贺程程,秦鹏程,刘诗慧,等.2024.近62 a湖北省旱涝特征分析[J].暴雨灾害,43(1):93-100. HE Chengcheng, QIN Pengcheng, LIU Shihui, et al. 2024. Analysis of drought and flood characteristics in Hubei Province in recent 62 years [J]. Torrential Rain and Disasters,43(1):93-100 (in chinese). doi:10.12406/byzh.2022-201

近62 a湖北省旱涝特征分析

贺程程[1],秦鹏程[2],刘诗慧[1],侯作玲[1]
(1. 湖北省荆州市气象局,荆州 434020;2. 武汉区域气候中心,武汉 430074)

摘　要: 利用湖北省76个国家气象站1961—2022年地面气象观测资料,基于气象干旱综合监测指数(Meteorological Drought Composite Index,MCI)和有效降水指数(Effective Precipitation,EP)识别湖北省历年干旱和洪涝过程,分析近62 a旱涝过程频次时空变化和旱涝年、旱涝转换特征以及2010年以来旱涝特点。结果表明:湖北省旱涝频发区总体呈东涝西旱、南涝北旱的片状分布。干旱和暴雨洪涝发生频次分别呈现波动式下降、上升趋势。干旱主要发生在春季和伏秋季,发生频次总体呈减少趋势,但夏秋干旱以及极端干旱有趋多增强的态势;暴雨洪涝主要集中在夏季,发生频次呈增多趋势。旱涝年年际间呈现连旱2~4 a、连涝2~3 a或旱涝交替的特征,部分年份年内旱涝并存、旱涝急转,2010年以来无旱涝并存年。旱涝转换站数年际间波动较大,呈现5个阶段性上升特征,各递增阶段最大站数呈递减趋势。2010年以来旱涝呈现极端性增强、骤发性增多及连旱连涝的特点。

关键词: 干旱;暴雨洪涝;时空分布;旱涝转换;连旱连涝
中图法分类号: P468.0+24　　**文献标志码:** A　　**DOI:** 10.12406/byzh.2022-201

Analysis of drought and flood characteristics in Hubei Province in recent 62 years

HE Chengcheng[1], QIN Pengcheng[2], LIU Shihui[1], HOU Zuoling[1]
(1. *Jingzhou Meteorological Bureau, Jingzhou* 434020; 2. *Wuhan Regional Climate Center, Wuhan* 430074)

Abstract: Using the surface meteorological observation data of 76 national meteorological stations in Hubei Province from 1961 to 2022, the drought and flood processes based on the meteorological drought composite index (MCI) and effective precipitation index (EP) are first identified. Then we analyze the spatial-temporal distribution of the frequency of the drought-flood processes, the characteristics of the drought-flood year, the drought-flood transitions over the past 62 years, and the characteristics of drought and flood processes since 2010. The results show that the frequent occurrence area of droughts and floods in Hubei Province is generally characterized by the flaky distribution with floods in the east and droughts in the west, while floods in the south and droughts in the north. The occurrence frequency of droughts and rainstorm floods shows a fluctuating decreasing and increasing trend, respectively. The droughts mainly occur in spring and summer-autumn with a decreasing trend in frequency, but an increasing trend is found in the summer-autumn droughts and extreme droughts. Comparatively, the rainstorms mainly concentrate in summer and show an increasing trend in frequency. The annual variation of drought-flood year is characterized by continuous droughts for 2-4 years, continuous floods for 2-3 years, or alternation of droughts and floods. In some years, droughts and floods coexist in the same year, while abrupt drought-flood transitions are also found. However, there has been no drought-flood coexistence in the same year since 2010. The annual variation of the number of stations with drought-flood transition fluctuates greatly, showing a five-stage increasing characteristic with the maximum value of each stage decreasing. Since 2010, the drought and flood events show characteristics of extreme enhancement, sudden increases, and successive droughts and floods.

Key words: drought; rainstorm flood; spatial-temporal distribution; drought-flood conversion; continuous drought and waterlogging

引 言

气象灾害种类多、范围广、频率高,其中干旱和洪涝是全球发生最为频繁、并可造成严重影响的自然灾害,中国是世界上受气象灾害影响最严重的国家之一。湖北省地处中国中部和长江中下游,素称"千湖之省",全省共有江河堤防7 050 km,过境客水量大。受亚热带季风气候和多样地貌影响,降水时空分布不

收稿日期: 2022-10-12;**定稿日期:** 2023-12-14
基金项目: 湖北省气象局科技发展基金项目(2022Z05-10)
第一作者: 贺程程,主要从事天气预报和气候研究工作。E-mail:guohecc@yeah.net

均，致使旱涝灾害成为该区域主要气象灾害。对于中国的旱涝灾害，专家学者们进行了大量研究(夏军等，2019；李伟光，2021)，韩兰英等(2019)分析1960—2014年中国气温和降水数据发现，气候变暖后中国干旱强度加重、范围扩大、频次增加，且持续时间增加明显，干旱中心尤其是特大干旱中心向南方转移。胡畔等(2021)研究中国极端降水和暴雨洪涝灾情指出，长江、珠江及东南沿海等流域暴雨洪涝频次显著增加。这些研究表明中国的干旱和洪涝呈趋多增强的态势。针对长江流域的旱涝，王遵娅和丁一汇(2008)分析指出长江中下游夏季季节内振荡旱年的北传较涝年强。杨家伟等(2019)基于标准化加权平均降水指数分析发现，长江流域旱涝急转事件上游发生频率较低，中下游偏高，多数分区1998—2017年旱涝急转事件发生频率呈现上升趋势。吴瑶等(2022)根据1961—2017年极端降水气候事件的阈值，判定2018年汛期长江流域的岷沱江流域发生了极端多雨气候事件，而长江干流重庆-宜昌段、汉江及中游干流区间发生了极端少雨气候事件。这些研究表明，长江流域干旱和洪涝具有一定的时空变化规律，且旱涝转换频率上升。

