

Analysis on the Causes of Torrential Rainfall Event in Jincheng on 19 July 2016

Haixia Cheng, Pengjuan Ren, Huiqin Zhao, Jianwen Xu

Jincheng Meteorological Bureau, Jincheng Shanxi
Email: skjchx@163.com

Received: Dec. 27th, 2016; accepted: Jan. 14th, 2017; published: Jan. 19th, 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

Using conventional observation data, hourly rainfall and hourly wind data on ground, and Doppler radar data, we analyzed the torrential rainfall event occurred in Jincheng of southern Shanxi province on 19 July, 2016. The results indicate that the torrential rainfall mainly occurred when westerly trough moved to east and subtropical high moved to west slowly, and low vortex shear was closely related to the heavy rainfall. The invasion of the cold airs on ground and the lower troposphere were main triggering mechanism of the convection weather. Southwest low level jet provided abundant water vapor for torrential rainfall area. The mesoscale convergence line corresponded well with short-time strong rainfall. "Train effect" occurred in torrential rainfall process. Strong echo maintaining for a long time was the important reason for the strong precipitation. Terrain of Jincheng played the important role at the torrential rain event, and torrential rain area appeared in the windward side of Taihang Mountain.

Keywords

Torrential Rainfall, Low Vortex Shear, Mechanism Analysis, Terrain Effect

2016年“7·19”晋城市暴雨成因分析

程海霞, 任鹏娟, 赵慧琴, 徐建文

山西省晋城市气象局, 山西 晋城
Email: skjchx@163.com

收稿日期: 2016年12月27日; 录用日期: 2017年1月14日; 发布日期: 2017年1月19日

摘 要

利用常规观测资料、地面逐小时降水、逐小时风场及多普勒雷达资料,对2016年7月19日发生在山西南部晋城市的区域暴雨过程进行了分析,结果表明:“7·19”晋城区域暴雨主要出现在西风槽东移、副高缓慢西进的过程中,低涡切变与晋城市暴雨密切相关。对流层低层和地面冷空气的入侵是产生这次对流天气的主要触发机制。西南低空急流为暴雨区提供了充沛的水汽。中尺度辐合线与短时强降水有很好的对应关系。暴雨过程存在“列车效应”,强回波维持时间较长是晋城市出现强降水的重要原因。晋城市地形对大暴雨有明显贡献,大暴雨区出现在太行山迎风坡。

关键词

暴雨,低涡切变,机理分析,地形影响

1. 引言

晋城市地处华北南部。每年夏季西太平洋副热带高压(以下简称副高)西伸北抬,同时西南季风随副高西侧加强并向北延伸,与西风带东移南下的低值系统在华北地区频繁交汇,形成暴雨。暴雨是晋城市主要的灾害性天气之一。2016年7月19日,晋城市发生入汛后的最强降雨过程,造成严重灾害。本文主要利用常规观测资料、地面逐小时降水和风场资料、多普勒雷达回波,对这次暴雨过程进行诊断分析,以进一步加深对这类天气过程的认识。

2. 降水实况简介

受副热带高压外围西南低空急流和低涡切变共同影响,2016年7月18日20时~7月19日20时(除了专门标志的世界时,其他时间均为北京时,以下同),晋城市出现入汛后的最强降雨过程,有2个站点达到特大暴雨量级,32个站点达到大暴雨量级,63个站点降暴雨。各县(市)降水量为:晋城105.4 mm,高平59.0 mm,陵川77.7 mm,阳城87.6 mm,沁水48.2 mm,最大雨量出现在陵川的横水村为282.5 mm(图1)。从图1可以看出:这场强降水过程的大暴雨落区主要在晋城市的南部和东南部,大暴雨落区具有典型的地形影响特征。这次暴雨不仅日降雨量大,其强度也属历史罕见,降雨中心横河最大小时雨强60.8 mm,晋城测站最大小时雨强达60.0 mm,最大的小时雨强出现在阳城相底,达72.6 mm(图2)。由于此次区域性暴雨过程降水时间集中、降雨量大,导致河水暴涨、洪水泛滥,全市基础设施遭受不同程度损坏,直接经济损失达4.39亿元。

3. 降水成因分析

分析逐小时雨量(图2,世界时),反映出暴雨中心横河的降雨强度很大,从18日夜间到19日白天,2次出现大于50 mm/h的短时强降水,最强降水出现在19日03时(世界时),1 h降水量为60.8 mm。强降水主要是中尺度对流云团多次经过晋城地区造成的。

3.1. 环流背景分析

7月18日08时500 hPa图上(图略),欧亚大陆中高纬度地区为一强大的低压区,在乌拉尔山以北、贝加尔湖北部分别有低压中心,我国东北地区处于高压脊前,副高位于华南南部,在河西走廊~四川南部有深厚的西风槽活动,山西处于槽前;200 hPa图上(图略),山西中南部位于西风急流的右侧;700 hPa

