



新疆南疆全新世湿润期与罗布泊地区 小河文明的关系探讨

殷志强¹⁾, 秦小光²⁾, 张磊³⁾, 李康康²⁾, 彭超⁴⁾

1) 中国地质环境监测院, 北京, 100081; 2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029;
3) 新疆生产建设兵团地质勘查中心, 乌鲁木齐, 830002; 4) 中国地质大学(北京), 北京, 100083

内容提要:全新世气候变化一直是科学界关注的热点问题,尤其是罗布泊地区多次大规模的环境变化导致小河文明和楼兰文明等古文明的消失。笔者等通过对叶尔羌河流域的阿克奇河左岸黄土剖面系统采样和粒度、磁化率及年代学测试,重建了该地区 5 ka BP 以来的古气候环境,并在此基础上分析了昆仑山区黄土沉积记录的古气候环境与塔里木河下游罗布泊地区小河文明之间的关系。研究结果显示 4.5~3.58 ka BP,昆仑山区次生黄土快速堆积,气候较湿润,降水量较多,塔里木河上游水源充足,为下游罗布泊地区提供了大量水资源,也为小河文明的孕育和初期发展奠定了坚实基础;3.58 ka BP 以后,昆仑山区的剖面沉积物由次生黄土转为风成黄土,显示气候开始转向干冷,因降水量减少导致流入到罗布泊地区的有效水资源逐步减少,罗布泊生态环境开始恶化,小河文明开始衰退,直至消失。因此小河文明的孕育与昆仑山区全新世湿润期气候有着非常密切的联系。

关键词:全新世湿润期;黄土沉积;水资源;小河文明;昆仑山区

新疆南疆全新世气候变化一直是科学界高度关注的问题,尤其是罗布泊地区经历了多次环境大规模变化,造成小河文明、楼兰文化等消失(伊弟利斯等,1998;夏训诚等,2007;王富葆等,2008;吕厚远等,2010;Qiu Zhenwei et al., 2014)。南疆地区的水源主要依靠地表河流和地下水补给,地表河流主要是塔里木河、车尔臣河、孔雀河等流入到罗布泊地区,而河水又主要源自于昆仑山区的冰雪融水和大气降水(图1)。因此,昆仑山区河流流域的水文气候变化会直接影响到罗布泊地区水资源的丰枯,进而影响楼兰地区古文明的兴衰演化。那么,昆仑山区在全新世中后期气候变化特征如何?陈忠等(2007)认为柴达木盆地东部中全新世气候湿润稳定,之后夏季风迅速衰退,气候向干旱化发展;刘进峰等(2011)通过研究叶尔羌河上游全新世阶地,认为该地区的阶地沉积形成于距今 4.3~7.3 ka,河流快速下切可能与高山快速隆升或第四纪冰川作用有关;滕晓华等(2015)认为塔里木盆地南缘的气候在 8.5~3.6 ka BP 较为湿润且稳定,3.6 ka BP 以来气候急剧变干旱化和不稳定性;贾红娟等(2017)研究

发现罗布泊地区全新世以来至少经历了4次气候干湿冷暖的交替和至少6次干旱事件;Qiu Zhenwei 等(2014)通过对小河墓地古代植物群落的生物多样性研究,认为在 3.4~3.7 ka BP 小河墓地的环境条件和与现在不同,属于典型的绿洲区;Zhang Yifei 等(2017)通过对小河墓群附近沉积物剖面取样分析,指出该区域曾在 4.8~3.5 ka BP、2.6~2.1 ka BP 和 1.2~0.9 ka BP 期间有湖泊发育。

黄土的粒度和磁化率记录了古环境变化的信息,被用来指示季风的强弱和降水量的多少(刘东生,1985),也能够反映河流来水量和水动力强度的大小(殷志强等,2009)。位于昆仑山区的和田—喀什段黄土沉积较厚,为讨论该地区全新世中期的古气候变化提供了理想的材料。前人在克里雅河上游开展了一些黄土沉积物的研究工作,但在其西边 300 km 以外的叶尔羌河流域研究较少,缺乏该区域 5000 a 以来的沉积记录和古气候资料。本文是笔者 2017 年在新疆工作期间,通过对位于叶尔羌河流域的阿克奇河左岸上游黄土剖面野外调查,结合¹⁴C 定年和粒度指标,探讨了昆仑山区黄土沉积记录的

