

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023192

高歌,李莹,陈逸骁,等.30年来中国干旱时空规律演变特征[J].中国防汛抗旱,2023,33(7):1-8.GAO Ge,LI Ying,CHEN Yixiao,et al.The evolution characteristics of drought spatio-temporal law in China in the recent 30 years [J].China Flood & Drought Management,2023,33(7):1-8.(in Chinese)

# 30年来中国干旱时空规律演变特征

高歌<sup>1,2</sup> 李莹<sup>1</sup> 陈逸骁<sup>1</sup> 冯爱青<sup>1</sup>

(1. 中国气象局气候研究开放实验室 国家气候中心,北京 100081;  
2. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心,南京 210044)

**摘要:**气候变化背景下,不断摸清我国干旱时空演变规律和新变化,对干旱防灾减灾应对、水资源开发利用和生态环境保护有着十分重要的作用。基于历史逐日气象干旱综合指数(MCI),采用特征指标及统计方法,对30年来全国及十大流域干旱气候特点、年代际及总体变化趋势、极端特征等进行分析,主要结论如下:①1991—2020年平均年干旱强度全国有两个高中心,分别位于黄淮、江淮、江汉大部一带,以及华南南部和云南、四川东南部、贵州西部等地;干旱日数多发区与强度高中心基本一致。②虽然近3个年代干旱强度总体呈现逐渐减少态势,但干旱极端偏强年份时有发生,干旱强度高中心空间位置及范围存在明显的年代际变化,以20世纪90年代范围最广。③空间变化趋势,西南南部、江南南部、华南东部等地干旱呈现增强趋势,而长江以北大部分地区及华南西部则呈减弱趋势,仅部分站点趋势显著;就十大流域而言,北方流域干旱减弱,南方趋强,西南诸河流域趋重明显。④云南中东部、广西北部、贵州西南部、海南等地为最强连续干旱强度和最长连续干旱日数高值中心;北方大部分流域年干旱强度和日数极端最强、最多的年份主要出现在20世纪末和21世纪初,而南方长江、珠江、西南诸河流域则出现在近5年之内。

**关键词:**干旱;时空规律;趋势;极端;中国

中图分类号:P426.616;S423

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2023)07-01-08

## 0 引言

气象灾害占全球自然灾害总数的70%,其中干旱灾害占气象灾害的50%<sup>[1]</sup>,干旱灾害分布广、发生频率高、持续时间长,是对人类社会可持续发展影响最为严重的自然灾害之一<sup>[2-4]</sup>。中国受干旱灾害影响尤为严重,2001—2020年平均因旱受灾人口占气象灾害受灾人口总数比例为33%,因旱直接经济损失占总损失比例为21%,仅次于暴雨洪涝灾害,但因旱作物受灾面积比例高达48%,超过暴雨洪涝灾害<sup>[5]</sup>。

在气候变暖和人类活动影响的背景下,我国干旱特征时空变化规律及极端特征也在不断发生变化。目前,针对不同时段全国<sup>[6-10]</sup>、不同区域或流域<sup>[11-18]</sup>,采用气象干旱综

合指数(MCI)、改进的帕默尔指数(scPDSI)、标准化降水蒸散指数(SPEI)、标准化降水指数(SPI)和水文干旱指数(SS)等多种干旱指数<sup>[6,10,11,16]</sup>,从发生频率、强度、持续时间、影响范围、极端性等方面针对干旱时空特征及变化趋势开展了大量的研究工作,为全面掌握干旱阶段性、区域性、持续性、极端性、严重性等特征的演变规律奠定了基础,也为农业生产、水资源可持续开发利用、干旱防灾减灾应对决策、重大工程建设、生态环境保护等提供了重要参考。廖要明和张存杰等<sup>[6]</sup>基于MCI指数分析,认为1961—2015年中国平均年干旱日数总体呈现增加趋势,其中西北部及山西南部、河南西部、湖北西北部、贵州中西部、云南中西部等地增加趋势明显。韩兰英等<sup>[7]</sup>和马鹏里等<sup>[8]</sup>研究

收稿日期:2023-05-16

第一作者信息:高歌,女,正高级工程师,E-mail:gaoge@cma.gov.cn。

基金项目:气候研究开放课题青年基金2022年。

认为气候变暖背景下,中国干旱强度加重、范围扩大、频次增加和持续时间增加明显,各个区域变化差异显著。陈敏等<sup>[12]</sup>对1961—2016年中国北方地区干旱变化研究,发现东部干旱呈现显著的先增多后减少年代际变化特征,西部干旱日数则持续减少,西北地区干旱呈现减缓态势。张世喆等<sup>[9]</sup>采用SPEI指数,基于多维Copula和干旱事件提取方法,对1980—2019年中国干旱事件历时、干旱强度和烈度峰值特征变量进行分析。来和鑫等<sup>[11]</sup>则采用SPEI指数对1960—2019年中国十大流域干旱时空演变特征开展研究,得出除东南诸河流域外,各流域干旱均呈增加趋势的结论。文佐等<sup>[16]</sup>采用SPI和SSI干旱指数研究,指出SPI指数反映出的干旱比SSI的严重,1960年代的干旱出现频次最多,且干旱等级较为复杂,1960—2014年淮河流域的干旱趋势不显著。此外,围绕高温干旱复合灾害的特征变化也取得初步成果<sup>[19-20]</sup>。

