

2、3月份大雪的大尺度物理条件

刘廷英 吴宝俊

(气象科学研究院)

提 要

本文根据2、3月份9次大雪过程,分析得到大雪的大尺度物理条件是:1.有较充沛的水汽和能量;2.有较强而持续的上升速度;3.有稳定的大尺度环流背景。

一、前言

大雪是由许多因素造成的。它涉及到复杂的物理过程和天气过程。其中有些过程,由于受种种条件的限制,目前人们对它们的了解还很少。在我国,大雪虽然是一个小概率事件,但它对国民经济的影响却很大。为了对大雪天气过程有一个基本的认识,本文从1971—1985年2、3月份中,选取日降雪量大于或等于10mm的过程(共有9次),进行水汽、能量、动力等条件分析。得出了一些结果,可能对北方大雪的分析预报有些帮助。下面主要以1983年2月14—15日东北南部一次大雪过程来说明这些条件。

二、水汽条件

水汽是降雪的必要条件。气候统计表明,我国的多雪区是冬季严寒而气候较湿润的地方〔1〕。根据我们的统计分析,2、3月份发生在西北、华北、东北的大范围大雪(有两站或两站以上日降雪量大于或等于10mm,下同),降雪临近开始时,雪区附近上空850hPa的比湿皆大于该月多年平均值。其中有90%高出月平均值一倍以上。或者更具体地说,在降雪临近开始时,雪区上空850hPa和700hPa上至少有一层的温度露点差小于4℃。在降雪过程中,雪区的上风方(一般在南方)有明显的高湿区(大值

比湿区)。此高湿区与强的低空气流构成了向降雪区输送水汽的通道(见图1)。

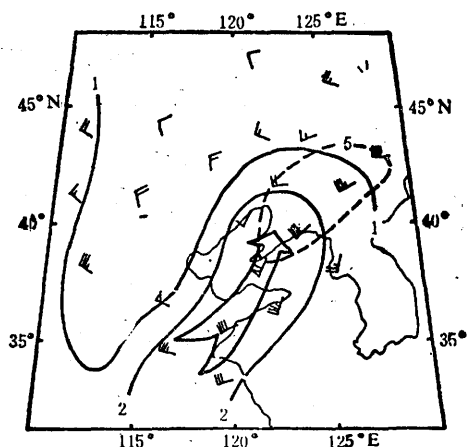


图1 1983年2月14日08时(北京时,下同)850hPa上的比湿(单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和风向箭头为主要水汽通道,虚线为2月14日08时—15日08时降雪量等值线(单位: mm)

三、能量条件

发生在西北东部、华北北部和东北南部的大雪,降雪前都有一个较明显的湿有效能量增加过程。在对流层中、下层,降雪区上风方的能量增加最大(平均日增加量为 $8 \times 10^4 \text{J} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$),并且在那里形成高能中心或高能舌(图略)。在降雪过程中,这个高能中心或高能舌不断向降雪区附近输送有效能量。雪区附近的对流层中、下层是有效能量汇。图2给出了1983年2月14日08时,东北南部大雪临近开始时,用第一类收

支方程〔2〕计算出的850hPa上湿有效能量通量辐合值 $(-\nabla_P \cdot (A_{mk} \vec{V}))$ 的分布。它可代表主要在边界层附近向雪区聚集有效能量的这类降雪过程。与图1对照可见,有效能量水平聚集最大值中心恰在大雪中心的上风方。在有效能量聚集中心紧邻的上风方有一负值中心。它是有效能量源地。从负值中心到正值中心的连线所指的方向,大体上就是有效能量水平输送通道和它的方向。此能量通道基本上与上节的水汽通道相重合。

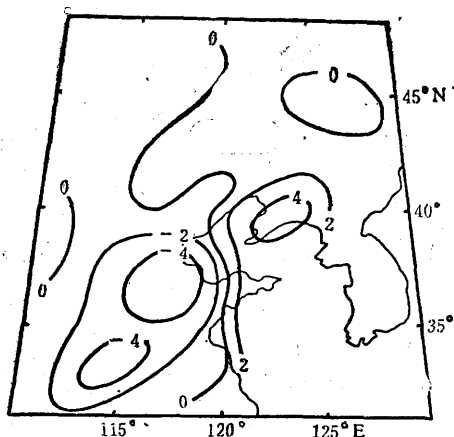


图2 1983年2月14日08时850hPa上的湿有效能量水平聚集量 $(-\nabla_P \cdot (A_{mk} \vec{V}))$ 分布图
数值单位: $W \cdot hPa^{-1} \cdot m^{-2}$