注:本文为国家重点研发计划项目(编号:2018YFC1504704)、国家自然科学基金资助项目(编号:41977258)和中国地质调查项目(编号:121201014000169003)的成果。

收稿日期:2021-08-11;改回日期:2022-05-17;网络首发:2022-06-20;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2022.06.051

作者简介:殷志强,男,1980年生,博士,正高级工程师,主要从事第四纪环境演变研究;Email: yinzhiquang@mail.cgs.gov.cn。

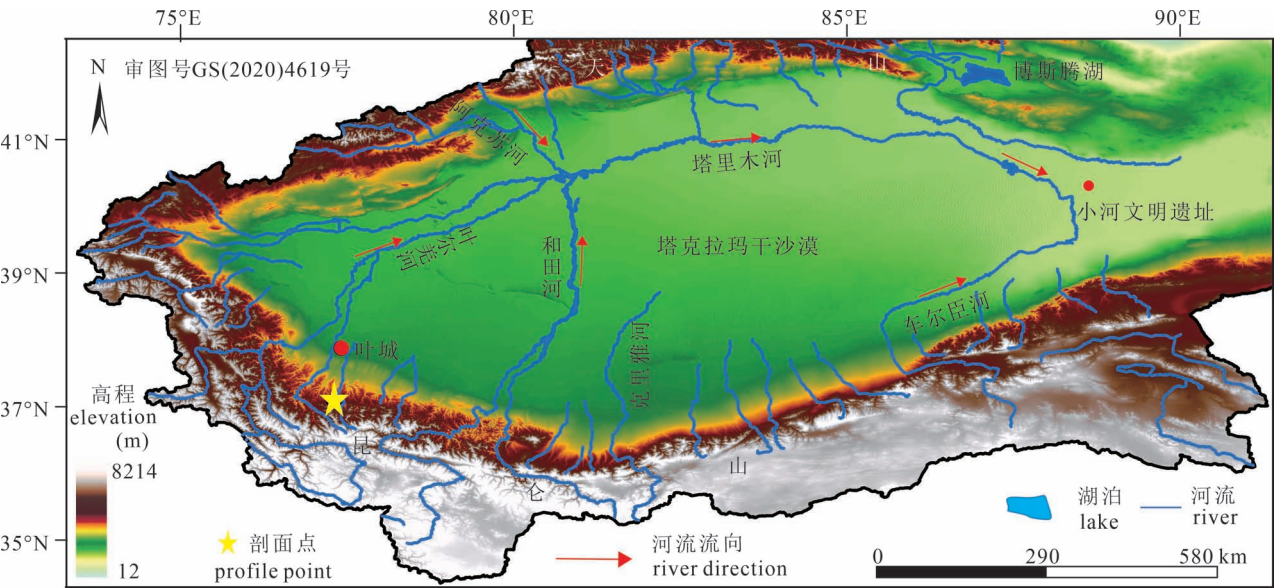


图 1 新疆南疆主要水系分布图及黄土剖面位置

Fig. 1 Distribution map of major river systems in the southern Xinjiang and location of loess profile

环境变化与塔里木河下游的罗布泊地区小河文明的联系。

1 样品采集与测试

研究剖面(77°18'12" E, 37°5'40" N, 海拔 2830 m)位于昆仑山区的叶城二牧场二连上方 5.4 km 处的阿克奇河左岸(图 1),剖面厚度 3.3 m(图 2),该地区地表整体为风成黄土,其中河谷区风成黄土堆积后有被水流改造的痕迹。研究剖面上部为风成黄土,中部为水成的粘土层,下部为风成黄土。其中 0~120 cm 为全新世风成黄土,含草根,腐殖质含量高,其中 48~50 cm 含泥层;120~285 cm 为粉质粘土(被流水改造后形成的次生黄土),层理明显,部分含河流相水平砂层(河谷区降水增加形成),反映水动力条件较强;285~330 cm 为风成黄土。整个剖面按 2 cm 间隔取样环境样品,共取样品 165 个,编号为 YC 001~165。

