

跨度为 2332 年的考古树轮年表的 建立与夏塔图墓葬定年^{*}

王树芝 邵雪梅 许新国 肖永明

关键词: 树轮考古学 吐蕃墓

KEY WORDS: dendro-archaeology Tubo tombs

ABSTRACT: The present paper reports a dendro-chronological study of the Przewalsk juniper (*Sabina przewalskii* Kom) specimens unearthed from Xiatautu tombs of the Tubo Kingdom in Guolimu Township, Delingha Prefecture, Qinghai Province. The research results include the establishment of a 2332-year dendro-archaeological chronology and the determination of the date of the excavated tombs. Thus we have got an exact calendar scale for inquiring into the culture and migration of the Tuyuhun Tribes in the Sui and the Southern and Northern Dynasties periods, as well as the Tuyuhun culture under the rule of Tubo, the history of the Tubo civilization and exchanges between ancient China and western countries. The long chronology provides highly exact dendro-chronological data for the reconstruction of the ancient climate in this region and a reliable environmental background for understanding the role of climate in the transformation of ancient Chinese social-economic formation.

利用树木年轮分析可以判定过去人类文化遗存的年代,对过去气候(包括温度、降水)和环境进行重建和研究,而且还能对碳十四年代进行校正。树轮年表越长,其利用潜力越大。因此我们必须尽可能建立能延伸到史前的树轮年表。

20 世纪 70 年代以来,许多学者利用青海省柴达木盆地东缘山区现在存活的树木建立了上千年的树轮年表^①。1999 年中国社会科学院考古研究所科技实验研究中心与德国考古研究院欧亚所的树轮分析室利用

都兰吐蕃墓出土的古代木材建立了跨度为 1315 年的浮动树轮年表^②,此浮动年表与已经建立的青海都兰县鄂拉山地区海拔 3100 米以上的活树建立的跨度为 1835 年的年表进行交叉定年,使都兰古墓群的浮动树轮年表成为绝对树轮年表,年表长度 1315 年,可追溯到公元前 515 年,并根据此年表重建了公元前 515 年以来的降雨^③,为都兰县热水乡洮渭墓 7 个墓葬提供了精确的年代^④。2003 年张齐兵等利用都兰古墓里的木材和现代树轮年表建立了青藏高原东北都兰地

^{*} 本研究得到了国家自然科学基金项目(批准号:40371118)、国家文物局项目(合同号:20050107)和科技部国家科技支撑计划(课题编号:2006BAK21B02)资助。

作者:王树芝,北京市,100710,中国社会科学院考古研究所。

邵雪梅,北京市,100101,中国科学院地理资源与环境研究所。

许新国、肖永明,西宁市,810007,青海省文物考古研究所。

区跨度为 2326 年的祁连山柏树轮年表, 并进行了气候重建^⑤。虽然目前在都兰地区利用考古木材建立了两个年表, 但是在德令哈地区还未用考古样本建立年表。

本文的研究目的是利用德令哈地区郭里木夏塔图墓葬出土的木材进行树轮年代学的研究, 建立古代浮动树轮年表, 然后把此年表与已经建立的活树树轮年表进行衔接, 使浮动树轮年表转换为绝对树轮年表, 然后, 根据此年表对夏塔图墓葬出土的木材进行分析, 确立墓葬群的年代, 为考古学文化的研究提供精确的年代学标尺。

一、研究地区和研究材料

研究地区位于青海省柴达木盆地东北部德令哈地区的郭里木乡(图一)。柴达木盆地由高山环绕, 盆地的东部海拔高度大约 2900~3000 米, 每年的平均温度为 2℃~4℃, 每年的降雨约为 150~200 毫米, 从东向西递减。这里分布有许多墓葬, 有丰富的古代文化, 同时也是气候变化的敏感区, 其自然环境在全球占有特殊地位, 与全球环境变化的研究息息相关。

2002 年 8 月, 青海省文物考古研究所与海西州民族博物馆工作人员, 对郭里木乡夏塔图墓葬群的 1 号墓、2 号墓进行了清理和发掘。墓葬群位于德令哈东 30 公里(N37°20', E97°39', 海拔高度为 3190 米)处

