

# 淮河流域 5~6 月降水的年际及年代际变化

王 然<sup>1,2</sup>, 于 非<sup>1,3</sup>, 司广成<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 海洋环流与波动重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 对淮河流域降水异常进行分析对于预测黄海绿潮具有重要意义。选取淮河流域 10 个站, 长江流域 15 个站, 通过对国家气象信息中心 1951~2011 年的逐月降水数据进行分析, 研究淮河流域和长江流域 5~6 月平均降水异常。2000~2010 年, 淮河流域 5~6 月降水呈现增加趋势, 与长江流域降水呈反位相变化。分别对淮河流域 5~6 月平均降水异常与印度洋偶极子指数(Dipole Mode Index, DMI), 以及太平洋年代际振荡(the Pacific Decadal Oscillation, PDO)指数做相关性分析, 结果表明: 淮河流域 5~6 月平均降水异常与 6 个月前的 DMI 指数达到最大正相关, 与 20 个月前的北太平洋(20°N 以北)SST 呈现明显的负相关, 与 PDO 指数达到最大负相关。这表明, PDO、DMI 指数对淮河流域 5~6 月降水异常的年代际、年际变化具有明显的指示作用。

**关键词:** 降水异常; 淮河流域; 年际; 年代际变化; 太平洋年代际振荡(PDO); 印度洋偶极子指数(DMI)

中图分类号: P732.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)02-0001-05

doi: 10.11759/hyqx20120820001

淮河流域(111.9°~121.4°E, 30.9°~36.6°N)地处我国东部, 介于长江和黄河两流域之间, 面积为 27 万 km<sup>2</sup>。洪泽湖以下为淮河下游, 水分三路下泄, 其中一路在洪泽湖东岸出高良涧闸, 经苏北灌溉总渠在扁担港入黄海。

在近几年的海洋环境调查中, 发现苏北近岸海域盐度小于 30(图 1), 而在 1992 年渤海、黄海、东海海洋图集中, 苏北近海的盐度均大于 30, 因此, 苏北近岸海域出现异常低盐水。同时, 南黄海中西部

绿潮频发, 尤其是 2008 年北京奥运会前夕, 5 月底在青岛东南方的黄海西部海域(34.5°~35.7°N, 121.7°~122°E)出现了大范围绿潮, 并持续到当年 7 月<sup>[1]</sup>。尽管目前对于绿潮形成机制的认识尚不明确, 海水富营养化应该是导致绿潮发生最主要的因素<sup>[2]</sup>。降水量增加会导致径流量上升, 地表径流将陆地上的农田化肥、农药和其他污染物中的氮磷等营养盐带入近海, 从而加剧近海水域富营养化的程度, 导致绿潮的发生<sup>[3]</sup>。

淮河流域降水异常导致淮河流域支流在苏北近海的入海淡水通量增加, 并将淮河流域人类活动产生的大量生源物质更多地带入近岸海区, 加剧海水的富营养化, 从而为绿潮的发生提供海洋环境背景条件。同时, 绿潮的发生与区域性环境因素密切相关, 在营养充足的情况下, 光照强度和温度是诱发绿潮的关键性因素<sup>[4]</sup>。5~6 月份正值春末夏初, 海面光照加强, 海水温度升高, 结合强营养盐通量的输入, 将加大海水中绿潮出现的可能性。因此, 通过对淮河流域 5~6 月的降水特征及其与气候异常的相关性进行分

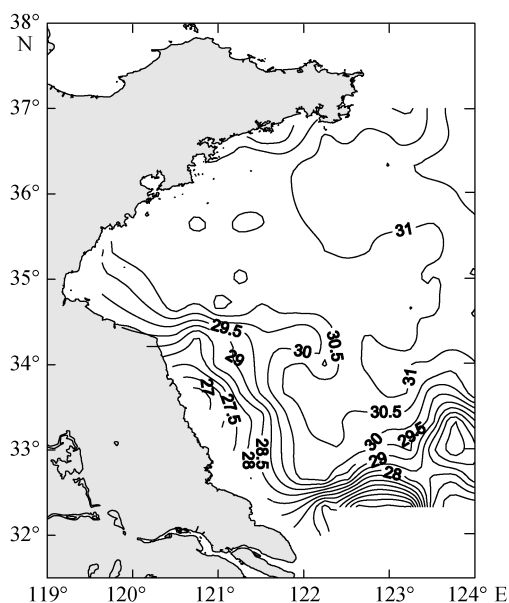


图 1 2006 年现场调查的苏北近岸海域盐度分布

Fig. 1 Distribution of salinity in investigation field in 2006

收稿日期: 2012-08-20; 修回日期: 2013-11-21

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA1102030102); 国家海洋局公益性项目(201005006); 国家自然科学基金(41176018); 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB950400)

