

# 基于树轮资料重建祁连山东段冷龙岭 1848 年以来的干湿变化

侯迎, 王乃昂, 张学敏, 程弘毅, 路俊伟

(兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 73000; 兰州大学干旱区水循环与水资源研究中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 利用在祁连山东段冷龙岭青海云杉森林上限采集的树轮样芯, 建立 3 个树轮宽度年表, 与气象资料的响应分析发现, 上年 9 月到当年 4 月的降水量是冷龙岭上限云杉生长的限制因子。基于多元回归模型重建本区 1848 年以来的降水量, 重建模型的方差解释量达到 45%, 并用交叉检验验证了模型的稳定性。低通滤波序列显示冷龙岭过去近 160 a 经历了 4 次干期: 1853—1857 年, 1877—1880 年, 1919—1931 年, 1974—1975 年和 4 次湿润期: 1869—1872 年, 1888—1892 年, 1950—1956 年, 1970—1972 年。通过与祁连山中、西段的干旱序列对比得出, 在较长的时间尺度上祁连山山区东、西降水的低频变化具有一致性。MTM(Multi-taper method of spectrum analysis) 周期分析显示冷龙岭降水量存在 40 a 左右和 2 ~ 3 a 的显著周期, 研究结果表明, ENSO 循环和东亚季风对冷龙岭降水量有着重要影响。

**关键词:** 树轮; 冷龙岭; 干旱; ENSO

**中图分类号:** X144

**文献标识码:** A

祁连山位于欧亚大陆中心, 地处青藏、蒙新、黄土三大高原交汇地带<sup>[1]</sup>。已有研究表明, 发源于祁连山的内陆河流大部分来自祁连山自然降水补给<sup>[2-4]</sup>, 因此降水量的变化对该地区的山区径流和绿洲子系统的影响强烈<sup>[2-5]</sup>。为了认知过去降水量变化状况, 树木年轮作为最精确的气候代替指标之一在祁连山中、西段得到广泛应用, 重建了该区过去的干旱波动以及黑河千年来的径流量变化<sup>[6-11]</sup>。然而在祁连山东段树轮并未得到充分利用<sup>[12-13]</sup>

在祁连山区北坡, 由于地形复杂, 下垫面多样, 气候变化年代各异, 使东、中、西段降水量多年变化规律不同步, 存在着明显的地段性差异<sup>[14-17]</sup>。因此有必要利用树轮重建祁连山东段高分辨率的降水序列。本研究在冷龙岭采集树轮样芯, 分析树木生长与气候之间的响应关系, 重建祁连山东段过去近 160 a 的降水量, 并与祁连山中、西段已有的干旱

序列进行对比分析, 探讨祁连山山区东、西降水变化的差异与一致性。

## 1 研究区概况

研究区选在冷龙岭, 其为祁连山东段最靠北的一条山岭, 在石羊河与大通河之间。冷龙岭最高峰岗什卡峰海拔 5 254 m, 4 500 m 以上的山峰多发育有现代冰川, 总面积达 103.02 km<sup>2</sup>。本区多年平均年降水量 410 mm, 8 月为最湿润月, 多年平均降水量 93 mm。年均温 0℃, 最热月(7 月)均温 11.4℃(乌鞘岭气象站, 102.86°E, 37.2°N, 3 045 m, 1951—2006 年)。植被呈明显的垂直分布带, 其中在海拔 2 600 ~ 3 050 m 的阴坡、半阴坡, 青海云杉(*Picea crassifolia*)作为主要建群种广泛分布。祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)斑块状分布于阳坡。土壤为山

收稿日期(Received date): 2010-05-20; 改回日期(Accepted): 2010-09-30。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(No. 50879033, 40901021), 国家基础科学人才培养基金项目(J1030519)共同资助。[Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Nos. 50879033 and 40901021) and the National Basic Science Talent Training Foundation (No. 1030519).]

作者简介(Biography): 侯迎(1985-), 男, 在读博士研究生, 主要研究方向: 树木年轮与气候变化。[Hou Ying (1985-), Male, Doctor, mainly conducting research on tree-ring and climate change.] E-mail: holiying@foxmail.com

地森林灰褐土和山地栗钙土。

2 样品采集与年表建立

在接近青海云杉分布上限处选择3个研究样点(图1),由于采样点远离人类活动区,人类活动影响少,树木生长能较好地反映自然环境及气候变化的信息。选取其中树龄较大,植株健康,生境差的活树,用生长锥共钻取97个髓心样品。

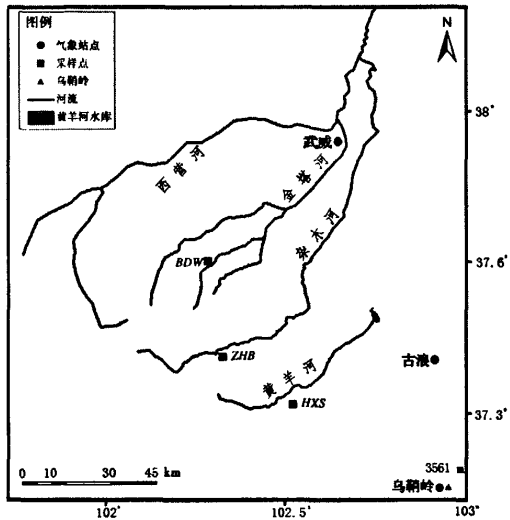


图1 采样点和气象站点位置  
Fig.1 Location of sampling sites and weather stations

依照树轮气候学样芯处理的标准流程<sup>[18]</sup>,首先在实验室中对样芯进行风干,固定,打磨,然后在精度为0.001 mm的LINTAB宽度测量系统上量测树轮宽度。再对原始宽度序列进行交叉定年,用计算机程序COFECHA<sup>[19]</sup>控制定年的质量。剔除奇异点过多以及主序列相关性差的样芯。在计算机程序ARSTAN<sup>[20]</sup>中进行年表研制,为了尽可能多的保留

