闵爱荣,廖移山,张文,等.2024. 2021年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,43(5):617-626. MIN Airong, LIAO Yishan, ZHANG Wen, et al. 2024. Major heavy rainfall events in China from April to October in 2021 [J]. Torrential Rain and Disasters,43(5):617-626 (in Chinese). doi:10.12406/byzh.2024-048

2021年4—10月我国主要暴雨天气过程简述

闵爱荣,廖移山,张文

(中国气象局武汉暴雨研究所 中国气象局流域强降水重点开放实验室/暴雨监测预警湖北省重点实验室,武汉 430205)

摘　要:利用2021年中国大陆2 424个站日降水资料和常规天气图资料,对当年4—10月我国主要暴雨天气过程进行了统计分析,概述了其主要影响系统及降水情况,并对2008—2021年4—10月暴雨日数、主要暴雨过程次数进行了比较分析。结果表明: 2021年4—10月我国共出现199个暴雨日、32次主要暴雨过程,暴雨日数比前13 a (2008—2020年)同期平均偏多10.6 d,主要暴雨过程次数比前13 a同期平均偏少3.7次。2021年4—10月主要暴雨过程平均每月5.3次,7月最多(7次),5月和8月次多(均为6次),4月最少(1次),10月次少(3次),另外6月和9月分别出现了5次和4次,其中5次由热带气旋登陆或影响所致。当年全国最大日降水量为552.5 mm,7月20日出现在河南郑州。本年度暴雨过程累积雨量最大为820 mm,也出现在河南郑州(7月18—22日)。当年影响最为广泛、造成直接经济损失最为严重的一次重大暴雨事件是7月18—22日的北方暴雨,即郑州"7.20"特大暴雨。

关键词:暴雨;台风;影响系统;2021年

中图法分类号:P458.1+21.1　　**文献标志码:** B　　**DOI:** 10.12406/byzh.2024-048

Major heavy rainfall events in China from April to October in 2021

Min Airong, Liao Yishan, ZHANG Wen

(*China Meteorological Administration Basin Heavy Rainfall Key Laboratory/Hubei Key Laboratory for Heavy Rain Monitoring and Warning Research, Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan* 430205)

Abstract: Based on the daily precipitation data of 2,424 stations and conventional weather chart data in mainland China in 2021, a statistical analysis of the main heavy rain weather processes from April to October of that year was conducted. The main influencing systems and precipitation situations were outlined, and a comparative analysis of the number of heavy rain days and major heavy rain events from 2008 to 2021 from April to October was performed. The results show that from April to October 2021, China experienced a total of 199 heavy rain days and 32 major heavy rain events. The number of heavy rain days was 10 days more than the average for the previous 13 years (2008-2020), while the number of major heavy rain events remained the same as the average for the previous 13 years. Among them, there were 7 occurrences in July, 6 in May and August each, 5 in June, 4 in September, and 3 in October, with 1 occurrence in April. Among the 32 major heavy rain events, 5 were caused by the landing or influence of tropical cyclones. The northern heavy rain from July 18th to 22nd, including the "7.20" extreme heavy rain in Zhengzhou, was the most widely affected and economically damaging major heavy rain event, with Zhengzhou in Henan Province recording the country´s largest daily precipitation of 552.5 mm on July 20th of that year. The maximum accumulated rainfall for a single event in the year reached 820 mm, also occurring in Zhengzhou, Henan Province (July 18th to 22nd) and was caused by the joint influence of a trough, shear line, and warm and humid airflow.

Key word: heavy rainfall; typhoon; synoptic system; 2021

引　言

中国地处东亚季风气候区,具有明显的季风气候特点,4—10月为我国汛期,受东亚夏季风的影响暴雨频发,并引发严重的洪涝灾害和次生灾害(陶诗言,1980;丁一汇,1994)。从2008年开始,武汉暴雨研究所和国家气象中心的预报、研究人员分别对2008—2020年汛期全国当年主要暴雨过程进行了分析总结

收稿日期: 2024-03-21;**定稿日期:**2024-06-25

第一作者: 闵爱荣,主要从事暴雨灾害评估及机理研究。E-mail: 1047917510@qq.com

通信作者: 廖移山,主要从事暴雨中尺度分析及机理研究。E-mail: liaoyishan@whihr.com.cn

© Editorial Office of *Torrential Rain and Disasters*. OA under CC BY-NC-ND 4.0

(杨荆安和孟英杰,2008;廖移山等,2009;闵爱荣等,2010;杨荆安等,2011;邓雯等,2012;张芳华等,2013;廖移山等,2014;陶亦为等,2015;赵娴婷等,2016;沈晓琳等,2017;汪小康等,2018;闵爱荣等,2019;赵娴婷等,2020),旨在为科研和业务人员提供我国主要暴雨过程的天气实况、降水分布和演变、主要影响系统、灾情等基本信息,以其进一步开展暴雨机理研究和改进预报技术,同时为暴雨监测预报、防灾减灾等提供信息服务,同时丰富我国暴雨历史个例库。

本文沿用之前工作中的统计分析方法,对2021年4—10月我国(除香港、澳门、台湾地区外,下同)月降水及其距平的空间分布、暴雨天气过程及其主要影响系统、影响时间和区域、降水强度及极端性等特征进行简述。

1 资料来源与统计标准

本文所用资料来自气象大数据云平台"天擎"系统20—20时(北京时,下同)日降水资料和常规天气图资料。本文采用《暴雨年鉴(2008)》中的暴雨分级、"暴雨日"以及"主要暴雨过程"的划分标准。(1) 暴雨分级标准,即24 h降雨量50.0~99.9 mm为暴雨,100.0~249.9 mm为大暴雨,≥250.0 mm为特大暴雨;(2) 暴雨日:指在所有观测站资料中,只要有1站达到暴雨标准,当日即统计为1个暴雨日;(3) 主要暴雨过程:指同一片雨区中,有15站达到暴雨标准,且有2站或以上站达到大暴雨标准,将其作为主要暴雨过程其起止日必须有5个或以上站达到暴雨标准;(4) 多年平均指其1991—2020年30 a平均值;(5) 月降水距平指当月降水量与1991—2020年30 a月降水平均值的差值;(6) 降水资料日界为20—20时。对于跨月份的主要暴雨过程,以暴雨首日出现的时间确定暴雨出现月份。另外,主要暴雨过程中统计的暴雨站数指雨量≥50 mm的站点。

根据上述"暴雨日"以及"主要暴雨过程"的划分标准,统计2021年4—10月我国暴雨日数和主要暴雨过程,其结果显示,4—10月我国共出现199个暴雨日和32次主要暴雨过程。

