DOI: 10. 3724/2097-3063. 20240037
CSTR: 32092. 14. PA. 20240037

浅议中国旧石器时代早中期权宜骨器技术的起源与发展轨迹

马舒文[1]　Luc Doyon[2]
1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044；2. 波尔多大学与法国国家科学研究中心PACEA实验室，波尔多 33600

摘　要　按照技术组织形式的分类标准，更新世的骨器包括两类：①通过直接打击法简单修理或不经修理直接使用的权宜骨器；②通过研磨、刮削、雕刻和切割等专业技术制作的规范骨器。近二十余年的研究发现，不同于距今4.5万年开始在旧大陆流行的规范骨器，古人类使用权宜骨器与环境互动的传统至少持续了200万年。本文通过回顾中国、非洲和欧洲地区旧石器时代早中期骨器技术的发现与研究，整合并对比了权宜骨器的起源与发展轨迹。结果表明，中国权宜骨器起源于距今200万—100万年，技术特征主要表现为简单粗糙，但也有一定程度的进步性；到了MIS 6末期至MIS 5早期，灵井许昌人遗址权宜骨器组合的类型多样化和制作标准化特征，以及将骨骼作为表达象征性活动的证据，均指示中国更新世骨器技术的一个重要转折；在距今4万年规范骨器大规模出现于中国以后，权宜骨器被持续沿用。总之，尽管存在区域性特征，中国旧石器时代早中期权宜骨器技术发展的文化轨迹整体上与非洲、欧洲地区一致。在此基础上，本文结合骨器的最新研究进展，为今后中国权宜骨器研究的方法和技术手段提出了建议。

关键词　旧石器时代早中期；权宜骨器；技术与功能；古人类；行为适应

1　引言

骨器（bone/osseous tools）起源与发展轨迹的探索是旧石器时代技术系统和古人类文化适应研究中的重要课题。1957年，Dart首次提出距今367万年南方古猿的Osteodontokeratic文化（即使用骨、齿、角作为工具）[1]。虽然随后不久被多位学者证明这些“工具”是由埋藏学因素造成[2,3]，但该研究成功将骨器引入考古学家的视线，骨器成为旧石

收稿日期：2024-09-03；**接受日期**：2024-10-30
基金项目：国家社会科学青年基金（24CKG003）；国家资助博士后研究人员计划（GZB20240751）；欧洲研究理事会“更新世权宜骨器技术”项目启动资助（European Research Council Starting Grant for the project Pleistocene Expedient Osseous Technology, ExOsTech, No.101161065）；波尔多大学IdEx“人才”计划（the IdEx “Talent” program by the University of Bordeaux, No.191022-001）；法国政府在波尔多大学IdEx“未来投资”计划GPR“人类过去”框架下提供的科学框架（French government in the framework of the University of Bordeaux’s IdEx “Investments for the Future” program GPR “Human Past”）
作者简介：马舒文，博士，主要从事旧石器时代考古学与骨制品研究。E-mail：mashuwen@ivpp.ac.cn

器时代研究的重要课题之一。此后，学术界更多地关注规范骨器（formal bone tools），它们出现于距今9万—6万年的非洲和距今4.5万年后的世界范围内，与晚更新世多个人类种群有关。然而，更多的考古证据表明，人类利用未经修理或经过简单修理的权宜骨器（expedient bone tools）与环境互动的传统至少持续了200多万年。

权宜骨器的起源可能与距今300万—260万年的石器制作[4,5]、动物屠宰和敲骨吸髓[6]、木材加工[7,8]等行为有关。古人类在这类生存活动中逐渐认识到有机质材料的技术潜力，并积累了他们制作和使用骨器所需的必要技能，随后在距今240万—80万年的非洲逐步演化为技术创新，成为更新世技术系统中的一个重要元素。因此，权宜骨器的研究可以为古人类文化适应系统的多个方面提供重要的考古学证据。行为适应方面，对骨骼材料的简单利用，可以指示古人类应对资源压力或环境变化等情况时的灵活性生存策略；技术组织方面，权宜骨器的功能多样化表明群体中潜在的技术创新与演进，如狩猎、加工兽皮和制作木器等，并根据工具形态及其所参与活动的技术复杂程度，进一步指示专业化水平和群体内部的知识传递方式；文化传播方面，生存环境中的资源与气候差异可能导致权宜骨器的选材、加工技术、形态和功能具有区域性或群体性特征，对这些技术创新的历时性分析，使我们有机会动态观测区域或群体间的文化互动。

对权宜骨器技术的鉴别主要依据其制作技术与功能特征。制作技术方面，权宜骨器通常与遗址中的石器技术一致，即通过直接打击法修理骨片边缘。因此，记录片疤的数量、规模及排列模式是权宜骨器的重要判断方法之一[9,10]。功能方面，特别是对未经修理直接使用的权宜骨器而言，则通常需要借助脊椎动物埋藏学、使用磨损分析和残留物分析等方法。埋藏学帮助我们排除骨骼表面改造痕迹的自然因素（如风化、水流、踩踏、动物啃咬和胃酸腐蚀等）和人为非使用因素（古人类狩猎、屠宰、剥皮和敲骨吸髓等行为产生切割痕与刮削痕等），明确古人类的有意使用行为。在此基础上，通过使用磨损或残留物分析进行功能判断。

近20年，借助上述方法和手段，非洲与欧洲地区的权宜骨器研究逐渐增多（见下文），已经建立起了相对完整的更新世权宜骨器发展轨迹，并始终强调权宜骨器功能研究在揭示古人类适应性方面的重要性[11]。近期，多项新发现证明中国在更新世人类扩散事件和复杂种群互动方面居核心地位[12–14]。这些证据都强调了探索中国更新世骨器技术发展轨迹的必要性。需要说明的是，距今4.5万年，规范骨器开始在欧洲[15–17]、东非与南非[18,19]、黎凡特[20,21]、中亚与南亚[22–25]、澳大利亚[26,27]等多个地区广泛出现，成为全球骨器技术的统一转折点。因此，本文主要关注距今4.5万年以前旧石器时代早期与中期的骨器技术，通过对已公布的骨器发现与研究现状的梳理和整合，将中国的最新证据与非洲和欧洲的考古记录进行比较，探索旧石器时代早中期权宜骨器技术的转折点及发展趋势。

2 非洲与欧洲旧石器时代早中期骨器技术

非洲与欧洲旧石器时代早中期骨器技术的起源和发展过程经历了三个转折点。第一个转折点出现在距今240万—150万年的非洲，这一时期的考古记录中首次出现了古人类的多个种群使用权宜骨器的情况（表1）。距今240万年起，生活在南非的南方古猿粗壮种（*Australopithecus robustus*）率先使用严重风化的碎骨片与环境互动。南非Swartkrans（距今约240万—180万年）[28]、Kromdraai B（距今约220万年）[29]、Drimole Main Qarry（距今约204万—195万年）[30]和Sterkfontein遗址（距今约170万—140万年）[31,32]出土了近

表1 非洲旧石器时代早期（ESA）权宜骨器记录

Tab. 1 Expedient bone tool collections from Early Stone Age in Africa

遗址	国家	距今年代（万年）	石器工业	骨器数量	原料	制作技术	工具类型	使用者
Swartkrans Member 1	南非	240—180	奥杜威	32	风化的骨头、牛角和一具马科动物下颌骨	未经修理	/	南方古猿
Kromdraai B	南非	220	/	2	Ⅲ—Ⅳ型哺乳动物	未经修理	一个磨圆的尖部工具	南方古猿
Sterkfontein Name Chamber	南非	218 ± 21	奥杜威	1 (?)	/	/	/	
Drimole Main Qarry	南非	204—195	奥杜威	14	Ⅱ—Ⅲ型哺乳动物	未经修理	尖部磨圆的细长骨碎片	南方古猿/直立人
Olduvai Geroge Ⅰ-Ⅱ	坦桑尼亚	180—115	奥杜威	35	大型动物		骨砧、手斧和骨锥	直立人
Olduvai Geroge Ⅱ	坦桑尼亚	165—130	早期阿舍利	1	/			直立人
KGA13-A1 (Konso)	埃塞俄比亚	140	早期阿舍利	1	河马股骨	直接打击	双面手斧	直立人
Cooper's D	南非	140—100	/	1	Ⅱ型哺乳动物	未经修理	/	南方古猿
Swartkrans Member 2	南非	140	阿舍利	11	/	未经修理	/	南方古猿
Sterkfontein Acheulean Infill (Member 5 West)	南非	130—110	阿舍利	1	掌跖骨	未经修理	尖状器	人属
Olduvai Geroge Ⅲ-Ⅳ	坦桑尼亚	115—80	阿舍利	6	大型哺乳动物的肢骨和不规则骨	直接打击	带刺尖状器、骨砧板和骨刀	直立人
Swartkrans Member 3	南非	96	阿舍利	41	/	未经修理		南方古猿
Olduvai Bed Ⅳ HEB	坦桑尼亚	80	晚期阿舍利	1	大象骨骼	直接打击	手斧	/

