

新疆地区的“中世纪温暖期”^{*}

——古尔班通古特沙漠四厂湖古环境的再研究

张 芸^① 孔昭宸^① 阎 顺^② 杨振京^{①③} 倪 健^①

(①中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室,北京 100093; ②中国科学院新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐 830011; ③中国地质科学院水文地质环境地质研究所,正定 050803)

摘要 文章依据新疆天山北麓古尔班通古特沙漠东南缘的四厂湖人工剖面进行的孢粉分析、平均粒径、磁化率以及烧失量测定结果,揭示了四厂湖地区最近 1 000 年以来的古环境特征。研究表明,在与被称之为“中世纪温暖期(900~1300 A.D.)”相当的时段内,淡水的四厂湖湖体周边地区曾经生长着由中旱生的灌木及草本组成的荒漠草原植被,并分布有淡水沼泽隐域植被。当时气候湿润,湖区生物物种多样性增加。结合新疆其他地区的第四纪研究成果,反映出该时期新疆地区气候湿润、湖沼发育、植被生长旺盛,因此本区在中世纪时气候应称之为湿润期或适宜期。而中世纪前后,该区以旱生、超旱生植物花粉占绝对优势,湖区植物种类减少,风沙作用较强,荒漠化景观显著。

主题词 中世纪 四厂湖剖面 古尔班通古特沙漠 古环境

中图分类号 Q948.2 **文献标识码** A

1 前言

近 2 000 年气候与环境变化研究在古全球变化计划(PAGES)和全球气候研究计划(WCRP)的气候变率和可预报性研究(CLIVAR)中均具有特殊重要性^[1]。“中世纪暖期(Medieval Warm Period)(900~1300 A.D.)”则是近 2 000 年来气候研究的一个关键时期,也称之为特征时期。深入研究该时段的气候和环境特征,将是目前研究气候变暖这一全球性环境问题的重要基础。中世纪暖期这一现象最早是根据西欧的历史记载而提出的,欧洲的历史记录表明,中世纪暖期的平均温度比公元 1900 年前后高 0.5~1.6℃^[2]。国外冰芯^[3]、树木年轮^[4]、湖泊沉积^[5]、考古资料^[6]、洞穴石笋的氧碳同位素^[7]等研究结果亦认为这个温暖期很可能是一次全球性事件。近年来,我国众多学者依据历史文献^[8,9]、泥炭纤维素 $\delta^{18}\text{O}$ ^[10]、湖泊沉积^[11,12]、树木年轮^[13]、冰芯^[14]、孢粉^[15]等多方面证据,初步证实了中国东部和西部地

区在中世纪时期也存在较温暖湿润的气候,而且研究结果还表明,中国的相应温暖时段可能出现在公元 600~1100 年,历时隋、唐经五代至北宋,当时长江及其以南多雨^[16]。许多学者根据各种史料研究结果认为中国东部地区的中世纪暖期温暖程度与 20 世纪相差不多,但东部与西部存在很大差异^[13,17~19];西部地区关于该暖期的证据尚不充分,如在都兰树轮记录的很强但在古里雅冰芯记录的却很弱^[20]。

施雅风等根据近 40 年我国西北地区气温、降水、冰川融水、河流径流、湖泊水位、植被覆盖和洪涝、沙暴灾害的变化资料以及约 20 年的比较分析等大量的研究成果,认为从 1987 年以来我国西部气候出现了由暖干向暖湿转型的变化过程,因此,加强对气候、水文、冰川、湖泊、生态和古气候等方面的监测和集成研究,无疑在深入探讨西部地区温度和湿度间的匹配关系上具有重要的学术意义和现实意义^[21]。

第一作者简介:张 芸 女 30 岁 博士 第四纪地质学专业 E-mail:zhangygl@ibcas.ac.cn

^{*} 国家自然科学基金重点项目(批准号:90102009)、中国科学院知识创新重大项目(批准号:KZCX1-10-05)和国家重点基础研究发展规划项目(批准号:G1999043502)资助

2004-07-27 收稿,2004-08-25 收修改稿

本文以古尔班通古特沙漠东南缘的四厂湖为例,试图运用多种代用环境指标来研究中国西部地区相当于中世纪温暖期的时段内的古环境状况,既为西部干旱区未来生态环境的演变趋势预测提供资料,亦为当地的生态环境建设、治理和植物保护提供参考。虽然阎顺等已从孢粉分析的角度探讨了四厂湖近 1 000 年以来的环境特征^[22],但本文是根据多种代用指标的互相整合结果对该区古环境变化进行的再分析,多种代用指标的运用在很大程度上增加了研究的科学性和准确性。

2 材料与方法

四厂湖剖面(44°18'36"N, 89°8'36"E; 海拔 589m)位于古尔班通古特沙漠东南缘新疆吉木萨尔县城北 30 多公里,是源于奇台县的柳树河和吉木萨尔县的户堡子河汇合而成的古尾间湖,湖面现已完全干涸,但在最大时,面积超过 20km²。本区属大陆性荒漠气候,年均温 6~10℃,最热月均温为 24~27℃,年均降水量不超过 150mm,为典型的干旱荒漠景观。半固定、固定沙漠内分布着以梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、蒿属(*Artemisia*)、麻黄(*Ephedra*)为主的沙质荒漠植被^[23]。

