热带大气季节内振荡的异常与1997年El Niño事件的发生*

李崇银 龙振夏

（中国科学院大气物理研究所大气科学与地球流体力学数值模拟国家重点实验室，北京 100029）

摘 要 利用美国 NCEP 资料分析热带大气季节内振荡（ISO）与 ENSO 的关系，揭示了 1997 年 El Niño 事件的发生，与赤道中西太平洋地区大气 ISO 在 1996 年冬到 1997 年春期间的异常增强有重要关系。而且该地区 ISO 的异常增强并不主要由赤道印度洋地区移来，主要表现为 ISO 在印度尼西亚上空被激发增强和东传。印度尼西亚地区 ISO 的被激发，则是由于东亚冬季风强异常在该地区引起的强对流活动的结果。

关键词：季节内振荡；El Niño

1 引言

1997 年爆发的 20 世纪最强的一次 El Niño 事件给世界许多地区造成严重的自然灾害，如印度尼西亚的干旱和森林大火，南美北部地区的严重洪涝和中国东部地区的干旱等。因此，研究 1997 年 El Niño 的发生已成为各国科学家的重要研究课题，大家从不同角度提出了一些科学论断[1,2]。

根据资料分析和数值模拟试验的结果，我们曾指出 El Niño 与热带大气季节内振荡存在相互作用[3]，在 El Niño 事件发生之前，热带大气季节内振荡有异常增强现象；而 El Niño 爆发之后，又对热带大气季节内振荡有明显制约作用[4]。

本文通过对美国 NCEP 资料的分析，揭示热带大气季节内振荡在 1997 年 El Niño 事件发生中的重要激发作用。

2 1997 年 El Niño 爆发与热带大气季节内振荡强度异常

1997 年 5～6 月开始在赤道东太平洋爆发了 20 世纪最强的一次 El Niño 事件，其最强海表水温异常（SSTA）达到 5°C 以上。一个十分有意义的现象是在此次 El Niño 事件爆发之前，热带大气季节内振荡（ISO），有极其明显的异常增强。图 1 给出的是赤道太平洋 Niño 3 区（5°S～5°N，150～90°W）月平均 SSTA 的时间变化，及与其相对应的赤道西太平洋（10°S～10°N，120°E～180°W）地区大气季节内振荡月平均动能

2000-02-18 收到，2000-06-12 收到修改稿

* 国家重点基础研究发展规划 G1998040903、国家"九五"攀登项目"南海季风试验"和国家自然科学基金资助项目 49823002 共同资助

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

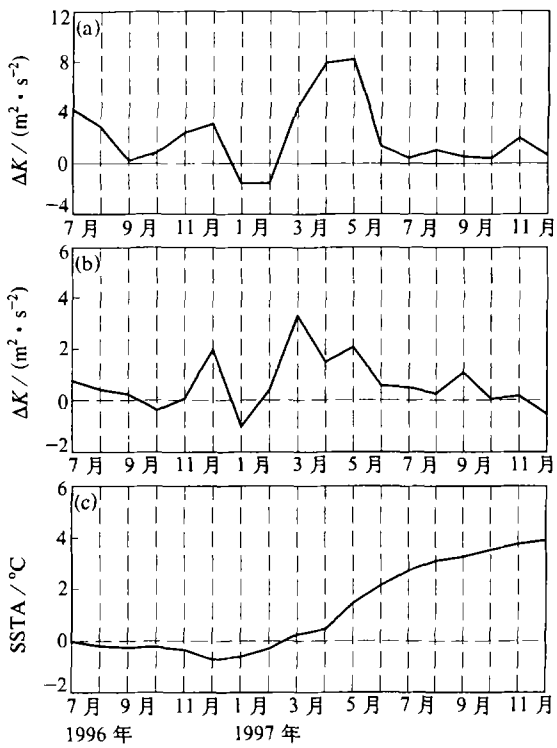

图 1 赤道西太平洋（10°S～10°N，120°E～180°）地区 200 hPa（a）和 850 hPa（b）大气 ISO 月平均动能异常，以及 Niño 3 区 SSTA 的时间变化（1996 年 7 月～1997 年 12 月）

的时间变化。很显然，在 El Niño 事件爆发之前的 1996 年冬和 1997 年春期间，赤道西太平洋地区大气季节内振荡的动能值异常偏大，有持续的大气 ISO 强烈活动。

