

刘巧根, 万仕全, 石一凡. 气象科技服务在山东省干旱风险管理与防控中的应用[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 204–213.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.14.037

气象科技服务在山东省干旱风险管理与防控中的应用

刘巧根¹, 万仕全¹, 石一凡²

(1. 江苏省扬州市气象局, 江苏扬州 225000; 2. 江苏省水利科学研究院, 江苏南京 210004)

摘要:运用山东省 1981—2015 年实测月降水和月平均气温数据, 基于标准化降水蒸散指数 (SPEI 指数) 分析山东省干旱时空演变规律, 提出了应对旱灾的干旱风险管理概念, 并论述其含义和作用, 总结了气象科技服务具体的应对措施。结果表明: (1) 干旱事件在秋季和春季的发生频率最高, 在夏季发生频率最低; (2) 干旱事件在山东省西北部地区的发生频率明显高于东南部地区; (3) 区域干旱灾害管理应由危机管理向风险管理转变; (4) 从开展和推广旱灾气象指数保险产品、加强旱灾预警网络、建立并加强干旱监测业务水平和平台、加强防旱抗旱基础设施建设和完善干旱管理法律框架 5 个方面改善山东和全国的干旱灾害应对体系。研究有助于对于干旱实现风险管理, 降低旱灾危害, 促进社会经济可持续发展, 并为国家制定防治干旱风险区域战略计划提供科学依据。

关键词: 山东省; 干旱; 危机管理; 风险管理; 标准化降水蒸散发指数

中图分类号: S423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)14-0204-09

自然灾害中气象类灾害占 70% 左右, 其中 50% 为干旱灾害^[1]。由于全球变暖加剧了地表-植物-大气之间的水循环, 为维持水分平衡植物体表的蒸腾作用及植被-地表的蒸散作用也随之发生调节, 导致极端气候事件频发, 世界各地干旱事件的发生范围、频率和强度也随之明显增加^[2-6]。干旱作为一种频发的自然灾害, 其发展过程缓慢, 具有历时长、范围广和影响大的特征, 给生态系统、自然环境、社会经济、农业发展和人类社会等方面发展造成的影响尤为严重。其中, 干旱对农业发展造成的影响最为显著。根据国际红十字会的统计, 北美洲、非洲、东亚、澳大利亚等地每年平均由干旱灾害造成的死亡约占全球自然灾害造成的总死亡人数的 60%^[7]。我国的干旱灾害多发生于秦岭淮河以北地区, 其中年干旱日数 ≥ 60 d 的地区包括西北内陆东部、华北中南部、黄淮东北部、吉林西部等, 旱灾对当地人民的生产和生活造成了严重危害^[8-9]。全球各地旱情形势极为严峻, 亟待深入研究干旱的产生、发展和消亡规律。因此, 提升干旱风险的评估水平, 增强对于干旱防御乃至管理能力显得尤其重要。

干旱的形成和发展过程包含了复杂的动力学过程, 其水分和能量循环机制具有典型的多尺度特征, 与气象、水文、农业、生态环境以及社会经济等领域具有密切关联^[10]。有关干旱的研究逐渐由对干旱现象的识别发展到对其内在规律和形成机理的探索^[11-14]。随着对于干旱发生规律认识的加深, 人类对其应对能力也在提高。全球各地应对干旱灾害的主要方法为危机管理措施, 由于危机应对措施具有临时性和突发性特征, 易导致应急过度 and 缺失的情况发生, 不能对于干旱风险形成制度化管理, 建立系统性的综合抗旱减灾体系^[15]。应急响应虽然满足了抗旱的短期需求, 若不能改善环境自身缓解干旱自身的能力, 反而会使应对危机的能力降低^[16]。自 1980 年以来, 人们有了干旱风险管理的概念, 即提前制作应对干旱发生的各种预案, 在干旱灾害来临之际采取相应的适应和防灾措施, 以及灾后的补救措施^[17]。相比之下, 风险管理较危机管理是一种更加有效积极的防灾减灾模式, 对于干旱风险管理进行积极的投资可以减少旱灾影响和总体应对成本。对此, 世界多国做出了巨大努力, 达成了《兵库行动框架: 建立国家和社区对灾害的复原力》^[18] 和《2015—2030 年仙台减少灾害风险框架》^[19], 以及降低灾害风险战略的承诺^[20]。经过长期发展, 美国在 20 世纪 90 年代初提出“10-Step Drought Planning Process (十步骤干旱管理规划)”后, 已逐步转变为风险管理模式, 形成了相应的国

收稿日期: 2020-03-21

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 42075051)

作者简介: 刘巧根 (1970—), 男, 江苏靖江人, 工程师, 主要从事气象服务研究。E-mail: liuqiaogen001@163.com。

家干旱政策^[21]。西班牙在 2018 年 12 月批准的干旱管理计划 (DMP) 中, 关于水文立法和规划已从传统的紧急干旱管理方法转向减少干旱风险管理。过去我国对于旱灾等自然灾害侧重于危机管理模式, 即干旱灾害发生后, 临时调动社会资源和公共资源及社会援助进行抢险救灾^[22]。由于措施往往是临时性的, 救灾效率有巨大的提升空间。随着对干旱发生规律认识的加深, 2003 年和 2016 年, 我国提出防汛抗旱“两个转变”和防灾减灾“两个坚持, 三个转变”的新观念, 在继续加强危机管理的同时, 积极推进我国的旱灾风险管理体系和机制建设^[22]。干旱风险管理的实现明显减少了干旱灾害造成的种种危害, 显著提高了水资源利用效率, 促进了经济和人类社会的可持续发展^[10]。

山东省是我国干旱灾害发生频率最高、影响最为严重的地区之一, 也是我国北方最发达的省份之一。山东省的旱灾不仅对当地的社会经济发展和粮食安全产生严重危害, 也会对全国的商品粮和蔬菜水果供应有重大影响。山东省位于中纬度和海洋大陆过渡带, 属于典型的东亚暖温带季风气候类型, 其年内和年际降水量分布不均, 夏季降水量占年降水量的 60% ~ 70%, 极易导致旱涝灾害频繁发生。山东省降水丰枯不均, 导致经常发生“十年九旱, 年年春旱”的旱情。前人已对我国和山东省的旱灾风险管理进行探索, 并取得诸多成果^[23-26]。但是, 目前的干旱风险管理研究缺少全面性、动态性, 没有综合考虑气象、水文水利、区域社会、经济、金融保险等多学科的相互作用, 尤其缺少针对山东省的干旱风险管理研究。因此, 本研究从不同角度讨论干旱风险的管理机制, 分析山东省的干旱灾害发生的规律、存在的问题和挑战, 提出解决问题的可行性及对未来干旱的研究方向, 为国家制定防治干旱风险区域战略计划提供科学依据。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况与数据

