

MJO对我国天气气候影响的新事实

任宏利¹ 沈雨阳²

(1 国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 中国气象局—南京大学气候预测研究联合实验室, 北京 100081;
2 中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081)

摘要: 在次季节时间尺度上, 热带大气季节内振荡 (MJO) 是全球气候变率的首要模态。MJO不仅对热带天气气候产生直接影响, 还能够通过传播和激发大气遥相关等方式对热带外地区产生重要影响, 成为目前次季节—季节气候预测最重要的可预报性来源。MJO对于我国天气气候影响的探索由来已久, 在很多方面有了显著进展, 但仍需深入研究。首先对MJO影响我国天气气候的过往研究进行了回顾, 并进一步利用新的观测资料诊断分析, 发现了MJO对我国气候影响的一些新事实。初步结论包括: MJO对我国冬季降水的影响主要局限在江南—华南区域, 而夏季扩展到南方和青藏高原地区; 对冬季气温的影响较大, 其范围覆盖了东北、华北以及西部广大区域, 而夏季解释方差有所减小, 其区域位于除了黄河流域以外的广大地区; 在去掉高频噪音后, 纯粹MJO信号对我国主要区域气温和降水低频变化的解释方差可接近30%; MJO对我国冬夏季温度降水的影响存在明显滞后效应, 应在使用MJO信号进行我国气象要素预报时加以考虑。

关键词: MJO, 中国气候, 降水, 气温, 影响

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2016.03.013

A New Look at Impacts of MJO on Weather and Climate in China

Ren Hongli¹, Shen Yuyang²

(1 Laboratory for Climate Studies, CMA-NJU Joint Laboratory for Climate Prediction Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081 2 Public Meteorological Service Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: Madden-Julian Oscillation (MJO) or more generally called tropical Intra-Seasonal Oscillation (ISO), dominates climate variability worldwide on the subseasonal timescale. It is well-known that MJO can impact weather and climate not only in tropics, but also in extratropics through the propagation and excitation of atmospheric teleconnections, and is the most important predictability source in the subseasonal-to-seasonal prediction. A great many studies have focused on impacts of MJO on weather and climate in China in the past decades, and made a significant progress in different aspects. However, further deep understanding is still needed. This study firstly reviews previous studies of impacts of MJO on China weather and climate, and then shows the new results regarding such impacts of MJO, based on diagnoses of new observations, then gives preliminary conclusions as follows: the impacts of MJO on rainfall are mainly limited in the regions from south of Yangtze River to the South of China in winter, but are extended to the more southern and Tibetan Plateau areas in summer. It shows a significant influence of MJO on winter temperature over the Northeast of China, the North of China, and most of the western China, while a relatively weakened impact on summer temperature over the large areas in China except for the Yellow River Basin. After removing high-frequency noise, pure MJO signal can explain about 30% variance of low-frequency surface air temperature and rainfall in China. Moreover, it is found that there is a delayed impact of MJO on temperature and rainfall in both winter and summer in China and it is need to be considered in the future predictions and further studies.

Keywords: MJO, climate in China, rainfall, surface air temperature, impact

0 引言

时间尺度介于10~90 d的大气季节内振荡 (Intra-

seasonal oscillation, ISO) 是气候系统中最重要的大气环流现象之一。20世纪70年代初, Madden和Julian首先发现了热带大气中存在低频振荡现象^[1-2], 这种振荡起源于热带印度洋和西太平洋, 以纬向东传为主, 纬向波数以1波为主, 主要周期为30~60d, 此种振荡现象也被专门称为MJO (Madden and Julian Oscillation, 被意译为热带大气季节内振荡)^[3-9]。除主周期为30~60d的MJO外, 大气低频活动还包含了

收稿日期: 2016年2月1日; 修回日期: 2016年3月21日

第一作者: 任宏利 (1979—), Email: renhl@cma.gov.cn

资助信息: 国家重点基础研究发展计划项目 (2015CB453203);

公益类行业 (气象) 科研专项 (GYHY201406022);

国家自然科学基金项目 (41375062)

准双周振荡，它的活动特征与维持机制同样为国内外学者所关注^[10-12]。

已有许多研究针对大气ISO的时空变化和传播特征以及动力学机制等问题进行了分析与总结^[13-23]。作为这些工作的典型代表，李崇银等^[18]在对MJO的结构特征和基本活动规律的研究中发现，MJO的垂直结构主要表现为对流层上下反向的斜压结构、纬向风和温度场随高度明显西倾；水平结构主要表现为东西方向上的偶极子特征；而且，热带大气ISO的活动还表现出明显地域差异与季节性差异^[24-26]。

大气ISO的传播包括纬向传播与经向传播特征。许多研究表明，大气ISO的传播具有地域性与季节性特征^[27-28]。在赤道热带地区，大气ISO（主要是MJO信号）的纬向传播以东传为主，其中东传在冬半年更为显著；而在赤道以外的热带地区，ISO信号的西传特征更加明显^[20]。ISO的经向传播则相对复杂。特别是北半球夏季，由于夏季风及热赤道北移的作用，ISO信号的空间结构和传播特征都更加复杂^[29]。北半球夏半年ISO的传播包括三种传播形式：沿赤道向东传播；在印度、西北太平洋季风区向北传播；赤道外向西传播^[6,30-32]。ISO信号在30°N以南表现出明显的北传特征^[18, 27, 33-34]。Wang等^[27]的研究在10年的资料中确定了122个ISO传播样本，其中64%显著向东，22%向北，14%向西。其中北传的ISO主要发生在5—10月，即夏半年大气ISO的传播具有明显的北传特征。其中，印度洋、西太平洋季风区的ISO信号北传是北半球夏季热带ISO活动与冬半年的显著不同之一。为了区别于ISO信号在冬季的典型1波东传形态，研究中也通常将北半球夏季ISO活动称为BSISO（Boreal Summer ISO）。

本文将首先对热带地区ISO（特别是MJO）影响我国冬夏季降水和气温的研究工作进行了回顾和梳理，并进一步利用新的观测资料分析得到了MJO对我国气候影响的一些新事实，以期为加强理解MJO现象对于我国延伸期预报的指示作用提供参考。

1 ISO/MJO对我国影响研究回顾

1.1 大气ISO与我国夏季降水的关系

我国的主要雨季集中在夏季，影响我国夏季降水的因子较为复杂，包括西太副高、夏季风、台风等。近年来，MJO对我国夏季降水的影响也成为科学家研究的课题之一。

我国不同区域降水与MJO传播的关系已经有了一些研究。Zhang等^[35]、章丽娜等^[36]利用实时多变量MJO指数（RMM指数^[37]）表征热带地区大气ISO，

