

# 近百年全球平均地面气温准周期信号 及其长期演变特征的分析\*

余锦华 丁裕国

(南京气象学院环境科学系, 南京 210044)

刘晶淼

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘要** 应用奇异谱分析(SSA)方法,对全球及南北半球近100多年(1856~1997年)逐月地面气温距平序列的年际变化准周期性进行诊断分析,结果表明,全球平均气温序列中以准5~6年和准4年周期振荡最显著,其次是准两年周期振荡,各种准周期振荡年代际演变特征及其变率的阶段性,不但表现在振幅上,而且其波数亦很明显,上述特征在全球,南北半球都各有明显的差异,奇异交叉谱分析(SCSA)表明,全球平均地面气温的年际振荡与气候系统中其他各子系统所隐含的准周期信号具有各种耦合关系,尤其表现在与Niño区海温或南方涛动指数中的准周期信号的耦合关系上。

**关键词:** 全球平均地面气温; 准周期信号; 奇异谱分析; 耦合振荡

## 1 引言

近年来温室效应的增强引起全球增温已得到全世界普遍的关注。通常认为,近百年来,全球平均地面气温升高了约 $0.5^{\circ}\text{C}$ 左右<sup>[1]</sup>。虽然气温的影响包括自然因素和人为因素两个方面,但这一气温的实际变化趋势常常被认为是人为温室效应所为。那是因为我们还不能从实际气温变化信号中提取温室效应的那部分。气温趋势变化中,人为的影响和自然因素的影响到底各占多大比重,还需进一步研究。

从全球平均地面气温序列中可明显看出<sup>[1]</sup>,气温并非是一直均匀上升的,而是存在着突变和从几年到几十年的各种周期振荡。气候研究的最终目标是对未来气候变化作出预测。短期气候诊断和预测是现阶段气候研究的重点。以往的研究偏重于对全球平均地面气温的变化趋势及其突变性的分析,这显然是不够的。如果对全球平均温度变化的准周期性有一个全面的认识,则有助于研究年际和年代际到百年尺度的全球气候变率及可预报性,尤其对认识短期气候变化规律以及预测至关重要。Niita和Yoshimura<sup>[2]</sup>曾对全球地面平均气温的年际和年代际变化作功率谱分析,指出全球地面温度变化具有10~20年和2~7年的准周期振荡;Vautard等<sup>[3]</sup>则用奇异谱分析(SSA)方法揭示全球

1999-12-21收到,2000-05-12收到再改稿

\* 国家自然科学基金资助项目49875019

地面气温记录 (IPCC 序列) 中的各种准周期振荡, 他们发现的显著周期有 4~5 年、10 年、15 年、20~30 年; Trenberth<sup>[4]</sup>曾指出近几十年北太平洋存在较大的年代际气候变化等等; 这些都进一步证实全球气候变化存在着各种时间尺度的波动。但在长序列的研究中, 各种准周期振荡的阶段性并未引起足够的重视, 且准周期长度区分得比较粗糙。此外, 通常的功率谱分析或最大熵谱分析 (MESA) 只能分辨出序列中蕴含的平均周期信号, 而不能描述某一准周期振荡随时间的演变特点, SSA 方法可以弥补这些缺陷, 并能分解序列的各种准周期分量, 从而可逐个研究其长期变化特征<sup>[5~7]</sup>。

气候系统中各子系统并非孤立存在, 它们往往具有复杂的相互作用。很多研究指出, ENSO 对全球平均气温的变化有影响, 例如 Pan 和 Oort<sup>[8]</sup>认为, 全球平均气温最大值出现在 El Niño 顶峰后的 6 个月左右; Angell<sup>[9]</sup>指出, 大多数 El Niño 暖事件的影响仅限于热带和副热带地区。事实上, 子系统之间的相互作用往往表现为各种准周期的耦合振荡特征。因此, 全球气温与 ENSO 的耦合振荡及其随时间的演变, 仍然是一个值得探讨得问题。

鉴于上述, 本文对近 100 多年全球及南北半球平均地面气温序列运用 SSA 方法进行诊断, 从长期气候变化的意义上研究其各种准周期振荡的演变规律, 探讨各种准周期信号随着时间的变化特点。并应用奇异交叉谱分析 (SCSA) 方法<sup>[10]</sup>, 研究全球平均气温与 ENSO 的相互耦合关系及其显著耦合振荡随时间的长期变化特征。

