

黄磊, 邵雪梅, 刘洪滨, 等. 2010. 树轮记录的青海柴达木盆地过去 2800 年来的极端干旱事件 [J]. 气候与环境研究, 15 (4): 379–387.
Huang Lei, Shao Xuemei, Liu Hongbin, et al. 2010. A 2800-year tree-ring record of severe sustained extreme drought events in Qaidam Basin, Qinghai [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4): 379–387.

树轮记录的青海柴达木盆地过去 2800 年来的 极端干旱事件

黄磊¹ 邵雪梅² 刘洪滨¹ 王树芝³ 朱海峰⁴
徐岩² 梁尔源⁴ 尹红¹

1 国家气候中心, 北京 100081

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

3 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

4 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085

摘要 利用在青海柴达木盆地建立的祁连圆柏树轮宽度指数年表, 分析了自公元前 800 年以来树轮所记录的该地区 2800 年来极端干旱事件的变化。研究发现, 过去 2800 年来极端干旱事件的出现存在群发性和间歇性的特点, 其中魏晋南北朝时期 (公元 3 世纪至 4 世纪) 和明清时期 (15 世纪中叶至 19 世纪) 是极端干旱事件的群发期, 公元 5 世纪至 12 世纪的 800 年内极端干旱事件的出现频率较低。出现在西汉末年、东汉初年前后的持续性干旱是柴达木盆地过去 2800 年内最严重的极端干旱事件。

关键词 柴达木盆地 树木年轮 极端干旱事件

文章编号 1006-9585 (2010) 04-0379-09 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

A 2800-Year Tree-Ring Record of Severe Sustained Extreme Drought Events in Qaidam Basin, Qinghai

HUANG Lei¹, SHAO Xuemei², LIU Hongbin¹, WANG Shuzhi³, ZHU Haifeng⁴,
XU Yan², LIANG Eryuan⁴, and YIN Hong¹

1 National Climate Center, Beijing 100081

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

3 Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710

4 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085

Abstract Droughts are one kind of the most devastating natural hazards faced by China, severe droughts have had large impacts on economies, society, and environment of China, especially in the arid and semi-arid regions of northwestern China. The instrumental record of this region is not more than 100 years and it contains only a limited

收稿日期 2009-12-31 收到, 2010-03-15 收到修定稿

资助项目 国家科技支撑计划 2007BAC29B02 和 2007BAC29B01、国家科技基础性专项 2007FY220200、国家公益性行业科研专项 200804001 和 200801001

作者简介 黄磊, 男, 1976 年出生, 博士, 副研究员, 主要从事气候变化方面的研究。E-mail: huanglei@cma.gov.cn

subset of severe drought cases, so it is necessary to turn to the paleoclimatic record to examine the full range of past drought variability to gain the improved understanding of sustained severe extreme drought events. In this study, the authors analyzed the severe extreme drought events of the past 2800 years inferred from tree-ring width variations in Qaidam Basin, Qinghai. It is found that the extreme drought events occurred in a cluster in some periods and intermitten in other periods. In the Wei, Jin, and Southern/Northern Dynasties period (3rd century to 4th century AD) and in the Ming and Qing Dynasties period (mid-15th century to 19th century AD), severe extreme drought events occurred in high frequency, while in the period from the 5th century to 12th century occurred less frequently. The most serious extreme drought over the past 2800 years occurred in the transition of Western Han to Eastern Han Dynasties.

Key words Qaidam Basin, tree-ring, extreme droughts

1 引言

干旱具有影响范围广、持续时间长、经济社会损失大等特点,是我国影响面较大、较为严重的自然灾害。近年来我国频繁出现严重的干旱事件,如2008年秋至2009年春,我国华北、黄淮、西北东北部及四川西部、西藏等地均遭遇了大范围的严重干旱(陈洪滨和范学花,2009)。特别是对于我国西部干旱半干旱区而言,大范围、持续性的严重极端干旱灾害会给经济社会、生态与环境造成严重影响,对极端干旱事件的发生特征进行研究有助于预测和评价将来可能发生的极端气候事件,可以为区域经济社会发展提供科学决策的依据。因此,对极端干旱事件发生特征的研究具有重要意义。