作者简介: 王然(1988-), 女, 江苏江都人, 硕士研究生, 研究方向: 海气相互作用, 电话: 0532-82898186, E-mail: wr880718@126.com; 于非, 通信作者, 研究员, 博士生导师, 电话: 0532-82898187, E-mail: yuf@qdio.ac.cn

析,对于预测黄海中西部绿潮爆发是有重要的意义,同时也可作为苏北区域应对洪涝灾害提供指导意见。

## 1 资料来源

国家气象信息中心发布的 1951~2011 年全国 197 个站的逐月降水资料。其中选取淮河流域 10 个站对淮河流域降水进行分析,并选取长江流域 15 个站,对淮河流域和长江流域的降水异常进行对比分析,站点分布见图 2a。

美国国家海洋和大气管理局(NOAA)气候预测中心(CPC)发布的太平洋年代际振荡(Pacific Decadal Oscillation, PDO)指数,资料来源于 <http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List/>。

日本气象厅 Jamstec 发布的 1958~2010 年逐月印度洋偶极子指数(Dipole Mode Index, DMI),DMI 指数是赤道印度洋西侧海域( $50^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ )与赤道印度洋东南侧海域( $90^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ )之间的海表面温度梯度,资料来源于 [http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/iod/e/iod/dipole\\_mode\\_index.html](http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/iod/e/iod/dipole_mode_index.html)。

Hadley 中心发布的水平分辨率为  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$  的 1870~2011 年逐月海表面温度资料。

## 2 结果与讨论

### 2.1 淮河流域 5~6 月降水异常特征

首先,使用国家气象信息中心 1951~2011 年逐月降水数据,选取位于淮河流域的 10 个站点,和位于长江流域的 15 个站点,取站点降水平均值得到分别代表淮河流域和长江流域 1951~2011 年逐月降水数据,并求得相应的逐月降水异常数据。

图 2b 是 2000~2011 年与 1951~1999 年淮河流域

5~6 月平均降水做差得到的图,正值表示在淮河流域 2000~2011 年平均降水高于 1951~1999 年平均降水,图 2b 中,淮河流域显示为正值,表明 2000 年后,淮河流域 5~6 月平均降水出现正异常,处于降水增多的趋势。而 2000 年以后,黄海沿岸绿潮开始大规模爆发,要了解绿潮频发与淮河流域的降水异常之间的关系,就需要通过对淮河流域 5~6 月平均降水异常的振荡周期进行分析,掌握其变化特征。

图 3 是淮河流域和长江流域 5~6 月平均降水异常的时间序列。从图 3 可以看出,20 世纪 50 年代~60 年代末、80 年代~90 年代末,淮河流域与长江流域 5~6 月降水异常的位相变化方向基本一致;20 世纪 70 年代初~80 年代初以及 2000~2010 年,淮河流域和长江流域 5~6 月降水异常的变化趋势呈现了明显的反位相变化,即淮河流域降水正异常变化,而长江流域降水负异常变化。Xuan 等<sup>[5]</sup>在 2011 年的研究也指出,1980 年以后,江淮流域夏季降水增加,并且在 2000 年后,淮河流域夏季降水明显增加,长江流域夏季降水呈明显下降的态势。这说明淮河流域在 5~6 月的平均降水异常也可能存在年代际尺度的变化周期,所以对它的降水异常进行小波频率谱分析。

图 4 表明淮河流域 5~6 月平均降水异常有明显的年际和年代际变化周期,年际变化周期为 2~7 a,年代际变化周期表现为 10 a 左右以及 16 a,这些周期都通过了 95% 的信度检验。再利用 Morlet 小波变换对淮河流域 10 个站点在 5~6 月的平均降水异常进行小波分析。由于小波变换将降水量异常在时间和频率两个方向展开,这样可以得到不同时间尺度振荡随时间变化的二维图像(图 5),图中横坐标为时间参数,纵

