

1766–1911 年黄河上中游 5–10 月降雨量重建

潘 威¹, 庄宏忠¹, 李卓仑²

(1. 陕西师范大学 西北历史环境与经济社会发展研究中心 GIS 实验室, 西安 710062;

2. 兰州大学 资源环境学院, 兰州 730000)

摘 要: 根据清代万锦滩水位志桩的伏秋汛期(5–10月)涨水水位记录, 建立了 1766–1911 年黄河三门峡断面径流量(m^3)序列, 再根据三门峡断面径流量与黄河上中游 10 站点面积加权降雨量关系, 重建了 1766–1911 年黄河上中游 5–10 月降雨量(mm)序列。该序列显示出 19 世纪中期之后研究区伏秋汛期降雨持续减少, 进入 20 世纪后有所回升。降雨量波动与根据江淮梅雨长度、SLP 记录等资料反映的夏季风强度变化基本对应; 小波分析则显示本区伏秋汛期降雨量存在明显的 50 a 周期; 在多年际尺度上与指征 ENSO 强度的 UEP 指数具有较明显的反相位关系, El-Niño 年降雨量放大, La-Niña 年则降雨量减小。

关键词: 黄河上中游; 降雨量; 汛期; 清代

中图分类号: P532 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2011)01-0285-06

Reconstruction of the precipitation(May–Oct) in the upper and middle reaches of the Yellow River(1766–1911)

PAN Wei¹, ZHUANG Hong-zhong¹, LI Zhuo-lun²

(1. Center for Historical Environment and Socio-Economic Development in Northwest China, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. College of Earth and Environmental Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Qing government set a water gauge station in Wanjintan, Henan Province in 1766, which is used to read the water levels during the flood season (May to October) of the Yellow River (the source-Sanmenxia reach). Based on the records of water level 1766–1911, the natural annual runoffs of the Yellow River (Sanmenxia) have been reconstructed. Rainfall is the most important resource of runoffs. In this paper, the precipitation (May–October) of 10 stations along the upper and middle reaches of the Yellow River decreased since 1850s, summer monsoon strength and subtropical high pressure position lead to precipitation changing, and the wavelet analysis show there is 50 a cycle in the precipitation changing. The precipitation and UEP is anti-related on the years scale.

Key words: the upper & middle reaches of the Yellow River; precipitation; flood season; Qing Dynasty

高分辨率气候序列的重建是国际全球变化研究核心计划“PAGES”(过去全球变化)和“CLIVAR”(气候变率与可预报性)的主要内容(Eddy J A, 1992; Duplessy and Overpeck, 1994)。近 10 年来利用中国历史文献特别是清代档案进行气候变化过程重建已经拥有了相当多的成功案例, 其中葛全胜、郑景云和郝志新等对“雨雪分寸”等高分辨率资料的使用取得了重大突破(郝志新等, 2003; 郑景云等, 2004, 2005; 葛全胜等, 2007), 已经建

立了近 300 年来的长江下游梅雨活动序列和黄河中下游逐年降水量等基础性气候变化序列(郑景云等, 2005; 葛全胜等, 2007)。由于“雨雪分寸”记录在空间上差别较大, 华北、长江中下游记录在数量、连续性、完整性方面较好, 而黄河上中游地区普遍较差, 导致本区域的高分辨率降雨量重建工作仍需要进一步挖掘清代档案, 因此极有必要进一步探讨清代档案中所保留的其他高分辨率环境记录。

黄河上中游基本属于暖温带半湿润一半干旱气

收稿日期: 2010-12-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973 计划)项目(2010CB950100); 中国博士后科学基金项目(20090461280); 陕西师范大学人文社会科学基金项目(09SYB06)

