

桐庐县梅汛期暴雨特征以及预报指标分析

汪洲¹, 杨栩², 徐乐³

¹新洲区气象局, 湖北 武汉

²蔡甸区气象局, 湖北 武汉

³桐庐县气象局, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年2月25日; 录用日期: 2022年3月24日; 发布日期: 2022年3月30日

摘要

本文利用2010~2020年28个自动气象站的降水资料, 对浙江省桐庐县的暴雨时空分布特征进行了分析, 得出桐庐县梅汛期暴雨日的年际分布不均匀, 梅汛期期间降水有一个大值区在早晨到上午前后(5:00~11:00)。桐庐县雨量还具有明显的空间分布特征, 这和桐庐的地形有关, 大值区集中在桐庐的西南部乡镇以及东部乡镇, 西北部乡镇暴雨强度最低。除此以外, 本文利用NCEP再分析资料和micaps资料对2010年~2020年梅汛期前后大尺度环流背景进行了统计分析、并整理归纳了分型, 统计中低层的水汽通量, 提炼出基于不同分型的梅汛期暴雨预报指标。结果表明, 梅汛期天气形势分为4类: 低槽东移类, 低涡切变类, 台风类, 雷暴类, 其中低涡切变和雷暴型是影响桐庐县最多的。中低层水汽通量和平均天气形势图密切相关, 系统的位置、急流的大小决定水汽的来源和大小。

关键词

梅汛期暴雨, 暴雨分型, 地形, 水汽通量

Analysis on Characteristics and Forecast Index of Heavy Rainfall of Meiyu Period in Tonglu County

Zhou Wang¹, Xu Yang², Le Xu³

¹Xinzhou Meteorological Service, Wuhan Hubei

²Caidian Meteorological Service, Wuhan Hubei

³Tonglu Meteorological Service, Hangzhou Zhejiang

Received: Feb. 25th, 2022; accepted: Mar. 24th, 2022; published: Mar. 30th, 2022

Abstract

This paper uses the precipitation data of 28 automatic weather stations from 2010 to 2020, to analyze the temporal and spatial distribution characteristics of heavy rain in Tonglu County, Zhejiang Province. It is concluded that the inter-annual distribution of rainstorm days during the plum flood season in Tonglu County is uneven, and there is a large value area of precipitation during the plum flood season from morning to morning (5:00~11:00). The rainfall in Tonglu County also has obvious spatial distribution characteristics, which is related to the topography of Tonglu. The large-value areas are concentrated in the southwestern and eastern towns of Tonglu, and the townships in the northwest have the lowest rainstorm intensity. In addition, this paper uses the NCEP reanalysis data and micaps data to statistically analyze the large-scale circulation background before and after the Meiyu period from 2010 to 2020, and organizes and summarizes the classification. Calculate the water vapor flux in the middle and lower layers, and extract the rainstorm forecast indicators based on different classifications. The results show that the weather situation during the Meiyu period is divided into four categories: eastward-moving low trough, low eddy shear, typhoon, and thunderstorm, among which low eddy shear and thunderstorm affect Tonglu County the most. The water vapor flux in the middle and lower layers is closely related to the average weather map. The location of the system and the size of the jet stream determine the source and size of the water vapor.

Keywords

Heavy Rainfall in Meiyu Period, Rainstorm Type, Terrain, Water Vapor Flux

Copyright © 2022 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

梅雨是我国江淮流域的特征性天气气候现象。是东亚夏季风向北推进过程中，东亚大气环流由春到夏过渡的产物[1]。梅汛期暴雨是初夏影响江淮流域主要的灾害性天气，近年来随着全球气候变暖，梅汛期暴雨日降水量更是屡创极值。

桐庐县地处浙江省杭州市的中南部，土地呈“八山半水分半田”的特征，境内多浅山丘陵，地形复杂，水系丰富，源短流急，梅汛期期间极易发生暴雨导致的洪涝灾害。2019年桐庐县“6·19”大暴雨天气，仅19日城区日雨量达159.0毫米，创1959年有气象记录以来的极值，其中最大出现在钟山乡大市和旧县，日雨量均超过200毫米，西南部乡镇发生大面积内涝、山洪爆发、道路损毁、多处房屋倒塌、桥梁冲毁。2020年梅汛期时间长，国家站梅雨量突破历史极值，降雨呈局地性、雨强强的特征，造成了严重的经济损失和人员伤亡。因此，对梅汛期暴雨的量级以及落区的准确预报在减少人员死亡和经济损失方面具有十分重要的作用。

目前研究梅汛期暴雨多是用国家站的数据研究杭州地区的梅汛期暴雨特征，缺乏利用区域自动站数据研究的有关本地化梅汛期暴雨的特征和预报指标。

2. 研究内容与方法

通过质量控制，剔除资料时间短、台站迁移、资料缺测的问题，选取2010~2020年梅汛期桐庐县28

个区域自动站的逐日降水量(20时~20时)的资料,定义一个暴雨日满足以下任一条件:1) 国家站(桐庐站)24小时达到50 mm的标准;2) 除国家站以外的自动站达到50 mm标准占有所有自动站数量的10%,也就是3个站以上。梅雨期的定义为每年桐庐县出入梅雨时间期,梅雨期暴雨日数指梅雨期内日降水达到暴雨以上的日数,定义1小时 ≥ 20 毫米的降水称为短时强降水。

统计各年梅雨期暴雨总量和日数,建立资料的时间序列,并且分析当天20时的micaps天气形势实况图,根据天气系统和所处的位置进行分类,分析未来24小时的降水空间分布特征得到降水特征图。统计分析相关系数高的物理量,提炼出梅汛期暴雨预报指标。

3. 梅汛期降水特征

桐庐县常年入梅时间6月13日,出梅时间为7月8日,梅汛期25.6天,2010~2020年近11年,最早入梅时间2020年5月29日,最迟出梅时间2020年7月18日,最长梅雨时间为50日,平均梅雨量400 mm。

3.1. 梅汛期暴雨的时间变化特征

为了更好地了解桐庐的暴雨特征,将从暴雨和短时强降水的角度进行分析。2010~2020年梅汛期期间全县共出现暴雨44天,平均每年4天。暴雨日的年际分布也不均匀,梅汛期暴雨天数最多的是2020年,这一年有10天。最少的是2010年,只有1天,其余时间大多在3~5天(图1)。

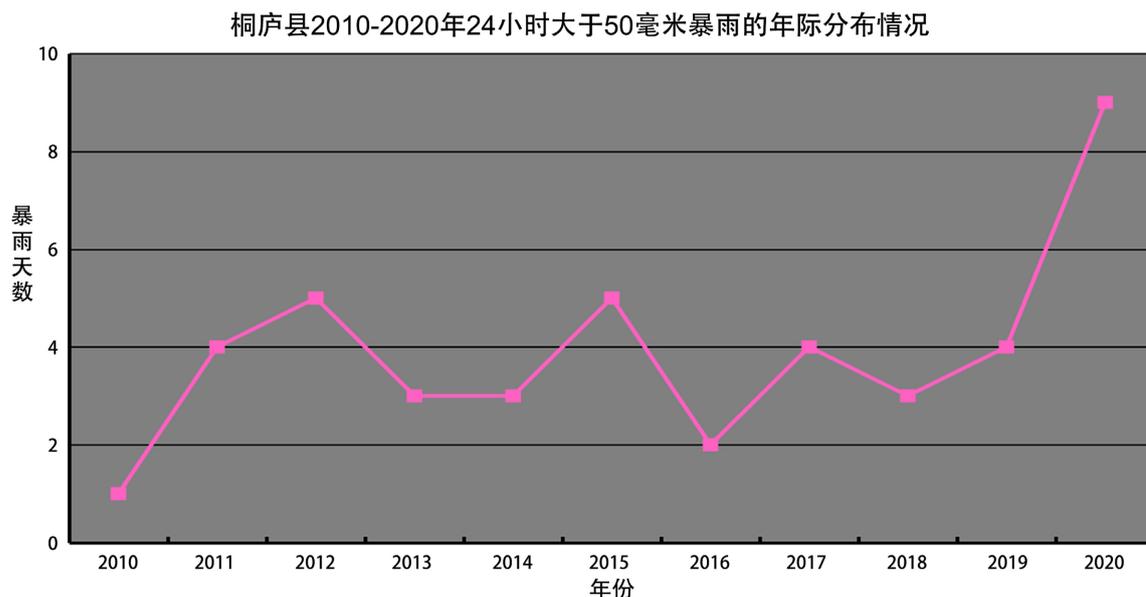


Figure 1. Interannual distribution of 24-hour rainstorms greater than 50 mm in Tonglu County from 2010 to 2020

