

近 60 a 来淮河流域干旱变化特征

王 崇^{1,3}, 徐京京^{1,2,3}, 周亮广^{1,3}, 张延兵^{2,3}, 吴 见^{1,3}

(1. 滁州学院 地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239000; 2. 华中师范大学 城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 3. 安徽省地理信息集成应用协同创新中心, 安徽 滁州 239000)

摘 要: [目的] 研究淮河流域近 60 年来干旱的变化特征, 为以后防旱抗灾提供一定的参考。[方法] 利用 WAP(weight average of precipitation)指数法、空间 Kriging 法、小波分析等方法对淮河流域干旱变化时空特征进行分析。[结果] 春季 WAP 指数在 21 世纪初下降幅度较大, 易发生春旱, 冬季 WAP 指数在 1980 年以后明显增加, 冬旱有所减轻; 年均 WAP 指数表征的干旱存在 2~3 a 的主周期和 6~7 a 的次主周期; 在空间上, WAP 指数大致由东南向西北递减, 干旱程度由东南向西北逐渐增大。[结论] WAP 指数能够很好地表征淮河流域干旱发生的时间和空间特征。

关键词: 干旱; 时空变化特征; WAP 指数; 淮河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0338-06

中图分类号: P426.616

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.007

Drought Variations of Huaihe River Basin in Recent 60 Years

WANG Dong^{1,3}, XU Jingjing^{1,2}, ZHOU Liangguang¹, ZHANG Yanbing², WU Jian¹

(1. Geography Information and Tourism College, Chuzhou University, Chuzhou,

Anhui 239000, China; 2. College of Urban & Environment Sciences, Central China

Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China; 3. Anhui Center for Collaborative

Innovation in Geographical Information Integration and Application, Chuzhou, Anhui 239000, China)

Abstract: [Objective] To analyze the drought variation characteristics of the Huaihe River basin in recent 60 years, and provide a reference for the later drought-resisting disaster. [Methods] The weight average of precipitation(WAP) index, space Kriging method, and wavelet analysis methods were used to study the drought variation of the Huaihe River basin. [Results] The spring WAP index declined greatly in the early 21st century, it is prone to drought in spring. Meanwhile the winter WAP index increased significantly after 1980 and the winter drought has reduced, and the average index of WAP representation the main cycle of drought was 2~3 years and secondary was 6~7 years. Furthermore, the WAP index of Huaihe river basin showed a progressive decrease from the southeast to the northwest while the degree of drought increases from the southeast to the northwest as a whole in space. [Conclusion] The WAP index can represent time and space characteristics of drought in the Huaihe River basin.

Keywords: drought, temporal variation characteristics, WAP index, Huaihe River basin

当前,随着全球变暖,气候变化对人类的影响越来越大,全球气候变暖可能导致降水量在时间和空间上发生变化,从而对水资源产生深远的影响^[1]。淮河流域处于中国南北气候过渡带、高低纬度带和海陆交互作用带相复合的地区,淮河流域降水量空间分布差异很大,不同时间内降水变幅也较大,旱涝灾害的发生多基于降水时空差异。

目前已有学者对淮河流域的干旱做了大量研究。

顾万龙等^[2]人利用年内降水不均匀性、降水集中度和集中中期指标来研究淮河流域降水量年内分配变化规律,分析降水集中度与旱涝的关系;郑晓东等^[3]人采用标准化降水指数,对淮河流域干旱演变特征进行了分析。

此外一些学者如叶金印等^[4-8]人分别从不同角度、采用不同的方法对淮河流域的旱涝进行了研究,得到了许多有意义的结论。但是对淮河流域的研究

收稿日期:2014-08-23

修回日期:2014-10-10

资助项目:滁州学院校级科研启动资助项目“江淮分水岭地区植被盖度遥感信息提取技术研究”(2012 qd18); 安徽高等学校省级自然科学研究项目“安徽省生态环境质量定量评价遥感信息模型研究”(KJ2013 B189)

