

半热带气旋大暴雨天气的初步分析

杨晓霞 王景昌 高留喜 华 岩

(山东省气象台, 济南 250031)

提 要

对 1995 年 8 月 14—17 日山东连续大暴雨天气进行了分析与研究, 指出了半热带气旋对山东大暴雨天气的作用, 进一步揭示出半热带气旋大暴雨天气的物理机制。

关键词: 连续大暴雨 半热带气旋 物理机制

引 言

登陆北上的热带气旋, 在北方由于弱冷空气侵入而出现比热带气旋时强得多的暴雨天气, 侵入台风低压的弱冷空气与东南低空急流带来的暖湿空气相互作用, 在低层产生新的辐合中心, 形成既非热带气旋又非温带气旋的半热带气旋^[1]。这种半热带气旋常常给内陆地区带来洪涝灾害, “75.8”河南大暴雨就是典型的一例^[2]。1995 年 8 月 14—17 日, 山东连续大暴雨天气主要也是由这种半热带气旋影响产生的。

1995 年 8 月 14—17 日, 鲁南和鲁中部分地区出现了几十年罕见的连续 4 天的大暴雨天气。本文对这次连续大暴雨天气过程的热力和动力特征进行了详细的分析与研究, 给出了大暴雨期间中尺度对流云团特征, 指出了半热带气旋对大暴雨天气的影响和作用, 进一步揭示出半热带气旋大暴雨天气的物理机制。

1 天气形势和大暴雨天气特征

8 月 14—17 日连续大暴雨期间, 14 日 08 时—17 日 08 时空 500hPa 环流形势较稳定(图 1a), 乌拉尔山上空为深厚的大低压控制, 它的维持对下游地区的环流演变起到一种牵制作用; 贝加尔湖西部中西伯利亚地

区为阻塞高压区, 贝加尔湖以东为低压控制, 低压底部有弱冷空气从低层南下。副热带高压中心位于日本以东洋面上, 脊线位于 32°N 附近, 588 线控制华东沿海。在这种环流形势下, 9505 号强热带风暴 12 日 10 时在广东惠东登陆后, 减弱成热带低压, 沿副高外围的偏南气流在 115°E 附近北上。13 日 20 时(北京时, 下同), 低压环流中心移到安徽省淮南市附近(33°N, 116°E), 在此停滞少动(图 1b)。受低压倒槽的影响, 13 日夜間, 鲁西南地区产生了 40mm 以上的降水。

14 日 08 时, 500hPa 河套地区有低槽东移, 槽后冷空气从低层南下。850hPa 上热带低压倒槽北伸到鲁南, 倒槽后部有一支东风急流北伸到 35°N 附近。14 日夜間, 在地面低压环流的北部, 850hPa 低压倒槽附近, 济宁市出现第 1 场大暴雨天气。7 个测站雨量大于 50mm, 曲阜雨量达 135.9mm。暴雨在 15 日晨结束。

15 日 08 时, 500hPa 副高加强, 588 线西伸北抬与大陆副高打通。地面热带低压环流中心缓慢北移到河南商丘附近, 在此停滞。15 日午后一夜间, 鲁南地区出现了第 2 场大暴雨天气, 12 个站雨量大于 50mm, 曲阜出现了特大暴雨, 雨量达 205.8mm。暴雨在 16 日

早晨结束。

16日08时热带低压环流继续向西北方向移动,16日14时中心到达河南兰考附近,而后开始沿115°E北上,20时中心到达河北省邯郸上空,17日02时到达黄河口附近时(图1b),强冷空气从西部进入低压环流,生成温带气旋,快速向东北方向移去。16日午后至夜间,在热带低压环流的东部,鲁南地区又出现了第3场大暴雨天气。暴雨中心在临沂,7个站雨量大于50mm,沂水雨量达

121.4mm。暴雨在17日凌晨结束。

17日08时,随着高空槽东移,槽后有较强的冷空气南下;850hPa上有一支西南风急流直伸到35°N附近,17日夜间在850hPa西南风急流的左前方,850—700hPa前倾槽附近,鲁南和半岛地区出现最后一场大暴雨天气。暴雨中心分别在鲁东南和半岛西部地区,18站雨量大于50mm,鲁东南暴雨中心在蒙阴,雨量达125.7mm。冷锋过后,18日早晨山东连续大暴雨天气结束。

