

# 长江、黄河流域全新世古洪水事件对比研究

周晓龙<sup>1,2</sup>, 于学峰<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 本文通过调研长江、黄河流域全新世古洪水研究相关文献, 开展了两大流域全新世古洪水发生频次空间对比研究。现有资料表明, 两大流域全新世古洪水在 6000 a BP 以前发生较少; 6000—4000 a BP 古洪水频次上升, 在 4000 a BP、3000 a BP 前后均出现一个洪水多灾期; 3000 a BP—1000 a BP 两大流域古洪水记录频次呈递减趋势; 1000 a BP 以来, 两大流域整体上表现为递增的趋势, 而值得注意的是 1000 a BP 后, 两大流域古洪水记录频次呈现出反相位变化的趋势。与太阳活动记录对比, 发现两个流域洪水发生均与太阳活动相关, 但是两个流域洪水发生对太阳活动的响应相反, 长江流域在太阳活动较弱的时期, 洪水多发, 而黄河流域在太阳活动较强的时期, 洪水多发。

**关键词:** 古洪水; 全新世; 长江、黄河流域

**中图分类号:** P531 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2013)05-1427-10

## Correlation studies on palaeoflood events in the drainage area of Yangtze and Yellow River during the Holocene

ZHOU Xiao-long<sup>1,2</sup>, YU Xue-feng<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Through reviewing the most available published records, the onsets of the palaeoflood events during the Holocene in the drainage area of the Yangtze River and Yellow River are correlated and comprehensively analyzed. The results show that palaeofloods in these two regions are rare before 6000 a BP and relatively strengthened during 6000—4000 a BP. The palaeofloods frequently occurred at about 4000 a BP and 3000 a BP respectively, and the decreasing trends are obviously recorded between 3000 a BP—1000 a BP. From 1000 a BP, frequencies of paleofloods events in these two regions exhibit the prominent rising changes trend. Regarding the special stage after 1000 a BP, frequencies of Palaeofloods in the Yangtze and Yellow River are of anti-phased features, which are proved to be responding to the solar activity variations, i.e. peak of palaeofloods frequency in Yangtze River is during solar minimum but that is during the solar maximum in Yellow River.

**Key words:** palaeofloods; Holocene; the drainage area of Yangtze River and Yellow River

作为极端水文事件, 洪涝是世界范围内最严重的自然灾害之一 (Baker et al, 1987, 1995), 给人类社会的发展带来了巨大威胁。在气候变化背景下, 全球洪涝灾害呈现频率增加, 强度增强的趋势 (Schiermeier et al, 2011)。预测洪涝灾害发

生规律, 采取相应的应对策略成为迫切的社会需求, 要解决这一重要的科学问题, 需要从过去洪水发生的历史中寻求规律, 因此开展过去洪水变化历史和规律的研究成为国际古水文研究的一个热点, 已积累了丰富的资料 (如 Benito et al, 2003;

Baker, 2006)。

长江、黄河是中华民族的母亲河，曾孕育了灿烂的中华文明，但两河流域发生的洪涝灾害也给流域内的人民生产生活带来严重威胁。这两个流域的古洪水研究已取得了一系列重要进展（赵景波等，2005，2009a，2009b，2010a，2010b；Huang et al, 2011；黄春长等，2011；王恒松等，2012a，2012b）。综览两大流域已有古洪水研究，可见如下特点：（1）古洪水事件的研究多集中于某些单一沉积剖面或局部流域，对整个大流域，以及不同流域之间的对比研究相对较少；（2）古洪水事件的定年方法具有多样性（葛兆帅等，2004；朱诚等，2005；谢远云等，2007；张信宝等，2007；赵景波等，2009a，2009b，2010a，2010b；葛本伟等，2010；展望等，2010；Huang et al, 2011；王恒松等，2012a，2012b），但不同定年方法获得的古洪水事件年龄可比性较差，不利于开展两大流域之间对比研究。针对以上问题，本文在调研已有研究资料的基础上，通过对长江、黄河流域古洪水定年数据进行标准化，引入区域洪水发生频次统计方法（刘晓清等，2007），开展了两大流域古洪水事件的对比研究，以期能为认识古洪水发生的时空变化规律提供基础资料。

## 1 数据来源

本文收集整理了已发表的关于两大流域古洪水研究的文献资料（表1）。按流域对文献进行分类，提取古洪水事件发生的时间、地点等信息。将古洪水研究地点投影在两个流域内（图1），可见，长江、黄河流域古洪水研究主要集中在河流中下游地区，在河流上游开展的工作相对较少。

## 2 年代数据标准化

古洪水事件的年代可以通过多种年代学方法获得（表1），不同测年方法之间，甚至同一测年方法的不同处理之间获得的测年数据不同，给古洪水事件对比带来很大不确定性。例如， $^{14}\text{C}$ 测年数据通常有两种表示方法： $^{14}\text{C}$ 年龄和校正年龄，二者具有较大差异（Reimer et al, 2007）。为使不同测年手段获得的年代数据具有较好可比性，对文献中使用 $^{14}\text{C}$ 测年而未校正的年代数据，使用Calib 7.0软件（Reimer et al, 2013）进行年代校正，将所有数据统一换算到日历年龄。

## 3 流域古洪水频次统计

本文借鉴流域洪水频次统计方法（刘晓清等，2007），用流域洪水空间频次代表洪水事件的影响范围。以10 a分辨率统计两大流域古洪水发生频次，文献指出古洪水发生时间点或频发期赋值“1”，其余时段赋值“0”，如张德二和陆龙骅（2011）依据历史文献指出1823年在全国发生大范围、多流域的洪涝灾害，黄河下游、长江中下游表现雨期长多大雨，将长江、黄河流域古洪水频次在130 a BP处赋值“1”，其他时间段为“0”。黄春长等（2011）在关中盆地史前大洪水的研究中指出4300—4000 a BP、3100—3000 a BP发生多次古洪水事件，这两段时间为该研究区重要洪水期，将黄河流域古洪水频次在4300—4000 a BP和3100—3000 a BP期间每10 a赋值“1”。将两个流域相关文献所记录的古洪水次数分别累加，得到两个流域古洪水事件频次随时间变化序列（图2）。

