

---

# 北大西洋 10-30 天振荡实时指数

完成人：黄乾、殷鑫玉、姚素香

完成单位：南京信息工程大学

## 1. 引言

准双周振荡(quasi-biweekly oscillation, QBWO)也被学者称为月内振荡( Sub-monthly Oscillation ) ( Yokoi and Satomura, 2006; Wen et al., 2011), 是时间尺度小于季节变化的重要现象, 大量研究表明 QBWO 在季风区或热带地区( Lau et al., 1988; Chen and Chen, 1995a; Fukutomi and Yasunari, 1999, Krishnamurti and Bhalme, 1976; Krishnamurti and Ardanuy, 1980), 中高纬地区(武炳义等, 1994; 李崇银和周亚萍, 1995)、甚至全球 ( Kikuchi and Wang, 2009) 都普遍存在。

目前国内针对于 QBWO 实时指数的研究主要集中于对来自中低纬度信号的研究: Lee et al. (2013) 提出了一个针对北半球夏季季节内振荡 (boreal summer ISO, BSISO) 的实时指数, 利用东亚夏季季风区 ( $40^{\circ} - 160^{\circ}E, 10^{\circ}S - 40^{\circ}N$ ) 的对外长波辐射 (outgoing longwave radiation, OLR) 和低层风场距平场进行多变量经验正交分析 (empirical orthogonal function, EOF), 第三、四模态主要代表了向北/西北传播的 10 - 30 天的 QBWO 信号, 即 BSISO2 指数。Gao et al. (2016) 在 Lee et al. (2013) 的基础上, 发展了东亚-西北太平洋区域 ( $90^{\circ} - 150^{\circ}E, 10^{\circ}S - 40^{\circ}N$ ) 的实时指数, 其三、四模态也代表了 10 - 30 天的 QBWO 信号, 即 EAWNP-ISO2 指数。由于以上二者的建立均基于 EOF 分析方法, 对于极端天气的监测能力还有待提高, Hsu et al. (2019) 利用扩展 EOF (extended EOF, EEOF) 方法提出了新的实时 QBWO 指标 WNP-QBWOI, IO-QBWOI。

很多研究表明, 中高纬度的西风带也具有显著的 10-30 天的显著周期, 且其振荡强度更强, 中高纬度准双周振荡对我国的天气和极端天气事件都有显著影响, 建立中高纬度准双周振荡实时指数具有重要的科学意义和应用价值。然而目前缺乏中高纬度准双周振荡实时指数相关研究。

## 2. 数据和滤波

北大西洋 10-30 天振荡指数的建立主要是利用 1980-2012 年欧洲预报中心的 ERA5 逐

日再分析数据，数据的水平分辨率为  $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ ，大西洋的范围为  $35-60^{\circ}\text{N}$ ， $90\text{W}-0^{\circ}\text{E}$ 。利用 Butterworth 带通滤波器，得到 10-30 天的信号。

### 3. 大西洋位势高度异常与我国夏季降水的联系

中国南方地区 ( $24-32^{\circ}\text{N}$ ,  $108-122^{\circ}\text{E}$ ) 降水为东亚夏季降水 10-30 天振荡的一个位于陆地上的大值中心，选取该区域 10-30 天滤波的平均降水大于 1.5 个标准差作为一个典型降水水准双周振荡事件，1979-2012 年中国南方地区共发生 71 次典型的降水 10-30 天振荡事件，平均每年 2 次以上。对于 71 个典型事件进行合成分析，结果如图 1 所示。定义低频降水的波峰时刻为 0 时刻，-3 代表波峰前 3 天，3 代表波峰后 3 天，以此类推。从图中可以清楚看出，区域平均的中国南方低频降水振荡典型事件中，降水强度峰值可达  $4\text{mm/d}$  以上，在波峰前 3 天低频降水出现，维持约 6 天左右，一个完整的干湿位相转换周期约为 15 天，为典型的准双周振荡。