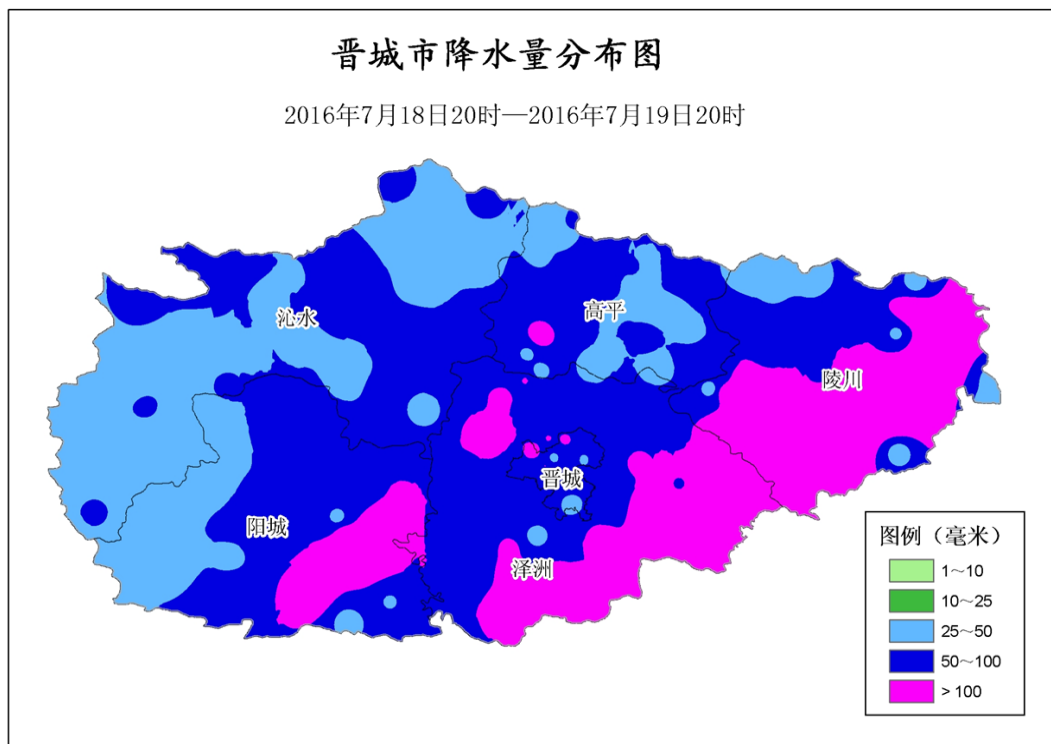


Figure 1. The distribution of 24 h rainfall (unit: mm) in Jincheng from 20:00 on 18 to 20:00 on 19 July, 2016
图 1. 晋城市 2016 年 7 月 18 日 20 时~7 月 19 日 20 时 24 小时降水量分布图(单位: mm)

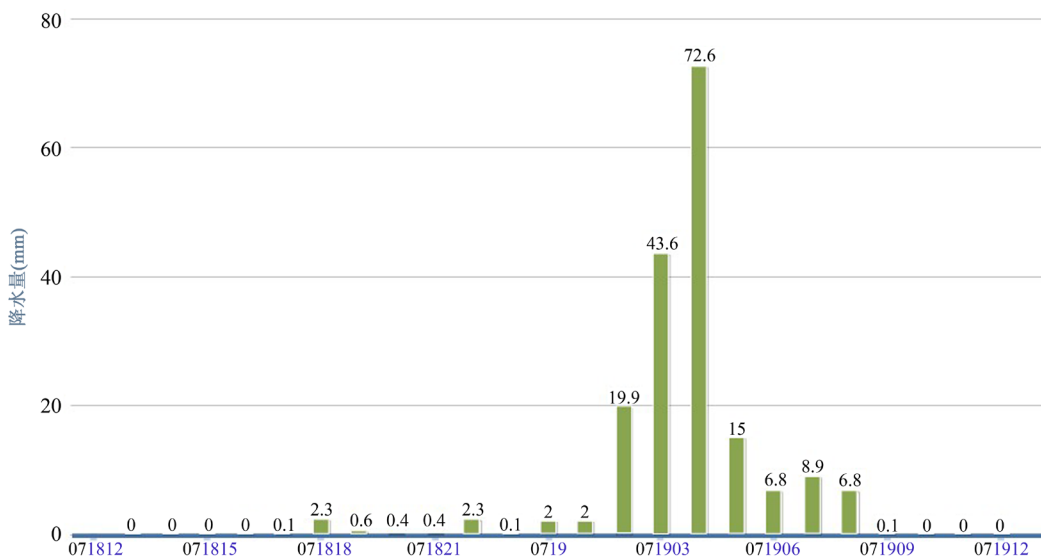


Figure 2. The hourly precipitation (unit: mm) at Xiangdi of Yangcheng from 12:00 on 18 to 12:00 (UT) on 19 July, 2016
图 2. 2016 年 7 月 18 日 12 时~7 月 19 日 12 时(UT)阳城相底小时降水量分布图(单位: mm)

