

# 中国旱涝极端事件前兆信号及可预测性研究\*

张璐<sup>1) 2)</sup> 章大全<sup>1)</sup> 封国林<sup>2) 3)</sup>

1) (兰州大学大气科学学院, 兰州 730000)

2) (北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

3) (国家气候中心中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

(2009 年 9 月 27 日收到; 2009 年 11 月 18 日收到修改稿)

基于百分位, 研究了 Lorenz 系统极端事件的前兆信号分布特征及可预测性; 利用前兆信号及接收器算子特征曲线 (receiver operator characteristic curve, ROC 曲线) 对中国旱涝极端事件可预测性进行研究, 得到了极端事件的可预测效果与序列的自相关性、极端事件的极端程度之间的关系. 研究表明, 无论是 Lorenz 系统分量序列还是 Palmer 干旱指数序列 (Palmer drought severity index, PDSI), 存在极端事件的可预测性随极端程度增强而增加的现象. 同时对各区域极端旱涝事件前兆信号及可预测性进行分析, 为中国旱涝极端事件的预测提供一定科学依据.

关键词: 极端事件, 前兆信号, 可预测性

PACC: 9260X

## 1. 引 言

气候系统是一个非线性、耗散的复杂系统, 决定了未来的气候极值是非平稳的、难以预报的. 目前的动力气候模式对描述气候系统已有相当高的水平, 但也只能粗略地模拟出平均气候状况的变化, 对于各种时间尺度的变率的模拟, 尤其极端事件的模拟, 效果还不理想, 因此需从多个途径来发展气候预测技术.

在全球变暖背景下, 极端事件的频次、强度都发生了显著的变化, 因此极端事件的预测问题已成为研究热点之一. 传统的统计预测方法是根据历史资料, 运用科学方法建立数学模型, 以预测对象未来的变化<sup>[1-5]</sup>. 该方法对气候要素的平均态具有较强的预测能力, 但对极端气候事件的预测能力相对欠缺, 同时极端气候事件预测模型的构建往往受到极端事件样本量不足的限制. 目前, 数理科学中常采用寻找极端事件前兆信号的预测方法<sup>[6]</sup>, 即极端事件发生前的典型信号, 预测下一次极端事件发生的可能性. 该方法针对极端事件, 运用概率论确定极端事件的前兆信号, 并对前兆信号的预测能力

进行评估. 此外极端事件的可预测性有多大, 是否极端程度越高, 极端事件可预测性越差? 这些都是亟待解决的问题.

本文对具有一定气象背景的 Lorenz 系统进行研究, 利用相似度最大值策略确定 Lorenz 系统分量序列中百分位极端事件的前兆信号, 对所得前兆信号的预测能力应用接收器算子特征 (receiver operator characteristic curve, ROC) 曲线进行评估. 同时利用前兆信号和 ROC 曲线对中国各区域旱涝极端事件可预测性进行研究, 得到了极端事件可预测性与序列的自相关性、极端事件的极端程度之间的关系.

## 2. 方法介绍

### 2.1. 前兆信号及其提取

一般地, 每个极端事件发生之前都有与之相对应的异常信号的发生即前兆信号. 在实际过程中, 有时捕捉到异常信号, 但极端事件却没有发生, 这就是所谓的伪信号; 另一方面, 极端事件发生了, 却没有任何异常的前期信号, 这就是所谓“漏报”或认

\* 国家自然科学基金重点项目 (批准号: 40930592, 40875040), 国家重点基础研究发展计划 (批准号: 2006CB400503), 国家科技支撑计划 (批准号: 2007BAC29B01), 公益性行业 (气象) 科研专项 (批准号: GYHY200806005) 资助的课题.

通讯联系人. E-mail: z\_daquan@126.com

知方面的不足. 因此极端事件的预测是当今自然科学面临的一个巨大挑战. 近年来提取极端事件前兆信号的方法被一一提出, 正广泛应用于自然科学各个领域.

以一维时间序列为例, 阐明极端事件的前兆信号提取的基本原理(图 1). 对于一维时间序列  $x_t$ , 样本量为  $n$ , 即  $x_t, t = 1, \dots, n$ . 定义超过阈值  $q$  为极端事件, 记为  $X$  (图 1 中用黑点表示). 对所有极端事件  $X$ , 考察前一时刻序列取值  $x_{pre}$  (图 1 中用  $\times$  表示) 的概率分布情况, 通常取  $x_{pre}$  的最大概率值作为最优前兆信号. 当有连续两次极端事件发生时, 前一次极端事件被认为是后一次极端事件的前兆, 如图 1 中 A 点所示.

