

文章编号: 1007-9629(2000)01-0007-07

特约专稿

简论中国古代陶瓷科技发展史

李家治

(中国科学院 上海硅酸盐研究所, 上海 200050)

摘要: 中国陶瓷具有连续不断的长达万年的历史, 为世界上独一无二, 它的发展过程蕴藏着十分丰富的科学技术内涵, 基本上可以用五个里程碑来概括它们的发展进程以及用三大技术突破来总结它们的主要成就。

关键词: 中国古代陶瓷; 古陶瓷的科学技术; 科学技术史

中图分类号: TQ 174; N 09 **文献标识码:** A

中国是世界上出现陶器最早的文明古国之一, 是发明瓷器的国家. 中国陶瓷具有连续不断的、长达万年的工艺发展史, 为世界上独一无二. 笔者以五个里程碑和三大技术突破来描述它的整个发展过程.

1 五个里程碑

中华民族的先民们在世界东方这片广阔富饶的大地上, 用勤劳智慧的双手创造了灿烂辉煌的中华文化. 融科学技术和艺术于一体的陶瓷的烧制成功及其不断发展就是中华文化的一个重要组成部分.

1.1 第一个里程碑——新石器时代早期陶器的出现

根据目前考古资料, 继发现仰韶文化及与仰韶文化同时代文化遗址中的陶器之后, 人们又先后发现了距今约 7 000 年左右的浙江余姚河姆渡文化陶器、磁山裴李岗文化陶器; 距今约 8 000 年左右的湖南沅县彭头山文化和河南舞阳县贾湖文化; 距今约 10 000 年左右的湖南道县玉蟾岩遗址、江西万年仙人洞遗址陶器和河北徐水南庄头遗址陶器.

这些早期陶器所用原料都是就地取材. 特别是那些距今万年左右的陶器, 它们共同的特点都是粗砂陶, 它们的质地粗糙疏松, 出土时都碎成不大的碎片, 只有个别能复原成整器. 它们的烧成温度也就是在 700 °C 左右. 像徐水南庄头陶器中就含有大颗粒的角闪石和蛭石(见图1), 而万年仙人

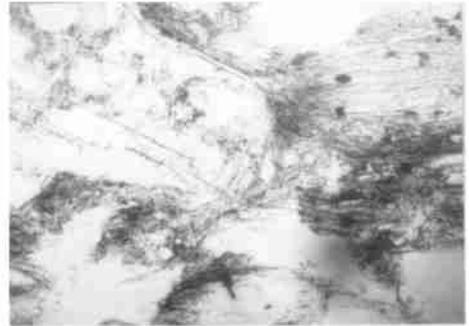


图1 河北徐水南庄头砂质陶显微结构

Fig. 1 Microstructure of the sandy pottery excavated from Nanzhuangtou, Xushui County, Hebei Province(70×)

收稿日期: 1999-11-28

作者简介: 李家治(1919~), 男, 安徽人, 中国科学院上海硅酸盐研究所研究员, 教授, 博士生导师.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

洞陶器中则含有大颗粒的石英、迪凯石和白云母(图2)^[1].这就形成前者在化学组成上含有较高的CaO和MgO,后者含有较高的SiO₂和K₂O,因而CaO和SiO₂含量的多少,也就成为判别我国北方和南方陶器的特征氧化物.图3所示的浙江余姚河姆渡夹炭黑陶的显微结构,则比较特殊^[2].



图2 江西万年仙人洞砂质陶显微结构

Fig. 2 Microstructure of the sandy pottery excavated from Fairy Cave, Wannian County, Jiangxi Province (350X)



图3 浙江余姚河姆渡夹炭黑陶显微结构

Fig. 3 Microstructure of the charcoal-black pottery excavated from Hemudu, Yuyao County, Zhejiang Province (165X)

1.2 第二个里程碑——新石器时代晚期印纹硬陶和商、周时期原始瓷的烧制成功

一般认为印纹硬陶始见于距今约4 000多年前的新石器时代晚期,原始瓷始见于商代.印纹硬陶与陶器的最大不同是在它的化学组成中含有较少的Fe₂O₃,并可在超过1 000 °C的温度下进行烧成,其最高烧成温度已可达1 200 °C.原始瓷则含有更少的Fe₂O₃,一般在3%¹⁾以下.其最高烧成温度业已达1 280 °C.原始瓷内、外表面都施有一层厚薄不匀的玻璃釉,其颜色从青中带灰或黄色到黄中带青或褐色.一般胎釉结合不好,易剥落.釉中CaO含量较高,一般称为钙釉,它是我国独创的一种高温釉,也是世界上最早的高温釉(图4)^[3].