人工挖取的四厂湖剖面深 100cm,自上而下共 6 层:

第 1 层:深 0~30cm,为风成砂层,以细砂为主,含少量中砂

第 2 层:深 30~56cm,为灰色细砂、粘土层

第 3 层:深 56~64cm,为深灰色泥质粉、细砂层,含腹足类化石

第 4 层:深 64~72cm,为灰白色粉砂、粘土层

第 5 层:深 72~82cm,为深灰色泥质粉、细砂层,含大量淡水生腹足类化石

第 6 层:深 82~100cm,为锈黄色风成砂层,以细砂为主,未见底

在顶部风成砂层中深 18cm 处采集 1 块样品,其他层次样品的采样间距为 3~5cm,共 19 块样品。与孢粉处理和鉴定同步,对所采 19 块样品进行粒度(采用 Mastersizer 2000 型激光粒度仪)、磁化率(采用 MS2 型磁化率仪)及烧失量(LOI)等测定,粒度、磁化率和烧失量测定由兰州大学教育部重点实验室完成。运用 Tilia 软件对孢粉原始统计数据占孢粉总数的百分比含量和重量浓度计算,进而绘制孢粉图式。

3 结果和分析

3.1 地层年代的确定

在剖面深 78~82cm 和 62~64cm 深处采集两个样品进行常规¹⁴C 年龄测定,由中国地震局地质研究所¹⁴C 实验室分析。深 78~82cm 的测年为 1 000 ± 50aB.P.,树轮校正年代为 930 ± 85aB.P.,相当于 950A.D.;深 62~64cm 的测年为 665 ± 65aB.P.,树轮校正年代为 650 ± 55aB.P.,相当于 1285A.D.。这一时期正好处于欧洲中世纪温暖期的时段。各沉积层年代按这以上 2 个年龄进行内插外推。根据内插外推,得出深 84cm 处地层年代为 1 076 ± 50aB.P.,相当于 874A.D.;深 18cm 处地层年代为 191 ± 34aB.P.,相当于 1759A.D.。

3.2 孢粉组合特征

根据前人在四厂湖剖面研究所获得的云杉属(*Picea*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、麻黄属、蒿属、菊科(*Compositae*)等主要孢粉百分比含量^[22],以及结合本文研究的沉积物中孢粉总浓度和在干旱地区常用于指示气候干湿程度的 A/C(*Artemisia*/*Chenopodiaceae*)比值^[24]等沿剖面的变化,可将本剖面自下而上划分出 3 个孢粉组合带(图 1):

孢粉带 I (84~82cm; 约 1 076~1 000aB.P., 即 874~950A.D.) 中以藜科花粉含量最高,达 55% 以上,其次为柽柳属(*Tamarix*) (平均含量达 19.6% 以上)和蒿属(平均含量达 11.1% 以上),云杉属花粉含量低于 4%,花粉总浓度处于整个剖面最低值,仅为 8~18 粒/g 左右, A/C 比值不超过 0.2。

孢粉带 II (82~56cm; 约 1 000~582aB.P., 即 950~1 368A.D.) 又分成 3 个孢粉亚带: 1) II-1 亚带 (82~68cm; 约 1 000~800aB.P.) 孢粉组合中以香蒲属(*Typha*)、莎草科(*Cyperaceae*)、禾本科(*Gramineae*)等含量较高,其中沼生水生维管束植物香蒲属高达 12.3%~15.4%,花粉浓度处于整个剖面最高值,平均为 1 502 粒/g,云杉属花粉含量为 4.1%~1.9%, A/C 比值略有增高,达 0.22~0.24; 2) II-2 亚带 (68~64cm; 约 800~665aB.P.) 孢粉组合中香蒲属、莎草科和禾本科花粉含量降为孢粉带 II 中最低值,香蒲属含量降至 6.1%,藜科花粉开始增高,云杉属含量比下层稍有增高; 3) II-3 亚带 (64~56cm; 约

