

# 近 40 年长江中游地区旱涝特点分析\*

吴贤云<sup>1)</sup> 丁一汇<sup>2)</sup> 王琪<sup>3)</sup> 叶成志<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(湖南省气象台,长沙 410007) <sup>2)</sup>(国家气候中心,北京 100081)

<sup>3)</sup>(湖南省气象科技开发中心,长沙 410007)

## 摘要

对  $Z$  指数确定的旱涝等级及各站月降水距平百分率的标准差分析表明:长江中游地区大范围的旱涝主要集中在盛夏和秋季。不同季节,旱涝的主要分布区域不同,但洞庭湖区始终是一个旱涝多发地。对 1960 年 1 月—2001 年 12 月各月长江中游地区 50 个代表站的旱涝等级进行经验正交函数分析,并在此基础上进行多通道奇异谱分析,得到长江中游地区的旱涝分布主要存在 4 种空间型,且具有明显的年代际和年际尺度变化,在 20 世纪 80 年代以前,长江中游地区以偏旱型为主,而到 80 年代以后则转变以偏涝型为主;另外,长江中游地区的旱涝具有准 8 年、准 5 年、准 2 年和准 4 年的周期振荡性质,但从 80 年代初开始,旱涝的准 2 年周期特征在长江中游地区表现不再明显。

关键词:  $Z$  指数; 旱涝等级; 经验正交函数(EOF); 多通道奇异谱分析(MSSA)

## 引言

旱涝灾害是长江中下游地区影响最大的气候灾害之一,往往会造成严重的经济损失,甚至危及到人们的生命安全。我国气象工作者长期以来都十分重视灾害性气候研究,长江中下游旱涝的研究<sup>[1-3]</sup>倍受关注。但以往对长江中下游旱涝的研究主要侧重于分析长江中下游降水与不同海洋区域的海表温度及其异常之间的关系<sup>[4]</sup>;也有利用最大熵谱和小波分析等谱分析方法对长江中下游地区的降水异常进行分析<sup>[5]</sup>,发现其存在多种周期振荡性质。湖南、江西地处长江中游南侧,几乎年年均有不同程度的洪涝和干旱发生,对这一区域进行旱涝特点分析,以揭示旱涝发生、发展规律是十分必要的。本文主要利用多通道奇异谱分析方法对 1960 年 1 月—2001 年 12 月长江中游地区(主要以湖南、江西为代表)50 个代表站月旱涝等级资料进行分析,得到长江中游地区旱涝的时空分布特征。

## 1 资料和方法

采用中国气象局整编的日雨量数据作为基本资

料,选定  $25^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ ,  $107.5^{\circ} \sim 117.5^{\circ} \text{E}$  范围代表长江中游区域(见图 1 矩形区域),并将此区域内 50 个测站 1960 年 1 月—2001 年 12 月共计 504 个月降水资料作为分析对象。

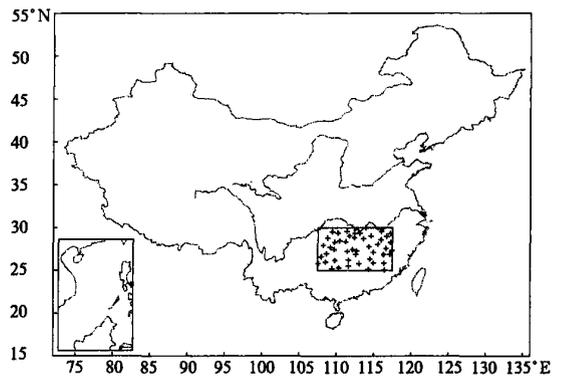


图 1 研究的区域和代表站

采用的方法包括:用  $Z$  指数方法确定单站旱涝等级,并以此为参考建立区域旱涝等级计算方法;用降水距平百分率的标准差,分析旱涝的时空分布特点;采用经验正交函数法和多通道奇异谱分析方法分析旱涝的主要空间型和周期振荡特征。

\* 国家“十五”科技攻关项目“全球与中国气候变化的检测和预估”(2001BA611B-01)资助。

2005-04-18 收到,2005-11-04 收到再改稿。

### 2 区域旱涝等级分析

研究表明<sup>[6]</sup>,用  $Z$  指数确定单站旱涝等级是比较切合实际的。一般情况下,  $Z$  指数确定的旱涝等级分为:极涝、大涝、偏涝、正常、偏旱、大旱、极旱 7 个等级。在本研究中,为了便于识别旱涝,将  $Z$  指数确定的以上 7 个等级分别用数字 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3 来表示,显然,大于零的数代表偏涝情况,小于零的数表示偏旱情况,0 表示正常。在此,对区域内 50 个代表站按月计算其旱涝等级,再以该站降水与区域面雨量(50 个测站降水量平均值)的相关系数大小为权重综合确定区域的旱涝等级大小。按此方法则区域的旱涝等级可写为:

$$Z = \text{INT} \left( \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \times R_i}{\sum_{i=1}^n |R_i|} + 0.5 \right) \quad (1)$$

式(1)中,  $Z_i$  为各个站由  $Z$  指数确定的旱涝等级大小;  $R_i$  为各个站降水量与区域面雨量的相关系数大小; INT 表示进行取整运算。

图 2 为各个代表站的降水量序列与区域面雨量的相关系数分布(均通过信度为 0.01 的显著性检验)。可以看到,其西北部和东南部站点的相关系数相对较小,其余各站的相关系数都比较大,表明区域的西北、东南部降水相对独立,而其他区域易出现联动效应。也就是西北部和东南部易出现局部的旱或涝,其他区域易呈现成片降水偏多、偏少的现象。