1.3 第三个里程碑——汉晋时期南方青釉瓷的诞生

东汉(25—220)晚期以浙江越窑为代表的南方青釉瓷的烧制成功标志着中国陶瓷工艺发展中的又一个飞跃.从此世界上有了瓷器.它作为一种材料,其影响更为深远.

瓷与陶的差别在于它的外观坚实致密,多数为白色或略带灰色,断面有玻璃态光泽,薄层微透光.在性能上具有较高的强度,气孔率和吸水率都非常小.在显微结构上则含有较多的玻璃相和一定量的莫来石晶体,残留石英细小圆钝.这些外观、性能和显微结构共同形成了瓷的特征.此即明代科学家宋应星在其著作《天工开物》中所说的“陶成雅器有素肌玉骨之象焉”.

青釉瓷在我国南方烧制成功,首先应归功于南方盛产的瓷石.由于当时只用瓷石作为制胎原料,因而就形成了我国南方早期的石英-云母系高硅低铝质瓷的特色.其次则应归功于南方长期烧制印纹硬陶和原始瓷的成熟工艺.

试举浙江上虞小仙坛越窑窑址出土的青釉印纹瓷叠碎片为例.它的胎、釉中Fe₂O₃和TiO₂的含量都较低,特别是釉中TiO₂的含量更低.烧成温度已达1 300 °C.胎中已含有较多的玻璃相,残留石英细小而均匀,莫来石针晶到处可见.釉中气泡和残留石英都极少.釉为较薄的透明玻璃釉.胎釉交界处常见钙长石析晶层,增强了胎釉的结合强度(图5).胎的吸水率只有0.28%,其抗弯强度

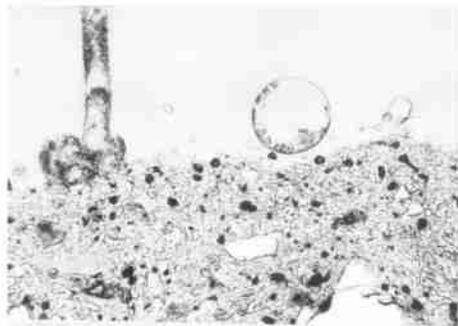


图4 浙江江山西周早期原始瓷胎釉显微结构

Fig. 4 Microstructure of the proto-porcelain body and glaze at early West Zhou dynasty excavated from Jiangshan County, Zhejiang Province (140X)

1) 本文中涉及的含量等均为质量分数.

已高达 71 MPa. 根据它的化学组成、显微结构和物理性能, 人们可以认为其完全符合近代瓷器的标准^[4].

1.4 第四个里程碑——隋唐时期北方白釉瓷的突破

隋唐时期(589—907)北方白釉瓷的突破是我国北方盛产的优质制瓷原料与长期积累的成熟的制瓷技术相结合的必然结果. 它的出现是我国制瓷工艺的又一个飞跃, 使我国成为世界上最早拥有白釉瓷的国家^[5].

以邢、巩、定窑白釉瓷为代表的技术成就可归纳为以下 3 个方面:

1. 新原料的使用和胎釉配方的改进 邢、巩、定窑白釉瓷的胎中都使用了含高岭石较多二次沉积粘土或高岭土, 因而使得它们胎中 Al_2O_3 含量可高达 30% 以上. 图 6 为邢窑白釉瓷胎的显微结构, 从中可见到高岭石残骸. 同时在某些白瓷胎的配方中还使用了长石, 因而它们胎中 K_2O 的含量可以高达 5% 以上. 根据它们化学组成中 SiO_2 的含量以及胎的显微结构中 α -石英的含量, 可以认为我国隋唐时即出现了近代高岭-石英-长石质瓷, 这是南方青瓷所未见过的, 即使到了宋末元初景德镇白釉瓷胎中开始使用了高岭土, 也只是高岭-石英-云母质瓷, 这两种瓷分别是中国南北方两大白釉瓷系统的代表. 另外值得一提的是, 在个别隋代白瓷釉的组成中, K_2O 的含量大大超过 CaO 的含量, 从而形成一种碱钙釉, 这也是南方早期青釉瓷所未有过的. 只是到了明代永乐年间的景德镇甜白釉瓷和清代德化白釉瓷才出现了这种碱钙釉.



