

由斑玛云杉年表重建青海高原东南部夏季降水序列^①

徐瑞珍

周陆生

(中国气象科学研究院,北京 100081)

(青海省气象局)

提 要

用青海省东南部斑玛地区的一个云杉年表与其周围的单站和区域的气象要素反复校准和验证,发现该云杉年表对其临近的单站或所在区域的盛夏降水都有很强的响应,并确认了这种关系显著且稳定,说明了它可以反映青海高原东南部夏季降水的变化。而它与各月气温和冬、春、秋季降水均无明显关系。因此我们用它重建了该地区盛夏(7月)265年(1723~1987年)雨量。并对重建的区域降水进行了统计分析。

关键词: 云杉 年轮 夏季降水 青海高原

引 言

我国西部干旱半干旱地区,台站稀少,仪器记录短缺,但森林资源丰富。由于树木生长是环境因子变化的自然记录器,我国西部地区年轮气候学的研究潜力是不可低估的。

在用树木年表序列重建气候要素的研究中,通常有近百年的实测气候记录。一般将时间序列分成两部分,三分之二用来建立校准模式,三分之一作为独立资料验证校准模式的预报能力^[1]。或者一半资料用来建立校准方程,一半资料用来独立验证^[2]。但我国西北地区大部分仪器记录开始于60年代初,树木样本大多是80年代或90年代采集的。树木年表与气象记录两者只有20或30多年公共期。统计样本长度的不足致使年表与气候要素关系的校准和验证很困难。

本文讨论在气象记录短缺,很难划分足够长的校准期和验证期的情况下,如何在年表和气象要素的各种可能关系中去伪存真,寻求最佳预报模式来延长气候序列。

1 资料

这里用的年轮资料,树木样本是1988年中国气象科学研究院与青海省气象局合作采集,样本的加工、定年,轮宽的测量、年表的研制等等是中国气象科学研究院与美国Arizona树木年轮实验室于1989年合作完成的。斑玛年表样本采自位于青海高原东南部的斑玛地区(32°42'N,101°E),海拔3400m。树种为云杉(*Picea Balfouriana*),15棵树样,每棵树2个髓心。树龄大多200多年,最长265年(1723~1987)。年表的有关信息列于表1。

表1 斑玛云杉轮宽年表信息

| 树种 | 起止时间 | 经纬度 | 海拔高度 | 敏感度 | 变化系数 | 一阶自相关 | 髓心数 |
|----|-----------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 云杉 | 1723~1987 | 32°42'N,101°E | 3400m | 0.167 | 0.200 | 0.696 | 29 |

平均敏感度表示由于气候振动引起的高频分量的权重,定义为:

$$MS = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{2(x_{i+1} - x_i)}{x_{i+1} + x_i} \right|$$

变化系数表示气候或其它长期影响引起的低频变化的权重,定义为:

$$CV = \frac{\sigma}{x}$$

^① 参加野外样本采集工作的主要有青海省气象局周陆生和杨卫东(现在四川省气象局)和当时在气象科学研究院工作的张志华(现在国家气候中心)。

σ 为年表的标准差, \bar{x} 表示均值。统计上称 CV 为离差系数。

表 1 中变化系数 0.200, 大于平均敏感度 0.167, 这说明树木生长受环境的影响引起的变化低频分量略大于高频分量。

自相关系数 R_k 表示 $n - k$ 年的生长对 n 年生长的影响。由下式表示:

$$R_k = \frac{1}{\sigma^2(n-k-1)} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})$$

表 1 给出了年表的一阶自相关系数 R_1 为 0.696, 对于 200 多年长的样本来说信度很高, 这说明当年树木生长受上一年树木生长的影响很大。

由于采样点位于青海省而邻近四川省北部, 气候资料选取离采样点最近的 5 个测站(青海省达日、久治、斑玛, 四川省色达、阿坎)的月降雨量和月平均气温以及水文站足足木的年流量。资料长度为 27 年(1961~1987)。

