

彭双姿,刘鑫淼,陈涛,等. 衡邵干旱走廊干旱监测评估方法探讨[J]. 干旱气象, 2021, 39(6): 894–899, [PENG Shuangzi, LIU Xinmiao, CHEN Tao, et al. Discussion on drought monitoring and evaluation technology in the Heng-Shao drought corridor[J]. Journal of Arid Meteorology, 2021, 39(6): 894–899], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2021)-06-0894

衡邵干旱走廊干旱监测评估方法探讨

彭双姿¹, 刘鑫淼², 陈涛¹, 杨敏³,
许笛¹, 旷煜菲¹, 肖美英¹

(1. 湖南省衡阳市气象局, 湖南 衡阳 421001; 2. 成都信息工程大学, 四川 成都 610225;

3. 湖南省邵阳市气象局, 湖南 邵阳 422000)

摘 要: 基于衡邵干旱走廊 1961—2018 年干旱灾情数据, 利用气象干旱综合监测指数(MCI), 对衡邵干旱走廊的干旱监测评估方法进行研究。结果表明: (1) 在农作物需水高峰期(6—10月), 满足区域 MCI 指数加权均值(DI 指数) 小于等于 -0.5, 且过程持续时间大于等于 16 d 的干旱事件纳入统计, 计算 DI 指数的极端强度、累加强度、持续时间三要素用于区域干旱年度评估最优。基于 DI 指数三要素, 采用 TOPSIS 法计算的区域干旱年度评估指数(MCI_区) 最好。(2) 对 MCI_区 序列采用平均值和标准差组合的分级方式, 得出正常、干旱、大旱、特旱的干旱等级阈值, 检验发现 MCI_区 指数对衡邵区特旱年和正常年有较强的评估能力, 且 2019 年和 2020 年评估结果与实际相符; 对 2013 年特旱年进行模拟, 发现 MCI_区 指数能较好地拟合衡邵区干旱灾情变化, 可以为衡邵区旱情快速评估和预警提供一定参考。

关键词: 衡邵干旱走廊; MCI 指数; 区域干旱年度评估指数; 干旱等级阈值

文章编号: 1006-7639(2021)06-0894-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2021)-06-0894

中图分类号: P426.616

文献标志码: A

引 言

受全球气候变暖影响, 极端异常气候事件频繁发生, 干旱问题尤为突出^[1-3]。2004—2015 年中国因干旱灾害导致的年均经济损失达 640.7 亿元, 其严重制约社会经济的发展^[4]。我国南方地区由于“骤发性干旱”发生频率较高, 农作物受干旱影响的严重程度增大。如 2000、2001、2003、2004、2006、2010 年, 中国南方地区相继出现大范围农业干旱, 粮食种植业损失巨大^[5]。因此, 有关我国南方地区干旱特征的研究越来越多^[5-8]。

衡邵干旱走廊位于湖南中部, 雪峰山脉以南、五岭山脉以北, 受独特的地形地貌和降水时空分布不均的影响, 干旱频发, 形成了“历史干旱走廊”^[9]。该区域是湖南特旱日数高值区, 年特旱频次增加速率最大, 气候向暖干趋势发展^[10-11]。另外, 其特定的地形地貌、地质构造导致该地区蓄水保水能力差, 在雨季结束以后, 易出现涝旱急转^[12]。因此开展衡邵干旱走廊区域干旱评估研究, 对制定抗旱对策, 应

对于干旱缺水问题意义重大。

1997 年美国气象学会把干旱分为气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱^[13], 气象干旱主要反映气象要素的变化特征, 由于气象干旱与其他干旱存在明显的传递过程, 可以根据气象干旱监测结果与不同类型干旱的传递规律对其他类型干旱进行早期预警^[14]。目前研究气象干旱的指数很多, 常用的有 Palmer 干旱指数^[15]、标准化降水蒸散指数(SPEI)^[16]、综合干旱指数(CI)^[17]等。但不同气象干旱指数的区域适用性和监测特点存在很大差异^[18-22]; 如 Palmer 干旱指数能较好地表现青海省东部农业区旱情的发展, 但存在旱情轻判情况^[20]; 相比其他指数, SPEI 对四川典型干旱年的干旱空间分布表征较好^[21]; CI 指数同时考虑了降水和蒸发能力因子, 与单纯利用降水量的干旱指数相比具有较大优越性^[22], 但 CI 指数运用在长江中下游地区时, 显示旱情发展过快且偏重^[23]。2017 年中国气象局提出了新的气象干旱综合监测指数(MCI)^[24], 该指

