# 利用炭屑显微结构复原青铜时代的植被

崔海亭[①] 李宜垠[①] 胡金明[①③] 腰希申[②] 李 旸[②]

(①北京大学地理科学研究中心, 北京 100871; ②中国林业科学院森林环境生态所, 北京 100091; ③中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130021. E-mail: htcui@urban.pku.edu.cn)

**摘要** 根据扫描电子显微镜显微结构, 对赤峰地区两处青铜时代遗址中的炭屑进行鉴定. 经鉴定, 两处炭屑标本均属蒙古栎(*Quercus mongolica*), 该种具有较强的气候指示意义. 参照孢粉组合中出现的植物种(属)及其现代种(属)的生态气候指标和群落学特征, 复原了赤峰黄土丘陵区青铜时代的植被. 当时气候较为暖湿, 地带性植被为蒙古栎林和油松林.

**关键词** 炭屑 显微结构 植被复原 青铜时代

利用生物遗存复原过去的植被, 是古生态学常用的方法. 孢粉分析是一种应用最广、比较成熟的方法. 但这一方法的缺点是分类精度不高, 一般只能鉴定到属. 由于植物遗存的分类精度不高, 难以对植被的性质做出准确的判断. 为了提高生态指示的准确性, 近年来国内外许多学者尝试利用考古遗址中的植物残体进行植被复原. 孔昭宸等人[1]根据班村遗址中的各种种子和果实, 断定距今 7 ka 前的裴李岗文化时期的植被为暖温带落叶阔叶林. Willcox[2]通过详细的考古植物学(Archaeobotany)研究, 证实了 9 ka 前叙利亚新石器早期前陶阶段栽培植物和野生种类并存的事实. 另外, Sümegi 等人[3]根据土层中古云杉炭屑的显微结构, 研究了匈牙利喀尔巴阡盆地距今 28 ka 前晚 Würm 期发生的天然林火和古生态环境[2]. Figueral[4]根据 50 个考古点海岸松(*Pinus pinaster*)的炭屑显微结构资料, 确定了该种在葡萄牙扩展的历史.

研究地区新石器遗址的灰坑中记录着古人利用生物资源的情况, 这为恢复古植被提供了高分辨率的生态信息. 为了寻找具有气候指示意义的指示种, 提高植被复原的准确度, 我们尝试利用灰坑中炭屑的扫描电子显微镜显微结构进行植物种的鉴定.

## 1 研究地区的概况

夏家店下层文化遗址广泛分布于赤峰市南部和东南部的河流阶地上. 经中国社会科学院考古研究所研究, 敖汉旗大甸子遗址(42° 17.9′N, 120° 36.5′E)为夏家店下层文化时期(青铜时代)一处大型城址和墓葬群, 城墙外有许多灰坑; 另一夏家店下层时期的遗址哈力海吐(42° 16′N,120° 19′E)位于大甸子西南 30 km 处, 附近也有多处灰坑(图 1), 两地均位于黄土丘陵区. 本区为温带大陆性季风气候, 自然植被为暖温性草原和落叶灌丛(阴坡), 黄土台地大部分已开垦为农田.

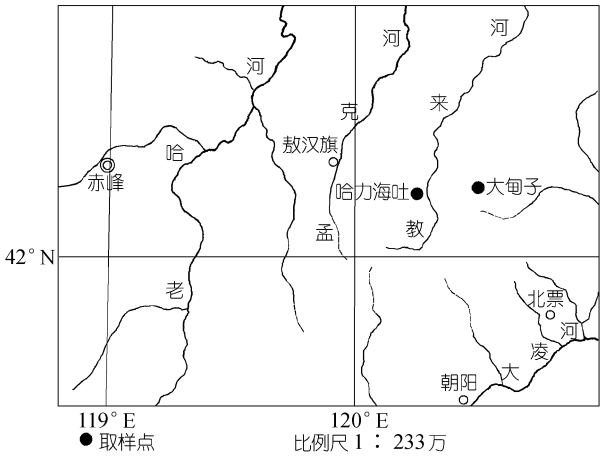



图 1 采样点位置示意图

## 2 炭屑的显微结构研究

(ⅰ) 样品的选择. Xd-1 采自大甸子遗址城墙附近的灰坑中, 距地表 1.5 m; Xh-1 采自哈力海吐附近的灰坑中, 距地表约 1 m. 两个样品的埋藏条件一致, 均为人工烧过的炭屑.