由于本文采用流域洪水频次累加方式统计流域内的洪水频次，统计数据可能具有文献数量依赖性，如文献时间覆盖较多的时段，可能得到的洪水频次也较多，相反，文献时间覆盖较少的时段洪水事件可能也较少，这给评价洪水发生规律带来了不确定性。我们将所有文献的覆盖时段按每千年投影到相应流域的洪水频次曲线上，用以评价洪水频次的可靠性。历史文献资料覆盖时段较为明确，而洪水沉积剖面和考古遗址研究覆盖时段以顶、底古洪水沉积层为界，时间范围较为宽泛。2000 a BP以来古洪水记录较大部分以史料为主，在2000 a BP之前古洪水信息多来自古洪水沉积剖面和考古遗址。

## 4 长江、黄河流域全新世古洪水事件的对比

对比长江、黄河流域全新世古洪水频次变化曲线，可以看出两大流域古洪水事件在千年尺度上具有规律性的变化。在6000 a BP以前两大流域，古洪水记录均较少；6000—4000 a BP，两大流域古洪水记录频次呈递增趋势，4000 a BP、3000 a BP前后两大流域均表现为洪水多发；3000—1000 a BP两大流域古洪水记录频次呈递减趋势；1000 a BP以来，两大流域整体上表现为增多的趋势，但值得注意的是1000 a BP以来，两大流域古洪水频次在百年尺度上变化却呈现出反相位变化的趋势（图2）。

表 1 长江、黄河流域全新世古洪水事件文献资料  
Table 1 Published data involved in this review

| 流域   | 参考文献  | 覆盖时段                     | 材料           | 测年方法                        |
|------|-------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| 黄河流域 | 黑河    | 任朝霞等, 2010               | 晚全新世         | 旱涝史料                        |
|      | 兰州段   | 赵景波等, 2009b, 2010b       | 晚全新世         | 河漫滩沉积<br>史料                 |
|      | 积石峡   | 吴庆龙等, 2009               | 中全新世         | 古洪水沉积<br><sup>14</sup> C    |
|      | 官亭盆地  | 杨晓燕等, 2005               | 中全新世         | 滞留沉积物<br><sup>14</sup> C    |
|      | 沁河    | 葛兆帅等, 2004b              | 中晚全新世        | 滞留沉积物<br><sup>14</sup> C    |
|      | 漆水河   | 黄春长等, 2011               | 中全新世         | 滞留沉积物<br>OSL                |
|      | 渭河    | 王恒松等, 2012a              | 中全新世         | 滞留沉积物<br>OSL                |
|      |       | 王娟等, 2011                | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 朱向锋等, 2010               | 晚全新世         | 滞流沉积物<br>地层对比               |
|      |       | 赵景波等, 2005, 2009a, 2010a | 晚全新世         | 旱涝史料                        |
|      |       | 王长燕等, 2009               | AD 1700—1949 | 旱涝史料<br>史料                  |
|      |       | 牛俊杰等, 2010               | 晚全新世         | 河漫滩沉积物                      |
|      | 泾河    | 张冲等, 2011                | 汉代           | 旱涝史料                        |
|      |       | 张玉柱等, 2012               | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 顾静等, 2011                | 晚全新世         | 阶地洪水沉积<br>史料                |
|      |       | 刘晓清等, 2007               | AD 1616—1912 | 旱涝史料                        |
|      |       | 阴雷鹏等, 2008               | AD 1368—1644 | 旱涝史料                        |
|      |       | 赵景波等, 2009a              | AD 618—907   | 旱涝史料                        |
|      | 关中平原  | 李瑜琴等, 2009               | 中全新世         | 滞流沉积物<br>文化层对比              |
|      |       | 葛本伟等, 2010               | 中全新世         | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 马莉等, 2008                | AD 960—1279  | 旱涝史料                        |
|      |       | 周晓红等, 2008               | AD 500—2006  | 旱涝史料                        |
|      | 小浪底   | 谢悦波等, 1998               | 晚全新世         | 旱涝史料                        |
|      | 千河    | 王恒松等, 2012b              | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      | 北洛河   | 王夏青等, 2011               | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      | 清水河   | Huang et al, 2011        | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      | 漳水河   | 李晓刚等, 2009               | 中全新世         | 滞流沉积物<br>地层对比               |
|      | 中原地区  | 夏正楷等, 2003               | 中全新世         | 考古遗址<br><sup>14</sup> C     |
|      | 黄河下游  | 张德二等, 2011               | 清代           | 旱涝史料                        |
| 长江流域 | 三峡    | 朱诚等, 2005                | 晚更新世以来       | 考古遗址<br><sup>14</sup> C     |
|      |       | 白九江等, 2008               | 中全新世         | 考古遗址<br><sup>14</sup> C     |
|      |       | 葛兆帅等, 2004a              | 中全新世         | 古埋藏树<br><sup>14</sup> C     |
|      |       | 史威等, 2011                | 早全新世         | 旱涝史料                        |
|      |       | 葛兆帅, 2009                | 晚全新世         | 史料及现代观测                     |
|      | 川江    | 张强等, 2004                | 中晚全新世        | 考古遗址<br><sup>14</sup> C     |
|      | 汉江    | 李小刚等, 2012               | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 王龙升等, 2012               | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 许洁等, 2013                | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      |       | 周亮等, 2013                | 全新世          | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      | 汉江平原  | 谢远云等, 2007               | 晚全新世         | 河湖相沉积<br><sup>14</sup> C    |
|      |       | 吴立, 2013                 | 中晚全新世        | 考古遗址<br><sup>14</sup> C、OSL |
|      | 宜都段   | 郭永强等, 2013               | 晚全新世         | 滞流沉积物<br>OSL                |
|      | 荆江    | 蔡明理等, 1992               | 晚全新世         | 旱涝史料                        |
|      | 南京段   | 何华春等, 2004               | 中晚全新世        | 中晚全新世<br>史料                 |
|      | 长三角   | 王敏杰等, 2010               | 晚全新世         | 三角洲沉积<br><sup>14</sup> C    |
|      | 长江下游  | 展望等, 2010                | 近代           | 江心洲沉积<br><sup>210</sup> Pb  |
|      | 长江中下游 | 张德二等, 2011               | 清代           | 旱涝史料                        |

