

文章编号: 1000-0550(2006)05-0733-07

疏勒河下游安西古沼泽全新世沉积物粒度特征及其古气候环境意义^①

郑国璋^{1,2,3} 岳乐平^{1,3} 何军锋⁴ 王建新⁴ 张玉玲⁵

(1. 西北大学大陆动力学国家重点实验室 西北大学地质系 西安 710069; 2. 山西师范大学城市与环境科学学院 山西临汾 041004; 3. 中国科学院地球环境科学研究所黄土与第四纪国家重点实验室 西安 710075; 4. 西北大学文博学院考古系 西安 710069; 5. 大庆石油勘探管理局钻井一公司 黑龙江大庆 163712)

摘要 通过对安西古沼泽沉积物沉积特征分析, 粒度特征分析, 孢粉分析并结合年代学资料, 研究了安西古沼泽全新世古沼泽进退演化过程、疏勒河中下游河川径流量的变化及河西走廊西部地区古气候环境变化特征。研究结果表明: 晚更新世末至全新世河西走廊西部地区气候总体趋于暖湿, 但气候冷干—暖湿波动频繁交替。安西古沼泽全新世沉积物 4 个粒度旋回: ① 366~328 cm, 328~294 cm; ② 294~240 cm, 240~206 cm; ③ 206~196 cm, 196~148 cm; ④ 148~54 cm, 54~0 cm 可能代表河西走廊西部地区晚更新世末至全新世以来 4 个气候冷干—暖湿波动周期。

关键词 粒度特征 古气候环境 安西古沼泽 河西走廊西部

第一作者简介 郑国璋 男 1965 年出生 副教授 博士研究生 资源环境与第四纪环境 E-mail: shanxizgz@126.com

中图分类号 P534.63 文献标识码 A

1 引言

沉积物的粒度特征是恢复过去古气候、古环境状况的重要替代指标。黄土的研究表明, 其沉积物粒度值的大小是指示东亚冬、夏季风气候变化的良好代用指标^[1~6]。沉积物的粒度分布是一种重要的结构特征, 它不仅是沉积物类型划分的依据, 而且能够反映沉积环境和物源信息。利用沉积物的粒度特征来识别沉积环境, 解释搬运和沉积作用的动力状况, 已经成为沉积学研究的重要方法之一^[7~10]。中国西部干旱区古湖沼相记录的全新世古环境信息在欧亚大陆中部地区气候环境对全球变化响应研究中具有十分重要的意义^[11~14]。河西走廊地区地处中国西部内陆干旱区, 生态环境脆弱, 对气候和生态环境变化非常敏感, 在过去全球环境变化研究中具有十分重要的地位。目前, 河西走廊东部黑河、石羊河流域全新世古气候环境变化研究成果较多^[15~20], 而河西走廊西部疏勒河流域全新世古气候环境变化研究, 仅限于探讨河西走廊地区汉唐(2000a B. P.)以来人类古文明与生态环境演变关系等方面的论文中谈及^[21~24], 通过

古湖沼记录的全新世古环境信息开展河西走廊西部疏勒河流域全新世古气候环境演变的研究很少。沼泽是流域中水陆相互作用的交错带, 沼泽的正常功能活动不可避免地受沼泽与周边环境系统的相互作用。沼泽一般发育在负地貌部位, 承受和接纳自然环境变化和人类活动的影响, 赋存着环境变化的大量信息。沼泽发育过程中堆积的各类沉积物, 真实地记录下区域环境演变与沼泽发育过程, 必然反映到沉积物的粒度组成上^[25]。本文选择河西走廊西部疏勒河下游安西古沼泽全新世沉积物的粒度特征作为研究对象, 通过古沼泽沉积物岩性变化特征反映的古沼泽进退演化过程, 结合孢粉资料分析结果, 揭示疏勒河中下游河川径流量的变化特征, 探讨西部内陆干旱区河西走廊西部全新世古气候环境变化。

2 材料与方法

2.1 流域概况

疏勒河流域位于甘肃省河西走廊西部(图 1), 东起白杨河, 西至甘新交界, 南抵祁连山的疏勒南山, 北依北山和马鬃山。流域上游为祁连山—阿尔金山, 海

^①中国科学院地球环境科学研究所黄土与第四纪国家重点实验室开放基金项目(批准号: SKLIQG0515); 国家文物局边疆考古专题项目(文物保函: 20031191)共同资助。

收稿日期: 2005-10-08 收修稿日期: 2006-01-16

拔 2 200 ~ 5 200 m, 山势陡峻, 切割强烈, 4 500 m 以上终年积雪, 发育现代冰川, 是流域的水源涵养区和径流的产流区; 流域中下游为走廊平原, 海拔 900 ~ 2000 m, 地势相对平坦。中游东部为赤金盆地, 中部