按其活动区域将MJO传播过程划分成不同位相，并研究了MJO对我国东南部地区夏季降水异常的影响。结果表明，MJO由赤道印度洋区域生成并向东传播至西太平洋地区的过程中，我国东南部夏季降水由异常偏多转为异常偏少，副高位置及东南方向水汽输送情况也随之改变。当MJO主体位于印度洋时，其影响通过低层西风急流的波导效应向下游传播，有利于我国东南地区降水产生；而当MJO主体传播至西太平洋地区时，经向环流上升支北移导致西太副高东撤，我国东南部水汽输送减弱，导致降水偏少。另外，云南地区降水异常与MJO的持续性异常关系密切，热带中东印度洋MJO持续正异常是云南降水持续偏少的重要原因之一^[38-39]。

此外，人们对南方不同区域典型旱涝年个例进行研究发现，我国南方地区低频降水异常分布与热带大气ISO的传播关系密切。陆尔等^[40]对1991年江淮特大暴雨期间大气ISO活动的研究发现，传播方向不同的低频波动都将水汽和冷、暖空气以低频形式输送到江淮区域，导致暴雨发生。信飞等^[41]对1997年华南地区汛期异常降水的分析发现，当年华南地区前汛期降水和风场中普遍存在低频振荡，且高低纬度低频风场在华南地区汇合，造成低频扰动动能在该地区释放，是形成前汛期强降水的原因。一些作者以1998年为个例^[34, 42-43]，研究了当年大气ISO对长江中下游降水异常的影响，并认为1998年夏季长江流域的强降水过程受到大气ISO活动的影响。何志学等^[42]认为，大气ISO活动与环流持续异常的形成关系密切，大气ISO是高低纬环流持续异常同时发生的纽带。Chen等^[43]的研究指出，长江中下游暴雨与自低纬北传和自高纬南传的ISO信号在长江中下游汇合有关。据建华等^[34]的研究也发现，ISO从南海南部地区的北传及经、纬向传播相互接力的特征造成了强降水过程。孙丹等^[44]对2003年东亚季风ISO与我国东部降水的关系进行研究发现，自东西向传播的ISO在120°E附近汇合，自南海南部向北传播的ISO信号得到补充进一步北传，对我国东部地区大尺度降水过程产生影响。夏芸等^[45]以2003年为分析个例，研究了夏季江淮流域强降水过程与大气ISO信号传播的关系，发现主周期为30~70 d的大气ISO对江淮流域暴雨的形成有重要贡献。岑思弦等^[46]对2007年夏季淮河流域洪涝与大气ISO的关系进行了研究，也发现30~70 d周期的ISO与降水的低频振荡存在密切联系，大气ISO的振荡周期伴随着亚洲季风区内低频热源、热汇的转换，进一步影响环流变化与淮河流域的水汽输送情况，造成降水异常。贺懿华等^[47]

利用TBB资料表征大气ISO, 分析了江淮流域典型旱涝年的ISO及其经向传播特征。研究发现, 江淮流域涝年, 南海地区TBB在30~60 d和10~20 d周期上振荡活跃, 北传明显, 而旱年则相反。已有研究表明, 我国夏季大尺度降水呈现出不同低频雨型及其相互转换变化, 对应的环流异常成因和水汽输送特征也存在明显差异^[48-49]。在此基础上, 沈雨旸等^[50]利用张玉洁等^[51]分析得到的我国南方夏季大尺度低频雨型分类, 诊断分析了我国南方夏季低频降水与热带大气季节内振荡传播的关系, 进一步证实了影响我国南方地区低频降水的信号主要是来自于南海—西北太平洋地区ISO信号的北传或者西北向传播, 对于不同雨型传播路径略有差异。

对于夏季不同区域降水及典型旱涝年与大气ISO传播的关系都说明, 夏季我国南方降水与ISO的传播密切相关, 特别是ISO信号的北传对于降水异常的分布具有重要影响。

1.2 大气ISO与我国冬季降水的关系

ISO信号的活动具有季节性特征, 北半球冬季, 大气ISO信号波动最强。Donald等^[52]的研究表明, MJO对全球日降水的形态均有影响, MJO的活动在北半球冬季及北半球夏季均能影响我国东南部的降水。目前, 已经有许多学者针对北半球夏季大气ISO的活动传播对我国降水的影响特征进行了研究, 而对于大气ISO信号活动影响我国冬季降水的研究则相对较少。袁为等^[53]研究发现, MJO对于中国东南部冬季降水具有明显的调制作用, 在MJO的东传过程中, 通过激发PNA型引起东南地区经向风场的变化, 造成经向水汽输送异常, MJO传播的前四个位相产生降水正异常, 而后四个位相则对应了降水的负异常。贾小龙等^[54]及Jia等^[55]着眼于我国冬季降水和环流进行了较为全面的研究, 并且分析了2009年11月我国东部的一次雨雪天气过程与MJO之前的内在联系。陈雄等^[56]对冬季西太平洋MJO活动强、弱年所对应的我国同期降水场分布研究发现, MJO活动强年, 我国黄河以南至长江以北地区降水偏多, 而长江以南地区降水偏少; MJO活动弱年则相反。与夏季相同, 冬季MJO的异常与我国降水异常是紧密相连的。

此外, 还有一些研究选取冬季南方典型雨雪过程, 并研究其对ISO信号活动的响应。吴俊杰等^[57]、朱红蕊等^[58]都研究了大气ISO活动对于2008年初南方持续性冰冻雨雪天气的影响, 发现MJO传播与南支槽活动相配合, 造成槽前西南风从印度洋、孟加拉湾带来大量水汽, 与副高从太平洋带来的暖湿气流和高纬

冷空气共同作用, 产生持续降雪。

1.3 MJO对我国气温的影响

大气ISO除了与我国冬夏季降水关系密切外, 还对我国气温异常分布有所影响。如陈雄等^[56]分别研究MJO活动强弱年所对应同期中国气温的异常发现, MJO活动强年, 中国大陆中部和南部气温普遍偏低, 而MJO活动弱年中国气温普遍偏高。MJO的活动异常与中国同期气温分布紧密相关。但关于MJO活动异常与中国气温分布关系的相关研究较少, 有许多问题还需要在未来进一步探索。

2 MJO对我国天气气候影响的新结果

2.1 数据与方法

本文所使用资料包括: (1) 我国756站逐日降水资料, 除去缺测较多的站点, 共保留603站; (2) 我国756站逐日气温资料, 除去缺测较多的站点, 共保留603站; (3) 逐日RMM指数, 该指数常应用于研究MJO的活动及演变, 能够较好的表征MJO在赤道附近的东传特征。如无特殊说明, 本文研究对象所取时间范围为: 夏季时段取1981—2011年的6—8月, 冬季时段取1980/1981—2010/2011年的12月至次年2月。

