

古代玻璃及其保护

陆寿麟

根据中美学术交流“高级学者交换”的计划，美国康宁（Corning）中心、康宁（Corning）玻璃博物馆的罗伯特·布里尔（Robert HBrill）博士来我国进行讲学和学术交流活动。我代表中国文物保护技术协会接待和陪同布里尔博士的访华活动。

布里尔博士偕同女儿于1982年4月11日来京，于5月21日离京返美。在华期间访问了北京、上海、广州、长沙、西安等城市的故宫博物院、中国历史博物馆、上海博物馆、广东省博物馆、广州市博物馆、湖南省博物馆、陕西省博物馆、中国社会科学院考古所、建材部建筑材料研究院、上海硅酸盐研究所、上海光学精密机械研究所、和北京钢铁学院等单位，同中国学者一起检视、鉴定了各单位收藏的从西周至明、清各代的玻璃器，讨论了中国古代玻璃的年代、化学成分和结构以及古玻璃的保护问题。布里尔博士也给我国的文物、考古、科学工作者介绍了西方玻璃史、玻璃制造工艺史和西方对早期玻璃的研究成果。布里尔博士和中国学者的学术交流，促进了东、西方对古代玻璃研究的相互了解，在共同的探讨中都有启发和收获。

今就这次学术交流活动所涉及的古代玻璃及其保护问题结合个人体会作一简单的介绍。

一、世界古代玻璃发展简史

（一）西方玻璃的起源

根据原始玻璃的考古学调查，西方玻璃的发明与古代冶金技术和陶瓷器的釉料好像并没有直接的关系，最原始的玻璃可能起源于费昂斯（Faience），费昂斯约在公元前2500年已经在两河流域和欧洲一带出现，在埃及发现的公元前2000年前的埃及兰，其化学成分同费昂斯相同，同玻璃的成分也是一样的，都是由氧化钠、氧化钙和二氧化硅（ Na_2O 、 CaO 、 SiO_2 ）组成。在显微镜下检查费昂斯或埃及兰，从其断面可以看到：内

部是暗灰色粉状结晶体——石英，表面是蓝色釉层（玻璃质）。它们是将粉碎的石英和少量的纯碱（95% 的碳酸钠）加热熔融在一起而成，碳酸钠熔融后同石英的表面结合，在石英表面形成很薄的玻璃体，将石英包裹，它们有占体积 45% 左右的空隙，疏松、质软，表面玻璃状物质实际上是一层釉状体。这种费昂斯经过 X 光分析发现，含有石英晶体达 95% 左右。

现在发现的世界上最早的玻璃器来自两河流域或西亚一带，稍晚一些时候又在埃及出现。

（二）古代玻璃的发展

最早出现的玻璃器有卷芯法制花瓶，在两河流域的利马（Rimah）遗址发现了公元前 1500 年的卷芯法瓶。对已经发现的卷芯法制玻璃器的研究，可以得到卷芯法制玻璃器的方法：先做好一个芯子，以芯子沾取熔融玻璃，卷在芯材外面，还可以拉上熔融彩色线条，在还没有冷凝硬化时，用刀划出皱褶，再经加热处理，最后取出芯材而成了一种玻璃器。在埃及还发现了公元前 14 世纪时的卷芯法制的瓶器物，在卷芯法瓶碎片的背面还能见到作芯材的原料。

公元前 1000 ~ 800 年出现了不同颜色的融合玻璃器，最先发现的有伊朗哈珊卢（Hasanlu）出土的融合玻璃瓶，它们可能是将不同颜色的玻璃一起放在范中融合成的，后来玻璃工艺的发展，又出现了磨切玻璃。在亚述发现的一件磨切玻璃制品萨尔贡（Sargon）瓶，大约制作于公元前 600 年左右，这件玻璃器应该是模铸后在车床上磨切成型的。

约公元前 3 世纪 ~ 公元 2 世纪，在埃及和其他罗马的属地都有万花（Millefieri 千朵花）玻璃的制作，万花玻璃的制作方法是将多根不同颜色的玻璃棒拼合加温烧结在一起，经拉伸再切成薄片，成为各种彩色玻璃薄片和细块，然后将这些彩色玻璃块放在一定的模子里高温融合即成为五光十色的模制万花玻璃器皿，它们也可以进行磨切加工。