山东省 (114°36' ~ 122°36'E, 34°25' ~ 38°23'N) 位于我国东部沿海, 境内包括半岛和内陆 2 部分, 全省陆域面积约为 15.58 万 km²。山东省地形主要以平原和丘陵为主, 东部是半岛地区, 缓丘起伏, 中部山地凸起, 西部和北部属于华北平原, 中南部为山地丘陵。山东属于典型的暖温带季风气候区, 省内降水分布呈现东南多、西北少的特点, 年平均气温

由东北沿海向西南内陆递增。山东作为我国农业大省, 农业增加值长期稳居各省第 1 位。由于其特殊的气象特征, 使其易于发生气象灾害, 造成巨大的经济损失。

本研究选取山东省境内 98 个气象加密站的逐月降水和平均气温数据, 剔除缺测数据的台站 (≥3 个月无数据记录), 气象数据的时间跨度为 1981—2015 年, 采用标准化降水指数 (SPEI) 和蒸散发指数来表征干旱情况。

1.2 研究方法

SPEI 是对标准化降水指数 (SPI) 的扩展, 旨在考虑降水和潜在蒸散量 (PET) 来量化干旱程度。SPEI 在 SPI 的基础上增加了温度组分, 引入潜在蒸散项, 通过计算基本的水平衡过程分析温度对干旱发展的影响, 可以较好地说明较高温度导致的干旱持续时间和幅度的上升。SPEI 具有多时间尺度特征, 可以计算 1 ~ 48 个月甚至更长的时间跨度。根据 SPEI 的强度范围计算其正负值, 进而确定干湿时间并评估干湿事件的程度, SPEI 的输入项包括月降水和温度资料。由于 SPEI 考虑了温度要素, 在评估气候模式未来不同情景下的气候变化影响时, 它是一个较为理想的指数。SPEI 的算法具体如下。

1.2.1 潜在蒸散发量的计算 计算 SPEI 的关键变量之一为 PET, 本研究计算 PET 采用的方法是 Thornthwaite 法^[27-28]:

$$PET = \begin{cases} 0, & T < 0 \\ 16 \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{NDM}{30} \right) \left(\frac{10T}{I} \right)^m, & 0 \leq T < 26.5 \\ -415.85 + 32.24T - 0.43T^2, & T \geq 26.5 \end{cases} \quad (1)$$

式中: T 代表逐月平均气温; N 表示最大日照时间; NDM 是每月的天数; I 表示年热量指数^[26-27], 计算方式为公式 (2); m 是关于 I 的一个系数, 计算方法见公式 (3)^[26-27]:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}, T > 0; \quad (2)$$

$$m = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.492. \quad (3)$$

1.2.2 标准化降水蒸散发指数的计算 SPEI 指数的计算主要有以下几个步骤^[29]:

(1) 计算气候水平衡量 (D_i): D_i 值为 P_i (降水量) 与 PET_i (潜在蒸散发量) 的差值。

$$D_i = P_i - PET_i. \quad (4)$$

(2) 建立不同时间尺度的气候水平衡累积序列:

$$D_n^k = \sum_{i=0}^{k-1} (P_{n-i} - PET_{n-i}), n \geq k_0 \quad (5)$$

式中: k 表示时间尺度(月); n 代表计算次数。

(3) 根据 log - logistic 概率密度函数拟合构建数据序列:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} (\frac{x-\gamma}{\alpha})^{\beta-1} [1 + (\frac{x-\gamma}{\alpha})^{\beta}]^{-2} \quad (6)$$

式中: α 为尺度系数; β 为形状系数; γ 为 origin 参数;3 个参数可利用 L 矩参数估计方法求取。因此,对于给定时间尺度的累积概率如下:

$$F(x) = [1 + (\frac{\alpha}{x-\gamma})^{\beta}]^{-1} \quad (7)$$

(4) 对累积概率密度进行标准正态分布转换,获取相应的 SPEI 时间变化序列:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \quad (8)$$

式中: $W = \sqrt{-2\ln(P)}$,表示一个系数; P 为概率参数,表示 \geq 水分盈亏的概率,当 $P \leq 0.5$ 时, $P = 1 - F(x)$;当 $P > 0.5$ 时, $P = 1 - P$, $SPEI$ 前面的符号与原来的相反。 C_0 、 C_1 、 C_2 、 d_1 、 d_2 、 d_3 均为常数项 2.515 517。

1.2.3 标准化降水蒸散发指数干旱等级划分标准

本研究采用国家标准制定的标准化降水蒸散发指数干旱等级划分标准来评估山东省的不同干旱等级, $SPEI$ 划分为 5 个等级, 分别对应无旱 - 特旱的旱情, 具体分类标准如表 1^[30]。

表 1 干旱等级划分

等级	类型	<i>SPEI</i>
1	无旱	<i>SPEI</i>
2	轻旱	<i>SPEI</i> > -0.5
3	中旱	-0.5 ≥ <i>SPEI</i> > -1.0
4	重旱	-1.0 ≥ <i>SPEI</i> > -1.5
5	特旱	-1.5 ≥ <i>SPEI</i> > -2.0

2 结果与分析

本研究首先分析了山东省 1981—2015 年 $SPEI$ 的历史趋势变化特征及其统计分布规律, 然后展示 $SPEI$ 不同旱情等级的时空分布特征。

2.1 月 $SPEI$ 指数的年际变化特征

由图 1 可知, 山东省 35 年来几乎每年(2003 年除外) 都发生不同等级干旱事件, 且 1996 年后重旱、特旱事件不断发生。山东地区干旱主要集中在冬季、春季以及秋季, 其中, 2002 年冬季, 2001 年、2012 年和 2014 年的春季, 1998 年的秋冬季, 2010 年秋季均有较严重的干旱发生; 夏季鲜有干旱发生, 但 1997 年的夏季出现了严重干旱。干旱的发生过程是降水量减少、土壤含水量减小和植被状况受到干旱响应的递进过程。山东省的降雨主要集中于夏季, 降水量的年际和年内分布不均匀是其干旱发生的主要自然原因。全球变暖加剧对山东地区的气候产生了重大影响, 副热带高压的位置变化对当地降水的改变影响巨大。从长时间尺度来看, 干旱是全球变化趋势下产生的气候特征。

