

基于Z指数的芦溪县干旱特征分析

刘业伟¹, 彭月平¹, 黄芬², 何志亮², 朱端端³

(1. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省水利规划设计研究院, 江西 南昌 330029;
3. 西安理工大学水利水电学院, 陕西 西安 710048)

摘要:根据江西省芦溪县1958~2013年逐月和逐年的降雨资料计算出Z干旱指数,并根据Z指数将干旱强度划分为7个等级,分析该地区的干旱特征。结果表明:芦溪县近56年来Z指数呈上升趋势,总体偏涝趋势且具有较明显连旱年的特征;从季节尺度长期变化特征来看,夏季发生干旱的频率最高,占32.1%,春季呈现偏旱发展的趋势,夏秋冬三季均表现出偏涝发展的态势,尤其夏季Z指数上升趋势较为显著;从干旱趋势突变分析结果可知,突变年份有1961、1963、1967、1969和1971年,1965年后只存在偏涝方向的发展趋势且在1997~2007年和2010年以及2012年达到显著性水平。

关键词:干旱;Z指数;干旱特征;芦溪县

中图分类号:S 423

文献标识码:A

文章编号:1004-4701(2016)05-0333-05

受全球气候变化影响,人类可用水资源日益短缺,频发的干旱灾害已成为一个世界范围内的重大环境问题。严重的干旱灾害给我国社会经济发展造成了极大的影响。据统计,2014年全国有1 783.42万人、883.29万头牲畜因旱发生临时性饮水困难;因旱粮食损失200.65亿kg,经济作物损失275.76亿元;直接经济损失909.76亿元,占当年GDP的0.14%^[1]。干旱成因复杂,受多因素共同影响,国内外众多专家学者尝试过多种方法对干旱机理进行研究,其中干旱指数法是对干旱规律分析的重要方法之一。比较常见的干旱指数有Palmer干旱指数、标准化降水指数、降水距平百分率、Z指数等,在不同条件下,以上干旱指数各有优缺点。其中,Z指数法以降雨量为基础,考虑降雨非正态分布的实际情况,较能反映客观的降雨变化过程,因此该指数应用较为广泛。鞠笑生等通过对我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究,认为Z指数能够较好地划分旱涝等级并且其作为单站旱涝指标具有较好的应用效果^[2]。近些年,我国有较多研究者利用Z指数对不同区域的干旱演变规律进行探讨。例如,王莺等^[3]对石羊河流域干旱特征分析、李楠等^[4]对聊城地区干旱时空特征的研究、张娜等^[5]对福州市旱涝时空特征分析、祁靓雯等^[6]对西安市气象干旱特征的分析等。以上研究都表明Z指数作为干旱强度指标能较好

地表征干旱强度状况。

芦溪县地处江西省西部,位于东经113°25′~114°16′,北纬27°25′~27°47′之间,属山地、丘陵地区,境内河流均属山区性河流,春夏两季降雨量比较集中,暴雨强度大,易引起山洪暴发,泛滥成灾;而夏末秋初,雨量减少,进入多晴少雨天气,加之气温高,蒸发量大,故又易发生旱灾。干旱是该地发生频率高且影响范围大的自然灾害之一,其对农业生产造成了较严重危害。因此,本文选择Z指数对江西省芦溪县1958~2013年近56年来干旱演变规律进行分析,以期当地的农业生产与防旱抗旱提供决策依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文的降雨资料来源于江西省水文局提供的芦溪水文站点1958~2013年逐年及逐月降雨数据(mm),芦溪水文站位于芦溪县芦溪镇蔗棚村。此外,本文还参考了中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)提供的芦溪地面气象观测站点部分时段相关气象数据。

1.2 研究方法

1.2.1 Z指数的计算

Z指数是目前使用较为广泛的旱涝指标之一,其作

为单站旱涝指标具有更显著的优势。一般情况,年降雨量、季降雨或月降雨不服从正态分布,而 Z 指数考虑了降雨量偏态分布的实际情况,并对降雨量正态标准化处理得到能反映客观实际的干旱指数。 Z 指数法通过假设某段时间降雨量服从 Person - III 型分布,通过对降雨量的正态化处理可将概率密度函数 Person - III 型分布转化为以 Z 为变量的标准正态分布^[7]。具体计算见式(1)~式(5)。

