

胡启元, 马晓华, 侯建忠. 2011年9月陕西关中一次连阴雨中暴雨过程机理分析 [J]. 陕西气象, 2014 (5): 21-25.
文章编号: 1006-4354 (2014) 05-0021-05

2011年9月陕西关中一次连阴雨中 暴雨过程机理分析

胡启元, 马晓华, 侯建忠

(陕西省气象台, 西安 710014)

摘要: 利用常规观测资料、NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料、卫星云图资料等, 对陕西关中 2011年9月5—6日的连阴雨中的暴雨过程进行诊断分析, 结果表明: 700 hPa切变线、陇南低涡、西南急流和地面冷锋为此次暴雨的主要影响系统; 水汽主要来源于700 hPa; 影响系统建立先于强对流云团发展3 h以上; 对流云团沿着700 hPa切变线分布区域发展; 暴雨时段始终维持强倾斜上升运动; 暴雨区落区位于对流云团西侧 θ_{sc} 值密集区附近, 降水强度随着云顶亮温的降低而增强; 700 hPa暖湿气流沿850 hPa冷垫爬升, 冷暖交汇偏北, 强降水发生在冷平流区。

关键词: 区域性暴雨; 中尺度切变线; 云顶亮温; θ_{sc} 分布; 温度平流; 陕西关中

中图分类号: P458

文献标识码: A

秋季连阴雨经常造成严重的洪涝灾害, 而发生在连阴雨中的暴雨会加重洪涝的严重程度。因而秋季暴雨的产生机理受到众多学者研究^[1-6]。孙欣等^[7]认为暴雨发生在能量锋区和强上升运动重叠区, 当高空锋区与上升气流不重叠时降水趋于结束。张晓东^[8]研究发现低层暖锋锋生产生强上升运动, 使对流不稳定性增大, 冷空气从低层入侵并抬升暖湿气流, 使上升运动加强降水增幅, 从而产生秋季暴雨。王志超等^[9-11]认为锋生函数表明了冷、暖空气聚集的程度, 对诊断强降雨的发生时段和落区有一定的指示意义。

本文利用常规观测资料、NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料, 对2011年9月4—7日陕西连阴雨中5—6日关中区域性暴雨进行分析, 为关中秋季暴雨预报提供参考。

1 降水概况

2011年9月4—7日陕西省出现连阴雨天气过程, 其中9月5—6日陕西中部(关中地区)出现区域性暴雨, 暴雨持续时间长, 降水最强时

段出现在5日下午到6日凌晨, 降水量呈东西带状分布(图1)。5日08:00—6日08:00, 关

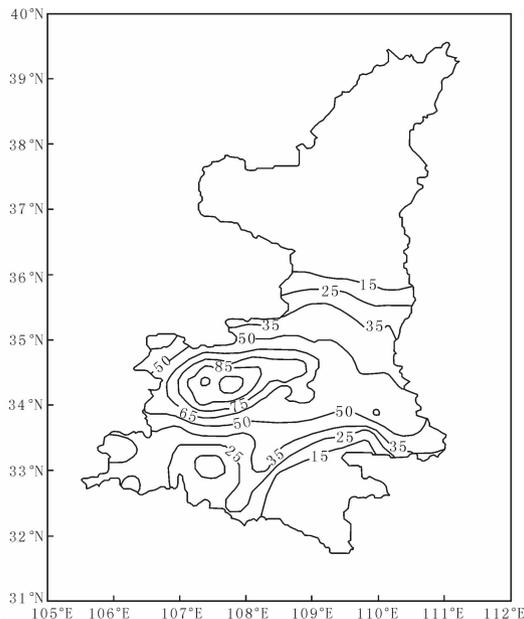


图1 2011-09-05T08—2011-09-06T08 陕西省
降水量(单位为mm)

收稿日期: 2013-12-24

作者简介: 胡启元(1989—), 男, 陕西西安人, 汉族, 学士, 助理工程师, 从事天气预报及技术研究。

基金项目: 陕西省气象局预报员专项项目(2013Y-8)

中地区过程降水量 30~100 mm, 31 县(区)降水量超过 50 mm, 最大为宝鸡眉县 100.8 mm; 350 乡镇降雨量超过 50 mm, 最大为咸阳乾县 123.4 mm, 暴雨自西向东影响宝鸡、咸阳、西安、渭南等地区。

