

微痕分析确认万年前的复合工具与其功能

张晓凌^{①②③*}, 沈辰^{①②④}, 高星^{①②*}, 陈福友^{①②}, 王春雪^{①②③}

① 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044;

② 中国科学院人类演化与科技考古实验室, 北京 100044;

③ 中国科学院研究生院, 北京 100049;

④ The Royal Ontario Museum, Toronto M5S2C6, Canada

* 联系人, E-mail: zhangxiaoling@ivpp.ac.cn, gaoxing@ivpp.ac.cn

2009-05-25 收稿, 2009-07-23 接受

科技部基础项目(编号: 2006CB806400, 2007FY110200)、国家自然科学基金(批准号: 40502006, J0630965)、中国科学院和国家外国专家局创新团队国际合作伙伴计划、Fellowship from the American Council of Learned Societies/Henry Luce Foundation 和 Royal Ontario Museum Research Grant 资助项目

摘要 铍状器是中国北方旧石器时代晚期出现的一种典型打制石器。它的形态与新石器时代的磨制石铍毛坯极为相似, 但其功能和具体使用方式无法确定。我们以泥河湾盆地虎头梁遗址出土的铍状器为研究对象, 采用微痕分析的方法, 在显微镜下观察保留在石器表面特别是刃缘处的细微痕迹, 并结合从模拟实验中获取的数据, 对其进行功能分析。研究结果表明这组石器是装柄使用的复合工具, 确定了铍状器作为加工木料的石铍使用, 是磨制石铍的雏形。微痕分析从技术手段和研究思路两方面完善了从石器中提取人类行为信息的途径, 为研究人类在环境变化中采用复杂技术、调整石器功能的适应策略提供了重要的证据和线索。

关键词

晚更新世末
虎头梁遗址
铍状器
微痕分析
复合工具

文化是人类的一种超肌体(extra-somatic)的适应方式^[1]。在漫长的演化过程中, 人类对环境的适应是通过体质和文化两种方式进行的。旧石器时代的文化适应就表现在人类当时的主要工具和武器——石器上。石器所蕴含的人类行为信息主要包括制作和使用两个方面。长期以来, 石器研究以类型学为主, 根据其形态特征进行分类和比较。这种研究方式对于揭示石器的风格样式和制作技术具有重要意义; 但对于其功能和使用方式而言, 根据石器形状特别是刃口的形态、同时结合民族学材料做出的推测, 既是主观的又具有局限性。由于石器功能的无法确证, 很多考古学问题悬而未决。铍状器的定名就是一例。

在旧石器时代末期, 中国北方出现了一种新的石器类型, 它们与铍十分形似, 为上窄下宽的梯形或三角形, 腹面平坦, 背面隆凸, 宽厚的底端为一条陡

斜的单面刃, 部分标本在较窄的顶端有修薄处理。王建、谢飞等人^[2-4]将其确定为一种独立的石器类型——铍状器(图1)。作为一种至今仍普遍使用的工具, 铍的特征为长方形或梯形、单面刃、装在柄上作加工木料之用。那么铍状器与铍的关系如何? 铍状器是磨制石铍的毛坯, 还是它的雏形? 除形态相似之外, 铍状器是否用于加工木材? 如何使用? 有无经过装柄? 以前由于研究手段的缺失, 对这类工具的功能无法做出客观分析, 只能根据形态做主观臆测, 铍状器的系统地位无法判断。现在由于微痕分析技术的发展, 我们有望在此方面取得创新和突破。

微痕分析始于20世纪中叶的前苏联学者西蒙诺夫, 于80~90年代在美国发展成熟。它在中国考古学中的引入和应用一波三折, 直到21世纪才开始较为系统地开展。该方法是在显微镜下识别石器上的细

英文版见: Zhang X L, Shen C, Gao X, et al. Use-wear evidence confirms the earliest hafted chipped-stone adzes of Upper Palaeolithic in northern China. Chinese Sci Bull, 2010, 55, doi: 10.1007/s11434-009-0566-8

