

研究专题

「玉器研究方法及基础」

史前玉器的尖端科技

(五)

牛河梁玉器加工技术（下）

邓 聪 刘国祥

（二）摩擦

摩擦是指两种物体接触，且有相对滑动产生的磨耗，尤其是磨料的磨耗。玉器的切割、穿孔和抛光等，都应用了大量摩擦的技术。从牛河梁遗址出土的玉器中，其中应用了多种摩擦加工的技术，摩擦过程中作为介质的解玉砂，产生主要切割作用。

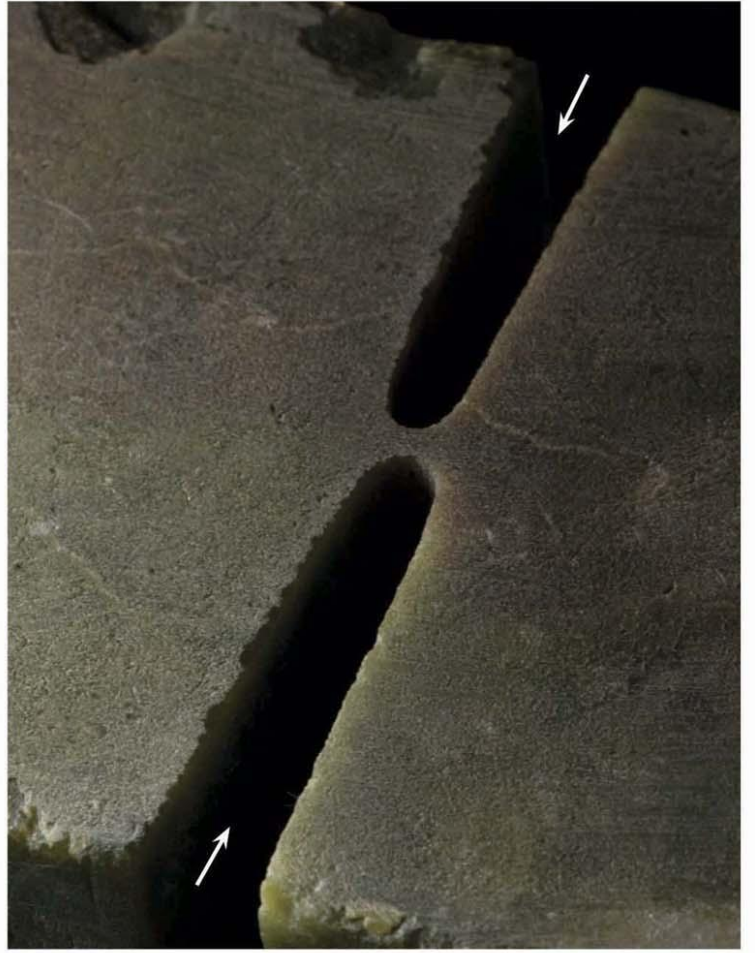
以下按摩擦工具形式不同的系统，分别讨论如下。

1. 锯片切割

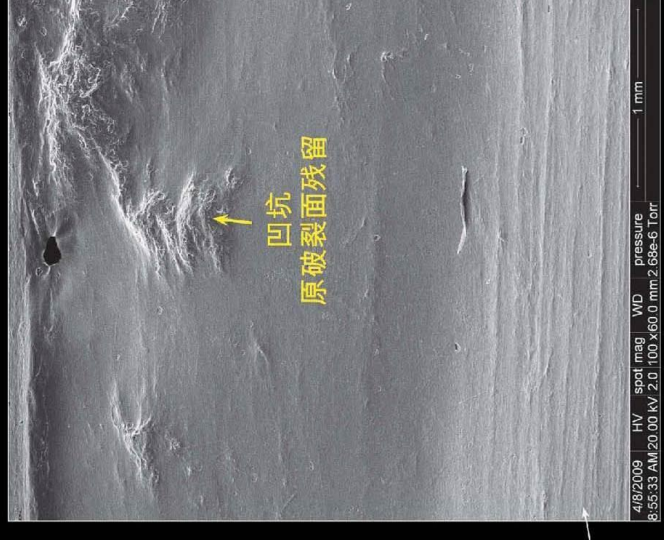
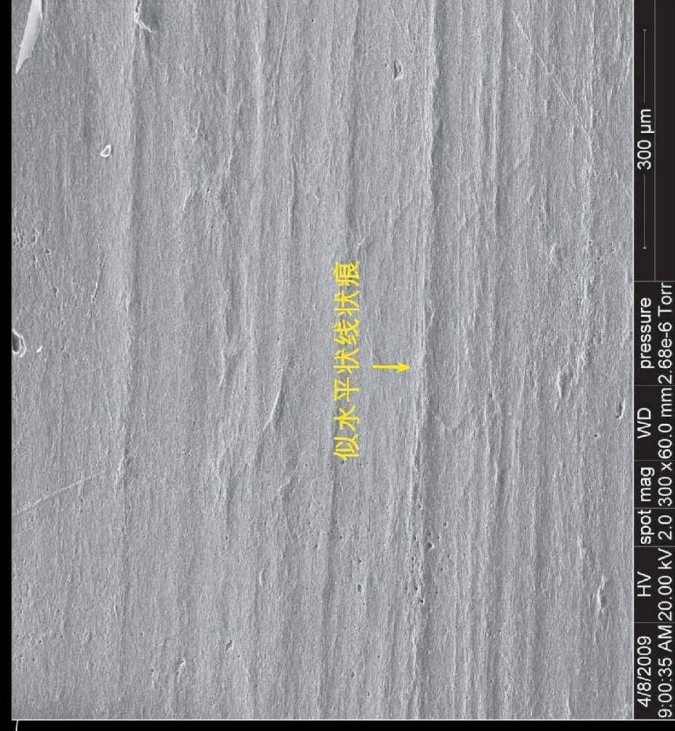
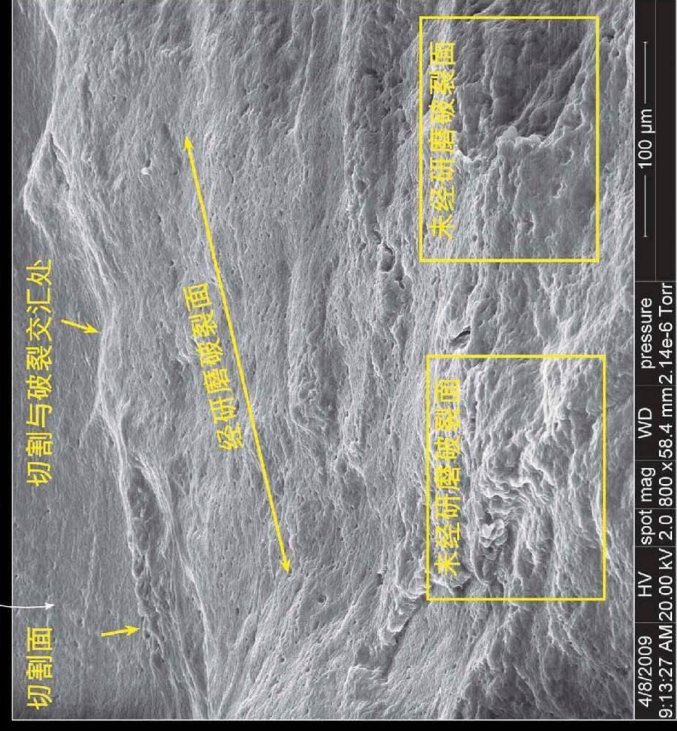
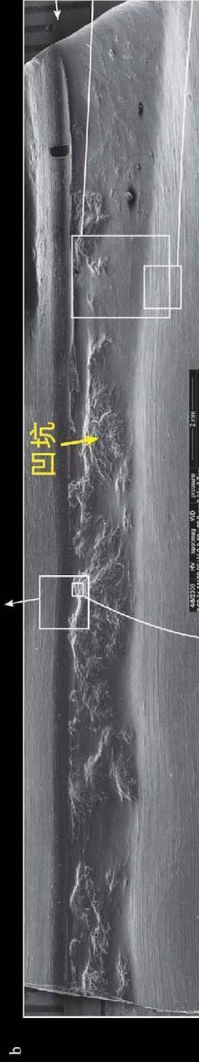
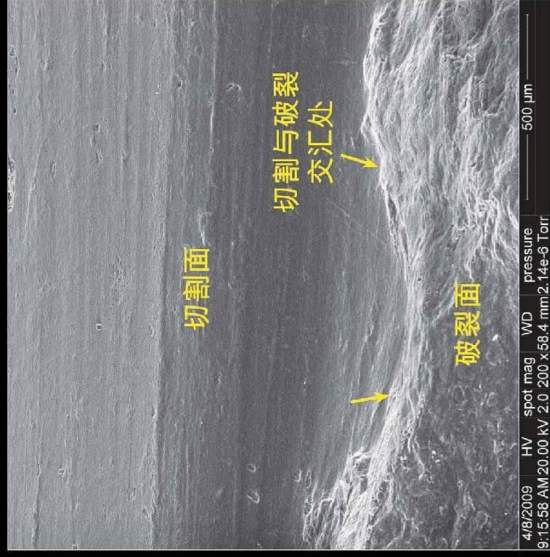
（1）玉片素材生产