约公元前 50 ~ 前 25 年在叙利亚最早发明了吹玻璃，吹玻璃的发明是世界玻璃史上重大的转折点。原来玻璃器是相当珍贵的奢侈品，甚至同金子相比拟，为皇家与贵族所享用，由于吹玻璃技术的发明从而玻璃的大规模生产成为可能，又因为玻璃器特别薄，重量轻，便于长途运输，从而玻璃器开始走向实用，又迅速地向世界各地传播。在罗马时代很多平民都拥有较简单的玻璃器，十分普及，几乎传遍了罗马帝国的所有属地，最远传到阿富汗。西方的学者认为，也有很大的可能传播到了东方的中国，到了这一时期玻璃器的大部分已经成为日常生活用品，当然也有相当一部分制成了精美的艺术品，有不少公元一至四世纪间在罗马生产的各种颜色和各种造型的模吹玻璃是很精美的。

后来又发明了浮雕 (Cameo) 玻璃技术。例如, 现存大英博物馆的公元一世纪的意大利波特兰瓶就是一件浮雕玻璃器, 浮雕玻璃是两层或两层以上不同颜色组合的玻璃, 根据需要磨切去部分色彩不同的玻璃呈现出浮雕图像, 像现在保存在美国康宁玻璃博物馆的公元一世纪意大利罗马浮雕玻璃碎片, 可以看到厚仅 3.2 毫米由六层彩色玻璃 (五层不同颜色的玻璃覆盖在蓝色玻璃层上) 组合, 经过磨切而成的。罗马时期是世界玻璃史上最兴旺发达时期, 像 4 世纪的笼杯从德国科隆出土, 代表了德国玻璃制造的高峰。现存大英博物馆的 4 世纪莱库尔盖斯 (Lycfgus) 杯是对反射光呈绿色, 透射光呈红色的变色玻璃杯, 都证明了当时的玻璃制造技术和工艺都达到了很高的水平。

随着罗马帝国的衰落, 玻璃制造的中心东移至伊斯兰国家。公元 200 ~ 1300 年, 埃及和伊朗的玻璃制造业很发达, 西方在这期间精美的玻璃器比较少见了, 而在中近东出现了不少精美的玻璃器。在波斯萨珊朝时期 (大约 4 ~ 6 世纪) 有一件六角形的切面玻璃碗 (现在保存在日本正仓院), 11 世纪伊斯兰的光面 (Lustre) 玻璃、11 ~ 13 世纪伊斯兰地区的磨切玻璃、13 世纪的珐琅彩伊斯兰寺庙玻璃灯等。

西方国家也用大量的彩色玻璃来作为建筑物的装饰, 最原始的有在公元前后一世纪的小型玻璃镶嵌画板, 到了公元 5 ~ 12 世纪, 大量采用玻璃镶嵌画来装饰教堂建筑, 像公元 9 ~ 10 世纪的伊斯坦布尔城苏菲亚大教堂, 12 世纪的罗马圣克莱曼蒂教堂和威尼斯附近托尔车卢镇的玻璃镶嵌画, 都是以小型玻璃块拱砌的大规模壁画。12 世纪的沙尔特 (Chartes) 大教堂、13 世纪的英国坎特伯利大教堂和德国等地都利用彩色透明玻璃缀合成彩色玻璃窗作为教堂建筑物的重要组成部分。

后来的玻璃制作技术和工艺在欧洲和美洲迅速地传播开来。

(三) 玻璃的原料及其制造技术

西方有关玻璃制造的最早的记载, 可见于伊拉克尼奈瓦 (Ninevah) 出土的公元前 6 世纪的楔形文字书板, 上面详细记录了玻璃制造的原料来源和制造方法。从文物考古发掘来看, 在西方虽然发现很多古代玻璃器, 但是玻璃窑址很少发现, 在以色列发现的约公元 350 年 Jelemie 遗址, 没有见到玻璃熔炉, 仅见到大量的玻璃碎片和一部分玻璃器皿碎片。以色列的 Bamariyah 遗址发现了一个 14 世纪制造玻璃的炉子, 还有以色列的 Beth Shearim 遗址发现 4 ~ 7 世纪的一块重达 10000 公斤的大块玻璃, 这当然不会是实用器, 可以认为是大规模烧制玻璃后, 切成碎块运到各个村落, 由村民在小型熔炉里熔化加工成各种实用器皿, 这也反映了当时玻璃制造工业的水平和规模。1977 年发现在阿富汗赫拉特的一个小玻璃作坊, 有两名工人利用河床的河卵石和烧取植物灰做原料, 制造蓝色玻璃器皿, 他们的玻璃制造原料和方法同楔形文字书板上的记载完全一致的, 是

