

文章编号:1004-4574(2012)05-0041-08

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

殷淑燕,黄春长,查小春

(陕西师范大学 旅游与环境学院,陕西 西安 710062)

摘要:对古洪水、历史洪水及现代洪水的深入研究结果表明:大洪水的发生,并不是在气候湿润时期频率最大,而是在气候转型期,以及气候突变期频率最大。气候由暖湿向冷干转化,或由冷干向暖湿、暖干转化期间,大洪水都会明显增加。气候的异常波动变化导致降水量年内和年际分配不均匀,是造成极端性暴雨洪水及大洪灾频繁发生的主要原因,因此导致大洪水在气候转型期、突变期出现频率高,气候平稳期出现频率较低。在气候转型期,洪水、干旱、寒冻等极端性气候灾害频发,是一种具有普遍性的自然现象。

关键词:洪水;气候灾害;气候转型期

中图分类号:P467

文献标志码:A

On extreme flood disasters and global climate change: a case study of floodings of Hanjing River and Weihe River

YIN Shuyan, HUANG Chunchang, ZHA Xiaochun

(College of Tourism and Environmental Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Deep studies on ancient, historic and modern floodings showed that, the highest occurrence rates of heavy floodings are not in the humid climate periods, but in the transitional climate periods and the abrupt climate change periods. The occurrence rates of heavy floodings are increased significantly during the transformation phases from warm-humid to cold-dry, or from cold-dry to warm-humid or to warm-dry climates. The unusual fluctuation changes of climate could lead to non-uniform precipitation distribution during intra-annual and inter-annual intervals, which is a reason for the frequent occurrence of heavy rains and floodings. Therefore, the rates of heavy floodings are higher during climate transition and mutation periods, and lower in climate steady periods. In climate transition period, extreme climate meteorological disasters, such as floodings, droughts, colds and frosts etc., occur more frequently. This is a natural phenomenon with generality.

Key words: flood; climate disaster; climate transitional period

近些年来,在我国乃至世界范围内,气候灾害连绵不断。极端气候气象事件频繁发生。全球气候环境的不断恶化日益成为世人瞩目的焦点。旱灾、洪灾、热浪、雪灾等不断出现,而且规模巨大,短时间内连续出现

收稿日期:2011-12-17; 修回日期:2012-02-03

基金项目:国家社会科学基金重点项目(11AZS009);国家自然科学基金重点项目(41030637);教育部博士点基金优先发展领域项目(20110202130002);中央高校基本科研业务费专项基金项目(GK201002015)

作者简介:殷淑燕(1970-),女,教授,博士,主要从事环境变迁研究. E-mail: yinshy@snnu.edu.cn

50 a 一遇、100 a 一遇甚至更大的灾害。这些特大型的气候灾害,对人民生命财产安全、社会经济造成了巨大的危害。在这种情况下,对特大气候灾害的深入研究显得十分重要。气候灾害研究成为研究热点,众多新成果新发现,使人们对自然灾害的发生规律有了更多的认知。

很早人们就发现,气候具有明显的波动性。在我国历史时期,根据文献记载,气候发生过多冷暖干湿变化,并呈现不同组合^[1-3]。在我国北方,历史时期气候组合主要为暖湿和冷干^[2-3],而在 20 世纪全球变暖以后,则呈现暖干化趋势^[4-5]。通常人们会认为,气候湿润期,降水量多,径流量大,对应洪水事件会较多,反之,如果某一历史时期,洪水事件多,也可以反过来说明当时的气候较为湿润,降水量较大^[6]。很多文章也是基于这样的前提进行分析论证的,例如,根据某一历史时期文献记载中洪水事件的多少,分析该历史时期气候是较湿润还是较干燥,这在很多利用历史文献进行气候研究的文章中,是常见的一种推论方式^[7-8]。

随着研究的深入,人们试图通过更多的方法研究气候变化与气候灾害。例如,通过孢粉分析、黄土序列研究、冰川/冰缘活动、湖泊沉积序列、冰芯记录、石笋纹层灰度序列、树木年轮、古洪水平流层沉积物等,还原古代气候和洪水状况。再将研究成果与历史时期文献记录、考古成果和现代仪器测定序列相对比,综合分析不同区域全新世气候与水文变化。我们在相关研究过程中发现,在洪水灾害与气候变化的关系中,不论是古洪水、还是历史洪水或现代洪水,它们表现出了一个共同的特征,即,洪水灾害最多发于气候转型期、气候突变期,有充分的研究证据可以证明这一点。下面分别就古洪水、历史洪水、现代洪水的相关研究成果进行阐述与分析。

1 古洪水与气候

古洪水是指史前发生的被沉积物记载的洪水。古洪水水文学是全球变化科学领域一门新兴交叉学科,它主要是通过对于古洪水滞流沉积物(slackwater deposits, SWD)进行实验测定,利用 OSL 和¹⁴C 测年、地层学和考古学等方法断代,来研究古洪水事件。美国、西班牙、澳大利亚等国家都已经在古洪水研究方面取得了显著成果;国内也有学者对黄河、长江、淮河、海河的某些河段进行了古洪水研究,并得到相应的古洪水资料^[9-20]。黄春长等人对于渭河流域、黄河中游、漆水河、洛河、北洛河等河流的古洪水沉积物和黄土层进行了多方面的实验测定,深入研究了其中记载的古气候水文事件^[12-18]。研究成果发现,古洪水的发生与古气候的变化之间具有密切的关系,对于黄土高原南部全新世古气候和古洪水事件得出了较清晰可靠的结论。