以石锯等的片状工具，在玉料一侧对向切割加工，最后以打击或加压的重力，完成分割。我们在香港中文大学考古实验室中，尝试使用石质半月形的锯片，对向切割约 20x10 厘米蛇纹岩石片，当两者切割到达中间剩下 0.3-0.4 厘米之际，再用木槌轻轻敲击，即成功分割。这样切割面的中央部位正反两面，都会形一道横长的破裂面，有正面与反面之分，一凸一凹。（图版一）

我们从牛河梁玉器中，观察到大约如上述实验相若的切割痕迹。牛 2Z1M27 的 1 件双勾云形器，长 28.9 厘米。此器可分正反两面，反面上纹饰加工尚未完成，从图版七所示，发现了中间部位有一道长达 14.6 厘米横向切割痕，特别在左侧镂孔以上，有长达约 6x0.5 厘米横向的阶段结构。我们用硅胶将此横向阶段结构复制，再以扫描电镜（SEM）放大 100 至 800 倍数观察，按所拍制五张的照片分析如下（图版二）。因为这是硅胶照片，原物的凹凸表现显示，恰好是相反。



图版一 香港中文大学锯片切割实验，对向切割及打击劈裂玉料，线状破裂玉料为一凸一凹的表现



图版二 牛河梁遗址第2地点1号家MP7双勾云形器

a - c 对向初型玉料的切割及破裂痕迹扫描电镜照片 (SDM)

