



论文

2.7~1.6 ka BP 塔克拉玛干沙漠腹地克里雅河尾间绿洲的变迁

张峰^{①②*}, 王涛^{②†}, 海米提·依米提^③, 师庆东^①, 阮秋荣^④, 孙志群^①, 李芳^②

① 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046;

② 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000;

③ 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054;

④ 新疆维吾尔自治区文物考古研究所, 乌鲁木齐 830000

* 联系人, E-mail: zhang-f-eng@hotmail.com

† 同等贡献, E-mail: wangtao@lzb.ac.cn

收稿日期: 2010-04-06; 接受日期: 2010-12-14

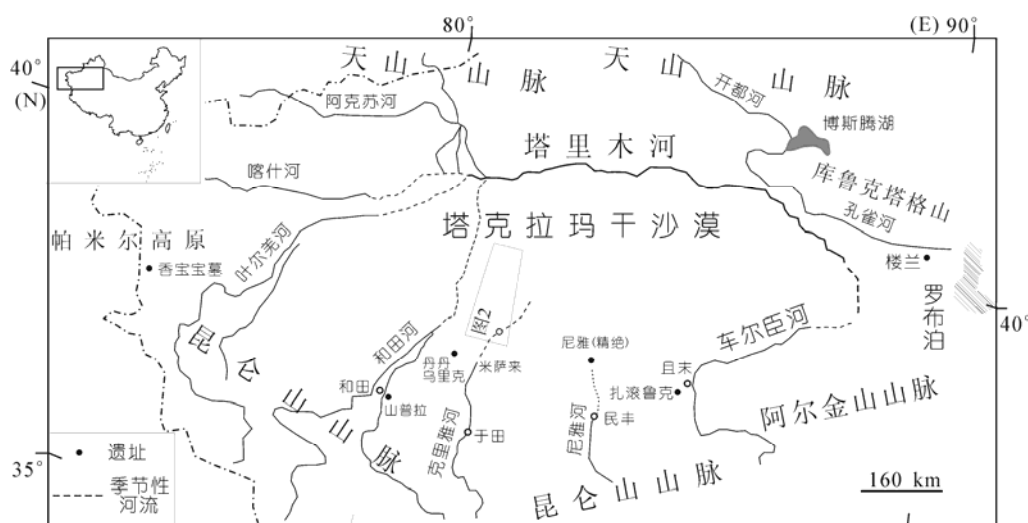
国家重点基础研究发展计划(编号: 2009CB421308)、国家自然科学基金(批准号: 40701188, 40971020)、新疆维吾尔自治区自然科学基金(编号: 2010211A12)、新疆大学自然科学基金项目(批准号: BS060112)和新疆大学绿洲生态教育部重点实验室开放课题(批准号: XJDX0206-2007-08)资助

摘要 沿塔克拉玛干沙漠腹地克里雅河现代绿洲尾间达理雅博依以西的古河道, 对圆沙古城遗址(38°52'N, 81°35'E)所在的干三角洲进行了实地考察, 发现陶石器残片、砍剥木及铜器小件等古人类活动遗迹点百余处, 采集到能够反映古人类活动及自然环境变迁的 ^{14}C 年龄样品 14 个及沉积物光释光(OSL)年龄样品 5 个并进行了测定, 结果表明: 圆沙古城及其周围的绿洲至少约 2.6 ka BP 于春秋时代(公元前 716~475 年)就已存在; 约 2.2 ka BP, 流经古城遗址的古河道曾发生断流, 绿洲主体随克里雅河东迁至喀拉墩一带, 成为史载西汉时期(公元前 206~公元 25 年)塔里木丝路南道古国扞弥重要领地; 约 1.9 ka BP, 克里雅河曾再次在圆沙古城一带发育绿洲, 该绿洲属东汉(公元 24~220 年)扞弥国, 约至 1.6 ka BP 与精绝和楼兰等塔里木盆地古绿洲同期废弃. 圆沙等古绿洲的发育演变暗示, 塔里木盆地铁器时代文明的开始可能与我国西部的 2.8 ka BP 冰进事件有关, 而其约 1.6 ka BP 的消亡则与塔里木盆地精绝和楼兰等古绿洲的衰退可能有相似的原因. 应用地貌学和考古学对圆沙干三角洲的年代学分析, 为汉代及之前塔里木盆地的绿洲演化与环境变迁研究提供了证据.

关键词塔克拉玛干
克里雅河
尾间
绿洲
圆沙古城
环境变迁
 ^{14}C 测年
光释光测年

学术界对塔里木盆地绿洲的研究多集中于汉代以后^[1,2]. 早在约 2.8 ka BP, 欧罗巴人就曾自帕米尔以西进入塔里木盆地^[3,4]并对铁器时代绿洲文化的形成起到过重要作用^[5,6]. 然而, 之后千余年盆地的绿洲是怎样演化的呢, 这一问题尚有待解答. 近来在塔

里木盆地相继发现了许多汉代之前的遗迹^[7], 所获的新资料为回答以上问题提供了条件. 圆沙古城遗址(38°52'N, 81°35'E)位于克里雅河尾间(图 1, 2), 已有的研究认为其时代在西汉(公元前 206~公元 25 年)或更早^[8]. 古城内家畜和鱼的骨骼及粟等遗迹显示, 约



