

李俊,袁媛,王遵娅,等,2020. 2019 年长江中下游伏秋连旱演变特征[J]. 气象,46(12):1641-1650. Li J, Yuan Y, Wang Z Y, et al, 2020. Evolution characteristics of continuous drought in late summer and autumn in the middle and lower reaches of Yangtze River Valley in 2019[J]. Meteor Mon, 46(12):1641-1650(in Chinese).

2019 年长江中下游伏秋连旱演变特征^{*}

李 俊¹ 袁 媛² 王遵娅² 赵 伟¹ 元慧慧¹ 郁红弟¹

1 中国人民解放军 31010 部队, 北京 100081

2 国家气候中心, 北京 100081

提 要: 2019 年 7 月下旬至秋季, 长江中下游地区发生了近 50 年来历史同期最严重的伏秋连旱, 并给多地农业、生态、水资源等带来了严重不利影响。利用我国逐日台站气温和降水资料以及全国逐日气象干旱综合指数, 详细分析了 2019 年长江中下游 7 省(湖北、湖南、安徽、江西、江苏、浙江、福建)伏秋连旱的主要特征, 并将干旱发展演变过程与近 10 年最严重的 2011 年春旱做了简要对比。分析表明, 2019 年 7 月下旬至秋季(7 月 20 日至 11 月 30 日), 长江中下游区域平均降水量为近 50 年历史同期最少, 平均无降水日数和平均气温分别为 1961 年以来历史同期第二和第一。该区域持续高温少雨, 导致气象干旱迅速发展, 重旱以上平均和最大面积均达到 1961 年以来历史同期最大, 使其成为近 50 年来历史同期最严重的伏秋连旱。此次气象干旱表现出以下显著的特征: 干旱范围广、强度大; 始于黄淮而止于江南, 旱灾旱情最重位于江南地区, 且持续时间最长; 东西振荡和南北摆动幅度大; 各阶段干旱平均强度和持续时间呈现大致反位相的波动特征。

关键词: 长江中下游, 干旱, 降水量, 气温, 气象干旱综合指数

中图分类号: P466

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2020.12.011

Evolution Characteristics of Continuous Drought in Late Summer and Autumn in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River Valley in 2019

LI Jun¹ YUAN Yuan² WANG Zunya² ZHAO Wei¹ YUAN Huihui¹ YU Hongdi¹

1 Unit 31010 of PLA, Beijing 100081

2 National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: In the late summer and autumn of 2019, the most severe meteorological drought struck the middle and lower reaches of the Yangtze River Valley (MLRYRV) in the past 50 years, bringing serious adverse effects on agriculture, ecology and water resources in seven provinces located in the MLRYRV. Using datasets of daily temperature and precipitation at stations in China and daily meteorological drought composite index, this paper analyzed the main characteristics of this severe drought in the seven provinces (Hubei, Hunan, Anhui, Jiangxi, Jiangsu, Zhejiang and Fujian) in 2019. The spatio-temporal evolution of the drought was also briefly compared with the spring drought in 2011, which was the most serious drought in spring of recent decade. The analysis showed that from late July to autumn in 2019 (from 20 July to 30 November), the regional average precipitation was the lowest in the same period of recent 50 years, and the average dry days and the average temperature were respectively the second most and the highest during the same period since 1961. The continuous high temperature and few rainfall in this area

^{*} 国家基金委-云南省政府联合基金(U1902209)和国家自然科学基金项目(41776039)共同资助

2020 年 2 月 1 日收稿; 2020 年 10 月 30 日收修定稿

第一作者: 李俊, 主要从事短期气候预测研究. E-mail: 434730299@qq.com

通讯作者: 袁媛, 主要从事热带海气相互作用和短期气候预测研究. E-mail: yuany@cma.gov.cn

led to the rapid development of meteorological drought. The average and maximum area above the severe drought level have reached the largest in the same period of history since 1961, making it the most seriously continuous drought in late summer and autumn during the past 50 years. The significant characteristics of this severe drought are as follows: the drought had a wide range of influence and great intensity; the drought started from the lower reach of Yellow River and Huai River and terminated in the regions south of the Yangtze River Valley, where it persisted for a very long time and caused the most serious drought disaster; the drought vibrated from east to west and oscillated from north to south in longitudes and latitudes, respectively; and its averaged intensity and duration in each stage showed a wave characteristic with roughly reversed phase.

Key words: the middle and lower reaches of the Yangtze River Valley, drought, precipitation, temperature, meteorological drought composite index

引 言

长江中下游地区(湖北、湖南、安徽、江西、江苏、浙江、福建,以下简称长江中下游 7 省)是我国重要的粮食产区,属亚热带季风气候,季风雨带异常往往导致该地区出现旱涝灾害,加之该区域日益增加的水资源需求,干旱已成为该地区的重要灾害之一。据统计,新中国成立以来该区域已发生连续 15 d 以上的气象干旱事件 160 余次。特别是进入 21 世纪以来,干旱事件频发,除 2014、2015、2017 年外,几乎每年都出现连续 30 d 以上的气象干旱,对当地农业生产、供水、供电及人民生活等诸多方面都造成了巨大影响。2001 年夏秋季长江中下游大部地区发生严重干旱,长江干流在 7、8 月出现了少见的低水水情(史芳斌等,2002);2003 年夏季,长江中下游以南地区出现了 1971 年以来最严重的伏旱,尤其是浙江东部和南部发生了 1949 年以来最严重的干旱(袁晓玉和马德贞,2005)。2011 年冬春季节,长江中下游地区又发生了近 60 年来最严重的冬春气象干旱,此次干旱持续时间长,给国家经济社会发展造成了严重影响(陈鲜艳等,2014;吕星玥等,2019)。

长江中下游地区的干旱事件也已成为近年来诸多学者的研究对象。1969—2008 年近 40 年该地区干旱事件研究结果表明,干旱覆盖范围达 90% 以上的事件在 1980 年以前主要出现在冬季,20 世纪 90 年代主要出现在春季,21 世纪以来则频繁发生于夏秋季节,且极端干旱发生于秋季的较多(吴贤云等,2006;王文和蔡晓军,2010;王文等,2016;Jin et al, 2013;Zhou et al,2014)。有研究表明,2000 年以来东亚夏季大气环流异常导致长江流域梅雨异常偏

