

# 浅析新疆吉尔赞喀勒墓群出土蚀花红玉髓珠、天珠的制作工艺与次生变化

巫新华 (中国社会科学院考古研究所)

**摘要：**新疆帕米尔高原吉尔赞喀勒墓群出土了一批国内迄今发现数量最多、年代最早的蚀花红玉髓(玛瑙)珠和天珠。通过对蚀花红玉髓珠工艺的多手段观察和已有的工艺资料梳理，可复原这批出土玛瑙的蚀花工艺。蚀花玛瑙珠体表里次生变化主要受帕米尔高原台地干旱少雨环境和棕漠土的各种因素影响。这批国内出土的年代最早的天珠具有早期琐罗亚斯德教宗教文化意涵。

**关键词：**吉尔赞喀勒墓群；蚀花红玉髓珠；天珠；蚀花技术；次生变化

## 一 前言

吉尔赞喀勒墓群位于新疆塔什库尔干塔吉克自治县提孜那甫乡曲曼村东北塔什库尔干河西岸的台地上，海拔约3050米。2013~2015年共发掘29座墓葬，文化内涵为广义的塞人文化，但是出现了明显的琐罗亚斯德教的文化内涵。<sup>[1]</sup>墓葬所在地村落名为曲曼，故又称曲曼黑白石条古墓群。碳-14年代测定墓群的年代为距今2400~2600年。

墓群地表保留有墓葬的圆形封土堆及大面积错落有致的黑白石条遗迹，文化遗迹为新疆首次发现。石条黑白相间，相互错落，给人以强烈的明、暗光线感觉(图一)。同样类型的古墓葬遗址，在帕米尔地区还有8处。在广阔的帕米尔高原多地发现铺设黑白石条的古墓群，表明这种文化遗迹绝非帕米尔高原个别古代文化代表，而应该是墓葬所在时期曾普遍存在的文化现象。

吉尔赞喀勒墓群的M11、M14、M24、M16、M23、M32出土了51颗蚀花的玉髓<sup>[2]</sup>



图一 墓群B区鸟瞰图

珠，其中有7颗天珠<sup>[3]</sup>和44颗蚀花红玉髓珠。这是迄今为止，国内考古发掘出土的蚀花玉髓珠数量最多、种类最丰富的一次。值得注意的是，M11、M16、M23、M14出土的蚀花红玉髓珠数量分别都在5颗以上，其中M16一组就出土了23颗；M32出土了6颗我国迄今年代最久远的天珠(古人用大自然中的蚀染物质对白色玛瑙珠的珠体表面分别进行黑、白两次染色蚀花，从而

获得表面有纹饰的人工宝石即为天珠)。

## 二 吉尔赞喀勒墓群出土蚀花玉髓珠的珠体材料

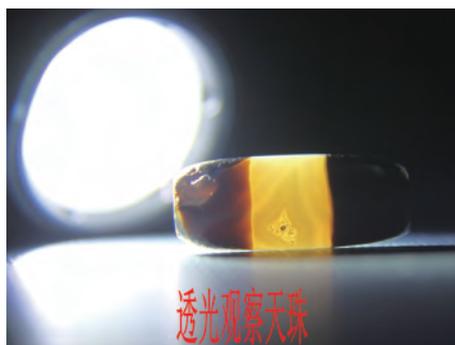
通过对这批蚀花红玉髓珠和天珠的宏观和显微观察,可知珠体为玉髓(玛瑙)。通常所说的玛瑙(Agate)是具纹带状构造的玉髓,纹带构造由颜色或透明度有细微差异的条带组成;玉髓(Chalcedony)则没有任何形态的纹带构造,这是玛瑙和玉髓的根本区别。〔4〕夏鼐认为:狭义的“玉髓”通体白色或无色半透明,肉红玉髓(cornelian)或称光玉髓,为通体基本一色,玛瑙则具有各种不同颜色的层纹。〔5〕罗纳德·路易斯·勃尼威兹则将红玉髓(光玉髓)和肉红玉髓作出了区分:红玉髓是一种血红色或红橙色的半透明玉髓,有时称为“cornelian”(光玉髓);肉红玉髓则是一种半透明浅褐色或深褐色的玉髓,它的名称(sard)来源于希腊语的“sardis”——古吕底亚的首都,直到中世纪它还与红玉髓共用一个名字“sardion”。〔6〕纵观世界各地出土的蚀花红玉髓珠,珠体多呈橘红色且无条带结构,故笔者认为这批蚀花红玉髓珠虽然在极个别的珠体上隐含着非常细微的纹带结构,但仍可统称为“蚀花红玉髓珠”。〔7〕

## 三 吉尔赞喀勒墓群出土蚀花红玉髓珠、天珠的蚀花工艺

在观察前,我们对这些蚀花红玉髓珠和天珠进行了清洗。当被放入温水中片刻后,珠子表面均密布了一层非常细密的小气泡,说明这些玉髓(玛瑙)珠具有吸水性。约0.5小时后取出珠子,置于吸水性较强的纸上,稍待晾干后,一些珠子上蚀花而成的白色线条的颜色有了细微变化——白色的明度有所降低,在晾晒几小时后又逐渐恢复原色。其中,蚀花红玉髓珠分别在5种形状的红玉髓珠体上用白色线条蚀绘了希腊十字纹、圆圈纹、方形纹、点纹、圈纹、漏斗形纹等纹饰图案;7颗天珠则是在半透明的白玛瑙〔8〕的珠体表层分别蚀绘了黑色(实为黑褐色或棕红色)底色和白色花纹,这些白色花纹为粗细不一的白色圈

纹和罕见的变形“肾形”图案,深色的底色和白色花纹形成了鲜明的对比。珠子上的白色蚀绘纹饰因是化学腐蚀显花,在普通光线下呈现不透明的白色。如用强光灯透打观察,可见蚀色而成的白色部位虽已入珠体,但却不深,黑色蚀花部位亦然,从而使光线或多或少地穿透珠体(图二)。珠体上的蚀花部位,不论是白色还是黑色都有些褪色现象。透过表层的褪色现象,可隐约观察到玛瑙隐晶质的莹透感和若隐若现的条带状构造。珠体中的水晶伴生体被完好保存下来,整颗珠子仍然呈隐晶质矿物特有的半透明或微透明。

在探讨古人的蚀花工艺之前,我们需要了解玉髓(玛瑙)的物理特性及其染色原理。构成玉髓(玛瑙)的隐晶质的石英微晶集合体以较松散的状态混杂在一起,这样的结构致使玉髓(玛瑙)有很多微孔隙。〔9〕其被染色的实质是在SiO<sub>2</sub>晶体间四通八达的孔隙中充满各种人们想要的颜色,而不是玉髓(玛瑙)中的SiO<sub>2</sub>晶体被染上颜色。〔10〕



图二 透光观察天珠

通过观察,我们认为2500年前的古人至少掌握了两种给在玉髓(玛瑙)染色的方法:1.把玉髓(玛瑙)浸泡在黑色的染液中很长一段时间,以此改变玉髓(玛瑙)所呈显的颜色。现代实验证明这种工艺对致色物质有一个基本要求,即:液体中的致色物质必须以离子形式存在,因为致色物的渗入一般是以离子形式扩散的。〔11〕中世纪和之前的染料和触染剂几乎完全来自矿物和动植物,〔12〕但文献记载十分简略,我们无从得其详,而这种蚀花染色工艺实践却形成传统流传下来;2.另一种蚀花工艺是利用大自然中的洗



涤碱（碳酸钠）和具有粘性的植物汁液调配成蚀染剂，并用蚀染剂绘画所需花纹于玉髓（玛瑙）珠上，再经过低温短时间的加热使碳酸钠在玉髓（玛瑙）珠体上发生化学腐蚀作用，从而使珠体被蚀绘的部位变白。

在玉髓（玛瑙）珠上蚀绘花纹的技术是哈拉帕文化（Harappan, 前 2600~前 1500 年）的产物。印度河文明的莫亨朱达罗的一珠宝窖藏中曾发现不少蚀花玉髓（玛瑙）珠；昌胡达罗（Chanhu-daro）遗址中曾发现制作蚀花玉髓（玛瑙）珠的作坊，<sup>[13]</sup>说明这项技术在公元前 2500 年就被人们熟练掌握，直至 1930 年代仍然被巴基斯坦信德省的工匠继承使用。我们习惯称之为玉髓（玛瑙）蚀花的工艺，其实是一种古代化学染色工艺，而“蚀刻”应该是误称。关于“蚀刻”这一误称，<sup>[14]</sup>是因为早期研究的人们发现蚀花红玉髓珠上的白色图案部分和没有经过化学蚀花的红色部分呈现出质感上的不同，所含化学成分也不相同，一些珠子的白色图案部分由于长久的埋藏而发生了剥落或凹陷，留下了仿佛经过凿刻的表面痕迹，因此早期研究的人给我们留下了“蚀刻”的玉髓这一误称。

下面我们分别讨论吉尔赞喀勒墓群出土的蚀花红玉髓珠和天珠的蚀花工艺。

#### （一）蚀花红玉髓珠（Etched Carnelian Beads）

用一次蚀花的方法蚀绘白色花纹于红玉髓材质的珠体之上，由此获得表面有白色花纹的珠子就是蚀花红玉髓珠。这种珠子在莫亨朱达罗和乌尔的属于公元前 3000 年前期的遗存中就已出现，“在希腊、赛西亚、帕提亚和整个印度西北部的库珊遗址中发现了上千的同类珠子”。<sup>[15]</sup>我国迄今考古发掘出土的蚀花红玉髓珠数量却不多，计有：斯坦因于 1904 年和 1913 年在新疆和田发现了 5 颗蚀花红玉髓珠；<sup>[16]</sup>黄文弼于 1928 年在新疆沙雅县西北裕勒都司巴克发现 1 颗蚀花红玉髓珠；<sup>[17]</sup>1956 年云南晋宁石寨山汉墓出土 1 颗蚀花红玉髓珠，<sup>[18]</sup>这颗蚀花红玉髓珠是夏鼐偶然在准备去国外参展的展品中发现的。后来还在新疆于田县克力雅河下游的圆沙古城、<sup>[19]</sup>民丰县尼雅遗

址、<sup>[20]</sup>吉木萨尔县大龙口墓群 M5、<sup>[21]</sup>尼勒克县穷科克一号墓群 M13、<sup>[22]</sup>温宿县包孜东墓群、<sup>[23]</sup>新疆若羌县楼兰古城、<sup>[24]</sup>和静县察吾呼沟口三号墓群 M18<sup>[25]</sup>与四号墓群 M4、<sup>[26]</sup>青海大通县上孙家寨汉墓乙 M8、<sup>[27]</sup>咸阳市马泉西汉墓、<sup>[28]</sup>陕西宝鸡市益门村二号春秋墓、<sup>[29]</sup>云南江川县李家山墓群、<sup>[30]</sup>曲靖市八塔台墓群、<sup>[31]</sup>河南淅川县下寺 M2、<sup>[32]</sup>广州汉墓<sup>[33]</sup>分别出土了蚀花红玉髓珠。其中，与吉尔赞喀勒墓群出土蚀花红玉髓珠年代相当的有：新疆尼勒克穷科克一号墓群 M13、和静县察吾呼沟口四号墓群 M4、陕西宝鸡市益门村二号春秋墓、河南淅川县下寺 M2 出土的蚀花红玉髓珠。美国波士顿博物馆也藏有一些蚀花红玉髓珠，它们来自公元前 2500~前 1500 年的印度河文明。因为在昌胡达罗的发掘中发现过制作这种珠子的场所，由此可见它们是在印度河流域制作并输往其他地区的。<sup>[34]</sup>

