

Analysis of Strong Convective Processes in the Middle Area of Zhejiang Province from 2-3 September 2012

Hongze Xu, Mei Zhou

Jinhua Meteorological Bureau, Jinhua Zhejiang
Email: xuhongze818@163.com

Received: Jan. 5th, 2017; accepted: Jan. 22nd, 2017; published: Jan. 25th, 2017

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The conventional observations, NCEP reanalysis grid data and Doppler Radar data, are used to diagnose and analyze a Strong Convection Event occurred in the central Zhejiang Province on 2nd to 3rd September 2012. The results show that: The process early low-level warming humidification is conducive to the formation of unstable stratification and unstable energy accumulation; the guiding role of the high-altitude northwest flow of cold air and level wind shear line triggered the strong convection weather process; the differences of humidity stratification structure over the convection zone, resulting in the strong convective weather is given priority to with short-term heavy precipitation; the senior stretched out in the presence of θ_{se} , projecting funnel-shaped distribution, larger upward motion and specific humidity in the frontal zone, is advantageous to the convective weather; the radar data showed the details of dense structure, high efficiency and low quality strong precipitation echo for the 2nd September event; the characteristics of radar reflectivity factor and radial velocity change reveals the law of development and dissipation occurred in the strong convection weather; the Jinqu basin topography played an important role in increasing the rainstorm and strengthen the strong convection.

Keywords

Strong Convection, θ_{se} , Topographic Effects

2012年9月2~3日浙中地区强对流过程分析

许洪泽, 周梅

金华市气象局, 浙江 金华
Email: xuhongze818@163.com

收稿日期: 2017年1月5日; 录用日期: 2017年1月22日; 发布日期: 2017年1月25日

摘要

利用常规观测资料、NCEP实时再分析资料及多普勒雷达资料对2012年9月2~3日夜里浙中地区一次强对流天气过程进行诊断分析。结果表明:过程前期低层增温增湿有利于不稳定层结形成与不稳定能量积累,高空西北气流的引导作用下,冷空气和中低层切变线触发了这次强对流天气过程;对流区上空湿度层结结构的差异,导致本次强对流天气以短时强降水为主;高层存在下伸的 θ_{se} 呈漏斗状分布,在锋区上有较大的上升运动与比湿,有利于对流性天气产生;雷达回波图上以回波结构致密、低质心高效率的强降水回波为主;雷达反射率因子和径向速度特征变化揭示了强对流天气发展消散规律;金衢盆地地形对暴雨增幅以及强对流增强作用较明显。

关键词

强对流, θ_{se} , 地形影响

1. 引言

强对流天气是在有利的大尺度环流背景条件下,中小尺度天气系统强烈发展的产物。因其常伴随雷暴、大风和局地暴雨,有时还伴有冰雹和龙卷风,是一种具有巨大破坏力的短时天气,能给国民经济和人民生命财产造成严重的损失。许多气象工作者对各类强对流天气从天气形势、物理量场、卫星云图和雷达回波特征等方面都进行了很多分析和研究[1]-[10],揭示了强对流天气发生发展的一些特点和成因。强对流天气发生发展的突发性和局地性强,预报难度很大,探索强对流天气的成因,提高预报能力,依然是气象工作者努力的方向。

田晨等[11]研究指出,山脉、盆地等地形作用所产生的中尺度环流有时可能触发冰雹、暴雨等灾害性天气。翟国庆等[12]研究表明,地形的动力及屏障作用对气流有明显影响,山区的水汽和热量对静力不稳定亦有相当作用。丁青兰等[13]对北京地形对强对流天气的影响进行分析和研究指出,中尺度地形强迫作用对于局地天气过程的形成可能会起到重要的作用。金衢盆地处于钱塘江中游,横卧于浙中到浙西。特殊的地形使这里的夏季常产生强对流天气,并且金衢盆地地形对强对流增强和对暴雨的增幅作用十分明显。

本文利用常规观测资料、NCEP实时再分析资料及多普勒雷达资料对2012年9月2日夜里浙中地区一次强对流天气过程进行诊断分析,探索强对流天气特点和成因,以期提高灾害性天气的预报准确率与服务工作。

2. 天气概况

2012年9月2日夜里20时至3日凌晨2时,金华市出现较大范围强对流天气过程(图1(a)),引发部分地区出现强雷电和大到暴雨,局部大暴雨天气过程。强降水主要分布在义乌、东阳西部、金东区、婺城南部、武义西部地区(图1(b)),强降雨带过程雨量30~50 mm,部分50~80 mm,局部80 mm以上。9月2日20时~3日2时6小时累计降水量,大于30 mm的有42站,大于50 mm的有21站,大于70 mm的有6站。此次强对流天气过程具有降水局地性强、持续时间短、短时降雨强、瞬时风速较大等特点。