图上(图略), 从西南~西北地区有一低涡切变, 在低涡切变和副高外围之间形成了一支西南急流, 急流位置偏南; 850 hPa (图略)的形势与 700 hPa 相似, 山西处于东高西低的气压场中, 低空急流位置略偏西, 急流头伸展到河南南部。7 月 18 日 20 时(图 3), 500 hPa 高空槽东移, 700 hPa 低涡切变随之东移, 西南急流在东移中快速向北伸展, 急流头位于河北南部, 晋城市处于急流的左前侧, 850 hPa 西南低空急流略

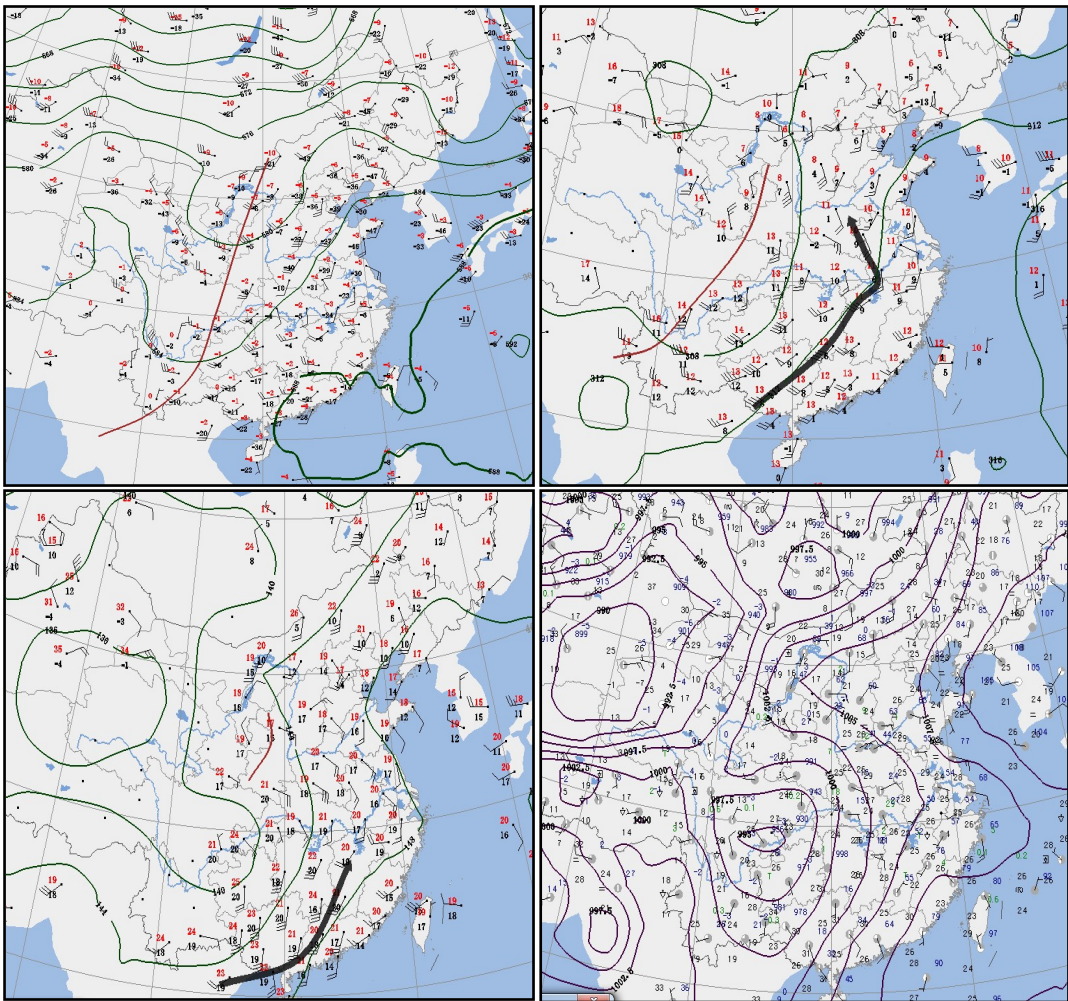


Figure 3. The circulation on 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa and surface at 20: 00 on 18 July, 2016

图 3. 2016 年 7 月 18 日 20 时 500 hPa、700 hPa、850 hPa 及地面形势图

向北伸展，在郑州和太原之间形成了东南风(8 m/s)与东北风(6 m/s)的辐合。受高低空形势及太行山南麓地形共同影响，19日凌晨开始，陵川县东部和南部出现强降水，有9个区域自动站降雨量超过50 mm，强降水区位于低空急流的左前方。

