

天气形势影响对流层顶高度分析

刘 敏¹, 薛小宁²

(1. 定边县气象局, 陕西定边 718600; 2. 榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

摘要: 针对寒潮、梅雨锋个例采用全国 120 个探空站 2000—2007 年探空资料, 根据对流层顶的热力学定义计算对应的天气形势下各站点的对流层顶高度, 利用一元线性回归等统计学方法分析不同天气系统控制下的对流层顶高度的变化规律。结果表明: 寒潮爆发, 对流层顶高度下降, 850、700、500 hPa 3 层平均温度每下降 1°C, 对流层顶高度下降 2.486 m, 位相差为 -6.85 m, 温度改变对对流层顶改变量的方差贡献率达 56.36%, 冷高压系统造成控制区气流下沉、对流层顶高度下降。梅雨锋形成期间和暴雨前期, 对流层内以上升运动为主, 对流层顶高度上升; 暴雨结束, 对流层顶高度较暴雨前上升 30~50 m, 幅度与天气形势有关。

关键词: 对流层顶; 寒潮; 梅雨锋

中图分类号: P421.31

文献标识码: A

对流层顶是指对流层与平流层之间的边界或是对流层到平流层的过渡层。其特点是温度递减率从湍流混合的对流层到稳定层结的平流层的突变, 其高度约为 10~17 km^[1]。对流层顶(热力学角度)必须在 500 hPa 以上选择, 且温度递减率小于 0.2°C/100 m, 同时需保持 2 km 以上的厚度。

近年来, 在全球极端灾害天气频繁出现及其出现周期不断缩短的背景下, 关于对流层顶的研究较多, Santer^[2]等利用探空资料、再分析资料, 结合包括自然与人为因素的气候模式证明 1979—1999 年全球对流层顶高度升高了几百米, 陈登俊^[3]等通过对赤道太平洋对流层顶变化与对

收稿日期: 2010-07-08

作者简介: 刘敏 (1986—), 男, 山西临汾人, 大学本科, 助工, 从事天气预报服务。

诊断分析 [J]. 高原气象, 2006, 25 (2): 302-307.

[3] 陈忠明, 闵文彬, 高文良, 等. 一持续性暴雨过程的平均特征 [J]. 应用气象学报, 2006, 17 (3): 273-280.

[4] 梁丰, 陶诗言, 张小玲. 华北地区一次黄河气旋发生发展对所引起的暴雨诊断分析 [J]. 应用气象学报, 2006, 17 (3): 257-265.

[5] 陈忠明, 闵文彬, 缪强. 高原涡与西南涡耦合作用的个例诊断 [J]. 高原气象, 2004, 21 (1): 75-80.

[6] 井喜, 贺文彬, 毕旭, 等. 远距离台风影响陕北突发性暴雨成因分析 [J]. 应用气象学报, 2005, 16 (5): 655-662.

[7] 井喜, 陈见, 胡春娟, 等. 广西和贵州 MCC 暴雨过程综合分析 [J]. 高原气象, 2009, 28 (2): 335

-351.

[8] 覃丹宇, 江吉喜, 方宗义, 等. MCC 和一般暴雨云团发生发展的物理条件差异 [J]. 应用气象学报, 2004, 15 (5): 590-600.

[9] Maddox R A. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude mesoscale convective complexes [J]. Mon Wea Rev, 1983, 111: 1475-1493.

[10] Maddox R A, Chappell C F. Synoptic and meso- α scale aspects of flash flood events [J]. Bull Am Meteor Soc, 1979, 60: 115-123.

[11] Maddox R A. Mesoscale Convective Complexes [J]. Bull Am Meteor Soc, 1980, 61: 1374-1387.

[12] 吴国雄, 蔡雅萍, 唐晓菁. 湿位涡和倾斜涡度发展 [J]. 气象学报, 1995, 53 (4): 387-404.

流活动的分析发现, 对流层顶的变化和对流层空气相对湿度的分布有一定的配置关系, 不同配置关系反映了其下部对流活动的强弱和范围大小。吴香玲^[4]利用北京地区 1977—1990 年高空和地面观测资料, 讨论了极地对流层顶与地面温度之间的关系, 发现两者的正相关关系较好。本文利用站点资料分析典型天气系统对对流层顶的影响, 重点对中高纬度做分析, 对灾害性天气的预报有着重要意义。