根据黄春长等人在关中盆地及渭北黄土台塬区多处黄土剖面取样研究,据全新世黄土磁化率、TOC、CaCO₃ 百分比、粒度、Rb/Sr 比(铷/锶比)等黄土物理与化学性质分析^[21-23],全新世黄土高原南部气候特点为:全新世大暖期(8 500 a B. P. - 3 100 a B. P.)气候温暖湿润,古土壤 S₀ 成壤作用强烈,表现为典型黑垆土或者褐土发育。3 100 a B. P. 前后,在土壤 S₀/L₀ 之间出现了一个显著的界线,表明此时期出现了季风气候转型,东南季风气候为主的成壤期向以西北季风气候为主的风尘堆积期转变。在此期间,剖面中反映降水量和成壤强度的指标如磁化率、有机碳含量等值明显下降,而反映干旱程度和沙尘暴风力强度的指标如 CaCO₃ 含量值明显增大(图 1)。在其间 6 000 - 5 000 a B. P.,存在有一个干旱事件,将全新世大暖期分为前后两个温暖湿润阶段,且每一阶段仍然有次一级的气候分化。

相关研究表明,全新世大暖期(也称全新世气候适宜期)及其后的气候转型,是北半球范围内气候变化的共同特征^[24-25]。但在具体时间与强度上,不同区域有一定差异。例如,黄土高原西北部的古土壤与孢粉组合研究表明,当时的黄土高原西北部地区与欧洲的气候适宜期(距今 7000 ~ 4000 a 左右)相接近。胡双熙等^[26]测定青海湖盆地、共和、贵南、山丹等地大部分埋藏古土壤¹⁴C 年龄在 7000 - 3500 a B. P. 之间;孔昭宸等^[27]根据青海湖(37°N, 100°E)孢粉重建的近万年气温和降水量变化,认为大约 8000 a B. P. 到 3500 a B. P. 是一个持续的暖期;任国玉^[28]测定在科尔沁沙地东南部,以蒙古栎为代表的乔木花粉从 3100 a B. P. 开始显著下降,而蒿属和藜科等草本植物花粉逐渐上升。徐叔鹰^[29]研究表明,到了 3500 a B. P. 前后,祁连山山岳冰川再次前进,冰水物质在山麓沉积,风积黄土又一次覆盖土壤,成壤中断。在 3100 a B. P. 至 2700 a B. P.,我国的海洋性冰川和大陆性冰川均发现冰川前进的证据^[3],如大兴安岭伊图里河一级阶地上该时期有冰楔发育,祁连山冷龙岭南坡冰川前进,乌鲁木齐河源山北冰碛垄前进等等。

黄春长团队对于渭河流域、黄河中游、漆水河、洛河、北洛河等河流的古洪水沉积物和黄土层进行了多方

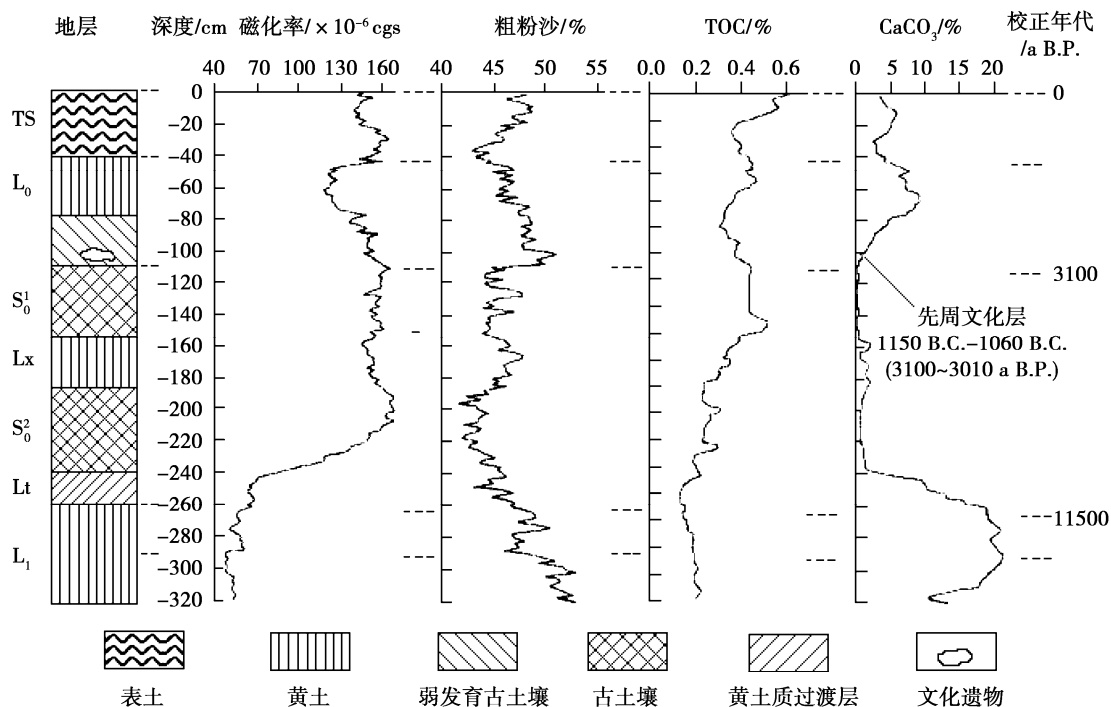


图 1 陕西扶风 JYC 黄土序列记录的全新世气候变化^[22]