在我国，夏鼐最早对蚀花红玉髓珠的制作工艺进行了研究，他采用了 E.mackey 的研究成果：

英国人麦凯在三十年代时，曾调查今巴基斯坦信德省萨温城（Sehwan in sindh）的一位老工人。这位老工人在少年时曾学过在石珠上浸蚀这种花纹的技艺。他虽然已五十多年不干这活了，但当时做了一次技术表演。他先准备一个绘画的颜料，将汉地一种野生的白花菜（Capparis arphylla）的嫩茎捣成浆糊状，和以少量的洗涤碱（碳酸钠）的溶液，调成半流状的浆液，用麻布滤过即成。然后取一磨制光亮的肉红石髓珠，将它固定于粘土块上。干燥后，用笔将上述颜料绘画花纹于石珠上。熏干后，将它埋于木炭余烬中，用扇子徐扇灰烬以加热，待五分钟后取出。石珠从土块中取出后，待之冷却，最后用粗布加以疾擦，即得光亮的蚀花石珠。后来麦凯自作实验，将操作过程稍加改变。他将绘好后的石珠放在小坩埚或其它容器中，放在木炭炉或酒精灯上加热，不用粘土块，也取得同样的结果。他用少量铅白（碳酸铅）代替白花菜浆糊，也可增加颜料的粘着力，使加热时不致脱落，而且溶解时间也可加快。缩短加热时间，石珠不致改变颜色。<sup>[35]</sup>

在印度一些制造蚀花红玉髓珠的工厂中，如果在蚀花过程中由于加热时间过长导致红玉髓褪去红色并且变得不透明，则可以使用一种含有氧化铁的涂料，涂在白色花纹以外的褪色变白的地方，然后重新加热，这些褪色的部分会吸收氧化铁而恢复其失去的红色，使之与白色花纹再次形成鲜明的对比，<sup>[36]</sup>但珠子的透明度却不可恢复。



图三 珠体表层白色蚀花部分不透明的蚀花红玉髓珠

如图三所见，这颗蚀花红玉髓珠只是在珠体被蚀以白色花纹的表层变得不透明，而珠体其他未被蚀色的部位仍然保留了红玉髓原有的半透明的隐晶质物理性状。古代蚀花技术中采用的蚀绘原材料来自于大自然中的植物和矿物，它们在蚀花过程中对珠体的影响非常温和，这是吉尔赞喀勒墓群出土的蚀花红玉髓珠依然保有莹透感的原因之一。在 E.mackey 关于老艺人现场演示的记述中，我们看到了低温短时间加热的操作，这种恰如其分的加热可以将致色离子固定在 SiO<sub>2</sub> 晶体间的微孔隙中，但又不会太多改变矿物隐晶质的莹透感，这需要工匠恰如其分地掌握加热的温度和时间。但我们却在这批蚀花红玉髓珠中发现了几颗不太透明的珠子，如图四中的珠子几乎完全失透，造成此现象有两种原因：1.可能是在蚀



图四 一颗不透明的蚀花红玉髓珠

花的过程中过度加热导致整颗珠子变白失透，当时工匠用含有氧化铁的涂料涂在白色花纹以外的其余褪色的地方，然后重新加热，这些褪色的部分会吸收氧化铁而恢复其失去的红色，使之与白色花纹重新形成鲜明的对比，但莹透感却不可恢复；2.在长达 2500 年的埋藏岁月中，因风化受沁而逐渐变得不透明。图五中的蚀花红玉髓珠的表面虽然看上去并不是十分光滑，但仍然可以看到有一层薄薄的莹润包浆覆盖，也是这些蚀花红玉髓珠呈现出莹润光泽的原因之一。



图五 莹润的蚀花红玉髓珠

## (二) 天珠 (Etched Agate Beads)

吉尔赞喀勒墓群 M11 和 M32 总共出土 7 颗天珠，其中 1 颗为圆板状，其余 6 颗均为大小不一的圆柱状。图六是我们用透光的方法观察这些天珠，发现这些天珠的石质原有浓淡不同的层纹。珠体表面的白色花纹和黑色底色是分别用不同的染色蚀花方法蚀染而成，由此形成了黑白鲜



图六 天珠珠体内的层纹特征



明的强烈对比。白玛瑙珠体中隐含的条带构造是由颜色或透明度有细微差异的条带构成。

和吉尔赞喀勒墓葬出土的7颗天珠年代大致相当的是：1979年在塔什库尔干县香宝宝墓群出土1颗天珠；<sup>[37]</sup>中国国家博物馆常展柜里陈展有1颗战国时期的天珠，展示牌标注为“蚀花髓管饰”；<sup>[38]</sup>2014年西藏阿里地区曲踏墓群出土2颗天珠，其年代距今约1800年；<sup>[39]</sup>1975年在陕西咸阳市马泉西汉晚期墓出土1颗天珠；<sup>[40]</sup>河南淅川下寺春秋晚期楚墓出土2颗天珠，其中1颗藏于河南省文物考古研究院（图七）；云南省博物馆藏有1颗西汉晋宁石寨山出土的天珠，其形状和蚀绘纹饰都比较特别（图八）；大英博物馆藏有1颗在棕黑色的底色上蚀绘有一个白色圆圈纹的天珠，属于公元前2200年—前2000年美索不达米亚的乌尔王墓。另1颗天珠属于公元前19世纪的古巴比伦，除了在微凸面的边缘蚀绘有白色圆圈纹，还在另一面用楔形文字刻有“国王献给太阳神”的字样；中亚锡尔河流域的维加罗斯基泰古墓也出土了2颗圆柱状天珠，是在白玛瑙珠体上分别蚀染棕黑色的底色和白色花纹制作而成，白色纹饰由圆圈纹及线条组合而成，年代为公元前7~前6世纪；<sup>[41]</sup>最近

湖南省的文物工作者在整理馆藏物品时也发现了1颗出土于长沙咸家湖西汉墓的天珠。

我们可以通过观察吉尔赞喀勒墓葬群出土的天珠来了解古代蚀花工艺呈现给我们的天珠特征，再结合前文中关于玉髓（玛瑙）染色的原理和对巴基斯坦老艺人现场演示的记述综合解析，就不难推导出天珠的染色蚀花工艺了。

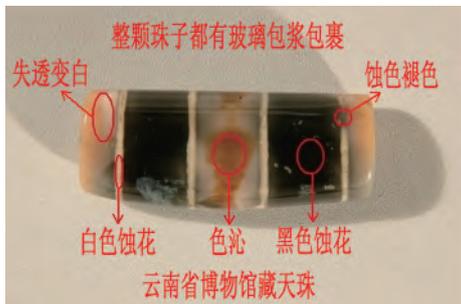
吉尔赞喀勒墓葬群出土的7颗天珠经过了黑色与白色两次染色蚀花，它们虽然经过了2500年的埋藏，但表面都具有莹润亮泽的半宝石光泽。珠体上黑色蚀染部分的质感与白色花纹部分的质感有些许不同。如图九所见，当用电筒透光观察时，可看到这颗天珠透出美丽诱人的棕红色，白色花纹部位的透光性弱于深色底色部分。所蚀绘的颜色，不论是白色部分还是深色部分，虽然都已进入玛瑙珠体，但却并未进入太深，从透出的光感上可感知到在蚀色尚未到达的珠体较深处仍然保留着玛瑙隐晶质矿物的莹透感。这7颗天珠的透光程度都不一样，其原因来自于它们表层蚀色的厚薄和受沁程度的深浅。即使在同一颗天珠上，我们也观察到了强弱不一的透光性，显然和单颗珠子的质量以及埋藏微观环境有关。



图七 透光观察河南淅川下寺出土的天珠



图九 透光看天珠



图八 解析云南晋宁石寨山出土天珠的受沁现象

在这些天珠的制作过程中，匠师们已非常娴熟地掌握了对玛瑙珠进行染色蚀花所要用到的天然蚀染物质，他们根据日积月累的经验恰如其分地调配出蚀绘白色花纹和黑色底色的蚀染剂，并熟练掌握了操作技巧。匠师们用粘性的植物汁液调和研成细末的碳酸钠制作成白色花纹的蚀染剂；而黑色蚀染剂的调配方法，却相对要复杂一些：首先他们要从自然界获取极其细微（离子形

式)的黑色染料,制取黑色染料的具体方法决定了蚀染而成的珠子最终的呈色(迎光看呈深褐色或黑红色),然后在其中添加适量的触染剂明矾,<sup>[42]</sup>由此就能加快染黑玛瑙的进度了。

关于天珠的制作方法,可能有以下两种:

第一种,首先准备好一颗磨制光亮的白玛瑙珠(未打孔),再准备好黑色的蚀染剂,将白玛瑙珠浸泡其中。长时间的浸泡会使蚀染剂中的黑色离子进入珠体表层的微孔隙中,使整个玛瑙珠呈现黑色(实为深褐色或黑红色)。玛瑙珠蚀染成黑色后,取出晒干,以备。蚀染白色花纹时取出这颗表层已被染黑的玛瑙珠,将玛瑙珠固定在粘土块上,再用笔蘸上白色蚀染剂蚀绘所需花纹于珠体上。白色花纹蚀绘完成后待之熏干,然后将珠子埋于木炭余烬中,用扇子徐扇灰烬以加热,待5分钟后取出。随后将已经蚀染好的玛瑙珠从土块中取出,冷却后再用粗布疾擦,随后即得光亮的人工宝石天珠。最后,为已经蚀花好的珠子钻孔,以方便佩戴。疾擦带来的珠体表面的层位移动效应既封堵了玛瑙微孔隙中色素的溢出,从而加固了着色效果,又提高了珠体表面的莹亮感。

第二种,首先准备好1颗磨制光亮的白玛瑙珠(已钻孔),并且分别准备好蚀绘白色花纹和黑色底色的蚀染剂。取出白玛瑙珠并将其固定在粘土块上,再用笔蘸上白色蚀染剂蚀绘所需花纹于半透明的珠体上。白色花纹蚀绘完成并待之熏干后,再用笔将之前已经调制好的黑色蚀染剂涂抹于珠子表面其余的空白处,待之熏干,然后将珠子埋于木炭余烬中,用扇子徐扇灰烬以加热,5分钟后取出。随后将已经蚀染好的玛瑙珠从土块中取出,冷却后用粗布疾擦即得光亮的天珠。

这两种蚀花方法虽然还没有进行还原实验,但我们在仔细观察吉尔赞喀勒墓群出土的7颗天珠的基础上,结合古代玉髓(玛瑙)的染色原理和信德省的老工人现场演示等资料进行综合研究和推导,这种在白玛瑙珠上分别进行两次蚀花从而获得天珠的方法在理论上是成立的。

古代许多染料和触染剂都是从大自然中获得的物质,它们可以普遍溶于水和水中的介质,还能

渗透进材料,使用前除了去掉杂质和进行研细之外还需要稍作处理。<sup>[43]</sup>关于制作天珠所使用的白色蚀染剂的原材料,从前文中巴基斯坦老艺人的现场演示中已得知他使用了碳酸钠(天然碱)和白花菜(Capparisarphylla)的嫩茎。众所周知,大量的天然碱来自矿物,也可从燃烧后的盐沼植物或海藻的灰烬中获得,白花菜的嫩茎则属于天然植物。黑色染料可以通过燃烧各种油、腊或松香,再从表面搜集烟灰获得;还可以将各种植物原料放在土罐子里加热,由此获得的黑色的碳就是黑色染料的原料了。<sup>[44]</sup>另外,黑色染料还可以通过将树瘿中的提取物加入硫酸铁(绿色的硫酸盐)而获得,或是把几种暗色的染料综合调加在一起获得。<sup>[45]</sup>取得黑色染料后,在其中加入适量的触染剂就可获得蚀染天珠所需要的黑色蚀染剂。对于天珠的蚀花工艺而言,触染剂的使用可以使黑色染料更快进入玛瑙珠体表层。

#### 四 蚀花红玉髓珠、天珠的珠体成型及钻孔工艺

这批蚀花红玉髓珠、天珠的形状丰富多样,珠体是由红玉髓和白玛瑙琢磨而成。整体而言,制作过程所涉及的基本程序是:首先,大致将矿石制作成所需要的珠子形状;其次,通过打磨和抛光进行珠子的表面处理;最后为珠子钻孔。<sup>[46]</sup>

就吉尔赞喀勒墓群出土的这批珠子的形状而言,分为六种类型,需要采用不同的成型、钻孔工艺:

A型 圆形片状。制作圆形片状珠子时先将红玉髓的原矿料切磨成相对较大的片状材料待用,再用内径稍大于珠子平面部位的管钻逐一从片状材料上钻取,即可获得圆形片状的红玉髓珠体。之后用稍细的解玉砂将珠子的外表琢磨平滑,最后为珠子钻孔以方便佩戴。一些较为精细的珠子显然在钻孔后又经过了二次抛光。

B型 圆形板状。就此类天珠的成型而言,先将白玛瑙矿料切磨成长、宽及厚度都略大于珠子的方块形,然后经过不断削磨方块形玛瑙的棱角和边缘部位的方法逐渐将其琢磨成我们所见到的圆板形状。然后,用较细的解玉砂对已成型的



