

# 陶寺遗址石制品复制实验与磨制工艺

翟少冬

中国社会科学院考古研究所 北京 100710

**摘要:** 本文主要介绍了陶寺遗址石制品复制实验的目的、方法、过程和结果, 其中, 过程部分主要介绍了磨制石器的复制。结果部分主要是通过实验考察了陶寺遗址磨制石器生产所需的几种工艺, 以及这些工艺的操作所需的工具、时间等因素。文章认为, 陶寺遗址磨制石器的制作过程简单, 一般只需打片和磨两个步骤。磨比较简单易操作, 只是比较耗费时间; 而打片相对于打制石器来讲, 要简单很多。因此, 陶寺遗址磨制石器的制作工艺总体来讲比较简单易操作。

**关键词:** 陶寺遗址; 复制实验; 磨制石器; 制作工艺

**中图分类号:** K871.11; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1000-3193(2015)02-0192-10

## Replication Experiments on Lithic Products from the Taosi Site Including Analysis of Production Techniques for Ground Stone Tools

ZHAI Shadong

*The Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences*

**Abstract:** This paper introduces the purpose, methods, processes and results of experimental replication of stone tools from the Taosi site. Before the experiment, a few requirements were needed in order to make the experimental results fit as closely to the original situation. First, raw materials used in the experiment were collected around Taosi. Second, the methods used in the experiment conformed to the hypothesized social development level. Third, the experiment used standard lithics procedures. Fourth, the experimental process was recorded in detail, including size and weight of the material before and after each step. The production level in this experiment was regarded as the lowest among craftsmen of the Taosi culture because the flintknapper in this

收稿日期: 2014-06-11; 定稿日期: 2014-08-11

基金项目: 人社部留学人员科技活动择优资助项目“中原地区的磨制石器生产与中国早期城市化进程”, 国家科技支撑计划“中华文明探源及其相关文物保护技术研究(2013-2015)”(2013BAK08B00)子课题“中华文明形成过程中资源、技术与生业研究”(2013BAK08B03); 国家自然科学基金青年项目“陶寺遗址的石器生产技术和石料资源利用: 中国早期城市出现的经济支撑”(41402160)

作者简介: 翟少冬(1974-), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事磨制石器研究。E-mail: zhaishadong@163.com

**Citation:** Zhai SD. Replication experiments on lithic products from the Taosi site including analysis of production techniques for ground stone tools[J]. *Acta Anthropologica Sinica*, 2015, 34(2): 192-201

experiment had no experience in producing stone tools.

The experiment replicated 10 ground stone tools, including one knife, one axe, four adzes, three wedges and one chisel. Although the experiment also produced six spear-shaped blanks and three decorations, this paper focuses on replicated ground stone tools. In the experiment, each tool was replicated according to the following procedure: raw material and shape selection; flaking; pecking; grinding; drilling; polishing”.

During the experiment, various techniques were considered, including time cost during the process; tools required for each technique; and shape result from using each technique. The experiment showed that the procedures to make ground stone tools were easy but time consuming because the inexperienced flintknapper in this experiment could succeed in making all the ground stone tools. We noted that not every technique was required in each replication due to raw materials shape and characteristics, and the shape of the target tool form. We conclude that the techniques for making ground stone tools were simple and easy to operate

**Key words:** Taosi site; Lithics; Replication; Ground stone tools; Production techniques

## 1 引言

在中国，磨制石器的发现与中国近代考古学的诞生同步，对于磨制石器制作工艺的研究也早已开展。早在上个世纪 30 年代，林惠祥就曾对不同时期的石制品制作工艺进行过探讨<sup>[1]</sup>；50 年代，安志敏对石器制作的原料、制法和型式进行了研究，并对切割和钻孔技术进行了实验<sup>[2]</sup>；70 年代，佟柱臣将仰韶及龙山时代的石器制作工艺总结为选料、选形、截断、打、琢、磨、钻孔等<sup>[3]</sup>，除了这几种新石器时代普遍存在的石器制作工艺，他认为还有轮斫磨光、抛光和挫等工艺技术<sup>[4]</sup>。近年来一些学者也对中国不同地区和不同文化的磨制石器制作工艺进行了研究<sup>[5-8]</sup>，但结果基本无出其右。