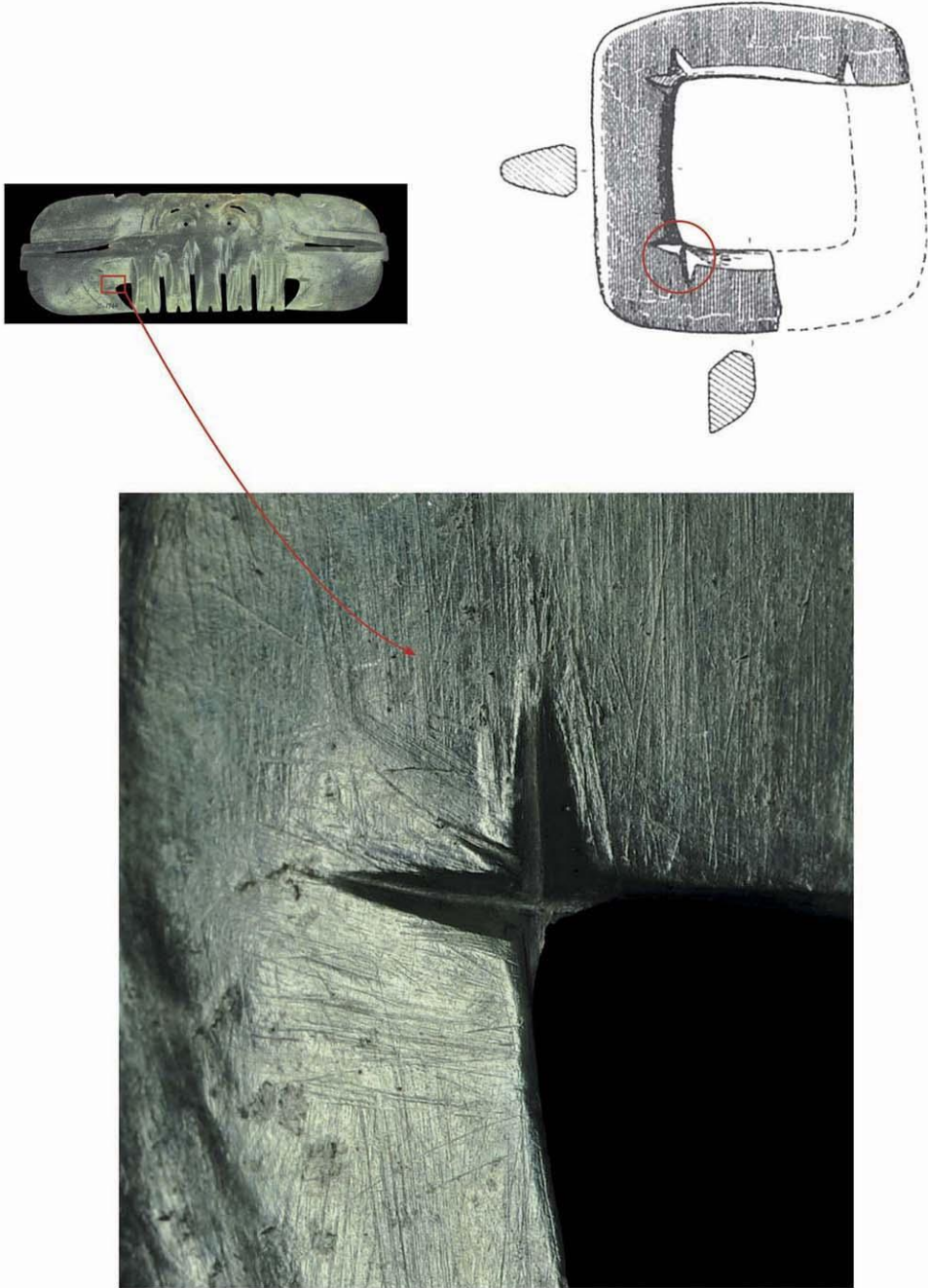
- (a) A 是 50 倍照片，是上述横向段阶痕迹的局部照。段阶痕迹的上下的切割面平滑低下，中央横向段阶痕迹凸出。因此，这横向段阶原是凹下的破裂面。整体上可见表面均经细致的磨平，但其上有星罗棋布大小的凹坑，这些凹坑就是最后未被磨掉破裂面的残存。
- (b) B 是 200 倍照片，是切割面与破裂面交接之处。切割面平滑有近水准线状切割痕；破裂面的表面粗糙。破裂面与切割面的交汇线，呈波状不平起伏。
- (c) C 是以上照片 500 倍局部扩大。主要反映破裂面表面多样的形态。破裂面近切割面一侧的表面，因为受到若干的加工研磨，所以显现较平缓；远离切割面的一侧，因为下陷较深，表面基本上未受到研磨，所以显示软玉晶体表面较为粗糙。
- (d) D 是另一处段阶部位 100 倍照片。段阶部位几乎全部被磨平，只剩下几处凹下原破裂面的残存部位。
- (e) E 是以上照片 300 倍局部扩大。可见多条呈水准状凸起线状痕，是锯片切割经常留下近乎平行的线状痕。

以上显示牛 2ZIM27 双勾形勾云形器原素材的生产，应该是采用了锯片上下对向切割，到接近中央汇合处再打断，成功制作出较薄的玉片素材，是相当高超的技术。

(2) 玉器表面纹饰加工定位与刻划

以石锯等的片状工具，同样用作玉器表面的加工。牛 2ZIM27 双勾形勾云形器正反两面下卷勾，左右两个最大镂空的转角位，有横向一道或者是十字形的沟状刻纹，其中尤以反面左侧的十字形沟状刻纹最为明显，是镂空转角预先定位的标记。在俄罗斯 Glazkovskaya 的圆角方形的玉璧，在中央穿孔的几个转角位上，也同样遗留有锯片切割十字定位的标记¹（图版三），显示这种切割十字定位标记方式，在五千多年前东北亚洲一带是备受广泛所采用的技术。

另一方面，以锯片在玉器上施沟作为纹饰刻划的技术，在牛河梁相关玉器上是相当普遍的。牛 16M4:4 玉人的双前臂，均是由锯片切割刻划而成。如以右前臂的制作先后顺序为例说明。第一步：以纵向相隔切割刻划出前臂外形，前臂阳凸；第二步：在手腕处打破上阶段的纵向刻划，由横向切割出一道手和掌的分界线；第三步：用宽阴沟表示五指，一些手指的刻划，打破手掌分界及前臂的切割痕。以上前臂整体切割刻划，均由锯片直接加工，切割面上有众多显示切割方向的线状痕。此外，如上述玉人同出的玉凤，其中如飞羽和尾羽的刻划，同样也是以锯片状的工具加工，以直线或曲线等切割刻划构成纹饰。玉凤羽纹特别是刻纹转曲的位置，往往容易切割出位，未能圆浑转弯。这主要是因为锯片本身为直刃，只能依赖手腕转动切割，所以转弯处常见错位的出现。



