

北京地区强对流天气 监测试验论文集

第二集

中国人民解放军空军司令部气象局

p 6
15-2

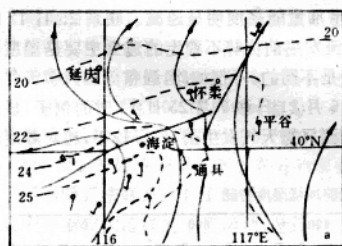
目 录

北京地区强对流天气 监测试验论文集 第二集

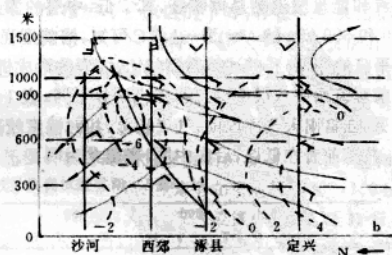
中国人民解放军空军司令部气象局
一九九五年十二月

四、强对流天气过程的中尺度特征

图4是6月21日强对流天气出现前3~4小时的地面中尺度流场、温度场和边界层风场特征。13时,飑线移入前,近地层已建立偏南风流型(图4a),由于地形的动力影响,偏南风区中在西斋堂、海淀至顺义一线存在一条中尺度切变线。10 km 格距的散度计算表明,和切变线相伴的是一条中尺度辐合带、量级 $-1.6 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ (图略)。分析边界层测风资料看到,这条切变线向上伸展约1000米高度,并呈北倾结构,其南侧是和环境风一致的偏南西风,北侧是受地形强迫绕流的偏南东风(图4b)。切变线区的速度辐合亦倾斜向上伸展,达 10^{-4} s^{-1} 量级。近地层的温度场表明,切变线南侧是从西南向东北方伸展的温度脊,也是高露区,因而也是高能量区,总温度达 53°C (图略)。这种特征在13至16时一直存在,且切变线附近仍有温度升高(约 2°C)和辐合加强(近2倍),显然,这是飑线来临前的良好环境。17时,飑线越过军都山,以约80公里/时的速度下坡快速南移到北京市(图5a),并和中尺度切变线合并,二者相互作用的结果使飑线区水平温度梯度迅速增大(达 $5^\circ\text{C}/10 \text{ km}$),飑线过境引起强烈降温($10 \sim 12^\circ\text{C}/\text{h}$)和气压升高($2 \sim 3 \text{ hPa}/\text{h}$),并在沿途出现大范围大风和冰雹天气。与此同时,飑线区的速度辐合也明显增强(图5b),特别是中西段部位辐合强度达 10^{-3} s^{-1} 量级,这里正是飑线天气最强烈的所在(参见图1a)。其后飑线继续南进,移出本区。由本例可见,外来飑线系统越过山脉进入北京地区天气增强的原因,从中尺度条件分析,主要和两方面因素有关,一是飑线来临前本区的良好环境,表现在和地形有关的中尺度切变线及高值能量区;二是飑线系统越山后的下坡加速,促使飑线前方暖湿、不稳定且已具有辐合特征的空气迅速被抬举上升,融合到飑线区中,加剧天气发展。因此,对这类强对流系统的预报,外来系统和本区条件两方面都必须注意。



(a) 6月21日13时地面中尺度形势

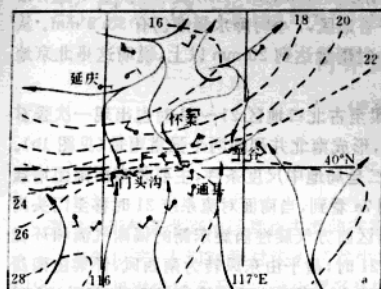


(b) 6月21日12时边界层风场

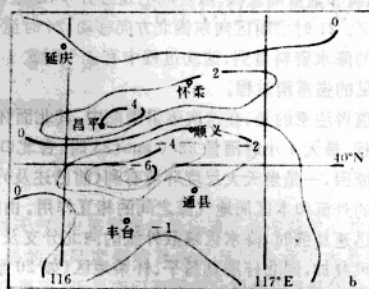
图4 1992年6月21日北京地区强对流天气发生前地面和边界层中尺度特征

图(a)中实线为流线,断线为等温线 图(b)中断线为等散度线,单位是 10^{-4} s^{-1}

图6是7月25日强雷雨发生前地面和边界层的中尺度特征。雷雨前3小时(图6a),地面流场和环境气流相近,为槽前偏南西气流。和6月21日相似,偏南西气流区中在西斋堂、昌平至怀柔一线存在地形性的中尺度切变线,其附近为速度辐合,量级 10^{-4} s^{-1} 。图6b表明,这条切变线在边界层中也存在,且亦表现出辐合特征。和图4对照,尽管切变线的结构(如垂直伸

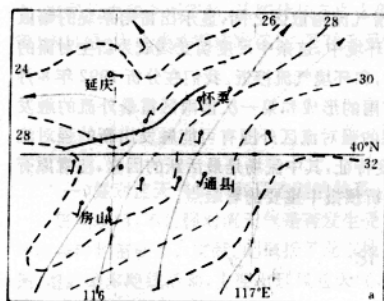


(a) 6月21日17时地面中尺度场

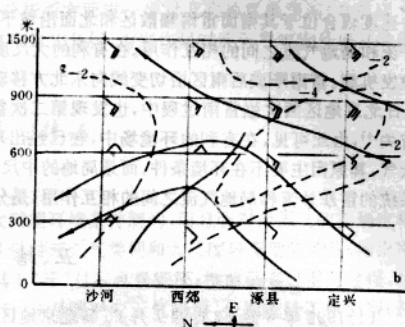


(b) 6月21日17时地面散度分布(单位 $10^{-5} s^{-1}$)