为玉门—踏实盆地, 西部为阿克塞盆地; 流域下游东部为花海盆地, 中西部为安西—敦煌盆地, 地势低平, 海拔多在 1000 ~ 1300 m。本区属温带大陆性干旱气候, 气候干旱, 降水稀少, 多风沙天气。

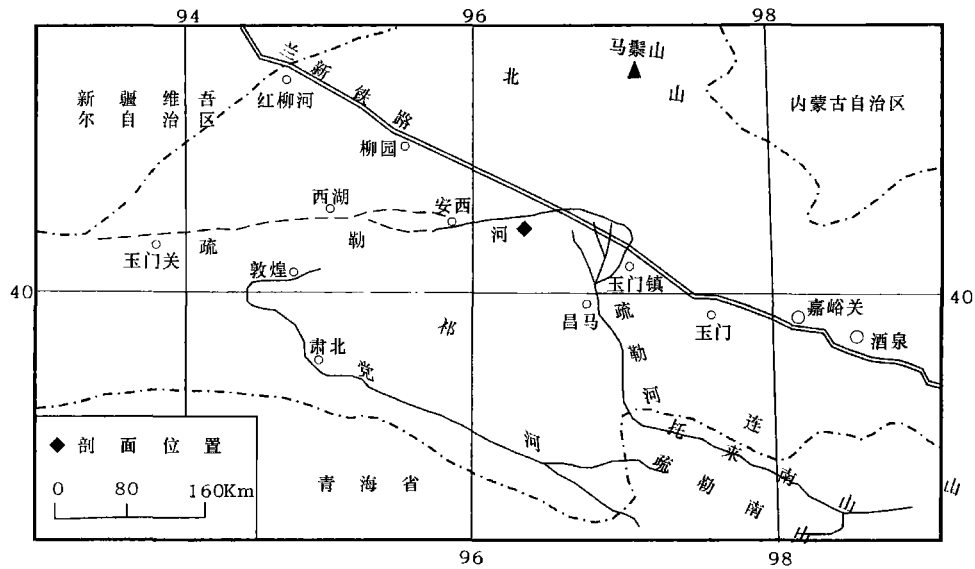


图 1 疏勒河流域及安西古沼泽剖面位置图

Fig 1 The station of Shulehe river valley and paleosol section in Anxi County

2.2 剖面特征

安西古沼泽位于疏勒河下游南岸, 古称冥泽, 是由疏勒河下游河水汇滞而行成的, 曾在疏勒河下游现玉门镇以北至双塔水库一带地区形成水域浩瀚的湖沼。《汉书·地理志》敦煌郡冥安(布隆吉)县记云:“南籍端水(疏勒河)出南羌中, 入其泽”。唐朝疏勒河由泽得名为冥水。明代以后湖沼逐渐萎缩干涸, 史书不见冥泽记录^[23]。现为干涸沼泽地, 地表植被稀疏, 芨芨草、芦苇草、麻黄及枯死草根呈零星团簇状分布。安西古沼泽的北面 and 西北面分布有大面积的戈壁荒滩。

安西古沼泽全新世剖面位于疏勒河下游南岸约 5 km 处的安西县布隆吉乡潘家庄西汉古遗址附近, 为一探槽剖面, 地理坐标为 40°31'49.3"N 和 96°28'44.6"E(图 1), 剖面海拔高度为 1 330 m。剖面总厚 3 66 m。安西古沼泽全新世剖面为内陆干旱区典型的风水两相沉积, 根据其岩性特征可划分为 4 个沉积旋回。

(4) 0 ~ 54 cm, 地表发育风成砂土, 下部为浅黄色砂质粘土层, 以粘粒物质为主, 土质疏松干燥, 含少量腐殖质。地层中含有草本植物及水生植物(芦苇草)根系, 为沼泽相沉积, 并伴有风成沉积。地层下部发

现灰陶器、绳纹瓦残片, 属汉代堆积层。

54 ~ 148 cm, 黄色细沙层, 质地疏松, 沙粒表面纯净, 颗粒均一, 分选好, 磨圆度高, 为风成沙沉积。地层中含少量植物(芦苇草)根系, 下部细沙层夹有断续薄层红褐色淤泥质粘土, 含有大量铁锈色斑点。该沙层为覆盖在前期沼泽沉积之上的风积物, 由于地下水位较高, 沙质地表仍然生长着少量喜水植物。

