孙 云,李国翠,刘 伟,等. 石家庄2012年夏季一次暴雨成因及可预报性分析[J]. 干旱气象,2013,31(2):378-382, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-02-0378

石家庄2012年夏季一次暴雨成因及可预报性分析

孙 云,李国翠,常山英,刘 伟,房 荣

(河北省石家庄市气象局,河北 石家庄 050081)

摘 要:利用NCEP资料、雷达及地面加密自动站等资料,对2012年7月4日石家庄中部出现的一次漏报的暴雨天气过程,从天气形势、大尺度物理量场及逐小时加密自动站反演的物理量诊断等方面做了研究,并分析漏报原因。结果表明:受稳定副高的阻挡影响,西风槽在东移过程中向北移动,低层西南气流中产生暖性切变线,石家庄市位于切变线北部,短期预报暴雨难度大,切变线北部激发的强降水云团造成了石家庄的暴雨天气;物理量场假相当位温达到78 ℃,850 hPa比湿为14 g/kg,对暴雨预报有一定的指示意义;暴雨区位于TBB低值区边缘,雷达剖面质心高度低,属于热带降水型,以短历时强降水为主,地面辐合线出现在雷达回波产生后,在石家庄东部稳定维持0.5 h,对回波加强起正反馈作用;逐小时地面假相当位温、水汽压的空间分布与暴雨区有一定的对应关系,地面水汽辐合时降水强度加大,辐散使强度减弱。

关键词:暴雨;雷达回波;地面辐合线

文章编号:1006-7639(2013)-02-0378-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-02-0378

中图分类号:P458.1+21 **文献标识码**:A

引 言

强对流是夏季影响我国的主要灾害性天气,其中短时强降水一直是气象预报中的重点也是难点。国内许多气象学家对暴雨以及强对流的成因已经做了细致的研究[1-5]。河北省石家庄市西部为山区,暴雨容易导致泥石流、山体滑坡等地质灾害,尤其是短时暴雨更能导致城市内涝和交通瘫痪。匡顺四等[6]通过对2007年7月18日的暴雨空报诊断分析,得出利用卫星水汽云图和雷达、国家级自动站要素资料相结合可以大大提高灾害性天气预警能力。但是对实际业务中暴雨漏报成因的分析还是比较少,因此研究暴雨漏报个例,加强对暴雨发生、发展规律和机理的认识,对于提高暴雨预报准确率、减少社会经济损失具有重要意义。

2012年7月4日傍晚到夜间石家庄出现强降水天气,西北部平山和东南部辛集、晋州、赵县为小到中雨,其它大部分地区为大到暴雨,暴雨区呈西南—东北带状分布(图1a)。石家庄市桥东区2 h降水量超过80 mm,其中仓安路泵站降雨量最大为92.2 mm,降水主要集中在21~23时(图1b)。降水性质以雷雨、短时强降水为主,未出现大风、冰雹天气。

1 短期可预报性

1.1 天气形势

7月4日08时副热带高压位于东南沿海,35°N以南在河套南部至青藏高原有东北—西南向低槽,700 hPa有切变线对应,850 hPa有气旋式环流中心,暖切变位于山东、河南中南部,高空槽前的西南气流明显,有暖湿空气向北输送,河北省南部迅速增温增湿;35°N以北亚洲大陆上空为2槽1脊,自蒙古西部有冷空气向东南方向(河套)渗透,贝加尔湖到蒙古中东部为高脊,东北地区为冷涡,在低层925 hPa有一暖脊,高低层500 hPa与850 hPa温差高达32 ℃,同时高空200 hPa存在高空急流,急流核位于河北省中东部至渤海,最大风速达到55 m/s(图2a),石家庄处于急流入口区的右侧,正涡度平流对上升运动强烈发展、强降水的出现十分有利,副高自3日08时一直比较稳定(图2b),35°N以南的低槽东移

