

Comparative analysis of heavy rain weather processes in Jintu County in recent three years

Wenqian Zou Xuyang Huang Mingzhu Wang Xu Wang Jiayan Ge

Jintu County Meteorological Bureau, Jintu, Jiangsu, 211600, China

Abstract

Using conventional meteorological observation data, real-time automatic station data, and Doppler radar data, this study conducts a comparative analysis of two heavy rainfall events in Jintu County on July 12-13, 2024 and August 9-10, 2025 through diagnostic analysis methods. The results indicate that under favorable circulation conditions, the eastward movement of upper-level troughs, mesoscale shear, southwest low-level jet stream, and surface low-pressure systems collectively contribute to heavy rainfall formation. These processes require conditions such as unstable stratification, sufficient moisture, and intense lifting motion, with the "train effect" significantly intensifying precipitation.

Keywords

Heavy rainfall; atmospheric circulation; diagnostic analysis

金湖县近三年暴雨天气过程对比分析

邹汶倩 黄旭阳 王明珠 王勖 葛佳艳

金湖县气象局, 中国·江苏 金湖 211600

摘要

利用常规气象观测资料、自动站实时数据和多普勒雷达资料等,通过诊断分析方法,对2024年7月12-13日和2025年8月9-10日发生在金湖县的两次暴雨过程进行对比分析。结果表明,在有利的环流背景下,高空槽东移、中低层切变、西南低空急流及地面低压系统共同作用易形成暴雨天气过程,并且需要满足不稳定层结、充足水汽和强抬升运动条件,“列车效应”会加剧降水。

关键词

暴雨; 大气环流; 诊断分析

1 引言

暴雨是金湖县夏季易出现的主要气象灾害之一,具有突发性强、降水强度大、影响范围集中的特点,常伴随雷暴、大风和冰雹等强对流天气。此类极端天气易诱发山洪、泥石流、城市内涝等次生衍生气象灾害,威胁农业生产和人民群众生命财产安全。近年来,许多学者对极端降水、暴雨等天气展开了深入研究。陈伟斌^[1]等对广西两次暴雨天气过程进行了对比分析,发现两次暴雨过程发生发展均表现出低层辐合、高层辐散,伴随上升运动的特征,低层有水汽辐合,且大气处于不稳定状态,说明在华南西部无论关有无急流建立,只要满足一定的条件,强降水就可发生;李晓容^[2]等分析指出,江苏处于高空急流入口区的右侧,高低空急流相

耦合,形成了高空辐散、低空辐合的动力机制,有利于暴雨中尺度系统的发生、发展;周梅^[3]等研究表明,地面辐合线锋生触发暴雨形成,同时也为雷暴单体在暴雨区上空“列车效应”的形成提供了持续的触发和抬升条件。

2 材料与方法

2.1 数据来源及天气实况

研究数据来源于金湖国家基本气象站2024年7月12-13日、2025年8月9-10日常规地面和高空气象观测资料、逐日和逐小时地面气象自动观测站资料和多普勒雷达资料。

2024年7月12日19时起至13日19时(简称“7.12”暴雨过程),金湖县出现暴雨,局部大暴雨,全县面雨量97.3mm,其中最大累计降水量227.9mm,出现在黎城街道;最大小时雨强97.4mm(12日23时-13日00时),出现在黎城街道。2025年8月9日19时起至10日19时(简称“8.9”暴雨过程),金湖县出现大暴雨,全县面雨量103.9mm,其中最大累计降水量195.8mm,出现在宝应湖农场;最大小时雨强64.7mm(10日03时-04时),出现在宝应湖农场。