本文利用逐日RMM指数表征MJO信号, 并对我国夏季和冬季的降水及温度异常场进行线性回归, 计算回归场方差与实际降水及温度异常场之间的方差解释率, 从而分析MJO所代表的热带大气低频强信号对我国天气气候变化的贡献。此外, 我们也针对低频尺度降水进行了分析, 选用对逐日数据用Murakami^[59]构造的基于一级Butterworth函数的带通滤波器进行10~90 d带通滤波处理, 以提取其季节内低频分量。

2.2 MJO对我国冬季降水及温度的影响

从前面回顾中可知, 冬季MJO信号较强, 主导着热带地区的大气季节内变率, 对我国天气气候有着显著影响。首先, 利用逐日RMM指数通过回归分析得到了冬季MJO对我国台站逐日总降水量和低频降水分量的解释方差贡献分布(图1)。

从图1可以看到, 冬季MJO信号对我国台站总降水的方差贡献普遍在2%~5%。其中, 从长江中下游—江南及华南东部地区为降水方差贡献率的大值区(3%~5%)。相比之下, 在去掉了台站逐日降水中天气尺度分量后, MJO对于冬季低频降水的方差贡献率显著升高, 在全国范围内除东北和华中部分地区外基本都能达到15%以上, 其大值区仍然位于江南和华南东部地区, 高原西部百分比也较大, MJO信号方差贡献率为18%~24%。

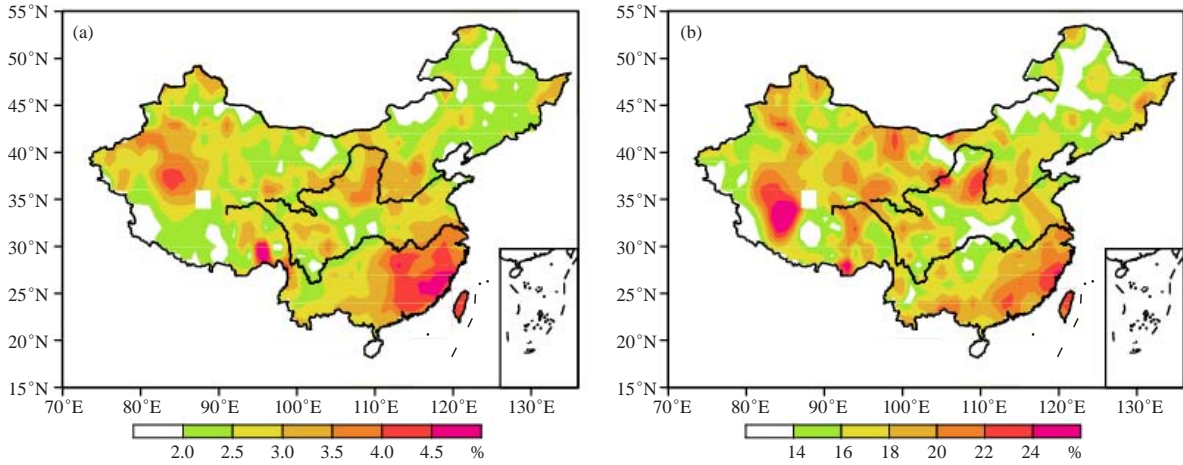


图1 冬季RMM指数对全国台站总降水 (a) 和低频降水 (b) 的方差贡献百分比

Fig. 1 The variance percentage explained by winter RMM indices in the total precipitation (a) and in the low-frequency precipitation (b) in China

图2为MJO信号对于冬季气温的方差贡献率。如图2a, MJO解释方差普遍在6%~10%, 其中东北、华北以及西部广大地区为解释方差百分率的大值区, 约在10%以上。对于冬季低频气温分量(图2b), MJO信号贡献普遍在15%~25%, 方差解释比例大值区仍位于东北、华北及西部地区, 这些地区

MJO指数能够解释约20%以上的低频气温方差。值得注意的是, 冬季MJO对于气温及低频气温的方差贡献率在江南到华南大部地区都相对偏低, 仅能解释6%左右的冬季气温异常(图2a)及15%左右的冬季低频气温异常(图2b)。

在我国南方地区, MJO信号对于冬季降水异常的

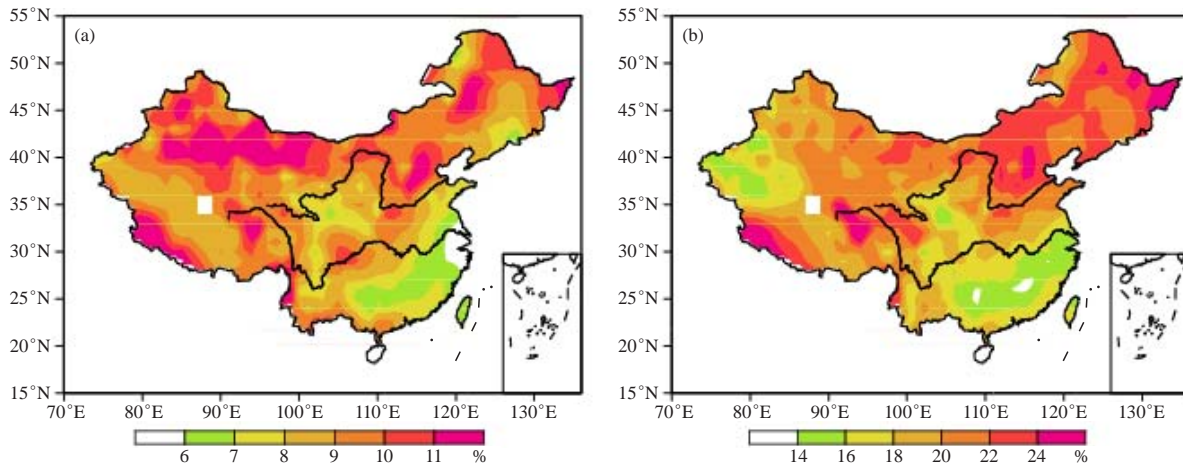


图2 冬季RMM指数对全国站点气温 (a) 和低频气温 (b) 的方差贡献百分比

Fig. 2 As same as in Fig.1, but for surface air temperature

方差贡献较大, 并且对江南及华南大部分地区的低频降水的贡献都超过20%。对于气温异常来说, 江南及华南地区为MJO信号解释气温变率方差贡献相对低值区, MJO对低频气温的方差解释率仅有15%左右, 相比之下其贡献大值区位于东北、华北以及西部地区, 对低频气温方差贡献约在20%以上。