20世纪90年代以来,中国气温和降水变化特征突出。尤其最近20年是中国20世纪初以来的最暖时期,且自1901年以来的10个最暖年份,均出现在近30年之中;20世纪90年代中国平均年降水量以偏多为主,21世纪最初10年总体偏少,2012年以来降水持续偏多,1998年、2016年、2020年位列1961年以来前三多<sup>[21]</sup>。受气候变暖及水循环变化的影响,我国干旱必然会呈现出新的特征和规律。此外基于流域尺度聚焦于全国范围内的干旱研究还较少<sup>[11]</sup>,采用的干旱指数分析也十分有限,考虑到不同干旱指数的适用性差异,有必要增加不同干旱指数的研究,准确认识干旱演变规律。鉴于此,本文拟基于干旱监测适用性较好的气象干旱综合指数MCI<sup>[22-23]</sup>,对30年以来全国及十大流域干旱时空演变规律进行分析,梳理新的特点,以期为全国及流域的干旱防灾减灾应对、水资源开发利用及生态环境保护等提供科学决策依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

本文采用中国气象局国家气象信息中心提供的中国2 374个站的1961—2022年逐日降水量、气温等资料进行统计分析。

### 1.2 MCI计算方法

采用《气象干旱等级》(GB/T 20481—2017)中的方法

和参数<sup>[24]</sup>计算逐日气象干旱综合指数MCI,该指数已在气象干旱逐日监测、预测预警、干旱影响、风险评估和区划等业务服务中得到广泛应用。具体计算公式如下:

$$MCI = Ka \times (a \times SPIW_{60} + b \times MI_{30} + c \times SPI_{90} + d \times SPI_{150})$$

式中: $SPIW_{60}$ 为近60 d标准化权重降水指数; $MI_{30}$ 为近30 d相对湿度指数; $SPI_{90}$ 、 $SPI_{150}$ 为近90 d和150 d标准化降水指数; $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 为权重系数,南、北方地区有所不同; $Ka$ 为季节调节系数,由不同季节各地主要农作物生长发育阶段对土壤水分的敏感程度而定。根据MCI指数大小,划分为无旱( $-0.5 < MCI$ )、轻旱( $-1.0 < MCI \leq -0.5$ )、中旱( $-1.5 < MCI \leq -1.0$ )、重旱( $-2.0 < MCI \leq -1.5$ )、特旱( $MCI \leq -2.0$ )等级。该指数主要适用于逐日气象干旱的监测。

### 1.3 统计指标和方法

从干旱强度、日数、持续时间、影响范围等方面进行平均值、变化趋势及极端值统计,开展干旱时空演变规律分析。特定时段干旱强度以累计气象干旱综合指数反映,其定义为某时段内逐日MCI指数达中旱及其以上等级的绝对值的和,干旱日数为满足这个条件的日数。最强连续干旱强度,以MCI连续达中旱及以上等级的绝对值之和的最大值表示。最长连续干旱日数,以MCI连续达中旱及以上等级的干旱日数的最大值表示。

基于逐日气象干旱综合指数资料进行逐月统计,然后进行年值统计。四季统计,春季为3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月,冬季为12月至次年2月。常年值为1991—2020年平均值。十大流域为中国水资源一级区<sup>[25]</sup>,流域和全国平均值采用算术平均方法统计。

文中采用线性回归及Mann-Kendall方法开展干旱变化趋势研究。线性回归的斜率参数表示变化趋势方向和线性变化速率,斜率数值符号为正表明趋势增加,反则表明趋势减小,斜率数值表示变化速率大小。采用Mann-Kendall方法进行趋势显著性检验,信度取 $\alpha = 0.05$ ,分析时考虑了序列自相关的影响及序列修订<sup>[26]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 常年特征

#### 2.1.1 年值特征

年干旱强度1991—2020年常年值全国有两个高中心,一个位于黄淮、江淮及江汉大部一带,另一个位于华南南

部及云南、四川东南部、贵州西部等地,强度值普遍为80~100,苏皖北部、河南西部、湖北北部、四川东南部、云南西北部、广西南部、海南西部等地的局部地区强度强,强度值超过100(图1(a))。年干旱日数常年值,中国中东部大部普遍为20~50 d,华北中南部、黄淮、江淮、江汉、西南地区中

部和南部、华南大部等地超过50 d,其中黄淮西部、江淮北部及湖北中北部、四川东南部、云南西部、广西东南部、海南大部等地年干旱日数为60~70 d,局部超过70 d,西部地区普遍不足20 d(图1(b))。年干旱日数与干旱强度空间分布大体一致,二者相关系数达0.99,干旱日数多发区与强