弱,这可能是引发该地区夏季旱灾频频发生的重要原因(柳艳香等,2008)。李明等(2019)对该地区 1961—2015 年干旱事件在不同时间尺度下的空间特征进行了研究,发现严重的干旱主要发生在长江下游地区,较严重的干旱事件通常持续更长的时间。

2019 年 7 月下旬至秋季,长江中下游地区降水持续偏少,出现了近 50 年来历史同期(伏秋季节)最严重的气象干旱。这次伏秋严重连旱给多地农业、生态、水资源等带来明显不利影响:安徽、浙江、江西等省大量农作物受灾,据不完全统计,农作物受灾总面积超过 9 600 km²;部分江河湖库水位明显下降,鄱阳湖水域面积比常年同期偏少 5 成以上,提前进入枯水期;湖北、江西等省群众日常生活用水紧张,部分地区出现人畜饮水困难;湖北、安徽等地持续高森林火险等级(常蕊等,2019)。本文将从夏季至秋季的基本气象要素出发,详细分析并揭示本次严重伏秋连旱的时空演变特征。

1 数据和方法

我国逐日台站气温、降水资料取自中国气象局国家气象信息中心发布的《中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集(V3.0)》(任芝花等,2012),时段为 1961—2019 年。该数据集集中解决基础气象资料质量和国家级-省级存档资料不一致的问题,数据质量和空间分辨率(测站数)比之前观测降水资料均有明显提高,已在业务和科研中得到广泛应用。

干旱是非常复杂的气候灾害,可以分为气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱。就气象干旱而言,主要用包含降水的指数来表征其发展演变

特征,大体可以分为两大类:多因素指数和单因素指数(任福民等,2014)。本文的干旱监测数据采用国家气候中心逐日气象干旱综合指数(MCI)(张存杰等,2017)表征干旱程度。MCI综合考虑了60 d内的有效降水(权重累积降水)、30 d内蒸散(相对湿度)以及季度尺度(90 d)降水和近半年尺度(150 d)降水的综合影响。该指标既可反映短时间尺度(月)和长时间尺度(季)降水量气候异常情况,又可反映短时间尺度(影响农作物)水分亏欠情况。该指标适合实时气象干旱监测和历史同期气象干旱评估,并已在国家级和省级气候中心的干旱监测和影响评估业务中广泛使用(谢五三等,2013;廖要明和张存杰,2017)。同时,本文也通过分析累计降水量、无降水日数、高温日数、不同等级的干旱面积等要素,从多角度剖析2019年伏秋连旱的演变特征。

国家气候中心雨季监测表明,2019年长江梅雨于7月8日结束,江南梅雨于7月16日结束,长江中下游地区出现涝旱急转。干旱监测显示,湖北、安徽、江苏三省的长江以北地区最先在7月5日出现轻至中度气象干旱,之后逐渐向长江以南各省扩展并达到重度干旱。此次气象干旱一直持续到11月下旬,11月17—25日,长江中下游大部地区出现5~25 mm降水,旱情才开始缓解。进入12月之后,中度以上的干旱仅维持在湖北中部、江西东南部和浙江西南部。考虑到梅雨结束时间及长江中下游7省干旱发展情况,本文分析的气象干旱将重点围绕2019年7月20日至11月30日时段。结合季节变化差异,将整个干旱时段(7月20日至11月30日)又分为夏季时段(7月20日至8月31日)和秋季时段(9月1日至11月30日)。本文所用数据的气候平均场均为1981—2010年平均,距平或距平百分率计算均相对于此气候平均场。

2 降水和气温异常特征

图1为长江中下游7省区域平均降水量的逐日演变,可以看出,2019年7月1—14日,该地区发生3次较强的强降水过程,分别出现在7月3—5日、6—9日和12—14日。但7月15日以后,降水量基本少于常年同期,除在8月10日前后发生过一次强降水过程(台风利奇马影响)外,8月下旬至9月初、

9月底、11月底还出现了几次弱的降水过程。统计表明,7月20日至11月30日该地区单日区域平均降水量低于常年值的日数高达114 d,占比为85.1%。在整个干旱时段,该地区大部降水较常年同期明显偏少,尤其湖北东部、安徽南部、湖南东部、江西、浙江西南部、福建大部等地降水量偏少50%~80%,其中江西东部局地偏少80%以上(图2a)。该时段,7省累计平均降水量仅为265.8 mm,较常年同期(441.7 mm)偏少39.8%,为1961年以来历史同期第二少,仅次于1966年(261 mm),降水负距平超过2倍标准差(图3)。其中,江西降水量为1961年以来历史同期最少,湖北、安徽均为第二少,福建为第三少,湖南为第四少。从不同季节情况来看,干旱发生的夏季时段,长江中下游及其以南大部降水偏少的特征与干旱总体时段的特征基本一致(图2b);秋季时段,我国东部从华北东南部经黄淮、江淮大部至长江以南大部降水均较常年同期明显偏少,上述大部地区降水偏少50%~80%(图2c)。7省从夏季时段至秋季时段大部地区降水持续偏少50%左右,这是导致干旱发生发展的重要原因。

7省平均最长连续无降水日数为26.7 d,其中江西平均为33.8 d,福建平均为31.2 d,安徽平均为28 d,均位列1961年以来历史同期第三多。7省556个站近40%(217个站)连续超过30 d无降水出现,其中福建崇武、诏安,安徽怀宁分别以连续81、77、70 d无降水位列最长连续无降水日榜前三(1961年以来),有27个站刷新了本站1961年以来最长连续无降水日数的历史纪录。