收稿日期:2012-11-05;**改回日期**:2013-01-05

基金项目:河北省科技计划项目(12237126D-1)资助

作者简介:孙云(1987-),女,助理工程师(学士),主要从事短期、短时天气预报. E-mail:sunyun288@163.com

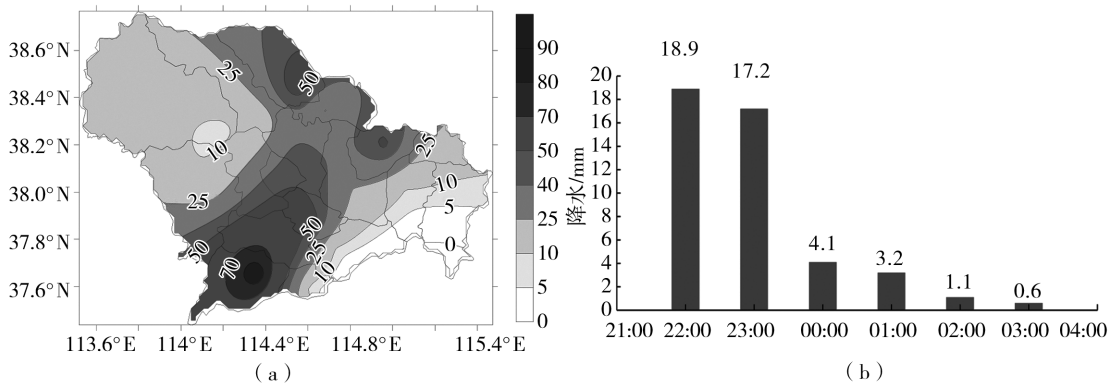

图 1　石家庄降水空间分布(a)及降水时间序列(b)

Fig. 1　The spatial distribution (a) and time series (b) of precipitation in Shijiazhuang

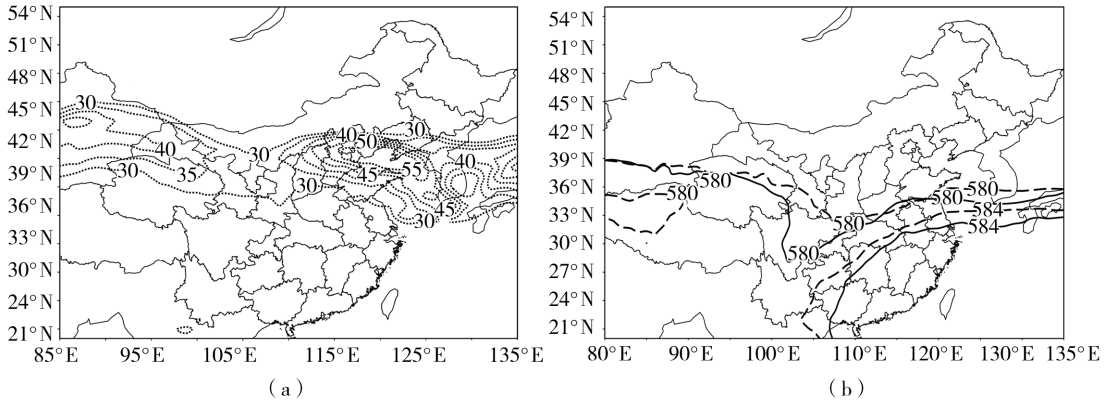

图 2　2012 年 7 月 4 日 14 时 200 hPa 急流(单位:$m \cdot s^{-1}$)(a)
及副高动态(黑实线为 4 日 08 时,虚线为 4 日 20 时)(b)

Fig. 2　The 200 hPa jet at 14:00 July 4 (a) (Unit: $m \cdot s^{-1}$) and evolution of subtropical high at 08:00 (solid line) and at 20:00 (dotted line) (b) on July 4, 2012

过程中遇到副高阻挡,向东北移动,切变也略有北抬,位于河南北部,受切变激发对流云系影响,石家庄市出现暴雨。从探空图看,湿层深厚,有一定的垂直风切变,也是有利于高降水效率的产生。

1.2　大尺度物理量

充足的水汽供应是形成暴雨(尤其是短时强降水)的必要条件,比湿表示大气中的绝对含水量。分析比湿变化情况(图 3a),可以看到 4 日 20 时比湿值大幅增加,水汽集中在 850 hPa 以下,850 hPa 达到 14 g/kg,近地层比湿达到 20 g/kg,达到本地暴雨预报指标;在空间分布上(图略),河北省中南部的比湿明显大于北部,在邢台、邯郸东部有一大比湿中心,与暴雨落区基本对应。