由于RMM指数的定义中没有滤波处理, 其包含着许多小尺度扰动和噪音。那么, 在利用RMM指数

表征MJO进行相关研究时, 这部分噪音可能对于研究结果有所影响。因此, 为了进一步排除RMM指数中所包含的高频尺度噪音的干扰, 聚焦纯粹MJO信号对天气气候影响, 我们对首先冬季RMM指数进行了10~90 d带通滤波处理, 然后重新考察了MJO对于冬季我国降水及温度低频变率的方差贡献。

滤波后的RMM指数对冬季全国站点低频降水的方差贡献百分比如图3a所示, 其整体分布特征与RMM

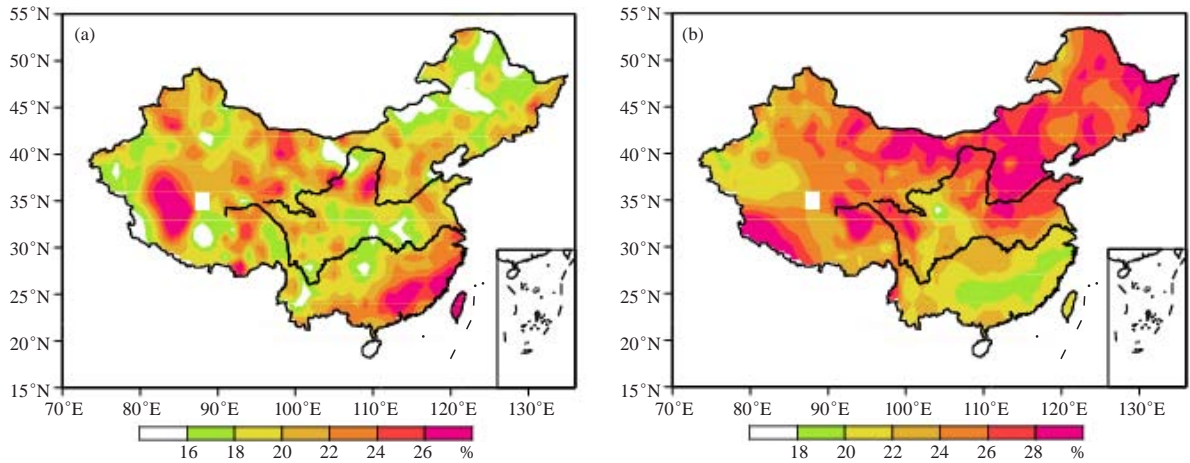


图3 冬季低频RMM指数对全国站点低频降水 (a) 和低频温度 (b) 的方差贡献百分比
 Fig. 3 The variance percentage explained by winter low-frequency RMM indices in the low-frequency precipitation (a) and the low-frequency surface air temperature (b) in China

原始序列对站点低频降水的方差贡献百分比分布基本相同，大值区仍然位于江南及华南地区，但量值上有所增加。经过滤波处理后，RMM指数表征的MJO信号对江南及华南地区冬季低频降水变率的贡献达到25%左右。

相比之下，在图3b中，经过滤波处理后的RMM指数对冬季低频气温的方差贡献百分比基本上都在20%以上，整体高于RMM指数未进行滤波时的分析

结果（图2b）。在空间分布上，MJO信号仍然是对东北、华北及西部地区的冬季气温低频变率贡献较大，达到25%~30%；但在江南等区域，MJO仅能解释不足20%的低频气温变率。

进一步考察了MJO对我国冬季降水和温度的滞后影响。如图4a—c，当冬季大气MJO信号超前于低频降水场时，其对我国降水影响与同期的分布型相类似，方差贡献大值区主要位于我国南方地区，解释方

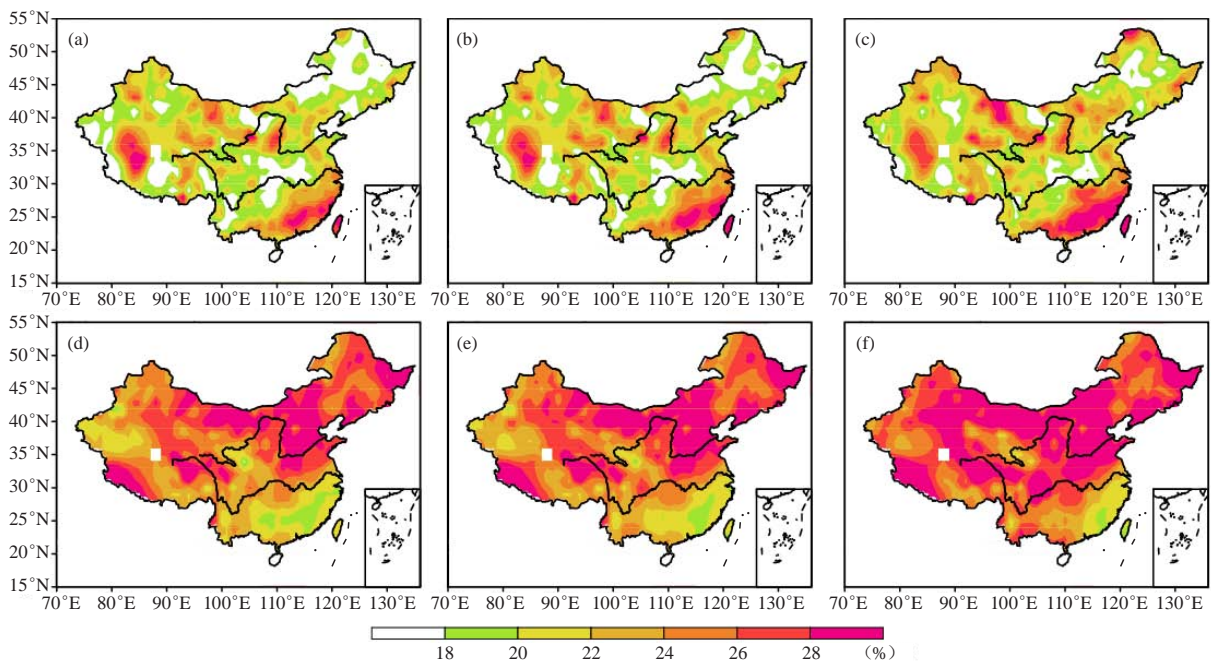


图4 冬季低频RMM指数对滞后全国站点低频降水及低频气温的方差贡献百分比，其中 (a) — (c) 为冬季低频降水滞后于RMM指数1 d、2 d、5 d；(d) — (f) 为冬季低频温度滞后于RMM指数1d、2d、5d

