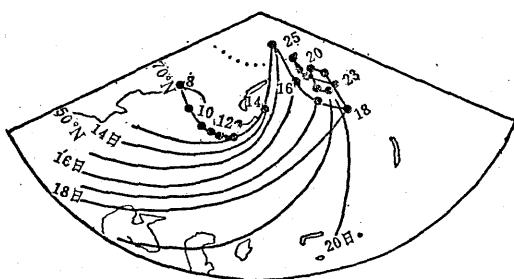


图 3 1979 年 2 月 8—25 日极涡动态图
小圆点为极涡中心，实线为槽线

动态特征。从图可看出，2 月上旬末到中旬前期涡旋在欧洲新生后，缓慢向东移动，中心强度稳定在 488—490 位势什米之间，偏离多年平均值约 $-24\text{--}26$ 位势什米，涡旋近于圆形，低槽沿涡转动，移速较快，这一段时期极涡变化较小，持续期为 5 天，可称为初始阶段。14—16 日欧洲涡旋的移向和移速发生急剧变

化，涡从比较稳定状态突然转向东北移动，接着又折向南下，移速显著加快。同时，涡发生变形，长轴拉长成椭圆形，在极涡的后部极地冷空气向南侵入，出现大范围的东北气流，最后形成从高纬到中纬近 ENE—WSW 向的横槽形势。可以看出，这一时期极涡各部分的变化速度快、变动急，仅持续两天，就进入另一阶段，因此这一阶段称为突变阶段。16—24 日，极涡中心活动集中在亚洲北部 ($90\text{--}110^{\circ}\text{E}, 65\text{--}75^{\circ}\text{N}$)，涡旋中心在该地区游移回转，并不断加深。这一时期涡旋中心强度达到 476 位势什米，偏离多年平均值达 -32 位势什米，为整个极涡过程的最低值。它的范围也不断扩大，特别是涡西侧偏北急流增强的同时，涡南部西风急流也一直增强并向中纬度扩展。此外，和极涡相联系的横槽，在接近东亚时，北段蜕变为竖槽，促使锋区南压。南段槽切断后，正涡度区输入南支波槽中，发展成高原西侧宽广槽区，这里负距平中心达到 14 位势什米，它对于形成我国东高西低形势，促使低纬暖湿气流向北输送具有重要作用，这个阶段称为影响阶段。显然极涡的突变阶段的变化是短促和剧烈的，而其它阶段的变化则是比较缓慢的。因此掌握各个阶段的变化特征，有助于分析判断具体天气过程的发展趋势。

2. 极涡活动的周期

根据这个冬季的合成波高度资料分析，可以比较清楚地看到，大尺度环流系统确实存在着一种准周期性振动。从 500mb 合成波图上，我们在大型极涡的活动通道上选了一个具有指示意义的关键点 ($60^{\circ}\text{N}, 60^{\circ}\text{E}$)，并分析了该点的高度和距平值的演变情况。从图 4 可以看出，该地区 0—5 波合成波高度随时间

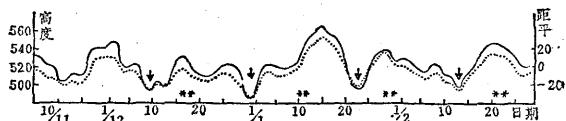


图 4 极涡振动曲线 实线为高度线，虚线为距平线

的变化，具有明显的振动现象，波谷出现准两旬的振动周期。对关键点而言，波谷可视作极地涡旋活动的直接反应，如 2 月 13 日极涡移至该点附近时，该点高度值迅速下降到 492 位势什米，偏离常年平均值 -26 位势什米。还可以注意到，比该点波谷值落后约一周后，华北地区出现一场罕见大雪。这个个例的代表性究竟如何呢？为此，我们把 1978 年入冬后华北 4 次大雪过程也标在图 4 上，可以发现，当极地涡旋影响的波谷值在 500 位势什米以下，同时，距平值低于 -24 位势什米的条件下，这个冬季出现的 4 次极涡波谷的特征点（图上黑箭头），对应后期（5—9 天）华北均出现大雪天气过程。可见，极涡波谷和大雪天气的时间滞后相关程度是很好的。综上所述，极地涡旋准两旬的周期振动，以及极涡活动通道上极涡振动波谷的形成，比华北大雪过程时间上提前的这些征兆性指标，可作为中期预报的判据。

