

安徽省近 554 年旱涝演化规律和跃变现象^①

周后福

(安徽省气象科学研究所,合肥 230031)

提 要

基于安徽省近 554 年的旱涝等级资料,利用偏度系数、峰度系数、频次、累积距平等计算公式和方法进行分析。结果表明:安徽省旱涝等级序列具有偏态分布性即涝明显多于旱的非正态分布特征,呈现干燥期、湿润期的阶段变化特性,以旱为主和以涝为主的现象间隔出现;旱涝序列分析和滑动 t -检验法、Yamamoto 法的检验方法都证明 1723 年附近、1774 年附近和 1913 年附近出现序列的跃变现象,数种方法都表明序列有基本相同的干湿转折点。

关键词: 旱涝 跃变 规律

引 言

安徽省历史上是个旱涝灾害频繁的省份。洪涝灾害主要发生在河流干流及其支流、山区河流两岸以及山区低洼地区;而旱灾全省都有可能发生。由于夏季降水的不均匀性,旱涝频繁发生是其最为显著的气候特征,旱涝灾害已成为安徽最严重的自然灾害,也是制约国民经济发展的的重要因素。为了更好地了解旱涝历史,对旱涝现象特别是近几年旱涝规律的了解有很好的指导意义。

有关旱涝的研究多集中在器测时期,一般以统计方法为主,主要统计旱涝现象的基本特点,分析旱涝的周期变化。本文将在安徽省近 554 年旱涝等级资料确立的基础上,利用偏度系数、峰度系数来探讨旱涝的非正态性分布特点,运用比值、累积距平、累积值等来研究旱涝气候演化特点,用检验法检测旱涝的跃变现象,并与我国其它地区和其它气象学者的结果进行比较。

1 旱涝等级资料的确定

旱涝档次资料的确定:旱涝档次资料来

源分成 3 部分:1450~1949 年、1950~1994 年、1995~2003 年。每年给出下列 5 个档次中的一个:大水(大涝)、水(涝)、旱、大旱和正常年份。1450~1949 年的资料来源于安徽省水利勘测设计院的工作。对解放前的历史资料经过甄别,整理成 1450~1949 年的旱涝的 5 级档次资料。1950~1994 年的资料来源于安徽省水利厅《安徽水旱灾害》^[1]。1995~2003 年的资料则来源于全省各地降水、灾情等实况,综合判断得出旱涝档次结果。

旱涝等级的确定和划分:与中国气象科学研究院主编《我国近 500 年旱涝图集》上划分等级的标准相同,即大涝记为 1,涝记为 2,正常年份记为 3,旱记为 4,大旱记为 5。依据该划分标准,每一年旱涝档次对应于唯一的等级情况,这样可以得出近 554 年安徽省连续的旱涝等级序列。

2 旱涝气候背景分析

2.1 旱涝等级的不对称性

首先分析各个等级的频数分布,这样可以得出近 554 年旱涝发生的基本特征。表 1

^① 资助项目:安徽省气象科技基金(0307)和大气物理研究所 LAPC(KF-2003-09)

为旱涝等级频次分布及其比例。表中给出旱涝等级5个档次及偏旱、偏涝档次对应的频次及其比例。由该表可知,正常的档次所占比例几乎为1/4;涝的比例超过1/4,大涝比例约占1/5;旱的档次所占比例近于1/6;大旱的档次所占比例约为1/10;偏旱的档次所占比例为28.7%,比偏涝的档次所占比例低18.8%。以上分析表明:安徽省旱涝呈现明显的不对称特征,即涝远多于旱,易涝不易旱。

为了进一步验证安徽省旱涝等级序列的不对称性,计算序列的偏度系数和峰度系数^[2]。其偏度系数 $G_1 = -2.67$, 峰度系数 $G_2 = -4.48$, 都无法满足95%的信度水平要求;即使对旱涝等级序列求1/2、1/3、2/3幂,其偏度系数和峰度系数也无法同时满足95%的信度水平要求,因而这种旱涝等级序列是偏态分布,为非正态分布,或者说,安徽省旱涝表现了显著的不对称特征。

由文献[3]可知,甘肃省近520年偏涝年份只占到19.8%,偏旱年份却占到34.5%,呈现西北干旱地区缺水的典型特征。由于文献[3]序列的主体部分与安徽省旱涝序列是重叠的,因而和安徽的序列具有一定的可比性。安徽省降水充沛,和西部干旱半干旱地区不同,表现东部地区多水易涝的特点。它

