

大气物理所首届研究生学术汇报会

# 论文摘要

中国科学院大气物理研究所研究生会

一九九二年三月

所学位委员会主任叶笃正题词：

值此世界气象  
日之际，我非常  
高兴地看你们  
研究生举办学术  
报告会。希望以后  
每年这个时候都能  
举办一次！

叶笃正

92.3.18

所学术委员会主任陶诗言题词:

研究生同志们:

在三月二十三日世界气象日, 你们举行自己组织的学术报告会. 这是一项很有意义的活动. 在今后我国大气科学的舞台上, 你们将是主角, 在现阶段你们应该争取每一个机会登台表演.

我祝贺这次活动取得成功

陶诗言

1992年3月18日

## 序

“大气物理所首届研究生学术汇报会”是由我所研究生部属下的研究生会主持召开的。报告者全部是我所在读的或新近毕业的硕士生和博士生，报告会从总体上看有较高水平。

研究生是我所科研队伍中的一支生力军。他们的学术汇报会不仅锻炼和加强研究生自身的各方面学术才能，而且活跃我所的学术气氛，标志着我所研究生以及全所的科研学术园地充满着生机和活力。

有意思的是本次学术汇报会的召开正值“3.23”世界气象日。我们希望，学术活动能使我所研究生以至全所的科研学术水平更上一层楼，而且能促进科研与实际应用的结合，解决我国的以及全球的气象、气候、环境与防灾问题。

在此，我对为这次会议召开付出辛勤劳动的人们谨表真诚的谢意，并预祝会议圆满成功！

李庆存

大气物理研究所所长

1992年3月17日

# 目 录

前言 .....	(1)
1. 工欲善其事, 必先利其器 .....	王会军 (2)
2. 年际气候变率的数值模拟研究 .....	薛峰、曾庆存 (3)
3. 正压准地转理论模型中连续谱的研究 .....	任舒展 (4)
4. The Stability of Large-Scale Horizontal Air Motion in the Non-linear Basic Zephyr Flow Under the Effect of Rossby Parameter .....	Yang Fang Lin(杨芳林) (5)
5. 强对流风暴天气的临近数值预报 .....	王东海、周晓平 (7)
6. 六月中下旬菲律宾火山爆发对短期气候影响的敏感性试验 .....	毕训强、曾庆存、郭裕福 (8)
7. An Improved Splitting Method .....	
.....	Wang Bin(王斌)、Ji Zhong Zhen(季仲贞) (10)
8. A Barotropic Coastal Ocean Model And Its Open Boundary Conditions .....	
.....	Guo Dongjian(郭冬健)、Zeng Qingcun(曾庆存) (11)
9. 改进的显式完全平方守恒差分格式及检验 .....	
.....	董加瑞、季仲贞 (12)
10. 长江三峡强暴雨中期特征分析 .....	徐予红 (13)
11. T24L9 模式预报技巧的诊断分析 .....	谭季青 (14)

12. 东亚冷涌期间低纬环流和降水形成的数值试验研究  
..... 余 斌、朱乾根 (15)
13. Experiments of Seasonal and Extra-seasonal Prediction by  
Using Coupled GCM ..... Li Xu(李旭)、  
Zeng Qingcun(曾庆存)、Yuan Chonggung(袁重光) (16)
14. 关于深厚中小尺度系统运动的非线性稳定性.....  
..... 孙立潭 (18)
15. 水平有限云三维辐射传输方程在不对称侧边界条件下的解  
析解 ..... 林龙福、陶诗言、吕达仁 (19)
16. 夜间逆温层内的温度廓线 ..... 胡非、洪钟祥 (20)
17. 稻田甲烷排放机理研究 ..... 上官行健、王明星 (21)
18. 一个适用于高架源计算的随机扩散模式 ..... 高会旺 (23)

## 前 言

“大气物理所首届研究生学术汇报会”是在所领导及其研究生部的大力支持下，由研究生会主持召开的一次青年学术讨论会。参加这次汇报会的报告者基本上是本所在读的硕士生和博士生。他们来自科研工作的第一线，在导师的悉心指导下，做了大量的出色的科研工作，体现了各方面的学术科研才能，是我所不可忽视的一支年轻有为的科研力量。这次讨论会的召开在一定程度上也是对我所研究生培养工作的一次检阅。