第一作者:王崇(1980—),男(汉族),安徽省明光市人,硕士,讲师,主要从事区域地理与 GIS 应用研究。E-mail:wangdong060830@126.com。

通信作者:周亮广(1981—),男(汉族),山东省桓台县,硕士,讲师,主要从事水文水资源与 GIS 研究。E-mail:zhouliangguang@126.com。

还没有涉及到用 WAP(weight average of precipitation)指数来研究分析其干旱特征。WAP 指数可以很好地表征一段时间内的降水状况,它主要考虑了前期降水对后期土壤湿度的贡献,可以对干旱进行动态和量化的监测^[9]。

本文利用 WAP 指数法、空间 Kriging 法、小波分析等方法对淮河流域干旱变化时空特征进行分析,以期为以后防旱抗灾提供参考。

1 淮河流域地理气候概况

淮河流域地处中国东部,介于长江和黄河两流域之间,位于东经 111°55′—121°25′,北纬 30°55′—36°36′,面积为 $2.70 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。流域西起桐柏山、伏牛山,东临黄海,南以大别山、江淮丘陵、通扬运河及如泰运河南堤与长江分界,北以黄河南堤和泰山为界与黄河流域毗邻。淮河干流发源于桐柏山太白顶北麓,依次流经河南、湖北、安徽、江苏。淮河流域地处中国南北气候过渡带,属暖温带半湿润季风气候区。其特点是:冬春干旱少雨,夏秋闷热多雨,冷暖和旱涝转变急剧。

2 数据来源及分析方法

2.1 数据来源

本文数据来源于 4 省气候资料处理部门逐月上报的《地面气象记录月报表》的信息化资料,共有 52 个站点从 1951 到 2009 年逐日降水量观测数据。由于一些站点观测数据不足或者观测年限远远不足 60 a,筛选整理之后,保留了 21 个站点。空间影像数据主要为淮河流域行政图。

2.2 分析方法

本文使用 WAP 指数法对淮河流域的干旱特征进行综合分析。WAP 指数主要考虑了前期降水对后期土壤湿度的贡献,可以很好地表征某段时期内累积降水情况以及土壤含水量,进而分析淮河流域发生干旱的时空特征。WAP 指数定义为:

$$I_{\text{WAP}} = \frac{\sum_{n=0}^N a^n p_n}{\sum_{n=0}^N a^n} \quad (1)$$

式中: P_n ——日降水量(mm); n ——距离当前日的天数(d); a ——贡献参数。当 a 取值趋近于 1 的数值时,式(1)可进一步简化为

$$I_{\text{WAP}} = \sum_{n=0}^N w^n p_n \quad (2)$$

其中 $W^n = (1-a)a^n$,本文中 a 取值为 0.9, $N=44$,因此式(2)可写为

$$I_{\text{WAP}} = 0.1 \sum_{n=0}^{44} 0.9^n p_n \quad (3)$$

WAP 指数的计算公式累积了前期 44 d 的降水量对于当前日 WAP 指数的贡献,距离当前日越近的日降水量对于 WAP 指数的贡献率越大,反之,距离当前日越远的日降水量对于 WAP 指数的贡献率越小,即随着距离当前日天数的增大,贡献率越小。WAP 指数不仅考虑了近期降水量对于土壤湿度的贡献,而且兼顾了前期降水量对于土壤湿度的贡献。从 WAP 指数的含义可知:在某时期内,WAP 指数越大,说明前期降水量越多,土壤湿度较大,该时期不易发生干旱,反之易发生干旱;在某区域内,WAP 指数越大,说明该区域前期降水量较多,区域土壤湿度较大,该区域干旱发生的几率小,反之容易发生干旱,因此,WAP 指数可以作为一个较好的干旱指标,用来研究区域干旱时空特征,还可以对干旱状况进行动态以及量化的监测。此外本文还利用克里格插值法^[10]、线性回归法、距平百分率以及小波分析等。