图5 1992年6月21日17时地面中尺度特征



(a) 7月25日17时地面中尺度形势



(b) 7月25日12时边界层风场特征

图6 1992年7月25日强雷雨发生前地面及边界层中尺度特征

图(a)中实线为流线,断线为等温线,图(b)中断线为等散度线,单位 $10^{-5} s^{-1}$

展高度及轴线倾斜方向)可能不同,但对北京地区局地强对流的形成或加强都起到积极作用,是分析预报中不可忽视的问题。

17~19时,随着850 hPa气旋性涡旋逼近,近地层风向偏东成分加大,切变线南压到沙河、顺义和海淀、通县之间,且辐合加强,特别是切变线西段南侧房山地区,风向由南风转为南东风,使霞云岭附近迎风坡的辐合强度增大近2倍,导致20时雷雨天气首先在这里出现(霞云岭20时降水量11.1 mm)。在深厚南西气流引导下,雷雨系统向东北向切变线区移动。由于切变线区辐合较强及山脉东侧南下弱冷空气的抬举,雨强迅速增大,出现1小时56.7 mm的强烈降水(21时,门头沟)。图7是雷雨系统强盛期的地面中尺度形势,其鲜明的特征是在雷雨区流线呈反气旋外流型式(图7a),而在其前方则是一个气旋性涡旋,二者之间的偏北气流使切变线南移至南苑、涿县地区,雨区在切变线的冷区一侧。这种强雷雨区附近流场呈现涡旋对的型式是强对流系统中尺度流场的典型特征。图7b是同时间散度分布,表现出强烈的中尺度扰动,

雷雨区对应速度辐散,量级 $3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$,其东方则是和气旋性涡旋及切变线匹配的中尺度辐合带,强度和辐散同量级。散度场的这种分布,既是雷雨系统降水的结果,对其未来的移动也有指示意义。21 时后雨区向东偏北方向移动,24 时至平谷地区,1 小时降水强度仍有 33.9 mm。从掌握的降水资料看到,这次过程中有 4 个时次 1 小时雨量达到 20 mm 以上,说明这是北京地区少见的强雷雨过程。

值得注意的是,在这次强雷雨期中,其北面怀柔至古北口地区 21~24 时也出现一次强雷雨过程,最大 1 小时雨量 38.0 mm(23 时,古北口),形成南北并列的两个强雷雨带(见图 1b)。分析原因,一是当天大尺度环境有利(前已述及);二是局地中尺度条件,主要是南面雨团增强引起的外流和本区局地气流之间的相互作用。由图 7a 看到,当南面对流系统 21 时移至门头沟地区迅速加强时,降水区辐散外流的向北分支及雨区前方气旋性涡旋东侧的偏南气流和环境偏南风叠加,向北伸展到昌平、怀柔地区(如 20 至 21 时,昌平由东风转为南西风,怀柔由南西风转为南风);与此同时,其北面山脉地区夜晚出现沿山坡下滑的局地偏北气流(如密云,20 时东南风 1.3 m/s,21 时转为北西风 3.3 m/s),二者相遇构成新的中尺度切变线,位于原有切变线的北方。计算表明,切变线区速度辐合,量级接近 10^{-4} s^{-1} ,如图 7b 所示。由图看到,怀柔地区的速度辐合位于其南面雷雨辐散区和北面沿坡下滑气流辐散区之间,显示出雷雨系统的辐散外流和局地气流之间的相互作用。在有利的大尺度环境中,这条中尺度切变线成为新生对流的触发机制。雷雨形成后雨区沿切变线向东北方移动,和环境气流接近。我们在分析 1992 年 8 月 2 日北京地区两次强雷雨过程中,也发现第二次雷雨的形成和第一次雷雨区雷暴外流的触发有关^[6],由此可见,在有利的环境场中,在已经出现的强对流区外围有可能触发出新的强对流天气,其原因主要不在环境条件,而是局地的中尺度特征,其中流场是最活跃的因素,注意原有系统的雷暴外流和局地气流之间的相互作用,是分析预报中重要的着眼点。

五、结 论

(1)1992 年 6 月 21 日和 7 月 25 日北京地区分别出现天气类别截然不同的强对流过程,前者以风雹天气为主,降水量不大;后者是强雷雨天气,没有冰雹和大风。分析这两次过程对了解北京地区强对流活动的特点有典型意义。

(2)两次强对流过程是在不同环境条件下发生的。6 月 21 日的风雹天气发生在 500 hPa 槽后较干的北西气流区中,其中的中空急流、急流区的强冷平流及低层的暖脊和作为“干暖盖”的下沉逆温,是重要的环境特征。7 月 25 日的强雷雨天气发生在 500 hPa 槽前较暖较湿的南西气流区中,其主要的特征是深厚的偏南风层、活跃的低空急流及可致位势不稳定的向上递减的湿度差动平流。

(3)两次强对流过程具有明显的中尺度特征,其主要表现一是强对流天气发生前,本区在偏南风气流中都存在受地形影响而形成的中尺度切变线,其附近的速度辐合及水汽、能量条件,是局地强对流天气形成和加强的内在因素;二是中尺度系统之间的相互作用。这种作用可能发生在外部系统和本区系统之间,也可能发生在雷暴外流和局地气流之间,其结果是使对流天气强烈发展,或形成新的强烈对流。两次过程的预报思路 and 主要着眼点是不一样的。

(下转第 99 页)

北京地区强雷雨和风雹类天气的对比分析

何齐强 舒慈勋

(空军气象学院)

一、引言

强对流天气是北京地区夏季主要的灾害性天气,也是军事气象保障工作中最关心的内容之一。多年以来,人们对强对流天气发生发展的大尺度环境及中尺度特征作了大量的研究^{[1][2]},其成果对强对流天气的分析预报有指导意义。近年来何齐强等应用条件气候学分析方法,对北京地区不同环流型强对流天气的大、中尺度环境条件作了系统的分析研究,并分别概括出概念模式,导出预报思路和着眼点,为设计预报系统提供基础^{[3][7]}。本文在过去工作的基础上,根据历史和个例资料,从统计和典型个例分析两方面进一步对北京地区强雷雨(含雷雨大风)和风雹(大风伴冰雹或冰雹)类强对流天气作对比分析,为制作强对流天气类别预报提供条件。