珠体进行第一次的磨细抛光，再对其钻孔以便穿绳所用。最后用更为细腻的解玉砂对整颗珠子再打磨抛光。如此，就获得一颗光亮的白玛瑙珠。

**C型 圆形柱状。**制作圆形柱状的玛瑙珠，要先将玛瑙原矿切磨成与珠体大小相当的长方体，然后通过不断削磨修整长方体玛瑙的棱角和边棱的方法逐渐获得圆柱状玛瑙珠。成型的玛瑙珠先要进行一次打磨抛光，以使珠体变得光滑。之后在珠体两头平齐的端部对打钻孔。最后用更为细腻的解玉砂对整颗珠子进行精细的抛光打磨，由此就获得了一颗滑润光亮的白玛瑙珠。

**D型 圆形球状。**制作圆形球状的红玉髓珠，可以采用自然界中天然的小矿料琢磨成型，只要将天然的小矿料进行简单磨圆就能制成我们所需要的圆形的珠子；对于相对较大的矿料，则先需要进行开料，再将红玉髓矿料切磨成正方体，然后通过不断削磨修整红玉髓正方体的边棱来逐渐获得圆球状的珠体。还要对珠子进行初步的打磨抛光，之后再钻孔。最后，用更为细腻的解玉砂对整颗珠子进行全方位的打磨抛光，使其更为光滑美观。

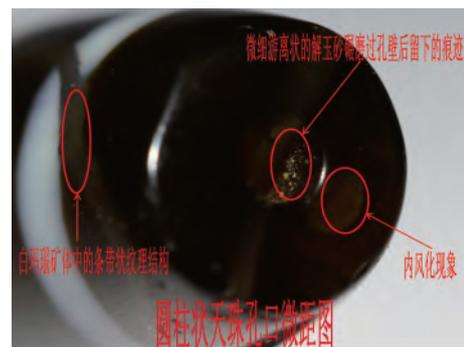
**E型 方形片状。**关于方形片状珠子的成型，工匠们需要先将开好料的红玉髓矿料切磨成较大的薄片状，再将薄片状的红玉髓料切磨分割成稍大于珠体的片状，之后不断修磨成我们见到的方片状。初次抛光后为珠子穿孔。最后，还要对整颗珠子进行第二次的打磨抛光，使其更加莹润美丽。

**F型 亚腰形片状。**制作此类珠子时要先将红玉髓矿料切磨成相应大小的长方形片状，再不断打磨消减窄腰处逐渐制作成型。珠子成型后进行初步的打磨抛光，之后在窄腰处对钻一贯穿孔。最后，还要用更为细腻的解玉砂对整颗珠子进行全方位的打磨抛光，使其呈现莹润光滑的美丽状态。

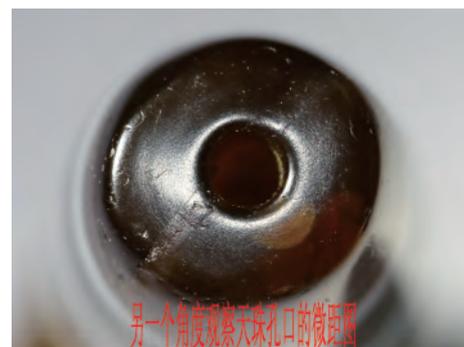
打磨和抛光是珠子成型后的另一道重要工序。刚磨削成型的珠子难免粗糙，需用粒度相对较细的解玉砂对珠子表面进行初步磨光。夏鼐曾提到印度玉髓（玛瑙）珠的制作者通过拖拽包含

了珠子和金刚砂颗粒的皮袋来打磨和抛光珠子，因此那里生产的珠子在成型后如果没有进行更好的打磨平滑的话，完成时就会呈现出不太平整的表面。<sup>[47]</sup>这一现象在这些吉尔赞喀勒墓群出土的部分蚀花红玉髓珠上得到了体现。

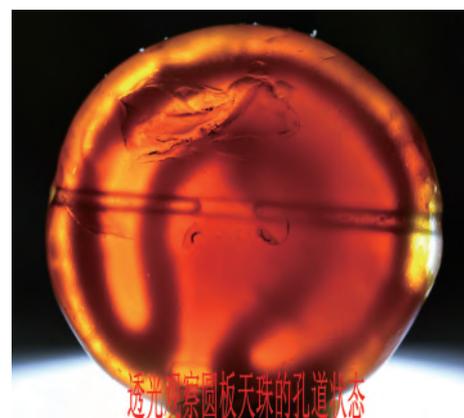
制作过程中的第三步是为珠子钻孔。图一〇、一一为圆柱状天珠钻孔的不同角度的微距图，从中可见游离状的解玉砂琢磨过孔壁后留下的痕迹以及内风化现象和隐含在珠体内的天然条带状结构。图一二是用透光的方法观察圆板状天珠的孔道，整条孔道细小平直，肉眼几乎看不到解玉砂



图一〇 圆柱状天珠的孔口微距图



图一一 另一个角度观察天珠孔口的微距图



图一二 透光看圆板天珠的孔道

琢磨后的痕迹，孔壁的斜度极其微小，小圆孔的形状也较周正。用放大镜对临近孔口的孔壁进行观察发现：几乎看不到孔壁上的旋痕，但却可分辨出极其细腻的解玉砂在游离状态下琢磨过玛瑙孔壁后留下的非常细微的痕迹，这些痕迹不连续也不稳定，呈现出被较高转速的钻头带动碾磨过孔壁后留下的状态。工匠们在钻孔时一般采用双面对钻的方法进行垂直钻孔，这颗珠子的钻孔长度只有 2.81 厘米，孔径细小，可见当时的工匠必须借助合适的夹具（现代称为机械手）对珠子进行固定，并且使用非常细腻的金刚砂才能完成。<sup>[48]</sup>钻孔前要在钻孔的部位预备出一个小的平台并在小平台上打击出一个小凹坑，以便钻头可以放稳，再放置解玉砂（金刚砂和水而成），<sup>[49]</sup>然后转动铁质管钻进行钻孔。钻孔后的珠子需要再次磨平抛光，预留的小平台被打平抹掉，<sup>[50]</sup>最后的抛光使珠子整体看上去更加光滑莹亮。

在观察研究这批珠子的琢磨成型、打磨抛光以及钻孔的过程中，解玉砂是我们重点研讨的对象。在这三个工序中，不论是使用铜质还是铁质工具（铜质工具的硬度为摩氏 3，铁质工具的硬度为摩氏 5.5），其硬度都小于玉髓（玛瑙）矿料的硬度（摩氏 6.5~7），故不能直接用来琢磨玉髓（玛瑙）矿料，必须借助重要的介质解玉砂才能对其进行切磨和钻孔。玉髓（玛瑙）的硬度决定了这些珠子加工的难易程度。<sup>[51]</sup>普通的解玉砂是来自河边的石英砂，其硬度为摩氏 6.5~7，勉强可以琢磨软玉，但用来琢磨玉髓（玛瑙）却很困难。对于这批珠子的加工而言，必须使用比石英砂硬度更高的解玉砂，如：金刚砂（摩氏硬度 10）、刚玉砂（摩氏硬度 9）和石榴子砂（摩氏硬度 6.5~7.5）才能对玉髓矿料进行切磨和钻孔。根据吉尔赞喀勒墓群的年代和对珠子孔道状态的观察，当时的匠人使用了硬度较高的铁质管钻和高硬度且非常细腻的金刚砂来为这批珠子钻孔。

##### 五 吉尔赞喀勒墓群出土天珠、 蚀花红玉髓珠的次生变化

这批珠子被埋藏了 2500 年之久，埋藏环境

中的通气性（含氧量）、湿度、温度、PH 值、电阻率、可溶性盐类等因素决定了土壤对它们的腐蚀程度。由此，对吉尔赞喀勒墓群的自然环境和土壤环境的了解是我们进一步探索和研究这批出土珠子的必然。

吉尔赞喀勒台地属高原山区温寒干旱气候，空气干燥稀薄，冬长夏短，四季不分明，光照充足，紫外线辐射强，植被稀少。墓群的土壤为棕漠土，呈碱性，pH7.5~9，含盐量高，富含 Si、Fe、Al 等金属元素，还因铁质化作用明显而使土壤呈红棕色。这些因素综合构成了这 51 颗珠子的埋藏环境。

土壤环境是影响珠子风化程度的重要因素，这种影响十分复杂。当这批蚀花红玉髓珠和天珠埋藏入土之后，由于棕漠土具有非常良好的通气性、不能断绝氧气，再加上台地土壤的含水量随着地下水活动和降雨等因素而发生不断的变化，地下水携带可溶性物质在蚀花玉髓（玛瑙）珠的内部不断地渗透、溶解、蒸发、结晶，这样就使得玉髓（玛瑙）珠这种多孔隙结构的矿物珠体产生了各种各样的受沁现象。

关于这些珠子的受沁原理，我们在研究过程中借鉴了专业学者对高古玉器次生变化的研究成果。高古玉器埋藏入土后的次生变化确实存在，它和矿石的质量以及埋藏环境都有密切关系。矿物的显微结构决定了矿物的堆集密度和质量的优劣，同时也决定了矿物受沁程度的深浅。<sup>[52]</sup>不论高古玉器还是蚀花玉髓（玛瑙）珠都是原矿料加工而成，虽然它们的矿体因为具体成分的不同而有所差异，但从某种意义上讲，它们埋藏入土后的受沁原理却是一样的。

古玉器的风化作用是指古玉器成器后，在任何环境中所发生的一切因风化、老化而造成的改变，其中包括物理、化学和生物风化。古玉器自埋藏入土开始，就不可避免地与周围物质发生相互作用，从而使得古玉器不断地改变着原有的性状，这一过程被称为“受沁”，<sup>[53]</sup>也特指古玉器埋藏入土后所发生的风化作用。“受沁”的内在因素表现为矿物的显微结构变松，概括而言古玉



受沁后的外观变化过程大致分为两个阶段：第一阶段由于显微结构变松而从半透明变为不透明，颜色仍大体保持未变；第二阶段，除了显微结构进一步变松而逐渐全不透明外，颜色的明度增高及浓度降低，表现为褪色发白，比重的降低也反应了显微结构的变松程度。<sup>[54]</sup>其原理类似于冰与雪的差异：冰与雪都是固态的水，冰因致密而透明；雪因疏松而不透明。<sup>[55]</sup>就受沁的微观动态而言，在埋藏时间较长的古玉中，古玉受沁既是一个“失”的过程，同时也是“得”的过程，它们分别经历了风化淋滤阶段和渗透胶结阶段，“失”的过程即是风化淋滤过程；“得”的过程则是指周围土壤中的胶体物质不断向古玉内部渗透并胶结的过程。<sup>[56]</sup>出土高古玉的整体性状是在长期的地下埋藏过程中“失”和“得”的两个过程相互作用而形成的。闻广通过对高古玉的受沁部分和未沁部分的平行取样的检测研究，发现古玉受沁后的部分相较于未受沁的部分而言，出现了玉质疏松、硬度下降、透明度下降、颜色变白等一系列变化，<sup>[57]</sup>同时古玉的吸水性也相应增强。受沁的高古玉普遍存在着“外实内松”的现象，<sup>[58]</sup>但受沁古玉的表层因为在胶结的过程中存在一些未被胶结的晶间孔隙，故整个外层的硬度虽然高于内里部分，但仍然较低。由此可知：以往习惯用测定比重与硬度来区分古玉是否为软玉的方法，对于受沁的古玉就不适用了。<sup>[59]</sup>同理，用通过测定比重和硬度的方法来判定受沁后的蚀花玉髓（玛瑙）珠也就不再适用了。

下面我们以单一墓葬为单位，讨论这些吉尔赞喀勒墓群出土天珠和蚀花红玉髓珠所产生的复杂多样的次生变化。

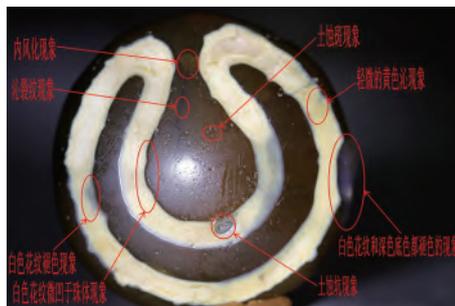
M32 该墓位于 B 区台地墓葬区西端，地表有较明显的封土堆，封土堆下有一重石围。地表散布许多细小砾石。墓室为下挖砂石而成，墓道口铺有草席，其中葬有 2 具尸骨。6 颗天珠（图一三）出土于其中一位墓主人的颈部。5 颗大小不一的天珠呈圆柱状，珠体中间直径较大，然后逐渐向两头收细。两头端部平齐，中间有贯穿钻孔。每 1 颗珠子都蚀绘有 5 条宽窄不一的白色圆