图1. 桐庐县2010~2020年24小时大于50毫米暴雨的年际分布情况

从10~20年的梅汛期区域自动站短时强降水频数图2可见,梅汛期期间降水有一个大值区,最大值在早晨到上午前后(5:00~11:00),有研究指出[2],清晨前后梅雨低槽两侧的西南气流和偏北气流同时加强,促进雨区低层辐合增强,锋生现象增强,容易出现中尺度系统的降水活动。

3.2. 梅汛期暴雨的空间分布

将2010年~2020年桐庐县梅汛期暴雨日中降水量做算数平均得到各站点的平均暴雨降雨强度,由图3可见桐庐县雨量有明显的空间分布特征,大值区集中在桐庐的西南部乡镇例如旧县街道、百江镇、钟

山乡、莪山乡,以及东部乡镇凤川街道等,平均暴雨降水强度在 85~95 mm,其他地区多处在 80~85 mm,其中合村村、分水镇等西北部乡镇等地最低,为 70~80 mm。

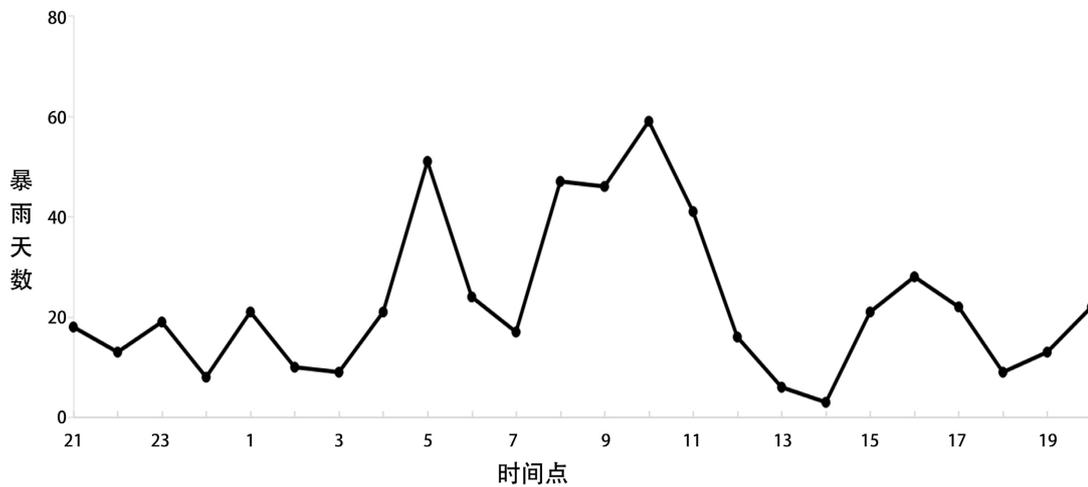


Figure 2. Frequency map of short-term heavy precipitation during the 24-hour Meiyu period
图 2. 24 小时梅汛期短时强降水频数图

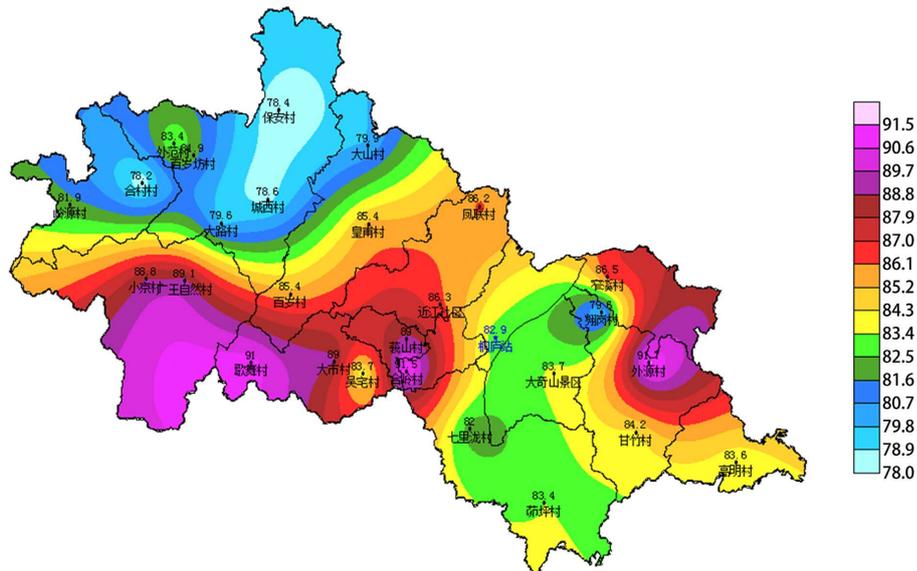


Figure 3. Average rainstorm rainfall intensity in Tonglu County from 2010 to 2020
图 3. 桐庐县 2010~2020 年平均暴雨降雨强度图

暴雨空间分布不均匀可能与桐庐复杂的山地地形有关,桐庐县地处浙西北山区,位于东经 119°11'~119°58',北纬 29°35'~30°05'之间,土地呈:“八山半水分半田”的特征,境内多低山丘陵,地形复杂。主要山脉有南支龙门山脉,自西向东延伸,绵亘于县境东南,北支天目山脉,自北向南蜿蜒于县境之西北,地势以东南部最高,西北部居次,中部富春江与分水江两侧为沿江冲积平原(图 4)。据章莹菁等人的研究表明[3],由于地形的抬升及阻挡作用,进入桐庐县境内后降水回波明显增强并移动缓慢,特别是最强降水中心的大市,由于其三面环山的口袋型地形,特别是在近地层 925 hpa 存在强西南急流的情况下,地形影响更明显。

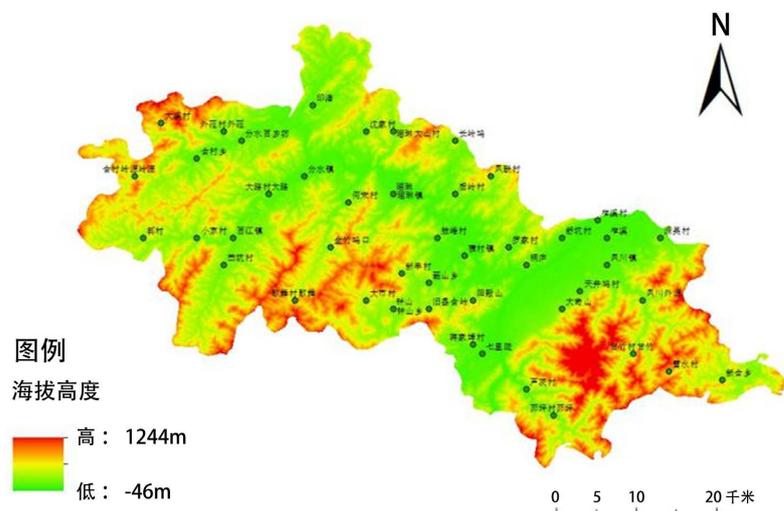


Figure 4. Topographic map of Tonglu County
图 4. 桐庐县地形图

3.3. 连续暴雨情况

近 10 年桐庐 24 小时大于 50 毫米的连续暴雨共出现 11 次，其中最多连续天数为 3 天，出现在 2013 年 6 月 26 日~28 日。

4. 梅汛期暴雨天气形势特点分型

梅雨是初夏时出现在江淮流域的连续性降水，浙江处于梅雨带的南部，每年梅雨期内都会出现几次暴雨和大暴雨过程，每一次暴雨过程分析桐庐县梅汛期期间大到暴雨的天气形势特征，可把天气形势主要分为 4 类[4]：1) 低槽东移型；2) 低涡切变；3) 台风类；4) 雷暴类。主要的分型依据来自 700 hpa 上的系统，因为 700 hpa 的状态比较能够综合的反映 500 hpa 以及 850 hpa 的一个系统的情况。