2 校准和验证

在年表和气候要素的公共期内, 依次取出一年后计算它们的相关系数, 记为 $r(m)$, ($m = 0, N$), 我们称其为全程相关。 N 为公共期长度, m 为逐一抽出一个样本的序号。 $m = 0, r(0)$ 为整个公共期的相关系数。一般用它表示两个序列的相关程度。这显然带有较大的随机性, 它不足以反映两者的关系是否稳定。如果将所有 $r(m)$ 由大到小排列, 由 n 和自由度 $n - 2$ 查表就可以清楚地看出两个序列全程相关的程度。

对应于每一次抽出一年的两个序列, 可以计算以气候要素为应变量, 树木年表为自变量的回归方程。将取出的年表值代入相应的回归方程, 可以得到气候要素的估计值。由 N 个回归方程得到统计量 $RE^{[3]}$ 值, 由此考察气候要素与年表两者关系的显著性和稳定性。

RE 定义为

$$RE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

这里 n 为预报量(应变量)实测资料总数, y_i 为应变量的第 i 个观测值, \hat{y}_i 是对第 i 个观测值估计的预报值, \bar{y} 为校准期内应变量的平均值。如果 $RE > 0$, 就认为该模式可以用来重建气候。在本文的研究中, 树木年表为唯一的预报因子, 气候因子为预报量。对某一因子, 时间尺度可能是月、季、年, 空间尺度可能是单站或区域范围的。通过树木年表与各种气候要素可能关系的校准和验证, 根据 r 和 RE 的大小了解树木年表与气候要素两者关系的显著性和稳定性, 确定用该年表重建的气候要素和最佳预报模式来重建气候。

2.1 年表与季节气候要素的关系

首先以青海省境内斑玛、达日、久治 3 站作为一个区域, 校准该区域的气候要素和水文站足足木的年流量与年表的关系。降水与气温都分冬(12~2月)、春(3~6月)、夏(7~8月)、秋(9~11月)4季和全年(前一年9月到当年8月)。这样, 降水、气温和流量共 11 个序列, 加上 3 种树木年表(标准年表 STD、差值年表 RES 和自回归年表 ARS)共 14 个序列, 计算一个相关阵。发现标准年表与气候要素的关系比其它两种年表为好。故本文用 STD 年表。相关分析结果表明, 年表与夏季气候要素有一定的关系, 与其它季节气候要素的关系不明显, 且降水的关系好于气温。与夏季降水的关系(信度达 0.005)好于年降水(信度达 0.02); 气温却相反, 与年平均气温的关系(信度达 0.05)好于夏季气温。这说明高寒地区在热量条件满足的情况下, 树木生长主要依赖于盛夏降水量的变化, 与非生长期气候要素的变化关系不大。

为便于统计年表与每个气候序列的全程相关的程度, 将年表与 3 站为一区域的夏季降水、年降水、夏季气温、年平均气温和足足木的年流量的全程相关系数由大到小排列。这 5 组序列全程相关中最大相关系数分别为 0.6011、0.5539、0.4134、0.5353、0.4873, 信度分别达到 0.005、0.01、0.05、0.01、0.02。年表与 7~8 月降水的相关系数信度达 0.01 以上的几率为 24/27, 最小相关系数 $r(8) =$

0.5024, 全程相关通过 0.02 信度; 与年降水全程相关通过 0.05 信度; 而与 7~8 月气温没有明显的关系, 相关系数仅有一个达到 0.05 信度; 年表与年平均气温和年流量的关系比夏季气温好, 与年平均气温的相关系数有 17/27, 达到 0.05 信度。与足足木的年流量有 7/27 的相关系数信度达 0.05, 24/27 达 0.10。

以下分别对这 5 组相关进行验证。对于每一组序列, 逐次剔除了第 1 年到第 N 年后的 N 对序列都可以算出以气候要素为应变变量、年表为自变量的回归方程。 N 对序列, 有 N 个回归方程。分别又将剔除的年表数据逐个代入对应的回归方程中, 可得到 N 个气候要素的估算值。最后计算这些要素估算值与实测值的相关系数 r 和 RE 值。这里 $N = 26$ (1962 ~ 1987), 剔除一年后 $N = 25$ 。