2 天气形势及水汽条件

5 日 08 时 500 hPa 天气图上, 欧亚中高纬度为两槽一脊型, 河北北部为高压脊, 贝加尔湖西侧与东北地区东侧为低压槽, 副热带高压(下简称副高)中心位于长江中游湖北、重庆一带, 陕西处于副高北侧西南气流中, 贝加尔湖低槽底部不断分裂短波槽东移影响陕西中北部地区; 6 日 08 时 500 hPa 副高主体南退至华南, 贝加尔湖低槽南下, 西风短波槽加深, 槽前西南气流与副高外围西南气流合并加强影响陕西关中地区。

700 hPa 天气图上, 5 日 08:00 (图 2) 陇南存在一低涡系统, 低涡东侧关中地区上空存在中尺度东西向切变线, 切变线南侧为 4~8 m/s

的偏南风, 有利于水汽在暴雨区辐合。分析 700 hPa 水汽通量散度可知, 水汽主要堆积于宝鸡、咸阳西部一带。区域性暴雨所需水汽条件比较充足, 雨区位置基本与水汽辐合区一致。5 日 20 时, 低涡底部气流和副高外围西南暖湿气流合并加强为急流, 最大风速达到 12 m/s, 吹向关中的偏东气流最大风速为 6~8 m/s, 中尺度切变已加强发展为“人”字形切变, 关中大部分地区处在急流左前侧, 动力、水汽条件十分有利, 形成强度为 $(-2 \sim -6) \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 水汽辐合中心, 水汽辐合强烈。地面图上 5 日 08:00—6 日 08:00 冷锋维持在陕西中部附近, 低压倒槽稳定在四川, 锋区附近降水明显, 暴雨落区基本分布在锋线后部。

可以看出, 西风短波槽、700 hPa 切变线、陇南低涡及低涡前的西南急流和地面冷锋是此次陕西中部暴雨的主要影响系统。水汽输送主要集中在 700 hPa。

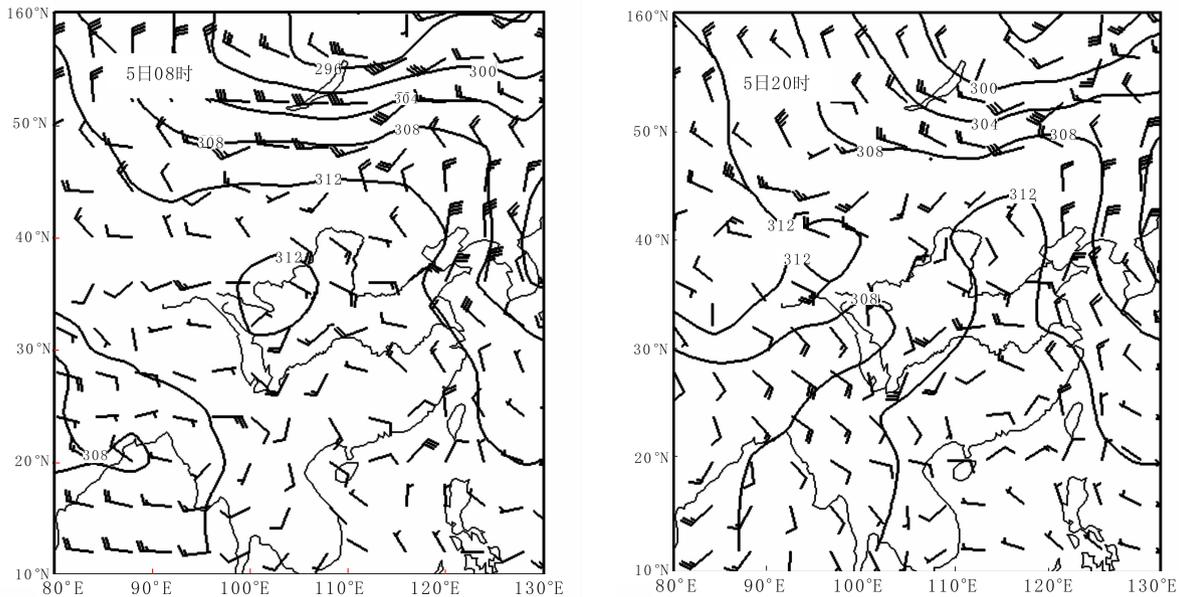


图 2 2011-09-05T08 和 2011-09-05T20 700 hPa 高度场(单位为 dagpm) 与风场

3 云顶亮温

分析 FY2E 卫星的 TBB 分布(图 3)可知, 云团总体上是自西北向东南方向移动发展。5 日 08 时, 云团初生, 对流云团位于陇南地区, 云团中心 $t_{\text{BB}} < -30^\circ\text{C}$, 云团东侧有强对流云团产生,