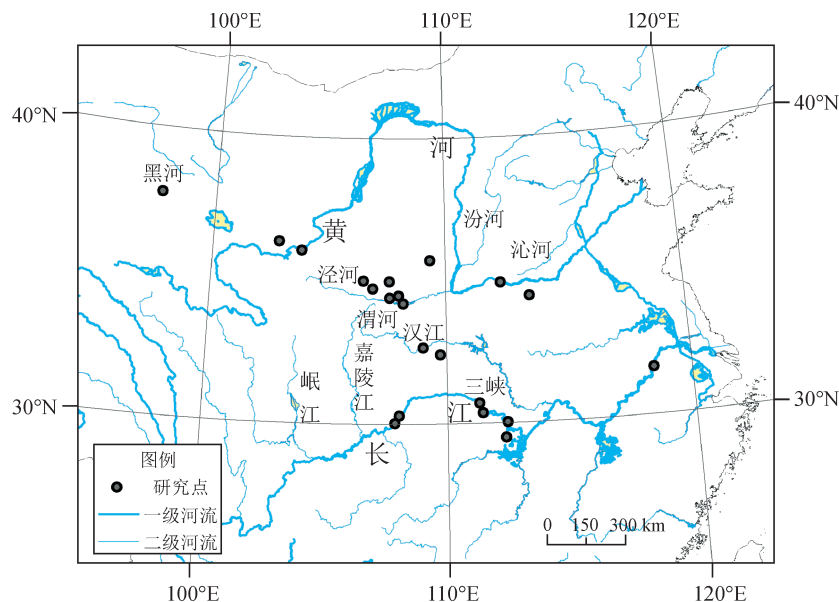


图1 长江、黄河流域古洪水研究点分布图

Fig.1 Sites of palaeoflood events in Yangtze River basin and Yellow River basin

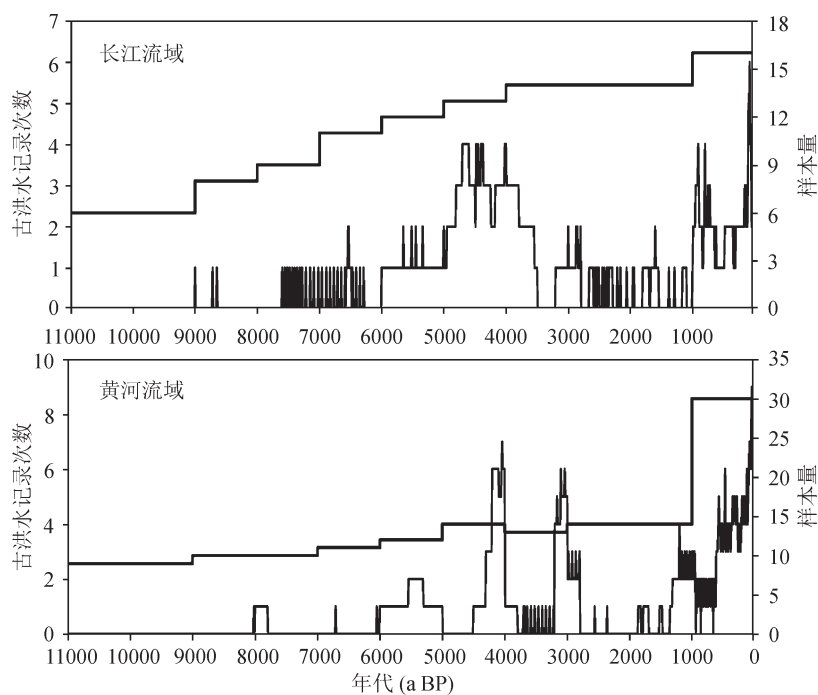


图2 长江、黄河流域全新世古洪水记录对比

Fig.2 Palaeoflood events in Yangtze River basin and Yellow River basin during the Holocene

图3是两个流域最近1000年来洪水发生频次及其与太阳活动的对比。如图3所示,两个流域最近1000年来洪水频次变化呈反相位关系。1000—700 a BP,长江流域洪水频次总体偏高,而黄河流域洪水频次总体较低;700—500 a BP,长江流域洪水频次较低,而此时黄河流域洪水频次相对较高;500—350 a BP,长江流域洪水频次再

次为一个高发期,黄河流域洪水频次则再次呈降低趋势;350—200 a BP,长江流域洪水频次在总体较高的平台上,在300 a BP前后有一次降低,与此相对应,黄河流域在总体较低的平台上有300 a BP前后,有一次频次升高;最近200年以来两个流域洪水频次均有上升趋势,但在几十年尺度上仍可见反相变化趋势。



