

一次强降水天气过程分析

王 玥 焦 健

(长春龙嘉机场气象台预报室 吉林 长春 130000)

[摘 要] 本文利用常规的气象观测资料以及多普勒天气雷达资料、物理量场的分析对2011年7月8日长春龙嘉机场(以下统称长春机场)的一次强降水过程进行了分析。结果表明:暖湿气流和低空急流在西风槽前和副热带高压边缘高空向东移动,为降水提供了一个有利的大规模强降水的背景,低空的东风气流也带来足够的水蒸气暴雨,低水平的收敛强上升运动和分化上层为暴雨的发生提供了一个动态条件。此外,前期的高温和高湿的大量累加,以及后期高空冷空气的加入,形成明显的东北冷涡。

[关键词] 冷涡;强降水;多普勒雷达

[引 言] 本文所称的冷涡是指在东亚阻断形势下发生在我国东北部的东北冷涡。其时空尺度相对较大。它形成于贝加尔湖附近,沿着贝加尔湖的边缘向东移动。在其运动过程中,冷涡不断变化,有时加深,有时充盈。并通过中国东北。该地区随后转移到堪察加半岛。大气环流的基本特征是对流层中上层,它是一个封闭的系统。在高压图上至少可以对一条闭合的等高线进行分析,在其中也可以找到一个具有明显冷槽的低压环流系统。在北纬35度、东经115-145度范围内,寒流在上述区域的生活史至少为3天以上。

1. 实况及天气形势

1.1 实况

2011年7月8日,长春市发生了一次典型的冷涡雷暴降水,降水时间长、强度大。雷暴持续时间长,对航班影响很大。雷暴开始于北京时间10:25,北京时13:41,持续9小时,大部分为中、小阵雨,伴有两次强降雨。夜间系统逐渐减弱,雷暴和降水也在减弱。此次雷暴过程,降水量33.9毫米。共有25架次航班受影响,包括13架次取消,1架次返回,11架次备降。

1.2 天气形势

从08:00点500 hPa(700, 850 hPa与500 hPa相似)高空情况分析,冷涡系统位于内蒙古东北部,长春东南部位于冷涡区。在高空槽前和槽后均有强烈的冷平流。系统逐渐加强,速度减慢。在08点图上,长春是低压控制的。在高空西北气流和东南副热带高压的阻挡作用下,该系统逐渐向东南和东部移动。

1.3 地面情况

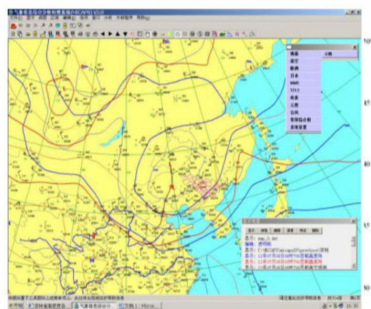
在地面上,8日的上午八点到晚上八点,地面态势场逐渐由华北高压向东高压、西低压转变,东北的冷空气一直扩散也对长春地区造成了一定的影响。经过分析可以得出结论,在下午5:00到晚上8:00这段时间中地面情况最接近降水的时间。经过分析还可以得出,在下午5:00的时候,长春机场表现出东高西低的情况,主要是受东北气流的控制。此时,东北省大部分地区气温是在25℃左右,在长春机场北部气温是在26℃以上,在下午五点的时候,长春机场的气温是在26.5℃。此时该省的西部地区有阵雨出现,气温下降了约28摄氏度。到了晚上8:00的时候,长春机场的风向扔是以东北风为主,该省的大部分地区此时也都有了不同程度的胶水,而长春机场出现强降水,导致气温降到了23℃。

以上分析指出,在7月8日的晚上8:00表明西风槽前西南气流和背后的副热带高压东移,为暴雨提供良好的大规模的背景环境。而此时,地面的东风也为长春机场的降水提供了一个良好的水汽。除此之外,地面上的冷空气以及早期高温高湿环境积累的大量能量,也使得此次降水强度不断增大,从而使得此次降水具有一定的爆发性。