四、水汽、能量输送与源地

二、三节给出的水汽、能量输送和聚集图,表示的是以850hPa层次为主要通道向降雪区附近输送水汽和能量的一类过程。这样一类过程大约占我们所分析的个例的一半(4/9)。另有3例(如1984年3月13—14日晋中大雪),水汽和能量输送通道主要在700—500hPa的对流层中层。此外还有2例(如1980年2月25—26日东北南部大雪)的水汽和能量输送通道,分不出是在850hPa还是在700hPa和以上层次为主,即在对流层中、下层的各层向雪区附近输送水汽和能

量的能力几乎相同。

上面这三种情况中,水汽和能量源地距降雪区的距离,以第一种情况为最近(参见图2),以水汽和能量输送通道主要在700—500hPa的对流层中层的源地为最远。后者水汽和能量源地可位于离降雪区很远的低纬地区(图略),而在降雪区附近850hPa及其以下层次为干冷空气垫(湿-比有效能量有时甚至为负值)。这个干冷空气垫起着抬升暖湿气流的作用。它是形成中层水汽和能量通道的重要原因。降雪区附近的干冷空气垫吹较弱的偏东风。雪区东北部一般为冷性小高压。

需要特别强调的是,较强的偏南气流是形成水汽和能量输送通道的首要因素。

五、动力条件

我们分析的大范围降雪都具有较强的大尺度上升运动。图3给出1983年2月14—15日降雪过程雪区中心及其以北400km处上空降雪前后铅直速度 (ω) 的演变曲线。从图可见,雪区降雪前为下沉运动,降雪时变为上升运动。此次降雪最强上升运动高度较低,在600hPa(其值为 $69 \times 10^{-4} hPa \cdot s^{-1}$)。降雪时,在降雪临近区(相距降雪区约几百公里)一般有一个强的主要下沉区(如图3b中虚线所示就是这样一个下沉区的铅直速度廓线),与雪区的上升运动构成正环流。降雪结束后,雪区上空转为下沉运动。相应的正环流也消失了。

与铅直速度相配合,在散度场上,降雪时雪区表现出对流层下层气流辐合、上层辐散的特点。散度场与降雪区有较好的配置。图4给出了东北南部大雪临近开始时850hPa上的散度分布。这次降雪是由于气旋东移加强产生的。气流辐合中心基本上与气旋中心重合。雪区位于辐合中心附近偏南

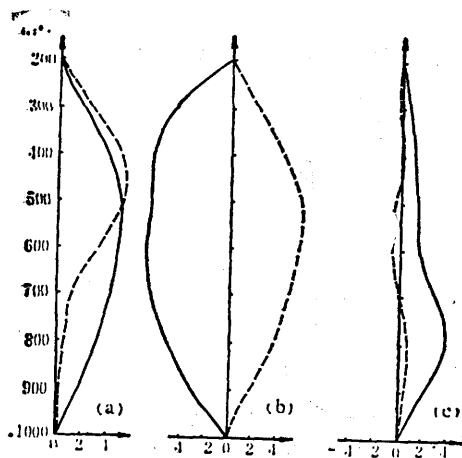


图3 1983年2月14—15日大雪区(实线)及临近区(虚线)铅直速度演变曲线
a). 2月13日20时(降雪前); b). 2月14日20时(降雪时); c). 2月15日20时(降雪后)
数值单位: $10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$

风的下风方。散度场零值线的北段与气旋的暖锋相配,其南段与冷锋相对应。值得注意的是,这条零值线与同一等压面上的湿-比有效能量零值线(图略)基本重合。这反映了偏南气流的辐合区也是湿-比有效能量的正值区。雪区上空最强辐散层的高度比夏季暴雨的高度要低许多。例如,1983年2月14—15日的大雪,最强辐散层高度只在400—300hPa之间(图略)。而1981年8月