3 淮河流域干旱时空变化分析

3.1 淮河流域干旱变化时间特征

3.1.1 WAP 指数年代际变化特征 淮河流域不同年代四季平均 WAP 指数和距平百分率见图 1—2。由图 1 可以看出,近 60 a 淮河流域 WAP 指数年代变化比较明显,总体上呈上升趋势。20 世纪 50 年代 WAP 指数只有 2.10,之后 30 a 缓慢上升,在 90 年代之后上升趋势比较明显,在 21 世纪初,WAP 指数达到最大值(2.27)。从 WAP 指数的变化趋势可知,年代降水量总体上是增加的,干旱在一定程度上有所减轻的。

从 WAP 指数距平百分率来看,全年变化较小,整体呈现上升趋势。春夏 WAP 指数变化相对较小,秋冬变化较大。春季 WAP 指数距平百分率在 $-4.95\% \sim 6.27\%$ 波动变化,其中在 50 年代春季降水量低于平均降水量,WAP 指数距平百分率为 -4.95% ,在 60 年代和 70 年代降水量有所增加,WAP 指数距平百分率为正值,而 90 年代降水量达到最大值,WAP 指数距平百分率为 6.27% ,2000—2009 年,21 世纪初降水下降幅度较大,WAP 指数距平百分率为负值,这表征着 20 世纪 50 年代和 21 世纪前十年春季降水量有明显减少,加上春季是该地区冬小麦返青季节,气温回升快,蒸发量较大,农作物需水量较大,极易发生春旱;夏季和秋季 WAP 指数距平百分率变化较大,其中夏季 WAP 指数距平百分率在 $-6.59\% \sim 8.86\%$ 变化,WAP 指数在 50 年代较大,60 年代减少,到 80 年代减少到最小,90 年代相对较大,21 世纪初 WAP 指数最大值为 4.97,这表明在

60—80 年代易发生夏旱,尤其 80 年代干旱比较明显,而在 21 世纪夏旱在一定程度上有所减轻;秋季变化曲线和夏季相反,WAP 指数距平百分率在 -15.28%~9.26%间变化,年代波动较大,WAP 指数在 50 年代最小,在 60 年代达到最大值,70 年代减少,80 年代增加,之后缓慢减少,总体上来,秋旱在 50 年代和 21 世纪初比较严重;冬季 WAP 指数距平百分率变化最大,变化曲线大致呈拉平的“S”,即在 50 年代 WAP 指数较小,60 年代减少到 0.35,之后缓慢上升,到 21 世纪初达到最大值,这也在一定程度上印证了随着全球气温上升,冬季降水增加较多,干旱有所缓解。

