

历史文献在我国最近 2000 年气候变化研究中的应用

谭亮成^{1,2}, 马乐^{1,3}, 毛瑞雪^{1,3}, 蔡演军¹

(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 710061;
2. 全球变化研究协同创新中心, 北京 100875; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 我国数千年的文明发展过程中留下了浩如烟海的历史典籍, 其中记录下了丰富的气候变化信息, 这是重建历史时期气候、环境变化的宝贵资料。本文系统回顾了我国历史气候学的发展过程, 梳理了历史文献在重建最近 2000 年降雨、温度、台风和沙尘暴活动等中取得的成果。文章最后对历史气候学未来的发展进行了讨论。

关键词: 历史文献; 气候变化; 最近 2000 年; 中国

中图分类号: P467 文献标志码: A 文章编号: 1674-9901(2014)06-0434-07

Past climate studies in China during the last 2000 years from historical documents

TAN Liang-cheng^{1,2}, MA Le^{1,3}, MAO Rui-xue^{1,3}, CAI Yan-jun¹

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China; 2. Joint Center for Global Change Studies (JCGCS), Beijing 100875, China;
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: With the development of civilization during the last several thousand years, China produced numerous volumes of literature. These historical documents contain a wealth of first-hand climate information, which can be used to reconstruct past climatic and environmental changes. In this paper, we reviewed the development of historical climate studies in China, and focused on the achieves of rainfall, temperature, typhoon and dust storms reconstructions from Chinese historical documents. In the end, we discussed the future prospect of the historical climate studies in China.

Key words: historical documents; climate change; last 2000 years; China

东亚地区特别是中国具有悠久的历史和文化传统, 伴随文明的发展, 留下了浩如烟海的历史典籍, 其中包含丰富的直接和间接气候信息。直接气象记录如气温、降雨、云量、气压、降尘、风力、水位等; 间接气候信息如河道的封冻日期、降雪和结冰现象、霜冻起止日期、作物开花结果日期、作物收成状况、饥荒和病虫害等。中国的历史气象记录在 3000 年前的殷商甲骨文卜辞中即有记载, 2000 年来较为系统, 距今 1000 年来数量较多, 尤其在距今 500 年间, 记录的数量迅速增长; 而在距今 300 年左右有连续的气象观察记录

(竺可桢, 1973; 张德二, 2004)。总的来说, 历史气候资料主要来源于三个方面: 一是官方组织的记载, 如各朝史书和雨雪分寸等; 二是地方官吏委托文人编纂的地方志等; 三是私人的记载, 如天气日记、笔记、游记、诗文集等(龚高法等, 1983)。竺可桢早在 20 世纪 20 年代即通过对历史文献中气候信息的提取, 研究了南宋和各个历史时期的气候状况及其与现代气候的差异(竺可桢文集编辑小组, 1979)。他还通过研究大量历史文献、考古等证据, 重建了 5000 年以来的中国温度变化序列(竺可桢, 1973)。这些研究工作

收稿日期: 2014-11-28

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (KZZD-EW-04-01); 国家自然科学基金项目 (41372192, 41290254); 中国科学院西部之光重点项目; 中国科学院青年创新促进会人才专项

通讯作者: 谭亮成, E-mail: tanlch@ieecas.cn

和其他老一辈科学家如徐近之(徐近之, 1955, 1957)、文焕然(1959)等人的工作一道, 开创了中国历史气候学的研究。

对历史文献中气候信息的系统收集、考订和研究, 素为国内外科学家所重视。20世纪70年代开始, 中国科学院地理所气候变化组及其合作伙伴从古代文献(经、史、子、集)、明清方志、清民档案、报纸及其相关文献中收集整理了中国历史时期的环境变化资料(葛全胜等, 2005)。中国气象局组织专家从各朝史书及方志中系统收集整理了中国120个站点公元1470年以来的旱涝记录, 并将其参数化, 建立了中国近500年旱涝等级序列(中央气象局气象科学研究院, 1981)。后来还整理我国公元前13世纪至公元1911年三千多年间的各种有关气象的文字记载, 按年序编排, 出版了《中国3000年气象记录总集》(张德二, 2004)。这些历史文献资料成为研究中国历史气候变化的宝贵基础资料。

