- cal Bulletin, 1950(1 026): 70
- 2 Yang C T. On river meanders. Journal of hydrology, 1971, 13: 231~ 253
- 3 Van Der Berg J H. Prediction of alluvial channel pattern of perennial rivers. Geomorphology, 1995, 12: 259~ 279
- 4 Chitale S V. Theories and relations of river channel patterns. Journal of Hydrology, 1973, 19: 285~ 308
- 5 Church M, Ferguson R I, Kellerhals R. On the relation of river channel gradient and pattern to discharge and grain size. Research Report, Department of Geography. The University of British Columbia, 1982. 40
- 6 Leopold L B, Wolman M G. River channel patterns: braided, meandering and straight. U S Geol Surv, 1957, 282E: 85
- 7 钱宁, 张仁, 周志德. 河床演变学. 北京: 科学出版社, 1987
- 8 Carson M. The meandering-braiding river threshold: a reappraisal. Journal of Hydrology, 1984, 41: 302~ 327

(1998-01-02 收稿, 1998-08-10 收修改稿)

赤道太平洋大气低频振荡与海表水温的关系

李崇银 李桂龙

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100080)

摘要 通过对 80 年代赤道太平洋地区海表水温(SST) 资料及欧洲中期数值天气预报中心(ECMWF) 大气资料的分析, 发现热带大气低频振荡(LFO, 包括季节内振荡及半年尺度以内的大气振荡) 与赤道太平洋 SST 异常存在反相变化特征, SST 正异常对应弱的大气低频振荡, SST 负异常对应强的大气低频振荡. 相关场分析进一步证实了这种负相关, 并指出印度尼西亚地区大气低频振荡的异常对赤道中东太平洋 SST 变化起着很重要的作用.

关键词 热带大气低频振荡 海表水温(SST) 太平洋地区

热带大气低频振荡(LFO), 它包括季节内(30~ 60 d) 振荡及半年时间尺度以内的大气振荡, 是 80 年代以来国际大气科学界研究的热点之一, 因为它同短期气候变化和异常有直接关系^[1, 2]. 而以赤道东太平洋海表水温(SST) 异常为主要标志的厄尔尼诺/南方涛动(ENSO) 更以其对年际气候异常的重要影响而引起世界各国科学家和政府的关注, 已开展了广泛的研究^[3~ 5]. 在已有工作中, 虽然从资料诊断指出了热带大气季节内振荡与 ENSO 存在相互作用^[6, 7], 但是热带太平洋 SST 的变化究竟与热带大气 LFO 的关系如何尚不十分清楚. 在一个有关机理的研究中, Lao 等人^[8]的结果表明了 SST 热高热带大气季节内振荡应越强, 但这个结果不仅与 El Niño 期间较弱季节内振荡的观测事实不符, 而且我们已在一个动力学研究中指出了产生这种不一致的原因同季节内振荡机制研究中的参数化方法有关^[9]. 在最近的有关资料分析和对大气环流模式(GCM) 模拟结果的研究中^[10], 人们又提出了大气低频振荡与 SST 异常的关系问题, 但仍没有给出令人满意的结果. 因此, 进一步搞清热带大气低频振荡与 SST 的关系, 是十分必要且有意义的.

本文将通过对 80 年代赤道太平洋地区 SST 资料和 ECMWF 大气资料的分析, 进一步揭露 LFO 与 SST 的确切关系, 为深入研究热带大气低频振荡和 ENSO 的机理提供更多的事实依据.

1 赤道太平洋地区大气 LFO 动能及 SST 异常的时间变化

对大气中的风场(u 和 v) 资料进行带通滤波处理(参见文献[2]), 不难得到热带大气低频振荡的 u 和 v 分量, 进而可以方便得到热带大气 LFO 的动能 K . 图 1(左) 给出了赤道(10°S – 10°N) 太平洋 200 hPa 上 LFO 扰动动能的时间-经度剖面, 它极为清楚地表明, 在 1980~1988 年期间, 赤道太平洋地区尤其是在赤道中东太平洋地区存在 3 个 LFO 的较强活动期, 其动能明显

图1 赤道(10°S , 10°N)地区平均 200 hPa 大气 LFO 动能 K (左图, 单位: $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$) 和 SST 异常 (右图, 单位: $^{\circ}\text{C}$) 的时间-经度剖面

偏强,它们分别是1981年和1982年上半年,1985年和1986年上半年以及1988年,而在1982年下半年和1983年以及1986年下半年和1987年,热带大气LFO的动能明显偏小。