这时 700 hPa 关中上空中尺度切变线已经建立; 14 时对流云团发展旺盛, 覆盖关中大部分地区, 且基本分布在 700 hPa 切变线附近, 云团中心 $t_{\text{BB}} < -40^\circ\text{C}$, 暴雨区主要出现在宝鸡、咸阳西部; 20 时对流云团有所减弱并且范围缩小为狭长

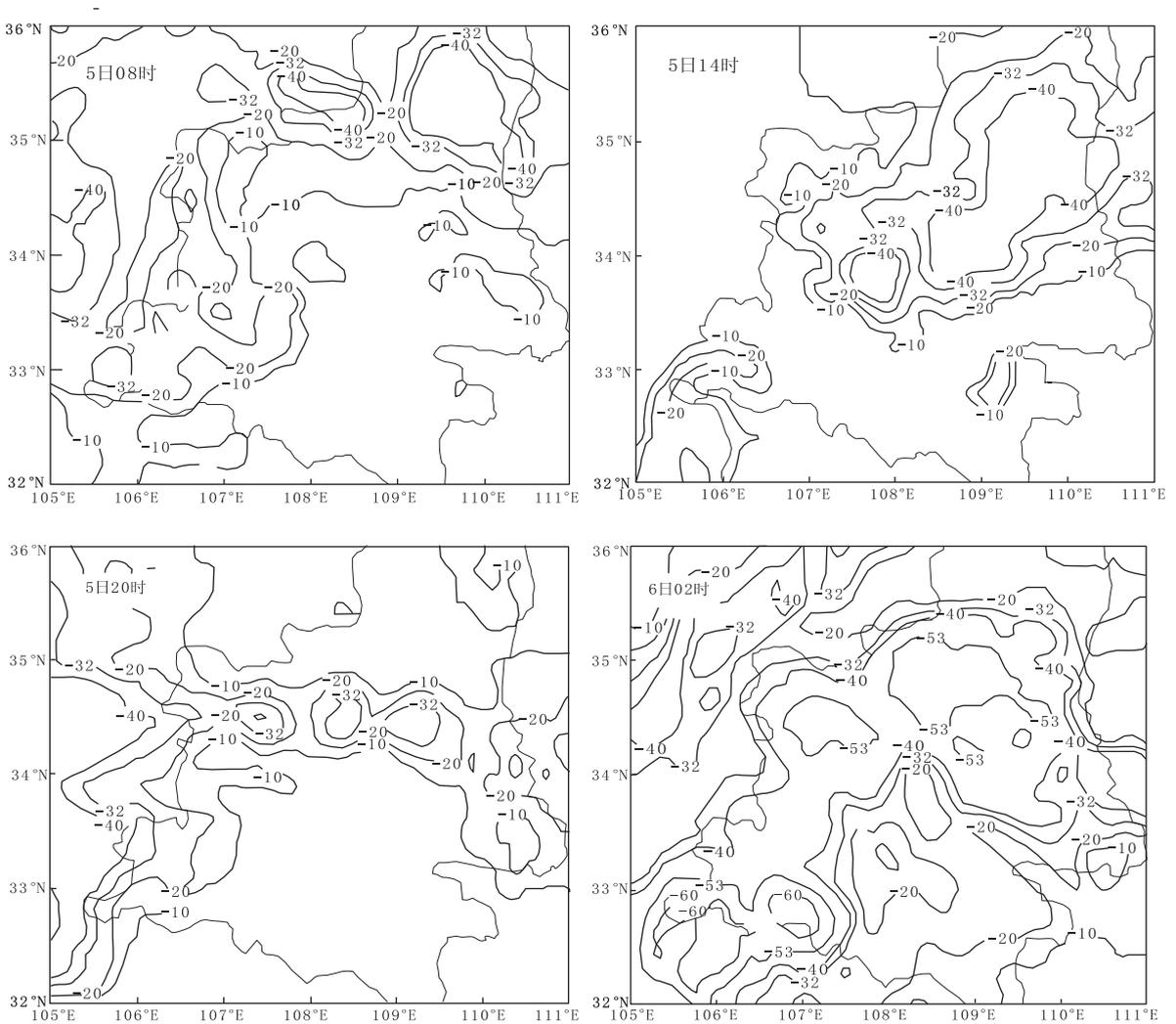


图3 2011-09-05—06 FY2E 卫星云图 TBB 分布 (单位: °C)