除了降水持续偏少外,7省平均气温也较常年同期偏高1~2℃,其中湖北、湖南、江西部分地区偏高2~4℃(图略),区域平均气温距平为1.3℃,位列1961年以来历史同期第一高。从高温日数的空间分布看,江汉和江南地区高温日数普遍有20~30 d,尤其是湖北东南部、湖南大部、江西、浙江西南部、福建大部高温日数超过30 d。其中,湖北大部、安徽南部、湖南、江西、浙江西部和南部、福建大部等地高温日数偏多10 d以上(图4a)。7省高温主要发生在夏季,其高温日数距平的空间分布(图4b)与干旱全时段的高温日数距平分布非常相似。秋季,长江中下游及其以南大部地区的平均气温均较常年同期偏高1~2℃,局地偏高2~4℃。除了湖南南部、江西

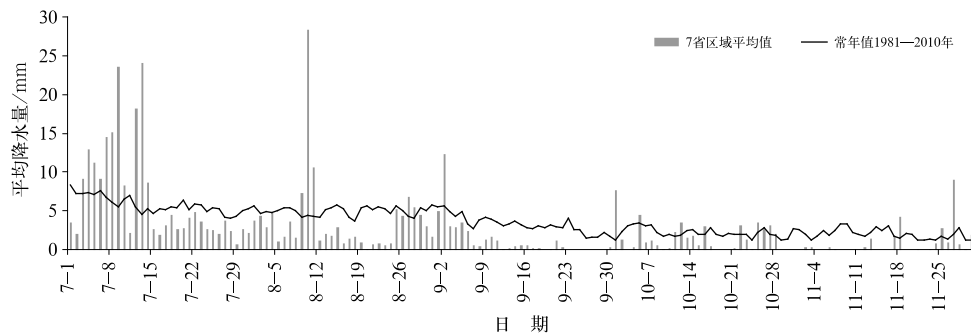


图 1 2019 年 7 月 1 日至 11 月 30 日长江中下游 7 省区域平均降水量逐日演变

Fig. 1 Time series of daily regional averaged precipitation in the seven provinces of the middle and lower reaches of Yangtze River Valley (MLRYRV) from 1 July to 30 November 2019

中南部、福建大部出现 10~15 d 的高温,局地超过 15 d 外,其余各省、市的高温日数基本少于 10 d (图略)。但是,湖北东南部、湖南大部、江西大部、浙江西南部局部、福建大部的高温日数仍较常年同期偏多 5~10 d,尤其是湖南南部、江西中部和南部、福建中部偏多 10 d 以上(图 4c)。由此可见,2019 年长江中下游地区在梅雨结束后降水持续异常偏少、气温异常偏高、连续无降水日数和高温日数明显偏多,在异常高温和降水亏缺的共同作用下,土壤湿度持续亏损、蒸发增加(章大全等,2010),这是导致此次严重伏秋连旱事件的直接原因。

3 气象干旱发展演变特征

过去 10 年,长江中下游地区仅在 2011 年发生过当时历史同期(冬春季)最严重的气象干旱。2011 年的气象干旱持续时间很长,根据不同的标准,有的研究定义为秋冬春连旱(许金萍等,2017;吕星玥等,2019),但更多的研究调整整个干旱事件中最严重的春旱的特征及其影响(段海霞等,2012;孙奇颖,2012;姚萍等,2013;陈鲜艳等,2014)。当时的春旱在持续时间、强度及影响范围等方面都创下了自 1951 年以来该地区最严重的春旱纪录,并对旱区农业、人畜饮水、江河及湖泊水位、渔业生产等造成了严重影响。因此,本节将在详细分析 2019 年伏秋连旱发展演变特征的同时与 2011 年春旱做对比。

(1)2019 年气象干旱范围广、强度大,但不同强度等级的干旱面积均不如 2011 年。干旱面积逐日监测表明,2019 年干旱面积呈现波浪式振荡上升达

到顶盛后断崖式减少,旱情随后趋于结束(图 5a),中度及以上日均干旱面积为 $49.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。而 2011 年干旱面积则表现出波浪式发展和衰减特征(图 5b),日均干旱面积达 $53.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。2019 年伏秋连旱虽为近 50 年来同期最严重的干旱,但在各强度等级干旱面积上并没有超过 2011 年(表 1)。2019 年 7 省中度及以上气象干旱面积最大达到 $90.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ (10 月 4 日,图 5a,图 6a);而 2011 年中度及以上气象干旱面积最大达到 $101.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ (4 月 29 日,图 5b,图 6b)。2019 年,重度及以上气象干旱面积最大为 $62.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ (10 月 10 日,图 5a,图 6c),其中特旱面积最大达 $26.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ (10 月 10 日,图 5a,图 6c);而 2011 年重度及以上干旱最大面积达 $88.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ (4 月 29 日,图 5b,图 6b),其中特旱面积最大达 $41.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ (5 月 21 日,图 5b,图 6d)。尽管如此,2019 年重旱以上平均面积和最大面积均达到 1961 年以来历史同期(伏秋季节)最大。另一方面,2011 年春旱期间弱降水过程较 2019 年伏秋连旱期间更加频繁,由此导致无降水日数的比例明显低于 2019 年。2019 年 7 省平均无降水日数高达 101 d,无降水日数占干旱期总日数的 75.4%,位列 1961 年以来历史同期第二多(1992 年 102.6 d,位列历史同期第一多),其中福建崇武站无降水日数达 124 d,全区最短无降水日数的福建九仙山也高达 62 d。而 2011 年春旱过程中,7 省平均无降水日数为 61.7 d,无降水日数占干旱期总日数的 60.5%,尽管明显低于 2019 年伏秋连旱相关数据,但也位列 1961 年以来历史同期第一多。

(2)2019 年旱灾始于黄淮而止于江南,而 2011

年的旱情演变大致相反,但这两次旱灾旱情最重均位于江南地区,且都在江南累计持续时间最长。根据 MCI 逐日监测图(图略),对比两次旱灾演变过程,2019 年 7 月下旬干旱开始于长江以北的黄淮地

表 1 长江中下游 7 省 2019 年伏秋连旱和 2011 年春旱不同强度等级干旱面积对比(单位:10⁴ km²)

