

杨克明 许映龙 王东生 刘江云

(中央气象台, 北京 100081)

提 要

该文利用实测资料, 采用 HLAFS 模式计算的物理参数分析了 1996 年汛期暴雨的天气气候特征并对梅雨活跃时段 4 次强降雨天气过程及 9608 号台风强暴雨的成因进行了诊断分析, 所得结果有利于实时预报业务和科研工作。

关键词: 梅雨锋 低空急流 不稳定层

引 言

暴雨是我国一种主要灾害性天气。它所造成的洪涝常危及国民经济和人民生命财产, 严重的可带来巨大损失。但暴雨也是一种重要水资源, 适时适量可给农业生产提供有利条件, 若能及时对暴雨加以预报与调蓄, 便可能化害为利, 防灾减灾。因此, 研究暴雨的发生发展特征和规律, 做好其预报服务工作, 具有重要意义。本文利用实测资料, 对 1996 年 5—9 月出现的暴雨特征及强暴雨过程进行了分析, 以探讨暴雨发生的规律。

1 概况

1996 年汛期(5—9 月)我国共出现了 27 次暴雨天气过程(表略), 其中, 7 月有 7 次, 为最多; 6 月 6 次, 次多; 5、8 两月各 5 次, 9 月 4 次, 为最少。但就强暴雨过程而言, 7 月最多 7 次, 8 月次之 4 次, 6、5、9 月分别为 3、2 和 1 次。总计 17 次, 约占总数的 63%, 显然 1996 年强暴雨过程较多, 且汛期暴雨范围较广, 南北方很多地区都遭到了大暴雨的袭击。

2 降雨和暴雨分布特征

1996 年汛期降雨总的特点是: 全国大部地区降水量偏多, 时段集中在 7 月初至 8 月中旬, 长江中下游地区梅雨期长, 梅雨量异常偏多。我国南北方很多地区都遭受了不同程度的洪涝灾害; 入汛后, 全国局地强对流天气

频繁, 大范围连阴雨天气多。

2.1 降水普遍偏多 强度大

1996 年汛期, 全国大部地区降雨明显偏多。6—8 月, 长江中下游流域大部、华南西部、黄淮大部、华北大部、西北地区东部以及黔东、川东南、辽宁南部、黑龙江西部和南疆西部等地季降水量较常年同期偏多 2—5 成, 其中, 湘、鄂、皖、冀等地的局部地区偏多 1—2 倍(图 1)。由于暴雨来势猛、强度大、持续时间长, 致使长江、珠江、黄河、淮河、海河等流域的部分地区发生了大洪水或特大洪水, 其量级之大、范围之广为历史上所罕见。

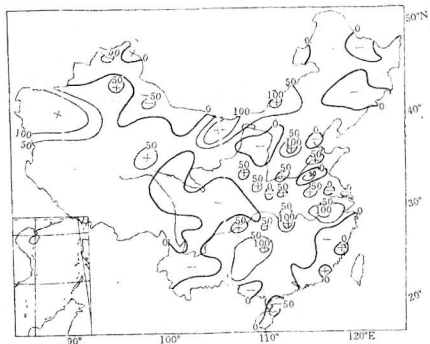


图 1 1996 年 6—8 月降水量距平百分率

2.2 梅雨期长 梅雨量异常偏多

1996 年初夏, 由于西太平洋副热带高压北上较早, 长江中下游地区 6 月 2 日即已入梅, 比常年提前 16 天, 7 月 22 日才出梅, 梅

雨期长达49天,仅次于1954年的50天,且梅雨量异常偏多。6—7月,南方大部地区降水总量一般有350—650mm,较常年同期偏多1—5成,其中,湘西、湘北、鄂东、皖南及黔东、川东南、桂北等地的部分地区达700—1000mm,偏多6成至1倍半。梅雨期间频繁出现大强度的暴雨。如6月28日—7月5日,长江中下游、淮河流域以及黔、桂等地连降暴雨。7月13—18日,长江中游、江淮和广西等地也出现强暴雨,湖北洪湖5天降水总量达551mm,湖南沅陵、麻阳、怀化、通道3天降水总量均超过300mm。降雨强度是当地历史上所少见。因此,导致长江流域的沅江、资水、洞庭湖、长江中游干流部分河段以及珠江流域的柳江均出现了历史实测最高水位,湘、鄂、桂、皖、黔、浙、赣、苏、沪、川等省市出现了不同程度的洪涝灾害,其中湘、鄂、皖、黔、桂的部分地区受灾严重。