玻璃考古学上的活样板，从这里可以直观地了解古代玻璃的制造工艺。

从大量的中世纪以前的西方古代玻璃的成分分析结果来看，全部属于纯碱——石灰——硅（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）类型的玻璃，西起英国，东到波斯全都一样。

制造玻璃的主要原料石英可以由河床的砂子或者是粉碎的河卵石得到。

纯碱（ Na_2CO_3 ）是制造玻璃熔化石英的需要，可以降低石英的熔点。纯碱的来源主要有两个：有的来源于湖滩地经过长年累月的日照蒸发而留下的纯净的碱称为泡碱，是比较纯的碳酸钠（ Na_2CO_3 ）；也有的地区以燃烧的植物灰来得到纯碱，这种纯碱的纯度不高。

石灰加入玻璃的目的是因为氧化钙（ CaO ）使制成后的玻璃免于被水侵蚀，得以保存长久。碳酸钙的来源是多方面的，有些河床里的砂砾中本来就含有碳酸钙，它们是来源于河里的动物，特别是甲壳动物死亡后沉积下来的遗物，像甲壳动物的外壳就有特别丰富的碳酸钙。如果从植物灰里取得碳酸钠，那么同时也能得到钙，因为在植物灰里包舍多种杂质成分，如氧化钾（ K_2O ），氧化镁（ MgO ）等，同样还含有氧化钙（ CaO ）。这里还可以看到古代玻璃里有些成分，如氧化钙、氧化镁等由于制造玻璃时的原料不同，在玻璃里含量很不一样。如果以泡碱作为纯碱的来源制造的玻璃，那么玻璃里氧化钾、氧化镁的含量就很低；如果由植物灰中取纯碱作原料的玻璃，它的氧化钾、氧化镁的含量相对讲就很高了。

玻璃制造中一定还要加入各种添加剂。例如，要使玻璃带上五光十色的色彩，就一定需要着色剂，或称为显色剂，呈色剂；要使玻璃澄清透明，无气泡又要加入脱色剂、消泡剂。

常见的呈色剂有透明色：

三氧化二铁（ Fe_2O_3 ），氧化亚铁（ FeO ）呈绿色；

氧化钙（ CuO ），氧化钴（ CoO ）呈蓝色；

氧化锰（ MnO ）呈紫色；

硫化亚铁（ FeS ）呈琥珀色。

不透明色：

氧化亚铜（ Cu_2O ）呈红色；

锑酸铅（ PbSb_2O_7 ）呈黄色；

锑酸铅（ $\text{Cu}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ）呈白色；

脱色剂为二氧化锰（ MnO_2 ）；

消泡澄清剂为五氧化二锑（ Sb_2O_5 ）。

令人感兴趣的是有些成分在玻璃里仅有极微量的存在，却起着特殊的作用。像公元11世纪的伊斯兰光面玻璃就因为微量胶状的银（ Ag ）添加进玻璃而造成的。莱库尔盖

斯杯所以在反射和透射时能显示绿、红不同的颜色，就是因为玻璃里含有微量的金和银（0.004% 的金和 0.03% 的银）所造成的。在古代玻璃里还有各种多样的其他化学成分，甚至是杂质成分，这里就不一一讨论了。

二、中国古代玻璃及其在世界玻璃史中的地位

根据我国有关史料记载，玻璃（又称玻黎：颇黎）这个名词出现得很晚了，始见于南北朝的梁代，而“琉璃”一词出现稍早，在《汉书》上有记载。《汉书》卷九十六上西域传“宾国……出璧琉璃”、“西京杂记”中有“昭阳殿窗扉多是绿琉璃”之说，而在汉代以前并不见有“琉璃”，“玻璃”这一类名词，仅在“书经”禹贡：“黑水西河惟雍州，……厥贡惟球琳琅玕”中提到“璆琳”。“璆琳琅玕”是一种珠子，出在陕西永州，即是大禹时进贡的珠子。以前都认为“璆琳”是美玉、宝石，并不认为是玻璃，但是在 30 年代章鸿钊先生曾经作过研究并著文认为：“璆琳”即琉璃，特别是考古发掘，发现了众多的中国早期玻璃。对于原来有人认为，中国自己原来没有玻璃，而是隋、唐以后通过“丝绸之路”由西方通开西域或中亚传入中国的这一说法，就不能不表示怀疑了，需要我国的考古学者和科学技术工作者对中国古代玻璃进行认真的、深入的研究。