陶寺遗址近年来发现了一批石制品<sup>[9,10,11]</sup>，包括石片、石坯和或残或完整的石器。其中以石片为大多数，大多为钝角宽石片；石坯有矛型坯、斧形坯、锄形坯、镞形坯、铲形坯等，上面有明显的打片痕迹，有的有琢制的麻点痕迹；石器有磨制的刀、铲、斧、镞、凿、楔等以及打制的燧石箭头，但除了燧石箭头外，均为磨制而成，经过抛光的很少。数量最多的石器为石刀，上面均有钻孔。这些石制品的发现为研究陶寺遗址磨制石器的制作工艺提供了丰富的材料。

对于石器研究来说，复制实验是一种不可或缺的分析手段。它以重建过去人类某种行为活动的过程来证实对于过去某项人类活动或是生产方法的推测<sup>[12]</sup>，能够将古代石制品所蕴含的信息体现出来<sup>[13]</sup>。因此，为了考察陶寺磨制石器的生产工艺，笔者进行了石制品的复制实验。

## 2 陶寺遗址磨制石器复制实验

### 2.1 实验目的和方法

陶寺遗址石制品的复制实验目的是：1) 了解陶寺遗址出土磨制石器的生产技术，包括需要使用的技术、如何使用这些技术等问题；2) 观察实验过程中不同阶段的产品，并和陶寺遗址的石制品进行对比，以判断该遗址上可能发生的石器生产活动；3) 分析磨制石器生产的工艺流程。

为了使实验结果尽可能地符合当时的社会发展情况，笔者特意对实验中使用的材料和方法做了要求。

要求 1，实验中使用的原料皆为陶寺文化时期可以得到的。基于这个要求，石料尽可能从陶寺遗址附近采集。石锤、几个大石块和实验中使用的磨石都来自陶寺遗址附近。变质砂岩的石料来自陶寺遗址附近的大固堆山。磨石器时使用的砂子来自陶寺附近的一条小溪。用来钻孔的钻头为实验过程中产生的变质砂岩石片制成。

要求 2，实验中使用的方法要符合当时的社会实际发展水平。复制实验中不使用机械设备，整个生产过程，包括打片、琢、磨、钻孔和抛光都为手动进行。实验中复制的磨制工具类型都可以在陶寺发现，包括斧、刀、锛、楔。

要求 3，实验过程在一个统一的程序中进行。首先，原料在加工前被测量、称重，同样的步骤在每一道工序结束后都会进行以便于观察制作过程中石料的变化以及各工序对材料的影响，另外对制作过程中每一道工序耗费的时间进行统计。其次，根据对陶寺和大固堆山遗址<sup>[14]</sup>出土石制品的观察，并结合他人的研究成果，笔者假设了一个磨制石器的生产程序“打片—琢—磨—钻孔—抛光”。另外，参照佟柱臣的研究，在这些工序之前增加了一个选料选型的步骤。最后，每一生产阶段的副产品都被收集起来和陶寺遗址发现的废弃石制品进行比较。

要求 4，详细记录实验过程，包括使用的方法、时间和每一步的结果。在每一制作步骤结束后都要清理加工场所以免不同生产阶段的副产品混淆在一起。

实验和陶寺文化时的生产情况可能仍会有差别。例如，实验中的操作者没有任何制作石器的经历，而古代的工匠则可能非常有经验。一般来说，有经验的工匠比新手更有效率，但是我们很难知道二者之间的具体差距。因此，本文采用实验中操作者的结果作为古代工匠最基本和最简单的生产情况，实验中操作者制作石器所用的时间被认为是陶寺石器工匠生产石器所用的最长时间，他的技术水平被认为是陶寺古代工匠的最低水平。

### 2.2 实验过程

整个实验共制作了 10 件磨制工具，包括 1 件石刀、1 件石斧、4 件石锛、3 件石楔和 1 件石凿（表 1）。另外，在陶寺遗址的调查中发现了许多矛形器坯，而它又是距离陶寺遗址很近的大固堆山石器制造场遗址的主要器型<sup>[14]</sup>，因此复制了 6 件矛形器坯和 3 件装饰品。因本文旨在讨论陶寺遗址磨制石器的制作工艺，故表 1 中未列出这 6 件矛形器坯和