2.3 北方暴雨频繁强度大

7月,北方大部地区出现了3次大范围的强降水过程,月降水量一般有100—300mm,其中华北中部,东北地区东南部、鲁西等地的部分地区达300—500mm,较常年同期偏多1—5成。另外,7月16—21日,新疆天山两侧连降大暴雨,降水量达到100mm左右,局地大于200mm。使天山两侧的14条河流及所有山沟均发生特大洪水,7条主要河流的洪水位居历史最高水位,不少地区遭受严重洪灾。7月下旬后,南方梅雨结束,北方进入雨季,华北和东北降雨过程频繁。8月,北方大部地区月降水量一般为100—200mm,华北中南部达200—500mm,比常年偏多5成到1倍。特别是8月1—5日,受9608号台风减弱的低气压和冷空气的共同影响,华北中南部普降大暴雨,部分地区大暴雨,旬雨量有100—300mm,局部地区在400mm以上,比常年偏多1—3倍,局地4—5倍。因此黄河下游花园口出现了超历史最高水位的洪水,海河流域的子牙河、漳卫

河、大清河发生1963年以来的最大洪水。

3 梅雨期强降雨过程分析

1996年长江中下游地区梅雨锋上暴雨频繁,强度大,持续时间长,造成严重洪涝灾害。下面就梅雨活跃时段6月26—30日和7月1—6日、8—12日、13—18日出现的4次强降雨过程初步分析如下。

3.1 大尺度环流形势

这4次过程是在欧亚中高纬环流从纬向往经向转变过程中出现的。6月下旬中,500hPa上欧亚中高纬盛行一支纬向气流,高纬为一条近东西向带状低值区,其中有4个低涡,西欧低槽南伸到地中海西部。由于该槽加深并逐步逆转为南北向,槽前暖平流促使黑海附近浅脊迅速向北发展,西欧槽加深,乌拉尔山附近发展成较强的高压脊。脊前西北气流引导其北部低涡快速向东南移至巴尔喀什湖一带,贝加尔湖低涡亦向东南加深,涡前暖平流导致在俄罗斯远东到雅库茨克附近建立一个阻塞高压脊,形成较为典型的双阻型梅雨环流形势^[1](图略)。两个高压之间是一宽广的低槽区,35—40°N的环流仍较平直。副热带高压呈带状分布在华南、南海及以东洋面上,其西北侧有较强的暖湿西南气流向北输送。与从巴尔喀什湖低涡中东移南下的冷空气频繁交汇在长江中下游和江淮一带。

3.2 梅雨锋特性

不少研究已指出梅雨锋的特性与极锋不同,其温度水平差异很小^[2],下面以7月3日的暴雨为例,分析梅雨锋暴雨的结构特征。

从穿过暴雨区西北东南向垂直剖面图(图2)可看出,安康至南阳上空600hPa以下等温线略有下凹,梅雨锋位于南阳以西,锋区两侧的温差很小,暴雨中心南侧上空350hPa以下等温线是上凸的,汉口的温度比东西两侧偏高1—2℃,但 θ_{se} 线的梯度和湿区相当清楚,南阳以西较以东低层大气的 θ_{se} 要小得多,说明西部有干冷的空气,梅雨锋的形成离不开冷空气,以东700hPa以下 θ_{se} 很大,

对应副高西侧的西南风急流,并且 θ_{se} 小值区从700—500hPa间向东伸展与杭州中层 θ_{se} 低值区相连,使暴雨区内下层为不稳定层。暴一大暴雨就发生在南阳及其东南方豫南、鄂东和皖南地区。

