

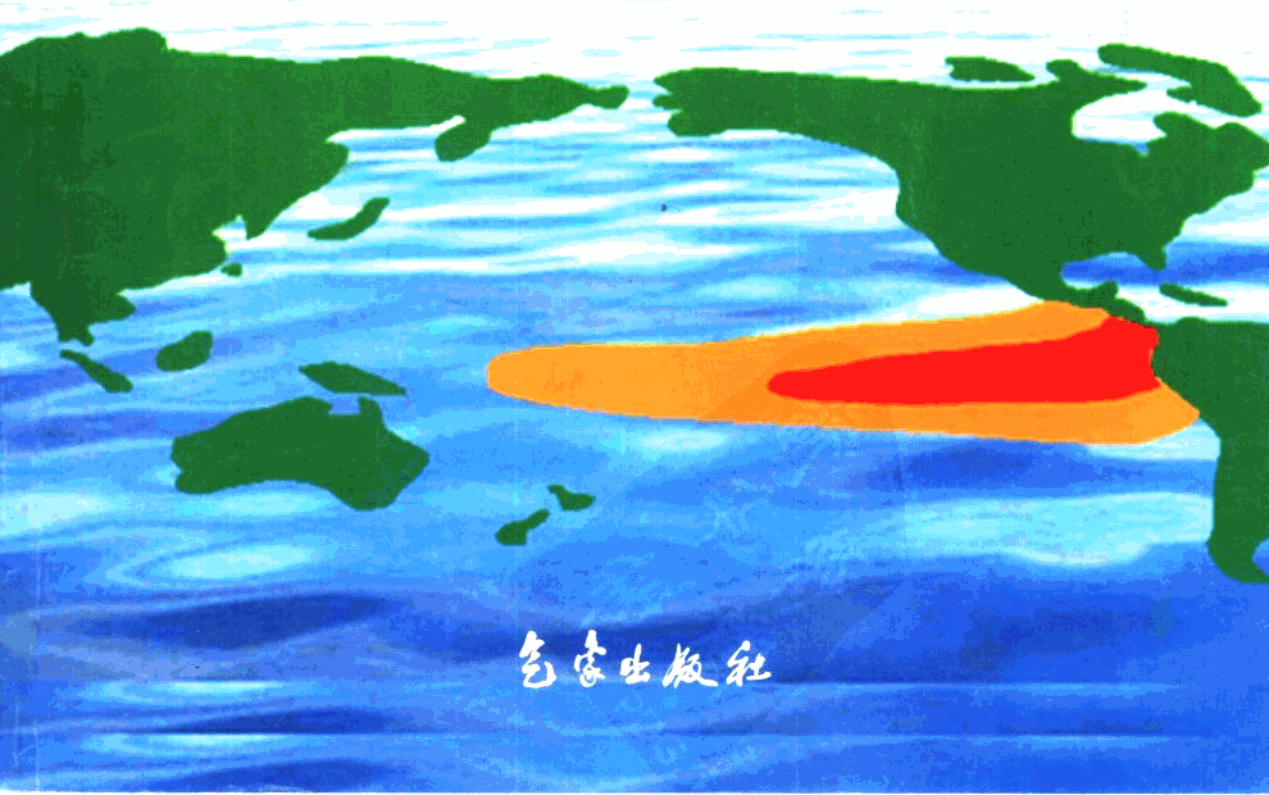
国家“九五”重中之重科技项目

我国短期气候预测系统的研究

96-908-04-02

ENSO 监测和预测研究

翟盘茂 江吉喜 张人禾 主编



气象出版社

ENSO 监测和预测研究

翟盘茂 江吉喜 张人禾 主编

BA208/-

1707.44

207.4

18/19

气象出版社

内 容 提 要

本书从“ENSO 事件的监测和预测系统研究”专题的研究论文中选编了 16 篇较有代表性的论文和 8 篇 ENSO 事件的总结。其主要内容包括：(1) 卫星资料在 ENSO 监测中的应用研究、ENSO 资料分析、ENSO 监测指数与指标以及 ENSO 分类研究；(2) ENSO 过程诊断研究，包括风场异常、暖池异常和变化对 ENSO 事件的作用，以及前期海表温度异常分布对不同类型 ENSO 事件的影响等；(3) ENSO 统计预测模式与 ENSO 预报集成方法研究；(4) 1980～2000 年期间的各个 ENSO 事件的主要特点、发生发展过程，爆发前期和结束时期热带海洋和大气的变化特点。书中还包括有关 ENSO 研究中常用的 ENSO 事件分类表和一些重要的指数表。

本书可供气象、海洋和有关科研、业务部门以及高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

ENSO 监测和预测研究/瞿盘茂主编. —北京：气象出版社，2000.11
ISBN 7-5029-3035-3

I. E… I. 瞿… I. ①气候异常-监测 ②气候异常-预测 N. P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 56187 号

气象出版社出版

(北京市海淀区白石桥路 46 号 邮政编码：100081 电话：68407061)

责任编辑：纪乃晋 成秀虎 终审：周诗健

封面设计：李晓燕 江 滢 责任技编：陈 红 责任校对：宋春香

*

北京白河印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本：787×1092 1/16 印张：11.5 字数：291.2 千字