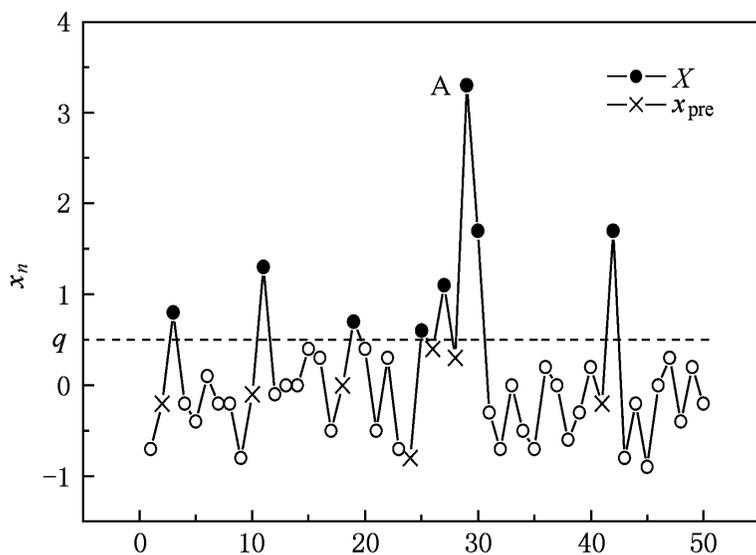


图 1 极端事件前兆信号图示

为了对发生在时间  $t_{n+1}$  的极端事件  $X$  进行预测, 通常将之前  $k$  个观测值  $\mathbf{x}(n, k) = (x_{n-k+1}, x_{n-k+2}, \dots, x_{n-1}, x_n)$  与某个具体的  $k$  维前兆信号  $\mathbf{x}_{pre} = (x_{n-k+1}^{pre}, x_{n-k+2}^{pre}, \dots, x_{n-1}^{pre}, x_n^{pre})$  进行比较, 当检测到最后  $k$  个观测值  $\mathbf{x}(n, k)$  在区间

$$V_{pre}(\cdot) = \left[ x_{n-k+1}^{pre} - \frac{\cdot}{2}, x_{n-k+1}^{pre} + \frac{\cdot}{2} \right] \\ \left[ x_{n-k+2}^{pre} - \frac{\cdot}{2}, x_{n-k+2}^{pre} + \frac{\cdot}{2} \right] \\ \dots \left[ x_n^{pre} - \frac{\cdot}{2}, x_n^{pre} + \frac{\cdot}{2} \right]$$

内时(  $\cdot$  为区间大小), 则认为检测到前兆信号.

由于极端事件预测的复杂性, 本文仅针对一维的时间序列, 阐明前兆信号提取的原理, 对于多维的可进行类似的推广. 对  $t_{n+1}$  时刻发生的极端事件  $X$ , 只分析  $t_n$  时刻序列值  $x_n$  的特征. 前兆信号的选取采用相似度(likelihood)最大值策略<sup>[6]</sup>, 即当相似度  $p(X|x_n)$  取最大值时对应的  $x_n$  取为最优前兆信

号, 记为  $x_{pre}$ , 其中相似度  $p(X|x_n)$  定义为  $x_n$  取某一定值,  $t_{n+1}$  时刻发生极端事件  $X$  的概率.

另一方面, 本文利用百分位定义极端事件, 分别取第 1, 10, 90, 99 百分位值作为极端事件阈值, 即当序列值  $x_n$  大于 90, 99 或小于 1, 10 百分位值时, 认为检测到极端事件  $X$ . Bonsal 指出如果某时间序列长度为  $n$ , 将这  $n$  个值按升序排列  $x_1, x_2, \dots, x_m, \dots, x_n$ , 某个值小于或者等于  $x_m$  的概率<sup>[7]</sup>

$$P = (m - 0.31) / (n + 0.38), \quad (1)$$

其中,  $m$  为  $x_m$  的序号, 如果有 30 个值, 那么第 90 个百分位上的值为排序后的  $x_{27}$  ( $p = 87.9\%$ ) 和  $x_{28}$  ( $p = 91.1\%$ ) 的线性插值. 采用该方法来估计百分位值, 不但计算方便, 而且避免了对序列分布的任何假设.

## 2.2. 预测性能的检验

分别定义前兆信号  $x_{pre}$  正确预测的比率  $r_c$  和错误预测的比率  $r_f$ ,

$$r_c(x_{pre}) = \int dx_n p(x_n | X), \\ r_f(x_{pre}) = \int dx_n p(x_n | \bar{X}), \quad (2)$$

其中,  $p(x_n | X)$  表示在  $t_{n+1}$  时刻发生极端事件  $X$  时,  $t_n$  时刻取值为  $x_n$  的概率;  $p(x_n | \bar{X})$  表示在  $t_{n+1}$  时刻未检测到极端事件发生,  $t_n$  时刻取值为  $x_n$  的概率. 由贝叶斯定理可知

$$p(x_n | X) = \frac{p(x_n) p(X | x_n)}{p(X)}, \\ p(x_n | \bar{X}) = \frac{p(x_n) p(\bar{X} | x_n)}{p(\bar{X})} \\ = \frac{p(x_n) [1 - p(X | x_n)]}{[1 - p(X)]}, \quad (3)$$

