



论文

北京平谷上宅遗址骨柄石刃刀的微痕分析: 来自环境扫描电镜观察的证据

崔天兴^{①*}, 杨琴^①, 郁金城^②, 周双林^①, 赵朝洪^①^① 北京大学考古文博学院, 北京 100871;^② 北京市文物研究所, 北京 100009

* E-mail: tianxingcui@163.com

收稿日期: 2009-05-15; 接受日期: 2010-05-30

国家社会科学基金项目(批准号: 08BKJ002 和 07CKG001)、教育部人文社科重点研究基地重大项目(批准号: 05JJD78002)、北京市哲学社会科学“十一五”规划项目(编号: 06Aals002)和“东钱湖石刻病害调查与保护对策研究”项目资助

摘要 一般认为, 新石器时代遗址出土的骨柄石刃刀是一种狩猎采集经济工具, 但近年来不断受到学者的质疑. 本文使用环境扫描电镜对距今 7000 年前北京平谷上宅遗址出土的一件骨柄石刃刀进行观察, 并对细石叶的器表残留物进行了分析. 环境扫描电镜的观察和 X 射线能谱分析表明, 骨柄石刃刀刃部残留有磷、钙、碳、氧等物质成分, 为我们认定其用途提供了直接证据, 表明其当时可能用来加工肉类. 分析还发现石刃背缘部位覆盖有胶层并含有均匀分布的钡盐、锌盐等. 这一发现对重新认识史前居民制胶工艺提供了新的线索, 但尚需要该遗址以及其他遗址的材料进一步支持.

关键词

上宅文化

骨柄石刃刀

微痕分析

环境扫描电镜

X 射线能谱分析

细石叶是旧石器时代晚期出现一种采用压制或者间接打击的工艺技术而产生的一种长宽之比基本大于 2:1 的标准化石制品, 它们是作为装备骨、木等复合工具的石刃而专门制作的^[1~4], 其出现是和更新世末期的全球性气候变化中人类大迁移有密切关系^[5]. 考古出土的以细石叶为刃缘的复合工具即骨柄石刃刀, 一般认为是狩猎采集的工具. 近年来随着农业起源研究的进展, 考古学家根据实验考古学和微痕分析对细石叶工具进行了重新的思考和定位, 认为细石叶工具尤其是骨柄石刃刀不但和狩猎相关, 而且还介入了植物驯化的过程^[6~11]. 通过微痕观察, Unger-Hamilton^[7]认为“这些石刀(石叶工具)的光泽提供了他们在(收割)植物方面的清楚的使用证据”. Lü^[8~10]对山西旧石器时代晚期的下川遗址群细石叶

进行微痕分析后根据光泽类型指出, 下川遗址已存在收割禾本科植物的实践. 王小庆^[11]分辨出赵宝沟遗址出土细石叶工具的收割谷物 (A 型) 和处理肉类、兽皮 (E1, E2 和 D 型) 的光泽, 从而认为“赵宝沟文化的经济形态已经出现了农业生产的迹象”. 这些新的认识多由考古标本与同类实验考古学标本上的微痕和光泽的比较获得, 无直接证据揭示细石叶工具具体的用途.

20 世纪 60 年代末期, 考古学家尝试运用普通扫描电镜对考古标本进行观察分析^[12]. 受扫描电镜技术在高真空模式下对样品导电性要求的限制, 对导电性能不好或者不导电的考古样品, 有两种处理方式: 1) 样品首先通过喷金或喷碳进行表面导电性处理, 然后再进行观察. 主要应用于骨质微痕、植硅石

鉴定研究^[13-15]、颜料分析^[16,17]等方面,然而这会给考古样品带来不可逆的污染或损害. 2) 使用合成复型材料作为考古样品表面的替代品,镀金或喷碳后进行电镜观察,主要应用于石器微痕分析或者较大样品的局部观察分析等方面^[18,19]. 这种方法可以获得超高倍率的二次电子图像,但使扫描电镜对样品定性定量分析手段无用武之地,使得其与高倍法(金相等光学显微镜)相比,对有关问题的解决并没有获得质的突破和进展.

国内扫描电镜在考古学上的应用开始于 20 世纪 80 年代对古尸的形貌观察、寄生虫研究等方面^[20],发展较为缓慢. 20 世纪 90 年代中期以来,扫描电镜的应用范围稍微广泛,主要集中在颜料^[20-22]、青铜器、铁器、陶瓷器的研究^[23]、石器微痕分析^[19]、玉器^[24]等方面. 但是这些研究多为文物的保护、科学分析等方面,利用 SEM 进行考古样品的深度信息发掘还有很大的不足. 也有学者应用常规扫描电镜对石制品进行微痕分析,但结果与金相显微镜相比,并无突破的进展^[19].

