

郝志新, 葛全胜, 郑景云. 2010. 过去2000年中国东部地区的极端旱涝事件变化 [J]. 气候与环境研究, 15 (4): 388-394. Hao Zhixin, Ge Quansheng, Zheng Jingyun. 2010. Variations of extreme drought/flood events over eastern China during the past 2000 years [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4): 388-394.

过去2000年中国东部地区的极端旱涝事件变化

郝志新 葛全胜 郑景云

中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要 利用据历史文献中汉代以来的旱涝灾害记载重建的逐年旱涝等级, 结合已重建的东部地区干湿指数序列, 通过定义判别历史时期极端旱涝事件的标准, 分华北、江淮和江南3个区域辨识了过去2000年的重大旱涝事件。结果表明, 各个区域的重大旱、涝多发时段分别是: 华北地区出现在100~150年、550~650年、1050~1100年与1850~1900年; 江淮地区出现在250~450年与1600~1850年; 江南出现在350~400年、1100~1200年与1900~1950年。整个东部地区则出现在100~150年、250~350年、750~850年、950~1000年、1050~1150年、1400~1450年、1550~1650年及1800~1950年。20世纪后50年极端旱涝事件的发生频率和强度仅处于过去2000年的平均水平。过去2000年中国东部温度与旱涝关系的对比分析还表明, 20世纪后半叶的气候变暖并未导致极端旱涝事件的发生频率明显增加。

关键词 过去2000年 中国东部 极端旱涝事件 频率

文章编号 1006-9585 (2010) 04-0388-07 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

Variations of Extreme Drought/Flood Events over Eastern China during the Past 2000 Years

HAO Zhixin, GE Quansheng, and ZHENG Jingyun

Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

Abstract Based on the annual drought/flood grades derived from the historical archives since the Han Dynasty as well as the reconstructed wet/dry index series over eastern China, extreme drought/flood events in the three regions of North China plain (34°N-40°N), Jianghuai (31°N-34°N), and Jiangnan (25°N-31°N) during the past 2000 years were identified. The results indicated that high frequent and extreme drought/flood events occurred during 100-150, 550-650, 1050-1100, and 1850-1900 in North China plain, 250-450 and 1600-1850 in Jianghuai, 350-400, 1100-1200, and 1900-1950 in Jiangnan. Meanwhile, over the whole eastern China, high frequent extreme events occurred during 100-150, 250-350, 750-850, 950-1000, 1050-1150, 1400-1450, 1550-1650, and 1800-1950. The frequency and intensity of extreme drought/flood events in the second half of the 20th century were close to the mean level of the past 2000 years. In addition, the comparison between the drought/flood events and temperature series over eastern China suggested that global warming over recent decades did not bring more frequent extreme events.

收稿日期 2010-01-25 收到, 2010-03-09 收到修定稿

资助项目 国家科技支撑计划课题 2007BAC03A01、中国科学院重要方向项目 kzcx2-yw-315、国家自然科学基金项目 40701017 和 40701021

作者简介 郝志新, 女, 1975年出生, 副研究员, 从事历史气候变化研究。E-mail: haozx@igsnr.ac.cn

通讯作者 郑景云, 研究员。E-mail: zhengjy@igsnr.ac.cn

Key words the past 2000 years, eastern China, extreme drought and flood events, frequency

