

衡阳市暴雨天气学分型及特征分析

旷煜菲^{1*}, 苏伊伊¹, 肖冰霜¹, 汪文龙², 许 笛¹

¹衡阳市气象局, 湖南 衡阳

²常宁市气象局, 湖南 常宁

收稿日期: 2023年1月23日; 录用日期: 2023年2月21日; 发布日期: 2023年2月27日

摘 要

利用2009~2019年常规气象观测资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 逐6小时再分析资料, 根据湖南省的暴雨预报经验与方法, 对衡阳69例暴雨过程进行天气学分型, 分析物理量场等特征。结果表明: 1) 衡阳地区暴雨天气可分为5大类: 低涡切变型、风速辐合型、东风气流型、台风型和对流型暴雨。低涡切变型根据风向切变的特征又可分为冷式切变型和暖式切变型, 冷式与暖式切变型可互相转化, 风速辐合型根据影响的风向不同, 可分为南风 and 东北风辐合切变型。2) 低涡切变型为出现暴雨频率最高的类型, 出现次数为49次, 其中冷式切变型出现34次、暖式切变型出现15次, 其次为风速辐合型, 出现次数为15次, 南风辐合型出现12次、东北风辐合型出现3次, 出现频率最低的为对流型暴雨和东风气流型暴雨, 均出现1次, 台风型暴雨出现3次。3) 在影响衡阳降水的天气系统中, 大气中层很多时候没有明显的槽脊, 环流较平直但多小波动, 700 hPa的西南急流也不是必要条件, 地面多数时候有辐合线或处于辐合中心, 一定的湿层厚度为衡阳地区出现暴雨的必要条件, 湿层至少要达到大气平均层(600 hPa)以上, 大气低层的水汽辐合、中低层较强的垂直上升速度以及涡度场, 为衡阳出现暴雨天气的重要参考依据。

关键词

暴雨, 天气形势, 主观分型, 特征分析, 衡阳市

Analysis on the Classification and Characteristics of Heavy Rain in Hengyang

Yufei Kuang^{1*}, Yiyi Su¹, Bingshuang Xiao¹, Wenlong Wang², Di Xu¹

¹Hengyang Meteorological Bureau, Hengyang Hunan

²Changning Meteorological Bureau, Changning Hunan

Received: Jan. 23rd, 2023; accepted: Feb. 21st, 2023; published: Feb. 27th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 旷煜菲, 苏伊伊, 肖冰霜, 汪文龙, 许笛. 衡阳市暴雨天气学分型及特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(2): 255-266. DOI: 10.12677/ccrl.2023.122026

Abstract

Based on the conventional meteorological observation data from 2009 to 2019 and the NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 6-hour reanalysis data, according to the experience and method of heavy rain forecast in Hunan province, the weather classification of 69 heavy rain processes in Hengyang was carried out to analyze the characteristics of physical quantity field. The results show that: 1) the heavy rain in Hengyang area can be divided into five categories: low vortex shear type, wind speed convergence type, east wind flow type, typhoon type and convective type. According to the characteristics of wind direction shear, the low vortex shear type can be divided into cold shear type and warm shear type. The cold shear type and warm shear type can be converted to each other. The wind speed convergence type can be divided into south wind and northeast wind convergence shear type according to the different wind direction affected. 2) Low vortex, and for the most heavy rain type occurrences for 49 times, which cooled cutting variant appear 34 times, warm, and a 15 second type for wind speed convergence, occurrences of 15 times, south wind convergence appears 12 times, northeaster convergence appeared three times, the lowest frequency for convection type heavy rain and dongfeng airflow type torrential rain. All of them had one heavy rain and three typhoon-type heavy rains. 3) In the weather system affecting Hengyang precipitation, there is no obvious trough ridge in the middle atmosphere many times, the circulation is flat but more small fluctuations, the southwest jet 700 hPa is not a necessary condition, the ground most of the time there is a convergence line or in the convergence center, a certain thickness of wet layer is the necessary condition for the occurrence of heavy rain in Hengyang. The wet layer should at least reach the atmospheric average layer (600 hPa) above, the water vapor convergence in the lower layer of the atmosphere, the strong vertical rising speed and vorticity field in the middle and lower layer, for Hengyang heavy rain weather is an important reference basis.

Keywords

Heavy Rain, Weather Situation, Subjective Classification, Characteristic Analysis, Hengyang City

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

暴雨是中国主要灾害性天气之一，尤其是大范围持续性暴雨和集中的特大暴雨，致灾性强，不仅影响工农业生产，而且可能危害人民的生命，造成严重的经济损失。暴雨的预报又是天气预报中的难点，对暴雨过程的诊断分析和预报研究一直受到气象工作者、学者们的广泛关注[1] [2] [3] [4] [5]。

不少学者曾对湖南的暴雨天气进行过分型，但是衡阳的暴雨天气分型研究较少。陈静静等(2016) [6] 将湖南汛期暴雨分为低涡冷槽型、地面暖倒槽锋生型、副高边缘型、台风型、梅雨锋切变型和华南准静止锋 6 种。其中低涡冷槽型暴雨是出现频率最高的类型。戴劲等(2018) [7] 对 2011~2015 年 10 次湘潭伴有低空急流的暴雨天气过程分为：低槽型、冷式切变线型、暖式切变线型。可见低空急流的位置与暴雨落区也有较好的对应关系。暴雨天气的分型方法有很多，有客观方法[8] [9] [10] [11]、主观方法[12]-[19]、主客观结合方法[6]等，国外也有很多学者对降雨天气进行客观方法分型[20] [21] [22] [23]。大多数学者都采用主观分型方法，结合预报员经验对本地暴雨天气进行分类，客观分型法近年来用的人逐渐增多，许多客观分型方法最后还是要回归到主观经验进行检验，而主客观结合方法用得较少。衡阳位于湖南省中