由于我国的气象记录只有百年左右的长度,难以满足对极端干旱事件、特别是对几十年一遇或百年一遇的严重极端干旱事件研究的需要。树木年轮是研究干旱事件的良好代用资料,如在美国(Woodhouse and Overpeck, 1998; Cook et al., 2004)和加拿大(George et al., 2009)已经被成功地用于重建过去几百年至上千年干旱事件的历史。研究表明,在干旱、半干旱区,树木生长对干旱事件具有较好的响应,特别是当干旱发生的范围较大时,树轮宽度变化特征在空间上的相关性可以延伸很远;如在99%的置信度下,北美西部65个样点的树轮宽度年表间显著相关的平均距离达992 km(Cropper and Fritts, 1982)。在青藏高原东北部的干旱半干旱区,柴达木盆地祁连圆柏的一些窄轮在祁连山和和阿尼玛卿山的祁连圆柏年表上也都有所体现(邵雪梅等,

2007)。20世纪20年代我国北方地区的严重干旱在柴达木盆地、内蒙古、陕西华山的树木年轮上都有反映,青藏高原东北部和内蒙古中部树轮年表之间也存在着显著的相关关系(Liang et al., 2006)。因此,利用干旱、半干旱区的树木年轮资料能够揭示大范围严重极端干旱事件的历史。

青海柴达木盆地的东缘山地分布有大量千年树龄的祁连圆柏,根据柴达木盆地祁连圆柏树木年轮资料已经重建了过去上千年以来的降水和土壤湿度的变化(Zhang et al., 2003; 邵雪梅等, 2004, 2006; 刘禹等, 2006; Yin et al., 2008)。柴达木盆地祁连圆柏年轮的宽窄变化对降水的多寡有明显的响应,特别是年轮中的窄轮对于干旱环境响应的可靠性要大于宽轮的(邵雪梅等, 2007)。最近的研究指出(张德二, 2010),根据柴达木盆地树轮资料重建的德令哈千年降水量序列(邵雪梅等, 2004)在公元1400~1950年共有44个极端低值年(干旱年),其中30例极端低值年有历史文献记录可供验证,其他的14例可以用来补充西部地区历史文献记录的缺失。该研究所采用的历史文献记录来自青海及其邻近的甘肃、宁夏等地,表明德令哈千年降水量序列中出现的极端低值不是局地现象,而是在相当大的范围内有重大干旱事件发生。因此,通过对柴达木盆地年轮宽度序列中极端窄轮的分析可以揭示大范围极端干旱事件的出现特征。最近,Shao et al. (2009)建立了柴达木盆地从公元前1580年至公元2006年共3586年的祁连圆柏树轮宽度指数年表,是研究过去两三千年以来极端干旱事件变化的良好资料。由于轮宽年表中在公元前9世纪中叶之前的样本量少于10个,年表的可靠性不如公元前8世纪以后的时段,因此,本文利用这一年

表分析自公元前 800 年以来树轮所记录的青海柴达木盆地过去 2800 年来的极端干旱事件的特征。

2 资料简介

本文所使用的树轮资料采集于青海柴达木盆地东北部 200 多公里的范围内, 这一地区的景观为干旱荒漠草原, 在气候区划上属于干旱、半干旱的高原气候区, 年平均降水量为 150~200 mm 左右。在盆地东部中山海拔高度约 3500~4000 m 带状区域内的阳坡和半阳坡上有祁连圆柏林地, 本研究中用来建立树轮宽度定年年表的样本即采自于本区域内。样本采用美国亚利桑那大学树轮实验室的骨架示意图方法 (Stokes and Smiley, 1968) 进行交叉定年, 对完成定年的样本进行年轮宽度量测, 之后使用 COFECHA 计算机程序 (Holmes, 1983) 对定年进行检验, 确保定年结果准确无误。最后建立的树轮宽度总年表长度为 3586 年, 本文中的研究时段取为公元前 800 年至公元 2006 年。

公元前 800 年以来的 2800 多年长度的树轮宽度指数序列的均值为 0, 标准差为 1。序列中树轮宽度指数越大, 表示当年的年轮越宽; 指数越小, 表示当年的年轮越窄, 越窄的年轮指示了更干旱的气候条件。为了对窄轮所指示的干旱事件的干旱程度进行更好地区分, 我们根据年表的轮宽指数值进行划分, 将轮宽指数 (X) 小于均值 0 但大于一倍标准差 (-1) 的年份称为偏旱年, 将轮宽指数小于等于一倍标准差 (-1) 但大于两倍标准差 (-2) 的年份称为大旱年, 小于等于两倍标准差 (-2) 但大于三倍标准差 (-3) 的年份称为重旱年, 小于等于三倍标准差 (-3) 但大于四倍标准差 (-4) 的年份称为特旱年, 小于等于四倍标准差 (-4) 的年份称为超旱年。同时, 由于干旱事件具有空间范围广、持续时间长等特点, 极端干旱事件的持续时间越长, 其所发生的空间范围可能也越大, 因此, 我们对轮宽序列取多年滑动平均, 重点分析持续时间长、影响范围广的严重干旱事件的变化, 按照干旱的严重程度识别出 2800 年来的主要极端干旱事件并进行分析。