不稳定层结也是强对流天气发生的基本条件之一,在位势不稳定区有利于系统的发展,一旦有小的扰动配合,就会激发强对流天气的产生。假相当位温是表征大气温度、压力、湿度的综合特征量,它的分布反映了大气中能量的分布。4 日 14 时假相当位温在近 10 d 中为最高,达到 78 ℃(图 3b),较 6 h 前增加 25 ℃,而普通降水的 θ_{se} 变化较平缓;θ_{se} 大值中心位于江苏,河北省中南部为高能舌控制,北部 θ_{se} 明显偏小,这次的强降水主要发生在中南部高温高湿地区,随着降水的产生,能量迅速释放。

由于影响系统偏南,石家庄市位于切变线北部、垂直上升速度(图略)比较小。从短期上仅能得到石家庄市有强对流(主要为短时暴雨)发生的潜势,数值预报对强对流产生的降水预报量级显然偏小,短期预报不容易得出短时暴雨的结论。在现有的技术条件下,可以通过雷达、云图及加密自动站的资料进行短临预报订正。

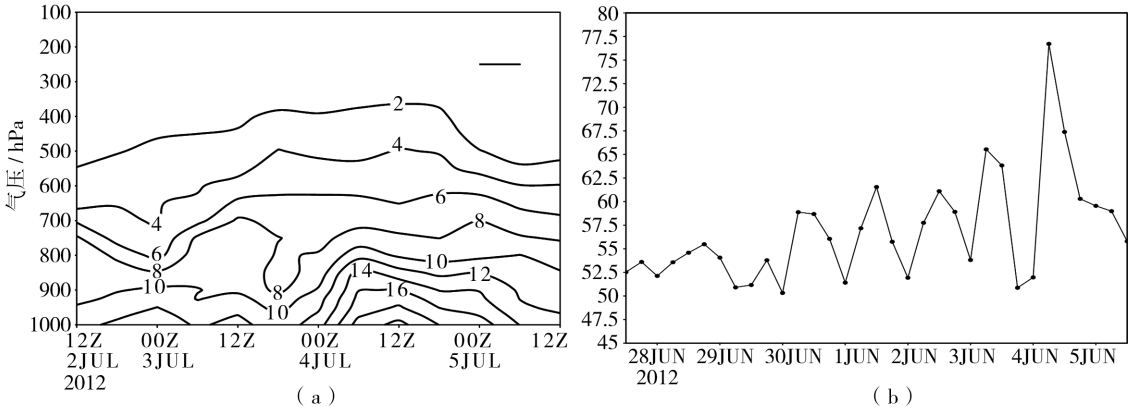

图3 石家庄比湿时间分布图(单位:g/kg)(a)及石家庄假相当位温时间变化图(单位:℃)(b)

Fig. 3 Time series curves of specific humidity (Unit: g/kg) (a) and pseudo-equivalent temperature (Unit: ℃) (b)

2 短临可预报性

从云图上看,云系主体向东北移动,但向西扩散,本次暴雨发生在TBB低值区边缘,冷暖交汇处。下面主要从SWAN和应用逐小时地面加密自动站反演得到的物理量进行分析。

2.1 雷达资料分析

应用SWAN短临预报系统,对雷达回波特点分析发现:回波移动方向自东向西,石家庄东部(如位于辛集市)的降水是由位于山东的回波自东南向西北移动影响造成的,但降水量较小,石家庄中部强降水回波是在19:30本地生成,然后南北伸展发展成带状,缓慢向西移动。从最强时刻21:12的雷达图(图略)可以看到回波强度50~60 dBZ,回波顶高最大为11 km,垂直积分液态含水量为33 kg/m^2,基本速度图上在500 m高度有24 m/s的偏南风,边界层急流为暴雨提供了充足的水汽和不稳定能量。

同时刻做回波剖面图(图略),发现本次降水回波质心高度较低,强回波在6 km以下,强度在50 dBZ以上,0 ℃和-20 ℃等温线的高度分别为5 km和8.5 km,-20 ℃等温线以上最大反射率因子不超过40 dBZ,降大冰雹概率不大。这样0 ℃以下超过50 dBZ的对流雨区在很大程度上是由于液态雨滴散射的结果,属于热带型降水,是暴雨出现的典型剖面,降水率理论上可达130 mm/h。本次地面辐合线(图4)非地形辐合线,而是发生在雷达回波出现后,辐合流场反过来供给积云对流发展所需的水汽,辐合线的稳定维持对回波发展起到正反馈作用,持续时间长,在20:25~20:55一直稳定维持在石家庄东部,造成石家庄市仓安路泵站2 h 92.2 mm强降水。