从图1(右)给出的 10°S 10°N 平均的SST距平的时间-经度剖面可以看到,其时间变化同热带大气LFO动能有相反特征,赤道中东太平洋SST在1982年春季开始到1983年以及1986年下半年和1987年都有极清楚的正距平,而在1981年和1982年春季,1984年到1986年上半年以及1988年却有明显的SST负距平。也就是说,赤道太平洋地区(尤其是赤道中东太平洋地区)的SST正距平正好对应着弱的热带大气LFO,而出现SST负距平,正好对应着强的热带大气LFO。

为了更清楚地表明热带大气低频振荡与赤道太平洋SST异常的相互关系,图2给出了赤道太平洋(10°S , 10°N , 140°E , 80°W)地区平均的SST异常及200 hPa上LFO振荡动能的时间演变。图中极为清楚地反映出SST异常与热带大气低频振荡动能的主要反相变化特征,尽管在较短的个别时间里有同位相的情况。

图2 赤道太平洋(10°S , 10°N , 140°E , 80°W)地区平均的SST异常(实线,单位为 0.1°C)及200 hPa上低频振荡动能 K (虚线,单位为 $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$)的时间变化(5个月滑动平均结果)

2 赤道太平洋大气LFO动能与SST异常的相关分析

为了进一步揭露赤道太平洋SST异常与其上大气LFO之间的关系,还分析了各个($5^{\circ}\times 5^{\circ}$)经纬度网格点上SST和大气200 hPa LFO动能变化间的相关系数。图3给出了(30°S 30°N , 120°E 60°W)范围相关系数的分布特征,其中图(a)~(e)分别表示200 hPa LFO动能超前SST变化2个月、1个月、同时相关、200 hPa LFO动能滞后SST变化1个月和2个月的相关(相关系数大于0.16即达到95%信度)。我们将注意力集中于赤道附近(10°S , 10°N)地区,首先由图3(c)的同时相关系数的分布可以看到,在印度尼西亚(海洋大陆)地区,大气LFO与SST(这里SST在陆面上为表面温度)有弱的正相关,而在广大赤道中东太平洋地区,大气LFO与SST为明显的负相关。由图3(a)和(b)可以看到两个主要特点,即在海洋大陆及附近地区有明显正相关,而赤道中东太平洋的负相关是逐渐扩大的。由图3(d)和(e)可以看到整个赤道太平洋(包括印度尼西亚地区)的大气LFO与SST都为负相关。这些相关场及其时间演变表明:赤道太平洋地区的负相关随着时间是逐渐扩展和增大的,主要反映了赤道太平洋SST变化对大气LFO的负影响,即高SST将引起弱的大气LFO,而低SST将导致强的大气LFO;印度尼西亚及周围地区大气低频振荡对SST也有相当重要的作用,这在印度尼西亚地区大气平均LFO动能与热带太平洋各格点SST的相关图(图略)上也有清楚反映,即该地区强(弱)的大气LFO将引起其

后 SST 的升高(降低), 这种影响大致可持续 1~3 个月时间; 并且印度尼西亚地区前期大气 LFO 对赤道东太平洋 SST 有正相关的影响. 由上述相关场, 尤其是相关场的演变可以初步认为, 赤道太平洋(尤其是中东太平洋) SST 对大气 LFO 有着更为明显和系统性的负相关影响, 而印度尼西亚附近地区大气 LFO 的活动对赤道太平洋 SST 也有一定的作用.

从以上讨论可知, 热带地区有广阔的海洋, 海-气相互作用是 80 年代以来大家都十分重视的科学问题, 热带大气低频波不仅对气候变化有直接影响, 而对海洋热状况也有重要作用, 但热带大气低频波与海温异常的关系目前仍不清楚. 本文的资料分析对赤道 (10°S , 10°N) 太平洋地区大气低频振荡与 SST 异常进行了探讨, 其结果表明: 赤道太平洋 SST 异常与其上大气低频振荡主要表现为反相变化特征, 正 SST 异常对应弱大气低频振荡, 负 SST 异常对应强大气低频振荡.

由相关系数场的演变可以看到上述负相关变化在赤道太平洋地区是随时间逐渐扩展和增强的, 主要反映了 SST 正(负)异常对大气低频振荡的减弱(增强)作用. 同时也可以看到印度尼西亚地区大气低频振荡的异常对赤道太平洋 SST 的变化也有重要作用, 该地区的强低频振荡将对应着其后赤道中东太平洋 SST 的正异常, 这同已有的关于 El Niño 发生与赤道西太平洋低频波异常的研究结果相一致^[6], 即赤道西太平洋地区大气低频振荡的强异常对 El Niño 的发生有重要激发作用.