表 1 陶寺复制实验中磨制石器的制作过程

Tab.1 The production process of ground stone tools in the replication experiment at the Taosi site

序号 No.	器型Type	原料Materials	生产步骤 Production Steps	长宽厚 Dimension (cm)	重 Weight(g)	耗时间 Time (min)
1	刀 Knife	泥岩 Mudstone	选型Selection of shape	$10 \times 6.2 \times 0.9$	70	
			打片Flaking	$7.9 \times 4.7 \times 0.9$	59	11
			粗磨Coarse grinding	$7.28 \times 4.38 \times 0.56$	40	102
			细磨Fine grinding			40
			钻孔Drilling			92
			剖光Polishing			282
			合计耗时Time (分钟)			527
2	斧 Axe	粗砂岩 Coarse-grain sandstone	选型Selection of shape	$26.5 \times 15.2 \times 7.86$	4236	
			打片Flaking	$17.2 \times 10.35 \times 7.33$	2125	24
			琢Pecking	$16.6 \times 10.04 \times 6.6$	1815	69
			粗磨Coarse grinding	$16.4 \times 9.84 \times 6.61$	1743	36
			细磨Fine grinding			23
			合计耗时Time (分钟)			152
3	铈 Adze	细砂岩 Fine-grain sandstone	选型Selection of shape	$8.7 \times 5.3 \times 1.8$	94	
			打片Flaking			11
			琢Pecking			
			粗磨Coarse grinding	$6.04 \times 2.77 \times 0.98$	34	46
			细磨Fine grinding			12
4	铈 Adze	细砂岩 Fine-grain sandstone	选型Selection of shape	$8.1 \times 5.3 \times 1.4$	70	
			打片Flaking		44	19
			琢Pecking			7
			粗磨Coarse grinding	$5.43 \times 3.22 \times 1.12$	39	76
			细磨Fine grinding			15
5	铈 Adze	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	$7.42 \times 4.26 \times 3.43$	138	
			打片Flaking			35
			琢Pecking			15
			粗磨Coarse grinding	$5.27 \times 3.13 \times 1.45$	42	209
			细磨Fine grinding			7
6	铈 Adze	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	$5.9 \times 2.99 \times 1.99$	65	
			打片Flaking			30
			琢Pecking			
			粗磨Coarse grinding	$5.17 \times 2.48 \times 1.22$	39	292
			合计耗时Time (分钟)			322
7	楔 Wedge	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	$5.32 \times 3.55 \times 2.06$	44	
			打片Flaking			44
			粗磨Coarse grinding	$3.9 \times 2.29 \times 1.94$	22	79
			合计耗时Time (分钟)			123

续表 1 陶寺复制实验中磨制石器的制作过程  
Tab. 1 The production process of ground stone tools in the replication experiment(Continued)

序号 No.	器型Type	原料Materials	生产步骤 Production Steps	长宽厚 Dimension (cm)	重 Weight(g)	耗费时间 Time (min)
8	楔 Wedge	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	13.7×3.23×1.67	94	
			打片Flaking			31
			粗磨Coarse grinding	6.82×2.73×1.52	38	24
			合计耗时Time (分钟)			55
9	楔 Wedge	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	14.93×11.67×3.44	452	
			打片Flaking	7.27×2.63×2.77	75	25
			粗磨Coarse grinding		71	68
			合计耗时Time (分钟)			93
10	凿 Chisel	变质砂岩 Metamorphic sandstone	选型Selection of shape	15.1×11.3×3.42	535	
			打片Flaking	12.9×4.02×3.24	216	27
			粗磨Coarse grinding	7.31×2.22×3.07	55	23
			合计耗时Time (分钟)			50

