

杨学胜, 沈元芳, 徐国强. 2009. 辐射方案对 GRAPES 全球模式的影响 [J]. 大气科学, 33 (3): 593–599. Yang Xuesheng, Shen Yuanfang, Xu Guoqiang. 2009. The impacts of radiation schemes on the GRAPES global model [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 33 (3): 593–599.

辐射方案对 GRAPES 全球模式的影响

杨学胜 沈元芳 徐国强

中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室/数值模式创新基地, 北京 100081

摘要 辐射过程是中期数值天气预报模式和气候模式中一个重要的物理过程。本文针对 GRAPES (Global/Regional Assimilation and PrEdiction System) 全球模式非静力半隐式半拉格朗日的特点, 进行了不同辐射方案的敏感性比较试验, 以期找到一个适合于 GRAPES 全球模式的辐射方案。用到的方案包括 WRF 模式中的 RRTM 长波辐射方案、NASA 的 Goddard 短波辐射方案以及 ECMWF 的长短波辐射方案。试验结果表明, ECMWF 的辐射方案更适合于 GRAPES 模式, 30 天平均的北半球 500 hPa 高度场距平相关系数较 WRF 的辐射方案提高了近 2%。另外, 针对实际运行中存在的辐射计算不稳定问题, 对辐射方案进行了气压订正和温度订正, 并对 2005 年 7 月影响我国的海棠台风进行了模拟试验, 气压订正后的 120 小时模式预报在对副热带高压和台风的描述上更接近于分析, 可用预报时效也有了明显提高。

关键词 辐射方案 非静力 全球模式 距平相关系数 气压订正 温度订正

文章编号 1006-9895 (2009) 03-0593-07 **中图分类号** P435 **文献标识码** A

The Impacts of Radiation Schemes on the GRAPES Global Model

YANG Xuesheng, SHEN Yuanfang, and XU Guoqiang

State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract Radiation process is one of the most important physical parameterization schemes in the medium-range and climate models. Concerning the characteristics of non-hydrostatic and semi-Lagrangian calculation, a set of sensitive experiments has been conducted in order to find a more suitable radiation scheme to GRAPES global model. The used radiation schemes include RRTM long wave and Goddard's short wave schemes from the WRF (Weather Research and Forecasting) model, as well as ECMWF's radiation scheme. The results show that ECMWF's radiation scheme is more suitable to the GRAPES global model, and 30-day averaged anomaly correlation coefficient for 500-hPa geopotential height in the Northern Hemisphere increases about 2%, compared to the WRF scheme. Also a pressure and a temperature correction schemes have been incorporated to the radiation process in order to enhance its computational stability. The 120-hour forecast to the typhoon Haitang indicates that the subtropical height and typhoon described by the correction schemes are closer to the analysis, and 31-day averaged anomaly correlation coefficient for 500-hPa geopotential height in the Northern Hemisphere is improved obviously.

Key words radiation process, non-hydrostatic, global model, anomaly correlation coefficient, pressure and temperature correction

1 引言

辐射过程是中期天气预报模式和气候模式中最重要物理过程参数化方案之一。最近二十多年来,随着大气遥感探测技术的发展和天气预报业务及气候变化模拟的需要,辐射过程的研究取得了很大的成效,相继开发了多个辐射参数化方案并在预报模式中得到广泛应用,比较著名的包括欧洲中期天气预报中心 ECMWF (European Center for Medium-range Weather Forecast) 的长短波辐射 (Morcrette, 1991)、GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) 的辐射方案 (Lacis et al., 1974; Schwartzkopf et al., 1991)、美国大气研究中心 NCAR (National Center for Atmospheric Research) 气候模式 CCM3 (Community Climate Model) 中的大气模式 CAM3 (Community Atmospheric Model) 的辐射方案 (Collins, 2006), 英国气象局 Hadley 气候预报与研究中心的方案 (Edwards et al., 1996) 等。