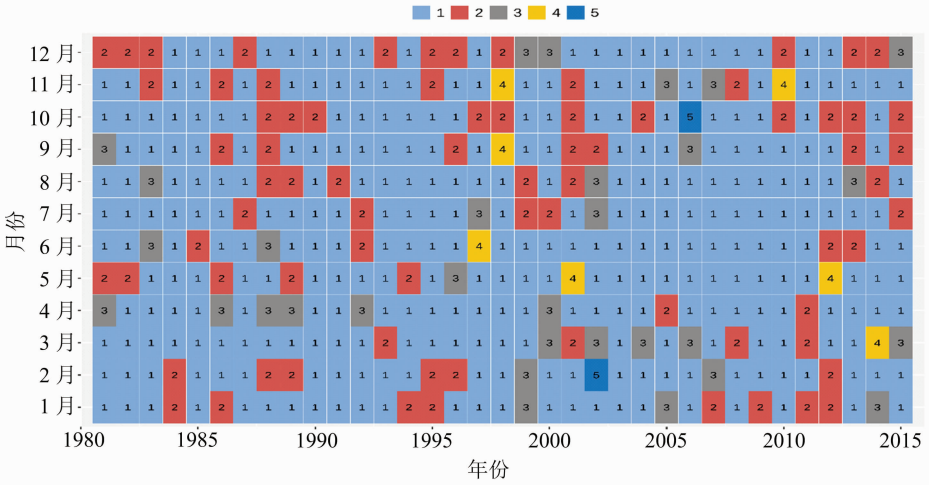


图1 山东省 1981—2015 年月 $SPEI$ 指数日历热图

由图 2 可知, 山东省年尺度的 $SPEI$ 在 1981—2015 年间呈现轻微下降趋势, 线性倾向率为 -0.002 05/年, 表明近 35 年来山东省呈干旱化趋

势。1988 年和 2003 年分别是该地区近 58 年来最干旱和最湿润的 2 个年份, 其 $SPEI$ 值分别为 -0.43 和 0.68。35 年来山东省年尺度 $SPEI$ 主要经历了

1981—1990 年、1990—2002 年、2002—2003 年和 2003—2015 年 4 个阶段,分别呈现上升、下降、突变和下降的趋势。由此可知,山东省近 35 年分别经历了湿润化、干旱化、干-湿转化突变和干旱化的趋势。

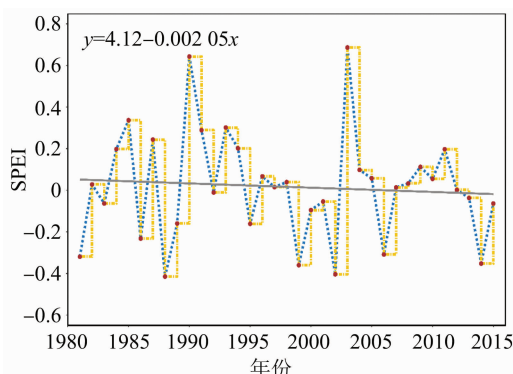


图2 山东省 1981—2016 年 SPEI 指数历史趋势变化

由图 3 可知,山东省 1981—2015 年期间 8 月份的月平均 SPEI 值大于 -0.5 区间的月份最多,10 月份的月平均 SPEI 值小于 -0.5 区间的月份最多。由此可知,山东省 35 年来秋季 10 月份发生干旱的频率最高,夏季 8 月份发生干旱事件的频率最低。

整体而言,山东省秋季干旱事件发生最频繁,夏季干旱事件发生最少。

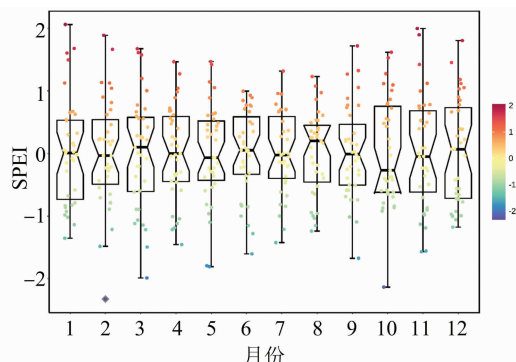


图3 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI 统计特征分布

由图 4 可知,特大干旱在 2 月份(冬季)发生的数量最大,在 8 月份(夏季)发生的数量最小。重旱多发生在 5 月份(春季),而在 1 月份(冬季)的发生频率最低。对于中旱事件,发生频率最高的为 12 月份(冬季),发生频率最低的位于 2 月份(冬季)。轻旱发生数量最大的在 1 月份(冬季),在 3 月份(春季)的发生数量最低。而对于无旱事件,3 月份(春季)的发生频率最高,12 月(冬季)最易发生干旱。

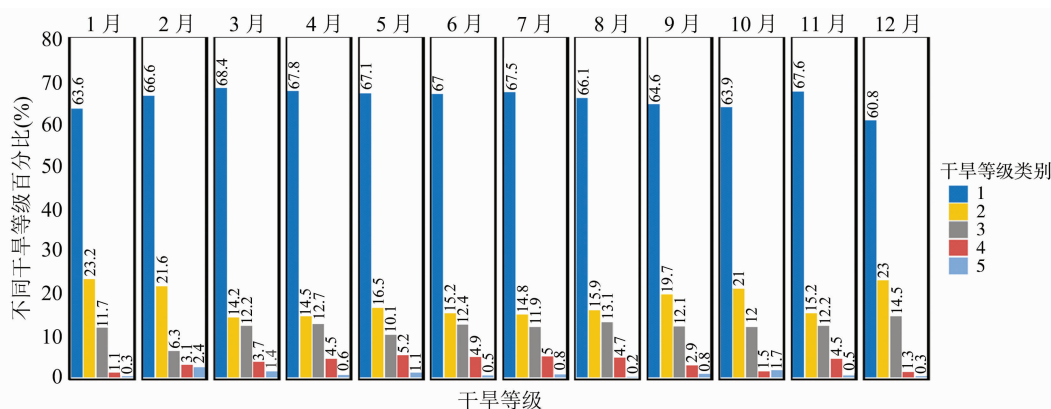


图4 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI 不同旱情等级分布

3.2 干旱事件空间频率分析

由图 5 可知,山东省冬季西部地区的轻旱发生频率最高,其发生频率在 30% ~ 50% 之间波动,东部区域轻旱发生频率较低,其变化范围在 10% ~ 30% 之间;而山东省春季和夏季的轻旱发生频率降低。秋季,山东东南部地区轻旱发生频率增加,西北部区域轻旱发生频率减少。

由图 6 可知,山东省东南部地区冬季、4 月和 10 月中旱事件发生的频率明显高于西部地区,而 3 月份山东省东南部中旱的发生频率明显低于西北部地区。其他月份,全省中旱事件没有明显地区差异。