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \tag{1}$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3} \tag{2}$$

$$\varphi_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \tag{3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{4}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{5}$$

式中: Z 是干旱指数; C_s 为偏态系数; φ_i 为标准变量; x_i 为某一时间尺度的降雨量(mm); n 为样本个数; $\bar{x}$ 为 n 年的某一时间尺度的平均降雨量(mm); σ 为标准差。

1.2.2 旱涝等级的划分

根据 Z 指数的正态分布曲线,可将旱涝强度划分为 7 个不同的等级并确定相应的 Z 指数界限值^[2]。 Z 指数旱涝等级见表 1。

表 1 以 Z 值为指标的旱涝等级

等级	Z 值	类型
1	$Z > 1.645$	重涝
2	$1.037 < Z \leq 1.645$	大涝
3	$0.524 < Z \leq 1.037$	偏涝
4	$-0.524 < Z \leq 0.524$	正常
5	$-1.037 < Z \leq -0.524$	偏旱
6	$-1.645 < Z \leq -1.037$	大旱
7	$Z \leq -1.645$	重旱

1.2.3 旱涝趋势突变分析

运用 Mann - Kendall 非参数趋势检验法,借助 MATLAB2014a 软件对芦溪县 1958 ~ 2013 年共 56 年的 Z 指数的突变趋势进行分析。Mann - Kendall 检验法最初由 H. B. Mann 和 M. G. Kendall 提出,其优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰。该

方法检验统计量的具体计算过程见文献[7]。

2 结果分析

2.1 年际干旱特征分析

根据江西省芦溪县 1958 ~ 2013 年的年降水资料计算求得 56 年降水的 Z 指数,从其趋势分布(图 1)可知,芦溪县 1958 ~ 2013 年 Z 指数呈现显著的上升趋势,上升速率为 0.121/(10 a),说明近 56 年来芦溪县的干旱程度整体上呈现减弱态势。

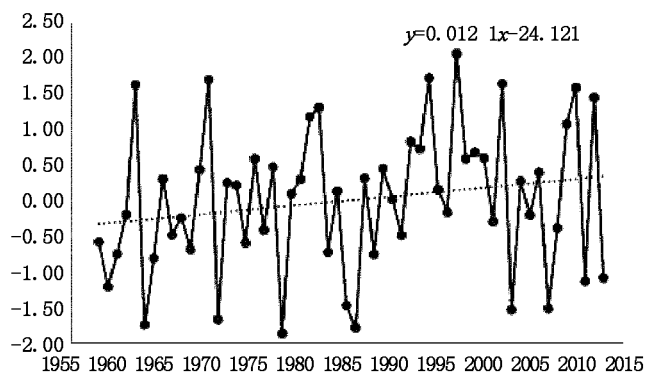


图 1 1958 ~ 2013 年 Z 指数演变

据统计,芦溪县近 56 年中发生干旱共计 17 次,平均每 3.3 年发生一次,其中最严重的干旱发生在 1986 年和 1963 年,芦溪县近 56 年干旱年份具体情况见表 2。

表 2 芦溪县近 56 年干旱情况统计

干旱等级	干旱年
偏旱	1958、1960、1964、1968、1974、1983、1988
大旱	1959、1985、2003、2007、2011、2013
重旱	1963、1971、1978、1986

此外,芦溪县干旱存在一定的连旱年的特征。连旱年即连续年份发生干旱,近 56 年发生的 17 次干旱中有 7 次干旱属于连旱年,占干旱总次数的 41%,该结果与潘明华等^[8]指出江西地区干旱存在连旱年的特征一致。