从表 1 中可以看到，低涡切变类、雷暴型是桐庐县最主要的梅汛期暴雨类别，分别有 16 个和 20 个，受台风影响出现短时暴雨的有 4 个，属于低槽东移的为 4 个，2010~2020 年总共有 44 个过程，年均均为 4 个。

Table 1. Classification results of 50 mm/24h short-time heavy rain
表 1. 50 mm/24h 短时暴雨分类结果

年份	低槽东移	低涡切变	台风	雷暴	合计
2010	0	0	0	1	1
2011	1	3	0	1	5
2012	1	2	2	0	5
2013	0	3	0	0	3
2014	0	2	0	1	3
2015	0	2	1	2	5
2016	0	1	0	2	3
2017	1	0	1	3	5
2018	0	1	0	0	1
2019	0	0	0	4	4
2020	1	2	0	6	9
总计	4	16	4	20	44

4.1. 低槽东移型

低槽东移型共有 4 次过程，从图 5 平均雨量分布图来看，低槽东移型的雨量分布呈西南 - 东南方向的带状递减，中心的大值区出现在西部乡镇百江附近，最大中心雨量超过了 70 mm。

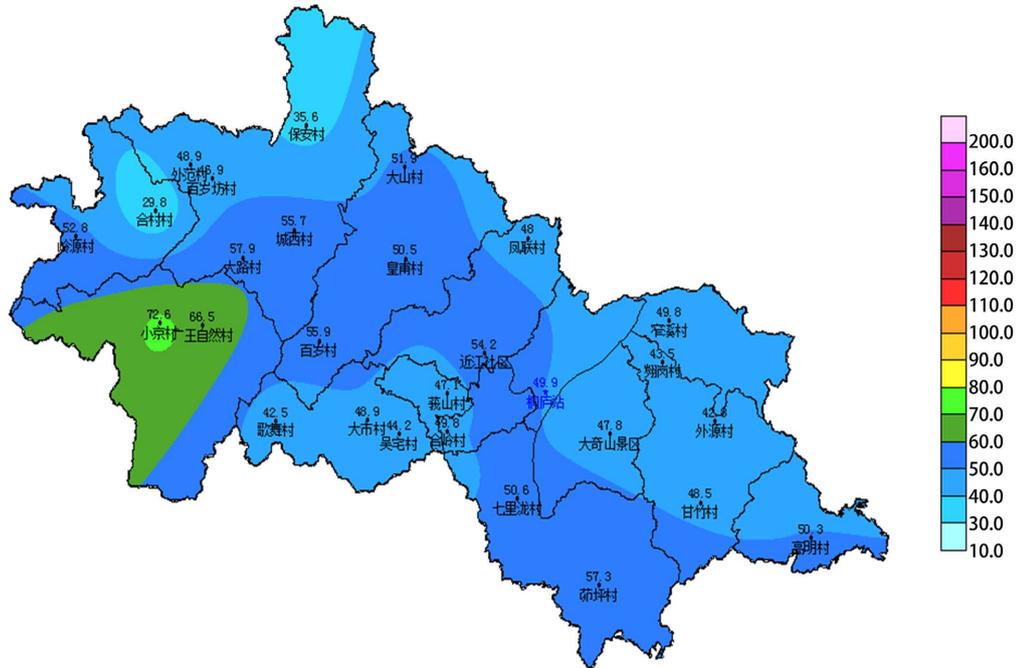


Figure 5. Average rainfall distribution map
图 5. 平均雨量分布图

图 6 是低槽东移类的形势场合成图，高空 700 hPa 从华北经河套附近有一移动型的低槽，槽后有高压脊或是阻高，850 hpa 有切变，低涡东移，槽前湖南、江西、浙江有西南急流，地面有静止锋或慢冷锋。副高脊线在 20°到 26°之间。低槽东移类主要是关键区 A 存在低槽，关键区 B 中地面、850 hpa、700 hpa、500 hpa 有锋、切边线或槽线(4 层促发区)，关键区 C 区有西南风急流。

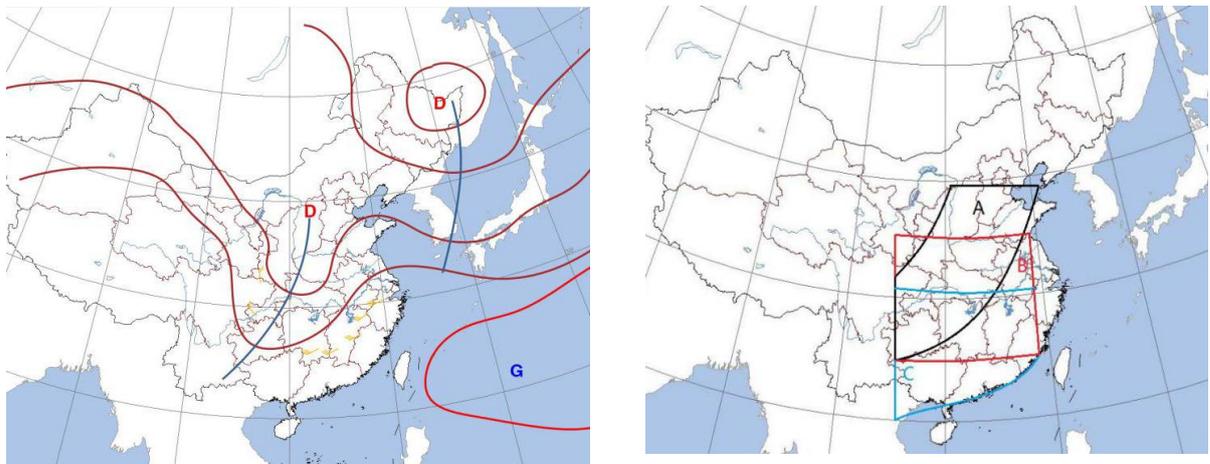


Figure 6. Situation field of low trough eastward-moving class
图 6. 低槽东移类的形势场

槽和切变的区别在于槽线和纬度线的夹角 $> 45^\circ$ ，副高主体位于台湾以南洋面，从长江中下游一直到我国南海都大片低层西南急流存在。受到西南急流将增强、北移的影响，桐庐县在未来 24 小时会出现 50 mm 以上暴雨天气。

