

海昏侯墓出土玛瑙珠、饰件的受沁现象解析

巫新华、杨军、戴君彦

海昏侯墓出土的文物具有极高的历史价值、艺术价值和科学价值，是我们研究西汉时期高等级贵族生活状态的珍贵资料。本文利用“微痕考古”的方法以及专业学者对高古玉器次生变化的研究理论对M1和M5出土的部分玛瑙质文物的受沁现象进行了细部的微观观察和系统性、规律性研究，从而使我们科学地认知上述文物埋藏入土后产生的次生变化及其发生机理。这一研究方法使我们的考古工作向微观、具体的思维领域纵深发展，是传统考古工作方法的一个重要补充。

一、海昏侯墓及其历史背景简介

海昏侯墓位于南昌市新建区的鄱墩山上，东临赣江，北依鄱阳湖，南距南昌市区约 60 公里。2011 年至 2016 年，江西省文物考古研究所联合南昌市博物馆、南昌市新建区博物馆对南昌西汉海昏侯墓周围 5 平方公里的区域进行全面、系统的考古调查后，发现了以紫金城城址、历代海昏侯墓园、贵族和平民墓地等为核心的海昏侯国一系列重要遗存，它们共同构成了一个完整的大遗址单元。之后，对海昏侯墓及其墓园进行了全面勘探和抢救性有序发掘。研究表明，海昏侯墓是保存较好、结构完整、布局清晰、拥有祭祀遗存的西汉列侯聚落遗址。从已发掘的资料来看，其中 M1 的规模最宏大，其椁室设计严密，结构

复杂，功能清晰明确，根据出土遗物并结合文献记载可知其主人为西汉第一代海昏侯刘贺¹。



图一

刘贺是汉武帝刘彻的孙子，其父刘髡是汉武帝和其宠妃李夫人之子。刘髡于天汉四年（前 97 年）被封为昌邑王，成为西汉第一位昌邑王（山东省菏泽市巨野县）。公元前 92 年刘贺生于昌邑。后元元

¹江西省文物考古研究所、南昌市博物馆、南昌市新建区博物馆：《南昌市西汉海昏侯墓》，《考古》2016 年第 7 期。

年/二年（前 88/87 年）正月，昌邑王刘髡去世²，之后六岁的刘贺于始元元年（前 86 年）继承王位，成为西汉第二位昌邑王³。元平元年（前 74 年），汉昭帝驾崩，因无子，十九岁的刘贺被征召入朝并被立为皇太子⁴。六月丙寅日，刘贺接受皇帝玺绶，承袭皇帝的尊号，却并未谒见高庙⁵。刘贺即位十余日，霍光与张安世谋划废之⁶。六月癸巳日，刘贺被废为庶人，史称 ，仅在位二十七天。上官太后诏令刘贺回到故地昌邑，昌邑王国被废除，降为山阳郡⁷。刘贺虽然变成了平民，但却继承了所有属于昌邑王的家财。十年后，宣帝发现刘贺没有复辟之心，在 三年（前 63 年）封刘贺为海昏侯，刘贺于四月前往豫章郡海昏县（今江西省南昌市新建区）就国（图一）。神爵三年（前 59 年），年仅 34 岁的刘贺在鄱阳湖边郁郁寡欢而亡。海昏侯家族历经四代，宣帝曾一度废除海昏侯国，直到汉元帝刘奭即

²班固《汉书·武帝纪》载：后元元年春正月，行幸甘泉，郊泰畤，遂幸安定。昌邑王髡薨。班固《汉书·武五子传》载：昌邑哀王髡天汉四年立，十一年薨，子贺嗣。立十三年，昭帝崩。班固《汉书·诸侯王表》载：天汉四年六月乙丑立，十一年薨。

³班固《汉书·诸侯王表》载：始元元年，王贺嗣，十二年，征为昭帝后。

⁴班固《汉书·霍光金日磾传》载：始至谒见，立为皇太子，常私买鸡豚以食。

⁵班固《汉书·霍光金日磾传》载：宗庙重于君，陛下未见命高庙，不可以承天序。《汉书·卷八·宣帝纪第八》：元平元年四月，昭帝崩，毋嗣。大将军霍光请皇后征昌邑王。六月丙寅，王受皇帝玺、绶，尊皇后曰皇太后。

⁶班固《汉书·眭两夏侯京翼李传》是时，光与车骑将军张安世谋欲废昌邑王。光让安世以为泄语，安世实不言。乃召问胜，胜对言：“在《洪范传》曰‘皇之不极，厥罚常阴，时则下人有伐上者’，恶察察言，故云臣下有谋。”光、安世大惊，以此益重经术士。后十余日，光卒与安世白太后，废昌邑王，尊立宣帝

⁷班固《汉书·武五子传》载：王受皇帝玺绶，袭尊号。即位二十七日，行淫乱。大将军光与群臣议，白孝昭皇后，废贺归故国，赐汤沐邑二千户，故王家财物皆与贺。及哀王女四人各赐汤沐邑千户。语在《霍光传》。国除，为山阳郡。

位，才于初元三年(前 46 年)又封刘贺的另一个儿子刘代宗为海昏侯，恢复了爵位。之后，刘代宗传位给儿子海昏原侯刘保世。公元 8 年(始建国元年)十二月，王莽代汉建立新朝时，海昏侯国被废除，刘保世被削藩贬为庶民。后来刘秀建立东汉王朝，恢复刘氏天下，刘会邑又被恢复为海昏侯。东汉以后，海昏侯家族情况不详。海昏侯墓的发掘为研究西汉列侯等级的葬制提供了宝贵资料。

海昏侯墓发掘出土了非常丰富的随葬品，迄今已发掘出土1万余件(套)遗物，有金器、青铜器、铁器、玉器、漆木器、陶瓷器、竹编器、草编器、纺织品和竹简、木牍等。为什么海昏侯墓埋藏了巨量的文物呢？这一现象与刘贺死后的客观史实有关：由于被除国，刘贺死后的所有的东西后代是不能够享用的，也不能够留在世界上。怎么办呢？主持葬礼的官员就把所有属于昌邑王的、海昏侯的东西全部埋进了刘贺的坟墓。所以，海昏侯墓里面丰富多彩的随葬品不仅有刘贺自己的，还有其父亲的，以及其奶奶赏赐的物品。就玉器而言，海昏侯墓就出土了500余件(套)，除了有玉质的璧、环、玉人、鞞形佩、“大刘记印”章、带钩、剑饰、羽觞、玉饰、玉片、玉管等，还有琥珀质、玛瑙质、绿松石质的多件文物⁸。其中，用玛瑙制作的珠子、镶嵌饰件等是墓主人的心爱之物，也是本文研究讨论的重点。

本文拟从海昏侯墓M1和M5出土的玛瑙质文物中遴选出部分珠子

⁸ 江西省文物考古研究所、南昌市博物馆、南昌市新建区博物馆：《南昌市西汉海昏侯墓》，《考古》2016年第7期。

及饰件，利用“微痕考古”⁹的方法以及专业学者对高古玉器次生变化的研究理论对上述文物的受沁现象进行细部的微观观察和系统性、规律性研究，从而使我们得以准确辨识它们在漫长的埋藏过程中产生的次生变化，并对由此呈显的受沁现象及其机理进行客观科学的解析和诠释。

二、上述文物的受沁机理

“受沁”特指古玉器埋藏入土后发生的风化作用（包括物理风化、化学风化和生物风化）。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，这些物质包括土壤、地下水、有机质等，并且随着季节的变化、温湿度、地下水位等不断变化，这些物理变化协同化学风化作用使得古玉器不断地改变着原有的性状，这一过程称为“受沁”¹⁰。学者们对高古玉的受沁过程进行研究后发现：“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¹¹。其原理就类似于冰与雪

⁹武仙竹：《微痕考古研究》第7、8页，科学出版社，2017年10月。

¹⁰冯敏、刘壮、郝少康等：《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，2006年。

¹¹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。

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¹²。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，它们均经历了风化淋滤阶段¹³和渗透胶结阶段¹⁴。“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¹⁵。例如，我国南方新石器时代古玉表面因受沁呈现的“鸡骨白”现象，经显微分析确定就是在漫长的埋藏过程中被土壤中的铝(Al)、铁(Fe)等矿物填充、胶结后逐步形成的，而并非以前简单认识的风化、钙化现象¹⁶。纯净玛瑙的化学、物理特性决定了其化学风化程度比透闪石玉要微弱很多，风化过程中它所发生的风化作用主要是机械性地破坏SiO₂晶体间的链接作用，使玛瑙晶体间的结合力逐渐减小，从而

¹²闻广：《古玉的受沁-古玉丛谈（六）》，《故宫文物月刊》1994年总第132期。

¹³风化淋滤：指在埋藏的微观环境下，古玉器中的可溶性物质溶解后经扩散、渗流而被带出的过程，这是一个“失”的过程。参见：冯敏等：《凌家滩古玉受沁分析》，《文物保护与考古科学》2005年2月第17卷第1期。

¹⁴渗透胶结：经历过风化淋滤过程的高古玉的内外结构中有很多微孔隙，从而导致晶体之间的粘结力逐渐降低，正因为这些微孔隙的存在，也向含有Si、Al、Fe元素的胶体溶液提供了渗入的空间与通道。在土壤水的带动下，土壤中的部分物质逐步渗入到经历了风化淋滤阶段后古玉的大量微孔隙当中，这是一个“得”的过程。渗透作用是由表及里进行的，而随之而来的胶结作用则是由内而外进行的。在渗透胶结过程中，一些未被渗入的内里部位保留着经历风化淋滤过程时留下的大量孔隙，致使结构疏松。而外层由于渗入了较多的土壤胶体溶液，这些胶体溶液中富含Si、Al和Fe元素，从而使古玉器的表层变得相对致密和坚硬，由此，受沁的高古玉普遍存在着“外实内松”的现象。参见：冯敏等：《凌家滩古玉受沁分析》，《文物保护与考古科学》2005年2月第17卷第1期。