2 4—10月我国主要暴雨天气过程

本节分析4—10月主要暴雨过程的天气系统以及每月累积降水概况,并对暴雨过程中每日的降水情况进行简单描述。

2.1 4月暴雨过程

4月我国共有15个暴雨日、1次主要暴雨过程。4月我国江南大部、华南大部及陕西、湖北、四川、重庆、云南等部分地区累计降水量超100 mm,其中湖南、江西部分地区的累计降水量超250 mm (图1a)。4月降水量与常年同期相比偏少,东北、华北、江淮、华南、西藏、新疆等地大多偏少5成以上,部分地区偏少8成以上。降水偏多的地区主要分布在内蒙古、青海、宁夏、甘肃、陕西等地 (图1b)。

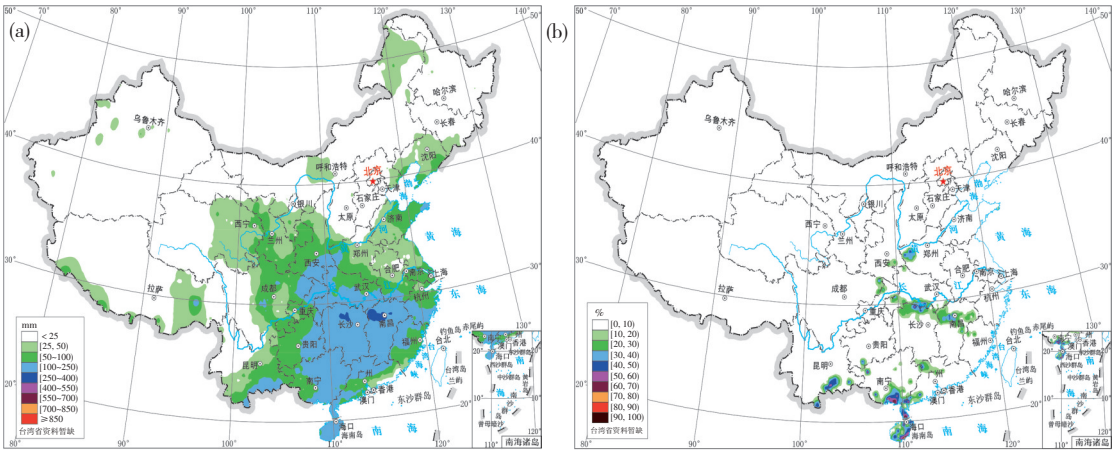


图1 2021年4月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 1 The spatial distribution of (a) precipitation amount and (b) precipitation anomaly in percentage over China in April 2021

对该月唯一1次主要暴雨过程(即4月26日江南、华南暴雨过程)及其主要影响系统简述如下:

4月26日500 hPa华南西部有短波槽发展东移,700 hPa华南西部有弱暖切变形成,850 hPa江南西部至华南西部有暖切变发展加强,受其影响,江南西部、华南地区出现降水,暴雨分布较为零散,华南南部局地出现大暴雨。过程最大累计降水量(114.7 mm),出现在广西廉江。

2.2 5月暴雨过程

5月我国共有31个暴雨日,6次主要暴雨过程。5月我国江南、华南、江淮以及川西等地降水量超过100 mm,江南大部降水在250 mm以上,部分地区降水在400 mm以上,其中江西、福建部分地区降水达到550 mm以上(图2a)。5月降水量与常年同期相比,除

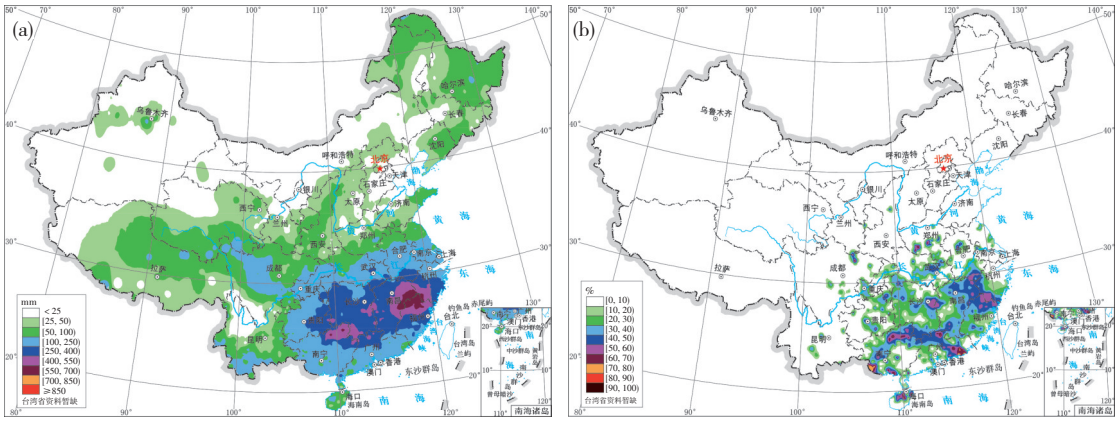


图2 2021年5月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 2 Same as Fig. 1 but the time for May 2021

了江南、江淮和西藏部分地区降水较常年偏多以外，其余大部较常年偏少(图2b)。

对该月6次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 5月3—4日，黄淮西部、江淮、江汉、江南、华南、西南东部暴雨过程。5月3日，受西风短波槽及低涡切变、西南暖湿气流共同影响，西南东部、江汉地区、江南西部、江淮西部及黄淮西部出现较大范围降水，暴雨主要出现在湘、渝、黔交界的地区；4日，受高空短波槽、低层低涡切变东移南压影响，江淮地区、江南地区及华南地区出现大范围降水，暴雨分布较为零散，桂东北出现暴雨到大暴雨。该过程最大累计降水量(165.1 mm)出现在广东鹤山。

(2) 5月10—13日，江淮西部、江汉东部、江南、华南、西南东部暴雨过程。5月10日，受高空短波槽、中低层西南低涡、暖切变及暖湿气流共同影响，西南东部至长江中游地区出现降水，暴雨分布较为零散；11日，受短波槽、中低层西南低涡东移及江淮气旋发展、低空急流加强的共同影响，雨区东移南压至江南地区，江西北部至浙江中部出现暴雨带，贵州东部至湘西南也出现暴雨区，两个暴雨区中局部都出现大暴雨；12日，受短波槽东移南压及中低层切变共同影响，暴雨主要出现在广西东北部和湖南南部部分地区，局部出现大暴雨；13日，受江南西部短波槽及中低层切变北抬影响，雨区有所北抬，暴雨分布较为零散，广西、贵州局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(225.0 mm)出现在湖南靖州。

