

周后福, 方茸, 张建军, 等. 2010. 基于SVD和修正Z指数的汛期旱涝预测及其应用 [J]. 气候与环境研究, 15 (1): 64-72. Zhou Houfu, Fang Rong, Zhang Jianjun, et al. 2010. Prediction for drought/flood during the flood season based on SVD method and modified Z-index and its application [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (1): 64-72.

基于SVD和修正Z指数的汛期旱涝预测及其应用

周后福^{1,2} 方茸³ 张建军^{1,2} 钱玉萍¹

1 安徽省气象科学研究所, 合肥 230031

2 安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室, 合肥 230031

3 合肥市气象局, 合肥 230031

摘要 利用奇异值分解(SVD)方法、500 hPa高度场、太平洋海温场和降水资料, 建立起汛期降水的预测方程; 经过适应本地化的Z指数修正, 将预测结果转化为旱涝等级; 将SVD技术与修正的Z指数结合起来, 实现旱涝的气候预测; 将研究成果推广应用到气象、防汛抗旱部门。结果表明: 1) 影响江淮分水岭地区汛期降水的因子有5个, 分别是太平洋地区2个, 印度半岛附近2个, 欧洲地区1个; 2) 理论上的Z指数等级不符合江淮分水岭地区的实际状况, 因而必须对Z指数进行修正。经过修正后的各个旱涝等级的划分概率较为合理, 说明Z指数的5级指标是可靠的; 3) 利用5个影响因子可以建立汛期降水量与影响因子之间的预报方程, 在共计8年的旱涝滚动预测和实况检验中, 等级相符的有7年, 只有2003年的预测试验相差一个等级, 5级的预测准确率达到87.5%; 4) 经过气象、防汛抗旱部门2008年的应用, 旱涝等级的预测意见和实际基本吻合, 说明预测技术的应用情况良好。

关键词 江淮分水岭 旱涝预测 奇异值分解 修正Z指数

文章编号 1006-9585 (2010) 01-0064-09 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

Prediction for Drought/Flood during the Flood Season Based on SVD Method and Modified Z-index and Its Application

ZHOU Houfu^{1,2}, FANG Rong³, ZHANG Jianjun^{1,2}, and QIAN Yuping¹

1 *Anhui Research Institute of Meteorological Science, Hefei 230031*

2 *Key Laboratory of Atmospheric Sciences and Satellite Remote Sensing, Anhui Province, Hefei 230031*

3 *Hefei Meteorological Office, Hefei 230031*

Abstract A forecast equation for drought/flood during the flood season is established, by using the Singular Value Decomposition (SVD) and the data of 500-hPa height field, Sea Surface Temperature (SST) in the Pacific Ocean, and precipitation. Prediction results are transformed into drought/flood grade after the modified Z-index is used. SVD method combined with modified Z-index is used to predict the drought and flood trend. The results are used in the meteorological department, the flood prevention and drought resisting department. The results are as follows: 1) There are five factors affecting the precipitation during the flood season in the Changjiang-Huaihe wa-

收稿日期 2008-10-30 收到, 2009-12-10 收到修定稿

资助项目 国家自然科学基金项目40675001、安徽省科技攻关计划07010202058和合肥市重点科研项目“基于SVD的合肥地区汛期旱涝气候预测研究应用”

作者简介 周后福, 男, 1965年出生, 博士生, 高级工程师, 主要从事灾害性天气分析模拟和气候预测研究。E-mail: zhf_ahqx@sohu.com

tershed. Two factors are in the Pacific region, two near the Indian Peninsula, and one around Europe. 2) The theoretical Z-index grade is not suitable for the Changjiang-Huaihe watershed, so Z-index has to be modified. Modified Z-index is more reasonable, which shows that the five grades of Z-index are reliable. 3) By using the above five factors, the prediction equation between the precipitation during the flood season and the effective factors is established. Among the drought/flood rolling prediction and practical test, the match grades can be seen in eight years, except 2003. The accuracy of the five grade reaches 87.5%. 4) According to the application in the meteorological department, the flood prevention and drought resisting department, the prediction opinions are in agreement with practical situation, which proves the application of the technology is in good condition.

Key words Changjiang-Huaihe watershed, drought/flood prediction, Singular Value Decomposition, modified Z-index

1 引言

江淮分水岭是长江流域与淮河流域的分界线，而江淮分水岭地区则是指江淮分水岭及其附近地区。该地区处于南北气候过渡带，干旱和洪涝灾害频繁发生，长期以来旱涝已经成为该地区最严重的自然灾害，极大地影响到社会经济的可持续发展。一般地，对于长江和淮河流域旱涝特征及其预测已给予特别的关注，而将江淮分水岭地区的旱涝预测作为研究对象并不多见，因此探讨江淮分水岭地区的旱涝预测方法具有一定的科学意义和应用价值。