Fig. 4 The lag variance percentage explained by winter low-frequency RMM indices in the low-frequency precipitation on 1d lag (a), 2d lag (b), and 5d lag (c); and in the low-frequency surface air temperature on 1d lag (d), 2d lag (e), and 5d lag (f), in China

差比例比同期场略高。当MJO信号分别超前低频降水场1 d、2 d及5 d时，我国南方大部分地区的方差都在25%以上，特别在超前5d时，江南—华南大部分区域方差贡献接近30%。对于冬季低频温度场，如图4d—f所示，当MJO信号分别超前于温度场1d、2d和5d时，其方差贡献率分布与同期场（图2）分布型基本一致，江南地区仍然为方差解释率低值区，但当MJO超前在2 d以上时，其对低频温度场的方差贡献低值区域范围显著缩小，低于20%的区域几乎消失。

由此可见，剔除了高频噪音影响的RMM指数表征的是纯粹的MJO信号，它对冬季气温及降水低频变率的贡献都有所增加。其中，我国江南—华南地区是低频降水方差贡献大值区，解释百分比能够达到25%以上；而对于气温低频变率，能够解释其20%左右的

变率，这一区域变为方差贡献低值区。MJO信号在东北、华北以及西部广大地区能够解释约25%以上方差。同时我们发现，当冬季MJO信号超前于低频降水及温度场时，MJO对滞后的冬季降水及气温低频变率的方差分布型与同期场类似，但贡献率数值有明显提高。此外，我们也应注意到高原地区事实上为MJO对我国冬季降水和温度影响的显著区域。

2.3 MJO 对我国夏季降水和温度影响

夏季是我国的主雨季，降水量和变率都很大，但此时传统意义上运用RMM指数所表征的MJO信号是最弱的时期。利用逐日RMM指数通过回归分析得到了夏季MJO对我国台站逐日总降水量和低频降水分量的解释方差贡献分布（图5）。

从图5可以看到，夏季热带地区的MJO信号直接

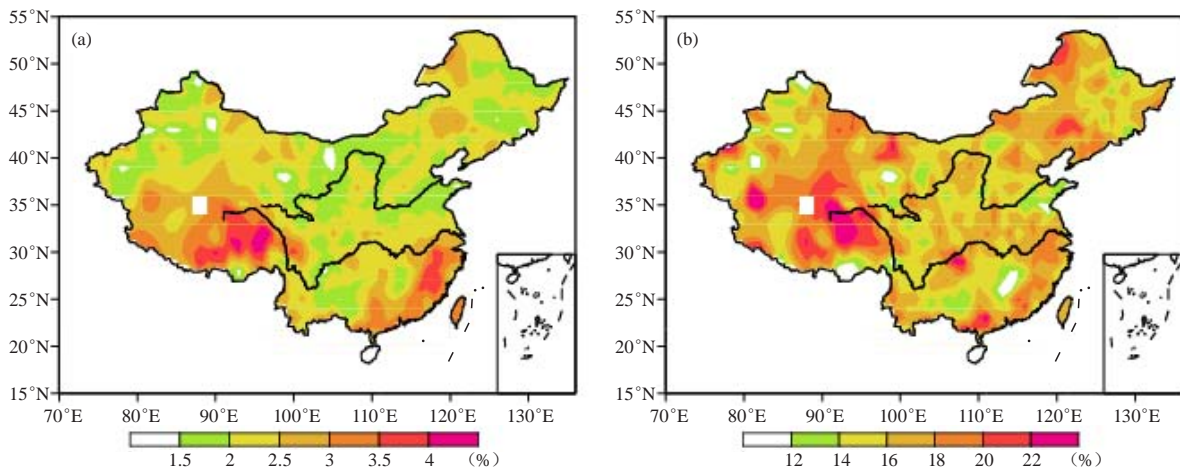


图5 夏季RMM指数对全国台站总降水 (a) 和低频降水 (b) 的方差贡献百分比
Fig. 5 As same as in Fig.1, but for summer

解释我国总降水量的方差比例比冬季的略低，大体在2%以上，但分布极不均衡，方差贡献率大值区主要位于东南—华南地区以及青藏高原东南部，介于2%~5%，其中东南地区大约为4%，而青藏高原东南部的百分比可达5%，高于东南沿海地区。这种分布与前人的认识基本上是一致的。对于我国夏季低频尺度降水，MJO能够解释15%以上的方差，仍旧是高原地区解释比例最高，而且除了华南之外，我国西北地区、长江流域以及东北地区西部都有较高的方差解释率，个别地区可达20%以上。

图6进一步展示了夏季MJO对于我国台站2 m气温逐日变化的方差贡献情况。可以看到，与降水场相比，MJO对温度解释的方差贡献要明显高很多，但明显不如冬季MJO对我国温度变化的解释方差贡献。除了西北地区北部和东部以及黄河流域，我国其余大部

分地区方差贡献都在5%以上，特别在我国南方、东北地区大部以及青藏高原南部，MJO能够解释逐日温度变率的7%~10%，其中极大值位于华南沿海和东北地区。对于低频温度而言，MJO信号大约能解释其中15%以上的变率方差，区域分布上大体与全尺度温度的一致，其中在华南沿海和东北地区的方差解释率可达20%以上。当然，我们也看到高原东部、长江和黄河上游地区的解释方差相对较小。

由以上分析可知，在夏季，MJO对于我国降水及气温变率均有贡献，其中对主要区域降水的方差解释率为2%~5%，而对夏季温度的方差解释率为5%~10%。当针对降水及温度的季节内时间尺度时，MJO对于夏季低频降水及温度变率的方差贡献均有显著增大，贡献率可达15%~20%，方差解释率大值区一般位于华南沿海等地区。