表 2 3 站区域季节气候要素与年表校准和验证结果

| | $R_{7\sim 8}$ | $R_{年}$ | $T_{7\sim 8}$ | $T_{年}$ | 年流量 |
|--------|---------------|---------|---------------|---------|---------|
| $r(0)$ | 0.5434 | 0.487 | 0.3235 | 0.3973 | 0.3834 |
| 信度 | 0.005 | 0.02 | / | 0.05 | 0.1 |
| r_m | 0.6011 | 0.5539 | 0.4134 | 0.5353 | 0.4873 |
| 信度 | 0.005 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.02 |
| M | 19 | 17 | 12 | 23 | 3 |
| r_m | 0.5024 | 0.4402 | 0.1687 | 0.3041 | 0.2944 |
| 信度 | 0.01 | 0.05 | / | / | / |
| M | 8 | 11 | 21 | 8 | 26 |
| r | 0.4643 | 0.3936 | 0.0554 | 0.1871 | 0.1872 |
| 信度 | 0.02 | 0.05 | / | / | / |
| RE | 0.1990 | 0.1370 | -0.0654 | -0.0187 | -0.0025 |

表 2 为 3 站区域季节气候要素与年表的关系校准和验证的主要结果。除同期相关 $r(0)$ 外, 还列出了全程相关的最大、最小相关系数 (r_m, r_m) 和它们的信度和剔除序号 (M), 以及实测值和估算值的相关系数 (r) 和 RE 值。年雨量、年平均气温和年流量 (足足木) 均以前一年 9 月到当年 8 月计算的。表 2 中值得指出的是实测值与 26 个回归方程算出的独立值的相关系数, 7~8 月降水信度为 0.02, 其次是年降水。其他要素 7~8 月气温、年平均气温、年流量不仅实测值与估算值的相关系数达不到信度 (以“/”表示), RE 值也为负值。这样, 即使 $r(0)$ 达到一定信度, 验证结果表明它们的关系是不稳定的。

2.2 年表与月气候要素的关系

除了季节气候要素外, 我们还考察了各单站和区域月气候要素与年表的关系。月气候要素为 12 个月的气温和降水, 年表后延 1~2 年。我们计算了年表与月气候要素的相关函数和响应函数。因为相关函数解释比响应函数清楚^[4], 这里略去了对响应函数的分析。在诸多相关系数中, 挑选出信度在 0.05 以上的相关系数列于表 3。由于单站样本长度可能不同, 为便于比较相关程度, 表中给出信度。CHR-1 代表后延为 1 的年表。3 站是指斑玛、久治、达日为一区域, 4 站是指这 3 站加色达, 5 站是这 4 站再加上阿坝。表中前 4 站都有两项信度在 0.05 以上, 只是阿坝虽然离采样点不太远却与其它 3 站不同, 年表与阿坝的降水无关, 与其 7 月气温有关 (信度为 0.05)。年表后延为 1 的相关系数仅 0.3846, 而表 1 中却为 0.696, 这样大的差别由于计算时所取的序列长度不同造成的。前者依赖于阿坝的资料长 31, 后者取年表本身的长度。年表与斑玛、久治、达日 3 站 7 月降水相关系数的信度均在 0.02 以上, 其中两站斑玛和达日信度在 0.005 以上。年表与色达和 4 站或 5 站为一区域的月气候要素的相关中只有一项达到信度要求, 也是 7 月份降水, 信度高达 0.001。另外, 除色达外, 其它 3 个单站斑玛、久治、达日的 $r(0)$ 均小于 3 个区域的 $r(0)$ 。从年表与单站和区域的月气候要素关系看, 年表只与 7 月降水相关显著。3 个区域中, 以 4 站为一区域的相关系数最大, 达 0.6538; 因为阿坝任何月份的降水量与年表都不相关, 故 5 站区域的相关系数 0.6138 小于 4 站区域的, 虽然它们的信度均为 0.001。斑玛、久治、达日 3 站区域, 7~8 月降水 (见表 2) 和 7 月降水与年表的相关信度均为 0.005, 前者略小于后者。显然, 从这些同期相关 $r(0)$ 的分析可知, 斑玛云杉年表与盛夏 (7 月) 降水的关系除阿坝外都非常显著 (信度均在 0.02 以上)。

