

doi:10.7515/JEE201406003

黄土高原地区 1766—1950 年雨季开始时间及其对夏季风的响应

刘欢, 潘威

(陕西师范大学 西北历史环境与经济社会发展研究院, 西安 710062)

摘要: 利用黄河中游陕县站和永定河下游卢沟桥站逐日平均水位记录, 以首次涨水超过 0.64 m 作为汛期建立的标志, 在“侯”尺度下重建了黄河以及永定河汛期开始时间距平序列, 黄河中游序列开始于 1919 年, 永定河下游开始于 1912 年。研究时段内, 黄河中游平均入汛时间在 7 月 5—10 日、永定河在 7 月 16—20 日。相比黄河中游, 永定河入汛时间比较稳定, 汛期开始时间基本维持在 6 月底 7 月初, 而黄河中游波动非常大, 最早在 3 月份就入汛, 最晚在 10 月份才进入汛期。而二者的入汛时间距平序列都与夏季风强度序列成反相关关系, 即在夏季风强的阶段, 入汛时间偏晚; 夏季风弱的时候则偏早。结果表明: 夏季风的强度影响着我国南北雨季的开始时间, 夏季风强的年份, 我国南方地区雨季开始时间提前, 北方雨季开始时间推迟; 在夏季风弱的年份, 则相反。

关键词: 黄河; 永定河; 入汛; 水位; 黄土高原; 夏季风强度

中图分类号: P467 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2014)06-0378-07

The initial time of the rainy season on the Loess Plateau during 1766—1950 and its response to the summer monsoon

LIU Huan, PAN Wei

(Center of Historical Environment and Socio-Economic Development in Northwest China,
Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: In this study, we reconstructed the time series of flood season onset date anomalies under pentad scale. A water level rise of 0.64 m marks the beginning of a flood season. This daily average water level records are obtained for Shanxian in the middle reach of the Yellow River and Lugouqiao Bridge in the lower reaches of Yongding River. The records start respectively in 1919 and 1912 for the Yellow River and Yongding River. During the study periods, the flood season usually started between July 5 and July 10 in the middle reach of the Yellow River, and between July 16 and July 20 in the Yongding River. The starting date is found to be more stable in the Yongding River comparing to the middle reach of the Yellow River. This is due to the fact that the rainy season is very much regular in late June or early July in the lower reach of Yongding River. However, the rainy season in the middle reach of the Yellow River showed a great deal of fluctuation which is as early as in March and in October as the latest. Both the time series of flood season onset date anomalies are inversely correlation with the intensity series of summer monsoon. It means that when the summer monsoon is strong, the beginning time of flood season is early; and the initial time become late when the summer monsoon is weak. The results showed that the strength of summer monsoon have influence on the beginning time of rainy

收稿日期: 2014-10-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401223); 中国科学院科技基础性工作专项项目(2014FY210900)

通讯作者: 潘威, E-mail: panwei@snnu.edu.cn

season in north and south of China. When the summer monsoon is strong, the beginning time of rainy season in south of China is early what in north of China is late; When the summer monsoon is weak, it reverse.

Key words: Yellow River; Yongding River; onset of flood season; water level; Loess Plateau; summer monsoon intensity

联合国政府间气候变化委员会(IPCC)发表的第三次气候变化评估报告指出,20世纪北半球的温度增幅可能是过去1000年中最高的。该报告并指出区域变化不是孤立的,全球变化不是区域变化的简单集合,区域变化既可以认为是全球变化的区域表现,又可以认为是全球变化的区域响应(IPCC,2001)。黄土高原地区作为世界上黄土分布面积最大的地理单元,气温和降水都呈现出对全球气候变化的响应现象。姚玉璧等(2005)研究指出,20世纪后40年黄土高原地区气温呈增加趋势,而降水呈不断减少趋势。气温和降水的变化对这一地区脆弱的生态环境以及农业生产造成了很大的影响,了解这一地区气温和降水发生变化的影响因子,对黄土高原地区气候预测以及防灾减灾都有很好的指导作用。而夏季风作为影响我国东部季风区降雨的主要因素,其在黄土高原地区扮演着什么样的角色?影响机制又是怎样的?前人学者在这方面投入了大量的精力,以期能够有所收获。