圈纹环绕着珠体，中间的圆圈纹相对较宽，被这条较宽的圆圈纹均分的黑色珠体部分又分别被 2 条相对较窄的白色圆圈纹均分，形成了中间为较宽的白色圆圈纹，两边又分别被两条较窄的白色圆圈纹均分的对称形态；另一颗为圆形板状天珠，天珠呈黑底白纹，背面较为平直光滑，正面沿圆板状的外沿用双线的形式蚀绘出一个“肾形”的演变图案，“肾形”图案的内圈线和外圈线在临近“肾形”的缺口部位逐渐收拢，最终以弧线形式连接在一起。肾形图案的母题曾在印度河文明的陶器上和相交的圆形、菩提树叶形、棋盘形等母题一起出现过。<sup>[60]</sup>



图一三 M32 出土的天珠

第 1 颗天珠 呈圆板状，两孔间距 2.81、厚 1.02、一头孔径 0.16、另一头孔径 0.12 厘米。就这张照片来说，我们可以在这颗圆板状的天珠上看到多种受沁现象（图一四）。



图一四 M32 出土圆板状天珠的受沁现象

### 包浆现象

这颗天珠的整个珠体不论是深色底色还是白色图案都显得莹润亮泽，有一层包浆包裹。高古玉的研究者在研究西周早期的玉珠后认为“包浆”现象是由于玉珠长期埋藏于地下受沁而形成

了非晶化（玻璃化），因此产生了类似玻璃的光泽，而玉珠内部与外表面的材料的化学成分变化却非常微小。<sup>〔61〕</sup>细看吉尔赞喀勒墓群出土的这批珠子上都有一层莹亮的包浆包裹，是这些珠子在 2500 年的埋藏过程中受沁的结果之一。

整个珠体表面被包浆覆盖的机理是：在相对较早期的风化淋滤过程中，淋滤作用使玛瑙珠体内外结构中含有大量的微孔隙，也给壤液中富含的 Si、Al、Fe 等元素的胶体溶液的逐步渗入提供了空间与通道。随着渗透作用的不断进行，珠体表层的孔隙逐渐被壤液中的物质填满，胶体溶液逐渐丧失了渗入玛瑙珠体内部的通道，只能富集胶结在天珠的表层，最终形成了以壤液中富含的 Si、Al、Fe 等元素为主要成分的表面包裹层包浆。

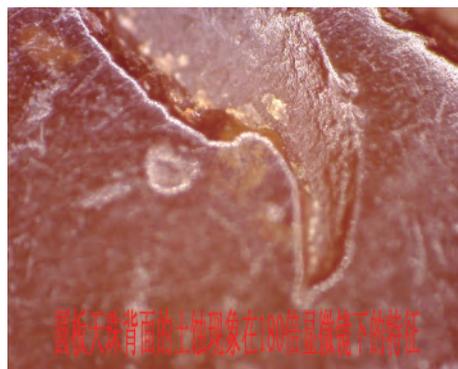
#### 土蚀现象

我们观察到这颗天珠的表面分布着许多大小不同、形态各异的土蚀现象。它们深浅不一、分布自然，毫无规律可循。天珠久埋地下，受土壤中各种物质的侵蚀而致其表面出现局部剥离的现象，称为“土蚀”现象。由于土蚀形貌的多样性和受沁蚀程度的差异性而分别被称为土蚀斑、土蚀痕和土蚀坑。

从矿物学角度看，这颗天珠上所呈现的土蚀现象和其矿料的显微结构有关。就某种意义而言，相同条件下这种较为纯净的玛瑙的化学风化程度比透闪石玉要微弱很多。在风化过程中，它所发生的风化作用是机械性地破坏  $\text{SiO}_2$  晶体间的链接作用，使玛瑙珠体中晶体之间的结合力逐渐减小，从而导致玛瑙珠体的结构越来越疏松，直至部分脱落。当这种风化现象体现在珠体表面时，天珠表面就会有相应的土蚀现象出现。从图一五中我们可以看到这些土蚀现象深浅不一、形态各异，它们形态自然，表面覆有一层或厚或薄的包浆。仔细观察，我们在土蚀坑的表层看到了玛瑙晶体的松散现象。我们在图一六中看到了这颗珠子的表面并非十分光滑平整，受沁较重的部位有较大面积的晶体脱落痕迹，而受沁较轻微的地方则呈现出表层晶体渐趋松散，即将脱落的现象，这也说明了玛瑙珠体上土蚀形态的多样性。



图一五 圆板天珠背面的土蚀现象微距图



图一六 圆板天珠背面土蚀现象在 180 倍显微镜下的特征

#### 蚀色褪色现象

我们在图九、一二中观察到这颗天珠的白色花纹和深色底色都有褪色现象，尤其是临近一边孔口的部位所蚀染的棕褐色已经消褪殆尽，露出了半透明的玛瑙质地。这颗天珠是古人用古代蚀花的技术制作而成，所蚀染的色素离子就存在于玛瑙珠体表面的微细孔隙中。它在 2500 年的风化过程中，风化淋滤作用使原本充满微细孔道的黑褐色的致色元素离子被逐渐析出，但在渗透胶结的风化过程中由于所处的微观环境的壤液中不含有致色元素，从而导致没有其它的致色离子补充到晶体间的微细孔隙当中，于是就形成了我们在图中所见到的蚀色褪色现象。

我们用透光照射的方法观察 M32 出土的 6 颗天珠，发现每一颗天珠的珠体上都有蚀色褪色现象。大多数天珠的褪色轨迹是伴随着玛瑙的天然纹理的变化而变化的，这是因为在受沁的“一出一进”的风化过程中，致色离子的运动路径也是遵循着玛瑙的天然解理进行的。

#### 内部风化和沁裂纹现象

图一七呈现是这颗天珠的内部风化和沁裂纹



现象。从微观应力的角度看，天珠在制作的过程中，受各种因素的影响，都会在玛瑙珠体内产生一种内应力。当内应力集中于玛瑙珠体的某一位位，叠加于风化作用所导致的脆弱的晶键之上，就会加快这一部位晶体间的晶键断裂，从而逐渐形成晶体间的微细裂纹。当这些微细裂纹隐匿在玛瑙珠体之内，表面没有一点儿裂纹的痕迹，我们只能用透光的方法看到内部有玛瑙晶体渐趋疏松的现象，我们将这种现象称为天珠的“内风化”现象；当玛瑙晶体间的晶键逐渐断裂的现象延伸至玛瑙珠体表面，就在珠体表面形成了断续相接、细若游丝的表面裂纹现象，即“沁裂纹”现象。



图一七 圆板天珠的内风化和沁裂纹现象

### 虹化现象

图一八当玛瑙珠体上部分晶体疏松的现象呈现于珠体较表层时，由于光照的原因就会出现虹化现象。这种“虹化”现象特指用来描述玛瑙珠体的表层部分在光照下呈现的旖旎的彩色斑面，它们的色彩随着光线的移动而变化，当光线超出某一个范围时，斑斓的色彩就会逐渐隐匿不见，“虹化”现象呈不规则状分布于天珠表层结构疏松的地方。



图一八 圆板天珠上的虹化现象微距图

虹化是一种常见的侵蚀现象，<sup>[62]</sup>也是玛瑙珠埋藏入土后受沁的一种现象。当天珠埋藏入土后，在“风化淋滤”和“渗透胶结”两个风化过程中，珠体内的水分和较容易溶于水的物质被不断地溶解析出，使 SiO<sub>2</sub> 晶体间的孔隙度逐渐增大，晶体的排列形态也会相应地发生改变。当这些晶体的排列变成了某种特殊平面形状，并且当有光线从特定的角度穿过这些晶体交角的时候，就会因为光线的折射而产生虹化的晕彩现象。

### 白色花纹部分微凹于珠体表面的现象

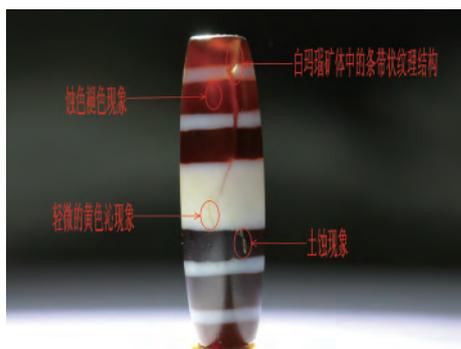
在图一九这颗圆板状天珠上，可见白色蚀花部分微凹于珠体深色部分，用手轻抚更能感觉到它的存在。这和制作这颗天珠时白色蚀染剂中添加的碳酸钠的浓度有关。天然的碳酸钠在自然界中就可获得，人类从最早发现到熟练运用它有一个漫长的发展过程。早期受提纯技术的限制浓度不会太高，其在蚀花过程中所发生的化学反应相对不是很强烈，而有限的浓度不会造成晶体和晶键的较大变化；但是，随着人类提纯技术的不断改进，工匠在蚀绘白色花纹时，在蚀染剂中添加了纯度相对较高的碳酸钠，以使白色花纹更容易被蚀色成功。相对较强的化学反应更多地破坏了白色蚀花部位的晶体结构，使它们变得脆弱易折。黑色蚀花部位则相对较好地保有了玛瑙晶体和晶键的天然性状。在 2500 年的风化过程中，白色蚀花部位的矿物晶体和晶键在漫长的风化作用下逐渐崩塌和断裂，最终造成了宏观上局部塌陷于深色部位的现象。

第 2 颗天珠 圆柱状，珠体长 3.53、最大直径 0.96、一头孔径 0.16、另一头孔径 0.17 厘米。



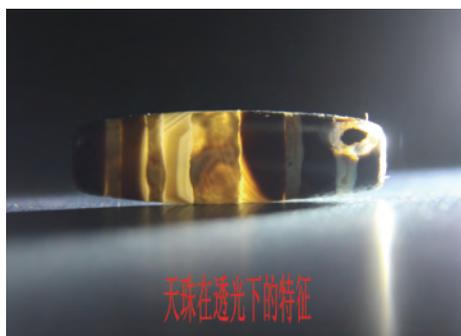
图一九 圆板天珠上白色花纹微凹于珠体其它部位的现象微距图

其最为显著的特征是珠体上的莹润包浆和隐含在玛瑙珠体内的条带状纹理结构。透光观察，玛瑙珠体上有一条明显的迥异于其它部位的透明条带状结构，这是玛瑙天然的条带状结构，古人蚀绘的黑、白两色在这条带状结构部位几乎消褪殆尽。另外，图中可以清楚看到这颗天珠还有土蚀现象、蚀色褪色现象和轻微的黄沁现象（图二〇）。从图一〇中我们还观察到了这颗天珠端部的内风化现象。



图二〇 第2颗天珠的特征及受沁现象

第3颗天珠 圆柱形，长 3.04、最大直径 0.93、一头孔径 0.13、另一头孔径 0.14 厘米。受沁程度较重、受沁现象多样。透光照片中我们看到珠体上蚀花而成的黑白两色均有蚀色褪色现象，在褪色较为明显的地方，可清楚看到白玛瑙隐晶质矿物的莹透感，蚀色褪色现象是随着玛瑙纹理的变化而变化的（图二一）。在图二二中，可见白色花纹的部分有较为明显的黄色沁，这是在 2500 年的埋藏过程中棕漠土壤液中富含的铁元素逐渐渗透并胶结在珠体表面所形成的受沁现象。另外，还可见明显的晶洞现象和遍布于整个珠体的土蚀现象。虽然如此，整颗天珠的表面依然有一层润泽的包浆包裹着。在微距图中，可见



