

文章编号: 1006-6616 (2011) 01-0103-08

# 内蒙古辉腾锡勒全新世中晚期环境 变迁的孢粉记录

赵志丽, 王永, 迟振卿, 关友义, 姚培毅

(中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037)

**摘要:**通过对内蒙古中部辉腾锡勒湖泊沉积特征及孢粉组合特征的综合分析,重建了该地区全新世中晚期以来气候环境变化过程。研究表明,该地区 5390 a 以来气候总体上由温湿转变为冷干,具体可以分为 5 个阶段: 5390 ~ 3970 a, 以温暖偏湿气候为主; 3970 ~ 3300 a, 气候仍为温和偏湿; 3300 ~ 2380 a, A/C 比值明显降低,标志着全新世大暖期结束,凉偏干气候显著; 2380 ~ 1160 a, 气候转为凉湿,为大暖期结束后一个特殊湿润时期; 1160 a 以来气候向温凉偏干转变。

**关键词:**孢粉组合; 环境变迁; 全新世; 沉积环境

中图分类号: Q913.84

文献标识码: A

## 0 引言

内蒙古中部地区地处东亚季风尾闾区,是中国北方干旱区与半干旱一半湿润区的过渡地带,对气候变化响应敏感<sup>[1]</sup>。该区发育了许多湖泊,是研究内蒙古中部环境演化的天然野外实验室。湖泊花粉是研究区域气候和环境变化理想的代用指标之一<sup>[2]</sup>,利用该指标反演气候、环境变化的研究成果颇多<sup>[3-5]</sup>。本文对乌兰察布市察右中旗辉腾锡勒的浅井剖面进行了孢粉分析,获得了比较丰富的孢粉。利用较高分辨率孢粉记录重建内蒙古中部辉腾锡勒湖地区 5390 a 以来的植被和气候变化历史,为认识内蒙古中部地区全新世中晚期气候变化和时空分布规律提供重要的基础资料。

## 1 区域自然环境概况

辉腾锡勒蒙古语意为“寒冷的高原”,该区位于内蒙古中部乌兰察布盟察右中旗和卓资县交界处。地理坐标为东经 112°33′ ~ 112°42′,北纬 41°05′ ~ 41°12′,是阴山山脉大青山的东部延伸,山体在这里被熔岩台地所覆盖,地势平坦,海拔约 2000 m。由于受西伯利亚和蒙古高原冷空气的影响,年均温 -1.3℃,年降水量 385 mm,有“小青藏高原”之称。由于地势高而平坦,且降水量大,蒸发量小,辉腾锡勒玄武岩台地上发育了众多封闭的小型湖

收稿日期: 2010-12-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40302027, 40572100), 地质所基本科研业务项目 (J0718) 和中国地质调查局国土资源大调查项目 (1212010610703, 1212010911027) 资助。

作者简介: 赵志丽 (1984-), 女, 在读硕士研究生, 从事古环境方向的研究。E-mail: zzllcj@163.com。

泊<sup>[6-7]</sup>。

## 2 剖面及研究方法

本文对众多封闭的小型湖泊中一个已干涸湖泊进行浅井揭露,浅井剖面深度 190 cm,岩性可以分为三段:表层(0~12 cm)为灰黑色富含腐殖质的黏土层,中上部(12~105 cm)为灰色黏土质粉砂,下部(105~190 cm)为灰黑色黏土夹灰色粉砂质黏土。对其中 50 cm 和 160

cm 处有机质含量高的层位进行 AMS <sup>14</sup>C 测年(由北京大学加速器质谱实验室测定),获得年龄分别为 2910 ± 35 a BP 和 4860 ± 40 a BP(见表 1),按内插和外延推算出各界线的年代,其中剖面底部(190 cm 处)约为 5390 a BP。

表 1 内蒙古辉腾锡勒剖面 AMS <sup>14</sup>C 测年  
Table 1 Radiocarbon dates of Huitengxile profile, Inner Mongolia