¹⁵冯敏、刘壮、郝少康等：《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，2006年。

¹⁶王昌燧、杨益民、杨民：《显微分析手段在玉器加工痕迹分析中的应用》，《第九届全国科技考古学术研讨会论文集》，科学出版社，2008年。

导致其组织结构越来越疏松，直至松散、断裂，持续不断的风化作用最终会导致整块玛瑙分崩离析¹⁷，最后成为沙子。就海昏侯墓出土的这批玛瑙质文物而言，其整体性状是在长达两千多年的地下埋藏过程中历经“风化淋滤”和“渗透胶结”后形成的。这些玛瑙质珠、饰件受沁程度的深浅是由矿物的堆集密度决定的¹⁸，也就是说，制作它们所用玛瑙矿的质量是决定它们受沁程度的重要因素之一。

埋藏环境是决定这批玛瑙质文物受沁程度的另一个重要因素。众所周知，土壤是岩石经过风化过程和成土作用的产物，其物理状态是由矿物质、有机质、水和空气组成的，它们共同构成了一个极其复杂的生物物理、化学体系¹⁹。埋藏学研究表明：在密闭的埋藏环境下，地下埋藏环境基本上是一个大的缓冲体系，其明显的特征就是温、湿度变化缓慢。一般来说，物体在被埋入地下的初期，与周围土壤环境进行部分或全面的接触，开始了一系列的水解反应，有氧化反应、电化学反应、酸碱反应等。当含氧量被逐渐消耗殆尽，一段时间之后物体与地下土壤环境的相互作用就会达到一个相对平衡的状态，于是形成了物体与地下埋藏环境的平衡体系；但是，当土壤由于通气性的存在而不能做到断绝氧气，再加上土壤的含水量会随着地下水活动和降雨等因素不断地变化，被埋物体内的含水量也会随着环境中的含水率

¹⁷巫新华：《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》，《四川文物》第42页，2016年第3期。

¹⁸闻广：《苏南新石器时代玉器的考古地质学》第44页，《文物》1986年第10期。

¹⁹耿增超、戴伟：《土壤学》，第8-9页，科学出版社，2011年。

的变化而反复变化，埋藏在这种环境下的器物则很难与地下埋藏环境形成一个平衡的体系，器物始终受周围环境的影响不断地发生着风化作用，从而渐次产生相应的受沁现象。那么，海昏侯墓的埋藏环境是怎样的？它对这批玛瑙质文物的次生变化会产生什么样的影响呢？

三、海昏侯墓的埋藏环境及其对文物受沁的影响

海昏侯墓位于鄱阳湖边，是典型的红壤土。红壤土是在中亚热带湿热气候和绿阔叶林植被条件下发生脱硅富铝过程和生物富集作用发育而成的红色、铁铝聚集、酸性、盐基高度不饱和的铁铝土²⁰。这类土壤富含 SiO_2 和 Al_2O_3 ，质地黏重，通透性差²¹。值得注意的是，海昏侯下葬后的三百年左右，整个鄱阳湖地区发生了一次大地震，这场地震把整个墓室震塌了，我们在墓室的底板上还看到青铜器压下去的痕迹。后来，在南朝刘宋时，鄱阳湖水因为地质变迁发生了一次南侵的过程，地下水位上升把整个海昏侯墓淹没了。这一变化使被埋藏的文物泡在水里面，隔绝了氧气，从而阶段性阻断了相关文物的风化作用，这也是漆木器、竹简能够保存至今的重要原因。当然，我们还不能忽视其他因素的影响，例如：季节性变化因素给这些文物在埋藏的漫长过程中带来的影响，等等。而这一环境也正是本文所讨论的玛瑙珠及饰件的埋藏环境。

这样的埋藏环境使这批玛瑙珠、饰产生相应的物理、化学变化，

²⁰ 耿增超、戴伟：《土壤学》，第209页，科学出版社，2011年。

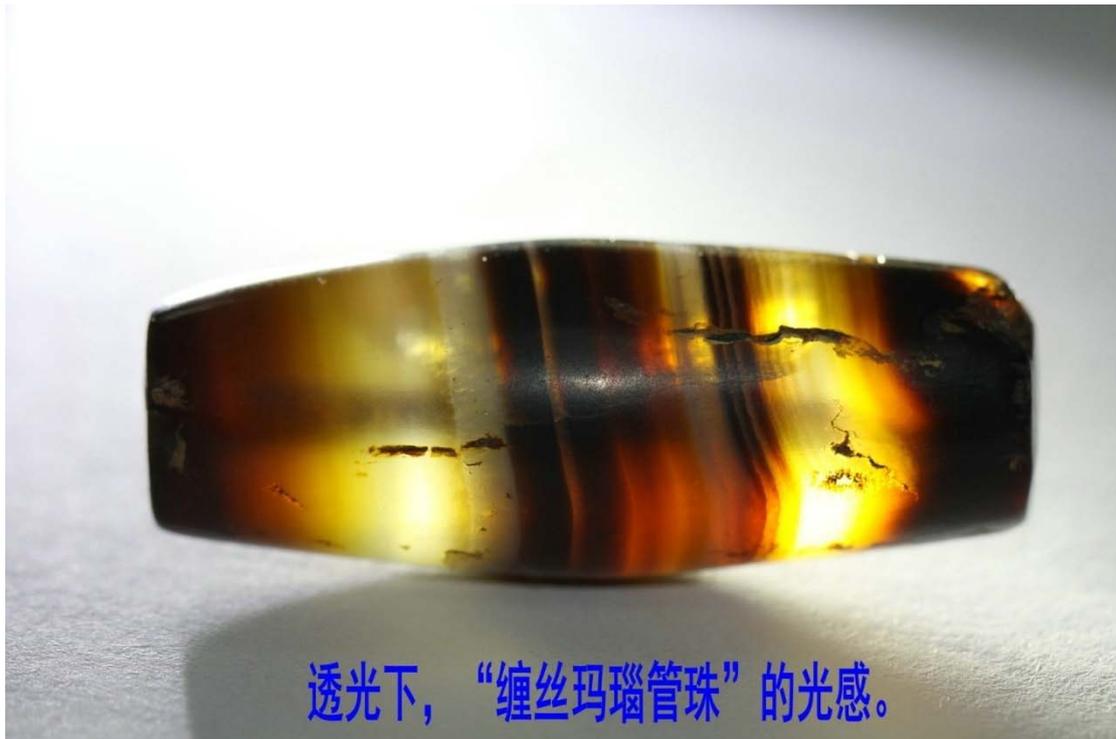
²¹ 耿增超、戴伟：《土壤学》，第211页，科学出版社，2011年。

从而产生相应的蚀像²²，也即受沁现象。对于埋藏在鄱阳湖边红壤土中的这批玛瑙质文物而言，地下水携带可溶性物质在它们的内部不断地渗透、溶解、蒸发、结晶，再加上在两千多年的埋藏过程中又历经了地震、洪水淹没以及季节性变化等因素的多重复杂影响，这批玛瑙质文物上就会产生相应的次生变化，从而呈现出复杂多样的受沁现象。本文仅以M1和M5出土的玛瑙珠、饰件为例，解析它们具体的受沁现象及受沁机理。

四、M1和M5出土玛瑙珠、饰件的受沁现象及受沁机理

（一） 缠丝玛瑙管珠

²²蚀像(etch figure)：晶体在长成后因受到溶蚀而在晶面上形成的一些具有规则形状的纹痕或凹痕，称蚀像。蚀像的具体形态和方位均受晶体内部结构特征的控制，故不同矿物常有不同特征的蚀像。因此，对蚀像的观测有助于确定矿物的属种。在宝石学领域中，有助于识别宝石原料的真伪；在出土古玉的鉴别中，有否蚀像常可作为是否为出土古玉的重要依据，出土古玉蚀像的形成与古玉本身的质地（内部结构、物性、隐性绺裂）有关。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第35、538页，上海科技技术出版社。



图二

（图二）中的“缠丝玛瑙管珠”编号为M1：1878-44，出土于主棺内棺刘贺遗骸腰部位置。管珠最大直径为14.70mm，孔距38.80mm，两孔的孔径分别为1.77mm，1.78mm。

这颗“缠丝玛瑙²³管珠”是用天然缟玛瑙制作而成。如图所见，这颗缟玛瑙珠的颜色²⁴相对简单，条带相对平直，这类玛瑙也被称为条带玛瑙或缠丝玛瑙²⁵。天然缟玛瑙绚丽的分层色彩和莹亮的半宝石光泽是由原矿玛瑙的基本化学、物理特性决定的：众所周知，玛瑙是

²³张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第255页，上海科技技术出版社。

²⁴颜色（color）：颜色是珠宝玉石最重要的品质之一。物质的颜色源自对可见光中不同波长的光波的选择性吸收和反射，如全部吸收即成黑色，大部分吸收，反射红光，则呈红色等。另外，在评价宝石的颜色时，常可从色彩、明度、饱和度这三个因素入手。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第49页，上海科技技术出版社，2010年。

²⁵黄作良主编：《宝石学》，第241页，天津大学出版社，2010年。

隐晶质²⁶石英的一种致密微晶体，由细微纤维体组成，化学组成为SiO₂，为六方或三方晶系，莫氏硬度6.5-7，断口为参差状呈蜡状光泽²⁷，抛光平面可呈现玻璃光泽²⁸。纯净的玉髓为无色微透明至半透明，具有一定的透明度²⁹，当矿体中含有少量Ca、Mg、Fe、Mn、Ni等不同杂质元素时呈现出不同的颜色³⁰。如图所见，当我们用强光手电筒透射这颗珠子时，能看到玛瑙珠体具有明显、细窄的条带状结构，透过的莹亮光輝³¹随着条带颜色的变化而变化。玛瑙的纤维状石英单体排列较为杂乱或略有定向，微晶集合体以较松散的状态混杂在一起，粒间微孔内充填水分和气泡，这样的结构致使玛瑙有很多微孔隙³²。所以，当手电筒的光透射过玛瑙珠体时，上述综合因素导致珠