20 世纪 90 年代以后,环境扫描电镜(ESEM)出现. 与常规扫描电镜相比,环境扫描电镜可以对各种固体和液体样品进行形态观察和元素定性定量分析. 考古样品既不需要脱水,也不必进行导电处理,可在自然的状态下直接观察二次电子图像(SEI),提供样品的微观形貌结构,并利用背散射电子(BEI)配合能谱仪(EDS)分析元素成分百分比,所以其在考古学研究方面具有很广阔的应用前景. 在此之后,利用 ESEM 对导电性能不好或者不导电的样品直接观察开始出现,但直到现在,使用普通扫描电镜对样品进行导电预处理后再观察的情况依然比较普遍^[23].

ESEM 在考古学中的应用并没有得到广泛的推广.

本文在没有对考古样品进行导电处理的情况下,通过使用 ESEM 对北京平谷上宅遗址出土的一件骨柄石刃刀在自然状态进行了直接的观察,并对其表面残留物进行了 X 射线能谱分析,为了解该器物的功能提供了直接的证据,也对 ESEM 进行考古样品的分析进行了探索.

1 研究材料与方法

上宅遗址发现于 1984 年,位于北京市平谷区城东北 17 km 金海湖镇上宅村西北边的一块台地上,南临洵河,北靠燕山. 1984~1987 年进行发掘,总发掘面积约 2860 m². 整个遗址共分为 8 层,其中①,②为晚期文化层;③~⑧是新石器时代的文化地层,其中④~⑦是以上宅文化为内涵的新石器时代文化层^[25];具体年代如表 1 所示.

北京大学 ¹⁴C 年代实验室对采自文化层的木炭样品进行了年代测定,共测得 4 个数据^[25,26],但均未进行树轮校正和同位素分馏校正,树轮校正以后如表 1.

上宅遗址出土陶器共 1000 余件,石器约 2000 余件;石器大多为打制和磨制的大型石器,也有一定数量以骨柄石刃刀为代表的复合工具.

本次实验选择编号为 T0607⑤:40, 41(图 1)的骨柄石刃刀进行环境扫描电镜分析. 出土时刃和柄部脱离. 残骨柄呈柳叶形,骨柄从中部断开,残长 74.2 mm,骨柄厚 9.2~14.4 mm,宽 6.1~6.8 mm,重 6.2 g;背脊光滑圆钝,凹槽口外宽为 5.2 mm,内宽 4.1 mm,凹槽剖面呈“V”字形,刀头处稍浅,深 3.2 mm,最深

表 1 上宅遗址 ¹⁴C 年代数据表(OxCal 3.10)^{a)}

实验室编号	样品层位	样品	¹⁴ C (5730)年代	¹⁴ C (5568)年代	校正年代(BC)
BK85077	T0508⑧层	木炭	6580±120	6395±120	5480~5290 (59.5%)
					5270~5220 (8.7%)
					5650~5050 (95.4%)
BK85079	T0309⑦层	木炭	6540±100	6356±100	5470~5400 (20.7%)
					5390~5290 (35.6%)
					5270~5220 (12.0%)
					5510~5190 (85.5%)
					5180~5050 (9.9%)
BK84019	T1⑤层	木炭	6000±105	5831±105	4800~4540 (68.2%)
					4950~4450 (95.4%)
BK84109	T0706⑤层	木炭	6340±200	6161±200	5320~4840 (68.2%)
					5500~4600 (95.4%)