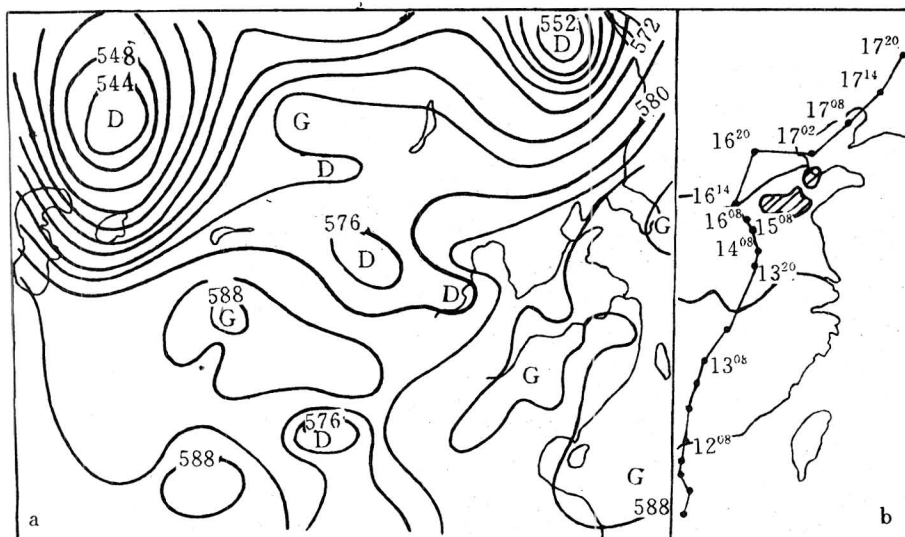


图1 a. 1995年8月15日08时500hPa环流形势
b. 地面热带低压环流中心移动路径和14—17日>100mm的暴雨区

2 中尺度对流云团特征

从GMS-5红外卫星云图上可以看出,连续大暴雨期间共有9个对流云团活动。对流云团特征见表1。

14日和15日热带低压倒槽中产生的1、2、3、4号对流云团,范围大,生命史长,云团直径在100—150km,生命史6—11小时,云团在源地发展北伸,降水剧烈,有100mm以上的降水,其中3、4号云团造成曲阜特大暴雨。16日热带低压环流东部暖式切变中生成

的5、6、7、8号对流云团,生命史短、范围小,云团直径在50km左右,生命史3—6小时。云团生消快,此起彼伏向东或东北方向移动。4个对流云团造成沂水和五莲大暴雨天气。17日夜间冷锋所激发的9号暴雨云团直径在100km左右,生命史6小时,从西北向东南方向快速移动,造成了蒙阴的大暴雨天气。本次连续大暴雨天气过程表明,暴雨对流云团都是在午后到夜间生成和发展,有较强的日变化,具有显著的夜发性,这些中尺度对流

云团具有中-β尺度的特征^[3]。

表1 中尺度对流云团特征

云团序号	生成时间	源地	云顶温度/℃	移动情况	生命史/小时	暴雨中心和雨量/mm
1	14日12时	昭阳湖	-39--48	缓慢北移	6	曲阜 40
2	14日20时	微山	-60--70	北伸	10	邹县 117.0
3	15日12时	微山	-60--70	北伸	6	兖州 116.9
4	15日21时	滕县	-60--70	北伸东移	11	费县 146.9
5	16日15时	沂水	-60--70	源地	3	共造成沂水 121.4
6	16日18时	蒙阴	-60--70	向东北移动	6	
7	16日24时	临沂	-48--54	向东北移动	3	
8	17日03时	莒县	-48--54	东移	4	
9	17日20时	泊源	-60--70	向东南移动	6	

3 物理量特征

3.1 温湿场分布

分析了14—17日20时代表低层温湿条件的K指数和代表大气真潜在能量的假相当位温 θ_{se} 及代表大气中水汽含量的比湿 q 。14—16日,受热带低压环流的影响,暴雨区附近K、 θ_{se} 和 q 的水平分布基本相同,暴雨云团产生在高值中心,且在其东部有低值舌区。大暴雨区的K指数大于 35°C ,14日20时K指数高达 43°C (图2),700hPa以下 $\theta_{se} > 70^{\circ}\text{C}$, $q > 9.4\text{g/kg}$ (表2)。500hPa以下 θ_{se} 随高度升高而减小,其中都有一薄层 θ_{se} 随高度不变的中性层结,500hPa以上 θ_{se} 随高度而增大(图3)。在850—500hPa中有一干冷舌从东部伸向暴雨区。大暴雨中心附近 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 在 -4.2 — -6.6°C (表2),500hPa以下有对流不稳定能量储存,暴雨云团产生在高温高湿且对流不稳定的高能中心。17日20时K指数、 θ_{se} 和 q 与前3天分布截然不同,暴雨区的西北方向出现明显的能量锋区和干冷中心(图略)。850—700hPa的水汽明显减少,且 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 的负值也减少为 -0.8°C (表2)。分析500hPa以下各标准层的 θ_{se} 发现,在700hPa以下, θ_{se} 随高度迅速减