民具有欧洲人种类型特征^[3,4,9]。在遥感影像中可以清晰观察到古城遗址周围存在一处干三角洲(图 2), 当初其自然环境应该与其东南 60 km 处的现代绿洲达里雅博依^[10,11]一样, 是塔里木盆地早期人类重要居住地^[8]; 圆沙古城东南 40 km, 是另一处克里雅河尾闾干三角洲, 其上存有西汉时期的喀拉墩^[8,12,13]、以及魏晋时期(公元 220~420 年)的佛寺等人类活动遗迹^[8]。可见圆沙古城一带的古绿洲是研究汉代前后及更早绿洲演化的理想场所, 鉴于目前这一地区的地质工作较少^[14,15], 本文作者于 2008 年 3 月及 10~11 月分两次沿古河道对圆沙古城一带的干三角洲做了实地考察, 采集和测定了能够反映自然环境及古聚落变迁的 ^{14}C 年龄样品及古河道剖面沉积物 OSL 年代学样品, 通过对测定结果的地貌学及考古学分析, 形成了对该地区约 2.7~1.6 ka BP 绿洲的形成、演化及变迁的初步认识。本文可望为塔里木盆地的绿洲演化、古文明兴衰与环境变迁等研究提供重要数据。

1 研究区概况

研究区位于圆沙古城遗址一带,其上游的克里雅河发源于青藏高原北缘昆仑山脉平均海拔约 6100 m 的地区^[11,16],向北经山前戈壁、绿洲,进入塔克拉玛干沙漠,并在平均海拔高度约 1200 m 的现代尾间地区形成达理雅博依绿洲^[10,11],克里雅古河道与现代河道在下游分支于米萨来一带(图 1, 2)。研究区呈扇形(图 2),扇区部分地势较平,应该为河流长

期流散冲积而成, 地表河湖相沉积物已被干河谷分割的支离破碎. 流动沙丘遍布, 岛状沙丘^[10](为沙垄被流水分割而成, 在达理雅博依一带分布较广)分布较少, 古河道和干三角洲外围为复合型沙垄. 野外考察可判断古绿洲植被多怪柳、胡杨和芦苇等, 应与现代达理雅博依绿洲相似. 克里雅河尾闾位于塔克拉玛干沙漠腹地, 基本无气象资料, 参考袁玉江等^[17,18]据 1961~1990 年塔里木盆地周边 21 个气象站数据所推算的塔克拉玛干平均气温 10.45℃与降水 63.65 mm, 以及杨青等^[19]所报道的塔中气象站 (39°00'N, 83°40'E)1999~2006 年平均气温 12.3℃, 可以看出研究区总体干旱. 克里雅河流径流 71%来自上游冰川和积雪的融水, 20%来自于地下水补给, 降水只占 9%, 并且流域降水主要集中在昆仑山山区^[11], 而达理雅博依年平均降水不足 10 mm; 流域多尘暴, 浮尘天气^[16].

2 研究方法

2.1 野外考察

沿古河道自米萨来向北对于三角洲做了考察, 最北达 39°18'N, 最西至 81°30'E, 东则至达理雅博依 (图 2, 3). 考察沿途发现房基、羊粪层及古居民炭火堆(下部有赤色烘烤层, 周围散布烧焦的牛、羊、驴、骆驼等家畜骨骸及碎陶片)等民居遗存(图 4), 地貌部位多在朱震达等^[10]所称的“上河漫滩阶地”, 可见古居民是沿河而居, 放牧为生的, 其生活方式与现代克里雅河尾闾达理雅博依绿洲居民^[11]相类似. 见到大量碎陶片、石器(图 4(b))及少量铜铁器小件, 其中陶器以盛煮水和食物的罐、杯为主; 石镰和磨盘等石器, 这显示农业经济占有一定比重; 还见到大量具双向交会砍剥痕迹的胡杨木. 大部分遗迹点沿古河道分布, 三角洲两侧沙漠地带较少, 暗示了古人类活动的大致范围. 圆沙古城亦建于古河道旁, 城西临河, 东墙和北墙竖立植有胡杨木棍, 中间夹红柳枝条; 可见当时古城处于风沙环境, 并以东、北风为主.

2.2 样品的采集与测定

沿途采集到上河漫滩阶地部位枯死胡杨和红柳的残枝、芦苇残根及羊粪等 ^{14}C 年龄样品共 14 个, 分别做野外编号并使用聚乙烯瓶包装; 在 3 处古河道剖面采集到 OSL 样品 5 个, 采集深度均大于 50 cm, 使

用钢罐采集, 锡箔密封包装. 其中 ^{14}C 样品在兰州大学西部环境教育部重点实验室使用常规法测定(^{14}C 年龄由半衰期 5568 a 计算获得, 经 CALIB 5.01 程序 (<http://calib.qub.ac.uk/calib>), INTCAL04 数据库^[21]校