其中,  $p(x_n)$ ,  $p(X)$ ,  $p(\bar{X})$  分别为序列  $x_n$  的概率密度分布, 极端事件  $X$  的概率分布和不含极端事件  $X$  的概率密度分布, 注意到  $p(x_n | X) + p(x_n | \bar{X}) = 1$ . 以  $r_f$  作为横坐标,  $r_c$  作为纵坐标, 将取不同值时的可预测效果在单位正方形内作图, 构成了 ROC 曲线图. 单位正方形内的 ROC 曲线当  $r_c = 0$  时趋近于原点  $(0, 0)$ , 当  $r_c = 1$  时趋近于  $(1, 1)$ , 其中  $r_c$  代表前兆信号区间  $V_{pre}(\cdot)$  的大小.

曲线的形状表征了预测的效果, 在对角线上方的曲线表明相应的可预测效果要好于随机预测, 随机预测的效果用对角线表征. 最快逼近  $r_c = 1$  的曲

线表示最大可能的正确预测. 不同前兆信号的 ROC

曲线, 其在原点  $(0, 0)$  附近的斜率  $m = \frac{r_c}{r_f} \sim$

$\frac{p(x_{(n)} | X)}{p(x_{(n)} | \bar{X})} \Big|_0 + (\ )$  越大, 表明可预测效果越好,

$(\ )$  是与  $(\ )$  有关的小量.

### 3. 数值实验

#### 3.1. Lorenz 系统模拟序列

选用的动力学方程组为 Lorenz 的简化热对流模式<sup>[8,9]</sup>, 这个包含 3 个变量的模型虽然是对实际大气对流运动的极端简化, 但它描述的是一个能反映大气行为最简单的非线性动力系统. Lorenz 模型方程组为

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= - (x - y), \\ \frac{dy}{dt} &= - xz + rx - y, \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz \end{aligned} \quad (4)$$

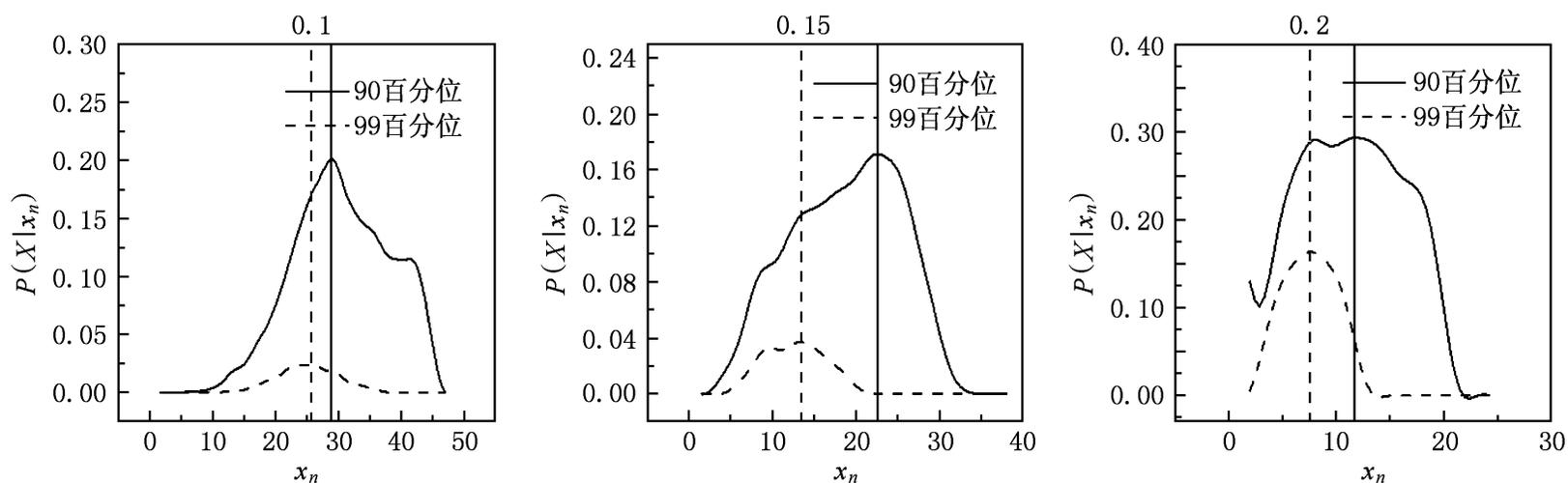


图 2 Lorenz 系统  $z$  分量极端事件前兆信号相似度曲线 (取样时间间隔分别为 0.1, 0.15, 0.2)