7月19日08时500 hPa(图4)上，高空槽已东移至陕西和山西交界处~重庆西部，副高略有西进；700 hPa图上低涡切变向东偏北方向移动，急流东移并加强北伸，山西处于冷切变前、急流左前方；850 hPa西南急流迅速向北伸展，急流头位于河南北部，郑州和太原之间风的辐合加强为东南风(12 m/s)与东北风(12 m/s)。受高低空形势共同影响，19日白天晋城地区出现区域暴雨，有46个区域自动站出现大暴雨以上降水(12小时降水量 > 70 mm)，其中有7站出现特大暴雨(12小时降水量 > 140 mm)，强降水位于低空急流左前方、700 hPa与850 hPa切变辐合线附近。

地面图上(图略)，在朝鲜半岛地区有一个1010 hPa的高压中心，不断有冷空气扩散南下影响华北地区，在我国西南有一个强盛的低压，山西处于高压后部、低压北部。18日20时(图3)~19日02时(图略)，高压后部不断有东北向的冷空气侵入山西南部；19日08时~19日17时(图5)，南方低压东移北抬，低压北部的偏东气流与高压后部的偏北气流在山西东南部形成一条偏北风与偏东风的中尺度辐合线。低层风向切变、风向辐合均有利于晋城地区附近不稳定空气的抬升，而对流层低层和地面冷空气的入侵是这次

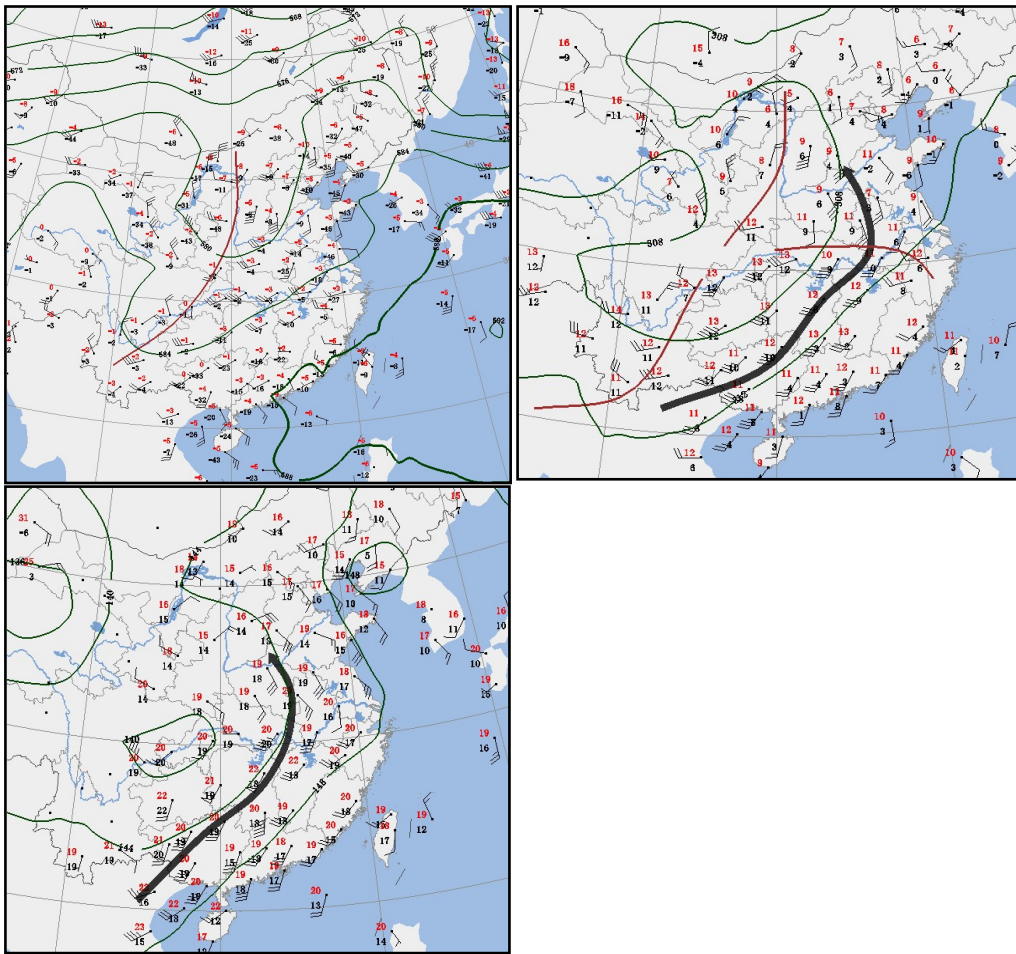


Figure 4. The circulation on 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa at 08:00 on 19 July, 2016
图 4. 2016 年 7 月 19 日 08 时 500 hPa、700 hPa 和 850 hPa 形势图