低频趋势信息,选取步长为每个宽度序列长度67%的样条函数去除生长趋势,用双权重平均法对去趋势序列进行合成,每个样点得到标准化(STD)和差值(RES)两种年表。用子样本量信号强度(SSS)<sup>[21]</sup>为0.8时对应的年代作为有效年表的起始年代,3个STD年表的起始年分别为1848年,1864年和1919年(图2)。此外,将各STD年表的对应值算术平均得到一个新的合成年表(RC),用以记录区域环境信息,其可信区间定为1848—2007年。

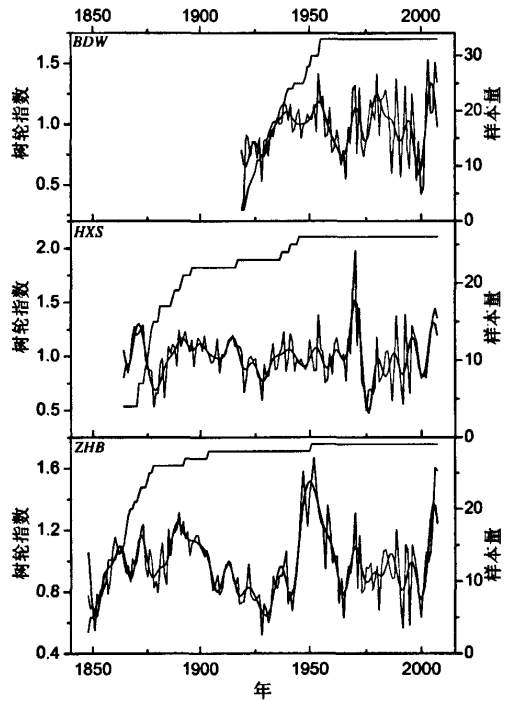


图2 冷龙岭3个标准化年表及其低通滤波曲线  
(细黑线代表样本量)

Fig.2 Three standardized chronologies from Mt. Lenglonglin and its low-pass filter series (thin black lines are the number of samples)

表1 样点信息和标准与差值年表统计特征值

Table 1 Site information and chronology statistics for the standardized and residual tree-ring width chronologies											
指标	经纬度	海拔/cm	样芯	系数	MS	SD	R1	R2	AC	PCI/%	EPS
HXS	37.39°N/ 102.53°E	2 860	30	STD	0.17	0.22	0.44	0.68	0.4	49	0.94
				RES	0.2	0.19	0.55	0.76	0.08	57	0.95
ZHB	37.50°N/ 102.33°E	2 900	32	STD	0.14	0.23	0.57	0.76	0.68	59	0.97
				RES	0.15	0.15	0.6	0.78	0	62	0.97
BDW	37.68°N/ 102.31°E	2 903	35	STD	0.24	0.27	0.74	0.86	0.47	75	0.98
				RES	0.26	0.22	0.77	0.88	0.02	78	0.98

注:MS为平均敏感度;SD为标准误差;R1为所有序列间的相关系数;R2为同一树之间的相关系数;AC为自相关系数;PCI为第一主分量;EPS为样本量的总体代表性。

### 3 树木-气候响应关系

为了探讨年表与气象要素间的响应关系,选取距离样点较近且气候一致的3个气象站的气象资料,乌鞘岭,武威(1951—2006年,1530 m),古浪(1959—2006年,2072 m)。然后计算宽度年表与各气象站逐月及不同月份组合降水量、均温的相关系数,以寻求区域树木生长限制因子。气候资料选取时段定为上年9月到当年8月。由于RES和STD年表分析结果相似,RES年表分析结果未给出。相关分析结果表明冷龙岭上限树木生长与温度的关系不密切,主要受降水限制。青海云杉是阴生树种,水分对树木生长的影响强烈,与勾晓华等在祁连山中段同高度的分析结果相似<sup>[22]</sup>。由于采样点同乌鞘岭气象站的高度接近,各年表与乌鞘岭降水量的相关性普遍高于其他气象站。从逐月分析结果来看,本区树木生长主要受上年9月,11月,当年3月,4月降水影响(图3)。从不同月份组合来看,ZHB和