(3) 5月14—18日，黄淮、江淮、江汉、江南暴雨过程。5月14日，受四川盆地西风短波槽、中低层西南低涡及江淮切变共同影响，淮河流域及长江中下游地区出现降水，局部地区出现暴雨；15日，受短波槽快速东移、中低层盆地低涡及黄淮暖切变、低空急流发展影响，黄淮大部、江淮地区、江汉地区、江南北部及重庆地区出现大范围降水，暴雨分布范围较广但较为零散，局部出现大暴雨；16日，受短波槽东移、中低层低涡切变整体东移南压及低空急流维持加强影响，雨带整体南压至江南地区，暴雨主要出现在湖南中部、江西北部至安徽南部，局地出现大暴雨；17日、18日，受云贵高原上空新的短波槽及中低层低涡切变整体东移南压影响，雨带整体南压至江南南部、华南地区。该过程最大累计降水量(187.0 mm)出现在湖北孝感。

(4) 5月19—22日，江南、华南北部暴雨过程。5月19日，受四川盆地西风短波槽东移、中低层华中地区低涡及长江流域切变共同影响，江南地区出现降水，暴雨分布范围较广，主要集中在湖南、江西交界的区域；20日，受东移短波槽、中低层华中地区低涡及切变线南压共同影响，雨带整体略有南压，浙江南部至广西西部出现东北西南向的暴雨带，广西中部、广东北部局地出现大暴雨；21—22日，受短波槽东移、中低层江南地区切变线影响，雨带连续两天出现在江南中东部地区，暴雨主要出现在江西、浙江、福建三省交界的区域，部分地区出现大暴雨。该过程最大累计降水量(302.0 mm)出现在浙江庆元。

(5) 5月23—24日，江南、华南西部、云贵高原暴雨过程。5月23日，受高空短波槽、低涡切变影响，江南北部及贵州地区出现降水，暴雨主要出现在江西、安徽、浙江三省交界的区域，江西北部出现大暴雨；24日，受短波槽及低涡切变东移南压影响，雨带整体南压至江南南部、华南西部，暴雨主要出现在湖南、广西交界的区域。该过程最大累计降水量(158.7 mm)出现在江西浮梁。

(6) 5月29日—6月2日，江南、华南西部、云贵高原暴雨过程。5月29日，受短波槽及低层切变影响，江

南大部出现降水，暴雨分布较为零散；30日，受短波槽、低层切变线东移南压影响，江南南部、华南北部出现零散暴雨、局部大暴雨；31日，受短波槽及低层低涡切变影响，广东东部出现暴雨到大暴雨；6月1日，受短波槽、低层切变影响，华南地区、江南南部及贵州南部出现降水，暴雨分布范围较广，局地零散出现大暴雨，其中广东珠海出现299.6 mm的特大暴雨；2日，受短波槽、低层切变线影响，华南地区及江南南部出现降水，暴雨分布范围较广，局地出现大暴雨。该过程最大累计降水量(281.1 mm)出现在湖南桂东。

2.3 6月暴雨过程

6月我国共有30个暴雨日、5次主要暴雨过程。6月我国南方大部地区、江淮、西南大部、青海东南部、陕西南部、山东南部、辽宁、吉林以及黑龙江和内蒙古的部分地区降水量超过100 mm，其中江南与华南部分地区累积降水量超过250 mm，局部降水超过400 mm(图3a)。6月降水量与常年同期相比偏少，我国大部分地区偏少2成以上，部分地区偏少5成以上(图3b)。

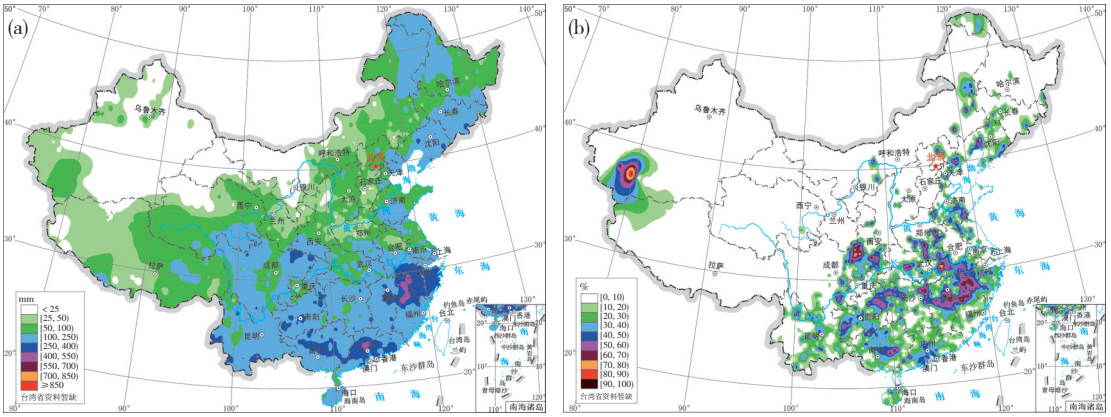


图3 2021年6月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 3 Same as Fig. 1 but the time for June 2021

对该月5次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 6月3—4日江南、华南、西南东部暴雨过程。6月3日，受高空短波槽、西南低涡及江淮切变共同影响，湖南中部及江西北部出现暴雨；4日，受高空短波槽、低层切变线东移南压影响，浙江南部至广西东部出现东北西南向的狭长暴雨带，浙江局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(122.5 mm)出现在浙江永嘉。

(2) 6月10—11日江南、华南北部、云贵高原暴雨过程。6月10日，受高空西风槽、低层切变线影响，贵州中部出现暴雨、局部大暴雨；11日，受高空西风槽、低层江淮切变东移南压影响，暴雨零散分布在江南南部至华南北部，局地出现大暴雨。该过程最大累计降水量(148.3 mm)出现在贵州普安。

(3) 6月13—16日四川盆地、西北东部、华北地区、黄淮、江淮、江南东部暴雨过程。6月13日，受甘肃南部地区高空短波槽、低层四川盆地北部低涡影响，陕西南部至川东北地区出现降水，局地出现暴雨到大暴雨；14日，受高空短波槽、西南低涡、黄淮切变共同影响，华北南部、黄淮地区、西北地区东南部及川东北地区出现暴雨、局部大暴雨；15日，受短波槽东移入黄海、低层黄淮气旋发展影响，山东南部至河南南部出现暴雨、局部大暴雨；16日，受短波槽、低层黄淮气旋东移入海影响，江淮西部、江南东北部出现降水，局部地区出现暴雨。该过程最大累计降水量(216.9 mm)出现在河南确山。