50件未经修理但具有明确使用痕迹的骨器组合。Backwell和d'Errico对该组合的使用磨损分析表明，仅限于其圆形尖端5—50毫米区域的磨平（flattening）和抛光（polish），以及自顶端辐射开来的（近）平行于骨片长轴的微线痕（micro-striations），指示这批权宜骨器组合与南方古猿的食蚁行为密切相关[28]。Lesnik通过共聚焦显微镜提取尺度敏感度分型分析的定量分析方法，再次证明了这批骨器用于挖掘白蚁的使用场景，并进一步推测南非古人类可能食用的白蚁种属[33]。早在1963年，珍妮·古道尔就曾发表关于早期原始人使用工具捕获白蚁的开创性工作[28]。磨损分析的结果有力地支持了食虫对早期人类饮食的影响，证明使用动物骨骼挖掘白蚁食用的行为传统至少持续了100万年左右。

与此同时，东非坦桑尼亚的奥杜威遗址Bed Ⅰ—Ⅱ层位（距今180万—115万年）的骨器代表了与南非截然不同的模式。1971年，Mary Leakey报道了奥杜威遗址Bed Ⅰ—Ⅱ层位出土的125件人工修理的骨骼与牙齿[34]。随后，Shipman对这批骨制品重新评估，发现仅有41件“骨器”（不包括牙齿）破裂边缘多呈现新鲜状态下的断裂模式，表明它们是在动物死后不久即发生折断的；其原料主要来源于大象和长颈鹿等大型哺乳动物的股骨、肱骨和肩胛骨等，不修理或轻微修理后使用[35]。Backwell和d'Errico通过复制实验和微痕分析，确定奥杜威骨器中不规则的骨骼或长骨骨骺通常被当作软锤类工具使用（如将髌骨、距骨、股骨髁作为骨砧）；有26件骨器从事轻型工作，主要用于加工软性物质（如兽皮）；11件骨器从事重型工作，如屠宰或挖掘活动，其中1件为早期阿舍利手斧，年代为距今160万—130万年[10,36]。东非与南非地区记录的权宜骨器的选材、制作技术和功能的两种模式，表明不同种群面对差异性的资源与环境压力时的适应策略和文化传统，为评估古人类技术创新、适应能力和社会文化等旧石器时代重要研究主题提供了关键线索。

距今150万年至中更新世后半段，考古记录仅提供了少量证据表明古人类对动物骨骼技术利用的行为。这一阶段较为常见的骨器类型包括两面器（bifaces）和骨修饰器（bone retouchers）。该阶段的骨质两面器或手斧零星出现于非洲和欧洲地区。除了埃塞俄比亚Konso遗址距今140万年层位中的一件骨质手斧使用河马股骨修理而成[37]，其他遗址中的多使用象骨制成[38,39]，如东非奥杜威遗址距今80万年的Bed IV HEB层位[36]，以及欧洲意大利Fontana Ranuccio遗址（距今45.8万年）[40]。骨质手斧通常与阿舍利石器工业共生，为这一时期直立人的技术创新和行为复杂性提供了更丰富的考古学证据。骨修饰器是用于修理石器边缘的骨质工具，属于未经修理直接使用的骨器，其痕迹特征表现为集中分布于皮质骨的密集凹坑（pits）和划痕（scores）。它们最早出现于距今50万年左右欧洲西部的Boxgrove遗址[41]，并在旧石器时代中期成为尼安德特人“工具包”中的重要工具类型。此外，还有少量带有刻痕图案的动物骨片，被解释为古人类以骨骼为原材料记录信息或表达某种象征性行为的早期实验[42,43]。总之，这些考古记录尽管在时间和空间上都很分散，但同时也表明史前人群并未完全放弃对动物骨骼的技术利用。

第二个转折点发生在MIS 9阶段的欧洲，骨质两面器和骨修饰器在这一时期变得非常

普遍。前者在这一阶段依旧主要以象骨为原材料，数量明显增多（表2），且制作技术与

表2 欧洲旧石器时代早期（LP）权宜骨器记录

Tab. 2 Expedient bone tool collections from Lower Paleolithic in Europe

遗址	国家	距今年代（万年）或时期	石器工业	骨器数量	原料来源	制作技术	工具类型	使用者
Boxgrove	英国	MIS 13	阿舍利	/	/		骨修饰器	人属
Vertesszollos	匈牙利	MIS 13—MIS 9	阿舍利	>100	多数来自象骨		/	
Schöningen 13 Ⅱ-4	德国	47.8—42.4	前莫斯特	88	马科动物肢骨骨干和肋骨	直接打击	骨修饰器、骨砧和掌跖骨软锤	
Fontana Ranuccio	意大利	45.8	晚期阿舍利	>31	大象、牛科、马科和鹿科动物	直接打击	两面器、中间器和尖状器	/
Malagrotta	意大利	45.1 ± 2—37.8 ± 6	/	10	大象和牛科		两面器、中间器、尖状器、刮削器等	
Terra Amata	法国	MIS 11	阿舍利	1	鹿科动物股骨		骨修饰器	
Caune de l'Arago	西班牙	MIS 11—MIS 7	阿舍利	4	马科、牛科和鹿科动物		骨修饰器	
Lademagne upper layer	意大利	40.4 ± 5—38.8 ± 5	阿舍利	8	大象		尖状器	
Bilzingsleben	德国	37	小型石器工业	1	马科动物肢骨骨干和肋骨		手斧	直立人
Gastel di Guido	意大利	40	晚期阿舍利	98	大象和牛科	直接打击	手斧	早期尼安德特人
Bolomor Cave	西班牙	MIS 9	阿舍利	1	鹿科动物		骨修饰器	
Cagny l'Epinette	法国	MIS 9	阿舍利	6	马科和牛科动物肢骨		骨修饰器	
Schöningen 12 Ⅱ	德国	MIS 9		/	马科、牛科和鹿科动物		尖部磨圆的工具、骨砧、骨修饰器和多功能工具	海德堡人
Gran Dolina	西班牙	MIS 9	阿舍利	3	大型至中型哺乳动物	直接打击	边刮器和软锤	
La Polledrara	意大利	32	阿舍利	8	大象		两面器	
Orgnac 3	法国	31.9—22.5	阿舍利	7	马科、牛科和鹿科动物肢骨骨干		骨修饰器	
Pontecorvo	意大利	/	阿舍利	33	大象和马科动物肢骨		刮削器和端部磨圆工具	

形态具有明显的系统化和标准化特征，如德国Bilzingsleben遗址（距今约37万年）[44]和意大利Gastel di Guido遗址（距今约40万年）[45]。象骨两面器是直立人和早期尼安德特人与大象之间长期互动的直接证据，即对大象的肉质、脂肪和骨骼的生存依赖。骨修饰器在MIS 9阶段成为欧洲和黎凡特地区尼安德特人“工具包”中的共同特征，原料通常以马科、牛科、鹿科动物的肢骨和肋骨碎片为主，这在德国Schöningen遗址[46,47]、西班牙Caune de l'Arago[48]和Bolomor洞穴[49]、法国Cagny l'Epinette和Orgnac 3等遗址[48]均有发现。此外，考古记录还证明权宜骨器的形态和使用磨损呈多样性发展趋势，例如德国Schöningen遗址中出土的用于加工兽皮的早期平滑器（smoothers/*lissoirs*/spatulate）[46]和作为敲骨吸髓工具的掌跖骨软锤（metapodial hammers）[50]、意大利Malagrotta和La Polledrara遗址中出土的作为间接打击媒介的中间工具（intermediate tools）和功能暂不明确的刮削器（bone scrapers）[51]。这反映了骨器使用行为范围的扩大和复杂化趋势。总之，从 MIS 9阶段开始，权宜骨器的使用成为更新世技术系统的一个持久行为。