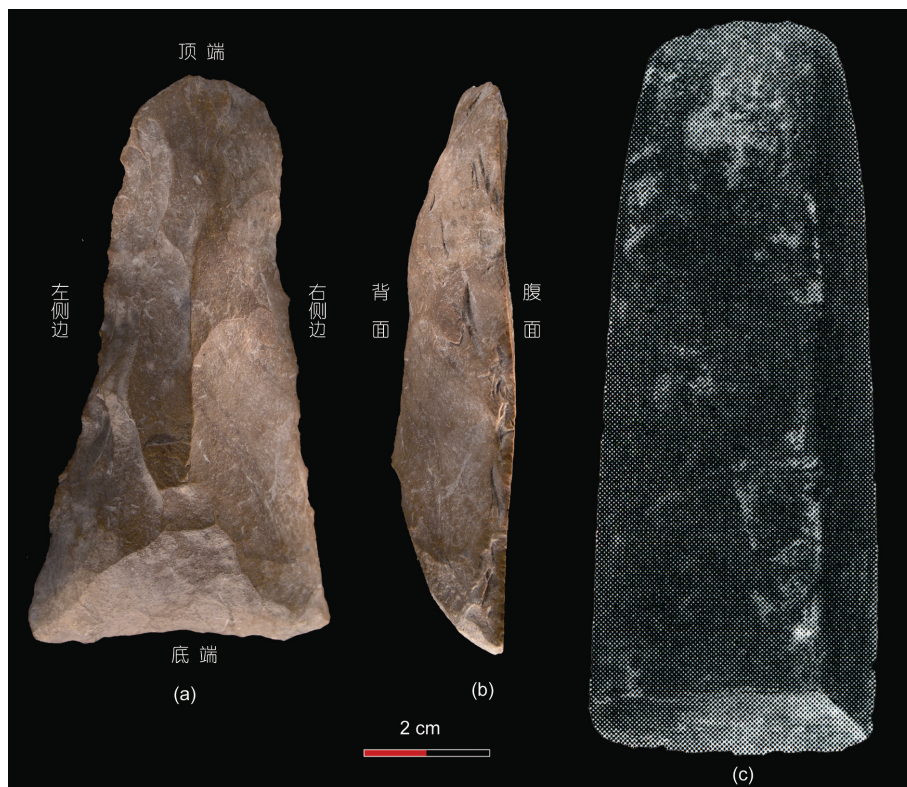


图1 铍状器形态及定位示意
(a), (b) 虎头梁铍状器(P5084)的平面和侧面; (c) 龙山文化的磨制石铍^[4]

微痕迹, 对比模拟实验中产生的痕迹, 来判断考古标本的使用过程, 进而推断其功能^[5-10]. 微痕分析结合了显微观察和模拟实验, 将今论古、由已知推未知, 以实证的方法和思路提取石器上的功能信息. 它不仅仅能够鉴别石器使用的具体方式和加工对象, 更重要的是为研究考古现象、了解人类行为、理解古代社会提供了新的视角和手段^[10].

本文采用微痕分析的方法对虎头梁的铍状器进行功能研究, 探索这类形制特别的工具的使用方式, 推断更新世和全新世之交我国北方居民的生活方式和生存策略. 虎头梁遗址是迄今为止国内所发现铍状器类型最丰富、数量最多的一处旧石器时代晚期遗址^[11], 它于20世纪70年代在河北泥河湾盆地被发现, 其绝对年代为10~11 ka BP^[11-16], 处于新仙女木期全球变冷的气候条件下. 遗址由10 km范围内的9个地点组成, 其石制品组合除铍状器外还包括大量的细石器和制作精良的刮削器、尖刃器等^[12].

1 方法与材料

微痕分析根据观察对象侧重点和所用显微镜的

不同, 可以分为高倍法和低倍法两种. 虎头梁石制品的原料呈现多样性, 其中大部分质地粗糙, 难以进行以光泽为主要观察对象的高倍法分析, 因此本项研究工作采取低倍法, 使用 Nikon SMZ1500 体视显微镜(放大倍数为 7.5×~180×), 以破损和磨圆为主要观察对象, 重点记录标本刃缘的磨圆程度和破损微疤, 辅以对光泽和条痕的观察.

根据前述微痕特征的分布位置、具体形态和组合形式, 我们可以对其形成原因进行分析, 以此判断考古标本的使用过程. 这一从静态数据推断动态过程的阐释基础是研究者在模拟实验中积累的微痕标本和数据(共计 200 件)^[17,18]以及其他学者发表的可对比资料^[19,20]. 研究者选择与考古标本相近的原料打成石器并进行各种使用实验, 观察其表面留存下的使用痕迹. 由此将各种运动方式(如砍、刨、刺、钻、刮、切)及不同加工对象(如木头、肉类、骨头、皮革)和使用痕迹之间建立起对应关系. 张晓凌和沈辰^[18]分别进行过“盲测”, 微痕分析的准确率为 84%和 82%.

根据前人的类型学研究, 在虎头梁遗址中共有

铤状器 25 件^[11,21], 本次微痕分析对全部标本进行了观察. 这些铤状器的原料以硅质岩为主(20 件), 其次为石英岩(4 件)和火山角砾岩(1 件)^[11], 其质地较粗并且不够均质. 从整体形态看, 可以分为长方形、梯形和三角形 3 类, 在尺寸和重量上也存在较大的变异(表 1).

