辽南大雪的天气模型和预报

刘桂琴　　孟庆楠

（大连市气象台）

大雪常造成恶劣能见度和积雪，是冬季预报服务不容忽视的灾害性天气。大连冬季降水的气候分布，具有年际变化大且主要集中在几次重大天气过程的特点。以1月份为例，1951—1980年中出现的12次大雪或特大降雪的降水量之和（170毫米），占30年该月总降水量的65%以上。因此，认清大雪的天气形势，不仅有助于短期天气预报分析和服务，而且对中长期预报和气候分析工作也有一定作用。

一、大雪的环流背景

选取有大雪过程的1972年1月（月降水量为37.6毫米）和无明显降雪过程的1971年1月（月降水量为0.2毫米）的500毫巴月平均图作对比分析（见图1），在高度场上存在着显著差异。主要表现在：多雪月东亚大槽平均位置偏北，里海至黑海之间有横槽，亚洲中纬地区为准西风环流，说明强冷空气活动偏北。少雪月东亚大槽偏南，乌拉尔山以东维持西北流场，本区受偏北气流控制。显然，前者有利于横向锋区的建立和南支槽的发展。

普查大连1960—1981年12—2月出现的10毫米左右降雪过程的天气资料，可从绝大多数个例中归纳出共同的环流特点：（1）大雪前3—5天，西欧为高压脊，亚洲中纬环流平直，冷空气沿脊前从新地岛南下至西伯利亚地区；（2）当高压脊稳定在乌拉尔山附近时，有小股冷空气从巴尔喀什湖东南下，在河套及其以南地区发展为深槽，槽前有大范围偏南气流建立；（3）槽前有明显的暖脊相配合，东移中常与北槽反位相叠置，形成辐合锋生场，冷暖空气交汇于华北北部。在上述环流形势下，地面图上常为河套倒槽东移或江淮气旋北上造成大连市大雪天气。此外，深厚的华北冷涡缓慢入海也能产生较大的降雪。

二、大雪的天气模型

选取大连历史上5次最大降雪日前一天的700毫巴和地面图进行合成平均（图2、3），得到大雪天气的特定形势。其中，700毫巴环流特征尤为突出：一是45°N以北环流平直，二是深槽北起于河套，南至25°N

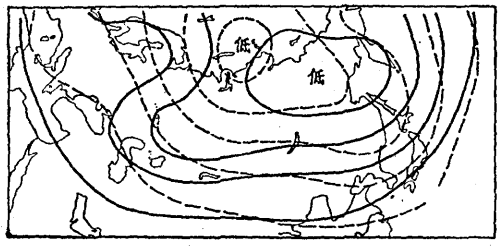


图1　1972年（实线）与1971年（虚线）1月份平均特征等高线

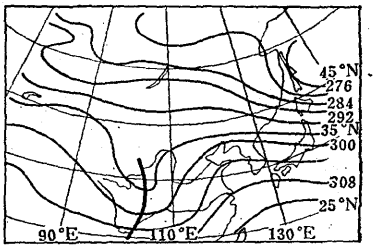


图2　大雪前一天700毫巴合成平均图

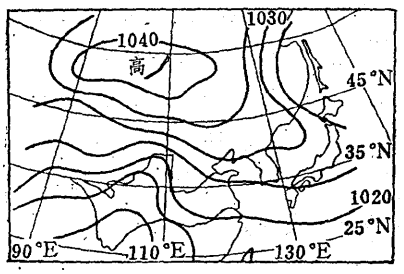


图 3　大雪前一天地面合成平均图

以南；三是本区西北方为汇合场。这些特征反映了横向锋区南侧的冷空气作用和汇合流场等物理条件。在地面合成平均图上，河套以南为倒槽区，势力较强的冷高压中心在贝加尔湖附近，轴向略呈西北—东南向，高压脊经我国东北伸向日本海。这些分析可以作为大连大雪天气的描述性概念模型。

三、模型的指标与检验

为便于在预报业务中使用，根据大雪天气模型特征，经正反例普查和检验，从降雪日前一天 700 毫巴和地面图上确定的天气模型指标(图 4) 为：(1)700 毫巴：Ⅰ区(25—40°N、110—120°E) 内为偏南风（异向风≤2 站)；(2)700 毫巴：Ⅱ区 (40—46°N、110—120°E)为西西南—南风与西—北西北风的风向汇合区，汇合线走向为东西向或西北—东南向；(3)地面：Ⅲ区 (25—43°N、105—120°E) 内有低压或倒槽。