1 引言

重大旱涝事件往往会给农业生产、人民生活、甚至社会经济发展造成严重影响。纵观人类发展的历史记载,“几乎无年不灾”(邓云特, 1958),而且在这些灾害记录中,尤以旱、涝灾害占主要地位。有些旱涝灾害的严重程度、特别是持续性的重大旱涝事件甚至为近百年所未见。Woodhouse and Overpeck (1998) 曾对美国过去 2000 年的干旱事件做了全面分析,他们发现与 20 世纪相比,17 世纪以前一些干旱事件发生的持续时间明显偏长,空间覆盖范围更为广泛;在过去 2000 年背景下,20 世纪 30 年代及 50 年代发生的大旱灾并不严重;而且由于温室气体的放大作用,未来百年很可能出现较 1930 年代和 1950 年代更为严重的大旱灾。中国的历史气候学者也对过去 1000~1500 年以来干湿的突变特征,及大范围发生且持续时间长达 3 年以上的严重干旱事件进行了初步识别,研究结果指出,与过去 1500 年来的气候状况相比,最近 50 年的干旱程度并不严重;甚至最近 300 年中发生在 1719~1723 年、1875~1878 年和 1927~1930 年的三次著名极端干旱事件也相形见绌(王绍武和陈振华, 1993; 李兆元等, 1997; 张德二, 2004; Zheng et al., 2006)。

从我国东部旱涝灾害的地理分布看,自古以来就有“旱一片、涝一线”之说,意指干旱一般成片发生,而雨涝则按流域呈“带状”分布(这种特点与我国东部降水存在季节性的带状移动密切相关);因而往往在部分区域出现严重干旱时,另一些区域却会出现严重雨涝。因此本文按华北(约 34°N~40°N)、江淮(约 31°N~34°N)和江南(约 25°N~31°N) 3 个地区分别对中国东部过去 2000 年极端旱涝事件加以辨识。与以前的研究相比,除研究时段向前推进了 500 年之外,本文还提出了判别历史时期极端事件的新方法、并增加了极端事件发生频率等方面的分析内容。我们希望通过对此问题的研究,可以为回答过去 2000 年极端旱涝事件的长期变化规律,及全球增暖是否导致了极端旱涝事件的增加提供一些例证。

2 资料

本文所用的主要资料包括:根据历史文献中汉代以来的旱涝灾害记载重建的 63 个站(见图 1)逐年旱涝等级,以及据此重建的东部地区干湿指数序列。其中用于逐年旱涝等级重建的历史文献主要有:西汉中期至明中期(公元前 137 年~公元 470 年)的中国古代文献、明中期以后至民国时期(1470~1949 年)的各类史书、清代乾隆朝以后至民国时期(1736~1949 年)的档案和有关报纸。根据这些原始资料的来源及特点不同,我们分别采取了不同数值化处理方法确定逐年旱涝等级:对 1470 年以前的资料,采用根据文字描述分等定级的方法(张丕远, 1996);1470 年以后至民国时期,采用统计每个区域的旱涝县次,然后根据旱涝县次距平百分率确定旱涝等级的方法(郑景云等, 1993);清代 1736~1911 年的档案记录,采用定量与定性相结合的方法确定旱涝等级(张丕远, 1996)。最后采用 Fisher 判别等统计方法,对东部季风区 63 个站点(包括西北东部的部分站点)不同时间段的序列进行校准与合并,建立

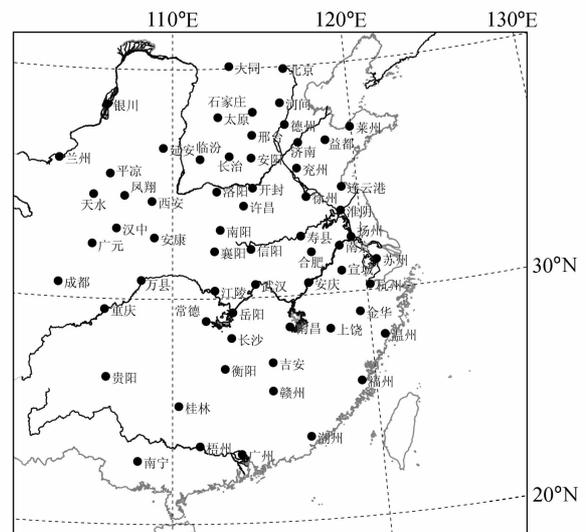


图 1 用于过去 2000 年中国东部地区极端旱涝事件辨识的 63 个站点分布图

Fig. 1 Spatial distributions for the 63 stations in eastern China during the past 2000 years