南部,地处衡邵盆地区域,东北面有衡山山脉,地势四周高中间低,暴雨天气受地形影响明显,东北面的南岳高山站海拔近 1200 m,大约为大气层结 850 hPa 高度,对湖南乃至长江流域的暴雨天气都具有指示作用[24]。工作中发现,往往数值模式对大到暴雨量级的预报存在一定偏差,业务预报中常出现漏报(暖区暴雨)、空报(西风带系统暴雨)、预报量级偏小及降水时间偏晚等,由此对本地区暴雨天气历史个例进行总结分类很有必要,考虑到要便于业务工作使用,分类应尽量做到简洁易懂。

本文利用天气学分析,使用常规气象资料和再分析资料,基于暴雨天气个例系统配置,按照 850 hPa 影响系统,对衡阳地区 2009~2019 年暴雨天气进行主观分型,有效提高对衡阳暴雨天气的业务预报能力和精细化服务水平,更好地开展本地区的防灾减灾气象服务。

2. 研究区域概况与数据来源

2.1. 研究区域概况

衡阳市位于湖南省中南部,湘江中游,衡山之南,处于中南地区凹形面轴带部分,构成典型的盆地形势,区位较优越,是湖南省以及中南地区重要的交通枢纽之一,多条重要公路、铁路干线在此交会。衡阳境内流域面积在 3000 km² 以上的湘江一级支流有舂陵水、蒸水、耒水、洙水。衡阳市总面积 15,310 km²,地处东经 110°32'16"~113°16'32",北纬 26°07'05"~27°28'02",属亚热带季风气候。冬季偏暖,春季气温偏高,入春后降水较集中,年平均降水量约 1500mm,下半年夏秋季节雨水充沛,比较凉爽,雨季结束不明显。衡阳市辖南岳、珠晖、雁峰、石鼓、蒸湘 5 区,常宁、耒阳 2 个县级市,衡南、衡阳县、衡山、衡东、祁东 5 县,各县市设一个国家气象站点,图 1 为衡阳地形与气象观测站分布图,其中南岳气象观测站为高山气象站,为国家一级气候观测站,是长江中下游及华南地区的重要预报指标站。

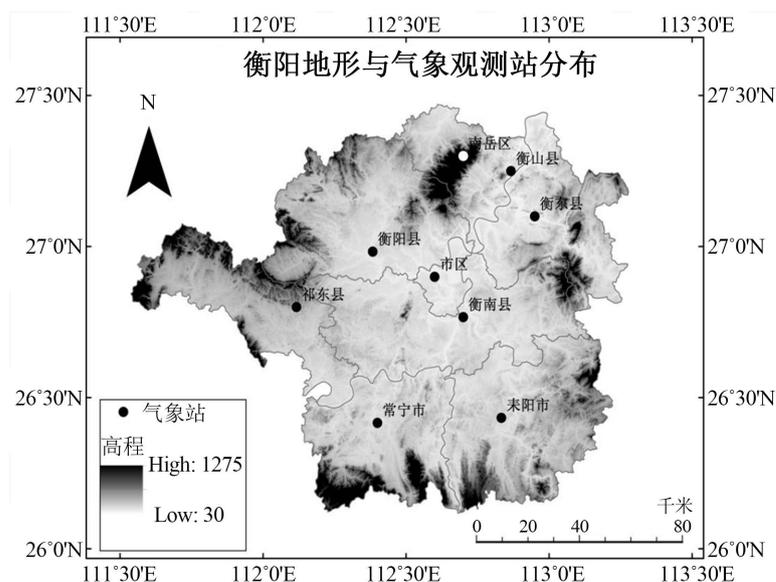


Figure 1. Distribution of topographic and meteorological observation stations in Hengyang

图 1. 衡阳地形与气象观测站分布

2.2. 研究资料与暴雨统计标准

2.2.1. 研究资料

本文使用的资料有:

- 1) 衡阳地区 9 个气象站 2010~2019 年 1~12 月的地面观测逐小时降水资料(其中包括南岳高山气象观测站), 资料由 CIMISS 气象数据统一服务接口提供;
- 2) 美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合制作的再分析数据, $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 逐 6 小时分析场 FNL 资料, 包括 1000 hPa~100 hPa 等层面的风场、气压、相对湿度、温度、海平面气压等数据。
- 3) Micaps 全国探空站探测的实况数据、物理量数据等, 资料由湖南省气象台提供。

2.2.2. 暴雨统计标准

本文提到的时间均为北京时, 汛期为每年的 3~9 月, 其余月份为非汛期。为了便于统计, 衡阳市国家气象站点逐日 24 h (20 时~20 时)雨量资料, 在 9 个气象站中, 规定在该时段内有两个或以上的站点出现 50 mm (含 50)以上降水量即为一个暴雨日。出现一个暴雨日的为一次暴雨个例, 连续两个暴雨日或以上则为一次连续暴雨过程。

3. 衡阳地区暴雨过程的天气学分型

从衡阳地区 2010~2019 年 1~12 月筛选的 69 次暴雨天气过程, 根据预报员习惯, 选择 500、700、850 hPa 以及近地面层作为主要分析层结, 大气高层系统作为辅助参考。通过各层天气系统配置分析得出, 在衡阳暴雨天气过程中, 500 hPa 槽脊不明显, 但是均存在高空波动(除了台风型暴雨), 700 hPa 是否伴有西南急流不起决定性作用, 近地面层几乎都存在辐合线, 并且辐合线位置与暴雨落区吻合。根据学者对湖南地区暴雨天气的总结以及自己的主观经验分析, 850 hPa 的天气系统为产生暴雨的主要影响因素, 根据 850 hPa 的天气影响系统, 对这 69 次个例进行暴雨天气分类。主要分为以下五类: 低涡切变型、风速辐合型、东风气流型、台风型、对流型, 出现比例分别为 71.01%、22.74%、1.45%、4.35%、1.45% (见表 1)。

