

华南春季气象历史序列的最大熵谱分析

赖火星 陈创买

(大气科学系)

摘 要

用最大熵谱方法分析了广州、赣州、长沙、南宁、汕头1979~1982年2、3、4月逐日08时的 u_{500} , v_{500} , H_{500} , H_{700} , T_{850} , $T_{地面}$, $p_{地面}$ 等华南地区高低空诸要素的周期变化特征。结果表明:各要素振动周期的范围为4~17.3天,且主要集中在6~13天;还有26天、52天长周期。广州站地面日平均气压和气温谱的多年变化具有强锋值每隔2~4年出现一次的规律。过程还有北多南少的特征。

关键词 最大熵方法, 广州

每年春季(2~4月份),华南常出现低温阴雨天气^[1]。在此期间,当第一次低温阴雨天气过程出现后,会有连续若干天的阴雨湿冷天气,伴随着过程的结束,又会出现一段持续若干天的晴朗少云和升温回暖天气;这种天气过程不断循环往复,直到初夏的来临。表现在气象要素上,便会出现一定强度和不同长度的周期振动现象。这种振荡周期的长度会比实际低温阴雨过程持续时间长些。我们采用最大熵谱方法,就整个华南地区在这一期间的高低空多种气象要素的振荡情况进行了分析。因为此法分辨率高,峰值偏移少,特别适宜于进行短资料的谱分析^[2,3],以便揭示有天气意义的周期和了解气象资料的谱性质。

1 资料的选用和计算方法

本文选取华南地区5个典型代表站:广州、赣州、南宁、长沙和汕头。分析了该5站1979~1982年2、3、4月份逐日08时地面气压($p_{地面}$)、气温($T_{地面}$)、850 hPa气温(T_{850})、700 hPa位势高度(H_{700})、500 hPa位势高度(H_{500})以及风速的东西分量(u_{500})诸变量的89天资料。另外,还选取1960~1984年2、3、4月份的日平均气温,以及1971~1984年同时期的日平均气压资料进行分析。

设有等间距气象时间序列 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 则它们的最大熵谱值的离散形式为^[4-6]:

$$S_E(l) = \sigma_{k_0}^2 / \left\{ \left[1 - \sum_{k=1}^{k_0} b_k^{(k_0)} \cos\left(\frac{\pi l k}{m}\right) \right]^2 + \left[\sum_{k=1}^{k_0} b_k^{(k_0)} \sin\left(\frac{\pi l k}{m}\right) \right]^2 \right\} \quad (1)$$

$(l = 0, 1, 2, \dots, m)$

其中 k_0 为截止阶,即时间序列自回归方程的最大阶数; $\sigma_{k_0}^2$ 为对应截止阶 k_0 的预报误

差方差; $b_k^{(k_0)}$ ($k=1, 2, \dots, k_0$) 为过滤系数, 即自回归模型的系数; m 为最大落后数。

这些系数及 $\sigma_{k_0}^2$ 可由文献[3]用递推公式求得。截止阶 k_0 可用赤池 (Akaike) 提出的最终预报误差准则 (FPE) 来确定。该准则是经验性的, 有时稍迟钝, 为了增大其敏感性, 我们用下式进行计算:

$$FPE(k_0) = \sigma_{k_0}^2 [(1 + \lambda k_0/n)/(1 - \lambda k_0/n)] \quad (2)$$

式中 λ 取 3.5~6.5。

$$\text{波数 } k \text{ 对应的周期为: } T_k = 2m/k, \quad (k=0, 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

下述的周期都是根据这个公式由波数确定的。本文中取 $m=26$ 。

2 华南春季气象要素的最大熵谱特征

2.1 各种气象要素谱变化的一般规律

图1是汕头1979年地面气压(标准化)时间序列曲线。从图中可以粗略看出, 曲线有22~25天、14天以及6~8天的周期变化趋势。该要素该年的最大熵谱曲线呈3峰, 13天周期最显著, 8.7天周期次之, 6.5天周期再次之。显然该要素的时间序列曲线和最大熵谱周期有良好的对应关系。从该要素的诸最大熵谱图的分析可知, 13天周期在1979~1982年这4年中都是最明显的, 但1982年的谱曲线只有单峰。