2. 诊断分析

2.1 动力分析

2.1.1 低空急流,8:08:850 hPa可以分析超低空风速图,长春位于该区域。风速高值区,风速高值区趋势为西南-东北,07月08日08时08分为850百帕,(图1)



7月8日850百帕(图1)

在低空中出现了一股风速大于12m/s的西南低空急流,这样就为强降水提供了一个充足的水汽来源。与此同时,低空水汽输送过程中能产生不稳定的分层,上升运动能够促使强对流活动不断发展,从而快速地向长春地区的中部不断延伸,成为对流天气的动力条件之一。

700 hPa均位于辐合区,在长春地区辐合层以上的500 hPa高度层存在辐散流场重叠,位于最大辐散中心附近。低层收敛性较弱,高层发散性较强,导致低层升力增大,收敛性得到加强。该体系向东运动并不断加强,使辐合和辐散加强,辐合向上运动保持和加强。所以雷暴持续了9个小时。

2.1.2 垂直风速

长春地区由低至中呈上升趋势,上部(500 hPa)呈上升趋势。下沉运动区可以证明该场具有较强的向上运动。垂直速度就是表示空气上升运动强度的物理量推进速度的物理意义就是追求速度的复制绝对值越大,上升运动就会越强烈,那么对不稳定天气的形成和发展就会非常有利。在东经110度、北纬14度和20度、以及北纬25度到45度的垂直速度径向分布图(图略)中,我们可以看到,7月8日下午两点左右,长春地区有微弱上升的运动情况,在长春南部700-500hpa上垂直速度是比较大的,其绝对值要大于20。而在200hpa的时候,会发生微弱的下沉运动。从而可以看出,在下午2:00的时候,低层发生上升,运动高层发生下沉运动,大气分层比较弱,且不稳定。由此可以看出,各层负垂直速度的时间间隔于长春地区强降水的时间间隔是一致的。从而可以看出垂直速度的垂直分布可以很好地展示出强降水系统的垂直结构。在400hpa以上其垂直速度会有所减少,上升运动也会比较弱。在对流层的顶部地区(大约100hpa),上升运动的区域会逐渐向下沉运动的区域改变,这样上升,运动区就会形成比较强的径向垂直的环流。而高层辐散和低层辐合的叠加也会对上升运动起到一个增强的作用,这也是产生强降水的一个重要条件。

2.1.3 中低水平环流情况

长春强降水主要是低空和高空系统相互作用的结果。在7月8日上午八点左右,700hpa与500hpa的环流情况相对应。该对应的环流位于内蒙古的西部地区,在东经110度上。主要存在于东北-西南的切变线上,而在西南地区存在着低涡现象。在8日的晚上八点,该低涡向北纬42度附近移动了7个纬度,没有明显向西延伸。内蒙古西部剪切线东移过程中,剪切的控制。850 hPa的环流模式与700 hPa相似。在长春地区高压底部偏东的气流中,16℃等温线是在外蒙古地区,在7月8日的晚上八点,长春高压随之而来。且此高压不断加强并且不断向东移动,长处机场位于东南气流高压之后。冷空气南下,16℃等温线到达内蒙古最南端,并继续向南移动。

3. 稳定性分析

3.1 强对流分析

(图2基于中央气象台MICAPS3的预测)。东北冷涡切变线附近低层大气中存在急流。垂直风切变明显,动力条件良好。吉林中西部对流层中部有主干线,冷空气平流也使大气垂直温度层结不稳定。从水汽分布情况可以看出,低层水汽相对较高。