## 2 资料和方法

选取 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 公布的 1856~1997 年共 142 年全球及南北半球平均地面气温逐月序列, 对其进行标准化预处理, 作为基本研究对象; 利用国家气候中心《ENSO 监测简报》公布的 1951~1997 年 Niño 区海温或南方涛动指数, 作为基本参考对象。为了使资料序列的准周期信号更加突出, 本文的做法与文献<sup>[7]</sup>相似, 即首先用 SSA 方法提取序列的趋势, 之后, 过滤掉趋势项后, 重新对滤波序列作 SSA。

## 3 全球平均地面气温的准周期信号

对全球及南北半球平均气温月际序列分别作 SSA, 得到前 8 个特征向量 (即典型波型向量), 它们表征了全球及南北半球平均地面气温的主要振荡模态, 各时间特征向量 (TEOF) 所占的方差贡献如表 1 所示, 可见, 全球及南北半球平均地面气温 SSA 的前 8 项方差贡献接近 60% 或大于 60%。其中以南半球为最大, 达 69.07%; 北半球最小, 也达 59.61%。从表 1 还可看出, 第一和第二、第三和第四、第五和第六以及第七和第八每两对特征向量的方差贡献 (特征值或奇异值) 都很接近。根据文献<sup>[5,6]</sup>准周期信号的识别方法, 求得全球及南北半球平均地面气温的显著振荡周期如表 2 所示 (TPC<sub>i,j</sub> 为第 *i* 和第 *j* 个时间主分量), 可见, 全球及南北半球平均地面气温所蕴含的显著振荡周期有些差异。全球及北半球的第一和第二特征向量表示了 5~6 年的周期振荡模 (方差贡献 26.08% 和 24.43%); 南半球的第一到第四特征向量都表示了准 4 年的周

期振荡模(方差贡献 49.57%); 全球的第三和第四特征向量表示了准 4 年的周期振荡模(方差贡献 18.75%); 北半球的第三和第四特征向量表示了准 3~4 年的周期振荡模(方差贡献 14.01%); 全球和南半球的第五到第八特征向量以及北半球的第五和第六特征向量即为文献[7]中准两年周期振荡(QBO)模(方差贡献 20.35%、19.50%和 10.89%); 北半球的第七和第八特征向量则表示了年周期振荡模(方差贡献 10.28%)。

表 1 全球及南北半球平均地面气温 SSA 的前 8 项方差贡献

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	总和
全球	15.24	12.84	9.66	9.09	6.78	5.78	4.01	3.78	65.19
南半球	14.32	14.26	10.57	10.42	6.88	5.29	3.81	3.52	69.07
北半球	12.62	11.81	7.68	6.33	5.50	5.39	5.32	4.96	59.61

表 2 全球及南北半球平均地面气温 SSA 的显著周期信号(月)

	TPC <sub>1,2</sub>	TPC <sub>3,4</sub>	TPC <sub>5,6</sub>	TPC <sub>7,8</sub>
全球	64~68	44~48	32~36	24~28
南半球	44~48	44~48	28~32	24
北半球	60~68	40~44	24~28	12

由此可见, 全球及南北半球地面平均气温在近 100 多年的长期变化中, 除具有较强的长期变化趋势以外, 还存在准两年、准 3~4 年和 5~6 年的年际周期振荡模态。其中, 全球和南半球第一显著周期分别是 5~6 年和准 4 年, 它们的第二显著周期都是准两年周期振荡; 北半球的第一显著周期是 5~6 年, 第二显著周期是 3~4 年, 准两年周期位居第三。这些结果与 Nitta 和 Yoshimura、Ghil 和 Vautard 等的结果虽不完全相同, 但并不矛盾。主要原因是所用的资料不同, 本文用的是月平均温度, 目的主要是分析年际振荡信号及其长期演变特征, 窗口长度选为  $M=100$  月。文献[3]表明, SSA 具有分析过滤器的自适应特点, 通过对窗口长度  $M$  的限定, 可对振荡的转换进行时间定位, 突出所要求的某种周期信号, 即 SSA 能很好地从时间序列中分离出周期小于  $M$ , 谱宽小于  $1/M$  的振荡。Nitta 和 Yoshimura 用年平均气温作功率谱所得的 2~7 年变化周期与本文的结果是一致的; Ghil 和 Vautard 用年平均气温作 SSA, 只能辨别出 4 年以上的周期振荡, 其所得的 4~5 年周期振荡也与本文的结果相一致, 但他们所得的年际振荡周期信号不如本文分得仔细, 有的年际振荡信号没分辨出来。