小,700hPa层最小,值为 65.7°C (表2)。暴雨区上空 $\Delta\theta_{se(700-925)}$ 达到 -12.6°C (图略),可见700hPa以下大气层结强烈不稳定,暴雨云团产生在东北—西南向的能量锋区的东南部,低层为对流不稳定的高温高湿的高能舌区。

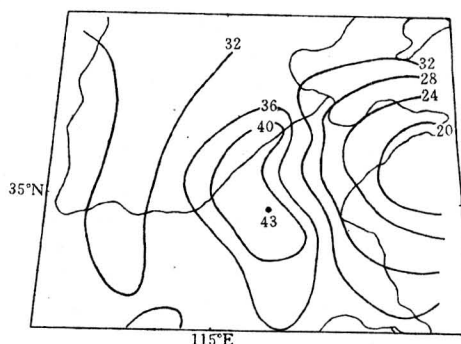


图2 14日20时K指数分布图(单位 $^{\circ}\text{C}$)

表2 暴雨区热力参数最大值

参数名称	出现时间			
	14日 20时	15日 20时	16日 20时	17日 20时
K/ $^{\circ}\text{C}$	43.3	38.7	35.0	35.0
$\theta_{se700}/^{\circ}\text{C}$	77.5	75.1	70.5	65.7
$\Delta\theta_{se(500-850)}/^{\circ}\text{C}$	-6.5	-6.6	-4.2	-0.8
$q_{850}/\text{g/kg}$	15.7	14.4	14.0	12.0
$q_{700}/\text{g/kg}$	11.8	11.2	9.4	7.6

3.2 温度平流与半热带气旋特征

14—16日,在热带低压环流影响期间,低层有较强的暖平流向暴雨区输送暖湿空

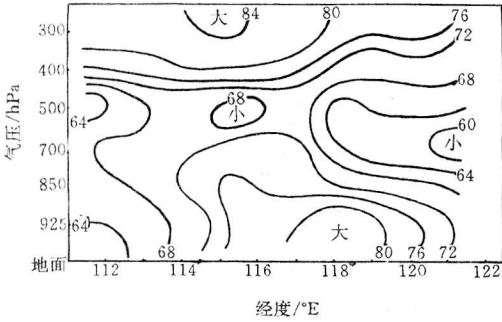


图3 15日20时沿35°N θ_{se} 的垂直剖面图(单位: $^{\circ}\text{C}$)

气, 中层有较弱的冷平流侵入, 与低层暖平流相叠置(图4)。由于低层暖空气与中层进入的弱冷空气相互作用, 在鲁南产生新的辐合中心。暖平流一方面向暴雨区输送暖湿空气, 使大气不稳定能量增加; 另一方面产生上升运动, 使暖湿空气在此上升。中层由于弱冷空气侵入, 制造了对流不稳定能量, 并且使不稳定能量不断释放。再由于高层凝结潜热的释放而形成暖心结构。因此, 弱冷空气的侵入并没有改变低压环流中的暖心结构, 而是形成了上暖下冷的特殊的半热带气旋结构。暴雨云团在半热带气旋中生成、发展和维持, 产生剧烈降水^[1], 造成鲁南大暴雨和特大暴雨天气。

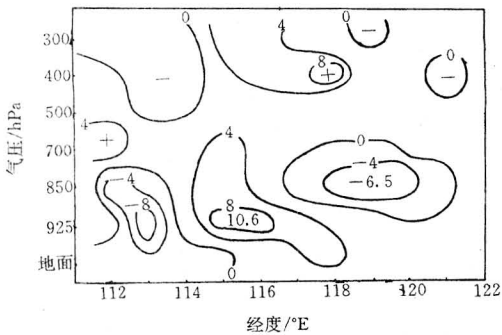


图4 15日20时沿35°N 温度平流的垂直剖面图(单位为 $\times 10^{-5} \text{ } ^{\circ}\text{C}$)

17日12时较强冷平流从西北方向进入低压环流中心, 低压环流在黄河口附近生成温带气旋, 快速向东北方向移去。17日20时, 较强的冷平流侵入我省北部, 夜间受冷锋影响, 我省鲁南和半岛地区西部出现大范围的暴雨天气。

3.3 动力特征

分析14日20时—17日20时大暴雨期间的垂直运动场分布可以看出, 14日20时—16日20时500hPa以上, 在35°N附近有一从东部伸向鲁南的上升运动舌叠加在低层上升运动区之上, 暴雨中心与上升运动中心相对应。最大值在 $-4.3 \sim -6.0 (\times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1})$ 之间(表3)。