上面的结果再一次证明了刘家铭等[5]的一个推测，以及我们对有关资料的分析结果。因为热带大气季节内振荡以其年际异常为主要特征，在过去的 El Niño 事件发生之前，热带大气季节内振荡都有异常增强现象（图略），即热带大气季节内振荡的年际异常与 El Niño 事件存在明显的关系。在一个动力学研究中，我们已经指出，作为年际时间尺度外强迫的热带大气 ISO 的年际异常，通过海气相互作用可以在海气耦合系统中激发产生 ENSO 型模态[6]。1996 年冬和 1997 年春热带大气 ISO 的异常增强，实际上也是 ISO 的一次年际异常（其前在 1993 年春也出现过强热带大气 ISO），对 1997 年 El Niño 事件的爆发起着重要的激发作用。

3 赤道西太平洋地区大气 ISO 的异常形势

赤道西太平洋大气 ISO 的异常增强对 1997 年 El Niño 的爆发有重要激发作用，赤道西太平洋大气 ISO 的异常增强的形势如何呢?

基于向外长波辐射（OLR）资料的分析，Nakazawa[7]也认为 ISO 对 1997 年 El Niño 爆发起着激发作用，但他认为赤道西太平洋的强 ISO 活动是由于 1997 年 2 月由赤道印度洋地区的大气 ISO 东移引起的。但是，我们进一步分析表明，由赤道印度洋地区东移的 ISO 虽然有一定作用，却不是主要的，之所以它的作用被夸大，是因为人们只注意了赤道附近很狭窄地区的情况。如果同时注意整个热带地区的大气系统的活动和变化，便会得到更全面更合理的结论。

图 2 分别给出的是 1996 年 12 月，1997 年 2 月、4 月、6 月、8 月和 10 月 850 hPa 上大气季节内振荡动能的水平分布，它清楚地反映出印度洋到中太平洋热带大气季节内振荡的活动情况。由图可以看到两个重要情况，其一是有两个季节内振荡的最大动能区，一个在日本以南到赤道中西太平洋地区，另一个在印度半岛以南的赤道印度洋地

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

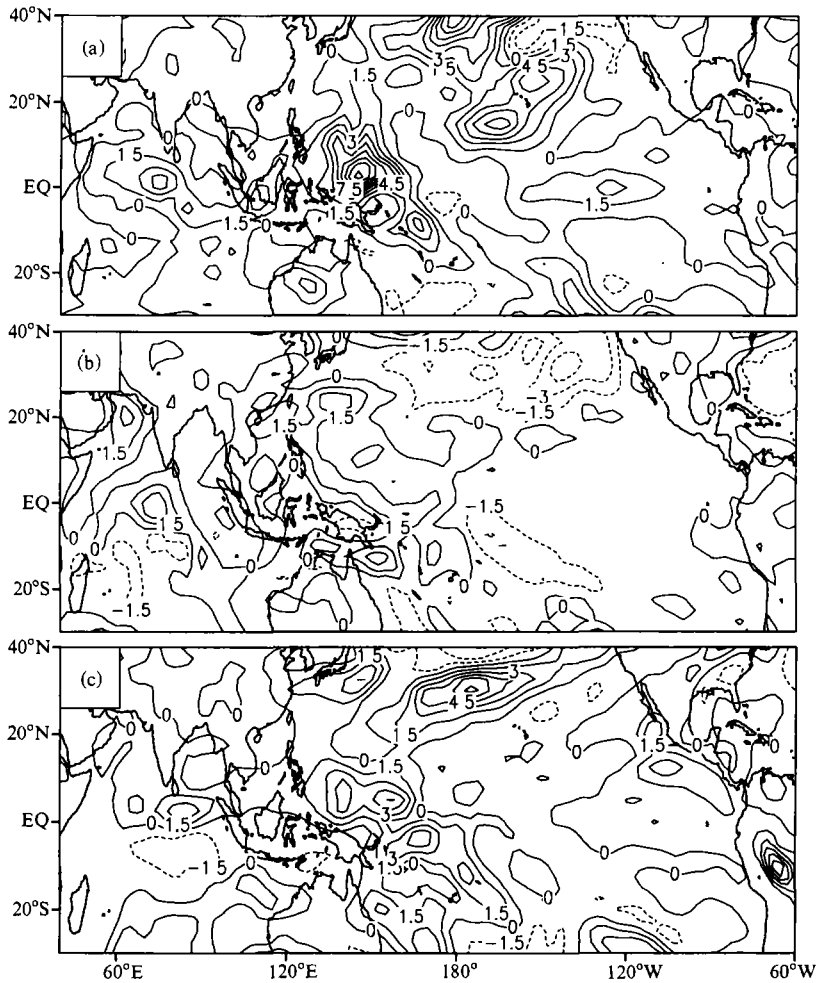

图 2　850 hPa 上热带大气季节内振荡动能（单位：$m^2\ s^{-2}$）的水平分布
（a）～（c）分别代表 1996 年 12 月和 1997 年 2 月、4 月的情况