我国有丰富的历史文献资料, 这些资料记录了大量的干旱、洪涝、严寒等气候事件。本文也

参考了大量史书和《中国近五百年旱涝分布图集》(中国气象科学研究院, 1981)、《中国三千年气象记录总集》(张德二, 2004) 和《青海自然灾害》(史国枢, 2003) 中对青海及邻近的甘肃、陕西、宁夏等西北地区干旱事件的文献记载, 与柴达木盆地树轮资料所揭示的极端干旱事件进行对比分析。

3 结果与分析

3.1 柴达木盆地 2800 年来干旱事件的变化特征

根据前文划分的干旱程度的标准, 我们以百年为单位, 对每个世纪内出现的干旱年份进行了统计 (表 1), 这样便于更直观的看出不同程度干旱事件的出现频次在时间上的分布特征。从表 1 可以看出, 过去的 28 个世纪内共出现轮宽指数低于均值 0 的偏旱年份共 1164 年, 出现频率为 41.57%。其中, 大旱年份共 282 年, 占 10% 左右, 约为 10 年一遇; 重旱年份共 68 年, 占 2.43%, 约为 40 年一遇; 特旱年份共 26 年, 占 0.93%, 约为 100 年一遇, 轮宽指数小于等于 -4 的超旱年份共 9 年, 占 0.32%, 约为 300 年一遇。轮宽指数小于等于 -1 的大旱以上程度的干旱年份出现总概率是 12.75%, 约为 8 年一遇。

从表 1 还可以看出, 在世纪尺度的极端干旱事件的时间分布上, 公元前 8 世纪是干旱年份总数较少、但大旱以上年份比例偏多的一个世纪, 其中大旱以上年份共 16 次, 占该世纪内干旱年份总数的 43%, 是所有 28 个世纪内比例最高的。相反, 公元 16 世纪是干旱年份总数较多、但大旱以上年份比例偏少的一个世纪, 该世纪内大旱以上年份共出现了 9 次, 占干旱年份总数的 21%, 是所有 28 个世纪内比例最低的。从公元 2 世纪至公元 9 世纪的连续 800 年内没有出现任何一次超旱年份, 其中公元 8 世纪和 9 世纪的连续两个世纪内也没有出现任何一次特旱年份, 是 2800 年来单年极端干旱事件出现频率最低的时期。

3.2 柴达木盆地 2800 年来持续性严重极端干旱事件分析

为了更好的辨析出较为严重的持续性极端干旱事件, 我们对轮宽指数的原始序列进行了 11 年滑动平均, 在时间序列中标出了较为严重的极端

表 1 柴达木盆地过去 28 个世纪以来干旱事件发生情况统计
Table 1 Drought events occurred in the past 28 centuries in Qaidam Basin

世纪 (公元)	总干旱年 ($X < 0$)	偏旱年 ($-1 < X < 0$)	大旱年 ($-2 < X \leq -1$)	重旱年 ($-3 < X \leq -2$)	特旱年 ($-4 < X \leq -3$)	超旱年 ($X \leq -4$)
-800~-701	37	21	12	4	0	0
-700~-601	47	34	9	1	2	1
-600~-501	43	28	11	3	1	0
-500~-401	47	36	9	0	2	0
-400~-301	43	28	12	2	0	1
-300~-201	38	24	8	5	1	0
-200~-101	38	21	14	3	0	0
-100~-1	45	31	11	1	2	0
1~100	40	31	4	3	1	1
101~200	39	25	10	4	0	0
201~300	40	26	11	2	1	0
301~400	43	29	9	3	2	0
401~500	42	33	6	3	0	0
501~600	43	27	12	3	1	0
601~700	40	26	12	1	1	0
701~800	46	32	11	3	0	0
801~900	43	32	10	1	0	0
901~1000	40	24	14	1	0	1
1001~1100	37	25	7	4	1	0
1101~1200	47	32	13	1	0	1
1201~1300	37	23	9	2	2	1
1301~1400	42	29	9	3	1	0
1401~1500	44	26	14	4	0	0
1501~1500	43	34	5	1	3	0
1601~1700	40	23	12	3	1	1
1701~1800	39	23	13	2	1	0
1801~1900	39	26	7	3	2	1
1901~2000	42	30	8	2	1	1
28 个世纪	1164	779	282	68	26	9
百分比	41.57%	27.82%	10.07%	2.43%	0.93%	0.32%