奇异值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 技术通常是用来提取两个要素场之间最大相关程度的耦合信号 (魏凤英, 2000)，主要应用于场与场之间的诊断分析 (魏慧娟和熊伟, 2002)。国内外对于 SVD 技术的研究主要集中在找出同期两个要素场之间的关键信号上 (丁裕国和江志红, 1996; Mann and Park, 1996; 毛文书等, 2007; Zhang et al., 2008)，或者用于模式模拟和观测场之间的关系 (赵得明等, 2008)，或者用于距平方法的订正 (李芳等, 2005) 等。而本文应用 SVD 技术制作短期气候预测，与之前的预测思路有一些差异，其具体思路是：基于降水场和前期要素场，运用 SVD 技术得到降水场和前期要素场的关键地区、关键时段，再由前期要素场关键地区、关键时段的变化得到后期降水。因此可以利用前期要素场的变化进行降水的短期气候预测，从而实现汛期降水预测的目的。

近年来，利用 SVD 技术进行气候预测的工作取得了一定的进展。魏慧娟和熊伟 (2002) 利用

SVD 方法讨论夏季降水异常分布与前期大气环流之间的联系，得到一些很有意义的结果，为夏季降水预测提供参考。张礼平等 (2002) 以华中汛期降水场为左场，4 月北半球 500 hPa 高度场、海平面气压场、北太平洋海温场为右场，进行 SVD 分析和预报试验，所作的预测把降水分为 2 个等级，其结果令人满意。李跃清 (2003) 的研究表明，通过前期高原地面加热场、高原上空 100 hPa 高度场的 SVD 分析，成功提取了高原东侧地区降水场的前期预测信号；该文提出了一种很好的预测思路，但需要将其运用到降水预测试验上。张永领等 (2006) 指出，基于 SVD 迭代的气候预测模型是一种非常有效的短期气候预测途径，具有很强的应用价值；然而其研究是基于迭代模型的预测思路，和本文的预测思路有很大差异。综上所述，目前基于 SVD 技术实现旱涝短期气候预测的模型很少，因此本文提出利用 SVD 技术制作旱涝气候预测的思路与应用有较好的价值。

本文还涉及到一项工作就是旱涝等级的划分。有多种方法可以表示旱涝等级，概括起来大致可分气象指标、水文指标和农业指标。在实际气候业务中，经常使用降水量距平法、干燥度、Z 指数等方法划分旱涝等级；Z 指数较为客观地反映干旱程度，降水量距平百分率监测的干旱程度较轻，干燥度指标则夸大了干旱严重程度 (樊高峰等, 2006)。研究表明，Z 指数方法由于消除了量纲，将降水资料正态化处理，抵消了降水量平均值不同所造成的影响，相比于其他方法，是划分单站旱涝较好的指数 (鞠笑生等, 1997)，更适合在实际中使用 (吴贤云等, 2006)，因此选定 Z 指数的技术方法作为旱涝等级的划分依据。

2 数据与方法

2.1 数据

本文所使用的数据有：1) 江淮分水岭地区分布相对均匀的 18 个气象站 1957~2008 年汛期降水数据。2) 1956~2008 年逐月太平洋海表温度 (Sea Surface Temperature, SST) 格点数据, 其中 2008 年的数据仅为 1~4 月。涉及到的太平洋地区为 (0°~50°N, 120°E~85°W), 网格距为 5°(经度)×5°(纬度)。3) 1956~2008 年逐月 500 hPa 高度场北半球的格点数据, 其网格距是 10°(经度)×5°(纬度), 其中 2008 年的数据仅为 1~4 月。

2.2 SVD 技术

奇异值分解是以两个场之间最大协方差为基础进行展开的, 是研究两个场序列之间关系非常有用的工具。其计算简单, 没有系统误差, 不需设置参数, 具有较强的客观性, 在气象领域中得到广泛应用 (魏凤英, 2000)。某个模态的异性相关分布则揭示该模态左 (右) 场时间系数所反映的右 (左) 场时间变化程度大小的分布特征, 其显著相关区代表这两个场相互影响的“关键区”。本文采用 t 分布来检验相关系数的显著性。

2.3 Z 指数方法

本文引进 Z 指数的主要目的是划分旱涝等级。用六安、合肥、巢湖 3 个站汛期降水平均值作为江淮分水岭地区的降水, 其均值组成的序列可以理解为单站序列资料, 因此应用 Z 指数作江淮分水岭地区旱涝分析是可行的。

假定此时间段的降水量服从泊松-III 型分布, 通过对降水量 R_i 进行正态化处理, 可将其概率密度函数通过转换, 得到下式:

$$Z_i = \frac{6.0}{C_s} \times \left(\frac{C_s \times \varphi_i}{2} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6.0}{C_s} + \frac{C_s}{6.0}, \quad (1)$$

其中 C_s 为偏态系数, 用来检测数据是否服从正态分布 (马开玉等, 1993); φ_i 为标准变量。 C_s 和 φ_i 可由资料序列计算得到。Z 指数分级要求偏态系数 C_s 能通过检验, 只有经过了检验之后, 才能够认为 Z 指数是符合正态分布的。如果在显著水平 0.05 时, 当

$$|C_s| > 1.96 \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}} \quad (2)$$