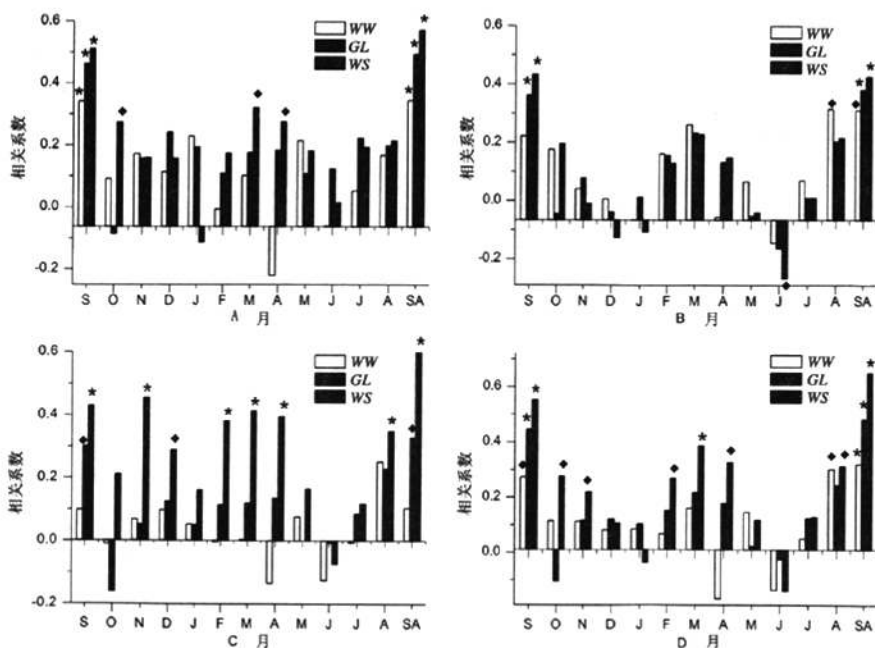
RC年表与3、4月降水量显著相关(相关系数分别为0.522和0.458),勾晓华等也认为祁连山东部树木生长受3、4月降水量强烈影响<sup>[23-24]</sup>。但本研究发现各年表与上年9月到当年4月的降水量(PSA)关系更显著,说明冷龙岭树木生长不仅受当年3、4月降水影响,同时上年秋、冬季降水量对次年树木生长也有着重要作用。年表与气象要素间的最大的相关系数发生在RC年表与PSA之间,相关系数为0.65( $p < 0.001$ ),上年秋、冬季和当年初春降水增加土壤有效水分,对当年树木生长有利。所以我们认为冷龙岭上限树木生长限制因子是上年秋、冬季到当年初春的降水量(PSA)。

### 4 降水量重建模型与重建检验

由于气候对树木生长的滞后效应,我们以PSA为预报量设计一个多元逐步回归模型:

$$PSA = 122.3 * I_1 + 1.8 * I_{1,2} + 1.29$$

式中,  $I_1$  为RC标准化年表当年指数值;  $I_{1,2}$  为第二



(A、B、C、D 分别为 BDW、HXS、ZHB 和 RC 的相关系数; SA 表示上年 9 月到当年 4 月的降水量;

星号表示在 0.01 水平显著相关, 菱形表示在 0.05 水平显著相关)

BDW(A), HXS(B), ZHB(C), and RC(D) standardized chronologies. SA represents precipitation from prior

September to current March, asterisks represent a significant ( $p < 0.01$ ), rhombus indicate a significant ( $p < 0.05$ )

图3 STD年表与各气象站降水量相关分析结果

Fig. 3 Correlation (columns) analyses of local precipitation at three weather stations with

表2 回归模型的统计验证值

Table 2 Results of the statistical verification between PSA and tree-ring growth for the reconstruction

	$R$	$R^2$	$R^2_{adj}$	$F$	$SE$	$ST$	$FST$	$t$	$RE$
检验	0.671**	0.45**	0.43**	18.7**	3.07	43/11**	37/16**	2.7**	0.52

注: $R^2$ 为解释方差; $R^2_{adj}$ 为调整后的解释方差; $SE$ 为标准误差; $ST$ 为符号检验; $FST$ 为一阶符号检验; $t$ 为乘积平均值; $RE$ 为误差缩减值。

\*\*表示在99%的置信水平上显著相关

年值。

在校准期1952—2006年内,重建模型复相关系数为0.671,方程方差解释量达到45%,回归方程理想,RE、ST、FST、F等各项检验值验证了回归模型的稳定性(表2)。重建和实测序列在低频和高频上都显示很好的一致性(图4)。这些结果表明在冷龙岭地区树轮指数能很好反演过去降水量的变化。

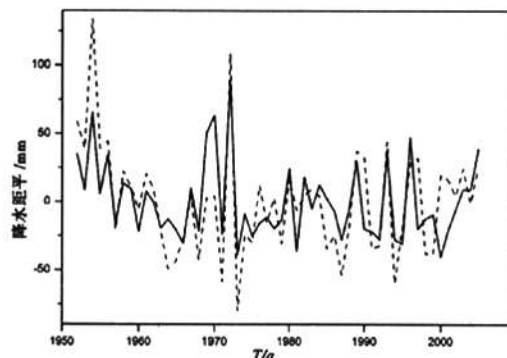
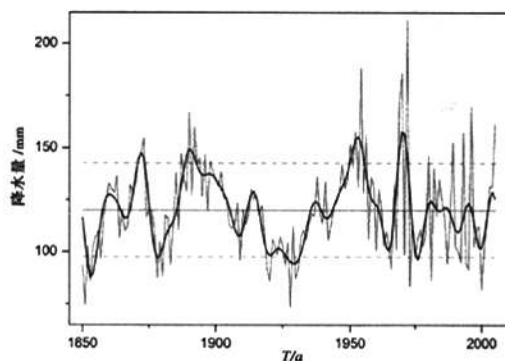


图4 重建值(实线)和实测值(虚线)的对比

Fig. 4 Comparison between actual (dash) and reconstructed (solid) PSA lines during their common period 1952—2006

1970—1972年。20世纪20年代是冷龙岭近160 a以来最严重,持续时间最长的干旱事件,这与20世纪20年代至30年代初期广泛存在于中国北方干旱和半干旱地区的极端干旱事件吻合<sup>[25-28]</sup>。另一个显著的干旱期(1877—1880年)也在邻近地区的树轮研究中得到验证<sup>[9,28-29]</sup>。

(虚线表示 $\pm\sigma$ 值,细直线表示平均值)