样号	沉积层深度/cm	<sup>14</sup> C 年龄/(a BP)
HTL50	50	2910 ± 35
HTL160	160	4860 ± 40

## 3 孢粉组合分析

对 190 cm 剖面以 2~5 cm 间距共采集孢粉样品 44 个,所有样品中均含有很丰富的孢粉,孢粉浓度一般大于 80000 粒/g,最高可达 600000 粒/g。平均每样统计 414 粒,最多为 576 粒,表层样品浓度较低,统计 185 粒。

### 3.1 孢粉的组合特征

辉腾锡勒湖浅井剖面共分析出孢粉化石 18218 粒,分属于 53 个科属。孢粉组合中草本植物花粉含量远高于乔木植物花粉,其平均含量分别为 68.3% 及 26.8%;灌木植物花粉及蕨类植物孢子很少,平均含量分别为 3.3%, 0.3%;见少量水生植物花粉(平均含量 1.2%)。乔木植物花粉以松(*Pinus*)及落叶栎(*Quercus*)占优势,其次还有桦木(*Betula*)、胡桃(*Juglans*)、榆(*Ulmus*)、云杉(*Picea*)等。灌木植物花粉主要有榛(*Corylus*)、麻黄(*Ephedra*)、白刺(*Nitraria*)等。草本植物花粉丰富,主要有藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿(*Artemisia*)、禾本科(*Gramineae*)、菊科(*Compositae*)、蓼科(*Polygonaceae*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)、蚤缀(*Arenaria*)及莎草科(*Cyperaceae*)等。水生草本植物主要为莎草科(*Cyperaceae*)、狐尾藻(*Myriophyllum*)、盘星藻(*Pediastrum*)及香蒲(*Typha*)等成分,蕨类植物孢子主要为卷柏(*Sellaginella*)及真蕨纲(*Filicales*)等。

依据花粉含量的波动,整个剖面可分 5 个孢粉带:上部(0~42 cm)以藜科、莎草科、毛茛科含量高为特征;下部(42~190 cm)以桦木、落叶栎、榛及麻黄花粉为主。根据麻黄、禾本科等含量变化可分出若干孢粉带(见图 1)。

孢粉带 I: 5.39~3.97 ka BP, 190~110 cm。本阶段各样品的孢粉浓度很高,主要成分以草本为主,可达 67.2%,乔木 26.3%,灌木 4.5%。其中松 14.1%,桦 5.8%,鹅耳枥 1.9%,落叶栎 3.4%,水生草本 1.9%,少量榆、胡桃。榛 3.1%,麻黄 1.1%,少量藜科。蒿 53.4%,藜科 5.1%,禾本 2.5%,毛茛 2.2%,少量菊科、紫菀、唐松草、蓼科等。狐尾藻 1.9%,盘星藻 3.1%。

孢粉带 II: 3.97~3.30 ka, 110~72 cm。本阶段乔木 26.2%,灌木 3.8%,草本 68.4%,水生草本 1.4%,松 13.3%,桦 5.8%,鹅耳枥 3.4%,落叶栎 2.9%,少量榆、胡