(3) 148 ~ 196 cm 红褐色淤泥质粘土, 以粘粒物质为主, 土质略坚硬, 含有铁锈色斑点, 局部含有薄层灰黄色细沙, 底部含有 1 ~ 2 cm 的黑色泥炭层, 为典型的沼泽相沉积。

206 ~ 196 cm, 灰黄色细沙层, 质地疏松, 沙粒表面纯净, 颗粒均一, 分选好, 磨圆度高, 为风成沙沉积。中部夹薄层红褐色淤泥质粘土, 厚 10 cm, 含铁锈色斑点。

(2) 206 ~ 240 cm, 红褐色或黄色粘淤泥质粘土, 以粘粒物质为主, 土质略坚硬, 含有铁锈色斑点, 底部有 1 ~ 2 cm 的黑色泥炭层, 为典型的沼泽相沉积。

240 ~ 294 cm, 灰黄色砂质粘土层, 以粘粒物质为主, 质地较为疏松, 含铁锈色斑点, 为沼泽相沉积, 并伴有风成沉积。

(1) 294 ~ 328 cm, 红褐色淤泥质粘土层, 以粘粒

物质为主, 土质略坚硬, 含钙质灰色网状纹理, 为典型的沼泽相沉积。

328~366 cm, 青灰色细沙层, 质地疏松, 沙粒表面纯净, 颗粒均一, 分选好, 磨圆度高, 为风成沙沉积; 偶见铁锈色斑点, 该层湿度较大。

2.3 采样与测试

全剖面每 2 cm 进行粒度连续采样, 共采集 183 个粒度样品; 在剖面红褐色淤泥质粘土层底部的泥炭层采集 ^{14}C 样品 2 个; 在剖面砂质粘土层、细沙层、淤泥质粘土层各特征层采集孢粉样品 10 个。粒度样品的测试分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成, 使用英国 Malvern 公司生产的 Mastersize-2000 型激光粒度仪完成粒度测量, 测量的步骤和方法为:

①取约 0.5~1g 的样品放入 250 mL 的烧杯中, 加入约 10 mL 10% 的 H_2O_2 , 加热使其充分反应, 以除去有机质; ②加入约 10 mL 10% 的 HCl 加热使其充分反应, 以除去碳酸钙; ③将烧杯注满蒸馏水后静置 48 小时, 再抽取蒸馏水, 重复几次直至溶液呈中性为止; ④加入 10 mL 0.05 mol/L 的 $(\text{Na}_2\text{PO}_3)_6$ 进行分散; ⑤在超声量为 12.50 单位的条件下进行测量, 测量范围 0.03~900 μm , 相对误差小于 4%; ^{14}C 样品和孢粉样品的测试分析由中国地震局地震动力学国家重点实验室完成。

3 结果与分析

3.1 粒度测试结果分析

粒度分析结果表明: 安西古沼泽全新世剖面具有细沙层—砂质粘土层—淤泥质粘土层的变化特征。

①细沙层粒度特征: 粒度组成以 $>63 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量为主, 典型细沙层样品粒度组成中 $>63 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量达 61.8%~65.9%, $63\sim1000 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量为 50.8~60.5%, $>1000 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量 3.6%~16%; $<20 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为 21.2%~25.1%, $<2 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为 4.0%~4.8%。表明细沙层为风成沙沉积物。图 2a 为细沙层样品粒度分布曲线。②砂质粘土层粒度特征: 粒度组成以 $<20 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为主, 样品粒度组成中 $<20 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为 42.0%~96.3%, $<2 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为 7.3%~20.9%; $>63 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量为 2.3%~22.1%, $63\sim1000 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量为 1.9%~15.9%, $>1000 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量 0~1.9%。表明砂质粘土层为古沼泽相沉积, 并伴有风成沉积物。图 2b 为砂质粘土层样品粒度分布曲线。③淤泥质粘土

层粒度特征: 粒度组成以 $<20 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为主, 淤泥质粘土层样品粒度组成中 $<20 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量达 79.0%~92.0%, $<2 \mu\text{m}$ 的粘粒级含量为 13.4%~18.9%; $>63 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量仅为 0.4%~5.2%, $>1000 \mu\text{m}$ 的砂粒级含量仅为 0~0.9%。表明淤泥质粘土层为古沼泽相沉积。图 2c 为粘土层样品粒度分布曲线。