对全球及南北半球平均地面气温做功率谱分析, 结果如图 1 所示, 由图 1a 可见, 全球平均气温的功率谱值最大位于波数  $L=6$  处(取窗口长度  $M=180$  月), 对应最大的周期长度是 60 月(5 年); 第二功率谱极大值的波数  $L=17$ , 其对应的周期为 22.5 月(准两年); 第三功率谱极大值的波数  $L=30$ , 其对应的周期为 12 月(年变化)。由图 1b 可见, 南半球平均地面气温的功率谱值最大位于波数  $L=8$ , 其对应的周期为 45 月(准 4 年); 第二功率谱极大值的波数  $L=18$ , 其对应的周期长度是 20 月(准两年); 第三功率谱极大值的波数与全球一样都是  $L=30$ , 相应的周期是 12 月(年变化)。由图 1c 可见, 北半球平均气温的功率谱值最大的波数与全球的一样, 都是  $L=6$ , 相应

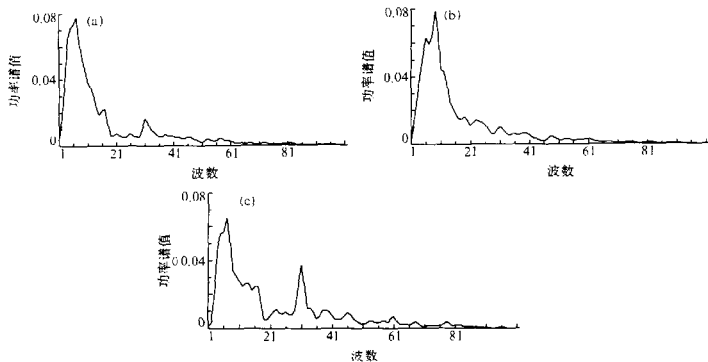


图1 功率谱分析

(a) 全球平均气温; (b) 南半球平均气温; (c) 北半球平均气温

的周期为60月(5年);但其第二功率谱极大的波数却与全球和南半球的第三功率谱极大的一致都是位于 $L=30$ ,对应的周期是12月(年变化);而第三功率谱值极大的波数 $L=12$ ,对应的周期为30月;第四功率谱极大的波数 $L=15$ ,对应的周期是24月。因此,第三和第四功率谱极大值所对应的周期实际上都可视为准两年周期。

由此可以看出,全球及南北半球平均气温的功率谱分析与SSA的结果大体上是一致的,例如:全球和北半球平均气温的最大功率谱值对应的周期是60月,SSA的第一和第二特征向量所蕴含的周期在60月附近,它们所占的方差贡献是最大的,分别是26.08%和24.43%;而南半球平均气温的最大功率谱值对应的周期是45月,其SSA结果的第一到第四特征向量所蕴含的周期为44~48月,几乎占方差贡献的一半。从表2可见,SSA对准周期性的分辨比功率谱分析要精细,功率谱分析结果受所选的窗口长度的影响很大,分辨率低,因此估计出的周期是一大致的周期。如全球和北半球的功率谱分析得到最显著的周期是60月(5年),但其SSA又区分为5~6年和4~5年以及5~6年和准4年;同样,对于准两年周期,SSA区分为32~36月和24~28月以及28~32月和24月,功率谱分析的周期长度分别是22.5月和20月。功率谱分析出的年变化周期只在北半球SSA的第七和第八特征向量中有所表现,在全球和南半球SSA的前8个特征向量中都表现不出,只能表现在前8个特征向量之后的特征向量中。