表 1 极端事件前兆信号  $x_{pre}$

$z$		0.1	0.15	0.2
90 百分位	$x_{pre}$	29.183	21.900	10.574
	$p(X   x_n)$	0.222	0.177	0.324
99 百分位	$x_{pre}$	26.429	12.223	6.485
	$p(X   x_n)$	0.030	0.043	0.211

从图 3 可以看出, 所有前兆信号的 ROC 曲线均在 diagonal 线之上, 即可预测效果好于随机预测, 且取样时间间隔越长, 可预测效果越好. 不同积分步长的 Lorenz 系统  $z$  分量序列, 其 99 百分位极端事件的

其中, 3 个参数  $r, b$  确定了系统的行为, 分别取  $r = 10, b = 28, b = 8$ . 给定变量  $x, y, z$  一组初值为  $x = -1.0, y = 0, z = 1.0$ , 采用四阶 Runge-Kutta 法, 时间步长取  $t = 0.01$  进行积分, 得到了 3 个分量的时间序列. 这里针对 Lorenz 系统  $z$  分量序列进行研究.

#### 3.2. Lorenz 系统极端事件前兆信号及可预测效果

分别取积分步长 10, 15, 20, 即取样时间间隔 0.1, 0.15, 0.2 输出 Lorenz 系统  $z$  分量, 构建成三条时间序列. 图 2 为 Lorenz 系统  $z$  分量序列中百分位极端事件相似度  $p(X | x_n)$  曲线, 根据曲线最大值的分布可以确定最优前兆信号  $x_{pre}$ . 理想情况下, 序列中 99 百分位极端事件的频次是 90 百分位极端事件的十分之一, 因此图 2 中 99 百分位极端事件相似度  $p(X | x_n)$  远小于 90 百分位极端事件. 从图 2 可以看出, 99 百分位极端事件相似度曲线近似正态分布, 而 90 百分位极端事件相似度呈偏态分布. 不同取样时间间隔的  $z$  分量序列, 其 99 百分位极端事件最优前兆信号  $x_{pre}$  均小于 90 百分位, 且 99 百分位极端事件相似度最大值随着取样时间间隔增加而增加 (表 1).

可预测效果均好于 90 百分位极端事件. 将图 3 中不同取样时间间隔序列的可预测效果进行对比可知, 随着时间间隔的增加, 99 百分位极端事件前兆信号 ROC 曲线在原点附近的斜率显著高于 90 百分位, 说明高维混沌系统中存在极端事件可预测性随极端程度增加而增加的现象. 在地震预测、博弈模型等的已有相关研究<sup>[10-12]</sup> 中存在类似的结果, 即越极端的事件, 其可预测效果越好. 高维混沌系统中发生的极端事件可以看做是区别于一般平衡态的异常态, 当极端事件强度越大, 其前兆信号越显著, 也更加容易捕捉, 因此其可预测性相对较强.