统一序列 (张丕远, 1996)。这些序列是依据旱涝灾害的发生季节、持续时间、影响范围、影响深度等, 将各地每年的干湿状况分为早、偏早、正常、偏涝和涝 5 个等级, 分别用 5、4、3、2 和 1 表示。其中旱和涝的频率各占 10% 左右, 偏早和偏涝各占 25% 左右, 正常占 25~30% (Zheng et al., 2001)。干湿指数则是根据逐个站点在 10 年内的旱涝等级而计算的指数序列, 其正值表示偏涝, 负值表示偏早 (Zheng et al., 2006)。

此外, 为与历史时期的旱涝等级数据一致, 我们还根据各地 5~9 月 (部分地区 6~9 月) 的降水量, 按照《中国近五百年旱涝分布图集》(中央气象局气象科学研究所, 1981) 的方法, 将 1951 年以来的降水观测数据处理成旱涝等级。

3 重大旱涝事件的识别方法

重大旱、涝事件指发生范围广、影响大、程度严重的事件, IPCC 建议采用事件发生概率密度函数小于 10% (相当于 10 年一遇) 来确定 (Solomon et al., 2007a)。本文根据华北、江淮和江南 3 个地区各站的逐年旱涝等级资料进行识别, 其标准是: 当一个区域某年有超过 60% 的站点发生旱或涝, 若其中有较大范围的连片严重干旱 (至少 20% 的站点旱涝等级达 5 级) 并有较大范围的干旱 (至少有 75% 的站点旱涝等级达 4 级或 5 级) 时, 则记该年为大旱年; 若其中有较大范围的连片严重雨涝 (至少 20% 的站点旱涝等级达 1 级) 并有较大范围的雨涝 (至少有 75% 的站点旱涝等级达 1 级或 2 级) 时, 则记该年为大涝年。据此标准 (简称为“标准一”) 确定的各区大旱与大涝年各约 10 年一遇, 具体大旱大涝年份如表 1 所示。

由于华北处于半湿润区, 因此发生大旱的几率要比大涝高一些; 而江淮和江南地区为湿润区, 故发生大涝的几率比大旱高一些。

然而, 在历史时期 (特别是在明代以前), 仅少数年份每个站点都有记载, 多数年份只部分站点具有旱涝等级记载, 故在各个地区的重大旱涝事件具体识别过程中, 对记录不完全的年份采用如下标准 (简称为“标准二”), 来识别各个区域的重大旱、涝年份。一是在一个区域所有有记载的站点中, 旱涝等级为 3 级 (即该年为正常年) 的站点数量不超过有记录站点总数的 25%; 二是旱涝异常记录的站点中 (除旱涝等级为 3 级的站点外), 至少有 80% 的站点同时发生干旱或雨涝、且其中至少有相邻 2 个站同时出现严重干旱 (即旱涝等级为 5 级) 或严重雨涝 (即旱涝等级为 1 级)。以“标准二”确定的华北地区、江淮地区及江南地区 1951~2000 年间发生的大旱与大涝年份如表 1 所示。除华北区域按“标准一”和“标准二”确定的大涝年份稍有不同外 (“标准一”较“标准二”多 1958 年), 两个标准确定的极端旱涝年份完全一致, 这说明采用“标准二”来确定各区域历史时期的重大旱、涝年是合理的。

此外, 对整个东部而言, 如果某一年有 2 个以上区域同时发生大旱, 或虽仅有 1 个区域发生大旱, 但该年整个东部地区的干湿指数低于序列方差的 1.282 倍 (相当于旱、涝事件发生概率密度函数的 10%) 时, 则记该年为东部大旱; 有 2 个以上区域同时发生大涝, 或虽仅有 1 个区域发生大涝, 但该年整个东部地区的干湿指数高于序列方差的 1.282 倍时, 则记该年为东部大涝; 而当 3 个区域中, 既有区域发生大旱、又有区域大涝, 则记该年东部为重大旱涝并发年。