粒度和磁化率测试均是在中国科学院地质与地球物理研究所粒度实验室完成,并选取 6 cm、52 cm、100 cm、190 cm 和 310 cm 处全岩样品送美国 Beta 实验室进行加速器(AMS)¹⁴C 年代测定,测试结果见表 1。年龄拟合套用贝叶斯方法(Blaauw et al., 2011, 2018),通过 WinBacon2.2 和 R 统计软件了构建年龄深度模型,底部 20 cm 由平均沉积速率推断,5000 a BP 以来的剖面年龄拟合曲线见图 3。



图 2 新疆南疆叶城阿克奇河谷黄土—河流沉积剖面景观
Fig. 2 The full loess—river sedimentary profile landscape picture of the Akqi River Valley in Yecheng County, southern Xinjiang

表 1 新疆南疆叶城剖面样品¹⁴C 测年结果
Table 1 ¹⁴C dating results of loess profile of Yecheng County, southern Xinjiang

序号	样品编号	取样深度(cm)	¹⁴ C 年龄(±30a BP)
1	YC003	6	590
2	YC026	52	2290
3	YC050	100	3380
4	YC095	190	3980
5	YC155	310	4790

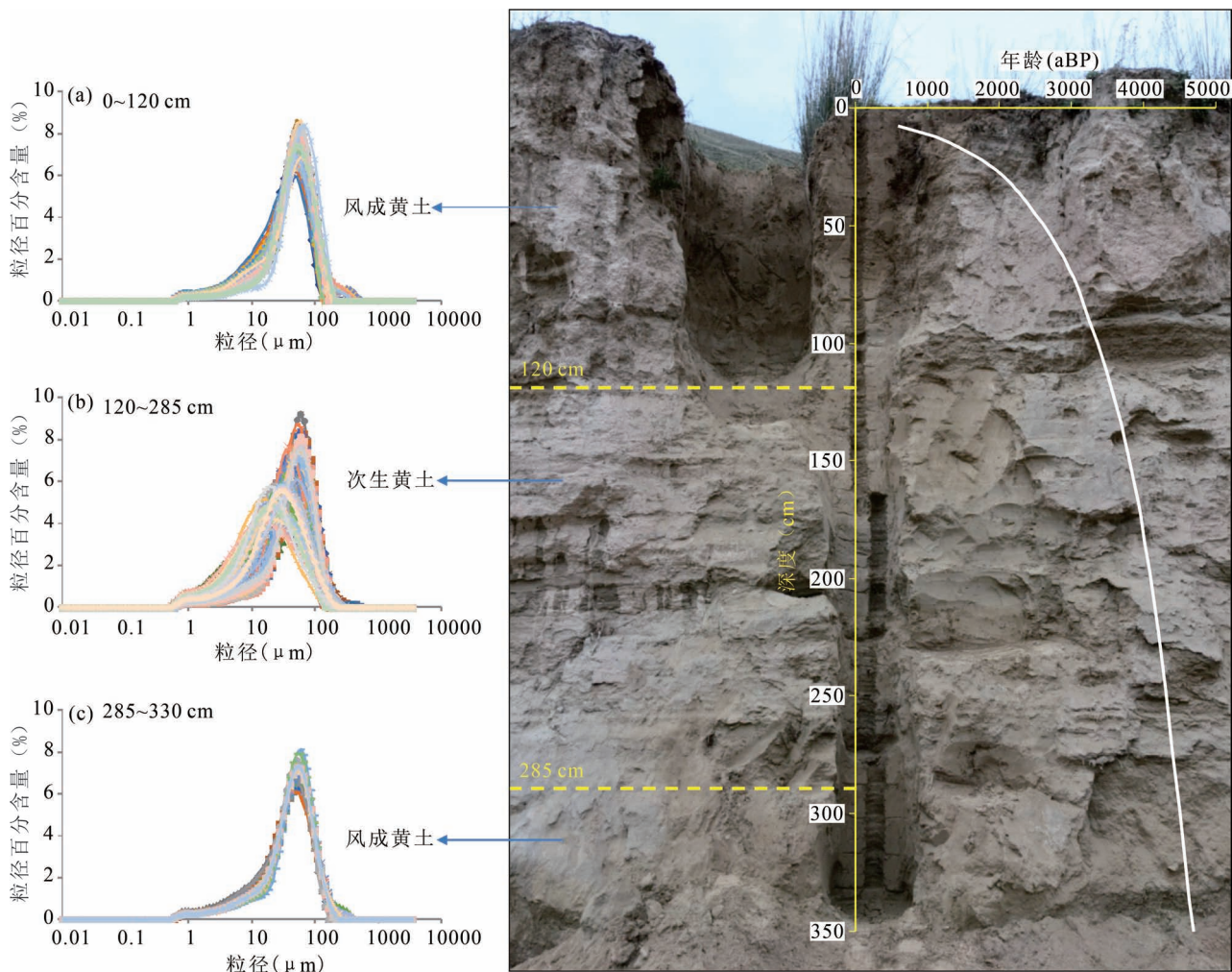


图3 昆仑山区阿克奇河左岸黄土—河流沉积剖面照片、粒度特征及年龄曲线