(ⅱ) 样品的制备. 先将炭屑浸蜡处理, 切出 3 个(横切面、径切面、弦切面)光滑的切面, 用聚乙二醇脱蜡, 再在样品表面喷碳(100 nm)、喷金(200 nm), 然后在扫描电子显微镜下观察.

(ⅲ) 样品的鉴定. 在 SEM 505 扫描电子显微镜(荷兰, Philips Co.)下观察炭屑的显微结构并拍照, 根据显微结构特征进行树种鉴定(表 1).

鉴定表明: 生长在大约 4 ka 前的古蒙古栎与现代蒙古栎的解剖特征是一致的(鉴定特征详见图版Ⅰ, 附本刊后, 下同). 两地的炭屑同属一种植物, 这表明当时蒙古栎在本区分布比较普遍.

## 3 炭屑的断代

炭屑的 AMS 测年由北京大学考古系和加速器质谱仪实验室共同完成. 测年结果与文化层断代比较吻合, 两块标本均属于夏家店下层文化的中期(表 2).

## 4 古代植被的复原

### 4.1 孢粉组合与植物残体鉴定对比

据本文作者之一李宜垠的研究[1)], 在哈力海吐西北 15 km 的赵宝沟遗址, 相当于夏家店下层时期的孢粉组合为松(*Pinus*)、栎(*Quercus*)、胡桃(*Juglans*)、白蜡(*Fraxinus*)、榆(*Ulmus*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)和冷杉(*Abies*)等, 并含有栗属(*Castanea*)、无患子科(Sapindaceae)和漆树科(Anacardiaceae)等喜暖种类的花粉. 另外, 经孔昭宸等人[5]鉴定, 大甸子夏家店下层遗址中含有油松(*Pinus tabulaeformis*)、栗(*Castanea*)、榆(*Ulmus*)、白蜡(*Fraxinus*)、胡桃(*Juglans*)、云杉(*Picea*)和冷杉(*Abies*)的花粉, 但未见栎的花粉. 既然蒙古栎为一种分布广泛的树种, 为什么在大甸子孢粉组合中又缺失呢? 一方面, 是由于栎的花粉为低代表性种类, 另一方面, 可能与孢粉样品采自墓葬陶罐中有关(孔昭宸口头告知). 既然炭屑鉴定证实了蒙古栎(*Quercus mongolica*)的存在, 附近孢粉组合中也含有栎的花粉, 因此, 该栎粉应与蒙古栎有一定的对应关系.

### 4.2 生态气候分析

古植被的复原, 应建立在现代同类植物生态气候指标分析之上. 现将孢粉组合中出现的优势种属与相应的现代种属的生态气候指标进行比较(表 3). 共选择 8 种与孢粉组合种类同属的现代植物, 它们大