图版三 牛河梁遗址第2地点1号冢 M27 双勾云形器
镂空开孔角位十字标记。俄罗斯 Glazkovskaya 文化中方形玉璧，可见同样的开孔标记

砂绳切割

(1) 玉料分割、器芯掏取或玉片素材生产

红山文化玉工对砂绳切割技术掌握，毫无疑问是十分纯熟的。这里我们仅以笔者所知牛河梁出土的玉器讨论。

牛河梁第3地点7号墓一件玉箍形器，长13.1，斜口宽9厘米。从所公布此器的照片可见，平口一端有深红色以至糖色，估计是一件河砾玉料²。然而，很值得注意是箍形器的外面，显示有两道弯曲砂绳切割的痕迹。其中有几点值得注意。第一：从器表面深红的皮斑显示，很可能是相当接近原玉砾的皮壳。第二：由于是在器表遗留有砂绳切割的痕迹，这意味着有可能是以砂绳切割技术，除却了原砾的皮壳。第三：玉料最初的加工，可能已应用上砂绳切割技术。由于笔者未接触到这件箍形器，因此未能作出更准确的认识。

其次，有关砂绳切割掏芯，这在牛河梁出土箍形器中，是十分常见的，见证了当时砂绳切割的神乎其技。牛2Z1M4的箍形器为例说明。第一：在箍形器素材近边沿位置，沿器身的长轴以实芯钻钻出2—3毫米的贯穿孔，作为砂绳切割出发的定位；第二：以砂绳背向切割出箍形器的内芯。（图版四）

再者，一般在黄河、长江流域以砂绳切割生产扁平的玉片素材，比比皆是。笔者所见到牛河梁遗址出土的玉器中，未能有具体的确认。牛3M7:2出土的呈弯曲状的玉镯，是砂绳切割的素材。因为笔者未见到实物，难以进一步论述。

(1) 玉器表面加工

牛河梁出土的玉器，按笔者所见，使用砂绳切割技术来加工玉器的例子并不常见。惟一从牛16M4:4玉人的头颈、腰和大腿间的转角位，可能是使用了砂绳技术来制作圆浑的转弯（图版五：b）。此外，红山文化喀左东山咀双龙首的玉璜，在龙首和身体多处，也可能使用了砂绳技术加工。笔者在凌家滩玉人的颈部，也看到以砂绳切割技术的加工。

3. 钻孔

(1) 管钻开孔

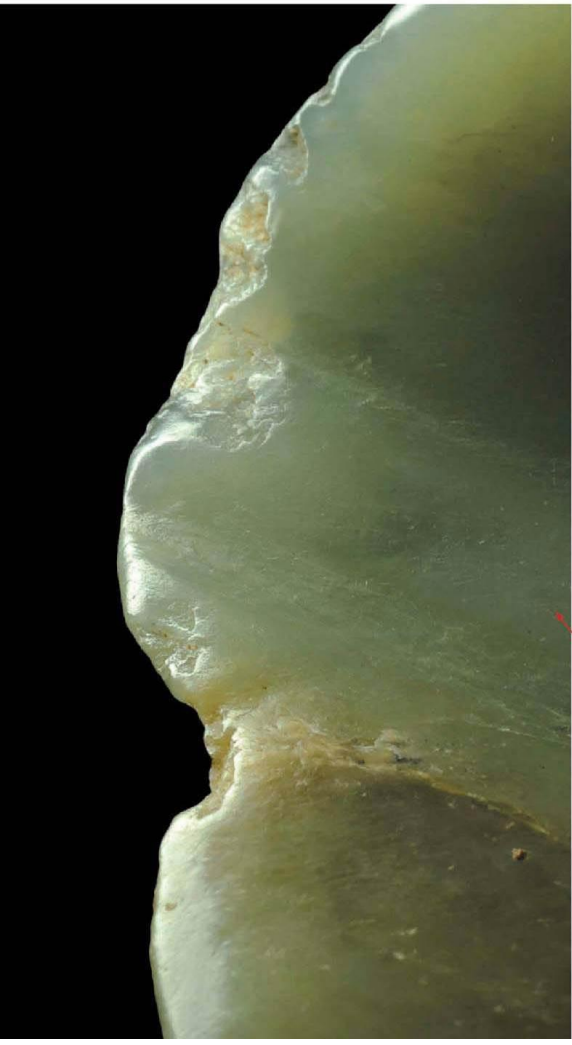
红山文化玉器中管钻取芯的技术相当发达。牛河梁遗址中存在有大量玉环、三孔梳形器和一些管钻芯。1981年郭大顺正式发掘牛河梁遗址第2地点1号墓中，就发现一件玉瑗，直径大到12.1厘米，孔径也有8.9厘米，是单向管钻而成³（图版六）。从M1玉瑗的发现，可以说明以下几点的事实：

第一：单向管钻至底部，最后敲出钻芯。在M1玉瑗内沿一侧的边缘，尚留有较多连续细微破裂面。这是修整管钻后期的加工。另一方面，M1玉瑗内沿斜壁并未有进一步加工。这在红山文化的环类饰物中，是较罕见的。