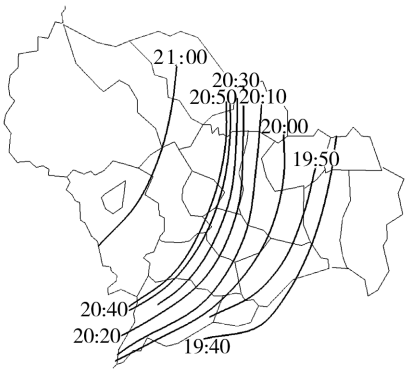

图4 地面辐合线

Fig. 4 Surface convergence line

2.2 加密自动站资料的应用

2.2.1 假相当位温

利用加密自动站资料计算得到逐小时假相当位温(图5),可以看出4日18时假相当位温高值区位于石家庄东部、衡水西部、邢台及邯郸的中东部地区,石家庄市区有一个大值中心;19~20时高值区西移,20~21时高值区位于石家庄至赞皇一线,呈东北—西南向分布,与强降水落区基本一致,可见短时强降水需要高温高湿能量的积累。同时从空间分布图可以看出强降水发生在高能比轴附近,即Ω型的中间轴上,石家庄受暖湿空气控制,东西部干冷空气向中间夹挤使暖湿空气抬升,可见中尺度Ω系统触发了短时暴雨。

2.2.2 地面水汽压

通过观察本次强降水前期的地面水汽压(图略)发现,水汽压数值与降水量呈正相关,4日20:30水汽压高值区集中在中部,赞皇水汽压达到29.7 hPa(降水量88.0 mm),其次为行唐28.5 hPa(降水

量 59.7 mm)。水汽压的空间分布与暴雨区的地理分布也有相似之处。这与李国翠等[7]得到的结论“水汽总量与地面水汽压走势基本一致,二者之间存在良好的相关关系,相关系数均高于 0.98”基本一致。日后可以多加观察,进一步检验水汽压能否作为短临预报依据。