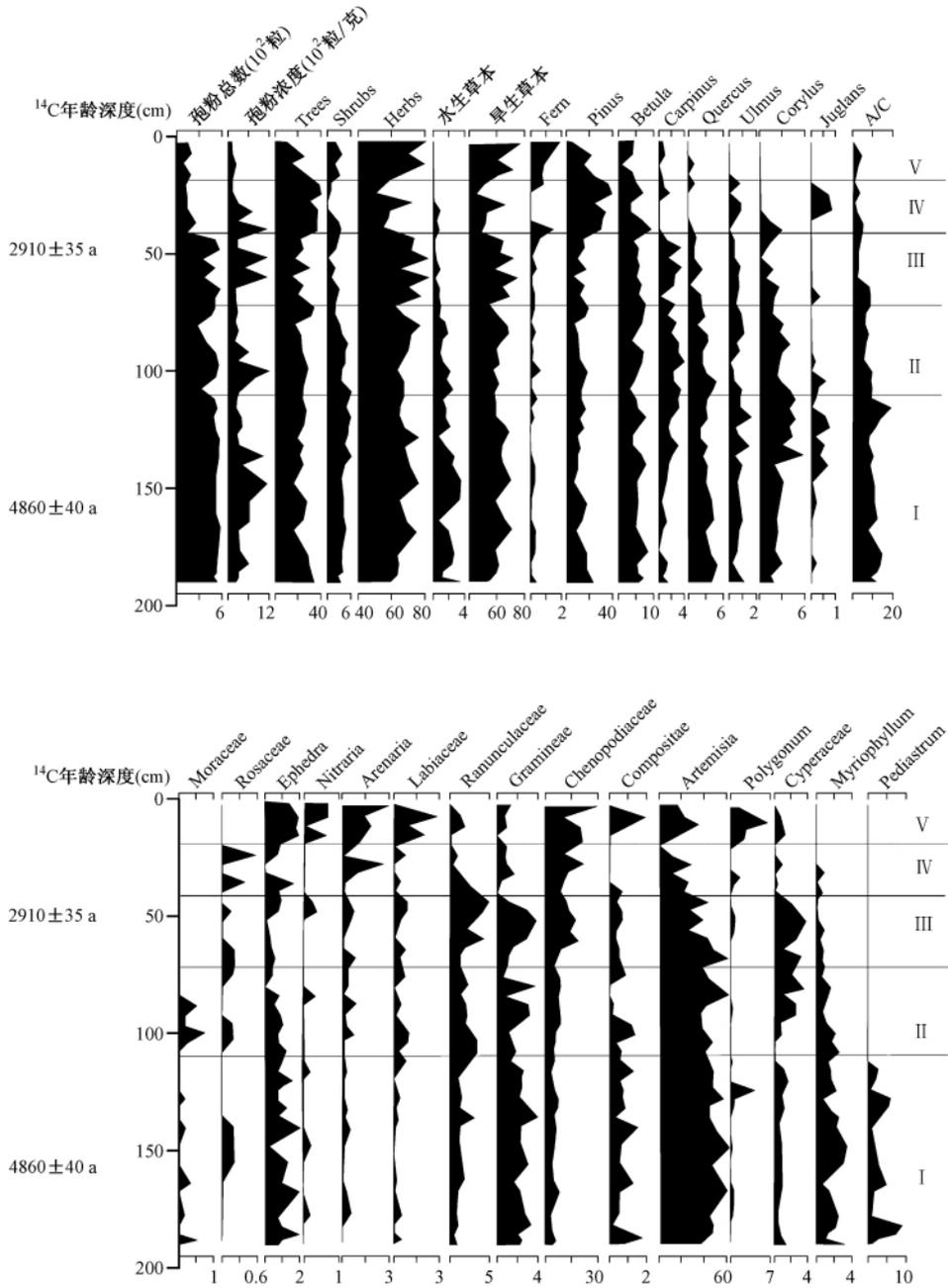


图 1 辉腾锡勒剖面孢粉组合特征

Fig. 1 Percentage diagram of Sporopollen in Huitengxile lake

桃。榛 2.7%，少量桑科、麻黄。蒿 51.2%，藜科 7.0%，禾本 1.8%，毛茛科 3.2%，唐松草 1.1%，少量菊科、紫萼、蓼科、莎草科等。狐尾藻 1.3%，盘星藻很少。

孢粉带 III：3.30 ~ 2.38 ka，72 ~ 42 cm。孢粉浓度及孢粉数均有所升高，但主要是旱生草本浓度的增加。特别是藜和禾本科含量增加，而蒿含量减少，毛茛科含量也有一定的增加。乔木 22.4%，灌木 1.8%，草本 75.1%，水生草本 0.5%，松 12.4%，桦 5.4%，鹅耳