c

d



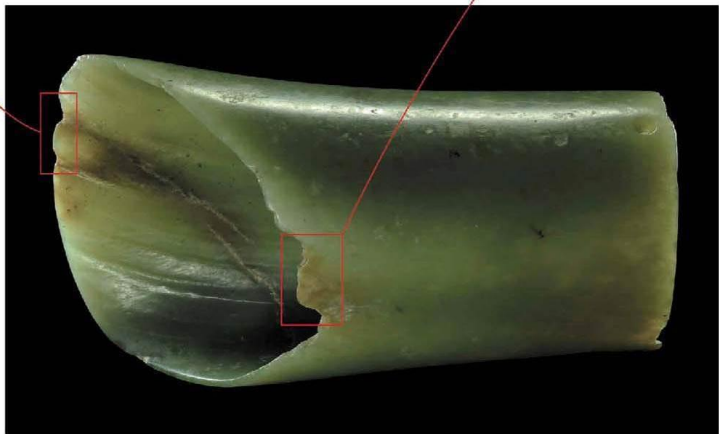
a

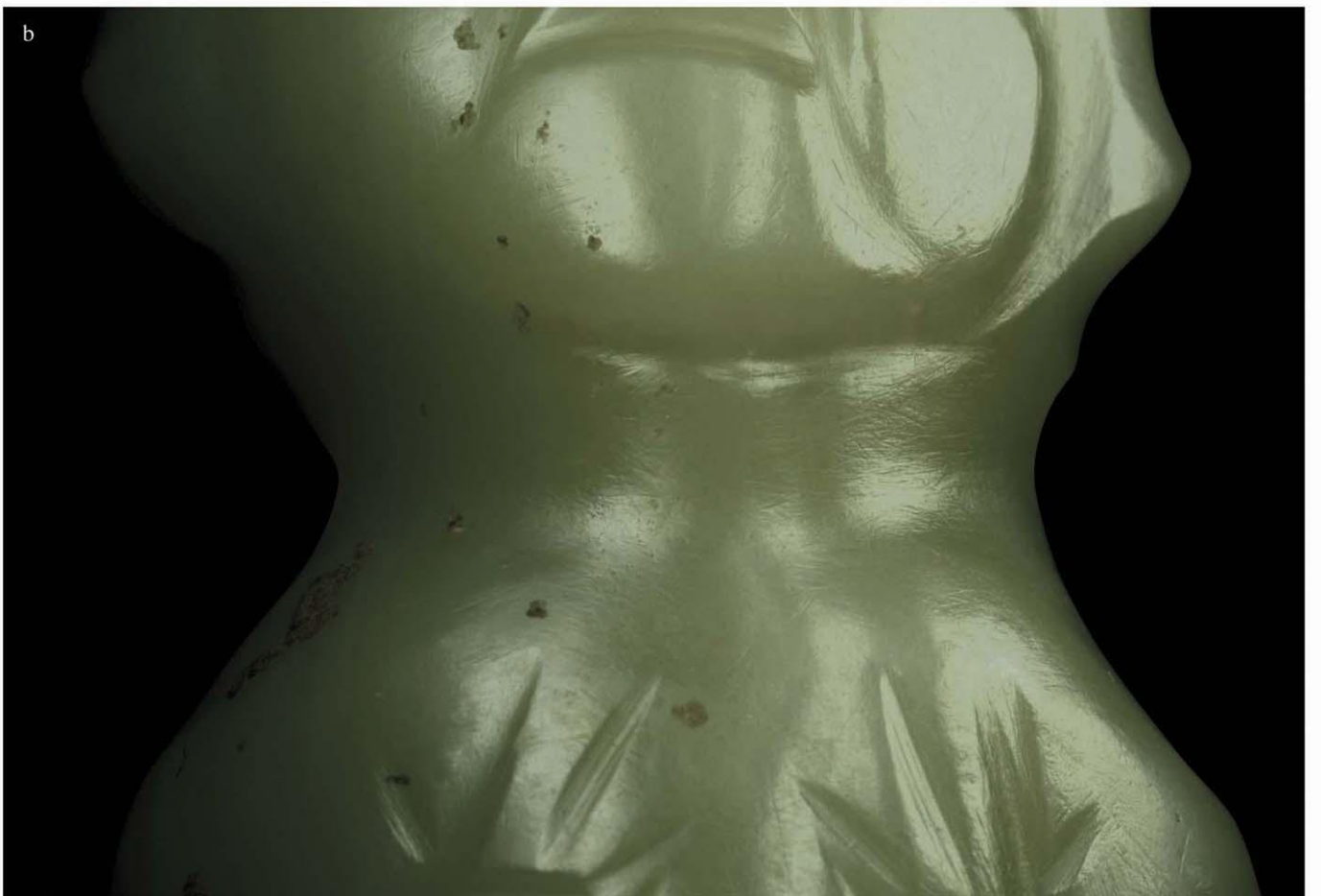
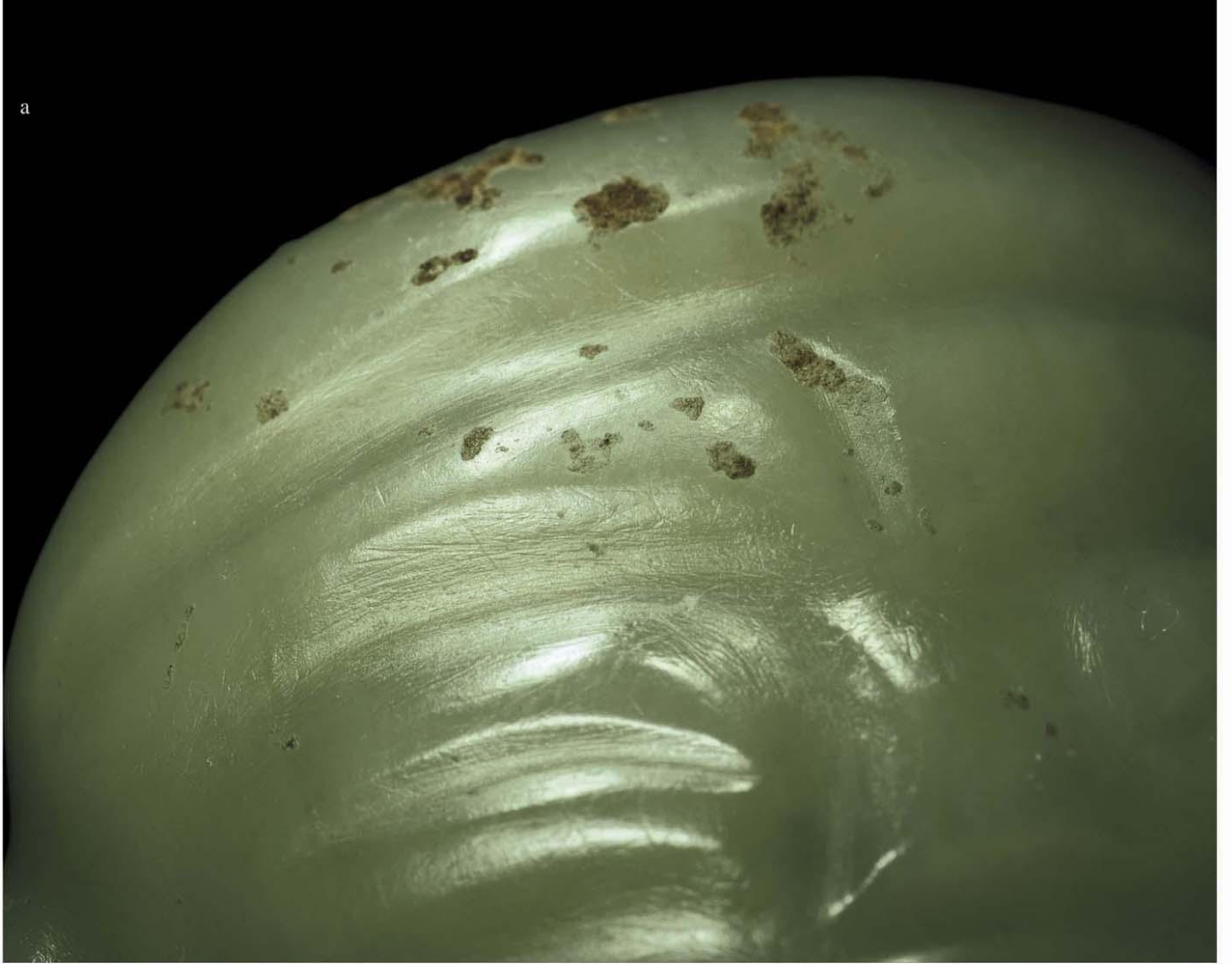
图版四 牛河梁遗址第2地点1号家M4 锥形器