干旱事件中轮宽最低值的出现年份 (图 1), 这些年份的值代表了其前后各 5 年的 11 年平均, 如公元 21 年的值代表的是公元 16 年至公元 26 年的平均值。在图 1 的时间坐标轴上还标出了公元前 800 年来我国历史上主要朝代建立的时间, 以便对比分析严重的极端干旱事件出现时的历史背景。

从图 1 可以看出, 2800 年来柴达木盆地的轮宽变化存在较大的波动, 反映出不同程度的干旱事件频繁发生。按照轮宽指数滑动平均值的高低进行排序可以发现, 出现在西汉末年、东汉初年

前后的公元 21 年左右的十年干旱期是 2800 年来最严重的极端干旱事件。从图中还可以看出, 严重极端干旱事件的出现还存在群发性和间歇性, 其中魏晋南北朝时期和明清时期是严重极端干旱事件的群发期, 特别是在公元 3 世纪至 4 世纪末期的这 200 年间和 15 世纪中叶至 19 世纪中叶的这 400 年间密集发生, 而从公元 5 世纪至 12 世纪末的这 800 年内严重极端干旱事件的出现频率较小, 仅出现了 3 次较为严重的干旱 (613 年前后、788 年前后和 1147 年前后)。下面我们对公元前

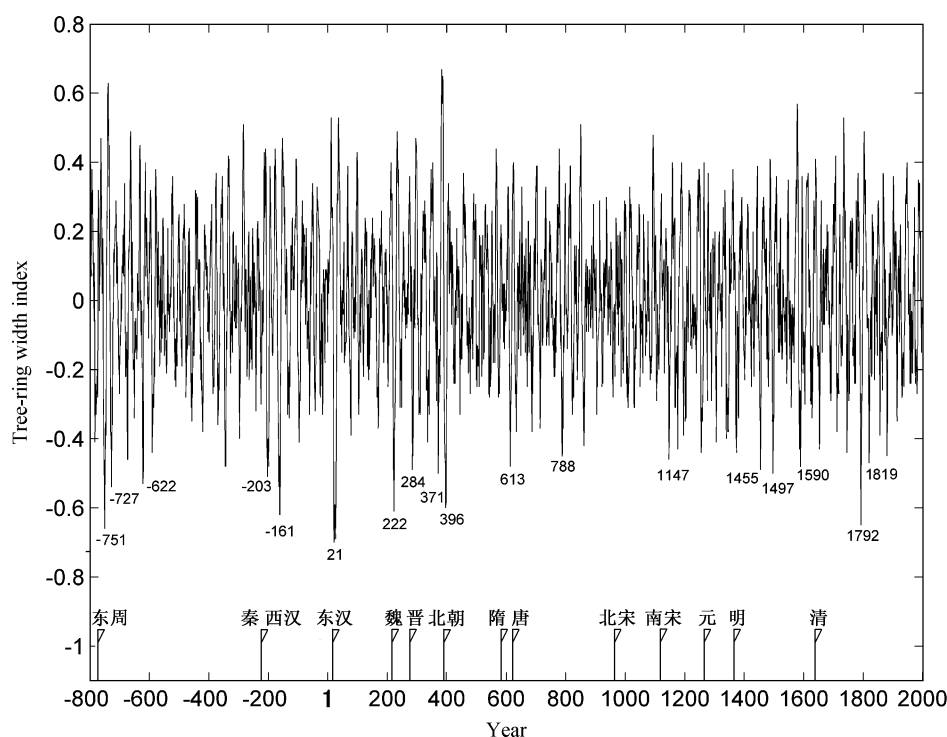


图1 公元前800年以来柴达木盆地轮宽指数的11年滑动平均

Fig. 1 The tree-ring record of drought in the Qaidam Basin from 800 BC, the time series is the 11-year moving average value of the tree ring-width index

800 年来的主要极端干旱事件作简要分析。

3.2.1 西周末年的极端干旱事件

公元前8世纪是极端干旱事件相对严重的一个世纪。周平王于公元前770年迁都洛邑,东周建立;在平王迁都之前的一段时间内,干旱频繁发生。公元前784年至公元前778年的7年里共出现了5个干旱年份,其中4年为大旱以上程度,公元前778年为重旱。几年之后,再次出现持续性严重干旱,从公元前773年至公元前769年的5年里有4年是干旱年,其中平王迁都的公元前770年为大旱年。

据《史记》“周本纪”记载,周平王之前的周宣王末年、周幽王时期关中地区的干旱非常严重,其中在公元前780年,洛、泾、渭三川都干涸了。《诗经》中对这一时期的严重干旱也有描述,其中“大雅 云汉”一章叙述的就是周宣王禳旱的情景,“大雅 召旻”一章叙述的是周幽王时期的天灾人祸,其中也写至了当时的干旱:“如彼岁旱,草不溃茂”。严重的干旱不仅使关中地区的农业生产受至严重影响,西北的游牧部落也频繁南侵,这可