3.2 沙氏指数分析

温压曲线和底层露点的曲线相吻合,就说明空气的湿度比较

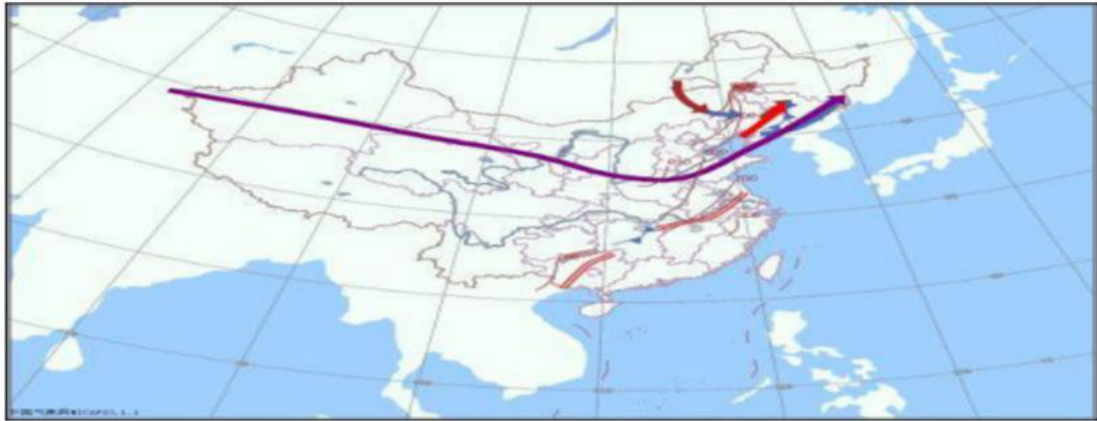


图2 2011年7月8日20时强对流天气发生条件综合分析图

高, 温暖湿润, 中高层干燥寒冷。沙氏指数是 -0.5 , 而到了晚上八点的时候, 温压曲线与下至 500hPa 高度的露点曲线吻合, 表明从下至上的湿度较高。沙氏指数从 -0.5 到 $+0.5$ 变化较大, 但仍存在不稳定能量。从早晨八点到晚上八点的测深图中可以看出, 失稳能量逐渐增大。只要在初始高度发生小扰动, 就会发展为对流, 并可能发生雷暴。同时, K 指数 (>28), 也表明了不稳定层理的存在。

3.3 大气分层稳定性

形成对流天气的基本条件, 就是有一个不稳定层理。将 $T-1\text{nP}$ 图与 SI 指数、 K 指数和潜在不稳定性指数相结合, 可以判断大气分层的稳定性。如果 $SI > 0$, 表示稳定; 如果 $SI < 0$, 表示不稳定; 负 SI 值越大, 层理越不稳定; K 值越大, 越不稳定, 当 $K > 30\text{C}$ 时, 容易发生雷暴。

4. 热力学条件分析

4.1 温度和湿度场的分析: 从温度平流和湿度场的分布特征, 在长春地区强烈的对流发生时, 有明显的冷平流和干燥区在中间和上层 ($700-500\text{hPa}$), 暖平流和湿区在较低的水平 ($925-850\text{hPa}$)。强对流发生前, 低空存在明显的水汽辐合区, 而水汽辐合区是由南向北进行延伸的。南部地区的水汽在气流的引导下会下, 局部地区进行不断地输送, 这样就会有水汽的积累。由于强对流风暴的雷暴云团向水汽辐合最强的区域移动, 该地区就会可能发生强对流天气。在上层是一种干燥和寒冷的环境下是一种温暖和潮湿的环境, 这种结构会是大气的对流非常不稳定。经过研究表明, 在发生强对流天气的时候, 水汽主要是来自低层暖湿气流, 这就为强对流的发生提供充足的水汽条件。

5. 水汽条件分析

5.1 水汽通量

从水汽通量的分析, 长春上空有一个明显的水汽通量大值区在 850 年和 925 年 hPa 从西南到东北, 这表明有一个连续的水蒸气流向东北, 而 925 年和 850 年 hPa 水汽通量散度显示字段位于水汽的辐合区。(当水蒸气通量散度 A 大于 0 时, 说明水蒸气的散散区减小, 当水蒸气小于 0 时, 为水蒸气的辐合区, 水蒸气增大。当水汽通量在低层集中时, 会产生强降水。