表3 斑玛年表与月气候要素的关系

| | 气候要素 | 相关系数 | 信度 | 时段 | 自由度 |
|----|----------|--------|-------|-----------|-----|
| 斑玛 | $T_{7月}$ | 0.4313 | 0.02 | 1960~1987 | 26 |
| | $R_{7月}$ | 0.5786 | 0.005 | 1960~1987 | 26 |
| 久治 | $R_{7月}$ | 0.4362 | 0.02 | 1960~1987 | 26 |
| | $R_{5月}$ | -0.375 | 0.05 | 1960~1987 | 26 |
| 达日 | $R_{7月}$ | 0.5296 | 0.005 | 1960~1987 | 26 |
| | $R_{5月}$ | 0.4817 | 0.01 | 1960~1987 | 26 |
| 阿坝 | $T_{7月}$ | 0.3575 | 0.05 | 1955~1987 | 31 |
| | $CHR-1$ | 0.3846 | 0.02 | 1955~1987 | 31 |
| 色达 | $R_{7月}$ | 0.661 | 0.001 | 1961~1987 | 25 |
| 3站 | $R_{7月}$ | 0.5611 | 0.005 | 1961~1987 | 25 |
| 4站 | $R_{7月}$ | 0.6538 | 0.001 | 1961~1987 | 25 |
| 5站 | $R_{7月}$ | 0.6198 | 0.001 | 1961~1987 | 25 |

同样应该分析一下年表与4个单站(阿坝除外)和这些单站组成的区域7月降水的全程相关情况。资料长度都取27(1961~1987)。包括 $r(0)$ 每个单站或区域有28个相关系数。由大到小排列,发现斑玛和达日最小相关系数信度达到0.01,色达和区域的全程相关系数信度全部在0.001以上,且区域的最小相关系数0.61333,大于色达的0.60624。与斑玛、久治、达日单站相比,年表与区域气候要素的关系要比与单站的关系好得多(见表4),这与文献^[5]分析结果一致。27年资料每次抽出一一年,抽取27次,每次以7月降水量为预报量,斑玛年表为预报因子,共建立27个预报方程。分别将剔除的样本代入,得到一个有27个独立估算值的7月降水新序列。各单站和区域7月降水原序列与相应的新序列的相关系数和 RE 值列于表4,它们的大小可用来说明两者相关程度的显著性和稳定性。为了区别于一般的相关系数,将其称为验证相关系数。

表4中的同期相关是指整个年表和气候要素的公共期内,年表与气候要素的相关系数。单站相关系数的信度一般远低于区域的信度,久治和达日分别为0.05和0.01。可是,位于四川境内采样点西南的色达是例外,年表与色达7月降水的关系和与区域降水的关系相当,色达和4站区域的7月份降水与年表的相关系数无论是 $r(0)$,还是最大相关系数和最小相关系数,信度都在0.001以上。这就意味着对于年表和气候要素两个序列每抽出对应的一对数后建立的回归方程,气候要素的实测值与预报值的相关系数信度都在

0.001以上。也就是说全程相关系数信度都在0.001以上。另外我们还发现色达和4站区域的27个回归方程的 F 值信度都在0.001以上。

至于验证,分别将抽出的年表值代回相应的方程,可以算得27个降水量的独立估算值。再计算实测降水序列与独立估算的降水序列的相关系数(我们称验证相关系数)和 RE 值。由表4可知,色达和4站区域验证相关系数的信度也都在0.001以上, RE 值也较大,分别为0.340和0.331。对于其他3站,验证相关系数的信度和 RE 值都较小。