Table 1 Comparison of drought area in different drought grades between the late-summer—autumn drought in 2019 and the spring drought in 2011 in the seven provinces of the MLRYRV (unit: 10 ⁴ km ²)				
事件	日平均干旱面积	中度及以上干旱最大面积	重度及以上干旱最大面积	特旱最大面积
2019 年伏秋连旱	49.4	90.1(2019 年 10 月 4 日)	62.7(2019 年 10 月 10 日)	26.0(2019 年 10 月 10 日)
2011 年春旱	56.1	101.0(2011 年 4 月 29 日)	88.0(2011 年 4 月 29 日)	41.4(2011 年 5 月 21 日)

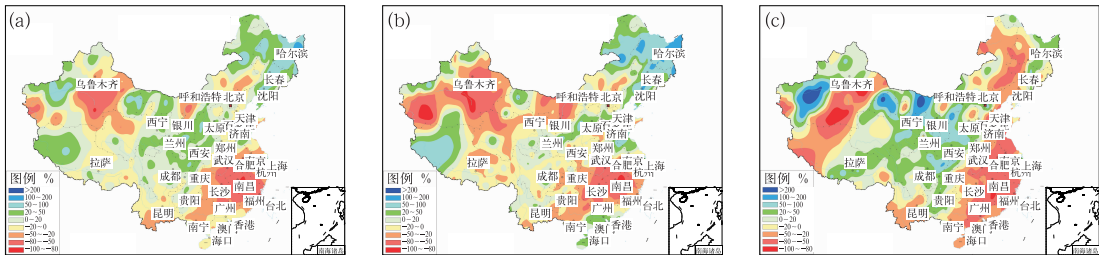


图 2 2019 年全国降水量距平百分率分布(a)干旱全时段 7 月 20 日至 11 月 30 日, (b)干旱发生夏季时段 7 月 20 日至 8 月 31 日,(c)干旱发生秋季时段 9 月 1 日至 11 月 30 日
Fig. 2 Percentage of precipitation anomaly in China in 2019
(a) from 20 July to 30 November, (b) summer drought period from 20 July to 31 August, (c) autumn drought period from 1 September to 30 November

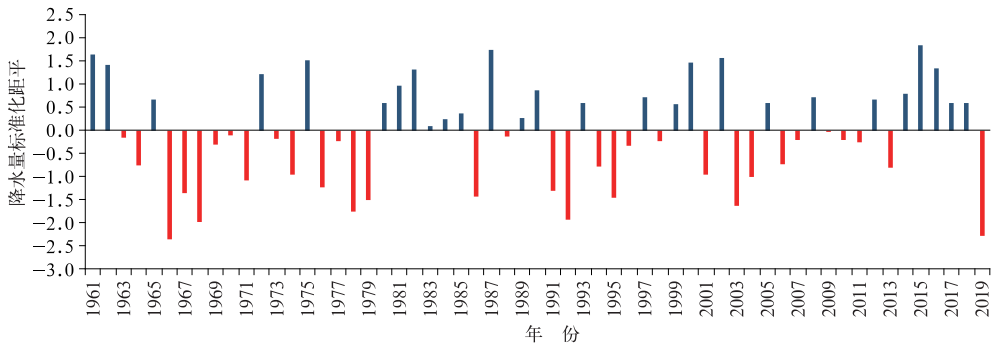


图 3 1961—2019 年 7 月 20 日至 11 月 30 日长江中下游 7 省区域平均降水量标准化距平
Fig. 3 Time series of the normalized anomaly of regional averaged precipitation in the seven provinces of the MLRYRV from 20 July to 30 November during 1961–2019

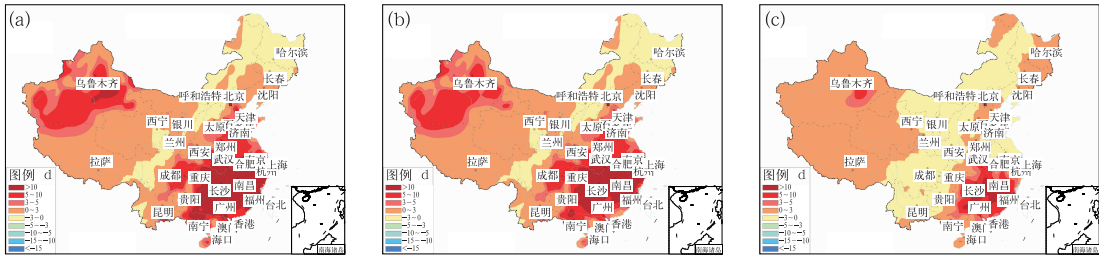


图 4 同图 2,但为高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)日数距平分布
Fig. 4 Same as Fig. 2, but for high temperature (above 35°C) day anomaly in China