3 件装饰品的制作过程。

实验最初选有约 48 块石头来做实验，包括 3 个石锤、2 块磨石、一个石砧和 42 块用来加工石器的原料。选作的石料除了一块石砧外，大多来自陶寺和大崮堆山。经仔细观察，有 11 块原料因为尺寸或形状不合适而被弃用。例如其中一个变质砂岩的石片最初被选来制作矛形器坯，但是准备制作时发现它厚度不够，无法制作，因此废弃。实验过程中有 13 块变质砂岩的石料在加工成矛形器坯时因为石料较脆而折断，使得这 13 块石料被废弃。一般来讲，矛形器坯在加工时容易被折断成两到三段，折下的三段可以制成两个楔子一个镞子，实验中制成的楔子都是制作矛形器坯折断后利用其中的一段加工而成的。

实验中使用的石料包括泥岩、粗砂岩、细砂岩、变质砂岩和石英砂岩，其中，矛形器坯的石料皆为变质砂岩，3 件装饰品的石料为石英砂岩。在复制之前，对原料进行了选料和选型，有些原料因为尺寸或形状不适合目标器物而被弃用。每件器物复制的过程按照“选料选型—打片—琢—钻孔—磨—抛光”的顺序进行。只是根据器物原料和尺寸的具体情况，有的器物的制作过程省略了部分工序。例如泥岩石刀的制作，因为原料本身硬度较低，直接磨就可以较容易地获得较为平整的表面。另外，除了石刀外，其他器物都没有经过抛光，一是因为抛光实验并不成功，二是因为根据对陶寺石器的观察，作为实用器的工具，基本都没有经过抛光。而钻孔只在石刀上进行，变质砂岩的楔和凿都只略微磨了刃部，因为变质砂岩硬度太高，磨制过程耗时太长。

陶寺遗址石制品的复制实验表明，选料选型、打片、琢、磨是磨制石器制作过程中经常使用的几种工艺技术，钻孔技术会在制作某类器物时使用，而抛光可能在石质生产工具中使用的比较少，因为抛光相当费时，而且目前看不出对工具使用效率的影响。



### 3 陶寺遗址磨制石器的制作工艺

复制实验表明，陶寺遗址的磨制石器制作工艺包括选料选型、打片、琢、钻孔、磨、抛光。下面将结合复制实验，具体介绍这几种工艺技术。

#### 3.1 选料选型

选料选型主要是工匠对欲加工工具的考虑和对石料本身的观察而对石料进行遴选的过程，因此很难留下一些可以看到的副产品，但是选料和选型在磨制石器的生产过程中发挥着重要作用。波利尼西亚的石镑工匠发现，和成品形状相似的石料能被更快地加工成石镑<sup>[15]</sup>。在笔者的实验中，三个装饰品由于所选石料形状和大小合适，因此没有进行打片这个步骤（图1）。石料本身合适的尺寸使得打片这个步骤变得没有必要，可以直接进行琢和磨这些工序，从而简化了石器的加工工序，节省了制作时间。因此，在石器生产的过程中设计中，材料的选择，包括质地和形状，在节省时间和能量，减少浪费以及降低风险方面都有着重要作用。

#### 3.2 打片

打片是将石片从石核上剥离下来将石料加工成石坯。石片是石器加工过程的副产品，是石器制作活动存在的有力证据。陶寺遗址上万件石片的出土<sup>[11]</sup>，说明该遗址上曾经发生过大量的石器制作活动。陶寺出土的石片大部分是钝角宽石片。复制实验表明，锤击法

