

MIS 3 晚期阶段的现代人行为与“广谱革命”: 来自水洞沟遗址的证据

关莹^①, 高星^{①*}, 李锋^{①②}, 裴树文^①, 陈福友^①, 周振宇^{①③}

① 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所人类演化实验室, 北京 100044;

② 中国科学院研究生院, 北京 100049;

③ 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

* 联系人, E-mail: gaoxing@ivpp.ac.cn

2011-07-27 收稿, 2011-09-13 接受

中国科学院战略性先导科技专项(XDA05130303)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q1-04)和国家重点基础研究发展计划(2010CB950203)资助

摘要 末次冰期阶段是早期现代人(即晚期智人)在亚洲扩散、演化的重要时期. 我国宁夏水洞沟遗址在年代上处于 MIS 3 晚期, 出土的遗迹、遗物显示了典型的旧石器时代晚期文化特点: 石器类型呈现多样化和标准化、使用骨器、大量制作鸵鸟蛋皮串珠饰品、大规模使用火塘、居住面存在功能分区以及人类营生方式发生转变. 这些特征从文化的角度展示了 MIS 3 晚期阶段的现代人行为, 为讨论中国早期现代人群的起源与演化提供了考古学视角. 同时, 营生方式的转变反映了“广谱革命”对本地古人类造成的影响. 本文从人类行为生态学的角度阐释了发生这种转变的动态机制.

关键词

旧石器时代
现代人行为
广谱革命
环境变化

更新世最后一个阶段, 晚期智人在全球范围内扩散, 逐渐占据了除南极洲以外的各个大洲, 孕育出了丰富多彩的旧石器时代晚期文化^[1-4]. 在中国, 旧石器时代晚期文化体现为北方以小型石片石器为主体工业、南方以大型砾石工具为主体工业的二元分布格局^[5-7], 同时在北方夹杂着勒瓦娄哇石制品、石叶、细石叶制品等文化因素的小类群. 这些主体与小类群共同形成了中国大陆有别于北美、中亚、西亚、欧洲和非洲旧石器时代晚期文化的独特风貌^[11,8].

与这些物质文化现象相关的是更新世晚期自然环境、气候条件的频繁波动. 末次冰期约 10 万年前开始发生, 结束于全新世之肇始, 期间约 6 万年前进入末次冰期间冰阶, 气候由冰期的干旱寒冷转向了相对的温暖湿润, 全球范围内的植被和动物群都因此受到了极大的影响, 导致了北半球许多动植物种属的迁徙、新增和消亡. 然而间冰阶内, 小尺度的气

候事件不断发生, 干冷和暖湿又在不同的地理范围及不同的时间段频繁交替, 使北半球中高纬度地区的物种产生了不同的响应. 这诸多物种之中, 人类是对环境的应对最为积极者, 并由此产生了相应的文化遗存. Bar-Yosef^[9,10]总结出若干项在全球范围内具有普遍文化意义的“旧石器时代晚期特征”: 石叶技术的系统使用, 石器类型的标准化和多样化, 骨-角-牙器的普遍使用, 磨石和捣杵器的出现, 人体装饰品使用的系统化, 远距离物品交换行为的出现, 弓箭等高级狩猎工具的使用, 雕像、壁画等艺术品的出现, 食物储藏技术的发明, 对火塘的系统使用, 对生存空间复杂的功能性组织, 营生模式的较大转变和对死者埋葬行为的普及等. 这些特征也被当成早期现代人群的行为标识, 表明人类演化进入了新的阶段, 同时也提供了人类认知演进的客观指标. 而对于古人类的营生行为研究领域, 20 世纪 60 年代,

英文版见: Guan Y, Gao X, Li F, et al. Modern human behaviors during the late stage of the MIS 3 and the Broad Spectrum Revolution: Evidence from a Shuidonggou Late Paleolithic site. *Chin Sci Bull*, 2012, 57: 379-386, doi: 10.1007/s11434-011-4828-x

Flannery^[11]就根据更新世晚期在环境和人口的双重压力下发生的古人类营生方式的转变提出了“广谱革命”假说(broad spectrum revolution, 简称BSR), 认为古人类在面临困境的情况下主动地拓宽了取食资源范围, 许多以前未被注意或重视的动植物资源, 如野生谷物、水生软体动物等被人们用于日常生活^[11,12], 即人类食谱的广谱化, 同时伴随的现象还有狩猎、食物加工、食物储藏等技术的进步和人类对所居住空间利用的日益复杂化等^[13]. 随着新发现不断增多, BSR可能发生的时间被提前至末次冰期最盛期来临之前, 即23 ka BP左右^[14-16].

上述理论和假说为开展旧石器时代晚期遗址的研究架设了坐标和框架, 本研究借此对宁夏水洞沟遗址2号地点(SDG Loc.2)的古人类技术、智能和生存方式开展分析, 以此对MIS 3晚期阶段生存在该遗址的早期现代人群的身份加以论证, 并通过人类行为生态学模型阐释其营生方式的转变和“广谱革命”发生的过程及机制.