(4) 6月16—24日西北东部、西南东部、西南南部、江汉、江淮、江南、华南暴雨过程。6月16日，受高空短波槽、西南低涡影响，四川盆地局部出现暴雨；17日，短波槽、西南低涡维持少动，暴雨范围有所扩大，盆地北部局地出现大暴雨；18日，短波槽、西南低涡东移至盆地中部，雨区随之东移，局部出现暴雨到大暴雨；19日，受短波槽快速东移、中低层长江流域切变加强影响，长江流域出现降水，暴雨主要出现在安徽南部，局部大暴雨；20日，云贵高原上空有短波槽发展，中低层长江流域切变维持，降水区整体南压至江南地区，暴雨分布较为零散；21日，受短波槽、低层切变东移南压影响，江南南部、华南北部出现暴雨、局地大暴雨；22日，受短波槽、华南低涡、低层切变共同影响，广东、福建出现暴雨、局部大暴雨；23—24日，华南南部低涡维持在广东近海地区，中低层切变维持，华南南部出现暴雨、局部大暴雨。该过程最大累计降水量(309.7 mm)出现在广东珠海。

(5) 6月25日—7月4日西北东部、西南东部、西南南部、黄淮、江淮、江汉、江南、华南暴雨过程。受高空短波槽、西南低涡及低层切变共同影响，6月25日四川

盆地局部出现暴雨，26日四川盆地东北部至淮河上游出现暴雨，27日湖北中东部及安徽南部出现暴雨到大暴雨，28日降水区整体南压至江南地区及贵州，江西、浙江、福建、贵州、湖南多地出现暴雨到大暴雨，其中江西上饶出现259.2 mm的特大暴雨；29日，江南、华南、西南东部出现暴雨、局地大暴雨；30日，江南、华南西部、云贵高原出现暴雨到大暴雨；7月1日，暴雨带从浙江西部伸展至云南东部，部分地区出现大暴雨；2日，暴雨主要集中在湖北东部至安徽南部地区，部分地区出现大暴雨，广西资源出现了270.6 mm的特大暴雨；3日，黄淮南部、江南北部出现暴雨、局地大暴雨；4日，长江下游至广西北部出现分散性暴雨。该过程最大累计降水量(536.0 mm)出现在江西三清山。

2.4 7月暴雨过程

7月我国共有31个暴雨日、7次主要暴雨过程。7月我国除西北、内蒙古西部和西藏西部、江南部分地区以外的大部分地区降水均超过100 mm，其中黑龙江与内蒙古交界处、华北、江淮、四川东部等地降水量超过250 mm，华北、河南、江淮等部分地区超过400 mm，局部降水量超过700 mm (图4a)。7月降水量与常年同期相比除了华北、江淮东部、内蒙古东部以及新疆西部降水偏多以外，其余大部地区降水偏少，尤其华南以及我国西北地区大部偏少5成以上，局部偏少8成以上(图4b)。

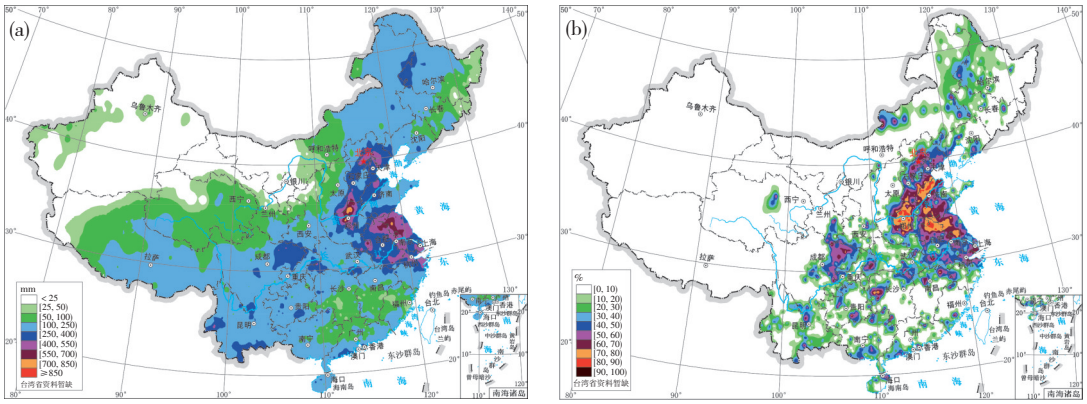


图4 2021年7月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig.4 Same as Fig.1 but the time for July 2021

对该月7次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 7月5—8日黄淮南部、江淮、江汉、江南北部、西南暴雨过程。受高空短波槽、西南低涡、黄淮切变共同影响，7月5日江淮地区、江汉地区至贵州西部出现东北西南向的雨带，局地出现大暴雨；6日，淮河流域至云南北部出现东北西南向的雨带，局部出现大暴雨；7日，黄淮南部及长江三峡地区出现暴雨，局部出现大暴雨；8日，长江流域出现降水，暴雨主要出现在长江下游及四川盆地附近，局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(307.4 mm)出现在河南固始。

(2) 7月10—14日西南东部、西北东部、黄淮北部、华北、东北南部、内蒙古东部暴雨过程。受高空短波槽、西南低涡、河套低涡及西南低空急流的共同影响，7月10日，四川盆地及陕南地区出现暴雨、局部大暴雨；11日，华北中南部出现暴雨，河北、河南、山西交界处多站出现大暴雨；12日，华北东部至黄淮北部出现暴雨到大暴雨；13日，河北、辽宁交界区出现暴雨到大暴雨；14日，山东北部至辽宁出现暴雨、局部大暴雨。该过程最大累计降水量(337.8 mm)出现在山东无棣。

(3) 7月15—18日黄淮、江淮、江汉、江南北部暴雨过程。受高空低涡、黄淮气旋、黄淮切变共同影响，7月15日，江苏北部至河南中部出现近东西向的暴雨带，部分地区出现大暴雨；16日，黄淮南部、江淮大部出现较为集中的暴雨，多站出现大暴雨；17日，暴雨主要出现在江淮流域及周边地区，安徽局部出现大暴雨；18日，江淮西部、江汉东部、江南北部出现分散性暴雨，江西局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(272.2 mm)出现在安徽淮北。

(4) 7月15—18日西北东部、西南东部、西南南部暴雨过程。受西南低涡、河套低涡影响，7月15日，甘肃、陕西、四川三省交界的区域至四川盆地西部出现暴雨到大暴雨；16日，暴雨集中出现在盆地中部地区，多站出现大暴雨；17日，川、渝、黔交界的区域出现降水，部分地区出现暴雨；18日，云南、贵州、广西交界的区域出现降水，部分地区出现暴雨。该过程最大累计降水量(224.3 mm)出现在四川旺苍。

(5) 7月18—22日华北、黄淮西部、江汉地区暴雨过程。7月18日，受西风短波槽形成，低层华北切变影响，华北东部出现暴雨，北京局部出现大暴雨；19日，受华北东部至黄淮西部短波槽、低层低涡切变影响，华北东部至黄淮西部出现降水，暴雨主要出现在河南