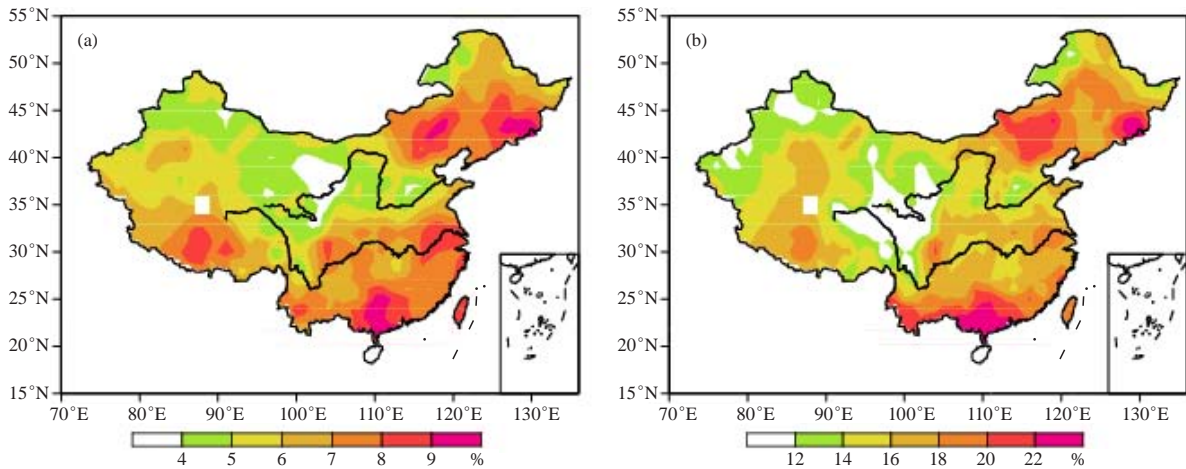


图6 夏季RMM指数对全国台站温度 (a) 和低频温度 (b) 的方差贡献百分比

Fig. 6 As same as in Fig.2, but for summer

为研究MJO信号对于我国夏季降水及温度低频变率的贡献,对RMM指数进行10~90d滤波,提取指数中的季节内变率。图7给出了经过10~90d滤波后的RMM指数对夏季低频降水和温度的解释方差贡献率。如图示,滤波后的RMM指数对于夏季低频降水

和低频气温变率的贡献分布特征分别与图5b和图6b类似,但其数值上亦明显增加了3%~4%。热带ISO信号对于夏季我国南方和东北等地区低频降水变率的方差贡献率为18%~26%,对于华南沿海地区的低频降水方差贡献最大,超过26%。

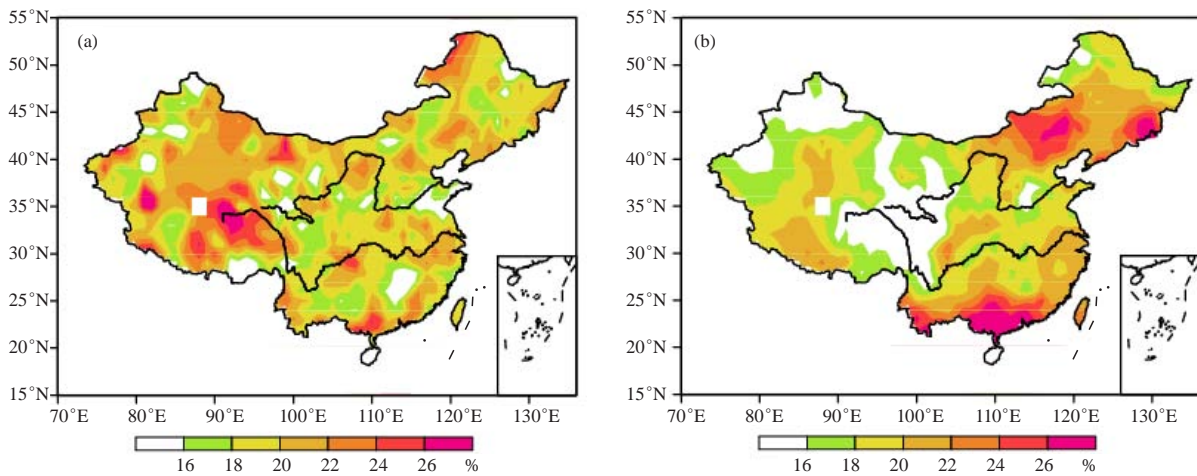


图7 夏季低频RMM指数对全国台站低频降水 (a) 和低频温度 (b) 的方差贡献百分比

Fig. 7 As same as in Fig.3, but for summer

接着,进一步考察了MJO对我国夏季降水和温度的滞后影响。图8给出了当夏季低频RMM指数分别超前于低频降水和温度场1d、2d和5d时,MJO信号所能解释的方差贡献率。可以清晰地看到,当MJO超前于低频降水场时,其方差解释率整体分布与同期场(图7)较为类似,但对于很多地区而言,方差解释率的数值总体上明显增加。结果显示,当MJO信号超前于低频降水和温度场5d时,MJO信号的解解释方差达到最大。

由此可知,滤去RMM指数小尺度噪音后进行分析,能够更好地反映纯粹的MJO信号对于我国夏季降

水和温度低频变率的实际影响情况。总体上看,对于夏季我国南方低频降水及温度变化,MJO均能够解释其中20%~25%的方差。而且,夏季RMM指数超前于低频降水及温度场时,MJO信号对于低频降水和低频温度场的方差贡献率分布型与同期场类似,但解释方差贡献率在很多地区会有明显增加。