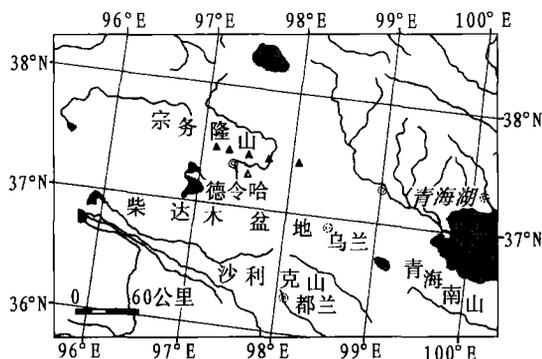
的巴音河南岸, 属郭里木乡夏塔图草场山根。墓上方存有高约 1.5 米的封土, 两座墓葬均为竖穴土坑形制, 墓室为长方形单室, 长 4、宽 2.5 米左右, 均有长方形斜坡墓道。1 号墓用柏木封顶, 是迁葬墓, 其形制较为特别, 是先将零散的骨架装于一小棺内, 然后将小棺整个放置在大棺中。根据出土的漆矢箠判断, 该墓主人应系男性武士。2 号墓为木椁墓, 男女合葬。两座墓葬中均见有殉牲习俗。迁葬墓中出土有丝绸残片、木鸟、木马鞍和漆矢箠等, 其中木马鞍上装饰有银质镀金饰片以及兽面、鹿等动物形象, 较为少见。在合葬墓中出土有大量丝织品, 种类有锦、绫、罗、印花绢等, 另有木碗、木鸟、木马鞍等。尤为引人注目的是, 两座墓 3 具木棺的四面均有彩绘。其中棺当头绘有四神、花鸟, 棺侧板绘有狩猎图、商旅图, 以及以赞普、赞蒙(王、王后)为中心的帐居迎宾图和职贡图^⑥。3 号墓被盗, 4 号墓没有发掘, 但有盗洞取两根原木。

树轮分析的样本采自这 4 个墓葬。夏塔图 1 号墓和 2 号墓的原木保存在当地考古工作站, 由于木材将来用于博物馆的陈列, 不能破坏, 所以全部采集的是 55 个树芯。3 号墓的原木和棺板散放在墓的旁边, 采集了 8 个圆盘和 5 个棺板。4 号墓葬没发掘, 所以, 只从盗洞处的两个原木上采集到了两个圆盘。

二、试验方法

(一) 木材鉴定方法

不同树种的木材在其横向、径向、弦向三个切面上的构造特征不同, 将未知木材的构造特征与有关书籍上的描述和照片资料进行对比, 就可以确定木材的种属。具体的工作程序是: 从采集的样本上取 1cm³ 木样进行软化, 用徒手切片法, 做横向、径向、弦向三个方向切面, 然后在体视显微镜下观察、记载木材横向、径向、弦向三个切面上特



图一 样本的采集地点(空白三角形代表出土的古代木材采集地点, 实心三角形代表与古代年表衔接的现代树木样本采集地点)

有的构造特征,最后根据《中国木材志》^①的描述和照片资料进行树种鉴定。将木炭样本粘在铝质样品台上,样品表面镀金,在日立S-530扫描电子显微镜下进行拍照。

(二)定年方法

在实验室将树芯有树皮或接近树皮的一边朝外,用乳胶粘在木槽里,用细绳将其按十字形式捆绑固定,待乳胶干后取下细绳。将粘牢的树芯依次用从较粗到细不同粒度的干砂纸进行手工打磨,最细的砂纸粒度为600目,直到磨到年轮相当明显,细胞壁也非常清楚为止。树盘用打磨机打磨,然后用不同粒径(240目、280目和600目)的砂纸手工打磨样本的表面,先用粗砂纸磨,最后用600目的细砂纸。