（一）我国出土古代玻璃器的概况

根据我国各地已经报道的材料和在几个地方所见，我国古代玻璃自西周以来各代都有。1954 ~ 1955 年在河南省洛阳中州路 816 号西周墓出土我国第一批淡绿色玻璃珠，墓葬可能在周穆王时期。接着，1955 ~ 1957 年在河南陕县上岭村虢国墓群出土了菱形球形、管状玻璃珠。1955 ~ 1957 年在陕西洋西张家坡 183 号西周墓出土了浅绿色玻璃珠。在张家坡的 H432 号西周遗址还发现了罕见的粉紫色玻璃珠，1964 年 4 月河南洛阳庞家沟 54 号西周早期墓葬里洛阳博物馆的同志发现了一颗穿孔白色玻璃珠。1975 年陕西宝鸡茹家庄西周中期 ■ 伯夫妇墓出土了包括各种串饰在内的达 1000 多颗绿色玻璃管、珠，还有贵重的镶嵌玻璃片。另外在陕西扶风上宋公社北吕村西周早期墓出土的玻璃管珠、陕西岐山县贺家 47 号墓出土的西周早期玻璃管、陕西扶风云塘西周晚期五号平民墓出土的玻璃项链等，特别是在山东曲阜鲁故城 47 号西周晚期墓葬出土了三颗棱形珠。从以上记录可以看出，新中国成立以后，文物考古工作者已经在山东、河南、陕西一带都发现了西周的玻璃，这些玻璃制品基本上都是带孔的球状、管状和棱形玻璃珠，根据当时的工艺水平还不可能采用吹玻璃技术，从玻璃制品本身也看不出有什么吹制迹象，但

是在管内有时能见到陶土和草秸纹，依此判断可能同西方早期玻璃有接近的技术，先做好一个芯子，而后卷取熔融玻璃加工成为球、管等多种形状。

到了春秋战国时期的玻璃制品已经相当多了，在我国很多博物馆里保存着这一时期的玻璃制品。在北京、湖南、上海、河南、陕西等地都能见到各种式样的青玉色的玻璃璧，各种彩色镶嵌组成的彩色蜻蜓眼玻璃珠，还有作为剑饰的玻璃珎、玻璃剑首、玻璃剑珥……另外有一件从湖北江陵出土的在公元前 480 年左右的越王勾践剑上装饰有四块蓝绿色的玻璃，这说明我国在春秋战国时期已经生产出数量不少的玻璃，而且在制造工艺上有了很大发展。例如，青玉色的玻璃璧、玻璃剑饰都有复杂形状并带有精美的雕刻纹饰，应该是模制玻璃品。我认为玻璃制作出现模制技术，应该同我国发达的青铜冶铸技术有关，各种颜色镶嵌组成的蜻蜓眼玻璃有可能是一块块加工好以后加热熔合在一起的，也有可能是磨制后一块块镶嵌进去的，有人认为后一种可能性更大一些。蜻蜓眼玻璃珠同一时期在中亚一带也能见到，但是化学成分同中国的不一样，有可能是当时中国的工艺技术传到中亚，由中国人去中亚用西方的原料制造了完全相同的玻璃珠，这说明了当时东西方之间在玻璃制造技术上已经有了交流。