表 1 1951~2000 年华北、江淮和江南等 3 个区域发生大旱、大涝的年份

Table 1 The years with extreme drought and flood events occurring in North China, Jianghuai, and Jiangnan regions during 1951 - 2000

区域	依据“标准一”确定的年份		依据“标准二”确定的年份	
	大旱	大涝	大旱	大涝
华北	1965、1972、1986、 1991、1997、1999	1956、1958、1963、 1964、1973	1965、1972、1986、 1991、1997、1999	1956、1963、1964、 1973
江淮	1966、1978、1994、 1997、1999	1954、1956、1963、 1980、1998、2000	1966、1978、1994、 1997、1999	1954、1956、1963、 1980、1998、2000
江南	1966、1972、1978、 1981	1954、1973、1993、 1998、1999	1966、1972、1978、 1981	1954、1973、1993、 1998、1999

需要说明的是，早期和战乱期间的记录有明显缺漏，因此在公元 800 年以前的多数时段（除华北地区的部分时段外）以及后来的其他战乱阶段，如唐后期及五代（约 850~950 年间）、宋元（13 世纪后半叶）及元明（14 世纪后半叶）之交均为不完全统计。为表示辨识结果的不确定性，本文以有记录年份占时段总年数的比例为指标，对各区域每 50 年（其中第一个时段公元前 137 年~公元前 101 年为 37 年）的资料状况评估进行分级（分为 A、B、C、D、E 共 5 个等级）评估。其中 A 指有记录年份占时段总年数的比例大于等于 90%，B 为 66.7%~90%，C 为 50%~66.7%，D 为 33.3%~50%，E 为低于 33.3%。考虑到历史灾异记载具有明显的“记异不记常”特点，如果有记录年份超过总年数 66.7%，则大致相当于记录了 95% 以上的灾异年份；若超过总年数 50%（即达 C 级），则大致相当于记录了 80% 以上的灾异年份；若超过总年数 33.3%（即达到 D 级），则大致相当于记录了 50% 以上的灾异年份。以 IPCC 制定的不确定性科学评估标准衡量（Solomon et al., 2007b），可认为满足上述记录的时段，则重大旱涝年辨识与统计结果分别对应非常高的信度（very high confidence）、高信度（high confidence）、中等信度（medium confidence）；若该时段的资料状况为 E 级，其结果为低信度（low confidence）。

4 重大旱涝事件的变化特征

按照上述标准，我们确定出华北地区公元前 137 年~公元 2000 年共有 240 年发生大旱、195 年发生大涝，分别为总年数的 11.2% 和 9.1%；江淮地区公元初至 2000 年间有 142 年发生大旱、174 年发生大涝，分别为总年数的 7.1% 和 8.7%；江南地区公元 2 世纪初至 2000 年间有 126 年发生大旱、159 年发生大涝，分别为总年数的 6.6% 和 8.4%。虽然统计结果显示：华北地区过去 2000 多年的大旱、大涝发生几率较江淮和江南地区要高一些，但这主要是因江淮和江南地区部分时段的记录较差所致，并不能说明江淮和江南地区在历史时期真的较少发生重大旱、涝灾害。

过去 2000 年中国东部地区重大旱、涝事件的发生具有明显阶段性变化，有些时段重大干旱多

发、有些时段重大雨涝多发，而有些时段旱涝均较多发，同时还经常出现连旱、连涝或旱涝年相连现象。每 50 年的重大旱、涝年数统计（图 2）结果表明：华北地区的重大干旱相对多发时段分别出现在公元 1 世纪的后半叶至 2 世纪、5 世纪后半叶至 8 世纪、11 世纪后半叶、17 世纪前半叶及 19 世纪后半叶至 20 世纪上半叶等时段，其中 5 世纪后半叶、6 世纪后半叶、8 世纪的后半叶、11 世纪后半叶和 17 世纪上半叶的重大干旱约 5 年一遇，几乎是过去 2000 年平均发生几率的 2 倍。重大雨涝相对多发时段分别出现在公元 2 世纪、3 世纪后半叶、6~8 世纪、10~11 世纪及 17 世纪后半叶至 19 世纪等时段，其中 2 世纪上半叶、3 世纪后半叶、7 世纪上半叶、8 世纪上半叶、10 世纪后半叶、17 世纪后半叶及 19 世纪后半叶的重大雨涝发生几率最高，为过去 2000 年平均发生几率的 2 倍左右。重大旱、涝发生总年数最高的时段分别出现在公元 2 世纪上半叶、6 世纪后半叶、7 世纪上半叶、8 世纪后半叶、11 世纪后半叶及 19 世纪后半叶（图 2a）。