第三个转折点仅限于距今9万—6.5万年的非洲大陆，考古记录中首次并大量出现规范骨器。工具类型在东北非、中非和南非的分布呈现出明显的区域化模式（表3）。东北非的骨器集中出现于摩洛哥大西洋沿岸的Dar es-Soltan 1 Cave、El Mnasra[52]和Contrebandiers Cave[53]三处遗址，发现了骨刀、平滑器、压片器（pressure flakers）和修饰器等，一般在使用部位或通体刮削制成。这批骨器可能和海洋资源利用有关，代表了独立的技术综合体[52]。在中非距今9万年左右的Katanda遗址发现了迄今为止最古老的规范骨器，主要是通过刮削和雕刻制作而成的装柄倒钩尖状器（barbed points）和无倒钩尖状器（unbarbed points）[54]，其制造者和使用者是解剖学意义上的现代人（anatomically modern humans）。南非出土规范骨器的遗址较多，部分制造者可能是智人（*Homo sapiens*）。其中，Sibudu遗址的骨器类型最为多元化，包括尖状器（bone points）、骨楔（bone wedges）、平滑器、压片器和骨质凹缺器（notched bones）等[55-60]。尖状器是南非最为常见的类型，除了Sibudu以外，Peers Cave[61]、Broke Hill[62]、Blombos Cave[63]和Border Cave[18]等遗址的骨器基本上都以这类工具为主。该区域在旧石器时代中期由早至晚主要包括Still Bay（SB）和Howiesons Poort（HP）两个文化层，尖状器在这两个时代分别为狩猎中大型动物资源的手持投掷矛（hand-delivered bone spear）和捕猎较小型动物的骨箭头（bone arrow）。距今6.1万年的Sibudu尖状器恰好处于投掷矛向骨箭头转换的阶段，反映了狩猎对象和狩猎环境的改变[56]。骨质凹缺器也是南非这一时期特殊的骨制品类型，根据使用磨损分析和残留物分析等方法发现，其功能包括但不限于加工淀粉类植物[64]、计数和象征性物品[18,59]，可能在不同文化族群中扮演了实用工具或装饰品的角色。此外，Broken Hill的两件骨凿（gouges）被解释为兽皮加工工具，使用者可能为海德堡人（*H. Heidelbergensis*）[62]。在非洲，规范骨器的出现大致与个人装饰品的出现同时发生[65,66]。但最近在摩洛哥比兹蒙洞穴的发现表明，个人装饰品的制造可能早于该地区最早的骨器约5万年[67]。有趣的是，规范骨器和个人装饰品在大约6万年前从非洲考古记录中消失了。这种物质文化中断了大约

表3 非洲旧石器时代中期（MSA）主要规范骨器记录

Tab. 3 Formal bone tool collections from Middle Stone Age in Africa

遗址	区域	国家	距今年代（万年）	骨器数量	原料	技术	工具类型	功能	使用者
Dar es-Soltan 1 Cave	北非	摩洛哥	9	1	牛科动物肋骨	正式	骨刀	切割软质材料	/
El Mnasra	北非	摩洛哥	10.7	11	肋骨	正式	骨刀、平滑器		/
Contrebandiers Cave	北非	摩洛哥	12—9	62	肋骨	刮削、抛光	平滑器、压片器、修饰器	兽皮加工	智人
Katanda	中非	刚果	9	12	大型动物肋骨或长骨	研磨、切割	倒钩和非倒钩尖状器、匕首状物体	鱼叉	解剖学意义上的现代人
Border Cave	南非	南非	6—4.2	6	成年疣猪或丛林猪的下犬齿	刮削、研磨	牙器和齿状工具	刺穿软质材料和标记工具	
Klasies River	南非	南非	6.6—4.5	5	牛科动物肋骨和肢骨	刮削、装柄和刻划	尖状器和齿状工具	加工植物	智人
Sibudu Cave	南非	南非	7.7—3.8	40±	长骨	刮削、研磨	尖状器、骨楔、齿状骨器、平滑器、中间器、压片器和可能的投掷矛	剥树皮和挖土等	/
Blombos Cave M2	南非	南非	8.4—7.6	1	牛科动物肢骨和下颌骨	刮削、摩擦、抛光和火烧	骨锥、投掷矛	加工软质材料	/
Peers Cave	南非	南非	7.5—5	1	牛科动物	刮削	尖状器	狩猎	/
Broke Hill	南非	赞比亚	30—13	3	Ⅲ/Ⅳ型哺乳动物	雕刻和抛光	骨凿、尖状器	兽皮加工	可能是海德堡人
Apollo 11 Cave	南非	纳米比亚	HP或SB层	2	肋骨	正式	齿状工具	/	/

1.5万年，直到距今4.5万年开始，规范骨器、个人装饰品和象征性物质文化物品在全球范围内广泛出现。

3 中国旧石器时代早中期的权宜骨器技术

中国古人类以技术目的骨骼利用行为起源非常古老。根据已公布的材料，中国旧石器时代早中期骨器技术有两个转折点。与旧大陆其他地区相似，第一个转折点与距今200万—100万年考古记录中首次出现的骨器技术有关（图1、表4）。距今200万年左右，在建始龙骨洞[68]和繁昌人字洞[69]旧石器时代早期洞穴遗址中，均发现通过直接打击法简单修理端部或边缘的打制骨器（knapped bone tools）。虽然骨器多为单向加工，但此时已经有了相对复杂的双层修疤。到了距今100万年左右，出土骨器的遗址逐渐增多[70]，开始出

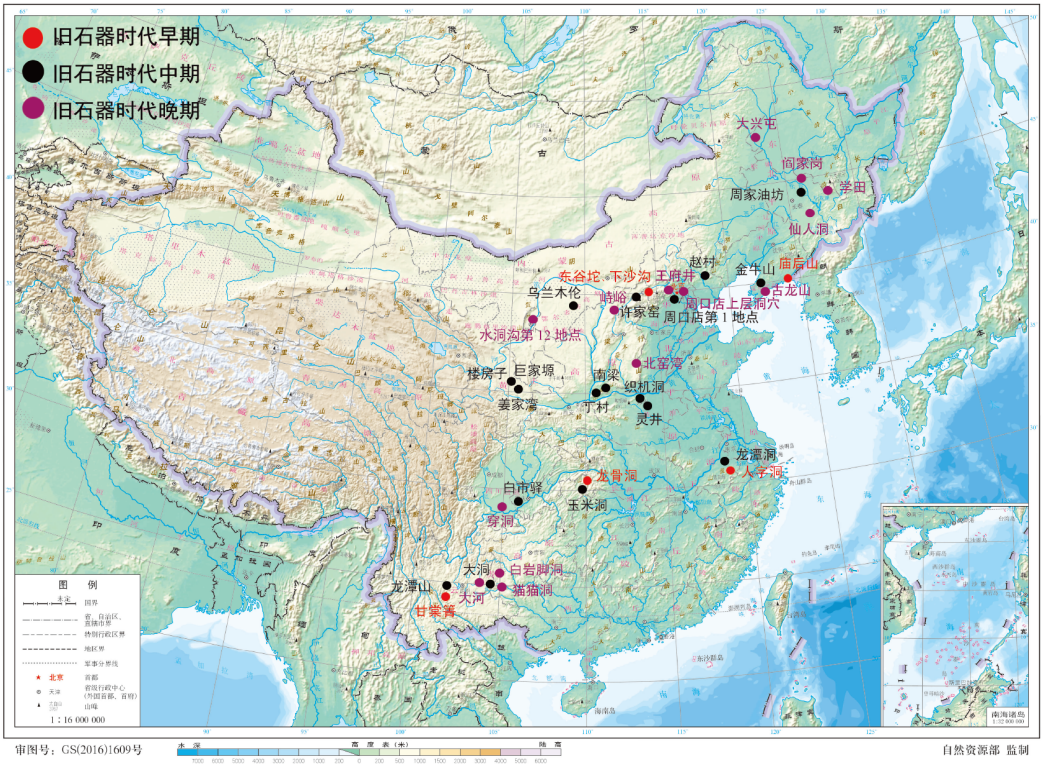

图1　中国旧石器时代出土权宜骨器的遗址

Fig.1　Paleolithic sites in China that discovered expedient bone tools

现交互修理和二次加工的痕迹，如泥河湾盆地东谷坨地点（距今110万年）[71,72]和云南江川甘棠箐遗址[73]。总之，旧石器时代早期中国的骨器整体呈现出较为粗糙和简单的技术特征，主要是通过一系列的连续打击制作而成的尖状器、铲状器和刮削器。虽然骨器技术内部存在一定程度的进步性，但整体上属于典型的权宜技术。

距今100万年以后，出土骨器的遗址数量变少，但在距今50万年的庙后山遗址，连续打击制成的尖状器推测可能为捆绑的矛头，说明此时捆绑技术可能已经被应用于骨器技术中[74,75]。

旧石器时代中期，中国出土的权宜骨器数量明显增多，且分布区域有所扩大（图1、表4）。北方地区分布相对密集，如辽宁金牛山[76]、山西许家窑[77]、河南织机洞[78]、山西丁村[79]、内蒙古乌兰木伦[80]、山西南梁[81]和甘肃庆阳地区[82]等遗址。南方地区的骨器目前仅发现于安徽龙潭洞[83]、云南龙潭山[84]、重庆白市驿[85]和玉米洞遗址[86]等，主要集中于西南地区。旧石器时代中期依旧延续早期的工具类型，以尖状器、刮削器、铲形器为主。其中，丁村[79]和金牛山遗址[76,87]的三棱骨尖状器是这一时期独有的类型；距今约17.2万—16.7万年的白市驿遗址出土一件以东方剑齿象下颌骨为原料的骨质手斧，与欧洲旧石器时代早期偏好使用象骨制作阿舍利手斧的文化传统相似[85]。制作技术方面，依旧