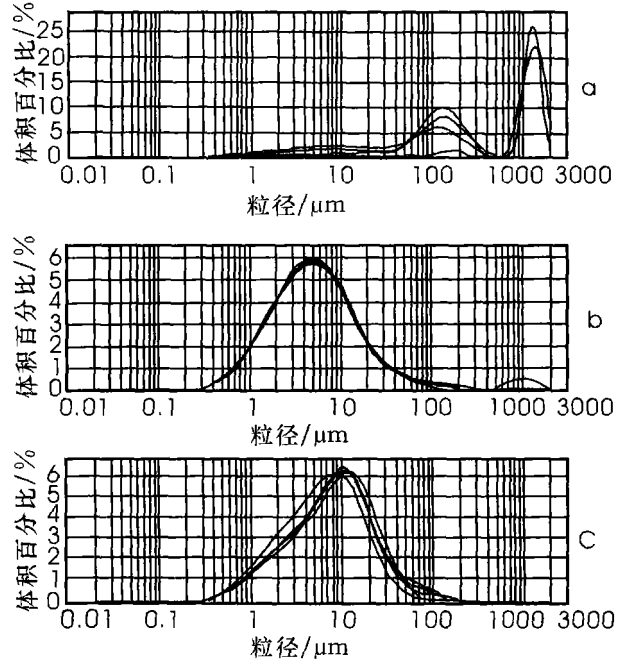


图 2 安西古沼泽沉积物粒度分布曲线图

Fig 2 Grain size distribution frequency curves of palaeoswamp in Anxi County

3.2 孢粉测试结果分析

孢粉分析结果表明, 安西古沼泽全新世剖面总体来说孢粉浓度较低, 每样统计约 100 粒左右。孢粉组合比较单调, 乔木植物是孢粉组合中的主要成分, 占孢粉总数的 50%~80%, 平均值为 66.0%, 其中以针叶林树种松属 (*Pinus*)、冷杉 (*Abies*) 为主, 分别占总数的 48%、9.2%, 阔叶林中以桦属 (*Betula*) 较多, 占总数的 4.5%; 灌木及草本植物花粉较少, 占孢粉总数的 20%~40%, 平均值为 28.3%, 其中以蒿属 (*Artemisia*)、狐尾藻属 (*Myriophyllum*)、禾本科 (*Gramineae*) 较多, 分别占总数的 20.2%、5.6%、3.4%, 另有少量的藜科 (*Chenopodiaceae*)、莎草科 (*Cyperusdulourii*); 蕨类植物孢子较少, 平均占总数的 5.7%, 其中以水龙骨科 (*Polypodium*) 孢子较多, 平均占总数的 2.0%。

安西古沼泽全新世剖面中针叶林孢粉含量高, 与

河西走廊东部石羊河尾间全新世湖泊孢粉组合的研究结果极为相似^[16],朱艳等研究认为河西走廊内干旱地区为河流补给的开放性湖沼,大量具有远距离传播特征的针叶林孢粉主要指示流域上游祁连山区的植被状况,并不能指示当地的植被状况。因而,安西全新世古沼泽剖面中的针叶林树种松属、冷杉孢粉组合主要反映疏勒河流域上游祁连山区的植被状况;旱生植物蒿属、藜科、中生植物禾本科等孢粉组合,主要指示全新世河西走廊西部疏勒河中下游流域区域植被为温带草原或荒漠草原;狐尾藻属、水龙骨科、莎草科等水生植物的孢粉组合,主要指示全新世安西古沼泽的存在及植被状况,如水生植物狐尾藻属孢子体形较大、无气囊、散播能力弱,应主要指示沉积区植被状况。

剖面中各特征层的孢粉组合反应了安西古沼泽全新世不同时期的气候环境特征,如细沙层孢粉组合中针叶林树种松属—冷杉含量高达 54.9%~66.9%,反映了疏勒河上游祁连山区为寒冷期。河西走廊西部区域植被孢粉组合中以旱生植物蒿属、藜科及中生植物禾本科为主,水生植物狐尾藻属、水龙骨科较少。反映其沉积时期河西走廊西部区域植被主要为温带荒漠草原或温带草原,同时表明安西古沼泽可能已萎缩干涸;淤泥质粘土层孢粉组合中针叶林树种松属—冷杉含量较低,为 42.1%~58.0%,反映了疏勒河上游祁连山区为温暖期;河西走廊西部区域植被孢粉组合中既有旱生植物蒿属、藜科及中生植物禾本科,但以水生植物狐尾藻属居多,有的样品狐尾藻属孢粉浓度较高,占 21.6%。反映了沉积时期河西走廊西部区域植被为温带草原,同时表明安西古沼泽处于发育的相对扩张时期;砂质粘土层孢粉组合中针叶林树种松属—冷杉含量高较高,为 57.9%~64.6%,反映了疏勒河上游祁连山区为相对寒冷期。河西走廊西部区域植被孢粉组合中以旱生植物蒿属、藜科、中生植物禾本科为主,但水生植物狐尾藻属、水龙骨科的含量也较多,反映了其沉积时期河西走廊西部区域植被为温带草原或温带荒漠草原,同时表明安西古沼泽处于发育的相对萎缩时期。