Fig. 1 Holocene climate change in the loess – palaeosol sequences at JYC site in Fufeng County, Shaanxi Province^[22]

面的实验测定^[12-18],研究发现,黄土高原南部特大古洪水明显多发生于两个时期:在古土壤中夹有 SWD1 和 SWD2 两个明显的古洪水沉积层。通过 OSL 年代测定,可以比较准确地判定两组古洪水滞流沉积层的年代,位于古土壤 S0 底部的 SWD1,年代大约 9000 – 8500 a B.P.;位于古土壤 S0 上部的 SWD2,其年代大约 3200 – 3000 a B.P.。对汉江旬阳段、白河段的相关研究表明,在 8500 a B.P., 3100 a B.P. 前后,汉江上游也同样发生有特大洪水。根据比降法进行洪水洪峰流量计算,此时洪水洪峰流量远大于调查历史洪水和现代实测洪水洪峰流量,属于特大型洪水^[15-16]。例如,北洛河中游黄陵洛川段全新世古洪水研究结果表明,4 500 – 3 000 a B.P. 之间,北洛河中游 LMC 断面古洪水水平流沉积层系列所代表的特大洪水洪峰流量在 12350 ~ 14730 m³/s 之间^[15],泾河中游龙山文化晚期特大洪水洪峰流量为 19490 ~ 22040 m³/s^[16]。也就是说,全新世大暖期的开始阶段(气候由冷干向暖湿转变)与全新世大暖期的结束阶段(气候由暖湿向冷干转变),渭河、黄河、汉江流域都有明显的特大洪水发生,并在地层中出现了明显的沉积层,在气候转型阶段,明显多发特大洪水事件。

此外,全新世大暖期中间,在 6000 – 5000 a B.P.,存在有一个干旱事件,将全新世大暖期分为前后两个温暖湿润阶段,而在 4200 a B.P. 前后发生了一次全球性的降温事件,这次降温事件在中国有所反映,中原周围地区龙山时代新石器文化在 4000 a B.P. 前后的衰落也被认为与这次气候事件有关^[30-31]。研究表明,在渭河流域,在 6000 – 5000 a B.P. 和 4200 – 4000 a B.P. 也都有与全球性气候恶化突变事件相关的特大洪水事件。前者如在宝鸡千河,后者如在泾河程家川、关中西部漆水河^[14,16]等都发现有明确的特大洪水沉积记录。

2 历史洪水与气候变化

作为古洪水研究的对照,我们对于关中渭河、黄河中游、汉江上游等河流历史时期的洪水进行了统计分析。历史时期渭河中下游平原水旱灾害^[32]、两汉时期长安与洛阳都城水旱灾害对比研究^[33]发现,对于关中地区,或者长安或洛阳同一地区来说,水旱灾害的发生表现出明显的同步性,即同一个地区,旱灾频繁时期,也是水涝灾害频繁时期。关中地区水旱灾害在明后期之后(A. D. 1580 – 2000),发生频率最为频繁。该时期中,除短时间的现代暖期之外,大部分时间处于明清小冰期(A. D. 1550 – 1850),大部分研究表明,此时中国

北方为明显的冷干气候^[1-3,34],关中也不例外^[35]。但此时期关中水旱灾害都非常严重,史料记载中,几乎每一年都有严重的旱灾和水涝灾害,其影响范围之大,影响程度之强,也前所未见。明清小冰期是典型的气候突变期^[36],20世纪初以后,气候进入转暖期,这些时期水旱灾害明显增多,表明水旱灾害在气候突变期、转型期频率明显增大。周晓红等^[37]对关中地区渭河流域 1500 a 来洪水灾害进行了统计并与气候变化关系进行了分析(表 1),结果发现,洪水灾害频率与气候的异常波动有密切的关系,在气候冷暖交替的 A. D. 600 - 1000年、A. D. 1300 - 1900年、A. D. 1900 - 2000年,百年尺度洪灾出现频率明显高于其它时期,气候的异常波动变化导致关中地区降水量年内分配不均匀和年际变化,从而造成洪灾的频繁发生,洪灾在气候突变时出现频率高,气候平稳期出现频率较低。我们对陕南汉江上游历史时期以来的洪水灾害统计结果也表明(表 2)^[38],清后期到现代,是洪水发生频率最高时期。清后期到现代(为气候转暖期,汉江上游气候由冷干向暖干转化)汉江上游洪水发生频率高达 18.94 次/50 a;其次是明末至清前中期(属明清小冰期,为气候突变期)和唐末期(气候转冷期,气候由暖湿向冷干转化时期),洪水发生频率分别为 6.5 次/50 a 和 6 次/50 a;再次是西汉初、北宋中期至南宋前中期、明代,大约是 3 次/50 a(表 2)。历史洪水难以定量,但以造成的损害程度衡量,这些年份均有洪水冲堤破城、大量人畜溺亡的记载,尤其是明清至民国时期,汉江上游洪水不但频率高,而且强度大。历史记载中造成特大灾情的洪水极多,如安康历史上最大的洪灾发生在明万历十一年(A. D. 1583),《陕西通志·雍正本》记载,“猛雨数日,汉江溢,黄洋河水壅,高城丈余,全城淹没,公署民舍一空,古老寺庙荡涤殆尽溺死者五千余人,阖门全溺,无殍者无算”,根据洪痕与调查,这次洪水最大流量估计约在 36 000 ~ 40 000 m³/s 之间,为 400 a 一遇洪水^[39-40]。明洪武二十三年(A. D. 1390),“秋八月淫水,汉水暴溢,由郢以西庐舍人畜漂没无算,州城陷”(《古今图书集成》)。明永乐十四年(A. D. 1416),“五月,汉水溢,淹及洋州城,公私庐舍无存”(《修汉南续修郡志》,明成化六年(A. D. 1470),汉中、洋县“八月汉水涨溢,高数十丈,城郭居民俱淹没”(《修汉南续修郡志》。清康熙十九年(A. D. 1680)“五月二十九日,大雨如注,水入州城,淹死 2358 人”;清康熙三十二年(A. D. 1693),“汉水暴涨,……冲破南门,直入城中,大部被淹,全城俱倾,城中数十年生聚,尽赴巨波”,“汉水溢,兴安州城圯”(《陕西通志·雍正本》);清咸丰二年(A. D. 1852),安康大水造成“庐舍坍塌无算,兵民溺死者三千数百名”;清同治六年(A. D. 1867),“秋霖雨,八月十八日大水,决东堤入城,民房官舍冲毁殆尽”(《安康县志》),洪峰最大流量估计达到 30 000 ~ 33 000 m³/s^[39-41]。因此,历史时期以来,汉江上游洪水灾害的发生频率和强度,也不是简单地在气候湿润期较强,在气候暖干时期就较少较弱,而是在气候转型期与冷暖波动大、气候恶劣的气候突变期洪水的频率大,强度也强。因此可见,历史洪水灾害的出现频率与气候的异常波动、突变有密切关系,在气候冷暖交替变化时期较为频繁,气候平稳期出现频率较低。