【基金项目】淮安市气象局2025年度科研项目202510。

【作者简介】邹汶倩(2000-),女,助理工程师,从事地面测报、气象预报预警服务研究。

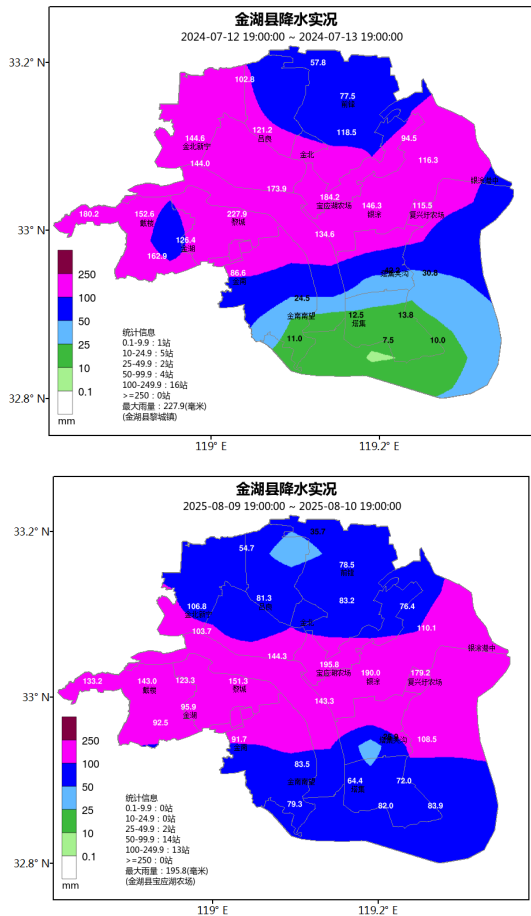


图1 “7.12”和“8.9”暴雨过程累计雨量分布

对比两次暴雨过程不同时效最大雨强(表1)发现,“7.12”暴雨中不同时效的最大雨强均出现在黎城街道,并且6h内雨强变化较大,说明此次过程降水时段集中,降水效率高,也导致主城区黎城街道受淹。“8.9”暴雨过程不同时效最大雨强出现在宝应湖农场和银涂镇,且每个时效间隔内降水量均有变化,表明此次过程降水持续时间长,降水量相对分散。经对比发现,虽然两次过程均出现大暴雨,但降水特点存在一定差异,“7.12”暴雨过程具有局地性强、持续时间短、降水效率高的特点,而“8.9”暴雨过程体现为降水面广,持续时间长。

表1 “7.12”和“8.9”暴雨过程不同时效最大雨强对比

暴雨过程	时效				
	1h	3h	6h	12h	24h
“7.12”	97.4mm	206.2mm	227.7mm	227.9mm	227.9mm
	黎城街道	黎城街道	黎城街道	黎城街道	黎城街道
“8.9”	64.7mm	95.1mm	104.3mm	134.7mm	195.8mm
	宝应湖农场	宝应湖农场	银涂镇	宝应湖农场	宝应湖农场

2.2 研究指标与方法

2.2.1 大气环流形势分析

通过天气实况,分析两次暴雨过程的大气环流形势,

包括中纬度低槽、西南急流、副热带高压和低涡切变等强度及其位置变化情况,以展现当时两次暴雨天气的环流特征。

2.2.2 物理量诊断分析

利用周边高空气象观测站的 T-lnP 探空结果分析两次暴雨过程的大气环境特征。通过分析环境条件、水汽条件、动力条件等物理量特征,来判断两次暴雨天气过程的形成原因。