1 遗址及出土材料

水洞沟遗址2号点(SDG Loc.2)位于宁夏回族自治区灵武县, 东距黄河18 km, 长期以来被认为是中国北方典型的旧石器时代晚期遗址. 有关遗址的基本情况已有许多文献发表^[17-20], 此处不再赘述. 测年结果显示, SDG Loc.2古人类活动的大致时间为30~20 ka BP^[20-22], 即深海氧同位素3阶段(MIS 3)晚期. 其中, 第4自然层为浅黄色粉砂, 含有石制品、动

物化石和灰烬等, 其中包含了SDG Loc.2第1文化层(CL 1), 最大厚度约20 cm, OSL测年为距今20.3±1 ka; 第6自然层为浅黄色粉砂, 含有石制品、动物化石和灰烬等, 其中包含SDG Loc.2第2文化层(CL 2), 最大厚度约30 cm, AMS¹⁴C和OSL测年结果集中于28~25 ka BP. 这两个文化层发掘面积最大, 出土遗迹、遗物最为丰富, 成为对遗址进行综合研究的理想材料.

2 遗址出土物反映的现代人行为

SDG Loc.2第1和2文化层出土了上万件包括石制品、哺乳动物骨骼、鸵鸟蛋皮装饰品等在内的标本, 另外还伴生8个规模不等的火塘遗迹, 这些出土物和遗迹为遗址性质的判定提供了可靠依据. 将出土遗迹、遗物表达的信息与前述旧石器时代晚期遗址特征相对照, 总结出6项显著的早期现代人行为特征:

(1) 石器类型的多样化和标准化. SDG Loc.2石器组合中出现了典型的刮削器、端刮器、尖状器、钻器、雕刻器和少量的砍砸器, 除端刮器以外, 其他器型虽在中国境内早期遗址中有所呈现, 但形制远非水洞沟的标本规范、典型. 丰富的类型指示了SDG Loc.2石器“多样化”的特征. 另一方面, 石器从形制和制作技术上均体现了高度的标准化, 以端刮器为例, 此类工具以长型、带有背脊的石片为毛坯, 加工部位以一端为主, 两侧为辅, 从石片劈裂面向背面加工, 修疤长而深, 刃角厚钝(60°以上), 刃缘被修整成圆钝的弧形, 制作这些石器的原料均为燧石(图1,

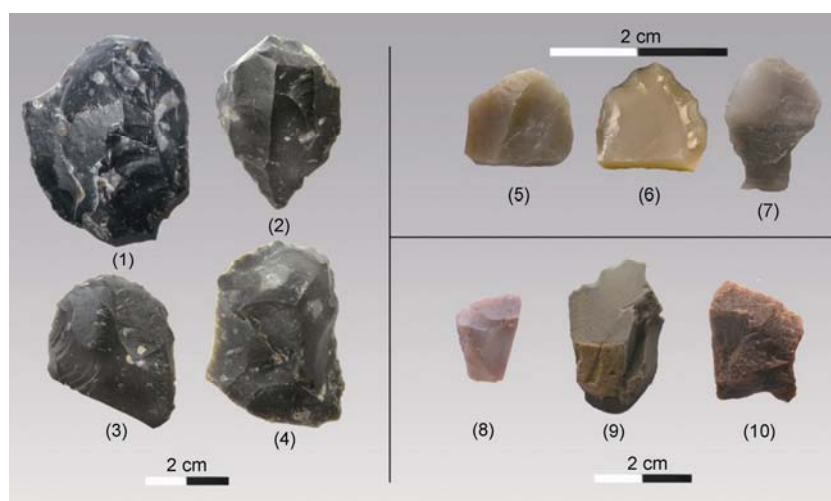


图1 SDG Loc.2出土的端刮器和刮削器

(1)~(4); 刮削器中也具有高度标准化的亚型, 如远端及两侧被修整为刃缘的汇聚刃亚型和远端被修整为平直刃缘的端刃亚型, 制作刮削器的石料以燧石为主, 白云岩为辅, 另有少量其他类型原料(图 1, (5)~(10)).

(2) 骨器的使用. SDG Loc.2 第 2 文化层北部火塘边缘出土了 1 枚骨针, 表明了对骨-角-牙类材料的开发利用. 磨制骨器在欧洲旧石器时代晚期文化中普遍存在, 但在中国境内的发现还较少, 此前已发表的与之同相似的骨针只见于辽宁海城小孤山遗址^[23,24]和北京周口店山顶洞遗址. 骨针代表了古人类两方面的认知水平: ① 制作骨针的工艺包括选择骨料、截取骨料、刮磨成型以及对钻针眼等工艺, 需要综合采用锯切、刮磨和钻孔等技术^[25], 表明了古人类对原料物理性能有了很好的掌握, 理性思维已经发展到了较高的水平; ② 骨针的出现间接指示了缝纫介质和缝制对象的存在. 缝纫介质有可能是植物纤维和动物毛发等, 而缝制对象有可能为动物皮和植物表皮或叶片. 无论介质和对象为何物, 缝制的最终产品应为衣物和其他保暖物品. 这是晚期智人在寒冷环境下发展出来的重要生存手段, 为其在中国北方的生存演化提供了物质保证.

