



(http://www.iap.cas.cn/gb/)

请输入搜索关键词...

您当前的位置: 首页 (http://www.iap.cas.cn/) > 新闻动态 (.../../) > 科研进展 (.../..)

科研进展

从地形罗斯贝波与湿焔平流输送的角度诠释高分辨率模式提升东亚夏季风雨带模拟性能的机理

发布时间: 2018-01-16 | 【大 中 小】

我国东部地区受季风控制, 夏季降水占年总降水量的约49%, 季风降水决定着该地区水资源分布的空间格局。受夏季风影响显著的中东部区域, 也是我国人口密度分布最大、国民经济发展水平最高的区域。气候模式是研究季风变化机理、预报和预测其未来变化的重要手段。经过几十年的努力, 气候模式无论在分辨率方面还是物理过程方面都得到极大的提升。模式技术的显著进步, 可以从过去20年间“国际耦合模式比较计划”(CMIP)从第一阶段(CMIP1)到最新的第六阶段(CMIP6)的发展历程上得到清晰的体现。但是, 当前的气候模式在模拟东亚夏季风方面尚存在着诸多问题, 问题的焦点集中体现在气候态季风雨带的模拟偏差上, 由此导致模式在各种时间尺度的预报、预测和预估的结果存在不确定性。东亚夏季风的模拟, 被认为是气候模式研发所面临的重要挑战性问题之一。

围绕着东亚夏季风雨带的模拟偏差问题, 季风学界有大量的分析研究工作。为了理解东亚季风降水的动力机理, 传统的研究方法多从热力学方程的角度展开, 将其分解后, 从中提取出非绝热加热项与动力项, 再进一步分析导致季风雨带对流区加热抬升的原因。但是, 非绝热加热项中包括辐射传输、凝结加热、感热加热等, 而动力项中不包含湿焔平流, 传统的分析手段无法区分出它们的相对贡献。这就使得我们很难基于传统的分析方法来从根本上揭示和理解气候模式在季风雨带方面存在模拟偏差的原因。

为了解决传统分析手段中无法分解非绝热加热项的问题, 加州大学洛杉矶分校Chou和Neelin等人发表了一系列的文章, 提出了湿静力能(MSE)的诊断方法。MSE诊断法的优越性是可以区分辐射加热、凝结加热、感热加热及湿焔平流的贡献。该方法最初主要用于分析热带对流降水, 基于该方法提出的“湿更湿”机制由于能够较为合理地解释全球增暖对热带降水的影响而在气候变化研究领域产生巨大影响。2008年, 加州理工学院的Bordoni和Schneider把MSE方法



引入季风环流的季节突变研究，其结果与国家最高科技奖获得者叶笃正先生1959年的文章在结论上达成惊人的一致，被誉为“历史的最美和声”。随后，Chen和Bordoni在2014年使用MSE诊断法，进一步揭示了青藏高原在东亚季风雨带形成的重要作用。

气候动力学研究成果与数值模拟的结合是推动数值模式发展完善的重要途径。为了理解东亚夏季风雨带的模拟偏差难题，最近，中国科学院大气物理研究所姚隽琛博士（现在工作单位：国家气候中心）与其合作者一道，围绕着高分辨率模式如何能够提升夏季风雨带模拟的问题，使用MSE方法，通过资料诊断与数值试验的结合，提出高分辨率地形所激发的正压罗斯贝波，能够通过改善湿焔平流输送能够最终改进夏季风雨带的模拟性能。他们把参加“国际耦合模式比较计划”CMIP5的16个模式按照水平分辨率分为两类，通过比较高、低分辨率模式所模拟的季风雨带和MSE收支，提出湿焔平流输送和水汽辐合改进与季风雨带改进的联系。在此基础上，他们使用CAM5模式通过只改变水平分辨率（采用 $\sim 2^\circ$ 、 1° 和 0.5° 三种水平分辨率）而物理过程则严格保持不变，通过不同的数值试验结果对比，研究了纯粹的模式分辨率改变对东亚季风雨带模拟的影响。结果表明，从降水量级和空间分布的角度，分辨率的提的确能够显著提升模式对东亚季风雨带的模拟技巧（图1）。而季风雨带模拟技巧得到改进的原因，在于相对纬向平均流的定常经向涡动流在高分辨率模式中得到加强。水汽收支诊断进一步表明，定常经向涡动流的加强进一步令季风雨带的水汽辐合增强。波活动通量的分析表明，定常经向涡动流的加强来自高分辨率模式所拥有的精细地形所产生的正压罗斯贝波（图2）。受地形正压罗斯贝波的影响，进入东亚季风雨带的水汽与湿焔均增强，最终将季风雨带空间型的模拟技巧（即模拟和观测的空间相关系数）从低分辨率模式的0.31提高至0.76。