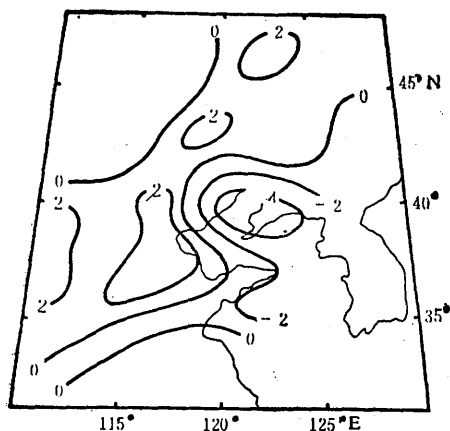


图4 1983年2月14日08时850hPa上的散度
数值单位: 10^{-5}s^{-1}

9—10日陕南暴雨最强辐散层高度达到200—100hPa¹⁾。

六、大尺度环流背景

我们所分析的9次大雪分别发生在东北南部(6次)、华北北部(2次)和西北东部(1次)。即这些大雪发生在 40°N 附近。由此看来,在2、3月份我国 40°N 一线是大雪多发生带。在这东起长白山西到祁连山长约2000km的地带上,大雪发生频率以东部为最大,向西递减。需要特别指出的是,虽然这些大雪天气过程在东西方向上地理位置有很大不同,但在平流层下层和对流层上层的环流背景却基本相同:雪区上空气流呈准纬向型;雪区位于100hPa急流的北侧、500hPa的锋区上。雪区上空500hPa的锋区强度为 $1.5^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ 。降雪过程中有高空锋生现象发生。雪后500hPa锋区强度变为 $2^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ 。准平直气流上发展了的波动与南支气流的反位相叠加是造成这种锋生的主要原因。

七、几点讨论

从本文给出的图示可见,物理量场的水平尺度与雪区范围大体相当。雪区位于有效能量水平聚集中心和对流层下层气流辐合中心的下风方。另一方面,根据实际水汽条件和所计算出的上升速度,在水汽持续供给、上升速度不变等假定下,采用降水率公式 $R = \int_{P_0}^{P_n} m \frac{dp}{g}$ ^[3]所计算出的24小时降雪量与实际降雪量相当。这说明,进行大雪过程物理条件的诊断分析是有意义的。它不但可从中确定有无大雪和大体上定出落区,而且对降雪量也可能有一个粗略的估计。

在前几节的分析中,我们着重分析了500hPa以下的物理量场。实际上大雪天气系统与暴雨的铅直尺度有很大不同。大雪的铅直尺度比暴雨要小许多。如上面已提到,

1) 刘延英、吴宝俊、陕南暴雨湿有效位能分析, 1981年我国异常天气分析预报技术文集。

有的大雪最强辐散层高度只在400—300hPa,而暴雨最强辐散层高度可达200—100hPa。大雪天气系统铅直尺度小,可能是冬半年对流层顶低,对流层中温度递减率小,大气稳定度较大等气候背景的直接反映。由此看来,在降雪天气分析中,首先分析500hPa及其以下天气演变和物理量的思路是正确的。

尽管大雪天气系统铅直尺度小,降雪过程的水汽、能量输送通道却能明显分出在850hPa或以下层次和700hPa或以上层次两种主要形式。850hPa以下为干冷空气垫,水汽和能量通道在700hPa以上层次,这种情况在夏季暴雨是很少见的。这可能是由于2、3月份我国北方大地地表温度仍很低,干冷空气容易在其上维持造成的。这种情况也说明,在近地面干冷的地方,只要水汽和能量在较高层次供应充足以及其他条件

具备的情况下,也可能降大雪。而且,其概率并不很低(在我们分析的例子中占1/3)。因此,在分析水汽能量条件时,不仅应分析850hPa及以下层次,而且对700hPa及其以上的情况也应给予足够重视。

综上所述,我们认为对大雪物理条件进行分析是有意义的,文中得出的一些结果有助于对大雪天气过程的认识。但是,我们这里分析的条件只是大尺度的,还不能说它们就是大雪的充分和必要条件。要对大雪做出全面的分析和准确的预报,还要进一步做工作。

参考文献

- 〔1〕 张家诚、林之光,中国气候, P456, 上海科学技术出版社, 1985年8月。
- 〔2〕 吴宝俊、蒋凤英, 有限区域湿有效位能收支方程, 气象学报, 41 (1983), P338—342。
- 〔3〕 陈创买、郭英琼, 气象常用参数和物理量查算表, P20, 气象出版社, 1980年12月。