到汉代，我国的玻璃种类更多，分布更广，在制造工艺上又有新的发展，许多地方出土了各种玻璃串珠，包括带有黄、蓝、白、褐色的玻璃珠，各种玻璃鼻塞，玻璃珎，在广州还发现带有装饰彩条纹的玻璃珠。特别应该注意的是在广西和广东出土的玻璃碗，制成这种实用器式样的玻璃器以往还没有见过，更重要的是可以明显地见到玻璃碗上模制磨切加工的痕迹。另外还有一件明显是模制又磨切加工的玻璃器是保存在湖南省博物馆的一支玻璃矛，在广东发现的绿色玻璃带钩也是一件模制玻璃器。我们所说这些玻璃制品都带有明显的中国特色和我国特有的工艺加工风格，这是国内外专家都承认的。这一时期在玻璃制造加工方法上的一大发展，在玻璃制造加工上的模制、磨切技术的应用，在当时的条件下，不能不说是一项相当先进的技术，在玻璃呈色方面也有很大发展，黄、白、褐色，都是不易得到的呈色效果。

隋代玻璃器，我们见到的有陕西耀县出土的蓝色玻璃瓶和陕西西郊李静训墓出土的绿色、蓝色、玻璃瓶，带盖玻璃罐、玻璃杯、玻璃管等，看来具有一些西方玻璃的特点，但是又有明显的中国风格，这些可能是现在所见的我国最早的吹制玻璃器皿。

对我国文物考古和传世文物的分析，在隋、唐以后的漫长岁月里，我国的玻璃器皿制造，并没有很大的发展，直到明、清以后，特别是清代，我国的玻璃器制造又发展起来，从玻璃制造技术，到加工工艺都有发展。但是它们主要是制造皇室和达官贵人享用高级用品、玩赏品等艺术玻璃制品，包括刻花、堆花、浮雕的各种色彩缤纷玻璃器，也就是以往习惯所谓的“料器”。

(二) 中国古代玻璃的化学分析

中国近代学家袁翰青先生、日本化学家雅玛萨教授、我国现代的文物、考古和科技工作者以及国外的学者有不少人都对中国古代玻璃进行了化学成分的测定研究，取得了十分宝贵的数据，为研究我国古代玻璃提供了重要的依据。对陕西宝鸡出土的西周玻璃的化学分析中可以发现其主要成分有硅（Si）、铝（Al）、镁（Mg）、锰（Mn）、铜（Cu）、铁（Fe）等元素，另外也还包括钠（Na）、钙（Ca）、硼（B），铅（Pb）、钡（Ba）等其他元素。早期袁翰青教授对中国古代玻璃的分析结果表明含有铅、钡等化学成分，30年代日本名古屋大学的雅玛萨教授对中国和日本古代玻璃的分析也得到同样的结论，发现中国古代玻璃里含有大量的铅和不常见的成分钡。湖南省博物馆的同志请人分析了长沙出土的战国时代玻璃璧、玻璃珠的化学成分，发现含有氧化铅（PbO）分别约37%、25%，含有氧化钡（BaO）分别约10%、6%。美国康宁玻璃博物馆的布里尔博士分析了馆藏中国战国时代的蜻蜓眼玻璃珠的成分，它们含氧化铅达31.6%，15.0%，3.41%，含有氧化钡19.2%，9.74%，0.70%，战国玻璃璧含有氧化铅38%，氧化钡11.7%……从这一时期中国玻璃成分分析结果来看，氧化铅的含量明显的都相当高，也含有较高含量的氧化钡，这个现象是任何西方国家玻璃所没有的。西方玻璃里也出现过氧化钡，但含量十分有限，约0.05%左右，而中国玻璃里含量竟可达到20%，这是极不平常的事情。西方在近百年才有含钡量较高的玻璃，从这里可以得到一个结论：含铅、钡的古代玻璃一定是中国的玻璃，而不可能是西方传入的，但是在日本也发现了含有铅、钡的玻璃，有的玻璃里氧化铅的含量也很高，一般认为日本是受中国文化影响较大的，所以东、西方学者都认为这些玻璃很可能是从中国传去的。通过以上的分析可以认为：我国古代的玻璃制造技术是自成体系、独立产生和发展起来的。

我国汉代及其后代的玻璃、从成分分析结果来看，情况比较复杂，有了同西方相似的纯碱—石灰—石英玻璃，就相邻的湖南、广东两省发掘的古代玻璃制品为例，在湖南发现的汉代玻璃珠，经化学分析和判断，不少确实含铅，长沙出土的黄色玻璃含铅量还很高，它们的比重也比较大。（一般认为，比重在2.6克/厘米³以上即含铅玻璃）但是也有一部分玻璃同西方玻璃很相似，从化学分析结果来看，几乎不含铅、钡。在广东出土的汉代玻璃串珠，汉代的玻璃碗、玻璃带钩，从一些分析出的主要成分看，含有钾、铝、钠、钙、铁、镁等，同西方玻璃很相似，外观同西方玻璃也有相似之处，但是从造型看确带有典型的中国风格，从几个串珠的化学成分来分析：