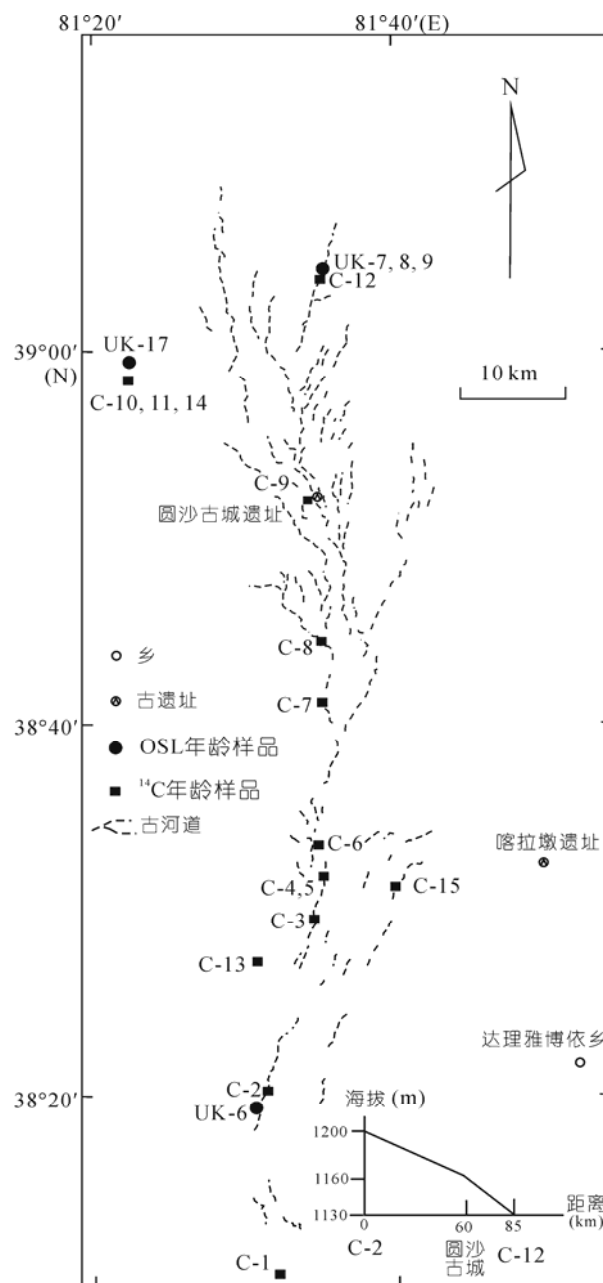


图 3 圆沙古城遗址一带 ^{14}C 及光释光年代学样品的采集位置

古河道应用 ArcGIS 软件据 ALOS PRISM L1b2 格式数据^[20]及 ETM+(RGB-731)假彩色合成影像目识绘出, 图中海拔高度据中华人民共和国 1:10 万地形图

正为日历年龄)(表 1); 其中 OSL 年龄样品 UK-6, UK-7, UK-8 及 UK-9 在中国科学院寒区与旱区工程研究所光释光实验室测得, 样品 UK-17 在中国地质科学院水文地质环境地质研究所光释光实验室测得, 为便于与 ^{14}C 年龄对比, 将结果计算成为了距今年龄列出(表 2).

3 结果

3.1 圆沙古城及以北的样品

样品 C-9 为植入圆沙古城西城墙上的胡杨短木(图 5), 直径约 4 cm, 植入端经金属利器多次削割而成, 断面比较光滑, 可以看到插入时因前端受阻而形成



图 4 圆沙古城一带的古人类活动遗迹照片

(a) 古河道民房遗迹; (b) 干流一带的一套磨盘(尺长 23 cm); (c) 圆沙古城以北 40 km 处古河岸上的古人足迹(笔长 14 cm); (d) 圆沙古城以西南 20 km 处上河漫滩阶地上的羊粪层(工具刀长 15 cm)

表 1 ^{14}C 测年及校正结果

样品编号	实验室编号	^{14}C 年龄(a BP)	日历校正年龄(cal a BP) (1 σ)	年代 ^[22]	样品描述
C-1	LUG09-01	1843±51	1787±73	东汉-三国	民房房基胡杨
C-2	LUG09-04	1762±55	1669±99	东汉-东晋	上河漫滩阶地枯死胡杨
C-3	LUG09-11	2001±53	1943±59	西汉-东汉	羊粪
C-4	LUG09-12	2045±53	2019±86	西汉	具砍剥痕迹胡杨树干
C-5	LUG09-13	1689±52	1614±78	三国-东晋	羊粪
C-7	LUG09-05	1691±52	1787±73	东汉-三国	羊粪
C-8	LUG09-06	1898±52	1829±89	东汉	具砍剥痕迹胡杨枝条
C-9	LUG09-03	2473±53	2586±119	东周-春秋	圆沙古城西城墙构筑材料胡杨短木
C-10	LUG09-07	2355±63	2489±166	春秋-战国	亚粘土沉积上的羊粪
C-11	LUG09-08	1963±52	1928±60	西汉-东汉	红柳残根
C-12	LUG09-10	2282±52	2257±92	战国-秦	深达 15 m 河谷岸上红柳残根
C-13	LUG09-02	327±48	383±71	—	胡杨残木
C-14	LUG09-09	270±47	292±138	—	枯朽红柳枝条
C-15	LUG09-14	687±72	624±65	—	古河岸底部红柳残根

表 2 OSL 测年结果

样品编号	实验室编号	测年矿物	等效剂量 (Gy)	铀 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	钍 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	钾 (%)	含水率 (%)	年剂量率 (Gy ka^{-1})	距今年龄 (a BP)
UK-6	12009-33	Qz	5.53±0.17	2.20±0.08	6.90±0.19	1.77±0.05	0.1	2.85±0.08	1881±80
UK-7	12009-34	Fs	7.74±0.25	1.98±0.08	7.26±0.22	1.57±0.05	0.2	3.28±0.12	2301±120
UK-8	12009-35	Qz	14.93±2.84	2.62±0.10	9.73±0.27	1.88±0.05	0.2	3.32±0.10	4441±870
UK-9	12009-36	Qz	6.72±0.45	2.12±0.08	7.17±0.22	1.80±0.05	0.1	2.92±0.09	2241±170
UK-17	10G-274	Qz	9.34±0.16	2.19±0.08	9.26±0.27	1.75±0.06	0.1	3.48±0.10	2640±100



图 5 取自圆沙古城西墙的胡杨短木及端部切剖面

成的翻卷边,可见胡杨应为新砍伐后植入,其年龄 $2586 \pm 119 \text{ cal a BP}$ (表 1)应反映了古城较早的修葺时间,至少在春秋时代(公元前 716~475 年)。