(3) 鸵鸟蛋皮串珠饰品的大量出现. SDG Loc.2 第 2 文化层的最大特色为出土大量的鸵鸟蛋皮串珠饰品及鸵鸟蛋皮碎屑(图 2 和 3). 鸵鸟蛋皮串珠饰品代表了人体装饰现象和审美追求, 这种现象不见于旧石器时代早期. 人体装饰被认为可以传达自我意识, 是个人身份和群体地位的标识^[10,26], 同时, 这种

串珠饰品普遍被染色, 指示了此阶段古人类对染料的大量使用. 我们对染料的来源进行了两种推测: ① 为本地存在的如赤铁矿一类的原料, 遗址居民采用某种方式开采并加工成粉末状染料, 对装饰品或其他物品进行染色; ② 本地不存在该原料, 古人采用物品交换的方式从其他地区人群中获得. 尽管目前没有定论, 但可以认为 SDG Loc.2 古人类至少掌握了矿物开采和物品交换中的一项技能, 这是社会结构和人类意识与行为发展到一定程度的产物.

(4) 对火塘的大规模使用. SDG Loc.2 第 1 和 2 文化层共出土 8 个红烧土及灰烬密集的火塘遗迹, 面积为 1~4 m² 不等. 这些火塘并无石块堆砌, 而是以在地面上挖浅坑的方式构筑. 对火的人为使用可以上溯至旧石器时代早期, 然而, 系统化、复杂化地利用火, 使之除取暖、驱赶猎物、烧烤食物以外, 新增加对岩石原料的热处理、对骨-角-牙原料进行辅助加工、成为人们日常活动交流的中心区, 甚至成为某些宗教活动的基础条件, 这些现象都普遍存在于旧石器时代晚期. 对火塘的大规模使用, 是早期现代人最重要的行为标识之一.

(5) 遗址空间发生功能性分化. 通过对第 1 和 2 文化层出土遗迹、遗物的空间分布进行复原, 得到了不同标本在文化层中的分布细节. 其中第 1 文化层石核、石片和碎屑的分布带有较大指示意义(图 3): 石核和石片大多分布在中心火塘周围, 尤其以西南角居多; 而碎屑密度最大处则位于距火塘较远的北部发掘区. 对于这种分布状态, 一种解释为: 居民围绕中心火塘进行石片的剥制, 然后将石片带至距火塘较