1 降雨重建

1.1 最近2000年降雨变化

由于中国自古就是一个农业国家, 历代王朝对农业非常重视, 所以对雨情、气候灾害方面也特别重视, 尤其是国家安定、没有战乱的时候。历史文献中记录的旱涝灾害状况成为研究过去气候干湿变化的重要材料, 但历史文献记录通常为定性的描述, 为了便于进行区域对比, 需要实现其参数化。多种参数化方法曾在历史旱涝资料研究中得到过应用, 如基于某一地区水旱灾害的比值建立的湿润指数法(郑斯中等, 1977; 张家诚和张先恭, 1979), 基于每十年中某一地区受涝县数和受旱县数的差建立的差值法(南京大学气象系气候组, 1977)等。后来中央气象局组织全国气象、地理方面的专家共同商讨制定了旱涝指数法(龚高法等, 1983)。这一方法主要是综合考虑旱、涝事件的强度、发生的季节、持续时间和影响范围。具体方法如下: 旱——持续数月或跨季的干旱, 大范围干旱。偏旱——单季或单月成灾较轻的干旱; 适宜——丰收或收成正常的年份, 或春季多雨(干旱)而秋季干旱(多雨)。偏涝——春或秋季成灾不重的持续性降水, 或单月局地大水。涝——持续时间长而强度大的降水, 或大范围的水灾(王绍武和赵宗慈, 1979; 张德二, 1983)。而考虑到500年以前的记录缺测年分较多,

还有研究者根据研究区特征定义了十年平均旱涝指数方法, 这种方法主要考虑“重灾”记录(重灾造成的社会影响大, 历史记录更为详细), 并兼顾“轻灾”记载(Yan et al, 1992; Tan et al, 2008)。

Gong and Hameed(1991)利用湿润指数法, 基于历史文献记录的50000条旱涝信息重建了中国东部半干旱、半湿润和湿润区最近2000年百年尺度的湿度变化, 发现三个亚区的湿度变化有显著差异。相似的气候状态仅出现在少数几个时段, 如730 AD、950 AD、1900 AD的相对湿润气候, 1200 AD和1500 AD的相对干旱气候在三个亚区都有表现。半干旱区最近2000年的湿度变化像一个不对称的“W”, 湿度的低值出现在约400 AD、1200 AD和1450 AD左右, 而高值出现在约850 AD和19世纪。半湿润区的湿度变化在11世纪前和半干旱区一致, 而在13世纪和18世纪时两个地区的湿度变化相反。湿润区的气候变化和前两者都不一致, 呈现更显著的百年尺度波动。总的来说, 从半干旱区、半湿润区到湿润区, 干湿状态的转换频率逐渐增加(Gong and Hameed, 1991)。张德二等(1997)进一步将中国东部划分为6个区域, 利用旱涝指数法重建了最近1033年时间分辨率为1年的区域干湿序列, 发现近1000年来, 我国东部区域干湿变化呈明显的准周期性, 近代气候分析指出的准3年、11年、20年、26年、34年等周期, 在近1000年的变化中仍存在, 区域气候差异在南北方尤为明显。Zheng et al(2006)将中国东部(105°E以东, 25~40°N)划分为华北(34~40°N)、江淮(31~34°N)和江南(25~31°N)三个亚区, 讨论了其最近1500年以来十到百年尺度的干湿变化。研究表明, 最近1500年中国东部最严重的一次旱灾发生在1634—1644年, 12—14世纪旱灾多发, 而17世纪中期以后涝灾多发。20世纪的涝灾和历史时期相比强度差不多, 但旱灾要比历史时期轻的多。

最近, Tan et al(2008)和谭亮成等(2010)利用十年平均旱涝指数法重建了地处青藏高原东北缘陇西地区最近2000年以来的干湿变化。结果显示陇西地区最近2000年降雨呈不对称“W”型变化, 和Gong and Hameed(1991)重建的中国东部半干旱区的湿润指数序列有很好的一致性。陇西地区旱涝指数重建的降雨变化和青藏高原东北部都兰地区树轮重建的降雨变化(Liu et al, 2006)