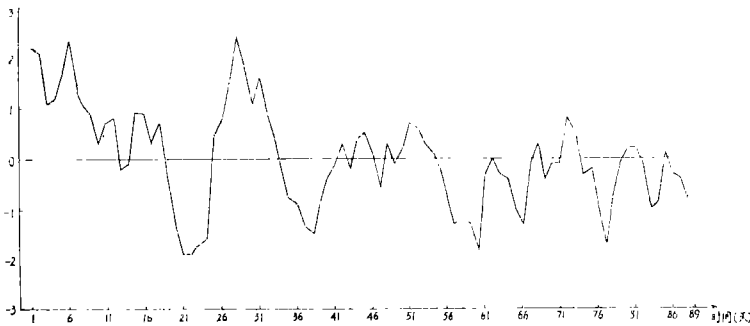


图1 汕头1979年2~4月份逐日08时地面气压标准化时间曲线

Fig.1 The standardized sequence curve of daily surface pressures at OOGMT from February to April, 1979 at Shantou

通过对所选取的全部资料进行分析与计算, 发现华南气象要素振荡周期的范围为4~17.3天。主要周期段集中在6~13天。图2给出了部分要素的典型振荡周期的最大熵谱曲线。例如从图2b可看出, 汕头1982年500hPa风速 u -分量(u_{500})最大熵谱曲线, 存在若干峰值, 相应振荡周期有10.4天、6.5天和26天。其中26天周期在其它站不同年份不同要素均有所反应。它是大气环流长期变化的表现。这和前人^[7]所提到的大气中的24天周期相吻合。从图2还可看到, 各要素周期振荡的强度差异甚大, 图2a的极端最大熵谱值是图2c的约4.9倍。此外, 还发现500hPa风速的南北分量(v_{500})是个不含任何周期的白噪声序列。

2.2 潜的多年变化规律

图3 a-b 是赣州和南宁1979~1982年春季逐日08时要素最大熵谱图。图中等熵谱线

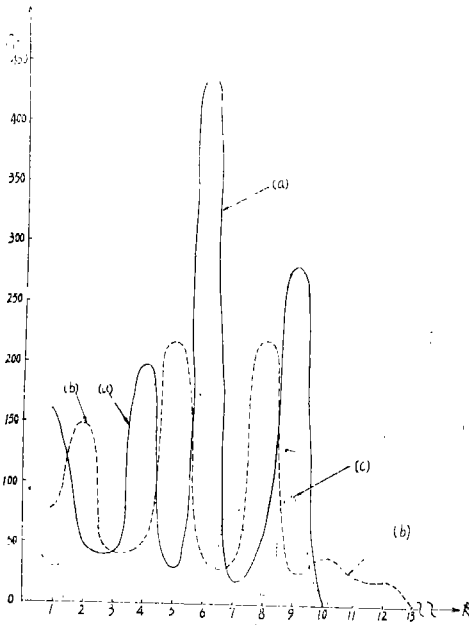


图2 华南春季逐日08时气象要素历史序列的最大熵谱曲线

- a. 广州1981年地面气温;
- b. 汕头1982年500hPa风速u一分量;
- c. 长沙1979年700hPa位势高度

Fig. 2 The curves of maximum entropy spectra of series of daily meteorological variables at OOGMT over South China in Spring

- a. The sequence of surface air temperatures during 1981 at Guangzhou
- b. The sequence of 500hPa wind velocity u-components during 1982 at Shantou
- c. The sequence of 700hPa potential heights during 1979 at Changsha

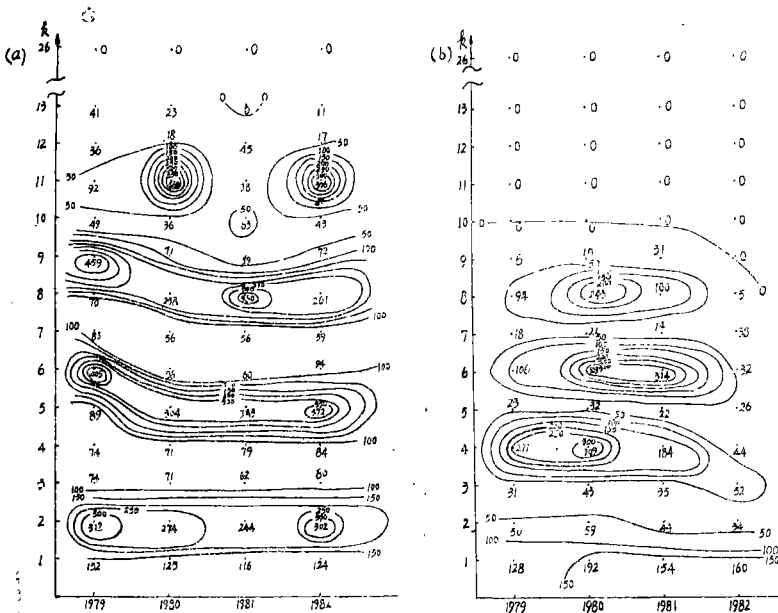


图3 赣州和南宁1979~1982年春季逐日08时要素最大熵谱时间分布图

- a. 赣州500hPa风速u一分量,
- b. 南宁地面气压

Fig. 3 The distribution of maximum entropy spectra of dailys meteorological variables at OOGMT in Spring during 1979~1982 at Ganzhou and Nanning