能都是促使平王迁都的重要因素。

3.2.2 西汉末年、东汉初年的严重持续性极端干旱事件

从公元17年至26年这10年间出现了2800年历史上最为严重的极端干旱。公元17年为偏旱年,公元22年后干旱程度加重,至公元24年为最重,这一年的轮宽指数低于4.4倍的标准差,为700年一遇的超旱年份。严重的极端干旱一直持续至公元26年,《汉书》“王莽传”中也有这一段时期气候异常的大量记载:

天凤元年(公元14年):四月,陨霜,杀草木,海濒尤甚。缘边大饥,人相食。

天凤四年(公元17年):八月,莽亲之南郊,铸作威斗。铸斗日,大寒,百官人马有冻死者。

天凤五年(公元18年):是岁,赤眉力子都、樊崇等以饥馑相聚,起于琅邪。

天凤六年(公元19年):是时,关东饥旱数年。

地皇二年(公元21年):秋,陨霜杀菽,关东大饥,蝗。

地皇三年（公元 22 年）：夏，蝗从东方来，蜚蔽天，至长安，入未央宫，缘殿阁。

从文献记载可见，这一时期的气候为异常寒冷干燥，蝗灾频发，《后汉书》“光武帝纪”中也写到：“莽末，天下连岁灾蝗，寇盗蜂起。地皇三年，南阳荒饥，诸家宾客多为小盗”。东汉光武帝刘秀是汉朝宗室，是南阳著名的大豪强，刘秀起兵造反的时间也是南阳出现严重饥荒的公元 22 年。在公元 26 年，也就是刘秀建立东汉王朝的第二年，饥荒仍在持续，出现了“九月，关中饥，民相食”的灾荒。极端的自然灾害加上社会动乱，使社会生产受到了严重的影响，田园荒芜，“初，王莽末，天下旱蝗，黄金一斤易粟一斛；至是野穀旅生，麻菽尤盛，野蚕成茧，被于山阜”。此后，一直到公元 29 年和 30 年，仍然频繁出现旱、蝗灾害记载：“夏四月，旱，蝗”。“五月丙子，诏曰：‘久旱伤麦，秋种未下，朕甚忧之’”（《后汉书》“光武帝纪”）。

严重的极端干旱灾害和政治上的动乱，使得西汉末年到东汉初年这一时期内人口锐减，根据《中国通史》（范文澜，1978）中的统计，公元 2 年时西汉有 1223×10^4 余户、 5959×10^4 余人的巨大人口，但经过这次罕见的极端灾害和剧烈的社会动荡，全国人口数量急剧减少，虽然经过东汉初期 30 多年的“光武中兴”，人口仍然增加缓慢，到公元 57 年（汉光武帝建武中元 2 年）时，全国有 430×10^4 户、 2100×10^4 人口，约为西汉末年的三分之一多；到公元 105 年（汉和帝元兴元年）时为 920×10^4 户、 5300×10^4 人口，才开始接近西汉末年的人口数量。

3.2.3 魏晋时期的极端干旱事件

魏晋时期是极端干旱频发的阶段。魏文帝曹丕于公元 220 年正式称帝，从公元 221 年开始到 227 年的 7 年里就出现了 5 个旱年，其中 225 年为特旱年。半个世纪之后，又出现了 3 世纪 80 年代的持续干旱，从公元 279 年开始到 291 年的 13 年里 8 年为旱年，其中 289 年为重旱年，282 年和 283 年为大旱年。近一个世纪之后，从公元 366 年开始到 377 年的 12 年里出现了 10 个旱年，其中 369~377 年为 9 年连旱。接着，从公元 392 年开始到 397 年又出现了连续 6 年的干旱，其中 393~396 年连续的 4 年内有 2 个大旱年、2 个重旱年。

对于这一时期的严重干旱，竺可桢先生 1925 年在《东方杂志》第 22 卷第 3 期发表的《中国历史上气候之变迁》一文中就认为在魏晋时期的第 4 世纪（301~400 年）我国的旱灾记录骤增，而雨灾记录骤减，相比之下，4 世纪的旱灾较 3 世纪与 5 世纪为多，而雨灾则较 3 世纪与 5 世纪为少。据竺可桢先生统计，自晋成帝咸康二年（336 年）到刘宋文帝元嘉二十年（443 年）的这 108 年中旱灾记录达 41 次之多。从柴达木盆地的树轮资料记录来看，公元 336 年以来的 100 年内出现了包括 2 个特旱年和 4 个重旱年在内的十几个大旱以上程度的干旱年份，而从概率分布来看，特旱年的出现概率不超过 1%，重旱年的出现概率也仅为 2.4%。可见，在柴达木盆地树轮记录中公元 4 世纪是较为干旱的时期，极端干旱事件频繁发生。