1996年,赵汉光和张先恭(1996)即通过研究证明,夏季风的强度与夏季风雨带的位置之间有很好的对应关系。郭其蕴(1985,1988)、吕俊梅等(2004)以及李春和韩笑(2008)从不同角度对夏季风强度与我国夏季降雨量的关系进行了研究,最终都得出了同样的结论:即夏季风强时我国长江流域多雨,华北地区少雨;夏季风弱时相反。满志敏(2000)通过对光绪三年大旱的研究也证明,亚洲季风强度的变化是出现这次大旱的主要原因。这些研究都证明了夏季风强度变化与我国东部降雨之间存在着某种关系。而江志红等(2006)试图从东亚夏季风的推进过程中找出其对我国夏季降水的影响机制,从而得出在夏季风爆发早的年份,其北推比较快,华北地区雨季较长,降雨偏多。这些研究基本上把夏季风对我国东部季风区降雨的影响机制解释清楚,为后续的研究奠定了很好的基础。

但是这些研究并没有把夏季风雨带是如何从

长江流域推进到黄河流域,以及在此过程中对雨季开始时间产生影响的机制揭示清楚。而且这些研究主要集中于研究夏季风强度以及夏季风来临时间的早晚对我国降水多少的影响,尤其是对长江中下游梅雨期雨量以及雨期长短的影响,对于夏季风强度对黄土高原地区雨季开始时间的影响并没有很好的揭示说明。潘威等(2012a,2012b)利用清政府布设在黄河中游万锦滩和永定河下游卢沟桥上的水位志桩所载涨水时间,建立了1766—1911年黄河中游入汛时间序列和1761—1911年的永定河入汛时间序列,并对这两条河的入汛时间和夏季风强度的关系做了初步的揭示。本文在此基础上,利用民国时期的水文观测记录,把序列延长至1950年,覆盖了小冰期向现代暖期转换这一重要气候事件的时段。通过和夏季风强度序列进行比较,试图阐明黄土高原地区汛期开始时间和夏季风强度的对应关系及其影响机制。

1 资料与方法

1.1 资料简介

20世纪20年代前后,我国开始了近代科学的水文观测工作,陆续在各河上设立水文观测站,形成了大量的水文观测数据。1955年,黄河水利委员会把1919—1953年黄河流域各水文观测站的资料进行整理汇编,并予以刊印。文中所用的黄河中游陕县站(位于在今河南省三门峡市陕县老县城北门外)的水文资料即在此列。该站初设于1919年,我们从中获得陕县站1919—1950年32个年份的水位资料(黄河水利委员会,1955)。1956年,我国水利部水文局将华北区的水文资料公布出版。从中,我们得到永定河上的卢沟桥站1912—1949年38个年份的水文观测记录(中国水利部水文局,1956)。清朝时期已经陆续在境内多条河流上设立水位志桩,用以指示水位和防洪,并规定涨水高度大于0.64 m要奏报,这样就形成了大量的关于志桩水位的奏报档案(庄宏忠,

2012)。目前,这些奏报资料比较分散,前人已对这些志桩水位资料进行过系统的搜集整理研究工作。

依据清代水位志桩管理制度,单次涨水高度大于 0.64 m 才会启动奏报行为。单次涨水超过 0.64 m 对于黄土高原地区来说,意味着雨带已从

长江中下游地区北进到黄土高原地区,雨季开始。这样就可以把区域内河流首次涨水超过 0.64 m 的时间与雨季开始时间建立联系,即前者可以指代后者。将首次涨水超过 0.64 m 的日期(月/日)转换为“侯”尺度(月/侯),即 7 月 1 日作为 7/1,即 7 月的第 1 个侯,作为雨季开始的标志。