目前,国内数值预报模式和气候模式的物理过程参数化方案 (Wu et al., 1996; Wang et al., 2004; 宇如聪等, 2004) 大多引自国外的模式,如 WRF (Weather Research and Forecasting) 模式、MM5 (Meso-scale Model)、CCSM3 (Community Climate System Model) 和 ARPS (Advanced Regional Prediction System) 等,而国家气象中心的全球中期预报业务模式 T213L31 采用的则是 ECMWF 的物理过程 (陈起英等, 2004)。GRAPES (Global/Regional Assimilation and Prediction System) 全球模式是近几年发展的一个全球非静力半隐式半拉格朗日中期数值预报模式 (庄世宇等, 2006; 陈德辉等, 2006; Yang et al., 2007, 2008), 采用的是 WRF 的物理过程参数化方案,但 WRF 的物理过程参数化方案主要是针对中尺度数值预报模式,对全球模式是否适合尚不得而知。因此,面对如此众多的参数化方案,我们需要找出一个更适合自己的模式的物理过程参数化方案,同时还需要针对模式运行过程中出现的问题进行优化和改进处理。

本文主要对全球模式预报影响较大的辐射过程进行研究。关于辐射过程对模式预报的影响,我国气象学者在这方面也做了大量的研究工作 (张华等, 2000; 沈元芳等, 2004, 2006; 王曼等, 2005,

张凤, 2005; 张凤等, 2005; 刘玉芝等, 2007; 王宏等, 2007; 石广玉等, 2008), 其中沈元芳等 (2003 年) 研究了初始场和长波辐射对气候模拟的影响,其试验表明,不同长波辐射算法模式运行之间的变率比没有长波辐射算法变化的初始场作用大得多,并且,还发现 CCM2 (Community Climate Model) 的算法和 ECMWF 的算法比较接近,而与 NCEP 的差别较大。但所有结果在全球许多地方和不同尺度上的差别都超过 10%, 远远大于初始场对气候模拟的作用。

国内外对各种辐射方案都做过详细的介绍,这里我们就不再重复。本文的目的,一是找出适合于 GRAPES 全球模式的最佳辐射方案,二是针对 GRAPES 全球模式框架与物理过程的特点,以及在实际运行中出现的问题,对辐射方案中的具体计算细节,如接口、温度的计算等进行优化改进,以提高模式的预报精度。

2 GRAPES 全球模式简介

GRAPES 非静力全球模式动力框架 (Yang et al., 2007) 使用一套含完全动力学过程的全可压方程组,水平方向上采用经纬度球面坐标,垂直方向采用高度地形追随坐标,积分方案使用两时间层的半隐式半拉格朗日方案, v 放在极地的水平 Arakawa C 跳点格式,垂直方向为 Charney-Philips 变量跳层分布,使用广义共轭余差方法求解关于气压扰动的三维 Helmholtz 方程等,其中参考大气廓线考虑了地形的影响。模式预报变量包括扰动气压 π 、扰动位温 θ 、水平风 u 和 v , 垂直速度 ω 和水汽 q 。

3 不同辐射方案的比较试验

GRAPES 全球模式的物理过程参数化方案主要来自于 WRF, WRF 提供了如下几种辐射方案可供选择,短波方案包括 NASA (National Aeronautics and Space Administration) 的 Goddard (Chou et al., 1999)、Dudhia (Dudhia, 1989) 等。长波辐射方案包括 RRTM (Rapid Radiation Transfer Model) (Mlawer et al., 1997)、GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) 的长波辐射方案等。

关于 WRF 不同辐射方案的比较试验,在 GRAPES 中尺度模式中已做过比较工作,发现

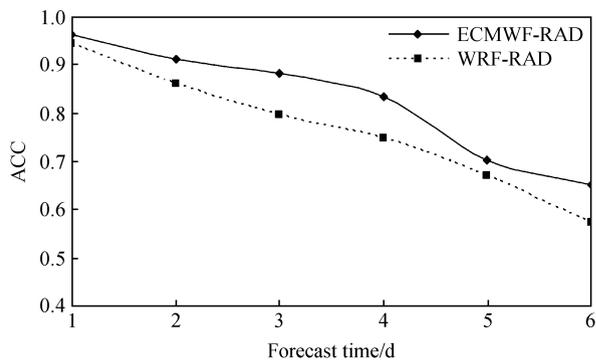


图1 采用 ECMWF 辐射方案和 WRF 辐射方案得到的 2005 年 6 月份 500 hPa 高度场 30 天平均的距平相关系数演变
Fig.1 Evolution of 30-day averaged anomaly correlation coefficient (ACC) for 500-hPa height in Jun 2005 with the ECMWF radiation scheme (ECMWF-RAD) and the WRF radiation scheme (WRF-RAD)

