

# 云南省降水与赤道西太平洋海温的关系分析\*

王冰 鲜文龙 袁春红

(云南大学地球科学系 昆明 650091)

**提要** 应用谱分析方法,讨论了云南省降水与赤道西太平洋(10°S~10°N, 120°E~160°E)海表温度的关系。结果表明,云南省降水与赤道西太平洋海温在3个月,5个月及18.4月的振动周期上有很好的耦合关系。对于18.4个月的周期性振荡,云南省降水落后赤道西太平洋海温3个月,且降水对海温的响应是由西向东传播。

**关键词** 波谱分析,降雨量,海温

气候变化对人类生活的影响越来越受到重视,降水的变化是气候变化的重要指标之一,近年来利用海气遥相关研究降水受到人们的关注。本文采用云南省27个台站1967年1月~1986年12月共240个月的逐月降水距平资料以及赤道西太平洋(10°S~10°N, 120°E~160°E)海域相同时段的逐月海温距平资料,计算了海温、降水的功率谱及交叉谱<sup>[7,8]</sup>,并计算了云南省年降水量自相关系数,探讨了云南省降水与赤道西太平洋海温之间的遥相关关系。

为了剔除季节变化的影响,资料一律采用距平值<sup>[7]</sup>。

## 1 赤道西太平洋海温低频振荡分析

赤道西太平洋月平均海温功率谱见图1。最大后延 $m=50$ ,横坐标为波数 $K$ ,纵坐标为功率谱的常用对数值。从图上可以看出在波数 $K=0,7,16,21,24,33,41,46$ 处有极大值,但只有波数为24,33,对应周期为4.2和3.0个月的功率谱值能通过信度 $\alpha=0.05$ 的总体为红噪声过程的显著性检验。其中较显著的振动周期为 $T=3.0$ 个月。

由于是红噪声检验,其检验值随波数 $K$ 的增大而逐渐减少,检验值 $S_i$ 与 $K$ 成反比。

所以,尽管波数 $K=0,7$ 时的功率谱值很大而不能通过显著性检验,而功率谱值偏小的波却通过了检验。

为进一步探讨赤道西太平洋海温的低频振荡周期,经过反复比较计算,对海温时间序列采用中心周期为28个月和60个月的带通滤波。采用的频率响应函数<sup>[8]</sup>为:

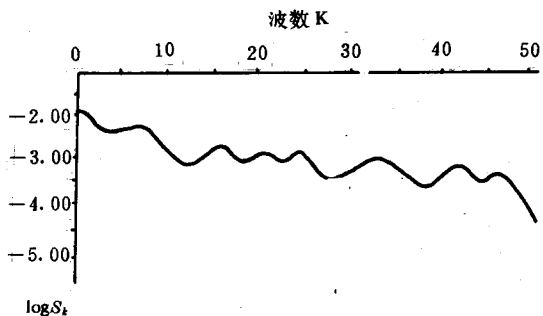


图1 赤道西太平洋逐月平均海温功率谱曲线

Fig. 1 Month mean sea temperature power spectrum curve on the equatorial West Pacific

$$H(f) = \begin{cases} 0 & 0 < f < f_0/2 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\pi \frac{f}{f_0} & f_0/2 \leq f < f_0 \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\pi \frac{f}{2f_0} & f_0 \leq f < 2f_0 \\ 0 & 2f_0 \leq f < 1/2 \end{cases}$$

\* 云南省科委“八五”攻关课题,85A032。

收稿日期:1995年4月10日

其中,  $f_0$  分别为  $\frac{1}{28}$  和  $\frac{1}{60}$ 。

和表 2 所示。

滤波后计算得出的海温功率谱值如表 1

表 1 中心周期 28 个月带通滤波海温功率谱

Tab. 1 Sea temperature power spectrum with land-pass filter of medium period in 28 months

波数 $K$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
周期 $T$ (月)	$\infty$	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5
功率谱值 $S_k(\times 10^{-1})$	0.012 3	0.016 5	0.061 1	0.235 9	0.384 2	0.242 8	0.060 5	0.988	0.010 8
波数 $K$	9	10	11	12	13	20	30	40	50
周期 $T$ (月)	11.1	10.0	9.1	8.3	7.7	5.0	3.3	2.5	2.0
功率谱值 $S_k(\times 10^{-1})$	0.007 2	0.005 3	0.004 0	0.003 3	0.002 7	0.001 0	0.000 6	0.000 0	0.000 0