2000 年 10 月第一版 2000 年 10 月第一次印刷

印数：1~800 定价：30.00 元

前 言

ENSO 是年际气候变化的最强信号,对全球气候产生着重要影响。ENSO 也是我国短期气候预测的一个重要因子,事实上 ENSO 预测本身就是短期气候预测的重要内容之一。

虽然不同 ENSO 过程大体上有其相同的特征,但每个 ENSO 事件都具有其各自的特点。20 世纪 80 年代以来,国内外在 ENSO 研究方面已经取得了十分重要的进展,但我们仍然无法确切解释 ENSO 形成机理。研究表明,ENSO 对我国气候的影响取决于事件的强度、发生时间及其演变特征。因此,ENSO 监测和预测研究对于及时检测和预报气候系统强信号,为我国短期气候预测服务具有十分重要的意义。

本研究受到国家重中之重科技项目“我国短期气候预测系统研究”中“ENSO 事件的监测和预测系统研究”(96-908-04-02)专题的支持。本专题研究旨在系统性的收集与分析不同来源的大气和海洋资料,建立 ENSO 资料库;研究 ENSO 监测指标及方法,研制 ENSO 监测系统;对 ENSO 过程进行诊断研究,揭示有监测和预测意义的指标;研究 ENSO 的综合预测技术,研制 ENSO 预测业务系统。

本书从以下五个方面展示本专题在 1996~2000 年期间所取得的一些主要研究成果。

一、ENSO 监测资料研究

ENSO 监测涉及到热带及其以外区域的大气、海洋的物理系统。它至少必须包括以下资料:客观分析的大气多要素资料、全球地面气压资料、卫星观测 OLR 或 T_{bb} 资料、海面温度和海洋上层热力资料等。

过去我国气候监测限于来源于 GTS 的常规地面观测资料和国家气象中心的客观分析资料,卫星观测资料一直未能得到很好的开发利用。本专题研究了 T_{bb} 和 OLR 资料在 ENSO 监测中的作用,利用 OLR 资料对热带地区辐散风场反演,把结果与 ECMWF 客观分析、NCAR/NCEP 再分析资料计算的辐散风场相比较。

观测和分析资料来源以及处理方法的不同可能影响 ENSO 监测结果,本研究还就同一要素不同来源的资料对 ENSO 研究的影响进行了比较和研究。

由地面、卫星、海洋等不同观测系统取得的结果综合监测 ENSO 过程,将无疑更加有效地加强 ENSO 发生、发展和结束过程的监测。

二、ENSO 监测指数研究

ENSO 循环过程与热带海洋和大气的许多物理量的演变具有十分紧密的联系,研制一些监测指数和指标是定量监测 ENSO 过程的重要前提。本专题针对海洋上高空资料少而可靠性较差的特点,利用卫星观测的 OLR 资料研制了热带对流涛动指数;利用 T_{bb} 资料研制了与

ENSO 过程相关的赤道西太平洋对流活动监测指数;利用海洋观测资料,研制了热带西太平洋暖池区水位变化指数;还利用海面温度研制了热带印度洋和西太平洋暖池指数、热带东太平洋冷舌指数、西风漂流区海温指数等海面热状况监测指数;并且定义了反映 ENSO 事件的 Niño 1~4 合成区指数以及海洋和大气信号的综合指标,进而定义了 ENSO 事件的强度、盛期和持续时间等指标。

上述新指数和指标的确定,进一步丰富了 ENSO 监测的内容,突出了我国 ENSO 监测系统的特点,也为定量诊断 ENSO 过程提供了科学依据。

三、ENSO 过程诊断研究

本专题 ENSO 过程诊断研究的目的是揭示 ENSO 过程中热带海洋和大气的演变特征,揭示有监测和预报意义的特征和指标。除了该部分的 5 篇论文以外,本书中 8 篇 ENSO 事件的总结实际上也是对这一部分内容的进一步充实。本书中的 5 篇论文重点进行了下列研究:(1)把统计与动力诊断相结合,研究了热带大气经向风应力异常对 El Niño 事件的重要影响;(2)揭示了不同类型 ENSO 事件前期海温距平场和风场演变特征;(3)通过对赤道东太平洋海面温度增暖过程诊断指出:暖池温跃层水温变化主要是由于西风爆发导致温跃层抬升造成的,由暖水的异常东向输送所形成的温度平流是东太平洋增暖的主要机制之一;(4)西太平洋暖池在 20 世纪 80 年代初发生跃变,跃变后热带中东太平洋海温显著升高,夏季西太平洋副高加强西伸,脊线偏南,我国汛期降水呈南方偏多和北方偏少分布趋势。还指出:一次强且持久的 ENSO 事件可能激发西太平洋暖池跃变;在西太平洋暖池异常发展期,暖事件偏多且强于冷事件,而在西太平洋暖池异常减弱期,冷事件偏多且强于暖事件。

这些研究表明,监测热带大气经向风、暖池变化、ENSO 事件前期海面温度和风场异常演变特征,对诊断 ENSO 过程具有重要意义。

四、ENSO 预测研究

ENSO 的预测对象主要为一些反映 ENSO 过程的关键指数和特征量,如 Niño 3、Niño 3.4 区 SST 指数或 SOI 指数;也有不少模式预报热带太平洋 SST 场。