校准和验证结果表明,斑玛年表与色达单站和4站区域7月份降水的关系是非常显著和稳定的,用斑玛年表来重建色达和区域7月份降水是很合理的。该区域位于青海高原东南部,故我们可以用斑马云杉年表重建青海高原东南部盛夏降水。

表4 4个单站和区域7月降水与年表校准和验证结果

| | 斑玛 | 久治 | 达日 | 色达 | 4站区域 |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| $r(0)$ | 0.58728 | 0.42164 | 0.54146 | 0.66096 | 0.65385 |
| 信度 | 0.005 | 0.05 | 0.01 | 0.001 | 0.001 |
| r_M | 0.63980 | 0.45447 | 0.59917 | 0.70144 | 0.68597 |
| 信度 | 0.001 | 0.02 | 0.005 | 0.001 | 0.001 |
| r_m | 0.52894 | 0.35646 | 0.49838 | 0.60624 | 0.61333 |
| 信度 | 0.01 | 0.10 | 0.01 | 0.001 | 0.001 |
| r | 0.49757 | 0.29658 | 0.44729 | 0.60001 | 0.592072 |
| 信度 | 0.01 | / | 0.02 | 0.001 | 0.001 |
| RE | 0.22701 | 0.06824 | 0.17890 | 0.34091 | 0.33128 |

3 降水序列的重建

以上分析说明,斑马云杉年表基本上能反应青海高原东南部盛夏降水。以年表序列为预报因子 x ,7月区域降水序列为预报量 y ,建立了一元一次的预报方程, $y = ax + b(a = 204.54, b = -57.15)$ 。相关系数 r 为0.654, F 值为18.67。序列长 $n = 27$,自由度 $v = n - 1 - 1 = 25$ 。查表可知 $r_{0.001} = 0.597 < r, F_{0.001} = 13.88 < F$ 。可见这个用于重建降水的回归方程预报效果是显著的。以次将年表代入该预报方程得到重建的7月区域降水量,序列长265(1723~1987)。从1738~1742年连续5年降水重建值为负值,查其原因是这几年轮宽指数特别小,分别为0.190、0.198、0.223、0.212、0.288。由于回归方程中截距为负值,异常狭窄的轮宽导致重

建值也为负值。斑玛、达日、久治和色达各单站的重建结果中这5年仅久治为正值。为了分析的合理性,我们将久治1738~1742年的结果代替区域重建序列中相应的负值。不过年表的前60年,样本数较少,资料的可靠性较差。连续的窄轮还是反应了这几年雨量极为稀少,气候连续干旱。

图1中实线表示历年的重建值(1723~

1987),反映了明显的年际变化。为了揭示序列中数10年尺度的低频变化,我们对重建值进行了10年滑动平均,图1中以虚线表示。显然,逐年的高频变化是以年代际变化为背景的,从10年滑动平均曲线看,年代际变化又有数10年尺度的变化的规律。对气候预测提供了很好的依据。