二、统计特征

(一)强对流天气类别和环流型的关系

研究表明,不仅强对流天气是否发生受大尺度环境条件制约,而且强对流天气的类别也和环境条件紧密联系。文献[8]概括了北京地区强对流天气类别和大尺度环流型的关系,指出冷涡、槽后型多飏线活动,主要出现风雹天气,具有“干”对流风暴特征;槽前型多强雷雨过程,对应“湿”对流风暴。我们根据1983~1992年6~8月强对流天气资料,分别统计了槽前型(斜槽)和槽后型各站各类强对流天气出现的概率,表1是槽前型的例子。可以看出,表中各站强雷雨的平均概率为31.0%,而冰雹的平均概率仅为17.0%。如果将强雷雨加强雷雨伴大风、冰雹加冰雹伴大风计算,则平均概率前者为37.6%,后者只有20.6%,显示出北京地区槽前型多强雷雨类天气,而少风雹类天气的统计特征。同时可见,槽前型冰雹天气的概率由西北部山区(张家口、延庆)向东南沿海地区递减(杨村、静海概率为零),而强雷雨天气的概率分布相反,由西北部山区向东南沿海地区递增(杨村、静海平均概率达50.6%)。槽后型强对流天气类别的统计特征和槽前型不同(表略),对比可见,在张家口、延庆地区,槽后型风雹类天气的概率60%以上,强雷雨类天气的概率不足40%;沙河、西郊、南苑及杨村、静海地区,风雹类天气的概率增大,而强雷雨类天气的概率减小,平均前者分别增大7.8%和37.7%,后者分别减小4.2%和33.2%,表现出北京地区槽后型多风雹类天气,而少强雷雨类天气。

(二)强对流天气类别和环境参数的关系

为寻求强对流天气类别的主要控制因子,我们在上述资料期中,对56次强对流天气过程统计不同类别强对流天气发生前(08时)的各种环境参数,包括对流层中、低层的温、湿特征、大气层结及700 hPa风速等,结果如表2所示。从中可见,风雹类和强雷雨类天气发生前的环

表1 1983年~1992年6~8月北京地区槽前型(斜槽)各类强对流天气出现概率

地点 天气	张家口	延庆	沙河	西郊	南苑	杨村	静海
冰雹	28.6 (25.4)	22.2	28.6	27.3 (22.8)	12.5	0 (0.0)	0
大风	42.9	33.3	21.4	45.6	43.8	18.2	56.3
强雷雨	0 (16.7)	33.3	50.0	13.6 (27.5)	18.8	63.6 (50.6)	37.5
冰雹 大风	14.3	0	0	4.5	6.3	0	0
强雷雨 大风	14.3	0	0	4.5	12.5	9.1	6.2
冰雹 强雷雨	0	11.2	0	0	0	0	0
冰雹 大风 强雷雨	0	0	0	4.5	6.3	9.1	0

注:表中数字为该类强对流天气占强对流天气总数的百分比,括号中数字为该区平均概率)

表2 1983年~1992年6~8月北京地区各类强对流天气发生前的环境参数

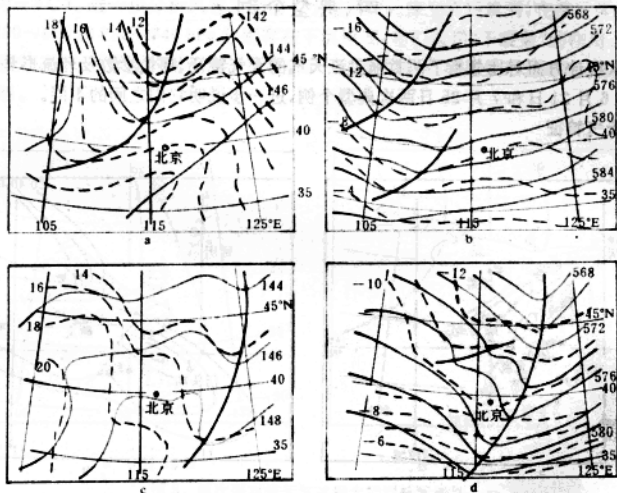
天气 项 目	冰雹	大风	冰雹 大风	强 雷雨	冰雹 强雷雨	强雷雨 大风	冰雹大风 强雷雨
$\theta_{se}(850\text{ hPa})$	331.8	329.5	334.6	337.8	335.5	339.1	333.4
$\theta_{se}(700\text{ hPa})$	324.3	325.7	328.1	334.5	329.4	332.4	329.2
$\theta_{se}(500\text{ hPa})$	324.4	326.2	327.6	336.2	326.7	334.0	326.8
$\Delta\theta_{se}(500-850)$	-7.4	-3.2	-7.0	-0.3	-8.7	-5.1	-6.6
$\Sigma\theta_{se}(500+700+850)$	980.5	981.4	990.2	1008.6	991.6	1005.4	989.3
$\Delta T(500-850)$	-28.7	-28.8	-30.3	-23.3	-27.5	-26.0	-28.0
$\Sigma(T-T_s)(500+700+850)$	30.6	35.5	34.0	16.5	26.2	20.3	25.3
$\Sigma T(500+700+850)$	14.4	17.1	21.7	20.5	17.3	21.7	16.2
$V(700\text{ hPa})$	8.6	9.4	9.5	10.0	9.7	12.7	9.7

境特征是不一样的,例如风雹类天气发生前中低层环境温度较低,850、700、500 hPa 三层温度之和平均为 18.1℃,而强雷雨类天气发生前的环境温度较高,三层温度之和平均为 21.1℃;风雹类天气发生前环境湿度较低,850~500 hPa 三层温度露点差之和 32.3℃,而强雷雨类天气发生前环境湿度较高,三层温度露点差之和平均仅 18.4℃,表明风雹类天气发生在较冷较干的环境中,而强雷雨类天气的出现则需较暖较湿的环境条件,这是两类天气的重要差别。这种差别在温、湿特性结合的假相当位温(θ_{se})上也清晰表现出来,风雹类天气三层 θ_{se} 之和平均为 980~990 K,而强雷雨类天气三层 θ_{se} 之和平均大于 1000 K。详细比较两类天气各层的 θ_{se} 还可看到,它们的差别主要不在对流层低层(850 hPa 二者平均差 5.3 K),而在对流层中层(500 hPa 二者平均差达 9.1 K),可见风雹类天气发生前注意中层干冷空气入侵是非常必要的。两类天气发生前大气层结也明显不同,风雹类天气发生在较强的对流不稳定环境中,500~800 hPa 的 θ_{se} 平均 -7.2 K,而强雷雨类天气则和较弱的对流不稳定联系(500~850 hPa $\Delta\theta_{se}$ 平均 -2.