2.2.3 雷达回波分析

利用 S 波段雷达拼图资料分析两次暴雨过程中系统的实况路径和回波强度变化。

2.2.4 EC 数值预报检验

通过 ECMWF 细网格模式对两次暴雨天气过程进行检验,检验模式预报得出两次过程的强度、落区和实况相比较是否存在偏差。

3 结果与分析

3.1 大气环流形势

2024年7月12日08时,200hPa高空急流强盛,急流核位于华北北部,研究区位于高空急流入口区右侧,存在明显的高空辐散,有利于低层气流辐合上升运动的发展和维持。500hPa中高纬为多波动环流形势,贝加尔湖附近和鄂霍茨克海南部有高空槽活动,湖北北部有短波槽东移,槽后偏北气流引导冷空气南下,研究区受槽前偏西气流影响;副高脊线大致维持在20°N附近。700hPa重庆至河南一带存在低涡切变系统东移,切变线呈西南-东北走向,研究区未来将受其影响。850hPa湖北西部有低涡切变活动,低涡中心与700hPa低涡位置配合较好,较强西南气流为江淮地区输送水汽和能量,使得江淮地区受暖湿气流控制。地面图上安徽中部存在弱低压,有利于气流的辐合上升。2025年8月9日08时,200hPa存在强盛的高空急流,急流核位于华北北部且强度大,研究区位于高空急流入口区右侧,高层辐散,强烈的辐散抽吸作用有利于低层低值系统发展,使得研究区气流上升运动维持并加强。500hPa中高纬呈多槽脊波动形势,贝加尔湖以东至山东中北部有一高空槽东移;副高北抬至30°N以北,研究区位于副高边缘,受偏西引导气流控制。700hPa我国中东部有低涡切变活动,低涡中心位于山东中西部,切变线呈东-西走向,江淮地区未来将受其影响,气流辐合明显。850hPa山东中部存在低涡切变系统逐渐南移,低涡中心与700hPa低涡位置配合较好,华南至江南一带有较强西南气流,为研究区源源不断地输送水汽和能量。地面上研究区处于低压中心南部位置,有利于气流的辐合上升运动。

3.2 物理量诊断

3.2.1 环境条件

2024年7月12日20时,K指数40.6℃,沙氏指数-1.4℃,说明大气层结具有一定的不稳定性。0℃层高度5km,抬升凝结高度1km,暖云层深厚,因此降水以暖云为主,降水效率高。对流有效位能CAPE值1202.9J/kg,适当的有效位

能为气流上升运动提供能量,且可使水汽基本处于暖云层高度,有利于提高降水效率。

2025年8月9日20时,K指数33.7℃,沙氏指数1.0℃,说明大气层结也显示出一定的不稳定性,但不稳定程度相较于“7.12”暴雨过程有所减弱。0℃层高度5.7km,抬升凝结高度1km,暖云层更加深厚,降水效率更高。对流有效位能CAPE值884.3J/kg,对流发展的能量条件稍弱。

3.2.2 水汽条件

水汽在极端暴雨中发挥十分重要的作用,大的水汽通量是出现暴雨的必要条件之一。“7.12”暴雨过程中,12日20时,水汽主要从南海出发,经两广、湖南、江西、安徽构建起明显的水汽通道,强盛的西南气流源源不断将水汽输送至江淮地区。13日02时,研究区上空水汽条件依然较好,并且淮河附近有气旋系统发展,有利于暴雨的维持发展。13日08时和14时,研究区上空水汽通量较小,水汽条件变差,暴雨过程逐渐趋于结束。“8.9”暴雨过程中,9日20时,研究区处于副高边缘,水汽主要来自我国南方地区,受副高边缘偏西引导气流的影响,形成了一条自西向东的水汽通道。北方冷空气南下,与南方暖湿气流在淮河附近对峙,切变线位于淮河一带。10日02时和08时,副高南退,水汽带南移,而研究区上空依然有一定的水汽通量,降水过程虽减弱但依旧持续。10日14时,随着副高继续南落,水汽通道南移,研究区上空水汽条件变差,暴雨过程渐渐停止。

3.2.3 动力条件

在两次暴雨过程中,研究区均位于高空急流入口区右侧及低空急流中心左前侧,并且地面上均受低压中心影响,此区域形成了高空辐散、低空辐合的上下配置,有利于对流层中低层形成强烈的上升运动,进一步促进了暴雨天气的发生发展。