注:  $T=2m/K, m=50$ ; 总体白噪声检验  $S=0.0108 8 \times 10^{-1}$ 。

表 2 中心周期 60 个月带通滤波海温功率谱

Tab. 2 Sea temperature power spectrum with land-pass filter of medium period in 60 months

波数 $K$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
周期 $T$ (月)	$\infty$	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5
功率谱值 $S_k(\times 10^{-1})$	0.014 5	0.071 1	0.140 4	0.072 7	0.009 7	0.002 0	0.001 3	0.001 0	0.000 5
波数 $K$	9	10	11	12	13	20	30	40	50
周期 $T$ (月)	11.1	10.0	9.1	8.3	7.7	5.0	3.3	2.5	2.0
功率谱值 $S_k(\times 10^{-1})$	0.000 3	0.000 2	0.000 2	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0

注: 总体为白噪声检验  $S=0.0108 8 \times 10^{-1}, m=50, T=2m/k$ 。

通过表 1 和表 2 分析得出, 赤道西太平洋月平均海温存在有 20.0~33.3 个月周期性振荡和 33.3~100.0 个月的低频周期性振荡。

赤道西太平洋月平均海温具有 3~4 个月周期的高频振动和准两年(峰值周期 25 个月)及 3~5a(峰值周期 50 个月)准周期低频振荡。

## 2 云南省降水分析

降水量的一阶和二阶自相关系数可以表示降水的持续性<sup>[2]</sup>。作者采用所选取的云南省 27 个台站资料计算了其延后为 1a 的年降水量自相关系数。结果表明, 绝大部分的值为负或零, 只有 6 个站的值大于零, 其中较大的有楚雄站为 0.30, 文山站为 0.17, 均小于信度  $\alpha=0.05$  的相关系数显著性检验。其分布如图 2 所示。

从图上可以看出, 自相关系数为正的台站均分布在中部及南部部分地区, 这说明除了中部及南部部分地区连续出现早年或涝年

的机会比其他地区略大一些外, 云南省全年连续出现早年或涝年的机会并不多。

为利于对降水作长期预报研究, 对资料进行滤波处理后, 可以得出在波数  $K=3$ (周期  $T=2m/K=28$  个月)和波数  $K=2$ (周期  $T=40$  个月)处有谱峰值, 均能通过信度  $\alpha=0.05$  的白噪声检验。这说明, 云南省月降水确实存在准 2a 和 3~5a 的低频振荡周期。

## 3 降水与海温的交叉相关分析

计算云南省降水与赤道西太平洋海温之间的交叉谱, 选取资料长度为  $n=240$ , 计算了所有  $m$  不同取值的情形, 在比较分析中发现, 只有周期为 3.03 个月和 5.00 个月时的凝聚平方值很稳定, 始终在  $T=3.0$ (月)和  $T=5.0$ (月)左右保持一极大值。而低频段内, 随着  $m$  的取值不同, 极大值所对应的周期也发生较大变化。但在  $T=18$ (月)左右有一个相对稳定的凝聚平方极大值, 但不很显著。为进一步分析, 取截止周期分别为 5 个月和 80 个月的带通滤波法计算交叉谱, 经分析比较, 选取了

最大后延  $m=46$ , 有关数据见表 3。

表 3 海温与降水的交叉谱

Tab. 3 Cross spectrum analysis in sea temperature and rainfall

波数 $K$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
协谱 $P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.015 8	-0.043 9	-0.023 4	0.036 1	0.366 5	0.820 2	0.715 6	0.374 2	-0.014 5
四分谱 $Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.021 7	0.012 6	-0.001 5	0.042 8	-0.529 4	-1.452 4	-0.614 0	0.350 3	0.152 4
长度谱 $L_K$	/	-4.10	0.46	4.25	-3.53	-3.09	-1.73	1.57	-2.70
周期 $T(\text{月})$	$\infty$	92.00	46.00	30.67	23.00	18.40	15.33	13.14	11.50
凝聚谱 $R_{12}^2$	/	0.033 1	0.004 0	0.006 7	0.187 3	0.617 1	0.278 0	0.273 5	0.215 0
波数 $K$	9	10	11	12	13	20	30	40	46
协谱 $P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.069 6	-0.003 3	0.000 3	0.001 0	-0.001 5	0.001 0	0.001 3	0.001 3	0.001 3
四分谱 $Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.031 0	-0.002 4	0.007 6	-0.003 0	0.004 6	-0.002 2	-0.001 0	-0.000 3	0.000 3
长度谱 $L_K$	-0.68	0.93	2.03	-1.53	-1.41	-0.83	-0.33	-0.09	/
周期 $T(\text{月})$	10.22	9.20	8.36	7.67	7.08	4.60	3.06	2.30	2.00
凝聚谱 $R_{12}^2$	0.380 9	0.001 3	0.008 7	0.002 5	0.007 8	0.013 3	0.022 3	0.028 4	/