图 5 浙江上虞小仙坛青釉瓷胎釉显微结构

Fig. 5 Microstructure of green ware body and glaze excavated from Xiaoxiantan, Shangyu County, Zhejiang Province (405X)



图 6 邢窑白釉瓷胎中高岭石残骸

Fig. 6 Kaolinite remains in Xing white ware body (350X)

2. 烧成温度的提高和炉窑的改进 唐代邢、巩、定窑细白釉瓷的烧成温度都已达到 $1\ 300\ ^\circ\text{C}$, 有的甚至高达 $1\ 380\ ^\circ\text{C}$, 烧成温度的提高必然与炉窑的改进相联系, 隋唐时期北方白釉瓷烧制所使用的窑炉都是直焰馒头窑. 它们的改进主要是采用大燃烧室、小窑室和双烟囱, 以便增加抽力和提高烧成温度.

3. 匣钵的使用和装烧工艺的改进 在隋末唐初的邢窑细白瓷的烧制中已使用匣钵装烧. 从明火支烧到匣钵装烧是在烧制工艺上提高瓷器质量的一个突破. 它们不仅是我国最早使用匣钵装烧瓷器的窑场之一, 而且能根据器型创制各种各样的匣钵和多种装烧工艺.

1.5 第五个里程碑——宋代到清代颜色釉瓷、彩绘瓷和雕塑陶瓷的辉煌成就

宋代到清代(960—1911)的各大名窑, 诸如官窑、哥窑、钧窑、汝窑、耀州窑、临汝窑、磁州窑、吉州窑、龙泉窑、建窑、长沙窑、德化窑、宜兴窑以及后来兴起、但又集各窑之大成的景德镇窑, 无一不是以颜色釉瓷、彩绘瓷或雕塑瓷而著称于世, 使我国陶瓷的科学、工艺和艺术的辉煌成就达到历史的高峰.

自东汉晚期始, 浙江就一直烧制以 Fe_2O_3 着色的青釉瓷. 到了南宋, 其官窑和龙泉窑所烧制的黑胎青釉瓷都是一种裂纹析晶釉瓷. 它们都是以釉中析出钙长石微晶以增强玉质感并利用胎釉的

膨胀系数不同使得釉裂成大小不一的纹片,从而成为一种独特的装饰而享誉世界.至于龙泉窑烧制的白胎青釉瓷则更是量大面广,流传到世界各地,为各大博物馆所珍藏.

我国北方河南宝丰的汝官窑、临汝窑青釉瓷和陕西铜川的耀州窑青釉瓷亦都是以 Fe_2O_3 着色的.它们同样在世界上享有很高的声誉,特别是汝官窑青釉瓷更以其烧制时间短,留存于世的制品少而愈加珍贵.

差不多与青釉瓷同时出现的黑釉瓷同样是我国陶瓷百花苑中的一朵奇葩.在我国南北各著名窑址都不时烧制这种以 Fe_2O_3 为主要着色剂的黑釉瓷.入宋以后,黑釉瓷的烧制工艺得到很大发展,其中福建建阳的兔毫盏和江西吉州的黑釉盏尤为突出.除了在当时盛行的饮茶之风所起的特殊作用外,它们还蕴藏着极为复杂的科学技术内涵,在国际上是独一无二的.这里仅举建窑的兔毫盏为例.兔毫盏的兔毫是经过析晶、分相(或直接分相)、再析晶而形成的.在不同气氛中可以形成金兔毫、银兔毫等各种色调的艺术品^[6],其中精品具有从不同角度观察时,毫纹会显示出整个可见光谱所含有的7种颜色相互变异的特点,这就是建窑的毫色变异盏.它是集釉的物理化学分相析晶和物理光学薄膜干涉原理或衍射光栅原理于一体的科学技术产物,令人叹为观止.流转到日本的毫色变异盏被称之为曜变天目,为国宝级文物,可见其身价之高.