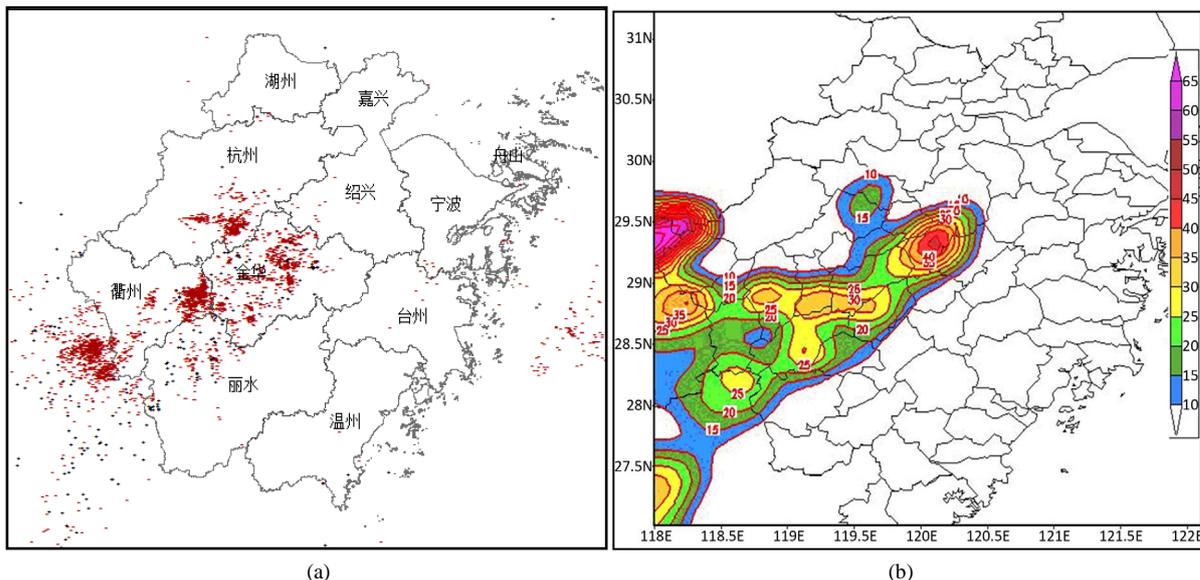


Figure 1. The spatial distribution of lightning (a) and precipitation (b unit: mm) at 20:00 on September 2, 2012 and at 2:00 on March 3

图 1. 2012 年 9 月 2 日 20 时~3 日 2 时闪电空间分布(a)和降水量图(b, 单位: mm)

3. 天气背景分析

9 月上旬初期, 500 hPa 中高纬呈两槽一脊形势, 影响我国的高空槽位于新疆东部到云南西部一线, 副热带高压较为强盛, 控制华东中南部; 700 hPa 和 850 hPa 的槽线位于内蒙古东北部一带, 低涡切变线从北京西部一直延伸至云南西部地区, 切变线前侧配合有西南急流; 中低层西南气流加强, 有利于暖湿气流输送; 地面西南倒槽发展, 有利于地面增温增湿和不稳定能量积累。

9 月 2 日 8 时, 500 hPa 高空低涡东移至蒙古南部, 其低槽位于内蒙中部、山西至四川东部一线, 副热带高压减弱东退; 700 hPa 和 850 hPa 的槽线逐渐影响华东西北部地区, 地面冷锋位于山东西部至湖南北部一带。2 日 20 时, 高空低槽东移引导地面弱冷空气继续渗透南下; 中低层切变线维持, 低空急流减弱; 地面西南倒槽强烈发展(图 2(a))。2 日金华全市地面高温超过 32℃, 局部地区的气温高达 38℃ (图 2(b)), 积聚了大量不稳定能量。随着弱冷空气入侵, 并配合高能高湿、不稳定及低层辐合条件, 浙江中西部相继出现强对流天气。

因此, 过程前低层增温增湿有利于不稳定层结形成与不稳定能量积累, 高空西北气流的引导作用下, 冷空气和中低层切变线触发了这次强对流天气过程。

4. 探空资料分析

表 1, 列出 9 月 2 日 20 时杭州、衢州、南昌、安庆 4 站的热力对流参数。2 日 20 时探空资料表明(图 3), 4 站中风向均随高度逆时针转动, 具有中等强度的垂直风切变; 沙氏指数较小, K 指数较高, 大气层结不稳定; 衢州站对流有效位能大于 1400 J/Kg, 不稳定能量大; 其它 3 站为 600~756 J/Kg。因此衢州站较其它 3 站更易形成有利于产生强对流天气的条件。

杭州站低层湿度大、高层湿度小, 具有上干下湿的结构特征, 有利于出现雷雨大风、冰雹等强对流天气, 而其它 3 站整层的湿度均较大, 特别是衢州站。由于整层湿度大, 不利于形成冰雹等强对流天气, 而产生由对流引发的强降水。因此, 对流区上空湿度层结结构的差异, 导致浙江中西部地区强对流天气以短时强降水为主。

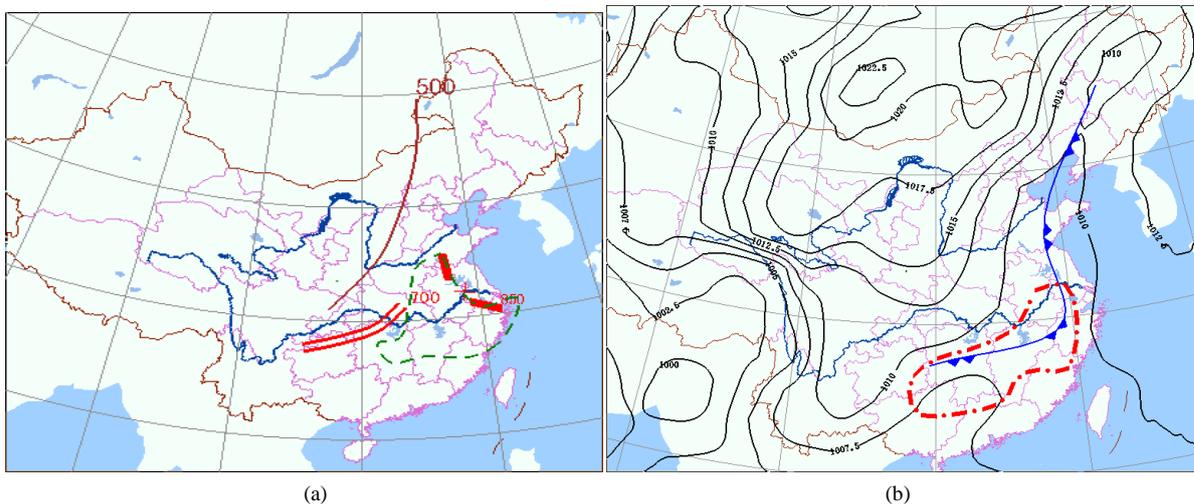


Figure 2. Weather system integrated configuration map (a) and ground pressure field (b, unit: hPa) at 20:00 on September 2, 2012