²⁶隐晶质 (aphanite)：一些物质的组成晶粒非常微小，以致在一般的显微镜下也难将其分辨，仅能隐约观测到它有光性反映，从而区别于玻璃质时，称隐晶质。玉髓属于隐晶质。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 32 页，上海科技技术出版社。

²⁷[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 页，电子工业出版社出版，2013 年。

²⁸ 黄作良主编：《宝石学》，第 239 页，天津大学出版社，2010 年。

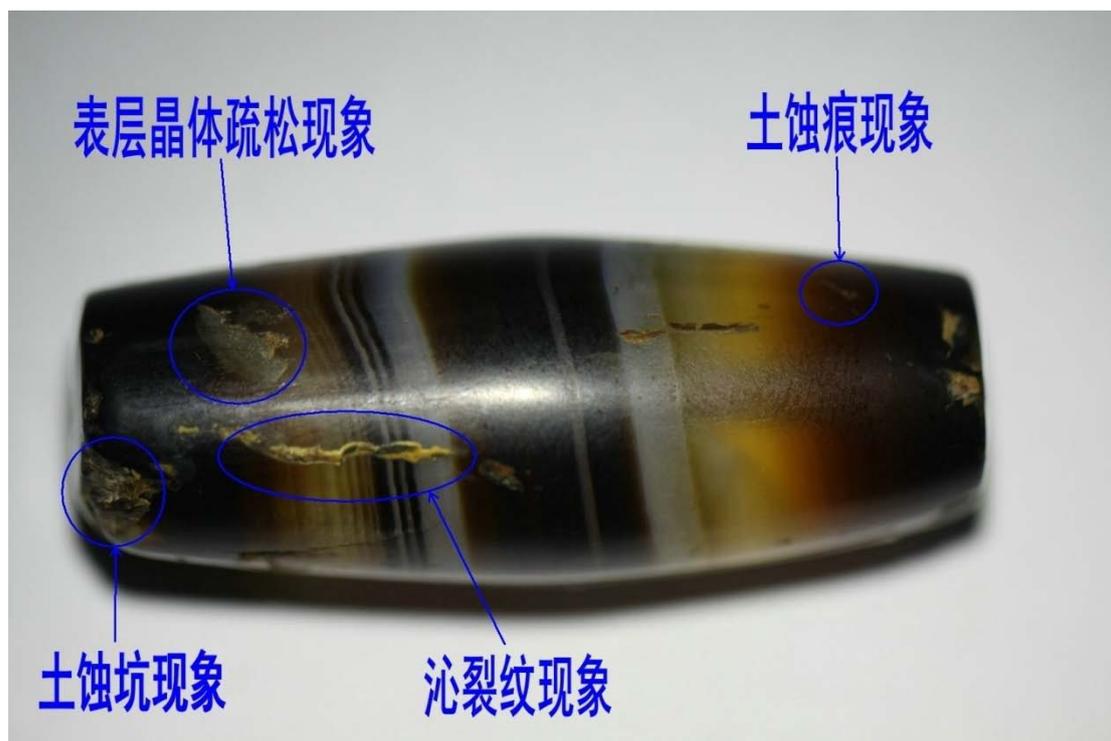
²⁹透明度 (transparency)：物体容许可见光透过的程度。在矿物学中，一般以 1cm 厚的矿物在普通日光下的透明度为准，并将其分为三级。但在宝石学中，由于透明度的重要性，人们则将其分为透明、亚透明、半透明、微透明、不透明五级。透明度受透射光强度的影响。一般在正常情况下不透明的矿物，在强光下却是透明的。透明度是宝石十分重要的品质，一般透明度愈高，也愈能充分反映宝石闪烁的光泽。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 43 页，上海科技技术出版社，2010 年。

³⁰ 黄作良主编：《宝石学》，第 239-240 页，天津大学出版社，2010 年。

³¹光輝 (sheen)：指宝石内部的反射所产生的反射光，又称“内反射光”（而“光泽”主要是宝石表面的反光）。它起因于宝石内部的解理面、裂面、双晶面、包裹体等对入射光的反射。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 46 页，上海科技技术出版社。

³²黄作良主编：《宝石学》，第 239-240 页，天津大学出版社，2010 年；单秉锐等：《玛瑙染黄色工艺研究》，《珠宝科技》2003 年第 4 期。

体产生了不同于非晶质（玻璃、塑料等）的内反射³³光。玛瑙具有独特的光性³⁴，如折射率、反射率、颜色、二色性、色散等等。内反射光和玛瑙珠表面抛光后的莹亮光泽³⁵使玛瑙珠呈现出美丽、诱人的半宝石光彩，从而深受人们喜爱。

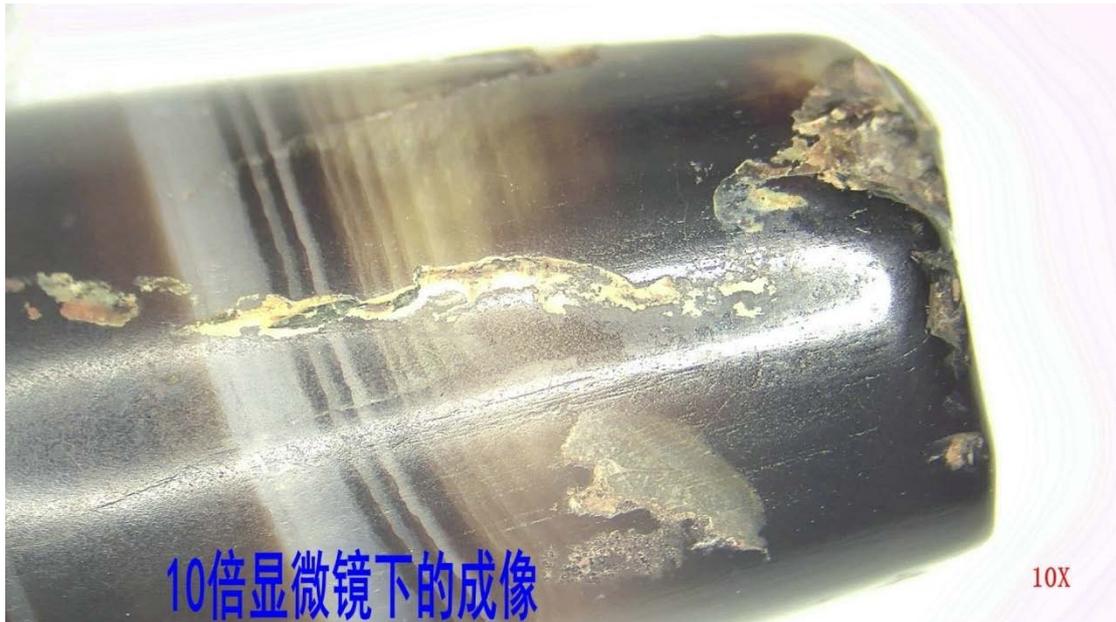


图三

³³内反射 (internal reflection)：光线照射到透明或半透明物体上时，一部分透入物体内的解理面、裂隙、空洞等再反射出来的现象。在宝石学中，常称这种反射光为“光辉”。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 46 页，上海科技技术出版社。

³⁴光性 (optical property)：物质的光学性质，如折射率、反射率、颜色、二色性、色散等等。不同的物质具有不同的光性。因此，光性的研究是鉴定矿物（包括宝石）的重要依据。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 40 页，上海科技技术出版社。

³⁵光泽 (luster)：光泽实际上是人们肉眼对物体表面反射光的强弱的一种判别。物体的反射率越大，其光泽也就越强。物体表面的细微结构和抛光程度也会影响反射光的质量，并使我们感受到不同的光泽。见张庆麟编：《珠宝玉石：识别辞典修订版》，第 45、46 页，上海科技技术出版社。



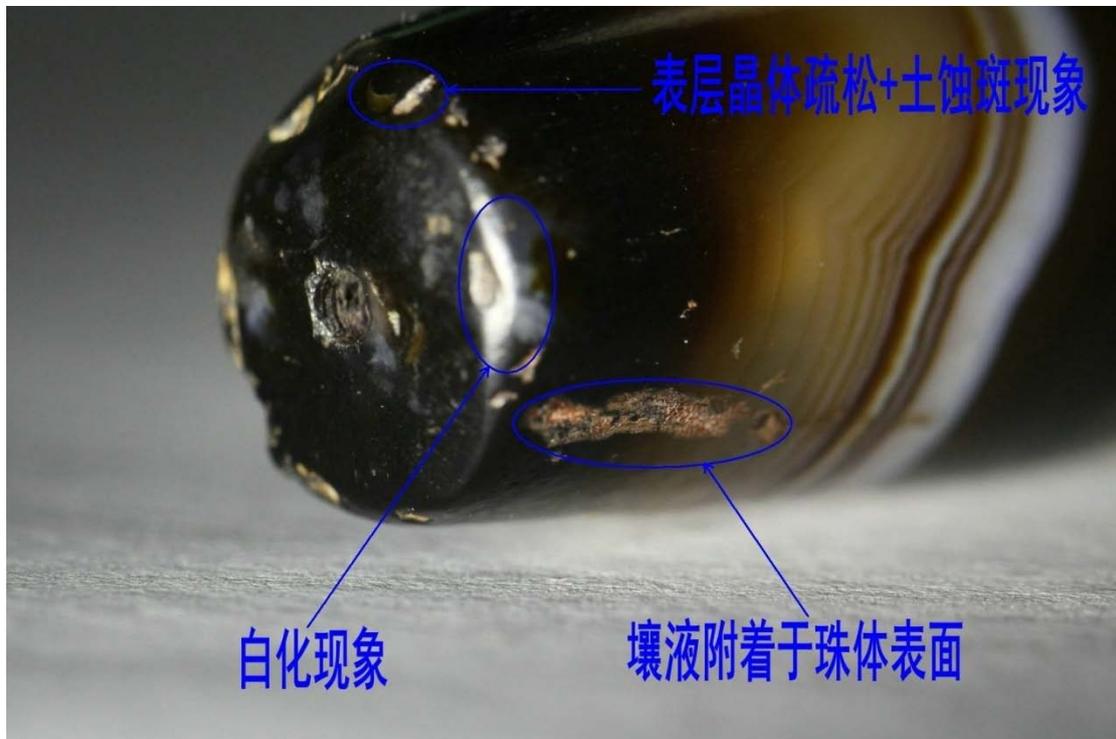
图四

如（图三）所示，这颗珠子表面具有莹亮的光泽，但这种光泽和单纯的抛光带来的光泽略有不同：它挺括亮泽，使人感知到其有微微的厚度。珠体表面的这种光泽正是包浆³⁶包裹于整个珠体后带给我们的光感效果。我们还可以明显观察到珠子的这一面还有其他受沁现象：如沁裂纹现象、表层晶体疏松现象、土蚀痕现象、土蚀坑现象。