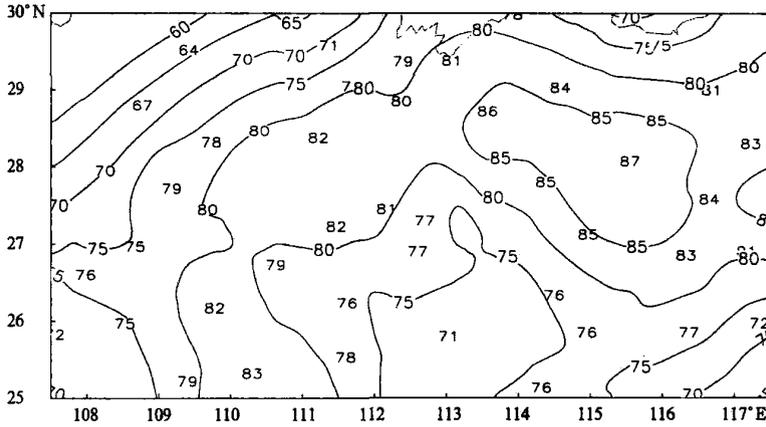


图 2 长江中游 50 站降水量与区域面雨量的相关系数( $\times 10^{-2}$ )分布

根据式(1),1960 年 1 月—2001 年 12 月逐月区域旱涝等级见图 3。区域的旱涝等级基本上分布在大涝、偏涝、正常、偏旱、大旱 5 个等级之间,没有出现极涝和极旱的月份,对这种极端情况是不是存在计算值偏小的问题还有待考查,但一个区域整体极

涝和极旱的月份毕竟比较少,式(1)在一定程度上能够反应出区域的旱涝等级。

从图 3 可以看出,在 42 年中,偏涝和偏旱的月份分别为 67 个月和 56 个月,占总月份的 13% 和 11%,相当于在 1 年内平均有 1.6 个月和 1.3 个月

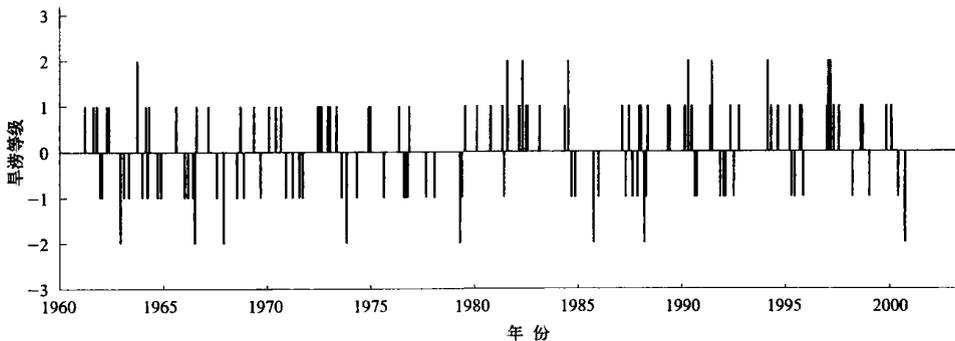


图 3 1960 年 1 月—2001 年 12 月逐月区域综合旱涝等级(共计 504 个月)

表现为整个区域性的偏涝和偏旱,大涝和大旱的月份数分别为 9 个月和 8 个月,占总数的 1.8%和 1.6%,即大约每 5 年就有 1 次区域性的大涝和大旱月发生。由图 3 还可以发现,从 20 世纪 60 年代开始到 80 年初,出现大旱以上的月份有 5 个月,出现大涝以上的月份只有 1 个月,而从 1980 年到 2001 年,出现大旱以上的月份只有 3 个月,出现大涝以上的月份有 8 个月。表明以 20 世纪 80 年代初为一个跳跃点,长江中游有从多旱型向多涝型转变的趋势。

从年内出现偏涝和偏旱的月数来看(图 4),长江中游地区出现涝或旱的几率都相当大,只有 6 年

年内没有出现区域性偏涝,15 年内没有出现区域性偏旱。比较而言,出现涝的可能性要比出现旱的可能性大,在统计的 42 年时间内出现区域性偏涝的年份达 36 年,占总数的 86%;出现区域性偏旱的年份有 27 年,占总数的 64%;只有 1960 年既无涝月也无旱月出现,而有相当一部分年份既有涝又有旱发生。同时从图 4 中也不难看出,20 世纪 80 年代后,涝月数目增多,频率加快而旱月数目和出现的频率都在减少,同样也说明了以 20 世纪 80 年代初开始,长江中游的旱涝有从多旱型向多涝型的转变趋势。

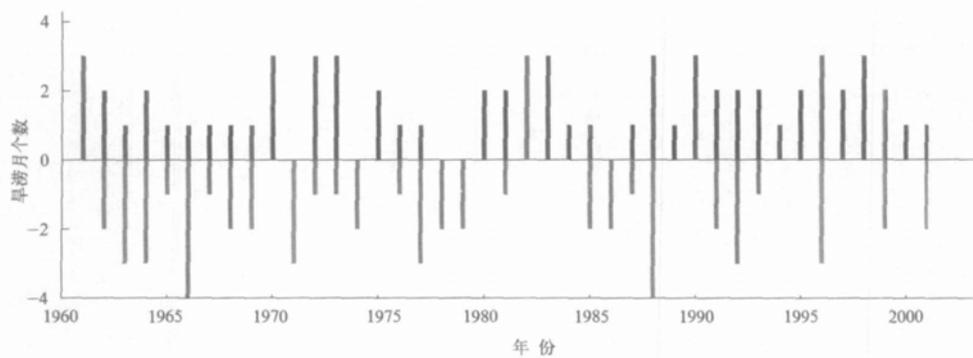


图 4 1960—2001 年年内出现涝月和旱月的月数(正:涝月;负:旱月)