The straight line indicates the  $\pm\sigma$  values, the dashed line represents the mean value

图5 冷龙岭地区过去降水量的重建序列及其低通滤波曲线

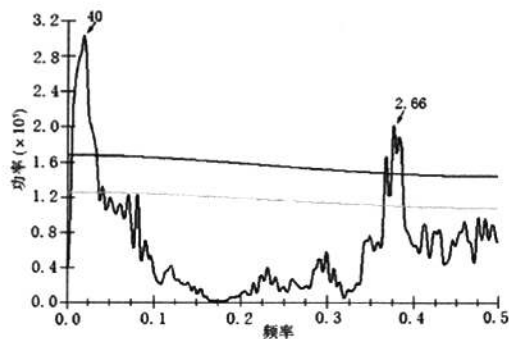
Fig. 5 Reconstruction of PSA for the Mt. Lenglongling, along with a low-pass filter (thick line) that is derived after filtering to emphasize long-term fluctuations

## 5 结果与讨论

重建值的平均值(mean)和标准差( $\sigma$ )分别为120.1 mm和22.55,本文定义干旱为 $\leq(\text{mean} - 1\sigma)$ ,湿润为 $\geq(\text{mean} + 1\sigma)$ 。重建的降水序列显示很好的低频趋势信息(图5),19世纪末冷龙岭降水呈波动性增加,20世纪初呈持续性减少,之后持续性增加,20世纪后半叶又呈波状减少,直至2000年干旱趋势才有所缓解,但此后是否能维持湿润趋势尚不明显。此外,低通滤波序列显示冷龙岭过去近160 a经历了4次干旱期:1853—1857年,1877—1880年,1919—1931年,1974—1975年和4次湿润期:1869—1872年,1888—1892年,1950—1956年,

近几十年的气测资料表明,受西风环流降水的影响祁连山区中、西部的气候环境表现出变湿的趋势:降水量增加,出山径流相应增大,发出由暖干向暖湿转型的信号<sup>[14,30-32]</sup>,而在祁连山区东段(冷龙岭)干旱化趋势明显,石羊河出山径流量也呈减少的趋势<sup>[2,31-33]</sup>,显示祁连山东、西气候变化存在区域差异特征。但是,通过本研究重建的冷龙岭降水序列与祁连山中、西部地区已有的干旱序列对比,发现低通滤波序列同杨银科等人在祁连山中、西的研究结果一致<sup>[8-9,34]</sup>,同王亚军等在祁连山中段的序列也很好的对应,只是清光绪年间罕见大旱(1877—1880年)在其树轮年表中未记录<sup>[35]</sup>。说明

在较长的时间尺度上祁连山山区东、中、西降水量的低频变化具有一致性。



灰线和白线分别表示 99% 和 95% 的置信水平  
The gray and white lines indicate the 99% and 95% significance level, respectively

图 6 MTM 周期分析结果

Fig. 6 Results of MTM spectral analysis of the precipitation reconstruction

用 MTM (Multi-taper method of spectrum analysis)<sup>[36]</sup> 波谱分析方法检测降水序列的周期特征,图 6 表明重建序列同时存在显著的低频(40 a)和高频(2~3 a)周期,田沁花等在祁连山中、西部的研究也发现了这些周期<sup>[9]</sup>。2~3 a 的周期与著名的 ENSO 周期<sup>[37]</sup>一致,且祁连山东部的气候主要受东亚季风活动的影响<sup>[5]</sup>,说明祁连山东段(冷龙岭)的降水变化与 ENSO 循环有着紧密的联系,并在蓝永超等的研究中得到验证<sup>[38-39]</sup>。

## 6 结论

通过冷龙岭上限的树轮年表与气候的响应分析,发现本区上限的树木生长受降水的影响显著,尤其对 PSA 降水量变化响应最强烈,且具有合理的树木生理学意义。重建的降水序列具有显著的低频和高频变化信息。虽然近几十年的气测资料表明祁连山东、西气候变化存在区域差异,但近 160 a 本重建序列与祁连山中、西部的干旱序列在低频变化上具有一致性。MTM 周期分析方法显示冷龙岭降水量变化有显著的低频和高频周期,其中 2~3 a 周期与 ENSO 周期一致,并且在祁连山中、西部的研究中也存在此周期,说明 ENSO 循环和东亚季风对祁连山山区降水量有着重要影响。总之,树木年轮为了解历史上冷龙岭干旱变化提供了一个较长的精确序