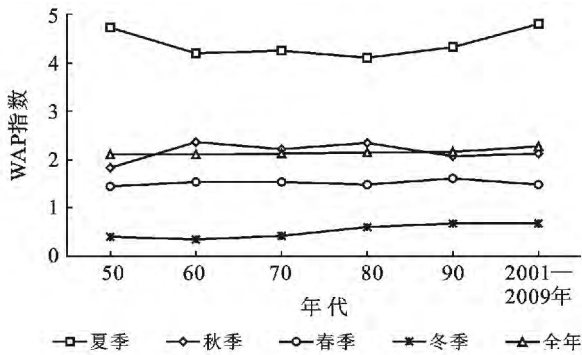


图 1 淮河流域不同年代四季 WAP 指数

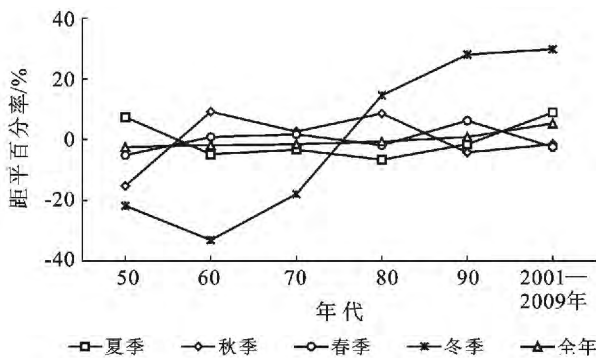


图 2 淮河流域不同年代四季 WAP 指数距平百分率

3.1.2 WAP 指数变化分析 经过趋势分析(见图 3),近 60 来淮河流域降水量 WAP 指数呈微弱递增趋势,但在 0.05 水平上未通过显著性检验,其递增趋势不明显。1951—2009 年淮河流域年平均 WAP 指数为 2.15,WAP 指数最大值出现在 2003 年(3.14),WAP 指数最小值在 1966 年(1.30),从 WAP 指数距平百分率来看,WAP 指数距平百分率在 -39.51%~46.09%之间变化,这表明淮河流域年降水量变化较大,极易引起旱涝。由于 WAP 指数积累了前 44 d 的降水量对当前日土壤湿度的贡献,可以很好地表征在某段时期内降水量的多少和土壤湿度状况。在本文中,定义干旱发生的年份为 WAP 指数距平百分率低

于 10%。结合图 4 可知,近 60 a 干旱发生的年份为:1953,1955,1959,1961,1966,1968,1976,1978,1981,1986,1988,1992,1997,1999,2001 年等。在 1959—1961,1965—1966,1968—1970,1976—1978,1994—1995,2001—2003 年 WAP 指数距平百分率均为负值,易发生连年干旱。

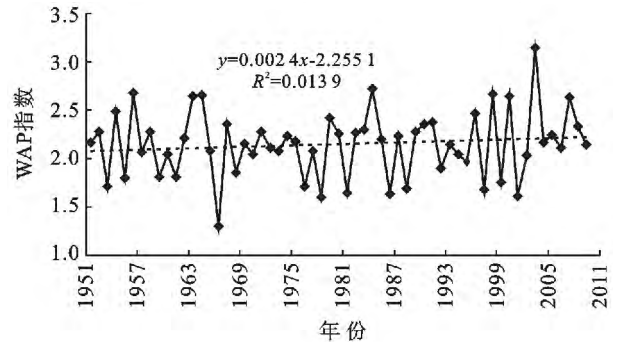


图 3 淮河流域不同年份 WAP 指数长期变化趋势

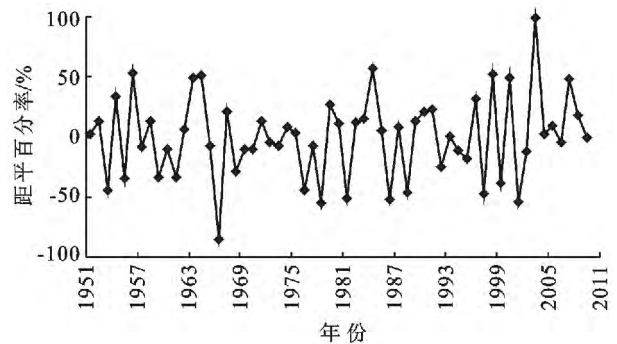


图 4 淮河流域不同年份 WAP 指数距平百分率

为了分析淮河流域各年份干旱发生季节性特征,进一步对季节 WAP 指数距平百分率做分析。根据前文对干旱的定义和图 5 可得,春旱发生率较高,在近 60 a 中,共发生了 25 次,其中 WAP 指数距平百分率小于 -30% 的干旱年份为:1951,1953,1955,1962,1968,1970,1972,1979,1995,1998,2001,2003 年,春季是农作物急需水分的季节,降水 WAP 指数距平百分率严重偏小将影响农作物的生长,对农业造成严重的威胁;夏季是淮河流域降水比较集中的季节,干旱发生的频率相对于其他季节较低,共发生了 16 次,在 1966,1997 和 1999 年夏季 WAP 指数分别为 -32.56%,-33.53%和 -34.10%,这 3 a 夏旱严重;秋季和春季发生干旱的频率相当,共发生了 24 次,其中 50 年代和 21 世纪前十年均发生 6 次干旱,这两个时期是秋旱多发的年代,在 1953,1957,1966,1991,1998,2001,2002 年发生较为严重的秋旱,冬季降水在全年降水中占有很小的比重,近 60 a 淮河流域冬季降水 WAP 指数距平百分率在 -80.51%~