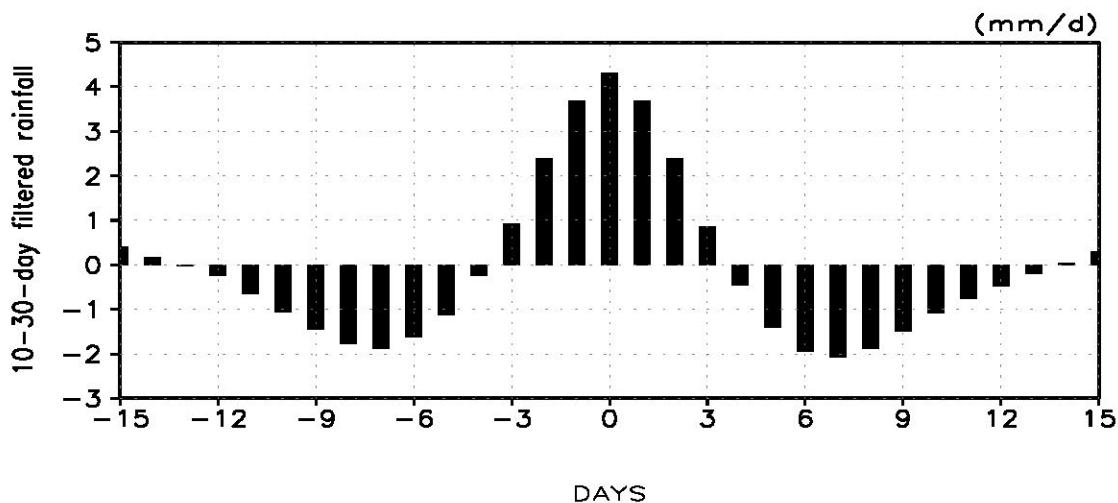
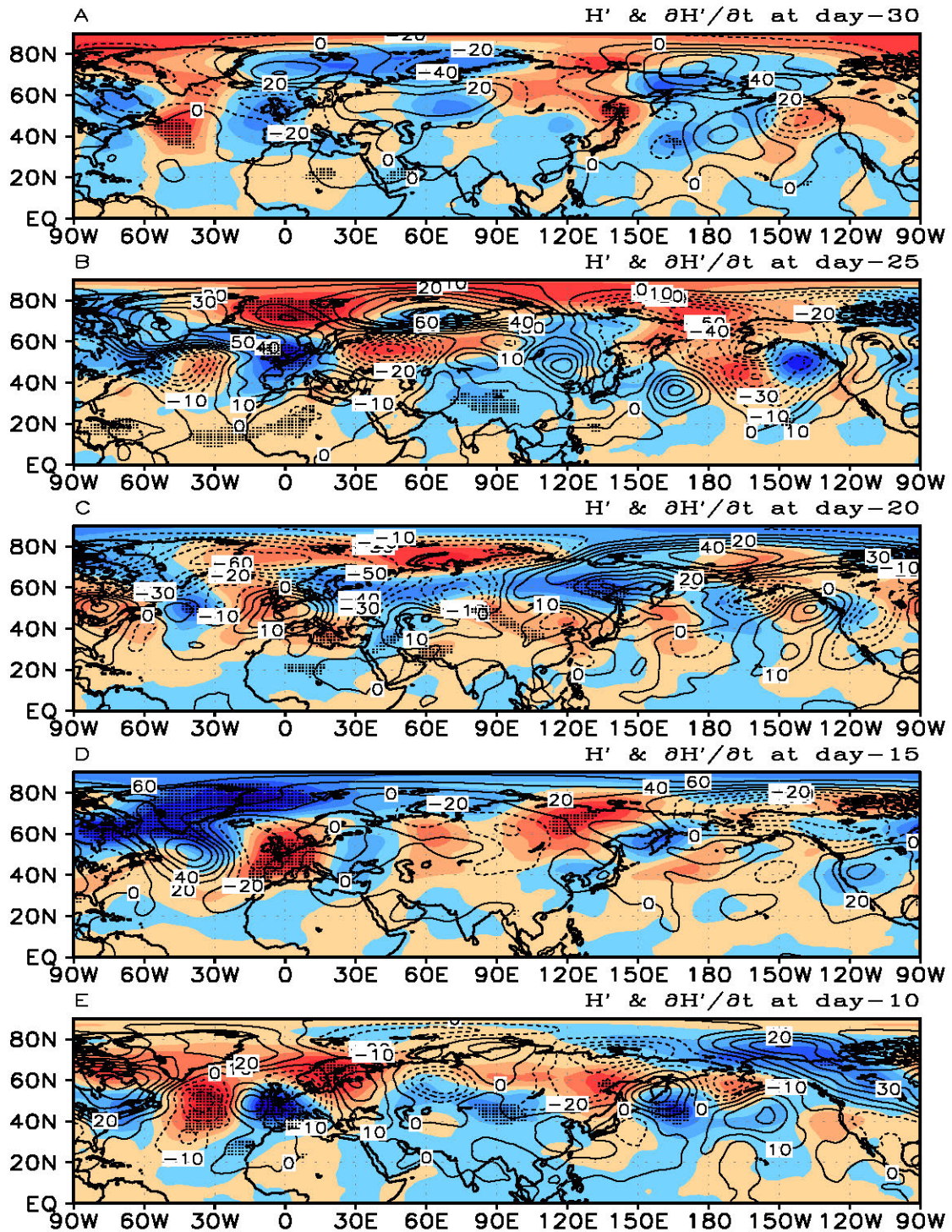