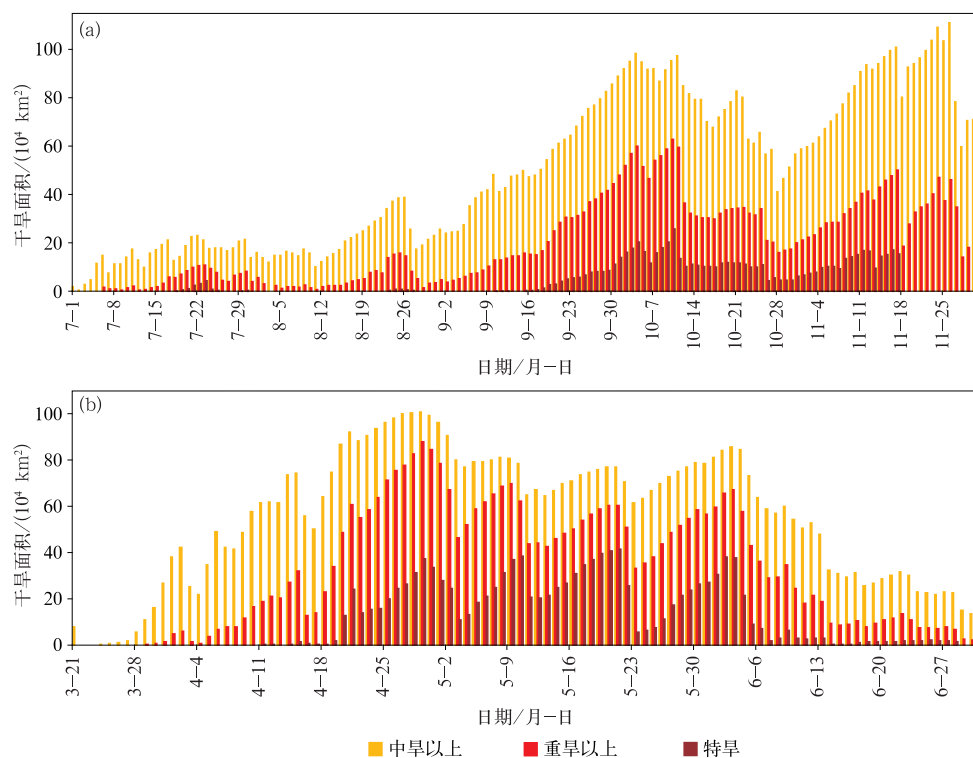


图 5 长江中下游地区 7 省中度及以上干旱面积逐日演变

(a)2019 年 7 月 1 日至 11 月 30 日,(b)2011 年 3 月 21 日至 6 月 30 日

Fig. 5 Time series of daily accumulated drought area for moderate drought and above in the seven provinces of the MLRYRV from 1 July to 30 November 2019 (a), and from 21 March to 30 June 2011 (b)

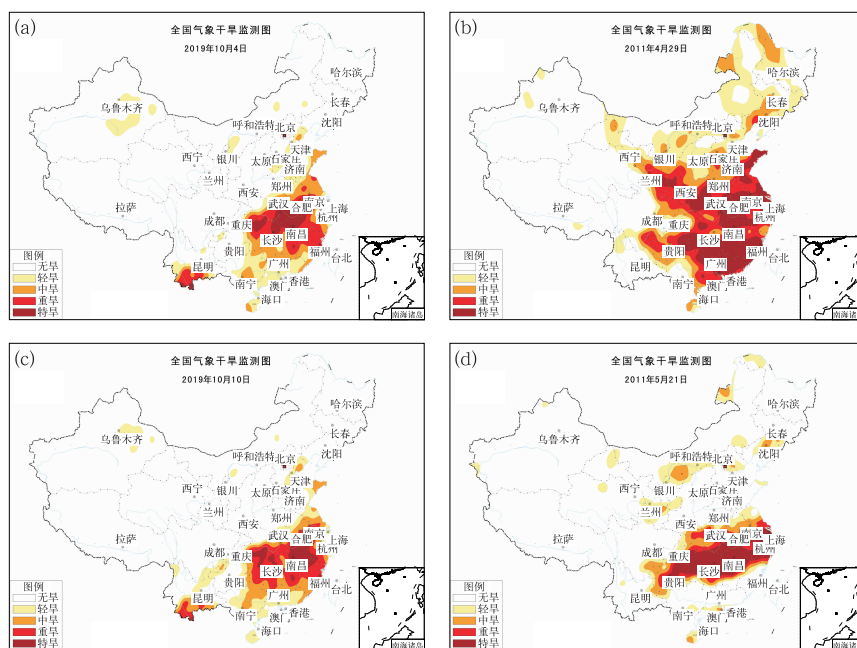


图 6 全国气象干旱综合监测图

(a)2019 年 10 月 4 日,(b)2011 年 4 月 29 日,(c)2019 年 10 月 10 日,(d)2011 年 5 月 21 日

Fig. 6 National meteorological drought comprehensive monitoring maps

(a) 4 October 2019, (b) 29 April 2011, (c) 10 October 2019, (d) 21 May 2011

区,后逐渐向江淮地区转移;8月上旬因台风登陆华东,干旱转移至长江中游,之后干旱从长江中游扩展至中下游地区,并且旱情向南扩展至整个江南地区;最后旱情向南收缩并转移至华南。2011年干旱则是在4月上旬从江南西北部开始,沿长江干流以南向东扩展并转移,下旬形成以长江下游干流为中心的沿江地区和江南南部地区两条干旱带;5月上旬江南南部的干旱带先向西收缩,再向北迁移,中旬两带合一,干旱占据江南大部地区;6月上旬干旱开始向江北转移,中旬至江淮、下旬转移至黄淮,中旬至月末江南南部亦有旱情发生。两次干旱过程的演变虽然迥异,但共同点都是在江南地区的干旱面积达到最大,且累计的持续时间都最长。

(3)2019年伏秋连旱在经向和纬向均呈现明显的东西振荡和南北摆动特征,而2011年春旱的经向和纬向振幅均不如2019年。由于2019年干旱事件历时时间长、范围广,且干旱区域在事件不同阶段出现了迁移,依据干旱发生的时间和主要区域可将干旱过程划分不同阶段,并依据MCI监测,提取中度以上干旱($MCI \leq -1.0$)站点经纬度信息,计算每个阶段中度以上干旱站点的平均经度和纬度,用以表征干旱过程的迁移特征。由此,可将2019年伏秋连旱分为8个阶段。从表2可以看出,在第一和第二阶段,气象干旱主要在长江(30°N)以北,并且从淮北转移至淮南;从第三阶段开始,干旱中心持续向东

迁移,且干旱区域一直稳定在长江以南地区;第四阶段,干旱又在纬向上呈现出南北摆动特征。此次干旱表现出以长江干流为中心的沿江地区长时间维持的特点,尤其第三、第四、第七阶段,在长江中下游累计持续79 d,占总旱期的59%。统计表明,整个干旱期平均经纬度中心点(29.8°N 、 116.1°E)位于江西九江市江洲镇附近的长江干流,各阶段纬向振幅从 $28.6^{\circ} \sim 32.3^{\circ}\text{N}$,跨度达 3.7° ,经向振幅从 $114.6^{\circ} \sim 117.1^{\circ}\text{E}$,跨度达 2.5° (图7a)。按照同样的标准也可将2011年春旱划分为7个阶段(表3),可以看出2011年春旱主要出现在江南地区,江南地区累计干旱时间约占总干旱期的近90%,其纬向和经向振幅的变率均不如2019年大,分别仅为 2.3° 和 1.1° (图7b)。