由图 7 可得,春季重旱事件在全省各地区发生的频率均为最高,对于所有干旱事件发生频率,从高到低依次为夏季、春季和秋季。10 月和 12 月山东仅部分地区偶发重旱事件。山东属于温带大陆性气候,春季降雨量较少,温度上升导致蒸散量增加,加之春季农业用水需求很大,因此春季重旱事件发生的频率最高。

由图 8 可知,在 9 月和 10 月,山东省发生特旱的情况最为严重,其频率最高。夏季山东全省发生特旱的频率最低。山东省年内降水量分布不均,夏季降水集中,春秋两季少雨,冬季展现出干旱趋势。

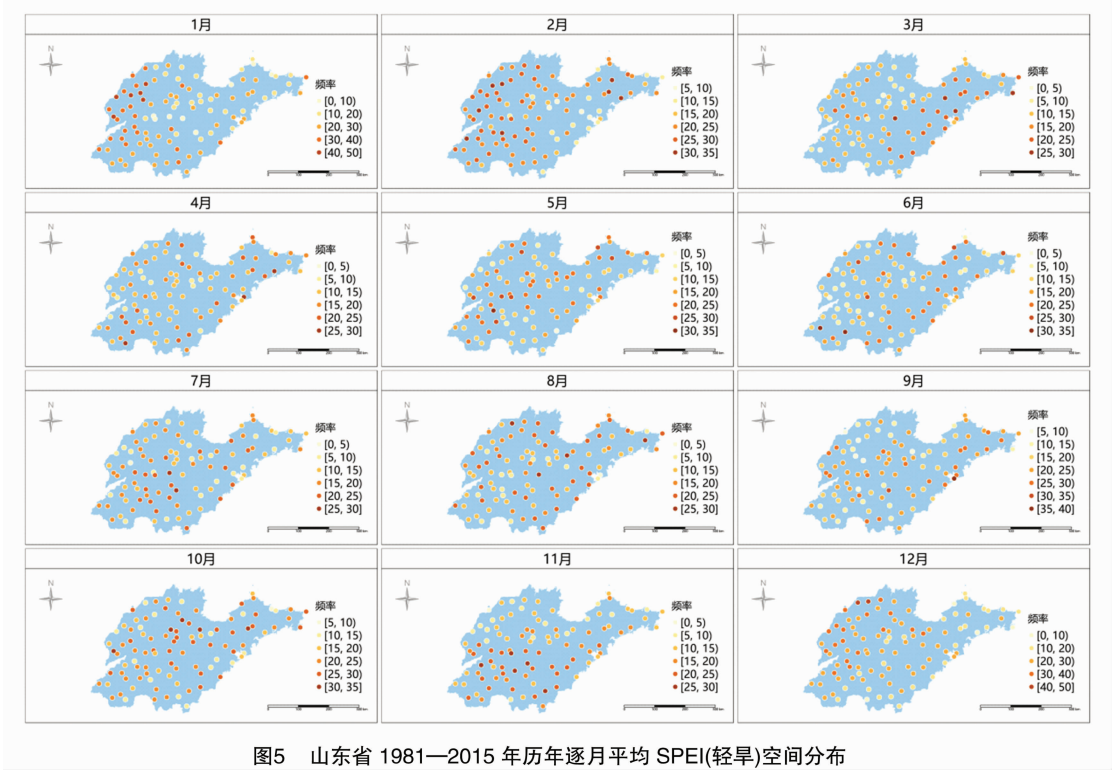


图5 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI(轻旱)空间分布

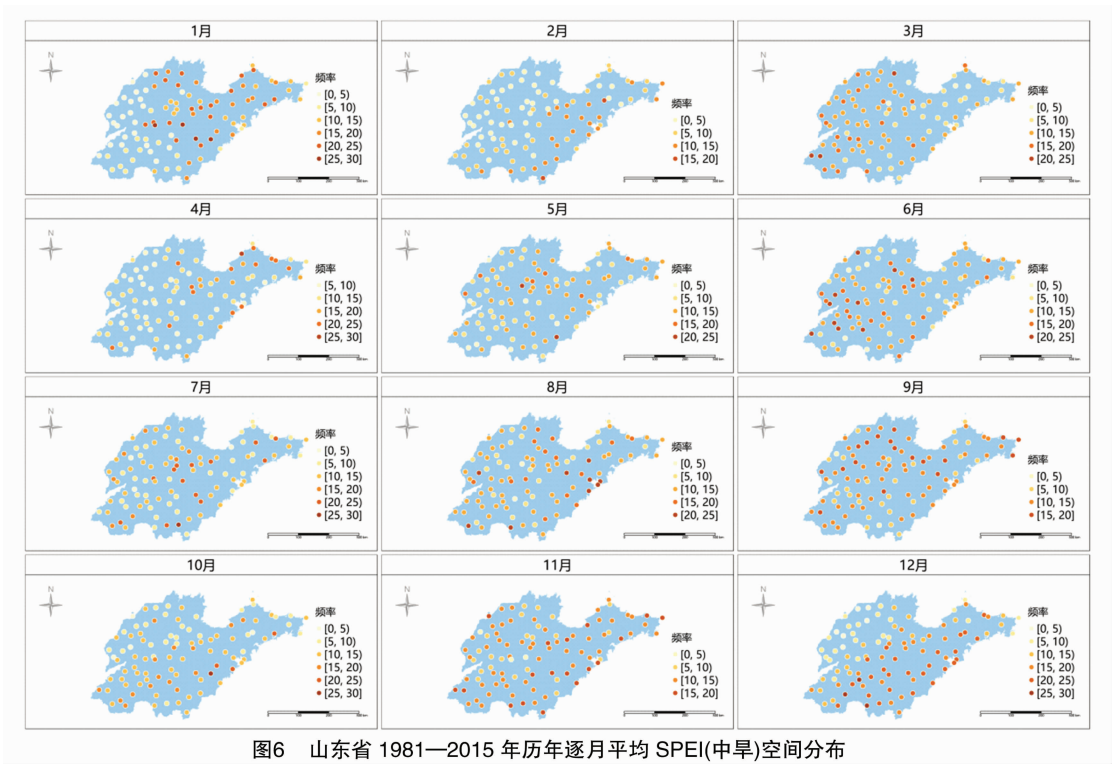


图6 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI(中旱)空间分布

山东受海陆位置和地形条件影响,降雨自东南向西北递减,沿海地区的降水量明显高于内陆地区。其原因在于该地区距离海洋较近,源自海洋的东南气流受到地形影响抬升,容易形成降水。此外,山东地貌特征表现为山地多于平原,由于山坡地形的抬