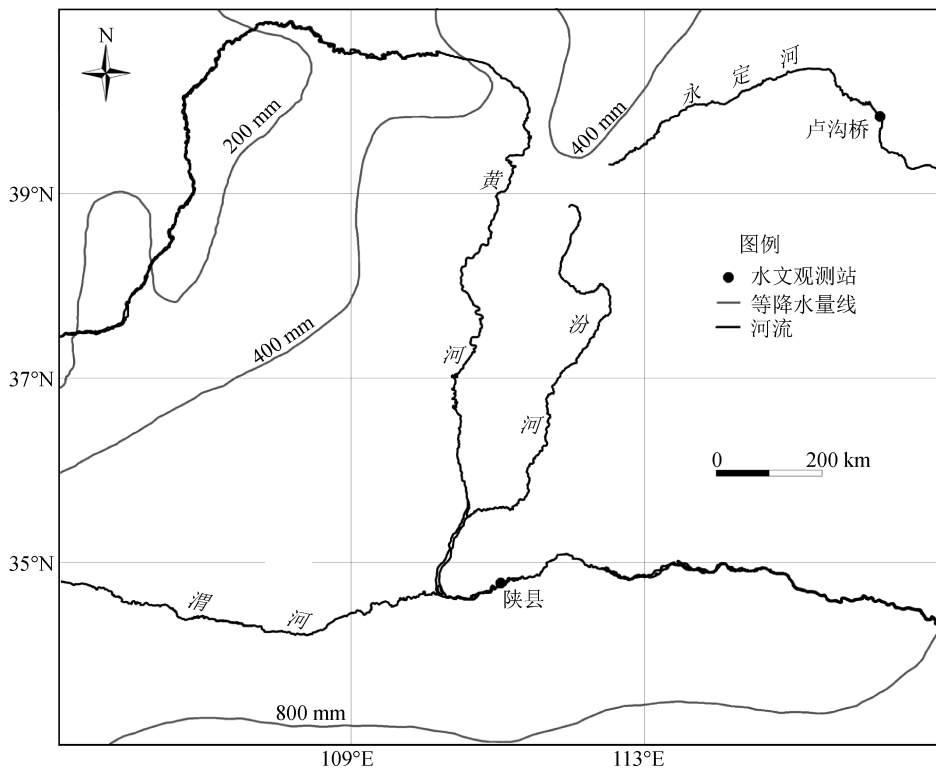


图 1 研究区概况
Fig.1 Survey of study area

1.2 资料的处理

本文把河流首次涨水超过 0.64 m 的日期作为汛期开始的标志,对得到的水文资料进行加工处理,这样建立起黄河中游入汛时间与永定河入汛时间序列,并与葛全胜等(2007)揭示的长江中下游梅雨带结束时间相对应发现,在长时间尺度上,长江中下游地区梅雨结束时间与这两条河流的入汛时间之间有很好的对应关系,即梅雨结束后,这两条河流进入汛期。这和夏季风雨带由长江流域向北方逐步推进的特征相符合。

黄河中游地区位于我国半干旱与半湿润地区,雨季有丰沛的降雨,加之黄河中游支流众多,流域面积广大,支流来水大量补给黄河水,因此黄河中游水量在中上游来水中占很大比例。陕县站位于黄河中游向下游过渡的地区,控制着黄河中

游的所有来水,卢沟桥站控制着永定河上游全部来水,两者结合起来控制着黄土高原地区的所有水网结构。因此,陕县站和卢沟桥站的汛期水位情况可以很好地反映黄土高原地区的降水情况,即黄河中游和永定河进入汛期时,黄土高原地区雨季开始。这样我们就可以认为,长江中下游地区梅雨结束时间与黄土高原地区雨季开始时间是相对应的,即长江中下游的梅雨结束,黄土高原地区雨季开始。

2 结果与分析

2.1 入汛时间的波动

潘威等(2012a, 2012b)根据清代布设在黄河上的水位志桩记录,以首次涨水超过 0.64 米作为汛期建立的标志,恢复了黄河中游三门峡(即陕县)

1766—1911 年 116 年的黄河主汛期开始时间序列以及永定河卢沟桥站 1736—1911 年以来 110 年的汛期开始时间序列。与本研究所用的资料不仅是关于同一站点水位的记录, 汛期建立标准也一致, 因此我们把两次研究得到的汛期建立时间结合起来, 依据黄河中游汛期开始时间多年平均值 7/2,

即 7 月 5—10 日, 以及永定河的 7/4, 即 7 月 16—20 日, 在候尺度下建立了研究时段内两条河流的汛期开始时间距平 (图 2)。并将其与郭其蕴等 (2003, 2004) 根据英国整理的海平面气压 SLP 记录和 NCEP 的 SLP 资料, 建立的 1873—2000 年东亚季风强度指数 I_{sm} 曲线进行比较。