表 1 炭屑的扫描电子显微镜显微结构特征

| 地点和编号 | 大甸子, Xd-1 | 哈力海吐, Xh-1 |
|---|---|---|
| 横切面 | 生长轮明显, 早材导管圆形及卵圆形, 侵填体常见、壁薄; 晚材导管为不规则多角形. 轴向薄壁组织多为星散-聚合状及离管带状, 少数星散状及傍管状. 木纤维管胞壁厚 | 生长轮明显, 早材导管为卵圆及圆形, 1~2 列; 侵填体可见, 在晚材为不规则多角形, 轴向薄壁组织量多, 主要为星散-聚合及离管带状. 木纤维管胞壁厚 |
| 径切面 | 主要为单穿孔, 管间纹孔式互列、圆形. 射线-导管间纹孔式通常为刻痕状, 肾形或类似管间纹孔式. 无胞间道 | 主要为单穿孔, 管间纹孔式互列、圆形. 射线-导管间纹孔式刻痕状. 无胞间道 |
| 弦切面 | 木射线非叠生, 窄木射线通常单列, 宽木射线宽至许多细胞. 射线组织同形或有异形趋势 | 木射线非叠生, 窄木射线通常单列, 宽木射线宽至许多细胞. 射线组织为同形单列及多列, 有时有异形趋势 |
| 鉴定结果 | 蒙古栎 *Quercus mongolica* | 蒙古栎 *Quercus mongolica* |

表 2 炭屑所在地点的文化性质及断代

| 地点 | 考古文化性质 | 文化层断代 /aBP | AMS 测年/aBP |
|---|---|---|---|
| 赤峰敖汉旗 大甸子 | 夏家店下层文化 | 4100~3300 | 3930 (树轮校正) |
| 赤峰敖汉旗 哈力海吐 | 夏家店下层文化 | 4100~3300 | 3700 (树轮校正) |

1) 李宜垠. 博士后研究工作报告. 2001

表 3 赤峰黄土丘陵孢粉组合中优势种属与现代种属的生态气候指标[5,7]

| 孢粉种类 a) | 现代植物种类 | 现代种属的温暖指数幅度/℃月 | 最适范围/℃月 | 现代种属的湿度指数/mm·(℃月)$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| *Pinus tabulaeformis* | *P. tabulaeformis* | 36.0~125.0 | 40.9~114.4 | 7.8 ± 2.6 |
| Quercus sp. | Q. mongolica | 36.5~89.3 | 36.8~80.0 | 10.6 ± 2.0 |
| *Picea* sp. | *P. wilsonii* | 18.0~71.0 | 30.0~60.0 | 7.7 ± 1.8 ~ 11.1 ± 2.0 |
| *Abies* sp. | *A. nephrolepis* | 20.0~83.0 | 30.0~69.0 | 11.5 ± 2.3 ~ 12.0 ± 2.0 |
| *Ulmus* sp. | U. pumila | 14.0~117.0 | 56.0~93.0 | 5.9 |
| *Fraxinus* sp. | *F. mandshurica* | 30.0~91.0 | 46.0~63.0 | 11.0 左右 |
| *Juglans* sp. | *J. mandshurica* | 30.0~91.0 | 46.0~63.0 | 10.8 ± 2.0 ~ 11.5 ± 2.0 |
| *Castanea* sp. | *C. mollissima* | 52.0~95.0 | 61.0~89.0 | 9.5 ± 2.2 ~ 11.6 ± 3.5 |

a) 根据孔昭宸和李宜垠

都是暖温带落叶阔叶林的常见种. 其他两种, 青扦(*Picea wilsonii*)和臭冷杉(*Abies nephrolepis*)则见于暖温带山地垂直带的针阔混交林中.

### 4.3 蒙古栎及其伴生种的生态习性

蒙古栎是组成我国温带和暖温带落叶阔叶林的建群种, 常形成纯林或与其他树种混生, 广泛分布于我国东北、内蒙古东部和华北等地. 蒙古栎为一中生树种, 比较耐寒、耐旱又耐瘠薄[7]. 文献[6,7]根据 Kira 的热量指标计算了我国各种树木的温暖指数, 即 $WI = \sum (t_i - 5)$, 式中 $t_i$ 为温度大于 5℃的月均温. 徐文铎[7]还计算了东北地区地带性植被建群树种的湿度指数, 即 $HI = P/WI$, 式中 $P$ 为年总降水量, $WI$ 为年温暖指数, $HI$ 为湿度指数. 蒙古栎的生态气候指标见表 3. 研究地区的现代气候特征见表 4.