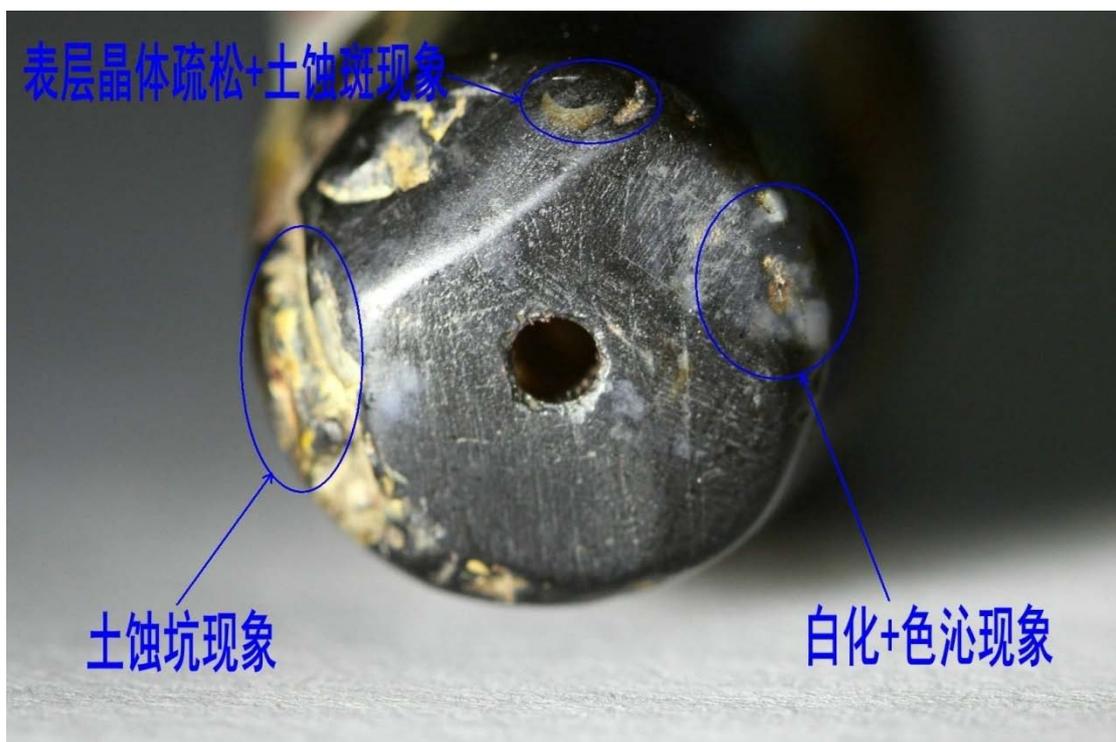
（图四）是这颗珠子的在10倍光学显微镜下的成像，它使我们观察到处于包浆之下的珠子表层并不是非常平整、细腻、光滑，除了有打磨珠体时留下的些许工痕外，我们还可清晰看见细微的凹凸不平的表面形态，这种凹凸不平的细微形态是这颗缠丝玛瑙珠在两千多年的埋藏岁月中历经风化淋滤和渗透胶结作用后的结果，珠体多个部位的表层胶结、附着有壤液中的物质。换言之，也是受沁的结果之一。（图五、

³⁶人们常说的包浆分为两种：1、包裹于出土古玉器的周身的一层有厚度的、亮润晶莹的表层，其来源于壤液中 Si、Al 和 Fe 等元素填充、胶结于古玉器表层后形成的光泽感； 2、传世老物件上的一层经长年累月摩挲把玩或人体与物件之间经久摩擦而逐渐生成的一层莹亮的表层。本文所讨论的是前者。