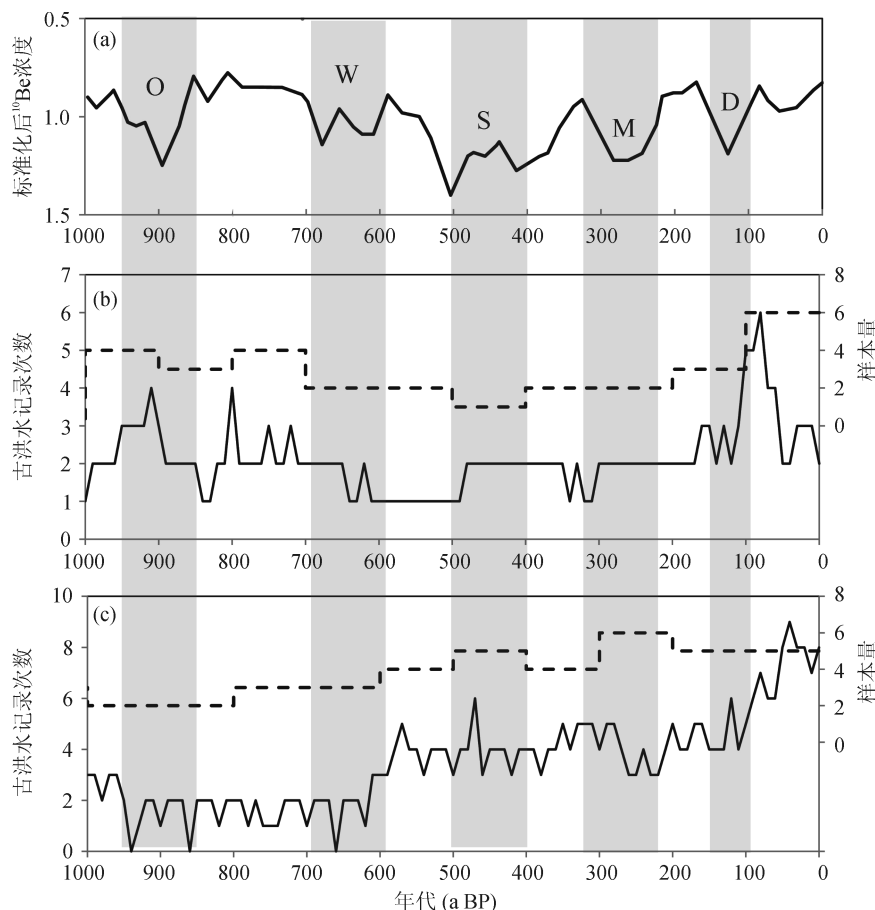


图3 最近1000年以来长江、黄河流域古洪水频次及其与太阳活动记录的对比  
 (a. 南极冰芯 $^{10}\text{Be}$ 浓度记录的太阳活动变化, O、W、S、M、D分别代表欧特、沃夫、史波勒、蒙德、道尔顿  
 太阳活动极小期 (Steinilber et al, 2012); b. 长江流域洪水频次; c. 黄河流域洪水频次)

Fig.3 Palaeoflood events in Yangtze River basin and Yellow River basin over the past 1000 a BP  
 (a.  $^{10}\text{Be}$  record from the South Pole ice core, Grand solar minima are marked by capital letters, O: Oort, W: Wolf, S: Spörer,  
 M: Maunder, D: Dalton (Steinilber, 2012); b. Palaeoflood events in Yangtze River Basin; c. Palaeoflood events in Yellow River Basin)

## 5 讨论与结论

我们对两个流域洪水记录的统计显示, 两个流域在千年尺度上洪水发生具有近似同步变化规律。如, 6000 a BP 以前两大流域, 古洪水记录均较少; 6000—4000 a BP, 两大流域古洪水记录频次呈递增趋势, 4000 a BP、3000 a BP 前后两大流域均表现为洪水多发; 3000—1000 a BP 两大流域古洪水记录频次呈递减趋势。殷淑燕等 (2012) 研究指出极端洪水灾害多发生在气候转型期, 气候由暖湿向冷干转化, 或由冷干向暖湿暖干转化期间, 洪水频次增加。6000—4000 a BP, 正值全新世气候由暖湿向干冷转型时期, 而 4300 a BP 的降温事件对应于北大西洋浮冰碎屑事件 3 (Bond et al, 2001)。千年尺度上洪水变化的同步性可能说明两个流域洪水发生主要受气候波动调制。

值得指出的是, 最近 1000 年两个流域洪水频次都与太阳活动之间存在一定关系, 但两个流域洪水发生对太阳活动的响应呈相反趋势, 长江流域表现为太阳活动较强时洪水频次较低, 而黄河流域则是太阳活动强时洪水频次较高。

黄河流域最近 500 年来的洪水发生频次与南极冰心  $^{10}\text{Be}$  曲线变化具有很好的一致性, 如在史波勒 (S)、蒙德 (M)、道尔顿 (D) 三个太阳活动极小期, 黄河流域的洪水频次均出现降低, 而在其间的太阳活动较强时期, 洪水频次相对较高 (图 3), 反映了该地区洪水发生可能与太阳活动有一定关系。刘晓清等 (2007) 根据历史文献记录获得的最近 400 年泾河中游洪水灾害序列, 表明该地区洪水发生与太阳活动关系密切, 太阳活动较强时洪水多发, 这与我们对黄河流域洪水发生频次的统计结果一致。

卢敬华等(2002)利用长江、黄河流域1951—1999年6—8月(汛期)降水资料,将长江流域分为上、中、下游三段,黄河流域分为上中游和下游,获得两个流域1951—1999年的旱涝资料。本文按照流域加权方法对其资料进行了频次统计:如果某年长江某流段出现洪涝则赋值“1”,出现干旱则赋值“-1”;黄河流域上中游出现洪涝则赋值“2”,出现干旱则赋值“-2”,黄河下

游出现洪涝则赋值“1”,出现干旱则赋值“-1”。求和计算得到反映整个流域旱涝影响范围的旱涝状况(图4)。长江流域在1954、1981、1998年,黄河流域在1958、1982、1996年均发生较大洪水,在长江、黄河流域旱涝演化曲线表现为峰值。长江、黄河流域旱涝频次在年际尺度上也大致呈相反的变化趋势(图4),这种反相变化趋势在1970年以后表现更为明显。

