

# 鲁西南地区旱涝指标及旱涝变化特征分析

孙翠凤<sup>1</sup>, 窦坤<sup>1</sup>, 吴雷柱<sup>1</sup>, 徐国栋<sup>1</sup>, 杨启峰<sup>2</sup>

(1. 山东省菏泽市气象局, 山东菏泽 274000; 2. 山东省曹县气象局, 山东曹县 274400)

**摘要** 选取 1961~2010 年鲁西南 9 个县气象观测站降水资料, 计算了各站逐年、四季 Z 指数及区域旱涝指数 I, 在此基础上分析了单站旱涝频率、I 指数的年代际变化趋势, 并对区域典型旱涝年的确定及早涝特点、季节旱涝和年旱涝的关系进行了探讨。结果表明, 近 50 年来鲁西南典型雨涝年出现 11 次, 典型干旱年出现 13 次, 雨涝年以 21 世纪以来最多, 干旱年以 20 世纪 80 年代最多; 鲁西南年及四季旱涝有明显的年代际变化特征, 旱涝指数拟合曲线夏季与年度变化较为一致; 鲁西南降水波动较大, 旱涝转换频繁, 季节性旱涝发生频繁, 常连续出现和相伴出现, 冬旱和春早有减缓趋势, 秋旱和夏涝有增加趋势; 年雨涝和干旱指数均与夏季相关性最好, 其次是秋季, 即夏季和秋季雨涝(干旱)对年度雨涝(干旱)有重要贡献。

**关键词** 鲁西南; 旱涝; 指标; 变化特征

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12089-04

## Analysis of Drought and Flood Indexes and Variation Characteristics in the Southwest of Shandong Province

SUN Cui-feng et al. (Heze Meteorological Bureau, Heze, Shandong 274000)

**Abstract** Selecting precipitation data from 9 meteorological stations in the southwest of Shandong Province during 1961-2010, the annual and seasonal Z index of each station and drought and flood index I were calculated. On the basis of this, the frequency of drought and flood, the annual variation trend of I index were analyzed. The determination typical drought year and characteristics, relationship between seasonal drought and annual drought were discussed. The results showed that in recent 50 years in southwest Shandong typical flood years appeared 11 times, 13 times typical drought, waterlogging years in the 2000's to 1980's most arid years, most. Southwest Shandong annual and seasonal drought interdecadal variations of drought and flood in summer, the exponential curve fitting and annual change is consistent. Shandong southwest precipitation fluctuations, droughts and frequent change, seasonal drought occurs frequently, often appear continuously and the accompanying, dry winter and spring drought has slowed down, increasing the autumn drought and waterlogging in summer. Years of waterlogging and drought index and summer followed by autumn the best correlation, namely, summer and autumn flood (drought) on the annual flood (drought) have an important contribution.

**Key words** Southwest of Shandong Province; Drought and flood; Index; Variation characteristics

旱涝一直是全国农业和经济面临的最重要自然灾害<sup>[1]</sup>。近一二十年, 我国旱涝发生呈加剧趋势, 对国计民生构成了严重的威胁, 且随着国民经济的持续发展, 造成的损失越来越大<sup>[2]</sup>。山东是一个农业大省, 旱涝灾害频繁, 旱涝灾害成为制约经济发展的主要因素之一<sup>[3]</sup>。鲁西南地处黄河下游平原地区, 属暖温带季风型大陆性气候, 是国家重要的粮棉油生产基地。近年来, 山东省委、省政府实施“突破菏泽”战略和打造“鲁苏豫皖交界地区科学发展高地”, 促进该地区经济快速发展。随着气候变暖, 干旱和暴雨洪涝已成为该地区主要的气象灾害。杨成芳等利用 Morlet 和 Mexican hat 小波变换对山东和邻近地区的夏季旱涝指数的振荡规律进行对比分析, 分析了山东旱涝变化的时空分布特征和变化趋势<sup>[3-4]</sup>; 孔莉建立了鲁西南各月各季降水预报方程<sup>[5]</sup>。笔者根据已有研究成果, 选取 Z 指数作为单站旱涝指标, 以此为基础确定区域旱涝指标, 分析鲁西南地区旱涝年代际变化趋势、确定典型旱涝年份, 并对年、季旱涝特点以及两者之间的关系进行了初步分析, 以期鲁西南地区农业可持续发展以及促进社会经济整体发展提供参考依据。