4.2. 低涡切变型

低涡切变类可以根据低涡或者切变的位置分为冷切类、暖切类和低涡类。其中冷切共有 7 次，暖切 3 次，低涡类 6 次。

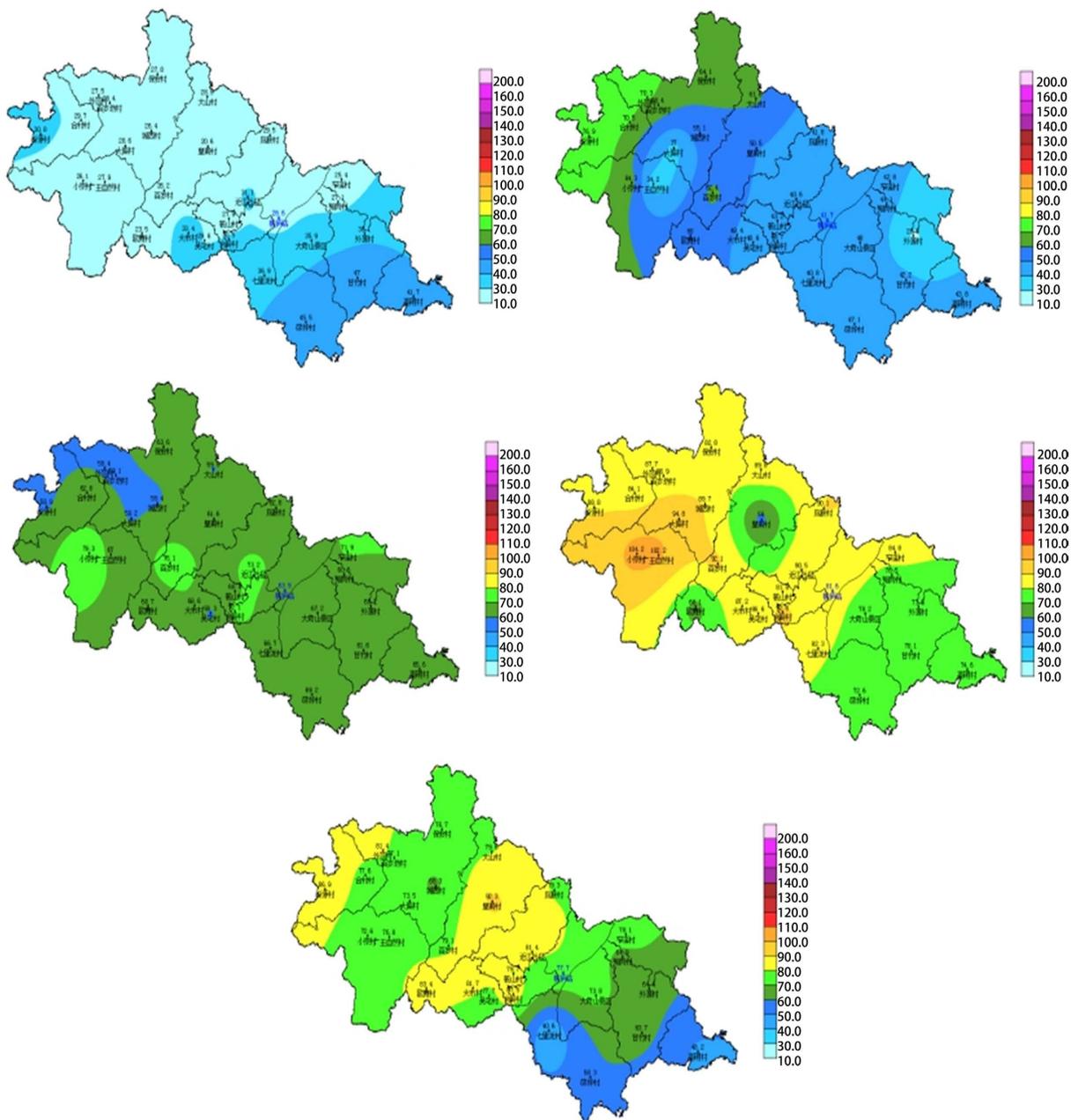


Figure 7. The average rainfall of the north trough south shear (cold shear type), high pressure eastward moving (cold shear type), warm shear type, east trough west vortex (low vortex type), and west trough east moving (low vortex type)

图 7. 北槽南切(冷切类)、高压东移(冷切类)、暖切类、东槽西涡(低涡类)、西槽东移(低涡类)平均雨量图

从低涡切变的平均雨量可以看出,雨量基本上呈系统性分布,冷切的平均雨水的量级小于暖切和涡切类,从北槽南切(冷切类)的平均雨量图可见,冷切雨量较小,全县分布较为均匀,大值基本位于东部山区。从高压东移(冷切类)的平均雨量图中可见,雨量呈自西北向东南递减,最大中心位于西部,主要集中在分水、合村以及百江等西北部乡镇。从华北高压(暖切)的平均雨量较大,雨量分布比较均匀,全县雨量都处于 50 毫米之上,说明该形式下位于杭州中部地区的桐庐容易出暴雨。低涡类的平均雨量的较大,东槽西移(低涡),最大的中心位于西部的乡镇,大降水中心主要在百江、分水,最大的降水超过了 100 毫米。西槽东移类(低涡)最大的降水中心位于中部乡镇瑶琳镇(图 7)。

1) 冷切变型

冷切又分为雷暴型冷切、冷切,雷暴型冷切将划入雷暴中具体讨论(后面同),入型标准:在浙江以西的地方存在冷切,切变北侧的偏东气流中多数站有偏北气流,切变与纬圈的交角 $< 45^\circ$,在冷切类中,副高位于东海洋面上,副高脊线在 21°N 附近,桐庐位于 5860 gpm 线北侧,高空槽在华北沿海上空,850 hPa 和 925 hPa 冷切位于桐庐上空,西南急流略偏南。普通切变可分为北槽南切、高压东移型。

北槽南切型环流特征,西风带低槽由河西走廊东移,槽比较深,槽的北段位于东北到日本海一带,槽的南段转为冷切。850 hpa 切变和锋进入关键区与 700 hpa 的冷切配合。700、850 hpa 切变南侧有西南急流,5860 在华南沿海,槽后偏北气流与高压东侧环流相连接。

高压东移的环流特征,青藏高原东侧有西风带高压,前部偏北气流与副热带高压或者南海高压西北部的偏南气流在关键区 A 形成冷切。关键区 B 有高压或者反气旋环流,850 hpa 切变和地面锋同时关键区与 700 hpa 冷切相结合。700 hpa 和 850 hpa 切变南侧有急流(图 8)。

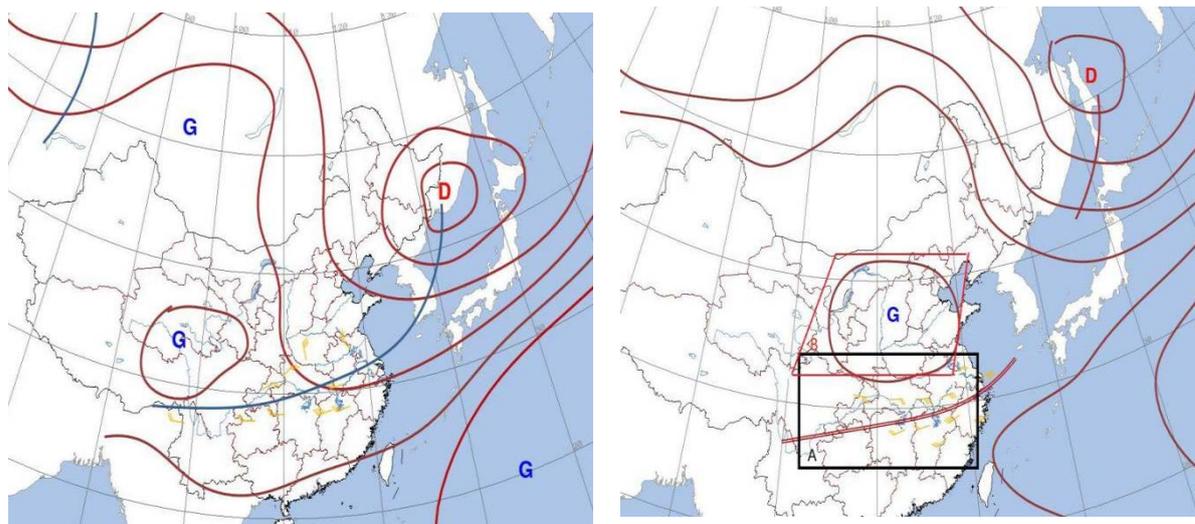


Figure 8. (Cold shear) north trough south shear, high pressure eastward movement type

图 8. (冷切)北槽南切、高压东移型

2) 暖切变型

暖切的入型标准在浙江以西地区存在暖式切变线,切变北侧的东风气流里有偏南风的分量,华北高压中心在关键区内, 35° 以南的地区没有槽线,暖切又分为华北高压型和日本海低压。暖切降水和切变的位置和方向密切相关。