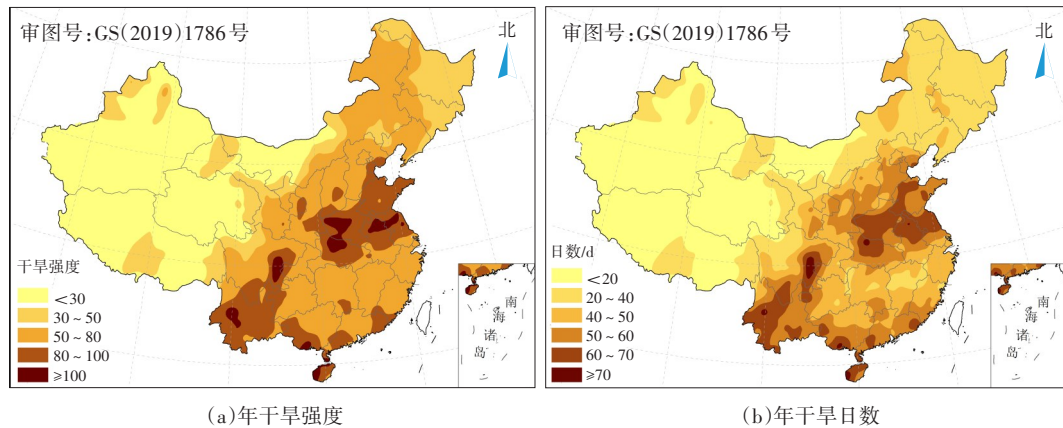


图1 中国1991—2020年平均年干旱强度及年干旱日数分布图

度高中心也基本吻合。

1991—2020年平均年干旱强度与1961—1990年平均相比在高中心区域范围和强度方面存在差异。1961—1990年平均,干旱强度高中心大致也有2个:华北东南部、黄淮中西部、江淮东部、江汉东部及华南南部、四川西部、云南东部,干旱强度值普遍为80~100,局部超过100。1991—2020年高中心与之相比,北方的中心范围向西有所扩大,南方的中心,四川范围由西部向东偏移,云南范围扩大到全省,广东南部干旱增强。由两时段平均值差值百分率来看,年干旱强度增强的区域主要位于东北至西南一带的部分地区,如辽宁东部、内蒙古东北部、河南西部、湖北西北部、陕西中南部、宁夏中部、甘肃东北部、四川东南部、贵州西部、云南西部等地,幅度超过25%;明显减弱的区域主要位于中国西部地区及黑龙江东部、吉林东北部、江西东部局部等地,减弱幅度小于-25%;其余地区介于±25%之间(图2)。

从十大流域年干旱强度和日数常年值来看,淮河流域强度强、日数多,其次为珠江流域和海河流域。与1961—1990年平均相比,辽河、黄河、淮河、珠江、西南诸河流域干旱增强、日数增多。对1991—2020年年干旱强度标准偏差统计,淮河、海河、西南诸河和黄河流域较大,表明这些

流域干旱年际变化大,西北诸河、松花江、长江流域年际变化小。相较1961—1990年,黄河、西南诸河流域干旱强度年际变化增大,其余流域有不同程度的减小。

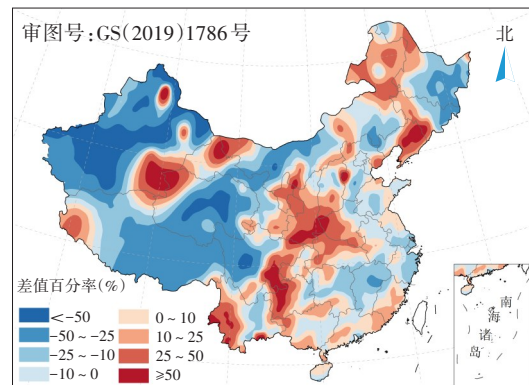


图2 1991—2020年与1961—1990年平均年干旱强度差值百分率分布图

### 2.1.2 四季特征

就干旱强度而言,四季干旱强度中心有明显变化。春季,华北大部、黄淮、江淮、江汉、西北东部、四川盆地西部、西南地区南部及广西西部和东南部、广东西南部、海南等地较强,干旱强度值普遍超过20,其中高值区位于华北中南部、黄淮大部及湖北北部、陕西大部、四川和云南的局部、海南等地,为30~50。夏季,除华南西部外,我国中东部

大部地区干旱强度值普遍超过20,高值区位于长江以北且范围大,东北地区西部及内蒙古东部、华北西部和东南部、黄淮、江淮东部、江汉中部、西北东部大部 and 四川盆地西南部为30~50。秋季,江淮、江汉中东部、江南、华南大部干旱强度较强,普遍为20~30。冬季,仅四川南部、云南大部及广东沿海干旱强度较强,为20~30。干旱日数多发中心也有类似季节变化。