图 2. 2012 年 9 月 2 日 20 时天气系统综合配置图(a)和地面气压场(b, 单位: hPa)

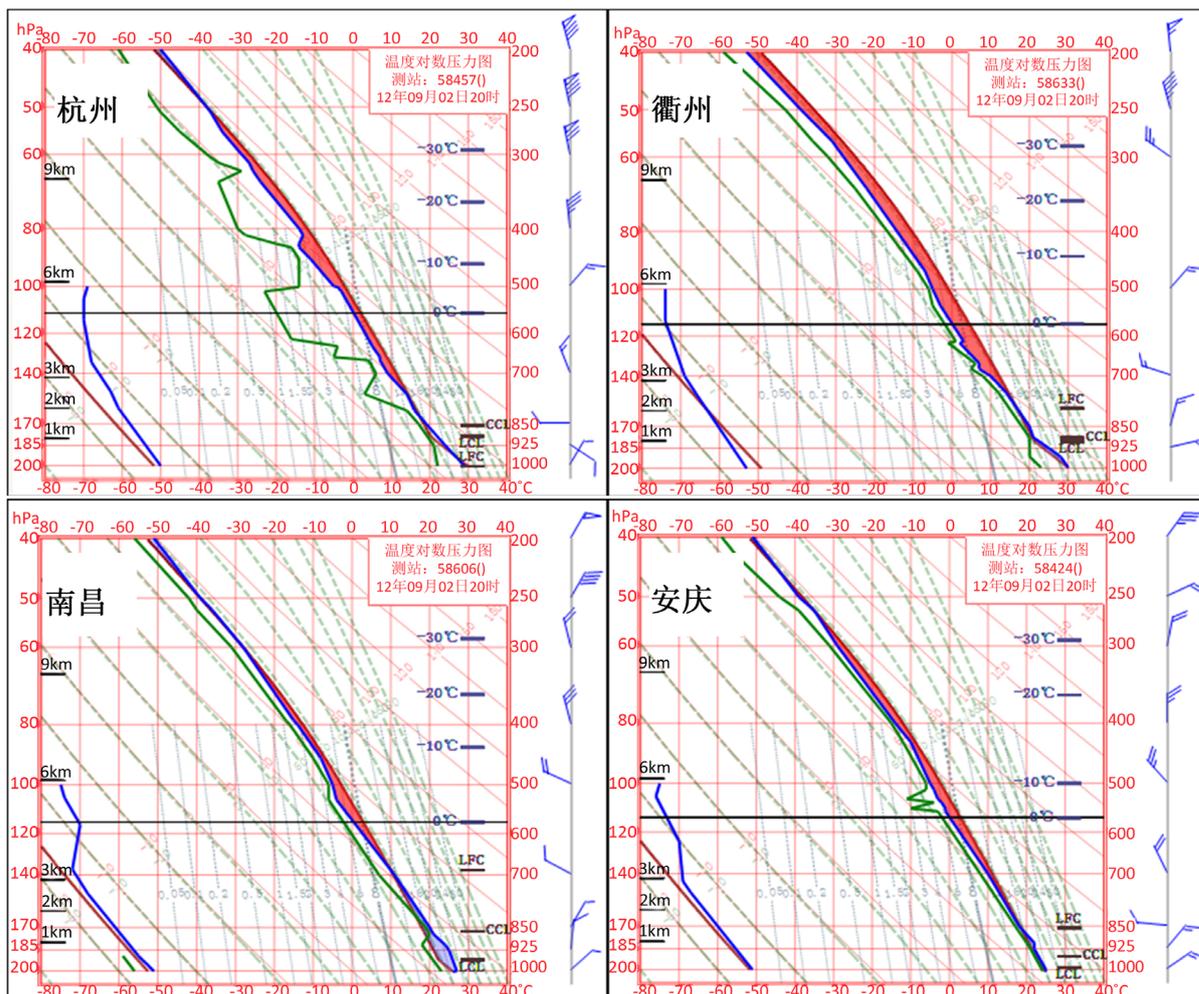


Figure 3. Sounding curve at 20:00 on September 2, 2012

图 3. 2012 年 9 月 2 日 20 时探空曲线图

5. 物理量诊断分析

利用 NCEP 的实时分析资料, 进一步诊断强天气发生时的天气系统的三维结构, 加深对天气系统发生发展的认识。

5.1. 能量条件

9月2日08时~20时, 850 hPa 假相当位温图上, 可见锋区上等 θ_{se} 线密集, 能量锋区较强, 由于前期低层积累了大量不稳定能量及不稳定层结, 强锋面有利于触发强对流天气。2日08时(图4(a)), 能量锋位于河南南部与安徽中部, 华东大部仍然是对流稳定的, 而到了20时锋区南压至30°N附近(图4(b)), 且浙江中西部位于高能量舌内, 呈准锢囚状, 为该地区强烈辐合上升运动提供了能量。

由2日20时沿119°E垂直速度(阴影)与 θ_{se} (实线)垂直剖面图上(图5), 可见锋面活动和不稳定层结的情况。2日20时沿119°E的 θ_{se} 垂直剖面上, 29~34°N之间的 θ_{se} 等值线相当密集, 并且在950 hPa以下明显存在对流不稳定层结。对流层中层基本以中性层结为主, 而高层存在下伸的 θ_{se} 呈漏斗状分布。 θ_{se} 的这种分布被认为是典型的有利于对流性天气产生的模型[14]。30°N附近有较强烈的上升运动发展, 与锋区附近位置对应较好。

5.2. 水汽条件

由850水汽通量散度图(图6)清楚可见, 此次过程前期, 低空西南气流一直维持高效率的水汽输送。2日14时, 水汽通量辐合区分布于广西与湖南南部地区, 中心强度达18(10~6 g/cm²·hpa.s); 20时, 水汽

Table 1. 4 stations of station temperature and convection parameters at 20:00 on September 2, 2012