区，而且以前这一地区大气季节内振荡最强。1996 年 12 月到 1997 年 6 月，虽然热带印度洋地区的季节内振荡有东传现象，但只传到了中国南海地区；赤道西太平洋地区季节内振荡主要表现为由菲律宾以东地区向东传播，而菲律宾附近地区季节内振荡的加强主要为日本以南地区季节内振荡动能的向南传播。其二是在 El Niño 于 1997 年 5～6 月爆发之后，赤道西太平洋大气季节内振荡的动能明显减弱，说明 El Nino 对热带大气季节内振荡有抑制作用。这一结果与已有数值模拟结果完全一致[8]。

图 3 给出了 120～135°E 经度带平均的大气 ISO 动能的时间–纬度剖面。很清楚，就在 1997 年 El Niño 爆发前的冬春季，有大气季节内振荡（动能）由中纬度的 20～30°N 地区向赤道传播的现象（如图中粗虚线所示）。也就是说，同 1997 年 El Niño 事件爆发有关的赤道中西太平洋地区，大气季节内振荡的异常增强主要不是由赤道印度洋季节内振荡的东传结果，而是中纬度的日本以南地区的季节内振荡动能向东南方向传到

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

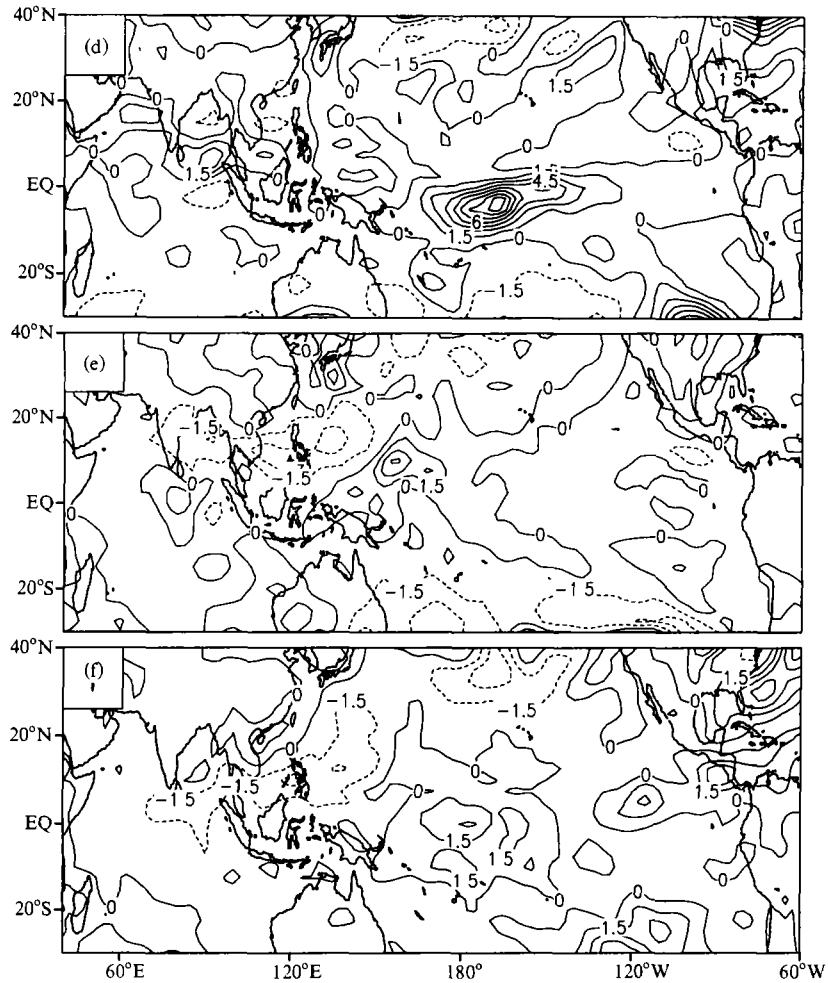

图 2（续） 850 hPa 上热带大气季节内振荡动能（单位：$m^2\ s^{-2}$）的水平分布
（d）～（f）分别代表 1997 年 6 月、8 月和 10 月的情况