a) 据文献[26]修改

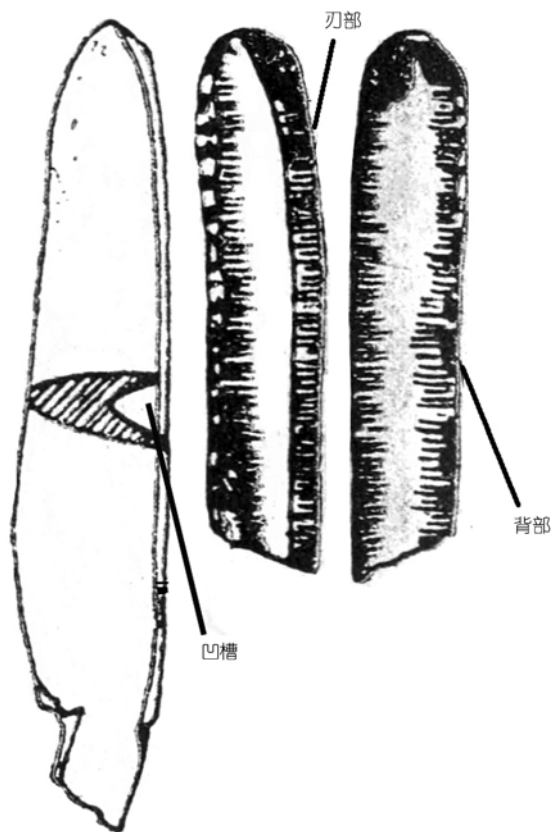


图1 骨柄石刃刀

引自文献[24]图 3~10

处为器身中部, 深 3.8 mm, 残凹槽与骨柄器身等长. 石刃以细石叶为毛坯, 燧石, 青灰色, 长 51 mm, 宽 10.5 mm, 厚 1.7 mm, 重 1.8 g, 长宽之比为 4.86, 唇形台面, 打击泡比较突出, 有半锥体, 两侧边平行, 镶嵌于刀柄凹槽内的细石叶部位采用压制法进行两面加工, 疤痕较大. 刃缘部位锋利, 有微破损疤痕. 据肉眼观察, 刃缘部位有一层光泽覆盖其上, 背缘处则无.

由于样品在 20 世纪 80 年代中期已经发掘出土, 其周围的土壤环境已不可知. 为了排除后期污染的可能, 我们在做环扫观察时以台面向下、背面面对观察者进行定位和标记, 对同一件样本不同部位进行对比分析, 即区分刃部和非刃部、刃缘和背部以及同一部位的物质覆盖部分和未覆盖部分.

实验在清华大学摩擦学实验室进行, 采用的是荷兰 FEI 生产的 Quanta 200 FEG 环境电子扫描显微镜, 该仪器带有 X 射线能谱仪, 采用低真空模式, 分辨率在 3 kV<3.5 nm 时, 放大倍数为 12~1000000. 该

实验条件为电压 15.0 kV, 环境压力 80.0 Pa, 使用了低真空和背散射模式, 配合 X 射线能谱仪进行分析.

2 环境扫描电镜观察结果

2.1 刃缘部位

首先将刃缘部位放大至 500 倍进行观察, 刃缘中部有较为密集且分布基本均匀的附着物(图 2(a), (b)). 附着物结构松散, 紧靠刃缘部位, 有与刃缘斜交的擦痕两条. 进一步放大至 2500 倍, 刃缘微疤凹处亦有同样的物质, 且附着较紧密(图 2(b)). 进一步放大至 9000 倍, 擦痕更加清晰, 残留物呈絮状聚集(图 2(c)). 在刃部选择 4 处进行了能谱分析(图 2(c), (d)), 编号分别为 1, 3, 4, 5. 为了确定附着物是否为后期污染所致(假设污染均一), 对以上 4 点做了 EDX 射线能谱分析, 结果如图 3 所示.

标 1 点能谱分析表明该处物质基本元素为 Si, O, C; Ca 和 Al 的含量非常低(图 3(a)), 说明该样品基本没有受到污染, 可作进一步的深入分析. 标 3 点残留物成分有 Si, O, C, Ca, P 等, 其中 Ca, P, O 的含量非常的高. 标 4, 5 点物质含有 C, O, Si, P, Ca 和少量的 Na 等物质成分, Ca, P, O 的含量也是非常的高; 这些元素的可能组合为二氧化硅、磷酸钙以及碳氧化合物等.

将刃缘局部放大至 2500 倍, 在其刃部边缘发现有残留物, 其表面结构特征与其附着部位的物质形态迥然不同(图 4(a)). X 射线能谱分析表明此物质高 C, O 和 Si, 含少量的 Na, Mg, Al, S, Cl, Ka, Ca, Fe 等物质, 其可能物质组合为碳氧化合物、二氧化硅及少量的盐(图 4(b)), 并在此处附着物下发现了与刃部基本斜交的两条擦痕.

2.2 背缘部位

首先对背缘放大至 100 倍进行面扫, 在很多破损疤内均发现有附着物, 然后在靠近边缘部位逐步放大倍率进行观察(图 5(a), (b)), 不同的放大倍率对物质表面形态的认识是不一致的. 200 倍时, 该物质在一定范围内片状连续分布; 1600 倍时, 该物质为粘连在一起, 部并形成较为平滑的光面(图 5(b)). 能谱分析表明其主要物质成分为 C, O, Si, Ca, Mg 等物质, 推测其组合可能为有机物(碳氧化合物)、二氧化硅、