河南禹县钧窑瓷釉是一种首创.它是一种红釉(以铜的化合物为着色剂)或是一种在不同色调的蓝色乳光釉面上分布着大小不等的红色斑纹的多色釉.钧釉的蓝色不是 CoO 的着色,而是分相后的液滴相具有符合瑞利散射定律所要求的尺寸,使短波长的蓝光有较强的散射所引起的.这是一种物理着色.红色斑块和紫色斑纹分别是由铜离子着色的液相小滴和赤铜矿晶体、以及灰蓝色辉铜矿多晶小珠穿插分布所形成的^[7].钧窑釉的分相是在一定化学组成范围内,烧成的温度、气氛和时间的综合作用而导致的一种物理化学过程.由于影响因素复杂,在那知其然而不知其所以然的情况下,人们很难掌握它们的形成条件,因而也就很难掌握制品的外观形象,故称之为窑变.

景德镇自五代开始烧制瓷器以来发展到宋代烧制的青白釉瓷,无论在质量上、数量上和影响上都已成为我国最大的窑场之一.至元代和明初,景德镇制瓷工艺获得突破性的进展,它所烧制的枢府白釉瓷和永乐甜白釉瓷不仅在质量上和外观上都属上乘,而且也为进一步烧制颜色釉瓷和彩绘瓷提供了良好的工艺条件和物质基础.自元代开始景德镇即烧制以 CoO 着色的釉下彩青花和以 CuO 着色的釉下彩釉里红,以及二者相结合的青花釉里红,开创了多彩高温釉下彩先例,特别是青花瓷一直是景德镇烧制的最大宗和最具特色的长盛不衰的产品.以 Fe_2O_3 , CoO , CuO , MnO 等金属氧化物以及它们之间相互搭配着色而成的各种颜色共同形成了景德镇五光十色的颜色釉瓷.与此同时,景德镇的釉上彩绘瓷也逐渐兴起.到了明代中期即烧制成一种以釉下青花和釉上彩相结合的所谓斗彩.成化斗彩瓷即是以色彩鲜艳丰富、釉面洁白滋润、纹饰生动和制工精细而成为明代彩绘瓷最高水平的代表,一直为各大博物馆及私人所珍藏.到了清代又出现了全以低温釉上彩绘画的五彩瓷,其中以康熙五彩瓷最为著名,随后的雍正粉彩瓷亦同样受到重视.

明清以来,我国其他生产颜色釉瓷的各大名窑都衰微或停烧,只有景德镇不仅大量生产它自己所创烧的各种颜色釉瓷,而且对各大名窑都能仿制.至于彩绘瓷则只有景德镇一直在大量烧制.因此景德镇这时已成为我国的瓷业中心,被称为中国的瓷都.

应该一提的是稍后于景德镇兴起的福建德化窑,它以烧制高质量白釉瓷和雕塑瓷而闻名于世.由于德化白釉瓷胎中含有较多玻璃相而呈半透明状以及釉层很薄,使得德化瓷特色鲜明、独树一帜,别具一种独特风格.

在景德镇出现多彩釉下彩绘瓷之前,湖南长沙窑和四川邛崃窑在唐代都已出现用含铁矿物着色的深褐彩和以含铜原料着色的釉下彩绘瓷.它们的烧制成功对后世的彩绘瓷都产生过深远的影响.到了宋代,我国北方的磁州窑系各窑所烧制的各种彩绘瓷则又达到了另一种别开生面的境地.由于它们都是民间窑场,所绘纹饰题材都是来自民间日常生活中喜闻乐见的事物,因此更具有浓郁乡情和倍感亲切的艺术感染力.这是那些深受宫廷约束的官窑制品所不具备的.它们所创造的独特

的装饰技法也是我国其他窑场所没有的。

从第二个里程碑的“原始瓷烧制成功”发展到第五个里程碑的“颜色釉瓷、彩绘瓷和雕塑陶瓷的辉煌成就”，在中国陶瓷科技史中几乎是瓷器一统天下。但有趣的是，从宋代开始，在我国江苏，被世人称之为“陶都”的宜兴却兴起一种名闻中外、至今不衰的陶器——紫砂陶。