关于湖北省旱涝的研究，周悦等(2016)认为湖北省干旱灾害的频发区呈东西走向的带状分布，而洪涝灾害的发生频次和频发面积均明显少于干旱。韩钦梅等(2018)指出湖北省年代平均暴雨雨强先增加后减少、暴雨分布东部多西部少、高值区集中在东北部。郑治斌和刘可群(2020)发现湖北省20世纪80年代后干旱灾害发生的频率呈明显增加趋势，各时间尺度干旱发生强度均有加重趋势。这些研究分析了湖北省干旱或洪涝的时空分布特征，但对旱涝转换及2010年以后的旱涝分析则相对匮乏，而旱涝转换往往比单独的洪涝或干旱对生产生活、生态环境、国民经济等造成的影响更大。为此，本文延长研究时段，追加2010年以后的气象观测资料，探讨湖北省近62 a尤其是2010年以来旱涝演变趋势、旱涝转换特征及其特点，以期为服务地方防灾减灾、保护生态环境、助力社会经济高质量发展提供科学参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文所用资料为湖北省76个国家气象站1961—2022年共62 a的地面气象观测资料，包括气温、降水等2个基本要素，其中气温有日平均气温及年平均气温，降水有逐日、逐时降水量及年降水量和年雨日，资料来源于湖北省气象信息保障中心，经过质量控制。

1.2 研究方法

1.2.1 气象干旱监测指标及过程识别

本文使用气象干旱综合指数MCI(Meteorological Drought Composite Index，记为M_{ci})定义单站日干旱程度，其依据中华人民共和国国家标准气象干旱等级(GB/T 20481-2017)定义，计算公式为

$$M_{ci}=Ka\times(a\times S_{piw60}+b\times M_{i30}+c\times S_{pi90}+d\times S_{pi150}) \quad (1)$$

式中M_{i30}为近30天相对湿润度指数，S_{piw60}为近60 d标准化权重降水指数，S_{pi90}、S_{pi150}分别为近90 d、150 d标准化降水指数，a、b、c、d为经验系数，随地区和季节变化进行调整，Ka为季节调节系数，根据各地不同季节主要农作物生长发育阶段对土壤水分的敏感度确定。根据MCI可将气象干旱等级划分为无旱、轻旱、中旱、重旱及特旱等5种类型：$M_{ci}>-0.5$为无旱，$-1.0<M_{ci}\leqslant-0.5$为轻旱，$-1.5<M_{ci}\leqslant-1.0$为中旱，$-2.0<M_{ci}\leqslant-1.5$为重旱，$M_{ci}\leqslant-2.0$为特旱。

MCI考虑了前期不同时段降水和蒸散对当前干旱的影响，广泛应用于中国实时气象干旱监测业务，进行干旱过程的识别和等级划分，其具体方法为：计算逐日MCI并确定干旱等级，当某站连续15 d或以上出现轻旱或以上等级干旱、且至少有一天达到中旱或以上等级时，则判定该站发生一次干旱过程。干旱过程时段内第一次出现轻旱的日期为干旱过程开始日，当连续5 d干旱等级为无旱时，则判定干旱过程结束，干旱过程结束前最后一天干旱等级为轻旱或以上的日期为干旱过程结束日。干旱过程开始日到结束日的总天数为该次干旱过程日数。

1.2.2 区域动态气象干旱强度指数

本文使用区域动态气象干旱强度指数RSI(Regional Severity Index，记为R_{si})分析某段时间区域范围的干旱程度，其计算公式如下(秦鹏程和刘敏，2015)

$$R_{si}(t)=\sum_{i=0}^{n}S_i\sum_{j=0}^{t}\left|D_{i,j}\right| \quad (2)$$

式中，S_i为第i个观测站所代表的面积，通过泰森多边形对区域进行分割确定，n为研究区域内观测站站数，j为干旱过程的第j日，t为干旱过程持续日数，D为干旱过程期间各站逐日的干旱指标值。RSI指数反映某区域干旱强度大小，数值越大强度越强。春(3—4月)、夏(6—8月)、秋(9—11月)、冬(12月—次年2月)四季干旱强度由年内逐月的RSI平均值诊断。

1.2.3 暴雨洪涝监测指标及过程识别

本文使用效降水指数EP(Effective Precipitation，记为E_p)分析暴雨洪涝时空变化，其计算公式如下(Lu，2009)

$$E_p=\sum_{t=0}^{N}a^tP_t \quad (3)$$

式中a为降水衰减参数，P_t为t日降水量，t为距离检测

日的日数，t=0为检测当日，t=1为检测前一日，依此类推，N为前期降水对当前影响的有效时长。

本文参照秦鹏程等(2016)利用湖北省典型洪涝过程降水量和灾情数据，对降水衰减参数进行了率定(a=0.825)，并根据EP可将暴雨洪涝等级划分为无涝、轻涝、中涝和重涝等4种类型：E_p<70为无涝，70≤E_p<140为轻涝，140≤E_p<220为中涝，E_p≥220为重涝。

EP基于前期不同时刻降水对当前时刻洪涝贡献逐渐减弱的理论假设，对降水进行加权平均，所需数据资料少、计算简便，可用于暴雨洪涝过程识别、历史排位、年景评价、灾情预评估、风险区划等，其具体方法为：计算逐日EP并确定暴雨洪涝等级，当某站出现轻涝或以上等级时判定该站发生一次暴雨洪涝过程，出现轻涝或以上等级的首日即为暴雨洪涝过程开始日，暴雨洪涝过程开始后出现轻涝以下等级即为过程结束日，暴雨洪涝过程开始日到结束日的总天数为该次暴雨洪涝过程日数。