2.2 季节性干旱特征分析

为了便于分析,将一年的 12 个月分为春季(3 ~ 5 月)、夏季(6 ~ 8 月)、秋季(9 ~ 11 月)、冬季(12 月 ~ 次年 2 月)四个季节,根据芦溪县 1958 ~ 2013 年每年四季的降雨资料,分别计算求得春夏秋冬四季近 56 年来的

降雨 Z 指数,并统计得出芦溪县各季节各等级干旱强度所占的百分率,具体见表 3。可知,夏季发生干旱的频率最高,占 32.1%,秋冬季节发生干旱的频率接近,而冬季发生重旱的频率最高,占 10.7%,春季相对发生干旱次数少。以上结果与芦溪县 7~10 月份多发生干旱的实际情况相符。

表 3 四季各干旱强度等级百分率 %				
等级	春季	夏季	秋季	冬季
1	7.1	5.4	7.1	1.8
2	8.9	10.7	12.5	14.3
3	10.7	10.7	3.6	17.9
4	48.2	41.1	50.0	37.5
5	12.5	17.9	16.1	14.3
6	5.4	10.7	8.9	3.6
7	7.1	3.6	1.8	10.7

由芦溪县近 56 年四季降水 Z 指数分别绘出芦溪县春季、夏季、秋季、冬季 Z 指数变化趋势图,见图 2~图 5。

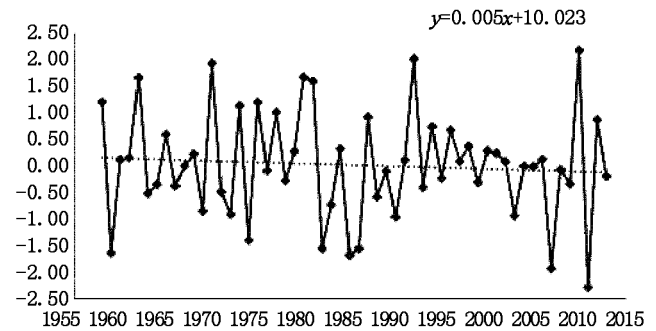


图 2 芦溪县春季 Z 指数演变

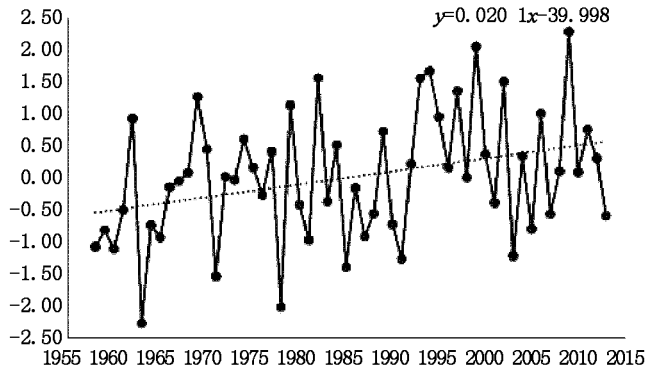


图 3 芦溪县夏季 Z 指数演变

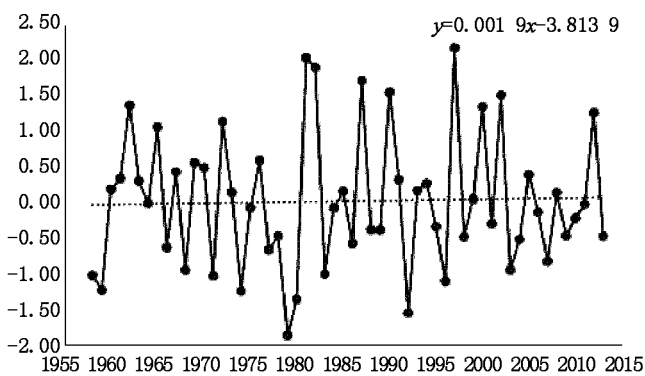


图 4 芦溪县秋季 Z 指数演变

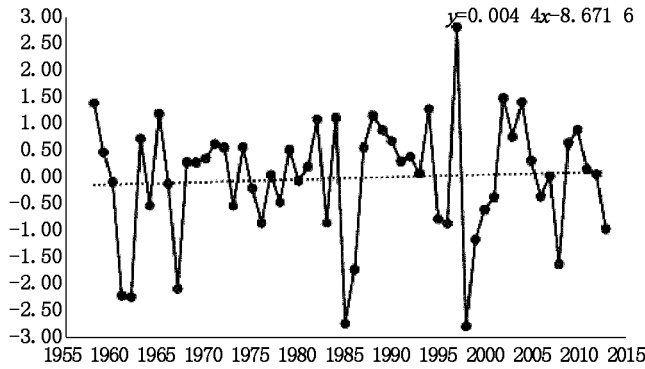


图 5 芦溪县冬季 Z 指数演变

由图 2~图 5 知,芦溪县春季干旱强度呈现增强趋势,Z 指数下降速率为 0.05/(10 a),2007 年后重旱发生的次数有所增加,尤其在 2007 年和 2011 年均出现了重旱。夏秋冬三季干旱强度均表现出减弱态势,其中夏季 Z 指数上升趋势较为显著,上升速率为 0.201/(10 a)。