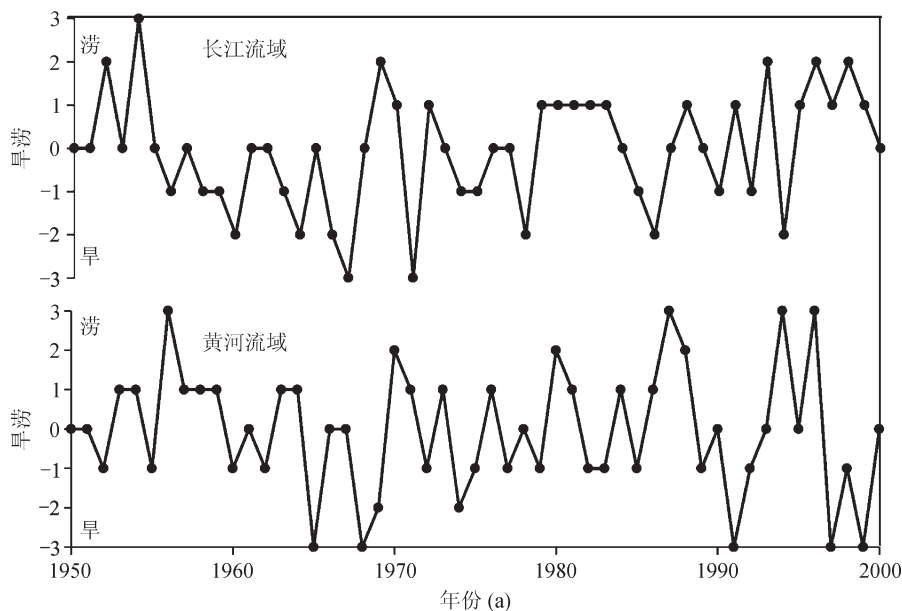


图4 1951—1999年长江、黄河流域旱涝演化

Fig. 4 Flood/drought sequences in Yangtze River basin and Yellow River basin (1951—1999)

综上所述,可以得出以下结论:

(1) 长江、黄河两大流域全新世古洪水发生频次在千年尺度的变化具有同步变化规律。

(2) 近1000年两大流域洪水频次呈反相变化趋势,且均对太阳活动有响应,长江流域在太阳活动较强时洪水频次较低,而黄河流域则是太阳活动强时洪水频次较高。

## 参考文献

- 白九江,邹后曦,朱 诚. 2008. 玉溪遗址古洪水遗存的考古发现和研究[J]. *科学通报*, 53(S1): 17–25. [Bai J J, Zou H X, Zhu C. 2008. Characteristics of palaeoflood deposits archived in unit T0403 of Yuxi Site in the Three Gorges reservoir areas, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 53(S1): 17–25.]
- 蔡明理,杨达源. 1992. 历史时期荆江洪灾及其成因分析[J]. *灾害学*, (3): 61–66. [Cai M L, Yang D Y. 1992. Historical period of Jinjiang reach flood and its reason analysis [J].

*Journal of Catastrophology*, (3): 61–66.]

- 葛本伟,黄春长,周亚利,等. 2010. 龙山文化末期泾河特大洪水事件光释光测年研究[J]. *第四纪研究*, 30(2): 422–429. [Ge B W, Huang C C, Zhou Y L, et al. 2010. OSL dating of the Jinghe river palaeoflood events in the late period of the Longshan culture [J]. *Quaternary Science*, 30(2): 422–429.]
- 葛兆帅,杨达源,李徐生,等. 2004a. 晚更新世晚期以来的长江上游古洪水记录[J]. *第四纪研究*, (5): 555–560. [Ge Z S, Yang D Y, Li X S, et al. 2004a. The palaeoflooding record along the up-reaches of the Changjiang River since the late pleistocene epoch [J]. *Quaternary Science*, (5): 555–560.]
- 葛兆帅,杨达源,谢悦波,等. 2004b. 沁河流域全新世特大洪水及其重现期初步研究[J]. *自然灾害学报*, (5): 144–148. [Ge Z S, Yang D Y, Xie Y B, et al. 2004b. Holocene extraordinary flood of Qinhe River and its