1.2.4 *年尺度旱涝相关定义*

本文使用干旱站日比、洪涝站日比分析旱涝年和旱涝转换。

干旱站日比：各等级干旱站日数占全部站日数的百分比。

洪涝站日比：各等级暴雨洪涝站日数占全部站日数的百分比。

根据MCI、EP指数及旱涝程度，统计得到湖北省近62 a干旱站日比、洪涝站日比序列，结合已有研究成果(王遵娅和丁一汇，2008)及历年旱涝实况，定义湖北省干旱年、洪涝年、旱涝并存年及旱涝转换。

干旱年：各等级干旱站日比总和≥30%或重旱及特旱站日比之和≥12%，同时各等级暴雨洪涝站日比总和<3.5%的年份。

洪涝年：各等级暴雨洪涝站日比总和≥3.5%，同时各等级干旱站日比总和<30%或重旱及特旱站日比之和<12%的年份。

旱涝并存年：各等级干旱站日比总和≥30%或重旱及特旱站日比之和≥12%，同时各等级暴雨洪涝站日比总和≥3.5%的年份。

非旱涝年：不满足上述条件的年份，为正常或不典型干旱年或洪涝年，非旱涝年也可能出现旱涝过程。

旱涝转换：指某一地区一段时间发生干旱，一段时间又发生洪涝，或是由旱转涝，或是由涝转旱，干旱和洪涝交替出现的情形，包括年内旱涝转换和年际间旱涝转换。

基于气象干旱监测指标和暴雨洪涝监测指标识别干旱过程和暴雨洪涝过程，下面统计分析近62 a湖北省旱涝过程频次时空分布和旱涝转换特征。

2 旱涝过程频次时空变化特征

旱涝具有一定的时空演变特征，掌握旱涝过程发生的年、季变化规律，从旱涝过程频次的空间分布特征中了解地区差异，有助于地方政府和相关部门科学决策，因地制宜合理调配水资源。

2.1 时间变化特征

从旱涝过程的年变化和季变化两个方面分析时间演变特征。图1给出1961—2022年湖北省旱涝过程年频次变化及线性趋势，可见湖北省年内干旱过程最多9次(1970年)，次多8次(1968、1974、1994、2005年)，5次及以上过程占66%；62 a来干旱发生频次总体呈波动式下降趋势，2010年以后湖北省年内干旱过程频次明显减少，这与路畅等(2022)的研究结论一致。暴雨洪涝过程除1976年未发生外，其他年份均有出现，最多6次(1983、1989、2017年)，3次及以上的年份占63%；62 a来暴雨洪涝过程频次总体呈现波动式递增趋势。

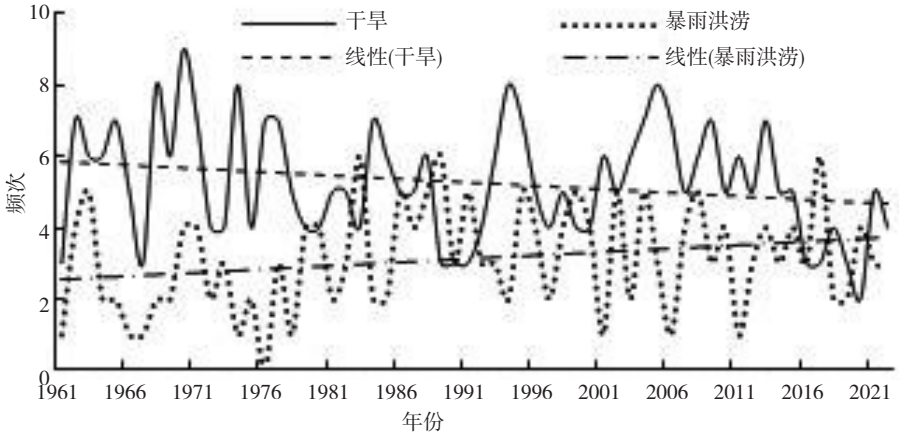


图1　1961—2022年湖北省旱涝过程年频次变化及线性趋势

Fig.1 Frequency annual variation and linear trend of drought and flood processes in Hubei province from 1961 to 2022

图2给出1961—2022年湖北省逐月气象干旱强度指数RSI热图，可以看出历年干旱发生的月份和强度。湖北省以季节性干旱为主，持续时间1～6个月不等，年内各月均可发生。2000年以来夏旱、秋旱有增多且加强的态势，秋季年旱最多。春旱和夏秋旱频率高，部分年份甚至发生2～3季连旱，如1966、1978、2018、2019年的伏秋连旱，1979、1988、1991年的秋冬连旱，1992、2022年的伏秋冬连旱，1998—1999年的冬春连旱，2001年的夏秋连旱，2010—2011年的冬春夏连旱等。

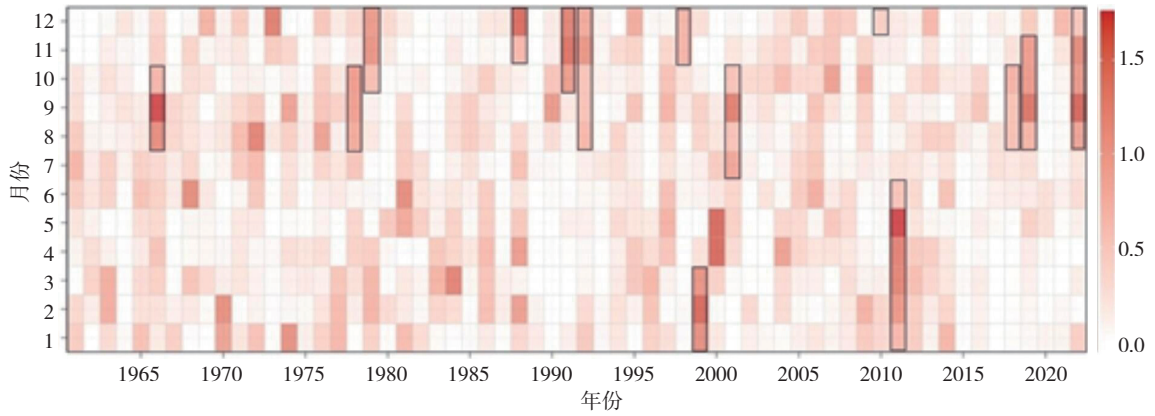


图2 1961—2022年湖北省逐月气象干旱强度指数热图(方框为两季以上连旱)