Fig. 3 Photographs, grain size distribution characteristics on different depth and age of loess—river sedimentary profile on the left bank of Akeqi River in the north of Kunlun Mountains

2 结果

2.1 沉积物粒度特征分析

沉积物粒度是沉积环境及其变化反演的一个重要代用指标,通过分析沉积物粒度曲线变化可以判断动力条件的强弱(秦小光等, 2017; 殷志强等, 2019)。根据叶城黄土剖面沉积物粒度测试数据,绘制出粒度概率累积曲线图(图3)。由图可见,剖面顶部0~120 cm段的粒度组分主要由3个组分组成,优势粒径集中在70 μm左右,以单峰模式为基本特征(图3a),为风成沉积的粗悬浮组分,与我国西北地区的黄土粒度分布特征一致(殷志强等, 2009),结合该段无层理结构、团粒结构明显、发育钙结核和白色假菌丝体的特点,可以确认这部分地层是阶地形成后堆积形成的风成黄土;剖面中部

120~285 cm段的粒度分布曲线呈现出双峰模式,优势粒径主要集中在50~90 μm(图3b),反映有一定的水动力强度,结合该段剖面的层理结构,可推断其为经流水作用改造的黄土,属于次生黄土类型;剖面底部285~330 cm段与顶部0~120 cm段曲线形态类似,亦以单峰模式为主要特征(图3c),可能为推断为风成黄土。

2.2 沉积物磁化率指示的环境变化

黄土—古土壤磁化率具有良好的地层学指示意义,是反映降水量或夏季风强度的替代性指标(秦小光等, 2017),同时也是研究古气候和古环境演化的重要手段。通常在暖湿环境下,黄土物质的成壤过程中铁氧化物含量增加,致使磁化率值升高;反之,在冷干环境下黄土沉积物的磁化率值降低。