在十到百年尺度上有很好的对应关系,说明利用历史文献重建的陇西地区降雨变化序列的可靠性。周期分析和对比研究结果表明数百到千年尺度上,太阳辐射可能驱动了陇西地区最近 2000 年的降雨变化。太阳活动对该区十到百年尺度上的降雨变化也有重要影响 (Tan et al, 2008; 谭亮成等, 2010)。在历史文献记录的近千年区域干湿变化研究中,还有许多工作,如王张华等 (2002) 对太湖流域公元 960 年以来的干湿变化进行了研究,并分析了其周期变化特征。Zhang et al (2007) 研究了长江中下游地区最近 1000 年湿度变化特征及其和青藏高原温度变化之间的关系,发现青藏高原温度冷的时期对应长江中下游洪涝灾害频发时的湿度偏高阶段。认为青藏高原温度变化可能影响西南季风,从而对长江中下游降雨产生影响。

历史气候研究者对我国最近 2000 年旱涝气候演化的阶段性和十到百年尺度跃变特征进行了分析。张丕远等 (1994) 重建的中国东部地区 (25~40°N, 105~120°E) 最近 2000 年旱涝气候序列显示 280 AD 和 1230 AD 有过两次跃变, 280 年以前为稳定时期, 280—1230 年中间为逐渐变干时期, 1230 年以后为再稳定时期。其中约 280 AD 的气候跃变和前人在中原地区 (Yan et al, 1992)、关中地区和海河流域 (严中伟等, 1993) 三个地区最近 2000 年来旱涝指数序列的跃变分析结果一致。张德二等 (1997) 对中国东部六区域近 1000 年的旱涝序列的跃变分析发现北方各区域的跃变趋势相同, 但有时与长江下游地区相反, 跃变信号在寒冷气候状态下出现频数较高。

1.2 最近 500 年降雨变化

中央气象局气象科学院早在 70 年代末就建立了全国 120 个站点最近 500 年逐年旱涝指数。利用这份资料,研究者对中国近五百年旱涝气候特征及其演变进行了大量研究。研究表明,近五百年我国旱涝具有阶段性和区域性特征,并具有多时间尺度的年代际震荡特征 (张家诚等, 1983; 朱亚芬, 2003)。19 世纪到 20 世纪初,华北地区干旱持续近百年,是我国北方干旱最严重的地区 (朱亚芬, 2003)。基于中国东部夏季降雨和太平洋年代际涛动 (PDO) 的关系,Shen et al (2006) 利用旱涝指数重建了公元 1470 年以来太平洋年代际涛动 (PDO),并分析了其周期变化及原因。

清朝时,中国已有连续的气象观测记录,记载在两类宫廷档案中,一类是“晴雨录”,另一类是“雨雪分寸档案”。前者是当时最规范的降水观测记录,载有逐个降水日的降水类型和起止时刻的详细记录,时间跨度为 1724—1904 AD。目前有北京、南京、苏州和杭州四个地方的记载。后者既包括每次降雪的积雪厚度或每次降雨的入土深度的定量记载,也有对某次降水过程或阶段性乃至全年降水状况的定性描述。后者几乎涵盖了现在除西藏、新疆、青海和东北三省外的全部省份,时间跨度为 1693—1911 AD, 是定量重建过去 300 年高分辨率降水的宝贵资料 (张丕远, 1996; 郑景云等, 2005)。