(n 为样本数) 则拒绝假设, 认为时间序列不服从正态分布; 否则就认为序列遵从正态分布 (黄嘉佑, 2000)。

3 影响因子的确定

3.1 影响因子的标准

基于 SVD 的 Fortran 算法程序, 分别计算江淮分水岭地区的汛期降水量和要素场 (即 500 hPa 高度场、北太平洋海温场) 之间的异性相关场。由于汛期降水量的时间尺度为 5 个月, 因此所对应的要素场时间尺度要与其大体匹配, 采用包括 3 个月的季节要素场进行计算。

影响因子包括影响降水的关键区和关键时段, 其确定标准为: 首先计算要素场与降水场之间的相关系数, 得出要素场各个格点上的数值; 然后计算降水场与要素场之间的相关系数, 得出降水场各个站点上的数据; 最后检查各个格点或站点的相关系数是否通过检验, 通过显著性检验而且分布区域较大的则视为关键区, 其所对应的时段为关键时段。

具体过程为: 将要素场的时间系数分别与降水场的时间系数求相关, 同时将降水场的时间系数与要素场的时间系数求相关, 分别得出左右场的相关系数; 根据相关系数通过 t 分布的显著性检验, 或转化为相关系数的检验方法来检验其显著性, 提取影响降水的关键区——影响因子; 取显著水平 0.1, 相关系数达到 0.232 时, 或取显著水平 0.05, 相关系数达到 0.276 时, 可以认为通过显著性检验, 此时得到的因子即为影响因子。

3.2 具体影响因子

基于 1956~2008 年时间序列, 经过汛期降水场与前期要素场之间的异性相关系数的比较, 满足显著性检验而且区域相对较大的关键区及其关键时段一共有 5 个, 即 5 个影响因子或预报因子, 每个影响因子都包含关键区和关键时段两个因素。具体影响因子分别是:

(1) 同年春季西北欧地区 500 hPa 高度场 15 个格点, 这些格点的相关系数都为正值 (见图 1a), 介于 0.278~0.393 之间, 可通过显著水平为 0.05 的显著检验; 格点位于 (60°N~75°N,

40°E~20°W) 之内。图 1b 显示, 江淮分水岭地区站点的系数都在 0.4 以上, 也满足 0.05 显著性检验。因此影响因子的关键区位于西北欧地区, 关键时段为同年春季。

(2) 上年冬季印度半岛 500 hPa 高度场 12 个格点, 这些格点的相关系数都为负值 (图 2a), 介于 -0.290~-0.442 之间, 都通过了 0.05 的显著检验; 格点在 (20°N~30°N, 65°E~85°E) 之内。

所对应的江淮分水岭地区的相关系数 (图 2b) 皆为负数, 大部分的绝对值大于 0.3, 可通过 0.05 的显著检验, 因此其关键区位于印度半岛附近, 关键时段为上年冬季。

(3) 上年秋季阿拉伯海 500 hPa 高度场 6 个格点, 这些格点的相关系数都为负值 (图 3a 中阴影所示), 介于 -0.276~-0.406 之间, 能通过显著水平 0.05 的显著检验; 位于 (15°N~25°N,

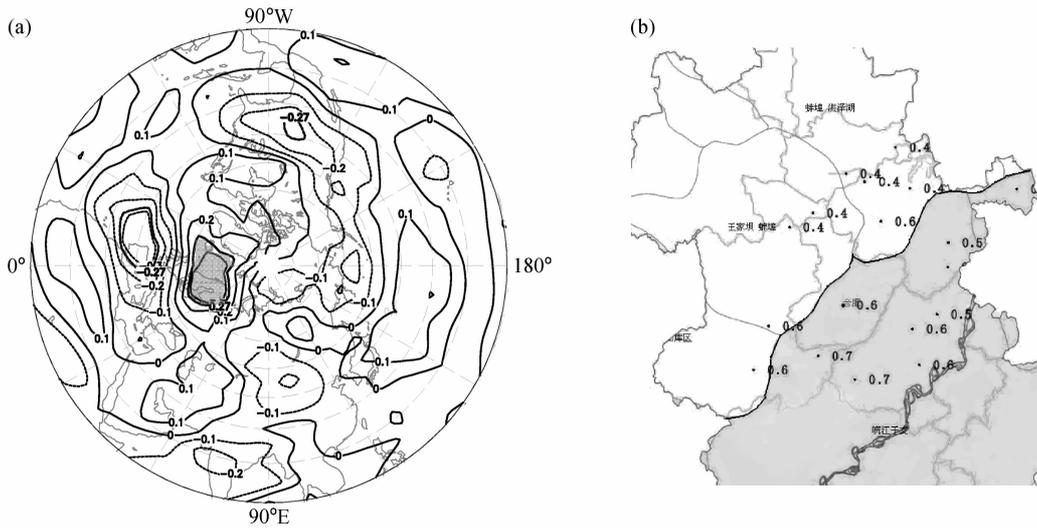


图 1 同年春季异性相关场分布: (a) 500 hPa 高度场 (阴影表示关键区); (b) 降水场

Fig.1 The distribution of heterogeneous correlations in the spring of the same year: (a) Height field at 500 hPa (shaded area denotes the key area); (b) precipitation field