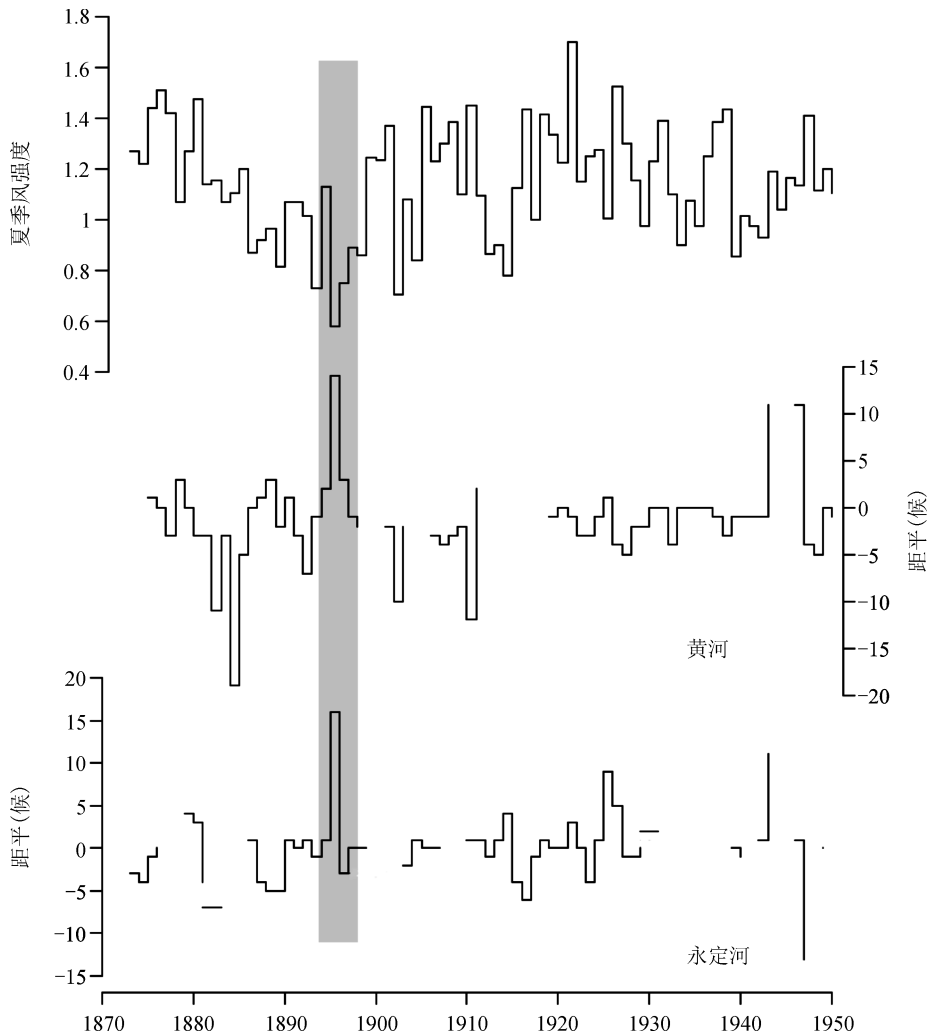


图 2 黄河中游、永定河入汛时间距平与夏季风强度
Fig.2 Time anomaly of flood season onset of the middle reaches of Yellow River and Yongding River

从图 2 中可以看出, 在研究时段内, 黄河中游的入汛时间变化非常大, 最早在 3 月份进入汛期, 最迟在 10 月份才入汛; 相比而言, 位于黄土高原东北部, 流域面积小很多的永定河, 入汛时间就比较平稳, 始终处于平均水平。总体上二者之间的变化趋势是一致的, 尤其是在一些入汛时间波动大的年份, 一致性更加明显。同时, 和夏季风强度曲线比较发现, 入汛时间和夏季风强度之间存在一些明显的反相关关系, 即夏季风强的时候,

两条河流进入汛期的时间普遍偏晚, 反之则早。因两条河流的入汛代表黄土高原地区进入汛期, 所以可以看出在夏季风强的年份, 黄土高原地区入汛时间推迟, 反之则提前。而且这种关系在入汛时间波动大和夏季风强弱变化明显的年份更加显著。