长江中游地区每年的 5—9 月是年内主要的降水集中时期(汛期),5—9 月的涝或旱对农业生产和人们生活影响极大,按年内汛期出现 1 个月以上区

域偏涝时计为 1 次有涝年,1 个月以上区域偏旱时计为 1 次有旱年,长江中游地区汛期有涝年和有旱年的统计结果如表 1。

表 1 1960—2001 年汛期(5—9 月)出现 1 个月以上偏涝或偏旱的年份

	年数	年份
有涝年	20	1961,1962,1964*,1967,1969,1970,1973,1975,1977,1980,1981,1982,1984,1988*,1991*,1993*,1995,1996*,1998,1999
有旱年	14	1963,1964*,1966,1971,1974,1978,1985,1986,1988*,1991*,1992,1993*,1996*,2001

注:\*表示该年汛期洪涝和干旱相继出现。

1960—2001 年汛期(5—9 月)共有 29 年有不同程度的洪涝和干旱发生,发生频率达到了 69%;其中有 20 年汛期出现偏涝,占总数的 48%,14 年出现偏旱,占总数的 33%;其中有 5 年的汛期洪涝和干旱相继出现,约占总数的 12%。

### 3 旱涝时空分布特点

参考文献[7]的做法,根据区域内每个月降水距

平百分率的标准差分布(图略),可把长江中游地区旱涝分成 2—4 月,5—7 月,8—10 月和 11 月至次年 1 月 4 个不同阶段来讨论。图 5 是这 4 个阶段降水距平百分率的标准差分布综合图。从图 5 中可以看出,晚冬、春季和初夏(2—7 月,见图 5a 和图 5b)的降水距平百分率的标准差比盛夏、秋季和前冬(8 月至次年 1 月,见图 5c 和图 5d)明显偏小,说明在长江中游地区的盛夏、秋季和前冬的降水年际差异较大,易出现洪涝和干旱;而在晚冬、春季和初夏的降水则

相对要平稳一些,出现洪涝和干旱的可能性相对要小。表2是根据图3中各月旱涝等级指数统计出来的不同月份的旱涝分布情况,同样也说明8月至次年1月旱涝相对集中,尤其是这一时段出现的涝月要明显多于2—7月,说明夏季的洪涝是长江中游的

一个主要气象灾害。另外,从表2看,出现在2—7月的旱涝总月份也不少,但这段时期内的降水距平百分率标准差却比较小,说明2—7月的旱涝强度比较小。

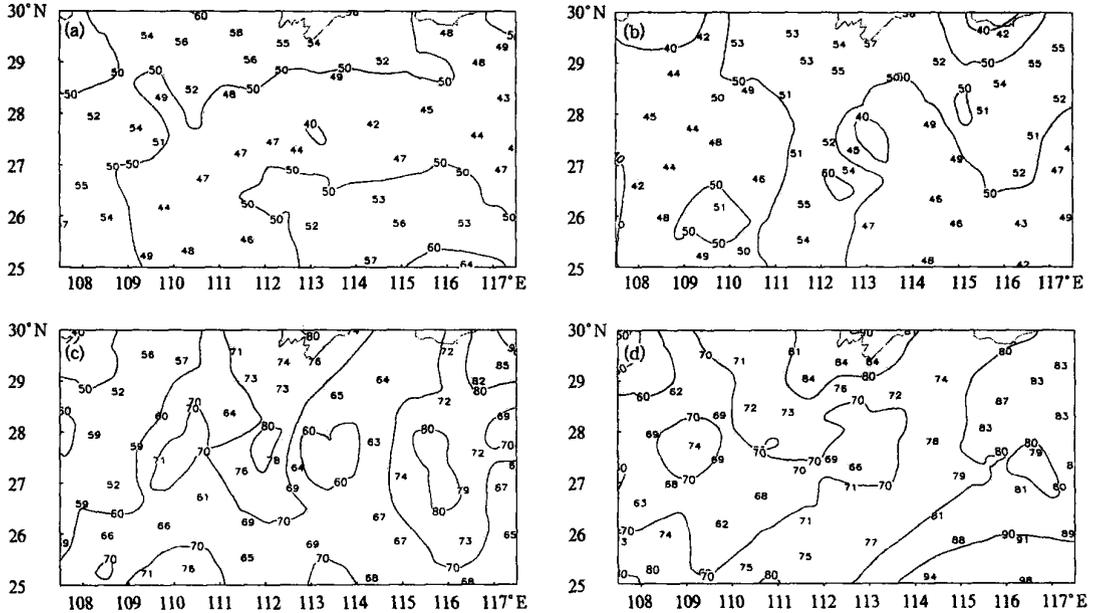


图5 降水距平百分率的标准差分布(单位:%)

(a) 2—4月,(b) 5—7月,(c) 8—10月,(d) 11月至次年1月

表2 1960—2001年区域内不同时段旱涝月数统计

	涝月数	旱月数	合计
2—7月	25	28	53
8月至次年1月	38	32	70

从区域上来看,2—4月降水距平百分率标准差较大的地区分布在区域的北部、西部和东南部,整个中部的相对较小,也就是说,2—4月易出现偏旱和偏涝的地区在长江中游的北部、西部和南部偏东的地方。5—7月,易发生偏涝和偏旱的地区主要在北部,而西部和东南部却相对稳定些;从气候上说,每年5—7月都是长江中游地区的雨水相对集中期,这就是这一时期降水距平百分率标准差相对较小的原因。8—10月,在湖南中部和北部的洞庭湖区,江西的东部,降水距平百分率达到最大,部分地方超过80%,说明在这些地方8—10月份降水极不稳定,出现旱涝的可能性较大。在这一时期,长江中游整个区域的降水距平百分率标准差都达到最大值,一般都超过了60%,所以整个区域8—10月都是旱涝的频发时段。8—10月长江中游地区降水相对较少,