表 1. 2012年9月2日20时4站站热力对流参数

	杭州	衢州	安庆	南昌
K 指数(°C)	38	41	38	40
Si 指数(°C)	-1.78	-3.18	-1.31	-4.12
CAPE 值(J·Kg ⁻¹)	755.3	1468	604.1	363.3

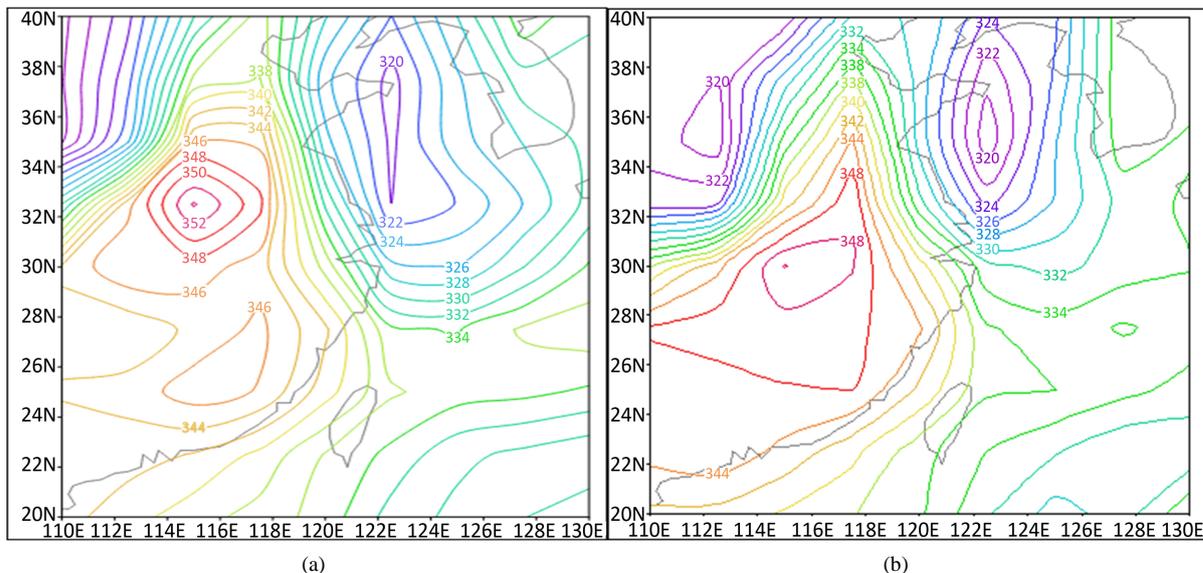


Figure 4. The pseudo-equivalent temperature distribution at 850 hpa on Sep. 2, 2012 at 8:00 (a) and 20:00 (b) (unit: K)

图 4. 2012年9月2日850 hpa 假相当位温分布图08时(a)与20时(b)(单位: K)

通量散度辐合区向长江中下游发展, 浙江中西部水汽辐合条件较好, 有源源不断的水汽输送, 为暴雨发生提供了充足的水汽条件。相对湿度时间高度序列分布图(图 7)看, 过程前期, 中低层为高湿区, 高层较干, 9月2日14时850 hpa相对湿度80%左右, 高空500 hpa相对湿度低于20%。此后, 由于北方弱冷空气活动造成的湿度锋区南压, 从图7中可见, 2日20时, 整层大气相对湿度增大, 与冷空气活动对应较好。在湿度锋南压的过程中, 短时强降水一般发生在湿度锋区靠近湿区的一侧[15]。

5.3. 动力条件

西南低空急流为低层暖湿平流的输送产生了位势不稳定层结, 在急流最大风速中心的前方有明显的水汽辐合和质量辐合或强上升运动, 而且在急流轴之左前方是正切变涡度区, 这些对强对流活动的连续发展是有利的[16]。通过分析9月2日20时850 hPa 湿度场(图 8(a)), 在安徽中部存在 $2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的正涡度中心, 强度较强, 利于质量的辐合与强垂直上升运动的发展。2日20时强对流活动区也正好位于低空急流轴左前方的苏皖南部。而在高层200 hPa上(图略)在安徽南部存在 $-8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的负涡度中心; 分析散度场(图 8(b))低层辐合、高层辐散的配置有利于强对流的持续发展。