## 1 资料与方法

**1.1 资料选取** 选取 1961~2010 年鲁西南 9 个县(鄆城、郓城、菏泽、东明、定陶、巨野、曹县、成武、单县)气象观测站降水资料, 由于定陶站始建于 1963 年 1 月, 故该站资料取

自 1963~2010 年。按 3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12 月~翌年 2 月为冬季生成逐季序列。多年均值为 1961~2010 年 50 年平均值。

**1.2 单站旱涝指标确定** 已有研究表明, Z 指数消除了降水量平均值不同的影响, 对旱涝程度具有一定的反映能力, 是单站划分旱涝的较好指标<sup>[1-2, 6-9]</sup>。因此, 在此以 Z 指数作为单站旱涝指标, 其计算公式为  $Z_i = \frac{C_s}{C_s} \left[ \frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right]^+ - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$ , 式中,  $C_s$  为偏态系数,  $\varphi_i$  为标准变量, 均可由降水资料序列计算求得<sup>[2]</sup>, 即

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3}, \varphi_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}, \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

根据 Z 变量的正态分布特征, 划分为 7 个等级, 作为鲁西南单站各级旱涝指标(表 1)。

**1.3 区域旱涝指标确定** 谭桂荣等提出的区域旱涝判断标准(区域内所有站点均为某一级旱涝时计算的指数值为该级的上限)<sup>[6]</sup>具有明确的物理意义, 比较客观, 不受区域限制, 具有一定的普适性。因此参照此标准构建鲁西南区域旱涝指数公式为  $I = I_F - I_D$ , 式中,  $I_F = \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{P_i} + \frac{n_4^+}{P_4}$ ,  $I_D = \sum_{i=5}^7 \frac{n_i}{P_i} + \frac{n_4^-}{P_4}$ ,  $I_F$  为雨涝指数,  $I_D$  为干旱指数,  $n_i$  为某年鲁西南第 i 级旱涝等级出现站数,  $P_i$  为鲁西南第 i 级旱涝等级出现频率,  $n_4^+$  为某年区域内正 4 级(正常级 Z 值为正值)站数,  $n_4^-$  为某年区

**作者简介** 孙翠凤(1979-), 女, 山东单县人, 工程师, 从事业务管理和气候变化研究。

**收稿日期** 2013-09-25

域内负4级(正常级 $Z$ 值为负值)站数。依据区域旱涝指数 $I$ ,将其划分为7个等级,作为鲁西南区域各级旱涝指标。

表1 单站 $Z$ 指数、区域指数旱涝等级划分标准

旱涝等级	$Z$ 值标准	区域指数标准
1(特涝)	$Z > 1.645$	$I > n/P_2$
2(大涝)	$1.037 < Z \leq 1.645$	$n/P_3 < I \leq n/P_2$
3(偏涝)	$0.542 < Z \leq 1.037$	$n/P_4 < I \leq n/P_3$
4(正常)	$-0.542 \leq Z \leq 0.542$	$-n/P_4 \leq I \leq n/P_4$
5(偏旱)	$-1.037 \leq Z < -0.542$	$-n/P_5 \leq I < -n/P_4$
6(大旱)	$-1.645 \leq Z < -1.037$	$-n/P_6 \leq I < -n/P_5$
7(特旱)	$Z < -1.645$	$I < -n/P_6$

