

Characteristics and weather classification of extreme sustained heavy precipitation in Fujian

Zijian Qiu

Meteorological Bureau of Longyan City, Fujian Province, Longyan, Fujian, 364000, China

Abstract

Based on the hourly precipitation data of the regional automatic station in Fujian Province from April to September 2008 and September 2008 and the ERA-Interim reanalysis data, the classification of extremely persistent heavy rainfall (EPHR) in Fujian Province was carried out. The results show that EPHR in Fujian Province is divided into three categories according to the main affecting systems: cold shear linear type, tropical system type and subtropical high pressure edge type. Among them, the tropical system type accounts for the largest proportion of 54%, which can be divided into tropical cyclones and easterly waves, and the structure and movement path of the tropical system have a great impact on the landing area. The second is the cold shear line, accounting for 31% of the total, which often occurs in front of the high-altitude trough and near the middle and low-level shear lines. The sub-high edge type is divided into the western and northern edge types of the sub-high height, accounting for 14% of the total. The topography has a certain enhancement effect on extreme precipitation, especially tropical system processes. Subtropical high pressure in different positions has different effects on the falling area and rainfall intensity of EPHR.

Keywords

EPHR; circulation type; physical quantity characteristics

福建极端持续性强降水的特征及天气分型研究

邱子健

福建省龙岩市气象局, 中国 · 福建 龙岩 364000

摘 要

利用2008-2023年4-9月福建省区域自动站逐小时降水量资料、ERA-Interim再分析资料等,对福建省的极端持续性强降水(Extremely Persistent Heavy Rainfall, EPHR)进行了分型研究。结果表明:福建省的EPHR按主要影响系统分为三类:冷槽切变线型、热带系统型和副热带高压边缘型。其中,热带系统型占比54%为最多,又可分为热带气旋类和东风波类,热带系统的结构、移动路径等对落区影响大。其次为冷槽切变线型,占总数的31%,常发生在高空槽前、中低层切变线附近。副高边缘型分为副高西、北边缘型,占总数的14%。地形对极端降水有一定的增强效应,尤其是热带系统型过程。处于不同位置的副热带高压对EPHR的落区和雨强有不同的影响。

关键词

EPHR; 环流类型; 物理量特征

1 引言

中国是强降水事件的高发区,全球气候变化导致了更频繁、更严重的极端降水事件,并导致洪水和城市内涝等灾害^[1]。福建是极端降水的高发区^[2,3],且有逐年增加趋势人^[4]。其中,极端持续性强降水(Extremely Persistent Heavy Rainfall, EPHR)具有持续时间长、降水强度高、致灾性强等特征,给日常业务预报工作带来巨大的困难和挑战。

极端持续强水是指小时雨强超过 20 毫米、持续时间超过 5 小时且允许有一小时中断的强降水事件^[5]。大部分发生在中国南方的 EPHR 可归类为暖区降雨^[5],与天气尺度和中尺度系统密切相关^[6]。华南沿海的 EPHR 发生受北部湾低压控制^[5]。低空急流在 EHR 的触发和维持起到重要作用^[7]。此外,台风也是引发 EPHR 的重要天气系统,地形的抬升、

阻塞和台风路径、移速、强度等的共同作用影响了海南岛和东南沿海地区的 EPHR 的发生和维持^[8]。

造成 EPHR 的天气系统多种多样,影响福建省 EPHR 的形成和维持的主要天气形势和主要天气系统尚不明晰,EPHR 的天气分型是做好监测、预报的基础,也是本文的研究重点。

目前许多学者开展造成强降水的天气系统的分析、分型等工作。梁钰等^[10]按照 500hPa 影响系统将淮河流域的连续性暴雨分为低槽型,副高边缘型,西北低涡型三类,江淮气旋是引起流域区域性暴雨的主要天气系统^[9]。张一平等^[11]将短时强降水过程分为副高边缘型,低槽型和台风倒槽型。周芳等^[12]将江西局地短时强降水过程分为槽前型,槽后型,热带系统型,副高边缘型和副高控制型。尽管对于强降水的

天气分型问题已有大量长期、细致的工作,但是对 EPHR 的天气分型工作尚未有系统性的研究。

综上所述,福建省是 EPHR 的高发地区,对引发福建省 EPHR 的尚未开展系统的研究。为解决上述问题,本文基于 2008-2023 年 4-9 月福建省区域自动站逐小时降水量资料、ERA-Interim 再分析资料,采用分类合成方法进行了分型研究。

2 数据与方法

2.1 福建省区域自动站逐小时降水数据和热带气旋最佳路径数据集

本文采用降水观测数据为福建省 2008-2023 年气象站的逐小时降水数据。热带气旋最佳路径数据集来自中国气象局上海台风研究所 (<https://tcdata.typhoon.org.cn/>)。