2 铤状器的微痕分析

微痕观察显示, 在 25 件铤状器中共有 14 件存在确定的微痕(包括使用痕迹和装柄痕迹), 其中 7 件标本上同时具有使用痕迹和装柄痕迹, 3 件标本上仅识别出使用痕迹, 4 件标本上只发现装柄痕迹(图 2). 此外, 1 件标本上存在疑似装柄痕迹的破损, 但由于石料质地粗糙且痕迹孤立存在, 难以确定它的性质, 因此暂不计入统计范围.

6 件标本上存在超过 1 处的微痕, 因此在这 14 件标本上, 共有 32 处微痕分布于石器的不同部位. 其中使用痕迹集中分布在顶部刃尖和底部刃缘, 装柄痕迹则主要见于左右两侧边.

2.1 装柄的复合工具

有装柄痕迹的标本共计 11 件, 这说明 44% 的铤状器是安装在手柄上作为复合工具使用的(图 2).

装柄痕迹共计 21 处, 在全部 32 处微痕中所占比

表 1 铤状器基本情况^[11]

	最大值	最小值	平均值	标准偏差值
长度/mm	127.3	30.2	61.21	19.67
宽度/mm	73.3	25	44.69	11.45
厚度/mm	28.1	11	17.77	4.58
重量/g	210.7	10.8	63.58	45.38

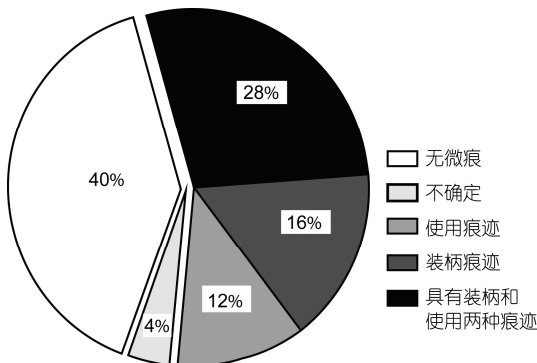


图 2 微痕观察结果

例高达 66%, 是虎头梁铤状器微痕的主要组成部分. 装柄痕迹的形态特征主要分以下两种: 第一, 在侧边、顶端和背面隆凸处可见装柄产生的磨圆, 侧边的破损疤形态比较多样, 兼有折断式和羽翼式终端(图 3); 另外一种, 侧边磨圆清晰, 在背面鼓起的中脊处呈现出不同程度的磨圆, 折断式终端的梯形片疤层叠分布于侧边刃脊之上, 片疤间的交界处也呈现出一定的磨圆^[19,20](图 4).

根据模拟实验的研究, 装柄痕迹的分布位置与石器和装柄材料间(手柄和绳、胶等固定物)的接触有密切关系. 从微痕观察结果看, 铤状器的装柄微痕集中分布于石器两侧边的刃缘上, 表现为破损和中-重度磨圆, 在少量标本的顶端或底端以及背面隆起的中脊上也可见磨圆出现. 这说明它可能采取了用绳索捆绑的“倚靠式”装柄方式. 即将木柄与石器结合的部位削去一半, 然后将工具依靠在剩下的那一部分上, 最后用麻绳捆绑^[19,22](图 5).

2.2 原始的铤

根据微痕分析结果, 铤状器中确有一组标本可以被称之为铤, 它与后期的磨制石铤甚至金属铤虽然制作技术不同, 但有着相似而略显原始的形态和相同的功能, 是铤的雏形和源头.

6 件标本的微痕特征指示它们曾经使用过底部直刃, 即底部保存有使用痕迹, 其中 4 件在顶部和两侧边上相应的可以识别出作为捆绑痕迹的破损和磨圆.

分布在底部刃缘的使用痕迹以磨圆和片疤为主. 磨圆为轻-中度, 片疤以中型为主, 分布形式有双面和背面两种, 终端形态以阶梯式、羽翼式为主, 偶有卷边式出现. 这种特征组合明显区别于刮削使用的小型破损疤单面分布的微痕^[23,24], 与模拟实验中砍削使用所产生的阶梯式、卷边式终端疤两面分布的微痕特征是一致的^[18].

在兼具装柄和使用痕迹的标本中, P5048 的微痕最为典型. 底刃呈现磨圆, 特别是底刃与侧边的两个夹角处磨圆更加强烈且夹杂有小的片疤, 呈羽翼式终端, 兼有阶梯式终端, 在腹面分布有几个稍大的羽翼式终端的片疤, 刃缘中段呈现强烈的破损. 这种磨圆与片疤伴生、中型羽翼式和阶梯式片疤在背腹两面不均匀分布的组合特征指示了该件石器对木质材料进行砍削的加工方式^[24], 也就是通常所理解的铤的