表4 中国旧石器时代权宜骨器信息

Tab. 4 Information on the uncovered expedient bone tools from the Paleolithic in China

遗址/地点	地区	时期	古人类化石	骨器类型	
				未经修理直接使用的骨器	简单修理的骨器
东谷坨	河北阳原	旧石器时代早期			√
甘棠箐	云南江川	旧石器时代早期		√	√
龙骨洞	湖北建始	旧石器时代早期	√		√
庙后山	辽宁本溪	旧石器时代早期	√		√
人字洞	安徽繁昌	旧石器时代早期			√
下沙沟	河北阳原	旧石器时代早期		√	√
白市驿采石场	重庆九龙坡	旧石器时代中期			√
大洞	贵州盘县	旧石器时代中期	√		√
丁村	山西襄汾	旧石器时代中期	√	√	√
姜家湾	甘肃庆阳	旧石器时代中期			√
巨家塬	甘肃庆阳	旧石器时代中期		√	√
灵井	河南许昌	旧石器时代中期	√	√	√
龙潭洞	安徽和县	旧石器时代中期	√	√	√
龙潭山第一洞穴	云南呈贡县	旧石器时代中期	√		√
楼房子	甘肃庆阳	旧石器时代中期			√
南梁	山西侯马	旧石器时代中期			√
乌兰木伦	内蒙古鄂尔多斯	旧石器时代中期			√
许家窑	山西阳原	旧石器时代中期	√	√	√
赵村	河北迁安	旧石器时代中期			√
织机洞	河南郑州	旧石器时代中期			√
周家油坊	吉林榆树	旧石器时代中期			√
金牛山	辽宁营口	旧石器时代中期和晚期	√		√
玉米洞	重庆巫山	旧石器时代中期和晚期			√
白岩脚洞	贵州普定	旧石器时代晚期			√
背窑湾洞	山西和顺	旧石器时代晚期			√
穿洞	贵州普定	旧石器时代晚期			√
大河	云南富源	旧石器时代晚期	√		√
大兴屯	黑龙江昂昂溪	旧石器时代晚期			√
古龙山	辽宁瓦房店	旧石器时代晚期		√	√
猫猫洞	贵州兴义	旧石器时代晚期	√	√	
峙峪	山西朔州	旧石器时代晚期	√		√
水洞沟第2地点	宁夏滨河	旧石器时代晚期			√
王府井旧石器时代遗址	北京	旧石器时代晚期		√	√
仙人洞	吉林寿山	旧石器时代晚期			√
学田	黑龙江五常	旧石器时代晚期	√		√
阎家岗	黑龙江哈尔滨	旧石器时代晚期	√		√
周口店上层洞穴	北京	旧石器时代晚期	√	√	√

主要使用硬锤打击修理加工出刃部或尖部，有些骨器的使用部位经过反复修理，并出现了压制技术[81]。总之，通过回顾过去的研究发现，中国旧石器时代中期的骨器延续了早期的技术路线，即简单粗糙的权宜技术，与同时期非洲MSA文化专业的规范骨器技术和欧洲MP文化盛行的骨修饰器在制作技术与功能方面均有较大差异。传统观点也认为，虽然旧石器时代中期的骨器加工技术比早期稍有进步，例如修理更加精细与器形更加规整等，但无论是从分布的地点还是器物的类型来看，这一时期的骨器均未能超越早期[87,88]。在这种情况下，中国旧石器时代中期权宜骨器技术的发现并不足以成为一个技术转折点。尽管有些证据可能需要使用现代分析方法进行重新评估，以确保骨骼改造痕迹的人工性质，但是迄今为止，骨器的研究和报告几乎仅强调具有明显技术特征的打制骨器，鲜有提及未经加工直接使用的权宜骨器。这造成了我们对中国更新世骨器技术认知的缺口。

近期，动物考古学家、埋藏学家和骨制品专家开展了对中国灵井许昌人遗址距今12.5万—10.5万年地层中骨器的多项综合性研究，揭示了中国晚更新世时期骨器技术系统中蕴含的古人类行为的复杂性，指示了权宜骨器类型与功能多样化的重要转折点。灵井许昌人遗址第11层是晚更新世早期一处狩猎/屠宰遗址，该层位出土了重要的古人类头骨化石[14]、技术复杂的石制品组合[89,90]，以及丰富且保存完好的动物化石[91–93]。有趣的是，在数量庞大的动物骨骼组合中，包含了种类丰富且在东亚旧石器文化中相对罕见的骨质工具。Doyon等通过显微镜观察骨骼表面改造痕迹，识别出了通过敲击从石核上获取石片的鹿角软锤[94]、用于修理石器边缘的骨修饰器和压片器[95]；Kolfschoten等发现了可能用于敲骨吸髓活动的马科和牛科动物掌跖骨软锤，此类骨器的技术特征目前仅在距今约 48万年的德国Schöningen遗址中有所记录[50,96,97]。此外，两块大型哺乳动物肋骨碎片上记录了连续的线性切割痕图案，其中一块表面的线条之间和线条内部保留有赭石残留物，指示许昌人可能有意在这些骨骼上记录信息或表达某种形式的象征行为[98]。在2005—2017年的发掘中，一批边缘保留连续片疤和/或异常抛光的骨片被成功识别为骨器[99]。其中，Doyon通过对家马长骨的敲骨吸髓模拟实验，证明这种活动无法解释在多数考古标本上观察到的连续片疤模式，并据此识别出56件骨片经过人工修理的权宜骨器[9]。形态学和原料分析发现，灵井古人类偏好使用鹿科动物掌趾骨作为骨修饰器。与灵井发现的其他大型哺乳动物长骨碎片相比，它们具有很高的标准化程度，这是通过锤击法修理骨片边缘实现的，很可能是为了提高工具的可持握性和人体工学性能[94]。此外，灵井石制品和经过简单修理的权宜骨器的尺寸显示出形态上的连续性，指示二者潜在的功能互补[9]。同样，鉴于遗址的功能，推测这些骨器可能用于动物资源利用活动（如屠宰和兽皮加工等）[9,99]。总之，灵井骨器对中国骨器研究具有重要意义。一方面，它是目前国内已报道的类型最丰富、数量最多且有明确证据的权宜骨器组合，表明中国更新世骨器技术的功能多样化在MIS 6末期和MIS 5初期已经确立，这是该技术系统的第二个转折点。另一方面，上述成果强调了物质文化研究应包含文化要素各个方面信息（包括骨制品技术体系）的重要性。

距今4万年之后的旧石器时代晚期，规范骨器（包括磨制骨器）在中国北方和南方地区大量出现[88,100]，但古人类并未放弃简单修理的骨器权宜技术（图1、表4）。北方的大兴屯遗址[101]、仙人洞遗址[102]和峙峪遗址[103–105]，南方的穿洞遗址[106]、猫猫洞遗址[107]均保存这类工具，它们在技术上与旧石器时代早期、中期的同类产品保持一致。

总之，中国早期权宜骨器技术的证据零星地出现于距今200万—50万年。到了旧石器时代中期，骨器的数量明显增多，分布区域更加广泛，灵井骨器组合代表了这一时期中国骨器技术的一个重要转折：工具的种类和功能呈现出前所未有的多样化，制作技术规范化趋势显著，这些证据都表明骨器已经很好地融入了更新世人群的技术体系。旧石器时代晚期骨器技术的进步性与创新性体现在专业化的骨器技术上，而权宜骨器仍被古人类广泛利用。总之，尽管存在地区的特殊性，但中国骨器技术演变的文化轨迹与世界其他地区的骨器技术文化轨迹高度相似。

4 讨论与展望

以上对世界范围内权宜骨器技术的起源和发展进行了回顾，特别关注了中国的相关考古记录，为区域和全球范围文化轨迹的对比研究奠定了基础。旧石器时代早期是研究骨器技术起源与发展的重要阶段。在这一期间，中国最早的骨器与非洲早更新世的骨器都发现在距今200万年左右，动物硬组织的技术利用由此开始。就技术特征而言，中国早期骨器与东非奥杜威峡谷的骨器更为相似，即使用简单修理的骨器或未经修理的骨器辅助生存活动。这种技术被延续使用至旧石器时代晚期。欧洲最早的骨器虽然出现时间稍晚，但在技术组织形式的选择方面与中国较为一致，即旧石器时代早期和中期均选择权宜的骨器技术，专业的规范骨器技术在距今4万年之后才开始在整个欧亚大陆流行起来。