根据叶城黄土剖面沉积物磁化率测试数据,绘

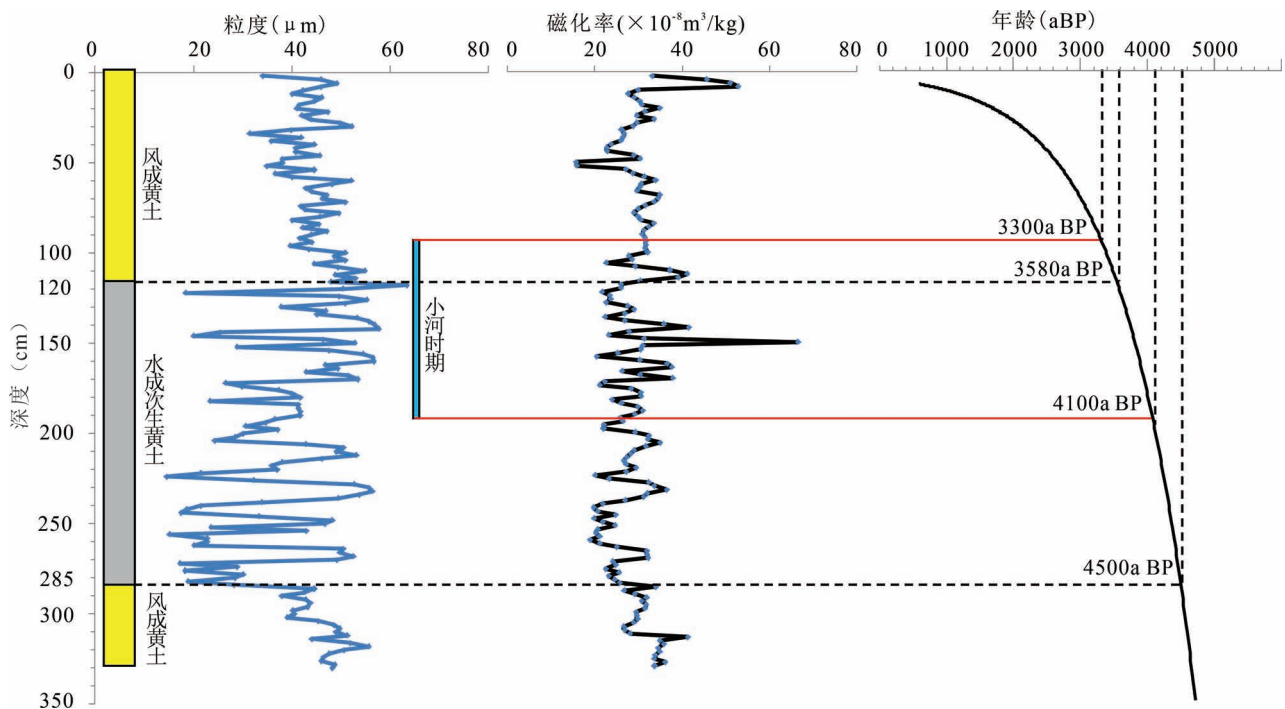


图4 新疆南疆叶城阿克奇河谷黄土—河流沉积剖面不同沉积深度粒度、磁化率与年龄曲线特征

Fig. 4 Grain size, magnetic susceptibility and ages distribution characteristics on different depth of loess—river sedimentary profile of the Akqi River Valley in Yecheng County, southern Xinjiang

制出磁化率变化曲线图,剖面从底部到顶部大致可划分为3个不同的阶段:

第Ⅰ阶段(330~240 cm),该阶段磁化率曲线呈现出波动中逐渐下降的趋势,且波动的幅度相对较小,反映出该阶段气候从暖湿逐步转为干冷;

第Ⅱ阶段(240~105 cm),该阶段磁化率曲线波动频繁、周期短,且在深度150 cm处曲线快速升高至极大值,反映出该阶段的气候冷暖干湿更迭频繁且可能有极端气候事件出现,总体气候较为暖湿;

第Ⅲ阶段(105~0 cm),该阶段磁化率曲线波动较小且没有明显的周期性,但在深度48 cm的泥层处曲线快速降低至极小值,反映出该阶段气候总体较为稳定,气候趋于干冷。

3 讨论

小河文化主要分布于塔里木盆地中东部地区,存续时间约为4.1~3.3 ka BP (Li Kangkang et al., 2021)。现已有学者从考古学、生物学等方面对小河文化的兴衰与气候的关系进行了研究,研究结果表明小河文化的兴起、繁荣和衰落均与该地区的气候环境变化有关(Qiu Zhenwei et al., 2014, Zhang Yifei et al., 2017, Zhang Guilin et al., 2017)。笔者