Table 1. Frequency of various types of rainstorm (unit: number of times)
表 1. 各类暴雨出现的频数(单位: 次)

类型	低涡切变型 (冷式切变)	低涡切变型 (暖式切变)	风速辐合型(南风 辐合)	风速辐合型 (东北风辐合)	东风气 流型	台风 型	对流 型
频数	34	15	12	3	1	3	1
合计	低涡切变型 49		风速辐合型 15		1	3	1
百分比(%)	71.01%		22.74%		1.45%	4.35%	1.45%

为了便于理解, 笔者参考天气学分析中的中分析法, 将逐类分析各种暴雨天气的主要天气系统配置特点, 通过气象业务中常用的 Micaps4.5 操作软件画出概念模型图, 便于对各类暴雨天气分型的天气形势配置的理解。概念模型图中的各种标识说明见表 2。

Table 2. Identification description in the conceptual model diagram
表 2. 概念模型图中的标识说明

图标	说明	图标	说明
	500 hPa 槽线		850 hPa 温度槽
	700 hPa 急流(≥ 12 m/s)		850 hPa 温度脊
	850 hPa 急流(≥ 12 m/s)		地面辐合线
	850 hPa 切变线		850 hPa $T-T_d \leq 5^{\circ}C$ 的区域

3.1. 低涡切变型暴雨

低涡切变型暴雨为 850 hPa 风场产生偏北与偏南分量切变而形成的暴雨，衡阳地区暴雨天气类型出现频率最高的就是低涡切变型暴雨，十年来一共出现 49 次，大约占总数的 71%，低涡切变型可以细分为冷式切变型与暖式切变型。

3.1.1. 冷式切变型

冷式切变型暴雨为暴雨过程中出现频率最高的类型，近 10 年出现频率为 49.28%，出现次数为 34 次，多出现在 3~8 月，一般为整个湖南自北向南的降水过程。

概念模型见图 2(a)，850 hPa 风场特征为湘中附近有东北西南向或东西向的偏北风和偏南风分量切变线，有时有低涡存在，暴雨落区在切变线位置附近，若冷切位于湘中偏北，则暴雨区位于衡阳市北部的衡山、衡东、南岳等地。地面若为低压倒槽控制，此时 850 hPa 有温度槽或者地面有冷空气，易形成地面辐合线，触发低层对流，夏季出现的强降水水质心高度低，降水效率高，所以这种情况一般伴随短时强降水等强对流天气。500 hPa 多高空小波动或者在槽前西南暖湿气流中，槽的位置一般偏北一些，700 hPa 不一定要有西南急流存在，当西南风速不大时，反而利于降水在该地维持，从而出现局地较强降水，700 hPa 有西南急流存在时，往往降水落区更广。

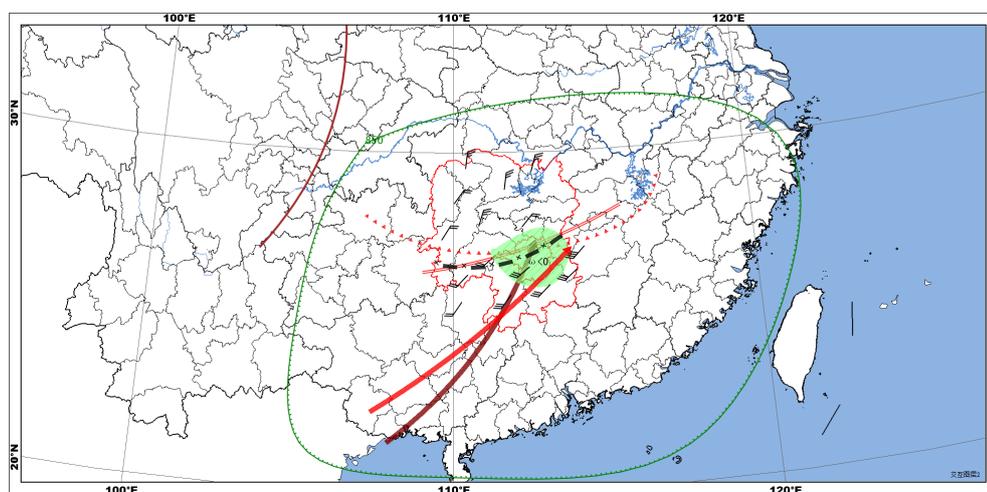
3.1.2. 暖式切变型

暖式切变型暴雨为衡阳地区暴雨过程中出现频率较高的种类，出现频率为 21.74%，多出现在 5 月、6 月大气中低层南风气流较强时，暖式切变型暴雨均伴有短时强降水。

