

暴雨带内的中尺度系统*

游景炎

(河北省气象局气象科学研究所)

1963年8月上旬在华北平原西南部出现了罕见的、持续达九天之久的特大暴雨。暴雨中心最大雨量达2052毫米(在河北省邢台专区内丘县的漳塘),大片地区雨量超过1000毫米。本文是对这次暴雨过程的中尺度天气系统的初步分析。

一、中尺度天气现象

这次暴雨过程总雨量分布,大致呈南北向,集中在太行山与平原接壤东西150公里以内的地区。在这条暴雨带内,有明显的中尺度天气现象:

1. 雨量集中,雨强有明显的阵性变化:如邯郸降雨持续9天,总雨量1033.9毫米。但8月4日日雨量就达518.5毫米,占总雨量的50%。这一天雨量又集中在0—6时,达284.7毫米,其中2时56分至3时56分,1小时内降水107.5毫米,10分钟最大雨量达22.8毫米。而同一天6—14时的8小时,却只降水1.2毫米。在暴雨过程中,一阵阴雨,一阵云天开裂,可见青天。

2. 风大雨大。正如当地群众说的“一阵东风,一阵雨”。

3. 由每小时、3小时、6小时或12小时雨量图可以明显看到,最大雨量带在一、二百里内东西摆动,而不是静止的。

上述现象不是个别站上的现象,而是在暴雨带内普遍存在的。但由于这些现象的生命史短,活动范围小,在一般的地面天气图上不容易发现。

二、中尺度天气系统

考虑到专区气象台现有的资料和尽可能便于日常应用,分析中尺度系统采用的方法和工具是:(1)流场分析,以各专区小天气图为基础,扩大范围,并增加到20公里左右有一站,6小时一次;(2)单站雨量、风、温度、湿度、气压自记记录分析;(3)每小时雨量分布图。经过综合分析,发现了几种中尺度系统,它们与暴雨过程的中尺度天气现象有密切的关系。下面说明这几种系统的特征。

1. 辐合中心

流线从各个方向向一点汇合,形成辐合中心。在辐合中心周围一百公里以内,有强烈的降水发生。

在暴雨过程中第一个大尺度低涡活动时期(8月3—5日),由地面流线分析中看到的

* 本文1965年1月8日收到。

辐合中心活动,有三个阶段:

1. 北上加强: 辐合中心从河南北上进入河北南部,辐合中心的东部风速加大,流线的气旋式弯曲也加强,辐合中心周围出现强烈的暴雨(图 1a).

2. 减弱: 辐合中心向西北西移动,进入山区减弱,中心附近风速减弱,降雨强度也随之减弱(图 1b).