菲律宾以东地区，以及大气季节内振荡在赤道西太平洋地区被激发加强的结果。

为了进一步说明 1997 年 El Niño 事件爆发前赤道西太平洋大气季节内振荡的异常活动情况，图 4 给出了 850 hPa 赤道地区（10°S～10°N）30～60 d 大气振荡动能的时间-经度剖面。很显然在赤道西太平洋和赤道印度洋各存在一个大气季节内振荡系统，赤道印度洋大气季节内振荡亦有东传的特征，但主要显示出驻波振荡的特征；赤道西太平洋的大气季节内振荡主要表现为东传特征，尤其是伴随 El Niño 的爆发（1997 年 5 月），大气 ISO 的东传更明显。另外，1996 年冬到 1997 年春赤道西太平洋大气 ISO 有极为显著的增强，而赤道西太平洋大气季节内振荡的加强并非由赤道印度洋移来，在赤道西太平洋地区明显存在着使大气季节内振荡增强的机制，包括中纬度的影响及在该地区的激发作用。在图 4 中还可以看到一个有意思的现象，赤道西太平洋的大气 ISO 有向东频散能量的特征，值得注意。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4　赤道西太平洋地区大气 ISO 增强的原因

以上分析已清楚地表明，1996 年冬到 1997 年春赤道西太平洋地区的大气 ISO 异常增强，而这种增加并非由于印度洋大气 ISO 东移的影响，那么是什么机制造成了赤道西太平洋地区大气 ISO 的异常增强呢？

有关热带大气季节内振荡的动力学机制研究已清楚地表明，积云对流加流的反馈作用是激发产生热带大气 ISO 的主要机制[9~11]。而冬半年赤道西太平洋地区积云对流活动的异常又同东亚冬季风的异常活动密切相关，强（弱）东亚冬季风将在赤道西太平洋地区激发出较强（弱）的积云对流[12,13]。一方面是因为强（弱）东亚冬季风异常可在赤道西太平洋地区造成较强辐合（辐散），有利于（不利于）积云对流的发展；另一方面，强（弱）东亚冬季风可在赤道西太平洋地区造成异常西（东）风，异常赤道西（东）风将加强（削弱）积云对流的活动。