钾（K）	钠（Na）	铅（Pb）	钡（Ba）
-5	1	0.02	0.3

- 5	0. 7	<0. 01	0. 3
- 5	1	<0. 1	0. 3

可以看出：含铅、含钡量都非常之少，这显然不同于内地含铅、钡相当高的玻璃。它们含有钾、钠，又很像西方玻璃，但是钾与钠的比例显然同西方玻璃相反。西方玻璃的一般说来钠含量高于钾的含量，而广东的玻璃珠含钾量比含钠量高得多，有一类青玉色汉珠含氧化钾达 13. 72%，而氧化钠仅有 0. 49%。从这点上看，又显然不是西方的玻璃，而是我们国家自己制造的。

综合上面的分析，可以这样认为：我国古代劳动人民独立创造和发展了我们自己的玻璃制造技术，从化学成分、制造工艺和造型、纹饰都区别于西方玻璃，但是互有交流。中国的玻璃制造，又以是否含有铅、钡为标志分为两支，在内地以含铅、钡为主体的典型中国玻璃制品是自身独立发展起来的。另一支是广东类型的不含铅、钡的中国风格的玻璃制品，有认为可能受东南亚技术的影响，而由中国自己制造的玻璃。

隋唐以后中国玻璃制造技术自身发展的不是很大，受西方影响也就比较大了。

(三) 关于中国玻璃史上几个问题

(1) 关于中国玻璃起源的争论

玻璃是玻璃态物质，玻璃态是一种物质存在状态，它们由熔融体冷却，黏度逐渐增大而获得，从外观看类似固体，从微观看，近程有序，远程无序，又有些像液体。从物理性能看：

- 1) 各向同性；
- 2) 处于介稳状态，从热力学观点看处于不稳定状态，因为玻璃热焓高于相应晶体的熔化潜热，从动力学观点看又处于稳定状态，因为在高温下转变为晶体的几率十分小；
- 3) 玻璃的成分在一定范围内可以连续变化，而与此相应的性质也随之继续变化；
- 4) 玻璃和熔融态间可逆转化时，物理化学性质变化是连续的、渐变的，有以上四个特征的都可以称作玻璃，玻璃也可以看作介于液体和晶体间的特殊状态，这些都是近代科学有关玻璃的概念。利用这个概念来鉴别我国早期玻璃，我国各方面的学者发生了分歧意见，但对于我国出土的春秋、战国以来的玻璃没有什么不同意见。在陕西、河南、山东等地发现了为数不少的西周玻璃管、球、棱形珠以后，对这些玻璃就有了不同意见。部分学者认为这些管、球、棱形珠，只能作为陶瓷，或者称为上彩陶瓷，还不能认为是玻璃，因为玻璃是熔融冷却的产物，体内应以玻璃体为主体，不能有太多晶体，而这些管珠的结构中，主要以二氧化硅晶体形态存在的，大量晶体的存在是因为材料还没有达到熔融状态，

像陶瓷一样烧结的产物。而另一部分学者认为这一类西周管珠肯定是玻璃, 因为管珠与同时代釉陶胎, 陶块的主要成分及其比例悬殊之大是惊人的, 管珠的含硅量比黄河流域的黄土、生土含硅量还要低得多, 认为含硅量极低的试样是陶瓷的判断是令人费解的。通常陶瓷的釉涂在器胎的表面, 胎是不透明的, 釉是透明的, 而管珠呈现的浅蓝色由体内向表层透露出来, 半透明, 都是同墓出土的陶瓷器所不具备的特点。