118.74%之间变化,干旱发生的频率在四季中是最高的,共发生了 30 次,但是在全球变暖的大背景下,冬季降水量有明显的增加,尤其是在 80 年代后,发生干旱的次数大幅度减少,这在一定程度上有利于该地区工农业生产。为了验证 WAP 指数表征干旱的准确性,通过查阅《淮河志》^[11]及相关研究成果^[11-12](表 1)可知,通过 WAP 指数表征的干旱年份与淮河流域历史干旱情况比较吻合,这说明 WAP 指数作为干旱指标,能够较好地分析淮河流域发生的干旱年份以及季节性特征。

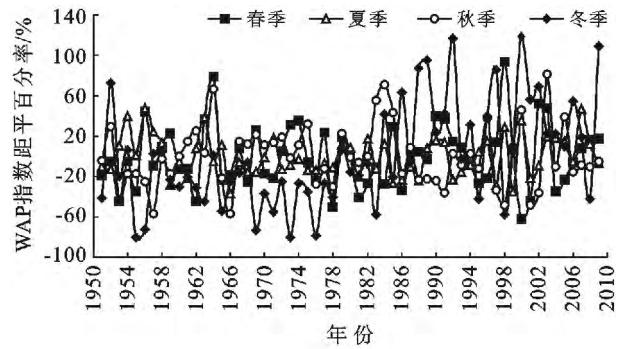


图 5 淮河流域不同年份四季 WAP 指数距平百分率

表 1 淮河流域干旱记录及研究成果

文献查阅	篇名	作者	干旱情况
历史记录	淮河志(第六卷)	水利部 淮河水利 委员会 ^[11]	豫:1959—1961 年连旱,1974,1976,1978,1986 年大旱
			皖:1953,1959,1978 年大旱,1958—1959,1966—1976,1976—1878 年连旱
			苏:1953 年旱,1966—1967,1988—1989,1958—1962 连旱,1974,1978,1981 年大旱
研究成果	基于标准化指数的淮河流域干旱演变特征分析	郑晓东等 ^[3]	鲁:1953,1959,1961—1962,1967,1969,1976,1981,1982,1986—1987 年旱,1966,1977,1983,1988,1989 年大旱
	淮河流域 1960—2011 年干湿时空变化特征	常帅鹏等 ^[12]	1966,1968,1976,1978,1981,1986,1988,1997,1999,2001,2002 年全域性干旱,1966,1978,2005 年重度干旱年
	淮河流域近 60 a 来干旱灾害特征分析	陈小凤等 ^[13]	1966 年严重干旱,1978,1988,2001 年中等干旱,2003 年严重湿润
	基于 CI 指数的淮河流域干旱时空特征研究	谢五三等 ^[14]	1959,1961,1966,1977,1978,1981,1986,1988,1992,1994,1997,1999,2000—2001,2008,2009 年等为特大旱年
			典型旱年:1966,1968,1976,1978,1981,1986,1988,1995,1997,1999,2001 年等

3.1.3 WAP 指数周期分析 为明确淮河流域 WAP 指数周期变化特征,本文对淮河流域 WAP 指数时间序列进行小波分析。

由小波分析可知,夏季 WAP 指数存在多时间尺度变化的特征,总的来说夏季 WAP 指数变化周期主要有 2~4,8~10,33~34 以及 36~39 a 这 4 种,这表征淮河流域夏季干旱周期多,有短时间尺度的干旱周期(2~4 a),也有中长时间尺度的干旱周期(8~10,33~34 a 等),在一定程度上印证了淮河流域谚语三年一小旱,十年一大旱的说法。淮河流域近 60 a 来全年和春季 WAP 指数存在着两个较为明显的周期,年均 WAP 指数存在着 2~3 a 的主周期和 6~7 a 左右的次主周期,这表征着淮河流域干旱存在着 2~3 a 的主周期和 6~7 a 左右的次主周期。而春季 WAP 指数存在着 6~7 a 左右的主周期和 2~3 a 的次主周期,表征着淮河流域春季干旱存在着 6~7 a 左右的