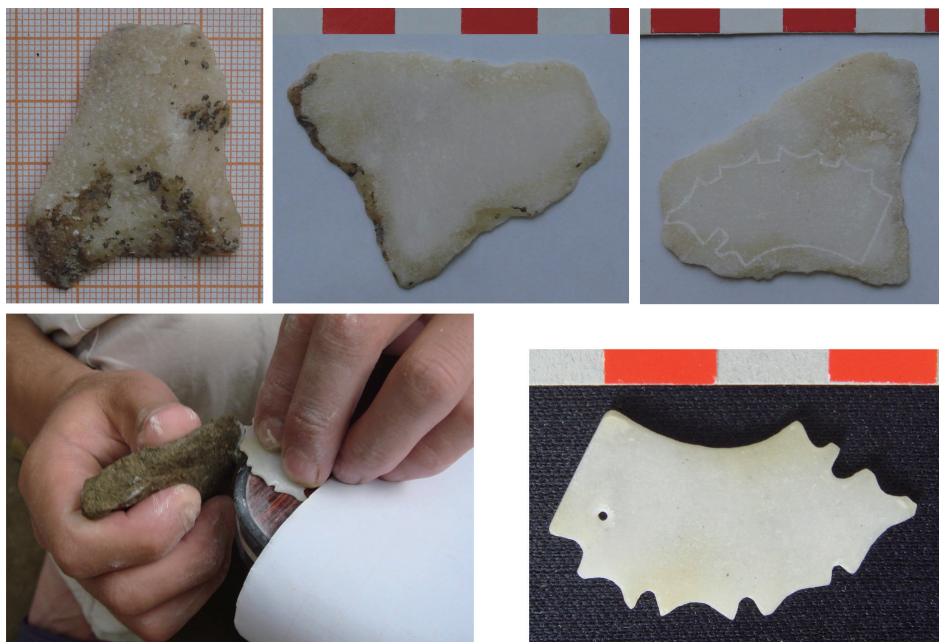


图1 璜的制作 Fig.1 Production of the Huang pendant

上：原料、磨平、刻出形状（从左至右）；下：磨璜的锯齿处、复制的璜（从左至右） Top: raw material, ground, carved figure (from left to right); Bottom: grinding the Huang pendant, the replicated Huang pendant

和砸击法都可以产生这种石片（图 2），因此在陶寺的石器生产中这两种打片方法都可能使用。不同的是，砸击法比锤击法花费的时间和精力少，效率高。实验中我们对这两种方法进行了比较，同样作用于变质砂岩，1 分钟时间，使用砸击法剥离下 32 个石片，重 48 克，而使用锤击法，4 分钟的时间仅有重 6 克的少量碎屑产生。另外，尽管陶寺遗址出土的用燧石制成的石镞上满布细长的石片疤，但是目前在陶寺遗址出土的数万件石片中并没有发现燧石石片，更没有发现使用软锤技术剥离的石片，因此，不能确信陶寺遗址使用软锤加工技术。

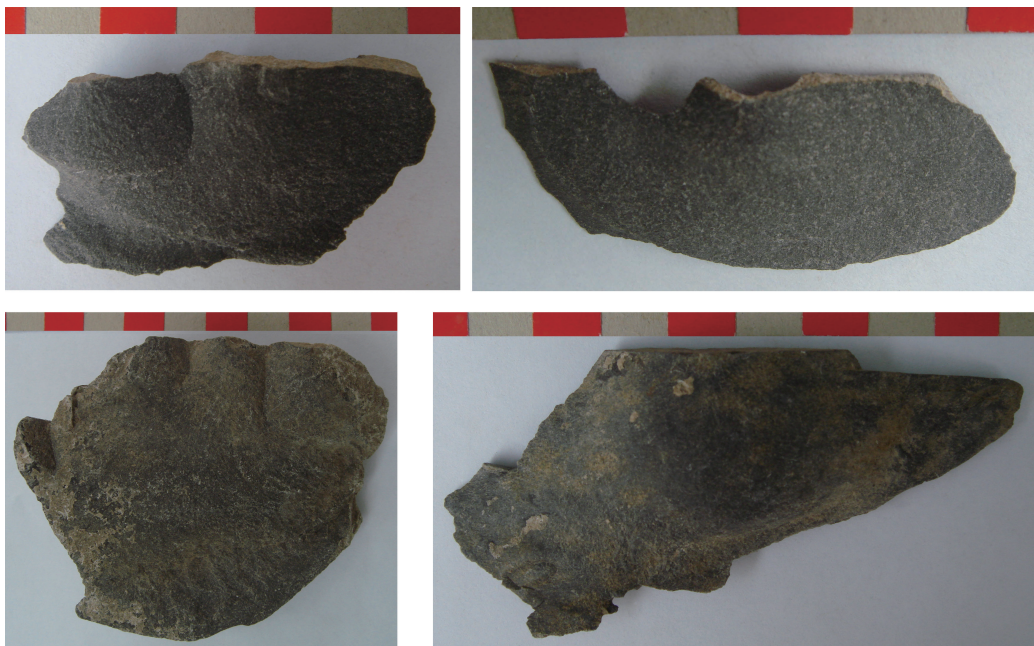


图 2 复制实验中剥下的石片（上）和陶寺遗址出土的石片（下）

Fig.2 Flakes from the experiment (top) and original flakes from the Taosi site (bottom)