我们怎么看待这个问题呢? 在西方, 认为玻璃是由费昂斯发展而来的, 费昂斯和玻璃的成分一样, 而费昂斯是以二氧化硅晶体为主体, 表面裹有玻璃态物质, 而玻璃是以玻璃体为主体, 当然也可能会包含未熔融的晶体, 而在玻璃与费昂斯之间, 并没有绝对的界限。西方学者也认为有介于玻璃与费昂斯之间的物质, 有时很难区分。回过来看我国西周管珠通体蓝绿色、半透明, 并不是陶瓷的特点, 也不像费昂斯的内部为灰白结晶, 表面是蓝色玻璃体, 所以可以认为是区别于陶瓷和费昂斯的另一类物质, 当然这一类物质, 含有大量的二氧化硅晶体, 用近代科学概念的“玻璃”来衡量, 显然要称为玻璃尚感不足, 但是遥远的古代的生产工艺和技术都有它的原始性和过渡性。根据这个历史发展的观念, 我认为西周的管珠, 可以作为我国古代玻璃的起源, 属于原始状态的玻璃。我国商周时期有加温至 1000 多摄氏度的青铜冶铸技术, 有加热至 1200 多摄氏度的青釉瓷的烧制技术, 何况在烧制瓷器时, 也经常能见到流釉(玻璃体)现象。在这种技术条件下, 烧出 1000 多摄氏度的低温玻璃是可能的, 但是由于温度不够高, 高熔点的石英砂没有完全熔融, 以晶体状态保留下来了, 这也就是为什么在西周管珠里含有大量二氧化硅晶体的成因。但不能就因此不认为这是我国西周时期工艺技术史上一个重大发现, 是后来的玻璃制造工艺技术的开端, 所以我认为西周管珠作为原始状态的玻璃应该是可以承认的。

(2) 中国古代玻璃在世界玻璃史上的地位

在西方玻璃技术发展到了罗马帝国时期由于吹玻璃技术发明, 得到了极大的普及。玻璃制品已经深入到人民生活的每个角落, 成为人们生活的日用品, 至今在世界上, 在人们生活中间还起着重要作用, 同时也不断有精美、华贵的工艺美术品问世。在我国虽然在西周时期开始已经出现了自己的玻璃制造技术, 在早期一度也曾经有较快的发展, 但是在以后的漫长岁月中并没有得到很大的发展, 这到底是什么原因呢? 追究起来可能因为我国的古代玻璃器一直没有向民间实用器发展, 在早期玻璃一直与美玉、宝石相提并论, 制作的都是奴隶主、贵族、帝王、诸侯的艺术玩赏物和装饰用品, 缺乏生命力。另外的重要原因, 可能是因为受到我国的青铜冶炼技术比较发达以及很早就发展在世界上占领先地位的陶瓷影响, 特别是瓷器制造技术的发展, 我国在商代就出现了原始青瓷器, 以后各代都有发展, 生产出大量的工艺品和实用器, 在人们的生活、生产中占有优势地位, 因而影响了玻璃生产技术的充分发挥。虽然这样, 我国的古代玻璃技术是世界上自成体系、独立发展起来的, 出土的大量古代玻璃制品在我国古代文化中应该占有一

定的地位，在世界玻璃技术史上也占有一定的地位。

三、古代玻璃的保护

古代留下了大量珍贵的玻璃器，包括我国自己制造和西方传入的，都是重要的文化遗产。但是它们都不同程度地遭受腐蚀与破坏，有一些因为很不稳定，损坏相当严重。有的在表面起毛、起雾，失去光泽和透明性；有的表面裂成碎片、粉末脱落；有的逐渐变黄，变暗改变颜色。国外有一块红色玻璃逐渐风化腐蚀变成绿色，更有甚者，有的玻璃器干脆就炸裂……造成这种损坏的成因是很复杂的，有玻璃器本身的成分和结构上的成因，也有外界环境，温、湿度变化的因素。

首先来看一下玻璃的化学成分：通常玻璃含有大量二氧化硅以外还包含有氧化钠、氧化钾、氧化钙、氧化铝、氧化镁等化学成分。中国古代玻璃还包含大量的氧化铅、氧化钡等化学成分，其中二氧化硅是比较稳定的。氧化钙添加到玻璃里去是可以防止玻璃浸蚀的，而氧化钠、氧化钾是很容易被水所溶解，玻璃表面开始产生裂纹。随着裂纹的增加纵横交错以至切割脱落呈现出玻璃表面浸蚀现象，有的还发生晕色、闪光膜、起雾、滑腻感、粉化剥蚀等结果。氧化钙是比较难被水溶解的，有人试验证明当玻璃中氧化钙含量过低，低于3%时，在潮湿条件下，容易产生皱面效果，这也是玻璃表面被侵蚀的结果。有的玻璃含碱过高而氧化钙含量过低时，在潮湿条件下，在玻璃表面能凝水珠，俗称泪滴，流泪玻璃，甚至这类玻璃器，因为吸潮膨胀而破裂。中国古代玻璃含氧化铅的比例很高，也是属于比较不稳定的玻璃，容易风化，一般玻璃因风化而改变颜色，像红玻璃转变为绿色，就因为风化过程中不透明红色呈色剂氧化亚铜转变成碳酸铜所致。