收稿日期: 2021-03-02; 改回日期: 2021-05-07

基金项目: 湖南省气象局 2020 年重点课题项目(XQKJ20A002)及湖南省气象局短平快课题项目(XQKJ21B015)共同资助

作者简介: 彭双姿(1974—), 女, 高级工程师, 主要从事天气、气候相关研究。E-mail: 114380107@qq.com。

数广泛应用于全国气象干旱监测评估^[4,25-30],但MCI指数在湖南中南部的适用性研究鲜有报道。

本文收集整理衡邵干旱走廊1961—2018年干旱灾情资料,建立长时间序列的气象干旱综合监测指数(MCI),并基于MCI指数建立区域干旱年度评估指数(MCI_e),有助于全面了解衡邵地区区域干旱变化特征,为地方政府部署防汛抗旱工作、减轻干旱灾害损失及保障农作物生产等提供参考依据。

1 研究区域、资料及方法

1.1 研究区域及站点权重

2011年湖南省发改委和水利厅编制《衡邵干旱走廊综合治理规划》^①,将衡阳市、邵阳市、娄底市全境,以及永州市北部4县(市)(新田、东安、祁阳、冷水滩),共计33个县(市、区)列入衡邵干旱走廊治理规划范围。该规划根据衡邵干旱走廊干旱特征,选取受灾人口百分比、农作物受灾面积百分比、缺水率、经济损失百分比、石漠化程度5项指标,建立衡邵干旱走廊地区的旱情评价体系。采用层次分析法进行干旱综合评价分析,对33个县(市、区)进行干旱等级划分,分为严重干旱、重度干旱、中度干旱和一般干旱4个等级。

衡邵干旱走廊作为一个整体开展干旱评估工作,各县(市、区)农作物种植面积不一,在气象干旱指数相同时,不同区域干旱等级相同但受灾面积不同,各站对区域干旱评估指数贡献必然不同,如涟源市、冷水江市在《衡邵干旱走廊综合治理规划》中同为重度干旱区,前者农作物种植面积占衡邵干旱走廊总种植面积的6.1%,后者占比不足2%,说明在气象干旱监测指数相同情况下,涟源市对总干旱评

估指数贡献比冷水江市更大。本文结合国家气象站点分布,将《衡邵干旱走廊综合治理规划》33个县(市、区)中27个县(市、区)列为衡邵区干旱监测评估研究区域(简称“衡邵区”),33个县(市、区)中南岳为高山站,其资料特殊,代表性差,不列入分析范围内;衡阳市区辖蒸湘区、雁峰区、石鼓区、珠晖区,合为衡阳市;邵阳市区辖北塔区、双清区、大祥区,合为邵阳市;娄底市区辖娄星区,改为娄底市。综合《衡邵干旱走廊综合治理规划》中各县(市、区)干旱等级级及其种植面积占比,将衡邵区干旱等级划分为严重干旱、中度干旱、一般干旱,通过对比不同权重系数的评估结果,得到严重干旱、中度干旱、一般干旱对应站点的最优权重系数(S_i)分别为1.5、1.0、0.5,表1列出湖南衡邵区干旱等级划分及站点权重系数。

1.2 资料与方法

1.2.1 资料

湖南统计年鉴、湖南农村统计年鉴、《中国气象灾害大典:湖南卷》^[31]、地方水利年鉴等提供的1961—2018年衡邵区各县(市、区)逐年受旱情况;湖南省气象局信息中心提供的衡邵区27个国家气象站1961—2018年逐日温度、降水资料用于计算MCI指数。

1.2.2 衡邵区干旱年景划分

整理1961—2018年衡邵区农业受灾情况,对衡邵区干旱年景进行划分。1961—2000年以《中国气象灾害大典:湖南卷》为基础,其他资料为补充,2001—2018年以湖南农业统计年鉴中干旱受灾资料为基础,其他资料为补充,综合分析后将1961—2018年衡邵区干旱年景划分为4级:正常、干旱、大旱、特旱(表2),其中正常年份有14 a,占24.1%;