- a. 口沿明显使用痕
- b. 口沿磨蚀
- c. 砂绳切割技术取坯芯后再打磨平滑
- d. 砂绳切割痕迹，常昭所示中心贯穿实心钻孔



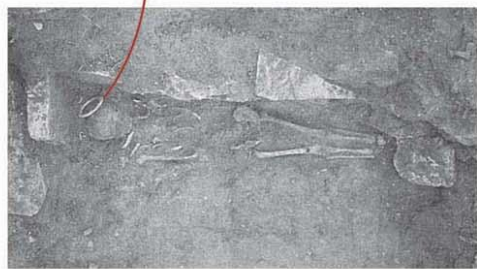
b





图版五 牛河梁遗址第 16 地点 M4 出土玉人

- a. 以手持砾石制作玉人的额顶、眉和眼推磨线状痕
- b. 玉人颈部砂绳切割的浑圆部位加工



图版六 牛河梁遗址第2地点 M1 出土玉瑗

a. 玉瑗

b. 玉瑗内沿管钻开口后痕迹

第二：M1 玉瑗本身是从毛坯中管钻出的第一环。由 M1 玉瑗所生产出的钻芯，直径接近 9 厘米。如果以之再进一步管钻的话，可以再生产出一到两个以上玉环和芯。推测牛河梁遗址时期，玉器工艺中玉环连续生产的体系理应相当成熟。

第三：从 M1 玉瑗内沿斜壁所见，管钻的技术显示相当成熟。由于管锯的直径可能已达到 9 厘米，很难以徒手转动钻管。笔者倾向以辘轳旋转机械的存在，去解释 M1 玉瑗管钻动力的来源（图版七）。

此外，牛河梁遗址中出土过大量被称为瑗和环的玉器。下以笔者所见牛 16M4 一件玉镯和两件玉环为例略分析。这三件玉器均为淡黄绿色，是岫岩一带常见优质的软玉，直径分别是 7.6、6.55 及 6.6 厘米。瑗厚 0.9 厘米；环分别厚 0.5 及 0.45。可见直径较大玉瑗，也相应较厚重。由于这几件瑗和环内沿，都被打磨得极光滑，无从判断穿孔技术。牛河梁遗址出土大量环类的玉器，但绝少发现由环类玉器的内芯加工相关的器物。这可能显示玉环生产与消费并不是同一部族内进行。