密的地方表示谱值梯度大，闭合处是谱峰区或极小值区。从图中可以看出，强谱峰都集中在低频段，最强谱峰对应周期在4.73~13天之间，因此，华南春季低温阴雨是一种低频振荡。

图4是广州站1960~1984年2、3、4月份逐日平均气温最大熵谱的多年变化图。从图4以及对该站1971~1984年同上月份日平均气压最大熵谱的多年变化的分析可见，等熵谱线都密集在波数为1，3~7的低频段，对应周期在52天，7.4~17.3天之间，4~6天周期不明显。这个结果和逐日08时的结果有较大差别。

图5是广州春季1960~1984年日平均气温和1971~1984年日平均地面气压的周期为

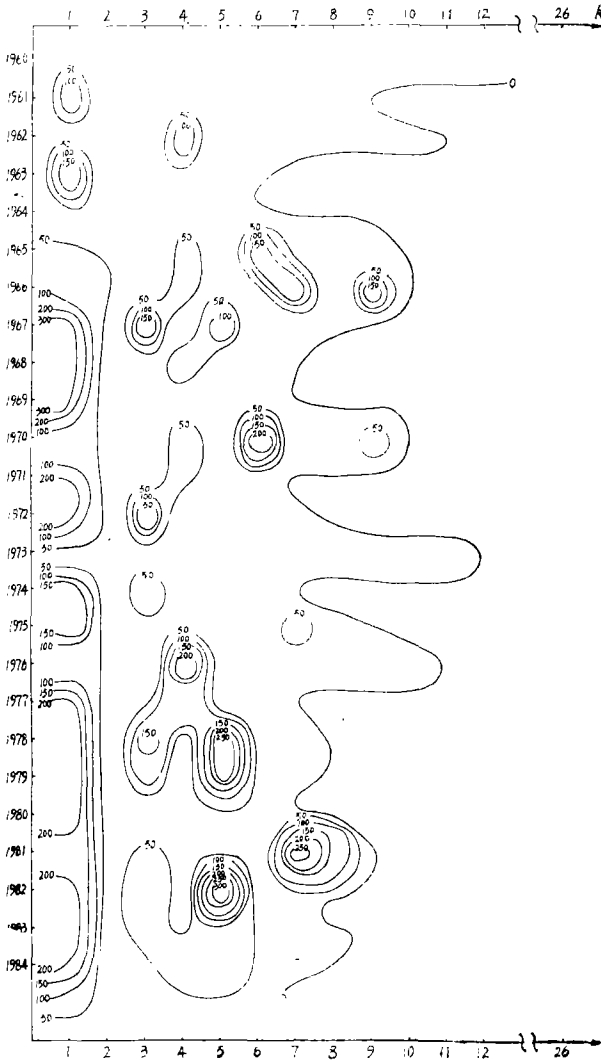


图4 广州站1960~1984年2~4月份日平均地面气温最大熵谱图 (m = 26)

Fig. 4 The distribution of maximum entropy spectra of daily average surface air temperatures during 1960~1984 from February to April at Guangzhou

17.3天的最大熵谱年变化曲线。从图可见，峰值每隔2或4年出现一次。

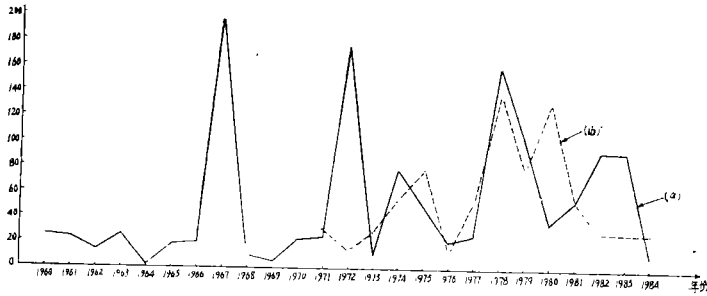


图5 广州日平均地面气温和气压周期为17.3天最大熵谱值年变化曲线
a. 地面气温, b. 地面气压

Fig.5 The curves of variations of annual maximum entropy spectra of daily average surface air temperatures and pressures with 17.3 days period in Spring at Guangzhou