出现这种不稳定性很可能主要是由频发的干旱事件造成的。11月至次年1月,降水距平百分率标准差也比较大,均超过了60%,与8—10月相比较,大值中心位置出现较大的差异,湖南的东南部、江西的西部以及洞庭湖区是相对较大区域,易出现旱涝。

综上所述,长江中游地区的旱涝主要集中在盛夏和秋季,随季节的变化,易出现旱涝的地域相应发生变化,但洞庭湖区是降水最不稳定区域,一年四季都易出现旱涝,这可能与特殊的地理位置有关。

## 4 旱涝的周期性分析

### 4.1 多通道奇异谱分析方法简介

多通道奇异谱分析<sup>[8]</sup>(Multi-channel Singular Spectrum Analysis,简称MSSA)的主要特点就是可以提取出 $L$ 维时间序列的谱性质,也就是说从场的序列中识别出传播型振荡。其主要原理就是对这 $L$ 维时间序列做滞后 $M$ 的排列( $M$ 称为滞后窗口),再对这个滞后矩阵作经验正交函数分解,得到它的

主要空间型和时间主成分,识别其时间序列的有用信息。

MSSA 选取适当的窗口长度  $M$  是关键。一般来说,  $M$  越大,谱分辨率就越灵敏,另外,  $M$  大时可分辨出相互接近的谱峰,但在重建成分中振荡的间歇时段定位粗糙,如果  $M$  大于振荡间歇性增强的持续时间,则重建成分将过低地估计增强时段的振幅,过高地估计在间歇时段的振幅。经过一些实验表明,当窗口长度为  $M$  时,能较好地识别周期为  $M/5 \sim M$  的振荡,可以根据这一标准适当选取  $M$ 。

MSSA 综合了 SSA(奇异谱分析)和 PCA(主成分分析)两个谱分析方法的优点。显然,在 MSSA 中取  $L=1$  时就是 SSA,取  $M=1$  就是常规的 PCA。

### 4.2 资料预处理

本研究的资料是选定区域内 50 个代表站的月降水资料,但不是直接对降水资料进行多通道奇异谱分析,而是进行了以下二步预处理:第一,对月降水资料采用  $Z$  指数方法逐一确定单站各月旱涝等级,并按照前文所指出的,用数字 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3 分别表示极涝、大涝、偏涝、正常、偏旱、大旱、极旱等级,构成 50 个代表站 42 年(504 个月)的月旱涝等级序列;第二,对旱涝等级序列进行 EOF 分解,把 EOF 的空间主成分(也称时间系数,记为 S-PC)作为 MSSA 的分析对象。

对 50 个代表站旱涝等级的 EOF 分析结果表明,空间 EOF(记为 S-EOF)的方差贡献率递减速度很快,比较大的值主要集中在前面几个(图略),如前 4 个 EOF 的方差贡献率分别为 45%, 13%, 7% 和 4%,其总和达到 69%,说明由少数几个 EOFs 就基本能反应长江中游旱涝的空间型分布,其时间系统也基本上反应了旱涝的时间变率。分析各个 EOF 空间型,可以看出长江中游地区旱涝分型主要有 4 类:第一类也是最重要的一类就是以湖南、江西为中心的大范围偏涝型(图 6a),尺度比较大,它的方差贡献率达 45%,明显强于其他空间型;接下来分别为西北偏涝-东南偏旱型(图 6b),西南偏涝-东北偏旱型(图 6c)和中部偏旱-西北和东南偏涝型(图 6d)。

为了分析所选区域旱涝时间序列的时间变率,选取旱涝等级时间序列的空间主成分作为研究对象,很显然这在理论上是可行的,同时由于少许几个 EOFs 的 S-PCs 能反应出整体时间变率,一方面可以减少一些非主要信号所造成的干扰,同时还可以减少计算量。前 10 个 S-EOFs 的总方差贡献率超过了 80%,所以下面就只对这 10 个 S-EOFs 所对应的 S-PCs 作多通道奇异谱分析,其窗口长度选定为 100 个月,能识别 20 个月至 100 个月的周期振荡成分。为了消除月际高频振荡成分,对时间序列还进行了 5 个月滑动平均处理。