中北部，局部出现大暴雨；20日，受山西、陕西、河南三省交界区低涡影响，河南出现强降水，暴雨集中在河南中部及周边地区，共有33站出现大暴雨、6站出现特大暴雨(郑州552.5 mm、新密448.3 mm、嵩山426.2 mm、荥阳349.7 mm、偃师339.7 mm、登封251.3 mm)；21日，河套地区有低涡发展，中低层黄河下游地区有暖切变形成，受其影响，雨区向北扩展，河南、河北出现大范围强降水，暴雨主要出现在河南中北部至河北南部，共有43站出现大暴雨，河南安阳、汤阴、淇县、卫辉、扶沟和临颍自北向南分别出现了263.6 mm、388.2 mm、353.3 mm、278.8 mm、341.0 mm及276.8 mm的特大暴雨；22日，河套低涡东移至陕西、山西交界的区域，中低层黄河下游暖切变略有北移，受其影响，雨区北移至华北中南部地区，暴雨主要出现在河北南部至河南北部，共有14站出现大暴雨，河南辉县出现了343.6 mm的特大暴雨。该过程最大累计降水量(820.4 mm)出现在河南郑州。

(6) 7月24日—8月1日江南东部、江淮、黄淮、华北东部、东北、内蒙古东部暴雨过程。受2106号强台风“烟花”(In-Fa)登陆影响，7月24日，浙江大部、安徽南部出现降水，暴雨主要出现在浙江中北部，局部出现大暴雨；25日，降水范围向北扩展，浙江大部、安徽南部、江苏南部及上海市出现降水，暴雨主要出现在浙江中北部及上海市，沿海多站出现大暴雨；26日，降水继续向北扩展，暴雨主要出现在浙江北部、上海及江苏中部部分地区，杭州湾及上海市多站出现大暴雨；27日，雨区继续向北扩展，暴雨主要出现集中在江苏南部、安徽南部和上海市，部分地区出现大暴雨；28日，雨区迅速向北扩展，江苏大部、安徽北部、山东南部及河南东部部分地区出现大范围暴雨到大暴雨，其中江苏洪泽、高邮、江都和泗阳分别出现263.7 mm、287.1 mm、319.0 mm和322.3 mm的特大暴雨；29日，雨区继续向北扩展，暴雨主要集中在山东、河北东南部及天津，其中山东、河北交界的区域出现较大面积的大暴雨；30日，雨区北移至天津、辽西地区，部分地区出现暴雨、局部大暴雨；31日—8月1日，雨区继续北移，东北部分地区出现暴雨。该过程最大累计降水量(471 mm)出现在上海金山。

(7) 7月29日—8月7日江南、华南暴雨过程。7月29日—8月3日，受高空短波槽、华南切变、华南低涡及热带低压共同影响，江南、华南连续出现暴雨、局部大暴雨；4—7日，热带低压发展为2109号热带风暴“卢碧”(Lupit)，受其影响，江南、华南又连续出现暴雨到局部大暴雨。该过程最大累计降水量(574.9 mm)出现在福建宁德。

2.5 8月暴雨过程

8月我国共有31个暴雨日、7次主要暴雨过程。8月我国除西北部外大部降水量超过100 mm，其中华南沿海以及长江中下游等地降水量超过250 mm，四川、重庆部分地区及华南沿海等地降水超过400 mm(图5a)。8月降水量与常年同期相比，除江南、江淮、新疆、内蒙古的部分地区降水偏多外，其余大部地区降水偏少(图5b)。

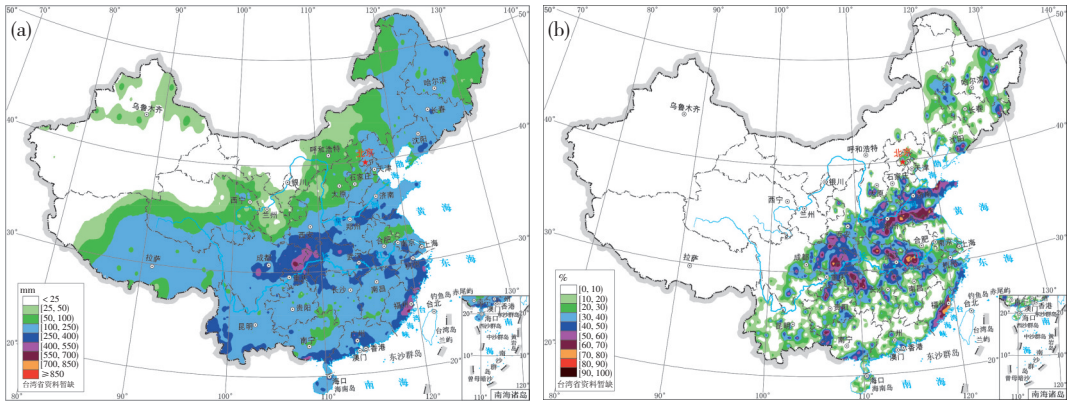


图5 2021年8月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 5 Same as Fig. 1 but the time for August 2021

对该月6次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 8月5日四川盆地暴雨过程。8月5日，500 hPa川西高原有短波槽东移，中低层四川盆地有西南低涡形成，受其影响，四川盆地西部出现降水，部分地区出现暴雨，局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(129.5 mm)出现在四川宝兴。

(2) 8月7—17日西北东部、黄淮、江淮、江汉、江南、华南、西南暴雨过程。受高空短波槽、西南低涡、低层切变共同影响，8月7日四川盆地部分地区出现暴雨到大暴雨，8月7日四川盆地及陕西南部出现暴雨，四川渠县、大竹分别出现334.0 mm、325.3 mm的特大暴雨；9日，河南南部至云贵高原北部出现暴雨；10日，江南出现暴雨、局部大暴雨；11日，江淮、江汉、江南、

华南、西南东部出现暴雨、局部大暴雨；12日，江汉地区、江淮西部、江南北部出现暴雨，江汉地区多站出现大暴雨，其中湖北宜城出现312.9 mm特大暴雨；13日—15日，长江流域、江南地区、云贵高原出现暴雨、局部暴雨；16—17日，江南中东部出现暴雨、局部大暴雨。该过程最大累计降水量(468.1 mm)出现在湖北宜城。

(3) 8月17—18日四川盆地暴雨过程。8月17日，500 hPa四川盆地有短波槽形成，中低层四川盆地有西南低涡生成，受其影响，盆地西部出现降水，局部地区出现暴雨、大暴雨；18日，500 hPa四川盆地短波槽缓慢东移，中低层西南低涡也随之缓慢东移，受其影响，四川盆地出现降水，部分地区出现暴雨，局部大暴雨。该过程最大累计降水量(268.5 mm)出现在四川雅安。