张德二和王宝贵 (1990) 通过对“晴雨录”的研究,运用多因子拟合复原降水量的方法,重建了 18 世纪南京、苏州和杭州的夏季月降雨量。并将其与另一独立的资料体系——旱涝指数序列进行对比,发现两者有较好一致性。后来,张德二和刘月巍 (2002) 对这一方法加以改进,将原来的 5 个自变量因子增加到 8 个,通过和气象记录的对比衔接,重建了北京地区 1724—2000 AD 夏季降水量和年降水量。张丕远 (1996) 利用雨雪分寸记录,重建了华北地区 7 个站点 (北京、天津、保定、太原、开封、南阳) 18 世纪以来的年降水量序列。郝志新等 (2003) 重建了 1736 年以来西安地区的气候变化,发现气候变化对农业收成影响极为明显。年际变化上,降雨对收成影响明显,温度的年际变化与收成没有显著关系,但年代际的冷暖变化与收成的阶段性变化关系密切。郑景云等 (2005) 基于清代雨雪档案记载、现代器测气象记录及农田土壤含水量观测资料,根据降水入渗与水量平衡模型和田间试验验证,定量复原了 1736—1910 年黄河中下游地区 17 个站点的降水量,建立了黄河中下游地区及其 4 个子区 1736 年以来的降水变化序列。发现黄河中下游地区最近 300 年十到百年尺度降雨的一致性变化,该区域在 1915 年前后存在降水由多变少的突变。Ge et al (2008) 定量重建了 1736 年以来长江中下游地区梅雨雨量变化序列,分析了梅雨的变化特征。发现 1736 年以来,梅雨雨期长短、中国东部季风雨带位置移动与东亚夏季风强弱变化有较好的对应关系,东亚夏季风偏强时,夏季风雨带多位于华北和华南,梅雨期偏短;东亚夏季风

偏弱时, 雨带多位于长江中下游地区, 梅雨期偏长。

2 温度重建

根据历史文献记载的植物物候(如植物花期; 柑橘、茶、竹等亚热带植物北界)、气象水文物候(如初终霜、雪日期与持续日数; 河、湖、海封、解冻日期与持续日数; 土壤冻结、解冻日期与持续日数等)、农业物候(如作物播种、收获期, 冬小麦、双季稻的分布范围等)等和异常气象水文现象记录(如陨霜、大雪、河湖结冰、冷害等)以及人文感应证据(如“苦寒”、“冬暖”等描述)等, 研究者对中国历史时期冷暖状况进行了大量研究(见郑景云等, 2007, 及其中文献)。张丕远和龚高法(1979)基于气象水文物候记载, 统计各年代寒冬出现年数, 研究了中国东部16世纪以来的气候变化特征。张德二(1980)同样基于气象水文物候记载, 统计各年代寒暖冬次数对比, 研究了中国南方各地区近五百年冬季温度的变化。陈家其等(1998)用这方法重建了江苏近1800年的温度变化。王绍武等(1998)根据异常气象水文现象记录, 对冷暖描述进行分级, 并通过与现代资料的对比, 将等级转换为相应的温度距平序列, 定量重建了中国东部各地区1380 AD以来的气温变化。张丕远(1996)通过比较古今物候和冷暖现象的差异, 类比重建了中国中东部部分分辨率数十到百年不等的年温度变化序列。Ge et al (2003)运用这一方法, 进一步重建了中国东部分辨率为30年的冬半年温度变化。进一步分析表明, 尽管不同研究者利用不同资料来源、不同重建方法所重建的温度变化序列有一定差异, 但在数十年时间尺度上同一地区温度变化序列具有较高的相似性, 不同地区间的温度变化序列也具有较高的相关性, 说明历史文献资料重建的温度变化是可靠的(张丕远, 1996; 郑景云等, 2007)。对比显示, 中国东部过去2000年主要冷暖阶段的出现时间则基本一致。2世纪、7世纪后半叶和8世纪前半叶、11世纪和13世纪经历了显著温暖期, 而4世纪前期、6世纪前期、17世纪和19世纪经历了显著的寒冷期。这揭示了“中世纪暖期”和“小冰期”在中国的存在, 尽管很难确定其在不同地区的精准起止时间。

清代“雨雪分寸档案”中还记载有详细的降雪日数, 通过现代降雪日数和冬季温度的统计回归分析, 研究者还重建了一些地区的逐年冬季温度变化(周清波等, 1994; 郑景云等, 2003)。

3 沙尘暴和台风活动重建

中国历史文献除了能提取降雨和温度变化信息外, 还包含有其他丰富的气象气候信息, 如沙尘暴和台风活动。张德二根据我国史料中的降尘记载, 研究了我国近三千年降尘地点分布, 发现其与现代黄土分布相近。并基于历史文献记载重建了近1700年的降尘频数序列, 发现降尘频繁期对应于冷干气候期(张德二, 1984)。进一步研究发现降尘南界地带的分布主要受控于北方地区的干湿气候条件, 因此, 其分布能指示北方尘源地区干湿气候状况(张德二和孙霞, 2001)。对西北和华北地区明清以来的沙尘天气的统计分析也显示, 沙尘天气的发生与气温和降水有负相关关系(张青瑶和费杰, 2004; 邓辉和姜卫峰, 2005)。