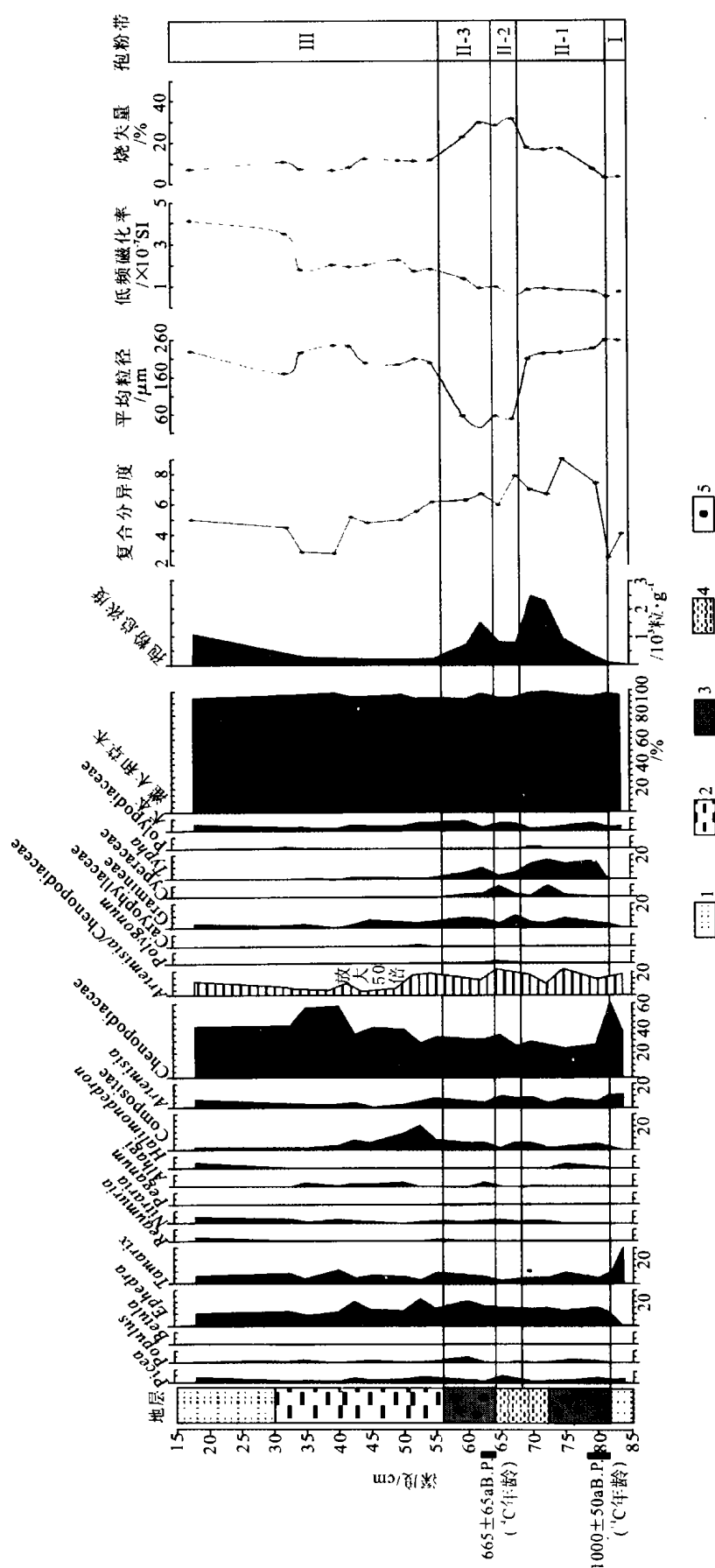


图 1 四厂湖剖面孢粉、粒度、磁化率和烧失量特征
1. 风成砂层 2. 泥质粉、细砂层 3. 粉砂、粘土层 4. 细砂、粘土层 5. 腹足类化石
Fig. 1 Pollen, grain size, susceptibility and loss of ignition (LOI) of the Sichanghu profile

665 ~ 582aB.P.) 中香蒲属、莎草科、禾本科花粉含量再次增高, 香蒲属含量升至 8.7%, 花粉浓度略有回升, 平均达 1 100 粒/g。

孢粉带Ⅲ(56 ~ 18cm; 约 582 ~ 191aB.P.) 中再次以旱生、超旱生植物花粉占优势, 藜科植物花粉含量显著增高, 占孢粉总数达 70%, 其次为麻黄属(10% 左右), 而香蒲属、莎草科、禾本科、百合科(Liliaceae) 花粉含量较低, 香蒲属含量降至 1% ~ 2%, 云杉属花粉含量在 1.5% ~ 5.0% 之间波动, 花粉浓度较低, 平均为 396 粒/g, A/C 比值相对于孢粉带Ⅱ显著降低, 最低值达 0.02。

通常孢粉组合分异度指组合中分类单位(如属、种等)多样性程度^[25], 根据孢粉复合分异度(Simpson)指数在剖面上的变化亦将整个剖面划分为 3 个孢粉组合带, 与孢粉划分一致。其中, 孢粉带Ⅱ的孢粉复合分异度明显高于孢粉带Ⅰ和孢粉带Ⅲ, 达 6 ~ 9, 可见孢粉带Ⅱ的物种多样性较高, 而孢粉带Ⅰ和孢粉带Ⅲ的物种多样性均较低。另外, 孢粉带Ⅱ共鉴定出 19 个孢粉科属, 主要的科属有藜科、麻黄属、香蒲属、蒿属、禾本科、莎草科、云杉属和菊科等, 远高于孢粉带Ⅰ和孢粉带Ⅲ的鉴定数目, 孢粉带Ⅰ仅有 5 个孢粉科属, 这些都同样反映气候和环境发生较大变化。