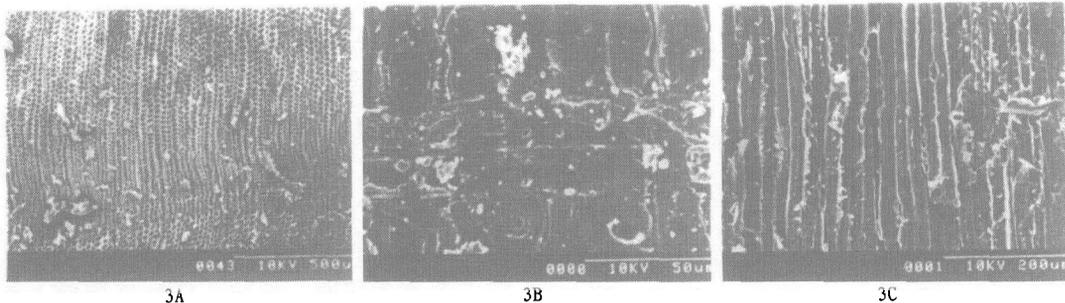
根据传统的树轮分析程序^②和干旱区树轮定年经验^③,样本进行交叉定年。定好年代后,用树轮宽度测量仪测量年轮宽度,该系统测量精度为0.01毫米。利用专门用来检查样本定年和轮宽量测值的COFECHA程序对定年和轮宽量测值进行检查。该程序利用相关分析中的相关系数作为检验指标,并基于样芯定年和轮宽量测准确时,样芯间高频变化的相关系数应为最高这一假设,分段计算相关系数,实现检验。关于COFECHA程序的使用方法,请参看文献^④。

三、研究结果

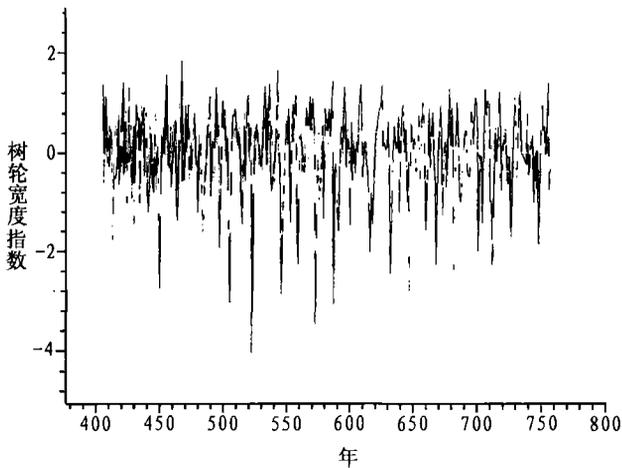
(一)古墓木材种属的鉴定

虽然同一气候区内不同树种在同一时期内年轮的宽窄变化规律有相似性,但是同一树种年轮的宽窄规律变化更趋向一致。因此,出土木材样本在用于树轮年代学研究以前,最好先鉴定一下木材树种。将夏塔图墓葬中的木材三个方向的切面,在体式显微镜下进行观察,其结构特征如下。从木材横切面看,晚材带窄,早材带占全轮宽度的绝大部分,早材至晚材渐变。木射线细,没有树脂道(图二,1)。从木材径切面看,射线薄壁细胞与早材管胞间交叉场纹孔式为柏木型(图二,2)。从木材弦切面看,木射线单列,高度多数2~9个细胞(图二,3)。根据观察到的木材构造特征,将出土木材鉴定为柏科(Cupressaceae)、圆柏亚科(Juniperoideae)、圆柏属(*Sabina*)、祁连圆柏(*Sabina przewalskii* Kom)。