1 数据来源与处理方法

选取 2000—2007 年 24 个典型寒潮、14 个梅雨锋作为研究对象, 选取全国 120 个探空站点在天气过程期间 08 时探空资料, 根据对流层顶热力学定义, 分别计算各天气形势控制期间各站点的对流层顶高度, 分析其变化规律。由于对流层顶高度的变化滞后于地面温度的变化, 故利用天气系统(寒潮、梅雨)影响前、后 3 d 日平均温度的平均值及该系统控制期间的日平均温度值分别分析温度变化对对流层顶高度的影响。

2 冷高压系统下对流层顶高度变化特征

2.1 寒潮个例对流层顶变化特征

2002 年 3 月 18—22 日, 我国北方大部分地区及河南、湖北、湖南西部、四川东部、重庆、安徽中部等地出现大范围寒潮天气过程。20 日, 受南下冷空气影响, 华北等地出现强降温天气过程(图略), 随着冷高压中心的分裂南下, 全国降温幅度由北向南逐渐减小。河套地区 850、700、500 hPa 3 层平均降温幅度达 26 °C, 对流层顶高度下降 90 m 左右, 内蒙古中部地区对流层顶高度下降了 120 m, 与地面冷高压中心相对应。由于气温较低, 内蒙古东部、吉林、黑龙江等地对流层顶高度相对较低。随着系统南压, 造成华中及华南地区对流层顶高度明显降低。22—24 日华北地区温度逐渐回升, 对流层顶高度随温度升高缓慢上升。

选取北京附近 3 个观测点, 计算 15—26 日 3 站点的平均对流层顶高度。寒潮过程中对流层顶高度演变如图 1 所示, 16—17 日, 对流层顶缓慢上升。21 日地面冷高压中心分裂南下, 冷中心位于内蒙古中部, 整层大气温度降低(图略), 大气

稳定度增加, 造成垂直方向温度梯度减小, 对流层顶下降 120 m (图 1), 降温高值中心与对流层顶高度下降幅度大值中心相对应。其物理机制可能与高空冷锋过境有关。

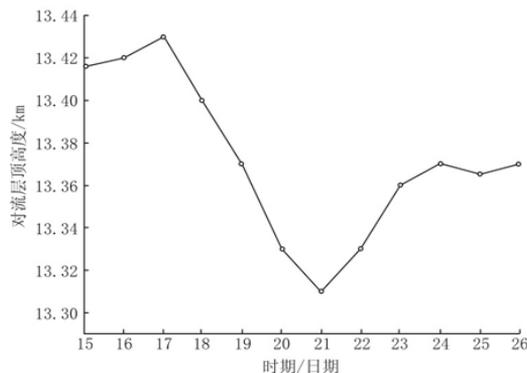


图 1 2002-03-15—26 北京地区对流层顶高度变化趋势

2.2 冷高压系统下对流层顶的演变规律

统计 2000 年 1 月至 2007 年 10 月 24 次寒潮爆发后 850、700、500 hPa 3 层平均气温与寒潮爆发前 3 层平均气温之差 $\Delta t(i)$ 与其对应的对流层顶高度差 $\Delta h(i)$ ($i=1, 2, \dots, 24$), 两者的相关系数 $R(t, h) = 0.9434$, 相关性较好。由 $\Delta t(i)$ 和 $\Delta h(i)$ 做一元线性回归, 得到预报东亚对流层顶高度变化量方程 $\Delta h_1(i) = -6.86 + 2.486\Delta t_1(i)$, 通过计算得到 $\Delta h(i)$ 的均方差为 $s = 130.4799$, $\Delta h_1(i)$ 的均方差为 $s_1 = 73.5369$, 则 3 层温度变化对对流层顶高度变化的方差贡献率: $s_s = s_1/s \times 100\% = 56.36\%$ 。也就是说, 寒潮作为冷高压天气系统引起的降温是对流层顶高度改变的重要影响因子, 其影响程度达总变化的 56.36%。同时可知温度每下降 1 °C, 对流层顶高度下降 2.486 m, 位相差为 -6.86 m。寒潮造成对流层顶下降主要是由于寒潮造成整层大气温度降低, 温度垂直递减率减小, 使对流层顶高度降低。统计 24 个寒潮个例发现: 2000 年后, 对流层顶伴随寒潮降温下降幅度通常在 100 m 左右, 这与近年来我国寒潮爆发的次数和降温强度均呈现减弱趋势有关^[5]。寒潮过境后, 受同一冷气团控制, 对流层顶随温度升高上升运动加强, 通过大气强迫抬升运动, 对流层顶缓慢上升, 通常寒潮