- recurrence interval [J]. *Journal of Natural Disasters*, (5): 144–148. ]
- 葛兆帅. 2009. 长江上游全新世特大洪水对西南季风变化的响应 [J]. *地理研究*, (3): 592–600. [Ge Z S. 2009. The response of Holocene extreme floods in the Upper Changjiang River to changes of southwest monsoon [J]. *Geographical Research*, (3): 592–600. ]
- 顾 静, 周 杰, 赵景波, 等. 2011. 泾河泾阳段高河漫滩沉积与洪水事件 [J]. *沉积学报*, 29(3): 561–571. [Gu J, Zhou J, Zhao J B, et al. 2011. Flood Sediments in Floodplain and Flood events of Jingyang Reach in Jing River [J]. *Acta sedimentological Sinica*, 29(3): 561–571. ]
- 郭永强, 黄春长, 庞奖励, 等. 2013. 长江宜都段全新世古洪水滞流沉积物研究 [J]. *水土保持学报*, 27(2): 95–100. [Guo Y Q, Huang C C, Pan J L, et al. 2013. Holocene palaeoflood slack water deposit at the Yidu reach of Changjiang River valley [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 27(2): 95–100. ]
- 何华春, 王 颖, 李书恒. 2004. 长江南京段历史洪水位追溯 [J]. *地理学报*, (6): 938–947. [He H C, Wang Y, Li S H. 2004. Tracing flood water level along Nanjing cliff Bank of the Yangtze River [J]. *Acta Geographica Sinica*, (6): 938–947. ]
- 黄春长, 庞奖励, 查小春, 等. 2011. 黄河流域关中盆地史前大洪水研究——以周原漆水河谷地为例 [J]. *中国科学: 地球科学*, 41(11): 1658–1669. [Huang C C, Pang J L, Zha X C, et al. 2011. Prehistorical floods in the Guanzhong Basin in the Yellow River drainage area: A case study along the Qishuihe River Valley over the Zhouyuan Loess Tableland [J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 41(11): 1658–1669. ]
- 李晓刚, 黄春长, 庞奖励, 等. 2009. 关中西部漳水河全新世古洪水水平流沉积地层研究 [J]. *地层学杂志*, 33(2): 198–205. [Li X G, Huang C C, Pang J L, et al. 2009. Stratigraphy of Holocene palaeoflood slack-water deposits in the Weishui river valley of the western Guanzhong Basin [J]. *Journal of Stratigraphy*, 33(2): 198–205. ]
- 李晓刚, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012. 汉江上游白河段万年尺度洪水水文学研究 [J]. *地理科学*, (8): 971–978. [Li X G, Huang C C, Pang J L, et al. 2012. Palaeoflood Hydrological Study in the Baihe Reach in the Upper Reaches of the Hanjiang River [J]. *Scientia Geographica Sinica*, (8): 971–978. ]
- 李瑜琴, 黄春长, 查小春, 等. 2009. 泾河中游龙山文化晚期特大洪水水文学研究 [J]. *地理学报*, (5): 541–552. [Li Y Q, Huang C C, Zha X C, et al. 2009. Palaeoflood occurrence in the late period of the Longshan culture in the middle reaches of Jinghe River [J]. *Scientia Geographica Sinica*, (5): 541–552. ]
- 刘晓清, 赵景波, 于学峰, 等. 2007. 清代泾河中游地区洪涝灾害研究 [J]. *地理科学*, 27(3): 445–448. [Liu X Q, Zhao J B, Yu X F, et al. 2007. Flood Hazards in the Mid-reaches of Jinghe River during Qing Dynasty [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 27(3): 445–448. ]
- 卢敬华, 李国平, 薛 升. 2002. 长江黄河流域上中下游汛期重旱涝的气候特征 [J]. *热带气象学报*, (3): 262–268. [Lu J H, Li G P, Xue S. 2002. Climate characteristics about heavy drought and flood in upper, middle and lower reaches of Yangtze and Yellow river valley in flood season [J]. *Journal of Tropical meteorology*, (3): 262–268. ]
- 马 莉, 赵景波. 2010. 宋代关中平原洪涝灾害研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 22(10): 78–82. [Ma L, Zhao J B. 2010. The research on the flood disaster of Guanzhong in Song Dynasty [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 22(10): 78–82. ]
- 牛俊杰, 赵景波, 马 莉, 等. 2010. 西安北郊渭河河漫滩沉积与洪水事件 [J]. *地理研究*, 29(8): 1484–1492. [Niu J J, Zhao J B, Ma L, et al. 2010. The research on the sediment of floodplain and flood events of Weihe River at Xiangjiexiang in the northern suburbs of Xi'an [J]. *Geographical Research*, 29(8): 1484–1492. ]
- 任朝霞, 陆玉麒, 杨达源. 2010. 黑河流域近 2000 年的旱涝与降水量序列重建 [J]. *干旱区资源与环境*, (6): 91–95. [Reng Z X, Lu Y Q, Yang D Y. 2010. Drought and flood disasters and rebuilding of precipitation sequence in Heihe river basin in the past 2000 years [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, (6): 91–95. ]
- 史 威, 朱 诚, 焦 锋, 等. 2011. 长江上游玉溪地层 6567~6489 a BP 洪水频发事件的历史文献考证分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 20(2): 251–256. [Shi W, Zhu C, Jiao F, et al. 2011. Document analysis on frequent occurrence of the exceptional palaeoflood recorded by Yuxi stratum during ca. 6567~6489 a BP in the upper reaches of the Yangtze River [J]. *Resources and*