通讯作者: 庄宏忠, E-mail: shasha1413@163.com

候, 降雨季节性强且变率较大, 其中 5–10 月是黄河中游的降雨集中期, 由此造成中游年径流量达到全年水量的 60%~70%, 此时是黄河中下游洪涝灾害的高发期, 称为伏秋汛期。通过黄河径流量的变化可以反演出当时的降雨量波动, 清政府分别于 1709 年和 1766 年在今青铜峡(硃口)和三门峡(万锦滩)设立水位志桩, 用以读取汛期黄河的水位高度。由于本区“雨雪分寸”记录相对长江中下游和华北地区较差, 志桩水位资料成为推算清代黄河中游伏秋汛期降雨量的另一重要资料。本研究基于 1766–1911 年的志桩水位数据重建了伏秋汛期三门峡断面的径流量, 在此基础上重建了黄河中游面平均降雨量序列, 并分析了降雨量变化的周期性及其对冷暖波动、ENSO 等环境背景的响应。

1 资料来源与处理

1.1 清代黄河水位志桩

清政府从康熙二十三年(1684 年)开始, 陆续在黄河两岸设立了一系列水位志桩, 《豫河续志》记载的清代水位志桩形制为“用木削作方形, 四面高下不等, 每隔一尺刻横纹十道, 间道涂以红墨色, 每道为一寸, 长短式样不一, 有四丈五尺, 三丈五尺, 二丈五尺, 一丈五尺至数尺不等, 出水者刻作横纹, 以验水之长落, 入水者则不刻横纹矣”。目前已经从清代文献中梳理出 7 处黄河水位志桩, 图 1 是其分布情况及本文研究区域。其中万锦滩志桩自 1766 年开始正式运作, “河南省陕州城外万锦滩, 巩县城北洛口, 黄沁同知所属沁水, 每处各立水志, 自桃汛起至霜降止, 逐日查报水势长落尺寸”(清高宗实录卷 740), 按清政府规定, 志桩必须记录自

春季“桃汛”直到晚秋“霜降”(4 月初至 10 月底)的涨水水位数据, 但实际记录中, “桃汛”期的水位记录连续性较差, 难以形成逐年序列。

1.2 资料

1.2.1 资料来源

本文主要依据《黄河万锦滩、硃口、沁河木柵店和伊洛河巩县清代历史洪水水情摘录》(中国水利水电科学研究院水文研究所水利史研究室, 1985)、《清代黄河流域洪涝档案史料》(水利电力部水管司科技司等, 1993)、《行水金鉴》(傅洪泽, 1936)、《续行水金鉴》(黎世序, 1936)、《清实录》(中国第一历史档案馆, 2008)等文献, 整理出了 1766–1911 年硃口、万锦滩伏秋汛期涨水水位记录, 按 1 营造尺合 0.32 m 进行单位换算。万锦滩志桩数据可以分为分次报涨和累计报涨 2 类。前者为首次报涨以志桩零点起报, 后一次报涨均以前一次报涨尺寸为起点, 逐次报涨, 如乾隆五十三年七月初六河南巡抚毕沅奏“陕州呈报, 万锦滩黄河六月十三日陡长水三尺, 十六日复长水一尺五寸, 十八日复长水二尺”; 后者为每次报涨均以志桩刻迹零点起报, 前一次报涨尺寸均被包含在后一次奏报中, 如乾隆三十一年八月二十八日河南按察使何焯奏“豫省黄河水势, 续因八月初间……陕州万锦滩陆续报涨水一丈二尺余寸”。

1.2.2 径流量计算方法

根据近现代水文观测资料, 三门峡断面径流量上游来水经调蓄后演进至三门峡仅是汛期基流, 河口镇—三门峡区间(以下简称河—三区间)伏秋汛期暴雨和秋雨是洪峰形成的主要原因。但 1960 年 9