3 总结与展望

热带大气季节内振荡(MJO)是次季节时间尺度上的支配模态,也是这一时间尺度上可预报性的最主要来源。MJO不但对低纬度天气气候产生直接影响,

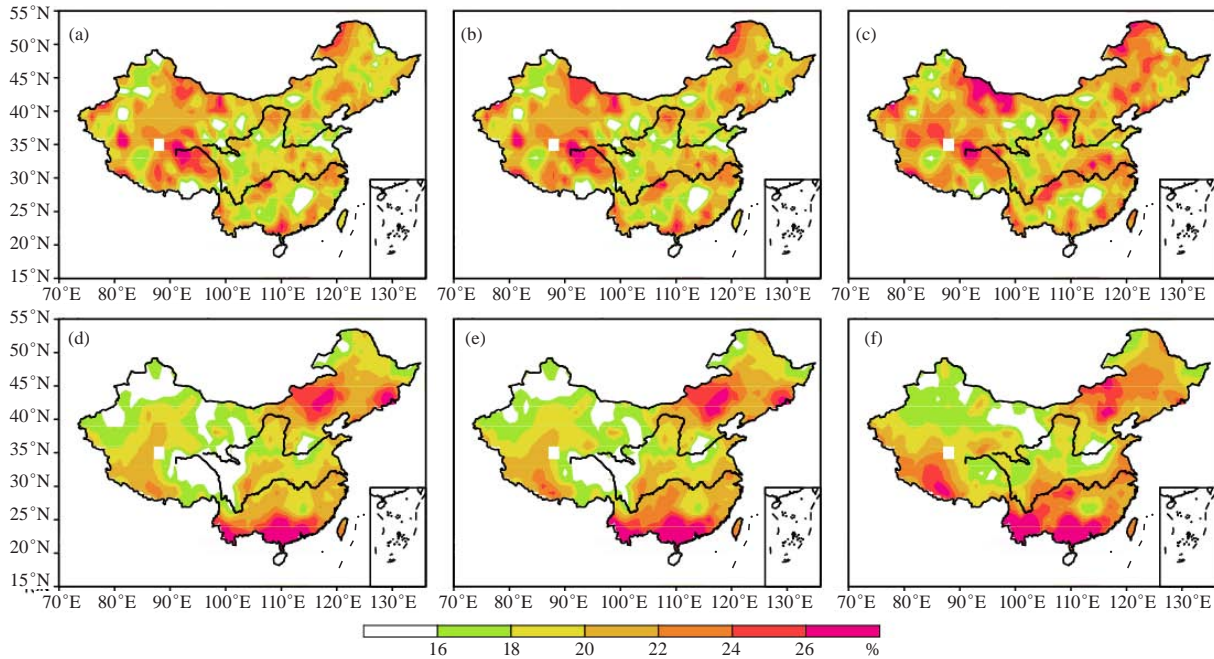


图8 夏季低频RMM指数对滞后全国站点低频降水及低频气温(10~90 d滤波)的方差贡献百分比,其中(a)~(c)为夏季低频降水滞后于RMM指数1d、2d、5d; (d)~(f)为夏季低频温度滞后于RMM指数1d、2d、5d

Fig. 8 As same as in Fig.4, but for summer

还通过空间传播和激发热带外大气遥相关对全球广大区域产生重要影响。MJO对于我国天气气候影响的研究工作前期已有显著进展,但仍然存在一些不确定和争议的方面。本文首先对过去MJO影响我国天气气候变化的研究工作进行了回顾,然后利用观测资料开展了MJO对我国气候影响的一些尝试,并得到了一些新的事实。目前初步结论主要有: MJO对我国冬季降水的影响主要局限在江南—华南区域,而夏季扩展到南方和青藏高原地区;对冬季气温的影响较大,其范围覆盖了东北、华北以及西部广大区域,而夏季解释方差有所减小,其区域位于除了黄河流域以外的广大地区;在去掉高频噪音后,纯粹MJO信号对我国主要区域气温和降水低频变化的解释方差可接近30%; MJO对我国温度降水的影响存在明显滞后效应,这应在预报中予以考虑。

总体来看, MJO对我国天气气候具有明显影响,但这种影响在冬季和夏季,以及不同区域之间都存在显著差别。从文献回顾中我们可以看到,以往研究大多针对夏季降水,且个例分析居多,对于温度影响研究较少见到,而且,研究方法多以合成分析为主,缺乏系统性的、量化的诊断分析。本文仅是一个初步尝试,利用诊断MJO指数解释我国降水和温度方差贡献率的方式试图量化MJO的影响。当然,本文的结果只是基于回归分析,所得到的MJO影响信号可能

包含有热带外低频环流异常的贡献,这可能是造成冬季MJO对降水的影响区域和对气温的影响区域二者不完全匹配的原因。因此,更为全面和深入的分析、特别是结合着影响机制的研究工作是需要进一步加以开展的。

参考文献

- [1] Madden R A, Julian P R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the Tropical Pacific. *J Atmos Sci*, 1971, 28(5): 702-708.
- [2] Madden R A, Julian P R. Description of global scale circulation cells in the tropics with 40-50 day period. *J Atmos Sci*, 1972, 29(6): 1109-1123.
- [3] Parker D E. Equatorial Kelvin waves at 100 millibars. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1973, 99: 116-129.
- [4] Weickmann K M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during Northern Hemisphere winter. *Mon Wea Rev*, 1983, 111: 1838-1858.
- [5] Lorenc A C. The evolution of planetary scale 200 mb divergent flow during the FGGE year. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1984, 110: 427-441.
- [6] Krishnamurti T N, Subrahmanyam D. The 30-50 day mode at 850 mb during MONEX. *J Atmos Sci*, 1982, 39: 2088-2095.
- [7] Lau K M, Chan P H. Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon Wea Rev*, 1985, 113: 1889-1909.
- [8] Lau K M, Chan P H. Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern summer as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon Wea Rev*, 1986, 114: 1354-1367.
- [9] Murakami T, Nakazawa T. Tropical 45-day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer. *J Atmos Sci*, 1985, 42: 1107-1122.
- [10] 温敏, 张人禾. 苏门答腊附近大气准双周振荡的可能维持机制. *科学通报*, 2005, 50(9): 938-940.