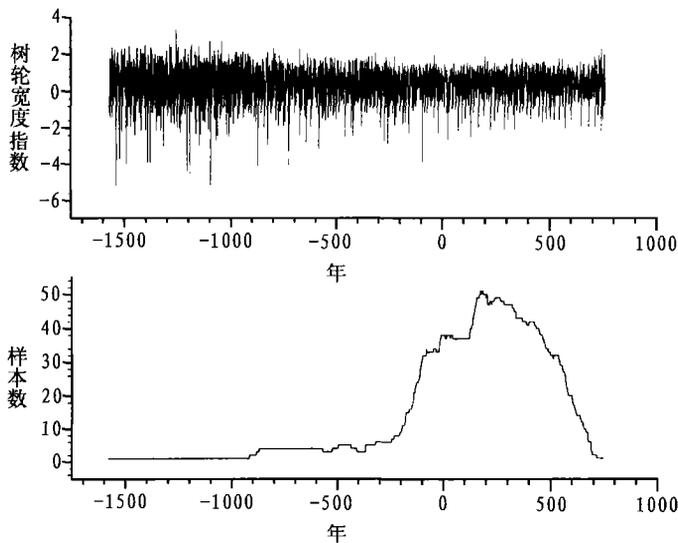
祁连圆柏是中国特有种,以它为建群种所形成的天然林集中分布在青藏高原东北部和黄土高原西部边缘。在青藏高原东北部分布地段全为山地,地形复杂,林地坡度多在25度以上,可在海拔1800~3800米的阳坡形成林分,海拔3800~4000米多为疏林或散生林。在柴达木盆地东部山地祁连圆柏林呈一大弧形间断分布^⑤。宗务隆山是祁连圆柏分布的最西界^⑥,由于在冷干气候下千年以上的高龄古树得以存活至今,因此,在这一区域内,用祁连圆柏活树树芯建立了千年以上的现代树轮年表。本研究用于与古代木材交叉定年的活树树轮年表也是由祁连



图二 扫描电镜下考古木材的显微结构
1. 横切面 2. 径切面 3. 弦切面



图三 考古树轮年表与现代树轮年表重叠部分(353年)



图四 考古木材树轮年表(公元前1575年~公元756年)及建立年表的样本数

圆柏活树树芯建立的。古代木材经过鉴定与现代木材是同一树种,这就为古代木材与现代木材能很好地交叉定年成为可能。

(二)长年表的建立

对从夏塔图墓葬群里采集的样本,利用严格的交叉定年工作程序,建立了跨度为2332年的考古木材浮动树轮年表,此浮动年表与邵雪梅等重建的柴达木盆地东北部公元404年以来的现代树轮年表^⑤进行交叉定年,两者有353年的共同生长期,即重叠353年(公元404~756年)。重叠部分序

列间相关系数为0.7496,经显著性检验,达到了99.9%极显著水平(图三)。据此,我们建立的德令哈郭里木夏塔图古墓群的浮动树轮年表成为绝对树轮年表,年表长度2332年,即从公元前1575年到公元756年(图四)。

(三)夏塔图墓葬群的年代

由于古代木材的年轮与现代树轮年表很好的交叉定年,所以就能确定古代出土的每块木材的最外面一个年轮的日历年代。然而,由于木材的腐烂和古人对木材的加工,这最外面一个年轮并不是树木的砍伐年代,也不是遗址的出现年代。

确定考古遗址中出土木材的砍伐年代确定通常有两种方法,一是如果样本有树皮,那么最外层树轮的年代要么是树木的砍伐年代,要么是砍伐年代的前一年;二是较多的样本最外层年轮的年代都是同一年。除了以上两种精确确定木材砍伐年代的方法外,还有一种情况可以估计砍伐年代,即如果出土木材不存在树皮,但是有保存完好的边

材,那么这种情况可以根据该树种通常有的边材年轮数量,估测木材损失了多少个年轮,然后将出土木材的最外面年轮的年代加上损失的年轮数,这样就可估计木材的砍伐年代。

知道了木材的砍伐年代还不足以确定墓葬的年代。确定墓葬的年代又有两种方法。一是如果用斧头加工的木材表面有清晰可见的木材结构形成的纹理,说明加工的是湿的、新鲜木头,换句话说,木材是现代现用的。二是如果出土木材最外层树轮结束于同