整个剖面的云杉属百分含量虽有波动, 但都处于 1.5% ~ 5.0%, 平均含量为 3.2%, 这与荒漠植被表土云杉林花粉的含量特征一致¹⁾。

3.3 粒度、磁化率和烧失量变化特征

根据平均粒径沿剖面的变化也可划分为 3 个带(见图 1), 与孢粉组合带一致。带Ⅰ为锈黄色风成砂层, 以细砂为主, 平均粒径较粗, 高达 260 μ m, 反映较强的沉积动力环境; 带Ⅱ为深灰色泥质粉、细砂层、灰白色粉砂、粘土层和深灰色泥质粉、细砂层; 沉积物颗粒较上下层细, 平均粒径最低值达 24 μ m, 反映低能的沉积环境, 岩性以泥质为主, 反映湖沼发育; 带Ⅲ为灰色细砂、粘土层和细砂为主的风砂层, 平均粒径较粗, 为 169 ~ 246 μ m, 反映较强的沉积动力环境。

根据烧失量值(LOI)的变化, 自下而上也可划分为 3 个带(见图 1)。从剖面上看, 深度 82 ~ 56cm(即带Ⅱ)的烧失量比带Ⅰ和带Ⅲ含量高, 尤其是带Ⅱ-2 的烧失量最高值达到 31% 左右, 反映当时气候湿

润, 植被覆被率较高, 湿润的环境成为有机质富积的重要条件^[26], 因而有机质积累增多。而底部和顶部的 LOI 值明显降低, 低至 3.13%, 反映由于水分条件的变化, 干冷的气候不利于有机质的积累。

环境磁学物质通常可作为环境变化和气候过程的替代性指标, 尤其在陆相地层中研究沉积环境中磁性矿物的含量, 有助于重建古环境、恢复古气候。在一般情况下, 磁化率值可反映降水量的大小。因为降水量越大, 土壤中生物量也越大, 生化反映越活跃, 越有利于磁性矿物的产生, 因此, 磁化率的高低可以反映出当时的古气候条件^[27]。带Ⅰ的磁化率值较低(低频磁化率和高频磁化率值剖面波动一致), 低频磁化率值低至 0.5×10^{-7} SI, 可能反映中世纪之前气候比较干燥, 降水量较少, 而带Ⅱ的低频磁化率也处于低值, 最低达 0.52×10^{-7} SI, 这可能是因为湖相沉积地层中, 地下水作用对磁化率背景值有明显的影 响, 在地下水的长期浸泡下, 较强的土壤潜育化作用易将氧化铁磁性颗粒转变为氢氧化物^[28], 因此磁化率偏小。带Ⅲ的磁化率值反而很高, 这也可能与湖相沉积地层有关。中世纪时期, 本区湖体范围较大, 后逐渐干涸。在湖相沉积地层中, 影响磁化率值的因素复杂多样, 但磁化率值和粒度在一定程度上可以反映沉积环境和古气候的变化。磁化率高值和细粒物质含量的低值常代表较为寒冷干燥的气候, 而磁化率低值和细粒物质含量的高值代表较为温湿的气候^[29]。从图 1 可以看出, 带Ⅱ的磁化率值低, 但平均粒径也很细, 反映中世纪气候比较温湿, 但带Ⅲ具有较高的磁化率和较粗的平均粒径, 低频磁化率值高达 4.1×10^{-7} SI, 可能反映中世纪之后气候比较寒冷干燥。气候进一步变干, 砂粒被风大量带入湖内, 使湖泊水位变浅, 甚至消失。

4 古气候和环境演变特征

根据上述花粉记录和组合特征, 并结合平均粒径、磁化率以及烧失量测定结果, 对本区 1 000 年以来的古气候和环境演变分析如下:

孢粉组合表明在最近 1 000 多年以来四厂湖区的区域性植被, 应是以藜科、麻黄、白刺(*Nitraria*)、蒿、禾本科和菊科等为主的荒漠植被类型。剖面底部(孢粉带Ⅰ)和顶部(孢粉带Ⅲ)砂层中的孢粉组合是以旱生、超旱生植物花粉占绝对优势, 主要植物类型有藜科、麻黄属、蒿属等, 缺少水生植物花粉, 亦未

1) 阎 顺, 孔昭宸, 杨振京等. 新疆表土中云杉花粉与植被关系的探讨. 生态学报, 2004

见淡水性软体动物遗骸;烧失量低(3%~10%),反映生物量较小,植被覆被率低;孢粉复合分异度较低(2.6~5.2),说明当时湖区植物种类较少;岩性平均粒径较粗,反映当时风沙作用较强,荒漠化景观显著。

然而在 $1\ 000 \pm 50 \sim 665 \pm 65$ a.B.P. 期间(相当于 950~1300 A.D., 即孢粉带 II), 植物多样性显著增加, 由孢粉带 I 的 5 个科属增加到孢粉带 II 的 19 个科属, 其中有生长在淡水或微咸水的沼生植物香蒲, 也有湿生和中生的莎草科、禾本科、百合科的花粉, 平均占孢粉总数的 20%。指示气候干湿程度的 A/C (蒿/藜) 比值由孢粉带 III 的 0.02 增高到孢粉带 II 的 0.24; 岩性中细粒成分增加, 表明当时冬季风减弱, 植被覆盖率提高, 生物量增大, 烧失量增加; 孢粉复合分异度明显高于孢粉带 III 和孢粉带 I, 反映物种多样性显著增加; 在剖面中出现了不同发育阶段的尖萝卜螺 (*Radix acuminata*) 和白旋螺 (*Gyraulus*) 的厚层沉积, 而这些腹足类是长期生长在淡水湖体沿岸浅水草丛中的^[30]。软体动物腹足类大量增加, 表明溶入湖体碳酸钙含量的提高。以上所有这些都说明在被称之为“中世纪温暖期(900~1300 A.D.)”时段内, 现地处古尔班通古特沙漠的四厂湖区, 曾生长着中旱生的灌木及草本, 湖体中生长丰富的水生、沼生植物。