Fig.2 The heat map of monthly mean drought intensity index in Hubei province from 1961 to 2022 (The frames indicate consecutive droughts months over two seasons)

2.2 空间分布特征

图3给出1961—2022年湖北省10 a平均旱涝过程频次的空间分布。可以看到，湖北省旱涝过程频发区呈东涝西旱、南涝北旱的片状分布。图3a显示，干旱高频区位于襄阳–荆门西北部及孝感西部，与周悦等(2016)的研究结论基本一致，只是高值中心向西扩展到襄阳；干旱低频区在神农架林区北部和黄石西北部，平均每10 a约7次。图3b显示，暴雨洪涝频次分布呈现由东南向西北和由南向北递减的趋势，暴雨洪涝过程的高频区有两个，一个位于鄂西南的恩施和宜昌南部，另一个位于江汉平原东南部、鄂东南及鄂东北的武汉南部和黄冈东部，和周悦等(2016)研究比较，高频区域主要从河流沿岸转变为向武汉扩展，可能与城市热岛效应、雨岛效应、混浊岛效应及摩擦阻挡效应等多因子共同作用有关(钟成索，2009)，低频区在十堰南部及襄阳西北角，每10 a约7次。

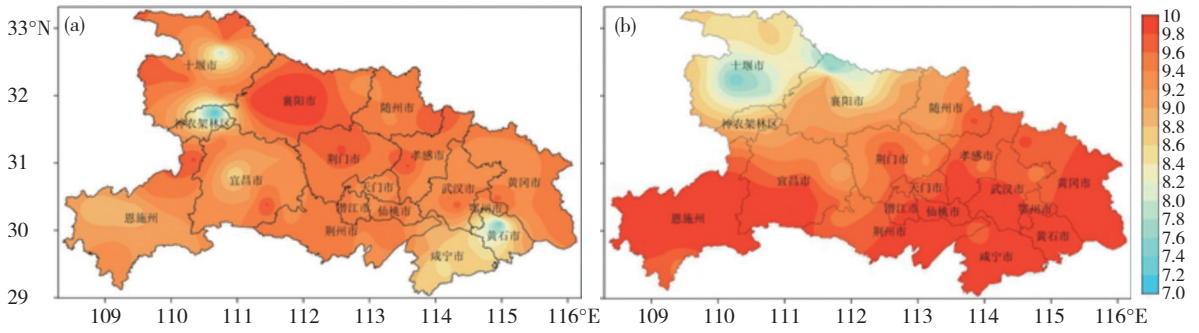


图3 1961—2022年湖北省旱(a)及涝(b)过程频次的空间分布(单位：次·(10 a)$^{-1}$)

Fig.3 The spatial distribution of (a) drought and (b) flood process frequencies (unit: times.(10 a)$^{-1}$) in Hubei province from 1961 to 2022

3 旱涝年及旱涝转换特征

根据上述定义，统计得到近62 a湖北省共有干旱年23 a、暴雨洪涝年23 a，旱涝并存年9 a，非旱涝年7 a，湖北省干旱年、洪涝年约3 a一遇。

图4给出1961—2022年湖北省旱涝年年际变化，可见，旱涝年年际间呈现连旱、连涝、旱涝交替甚至旱涝并存的特点。连旱2～4 a的有1965—1966、1971—1972、1976—1979、1991—1992、1999—2001、2004—2007、2011—2013年等7个年段，连涝2～3 a的有1962—1964、1969—1970、1979—1980、1982—1983、1987—1989、1995—1996、1998—2000、2002—2004、2007—2008、2015—2017、2020—2021年等11个年段，其中1963、1977、1979、1988、1995、1999、2000、2004、2007年等9 a旱涝并存，旱涝并存年大约7 a一遇。2010年以前年际间旱涝转换频繁，1977—2007年的31 a内有8 a旱涝并存，为62 a旱涝并存集中期，集中期内旱涝转换频繁，旱涝并存4 a一遇；2010年以后年

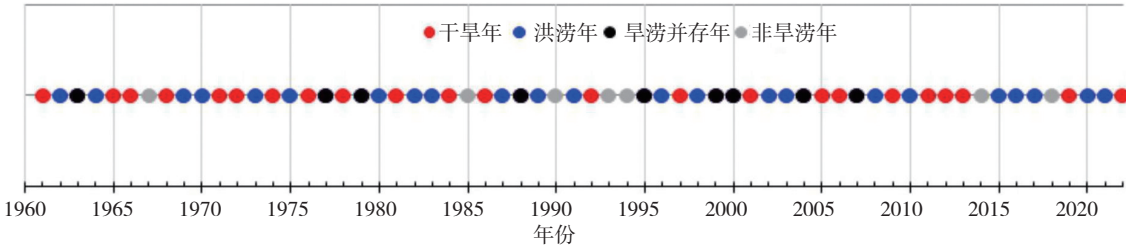


图4　1961—2022年湖北省旱涝年年际变化图

Fig.4 Interannual variation of drought and flood years in Hubei province from 1961 to 2022