图六) 中，这颗玛瑙珠的一端除了有上述受沁现象外，还出现了轻微的白化现象，这些受沁现象的机理将于后文逐一阐释。

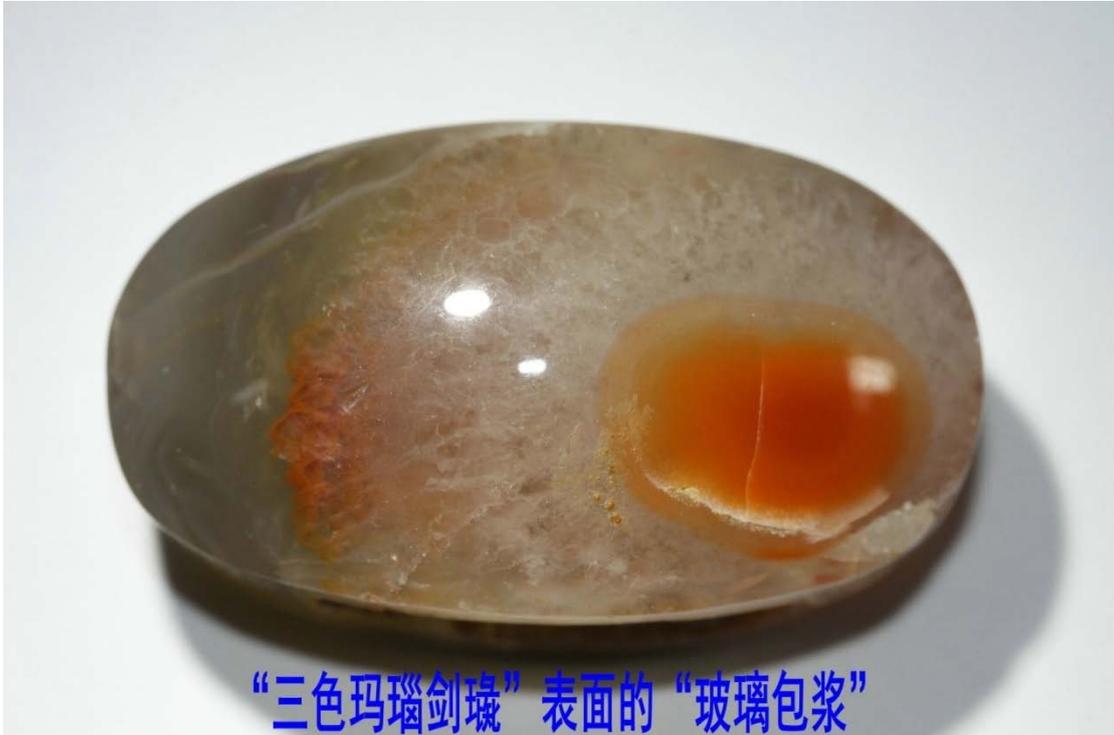


图五



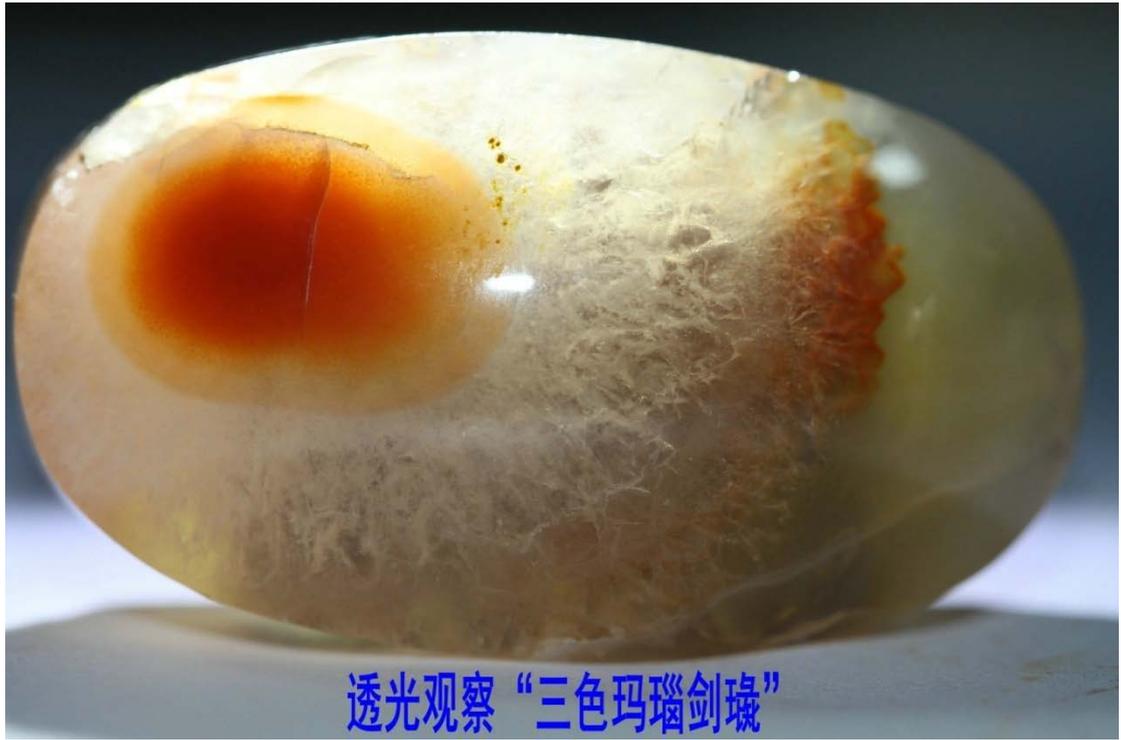
图六

(二) 三色玛瑙剑璏

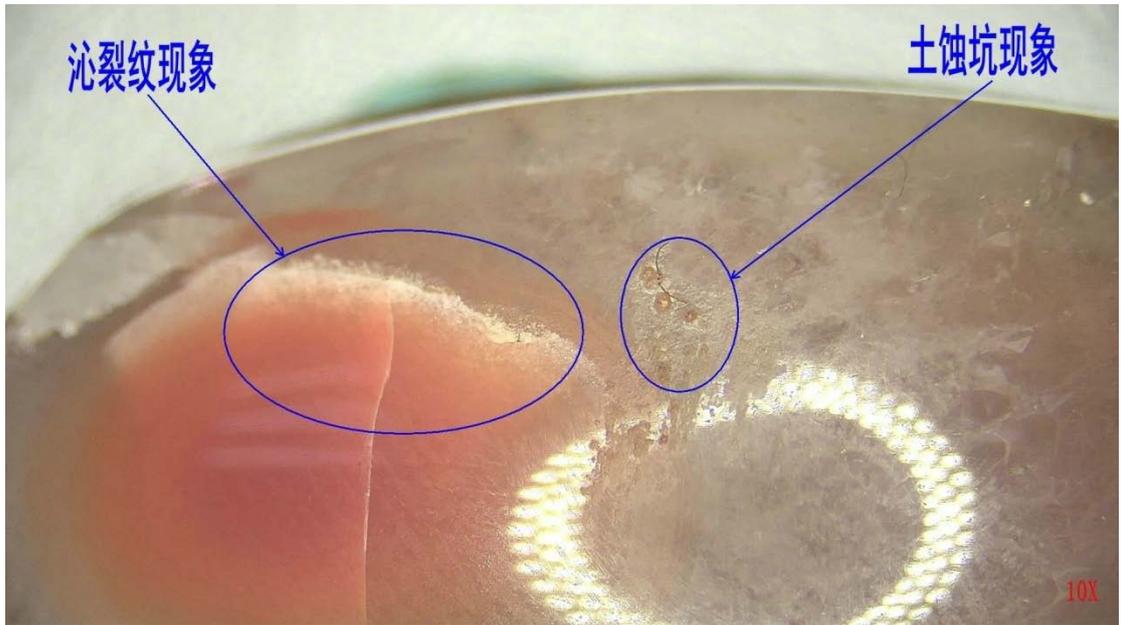


图七

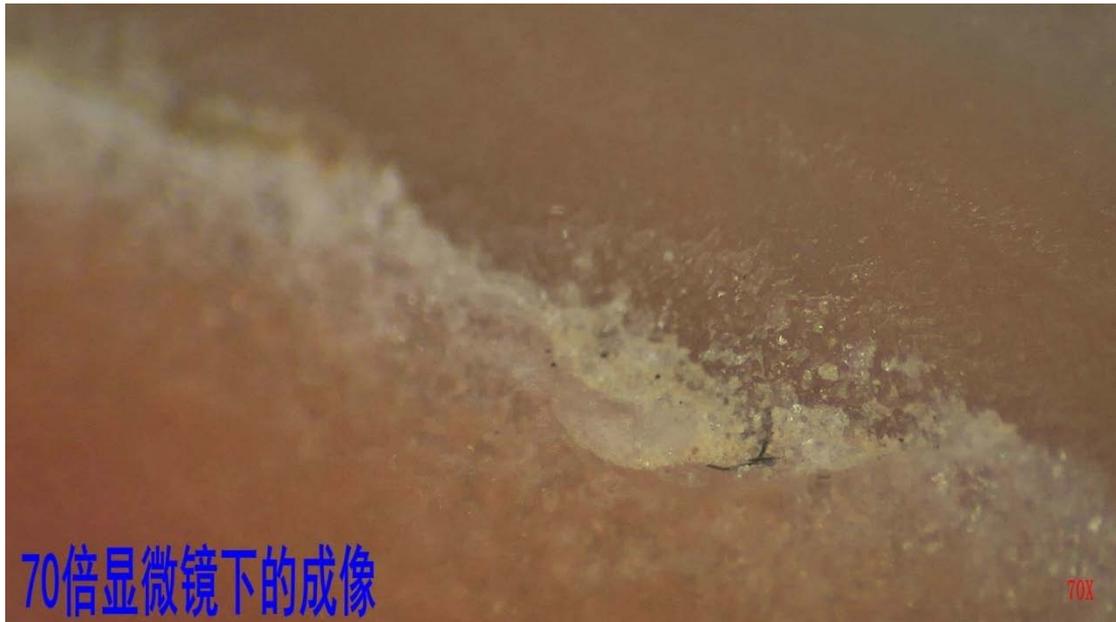
(图七) 中的“三色玛瑙剑璏”编号为 M5-S-23，出土于M5主棺刘充国遗骸头部左侧位置。剑璏长34.60mm；宽20.54mm；高17.33mm。整体看这件玛瑙剑璏呈显出无色半透明的白色、鲜艳的橘红色以及黑灰色。



图八



图九



图十

上述三色是在纯净的玛瑙矿体中包含有不同致色元素的结果。图中剑璫的半透明白色部分是结晶粗大的石英，其是含Si热液于空洞中形成隐晶质的玛瑙后再结晶的产物。前文已述，玛瑙的化学组成主要是 SiO_2 ，另可有少量Ca、Mg、Fe、Mn、Ni等不同杂质的元素，并因此呈现出不同的颜色。这件三色玛瑙剑璫的橘红色部分就是在玛瑙矿体中包含有 Fe_2O_3 所致；而黑灰色则可能是玛瑙矿体中含有Mn元素而致色。（图八）是这件剑璫的透光照，使我们能够清楚观察到矿体中结晶粗大的石英晶体的分布状态以及相关致色元素的分布状态。另外，我们还可以明显观察到剑璫表层包裹有一层挺括莹亮的包浆和两条微细的沁裂纹、轻微的土蚀痕以及黑色针状杂质在玛瑙矿体中的分布状态等。（图九）是这一部位在10倍光学显微镜下的成像，我们观察到竖的一条沁裂纹较微细，但横着的一条沁裂纹发育较成熟，可以隐约看到沁裂纹两边的 SiO_2 晶体逐渐疏松、脱落的现象。（图十）是这

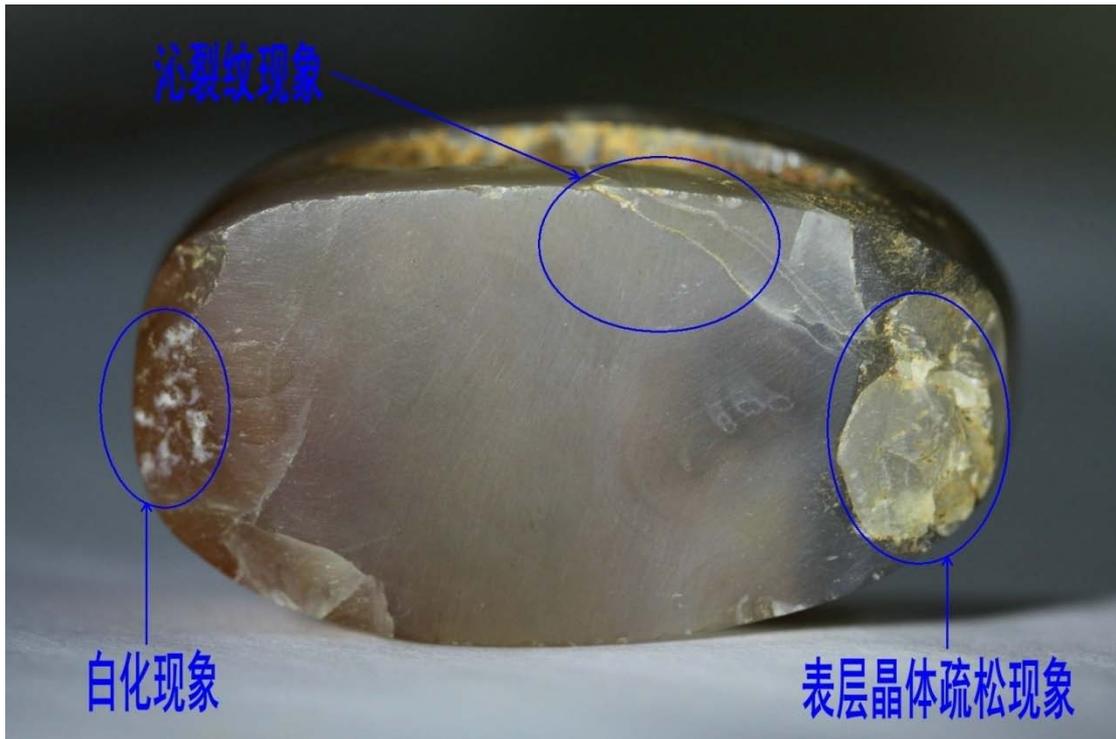
条沁裂纹在70倍光学显微镜下的成像，我们可以清楚看到沁裂纹边缘的SiO₂晶体渐次疏松并脱落的状态。另外，图九中还可观察到沁裂纹旁边的土蚀痕现象中也有SiO₂晶体脱落较为严重后形成的土蚀坑现象。