爆发前后 3 d 上升幅度小于下降幅度 30~50 m, 即: 对流层顶受寒潮降温影响下降 100 m, 冷空气

过境后, 对流层顶经过调整可能上升 60 m, (表 1) 对应关系达 75.28%。

表 1 寒潮影响的对流层顶高度变化 Δh

寒潮爆发时对流层顶下降高度/m	高度变化率/%	寒潮过程后对流层顶上升高度/m	高度变化率/%
$\Delta h \leq 100$	45.83	$\Delta h \leq 60$	37.50
$100 < \Delta h \leq 200$	29.17	$60 < \Delta h \leq 150$	29.17
$200 < \Delta h < 300$	12.50	$150 < \Delta h < 220$	16.70
$\Delta h \geq 300$	12.50	$\Delta h \geq 220$	12.50

3 暖低压系统下对流层顶高度变化特征

3.1 梅雨锋个例对流层顶高度变化特征

2003 年 6 月 29 日至 7 月 7 日出现一次典型梅雨锋引起淮河流域大暴雨天气过程。6 月 29 日西南低涡由四川、贵州移向湖北, 由于西南涡向东北方向移动, 对流层顶上升现象也呈现出向东北方蔓延趋势。对流层顶上升后, 随着降水持续, 大气垂直运动由上升转为下沉为主, 对流层顶高度出现下降, 下降区域集中在江淮以南、副热带高压西侧和西南侧地区, 7 日对流层顶下降幅度最大, 达 360 m 左右, 局部地区甚至达 400 m 左右。江苏丹阳站位于梅雨锋控制区, 7 月 1 日前, 其对流层顶缓慢升高, 震荡幅度均小于 200 m (图 2), 伴随暴雨出现, 对流层顶呈上升趋势, 涨幅达 400 m。5 日, 暴雨即将结束, 对流层顶开始下降, 7 日, 对流层顶逐渐恢复调整, 调整后的对流层顶高度比暴雨前上升近 30 m, 说明在梅雨锋影响下, 对流层顶上升, 上升幅度取决于当时的天

气形势。

梅雨锋锋面附近不断有水汽和冷暖气流汇集, 造成强迫抬升运动和强对流运动, 上升运动造成地面温度较高的水汽和暖空气与高空冷空气混合, 同时, 副热带西南暖湿气流不断补充水汽, 造成大气不稳定能量增加, 凝结潜热大量释放。在梅雨锋形成期间、尚未形成降水时, 对流层顶高度缓慢增加; 降雨时对流层顶下降 200~300 m; 随着暴雨结束, 对流层顶缓慢回升, 幅度达 30~50 m, 且上升的幅度与当时天气形势相关。这一观点与杨健^[6]等的研究结果一致, 即: 若有强的冷暖气团交替时, 对流层顶高度变化较大, 强暖气团北上时可带来对流层顶的升高。选取区域 ($27^{\circ}\text{N} \sim 32^{\circ}\text{N}, 105^{\circ}\text{E} \sim 112^{\circ}\text{E}$) 内 5 个站点做平均温度露点差的垂直分布分析 (图 3)。6 月 26 日 500 hPa 以下温度露点差约为 1 K, 水汽条件较好, 随着梅雨锋形成和暴雨发生, 整层大气温度露点差增大, 对流层以上升运动为主, 对流层顶升高。7 月 3 日, 温度露点差迅速增加, 对流层顶达到本次暴雨过程中最大值。5 日各层大气温度露点差均高于 6 月 26 日, 对流层顶下降。造成对流层顶下降的原因可能是 500 hPa 以下大气水汽含量降低, 对流运动以下沉为主。7 日后, 随着大气调整, 对流层顶出现小幅度波动调整, 缓慢上升。

3.2 暖低压系统下对流层顶的演变规律

统计分析 2000—2007 年 14 个梅雨锋过程, 发现: 强烈上升运动有利于对流层顶升高, 下沉运动有利于对流层顶下降, 暴雨前和暴雨期间对流层顶升高达 150 m 左右 (占 57.14%), 其物理机制可能是: 低层强烈辐合造成大气强迫抬升,