就中国十大流域四季干旱强度变化而言,春季,海河、淮河、黄河等流域干旱强度强;夏季,北方流域干旱强度普遍强于南方,淮河流域干旱强度最强,其次为辽河和海河;秋季,以南方地区的珠江、东南诸河、长江等流域强度强;冬季,则以珠江流域和西南诸河流域干旱强度强。总的看来,松花江、辽河流域以夏旱为主,强度强,海河流域以春旱、夏旱为主,黄河、淮河以夏旱、春旱为主,长江、东南诸河流域以夏旱、秋旱为主,珠江流域四季干旱强度接近,以秋旱最强,西南诸河流域春旱、夏旱及冬旱强,西北诸河流域以夏旱为主(图3)。

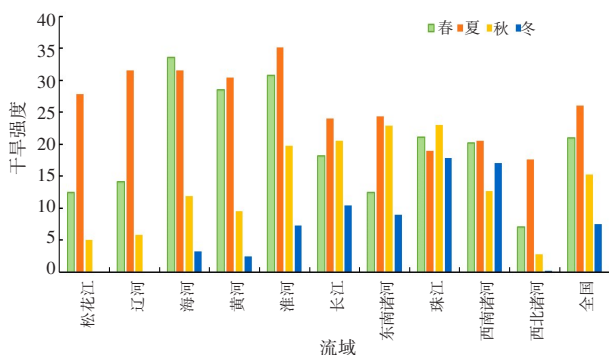


图3 十大流域及全国1991—2020年平均干旱强度季节变化图

## 2.2 年代际变化

### 2.2.1 时间序列

从全国平均年干旱强度历年变化来看,1991年以来,2022年干旱强度最强,其次为2001年、2011年、1999年,持续3年较常年值偏强的时段有:1995—1997年、1999—2001年,主要出现在20世纪90年代。从3个年代变化来看,干旱强度总体呈现减少态势,其中20世纪90年代年干旱强度最强,且较常年值偏强,之后逐年代减弱,21世纪10年代转为较常年值偏弱,在这10年之中,2014—2018年还出现了年干旱强度持续偏弱的情况,其中2016年为近30年来最弱(图4)。年干旱日数年代际变化基本类似。年干旱强度变化与年降水量显著相关,二者相关系数为-0.72。

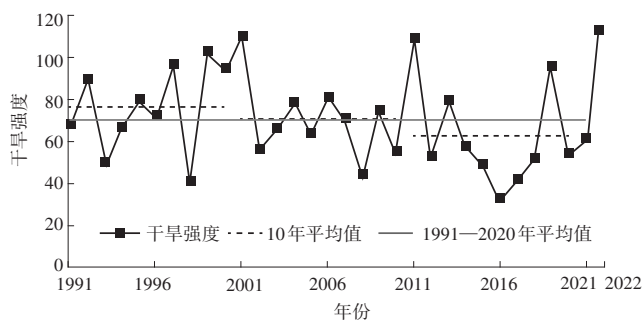


图4 1991—2022年中国年干旱强度历年变化图

### 2.2.2 空间分布

最近30年年干旱强度的高中心位置及范围存在明显的年代际变化。20世纪90年代平均年干旱强度值超过80的高中心范围广,主要位于华北中南部、黄淮、江淮、江汉、西北东部、四川盆地大部,且强度超过100的区域也非常广,覆盖上述的大部分地区,同时在华南西部也有一个小范围的高中心。21世纪00年代,年干旱强度值高中心主要位于华南及西南地区南部、四川盆地西部,北方的高中心则明显缩小,位于苏皖南部、河南西部等地。21世纪10年代,两个高强度中心一个位于西南地区南部,一个位于黄淮、江淮、江汉地区中东部一带。10年平均年干旱强度值超过80的覆盖范围呈现逐年代减少,20世纪90年代最大为183.1万 $\text{km}^2$ ;超过100的覆盖范围也以20世纪90年代最大,其次为21世纪10年代;年干旱强度为80~100的覆盖范围则以21世纪00年代最大(图5)。

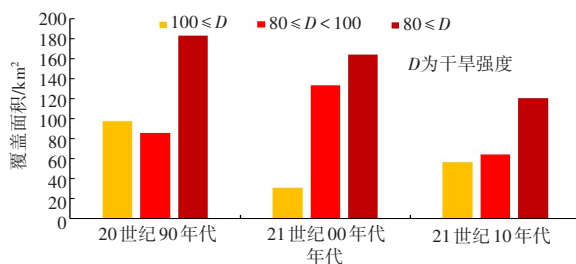


图5 3个年代年干旱强度覆盖国土面积对比

## 2.3 变化趋势

### 2.3.1 空间格局

就空间分布而言,长江以北大部分地区及华南西部年干旱强度呈现减弱趋势,其中华北中南部、西北东部、四川盆地中北部及黑龙江大部、吉林中西部、内蒙古东北部、山东中北部、江苏东北部、安徽北部、湖北西北部、青海东部和西部等地年干旱强度减弱速率普遍为10/10 a~30/10 a,