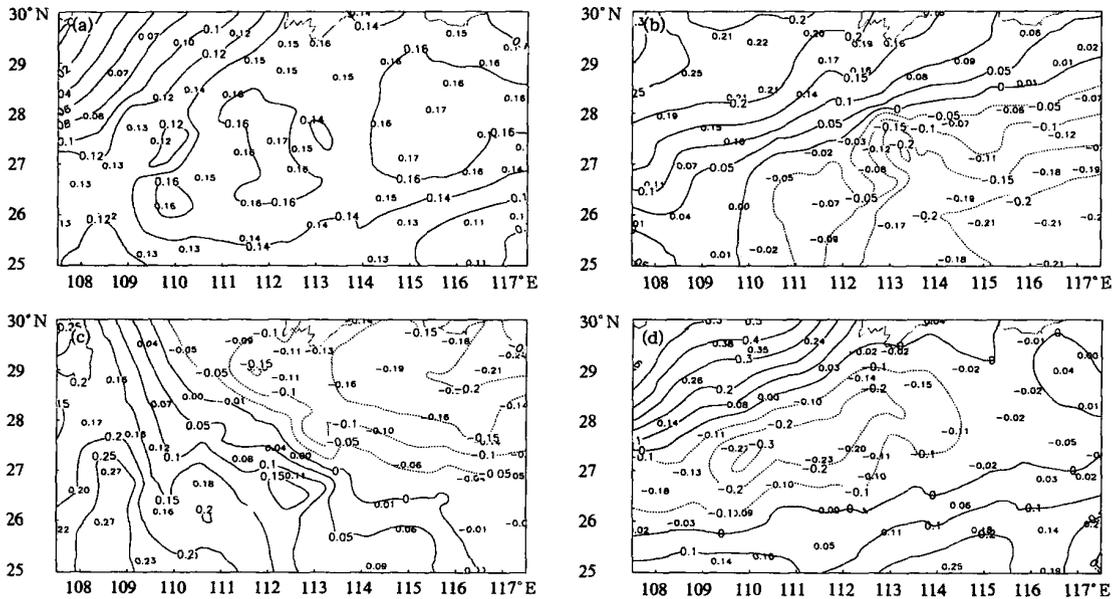


图 6 长江中游地区旱涝的主要空间型

(a) 大范围偏涝型, (b) 西北偏涝-东南偏旱型, (c) 西南偏涝-东北偏旱型, (d) 中部偏旱-西北/东南偏涝型

### 4.3 MSSA结果分析

#### 4.3.1 周期性

按照上面所介绍的方法,经过多通道奇异谱分析,可以得到401个(由空间维数和窗口长度确定)特征值不为零的空间-时间特征向量(记为ST-EOF),其序列长度为1000(空间维数 $L \times$ 滞后窗口长度 $M$ ),和1000个空间-时间主成分(记为ST-PCs),其序列长度为401。分析ST-PCs的周期性也就能揭示出了原隐藏在S-PCs中或旱涝等级中的周期性质。