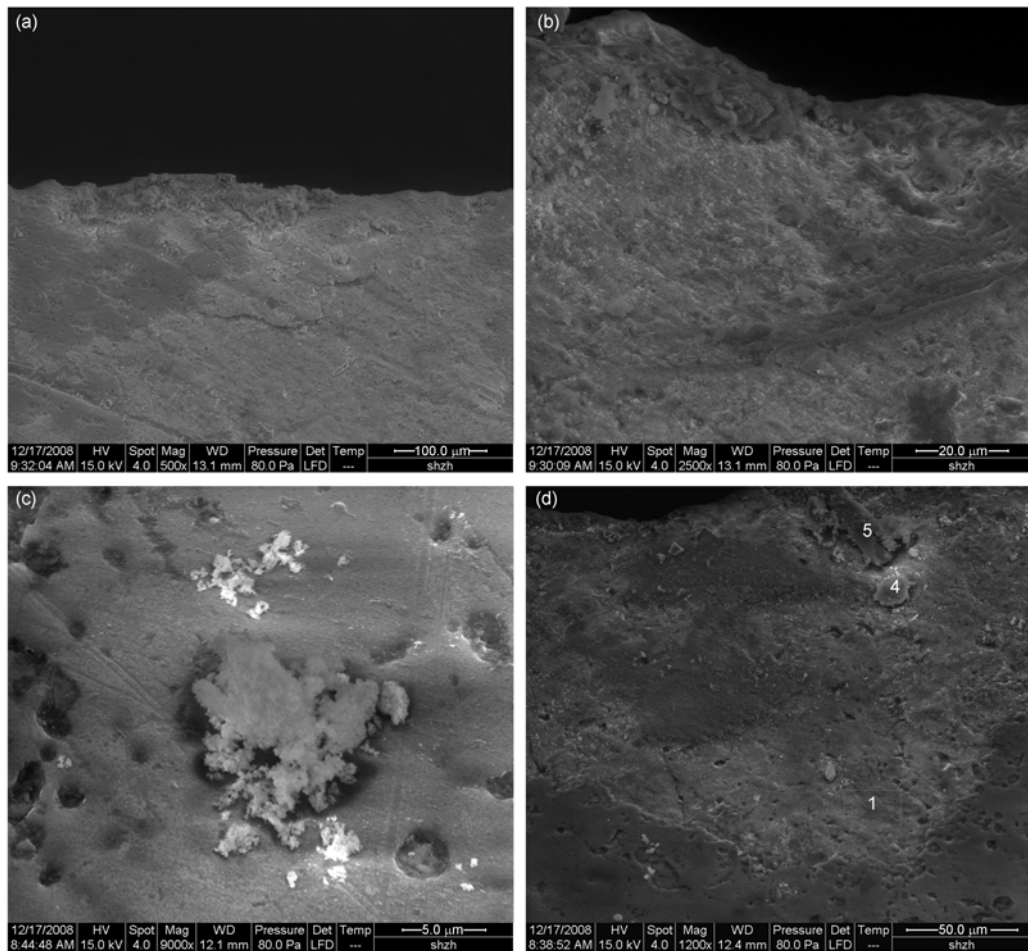


图 2 刃缘部位的微痕及残留物

(a) 斜向擦痕及残留物(500×); (b) 微疤内的残留物(2500×); (c) 残留物和擦痕及标 3 点 EDX 分析位置示意图(9000×); (d) 标 1, 4 和 5 点的 EDX 能谱分析位置示意图(1200×). 图像均为 SEI

碳酸钙、碳酸镁等物质. 由于残留物层过薄, 扫描易穿透, 故二氧化硅可能来自燧石, 所以推断其主要物质成分为碳氧化合物 (图 5(e)).

放大至 11000 倍, 并添加接收背散射电子信号的闪烁计数器进行观察, 发现在该碳氧化合物内部有均匀分布的较大原子序数的物质(图 5(c), (d)). 在图 5(d)标 3, 4 点做了能谱分析, 结果如图 5(f)和(g), 均含有 C, O, Ba, Zn, Mg, Si, S, Ka, Ca 等, 且 Ba, Zn 含量均较高, 故推测其主要成分为碳氧化合物、二氧化硅、钡盐、镁盐、钙盐等物质.

3 讨论

图 3(b)~(d)的分析结果表明, 刃缘部位残留物的

磷酸钙 Ca, P 含量比较高, 而 Ca 和 P 是骨骼的主要组成微量元素, 推测它们主要为骨质遗存的残留, 所以该件骨柄石刃刀主要是处理肉类的工具, 并在使用期间与骨质发生接触所致. 由于其尚保留了锋利的刃缘^[27,28], 推测其使用时间可能并不长. 废弃的主要原因可能与骨柄部折断有关. 在刃缘部位发现的条痕与 Olympics 金相显微镜在 200 倍时(图 2(a)~(c))观察得到条痕方向基本一致, 与刃缘斜交, 基本呈 60~70°的角, 说明该器物在使用期间以向下斜切的方向做运动.