(4)2019年干旱的强度和持续时间呈现大致反位相的波动特征,而2011年这一特征并不显著。这里用区域平均MCI表征干旱强度,2019年干旱持续最长的时段是第三阶段,但相对最弱;而在干旱强度最强的第五、六阶段,持续时间却最短(图8a)。具体来说,干旱前两个阶段主要发生在长江以北的江淮地区,且旱情相对较轻,平均MCI低于-1.5,干旱面积也不大。在第三阶段旱情向长江中游发展的过程中,旱情有所减轻,但持续时间较长(8月11日至9月12日,共计33 d)。第四阶段旱情明显发展,平均MCI接近-1.7,且干旱面积发展达到最大

表 2 2019 年长江中下游地区干旱阶段划分及特征

Table 2 Classification and characteristics of each drought stage in 2019

阶段划分及日期	主要干旱区域	持续时间/d	各阶段日均干旱面积 (10^4 km^2)	最大干旱面积/(10^4 km^2) 及(出现日期)
第一阶段(7月20—27日)	黄淮	8	19.5	23(7月22日)
第二阶段(7月28日至8月10日)	江淮	14	15.9	20.8(7月30日)
第三阶段(8月11日至9月12日)	长江中游	33	28.3	58.4(9月4日)
第四阶段(9月13日至10月5日)	长江中下游	23	67.8	90.1(10月4日)
第五阶段(10月6—15日)	江南大部	10	79.3	85.1(10月11日)
第六阶段(10月16—25日)	江南东部	10	63.7	71.1(10月21日)
第七阶段(10月26日至11月17日)	长江下游	23	63.2	81.3(11月17日)
第八阶段(11月18—30日)	江南东部	13	66.8	85.1(11月26日)

表 3 同表 2, 但为 2011 年

Table 3 Same as Table 2, but for the situation in 2011

阶段划分及日期	主要干旱区域	持续时间/d	各阶段日均干旱面积 (10^4 km^2)	最大干旱面积/(10^4 km^2) 及出现日期
第一阶段(3月21日至4月15日)	江南北部	26	31.1	74.6(4月15日)
第二阶段(4月16日至5月2日)	长江下游、江南南部	17	87.1	101.0(4月29日)
第三阶段(5月3—10日)	长江中下游大部	8	79.6	81.3(5月8日)
第四阶段(5月11日至6月3日)	江南大部	24	72.9	85.8(6月3日)
第五阶段(6月4—14日)	江淮、江南	11	57.9	84.6(6月4日)
第六阶段(6月15—23日)	黄淮、江南南部	9	29.5	31.8(6月22日)
第七阶段(6月24—30日)	江南南部	7	20.2	22.8(6月28日)

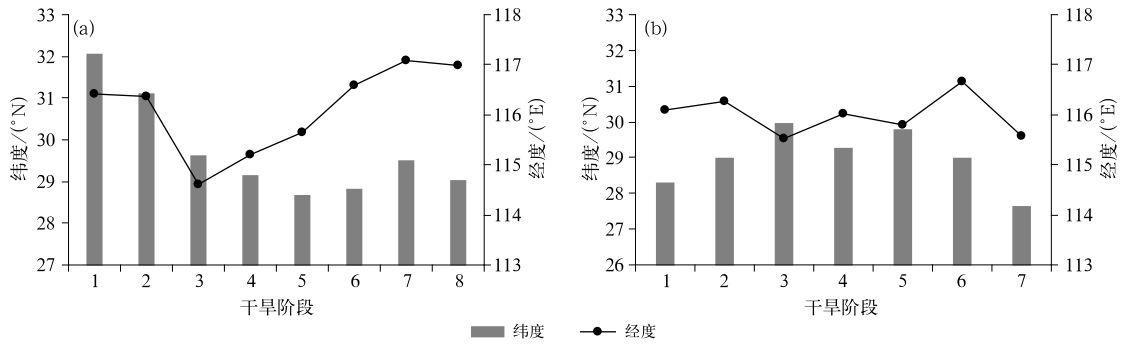


图 7 2019 年(a)和 2011 年(b)各阶段中旱以上站点平均经度和纬度变化

Fig. 7 Variations of mean longitude and latitude for stations in moderate drought and above in each stage in 2019 (a) and 2011 (b)

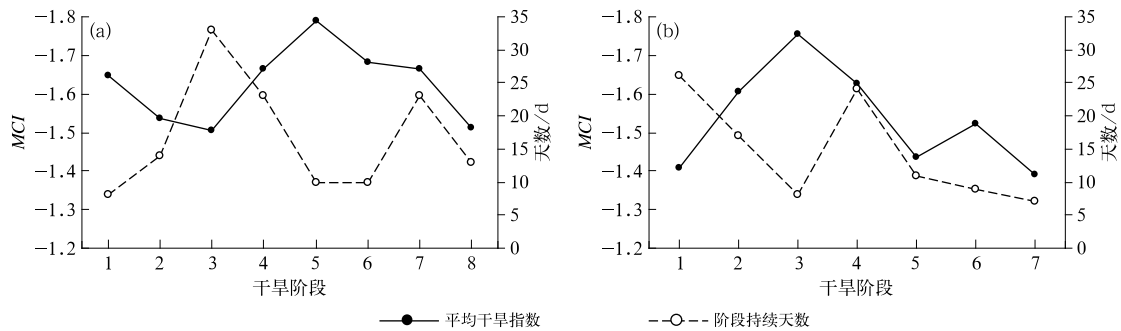


图 8 2019 年(a)和 2011 年(b)各阶段干旱指数和持续天数演变

Fig. 8 Evolution of meteorological drought composite index and duration days in different stages in 2019 (a) and 2011 (b)