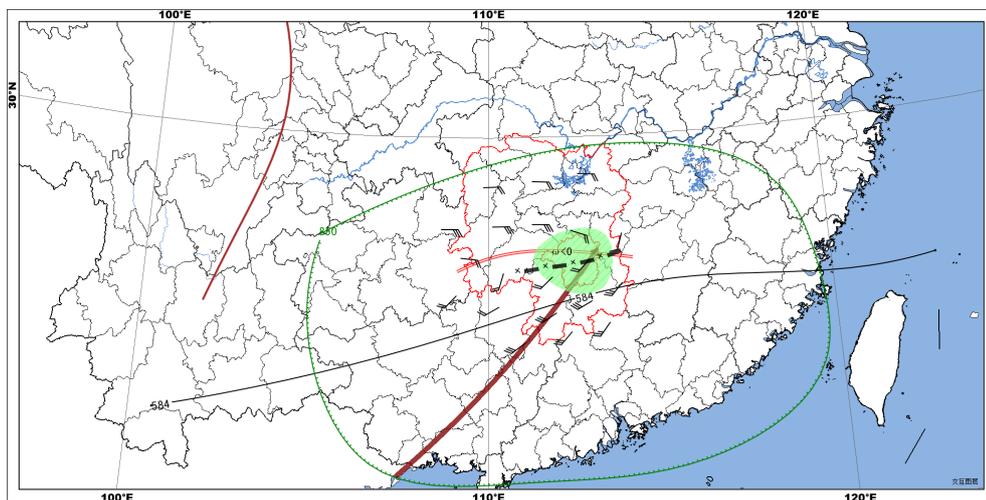
概念模型见图 2(b)，850 hPa 风场特征为湘中偏南地区有准东西向的偏东风和偏南风分量切变线，此时偏南风为主导气流，湘中偏南或湘南易生成暖切，有时为低涡东侧延伸出的暖式切变线，一般位置少动，或者转变为冷式切变线向南移出。500 hPa 多高空小波动或者在槽前西南暖湿气流中，700 hPa 甚至到 925 hPa 有时有西南急流，地面常常有辐合线或辐合中心存在。

3.2. 风速辐合型暴雨

风速辐合型暴雨为湘北或者更偏北有风向的切变线，而湘中偏南一带 850 hPa 风场一致，风场特征为风速大的吹向风速小的地区，这种由于风速的辐合脉动而形成的暴雨天气，十年里出现 15 次，大约占总数的 22.74%，为出现暴雨天气频率较高的类型，可分为南风辐合与东北风辐合型。



(a)



(b)

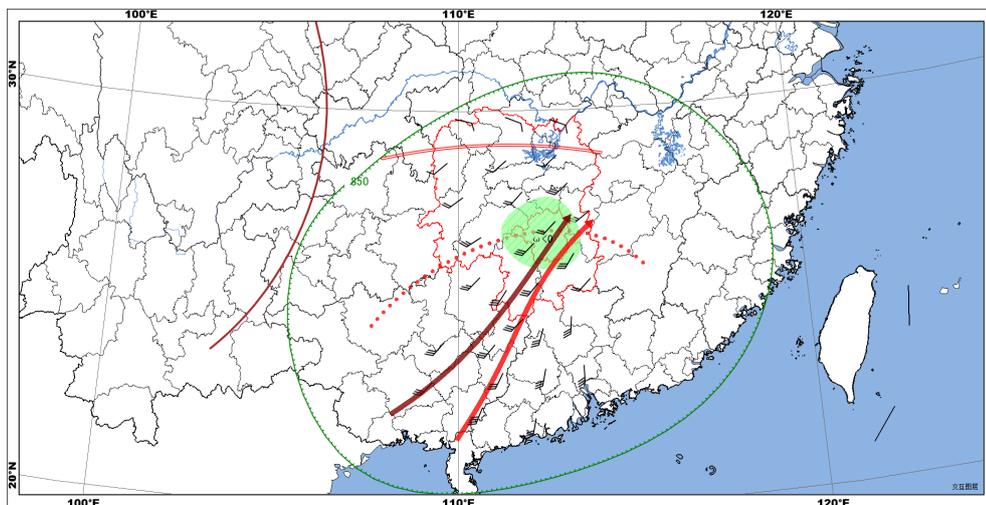
Figure 2. The typical rainstorm weather situation of low vortex shear type, Cold shear type (a) and warm shear type (b) (The wind plume is 850 hPa wind field, the shadow area is the rainstorm falling area, and the solid line marked with numbers is the equipotential height line of 500 hPa, and the rest is the same)

图 2. 低涡切变型暴雨典型天气形势配置，冷式切变型 (a)与暖式切变型 (b) (风羽为 850 hPa 风场，阴影区为暴雨落区，有数字标注的实线为 500 hPa 等位势高度线，余同)

3.2.1. 南风辐合型

南风辐合型暴雨一年四季均有出现，但多出现于 4 月，也为出现频率较高的一种，出现频率为 17.4%，降水类型有时为稳定性降水，最大小时雨强 8 mm 左右，有时出现局地暴雨，伴有短时强降水，大气整层无明显冷空气影响时，为暖区暴雨。

南风辐合型暴雨天气形势特征如下(概念模型见图 3(a))，850 hPa 在衡阳地区无明显的风向切变，为一致的南风气流，衡阳地区存在南风风速辐合，多数时候有温度脊，有较强的暖平流，500 hPa 常常环流较平直，有小波动东出，700 hPa 有较明显的西南急流，有时甚至大气低层 850 hPa~925 hPa 都存在较强的超低空西南急流，衡阳位于低空急流出口区，垂直剖面图上湿层较厚。地面一般处于高压底部偏南风中，有时地面有冷空气侵入，在春夏季易触发低层对流，形成对流性天气。



(a)