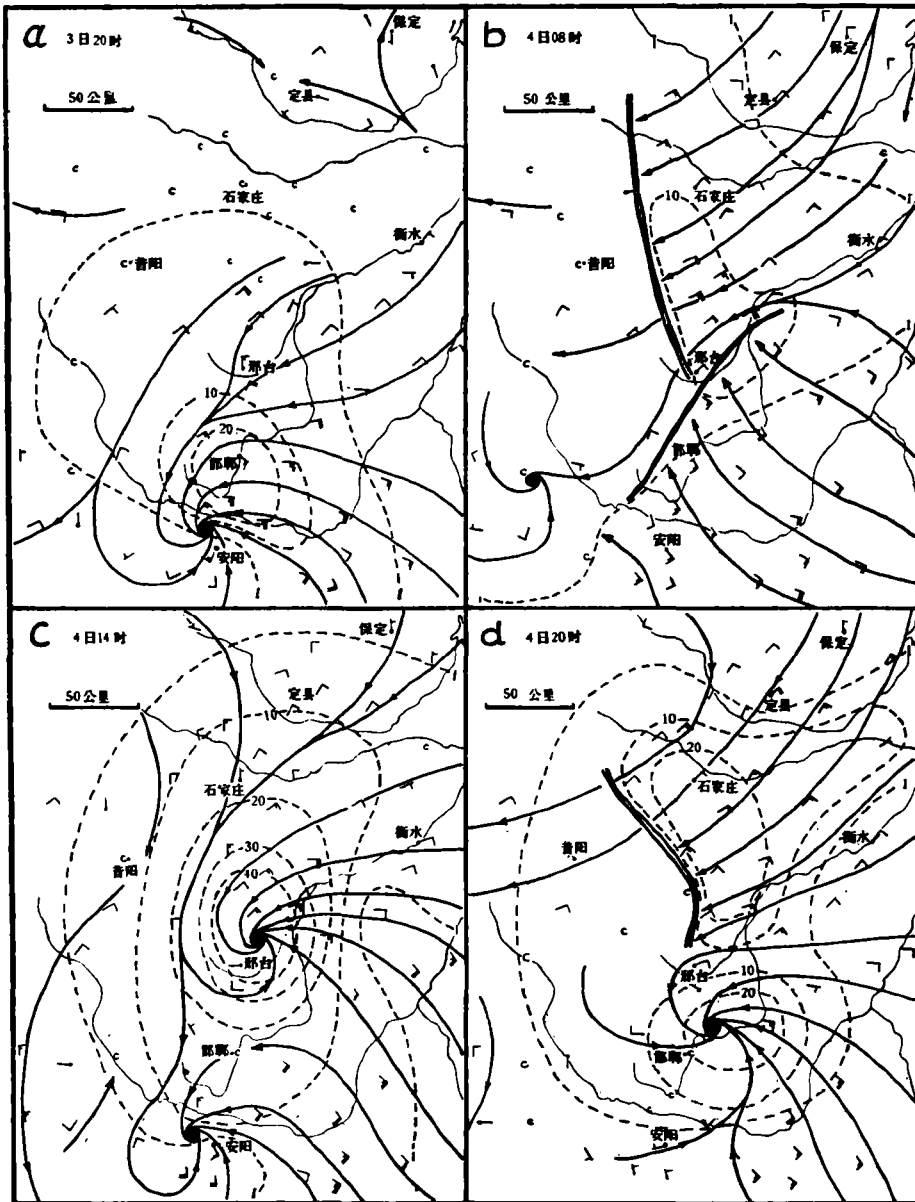


图 1 1963 年 8 月 3—4 日辐合中心演变过程

(矢线为地面流线,粗实线为切变线,双粗线为风速辐合线,虚线为每幅图所注的时间以后 1 小时等雨量线,单位:毫米)

3. 新生: 4 日 14 时有两个辐合中心,一个在安阳西部,可能是从河南新生移来的;另

一个在邢台北部,这个辐合中心是在当地生成的。4日08时,平原偏东风增强,在邢台南北都有风速辐合线出现,不过还未构成辐合中心。后来由于山西有槽东移,槽后冷空气分股沿河谷向东侵入,14时在邢台及沙河出现偏西风,于是在邢台北部构成辐合中心(图1c)。20时,这个辐合中心已消失,与其对应的雨量中心北移;安阳西部的辐合中心大致沿着700毫巴气流方向向东北移动,也有一个雨量中心随之北移(图1d)。

后一个辐合中心5日进入西部山区减弱。4日0—6时,辐合中心(自东向西)移近邯郸的南方,该站气压下降,降水加强,其中3—4时,1小时雨量达104.3毫米。6—14时因辐合中心西移减弱,雨停。后一个辐合中心经过该站,气压一度下降,14时以后,雨量又再度加强(图2)。

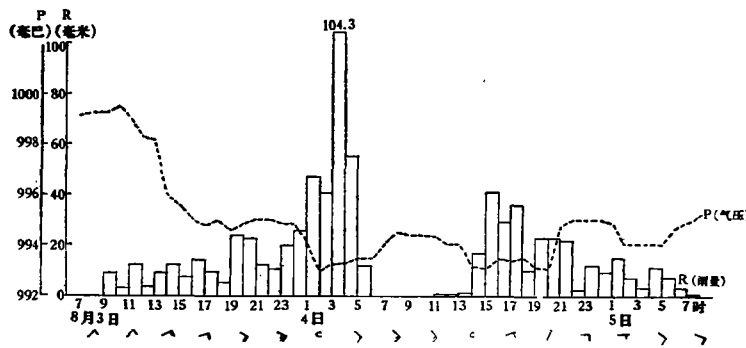


图2 辐合中心经过邯郸时当地要素的演变

2. 风速辐合线

沿流线方向,风速在很短的距离内显著减小,出现风速辐合的地方,分析风速辐合线。从图1b,1d看出,从石家庄到邢台附近都有辐合线存在。

风速辐合线的前方风速小,后方风速大;风速加大的地区,雨量也加大。由图1b,1d可见,辐合线与其后1小时雨量分布关系极密切。

风速辐合线经过单站时,风速加大,雨强同时增强。4日20时,有一条辐合线刚过石家庄(图1d),这条辐合线过石家庄时的单站要素演变如图3所示:20时北东北风速为2米/秒,21时增大到8米/秒;20—23时雨量显著加大,1小时雨量达38毫米;5日01时至02时,东北风由8米/秒增强到10米/秒,雨量也相应加大。这种风大雨大的现象持续不到6小时,但雨量却很集中。保定等站都有这种现象。

辐合线的生成,主要是由于上游风速增强;同时,太行山地形

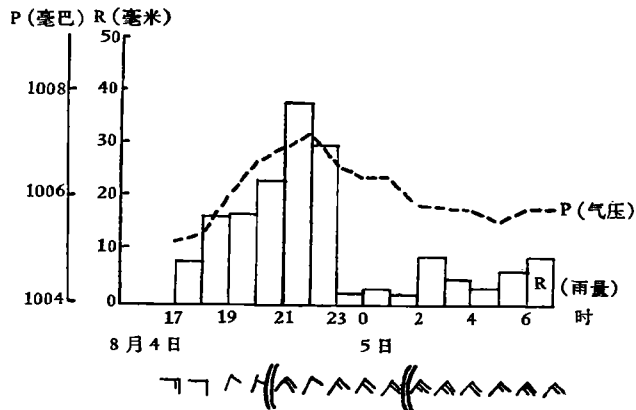


图3 风速辐合线经过石家庄时当地的要素演变

又使辐合线加强。如这次过程雨量最大最强的锋锋在太行山东麓浅山区的河谷内，周围海拔200—1000米，地势由东北向西南升高，并由开阔逐步收缩，形如“喇叭”。4日08时，辐合线在其附近，走向大致与太行山平行，并向西南移动。辐合线后方东北风风速8—10米/秒；其前方东北风只有2米/秒(浆水站)。此时，辐合线上可有三个作用同时使上升气流加强，即：(1)风速辐合使空气质点上升；(2)东北风爬坡上升；(3)东北风沿“喇叭”形地势收缩辐合上升。结果出现以锋锋为中心(日雨量865毫米)的特大暴雨带(见图4)。