带状, 云团中心 $t_{\text{BB}} < -20$ °C, 降雨强度减弱为 2 ~ 3 mm/h; 6 日 02 时云团再次发展加强, 云团中心 $t_{\text{BB}} < -50$ °C, 降水再次加强, 出现短时暴雨。

通过分析天气形势、卫星云图及降水分布特征可以看出: 中尺度切变线建立先于强对流云团的发展, 时间相差 3 h 以上, 暴雨落区位于对流云团西侧。降水强度随着云顶亮温的降低而增强, 对流云团发展路径基本与 700 hPa 切变线走向一致。

4 暴雨机制分析

4.1 垂直上升运动

5 日 08 时地面冷锋位于秦岭以北。沿 108°N 的垂直速度剖面图 (图 4) 上, 中低层 32°N ~ 34°N 锋前垂直上升气流中心强度达 -15×10^{-3}

hPa/s。34°N 上空 925 hPa ~ 700 hPa (锋面上) 上升速度由 4 日 20 时的 -6×10^{-3} hPa/s (图略) 迅速增大到 5 日 08 时的 -15×10^{-3} hPa/s, 而暴雨基本都出现在这一区域, 从云图上看此时对流运动十分旺盛, 6 日 08 时垂直上升气流中心强度减弱、范围减小且随高度升高向北倾斜 (图 4), 暖湿气流倾斜爬升加大了冷、暖空气的交汇面, 有利于区域性暴雨或大暴雨的产生。

4.2 假相当位温

该次天气过程发生在夏末秋初, 相对于盛夏暴雨来说能量条件较差, 在对流较弱的背景下中尺度系统的影响对暴雨落区和强度有更加重要的作用。

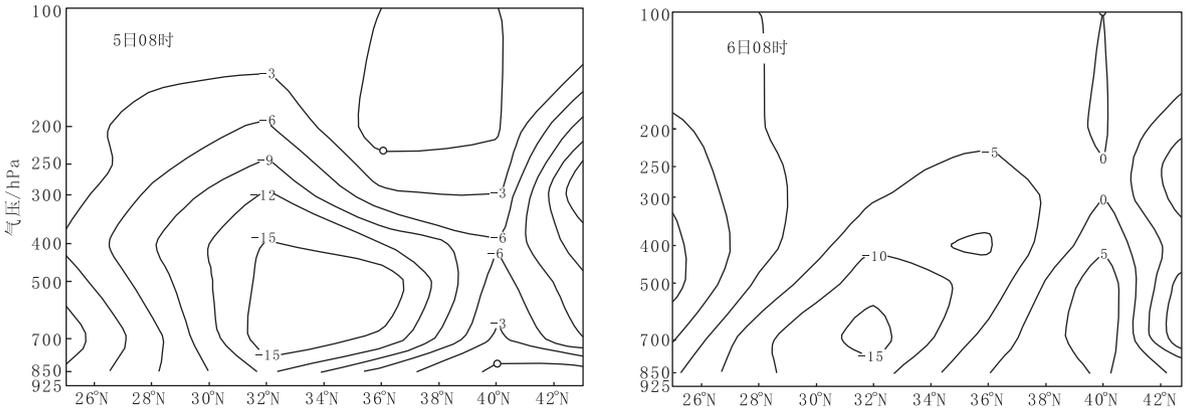


图 4 2011-09-05T08 (a) 和 2011-09-06T08 (b) 沿 108°E 垂直速度 (单位为 $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{S}^{-1}$)