旧石器时代中期，非洲以外的骨器仍旧以权宜技术为主。中国骨器在这一时期的多样化和标准化集中体现在灵井骨器组合中。工具类型方面，数量较多的经过简单修理的打制骨器、未经修理但边缘异常磨损的骨器、骨修饰器和掌跖骨软锤等，与欧洲这一时期的工具类型相当[108,109]。灵井骨器组合与德国Schöningen遗址的骨器组合有许多重合的工具类型，如可能用于敲骨吸髓活动的掌跖骨软锤和加工兽皮的未经修理骨器[47]。但与此同时，工具种类又具有区域性特征，如欧洲以骨修饰器为主，而中国旧石器时代目前仅有灵井许昌人遗址保留了相关记录。功能方面，灵井骨器用于修理石器、获取骨髓和兽皮加工等功能与这一时期欧洲和非洲的骨器相似，这无疑进一步扩大了灵井骨器技术的重要内涵，再次证实了中国旧石器时代中期技术系统的存在及其多样性特征。总之，上述观察结果依旧支持这样一个观点，即灵井技术系统并非中国考古记录中的一个异类，而是提供了一个区域文化轨迹的缩影，指示中国骨器数量增多和功能多样化的转折点发生在距今12.5万年前后[11]。

然而，我们需要注意的是，灵井骨器组合作为中国骨器技术第二个转折点的观点，

仍旧需要更加丰富的旧石器时代早中期骨器技术相关证据的检验，特别是在我们已经了解到非洲和欧洲权宜骨器技术研究对古人类适应性和文化演化方面具有重要启示的情况下。中国旧石器时代骨器研究目前主要参考石器类型学的方法和体系，这在相关工作开展初期具有推动学科体系建设和发展的重要作用。然而，由于始终囿于这一方法，中国旧石器时代权宜骨器的人工性质长期受到争议，我们至今仍不清楚古人类利用权宜骨器与环境互动的动态因素和具体场景。近年来，中国骨器研究开始逐渐摆脱类型学的束缚，尝试在“操作链”或“技术–功能”的理论指导下，通过埋藏学、使用磨损分析和模拟实验等研究方法探索骨器生命史及其所反映的古人类适应能力。以下我们将从研究方法和技术手段两方面讨论中国权宜骨器的研究前景，旨在为古人类行为适应和文化演化研究提供一个与石器工具互补的视角。

研究方法方面，权宜骨器研究强调脊椎动物埋藏学、使用磨损分析和模拟实验的重要性。权宜骨器的鉴定与研究首先需要全面检查遗址中的动物骨骼化石组合，这要求研究者具备扎实的埋藏学知识。骨骼作为有机质材料，从埋藏前到被发掘出土的整个过程都容易受自然或人为因素影响，有时会产生“假工具”（pseudo-tools），干扰真正骨器的识别。然而，由于脊椎动物埋藏学在20世纪末的国内学术界发展并不充分，包括许家窑遗址和峙峪遗址出土的多数旧石器时代骨器研究缺少系统的埋藏学分析。对于经过简单修理的骨器而言，古人类敲骨吸髓行为在骨骼上造成的片疤极易与人为修理产生的片疤混淆，而模拟实验是建立二者间区分标准的一个重要途径。Backwell和d’Errico在非洲通过对象骨敲骨吸髓实验表明，超过5片连续片疤可判断为人工修理骨器[10]；Doyon等通过对家马敲骨吸髓实验建立6片及以上连续或散置排列的片疤为人工修理痕迹的标准[9]。吕遵谔和黄蕴平曾在20世纪90年代尝试通过模拟实验方法建立敲骨吸髓与打制骨器的区别标准，但由于实验规模有限，对二者的区别并不明确[110]。对于未经修理直接使用的权宜骨器，敲击、踩踏、风化、水流磨蚀和化学腐蚀等埋藏学营力作用对骨骼的改造，可能会在骨片上产生类似于使用磨损痕迹的磨圆、光泽和线痕。除了埋藏学鉴定及模拟实验，目前已有明确的证据表明，使用磨损分析是鉴别骨器并探索其功能的核心方法。例如，张双权和张乐等对贵州马鞍山[111]、水洞沟第12地点[112,113]和四川资阳人遗址[114]规范骨器组合的技术与功能研究，指示古人类狩猎、加工兽皮和植物的生存策略，为旧石器技术系统和文化轨迹探索提供了重要线索。但我们依旧面临一个严峻挑战，即由于易受主观因素干扰，传统使用磨损定性分析在处理痕迹特征相似但功能差异显著的情况时效果较差，因而在中外学术界长期受到争议。

近期，国际上越来越多的学者开始利用使用磨损与人工智能结合的方法，提高骨器使用磨损分析的客观性、准确性与可重复性[60,115–117]。该方法使用共聚焦显微镜（confocal microscope）提取工具表面纹理（surface texture），通过人工智能模型评估磨损区域的表面形貌信息。这是对物体表面空间特征和功能特性量化的过程，能够显著提高对表面微观三维几何形貌的量化、评估和预测能力，最突出的优势是能够更加准确地识别出物体

表面接触的不同材料，已被广泛应用于机械工业、航天航空科学和生物医疗等多个领域。共聚焦显微镜属于非接触式形状测量仪器，具有无损、分辨率高、速度快和精度高等优势。表面纹理中的表面粗糙度（surface roughness）和尺度敏感分形分析（scale-sensitive fractal analysis，SSFA）参数是评估物体表面微形态的重要指标。前者指材料表面波距小（<1 mm）、波高低的微观几何形状误差，通常使用国际标准ISO 25178表达；后者指物理表面几何维度的分形维数。目前，该技术手段已在古人类和动物牙齿[118,119]、石器[120,121]和骨器的使用磨损分析领域得到了突破性进展[122]。在骨器研究的应用方面，d'Errico等使用共聚焦显微镜提取南非Sibudu遗址距今8万年骨楔的表面纹理，通过模拟实验的表面纹理及其所建立的灵活判别分析（flexible discriminant analysis，FDA）模型，在超过84%的准确率下将骨楔判断为用于剥树皮和挖掘块茎的工具[60]。笔者此前利用未经修理的骨片进行了剥皮、兽皮加工和切肉实验，使用扫描电镜放大100—800倍和共聚焦显微镜放大50倍的微痕定性分析，以及共聚焦显微镜提取表面粗糙度建立起的灵活判别分析功能预测模型的使用磨损定量分析，对不同实验进行功能判别[123]。结果表明，定量分析方法对不同行为活动的正确预测率超过80%。然而，单一的考古证据和小规模的模拟实验依旧限制了旧石器时代早中期权宜骨器区域特征与演化轨迹的确立。因此，推动更多遗址的权宜骨器使用磨损定量分析，设计并建立内容更加细致和广泛的模拟实验数据库成为未来骨器研究的重要目标。

总之，解释古人类的技术组合是了解他们生存策略的重要手段，这要求我们对遗址中所有的出土物进行广泛且深入的研究。上述对中外旧石器时代早中期权宜骨器研究的回顾，表明了骨器工业的多样性与灵活性特征，强调了骨器研究可以与古人类、古环境、动物考古学和石制品研究结合，为古人类行为适应和文化演化提供一个互补的视角，拓展我们获取古人类出现、适应与扩散证据的渠道。特别是通过骨器的使用磨损分析，我们有机会对狩猎采集群体利用动物骨骼与环境互动的场景进行复原，逐步揭示古人类在各种环境中的生存策略。这不仅具有重要的考古学意义，而且为当今人类与环境的可持续协调发展提供有益的借鉴。

致谢 本研究得到了山东大学李占扬教授和中国科学院古脊椎动物与古人类研究所张双权研究员的支持和帮助,他们为本文写作提出了宝贵的指导意见,在此一并表示感谢!

参考文献

[1] DART R. The Osteodontokeratic culture of Australopithecus Promethius: the primary and persistent role of the Osteodontokeratic element in lithic cultures[J]. Transvaal Museum Memoirs, 1957, 10(1): 10–20.

[2] SHIPMAN P, PHILLIPS-CONROY J. Hominid tool-making versus carnivore scavenging[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1977, 46(1): 77–86.

[3] KLEIN R G. Paleoanthropological implications of the nonarcheological bone assemblage from Swartklip I, South-Western Cape Province, South Africa[J]. Quaternary Research, 1975, 5(2): 275–288.

[4] HARMAND S, LEWIS J E, FEIBEL C S, et al. 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya[J]. Nature, 2015, 521(7552): 310–315.

[5] LEWIS J E, HARMAND S. An earlier origin for stone tool making: implications for cognitive evolution and the transition to *Homo*[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2016, 371(1698).