中国历史文献中还记录有沿海地区的台风活动信息, 最早的台风登录记载出现在816 AD 山东省密州地区, 其次为819 AD发生于广东省清远县(Louie and Liu, 2003)。Liu et al (2001)从历史文献中提取了广东地区最近1000年以来的台风活动信息, 发现该区台风登陆活动有50年的周期, 近千年来台风活动最频繁的两个时期是1660—1680 AD 和1850—1880 AD。梁有叶和张德二(2007)建立了960 AD以来中国沿海地区登陆台风年表, 并分析了台风登陆的时空特征及其与ENSO的关系, 发现在1600—1911 AD期间, La Niña年的登陆台风数明显多于El Niño年, 这一变化特征和最近50年观测分析资料结论一致。

4 结论和展望

历史文献在重建古气候环境变化上有显著优势, 如气候指示意义明确、定年准确、时间分辨率高等, 然而还存在一些时段记录不连续性的缺点。另外, 由于历史文献记录有时会带有记录者的选择性偏差, 如何多方对比, 最大程度消除这种记录偏差对气候重建的影响, 是需要注意的重要问题。历史气候学的未来研究中, 笔者在此提出一点浅薄之见, 希望能起到抛砖引玉的作用。

(1) 历史文献中新的气候指标和新的定量化方法的探索, 以及科学评价各种代用指标定量重建的气候变化序列(温度、降雨等)的不确定性。

(2) 加强和自然记录如冰芯、石笋、树轮、珊瑚等的对比。通过对比研究, 一方面可以加深

对自然地质、生物代用指标气候意义的理解,另一方面有助于科学评价历史文献记录中代用指标对气候的敏感性及重建中的不确定性。

(3) “丝绸之路”横穿亚欧大陆的贸易交通线,兴盛一千多年,是东西方文明交流的纽带。深入挖掘该区的历史文献资料,加强“丝绸之路”上历史气候变化研究。

(4) 加强区域对比研究,一方面加强东亚各地区历史气候变化对比研究,另一方面加强东亚地区和欧洲地区历史气候变化对比研究,为深入理解最近 2000 年气候变化打下基础。