表1 湖南衡邵区干旱等级划分及站点权重系数

Tab.1 The drought grades classification and stations' weight coefficients in the Heng-Shao regions of Hunan Province

干旱等级	站点权重	县(市、区)
严重干旱	1.5	双峰县、邵东县、邵阳县、衡南县、祁东县、衡阳县、涟源市
中度干旱	1.0	耒阳市、衡山县、衡东县、常宁市、隆回县、新邵县、新宁县、武冈市、洞口县、新化县、冷水滩区、祁阳县、东安县
一般干旱	0.5	衡阳市、邵阳市、娄底市、城步县、绥宁县、新田县、冷水江

表2 1961—2018年湖南衡邵区干旱年景划分

Tab.2 The annual drought status in the Heng-Shao regions of Hunan Province during 1961–2018

年景	年份
正常	1961、1969、1970、1973、1975、1976、1977、1982、1993、1994、1996、1997、2002、2014
干旱	1962、1965、1967、1968、1978、1979、1981、1984、1987、1988、1989、1995、1999、2000、2001、2004、2006、2008、2016、2017、2018
大旱	1964、1966、1971、1972、1974、1980、1983、1986、1990、1998、2005、2009、2010、2012、2015
特旱	1963、1985、1991、1992、2003、2007、2011、2013

① 湖南省发改委、湖南省水利厅:衡邵干旱走廊综合治理规划,2021。

干旱 21 a, 大旱 15 a, 特旱 8 a, 干旱、大旱、特旱年份占比总计达 75.9%。且年代际分布不均, 20 世纪 60、70、80、90 年代发生干旱的年份分别有 7、5、9、6 a, 21 世纪 00、10 年代发生干旱的年份分别有 9、8 a; 发生大旱以上的年份共 23 a, 其中 2000 年以后占 9 a, 1970 及 1990 年代衡邵区干旱相对较少发生, 2000 年以后干旱呈频发态势。

1.2.3 MCI 指数处理

分析各站逐日 MCI 指数, 发现由于建站时间不一, 1980 年以前资料缺失较多, 1980 年以后也有部分观测资料缺失造成 MCI 缺失。考虑资料缺失对分析结果带来较大误差, 对单站缺失资料进行插补修正。缺失资料时间尺度小于 7 d 的站点, 采用站点缺失资料部分两端资料进行内插订正。缺失资料大于 7 d 的站点, 选取距离该站最近的 5 个站点中, 相关系数最好的 2 个站点, 进行逐日插补订正, 确保各站 MCI 指数数据序列的完整性和可参考性。

1.2.4 MCI 指数权重

对 MCI 指数进行适用性分析, 发现直接用该指数作为旱情分析与实际旱情有一定偏差^[23]。应用 MCI 指数建立区域气象干旱风险监测和评估模型时, 将各站不同等级干旱日数按均值倒数法计算站点 MCI 指数的权重系数(S_2)^[24]: 统计区域内各站 MCI 指数达到轻旱、中旱、重旱、特旱的日数及 4 个等级干旱日数均值(4 个干旱等级总日数除以 4); 当站点 MCI 指数为轻旱时, 权重系数(S_2)为 4 个等级干旱日数均值除以轻旱日数, 同理得到站点 MCI 指数为中旱、重旱、特旱的权重; 若 $MCI > -0.5$ (无干旱), 则 $S_2 = 0$ 。区域 MCI 指数加权均值(DI 指数)具体计算公式如下:

$$DI = \sum_{i=1}^{27} (MCI_i \times S_2 \times S_1) / 27 \quad (1)$$

式中: MCI_i 为 i 站日 MCI 值, S_1 根据表 1 站点权重取值, S_2 根据站点当日 MCI 指数干旱等级取权重值。

2 区域干旱年度评估指数(MCI_e)设计

2.1 干旱事件识别

OITREE(an objective identification technique for regional extreme events)方法^[32]提出了“糖葫芦串”模型, 着眼于极端事件的持续性和区域性, 将事件的强度、时间及范围等各项指数, “串”成一串从而构成一个完整的区域性事件, 对客观评估区域性极端事件有意义。该方法应用于中国西南地区区域性气象干旱事件研究, 取得较好的结果^[33]。本文利用 OITREE 方法对衡邵区区域性气象干旱事件进行识别。