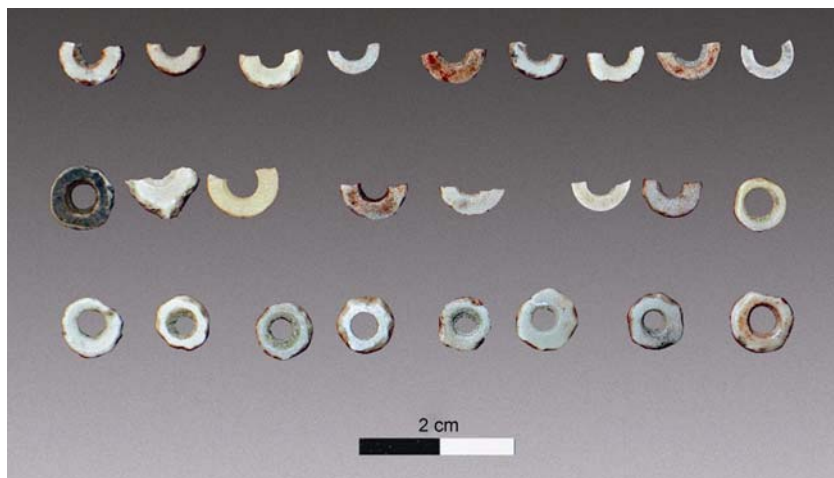


图 2 SDG Loc.2 第 2 文化层出土的鸵鸟蛋皮串珠装饰品

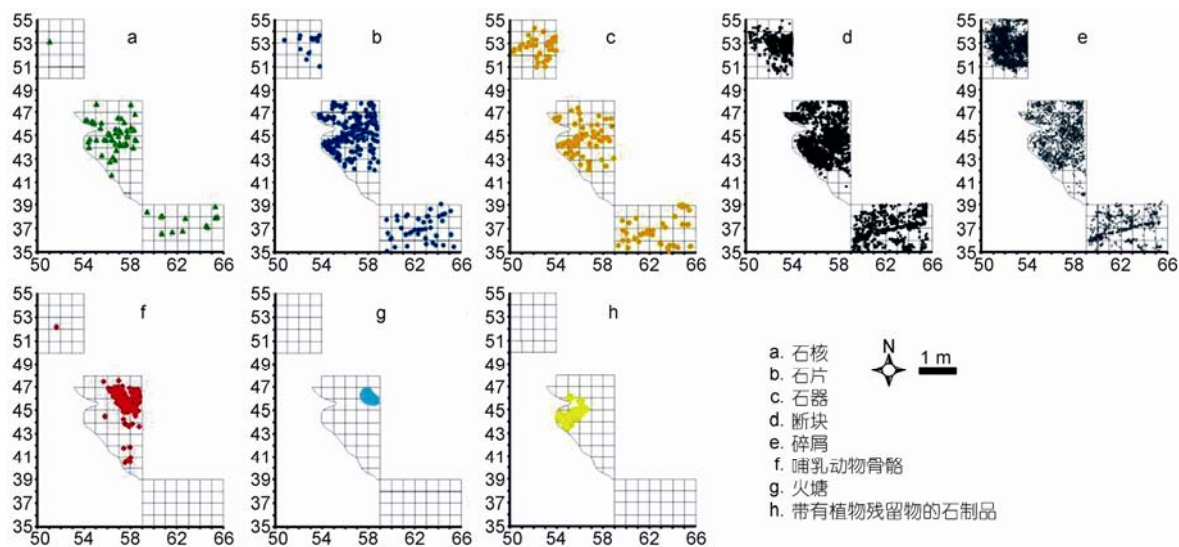


图3 SDG Loc.2 第1文化层出土遗迹、遗物的分布
横纵坐标数字表示探方编号

远处加工制作石器，同时对石器的维修和护理也发生在相同区域，因此该区域仅出土少量的完整石片，却呈现了大量的片状碎屑，即发掘区北部可能就是一处“加工维修区”。还存在一种解释，即北部为“垃圾区”，当中心火塘周围积累的废片碎屑影响了居民正常的生产生活后，这些“垃圾”便被堆放在距火塘较远的无活动区，造成了北部碎屑及废片的异常密集。

对遗址南部 T1 发掘区分散分布的 103 件石制品进行了植物残留物分析，其中第 1 文化层火塘西南部 30 余件石制品表面发现植物的淀粉粒、器官碎屑等残骸，指示了古人类在此处进行了对植物的加工活动。结合上述石制品的分布情况，认为第 1 文化层居住面存在一定的功能分区，居民选择一定的区域进行专门活动，其功能分区包括“食物加工区”、“石片剥制区”、“石制品加工维修区”或“垃圾区”等。

(6) 禾本科植物种子体现的营生模式的转变。经过对 SDG Loc.2 第 1 和 2 文化层部分石制品刃部的植物残留物分析，发现了大量的禾本科植物种子淀粉粒，经过系统分类和与现生植物淀粉粒数据库以及发表文献中淀粉粒数据的对比，在 9 件石制品表面发现了 35 颗野生小麦族(*Triticeae*)植物种子淀粉粒(图 4)。小麦族植物种子即为我们熟知的谷物，如大麦属、小麦属、黑麦属等，还包括现在通常称为牧草的山羊草属、冰草属、披碱草属等，鉴定结果表明了 SDG Loc.2 先民对上述植物种子的采集和加工行为。

同时，在样品中还发现了产生异常破损和失去消光十字的类型，表明种子经历过研磨、加热或其他方式的加工。研磨所对应的可能为种子的脱壳或将种子磨粉，而加热所对应的则是将谷物以某种方式烧熟，以满足人体消化系统的需求。这种对谷物类系统的加工涉及许多复杂的现代人行为，提供了 SDG Loc.2 先民在植物资源开发方面有关技术储备的信息。因此判断，SDG Loc.2 古人类已经积累了采集野生谷物方面的知识，认识到了谷物在营养成分、可储藏性等方面的优势，奠定了植物种植行为的认知基础。同时，对禾本科植物种子的大量采集及消费指示了古人类对食谱的拓宽，体现了营生模式的转变——旧石器时代早期和中期，古人类几乎不开发此类需要较高能量投入的食物原料，这种改变发生的原因与机制将在后文中详细讨论。

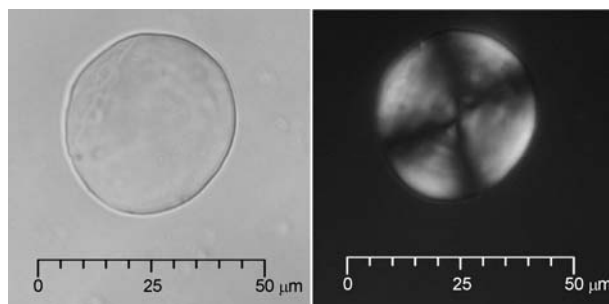


图4 SDG Loc.2 发现的小麦族植物淀粉类

综上所述, SDG Loc.2 出土材料赋存 6 项重要的旧石器时代晚期文化特征, 表现出鲜明的早期现代人行行为特点, 将 SDG Loc.2 不仅从时间框架上, 更从文化因素上纳入了具有全球意义的更新世末早期现代人群生存体系中。

3 关于营生模式转变的理论探讨

3.1 “行为组”所代表的晚期智人行为特征

正如人类演化过程中, 体质特征的进化存在镶嵌现象^[27]一样, 文化的演进同样存在着“古老”与“现代”因素的镶嵌现象, 即某些现代人行为因素可能产生于解剖学上的现代人类出现以前。因此, 单独和偶然的行为因素并不能可靠地代表晚期智人行为, 而多个因素的组合才构成较为稳定的指标。