## 2 结果与分析

**2.1 区域内降水统计特征** 从鲁西南历年降水距平百分率变化曲线(图1)可以看出,1961~1964年,区域为正距平

降水,鲁西南处于相对湿润期;20世纪60年代中期~70年代中期,基本处于干湿相间年景;70年代中期~21世纪初,区域内多为负距平降水,降水量基本处于偏少阶段,其中在20世纪80年代中期和90年代中前期区域降水量曾增加到50年平均以上,但很快又减少到平均值以下;2003~2010年处于相对湿润期。

**2.2 旱涝年际变化特征** 由1961~2010年鲁西南逐年及四季雨涝指数和干旱指数变化曲线(图2)可见,年及四季的雨涝指数波峰值一般对应干旱指数波谷值,即当雨涝程度严重时,干旱程度较轻,反之,当干旱程度严重时雨涝程度较轻;在阶段性峰值之间,雨涝和干旱程度基本相当。从年旱涝指数变化看,20世纪60年代雨涝程度较重、干旱程度轻且旱涝指数波动变化较大,70年代旱涝交替且旱涝指数波动变化较小,80年代干旱程度较重、雨涝程度轻且旱涝指数波动变化较大,90年代干旱程度重于雨涝程度,21世纪以来雨涝程度重、干旱程度轻。

春季,20世纪60年代旱涝交替,雨涝程度稍重;70~80年代初期干旱程度较重;80年代初期~90年代末期雨涝程度较重;21世纪以来除末期雨涝程度稍重外,其他则干旱程度偏重。夏季变化与年度变化较为一致,表明夏季旱涝趋势对年度旱涝趋势有重要作用。秋季,60~70年代雨涝程度稍重且波动变化较小;80年代干湿交替,波动变化较小;90年代~2000年,干旱程度较重、雨涝程度较轻,90年代末期~2005年波动变化较大。冬季,60年代干湿交替,70和80年代干旱程度较重,90年代和21世纪以来雨涝程度较重;60年

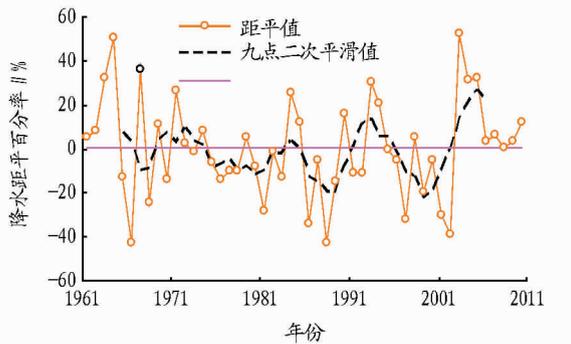
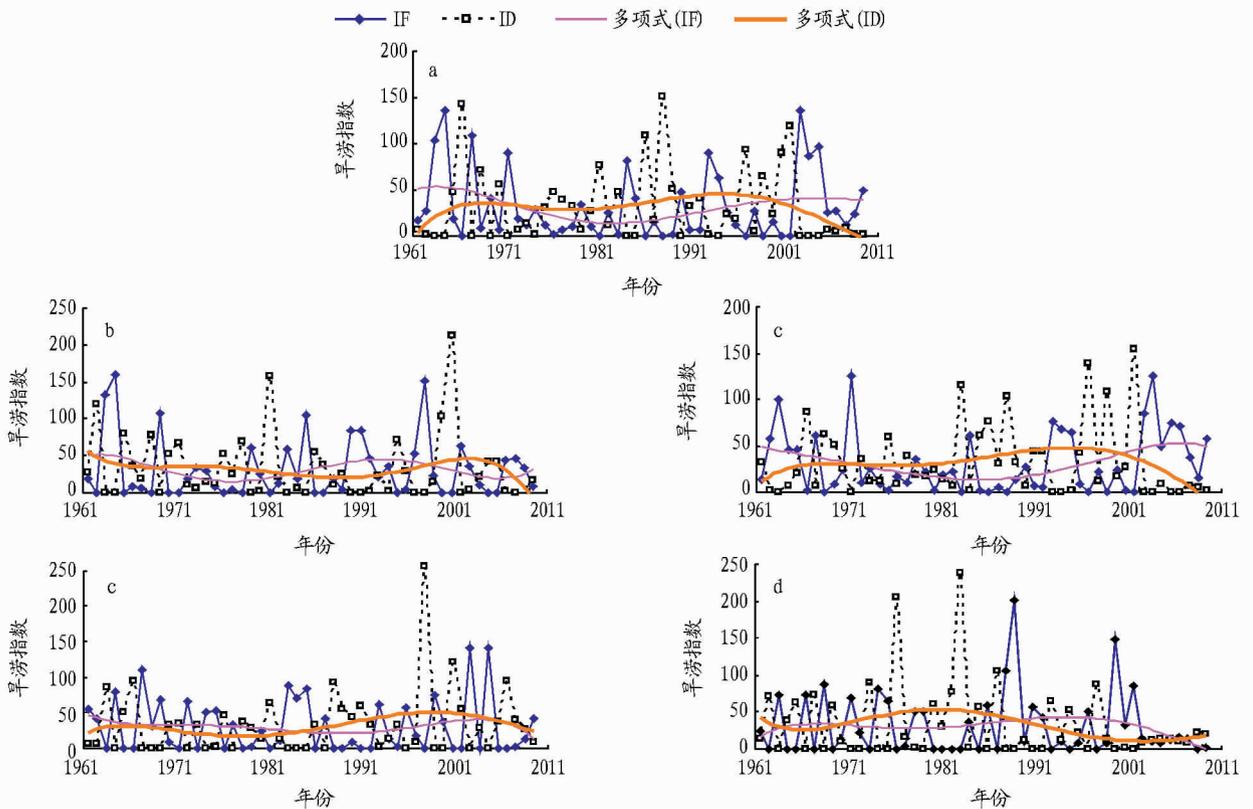