(4) 8月19—20日西北东部、华北、黄淮、江淮西部暴雨过程。8月19日，500 hPa河套地区有短波槽形成发展，中低层内蒙古中部至河套地区有切变形成，受其影响，华北地区、西北地区东部出现降水，部分地区出现暴雨、局部大暴雨；20日，500 hPa短波槽快速东移南压，中低层切变也随之东移南压至黄淮地区，受其影响，华北南部、黄淮地区、江淮西部出现降水，暴雨主要出现在山东、河南、江苏三省交界的区域，局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(141.0 mm)出现在山东莒南。

(5) 8月22—25日西北东部、西南东南部、黄淮、江淮、江汉、江南暴雨过程。8月22日，受高空短波槽、西南低涡及低层切变影响，四川盆地、西北地区东部、华北南部、黄淮西部出现东北西南向暴雨带，河南、陕西、四川多站出现大暴雨，其中四川阆中出现251.2 mm的特大暴雨；23日，高空短波槽、西南低涡快速东移，黄淮气旋发展，豫、鲁、苏交界的区域和川、渝交界区域分别出现两个暴雨中心，部分地区出现大暴雨；24日，受高空西风槽及低层切变影响，长江中下游地区至云贵高原出现东北西南向的狭长暴雨带，部分地区出现大暴雨，其中湖南古丈出现262.3 mm的特大暴雨；25日，受西风槽、低层切变东移影响，湖南、江西局部出现暴雨到大暴雨。该过程最大累计降水量(288.3 mm)出现在四川阆中。

(6) 8月28—31日四川盆地、西北东部、华北南部、黄淮地区暴雨过程。8月28日，受高空短波槽、西南低涡影响，川东北局地出现暴雨；29日，短波槽、西南低涡东移，黄淮地区切变发展，黄淮北部至四川盆地中部出现东北西南向的暴雨带，部分地区出现大暴雨；30日，短波槽继续缓慢东移，黄淮切变维持少动，黄淮部分地区出现暴雨、局部大暴雨；31日，短波槽东移入渤海，黄河下游地区气旋发展，华北南部、黄淮北部出现强降水，暴雨带从山东半岛至山西南部呈东西向分布，山东多站出现大暴雨。该过程最大累计降水量(202.1 mm)出现在四川大竹。

2.6 9月暴雨过程

9月我国共有22个暴雨日、4次主要暴雨过程。9月我国东北南部、华北、黄淮、西南大部以及华南沿海地区降水量超过100 mm，其中四川、陕西、山西、河北、河南等地的部分地区的降水超过250 mm，四川、陕西的部分地区降水量在400 mm以上(图6a)；9月降水量与常年同期相比，偏多区域主要出现在东北大部、内蒙古东部、华北、黄淮、西北东部地区，其中东北南部以及华北大部地区偏多2倍以上(图6b)。

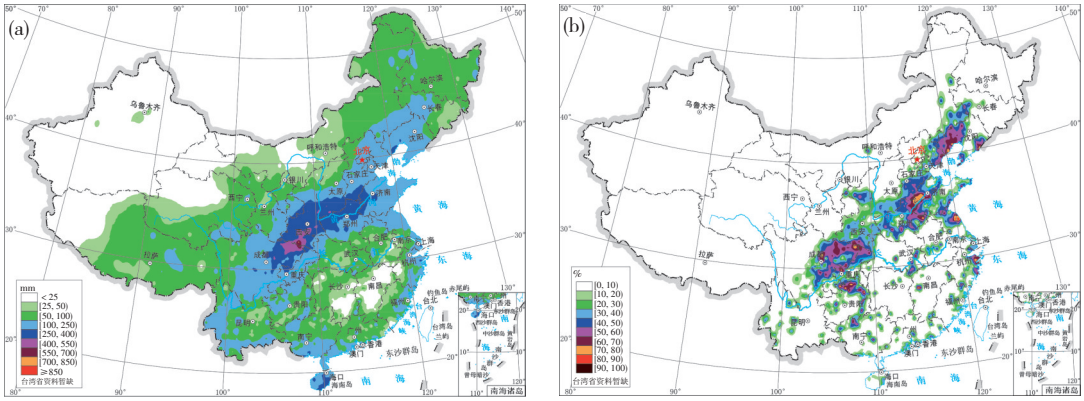


图6 2021年9月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 6 Same as Fig. 1 but the time for September 2021

对该月4次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 9月3—6日西南东部、西北东部、华北、黄淮、江淮东部暴雨过程。9月3日，受高空短波槽、西北低涡影响，西北地区东部及四川盆地北部出现零散暴雨；4日，受西北短波槽、西北低涡、西南低涡及低层切变共同影响，华北地区、黄淮地区、西北地区东南部及四川盆地出现较大范围暴雨，多地出现大暴雨；5日，

短波槽、黄淮低涡快速东移，西南低涡维持少动，黄淮东部和江淮东部、四川盆地和陕南地区出现暴雨、局部大暴雨；6日，西南低涡缓慢东移，四川盆地东部至大巴山地出现暴雨，重庆局部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(273.6 mm)出现在陕西镇巴。

(2) 9月13—14日江南东部暴雨过程。9月13日，2114号超强台风“灿都”(Chanthu)从台湾岛东侧洋面北上进入距上海150 km的东海海面，其强度已减弱为强台风，受其影响，我国东部沿海出现降水，暴雨主要集中在浙江东北沿海地区，共有11个站出现大暴雨；14日，“灿都”在洋面上盘旋一段时间后折向东南方向移动，受其影响，降水减弱，长江口和钱塘江口附近局部出现暴雨到大暴雨。该过程最大累计降水量(317.8 mm)出现在浙江定海。

(3) 9月15—21日东北、华北、黄淮、西北东部、西南东部、西南南部、江南西部、华南西部暴雨过程。9月15日，受高空短波槽、低层切变影响，四川盆地西部出现暴雨、局部大暴雨；16日，受短波槽东移、四川盆低涡发展影响，四川盆地出现暴雨到大暴雨，其中三台出现267.3 mm的特大暴雨；17日，短波槽继续缓慢东移，四川盆地低涡维持少动，陕西南部至贵州出现南北向暴雨带，贵州局部出现大暴雨；18日，受短波槽、西南低涡及低层切变共同影响，山西中南部出现暴雨；19日，短波槽东移南压，西南低涡、低层切变发展加强，河北南部至重庆北部出现东北西南向暴雨带，河北、山东、河南三省交界区域多站出现大暴雨；20—21日，受西风槽、低涡切变、低空急流共同影响，东北南部、华北东部及黄淮东部出现暴雨，辽宁南部出现大暴雨。该过程最大累计降水量(301.1 mm)出现在四川三台。