2.3 地形的影响

为了说明山脉对低温阴雨天气的作用，试以时间为横坐标，以在不同纬度上的3个站(广州、赣州、长沙)为纵坐标，按不同的波数 k 画出最大熵谱的等值线图。显而易见，当波数为 k_0^* 时，如果某站对应的等熵谱线很密，说明它所对应的周期在该站的表现较在对应等熵谱线疏的站显著。分析表明，当 k 较大(例如 $k=5,7,8,9,10$)时，等值线在长沙站较密集(图6, $k=7$)。说明短周期活动在长沙较显著，在广州、赣州相对较弱。波数大，对应的周期短。由此可知，长沙短周期的低温阴雨活动较赣州、广州频

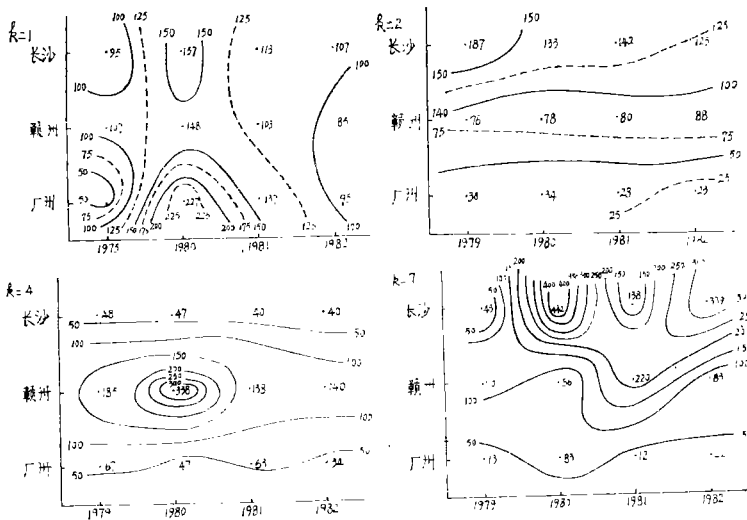


图6 广州、赣州、长沙1979—1982年春季逐日08时地面气压不同波数 k 最大熵谱分布图

Fig.6 The space-time distribution of maximum entropy spectra of daily surface pressures at OOGMT with various wave numbers of K in Spring during 1979-1982 at Guangzhou, Ganzhou and Changsha

繁。这种现象显然和南岭的地形作用有关。由于南岭的地形阻挡作用，强度较弱的冷空气常不能越过南岭，影响不了南岭以南的地区。所以，华南春季低温阴雨过程在南岭以北多，南岭以南相对较少。这个结果和王继志^[8]等的统计结果相一致。

分析还发现，当波数 $k=1,3,6$ (对应52天，17.3天，8.7天周期)时，南北方向的谱值较均匀(图6, $k=1$)；当 $k=2$ 时，南北熵谱值梯度甚大(图6, $k=2$)，长沙的熵谱值平均为广州的5.1倍，说明26天周期南北均存在，但最明显的是长沙，其次为赣州，再次为广州；当 $k=4$ 时，从1979~1982年，赣州都是高熵谱值中心(图6, $k=4$)，其数值平均是长沙或广州的4.2倍，说明13天周期在赣州比在长沙和广州都明显。

对于基本上处于同一纬圈上东西方向的3个站(汕头、广州、南宁)进行同样的分析没有发现明显的差异。

2.4 52天长周期

表1是广州站1960~1984年春季共25年地面日平均气温的最大熵谱值。从表1可发现，第1列($k=1$)数值，即52天周期对应的最大熵谱值，几乎每年都是最大值。我们认为，52天周期可能是华南春季低温阴雨的长周期，它可能因为过程分裂成几个子过程而表现不那么明显。李崇银等^[8-10]指出，近年来在低纬度地区(特别是季风区)发现了30~60天周期的波活动。这个52天周期是通过最大熵谱分析证实它确实存在的，但它的变化规律还有待于进一步研究。