将衡邵区逐日 DI 指数从小到大进行排序, 并去除零值, DI 指数阈值取 $-0.6 \sim -0.1$ (第 30%~70% 分位值), 间隔 0.05, 取 10~18 d 作为干旱事件最低持续日数, 分别进行试验, 获得衡邵区全年及农作物需水高峰期时段(6—9 月、6—10 月、5—9 月、5—10 月)DI 指数三要素, 即极端强度、累加强度、持续时间(进行统计评估时, 由于累加强度和极端强度为负值, 为便于计算, 将累加强度和极端强度取绝对值), 利用 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 方法^[34-35]进行区域干旱评估, 得到各样本区域干旱年度评估指数(MCI_e), 分析其与干旱年景、作物受灾面积的关系, 将衡邵区 6—10 月, 满足 $DI \leq -0.5$, 过程持续时间大于等于 16 d 的干旱事件纳入统计, 得到的 DI 指数三要素, 用于区域干旱年度评估最优。

2.2 干旱评估方法筛选及 MCI_e 阈值

按上述方法优选出来的衡邵区 1961—2018 年 6—10 月 DI 指数的极端强度、累加强度、持续时间, 分别用聚类法、回归法、主成分法、TOPSIS 法等 4 种方法^[36], 生成不同区域干旱年度评估指数(MCI_e), 与干旱年景、受灾面积进行双变量相关性分析^[36](表略)。发现各方法统计评估结果与干旱年景、受灾面积的相关性均通过 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验, 其中聚类分析法相对其他方法偏差较大, 回归法和主成分法较好, TOPSIS 法最优。用 TOPSIS 法生成的 MCI_e 指数, 在使用 S_1 权重后, 与干旱年景、受灾面积相关系数分别为 0.82、0.75, 较不使用 S_1 权重系数的评估结果更优。因此, TOPSIS 方法适合衡邵区的区域干旱年度评估, 且 S_1 权重系数设计能优化 MCI_e 指数。将 MCI_e 指数序列以平均值和标准差组合进行分级^[37], 并根据衡邵区不同等级干旱年景占比对分级阈值进行人工干预, 得到正常、干旱、大旱、特旱 4 个干旱等级对应的 MCI_e 指数阈值(表 3)。

表 3 1961—2018 年湖南衡邵区不同干旱等级对应的 MCI_e 指数阈值

Tab. 3 The drought grade and corresponding MCI_e index threshold in the Heng-Shao regions of Hunan Province during 1961–2018

干旱等级	MCI_e 阈值
正常	$MCI_e \leq 0.07$
干旱	$0.07 < MCI_e \leq 0.30$
大旱	$0.30 < MCI_e \leq 0.50$
特旱	$MCI_e \geq 0.50$

3 MCI_e 指数检验

3.1 MCI_e 指数评估结果及检验

表4列出1961—2018年湖南衡邵区MCI_e指数大小排序前13位及对应干旱年景和受旱面积。可以看出,受灾严重的8个特旱年MCI_e排位均靠前,可见该方法对衡邵区严重干旱年度评估能力较强。1966年MCI_e=0.83,排第二位,评估为特旱年(表3),该评估结论较受灾面积和干旱年景偏重,这可能与1964—1974年干旱灾情统计资料不规范有关。1966年灾情记录:娄底涟源县秋旱,其他地区夏秋连旱,双峰县7月13日起,88 d内降水量仅13.3 mm,邵阳市7月中旬开始夏秋连旱长达3个月,衡阳夏秋连旱,90 d内降水量仅7.9 mm,受灾面积记录却只有928.3 km²,受灾面积记录明显偏小,气象灾害大典评定衡邵区该年为大旱年。综合分析1966年衡邵区雨情信息,MCI_e指数评估结果较为可信。另外,MCI_e指数排名后10位的年份,10 a评估为正常年,实际有3 a发生干旱,且干旱时段不在6—10月,说明对正常年评估能力可信(表略)。

表4 1961—2018年湖南衡邵区MCI_e排序前13位及对应的干旱年景、受旱面积

Tab. 4 The top 13 MCI_e index and their corresponding annual drought status and drought-affected area in the Heng-Shao regions of Hunan Province during 1961–2018