在这里要特别指出的是，我所老一辈气象学家对这次汇报会给予了极大的鼓励和支持。在十分繁忙的情况下，著名科学家叶笃正、陶诗言亲自为会议题词，曾庆存所长亲自为本论文摘要撰写序言。

这本论文摘要收录了 18 篇文摘，这些论文基本上反映了我所研究生在大气科学各个领域所从事的最新研究工作成果，具有较高的学术水平。由于筹备这次会议的时间十分紧迫，前后不过十天时间，故一定还有许多出色的科研成果来不及整理和报告，多望大家谅解。文集的编辑工作由王东海、陆日宇具体负责，有不少研究生也为这本论文摘要的刊出给予极大的支持和配合，在此向他们表示衷心的感谢。

同时，本次学术汇报会的召开正值“3.23”世界气象日，在报告会期间还举行庆祝世界气象日恳谈会，使得研究生能够直接与导师及所领导进行多方面的思想交流。

会议筹备过程除了得到研究生部张应斌、刘淑秋、刘荣华、董天荣同志的大力支持和协作外，参加筹备工作的有王东海、王斌、陆日宇、董加瑞、金向泽、陈金中、黄燕、程新金、项杰、高会旺等同学，同时得到其他研究生的大力帮助以及所里有关部门的支持，在此向他们表示真诚的谢意！

研 究 生 会

一九九二年三月十八日

# 工欲善其事，必先利其器

## ——介绍全球大气环流模式比较计划

王 会 军

随着气候和环境变化问题越来越引起全社会的关注，评述和预测全球未来变化便成为重要而迫切，但同时又是艰巨的科学问题，人类对自身活动所造成的巨大的多为灾难性的气候与环境效应的可能性已深信不疑；但是，一切必须建立在科学的分析和依据之上。

唯一能够定量预测全球未来气候的工具是包含大气、海洋、植被等在内的耦合的气候模式，这类模式以大气环境模式、海洋环境模式为基础，能够定量描述气候系统复杂的具有多种反馈过程的运动。

那么，已建立起来的众多的模式的效能如何呢？WGNE 和 PCMDI 在气候学家们多年研究工作基础上组织了一个宏大的全球大气环流模式比较计划（AMIP），意在检验模式各方面的效能，以便改进模式，使之能够准确预报气候变化。

具体过程是用 1979 年—1988 年十年海温和海冰资料作为下边界条件，使参加该计划的所有三十个模式进行同样的十年模拟试验，然后进行模式结果与观测资料之间及模式结果之间详尽而广泛的比较、分析，这项计划在大气环流模式的研究史上堪称规模空前，其意义十分重大，大气所的两层模式也加入了该项计划。



# 年际气候变率的数值模拟研究

薛 峰      曾庆存

(LASG, 中科院大气物理研究所)

## 摘 要

本文利用 IAP 2-L AGCM 25 年的积分结果, 计算了 1000hpa 高度场和表面气温一、七月月平均和年平均年际气候变率的全球分布和纬向平均, 并与实测资料作了对比分析, 结果表明: ①模式模拟出实测年际气候变率分布的基本特征, 即高纬大于低纬, 陆地大于海洋, 说明大气内部非线性动力相互作用过程对气候变率有本质影响. ②模拟的气候变率较实测系统性偏低, 尤以热带地区显著, 说明模式中未包含的某些物理因子如 SST 的年际变化对气候变率也有重要影响, 对热带地区影响甚大. ③模拟的年平均变率较月平均变率偏低大, 说明随平均时间增大, 模式对年际气候变率的模拟能力降低, 而外界因子年际变化的影响增大. ④模拟的年平均 1000hpa 变率比表面气温变率更为合理, 这似乎说明在年平均以上的时间尺度上, 外界因子的年际变化对热力场的影响较动力场大.