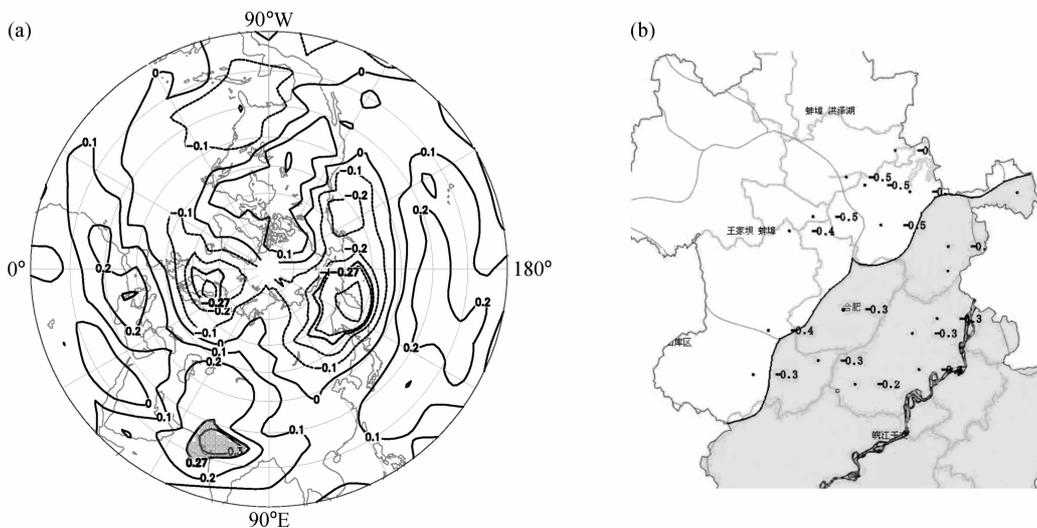


图 2 上年冬季异性相关场分布: (a) 500 hPa 高度场 (阴影表示关键区); (b) 降水场

Fig.2 The distribution of heterogeneous correlations in the previous winter: (a) Height field at 500 hPa (shaded area denotes the key area); (b) precipitation field

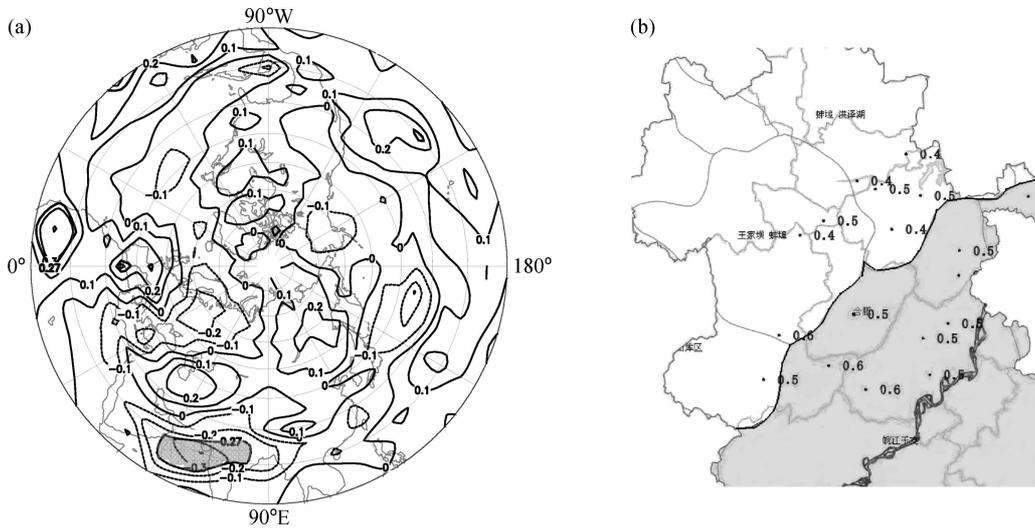


图3 上年秋季异性相关场分布: (a) 500 hPa 高度场 (阴影表示关键区); (b) 降水场

Fig. 3 The distribution of heterogeneous correlations in the previous autumn: (a) Height field at 500 hPa (shaded area denotes the key area); (b) precipitation field