华北高压型: A 区中华北高压环流完整, B 区为冷性低槽, C 区有南支槽或者暖低压活动, D 区为冷空气活动区。副高较强,华北高压底部的偏东气流和副高北侧的偏西气流交汇,形成暖切。

日本海低压型：区别在于没有完整的华北高压，东北至日本半岛有深厚冷低压的活动，槽底可伸展到 30°附近，B 区为一系列小高压，C 区的南支槽或暖低压。冷低压的西部有横槽，同时地面有冷空气南下，四川盆地有低涡。副高脊线呈带状，在 15°~20°之间(图 9)。

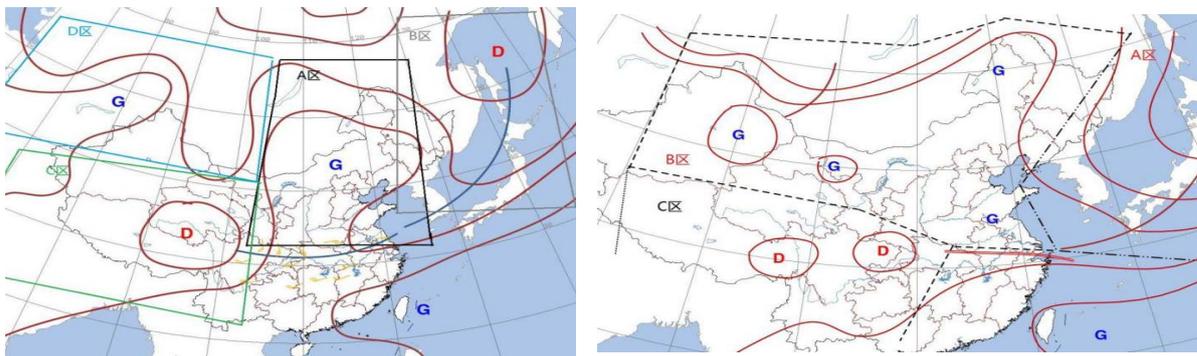


Figure 9. (Warm shear) North China high pressure type, Japan Sea low pressure type
图 9. (暖切)华北高压型、日本海低压型

3) 涡切型：华西有低涡进入 115°E 以西的关键区，两条切变线在低涡中心相交，切变线的交角 $< 150^\circ$ 。根据周围系统配置分为东槽西涡和西槽东移型。(主要是能在 700 hpa 的环流上在关键区有明显的气旋式环流)。

东槽西涡型：东北到日本海有深厚的冷槽，C 区的槽线与 A 区的暖切相连，B 区有小高压或高压脊；副高呈带状。江南有西南风急流，暴雨的大值区域位于高空急流的右侧和低空急流的左侧。

西槽东移型：较深的西风槽移过 100°E 进入关键区 B，并逐渐赶上 A 区的涡切；西北地区或高原东部有高压东移，副热带高压脊线呈带状。涡切深厚，各层均有低值系统配合，西部有槽进入 B 区，形成北槽南涡，涡移出(图 10)。

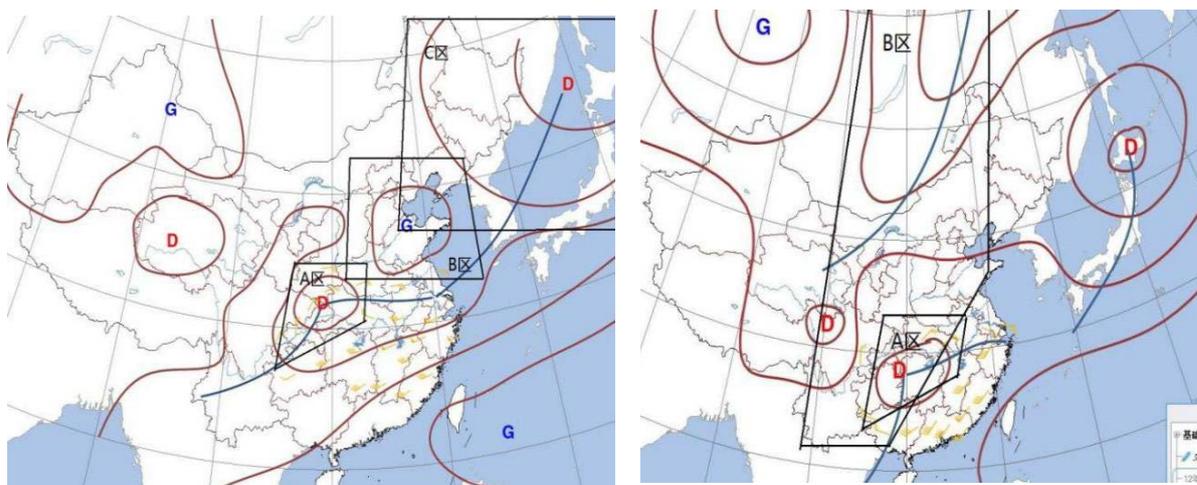


Figure 10. (Vortex shear) east trough west vortex, west trough eastward shift type
图 10. (涡切)东槽西涡、西槽东移型

4.3. 台风型

台风类根据桐庐县与台风环流位置之间的关系可以分为东海台风和南海台风，台风位置不同导致桐

庐县出现暴雨的位置不同。一般来说,梅汛期暴雨以西风带系统为主,以副高北侧的西南气流提供水汽,但也会出现在梅汛期快要结束的,副高系统减弱断裂,东风带中生成台风,台风沿副高在浙江近海北上,东海台风在低层提供充足偏东气流的水汽条件。这就是东海台风类型。南海台风的外围环流则是提供充足水汽的西南气流,从而影响西风带系统[5]。

从台风的平均雨量图 11 可见,雨量由西北向东南方向递增,南海台风大值中心出现在中东部乡镇,最大雨量中心超过了 100 毫米,东海台风的雨量分布极其不均,最大雨量中心在东部乡镇,最大雨量中心超过 150 毫米。当发生东海这和桐庐的山地地形密切相关,桐庐南支龙门山脉自西向东延伸,绵亘于县境东南,当台风外围潮湿的海上东南气流遇到龙门山脉强迫抬升,东南部乡镇易出大暴雨。

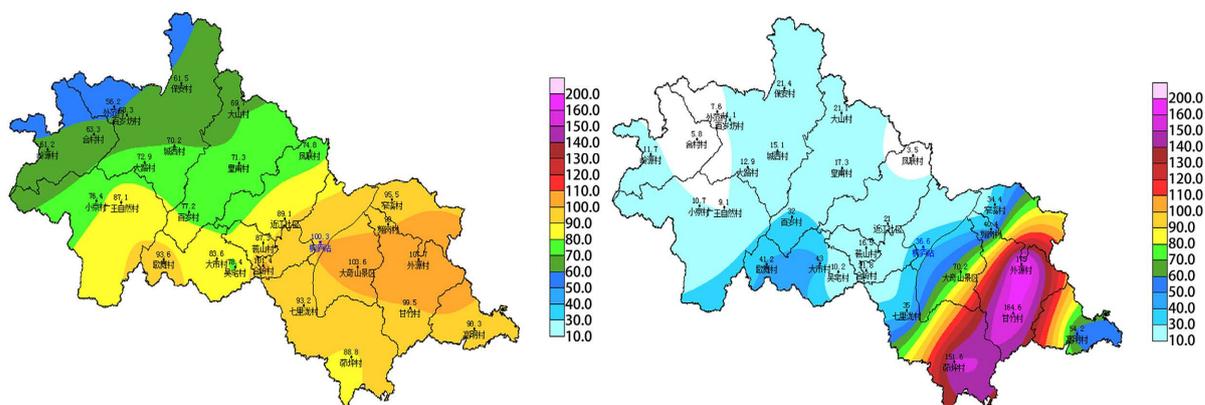


Figure 11. Average rainfall in the South China Sea typhoon area and the East China Sea typhoon area