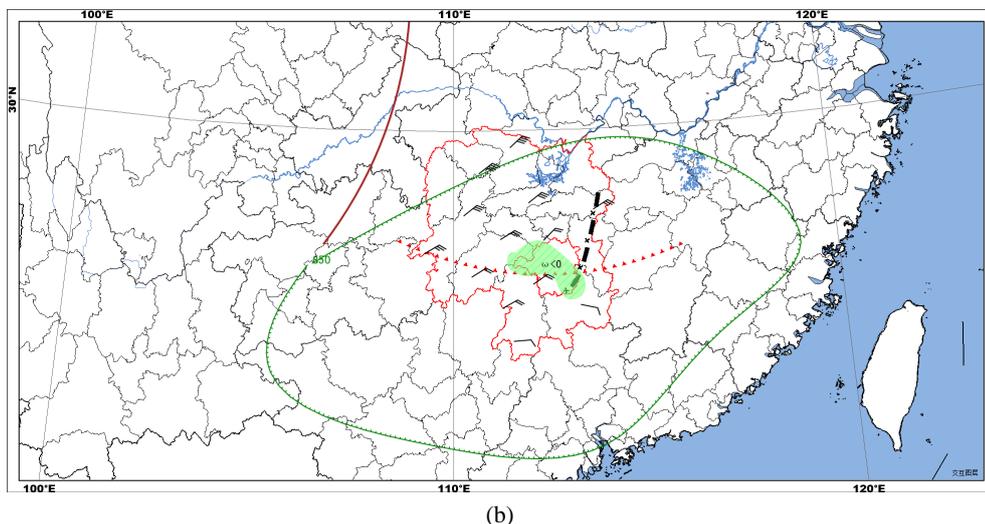


Figure 3. Typical rainstorm weather patterns of wind speed convergence type, South-wind convergence type (a) and northeasterly convergence type (b)

图 3. 风速辐合型暴雨典型天气形势配置, 南风辐合型 (a)与东北风辐合型 (b)

3.2.2. 东北风辐合型

东北风辐合型暴雨出现频率为 4.35%，一般出现在 5~8 月，东北风辐合型暴雨均伴有短时强降水等强对流天气。

概念模型见图 3(b)，在无台风影响的情况下，850 hPa 风场为一致的东北风，存在东北风辐合，大气低层有冷平流，冷平流带动低层系统移动，地面图上，湖南东部常常有北风和东风的辐合线，湿层较厚，厚度一般在 500 hPa 以上。在发生暴雨前，500 hPa 常常处于低槽前的西南暖湿气流里，发生暴雨天气时有高空小槽过境，槽后偏北气流带动低层冷空气南下，地面常有冷空气侵入，而 700 hPa 西南急流不是必要条件。

3.3. 台风型暴雨

台风型暴雨出现次数较少，大约占总数的 4.35%，多出现在 8 月。

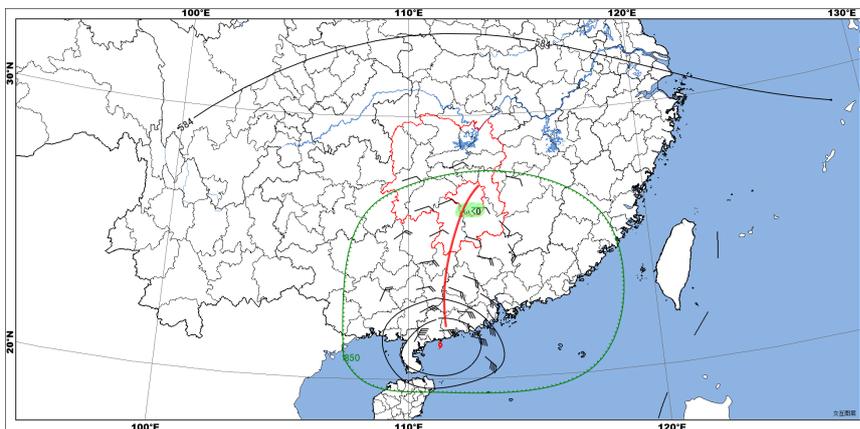
从大背景环流形势来看，长江中下游以南处于西太平洋副热带高压南侧的东风波影响中，584 dagpm 线控制了整个长江中下游地区，此时太平洋海上多热带系统扰动。此类暴雨形势为台风从我国东南部或南部沿海登陆，衡阳地区受台风外围云系影响(概念模型见图 4(b))，一般处于台风的第一或第二象限，或受登陆台风低压倒槽影响(概念模型见图 4(a))，研究的近 10 年中衡阳出现过 3 次台风型暴雨，衡阳处于台风第二象限的发生过 2 次，处于台风第一象限的发生过 1 次。在处于第二象限时，大气中低层受上下一致的较强的东北风影响，湿层深厚，水汽条件好，均处于水汽通量散度大值区，有很强的水汽辐合，均伴有短时强降水。暴雨落区和强度取决于台风的登陆的强度以及路径，台风型暴雨天气类型中，台风外围云系影响的暴雨落区分散，预报难度较大，台风倒槽影响的暴雨落区相较于外围云系影响的预报难度小。

3.4. 对流型暴雨

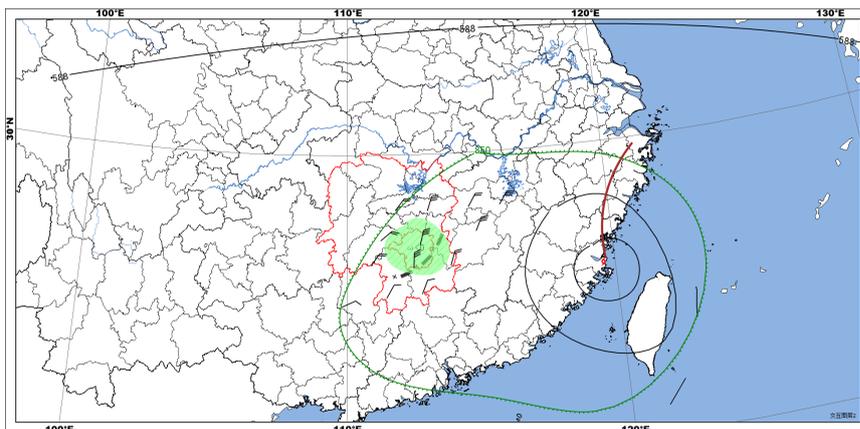
对流型暴雨出现在夏季，为五种类型里，形势最特殊的一种，较为少见，出现次数大约占总数的 1.45%。对流型暴雨最明显的特征为暴雨落区分散，降水持续时间短，降水效率高，伴有短时强降水。