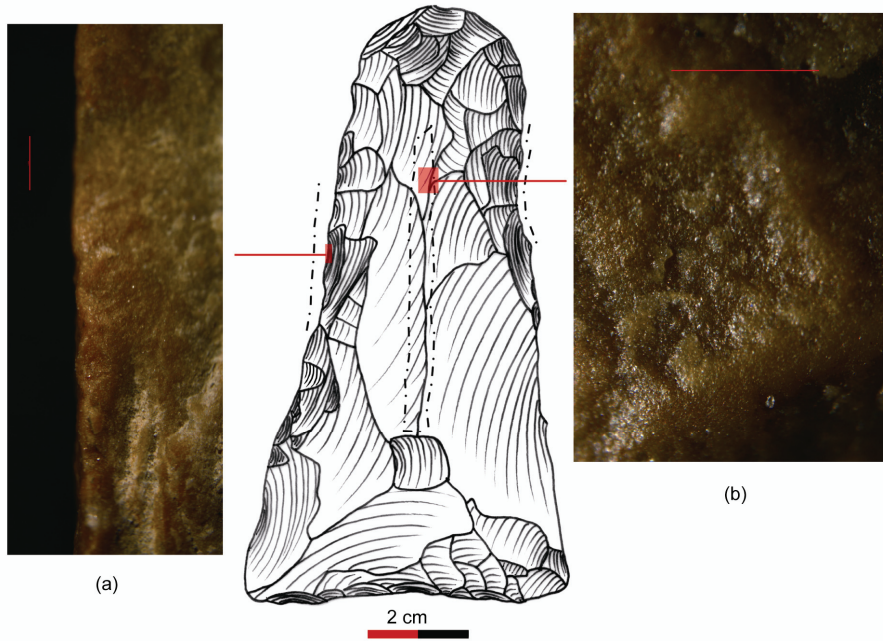


图3 装柄痕迹(标本 P5084)

(a) 磨圆和多种终端形态的破损疤; (b) 背脊上的磨圆. 点划线表示装柄痕迹分布的位置. 文中所有显微照片中的红色标尺长度均为 1 mm

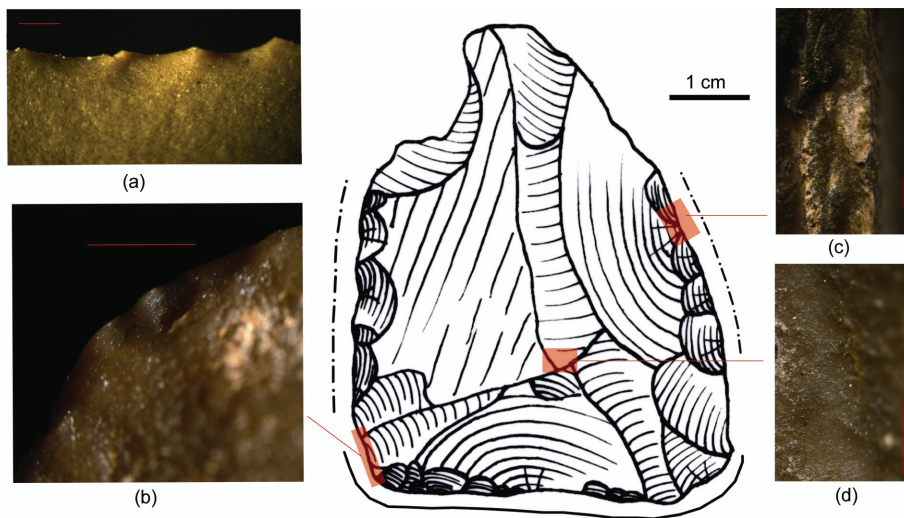


图4 铤的使用和装柄痕迹(标本 P5048)

(a) 实验标本(USE096)加工干杏树枝形成的使用痕迹, 连续分布的羽翼式终端的片疤^[23]; (b) 使用形成的磨圆和羽翼式、折断式终端片疤; (c) 装柄形成的磨圆和阶梯式终端片疤层叠分布; (d) 捆绑装柄在背脊上形成的磨圆. 实线表示使用痕迹分布的位置, 点划线表示装柄痕迹分布的位置

使用方式(图 4).

2.3 似铤非铤的工具

微痕分析结果表明, 除石铤之外, 虎头梁铤状器中还存在另外两种不同的工具: 一种是利用尖刃进

行戳刺和锥钻的尖刃器, 共 3 件; 第二种是分别在侧边和底刃两个部位进行过刮削的多刃器, 仅 1 件. 这两类器物与石铤形似但又具有不同的使用方式.