综上所述,全球及南北半球平均地面气温蕴含两个最主要的周期信号是准5年和准两年,其中又以全球和南半球的最显著,这两种周期振荡占总方差贡献的65%以上,而北半球的这两种周期振荡占总方差贡献的48.33%。5年左右的周期以南半球表现的最为集中,只在44月和48月之间摆动,以北半球的周期范围最大,在40月和68月之间摆动,且分布在两头的频率大,中间的频率小。

## 4 准周期信号随时间的演变特征

### 4.1 振幅的变化

图2~4为全球及南北半球的主要周期振荡分量重建序列(RCS),由图可见,序列中各种周期振荡的阶段性及长期变化显著,其振幅、位相和波数随时间都具有很大的变化,但各种周期分量序列的变化特点却相差甚远。

由图2a可见,全球平均气温的64~68月振荡的振幅年代际变化显著,其变化特点是:振幅最大的时间是在1956年前后,其次是在1876年前后、1916年前后和1903年左右,在这些较大振幅之间间隔着一段较小振幅时期,图2b显示的44~48月的准周期振荡的振幅年代际变化特点与64~68月的不同,其振幅大小变化的规则性比后者要差,其间还夹带一些小的波动,图2c显示的32~36月振荡的振幅阶段性变化特别显

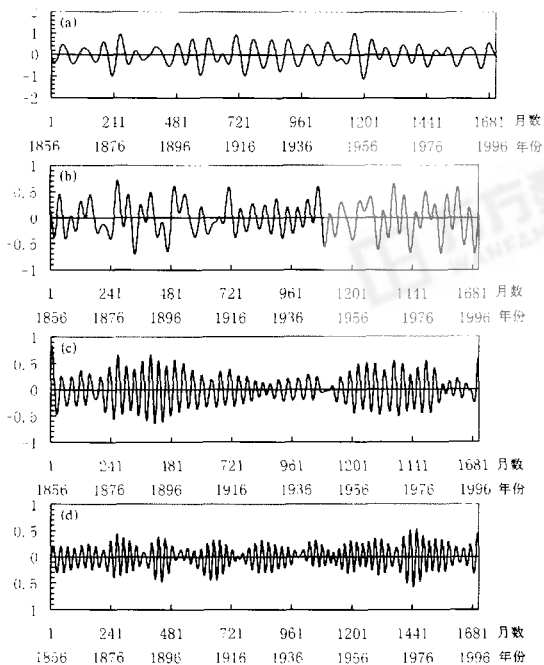


图2 全球平均气温 SSA 的重建分量序列 (RCS)  
(a) RCS1+2; (b) RCS3+4; (c) RCS5+6; (d) RCS7+8

著, 振幅较大的两段时间分别为 1874~1906 年和 1954~1982 年, 两段较大振幅之间隔着一段较小振幅时期, 其振幅年代际变化缓慢。图 2d 显示的 24~28 月的准周期振荡的振幅变化频率比 32~36 月的要快得多, 平均振幅波动的时间约为 18 年, 但振幅随时间变化并非是均匀的, 平均约为 12 年振幅较大, 6 年振幅较小。

图 3a 为南半球平均气温 44~48 月重建分量序列的变化, 其振幅变化特点是较大振幅和较小振幅交替速度快, 规律性差。其中振幅最大的时间在 1956 年前后 (这与图 2a 全球的 64~68 月的一致) 和 1970 年前后; 最小振幅在 1936 年前后和 1996 年左右, 其实 1976 年后振幅都维持在一较小的水平。由图 3b 可见, 28~32 月振荡的振幅较大时期大致有: 1870~1880 年, 1885~1894 年, 1908~1931 年和 1974~1987 年; 在较小振幅振荡中, 特别是在 1932~1973 年间, 起初以负的振荡为主, 之后是正的振荡为主和负的振荡为主交替进行。由图 3c 不难看出, 整个序列振荡的一个主要特征就是, 正的振荡为主与负的振荡为主交替进行, 它们之间约交替了 8 次。