2.2.3　水汽通量及风场

通过地面加密自动站资料计算得到逐小时水汽通量与风场叠加图(图 6),可以看到 4 日 18 时水汽通量大值区位于山东—河北交界处,中心值为 12 g/

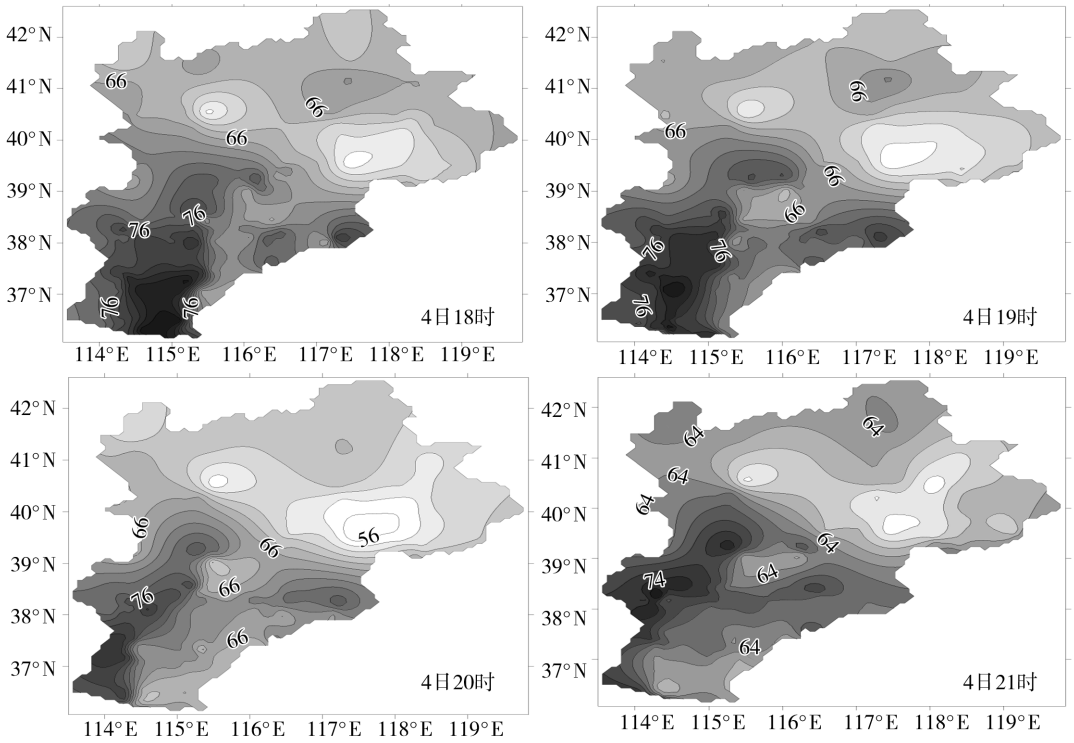

图 5　2012 年 7 月 4 日 18:00 ~ 21:00 地面假相当位温(单位:℃)

Fig. 5　Pseudo - equivalent potential temperature of the ground from 18:00 to 21:00 (Units: ℃)

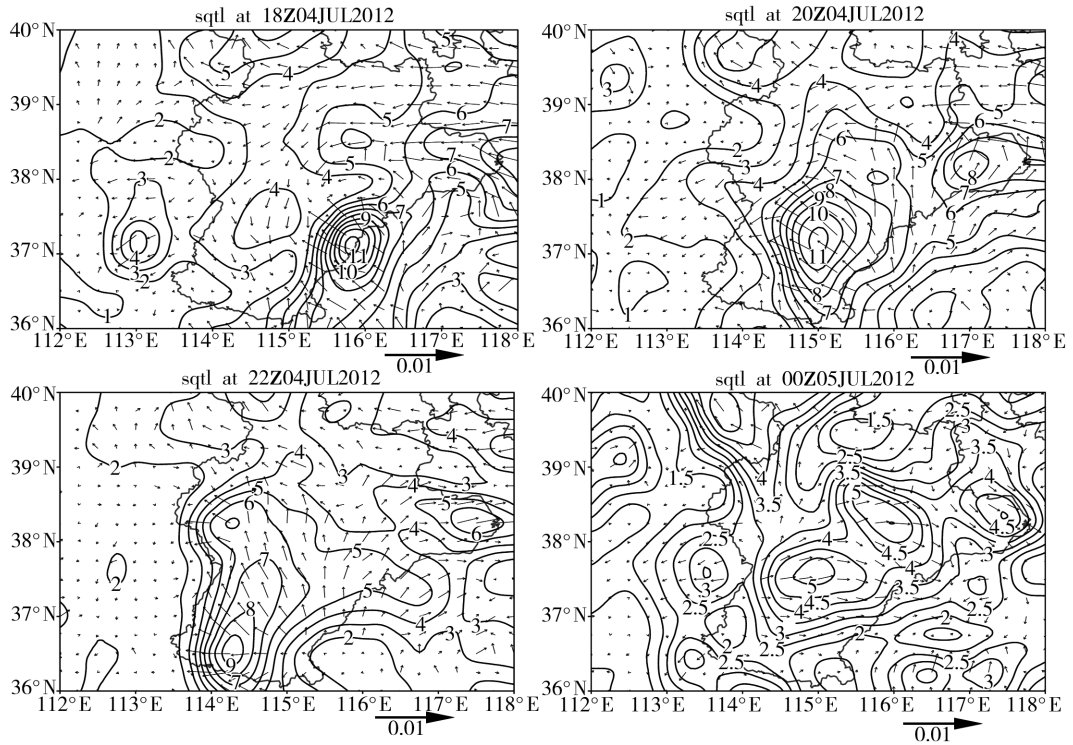

图 6　地面逐小时水汽通量(单位:g/(s · hPa · cm))和风场

Fig. 6　Hourly variation of surface water vapor flux and wind field

(hPa · cm · s),大值区逐渐向西移动,19 时大值区移到邢台东部,中心值为 11 g/(hPa · cm · s),在邢台东部有明显的水汽通量辐合,20 时最强辐合移动到石家庄东部,21 时移至赞皇、栾城、石家庄一带,呈西南—东部向,22 时水汽通量大值区减弱,石家庄呈现水汽通量弱辐散,降水开始减弱,5 日 00 ~ 01 时,水汽通量辐散加大,降水逐渐结束。