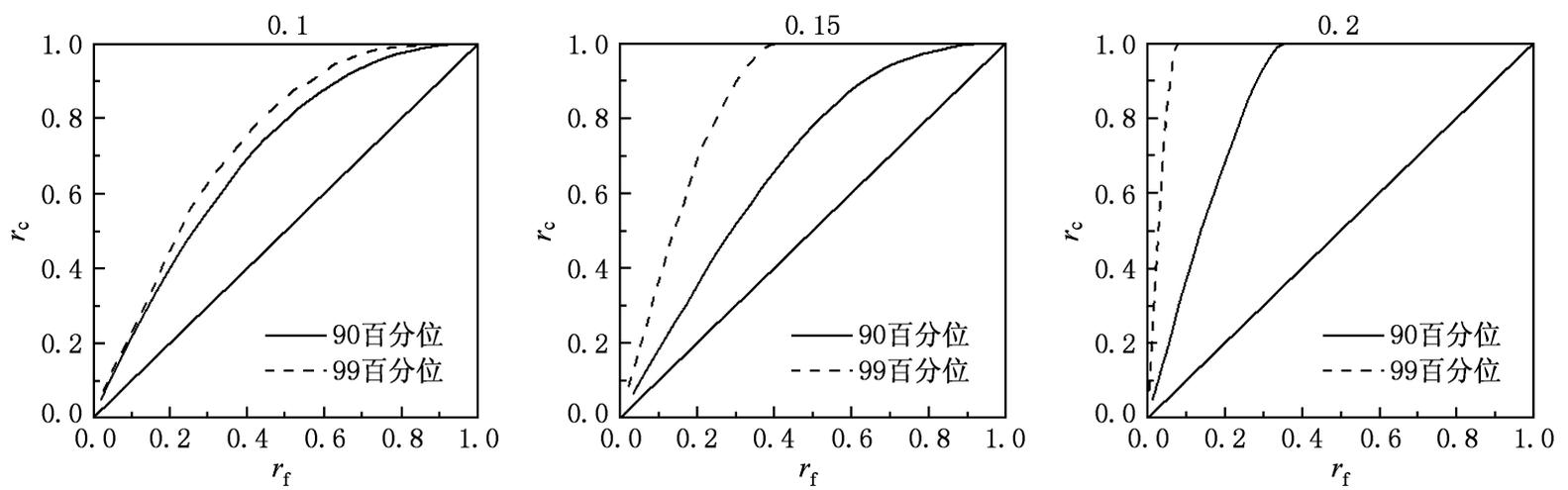


图3 Lorenz系统  $z$ 分量极端事件前兆信号 ROC 曲线(取样时间间隔分别为 0.1, 0.15, 0.2)

## 4. 旱涝极端事件前兆信号及可预测性

### 4.1. 中国 PDSI 极端事件前兆信号及可预测性

干旱指数资料来源于中国气象局国家气象信息中心资料室提供的中国 614 个站点 1951—2007 年逐月 Palmer 干旱指数 (Palmer drought severity Index, PDSI) 资料集. 经资料质量控制, 选取了其中无缺测的 569 个站点 1960—2007 年数据. PDSI 是表征土壤湿度和径流的重要参数<sup>[13, 14]</sup>, 也是国际上较为流行的用来表征区域干旱程度的指标<sup>[15-20]</sup>, 通

常该指数取值区间为  $(-9, 9)$ , 负值表示较干旱, 正值表示较湿润. 中国 569 站点 PDSI 月值平均以及概率密度分布情况如图 4 所示.

具体做法与 Lorenz 系统理想序列有所区别, 为了消除观测资料中极端事件样本量不足的影响, 计算得到各站点 PDSI 序列中 1, 10, 90, 99 百分位极端事件相似度  $p(X|x_n)$  与  $x_n$  的对应关系, 并对 569 个站点的结果进行平均得到较为光滑的相似度曲线, 以此确定最优前兆信号  $x_{pre}$ . PDSI 序列中 1, 10, 90, 99 百分位极端事件分别代表了极旱、干旱、洪涝和极涝四种不同程度的极端事件.