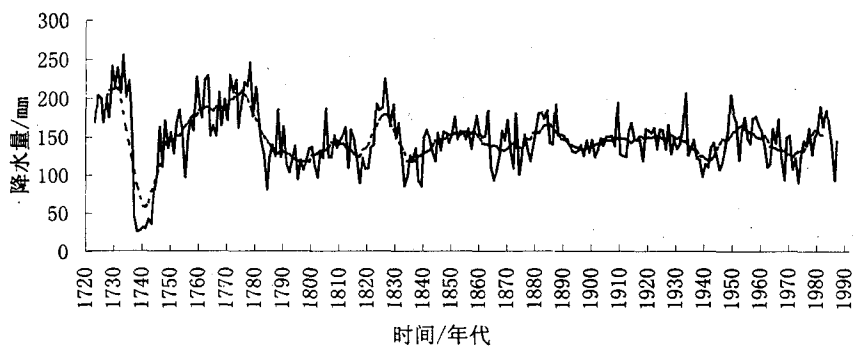


图1 由斑玛云杉年表重建的青海东南部盛夏(7月)降水量

为了对这种规律进行进一步分析,我们计算了重建的降水量序列和原年轮宽指数序列的功率谱。序列长265,最大后延取80。图2实线为重建的7月降水量和轮宽指数的功率谱估计曲线,虚线为90%信度界限。由图可见两者的谱密度曲线相似,出现的峰值几乎完全对应,峰值均在波数为3,6,10,34,58,75处,波长分别为53.3,26.7,16,4.17,2.76,2.13年。在长波段重建的降水有53.3

年周期达到信度,年表的谱密度这一周期未达到信度。两者共同达到信度的周期有2.76年和2.13年。这说明青海高原东南部地区盛夏降水的变化和树木生长都存在2~3年的周期。与王绍武等^[6]研究的结果吻合。他们指出近百年来我国的气候变化和全球大气环流均存在明显的2~3年周期。许多人的研究都曾指出过这一点。

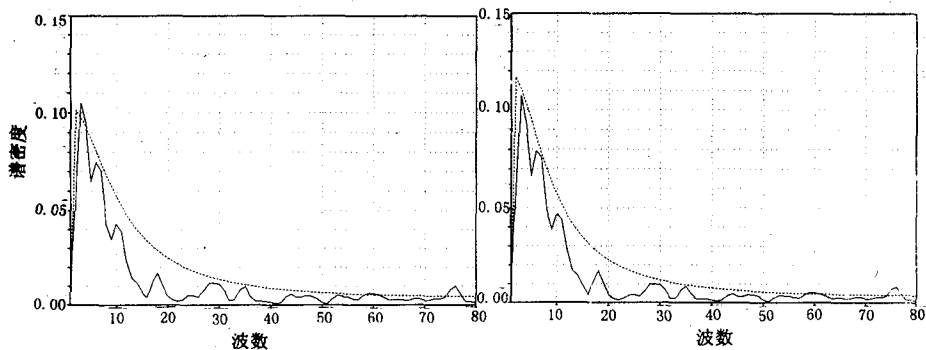


图2 青海高原东南部7月降水量重建值(a)和斑玛云杉年表(b)的谱密度

4 实测气候序列和重建气候序列的比较

为了了解重建的气候序列能在多大程度上反映实测气候序列,对两者的基本统计量作了比较。表5给出了5个单站和各区域

实测气候序列和重建的气候序列在公共期内的相关系数和信度、均值(\bar{x})和标准差(σ)、重建值和实测值标准差之比以及变化系数(σ/\bar{x})。

表5 实测气候序列和重建气候序列基本统计量的比较

| | 斑玛 | 久治 | 达日 | 阿坝 | 色达 | 5站区域 | 4站区域 | 3站区域 | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 相关系数 | 0.5875 | 0.4206 | 0.5413 | 0.3763 | 0.6607 | 0.6199 | 0.6541 | 0.5434 | |
| 信度 | 0.005 | 0.05 | 0.005 | 0.10 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | |
| 均值 | 实测值 | 141.2 | 153.7 | 116.9 | 143.3 | 149.9 | 141.0 | 140.5 | 256.5 |
| | 重建值 | 141.2 | 153.7 | 117.0 | 143.3 | 149.9 | 141.0 | 140.4 | 250.3 |
| 标准差 | 实测值 | 45.6 | 50.2 | 47.0 | 45.9 | 47.8 | 39.4 | 40.1 | 60.2 |
| | 重建值 | 26.8 | 21.1 | 25.4 | 17.2 | 31.6 | 24.4 | 26.2 | 30.2 |
| 标准差之比 | 0.59 | 0.42 | 0.54 | 0.37 | 0.66 | 0.62 | 0.65 | 0.50 | |
| 变化系数 | 实测值 | 0.32 | 0.33 | 0.40 | 0.32 | 0.32 | 0.28 | 0.29 | 0.23 |
| | 重建值 | 0.19 | 0.14 | 0.22 | 0.12 | 0.21 | 0.17 | 0.19 | 0.12 |