(4) 9月24—29日华北南部、黄淮、西北东部、四川盆地暴雨过程。受高空短波槽、西北低涡、西南低涡及低层切变共同影响，9月24日，四川盆地、西北地区东部、华北南部及黄淮西部出现零散暴雨、局部大暴雨；25日，河南、山东、河北三省交界的区域出现较为集中的暴雨到大暴雨，陕西、四川局部出现暴雨、大暴雨；26日，黄淮北部至四川盆地出现东北西南向的狭长暴雨带，局部出现大暴雨；27日，山东半岛、四川盆地局部出现暴雨；28日，河南西部至四川盆地出现暴雨、局部大暴雨；29日，江淮局部出现暴雨。该过程最大累计降水量(275.6 mm)出现在河南叶县。

2.7 10月暴雨过程

10月我国共有26个暴雨日、3次大范围暴雨过程。10月华南南部、云南南部、贵州南部、湖南南部、四川东部、重庆、陕西、山西、河北、辽宁东部以及浙江、江苏沿海等地降水超过100 mm，其中华南沿海与浙江沿海部分地区降水超过250 mm (图7a)。10月降水量与常年同期相比，大多地区降水偏少，但上述降水超过100 mm的区域降水较常年偏多2倍以上(图7b)。

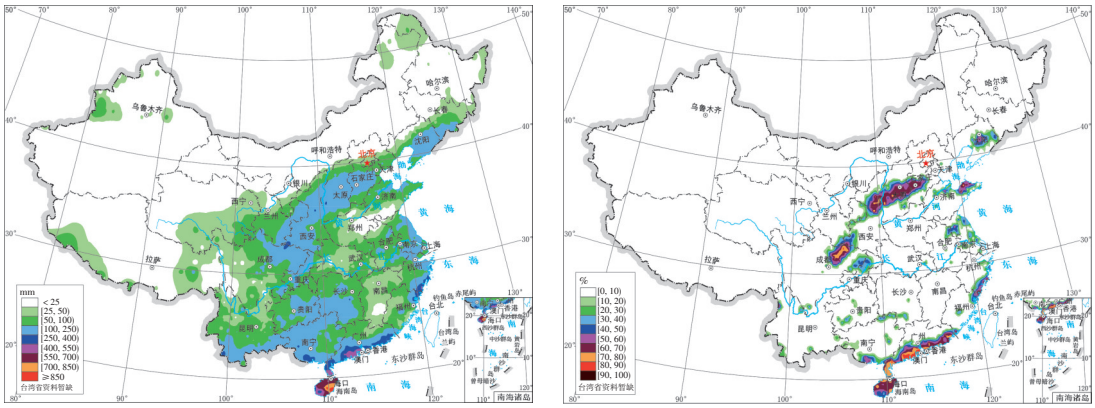


图7 2021年10月我国降水量(a)和降水距平百分率(b)的空间分布

Fig. 7 Same as Fig. 1 but the time for October 2021

对该月3次主要暴雨过程及其主要影响系统简述如下：

(1) 10月3—7日东北南部、华北、黄淮北部、西北东部、四川盆地暴雨过程。受高空短波槽、西北低涡、东北冷涡、华北切变的共同影响，10月3日，东北地区南部–华北南部–陕西中部出现东北–西南向雨带，暴雨区分布较为分散，辽宁、陕西局地出现大暴雨；4日，山西中部至四川盆地出现东北西南向的暴雨带，山东北部部分地区也出现暴雨；5日，河北中部至四川盆地出现东北西南向的暴雨带，川东北局部出现大暴雨；6日，暴雨主要出现在河北中部至山西中部；7日，四川盆地东北部出现暴雨。该过程最大累计降水量(285.2 mm)出现在山西大宁。

(2) 10月8—11日华南地区、西南东部、江南西部暴雨过程。受2117号热带风暴“狮子山”(Lionrock)登陆及移动影响，10月8日，海南出现暴雨到大暴雨，广

东珠江口及其以东沿海出现暴雨到大暴雨;9日,华南地区及江南西部出现降水,暴雨主要集中在华南沿海及海南岛,广东沿海部分地区出现大暴雨,海南东北部出现大暴雨,其中临高、昌江分别出现422.6 mm、325.1 mm的特大暴雨;10日,雨区整体向西北方向扩展,广东、广西、贵州部分地区出现暴雨,广东西部沿海及广西沿海部分地区出现大暴雨;11日,广东西南沿海及广西沿海局部出现暴雨到大暴雨。该过程最大累计降水量(467.7 mm)出现在海南临高。

(3) 10月12—15日江南东部、华南南部暴雨过程。受2118号台风"圆规"(Kompasu)登陆及移动影响,10月12日,浙江沿海出现暴雨、局地大暴雨;13日,海南出现暴雨到大暴雨,广东沿海至浙江沿海出现暴雨到大暴雨;14日,广东西部沿海出现暴雨到大暴雨;15日,广东雷州半岛及海南北部局部出现暴雨。该过程最大累计降水量(313.4 mm)出现在福建宁德。

3 2008—2021年暴雨日数、主要暴雨过程次数比较

2008—2021年4—10月我国发生的暴雨日数、主要暴雨过程次数统计结果见表1,其中2008—2020年数据源自《暴雨年鉴》(中国气象局,2011a,2011b,2012,2014,2015,2016,2017,2020a,2020b,2021,2022,2023,2024)。从表1中可见,2021年4—10月我国共出现199个暴雨日,比前13 a (2008—2020年)同期平均(188.4 d)偏多10.6 d;2021年4—10月我国共出现32次主要暴雨过程,比前13 a (2008—2020年)同期平均(35.7)偏少3.7次。

表1 2008—2021年4—10月我国暴雨日数(*D*, 单位: d)与主要暴雨过程次数(*E*)

Table 1 Heavy rain day (unit: d) and major heavy rain event frequency between April and October from 2008 to 2021

年份	4月 (*D E*)	5月 (*D E*)	6月 (*D E*)	7月 (*D E*)	8月 (*D E*)	9月 (*D E*)	10月 (*D E*)	4—10月合计 (*D E*)
2008	20 4	28 4	30 8	31 7	31 9	29 4	25 4	194 40
2009	20 2	27 6	29 8	31 11	31 9	30 7	16 1	184 44
2010	23 4	28 8	30 7	31 9	31 4	30 6	22 3	195 41
2011	9 1	23 4	29 5	31 7	31 5	29 4	19 2	171 28
2012	25 4	31 4	30 5	31 6	31 10	28 3	17 1	193 33
2013	20 1	29 4	29 6	31 10	31 7	28 2	16 1	184 31
2014	25 1	30 7	30 6	31 6	31 6	29 5	18 1	194 32
2015	21 1	30 8	30 10	30 7	31 6	29 6	21 3	192 41
2016	25 6	29 6	30 7	31 6	31 7	30 5	28 4	204 41
2017	18 2	25 3	30 7	31 8	31 6	30 5	19 2	184 33
2018	22 3	27 6	30 6	31 7	31 7	26 2	11 0	178 31
2019	25 4	30 5	30 5	31 7	31 7	22 5	19 2	188 35
2020	13 1	31 5	30 6	31 7	31 9	29 5	23 1	188 34
2021	20 1	31 6	30 5	31 7	31 6	30 4	26 3	199 32