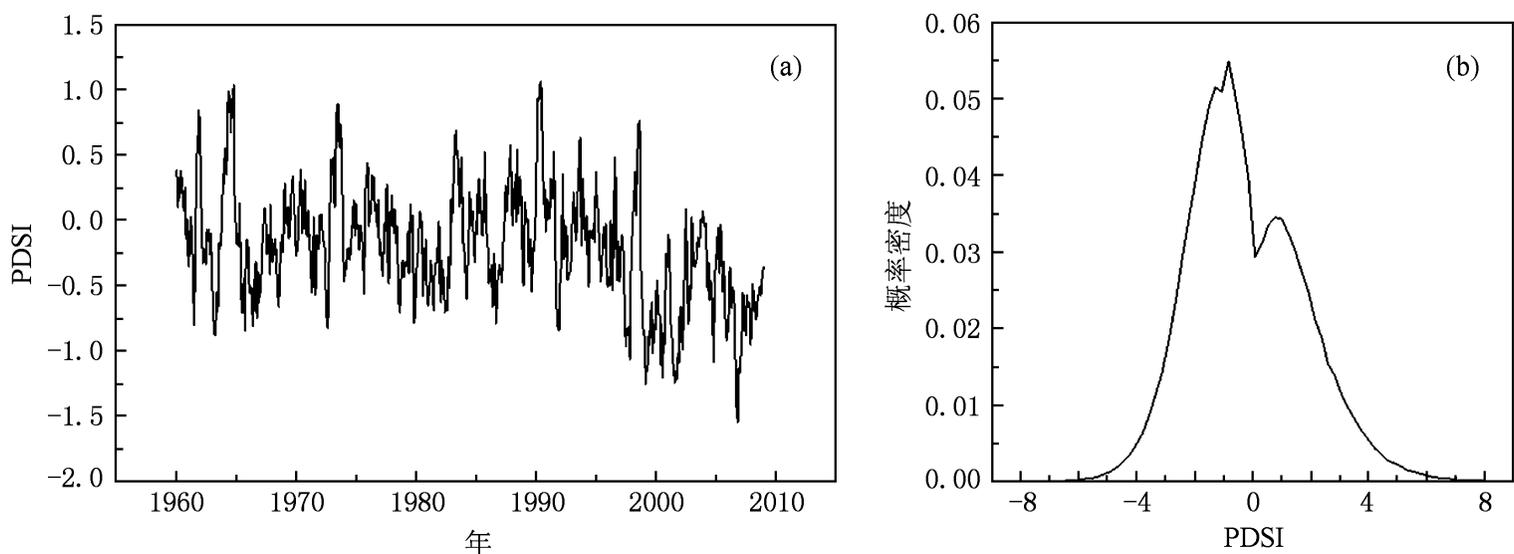


图4 中国 569 站点 PDSI 指数序列统计特征 (a) 569 站点 PDSI 指数序列平均; (b) PDSI 序列概率密度分布

从图 5 可以看出, 10 百分位极端事件的相似度  $p(X|x_n)$  最大值高于 90 百分位, 达到 0.695, 这是因为干旱是一种具有较大时间尺度和空间范围的极端气候事件, 严重干旱的影响一般会持续数月甚至更久, 即较之极端洪涝事件, 干旱具有较强的时间持续性. 1 百分位极端事件相似度受样本量不足的限制, 在图 5(a) 中呈单调递减分布. 根据图 5 中相似度曲线最大值分布得到 10, 90 和 99 百分位极

端事件前兆信号分别为  $-3.772$ ,  $2.922$  和  $3.892$ , 90 百分位极端事件对应的最优前兆信号小于 99 百分位极端事件, 这可能是由于 PDSI 序列中存在较强的自相关性. 图 5(a) 中 10 百分位极端事件相似度  $p(X|x_n)$  都分布在  $x_n$  的负值区, 而在图 5(b) 中, 90 百分位极端事件相似度  $p(X|x_n)$  在  $x_n = 0$  时仍然存在正值, 说明干旱作为一种降水偏少的长期累积效应, 由旱向涝的转变比由涝至旱迅速的多.

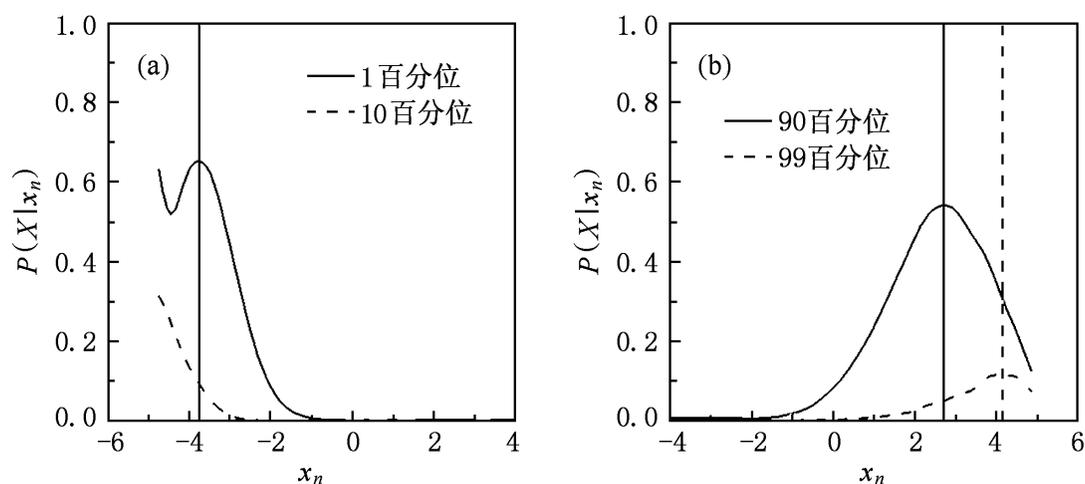


图 5 PDSI 极端事件前兆信号相似度曲线

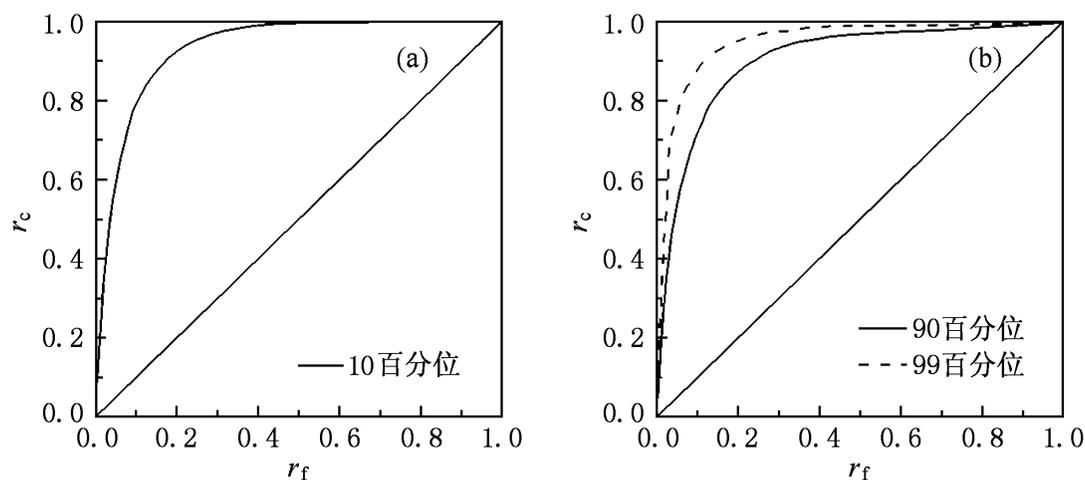


图 6 PDSI 极端事件前兆信号 ROC 曲线

从图 6 可以看出, 10 百分位极端事件的可预测效果好于 90 百分位极端事件, 即干旱较之洪涝具有更高的可预测性. 在趋近原点  $(0, 0)$  时, 99 百分位极端事件可预测效果要好于 90 百分位极端事件.