表 1 关中渭河流域百年尺度洪灾统计表^[37]

Table 1 Statistics of flood disaster in hundreds years scale in Weihe River Basin of Guanzhong Region

年份(A. D.)	500 - 600	600 - 1000	1000 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1900	1900 - 2000	2000 - 2010
百年尺度洪灾/次	4	21	9	3	34	12	2

表 2 典型历史时段汉江上游洪水发生频率^[38]

Table 2 Flood frequency in upper reaches of Hanjiang River in some typical historical periods

年份	189 - 140 B. C.	A. D. 811 - 860	A. D. 1061 - 1210	A. D. 1361 - 1610	A. D. 1611 - 1810	A. D. 1811 - 2008
朝代	西汉初	唐末	北宋中期至南宋前中期	明	明末至清前中期	清后期至民国至现代
持续时间/a	50	50	150	250	200	198
洪水发生次数/次	3	6	9	16	26	75
频率/次(50a) ⁻¹	3.00	6.00	3.00	3.20	6.50	18.94

3 现代洪水与气候变化

1950s 以后,我国大部分地区气温、降水和河流的洪峰流量、水位都有了实测资料,根据实测资料对洪水与气候变化之间的关系研究的成果也较多。何佳^[42]等根据 1961 - 2004 年 6 - 8 月的逐日降水资料,用

Morlet小波分析和滑动平均等方法,分析了近44 a来华北地区夏季降水的年际和年代际变化特征,不同量级降水事件的发生频率和强度,极端降水时间多年和少年的大气环流差异。结果表明,华北夏季降水量总体呈下降趋势,但极端降水天气发生的次数并没有减少,强度也呈增加趋势,总降水量减少,极端强降水量在总降水量中所占份额却呈增加趋势。赵德芳等^[43]应用陕南汉江谷地17个测站1953-2000年气温、1961-2000年降水及1961-1999年区内汉江平均流量和最大流量实测记录,对气象数据和水文数据统计分析,结果表明,陕南汉江谷地近40 a年降水量明显减少,且趋势较强,降水总量减少,气候呈暖干化。但从季节来看,降水表现为夏增秋减趋势,而区内70%以上测站记录的暴雨频次和年暴雨总量变化表现为增加趋势,洪水灾害发生频率明显增大,因为降水量季节变化集中,不稳定性增强。也就是说,虽然区内降水总量明显减少,但由于降水集中于夏季,暴雨增多,洪水发生频率反而增大了。因此,虽然是处于气候暖干期,但洪灾发生频率增大。因此,洪灾的发生频率增大,与气候湿润期并不完全一致。原因在于,相比与降水总量,洪灾的发生,与降水量的季节分配、年际分配关系更为密切,降水年际、季节分配差异的变化,才是导致洪灾的主要原因。

我们对汉江上游多个测站^[44]1960-2009年月降水量变化与暴雨洪水发生规律进行统计分析的结果表明,虽然在近50 a来,汉江上游年降水量在总体上呈现出减少的趋势,但各月份降水量变化并不一致,以4月份和9月份降水量减幅最大,而6月份和8月份降水量则有所增加(图2),降水的年内分布不均匀性增大,导致夏季暴雨洪水多发,尤其是在1980-1988年,汉江上游流域气候发生了转型,表现出春季和秋季西南季风环流减弱,夏季东南季风环流增强的趋势,该时期汉江上游暴雨洪水极为频繁(表3),远超过其前后的20世纪60年代,70年代,及之后的20世纪90年代以及21世纪第1个10 a。1983年最大洪峰流量31 000 m³/s、导致安康毁城之灾的特大洪水就发生在该时期。也表现出在气候转型期,洪水灾害明显增多的特点。