图1 1961~2010年鲁西南历年降水距平百分率及九点二次平滑曲线



注:a.全年;b.春季;c.夏季;d.秋季;e.冬季。

图2 1961~2010年鲁西南逐年及四季旱涝指数变化曲线

代~70年代中期和2003~2010年旱涝指数波动变化比较小,其他各年代波动均比较大。

**2.3 旱涝等级划分及典型旱涝年的确定** 利用Z指数对鲁西南区域内各站年、季旱涝等级进行划分(表2),发现区域内单站各级旱涝频率与理论频率比较接近。根据逐年、季旱涝指数及早涝标准,确定鲁西南区域年及四季干旱和雨涝等级(表3)。年及各季节均划分为特涝、大涝、偏涝、正常、偏旱、大旱、特旱7个等级。根据表3确定的旱涝等级,并参考出现各级旱涝的台站百分率,以偏涝(旱)以上站数占总站数百分率不超过20%、大涝(旱)以上站数所占百分率不超过10%、偏旱(涝)以上站数百分率不低于50%作为典型干旱

(雨涝)年选取原则,选取典型旱(涝)年后按旱涝指数大小确定旱涝程度,1961~2010年鲁西南区域年及四季旱涝典型年份、旱涝程度排序如表4所示。

表2 1961~2010年鲁西南Z指数划分旱涝等级频率统计 %

旱涝等级	全年	春季	夏季	秋季	冬季	理论
特涝	5.4	5.5	6.7	6.0	4.5	5
大涝	9.6	10.0	9.6	10.9	10.9	10
偏涝	12.5	12.3	11.8	14.3	15.0	15
正常	44.2	42.9	43.5	35.0	41.1	40
偏旱	12.3	15.0	14.3	17.6	14.7	15
大旱	10.5	10.0	8.7	13.2	10.0	10
特旱	5.6	4.2	5.4	2.9	3.8	5