在古城西北约 22 km 一处亚粘土沉积上发现一古居民遗迹点(图 3, 6(b)),残留家畜骨骼及羊粪层等遗存,亚粘土上布满高约 2~5 米的流动沙丘(图 6(a)),间或有枯死红柳沙包分布其中。在附近一处亚粘土沉积之下采得粉沙样品 UK-17 (距地表 60 cm),其光释光年龄为 $(2640 \pm 100) \text{ a BP}$,采得同层位枯死红柳根部样品 C-11,其 ^{14}C 年龄为 $(1928 \pm 60) \text{ cal a BP}$,同时还在亚粘土沉积上一处红柳沙包采到一段枯死枝条 C-14(图 6(a))。该位置以西 30 m 处为遗迹点,在亚粘土层上采得羊粪样品 C-10(图 6(b)), ^{14}C 年龄为 $(2489 \pm 166) \text{ cal a BP}$ 。这组年代学数据说明,克里雅河约 $(2640 \pm 100) \text{ a BP}$ 后曾流至这里形成河相沉积,约 $(2489 \pm 166) \text{ a BP}$ 这里曾有古人类居住;约 (1928 ± 60) 和 $(292 \pm 138) \text{ a BP}$,可能由于地下水水位下降,红柳曾死亡。这一遗迹点的位置还指示了当时古人类居住的范围,西可至 $81^\circ 24' \text{E}$ (图 3)。

在圆沙古城遗址以北 21 km(图 3),见一宽约 300 m,深近 15 m 的风蚀古河道,岸上沙丘高约 2~5 m,岸边残留枯死红柳,西岸几乎完全被流动沙丘所覆盖,东岸自上至下有十数层静水沉积出露(图 7),河谷内分布高约 2~5 m 的流动沙丘,谷底为亚粘土沉积。

于河谷东岸一处 50 cm 厚亚粘土层之下取得枯死红柳根部样品 C-12,测得 ^{14}C 日历校正年龄为 $(2257 \pm 92) \text{ cal a BP}$;同层位粉沙样品 UK-9 的 OSL 年龄为 $(2241 \pm 170) \text{ a BP}$;河岸静水沉积层底部粉沙样品 UK-7 的 OSL 年龄为 $(2301 \pm 120) \text{ a BP}$ 。该谷的形成虽然还需进一步的研究,但已可判断约 $(2241 \pm 170) \text{ a BP}$,河水曾没过岸边红柳根部;此后约 $(2301 \pm 120) \text{ a BP}$,河水曾在谷底形成过岸沉积;约 $(2257 \pm 92) \text{ a BP}$ 战国(公元前 475~221 年)末期,河道干涸,地下水位下降,岸边红柳枯死。

3.2 古河道干流和干三角洲西南的样品

达理雅博依乡以西 30 km,在通往圆沙古城的古河道干流区段有一宽约 500 m 的河谷(图 2, 3),北偏东走向,西岸为 5~6 m 高的流动沙丘所踞,其间残存的上河漫滩阶地及枯死胡杨和芦苇仍清晰可辨(图 8)。在一枯死胡杨底部采集到古沙丘沙样品 UK-6,其上部为 150 cm 厚的枯枝落叶与沙土混合层,该样品的 OSL 年龄为 $(1881 \pm 80) \text{ a BP}$,说明该处古阶地约于东汉发育;而在其北偏东方向 1.2 km 处相同地貌部位残存胡杨木样品 C-2 的 ^{14}C 日历校正年龄 $(1669 \pm 99) \text{ cal a BP}$ 则暗示阶地的发育约于魏晋时期中断。