排序	MCI _e 指数	干旱年景	受灾面积/km ²	年份
1	0.87	特旱	8882.9	2013
2	0.83	大旱	928.3	1966
3	0.80	特旱	5641.1	2011
4	0.71	特旱	5541.9	1985
5	0.66	特旱	5837.3	1963
6	0.63	特旱	7264.0	2007
7	0.54	特旱	5693.9	2003
8	0.53	特旱	7690.0	1992
9	0.51	特旱	7090.0	1991
10	0.48	大旱	964.7	1974
11	0.44	大旱	2120.0	1964
12	0.44	大旱	3001.8	2005
13	0.41	大旱	1753.3	1972

2019年衡邵区MCI_e指数为0.22,根据表3评估为干旱年,湖南统计年鉴^[38]显示2019年衡阳、邵阳、娄底、永州因旱受灾情况均较轻,评估结果与该区域当年受旱情况基本一致;2020年衡邵区MCI_e指数为0.24,根据表3评估为干旱年,2020年湖南省及各市气候影响评价显示,衡阳、邵阳、娄底出现轻度旱情,永州市旱情较重,衡邵区干旱评估结果与干旱受灾情况基本吻合。可见MCI_e指数对衡邵区2019年和2020年的干旱状况有较好的评估能力。

3.2 特旱年(2013年)MCI_e指数评估检验

对2013年特大干旱年干旱发展进行模拟,得到2013年6—8月湖南衡邵区MCI_e指数的日变化(图1)。可以看出,6月19日MCI_e指数达0.07,干旱开始发展,6月19日至7月21日,MCI_e指数上升缓慢,7月21日开始指数上升加快,至7月26日,MCI_e达0.31,达到大旱标准,8月1日,MCI_e指数达0.52,达到特旱标准,8月1—21日,MCI_e指数继续上升,8月22日达0.81后不再上升。从干旱年度评估指数演变可见,衡邵区6月下旬干旱开始发展,7月中下旬迅速发展为大旱,8月上中旬继续加重,8月下旬出现降水过程,干旱指数不再上升,干旱缓解。2013年7月31日湖南省防汛抗旱指挥部办公室下发的《关于全省旱情及抗旱情况汇报》^②指出:全省受旱范围广、旱情发展迅速,主要原因是降水量偏少,6月以来衡阳、邵阳等地降水量偏少3成以上,干旱灾情与7月上旬相比全省受旱面积、饮水困难人口增加较快,特别是7月24日以来受灾面积和饮水困难人口迅速增加。MCI_e指数反映2013年7月下旬衡邵区为干旱迅速发展时段,与当年旱情演变基本一致,说明MCI_e指数对衡邵区区域性干旱事件可起到快速评估、提前预警的作用。

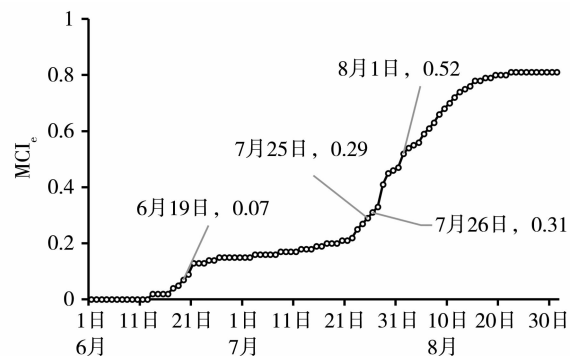


图1 2013年6—8月湖南衡邵区MCI_e指数日变化

Fig. 1 The daily variation of MCI_e index in the Heng-Shao regions of Hunan Province from June to August 2013

② 湖南省防汛抗旱指挥部. 关于全省旱情及抗旱情况汇报, 2013.

4 结论及讨论

(1)根据《衡邵干旱走廊综合治理规划》中各县(市、区)干旱等级划分,结合农作物种植面积,重新设计各站点权重系数 S_i ,使用其进行区域干旱评估优于各站均值权重。

(2)整理1961—2018年衡邵区农业受灾情况,发现衡邵区区域性干旱发生率可达75.9%,1970年代和1990年代相对较轻,2000年后干旱呈频发态势。

(3)计算衡邵区各站MCI指数加权均值(DI指数),通过不同试验,得到年度及作物需水高峰期(6—9月、6—10月、5—9月、5—10月)DI指数的极端强度、累加强度、持续时间三要素用于评估,对比发现:6—10月, $DI \leq -0.5$,且过程持续时间大于等于16d的干旱事件纳入统计,得到的区域干旱年度评估指数(MCI_e)最优;对比4种统计评估方法发现TOPSIS方法计算的评估指数最好。