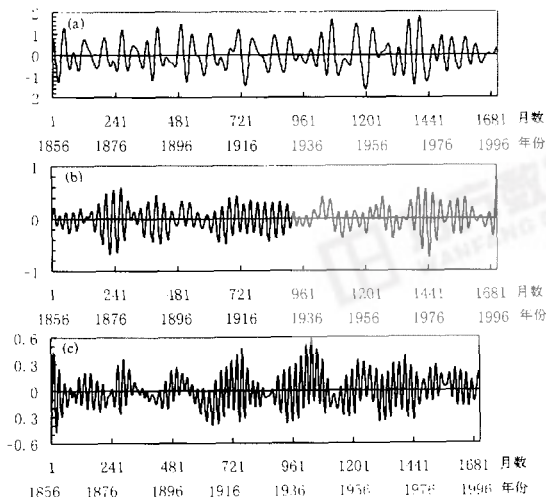


图 3 南半球平均气温 SSA 的重建分量序列 (RCS)  
(a) RCSI-4; (b) RCS5+6; (c) RCSS7+8

图 4a 是北半球平均气温 60~68 月重建分量序列的时间变化, 可见, 其振幅大小变化的频率较慢, 最大振幅发生在 1876 年左右, 在这一最大振幅的前期和后期都是序列振幅最小的时段。图 4b 显示的 40~44 月重建分量序列的振幅变化显著特点是, 以 1923 年左右为分水岭, 在此之前, 振幅大小交替着变化, 且逐渐减小直到 1923 年左右达到最小; 在此之后, 振幅大小交替地变化中蕴含着逐渐增大的趋势, 直到 1997 年达

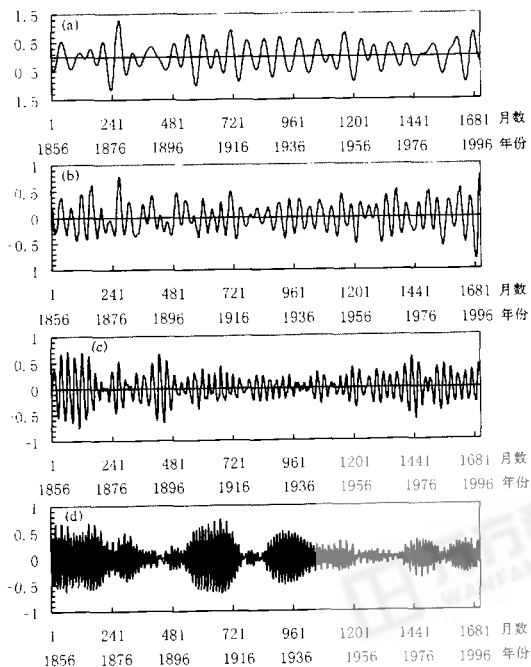


图4 北半球平均气温 SSA 的重建分量序列 (RCS)  
 (a) RCS1+2; (b) RCS3+4; (c) RCS5+6; (d) RCS7+8

到最大。图 4c 显示的北半球平均气温的 QBO 现象 (占方差贡献的 10.9%), 在 1935~1942 年和 1947~1951 年两个时期, 振幅非常小, 接近于零值, 整个序列振荡的振幅具有两头大中间小的特点。图 4d 表示了北半球年变化随时间的演变, 可见, 年变化振荡振幅的阶段性变化特征非常显著。振幅较大的时段有: 1856~1872 年、1903~1914 年 (该时段的振幅是最大的) 和 1929~1941 年; 振幅接近于零值的时段有: 1891~1896 年、1919~1926 年和 1957~1973 年。

#### 4.2 波数 (频率) 的变化

准周期信号的振荡周期不是一个定值而是在一定的范围内变动, 振荡周期的变化与振荡频率 (波数) 的变化是一致的。振荡频率快 (波数多) 表示振荡周期短, 否则振荡周期长。表 3 列出了各种准周期信号重建分量序列每 20 年间的波数, 可见, 序列的波数变化各有差异。全球平均温度 64~68 月振荡 20 年间平均波数为 3.7, 波数最多的是