升作用,使得暖湿气流更易在山前产生降水。

4 讨论与结论

气候变暖加剧导致多种气象灾害频发,干旱作为影响人类生存最主要的气象灾害之一,制约着粮

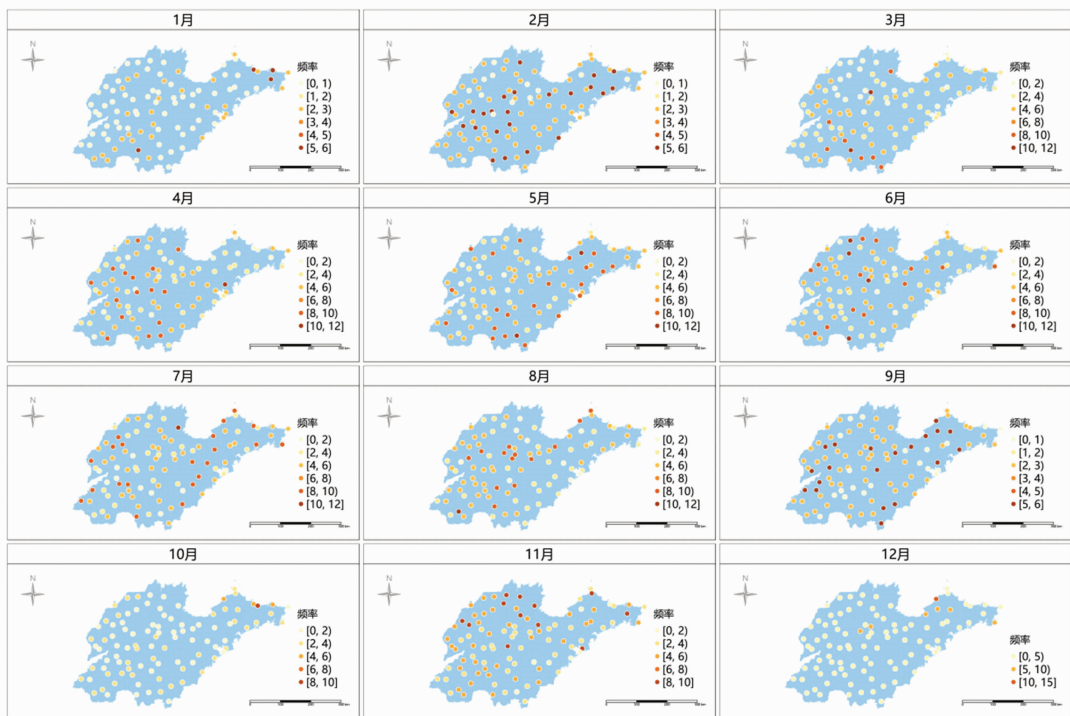


图7 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI(重旱)空间分布

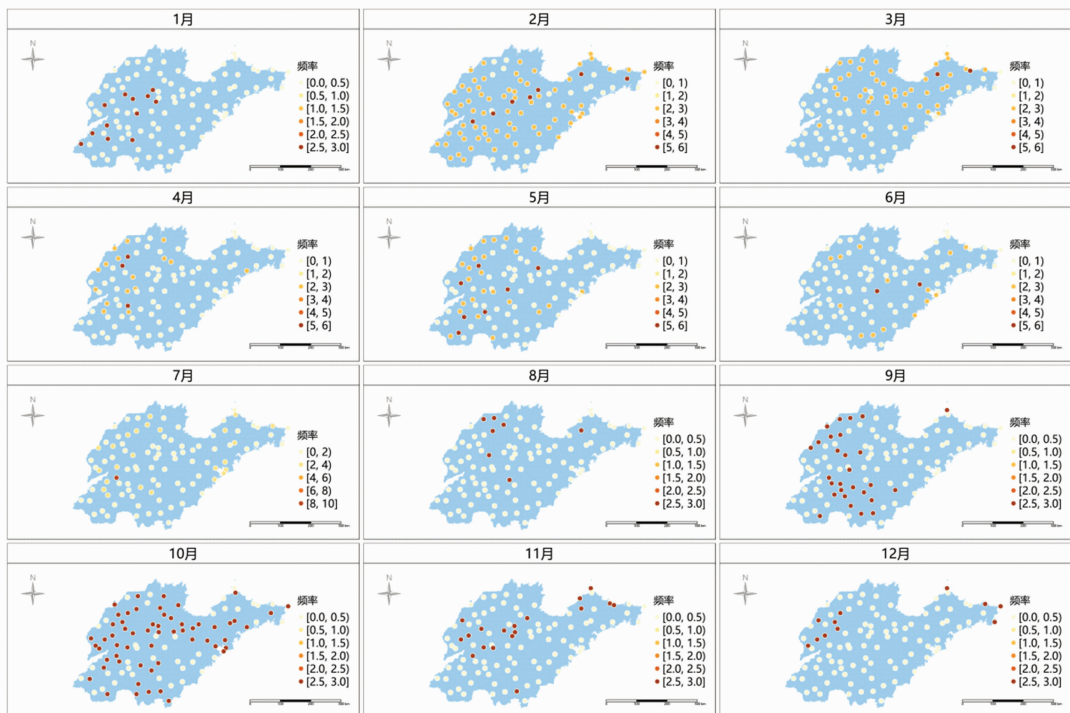


图8 山东省 1981—2015 年历年逐月平均 SPEI(特旱)空间分布

食稳定增产。因此,对于干旱灾害的研究和管理的重视程度日益提升^[31],同时也成为各国政府关注的热点议题。干旱是我国最常见、影响范围最广、时间最长、对农业生产影响最大的气候灾害^[32]。自 1990 年以来,随着全球变暖趋势明显增加,气温上

升导致地表蒸散发呈明显上升趋势,我国秦岭淮河以北地区干旱事件频繁发生。研究表明我国年平均旱灾面积高达 771.2 万 hm^2 ,地处黄河、淮河和海河流域的山东省成为了干旱灾害多发地区,是干旱灾害频发的重点地区之一。1989—2004 年山东全

省农作物平均每年受灾面积达 21 万 hm^2 以上, 1991、1997、1999、2000、2001、2002 年受旱面积均高于 35 万 hm^2 。近十年来, 山东省几乎每年均发生不同程度的干旱灾害。山东省是人口和经济大省, 是我国蔬菜和粮食的重要产区之一, 对于我国实现全面建成小康社会及第一个百年奋斗目标方面发挥着不可忽视的重要影响。干旱灾害对农业发展、工业发展、人民生活、经济发展及生态环境发展等造成了显著不利影响, 不仅影响山东省未来的农业和农村发展、居民生产生活及社会经济发展, 而且也不利于我国开启全面建设社会主义现代化国家的新征程。因此, 研究分析山东省干旱变化规律, 预测干旱发展的可能性, 积极开展基于机理过程的区域农业干旱风险分析理论、方法及对策研究, 可为山东省乃至全国农业干旱的科学决策和精细化管理, 以及防灾减灾策略的制定, 提供了扎实的理论依据及有效的技术支撑, 具有重要的理论和现实意义。