“这项研究工作的最初动机，只是考察一下经过5年多的努力CMIP5模式对于东亚夏季风雨带的模拟能力有无显著提高。我们最早的分析工作采用的是传统的分析方法，结果发现很难解释高低分辨率模式的性能差异。在文献调研的基础上，我们随后采用MSE方法来重新诊断两类模式的结果，结果得到了非常清晰的物理图像。随后在审稿过程中，专家提出CMIP5模式所采用的物理过程参数化方案、动力框架等均有不同，单纯地基于分辨率把模式分为两类进行合成比较所得到的结论，严格说来并不能完全归因于分辨率的差异。因此，按照审稿专家的建议，我们使用一个大气环流模式CAM5，通过只改变分辨率而保持所有的物理过程和参数化方案不动，设计了专门的敏感试验，利用半年的时间来完成了这套数值试验，随后的诊断分析结果，证明了我们的结论是可靠的” 该文第一作者姚隽琛博士说。“这一项工作的价值，在于对传统的季风动力分析引入新的分析技术来量化各项的影响，从而实现揭示高分辨率模式改善东亚季风雨带模拟性能的机制这一目的。不过，本文的高分辨率模式最高分辨率只到20km-50km左右；目前国际上高分辨率模式发展的前沿态势是公里尺度的对流分辨率（CRM）模拟，如何借助CRM模拟来提升东亚夏季降水的模拟能力是摆在我们面前的新的领域前沿问题”，这项工作的主要合作者之一郭准副研究员最后补充说。

上述成果于近日在Journal of Climate杂志发表。

Yao Junchen, Tianjun Zhou*, Zhun Guo, Xiaolong Chen, Liwei Zou, Yong Sun, 2017: Improved performance of High-Resolution Atmospheric Models in simulating the East-Asian Summer Monsoon Rainbelt. Journal of Climate, 30(21), 8825-8840, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0372.1> (<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0372.1>)



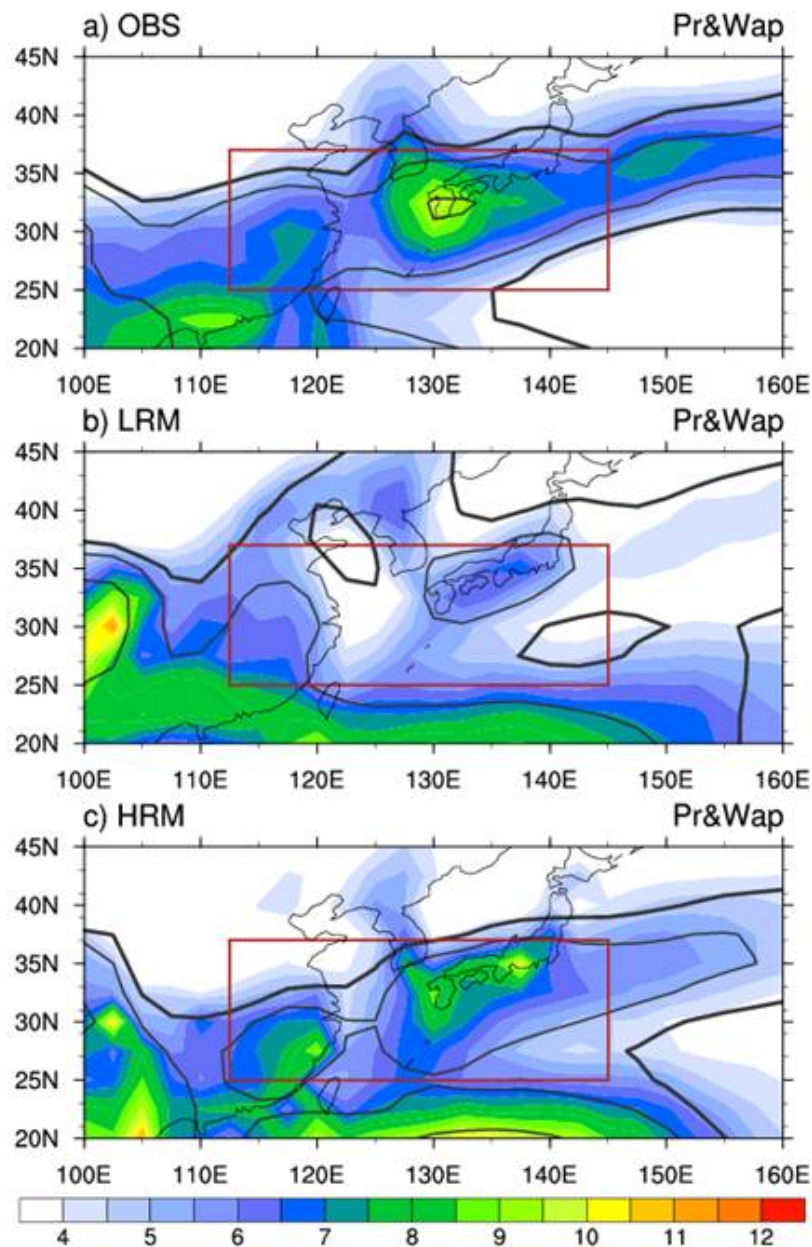


图1东亚6-7月降水气候态 (填色; 单位: mm d^{-1}) 和400 hPa垂直运动 (等值线; 单位: Pa s^{-1} ; 等值线间隔0.02, 加粗等值线为-0.01)。 (a) ~ (c) 分别为GPCP观测降水资料、CMIP5低分辨率模式集合平均和高分辨率模式集合平均结果。