沿干流而上至圆沙古城西南 10 km,古河道宽约 400 m,东侧为沙丘连续分布,西侧为宽约 250 m 的

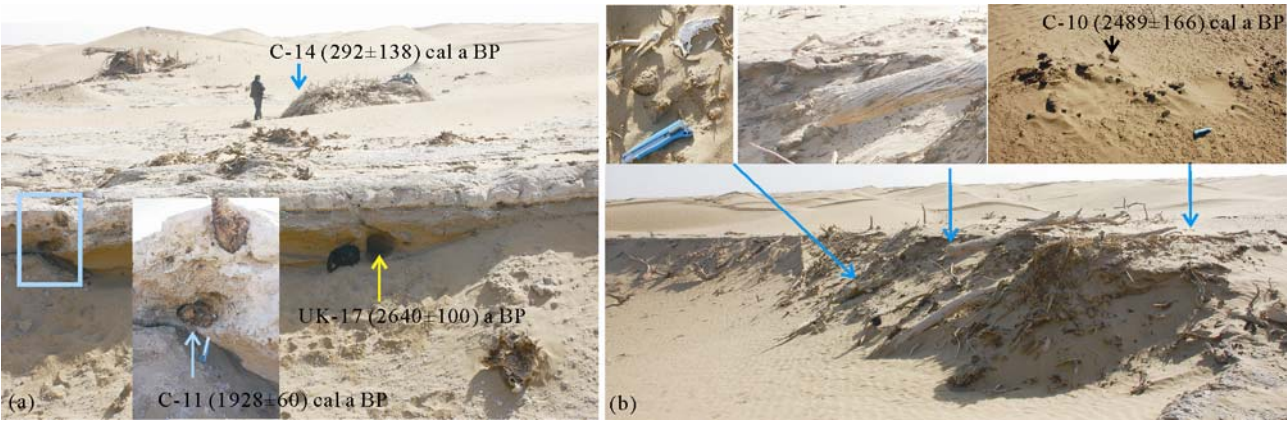


图 6 圆沙古城西北 22 km 处的亚粘土沉积及遗迹点野外照片

(a) 亚粘土层下的粉沙样品及同层位的红柳残根样品; (b) 残留的家畜骨骼、具有砍剥痕迹的胡杨和羊粪遗迹. (a), (b)位置相距约 30 m

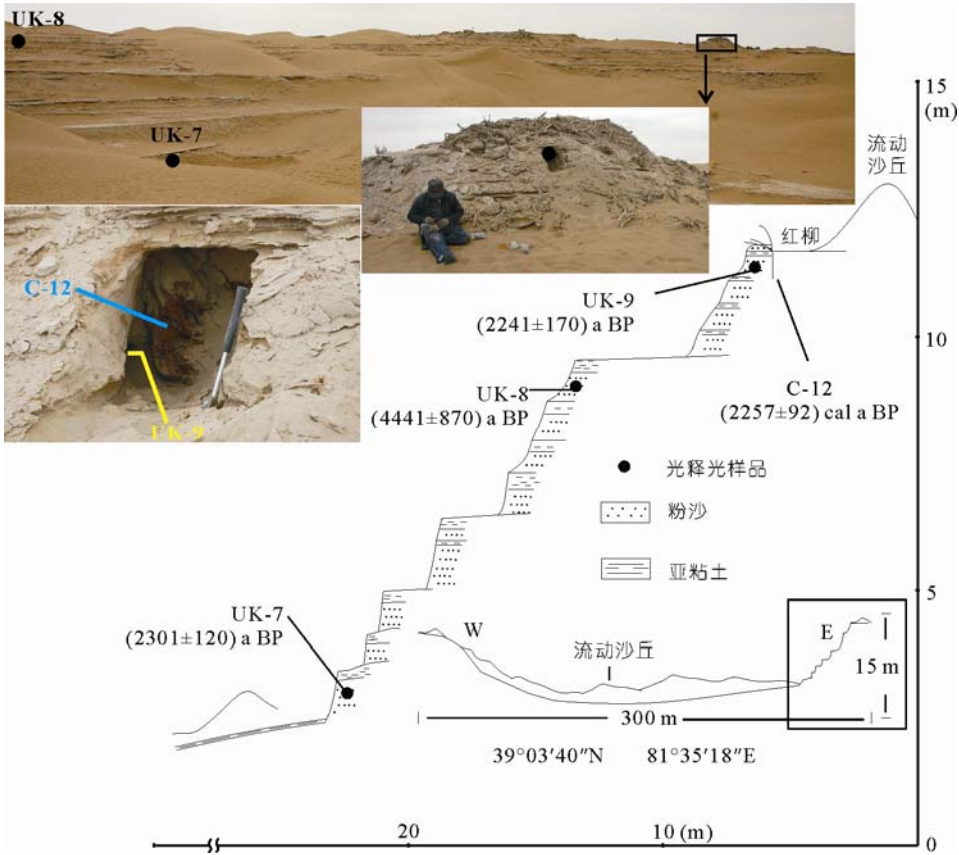


图 7 圆沙古城以北 21 km 古河道东岸剖面及野外照片

上河漫滩阶地, 并留有芦苇和胡杨残根, 再西则为高约 30 m 的沙垄(图 9). 河谷西岸上厚约 20 cm 羊粪层样品 C-7 的 ^{14}C 日历校正年龄为 (1787 ± 73) cal a BP(图

4(d)), 根据河谷的形态及规模可判断, 约 1.9~1.6 ka BP 克里雅河曾循古河道进入了圆沙古城所在干三角洲的西部(图 3), 沿河曾有古人生活.

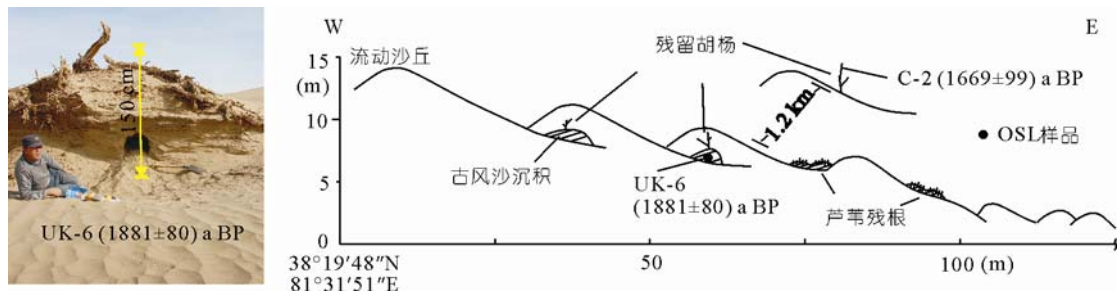


图 8 达理雅博依乡政府以西 30 km 处古河道上河漫滩阶地剖面及 OSL 采样点照片



图 9 圆沙古城西南 10 km 处古河道剖面

4 讨论

4.1 2.7~1.6 ka BP 克里雅河尾间绿洲的变迁

塔里木盆地绿洲演化序列的建立, 将有助解决许多有关环境变迁与人类文明兴衰的重要问题. 经过对本文年代学测定结果的分析, 并结合圆沙及喀拉墩的已有工作(图 10), 可对 2.7~1.6 ka BP 克里雅河尾间绿洲的变迁做以下初步讨论.