此外，这一时期还有不少关于沙尘暴的记载，如晋孝武帝太元八年（383 年）春二月癸未“黄雾四塞”，太元二十年（395 年）十一月“黄雾四塞，日月晦冥”，也反映了我国北方地区干旱的气候状况。研究发现，公元前 3 世纪左右在塔里木盆地周缘出现了数十个城邦小国，但到公元 4~5 世纪，一部分处于丝绸之路交通要道上的重要古城镇被废弃，如大约在公元 330~400 年间楼兰遗址群最先被废弃，海头、伊循、尼雅等古城也相继在公元 4~5 世纪衰落并消亡；几大遗址的废弃几乎同时发生，主要是由于遗址所依托的河流下游来水量的逐渐减少所致，这也意味着造成河流来水减少的原因是共同的，只能用气候变化才能够解释，与人为因素无明显关系，因为 1 世纪以后塔里木盆地人口数量减少，人类耗水量也相应减少。位于塔里木盆地南侧西昆仑山的古里雅冰芯资料也表明冰川积累量曲线自公元 4 世纪至 6 世纪呈现急剧的下降，表明这一时期降水量的迅速降低（舒强和钟巍，2003）。

3.2.4 明清时期的极端干旱事件

15 世纪中叶以后极端干旱事件频繁出现，如 1436 年为重旱年，1450~1460 年的 11 年内 8 年干旱，其中以 1451 年最为严重。1468~1472 年 5 年 4 旱，其中 1468 年为大旱。1478~1484 年的 7 年内出现了 4 个大旱年，1492~1499 年的 8 年内又 6 年干旱，其中 1495 年最为严重，为重旱年。从历史文献记载来看，15 世纪下半叶我国西部地

区也多次发生大旱, 如《明实录》和《明史》中对西宁卫以及海东地区的干旱有如下记载(史国枢, 2003):

明正统元年(公元 1436 年): 四月, 陕西西宁卫奏: 本卫连年旱灾, 粮价腾踊。(引自《明实录》)

明景泰二年(公元 1451 年): 临洮饥。(引自《明史》)

明景泰六年(公元 1455 年): 闰六月, 临洮诸府数月不雨。(引自《明实录》)

明天顺四年(公元 1460 年): 夏, 西宁卫旱。(引自《青海水旱灾害辑录》)

明成化四年(公元 1468 年): 陕西、宁夏、甘凉等处今岁亢旱饥谨, 百姓流移, 平凉以西, 赤地千里。(引自《明实录》)

明成化十七年(公元 1481 年): 六月, 以旱灾免临洮等卫粮、草。(引自《明实录》)

明成化十八年(公元 1482 年): 以旱灾免西宁等卫所屯粮草束。(引自《明实录》)

明成化二十一年(公元 1485 年): 陕西连年灾伤, 人畜死亡过半。(引自《明实录》)

明弘治六年(公元 1493 年): 以旱灾免陕西西安等七府弘治六年夏税有差。(引自《明实录》)

明弘治七年(公元 1494 年): 以旱灾免陕西西安等八府及西安左二十二卫所七年粮草十之三。(引自《明实录》)

明弘治九年(公元 1496 年): 闰三月, 以旱灾免陕西七府二十一卫所夏税子粒有差。(引自《明实录》)

对比可见, 历史文献记载和柴达木盆地年轮所指示的极端干旱事件是较为一致的。

明朝万历年间也经历了一次极为严重的旱灾, 从 1584 年开始的干旱到 1588 年发展到顶点, 1588 年是特旱年。接下来的几年内, 1590~1595 年也有 4 个干旱年份。从 1600 年开始的干旱到 1602 年达到顶点, 其中 1602 年的轮宽指数为 -4.29, 为 500 年一遇的极端干旱事件。乾隆《西宁府新志》卷 15 中记载, 由于严重的干旱, 公元 1602 年, “三月贵德所黄河水竭, 至河州, 凡二十七日”。