际间大多是连旱、连涝，没有旱涝并存年，年内旱涝转换几率小。

旱涝转换是灾害从一种极端跨入另一种极端，其灾害程度比转换前的单种灾害更重。以旱涝间隔不到5 d为旱涝急转，统计旱和涝时间尺度在10～40 d左右的短周期旱涝急转站次数，图5给出1961—2022年湖北省旱涝转换站次数的年际和月际分布，从年际分布可见，湖北省旱涝转换站次数年际间波动较大，呈现5个阶段性上升特征，第1个阶段(1961—1981年)1981年最多13站次；第2个阶段(1982—1988年)1988年最多11站次；第3阶段(1989—2000年)2000年最多9站次；第4阶段(2001—2012年)2012年最多10站次；第5阶段(2013—2019年)2019年最多6站次。各上升阶段的最大值呈下降的趋势，表明旱涝转换年内站次数总体呈减少趋势，与2010年以后年内旱涝转换几率小相对应。从月际分布可见，湖北省近62 a旱涝转换次数夏季最多，春秋季递减，冬季无。其中6月最多，为67次，1—3月和11—12月没有旱涝急转现象发生，这是因为湖北省一般在6月中旬前后入梅，前期干旱就很容易出现旱涝急转；后期晴热高温少雨就容易出现涝转旱。1—3月和11—12月没有强降水发生，即使前期有旱情，也没有发生渍涝的雨水条件。

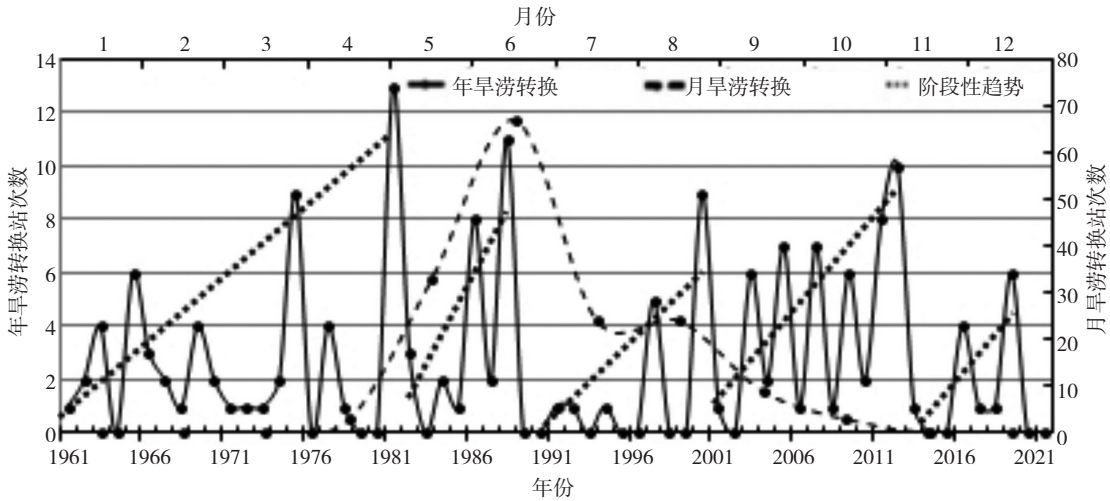


图5　1961—2022年湖北省旱涝转换站次数的年际和月际分布及阶段性趋势

Fig.5 Interannual and monthly distribution and periodic trend of the number of drought – flood transition stations in Hubei province from 1961 to 2022

4　2010年以来旱涝特点

本文统计近62 a湖北省气候指标，年平均气温呈明显升高趋势，气候倾向率为0.19 ℃·(10 a)$^{-1}$；年降雨量呈递增趋势，气候倾向率为9.9 mm·(10 a)$^{-1}$；年雨日呈递减趋势，气候倾向率–3.2 d·(10 a)$^{-1}$。年降雨量趋于增多、年雨日显著减少的气候背景，意味着极端降水呈现增多趋势，表现为干旱与洪涝灾害增强，而极端性旱涝对生产生活的影响巨大，分析发现2010年以来湖北省旱涝呈现如下特点：

(1) 极端性增强。表1给出1961—2022年湖北省最强10次旱、涝过程及其MCI、EP均值，从表中可知，2022年、2011年、2019年位居最强10次干旱过程前列，分列第1、3、4位，2011年春旱和2019年夏秋干旱强度均突破历史同期纪录(范进进等，2022)，且2022年夏秋季的湖北省大范围干旱过程综合强度再创历史新高(夏智宏等，2023)，表明2010年以后极端干旱强度再度增强。2020年、2016年分别位居最强暴雨洪涝第2、3位，这2 a汛期洪涝灾害是1961年以来仅次于1998年的最强和次强暴雨洪涝过程。图6给出1961—2022年湖北省各等级干旱站日比和暴雨洪涝站日比，2010年以来在连旱、连涝的转换中出现极端旱、涝过程，由图6a可知2011、2019、2022年发生严重干旱，湖北省重旱、特旱站日比显著增多；由图6b

可知2016、2020年发生近62 a来严重洪涝，重度洪涝站日比明显增多。这与旱涝过程的实况相符，表明2010年以来干旱和暴雨洪涝的极端性均有增强趋势。

表1 1961—2022年湖北省MCI、EP均值前10位的区域性干旱、洪涝过程

Tab.1 Regional drought and flood processes with the top ten MCI and EP mean values in Hubei Province during 1961–2022