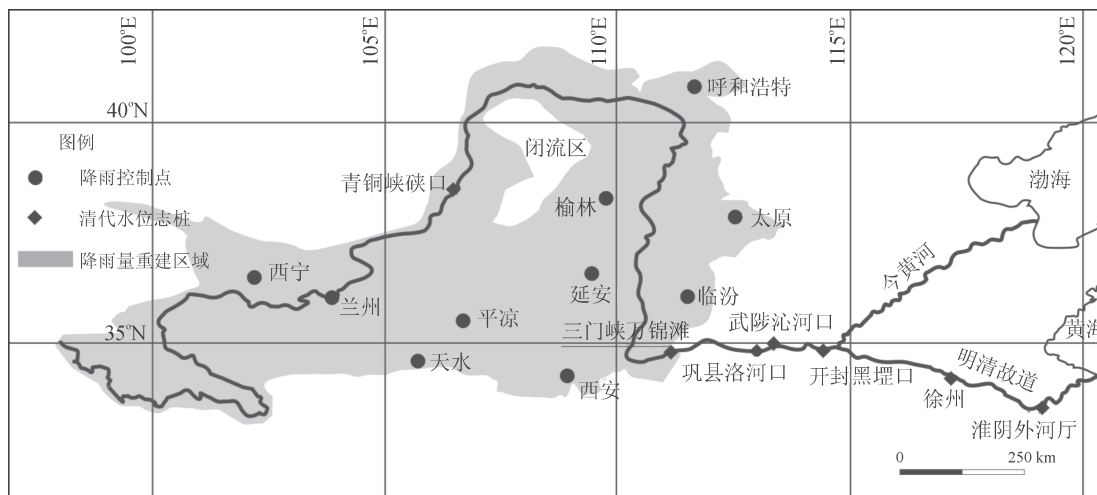


图 1 清代黄河水位志桩分布及研究区
Fig.1 Water levels distribution (1709–1912) and study area

月三门峡水利工程竣工后迅速导致黄河龙门—潼关段和渭河下游发生显著溯源淤积(中国科学院地理研究所渭河研究组, 1983), 本处原有水沙环境受到极大扰动, 因此近 50 年的水文数据并不能作为反推清代情况的依据。

1919 年陕县建立了近代水文站, 高治定等(2002)通过历史文献记录及实地考察确认其所在位置与万锦滩基本一致。利用其记录的汛期水位(m)和径流量(m^3)可以构建两者之间的线性关系, 由此可以将选取三门峡建库前陕县水文站的 16 年记录作为推算两者线性关系的依据。将陕县断面汛期涨水高度和径流量(10^8 m^3)建立相关关系(图 2), 部分数据点偏移是由于河口—三门峡区间因伏汛期暴雨导致的洪峰具有“高度大, 流量小”的特点, 但总体拟合情况尚好, 据此可以反推研究时段内陕县断面的径流量。

1.2.3 上中游降雨量求算方法

伏秋汛期三门峡断面径流量的变化是此时黄河上中游降雨量波动的结果。由于 1951 年前三门峡以上气象站稀少, 民国时期仅西安、太原等地建有较为正规的气象站, 且记录不连续, 不能支持求算区域性降雨量。故使用 1951 年黄河流域三门峡以上的 10 个雨量站, 即西宁、兰州、呼和浩特、榆林、延安、天水、平凉、西安、太原、临汾 5–10 月降雨量。穆兴民等(2003)采用面积加权方法建立了 10 个站点的面雨量与三门峡断面径流量的关系, 见公式(1), 两者相关系数 $r=0.85$ 。需要说明的是, 受制于历史文献记录特征, 本研究中尚无法进一步区分研究区内部降雨量的空间差异。

$$Y=1.45X-144.00 \quad (1)$$

Y =黄河上中游 10 站点面积加权降雨量; X =三门峡断面径流量。

2 分析

2.1 阶段性特征

根据以上步骤得出 1766–1911 年 5–10 月黄河上中游的逐年降雨量(mm)(图 3), 从总体趋势上看, 1820s 中期至 1860s 中期是黄河上中游地区伏秋汛期降雨最为丰沛的时段, 而 1860s–1900s 则成为本区清代最为干旱的时段, 伏秋汛期降雨量平均不足 550 mm, 与此前半个世纪左右汛期的充沛降雨形成鲜明反差, 1910s 后, 夏秋季降雨才又重新活跃。这一波动变化在历史文献中得到了较好的支持, 甘肃、陕西、山西的黄河上中游流域在 1841–1853 年基本上皆连年出现涝灾, 其中 1841 年和 1849–1850 年的大涝皆对应了渭河流域的大范围水灾, 清政府也在这 3 年中多次发布上谕, 主要内容皆是鉴于甘肃出现的水灾而豁免当地赋税; 在 1859–1881 年每年皆有较大范围的旱情, 有些年份虽未成灾, 但在地方官员奏报中却有“雨泽延期”、“稍显亢旱”导致农业歉收或不能及时播种的记载(袁林, 1994)。而 1877–1878 年本区大旱造成的“丁戊奇荒”是本区域于 19 世纪中期开始的伏秋汛期降雨量持续减少的后果。