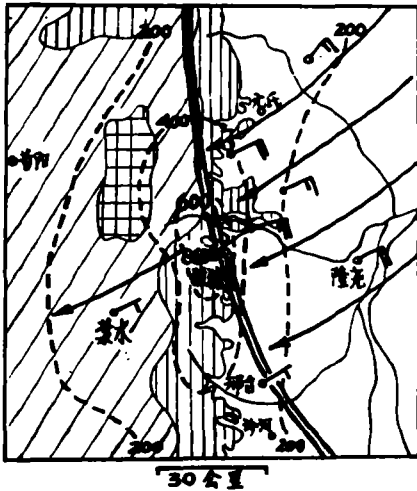


图 4a 8月4日08时锋锋附近的风速辐合线(双粗线)及其后24小时雨量分布(虚线)

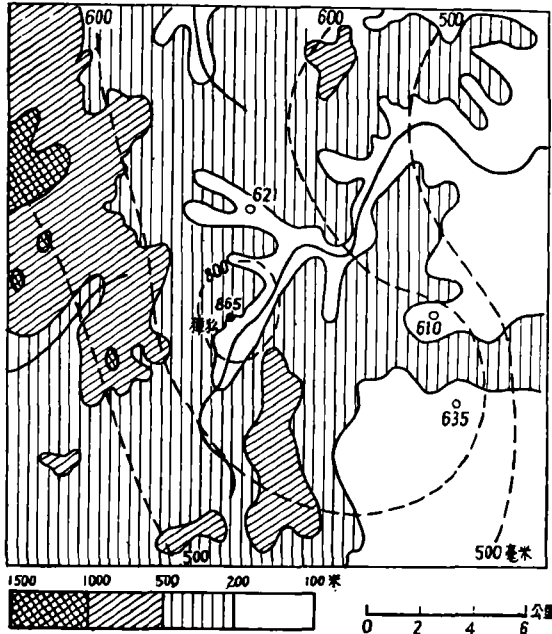


图 4b 暴雨中心锋锋附近地形及雨量细致分布

从大范围(300公里以上)来看，整个华北平原的东北风、东风和东南风，同时从东半部向西部山区汇合，也构成一条辐合线或辐合区。这个辐合区(或辐合点)随着这三种风向的调整，大致逐日向北移动。4—5日在邯郸、邢台；6—7日在石家庄。辐合区(或辐合点)就是当日最大暴雨出现的地区。

3. 切 变 线

沿流线方向在较短的距离内风向有明显转变的地方，分析切变线。但目前只分析与暴雨有密切关系的气旋式切变线，而不分析反气旋式切变线。这次过程中有一种切变线基本是从西向东移动；另一种基本是由东向西移动。这两种切变线性质不一样，造成降水也不一样。

1. 冷性切变线：这种切变线由偏北风与偏东风之间的切变线构成，基本是自西向东移动。6—7日的一条切变线(见图5，08时及14时图上也有这切变线，但20时的最完整)，就是这样一种，这条切变线自西向东移动，经过石家庄，6日20时已移到石家庄以东50公里处。它在东移过程中，因受东部副热带高压阻挡，切变线后部冷空气势力又不强，以后就不再继续东移。在整个暴雨过程中，曾有三三次是这种切变线，它分别与8月3、6、8日

三次大范围冷空气活动相伴。

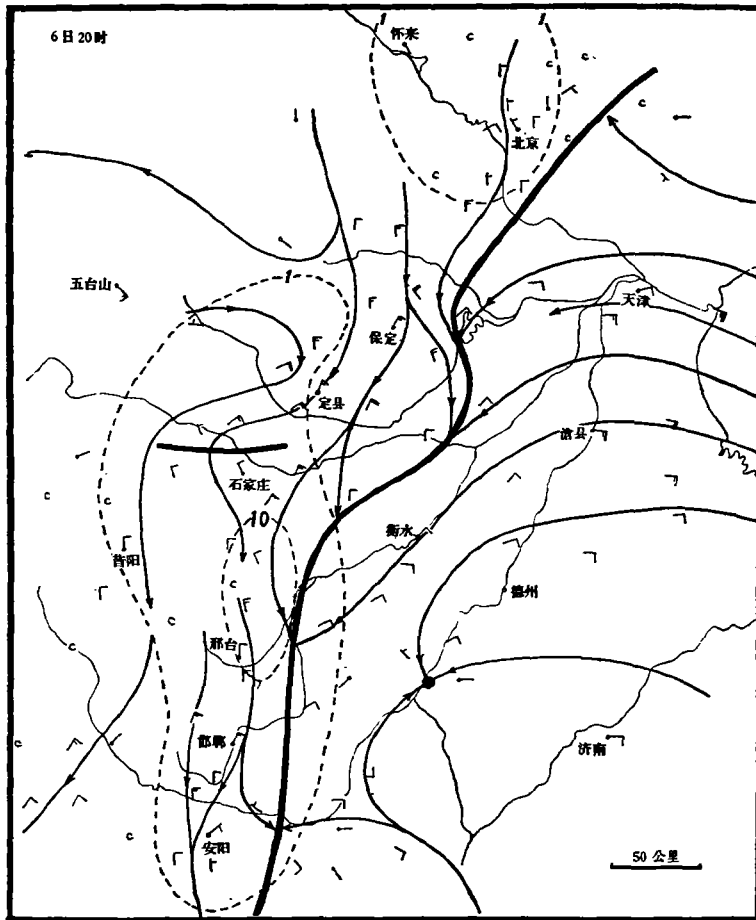


图5 8月6日20时的冷性切变线 (图例同图1)