排位	干旱过程		暴雨洪水涝过程	
	时段	MCI均值	时段	EP均值
1	2022年8月9日—12月26日	−2.525	1998年7月21日—7月27日	485.29
2	1966年7月17日—10月22日	−2.513	2020年7月5日—7月11日	454.92
3	2011年3月11日—7月26日	−2.421	2016年7月2日—7月10日	442.59
4	2019年7月28日—11月17日	−2.370	1969年7月14日—7月19日	436.02
5	1988年11月17日—12月30日	−2.349	1983年7月4日—7月8日	433.74
6	1979年10月23日—12月18日	−2.339	1991年7月9日—7月13日	429.74
7	1999年1月21日—4月1日	−2.337	1999年6月27日—6月30日	424.05
8	2000年4月2日—5月25日	−2.332	1996年7月16日—7月20日	415.40
9	1971年7月15日—8月16日	−2.329	1970年6月7日—6月8日	412.27
10	1991年10月10日—12月23日	−2.328	1964年6月25日—6月30日	410.90

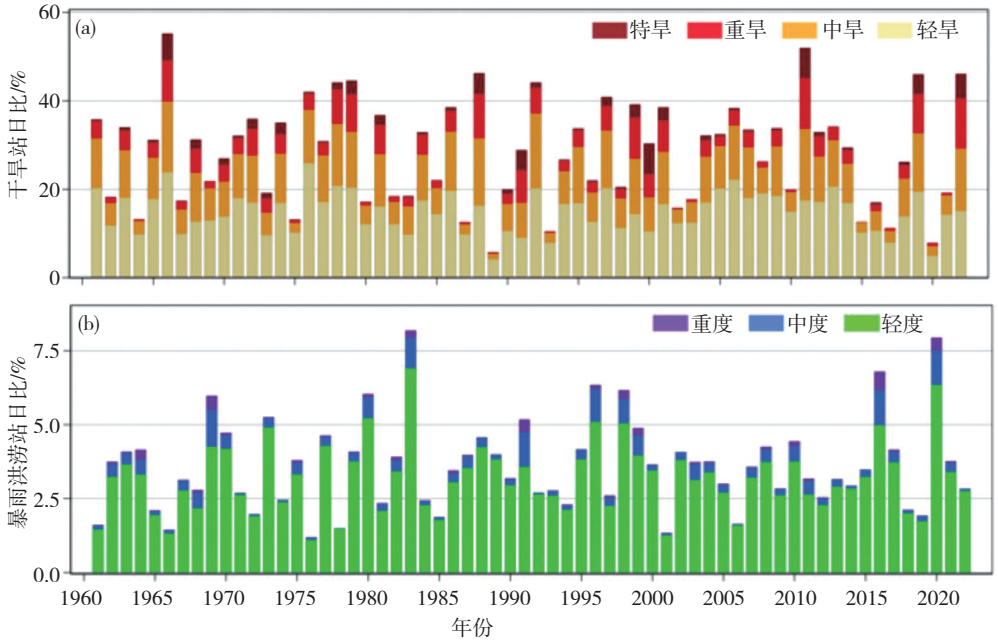


图6 1961—2022年湖北省各等级干旱(a)与暴雨洪涝(b)站日比

Fig.6 Daily ratio of (a) drought and (b) flood stations in Hubei province from 1961 to 2022

(2) 骤发性增多。极端旱涝强度增强、频次增多，骤发性也会增加。骤发干旱突发性强、发展迅速、强度高，往往由一波波高温热浪导致。王琳瑛等(2017)发现在气候变暖背景下，中国区域骤发干旱在过去30 a增加了一倍。2018、2019年夏秋季受降水偏少和异常高温天气影响，湖北省气象干旱发生发展过程异常迅猛(张强，2022)，这与全球气候变暖背景下骤发性干旱趋多增强特征一致。短时强降水是骤发性的，导致的主要灾害是暴雨洪涝，依照1 h雨量≥50 mm和3 h雨量≥100 mm作为极端短时强降水(俞小鼎，2013)，表2给出2001—2022年湖北省极端短时强降雨站次，从中可见，1 h和3 h极端短时强降雨2011—2022年比2001—2010年站次分别增加49站次、42站次，年平均分别增加2.6站次、2.8站次，表明2010年以后暴雨洪涝骤发事件呈增多趋势。

表2 2001—2022年不同时段湖北省极端短时强降雨站次

Tab.2 Station times of extreme short-term heavy rainfall during various period in Hubei from 2001 to 2022

时段	极端短时强降雨站次	
	1 h	3 h
2001—2010年	87	40
2011—2022年	136	82

(3) 旱涝转换减少，连旱连涝变长。2010年以前湖北省年际间旱涝转换频繁，连旱连涝年持续时间短，如1977—2007年期间有8 a旱涝并存，这8 a中旱涝并存意味着年内旱涝转换多；1965—1966、2005—

2006年连续2 a旱，1962—1964、2002—2004年连续3 a涝(含旱涝并存年)。2010年以后没有旱涝并存年，年际间由旱涝交替转为连旱与连涝转换，如2011—2013年连续3 a旱，2015—2017年连续3 a涝，年内旱涝转换站次数明显减少，2016年、2020年严重涝年，年内几乎没有发生旱涝转换。

5 结论和讨论

利用湖北省76个国家气象站1961—2022年地面观测资料，分析研究近62 a尤其是2010年以来旱涝演变趋势、转换特征及旱涝过程特点，主要结论如下：

(1) 湖北省旱涝过程空间分布呈东涝西旱、南涝北旱的特征。62 a来干旱过程发生频次呈波动式下降，暴雨洪涝过程频次总体呈波动式上升。2000年来夏秋干旱有增多加强的态势，秋季连旱最多。

(2) 旱涝年年际间呈现连旱2～4 a、连涝2～3 a或旱涝交替的特征，部分年份年内旱涝并存、旱涝急转。1977—2007年有9 a旱涝并存，年内存在旱涝转换，2010年以来无旱涝并存年，年内旱涝转换几率小。