刃部标 6 点(图 4(a))和背部 (图 5(b))附着物质的微形貌截然不同. 其能谱分析(图 4(b), 图 5(e))表明, 残留物均为高碳、氧含量的有机物, 但它们组成元

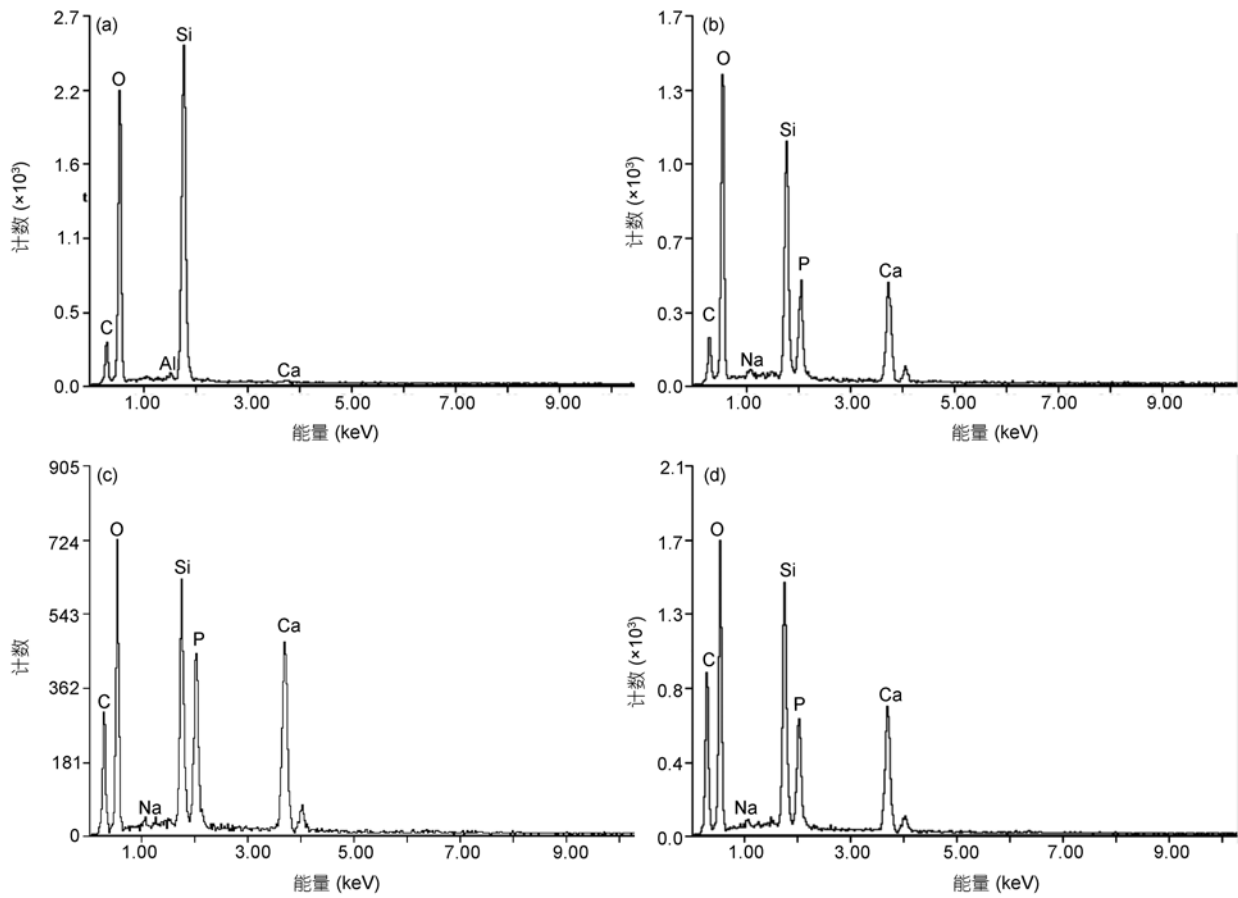


图 3 残留物的 EDX 分析

(a)~(d)分别为图 2(c)中标 3 点和图 2(d)中标 1, 4 和 5 点的 EDX 分析图谱. 纵坐标是测量时间内总的计数值; 在相同的测量时间内, 计数值与元素含量相关; 横坐标为特征 X 射线所对应的能量. 下同