2003 年之后芦溪县夏季未出现过干旱或重旱,夏季大旱和重旱较集中发生在 20 世纪 50 年代末至 90 年代初,其中重旱有两年(1963、1978 年),大旱有 6 年(1958、1960、1971、1985、1991、2003 年)。由于夏季 Z 指数呈现明显的上升趋势,不排除未来可能出现大涝和重涝。秋季、冬季 Z 指数均呈现微弱的上升趋势,上升速率分别为 0.019/(10 a)、0.044/(10 a)。近 56 年来芦溪县秋季 6 级以上干旱共发生 6 次,其中重旱 1 次(1979 年),大旱 5 次(1959、1974、1980、1992、1996 年),进入 21 世纪后秋季较少出现干旱,仅出现偏旱 1 次(2007 年)。相对而言,冬季是重旱的高发季节,芦溪县近 56 年冬季发生干旱共计发生 16 次,其中重旱发生 6 次(1961、1962、1967、1985、1986、1998 年),占干旱总年份的 37.5%,并且表现出较为明显的连年重旱(1961 年和 1962 年、1985 年和 1986 年)。芦溪县进入 21 世

纪后冬季发生过一次大旱(2008 年)和一次偏旱(2013 年)。

结合以上分析可知,芦溪县进入 21 世纪后各季节发生 6 级以上的重旱或大旱相对较少,其中春季发生过 2 次重旱,夏、冬季各发生过一次大旱,整体上各季旱情呈现减弱趋势,这与芦溪县近 56 年年际干旱趋势相一致。但值得指出的是,虽然芦溪县夏季干旱程度表现出明显的减弱趋势,但夏季为城市用水高峰期,结合芦溪县实际,芦溪县主要种植作物为水稻,夏季为水稻生育的关键期,作物需水量大,且夏季气温高,蒸发量大,因此夏季降水的减少易导致农作物因旱成灾,影响城市居

民正常生活。以上应引起相关部门重视并采取相应的措施。

2.3 干旱趋势突变分析

运用 Mann-Kendall 非参数检验法对芦溪县 1958~2013 年共 56 年的 Z 指数做趋势及突变检验,芦溪县 Z 指数 Mann-Kendall 检验结果见图 6。其中,当 UF 值大于 0 时,表明原序列呈上升趋势,反之,则呈下降趋势;当 UF 超过置信度线($u_{0.05} = \pm 1.96$)时,表明上升或下降趋势显著,超过置信度线的范围为出现突变的时间区域;当 UF 和 UB 两曲线出现交点且交点在置信区内,则交点对应的时刻便是突变开始的时间。