表1 广州1960~1984年2~4月地面日平均气温的最大熵谱值

Tab. 1 The values of maximum entropy spectra of daily average surface air temperatures from February to April during 1960~1984 at Guangzhou

| 年份 | 52 | 26 | 17.3 | 13 | 10.4 | 8.7 | 7.4 | 6.5 | 5.8 | 5.2 | 4.7 | 4.3 | 4.0 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | ... | 2.0 |
|------|-----|----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1960 | 25 | 49 | 25 | 15 | 29 | 48 | 23 | 13 | 18 | 32 | 18 | 10 | 25 | 20 | 5 | 45 | 0 | --- | 0 |
| 1961 | 107 | 21 | 25 | 45 | 14 | 46 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1962 | 48 | 32 | 15 | 131 | 14 | 22 | 21 | 11 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1963 | 59 | 15 | 26 | 44 | 21 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1964 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1965 | 71 | 22 | 19 | 71 | 11 | 133 | 7 | 22 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1966 | 54 | 57 | 20 | 65 | 30 | 17 | 153 | 10 | 150 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1967 | 678 | 24 | 198 | 24 | 42 | 22 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1968 | 33 | 12 | 9 | 83 | 37 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1969 | 77 | 5 | 5 | 27 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1970 | 82 | 27 | 22 | 91 | 41 | 21 | 8 | 22 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1971 | 140 | 13 | 23 | 169 | 15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1972 | 54 | 21 | 17 | 21 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1973 | 25 | 37 | 10 | 24 | 29 | 8 | 33 | 10 | 7 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1974 | 765 | 28 | 78 | 28 | 21 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1975 | 154 | 20 | 49 | 21 | 35 | 11 | 85 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1976 | 70 | 40 | 20 | 20 | 18 | 25 | 24 | 13 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1977 | 340 | 23 | 26 | 143 | 32 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1978 | 397 | 23 | 168 | 19 | 175 | 17 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1979 | 351 | 20 | 89 | 16 | 214 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1980 | 564 | 29 | 165 | 25 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1981 | 190 | 24 | 54 | 27 | 34 | 14 | 253 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1982 | 334 | 20 | 94 | 19 | 301 | 11 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1983 | 373 | 26 | 94 | 22 | 73 | 11 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |
| 1984 | 57 | 22 | 12 | 83 | 82 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 0 |

3 初步结论

3.1 华南春季低温阴雨过程的周期多在4.7~17.3天之间，且主要集中在6~13天之间。另外，还存在26天周期，以及尚需进一步研究的52天周期。

3.2 各要素熵谱的多年变化规律表明,华南春季低温阴雨过程主要是低频振荡。各要素谱存在多年强弱变化规律,大体是2~4年周期。

3.3 华南地区春季低温阴雨具有南岭以北多、南岭以南少的特点,这是因为这些过程在南北方向受到地形影响所产生的差异性。在东西方向未发现显著的差异。

参 考 文 献

- [1] 梁必骝, 天气学(下册), 中央气象局科教处, 1980, 68~97
- [2] 曹鸿兴等, 科学通报, 1979, 8, 351~355
- [3] 缪锦海, 气象学报, 37 (1979), 4, 1~9
- [4] 黄嘉佑等, 气象学中的谱分析, 气象出版社, 北京, 1984, 79~96
- [5] 曹鸿兴, 局地天气预报的数据分析方法, 气象出版社, 北京, 1983, 73~86
- [6] A. 安德森, 统计天气预报译文集, 农业出版社, 北京, 1979, 223~229
- [7] 王继志等, 气象科技, 1981, 1, 1~9
- [8] 仇永炎, 中期天气预报, 科学出版社, 北京, 1985, 158~187
- [9] 李崇银, 2000年的我国大气科学预测研究文集, 1984, 46~47
- [10] Gravles C E et al., *J. Atmo. Sci.*, 44 (1987), 1, 260~264

The Maximum Entropy Spectrum Analysis in Meteorological Historical Series during Spring over South China

Lai Huoxing* Chen Chuangmai

Abstract

Using the maximum entropy method, here, we analyse some features of periodic variation of several upper and low level meteorological variables at Guangzhou, Ganzhou, Changsha, Nanning and Shantou over South China such as daily U_{500} , V_{500} , H_{500} , H_{700} , T_{850} , T_{SUR} and P_{SUR} (at OOGMT) from February to April during 1979—1982. The results show that the oscillation periods of various variables have a range within 4~17.3 days, and mainly concentrate in 6~13 days. there are also the long periods of 26 days and 52 days. The spectra of daily average surface air temperatures and pressures at Guangzhou have the regularity that their strong peaks appear for every 2~4 years, more frequently in the north than the south.

Keywords Maximum entropy method, Guangzhou

* Department of Atmospheric Sciences