图6是8月6日冷性切变线(自西向东)过境前后石家庄站的要素演变,切变线10时过境,风向由东南转偏北,随后,风速逐渐加大,降雨强度也增强。12—13时,1小时雨量达29毫米。15时,风速减小,雨也随之减小,16—17时,1小时雨量仅1毫米。

2. 东风切变线:它是北东北(或东北)风与东或东南风之间的切变线,其长度有一、二百公里。由图7a可见从保定—石家庄有一条东风切变线;在其东方100公里的地方还有一条东风切变线。东风切变线通过单站时,风向由北东北向东、东南顺转,降雨急剧增强(图8)。

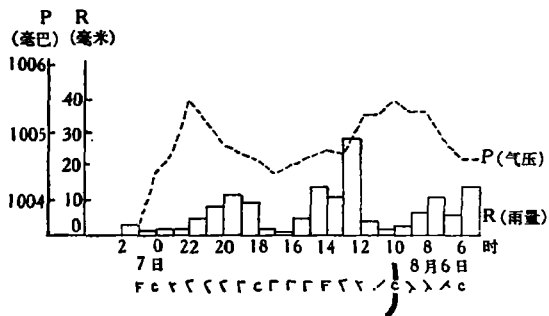
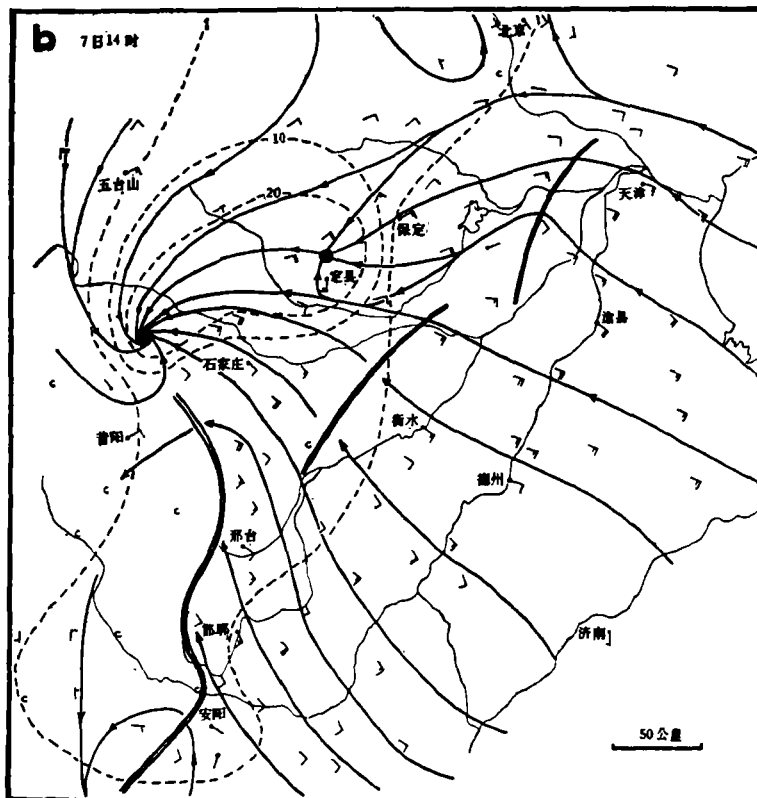
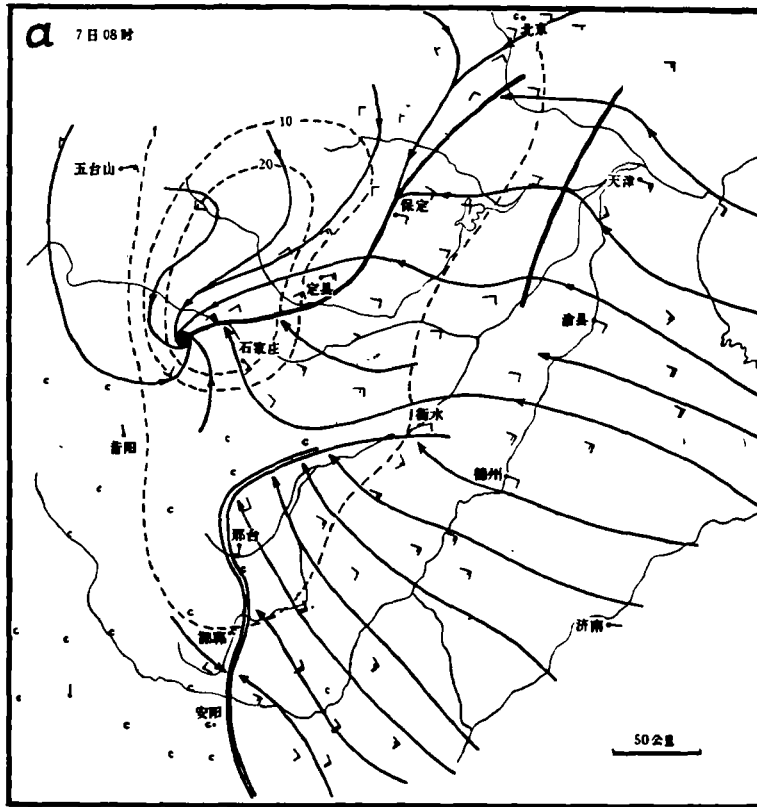