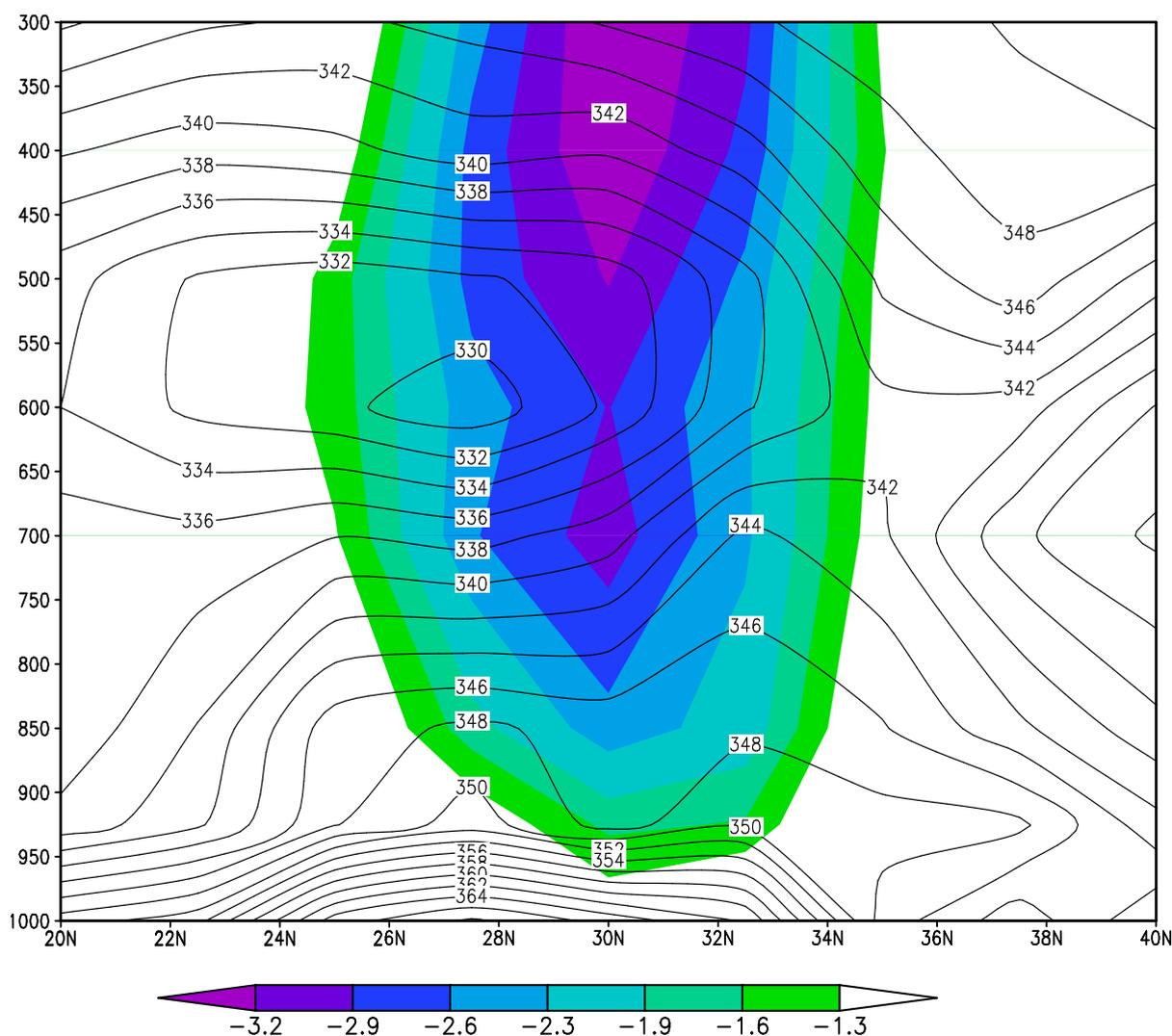


Figure 5. Vertical velocity (shading, unit hPa/s) and θ_{se} (solid line, unit: K) vertical profile along 119°E at 20:00 on September 2
图 5. 2012 年 9 月 2 日 20 时沿 119°E 垂直速度(阴影, 单位 hPa/s)与 θ_{se} (实线, 单位: K)垂直剖面

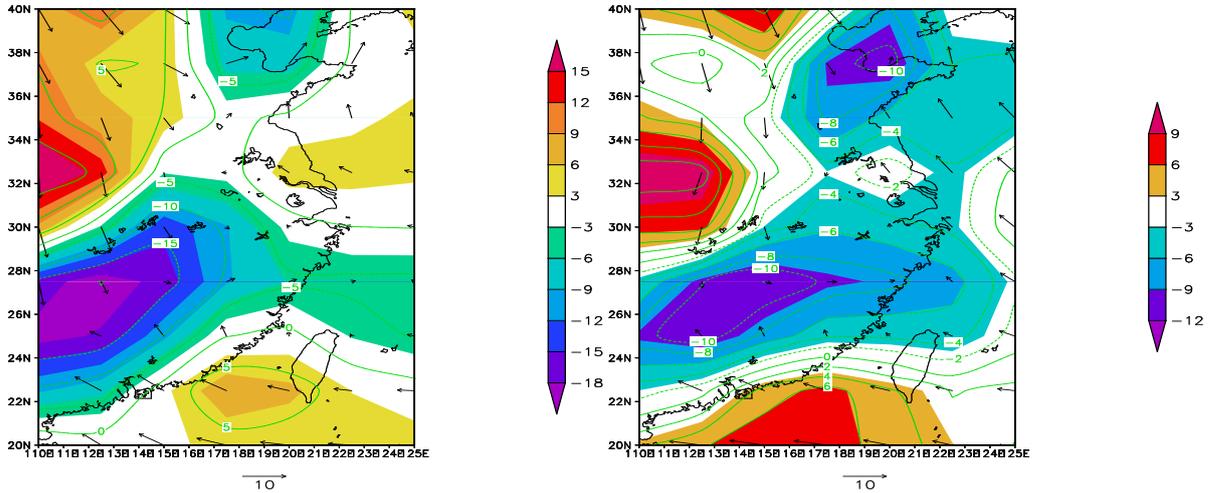


Figure 6. Distribution of water vapor flux divergence on September 2, 2012 14:00 (a) and 20:00 (b) (unit: $10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hpa} \cdot \text{s}$)
图 6. 2012 年 9 月 2 日水汽通量散度分布图 14 时(a)和 20 时(b) (单位: $10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hpa} \cdot \text{s}$)