4 讨论与结论

¹⁴C样品测年结果表明,安西古沼泽剖面淤泥质粘土底部黑色泥炭层(剖面 196 cm、240 cm 处)年龄分别为 8 030 ± 150 a、9 140 ± 150 a。安西潘家庄西汉古遗址考古学年龄分析表明,剖面 54 cm 处砂质粘

土层年龄约为 2 100 a。因而,安西古沼泽剖面年龄可以确定为晚更新世末至全新世。

通过对 < 20 μm 与 > 63 μm 的粒级组分变化曲线分析(图 3),可以看出:< 20 μm 的粘粒级组分和 > 63 μm 粒级组分变化呈明显的反相关关系。细沙层中 < 20 μm 的粘粒级组分的低含量与 > 63 μm 的砂粒级组分高含量的风成沙沉积,反映了疏勒河中下游水量减少,沼泽干涸,河西走廊西部处于干冷的气候环境,区域风沙活跃;淤泥质粘土层中 < 20 μm 的粘粒级组分的高含量与 > 63 μm 的砂粒级组分低含量的沼泽相沉积,反映了疏勒河中下游水量增加,沼泽发育,河西走廊西部处于温湿的气候环境;砂质粘土层中 < 20 μm 的粘粒级组分的较高含量与 > 63 μm 的砂粒级组分较低含量的沼泽相沉积,反映了疏勒河中下游水量相对减少,沼泽萎缩,风成沙沉积增加,河西走廊西部较为干冷的气候环境。因而,安西古沼泽全新世剖面粒度曲线反应的 4 个粒度旋回:① 366~328 cm, 328~294 cm;② 294~240 cm, 240~206 cm;③ 206~196 cm, 196~148 cm;④ 148~54 cm, 54~0 cm。可能代表河西走廊西部地区晚更新世末至全新世以来 4 个气候冷干—暖湿波动周期。

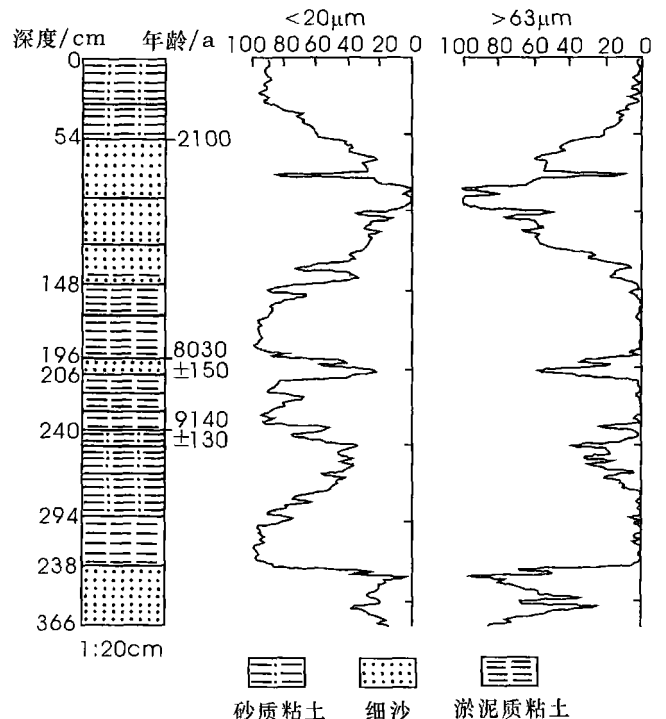


图 3 安西古沼泽剖面地层划分与粒度曲线
Fig 3 Strata and grain size curves at palaeoswamp section in Anxi County

根据疏勒河下游安西古沼泽沉积物粒度特征分析, 结合孢粉分析结果, 参考河西走廊地区全新世古气候环境的前人研究成果^[26~27], 可以初步得出以下结论:

河西走廊西部地区晚更新世末至全新世以来, 气候环境总体趋于温暖湿润, 但气候冷干—暖湿频繁交替。

晚更新世末, 即末次冰期晚期, 气候寒冷干燥, 降水稀少, 河西走廊西部西北高压气流加强, 西北风肆虐, 风暴频起, 疏勒河中下游河川径流量减少, 湖沼干涸, 呈温带荒漠草原景观; 全新世早期, 河西走廊西部气候转暖, 降水和祁连山冰雪融水普遍增加, 疏勒河中下游河川径流量增大, 沼泽广泛发育, 呈温带草原景观。