图6 冷性切变线经过石家庄时当地要素演变



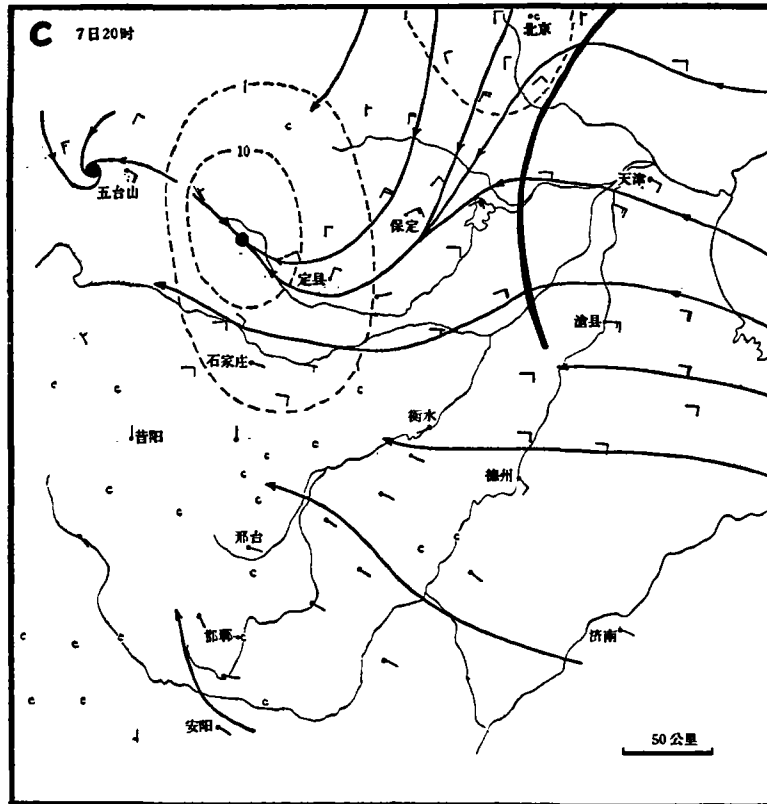


图7 8月7日的东风切变线演变过程
(图例同图1)

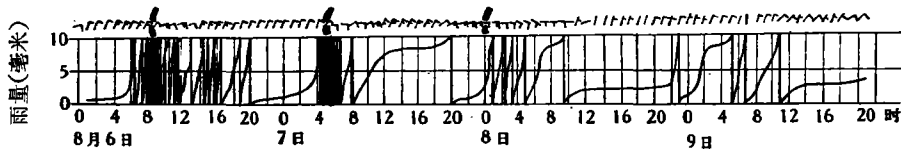


图8 保定地区东风切变线活动与雨强变化

6日9—10时,1小时雨量急增到44.5毫米,7日4—5时,1小时雨量急增到34.3毫米。我们把这种现象暂命为“雨强跃增”。从现有资料看到,产生雨强跃增的东风切变线,具有三个特征:(1)东风作气旋式转变;(2)东风风速足够强(大于4米/秒);(3)风速随风向转变而加大。

这次过程的东风切变线,其生成过程有二种:一种是在平原静止的冷性切变线,由于沿海东风加强,迫使切变线倒退(自东向西移动)而成;另一种是由于大尺度倒槽内上游东风发生变化,在倒槽北半部的东风带内产生切变线,并沿着东风基本气流自东向西移动。图9给出东风切变线出现时的地面天气形势,华北位于低压北部(习惯称倒槽),与西太平洋台风北缘连成一条完整的东风带,华北平原的东风切变线就出现在这条东风带内。当其上游(东边)东风稳定维持及风速加大时,有利于东风切变线在华北生成,有时甚至一条