WRF 中的几个辐射方案效果基本相当^①, 全球模式中的试验结果也与中尺度模式基本一致, 这里就不再赘述。考虑到 WRF 的物理过程主要是针对中尺度模式, 而辐射作为全球模式中一个最重要的参数化方案之一, 对全球模式是否合适? 为此, 我们将 ECMWF 的辐射方案 (Morcrette, 1990) 引入到 GRAPES 全球模式中, 并进行了预报试验。

为了检验两个辐射方案的预报效果, 模式选用 NCEP 1°×1°、26 层的分析资料作为初始场进行预报, 积分时间为 6 天, 试验时段为 2005 年 5 月 26 日至 6 月 30 日共计 36 天。从 6 月 1 日起对模式预报与 NCEP 的分析资料进行逐日的评分检验, 比如说, 对 6 月 1 日的分析进行检验时, 对应的预报需要与这天的分析来比较, 因此需要用到的预报包括: 5 月 25 日的 6 天预报, 5 月 26 日的 5 天预报, 5 月 27 日的 4 天预报, 5 月 28 日的 3 天预报, 5 月 29 日的 2 天预报, 5 月 30 日的 1 天预报。依此类推, 最后得到对应于 6 月 1 日~30 日分析的检验, 然后对这 30 天的 24~144 小时的检验评分进行平均生成 30 天平均后的距平相关系数。试验中, WRF 辐射方案选取 RRTM 长波辐射方案、NASA 的 Goddard 短波辐射方案, ECMWF 的辐射方案为 Morcrette (1990) 方案。

图 1 给出了 WRF 与 ECMWF 上述两种不同辐射方案在 2005 年 6 月份 500 hPa 高度场 30 天平均

后的距平相关系数演变情况。试验中 GRAPES 全球模式的分辨率为 0.5°×0.5°, 垂直方向取 31 层, 时间步长为 600 s。可以看出, ECMWF 的辐射方案的可用预报时效明显优于 WRF, 距平相关系数提高了 2% 以上。这说明 ECMWF 的辐射方案更适用于 GRAPES 全球模式。

4 辐射方案的气压与温度订正

GRAPES 模式在实际运算中, 有时在积分至 4~5 天时会出现辐射过程计算不稳定的现象。这种情况主要发生在 10 天预报的全球中期预报模式中, 而在 3 天预报以内的有限区模式中则不会出现。这与大气中当气团局地增暖时, 空气柱会向上膨胀, 单位气压高度差增大, 使得该地区上层气压高于四周地区的气压, 如下层的气压。而在 ECMWF 和 WRF 的 RRTM 辐射方案中, 正好需要用到相邻两层的气压差的对数, 当出现上层气压高于下层气压的情况时, 就会出现负的对数, 导致计算出现问题。因此, 需要对方案进行订正。

在实际大气中, 除了有强烈上升运动的区域外, 空气的垂直运动是较小的, 因此在辐射过程中可近似的将大气当作处于静力平衡状态来处理。基于此, 模式中对辐射方案采用了如下气压修正方案, 假定环境大气满足静力平衡, 同时保证气压是随高度单调变化的:

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial z} = -\bar{\rho} g, \quad (1)$$

则各模式层上的气压为:

$$\bar{p}_k = p_s - g \bar{\rho}_k \Delta z_k, \quad (2)$$

其中, p_s 为地面气压, p_k 为模式整层气压, 模式垂直方向为 N 层。

由于辐射是在整层上计算, 还需要对 (2) 式所求的气压进行如下的订正处理, 以保证整层的厚度:

$$\gamma = (p_s - p_{N+1/2}) / (p_s - p_N), \quad (3)$$

其中, $p_{k+1/2}$ 为模式半层气压。订正后的气压为:

$$\overline{p_{k+1}} = \bar{p}_k - \gamma g \bar{\rho} \Delta z. \quad (4)$$

另外, GRAPES 全球模式采用 Chaney-Phillips 垂直跳层分布, 辐射方案中计算通量时需要用到各

① 陈德辉, 薛纪善, 杨学胜, 等. 2003. 新一代静力/非静力多尺度通用数值预报动力模式 (半隐式半拉格朗日) 理论方案设计及其试验. 技术报告文集. 中国气象科学研究院, 数值预报中心内部交流材料.