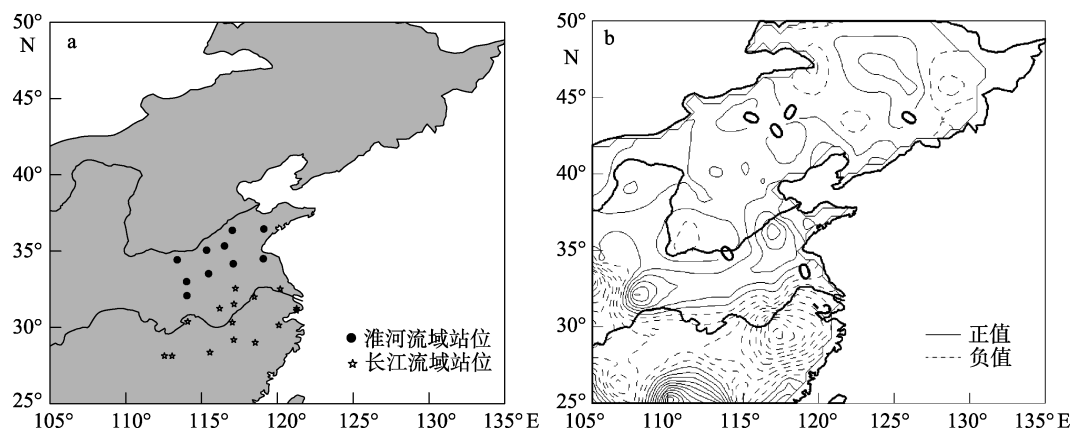


图 2 淮河流域和长江流域的站点分布(a)以及 2000~2011 年和 1951~1999 年淮河流域 5~6 月平均降水异常差值(cm)图(b)  
Fig. 2 Stations located in the Huaihe River Valley and the Changjiang River Valley (a) and difference(cm) of precipitation anomalies in the Huaihe River Valleys during May to June between 2000~2011 and 1951~1999(b)

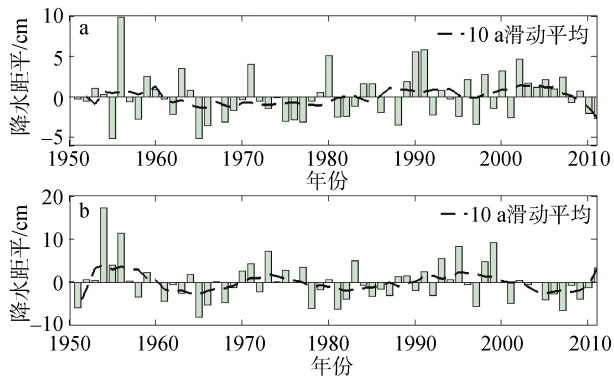


图3 淮河流域(a)及长江流域(b)5~6月平均降水异常时间序列

Fig. 3 Mean rainfall anomalies' timeseries in the Huaihe River Valley (a) and the Changjiang River Valley (b) during May to June

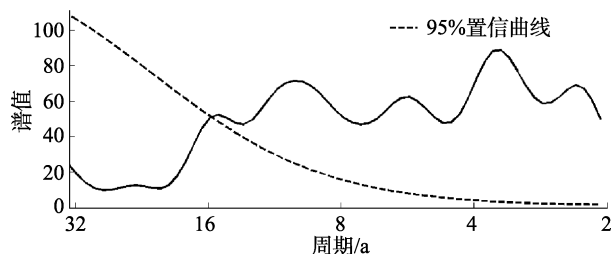


图4 淮河流域5~6月平均降水异常小波频率谱

Fig. 4 Wavelet spectrum of mean precipitation anomalies during May to June in the Huaihe River Valley