通过表 4 与表 3 对比可知, 赤峰黄土丘陵区的热量指标虽然能够容许蒙古栎生长, 但湿度指标已远不能满足蒙古栎的需求, 因此, 现在已无蒙古栎林分布. 但是, 在距今 4~3.5 ka 前当地却分布着蒙古栎林.

另外, 孢粉组合中的栗属(*Castanea* sp.)指示暖湿气候条件, 它的生态气候指标与生长在暖温带的麻栎(*Quercus acutissima*)、柞栎(*Q.dentata*)和槲栎(*Q. aliena*)相近, $WI$ 在 52 ~ 95℃月之间, $HI$ 在 9.5 ± 2.2 ~ 11.6 ± 3.5 mm/℃月之间. 白蜡属和胡桃属指示较湿润的气候条件, 它们的生态气候指标与分布在暖温带沟谷杂木林中的大叶白蜡(*Fraxinus rhynchophylla*)、胡桃楸(*Juglans mandshurica*)比较接近, $WI$ 在 30 ~ 91℃月之间, $HI$ 在 11 mm/℃月左右, 即热量条件虽不很高, 但湿度要求较高. 榆属(*Ulmus pumila*)的生态幅度较广, 可适应半湿润到半干旱气候条件. 据我们在本区几个地点的孢粉分析, 孢粉组合中占优势的种属及喜暖成分(栗、无患子科、漆树科)都比较一致. 尽管在 4 kaBP 时气候曾发生突变, 中国东部地区也一度降温、增湿, 但很快又变得比较暖湿, 直到 3.3 kaBP 左右才由暖湿转为干冷 1). 许多研究证明: 夏家店下层文化时期的气候是比较温暖湿润的[8], 有利于暖温带落叶阔叶林的生长.

### 4.4 群落特征分析

据作者调查, 在赤峰东南部山区至今仍分布着蒙古栎林和油松林. 蒙古栎林一般分为 3 层, 乔木层以蒙古栎为建群种, 伴生树种有黑桦(*Betula davurica*)、白桦(*B.platyphylla*)、蒙椴(*Tilia mongolica*)、山杨(*Populus davidiana*)、春榆(*Ulmus japonica*)等, 在沟谷生境中乔木层含有较多的大叶白蜡(*Fraxinus rhynchophylla*). 灌木层主要由胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、土庄绣线菊(*Spiraea pubescens*)、三裂绣线菊(*S.trilobata*)、锦带花(*Weigela florida*)、平榛(*Corylus heterophylla*)等组成, 草本层植物种类也比较丰富. 土层瘠薄处的蒙古栎林中常混生有油松. 这与上述孢粉组合所反映的植被情况是近似的.

### 4.5 生境特征分析

孢粉组合往往反映一个地区植被的大体情况,

1) 见 1505 页脚注 1)

表 4 研究地区的现代气候特征 a)

| 地点 | 年平均温度/℃ | 年降水量/mm | 温暖指数/℃月 | 湿度指数/mm·(℃月)$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| 大甸子 | 6.8 | 423 | 80.30 | 5.13 |
| 哈力海吐 | 6.8 | 430 | 80.30 | 5.13 |

a) 根据附近的宝国吐气象站推算

不能反映群落水平上的种类组成. 因此, 还应进行中、小尺度群落与生境关系的分析. 植物的生态适应性是在长期进化中形成的, 是一种比较稳定的生态特性. 根据野外观察, 蒙古栎林多分布于落叶阔叶林地区低山、丘陵的阴坡、半阴坡土层较厚处; 含有白蜡属、胡桃属和榆属的落叶阔叶杂木林一般分布在沟谷中; 天然油松林多见于山脊. 由于油松为高代表性孢粉类型, 栎的花粉为低代表性类型, 虽然在孢粉组合中松占优势, 但这并不一定表明油松林在当地植被中占优势.