本专题重点研究 ENSO 预测的统计模式,新建的 ENSO 预测系统中将包括海温滤波最优叠合模型、奇异谱最大熵模型、改进的典型相关模型、相似预报的模式等 4 种不同的预测模式。鉴于 ENSO 预测的复杂性,建立一个比较完整的 ENSO 监测业务系统,并使之具有预测 ENSO 发生、发展和结束过程的能力,单靠个别预测模式很难实现。考虑到不同预测技术(包括动力和统计模式)的特点,本研究在对不同模式的 ENSO 预测的客观评估的基础上还开展了综合集成预报技术研究。

五、最近 20 年 ENSO 事件的总结

利用本研究专题收集整理的比较完整的资料,按照 ENSO 事件的主要特点、过程诊断、爆发前期特征、结束特征等四个方面对 1980~2000 期间的所有暖事件和冷事件进行了比较全面

的总结，揭示了不同 ENSO 事件的发生发展过程，并能提供其爆发和结束前期热带海洋和大气的重要的变化特征，为 ENSO 事件的监测、诊断与预测积累了一些重要依据。

按照边研究边应用边改进的原则，本研究成果在 1997/1998 年强 ENSO 暖事件以及 1998/2000 年的冷事件监测和预测业务中应用，取得了很好的效果。

本书中使用的大部分资料来源于美国国家环境预报中心 (NCEP) 和我国国家气候中心气候诊断室，其中一些论文在其它刊物已经发表，恕不一一指出。

文中难免存在一些不足甚至错误之处，请不吝赐教。

专题负责人：翟盘茂

2000 年 9 月 30 日

目 录

一、ENSO 资料与监测研究

OLR 对热带散度风场的反演试验及其对 ENSO 过程的分析	蒋尚城	张永生 (1)
四套不同的全球海面温度资料集的对比分析	江 滢	翟盘茂 (12)
气象卫星监测 ENSO 的方法研究	江吉喜	范梅珠 (18)
夏季风和赤道辐合带的卫星监测	江吉喜	范梅珠 (23)
一个新的 ENSO 监测指标的研究	郭艳君	倪允琪 (29)
ENSO 事件指数与指标研究及最近 50 年 ENSO 事件的分类	李晓燕	翟盘茂 (37)

二、ENSO 过程诊断研究

经向风应力异常在 El Nino 事件发生中的作用

—— (I) 资料诊断	赵 刚	张人禾 (47)
-------------------	-----	----------

经向风应力异常在 El Nino 事件发生中的作用

—— (II) 动力学分析	赵 刚	张人禾 (57)
---------------------	-----	----------

热带西太平洋暖池异常东伸与热带东太平洋增温	龙宝森	李伯成	邹斌梅 (66)
-----------------------------	-----	-----	----------

两类 ENSO 事件前期的热带太平洋海温距平场	赵永平	陈永利 (72)
-------------------------------	-----	----------

西太平洋暖池的跃变及其气候效应	赵永平	陈永利	白学志 (78)
-----------------------	-----	-----	----------

三、ENSO 预测研究

用于 ENSO 预测的一种广义典型混合回归模式及其预报

试验	江志红	丁裕国	周琴芳 (86)
----------	-----	-----	----------

ENSO 预测的滤波最优叠合模式研究	任福民	郭艳君	周琴芳 (93)
--------------------------	-----	-----	----------

赤道中东太平洋海温相似预报研究	任福民	周琴芳 (99)
-----------------------	-----	----------

用于 ENSO 预测的几种统计模式预报效果评价

.....	丁裕国	周琴芳	江志红	余锦华 (108)
-------	-----	-----	-----	-----------

ENSO 预报集成方法研究	郭艳君	任福民	周琴芳 (115)
---------------------	-----	-----	-----------

四、最近二十年 ENSO 事件总结

1982/1983 年 ENSO 暖事件	李晓燕 (125)
1984/1985 年 ENSO 冷事件	李晓燕 (131)
1986/1987 年 ENSO 暖事件	郭艳君 (136)
1988/1989 年 ENSO 冷事件	任福民 (141)
1991~1995 年 ENSO 暖事件	李晓燕 江 滢 (145)
1995/1996 年 ENSO 冷事件	江 滢 (150)

1997/1998 年 ENSO 暖事件	翟盘茂 (154)
1998/2000 年 ENSO 冷事件	李晓燕 (162)

附 录

1981 年以来一些重要的 ENSO 指数表	(168)
------------------------------	-------

Studies on ENSO Monitoring and Prediction

Contents

1. On ENSO Data and Monitoring

Retrieval experiment of tropical divergent wind from

OLR and the application in ENSO Diagnosis

..... Jiang Shangcheng and Zhang Yongsheng (1)

Comparison of four different global SST datasets

..... Jiang Ying and Zhai Panmao (12)

Method of ENSO Monitoring by using meteorological

satellite Jiang Jixi and Fan Meizhu (18)

Satellite Monitoring of summer monsoon and ITCZ Jiang Jixi and Fan Meizhu (23)

Design of a new ENSO monitoring index

..... Guo Yanjun, Zhai Panmao and Ni Yongqi (29)

Study of indices and indicators for ENSO events and

classification of ENSO events in the recent 50 years

..... Li Xiaoyan and Zhai Panmao (37)

2. Diagnostic Study of ENSO Process

Roles of anomalous meridional wind stress on onset of El Nino

—— (i) Statistical Diagnostics Zhao Gang and Zhang Renhe (47)

Roles of anomalous meridional wind stress on onset of El Nino

—— (ii) Dynamical Analysis Zhao Gang and Zhang Renhe (57)