山东北部、陕西中部、四川北部等地的局部减弱速率大,超过30/10 a,其中部分站点趋势显著;西南南部、江南南部及福建、广东北部和东部呈现增强趋势,其中强度增强速率较大的区域主要分布在西南南部及湖南南部、江西大部、福建西部等地,普遍为10/10 a~30/10 a,云南大部和四川南部增强速率大,超过30/10 a,部分站点趋势显著(图6)。年干旱日数与年干旱强度变化趋势空间相关系数高达0.99,其空间分布格局大体一致。这样的变化趋势空间格局与廖要明和张存杰<sup>[6]</sup>分析结论有较大变化,1961—2015年年干旱日数增加趋势主要集中在我国东北至西南一带,江南、华南大部呈现减少趋势,而最近30年来,原干旱日数增多趋势带仅西南地区干旱日数仍保持增多,江南大部及福建东部干旱日数则转为增多。

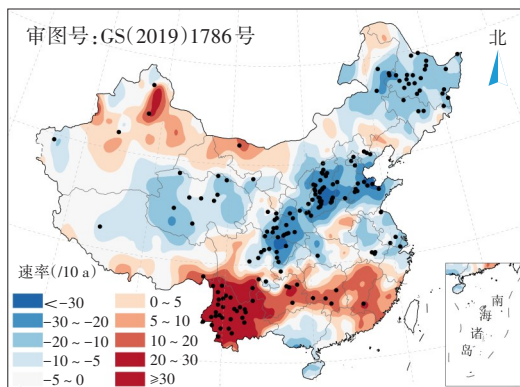


图6 中国1991—2022年年干旱强度变化趋势分布图  
(黑点为趋势显著)

## 2.3.2 流域变化

从十大流域年干旱强度变化趋势来看,最近30多年来,呈现北方各流域及淮河流域干旱强度减弱,南方流域增强趋势,其中松花江流域减弱显著,西南诸河流域增强趋势显著。从四季干旱强度变化趋势来看,与年干旱强度变化趋势一致性总体较好,个别流域有不同,如春季的淮河和珠江流域、夏季的东南诸河流域、秋季的珠江和西北诸河流域、冬季的长江和东南诸河流域,四季各流域变化趋势仅西南诸河流域秋季增加趋势显著(表1)。年干旱日数变化趋势方面,各流域与年干旱强度变化趋势基本一致,除松花江和西南诸河流域变化趋势显著外,黄河流域年干旱日数也呈现显著减少趋势。四季干旱日数与干旱强度变化趋势一致性好,十大流域中仅西南诸河流域夏、秋季干旱日数增加趋势显著(表2)。

## 2.4 极端特征

### 2.4.1 最强连续干旱强度和最长连续干旱日数

1991—2022年,最强连续干旱强度值西北东部、西南南部和东部、江南中西部、江汉、江淮西部及黑龙江东部局部和西南部、吉林西部、山西西部和南部、河北南部、河南大部、福建、广西北部部和西部、海南等地为200~300,强度高中心位于在云南中东部、广西西北部、贵州西南部、海南中南部等地,超过300;其余大部不足100(图7(a))。1991—2022年最长连续干旱日数,南方地区大部、西北东部及内蒙古东部、吉林西部、河北南部、山西南部 and 西部、河南中

表1 1991—2022年中国及十大流域年和四季干旱强度变化趋势(速率)

时间段	松花江	辽河	海河	黄河	淮河	长江	东南诸河	珠江	西南诸河	西北诸河	全国
年	-10.8*	-2.2	-20.1	-15.2	-7.0	2.0	4.0	1.5	21.8*	-2.1	-3.9
春	-2.8	-0.5	-9.7	-4.5	0.3	0.2	3.0	-0.7	4.1	-1.5	-1.7
夏	-7.1	-1.2	-5.2	-4.5	-2.0	0.4	-1.6	3.4	7.5	-1.0	-1.2
秋	-0.8	-0.2	-3.5	-4.0	-3.3	1.5	3.5	-2.2	4.1*	0.5	-0.7
冬	-	-	-1.6	-1.4	-1.7	-0.5	-0.7	0.9	5.2	0.0	-0.4