5 日 08 时 700 hPa θ_{se} 分布图 (图 5) 上, 四川—陕西南部为 $\theta_{se} > 70^\circ\text{C}$ 的宽广高能区, 而在河套北部存在 $\theta_{se} < 45^\circ\text{C}$ 的低能中心, 其底部有低能舌伸向陕西中部, 35°N 附近关中暴雨区位于高、低能之间 θ_{se} 线比较密集的区域, 同时能量垂直剖面上暴雨区附近 $\theta_{se500} - \theta_{se700} \leq -5^\circ\text{C}$, $\theta_{se500} - \theta_{se850} > -5^\circ\text{C}$, 不稳定能量的水平和垂直分布都有利于对流发生。5 日 20 时, 高能舌略有南退, 暴雨落区位于高能中心北侧的能量锋区中。6 日

08 时, $\theta_{se} > 70^\circ\text{C}$ 区域有所南退, 而东侧 $\theta_{se} > 70^\circ\text{C}$ 区发展到关中东部, 高低能之间的能量锋区由 5 日东西走向转变为 6 日的西南—东北走向, 5 日 20:00—6 日 08:00, 暴雨分布在锋区偏北侧, 可以看出暴雨落区随着能量锋区位置走向的变化而变化。

θ_{se} 场演变分析表明: 暴雨发生在能量锋区中, 而不是高能中心。

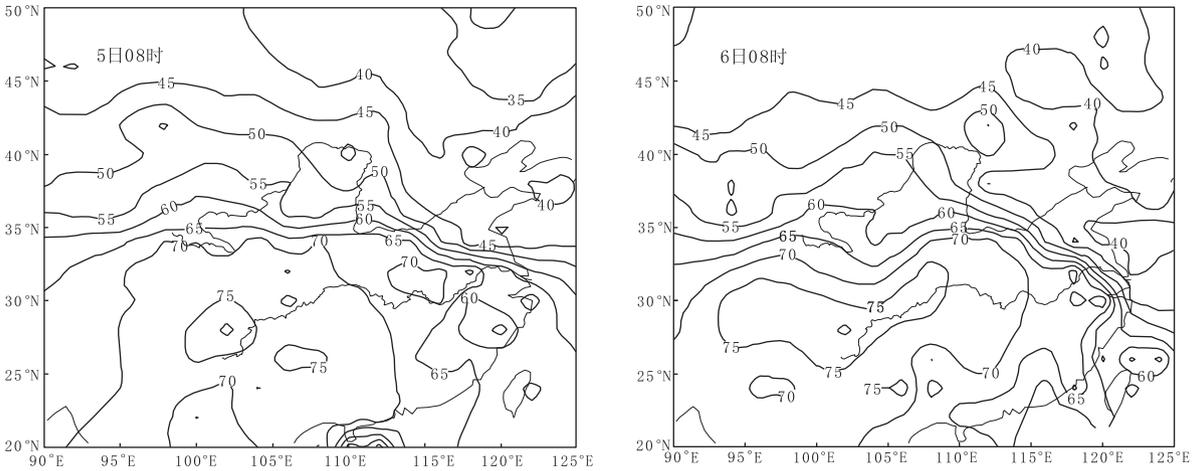


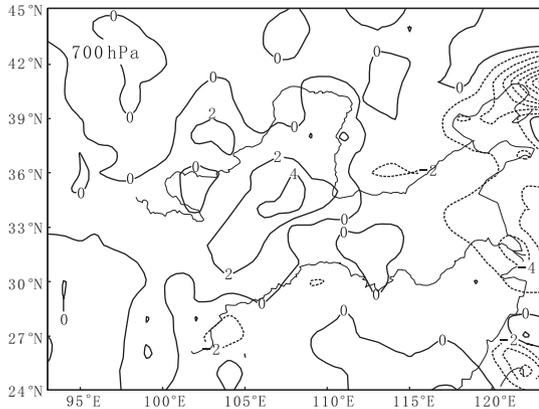
图 5 2011-09-05T08 和 2011-09-06T08 700 hPa θ_{se} 分布 (单位为 $^\circ\text{C}$)

4.3 温度平流

9 月 5 日 08:00 700 hPa 温度平流图 (图略) 上, 陕西中南部受中心为 $5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/s}$ 的暖平流控制, 暖平流中心呈西南—东北走向, 与暖湿气流运动方向一致, 其两侧存在两股冷平流, 分别位于陇南和重庆北部; 850 hPa 陕西南

部到关中西部为 $-1 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/s}$ 狭长偏东冷平流区, 强暖平流中心位于安康附近。5 日 20:00, 700 hPa (图 6) 强度为 $(2 \sim 4) \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/s}$ 的暖平流区已覆盖关中空大部地区, 较 08 时强度减弱, 范围增大, 在暴雨区上空起到暖盖的作用, 关中西部暖平流普遍大于 4