图二一 第3颗天珠在透光下的特征

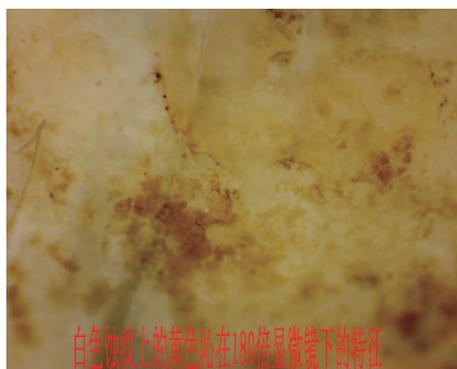
天珠白色蚀花纹线上有一些黄色的斑块，它们或疏或密地附着于珠子的白色花纹之上（图二三）。其实，不仅在白色花纹上有黄色的铁元素入沁现象，在珠子的深色部位也有黄色入沁现象，只是当沁入的铁元素叠加于珠体黑褐色的部位时，我们很难将它与黑褐色的底色区分开来，从而不易观察到。图二四这张 180 倍显微镜下的图片向我们展示了天珠白色纹饰上的黄色沁的分布特征，它们浓淡不匀，富有层次，是珠子在吉尔赞喀勒墓群富含铁元素的棕漠土中埋藏了 2500 年后受沁的结果。



图二二 第3颗天珠的受沁特征



图二三 第3颗天珠上的黄色沁及土蚀痕现象微距图



图二四 第3颗天珠白色蚀纹上的黄色沁在 180 倍显微镜下的特征



### 晶洞现象

我们在图二五这颗天珠上看到了风化后形成的晶洞现象。这颗天珠的玛瑙珠体中的杂质部位恰好位于珠体的较表层，其中的杂质成分容易被土壤中的酸碱腐蚀带出，从而使该处逐渐形成了凹洞，也加快了这个部位的蚀变速度。这些凹洞是沿着玛瑙矿体的自然解理逐渐风化而成，放大镜下看凹洞中的轮廓自然，与周边的矿物组分形成有机的结合。图二六中的晶洞现象非常明显，凹洞内部形成了高低不平、层次斑驳的受沁状态，褐红色或棕黄色的色沁遍布于整个坑底，是残留的珠体与环境中周围物质持续发生交流反应形成的状态。



图二五 第3颗天珠晶洞及黄沁现象微距图

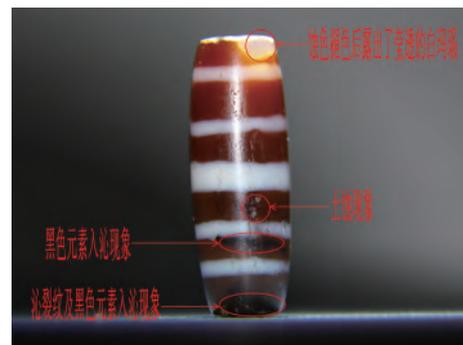


图二六 第3颗天珠晶洞现象在180倍显微镜下的特征

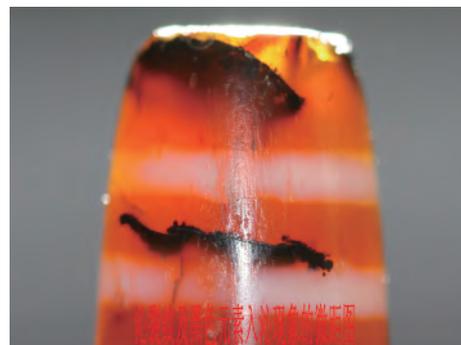
第4颗天珠 圆柱形，长2.59、最大直径0.9、一头孔径0.15、另一头孔径0.17厘米。这颗天珠的受沁现象是多种多样的，它的表层包裹着一层润泽的包浆，珠体上自然地分布着深浅不一、形状各异的土蚀痕迹。两条分布于珠体表面的细小沁裂纹隐约可见，有黑色的致色元素沿着小沁裂纹渗入玛瑙珠体（图二七）。透光观察，我们可以看到黑色的沁色从沁裂纹渗入并逐渐向

珠体内部渗入的现象。珠体临近端部的地方有一处非常明显的蚀色褪色现象。以上受沁现象的形成机理在前文中已经阐释。关于此处的小沁裂纹的形成机理，我们有必要在前文的基础上作出一些补充：受埋藏环境的影响，当玛瑙珠体内的应力随着反应的不进行，新的应力不断产生，该部位产生的新应力必然会集中到某一条微裂纹上（所谓应力集中现象），从而促使微裂纹伸展、延长，缝隙也渐渐增大，从而使裂纹不断恶化，最终就会产生肉眼即可见到的分布于珠体表面的沁裂现象。从图二八可以看到沁裂纹始于何处，又终于何处，在沁裂纹的后半段，我们可以看到沁裂纹逐渐变细，最终悄然隐匿于珠体之内。黑色沁的入沁路径也是沿着玛瑙的晶体层面逐渐沁入的。通过图二九可看到：即使在180倍显微镜下，这条浮现于珠体表面的沁裂纹仍然很细小，我们用肉眼在珠体上看不到它的存在，放大图片后我们看到这条小沁裂纹粗细不一地蜿蜒于珠体之中。

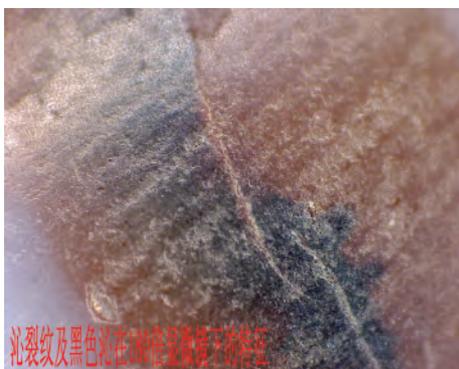
第5颗天珠 圆柱形，长3.03、最大直径0.85、两头孔径0.13厘米。这颗天珠的受沁程度较为严重。尽管如此，整颗珠子的表面依然有一层



图二七 第4颗天珠的受沁特征

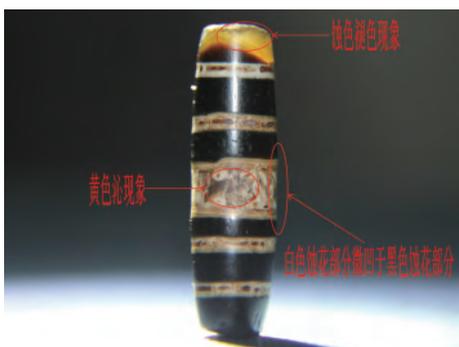


图二八 第4颗天珠沁裂纹及黑色元素入沁现象的微距图



图二九 第4颗天珠的沁裂纹在180倍显微镜下的特征

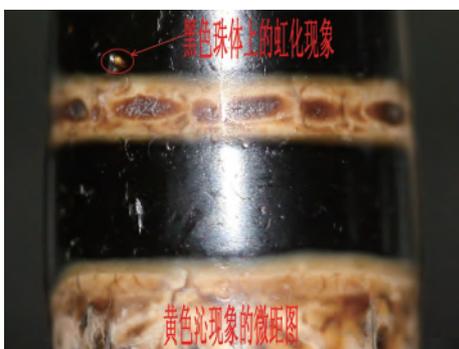
润泽的包浆包裹着。我们在这颗天珠的珠体上分别看到铁元素在珠子表面渗透胶结造成的黄褐色入沁现象，珠子一头端部的蚀色有褪色现象，珠体表面自然分布着大小不一的土蚀现象，白色蚀花部分略微凹陷于珠子其它部位的现象（图三〇）。



图三〇 第5颗天珠的受沁特征

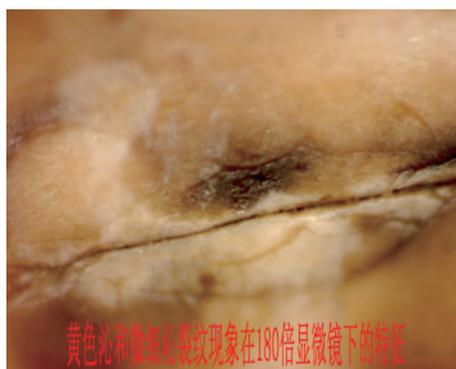
### 色沁现象

珠子的白色蚀花图案上有色泽不一、或浓或淡的黄色入沁现象（图三一）。吉尔赞喀勒墓群的棕漠土不仅具有强碱性还富含铁元素，此颗天珠埋藏其中达2500年之久，不可避免地土壤液中的铁元素以及其他致色元素产生相互影响。玛瑙珠体因风化淋滤作用而有更多的微孔隙，给壤



图三一 第5颗天珠上黄色沁现象的微距图

液中铁元素的渗入预留了较多的空间与通道，珠体表层被渗入胶结的铁离子就相对较多，从而使我们在宏观上看见颜色深浅不一、形态各异的黄色沁现象。当这种黄色沁呈现于天珠的白色纹饰上时，因为显色比较明显而较容易被观察到，但当这种色沁呈现在天珠的深色部位时，因为沁入颜色的色调和深色底色的颜色极为接近，从而宏观上与蚀花而成的深色部分很难做出明显的区别。从图三二中可看到此处的黄色沁的颜色深浅不一，色彩过渡自然，它们非常象天空中飘着的片片云朵，缱绻舒展，极富层次变化，其中还伴有沁裂纹现象。



图三二 第5颗天珠上黄色沁和沁裂纹在180倍显微镜下的特征

第6颗天珠 圆柱形，长2.29、最大直径1.04、两头孔径0.14厘米。受沁现象非常丰富，整颗珠子的表面包裹一层润泽的包浆。珠体上有黄色沁、大小不一的土蚀、蚀色褪色以及小沁裂纹等现象（图三三）。这里阐述一下珠体变白失透现象。



图三三 第6颗天珠的受沁特征

珠体变白失透现象表现为本应是半透明的玛瑙珠体逐渐变白且透明度也趋于降低。根据闻广对高古玉变白失透现象的原理解析，我们判断造成这颗天珠的珠体部分变白失透的原因有以下两



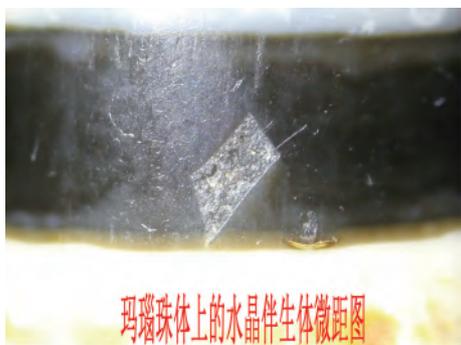
种：1.珠子长期埋藏于碱性较高的土壤中，受风化作用的影响导致构成玛瑙的晶体在排列的方向上发生了一定的改变，从而形成了晶体之间的空隙，当光线照射于这种相对疏松的矿体上时，光线的折射和散射导致了我们的感官上的变白。这种现象并非质的改变，而是源自墓群台地棕漠土中强碱的作用；2.在珠子的蚀花过程中，有低温短时间的加热过程，当温度相对较高或时间稍长也同样会使玛瑙珠体逐渐变白失透。其原理是：相对的过分加热会导致玛瑙矿体中水分的大量流失，从而使其结构变得疏松，由此改变了玛瑙晶体的排列方向，于是我们在宏观上就看到了玛瑙珠体颜色逐渐变白、透明度逐渐下降的现象，这种现象具有递增或递减的特征。

#### 伴生水晶的风化状态

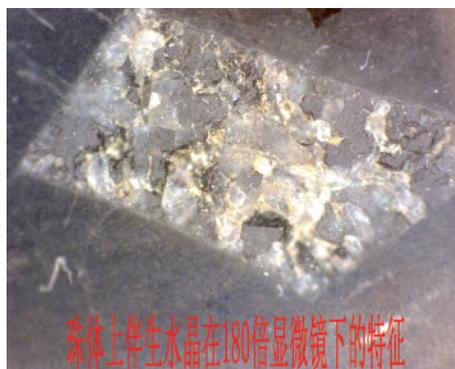
如图三四~三六所示，这颗天珠的玛瑙珠体上有一处小的水晶伴生体。我们从矿物学知识得知，玛瑙和水晶同属于石英类矿物，由于成矿的因素，水晶常常和玛瑙伴生。通过前文的阐述，我们已经知道玛瑙的染色原理是使致色离子充斥在玛瑙微晶体之间的微孔隙中，而不是使晶体着色。同一颗珠体上，当水晶部分面临染色时，致