枥 2.6% , 落叶栎 1.3% , 少量榆、胡桃。榛 1.3% , 少量麻黄、白刺。蒿 49.8% , 藜科 13.0% , 禾本 2.4% , 毛茛科 3.9% , 唐松草 1.0% , 莎草科 2.7% , 少量唇形科、菊科、紫菀、蓼科、大戟科等。仅见少量狐尾藻、真蕨纲。

孢粉带Ⅳ: 2.38 ~ 1.16 ka , 42 ~ 19 cm。本阶段孢粉浓度略有下降, 孢粉总数显著降低, 主要是草本浓度的降低, 蒿的含量仍有下降趋势, 藜科也降低。松有明显的升高, 桦、榆、胡桃也相对增加。乔木 39.4% , 灌木 1.3% , 草本 58.5% , 水生草本 0.3% , 松 31.7% , 桦 5.9% , 鹅耳枥 0.5% , 落叶栎 0.3% , 少量榆、胡桃、榛, 少量麻黄。蒿 36.9% , 藜科 14.2% , 禾本 0.8% , 毛茛科 1.6% , 唐松草 0.3% , 少量唇形科、菊科、紫菀、蓼科、蚤缀、莎草科等。见少量狐尾藻。

孢粉带Ⅴ: 1.16 ka 以来, 19 ~ 0 cm。该阶段木本急剧降低, 乔木 19.9% , 灌木 2.7% , 草本显著升高至 76.2%。松 15.6% , 桦 3.1% , 鹅耳枥 0.6% , 落叶栎 0.2%。蒿 40.8% , 藜科 21.7% , 禾本 0.7% , 毛茛科 1.5% , 唐松草 0.3% , 蓼科 3.4% , 蚤缀 1.9%、唇形科 1.5% , 少量百合科、菊科、莎草科等。

### 3.2 气候与湖面水位变化

由于辉腾锡勒湖位于玄武岩台地上, 属于封闭湖泊, 因此该地区降水量渗透到地下的量很少, 湖泊水位的变化可以直接反映区域内的降水与蒸发量。该湖浅井剖面 5 个孢粉组合带揭示了辉腾锡勒地区气候变化的 5 个主要时期。

5390 ~ 3970 a BP: 该带孢粉总数较高, 孢粉种属也比较多, A/C 比值平均为 10.5, 水生藻类盘星藻的含量高达 3.1% , 说明此期气候相对湿润。沉积物岩性为灰色、深灰色粉砂质黏土, 指示了浅湖相特征。

3970 ~ 3300 a BP: 本阶段统计的各样品的孢粉总数仍然较高, 孢粉浓度比前带稍有降低, 岩性特征与第一阶段相同, 仍然指示浅湖相特征。A/C 比值有所降低, 平均仍为 7.3。喜暖湿且属低代表性的鹅耳枥<sup>[8]</sup>在本阶段含量达到整个剖面峰值 (3.4%) , 说明此期气候虽稍有变化, 湖面有所下降, 形成比第一阶段更浅的湖泊, 但仍属于相对暖湿的气候环境。

3300 ~ 2380 a BP: A/C 比值明显减小, 但平均仍可达到 3.8, 属低代表性的莎草科在干旱地区多出现在河滩地及湖盆周围的沼泽草甸<sup>[9]</sup>, 本阶段莎草科含量高达 2.7% , 说明湖泊变浅, 指示该阶段气候明显开始变干。乔木花粉含量稍微降低, 阔叶乔木 (桦、鹅耳枥、落叶栎) 的含量维持着上一阶段的水平, 说明气候较上一阶段变凉。