图 1 中国南方降水 ( $24-32^{\circ}\text{N}$ ,  $108-122^{\circ}\text{E}$ ) 10-30 天典型振荡事件演变 (单位:  $\text{mm/d}$ )

要追溯准双周降水过程的前期信号，对其超前的环流形势分析。图 2 为我国南方低频降水峰值前 30 天到同期整个北半球的  $500\text{hPa}$  低频位势高度场的演变情况。可以看出，从 -30 天到 -10 天 (图 2A-E)，在北大西洋均有明显的准双周位势高度振荡异常。-30 天时 (图 2A)，格陵兰岛以南的大西洋有一个显著的位势高度正异常，其东西两侧为负异常，中高纬度地区有明显的波列，从位势高度趋势分布可以看出，该波列有东移的特征，正位势高度异常中心东侧通常表现为正变高 ( $\frac{\partial H'}{\partial t} > 0$ )，西侧为负变高 ( $\frac{\partial H'}{\partial t} < 0$ )，从而引导正位势高度中心东移。随着时间的推移，在 -20 天 (图 2C) 左右时，格陵兰岛以南转换为负

的位势高度异常，大西洋东部为正异常。-15天（图 2D）时，大西洋东部的正异常进一步增强，并东移到西欧。在-10天（图 2E）时，大西洋上空仍然存在显著信号，与-30天类似，格陵兰岛以南为正异常中心，两侧为负异常中心。在-5天到0天(图 2F, G)，大西洋上空的信号相对减弱。值得注意的是，从-30天到-10天，东亚地区位势高度异常并无显著信号，仅在低频降水出现的一个完整周期，才有局地响应。因此大西洋位势高度异常可能为更合理的中国南方夏季降水 10-30 天振荡的前期信号。