图三四 第6颗天珠珠体上伴生水晶的风化状态



图三五 第6颗天珠珠体上水晶伴生体微距图



图三六 第6颗天珠珠体上伴生水晶在180倍显微镜下的特征

色离子依然只能是以填充晶体间的微孔隙而致色，晶体本身是不能被染色的，所以珠体上伴生的水晶部位相较于其它玛瑙质地的珠体而言更不易被染色。在一系列的受沁过程中，珠体上水晶部分包含的杂质被水解带出，也有一些壤液中富含的致色离子渗透胶结在晶体间的微孔隙当中，逐渐形成了我们看到的珠体上的伴生水晶部位在历经2500年的风化后所形成的受沁状态。

M11 位于B区黑白石条带东侧台地边缘。墓葬表面无明显的封土堆，中间略塌陷。地表散落较多小石子。石围在表土层下约0.15~0.2米，平面大致呈不规则圆形，堆砌石围的石块风化严重，表面呈颗粒状。墓室呈椭圆形，内自东北向西南平行排放3个女性个体人骨。5颗蚀花红玉髓珠与1颗天珠（图三七）出土于3号人骨颈椎周围。第1颗蚀花红玉髓珠呈长方形片状，表面有蚀绘的漏斗形白色花纹；第2颗蚀花红玉髓珠成方形片状，平面中间蚀绘有一条白色直线纹，白色直线纹两边又分别蚀绘出“W”形纹；第3颗珠子呈圆形片状，沿圆形平面边缘分别用白色蚀绘出十三条呈太阳光线状的放射短纹；第4颗为圆形柱状，由中间向两端逐渐收细，两头



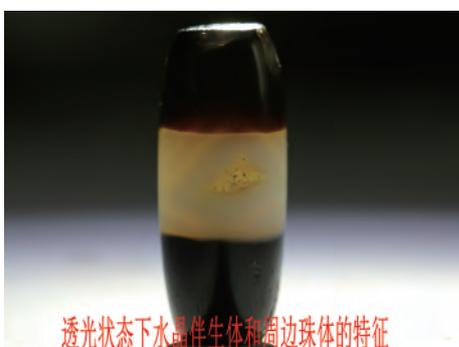
图三七 M11出土的蚀花红玉髓珠和天珠

端部平齐，柱状红玉髓珠体被两条白色圈纹较为均匀地分为三等分；第5颗为一颗圆形扁平状小珠，其沿着平面的边缘蚀绘一条白色圆圈纹；天珠呈圆柱状，中间略粗逐渐向两端收细，端部平齐，中间蚀绘一条较宽的白色圆圈纹环绕珠体。

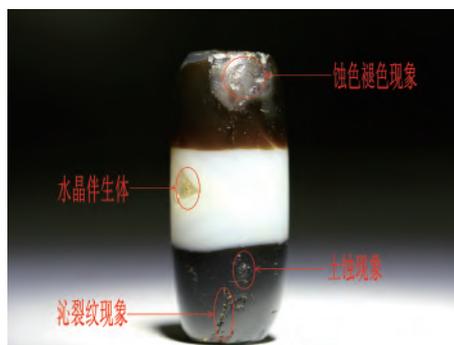
第7颗天珠 圆柱形，长2.04、最大直径0.82、一头孔径0.14、另一头孔径0.16厘米。图三八、三九是同一颗珠子的普通照和透光照。我们可以看到整颗珠子都被包裹在一层亮润的包浆中，珠体中部的白色蚀花部位有一个明显的水晶伴生体，透光能看到数层隐约的纹带状结构环绕着水晶伴生体。在图四〇中我们看到了这颗天珠上的沁裂纹现象、蚀色褪色现象、各种土蚀现象，这些受沁现象的机理在前文已有阐释。图四一显示水晶伴生体被完好地保留下来，水晶的晶体在光照的作用下熠熠闪光。图四二是我们在180倍显微镜下观察到的水晶伴生体的特征，其中的一些杂质在风化过程中被溶解析出，形成了一个虫穴似得小凹洞，而在一些水晶晶体间的微孔隙中有来自周围土壤中的致色元素沉淀其中，从而呈现出黄色、红黄色或黑红色的入沁现象。



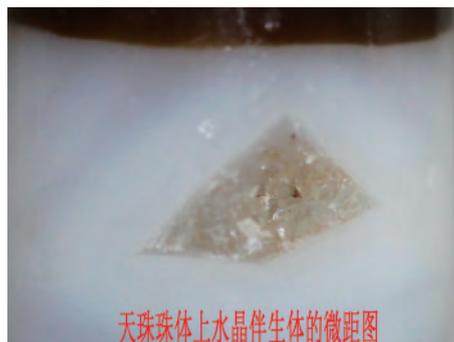
图三八 第7颗天珠上的水晶伴生体



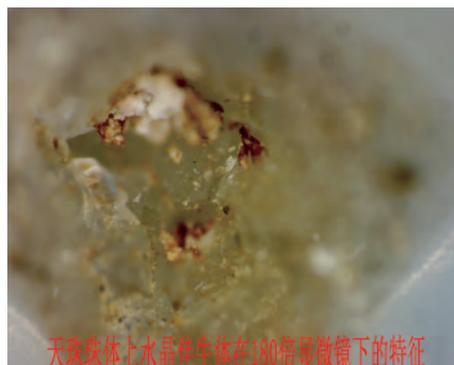
图三九 透光状态下的水晶伴生体



图四〇 第7颗天珠的受沁特征现象



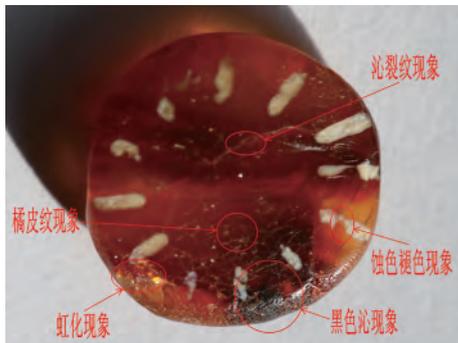
图四一 第7颗天珠水晶伴生体的微距图



图四二 第7颗天珠水晶伴生体在180倍显微镜下的特征

我们在M11出土的蚀花红玉髓珠的图片上看到：每一颗珠子的表面都被一层润泽的包浆包裹。5颗蚀花红玉髓珠上都有程度不一的各种受沁现象，这些受沁现象包括：橘皮纹现象（图四三、四四）、黄色和黑色致色元素的入沁现象、沁裂纹现象、虹化现象、土蚀现象、蚀色褪色现象、内风化现象等（图四五~四八）。这里阐释珠体上的橘皮纹现象。

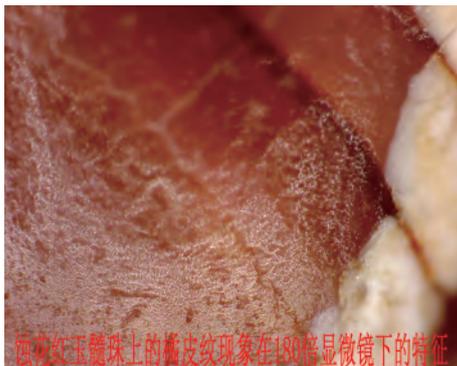
橘皮纹现象的产生和以下因素有关：1.红玉髓的珠体上具有晶体间的微孔隙，造成了了微观下“凹凸不平”的先天条件；2.相对较低转速的砣轮与解玉砂在珠体表面反复碾磨是产生橘皮纹的另一个必要条件；3.在2500年的风化过程中，



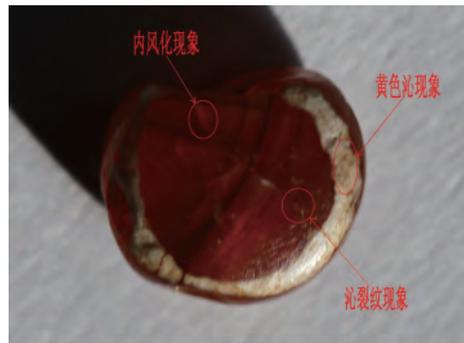
图四三 M11 出土蚀花红玉髓珠的受沁特征



图四七 蚀花红玉髓珠上的土蚀现象和黄色沁现象



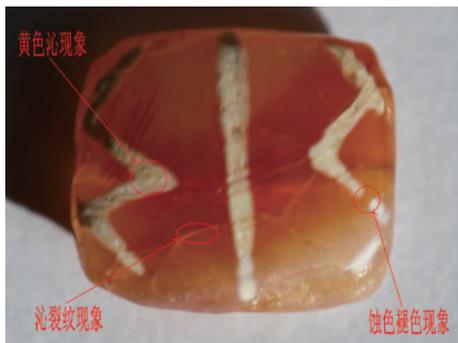
图四四 M11 出土蚀花红玉髓珠橘皮纹现象在 180 倍显微镜下的特征



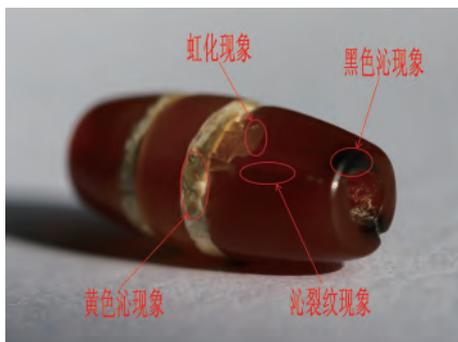
图四八 蚀花红玉髓珠上的内风化现象和沁裂纹现象

太平整的珠体表面，形成了“橘皮”纹样的光影效果。砣轮与解玉砂反复琢磨的痕迹与珠子受沁所形成的珠体表面的凹凸不平的形貌特征以及包浆的覆盖包裹是产生“橘皮纹”现象的主要因素。

M14 位于 B 区，地表有较明显的封土堆，地表散布较多细小石子。墓室深 1 米，内填灰褐色沙土，土质较硬，共葬有 5 人，均为仰身直肢葬。6 颗蚀花红玉髓珠出土于 A 号尸骨的颈部（图四九）。这 6 颗蚀花红玉髓珠均为完整的长方形片状，在珠体的边棱部位穿孔。其中 5 颗为表面有白色直线纹和白色波浪纹相隔组合而成的图案，另 1 颗的白色蚀花图案为麦穗状 V 形纹和它



图四五 蚀花红玉髓珠上的沁裂纹现象和蚀色褪色现象



图四六 蚀花红玉髓珠上虹化现象和色沁现象

珠体中可溶性离子的大量流失加剧了红玉髓珠体表面凹凸不平的形貌特征，而在渗透胶结的过程中，富含 Si、Al、Fe 元素的胶体溶液胶结在并不



图四九 M14 出土的蚀花红玉髓珠

两边的直线纹平行排列组合而成。

从这张照片中我们看到：这6颗珠子上都有程度不一的各类受沁现象，这些受沁现象包括：黄色的铁元素入沁现象、各种土蚀现象、蚀色褪色现象、内部风化现象、沁裂纹现象等。

M24 位于B区台地墓葬区南端，地表有较明显的封土堆，封堆高0.4~0.5米，中间塌陷低于地表0.2~0.3米，地表散布较多细小石子。墓口下0.5~0.6米有棚木，墓底葬4人，均为仰身直肢葬。人骨下有木质尸床。4颗蚀花红玉髓珠出土于M24墓主盆骨周围（图五〇），应是从手腕上掉落的腕饰。珠体呈橘红色，其中2颗为圆形片状，1颗为方形片状，还有1颗为圆球状，片状珠体的楞部有一贯穿钻孔，珠体表面有白色蚀花纹饰。圆形片状的珠子，其中1颗蚀绘纹饰为“希腊十形”<sup>〔63〕</sup>的十字纹。另1颗为“漏斗形”纹；方形片状的1颗，珠体的平面部位被沿着四边蚀绘以白色的方形花纹，并在中心蚀绘了一个白色的点；圆球状的1颗在球形的“赤道”位置蚀绘了一条白色圈纹，将珠体平均分成两个半球。



图五〇 M24 出土的蚀花红玉髓珠

从这张照片中我们看到：4颗不同形状的蚀花红玉髓珠都有程度不一的各种受沁现象，这些受沁现象包括：或薄或厚的包浆、黄色的铁元素入沁现象、各种土蚀现象、蚀色褪色现象、内部风化现象、沁裂纹现象、珠体受沁后逐渐失透现象等。