一年,很有可能墓葬的年代就是这一年。因此,为了确定砍伐年代和墓葬的年代,有必要对该树种通常有的边材年轮数进行估计。

许多树种的木材,在靠近树干外围部分的颜色比靠近树干中心部分的颜色浅,我们把靠近树干中心颜色深的部分叫心材,把靠近树干外围颜色浅的部分叫边材。心材的形成是一种生理现象,随树龄的增加,树干中心部分的细胞逐渐失去生活机能,不能再向树冠输送水分,其营养物质转化为其他物质。从生理上讲,任何树种都有心材,有的心材与边材的颜色有显著区别,有的则区别不显著。心材与边材颜色的不同,为我们确定木材的砍伐年代提供了帮助。

祁连圆柏心材为褐色,颜色较深,边材为浅黄色,颜色较浅,心材与边材界限明显,因此其边材年轮数是可以确定的。测定边材的宽度,最好数年轮数,因为他们受生长快慢的影响较小。在欧洲地区,用于建立年轮序列的树种是栎树,栎树心材与边材界限也很明显,他们常用边材的数量估测样本损失的年轮数。因此,我们也采用年轮数的方法估测边材的生长情况。随机选择100个平均树龄为622年具有髓心和树皮的现代祁连圆柏树芯调查其边材数,调查结果表明:平均边材年轮数为 148 ± 35 ,即边材年轮数的变动范围为113~183轮。

根据以上方法和原理,我们对夏塔图墓葬群进行了定年,结果如下。

1. 夏塔图1号墓葬(XTT1)的年代 夏塔图1号墓葬的13个原木的26个树芯能很好的交叉定年。XTT109a样本有树皮,因此,该样本最外层年轮的年代应该为砍伐年代或砍伐年代的前一年。根据解剖结构,如果测量的最外层年轮外面有松散的、颜色浅的春材细胞存在,说明最外层年轮的年代应该是砍伐年代的前1年。由于XTT109a最外层年轮外面有松散的、颜色浅的春材细胞存在,砍

表一 夏塔图1号墓葬木材确定的砍伐年代

样本号	结束年	部分边材数	边材丢失年轮数的范围	砍伐年
XTT101a	697	107	6~76	703~773
XTT101b	696	122	0~61	696~757
XTT102a	589	76	37~107	626~696
XTT102b	602	102	11~81	613~683
XTT106b	679	142	0~41	679~720
XTT109a	756	156	0	756(有树皮)
XTT110b	585	45	68~138	653~723
XTT111a	700	140	0~43	700~743
XTT111b	711	151	0~32	711~743
XTT112a	640	35	78~148	718~788
XTT115a	588	55	58~128	646~716
XTT115b	650	40	73~143	723~793

伐年代应该比测量的最外层年轮年代晚1年。测量的最外层年轮年代为公元756年,因此砍伐年代为公元757年。而且,从表一可以看出有12个样本有部分边材,根据现代样本边材数估测的砍伐年代,7个样本早于公元757年,3个样本约在公元757年,2个样本结束于公元757年,所以可以推测墓葬的建立年代应该在公元757年。

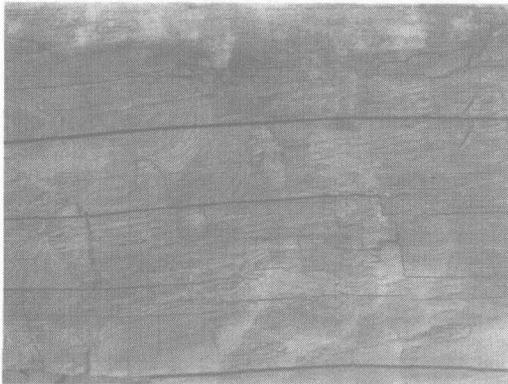
2. 夏塔图2号墓葬(XTT2)的年代 采集的夏塔图2号墓葬木材样本中,有14个原木的28个树芯能很好地交叉定年。XTT207a样本有树皮,而且最外层年轮外面没有松散的、颜色浅的春材细胞,砍伐年代应该为最外层年轮的年代。由于最外层年代为公元756年,因此砍伐年代为公元756年。从表二可以看出12个样本有部分边材,加上估计丢失的边材年轮数后,5个样本早于公元756年,5个样本约在公元756年,1个样本结束于公元756年,1个样本晚于公元756年。对这个晚于公元756年的异常样本进一步检查,发现这个样本有几段颜色较深处与几段颜色较浅处相间,所以影响了对心材和边材界限的判断,这个样本不应考虑,所以可推测墓葬的建立年代在公元756年。