江淮地区的重大干旱相对多发时段分别出现在公元 4 世纪至 5 世纪上半叶、11 世纪、15 世纪下半叶至 16 世纪上半叶、17 世纪上半叶以及 19 世纪后半叶至 20 世纪等时段，其中 4 世纪至 5 世纪上半叶、16 世纪上半叶、17 世纪上半叶及 20 世纪的重大干旱发生几率最高，达到甚至超过过去 2000 年平均发生几率的 2 倍。重大雨涝相对多发时段分别出现在公元 3 世纪后半叶至 6 世纪上半叶及 16 世纪后半叶至 19 世纪等时段，其中 3 世纪后半叶、5 世纪后半叶、16 世纪后半叶、18 世纪上半叶及 19 世纪的重大雨涝发生几率最高，达到甚至超过过去 2000 年平均发生几率的 2 倍。重大旱、涝发生总年数最高的时段分别出现在 3 世纪后半叶至 5 世纪及 16 世纪后半叶至 20 世纪上半叶（图 2b）。

尽管在公元 10 世纪中期之前，江南地区的重大干旱、雨涝记载相对较差，但仍可发现这一地区的重大干旱多发于公元 4 世纪至 5 世纪、9 世纪上半叶、11 世纪至 12 世纪、15 世纪下半叶至 16 世纪上半叶及 20 世纪上半叶等时段，其中 4 世纪后半叶、12 世纪上半叶的重大干旱发生几率最高。重大雨涝相对多发时段则分别出现在公元 3