主周期和 2~3 a 的次主周期。秋季 WAP 指数周期变化主要以中尺度时间为主,主要有 2~4 a,8~10 a,11~13 a 以及 14~16 a 四种,其中 11~13 a 是主周期,14~16 a 和 8~10 a 为次周期。冬季 WAP 指数周期变化以长时间尺度比较明显,周期主要为 35~38 a,由于本文数据年限是近 60 a,冬季的周期有可能为伪周期。

3.2 淮河流域干旱变化空间特征

3.2.1 多年平均 WAP 指数分布特征 利用淮河流域 21 个站点近 60 a 年均 WAP 指数统计进行反距离权重插值得出淮河流域年均 WAP 指数空间分布图(图 6)由图可知:WAP 指数空间分布范围为 1.66~2.86,整体来看,多年平均 WAP 指数自东南向西北呈递减趋势,自西向东呈现弱递增趋势,这表征着淮河流域干旱空间分布特征为:西北地区干旱程度大于东南地区,这主要是受淮河流域特殊的地形以及气候所影响的。

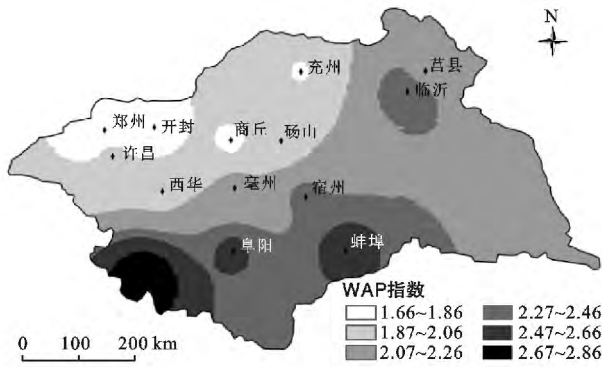


图 6 年均 WAP 指数空间分布

从图 6 可看出,淮河流域内有两个 WAP 指数的高值区:一是以信阳为代表的西南大别山区,超过 2.67;二是下游近海区,大于 2.27;这两个区域相对不易发生干旱,而流域西北部降水量最少,WAP 指数低于 1.87,最低值出现在西北部的郑州,年均降水量 WAP 指数为 1.66,这些地区由于降水少,土壤含水量低,极易发生干旱。

3.2.2 四季 WAP 指数分布特征 为了进一步分析淮河流域四季的干旱空间特征,图 7 给出了各个季节

WAP 指数的空间插值图。

从图 7 可以看出,淮河流域春季 WAP 指数在 0.95~2.40 之间,WAP 指数较大的区域为淮南西部的大别山区和东南部的沿海平原地区,WAP 指数大部分能达到 1.65 以上;而在淮北东北部和淮西西北部 WAP 指数相对较小,大都在 1.20 以下,由于春季气温回升较快,而这两个地区春季降水相对较少,易发生春旱,不利于农作物的生长。夏季整个地区降水在全年中占有较大的比重,WAP 指数普遍较大,大部分地区都能达到 4.11 以上,其中淮北东部和大别山区 WAP 指数最大,而淮北西部由于远离暖湿气流,降水相对较少,WAP 指数较小,易发生夏旱;秋季和夏季的 WAP 指数空间分布规律相似,东部沿海平原和大别山区 WAP 指数较大,而淮北西部较小,易出现夏秋旱。冬季 WAP 指数普遍较小,大部分区域都在 0.55 之下,WAP 指数空间分布规律和春季相似,大别山区和淮南东南部较大,而淮北相对较小。通过各个季节 WAP 指数空间分布图,可以看出 WAP 指数表征的干旱有着明显的地区差异和季节性差异。