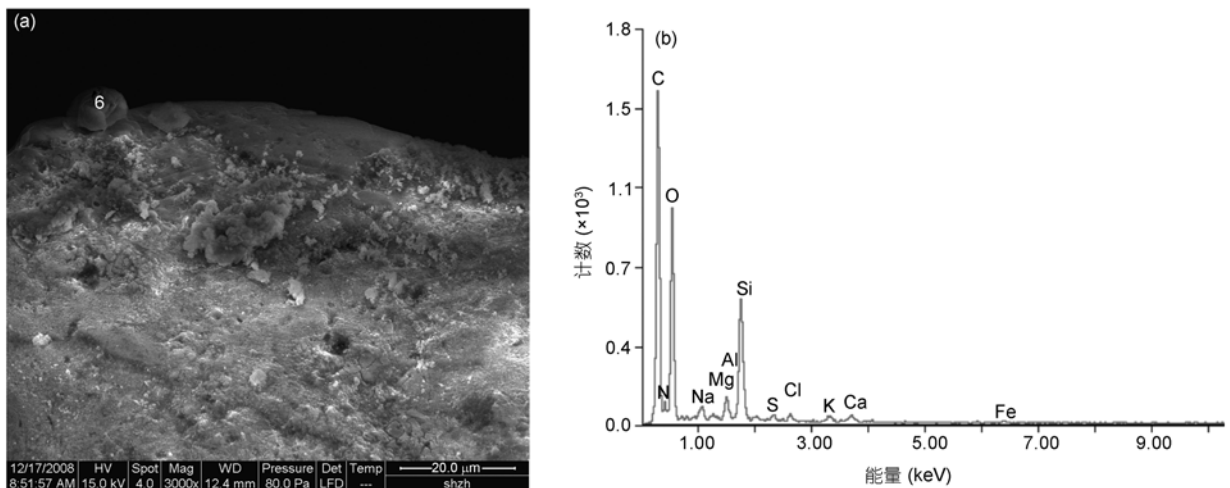


图 4 刃缘部位残留物的微形貌及其 EDX 分析

(a) 残留物的形态及表 6 点位置示意图(3000 $\times$, SEI); (b) (a)中标 6 点的 X 射线物质能谱分析图

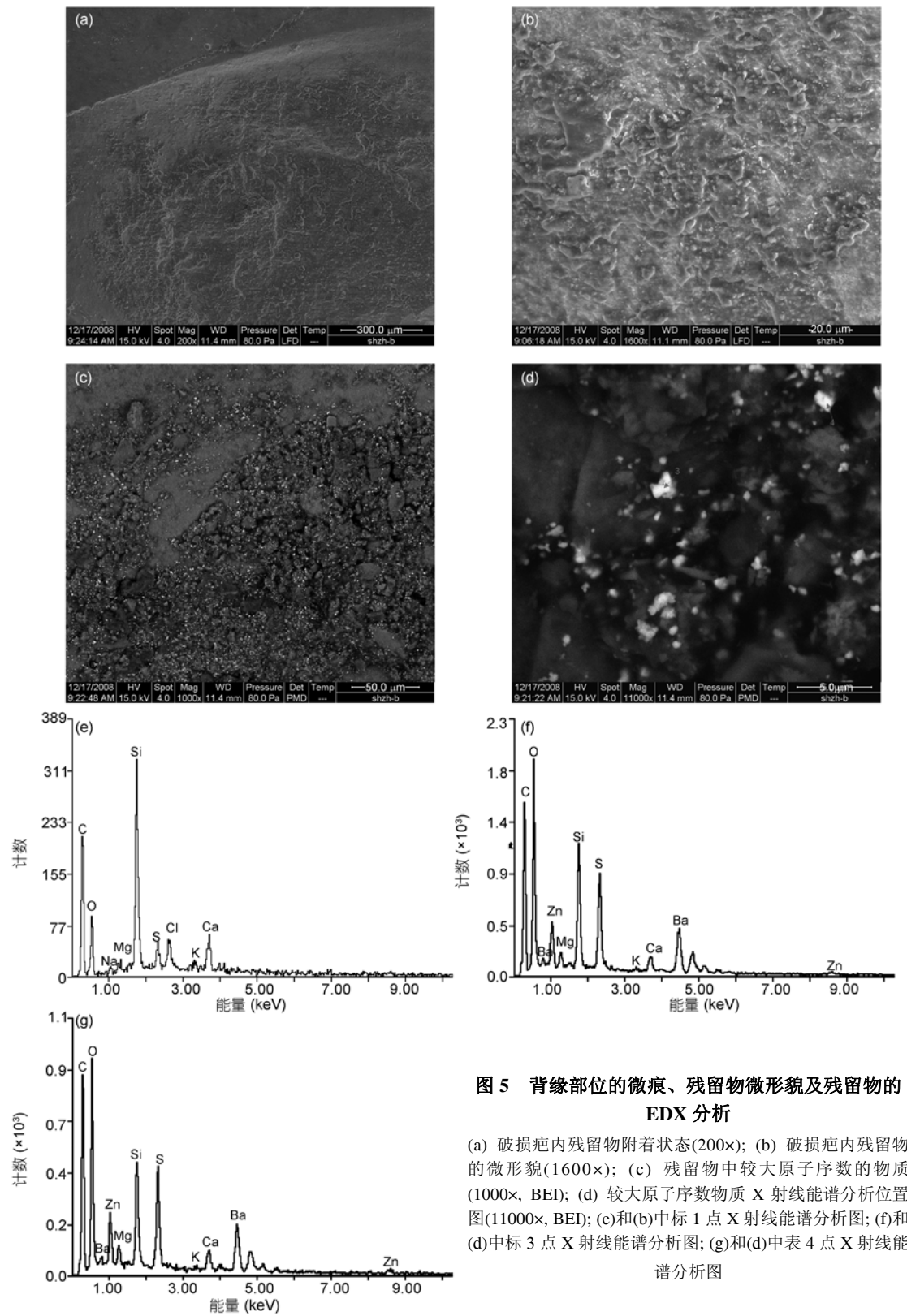


图5 背缘部位的微痕、残留物微形貌及残留物的EDX分析

(a) 破损疤内残留物附着状态(200 $\times$); (b) 破损疤内残留物的微形貌(1600 $\times$); (c) 残留物中较大原子序数的物质(1000 $\times$, BEI); (d) 较大原子序数物质 X 射线能谱分析位置图(11000 $\times$, BEI); (e)和(b)中标 1 点 X 射线能谱分析图; (f)和(d)中标 3 点 X 射线能谱分析图; (g)和(d)中表 4 点 X 射线能谱分析图

素存在明显的差异,如图4(b)能谱显示为高C、O和Si,含少量的N、Na、Mg、Al、S、Cl、K、Ca、Fe等元素,微量元素种类较多;图5(e)能谱显示为高C、O、Si及Ca、Mg等元素,其微量元素种类较少.推测其组合为有机物(碳氧化合物)、二氧化硅、钙镁类盐等.据图5(b),残留物的微形貌较平,片状分布,推测其为有机粘合胶.