最近 600 年以来, 在孢粉组合中出现的是由藜科植物为主要组成的旱生、超旱生植物花粉占优势, 由于 A/C 比值降低, 表明这一时期的气候进一步向干燥盐生的方向发展; 孢粉复合分异度显著降低, 物种种类较为单调; 烧失量减少, 生物量降低, 植被覆盖率显著降低; 平均粒径增高, 颗粒变粗, 反映风沙作用增强, 形成了与现今相似的荒漠植被。表明生态环境逐渐恶化, 四厂湖逐渐消失。

5 讨论和结论

从四厂湖剖面的孢粉、粒度、磁化率、烧失量等资料的 analysis 可以看出相当于中世纪温暖期期间四厂湖区植被覆被率较高, 气候较湿润, 但这一气候适宜期是否覆盖整个新疆地区, 或还只是小的气候波动事件, 可从以下几方面寻找证据:

(1) 天山乌鲁木齐河源剖面在 $1.4 \sim 0.6$ ka.B.P. 期间, 云杉百分含量和花粉浓度较高, 雪岭云杉林线上移, 孢粉总浓度、木本植物、灌木和草本以及水生植物花粉浓度均处于峰值, 表明该时段是天山乌鲁木齐河源区 3.6 ka.B.P. 以来气候最适宜的阶段^[31]。

(2) 阎顺等^[15]对艾比湖的沉积相和孢粉分析表明, 气候波动曾引起艾比湖水位变化明显。约在公元前 300~400 年, 是艾比湖面积缩小时期; 约公元前 300~公元 300 年, 即东周末至西晋, 艾比湖水位较高; 约公元 300~1400 年, 即东晋至 15 世纪初, 是艾比湖的高水位时期^[15], 这一时段与中世纪温暖期吻合。

另外 $1\ 500 \sim 500$ a.B.P. 期间中国西部地区的一些湖泊大多处于水位上升时期^[32~35], 表明当时气候比较湿润。

(3) 乌鲁木齐河尾间湖泊东道海子剖面的最新研究成果表明, 剖面深 5~30 cm 处, ^{14}C 测定的年代为 1 645~680 A.D., 地层中出现大量硅藻, A/C 比值较高, 达 0.7~0.8, 表明当时气候比较湿润^[36]。

(4) 新疆吉木萨尔地区北庭古城东河坝剖面深 0.15~0.6 m, ^{14}C 测年为 590 ± 80 a.B.P., 属元末明初时期, 孢粉和沉积相研究表明, 该层水生植物含量较高, 以香蒲和芦苇为主, 沼生莎草科植物也很多, 也反映该时段气候比较湿润^[37]。

根据以上证据, 我们可以得出以下结论: 在与中世纪温暖期相当的时段内, 在大致相当于历史上唐朝中期至元朝中期的 400 年期间, 天山北麓的气候应处于相对湿润期, 天山的雪岭云杉林线上升, 地处古尔班通古特沙漠的尾间湖(即四厂湖地区)发育水生沼生植物, 湖泊水位处于上升期, 湿度较高, 草原荒漠植被生长旺盛, 湖边缘处于潜育沼泽环境, 物种多样性增加。钟巍和孔昭宸等都认为新疆地区气候适宜期最重要的判定指标应是湿度状况, 这点是有别于我国东部季风区及西部受季风影响的部分地区的^[35,38]。因此, 新疆地区如其称之中世纪温暖期存在, 倒不如称之中世纪适宜期或中世纪湿润期更为合适^[38]。另外, 根据古里雅和敦德冰芯研究, 百年际气候变化多数是暖湿与冷干组合, 少数是冷湿与暖干搭配^[39], 但该时段本区的气候暖湿还是冷湿尚需更多的证据。

四厂湖剖面各数据分析结果相互验证所反映出中世纪适宜期前后本区的荒漠化程度均较重, 因此从这一角度可以看出, 新疆干旱地区古环境的变迁虽与北疆在唐至元朝历史时期人类大量垦殖^[22]有关, 但就大的区域范围看, 可能是一种自然过程, 人类活动叠加其上。施雅风等关于 1987 年以来我国西部气候由暖干向暖湿转型问题的研究也充分证明了这一观点^[39]。

致谢 河北师范大学许清海研究员参加野外取样,中国地震局地质研究所尹金辉先生进行样品年代测定,在此一并致谢!