列,为山前绿洲地带的生态保护与水资源开发利用提供了指导意义。

致谢:感谢祁连山国家级自然保护区管理局各位领导对采样工作的支持与帮助,感谢张华安师弟在样品处理过程中的帮助。

## 参考文献 (References)

- [1] Wang Janlei, Li Yingnian, Du Mingyuan, et al. The features of microclimate and vegetation distribution on the southern Lenglonglin, Qilian Mountains [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27 (4): 418-426 [王建雷,李英年,杜明远,等.祁连山冷龙岭南坡小气候及植被分布特征[J].山地学报,2009,27(4):418-426]
- [2] Lan Yongchao, Wu Yanqing, Kang Ersi, et al. Response of runoff from the northern slope of the Qilian Mountain to global climatic changes [J]. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 2001, 37 (4): 125-132 [蓝永超,作彦卿,康尔西,等.祁连山北麓出山径流对气候变化的响应[J].兰州大学学报:自然科学版,2001,37(4):125-132]
- [3] Chen Shaoyong, Dong Anxiang, Han Tong. Differences in summer precipitation between the east and west of the Qilian Mountains and its contributing factors [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2007, 30 (5): 715-719 [陈少勇,董安祥,韩通.祁连山东、西部夏季降水量时空分布的差异及其成因研究[J].南京气象学院学报,2007,30(5):715-719]
- [4] Wang Ninglian, He Jianqiao, Jiang Xi, et al. Study on the zone of maximum precipitation in the north slopes of the central Qilian Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2009, 31 (3): 395-403 [王宁练,贺建桥,蒋熹,等.祁连山中段北坡最大降水高度带观测与研究[J].冰川冻土,2009,31(3):395-403]
- [5] Zhang Qiang, Zhang Jie, Sun Guowu, et al. Research on atmospheric water-vapor distribution over Qilianshan Mountains [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2007, 65 (4): 633-643 [张强,张杰,孙国武,等.祁连山山区空中水汽分布特征研究[J].气象学报,2007,65(4):633-643]
- [6] Zhang Zhihua, Wu Xiangling. The change and rapid shifts of moisture index and its annual variability since 1310 A. D. in Qilianshan area [J]. Quaternary Sciences, 1996, 15 (4): 368-378 [张志华,吴祥定.祁连山地区 1310 年以来湿润指数及其年际变幅的变化与突变分析[J].第四纪研究,1996,15(4):368-378]
- [7] Kang Xingcheng, Cheng Guodong, Chen Fahu, et al. A record of drought and flood series by tree-ring data in the middle section of Qilian Mountain since 904 A. D. [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25 (5): 518-525 [康兴成,程国栋,陈发虎,等.祁连山中部公元 904 年以来树木年轮记录的旱涝变化[J].冰川冻土,2003,25(5):518-525]
- [8] Yang Yinke, Liu Yu, Cai Qiufang, et al. Precipitation reconstruction from tree ring width over the central Qilianshan Mountains for the last 248 years [J]. Marine Geology & Quaternary Geology,

- 2005, 25(3): 113–118 [杨银科,刘禹,蔡秋芳,等.以树木年轮宽度资料重建祁连山中部地区过去248年来的降水量[J].海洋地质与第四纪地质,2005,25(3):113–118]
- [9] Tian Qinghua, Gou Xiaohua, Zhang Yong, et al. Tree-ring based drought reconstruction (A. D. 1855–2001) for the qilian mountains, northwestern China [J]. Tree-ring Research, 2007, 63: 27–36
- [10] Liu Wenhua, Gou Xiaohua, Yang Meixue, et al. Drought reconstruction in the Qilian Mountains over the last two centuries and its implications for large-scale moisture patterns [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2009, 26: 621–629
- [11] Kang Xingcheng, Cheng Guodong, Kang Ersi, et al. About millennium Reconstruction of streamflow in Heihe River based on tree ring data [J]. Science in China; Series D, 2002, 32(8): 675–685 [康兴成,程国栋,康尔泗,等.利用树轮资料重建黑河近千年来出山口径流量[J].中国科学:D辑,2002,32(8):675–685]
- [12] Gou Xiaohua, Chen Fahu, Li Jinbao, et al. An analysis of the detailed climatic recorder of the eastern Qilian mountains, China [J]. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 2002, 38(1): 105–110 [勾晓华,陈发虎,李金豹,等.祁连山东部地区高分辨率气候记录研究[J].兰州大学学报:自然科学版,2002,38(1):105–110]
- [13] Zhang Yongxiang, Wilking M., Gou Xiaohua. Changing relationships between tree growth and climate in Northwest China [J]. Plant Ecology, 2009, 201: 39–50
- [14] Zhu Shuosen, Wang Qiang. Temporal-spatial distributions and recent changes of precipitation in the northern slopes of the Qilian Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1996, 18(suppl.): 296–304 [朱守森,王强.祁连山区北坡降水的时空分布及近期变化[J].冰川冻土,1996,18(增刊):296–304]
- [15] Zhang Jie, Li Dongliang. Analysis on distribution character of rainfall over Qilian Mountain and Heihe valley [J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(1): 81–88 [张杰,李栋梁.祁连山及黑河流域降雨量的分布特征分析[J].高原气象,2004,23(1):81–88]
- [16] Zhang Xiaoming, Wei Feng, Lu Yan. Climatic characteristics of annual precipitation in recent 45 years in Qilian Mountain [J]. Arid meteorology, 2006, 24(3): 35–41 [张小明,魏锋,陆燕.祁连山近45a年降水异常的气候特征[J].干旱气象,2006,24(3):35–41]
- [17] Jia Wenxiong, He Yuanqing, Li Zongxing, et al. The regional difference and catastrophe of climatic change in Qilian Mt. region [J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(3): 257–269 [贾文雄,何元庆,李宗省,等.祁连山区气候变化的区域差异特征及突变分析[J].地理学报,2008,63(3):257–269]
- [18] Fritts HC. Tree rings and climate [M]. Caldwell, New Jersey: Blackburn Press, 1976
- [19] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement [J]. Tree-ring Bulletin, 1983, 43: 90–97
- [20] Cook E R, Kairiukstis L A. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences [M]. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1990
- [21] Wigley T L, Briffa K R, Jones P D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology [J]. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984, 23: 201–213
- [22] Gou Xiaohua, Chen Fahu, Yang Meixue, et al. Analysis of the tree-ring width chronology of Qilian Mountains at different elevation [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(1): 172–176 [勾晓华,陈发虎,杨梅学,等.祁连山中部地区树轮宽度年表特征随海拔高度的变化[J].生态学报,2004,24(1):172–176]
- [23] Gou Xiaohua, Shao Xuemei, Wang Yajun, et al. The establishment of tree-ring chronology in east region of Qilian Mountains [J]. Journal of Desert Research, 1999, 19(4): 364–367 [勾晓华,邵雪梅,王亚军,等.祁连山东部地区树木年轮年表的建立[J].中国沙漠,1999,19(4):364–367]
- [24] Gou Xiaohua, Chen Fahu, Wang Yajun, et al. Spring Precipitation Reconstructed in the East of the Qilian Mountain During the Last 280 a by Tree Ring Width [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2001, 23(3): 292–296 [勾晓华,陈发虎,王亚军,等.利用树轮宽度重建近280a来祁连山东部地区的春季降水[J].冰川冻土,2001,23(3):292–296]
- [25] Liang E Y, Liu X H, Yuan Y J, et al. The 1920s drought recorded by tree rings and historical documents in the semi-arid and arid areas of northern China [J]. Climatic Change, 2006, 79: 403–432
- [26] Liang E Y, Shao X M, Kong Z C, et al. The extreme drought in the 1920s and its effect on tree growth deduced from tree ring analysis: a case study in North China [J]. Annals of Forest Science, 2003, 60: 145–152
- [27] Zheng J Y, Wang W C, Ge Q S, et al. Precipitation variability and extreme events in eastern China during the past 1500 years [J]. Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences, 2006, 17: 579–592
- [28] Gao S Y, Lu R J, Qiang M R, et al. Reconstruction of precipitation in the last 140 years from tree ring at south margin of the Tengger Desert, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50: 2487–2492
- [29] Liang E Y, Shao X M, Liu H Y, et al. Tree-ring based PDSI reconstruction since AD 1842 in the Ordos Sand Land, east Inner Mongolia [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52: 2715–2721
- [30] Ding Yongjian, Ye Baisheng, Liu Shiyin. Impact of climate change on the alpine streamflow during the past 40a in the Middle part of the Qilian Mountains, northwestern China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(3): 193–199 [丁永建,叶佰生,刘时银.祁连山中部地区40a来气候变化及其对径流的影响[J].冰川冻土,2000,22(3):193–199]
- [31] Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm-wet in northwest China [J]. Quaternary Science, 2003, 23(2): 153–164 [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):153–164]
- [32] Lan Yongchao, Ding Yongjian, Shen Yongping. Responding of riv-