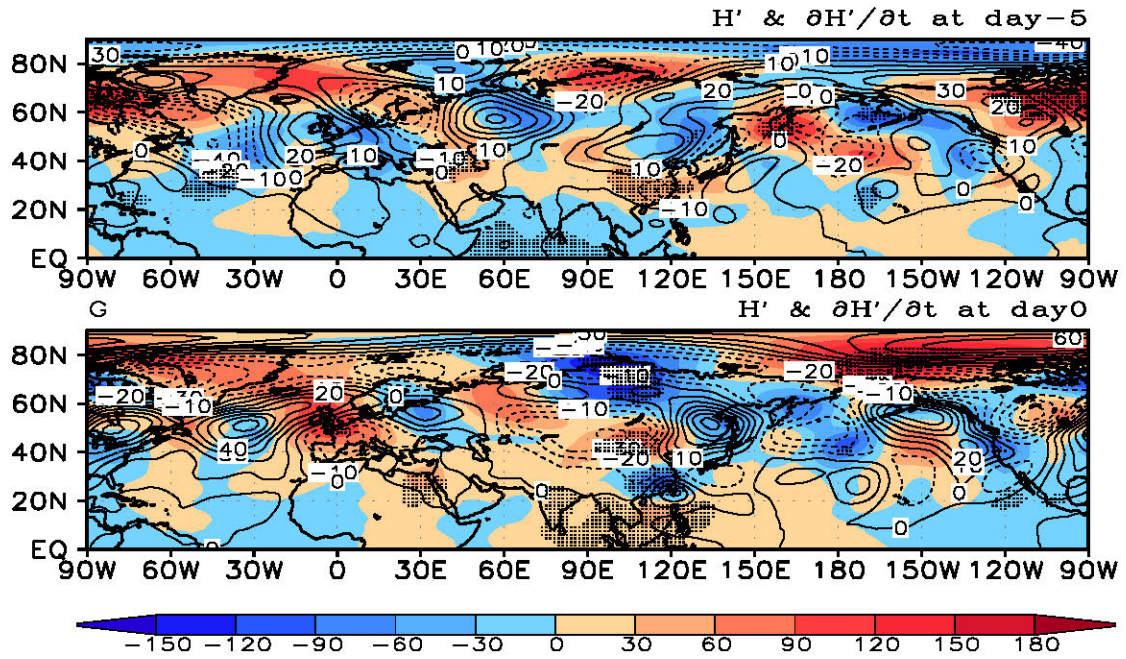


图2 波峰前30天到波峰时刻北半球500hPa准双周位势高度和变高分布,打点区域表示经过了95%置信度检验。等值线为500hPa变高分布(单位:位势米/天),彩色阴影为10-30天滤波位势高度场(单位:位势米),A到G分别代表-30天到0天,间隔5天

#### 4. 北大西洋10-30天振荡实时指数的建立

本文提出的北大西洋10-30天振荡指数主要为可以更好地掌握大西洋位势高度10-30天振荡的活动。具体过程如图3所示。

北大西洋10-30天振荡实时指数建立过程主要分为两步。第一步,利用EOF分解得到大西洋夏季位势高度10-30天振荡的基本模态(图4)。发现EOF分解第一模态(图4a)主要表现为格陵兰岛以南的大西洋位势高度异常与其东西两侧位势高度异常反位相的特征,这种分布类似于低频降水波峰前20天的500hPa大西洋上空的低频环流形势,同时与前30天500hPa大西洋上空的低频环流形势相反。那么从位势高度异常出发,中国南方的降水是否会有响应呢?根据EOF第一模态时间系数大于1个标准差确定为一个大西洋上空位势高度异常典型事件,发现大西洋地区共发生典型振荡事件63次。根据63次大西洋500hPa位势高度10-30天振荡事件进行合成分析。发现中国南方低频降水湿位相出现在滞后20天左右(图4b),而低频干位相出现在滞后30天左右(图4c),同时我国南方降水与南海到菲律宾降水呈现反位相的分布特征。这与上述基于降水合成位势高度场的结论一致,两者互为验证,进一步证实了大西洋上空准双周位势高度异常可作为我国南方降水准双周振荡的前期信号。

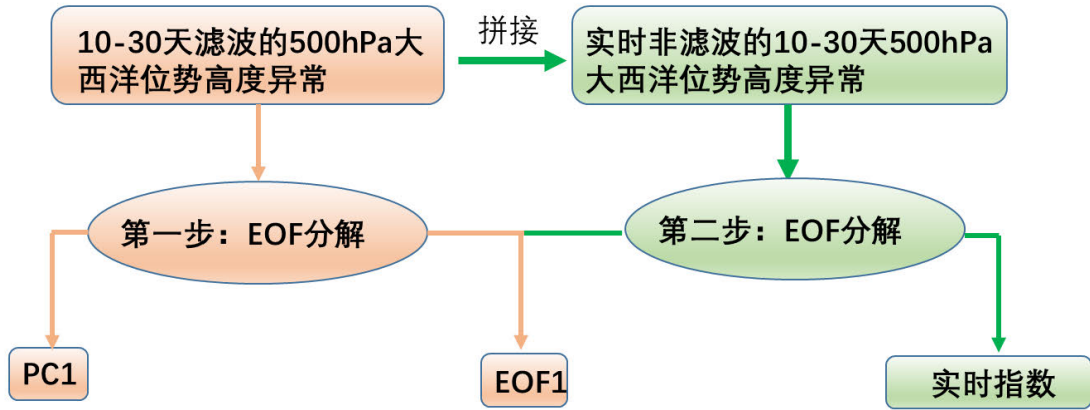


图3 建立大西洋10-30天振荡实时指数的流程图。第一步为提取观测中大西洋500hPa位势高度场10-30天振荡的基本模态。第二步将10-30天非带通滤波的500hPa位势高度距平场与1979-2012年滤波的10-30天500hPa位势高度场相连接，进行EOF分解，得到大西洋10-30天振荡实时指数。