(4)基于区域干旱年度评估指数(MCI_e)序列,采用平均值和标准差组合分级方式,得出正常、干旱、大旱、特旱的干旱等级阈值,并检验发现: MCI_e 指数对衡邵区特旱年和正常年有较强的评估能力,且2019年和2020年评估结论与实况基本一致;对2013年特旱年模拟时, MCI_e 指数能较好地拟合衡邵区旱情演变。

本文研究的区域干旱年度评估指数(MCI_e),对衡邵区区域干旱评估效果较好,可以为衡邵区干旱快速评估和预警提供支撑,满足干旱早期业务需求。由于评估参数选取农作物需水高峰期(6—10月),对6—10月出现的干旱评估能力较好,但其他时段干旱评估有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 胡顺起,曹张驰,刘婷婷. 华北地区极端干旱事件的变化特征[J]. 气象与环境科学,2017,40(4):121-125.
- [2] 于成龙,唐权,郭春玲,等. 基于scPDSI的东北地区气象干旱时空特征分析[J]. 气象与环境科学,2020,43(3):24-32.
- [3] 曲学斌,杨钦宇,王慧清,等. 基于MCI的内蒙古气象干旱强度特征分析[J]. 气象与环境科学,2019,42(4):47-54.
- [4] 廖耀明,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.
- [5] 李伟君,吕厚荃. 近50a南方农业干旱演变及其影响[J]. 干旱气象,2017,35(5):724-733.
- [6] 王文,李亮,蔡晓军. CI指数及SPEI指数在长江中下游地区的适用性分析[J]. 热带气象学报,2015,31(3):403-416.
- [7] 张金凤,冯杰,何祺胜. 基于CI指数的贵州省干旱时空变化规律研究[J]. 水电能源科学,2014,32(4):4-8.
- [8] 张剑明,廖玉芳,吴浩,等. 湖南夏秋干旱及环流异常特征[J].

- 干旱气象,2018,36(3):353-364.
- [9] 周晓云. 关于衡阳治理“衡邵干旱走廊”的思考[J]. 湖南水利水电,2011,8(1):51-53.
- [10] 黎祖贤,周盛,樊志超,等. 湖南特大干旱时空变化特征分析[J]. 干旱气象,2018,36(4):578-615.
- [11] 刘兰芳,肖志成,陈涛,等. 近33年衡阳盆地的气候变化与干旱发展趋势[J]. 湖南农业大学学报,2014,40(6):637-642.
- [12] 杨宁,邹冬生,杨满元,等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(6):1516-1524.
- [13] 陈涛,刘兰芳,陈春燕,等. 基于CI指数的衡阳市干旱及其变化特征分析[J]. 衡阳师范学院学报,2013,34(3):97-102.
- [14] 张强,张良,崔显成,等. 干旱监测与评价技术的发展及其科学挑战[J]. 地球科学进展,2011,26(7):763-778.
- [15] PLMER W C. Meteorological drought[R]. Washington, DC: US Department of Commerce, Weather Bureau, 1965.
- [16] VICENTE-SERRANO S M, BEGUERIA S, LOPEZ-MORENO J I. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index[J]. 2010,23(7):1696-1718.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 气象干旱等级:GB/T20481—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [18] 曲学斌,姚振东. 呼伦贝尔市新旧综合气象干旱指数应用对比[J]. 气象科技,2016,44(2):325-330.
- [19] 张驰,唐红玉,吴遥,等. 两种干旱指数在重庆极端干旱事件中的应用[J]. 西南大学学报,2019,41(11):92-102.
- [20] 多普增. 三种气象干旱指数在青海省东部农业区的适用性分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [21] 潘妮,卫仁娟,詹存,等. 干旱指数在四川省的适用性分析研究[J]. 南水北调与水利科技,2017,15(4):65-71.
- [22] 邹旭恺,任国玉,张强. 基于综合气象干旱指数的中国干旱变化趋势研究[J]. 气候与环境研究,2010,15(4):371-378.
- [23] 段莹. 三种干旱指标在江淮及长江中下游地区的适应性研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2013.
- [24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 气象干旱等级:GB/T 20481—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [25] 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.
- [26] 王素萍,王劲松,张强. 几种干旱指标对西南和华南区域月尺度干旱监测的适用性评价[J]. 高原气象,2015,34(6):1616-1624.
- [27] 王春学,张顺谦,陈文秀,等. 气象干旱综合指数MCI在四川省的适用性分析及修订[J]. 中国农学通报,2019,35(9):115-121.
- [28] 张容焱,庄瑶,薛峰,等. 福建气象干旱风险监测预警和评估技术[J]. 灾害学,2019,34(3):114-122.
- [29] 杨帆,陈波,张超,等. 新气象干旱综合监测指数(MCI)在黔东南本地化应用[J]. 高原山地气象研究,2015,35(3):56-61.
- [30] 秦鹏程,刘敏,万素琴,等. 气象干旱综合监测指数在湖北的本地化应用及其适用性分析[J]. 气象科技,2014,42(2):341-347.