紫砂陶有许多独特之处。首先它是一种特别适合于中国饮茶习惯的茶具，它的最出名和最大宗的制品也就是各种造型优美、奇特、多样的茶壶；其二是它有得天独厚的原料，宜兴地区蕴藏着极为丰富的各种类型的紫砂矿，可烧制成各种颜色的紫砂壶；其三是紫砂陶器多用手工成型，即采用多种不同工具进行打片、围筒、捏塑和镶接等，这就更能发挥陶艺大师们的智慧和技能；其四是紫砂壶的装饰，它是融合造型、绘画、诗文、书法、篆刻于一体的具有浓厚中国文化特色的艺术珍品。自明朝以来，代有高师制出许多名壶流传于世，因此在第五个里程碑中也应有紫砂陶器的一席之地。

我国陶瓷工艺发展到第五个里程碑，已不是某一个地区或某一种单色瓷，而是遍及南北各窑场的颜色釉瓷、彩绘瓷和雕塑瓷，足见它们已发展到我国历史上的最高水平。它们所取得的成就不仅说明了过去，而且也构成了它们的现在和将来。可以预见我国的陶瓷工业在与现代技术相结合、充分发扬它们优秀传统文化的情况下必将有一个灿烂辉煌的未来。

2 三大技术突破

纵观上文所述的五个里程碑，是既继承又发展，清楚地表现了我国陶瓷工艺的发展过程和取得的突出成就。但它们之所以能随着历史的进程逐一得到实现，全赖在制瓷技术上不断取得的重大突破。归纳起来，可概述如下^[8]：

1. 原料的选择和精制 一般说陶器，特别是早期的陶器，所用的原料都是就地取土，因此先民们居住周围的泥土也就是他们用来烧制陶器的原料。由于他们都是傍山近水而居，所采集的原料一般都是含有各种砂粒的泥土，故而早期陶器多数都是砂质陶，它们都含有大小不等的各种砂粒。严格说这种泥土是不适合于烧制陶器的。经过相当长的时间，先民们从烧制陶器的经验中逐渐认识到某些泥土可能更适合烧制陶器，所以就其居住地附近选择那些更适合的泥土来烧陶器。更确切地说，这是就地选土。因此，就出现了泥质陶。在他们发现单独使用某些泥土还不能满足成形、干燥、烧成时的要求时，他们又会有意识地在所选的泥土中加入各种不同的砂粒、草木谷壳灰和贝壳灰等而烧成夹砂陶、夹炭陶和夹蚌陶等。河姆渡夹炭黑陶就是其中一个典型例子。

印纹硬陶、原始瓷、甚至青釉瓷和白釉瓷所用的原料也还是就地选土，但由于他们对原料已有更高的要求，已不是任何地方都有适合于烧制它们的原料，因此就出现了印纹硬陶、原始瓷和青釉瓷首先在我国南方某些地区烧制成功，而白釉瓷首先在我国北方某些地区烧制成功的事实。因为各地所产的原料只适合于烧制某类陶瓷。

原料的变化必然反映在陶瓷化学组成上的变化。从中国古陶瓷化学组成数据库中检索出自新石器时代至清代的近 700 个古陶瓷胎，以作为多元统计分析的样本，对其进行相关分析。当因子方差累计贡献大于 80% 时，选取前 3 个因子 F_1 、 F_2 和 F_3 。图 7 即为古陶瓷胎化学组成的 F_1 和 F_2 因子载荷图。