图5(a)~(g)表明,上宅文化的居民可能用有机胶来固定细石叶.该骨柄凹槽呈V字形(如图1),且凹槽较浅.为了固定,除对细石叶进行修整使嵌入的骨柄部分变得圆钝以利于结合紧密,还需使用胶对其进行粘合^[27].至于上宅古居民使用何种有机胶固定细石叶,尚需要进一步分析.

据图5(e)~(g),在背散射图像(图5(c),(d))中的高亮点为钡盐、锌盐、镁盐、钙盐.从图5(c),(d)上可以看出,胶体中的添加物分布均匀,颗粒较小,约为1 μm 左右.由此可以得知这些添加物可能为人工有意掺入,其作用尚不清楚.但硫酸钡在现代常被用来作为胶、颜料、橡胶中的填料,用以减少胶结剂固化

后体积收缩率.

4 结论与问题

根据环境扫描电镜的观察结果,可以得到以下结论:1)上宅遗址出土的骨柄石刃刀是处理兽肉类的工具;2)上宅遗址的史前居民对胶的性质有了一定程度的了解,如有意识在胶中掺入一些矿物如钡盐.在胶中掺合矿物质尚需要该遗址和其他遗址同类资料的支持.由于上述认识是据一个遗址中的一件器物,结论的局限性是比较大的,故需要加大样本数量进行深入的分析,以期获得比较客观、全面的认识.

本文表明,发展成熟的环境扫描电镜技术非常适宜于对导电性能不好或不导电的考古样品所携带的信息进行深入的发掘,为一些长期困扰史前学术界的问题提供了一个新的解决途径,如石器的微痕分析.

致谢 感谢北京大学黄蕴平教授、清华大学摩擦学国家重点学科实验室杨文言老师、中国科学院地理科学与资源研究所杨晓燕博士、北京市平谷区上宅遗址陈列馆贾福胜先生、刘凤英女士及Brown女士对我们工作的支持和帮助,感谢审稿人提出的修改意见.