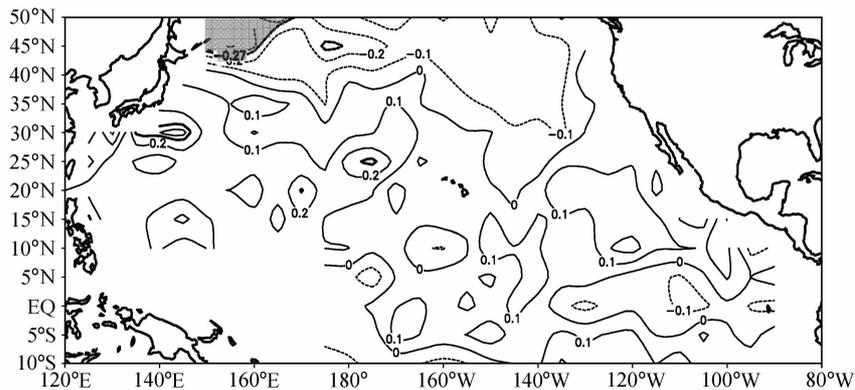


图4 同年春季 SST 的异性相关场分布 (阴影为关键区)

Fig. 4 The distribution of heterogeneous correlations of the SST in the spring of the same year (shaded area denotes the key area)

60°E~80°E) 之内。所对应的江淮分水岭地区的相关系数 (图 3b) 皆为负数, 绝对值都大于 0.4, 也可通过 0.05 的显著检验, 因此其关键区位于阿拉伯海附近, 关键时段为上年秋季。

(4) 同年春季北太平洋北部 SST 场 5 个格点, 这些格点的相关系数都为负值, 见图 4 中阴影所示, 介于 -0.293~-0.415 之间; 格点位于 (45°N~50°N, 150°E~165°E) 之内。每个相关系数都通过了显著水平 0.05 的显著检验。所对应的江淮分水岭地区的相关系数 (图 1b) 也可通过检验。因此其关键区在北太平洋北部, 关键时段为同年春季。

(5) 上年秋季北太平洋中部 SST 场 7 个格点, 这些格点的相关系数都为负值, 见图 5 中阴影所示, 介于 -0.269~-0.380 之间; 格点处在 (30°N~40°N, 165°W~175°W) 之内。其中 6 个的相关系数都通过了显著水平 0.05 的显著检验, 还有一个通过了显著水平 0.1 的显著检验。所对应的江淮分水岭地区的相关系数 (图 3b) 也可通过检验。因此其关键区在北太平洋中部, 关键时段为上年秋季。

为了更清楚地说明 5 个影响因子, 表 1 给出了其基本属性。由表 1 可知, 500 hPa 高度场的影响因子有 3 个, SST 场有 2 个; 正相关属性的有 1

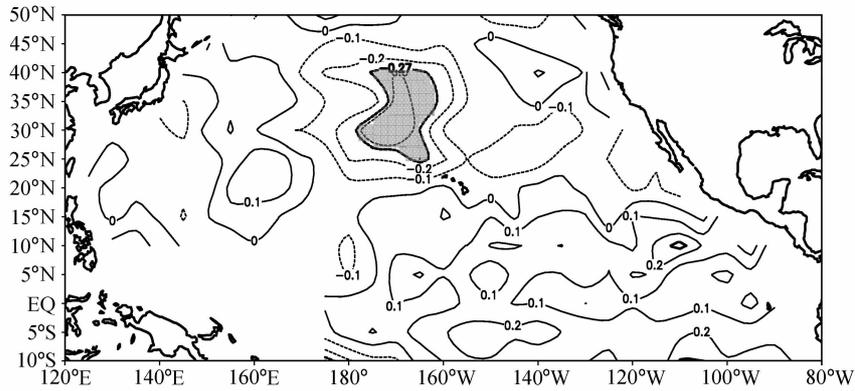


图 5 上年秋季 SST 的异性相关场分布 (阴影为关键区)

Fig. 5 The distribution of heterogeneous correlations of the SST in the previous autumn (shaded area denotes the key area)

表 1 影响因子的基本属性

Table 1 Basic property of the influence factors

序号	要素场	正负属性	关键区	关键时段
1	500 hPa 高度场	+	西北欧地区	同年春季
2	500 hPa 高度场	-	印度半岛附近	上年冬季
3	500 hPa 高度场	-	阿拉伯海附近	上年秋季
4	SST 场	-	北太平洋北部	同年春季
5	SST 场	-	北太平洋中部	上年秋季

个, 负相关属性的有 4 个, 负相关个数远多于正相关个数; 关键区在太平洋的有 2 个, 印度半岛附近的有 2 个, 欧洲的有 1 个; 关键时段在同年春季的有 2 个, 在上年度的有 3 个。这 5 个影响因素都反映出前期大气环流和海温场对合肥地区汛期降水的遥相关特征。

4 方程的建立

本文要建立的是汛期降水量与预报因子之间的预报方程, 这里采用回归方法建立降水量预报方程。基于 1957~2001 年预报因子的时间序列可以建立 2001 年汛期降水量的预报方程, 其他年份的预报方程以此类推, 这样可以实现汛期降水量的滚动预测。