图 11. 南海台风区、东海台风区的平均雨量图

南海台风区内类的形势场合成图,从各层的台风环流来看,台风位于台湾以西的洋面上、副高位于东海洋面上,桐庐县主要受到低涡东移、台风北侧的西南输送的暖湿气流的影响,未来 24 小时在桐庐县容易出暴雨,大值中心在桐庐县的东部乡镇和西南部乡镇。

东海台风区外类的形势场合成图,在华北上空有高空槽东移,桐庐县位于台风主体环流的外侧,副高在台风的东北侧。如果副高增强东伸,主要受到台风外围环流影响,如果高空槽东移,冷空气南下与台风外围环流结合,未来 12~24 小时桐庐县东南部乡镇的短时暴雨会更持久且强度增大(图 12)。



Figure 12. Situation map of typhoons in the South China Sea and typhoons in the East China Sea

图 12. 南海台风类、东海台风类形势图

4.4. 雷暴型

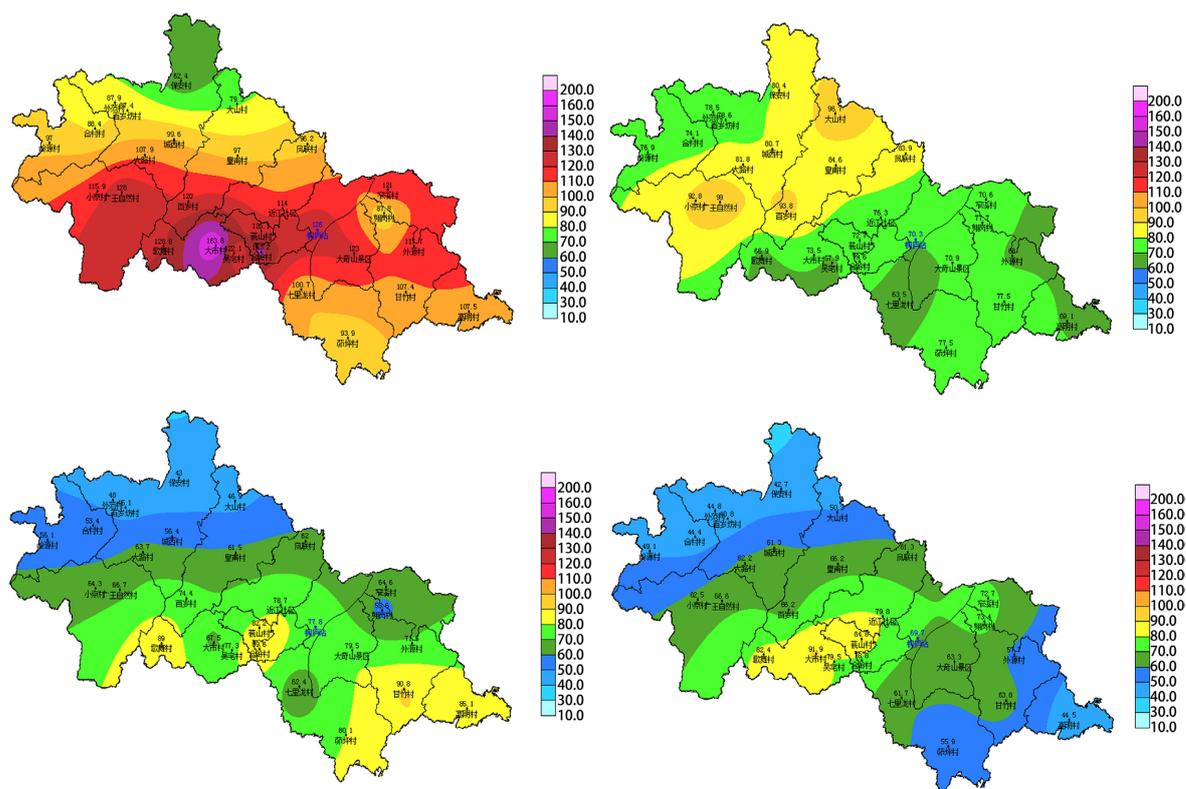
雷暴型可以根据雷暴的触发条件分为上下层风切变、冷切、暖切、涡切。其中上下层风切变共有 2 次，冷切类 7 次，暖切为 6 次，涡切为 5 次，一共为 20 次。

雷暴型降水呈不规则分布，分散性强，雨量分布不均，暴雨中心点多，局部最大可以超过 200 mm。

其中上下层风切变类型，500 hPa 天气图桐庐县位于 588 hPa 附近，500 hPa 是槽后的西北气流，700 hPa 也是西北气流，850 hPa 为西南急流，上下层风场切变是引发雷暴短时暴雨的主要因素。

上下层风切变的个例在梅汛期出现的比较少，2019 年 6 月 19 日桐庐县出现了区域性的大暴雨天气，桐庐县气象站日雨量达 159.1 mm，创 1959 年有气象记录以来的极值。暴雨中心出现在桐庐县中南部地区的钟山乡和旧县街道，所以着重分析一下。

分析 6 月 18 日 20 时到 19 日 08 时 500 hPa 的天气图，发现副热带高压呈块状分布，中心在台湾海峡附近，长江中下游以南地区在副热带高压控制下，为一支强盛的西北气流，有冷空气带下，相应地在 700 hPa 上为偏西气流。在 850 hPa 和 925 hPa 上 28°N 附近有一东西向切变线，切变南侧为西南气流，特别是在 925 hPa 上，中心风速达 12 米/秒，低空急流已建立，并且处在暖中心附近。由于高层为西北气流，中低层为西南暖湿气流，上干冷下暖湿，不稳定层结非常明显。地形的抬升及阻挡作用，为大暴雨产生并创历史记录起到了重要作用[6] [7]。由于中高层为西西北到西北气流，强降水云团在此气流的引导下，沿着桐庐县县境自西北向东南移动，和境内的山脉走向垂直，由于地形的抬升及阻挡作用，进入桐庐县境内后降水回波明显增强并移动缓慢，出现性强降水。在强降水中心的大市，由于其三面环山的口袋型地形，地面有东南气流自开口流入，垂直风切变明显，地形影响更明显。在另一强降水中心的旧县，由于山体的阻挡，地面有的辐合抬升及阻挡，造成强降水发生。所以在以后的预报中需特别关注这种梅汛期上下层风切变类型。