古人类营生模式的转变, 是旧石器时代晚期文化特征中的一项, 同时, 这个特征的内涵也较为广泛, 覆盖了古人类对食物资源的选择、狩猎采集方式、生产工具类型、食物加工方式、原始社会组织形态等一系列因素发生的改变, 因此, 可以视其为一个“行为组”, 对该行为组发生原因及机制的讨论, 在一定程度上是对晚期智人整体行为特征的解读与阐释。

目前, 西亚和欧洲此方面工作展开较多, 已发现了大量的考古学证据, 并建立了详细的理论框架与假说。然而, 东亚地区全新世以前古人类对植物的利用方法与模式目前还不清楚, 先民对植物的选择与利用方式还没有被梳理清晰, 我国北方干旱地带的野生植物利用历史因此成为了重要的科学问题。SDG Loc.2 发现的对禾本科植物种子的采集和加工现象表明, 古人类(晚期智人)在 30~20 ka BP 已经拓宽了食谱范围, 植物采集目标已从低投入、高回报转向了高投入高回报。结合遗址空间发生功能性分化现象, 我们认为, “广谱革命”在该阶段的水洞沟(SDG)地区已经发生, 并对中国西北部古人类对野生植物的选择与开发造成了一定的影响。

3.2 “广谱革命”与史前植物资源利用

人类对植物的开发与利用是漫长的但趋于复杂化与系统化的过程。在旧石器时代早期, 古人类对植物的采集带有很大随机性, 目前尚未发现该阶段古人类有系统地设计和组织植物采集活动的证据, 人类掌握高等级食物的分布及生长规律的时间节点仍

不确定。有学者对旧石器时代中期欧洲古人类植物采集对象进行过推测, 认为当时人类已经掌握了动植物地下储藏器官, 即块根、块茎等资源的开发^[28]; 而到了旧石器时代晚期, 诸多考古证据表明, 古人类不仅掌握了一定的植物营养价值和成熟季节性的知识、逐步完善了植物性食物原材料的加工和储藏技术, 而且还在末次冰期气候频繁波动和人口增长的双重压力下主动扩大了食谱范围, 将对处理和加工要求较高的野生禾本科植物种子加入了采集范围, 并不断地增加它的比重, 在某个阶段开始了少量的以取食为目的的植物种植, 但规模和数量都应非常低, 且无组织性和规律性。BSR 理论认为, 在某些资源不充足的地区, 人们是为了满足生存的需要, 被迫采取了植物种植的策略^[11,12,29], 由此在全新世产生了原始农业(图 5)。

以西亚黎凡特地区为例, 在更新世的最后一个阶段, 西亚地区史前人类的生存在很大程度上依赖采集的野生植物资源, 包括野生谷物, 如野生小麦、野生大麦和野生黑麦, 坚果及野生豆类^[29]。这些野生种类逐渐演变为后来本地的栽培作物。最新的考古学证据表明, 对这些资源的加工和利用最晚出现在末次冰期最盛期以前^[14~16,30]。

3.3 基于人类行为生态学的理论阐释

人类行为生态学(Human behavioral ecology, 简称 HBE)理论源自生物学中的觅食方式行为生态学, 其中“最优化(Optimization)”定理是服务于行为生态学分析的最重要前提^[31,32]。植物的定向采集和种植

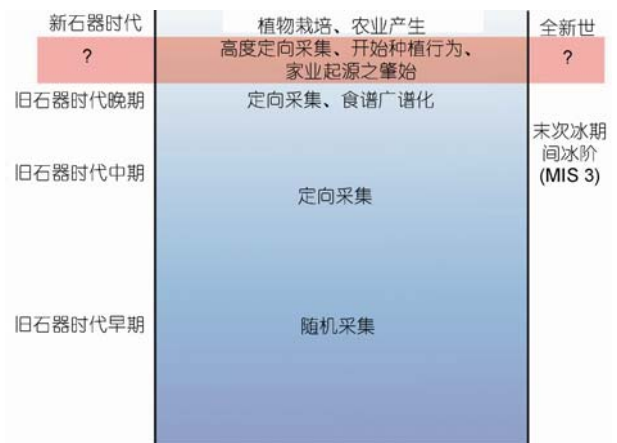


图 5 史前植物资源开发利用的动态过程

是人类采集行为发展至一定程度的结果,但同时也是“最优化”定理控制下的人类行为的产物.就 SDG Loc.2 遗址而言,小麦族植物种子的出现体现了古人类对食谱的拓宽.这种类型的食物原料,在食用前需要进行相对多的处理,通过研磨等方式去掉种子外部的颖壳,还要加热使其内部的淀粉发生糊化以易于人体的吸收,耗费更多的时间和精力,在理想状态下古人类不会选择这样的资源.因此,扩大采集目标必然出于某种原因,并遵循一定的规律.我们引入了人类行为生态学中的“食物广谱模型”(the diet breadth model, 简称 DBM, 或称最佳食谱模型, optimal diet model), 将遗址情况通过此模型进行检测推导, 希望能够复原食谱拓宽的原因及方式.