#### 4.2. 中国各区域 PDSI 极端事件前兆信号及可预测性

根据文献[21]把中国划分为 8 个区域: 中国北方地区划分为东北、华北、西北东部、西北西部 (NE, N, ENW, WNW), 南方地区划分为西南、华东和华南 (SW, E, S), 青藏高原单独作为一个分区. 分区如图 7 所示, 图中黑点为观测站点的分布.

从表 2 可以看出, 各分区 10 百分位极端事件的相似度  $p(X|x_n)$  大于 90 百分位极端事件. 由图 9 中前兆信号 ROC 曲线可知 10 百分位极端事件的可预测效果要好于 90 百分位极端事件, 说明各分区干旱的可预测性显著高于极端洪涝事件. 不同区域的前兆信号值差异较大, 10 百分位极端事件前兆信号值最低的区域为西北西部 ( $-5.621$ ), 最高的为华南 ( $-1.878$ ), 反映了不同地区的旱涝差异. 从干旱极端事件前兆信号  $x_{pre}$  大小的空间分布来看, 东南沿海地区较高、西北内陆地区较低, 与中国干旱半

图 7 569 个资料站点分布及分区情况

干旱区的空间分布趋势基本一致. 10 百分位极端事件的相似度  $p(X|x_n)$  最大的三个区域分别为东北、西北东部和华北, 从图 9 可知这三个区域可预测效果也最好. 马柱国等<sup>[22]</sup>指出, 20 世纪 80 年代之后, 西北东部、华北和东北地区极端干旱发生的频率明显增加, 且这种干旱化的趋势在近 15 年不断加剧. 而北方干旱化作为气候变化长期趋势, 与该区域极端干旱的可预测性呈何种关系, 尚有待进一步研究.

相似度反映了极端事件与前兆信号之间的关联程度. 90 百分位极端事件即极端洪涝的相似度

$p(X|x_n)$  最大的区域是华北, 达到 0.6851, 由 ROC 曲线可知华北地区极端事件的可预测效果也最好. 华东地区 90 百分位极端事件前兆信号为 8 个分区中的最小值, 同时极端事件相似度  $p(X|x_n)$  较低, 说明该区域易于检测到极端洪涝事件前兆信号, 得到的前兆信号与极端洪涝的关联程度较差, 一定程

度上反映该区域极端洪涝事件发生规律复杂多变, 可预测性较低(图 9). 华南地区 90 百分位极端事件相似度  $p(X|x_n)$  为各分区中最低值, 由 ROC 曲线可知, 相应的极端事件可预测性在南方四个分区中最低. 青藏高原的 90 百分位极端事件前兆信号为最大值, 对应青藏高原不易发生洪涝事件.

图 8 中国各分区 PDSI 百分位极端事件前兆信号相似度曲线

表 2 各分区极端事件前兆信号  $x_{pre}$

		华东	西北东部	华北	东北	华南	西南	青藏高原	西北西部
10 百分位	$x_{pre}$	- 2.841	- 4.464	- 3.936	- 3.772	- 1.878	- 3.708	- 4.823	- 5.621
	$p(X x_n)$	0.681	0.771	0.746	0.799	0.638	0.673	0.721	0.711
90 百分位	$x_{pre}$	2.527	3.014	3.693	2.728	3.678	3.724	5.989	3.941
	$p(X x_n)$	0.589	0.609	0.685	0.629	0.465	0.611	0.653	0.612

## 5. 结 论

本文对极端事件的可预测性以及是否极端程度越高, 极端事件可预测性越低这一科学问题进行研究. 引入前兆信号及 ROC 曲线这一新的工具对极

端事件可预测性进行分析, 研究了 Lorenz 系统  $z$  分量序列和中国 Palmer 干旱指数序列. 得到的主要结论如下:

1. Lorenz 系统  $z$  分量序列极端事件可预测性受序列自相关性的影响, 且取样时间间隔越长, 可预测效果越好. 不同取样时间间隔的 Lorenz 系统  $z$  分

量序列, 其 99 百分位极端事件的可预测效果好于 90 百分位极端事件, 说明高维混沌系统中存在极端事件可预测性随极端程度增加而增加的现象.