Anomalous eastward extension of the warm pool in the tropical

western Pacific and warming of tropical eastern Pacific

..... Long Baosen, Li Bochong and Zou Emei (66)

The tropical Pacific SSTA patterns before the onset of two

different types of ENSO events Zhao Yongping and Chen Yongli (72)

Sudden change of the western Pacific warm pool and its impact

on climate Zhao Yongping, Chen Yongli and Bai Xuezhi (78)

3. Study on ENSO Prediction

A PC—CCA model for ENSO prediction and its prediction

experiment Jiang Zhihong, Ding Yuguo and Zhou Qinfang (86)

A study on optimum filtering assembly model for ENSO

prediction Ren Fumin, Guo Yanjun and Zhou Qinfang (93)

A study on similarity forecast of SST in the equatorial eastern central Pacific	Ren Fumin, Zhou Qinfang (99)
Assessment of some statistical models for ENSO prediction	Ding Yuguo, Zhou Qinfang et al. (108)
On composite method for ENSO prediction	Guo Yanjun, Ren Fumin and Zhou Qinfang (115)

4. Review of ENSO Episodes in the Recent 20 Years

1982/1983 ENSO warm episode	Li Xiaoyan (125)
1984/1985 ENSO cold episode	Li Xiaoyan (131)
1986/1987 ENSO warm episode	Guo Yanjun (136)
1988/1989 ENSO cold episode	Ren Fumin (141)
1991~1995 ENSO warm episodes	Li Xiao Yan and Jiang Ying (145)
1995/1996 ENSO cold episode	Jiang Ying (150)
1997/1998 ENSO warm episode	Zhai Panmao (154)
1998/2000 ENSO cold episode	Li Xiaoyan (162)

Appendix

Some key ENSO indices from 1981	(168)
---------------------------------------	-------

一、ENSO 资料与监测研究

OLR 对热带散度风场的反演试验 及其对 ENSO 过程的分析

蒋尚城

张永生

(北京大学地球物理学系, 北京 100871) (中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要

本文基于 Julian 和 Krishnamurti 提出的利用 OLR 反演热带辐散风场的方法, 对热带地区 200 hPa 和 850 hPa 的辐散风场进行了反演, 并把其结果与 ECMWF 客观分析、NMC 热带分析风场及 NCAR/NCEP 再分析风场资料计算的辐散风场相比较, 进一步检验了这两种方法在热带辐散环流异常分析中的可靠性。同时指出虽然 NCEP 再分析资料对热带散度风分析已有所改善, 但在亚洲季风区, 仍存在描述印度洋—西太平洋地区辐散偏强或中心位置有偏差的情形。采用 Julian 的方法, 给出了 1982~1983 年 ENSO 事件期间 Walker 环流、Hadley 环流的环流合成图, 分析了 Walker 环流和 Hadley 环流异常演变, 并指出由赤道 SST 异常导致的 Walker 环流的异常, 通过导致 Hadley 环流的异常而引起中纬度地区气候的异常。

引 言

气象卫星观测的地—气系统射出长波辐射 (简称 OLR) 是反映地球大气辐射收支中一个重要的物理量。在热带地区, 它既可以反映大气中热源、热汇的分布及变化, 还能反映热带对流活动、海气相互作用、降水状况和散度风场等信息。因此, 近年来在热带天气气候研究中获得很广泛的应用^[1]。

在广大热带地区, 常规气象观测资料远少于中高纬地区, 很难准确地分析低纬的散度风场。观测表明, 热带地区有很旺盛的对流活动, 非地转运动较强, 辐散风场在总流场中的作用不仅可以和旋转分量相比, 甚至可能超过旋转分量。所以, 在低纬度的诊断分析及数值预报中, 如何利用其它资料来改善辐散流场分析, 以便较为准确地描述低纬热带大气环流的情况, 是很有必要的。在热带地区, 下垫面绝大部分地区是洋面, 海表温度时空变化很小, 卫星观测的 OLR 的变化主要决定于云量及云顶温度, 云顶温度在一定程度上反映了热带对流强度: 热带对流发展时, 云顶温度低, OLR 值较小; 对流活动较弱时, OLR 值较大, 即在对流发展旺盛地区, OLR 值较小, 盛行上升运动, 高层辐散, 底层辐合, 而在下沉运动盛行区

• 1 •

域, OLR 值较大, 高层辐合, 底层辐散。OLR 场与对流层高层辐散场有很好的负相关, 与底层辐散场有很好的正相关, 与对流层无辐散层的垂直速度也有一定的相关。因此, 用卫星 OLR 反演散度风场是可能的。

Julian 首先提出了一种由卫星资料反演热带散度风场的计算方案^[2], 即将风场的旋转分量和辐散分量分离, 经卫星观测的相当黑体温度值反演为各层相应的网格点的散度值, 然后再由散度风场计算速度势和辐散风场。并给出了卫星观测的相当黑体温度与散度场的转换表。它是基于大量热带地区散度、涡度和垂直速度廓线与降水、雷达回波和卫星资料统计分析的结果。