从环流形势分析，对流型暴雨的影响天气系统较弱，湿层厚度不超过 600 hPa，600 hPa 以上为干区，600 hPa 以下为湿区，垂直剖面图上相对湿度场表现为“上干下湿”，风场表现为低层顺转，即低层有暖

平流，中高层逆转，中高层有冷平流。700 hPa 无西南急流，700~500 hPa 为弱的偏东气流影响，地面有弱冷空气侵入，概念模型见图 5(a)。



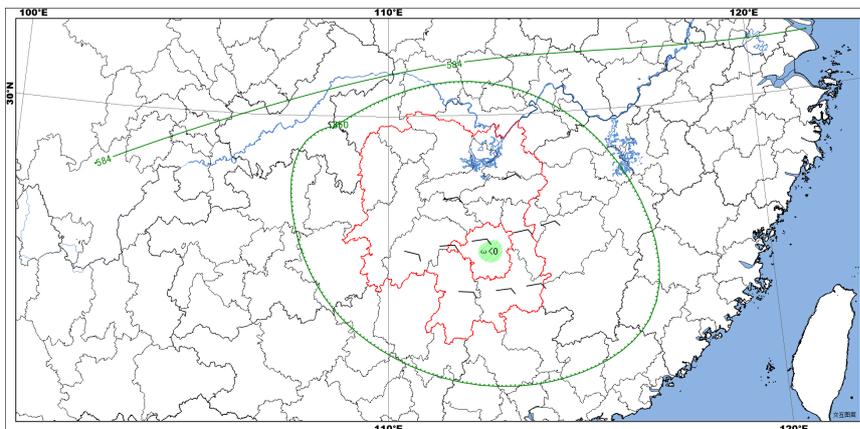
(a)



(b)

Figure 4. Two typical configurations of typhoon-type rainstorm weather: Influence of typhoon trough (a) and influence of typhoon outer cloud system (b) (Solid lines without digital marks are surface isobars)

图 4. 台风型暴雨天气形势的两种典型配置，台风倒槽影响 (a)与台风外围云系影响 (b) (没有数字标注的实线为地面等压线)



(a)

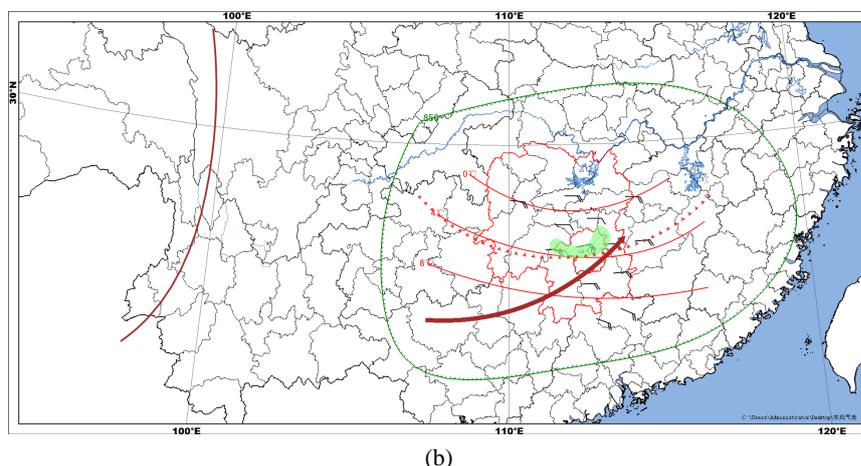


Figure 5. Typical rainstorm weather pattern configuration: Convection pattern (a) and easterly flow pattern (b)
图 5. 暴雨典型天气形势配置, 对流型 (a)与东风气流型 (b)

3.5. 东风气流型暴雨

东风气流型暴雨 850 hPa 风场表现为偏东气流, 一般出现在冬季, 为稳定性降水, 由于降水时间较长而形成暴雨天气, 冬季暴雨本就较为少见, 所以该类型暴雨天气出现次数不多, 大约占总数的 1.45%。

东风气流型暴雨一般伴随地面冷空气, 500 hPa 处于南支槽前, 多小槽波动, 850 hPa 存在温度槽, 有冷平流。此类暴雨存在较深厚的湿层, 700 hPa 都伴随较强的西南急流, 近地面层的冷空气使中低层暖湿空气抬升, 触发降水, 西南急流在冬季为衡阳地区输送源源不断的水汽, 从而产生暴雨天气, 概念模型见图 5(b)。

4. 各类型暴雨天气特征分析

通过对 5 类暴雨天气典型个例的环流形势以及物理量分析, 总结出典型暴雨天气系统配置以及各暴雨站点的物理量条件(如表 3), 从而对上述衡阳各类暴雨天气的发生发展机制有更深入的理解, 以期对衡阳暴雨天气预报有一定的参考作用。其中, SW 为西南急流(单位: m/s), q_{div} 为水汽通量散度(单位: $g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$), ω 为垂直速度(单位: pa/s), vor 为涡度(单位: s^{-1}), $thetase$ 为假相当位温(单位: K)。