可见暴雨出现在地面高温高湿、有水汽通量辐合的地方。近地面层东南风携带水汽向西移动,在石家庄汇合形成暴雨。

3 小结与讨论

(1)河套南部的槽东移过程中受副高阻挡,东移北上给石家庄造成暴雨天气。由于系统和湿度中心均偏南,并且数值预报对强对流产生的降水量量级预报偏小,降水以雷雨、短时强降水为主,导致本次暴雨漏报。

(2)前期高低层温差达 30 ℃以上,中低层有西南暖湿气流提供水汽及能量,河北省假相当位温体现出南高北低的形势,南部达到 78 ℃,比湿 850 hPa 为 14 g/kg,可见有高温高湿能量的累积。

(3)暴雨区位于 TBB 低值区边缘,雷达剖面质心高度低,属于热带降水型,以短历时强降水为主,回波自东向西移动。地面辐合线出现在雷达回波产生后,在石家庄东部稳定维持 30 min,对回波加强有正反馈作用。

(4)通过对逐小时地面物理量进行分析得出,中尺度 Ω 系统触发了短时暴雨,假相当位温、水汽压的空间分布与暴雨区有一定的对应关系,水汽压与降水量呈正相关,并发现地面水汽辐合时降水强度加大,辐散使强度减弱。

(5)由 4 日 08 时高低空形势场可以看出有强对流发生的潜势;在伴随回波出现的地面辐合线维持 10 min 后,根据雷达剖面类型,最大可以提前 30 min 发布暴雨预警,参考水汽压、假相当位温及水汽通量和风场可以把暴雨落区画在石家庄中部地区。

(6)针对暴雨漏报情况,可以把类似失误个例加以对比分析,以提高相似天气的预报质量。并且对于短时强降水预报,还要依靠短时预报及时作出预报预警;同时还要充分利用新资料,注意总结一些新资料对短时强降水的指示作用。

参考文献:

[1] 东高红,解以扬,于莉莉. 一次局地大暴雨的落区分析与预报[J]. 气象,2010,36(6):50 - 58.
[2] 马鸿青,丁治英. 河北中南部一次大暴雨个例的成因诊断[J]. 干旱气象,2009,27(3),254 - 262.
[3] 曲晓黎,段宇辉,秦宝国,等. 河北省中南部一次 MCC 造成的暴雨过程分析[J]. 干旱气象, 2011,29(1):69 - 74.
[4] 吴彬贵,姚学祥,王庆元,等. 京津冀大暴雨个例中尺度诊断分析[J]. 气象科技,2007,35(3):368 - 373.
[5] 张京英,漆梁波. 一次强对流天气中尺度涡旋结构和冰雹落区分析[J]. 气象科技,2008,36(3):293 - 299.
[6] 匡顺四,王丽荣,刘金平. 石家庄盛夏一次暴雨空报诊断分析[J]. 干旱气象, 2009,27(1):40 - 45.
[7] 李国翠,李国平,刘凤辉,等. 华北地区水汽总量特征及其与地面水汽压关系[J]. 热带气象学报,2009,25(4):488 - 494.

Analysis of one Unforecasted Rainstorm in 2012 in Shijiazhuang of Hebei Province

SUN Yun, LI Guocui, CHANG Shanying, LIU Wei, FANG Rong

(*Shijiazhuang Meteorological Bureau of Hebei Province*, *Shijiazhuang* 050081, *China*)

Abstract: In this paper the NCEP reanalysis data, radar and surface automatic meteorological stations data were used to analyze a heavy rainstorm process on July 4 in 2012 in Shijiazhuang which could't be forecasted at that time. The results show that the main influencing systems were upper trough and subtropical high, due to the block of the strong subtropical high, westerly trough moved to northeast, a warm shear line appeared in low level southwest airflow, and Shijiazhuang was located in north of shear line, the cloud cluster triggered by the warm shear line resulted in this rainstorm weather. The pseudo - equivalent potential temperature reached 78 ℃ and specific humidity was 14 g/kg at the level of 850 hPa, which had the certain guidance significance for the rainstorm prediction. The torrential rain area located in the margin of the low value of TBB, and the rainstorm belongs to the tropical precipitation type. Surface convergence line maintained half hour in east of Shijiazhuang, which had positive role to strengthen radar echo. Certain correlations seem to exist between the hourly pseudo - equivalent potential temperature on the ground, the spatial distribution of vapor pressure and rainstorm area. Precipitation intensity increased when ground moisture convergence occured.

Key words: rainstorm; radar echo; surface convergence line