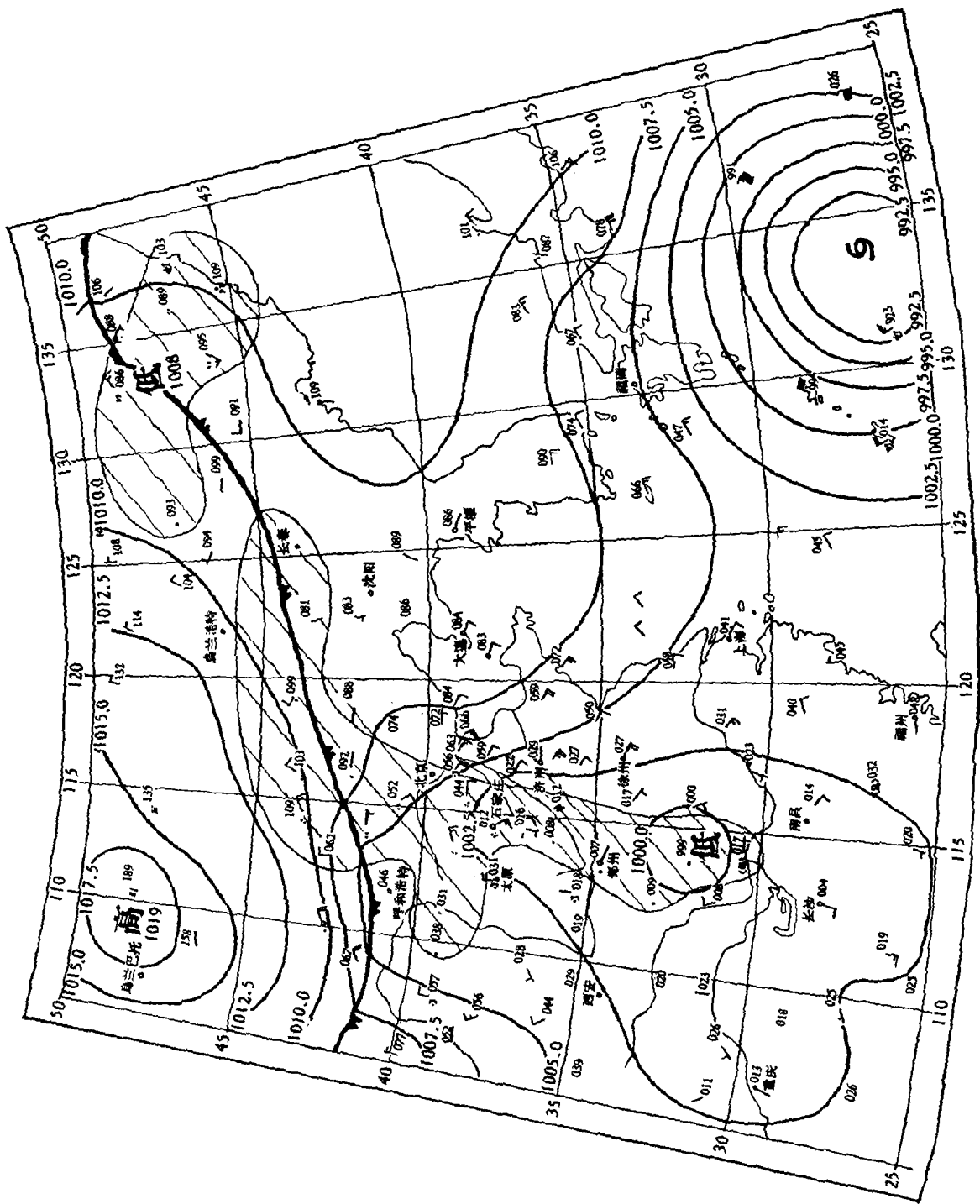


图 9 1963年8月7日08时地面天气图

(阴影为雨区)

接一条向西传播，好象东风带的短波振动(但有时也向东移动)，由图 10 可以看到，8 月 6—8 日徐州及其上游东风稳定，并比以前风速加大(850 毫巴风速达 14 米/秒)，这时期华北平原三次东风切变线活动。9 日东风带开始破坏，华北平原的东风切变线也随之消失。看来，东风切变线的生成与东风带的出现、维持及上游风速增强有密切关系，而东风带的维持又与华北倒槽稳定维持以及台风北上(见图 13)有联系。

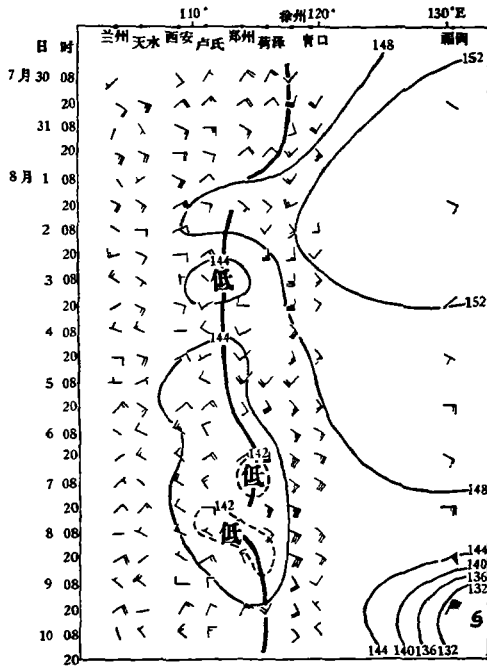


图 10 1963 年 7 月 30 日至 8 月 10 日 850 毫巴沿 35°N (兰州—福岗)时间空间剖面图 (细线为等高线,单位: 位势千米;粗线为槽线)

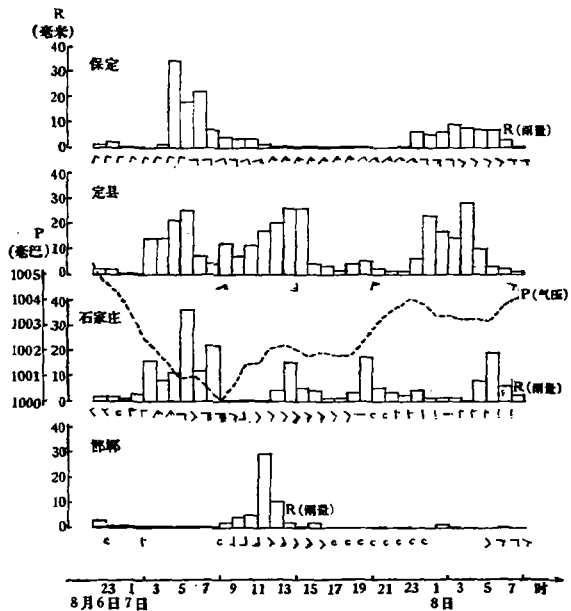


图 11 东风切变线经过暴雨带内几个站时的要素演变

东风切变线的接连出现，并向西传播，在保定单站自记记录上有明显的反映，6, 7, 8 日三天就接连有三条东风切变线过境。这时，东风作明显的气旋式转变并伴随雨强跃增。切变线过境后几小时，雨强又很快减弱，甚至无雨。6 日 09 时过境的切变线，东风只持续 5 小时，14 时又转北东北风(见图 8)。故仅用隔 6 小时的天气图或在测站稀少的地方，就会把它漏掉。