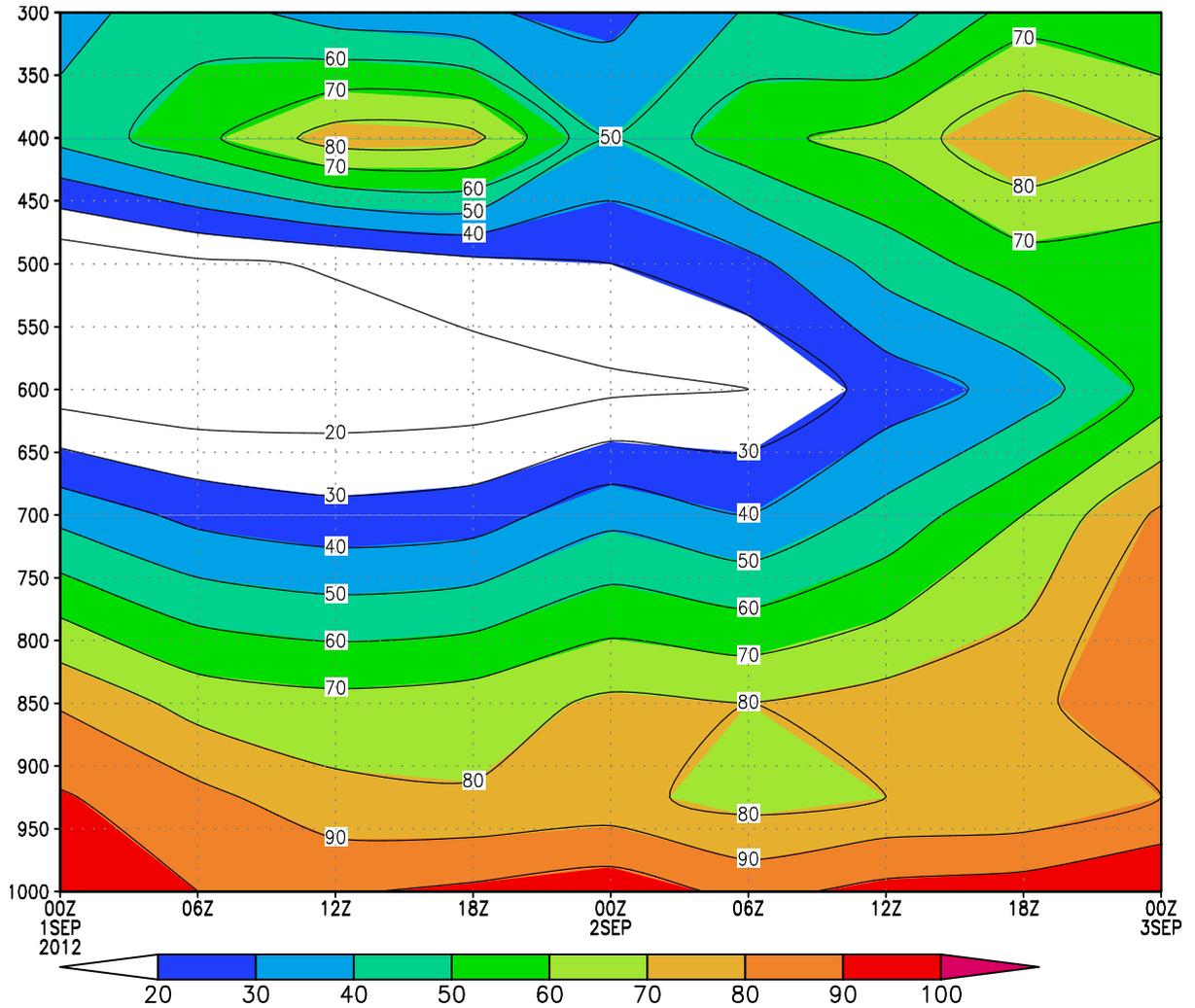


Figure 7. Sequence of relative humidity time-height distribution from September 1, 2012 08 to 3 at 08 o'clock (Unit: %)
图 7. 2012 年 9 月 1 日 08 时~3 日 08 时相对湿度时间高度分布序列图(单位: %)

6. 雷达回波分析

6.1. 反射率因子分析

图 9 给出了 3 个时次的基本反射率因子图。19 时 58 分(图 9(a)), 主要是以积状云为主的混合降水回波, 强中心集中在 2 个中小尺度对流雨带内, 分别为测站偏北方向绍兴以南、强度 50~55 dBz 的回波单体; 测站西南方向衢州江山以东、强度为 55~60 dBz 的东西向回波带。22 时 9 分(图 9(b)), 原位于浙西南地区分散的强对流回波带东移与绍兴以南的回波单体合并连成一片, 在浙江中部形成飚线型弓形回波。合并后的弓形回波曲率最大处即为金华金东地区, 相应 22~23 时金东地区出现 6~8 级雷雨大风、短时强降水等强对流天气。由于能量释放, 弓形回波的强度较前 2 个小时分散的单体回波强度有所减弱。23 时 15 分(图 9(c)), 回波主体东移, 回波形状依然为弓形, 回波结构致密、排列有序; 降水回波低质心、高效率, 中心强度在 60 dBz 左右且东移速度缓慢, 因此在金华东部地区造成了局地暴雨和大暴雨。