4.1. 环流背景

从衡阳市产生暴雨天气的大气环流形势来看, 500 hPa 的低槽并不明显, 只有在存在东北风辐合或者冬季冷空气强盛, 表明中层冷气团占主导位置, 有较强的冷平流时, 才有明显的低槽发展; 大多数的暴雨天气型中 700 hPa 都存在有明显的西南急流, 为衡阳暴雨天气打通水汽通道, 表示 700 hPa 的急流以及水汽输送确实是产生暴雨天气的一个必不可少的因素; 当产生暴雨天气时, 850 hPa 除了明显的风场切变、辐合特征, 几乎都存在冷平流或暖平流, 说明有气团影响, 这也对暴雨天气预报具有一定的指示意义。近地面层来看, 在出现低涡切变暴雨天气型时, 地面辐合线对暴雨天气落区有很好的指示作用。

4.2. 物理量分析

除了各类暴雨过程的天气系统配置外, 水汽条件与动力条件是衡阳产生暴雨天气的一个重要原因, 热力条件为非必要条件。从水汽条件来看, 饱和湿层的厚度至少要达到 600 hPa, 为出现暴雨的必要条件, 其次看水汽辐合的区域, 对暴雨的产生以及落区也很有指示意义; 从动力条件来看, 大气中低层有一定

的垂直上升速度是产生暴雨天气的必要条件，涡度场的配合对降水的持续时间有指示作用；从热力条件来看，不是产生暴雨的一个必要条件，但是对降水强度有一定的参考意义，热力条件好的时候，利于降水效率的增强，预报时要注意判别是否会出现短时强降水等对流性天气。

从各类暴雨天气型的物理量条件来看，低涡切变型暴雨天气系统配置较好，动力、水汽条件好，再配合一定的热力条件，导致降水效率较高(暖式切变型)；风速辐合型暴雨天气的热力条件较差，水汽、动力条件较好；台风型水汽、动力、热力条件均配合较好；东风气流型暴雨水汽辐合与热力条件较差；对流型暴雨水汽、热力条件较好，涡度因子配合较差。

Table 3. Typical rainstorm weather system configuration and physical quantity conditions in Hengyang
表 3. 衡阳各类典型暴雨天气系统配置及物理量条件

类型	低涡切变型 (冷式切变)	低涡切变型 (暖式切变)	风速辐合型 (南风辐合)	风速辐合型 (东北风辐合)	台风型	东风气流 型	对流型
500 hPa	高空波动/槽前	高空波动/槽前	环流平直	高空槽过境	已登陆台风或外围风场影响	南支槽前	弱偏东气流
700 hPa	SW	SW	SW	无 SW	同上	SW	无 SW, 冷平流
850 hPa	冷切	暖切	SW, 温度脊/暖平流	冷槽/冷平流	同上	温度槽/冷平流	暖平流
地面	辐合线	辐合线	高压底后部	冷空气	同上	冷空气	弱冷空气
动力条件 850~500 hPa	$\text{vor}850 > 0;$ $\omega < 0$	$\omega < 0$	$\text{vor}850 > 0;$ $\omega < 0$	$\Omega < 0$			
水汽辐合 850 hPa	$\text{qdiv} < 0$	$\text{qdiv} < 0$	$\text{qdiv} < 0$	$\text{qdiv} < 0$	$\text{qdiv} < 0$	无	$\text{qdiv} < 0$
热力条件 850 hPa	无	$\text{thetase} > 348 \text{ K}$	无	无	$\text{thetase} > 348 \text{ K}$	无	$\text{thetase} > 348 \text{ K}$

5. 结论与讨论

5.1. 结论

根据对衡阳地区 2010~2019 年 69 例暴雨过程进行天气学分型以及物理量特征分析，得到以下结论：

1) 衡阳地区暴雨天气可分为 5 大类：低涡切变型、风速辐合型、东风气流型、台风型和对流型暴雨。低涡切变型根据切变线的特征，可分为冷式切变型与暖式切变型，冷式切变型暴雨为出现暴雨频率最高的类型，其次为暖式切变型，风速辐合型根据风场的不同，可更细致地分为南风辐合型与东北风辐合型，东北风辐合型相较于南风辐合型出现次数较少。出现频率最低的为对流型暴雨与东风气流型暴雨。

2) 冷式切变型暴雨多出现在 3~8 月，一般为全省自北向南大范围的降水天气过程，暖式切变型暴雨多出现在 5~6 月，暖式切变线多在湘中偏南一带生成，一般位置稳定少动，或者转为冷式切变线向南移出。南风辐合型暴雨一年四季均有出现，东北风辐合型暴雨一般出现在 5~8 月，均伴有短时强降水。东风气流型暴雨一般出现在冬季，为稳定性降水。台风型暴雨多出现于 8 月，衡阳一般处于台风第一或者第二象限，台风外围云系影响时暴雨落区分散，台风倒槽影响时暴雨落区较集中。对流型暴雨天气形势

最特殊,均伴有短时强降水,大气中低层为弱的偏东气流影响,均没有明显的天气系统,要结合剖面图及物理量场分析。

3) 从各类暴雨个例的天气特征来看,低涡切变型与台风型暴雨的天气配置特征最为明显,大气整层配置较好,各个物理量指标也配合较好;南风辐合型暴雨和东北风辐合型暴雨天气,大气低层的急流为该类型暴雨天气最有利的特征,南风辐合型暴雨,大气低层的暖湿平流输送,产生不稳定层结,有强上升运动,而东北风辐合型暴雨,存在低层冷平流与中层暖湿气流的上下配置,冷空气将暖湿空气抬升冷却凝结,易形成暴雨天气;对流型暴雨的天气配置特征不明显,对流型暴雨最有特点的为“上干冷下暖湿”的大气层结,大气风场呈现中高层风向逆转,低层风向顺转,T-lnP 图为“喇叭口”结构,热力条件较好,大气低层也有较强的水汽辐合,该类暴雨天气动力条件相比于其他类型的较差。