表3 1961~2010年鲁西南区域年及四季旱涝等级年份

时段	特涝	大涝	偏涝	偏旱	大旱	特旱
全年	1964、2003、1967、1963、2005	1971、1993、2004、1984	1994、2010、1990、1969、1985、1962、1974、1979、1998、2007、2009	1999、1968、1970、1989、1976、1983、1992、1977、1965、1991、1978	1981	1988、1966、2002、1986、1997、2001
春季	1964、1998、1963、1969、1985	1990、1991	2002、1979、1983、1997、1992、2008、2007、1994、2009、2003、1980、1973	1986、1970、1976、2005、2006、1987、1966、1996	1965、1968、1971、1995、1978	2001、1981、1962、2000
夏季	1971、2004、1963	2003、1993	2006、2007、1994、1995、1984、2010、1962、1967、2005、1964、2008、1965	1968、1985、1975、1969、1992、1991、1996、2001、1977、1987、1972、1980	1966、1986	2002、1997、1983、1999、1988
秋季	2003、2005、1967、1983、1985	1964、1999、1972、1984、1969	1993、1996、1974、1975、1961、1987、2000、1962、1977、2010、1968	1965、1976、2008、1978、2006、1971、1990、1973、1986、1992、1995、2004	1981、1991、1989、2002	1998、2001、1966、2007、1988、1963
冬季	1989、2000、1988、1968、2002	1974、1963、1966、1971、1975	1986、1991、1997、1979、1978、1992、1984、2001	1980、1969、1985、1995、1964、1981	1973、1998、1982、1967、1962、1993、1965	1983、1976、1987

注:各级旱涝年按I指数绝对值从大到小排序。

表4 1961~2010年鲁西南区域典型旱涝年份

时段	典型雨涝年份	典型干旱年份
全年	1964、2003、1967、1963、2005、1971、1993、2004、1984、1994、2010	1988、1966、2002、1986、1997、2001、1981、1999、1968、1970、1989、1976、1983
春季	1964、1998、1963、1969、1985、1990、1991、2002、1979、1983、1997	2001、1981、1962、2000、1965、1968、1971、1995、1978、1986、1970、1976、2005
夏季	1971、2004、1963、2003、1993、2006、2007、1994、1995、1984、2010、1962、1967	2002、1997、1983、1999、1988、1966、1986、1968、1985、1975、1969
秋季	2003、2005、1967、1983、1985、1964、1999、1972、1984、1969、1993、1996、1974、1961、2010	1998、2001、1966、2007、1988、1963、1981、1991、1989、2002、1965、1976、2008
冬季	1989、2000、1988、1968、2002、1974、1963、1966、1971、1975、1986、1991、1997、1979、1978、1992	1983、1976、1987、1973、1998、1982、1967、1962、1993、1965、1980、1969、1985、1995、1964、1981

注:各级旱涝年按I指数绝对值从大到小排序。

## 2.4 旱涝年特点

**2.4.1 各年代特点。**由表4~5可见,近50年鲁西南典型雨涝年出现11次,分别为1964、2003、1967、1963、2005、1971、1993、2004、1984、1994、2010年;典型干旱年出现13次,分别是1988、1966、2002、1986、1997、2001、1981、1999、1968、1970、1989、1976、1983年。雨涝年以20世纪60年代和21世纪以来居多,尤以21世纪以来最多,出现了4次;干旱年以60年代和80年代居多,80年代最多,出现了5次。各个年代均同时出现了雨涝年和干旱年,20世纪60、70、90年代雨涝和干旱年次数相等,说明鲁西南降水波动较大,旱涝转换频繁。

表5 1961~2010年鲁西南各年代典型旱涝年数统计

年代	春季		夏季		秋季		冬季		全年	
	涝	旱	涝	旱	涝	旱	涝	旱	涝	旱
20世纪60年代	3	4	3	3	4	3	3	5	3	3
20世纪70年代	1	3	1	1	2	1	5	3	1	1
20世纪80年代	3	2	1	4	3	3	3	5	1	5
20世纪90年代	3	2	3	2	3	2	4	3	2	2
21世纪以来	1	2	5	1	3	4	1	0	4	2
合计	11	13	13	11	15	13	16	16	11	13