4.25, 最少的是 3 个波, 两者相差 1.25 波; 44~48 月振荡波数随时间变化较小, 波数最多为 5.5, 最少为 4.5, 两者相差 1 个波; 32~36 月振荡 20 年间平均波数为 6.86, 波数最多的是 7.5, 最少的是在 1936 年 1 月~1955 年 12 月只有 6 个波, 由图 2c 可见, 这一时期的振动最慢, 振荡周期最长。南半球平均气温 24 月振荡的波数变动较小, 其平均波数为 10.42, 波数最多是 11, 最少是 10, 两者相差 1 个波。北半球平均气温的 60~68 月振荡 20 年间的平均波数为 3.7, 最多波数是 4.5 (周期为 53.3 月), 最少为 2.5 (周期有 96 月之长), 两者相差 2 个波, 而周期相差最大达 43 月; 40~44 月振荡的波数随时间的变化很小, 只在第一个 20 年的振荡波数为 6, 其后 20 年的波数都是 6.5; 24~28 月的振荡波数相差最大, 平均波数为 9.2 (平均周期为 26 月)。其中 1936~1955 年间的波数最多为 10.75, 期间相应的振幅是整个序列最小的, 振荡的频率是最快的, 振荡的周期是最短的约为 22.3 月; 1956~1975 年间振荡的波数最少为 8, 与波数最多的 10.75 相差 2.75 个波, 期间振荡的频率最慢, 其相应的振荡周期正好是 30 月, 与最短的振荡周期相差 7.7 月。从图 4d 可看出, 北半球的年振荡频率比较均匀, 相应表 3 中 20 年的波数在 19~21 间变动 (周期在 11.4~12.6 间变动), 虽然其最大波数与最小波数相差两个波, 但由于其振荡频率快, 故其周期相差并不大 (两者的周期相差 1.2 月)。

表 3 全球及南北半球平均气温各准周期振荡每隔 20 年的波数

期 间	1856~1875	1876~1895	1896~1915	1916~1935	1936~1955	1956~1975	1976~1995	
全 球	64~68 月	3	3.25	4.25	3.5	3	4	3.5
	52~56 月	5.5	5	4.5	5.5	5	5	5
	32~36 月	6.25	7.25	6.75	7	6	7	7.5
	24~28 月	8.5	8.5	8.75	10	9.5	9.25	9.25
南半球	44~48 月	5	5.75	4.25	4.25	5.5	5	5.5
	28~32 月	8.5	8.25	8	9	8	9	7.75
北半球	24 月	10.5	10	11	10.25	11	10.25	10
	60~68 月	4	3.25	4.5	3.25	4	4	2.5
	40~44 月	6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
	24~28 月	10.25	8.75	9.25	8.5	10.75	8	9
	12 月	20	19	21	19	19	21	20

由以上分析可知, 全球及南北半球平均气温准周期信号波数 (频率) 的年代际变化显著, 且各种周期信号随时间的演变特点各不相同。20 年间波数相差大多在 1~2 个波之间。其中以北半球 QBO 波数相差最大, 达 2.75 个波, 周期相差最大的是北半球的 60~68 月振荡, 达 43 月, 波数相差最少的是北半球的 40~44 月振荡, 只有 0.5 个波, 足见北半球平均气温各周期信号随时间变化的差异之大。波数或频率的变化蕴涵了各振荡周期随时间的波动, 体现了各种振荡周期的变化实质。在各不相同的时段, 波数的差异是由于其振荡周期的波动所引起。可见, 由 SSA 所求得的周期实际上是所求序列最显著的周期或者说是分量序列的平均周期长度, 不同时段实际振荡周期在该周期附近摆动, 偶尔会有较大的差异。



## 5 全球平均气温与 Niño 区海温的耦合振荡

文献[7]分析指出 Niño 区海温与北半球平均地面气温有较强的 QBO 耦合振荡关系, Gordon<sup>[11]</sup>对南北半球气温的研究认为, 南半球气温与 ENSO 的耦合振荡更显著。用奇异交叉谱分析 (SCSA) 结果表明, 全球及南北半球平均气温与 Niño 区海温或南方涛动指数主要存在着两种准周期性的耦合振荡, 前 8 项耦合信号体现了这两种耦合关系, 占总协方差的 90% 以上。如表 4 所示, 最强的耦合周期为 40~44 月, 不仅协方差贡献大 (63.0% 以上, 其中南半球占 88.9%), 而且同步相关系数也大, 其次是 28~36 月耦合振荡。显然, 南半球气温与 Niño 区海温的耦合最强, 这和 Gordon 的结果是一致的。图 5 为全球平均气温与 Niño 区海温的耦合重建分量序列, 可见, 40~44 月的耦合振荡较好, 振幅的年际和年代际变化基本是同步的, 且很明显。耦合振荡在 60 年代后期到 70 年代最强, 其次是 80 年代; 准两年耦合振荡及其随时间变化的规律性稍差 (图略)。耦合振荡的位相不一致, 气温的位相落后于海温的大约