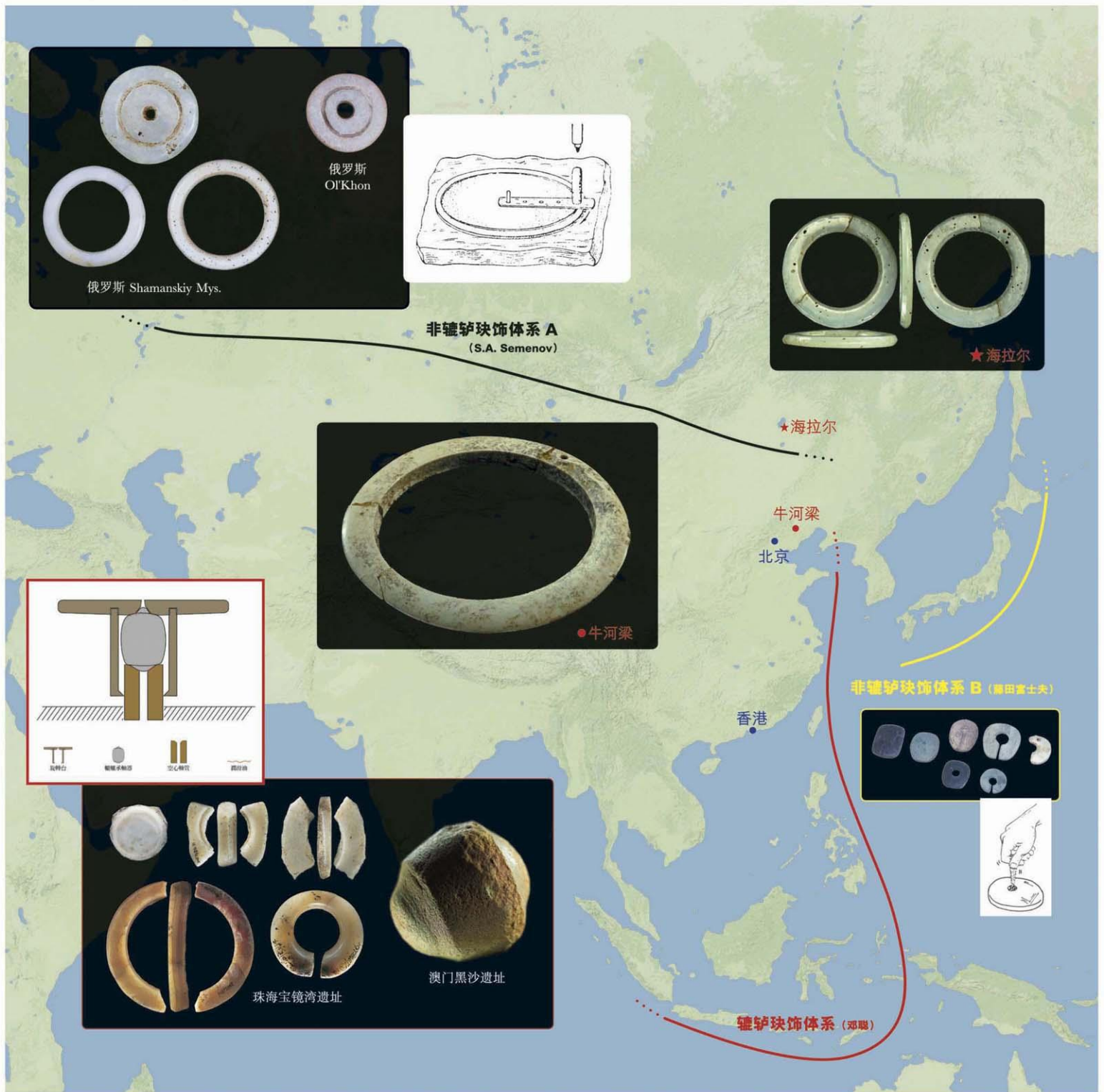
（1） 实心钻、管钻互用开孔

牛河梁遗址的玉器上的小孔，一般是实心钻加工而成。如以牛 16M4 玉凤（M4:1）背面隧孔为例说明。一共四对竖穿隧孔，两两相向。每对竖穿隧孔由竖向和斜向穿孔组成，斜向打孔透穿孔壁。同墓葬出土玉人（M4:4）则是实心 and 空心钻互用开孔。玉人背面颈部正中，以管钻开孔但不透穿。因此钻孔底部，遗留有圆凸小玉芯。其次由颈部两侧用实心钻各开一孔向中间对钻，与管孔壁中互通。