参考文献 (References)

- 1 杨保,施雅风. 近 2 000 年古里雅冰芯积累量与中国其他地区降水代用资料的比较. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(3): 61 ~ 66
Yang Bao, Shi Yafeng. Comparison of Guliya ice core accumulation with other proxy precipitation data of China during the last two millennia. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2001, 21(3): 61 ~ 66
- 2 Lamb H H. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1965, (1): 13 ~ 37
- 3 Dahl-Jensen D, Mosegaard K, Gundestrup N *et al.* Past temperatures directly from the Greenland Ice Sheet. *Science*, 1998, 282(9): 268 ~ 271
- 4 Briffa K R, Bartholin T S, Eckstein D *et al.* A 1 400 year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia. *Nature*, 1990, 346: 434 ~ 439
- 5 Campbell C. Late Holocene lake sedimentology and climate change in southern Alberta, Canada. *Quaternary Research*, 1998, 49(1): 96 ~ 101
- 6 Huffman T N. Archaeological evidence for climatic change during the last 2 000 years in southern Africa. *Quaternary International*, 1996, 33: 55 ~ 60
- 7 Paulsen D E, Li H C, Ku T L. Climate variability in central China over the last 1 270 years revealed by high-resolution stalagmite records. *Quaternary Science Reviews*, 2003, 22(5 ~ 7): 691 ~ 701
- 8 张德二. 我国“中世纪温暖期”气候的初步推断. 第四纪研究, 1993, (1): 7 ~ 15
Zhang De'er. A study on the medieval warm period in China. *Quaternary Sciences*, 1993, (1): 7 ~ 15
- 9 满志敏, 张修桂. 中国东部中世纪温暖期(MWP)的历史证据和基本特征的初步研究. 见: 张兰生主编. 中国生存环境历史演变规律研究(一). 北京: 海洋出版社, 1993. 95 ~ 103
Man Zhimin, Zhang Xiugui. Research on the documental evidence and the characteristics of MWP in the east part of China. In: Zhang Lansheng ed. *Research on the Past Life-supporting Environmental Change of China* (1). Beijing: China Ocean Press, 1993. 95 ~ 103
- 10 洪业汤, 姜洪波, 洪冰等. 近 5 000a 的气候波动与太阳变化. 中国科学(D 辑), 1998, 28(6): 491 ~ 497
Hong Yetang, Jiang Hongbo, Hong Bing *et al.* Climate fluctuation in recent 5 000 years and the variation of the sun. *Science in China* (Series D), 1998, 28(6): 491 ~ 497
- 11 沈吉, 张恩楼, 夏威夷. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录. 第四纪研究, 2001, 21(6): 508 ~ 513
Shen Ji, Zhang Enlou, Xia Weilan. Records from lake sediments of the Qinghai Lake to mirror climatic and environmental changes of the past about 1 000 years. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(6): 508 ~ 513
- 12 金章东, 沈吉, 王苏民等. 岱海的“中世纪暖期”. 湖泊科学, 2002, 14(3): 209 ~ 216
- Jin Zhangdong, Shen Ji, Wang Sumin *et al.* The Medieval Warm Period in the Daihai area. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14(3): 209 ~ 216
- 13 康兴成, Graumlich L, Sheppard P. 青海都兰地区 1 835 年来的气候变化——来自树轮资料. 第四纪研究, 1997, (1): 70 ~ 75
Kang Xingcheng, Graumlich L, Sheppard P. The last 1 835 years climate changes inferred from tree ring records in Dulan region, Qinghai, China. *Quaternary Sciences*, 1997, (1): 70 ~ 75
- 14 姚檀栋, 秦大河, 田立德等. 青藏高原 2ka 来温度与降水变化——古里雅冰芯记录. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 348 ~ 353
Yao Tandong, Thompson L G, Qin Dahe *et al.* Variations in Temperature and precipitation in the past 2 000a on the Xizang (Tibet) Plateau——Guliya ice core record. *Science in China* (Series D), 1996, 39(4): 425 ~ 433
- 15 阎顺, 穆桂金, 远藤邦彦等. 2 500 年来艾比湖的环境演变信息. 干旱区地理, 2003, 26(3): 227 ~ 232
Yan Shun, Mu Guijin, Endo K *et al.* Environmental evolution information from Aibi lake since the last 2 500a. *Arid Land Geography*, 2003, 26(3): 227 ~ 232
- 16 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红等. 中国气候变化的研究. 气候与环境研究, 2002, 7(2): 137 ~ 145
Wang Shaowu, Cai Jingning, Zhu Jinhong *et al.* Studies on climate change in China. *Climatic and Environmental Research*, 2002, 7(2): 137 ~ 145
- 17 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢. 中国小冰期的气候. 第四纪研究, 1998, (1): 54 ~ 64
Wang Shaowu, Ye Jinlin, Gong Daoyi. Climate in China during the Little Ice Age. *Quaternary Sciences*, 1998, (1): 54 ~ 64
- 18 姚檀栋, 谢自楚, 武筱龄等. 敦德冰帽中的小冰期气候记录. 中国科学(B 辑), 1990, 20(11): 1 196 ~ 1 201
Yao Tandong, Xie Zichu, Wu Xiaoling *et al.* Climatic record in the Dunde ice core during the Little Ice Age. *Science in China* (Series B), 1990, 20(11): 1 196 ~ 1 201
- 19 姚檀栋, 杨志红, 皇翠兰等. 近 2ka 来高分辨率的连续气候环境变化记录——古里雅冰芯近 2ka 记录初步研究. 科学通报, 1996, 41(12): 1 103 ~ 1 106
Yao Tandong, Yang Zhihong, Huang Cuilan *et al.* Successive high-resolution climate and environment changes of the past about 2 000 years recorded in Guliya ice core. *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(12): 1 103 ~ 1 106
- 20 姚檀栋, 杨梅学, 康兴成. 从古里雅冰芯与祁连山树轮记录看过去 2 000 年气候变化. 第四纪研究, 2001, 21(6): 514 ~ 519
Yao Tandong, Yang Meixue, Kang Xingcheng. Comparative study of the climate changes in the past 2 000 years by using ice core and tree ring records. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(6): 514 ~ 519
- 21 施雅风, 沈永平, 李栋梁等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估. 北京: 气象出版社, 2003. 1 ~ 3
Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang *et al.* A Assessment of the Issues of Climatic Shift from Warm-dry to Warm-wet in Northwest China. Beijing: China Meteorological Press, 2003. 1 ~ 3
- 22 阎顺, 孔昭宸, 杨振京. 新疆吉木萨尔县四厂湖剖面孢粉分析及其意义. 西北植物学报, 2003, 23(4): 531 ~ 536