们大致能代表我国西部和东部地区旱涝分布的不同表现形式。文献[4]列出了划分1471~1985年安徽省旱涝等级频次结果,具体见表2。由于和本文数据来源不一致,划分标准也不相同,所得具体旱涝情况有所区别。与表1的序列相比,表2序列的前后各缩短18~21年时间,只比表1序列长度减少7.0%。同表1相比,表2中的大旱比例约为1/2,旱的比例基本相当,而正常等级的比例明显扩大,涝的比例也基本相当,大涝的比例不足1/2。由表2可以看出偏旱年份占到24.6%,偏涝年份占到35.1%,也同样呈现安徽旱涝的不对称性,即涝远多于旱。

表1 安徽省1450~2003年旱涝等级频次分布及比例

项目	大旱	旱	正常	涝	大涝	偏旱	偏涝
次数	60	99	132	150	113	159	263
频次比/%	10.8	17.9	23.8	27.1	20.4	28.7	47.5

表2 安徽省1471~1985年旱涝等级频次分布及比例

项目	大旱	旱	正常	涝	大涝	偏旱	偏涝
次数	30	97	207	136	45	127	181
频次比/%	5.8	18.8	40.2	26.4	8.7	24.6	35.1

2.2 旱涝变化的基本特征

涝年数与旱年数的比值:计算每20年涝年数与旱年数的比值,据此可以分析历史上涝灾和旱灾频发期。舍去序列最前面多余14年的资料,算出的比值如图1所示。比值

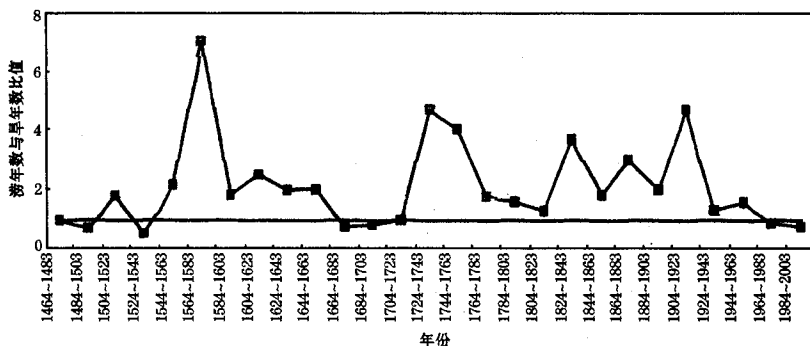


图1 安徽省1464~2003年每20年涝年数与旱年数的比值曲线

大于1、小于1分别表示该20年内以涝为主、以旱为主。由图1可知,1464~1543年在正常年份上下摆动;1544~1663年以涝为主,其中1564~1583年也是历史上安徽最严重的涝灾频发期;1664~1723年正常略偏旱,1724~1963年期间以涝为主;1964~2003年以偏旱为主。可以看出一个很有意义的结论:进入20世纪之后,尽管以偏涝为主,但呈现涝年逐步减少、旱年逐步增加倾向。

旱涝等级累积距平:由此可以详细分析旱涝等级序列的阶段变化特点,其累积距平变化曲线见图2。由该图可知,旱涝等级序列具有明显的阶段性,分为4个上升段、3个下降段。即1450~1545年、1670~1726年、1774~1821年和1912~2003年为持续上升期,表现为旱的次数多于涝的次数,是干旱期;1546~1669年、1727~1773年、1822~1911年为持续下降期,表现为涝多于旱,是湿润期。

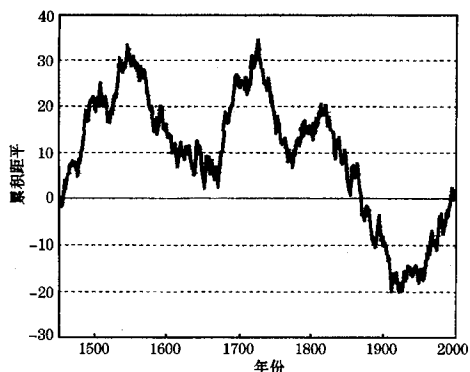


图2 安徽省近554年旱涝等级的累积距平曲线

比较分析:两者都显示15世纪下半叶~16世纪上半叶、17世纪70年代~18世纪20年代、18世纪70年代~19世纪20年代、20世纪20~30年代以来为干旱期或以旱为主,16世纪60年代~16世纪80年代、18世纪20年代~18世纪60年代、19世纪20年代