7 K),特别是单独强雷雨天气,对流稳定度呈中性状态。两类强对流天气出现前对流层中低层风速也不一样,在 700 hPa 层,风雹类天气风速较小(平均 9.1 m/s),强雷雨类天气风速较大(平均 11.4 m/s)。

三、两类强对流天气的合成环境形势

分析表明,以上两类强对流天气发生前环境参数的不同,是由其大尺度环流形势的差异所决定的。图 1 是北京地区槽前(斜槽)型和槽后型强对流天气出现前(08 时)对流层中、低层合成的环流形势,它们分别是 1983~1992 年 6~8 月期间 30 和 25 个样本的合成结果。明显可见,槽前型 500 hPa 主槽在 105~115°E 之间(图 1b),槽线呈 NE-SW 走向,位于赤塔、海力素(53231)和鼎新(52446)一线。在主槽前方呼和浩特至延安一线存在一个短波扰动,它是该型北



a 槽前, 850 hPa b 槽前, 500 hPa
c 槽后, 850 hPa d 槽后, 500 hPa

图 1 北京地区槽前(斜槽)、槽后型合成环流形势

实线:等高线,间隔 20 位势米;断线:等温线,图 a、d 间隔 1℃,图 b、c 间隔 2℃

京地区强对流天气的直接影响系统。08 时,北京位于 500~850 hPa 三层槽前。结合温、湿场形势,北京地区为暖湿平流,尤其在低层 850 hPa 图上表现明显(图 1a),水汽通量辐合达 $-6.4 \times 10^{-8} \text{克} \cdot \text{秒}^{-1} \cdot \text{厘米}^{-2} \cdot \text{百帕}^{-1}$ 。在槽前型强雷雨两个例中^{[9][10]},对流层低层可见到偏南风低空急流活动,更为强雷雨的发生提供较充沛的水汽和能量条件。槽后型的合成环流形势与此不同,强对流天气发生前 500 hPa 图上,主槽槽线在索伦(50834)、叶伯寿(54326)、济南和郑州一

线(图 1d),北京位于主槽的后部,盛行 $8\sim 14\text{ m/s}$ 偏北西气流。在主槽后部存在大尺度下沉运动,使“干暖盖”形成,为强对流天气爆发提供条件。值得注意的是在主槽后部巴林左旗(54027)和朱日和(54276)一线存在一条准东西向的切变线,它和前述槽前短波槽的作用相同,是制约北京地区槽后型强对流天气的关键性系统。由图显见,在槽后广大地区受较强的冷平流控制,华北北部的冷平流强度达 $-1.0\times 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 量级。而在 850 hPa 图上,华北地区受由西向东伸展的暖脊控制,冷平流较弱或为弱暖平流。这种垂直配置导致层结不稳定,当槽后横向切变线及其所携带的强冷空气南下,易于触发北京地区午后强对流天气形成。和槽前型环流形势对比可见,两类强对流天气发生前环境参数的不同,根据在两种环流形势的差异。槽后型从 850~500 hPa 向上增强的冷平流,提供了较冷较干的环境及由之而来的较强的对流不稳定,为并不要求水汽充沛的风雹类天气提供合适的环境,而槽前型较深厚的偏南风暖湿平流及较弱的对流不稳定则是强雷雨类天气赖以发生的环境。

四、典型个例

以上从统计方面对比分析了两类强对流天气的天气特征、环境参数及环流形势,这里再给出 1992 年 6 月 21 日和 7 月 25 日两次典型个例,进一步说明它们之间的不同。

(一)天气特征

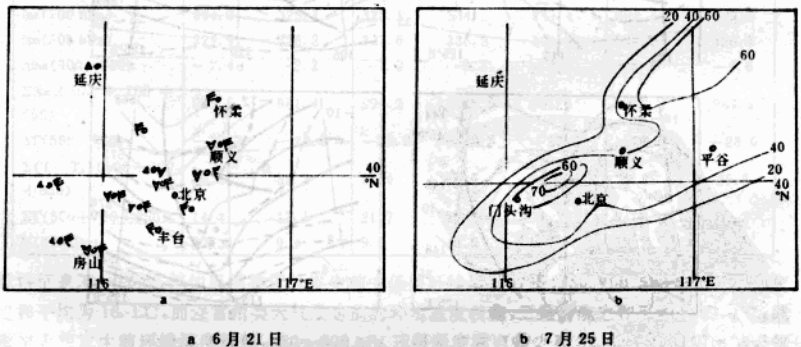


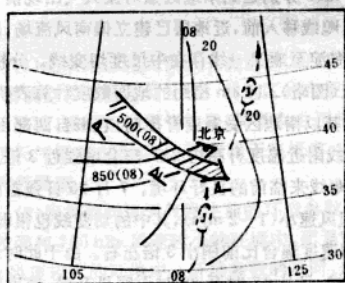
图 2 两次强对流天气过程的天气特征

图 2a、b 分别是两次强对流天气过程的天气表现。6 月 21 日是一次强飑线过程,在飑线自北向南影响北京地区的近 3 小时中(16~18 时),各站先后出现以大风、冰雹为主的强烈天气,在 20 个有详细记录的测站中,4 站出现冰雹,13 站出现大风,其中 7 站(占 54%)出现大于 17 m/s 的风速。此过程中总计 14 站(占总站数 70%)出现冰雹、大风或大风伴冰雹天气。这次过程也伴有雷阵雨,但雨量较小,最大过程降水量仅为 22.8 mm ,最大 1 小时降水量只有 18.2 mm ,没有 $\geq 20\text{ mm/h}$ 的记录。可见这是一次典型的风雹类天气。造成了严重的风雹灾害。7 月 25 日的天气特征与此明显不同,是一次短时强雷雨过程。强降雨带呈 NE-SW 走向(图 2b),最大过程雨量(25 日 20 时~26 日 01 时)为 70.6 mm ,其中 5 小时大于 40 mm 的 11 站(占总站数