前32个ST-EOFs的方差贡献率见图7,可以看出前面几个ST-EOFs的方差贡献率比较大,后呈减小的趋势,并逐步接近零。这32个ST-EOFs的总

方差贡献率已接近70%,可以反应出ST-PCs的主要信号特征,所以我们只对前32个ST-PCs进行周期性研究。

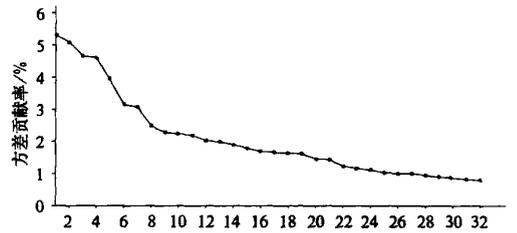


图7 前32个ST-EOFs的方差贡献率

图8是从这32个ST-PCs中选出的具有代表性的空间-时间主成分,其他一些周期性不明显或与其

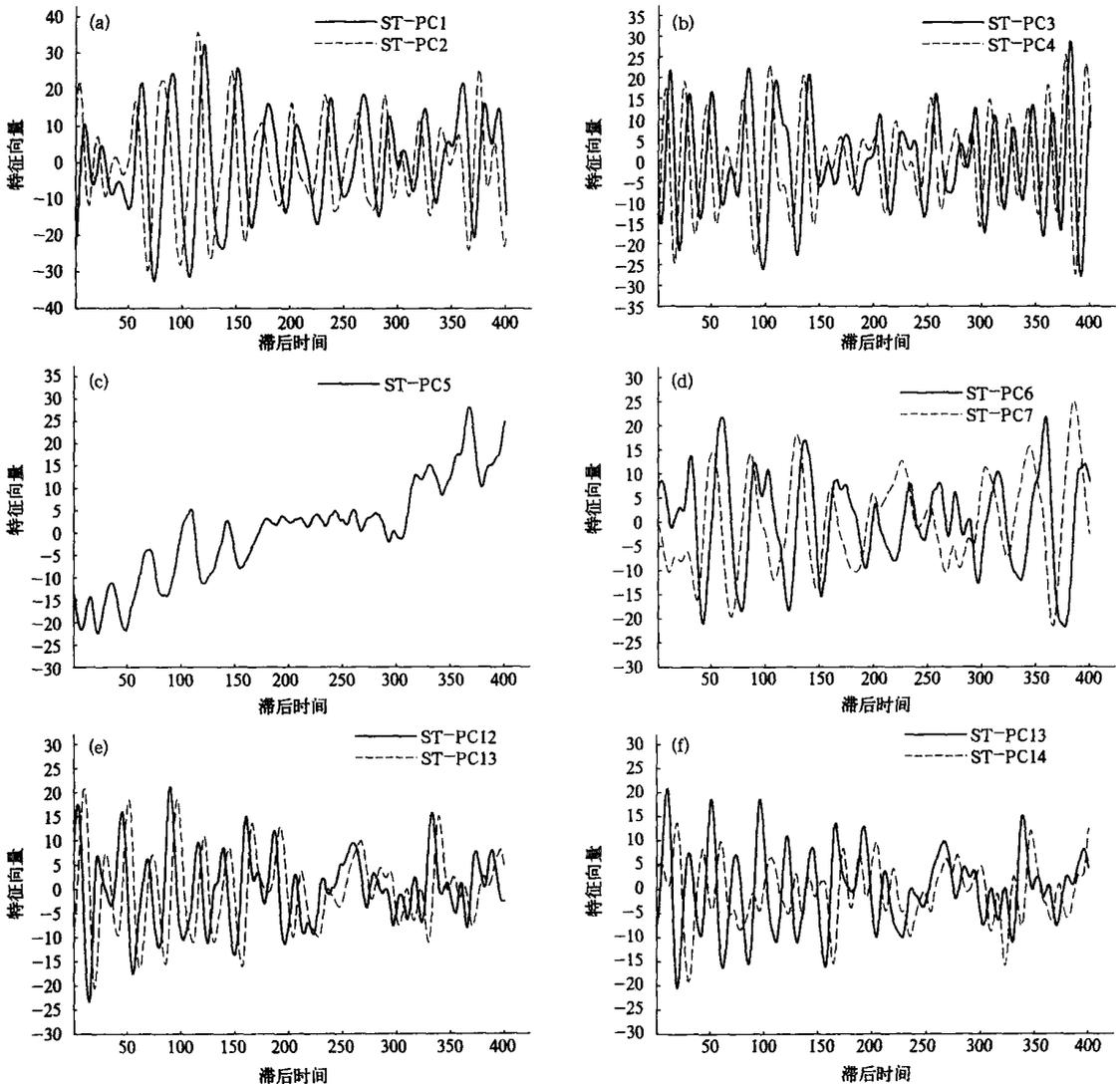


图8 部分空间-时间主成分(记为ST-PC)

(a) ST-PC1和ST-PC2, (b) ST-PC3和ST-PC4, (c) ST-PC5, (d) ST-PC6和ST-PC7, (e) ST-PC12和ST-PC13, (f) ST-PC13和ST-PC14

中某个相似或相近,这里就没有再列举。可以看到第 5 个空间-时间主成分具有明显的上升趋势,说明从 20 世纪 60 年代到 20 世纪末长江中游地区具有旱涝明显增多的趋势。其他几对如 ST-PC1 和 ST-PC2, ST-PC3 和 ST-PC4, ST-PC6 和 ST-PC7, ST-PC12 和 ST-PC13, ST-PC13 和 ST-PC14 都可直观地看出具有明显的周期性质,说明原 S-PCs 序列或旱涝等级序列中同样具有这样的周期信号。

MSSA 从场的序列中识别传播性振荡需要 1 对 ST-EOFs 和 1 对 ST-PCs 满足 3 个条件<sup>[6]</sup>: ① 两个相邻的特征值接近相等; ② 由对应的两个 ST-EOFs 描述的时间序列有相同的周期并且正交; ③ 这一对 ST-PCs 正交。MSSA 的所有特征值是按降序排列的,故只有相邻的两个特征值是接近相等的,如果这一对 ST-EOFs 是有相近周期的准周期序列,且对应的一对 ST-PCs 又是正交的,那么这一对 ST-PCs 的迟后相关系数随着迟后量的推移呈现周期性变化,理论上讲,两相同周期的正交序列当它们的位相相差 1/4 周期时,其相关系数达到最大(等于 1),这里给定的标准是只有当迟后相关系数能达到 0.7 以上就认为这一对 ST-EOFs 具有近似相同的周期,且当二者相关系数达最大时就是其位相移动了其周期的 1/4。由此可知,通过这一方法不仅能够判断哪一对

ST-PCs 及 ST-EOFs 反映原资料场中的某一周期振荡成分,而且还可以通过该方法估计这一周期振荡成分的周期,利用这一方法的分析结果见表 3。可以看出:长江中游地区的旱涝具有准 8 年、准 5 年、准 2 年和 4 年的周期振荡性质,其中准 8 年和准 5 年信号稍强。

表 3 主要成对 ST-PCs 的周期及方差贡献率

成对特征成分的序号	周期	方差贡献率/%
1 ~ 2	96 个月	5.31/5.09
3 ~ 4	60 个月	4.66/4.61
12 ~ 13	24 个月	2.02/1.99
13 ~ 14	48 个月	1.99/1.90

4.3.2 旱涝的年代际变化和准 2 年周期振荡

这里特别关注长江中游旱涝的趋势成分和较短周期的周期振荡性质。可以看到,由 MSSA 分析中的第 5 个空间-时间主成分主要反应了旱涝的年代际变化,第 12,13 个空间-时间主成分反应旱涝的准 2 年周期振荡性质。针对长江中游地区的 4 种主要旱涝空间型(图 6),分别用上述空间-时间主成分重建这 4 种旱涝空间型的空间主成分(也称为时间系数),可以分析这些旱涝空间型随时间的变化规律。图 9 为 ST-PC5 重建的 S-PC1-S-PC4。由此可见,ST-PC5 中的趋势成分反应在不同的 S-PCs 中是各