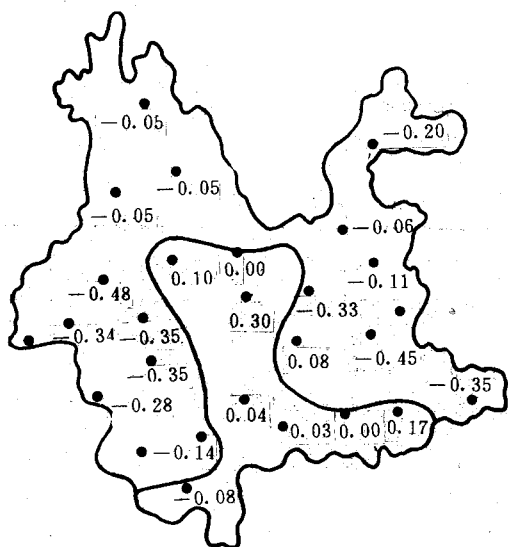


图 2 年降水量自相关系数分布

Fig. 2 Year rainfall auto-correlogram

结果表明,在  $T=18.4$  月处凝聚平方值高达 0.617 远大于临界值 0.286, 落后长度为 3.1 月, 从协谱值为正可以得出该周期振荡是正相关关系, 即赤道西太平洋海温升高(降低)约 3 个月以后, 云南省降水将增多(减少)。文献[7]在讨论南海月平均海温与我国东部气温时, 其相关的凝聚平方值为  $0.342 > R_c$ , 说明其关系密切。费亮<sup>[10]</sup>在研究赤道东太

平洋海温与长江中下游地区降水关系时得出降水距平滞后海温距平 4~5 个月的相关达到 0.57, 相关亦很明显。从已发表的有关热带海域的文章来看, 大都研究赤道东太平洋水域和南海一带, 故本文从赤道西太平洋入手, 有一定意义。实际上, 赤道西太平洋海温的变化对云南省降水的影响是显著的, 特别在夏季。当赤道西太平洋海温升高, 则赤道辐合带内上升气流更强, 相应地降水增多, 释放出的凝结潜热使西太平洋的经向环流增强, 得以北抬西伸向云南输送能量与水汽, 若再配以适当的冷空气条件, 则会在云南形成降水。

更进一步, 再次将赤道西太平洋分成两个部分, 即赤道西太平洋西部 ( $10^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$ ,  $120^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$ ) 和赤道西太平洋东部 ( $10^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$ ,  $140^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{E}$ ), 分别对海温和降水进行带通滤波后的交叉谱计算, 其值见表 4 和表 5 所示。

经分析发现, 赤道西太平洋东西两部分海域的海温与云南省降水均存在  $T=18.4$  月的显著振荡周期, 其凝聚平方值分别为 0.468 和 0.606, 均大于临界值  $R_c^2=0.286$ 。从协谱上看为正值, 说明是正相关关系。但在落后长度上却有明显的差别, 其西部海温超前云南降水约 1.8 个月, 而东部海温超前云南降水约 4.5 月。这表明云南省降水对赤道西太平

洋海温的响应是自西向东传播的。响应的时  
间差如此之大,原因估计有两点:(1)赤道西  
太平洋西部不仅处在赤道辐合带上,而且处  
在沃克环流的上升处,辐合上升更强,大气环  
流对海温的响应更快。(2)热带太平洋地区海

温的准两年周期振荡有自西向东传播的趋  
势<sup>[9]</sup>,即东部海温变化滞后于西部。这也使得  
云南省降水对赤道西太平洋东部海温的响应  
相对要慢一些。

表 4 海温与降水交叉谱(10°S~10°N,120°E~140°E)

Tab. 4 Cross spectrum analysis in sea temperature (10°S~10°N,120°E~140°E) and rainfall