全新早期至 9140 ± 150a B. P. 河西走廊西部气候相对变冷, 疏勒河下游河川径流量相对减少, 湖沼萎缩, 河西走廊西部呈温带荒漠草原或温带草原景观; 9140 ± 150a B. P. 后河西走廊西部气候转暖, 降水量增加, 疏勒河中下游河川径流量增加, 沼泽发育, 向东扩展到玉门, 向西直达安西、敦煌和罗布泊。安西古沼泽淤泥质粘土层底部形成 1~2 m 的泥炭层, 形成河西走廊西部气候环境最适宜期之一; 但在 8030 ± 150a B. P. 之前, 河西走廊西部气候曾一度由温湿转变为短暂的干冷期, 降水量减少, 疏勒河中下游河川径流量减少, 湖沼一度干涸, 早期湖沼葬身沙海, 呈温带荒漠草原景观。

全新世中期 8030 ± 150a B. P. 以后, 气候由干冷转为温湿, 河西走廊地区降水量增加, 呈温带草原景观, 疏勒河中下游河川径流量增加, 湖沼再度发育。安西古沼泽淤泥质粘土层底部发育 1~2 m 的泥炭层, 形成河西走廊西部气候环境又一最适宜期; 其后气候由温湿期转为干冷期, 河西走廊地区降水量减少, 疏勒河中下游河川径流量减少, 湖沼又一度干涸, 早期湖沼再度葬身沙海, 呈温带荒漠草原景观。

全新世晚期 2100a B. P.(汉唐)以来, 河西走廊西部气候逐渐转暖, 降水量逐渐增加, 疏勒河下游河川径流量增大, 沼泽开始发育, 风沙沉积再次为沼泽相沉积代替。河西走廊西部呈温带草原或温带荒漠草原景观, 疏勒河中下游自然绿洲水草丰盛, 为人类古文明的发展创造了有利的条件。汉唐以后特别是明清以来, 由于绿洲灌溉农业和生活用水量剧增, 致使疏勒河中下游水量减少, 沼泽逐渐萎缩干涸, 土地沙化日益严重, 生态环境趋于恶化^[21~24]。

致谢 西北大学大陆动力学国家重点实验室王建其工程师、地质系博士研究生弓虎军、硕士研究生李建星在粒度样品测试中给予了协助, 西安地质矿产研究所赵政明副研究员在孢粉记录的环境解释中提供了帮助, 在此深表感谢。

参考文献 (References)

- 1 An Zhisheng, Kukla G, Porter S C, *et al*. Late Quaternary dust flow on the Chinese loess plateau. *Catena* 1991 18: 125~132
- 2 Ding Zhongli, Yu Zhiwei, Rutter N W, *et al*. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits. *Quaternary Science Reviews* 1994 13: 39~70
- 3 鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义. *中国科学 (D)*, 1998 28(3): 278~283 [Lu Huayu, An Zhisheng. Paleoclimatic significance of grain size of loess palaeosol deposit in Chinese Loess Plateau. *Science in China (Series D)*, 1998 28(3): 278~283]
- 4 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原红粘土与黄土古土壤粒度特征对比. *沉积学报*, 1999 17(2): 226~232 [Lu Huayu, An Zhisheng. Comparison of grain size distribution of red clay and loess palaeosol deposit in Chinese Loess Plateau. *Acta Sedimentologica Sinica* 1999 17(2): 226~232]
- 5 孙东怀, 鹿化煜, David Rea 等. 中国黄土粒度的双峰分布及其古气候意义. *沉积学报*, 2000 18(3): 327~335 [Sun Donghuai, Lu Huayu, David Rea *et al*. Bimodal grain size distribution of Chinese Loess and its paleoclimatic implication. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000 18(3): 327~335]
- 6 贾耀锋, 庞奖励. 关中盆地东部全新世剖面粒度组成与气候变化研究. *中国沙漠*, 2004 24(3): 153~155 [Jia Yaofeng, Pang Jiangli. Composition characteristics grain size and paleoclimatic research at Liwan section in eastern Guanzhong basin. *Journal of Desert Research* 2004 24(3): 153~155]
- 7 戴雪荣, 李吉均, 俞立中等. 兰州风尘沉积的粒度分布模式及其古气候意义. *沉积学报*, 2000 18(1): 36~42 [Dai Xuerong, Li Jijun, Yu Lizhong *et al*. Model of grain size distribution of the eolian deposits in Lanzhou area and its paleoclimatic significance. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000 18(1): 36~42]
- 8 柏春广, 王建. 一种新的粒度指标: 沉积物粒度分维值及其环境意义. *沉积学报*, 2003 21(2): 234~239 [Bai Chunguang, Wang Jian. A new grain size index: Grain size fractal dimension of sediment and its environmental significance. *Acta Sedimentologica Sinica* 2003 21(2): 234~239]
- 9 曹红霞, 张云翔, 岳乐平等. 毛乌素沙地全新世地层粒度组成特征及古气候意义. *沉积学报*, 2003 21(3): 482~486 [Cao Hongxia, Zhang Yunxiang, Yue Leping *et al*. Characteristics of grain size composition Holocene deposits and its paleoclimatic significance in Mu Us sandy land. *Acta Sedimentologica Sinica* 2003 21(3): 482~486]
- 10 张成君, 曹洁, 类延斌等. 中国新疆博斯腾湖全新世沉积环境年代学特征. *沉积学报*, 2004 22(3): 494~499 [Zhang Chengjun, Cao Jie, Lei Yanbiao *et al*. The chronological characteristics of Boستن Lake Holocene sediment environment in Xinjiang, China. *Acta*