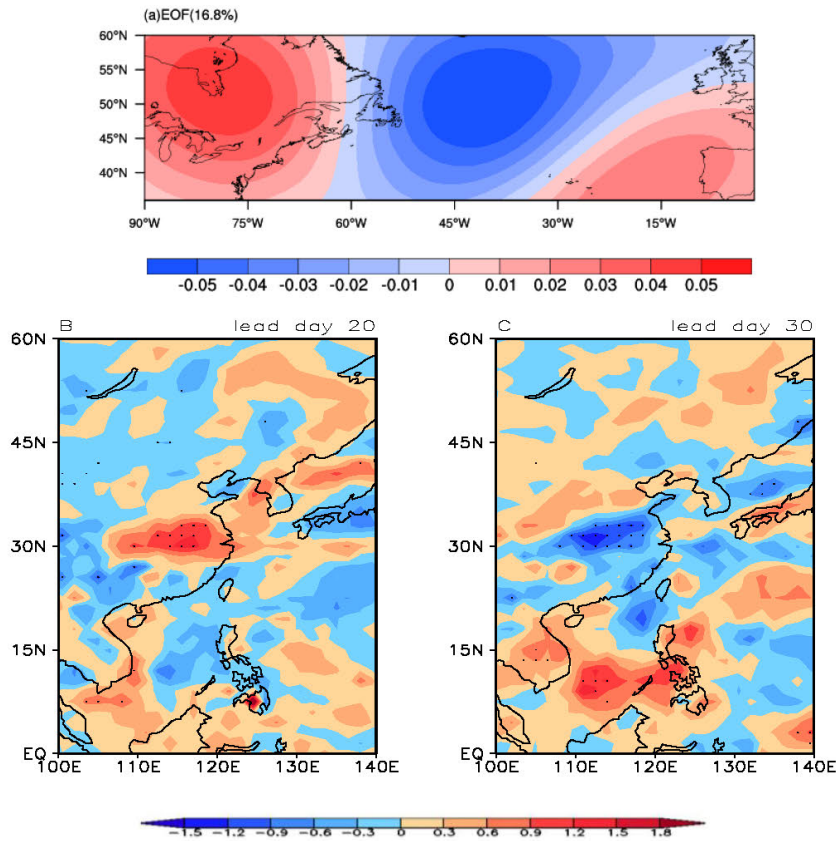


图4 大西洋500hPa 10-30天位势高度 EOF分解第一模态(a)以及根据第一模态时间系数合成的滞后20天(b)以及滞后30天(c)的低频降水(单位: mm/d)。

建立北大西洋10-30天振荡实时指数的第二步，首先是按照以下步骤提取10-30天距平场：

- (1) 原始数据进行15天的滑动平均得到A1。

(2) 原始数据进行 4 天的滑动平均得到 A2。

(3) A2-A1 即可得到非滤波的实时距平场。

然后用滤波的数据（1979-2012 年）与非滤波的 10-30 天实时距平场拼接，重新进行 EOF 分解，EOF 分解第一模态空间分布与图 4a 一致，非滤波部分的时间系数即为大西洋 10-30 天振荡实时指数。以 2013 年 5 月 1 日到 5 月 21 日为例，可以看到该实时振荡指数主要为负，并存在一定的波动特征。

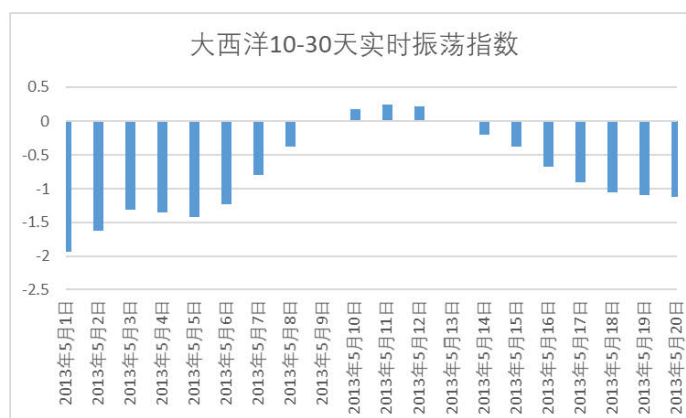


图 5 2013 年 5 月 1 日到 5 月 21 日大西洋 10-30 天实时振荡指数

### 参考文献:

Qian Huang, Xinyu Yin, Suxiang Yao. 10-30 day oscillation of summer precipitation in southern China and its relationship with Atlantic geopotential height anomaly. Submitted to *Frontiers of Earth Science*.