注:“\*”表示趋势显著,通过信度检验;“-”表示常年无干旱发生,不做趋势分析。

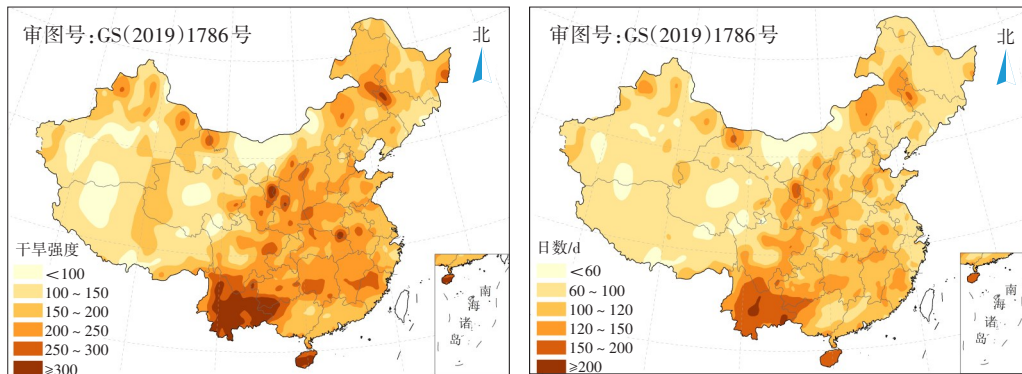
表2 1991—2022年中国及十大流域年干旱日数变化趋势(速率)

时间段	松花江	辽河	海河	黄河	淮河	长江	东南诸河	珠江	西南诸河	西北诸河	全国
年	-7.0*	-1.5	-11.6	-8.7*	-4.1	0.3	1.7	0.0	12.9*	-1.1	-2.7
春	-2.0	-0.4	-5.5	-2.3	0.7	0.1	1.9	-0.7	2.3	-1.0	-0.9
夏	-4.3	-0.8	-2.5	-2.1	-1.1	0.2	-0.8	2.1	3.9*	-0.4	-0.6
秋	-0.6	-0.1	-2.4	-2.9	-2.4	0.0	1.3	-1.5	2.8*	0.3	-0.9
冬	-	-	-1.2	-1.0	-1.1	-0.2	-0.5	0.3	3.4	0.0	-0.3

注:“\*”表示趋势显著,通过信度检验;“-”表示常年无干旱发生,不做趋势分析。

西部、山东北部等地普遍为100~150 d,其高中心与最强连续干旱强度高中心大体一致,也位于云南中东部大部、

四川南部、广西西北部、贵州西南部、海南等地,多达150~200 d,局部超过200 d(图7(b))。



(a)最强连续干旱强度

(b)最长连续干旱日数

图7 1991—2022年全国最强连续干旱强度和最长连续干旱日数分布图

#### 2.4.2 十大流域年干旱强度、日数极端值

1991—2022年各流域平均年干旱强度最大值以淮河流域最强,出现在2001年,其次为海河流域,出现在1999年。松花江、辽河、海河、淮河、东南诸河和西北诸河等6个流域年干旱强度最大值集中出现在20世纪末和21世纪初,长江、珠江和西南诸河流域则出现在近5年。年干旱日数最多值也是以淮河流域最多,其次为海河流域,大多数流域年干旱日数最多值与年干旱强度最大值出现的年份一致,辽河、珠江流域除外(表3)。2022年长江流域年干旱强度和年干旱日数、全国平均年干旱强度也是1961年以来最大(多)值,这与2022年中国南方地区尤其长江中下游

及川渝等地遭遇严重夏秋连旱有关,干旱对长江流域及其以南地区的农业生产、水资源供给、能源供应、人体健康、生态环境等产生较大负面影响<sup>[27-29]</sup>。

### 3 结论

本文基于气象干旱综合指数MCI,对最近30年来全国及十大流域干旱时空演变规律进行分析,主要结论如下:

(1)1991—2020年平均年干旱强度的两个高中心分别位于黄淮、江淮、江汉大部一带,以及华南南部和云南、四川东南部、贵州西部等地。干旱日数多发区与强度高中心基本一致。与1961—1990年平均值相比,辽河、黄河、淮河、珠江、西南诸河等流域干旱强度增强、日数增多。就四季而言,全国总体夏、春旱突出,各流域干旱主要发生季节各不相同。干旱强度高中心和干旱多发区建议作为防汛抗旱重点关注的区域,增强防旱抗旱能力,根据区域季节干旱发生特点,科学做好抗旱水资源调配规划和风险管理,提高旱灾应对适应能力。

(2)最近3个年代,干旱强度总体呈现逐渐减少态势,但干旱极端偏强年份时有发生。干旱强度高中心空间位置及范围存在明显的年代际变化,20世纪90年代干旱强度高中心覆盖范围最广。建议密切关注干旱年代际变化,科学动态调整干旱关注区域,做好抗旱备灾等应对措施。

(3)1991年以来,长江以北大部分地区及华南西部年干旱强度呈现减弱趋势,西南南部、江南南部、华南东部等

表3 1991—2022年中国及十大流域平均年干旱强度最大值和年干旱日数最多值及出现年份

地区	年干旱强度最大值	干旱强度最大值出现年份	年干旱日数最多值/d	干旱日数最多值出现年份
松花江	101.3	2001	65.2	2001
辽河	124.0	2000	75.5	2017
海河	193.9	1999	128.5	1999
黄河	169.2	1995	96.2	1995
淮河	233.8*	2001	131.9*	2001
长江	179.9*	2022	101.7*	2022
东南诸河	192.8	2003	115.7	2003
珠江	150.5	2021	98.5	2004
西南诸河	177.7*	2019	99.3	2019
西北诸河	70.4	2001	47.2	2001
全国	113.2*	2022	69.0*	2001