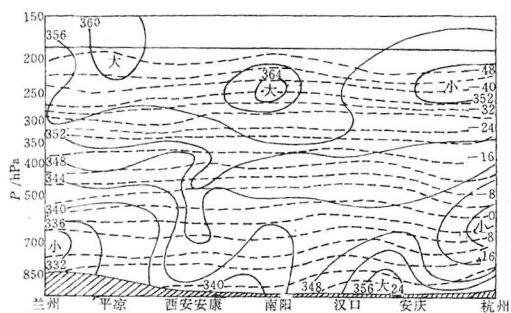


图2 1996年7月3日08时垂直剖面
实线为等 θ_{se} 线,虚线为等温线

3.3 低空急流活动

梅雨锋上暴雨与副高西北侧低空西南风急流常相伴出现。上述4次强降雨过程历时22天,低空急流持续20天,700hPa上急流宽度为300—600km,平均风速约 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,最强 $28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风速大于 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,集中在很狭窄的地区。每当急流有一次明显增强过程,都伴随一次梅雨锋上暴雨的发生发展,从7月1—6日700hPa上8站风速和暴雨时间变化(图3)可看出这种现象,暴雨沿长江中下游向东向北发展,西南风急流随之同向推进并风速加大,出现超地转特征。这与6月下旬80—90°E赤道地区建立一支较强的越赤道气流激发印度季风加强有关,孟买和加尔各答出现明显的西南风加强。从HLAFS模式的水汽输送计算结果可知,7月1日,分别对应季风槽前和副高西北侧的西南气流,在中南半岛西北部到西藏东部以及南海到长江中北部低层是两个水汽输送区域,揭示了水汽来源于孟加拉湾和南海。2日以后,西边水汽辐合区向东与东边的辐合区打通,东边辐合区逐渐向东向北扩展并出现几个大值中心,与低空急流活动较为一致,从而说明了低

空急流对暴雨区的水汽、热量和动量输送起了重要作用。中低层大气增温增湿形成湿对流不稳定层结及急流轴北侧强烈的气旋式切变和正涡度加强使暴雨区和其下风方之间出现强的水平辐合有利于暴雨产生,暴雨区位于急流北侧100—200km范围内,暴雨中心在强风速中心的左前方。

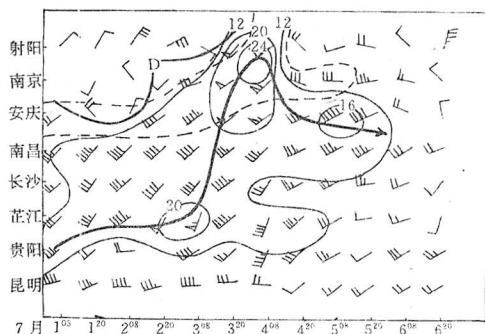


图3 8站700hPa风速和暴雨时间剖面
细实线为等风速线,粗矢线为最大风速线,
虚线所围区域为暴雨区

3.4 影响天气系统

天气系统的活动及相互作用是暴雨产生和持续的条件。在6月26—30日的过程中,26—27日巴尔喀什湖短波槽与高原小槽东移,在110°E附近叠加成一个深槽,使700hPa上长江一带的横切变明显,并同中纬度小槽合并,建立一个人字形切变线,大一暴雨首先出现在切变线南侧及切变线三合点附近的川西南、黔西南、鄂西南、赣北、苏皖南部。28—29日,华北高压与副高打通,黄淮建立了东风,导致冷切变线蜕变为暖切变线。四川盆地的低涡沿切变线东移发展,28日14时在地面上生成一个江淮气旋东移入黄海。暴一大暴雨产生在700hPa切变线南侧2—3个纬度内及低涡暖切变的三合点的东南侧,即黔南、鄂西南、湘西北、豫东南、安徽大部、苏北、鲁中南。30日,低涡切变线东移减弱,降雨东退减弱。

在7月1—6日过程中,华南到江南南部

的西南气流明显加强,在长江中下游形成一条暖切变线,与西南低涡相连接。1—2日,暴一大暴雨出现在西南涡的东南侧辐合最强处的贵州和700hPa西南急流左侧2—3个纬距内的皖南、赣北和浙北。3—4日,暖切变北抬至黄淮南部,冷空气南下与西南气流形成一条冷式切变线,也与西南涡相接,冷空气侵入低涡,使其变性东移发展,3日14时,在梅雨锋上诱出一个江淮气旋并东移。暴一大暴雨出现在鄂中南、皖南皖北、豫东南、浙西北和江苏大部。5—6日,气旋入海后,强降雨东退减弱。

7月8—12日,巴尔喀什湖低槽东移,与汉水附近的弱暖切变形成人字形切变线,在切变线附近风辐合强烈的陇东、陕南和川东等地产生暴一大暴雨。与此同时,副高开始加强西伸,东移的巴尔喀什湖低槽在 112°E 附近发展为深槽。槽前后南北风明显增强并交汇,使冀中南、滇东、湘赣大部、皖南、浙北、苏南等地出现暴一大暴雨。随后低槽东移,强降雨南退减弱。

7月13—15日,副高西伸北抬,使长江中下游以南出现一支低空西南急流,其北侧的暖切变线和上述深槽后部转竖的横槽都与西南低涡相连,构成低涡切变形势。14日14时,在地面静止锋上形成一波动东移入海。16—18日,槽后又摆下一槽,再现前面过程。强降雨分布在700hPa低涡附近及切变线南侧,即黔北、桂北、湘西、浙北、鄂东、皖北和鲁南。19日以后,深槽西退北缩,至此梅雨结束。