表二 夏塔图 2 号墓葬木材确定的砍伐年代

样本号	结束年	部分边材数	边材丢失年轮数的范围	砍伐年
XTT201a	696	135	0~48	696~744
XTT201b	735	139	0~44	735~779
XTT203b	610	62	51~121	661~731
XTT206a	710	220	0	710
XTT206b	750	163	0~20	699~770
XTT207a	756	180	0	756(有树皮)
XTT209a	710	132	0~51	710~761
XTT209b	700	145	0~38	700~738
XTT210a	672	70	43~113	715~785
XTT211a	610	6	107~177	717~787
XTT211b	623	57	56~126	679~749
XTT212a	722	30	83~153	805~875

3. 夏塔图 3 号墓葬(XTT3)的年代

从 3 号墓葬取到的样本中有一些是棺板,其中 1 号样本为盖板,是年轮数最多的一个样本,有 1623 个年轮(表三)。XTT314 样本有明显的树皮,最外层年轮外面没有松散的颜色浅的春材细胞存在,砍伐年代应该为最外层年轮的年代。由于 XTT314 样本最外层年轮的年代为公元 790 年,因此砍伐年代为公元 790 年。值得注意的是,从原木



图五 木材纹理

表三 夏塔图 3 号墓葬木材确定的砍伐年代

样本号	结束年	部分边材数	边材丢失年轮数的范围	砍伐年
XTT302	784	107	6~76	790~860
XTT311	648	28	85~155	733~803
XTT313	626	166	0~17	626~643
XTT314	790	150	0	790(有树皮)

表四 夏塔图 4 号墓葬木材确定的砍伐年代

样本号	结束年	部分边材数	边材丢失年轮数的范围	砍伐年
XTT401	785	125	0~58	785~843

和棺板上面可以看到用斧头加工的木材表面有清晰可见的木材结构形成的纹理(图五),说明加工的是湿的、新鲜木头,即木材是现代现用的。由此,可以确定墓葬的年代为公元 790 年。

从表三可以看出 4 个样本有边材,加上丢失的边材数后,1 个样本早于公元 790 年,2 个样本约在公元 790 年,1 个样本为公元 790 年。所以可推测墓葬的建立年代为公元 790 年。

4. 夏塔图 4 号墓葬(XTT4)的年代

从表四可以看出,XTT401 样本有部分边材,但没有树皮。根据现代样本边材数推测的砍伐年代落到公元 785 年和公元 843 年之间(表四),因此,墓葬的年代应为公元 785 年或晚于公元 785 年。

四、讨 论

考古学家根据夏塔图 1 号墓和 2 号墓墓葬的形制、墓葬中出土的器物以及对墓葬棺板画的分析和研究,断定这两座墓属于吐蕃时期墓葬^⑨。从文献记载看,吐谷浑在公元 313 年来到青海,在公元 663 年被吐蕃所灭^⑩。既然考古学家断定夏塔图 1 号墓和 2 号墓属于吐蕃时期墓葬,说明这两座墓葬应晚于公元 663 年。树轮研究结果夏塔图 1 号墓和 2 号墓的年代分别为公元 757 年和公元 756 年,晚于公元 663 年,研究结果与考古和文献记载相符。另外,考古学家还认为,夏塔图 1 号墓为迁葬墓,应该与 2 号墓同时或稍晚,树轮定年也证明了这一点。