参考文献

- 陈家其,姜彤,许朋柱. 1998. 江苏省近两千年气候变化研究 [J]. *地理科学*, 18(3): 219–226. [Chen J Q, Jiang T, Xu P Z. 1998. Climate change during the last 2000 years in Jingsu province [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 18(3): 219–226.]
- 邓辉,姜卫峰. 2005. 1463—1913 年华北地区沙尘天气时间序列复原及初步分析 [J]. *地理研究*, 24(3): 403–411. [Deng H, Jing W F. 2005. Temporal distribution and characteristics of the sand-dust weathers in North China Plain from 1463 to 1913 [J]. *Geographical Research*, 24(3): 403–411.]
- 葛全胜,何凡能,郑景云,等. 2005. 20 世纪中国历史地理研究若干进展 [J]. *中国历史地理论丛*, 20(1): 5–14. [Ge Q S, He F N, Zheng J Y, et al. 2005. Progress in Chinese historical geography in the 20th Century [J]. *Collections of Essays on Chinese Historical Geography*, 20(1): 5–14.]
- 龚高法,张丕远,吴祥定,等. 1983. 历史时期气候变化研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 33, 46–52. [Gong G F, Zhang P Y, Wu X D, et al. 1983. The study methods of historical climate change [M]. Beijing: Science Press, 33, 46–52.]
- 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分析 [J]. *地理学报*, 58(5): 735–742. [Hao Z X, Zheng J Y, Ge Q S. 2003. Climate change and harvest in Xi'an since 1736: The high-resolution data derived from the archives in the Qing Dynasty [J]. *Acta Geographica Sinica*, 58(5): 735–742.]
- 梁有叶,张德二. 2007. 最近一千年我国的登陆台风及其与 ENSO 的关系 [J]. *气候变化研究进展*, 3(2): 120–121. [Liang Y Y, Zhang D E. 2007. Landing typhoon in China during the last millennium and its relationship with ENSO [J]. *Advances in Climate Change Research*, 3(2): 120–121.]
- 南京大学气象系气候组. 1977. 关于我国东部地区公元 1401—1900 年五百年内的旱涝概况 [M]. 北京: 科学出版社, 53–58. [Climate Research Group in Meteorological Department of Nanjing University. 1977. Droughts and floods in eastern China during 1401—1900 AD [M]. Beijing: Science Press, 53–58.]
- 谭亮成,蔡演军,安芷生. 2010. 陇西地区最近 2000 年降雨变化及其可能的驱动因子 [J]. *干旱区资源与环境*, 24: 109–116. [Tan L C, Cai Y J, An Z S. 2010. Precipitation variations of Longxi over the last 2000 years and the possible driving forces [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 24: 109–116.]
- 王绍武,叶瑾琳,龚道溢. 1998. 中国小冰期的气候 [J]. *第四纪研究*, 1: 54–62. [Wang S W, Ye J L, Gong D Y. 1998. Climate in China during the Little Ice Age [J]. *Quaternary Sciences*, 1: 54–62.]
- 王绍武,赵宗慈. 1979. 近五百年我国旱涝史料的分析 [J]. *地理学报*, 34(4): 329–340. [Wang S W, Zhao Z C. 1979. An analyses of historical data of droughts and floods in last 500 years in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 34(4): 329–340.]
- 王张华,陈中原,寇莹,等. 2002. 太湖流域公元 960 年以来的气候干湿变化研究 [J]. *地理科学*, 22(5): 546–551. [Wang Z H, Chen Z Y, Kou Y, Chen Y. 2002. Dry/Wet climate changes since 960 A.D. in Taihu drainage basin of China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 22(5): 546–551.]
- 文焕然. 1959. 秦汉时代黄河中下游气候研究 [M]. 上海: 商务印书馆. [Wen H R. 1959. Climate change in middle and lower reach of the Yellow River during the Qin and Han dynasties [M]. Shanghai: Commercial Press.]
- 徐近之. 1955. 黄淮平原气候历史记载的初步整理 [J]. *地理学报*, (2): 181–190. [Xu J Z. 1955. Preliminary investigation of historical climate change in Huanghuai plain [J]. *Acta Geographica Sinica*, (2): 181–190.]
- 徐近之. 1957. 黄河中游历史上的大水与大旱 [M]. 北京: 科学出版社. [Xu J Z. 1957. Droughts and floods in middle Yellow River during the historical time [M]. Beijing: Science Press.]
- 严中伟,李兆元,王晓春. 1993. 历史上 10—100 年尺度