图 3 复制实验中粗磨石斧

Fig.3 Coarse-grinding axe in the replication experiment



图 4 复制实验中细磨石刀刃部

Fig.4 Fine-grinding knife in the replication experiment

### 3.3 琢

琢用来修整石坯。琢的使用频率和被琢物石料的机械性能有关。如果石料比较坚硬但韧性低，就可能会较少地使用琢，因为这种材料不能忍受高强度的打击力度容易断裂。实验中，变质砂岩的工具很少琢。石锤是琢不可缺少的工具。石锤的硬度一般比被琢物的硬度要高，而且形状易于手握。

### 3.4 磨

磨是将石坯放在磨石上来回磨擦以使器物表面光滑。磨比打片耗费时间，实验中，一个泥岩的小石刀在粗磨石上磨了 102 分钟，在细磨石上磨了 40 分钟（图 4），一个变质砂岩小石铤在粗磨石上磨了 209 分钟，在细磨石上磨了 7 分钟，和同一器物的打片行为耗费的时间（35 分钟）相比，磨耗费的时间要长很多。另外，磨的时间也取决于被磨器物石料的坚硬程度，磨坚硬程度高的器物较磨坚硬程度低的器物耗费的时间要长。上面两个例子可以看出，磨制变质砂岩的石铤比磨制尺寸较之略大的泥岩的石刀花费的时间要长。磨石一般用砂岩制成，因为砂岩比较粗糙，摩擦性较好。根据磨石中砂质颗粒的大小，可以将磨分为粗磨和细磨。粗磨和细磨在磨制过程中有着不同的作用。粗磨用来磨去器物表面明显的凹凸（图 3），磨后器物表面会留下较为明显的磨制痕迹，这时要使用细磨来减少这些痕迹。磨有时需要在磨石和石坯间添加砂子和水来提高摩擦力。金刚砂可以用来做研磨剂<sup>[16]</sup>，石英砂也可以。实验中使用的砂子石英的含量较低，加水磨时泥化严重。

### 3.5 钻孔

陶寺遗址有很多石制品有钻孔，例如石刀、石磬和装饰品，还发现有砂岩制成的钻头。根据对石制品上的钻孔观察发现，陶寺的钻孔技术多样，包括先凿后钻、实心钻和管钻。在观察的陶寺遗址发现的 40 件石刀中，有 23 件为实心钻，12 件为先凿后钻，4 件为管钻，另有一件没有钻孔。石磬的钻孔周围发现密集分布的点，是凿的结果。而器物上一端直径大，一端直径小的锥形孔则是实心单面钻的结果。两端直径大，中间直径小的双锥形孔是实心双面钻的结果。实心钻头可以分为棱锥形钻头和圆锥形钻头两种。棱锥形实心钻比圆锥形实心钻产生的摩擦力要大，因此如果在钻孔的最初阶段使用棱锥形实心钻的话，效率会比锥形实心钻要高。陶寺遗址发现的石刀上的圆柱形的钻孔是管钻的结果。钻孔是一个耗费时间的过程，复制实验中，花费了 92 分钟用棱锥形实心钻在一个泥岩的 0.56cm 厚的石刀上钻了一个孔（图 5）。

### 3.6 抛光

抛光，不同的原料可以用来抛光，例如木头、石头和兽皮<sup>[17, 7]</sup>。实验中，抛光一个泥岩制成的石刀时，最初用没有去油脂的猪皮抛光了 109 分钟，但是没有明显效果。后来将猪皮去油脂后接着又抛光了 121 分钟，之后石刀变得细腻光滑，并且磨痕不见了，但是仍然没有光泽。虽然抛光实验最后没有成功，但依然可以看出，抛光是一个很费时的工序。新英格兰石斧的制作也说明了这一点，一件凝灰岩石斧抛光需要 6-10 个小时，而一件燧石石斧抛光需要 22-24 个小时<sup>[17]</sup>。