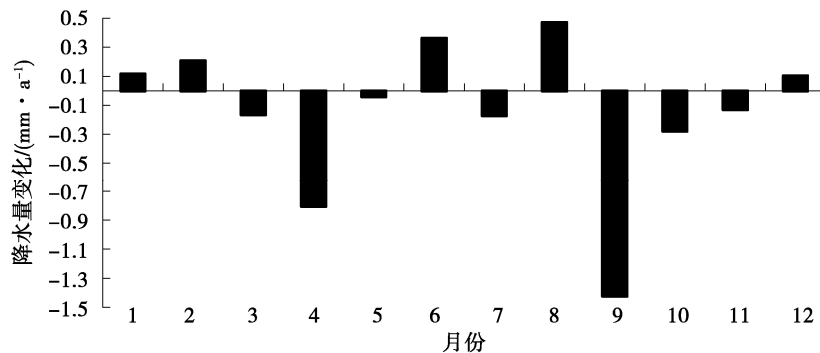


图2 汉江上游各月份降水量线性方程斜率^[44]

Fig. 2 Slope of the linear equation of monthly precipitation in upper reaches of Hanjiang River

表3 1960-2010年汉江上游安康站大洪水统计表(最大洪峰流量>15 000 m³/s)^[44]

Table 3 Statistics of heavy flood in Ankang Station in upper reaches of Hanjiang River from 1960 to 2010. (maximum peak flow > 15 000 m³/s)

年份	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2010
洪水发生次数/次	4	4	9	1	3

4 结论与讨论

综上所述,不论是古洪水,还是历史洪水,或现代洪水,深入研究的结果都表明:大洪水的发生,不是在气候湿润期频率最高,而是表现出在气候转型期、以及气候异常波动性大、气候突变时期频率都有明显增大。气候由暖湿向冷干转化,或由冷干向暖湿、暖干转化,转化期间,大洪水事件都会明显增加。

洪水在气候转型期发生频率最大,是因为洪水的发生与否,关键影响因素并不是降水总量,而是降水量的年内与年际分配。气候转型期和气候突变期,气候都具有明显的异常波动,气候的异常波动变化导致降水量年内和年际分配不均匀,是导致洪灾频繁发生的主导因素。因此大洪水在气候转型期、突变期出现频率高,气候平稳期出现频率较低。这种认识,可能与人们通常认为的,在湿润气候期,洪水发生频率最大不符

合,但古洪水、历史洪水和现代洪水 3 方面的研究,都印证了这一点。虽然不同时间尺度的研究有着各自的特点,如古洪水主要是根据地质沉积记录进行研究,难以计算频率,且由于时间样本的长度有限,目前也很难确定气候转型期的准确时间,气候转型期、突变期的时段也较难明确划分,我们所认定的转型期,有可能一部分已进入到湿润期,但是,古洪水、历史洪水、现代洪水进行比较印证,仍可发现其中表现出明显的共同规律性,即大洪水在气候转型期、突变期出现频率最大,对这种规律性的认识,仍是非常有意义的。

事实上,在气候转型期,不仅大洪水增多,干旱、寒冻等极端性气候事件也明显增多。从降水方面来说,气候的异常波动变化导致降水量年内和年际分配不均匀,不仅会造成洪灾频发,同样也会造成较多的旱灾。因此,历史灾害研究中,可见水旱灾害同步增多的现象^[32-33]。从更高层面上理解,按照辩证唯物主义认识论,在事物内部,矛盾的双方,互相依存又相互排斥,它们之间的关系,不会一成不变,矛盾双方的斗争,推动着事物的变化和发展。列宁说:“对立面的统一(一致、同一、均势)是有条件的、暂时的、易逝的、相对的。相互排斥的对立面的斗争是绝对的,正如发展、运动是绝对的一样”^[45]。对立统一的矛盾双方中,如果其中一种单一势力处于统治地位,事物的发展就会处于相对平缓状态;而不同力量势均力敌时,矛盾斗争激烈化,推动事物发展变化。对于气候变化来说,影响气候变化的各种要素,如果一种单一势力处于统治地位,气候处于平稳期,具体表现上,相对来说,降水、温度的变幅相对会较小,波动性较弱,这种情况下,气候灾害就会相对较少。气候转型期,是大气环流系统内部矛盾要素之间地位转化的时期,是矛盾双方斗争激烈的时期,矛盾的激烈斗争,易导致气候异常波动变化,进而导致水、旱、寒、冻、热等多种气候灾害的频发,而形成灾害群发期。我国的明清小冰期和清末至民国时期的气候群发期可以作为一个典型实例。多数学者认为,明清小冰期(A. D. 1550 - 1850)时,中国北方为明显的冷干气候^[1-3,34],到民国时期,开始进入 20 世纪全球变暖期,我国西北部分地区由冷干向暖湿转化^[46],华北地区气候则由冷干转为暖干^[4-5]。从明清小冰期到民国时期,全国各地各种气候灾害都非常为严重。在清朝后期至民国后期,约 A. D. 1810 至 A. D. 1949,各种气候灾害的发生频率达到了最高峰,几乎每年都有严重的旱灾、洪涝、寒冻灾害,其影响范围之大,影响程度之强,也前所未见。此时期史料记载中处处可见旱情惨酷、旱涝相继、暴风肆虐、年岁大荒、民大饥、饿殍遗尸、暴雨漂民居、人口多淹毙、大雨连番、山水暴发等等记载^[47]。