(i) 装柄尖刃器. 这类标本共有 3 件, 其中 2 件被识别出曾用于肉类加工. 它们的共同点在于尖

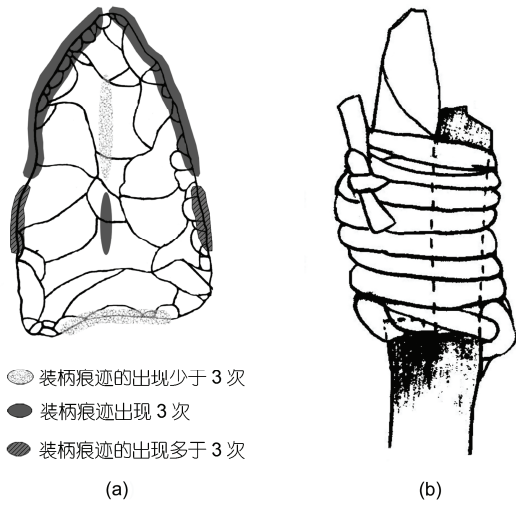


图5 装柄痕迹分布以及装柄方式示意图
(a) 装柄痕迹分布位置和出现频率; (b) “倚靠式”装柄^[22]

部有集中而明确的使用痕迹, 侧边和底部分布有装柄痕迹。

标本 P5042, 尖端为较大的阶梯式终端的片疤, 而接近尖部的位置则分布有相对比较小的、深浅不一的中小型羽翼式疤, 轻度磨圆, 为加工鲜肉类材料的使用痕迹^[24]。右侧边的下部和底端刃的左侧均有单层小型羽翼式片疤分布, 磨圆较好, 是与木质材料接触的典型微痕^[24], 我们推测它是与装柄材料接触并相互摩擦产生的(图 6)。

(ii) 多刃器。有 1 件标本存在使用痕迹, 但是没有固定的使用方式。P5041 在右侧边接近尖部的位置有磨圆和单面分散分布的浅平羽翼式片疤, 这是刮削新鲜木材形成的使用痕迹。底部直刃有很好的磨圆, 连续分布的中型阶梯式片疤单面分布, 是处理干硬木材形成的^[24]。从形态看, 这件标本既有尖刃又有底部宽平的陡刃, 从类型学上将其命名为尖刃器或镑均可, 但是微痕分析结果显示, 它没有专门的用途, 属于随机使用的多功能器(图 7)。

3 结论与讨论

本文通过微痕分析对虎头梁 25 件镑状器的功能和使用方式、加工对象进行了实证性的研究。根据标本上保存下来的装柄和使用痕迹, 我们确认镑状器是经过装柄的复合工具; 从功能角度看, 它可以分为两个主要的类别: 石镑和尖刃器, 此外还存在极少数多刃器。

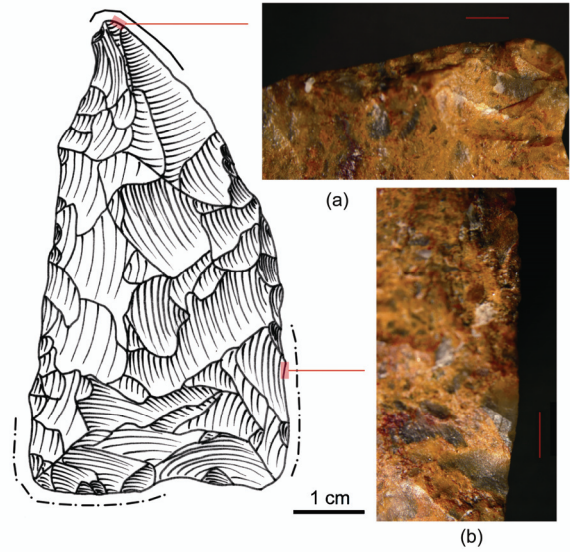


图6 尖刃器的使用和装柄痕迹(标本 P5042)
(a) 阶梯式终端的大片疤和深浅不一的中小型羽翼式、阶梯式片疤以及轻度磨圆; (b) 单层小型羽翼式片疤和磨圆实线表示使用痕迹分布的位置, 点划线表示装柄痕迹分布的位置