表 4 Niño 区海温与全球及南北半球平均气温的耦合信号

SCS 序号		1	2	3	4	5	6	7	8
全球	协方差比	35.08	33.96	8.15	7.87	4.84	4.12	2.84	1.67
	同步相关	0.936	0.941	0.793	0.84	0.723	0.656	0.606	0.50
	耦合周期 (月)	44	44	40	36	32	36	32	36
南半球	协方差比	39.42	37.18	6.35	5.94	3.29	2.87	1.74	1.38
	同步相关	0.958	0.95	0.796	0.838	0.763	0.658	0.72	0.67
	耦合周期 (月)	44	44	40	40	32	36	28	32
北半球	协方差比	32.24	31.73	8.8	8.45	5.69	5.01	3.93	1.86
	同步相关	0.887	0.871	0.794	0.774	0.625	0.634	0.474	0.427
	耦合周期 (月)	40	40	32	32	32	32	/	/

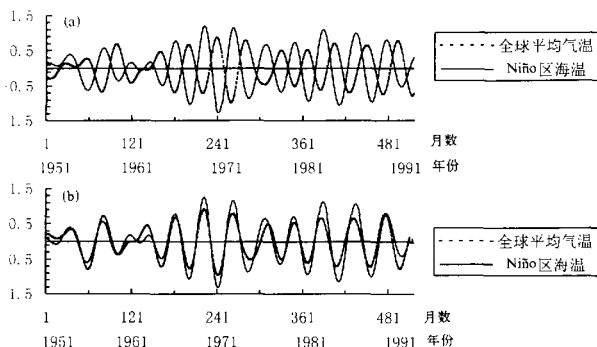


图 5 Niño 区海温与全球平均气温的耦合重建分量序列 (RCCS)  
(a) RCCS1-3; (b) Niño 区海温与滞后全球平均气温 17 月的 RCCS1-3

17 个月左右。图 5b 是 Niño 区海温与滞后 17 个月全球平均气温的耦合振荡序列, 可见耦合振荡位相是一致的, 这一结果表明, Niño 区海温异常对全球气温异常的响应时间最强在 17 个月以后。

Niño 区海温与全球及南北半球平均地面气温的两种主要周期的耦合关系并非偶然。它们与 Niño 区海温和全球及南北半球平均气温自身的准周期性振荡有关。文献 [12] 对 Niño 区海温的奇异谱分析表明, 其振荡信号最强的周期为 44 月, 准两年振荡次之。本文分析的全球及南北半球平均气温也存在显著的 44 月和准两年周期振荡信号, 且南半球平均气温的 44 月左右的振荡是最强的。可见气候子系统间的相互作用可从各种显著周期的耦合振荡中略有反映。从 Niño 区海温与全球及南北半球平均地面气温的相互耦合关系上, 不难看出 Niño 区海温占着主导地位, 第一显著耦合振荡周期就是它自身的第一显著周期, 南半球气温的第一显著周期信号与其一致, 所以它们间的耦合最强, 而全球和北半球平均气温的第一显著振荡周期就没有体现在耦合周期信号中。可见 Niño 区海温对全球气温的年际振荡具有重要的影响。

## 6 小结

(1) 全球及南北半球平均气温月际序列的准周期性既有差异, 又有共同之处。全球和北半球的第一显著周期是 5~6 年振荡, 南半球的第一显著周期是准 4 年振荡; 全球和南北半球的第二显著周期都是准 2~3 年振荡。可见, 用月际序列能较精细地分辨出全球气温中的年际振荡信号, 其与 ENSO 的准周期变化比较一致。这与 Ghil 和 Vautard 用年温度序列分析的重点不同, 后者能较好地分辨年代际振荡信号, 但准两年的年际振荡信号就难于分辨出来。