明朝末年的崇祯年间也经历了持续的干旱, 1627~1634 年的 8 年内出现了 6 个旱年, 其中

1627 年和 1628 年为大旱年, 1633 年为重旱年。《中国通史》(周谷城, 1957) 中转引崇祯初元(公元 1628 年) 给事中马懋才的上疏云: “臣乡延安府自去年至今, 一年已不见雨, 草木枯焦。八九月间, 人民争相采食山间之蓬草, 至十月, 蓬尽, 则剥树皮而食, 至年终, 树皮又尽, 则又掘山中之石块而食, 不数日, 则腹胀下坠而死。与其坐以饥死, 何不为盗而死, 尚得为饱死鬼乎?”正是在这种由于干旱而引起的饥荒的背景下, 终于爆发了明朝末年的农民大起义。

清朝最严重的干旱出现在 18 世纪末, 从 1787 年开始的干旱持续到 1797 年, 11 年内 9 年为旱年, 其中 3 年为大旱年, 是东汉初年以来 10 年尺度上最严重的干旱事件。在此之前, 较为严重的极端干旱事件出现在 1741~1750 年, 10 年内出现了三个大旱年、一个重旱年。在此之后出现了两次持续时间较长的严重干旱: 1813~1826 年的 14 年内, 9 年干旱, 其中 1816 年大旱, 1824 年特旱; 1874~1885 年的 12 年内 8 个干旱年份, 1877 年和 1884 年为重旱。

进入 20 世纪以来, 没有出现过连续 5 年以上的持续干旱期, 但 5 年以下的连续干旱时有发生。这其中, 1908~1911 年持续干旱, 但仅 1909 年为大旱; 1916~1919 年持续干旱, 1918 年为特旱; 民国十八年(1929 年) 前后的大旱也持续 4 年(1929~1932 年)。新中国成立后, 1950~1953 年出现了 4 年连旱, 1961~1963 年出现了 3 年连旱, 此后再无 3 年以上的连旱发生。

作者曾将所重建的柴达木盆地东部地区公元 1000 年以来的千年年降水(邵雪梅等, 2004) 的低频变化与祁连山中部反映温度变化的树轮宽度指数序列(刘晓宏等, 2004) 的低频变化进行过对比, 统计冷干、冷湿、暖干和暖湿四种组合分别发生的具体持续时间, 以得出过去千年气候变化的冷暖和干湿配置。对比发现, 在过去千年中, 这一地区的温湿配置以冷干和暖湿为主, 并且冷干持续的时间最长, 其次是暖湿, 而暖干作为从暖湿向冷干或冷干向暖湿状态转变的过渡状态在时段上发生次数最少并在时间上最短。在小冰期时, 该区的气候主要以冷干为主要特征。进入 20 世纪以来随着气温的上升, 降水量也在增加, 表现出暖湿的特征, 表明该区的降水对全球气候变

暖有较好的响应。

4 结论

本文利用在青海柴达木盆地东北部地区建立的祁连圆柏树轮宽度指数年表,分析了自公元前 800 年以来树轮所记录的该区 2800 年来极端干旱事件的变化特征。研究发现,过去 2800 年来该区的极端干旱事件具有群发性和间歇性的特点,其中魏晋南北朝时期和明清时期是极端干旱事件的频发期,而公元 5 世纪至 12 世纪的这 800 年内极端干旱事件的出现频率较低。出现在西汉末年、东汉初年前后的持续性严重干旱是该区过去 2800 年来最严重的极端干旱事件。

参考文献 (References)