2380 ~ 1160 a BP: 本阶段松的含量明显增加, 阔叶乔木 (桦、榆、胡桃) 的含量也相对增加, 沉积物岩性较均一, 为灰色黏土质粉砂, 沉积物颗粒较细, 为典型的湖相沉积, 表明湖泊维持较高湖面。A/C 比值为 2.6, 说明该地区在 2380 a (42 cm) 前后环境有较大的变化, 湖泊短期扩张, 气候较凉。此阶段气候比前阶段有明显改善, 环境湿润, 植被为茂盛的典型草原。

1160 a BP 以来: 孢粉浓度和乔木含量明显降低, 草本含量明显增加, 虽然 A/C 比值平均可达 2.4, 但耐旱的白刺及麻黄均达到整个剖面的最高, 表明气候相对恶化, 向温凉偏干转变。

## 4 小结与讨论

从整个剖面草本植物种属的变化来看, 从 5390 a BP 至今, 蒿属和中生草本植物含量总

体呈下降趋势, 而藜科、麻黄等旱生草本植物含量总体呈上升趋势, 反映了干燥程度的变化规律总体为早期温湿, 晚期冷干。

5390 ~ 3300 a BP 总体上为一温暖湿润时期, 恰好对应着全新世大暖期的中晚阶段。同样是在辉腾锡勒玄武岩台上的调角海子在 4650 ~ 3800 a BP 许多孢粉类型达到第二峰值, 成为仅次于全新世气候最适宜鼎盛期的植被繁盛期<sup>[10-11]</sup>; 黄旗海在 6800 ~ 3000 a BP 这一时期介形类化石丰度急剧下降, 并伴随着介壳  $\delta^{18}\text{O}$  的下降, 反映了湖区降水量和有效湿度的明显升高<sup>[12]</sup>; 岱海在 6.7 ~ 3.5 ka BP 期间各种指标均指示了流域植被丰富、湖泊生产力繁盛的环境状况, 应是岱海地区全新世气候的适宜期<sup>[13]</sup>。

3300 ~ 2380 a BP 在中国许多地方表现为冷干气候<sup>[14]</sup>, 该湖区的孢粉分析结果也显示此阶段气候相对于上一阶段转为凉干。内蒙古辉腾锡勒地区孢粉比值 A/C 的明显降低发生在 3300 a BP 前后, 以后再也未恢复到 3300 a BP 以前的水平, 标志着该区全新世大暖期的结束。调角海子剖面第三期小型埋藏古冰楔就形成于 3300 ~ 3100 a BP<sup>[15]</sup>; 杨志荣对调角海子全新世低温波动进行研究后发现: 3100 ~ 2400 a BP 为全新世一个较强的气候冷干波动时期<sup>[11]</sup>; 非洲大陆地区湖泊水位的阶段性变化特点也表明距今 3000 ~ 4000 a 前多数湖泊为中水位或低水位, 而目前的湖泊主要为低水位<sup>[16]</sup>; 在青藏高原北部, A/C 值在 3.0 ~ 4.3 ka BP 之后开始降低, 可能反映了全新世大暖期在高原北部的同时期结束, 环境向干旱转变<sup>[17]</sup>。

在整体趋向干旱化的进程中, 2380 ~ 1160 a BP 为一相对湿润期。据史培军<sup>[18]</sup>研究, 鄂尔多斯地区 2500 ~ 1500 a BP 发育了一期古土壤层, 证明此时期确实存在湿润气候; 蒙古国中部 Ugii Nuur 湖高分辨率的孢粉记录也指示 2340 ~ 1600 a BP 气候较凉湿<sup>[19]</sup>; 蒙古国中北部 Telmen 湖的阶地、硅藻、纹泥、孢粉等资料表明 2710 ~ 1260 a BP 有效湿度增加<sup>[20]</sup>; 与辉腾锡勒湖相邻的岱海在 1700 ~ 1350 a BP 气温有所回升, 降水也有所增加, 森林植被得到一定恢复<sup>[21]</sup>。