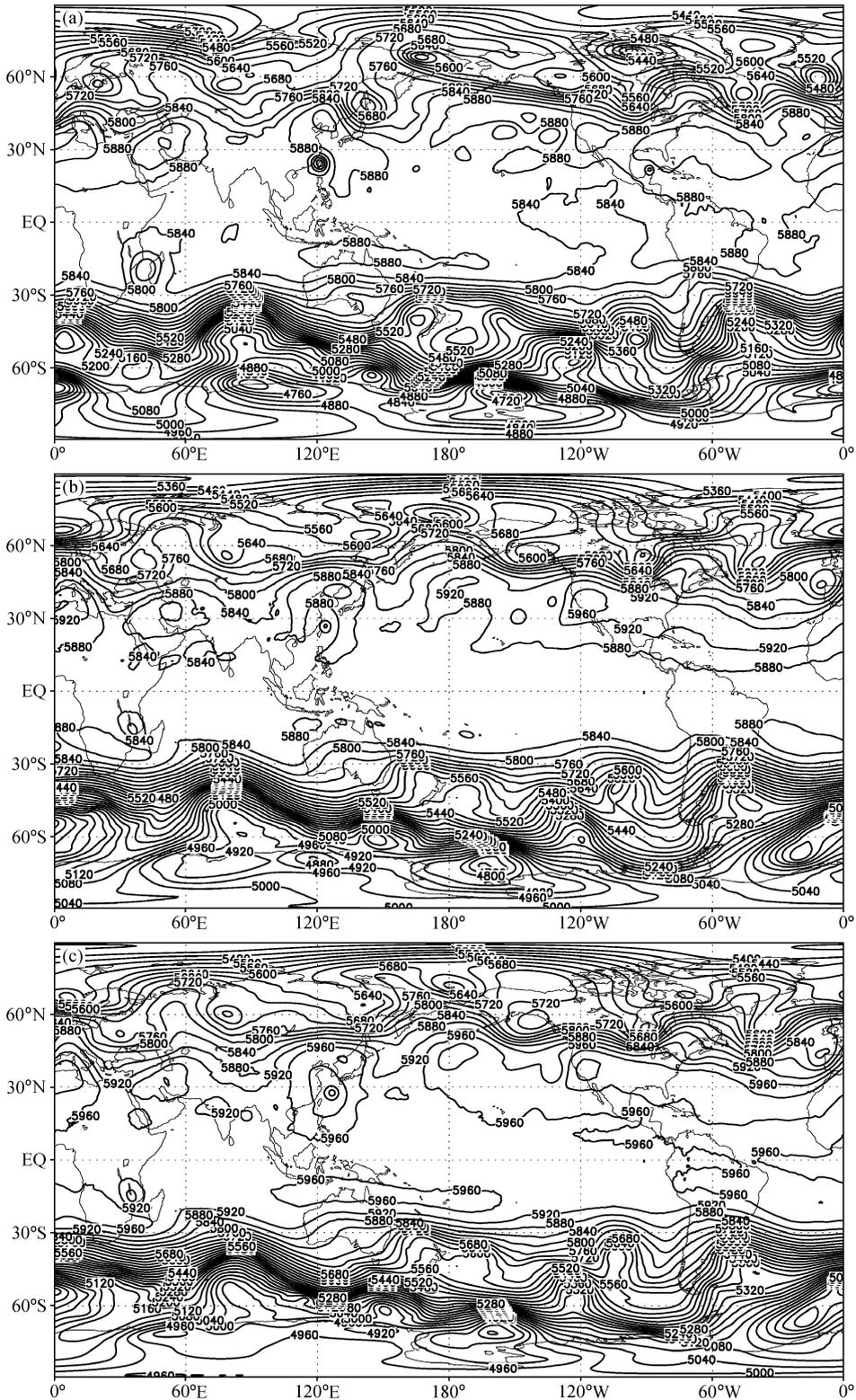


图 2 (a) NCEP 分析和 (b、c) GRAPES 全球模式 120 小时预报的 2005 年 7 月 18 日 1200 UTC 500 hPa 高度场: (b) 气压订正方案; (c) 无订正

Fig. 2 500-hPa geopotential height (gpm) on 18 Jul 2005 from (a) NCEP analysis and (b, c) 120-h forecast of GRAPES global model (b) with and (c) without the pressure correction scheme