(3) 旱涝转换站次数年际间波动较大，呈现5个阶段性上升特征，各递增阶段最大值呈递减趋势，表明旱涝急转年内站次数总体呈减少趋势。旱涝转换多出现在夏季，6月最多。

(4) 在年降雨量趋于增多、年雨日显著减少的气候背景下，极端降水呈现增多趋势，表现为干旱与暴雨洪涝增强。2010年以后湖北省旱涝呈现极端性增强、骤发性增多趋势和连旱连涝变长的特点。

随着全球气候变暖及人类活动的影响，极端天气气候事件频繁发生。极端性、骤发性和复合型的旱涝灾害对湖北省工农业生产、居民生活、生态环境和社会发展将造成更加严重的危害。深入揭示旱涝灾害、尤其是复合型灾害的形成机理，发展基于多源数据的旱涝灾害监测与风险评估技术研究，是下一步仍待努力的方向。

参考文献(References):

范进进,秦鹏程,史瑞琴,等.2022.气候变化背景下湖北省高温干旱复合灾害变化特征[J].干旱气象,40(5):780-790. Fan J J, Qin P C, Shi R Q, et al. 2022. Characteristics of compound hot and drought disasters in Hubei under the background of climate change [J]. Jorunal of Arid Meteorology,40(5):780-790 (in Chinese). doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2022)-05-0780

韩兰英,张强,贾建英,等.2019.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,39(5):1-10. Han L Y, Zhang Q, Jia J Y, et al. 2019. Drought severity,frequency,duration and regional differences in China [J]. Journal of Desert Research,39(5):1-10 (in chinese). doi:10.7522/j.issn. 1000-694X.2018.00112

韩钦梅,吕建军,史培军.2018.湖北省暴雨人口暴露时空特征与贡献率研究[J].灾害学,33(4):191-196. Han Q M, Lu J J, Shi P J. 2018. Spatial temporal characteristics and contribution rate of rainstorm population exposure in Hubei [J]. Journal of Catastrophology,33(4):191-196. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.04.033

胡畔,陈波,史培军.2021.中国暴雨洪涝灾情时空格局及影响因素[J].地理学报,76(5):1148-1162. Hu P, Chen B, Shi P J. 2021. Spatiotemporal patterns and influencing factors of rainstorm-induced flood disasters in China [J]. Acta Geographica Sinica,76(5):1148-1152 (in Chinese). doi: 10.11821/dlxb202105008

李伟光,刘少军,韩静,等.2021.基于遥感蒸散量的我国干旱特征研究[J].沙漠与绿洲气象,15(3):93-99. LI W G, LIU S J, HAN J, et al. 2021. Drought characteristics of China based on actual evapotranspiration estimated from remote sensing [J]. Desert and Oasis Meteorology,15(3):93-99 (inChinese). doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2021.03.012

路畅,马龙,刘廷玺,等.2022.1951—2018年中国年降水量及气象干旱的时空变异[J].应用生态学报,33(6):1572—1580. Lu C, Ma L, Liu T X, et al. 2022. Temporal and spatial variations of annual precipitation and meteorological drought in China during 1951-2018 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,33(6):1572-1580 (in Chinese). doi:10.13287/j.1001-9332.202206.022

秦鹏程,刘敏.2015.气象干旱诊断评估方法及其在长江中下游地区的应用[J].长江流域资源与环境,24(11):1969-1976. Qin P C, Liu M. 2015. Methods for diagnosis and assessment of meteorological drought and application in the middle and lower Yangtze Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,24(11):1969-1976 (in Chinese). doi: 10.11870/cjlyzyyhj201511022

秦鹏程,刘敏,李兰.2016.有效降水指数在暴雨洪涝监测和评估中的应用[J].中国农业气象,37(1):84-90. Qin P C, Liu M, Li L, 2016. Application of effective precipitation index in rainstorm flood disaster monitoring and assessment [J]. Chinese Journal of Agrometeorology,37(1):84-90 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1000-6362.2016.01.011

王琳瑛,袁星,谢正辉.2017.中国骤发干旱的变化及其与季节性干旱的联系[C]//第34届中国气象学会年会S7水文气象、地质灾害气象预报理论与应用技术论文集:222. Wang L Y, Yuan X, Xie Z H. 2017. The change of sudden drought in China and its relationship with seasonal drought [C]//Proceedings of S7 hydrometeorology and geological disaster meteorological forecast theory and application technology at the 34th annual meeting of Chinese Meteorological Society:222 (in Chinese)

王遵娅,丁一汇.2008.夏季长江中下游旱涝年季节内振荡气候特征[J].应用气象学报,19(6):710-715. Wang Z Y, Ding Y H. 2008. Climatic features of intraseasonal oscillations of summer rainfalls over mid-lower reaches of the Yangtze River in the flood and drought years [J]. Journal of Applied Meteorological Science,19(6):710-715 (in Chinese)

吴瑶,杜良敏,刘长征,等.2022. Box-Cox正态转换在长江子流域极端降水气候事件判定中的应用[J].暴雨灾害,41(1):94-100. WU Y, DU L M, LIU C Z, et al. 2022. Application of Box-Cox transformation in the determination of extreme precipitation climate events in Yangtze sub-basins [J]. Torrential Rain and Disasters,41(1):94-100 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004-9045.2022.01.011

夏军,王惠筠,甘瑶瑶,等.2019.中国暴雨洪涝预报方法的研究进展[J].暴雨灾害,38(5):416-421. Xia J, Wang H Y, Gan Y Y, et al. 2019. Research progress in forecasting methods of rainstorm and flood disaster in China [J]. Torrential Rain and Disasters,38(5):416-421 (in Chinese).

doi:10.3969/j.issn.1004-9045.2019.05.00310.