小波分析则指出本区降雨波动具有明显的 50 a 周期(图 4)。在伏秋汛期降雨最为丰沛的 19 世纪前期, 6–8 a 周期也表现得较为明显; 1860s 中期至 1900s 初出现了 20–30 a 周期, 进入 20 世纪后这一周期便消失了。

2.2 环流背景

本区属季风边缘过渡区, 对东亚夏季风的逐年波动非常敏感。东南季风强度与长江中下游梅雨期长度呈显著负相关, 葛全胜等 2007 年根据清代“雨分寸”记录重建的 1736–1911 年的梅雨长度序列, 指出东南夏季风在 1820–1860s、1870–1910s 分别表

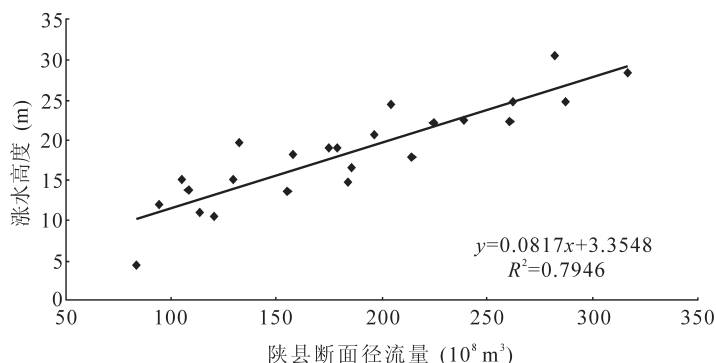


图 2 民国时期陕县水文站伏秋汛期涨水高度与陕县断面径流量
Fig.2 Water link to the runoff in Shanxian(Sanmenxia) during 1919–1937

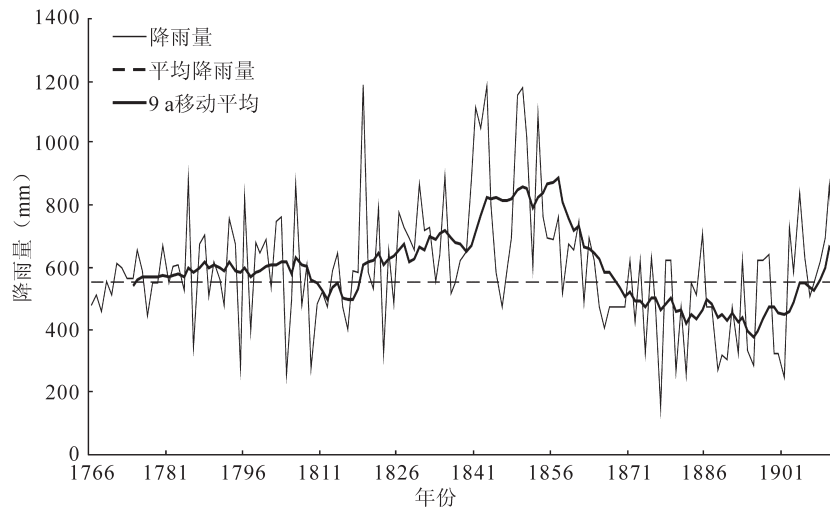


图3 1766–1911年黄河上中游流域降雨量

Fig.3 The precipitation (May–Oct) in the upper and middle reaches of the Yellow River (1766–1911)