2.2 极端持续性强降水的定义

本文采用 Zhang 等^[5]提出的 EPHR 的定义,小时雨强超过 20 毫米、持续时间超过 5 小时且允许有一小时中断的强降水事件。

2.3 分型方法

本文参考既往研究^[13]并结合实际情况,考虑天气尺度系统的演变过程为主要分型依据。再基于同一类 EPHR 过程的风场、湿度、热力物理等要素做合成分析。

3 主要结论

福建省的 EPHR 按主要影响系统分为三类:冷槽切变线型、热带系统型、副热带高压边缘型。其中,热带系统型占比 54% 为最多,又可分为热带气旋类和东风波类;其次为冷槽切变线型,占总数的 31%;副高边缘型分为副高西、北边缘型,占总数的 14%。

3.1 冷槽切变型

冷槽切变型极端降水的主要影响系统是中层 (500hPa) 的高空槽和低层 (850hPa) 的冷式切变线,EPHR 发生在高空槽前西南气流下,全省皆可出现。

500hPa 在中高纬度为深的高空系统 (图 1a),槽前正涡度平流较强,大尺度的动力强迫有利于大范围地区维持较长时间的上升运动。低层受冷式切变线的影响,切变线南侧通常均伴有急流 (图 1b/c)。本型多伴有低涡系统,在东移过程中其西南侧的冷式切变线影响福建,且多伴有西南风急流,为极端降水提供高温高湿的不稳定层结和触发条件。此型的强降水区位于高空槽和冷式切变线东南侧,呈东北-西南向带状分布。

此类 EPHR 发生时具有充足的热力条件和水汽条件,k 指数大于 30,850 hPa 比湿可达 $12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,露点高,温度露点差小,有利于持续性的降水发生。

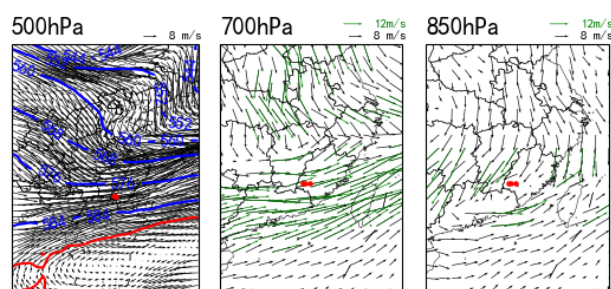


图 1 冷槽切变线型极端持续性强降水过程合成的天气形势, (a~c) 500、700、850 hPa 风场和高度场 (等值线, 单位: dagpm), 绿色等值线为 588dagpm 等值线。红色散点是 EPHR 发生点。

3.2 热带系统型

热带系统型 EPHR 常由热带气旋本身或与其他天气系统相互作用而形成^[12],产生于热带系统直接或间接影响福建的过程中,可进一步细分为热带气旋类、东风波类和季风槽类。此类热带系统因水汽条件和动力条件好,再配合地形的增幅,极易引发 EPHR 天气。EPHR 落区和强度受到系统路径、影响时长、相对位置等多方面因素影响。

当热带气旋登陆或正面影响福建时,强降水区多分布在气旋方向的左侧 (南侧) 或山脉迎风坡。例如热带气旋走西北路北上进入福建时,降水落区集中在闽中、闽南;西太平洋热带气旋走西路影响福建时,强降水的落区则位于沿海地区和山脉迎风坡。若热带气旋中心未进入福建,受地面倒槽和偏南气流影响,强降水主要出现在闽南等沿海地区。若有其他系统相互作用时,情况更加复杂多变,需要综合考虑。例如若登陆后的热带气旋仍与季风云团保持连接,或者有北方冷空气南下配合,也会出现 EPHR。

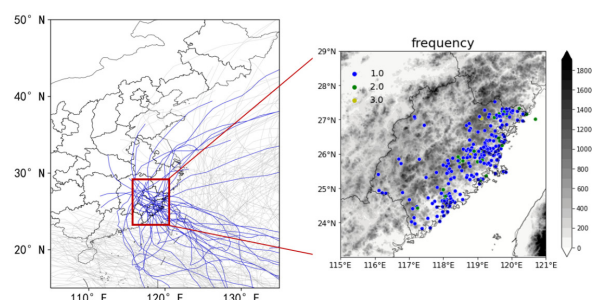


图 2 引发 EPHR 的台风路径和发生的 EPHR 的频次的空间分布, 填色为海拔高度

3.3 副高边缘型

副高边缘型 EPHR 发生在副高边缘不稳定区域,且有高空槽、台风倒槽等系统配合的情况。主要有副高西边缘类这副高北边缘类这两种类型。

副高西边缘型 EPHR 发生时,500hPa 北跳至江淮地区,120° 脊线位于 27° N 附近,北方高空槽东移,低层有西南

风就,高空冷平流与低层暖湿气流叠加形成热力不稳定层结。热力条件较好,K指数大于30,温度和露点较高,对流系统多为南风脉动引起,配合较好的水汽条件形成持续性降水。副高北边缘型发生时候常受到东北冷涡等系统影响,上空有明显的气流辐散区,850hPa切变线从东移,强降水出现在切变南侧的西南风低空急流出口区。对流系统在地面辐合线和边界层切变线上的高湿区内触发、发展,随后缓慢向东北方向移动,形成EPHR。