# 正压准地转理论模型中连续谱的研究

任 舒 展

(中国科学院大气物理研究所, 北京)

自从 Kuo(1949)的开创性的研究工作以来, 正压准地转大气的稳定性研究已取得了很大的进展。然而大多数研究都限于 normal mode 的扰动形式, 后来的工作表明, 还存在另一类称之为连续谱的扰动。并且通过对实际资料的分析表明, 连续谱在正压准地转大气的大气环流中起着主要的作用。(曾、张)

在本文中, 我们对一个基流为余弦形式的正压准地转方程进行了研究。通过采用合适的初始条件后, 我们得到了如下几个结果。

- 连续谱扰动的振幅远大于不稳定 normal mode 扰动的振幅。
- 连续谱扰动的动能远大于不稳定 normal mode 扰动的动能。
- 连续谱扰动对于纬向流的加速作用远大于不稳定 normal mode 的作用。

在我们的计算中, 我们采用了对应于不稳定的 normal mode 的最大的  $c_i$  进行计算。即使这样, 不稳定 normal mode 增长要达到与连续谱增长同样的量级也需要大约为一个月的时间, 这也就充分说明连续谱较 normal mode 有更为重要的作用, 另外在对扰动对纬向流加速的计算中, 我们还得到一个有趣的事实, 即连续谱对纬向流的加速极值区并不在急流的中心, 而是在急流的两侧, 这也暗示着连续谱扰动有可能使急流中心的位置发生改变。

# **The Stability of Large-Scale Horizontal Air Motion in the Non-linear Basic Zephyr Flow under the Effect of Rossby Parameter**

Yang Fang-Lin (杨芳林)

With the rapid developing of non-linear differential equations theory, scientists began to study the phenomena of bifurcation, catastrophe and chaos in the atmosphere. As to large-scale horizontal motion in the atmosphere, the previous result was demonstrated by using parcel method to discuss the inertial stability of air motion in the linear basic Zephyr flow while the geostrophic parameter  $f$  being taken as a constant. In 1986, Chongyin Li studied the phenomena of bifurcation and catastrophe of Large-scale horizontal air motion in cubic-form non-linear basic Zephyr flow by using qualitative analysis theory of non-linear differential equations while the geostrophic parameter being taken as a constant. Wan et al. (1990), considering the effect of Rossby parameter  $\beta$ , also discussed these phenomena in linear basic Zephyr flow. In this paper, both the non-linear distribution of basic Zephyr flow and the variation of geostrophic vorticity along the latitude ( $f=f_0+\beta\delta_y$ ) are all included in the mathematical model so as to analogue the background field of large-scale horizontal air motion more really in the rotation reference frame of the earth.

Basing on the aforementioned hypothesis some significant results are drawn out and the conclusions of Li(1986)'s and Wan et al. (1990)'s are extended widely. For example, in homogeneous basic Zephyr flow, supposing the geostrophic deviation at the primary position is zero, there is only one equilibrium state (stable center) with

$f$ -plane approximation, the air motion is inertial stable. As the effect of Rossby parameter  $\beta$  is considered, the motion system has three equilibrium (two stable centers and one unstable saddle). Furthermore, while the influence of geostrophic deviation is regarded, the air movement will generate Hopf bifurcation with the variation of geostrophic deviation. On the Summary the more complex the basic Zephyr flow is, the more equilibrium states exist in the movement system. The air motion bifurcates not only with geostrophic deviation but also with the vorticity and its variation along the latitude and the Rossby parameter. Especially in cubic form non-linear basic Zephyr flow with  $\beta$ -plane approximation, the air motion will generate a kind of degenerate swallow-tail catastrophe.

The variety and complexity of weather phenomena is due to the numerous factors which continuously affect the atmospheric movement and due to the complicated non-linear properties of atmospheric equations. Since Lorenz researched the phenomena of bifurcation, catastrophe and chaos of Rayleigh-Benard convection, using a non-linear model of cubic form truncated spectrum, the theory of non-linear differential equations has been gradually and widely used to explain and analyse many complex phenomena of air motion. Though the mathematical model used in this paper is still not perfect enough, anyhow, the complexity of Large-scale horizontal air motion has basically been revealed. In a certain degree, the traditional idea of categorizing air motion's stability based on inertial stability criterion has been altered.