通过该剖面的粒度和磁化率研究发现,指标以粒度控制为主,因此笔者主要用粒度分布来讨论气候变化特征以及探讨小河文化的兴衰与气候环境变化之间的关系。

由图4可见,在4.5~3.58 ka BP阶段该剖面所处的河谷区次生黄土快速堆积,次生黄土主要是由降雨和地表水从昆仑山区冲刷搬运堆积形成,这说明这一时期的昆仑山区有丰富的降水或冰雪融水;此外,沉积物中值粒径曲线波动明显且分布在15~60 μm,平均中值粒径为38.7 μm,细粒组分明显增多,磁化率曲线呈现出上升的趋势,也证明了该阶段昆仑山区气候较为湿润。由于罗布泊地区水源的主要来自于塔里木河、车尔臣河等河流补给(图1),而这些河流的上游来水均依靠昆仑山区的冰雪融水和大气降水,剖面反映的昆仑山区的丰富降水时期与塔里木河下游的楼兰小河文明是同一个时期,因此,上游湿润的气候和丰富的降水为下游的罗布泊地区提供了大量水资源,改善了罗布泊的生态环境,逐步发展为绿洲环境,到4.1 ka BP左右,绿洲增多适宜人类居住,从而出现了小河文化。可见,罗布泊地区小河文化出现在昆仑山北区降水增多的后期阶段,该阶段丰富的水资源支撑了小河文化近900 a的发

展延续。

3. 58 ka BP 以后,剖面沉积物由次生黄土转变为风成黄土,说明昆仑山区由湿润气候逐渐转变为干旱气候,降水量开始减少;此外,中值粒径值逐渐增大,平均中值粒径为 45.96 μm ,粗粒组分开始增多,磁化率曲线也呈下降趋势,同样证明了该阶段昆仑山区开始进入冷干气候环境。昆仑山区降水的减少,由于没有了水源补给,导致塔里木里河的水量也相应减少,最终流入到罗布泊地区的有效水资源逐步减少,生态环境逐渐恶化,小河文明开始衰落,直至 3.3 ka BP 最终消失。由此,可以推测昆仑山区降水量的多寡可能直接影响了罗布泊地区小河文化的繁盛与衰落。

4 结论

在对昆仑山区叶城黄土剖面古气候反演基础上,研究了气候变化与塔里木下游小河文明的响应关系,取得的主要认识如下:

- (1)4.5~3.58 ka BP 时期,昆仑山区次生黄土快速堆积,气候较湿润,塔里木河上游的来水量较大,为下游罗布泊地区提供了大量水资源,也为小河文明的孕育和初期发展奠定了坚实基础。
- (2)3.58 ka BP 以后,昆仑山区沉积物由次生黄土转变为风成黄土,气候开始转向干冷,降水量的减少导致流入到罗布泊地区的有效水资源逐步减少,由于没有了水源补给,罗布泊地区生态环境逐渐恶化,可能造成小河文明逐渐衰亡和消失。
- (3)楼兰小河文明孕育与昆仑山区的降水有着非常密切的联系,罗布泊地区小河文化位于昆仑山北区降水增多的后期阶段,丰富的水资源支撑了小河文化数百年的发展延续。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

陈忠,马海州,曹广超,张西营,周笃珺,姚远,谭红兵,高章洪. 2007. 柴达木盆地尕斯库勒湖冰消期晚期以来的气候环境演变. 地球化学, 36(6): 578~584.

贾红娟,汪敬忠,秦小光,陈丽红. 2017. 罗布泊地区晚冰期至中全新世气候特征及气候波动事件. 第四纪研究, 37(3): 510~521.

刘东生. 1985. 黄土与环境. 北京: 科学出版社: 191~207.

刘进峰,陈杰,王昌盛. 2011. 新疆叶尔羌河上游全新世阶地的释光年代与河流下切速率. 地震地质, 33(2): 421~429.

吕厚远,夏训诚,刘嘉麒,秦小光,王富葆,伊弟利斯·阿不都热苏勒,周力平,穆桂金,焦迎新,李敬芝. 2010. 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, 55(3): 237~245.

秦小光,殷志强,汪美华,赵无忌,穆燕,张磊. 2017. 青藏高原东北缘共和—贵德盆地全新世气候变化. 地质学报, 91(1): 266~286.

滕晓华,张志高,韩文霞,方亚会,叶程程. 2015. 塔里木盆地南缘黄土粒度特征及其环境意义. 沉积学报, 33(5): 941~950.

王富葆,马春梅,夏训诚,曹琼英,朱青. 2008. 罗布泊地区自然环境演变及其对全球变化的响应. 第四纪研究, (1): 150~153.

夏训诚,王富葆,赵元杰. 2007. 中国罗布泊. 北京: 科学出版社: 267~322.

伊弟利斯,高亨娜·迪班娜·法兰克福,刘国瑞,张玉忠. 1998. 新疆克里雅河流域考古调查概述. 考古, 12: 28~37.