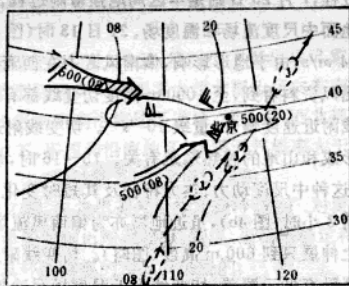
55%), 大于 50 mm 的 6 站(占总数 30%)。最大 1 小时降水量为 56.7 mm, 1 小时降水大于 20 mm 的测站计 11 个, 占总站数的 55%。令人惊奇的是此过程中各站都没有出现大风天气, 所以这是一次典型的强雷雨过程。和 6 月 21 日过程比较, 二者的天气特征是截然不同的。

(二) 环境形势

上述两次过程不仅天气特征不同, 大尺度环流形势也是不一样的, 它们分别出现在 500 hPa 槽后和槽前型中, 是北京地区槽前、槽后型强对流天气的典型个例。图 3a、b 分别给出其环流形势综合图。6 月 21 日, 500 hPa 槽线 08 时刚过北京, 20 时至大连地区(图 3a), 当日北京地区强对流天气发生前 700 hPa 以上受强劲的偏北西风控制, 500 hPa 槽后 20~26 m/s 的中空急流从河套伸向济南地区, 与之相应, 槽后伴随强冷平流, 并伸至槽前, 100 km 格距的计算结果表明, 槽后冷平流强度达 $-9 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$, 而 700 和 850 hPa 的温度平流分别是 $-4 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$, 可见此例强风雹天气是和中空强冷空气入侵密切联系的, 而且, 850 和 500 hPa 的差动温度平流也为强对流天气发生前对流不稳定的建立提供了条件(500~850 hPa 差为 -5°C)。进一步分析风雹发生前 4 小时南苑的探空资料看到, 在槽后偏北西气流区中, 低层 880~850 和 755~740 hPa 分别存在下沉逆温, 它们起到“干暖盖”的作用。可以料到, 双重逆温覆盖, 非一般强度的对流能够冲破, 而一旦被冲破, 必将爆发强烈对流, 前述的天气实况已经证明。



a 6 月 21 日



b 7 月 25 日

图 3 两次强对流天气过程大尺度环流形势

粗实线: 500 hPa 槽线; 粗断实线: 850 hPa 急流轴影、空矢区分别为冷、暖平流区

7 月 25 日强对流天气发生前的环流形势与其明显不同, 08 时 500 hPa 槽线位于北京以西 105°E 附近, 20 时东移到呼和浩特和北京之间, 北京地区 850~500 hPa 受槽前南西气流控制(图 3b)。由图看到, 08 时 500 hPa 槽后(哈密以东)为冷平流, 而其东南方太原、济南地区为强暖平流, 平流强度分别为 $-6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $4 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$, 因而导致锋生, 锋生区风速增大, 河套至大连地区出现中 α 尺度的中空急流, 北京位于急流的强辐合区(图 3b)。在对流层低层(850 hPa)有低空急流活动, 08 时强风核在郑州附近(风速 18 m/s), 其后急流东移北传, 20 时强风核进入济南上空, 向华北地区输送暖湿空气。这一天北京地区的强雷雨发生在 500 hPa 槽线逼近、低空急流核左前方和中空急流强辐合区的迭加部位。

分析强对流天气当日南苑 12 时探空看到, 两次过程环流形势的不同, 导致环境参数明显

差异。6月21日,850~500 hPa 三层 Q_{sc} 和 $(T-T_e)$ 之和分别为 963 K 和 25°C,而 7月25日分别是 1039 K 和 15°C,可见前者的环境较冷较干,后者较暖较湿。表 3 详细列出各层的湿度对比,二者差别最大是在对流层低层。由此求得的凝结高度和自由对流高度二者也不一样,6月21日分别为 860 hPa 和 720 hPa,而 7月25日低得多,凝结高度和自由对流高度都在 960 hPa。700 hPa 风速二者也不同,6月21日较小(NW 风,10 m/s),7月25日较大(SW 风,20 m/s)。这些特征再次表明,两类强对流天气对环境条件的要求是明显不同的,其根据则是环流形势的差异,因此,大尺度环境场的分析对强对流天气的预报是十分重要的。

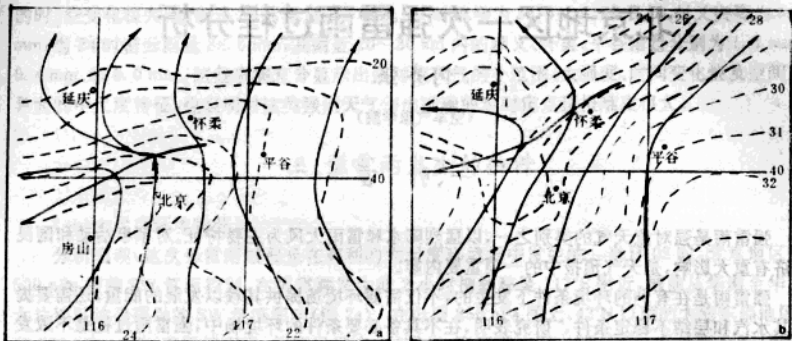
表 3 两次强对流天气发生前各层湿度 $(T-T_e)$ 对比 单位:°C

时间 高 度	6 月 21 日	7 月 25 日
850 hPa 以下	5~10	1~2
700~500 hPa	6~12	6~8
400~300 hPa	15~17	5~7