注:“\*”表示同时也为1961—2022年最大值。

地呈现增强趋势;年干旱日数与强度变化趋势空间格局一致。针对十大流域而言,近30年来,年干旱强度和日数总体呈现北方减弱减少、南方增强增多的趋势。西南诸河流域干旱趋重明显。

(4)1991年以来,最强连续干旱强度和最长连续干旱日数高值中心位于云南中东部、广西西北部、贵州西南部、海南等地,北方大部分流域年干旱强度和日数极端最强、最多的年份主要出现在20世纪末和21世纪初,而南方长江、珠江、西南诸河流域出现在近5年之内。

总体来看,最近30多年来,北方干旱趋缓有利于生态环境恢复、水资源开发利用,但南方地区干旱增强增多。还要特别关注极端干旱对人们生产生活、生态环境造成的深远影响,尤其南方应对干旱灾害经验明显不足,迫切需要加强干旱灾害应急预案编制,以及提高极端干旱的风险管理能力。

## 参考文献

- [1] Zhang Q, Yao Y B, Li Y H, et al. Causes and changes of drought in China: Research progress and prospects[J]. *Journal of Meteorological Research*, 2020, 34(3): 460-481.
- [2] Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models[J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3(1): 52-58.
- [3] Elkouk A, Pokhrel Y, Satoh Y, et al. Implications of changes in climate and human development on 21st-century global drought risk[J]. *Journal of Environmental Management*, 2022, 317: 115378.
- [4] Shi H Y, Zhou Z Q, Liu L, et al. A global perspective on propagation from meteorological drought to hydrological drought during 1902—2014[J]. *Atmospheric Research*, 2022, 280: 106441.
- [5] Li Y, Zhao S S, Wang G F. Spatiotemporal variations in meteorological disasters and vulnerability in China during 2001—2020[J]. *Frontiers in earth science*, 2021, 9: 789523.
- [6] 廖要明, 张存杰. 基于MCI的中国干旱时空分布及灾情变化特征[J]. *气象*, 2017, 43(11): 1402-1409.
- [7] 韩兰英, 张强, 贾建英, 等. 气候变暖背景下中国干旱强度、频次和持续时间及其南北差异性[J]. *中国沙漠*, 2019, 39(5): 1-10.
- [8] 马鹏里, 韩兰英, 张旭东, 等. 气候变暖背景下中国干旱变化的区域特征[J]. *中国沙漠*, 2019, 39(6): 209-215.
- [9] 张世喆, 朱秀芳, 刘婷婷, 等. 基于多维Copula的中国干旱特征及危险性分析[J]. *干旱区地理*, 2022, 45(2): 333-345.
- [10] 王兆礼, 李军, 黄泽勤, 等. 基于改进帕默尔干旱指数的中国气象干旱时空演变分析[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(2): 161-168.
- [11] 来和鑫, 张泽中, 王飞, 等. 1960—2019年中国流域尺度干旱时空演变特征研究[J]. *灌溉排水学报*, 2022, 41(8): 122-129, 138.
- [12] 陈敏, 颜鹏程, 张铁军, 等. 基于MCI的1961—2016年中国北方不同等级干旱趋势研究[J]. *甘肃科技*, 2022, 38(16): 33-37.
- [13] 冯冬蕾, 程志刚, 吴琼, 等. 基于MCI指数的东北地区1961—2014年气象干旱特征分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(10): 118-124.
- [14] 张皓, 毛文书, 师春项, 等. 基于MCI指数的西南地区近60年夏季干旱特征[J]. *成都信息工程大学学报*, 2022, 37(4): 442-448.
- [15] 刘杨奕, 毛文静, 李思琦, 等. 中国西北地区气象干旱时空演变特征[J]. *水资源与水工程学报*, 2022, 33(1): 86-92.
- [16] 文佐, 尹义星, 邹睿, 等. 淮河流域1960—2014年水文、气象干旱指数及其与历史旱灾的关系[J]. *中国农村水利水电*, 2021(2): 71-77.
- [17] 王晓利, 张春艳, 侯西勇. 1961—2017年环渤海地区气象干旱时空特征及致灾危险性评估[J]. *生态学报*, 2019, 39(13): 4647-4659.
- [18] 张强, 谢五三, 陈鲜艳, 等. 1961—2019年长江中下游区域性干旱过程及其变化[J]. *气象学报*, 2021, 79(4): 570-581.
- [19] Yu R, Zhai P M. Changes in compound drought and hot extreme events in summer over populated eastern China[J]. *Weather and Climate Extremes*, 2020, 30: 100295.
- [20] 武新英, 郝增超, 张璇, 等. 中国夏季复合高温干旱分布及变异趋势[J]. *水利水电技术*, 2021, 52(12): 90-98.
- [21] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2022)[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
- [22] 王素萍, 王劲松, 张强, 等. 多种干旱指数在中国北方的适用性及其差异原因初探[J]. *高原气象*, 2020, 39(3): 628-640.
- [23] 谢五三, 张强, 李威, 等. 干旱指数在中国东北、西南和长江中下游地区适用性分析[J]. *高原气象*, 2021, 40(5): 1136-1146.
- [24] 国家气候中心. 气象干旱等级: GB/T 20481-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [25] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 1-51.
- [26] 高歌, 许崇育. 1961—2010年中国十大流域水分盈亏量时空变化特征[J]. *地理学报*, 2015, 70(3): 380-391.
- [27] 邹旭恺, 高荣, 陈鲜艳, 等. 2022年长江流域夏伏旱监测评估[J]. *中国防汛抗旱*, 2022, 32(10): 12-16.
- [28] 孙林海, 王凌, 李威, 等. 2022年我国主要天气气候特征[J]. *中国防汛抗旱*, 2023, 33(1): 8-15, 21.
- [29] 夏军, 陈进, 余敦先. 2022年长江流域极端干旱事件及其影响与对策[J]. *水利学报*, 2022, 53(10): 1143-1152.