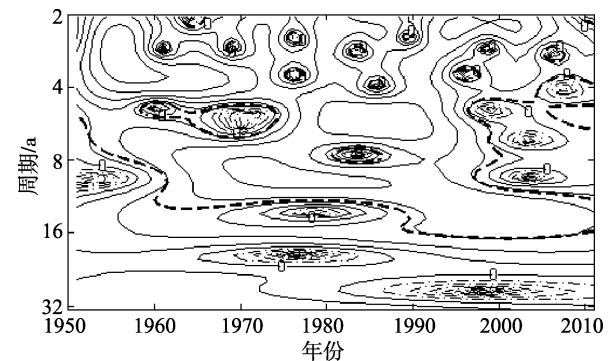


图5 淮河流域5~6月平均降水异常小波能量谱

Fig. 5 Wavelet power spectrum of mean precipitation anomalies during May to June in the Huaihe River Valley

实线表示正值, 虚线表示负值, 粗虚线表示通过95%信度检验  
The positive values are denoted by full line, the negative values are denoted by dashed line, and the confidence exceeding 95% are denoted by heavy dashed lines

坐标为频域参数(周期), 实线表示正值, 虚线表示负值。

根据图5中周期的分布, 年际变化表现为20世纪60年代初到80年代末以及90年代末的3a振荡的负位相; 年代际变化表现为准10a振荡; 准16a振荡表现为20世纪90年代末的正位相; 20世纪60

年代~70年代中期以及90年代末, 存在明显的准6a振荡的负位相, 而20世纪70年代末~80年代末, 则表现为准8a振荡的负位相。从图5中可以看出, 整个20世纪50年代, 淮河流域5~6月处于年代际降水正异常期; 20世纪60年代~80年代末, 淮河流域5~6月处于年代际降水负异常期, 这主要是由准3a、准6a和准8a振荡负位相叠加体现的; 20世纪90年代末至今, 淮河流域5~6月处于年代际降水正异常期, 主要是由准10a和准16a振荡正位相叠加体现的。已有的研究表明, 20世纪70年代末以及2000年左右, 中国东部夏季降水均产生了明显的突变<sup>[6]</sup>。根据图5显示, 淮河流域5~6月平均降水异常在20世纪90年代中期开始由负位相向正位相转化, 受年代际信号影响, 开始进入降水偏多期。

## 2.2 淮河降水异常与气候异常

上面的分析指出, 淮河流域的降水异常具有明显的年际和年代际振荡信号。目前, 已经有很多研究分析讨论了淮河流域降水和 ENSO 之间的关系<sup>[7-10]</sup>, 指出 ENSO 事件是影响淮河流域降水的因素。影响淮河流域降水的年际、年代际变化的其他因素, 值得进一步探讨。

江淮流域的夏季降水实际上就是东亚夏季季风推进的产物, 其变化与东亚夏季季风的进退紧密相关<sup>[10]</sup>。陈际龙等<sup>[11]</sup>在2008年研究了亚洲夏季风水汽输送的年际、年代际变化与中国降水异常的关系, 结果表明, 如果南亚夏季风纬向水汽输送较强(弱), 东亚—西北太平洋地区水汽输送的偶极型异常将有利于江淮流域的水汽辐合(正)异常。唐位亚等<sup>[12]</sup>研究指出印度洋海温偶极振荡异常引起了大气环流的异常, 影响到季风强度和雨带分布。那么, 接下来要讨论 DMI 与淮河流域5~6月平均降水异常的关系。

图6是淮河流域5~6月平均降水异常与DMI指数的时间序列分析图。图6中的时间序列可发现, 淮河流域5~6月平均降水异常与DMI指数之间存在滞后相关关系, 为此我们对这种关系做进一步分析。淮河流域5~6月平均降水异常在滞后DMI指数6个月时达到最大正相关, 相关系数为0.263, 置信度超过95%。因此, 淮河流域5~6月平均降水的年际变化可能受到了DMI的影响, 前期冬季的印度洋偶极振荡越强烈, 下一年淮河流域5~6月的平均降水异常越明显。