2.2 雨带推移

赵汉光和张先恭 (1996) 研究发现在夏季风来临早的年份, 当年夏季风强度以强为主; 反之

夏季风来临迟的年份,则当年夏季风强度以弱为主。反过来,我们就可以认为夏季风强的年份一般可以指示该年夏季风来临早;反之夏季风弱的年份可以指示该年夏季风来临迟。在上文的比较中我们已经发现,在夏季风强的年份,黄土高原地区雨季开始时间偏晚;夏季风弱的年份,黄土高原地区雨季开始时间偏早。也就是说,在夏季风强的年份,夏季风进入我国南方的时间比较早,而到达黄土高原地区比较晚。我们已经知道夏季风雨带是由长江流域向黄土高原地区推移的。那么,这一早一晚刚好揭示了雨带由长江流域向黄土高原地区推进的时间特征,揭示了长江流域入梅时间与黄土高原地区雨季开始时间上的对应性。

春季4月份,夏季风雨带在我国南方地区爆发后,首先进入长江流域,形成梅雨。7月中旬夏季风雨带继续北进到黄土高原地区,使黄土高原地区进入雨季。随后,从9月份开始,夏季风雨带开始南撤,我国雨季结束。在夏季风强的年份,夏季风雨带由南向北推移的速度比较快,长江流域入梅时间就会提前,而黄土高原地区雨季开始时间却比较晚,说明雨带在长江流域的时间比较长,梅雨结束时间晚,从而导致雨带继续北进的时间比较晚,黄土高原地区雨季开始时间推迟。夏季风弱的年份则相反,导致黄土高原地区雨季开始时间提前。这样,两者的结合证明了夏季风强的年份,我国南方地区进入雨季的时间普遍提前,而北方地区进入雨季的时间普遍推迟;反之,南方进入雨季的时间推迟,北方进入雨季的时间提前。

杨煜达等(2006)关于云南雨季开始时间的研究认为从18世纪初云南雨季开始期逐渐转向偏早,至19世纪开始后,雨季开始期逐渐转向偏迟,到1911年以后雨季开始期又开始转向偏早。永定河入汛时间比较稳定,但是从黄河中游入汛时间变化中可以看出,18世纪后期黄河中游入汛时间偏晚,至19世纪,入汛时间逐渐转向偏早,入汛时间最早的年份即出现在这一时期,到19世纪70年代,入汛时间又逐渐转向偏晚。由此可以看出,黄河中游入汛时间的变化与云南雨季开始时间的变化是相反的,也就再次证明了夏季风的强度变化,影响着我国南北方的雨季开始时间,使南北方雨季开始时间早晚变化相反。

2.3 华北雨季早晚与夏季风

光绪三年(1877年)和1928年黄土高原地区都曾出现大范围的干旱,但在雨季开始时间和夏季风强度上并没有很明显的关系。相反,从图2中可以看出1895年是研究时段内黄河中游与永定河入汛时间最早、夏季风强度最弱的一年,也就是说该年黄土高原地区雨季开始时间和夏季风强度之间反相关关系最明显,但是该年并没有发生重大旱涝事件。由此可以看出,黄土高原地区是否出现旱涝灾害,与降雨量多少之间并没有直接的联系,而是与发生降雨的时间有关,而黄土高原地区雨季开始时间和夏季风强度之间具有明显的反相关关系,由此可以推测,夏季风强度是影响我国黄土高原地区旱涝变化的主要因素。

黄土高原地区旱涝灾害的形成与发生降雨的时间之间有很大的关系,而降水的发生和充足的水汽是分不开的。满志敏(2000)和董安祥等(2014)的研究发现,光绪三年(1877年)和1928年,黄土高原地区出现旱灾的原因虽然是多方面的,但最主要的原因就是因为缺乏夏季风带来的暖湿气流。我国东部季风区的水汽的来源与夏季风雨带有很大关系。而副高北侧的冷暖气流交汇地带是我国东部地区重要的降水带,其西伸北进决定了我国哪些地区进入雨季。副高季节性北进过程中有两次跳跃过程,第一次跳跃决定了长江中下游地区入梅的时间,第二次北跳使长江中下游地区梅雨期结束,同时华北地区进入雨季(周淑贞等,1997)。因此,我国黄土高原地区雨季开始时间与副高的季节性西伸北进是分不开的。

3 结论

(1)流域面积覆盖黄土高原地区大部的黄河中游的入汛时间变化非常大,相比而言,黄土高原东北部的永定河入汛时间就比较稳定,基本处于平均水平。

(2)夏季风强度与我国不同地区进入汛期的时间有直接的联系。在夏季风强的年份,我国南方地区进入汛期的时间普遍提前,而北方地区进入汛期的时间普遍推迟;相反,在夏季风弱的年份,我国南方地区进入汛期的时间普遍推迟,而北方地区进入汛期的时间普遍提前。