- [11] Annamalai H, Slingo J M. Active/break cycles: diagnosis of the intraseasonal variability of the Asian Summer Monsoon. *Clim Dyn*, 2001, 18(1-2): 85-102.
- [12] Wen M, Yang S, Kumar A, et al. Structure and origin of the Quasi-Biweekly Oscillation over the Tropical Indian ocean in boreal spring. *J Atmos Sci*, 2010, 67(6): 1965-1982.
- [13] Li C Y. Actions of summer monsoon troughs (ridges) and tropical cyclone over South Asia and moving CISK mode. *Scientia Sinica(B)*, 1985, 28(11): 1197-1206.
- [14] Emanuel K A. An air-sea interaction model of intraseasonal oscillation in the tropics. *J Atmos Sci*, 1987, 44(16): 2324-2340.
- [15] Lau K M, Peng L. Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere. Part I: basic theory. *J Atmos Sci*, 1987, 44(6): 950-972.
- [16] Neelin J D, Held I M, Cook K H. Evaporation-wind feedback and low frequency variability. *J Atmos Sci*, 1987, 44(16): 2341-2348.
- [17] 李崇银. 大气中的季节内振荡. *大气科学*, 1990, 14(1): 32-45.
- [18] 李崇银, 龙振夏, 穆明权. 大气季节内振荡及其重要作用. *大气科学*, 2003, 27(4): 518-535.
- [19] Sperber K R. Propagation and vertical structure of the Madden-Julian Oscillation. *Mon Wea Rev*, 2003, 131(12): 3018-3037.
- [20] 杨辉, 李崇银. 热带大气季节内振荡的传播及影响因子研究. *气候与环境研究*, 2005, 10(2): 145-156.
- [21] Lin A L, Li T. Energy spectrum characteristics of boreal summer intraseasonal oscillations: climatology and variations during the ENSO developing and decaying Phases. *J Climate*, 2008, 21(23): 6304-6320.
- [22] 杨秋明. 东亚地区汛期OLR季节内振荡型的年际变化特征. *科技导报*, 2010, 28(6): 83-87.
- [23] 黄海燕, 何金海, 朱志伟. 大气季节内振荡的研究进展及其在延伸期预报中的应用. *气象与减灾研究*, 2011, 34(3): 1-8.
- [24] Knutson T R, Weickmann K M. 30-60 day atmospheric oscillation: composite life cycles of convection and circulation anomalies. *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 1407-1436.
- [25] 董敏, 张兴强, 何金海. 热带季节内振荡时空特征的诊断研究. *气象学报*, 2004, 62(6): 821-830.
- [26] 贾小龙, 李崇银. 热带大气季节内振荡的季节性特征及其在SAMIL-R42L9中的表现. *热带气象学报*, 2007, 23(3): 219-228.
- [27] Wang B, Rui H. Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies: 1975-1985. *Meteor Atmos Phys*, 1990, 44(1-4): 43-61.
- [28] Madden R A, Julian P R. Observation of the 40-50-day tropical oscillation: A review. *Mon Wea Rev*, 1994, 122: 814-837.
- [29] 何洁琳, 万齐林, 管兆勇, 等. 亚洲-西太平洋夏半年ISO传播特征及其与热带天气尺度波动联系的观测事实研究. *热带气象学报*, 2010, 26(6): 724-732.
- [30] Yasunari T. Cloudiness fluctuations associated with the Northern Hemisphere summer monsoon. *J Meteor Soc Japan*, 1979, 57: 227-242.
- [31] Chen T C, Murakami M. The 30-50 day variation of convective activity over the western Pacific Ocean with the emphasis on the northwestern region. *Mon Wea Rev*, 1988, 116: 892-906.
- [32] 林爱兰, 梁建茵, 谷德军. 热带大气季节内振荡对东亚季风区的影响及不同时间尺度变化研究进展. *热带气象学报*, 2008, 24(1): 11-19.
- [33] Teng H Y, Wang B. Interannual variations of the boreal summer intraseasonal oscillation in the Asian-Pacific region. *J Climate*, 2003, 16(22), 3572-3584.
- [34] 琚建华, 孙丹, 吕俊梅. 东亚季风区大气季节内振荡经向与纬向传播特征分析. *大气科学*, 2008, 32(3): 523-529.
- [35] Zhang L N, Wang B Z, Zeng Q C. Impact of the Madden-Julian Oscillation on summer rainfall in Southeast China. *J Climate*, 2009, 22(2): 201-216.
- [36] 章丽娜, 林鹏飞, 熊喆, 等. 热带大气季节内振荡对华南前汛期降水的影响. *大气科学*, 2011, 35(3): 560-570.
- [37] Wheeler M, Hendon H H. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Mon Wea Rev*, 2004, 132: 1917-1932.
- [38] 琚建华, 吕俊梅, 谢国清, 等. MJO和AO持续异常对云南干旱的影响研究. *干旱气象*, 2011, 29(4): 401-406.
- [39] 吕俊梅, 琚建华, 任菊章, 等. 热带大气MJO活动异常对2009#2010年云南北极干旱的影响. *中国科学: 地球科学*, 2012, 42(4): 599-613.
- [40] 陆尔, 丁一汇. 1991年江淮特大暴雨与东亚大气低频振荡. *气象学报*, 1996, 54(6): 730-736.
- [41] 信飞, 肖子牛, 李泽椿. 1997年华南汛期降水异常与大气低频振荡的关系. *气象*, 2007, 33(12): 23-30.
- [42] Chen L X, Zhu C W, Wang W, et al. Analysis of the characteristics of 30-60 day Low-Frequency Oscillation over Asia during 1998 SCSMEX. *Adv Atmos Sci*, 2001, 18(4): 623-638.
- [43] 何志学, 贺懿华, 熊秋芬, 等. 1998年夏季热带内外大气低频振荡特征分析. *热带气象学报*, 2004, 20(1): 51-62.
- [44] 孙丹, 琚建华, 吕俊梅. 2003年东亚季风季节内振荡对我国东部地区降水的影响. *热带气象学报*, 2008, 24(6): 641-648.
- [45] 夏芸, 管兆勇, 王黎娟. 2003年江淮流域强降水过程与30-70d天低频振荡的联系. *南京气象学院学报*, 2008, 31(1): 33-41.
- [46] 岑思弦, 巩远发, 王霄. 2007年夏季淮河流域洪涝与亚洲地区大气低频振荡的关系. *大气科学*, 2009, 33(6): 1286-1296.
- [47] 贺懿华, 王晓玲, 金琪. 南海热带对流季节内振荡对江淮流域旱涝影响的初步分析. *热带气象学报*, 2006, 22(3): 259-264.
- [48] 任宏利, 张培群, 丑纪范, 等. 中国夏季大尺度低频雨型及其转换模. *科学通报*, 2005, 50(24): 2790-2799.
- [49] 左金清, 任宏利, 李维京, 等. 我国南方夏季低频雨型的季节内水汽输送特征. *地球物理学报*, 2009, 52(9): 2210-2221.
- [50] 沈雨陶, 任宏利, 李维京, 等. 我国南方夏季低频降水与热带大气季节内振荡传播的关系研究. *热带气象学报*, 2016, 32(1): 31-41.
- [51] 张玉洁, 刘寿东, 任宏利, 等. 中国南方夏季低频雨型特征及其年代际变化研究. *气象学报*, 2014, 72(6): 1205-1217.
- [52] Donald A, Meinke H, Power B, et al. Near-global impact of the Madden-Julian oscillation on rainfall. *Geophysical Research Letters*, 2006, 33(9), doi: 10.1029/2005GL025155
- [53] 袁为, 杨海军. Madden-Julian振荡对中国东南部冬季降水的调制. *北京大学学报(自然科学版)*, 2010, 46(2): 207-214.
- [54] 贾小龙, 梁潇云. 热带MJO对2009年11月我国东部大范围雨雪天气的可能影响. *热带气象学报*, 2011, 27(5): 639-648.
- [55] Jia X L, Chen L J, Ren F M, et al. Impacts of the MJO on winter rainfall and circulation in China. *Adv Atmos Sci*, 2011, 28(3): 521-533.
- [56] 陈雄, 李崇银, 谭言科, 等. 冬季热带西太平洋MJO活动强弱年的环境场特征. *热带气象学报*, 2015, 31, 1(2): 1-10.
- [57] 吴俊杰, 袁卓建, 钱钰坤, 等. 热带季节内振荡对2008年初南方持续性冰冻雨雪天气的影响. *热带气象学报*, 2009, 25(增刊): 103-112.
- [58] 朱红蕊, 刘赫男, 张洪玲, 等. 热带大气季节内振荡与2008年初中国南方雪灾的关系. *气象与环境学报*, 2013, 29(4): 77-83.
- [59] Murakami M. Analysis of summer monsoon fluctuations over India. *J Meteor Soc Japan*, 1976, 54, 15-31.