滚动预报方程的各个系数见表 2。表中 x_0 为回归方程中的常数项, x_1-x_5 的含义即表 1 中的 5 个因子。由表 2 可知, 常数项介于 3845.0~4960.1, 最大值比最小值多出 29.0%; x_1 介于 14.4~16.9 之间, 随年份有增加趋势; x_2 介于 2.51

表 2 滚动预报方程系数

Table 2 Coefficients of the rolling prediction equations

年份	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
2001	4938.4	14.4	2.51	-62.6	45.1	26.8
2002	4960.1	15.4	5.85	-60.9	54.7	13.7
2003	4431.5	15.6	5.95	-57.5	52.6	22.6
2004	4322.6	16.4	6.00	-56.7	51.9	21.5
2005	4362.8	16.2	5.98	-57.0	51.8	21.5
2006	3984.1	16.9	6.42	-55.7	49.7	29.3
2007	3910.3	16.8	6.40	-55.6	49.5	32.0
2008	3845.0	16.9	6.71	-55.0	49.1	31.4

~6.71 之间, 还是随着年份的推移逐步增加; x_3 介于 -55.0~-62.6 之间, 总体趋势是随着年份的推移逐步增加; x_4 介于 45.1~54.7 之间, 随着年份的推移先增加后减少; x_5 介于 13.7~32.0 之间, 变化相对较复杂。

5 Z 指数的修正

根据上述建立的预报方程, 可以实施降水量的气候预测, 但是在实际业务以及科研工作中, 预测的是降水等级。因为依赖现有的科技条件, 对短期气候做定量的预测还有相当难度, 因此制作旱涝等级的预测意义更大。本文利用 Z 指数进行旱涝等级的划分, 在此过程中发现理论上的 Z 指数等级不符合江淮分水岭地区的实际状况, 因而必须对 Z 指数进行修正, 以满足本地区旱涝等级的需要。

首先验证 Z 指数时间序列是否服从正态分布规律。经过统计, 江淮分水岭地区 52 年 Z 指数时间序列的偏态系数为 0.222, 小于公式 (2) 计算得到的 0.629, 该序列服从正态分布, 因此 Z 指数旱涝等级的分析才有意义。

Z 指数的旱涝分级通常分为 7 级 (表 3), 一般要求特涝和特旱所占比例分别为 5%, 大涝和大旱所占比例分别为 10%, 偏涝和偏旱所占比例分别为 15%, 正常级所占比例为 40%。据此概率分布情况, 经过正态分布表的查算 (黄嘉佑, 2000), 得到相应的 Z 值范围。

表 3 的 Z 值范围是根据理论概率推算的, 其界限值具有对称性。表 3 同时给出依据 Z 值范围划分的实际概率。实际概率与理论概率相比, 2 级接近, 7 级大体接近, 1 级、6 级差别较大 (皆明显偏少), 7 级次数远多于 6 级。总体来看, 根据 Z 指数理论概率划分的 7 个等级的分布概率与实际不尽相符, 说明 Z 指数旱涝等级的界限值存在问题。因此需要对此作适当修正, 使旱涝等级的分布尽量接近江淮分水岭地区的实际状况。

对 Z 指数界限值的调整要满足两条原则: 首先是划分后的旱涝年份要大体相当, 即旱的年份要接近于涝的年份; 其次是在原有 Z 指数界限值基础上作微调, 调整的幅度一般以 20% 为界。同时考虑到实际业务应用和科学研究中还广泛用到 5 级旱涝分级, 而本文也是用 5 级划分的, 因此给出 Z 指数的 5 级划分标准。5 级旱涝等级的划分通常应用降水距平百分率、降水均值和方差等形式, 很少见到用 Z 指数划分 5 级旱涝等级。本文将依据 Z 指数的理论概率作 5 级旱涝等级的划分。理论概率上, 大涝和大旱都为 10%, 偏涝和偏旱

表 3 Z 指数 7 级旱涝分级指标
Table 3 Seven grades of Z -index

等级	理论概率	Z 值范围	累计频率 $P(Z)$	实际概率
1 级特涝	5%	$Z \geq 1.645$	$95\% \leq P(Z)$	1.9%
2 级大涝	10%	$1.042 \leq Z < 1.645$	$85\% \leq P(Z) < 95\%$	9.6%
3 级偏涝	15%	$0.526 < Z < 1.042$	$70\% < P(Z) < 85\%$	21.2%
4 级正常	40%	$-0.526 \leq Z \leq 0.526$	$30\% \leq P(Z) \leq 70\%$	32.7%
5 级偏旱	15%	$-1.042 < Z < -0.526$	$15\% < P(Z) < 30\%$	23.1%
6 级大旱	10%	$-1.645 < Z \leq -1.042$	$5\% < P(Z) \leq 15\%$	3.8%
7 级特旱	5%	$Z \leq -1.645$	$P(Z) \leq 5\%$	7.7%