**2.4.2 四季特点。**鲁西南季节性旱涝发生频繁,50年来正常年仅有2年。由表5可知,季节性典型雨涝年略多于干旱年,雨涝年55次,干旱年53次。冬季雨涝年最多(16次),春

季最少(11次);冬季干旱年最多(16次),夏季最少(11次)。冬旱和春旱有减缓趋势,秋旱有增加趋势;冬涝有减缓趋势,夏涝有增加趋势。20世纪60年代春、冬季干旱年略多,夏季

旱涝年次数相等,秋季雨涝年略多;70年代春季干旱年多,夏季旱涝年次数相等,秋、冬季雨涝年多,特别是冬季雨涝年明显多于干旱年;80年代春季雨涝年略多,夏、冬季干旱年明显多于雨涝年,秋季旱涝年次数相当;90年代各季节雨涝年均略多于干旱年;21世纪以来春秋季节干旱年略多,夏、冬季雨涝年多,特别是夏季雨涝年明显多于干旱年。

鲁西南季节性旱涝具有连续性特点,连续3年及以上雨涝的有1983~1985年秋涝、1993~1995年夏涝;连续3年及以上的干旱有1980~1983年冬旱。连续多年发生不同季节旱涝,如1978~2008年连续31年每年均有季节性旱涝;冬春连涝和连旱也频繁出现,如1963~1964、1968~1969、1978~1979、1989~1990、1997~1998年均出现了冬春连涝,1964~1965、1967~1968、1969~1970、1980~1981、1985~1986年均出现了冬春连旱。鲁西南季节性旱涝常相伴出现,50年来旱涝同年的有25年,占50%,如1964年冬旱、春秋涝,1967年冬旱、夏秋涝,1988和1966年冬涝、夏秋旱,2002年春冬涝、夏秋旱。

**2.5 季节性旱涝与年旱涝的关系** 在11个典型雨涝年份中,发生雨涝最多的季节是夏季(9年),其次是秋季(7年),夏秋连涝发生5年。因夏季雨涝造成全年雨涝的年份是2004年(夏季降水量较多年均值偏多68.5%)和1994年;因秋季雨涝造成全年雨涝的年份是2005年,秋季降水量偏多143.3%,虽然当年出现了春旱,但仍然是典型雨涝年份;因夏秋季持续雨涝造成全年雨涝的年份中,2003和1967年比较典型,2003年夏季降水量偏多38.3%、秋季降水量偏多132.6%,1967年夏季降水量偏多27.8%、秋季降水量偏多98.5%。而1964年的雨涝则是由春季和秋季雨涝造成的,春季降水量偏多141.3%、秋季降水量偏多64.9%。将雨涝指数做相关性分析发现,年雨涝指数与夏季相关性最好,其次是秋季,相关系数分别为0.737、0.518,将夏、秋季雨涝指数叠加后与年雨涝指数的相关系数为0.859,均通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验。

在13个典型干旱年份中,发生干旱最多的季节是夏季(8年),其次是秋季(7年),夏秋连旱发生3年,春夏连旱发生2年,春秋旱或春秋冬旱发生3年。因夏季干旱造成全年干旱的年份是1997年(夏季降水量为历史最少值,偏少61.8%)和1999年;因秋季干旱造成全年干旱的年份是1989年,秋季降水量偏少49.7%;因夏秋持续干旱造成全年干旱的年份为干旱最为严重的1988、1966和2002年,1988年夏季降水量偏少45.6%、秋季降水量偏少69.9%,1966年夏季降水量偏少38.6%、秋季降水量偏少70.4%,2002年夏季降水量偏少61.1%、秋季降水量偏少55.1%;因春夏连旱造成全年干旱的年份是1986年(春季降水量偏少39%,夏季降水量偏少30.5%)和1968年;因春秋旱造成全年干旱的典型年份是2001年,春季降水量为历史最少值,偏少90.9%,秋季降水量偏少81.7%。将干旱指数做相关性分析发现,年干旱指数与夏季相关性最好,相关系数为0.741,通过了 $\alpha = 0.001$