反查 1961—1981 年资料，有 37 次符合大雪天气模型的指标条件，次日出现的各级降水统计见表 1 。由表 1 可以看出，大雪天气模型对 20 年内 5 毫米以上的大雪过程概括了 67%，模型的历史概括率之高，说明由风场确定的指标能较好地反映大雪天气过程的动力关系。模型的建立，不仅可供预报分析参考，还为建立大雪的完全预报方法创造了条件。

表 1　　模型的各级频数

降水量分级	≥10 毫米	≥5 毫米	≥2.5 毫米	≥0.1 毫米
各级降水出现次数	14	30	51	
符合模型各级降水过程次数	11	20	25	33
模型对各级降水的历史概括率 (%)	79 (11/14)	67 (20/30)	49 (25/51)	

四、PPM 预报方程

通过天气模型和 20 年资料反查工作，有条件实现对小概率的大雪天气过程建立完全预报方程。为了避免因数值预报模式不同在物理量计算中造成更大的差别，我们采用只从基本场筛选因子的方法，由降雪当天的天气图上，结合经验选取十几个因子，然后进行显著性检验，分别建立了 5 毫米以上大雪的权重判别方程和多元回归方程。

1. 5 毫米以上大雪的判别方程

$$\hat{y} = 0.31x_1 + 0.45x_2 + 0.24x_3$$

式中判别值 $y_c = 0.62$，方程的预报准确率为 91.9% (34/37)；对符合模型的大于 5 毫米降雪概括率为 90.5% (19/21)，各因子说明见表 2 。

2. 多元回归方程

表 2　判别方程因子说明

因子	意义	判别条件 0	判别条件 1
x_1	丹东850毫巴:南风分量预报$V\cdot\cos(\alpha-180°)$	<1.5米/秒	≥1.5米/秒
x_2	地面:低压预报在32—42°N、113—125°E	定义范围外	定义范围内
x_3	850毫巴:平壤24小时变温（预报－实况）	<0	≥0

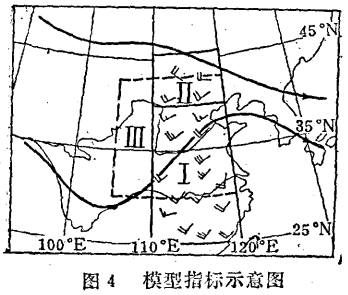


图 4　模型指标示意图

表3　方程和因子的F值检验

方程			因子				
$F\alpha=0.01$	$F\alpha=0.05$	F	$F\alpha=0.01$	$F\alpha=0.05$	X_4F	X_5F	X_1F
4.4	2.9	9.7	1.8	2.3	17.8	12.4	4.5

$\hat{y}=6.5823-1.3193x_4+1.1522x_3+0.6094x_1$

方程及因子的F值检验和因子说明分别见表3和表4。

表4　回归方程因子说明

因子	意义	说明
x_4	500毫巴：南京24小时变高	预报值与当日实况差
x_5	850毫巴：大连24小时变温	预报值与当日实况差

3.方程的试报与实报

1982年满足大雪天气模型有4次，用降雪日实况作为数值预报因子进行回报检验，判别方程预报结果均正确，回归方程预报量偏大。用传真预告图对1983年两次过程作了预报，1984年投入业务使用，符合模型指标一次，对外服务发布了小—中雨夹雪，通知各盐场有5毫米左右降水量。试报和实报的方程计算结果见表5。

表5　判别方程和回归方程试报与实报计算结果

	日期			y	判别方程		回归方程	
	年	月	日	(实况)	$\hat{y}$	毫米	$\hat{y}$	毫米
试报	1983	1	31	0.1	0	<5		1.0
	1983	2	13	11.5	1	>5		22.5
实报	1984	2	22	5.9	0.55	<5		5.6

五、讨论

1.风场是最基本的因素，一些数值试验表明：气压场、湿度场及温度场的变化均不及风场变化敏感和造成的影响大，由于采用对流层低层风场作为大雪天气模型的指标，包括了大雪物理机制的某些重要环节。

2.与产生暴雨的条件相比，暖湿空气的输送更为重要。它们在天气形势上所表现的差异是：夏季，副高往往决定偏南气流的建立；而冬季只有当暖脊与较深的南槽配合东移时，才能在我国东部的广阔地区形成使中低纬暖湿空气向北输送的通道。

3.横向锋区的建立对于环流形势的稳定维持起着重要作用。横向锋区抑制了强冷空气迅速南下，但较弱冷空气从底层向南渗透，大连常出现大雪天气；少数过程无横向锋区，暖脊达45°N以北，大连多为雨或雨夹雪天气。