以上这些工艺都是磨制石器制作过程中的环节，也构成了磨制石器制作的技术流程，



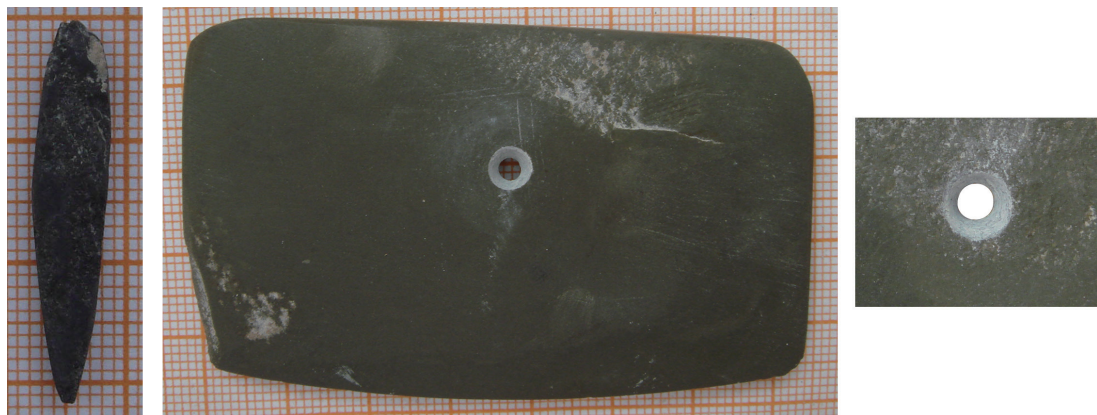


图 5 实验中使用的棱锥型钻和石刀上钻成的孔

Fig. 5 Prismatic drill bit used in the experiment and the drilled hole in the knife

因为复制实验就是按照这个流程制作磨制石器的，但并不是每一项技术步骤在每件器物的制作过程中都是必不可少的，如表 1 所示，打片和磨两个步骤伴随整个磨制工具制作的全过程，其他工艺如琢、钻孔、抛光仅偶尔使用，在陶寺仅发现 3 件经过抛光的石铲。假如陶寺当时磨制石器的制作过程和实验中磨制石器的制作过程相同的话，陶寺磨制石器的制作可能并不复杂，制作过程简化。另外，磨制石器的制作技术中，琢、磨、钻孔的操作比较耗费时间，但难度并不大，因为陶寺石制品复制实验中的操作者并没有任何石器制作经验，依然出色地完成了石器的复制任务，而且没有出现废品。

## 4 结 语

陶寺遗址磨制石器的制作流程包括选料选型、打片、琢、磨、钻孔、抛光这些工序，但正如前文所述，并不是每件磨制石器的制作都需要这些工序。根据原材料的尺寸、形状和石料，结合目标石器的形状，有些工序往往可以省略掉，如斧一般不需要钻孔，有较好解理的石料通常不需要琢，大多数日常使用的石器不需要抛光。因此，只有打片和磨是磨制石器制作的必要工序，打片技术和磨的技术也就成为陶寺磨制石器制作的关键技术。

和打制石器的制作相比，打片在陶寺磨制石器的制作过程中则要容易操作得多，这主要和打片工序在打制石器和陶寺磨制石器制作过程中的目的有关。在陶寺磨制石器的制作中，打片的目的是加工成坯，之后再通过琢、磨等工序将石坯加工成工具，因此对于打片精确度的要求并不高，仅需要大概将器物打片成一定形状，然后通过磨来修整成器物最后的形状。

但是对于打制石器来说，打片的目的是打制成器，即打制成一定形状的器物，并且一些器物的刃部也需要依靠打片来形成。这就对打片提出了较高要求，对打片时用力的大小和方向要有比较精确的把握，尤其是旧石器时代晚期出现的细石器技术和石叶技术。细石器的制作需要对剥片行为进行有效控制以剥下理想的石片或是制成理想的器型。例如，