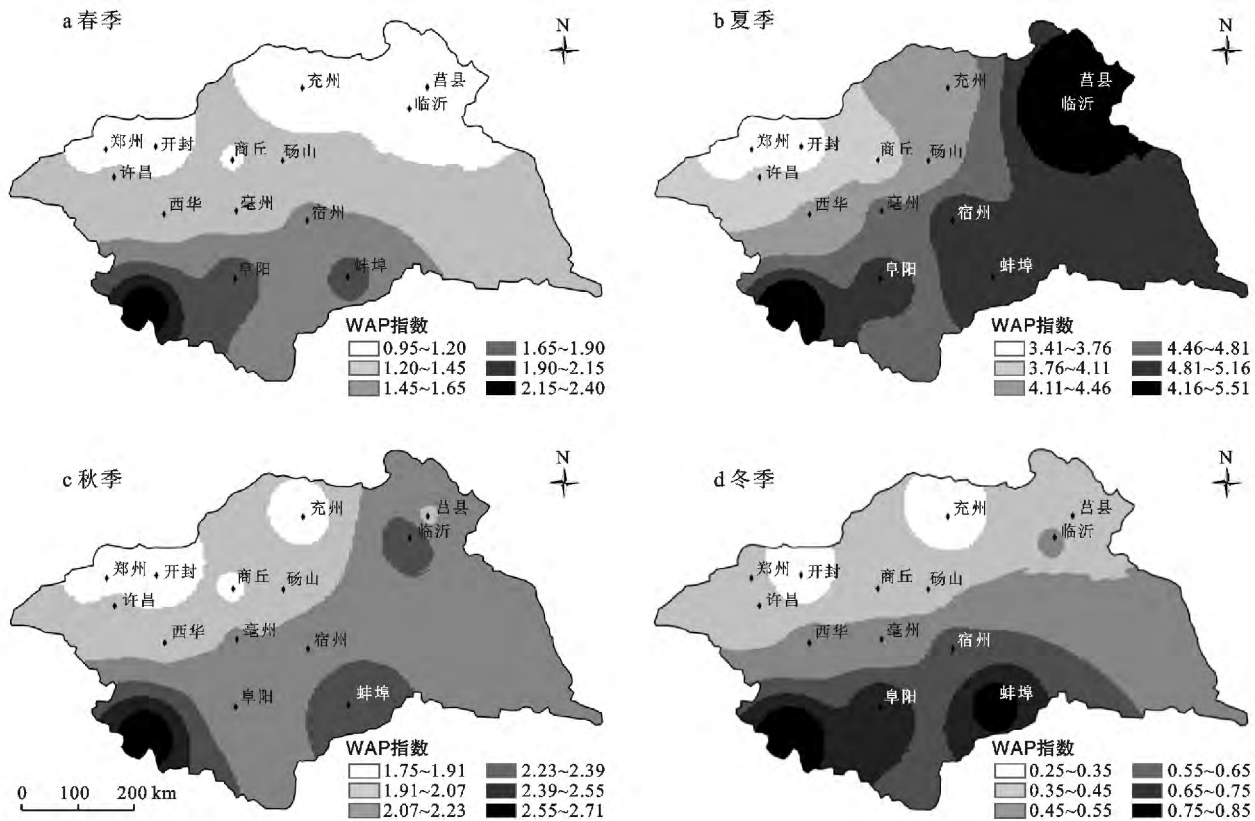


图 7 季节 WAP 指数空间分布

4 结论与讨论

(1) 通过近 60 a WAP 指数距平百分率及四季

WAP 指数距平百分率能够很好地表征干旱发生的年份和季节性特征;值得注意的是春季 WAP 指数在 21 世纪初下降幅度较大,降水量较少,然而春季气温上

升较快,农作物开始生长,需水量增大,易发生春旱,相关部门应做好动态监测和相应的预防措施。

(2) 通过小波分析,全年和四季 WAP 指数表征的干旱周期具有多样性和复杂性。淮河流域干旱存在着 2~3 a 的主周期和 6~7 a 左右的次主周期;春季 WAP 指数存在着 6~7 a 左右的主周期和 2~3 a 的次主周期;夏季和秋季干旱周期较为复杂,短时间尺度和中长时间尺度的干旱周期并存;冬季干旱周期主要为 35~38 a,但很有可能是伪周期。