1160 a BP 以后气候向着温凉偏干转变。好鲁库 1200 a BP 以来, 烧失量和有机碳的低值也表明此时期为干旱或冷干的环境<sup>[22]</sup>; 内蒙古察素齐在 1350 ~ 0 a BP 时期植被为典型草原景观, 气候温和半干旱<sup>[23-24]</sup>。

总的来说, 辉腾锡勒湖孢粉分析得出的环境变迁在大的时间尺度上与区域其他湖泊的记录大体一致, 即中全新世为暖湿时期, 晚全新世为凉干或冷干时期, 而大时间尺度中包含的个别冷波动事件可能是受小环境具体气候因素的影响比较大。

致谢: 孢粉鉴定由童国榜老师完成, 在此表示衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 王燕, 叶青培, 乔彦松. 内蒙古正蓝旗地区全新世古环境变迁的孢粉记录 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (3): 324 ~ 328.  
WANG Yan, YE Qing-pei, QIAO Yan-song. Palynological record of the Holocene environmental changes in Zhenglanqi, Inner Mongolia [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (3): 324 ~ 328.
- [2] 田芳, 许清海, 李月丛, 等. 中国北方季风尾闾区不同类型湖泊表层沉积物花粉组合特征 [J]. 科学通报, 2009, 54 (4): 479 ~ 487.  
TIAN Fang, XU Qing-hai, LI Yue-cong, et al. Pollen assemblage characteristics of lakes in the monsoon fringe area of