(3)夏季风指数与雨季开始时间呈反相关关系,即夏季风强的年份,黄土高原地区雨季开始

时间推迟,夏季风弱的年份雨季开始时间提前。夏季风强度越大波动越大,反相关关系越明显。这一现象说明了夏季风强度的波动是导致黄土高原地区雨季开始时间产生波动的主要原因,而夏季风的强度变化又是和副高的季节性西伸北进分不开的。

参考文献

- 董安祥,王劲松,李忆平. 2014. 1928年黄河流域特大旱灾的灾情和成因研究[J]. *干旱区资源与环境*, 28(5): 151–157. [Dong A X, Wang J S, Li Y P. 2014. The disaster situation and reasons for the severe drought event of 1928 in Yellow river valley [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 28(5): 151–157.]
- 葛全胜,郭熙凤,郑景云,等. 2007. 1736年以来长江中下游梅雨变化[J]. *科学通报*, 52(23): 2792–2797. [Ge Q S, Guo X F, Zheng J Y, et al. 2007. The changing of meiyu over the middle-lower valley of the Yangtze River since AD 1736 [J]. *Chinese Science Bulletin*, 52(23): 2792–2797.]
- 郭其蕴. 1985. 东亚夏季风的变化与中国降水[J]. *热带气象*, 1(1): 44–52. [Guo Q Y. 1985. The variations of summer monsoon in East Asia and the rainfall over China [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 1(1): 44–52.]
- 郭其蕴,蔡静宁,邵雪梅,等. 2003. 东亚夏季风的年代际变率对中国气候的影响[J]. *地理学报*, 58(4): 569–576. [Guo Q Y, Cai J N, Shao X M, et al. 2003. Interdecadal variability of East-Asian summer monsoon and its impact on the climate of China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 58(4): 569–576.]
- 郭其蕴,蔡静宁,邵雪梅,等. 2004. 1873—2000年东亚夏季风变化的研究[J]. *大气科学*, 28(2): 206–215. [Guo Q Y, Cai J N, Shao X M, et al. 2004. Studies on the variations of East-Asian Summer Monsoon during AD 1873—2000 [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 28(2): 206–215.]
- 郭其蕴,王继琴. 1988. 中国与印度夏季风降水的比较研究[J]. *热带气象*, 4(1): 53–60. [Guo Q Y, Wang J Q. 1988. A comparative study on summer monsoon in China and India [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 4(1): 53–60.]
- 黄河水利委员会. 1955. 黄河流域水文资料(第一册)[G]. 郑州: 黄河水利委员会刊印. [Yellow River Conservancy Commission. 1955. Hydrologic data about Yellow River (Book 1) [G]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Commission published.]
- 江志红,何金梅,李建平,等. 2006. 东亚夏季风推进过程的气候特征及其年代际变化[J]. *地理学报*, 61(7): 675–686. [Jiang Z H, He J M, Li J P, et al. 2006. Northerly advancement characteristics of the East Asian summer monsoon with its interdecadal variations [J]. *Acta Geographica Sinica*, 61(7): 675–686.]
- 李春,韩笑. 2008. 东亚夏季风北界与我国夏季降水关系的研究[J]. *高原气象*, 27(2): 325–330. [Li C, Han X. 2008. Relationship of northern boundary of East Asian summer monsoon and summer precipitation in eastern part of China [J]. *Plateau Meteorology*, 27(2): 325–330.]
- 吕俊梅,任菊章,琚建华. 2004. 东亚夏季风的年代际变化对中国降水的影响[J]. *热带气象学报*, 20(1): 73–80. [Lv J M, Ren J Z, Ju J H. 2004. The inter decadal variability of East Asia Monsoon and its effect on the rainfall over China [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 20(1): 73–80.]
- 满志敏. 2000. 光绪三年北方大旱的气候背景[J]. *复旦学报(社会科学版)*, (6): 28–35. [Man Z M. 2000. Climatic background of the severe drought in 1877 [J]. *Fudan Journal (Social Sciences)*, (6): 28–35.]
- 潘威,刘楠,庄宏忠. 2012a. 1766—1911年黄河中游汛期建立时间研究[J]. *干旱区资源与环境*, 26(5): 41–45. [Pan W, Liu N, Zhuang H Z. 2012a. Study on the beginning time of flood season in the middle reaches of Yellow River, 1766—1911 [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 26(5): 41–45.]
- 潘威,满志敏,庄宏忠,等. 2012b. 清代黄河中游、沁河和永定河入汛时间与夏季风强度[J]. *水科学进展*, 23(5): 616–620. [Pan W, Man Z M, Zhuang H Z, et al. 2012b. Onset of flood season in the middle reach of Yellow River, Qinhe River and Yongding River and summer monsoon strength in the Qing Dynasty [J]. *Advances in Water Science*, 23(5): 616–620.]
- 杨煜达,满志敏,郑景云. 2006. 清代云南雨季早晚序列的重建与夏季风变迁[J]. *地理学报*, 61(7): 705–712. [Yang Y D, Man Z M, Zheng J Y. 2006. Reconstruction of series in later or earlier starting date of rainy season in