殷志强,秦小光,吴金水,宁波. 2009. 中国北方部分地区黄土、沙漠沙、湖泊、河流细粒沉积物粒度多组分分布特征研究. 沉积学报, 27(2): 343~348.

殷志强,魏刚,秦小光,赵无忌. 2019. 青藏高原东北缘循化—官亭地区 2.6 万年以来气候变化研究. 第四纪研究, 39(5): 1181~1190.

Blaauw M, Christen J. Andrés, Bennett K D, Reimer Paula J. 2018. Double the dates and go for Bayes—Impacts of model choice, dating density and quality on chronologies. Quaternary Science Reviews, 188: 58~66.

Blaauw M, Christen J. Andrés. 2011. Flexible paleoclimate age—depth models using an autoregressive gamma process. Bayesian Analysis, 6(3): 457~474.

Chen Zhong, Ma Haizhou, Cao Guangchao, Zhang Xiyang, Zhou Dujin, Yao Yuan, Tan Hongbing, Gao Zhanghong. 2007&. Climatic—environmental evolution in Gahai Lake area of Qaidam Basin since Late Last Deglacial Period. Geochimica, 36(6): 578~584.

Idris, Gaoheenna·Dibanna·Frankfurt, Liu Guorui, Zhang Yuzhong. 1998#. An overview of archaeological investigations in the Keriya River Basin in Xinjiang. Archaeology, 12: 28~37.

Jia Hongjuan, Wang Jingzhong, Qin Xiaoguang, Chen Lihong. 2017&. Climate and abrupt events recorded in the Lop Nur region from late glacial to the middle Holocene. Quaternary Sciences, 37(3): 510~521.

Li Kangkang, Qin Xiaoguang, Xu Bing, Wu Yong, Mu Guijin, Wei Dong, Tian Xiaohong, Shao Huiqiu, Wang Chunxue, Jia Hongjuan, Song Haoze, Liu Jiaqi, Jiao Yingxin. 2021. New radiocarbon dating and archaeological evidence reveal the westward migration of prehistoric humans in the drylands of the Asian interior. The Holocene, 31(10): 1555~1570.

Liu Dongsheng. 1985#. Loess and Environment. Beijing: Science Press: 191~207.

Liu Jinfeng, Chen Jie, Wang Changsheng. 2011&. Optical dating of the Holocene terrace sediments and the incision rate in the upper reach of the Yarkant river in Xinjiang. Seismology and Geology, 33(2): 421~429.

Lü Houyuan, Xia Xuncheng, Liu Jiaqi, Qin Xiaoguang, Wang Fubao, Yidilisi Abuduresule, Zhou Liping, Mu Guijin, Jiao Yingxin, Li Jingzhi. 2010#. A preliminary study of chronology for a newly-discovered ancient city and five archaeological sites in Lop Nur, China. Chinese Science Bulletin, 55(3): 237~245.

Qin Xiaoguang, Yin Zhiqiang, Wang Meihua, Zhao Wuji, Mu Yan, Zhang Lei. 2017&. Loess records of the Holocene climate change of Gonghe and Guide Basins in the northeastern boundary of the Tibet Plateau. 91(1): 266~286.