东风切变线不仅在过单站时的特征明显，而且有时对几个专区同时有影响。将图 7 同图 11 对照可以看到：图 7a 从保定、定县、石家庄有一条东风切变线正从东向西移动；图 11 上这三站在 7 日 04—08 时东风作气旋式转变，东风切变线逼近石家庄前，气压急剧下降，出现雨强跃增。切变线过境时，气压降到低谷，然后气压上升，雨强显著减弱。图 7a 南部另有一条切变线，过南部较晚，定县、石家庄、邯郸三站 08 时以后又有雨强跃增(图 11)。

另外，将同一条切变线引起的各站雨强跃增的出现时刻填在一张图上，并分析等时线(图 12)，于是可见，雨强跃增是先从东部开始，然后逐时向西部移动。降雨强度亦随着向西移动而增强二、三倍。

从现有资料来看，这次东风切变线的演变过程可分为三个阶段：(1)在华北平原东部

生成:每当沿海东风增强时,天津、沧县、德州一带就开始出现切变线,并缓慢向西移动,这

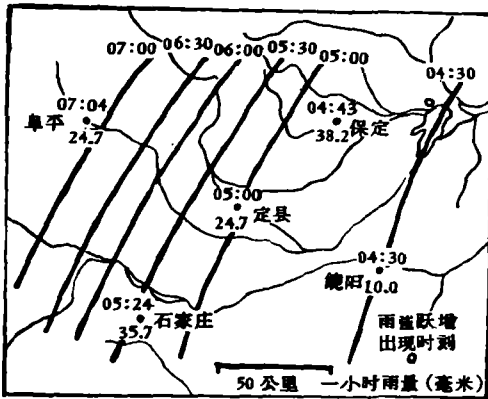


图 12 8月7日东风切变线相伴的雨强跃增时间分布

时,高空位于反气旋区域,低层上升气流受抑制,切变线上只有小雨或无雨(图 7a);(2)西移发展:切变线西移进入高空槽下,低层辐合上升气流得到充分发展,水汽凝结又放出大量潜热,使上升气流加强,出现雨强跃增;(3)在山区减弱消失:移近山区,因摩擦、辐合、地形强迫抬升,使能量消耗;如果上游没有新的东风输送,东风切变线就在山区减弱消失,到了山西雨强显著减弱(图 7c)。

切变线主要是指风向的气旋式切变,如果东风切变线同时也是风速辐合线,则更有利于产生大暴雨。

东风切变线与冷性切变线对这个地区的天气影响很不相同。东风切变线过境引起雨强跃增,雨量很大,而且未来还要持续阴雨,用当地农谚来说,就是“东风不转,阴雨不断。”冷性切变线过境引起的降雨强度要小得多,降雨时间也较短促。

三、中尺度天气系统与大形势的联系

暴雨的长期持续、中尺度系统的生消及移动等是与大形势的背景分不开的。在这次暴雨过程中,日本海高压稳定,苏联贝加尔湖阻塞高压的建立以及这两个高压之间深厚的辐合带(见图 13),是造成特大暴雨的根本原因。至于地面中尺度系统,则可以看作是在这些有利于形成暴雨的大形势背景下,一次又一次地使暴雨加强的有关系统。目前因受资料所限,直接预报中尺度天气系统是困难的,但通过中系统的产生与大形势背景的联系,则可依据大形势来判断中系统出现的可能性。

通过暴雨带的北京—石家庄—安阳的时间空间剖面图,应用上述分析方法,划分冷性切变线(W)、东风切变线(E)和辐合中心(C),按系统先后出现顺序可排列成下表。

1963年8月3—8日北京—石家庄—安阳剖线上中尺度系统活动

日期	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	8 日
系 统	W ₁ E ₁	E ₂ →		E ₃ W ₂	E ₄ E ₅	W ₃
活 动	C ₁	C ₂ C ₃		C ₄	C ₅	C ₆

注:W—冷性切变线,E—东风切变线,C—辐合中心,字母右下角的数字为出现顺序编号。

表中所列系统活动,均与大形势有密切联系:

1. 三次冷性切变线活动,是由于三次大范围冷空气侵入华北所产生的。大形势分析证明,3、6、8日有冷空气从山西侵入河北,相应出现 W₁、W₂、和 W₃ 三条冷性切变线。因此,在河套及以西地区有冷空气侵入河北平原,加上副热带高压阻挡,可以预报未来有冷性切变线生成。