食物广谱模型定义采食者根据资源的总量、单位资源的能量数、采集资源所消耗的能量数和取得资源所用的时间这几个因素来组织行为策略, 随着在相同地点获得资源数量的增多, 单位资源搜寻时间降低, 但处理和采集这些资源的时间总量上升, 其最优点, 即“最优化”点, 必定落在中间的某个位置(图 6). 该模型假定的前提是采食者在一定时间内会开发带有最高回报率率的资源^[31,33]. 所有的资源根据其能量回报率进行排序, 通俗地说, 在同一采集地, 古人类会选择能量更高、更易于采集和处理的食物, 而非将所见资源全部带走.

在此模型中, SDG Loc.2 先民应当对当地所有可

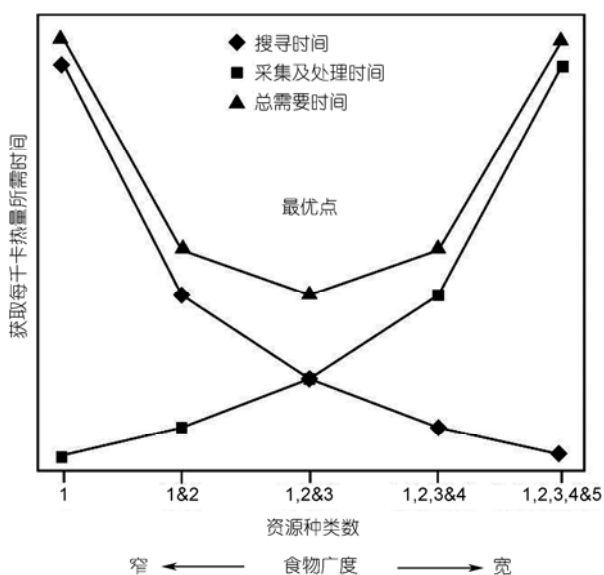


图 6 食物广谱模型示意图^[33]

获得的资源进行了排序, 然而, 该排序和对植物的选择与采集并不是直接与单位资源所含热量相关, 而是取决于单位资源的回报率(return rate), 即单位时间消费者所能获取的热量, 具体测算为

$$\text{热量比} \times \text{重量} \div \text{总消耗时间}$$

其中, 热量比为不同类型资源的热量比; 重量即为所获得资源的重量; 时间为搜寻资源时间(searching time, 简称 S)和采集、收获及处理时间(handling time, 简称 H)的总和(foraging time, 简称 F). 这就揭示了采集行为中另外两项重要的参数: S 和 H. 就 S 而言, 最直接的影响因素就是资源的分布情况——如果某种资源分布较为密集, 相对容易被发现, 搜寻时间就被大大降低, 导致总体消耗时间下降, 提高最终的回报率; 相反, 如该资源分布稀疏而分散, 需要较长时间搜寻, 就会导致总体消耗时间上升, 降低了该资源的回报率^[32] (在历史时期, 出现骑马或乘其他代步工具狩猎或采集的行为也极大地影响了搜寻时间, 但这种因素在旧石器时代可以被忽略不计). 而另一个参数 H, 则强烈地受到当时古人类掌握的技术的影响, 例如采用镰刀进行收割野生谷物, 效率就要高于徒手采集^[32]. SDG Loc.2 遗址在 30~20 ka BP 期间, 遗址出土石制品并未出现明显的技术学和形态学上的变化, 属于同一文化传统, 因此排除了采集和处理技术上出现大变革的情况, 可以假设 H 恒定不变. 那么在植物资源所含热量没有发生转变的情况下, 所要考虑的就只有 S 代表的搜寻时间, 即植物的分布状况了.

根据此前一些学者记录的民族学数据^[34-38], 在假设 $S=0$ 的情况下, 包括 30 种植物的 5 大类植物资源类型平均能量回报率(post-encounter return rate, 热量比 \times 重量 $\div H$)如下(表 1):

这样的结果表明, 在理想状态下, 古人类会按这样的顺序来选择所要采集的植物资源. 然而, 在末次冰期间冰阶的背景下, 气候不断波动变化, SDG 地区的雨热条件可能在不同年份有着很大的变异, 导致了一些本地物种的稀少甚至消亡, 这直接体现为某些植物分布密度的降低, 提高了对该资源的搜寻时

表 1 当 $S=0$ 时各类型植物能量平均回报率^{a)}

类型	USO	坚果	豆类	谷物	果实
平均回报率 ($S=0$)	1853.11	1337.43	989.5	697.83	250

a) 根据 30 种中高纬度地带植物资源测算

间(S), 降低了该资源的总体回报率. 坚果类便是首当其冲的物种——降雨量的减少或大幅波动会导致阔叶及针叶乔木的减少, 加之 SDG 地区原本即为疏林草原面貌, 古人类对坚果类食物的采集变得愈发困难, 坚果难以作为稳定的热量来源被常规使用; 植物地下储藏器官则因其生长性质, 增加了搜寻时间, 并且也可能因为气候波动的原因, 造成不同物种的稀少. 在这种情况下, 禾本科许多种类植物的优势凸显出来: 对环境适应力强、抗旱、抗碱性、分布广、多数无毒害性、产生淀粉质营养丰富的种子等, 随着前列资源回报率的降低, 禾本科植物种子逐渐成为了古人类青睐的资源.