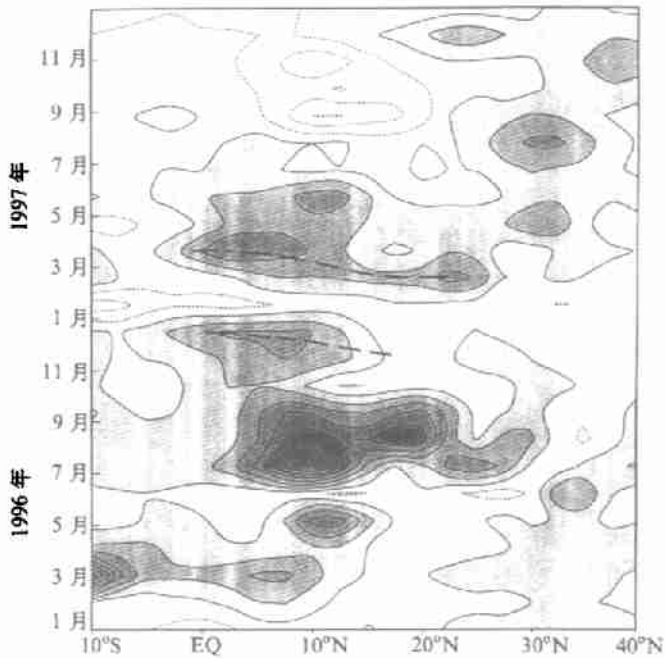

图 3　120～135°E 经度带平均的 850 hPa 大气 ISO 动能（单位：$m^2\ s^{-2}$）的时间–纬度剖面

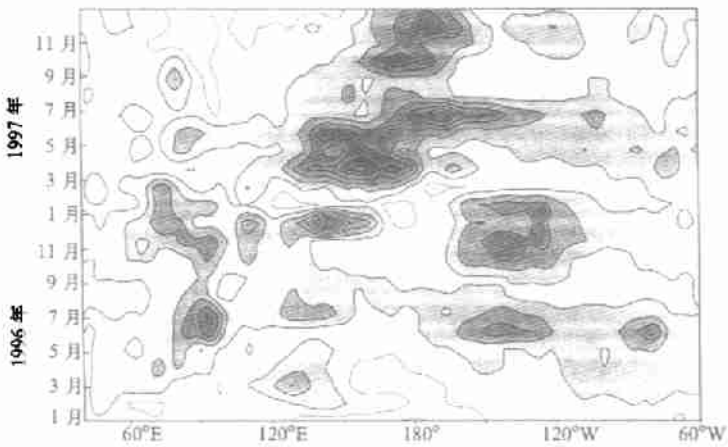

图 4　850 hPa 上印度洋和太平洋赤道地区（10°S～10°N）30～60 d 大气 ISO 的动能（单位：$m\ s^{-2}$）的时间经度剖面

一般，冬半年东亚冬季风的强弱，可以很方便地用（20～35°N，120～150°E）地区平均的经向风（v）的异常来表示，经向风的负异常（北风异常）表示冬季风强，经向风正异常（南风异常）表示冬季风偏弱。利用 NCEP 再分析资料，图 5 分别给出了冬半年（11～4 月）赤道西太平洋（5°S～5°N，120～150°E 地区平均 OLR 异常（实线）和（20～35°N，120～150°E）地区平均 850 hPa 经向风异常（虚线）的时间变化情况。可以看到，两者有很好的正相关关系，正（负）

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

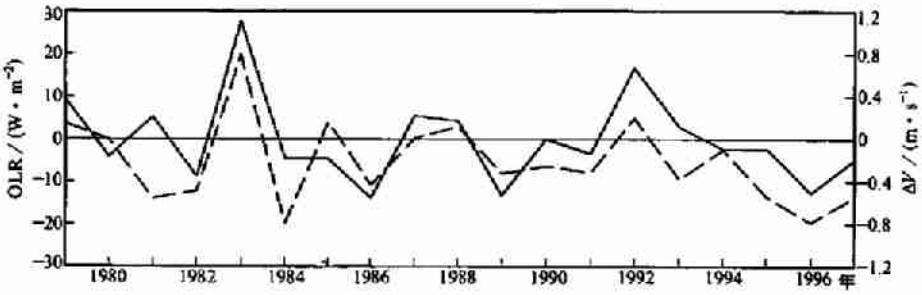

图5 冬半年（11～4月）赤道西太平洋地区（5°S～5°N，120～150°E）OLR异常（实线）及（20～35°N，120～150°E）地区850 hPa经向风异常（虚线）的时间演变（1979～1997年）

OLR异常，即弱（强）对流活动，基本上对应着南（北）风异常。

为了进一步揭示东亚冬季风异常对赤道西太平洋地区积云对流活动的影响，我们计算了冬半年（11～4月）每月（20～35°N，120～150°E）地区平均的经向风风速与热带印度洋和热带太平洋地区OLR格点值的相关系数，其结果如图6所示。非常清楚，在赤道西太平洋和南海地区有十分显著的正相关区，信度达99%以上。即南风异常（弱冬季风）对应有OLR正异常（弱对流活动）；北风异常（强冬季风）对应有OLR负异常（强对流活动）。