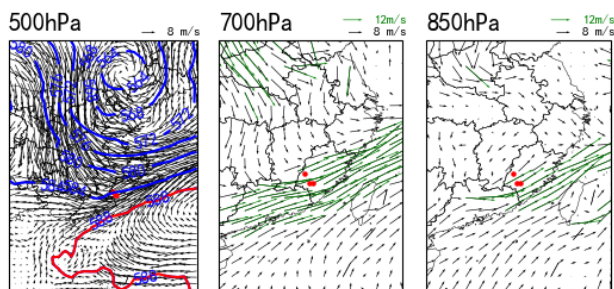


图3 同图1, 但为副高边缘型(北缘)

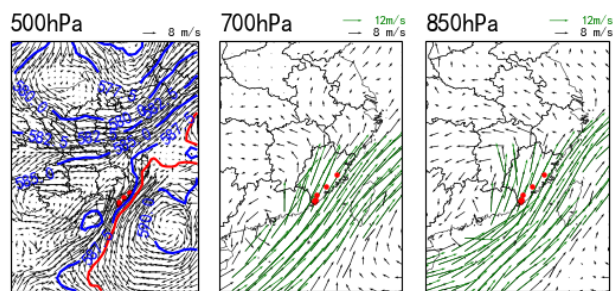


图4. 同图, 但为副高边缘型(西缘)

4 总结与讨论

基于2008-2023年4-9月福建省区域自动站逐小时降水量资料、ERA-Interim再分析资料和台风路径资料,利用百分位阈值法计算适用于福建省的EPHR的持续时间阈值并筛选极端持续性强降水事件,采用天气学分析和分类合成方法,分析了福建省EPHR的气候特征,并对影响系统进行了分型研究。结论如下:

(1) 福建省的EPHR按主要影响系统分为三类:冷槽切变线型、热带系统型、副热带高压边缘型。地形对极端降水有一定的增强效应,尤其是热带系统型过程。处于不同位置的副热带高压对EPHR的落区和雨强有不同的影响。

(2) 冷槽切变型EPHR往往出现在高空槽前,低层有切变线配合,在地面辐合线上触发强对流,强降水落区域在切变线南侧,多呈带状特征;热带系统型的落区与热带气旋的移动路径、强度、是否与其他纬度天气系统相互作用有关;副高边缘型发生与副高的季节变化相关,且多有高空槽等系统配合。

发生EPHR的成因是复杂的,本文主要从大尺度环流场进行分类统计和研究,对当前极端持续性强降水的预报预警业务提供了一定的参考。福建的复杂地形、城市热岛效应等等往往会引发也会影响强降水的发生,中小尺度系统与大尺度系统的相互作用方式,以及EPHR日变化的成因等问题,均有待后续开展更深入的研究。

参考文献

- [1] Leitzell K. Climate Change 2013/14 - IPCC Fifth Assessment Report[J]. 2013.
- [2] 刘爱鸣, 何小宁. 1209号台风“苏拉”登陆福建后垂直结构和暴雨落区关系[J]. 应用海洋学学报, 2015.
- [3] 赵玉春, 李泽椿, 肖子牛, 等. 一次热带系统北上引发华南大暴雨的诊断分析和数值研究[J]. 气象学报, 2007,65(4):17.
- [4] 吴滨, 文明章, 李玲, 等. 福建省不同短历时暴雨时空分布特征[J]. 暴雨灾害, 2015,34(2):7.
- [5] Zhang C, Huang X, Fei J, et al. Spatiotemporal Characteristics and Associated Synoptic Patterns of Extremely Persistent Heavy Rainfall in Southern China[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2021,126(1).
- [6] Du Y, Chen G. Heavy Rainfall Associated with Double Low-Level Jets over Southern China. Part I: Ensemble-Based Analysis[J]. Monthly Weather Review, 2018,146(11).
- [7] Huang L, Luo Y, Zhang D L. The Relationship Between Anomalous Presummer Extreme Rainfall Over South China and Synoptic Disturbances[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2018,123(7):3395-3413.
- [8] Liu H, Huang X, Fei J, et al. Spatiotemporal Features and Associated Synoptic Patterns of Extremely Persistent Heavy Rainfall Over China[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2022,127(15).
- [9] 陈鸣, 吴永祥, 王高旭, 等. 不同天气系统下海河流域汛期暴雨落区及时程分布规律[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011,39(3):5.
- [10] 梁钰, 王君, 吴璐. 淮河流域(河南段)连续性暴雨天气分型及环流背景[J]. 气象与环境科学, 2019,42(2):7.
- [11] 张一平, 乔春贵, 梁俊平. 淮河上游短时强降水天气学分型与物理诊断量阈值初探[J]. 暴雨灾害, 2014.
- [12] 周芳, 张瑛, 陈翔翔, 等. 江西局地短时强降水的天气学分型研究[J]. 暴雨灾害, 2024,43(3):352-362.
- [13] 许爱华, 孙继松, 许东蓓, 等. 中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征[J]. 气象, 2014,40(4):400-411.
- [14] Bai L, Chen G, Huang L. Convection Initiation in Monsoon Coastal Areas (South China)[J]. Geophysical Research Letters, 2020,47.