- er streamflow to the climate shift in the Hexi Inland region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, 25(2): 188–192 [蓝永超, 丁永建, 沈永平. 河西内陆河流域出山径流对气候转型的响应[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 188–192]
- [33] Lan Yongchao, Kang Ersi, Wu Yanqing, et al. Study on the Influence of Climate Change to the Runoff from mountain areas in the Hexi Region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(3): 276–282 [蓝永超, 康尔泗, 仵彦卿, 等. 气候变化对河西内陆干旱区出山径流的影响[J]. 冰川冻土, 2001, 23(3): 276–282]
- [34] Tian Qinghua. Climate variations in middle-western Qilian Mountain over past 500 years based on tree ring [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2006 [田沁花. 祁连山中—西部近 50 年来气候变化的树轮记录[D]. 兰州: 兰州大学, 2006]
- [35] Wang Jianjun, Gou Xiaohua, Chen Fahu, et al. Study on response relationship between tree-ring and climate factors and climate reconstruction in Middle region of Qilianshan Mountains [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(2): 135–140 [王亚军, 陈发虎, 勾晓华, 等. 祁连山中部树木年轮宽度与气候因子的响应关系及气候重建[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 135–140]
- [36] Mann M E, Lees J. Robust estimation of background noise and signal detection in climatic time series[J]. *Climatic Change*, 1996, 33: 409–445
- [37] Torrence C, Webster PJ. Interdecadal Changes in the ENSO – Monsoon System[J]. *Journal of Climate*, 1999, 12: 2679–2690
- [38] Lan Yongchao, Kang Ersi, Zhang Jishi, et al. Relationship between ENSO circle and air temperature, precipitation and runoff in the Qilian mountain region in the past 50 years [J]. *Advances in Water Science*, 2002, 13(2): 141–145 [蓝永超, 康尔泗, 张济世, 等. 近 50 年来 ENSO 与祁连山区气温降水和出山径流的对应关系[J]. 水科学进展, 2002, 13(2): 141–145]
- [39] Lan Yongchao, Lin Shu, Hu Xinglin, et al. Effect of ENSO cycle on the temperature, precipitation and runoff in Qilian Mountainous area, northwestern China [J]. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(2): 352–358 [蓝永超, 林纾, 胡兴林, 等. ENSO 循环对中国西部祁连山区气温、降水和出山径流的影响[J]. 中国沙漠, 2009, 29(2): 352–358]

## Precipitation Reconstruction from Tree Ring Width over the Eastern Part of the Qilian Mountains, Northwestern China

HOU Ying, WANG Naiang, ZHENG Xuemin, CHENG Hongyi, LU Junwei

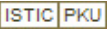
(College of Earth and Environment Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** On the basis of tree-ring cores collected of *Picea crassifolia* from the timberline in Mt. Lenglonglin, three width chronologies were developed. Correlation analyses showed that the limiting factor of tree growth in the eastern part of Mt. Qilian was the precipitation from prior September to current April (PSA). Therefore, precipitation series was reconstructed during last 160 years according to a multiple regression model, and model's explained variance was 45%. The reconstructed drought series had obvious low-frequency and high-frequency variations, and contained four severe dry spells (occurred in 1853 to 1857, 1877 to 1880, 1919 to 1931, 1974 to 1975) and four significant humid spells (during 1869 to 1872, 1888 to 1892, 1950 to 1956, 1970 to 1972). Compared with the researches in the middle-western Qilian Mountain, we found that precipitation fluctuation in eastern Mt. Qilian was agreement with that in middle and western Mt. Qilian in the long time scale. The dominant periods calculated by MTM spectrum analysis were 2 to 3 year and about 40 year. These results showed ENSO and East Asian Monsoon had a significantly influence on precipitation variability in eastern part of Mt. Qilian.