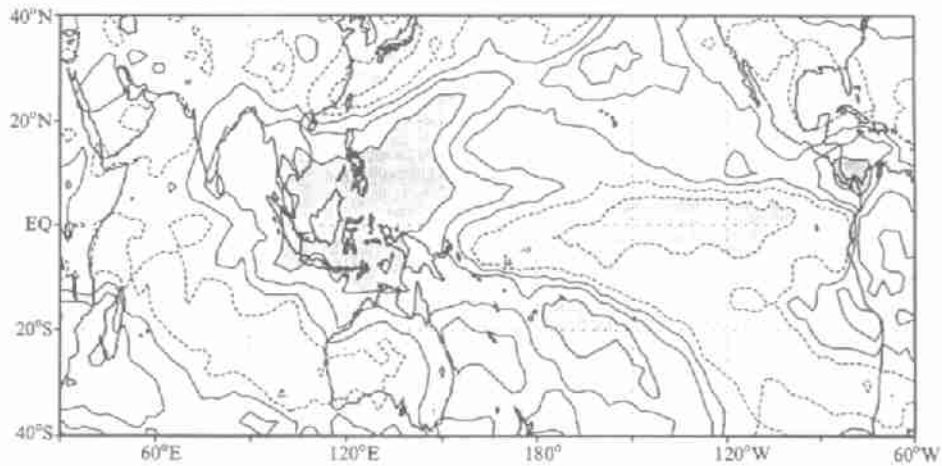

图6 冬半年（11～4月）在（20～35°N，120～150°E）地区平均的850 hPa经向风风速与热带地区OLR格点值的同时相关系数的分布特征

5 结论

以上分析可以得到如下几点结论：

（1）1997年El Niño事件的爆发，与赤道中西太平洋地区大气季节内振荡在1996年冬到1997年春期间的异常增强有重要关系。

（2）赤道中西太平洋地区大气季节内振荡的异常增强主要不是赤道印度洋地区大气ISO东移引起；大气ISO在赤道西太平洋地区被激发和增强，以及它的向东传播是最

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

重要的原因。赤道印度洋地区的大气 ISO 主要表现为驻波型振荡特征。

（3）赤道西太平洋地区大气季节内振荡的增强（积云对流的强烈活动），主要是由于冬半年东亚冬季风异常所激发产生的（南半球的影响也会有一定作用）。强（弱）东亚冬季风将在赤道西太平洋地区激发产生强（弱）积云对流，强（弱）积云对流成为该地区大气 ISO 增强（减弱）的重要机制。

参 考 文 献

1 Yu, L and M. M. Rienecker, Evidence of an extratropical atmospheric influence during the onset of the 1997–98 El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, 1998, **25**, 3537～3540.

2 Li Chongyin, Mu Mingquan and Zhou Guangqing, The variation of Warm Pool in the equatorial western Pacific and its impacts on climate, *Advances in Atmospheric Sciences*, 1999, **16**, 378～394

3 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.

4 李崇银，El Niño对热带大气季节内振荡的影响，自然科学进展，1996, **6**, 27～33.

5 Lau, K. M. and Peng L, The 40～50 day oscillation and the El Niño / Southern Oscillation: A new perspective, *Bull Amer Meteor. Soc.*, 1987, **67**, 533～534.

6 Li Chongyin and Liao Qinghai, The exciting mechanism of tropical intraseasonal oscillation to El Niño event, *J Tropic Meteor.*, 1998, **4**, 113～121

7 Nakazawa, T., MJO triggered 1997 / 98 ENSO, The 22nd General Assembly of IUGG, 18～30 July 1999, Birmingham, UK

8 Li Chongyin and I. Smith, Numerical simulation of the tropical intraseasonal oscillation the effect of warm SSTs, *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, **9**, 1～12

9 李崇银，南亚季风槽（脊）和热带气旋活动与移动性CISK波，中国科学（B），1985, No 7, 668～675.

10 Lau, K. M. and Peng, L , Origin of low frequency intraseasonal oscillations in the tropical atmosphere, Part I The basic theory, *J Atmos. Sci.*, 1987, **44**, 950～972.

11 Li Chongyin, A further inquiring on the mechanism of 30–60 day oscillation in the tropical atmosphere, *Advances in Atmospheric Sciences*, 1993, **10**, 41～53.

12 Li Chongyin, Ineraction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño event, *Advances in Atmospheric Sciences*, 1990, **7**, 36～46.

13 孙柏民、李崇银，冬季东亚大槽的扰动与热带对流活动的关系，科学通报，1997, **42**, 500～503.

Intraseasonal Oscillation Anomalies in the Tropical Atmosphere and the 1997 El Niño Occurrence

Li Chongyin　and　Long Zhenxia

(*State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029)

Abstract　The relationship between intraseasonal oscillation (ISO) in the tropical atmosphere and ENSO is analyzed by using NCEP reanalysis data. It is indicated that the 1997 El Niño occurrence is closely related to the abnormal enhancement of the atmospheric ISO over the equatorial center–western Pacific region during a period from the winter of 1996 to the spring of 1997. The abnormal enhancement of the ISO in that region resulted mainly from local exciting over the Indonesia region and it does not mainly come from the equatorial Indian Ocean region. The strong convection caused by anomalous strong winter monsoon in East Asia plays an important role in exciting the ISO over the Indonesian region.

Key words:　intraseasonal oscillation;　El Niño

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net