致谢 本工作为国家“九五”攀登预选项目“气候动力学和气候预测理论的研究”及中国科学院 KZ951_408_01 共同资助.

图3 经纬度网格点大气 200 hPa LFO 动能与热带太平洋 SST 的相关系数分布

(a) 200 hPa LFO 动能超前 SST 2 个月; (b) 200 hPa LFO 动能超前 SST 1 个月; (c) 200 hPa LFO 动能与 SST 同时相关; (d) 200 hPa LFO 动能滞后 SST 1 个月; (e) 200 hPa LFO 动能滞后 SST 2 个月

参考文献

- 1 Knutson T R, Weickmann K M. 30~ 60 day atmospheric oscillation: composite life cycles of convection and circulation anomalies. *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 1 407~ 1 436
- 2 李崇银. 大气低频振荡(修订本). 北京: 气象出版社, 1993
- 3 陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响. *大气科学*, 1977, 21: 1~ 12
- 4 Ropelewski C F, Holpert M S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 1 606~ 1 625
- 5 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1986
- 6 李崇银, 周亚萍. 热带大气季节内振荡与 ENSO 的相互关系. *地球物理学报*, 1994, 37: 17~ 26
- 7 李崇银, 李桂龙. 同 El Niño 发生相联系的热带大气系统动能的变化. *科学通报*, 1995, 40(17): 1 866~ 1 869
- 8 Lau K M, Peng L. Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere, part iv: basic theory. *J Atmos Sci*, 1987, 44: 950~ 972
- 9 李崇银, 李桂龙. El Niño 影响热带大气季节内振荡的动力学研究. *大气科学*, 1996, 20: 159~ 168
- 10 Sperber K R, Alingo J M, Inness P M, et al. On the maintenance and initiation of the intraseasonal oscillation in the NCEP/NCAP re-analyses and the GLA and UKMO AMIP Simulations. PCMDI Report No. 36, 1996

(1998-01-02 收稿, 1998-07-03 收修改稿)

郯城球粒陨石的稀有气体及宇宙射线暴露年龄

王道德 王瑞田^④

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; ④山东省菏泽地区地震局, 菏泽 274026)

摘要 新近降落的郯城球粒陨石的稀有气体分析结果表明, 宇宙成因³He, ²¹Ne 及³⁸Ar 的宇宙射线暴露年龄分别为 5.1, 5.0 及 5.8 Ma, 平均为 5.3 Ma; 放射性成因⁴He 及⁴⁰Ar 的气体保存年龄分别为 3 200 及 4 200 Ma. 表明该陨石近于 5.3 Ma 以前在宇宙空间因碰撞破裂而脱离陨石母体.

关键词 有气体 宇宙射线暴露年龄 球粒陨石 郯城 山东

郯城陨石为 1997 年 2 月 15 日 23 时 30 分(北京时间)在山东省菏泽地区的郯城县及其邻区降落的陨石雨, 呈椭圆分布面积约为 35 km². 据估计陨石样品大于 1 000 块, 最大的一块为 2.7 kg, 总重量大于 100 kg. 岩石学和矿物学的研究表明^[1], 该陨石主要由橄榄石(平均 Fa, Fe₂SiO₄ 为 19.2% (摩尔分数)、低钙辉石(平均 Fs, Fe₂Si₂O₆ 为 16.9% (摩尔分数)、铁纹石(Co, 0.36%~0.47%)及陨硫铁组成并有少量斜长石(An_{9.0}~32.9Or_{2.7}~11.8). 薄片观察表明, 球粒不发育, 基质已再结晶, 橄榄石及低钙辉石显示弱的波状消光. 冲击变质特征不明显, 根据橄榄石成分铁纹石中钴含量的二维分类参数及结构特征^[2~4], 将郯城陨石的化学岩石类型划分为 H5 球粒陨石, 冲击变质相为 S2.

稀有气体分析是在瑞士伯尔尼大学物理研究所完成的, 分析流程请参阅有关文献[5]. 表 1 及表 2 分别为郯城球粒陨石全岩 He, Ne 及 Ar 的分析结果和宇宙成因³He, ²¹Ne 及³⁸Ar 的浓

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-1-78>