以植物地下储藏器官(USO)、坚果和谷物这 3 类资源为例(图 7). 在搜寻时间相同或不考虑搜寻时间的情况下, 其回报率排序为 USO、坚果和谷物. 随着因外界因素影响, 前两位资源分布变得愈发稀疏, 导致搜寻时间延长, 回报率逐渐下降. 而野生禾本科植物因对环境的强适应能力而基本保持分布情况不变化或仅有较小变化, 因此假设其搜寻时间保持不变. (1) 当搜寻时间到达 S1 时, USO 的能量回报率达到与谷物相同值; (2) 当搜寻时间达到 S2 时, 坚果的能量回报率也达到了与谷物相同的值; (3) 当搜寻时间继续增长时, 谷物的能量回报率便处于了上风.

4 结语

经过对遗址存在的文化因素的逐一剖析, 对 SDG Loc.2 MIS 3 阶段居民的生存策略及行为方式得出这样的认识: 以遗址为中心营地进行一系列复杂的行为活动, 包括围绕中心火塘制造多样化、标准化的石器, 制作和使用精致的骨器, 制作装饰品, 缝制衣物等保暖物件; 居址有复杂的使用方式和功能分区; 随着人口或环境压力的增大, 越来越多的资源被

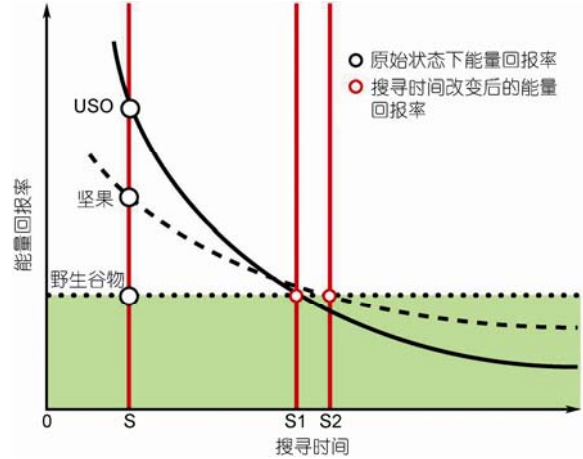


图 7 资源能量回报率变化的动态过程

纳入取食消费范围, 营生方式发生了明显的改变. 这是在我国旧石器时代考古遗址中, 从文化与行为角度可以确认的最早的一支现代人群.

古人类的认知随着智力的演进而不断深入, 从旧石器时代的某个时段开始, 古人类掌握了不同植物所含能量的高低, 开始定向地采集 USO、坚果等资源, 而随着这些高等级资源分布密度的变化, 古人类又根据不同资源的能量回报率而逐渐拓宽食谱. 可以说, 这种食物的广谱化是在环境中能量承载率下降的条件下人类主动地调节营生策略的表现.

野生谷物的采集与加工, 与原始农业的起源息息相关. 我国西北地区旱作农业的起源时间与模式至今仍在热烈探讨中, SDG Loc.2 野生小麦族淀粉粒的发现为讨论此问题提供了重要依据和参考. “广谱革命”不是简单的一次性事件, 而是时间跨度长达数万年的复杂过程, 并发生于世界上的许多地区, 推动了史前人类对野生植物的开发与利用, 最终将植物种植行为推向了历史舞台.

致谢 对遗址发掘和材料整理作出贡献的还有宁夏考古研究所王惠民、钟侃, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所冯兴无、张双权、罗志刚、张乐、张晓凌等, 作者深表感谢.

参考文献

- 1 高星, 张晓凌, 杨东亚, 等. 现代中国人起源与人类演化的区域性多样化模式. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 1287-1300
- 2 Dennell R. The Palaeolithic Settlement of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 2009
- 3 Straus L G, Eriksen B V, Erlandson J M, et al. Human at The End of The Ice Age. New York: Plenum, 1996