# 强对流风暴天气的临近数值预报\*

王东海

周晓平

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

## 摘 要

目前, 大尺度大气环流系统的数值预告报入业务使用已经有了近 30 年的历史, 而降水预报和中尺度剧烈灾害性天气的临近预报(Nowcasting, 0-12 小时的预报)还停留在经验预报, 而且它的预报准确率上界不高, 不能客观地定量地给出预报。临近数值预报能否更好地给出客观定量的预告呢? 其准确率上界是否有可能高于经验预报的上界呢? 这是我们希望回答的。

本文讨论了风暴天气临近数值预报的一些基本问题及其关键的科学问题。分析了临近数值天气预报的可能性及其数值模式的一些特点, 并利用对流风暴模式(meso- $\beta$  模式)模拟了一个实测强风暴过程。研究结果表明, 在大气探测系统和计算机技术高度发达的条件下, 对风暴天气进行临近数值预报是有可能的; 其二, 对流风暴数值模式有其自身的一些特点和难点, 较其它一般大气数值模式复杂得多; 另外, 一个实测风暴的模拟结果表明, 对流风暴数值模式在一定程度上能够很好地模拟出实测风暴的演变过程及其结构特征, 因而该类数值模式有能力对风暴天气进行客观定量的预报, 是未来临近数值预报模式的一个雏形。

---

\* 本研究得到大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG)的资助

## 六月中下旬菲律宾火山爆发对短期气候影响的敏感性试验

毕训强 曾庆存 郭裕福

(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)

沉睡了六百多年的菲律宾皮纳图博火山(北纬 15 度, 东经 120 度)于今年六月九日再次爆发, 在前后长达十七天时间内多次大规模喷发, 其中以六月十五日喷发最为强烈。火山爆发释放出来的大量灰白色雾气状物, 立即形成了一个巨大的气柱, 翻腾着直冲云霄, 最后在高空形成火山灰云。菲律宾皮纳图博火山是有记录以来最强烈的火山爆发之一。

火山爆发形成巨大的火山灰云覆盖在菲律宾及邻近地带上空(直达平流层), 气溶胶颗粒在对流层及平流层对入射太阳光反射及散射, 使透过大气层到达地面的总辐射大为减少。可见它对大气环流变动来说是一个热力扰源, 再通过动力作用可以在半个月到一个季度内产生遥响应波列, 使中高纬度地带的大气环流发生异常, 从而造成相应地区的短期气候异常。

我们采用大气物理研究所的大气环流模式(IAP GCM)进行几个数值试验。在菲律宾及邻近地区模式层顶(200HPa)改变入射太阳光的反射率(大体上等效于火山灰对辐射的作用), 即取太阳入射通量  $S_0$  计算公式为:

$$S_0 = S_{\infty} \cos \zeta(x, y, t) (1 - \Gamma(x, y) T(t))$$

其中,  $S_{\infty}$  为模式层顶(200HPa)处太阳常数,  $\zeta(x, y, t)$  为太阳天顶角,  $\Gamma(x, y)$ 、 $T(t)$  分别为考虑火山灰云作用的空间因子和时间因子。图一给出火山灰云作用的空间范围和强度  $\Gamma(x, y)$ 。火山灰作用从六月五日起逐渐加入, 到二十六日以后再逐步减弱。图二给出改变反射率的时间系数  $T(t)$ 。

从六月一日起数值积分三个月; 并与无火山作用的基准试验计算结果作比较。试验分例组: 一是取模式五月三十一日气候场(原模式二十五年中每年五月三十一日基本气流场的平均)作初始场; 二是取原模式二十五年计算结果中不同年份(第 18、19、20、25 年)的五月三十一日基本气流场作初始场。结果如下:

1: 图三、四、五分别给出第一组试验得到的东亚地区六、七、八月份月平均日降水量偏差图(敏感试验减去模式气候场)。主要特征如下:

六月: 长江中下游至江南地区有一正降水偏差中心。云南、贵州及整个华北位于负降水偏差区, 但偏差值很弱。

七月: 长江中下游和东北南部都位于正降水偏差区内, 淮河流域有强的正降水偏差中心, 整个华北除沿海地区外位于负降水偏差区。

八月: 我国东北大部分地区为较强的正降水偏差, 华北、华南则位于负降水偏差区内; 另一个较强的正值区位于汉水和长江上游地区。福建沿海有弱的正偏差。

2. 分析第一组试验即取原模式不同年份(第18、19、20、25年)的基本气流场作模式初始场的四对数值试验结果表明,由火山爆发效应引起的短期气候影响依赖于初始条件。虽然这四个试验结果的合成图与第一组试验结果在主要结构方面有相似之处,但差别不小。尤其是年与年间的差别可以相当大。

上述结果只是初步的。我们拟作进一步的试验,考虑辐射在含火山灰的大气中的传递过程,并以1991年实况作初始场。

附:

图一: 在200HPa等压面上改变反射率的空间范围和强度 $\Gamma(x,y)$ 。

图二: 在200HPa等压面上改变反射率的时间系数 $T(t)$ 。

图三: 东亚地区六月份月平均日降水量偏差图。

图四: 东亚地区七月份月平均日降水量偏差图。

图五: 东亚地区八月份月平均日降水量偏差图。

# AN IMPROVED SPLITTING METHOD

Wang Bin and Ji Zhongzhen

(LASG, Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

## Abstract

In this paper, an improved splitting method, which is based on the explicit complete square-conservative difference schemes of the barotropic shallow water equations, is built, according to the separability of the adjustment stage (the fast process) and the development stage (the slow process) in atmospheric motion. There are three advantages in this method. One is its higher precision in mathematics. Generally, the precision of traditional splitting methods are only 1-order and the errors in computations are rather great, due to which good computational effects can hardly be obtained. This defect, however, is overcome in the improved splitting method. It has 2-order precision and can get better computational results. Another advantage of the new method is that it can keep the physical feature of mutual dependence of the two processes although these two processes are splittingly calculated in this method. In traditional methods, however, the two processes are absolutely splitted to integrate, which seems inconsistent with the physical character of atmospheric motion and leads to distortions of solutions. The last advantage is that good time effect can be acquired in the improved method. The method can get 2-order precision results with 1-order precision middle computational processes. Therefore, it can save much CPU time for integrations.

In order to test the real value of the improved splitting method, the monthly mean currents of the South China Sea are numerically simulated by using this method based on the barotropic shallow water equations and good computational results and satisfactory time-effect are all gained. It shows that the new method is worth generalizing and applying in numerical simulations of problems on Atmospheric Dynamics and Oceanic Dynamics.



# A BAROTROPIC COASTAL OCEAN MODEL AND ITS OPEN BOUNDARY CONDITIONS

GUO DONGJIAN and ZENG QINGCUN

(LASG, Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, Beijing 100080, PRC)

## ABSTRACT

The barotropic coastal ocean model of the Institute of Atmospheric Physics(IAP),Academia Sinica is outlined first. The model is developed from the shallow water equations in which new variables are introduced via variable transformation. The introduction of new variables leads the energy equation to a compact form and the grid to a more flexible arrangement. The difference scheme designed preserves the properties of mass and energy variations of original coastal flows involving open-sea boundaries. As a result the scheme turns out to be rather stable and accurate.

For computing economy, a splitting method is applied by dividing the governing equations into three stages: adjustment, evolvement and forcing-dissipation. The adjustment stage includes the elevation gradient and Coriolis terms, which describe gravity-inertia oscillations. The evolvement stage consists of the advection terms; and the forcing-dissipation stage consists of the wind stress and bottom friction terms. The three stages are integrated with different time-steps.

Open boundary conditions suitable for the different stages are derived from the locally linerized versions of the split governing equations. For the adjustment stage, the governing equations are converted to an equivalent set of characteristic equations, which represent waves propagating into or out of the computational domain. The outgoing waves are described by characteristic equations, while the incoming waves are specified by a nonreflecting boundary condition. For the evolvement stage, general analytic solutions are found. At outflow points the boundary values at the upper time-level are obtained from data at the present time-level within and on the boundary via the analytic solutions, while the boundary values at inflow points remain constant in time. For the forcing-dissipation stage no boundary conditions are necessary.

Numerical verification of the scheme and the open boundary conditions is described; the results are satisfactory.