现为偏强和偏弱,与本研究重建的降雨量多 s 际 /s 际波动情况基本一致。郭其蕴等(2004)根据英国整理的海平面气压 SLP 记录建立了 1873–1911 年东亚季风强度指数 Ism,也指出 1881–1910 年东亚夏季风偏弱,与黄河上中游地区伏秋汛期雨量偏少基本对应。在年尺度上 Ism 与本研究所重建的降雨量不完全对应,图 5(a)表现出某些年份甚至呈反相位,此现象可能与这些年份的副高强度和位置有关,郭其蕴等(2003)考察了不同夏季风和副高强度、位置背景下的中国降雨情况认为,夏季风偏弱年若副高强度弱且位置偏东,则黄河中游的北部往往因中纬度西风带影响出现降雨量增多的情况;而夏季风强年,副高若偏弱且偏东,也可能造成黄河流域降雨减少。

1910s 北半球和中国迅速转暖(王绍武, 1994),CCM 气候模拟实验揭示了近百年来存在着暖期,亚洲南部季风加强的特点(Prell and

Kutzbach, 1987)。虽然 Ism 显示 1910s 夏季风仍旧偏弱,但加强的趋势较为明显,夏季风在上世纪初期的逐渐活跃可能是 1910s 研究区夏秋降雨量增大的主要原因。

2.3 降雨量与 ENSO

ENSO 是气候的外强迫因子(Allan, 2000),为进一步讨论本区伏秋汛期降雨量与 ENSO 事件的关系,本研究选取 McGregor et al (2010)年建立的 Unified ENSO Proxy(UEP)与本研究降雨量进行比较,结果发现研究区夏秋季降雨量波动与 ENSO 强度在多年尺度上震荡相位基本相反,1880s–1900s 最为明显,表明在多年尺度上 El-Niño 和 La-Niña 年分别对应了夏秋季节降雨的增多与减少,这一结论与延军平和黄春长(1998)对陕西近 50 年来降雨量变化及其与 ENSO 事件的统计结果相一致,表明 ENSO 对研究区降雨量的影响可能具有空间上的普遍性。