波数 K	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.000 7	-0.042 5	-0.017 9	0.092 3	0.689 8	1.154 1	0.624 9	0.145 9	-0.031 3
$Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.012 3	0.004 5	-0.003 8	0.017 1	-0.360 5	-0.852 9	-0.158 0	0.400 8	0.104 5
$L_k$	/	-1.51	1.51	0.88	-1.72	-1.82	-0.59	2.50	-2.29
$T$	$\infty$	92.00	46.00	30.67	23.00	18.40	15.33	13.14	11.50
$R_{12}^2$	/	0.038 3	0.002 5	0.014 9	0.224 2	0.468 0	0.172 1	0.272 6	0.141 8
波数 K	9	10	11	12	13	20	30	40	46
$P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.022 4	0.002 6	0.000 5	0.000 8	-0.000 9	0.001 3	0.001 7	0.001 8	-0.001 9
$Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.013 3	-0.005 6	0.007 7	-0.006 1	0.005 3	-0.002 8	-0.001 3	-0.000 4	-0.000 4
$L_k$	-0.85	-1.62	1.95	-1.73	-1.54	-0.82	-0.32	-0.08	/
$T$	10.22	9.20	8.36	7.67	7.08	4.60	3.06	2.30	2.00
$R_{12}^2$	0.055 5	0.003 8	0.011 1	0.011 1	0.013 3	0.025 2	0.042 2	0.052 6	/

注:m=46。

表 5 海温与降水交叉谱(10°S~10°N,140°E~160°E)

Tab. 5 Cross spectrum analysis in sea temperature (10°S~10°N,140°E~160°E) and rainfall

波数 K	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.023 3	-0.029 3	-0.010 7	-0.036 9	-0.125 9	0.022 5	0.419 9	0.352 2	-0.042 1
$Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.028 3	0.014 0	0.009 9	0.025 6	-0.677 9	-1.457 3	-0.553 5	0.116 6	0.070 2
$L_k$	/	-6.38	-5.36	-2.89	4.97	-4.46	-2.20	0.65	-1.85
$T$	$\infty$	92.00	46.00	30.67	23.00	18.40	15.33	13.14	11.50
$R_{12}^2$	/	0.325	0.003 0	0.006 5	0.284 2	0.605 9	0.224 4	0.242 0	0.092 2
波数 K	9	10	11	12	13	20	30	40	46
$P_{12}(\times 10^{-2})$	-0.062 0	-0.005 1	0.001 4	-0.001 7	0.000 3	-0.000 9	-0.000 6	-0.000 6	0.000 4
$Q_{12}(\times 10^{-2})$	0.023 9	0.001 7	0.003 0	0.002 4	-0.000 1	0.000 3	0.000 2	0.000 1	0.000 1
$L_k$	-0.59	-0.47	1.48	-1.16	-0.24	-0.25	-0.13	-0.04	/
$T$	10.22	9.20	8.36	7.67	7.08	4.60	3.06	2.30	2.00
$R_{12}^2$	0.321 6	0.003 0	0.002 2	0.003 0	0.000 1	0.003 4	0.005 7	0.006 9	/

## 4 结论

(1)赤道西太平洋(10°S~10°N,120°E~  
160°E)海温存在准两年(峰值周期为 25 个  
月)和 3~5a(峰值周期为 50 个月)的准周期  
性低频振荡以及 3~4 个月周期的高频振动。

(2)云南省降水与赤道西太平洋海温在 3  
个月、5 个月以及 18.4 个月的振动周期上有  
很好的耦合关系。对于 18.4 个月的周期性振

荡,云南省降水落后赤道西太平洋海温 3 个  
月。且降水对海温的响应是由西向东传播的。

## 参考文献

- [1] 王善华等,1987. 气象科学 2:66~72.
- [2] 王 强等,1991. 气象科学 11(2):201~204.
- [3] 徐桂玉等,1990. 气象科学 10(2):174~179.
- [4] 梁建茵等,1991. 热带气象 7(3):246~253.
- [5] 金祖辉等,1986. 气象学报 44(3):368~372.

- [6] 朱炳琰等,1991. 气象学报 49(1):21~28.  
[7] 王善华等,1989. 气象科学 9(4):427~435.  
[8] 黄嘉佑等,1984. 气象中的谱分析. 气象出版社.

- [9] 周发秀等,1990. 海洋学报 12(4):432~440.  
[10] 费亮等,1993. 气象学报 51(4):442~447.

## THE CORRELATION ANALYSIS BETWEEN THE SEA TEMPERATURE ON THE EQUATORIAL WEST PACIFIC AND THE RAINFALL IN YUNNAN PROVINCE

Wang Bing, Xian Wenlong and Yuan Chunhong  
(*Department of Geoscience, Yunnan University, Kunming, 650091*)

Received: Apr. 10, 1995

Key Words: Spectrum analysis, Rainfall, Sea temperature

### Abstract

In this paper, with the calculation method of spectrum analysis, the correlation analysis between the sea temperature on the equatorial West Pacific ( $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ ,  $120^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{E}$ ) and the rainfall in Yunnan province is discussed.