- 气候跃变的分析 [J]. 大气科学, 17(6): 663–672. [Yan Z W, Li Z Y, Wang X C. 1993. An analysis of decade-to-century-scale climatic jumps in history [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 17(6): 663–672.]
- 张德二. 1980. 中国南部近500年冬季温度变化的若干特征 [J]. 科学通报, 6: 270–272. [Zhang D E. 1980. Some characteristics of winter temperature changes in southern China during the last 500 years [J]. *Chinese Science Bulletin*, 6: 270–272.]
- 张德二. 1983. 重建近五百年气候序列的方法及其可靠性 [M]. 北京: 气象出版社. [Zhang D E. 1983. Methods of reconstructing climate change during the last 500 years and their reliabilities [M]. Beijing: China Meteorological Press.]
- 张德二. 1984. 我国历史时期以来降尘天气气候学初步分析 [J]. 中国科学(B辑), 24(3): 278–288. [Zhang D E. 1984. Preliminary analyses of the weather and climate during dust storms in the historical time [J]. *Science in China (Series B)*, 24(3): 278–288.]
- 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.]
- 张德二, 刘传志, 江剑民. 1997. 中国东部六区域近1000年干湿序列的重建和气候突变分析 [J]. 第四纪研究, (1): 1–11. [Zhang D E, Liu C Z, Jiang J M. 1997. Reconstruction of six regional dry/wet series and their abrupt changes during the last 1000 years in east China [J]. *Quaternary Research*, (1): 1–11.]
- 张德二, 刘月巍. 2002. 北京清代“晴雨录”降水记录的再研究——应用多因子回归方法重建北京(1724—1904年)降水量序列 [J]. 第四纪研究, 22(3): 199–208. [Zhang D E, Liu Y W. 2002. A new approach to the reconstruction of temporal rainfall sequences from 1724–1904 Qing-Dynasty weather records for Beijing [J]. *Quaternary Sciences*, 22(3): 199–208.]
- 张德二, 孙霞. 2001. 我国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断 [J]. 第四纪研究, 21(1): 1–8. [Zhang D E, Sun X. 2001. Variations of the southern limits of dust fall records and the inferred historical drought in northern China [J]. *Quaternary Sciences*, 21(1): 1–8.]
- 张德二, 王宝贵. 1990. 用清代《晴雨录》资料复原18世纪南京、苏州、杭州三地夏季月降水量序列的研究 [J]. 应用气象学报, 1(3): 260–270. [Zhang D E, Wang B G. 1990. Reconstruction of the 18th century summer monthly precipitation series of Nanjing, Suzhou and Hangzhou by using "Clear and Rain Records" of Qing Dynasty [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1(3): 260–270.]
- 张家诚, 张先恭. 1979. 近五百年我国气候的几种振动及其相互关系 [J]. 气象学报, 37(2): 50–57. [Zhang J C, Zhang X G. 1979. Climatic fluctuation during the last 500-year in China and their interdependence [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 37(2): 50–57.]
- 张家诚, 张先恭, 许协江. 1983. 中国近500年的旱涝 [M]. 北京: 气象出版社. [Zhang J C, Zhang X G, Xu X J. 1983. Droughts and floods in China during the last 500 years [M]. Beijing: China Meteorological Press.]
- 张丕远. 1996. 中国历史气候变化 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 240, 261–268. [Zhang P Y. 1996. Historical climate change in China [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 240, 261–268.]
- 张丕远, 龚高法. 1979. 16世纪以来中国气候变化的若干特征 [J]. 地理学报, 34(3): 238–247. [Zhang P Y, Gong G F. 1979. Some characteristics of climatic fluctuations in China since 16th Century [J]. *Acta Geographica Sinica*, 34(3): 238–247.]
- 张丕远, 王铮, 刘啸雷, 等. 1994. 中国近2000年来气候演变的阶段性 [J]. 中国科学(B辑), 24(9): 998–1008. [Zhang P Y, Wang Z, Liu X L, et al. 1994. The modes of climate change for the past 2000 years in China [J]. *Science in China (Series B)*, 24(9): 998–1008.]
- 张青瑶, 费杰. 2004. 明清西北、华北黄土分布区沙尘天气统计分析 [J]. 干旱区研究, 21(2): 108–121. [Zhang Q Y, Fei J. 2004. Statistics and analysis on the dust weathers in the Loess distributed regions in northwest and north China during the Ming and Qing dynasties [J]. *Arid Zone Research*, 21(2): 108–121.]
- 郑景云, 葛全胜, 方修琦, 等. 2007. 基于历史文献重建的近2000年中国温度变化比较研究 [J]. 气象学报, 65(3): 428–439. [Zheng J Y, Ge Q S, Fang X Q, Zhang X Z. 2007. Comparison on temperature series reconstructed from historical documents in China for the last 2000 years [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 65(3): 428–439.]
- 郑景云, 葛全胜, 郝志新. 2003. 1736—1999年西安与汉中地区年冬季平均气温序列重建 [J]. 地理研究,