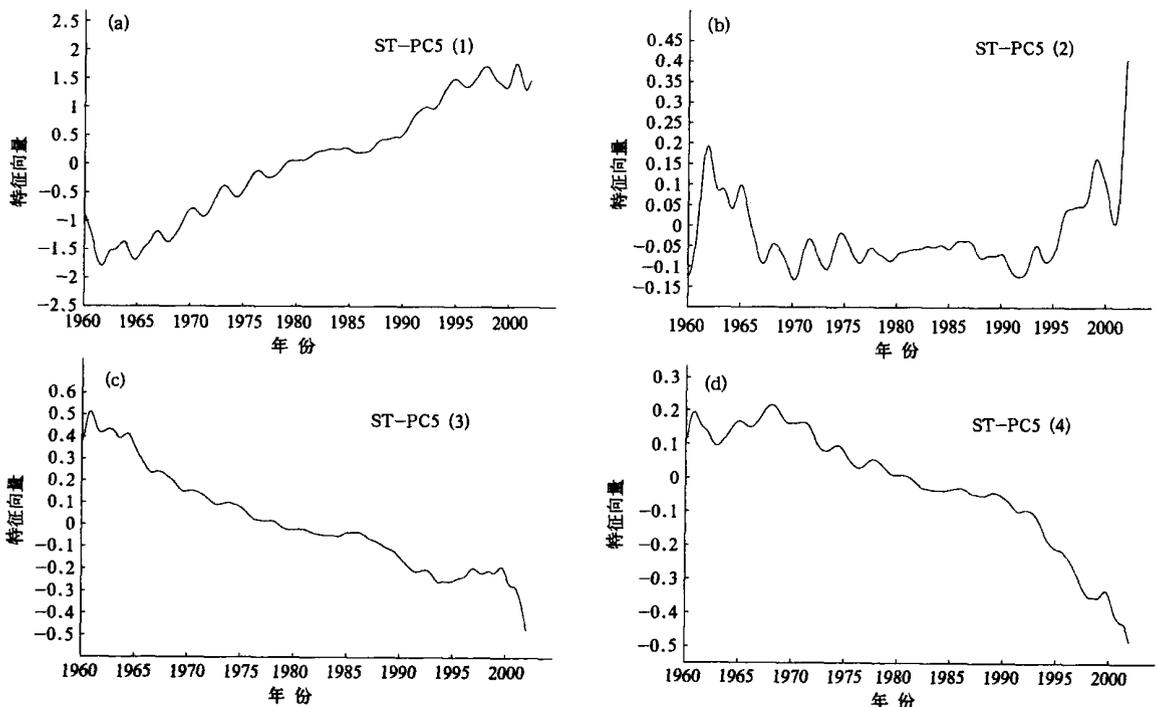


图 9 ST-PC5 的前 4 个通道的重建成分,(a) ~ (d) 分别对应第 1 ~ 4 个通道

不一样的,甚至相反。

这说明,不同的旱涝空间型所对应的不同的空间-主成分,由于第一空间型的方差贡献大,所以重建的第一个空间-主成分最接近原 ST-PC5。图中可以看出,ST-PC5 在第一通道的重建成分以 20 世纪 80 年代初为一个分界点,以前的值均是负值,后面的值均是正值(见图 9a),结合第一旱涝空间型不难发现,这正是前面所说的,20 世纪 80 年代是由多旱型向多涝型转变的一个转折点,也就是说长江中游大范围偏涝这一空间型(见图 6a)在 80 年代以后更加明显。图 9b 可以看出西北涝-东南旱型(见图 6b)在 90 年代开始也有加强的态势,但在此之前却表现不明显。而从图 9c 和图 9d 中可以看出,西南涝-东

北旱型(见图 6c)和中部旱-西北、东南涝型(见图 6d)在近 40 年来呈现出减弱趋势。

准 2 年周期振荡是在 ST-PC12 和 ST-PC13 这一对空间-时间系数中体现出来的。它们在原 EOF 中时间主成分的前 4 个通道的重建成分见图 10。可以看出,准 2 年周期振荡在第一通道和第二通道的前期体现得比较好,也就是说,从 20 世纪 60 年代到 80 年代初,长江中游的大范围偏涝型、西北偏涝-东南偏旱型具有典型的准 2 年周期性质,但其振幅是呈递减趋势。在 20 世纪 80 年以后,这种周期性表现得很不明显了,这可能是与前面所得出的结论在 20 世纪 80 年代长江中游旱涝特点发生明显变化有关。

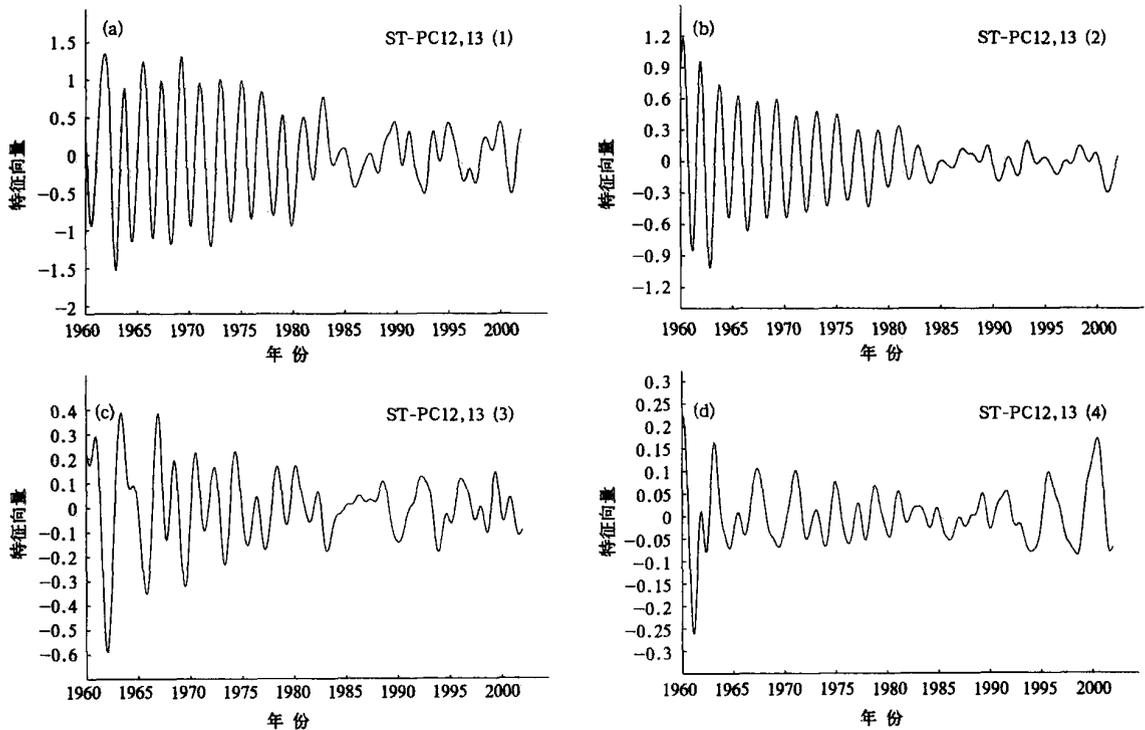


图 10 ST-PC12 和 ST-PC13 的前 4 个通道的重建成分,(a)~(d)分别对应第 1~4 个通道

## 5 结论与讨论

本文通过对长江中游地区 50 个代表站 1960—2001 年月降水资料的分析,得到长江中游地区的旱涝有如下几个特点:

1) 长江中游地区旱涝发生比较频繁,平均 1 年时间内大约有 1.6 个月区域性偏涝和 1.3 个月区域性偏旱。主要集中在盛夏,秋季和前冬,随季节的变

化,易出现旱涝的地域相应发生变化,但洞庭湖区始终是一个旱涝多发地。

2) 长江中游地区旱涝空间型主要表现为大范围偏涝型,西北涝-东南旱型,西南涝-东北旱型和中部旱-西北和东南偏涝型等 4 种类型。

3) 长江中游的旱涝存在明显的年代际变化。在 20 世纪 80 年代以前,长江中游地区以偏旱型为主,而到 80 年代以后则转变以偏涝型为主。

4) 长江中游地区旱涝也具有明显的年际尺度

变化。存在准 8 年、准 5 年、准 2 年和准 4 年周期振荡性质,其中准 2 年周期性性质在长江中游地区,20 世纪 80 年代以前表现十分明显,但在 80 年代以后表现就不明显了。

文章对长江中游地区旱涝的时空分布、主要空间模型以及周期性特点进行了初步研究,对长江中游旱涝有了一个新的认识。但就旱涝形成的物理机制在这里没有涉及,也是下一步将进行的主要工作。另一方面,文中运用多通道奇异谱分析方法得到长江中游地区旱涝的空间分型和相应的时间系数序列,如果利用各种统计学方法对时间系数做延伸预报,再结合对应的空间主成分就可以做出未来长江中游旱涝月预报,这也是值得继续进行研究的对象。

### 参考文献

[1] 王绍武,叶瑾林,龚道溢,等.中国东部夏季降水型的研究.应用

气象学报,1998,9(增刊):29-30.

- [2] 竺可桢.长江流域 1931 年 7 月雨量特多之原因 // 竺可桢文集.北京:科学出版社,1979:133-140.
- [3] 叶笃正,黄荣辉.长江黄河流域旱涝规律和成因研究.济南:济南科学技术出版社,1996:80-83.
- [4] 费亮,王玉清,薛宗元,等.赤道东太平洋海温与长江中下游地区降水异常的相关分析.气象学报,1993,51(4):442-447.
- [5] 朱益民,孙旭光,陈晓颖.小波分析在长江中下游旱涝气候预测中的应用.解放军理工大学学报(自然科学版),2003,4(6):90-93.
- [6] 鞠笑生,杨贤为,李丽娟,等.我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究.应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [7] 陈烈庭,吴仁广.中国东部的降水区划及各区旱涝变化的特征.大气科学,1994,18(5):586-595.
- [8] 吴洪宝.奇异谱和多通道奇异谱.气象教育与科技,1997,44(4):1-10.

## Characteristics of the Recent 40-year Flood/ Drought over the Middle Reaches of the Yangtze

Wu Xianyun<sup>1)</sup> Ding Yihui<sup>2)</sup> Wang Qi<sup>3)</sup> Ye Chengzhi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> (Hunan Provincial Meteorological Observatory, Changsha 410007)

<sup>2)</sup> (National Climate Center, Beijing 100081)

<sup>3)</sup> (Hunan Provincial Meteorological Service & Development Center, Changsha 410007)

### Abstract

Using the Z-index method and the 50-station monthly mean rainfall data over the middle reaches of the Yangtze from Jan 1960 to Dec 2001, the monthly flood/ drought grades of each station and the whole region are calculated. Through analyzing the monthly regional flood/ drought grades combined with the monthly standard deviation of precipitation, results show that both flood and drought events occur frequently over the middle reaches of the Yangtze during the recent 40 years with average about 1.3 drought months and 1.6 flood months per year, but the frequency and location of flood and drought are quite different from season to season. They mainly happen in midsummer and autumn with a large scale and the Dongting Lake is always among those flood or drought area likely owing to its special landform.

Using the EOF (empirical orthogonal function) method, the monthly flood/ drought grades of 50 stations from Jan 1960 to Dec 2001 are studied. Based on the first four S-EOFs, the floods/ droughts over the middle reaches of the Yangtze are mainly divided into the following four patterns: large scale flood in the whole region, flood in the northwest while drought in the southeast, flood in the southwest while drought in the northeast and drought in the center but flood all around, among which the first pattern is the dominating one whose deviation is much greater than those of the other three. That is to say flood over the middle reaches of the Yangtze is the major one in climate events.

The MSSA ( multi-channel singular spectrum analysis) method is used to analyze the first 10 S-PCs ( spatial-principal components) generated by the above EOF. It shows that the inter-decadal and inter-annual variations of flood/ drought over the middle reaches of the Yangtze are very clear. There is a sharp turning point in the early of 1980s, there are more droughts before and more floods after that period. So, since 1980s, floods occur frequently and become one of the biggest weather disasters over the middle reaches of the Yangtze. At the same time, the flood and drought in the middle reaches of the Yangtze have periodic characteristics of quasi-eight-year, quasi-five-year, quasi-biennial and quasi-quadrennial oscillations. Focusing on the details of the quasi-biennial oscillation of the flood/ drought, it is found that it is different from other researches. The flood/ drought's quasi-biennial oscillation in the target region is quite regular though its magnitude decreases gradually before the 1980s, but it is not clear after the 1980s.

**Key words:** Z-index; flood/ drought grades; EOF; MSSA