~20世纪10年代为湿润期或以涝为主。说明两者基于旱涝等级事实的分析基本一致。文献[4]给出的安徽干湿交错变化结果是:1478~1545年、1637~1695年、1774~1821年、1912~1978年为干半周(干冷),1546~1636年、1696~1773年、1822~1911年、1979~1985年为湿半周(温暖)。文献[4]的结果和前面两种方法的结果类似。

旱涝等级累积值:把旱涝等级序列减去3,并对该等级序列进行累积。如果累积值小于0,说明以涝为主;大于0表明以旱为主,其累积曲线见图3。由图可知,最显著变化特点是曲线呈下降趋势,表明基本存在明显以涝为主的现象。可把序列分为2类变化类型:旱涝间隔出现,曲线上表现形式是在某个值附近摆动,属持平类;涝远多于旱,曲线上的表现形式为不断下降,属下降类。图中用竖线标出2类的大致分界线。持平类的有3段:时间约为1450~1545年、1680~1730年、1910~2003年;下降类的有2段:1546~1679年、1731~1899年。下降类的时间长度远多于持平类的时间长度,发生两种类型转变的时间大约在1545年、1680年、1730年、1910年前后。这4个转变的时间在上面的分析中都可以看到,说明以上的结果可以相互印证。

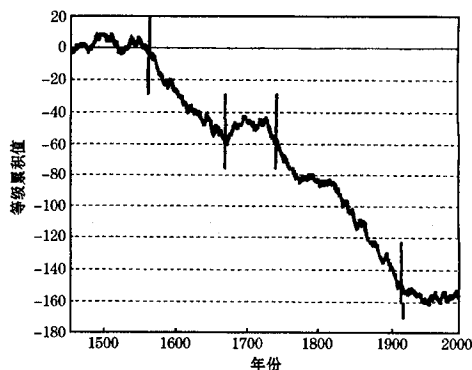


图3 安徽省近554年旱涝等级的累积值曲线

3 跃变点的检测

跃变是时间序列的一种急剧变化形式,即从某时间起前后时段总体水平发生极大变化的现象。研究跃变可以从平均值、方差、自相关系数的统计量中寻找,多由序列的平均值来探讨是否有跃变现象的出现。分析跃变的方法很多,有滑动 t -检验法、Cramer's法、Yamamoto法、M-K法、小波分析零点^[5]等,常用的方法则有滑动 t -检验法、Yamamoto法等^[6]。

3.1 滑动 t -检验法

滑动 t -检验法是考察两组样本平均值的差异是否显著来检验跃变的。取前后各 n 年作为一个区间,然后逐步计算 t 值。这里取 $n = 50$,经过查表得知 $t_{\alpha=0.01} = \pm 2.63$,即通过信度水平 99% 时的 t 值绝对值要大于 2.63。将计算出的 t 统计值序列和 $t_{\alpha=0.01} = \pm 2.63$ 值绘成图 4。图中 2 条平行线分别是 t 统计值的上下界限值。从图中看出, t 统计值有 4 个过程超过 0.01 的显著性水平,其中以 1723 年的 t 统计值最大。因此有 4 个转折年份,分别为 1723 年、1774 年、1821 年和 1913 年。1723 年附近为正常略偏旱向以涝为主转变的年份,1774 年为湿润期向干早期转变的年份,1821 年为干早期向湿润期转变的年份,1913 年附近为湿润期向干早期转变的年份。

3.2 Yamamoto 法

用 Yamamoto 法时,确定基准年的前后各 n 年作为 2 个子序列,以滑动方式依次计算两者之间的信噪比(SNR),据此可以得到 SNR 序列。同样这里取 $n = 50$ 。当 $SNR > 0.371$ 时,超过 $\alpha = 0.01$ 的显著性水平,则认为在该基准点上有跃变发生。图 5 为安徽省旱涝等级的 SNR 序列曲线。图中有一条 $SNR = 0.371$ 的平行线,为 $\alpha = 0.01$ 的显著

性水平所对应的界限值。据此判断,只有在 1718~1727 年之间超过该界限值,此时发生明显的跃变现象。该界限值过高,因此降低界限值,当 $SNR > 0.26$ 就认为发生跃变现象,相应于 $\alpha = 0.08$ 的显著性水平要求。据此可以看出,有多处 $SNR > 0.26$,其中以 1724 年的 SNR 值最大。因此可确定 1652 年、1671 年、1724 年、1774 年、1913 年有跃变发生。