图七中剑璜的正面呈现出质感凝厚明净、周身异常亮丽的玻璃光泽，白而亮的光泽硬亮挺括，隐约感到其光照若鉴，这种现象和剑璜表面的包浆有关。科学研究者们在高古玉、珠的表层也观察到了“包浆”现象，他们用电子显微镜及所配置的能谱仪对高古玉的外观进行了结构观察和成份测试后认为：埋藏后的高古玉在历经风化淋滤和渗透胶结阶段后，其硬度略高的表层含有数量较多、粒度为几十纳米的微粒，这些微粒含有古玉本身没有的化学成分，它们均来自埋藏古玉的土壤中³⁷。除此之外，干福熹先生在研究了西周早期的玉珠后也认为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，玉珠内部与外表面的材料的化学成分变化非常微小³⁸。由此可见，大量来自埋藏古玉土壤环境中的纳米级微粒渗透并胶结在高古玉表层，形成了高古玉器的“包浆”。包浆带给我们的光泽感与器物的矿物质量、抛光的精细度、埋藏时间的长短以及埋藏环境中壤液胶体所含Si、Al等金属元素成分的多寡有关。上述研究结论

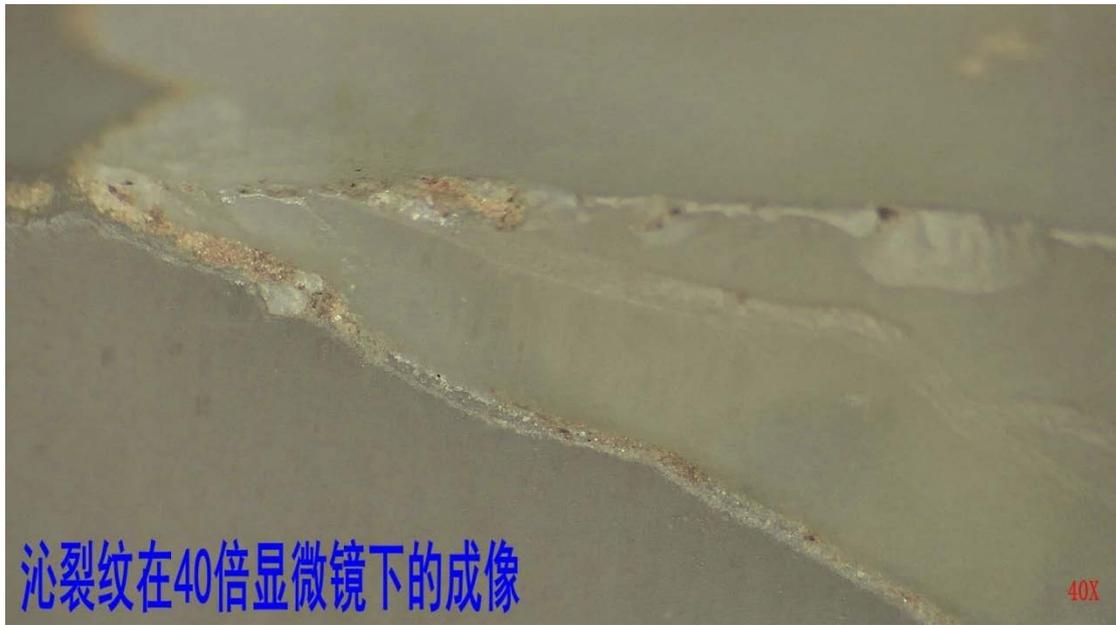
³⁷冯敏、刘壮、郝少康等：《对“鸡骨白”古玉受沁情况的研究》，《文物保护与科技考古》，第106页，中国第八届科技考古学术讨论会暨全国第九届考古与文物保护化学学术研讨会，2006年。

³⁸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12月第20卷增刊。

为我们观察、研究这批玛瑙质文物表面赋有的莹亮光泽提供了强有力的理论依据。就这件玛瑙剑璫而言，其表层的矿物质量很高， SiO_2 晶体束细密紧致，虽然在埋藏的两千多年的岁月中历经风化淋滤和渗透胶结的风化作用，但我们在低倍显微镜下看到其表面仍然细腻、平整、光滑。另外，剑璫的正面被工匠仔细地反复打磨，使其拥有了极其平整的底子，之后又经过了反复精细抛光，因此当海昏侯墓壤液中富含 SiO_2 和 Al_2O_3 的胶体溶液填充并胶结在其表面时，Si和Al等金属元素的富集会使剑璫正面呈现出更加莹亮挺括的光泽，于是我们就看到了凝厚明净的“玻璃包浆”。剑璫作为镶嵌在剑身上的装饰物只以正面示人，古代工匠对剑璫的正面进行反复抛光，使其光可鉴人，以达到最完美的装饰效果；但对于被包裹在金属剑身中的剑璫部分，工匠们只对它们进行了较为细致的打磨。正如（图十一）所见，剑璫的背面呈蜡状光泽，还残留有截割成型工序和打磨工序留下的轻微工痕。



图十一



图十二

玛瑙矿料的截割成型、打磨工序以及钻孔工序都要使用解玉砂为介质来完成。“解玉砂者何？治玉之砂也。”³⁹玛瑙的硬度在 6.5—

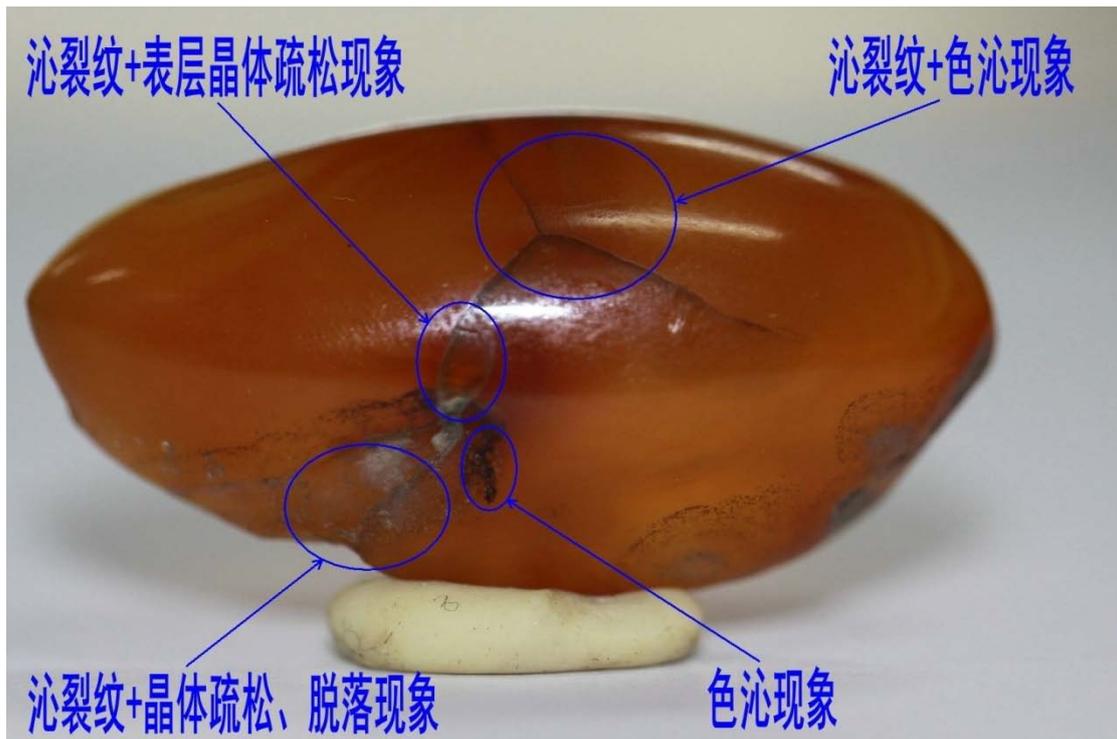
³⁹见《地质专报》乙种第二号，中央地质调查所印行，第 572 页，1927 年。转引自：霍有光

7，截割或打磨玛瑙需要用硬度更大的解玉砂，如：石榴子砂、刚玉砂、金刚砂等。剑璫成型后，工匠会在不同工序阶段选择不同粗细粒度的解玉砂打磨器物表面，如：在成型时可以使用粒度较粗的砂子，而在抛光之前则选用非常细腻的砂子，大部分截割痕在此过程中被磨去了⁴⁰。作为抛光工序的前奏，打磨得越精细，抛光后的效果就越好。也就是说，“三色玛瑙剑璫”的正面被工匠精细地打磨抛光，之后在漫长的埋藏过程中被富含SiO₂和Al₂O₃的胶体溶液渗透胶结在剑璫的表层，从而呈现出挺括莹亮的玻璃光泽。但剑璫的背面由于没有被精细打磨抛光，其底子并不光滑细腻，虽然在漫长的风化过程中也被大量的SiO₂和Al₂O₃的胶体溶液填充胶结，但它只呈现出暗哑的蜡状光泽。显然，剑璫的正面和背面所呈现出的光泽是由它们表面不同的光滑、细腻程度决定的。而我们也从中窥见：古代工匠在制作这件剑璫时会根据实际需求适度地节约制作成本。另外，图中我们还观察到剑璫背面的沁裂纹现象、白化现象、SiO₂晶体逐渐疏松、脱落现象等受沁现象。（图十二）是其中一条沁裂纹在40倍显微镜下的成像，我们看到它蜿蜒崎岖，沁裂纹两边的晶体呈自然疏松、断裂的状态，部分沁裂纹中还附着胶结有壤液成分。