表5清楚地表明各单站和区域实测值和重建值的均值几乎完全相同,连关系最差的阿坝也是如此,而标准差却有很大差异。重建值的标准差比实测值的小得多。这说明重建序列的变化比实测序列的变化平缓得多。这正是重建值或者说预报值的问题所在。为了更好地比较,表中列入了重建序列和实测序列的标准差之比,可以由此看出重建效果的好坏。

由表5可见,重建序列和实测序列相关系数的信度在0.005以上,其标准差之比大于0.50;信度在0.001以上,其标准差之比大于0.62;其中比值最大是色达(0.66)和4站区域(0.65)。因为树木年表与各单站和区域8月降水量关系不明显(表3说明没有达到0.05信度),故3站区域7~8月季节降水的重建效果没有其它区域和有些单站7月降水的重建效果好,尽管它重建值和实测值相关系数的信度达到0.005,其标准差之比仅为0.50,比信度也为0.005的斑玛(0.59)和达日(0.54)都低。显然,实测值的变化系数肯定是大于重建值的,只是两者的差距一般是单站的(除色达外)大于区域的。差距最小还是色达(0.11)和4站区域(0.10)。

由于看来,虽然校准和验证的信度都达到0.001(见表4中色达和4站区域),但仍

然有很大的局限性,只能在一定程度反应降水的变化趋势。

5 小结

由某个地点的树木年表延长气候序列,必须慎重对待。重要的是要了解该年表能在多大程度上反映何地、何种气候要素(降水或气温)的变化。

校准和验证的结果表明斑马云杉年表可以用来重建:①青海高原东南部7~8月份区域降水量;②青海高原东南部7月份区域和某些单站的降水量。7月降水量的重建效果比季(7~8月)降水量的重建效果更好,而区域降水量的重建效果比单站的更好。该年表与气温的关系不明显。

参考文献

- 1 Graumlich, L. J., Precipitation Variation in the Pacific Northwest (1675—1975) as Reconstructed from Tree Rings. *Annals of the Association of American Geographers*. 1987, 77(1):19~29.
- 2 Donald A. Graybill and Stepan G. Shiyatov, A 1009 Year Tree-Ring Reconstruction of Mean June-July Temperature Deviation in the Polar Urals. *Tree-Ring Bulletin*, 1997, 37~42.
- 3 Fritts, H. C., 1976. *Tree-rings and climate*. 1976:333.
- 4 Christian Rolland. *Tree-Ring and Climate Relationships for Abies in the Internal Alps*. *Tree-Ring Bulletin*, 1993, 53.

(下转第34页)

(上接第 8 页)

- 5 Blasing T. J, D. N. Duvick and D. C. West, Dendroclimatic Calibration and Verification Using Regionally Averaged and Single Station Precipitation Data, Tree-

Ring Bulletin, 1981, 41: 37~43.

- 6 王绍武, 赵宗慈. 近百年来我国的气候变化与全球大气环流. 全国气候变化学术讨论会文集, 1978, 117~130.

Reconstruction of Summer Precipitation in Southeastern Qinghai Plateau Using Spruce Chronology at Banma

Xu Ruizhen

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Zhou Lusheng

(Qinghai Province Bureau)

Abstract

Annual growth records from trees at Banma region in the southeastern Qinghai Plateau are correlated positively with variations of summer precipitation and used to reconstruct the regional precipitation variation in the past. In a series of tests, it is shown that the relationship between the climate and tree-ring variables is statistically significant and stable with time, confirming the power of dendroclimatic reconstruction in arid and semi-arid region such as the south-eastern Qinghai Plateau.

Key Words: spruce chronology dendroclimate summer precipitation Qinghai plateau