整层边界上的温度。为此,我们采用了一种气压权重方案将整层温度插值到半层上:

$$T_{k+1/2} = T_k \frac{p_k(p_{k+1} - p_{k+1/2})}{p_{k+1/2}(p_{k+1} - p_k)} + T_{k+1} \frac{p_{k+1}(p_{k+1/2} - p_k)}{p_{k+1/2}(p_{k+1} - p_k)}. \quad (5)$$

为了检验气压和温度修订正后的预报效果,我们进行了预报试验,其中辐射方案选的是 ECMWF 的方案。图 2 给出了原方案,即无订正方案、订正方案对 2005 年影响我国的海棠台风 500 hPa 高度场 120 小时预报及对应的分析场。模式起报时间为 2005 年 7 月 13 日 1200UTC,模式初值为 NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 、26 层的分析资料。从图 2 中可以看出,原方案对副热带高压 5880 线的预报过强,中心强度也过强,台风位于副热带高压内,这对台风路径的预报会产生一定影响;而修正方案在对 5880 线的位置、强度的描述上,尤其是在我国境内与分析很接近,且明显优于原方案,台风的位置也比原方案更接近于分析。

图 3 为原方案和气压订正方案 2005 年 7 月 31 天平局的 500 hPa 高度场距平相关系数演变情况,其中模式初始场 NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 、26 层分析资料,积分时间为 10 天,模式试验时段为 2005 年 6 月 21 日至 7 月 31 日共计 41 天,从 7 月 1 日起对模式预报与 NCEP 的分析资料进行逐日的评分检验,然后再对 31 天的检验评分进行平均。可以看出,订正方案在预报的中期比原方案有明显的提高,可用预报时效达到 6 天。

需要特别指出的是,虽然在短时间积分的有限

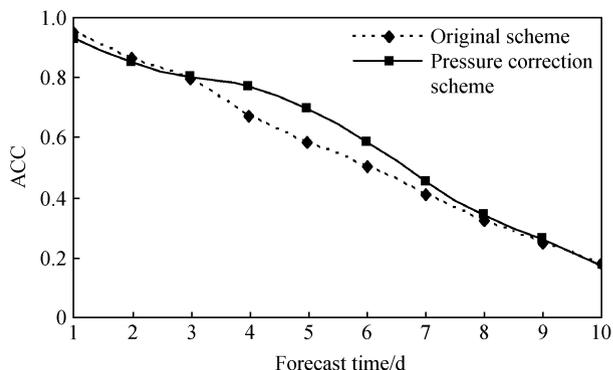


图 3 2005 年 7 月 500 hPa 高度场 31 天平局的距平相关系数演变。虚线:原方案;实线:气压修正方案

Fig. 3 Evolution of 31-day averaged anomaly correlation coefficient for 500-hPa height in Jul 2005

区模式中,上述不稳定情况较少出现,但如果模式采用 WRF 的 RRTM 辐射方案,也应该对气压进行修正,这也是需要使用该方案的研究人员引起特别注意的。

5 总结和讨论

GRAPES 作为新开发的全球非静力半隐式半拉格朗日模式,目前已在我国气象局的 IBM 巨型机上每天实时运行,结果提供给国家气象中心试用。该模式主要采用 WRF 物理过程参数化方案,但 WRF 的物理过程参数化方案主要是针对中尺度模式,对全球模式是否适合需要通过试验来验证。

本文针对 GRAPES 全球模式的特点,对影响中期预报模式和气候模式中的一个重要物理参数化方案——辐射过程进行试验,以期找出一个适合于 GRAPES 全球模式的辐射方案。

为此,我们将 ECMWF 的辐射方案引入到 GRAPES 全球模式中,并进行了 WRF 辐射方案与 ECMWF 辐射方案的比较试验,结果表明,ECMWF 的辐射方案更适合于 GRAPES 模式,在北半球 30 天平局的 500 hPa 高度场距平相关系数提高了近 2%。

另外,针对 WRF 和 ECMWF 辐射方案中长时间积分时存在的计算不稳定问题,提出了气压订正和温度订正方案,并对影响我国的海棠台风进行了预报试验。订正后的方案在对副热带高压的描述上和台风中心的位置预报上更接近于分析,北半球 31 天平局的 500 hPa 高度场距平相关系数在预报的中后期也有一定程度的提高,模式计算稳定性也有了明显提高。