（三） 红玛瑙饰件

《从玛瑙、水晶饰物看早期治玉水平及琢磨材料》，《考古》1992年06期。

⁴⁰徐琳：《中国古代治玉工艺》，第66页，故宫出版社，2012年12月第2次印刷。



图十三

（图十三）中的“红玛瑙饰件”编号为M1：1779-1，出土于M1刘贺墓主椁室东室南部。饰件长34.10mm；宽17.35mm；厚度为9.93mm。这件玛瑙饰件呈现出半透明鲜艳的橘红色，我们结合出土时的位置判断：“红玛瑙饰件”可能是镶嵌在漆器上的装饰物。

“红玛瑙饰件”的背面图



图十四

这件“红玛瑙饰件”的正面为圆弧形，表面具挺括亮泽的玻璃光泽；但其背面却因没有被精细打磨和抛光而呈现蜡状光泽，并因此残留有截割玛瑙矿料时的工痕，如：（图十四）。图中我们看到：尽管是在同一平面，但不同平整、细腻程度的底子致使它们所具有的光泽度也不同：打磨较平整的部位呈现出相对高质量的光泽，而打磨较粗劣的部位则呈现出相对暗哑的光泽。图十四的下端是这件玛瑙饰件在受沁的过程中部分崩裂后呈现的断裂面：它呈现出天然玛瑙未抛光前的蜡状光泽，有些部位的晶体已明显疏松，一条显著的沁裂纹由内部蜿蜒至饰件表层，还可见饰件的一些部位胶结着壤液成分。

“红玛瑙饰件”在强光透射下的状态

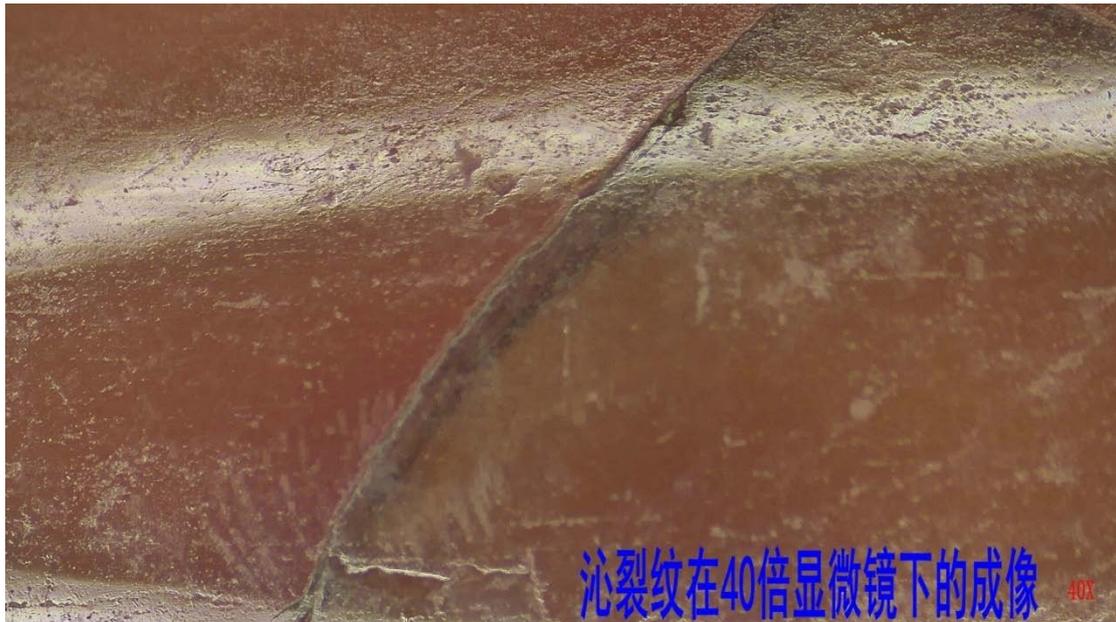


图十五

沁裂纹+色沁+表层晶体疏松+晶体疏松、脱落现象在10倍显微镜下的成像



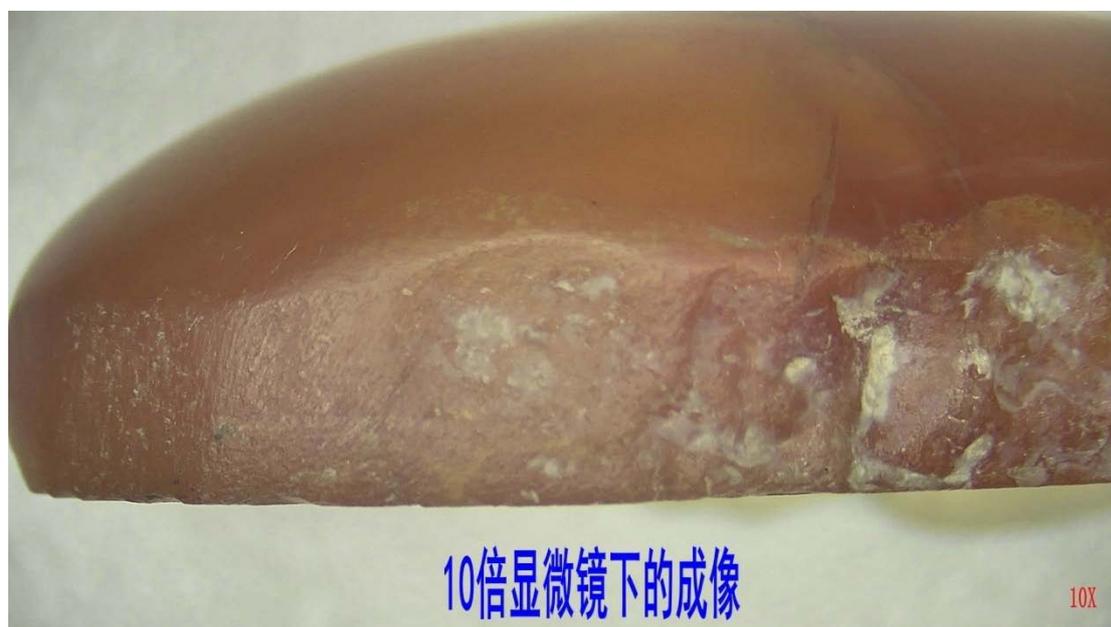
图十六



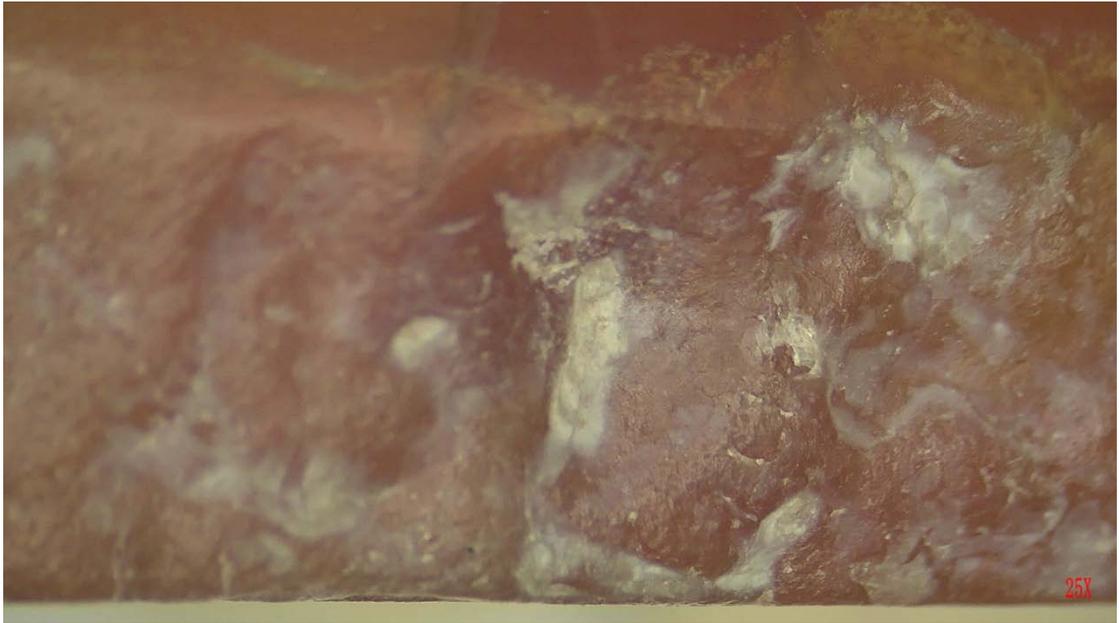
图十七

我们结合（图十五）能更好地观察到这件玛瑙饰件的受沁现象。这张透光照显示：整件饰品由内而外散发出美丽诱人的半宝石光感，其正面有数条沁裂纹，它们有的较明显，有的只是一条隐约的细微裂痕。这些沁裂纹不同程度地深入玛瑙饰件内部，这与玛瑙的风化特征和这件饰件的内应力有关：从微观应力的角度看，玛瑙饰件在被加工的过程中，由于琢磨成型等过程会在玛瑙饰件体内产生内应力。所谓“内应力”是在结构上无外力作用时保留于物体内部的应力。蕴含有较大内应力的玛瑙饰件久埋地下之后不断地历经风化淋滤和渗透胶结作用。在风化淋滤过程中，晶体间的结构水和可溶性物质不断被渗流带出，晶间水和可溶性物质的流失致使晶体间的孔隙增多增大。当这种现象集中于玛瑙器物的内应力相对较大的部位时，就会产生更大的综合作用力，足以使玛瑙饰件内部出现微小裂点或裂隙。随着应力的不断进行，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），促使微裂纹伸展、延长，缝隙也渐渐增大，从而产生较大的裂纹，当这种裂隙延伸至器物表面时就产生了图中所见的“沁裂纹”现象。（图十六）是沁裂纹在10倍光学显微镜下的成像：其中的沁裂纹粗细有别、崎岖蜿蜒，分布自然，我们可以观察到其始于何处，在逐渐变细后，最终又悄然隐匿于器物体内。这种自然的分布形态表明：整条沁裂纹的形成，是周围的微裂纹在漫长岁月里不断地渐次恶化造成的。（图十七）是其中一条沁裂纹在40倍显微镜下的成像，我们可以看到壤液中的致色元素随着沁裂纹的边沿逐渐沁入器物内部的形态。另外，当上述综合应力不断壮大时，形成的“沁裂纹”就会不断加大，严重时会使玛瑙器沿晶体疏松的层面断裂或较大程度地崩裂，于是就出现了图十四中玛瑙饰件崩裂后呈现的状态。