(3) WAP 指数表征的干旱具有地域性和季节性差异。从年平均 WAP 指数空间分布图看,干旱程度整体由东南向西北逐渐增大,干旱程度北部大于南部;平原大于山区;内陆大于沿海;从四季 WAP 指数空间分布图看,春季气温回升较快,蒸发量大,而淮北东北部和淮西西北部 WAP 指数相对较少,易发生春旱;夏季和秋季整个地区 WAP 指数都相对较大,但是淮北西部 WAP 指数较小,这两个季节此地区易发生夏旱;冬季 WAP 指数淮北相对较小,发生干旱的可能性较大。

干旱作为一种特殊的自然灾害,它是一个逐渐形成和发展的过程,其中降水的时空差异对干旱起着重要的作用,WAP 指数作为一种干旱指标,与其他指标相比,不仅考虑了近期降水量对于土壤湿度的贡献,而且兼顾了前期降水量对于土壤湿度的贡献。通过对淮河流域 WAP 指数进行年代、年份以及周期、空间分析,得出的该流域干旱时空特征与历史记录、研究成果比较吻合,这说明 WAP 指数在淮河流域干旱分析方面具有较强的适用性。但是淮河干旱的发生受多种因素共同影响,WAP 指数只是考虑了降水对土壤湿度的贡献,对于其他因素的影响,将在以后继续进行深入的分析研究。

[参 考 文 献]

- [1] 郭鹏,邹春辉,王旭. 淮河流域水资源与水环境问题及对策研究[J]. 气象与环境科学,2011,34(S1):96-99.
- [2] 顾万龙,王纪军,朱业玉,等. 淮河流域降水量年内分配变化规律分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(4):426-431.
- [3] 郑晓东,鲁帆,马静,等. 基于标准化降水指数的淮河流域干旱演变特征分析[J]. 水利水电技术,2012,43(4):102-106.
- [4] 叶金印,黄勇,张春莉,等. 近 50 a 淮河流域汛期降水日数和强度的分布与变化特征[J]. 湖泊科学,2013,25(4):583-592.
- [5] 张水锋,张金池,闵俊杰,等. 基于径流分析的淮河流域汛期旱涝急转研究[J]. 湖泊科学,2012,24(5):679-686.
- [6] 袁文平,周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展,2004,19(6):982-991.
- [7] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58 a 演变特征[J]. 农业工程学报,2010,26(7):50-59.
- [8] 李维京,赵振国,李想,等. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J]. 干旱气象,2003,21(4):1-5.
- [9] Lu Er. Determining the start, duration, and strength of flood and drought with daily precipitation: Rationale[J]. Geophysical Research Letters, 2009,36(12).
- [10] 刘登伟,封志明,杨艳昭. 海河流域降水空间插值方法的选取[J]. 地球信息科学,2006,8(4):75-83.
- [11] 水利部淮河水利委员会/淮河志编纂委员会. 淮河志(第六卷):淮河水利管理志[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [12] 常帅鹏,江善虎,任立良,等. 淮河流域 1960—2011 年干湿时空变化特征[J]. 水电能源科学,2013,31(4):9-13.
- [13] 陈小凤,王再明,胡军,等. 淮河流域近 60 年来干旱灾害特征分析[J]. 南水北调与水利科技,2013,11(6):20-24.
- [14] 谢五三,田红,王胜,等. 基于 CI 指数的淮河流域干旱时空特征研究[J]. 气象,2013,39(9):1171-1175.