- Sedimentologica Sinica 2004 22(3): 494~499]
- 11 吴敬禄, 王苏民, 王洪道. 新疆爱比湖全新世以来的环境变迁与古气候. 海洋与湖泊, 1996 27(5): 524~530 [Wu Jinglu, Wang Sunmin, Wang Hongdao. Characteristics of the evolution of climate and environment of Holocene in Abi lake basin in Xinjiang. Oceanologia et Limnologia Sinica 1996 27(5): 524~530]
 - 12 孙千里, 周杰, 肖举乐. 岱海沉积物粒度特征及其古环境意义. 海洋与第四纪地质, 2001 21(1): 93~95 [Sun Qianli, Zhou Jie, Xiao Julu. Grain size characteristics of lake Daihai sediments and its paleoenvironment significance. Marine Geology & Quaternary Geology 2001, 21(1): 93~95]
 - 13 岳乐平, 杨利荣, 李智佩, 等. 阿拉善高原干涸湖床沉积与华北地区沙尘暴. 第四纪研究, 2004 24(3): 311~317 [Yue Leping, Li Zhipei, Yang Lirong et al. Lacustrine deposit in the Alxa plateau and the sand dust storm in northern China. Quaternary Sciences 2004 24(3): 311~317]
 - 14 岳乐平, 杨利荣, 李智佩, 等. 西北地区干枯湖床沉积粒度组成与东亚沙尘天气. 沉积学报, 2004 22(2): 325~331 [Yue Leping, Li Zhipei, Yang Lirong et al. Grain size distribution of the sediments of dry lake bed in northwest of China and sand dust weather in east Asia. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22(2): 325~331]
 - 15 陈发虎, 朱艳, 李吉均, 等. 民勤盆地湖泊沉积记录的全新世千百年尺度夏季风变化. 科学通报, 2001 46(17): 1414~1419 [Chen Fahu, Zhu Yan, Li Jijun et al. The lake sediments in Minqin basin recorded the change of summer monsoon of millennium-hundred scale during Holocene. Chinese Science Bulletin 2001 46(17): 1414~1419]
 - 16 朱艳, 陈发虎, Madsen B D. 石羊河流域早全新世湖泊孢粉记录及其环境意义. 科学通报, 2001 46(19): 1596~1602 [Zhu Yan, Chen Fahu, Madsen B D. The spore-pollen recorded and its environment significance in Shiyanghe valley during the early of Holocene. Chinese Science Bulletin 2001 46(19): 1596~1602]
 - 17 王乃昂, 李吉均, 穆得芬, 等. 河西走廊东段湖泊旋回及其古气候意义. 湖泊科学, 1999 11(3): 225~230 [Wang Naiang, Li Jijun, Mu Defen et al. Lake cycle and Palaeoclimatic significance in eastern Hexi Corridor. Journal of Lake Science 1999 11(3): 225~230]
 - 18 赵强, 王乃昂, 程弘毅, 等. 青土湖沉积物粒度特征及其古环境意义. 干旱区地理, 2003 26(1): 1~5 [Zhao Qiang, Wang Naiang, Cheng Hongyi et al. Grain-size characteristics of Qingtu lake sediments and its paleoenvironment explanation. Arid Land Geography 2003 26(1): 1~5]
 - 19 齐乌云, 远藤邦彦, 穆桂金, 等. 黑河尾间湖泊附近表层样品的孢粉分析及其环境指示意义. 水土保持研究, 2003 10(14): 58~101 [Qiwuyun, Kunihiko Endo, Mu Jingui et al. Spore-pollen analysis of samples soil in vicinity of lakes at the end of Heihe river and their environment indication. Research of Soil and Water Conservation 2003 10(14): 58~101]
 - 20 胡刚, 王乃昂, 罗建育, 等. 花海湖泊古风成砂的粒度特征及其环境意义. 沉积学报, 2001 19(4): 642~647 [Hu Gang, Wang Naiang, Luo Jianyu et al. The grain size characteristics of eolian sand and its environmental significance. Acta Sedimentologica Sinica 2001, 19(4): 642~647]
 - 21 王乃昂, 赵强, 胡刚, 等. 近2ka河西走廊及毗邻地区沙漠化的过程及原因. 海南师范学院学报(自然科学版), 2002 15(3/4): 16~21 [Wang Naiang, Zhao Qiang, Hu Gang et al. Climatic and human factor for the desertification process in Hexi Corridor. China in the recent 2000 years. Journal of Normal University (Natural Science), 2002 15(3/4): 16~21]
 - 22 李并成. 河西走廊汉唐古绿洲沙漠化的调查研究. 地理学报, 1998 53(2): 106~114 [Li Bingcheng. An investigation and study on the desertification of the ancient in the Hexi Corridor. Acta Geographica Sinica 1998 53(2): 106~114]
 - 23 吴晓军. 河西走廊内陆河流域生态环境的历史变迁. 兰州大学学报(社会科学版), 2000 28(4): 46~49 [Wu Xiaojun. Historical variance of the ecological environment in the inland river area along the Hexi Corridor. Journal of University (Social Science), 2000 28(4): 46~49]
 - 24 杨根生, 曲耀光, 董光荣, 等. 疏勒河下游生态保护研究. 中国沙漠, 2005 25(4): 472~482 [Yang Gensheng, Qu Yaoguang, Dong Guangrong et al. Study on ecology protection in lower reaches area of Shulehe river. Journal of Desert Research 2005 25(4): 472~482]
 - 25 王国平, 刘景双, 汤洁. 半干旱区沼泽沉积物粒度特征及环境意义. 干旱区研究, 2003 20(3): 211~216 [Wang Guoping, Liu Jingshuang, Tang Jie. Characteristics and environmental significance of the granularity of swampy sediment in semiarid Areas. Arid Zone Research 2003 20(3): 211~216]
 - 26 曹兴山. 甘肃第四纪气候期划分. 干旱区研究, 1996 13(3): 28~40 [Cao Xingshan. The division of Quaternary climate in Gansu province. Arid Zone Research 1996 13(3): 28~40]
 - 27 曹兴山. 河西走廊地质记录中的新仙女木事件及其前后古地理环境演变. 甘肃地质学报, 2002 11(1): 8~23 [Cao Xingshan, He Minglin, Cao Bingyuan. Geohistorical event and palaeogeographic environment evolution in Hexi Corridor. Acta Geologica Gansu 2002 11(1): 8~23]