M16 位于B区墓地南部台地边缘，地表有明显封堆，封堆表面有一层自然形成的砾石，砾石下为黄土砂砾层。墓室位于内圈石围中部，墓室填土为黄土砂砾混合质，较松软。墓底为砂砾层，较为平整。墓室内有一女性墓主葬于墓室中

间，呈仰身直肢葬。23粒蚀花红玉髓珠出土于墓主人的颈部位置（图五一），其色有的呈淡橘红色，有的呈饱和度较高的橘红色，还有的呈颜色较暗的深红色。其中22颗珠子的平面部位被蚀以“希腊十形”的白色十字纹，另1颗则蚀绘有较为随意的长圆形白点状线条。



图五一 M16 出土的蚀花红玉髓珠

从这张照片中我们看到：每一颗珠子表面都有包浆包裹，还有其它各种程度不一的各种受沁现象，如：深浅不一的黄沁现象、各种土蚀现象、内风化现象、沁裂纹现象、蚀色褪色现象和红玉髓珠体受沁后变白失透现象（图五二）等。



图五二 蚀花红玉髓珠上的珠体受沁变白失透现象和蚀色褪色现象

M23 位于墓地以南中部台地上，地表有明显封堆，中部有塌陷坑。墓底呈近圆形，墓室内至少葬2个个体。一个肢骨不全散落于墓室内；另一个为男性，仰身曲肢葬。这6颗蚀花红玉髓珠出土于男性尸骨颈部右侧（图五三），其中3颗为亚腰形扁平状，其窄腰处蚀绘一条白色直线，将亚腰形平面一分为二，直线的两边分别蚀绘有白色的“W”形纹饰；另外，还有3颗圆球形蚀花红玉髓珠，它们在围绕两头钻孔的部位各



蚀绘有一个白色圆圈纹，其余珠子则蚀绘有连续的“V”形折线纹。



图五三 M23 出土的蚀花红玉髓珠

我们从这张图片中看到：每一颗珠子都有程度不一的各种受沁现象，这些受沁现象包括：厚薄不一的包浆、各种土蚀现象（图五四）、黄色沁现象（图五五）、蚀色褪色现象、内风化现象、沁裂纹现象、珠体受沁后逐渐失透现象等。



图五四 蚀花红玉髓珠上的土蚀现象



图五五 蚀花红玉髓珠上的铁元素入沁现象

## 六 出土 6 颗黑白线条天珠的文化意涵

我们已通过吉尔赞喀勒墓群的地表遗迹和其它出土文物综合判断墓群遗址蕴含着明显的琐罗亚斯德教（祆教）文化内涵。<sup>〔64〕</sup> 本文除了上述各节论及的情况，还发现本次考古发掘出土的 6

颗黑白线条天珠应该也直接与琐罗亚斯德教文化内涵有关联。

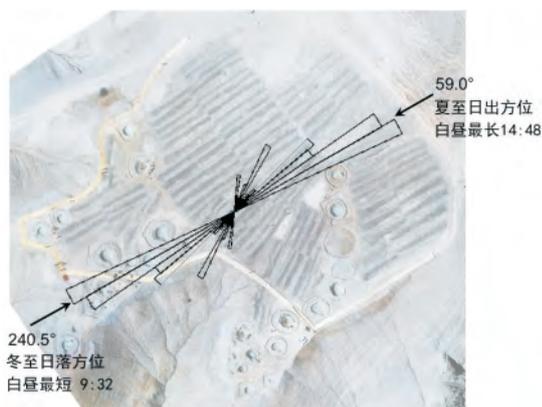
### （一）黑色和白色对立的文化意涵

白色和黑色石条作为墓群地表遗迹最为突出的典型现象给人强烈的视觉冲击（图一），而黑白两色蚀花制成的天珠又一次以颜色对立的形式出现在我们的视野。其中 6 颗天珠的珠体上分别蚀绘有一条或五条有宽有窄的白色线条，而白色线条一直居中并相对突出。

琐罗亚斯德教认为，宇宙之初就存在着善（白）恶（黑）两大本原的对立，善本原是智慧、善良、真诚、纯洁、仁慈、创造的体现，是光明和生命的源泉；恶本原则是愚昧、邪恶、虚伪、污秽、暴虐和破坏的代表，是黑暗和死亡的渊蔽。<sup>〔65〕</sup> 吉尔赞喀勒墓群地表的黑白石条遗迹和出土的天珠都蕴含了早期琐罗亚斯德教的文化意涵，其中白色代表了神主马兹达和智慧灵光，含有“光芒”、“威严”、“壮观”等意涵。天珠白色明显突出，既表达了神主给予亚欧雅利安族人福佑的慷慨，与此同时，它也表达了亚欧雅利安人对以阿胡拉·马兹达为主的诸善神的护佑所怀有的感激之情。白黑两色相互映衬和对比，但是白色为主的关系呈现在遗迹和遗物中，正好是琐罗亚斯德在《伽萨》中首次提出的“善恶二元”宇宙观的具象表达，即对世界的本原、形成和结局的看法以及建立在这种宇宙观基础之上的以“抑恶扬善”和善必胜恶为最终目的的宗教信仰。<sup>〔66〕</sup>

琐罗亚斯德教的教义中“光”是火的升华，其精神属性优于火，也是诸善神的原始意象，是知识、智慧、悟性和辨识力的隐喻表达。<sup>〔67〕</sup> 吉尔赞喀勒墓群地表的大面积代表光线的黑白石条正是琐罗亚斯德教所崇尚的“灵光”的具象表现，它被视为“凌驾于一切被造物之上的神明，它源于光本源马兹达，实为善界神主的象征和化身，代表着马兹达的神力和福佑。<sup>〔68〕</sup> 图五六所示墓群地表铺设表达明暗光线的黑白石条方向基本都指向夏至日日光最长的方向，而墓葬所在方位与黑白石条所表现光线的地表遗迹相对应一概指向冬至日全年日光最短的方位，<sup>〔69〕</sup> 这一现象

恰好暗合了12月25日(冬至日)是“不可征服”的太阳神密斯拉(Mithra)的生日这一习俗,后来西方把它定为基督的生日。〔70〕这其实也是早期拜火教关于大夏天和大冬天教义理念的直观表达,这一遗迹现象说明了2500年前的当地居民已经具备了基本的天文历法常识。其与拜火教基本教义相吻合。



图五六 地表遗迹与夏至日出及冬至日落方位示意图

## (二) 雅利安人对灵石的崇拜

索罗亚斯德教(祆教)认为世界第一个造物是“天空”,原文是 asman,现代波斯语释作“天空”,但在 Yasht 中 asman 的意思是“石头”,于是就有了最初的天空是石头的传说。〔71〕众多的考古研究表明,灵石崇拜历来已久。以吉尔赞喀勒墓群主人代表的帕米尔河谷绿洲先民是带着无比崇敬的意念用“神圣的石头”堆垒营造了圆形石圈和大量的黑白石条遗迹,他们佩戴着有特殊意涵的蚀花红玉髓珠和天珠,并在亲人的葬礼上将数量不等的白色和黑色石子装盛在木火坛中一起入葬,这些行为背后注入了对善界神主阿胡拉·马兹达(代表太阳、火、光明、智慧等)的无上崇敬,也寓意着祝愿诸神福佑和为逝去的亲人、祖先布设光明等精神意涵。

吉尔赞喀勒墓群地表遗迹呈现的圆形石圈、木火坛中的圆形石子、环绕天珠黑色珠体有序分布的圆圈纹都代表了2500年前当地雅利安居民所信奉的神灵,当时的创造者用“圆形”这一抽象的几何图形表达了神灵的客观存在。M11出土的1颗、M32中集中出土了5颗由圆圈纹环绕黑色珠体而成的“线珠”,其白色圆圈纹饰意涵着

“神圣的灵光”和“智慧之光”等意,它是早期索罗亚斯德教宗教信仰的圣物。这样的天珠后经帕米尔高原,随着索罗亚斯德教的传播而流行于东亚,尤其是在中国青藏高原地区得到更为广泛的发展。

M11出土的1颗天珠,黑色的珠体上有一条较宽的白色圆圈纹,这条较宽的圆圈纹代表着人们所信奉的以阿胡拉·马兹达为首的诸善神。珠体上表述白色圆圈纹数量的数字“1”是善、完美、幸福、秩序的本原。对这个或那个社会集体来说,在头十个数中没有一个数不具有特别的神秘的意义。〔72〕天珠上有黑白两种颜色,表述颜色数量的“2”也是索罗亚斯德教的神圣数字。“2”常以自己对称的对立属性与“1”对立着,因为“2”表示的、包含的、产生的东西是与“1”所表示的、包含的、产生的东西严格对立的。〔73〕天珠上黑白两种颜色的出现,表明了黑白这两种颜色所蕴含寓意的严格对立。M32出土了5颗分别蚀绘有五条白色圆圈纹的天珠,五条白色圆圈纹很可能代表了索罗亚斯德教徒所祭祀崇拜的五位神灵(日神、月神、灵光之神、火神和水神),珠体上表述白色圆圈纹数量的神秘数字“5”则对应着《胡而达·阿维斯塔》这部古老而重要的经典中所祭崇的五种神圣物质(日、月、光、火和水),被称为“五颂”。〔74〕作为索罗亚斯德教宗教思想的载体,这6颗有白色圆圈纹环绕的天珠以具象的方式向我们阐释了索罗亚斯德教的“善恶二元对立”的宇宙观和建立在这种宇宙观之上的宗教观,即善神崇拜和“抑恶扬善”以及善必胜恶为最终目的的信仰教条。

## 七 结语

就天珠的蚀花工艺而言,人们要对白玛瑙的珠体表层分别进行黑、白两次蚀花才能完成。透光观察,这7颗天珠的珠体或多或少保留了隐晶质矿物的莹透感。古人在蚀花时采用了来自大自然的原材料调配制成的蚀染剂,它仅仅使蚀染的白色和黑色较为深入珠体的表层部分。低温短时间的加热,在使蚀色较快进入玛瑙珠体表层的同



时还保留着玛瑙珠体的隐晶质物理性状。

吉尔赞喀勒墓群出土天珠的受沁现象，主要受帕米尔高原台地干旱少雨环境和棕漠土的影响。首先每一颗天珠都呈现出不同的受沁现象，珠体表面都有一层或薄或厚的包浆，其次珠体局部因自身结构、加工受力等原因，受沁后会出现玉质疏松、硬度下降、透明度降低、颜色变白等一系列次生变化。

珠子所有的受沁现象都是它们在漫长的埋藏过程中受吉尔赞喀勒墓群土壤环境的影响不断风化而发生的次生变化，这些次生变化之间都有着直接或间接的因果关系。我们常常在一颗珠子上看到多种受沁现象，不管这些受沁现象的表象如何纷繁复杂，我们只要在深明玉髓（玛瑙）自然性状的基础上，结合埋藏环境的情况和受沁机理等因素加以综合分析，总能发现这些受沁现象和埋藏环境之间有着一种内在的联系。本文上述各节的论述，便是这一观念的尝试运用。

从乌尔王墓发掘出土的蚀花红玉髓珠看，蚀花红玉髓珠早在公元前 2500 年前就已开始流行，这个时间节点正好是印度河文明成熟期的开端。<sup>[75]</sup>青铜时代的印度河文明遗址哈拉帕和莫亨朱达罗都位于现今的巴基斯坦。至晚从公元前 2500 年开始，人们就用蚀花的方法将所信奉的神灵蚀绘于玉髓（玛瑙）珠上。在这种艺术表达形式中，人们承袭了先祖们用抽象的几何图形代表神祇的表达方式。当他们佩戴这种蚀花玉髓（玛瑙）珠时，不仅起到了审美的装饰作用，更使他们相信自己受到了神灵的关爱和护佑。

考古发掘和研究表明，青铜时代的印度河流域有着十分繁荣的贸易，与美索不达米亚也有着直接或间接的贸易往来。<sup>[76]</sup>最早的天珠可以追溯到大约公元前 2200 年左右的美索不达米亚，正是从印度河流域贸易而至。从时间上看，和新疆吉尔赞喀勒墓群出土天珠年代相当的有哈萨克斯坦的维加罗克古墓（前 7~前 5 世纪）和塔什库尔干县香宝宝墓，稍晚的是河南浙川下寺春秋晚期的楚国墓，再晚的有陕西咸阳市西郊的马泉西汉墓、湖南长沙咸家湖西汉墓、云南晋宁石寨