夏智宏,刘敏,秦鹏程,等. 2023. 2022年长江流域高温干旱过程及其影响评估[J].人民长江,54(2): 21-28. Xia Z H, Liu M, Qin P C, et al. 2023. Development process of high temperature and drought events over Yangtze River Basin in 2022 and assessment on its influences [J]. Yangtze River,54(2):21-28 (in Chinese). doi:10.16232/j.cnki.1001-4179.2023.02.004

杨家伟,陈华,侯雨坤,等.2019.基于气象旱涝指数的旱涝急转事件识别方法[J].地理学报,74(11):2358-2370. Yang J W, Chen H, Hou Y K, et al. 2019. A method to identify the drought-flood transition based on the meteorological drought index [J]. Acta Geographica Sinica,74(11): 2358-2370 (in Chinese). doi:10.11821/dlxb201911012

俞小鼎.2013.短时强降水临近预报的思路与方法[J].暴雨灾害,32(3): 202-209. Yu X D. 2013. Nowcasting thinking and method of flash heavy rain [J]. Torrential Rain and Disasters,32(3):202-209 (in Chinese). doi:10.3969/j.issn.1004-9045.2013.03.002

张强.2022.科学解读“2022年长江流域重大干旱”[J].干旱气象,40(4): 545-548. Zhang Q. 2022. Scientific interpretation of severe drought in the Yangtze River Basin [J]. Journal of Arid Meteorology,40(4): 545-548 (in Chinese). doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2022)-04-545

郑治斌,刘可群.2020.湖北省干旱灾害特征及其影响分析[J].湖北农业科学,59(8):35-40. Zheng Z B, Liu K Q, 2020. Analysis on characteristics of drought disasters and their impacts in Hubei province [J]. Hubei Agricultural Sciences,59(8):35-40 (in Chinese). doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2020.08.007

钟成索.2009.“雨岛效应”和“混浊岛效应”[J].环境保护与循环经济,07: 69-71. Zhong C S. 2009. "Rain Island Effect" and "Turbidity Island Effect" [J]. Environmental Protection and Circular Economy,07:69-71 (in Chinese)

周悦,周月华,叶丽梅,等.2016.湖北省旱涝灾害致灾规律的初步研究[J].气象,42(2):221-229. Zhou Y, Zhou Y H, Ye L M, et al. 2016. Preliminary study on disastrous law of drought and flood in Hubei province [J]. Meteorological Monthly,42(2):221-229 (in Chinese). doi:10.7519/j.issn.1000-0526.2016.02.010

GB/T 20481-2017,中华人民共和国国家标准气象干旱等级[S]. GB/T 20481-2017, National Standard Meteorological Drought Level of the People's Republic of China (in Chinese)

Lu E. 2009.Determining the start, duration, and strength of flood and drought with daily precipitation: Rationale [J], Geophysical Research Letters,36:L12707, doi:10.1029/2009GL038817.

（责任编辑 张 文）

《暴雨灾害》征稿简则

《暴雨灾害》是中国气象局武汉暴雨研究所主办的中文学术期刊,主要刊载与暴雨、强对流天气及其次生灾害相关的最新研究成果和综合评述。本刊为中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)双月刊,欢迎国内外从事大气科学研究和气象业务、服务的科技工作者投稿。

1 来稿要求

1) 论点明确、文字精练、数据可靠。其书写顺序为:中文题名(不超过20个汉字)、作者姓名、单位、摘要(400字左右,一般应包含研究目的、资料、方法、结果和结论)、关键词(4～6个为宜);英文题名、作者姓名、单位、摘要、关键词;正文;结论与讨论;参考文献。

2) 论文具体格式请参考本刊网站下载中心的《暴雨灾害》论文投稿模板或参考本刊网站首页最新发表论文。投稿时只需上传论文word文档,版权转让协议待论文录用后另行提交。

3) 论文首页脚页处附各类资助项目名称(编号)和第一作者姓名、主要研究领域、E-mail。第一作者下方可列一位通信作者姓名、主要研究领域、E-mail,通信作者对该文负有学术责任。

4) 来稿中计量单位一律采用中华人民共和国法定计量单位。

5) 所附插图、表格宜少而精,图表应随文给出,并提供英文图(表)题。一篇论文插图不宜超过10幅,要求图像清晰;附表一般应制成三线表(表中数据宜采用word文档录入)。图(表)中的量和单位用“/”隔开,物理量用斜体,并注明图(表)号、图(表)题、图(表)注以及符号文种、大小写、正斜体、黑白体、上下脚码等。

6) 本刊参考文献使用著者-出版年制,具体参见本刊网站下载中心的“《暴雨灾害》参考文献引用和著录格式”。

2 投稿须知

1) 请勿一稿多投。稿件初审时限为40 d。修改稿务必在45 d内修回(另有约定除外),否则,视作自动撤稿。若6个月内未见刊用通知,可自行处理。

2) 请作者通过本刊网站(http://www.byzh.org.cn)提交稿件并查询稿件处理进展。

3) 本刊编辑可能会对录用稿件作适当的文字性和技术性删改处理。不同意者,请书面说明。

4) 本刊已入编中国学术期刊(光盘版)、中国期刊网、数字化期刊群万方数据库、中文科技期刊数据库、博看网及中国核心期刊(遴选)数据库。来稿一经录用,将同时被光盘版和数据库收录。若作者不同意收录,请来稿时说明。

5) 本刊对录用稿件收取论文版面费。印刷出版后一次性支付稿酬(包含纸质版、数字版稿酬以及网络版著作权使用费),并赠送当期《暴雨灾害》2册。

3 通联方式

来信(函)请寄至“430205湖北省武汉市东湖高新技术开发区金融港二路6号《暴雨灾害》编辑部”,也可通过邮箱(byzh7939@163.com)或电话(027-81804908,81804915,81804935)联系。

微信扫一扫
关注《暴雨灾害》