3. 极涡活动和急流特征

上述大型涡旋活动的各个不同阶段，与东亚上空地转西风廓线的分布型式有密切关系。图5是用500mb 0—5波合成波高度资料，计算得到100—120°E区间的平均地转西风廓线。图中廓线分布表明以下事实：(1) 大型涡旋在欧洲建立的初始阶段(以12日为代表)，东亚西风廓线上，急流中心弱而零散，西风气流随纬度的变化也比较弱，其中位于62.5°N上空的北支急流是和极涡相联系的新生急流带；(2) 大型涡旋从欧洲移到亚洲的突变时期(以16日廓线为代表)，东亚上空南北两支急流明显增强，而40—45°N的西风锐减，和大型涡旋相联系的北支急流带向南推进了约7.5个纬距；(3) 大型涡旋在亚洲北部建立的影响阶段(以20日为代表)期间，和极涡相联系的北支急流继续增强，并达最大值，急流位置南移到华北上空，造成大雪。可以看出，极地涡旋的活动，制约着东亚急流的位置和强度的变化。因此，通过抓大型环流系统的演变作中期预报也就成为可能[3]。

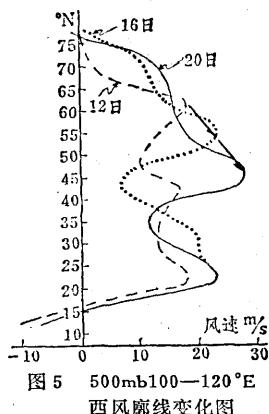


图5 500mb 100—120°E 西风廓线变化图

美洲到大西洋一带的波槽不断加深，逐渐呈准静止状态。但欧亚上空波动的移速较快，变化很不稳定。12日以后，美洲大槽分裂出一个槽向东移到10°E上空，使原在40°E的波槽迅速减弱消失，这个时期波数虽不变，但波动却发生了生消过程。与此同时，地中海上的波脊连续地向东移动，在60°E上空获得明显发展。15—16日西南欧的波槽和东亚沿岸波槽之间的距离达到130个经距，超过北半球4波平均波长(90个经距)约40个经距。这种波动分布的不平衡状态出现以后，可以见到原来比较稳定而强大的美洲东、西岸和东亚沿岸的波槽，这时已从准静止转为向东缓慢移动；西亚暖脊则继续东移，高原西侧的高度场急剧降低。到20日北半球5波流型已明朗化，各波逐渐调整到新的位置上。22日5个波槽分别位于40°W、35°E、90°E、165°E和120°W上空，波长约65—75个经距。综上所述，高原西部波槽和东亚波脊的建立，就是在北半球中低纬范围内波动不断调整和波数增为5波的情况下建立的。还可注意到这次高原西部低槽的连续性很难追踪，它是形势调整的产物。而东亚沿岸波脊则可以连续地追踪到大西洋、地中海一带上空。通过对本例的分析，表明应用0—5波合成波高度图分析亚洲中低纬波动的变化时，波脊的活动持续预报的效果较好，而波槽的预报除注意高纬正涡度输送外，还需注意北半球中低纬波长的变化，当实际波长比平均波长为长时(象本例约长30%以上)，3—5天内易产生新的波动，

总 结

1. 华北大雪过程是大型极涡南侧急流和中低纬偏西南急流汇合的产物。大型涡旋的活动制约着东亚锋区急流强度和位置的变化。

2. 北半球大型环流系统的调整是亚洲极涡建立的背景，这次例子大尺度波动调整的激发源来自美洲东岸大槽区，也与极涡本身准两旬的振动周期有密切关系。

3. 中低纬波动的波数变化与波长有关，当实际波长超过平均波长一定界值时，容易出现新波。高原西部大尺度波槽的建立和东亚沿岸波脊的发展，与波数为5的波动流型发展有关。

4. 应用北半球500mb 0—5波合成波高度资料分析中期过程，可以对大尺度流型的特征及过程演变作一些宏观的分析，并能直接找出一些判据。但本文的结论是初步的，当然更多的资料检验，可靠性可能会有明显提高。

参 考 资 料

[1] 陆赛婵、徐达生、陈汉耀，论冬半年华北地区回流天气型降水，天气月刊1958年3月号。

[2] 叶笃正等，北半球冬季阻塞形势的研究，科学出版社，1962年。

[3] 岩源，极地涡旋的统计分析，气象，1977年10月号。

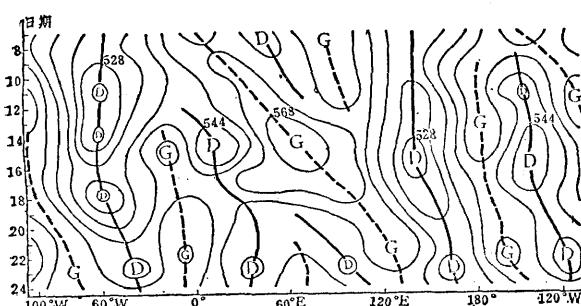


图6 500mb 40°N 0—5波合成波高度时间变化图

分别在60°W、40°E和140°E上空，这三个波槽的分布是不对称的，东亚沿岸波槽和美洲东岸波槽之间相距约160个经距，可推算出这个波长超过北半球3波平均波长(120个经距)约40个经距。9日以后，在这两大波槽之间，150°W上空迅速新生一个波槽，使北半球中低纬变为4波流型。这一时期虽然太平洋、