分析散度场的分布可以看出, 14日20时—16日20时大暴雨区上空散度场分布基本相似(表3), 低层850hPa以下全为辐合区, 辐合中心偏离热带低压环流中心, 而与鲁南大暴雨区相一致。14日20时和15日20时暴雨区附近地面上辐合最强, 最大辐合中心值为 $-28.0 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ (图5), 16日20时850hPa辐合最强, 辐合中心值为 $-25.2 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ 。17日20时暴雨区上空250hPa以下全为辐合(表3)。辐合中心位于700hPa, 中心值为 $-32.0 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

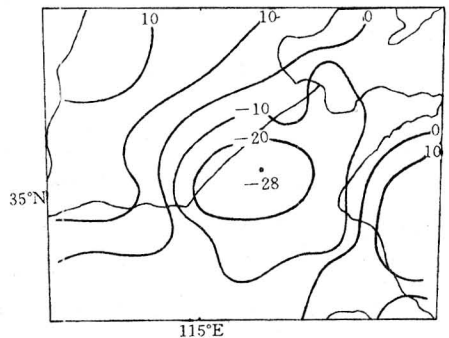


图5 15日20时地面散度场分布(单位为 $\times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$)

分析涡度场分布可以很清楚地看出, 14—16日20时500hPa以下, 正涡度舌从低压环流中心伸向鲁南大暴雨区。500hPa以上基本上为负涡度。17日20时, 700hPa以下为正涡度区, 700hPa以上为负涡度(表3)。

以上分析表明, 热带低压环流生成的半热带气旋中的大暴雨天气产生在850hPa以

下低层新的辐合中心和正涡度舌区, 暴雨的动力触发机制主要在低层。动力作用产生的上升运动小于冷锋大暴雨天气的动力上升运动。暴雨云团产生在高温、高湿和对流不稳定的高能中心, 温度平流和潜热释放对暴雨云团的生成、发展和维持起主要作用。

表3 大暴雨上空涡度($\zeta \times 10^{-6} \cdot s^{-1}$)、散度($d \times 10^{-6} \cdot s^{-1}$)和垂直速度($\omega \times 10^{-3} hPa \cdot s^{-1}$)的垂直分布

高度/hPa	14日20时			15日20时			16日20时			17日20时		
	ζ	d	ω	ζ	d	ω	ζ	d	ω	ζ	d	ω
100	-9.6	-11.4		-39.1	2.6		-4.3	-21.9		-52.9	-19.1	
150	-38.2	30.9	-1.5	-63.5	14.7	-0.3	-41.3	-17.9	-1.7	-61.0	26.1	-2.0
200	-32.0	-3.4	-2.8	-87.2	9.7	-0.7	-32.6	4.5	-3.6	-75.8	70.0	-5.5
250	-28.8	-7.8	-2.8	-70.0	43.6	-1.9	-4.5	-19.6	-5.1	-67.4	-14.4	-7.2
300	-22.0	30.6	-4.0	-31.0	28.9	-3.6	-20.4	-22.6	-6.0	-52.6	-21.5	-8.0
400	-19.6	-15.3	-4.3	-26.5	-3.2	-4.8	17.4	-28.6	-5.2	-58.9	-12.2	-7.9
500	-1.5	1.6	-3.1	6.2	-12.7	-3.9	-7.9	-16.6	-4.5	-41.7	-14.4	-7.9
700	34.2	49.2	-2.6	43.8	7.7	-3.4	12.5	9.5	-3.1	30.3	-32.0	-4.6
850	10.7	0.3	-2.0	39.5	-12.4	-2.9	11.3	-25.2	-1.5	30.9	-24.6	-1.5
925	42.0	-2.9	-1.5	68.7	-18.4	-1.7	14.1	-18.8	-0.6	18.0	-18.3	-0.1
地面	3.0	-23.3		33.8	-28.0		2.3	-12.7		8.6	-1.8	

参考文献

1 华北暴雨编写组. 华北暴雨. 中国北方暴雨丛书, 北京: 气象出版社, 1992: 43—48, 108—109.
 2 75.8暴雨研究会战领导小组. 1975年8月河南特大暴雨研究报告. 1977: 1—90.
 3 寿绍文, 杜秉玉, 肖稳安等编. 中尺度对流系统及其预报. 北京: 气象出版社, 1993: 83—110.

A Preliminary Analysis of the Heavy Rain in the Semi-Tropical Cyclone

Yang Xiaoxia Wang Jingchang Gao Luxi Hua Yan

(Meteorological Observatory of Shandong Province, Jinan 250031)

Abstract

A preliminary of the continued heavy rain in Shandong povince during 14—17 August 1995 is made. It is shown that semi-tropical cyclone plays a role in heavy rain in Shandong. The physical mechanism of the heavy rain in semi-tropical cyclone is revealed further.

Key Words: continued heavy rain semi-tropical cyclone physical menchanism