近些年来,在我国乃至世界范围内,极端气候气象事件频繁发生。旱灾、洪灾、热浪、雪灾等不断出现,而且规模巨大,短时间内连续出现 50 a 一遇、100 a 一遇甚至更大的灾害。根据前文分析我们可以看出,在气候转型期与气候突变期,气候灾害频发,是一种具有普遍性的自然现象。在史前发生过,在历史时期发生过,在现在和今后都可能发生。正确认识当前极端气候气象事件的频发现象,不仅可以充分认识气候规律,同时,也有助于更好地做好防灾减灾工作,减轻自然灾害对人民生命财产安全和社会经济的损害程度。

参考文献:

- [1] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. 考古学报, 1972(1): 15 - 38.
ZHU Kezhen. Primary research of climate change in recent 5 thousands years in China[J]. Journal of Archaeology, 1972(1): 15 - 38.
- [2] 张丕远, 葛全胜, 张时煌, 等. 2000 年来我国旱涝气候演化的阶段性和突变[J]. 第四纪研究, 1997, 17(1): 12 - 20. (in Chinese)
ZHANG Peiyuan, GE Quansheng, ZHANG Shihuang et al. The modes and abrupt changes of climate in China during recent 2000 years[J]. Quaternary Sciences, 1997, 17(1): 12 - 20.
- [3] 葛全胜, 方修琦, 郑景云. 中国过去 3ka 冷暖千年周期变化的自然证据及其集成分析[J]. 地球科学进展, 2002, 17(1): 96 - 103.
GE Quansheng, FANG Xiuqi, ZHENG Jingyun. Warm - cold change in millenarian cycle derived from natural proxy data in China during the past 3000 years[J]. Advances in Earth Sciences, 2002, 17(1): 96 - 103. (in Chinese)
- [4] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257 - 271.
CHEN Longxun, ZHU Wenqin, WANG Wen, et al. Studies on climate change in China in recent 45 years[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1998, 56(3): 257 - 271. (in Chinese)
- [5] 延军平. 渭河谷地的气候干暖化与未来趋势[J]. 环境科学, 1999, 20(2): 85 - 87.
YAN Junping. Drying and warming of climate and its tendency in the Weihe River Basin[J]. Chinese Journal of Environmental Science, 1999, 20(2): 85 - 87. (in Chinese)
- [6] 李胜利, 赵景波. 渭河西安高陵耿镇历史时期古洪水研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(3): 379 - 384.
LI Shengli, ZHAO Jingbo. Historical flood change of Weihe River at Gengzheng town section in Gaoling county of Xi'an[J]. Journal of Desert Research, 2007, 27(3): 379 - 384. (in Chinese)
- [7] 黄忠恕. 长江流域历史水旱灾害分析[J]. 人民长江, 2003, 34(2): 1 - 3.
HUANG Zhongshu. The analyses of waterlog and drought in history in Yangtze River Basin[J]. People's Yangtze River, 2003, 34(2): 1 - 3.