的显著性检验;其次是秋季,相关系数为0.274,通过了 $\alpha = 0.10$ 的显著性检验。将夏、秋季干旱指数叠加后与年干旱指数的相关系数为0.699,通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验。

### 3 结论与讨论

(1)近50年鲁西南年及四季旱涝有明显的年代际变化特征,20世纪60年代,春季和冬季呈干湿交替,夏季和秋季雨涝程度较重、干旱程度轻;70年代,春季、夏季和冬季均干旱程度较重,秋季雨涝程度稍重;80年代,春季和秋季呈干湿交替,夏季和冬季干旱程度较重;90年代,春季和冬季雨涝程度较重,夏季和秋季干旱程度较重;21世纪以来,春季和秋季干旱程度较重,夏季和冬季雨涝程度重。旱涝指数拟合曲线夏季与年度变化较为一致。

(2)近50年鲁西南典型雨涝年出现11次,分别为1964、2003、1967、1963、2005、1971、1993、2004、1984、1994、2010年;典型干旱年出现13次,分别为1988、1966、2002、1986、1997、2001、1981、1999、1968、1970、1989、1976、1983年。雨涝年以21世纪以来最多,干旱年以20世纪80年代最多。

(3)近50年鲁西南降水波动较大,旱涝转换频繁,各个年代均同时出现了雨涝年和干旱年。季节性旱涝发生频繁,常连续出现和相伴出现。季节性典型雨涝年略多于干旱年,冬旱和春旱有减缓趋势,秋旱和夏涝有增加趋势。夏季和秋季雨涝(干旱)是造成年度雨涝(干旱)的主要因素,年雨涝指数与夏季和秋季雨涝指数呈极显著相关,年干旱指数与夏季干旱指数呈极显著相关,与秋季呈弱显著相关。

(4)Z指数可以反映干旱或雨涝灾害的气候背景,用于干旱或雨涝灾害的宏观分析。但不同区域干旱和雨涝构成因素复杂,作为评估旱涝的一种量化标准,Z指数不涉及水分供需差,没有考虑农作物需水、土壤性质、地形等因素,不能反映实际的旱涝情况,也不适于不同地区旱涝的比较<sup>[10]</sup>。

### 参考文献

- [1] 鞠笑生,邹旭恺,张强. 气候旱涝指标方法及其分析[J]. 自然灾害学报, 1998,7(3):51-57.
- [2] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [3] 杨成芳,薛德强,孙即霖. 山东省近531年旱涝变化特征气候诊断分析[J]. 山东气象,2003,23(4):5-9.
- [4] 王庆,龚佃利,孙即霖,等. 山东夏季旱涝指数的振荡特征[J]. 中国海洋大学学报,2004,34(2):173-181.
- [5] 孔莉. 海温与鲁西南旱涝分析及应用[J]. 安徽农业科学,2008,36(26):11458-11461.
- [6] 谭桂荣,孙照渤,陈海山. 旱涝指数的研究[J]. 南京气象学院学报, 2002,25(2):153-158.
- [7] 朱业玉,王记芳,武鹏. 降水Z指数在河南旱涝监测中的应用[J]. 河南气象,2006(4):20-22.
- [8] 张峰,王秀珍,黄敬峰,等. 基于GIS的浙江省旱涝灾害时空分析[J]. 科技通报,2009,25(6):747-752.
- [9] 刘志雄,肖莺. 长江上游旱涝指标及其变化特征分析[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(3):310-314.
- [10] 陆桂荣,郑美琴,袁安芳,等. 日照市旱涝变化特征分析[J]. 中国农业气象,2009,30(3):436-439.
- [11] 张艳娟. 牙克石市近50年气候变化特点及旱涝趋势分析[J]. 内蒙古农业科技,2012(5):99-100,112.