(2) 各显著周期振荡的重建分量序列的振幅和频率(波数)随时间的变化各具特色。QBO 振幅具有大小相间的波状变化特征, 大振幅和小振幅的波状的周期变化却又各不相同。

(3) 全球及南北半球平均气温与 Niño 区海温都有较强的耦合关系。最显著的耦合周期与 Niño 区海温自身的最显著周期准 4 年一致, 其次是准两年周期的耦合振荡。同期的耦合位相不一致。但 Niño 区海温与滞后 17 个月全球平均气温的耦合位相比较一致, 这与 Pan 和 Oort 认为的全球平均气温最大值出现在 El Niño 顶峰后的 6 个月左右有较大的差异。

## 参 考 文 献

- 1 Houghon, J. H., B. A. Callander and S. K. Varkey (eds.), *IPCC. Climate Change: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992, 200pp.
- 2 Nitta, T. and J. Yoshimura, Trends and interannual and interdecadal variations of global land surface air temperature, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1993, 71(3), 367~375.
- 3 Vautard, R., P. Yiou and M. Ghil, Singular spectrum analysis: A toolbit for short, noisy chaotic signals, *Physica D*, 1992, 58, 95~126.
- 4 Trenberth, K. E., Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere, *Bull. Amer. Me-*

- tear. Soc.*, 1990, **71**, 988~993.
- 5 Plaut, G., R. Vautard, Spills of low frequency oscillation and weather regimes in the Northern Hemisphere, *J Atmos. Sci.*, 1994, **5**(2), 210~236.
  - 6 丁裕国, 江志红, 奇异谱分析的广义性及其应用特色, *气象学报*, 1998, **56**(6), 736~743.
  - 7 丁裕国, 余锦华, 近百年全球平均气温年际变率中的QBO长期变化特征, *大气科学*, **25**(1), 89~102.
  - 8 Pan, Y. H. and A. H. Oort, Gloabl climate variations connected with sea surface temperature anomalies in east ern equatorial Pacific Ocean for the 1958-1973 period, *Mon. Wea. Rev.*, 1983, **111**, 1244~1258.
  - 9 Angell, J. K., Variations and trends in tropospheric and stratospheric global temperature, 1958-1987, *J. Climate.*, 1988, **1**, 1296~1313.
  - 10 丁裕国, 江志红, 施能等, 奇异交叉谱分析及其在气候诊断中的应用, *大气科学*, 1999, **23**(1), 91~99.
  - 11 Gordon, A. H., Interhemispheric contrasts of mean global temperature anomalies, *Int., J. Climatol.*, 1992, **12**(1), 1~11.
  - 12 丁裕国, 江志红, 朱艳峰, Niño区海温SSTA短期气候预测模型试验, *热带气象学报*, 1998, **14**(4), 289~296.

## Quasi-Periodic Signals and Its Features of Long-Term Change for Global Surface Temperatures over the Past Recent 100 Years

Yu Jinhua and Ding Yuguo

(Department of Environmental Science, Nanjing Meteorology Institute, Nanjing 210044)

Liu Jingmiao

(Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

**Abstract** The quasi-periodicities of inter-annual variations for the inter-monthly surface air temperature anomaly series are diagnosed over the global, southern and northern hemispheres over the past more than 100 years (1856~1997) by using singular spectrum analysis (SSA). The results show that there exist three dominant time scales with period ranges of 5~6 years, around 4 years and quasi-biennial oscillations in the global and both hemisphere temperature series. The first two period oscillations are the most prominent. The inter-decadal variations and the variability phase of the various quasi-period oscillations are displayed in amplitude and wavenumbers as well. The above-mentioned features are obviously different in the global and both hemisphere temperature series. Singular cross spectrum analysis (SCSA) shows that there exist various couple oscillations between the inter-annual oscillations of the global air temperature series and the quasi-period signals which other sub-climate systems hint, especially the couple oscillations between the inter-annual oscillations of the global temperature and the quasi-periods signals of the sea surface temperature (SST) or South Oscillation Index (SOI).

**Key words:** global average surface temperature; quasi-periodic signals; singular spectrum analysis; couple oscillation