## 5 结论与讨论

(ⅰ) 木本植物的炭屑具有分布广、数量多、代表性强等优点. 另外, 灰坑中的薪炭遗存, 多属当地植被的优势种或建群种, 它们具有较强的气候指示意义. 利用炭屑显微结构准确地鉴定树种, 比孢粉分析方法具有更高的生态分辨率.

(ⅱ) 在进行古代植被复原时, 应结合古今优势种的生态气候指标、群落特征和生境特征进行综合分析, 以减少确定植被性质时的误差. 孔昭宸等人[6]根据孢粉分析, 认为距今 3.5 ka 前, 赤峰黄土丘陵区生长着暖温带针阔混交林. 本文认为, 云杉和冷杉花粉的存在, 并不一定代表针阔混交林. 因为水平地带的温带针阔混交林(红松阔叶混交林)群落中不会出现栗属、无患子科和漆树科等喜暖的成分. 孢粉组合中少量云、冷杉花粉的出现, 可能来自山地垂直带的针阔混交林. 现在赤峰南部山地海拔 1400 ~ 1750 m 的桦树林中仍有青扦(*Picea wilsonii*)生长[9]. 但当地基带的地带性植被仍是蒙古栎林和油松林.

(ⅲ) 青铜时代赤峰黄土丘陵区分布着以蒙古栎为建群种的暖温带落叶阔叶林、沟谷杂木林和油松林, 周围山地垂直带上可能存在含云杉和冷杉的针阔叶混交林.

**致谢** 徐文铎教授提供了一些树种的温暖指数和湿度指数资料, 戴君虎博士帮助进行气候资料计算, 在此一并致谢. 本文受国家自然科学基金重点项目(批准号: 49831008)资助.

## 参 考 文 献

1 孔昭宸, 刘长江, 张居中. 渑池班村新石器遗址植物遗存及其在人类环境学上的意义. 人类学学报, 1999, 18(4): 291 ~ 295

2 Willcox G. Evidence for plant exploitation and vegetation history from three Early Neolithic pre-pottery sites on the Euphrates (Syria). Vegetation History and Archaeobotany, 1996, 5: 143 ~ 152

3 Sümegi P, Runder Z E. In situ charcoal fragments as remains of natural wild fires in the upper Würm of the Carpathian Basin. Quaternary International, 2001, 76-77: 165 ~ 176

4 Figueral I. Charcoal analysis and history of Pinus pinaster (cluster pine) in Portugal. Review of Palaeobotany and Palynology, 1995, 89: 441 ~ 454

5 孔昭宸, 杜乃秋, 刘观民, 等. 内蒙古自治区赤峰市距今 8000 ~ 2400 年间环境考古的初步研究. 见: 周昆叔. 环境考古研究(第一辑). 北京: 科学出版社, 1991. 112~119