- 陈洪滨, 范学花. 2009. 2008 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾 [J]. 气候与环境研究, 14 (3): 329-340.
- Chen Hongbin, Fan Xuehua. 2009. Some extreme events of weather, climate and related phenomena in 2008 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (3): 329-340.
- Cropper J P, Fritts H C. 1982. Density of tree-ring grids in western North America [J]. Tree-Ring Bulletin, 42: 3-9.
- Cook E R, Woodhouse C A, Eakin C M, et al. 2004. Long-term aridity changes in the western United States [J]. Science, 306: 1015-1018.
- 范文澜. 1978. 中国通史 (2) [M]. 北京: 人民出版社, 1-735.
- Fan Wenlan. 1978. History of China (2) [M] (in Chinese). Beijing: People Press, 1-735.
- George S S, Meko D M, Girardin M P, et al. 2009. The tree-ring record of drought on the Canadian Prairies [J]. J. Climate, 22: 689-710.
- Holmes R L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement [J]. Tree-Ring Bulletin, 43: 69-78.
- Liang E, Liu X, Yuan Y, et al. 2006. The 1920s drought recorded by tree-rings and historical documents in the semi-arid and arid areas of northern China [J]. Climatic Change, 79 (3-4): 403-432.
- 刘晓宏, 秦大河, 邵雪梅, 等. 2004. 祁连山中部过去千年温度变化的树轮记录 [J]. 中国科学 (D 辑), 34 (1): 89-95.
- Liu Xiaohong, Qin Dahe, Shao Xuemei, et al. 2004. Temperature variations recorded in tree-rings of middle Qilian Mountains during the last Millennium [J]. Science in China (ser. D) (in Chinese), 34 (1): 89-95.
- 刘禹, 安芷生, 马海州, 等. 2006. 青海都兰地区公元 850 年以来树轮记录的降水变化及其与北半球气温的联系 [J]. 中国科学 (D 辑), 36 (5): 461-471.
- Liu Yu, An Zhisheng, Ma Haizhou, et al. 2006. Precipitation variation in the northeastern Tibetan Plateau recorded by the tree rings since 850AD and its relevance to the northern Hemisphere temperature [J]. Science in China (ser. D) (in Chinese), 49 (4): 408-420.
- 邵雪梅, 黄磊, 刘洪滨, 等. 2004. 树轮记录的青海德令哈地区千年降水变化 [J]. 中国科学 (D 辑), 34 (2): 145-153.
- Shao Xuemei, Huang Lei, Liu Hongbin, et al. 2005. Reconstruction of precipitation variation from tree rings in recent 1000 years in Delingha, Qinghai [J]. Science in China (Ser. D) (in Chinese), 48: 939-949.
- 邵雪梅, 梁尔源, 黄磊, 等. 2006. 柴达木盆地东北部过去 1437 a 的降水变化重建 [J]. 气候变化研究进展, 2 (3): 122-126.
- Shao Xuemei, Liang Eryuan, Huang Lei, et al. 2006. A reconstructed precipitation series over the past millennium in the northeastern Qaidam Basin [J]. Advances in Climate Change Research (in Chinese), 2 (3): 122-126.
- 邵雪梅, 王树芝, 徐岩, 等. 2007. 柴达木盆地东北部 3500 年树轮定年年表的初步建立 [J]. 第四纪研究, 27 (4): 477-485.
- Shao Xuemei, Wang Shuzhi, Xu Yan, et al. 2007. A 3500-year master tree-ring dating chronology from the northeastern part of the Qaidam Basin [J]. Quaternary Sciences (in Chinese), 27 (4): 477-485.
- Shao X, Wang S, Zhu H, et al. 2009. A 3585-year ring-width chronology of Qilian juniper from the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau [J]. IAWA Journal, 30 (4): 379-394.
- 史国枢. 2003. 青海自然灾害 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 567pp.
- Shi Guoshu. 2003. Natural Disasters of Qinghai [M] (in Chinese). Xining: People Press of Qinghai, 567pp.
- 舒强, 钟巍. 2003. 四~五世纪气候暖干事件对塔里木盆地人类文明兴衰的影响 [J]. 中国历史地理论丛, 18 (2): 35-41.
- Shu Qiang, Zhong Wei. 2003. Research on the influence of the warm-dry event on the vicissitude of human being's civilization in Tarim Basin during the 4th and 5th Century [J]. Collections of Essays on Chinese Historical Geography (in Chinese), 18 (2): 35-41.
- Stokes M A, Smiley T L. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1-73.
- Woodhouse C A, Overpeck J T. 1998. 2000 years of drought variability in the central United States [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 79 (12): 2693-2714.
- Yin Z, Shao X, Qin N, et al. 2008. Reconstruction of a 1436-year soil moisture and vegetation water use history based on tree-ring widths from Qilian junipers in northeastern Qaidam Basin, northwestern China [J]. Int. J. Climatol., 28 (1): 37-53.
- Zhang Q, Cheng G, Yao T, et al. 2003. A 2326-year tree-ring record of climate variability on the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau [J]. Geophys. Res. Lett., 30 (14): 1739-1741.
- 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, 3666pp. Zhang Deer. 2004. A Compendium of Chinese Meteorological Records of the Last 3000 Years [M] (in Chinese). Nanjing: Jiangsu Education Publishing House, 3666pp.
- 张德二. 2010. 历史文献记录用于古气候代用序列的校准试验 [J]. 气候变化研究进展, 6 (1): 70-72. Zhang Deer. 2010. Test of calibration on the paleoclimatic proxy data by using Chinese historical records [J]. Advances in Climate Change Research (in Chinese), 6 (1): 70-72.
- 中国气象科学研究院. 1981. 中国近五百年旱涝分布图集 [M]. 北京: 地图出版社, 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.
- 周谷城. 1957. 中国通史 (下) [M]. 上海: 上海人民出版社, 512pp. Zhou Gucheng. 1957. History of China II [M] (in Chinese). Shanghai: People Press of Shanghai, 512pp.