- (in Chinese)
- [8] 雷兴鹤. 清代甘肃陇东地区水旱灾害成因探析[J]. 西安石油大学学报:社会科学版, 2011(5):106-112.
LEI Xinghe. An analysis on the Causes of flood and draught in the eastern area of Gansu in Qing Dynasty[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Social Sciences, 2011(5):106-112. (in Chinese)
- [9] Thorndyraft V R, Benito G, Rico M, et al. A long-term flood discharge record derived from slackwater flood deposits of the Llobregat River, NE Spain[J]. Journal of Hydrology, 2005, 313:16-31.
- [10] James C K. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change[J]. Quaternary Science Reviews, 2000, 19:439-457.
- [11] Yang D Y, Ge Y, Xie Y B, et al. Sedimentary records of large Holocene floods from the middle reaches of the Yellow River, China[J]. Geomorphology 2000, 33 (1/2):73-88.
- [12] Huang C C, Pang J L, Zha X C, et al. Impact of monsoonal climatic change on Holocene overbank flooding along Sushui River, middle reach of the Yellow River, China [J]. Quaternary Science Reviews, 2007, 26:2247-2264.
- [13] Huang C C, Jia Y F, Pang J L, et al. Holocene colluviation and its implications for tracing human-induced soil erosion and redeposition on the piedmont loess lands of the Qinling Mountains, northern China[J]. Geoderma, 2006, 136:838-851.
- [14] 查小春, 黄春长, 庞奖励. 关中西部漆水河全新世特大洪水与环境演变[J]. 地理学报, 2007, 62(3):291-300.
ZHA Xiaochun, HUANG Chunchang, PANG Jiangli, et al. Holocene extreme floods and environmental change of Qishuihe River in western Guanzhong Basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(3):291-300. (in Chinese)
- [15] 姚平, 黄春长, 庞奖励, 等. 北洛河中游黄陵洛川段全新世古洪水研究[J]. 地理学报, 2008, 63(11):1198-1206.
YAO Ping, HUANG Chunchang, PANG Jiangli, et al. Palaeoflood hydrological studies in the middle reaches of the Beiluohe River[J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63 (11):1198-1206. (in Chinese)
- [16] 李瑜琴, 黄春长, 查小春, 等. 泾河中游龙山文化晚期特大洪水水文学研究[J]. 地理学报, 2009, 64(5):541-552.
LI Yuqin, HUANG Chunchang, ZHA Xiaochun, et al. Palaeoflood occurrence in the late period of the Longshan Culture in the middle reaches of the Jinghe River[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(5):541-552. (in Chinese)
- [17] 李晓刚, 黄春长, 庞奖励, 等. 黄河壶口段全新世古洪水事件及其水文学研究[J]. 地理学报, 2010, 65(11):1371-1380.
LI Xiaogang, HUANG Chunchang, PANG Jiangli, et al. Hydrological Studies of the Holocene Palaeoflood in the Hukou Reach of the Yellow River [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(11):1371-1380. (in Chinese)
- [18] Huang C C, Pang J L, Zha X C, et al. Extraordinary floods of 4100-4000 a BP recorded at the Late Neolithic ruins in the Jinghe River gorges, middle reach of the Yellow River, China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2010, 289(3):1-9.
- [19] 杨晓燕, 夏正楷, 崔之久. 黄河上游全新世特大洪水及其沉积特征[J]. 第四纪研究, 2005, 25(1):80-85.
YANG Xiaoyan, XIA Zhengkai, CUI Zhijiu. Holocene extreme floods and its sedimentary characteristic in the upper reaches of the Yellow River [J]. Quaternary Sciences, 2005, 25(1):80-85. (in Chinese)
- [20] 李长安, 黄俊华, 张玉芬, 等. 黄河上游末次冰盛期古洪水事件的初步研究[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2002, 27(4):456-458.
LI Changan, HUANG Junhua, ZHANG Yufen, et al. Preliminary study of paleoflood of Last Glacial Maximum in upper reaches of the Yellow River [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(4):456-458. (in Chinese)
- [21] 黄春长. 渭河流域3100年前资源退化与人地关系演变[J]. 地理科学, 2001, 21(1):30-35.
HUANG Chunchang. The deterioration of land resources and the change in human-earth relationships in the Weihe River Basin at 3100 a B. P. [J]. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(1):30-35.
- [22] 黄春长, 庞奖励, 陈宝群, 等. 渭河流域先周-西周时代环境和水土资源退化及其社会影响[J]. 第四纪研究, 2003, 23(4):404-414.
HUANG Chunchang, PANG Jiangli, CHEN Baoqun, et al. Land degradation and its social impact in the Weihe River Drainage Basin during the Predynastic Zhou - Western Zhou Dynasty[J]. Quaternary Sciences, 2003, 23(4):404-414. (in Chinese)
- [23] 周群英, 黄春长, 庞奖励, 等. 黄土高原褐土和黑垆土剖面中 Rb 和 Sr 分布与全新世成土环境变化[J]. 土壤学报, 2003, 40(4):490-496.
Zhou Qunying, Huang Chunchang, Pang Jiangli, et al. Distribution of Rb and Sr elements in soil profiles changes in Holocene pedogenic environment on the loess plateau[J]. Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(4):490-496. (in Chinese)
- [24] O'Brien S R, Mayewski P A, Meeker L D, et al. Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core[J]. Science, 1995, 270:1962-1964.
- [25] Haug G H, Hughen K A, Sigman D H, et al. Southward migration of the intertropical convergence zone through the Holocene[J]. Science, 2001, 293:1304-1308.
- [26] 胡双熙, 徐齐治, 张维祥, 等. 青藏高原东北部边缘区栗钙土的历史演变[J]. 土壤学报, 1991, 28(2):202-210.
HU Shuangxi, XU Qizhi, ZHANG Weixiang, et al. Historic evolution of chestnut soil in the northeastern marginal area of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Acta Pedologica Sinica, 1991, 28(2):202-210. (in Chinese)
- [27] 孔昭宸, 杜乃秋, 许清海, 等. 中国北方全新世大暖期植物群的古气候波动[C]//施雅凤. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京:科学出版社, 1992. 72-80.
KONG Zhaochen, DU Naiqiu, XU Qinghai, et al. Paleoclimatic fluctuation on flora of Holocene Megathermal in Northern China[C]//SHI Yafeng. Climate and Environment of Holocene Megathermal in China. Beijing: Science Press, 1992, 72-80. (in Chinese)
- [28] 任国玉. 科尔沁沙地东南缘近3000年来植被演化与人类活动[J]. 地理科学, 1999, 19(1):42-48.
REN Guoyu. Influence of human activities on the late Holocene vegetation changes at Maili, Northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica,