- 22(3): 343–348. [Zheng J Y, Ge Q S, Hao Z X. 2003. Reconstruction of winter mean temperature series from 1736 to 1999 in Xi'an and Hanzhong [J]. *Geographical Research*, 22(3): 343–348.]
- 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. [Zheng J Y, Hao Z X, Ge Q S. 2005. Variation of precipitation for the last 300 years over the middle and lower reaches of the Yellow River [J]. *Science in China (Series D)*, 35(8): 765–774.]
- 郑斯中, 张福春, 龚高法. 1977. 我国东南地区近两千年气候湿润状况的变化 [M]. 北京: 科学出版社, 29–32. [Zheng S Z, Zhang F C, Gong G F. 1977. Moisture variations in southeast China during the last 2000 years [M]. Beijing: Science Press.]
- 中央气象局气象科学研究院. 1981. 中国近五百年旱涝分布图集 [M]. 北京: 地图出版社. [Chinese Academy of Meteorological Sciences. 1981. Yearly charts of drought/flood in China for the last 500-year period [M]. Beijing: SinoMaps Press.]
- 周清波, 张丕远, 王 铮. 1994. 合肥地区1736—1991年年冬季平均气温序列的重建 [J]. *地理学报*, 49(4): 332–337. [Zhou Q B, Zhang P Y, Wang Z. 1994. Reconstruction of annual winter mean temperature series in Hefei area during 1736—1991 AD [J]. *Acta Geographica Sinica*, 49(4): 332–337.]
- 竺可桢. 1973. 中国近五千年来气候变迁的初步研究 [J]. 中国科学(A辑), (2): 168–189. [Chu K C. 1973. Preliminary Study on climate change over last 5000 years in China [J]. *Science in China (Series A)*, (2): 168–189.]
- 竺可桢文集编辑小组. 1979. 竺可桢文集 [M]. 北京: 科学出版社, 52–57, 58–68. [Editorial Team of the Collection of Chu Ko Chen. 1979. Collection of Chu Ko Chen [M]. Beijing: Science Press, 52–57, 58–68.]
- 朱亚芬. 2003. 530年来中国东部旱涝分区及北方旱涝演变 [J]. *地理学报*, 58(S1): 100–107. [Zhu Y F. 2003. The regional division of dryness/wetness over eastern China and variations of dryness/wetness in northern China during the last 530 years [J]. *Acta Geographica Sinica*, 58(S1): 100–107.]
- Ge Q, Guo X, Zheng J, et al. 2008. Meiyu in Middle and Lower Reaches of Yangtze River since 1736 [J]. *Chinese Science Bulletin*, 53: 107–114.
- Ge Q, Zheng J, Fang X, et al. 2003. Winter half-year temperature reconstruction for the middle and lower reaches of the Yellow River and Yangtze River, China, during the past 2000 years [J]. *The Holocene*, 13(16): 933–940.
- Gong G F, Hameed S. 1991. The variation of moisture conditions in China during the last 2000 years [J]. *International Journal of Climatology*, 11: 271–283.
- Liu K B, Shen C, Louie K S. 2001. A 1000-year history of typhoon landfalls in Guangdong, southern China, reconstructed from Chinese historical documentary records [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 91(3): 453–464.
- Liu Y, An Z S, Ma H Z, et al. 2006. Precipitation variation in the northeastern Tibetan Plateau recorded by the tree rings since 850 AD and its relevance to the Northern Hemisphere temperature [J]. *Science in China (Series D)*, 49(4): 408–420.
- Louie K S, Liu K B. 2003. Earliest historical records of typhoons in China [J]. *Journal of Historical Geography*, 29: 299–316.
- Shen C, Wang W C, Gong W, et al. 2006. A Pacific Decadal Oscillation record since 1470 AD reconstructed from proxy data of summer rainfall over eastern China [J]. *Geophysical Research Letters*, 33: L03702, doi:03710.01029/02005GL024804.
- Tan L, Cai Y, Yi L, et al. 2008. Precipitation variations of Longxi, northeast margin of Tibetan Plateau since AD 960 and their relationship with solar activity [J]. *Climate of the Past*, 4: 19–28.
- Yan Z, Ye D, Wang C. 1992. Climatic jumps in the flood/drought historical chronology of Central China [J]. *Climate Dynamics*, 6: 153–160.
- Zhang Q, Chen J, Becker S. 2007. Historical flood/drought variation and its teleconnection with Tibetan climatic changes [J]. *Global and Planetary Change*, 57: 213–221.
- Zheng J Y, Wang W C, Ge Q S, et al. 2006. Precipitation variability and extreme events in eastern China during the past 1500 years [J]. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 17: 579–592.