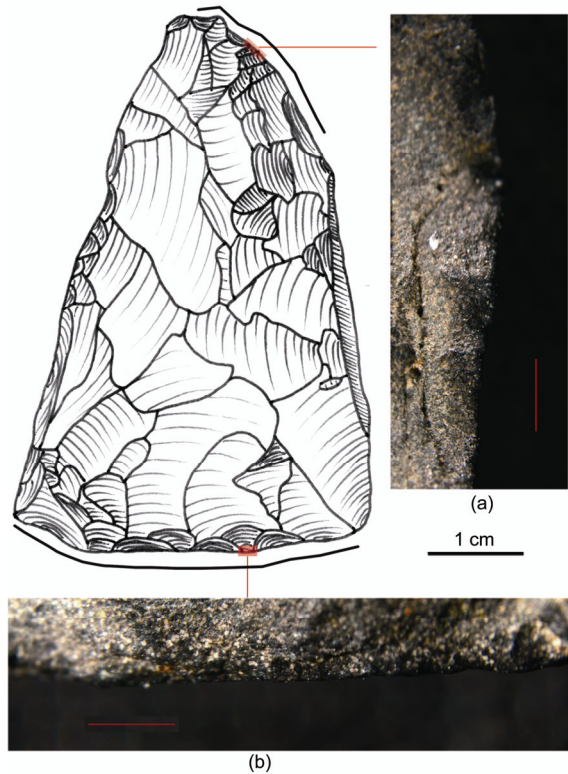


图7 多刃器的使用痕迹(标本 P5041)
(a) 分散分布的浅平羽翼式片疤; (b) 连续分布的中型阶梯式片疤。实线表示使用痕迹分布的位置

3.1 装柄的复杂技术

与依据石器形态做出的假设性推测不同,本次研究根据装柄留在石器上的痕迹,在我国首次通过实证手段确认了万年前旧石器时代复合工具的存在。

石镞和尖刃器都采取了装柄使用的方式。前者是在旧石器时代末期出现的新的石器类型,与晚期的工具形态相似。以前研究者根据民族学资料和类型学推测它是复合工具,但由于缺乏实证手段和相关证据,这样的推测一直处于假说阶段。此次微痕研究为这一推论提出了有力的证据。尖刃器是旧石器时代从早期到晚期都普遍存在的工具类型。锐利的尖端是它主要的工作刃,用于戳刺和钻孔。本次研究的尖刃器的特点在于它底部有单面的陡向修理,这种形态特征曾被误认为是石镞的刃口,微痕分析结果表明它其实是对装柄部位所进行的修薄处理。由手握到装柄,尖刃器在使用方式上出现巨大的进步,功能也相应地得到加强。

给石器装柄,将独立的工作刃和手柄组合在一起的工具被称为复合工具。这可以提高其工具效能并且加强石料的利用率,它要求生产者具有预先的设计并包括制作、组合和维修等一系列复杂的程序,捆绑和黏接所用的材料和采取的方式也具有复杂性。这种工具反映了人类较为进步的认知和行为能力。因此,从人类演化的角度讲,装柄和复合工具通常被认为是现代人(晚期智人)行为的重要特征^[25,26]。

由于复合工具的手柄主要由木头和骨头等有机质制成,在考古遗址中很难保存下来,目前仅有零星的发现。在新石器时代,东胡林遗址中曾发现过一件复合工具——骨柄石刀,石片镶嵌在骨质的手柄中^[27];良渚文化时期的遗址中也发现过装有木柄的石镞^[28]。但是在旧石器时代,由于历时长久,有机质手柄保存的可能性更低,目前我国尚无此类发现。因此对于这一时段内古人类的装柄行为的识别需要借助保存在石器上的痕迹来进行。在非洲、欧洲和西亚地区的旧石器时代遗址研究中,都曾根据石器上的装柄痕迹确认了复合工具的存在。特别是在苏丹的8-B-11遗址,研究者根据石器上的装柄微痕将人类利用复合工具的历史前推到20万年前,大大丰富了对早期现代人行为能力的认识^[20,25,29,30]。因此在我国石器研究中,应该拓宽研究思路,重视并加强对装柄痕迹的识别,从现有的发现中提取更多的信息,最大程度复原人类演化的历史。

3.2 石镞的功能与定位

虎头梁镞状器的使用过程得到微痕证据的确认,可以排除其作为磨制石镞毛坯或其他处于预制阶段石器的可能性,说明它是制作完成后投入使用的成品。使用痕迹指示镞状器砍削木材的用途,装柄痕迹反映它安装把柄,这些都与镞的使用方式相同^[31]。云南独龙族现在仍使用石镞,它主要用于木材粗料的修枝去皮,整木挖槽;其捆绑方式和本项研究中的微痕分析结果基本吻合。因此,我们可以将虎头梁遗址中出土的安装在木柄上、利用底端宽直陡钝的单面刃加工木料的器物称为旧石器时代的打制石镞。

镞是一种很常见的工具,金属出现之前,它以石头制作而成。石镞的普遍使用可以上溯到史前时代。在中国南方的新石器时代考古遗址中,磨制石镞十分常见。在欧洲,打制石镞出现于中石器时代晚期。在东南亚,特别是湄公河盆地的史前居民们也使用这种工具。在埃及、新西兰、美洲西北海岸也都有镞的发现。但是旧石器时代尚未发现足够的证据来证明石镞的存在。除相似的形态外,还需要功能和装柄的证据支持。本项研究恰好利用石器微痕填补了这两方面的空白,证明打制石镞早在旧石器时代就已经存在,它与后期的镞在形态、功能和装柄使用三方面都是一脉相承的。新石器时代的磨制石镞并非无本之木,它源自旧石器时代的打制石镞,在制作技术上从打制发展为磨制。