- Environment in the Yangtze Basin*, 20(2): 251–256. ]
- 王长燕, 赵景波, 郁耀闯. 2009. 公元1700—1949年渭南地区洪涝灾害特征分析[J]. *干旱区资源与环境*, 23(6): 54–57. [Wang C Y, Zhao J B, Yu Y C. 2009. Characteristics analysis of flood disasters in Weinan Region from 1700 to 1949 [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 23(6): 54–57. ]
- 王恒松, 黄春长, 周亚利, 等. 2012a. 渭河咸阳段全新世古洪水事件光释光测年研究[J]. *沉积学报*, 30(2): 346–355. [Wang H S, Huang C C, Zhou Y L, et al. 2012a. OSL dating of the palaeoflood events on the middle reaches of Weihe River [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 30(2): 346–355. ]
- 王恒松, 黄春长, 周亚利, 等. 2012b. 关中西部千河流域全新世古洪水事件光释光测年研究[J]. *中国科学: 地球科学*, 42(3): 390–401. [Wang H S, Huang C C, Zhou Y L, et al. 2012b. OSL dating of the Holocene paleoflood events on the Qianhe River in the Guanzhong Basin, China [J]. *Scientia Sinica (Terra)*, 42(3): 390–401. ]
- 王娟, 黄春长, 庞奖励, 等. 2011. 渭河下游全新世古洪水滞流沉积物研究[J]. *水土保持通报*, (5): 32–37. [Wang J, Huang C C, Pang J L, et al. 2011. Holocene palaeoflood slack-water deposit in low reaches of Weihe River [J]. *Bulletin of soil and water conservation*, (5): 32–37. ]
- 王龙升, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012. 汉江上游旬阳段古洪水水文学研究[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, (1): 88–93. [Wang L S, Huang C C, Pang J L, et al. 2012. Palaeoflood hydrological study in the Xunyang reach in the upper reaches of the Hanjiang River [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, (1): 88–93. ]
- 王敏杰, 郑洪波, 谢昕, 等. 2010. 长江流域600年来古洪水: 水下三角洲沉积与历史记录对比[J]. *科学通报*, (34): 3320–3327. [Wang M J, Zheng H B, Xie X, et al. 2010. A 600-year flood history in the Yangtze River drainage: Comparison between a subaqueous delta and historical records [J]. *Chinese Science Bulletin*, (34): 3320–3327. ]
- 王夏青, 黄春长, 庞奖励, 等. 2011. 北洛河宜君段全新世古洪水滞流沉积层研究[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 31(6): 137–146. [Wang X Q, Huang C C, Pang J L, et al. 2011. Holocene palaeoflood slack-water deposit at the Yijun reach of the Beiluohe river [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 31(6): 137–146. ]
- 吴立. 2013. 江汉平原中全新世古洪水事件环境考古研究[D]. 南京: 南京大学. [Wu L. 2013. Environmental archaeology of the Mid-Holocene palaeofloods in the Jiangnan Plain, Central China [D]. Nanjing: Nanjing University. ]
- 吴庆龙, 张培震, 张会平, 等. 2009. 黄河上游积石峡古地震堰塞溃决事件与喇家遗址异常古洪水灾害[J]. *中国科学D辑: 地球科学*, 39(8): 1148–1159. [Wu Q L, Zhang P Z, Zhang H P, et al. 2009. A palaeo-earthquake induced damming and bursting of Yellow River and the abnormal flood that destroyed Lajia relic [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 39(8): 1148–1159. ]
- 夏正楷, 王赞红, 赵青春. 2003. 我国中原地区3500 a BP前后的异常洪水事件及其气候背景[J]. *中国科学(D辑)*, 33(9): 881–888. [Xia Z K, Wang Z H, Zhao Q C. 2003. The abnormality flooding events happened in China's central plains during 3500 a BP and its climate background [J]. *Science in China (Series D)*, 33(9): 881–888. ]
- 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 2007. 江汉平原近3000年来古洪水事件的沉积记录[J]. *地理科学*, 27(1): 81–84. [Xie Y Y, Li C A, Wang Q L. 2007. Sedimentary records of palaeoflood events during the last 3000 years in Jiangnan Plain [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 27(1): 81–84. ]
- 谢悦波, 王井泉, 李里. 1998. 2360 a BP古洪水对小浪底设计洪水的作用[J]. *水文*, (6): 18–23. [Xie Y B, Wang J Q, Li L. 1998. Effects of 2360 a BP palaeoflood in the Yellow River on the design flood of the Xiaolangdi project [J]. *Hydrology*, (6): 18–23. ]
- 许洁, 黄春长, 庞奖励, 等. 2013. 汉江上游安康东段全新世古洪水沉积学与水文学研究[J]. *湖泊科学*, (3): 445–454. [Xu J, Huang C C, Pang J L, et al. 2013. Sedimentological and Hydrological studies of the palaeoflood events in the Ankang east section in the upper reaches of the Hanjiang River [J]. *Journal of Lake Science*, (3): 445–454. ]
- 杨晓燕, 夏正楷, 崔之久, 等. 2005. 黄河上游全新世特大洪水及其沉积特征[J]. *第四纪研究*, 25(1): 80–85. [Yang X Y, Xia Z K, Cui Z J, et al. 2005. Holocene extreme floods and its sedimentary characteristic in the upper reaches of the Yellow River [J]. *Quaternary Science*,