都为 20%, 正常级也是 40%。据此理论概率可以查算出 Z 值范围。

由表 4 可知, 正常 (3 级) 级别占 32.7%、大涝 (1 级) 级别占 5.8%, 与理论概率相比明显偏低; 偏涝 (2 级) 占 26.9%, 则明显偏高。因此也需要对 5 级旱涝等级标准重新修正, 重点在于修改 Z 指数各个级别的边界。经过修正后的 5 级旱涝分级指标见表 5。由表 5 可见, 修正后的 5 级指标所占比例分别为: 大涝 9.6%, 大旱 11.5%, 较为接近 10% 的理论概率; 偏涝 21.2%, 偏旱 15.4%, 在理论概率 20% 左右; 正常级 42.3%, 非常近于理论概率的 40%, 因而经过调整之后旱涝等级的划分更加接近理论值, 说明这种 Z 指数的分级是可靠的。

6 预测试验与应用

利用 SVD 分析技术, 分别根据江淮分水岭地区的汛期降水量与前期 500 hPa 高度场、太平洋海温场的异性相关结果, 找出汛期降水量的预报因子, 由此得到汛期降水量的预报方程; 然后采用修正后的 Z 指数 5 级旱涝划分标准, 将预测得出的汛期降水量转化为旱涝等级, 实现江淮分水岭地区旱涝等级的气候预测。

表 4 Z 指数 5 级旱涝分级指标
Table 4 Five grades of Z -index

旱涝分级	理论概率	Z 值范围	实际概率
1 级大涝	10%	$Z \geq 1.282$	5.8%
2 级偏涝	20%	$0.526 \leq Z < 1.282$	26.9%
3 级正常	40%	$-0.526 < Z < 0.526$	32.7%
4 级偏旱	20%	$-1.282 < Z \leq -0.526$	23.1%
5 级大旱	10%	$Z \leq -1.282$	11.5%

表 5 修正后的 Z 指数 5 级旱涝分级指标
Table 5 Five grades of modified Z -index

旱涝分级	Z 值范围	调整后概率
1 级大涝	$Z \geq 1.20$	9.6%
2 级偏涝	$0.63 \leq Z < 1.20$	21.2%
3 级正常	$-0.63 < Z < 0.63$	42.3%
4 级偏旱	$-1.20 < Z \leq -0.63$	15.4%
5 级大旱	$Z \leq -1.20$	11.5%

在 2001~2008 年共 8 年的旱涝滚动预测和实况检验中, 等级相符的有 7 年, 只有 2003 年的预测试验相差一个等级, 5 级的预测准确率达到 87.5%。这种准确程度超过目前全国平均短期气候预测准确率, 达到汛期旱涝等级预测的目的。该方法于 2008 年开始应用到气象部门, 包括合肥市气象局等单位, 和本地的降水与旱涝等级情况进行对比, 发现预测情况与实际情况较为吻合。同样地, 将该预测结果于 2008 年应用到合肥市防汛抗旱指挥部, 经过该单位的验证, 表明旱涝等级的预测意见和实际基本吻合。

7 结语

本文将 SVD 统计技术转化为预测技术, 实现统计手段向预测手段的转变; 将 SVD 技术与经过修正的 Z 指数结合起来, 实现旱涝等级的气候预测; 同时将研究成果及时地应用到气象、防汛抗旱部门, 发挥科研成果的社会价值。研究与应用结果表明:

(1) 江淮分水岭地区汛期降水的影响因子有 5 个: 同年春季西北欧 500 hPa 高度场 15 个格点、上年冬季印度半岛 500 hPa 高度场 12 个格点、上年秋季阿拉伯海 500 hPa 高度场 6 个格点、同年春季北太平洋北部 SST 场 5 个格点和上年秋季北太平洋中部 SST 场 7 个格点均值。

(2) 理论上的 Z 指数等级不符合江淮分水岭地区的实际状况, 因而必须对 Z 指数进行修正, 以适应本地区旱涝等级划分的需要。经过调整, 各等级的旱涝概率更加接近理论值, 说明 Z 指数的 5 级指标是可靠的。

(3) 利用 5 个影响因子可以建立汛期降水量与影响因子之间的预报方程, 在共计 8 年的旱涝滚动预测和实况检验中, 等级相符的有 7 年, 5 级的预测准确率达到 87.5%。

(4) 经过气象、防汛抗旱部门 2008 年的应用, 旱涝等级的预测意见和实际基本吻合, 说明预测技术的应用情况良好。

本文进行了 Z 指数 5 级旱涝等级的划分并建立了基于 SVD 技术和 Z 指数旱涝等级的汛期预测技术。然而本文所建立的预测试验的样本数不大, 需要加大样本数进行试验和改进, 且预测思路也

仅是众多预测思路中的一种。对于江淮分水岭汛期降水及其旱涝等级的预测, 可以进行各种预测手段的尝试, 甚至进行各种预测方法的集成, 或许会发现有更好的解决办法。只有通过不断地总结和完善的, 才能更好地找出汛期旱涝预测的方法和思路, 进一步满足政府和社会大众的需求。

参考文献 (References)