## 2. 中国各区域 Palmer 干旱指数序列中 99 百分

位极端事件可预测效果要好于 90 百分位极端事件. 10 百分位极端事件的可预测效果好于 90 百分位极端事件, 即干旱较之洪涝具有更高的可预测性.

图 9 中国各分区 PDSI 百分位极端事件前兆信号 ROC 曲线

- 
- [ 1 ] Wei F Y 2007 *Modern Technology of Statistical Climate Detection and Prediction* ( Beijing: China Meteorological Press) p6 ( in Chinese) [ 魏凤英 2007 现代气候统计诊断与预测技术 ( 北京: 气象出版社) 第 6 页 ]
- [ 2 ] Render S, Mark R P 2006 *Phys. Rev. E* **74** 061114
- [ 3 ] Jan F E, Jan W K, Armin B, Shlomo H 2006 *Phys. Rev. E* **73** 016130
- [ 4 ] Zhang D Q, Yang J, Wang Q G, Feng G L 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 4354 ( in Chinese) [ 章大全、杨 杰、王启光、封国林 2009 物理学报 **58** 4354 ]
- [ 5 ] Feng G L, Yang J, Wan S Q, How W, Zhi R 2009 *Acta Meteorol. Sin.* **67** 61 ( in Chinese) [ 封国林、杨 杰、万仕全、侯 威、支 蓉 2009 气象学报 **67** 61 ]
- [ 6 ] Sarah H, Eduardo G A, Detlef H, Holger K 2007 *Phys. Rev. E* **75** 016706
- [ 7 ] Bonsal B R, Zhang X B, Vincent L A 2001 *J. Climate* **14** 1959
- [ 8 ] Lorenz E N 1963 *J. Atms. Sci.* **20** 130
- [ 9 ] Lorenz E N 1997 *The Essence of Chaos* ( Beijing: China Meteorological Press) p33 ( in Chinese) [ 洛伦兹 1997 混沌的本质 ( 北京: 气象出版社) 第 33 页 ]

- [ 10] Kantz H, Holstein D, Ragwitz M, Vitanov N K 2004 *Physica A* **342** 315
- [ 11] Gober M, Wilson C A, Milton S F, Stephenson D B 2004 *J. Hydrol.* **288** 225
- [ 12] Lamper D, Howison S D, Johnson N F 2002 *Phys. Rev. Lett.* **88** 1
- [ 13] Soloman S, Qin D H, Manning M, Alley R B, Berntsen T 2007 *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report* (Cambridge: Cambridge University Press) p61
- [ 14] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T 2004 *J. Hydrometeorol.* **5** 1117
- [ 15] Dai A G, Trenberth K E, Karl T R 1998 *Geophys. Res. Lett.* **25** 3367
- [ 16] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T 2004 *J. Hydrometeorol.* **5** 1117
- [ 17] Karl T R 1983 *J. Appl. Meteorol. Clim.* **22** 1356
- [ 18] Karl T R 1986 *J. Appl. Meteorol. Clim.* **25** 77
- [ 19] Karl T R, Koscielny A J 1982 *J. Climate* **2** 313
- [ 20] Nkemdirim L, Weber L 1999 *J. Climate* **12** 2434
- [ 21] Zou X K, Zhai P M, Zhang Q 2005 *Geophys Res Lett.* **32** 04707
- [ 22] Ma Z G, Fu C B 2006 *Chinese Sci. Bull.* **51** 2429 ( in Chinese)  
[ 马柱国、符淙斌 2006 科学通报 **51** 2429]

## Analysis of precursors and predictability of PDSI extremes in China \*

Zhang Lu<sup>1) 2)</sup> Zhang Da-Quan<sup>1)</sup> Feng Guo-Lin<sup>2) 3)</sup>

1) ( College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

2) ( State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

3) ( Laboratory for Climate Studies of China Meteorological Administration, National Climate Center, Beijing 100081, China)

( Received 27 September 2009; revised manuscript received 18 November 2009)

### Abstract

We investigate precursors and predictability of extreme events of Lorenz system with different percentile. The precursors and predictability of Palmer Drought Severity Index ( PDSI) extremes in China are analyzed, and obtained how the quality of the prediction depends on the size of the extreme events and on the correlation strength. Results indicate that for extreme events of Lorenz system and PDSI series, the stronger the extreme, the higher the predictability. Moreover, we analyzed precursors and predictability of eight regions in China and provide some due scientific basis for flood and drought predictions.

**Keywords:** extreme events, precursors, predictability

**PACC:** 9260X

\* Project supported by the Key Program of National Natural Science Foundation of China ( Grant Nos. 40930592, 40875040 ), State Key Development Program for Basic Research of China ( Grant No. 2006CB400503 ), Supporting Project of The Ministry of Science and Technology ( Grant No. 2007BAC29B01 ), the Meteorological Special Project of China ( Grant No. GYHY200806005 ).