Krishnamurti 利用统计的方法, 提出了一个 200 hPa 上对整个热带区域从 OLR 值转换为散度值的统计公式^[3]。为得出比较好的统计公式, Krishnamurti 选取 FGGE 年 ECMWF 分析资料的 35 个例子, 对风场资料得出的水平散度场进行球谐展开, 同时也对 OLR 场进行球谐展开, 对纬向波数 $J=1, 2, 3, \dots, 12$ 不同的截断波进行相关统计分析, 发现在 $J=8$ 时, 散度与 OLR 及 OLR 的拉普拉斯相关性最好, 达到 0.76 的相关系数, 得出了热带地区 200 hPa 由 OLR 场转换到散度场的换算公式。

近年来, 国内一些研究者也开始了这方面的研究工作, 谢安等采用 Julian 的方案^[4], 探讨了在低纬风场分析中应用 OLR 资料来改善辐散流场分析的必要性和可能性。

本文试图将 OLR 与散度场的定量的反演方法, 做进一步的检验和完善, 并应用到热带大气环流的诊断分析中。采用了 Julian 和 Krishnamurti 两种不同的计算方案, 分别反演出热带地区的散度风场, 同时也采用常规观测的风场资料, 包括 NCAR/NCEP 再分析资料, 计算热带地区的散度风场, 并对其结果进行细致的分析和比较, 探索用 OLR 资料对低纬大气散度风场进行了诊断分析的可行性及可靠性。在此基础上, 用 OLR 资料诊断了 1982~1983 年 ENSO 期间热带大气环流的演变和异常, 还对太平洋经圈环流和纬圈环流的异常与我国长江流域降水的影响进行了探讨。

1 资料及方法

1.1 资 料

本文所采用的卫星资料是美国 NOAA 所提供的极轨系列卫星所接收的 OLR 资料^[1]; 风场资料选用 ECMWF 的 200 hPa 和 850 hPa 逐日 UTC12:00 时的客观分析风场资料; 美国 NMC 的热带风场分析资料; NCAR/NCEP 再分析的 200 hPa 及 850 hPa 风场资料。

在本工作中, 采用了三种方案计算了热带大气的散度, 速度势和辐散风。

方案一: 简称 K-方案, 即用 Krishnamurti 提出的线性回归统计公式:

$$D = -\nabla^2 \chi$$

$$= 0.2814 \times 10^{-7} R - 0.2036 \times 10^5 \nabla^2 R - 0.7069 \times 10^{-5} \quad (1)$$

其中 R 为 OLR 值, 单位为 Wm^{-2} , D 是 200 hPa 散度值单位为 s^{-1} , χ 为速度势, 单位为 m^2s^{-1} 。求出散度场后, 利用迭代法求解。

$$D = -\nabla^2 \chi \quad (2)$$

可求出速度势场, 然后求出辐散风分量 U_χ 和 V_χ :

$$U_\chi = -\frac{\partial \chi}{\partial \cos \varphi \partial \lambda}, \quad (3)$$

$$V_{\lambda} = -\frac{\partial \chi}{a \partial \varphi}, \quad (4)$$

a , φ 和 λ 分别表示地球半径, 纬度和经度, 由 (2) 式可看出, 速度势高值区代表辐散区, 低值区代表辐合区, 辐散风由高位势区吹向低位势区。

方案二: 简称 J—方案, 即用根据 Julian 提出的转换表^[2], 将 OLR 值 (相当黑体温度) 转换为各层相关的网格点散度值, 然后利用公式 (2) 进行迭代求解, 最后利用 (3)、(4) 式求解散度风。

方案三: 简称风场方案, 即用 ECMWF, CAC 和 NCEP/NCAR 的再分析风场资料直接计算散度场:

$$D = -\nabla^2 \chi \quad (5)$$

然后采用公式 (2)、(3) 和 (4) 求解有限区域的速度势和辐散风。

1.2 热带纬向及经向垂直环流的反演

利用 J—方案, 用 OLR 资料求出了 850 hPa 及 200 hPa 的辐散风 U_{χ} 和 χ , 然后分别求出纬向风散度和经向风散度:

$$D_u = \frac{\partial U_{\chi}}{\partial x} = -\frac{\partial^2 \chi}{a^2 \cos^2 \varphi \partial \lambda^2}, \quad (6)$$

$$D_v = \frac{\partial V_{\chi}}{\partial y} = -\frac{\partial^2 \chi}{a^2 \partial \varphi^2} \quad (7)$$

由连续性方程

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0 \quad (8)$$

或

$$D + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0,$$

可得

$$\omega = \int_{p_1}^{p_2} D dp. \quad (9)$$

故在本工作中, 采用了 200 hPa 与 850 hPa 散度的差作为表示垂直环流的特征量。即对两个纬度 (经度) Y_1 、 Y_2 (X_1 、 X_2) 之间的平均纬向 (经向) 垂直环流的特征量:

$$I_w(\lambda) = -\frac{1}{Y_2 - Y_1} \int_{y_1}^{y_2} (D_{u200} - D_{u850}) dy, \quad (10)$$

$$I_H(\varphi) = -\frac{1}{X_2 - X_1} \int_{x_1}^{x_2} (D_{v200} - D_{v850}) dx, \quad (11)$$

取 Y_1 , Y_2 分别为 10°S , 10°N , $I_w(\lambda)$ 代表 Walker 环流指数, X_1 , X_2 分别取 110°E , 160°E , $I_H(\varphi)$ 代表西太平洋地区的局地 Hadley 环流指数。 I_w , I_H 正值为上升, 负值为下沉, 其大小表示平均垂直运动的大小, 故利用 I_w , I_H 的值, 我们可以画出利用 OLR 资料反演的 Walker 环流和 Hadley 环流的示意图。