(三)中尺度特征

分析表明,两例强对流天气的中尺度特征也有不同表现,6月21日是外区移来的飑线风雹过程,7月25日则是本区局地强雷雨过程。图 4a、b 分别是北京地区强对流天气出现前 3 小时地面中尺度流场和温度场。21 日 13 时(图 4a),飑线移入前,近地层已建立偏南风流场,风速 2~4 m/s,由于地形影响,偏南风区中在西斋堂、海淀至顺义一线存在中尺度切变线。分析 13 时测风资料看到,至 1000 m 高度切变线都有表现(图略)。10 km 格距的地面散度计算表明,切变线附近速度辐合,量级 $10^{-4} s^{-1}$ 。切变线附近及其以南地区受温度脊控制,它来自西部山区,其形成和山地的感热输送有关。13~16 时,切变线附近温度升高约 2°C,辐合增强近 3 倍。显然,这种中尺度动力、热力特征及其短时变化,是飑线来临前的良好环境。7月25日强雷雨发生前 3 小时(图 4b),虽近地层亦为偏南风流场,但风速小(1~2 m/s),其中的切变线也很弱,且向上伸展只到 600 m 高度(图略)。切变线附近的速度辐合比前例小 3 倍左右。由于此时北京地区已有低云覆盖,切变线附近温度场呈冷槽形式,且从 17 时至 20 时无明显升温,速度辐合亦无明显增强,表明槽前型强雷雨天气的发生,主要取决于较深层次的环境条件,短时间近地层的温度较低不是决定性因素,而飑线风暴是否向本区移来,对近地层的动力、热力条件比较敏感。

两过程天气强盛期的中尺度特征也有区别(图略),6月21日 17 时,飑线由北向南以每小时近 80 km 的速度越过军都山,迅速袭击北京市区,沿途出现冰雹和大风强烈天气。飑线附近水平温度梯度很强,达 5°C/10 km,速度辐合达 $10^{-3} s^{-1}$ 量级。受其影响 1 小时温度降低 10~12°C,气压升高 2~3 hPa,表现出典型的强飑线特征。7月25日 21 时是强雷雨过程的强盛期,最大 1 小时雨量(56.7 mm)正出现在此时段。和 6月21 日相比,雷雨区附近温度梯度很弱,只有 1°C/10 km。由于低层潮湿,降水区云下蒸发致冷效应很小,1 小时降温不足 1°C。和雷雨区伴随的中尺度辐合线附近速度辐合为 $-3 \times 10^{-4} s^{-1}$,虽比雷雨发生前(17 时)增强,但远小于 6月21 日 17 时飑线附近的辐合强度,两过程表现出明显不同的中尺度特征。



a 6月21日13时

b 7月25日17时

图4 二例强对流天气出现前3小时地面中尺度流场和温度场

实矢线:流线; 断线:等温线,间隔 1°C

五、结 论

(1)北京地区强对流天气类别和大尺度环流型密切相关,冷涡、槽后型主要出现风雹类天气,槽前型多强雷雨类天气。其地区分布是:槽前型风雹类天气概率由西北部山区向东南沿海地区递减,强雷雨类天气相反,其概率由西北部山区向东南沿海地区递增。槽后型,西北部山区冰雹天气概率60%以上,强雷雨天气概率40%以下,平原和沿海地区,冰雹天气概率大于强雷雨天气概率。

(2)两类强对流天气发生前的环境参数明显不同,风雹类天气发生在较冷、较干、对流不稳定较强和700 hPa风速较小的环境中,而强雷雨类天气则出现在较暖、较湿、层结较稳定和700 hPa风速较大的环境中。环境参数的不同,是由其环流形势的差异所决定的。

(3)槽前、槽后型强对流天气个例特征明显不同,不仅天气表现不同,环流背景和中尺度过程也不一样。由此对两类强对流天气的预报思路 and 主要着眼点也应区别对待。

参 考 文 献

- [1] 丁一汇,高等天气学,气象出版社,1991
- [2] 杨国祥、何齐强等,中尺度气象学,气象出版社,1991
- [3] 何齐强等,北京地区强对流天气的大尺度条件气候学分析(西北冷涡型),空军气象学院学报,14卷,1期,1993
- [4] 何齐强等,北京地区强对流天气的大尺度条件气候学分析(斜槽型),空军气象学院学报,15卷,3期,1994
- [5] 罗阳、何齐强等,北京地区强对流天气的大尺度条件气候学分析(槽后型),空军气象学院学报,15卷,4期,1994

(下转第123页)

北京地区一次强雷雨过程分析

何齐强

(空军气象学院)

一、引言

强雷雨是强对流天气的类别之一,以猛烈降水和雷雨大风为主要特征,对军事活动和国民经济有重大影响,是天气预报中的一项重要内容。

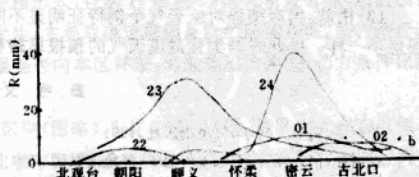
强雷雨是在有利的环境条件下发生的,不仅需要环境场提供其赖以发展的能量,还需要提供其水汽和层结不稳定条件。研究表明,在不具备必要条件的环境场中,强雷雨过程是不致发生的^[1,2]。尽管如此,由于强雷雨过程具有明显的局地性和短时间特征,仅依据环境条件分析,不足以作出定时定点的天气预报,因此,详细的中尺度分析是至关重要的。在当前资料分辨率逐渐提高的条件下,人们很注意对强烈天气过程的中尺度分析^[3,4]。本文研究一次强雷雨过程,在分析环境场特征的基础上,着重揭示强雷雨过程发生的中尺度条件。

二、天气特征

1992年7月19日22时至20日02时,北京地区发生一次强雷雨天气过程,其过程降水如图1a所示,雨区呈SW-NE向的带状分布,位于怀柔和平谷之间,从朝阳延伸至古北口地区。以10mm闭合等雨量线估计,其长、宽约100 km和35 km。最大5小时雨量49.7 mm(密云),达暴雨标准。逐时雨量分析表明(图略)此次雷雨过程始于朝阳(22时降水量3.9mm)。雨区向东



(a)过程降水分布



(b)雨团移向上降水特征

图1 1992年7月19日强雷雨过程降水特征

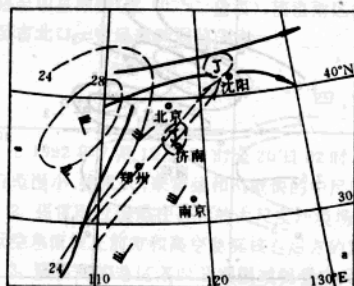
图(a)中圆点为雨团位置,其左、右方数字分别为时间和降水量,图(b)中曲线上的数字为时间北方移动,并迅速增强,23时顺义1小时降水量32.3mm,24时至密云,雨强达最大(38.6 mm),其后迅速减弱消失,图1b是沿雨团移向上各时刻降水的空间分布,明显看到,降水达暴