4 9608号台风强降雨过程分析

1996年在西北太平洋和南海共生成25个热带气旋,其中6个气旋登陆我国,分别给海南、闽、桂、粤等地带来了暴一大暴雨,局地特大暴雨。造成严重危害和损失者,尤以9608号台风产生的狂风暴雨之强、影响时间之长、范围之广最为引人关注。现分析如下。

4.1 降雨实况

9608号台风于8月1日上午在福建福清沿海登陆后,受副高西南侧东南气流引导向西北方向移动,在江西境内减弱为低气压,又途经湘、鄂、豫、晋,5日在山西境内消失。深入内陆长达5天(图4),较为少见。受9608号台风和减弱的低气压及西风槽等天气系统的共同影响,8月1—5日,从我国东南沿海经江南南部、长江中游到华北中部和东北南部先后普降大—暴雨,部分地区大暴雨,局部地区特大暴雨,其中,河北34个县市总雨量超过200mm,6个县市超过400mm,并径达670mm;河南11个县市超过200mm,造成黄河下游花园口、海河流域发生大洪水,福建闽江、晋江、九龙江、鳌江等也发生洪水,闽、浙、赣、湘、鄂、豫、冀等省相继出现洪涝灾害,以河北灾害最重。

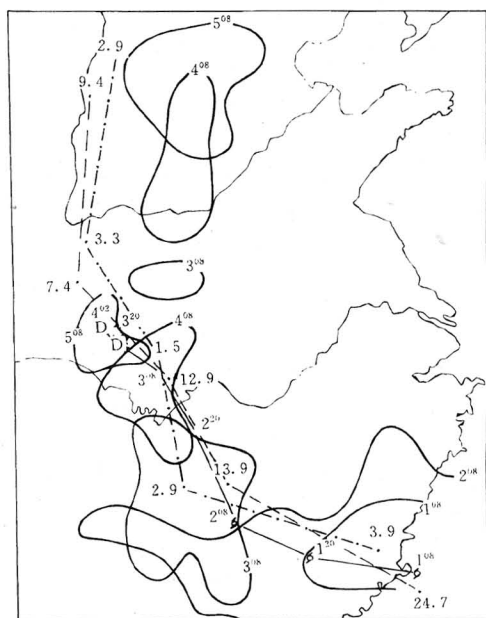


图4 9608号台风及其减弱后的低气压路径(实线)、暴雨区(曲实线)、850hPa上垂直速度中心(点划线,单位: $10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$)和涡度中心(虚线,单位: $10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$)动态图

4.2 台风暴雨

台风暴雨与台风的强度、周围环流场以及水汽输送、上升运动等基本物理条件密切

相关^[2]。9608号台风登陆时,中心附近气压为970hPa,最大风速 $33\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,非常强盛。对应台风对流层500hPa以下层有强烈的上升运动和气旋性涡度。利用HLAFS模式计算的1—2日台风环流中心附近850、700、500hPa上最大上升速度分别为 3.9×10^{-3} 、 3.3×10^{-3} 和 $3.1\times 10^{-3}\text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,且最大上升运动中心轴线从下往上向西倾斜,说明台风环流区的垂直运动并不是以中心轴对称的,较为复杂。气旋涡度最大值与台风中心较为一致,从850、700、500hPa上中心值轴线基本是垂直的,反映台风中心附近是气旋式流入,最大值出现在500hPa上,达 $28.4\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$,气流辐合上升是造成暴雨最重要原因之一。与此同时,该台风环流与位于黄河下游至日本及以南洋面上的副热带高压之间形成一支偏南风急流,南海南部和东部的西南风与菲律宾以东洋面的东南风在我国东南部汇合,700hPa上风速达 $20\text{--}35\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,2日08时,两支气流的辐合线大约位于广昌—福州一线。把海上水汽向台风环流中输送,是使台风得以维持的重要能量来源。伴随两支气流在中低层有向东南海上和华南东部海上开口的大比湿区,气流汇集地带比湿最大,850hPa上达 $35\text{--}43\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,对850、700、500hPa三层水汽输送计算结果表明,各层水汽输送比例为 $2.3:1.6:1$ 。辐合线附近和台风中心经过的闽、湘赣浙南部、粤东出现暴一大暴雨。

2日中午,台风减弱成低压,受东南气流牵引西北行,3日,低压显著减弱,3日20时,700hPa上,低压直径约300km,850、700、500hPa上垂直运动和气旋涡度亦随之明显减弱,三层上升运动的极值依次为 1.5×10^{-3} 、 1.2×10^{-3} 和 $1.6\times 10^{-3}\text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,850hPa上正涡度区最强,极值为 $12.9\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 。另外,随着台风低压西移,副高逐步南