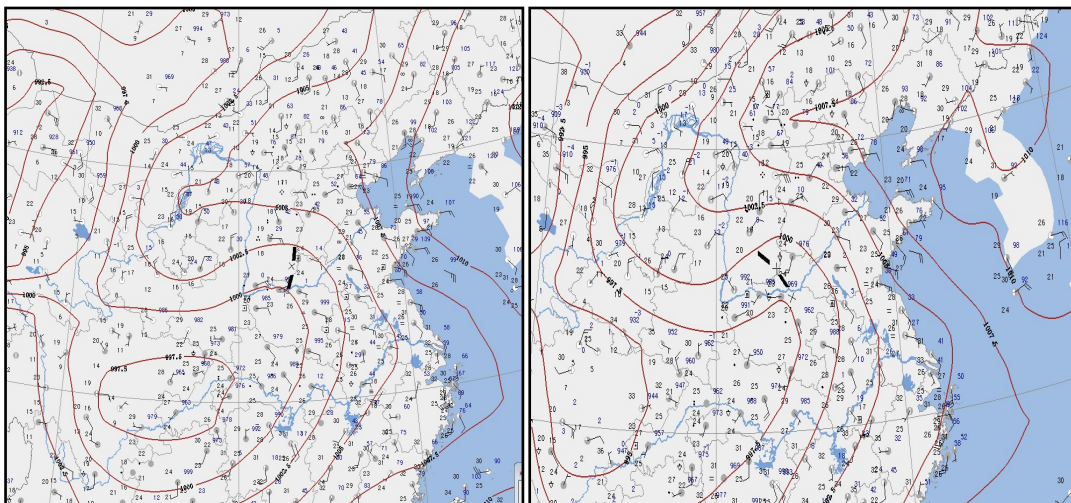


Figure 5. The circulation on surface at 11:00 and 17:00 on 19 July, 2016
图 5. 2016 年 7 月 19 日 11 时、17 时地面形势图

对流天气产生的主要触发机制。

3.2. 物理量分析

3.2.1. 水汽条件分析

强降水的发生,必然有充足的水汽供应。由于西南低空急流的水汽输送,在暴雨发生前,华北南部 850 hPa 的相对湿度大于 90%, 700 hPa 的相对湿度大于 80%。从过晋城暴雨中心的水汽通量散度的经向剖面图可知: 18 日 20 时(图略),在陵川县东部和南部的第一轮强降水出现前,在晋城地区上空水汽辐合比较深厚(400 hPa 之下均为水汽辐合区),近地面层水汽辐合最强; 19 日 08 时(图略),在第二轮强降水出现前,晋城上空对流层低层(850 hPa 之下)水汽辐合明显加强,在其北部上空(800~600 hPa 之间)有干舌楔入,湿度锋加强,在干空气左侧和急流轴左侧的高湿区内,产生强烈的倾斜上升运动,产生了第二轮强降水。随着西南低空急流东移,水汽辐合区移出华北南部,晋城地区的强降水结束。

3.2.2. 大气稳定度分析

不稳定能量的积聚和释放产生动力抬升,对大气的对流发展有着积极的作用。在暴雨发生前,连续 2 天晋城地区为晴到多云天气; 18 日 08 时,受副高西北侧西南气流影响,山西中南部 850 hPa 的相对湿度大于 90%, 700 hPa 的相对湿度大于 80%,高温高湿为暴雨的发生积蓄了大量的不稳定能量。18 日 20 时晋城地区的 K_i 指数在 28℃~32℃之间, 19 日 08 时晋城地区的 K_i 指数均大于 32℃(图略),大气处于不稳定状态,这时地面冷空气从东部入侵激发对流,在 19 日白天产生了强降水。

3.2.3. 垂直运动分析

强烈的上升运动是暴雨产生的重要条件。分析暴雨过程的垂直速度 ω 场,7 月 18 日 20 时,晋城地区上空,700~500 hPa 为下沉气流,850 hPa 为上升运动; 19 日 08 时(图略),晋城地区上空上升运动强烈发展,上升运动区伸展到对流层顶,上升运动最大值伸展到 500 hPa 以上,最大上升速度达到 -1.68 Pa/s。19 日 20 时随着低涡切变移过晋城,上升运动区东移,晋城地区处于强上升区后方,强降水结束。

3.3. 中尺度分析

多数暴雨是在有利的大尺度背景下,由中小尺度天气系统造成的。以下利用自动站加密资料、多普勒雷达资料,分析本次大暴雨过程的地面中尺度系统、雷达反射率因子演变特征,讨论大尺度背景下,中小尺度天气系统对暴雨的影响。