- 1999,19(1):42-48. (in Chinese)
- [29] 徐叔鹰,张维信,徐德馥. 青藏高原东北边缘地区冰缘发展探讨[J],冰川冻土,1984,6(2):15-25.
XU Shuiying,ZHANG Weixin,XU Defu, et al. Discussion on the periglacial development in the northeast marginal region of Qinghai - Xizang Plateau[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,1984,6(2):15-25. (in Chinese)
- [30] 谭亮成,安芷生,蔡演军,等. 4.2ka BP 气候事件在中国的降雨表现及其全球联系[J],地质论评,2008,54(1):94-104.
TAN Liangcheng, AN Zhisheng, CAI Yanjun, et al. The hydrological exhibition of 4.2 ka BP event in China and its global linkages[J]. Geological Review,2008,54(1):94-104. (in Chinese)
- [31] 吴文祥,刘东生. 4000aB. P. 前后东亚季风变迁与中原周围地区新石器文化的衰落[J]. 第四纪研究,2004,24(3):278-284.
WU Wenxiang, LIU Dongsheng. Variations in East Asia Monsoon around 4000 a B. P. and the collapse of Neolithic Cultures around Central Plains [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24(3):278-284. (in Chinese)
- [32] Yin S Y, Huang C C, Li X Y. Historical drought and water disasters in the Weihe Plain[J]. Journal of Geographical Sciences,2005, 15(1): 97-105.
- [33] 殷淑燕,黄春长. 两汉时期长安与洛阳都城水旱灾害对比研究[J]. 自然灾害学报,2008,17(4):66-71.
YIN Shuyan,HUANG Chunchan. Comparative study of drought and flood in capitals Chang'an/Luoyang in the West and EastHan Dynasties [J]. Journal of natural disasters,2008,17(4):66-71. (in Chinese)
- [34] 王绍武. 小冰期气候的研究[J]. 第四纪研究,1995(3):202-212.
WANG Shaowu. Studies on climate of the Little Ice Age[J]. Quaternary Sciences,1995(3):202-212. (in Chinese)
- [35] 朱士光. 王元林. 呼林贵. 历史时期关中地区气候变化的初步研究[J]. 第四纪研究,1998,2(1):1-11.
ZHU Shiguang,WANG Yuanlin,HU Lingui. Study on climate variations in the re - gion of Guanzhong in the historical period[J]. Quaternary Sciences,1998,2(1):1-11. (in Chinese)
- [36] 黄春长,延军平. 气候突变的哲学启示[J]. 自然辩证法研究,1997,13(3):19-22.
HUANG Chunchang,YAN Junping. The philosophy revelation of climate sudden change [J]. Journal of Natural Dialectics Research, 1997, 13(3): 19-22. (in Chinese)
- [37] 周晓红,赵景波. 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,2008,26(2):247-250.
ZHOU Xiaohong, ZHAO Jingbo. Analysis about relationship between flood disaster and climate change in Guanzhong region within 1500 year [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2008,26(2):247-250. (in Chinese)
- [38] 殷淑燕,王海燕,王德丽,等. 陕南汉江上游历史洪水灾害与气候变化[J]. 干旱区研究,2010,27(04):522-528.
YIN Shuyan,WANG Haiyan,WANG Deli, et al. Study on historical flood disasters and climate change in the upper reaches of the Hanjiang River [J]. Arid Zone Research, 2010,27(4):522-527. (in Chinese)
- [39] 骆承政. 中国历史大洪水调查资料汇编[M]. 北京:中国书店,2006:357-358.
LUO Chengzheng. The Research Data Assembly of Big Floods in Chinese History[M]. Beijing: Chinese Bookstore Publishing,2006:357-358. (in Chinese)
- [40] 李幼木,安康水电厂水调班. 汉江安康流域洪水规律分析及水库对安康城区的防洪作用[J]. 陕西电力,2007,35(10):37-40.
LI Youmu. Analysis on flood law in Ankang Basin of Hanjiang River & the effect of reservoir upon flood prevention in Ankang Urban Area[J]. Shaanxi Province Electric Power, 2007, 35(10): 37-40. (in Chinese)
- [41] 安康市地方志编纂委员会,安康县志[M]. 第三篇 自然灾害. 西安:陕西人民教育出版社,1989:1-961.
Ankang area compilation volunteers. Ankang county Annals [M]. The third volume, natural disasters. Xi'an:Shaanxi People and Education Press,1989:1-961. (in Chinese)
- [42] 何佳,牛玉梅. 华北地区夏季降水变化特征和极端降水多、少年环流异常特征分析[J]. 宁夏技术工程,2010,9(3):197-201.
HE Jia,NIU Yumei, Characteristics of Summer Rainfall variety in North China and signature analysis on circulation anomaly in years of extreme precipitation [J]. Ningxia Engineering Technology,2010,9(3):197-201. (in Chinese)
- [43] 赵德芳,孙虎,延军平,等. 陕南汉江谷地近 40 年气候变化及其生态环境意义[J]. 山地学报,2005,23(3):313-318.
ZHAO Defang, SUN Hu, YAN Junping, et al. The tendency of climatic change and it's effect on ecosystem environment in the Past 40 Years of Hanjiang Valley South ,Shaanxi[J]. Journal of Mountain Science,2005,23(3):313-318. (in Chinese)
- [44] 殷淑燕,黄春长. 汉江上游近 50 年降水变化与暴雨洪水发生规律[J]. 水土保持通报,2012,32(1):1-7.
YIN Shuyan,HUANG Chunchang. Precipitation change and the occurrence of storm rains and floods in the upper reaches of the Hanjiang River during the Last 50 Years[J]. Bulletin of Soiland Water Conservation,2012,32(1):1-7. (in Chinese)
- [45] 列宁,列宁全集[M]. 第 55 卷,北京:人民出版社,1990:306.
Lenin, Lenin Complete Works[M]. Vol. 55, Beijing: People's Publishing House, 1990:306. (in Chinese)
- [46] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):152-164.
SHI Yafeng, SHEN Yongping, LI Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm - dry to warm - wet in Northwest China. Quaternary Sciences [J]. 2003,23(2):152-164. (in Chinese)
- [47] 宋正海. 中国古代重大自然灾害和异常年表总集[M]. 广州:广东教育出版社,1992:1-657.
SONG Zhengha. The General Chronology of Significant Natural Disasters and Abnormal Year [M]. Guangzhou: Guangdong Education Press, 1992: 1-657. (in Chinese)