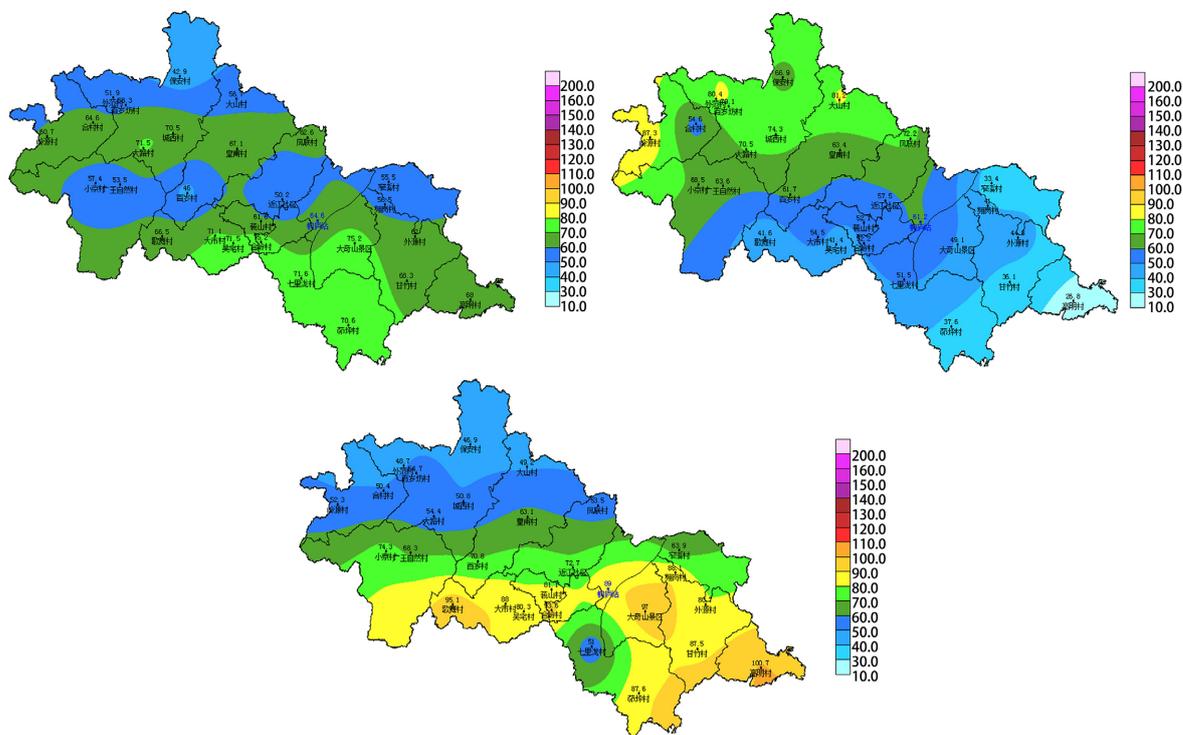


Figure 13. Average rainfall distribution map of the upper and lower wind shear, north trough south shear (cold shear), high pressure eastward movement (cold shear), North China high (warm shear), Japan Sea low pressure (warm shear), east trough west vortex (vortex shear), west trough moving eastward (vortex shear).

图 13. 上下层风切变、北槽南切(冷切)、高压东移(冷切)、华北高压(暖切)、日本海低压(暖切)、东槽西涡(涡切)、西槽东移(涡切)平均雨量分布图。

冷切类，高空槽和冷切系统切变明显、桐庐县位于 588 线附近、槽切在东移的过程中，山区容易产生热对流，从而引起雷暴的发生，暖切和涡切桐庐县都处在副高边缘，主要由于切变位置不同从而引发了雷暴的发生(图 13)。

5. 梅汛期暴雨的预报指标

暴雨发生前，除了有利的天气形势和环流背景之外，往往在一些物理量场上会先出现变化，这是因为暴雨的发生时需要一定的热力和动力场的支持，对暴雨发生前的水汽通量这一物理量进行诊断分析，得到基于低涡切变型的水汽通量的一个预报指标，为以后的梅汛期暴雨预报提供参考。中低层水汽通量和平均天气形势图密切相关，天气系统的位置和急流的大小决定了水汽通量的空间分布和大小。

低层水汽通量：水汽通量是指单位时间内流经与气流方向正交的单位截面积的水汽质量，其计算公式如下：

$$WVflux = \bar{v}q/g。$$

冷切型中高压东移的水汽输送大值区集中在衢州、淳安等地，比北槽南切偏南一些，北槽南切的水汽通量在三层均有反映，但在 850 hPa 最明显，700 hPa 的水汽通量在 9~12 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹，850 hPa 的水汽通量在 12~15 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹，925 hPa 的水汽通量在 9~12 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹ (图 14，图 15)。

高压东移的水汽主要集中在 700 hPa 和 850 hPa。

700 hPa 的水汽通量在 15~18 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹。

850 hPa 的水汽通量在 9~12 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹。

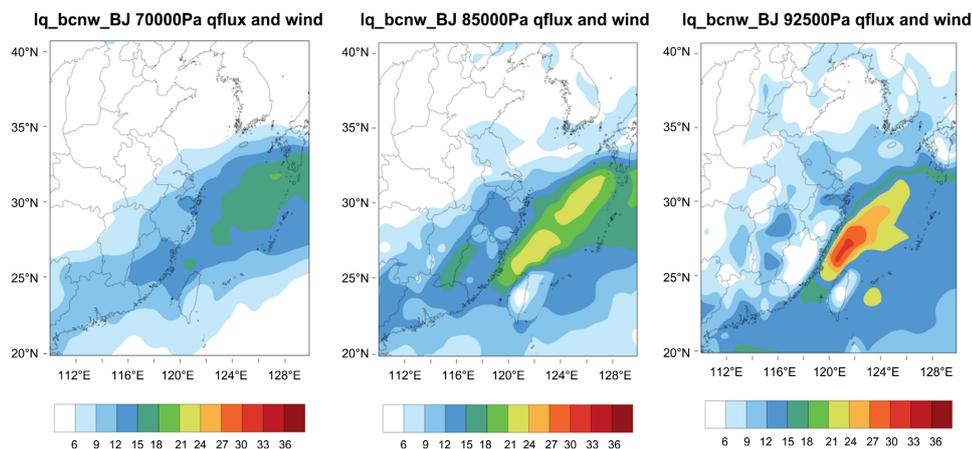


Figure 14. Average plots of water vapor fluxes at 700 hpa, 850 hpa, and 925 hpa for the cold-shear type of north trough and south-shear type

图 14. 冷切类北槽南切型的 700 hpa、850 hpa、和 925 hpa 的水汽通量平均图

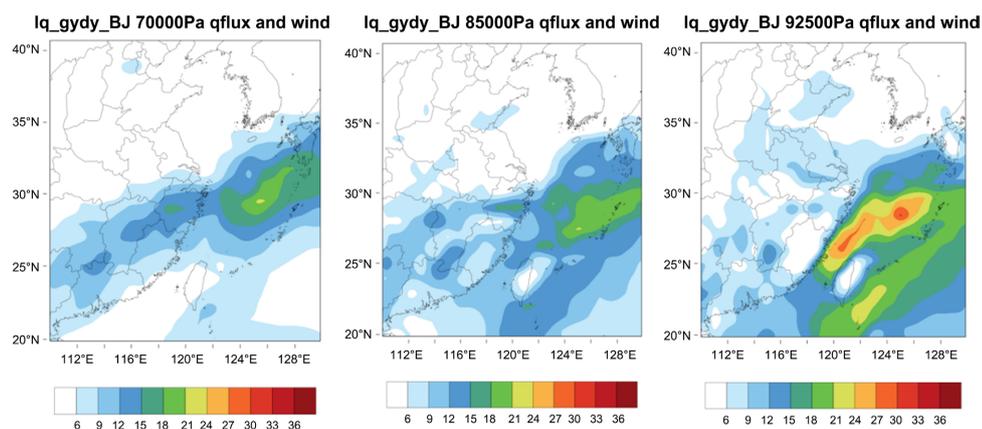


Figure 15. Average plot of water vapor flux at 700 hpa, 850 hpa, and 925 hpa for cold-shear type of high pressure eastward type

图 15. 切类高压东移型的 700 hpa、850 hpa、和 925 hpa 的水汽通量平均图

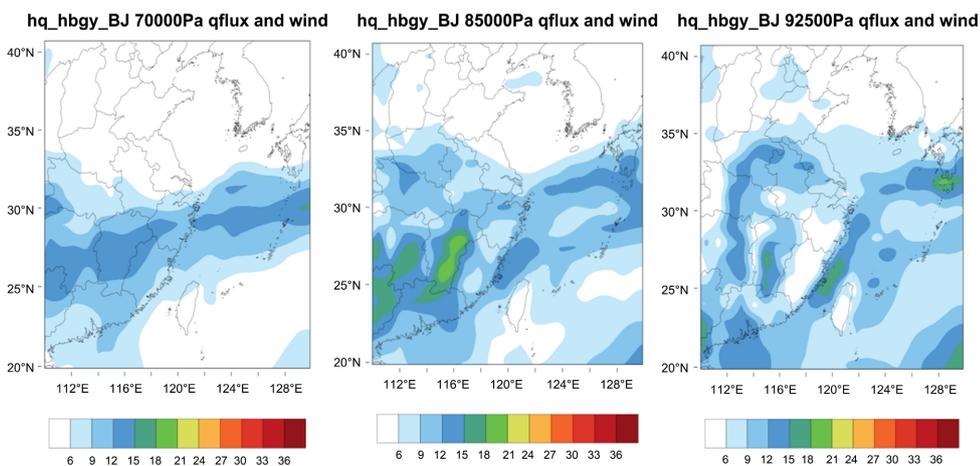


Figure 16. Average plot of water vapor flux at 700 hpa, 850 hpa, and 925 hpa for the warm-shear North China high pressure type