我国面对干旱灾害的传统危机管理, 长期以来都是被动应对^[33-34], 即在干旱已经发生并给生产生活造成一定负面影响后才采取相关应对措施, 对危机的反应处于被动和应急状态。传统危机管理常常因措施缺乏针对性、实施不够及时、多部门之间缺少联动协作, 导致应急和治理效率不高。传统管理模式更多的关注眼前和局部问题, 立足“抗”而忽视“防”。传统管理方式有很多不足之处, 主要表现为: 社会公众对灾害风险管理的认识及意识不足, 立足于对干旱灾害应急处理; 缺乏统一有效的信息收集、处理、分析、分发和信息交流的平台和机制; 没有统一的干旱灾害及干旱风险管理系统, 以及相应的灾害和风险管理区分领域, 以分散管理为主; 缺乏统一的组织协调, 易导致权责不明和法定不清; 政府是灾害风险管理的主体, 没有集结社会其他组织及群众等社会积极力量。传统的灾害管理虽然能在一定程度上减轻旱灾损失, 但由于缺乏防范意识, 没有前期针对性的应对政策和事先计划, 许多措施的成效受到影响, 无法对旱灾造成的各种直接和间接影响作出准确、全面的评估分析。

长期以来, 欧美的一些旱灾高发国家在应对旱灾风险处理和防控方面积累了丰富的管理经验, 研究借鉴其防灾减灾理念和应对方法, 能够有效完善我国干旱灾害管理体系, 显著提升抗旱减灾能力, 加强保障社会经济发展。自 1980 年以来美国和澳

洲就提出相应的干旱灾害及其风险管理的想法, 将灾害风险管理的重心转移到干旱灾害发生前的阶段, 并应采取相应有利的防灾方式和应对灾害的有效措施。干旱风险管理强调在灾害发生前进行预防、缓解和早期预警, 尽量降低干旱灾害发生概率, 是一种科学有效的预防和管理模式, 主要包括干旱的预警预测、干旱发生时的应对处置预案、旱灾的评估分析等内容, 对于难以避免的旱灾, 可以预先制定防控措施以减轻旱灾损失^[35]。干旱风险管理模式是一种主动应对及响应灾害的方式, 有利于减少经济和人力损失。干旱灾害的风险管理理念是现代防灾减灾理念的一次伟大革命, 同时也是积极研究探索干旱灾害及面对和应对干旱灾害的新征程, 对防灾减灾具有重大意义。随着对干旱灾害认识的提高, 我国于 2003 年和 2016 年, 提出防汛抗旱“两个转变”和防灾减灾“两个坚持, 三个转变”的新观念^[22], 从注重传统的农业效益转换为兼顾社会、生态环境和经发展济的统一, 从传统抗旱到科学防旱的转变, 将干旱灾害对人民群众生产生活、社会经济发展及生态环境可持续发展的不利影响和损失最小化。

干旱风险管理是一项系统工程, 需要建立综合预警系统, 制定完备的基于风险管理的减灾对策和体系。可以从以下几个方面提高山东省乃至全国应对干旱灾害风险防控的措施。

4.1 大力推广和开展旱灾气象指数保险产品

建立防灾减灾的基本体系, 鼓励金融机构开展各项灾害保险业务, 建立巨灾风险合理分散机制, 有效利用再保险和债券发行的方式, 建立一个由国家-金融保险机构-参保对象共同参与的防灾减灾体系, 有力保障灾害保险制度的顺利实施, 切实补偿灾害损失。可以对由 1 种或多种气象和气候条件造成的农业破坏程度进行量化, 不同的指标有其——对应的农产品的收益、损失及其产量, 基于保险指数制定保险合同, 当不同气象灾害对农业生产造成的损失达到相应的指标, 农业投保者获取相应的赔偿。根据各个区域的旱灾特点, 因地因时制宜, 开发合理的气象指数保险产品, 为当地农户提供保障支撑。在此过程中, 气象部门要充分发挥自身的优势, 整合资源, 解决气象类保险中存在的合理问题。(1) 完善气象指数的设计过程和选取机制, 制定完善的产品构建程序, 准确识别多气象因子间的相互作用及其程度; 改善部分气象因子的测量精度和频率; 权重较大的气象指数保险产品的不

同处理。(2) 合理运用大数据及人工智能技术,提高气象数据的完整性和真实性,在数据的采集和处理中,使用高质量的数据和合理有效的方法,以使气象数据可以正确表达作物的受损情况。(3) 研发理想的农作物趋势产量模型,准确分离农作物的气象产量。除了采用传统的趋势产量模型外,积极引入“3S”技术进行估产,利用人工智能模型和机器学习模型对于气象产量进行评估。(4) 通过宣传等方式使农民群众对气象类保险理念有一定了解和认可,鼓励他们参保,发展新型农业经营主体市场。(5) 积极研发气象巨灾保险产品,加强气象部门与保险公司的合作,拓展业务营销渠道,重视气象保险人才的培养,保证农业气象灾害类保险的科学性、合理性和可持续性,为气象类保险的开展、推广及其可持续发展提供有效的科学依据和有利的技术支撑。

4.2 旱灾预警网络的建立

我国尚没有形成系统性的灾害预警网络,处于建设初始阶段。灾害预警网络的建设需要由政府机构牵头组织,其他特定的管理机构、科研机构、多部门及各地区互联互通。结合高计算资源,综合运用“3S”技术、大数据技术以及人工智能技术,建立地-空一体化监测网络,实时跟踪分析天气系统及气象要素,并及时发布相应的灾害预警信息、预防指导产品及灾害实况监测信息。气象部门要加大对气象灾害应急服务科技力度,包括异常气象地面和云况的动态监测、高空探测以及应急服务效果评估技术。其中,人工影响天气作为应对局部旱灾的有力手段,是最为普遍和有效的气象应急服务技术。由于气象卫星、探空气球以及飞机存在的探测费用、便捷性和时效性等方面的缺陷,无人机技术成为高空气象探测的主流手段。经过改装和整合的无人机高空探空作业系统能够搭载各类探空设备仪器,获取不同高度云层演变的实时信息,提高气象部门人工降雨的效率。通过整合物联网、云计算、大数据和人工智能等新兴技术,打造气象系统成为具有实时感知、判断、分析和自适应能力的业务平台,让气象业务实现“平台化、网络化、数字化”,实现从“人工”走向“智能”的质变。各省的省-市-县气象部门及各部门机构之间要互联互通,将灾情信息实时上传到国家综合灾害管理系统,由系统综合处理和发布干旱监测预警信息。努力提升国家-省-市-县一体化的灾害监测、预警