3.3.1. 地面中尺度辐合线

利用山西省自动站逐小时资料,分析此次暴雨过程的地面中尺度影响系统。晋城地区发生短时强降水的时段主要在 19 日 11~13 时。通过分析逐小时风场发现,19 日 10 时(图 6),在长治到晋城地区北部盛行偏北气流,陵川和晋城为偏南气流,偏北气流和偏南气流之间产生了风的辐合,使晋城地区上空暖湿空气得到抬升,触发了强对流,产生了强的降水,之后这条中尺度辐合线在晋城地区维持少动,对应 3 个时段的短时强降水,尤其 12 时风向辐合最强,对应晋城市区 1 小时降雨量达到 60 mm; 19 日 13 时,晋城地区转为一致的偏北气流,水汽输送减弱,降水随之明显减弱。

3.3.2. 降水回波分析

从山西周边雷达拼图可以看出(图 7):这次暴雨过程分为 2 个阶段: 19 日凌晨陵川县东部出现的强降雨主要是由 700 hPa 西南急流左前方上升运动产生的对流云团造成(图 7 中 19 日 00 时、01 时); 19 日白天全市自西向东出现的强降水是由低涡切变东移所产生,对流回波的最大强度大于 55 dBZ,随着中尺度切变线西移,强对流云团也缓慢西移,由于低空急流的强盛水汽输送以及地面中尺度辐合线扰动的激发作用,使强对流云团不断生成、发展,形成“列车效应”,强回波在晋城地区维持达 10 个小时,在晋城