- Qiu Zhenwei, Yang Yimin, Shang Xue, Li Wenying, Yidilisi Abuduresule, Hu Xingjun, Yan Pan, David K. Ferguson, Hu Yaowu, Wang Changsui, Jiang Honggen. 2014. Paleo-environment and paleo-diet inferred from Early Bronze Age cow dung at Xiaohe Cemetery, Xinjiang, NW China. *Quaternary International*, 349: 167~177.
- Teng Xiaohua, Zhang Zhigao, Han Wenxia, Fang Yahui, Ye chengcheng. 2015&. Grain-size characteristics and its environmental significance of loess from southern Tarim Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 33(5): 941~950.
- Wang Fubao, Ma Chunmei, Xia xuncheng, Cao Qiongying, Zhu Qing. 2008&. Environmental evolution in Lop Nur since late pleistocene and its response to the global changes. *Quaternary Sciences*, (1): 150~153.
- Xia Xuncheng, Wang Fubao, Zhao Yuanjie. 2007#. Chinese Lop Nur. Beijing: Science Press: 267~322.
- Yin Zhiqiang, Qin Xiaoguang Wu Jinshui, Ning Bo. 2009&. The multimodal grain size distribution characteristics of loess, desert, lake and river sediments in some areas of northern China. *Acta Sedimentologica Sinica*, 27(2): 343~348.
- Yin zhiqiang, Wei Gang, Qin Xiaoguang, Zhao Wuji. 2019&. Study on the loess records of the climate change since 26 ka B. P. from Xunhua to Guanting basin in the northeastern boundary of the Tibetan Plateau. *Quaternary Sciences*, 39(5): 1181~1190.
- Zhang Guilin, Wang Shuzhi, David K. Ferguson, Yang Yimin, Liu Xinyi, Jiang Honggen. 2017. Ancient plant use and palaeoenvironmental analysis at the Gumugou Cemetery, Xinjiang, China: implication from desiccated plant remains. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(2): 145~152.
- Zhang Yifei, Mo Duowen, Hu Ke, Bao Wenbo, Li Wenying, Idilisi Abuduresule, Michael J. Storzum, Tristram R. Kidder. 2017. Holocene environmental changes around Xiaohe Cemetery and its effects on human occupation, Xinjiang, China. *Journal of Geographical Sciences*, 27(6): 752~768.

Discussion on the relationship between the Holocene humid period of southern Xinjiang and Xiaohe civilization in Lop Nur region

YIN Zhiqiang¹⁾, QIN Xiaoguang²⁾, ZHANG Lei³⁾, LI Kangkang²⁾, PENG Chao⁴⁾

1) *China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing, 100081;*

2) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing, 100029;*

3) *Geological Survey Center of the Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi, 830002;*

4) *China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083*

Objectives: Holocene climate change keeps being a concern of the academic circles. Especially, multiple large-scale environmental changes in Lop Nur region have led to the disappearance of ancient civilizations as Xiaohe civilization and Loulan civilization.

Methods: In this paper, Based on the systematic sampling of the loess profile on the left bank of the Akeqi River in the Yeerqiang River basin at the north piedmont of the Kunlun Mountain and then grain size, magnetic susceptibility and chronology testing, this paper reconstructs the paleoclimate environment since 5ka BP, and analyzes the relationship between the paleoclimate environment recorded in the loess deposit at the north piedmont of the Kunlun Mountain and the Xiaohe civilization in the Lop Nur area in the lower reaches of the Tarim River.

Results: The results show that during 4.5~3.58 ka BP, secondary loess accumulates rapidly at the north piedmont of the Kunlun Mountain, the climate is gradually humid, the rainfall and ice—snow melting water increase, and the water source in the upper reaches of the Tarim River is abundant, which provides a large amount of water resources for the lower reaches of Lop Nur area, and lays a solid foundation for the gestation and initial development of the Xiaohe civilization. After 3.58 ka BP, the sediment at the north piedmont of the Kunlun Mountain changed from secondary loess to eolian loess, and the climate began to turn to dry and cold. The decrease of precipitation led to the gradual decrease of available water resources flowing into Lop Nur, and the gradual deterioration of Lop Nur ecological environment, which finally caused the decline and disappearance of Xiaohe civilization.

Conclusions: The emergence of Xiaohe civilization is closely related to the Holocene humid climate in the north piedmont of the Kunlun Mountain region.

Keywords: Holocene humid period; loess deposit; water resource; Xiaohe civilization; north slope of the Kunlun Mountain

Acknowledgements: Supported by the National Key Research and Development Program of China (No. 2018YFC1504704), the National Nature Science Foundation of China (No. 41977258) and the Project of China Geological Survey (No. 121201014000169003)

First author: YIN Zhiqiang, Male, born in 1980, professorate senior engineer, doctor, engaged in environmental evolution of Quaternary;Email: yinzhiqiang@mail. cgs. gov. cn

Manuscript received on: 2021-08-11; Accepted on: 2022-05-17; Network published on: 2022-06-20

Doi: 10. 16509/j. georeview. 2022. 06. 051 **Edited by:** LIU Zhiqiang