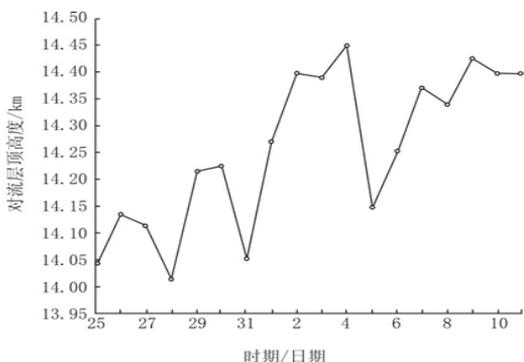
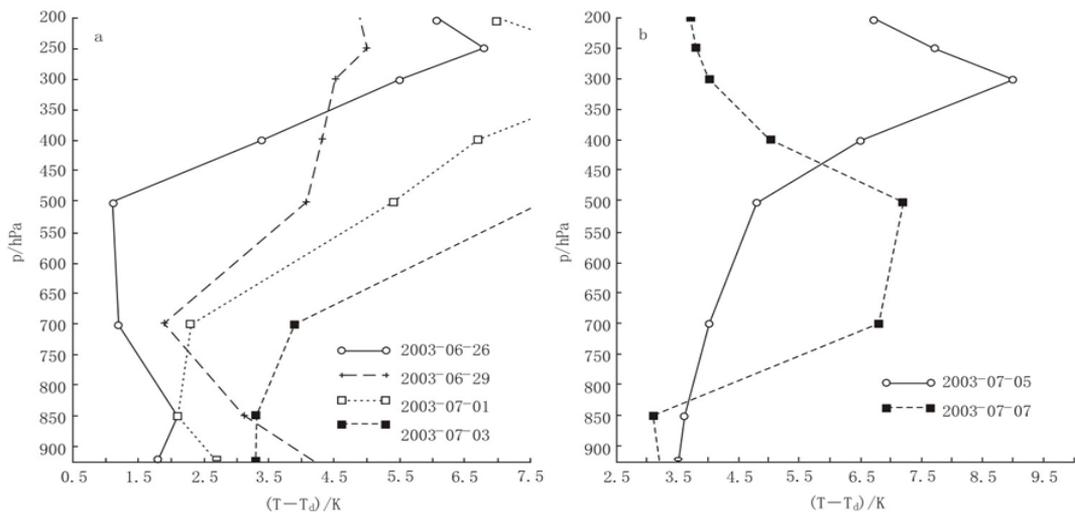


图 2 2003-06-25—07-11 标准点 (江苏丹阳) 对流层顶演变



(a) 暴雨前期与暴雨时；(b) 暴雨后期与暴雨结束后

图3 暴雨前后梅雨锋控制区温度露点差的垂直分布

对流运动以上升运动为主,大气凝结潜热释放。暴雨后期对流层顶出现下降趋势,幅度达100 m左右,这可能与对流运动转为以下沉运动为主、对流层下层降水产生的拖曳作用有关。暴雨结束后对流层顶缓慢上升、小幅调整,通常比暴雨前升高30~50 m。这与陈登俊等^[3]利用探空资料研究赤道西太平洋大气热结构及对流层顶变化特征发现的对流活动的强弱对对流层顶有重要影响的结论一致。

4 结论和讨论

4.1 寒潮爆发时,在冷高压控制下,对流层内以下沉运动为主,对流层顶高度下降,温度每下降1 °C,对流层顶高度下降2.486 m,位相差为-6.85 m。温度变化对对流层顶改变量的方差贡献率达56.36%。寒潮爆发后对流层顶高度缓慢上升。对流层顶高度下降幅度的大值中心对应于寒潮发生后对流层顶高度上升的大值中心。通常寒潮天气过程结束后对流层顶高度较寒潮前下降30~50 m。

4.2 梅雨锋形成期间和暴雨前期,对流层内以上升运动为主,对流层顶上升;暴雨后期,对流层顶下降,通常暴雨天气过程结束后对流层顶的高

度较暴雨发生前上升30~50 m,具体幅度与天气形势有关。

参考文献:

- [1] 蔡福,李辑,明惠青,等. 沈阳地区对流层顶气候特征分析 [J]. 气象与环境学报, 2006, 22 (1): 11-16.
- [2] Santer B D, Wehner M F, Wigley T M L, et al. Contributions of anthropogenic and natural forcing to recent tropopause height changes [M]. Science, 2003, 301 (5632): 479-483.
- [3] 陈登俊,吴增茂. 赤道西太平洋大气热力结构及对流层顶变化特征的分析 [J]. 大气科学, 1996, 20 (3): 315-326.
- [4] 吴香玲. 北京地区极地对流层顶与地面要素之间的关系 [J]. 气象, 1995, 21 (11): 42-46.
- [5] 蔡福,李辑. 1964-2005年辽宁第一对流层顶温度变化特征分析 [J]. 气象与环境学报, 2007, 23 (4): 18-24.
- [6] 杨健,吕达仁. 东亚地区一次切断低压引起的平流层、对流层交换数值模拟研究 [J]. 大气科学, 2003, 27 (6): 1031-1044.