(1) 在喀拉墩一带, 早于西汉时期的遗迹^[8,23]非常少; 然而圆沙古城早在约(2586±119) a BP 就已经成为了聚落的中心, 古城西北 22 km 处约(2489±166) a BP 的古民居遗迹点说明当时圆沙一带绿洲范围较广(图 3, 6), 古城西北 22 km 及古城北 21 km 处的古河流沉积则反映了克里雅河约(2640±100)及(2301±120) a BP 的到达(图 6(a), 7). 可见约 2.7~2.2 ka BP, 大致春秋战国时代(公元前 716~221 年), 克里雅尾间绿洲的主体应该位于圆沙古城一带, 并可能曾占据了干三角洲的大部分地带.

(2) 据考古工作^[8], 喀拉墩古城兴起于西汉前后, 黄文弼^[12]曾在这里捡到约公元 1 世纪的五铢钱, 并判断古城为政治及军事重要区域, 朱震达等^[10,23]曾测得古城一处建筑物构筑材料芦苇的 ^{14}C 年龄, 为(2133±94) a(原数据半衰期为 5730, 未做日历校正^[23], 本文使用半衰期 5568, 按本文样品测定方法校正为(2224±110) cal a BP, 1σ)(图 10). 西汉喀拉墩古城在克里雅河尾间的出现在一定程度上反映了古河流及

绿洲的东迁, 时间可能就在(2257±92) a BP 前后, 亦即圆沙古城以北 21 km 古河道干涸的时间(图 7). 根据古城南墓葬年龄(公元前 387 年~公元 56 年)^[8], 克里雅河东迁之后, 通往古城的古河道仍然可能有水存在, 约 2.2~1.9 ka BP, 大致在秦(公元前 221~206 年)至西汉时期, 绿洲主体应迁到了喀拉墩一带. 值得注意的是, 随着这次河道的迁移, 绿洲中心在垂直方向上自沙漠腹地向南退了约 35 km(图 2).

(3) 圆沙古城西北约 22 km 处的红柳在约(1928±60) a BP 枯死(图 6), 暗示了这一地区地下水水位变低以及河流的干涸, 圆沙古城的年代学数据也没有延续到西汉之后^[8], 绿洲发育可能中断了, 这似乎说明大约两汉之际, 圆沙一带曾发生过一次干旱事件, 至于这次干旱是否波及到喀拉墩一带, 相关数据尚少.

(4) 约(1881±60) a BP, 圆沙古河道干流开始发育上河漫滩阶地并至约 1.6 ka BP(图 8), 大致经历了东汉(公元 24~220 年)至魏晋时期, 沿河还有古民居遗迹, 但未见聚落中心或宗教建筑遗迹, 可见此处绿洲的规模应比较小, 据古河道剖面及走向判断, 其位置应在古河道干流及干三角洲西部(图 3). 东汉时期喀拉墩可参考的资料不多, 绿洲发育难以讨论, 然而这一地区留有的公元 3~4 世纪的佛像^[8]及约公元 4~5 世纪尚有人居住的玛坚勒克遗址^[12]等遗存却说明, 东汉之后的魏晋时期, 绿洲的主体在喀拉墩一带.