图7是淮河流域5~6月平均降水异常与PDO指数的时间序列分析图。前文提到的淮河流域降水在20世纪70年代末以及2000年左右的突变, 正对应

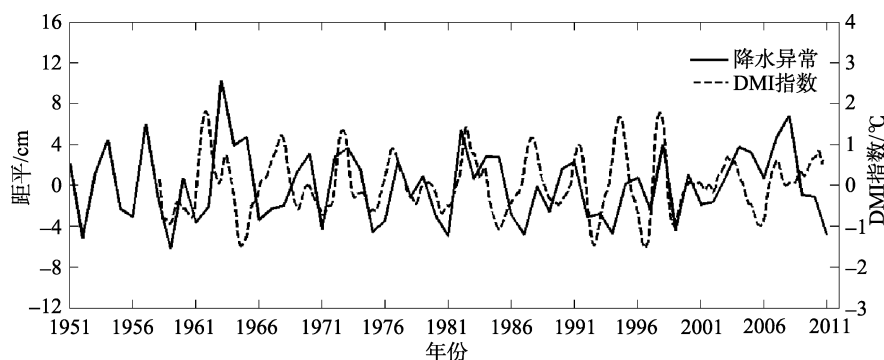


图6 1951~2011年淮河流域5~6月降水异常与DMI指数变化  
Fig. 6 Precipitation departure in May and June and DMI index

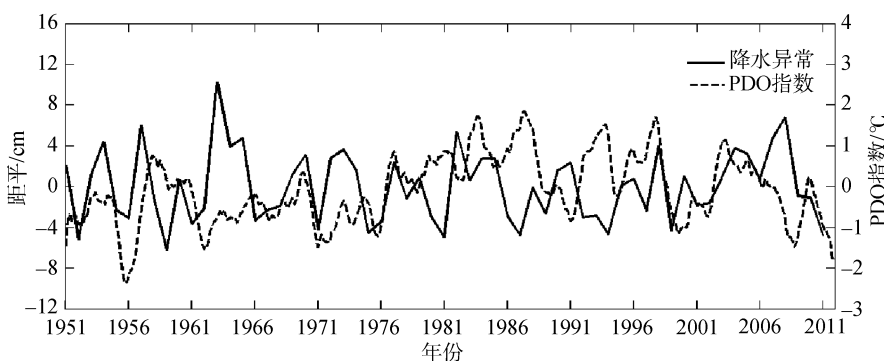


图7 1951~2011年淮河流域5~6月降水异常与PDO指数变化  
Fig. 7 Precipitation Departure in May and June and PDO index

了PDO的位相转换,1977~1998年,北太平洋正处于PDO暖位相<sup>[13]</sup>,20世纪90年代末至今,北太平洋处于PDO冷位相(图7),图4中淮河流域5~6月平均降水异常时间序列显示,2000年后,淮河流域5~6月平均降水处于偏多期,这正印证了魏凤英<sup>[14]</sup>在2009年得到的结论,PDO冷位相时,淮河流域夏季降水呈偏多趋势。为了进一步确认PDO与淮河流域5~6月平均降水的关系,做降水异常相对于PDO指数变化的滞后相关。淮河流域5~6月平均降水滞后PDO指数异常20个月负相关系数为-0.3716,置信度超过95%。在PDO负位相时,淮河流域5~6月处于年代际多雨期,并且在滞后PDO指数负异常20个月后,淮河流域5~6月降水异常达到最大正异常。

### 3 结论

淮河流域5~6月平均降水在2000年后呈现偏多趋势,并且与同时期长江流域的降水呈反位相的变化。对淮河流域5~6月平均降水异常进行小波分析,得到的结论证明,淮河流域5~6月平均降水具有准10a以及准16a的年代际振荡周期,并且表现为正位相,2000年后的多雨趋势也正是这两个正位相叠加的结果。

通过对淮河流域5~6月降水异常与DMI指数进行滞后相关分析,发现,降水异常在滞后DMI指数6个月时,二者达到最大正相关,相关系数为0.2630,置信度超过95%。说明前期冬季印度洋海温偶极振荡的越剧烈,淮河流域5~6月降水异常越明显。

通过对淮河流域5~6月降水异常与PDO指数进行滞后相关分析,发现,降水异常在滞后PDO指数20个月时,二者达到最大负相关,负相关系数为-0.3716,置信度超过99%。这说明,PDO对淮河流域5~6月降水异常存在一定的影响。

综上所述,淮河流域降水异常受到来自年代际气候异常信号的影响,导致径流异常,从而导致入海淡水输运异常,这对于海水中营养盐含量将产生影响,继而导致绿潮藻类的异常增殖或者减少。2000年后,黄海中西部5~7月绿潮频发,这是否与淮河流域2000年后5~6月的降水异常的年代际变化相关,还需要进一步研究。

#### 参考文献:

[1] 衣立,张苏平,殷玉齐.2009年黄海绿潮爆发与漂移的水文气象环境[J].中国海洋大学学报,2010,40(10):15-23.  
[2] 唐启升,张晓雯,叶乃好,等.绿潮研究现状与问题[J].中国科学基金,2010,1:5-9.