从辐射方案的影响试验来看,由于 ECMWF 的物理过程参数化方案主要针对全球中期预报模式,所以更适合于 GRAPES 全球模式。因此,有必要在今后几年将 ECMWF 的其他物理方案引入到 GRAPES 全球模式中来,以进一步提高模式的预报性能。

参考文献 (References)

- 陈德辉,沈学顺. 2006. 新一代数值预报系统 GRAPES 研究进展 [J]. 应用气象学报, 17 (6): 773-777. Chen Dehui, Shen Xueshun. 2006. Recent progress on GRAPES research and application

- [J]. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 17 (6): 773–777.
- 陈起英, 姚明明, 王雨. 2004. 国家气象中心新一代业务中期预报模式 T213L31 的主要特点 [J]. *气象*, 30 (10): 1267–1272.
- Chen Qiying, Yao Mingming, Wang Yu. 2004. A new generation of operational medium-range weather forecast model T213L31 in National Meteorological Center [J]. *Meteorological* (in Chinese), 30 (10): 1267–1272.
- Chou M D, Suarez M J. 1999. A solar radiation parameterization (CLRAD-SW) for atmospheric studies [R]. NASA Tech. Memo., no. 104606, 15–48.
- Collins W D. 2006. The community climate system model version 3 (CCSM3) [J]. *J. Climate*, 19: 2122–2143.
- Dudhia J. 1989. Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model [J]. *J. Atmos. Sci.*, 46: 3077–3107.
- Edwards J M, Slingo A. 1996. Studies with a flexible new radiation code I: Choosing a configuration for a large-scale model [J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122: 689–719.
- Lacis A A, Hansen J E. 1974. A parameterization for the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere [J]. *J. Atmos. Sci.*, 31: 118–133.
- 刘玉芝, 石广玉, 赵剑琦. 2007. 一维辐射对流模式对云-辐射强迫的数值模拟研究 [J]. *大气科学*, 31 (3): 486–494.
- Liu Yuzhi, Shi Guangyu, Zhao Jianqi. 2007. A study of the radiative forcing of clouds by using a one-dimensional radiative-convective model [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 31 (3): 486–494.
- Mlawer E J, Taubman S J, Brown P D, et al. 1997. Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated- k model for the longwave [J]. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14): 16663–16682.
- Morcrette J J. 1990. Impact of changes to the radiation transfer parameterization plus cloud optical properties in the ECMWF model [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 118: 847–872.
- Morcrette J J. 1991. Radiation and cloud radiative properties in the ECMWF forecasting system [J]. *J. Geophys. Res.*, 96: 9121–9132.
- Schwarzkopf M D, Fels S B. 1991. The simplified exchange method revisited: An accurate, rapid method for computation of infrared cooling rates and fluxes [J]. *J. Geophys. Res.*, 9: 9075–9096.
- 沈元芳, Baer F, 王超. 2003. 初始场和长波辐射对气候模拟的影响 [J]. *应用气象学报*, 14 (3): 266–276.
- Shen Yuanfang, Baer F, Wang Chao. 2003. Impact of initial field and long wave radiation on climate modeling [J]. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 14 (3): 266–276.
- 沈元芳, 黄丽萍, 许国强, 等. 2004. 长波辐射对大气变化的敏感性和在 WRF 模式中的模拟检验 [J]. *气象学报*, 62 (2): 213–227.
- Shen Yuanfang, Huang Liping, Xu Guoqiang, et al. 2004. The sensitivity of long wave radiation to atmospheric changes and the simulation in Weather Research and Forecast (WRF) model [J]. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 62 (2): 213–227.
- 沈元芳, 胡江林. 2006. GRAPES 模式中的坡地辐射方案及其对短期天气过程模拟的影响 [J]. *大气科学*, 30 (6): 1129–1137.
- Shen Yuanfang, Hu Jianglin. 2006. Slope irradiance scheme in GRAPES and its effect on simulation of short-range weather processes [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 30 (6): 1129–1137.
- 石广玉, 王标, 张华, 等. 2008. 大气气溶胶的辐射与气候效应 [J]. *大气科学*, 32 (4): 826–840.
- Shi Guangyu, Wang Biao, Zhang Hua, et al. 2008. The radiative and climatic effects of atmospheric aerosols [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 32 (4): 826–840.
- Wang B, Wan H, Ji Z Z, et al. 2004. Design of a new dynamical core for global atmospheric models based on some efficient numerical methods [J]. *Science in China (Ser. A)*, 47 (Suppl.): 4–21.
- 王宏, 石广玉, 王标, 等. 2007. 中国沙漠沙尘气溶胶对沙漠源区及北太平洋地区大气辐射加热的影响 [J]. *大气科学*, 31 (3): 515–526.
- Wang Hong, Shi Guangyu, Wang Biao, et al. 2007. The impacts of dust aerosol from deserts of China on the radiative heating rate over desert sources and the North Pacific region [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 31 (3): 515–526.
- 王曼, 沈元芳, 韩慎友, 等. 2005. 两组辐射方案对中国短期天气过程影响的比较和探讨 [J]. *大气科学*, 29 (4): 654–670.
- Wang Man, Shen Yuanfang, Han Shenyou, et al. 2005. Impact of two group radiation parameterization schemes on simulation of short-range weather process in China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 29 (4): 654–670.
- Wu G X, Liu H, Zhao Y C, et al. 1996. A nine-layer atmospheric general circulation model and its performance [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 13: 1–18.
- Yang Xuesheng, Chen Jiabin, Hu Jianglin, et al. 2007. Polar discretization of GRAPES global non-hydrostatic semi-implicit semi-Lagrangian model [J]. *Science in China (Ser. D)*, 50 (12): 1885–1891.
- 宇如聪, 徐幼平. 2004. AREM 及其对 2003 年汛期降水的模拟 [J]. *气象学报*, 62 (6): 715–724.
- Yu Rucong, Xu Youping. 2004. AREM and its simulations on the daily rainfall in summer in 2003 [J]. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 62 (6): 715–724.
- 张凤. 2005. IAP AGCM 中短波辐射方案的改进研究 I: 引入 Fu-Liou 短波辐射方案 [J]. *气候与环境研究*, 10 (3): 543–559.
- Zhang Feng. 2005. The study of the improvement of the solar radiation transfer scheme in IAP AGCM. Part I: Incorporating Fu-Liou code into IAP AGCM [J]. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 10 (3): 543–559.
- 张凤, 曾庆存. 2005. IAP AGCM 中短波辐射方案的改进研究 II: 短波辐射方案的改进 [J]. *气候与环境研究*, 10 (3): 560–573.
- Zhang Feng, Zeng Qingcun. 2005. The study of the improvement