雨程度(1小时雨量 $\geq 20\text{mm}$)的强雷雨历时很短(仅2小时),且在雷雨强盛期(23~24时)雨强的时、空变化很大,如密云23时雨量3.5 mm,24时迅增为38.6 mm,20日01时又突降为6.6 mm;当24时密云雨量38.6 mm,其附近20~30 km内的顺义、怀柔、平谷雨量分别为1.8 mm、0.4 mm、和0.0 mm。这些事实充分显示出强对流天气的小范围、大强度、时间变化快及空间差异大的中尺度特征,也表明对这类强烈天气作出准确的定时定点预报难度很大。

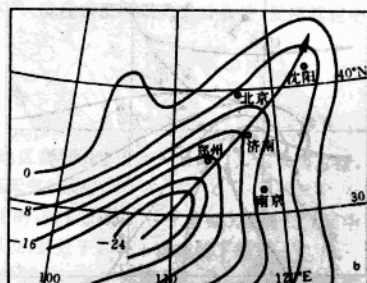
三、强雷雨发生的条件

(一)大尺度环境特征

分析表明,这次强雷雨过程是在有利的大尺度环境场中发生的。当日08时,北京地区受500 hPa槽前SW气流控制,在强雷雨发生前2小时槽线移至 117°E 附近,槽前从华南至华北大片地区均受强劲的SW气流影响(图2a)。在低层850 hPa图上, 42°N 以南的大陆东部地区,和500 hPa一样,盛行偏南风,偏南风区中,在郑州、济南至沈阳一线存在一支低空急流,风速 16 m/s 的急流核位于济南上空,且急流区有暖湿空气向北输送;与此同时,在对流层高层(200 hPa), 42°N 附近存在偏西风高空急流。由图看到,北京地区处于低空急流核的左前方和高空急流核的右后方,这种形势配置和高低空急流的耦合特征^[3]对北京地区强雷雨过程的发生是极为有利的。文献^[1,2]也指出,高空槽前深厚的南西风是北京地区强雷雨过程前的重要特征。图2b是7月19日20时对流层中低层的位势不稳定分布,在槽前地区,气层位势不稳定强不稳定区在重庆、长沙之间($\Delta\theta_{500-850} = -24^\circ\text{C}$),从不稳定中心区向东北方伸展的不稳定轴线和低空急流轴十分一致,表明低层急流区的能量输送对位势不稳定的建立有重要贡献。由图看到,北京地区位于强不稳定区的下风方,因而上游的不稳定能量输送对强对流的发展是十分有利的。



(a)大尺度环境形势



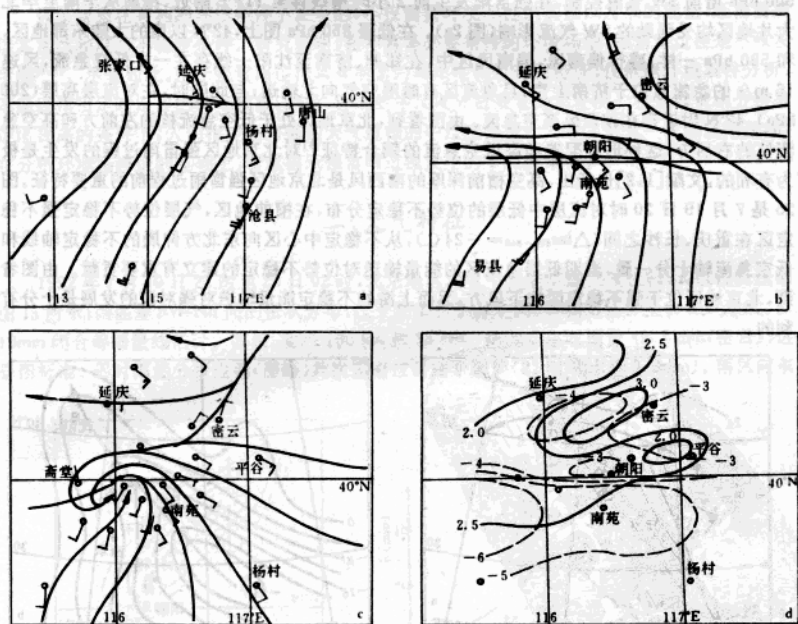
(b)位势稳定度分布

图2 1992年7月19日20时大尺度环境特征

(二)中尺度条件

上述大尺度特征,仅提供强雷雨过程的环境背景,强雷雨的落区还明显受中尺度条件制约。图3a是19日13时加密的300米流场,显而易见,在大尺度南西气流区中,北京地区局部流场呈现出气旋式变弯曲,在延庆、沙河和西郊、南苑之间存在中尺度切变线。雷雨发生前3小时的地面流场与类似(图3b),尤其在切变线以北地区偏东风成分更明显。文献^[6]指出,大尺

度偏南风型下近地层的切变线特征,是北京地区地形动力影响的表现,也是强对流天气发生前的中尺度流型之一。雷雨前1小时(图3c),与斋堂南转北风及其东面怀柔、大兴等站风向逆转相伴随,切变线上形成气旋性涡旋,其中心在门头沟附近。分析显示,涡旋形成的原因和地表特性及天气状况不同引起的局地变温、变压差异有关。图3d是18~21小时的3小时变温、变压分布,在北部昌平、怀柔和南部大兴、通县地区,分别为强负变温区(达 $-4\sim-5^{\circ}\text{C}$)。前者缘于山坡地带,后者则是星空可辨的中、高云区,因而夜间辐射降温较强;而在二者之间的海淀、朝阳、平谷地区,由于低云覆盖,降温较少,呈现为相对的弱负变温区($-2\sim-3^{\circ}\text{C}$)。与此相应,3小时变压表现为南、北为强正变压,中间为弱正变压的分布特征(图3d)。因而在北部由西北指向东南、南部由东南指向西北的变压梯度作用下,南、北方各站风向出现逆转变化,如怀柔、密云,19时分别为ESE风和SSE风,21时均转为NNE风,大兴、通县19时分别为S风和SSE风,