图 16. 暖切类华北高压型的 700 hpa、850 hpa、和 925 hpa 的水汽通量平均图

暖切暴雨发生前水汽通量的大值区主要集中在上游江西地区以及衢州、丽水等地(图 16)。

700 hpa 的水汽通量的参考值在 $12\sim 15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

850 hpa 的水汽通量的参考值在 $9\sim 12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

涡切类的水汽通量主要集中在 700 hpa 和 850 hpa，天气形势图中西槽东移的涡切和急流位置偏南，同样反映在水汽通量图中，西槽东移类的大值区比东槽西涡类的位置更偏南一些。并且明显看出东槽西涡的水汽通量的要 > 西槽东移类型(图 17)。

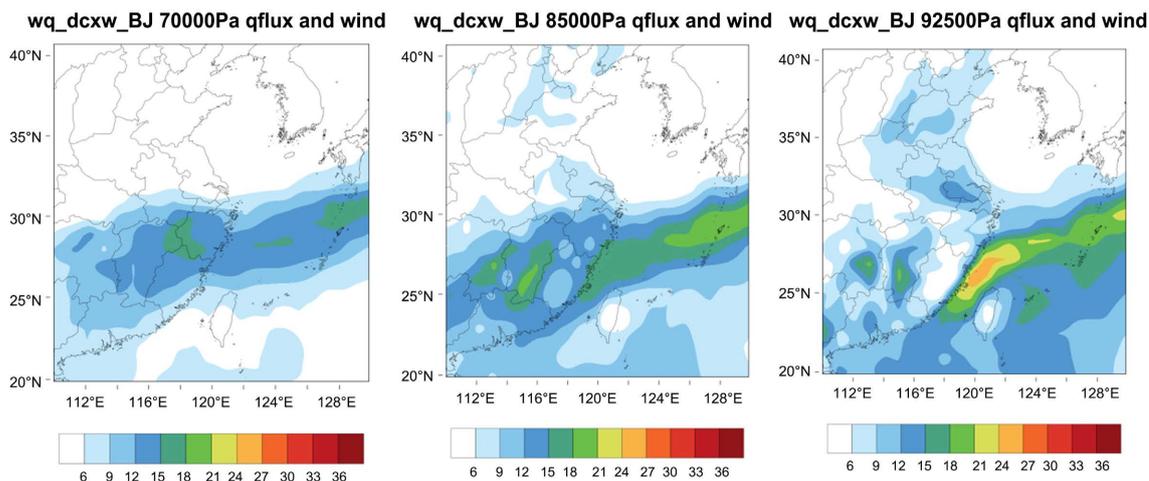


Figure 17. Average plots of water vapor fluxes at 700 hpa, 850 hpa, and 925 hpa for the vortex-shear east-trough-west vortex type

图 17. 涡切类东槽西涡型的 700 hpa、850 hpa、和 925 hpa 的水汽通量平均图

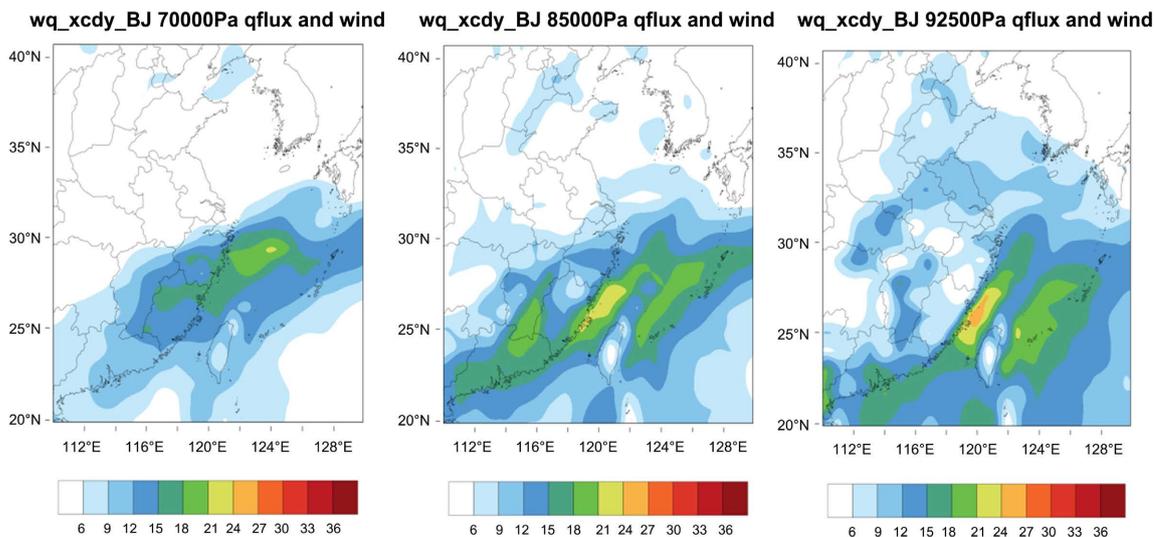


Figure 18. Average plots of water vapor fluxes at 700 hpa, 850 hpa, and 925 hpa for the vortex-shear west trough eastward shift type

图 18. 涡切类西槽东移型的 700 hpa、850 hpa、和 925 hpa 的水汽通量平均图

东槽西涡类的水汽通量:

700 hpa 的水汽通量在 $15\sim 18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,

850 hpa 的水汽通量在 $12\sim 15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

西槽东移类的水汽通量:

700 hpa 的水汽通量在 $12\sim 15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

850 hpa 的水汽通量在 $9\sim 12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 18)。

6. 结论及建议

1) 2010~2020 年梅汛期暴雨日的年际分布不均匀, 梅汛期期间降水有一个大值区在早晨到上午前后 (5:00~11:00)。

2) 2010~2020 年桐庐县雨量有明显的空间分布特征, 这和桐庐的地形有关, 大值区集中在桐庐的西南部乡镇和以及东部乡镇, 西北部乡镇暴雨强度最低。

3) 梅汛期天气形势分型, 分为 4 类低槽东移型, 低涡切变, 台风类, 雷暴类, 其中低涡切变和雷暴型是影响桐庐县最多的。

4) 中低层水汽通量和平均天气形势图密切相关, 系统的位置, 急流的大小决定水汽的来源和大小。

参考文献

- [1] 周曾奎. 江淮梅雨[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 3.
- [2] 罗建英, 王宗敏, 周军. 梅雨锋急流暴雨日变化的地理原因研究[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(3): 371-377.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7097.2003.03.011>
- [3] 章莹菁, 徐柳韵, 申屠行钟, 孟倩. 2019 年梅汛期一次大暴雨过程成因诊断分析[J]. 浙江气象, 2020, 41(3): 40-44.
- [4] 王镇铭, 杜惠良, 杨诗芳. 浙江省天气预报手册[M]. 北京: 气象出版社, 2013: 203-206.
- [5] 钮学新, 杜惠良, 滕代高. 影响登陆台风降水量的主要因素分析[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(1): 76-80.
- [6] 廖移山, 冯新, 石燕, 等. 2008 年“7.22”襄樊特大暴雨的天气学机理分析及地形的影响[J]. 气象学报, 2011, 69(6): 945-955.
- [7] 刘李侃, 戴晶晶, 彭义峰, 等. 江西中西部地区一次暴雨过程的地形敏感性试验[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(4): 386-391.