- 4 Wolpoff M, Wu X, Thorne A. Modern *homo sapiens* origins: A general theory of hominid evolution involving the fossil evidence from East Asia. In: Smith F, Spencer F, eds. *The Origin of Modern Humans*. New York: Alan R Liss Inc, 1984. 411–483
- 5 张森水. 中国北方旧石器工业的区域渐进与文化交流. *人类学学报*, 1990, 9: 322–333
- 6 张森水. *中国旧石器文化*. 天津: 天津科学技术出版社, 1987
- 7 张森水. 管窥新中国旧石器考古学的重大发现. *人类学学报*, 1999, 18: 193–214
- 8 高星, 裴树文. 中国古人类石器技术与生存模式的考古学阐释. *第四纪研究*, 2006, 26: 504–513
- 9 Bar-Yosef O. The archaeological framework of the Upper Paleolithic revolution. *Diogenes*, 2007, 54: 3–18
- 10 Bar-Yosef O. The Upper Paleolithic revolution. *Annu Rev Anthropol*, 2002, 31: 363–393
- 11 Flannery K V. Origins and ecological effects of early domestication in Iran and the Near East. In: Ucko P J, Dimbleby G W, eds. *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. Chicago: Aldine Publishing Company, 1969. 73–100
- 12 Binford L R. Archaeological perspectives. In: Binford S R, ed. *New Perspectives in Archaeology*. Chicago: Aldine Publishing Company, 1968. 5–32
- 13 Stiner M C. Thirty years on the “Broad Spectrum Revolution” and paleolithic demography. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2001, 98: 6993–6996
- 14 Weiss E, Wetterstrom W, Nadel D, et al. The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2004, 101: 9551–9555
- 15 Piperno D R, Weiss E, Holst I, et al. Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature*, 2004, 430: 670–673
- 16 Weiss E, Kislev M E, Simchoni O, et al. Small-Grained wild grasses as staple food at the 23000-year-old site of Ohalo II, Israel. *Econ Bot*, 2004, 58: S125–S134
- 17 宁夏博物馆, 宁夏地质局区域地质调查队. 1980年水洞沟遗址发掘报告. *考古学报*, 1987, 6: 439–449
- 18 宁夏文物考古研究所. 水洞沟——1980年发掘报告. 北京: 科学出版社, 2003
- 19 周昆叔, 胡继兰. 水洞沟遗址的环境与地层. *人类学学报*, 1988, 7: 263–269
- 20 刘德成, 王旭龙, 高星, 等. 水洞沟遗址地层划分与年代测定新进展. *科学通报*, 2009, 54: 2879–2885
- 21 高星, 袁宝印, 裴书文, 等. 水洞沟遗址沉积-地貌演化与古人类生存环境. *科学通报*, 2008, 53: 1200–1206
- 22 高星, 李进增, Madsen J. 水洞沟的新年代测定及相关问题讨论. *人类学学报*, 2002, 21: 211–218
- 23 张镇洪, 傅仁义, 陈宝峰, 等. 辽宁海城小孤山遗址发掘简报. *人类学学报*, 1985, 4: 70–79
- 24 黄慰文, 张镇洪, 傅仁义, 等. 海城小孤山的骨制品和装饰品. *人类学学报*, 1986, 5: 259–266
- 25 黄蕴平. 小孤山骨针的制作和使用研究. *考古*, 1993, 3: 260–268
- 26 王春雪, 张乐, 高星, 等. 水洞沟遗址采集的鸵鸟蛋壳装饰品研究. *科学通报*, 2009, 54: 2886–2894
- 27 吴新智. 中国远古人类的进化. *人类学学报*, 1990, 9: 312–321
- 28 Hardy B L. Climatic variability and plant food distribution in Pleistocene Europe: Implications for Neanderthal diet and subsistence. *Quat Sci Rev*, 2010, 29: 662–679
- 29 Flannery K V. The origins of agriculture. *Annu Rev Anthropol*, 1973, 2: 271–310
- 30 Weiss E, Kislev M E, Simchoni O, et al. Plant-food preparation area on an Upper Paleolithic brush hut floor at Ohalo II, Israel. *J Archaeol Sci*, 2008, 35: 2400–2414
- 31 Shennan S. *Genes, Memes and Human History: Darwinian Archaeology and Cultural Evolution*. London: Thames and Hudson, 2002
- 32 Kelly L R. *The Foraging Spectrum: Diversity in Hunter-Gatherer Lifestyles*. Washington D C: Smithsonian Institution Press, 1995
- 33 Bettinger R L. *Hunter-Gatherers: Archaeological and Evolutionary Theory*. New York: Plenum Press, 1991
- 34 Cane S. Australian aboriginal subsistence in the Western Desert. *Human Ecol*, 1987, 15: 391–434
- 35 O’Connell J F, Hawkes K. Alyawara plant use and optimal foraging theory. In: Winterhalder B, Smith E A, eds. *Hunter-Gatherer Foraging Strategies*. Chicago: University of Chicago Press, 1981. 99–125
- 36 Simms S. *Behavioral Ecology and Hunter-Gatherer Foraging: An Example from the Great Basin*. Oxford: British Archaeological Reports, International Series 381, 1987
- 37 Couture M D, Ricks M F, Housley L. Foraging behavior of a contemporary Northern Great Basin population. *J Californ Great Basin Anthropol*, 1986, 8: 150–160
- 38 Winterhalder B. Foraging strategies in the Boreal Forest: An analysis of Cree hunting and gathering. In: Winterhalder B, Smith E A, eds. *Hunter-Gatherer Foraging Strategies*. Chicago: University of Chicago Press, 1981. 66–98