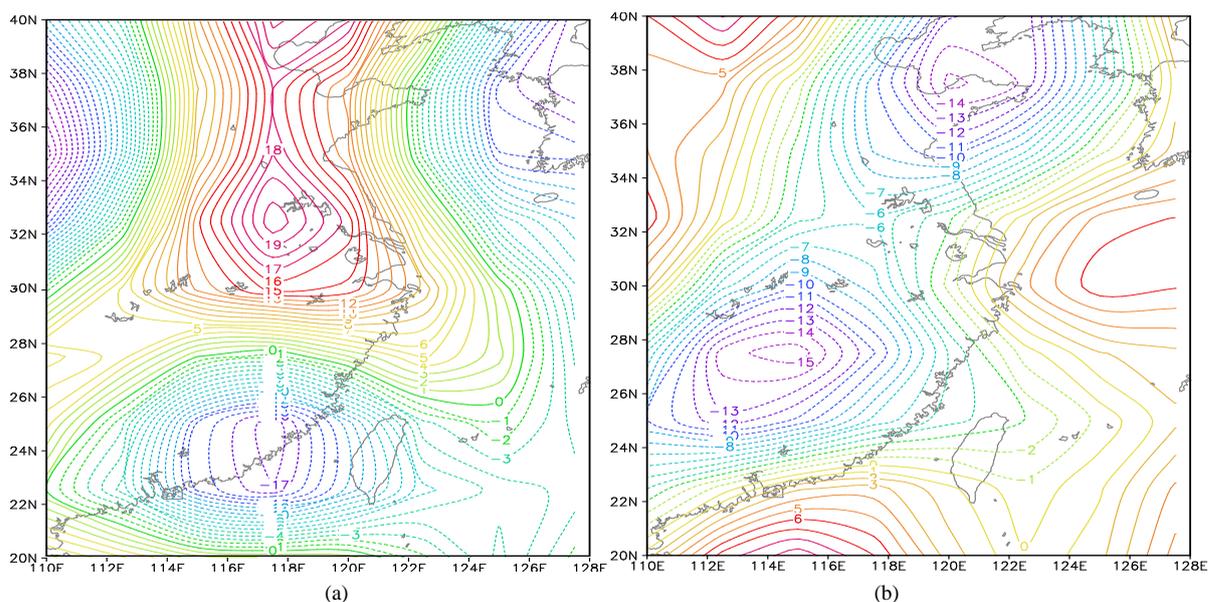


Figure 8. The vorticity field at 850 hPa (a) and the divergence field (b) at 925 hPa (unit: $10^{-5} s^{-1}$) at 20:00 on September 2
图 8. 2012 年 9 月 2 日 20 时 850 hPa 涡度场(a)和 925 hPa 散度场(b) (单位: $10^{-5} s^{-1}$)

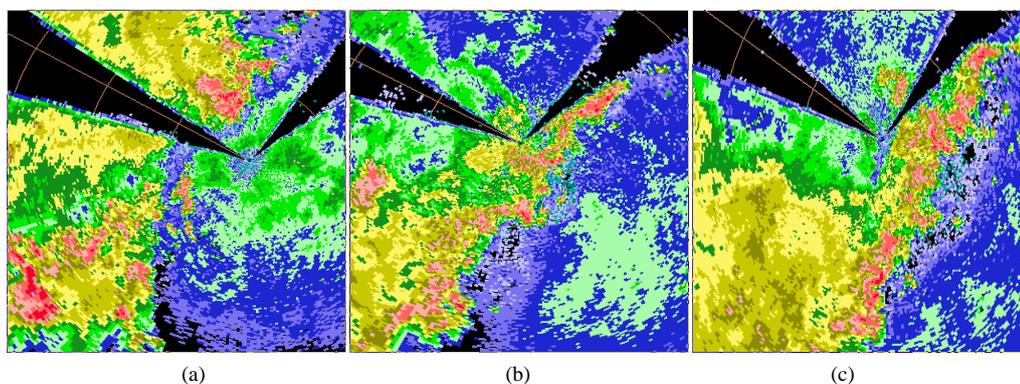


Figure 9. Reflectivity factor of Jinhua radar on September 2, 2012 (a) 19:52 (b) 22:09 (c) 23:15
图 9. 2012 年 9 月 2 日金华雷达回波反射率因子图(a) 19:52 (b) 22:09 (c) 23:15

6.2. 径向速度分析

通过多普勒雷达径向速度分析, 可以确定气流辐合、辐散和旋转等特征, 这些特征是判断强对流天气的重要线索[17]。9月2日22时9分(图10(a)), 底层30 km范围内, 零速度线弯向正速度区的顺转程度大于弯向负速度区的顺转程度, 因此底层速度特征是暖平流加辐合; 30 km范围以外零速度线随高度逆转, 上层负速度区域的大值区面积比相应的正速度区域的大值区面积大, 这表明高层盛行冷平流, 且对应辐合风场。在这种辐合风场和低空暖平流、高层冷平流的配置下, 强对流天气发展旺盛, 这与当日实况演变一致。9月3日近1时(图10(b)), 中心东侧为正速度区, 西侧为负速度区, 且正负速度大值区面积相当, 较之前正负速度大值区面积差减小, 表明前期风场的辐合特征减弱, 冷暖空气交汇趋于缓和, 空中环境风向以偏西风为主, 强对流天气过程趋于减弱。

7. 金衢盆地地形作用

金衢盆地处于钱塘江中游, 横卧于浙中到浙西。盆地呈西南—东北方向延伸, 南北分别为仙霞岭和千里岗山所挟持[18] (图11)。金衢盆地地形对强对流增强和对暴雨的增幅作用十分明显。从雷达回波图看(图略), 此次强对流过程初生于江西东北部和皖南山区, 先进入新安江水库一带, 然后发展东移, 主要

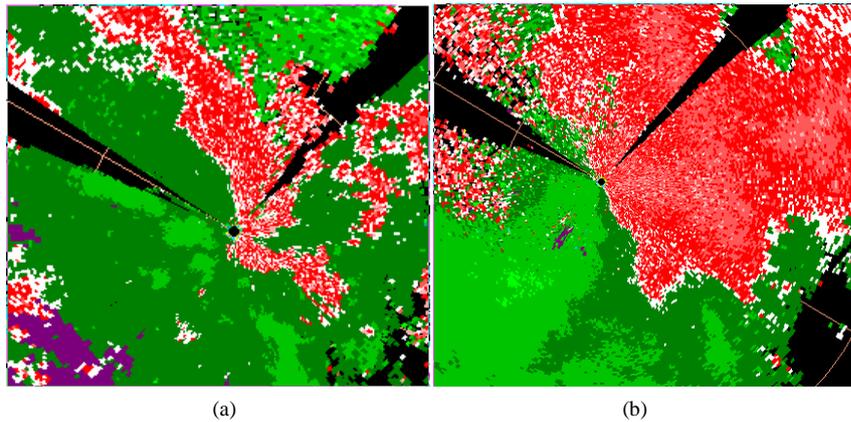


Figure 10. Radar velocity profile of Jinhua radar (a) Sep. 22, 22:09 (b) Sep. 3, 00:56
图10. 金华雷达回波径向速度图(a)9月2日22:09 (b)9月3日00:56