(a)13时 (b)19时 (c)21时 (d)18~21时变量

图3 1992年7月19日北京地区强雷雨前中尺度形势

图(c)中实、断线为等变压、变温线

21时转为SSE风和ESE风。由此近地层流线呈现出逆时针向内旋转辐合的涡旋结构(图3c)。格距15 km的近地层散度计算表明(图4),19时切变线附近及其南部偏南风区中为速度辐合,在门头沟至西郊地区有一个辐合中心,量级 $-5\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ (图4a),21时,随着涡旋的形成,辐合加强,强辐合位于涡旋的东北象限,量级接近 10^{-4}s^{-1} (图4b),且由连续位置看出,强辐合正

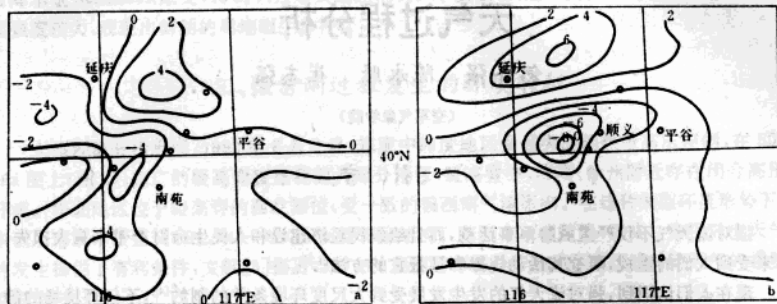


图4 1992年7月19日北京地区强雷雨前近地层散度特征

(等值线单位: $10^{-5} s^{-1}$)

向朝阳地区移近。根据文献[7]的研究,在北京地区,如果由中尺度扰动使地面辐合达 $10^{-5} s^{-1}$ 量级时,就可产生强对流。实况表明,1小时后在涡旋中心的东偏北部位强辐合区附近出现雷雨天气。23~24时,雨强增大,最大1小时雨量38.6 mm,且暴雨区位于辐合线北侧,沿基本气流向东北方移动,经顺义至密云地区。其后在雷雨区的辐散外流及北部山区夜间日变化导致的偏北风作用下,中尺度辐合线向南移动,24时至大兴、通县及平谷以南地带,辐合线以北至北部山区,均受 $4\sim 8 m/s$ 的偏北气流控制(图略);且由于夜间日变化降温及雷雨区的蒸发致冷,从22时至24时辐合线以北各站地面温度降低 $4\sim 6^{\circ}C$,露点降低 $3\sim 5^{\circ}C$;加之偏北风区中速度辐合明显减弱(仅 $10^{-5} s^{-1}$ 量级),使雷雨区失去水汽、能量供应和动力上升条件,促使其在密云至古北口一带迅速减弱消失。

四、结 论

1. 1992年7月19日22时至20日02时,北京地区朝阳至古北口一带出现的强雷雨过程,具有范围小、强度大、来势猛和消散快的中尺度对流天气特征。

2. 强雷雨过程是在有利的大尺度环境场中发生的,强雷雨落区在深厚层次偏南气流区中的低空急流核左前方和高空急流核右后方的重迭部位,且处于位势不稳定的下风方。

3. 强雷雨的落区落时及增强减弱受中尺度条件制约。当中尺度切变线发展为气旋式涡旋、地面辐合由 $10^{-5} s^{-1}$ 量级增强为 $10^{-4} s^{-1}$ 量级时,1小时后在涡旋的东偏北部位雷雨发生,并发展增强;当水汽、能量供应及辐合减弱时,雷雨迅速减弱消失。

参 考 文 献

- [1] 北空气象中心,何齐强,北京地区强对流天气的大尺度条件气候学研究(斜槽型),空军气象学院学报,15卷,3期,1994

(下转第164页)

两次局地短生命的强对流 天气过程分析

何齐强 陈永胜 崔志强

(空军气象学院)

一、引言

强对流天气不仅严重威胁军事活动,而且给国民经济建设和人民生命财产带来重大损失,历来受到人们的重视,研究其活动规律和预报它的方法^[1-3]。

现在人们认识到,强对流天气的发生发展受到大尺度环境条件的制约^[4],不仅环境场的静力不稳定及强垂直风切变所提供的能量是其赖以发展的能源,而且诸如锋面、槽线等大尺度天气系统还是强对流天气的触发条件。然而强对流天气终究是中小尺度天气现象,其影响范围和维持时间具有鲜明的局地性和短时性特征,仅依据大尺度环境场分析,难以得出准确的落区落时预报。因此,中尺度分析至关重要。实践表明,充分利用尽可能获得的资料,着力分析大尺度背景场中的中尺度过程、地形的热力动力影响及各尺度系统间的相互作用,有助于揭示强对流天气系统的活动规律和改进短时预报方法^[5-7]。

本文分析了两次影响北京地区的局地、短生命的强雷雨过程。依据军内逐时地面观测资料和加密的高空资料(包括 17 个测风和 6 个探空报告,平均站距 60 公里),着重揭示强对流天气过程的中尺度条件、地形影响及各尺度系统间的相互作用,为强对流天气预报提供基础。

二、强雷雨过程的天气特征

1992 年 8 月 2 日午后,北京地区先后出现两次强雷雨过程,图 1 是 13~18 时的 6 小时降水量分布和两次雨团动态,明显看到,雷雨区范围不大,仅出现在山脉东南方平原的局部地区,以 10 mm 等值线包围的区域估算,其长、宽分别约 110 km 和 35 km,强降雨区外多数站 6 小时降水量均在 4 mm 以下,显示出强雷雨的中尺度特征。由图可见,雷雨区由近似平行的南、北两个强降雨带构成,其降水中心分别在丰台和顺义地区,最大 6 小时降水分别为 33.6 mm 和 41.7 mm。

详细分析逐时降水资料发现,上述 6 小时降水分布由两次中尺度强雷雨过程引起(图中圆点连线),一次发生在 13~15 时,始