从旧石器时代开始,由于对木材的利用日益增多,古人设计出一种对其进行处理的专门工具——镞。它在新旧大陆广泛被使用,19世纪仍然能够在澳洲、非洲、波利尼西亚地区的一些土著族群中发现。根据民族学材料的记录,石镞多用于制作木质的生活用具和武器^[31~33]。从我国目前的考古发现看,镞状器多与细石器遗存共出,有学者根据其共存关系推测镞用于加工复合工具的木柄^[3],我们的微痕分析工作支持这一观点。但是单纯的制作木柄的需求并不足以产生专门的木工工具(镞)。加工木材可能是为修建房屋进行的。虎头梁处于新仙女木事件的寒冷期,作为旷野遗址,没有洞穴和岩厦可以为古人遮风挡雨。而在相近或更早的时期,在邻近的西伯利亚地区已经有多处房屋遗址的发现^[34],因此我们有理由推测,石镞所加工的大量木材是用于修盖房舍,这类石器的出现与人类为御寒避险而兴建住所有关。希望在今后的工作中,可以获得更多的证据支持这一假说。

综合这 25 件铍状器, 石铍用于加工木料, 尖刃器用于处理肉类, 石器在功能上存在明确的分工。从石器的制作和修理方式看, 这组标本都进行了精致加工并安装手柄。从铍状器较大的尺寸和重量变异范围看, 这组标本从最初使用到最后废弃经过很长的时间和复杂的不断维修反复使用的过程, 其整体形态也随之发生变化, 逐渐变轻变小。这类石器已具有功能分化, 其制作经过预先设计和较为复杂的工序, 并且在使用过程中不断整修, 这些都指示虎头梁地区的古人类采取了一种比较复杂的、有规划的技术组织方式^[35,36]。同时, 尖刃器、多刃器和石铍, 这 3 类形似而功能迥异的器物于同时同地出现, 恰好反映了石器功能转化的动态过程, 说明最初打制石铍的出现是与人类在适应环境过程中不断转换石器使用功能的结果。在这一时期, 气候变化剧烈, 环境资源难以预测, 食物资源压力增加^[15], 古人在严酷的

自然环境和生存压力下应产出工具改进和组织程度提高的生存方式。

在两百多万年的旧石器时代, 石器都是人类适应环境的主要文化手段, 其上蕴含着丰富的人类信息, 记录了人类演化的历史。石器功能作为人类适应和改造环境过程中利用工具完成的某种特殊工作, 与生计模式紧密相关, 反映人类的生存能力和适应策略。以往的石器研究, 着重以形态描述和技术分析的手段来研究石器的制作和加工, 对石器功能的解读处于空白或主观臆测阶段。微痕分析为我们提供了科学方法, 强化了石器功能研究的薄弱环节, 在研究石器和理解人类行为、认知能力之间架起一道桥梁。微痕分析在考古学领域将进一步推动石器研究向更加客观、全面的方向发展。通过科学地应用这一方法, 我们可以从已有的考古材料中提取更多的信息, 从而达到透物见人的目的。

致谢 表 1 和图 3、6、7 中的标本线图引自朱之勇博士论文, 在文章撰写过程中与中国社会科学院考古研究所陈星灿、皇家安大略博物馆秦小丽、复旦大学陈虹以及中国科学院古脊椎动物与古人类研究所梅惠杰、刘德成、关莹、李锋等人进行了有益的讨论, 在此并致谢忱。