雕刻器的制作。雕刻器的一个重要特点是雕刻器小面，雕刻器小面的加工需要修理台面并修出合适的台面角，台面角的大小直接决定了能否成功获得雕刻器小面<sup>[18]</sup>。而台面角的修理就需要对剥片的力度和方向进行精确的控制。再如，作为细石器主要特征的细石核是连续剥制石叶的结果，但不论什么类型的细石核，都需要预制一个单一的固定台面和连续剥制石叶的棱锥状剥片面，这样才能最大限度地利用石料、剥取尽量多的尺寸相同的薄石叶，可以说“细石叶工艺的目的在于尽可能运用最少的石料生产最多标准化的锋利刃口”<sup>[19]</sup>。

和打制石器相比，陶寺磨制石器的制作对打片的要求比较低，也就是说打片技术在磨制石器的制作过程中操作起来更容易。另外，磨制石器的制作虽然需要更多的工序，但正如前文所分析的，这些工序的操作难度并不大，只是比较耗费时间。尽管有学者认为抛光技术略有难度<sup>[7]</sup>，但抛光在陶寺日常使用的石器上很少发现。因此，从技术操作难度的角度来讲，陶寺磨制石器的制作比打制石器容易，但是比较耗费时间。

## 参考文献

- [1] 林惠祥. 文化人类学 [M]. 上海: 商务印书馆, 1934: 137-159
- [2] 安志敏. 石器略说 [J]. 考古通讯, 1955(5): 62-71
- [3] 佟柱臣. 仰韶、龙山文化石质工具的工艺研究 [J]. 文物, 1978(11): 56-67
- [4] 佟柱臣. 中国新石器研究 [M]. 成都: 巴蜀书社, 1998: 1733-1736
- [5] Ford A. Ground stone tool production at Huizui, China: an analysis of a manufacturing site in the Yiluo River Basin[J]. Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin, 2004 (24): 71-78
- [6] 北京大学考古文博学院, 河南省文物考古研究所. 登封王城岗考古发现与研究 (2002-2005) [R]. 郑州: 大象出版社, 2007: 630-640
- [7] Cunnar G. The Production and Use of Stone Tools at the Longshan Period Site of Liangchengzhen, China[D]. Yale: Yale University, 2007: 384-449
- [8] 钱益汇. 大辛庄遗址商代石刀生产工艺分析 [J]. 华夏考古, 2013(3): 74-81
- [9] 严志斌. 陶寺文化石制品研究——以 H8 为中心 [A]. 中国社会科学院考古研究所编. 二十一世纪的中国考古学 [C]. 北京: 文物出版社, 2006: 357-374
- [10] Zhai Shaodong. Lithic Production and Early Urbanism in China: A Case Study of the Lithic Production at the Neolithic Taosi Site (ca.2500-1900BCE)[M]. London: Archaeopress, 2012: 32-37
- [11] 翟少冬, 王晓毅, 高江涛. 山西陶寺遗址石制品及相关以及调查简报 [A]. 中国社会科学院考古研究所编, 考古学集刊 (19)[C]. 2013: 1-26
- [12] Coles J. Experimental Archaeology [M]. New York: Academic Press Inc, 1979: 38
- [13] Larson M. Chipped stone aggregate analysis in Archaeology[A]. Christopher T. Hall and Mary Lou Larson. Aggregate analysis in Chipped stone [C]. Salt Lake City: The University of Utah Press, 2004, 4
- [14] 山西省考古研究所. 山西襄汾大岗堆山石器制造场遗址 1988-1989 年发掘简报 [J]. 考古, 2014(8): 3-15
- [15] Cleghorn PL. The Mauna Kea Adze Quarry: Technological Analyses and Experimental Tests[D]. Honolulu: University of Hawaii, 1982
- [16] Lu PJ, N Yao, JF So, et al. The earliest use of corundum and diamond in prehistoric China[J]. Archaeometry, 2005, 47(1): 1-12
- [17] Bradley R, M Edmonds. Interpreting the Axe Trade: Production and Exchange in Neolithic Britain[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
- [18] 王幼平. 雕刻器实验研究 [A]. 北京大学考古系编. 考古学研究 (一) [C]. 北京: 文物出版社, 1992: 65-90
- [19] 陈胜前. 史前的现代化——中国农业起源过程的文化生态考察 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 107