5.2 水汽通量散度

表征水汽输送浓度的物理量是水汽通量的散度。它的意思是, 在单位时间内, 水汽质量在单位体积 (底面积 1 平方厘米, 高 100 帕) 内收敛或发散。水汽通量散度负值越大, 其收敛性越明显。由此可以绘制了河套及其南区 ($96\text{E} \sim 124\text{E}$, $26\text{N} \sim 44\text{N}$) 水汽通量的散度图, 经过分析可以看出, 长春地区底部为正, 水汽辐合不明显。在下午五点的时候, 水汽通量散度为负, 水汽辐合增大。到晚上八点的时候, 长春地区的南部会出现一个 -40 的中心值, 这个强水汽辐合会在 7 月 8 日的时候保持在一个稳定值。结果表明, 低层强水汽辐合在降水期间在长春地区形成了一个深层的水汽输送带, 水汽的连续输送能够为长春降水地区提供一个良好的水汽条件。

6. 物理量场分析

上述大规模环境条件对中尺度强降水的发生和发展是必要的,

但还不够。事实上, 强对流系统的发生和发展不仅具有良好的大规模环境条件, 而且会使大气的稳定性不断增强。从物理量场的角度分析这次强降水的局部特征, 能够对此次强降水的成因进行一个有效的分析。

6.1 多普勒雷达产品分析

长春机场新一代多普勒天气雷达的连续跟踪数据也很好地反映了降水情况。其中, 多普勒雷达探测到的反射率与风廓线的组合可以较好地解释长春地区的暴雨天气。

6.2 组合反射率

从 7 月 8 日下午 $6:00$ 到晚上 $23:00$ 长春机场的组合反射率图 (图略) 中, 可以看出在下午 $6:00$ 的时候, 长春机场南部出现了两对流云。其中心最大强度为 60DBZ 。到了晚上 $7:00$ 的时候, 长春机场上方的云团向北移动到长春市的正上方其强度保持不变。一些城镇开始降雨。在这两个云团停留期间, 长春某些地区发生了暴雨。然后回声中心继续向北移动。 19 时 40 分, 长春南部开始下雨。到 $20:00$ 时, 两片雨云合并成一片。主体在长春市上空。强回波范围扩大, 最大强度达到 59dbz , 导致未来几小时长春地区突然下起暴雨。随后, 强降水回波在高空引导气流作用下缓慢向东北移动, 强度逐渐减小。

6.3 风廓线演变

在长春地区风廓线演化图 (图略) 中可以看出, 在暴雨发生前的两到三个小时, 长春机场上空中低层风由东南方向转变为西南方向, 风向也随着高度顺时针旋转, 风速慢慢增大。这就说明在雷达探测的有效范围内, 有暖平流的存在, 大约在 4 公里的位置, 风向由西南风转变为南风, 此时风向为弱逆时针。在雷达探测的有效范围内, 可以看到冷平流的存在。在整个周期中高空中分数大于 12m/s , 且这个风速范围的高度也逐渐减小。这就说明, 风向和风速的垂直分布有一定的规律, 当有很强的低层暖平流存在的时候就会导致干燥和冷空气的入侵, 温度的垂直递减率增加, 大气分层的增加会增加对流的不稳定性。

结论: 综上所述, 长春地区的此次降水来得非常急, 经过分析也可以得知此次强降水出现的原因。1、暖湿气流和低空急流在西风槽前和副热带高压边缘高空向东移动, 为降水提供了一个有利的大规模强降水的背景 2、低空的东风气流也带来足够的水蒸气暴雨, 低水平的收敛强上升运动和分化上层为暴雨的发生提供了一个动态条件。3、前期的高温和高湿的大量累加, 以及后期高空冷空气的加入, 形成明显的东北冷涡。

[参考文献]

- [1] 李改琴, 谢琼娜, 王聪, 杜丽娅, 唐影. 河南东北部一次突发强降水天气过程分析 [J]. 陕西气象, 2019 (04): 13-17.
- [2] 刘丽萍, 李蓉, 韩峰林. 二连浩特市一次强降水天气过程分析 [J]. 内蒙古气象, 2018 (06): 19-22.
- [3] 张翠艳, 姜芳蕾, 周福然, 史虹婷, 胡明. 由东北冷涡引发的一次强降水、大风、冰雹天气过程分析 [J]. 湖北农业科学, 2018, 57 (04): 39-43.