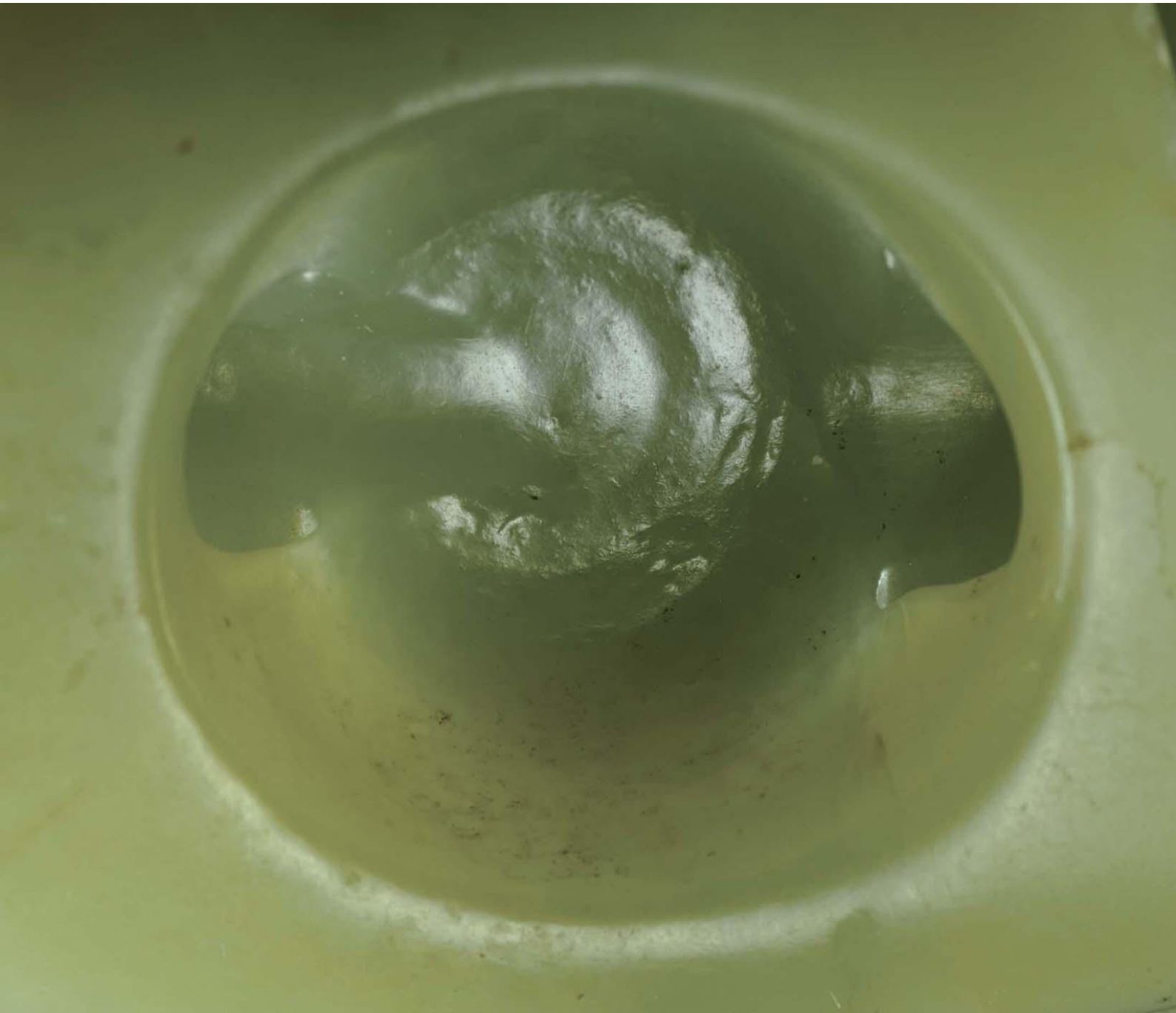
（2） 多重实心钻掏膛开孔

多重实心钻掏膛开孔技术，在牛河梁玉器上较罕见。这里以牛 2Z1M21:10 的龟壳腹背中央孔为说明。这样没有透穿直径 2.3 厘米的大孔，在制作技术上非常困难。现所见中央孔的底中间位，有直径长约 1 厘米的钻孔圆形遗痕；又在此圆形遗痕的外围，依稀可见成排更细的钻孔遗痕。（图版八）这样我们可以判断，很可能是用多重实心钻掏膛后，再以手持砺石研磨，逐渐加工成中央圆孔，最后从从龟壳前后两方向中央孔壁穿孔贯通。这种利用大小不同实心钻的掏膛技术，工序非常繁复费时。这种技术的使用，在良渚文化中也是大墓里才可以看到。如反山 M14:177-1 瑁，瑁内卯孔最少由一排六个实心钻掏膛而成⁴。至于牛河梁玉器上的大型镂孔，看来并非如良渚玉器以砂绳切割镂空。我们推测，有可能是对向琢制或手持砺石推磨减薄，最后至贯穿呈镂孔形状。

以上简述了牛河梁几种钻孔的技术，大小不同实心钻的单个或多重使用，更或者与空心钻配合，变化多端。多重实心钻掏膛的开孔技术工艺精湛，其时代可能比良渚同样的技术稍早。至于从玉瑗所说明大型管钻技术的发达，标示着辘轳旋转盘机械动力存在的可能性。牛河梁遗址出土大量精美环类玉器，制作极其细致，且保存完整。然而，这些玉环的加工技术，尚有众多未解之谜。



图版七 牛河梁遗址出土管钻玉瑗与东亚辘轳及非辘轳体系钻孔技术分布



a



b

图版八 牛河梁遗址第2地点1号冢M21玉龟壳
a. 龟壳腹背中央孔，由多重实心钻孔掏膛开孔
b. 玉龟壳背面

4. 砺石研磨

- (1) 手持砺石即指玉器本身被固定，由人手握持砺石，推磨加工。此种砺石形态上多样变化，可大可小。按加工玉器的外表或内里差别，可分外研磨砺石和内研磨砺石两种。一般来说，这样的砺石在玉器作坊中，有大量的存在。因为牛河梁遗址中未见到玉作坊遗址，这里仍只能从玉器表面加工痕迹讨论。如牛 16 M4:4 的玉人为例说明。有关研究者曾指出，玉人双腿之间，“系用片形磨具开槽，再以圆棒形磨具以手工推拉方式研磨光滑”⁵。这里所指的磨具，就是手持砺石，其形态一般为长条形，以便握持运劲，砺石研磨使用的刃部，或厚或薄，可尖可圆，形态上亦在使用过程中不断变化。所以玉工在玉作坊内，按施工需要随时更换砺石使用。从玉人左边脸部上额顶、眉和眼的推磨交错线状痕，显示了玉工以手持砺石反复往复推磨，由研磨而出现的线状痕，是砺石运动方向的具体遗迹（图版五：a）。这种技术本身，更重要的是玉工自身的意识和技巧，具体上是人对身体机械运动的控制。

另一种的手握砺石，是用作内研磨的作用。如牛 2Z1M4 的箍形器，高 18.6、斜口宽 10.7 厘米，其中孔相当宽阔，在其间可容一人手握持较大椭圆扁平的砺石，把箍形器内壁面砂绳切割起伏的波痕，全部推磨去却。

- (2) 定置砺石即指一些比较大型具有缓平磨面的砺石。这些砺石因为较重，如十以至数十公斤左右，基本上不能手持使用，要安置在地上固定后，人手持玉器在砺石磨面上推磨。其主要作用之一，是把玉器的素材或毛坯，研磨出较宽大的平面。我们估计一些较大型片状玉器毛坯，都可能曾在定置砺石上加工磨平。如牛河梁第 16 地点 4 号墓的玉凤（牛 16M4: 1）腹面，本来很可能是起伏不平的破裂面，曾被置于定置砺石上磨平加工。
5. 带有长条槽状的砺石，是圆柱状玉器由方易圆常用的工具。牛河梁 16 地点 M1:1、2、3 棒形玉器，分别长 15.5—22.6 厘米，均使用了带有长条槽状的砺石加工。此外如牛 2Z1M26:1 管状玉器，也需要用带长条槽状的砺石磨圆玉管的外型。
6. 抛光和解玉砂，两者均是牛河梁玉器研究中重要的课题。因未及深入研究，仅列此备案。

（原文载于《第七章 牛河梁遗址出土玉器技术初探》，《牛河梁红山文化遗址发掘报告（1983-2003年度）中》（北京：文物出版社，2012年）。

注释

- ¹ Sergei A. Komissarov, “The Ancient Jades of Asia in the Light of Investigations by the Russian Archaeologists”, *East Asian Jade: Symbol of Excellence*, Vol. II (Hong Kong: Centre for Chinese Archaeology and Art, The Chinese University of Hong Kong, 2007), pp. 250-279.
- ² 辽宁省文物考古研究所：《文明曙光期祭祀遗珍——辽宁红山文化坛庙冢》，《中国考古文物之美·1》，文物出版社、光复书局，1994年，图版8。
- ³ 郭大顺：《红山文化》，文物出版社，2005年，页56-57。
- ⁴ 浙江省文物考古研究所：《反山》上，文物出版社，2005年，页102。
- ⁵ 王来柱：《牛河梁第十六地点红山文化积石冢中心大墓发掘简报》，《文物》，2008年第10期，页8。