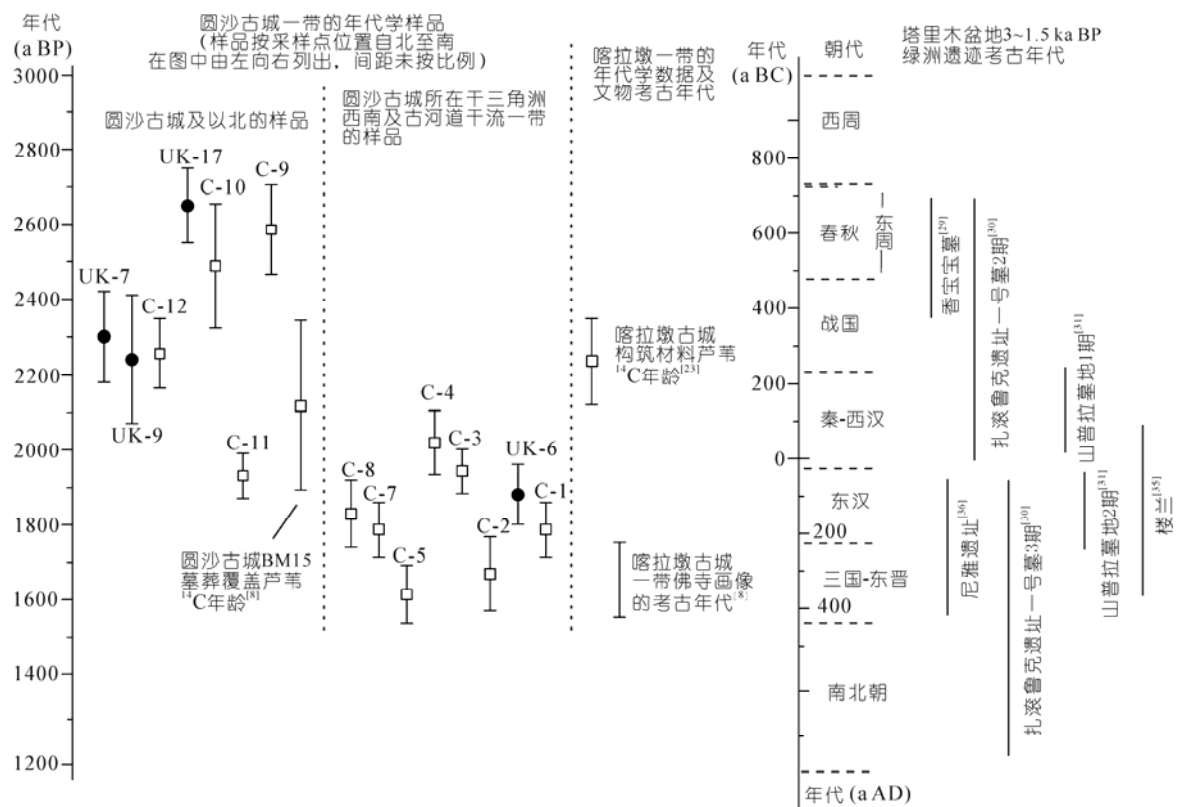


图 10 2.7~1.6 ka BP 圆沙古城与喀拉墩遗址年代学样品及塔里木盆地重要绿洲遗迹的时代

● 光释光年龄; □ ^{14}C 年龄

根据圆沙一带绿洲的大致范围及喀拉墩一带遗迹的规模可以判断, 东汉至魏晋时期克里雅尾间绿洲相比西汉时期显著缩小。

(5) 圆沙干流一带的遗迹未延续到魏晋之后, 我们认为这一地带未再发育绿洲, 而喀拉墩一带的古绿洲则可能在公元 4~5 世纪^[13]前后退出了沙漠腹地。

据《汉书·西域传》记载, 西汉丝绸之路当道之国扞弥就位于于田以南的克里雅河下游^[24], 当时人口为 20040, 关于其具体地理位置, 学术界曾有在喀拉墩^[25]、圆沙^[8], 以及丹丹乌里克等地的不同看法^[24](图 1)。丹丹乌里克已由考古学工作确定为唐代(公元 618~907 年)遗存^[7], 而圆沙古绿洲的衰落早于西汉, 喀拉墩遗址应该是西汉扞弥的重要领地。根据发育时间判断, 约 1.9 ka BP 在圆沙干三角洲西部发育的古绿洲应为东汉扞弥领地, 该古绿洲规模的变小与《后汉书·西域传》有关东汉时期扞弥国人口下降至 7200 人的记载基本一致。

4.2 气候变化的可能影响

陈吉阳^[26]和蒲庆余^[27]认为中亚西风区在 2.8 ka BP 曾经历了一次冷期, 克里雅河上游地区西昆仑山崇测冰川也留下了(2720±85) a BP 的终碛物^[28], 而这一时期在圆沙古城一带发现的河湖相沉积物较少, 塔里木盆地的绿洲遗迹很少出现, 气候的变冷有可能减少了河流中来自冰川融水的补给, 从而影响到绿洲的发育。而约在 2.7 ka BP 之后, 应该是在冰进之后的气温回升阶段, 圆沙一带的沙漠深处出现了克里雅河形成的亚粘土沉积(图 6), 帕米尔以西的欧罗巴人开始进入了塔里木^[3,6], 圆沙古城、香宝宝^[29]及扎滚鲁克^[30]等聚落也开始出现, 铁器时代的绿洲变的繁盛起来^[5], 这说明气候的回暖可能融化了冰川在冰进阶段所多积累的冰雪物质, 从而对绿洲发育起了重要作用。

克里雅河曾约于 2.2 ka BP 战国末期迁移, 这可能是由于泥沙淤积河床抬高所致^[10], 但也可能与气

候变化有关,如遇冷期河流可能会退缩,沙丘则随之侵占河道,若气候变暖,产生的洪水易使河流在地势低平的沙漠深处冲出原来的河道而发生迁移。

约两汉之交,圆沙古绿洲的发育曾疑似中断,扎滚鲁克^[30]及山普拉^[31]墓地也出现了另一期的文化(图 10),这可能与东汉初气候的短期变冷^[32]有一定的联系,绿洲的发育也由此转衰,虽然约 1.88 ka BP 圆沙一带曾再次发育古绿洲(图 8),但其最终约于 1.6 ka BP 魏晋南北朝^[33],我国西部的极度干旱期^[33],与精绝和楼兰^[1,34-36]等古绿洲大致同期废弃,而据克里雅河上游古里雅冰芯记录^[37],这一时期应为一冷期。

5 结论

通过对 ^{14}C 和 OSL 年代学数据的地貌学及考古学初步分析,认为以圆沙古城遗址为中心并与之同时代的古绿洲至少在 2.6 ka BP 约春秋时代就已经存在;约 2.2 ka BP,古绿洲随克里雅河改道迁移至喀拉墩一带,成为史载西汉时期丝绸之路南道西域古国扞弥的重要组成,而圆沙一带的古绿洲开始衰退;约 1.9 ka BP,因克里雅回迁,古城遗址西侧一带曾再次发育古绿洲,应为东汉扞弥国领地,该古绿洲延续至约 1.6 ka BP。

致谢 中国科学院新疆生态与地理研究所周兴佳研究员、中国科学院地质与地球物理研究所杨小平研究员和新疆文物考古研究所伊弟里斯·阿不都热苏勒研究员给予热忱指导,华南师范大学地理科学学院钟巍教授给予建议,中国石油天然气总公司 2288 物探队和于田县文体局吴安臣在野外提供协助,新疆大学资源与环境科学学院王庆峰硕士和艾合买提江硕士参加野外工作,审稿专家提供了宝贵的修改建议,特表感谢。