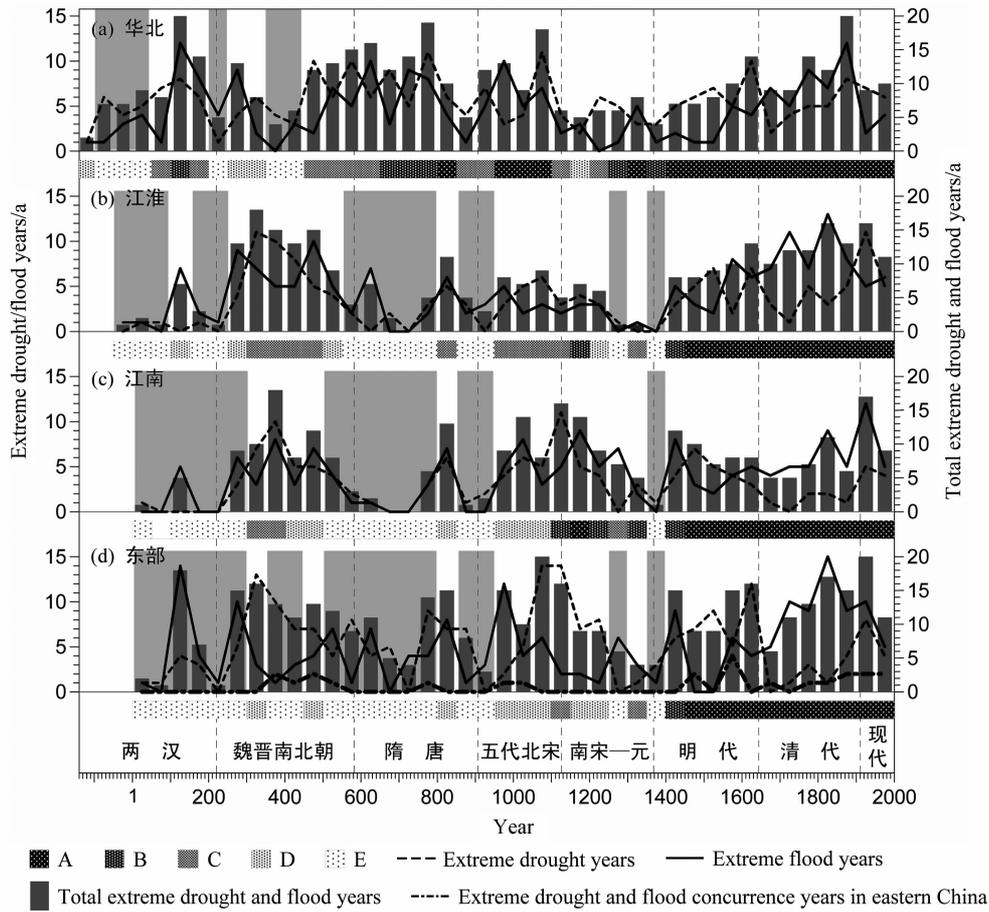


图2 过去2000年中国东部地区每50年的重大旱、涝事件发生年数变化:(a)华北;(b)江淮;(c)江南;(d)东部。下方横柱表示各时段重大旱、涝年统计结果的可信度:A(完全可信)、B(非常高信度)、C(高信度)、D(中等信度)、E(低信度)5个可信程度等级,空白表示缺资料;阴影区域表示结果可信度偏低的时段

Fig. 2 The number of extreme drought/flood years for each 50-year in eastern China during the past 2000 years: (a) North China; (b) Jianghuai; (c) Jiangnan; (d) eastern China. The cross bars indicate confidence levels marked with different levels of A (full confidence), B (very high-confidence), C (high-confidence), D (medium-confidence), and E (low-confidence), and the periods with scarce data were marked with blank; shaded areas indicate periods with low confidence

世纪后半叶、4世纪后半叶、5世纪后半叶、9世纪上半叶、11世纪上半叶、12世纪后半叶、13世纪后半叶、15世纪上半叶、19世纪上半叶及20世纪上半叶。重大旱、涝发生总年数最高的时段分别出现在4世纪后半叶、12世纪上半叶及20世纪上半叶(图2c)。

从整个东部地区看,重大干旱发生最高的时段出现在公元4世纪、8世纪后半叶、11世纪后半叶至12世纪上半叶及17世纪上半叶。重大雨涝相对多发时段则分别出现在公元2世纪上半叶、3世纪后半叶、9世纪上半叶、10世纪后半叶、15世纪上半叶、18世纪至20世纪上半叶。重大

旱、涝并发年数最高的时段分别出现在4世纪后半叶、5世纪后半叶、16世纪后半叶及19世纪后半叶至20世纪。重大旱、涝发生总年数最高的时段分别出现在公元2世纪上半叶、3世纪后半叶至4世纪上半叶、8世纪后半叶至9世纪上半叶、10世纪后半叶、11世纪后半叶至12世纪上半叶、15世纪上半叶、16世纪后半叶至17世纪上半叶及19世纪至20世纪上半叶(图2d)。