**Key word:** tree-ring; Mt. Lenglonglin; drought, ENSO

作者: [侯迎](#), [王乃昂](#), [张学敏](#), [程弘毅](#), [路俊伟](#), [HOU Ying](#), [WANG Naiang](#), [ZHENG Xuemin](#), [CHENG Hongyi](#), [LU Junwei](#)

作者单位: [兰州大学资源环境学院, 甘肃兰州73000; 兰州大学干旱区水循环与水资源研究中心, 甘肃兰州730000](#)

刊名: [山地学报](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)

年, 卷(期): 2011, 29(1)

被引用次数: 3次

参考文献(39条)

1. [王建霄;李英年;杜明远](#) [祁连山冷龙岭南坡小气候及植被分布特征](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2009(04)
2. [蓝水超;作彦卿;康尔泗](#) [祁连山北麓出山径流对气候变化的响应](#)[期刊论文]-[兰州大学学报\(自然科学版\)](#) 2001(04)
3. [陈少勇;董安祥;韩通](#) [祁连山东、西部夏季降水量时空分布的差异及其成因研究](#)[期刊论文]-[南京气象学院学报](#) 2007(05)
4. [王宁练;贺建桥;蒋熹](#) [祁连山中段北坡最大降水高度带观测与研究](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2009(03)
5. [张强;张杰;孙国武](#) [祁连山山区空中水汽分布特征研究](#)[期刊论文]-[气象学报](#) 2007(04)
6. [张志华;吴祥定](#) [祁连山地区1310年以来湿润指数及其年际变幅的变化与突变分析](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 1996(04)
7. [康兴成;程国栋;陈发虎](#) [祁连山中部公元904年以来树木年轮记录的旱涝变化](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2003(05)
8. [杨银科;刘禹;蔡秋芳](#) [以树木年轮宽度资料重建祁连山中部地区过去248年来的降水量](#)[期刊论文]-[海洋地质与第四纪地质](#) 2005(03)
9. [Tian Qing hua;Gou Xiaohua;Zhang Yong](#) [Tree-ring based drought reconstruction \(A.D.1855-001\) for the qilian mountains,northwestern China](#) 2007
10. [Liu Wenhua;Gou Xiaohua;Yang Meixue](#) [Drought reconstruction in the Qilian Mountains over the last two centuries and its implications for large-scale moisture patterns](#)[期刊论文]-[Advances in Atmospheric Sciences](#) 2009(4)
11. [康兴成;程国栋;康尔泗](#) [利用树轮资料重建黑河近千年来出山口径流量](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2002(08)
12. [勾晓华;陈发虎;李金豹](#) [祁连山东部地区高分辨率气候记录研究](#)[期刊论文]-[兰州大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(01)
13. [Zhang Yongxiang;Wilmking M;Gou Xiaohua](#) [Changing relationships between tree growth and climate in Northwest China](#) 2009
14. [朱守森;王强](#) [祁连山区北坡降水的时空分布及近期变化](#) 1996(增刊)
15. [张杰;李栋梁](#) [祁连山及黑河流域降雨量的分布特征分析](#)[期刊论文]-[高原气象](#) 2004(01)
16. [张小明;魏锋;陆燕](#) [祁连山近45 a年降水异常的气候特征](#)[期刊论文]-[干旱气象](#) 2006(03)
17. [贾文雄;何元庆;李宗省](#) [祁连山区气候变化的区域差异特征及突变分析](#)[期刊论文]-[地理学报](#) 2008(03)
18. [Fritts HC](#) [Tree rings and climate](#) 1976
19. [Holmes R L](#) [Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement](#) 1983
20. [Cook E R;Kainukstis L A](#) [Methods of dendrochronology:applications in the environmental sciences](#) 1990