值得指出的是, 由于从 OLR 资料只能直接得出散度值, 故对环流的分解必须经过求解速度势和散度风, 才能求出 D_u 和 D_v 。如果是利用风场资料, 则可直接求出 D_u 和 D_v 。

2 OLR 计算的散度场与 ECMWF 客观分析资料 及 NMC 热带分析散度场的比较

采用上述三个方案,对日、候、旬及月平均的时间尺度进行了反演计算,在大量的计算的例子中,挑选几个有代表意义的个例进行比较。

图 1 为 1979 年 1 月 200 hPa 速度势三种方案的计算结果, K-方案的结果 (图 1a) 同 J-方案的结果 (图 1c) 相比,两者反演的辐散场相对形势分布是非常一致的,这说明用 OLR 资料分析热带环流形势时,这两种方案的效果是一致的。用 OLR 资料反演的结果 (图 1a、c) 与风场计算的结果 (图 1b) 相比,沿赤道向东,非洲南部 (30°S~赤道, 20°~40°E) 的辐散区及东太平洋 (15°S~赤道, 30°~80°W) 的辐合区都很一致。差别较大的地方主要位于太平洋日界线附近和青藏高原地区。J-方案和 K-方案的计算结果 (图 1a、c) 表明在日界线以西

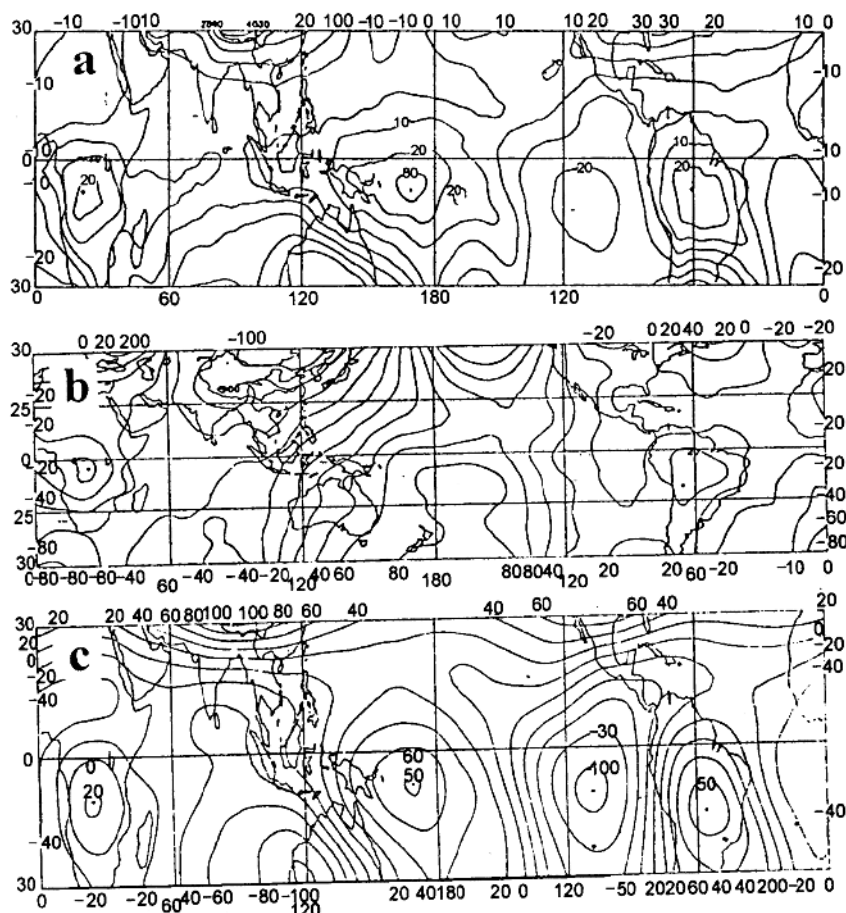


图 1 三种方案计算的 1979 年 1 月 200 hPa 速度势分布

(a) K-方案 (b) 风场方案, 采用 CAC/NMC 热带分析风场 (c) J-方案

(等值线间距: (a) $1.0 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{s}$; (b) 和 (c) $2.0 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{s}$)

赤道南侧有 high 中心, 即对应于辐散区 (强烈上升运动区), 而风场方案计算的结果 (图 1b) 显示该上升中心位于日界线以东, 大约偏东了 30 个经度。从 1979 年 1 月 OLR 的平均图 (见蒋尚城和朱亚芬^[1]) 看, 偏西的中心对应于 180 W/m^2 的低值中心, 偏东地区则为 220 W/m^2 , 显然日界线西部的对流强度远大于东部, 可以肯定卫星观测的结果相对要比风场分析的结果可靠。这差异产生的原因可能是由于该地区缺乏风场观测资料及客观分析所用的数值模式的不完善所致。但在青藏高原上, K—方案和 J—方案的结果均为大值区, 即对应于上升区, 而风场计算的结果 (图 1b) 为低值区。作者认为这种相反的结果是由于青藏高原特殊地形影响所决定的。冬季高原属于冷源, 表面温度较低, 则 OLR 反映为低值区, 这与热带海洋上强对流反映为低值区有着本质的差别, 故用 OLR 反演得出这一地区的散度风场是不对的。