- 25(1): 80–85. ]
- 阴雷鹏, 赵景波. 2008. 明代泾河流域洪涝灾害研究 [J]. 干旱区资源与环境, (8): 56–60. [Yin L P, Zhao J B. 2008. The research on the flood disaster of Jinghe River Basin in Ming Dynasty [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, (8): 56–60. ]
- 殷淑燕, 黄春长, 查小春. 2012. 论极端性洪水灾害与全球气候变化——以汉江和渭河洪水灾害为例 [J]. 自然灾害学报, 21(5): 41–48. [Yin S Y, Huang C C, Zha X C. 2012. On extreme flood disasters and global climate change: a case study of flooding of Hanjiang River and Weihe River [J]. *Journal of Nature Disaster*, 21(5): 41–48. ]
- 展望, 杨守业, 刘晓理, 等. 2010. 长江下游近代洪水事件重建的新证据 [J]. 科学通报, (19): 1908–1913. [Zhan W, Yang S Y, Liu X L, et al. 2010. Reconstruction of flood events over the last 150 years in the lower Changjiang River Reaches [J]. *Chinese Science Bulletin*, (19): 1908–1913. ]
- 张冲, 赵景波, 张淑源. 2011. 渭河流域汉代洪涝灾害研究 [J]. 地理科学, (9): 1151–1156. [Zhang C, Zhao J B, Zhang S Y. 2011. Flood disaster of Weihe River Valley in Han Dynasty [J]. *Scientia Geographica Sinica*, (9): 1151–1156. ]
- 张德二, 陆龙骅. 2011. 历史极端雨涝事件研究 1823 年我国东部大范围雨涝 [J]. 第四纪研究, 31(1): 29–35. [Zhang D E, Lu L H. 2011. Study of the lager extent flooding over eastern China in 1823 as one of extreme climatic events in history [J]. *Quaternary Science*, 31(1): 29–35. ]
- 张强, 杨达源, 施雅风, 等. 2004. 川江中坝遗址 5000 年来洪水事件研究 [J]. 地理科学, (6): 715–720. [Zhang Q, Yang D Y, Shi Y F, et al. 2004. Flood events since 5000 a BP. Recorded in natural sediments of Zhongba Site, Chuanjiang River [J]. *Scientia Geographica Sinica*, (6): 715–720. ]
- 张信宝, 温仲明, 冯明义, 等. 2007. 应用  $^{137}\text{Cs}$  示踪技术破译黄土丘陵区小流域坝库沉积赋存的产沙记录 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 37(3): 405–410. [Zhang X B, Wen Z M, Feng M Y, et al. 2007. Use of caesium-137 to decode loess sediment yield of small watershed dam base deposit occurrence [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 37(3): 405–410. ]
- 张玉柱, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012. 泾河下游全新世古洪水滞流沉积物研究 [J]. 土壤通报, (3): 521–528. [Zhang Y Z, Huang C C, Pang J L, et al. 2012. Sedimentary studies of the Holocene slack-water deposits in the low reaches of the Jinghe River [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, (3): 521–528. ]
- 赵景波, 顾静, 邵天杰. 2009a. 唐代渭河流域与泾河流域涝灾研究 [J]. 自然灾害学报, (2): 50–55. [Zhao J B, Gu J, Shao T J. 2009a. Flood and waterlogging disaster in Weihe River and Jinghe River basins in Tang Dynasty [J]. *Journal of Nature Disasters*, (2): 50–55. ]
- 赵景波, 龙腾文, 陈颖. 2010a. 渭河关中段近 400 a 来洪涝灾害变化研究 [J]. 水土保持通报, (2): 5–8. [Zhao J B, Long T W, Chen Y. 2010b. Scale and temporal properties of flood sequence of Guanzhong Reach of Weihe River during the last 400 years [J]. *Bulletin of Soil and Water Conversation*, (2): 5–8. ]
- 赵景波, 王长燕. 2009b. 兰州黄河高漫滩沉积与洪水变化研究 [J]. 地理科学, (3): 409–414. [Zhao J B, Wang C Y. 2009b. Deposits on high flood plain and flood evolution of Huanghe River in Lanzhou [J]. *Scientia Geographica sinica*, (3): 409–414. ]
- 赵景波, 王长燕, 周旗, 等. 2010b. 兰州市黄河近代漫滩沉积与洪水事件研究 [J]. 陕西师范大学学报 (自然科学版), (2): 83–88. [Zhao J B, Wang C Y, Zhou Q, et al. 2010b. Study on recent deposits on flood plain and flood events of the Yellow River in Lanzhou city [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, (2): 83–88. ]
- 赵景波, 周晓红. 2005. 咸阳市近代渭河洪水演变研究 [J]. 陕西师范大学学报 (自然科学版), (2): 103–109. [Zhao J B, Zhou X H. 2005. Recent flood changes of Weihe River in Xianyang [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, (2): 103–109. ]
- 周亮, 黄春长, 周亚利, 等. 2013. 汉江上游郧县段全新世特大洪水事件光释光测年研究 [J]. 长江流域资源与环境, (4): 517–526. [Zhou L, Huang C C, Zhou Y L, et al. 2013. OSL dating of the palaeoflood events in the Yunxian reach of the upper Hanjiang River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze River Basin*, (4): 517–526. ]
- 周晓红, 赵景波. 2008. 关中地区 1500 年来洪水灾害与气候变化分析 [J]. 干旱地区农业研究, 26(2): 246–250. [Zhou X H, Zhao J B. 2008. Analyze is about relationship

- between flood disaster and climate change in Guangzhong region within 1500 years [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 26(2): 246–250. ]
- 朱 诚, 郑朝贵, 马春梅, 等. 2005. 长江三峡库区中坝遗址地层古洪水沉积判别研究 [J]. *科学通报*, 50(20): 2240–2250. [Zhu C, Zheng C G, Ma C M, et al. 2005. Identifying palaeoflood deposits archived in Zhongba Site, the Three Gorges reservoir region of the Yangtze River, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 50(20): 2240–2250. ]
- 朱向锋, 黄春长, 庞奖励, 等. 2010. 渭河天水峡谷全新世特大洪水水文学研究 [J]. *地理科学进展*, 29(7): 840–846. [Zhu X F, Huang C C, Pang J L, et al. 2010. Palaeohydrological studies of the Holocene extreme floods in the Tianshui gorges of the Weihe River [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 29(7): 840–846. ]
- Baker V R. 1987. Palaeoflood hydrology and extraordinary flood events [J]. *Journal of Hydrology*, 96(1–4): 79–99.
- Baker V R, Ely L L, Enzel Y, et al. 1995. Understanding India's rivers: late Quaternary palaeofloods, hazard assessment and global change [J]. *Memoirs-Geological Society of India*: 61–77.
- Baker V R. 2006. Palaeoflood hydrology in a global context [J]. *Catena*, 66(1–2): 161–168.
- Benito G, Sopena A, Sánchez-Moya Y, et al. 2003. Palaeoflood record of the Tagus River (central Spain) during the Late Pleistocene and Holocene [J]. *Quaternary Science Reviews*, 22(15): 1737–1756.
- Bond G, Kromer B, Beer J, et al. 2001. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene [J]. *Science*, 294(5549): 2130–2136.
- Huang C C, Pang J L, Zha X C, et al. 2011. Extraordinary floods related to the climatic event at 4200 a BP on the Qishuihe River, middle reaches of the Yellow River, China [J]. *Quaternary Science Reviews*, 30(10): 460–468.
- Reimer P J, Baillie M G L, Bard E, et al. 2007. IntCal 04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP [J]. *Radiocarbon*, 46(3): 1029–1058.
- Reimer P J, Bard E, Bayliss A, et al. 2013. IntCal 13 and MARINE 13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years cal BP [J]. *Radiocarbon*, 55(4): 1869–1887.
- Schiermeier Q. 2011. Increased flood risk linked to global warming [J]. *Nature*, 470(7334): 316–316.
- Steinhilber F, Abreu J A, Beer J, et al. 2012. 9400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16): 5967–5971.