和预测能力,提倡科研院所、大学等机构与气象部门紧密合作,提高不同时间尺度(月、季节、次季节、年度、年代际等)的干旱预警和预测能力。通过将灾后风险管理转变为灾前预测预警,把相应的灾害预警预测信息及时提供给需要的农户及其他群众,可以有效地降低灾害造成的各种损失及不利影响,即使发生旱灾,也能够将灾害造成的危害降至最低。

4.3 加强并建立干旱监测业务水平和平台

在基于《气象干旱等级》国家标准的基础上,结合区域气候特点,构建干旱监测数据库,实现国家基本站和区域加密站多源气象要素的存储管理,实现由全国自动气象站 8 个时次观测的特定格式地面信息实时数据采集和存储。建立干旱预警和预测业务平台,实现不同等级干旱的监测和动态预警。通过非结构化数据库技术,使得实时数据和历史数据可以无缝对接。在此基础上,实现气象业务需求指标的计算,如温度、降水的距平、距平百分率、多种干旱指标的计算等。此外,实现丰富的数据查询,达到毫秒级滞后显示结果,并以多种数据图表可视化的方式来显示查询结果。实现多种灾害指标的输出,如 K 干旱指标、SPI 和复合气象干旱指数(CI),并且提供多样式的数据输出接口来读写多种数据格式。通过机体学习等方式实现各种参数一键式输入和输出,有效减少人工操作的概率,提高信息的及时性。

4.4 加强防旱抗旱基础设施建设

加强多种基础防旱抗旱设施建设,通过技术手段促进及加强旱灾的预防和控制,提高防旱技术水平。加强基础观测站的建设,加强和大学、科研机构的合作,提高旱灾的预警预测能力,将研究重点由事后补救技术转变为事前预防技术。借鉴以色列节水农业的管理经验,开发新型喷灌系统,实现智能化、最优化、无人化的喷灌设计,精准控制作物需水量,提高水资源利用率。对于山东省等诸多干旱地区,年内和年际降水量分布不均,大多数地区降水主要集中在雨季,雨季的大量降水通过河流流入大海,导致地下水得不到足够补给,而旱季则降水稀少,工农业需大量抽取地下水,导致地下水位不断下降。因此,除了大型水库蓄水外,还需要在地表建立一定数量的蓄水面和蓄水点,让降水渗透到地下。同时,积极借鉴各国先进储水技术,如将丰水期的水存入地下,待干旱发生时用于生产生活。

4.5 完善干旱管理法律框架

美国、澳洲等国家灾害防治经验较为丰富,研

究借鉴其先进的灾害管理理念和措施,对我国建立和完善各种灾害防治法律体系及确保社会经济可持续发展具有重要意义。美国建立了一系列有关灾害管理的法律体系和政策,其干旱法主要包括 4 个框架(法律法规、政策资金、应对计划和机构设置),形成了比较系统性的灾害防治法律体系。美国的《国家干旱预防法》明确提出预防优先保险、保险优先救济、激励优先管理的原则,加强了防治旱灾方面的相关研究。《中华人民共和国抗旱条例》^[36]是现阶段我国最主要的干旱管理法律法规,明确划定干旱灾预防、抗旱减灾和灾后恢复等问题,是我国干旱灾防治的主要法律依据。但是其中有些规定过于原则化,不切实际,并不能起到针对性和可持续性的引导作用,需要改进完善相应的法律法规,以保证其可持续发展。因此,在新的干旱风险管理理念指导下,要广泛汲取气象、水文、环境、法律和经济金融等多学科的建议,建立以预防为主的国家-省-市-县一体化的应对各种灾害的法律体系、总体规划,确立指导原则。

参考文献:

- [1] 秦大河,丁一汇,王绍武,等. 中国西部生态环境变化与对策建议[J]. 地球科学进展,2002,17(3):314-319.
- [2] 董 婷,孟令奎,张 文. 1961—2012 年我国干旱演变特征[J]. 干旱区研究,2018,35(1):96-106.
- [3] 龚艳冰,胡 娜,刘高峰,等. 苏北地区季节性旱灾特征研究——以江苏省徐州市、盐城市为例[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):340-343,344.
- [4] 李治国,朱玲玲,张延伟,等. 基于 SPI 指数的近 55 年河南省干旱时空变化特征[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):237-242.
- [5] Schwalm C R, Anderegg W R L, Michalak A M, et al. Global patterns of drought recovery[J]. Nature, 2017, 548(7666):202-205.
- [6] Blauhut V, Stahl K, Stagge J H, et al. Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2016, 20(7):2779-2800.
- [7] Phillips O L, Aragão L E, Lewis S L, et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest[J]. Science, 2009, 323(5919):1344-1347.
- [8] Wang A, Lettenmaier D P, Sheffield J. Soil moisture drought in China, 1950—2006[J]. Journal of Climate, 2011, 24(13):3257-3271.
- [9] 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.
- [10] 张 强,姚玉璧,李耀辉,等. 中国西北地区干旱气象灾害监测预警与减灾技术研究进展及其展望[J]. 地球科学进展, 2015, 30(2):196-213.
- [11] Guo Y, Huang S Z, Huang Q, et al. Propagation thresholds of meteorological drought for triggering hydrological drought at various levels[J]. Science of the Total Environment, 2020, 712:136502.
- [12] Mukherjee S, Mishra A, Trenberth K E. Climate change and drought: a perspective on drought indices[J]. Current Climate Change Reports, 2018, 4(2):145-163.
- [13] Hao Z C, Singh V P, Xia Y L. Seasonal drought prediction: advances, challenges, and future prospects[J]. Reviews of Geophysics, 2018, 56(1):108-141.
- [14] 张 宇,王素萍,冯建英. 2017 年全国干旱状况及其影响与成因[J]. 干旱气象, 2018, 36(2):331-338.
- [15] 姚玉璧,张 强,李耀辉,等. 干旱灾害风险评估技术及其科学问题与展望[J]. 资源科学, 2013, 35(9):1884-1897.
- [16] Pischke F, Stefanski R. Drought management policies - from global collaboration to national action[J]. Water Policy, 2016, 18(S2):228-244.
- [17] 屈艳萍,吕 娟,苏志诚,等. 抗旱减灾研究综述及展望[J]. 水利学报, 2018, 49(1):115-125.
- [18] Etinay N, Egbu C, Murray V. Building urban resilience for Disaster Risk Management and Disaster Risk Reduction[J]. Procedia Engineering, 2018, 212:575-582.
- [19] Pearson L, Pelling M. The UN Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015—2030: negotiation process and prospects for science and practice[J]. Journal of Extreme Events, 2015, 2(1):1571001.
- [20] Mysiak J, Surminski S, Thieken A, et al. Brief Communication: Sendai Framework for Disaster Risk Reduction - success or warning sign for Paris? [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2015, 3:3955-3966.
- [21] Wilhite D A, Hayes M J, Knutson C L. Drought preparedness planning: building institutional capacity[M]. New York: CRC press, 2005:93-135.
- [22] 李昕妍. 区域气象干旱变化与干旱脆弱性研究——以新疆为例[D]. 西安:长安大学, 2019.
- [23] 罗 党,王胜杰. 区域旱灾风险管理中的灰色局势群决策方法[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2018, 39(2):63-68.
- [24] 朱思颖,郭高平. 保险业参与干旱灾害事件管理研究[J]. 经济研究导刊, 2018(30):86-88.
- [25] 顾 颖. 风险管理是干旱管理的发展趋势[J]. 水科学进展, 2006, 17(2):295-298.
- [26] 张 郁,吕东辉. 美国玉米带旱灾风险管理经验对我国的启示[J]. 世界地理研究, 2006, 15(1):16-20, 26.
- [27] 曹 兴,万 瑜,胡双全,等. 干旱条件下吐鲁番盆地相对湿润指数变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(6):42-49.
- [28] 周 丹,张 勃,沈彦俊. 潜在蒸散量估算方法对干旱侦测指数计算的影响[J]. 中国农业气象, 2014, 35(3):258-267.
- [29] 姚俊强,毛炜峰,胡文峰,等. 1961—2015 年新疆区域 SPEI 干旱指数数据集[J]. 中国科学数据, 2019, 4(3):108-117.
- [30] 中国气象局. 中国气象干旱图集(1956—2009 年)[M]. 北京:气象出版社, 2010.
- [31] 郭艳春. 干旱灾害风险评估及管理对策探析[J]. 地下水, 2019, 41(4):148-149.