结 语

本研究采用大样本量,严格按照交叉定年的工作程序,对青海省德令哈地区夏塔图

墓葬里出土的祁连圆柏木材进行了树轮年代学研究,为今后中国干旱区开展考古木材的树轮分析工作提供了经验。同时,建立了跨度为2332年的考古树轮年表,此年表已经延伸到了夏末商初时期,是目前我国利用考古木材建立的最长的一个年表。这一长年表的建立为青海地区古文化的研究树立了精确的年代标尺,也为今后建立碳十四树轮校正曲线提供了精确定年的树轮样本。此外本研究确定了墓葬群的年代,夏塔图1号墓的年代为公元757年,2号墓年代为公元756年,3号墓的年代为公元790年,4号墓年代为公元785年或晚于公元785年。墓葬年代的确定为研究隋朝和南北朝时期吐谷浑的迁移与文化、吐蕃统治时期吐谷浑文化、吐蕃文明史、中西文化交流等提供了精确的时间依据。长年表的建立还为今后这一地区古气候的重建提供了高精度的树轮代用资料,为我们很好地理解气候在中国古代社会经济形态转化中所起的作用提供了可靠的环境背景。

注 释

- ① a. 卓正大、胡双熙、张先恭:《祁连山地区树木年轮与我国近千年(1059~1975年)的气候变化》,《兰州大学学报》1978年第2期。
- b. 康兴成、Graumlich, L.J., Sheppard P.R.:《青海都兰地区1835 a来的气候变化——来自树轮资料》,《第四纪研究》1997年第17卷。
- c. Shao, X.M., Huang, L., Liu, H.S., Liang, E.Y., Fang, X.Q., Wang, L.L., Reconstruction of precipitation variation from tree-ring in recent 1000 years in Delingha, Qinghai, *Science in China Ser. D Earth Sciences* 2005, 48(7).
- ② Wagner, M., Heussner, K.U., Wang, S.Z., Die neue dendrochronologische Standardkurve für Qinghai, NW China (515 BC bis heute), *Terra Nostra*, 2002.
- ③ a. Tarasov, P., Heussner, K.U., Wagner, M., Österle, H., Wang, S.Z., Precipitation

changes in Dulan 515 BC ~ 800 AD inferred from tree-ring data related to the human occupation of NW China, *Eurasia Antiqua*, 2003, (9).

b. Sheppard, P.R., Tarasov, P.E., Graumlich, L.J., Heussner, K.U., Wagner, M., Österle, H., Thompson, L.G.. Annual precipitation since 515 BC reconstructed from living and fossil juniper growth of Northeastern Qinghai Province, China, *Climate Dynamics*, 2004, 23(7/8).

- ④ 王树芝:《青海都兰地区公元前515年以来的树木树轮年表的建立及应用》,《考古与文物》2004年第6期。
- ⑤ Zhang, Q.B., Cheng, G. D., Yao, T.D., Kang, X.C., Huang, J.G.. A 2326-year tree-ring record of climate variability on the Northeastern Qinghai-Tibetan plateau, *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(14).
- ⑥ 许新国:《郭里木吐蕃墓葬棺板画研究》,《中国藏学》2005年第1期。
- ⑦ 成俊卿、扬家驹、刘鹏:《中国木材志》,中国林业出版社,1992年。
- ⑧ Fritts, H. C., *Tree-ring and climate*, London, Academic Press, 1976.
- ⑨ 邵雪梅、方修琦、刘洪滨、黄磊:《柴达木东缘山地千年祁连圆柏年轮定年分析》,《地理学报》2003年第58卷第1期。
- ⑩ Holmes, R.L., Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement, *Tree-Ring Bulletin*, 1983, 43.
- ⑪ 中国森林编辑委员会:《中国森林》,中国森林出版社,1999年。
- ⑫ 青海森林编辑委员会:《青海森林》,中国森林出版社,1993年。
- ⑬ Shao, X.M., Liang, E.Y., Huang, L., Wang, L.L., A 1437-year precipitation history from Qilian juniper in the Northeastern Qinghai-Tibetan plateau, *Pages News*, 2005, 13(2).
- ⑭ 同⑥。
- ⑮ 许新国:《寻找遗失的“王国”》,《柴达木开发研究》2001年第6期。

(责任编辑 新华)