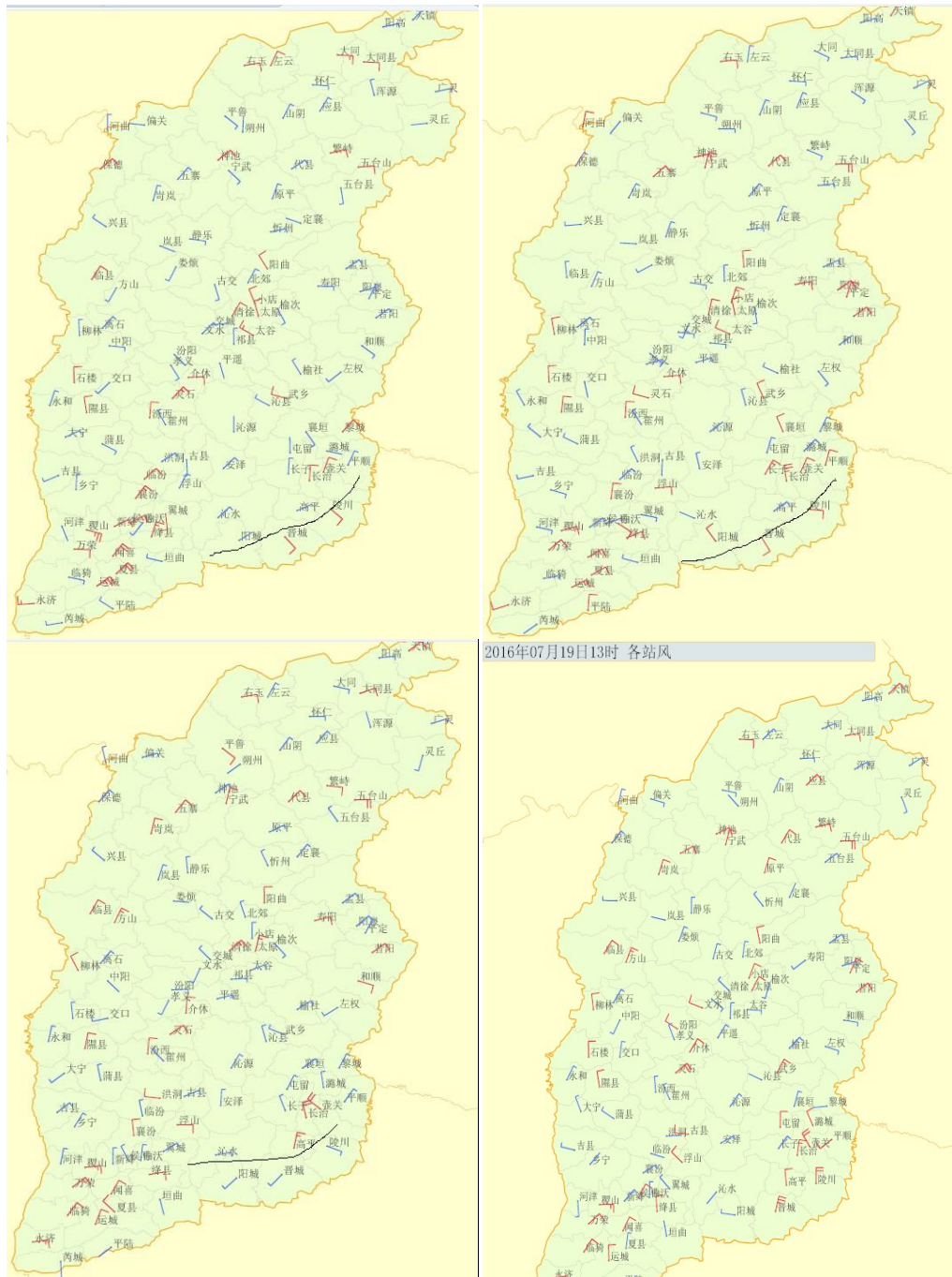


Figure 6. The distribution of wind field at automatic stations in Shanxi province from 10:00 to 13:00 on 19 July, 2016
图 6. 山西省 2016 年 7 月 19 日 10 时、11 时、12 时、13 时自动站风场分布

地区产生了大范围暴雨。

3.4. 地形作用

地形对中小尺度天气系统和局地暴雨的影响机制长期以来一直是人们所关注的焦点之一。有人研究认为山前平坦地区多于山地暴雨频率，山前大暴雨日数多于山上[1]。蔡英群[2]等认为地形抬升作用和喇叭

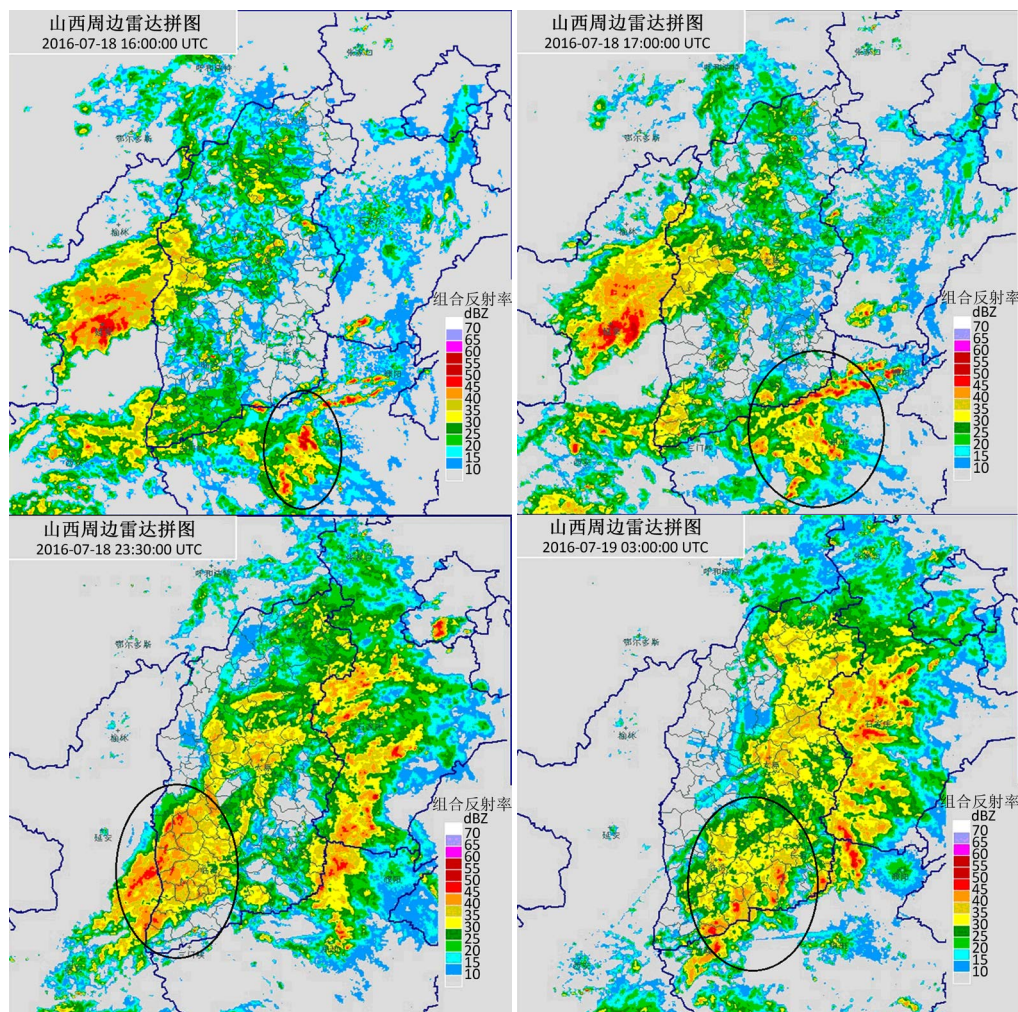


Figure 7. The radar composite reflectivity (unit: dBZ) in Shanxi and some provinces and cities around at 00:00, 01:00; 07:30 and 11:00 on 19 July 2011 (black circle areas for convective echoes that effect Jincheng)