(表 2)。第三、第四两个阶段基本维持在长江中下游共计 56 d, 占早期总天数的 41.8%。第五、六阶段, 干旱占据整个江南后并向长江下游扩展, 旱情发展到最重, 尤其第五阶段平均 MCI 达到最大接近 -1.8(图 8a), 日均干旱面积达到最大(表 2)。但这两个阶段的持续时间相对较短, 仅为 20 d。第七阶段, 旱情稳定在长江下游地区长达 23 d, 但干旱较前期有所减轻; 最后第八阶段干旱收缩在江南东部地区, 后逐渐向南收缩。整个干旱过程中各阶段干旱指数呈现出明显的波动特征, 这一特征在 2011 年也有所体现, 但其干旱强度和持续时间反位相的特征主要发生在干旱前期的发展阶段(第一至第三阶段)(表 3), 后期的衰减阶段基本为同位相演变(图 8b)。

4 结论与讨论

利用我国逐日台站气温和降水资料以及全国逐日气象干旱综合指数, 详细分析了 2019 年长江中下游 7 省伏秋连旱的主要特征, 并将干旱发展演变特

征与近 10 年最严重的 2011 年春旱做了简要对比。分析表明, 2019 年该地区在 7 月中旬梅雨结束后降水持续异常偏少, 区域平均降水量为近 50 年来历史同期最少; 气温异常偏高, 区域平均气温位列 1961 年以来历史同期第一高; 连续无降水日数和高温日数明显偏多, 7 省平均无降水日数为 1961 年以来历史同期第二多, 7 省多日刷新自 1961 年以来单日最高气温记录。该区域持续高温少雨, 导致气象干旱迅速发展, 重旱以上平均和最大面积均达到 1961 年以来历史同期第一, 成为近 50 年来历史同期最严重的伏秋连旱。

由于过去 10 年长江中下游发生的持续两季以上的严重气象干旱事件最典型的个例就是 2011 年(也是 1951 年以来最严重春旱), 因此, 本文将 2019 年伏秋连旱与 2011 年秋冬春连旱进行了对比。2011 年秋冬春连旱在春季最严重, 6 月发生了旱涝急转, 而 2019 年伏秋连旱在秋季最严重, 7 月发生了旱涝急转。对于气候平均而言(1981—2010 年), 长江中下游地区春季(3—5 月)和秋季(9—11 月)降

水量在全年降水量的占比分别为34.39%和15.65%,2011年春季降水偏少49.2%,2019年秋季降水偏少52.2%。因此,根据降水量的异常特征,2019年比2011年偏少更显著。但是,由于2011年干旱的持续时间更长,且干旱发生于雨季来临之前;而2019年干旱发生于雨季结束之后且干旱持续时间相对短,因此2011年旱情较2019年更加严重。与2011年春旱相比,2019年气象干旱表现出四个显著的特征:①2019年气象干旱范围广、强度大,但不同强度等级的干旱面积均未超过2011年;②2019年旱灾始于黄淮而止于江南,而2011年的旱情演变大致相反,但这两次旱灾旱情最重均位于江南地区,且都在江南累计持续的时间最长;③2019年伏秋连旱在经向和纬向均呈现明显的东西振荡和南北摆动特征,而2011年春旱的经向和纬向振幅均不如2019年;④2019年伏秋连旱的强度和持续时间呈现大致反位相的波动特征,而2011年这一特征并不显著。

长江中下游地区的干旱事件频繁发生,特别是近20年,该地区干旱事件发生频率呈现增加的趋势已成为不争的事实。导致干旱的原因是复杂且多方面的,既有气候自然变率的原因,又有人类活动的原因,其中大尺度大气环流异常起着更为直接的作用(Wilhite,2000;姚萍等,2013;陈鲜艳等,2014;柳艳香等,2017;吕星玥等,2019)。对此次干旱事件的成因分析,增强对该区域干旱成因机制的理解将是我们下一步亟待开展的工作。

致谢:感谢国家气候中心廖要明研究员提供的《区域性干旱过程监测评估方法》,感谢国家气候中心灾害风险管理系统对部分图形制作的支持和帮助。

参考文献

- 陈鲜艳,周兵,钟海玲,等,2014. 2011年长江中下游春旱的气候特征分析[J]. 长江流域资源与环境,23(1):139-145. Chen X Y, Zhou B, Zhong H L, et al, 2014. Climate characteristics of the 2011 spring drought in the mid-lower Yangtze Basin[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 23(1):139-145(in Chinese).
- 常蕊,王凌,叶殿秀,2019. 鄂湘赣皖闽发生近40年来最为严重的伏秋连旱[EB]. 重要气候信息,国家气候中心,2019年第48期:1-6. Chang R, Wang L, Ye D X, 2019. The worst drought in recent 40 years occurred in Hubei, Hunan, Jiangxi, Anhui and Fujian [EB]. Important Climate Information, National Climate Centre, 2019(48):1-6(in Chinese).
- 段海霞,王素萍,冯建英,2012. 2011年全国干旱状况及其影响与成因[J]. 干旱气象,30(1):136-147. Duan H X, Wang S P, Feng J Y, 2012. Drought situation in China in 2011 and its influence and cause analysis[J]. J Arid Meteor, 30(1):136-147(in Chinese).
- 李明,柴旭荣,王贵文,等,2019. 长江中下游地区气象干旱特征[J]. 自然资源学报,34(2):374-384. Li M, Chai X R, Wang G W, et al, 2019. Research on meteorological drought in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. J Nat Resour, 34(2):374-384(in Chinese).
- 廖要明,张存杰,2017. 基于MCI的中国干旱时空分布及灾情变化特征[J]. 气象,43(11):1402-1409. Liao Y M, Zhang C J, 2017. Spatio-temporal distribution characteristics and disaster change of drought in China based on meteorological drought composite index[J]. Meteor Mon, 43(11):1402-1409(in Chinese).
- 柳艳香,孙林海,李想,等,2017. 中国夏季降水异常及成因研究(2000-2009年)[M]. 北京:气象出版社. Liu Y X, Sun L H, Li X, et al, 2017. Analysis on Anomaly of Summer Precipitation in China and Its Cause during 2000-2009[M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).
- 柳艳香,赵振国,朱艳峰,等,2008. 2000年以来夏季长江流域降水异常研究[J]. 高原气象,27(4):807-813. Liu Y X, Zhao Z G, Zhu Y F, et al, 2008. Research of JJA precipitation anomaly in Yangtze River Basin since 2000[J]. Plateau Meteor, 27(4):807-813(in Chinese).
- 吕星玥,荣艳淑,石丹丹,2019. 长江中下游地区2010/2011年秋冬春连旱成因再分析[J]. 干旱气象,37(2):198-208. Lü X Y, Rong Y S, Shi D D, 2019. Reanalysis on the causes of continuous drought from autumn 2010 to spring 2011 in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. J Arid Meteor, 37(2):198-208(in Chinese).
- 任福民,高辉,刘绿柳,等,2014. 极端天气气候事件监测与预测研究进展及其应用综述[J]. 气象,40(7):860-874. Ren F M, Gao H, Liu L L, et al, 2014. Research progresses on extreme weather and climate events and their operational applications in climate monitoring and prediction[J]. Meteor Mon, 40(7):860-874(in Chinese).
- 任芝花,余予,邹凤玲,等,2012. 部分地面要素历史基础气象资料质量检测[J]. 应用气象学报,23(6):739-747. Ren Z H, Yu Y, Zou F L, et al, 2012. Quality detection of surface historical basic meteorological data[J]. J Appl Meteor Sci, 23(6):739-747(in Chinese).
- 史芳斌,张方伟,万汉生,2002. 2001年长江流域干旱及成因分析[J]. 水利水电快报,23(8):28-29,32. Shi B F, Zhang F W, Wan H S, 2002. Characteristics and causes analysis of drought in the Yangtze River Basin in 2001[J]. Express Water Resour Hydr Inf, 23(8):28-29,32(in Chinese).
- 孙奇颖,2012. 2011年初长江中下游地区干旱的可能成因分析[J]. 绿色科技, (8):102-105. Sun Q Y, 2012. Analysis of possible causes of drought in Yangtze Plain in early 2011[J]. J Green Sci Technol, (8):102-105(in Chinese).
- 王文,蔡晓军,2010. 长江中下游地区干旱变化特征分析[J]. 高原气象,29(6):1587-1593. Wang W, Cai X J, 2010. Analysis on variation feature of drought in mid- and lower-reaches of Yangtze