落,并向西南扩展,致使偏南急流的风向顺转,原辐合线消失,东南沿海水汽通道变窄,南海水汽通道逐渐向西拓宽为主要水汽源地,低层水汽输送较1—2日却减小3—5倍,因此,3日低压所经之地的雨区雨强明显变小变弱,湘赣大部、鄂南只出现了大一暴雨,单站大暴雨。

3日20时,当500hPa上副高伸展到江南东部到华南东部时,副高西南侧的西南急流同与大陆高压连体的副高西北侧的东南气流在江淮至鄂东一带新生一条暖性辐合线与低压相连,并随西南急流增强向北抬。沿这两支气流4—5日分别有从 $25\text{--}35^\circ\text{N}$ 向东南海上开口及从 115°E 以西、 25°N 以南开口的水汽输送通道,湖北、黄淮西部和华北中南部为水汽辐合最大区域。另一方面,北欧低涡已在西西伯利亚平原一带向南加深发展,致使低涡前部高压脊在中西伯利亚地区也强烈经向发展,使脊前在我国东北到华北北部的一个低槽也加强东南移,它是9608号台风登陆时从蒙古国中部到我国河西地区逐日缓慢东移到此的。4日08时,北移的暖性辐合线与槽线的豫北、冀南等地相联结,槽后冷空气流入台风中低层暖湿气流之上,加强了位势不稳定能量。从穿过暴雨区西北东南向温度场结构垂直剖面图(图5)中可见,太原至济南上

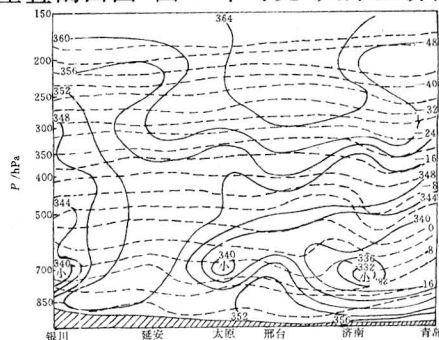


图5 1996年8月4日08时垂直剖面
说明同图2

空 450—800hPa 之间, 济南到青岛 350—800hPa 之间等温线下凹, 500—700hPa 层较为清楚, 表明冷空气已从中高层开始侵入中心位于豫西的低压环流东北部。反映在 θ_{se} 场上, 太原至青岛 400—800hPa 之间是 θ_{se} 低值区, 说明流入该层的冷空气干而冷, 其下 θ_{se} 很大, 对应着暖湿偏南气流, 形成一个较强的不稳定层, 强降雨即发生在这种层结的 θ_{se} 上凸密集区中, 对流不稳定能及潜热能的释放, 使上升运动迅速增强。4—5 日, 850、700、500hPa 上升运动极值分别达 3.3×10^{-3} 、 4.9×10^{-3} 和 $4.4 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 暴一大暴雨出现在这种强烈的上升运动、正负涡度梯度最大、水汽输送最强的冀中南、豫北、晋中等地(图 4)。3 日 20 时—5 日 08 时的 36 小时中石家庄的降雨量达 412mm。6 日, 另一股冷空气侵入低压, 使之减弱消失, 强降雨东退减弱。

5 讨论

5.1 1996 年汛期我国大部地区降雨量明显

偏多, 共出现 17 次强暴雨过程, 占总数的 63%。长江中下游地区梅雨期长, 梅雨量异常偏多, 暴雨集中在 7 月初至 8 月中旬, 南北方很多地区发生了不同程度的洪涝灾害。

5.2 长江中下游地区的强降雨出现在双阻型梅雨环流形势下, 梅雨锋具有特殊的结构及性质, 强降雨是切变线、低涡、西风槽及西南风低空急流等天气系统活动及相互作用的结果。

5.3 9608 号台风的强暴雨成因与台风登陆后的强度、维持时间及台风周围的环境流场有密切关系, 充沛的水汽、强烈的辐合上升运动和位势不稳定等是强暴雨形成的最根本物理条件。

参考文献

- 1 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理的方法. 北京: 气象出版社, 1981: 270.
- 2 丁一汇主编. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1992: 69.
- 3 王志烈, 费亮. 台风预报手册. 北京: 气象出版社, 1987: 280.

Features of Torrential Rainfalls during the Flood Season in 1996

Yang Keming Xu Yinglong Wang Dongsheng Liu Jiangyun

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

By using real-time data and physical parameters given by HLAFS, the weather/climate features of torrential rainfalls during the flood season in 1996 are analysed and the causes of four torrential rain events during the period of mei-yu and the heavy storm rainfall of typhoon 9608 are diagnosed. The results will benefit both operational forecast and research work.

Key Words: mei-yu front low-level jet unstable level