赵学鹏,王媛媛,卢龙辉. 基于生态系统服务价值的艾比湖流域绿洲生态用地安全格局构建——以博尔塔拉蒙古自治州为例[J]. 江苏农业科学,2021,49(14):213-219.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.14.038

基于生态系统服务价值的艾比湖流域绿洲生态用地安全格局构建

——以博尔塔拉蒙古自治州为例

赵学鹏¹, 王媛媛², 卢龙辉³

(1. 昌吉学院, 新疆昌吉 831100; 2. 兰州大学资源与环境科学学院, 甘肃兰州 730000;

3. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 10093)

摘要:生态用地对西北干旱区绿洲生态安全具有重要性作用,绿洲生态用地安全格局的构建是促进绿洲绿色健康发展和生态保护的重要通道。以艾比湖流域新疆维吾尔自治区博尔塔拉蒙古自治州为例,以 2016 年土地利用现状为基础,采用生态系统服务价值分析的综合结果确定生态源地,再利用最小累积阻力模型,结合 GIS 空间技术,进行绿洲生态用地的识别与安全格局的构建,并以土地覆盖类型、高程、坡度、地形起伏度、植被指数(NDVI)、土壤侵蚀度、距河流距离、距道路距离、距居民点距离为阻力因子,参照生态系统服务价值等级,最终生成生态核心区、生态缓冲区、生态过渡区、生态脆弱区等 4 个不同的典型绿洲生态用地安全格局。结果表明,典型绿洲生态用地核心区的面积为 12 172.85 km²,占研究区总面积的 48.96%;生态缓冲区的面积为 6 961.60 km²,占研究区总面积的 28.00%;生态过渡区和生态脆弱区面积分别是 3 910.93、1 817.48 km²。进而确定 4 种安全水平的生态用地范围、“源”与外部联系的辐射廊道、“源”间相互联系的关键廊道、生态节点等。典型绿洲生态用地安全格局的构建,能够为研究区绿洲生态规划和绿洲空间布局规划等提供科学有效的参考。

关键词:生态用地;生态系统服务价值;最小累积阻力模型;艾比湖流域;安全格局

中图分类号: X321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)14-0213-07

土地是人类社会生存和发展最根本的物质保障^[1]。生态土地是一种非生产性和非建设性的土地利用类型,其重点是行使生态功能和稳定区域生态平衡^[2]。随着社会经济的快速发展和城镇化的加速,建设用地需求越来越高,使得原有的大量优质生态用地被侵占,进而导致生物多样性遭到破坏、水土流失恶化、荒漠化现象更加严峻、水文调节

能力下降、沙尘暴天气日益增多等生态环境问题^[3-5]。艾比湖流域作为我国西北干旱区典型绿洲内部流域,其生态用地安全格局的构建是促进当地生态环境可持续发展的重要举措。目前,国内外对生态土地安全模式的发展进行了各种研究。周锐等从生态需求角度出发,结合 GIS 空间技术,以河南省平顶山新区低生态区、中生态区和高生态区为基础,以生态基础面积为源,以目前土地覆盖面积为阻力因子,运用最小累积阻力模型建立低生态区、中生态区、高生态区综合安全格局^[6]。朱敏等在对海南省海口市 1991、2016 年生态用地时空变化进行对比研究的基础上,利用最小累积阻力模型,基于

收稿日期:2020-11-04

基金项目:新疆昌吉州社科联重点项目(编号:19ZSKL001);新疆昌吉州社科联一般项目(编号:19ZSKL013)。

作者简介:赵学鹏(1991—),男,甘肃武威人,硕士,助教,从事区域生态环境与旅游开发与保护研究。E-mail:942010430@qq.com。

[32] 祁俊青,于文金,谢涛,等. 云南省干旱灾害时空变化特征[J]. 江苏农业学报,2019,35(3):631-638.

[33] 赵根良. 我国自然灾害应急物流现状与发展对策[J]. 吉林工程技术师范学院学报,2013,29(6):36-38.

[34] Wilhite D A, Hayes M J, Knutson C, et al. Planning for drought: moving from crisis to risk management[J]. Journal of the American

Water Resources Association, 2000, 36(4): 697-710.

[35] 唐明,邵东国. 旱灾风险管理的基本理论框架研究[J]. 淮水水利科技, 2008(1): 7-9.

[36] 龙文婷. 旱灾防治法制机制研究[C]//中国环境资源法学会第一次会员代表大会暨中国环境资源法学会 2012 年年会论文集. 成都, 2012: 1155-1159.