[6] DOMÍNGUEZ-RODRIGO M, RAYNE PICKERING T, SEMAW S, et al. Cutmarked bones from Pliocene archaeological sites at Gona, Afar, Ethiopia: implications for the function of the world's oldest stone tools[J]. Journal of Human Evolution, 2005, 48(2): 109–121.

[7] LEMORINI C, PLUMMER T W, BRAUN D R, et al. Old stones' song: use-wear experiments and analysis of the Oldowan quartz and quartzite assemblage from Kanjera South (Kenya)[J]. Journal of Human Evolution, 2014, 72: 10–25.

[8] LEMORINI C, BISHOP L C, PLUMMER T W, et al. Old stones' song—second verse: use-wear analysis of rhyolite and fenetized andesite artifacts from the Oldowan lithic industry of Kanjera South, Kenya[J]. Archaeological and Anthropological Sciences, 2019, 11(9): 4729–4754.

[9] DOYON L, LI Z Y, WANG H, et al. A 115,000-year-old expedient bone technology at Lingjing, Henan, China[J]. PLoS ONE, 2021, 16(5).

[10] BACKWELL L R, D'ERRICO F. The first use of bone tools: a reappraisal of the evidence from Olduvai Gorge, Tanzania[J]. Palaeontologia Africana, 2005, 40: 95–158.

[11] MA S W, DOYON L. Animals for tools: the origin and development of bone technologies in China[J]. Frontiers in Earth Science, 2021, 9.

[12] FU Q M, MEYER M, GAO X, et al. DNA analysis of an early modern human from Tianyuan Cave, China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(6): 2223–2227.

[13] BAE C J, DOUKA K, PETRAGLIA M D. On the origin of modern humans: Asian perspectives[J]. Science, 2017, 358(6368).

[14] LI Z Y, WU X J, ZHOU L P, et al. Late Pleistocene archaic human crania from Xuchang, China[J]. Science, 2017, 355(6328): 969–972.

[15] D'ERRICO F, JULIEN M, LIOLIOS D, et al. Many awls in our argument. Bone tool manufacture and use from the Chatelperronian and Aurignacian layers of the Grotte du Renne at Arcy-sur-Cur[G]// ZILHÃO J, D'ERRICO F. The chronology of the Aurignacian and of the transitional technocomplexes: dating, stratigraphies, cultural implications. Lisbon: Instituto Portugues de Arqueologia, 2003: 247–270.

[16] VELLIKY E C, SCHMIDT P, BELLOT-GURLET L, et al. Early anthropogenic use of hematite on Aurignacian ivory personal ornaments from Hohle Fels and Vogelherd caves, Germany[J]. Journal of Human Evolution, 2021, 150.

[17] SORESSI M, MCPHERRON S P, LENOIR M, et al. Neandertals made the first specialized bone tools in Europe[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(35): 14186–14190.

[18] D'ERRICO F, BACKWELL L, VILLA P, et al. Early evidence of San material culture represented by organic artifacts from Border Cave, South Africa[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2012, 109(33): 13214–13219.

[19] D'ERRICO F, PITARCH MARTÍ A, SHIPTON C, et al. Trajectories of cultural innovation from the Middle to Later Stone Age in eastern Africa: personal ornaments, bone artifacts, and ocher from Panga ya Saidi, Kenya[J]. Journal of Human Evolution, 2020, 141.

[20] TEJERO J-M, RABINOVICH R, YESHURUN R, et al. Personal ornaments from Hayonim and Manot caves (Israel) hint at symbolic ties between the Levantine and the European Aurignacian[J]. Journal of Human Evolution, 2021, 160.

[21] TEJERO J-M, BELFER-COHEN A, BAR-YOSEF O, et al. Symbolic emblems of the Levantine Aurignacians as a regional entity identifier (Hayonim Cave, Lower Galilee, Israel)[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018, 115(20): 5145–5150.

[22] GOLOVANOVA L V, DORONICHEV V B, CLEGHORN N E. The emergence of bone-working and

ornamental art in the Caucasian Upper Palaeolithic[J]. Antiquity, 2010, 84(324): 299–320.

[23] KRIVOSHAPKIN A, SHALAGINA A, BAUMANN M, et al. Between Denisovans and Neanderthals: Strashnaya Cave in the Altai Mountains[J]. Antiquity, 2018, 92(365).

[24] BELOUSOVA N E, FEDORCHENKO A Y, RYBIN E P, et al. The Early Upper Palaeolithic bone industry of the Central Altai, Russia: new evidence from the Kara-Bom site[J]. Antiquity, 2020, 94(377).

[25] LANGLEY M C, AMANO N, WEDAGE O, et al. Bows and arrows and complex symbolic displays 48,000 years ago in the South Asian tropics[J]. Science Advances, 2020, 6(24).

[26] LANGLEY M C, BALME J, O'CONNOR S. Bone artifacts from Riwi Cave, south-central Kimberley: reappraisal of the timing and role of osseous artifacts in northern Australia[J]. International Journal of Osteoarchaeology, 2021, 31(5): 673–682.

[27] LANGLEY M C, O'CONNOR S, APLIN K. A >46,000-year-old kangaroo bone implement from Carpenter's Gap 1 (Kimberley, northwest Australia)[J]. Quaternary Science Reviews, 2016, 154: 199–213.

[28] BACKWELL L R, D'ERRICO F. Evidence of termite foraging by Swartkrans early hominids[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2001, 98(4): 1358–1363.

[29] STAMMERS R C, CARUANA M V, HERRIES A I R. The first bone tools from Kromdraai and stone tools from Drimolen, and the place of bone tools in the South African Earlier Stone Age[J]. Quaternary International, 2018, 495: 87–101.

[30] BACKWELL L, D'ERRICO F. Early hominid bone tools from Drimolen, South Africa[J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35(11): 2880–2894.

[31] ROBINSON J T. A bone implement from Sterkfontein[J]. Nature, 1959, 184(4686): 583–585.

[32] VAL A. The macrovertebrate fossil assemblage from the Name Chamber, Sterkfontein: taxonomy, taphonomy and implications for site formation processes[J]. Palaeontologia Africana, 2015, 50: 1–17.

[33] LESNIK J J. Bone tool texture analysis and the role of termites in the diet of South African hominids[J]. Paleoanthropology, 2011: 268–281.

[34] KELLER C M. Olduvai gorge, volume 3: excavations in beds I and Ⅱ, 1960–1963[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1973, 39(1): 156–157.

[35] SHIPMAN P. Altered bones from Olduvai Gorge, Tanzania: techniques, problems, and implications of their recognition[M]// BONNICHSEN R, SORG M H. Bone modification. Orono, ME: Centre for the Study of the First Americans, Institute for Quaternary Studies, University of Maine, 1989: 317–334.

[36] PANTE M, DE LA TORRE I, D'ERRICO F, et al. Bone tools from beds Ⅱ–IV, Olduvai Gorge, Tanzania, and implications for the origins and evolution of bone technology[J]. Journal of Human Evolution, 2020, 148.

[37] SANO K, BEYENE Y, KATOH S, et al. A 1.4-million-year-old bone handaxe from Konso, Ethiopia, shows advanced tool technology in the early Acheulean[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2020, 117(31): 18393–18400.

[38] KRETZOI M, DOBOSI VT. Vértesszőlős: site, man and culture[M]. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1990.

[39] RABINOVICH R, ACKERMANN O, ALADJEM E, et al. Elephants at the Middle Pleistocene Acheulian open-air site of Revadim Quarry, Israel[J]. Quaternary International, 2012, 276–277: 183–197.

[40] BIDDITTU I, CASSOLI P F, RADICATI DI BROZOLO F, et al. Anagni, a K-Ar dated lower and Middle Pleistocene site, Central Italy: preliminary report[J]. Quaternaria, 1979, 21: 53–71.

[41] SMITH G M. Taphonomic resolution and hominin subsistence behaviour in the Lower Palaeolithic: differing data scales and interpretive frameworks at Boxgrove and Swanscombe (UK)[J]. Journal of Archaeological Science, 2013, 40(10): 3754–3767.

[42] SIRAKOV N, GUADELLI J-L, IVANOVA S, et al. An ancient continuous human presence in the Balkans and the beginnings of human settlement in western Eurasia: a Lower Pleistocene example of the Lower Palaeolithic levels in Kozarnika cave (north-western Bulgaria)[J]. Quaternary International, 2010, 223–224: 94–106.

[43] JOORDENS J C A, D'ERRICO F, WESSELINGH F P, et al. *Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving[J]. Nature, 2015, 518(7538): 228–231.

[44] VAN DER MADE J. *Homo erectus* von Bilzingsleben, seine kultur und umwelt[M]//WAGNER G A, MANIA D. Frühe menschen in Mitteleuropa: chronologie, kultur, umwel. Aachen: Shaker Verlag, 2001: 39–61.