- River Basin[J]. Plateau Meteor, 29(6):1587-1593(in Chinese).
- 王文, 许志丽, 蔡晓军, 等, 2016. 基于 PDSI 的长江中下游地区干旱分布特征[J]. 高原气象, 35(3):693-707. Wang W, Xu Z L, Cai X J, et al, 2016. Aridity characteristic in middle and lower reaches of Yangtze River Area based on palmer drought severity index analysis[J]. Plateau Meteor, 35(3):693-707(in Chinese).
- 吴贤云, 丁一汇, 王琪, 等, 2006. 近 40 年长江中游地区旱涝特点分析[J]. 应用气象学报, 17(1):19-28. Wu X Y, Ding Y H, Wang Q, et al, 2006. Characteristics of the recent 40-year flood/drought over the middle reaches of the Yangtze[J]. J Appl Meteor Sci, 17(1):19-28(in Chinese).
- 谢五三, 田红, 王胜, 等, 2013. 基于 CI 指数的淮河流域干旱时空特征研究[J]. 气象, 39(9):1171-1175. Xie W S, Tian H, Wang S, et al, 2013. Study on spatial-temporal characteristics of drought in Huaihe River Basin based on CI index[J]. Meteor Mon, 39(9):1171-1175(in Chinese).
- 许金萍, 王文, 蔡晓军, 等, 2017. 长江中下游地区 2011 年冬春连旱及 2013 年夏季高温干旱环流特征及其与 Rossby 波活动的联系对比分析[J]. 热带气象学报, 33(6):992-999. Xu J P, Wang W, Cai X J, et al, 2017. A comparison of the Rossby wave activities and circulation features of the drought in winter-spring of 2011 and in summer of 2013 over mid-lower reaches of the Yangtze River Basin[J]. J Trop Meteor, 33(6):992-999(in Chinese).
- 姚萍, 黄小梅, 陈菲菲, 等, 2013. 2011 年春季长江中下游严重干旱的异常环流分析[J]. 农业灾害研究, 3(4):55-57, 61. Yao P, Huang X M, Chen F F, et al, 2013. Analysis of atmospheric circulation with serious drought over the middle and lower reaches of Yangtze River during the 2011 spring[J]. J Agric Catastrophol, 3(4):55-57, 61(in Chinese).
- 袁晓玉, 马德贞, 2005. 2003 年江南干旱的成因分析[J]. 气象, 31(7):37-41. Yuan X Y, Ma D Z, 2005. Analysis of drought cause in south of Yangtze River in summer 2003[J]. Meteor Mon, 31(7):37-41(in Chinese).
- 张存杰, 刘海波, 宋艳玲, 等, 2017. 气象干旱等级: GB/T 20481—2017[S]. 北京: 中国标准出版社: 1-24. Zhang C J, Liu H B, Song Y L, et al, 2017. Grades of meteorological drought: GB/T 20481—2017[S]. Beijing: China Standard Press: 1-24(in Chinese).
- 章大全, 张璐, 杨杰, 等, 2010. 近 50 年中国降水及温度变化在干旱形成中的影响[J]. 物理学报, 59(1):655-663. Zhang D Q, Zhang L, Yang J, et al, 2010. The impact of temperature and precipitation variation on drought in China in last 50 years[J]. Acta Phys Sin, 59(1):655-663(in Chinese).
- Jin D C, Guan Z Y, Tang W Y, 2013. The extreme drought event during winter-spring of 2011 in East China: combined influences of teleconnection in mid-high latitudes and thermal forcing in maritime continent region[J]. J Climate, 26(20):8210-8222.
- Wilhite D A, 2000. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions[M] // Wilhite D A. Drought: A Global Assessment. London: Routledge: 3-18.
- Zhou T J, Ma S M, Zou L W, 2014. Understanding a hot summer in central eastern China: summer 2013 in context of multimodel trend analysis[J]. Bull Amer Meteor Soc, 95(9):S54-S57.