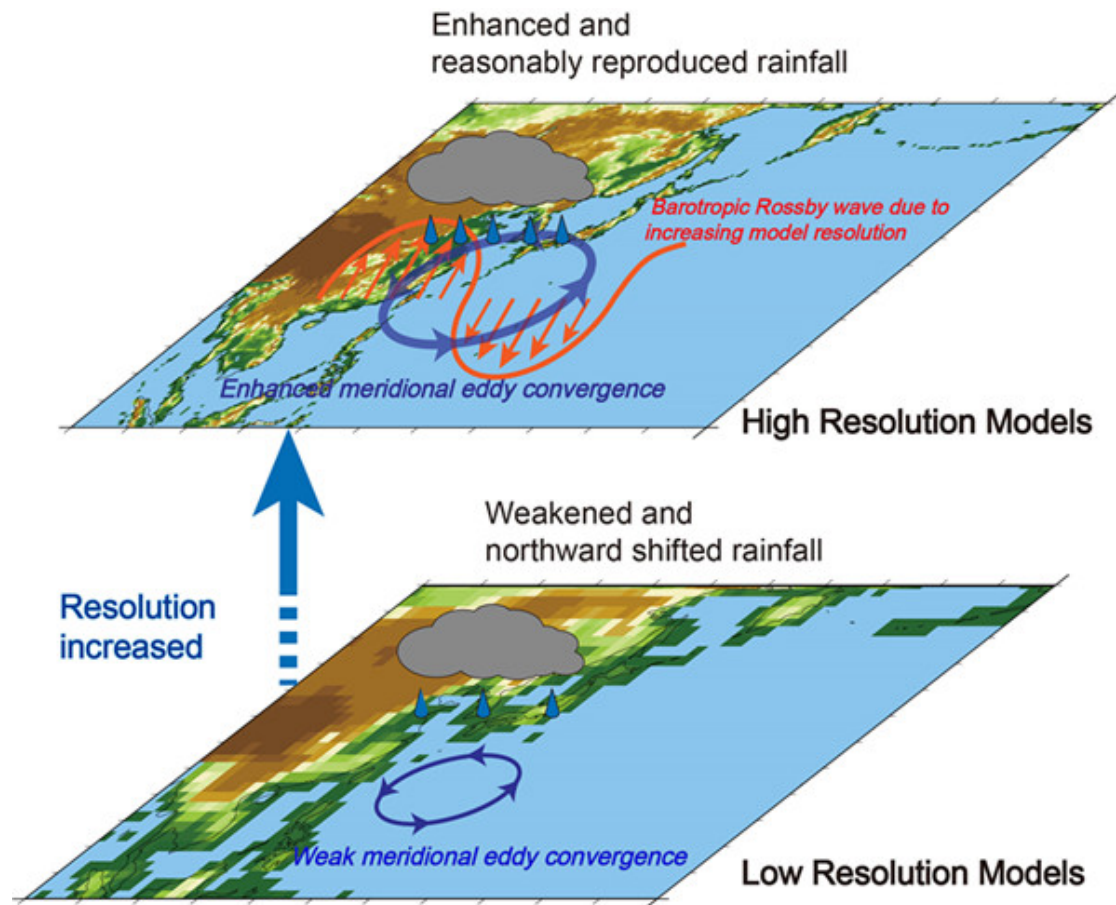


图2 高分辨率模式提高东亚夏季风雨带模拟技巧示意图。模式分辨率的提升使得青藏高原地形更加精细，在东部季风区产生正压的地形罗斯贝波，加强了该区域的相对于纬向平均的定常经向涡动平流，使得湿焔平流输送与水汽辐的加强，最终令季风雨带模拟技巧提升。



(<http://www.cas.cn/>)

Copyright © 2014-2024 中国科学院大气物理研究所 All Rights Reserved 京公网安备: 110402500041
 地址: 中国北京市朝阳区德胜门外祁家豁子华严里40号 邮政编码: 100029
 联系电话: 010-82995275 传真号: 010-62028604 技术支持: 青云软件 (<http://www.qysoft.cn/>)



官方微信



官方微博





([http://bszs.conac.cn/siteName?
method=show&id=094AF2FAD27E4442](http://bszs.conac.cn/siteName?method=show&id=094AF2FAD27E4442))