山西汉墓，最晚的是距今 1800 年的西藏阿里地区的曲踏墓群。由此可见，天珠在春秋时期已经传播到我国的新疆及关中豫西南一带，两汉时期已经广泛传播到湖南、云南和西藏阿里等地区。这样流传的关键点正是这条贯通亚欧大陆东西的新疆帕米尔大通道。

注释：

- [1] 此考古发掘项目共进行了 3 年，其中 2013 年发掘的情况见中国社会科学院考古研究所新疆工作队：《新疆塔什库尔干吉尔赞喀勒墓地发掘报告》，《考古学报》2015 年第 2 期。2014~2015 年发掘资料（天珠和蚀花红玉髓珠）在文中为首次披露。
- [2] 玉髓（Chalcedony）是石英的一种致密微晶体，由细微的纤维体组成。纯净的玉髓为半透明的白色，但因其内部含微量元素或细微的矿物包体而颜色丰富多彩。条带清晰的玉髓被称为玛瑙（Agate），独特的色带通常沿着矿物形成空洞的轮廓而扩散。条带的颜色取决于不同的杂质，可以出现各种色度的白色、黄色、灰色、浅蓝色、褐色、粉色、红色和黑色。见 [英] 罗纳德·路易斯·勃尼威兹著，张洪波、张晓光译，杨主明审：《宝石盛典：矿物与岩石权威图鉴》，第 226、230 页，电子工业出版社，2013 年。
- [3] 天珠是一种黑白两色染色蚀花的玛瑙珠。夏鼐曾记述了我国藏族地区发现过蚀花红玉髓珠和蚀花玛瑙珠。见其《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》，《夏鼐文集》中册，第 461 页，社会科学文献出版社，2000 年。关于这种黑白两色蚀花的玛瑙珠，汤惠生认为，在藏族人民的认知观念中，这种蚀花玛瑙珠是一种非人间凡物的珍贵珠宝，而是来自六趣之中人与天之间的阿修罗世界，或谓来自天上，故有“天珠”之称。见汤惠生：《藏族饰珠“GZI”考略》，《中国藏学》1995 年第 2 期。
- [4] 黄作良主编：《宝石学》，第 239~240 页，天津大学出版社，2010 年。
- [5] 作铭：《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》，《考古》1974 年第 6 期。
- [6] [英] 罗纳德·路易斯·勃尼威兹著，张洪波、张晓光译，杨主明审：《宝石盛典：矿物与岩石权威图鉴》，第 227~228 页。
- [7] 笔者认为，就一颗珠子而言，考虑到它体积较小，有些珠体上虽然无纹带状结构，但也很有可能是采

- 用玛瑙原矿中无纹带结构的部分制作而成，因此这些吉尔赞喀勒墓群出土的蚀花红玉髓珠亦可被称作蚀花玛瑙珠。
- [8] 白玛瑙的颜色多呈灰或灰白色，半透明或微透明。其纹带构造由颜色或透明度有细微差异的条带组成。见黄作良主编：《宝石学》，第240页，天津大学出版社，2010年。
- [9] 单秉锐等：《玛瑙染黄色工艺研究》，《珠宝科技》2003年第4期。
- [10] 沈才卿：《玛瑙化学染色的原理和工艺》，《中国宝石》2006年第3期。
- [11] 同 [9]。
- [12] [英] R.J.福布斯等著，安忠义译：《西亚、欧洲古代工艺技术研究》，第273~274页，中国人民大学出版社，2008年。
- [13] A. H. Dani, V. M. Masson, *History of civilizations of Central Asia, Volume I, The dawn of civilization: earliest times to 700 B.C.* p.301.
- [14] [意] 图齐等著，向红笈译：《喜马拉雅的人与神》，第178页，中国藏学出版社，2012年。
- [15] 夏鼐：《古代埃及珠子的考古价值》，《夏鼐集》，第470页，中国社会科学出版社，2008年。
- [16] 斯坦因：《塞林第安》(A. Stein, *Serindia*) 第一卷，第100、117、122、127页，1921年；斯坦因：《亚洲腹地》(A. Stien, *Innermost Asia*) 第一卷，第110页，1928年。转引自作铭：《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》，《考古》1974年第6期。
- [17] 黄文弼：《塔里木盆地考古记》，第119~120页，科学出版社，1958年。
- [18] a. 云南省博物馆：《云南晋宁石寨山古墓群发掘报告》，第124~125页，文物出版社，1959年版；b. 《中华人民共和国出土文物展览展品选集》，1973年。
- [19] 温宿县包孜东墓群与圆沙古城遗址出土的蚀花红玉髓珠见于新疆博物馆的常设展览。
- [20] 新疆文物局、上海博物馆：《新疆维吾尔自治区丝路考古珍品》，第216页，图121，上海译文出版社，1998年。
- [21] 新疆文物考古研究所：《新疆吉木萨尔县大龙口古墓葬》，《考古》1997年第9期。
- [22] 新疆文物考古研究所：《尼勒克县穷科克一号墓群考古发掘报告》，《新疆文物》2002年第3、4期。
- [23] 新疆文物考古研究所：《温宿县包孜东墓群考古发掘报告》，《新疆文物》1986年第2期。
- [24] 新疆楼兰考古队：《楼兰古城址调查与试掘简报》，《文物》1988年第7期。
- [25] 新疆文物考古研究所：《新疆察吾呼》，东方出版社，1999年。
- [26] 新疆文物考古研究所：《和静县察吾呼沟口四号墓群发掘报告》，《新疆文物》1987年第1期。
- [27] 青海省文物考古研究所：《上孙家寨汉晋墓》，第161页，图版七八：4，文物出版社，1993年。
- [28] 咸阳市博物馆：《陕西咸阳马泉西汉墓》，《考古》1979年第2期。
- [29] 宝鸡市考古工作队：《宝鸡市益门村二号春秋墓发掘简报》，《文物》1993年第10期。
- [30] a. 云南省博物馆：《云南江川李家山古墓群发掘报告》，《考古学报》1975年第2期；b. 云南省考古研究所等：《江川李家山——第二次发掘报告》，图一三六：7、8，彩版一七六：5、6，文物出版社，2007年。
- [31] 云南省考古研究所：《曲靖八塔台与横大路》，第119页，图一〇二：7、8，科学出版社，2003年。
- [32] 河南省文物研究所：《浙川下寺春秋楚墓》，第201页，图版七二：1，文物出版社，1991年。
- [33] 广州市文物管理委员会、广州市博物馆：《广州汉墓》，第291页，图版四：1，图版九〇：3，文物出版社，1981年。
- [34] 麦凯：《昌胡达罗的发掘》(E. Mackay, *Chanhudaro Excavations*)，第199~201页，1943年。
- [35] 夏鼐：《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》，《夏鼐文集》中册，第461~462页。
- [36] 麦凯：《刻什地方的一座苏末尔时代的宫殿和“A”墓群》(英文)，第二部分，第185页，1929年。转引自夏鼐：《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》，《夏鼐文集》中册，第462页。
- [37] 新疆社会考古研究所：《帕米尔高原古墓》，《考古学报》1981年第2期。
- [38] 见中国国家博物馆常设展览。
- [39] 中国社会科学院考古研究所等：《西藏阿里地区故如甲木墓群和曲踏墓群》，《考古》2015年第7期。
- [40] 咸阳市博物馆：《陕西咸阳马泉西汉墓》，《考古》1979年第2期。
- [41] Jeannine Davids-Kimball (ed.), *Nomads of the Eurasian Steppes in the Early Iron Age*. Berkeley: Zinat Press, 1995, p.218.
- [42] 从古代到中世纪有许多白色收敛性的矿物用作触染



- 剂的都叫矾, alumen 或 stypteria, 这个名词不仅包含了硫酸铝、胺明矾、钾明矾, 还有许多铝的复盐, 不是现代化学意义上的明矾。见 [英] R.J.福布斯等著, 安忠义译: 《西亚、欧洲古代工艺技术研究》, 第 278 页。
- [43] [英] R.J.福布斯等著, 安忠义译: 《西亚、欧洲古代工艺技术研究》, 第 268 页。
- [44] [英] R.J.福布斯等著, 安忠义译: 《西亚、欧洲古代工艺技术研究》, 第 268 页。
- [45] [英] R.J.福布斯等著, 安忠义译: 《西亚、欧洲古代工艺技术研究》, 第 274 页。
- [46] Nai Xia, *Ancient Egyptian Beads*. Social Sciences Academic Press (China) and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, p.27.
- [47] Nai Xia, *Ancient Egyptian Beads*. p.28.
- [48] 霍有光: 《从玛瑙、水晶饰物看早期治玉水平及琢磨材料》, 《考古》1992 年第 6 期。
- [49] 夏鼐: 《我国出土的蚀花的肉红石髓珠》, 《夏鼐文集》中册, 第 464 页, 补记。
- [50] Nai Xia, *Ancient Egyptian Beads*. p.29.
- [51] 闻广: 《苏南新石器时代玉器的考古地质学》, 《文物》1986 年第 10 期。
- [52] 同 [51]。
- [53] 冯敏等: 《对“鸡骨白”古玉受沁情况的研究》, 《文物保护与科技考古》, 第 104 页, “中国第八届科技考古学术讨论会暨全国第九届考古与文物保护化学学术研讨会”论文, 西安, 2006 年 10 月 1 日。
- [54] 闻广、荆志淳: 《福泉山与崧泽玉器地质考古学研究——中国古玉地质考古学研究之二》, 《考古》1993 年第 7 期。
- [55] 闻广: 《古玉的受沁——古玉丛谈 (六)》, 《故宫文物月刊》总第 132 期, 1994 年。
- [56] 冯敏等: 《对“鸡骨白”古玉受沁情况的研究》, 《文物保护与科技考古》, 第 104 页。
- [57] 同 [54]。
- [58] 冯敏等: 《凌家滩古玉受沁分析》, 《文物保护与考古科学》2005 年第 1 期。
- [59] 同 [54]。
- [60] A. H. Dani, V. M. Masson, *History of civilizations of Central Asia, Volume I, The dawn of civilization: earliest times to 700 B.C.* p.302.
- [61] 干福熹: 《中国古代玉器和玉石科技考古研究的几点看法》, 《文物保护与考古科学》2008 年增刊。
- [62] [英] R.J.福布斯等著, 安忠义译: 《西亚、欧洲古代工艺技术研究》, 第 239 页。
- [63] 芮传明、余太山: 《中西纹饰比较》, 第 97 页, 上海古籍出版社, 1995 年。
- [64] 中国社会科学院考古研究所新疆工作队: 《新疆塔什库尔干吉尔赞喀勒墓地发掘报告》, 《考古学报》2015 年第 2 期。
- [65] 元文琪: 《二元神论——古波斯宗教神话研究》, 第 102 页, 中国社会科学出版社, 1997 年。
- [66] [伊朗] 贾利尔·杜斯特哈赫选编, 元文琪译: 《阿维斯塔——索罗亚斯德教圣书》, 第 356 页, 商务印书馆, 2005 年。
- [67] 元文琪: 《二元神论——古波斯宗教神话研究》, 第 164、167 页。
- [68] [伊朗] 贾利尔·杜斯特哈赫选编, 元文琪译: 《阿维斯塔——索罗亚斯德教圣书》, 第 444 页。
- [69] 墓群地表黑白石条遗迹可能与冬至日、夏至日关联的学术发现, 是中科院地质与地球物理研究所唐自华博士的发现。随后有专文论及。
- [70] 元文琪: 《二元神论——古波斯宗教神话研究》, 第 189 页。
- [71] 龚方震、宴可佳: 《袄教史》, 第 28 页, 上海社会科学出版社, 1998 年。
- [72] [法] 列维·布留尔著, 丁由译: 《原始思维》, 第 204 页, 商务印书馆, 1994 年。
- [73] [法] 列维·布留尔著, 丁由译: 《原始思维》, 第 204 页。
- [74] [伊朗] 贾利尔·杜斯特哈赫选编, 元文琪译: 《阿维斯塔——索罗亚斯德教圣书》, 第 371 页。
- [75] A. H. Dani, V. M. Masson, *History of civilizations of Central Asia, Volume I, The dawn of civilization: earliest times to 700 B.C.* p.304.
- [76] A. H. Dani, V. M. Masson, *History of civilizations of Central Asia, Volume I, The dawn of civilization: earliest times to 700 B.C.* p.285.