[45] BOSCHIAN G, SACCÀ D. In the elephant, everything is good: carcass use and re-use at Castel di Guido (Italy)[J]. Quaternary International, 2015, 361: 288–296.

[46] VAN KOLFSCHOTEN T, PARFITT S A, SERANGELI J, et al. Lower Paleolithic bone tools from the 'Spear Horizon' at Schöningen (Germany)[J]. Journal of Human Evolution, 2015, 89: 226–263.

[47] JULIEN M-A, HARDY B, STAHLSCHMIDT M C, et al. Characterizing the Lower Paleolithic bone industry from Schöningen 12 Ⅱ: a multi-proxy study[J]. Journal of Human Evolution, 2015, 89: 264–286.

[48] MOIGNE A-M, VALENSI P, AUGUSTE P, et al. Bone retouchers from Lower Palaeolithic sites: Terra Amata, Orgnac 3, Cagny-l'Epinette and Cueva del Angel[J]. Quaternary International, 2016, 409: 195–212.

[49] BLASCO R, ROSELL J, CUARTERO F, et al. Using bones to shape stones: MIS 9 bone retouchers at both edges of the Mediterranean Sea[J]. PLoS ONE, 2013, 8(10).

[50] BONHOF W J, VAN KOLFSCHOTEN T. The metapodial hammers from the Lower Palaeolithic site of Schöningen 13 Ⅱ-4 (Germany): the results of experimental research[J]. Journal of Archaeological Science: Reports, 2021, 35.

[51] VILLA P, BOSCHIAN G, POLLAROLO L, et al. Elephant bones for the Middle Pleistocene toolmaker[J]. PLoS ONE, 2021, 16(8).

[52] BOUZOUGGAR A, HUMPHREY L T, BARTON N, et al. 90,000 year-old specialised bone technology in the Aterian Middle Stone Age of North Africa[J]. PLoS ONE, 2018, 13(10).

[53] HALLETT E Y, MAREAN C W, STEELE T E, et al. A worked bone assemblage from 120,000–90,000 year old deposits at Contrebandiers Cave, Atlantic Coast, Morocco[J]. iScience, 2021, 24(9).

[54] YELLEN J E, BROOKS A S, CORNELISSEN E, et al. A Middle Stone Age worked bone industry from Katanda, Upper Semliki Valley, Zaire[J]. Science, 1995, 268(5210): 553–556.

[55] BACKWELL L, D'ERRICO F, WADLEY L. Middle Stone Age bone tools from the Howiesons Poort layers, Sibudu Cave, South Africa[J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35(6): 1566–1580.

[56] BACKWELL L, BRADFIELD J, CARLSON K J, et al. The antiquity of bow-and-arrow technology: evidence from Middle Stone Age layers at Sibudu Cave[J]. Antiquity, 2018, 92(362): 289–303.

[57] BRADFIELD J. Identifying animal taxa used to manufacture bone tools during the Middle Stone Age at Sibudu, South Africa: results of a CT-rendered histological analysis[J]. PLoS ONE, 2018, 13(11).

[58] CAIN C R. Notched, flaked and ground bone artefacts from Middle Stone Age and Iron Age layers of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa[J]. South African Journal of Science, 2004, 100(3): 195–197.

[59] D'ERRICO F, BACKWELL L R, WADLEY L. Identifying regional variability in Middle Stone Age bone technology: the case of Sibudu Cave[J]. Journal of Archaeological Science, 2012, 39(7): 2479–2495.

[60] D'ERRICO F, BACKWELL L R, WADLEY L, et al. Technological and functional analysis of 80–60 ka bone wedges from Sibudu (KwaZulu-Natal, South Africa)[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1).

[61] D'ERRICO F, HENSHILWOOD C S. Additional evidence for bone technology in the southern African Middle Stone Age[J]. Journal of Human Evolution, 2007, 52(2): 142–163.

[62] BARHAM L, LLONA A, STRINGER C. Bone tools from Broken Hill (Kabwe) cave, Zambia, and their evolutionary significance[J]. Before Farming, 2002, 2(2): 1–16.

[63] HENSHILWOOD C S, D'ERRICO F, MAREAN C W, et al. An early bone tool industry from the Middle Stone Age at Blombos Cave, South Africa: implications for the origins of modern human behaviour, symbolism and language[J]. Journal of Human Evolution, 2001, 41(6): 631–678.

[64] BRADFIELD J, WURZ S. A functional assessment of the notched bone artefacts from Klasies River Main site[J]. South African Archaeological Bulletin, 2020, 75(213): 128–136.

[65] D'ERRICO F, HENSHILWOOD C, VANHAEREN M, et al. *Nassarius kraussianus* shell beads from Blombos Cave: evidence for symbolic behaviour in the Middle Stone Age[J]. Journal of Human Evolution,

2005, 48(1): 3–24.
[66] D'ERRICO F, VANHAEREN M, WADLEY L. Possible shell beads from the Middle Stone Age layers of Sibudu Cave, South Africa[J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35(10): 2675–2685.
[67] SEHASSEH E M, FERNANDEZ P, KUHN S, et al. Early Middle Stone Age personal ornaments from Bizmoune Cave, Essaouira, Morocco[J]. Science Advances, 2021, 7(39).
[68] HOU Y M, ZHAO L X. An archeological view for the presence of early humans in China[J]. Quaternary International, 2010, 223–224: 10–19.
[69] 张森水, 韩立刚, 金昌柱, 等. 繁昌人字洞旧石器遗址1998年发现的人工制品[J]. 人类学学报, 2000, 19(3): 169–183.
[70] 王尚尊, 郭志慧, 张丽黛. 河北泥河湾早更新世骨制品的初步观察[J]. 人类学学报, 1988, 7(4): 302–305.
[71] 卫奇. 东谷坨旧石器初步观察[J]. 人类学学报, 1985, 4(4): 289–300.
[72] 高星, 张月书, 李锋, 等. 泥河湾盆地东谷坨遗址2016—2019年发掘简报[J]. 人类学学报, 2024, 43(1): 106–121.
[73] 张兴永, 高峰, 马波, 等. 云南江川百万年前旧石器遗存的初步研究[J]. 思想战线, 1989(4): 51–55.
[74] 辽宁省博物馆, 本溪市博物馆. 庙后山: 辽宁省本溪市旧石器文化遗址[M]. 北京: 文物出版社, 1986.
[75] 魏海波. 辽宁庙后山遗址研究的新进展[J]. 人类学学报, 2009, 28(2): 154–161.
[76] 金牛山联合发掘队. 辽宁营口金牛山旧石器文化的研究[J]. 古脊椎动物与古人类, 1978(2): 129–136.
[77] 贾兰坡, 卫奇, 李超荣. 许家窑旧石器时代文化遗址1976年发掘报告[J]. 古脊椎动物与古人类, 1979, 17(4): 277–293.
[78] 张松林, 刘彦锋. 织机洞旧石器时代遗址发掘报告[J]. 人类学学报, 2003, 22(1): 1–17.
[79] 陶富海, 王向前. 丁村遗址打制骨片的观察[J]. 史前研究, 1987(1): 10–13.
[80] CHEN H, HOU Y M, YANG Z M, et al. A preliminary study on human behavior and lithic function at the Wulanmulun site, Inner Mongolia, China[J]. Quaternary International, 2014, 347: 133–138.
[81] 胡家瑞. 山西侯马市南梁旧石器遗址中的骨器[J]. 考古, 1961(1): 20–21, 55.
[82] 谢骏义, 张鲁章. 甘肃庆阳地区的旧石器[J]. 古脊椎动物与古人类, 1977, 15(3): 211–222.
[83] 陆勤毅. 和县猿人的发现和研究[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版), 1990, 14(2): 83–86, 96.
[84] 胡绍锦. 云南省呈贡县发现旧石器[J]. 古脊椎动物与古人类, 1977, 15(3): 225–228.
[85] WEI G B, HE C D, HU Y, et al. First discovery of a bone handaxe in China[J]. Quaternary International, 2017, 434: 121–128.
[86] 贺存定. 重庆玉米洞遗址发现的骨角牙制品初步研究[J]. 人类学学报, 2019, 38(1): 33–49.
[87] 安家瑗. 华北地区旧石器时代的骨、角器[J]. 人类学学报, 2001, 20(4): 319–330.
[88] 曲彤丽, 陈宥成. 试论早期骨角器的起源与发展[J]. 考古, 2018(3): 68–77.
[89] LI H, LI Z Y, GAO X, et al. Technological behavior of the early Late Pleistocene archaic humans at Lingjing (Xuchang, China)[J]. Archaeological and Anthropological Sciences, 2019, 11(7): 3477–3490.
[90] 李三灵, 杜水生, 李占扬. 河南灵井许昌人遗址2015—2016年出土的石制品[J]. 考古与文物, 2023(6): 3–15.
[91] 张双权, 高星, 张乐, 等. 灵井动物群的埋藏学分析及中国北方旧石器时代中期狩猎–屠宰遗址的首次记录[J]. 科学通报, 2011, 56(35): 2988–2995.
[92] 张双权, 李占扬, 张乐, 等. 河南灵井许昌人遗址动物骨骼表面人工改造痕迹[J]. 人类学学报, 2011, 30(3): 313–326.
[93] 张双权, 李占扬, 张乐, 等. 河南灵井许昌人遗址大型食草类动物死亡年龄分析及东亚现代人类行为的早期出现[J]. 科学通报, 2009, 54(19): 2857–2863.
[94] DOYON L, LI Z Y, LI H, et al. Discovery of *circa* 115,000-year-old bone retouchers at Lingjing, Henan, China[J]. PLoS ONE, 2018, 13(3).
[95] DOYON L, LI H, LI Z, et al. Further evidence of organic soft hammer percussion and pressure retouch

from Lingjing (Xuchang, Henan, China)[J]. Lithic Technology, 2019, 44(2): 100–117.