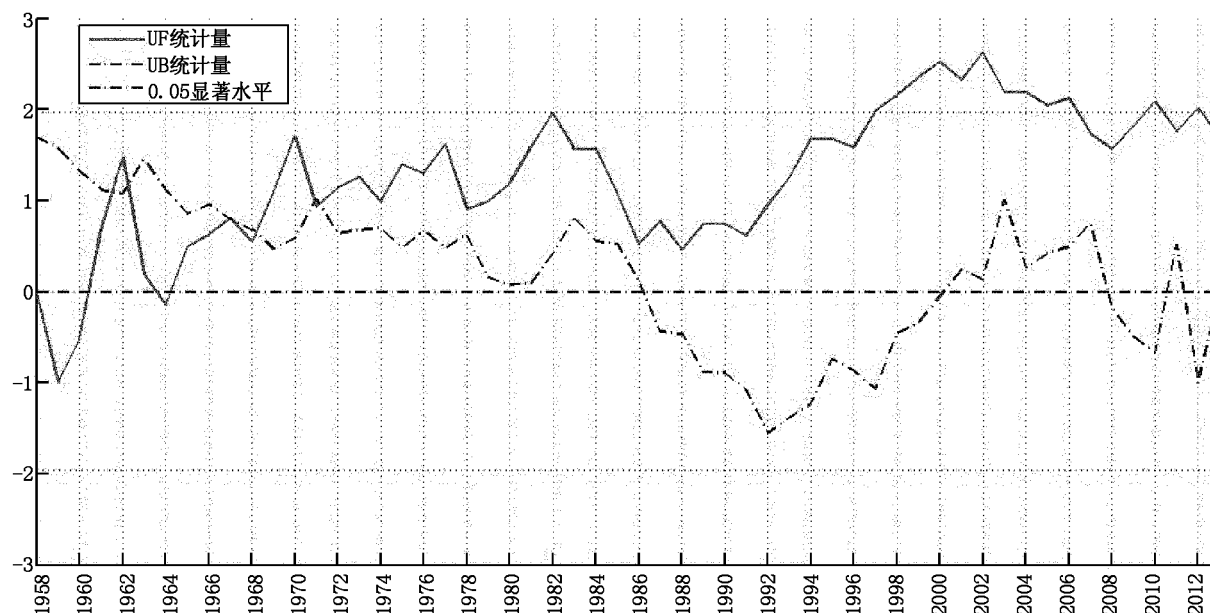


图 6 Z 指数的 Mann-Kendall 检验

由图 6 检验结果可知,芦溪县近 56 年的突变年份较多,表明环境变化较为明显和剧烈,突变年份有 1961、1963、1967、1969 和 1971 年。其中,1958~1960 年,Z 指数下降,干旱趋势增强;1961~1963 年,Z 指数增加,干旱趋势减弱,1964 年 Z 指数下降,干旱趋势增强;1965~2013 年,Z 指数增加,偏涝气候趋势增强,其中 1997~2007 年和 2010 年以及 2012 年达到显著性水平。

3 结论与讨论

(1)分析芦溪县年际干旱特征可知,芦溪县 Z 指数在近 56 年间总体呈现上升趋势,即该地区在 1958~2013 年间的总趋势是偏涝的,干旱程度总体减弱;此

外,该县年际干旱具有明显的连旱年特征,近 56 年发生的 17 次干旱中有 7 次干旱属于连续干旱。

(2)分析芦溪县季节性干旱特征可知,夏季发生干旱的频率最高,占 32.1%;近 56 年春季干旱程度呈现出轻微的加重趋势,夏秋冬三季均表现出偏涝发展的态势,尤其夏季 Z 指数上升趋势较为显著;进入 21 世纪后各季节发生 6 级以上的重旱或大旱相对较少,其中春季发生过 2 次重旱,夏、冬季各发生过一次大旱。

(3)从干旱趋势突变分析结果可知,突变年份有 1961、1963、1967、1969 和 1971 年,1965 年后只存在偏涝方向的发展趋势且在 1997~2007 年和 2010 年以及 2012 年达到显著性水平。

(4)本文的采用的 Z 指数仅考虑了降雨因素,但结合芦溪县主要以农业干旱为主的实际情况,缺乏对种植