$\times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$; 850 hPa整个关中地区处于 $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 线附近, 即冷暖平流交汇区域, 北侧偏东冷平流 12 h 由 $-1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 发展至 $(-2 \sim -3) \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$, 南侧暖平流中心减弱为 $5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 。



分析表明, 暴雨期间暖平流主要位于 700 hPa, 冷平流主要位于 850 hPa, 而 850 hPa 冷平流起冷垫作用, 700 hPa 暖湿气流沿冷垫爬升与冷平流交汇形成强降水是区域性暴雨产生的主要因素, 强降水发生在冷平流区。

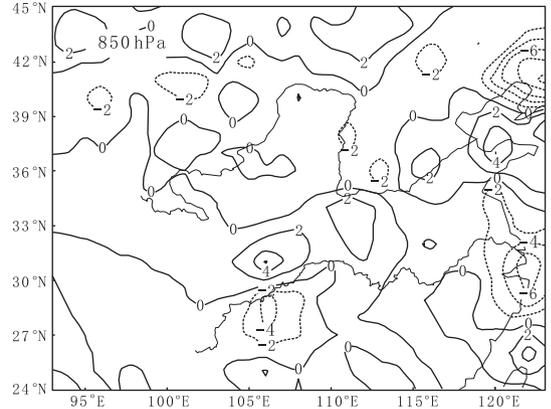


图6 2011-09-05T20 温度平流 (单位: $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$)

5 结论

(1) 此次过程发生在贝加尔湖低槽底部小槽南下的背景下, 东移加强的西风短波槽、700 hPa 切变线、陇南低涡及低涡前的西南急流和地面冷锋是陕西中部区域性暴雨的主要影响系统。水汽输送主要集中在 700 hPa。

(2) 中尺度切变的建立先于强对流云团的发展, 云团发展路径与 700 hPa 切变线走向基本一致; 暴雨落区位于对流云团西侧。降水强度随着云顶亮温的降低而增强。

(3) 暴雨发生时维持强劲的倾斜上升运动, 暴雨落区位于上升支北侧。暴雨大部分分布在 θ_{se} 值密集区附近, 而不是高能中心。

(4) 700 hPa 暖湿气流沿 850 hPa 冷垫爬升, 爬升过程中冷暖交汇偏北, 强降水发生在冷平流区。

参考文献:

[1] 郁淑华. 一次华西秋季大暴雨的水期分析 [J]. 高原气象, 2004, 23 (5): 689-696
 [2] 范俊红, 郭树军, 王世彬, 等. 一次秋季暴雨天气成因分析 [J]. 气象, 2005, 31 (9): 62-65.

[3] 王淑云, 寿绍文, 刘艳钗. 2003年10月河北省沧州秋季暴雨成因分析 [J]. 气象, 2005, 31 (4): 69-72.
 [4] 方建刚, 侯建忠, 陶建玲, 等. 秦岭近邻地区秋季暴雨的天气动力学分析 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2007, 43 (4): 31-36.
 [5] 李兆慧, 王东海, 王建捷, 等. 一次暴雪过程的锋生函数和急流-锋面次级环流分析 [J]. 高原气象, 2011, 30 (6): 1505-1515.
 [6] 周治黔, 吴宏宇, 黄世芹. 一次局地对流性秋季暴雨天气过程分析 [J]. 贵州气象, 2011, 35 (4): 5-10.
 [7] 孙欣, 蔡芾宁, 黄阁. 一次辽宁秋季暴雨天气的诊断分析 [J]. 气象, 2007, 33 (9): 83-93.
 [8] 张晓东. 2009年7月17日唐山地区强降水成因分析 [J]. 气象与环境学报, 2011, 27 (1): 48-53.
 [9] 王志超, 王咏青, 马鸿青, 等. 华北中部一次切变线暴雨诊断分析 [J]. 干旱气象, 2010, 28 (4): 422-429.
 [10] 刘健文, 郭虎, 李耀东, 等. 天气分析预报物理量计算基础 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 70-71.
 [11] 何群英, 东高红, 贾慧珍, 等. 天津一次突发性局地大暴雨中尺度分析 [J]. 气象, 2009, 35 (7): 16-22.