4 结论

(1) 2021年4—10月我国共出现199个暴雨日、32次主要暴雨过程,暴雨日比前13 a (2008—2020年)同期平均偏多10.6 d,主要暴雨过程次数比前13 a同期平均偏少3.7次。

(2) 2021年4—10月出现的32次主要暴雨过程中,7月出现7次,5月、8月各出现6次,6月出现5次,9月出现4次,10月出现3次,4月出现1次。32次主要暴雨过程中有5次由热带气旋登陆或影响所致。其中7月18—22日的北方暴雨即郑州"7.20"特大暴雨,是当年影响最为广泛、造成直接经济损失最为严重的一次暴雨过程。

(3) 当年全国最大日降水量为552.5 mm,7月20日出现在河南郑州。本年度暴雨过程累积雨量最大达820 mm,也出现在河南郑州(7月18—22日),该过程系由低涡、切变线以及暖湿气流共同影响所致。

参考文献(references):

邓雯,闵爱荣,廖移山.2013. 2012年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,32(1):88-96. Deng W, Min A R, Liao Y S. 2013. Important heavy rain processes in China from April to October in 2012 [J]. Torrential Rain and Disasters,32(1):88-96 (in Chinese). doi: 10.3969/j.issn.1004-9045.2013.01.013

丁一汇.1994.暴雨和中尺度气象学问题[J].气象学报,53(3):274-284. Ding Y H. 1994. Some aspects of rainstorm and meso-scale meteorology [J]. Acta Meteorologica Sinica,53(3):274-284 (in Chinese)

闵爱荣,廖移山,杨荆安.2011. 2010年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,30(1):90-96. Min A R, Liao Y S, Yang J A .2011. Important heavy rain processes in China from April to October in 2010 [J]. Torrential Rain and Disasters,30(1):90-96 (in Chinese). doi: 1004-9045(2011)01-0090-07

廖移山,闵爱荣,杨荆安.2010. 2009年4—9月我国暴雨天气概述及重要过程浅析[J].暴雨灾害,29(1):96-103. Liao Y S, Min A R, Yang J A. 2010. Important heavy rain processes in China from April to October in 2009 [J]. Torrential Rain and Disasters,29(1):96-103 (in Chinese)

廖移山,汪小康,邓雯,等.2015.2014年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,34(1):88-96. Liao Y S, Wang X k, Deng W, et al. 2015. Important heavy rain events in China from April to October in2014 [J].Torrential Rain and Disaster,34(1):88-96 (in Chinese). doi: 10.3969/j.issn.1004-9045.2015.01.012

沈晓琳,陶亦为,张芳华,等.2018. 2017年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,37(2):187-196. Shen X L, Tao Y W, Zhang F H, et al. 2018. Important heavy rain events in China from April to October in 2017 [J]. Torrential Rain and Disasters,37(2):187-196 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004-9045.2018.02.011

陶诗言.1980.中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社,66–90. Tao S Y. 1980. Heavy rain in China [M]. Beijing: Science Press,66–90 (in Chinese)

陶亦为,于超,张芳华,等.2016. 2015年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,35(2):187–196. Tao Y W, Yu C, Zhang F H, et al. 2016. Major heavy rain events in China from April to October in 2015 [J]. Torrential Rain and Disasters,35(2):187–196 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004—9045.2016.02.012

汪小康,闵爱荣,廖移山.2019. 2018年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,38(2):183–192. Wang X K, Min A R, Liao Y S. 2019. Major heavy rainfall events in China from April to October in 2018 [J].Torrential Rain and Disasters,38(2):183–192 (in Chinese). doi: 10.3969/j.issn.1004–9045.2019.02.011

杨荆安,孟英杰.2008. 2008年5—9月我国主要暴雨天气过程[J].暴雨灾害,27(4):378–382. Yang J A, Meng Y J. 2008. Important heavy rain processes in China from April to October in 2008 [J]. Torrential Rain and Disasters,27(4):378–382 (in Chinese)

杨荆安,闵爱荣,廖移山.2012. 2011年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害,31(1):87–95. Yang J A, Min A R, Liao Y S. 2012. Important heavy rain processes in China from April to October in 2011 [J]. Torrential Rain and Disasters,31(1):87–95 (in Chinese). doi: 1004–9045(2012)01–0087–09

张芳华,陈涛,徐珺,等.2014. 2013年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害, 33(1):87–95. Zhang F H, Chen T, Xu J, et al. 2014. Important heavy rain events in China from April to October in 2013 [J]. Torrential Rain and Disasters,33(1):87–95 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004–9045.2014.01.012

赵娴婷,廖移山,闵爱荣,等.2017. 2016年4—10月我国主要暴雨天气过程简述[J].暴雨灾害, 36(2):182–191. Zhao X T, Liao Y S, Min A R, et al. 2017. Major heavy rain events in China from April to October in 2016 [J]. Torrential Rain and Disasters,36(2):182–191 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004–9045.2017.02.012

中国气象局,2011.暴雨年鉴(2008)[M].北京:气象出版社.China Meteorological Administration. 2011. Yearbook of heavy rain (2008) [M].Beijing:Meteorological Press(in Chinese)

中国气象局,2011.暴雨年鉴(2009)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2011. Yearbook of heavy rain (2009) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2012.暴雨年鉴(2010)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2012. Yearbook of heavy rain (2010) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2014.暴雨年鉴(2011)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2014. Yearbook of heavy rain (2011) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2015.暴雨年鉴(2012)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2015. Yearbook of heavy rain (2012) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2016.暴雨年鉴(2013)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2016. Yearbook of heavy rain (2013) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2017.暴雨年鉴(2014)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2017. Yearbook of heavy rain (2014) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2020.暴雨年鉴(2015)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2018. Yearbook of heavy rain (2015) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2020.暴雨年鉴(2016)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2019. Yearbook of heavy rain (2016) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2021.暴雨年鉴(2017)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2019. Yearbook of heavy rain (2017) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2022.暴雨年鉴(2018)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2020. Yearbook of heavy rain (2018) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2023.暴雨年鉴(2019)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2023. Yearbook of heavy rain (2018) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

中国气象局,2024.暴雨年鉴(2020)[M].北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2024. Yearbook of heavy rain (2018) [M]. Beijing:Meteorological Press (in Chinese)

（责任编辑　张　文）