从 1983 年 1 月 1~5 日候平均的结果看, 在 200 hPa 上, 南美和非洲大陆上的辐散中心的三种方案都比较一致, 但在西太平洋上 ($130^\circ \sim 160^\circ \text{E}$, $0^\circ \sim 25^\circ \text{N}$), K—方案和 J—方案的结果均表明存在一个强烈的辐合中心, 风场计算的结果则表明为一个弱的辐散区, 但三种方案均表明在印度尼西亚群岛存在一个强烈的辐散区, 只是风场计算的结果偏弱一些。从 850 hPa (图略) 的结果看, 在印尼群岛及中太平洋上均存在两个低层强烈的辐合区, 而在西太平洋上, 则主要是低层辐散区。此外, 谢安等^[3]的工作也表明在西太平洋地区, OLR 反演的 700 hPa 辐散风场与 ECMWF 风场资料计算的辐散场存在反相关现象, 他们认为 OLR 资料在这一地区是更可靠。因此, 从同期 OLR 分布 (图略) 及低层辐散环流的配置上看, 事实上这一地区是副高的下沉区, 卫星观测的结果是正确的, ECMWF 风场的资料应当修正。

许多个例分析表明, OLR 计算的热带散度场与 ECMWF 及 NMC 热带风场资料计算的结果相比, 存在较大差异的地方主要集中在测站稀少的热带海洋上, 尤其在 200 hPa 上差异更为明显, 在低层 850 hPa 上, 用风场和 OLR 计算的速度势场反映的大气低层辐合辐散中心基本上是一致的, 这说明这两种早期的客观分析资料所反映的热带散度风场存在一定的缺陷, 在测站稀少的热带海洋上, 如西太平洋上, 利用 OLR 资料计算的高层辐散风场的可靠性优于这两种分析资料。由于青藏高原及邻近地区 OLR 低于同纬度海洋地区, J—方案或 K—方案得出的辐散风高层 200 hPa 常年为辐散中心, 低层为辐合中心, 故这两种方法在部分副热带及中高纬地区是不合适的。

3 OLR 反演的散度场与 NCAR/NCEP 再分析资料的比较

美国 NCAR/NCEP 再分析资料作为 90 年代中期出现的一种新的客观分析资料, 被大量应用到诊断分析中。本文希望利用卫星资料来进行检查这种分析资料在热带散度分析中的可靠性。选用 1982~1983 年逐日两次 (00UTC 及 12 UTC) 200 hPa 及 850 hPa 的风场资料生成的 2 年 24 个月的月平均资料, 并用同期 24 个月的 OLR 月平均资料, 取 30°S 至 30°N 的区域, 通过计算得到了三种散度场的结果, 以便从 24 个月的个例分析中比较和检验 OLR 资料和 NCAR/NCEP 再分析资料在反映热带散度风场的可靠性。

图 2 给出了 1982~1983 年 24 个月沿 $2.5^\circ \text{S} \sim 2.5^\circ \text{N}$ 平均的 OLR 及三种方法得出的 200 hPa 散度 (NCAR/NCEP 再分析资料) 的时间—经圈剖面图。从图 2a 可以看到, 在 1982~1983 年的 ENSO 期间, 热带对流活动最明显的变化就是赤道强对流活动中心由西太平洋东传到东太平洋, 使得 1982、1983 年冬季强对流活动出现反转。对比图 3b, c, d, 可以看到无论是再分析风场资料计算的散度场 (图 2b), 还是分别利用了 K—方案及 J—方案, 从 OLR 反

演的散度场 (图 2c, d), 从数值和形势上都很好地反映了这种显著的年际变化特征, 系统的地理位置的分布在 30°E、印度洋及 70°W 附近, 与常年的辐散中心非常一致。只是在西太平洋 (110°~130°E) 上, 再分析资料反映的 1982 年 7 月~1983 年 4 月期间出现的辐合中心 (图 2b), 与图 2c, d 用 OLR 反演的散度场相比, 位置略偏西 5~10 个经度。此外, 在 1982、1983 年夏季, 再分析资料表明赤道西太平洋 (120°~150°E) 有很强的辐散, 但图 2c, d 并不明显。这进一步说明用卫星资料反演的散度风场的可靠性。同时也说明了 ECMWF 客观分析资料和 NMC 热带分析资料相比, NCAR/NCEP 再分析资料所反映的热带散度风场有很大改善。