- [31] 温克刚,曾庆华. 中国气象灾害大典: 湖南卷[M]. 北京: 气象出版社,2006.
- [32] REN F, CUI D, GONG Z, et al. An objective identification technique for regional extreme events[J]. *Journal of Climate*, 2012,25(20):7015–7027.
- [33] 李韵婕,任福民,李忆平,等. 1960—2010年中国西南地区区域性气象干旱事件的特征分析[J]. *气象学报*,2014,72(2):266–276.
- [34] 潘金兰,徐庆娟,刘合香. 基于 AHP-TOPSIS 最优组合赋权的台风灾害风险评估[J]. *南宁师范大学学报(自然科学版)*, 2021,38(1):60-67.
- [35] 徐州,林孝松. 基于 SPR 与 DEMATEL 模型的村域山洪灾害危险评价[J]. *水利水电技术*,2020,51(3):124–130.
- [36] 黄润龙. 数据统计分析: SPSS 原理及应用[M]. 北京: 高等教育出版社,2010.
- [37] 尹宜舟,高歌,王国复. 灾体模型的拓展及其在主要气象灾害损失年景评价中的应用[J]. *灾害学*,2021,36(2):19–23.
- [38] 湖南省统计局、国家统计局湖南调查总队. 湖南统计年鉴—2020[M]. 北京: 中国统计出版社,2020.

Discussion on drought monitoring and evaluation technology in the Heng-Shao drought corridor

PENG Shuangzi¹, LIU Xinmiao², CHEN Tao¹, YANG Min³,

XU Di¹, KUANG Yufei¹, XIAO Meiyong¹

- (1. *Hengyang Meteorological Bureau of Hunan Province, Hengyang 421001, Hunan, China;*
2. *Chengdu University of Information Engineering, Chengdu 610225, China;*
3. *Shaoyang Meteorological Bureau of Hunan Province, Shaoyang 422000, Hunan, China*)

Abstract: Based on the drought disaster data of the Heng-Shao drought corridor from 1961 to 2018, the meteorological drought composite index (MCI) was used to study the drought monitoring and evaluation methods of the Heng-Shao drought corridor. The results are as follows: (1) During the peak period of crop water demand (from June to October), the drought events with weighted mean of regional MCI (DI) less than or equal to -0.5 and the process duration greater than or equal to 16 days were included in the statistics, and the three elements such as the extreme intensity, cumulative intensity and duration of DI index were the best factors for annual regional drought assessment. Furthermore, based on the three elements of DI index, the annual assessment index of regional drought (MCI_e) calculated by using the TOPSIS method was the best. (2) Based on the MCI_e index, the combined grading method of average value and standard deviation was used to obtain the threshold of regional drought degree for normal, drought, severe drought, and extreme drought years. It was found that the MCI_e index had a strong ability to assess extreme drought years and normal years in the Heng-Shao district, and had good assessment ability for 2019 and 2020. Furthermore, the extreme disaster year in 2013 was simulated, it was found that the MCI_e index could better capture the change of drought in the Heng-Shao drought corridor. Therefore, the MCI_e index could support the rapid assessment and early warning of drought in the Heng-Shao drought corridor to some extent.

Key words: the Heng-Shao drought corridor; MCI index; annual assessment index of regional drought; drought level threshold