- [3] 梁宗英, 林祥志, 马牧, 等. 绿潮漂流聚集绿潮现象的初步分析[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2008, 38(4): 601-604.
- [4] Taylor R, Fletcher R L, Raven J A. Preliminary studies on the growth of selected "green tide" algae in laboratory culture: effects of irradiance, temperature, salinity and nutrients on growth rate[J]. *Botanica Marina*, 2001, 44: 327-336.
- [5] Xuan Shouli, Zhang Qingyun, Sun Shuqing. Anomalous midsummer rainfall in Yangtze River-Huaihe River Valleys and its association with the East Asia Westerly Jet[J]. *Advance in Atmospheric Sciences*, 2011, 28(2): 387-397.
- [6] Zhu Yali, Wang Huijun, Zhou Wen. Recent changes in the summer precipitation pattern in East China and the background circulation[J]. *Clim Dyn*, 2011, 36: 1463-1473.
- [7] Huang Ronghui, Wu Yifang. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms[J]. *Advance in Atmospheric Sciences*, 1989, 6: 21-32.
- [8] Zhang R, Akimasa S, Masahide k. A diagnostic study of El Nino on the precipitation in China[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1999, 16(2): 229-241.
- [9] Lin Zhongda, Lu Riyu. The ENSO's Effect on Eastern China rainfall in the following early summer[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2009, 26(2): 333-342.
- [10] 涂长望, 黄士松. 中国夏季风之进退[J]. *气象学报*, 1944, 18: 1-20.
- [11] 陈际龙, 黄荣辉. 亚洲夏季风水汽输送的年际年代际变化与中国旱涝的关系[J]. *地球物理学报*, 2008, 51(2): 352-359.
- [12] 唐卫亚, 孙照渤. 印度洋海温偶极震荡对东亚环流及降水影响[J]. *南京气象学院学报*, 2005, 28(3): 316-322.
- [13] 杨修群, 朱益民, 谢倩, 等. 太平洋年代际震荡的研究进展[J]. *大气科学*, 2004, 28(6): 979-992.
- [14] 魏凤英, 张婷. 淮河流域夏季降水的振荡特征及其与气候背景的联系[J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2009, 39(10): 1360-1374.

## Inter-annual and inter-decadal variations of precipitation anomalies during May to July in the Huaihe River Valley

WANG Ran<sup>1, 2</sup>, YU Fei<sup>1, 3</sup>, SI Guang-cheng<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

**Received:** Aug., 20, 2012

**Key words:** precipitation anomaly; the Huaihe River Valley; inter-annual; inter-decadal; the Pacific decadal oscillation (PDO); dipole mode index (DMI)

**Abstract:** Rainfall anomalies in the Huaihe River Valley (HRV) is one of the most important factors for green tides outbreaks. So study of the rainfall anomalies of HRV is very important for forecast of the green tides in the Yellow Sea. The monthly precipitation data from 1951 to 2011 used here was from the National Meteorological Information Center, 10 stations in HRV and 15 stations in the Changjiang River Valley (CRV). May-June (MJ) average rainfall anomalies showed an upward trend in HRV from 2000 to 2009, while a downward trend in CRV. Correlation analyses had been done between MJ average rainfall anomalies and the dipole mode index (DMI), and the Pacific decadal oscillation (PDO) index, respectively. A most significant positive correlation was found between the DMI 6 months ago and the MJ average rainfall anomalies of HRV of the year, confidence exceeding 95%. The North Pacific SST (north of 20°N) as well as the PDO index of 20 months ago, negatively correlated with MJ average precipitation anomalies in HRV of the year significantly, confidence exceeding 95%. In summary, these data indicate that DMI and PDO index demonstrate distinct indications of inter-annual and inter-decadal changes for MJ average rainfall in HRV, respectively.

(本文编辑: 刘珊珊 李晓燕)