5 讨论

从图2用于评价过去2000年中国东部地区极

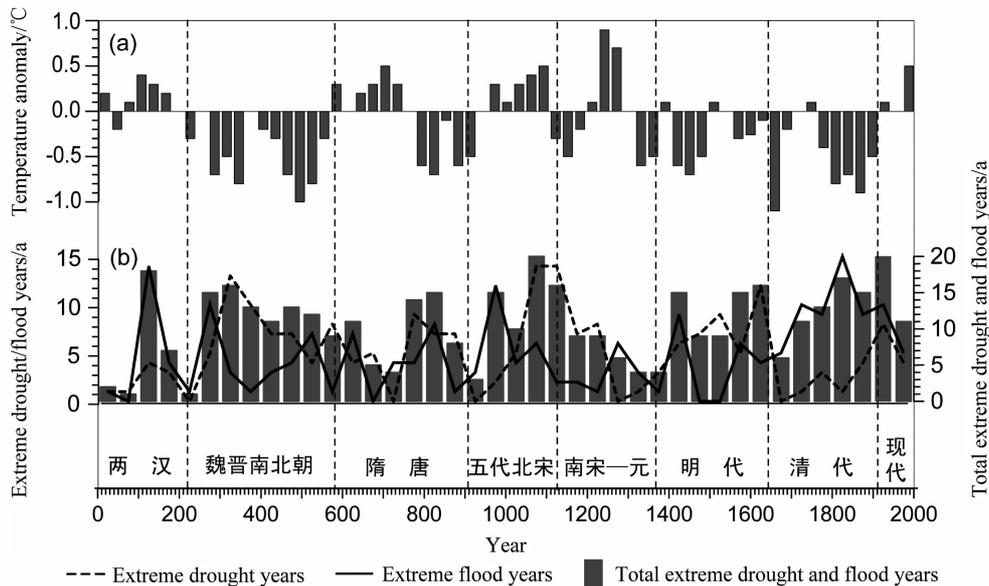


图 3 (a) 中国东部冬半年温度变化与 (b) 极端旱涝事件发生的对应关系。温度曲线分辨率为 30 年

Fig. 3 The comparison of (a) winter half-year temperature and (b) extreme drought/flood events in eastern China. The time resolution for temperature series is 30 years

端旱涝事件资料的可靠性分析看，整个中国东部在北宋以前（约公元 1000 年前后）资料缺失较多。其中，华北地区资料相对稍丰，仅在两汉前期、及魏晋南北朝中期结果可信度较低；江淮和江南地区的资料与之相比，资料欠缺，特别是江南地区，在两汉至魏晋南北朝前期、隋唐直至五代早期结果的可信度都很低。因此本文对极端旱涝事件的辨识结果仅在北宋以后可达到非常高可信度甚至完全可信。但若考虑到史料具有“记异不记常”的特点，尽管北宋以前的结果较其以后可靠性低，该仍可为分析历史时期的极端旱涝事件提供借鉴。

此外，本文也对中国东部极端旱涝事件的发生与冷暖问题在此稍作探讨。首先我们选择几个典型的冷期和暖期，其中冷期如魏晋南北朝时期、唐后期及明清小冰期；暖期如两汉、隋至唐中期、北宋至元初期、及 20 世纪最近 50 年的暖期。图 3 为中国东部冬半年温度变化与极端旱涝事件发生的对应关系，其中中国冬半年温度是 Ge et al. (2003) 重建的序列。图 3 中冷暖与极端旱涝的对应关系显示：当气候处于冷阶段，魏晋南北朝与唐后期重大干旱事件多发，而明清小冰期中前半段（明代）的重大干旱事件多发、后半段（清代）重大洪涝事件多发；当气候处于暖阶段时，两汉

时期重大洪涝事件多发；宋元时期重大干旱事件多发；而隋唐时期与现代干旱及洪涝事件的发生仅处于过去 2000 年的平均水平。当然，旱涝与冷暖配置型较为复杂，这表现在不同的时间尺度上，如在年代际或百年际尺度上都可能具有不同的表现形式；同时由于中国的地理区域特征多样，又地处东亚季风区，从而造成不同区域的温湿配置也可能存在差异，未来我们还需要通过多种代用资料及模式模拟的结果深入机理方面的认识。