参考文献

- 1 陈胜前. 细石叶工艺产品废弃的文化过程研究. 人类学报, 2008, 27: 112—122
- 2 沈辰. 细石器工艺、细石器传统及山东细石器研究的初步认识. 见: 邓聪, 陈星灿, 编. 桃李成蹊集——庆祝安志敏先生八十寿辰. 香港: 香港中文大学中国考古艺术研究中心, 2004. 45—56
- 3 安志敏. 中国细石器的一百年. 考古, 2000, (5): 45—56
- 4 安志敏. 海拉尔的中石器遗存——兼论细石器的起源和传统. 考古学报, 1978, (3): 289—316
- 5 陈淳. 东亚和北美细石叶遗存的古环境. 第四纪研究, 1994, 24: 369—377
- 6 Harlan J R. Wild grass seed harvesting in the Sahara and sub-Saharan of Africa. In: Harris D R, Hillman G C, eds. Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation. London: Unwin Hyman, 1989. 79—98
- 7 Unger-Hamilton R. The epipaleolithic southern Levant and the origins of plant cultivation. Curr Anthropol, 1989, 30: 88—103
- 8 Lü T L D. Some botanical characteristics of green foxtail (*Setaria viridis*) and harvesting experiments on the grass. Antiquity, 1998, 72: 902—907
- 9 Lü T L D. The occurrence of the cereal in China. Asian Perspective, 2006, 45: 129—158
- 10 Lü T L D. A green foxtail (*Setaria viridis*) cultivation experimental in the middle Yellow River Valley and some related Issues. Asian Perspective, 2002, 41: 1—14
- 11 王小庆. 赵宝沟遗址细石叶微痕观察. 见: 邓聪, 陈星灿, 编. 桃李成蹊集——庆祝安志敏先生八十寿辰. 香港: 香港中文大学中国考古艺术研究中心, 2004. 112—120
- 12 李士, 秦广雍. 现代实验技术在考古中的应用. 北京: 科学出版社, 1983. 112—118
- 13 Anderson P. A testimony of prehistory tasks: Diagnostic residues on stone tool working edge. World Archaeol, 1980, 12: 181—194
- 14 Dobney K, Broth W Ü R. Dental calculus: its relevance to ancient diet and oral ecology. In: Cruwys E, Foley R A, eds. Teeth and Anthropology. Oxford: BAR International Series, 1986. 55—81

- 15 Carnelli A L, Madella M, Theurillat J P, et al. Aluminum in the opal silica reticule of phytoliths: A new tool in palaeoecological studies. *Am J Botany*, 2002, 89: 346—351
- 16 Devos W, Moens L, Bohlen A V, et al. Ultra-microanalysis of inorganic pigments on painted objects by total reflection X-Ray Fluorescence analysis. *Stud Conservation*, 1995, 40: 153—162
- 17 José-Yacamán M, Rendón L, Arenas J, et al. Maya blue paint: An ancient nano-structured material. *Science*, 1996, 273: 223—225
- 18 Knutsson K. Patterns of tool use-scanning electron microscopy of experimental quartz tools. Uppsala: Societas Archaeologica Upsaliensis. 1988. 21—38
- 19 侯亚梅. 考古标本微磨痕初步研究. *人类学学报*, 1992, 11: 354—361
- 20 陈良标, 洪涛. 古尸寄生虫卵的扫描电子显微镜观察. *中国医学科学院学报*, 1981, (1): 67—68, 79
- 21 王进玉. 中国古代青金石颜料的电镜分析. *文物保护与考古科学*, 1997, 9: 25—32
- 22 马清林. 甘肃玉门火烧沟遗址出土红-黄色混合颜料的再分析. *文物保护与考古科学*, 2006, 18: 4—8
- 23 夏寅, 吴双成, 崔圣宽, 等. 山东危山西汉墓出土陶器彩绘颜料研究. *文物保护与考古科学*, 2008, 20: 13—19
- 24 冯敏, 张敬国, 王荣, 等. 凌家滩古玉受沁过程分析. *文物保护与考古科学*, 2005, 17: 22—26
- 25 北京市文物研究所北京市平谷县文物管理所上宅考古队. 北京平谷上宅新石器时代遗址发掘简报. *文物*, 1989, (8): 1—8
- 26 中国社会科学院考古研究所编. 中国考古学碳十四年代数据集(1965~1991). 北京: 文物出版社, 1991. 17—18
- 27 邵达. 细石叶间接打片实验暨骨梗刀使用的微痕观察. 硕士学位论文. 北京大学考古文博学院, 1993. 1—23
- 28 科诺布科娃 G F. 古代镰刀及其使用痕迹之模拟实验研究. 张良仁, 译. 中国社会科学院考古研究所, 编. *考古学的历史·理论·实践*. 郑州: 中州古籍出版社, 1996. 236—254