- China [J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 54 (4): 479 ~ 487.
- [ 3 ] 韩建恩, 余佳, 孟庆伟, 等. 西藏阿里札达盆地香孜剖面孢粉分析 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (4): 320 ~ 327.
- HAN Jian-en, YU Jia, MENG Qing-wei, et al. Palynological records in the Qangzê section of the Zanda Basin, Ngari, Tibet [J]. Journal of Geomechanics, 2005, 11 (4): 320 ~ 327.
- [ 4 ] 施炜, 马寅生, 吴满路, 等. 共和盆地剖面第四纪孢粉组合特征及环境演化 [J]. 地质力学学报, 2004, 10 (4): 310 ~ 318.
- SHI Wei, MA Yin-sheng, WU Man-lu, et al. Quaternary sporopollen assemblages and environmental evolution of the Gonghe Basin on the northeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10 (4): 310 ~ 318.
- [ 5 ] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 西藏纳木错扎弄淌剖面 10000 年以来的沉积间断和环境变化记录 [J]. 地质力学学报, 2003, 9 (4): 355 ~ 362.
- ZHU Da-gang, ZHAO Xi-tao, MENG Xian-gang, et al. Records of depositional breaks and environmental change at the Zanongtang section of NamCo, Tibet since 10 ka BP [J]. Journal of Geomechanics, 2003, 9 (4): 355 ~ 362.
- [ 6 ] 邢莲莲, 杨贵生. 内蒙古辉腾锡勒地区鸟类研究 [J]. 内蒙古大学学报 (自然科学版), 2003, 34 (6): 663 ~ 667.
- XING Lian-lian, YANG Gui-sheng. Studies of the birds in Huitengxile district, NeiMongol [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol, 2003 34 (6): 663 ~ 667.
- [ 7 ] 马保连, 燕红, 朱宗元, 等. 内蒙古辉腾锡勒自然保护区植物资源 [J]. 内蒙古环境保护, 2006, 18 (2): 52 ~ 54.
- MA Bao-lian, YAN Hong, ZHU Zong-yuan, et al. The plant resources of Huitengxile Nature Reserve of Inner Mongolia [J]. Inner Mongolia Environmental Protection, 2006, 18 (2): 52 ~ 54.
- [ 8 ] 李月丛, 许清海, 肖举乐, 等. 中国北方森林植被主要表土花粉类型对植被的指示性 [J]. 第四纪研究, 2005, 25 (5): 598 ~ 698.
- LI Yue-cong, XU Qing-hai, XIAO Ju-le, et al. Indication of some major pollen taxa in surface samples to their parent plants of forest in northern China [J]. Quaternary Sciences, 2005, 25 (5): 598 ~ 698.
- [ 9 ] 程波. 青藏高原共和盆地末次冰消期以来的植被和环境变化研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2006: 83.
- CHENG Bo. Late glacial and Holocene palaeovegetation and palaeoenvironment changes in the Gonghe Basin, Tibet Plateau [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2006: 83.
- [ 10 ] 杨志荣. 内蒙古中西部地区全新世大暖期气候与环境初步研究 [J]. 地理科学, 1998, 18 (5): 479 ~ 485.
- YANG Zhi-rong. The Preliminary study on the climate and environment during the megathermal of the Holocene in middle-west Inner Mongolia [J]. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18 (5): 479 ~ 485.
- [ 11 ] 杨志荣. 大青山调角海子地区全新世低温波动研究 [J]. 地理研究, 1998, 17 (2): 138 ~ 144.
- YANG Zhi-rong. A Study on the low temperature fluctuations since the Holocene in Diaojiaohaizi Lake area, Daqingshan Mountains, Inner Mongolia [J]. Geographical Research, 1998, 17 (2): 138 ~ 144.
- [ 12 ] 李军, 于俊清. 黄旗海介形类及其壳体稳定同位素环境记录 [J]. 盐湖研究, 2002, 10 (4): 13 ~ 18.
- LI Jun, YU Jun-qing. Lake Huangqihai, Inner Mongolia: A palaeoenvironmental record deduced from ostracoda and stable isotope composition of ostracode shells [J]. Journal of Salt lake Research, 2002, 10 (4): 13 ~ 18.
- [ 13 ] 孙千里, 周杰, 沈吉, 等. 北方环境敏感带岱海湖泊沉积所记录的全新世中期环境特征 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2006, 36 (9): 838 ~ 849.
- SUN Qian-li, ZHOU Jie, SHEN Ji, et al. The environmental characteristics recorded by lacustrine sediments for Daihai since mid Holocene, in northern environmental sensitive belt [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2006, 36 (9): 838 ~ 849.
- [ 14 ] 李华章, 刘清泗, 汪家兴. 内蒙古高原黄旗海、岱海全新世湖泊演变研究 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (1): 31 ~ 39.
- LI Hua-zhang, LIU Qing-si, WANG Jia-xing. Study of evolution of Huangqihai and Daihai lakes in Holocene in Inner Mongolia Plateau [J]. Journal of Lake Sciences, 1992, 4 (1): 31 ~ 39.