- 丁裕国, 江志红. 1996. SVD 方法在气象场诊断分析中的普适性 [J]. 气象学报, 54: 365 - 372. Ding Yuguo, Jiang Zhihong. 1996. Generality of singular value decomposition in diagnostic analysis of meteorological field [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 54: 365 - 372.
- 樊高峰, 苗长明, 毛裕定. 2006. 干旱指标及其在浙江省干旱监测分析中的应用 [J]. 气象, 32 (2): 70 - 74. Fan Gaofeng, Miao Changming, Mao Yuding. 2006. Application of drought indexes to dryness assessment in Zhejiang Province [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 32 (2): 70 - 74.
- 黄嘉佑. 2000. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 26. Huang Jiayou. 2000. Meteorological Statistic Analysis and Prediction Method [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 26.
- 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟, 等. 1997. 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, 8 (1): 26 - 33. Ju Xiaosheng, Yang Xianwei, Chen Lijuan, et al. 1997. Research on determination of station indexes and division of regional flood/drought grades in China [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 8 (1): 26 - 33.
- 李芳, 林中达, 左瑞亭, 等. 2005. 基于经验正交函数和奇异值分解对东亚季风区跨季度夏季降水距平的订正方法 [J]. 气候与环境研究, 10 (3): 658 - 668. Li Fang, Lin Zhongda, Zuo Ruiting, et al. 2005. The methods for correcting the summer precipitation anomaly predicted extra seasonally over East Asian monsoon region based on EOF and SVD [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (3): 658 - 668.
- 李跃清. 2003. 青藏高原地面加热及上空环流场与东侧旱涝预测的关系 [J]. 大气科学, 27 (1): 107 - 114. Li Yueqing. 2003. Surface heating in the Tibetan Plateau and general circulation over it and their relations with the prediction of drought - flood at its eastern side [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 27 (1): 107 - 114.
- 马开玉, 丁裕国, 屠其璞, 等. 1993. 气候统计原理与方法 [M]. 北京: 气象出版社, 30 - 33. Ma Kaiyu, Ding Yuguo, Chu Qipu, et al. 1993. Climatic Statistic Theory and Methods [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 30 - 33.
- 毛文书, 王谦谦, 景艳, 等. 2007. 江淮梅雨与冬季西太平洋海温的 SVD 分析 [J]. 气象, 33 (8): 83 - 89. Mao Wenshu,

- Wang Qianqian, Jing Yan, et al. 2007. SVD analysis of precipitation in the Changjiang-Huaihe River valley and the sea surface temperature of the western Pacific Ocean in winter [J]. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 33 (8): 83-89.
- Mann M E, Park J. 1996. Joint spatiotemporal modes of surface temperature and sea level pressure variability in the Northern Hemisphere during the last century [J]. *J. Climate*, 9: 2137-2162.
- 魏凤英. 2000. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 173-181. Wei Fengying. 2000. *Modern Climatic Statistical Diagnosis and Prediction Technology* [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 173-181.
- 魏慧娟, 熊伟. 2002. SVD 方法在夏季降水预测中的应用 [J]. *河南气象*, (2): 3-5. Wei Huijuan, Xiong Wei. 2002. SVD method's application on precipitation prediction in the summer [J]. *Meteorology Journal of Henan* (in Chinese), (2): 3-5.
- 吴贤云, 丁一汇, 王琪, 等. 2006. 近 40 年长江中游地区旱涝特点分析 [J]. *应用气象学报*, 17 (1): 19-28. Wu Xianyun, Ding Yihui, Wang Qi, et al. 2006. Characteristics of the recent 40-year flood/drought over the middle reaches of the Yangtze [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 17 (1): 19-28.
- 张礼平, 柯怡明, 胡江林, 等. 2002. SVD 方法在场分析和预测中的应用 [J]. *热带气象学报*, 18 (3): 237-244. Zhang Liping, Ke Yiming, Hu Jianglin, et al. 2002. Singular value decomposition and its application in analysis and forecast of field [J]. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 18 (3): 237-244.
- Zhang R, Busalacchi A J, DeWitt D G. 2008. The roles of atmospheric Stochastic Forcing (SF) and oceanic entrainment temperature (T_e) in decadal modulation of ENSO [J]. *J. Climate*, 21: 674-704.
- 张永领, 吴胜安, 丁裕国, 等. 2006. SVD 迭代模型在夏季降水预测中的应用 [J]. *气象学报*, 64 (1): 121-127. Zhang Yongling, Wu Sheng'an, Ding Yuguo, et al. 2006. Forecast of summer precipitation based on SVD iteration model [J]. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 64 (1): 121-127.
- 赵得明, 符淙斌, 苏炳凯. 2008. MM5V3 对东亚区域大气环流模拟能力的检测 [J]. *气候与环境研究*, 13 (1): 1-9. Zhao Deming, Fu Congbin, Su Bingkai. 2008. Testing the ability of MM5V3 to simulate atmosphere circulation in East Asia [J]. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 13 (1): 1-9.