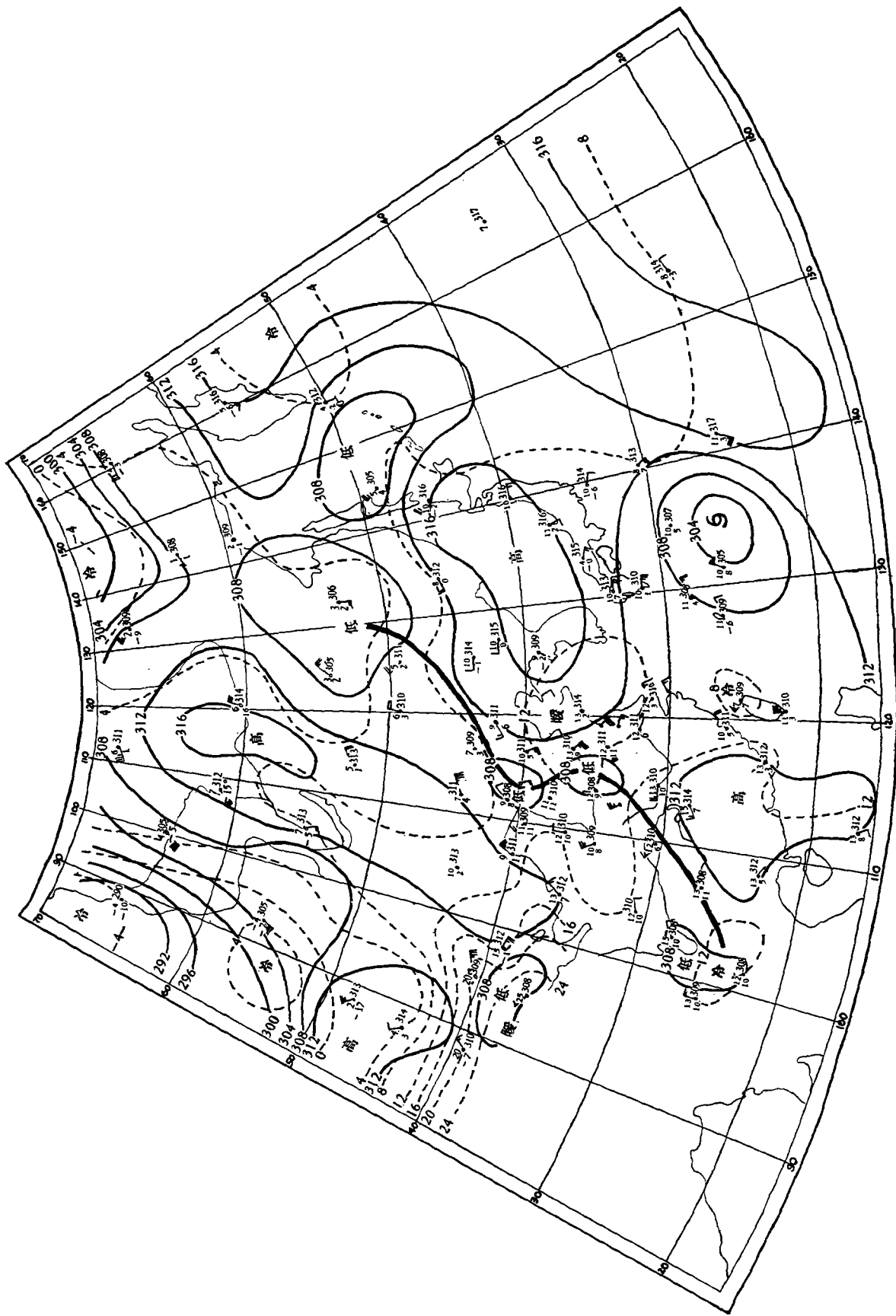


图 13 1963 年 8 月 6 日 20 时 700 毫巴图
(细线为等高线, 虚线为等温线, 粗线为槽线)

2. 日本海高压稳定时,接连出现东风切变线。日本海高压稳定,高压后部的东、东南风持续,加上我国华北受倒槽控制,每当沿海东风加强就导致东风切变线向西传送。8月5日华北平原东风显著减弱,这一天没有东风切变线出现。6、7、8日华北平原的三条东风切变线出现之前,泰山东风都有加大的现象(见图14)。当东风切变线移到700毫巴低

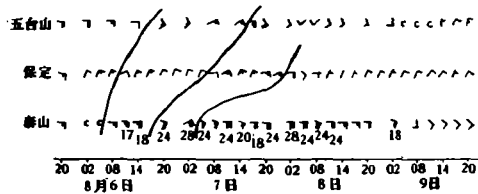


图14 五台山—保定—泰山风的时间空间剖面
(风矢下数字为阵风风速,黑线代表风向切变线)

槽范围内,可以预报有雨强跃增现象出现。

3. 辐合中心的移动与700毫巴基本气流一致。 C_1 、 C_2 、 C_3 伴随 W_1 产生, C_4 伴随 W_2 产生, C_6 伴随 W_3 产生,而 W_1 、 W_2 、 W_3 又与冷空气活动有关(C_5 与 E_5 联系)。所以,盛夏当平原有强劲东风,又有冷空气从西部侵入,在冷空气侵入的河谷地区,可能出现辐合中心。辐合中心主要按700毫巴基本气流移动,同时也有沿着河谷移动的趋势。

* * *

华北地区这次特大暴雨,主要是由几次强烈阵性暴雨集中在这个地区所造成的。这种强烈阵性暴雨是由辐合中心、辐合线和切变线联系起来的,它们比一块雷雨云的生命史长,但比起气旋、台风、高空槽等大尺度系统的生命史又短;从影响范围来看也是这样。这些系统又与大尺度系统有一定联系,所以把它们当作中尺度天气系统是适宜的。

但是,到现在为止国外所研究的中尺度天气系统,大多是与冷锋、飑线相联系,而华北平原这次暴雨过程的中尺度系统,特别是东风切变线,与那些中尺度系统有很大的不同。

根据实际预报的需要,进一步分析这类中尺度系统是十分有意义的。

致谢:承山西、河南、山东和北京市气象局以及水利部门提供雨量资料。并吸取了保定、石家庄、邢台、邯郸专区气象台对这次暴雨过程所作的分析总结,有的图表即在邢台和保定台的工作基础上整理出来的。作者在此表示深切的感谢。