参考文献

- White A L. The Evolution of Culture. New York: McGraw-Hill Book Company, 1959. 8
- 王健, 王向前, 陈哲英. 下川文化——山西下川遗址调查报告. 考古学报, 1978, 3: 259—288
- 谢飞, 李珺, 石金鸣. 中国旧石器时代晚期铍状器之研究. 见: 韩国国立忠北大学校先史文化研究所, 中国辽宁省文物考古研究所, 编. 东北亚旧石器文化. 汉城: 白山文化出版社, 1996. 179—195
- 兰玉富. 山东泗水县戈山发现一组龙山文化石铍. 考古, 2008, 5: 92—94
- Semenov S A. Prehistoric Technology. London: Cory, Adams and Mackay, 1964
- Keeley L H. Experimental Determination of Stone Tool Uses. Chicago: The University of Chicago Press, 1980
- Odell G H. Stone Tools and Mobility in the Illinois Valley: From Hunter-gatherer Camps to Agricultural Villages. Michigan: International Monographs in Prehistory, Ann Arbor, 1996
- 沈辰, 陈淳. 微痕研究(低倍法)的探索与实践——兼谈小长梁遗址石制品的微痕观察. 考古, 2001, 7: 62—73
- 张森水. 述评《石器使用的试验鉴定——微磨损分析》一书. 人类学学报, 1986, 5: 392—395
- 高星, 沈辰. 石器微痕分析在中国考古学中的应用与发展前景. 见: 高星, 沈辰, 主编. 石器微痕分析的考古学实验研究. 北京: 科学出版社, 2008. 1—22
- 朱之勇. 虎头梁遗址石制品研究. 博士学位论文. 北京: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 2006: 98—109
- 盖培, 卫奇. 虎头梁旧石器时代晚期遗址的发现. 古脊椎动物与古人类, 1977, 15: 287—300
- 黎兴国, 刘光联, 许国英, 等(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 ¹⁴C 实验室). ¹⁴C 年代测定报告(PV)I. 见: 中国第四纪研究委员会碳十四年代学组, 编. 第四纪冰川与第四纪地质论文集第四集(碳十四专集). 北京: 地质出版社, 1987. 16—38
- Gai P. Microblade tradition around the northern pacific rim: A Chinese perspective. 见: 古脊椎动物与古人类研究所编. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所参加第十三届国际第四纪大会论文选. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 21—31
- 夏正楷, 陈福友, 陈戈, 等. 我国北方泥河湾盆地新——旧石器文化过渡的环境背景. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2001, 31: 393—400
- 谢飞, 李珺, 刘连强. 泥河湾旧石器文化. 石家庄: 花山文艺出版社, 2006: 162—176
- 高星, 沈辰, 主编. 石器微痕分析的考古学实验研究. 北京: 科学出版社, 2008
- Shen C. The Lithic Production System of the Princess Point Complex during the Transition to Agriculture in Southwestern Ontario, Canada.

- BAR International Series 991, 2001. 45—53
- 19 Rots V. Prehensile Wear on Flint Tools. *Lithic Technol*, 2004, 29: 7—32
- 20 Rots V, Philip V P. Early evidence of complexity in lithic economy: Core-axe production, hafting and use at Late Middle Pleistocene site 8-B-11, Sai Island (Sudan). *J Archaeol Sci*, 2006, 33: 360—371
- 21 朱之勇. 虎头梁遗址中的铸状器. *北方文物*, 2008, 2: 3—8
- 22 赵静芳, 宋艳花, 陈虹, 等. 石器捆绑实验与微痕分析报告. 见: 高星, 沈辰, 主编. 石器微痕分析的考古学实验研究. 北京: 科学出版社, 2008. 145—176
- 23 张晓凌, 王春雪, 张乐, 等. 刮削运动方式实验与微痕分析报告. 见: 高星, 沈辰, 主编. 石器微痕分析的考古学实验研究. 北京: 科学出版社, 2008. 83—106
- 24 陈福友, 曹明明, 关莹, 等. 木质加工对象实验与微痕分析报告. 见: 高星, 沈辰, 主编. 石器微痕分析的考古学实验研究. 北京: 科学出版社, 2008. 41—60
- 25 Lombard M. Evidence of hunting and hafting during the Middle Stone Age at Sibidu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa: A multianalytical approach. *J Human Evol*, 2005, 48: 279—300
- 26 Klein R G. Archaeology and the evolution of human behaviour. *Evol Anthropol*, 2000, 9: 17—36
- 27 北京大学考古文博学院, 北京大学考古研究中心, 北京市文物研究所. 北京市门头沟区东胡林史前遗址. *考古*, 2006, 7: 3—8
- 28 肖梦龙. 试论石斧石镞的安柄与使用——从溧阳沙河出土的带木柄石斧和石镞谈起. *农业考古*, 1982, 2: 108—113
- 29 Gibson N E, Wadley L, Williamson B S. Microscopic residues as evidence of hafting on backed tools from the 60000 to 68000 year-old Howiesons Poort layers of Rose Cottage Cave, South Africa. *S Afr Human*, 2004, 16: 1—11
- 30 Büller J. Handling, hafting and ochre stains. In: Beyries S, ed. *Industries Lithiques Tracéologie et Technologie Vol. 1: Aspects archéologiques*. Oxford: BAR International Series 411. 1988. 5—32
- 31 Mitchell S R. The woodworking tools of the Australian Aborigines. *J Roy Anthropol Instit Great Britain Ireland*, 1959, 89: 191—199
- 32 Clark J D. Some Stone Age woodworking tools in Southern Africa. *S Afr Archaeol Bull*, 1958, 13: 144—152
- 33 Clark G. Traffic in stone axe and adze blades. *Econ Hist Rev*, 1965, 18: 1—28
- 34 冯恩学. 俄国东西伯利亚与远东考古. 长春: 吉林大学出版社, 2002: 1—92
- 35 Binford L R. Organization and formation processes: Looking at curated technologies. *J Anthropol R*, 1979, 35: 255—273
- 36 Nelson M. The study of technological organization. In: Schiffer M, ed. *Archaeological Method and Theory*. Tucson: The University of Arizona Press, 1992. 57—100