[96] VAN KOLFSCHOTEN T, LI Z Y, WANG H, et al. The Middle Palaeolithic site Lingjing (Xuchang, Henan, China): preliminary new results[G]//KLINKENBERG M V, VAN OOSTEN R M R, VAN DRIEL-MURRAY C. A human environment: studies in honour of 20 years analecta editorship by Prof. Dr. Corrie Bakels. Leiden: Sidestone Press, 2020: 21–28.

[97] 王华, 李占扬, VAN KOLFSCHOTEN T. 德国西宁根与中国灵井的骨器比较 [J]. 人类学学报, 2024, 43(2): 214–232.

[98] LI Z Y, DOYON L, LI H, et al. Engraved bones from the archaic hominin site of Lingjing, Henan Province[J]. Antiquity, 2019, 93(370): 886–900.

[99] 李占扬, 沈辰. 微痕观察初步确认灵井许昌人遗址旧石器时代骨制工具[J]. 科学通报, 2010, 55(10): 895–903.

[100] 曲彤丽, 陈宥成. 再论中国的早期骨器[J]. 南方文物, 2023(1): 18–27, 12.

[101] 高星. 昂昂溪新发现的旧石器[J]. 人类学学报, 1988(1): 84–88.

[102] 陈全家, 李其泰. 吉林桦甸寿山仙人洞旧石器遗址试掘报告[J]. 人类学学报, 1994, 13(1): 12–19.

[103] 贾兰坡, 盖培, 尤玉柱. 山西峙峪旧石器时代遗址发掘报告[J]. 考古学报, 1972(1): 39–58.

[104] 王颖, 张乐, 杨石霞, 等. 山西峙峪遗址出土动物骨骼的埋藏学研究[J]. 人类学学报, 2024(待刊).

[105] YANG S X, ZHANG J F, YUE J P, et al. Initial Upper Palaeolithic material culture by 45,000 years ago at Shiyu in northern China[J]. Nature Ecology & Evolution, 2024, 8(3): 552–563.

[106] 毛永琴, 曹泽田. 贵州穿洞遗址1979年发现的磨制骨器的初步研究[J]. 人类学学报, 2012, 31(4): 335–343.

[107] 曹泽田. 猫猫洞的发掘成果及其意义[J]. 史前研究, 1985(2): 47–55.

[108] COSTAMAGNO S, BOURGUIGNON L, SOULIER M-C, et al. Bone retouchers and site function in the Quina Mousterian: the case of Les Pradelles (Marillac-le-Franc, France)[C]//HUTSON J M, GARCÍA-MORENO A, NOACK E S, et al. The origins of bone tool technologies. Heidelberg: Propylaeum, 2018: 165–195.

[109] MARTELLOTTA E F, DELPIANO D, GOVONI M, et al. The use of bone retouchers in a Mousterian context of Discoid lithic technology[J]. Archaeological and Anthropological Sciences, 2020, 12(9).

[110] 吕遵谔, 黄蕴平. 大型食肉类动物啃咬骨骼和敲骨取髓破碎骨片的特征[G]//北京大学考古系. 纪念北京大学考古专业三十周年论文集. 北京: 文物出版社, 1990: 4–39.

[111] ZHANG S Q, D'ERRICO F, BACKWELL L R, et al. Ma'anshan cave and the origin of bone tool technology in China[J]. Journal of Archaeological Science, 2016, 65: 57–69.

[112] ZHANG Y, ZHANG S Q, GAO X, et al. The first ground tooth artifact in Upper Palaeolithic China[J]. Science China Earth Sciences, 2019, 62(2): 403–411.

[113] ZHANG S Q, DOYON L, ZHANG Y, et al. Innovation in bone technology and artefact types in the late Upper Palaeolithic of China: insights from Shuidonggou Locality 12[J]. Journal of Archaeological Science, 2018, 93: 82–93.

[114] 张乐, 吴秀杰, 张双权. 四川资阳人遗址出土的骨锥[J]. 人类学学报, 2023, 42(1): 1–14.

[115] D'ERRICO F, BACKWELL L. Assessing the function of early hominin bone tools[J]. Journal of Archaeological Science, 2009, 36(8): 1764–1773.

[116] MARTISIUS N L, SIDÉRA I, GROTE M N, et al. Time wears on: assessing how bone wears using 3D surface texture analysis[J]. PLoS ONE, 2018, 13(11).

[117] MARTISIUS N L, MCPHERRON S P, SCHULZ-KORNAS E, et al. A method for the taphonomic assessment of bone tools using 3D surface texture analysis of bone microtopography[J]. Archaeological and Anthropological Sciences, 2020, 12(10).

[118] SCOTT R S, UNGAR P S, BERGSTROM T S, et al. Dental microwear texture analysis shows within-species diet variability in fossil hominins[J]. Nature, 2005, 436(7051): 693–695.

[119] SCHULZ E, CALANDRA I, KAISER T M. Feeding ecology and chewing mechanics in hoofed mammals: 3D tribology of enamel wear[J]. Wear, 2013, 300(1–2): 169–179.

[120] IBÁÑEZ J J, ANDERSON P C, GONZÁLEZ-URQUIJO J, et al. Cereal cultivation and domestication as shown by microtexture analysis of sickle gloss through confocal microscopy[J]. Journal of Archaeological Science, 2016, 73: 62–81.

[121] IBÁÑEZ J J, LAZUÉN T, GONZÁLEZ-URQUIJO J. Identifying experimental tool use through confocal microscopy[J]. Journal of Archaeological Method and Theory, 2019, 26(3): 1176–1215.

[122] 崔天兴, 宋炜玮. 激光共聚焦显微镜在微痕定量分析中的应用综述[J]. 人类学学报, 2022, 41(1): 180–192.

[123] MA S W, DOYON L, ZHANG Y M, et al. Disentangling carcass processing activities and the state of worked hide from use-wear patterns on expedient bone tools: a preliminary experiment[J]. Journal of Archaeological Science: Reports, 2023, 49.

An overview of the origin and developmental trajectory of expedient bone tool during the Early and Middle Paleolithic in China

MA Shuwen[1], DOYON Luc[2]

1. Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;
2. Université de Bordeaux, CNRS UMR 5199 PACEA, Bordeaux 33600

Abstract Pleistocene bone tools can be categorized into two primary types based on a technological organization approach: (1) expedient bone tools, i.e., bone fragments bearing little or no modifications and that were used as such, and (2) formal bone tools, i.e., bone remains shaped into specific morphologies with specific techniques such as grinding, scraping, carving and cutting, etc. In contrast to the latter group of tools, which became widespread in the Old World about 45 ka, studies over the past two decades revealed that the tradition of expedient bone tools has persisted at least two million years. This review integrates and compares the origin and evolution trajectory of expedient bone tools in the light of recent discoveries on bone technology from the Early and Middle Paleolithic in China, Africa, as well as Europe. The results show that expedient bone tools in China originated roughly between 2.0 and 1.0 Ma; they were characterized by a mixture of simple and rough manufacturing techniques, with a certain tendency to be more progressive. By the end of MIS 6 to early MIS 5, the typological diversification and standardization of Lingjing bone tool assemblages, along with the evidence of bone fragments as a media of symbolic expression, mark a significant tipping point in Pleistocene bone technology in China. Expedient bone tools continued to be employed even after the widespread emergence of formal bone tools in China around 40 ka. In conclusion, despite the regional variations, the cultural trajectory of expedient bone technology from the Early to Middle Paleolithic in China is broadly consistent with that in other regions of the world. Based on these findings, we propose some key aspects for further studies on Chinese expedient bone tools, such as methodological and technological approaches.

Keywords Early and Middle Paleolithic; expedient bone tools; technology and function; early hominins; behavioral adaptations