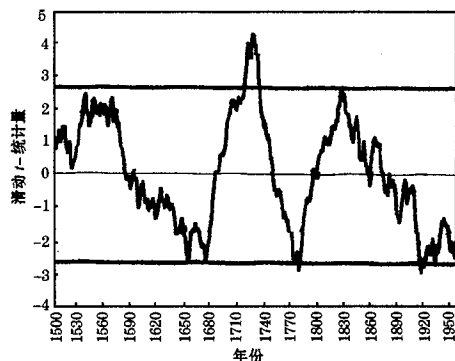


图 4 安徽省旱涝等级的滑动 t -统计量曲线

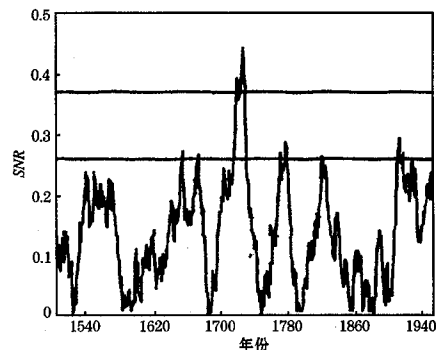


图 5 安徽省旱涝等级的 SNR 序列曲线

3.3 两种跃变方法的对比

两种跃变方法都可以诊断跃变点的位置。滑动 t -检验法表明跃变点有 4 处, Yamamoto 法表明跃变点有 5 处。两种方法都是用两个子序列的平均值和方差是否显著来判别跃变的。从形式上来看, Yamamoto 法比滑动 t -检验法简单明了,但同样存在与滑动 t -检验法相似的缺点,即由于人为设置

基准点和子序列的长度,导致可能有跃变点漂移现象的产生。两者所用计算公式并不一致,但都用均值来判断跃变点,所以具体的判断结果基本相同,似乎 Yamamoto 法比滑动 t -检验法的要求更严。两者不同点是:滑动 t -检验法检测到了 1821 年的跃变, Yamamoto 法检测到了 1652 年和 1671 年的跃变;相同点是两者都检测到了 1723 年、1774 年和 1913 年附近出现的跃变。

4 初步结论

基于安徽省近 554 年旱涝等级序列,采用计算比值、累积距平、累积值来分析旱涝的基本变化规律,运用检验方法对历史旱涝等级序列的跃变点进行了初步研究,并对各种方法的结果进行归纳比较。据此,我们可以得出安徽省旱涝几点初步结论:

①偏度系数和峰度系数的结果说明,旱涝呈现明显的不对称特征,即涝远多于旱,易涝不易旱。

②涝年数与旱年数的比值显示,旱涝等级中以旱为主和以涝为主的现象间隔出现。旱涝等级累积距平表明,干旱期和湿润期轮

番出现。两种计算结果显示,它们有基本相同的干湿转折点。

③旱涝等级累积值曲线表明,旱涝间隔出现和涝远多于旱的现象发生阶段性的转变。

④数种方法计算结果都证实,20 世纪 30 年代以来呈现涝灾下降、旱灾上升的趋势。

⑤滑动 t -检验法和 Yamamoto 法结果表明,1723 年附近、1774 年附近和 1913 年附近出现跃变的现象,而且该转折点与其他方法得到相互印证。

参考文献

- 1 安徽省水利厅. 安徽水旱灾害. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.
- 2 黄嘉佑. 气象统计分析方法与预报方法. 北京: 气象出版社, 2000.
- 3 韦志刚, 王宝灵. 甘肃省中东部地区最近 520 年旱涝长期演变中的突变现象. 中国西北干旱气候变化与预测研究(第一卷), 北京: 气象出版社, 2000: 79~83.
- 4 吴永健. 安徽的气候变迁. 安徽气象, 1991, (2): 45~48.
- 5 郑祚芳, 祁文, 张秀丽. 武汉市近百年气温变化特征. 气象, 2002, 28(7): 18~21.
- 6 周后福, 李春. 黄河干流径流量暂态成分与时频分析及其预测. 气象科学, 2003, 23(3): 200~208.

On Climate Regularity and Catastrophe Phenomenon of Drought and Flood of Anhui Province for Recent 554 Years

Zhou Houfu

(Anhui Meteorological Institute, Hefei 230031)

Abstract

Based on grade data of drought and flood of Anhui for recent 554 years, the statistic analysis are made. The results show that the series are partial distribution, or floods are more than droughts, and the series have the feature of periodic variation, and the series also have the alternation between drought and flood. That turning points appeared in about 1723, 1774 and 1913, that were tested by the analysis with moving- t method and Yamamoto method.

Key Words: drought flood transition