- [15] 张兰生, 方修琦, 任国玉. 我国北方农牧交错带的环境演变 [J]. 地学前缘, 1997, 4 (1-2): 127 ~ 134.  
ZHANG Lan-sheng, FANG Xiu-qi, REN Guo-yu. Environmental changes in the North China farming-grazing transitional zone [J]. Earth Science Frontiers, 1997, 4 (1-2): 127 ~ 134.
- [16] 刘清泗. 中国北方农牧交错带全新世环境演变与全球变化 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1994, 30 (4): 31 ~ 39.  
LIU Qing-si. Holocene environmental evolution in the transitional agriculture-animal husbandry zone of North China and global change [J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science Edition, 1994, 30 (4): 31 ~ 39.
- [17] 赵振明, 刘爱民, 彭伟, 等. 青藏高原北部孢粉记录的全新世以来环境变化 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (3): 381 ~ 391.  
ZHAO Zhen-ming, LIU Ai-min, PENG Wei, et al. Holocene environmental changes of northern Qinghai-Tibetan Plateau based on spore-pollen analysis [J]. Arid Land Geography, 2007, 30 (3): 381 ~ 391.
- [18] 史培军. 地理环境演变研究的理论与实践——鄂尔多斯地区晚第四纪以来古地理环境演变研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 137 ~ 142.  
SHI Pei-jun. Theory and practice of research into geography environment changes: Research into geographical environment change during Late Quaternary period in the Ordos region of North China [M]. Beijing: Science Press, 1991: 137 ~ 142.
- [19] 王维, 马玉贞, 冯兆东, 等. 蒙古国中部 Ugi Nuur 湖 8660 a BP 以来高分辨率孢粉记录及气候变化 [J]. 科学通报, 2009, 54 (4): 469 ~ 478.  
WANG Wei, MA Yu-zhen, FENG Zhao-dong, et al. Vegetation and climate changes during the last 8660 a BP in central Mongolia, based on a high-resolution pollen record from Lake Ugi Nuur [J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 54 (4): 469 ~ 478.
- [20] Peck J A, Khosbayar P, Fowell S J, et al. Mid to Late Holocene climate change in north central Mongolia as recorded in the sediments of Lake Telmen [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 183 (1-2): 135 ~ 153.
- [21] 许清海, 肖举乐, 中村俊夫, 等. 全新世以来岱海盆地植被演替和气候变化的孢粉学证据 [J]. 冰川冻土, 2004, 26 (1): 73 ~ 80.  
XU Qing-hai, XIAO Ju-le, Toshio NAKAMURA, et al. Pollen evidence of vegetation and climate changes in Daihai Lake area during the Holocene [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26 (1): 73 ~ 80.
- [22] Wang H Y, Liu H Y, Cui H T, et al. Terminal Pleistocene/Holocene palaeoenvironmental changes revealed by mineral-magnetism measurements of lake sediments for Dali Nor area, southeastern Inner Mongolia Plateau, China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2001, 170 (1-2): 115 ~ 132.
- [23] 王琇瑜, 孙湘君. 内蒙古察素齐泥炭剖面全新世古环境变迁的初步研究 [J]. 科学通报, 1997, 42 (5): 515 ~ 519.  
WANG Feng-yu, SUN Xiang-jun. The preliminary study of Holocene palaeoenvironmental changes for Chasuqi deposition section, Inner Mongolia [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42 (5): 515 ~ 519.
- [24] 王琇瑜, 宋长青, 程全国, 等. 利用花粉-气候响应面恢复察素齐泥炭剖面全新世古气候的尝试 [J]. 植物学报, 1998, 40 (11): 1067 ~ 1074.  
WANG Feng-yu, SONG Chang-qing, CHENG Quan-guo, et al. Palaeoclimate reconstruction by adopting the pollen-climate response surface model to analysis the Chasuqi deposition section [J]. Acta Botanica Sinica, 1998, 40 (11): 1067 ~ 1074.

## ENVIROMENTAL CHANGES RECORDED BY POLLEN SINCE MID TO LATE HOLOCENE IN HUITENGXILE LAKE , LNNER MONGOLIA

ZHAO Zhi-li , WANG Yong , CHI Zhen-qing , GUAN You-yi , YAO Pei-yi

*(Institute of Geology , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100037 , China)*

**Abstract:** Sedimentary features and sporopollen assemblages from Huitengxile Lake located in central Inner Mongolia Autonomous Region were used to reconstruct the processes of climatic and environmental changes during mid to late Holocene. The results showed that the climate on the whole shifted from warm and humid to cold and arid over the last 5390 a , and that could be divided into 5 stages in detail: ① from 5390 a to 3970 a , the climate was warm and humid; ② from 3970 a to 3300 a , the climate was moderate and humid; ③ from 3300 a to 2380 a , the obvious drop of A/C ratio indicated the end of Megathermal , the climate was cool and arid; ④ from 2380 a to 1160 a , the climate varied to cool and humid , which was a special humid period after Megathermal. ⑤ Since 1160 a , it has been mild cool and arid.

**Key words:** sporopollen assemblage; environmental changes; Holocene; sedimentary environment