图十八



图十九

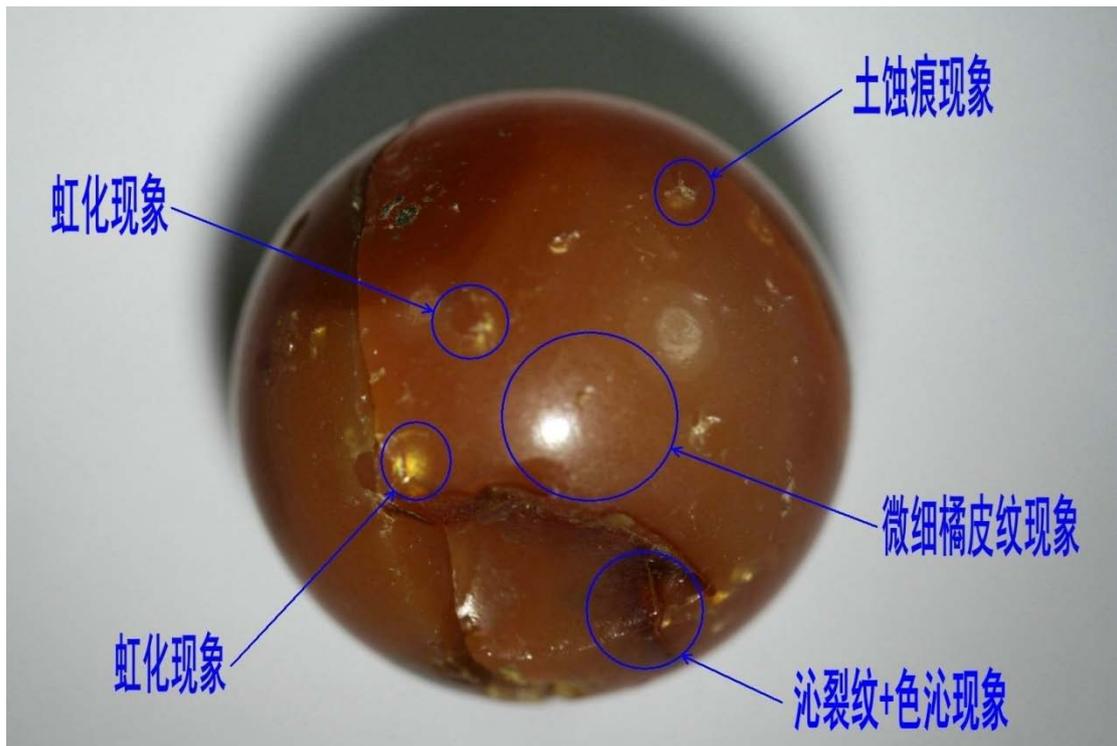


图二十

（图十八）是 10 倍显微镜下的成像，我们观察到这件玛瑙饰件的边缘部位还有些许“白化现象”，很有可能是由器物表层晶体疏松并有壤液中的洗涤碱（碳酸钠）沁入后所致。（图十九）是 25 倍显微镜下的成像，我们看到“白化现象”稀疏地分布在器物上，其浓淡有别，

并不密集成片，隐约感知其表面有包浆覆盖。（图二十）是“白化现象”在 70 倍显微镜下的成像，我们看到它富有层次，极其自然地呈现在红色的玛瑙底之上。

（四）崩裂为两半的红玛瑙圆珠



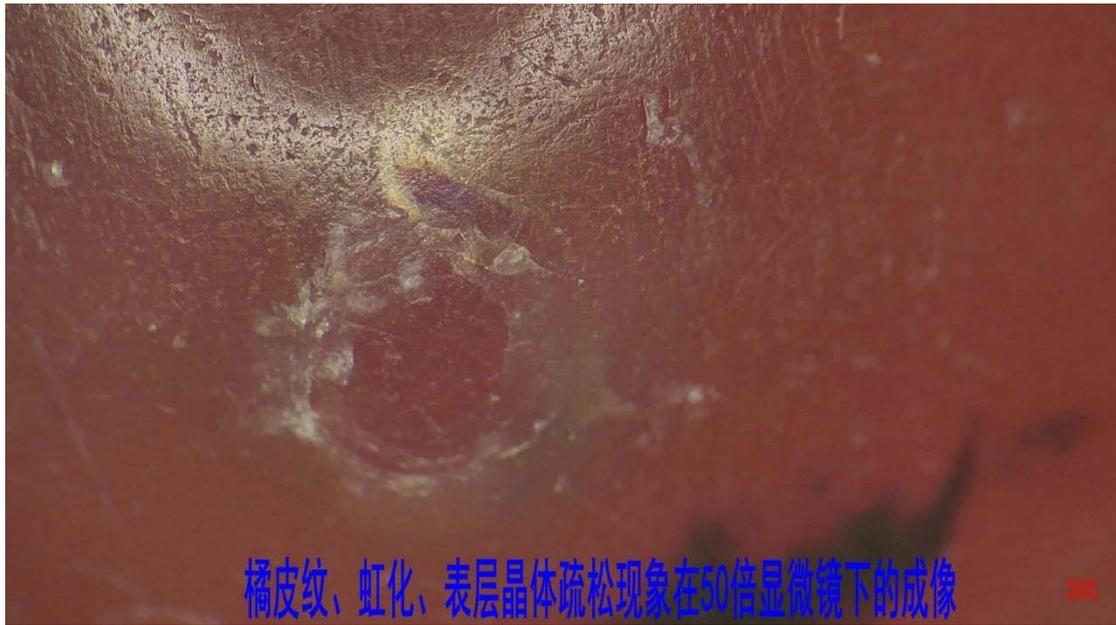
图二十一



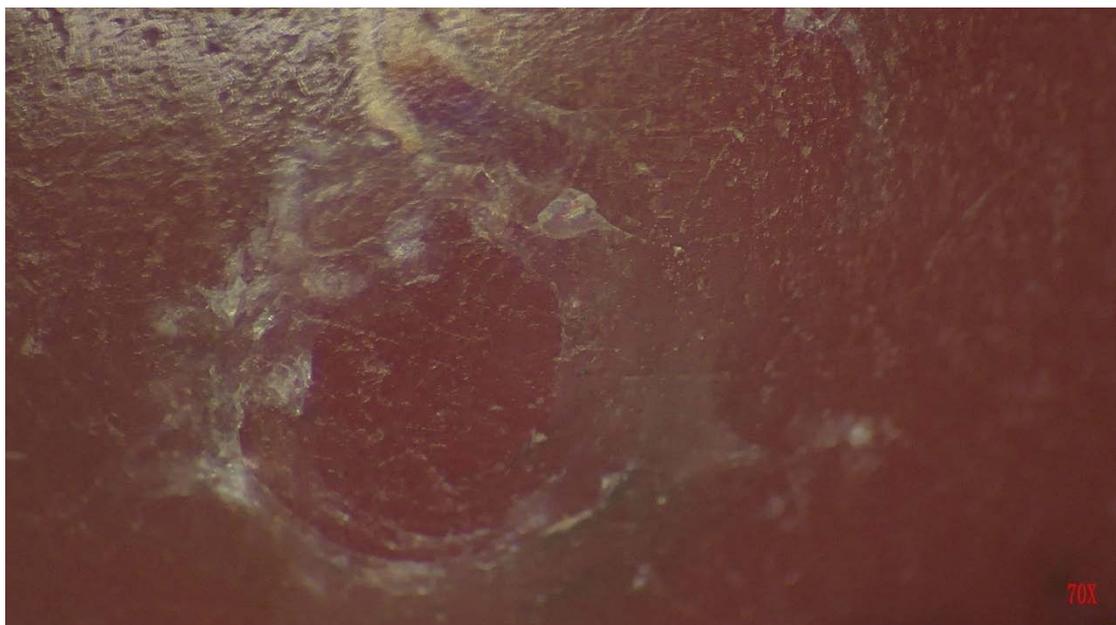
图二十二

（图二十一）中的“红玛瑙圆珠”出土时位于 M5 主棺刘充国遗骸头部的右侧，出土时已崩裂为两半，我们将其分别编号为：M5-S-44 和 M5-S-45（图二十二）。这颗红玛瑙圆珠的孔距为 18.15mm。

久远的埋藏使这颗红玛瑙珠受沁，在此过程中由风化淋滤作用叠加于内应力产生的综合应力致使这颗红玛瑙珠崩裂为两半，其中 M5-S-45 上还有一小部分玛瑙珠体再崩裂脱落的现象。上文已阐释了上述受沁现象的机理，此不赘述。除此之外，我们还从图二十一中观察到这颗红玛瑙珠上有虹化现象、沁裂纹现象、色沁现象、微细橘皮纹现象、土蚀痕现象。



图二十三



图二十四

关于这颗红玛瑙珠上的“虹化现象”，其产生的根本原因还是珠子受沁后导致珠体表层晶体疏松，当光从某个特定角度穿过时，就会产生“虹化现象”。这件红玛瑙珠的“虹化现象”出现在珠子表面结构较为疏松的地方，当光线从一定角度照射时就出现了旖旎的彩色斑