21. [Wigley T L;Briffa K R;Jones P D](#) [On the average value of correlated time series,with applications in dendroclimatology and hydrometeorology](#)[外文期刊] 1984
22. [勾晓华;陈发虎;杨梅学](#) [祁连山中部地区树轮宽度年表特征随海拔高度的变化](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2004 (01)
23. [勾晓华;邵雪梅;王亚军](#) [祁连山东部地区树木年轮年表的建立](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 1999 (04)
24. [勾晓华;陈发虎;王亚军](#) [利用树轮宽度重建近280 a来祁连山东部地区的春季降水](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2001 (03)
25. [Liang E Y;Liu X H;Yuan Y J](#) [The 1920s srought recorded by tree rings and historical documents in the semi-arid and arid areas of northern China](#)[外文期刊] 2006
26. [Liang E Y;Shao X M;Kong Z C](#) [The extreme drought in the 1920s and its effect on tree growth deduced from tree ring analysis:a case study in North China](#)[外文期刊] 2003
27. [Zheng J Y;Wang W C;Ge Q S](#) [Precipitation variability and extreme events in eastern China during the past 1500 years](#) 2006
28. [Gao S Y;Lu R J;Qiang M R](#) [Reconstruction of precipitation in the last 140 years from tree ring at south margin of the Tengger Desert,China](#)[外文期刊] 2005 (21)
29. [Liang E Y;Shao X M;Liu H Y](#) [Tree-ring based PDSI reconstruction since AD 1842 in the Ortindag Sand Land, east Inner Mongolia](#) 2007
30. [丁永建;叶佰生;刘时银](#) [祁连山中部地区40a来气候变化及其对径流的影响](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2000 (03)
31. [施雅风;沈永平;李栋梁](#) [中国两北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2003 (02)
32. [蓝永超;丁永建;沈永平](#) [河西内陆河流域出山径流对气候转型的响应](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2003 (02)
33. [蓝永超;康尔泗;仵彦卿](#) [气候变化对河西内陆干旱区出山径流的影响](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2001 (03)
34. [田沁花](#) [祁连山中-西部近50年来气候变化的树轮记录](#) 2006
35. [王亚军;陈发虎;勾晓华](#) [祁连山中部树木年轮宽度与气候因子的响应关系及气候重建](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2001 (02)
36. [Mann ME;Lees J](#) [Robust estimation of background noise and signal detection in climatic time series](#) [外文期刊] 1996
37. [Torrence C;Webster PJ](#) [Interdecadal Changes in the ENSO-Monsoon System](#)[外文期刊] 1999
38. [蓝永超;康尔泗;张济世](#) [近50年来ENSO与祁连山区气温降水和出山径流的对应关系](#)[期刊论文]-[水科学进展](#) 2002 (02)
39. [蓝永超;林纾;胡兴林](#) [ENSO循环对中国西部祁连山区气温、降水和出山径流的影响](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2009 (02)

#### 本文读者也读过(10条)

1. [吴普;王丽丽;邵雪梅](#). [WU Pu.WANG Lili.SHAO Xuemei](#) [采用高山松最大密度重建川西高原近百年夏季气温](#)[期刊论文]-[地理学报](#)2005, 60 (6)
2. [王金平;卢东升](#). [WANG Jin-ping.LU Dong-sheng](#) [茶树轮斑病的发生及病原菌分生孢子萌发特性](#)[期刊论文]-[氨基酸和生物资源](#)2008, 30 (3)
3. [杨爱军](#) [致力科学考察发现地理精髓——记地理学专家王乃昂教授](#)[期刊论文]-[科技成果管理与研究](#)2010 (1)
4. [陈拓;秦大河;何元庆;任贾文;刘晓宏](#) [祁连圆柏中稳定碳同位素分布特征](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#)2002, 24 (5)
5. [勾晓华;陈发虎;杨梅学;彭剑峰;强维亚;陈拓](#) [祁连山中部地区树轮宽度年表特征随海拔高度的变化](#)[期刊论文]-

6. [彭剑峰](#), [李金豹](#), [陈发虎](#), [勾晓华](#), [刘普幸](#), [PENG Jian-feng](#), [LI Jin-bao](#), [Chen Fa-hu](#), [GOU Xiao-hua](#), [LIU Pu-xing](#) [天山北坡中东部高海拔树轮宽度年表的建立](#) [期刊论文] - [干旱区地理](#) 2005, 28(4)
7. [马利民](#), [刘禹](#), [蔡秋芳](#), [安芷生](#), [贺兰山树轮晚材宽度记录中的降水量变化](#) [期刊论文] - [海洋地质与第四纪地质](#) 2003, 23(4)
8. [沈长泗](#), [陈金敏](#), [张志华](#), [吴祥定](#), [张佩云](#), [王桂岩](#), [Shen Changsi](#), [CHEN Jinmin](#), [Zhang Zhihua](#), [Wu Xiangding](#), [Zhang Peiyun](#), [Wang Guiyan](#) [采用树木年轮资料重建山东沂山地区200多年来的湿润指数](#) [期刊论文] - [地理研究](#) 1998, 17(2)
9. [张瑞波](#), [袁玉江](#), [魏文寿](#), [喻树龙](#), [陈峰](#), [ZHANG Rui-bo](#), [YUAN Yu-jiang](#), [WEI Wen-shou](#), [YU Shu-long](#), [CHEN Feng](#) [用树轮灰度重建乌孙山北坡4-5月平均最低气温](#) [期刊论文] - [中国沙漠](#) 2008, 28(5)
10. [唐劲松](#), [钱君龙](#), [尹卓思](#), [杨逢春](#), [Tang Jinsong](#), [Qian Junlong](#), [Yin Zhuosi](#), [Yang Fengchun](#) [用树轮碳同位素年序列重建大气二氧化碳浓度](#) [期刊论文] - [南京林业大学学报](#) 2000, 24(3)

### 引证文献(3条)

1. [曾令兵](#), [王襄平](#), [常锦峰](#), [林鑫](#), [吴玉莲](#), [尹伟伦](#), [祁连山中段青海云杉高山林线交错区树轮宽度与气候变化的关系](#) [期刊论文] - [北京林业大学学报](#) 2012(5)
2. [徐琳](#), [刘贤德](#), [张勇](#), [张芬琴](#), [韦革宏](#), [祁连山部分地区豆科植物根瘤菌资源调查](#) [期刊论文] - [干旱地区农业研究](#) 2012(4)
3. [路俊伟](#), [王乃昂](#), [侯迎](#), [张学敏](#), [常金龙](#), [石羊河上游地区树轮年表与NDVI关系分析](#) [期刊论文] - [干旱区研究](#) 2012(4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201101003.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201101003.aspx)