of the solar radiation transfer scheme in IAP AGCM. Part II: The improvement of solar radiation scheme [J]. Climatic and Environmental Research, 10 (3): 560 - 573.

张华, 石广玉. 2000. 一种快速高效的逐线积分大气吸收计算方法 [J]. 大气科学, 24 (1): 111 - 121. Zhang Hua, Shi Guangyu. 2000. A fast and efficient line-by-line calculation method for atmospheric absorption [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sci-

ences (in Chinese), 24 (1): 111 - 121.

庄世宇, 薛纪善, 朱国富, 等. 2005. GRAPES 全球三维变分同化系统——基本设计方案与理想试验 [J]. 大气科学, 29 (6): 872 - 884. Zhuang Shiyu, Xue Jishan, Zhu Guofu, et al. 2005. GRAPES global 3D-Var system—Basic scheme design and single observation test [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 29 (6): 872 - 884.

《大气和海洋科学快报》征稿启事

中国科学院大气物理研究所主办的英文双月刊《大气和海洋科学快报》(英文刊名为 Atmospheric and Oceanic Science Letters, AOSL) 已于 2008 年 11 月创刊。

《快报》主要刊登大气科学和海洋物理学方面的创新研究成果。本刊将充分发挥“快报”(Letters) 类期刊“短平快”的特点, 努力把稿件的发表周期限制在半年以内, 以保证专家学者的最新研究成果得到及时发表。AOSL 处于草创阶段, 恳切希望得到广大科学家的支持, 欢迎大大家踊跃投稿。

由于是“快报”类期刊, AOSL 对稿件的长度将有严格的限制: 要求稿件不超过 5000 英文单词(包括插图, 一幅插图按 400 单词计算)。

投稿请登录 <http://www.dqkxqk.ac.cn/aosl/ch/index.aspx> 注册并提交稿件。

联系地址: 北京 9804 信箱

邮政编码: 100029

电话: 010-829995202, 01082995203

传真: 010-82995053

E-mail: aosl@mail.iap.ac.cn

Website: www.dqkxqk.ac.cn, www.iapjournals.ac.cn

《大气和海洋科学快报》编辑部