玻璃第二个自然损坏成因是由于玻璃本身结构所造成的。玻璃是由熔体冷却，黏度逐渐增大而形成并不是晶格整齐排列成固体，处于介稳状态，从热力学观点来看，属于不稳定状态，必然有一种自发的结晶重排的趋势。由于这种结晶重排的自发趋势，经历漫长的岁月，各种自然条件的作用，可能发生结晶重排，而使得光洁明亮的玻璃发毛，失去光泽和透明度。但是由于它们以动力学观点看是相对稳定的，所以在常温下这种重排作用的可能性是很少的、缓慢的。有的玻璃器的器壁较厚，在它制造的冷却过程中，玻璃内部的内应力没有消除，一旦受到外力影响和温度骤变，就可能使玻璃器自身炸裂。

通过上面的分析，已经可以看出，玻璃器的腐蚀破坏，除了与玻璃自身的材质、结构有关外，环境的温、湿度变化也起着很重要的作用。很显然，那些容易被水浸蚀的玻璃的腐蚀破坏与空气中的含水量或者讲空气的湿度有很大关系。从世界各地早期玻璃的

保存情况看,在埃及出土的古代玻璃保存得相当好,几乎没有风化,与新制的相去不远,因为在那里天气干燥,而在两河流域,因为这里冬天降雨较多,所以这里出土的玻璃风化相当严重,就是流泪玻璃、皱面玻璃等一些容易风化的玻璃也都在高湿度条件下,发展变化才比较快。所以环境湿度太高,对玻璃的保存是不利的,特别是碱性的水质比酸性的水质对玻璃的损害更大。但是环境太干燥对保存玻璃也不好,特别是那些已经形成皱面的玻璃,再放到很干燥的条件下,它们的破坏速度甚至更快,因为在玻璃表面很快地失去水分成碎片、粉末脱落。

根据上面所说的玻璃腐蚀破坏的因素,我们认为对玻璃器的保护应该有几点必须注意的。

1) 玻璃器是脆弱物件,而且处于热力学不稳定状态,所以保存中要避震和避免剧烈的温度变化。

2) 由于湿度对玻璃保存起重要作用,所以玻璃器保存要适当控制环境湿度,湿度不宜过高,一般环境相对湿度不能超过 60%,湿度也不宜过低,环境相对湿度不能低于 35%,一般控制在 35%~55% 为宜,如果能保持在 45% 左右最好。

3) 环境气体对玻璃中一些成分还会起作用,所以要尽量保持环境的清洁、干净、少污染。

4) 对于已经出现表面风化、粉化、掉片的玻璃器应该用无色透明的丙烯酸类树脂等高分子材料进行表面封护,一是为了防止它继续脱落损失,二是隔绝外界环境对它们继续腐蚀破坏。

对于已经出现开裂的玻璃器也可以用高分子化学材料进行减压渗透予以加固。

已经碎裂的玻璃制品,可以用环氧树脂等黏合剂,黏合加固。

总之对于玻璃器来讲,无法改变其成分的可溶性,无法消除内应力和改变其热力学的不稳定性,我们只能给予比较理想的客观条件来保护它们。

关于中国和西方的古代玻璃史,玻璃制造工艺和工艺史以及古代玻璃的保护技术,特别是对我国自己的玻璃,由于种种原因,我国的学者研究得不多,了解得也很少,可以讲,只是刚刚开始引起人们的重视。希望在更多的文物,考古工作者和科学技术二者相互结合共同来研究、探讨。

注:故宫博物院杨伯达同志在《故宫博物院院刊》1980 年第二期“西周玻璃的初步研究”中对我国出土西周玻璃做了系统研究。本文关于西周玻璃的基本材料主要引自该文。