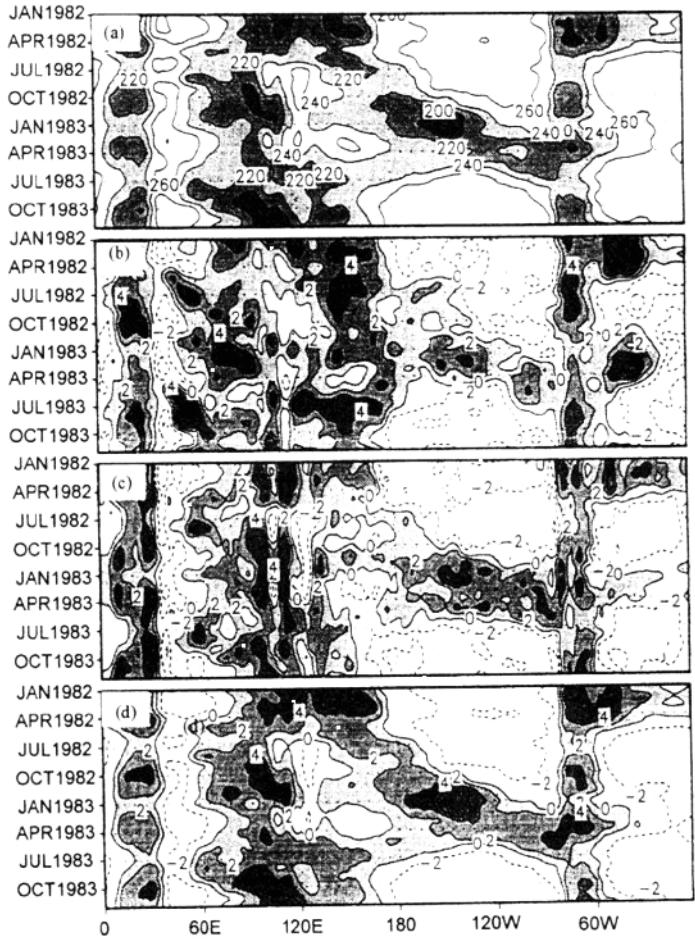


图 2 1982~1983 年沿 2.5°S~2.5°N 平均的 200 hPa 散度的时间—经圈剖面图
(a) OLR (等值线间距为 20 W/m²); (b) 由 NCEP/NCAR 再分析风场直接计算得出的散度;
(c) 采用 K—方案, 由 OLR 反演的散度; (d) 采用 J—方案, 由 OLR 反演得出的散度
(散度的等值线间距为 $2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, 阴影区为 $> 2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$)

图 3 给出了 1982 年 1 月 OLR 及三种方案得到的 200 hPa 上散度场的分布。从图 3 看到与

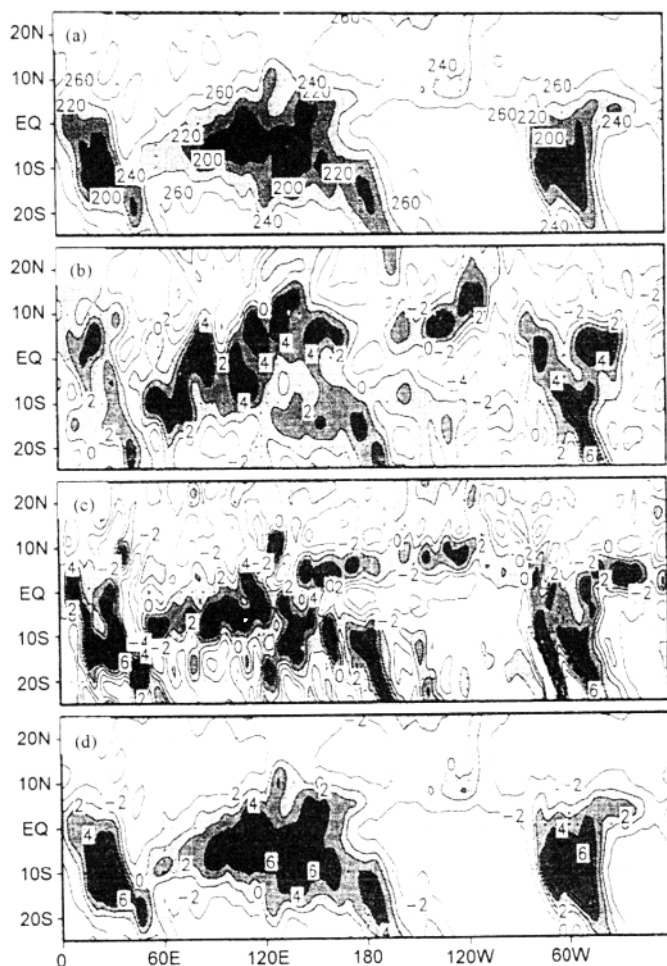


图3 1982年1月OLR和三种方法计算得出的200 hPa散度场的分布

- (a) OLR, 等值线间距为20 W/m^2 ; (b) 由NCAR/NCEP再分析风场计算的散度分布;
(c) 采用K-方案由OLR直接反演的散度场; (d) 采用J-方案, 由OLR直接反演的散度场
(散度的等值线间距为 $2 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$)

强烈的对流活动区相对应(图3a), 在东印度洋—西太平洋、南美大陆和非洲大陆上, 有三个很强的辐散区。三种方案都对这三个辐散区的描述很好。只是从数值来看, J-方案得到的高空辐散值大于 $6 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$, 而再分析资料和K-方案所得到的辐散中心值在 $4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$, 前者比后两者给出的散度值略偏大一些。另外, K-方案反映的系统比较零碎一些, 在中东太平洋约 5°N 附近K-方案及风场计算均给出了一个辐散带状中心, 但J-方案则不明显。造成这种差别的原因主要是对K-方案来讲, 辐散的大小一部分取决于OLR分布的拉普拉斯项, 而J-方案只取决于OLR值的相对数值。从图3a看到在 $180^\circ \sim 120^\circ\text{W}$, $5^\circ \sim 10^\circ\text{N}$ 之间有个低值带区, OLR值介于 $240 \text{ W}/\text{m}^2$ 至 $260 \text{ W}/\text{m}^2$ 之间, 则这一弱低值区对K-方案来讲就较大, 而