- Yan Shun, Kong Zhaochen, Yang Zhenjing. Pollen analysis and its significance of the Sichanghu section in Jimusaer county, Xinjiang. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(4): 531 ~ 536
- 23 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点. 生态学报, 2002, 22(11): 1 923 ~ 1 932
- Zhang Liyun, Chen Changdu. On the general characteristics of plant diversity of Gurbantunggut sandy desert. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1 923 ~ 1 932
- 24 El-Moslimany A P. Ecological significance of common nonarboreal pollen: Examples from drylands of the Middle East. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1990, 64(1 ~ 4): 343 ~ 350
- 25 徐 馨, 曹琼英, 王雪瑜等. 第四纪环境研究方法. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992. 204
- Xu Xin, Cao Qiongying, Wang Xueyu *et al.* Research Methods of the Quaternary Environment. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1992. 204
- 26 张佳华, 孔昭宸, 杜乃秋. 烧失量数值波动对北京地区过去气候和环境的特征响应. 生态学报, 1998, 18(4): 343 ~ 347
- Zhang Jiahua, Kong Zhaochen, Du Naiqiu. The response of loss-on-ignition range to past climate and environment in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(4): 343 ~ 347
- 27 孙东怀, 周 杰, 吴锡浩等. 全新世气候适宜期黄土高原及黄土/沙漠过渡区年降水量的初步恢复. 中国沙漠, 1995, 15(4): 339 ~ 344
- Sun Donghuai, Zhou Jie, Wu Xihao *et al.* Preliminary reconstruction of annual rainfall in Loess Plateau and loess-desert transitional regions in suitable climatic period of Holocene. *Journal of Desert Research*, 1995, 15(4): 339 ~ 344
- 28 孙继敏, 丁仲礼, 刘东生等. 末次间冰期以来沙漠-黄土边界带的环境演变. 第四纪研究, 1995, (2): 117 ~ 122
- Sun Jimin, Ding Zhongli, Liu Tungsheng *et al.* Environment changes in the desert-loess transitional zone of North China since beginning of the Last Interglacial. *Quaternary Sciences*, 1995, (2): 117 ~ 122
- 29 杨晓强, 李华梅. 泥河湾盆地沉积物磁化率及粒度参数对沉积环境的响应. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 763 ~ 768
- Yang Xiaoqiang, Li Huamei. The sediment susceptibility and grain-size profile respond to change of depositional environment in Nihewan Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(Suppl.): 763 ~ 768
- 30 黄成彦, 孔昭宸, 浦庆余. 颐和园昆明湖 3 500 余年沉积物研究. 北京: 海洋出版社, 1996. 69 ~ 76
- Huang Chengyan, Kong Zhaochen, Pu Qingyu. Research on Sediment of Kunming Lake Since 3 500aB. P. Beijing: China Ocean Press, 1996. 69 ~ 76
- 31 Zhang Yun, Kong Zhaochen, Yang Zhenjing *et al.* Vegetation changes and environmental evolution in the Ürümqi River Head, central Tianshan Mountains since 3. 6kaBP: A case study of Daxigou profile. *Acta Botanica Sinica*, 2004, 46(6): 668 ~ 674
- 32 李栓科. 中昆仑山区封闭湖泊湖面波动及其气候意义. 湖泊科学, 1992, 4(1): 19 ~ 30
- Li Shuanke. Fluctuation of closed lake-level and its climatic significance on the Middle Kunlun Mountains. *Journal of Lake Sciences*, 1992, 4(1): 19 ~ 30
- 33 王苏民, 王富葆. 全新世气候变化的湖泊记录. 见: 施雅风, 孔昭宸主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992. 146 ~ 152
- Wang Sumin, Wang Fubao. The liminogic record of Holocene climatic fluctuation. In: Shi Yafeng, Kong Zhaochen eds. The Climates and Environments of Holocene Megathermal in China. Beijing: China Ocean Press, 1992. 146 ~ 152
- 34 钟 巍, 韩淑妮. 我国西部内陆型晚冰期环境特征的湖相沉积记录. 湖泊科学, 1998, 10(3): 1 ~ 7
- Zhong Wei, Han Shutu. Inland lacustrine record of environmental change during late glaciation in West China. *Journal of Lake Sciences*, 1998, 10(3): 1 ~ 7
- 35 钟 巍. 新疆第四纪环境演变若干问题的探讨. 干旱区研究, 1997, 14(2): 6 ~ 13
- Zhong Wei. Discuss on some problems of Quaternary environmental changes in Xinjiang. *Arid Zone Research*, 1997, 14(2): 6 ~ 13
- 36 阎 顺, 李树峰, 孔昭宸等. 乌鲁木齐东道海子剖面的孢粉分析及其反映的环境变化. 第四纪研究, 2004, 24(4): 463 ~ 468
- Yan Shun, Li Shufeng, Kong Zhaochen *et al.* The pollen analyses and environment changes of the Dongdaohaizi area in Ürümqi. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(4): 463 ~ 468
- 37 阎 顺, 阚耀平. 吉木萨尔地区历史时期环境演变与人类活动. 干旱区地理学集刊, 1993, 3: 162 ~ 175
- Yan Shun, Kan Yaoping. Human activities and environmental changes during the history periods in Jimsar region. *Geographical Symposium of Arid Zone*, 1993, 3: 162 ~ 175
- 38 孔昭宸, 刘长江, 杨振京. 中国西部全新世植物遗存及对历史植被和环境变化的初步探讨. 见: 刘东生主编. 西北地区自然环境演变及其发展趋势. 北京: 科学出版社, 2004. 191 ~ 224
- Kong Zhaochen, Liu Changjiang, Yang Zhenjing. Primary study on Holocene vegetation remains, historical vegetation and environment change in West China. In: Liu Tungsheng ed. The Evolution and Developing Trend of Natural Environment in Northwestern Region. Beijing: Science Press, 2004. 191 ~ 224
- 39 施雅风, 沈永平. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初探. 科学导报, 2003, (2): 54 ~ 57
- Shi Yafeng, Shen Yongping. Signal, impact and outlook of climatic shift from warm-dry to warm-humid in Northwest China. *Science and Technology review*, 2003, (2): 54 ~ 57