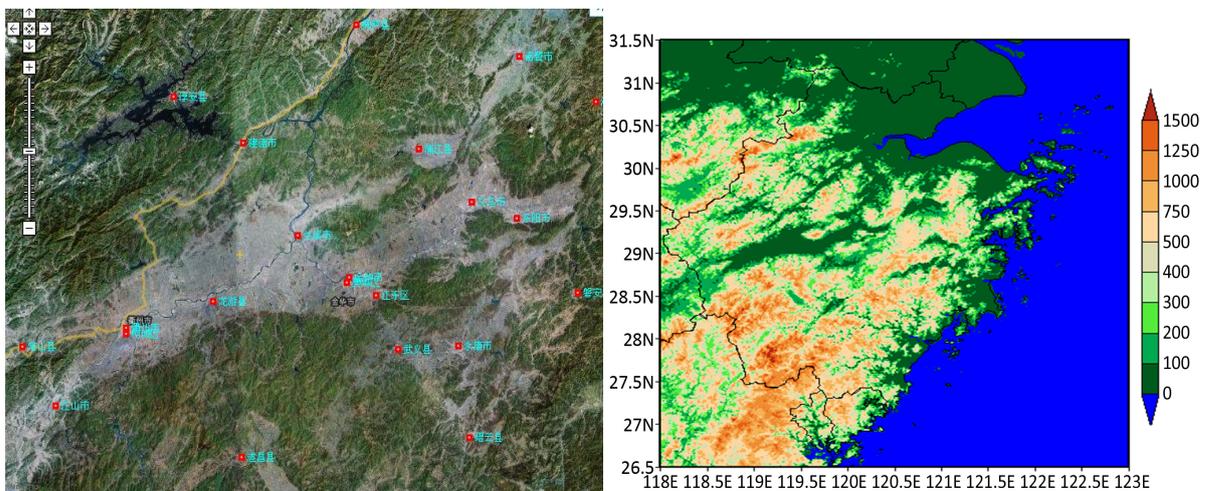


Figure 11. Jinqu basin topography
图11. 金衢盆地地形

经千里岗北侧沿千雨山与北山之间的山谷通道移向浦江、金华、义乌、东阳等地, 最后在浙东山区减弱消失。

降水回波沿着山谷移动, 与山谷平行, 山谷低层冷空气难以入侵, 再加上前期增温增湿, 有利于对流发展; 义乌、东阳处北山与会稽山南侧, 迎风坡的动力抬升、局地辐合辐散及降水微物理作用有利于降水加强, 因此强降水主要出现在金华东部地区。

8. 结论

(1) 过程前南方地面增温增湿利于不稳定层结形成与能量积累, 较强冷空气触发了这次强对流天气过程。露点锋、西南倒槽及中低层辐合线是这次强对流天气过程的触发机制。

(2) 对流区上空湿度层结不同, 导致浙中西地区以强降水为主。

(3) 锋区较强, 高层存在下伸的 θ_{se} 呈漏斗状分布, 在锋区上有较大的上升运动与比湿, 有利于对流性天气产生。

(4) 雷达回波基本反射率图上以致密、低质心强降水回波为主; 雷达反射率因子和径向速度特征变化揭示了强对流天气发展消散规律; 地形对暴雨增幅、对强对流增强作用明显。

基金项目

金华市科技局 2014 课题“金华灰霾天气的大气污染扩散特征及监测预警研究”(2014-3-045)赞助。

参考文献 (References)

- [1] 夏丽花, 冯晋勤, 黄美金, 等. 一次强对流天气过程的成因分析[J]. 气象, 2006, 32(7): 110-114.
- [2] 田军, 张楠, 栗敬仁, 等. 2008 年 6 月 3 日一次中尺度强对流天气过程分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32 (增刊): 5-8.
- [3] 吴蓁, 赵培娟, 席世平, 等. 郑州局地强对流天气的形成机制与预报方法[J]. 气象科技, 2008, 36(5): 515-519.
- [4] 谢义明, 解令运, 沙维茹, 等. 江苏中部一次强对流天气的物理机制分析[J]. 气象科学, 2008, 28(2): 212-216.
- [5] 潘娅英, 王亚云, 钱吴刚, 等. 一次全省性强雷暴天气的地闪特征[J]. 气象科技, 2010, 38(4): 432-436.
- [6] 寿绍文, 励申申, 王善华, 等. 天气学分析[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 148-174.
- [7] 廖玉芳, 俞小鼎, 郭庆. 一次强对流系列风暴个例的多普勒天气雷达资料分析[J]. 应用气象学报, 2003, 14(6): 656-662.
- [8] 周后福, 郑媛媛, 邱明燕. 基于数值模式和多普勒雷达的强对流天气预报技术[J]. 气象科技, 2007, 35(5): 637-641.
- [9] 伍志方, 张春良, 张沛源. 一次强对流天气的多普勒特征分析[J]. 高原气象, 2001, 20(2): 202-207.
- [10] 李耀东, 刘健文, 高守亭. 螺旋度在对流天气预报中的应用研究进展[J]. 气象科技, 2005, 33(1): 7-11.
- [11] 田晨, 周伟灿, 苗峻峰. 中国地区下垫面特征对强对流天气影响研究进展[J]. 气象科技, 2012, 40(2): 207-212.
- [12] 翟国庆, 高坤, 俞樟孝. 暴雨过程中尺度地形作用的数值试验[J]. 大气科学, 1995, 19(4): 475-480.
- [13] 丁青兰, 王令, 卞素芬. 北京局地降水中地形和边界层辐合线的作用[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 152-155.
- [14] 杨庆红, 彭九慧, 刘园园. 一次强对流天气的大气物理量及雷达回波特征分析[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 322-326.
- [15] 王芹, 喻威, 王成, 王飞. “08. 7”襄樊罕见特大暴雨的中尺度观测特征与物理机制分析[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(1): 43-50.
- [16] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 569-581.
- [17] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 90-98.
- [18] 吕学斌. 金衢盆地古地貌演变[J]. 浙江师范学院学报(自然科学版), 1988(2): 93-101.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ccrl@hanspub.org