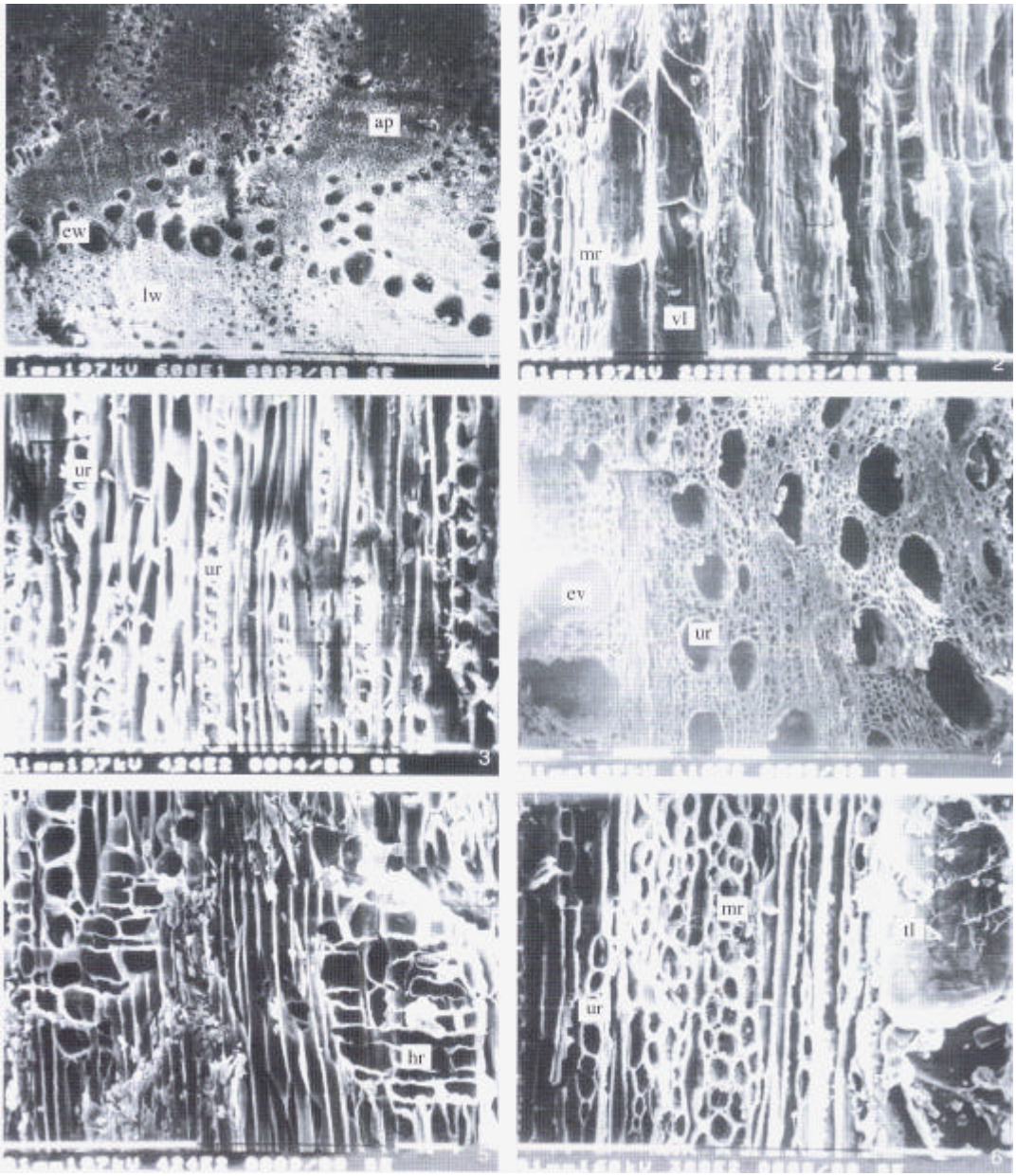
6 Fang J Y, Yoda K. Climate and Vegetation in China Ⅳ. Distribution of tree species along the thermal gradient. Ecological Research, 1990, 5: 291 ~ 302

7 徐文铎. 东北地带性植被建群种及常见种的分布与水热条件关系的初步研究. 植物学报, 1983, 25(3): 264 ~ 273

8 夏正楷, 邓辉, 武弘麟. 内蒙西拉沐沦河流域考古文化演变的地貌背景分析. 地理学报, 2000, 55(3): 329 ~ 336

9 马毓泉. 内蒙古植物志 (第一卷). 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1985. 126 ~ 127

(2002-06-26 收稿, 2002-08-07 收修改稿)




**蒙古栎炭屑解剖特征**

1．Xd-1 **横切面**(×60), 2. Xd-1 **径切面**(×200), 3. Xd-1 **弦切面**(×400), 4. Xh-1 **横切面**(×100), 5. Xh-1 **径切面**(×400), 6. Xh-1 **弦切面**(×300).
ew: **早材**, lw: **晚材**, ap: **轴向薄壁组织**, vl: **导管**, tl: **侵填体**, ev: **早材导管**, mr: **多列射线**, ur: **单列射线**, hr: **同形射线**