- Yunnan province and evolvement of Summer Monsoon in Qing Period [J]. *Acta Geographica Sinica*, 61(7): 705–712.]
- 姚玉璧, 李耀辉, 王毅荣, 等. 2005. 黄土高原气候与气候生产力对全球气候变化的响应 [J]. *干旱地区农业研究*, 23(2): 202–208. [Yao Y B, Li Y H, Wang Y R, et al. 2005. Effects of the climate and climatic productivity in the Loess Plateau of China on global climate change [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 23(2): 202–208.]
- 赵汉光, 张先恭. 1996. 东亚季风和我国夏季雨带的关系 [J]. *气象*, 22(4): 8–12. [Zhao H G, Zhang X G. 1996. The relationship between the summer rain belt in China and the East Asia monsoon [J]. *Meteorological Monthly*, 22(4): 8–12.]
- 中国水利部水文局. 1956. 华北区水文资料 (第一册、第五册) [G]. 北京: 中国水利部水文局印. [China's Ministry of Water Resources Hydrographic Bureau. 1956. Hydrologic data of North China (Book 1 and 5) [G]. Beijing: China's Ministry of Water Resources Hydrographic Bureau.]
- 周淑贞, 张如一, 张超. 1997. 气象学与气候学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 139–142. [Zhou S Z, Zhang R Y, Zhang C. 1997. Meteorology and Climatology [M]. Beijing: Higher Education Press, 139–142.]
- 庄宏忠. 2012. 清代黄淮流域志桩水报运作研究 [D]. 西安: 陕西师范大学. [Zhuang H Z. 2012. Study on operation of the flood warning by water gauge stations in Huai River valley and Yellow River valley in Qing Dynasty [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University.]
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the inter government panel on climate change [R]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 769.
- (上接 377 页)
- 张德二. 2004. 中国三千年气象记录总集 [M]. 南京: 凤凰出版社, 江苏教育出版社. [Zhang D E. 2004. A compendium of Chinese meteorological records of the last 3000 years [M]. Nanjing: Phoenix Publishing House, Jiangsu Education Publishing House.]
- 张向萍. 2011. 基于方志资料重建长江三角洲地区 1644—1949 年台风历史 [D]. 北京: 北京师范大学. [Zhang X P. 2011. Reconstructing of typhoon history from 1644 AD to 1949 AD in Yangtze River Delta area [D]. Beijing: Beijing Normal University.]
- 张向萍, 叶瑜, 方修琦. 2013. 公元 1644—1949 年长江三角洲地区历史台风频次序列重建 [J]. *古地理学报*, 15(2): 283–291. [Zhang X P, Ye Y, Fang X Q. 2013. Reconstructing series of historical typhoon frequency from 1644 AD to 1949 AD in Yangtze River Delta area [J]. *Journal of Palaeogeography*, 15(2): 283–291.]
- 张向萍, 叶瑜, 王辉. 2011. 从 1849 年长江中下游地区洪涝灾害记录谈整编方志资料的使用 [J]. *古地理学报*, 13(2): 229–235. [Zhang X P, Ye Y, Wang H. 2011. Discussion on application of chorographic compilations from flood disaster records in middle and lower reaches of the Yangtze River in 1849 [J]. *Journal of Palaeogeography*, 13(2): 229–235.]
- Liu K B, Shea C, Louie K S. 2001. A 1000-year history of typhoon landfalls in Guangdong southern China, reconstruction from Chinese historical documentary records [J]. *Annals of the Association of America Geography*, 91(3): 453–464.