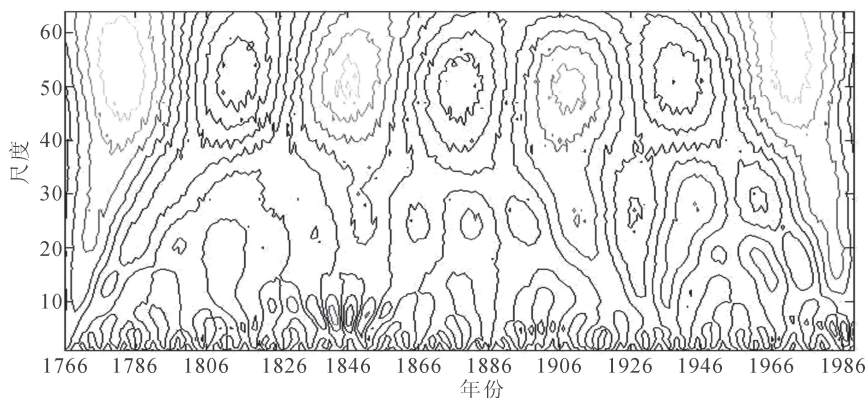


图4 小波分析结果

Fig.4 Result of wavelet analysis

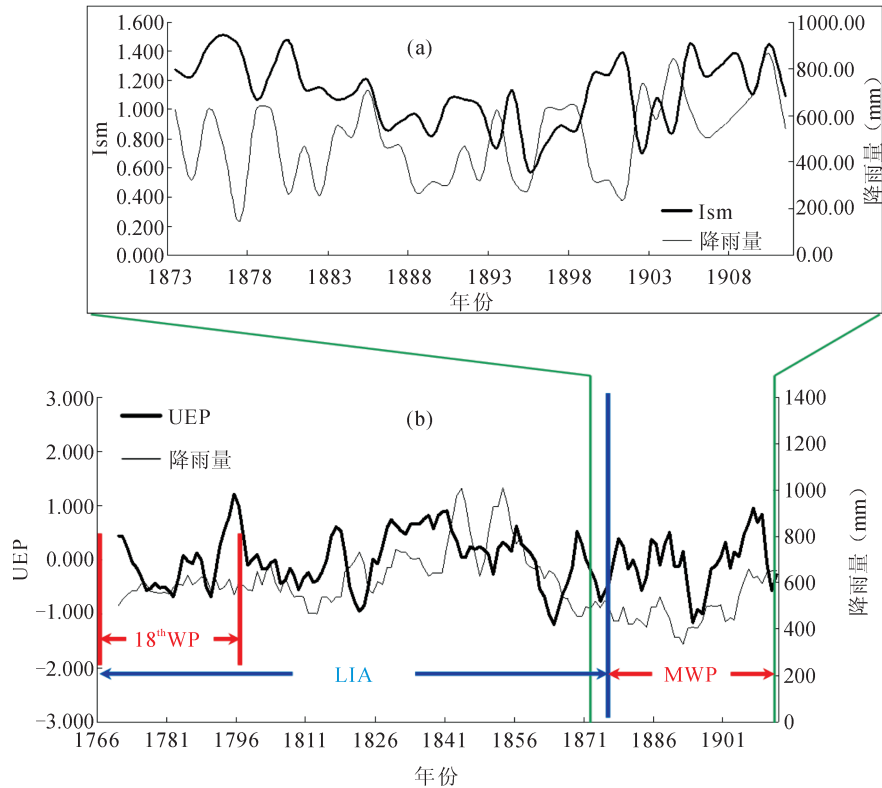


图 5 降雨量与 Ism、ENSO 现象 (a. 降雨量与 Ism 比较; b. 降雨量与 UEP 的 5 a 移动平均)
Fig.5 The precipitation link to Ism and UEPa. precipitation link to Ism; b. precipitation link to UEP

3 结论与讨论

(1) 通过黄河三门峡断面伏秋汛期径流量反演的黄河上中游流域夏秋季节降雨量表明, 1766–1911 年黄河上中游 5–10 月降雨量波动具有较明显的 50 a 周期, 1830–1850s 还具有 6~8 a 周期, 1860s 中期至 1900s 初出现了 20~30 a 周期。

(2) 与 UEP 对比发现, 降雨量与 ENSO 强度的反相位关系较为明显, 在多年际尺度上表现的较为清晰, 特别是 1880s 后的 30 年间, 这一现象表现的更为明显。在 El-Niño 和 La-Niña 年, 研究区夏秋季节降雨量分别有减少和增多的现象, 但 1820s 后期却呈现了比较异常的正相位关系。

(3) 研究区降雨量主要受夏季风强度变化的影响, 逐年变化还受到较为明显的副高强度和位置影响。19 世纪中期之后中国夏季风的强度在减弱, 而此时黄河上中游流域的夏秋季节降雨明显减弱, 进入了长达 40 年左右的相对干旱时期。“丁戊奇荒”做为中国近 300 年来最为严重的干旱灾害 (郝志新等, 2010), 除了对应于 1876 年为 El-Niño 异常强年之外, 也是 19 世纪中期之后本区气候持续转干的后果。

(4) 据图 5 可以发现, 研究区夏秋季降雨大

致在 LIA 与 MWP 过渡时期开始转弱, 在 20 世纪初期有所回升。LIA 中的 18 世纪暖期在 1730s 后开始减弱, 至 18 世纪末暖期结束 (张德二和王宝贵, 1990), 1766 至 1800 年研究区夏秋雨量与近 50 年水平大致相当, 而 18 世纪暖期与 MWP 之间的 1810–1860s 是一个相对寒冷的时期 (施雅风等, 1999; 杨保, 2001), 但同时也是研究时段内降雨最为丰沛的时期, 也是夏季风强度较大的时段, 这似乎与 Prell and Kutzbach (1987) 的研究相背。本研究尚不能就此现象给出较好的解释, 因此本区气候对不同尺度冷 / 暖期的响应方式仍有待更多研究揭示。