**“MEDIEVAL WARM PERIOD” IN XINJIANG:
REDISCUSSION ON PALEOENVIRONMENT OF THE SICHANGHU PROFILE IN
GURBANTUNGGUT DESERT**

Zhang Yun^① Kong Zhaochen^① Yan Shun^② Yang Zhenjing^{①③} Ni Jian^①

(① Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093; ② Xinjiang
Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Ürümqi 830011; ③ Institute of Hydrogeology and Environmental
Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengding 050803)

Abstract

The so-called ‘Medieval Warm Period’ (900 ~ 1300 A.D.) was one of the special climatic phases during the last 2 000 years. Enough evidences have shown that the climate of eastern China was warm during that period, but simultaneous climate of western China was not yet quite clear.

Based on a relatively high-resolution pollen record, along with data of grain size, susceptibility, and loss of ignition (LOI) of sediments from the Sichanghu profile, which is located in the southeastern margin of the Gurbantunggut Desert, the northern piedmonts of Tianshan Mountains in Xinjiang, paleoenvironment of the last 1 000 years has been analyzed. Results show that during the last 1 000 years the regional vegetation was desert vegetation, dominated by species of Chenopodiaceae, *Ephedra*, *Artemisia*, Gramineae, and Compositae etc. But during the period corresponding to the Medieval Warm Period (900 ~ 1300 A.D.), desert-steppe vegetation, which was composed of meso-xerophytic shrubs and grasses with some aquatic intrazonal helophyte, grew around the fresh water Sichanghu Lake which was indicated by gastropods such as *Radix acuminata* and *Gyraulus* found at the second and fourth strata. The LOI value, A/C (*Artemisia*/Chenopodiaceae) ratio, total concentration, Simpson Index, and pollen percentage of aquatic plants were very high, whereas the average granularity and susceptibility were low, indicating a humid climate, increased plant diversity and a high biomass during that period. Combined with the results from other areas in Xinjiang, it reveals that during that period the climate was humid, and helophytes grew well. The period in this area, therefore, is named the Humid or Optimum Climatic Period.

However, before and after the Humid or Optimum Climatic Period (Medieval Period) the number of plant species decreased, and gastropods were not found at any stratum. The LOI value, A/C ratio, total concentration, Simpson Index, and pollen percentage of aquatic plants were very low, indicating that before and after the Medieval Period the climates were dry, and desertification phenomena existed.

Key words Medieval Period, Sichanghu profile, Gurbantunggut Desert, paleoenvironment