6 主要结论

根据以上分析，本文可以初步得出以下结论：尽管北宋以前用于辨识极端旱涝事件的史料较为缺乏，除华北区域的大多数时段及江淮与江南的魏晋南北朝时期外，其结果的可信度仅能达到中等可信度甚至最低可信度，但考虑到历史事件描述具有“记异不记常”的特点，本文的结果仍可为分析历史时期的极端事件提供参考。从 2000 年长度看，整个中国东部重大干旱多发时段出现在公元 4 世纪初期、11 世纪末期至 12 世纪初期及 17 世纪上半叶；重大雨涝多发时段则分别出现在公元 2 世纪上半叶、10 世纪后半叶以及 18 世纪至 20 世纪上半叶；20 世纪后 50 年极端旱涝事件较

历史时期的发生频率和强度低得多, 仅处于过去 2000 年的平均水平。几个典型暖期与极端事件发生对应关系表明 20 世纪后半叶的气候变暖并未导致极端旱涝事件发生频率增加。

参考文献 (References)

- 邓云特. 1958. 中国救荒史 [M]. 北京: 三联书店, 376pp. Deng Yunte. 1958. History of Famine Relief in China [M] (in Chinese). Beijing: SDX Joint Publishing Company, 376pp.
- 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: 933-940.
- 李兆元, 吴素良, 杨文峰, 等. 1997. 西安地区旱涝气候的长期变化 [J]. 气候与环境研究, 2 (4): 356-360. Li Zhaoyuan, Wu Suliang, Yang Wenfeng, et al. 1997. Long-term variations of drought/flood in Xi'an area [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 2 (4): 356-360.
- Solomon S, Qin D, Manning M, et al. 2007a. Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, USA: Cambridge University Press, 91pp.
- Solomon S, Qin D, Manning M, et al. 2007b. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 945-946.
- Woodhouse C A, Overpeck J T. 1998. 2000 Years of drought variability in the central United States [J]. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 79: 2693-2714.
- 王绍武, 陈振华. 1993. 近两千年长江黄河大旱大涝的初步研究 [M] //王绍武, 黄朝迎. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 北京: 气象出版社, 67-75. Wang Shaowu, Chen Zhenhua. 1993. Preliminary Study on Extreme Drought and Flood in Yangtze River and Yellow River during the Past 2000 Years [M] (in Chinese) //Wang Shaowu, Huang Chaoying. Diagnosis Study on Variations of Drought and Flood Disasters in Yangtze River and Yellow River and Its Economics Effects. Beijing: China Meteorological Press, 67-75.
- 张德二. 2004. 中国历史气候记录揭示的千年干湿变化和重大干旱事件 [J]. 科技导报, 22 (8): 47-49. Zhang De'er. 2004. Variation of dry-wet climate and severe drought events as revealed in the climate records of China over the past 1000 years [J]. Science and Technology Review (in Chinese), 22 (8): 47-49.
- 张丕远. 1996. 中国历史气候变化 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 307-338. Zhang Piyan. 1996. Historical Climate Change of China [M] (in Chinese). Jinan: Shandong Science and Technology Press, 307-338.
- Zheng J, Wang W, Ge Q, et al. 2006. Precipitation variability and extreme events in eastern China during the past 1500 years [J]. Terr. Atmos. Ocean. Sci., 17 (3): 579-592.
- 郑景云, 张丕远, 周玉孚. 1993. 利用旱涝县次建立历史时期旱涝指数序列的试验 [J]. 地理研究, 12 (3): 1-9. Zheng Jingyun, Zhang Piyan, Zhou Yufu. 1993. A new approach of reconstructing the dryness/wetness index series in China during historical times by using the number of drought/flood counties [J]. Geographical Research (in Chinese), 12 (3): 1-9.
- Zheng J, Zhang P, Ge Q, et al. 2001. Centennial changes of drought/flood spatial pattern in eastern China for the last 2000 years [J]. Progress in Natural Science, 11 (4): 280-287.
- 中央气象局气象科学研究所. 1981. 中国近五百年旱涝分布图集 [M]. 北京: 地图出版社. 332pp. Academy of Meteorological Science of China Central Meteorological Administration, 1981. Yearly Charts of Dryness/Wetness in China for the Last 500-year Period [M] (in Chinese). Beijing: Cartographic Publishing House, 332pp.