致谢: 本文写作期间得到本单位崔建新博士指导, 在此表示感谢。

参考文献

- 傅洪泽. 1936. 行水金鉴 [M]. 上海: 商务印书馆.
- 高治定, 刘占松, 王宝玉. 2002. 黄河中游河三间历史暴雨特性研究 [J]. 人民黄河, 24(1): 32-36.
- 葛全胜, 郑景云, 郭熙凤, 等. 2007. 1736 年以来长江中下游梅雨变化 [J]. 科学通报, 52(23): 2792-2797.
- 郭其蕴, 蔡静宁, 邵雪梅, 等. 2003. 东亚季风的 s 际变率对

- 中国气候的影响[J]. *地理学报*, 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.
- 郝志新, 郑景云, 葛全胜. 2003. 1736年以来西安气候变化与农业收成的相关性分析[J]. *地理学报*, 58(5): 735-742.
- 郝志新, 郑景云, 伍国凤, 等. 2010. 1876 ~ 1878年华北大旱: 史实、影响及气候背景[J]. *科学通报*, 55(23): 2321-2328.
- 黎世序. 1936. 续行水金鉴[M]. 上海: 商务印书馆.
- 穆兴民, 李靖, 王飞, 等. 2003. 黄河天然径流量年际过程分析[J]. *干旱区资源与环境*, 17(2): 1-5.
- 施雅风, 姚檀栋, 杨保. 1999. 近2000a古里雅冰芯10a尺度的气候变化及其与中国东部文献记录的比较[J]. *中国科学(D辑)*, 29(增刊1): 79-86.
- 水利电力部水管司科技司, 水利水电科学研究院. 1993. 清代黄河流域洪涝档案史料[M]. 北京: 中华书局.
- 王绍武. 1994. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. *气象学报*, 52(3): 261-273.
- 延军平, 黄春长. 1998. ENSO事件对陕西气候影响的统计分析[J]. *灾害学*, 13(4): 39-42.
- 杨保. 2001. 小冰期以来中国十年尺度气候变化时空分布特征的初步研究[J]. *干旱区地理*, 24(1): 67-73.
- 袁林. 1994. 西北灾荒史[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 321-619.
- 张德二, 王宝贵. 1990. 18世纪长江下游梅雨活动的复原研究[J]. *中国科学(B辑)*, (3): 1333-1339.
- 郑景云, 郝志新, 葛全胜. 2004. 山东1736年以来逐季降水重建及其初步分析[J]. *气候与环境研究*, 9(4): 551-566.
- 郑景云, 郝志新, 葛全胜. 2005. 黄河中下游地区过去300年降水变化[J]. *中国科学(D辑)*, 35(8): 765-774.
- 中国第一历史档案馆. 2008. 清实录[M]. 北京: 中华书局.
- 中国科学院地理研究所渭河研究组. 1983. 渭河下游河流地貌[M]. 北京: 科学出版社, 81-101.
- 中国水利水电科学研究院水文研究所水利史研究室. 1985. 黄河万锦滩、硃口、沁河木栳店和伊洛河巩县清代历史洪水水情摘录[M]. (未刊行)
- Allan R J. 2000. ENSO and climatic variability in the past 150 years [M]// Diaz H F, Markgraf V. ENSO: Multiscale Variability and Global and Regional Impacts. New York: Cambridge University Press, 3-55.
- Duplessy J C, Overpeck J. 1994. The PAGES/CLIVAR Intersection-Providing paleoclimatic perspective needed to understand climate variability and predictability, Coordinated research objectives of the IGBP and WCRP programs [R]. Venice.
- Eddy J A. 1992. Past Global Changes Project, Proposed Implementation Plans for Research Activities [R]. Global Change Report No.19. Stockholm, 1-112.
- McGregor S, Timmermann A, Timm O. 2010. A unified proxy for ENSO and PDO variability since 1650 [J]. *Climate of the Past*, 6: 1-17.
- Prell W L, Kutzbach J E. 1987. Monsoon variability over the past 150,000 Years [J]. *Journal of Geophysical Research*, 92(7): 8411-8425.