从图 7 可见，我国南方的陶瓷胎的化学组成变化规律十分明显。由陶器经印纹硬陶和原

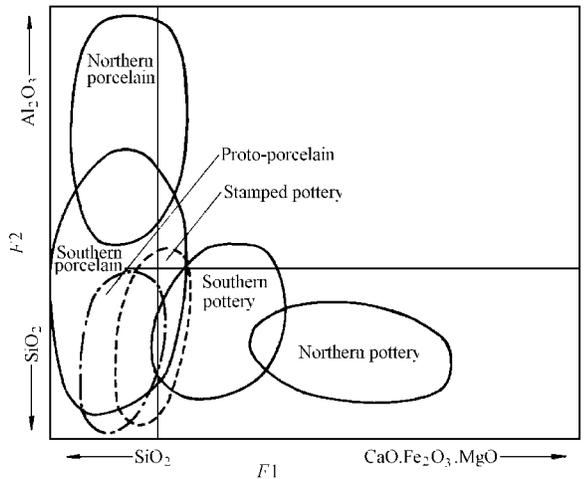


图 7 中国古陶瓷胎化学组成 F_1 和 F_2 因子载荷图

Fig. 7 F_1 and F_2 factors loading diagram for ancient Chinese ceramic bodies based on chemical composition

始瓷而发展成为瓷器,胎中 SiO_2 含量逐渐增多,作为助熔剂的 CaO , Fe_2O_3 , MgO 则逐渐减少,主要是 Fe_2O_3 的减少; Al_2O_3 的含量则变化不大,只是到了宋代以后由于掺用高岭土才有所增加.陶瓷胎化学组成分布的区域都有部分相互重迭,说明了它们之间的密切的渊源关系.但北方陶瓷胎的化学组成则不存在这种规律.陶器的区域处在高助熔剂和低 SiO_2 区域,而瓷器则处在高 Al_2O_3 和低助熔剂区域.这是因为前者使用的原料是易熔粘土,后者使用的原料则是部分高岭质粘土.两个区域相互分离,不存在重迭部分,说明它们之间无渊源关系.北方出土为数不多的印纹硬陶和原始瓷的化学组成也未能在陶器和瓷器所处的区域之间形成过渡中间区域,看不出它们之间在化学组成上有任何关系.因此可以说我国南北方从陶发展到瓷的途径是不同的.但有一点是完全可以肯定的,不管是南方还是北方,它们能从陶器发展到瓷器,而且在质量上不断有所改进,首先应归功于原料的选择和精制,因为这是烧制陶瓷的物质基础.

2. 窑炉的改进和烧成温度的提高 根据对大量古代陶瓷碎片烧成温度的测定数据,可以认为在我国陶瓷烧成温度的整个工艺发展过程中曾有过两次突破.第一次突破是在商周时期的印纹硬陶烧制工艺上实现的.它从陶器的最高烧成温度 $1\ 000^\circ\text{C}$ 、平均烧成温度 920°C 提高到印纹硬陶的最高烧成温度 $1\ 200^\circ\text{C}$ 、平均烧成温度 $1\ 080^\circ\text{C}$.最高温度提高了约 200°C 之多,实现了我国陶瓷工艺史上的第一次高温技术的突破;第二次突破是在隋唐时期北方白釉瓷烧制工艺上实现的.它从原始瓷的最高烧成温度 $1\ 280^\circ\text{C}$ 、平均烧成温度 $1\ 120^\circ\text{C}$ 提高到白釉瓷的最高烧成温度 $1\ 380^\circ\text{C}$ 、平均烧成温度 $1\ 240^\circ\text{C}$,最高烧成温度又提高了约 100°C ,达到了我国历史上瓷器的最高烧成温度,实现了第二次高温技术的突破.表1为所收集到的从陶到瓷的实测烧成温度的统计数据.

表1 陶器和瓷器的实测烧成温度

Table 1 Determined firing temperature of pottery and porcelain

Ware type	Sample numbers	The highest firing temperature/ $^\circ\text{C}$	Average firing temperature/ $^\circ\text{C}$
Pottery	15	1 000	920
Stamped pottery	55	1 200	1 080
Proto-porcelain	37	1 280	1 120
Porcelain	146	1 380	1 240

从考古发掘的窑炉资料来看,新石器时代早期的陶器可能经历一个无窑烧成阶段,也就是所谓平地堆烧.到了贾湖文化和裴李岗文化才发现了陶窑,开始了有窑烧成.在我国南方有窑烧成可能要晚得多.经过相当长时间的发展和改进,在我国南方的浙江和江西直至商代才分别出现了龙窑和带有烟囱的室形窑.印纹硬陶原始瓷就是在这种窑内烧成的.龙窑的向上倾斜的坡度和长度,以及室形窑的烟囱都使这2种窑具有更大的抽力,从而有利于温度的提高,实现了自有窑以来在窑炉结构上的第一次突破.正是有了这种在窑炉结构上的第一次突破,才促使了烧成温度的第一次突破.