参考文献

- 1 樊自立. 塔里木盆地绿洲形成与演变. 地理学报, 1993, 48: 422-427
- 2 陈戈, 张玉忠. 世纪之交新疆考古学的回顾与展望. 西域研究, 1999, (1): 1-11
- 3 韩康信. 丝绸之路古代居民人类学研究. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1990. 1-32
- 4 高诗珠, 崔银秋, 杨亦代. 新疆克里雅河下游圆沙古城古代居民线粒体 DNA 多态性研究. 中国科学 C 辑: 生命科学, 2008, 38: 136-146
- 5 陈戈. 新疆史前文化. 西北民族研究, 1995, (1): 39-50
- 6 林梅村. 吐火罗人的起源与迁徙. 西域研究, 2003, (3): 9-23
- 7 张玉忠. 近年新疆考古新收获. 西域研究, 2001, (3): 98-101
- 8 新疆文物考古研究所, 法国科学研究中心 315 所. 新疆克里雅河流域考古调查概述. 考古, 1998, (12): 28-37
- 9 崔银秋, 高诗珠, 谢承志, 等. 新疆塔里木盆地早期铁器时代人群的母系遗传结构分析. 科学通报, 2009, 54: 2912-2919
- 10 朱震达, 陆锦华, 江伟铮. 塔克拉玛干沙漠克里雅河下游地区风沙地貌的形成发育与环境变化趋势的初步研究. 中国沙漠, 1988, 8: 1-10
- 11 Yang X, Zhu Z, Jaekel D, et al. Late Quaternary palaeoenvironment change and landscape evolution along the Keriya River, Xinjiang, China: The relationship between high mountain glaciation and landscape evolution in foreland desert regions. Quat Int, 2002, 97-98: 155-166
- 12 黄文弼. 塔里木盆地考古记. 北京: 科学出版社, 1958. 49-51
- 13 吴州, 黄小江. 克里雅河下游喀拉墩遗址调查. 见: 新疆克里雅河及塔克拉玛干科学探险考察队, 编. 克里雅河及塔克拉玛干科学探险考察报告. 北京: 中国科技出版社, 1991. 98-116
- 14 侯灿. 从麻扎塔格古城堡看丝路南道走向与和田绿洲变迁. 见: 陈华, 编. 和田绿洲研究. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1988. 244-256
- 15 周兴佳. 克里雅河注入塔里木河的历史考证与克里雅河老河道沙漠化过程研究. 见: 尹泽生, 杨逸畴, 王守春, 编. 西北干旱地区全新世环境变迁与人类文明兴衰. 北京: 地质出版社, 1992. 149-157
- 16 周兴佳, 李保生, 朱峰, 等. 南疆克里雅河绿洲发育和演化过程研究. 云南地理环境研究, 1996, 8: 44-57
- 17 袁玉江, 何清, 李江风, 等. 塔克拉玛干地区近 40 a 来的冷暖变化. 中国沙漠, 1998, 18: 118-122
- 18 袁玉江, 李江风. 塔克拉玛干地区近四十年来的干湿变化. 干旱区地理, 1998, 21: 18-24
- 19 杨青, 刘新春, 霍文, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地 1961-1998 年逐月平均气温序列的重建. 气候变化研究, 2009, 5: 85-89
- 20 Tadono T, Shimada M, Murakami H. Calibration of PRISM and AVNIR-2 onboard ALOS "Daichi". IEEE Trans Geosci Remote Sensing,

2009, 47: 4042–4050

- 21 Reimer P J, Baillie M G L, Bard E. IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyrBP. *Radiocarbon*, 2004, 46: 1029–1058
- 22 侯新山. 中国历史纪年表. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2002. 1–234
- 23 胡智育. ^{14}C 测定年代报告(一). 中国沙漠, 1989, 9: 72–75
- 24 殷晴. 掩埋在沙漠中的打弥古国——打弥故地考索. 新疆社会科学, 1985, (1): 65–79
- 25 黄文弼. 谈古代塔里木河及其变迁. 见: 黄烈, 编. 黄文弼历史考古论集. 北京: 文物出版社, 1989. 43–51
- 26 陈吉阳. 天山天格尔第二峰地区全新世中后期冰川变化的初步研究. 冰川冻土, 1987, 9: 347–356
- 27 蒲庆余. 末次冰期以来中国自然环境变迁及其与全球变化的关系. 第四纪研究, 1991, 11: 245–259
- 28 焦克勤, 姚檀栋, 李世杰. 西昆仑山 32 ka 来的冰川与环境演变. 冰川冻土, 2000, 22: 250–256
- 29 新疆社会科学院考古研究所. 帕米尔高原古墓. 考古学报, 1981, (2): 198–216
- 30 新疆维吾尔自治区博物馆, 巴音郭楞蒙古自治州文物管理所, 且末县文物管理所. 新疆且末扎滚鲁克一号墓地发掘报告. 考古学报, 2003, (1): 89–136
- 31 新疆维吾尔自治区博物馆. 洛浦县山普拉古墓发掘报告. 见: 新疆文物考古研究所, 编. 新疆文物考古新收获. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1995. 421–469
- 32 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究. 中国科学 A 辑, 1973, 16: 168–189
- 33 李江风. 新疆三千年的气候变化. 见: 新疆大学, 新疆地质矿产局, 新疆科学分院, 编. 干旱区新疆第四纪研究论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985. 1–7
- 34 李江风. 楼兰王国的消亡和丝路变迁与气候关系. 见: 新疆大学, 新疆地质矿产局, 新疆科学分院, 编. 干旱区新疆第四纪研究论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985. 81–94
- 35 吕厚远, 夏训诚, 刘嘉麒, 等. 罗布泊新发现古城与 5 个考古遗址的年代学初步研究. 科学通报, 2010, 55: 237–245
- 36 于志勇. 新疆尼雅遗址 95MNIM8 概况及初步研究. 西域研究, 1997, (1): 1–10
- 37 姚檀栋, 秦大河, 田立德. 青藏高原 2 ka 来温度与降水变化——古里雅冰芯记录. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26: 348–353