## The evolution characteristics of drought spatio-temporal law in China in the recent 30 years

GAO Ge<sup>1,2</sup>, LI Ying<sup>1</sup>, CHEN Yixiao<sup>1</sup>, FENG Aiqing<sup>1</sup>

(1.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081;

2.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters(CIC-FEMD), Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

**Abstract:** Under the background of climate change, continuously understanding the evolution characteristics of the spatio-temporal law and the new changes of drought in China plays a very important role in drought prevention and mitigation response, water resources development and utilization, and ecological environmental protection. Based on the historical daily Meteorological Drought Composite Index(MCI) in China, the characteristic indices and statistical methods were used to analyze the climate characteristics, inter decadal change and overall change trends, and extreme feature of drought in China and the ten major river basins in the recent 30 years, and the main conclusions are as follows: ① There were two high centers of annual drought intensity averaged from 1991 to 2020, which one is located in Huanghuai, Jianghuai and most Jiangnan regions, and the other in south part of South China, Yunnan, southeastern Sichuan, and western Guizhou. The areas with frequent drought days were basically the same as the centers with high intensity. ② Although the overall drought intensity has generally shown a gradual decrease in the recent three decades, extreme drought years occur from time to time. There are obvious inter-decadal changes in the spatial location and range of the center of high drought intensity, with the widest range occurring in the 1990s. ③ Since 1991, annual drought intensity have shown strengthening trend in the south of Southwest China, southern Jiangnan, eastern South China etc., while weakening trend in most areas of north part to the Yangtze River and western South China. Only the trend of some stations is significant. As far as the ten major river basins are concerned, the drought have weakened in northern and strengthened in southern river basins. The southwest river basin has become significantly heavier. ④ Central and eastern Yunnan, northwestern Guangxi, southwestern Guizhou, and Hainan are the high centers with the strongest continuous drought intensity and the longest continuous drought days. The years with strongest drought intensity and most drought days in most northern river basins are occurred at the end of the 20th century and the beginning of the 21st century. But in the Yangtze River, Pearl River and Southwest River basins appeared in the recent five years.

**Keywords:** drought; spatio-temporal law; trend; extreme; China

责任编辑 田亚男

## 关于2022—2023年度全国典型洪旱过程应对技术经验交流会的征文通知

为总结年度水旱灾害防御工作成效,交流洪旱过程调研及监测预报调度技术经验,推动防汛抗旱抢险与水文监测预报新技术新产品创新发展,进一步为我国水旱灾害防御高质量发展提供全面技术支撑,《中国防汛抗旱》杂志社、水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心)定于2023年10月上旬召开2022—2023年度全国典型洪旱过程应对技术经验交流会。现将征文有关事项通知如下。

**征文内容:**①2022—2023年度典型水旱灾害过程(中小河流洪水、山洪、江河流域洪涝、城市洪涝、台风洪涝、干旱等)应对的技术调研、复盘分析、抢险救援总结等;②2022—2023年度典型水旱

过程监测预警预报、水工程调度、防汛抗旱抢险总结评估;③洪涝与干旱预报方法研究,中长期旱涝预报技术应用评估分析;④监测、预报、预警、调度、抢险技术方法和系统平台;⑤预报、预警、预演、预案“四预”技术应用与案例分析;⑥极端暴雨洪涝与干旱灾害事件预测与应对;⑦防汛抗旱抢险与水文监测预报新技术新产品展示交流。

**投稿方式:**登录网站<https://cfdmhuiyi.iahr.org/cn/web/index/>提交论文,截止日期为9月20日。论文请注明作者姓名、单位、通信地址、联系电话及电子邮箱。