3.3 雷达回波

通过分析雷达回波发现,“7.12”暴雨过程中,从19时起,研究区及周边区域长时间受30dBz以上的回波覆盖,特别是20时至次日00时,45dBz以上的强回波持续影响,是“7.12”暴雨过程形成的直接动力和水汽支撑。强回波在向东北方向移动的过程中,后部不断有新生单体生成并与前方回波移向保持一致,新旧单体重复经过研究区及周边区域,形成明显的“列车效应”,使得降水系统在金湖县上空长时间滞留,降水效率大幅提升,导致本次过程小时雨量大、累计雨量显著增加。“8.9”暴雨过程中,从21时起,研究区及周边区域受强回波带持续影响,存在大量40dBz以上的强回波区,局部甚至出现45dBz以上的强反射率。整个对流回波带呈东北-西南走向,缓慢向东南方向移动,在研究区及周边区域长时间停滞,导致降水量持续累积。

3.4 EC数值预报检验

“7.12”暴雨过程中,存在2个暴雨带,分别呈现东-西走向和东北-西南走向,大暴雨带主要覆盖江苏中部。从

降水落区看,EC细网格模式对江苏暴雨整体落区的空间分布趋势预报效果较好,降水集中在江淮之间地区,但大暴雨落区和与降水实况存在差异,同时漏报了江苏南部的暴雨带。从降水量级看,EC细网格模式对苏北地区降水量级预报较为准确,对沿江苏南地区的暴雨量级预报偏小,对江淮之间极端降水量级预报存在明显漏报。“8.9”暴雨过程中,雨带呈现东-西走向,覆盖江淮之间地区,大暴雨带横跨江苏中部。从降水落区看,EC细网格模式预报与江苏中部暴雨雨带走向一致。从降水量级看,最大降水量达195.9毫米,盐城境内存在120毫米的大暴雨点,而EC细网模式预报的大暴雨中心为99.6毫米,较实况明显偏低,且实况中盐城的120毫米大暴雨点在预报中未完全体现,存在量级低估、强降水中心漏报的情况。

4 结语

通过对2024年7月12-13日和2025年8月9-10日研究区的两次暴雨天气过程的特征和成因进行对比分析,探讨其预报难点,得到如下结论。(1)两次降水的主要环流形势由中高纬高空槽东移形成,槽后偏北气流引导冷空气南下,700hPa存在低涡切变东移,850hPa形势场上有低涡切变配合,且有较强西南气流输送充足水汽与能量,使研究区受暖湿气流控制,南下冷空气与西南暖湿气流的共同影响下形成强降水过程。在地面形势场上,弱低压促进了暴雨天气的形成。(2)不稳定层结、充足的水汽输送和强烈的抬升运动都是形成暴雨天气至关重要的环境条件。(3)强回波持续覆盖,降水集中时段常常出现40dBz以上的回波大值区,强回波在研究区及周边缓慢移动或停滞,降水量持续累积,强回波在移动过程中,后部不断生成新单体并于前方回波移向保持一致,形成“列车效应”,使得新旧单体重复影响研究区,造成研究区暴雨天气。(4)EC细网格模式对江苏雨带走向和整体落区预报把握较好,非极端区域量级预报可靠,但对极端降水量级预报不足,强降水核心落区预报存在偏差。本研究为农业生产过程中的天气预报服务质量提升提供参考。

参考文献

- [1] 陈伟斌,高安宁,陈见,赖珍权. 不同环境风场条件下两次暴雨过程对比分析[J].气象研究与应用,2012,33(03):14-20.
- [2] 李晓容,张雪蓉,濮梅娟. 梅汛期江淮切变线暴雨与非暴雨演变过程的合成对比分析研究[J].高原气象,2014,33(01):199-209.
- [3] 周梅,许洪泽,项素清,刘圣楠. 浙江中部地区初夏两次暴雨天气过程对比分析[J].气象与减灾研究,2023,46(04):278-286.
- [4] 陆相霖. 长江中上游一次极端暴雨天气过程成因分析[J].安徽农学报,2024,30(22):101-104.
- [5] 陈洁雯,张金宇,王文星,黄永基,骆宇豪. 粤北佛冈县两次特大暴雨过程对比分析[J].广东气象,2024,46(05):31-35.
- [6] 赵娴婷,魏建苏,朱定真. 急流在梅雨期持续暴雨过程中的作用[J].气象科学,2011,31(02):211-216.