在窑炉的不断改进和发展中,到了隋唐时期,在我国北方的河北又出现了大燃烧室、小窑室和多烟囱的小型窑.这种窑更有利于温度的提高,这是继第一次窑炉结构突破后的又一次突破,遂使我国窑炉可以达到最高的陶瓷烧成温度.

不难看出烧成温度的提高和窑炉的改进是密切相关的,它们共同为我国陶瓷的不断发展和进步创造了非常必要的条件.

3. 釉的形成和发展 根据现有资料,3 000多年前的商代的原始瓷釉是至今发现的最早的具有透明、光亮、不吸水特点的高温玻璃釉,说明这一时期中国的瓷釉已经形成.因而可以推论中国瓷釉的形成过程必然开始于商代之前,而且有它自己的发展过程和规律性.

众所周知,中国南方是烧制原始瓷和最早出现瓷器的地方.近代,在南方的古遗址和墓葬中不时发现了相当数量商前时期的泥釉黑陶,并发现新石器时代的彩陶上涂有陶衣.把以上这些情况联系起来,就可以根据它们的化学组成、显微结构和外观大致把中国瓷釉的形成和发展分成4个阶段:(1)商前时期,釉的孕育阶段;(2)商周时期,釉的形成阶段;(3)汉、晋、隋、唐、五代时期,釉的

成熟阶段; (4) 宋到清代, 釉的发展阶段^[9]。

从 3 000 多年前的商代到清代, 我国瓷釉历经形成、成熟、发展到高峰的历史阶段, 它的科学技术内容十分丰富, 艺术表现非常多彩, 共同形成了我国瓷釉百花争艳、流传千古并独步天下的局面。

三大技术突破也和五个里程碑一样, 从新石器时代早期开始到清代的长达万年的历史长河中不断创造、不断发展, 从而取得一个又一个的进步和成就。

中国陶瓷历史悠久、工艺精湛、科技内容丰富、艺术表现多彩, 久为世人推崇和公认。以上的五个里程碑和三大技术突破只是一个高度概括的总结和简介。

参 考 文 献

- [1] 李家治, 张志刚, 邓泽群, 等. 新石器时代早期陶器的研究——兼论中国陶器起源[J]. 考古, 1996, (5): 83~91.
- [2] 李家治, 陈显求, 邓泽群, 等. 河姆渡遗址陶器的研究[J]. 硅酸盐学报, 1978, 7(2): 105.
- [3] 李家治, 陈显求, 张福康, 等. 中国古代陶瓷科学技术成就[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 132~145.
- [4] 李家治. 我国瓷器出现时期的研究[J]. 硅酸盐学报, 1978, 6(3): 190.
- [5] 李家治, 陈显求, 张福康, 等. 中国古代陶瓷科学技术成就[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 175~196.
- [6] 陈显求, 陈士萍, 黄瑞福, 等. 宋代建盏的科学研究[J]. 中国陶瓷, 1983, (1): 58; 1983, (2): 52; 1983, (3): 55.
- [7] 陈显求, 黄瑞福, 陈士萍, 等. 宋元钧瓷的中间层、乳光和呈色问题[J]. 硅酸盐学报, 1983, 11(2): 129.
- [8] 李家治. 我国古代陶瓷和瓷器工艺发展过程的研究[J]. 考古, 1978, (3): 179.
- [9] 李家治. 浙江青瓷釉的形成和发展[J]. 硅酸盐学报, 1983, 11(1): 1.

Brief Discussion on the History of Science and Technology of Ancient Chinese Ceramics

LI Jia-zhi

(Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

Abstract: Ancient Chinese ceramics have a long continuous evolutionary history of 10 000 years. It is unique in the world. Its evolution has a very rich scientific and technological connotation. As a whole, it can be summarized by five milestones for its evolution and by three essential technological breakthroughs for its main advances.

Key words: ancient Chinese ceramics; science and technology of ancient Chinese ceramics; history of science and technology