Grain size Characteristics of the Sediments at Palaeoswamp in Anxi County in Downstream of Shulehe River during Holocene and Its Paleoclimatic Significance

ZHENG Guo zhang^{1 2 3} YUE Le ping^{1 3} HE Jun feng⁴ WANG Jian xian⁴ ZHANG Yu ling⁵

(1. State Key Laboratory of Continental Dynamics Department of Geology Northwest University Xi'an 710069

2. College of Urban and Environment Science Shanxi Normal University Linfen Shanxi 041004

3. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology Institute of Earth Environment Chinese Academy of Sciences Xi'an 710075

4. Department of Archaeology College of History and Cultural Heritage Protection Northwest University Xi'an 710069

5. The First Drilling Company of Daqing Petroleum Research Administration Daqing Heilongjiang 163712)

Abstract By analyzing the characteristics of the sediments its grain size characteristics, data of spore pollen and chronology at palaeoswamp in Anxi County, the authors have researched the process of advancing and retreating evolution of palaeoswamp in Anxi County, the change of stream flow in mid-downstream of Shulehe river, and the characteristics of palaeoclimatic changes in western Hexi Corridor during Holocene. The results indicate that the climate changes tend to be warm and humid as a whole in the western Hexi Corridor from the end of late Pleistocene to Holocene, whereas its changes of cold-arid and warm-moist alternate frequently. The 4 grain size cycle of the sediments at palaeoswamp in Anxi County during Holocene: ① 366~328 cm, 328~294 cm; ② 294~240 cm, 240~206 cm; ③ 206~196 cm, 196~148 cm; ④ 148~54 cm, 54~0 cm, can represent 4 cycle of cold-arid and warm-moist in western Hexi Corridor from the end of late Pleistocene to Holocene.

Key words grain size characteristics, palaeoclimatopæ, palaeoswamp in Anxi County, western Hexi Corridor