5.2. 讨论

为了进一步加深对衡阳地区暴雨天气的了解,提高衡阳地区暴雨预报的准确率,提出以下待研究的科学问题:

1) 暴雨过程的分型主观性较强,需要在今后的工作中经过长期观察并进行检验,下一步可以利用主观客观结合的方法,完善各类暴雨天气发生发展机理。

2) 本文只是从产生暴雨的天气形势进行分类,还可以通过总结各项物理量阈值,来提高暴雨预报的准确度。地形也是影响暴雨发生发展的一个重要因素,研究起来较为复杂,值得关注。

基金项目

湖南省气象局预报员专项(XQKJ20C007),衡阳市气象局科研项目(HYXQKJ20B002)。

参考文献

- [1] Chen, Y. and Zhai, P.M. (2013) Persistent Extreme Precipitation Events in China during 1951-2010. *Climate Research*, **57**, 143-155. <https://doi.org/10.3354/cr01171>
- [2] Chen, Y. and Zhai, P.M. (2013) Two Types of Typical Circulation Pattern for Persistent Extreme Precipitation in Central-Eastern China. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **140**, 1467-1478. <https://doi.org/10.1002/qj.2231>
- [3] Shepherd, M., Mote, T., Dowd, J., et al. (2011) An Overview of Synoptic and Mesoscale Factors Contributing to the Disastrous Atlanta Flood of 2009. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **92**, 861-870. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3003.1>
- [4] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 30-31.
- [5] 牛若芸, 刘凑华, 刘为一, 等. 1981-2015 年中国 95°E 以东区域性暴雨过程时、空分布特征[J]. 气象学报, 2018, 76(2): 182-195.
- [6] 陈静静, 叶成志, 吴贤云. 湖南汛期暴雨天气过程环流客观分型技术研究[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(2): 119-125.
- [7] 戴劲, 何宁, 袁红松, 等. 湘潭低空急流暴雨天气分型及雷达回波特征分析[J]. 三峡生态环境监测, 2018, 3(1): 47-52.
- [8] 严明良, 王猛, 于波, 等. 基于模糊聚类分型的数值产品暴雨预报释用方法[J]. 气象科学, 2008, 28(5): 581-585.
- [9] 霍星远, 戴海燕, 谢华光, 等. 辽宁省朝阳地区暴雨分型及预报指标分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(28): 15718-15721.
- [10] 戴泽军, 蔡荣辉, 彭莉莉, 等. 湖南持续性区域暴雨气候特征及暴雨落区分型[J]. 高原气象, 2019, 38(3): 573-582.
- [11] 周璇, 孙继松, 张琳娜, 等. 华北地区持续性极端暴雨过程的分类特征[J]. 气象学报, 2020, 78(5): 761-776.
- [12] 黄小玉, 陈媛, 顾松山, 等. 湖南地区暴雨的分类及回波特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(5): 635-643.
- [13] 邵美荣, 石慕真, 杨娃娃, 等. 黑龙江省短时暴雨天气分型及雷达回波特征[J]. 黑龙江气象, 2009, 26(4): 1-2.
- [14] 陈明璐, 胡勇林, 林宝亨, 等. 近 10 年 5~8 月桂东南区域持续性暴雨分型及模型建立[J]. 气象研究与应用, 2012,

- 33(S1): 95-96.
- [15] 喻长建, 陈姣荣, 喻宇, 等. 岳阳 2015-2017 年暴雨空间分布与天气形势特征分析[J]. 气象科技进展, 2020, 10(3): 117-122.
- [16] 王志超, 张良玉, 邢彦超. 冀中暴雨预报分型研究[J]. 农业灾害研究, 2019, 9(1): 37-38.
- [17] 王成福, 谢蕊, 吉哲君, 等. 甘南高原大到暴雨天气过程分型及特征[J]. 干旱气象, 2019, 37(1): 97-108.
- [18] 李应桃, 胡永松, 陈翱章, 等. 毕节市暴雨环流系统分型[J]. 农业气象, 2017, 19(48): 56-57.
- [19] 马志敏, 杨素雨, 王治国, 等. 云南局地暴雨分型研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2020, 42(1): 108-118.
- [20] Tobar, V. and Wyseure, G. (2018) Seasonal Rainfall Patterns Classification, Relationship to ENSO and Rainfall Trends in Ecuador. *International Journal of Climatology*, **38**, 1808-1819. <https://doi.org/10.1002/joc.5297>
- [21] Jones, M.R., Blenkinsop, S. and Fowler, H.J. (2014) Objective Classification of Extreme Rainfall Regions for the UK and Updated Estimates of Trends in Regional Extreme Rainfall. *International Journal of Climatology*, **34**, 751-765. <https://doi.org/10.1002/joc.3720>
- [22] Gocic, M. and Trajkovic, S. (2013) Spatio-Temporal Patterns of Precipitation in Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, **117**, 419-431. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1017-7>
- [23] Wu, M.L., Snyder, B.J., Mo, R., *et al.* (2013) Classification and Conceptual Models for Heavy Snowfall Events over East Vancouver Island of British Columbia, Canada. *Weather and Forecasting*, **28**, 1219-1240. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-12-00100.1>
- [24] 徐双柱, 陈静静, 王青霞, 等. 南岳山、庐山高山站风场对长江流域梅雨锋暴雨的指示作用[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(3): 213-218.