图 7. 2016 年 7 月 19 日 00 时、01 时、07:30、11 时(UT)山西及周边省市雷达组合反射率拼图(单位: dBZ) (黑色圆圈内所圈的回波为影响晋城的对流回波)

叭口地形对暴雨分布有很大影响。黄克慧[3]认为水汽输送与山脉的正交有利于降水增幅。范广洲等[4]通过地形对华北夏季暴雨的数值模拟研究表明, 华北西部和北部的山脉地形对华北夏季降水有非常重要的影响, 尤其对一些局部地区甚至起到了决定性的作用。徐国强等[5]利用数值模拟的方法研究了太行山对几次华北暴雨的增幅作用, 指出太行山地形对降水中心强度和位置有显著影响, 对水汽输送和垂直运动也具有增幅作用。由此可见, 地形对强降水的影响比较复杂, 仍需要进一步作机理分析。

从图 8 可以看出晋城市附近地形比较复杂: 晋城市位于太行山最南端, 东部地势高, 西部与中条山相接, 西南部是王屋山, 中间为地势较低的河谷地带。平均海拔为 600~700 米, 最高点为海拔 2322 米的中条山舜王坪, 最低处是丹河、沁河下游河谷地, 海拔不到 300 米。在这次暴雨过程中, 偏南暖湿气流沿太行山爬坡而上时, 一方面受到东北冷空气的阻挡, 另一方面又受到太行山地形的阻挡, 两种阻挡作用交叉于晋城南南部及东南部附近, 暖湿气流在此被强迫抬升。如果预报员善于总结, 则不难发现: 对于来自于西北路的冷空气而言, 当它较强时易于对偏南暖湿气流形成直接的冲击而快速南下, 因停留时间短而难以形成强降水; 当它较弱时则对暖湿气流的抬升作用不够强, 降水也难以达到大的强度。而对于

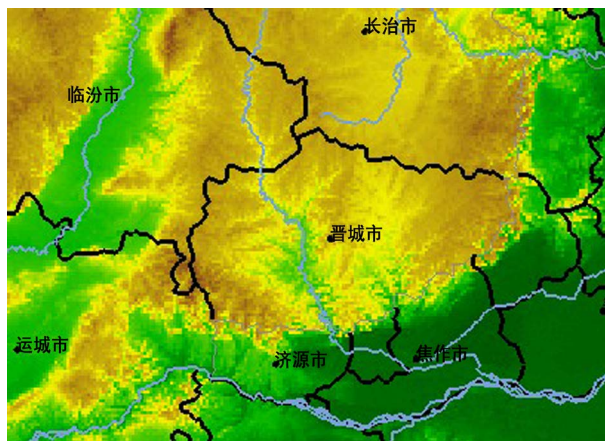


Figure 8. The topographic map of Jincheng
图 8. 晋城市地形图

来自于偏东方向的冷空气来说,它对于偏南暖湿气流(尤其是东南气流)形成的是一种横向阻挡,使暖湿气流从冷空气移动方向的侧面被抬升,冷暖气流易形成较长时间的对峙,在一段时间内稳定于某地,当强暖湿气流被抬升后能持续较长时间而形成强降水。本例中晋城受大陆高压底部的东北冷空气影响,对偏南暖湿气流形成横向阻挡作用,侵入后又受到太行山南麓的正面阻挡,在7月19日稳定于晋城,在其南部及东南部形成大范围的暴雨。

4. 小结

(1) “7·19”晋城区域暴雨主要出现在西风槽东移、副高缓慢西进的过程中,低涡切变与晋城市暴雨密切相关。对流层低层和地面冷空气的入侵是这次对流天气产生的主要触发机制。西南低空急流为暴雨区提供了充沛的水汽。

(2) 中尺度辐合线与短时强降水有很好的对应关系。

(3) 暴雨过程存在“列车效应”,强回波维持时间较长是晋城市出现强降水的重要原因。

(4) 晋城市地形对大暴雨有明显贡献,大暴雨区出现在太行山迎风坡。

参考文献 (References)

- [1] 庞茂鑫, 斯公望. 我国东南部地形对降水量分布的气候影响[J]. 热带气象学报, 1993, 9(1): 370-374.
- [2] 蔡英群, 黄岩彬, 江善赐, 等. 台风登陆后引发的闽东内陆暴雨分析[J]. 气象科技, 2004, 32(增刊): 29-32.
- [3] 黄克慧. 台风云娜后部强降水分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 98-103.
- [4] 范广洲, 吕世华. 地形对华北地区夏季降水影响的数值模拟研究[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 659-667.
- [5] 徐国强, 胡欣, 苏华. 太行山地形对“96.8”暴雨影响的数值试验研究[J]. 气象, 1999, 25(7): 3-7.

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