

第一章

瓷器——中国古代的伟大发明之一

陶器是人类利用化学手段创制的第一种人工制品。制陶技术是人类继掌握取火、用火技术之后，又一项对于人类社会进步有着重要影响的关键技术。

陶器烧制的一般过程是选择好制陶的黏土，将其用水湿润成具有一定可塑性的土团，再将其塑捏成一定形状，干燥后用火烧烤加热，使之烧结成为坚硬的陶器。由柔软的黏土通过自然力（火）变成了坚硬的陶器，这是一种质的变化。用现代的科学术语来讲，陶瓷技术是指将黏土一类的物料，经高温处理变成坚硬有用的器物的技术。黏土是某些岩石（如云母、石英、长石、方解石）的风化产物，由高岭土、多水高岭土以及硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾等金属氧化物、多种有机物所组成，在高温烧成中，黏土发生了一系列复杂的化学变化，包括失去结晶水、晶形转变、固相反应以及低共熔玻璃相的产生等。低共熔玻璃相的产生使松散的黏土颗粒团聚在一起，形成一种多晶聚集体，从而使制品变得更加致密并具有一定的强度。所以，从广义上来说，陶瓷的烧制是一种化学过程，是人类历史上最早从事的一项化工生产。

第一节 制陶技术的发明及其历史意义

陶器的出现是人类认识自然、适应自然、改造自然过程中取得的首批重要成果。陶器烧制与石器、木器、骨器的加工不一样，后者只是改变了自然物的形状，没有改变它的质地。前者则是以自然物为原料，通过高温化学反应而创制出的新材料，不但改变了自然物的形状，也改变了它的本质。高温将黏土制品变得像石头一样坚硬，故后人称其为新石器。

陶器的出现是人类跨入新石器时代的重要标志。陶制器皿由于赋形随意，制作简单，较之石制、木制、骨制的器具，不仅加工较容易，而且原料丰富，比比皆是，因此制陶的发展有较好的资源基础。早期的陶制器皿按用途可分为：汲水食用的杯、碗、盆、豆、壶、孟等；烹食用的釜、罐、甗、鼎等；用作储藏器的瓮、坛、尊、缸等。这些陶制容器和饮食器使食物的储存和食用，特别是水和液态食品的储备和

饮用方便多了。陶制的烹饪器和陶制的炉灶使熟食的方式进一步突破了单纯烧烤形式。陶器的出现使人们更多地使用煮、蒸的技巧来加工食物，不仅丰富了饮食的内容，而且由于煮蒸的食物便于食用和消化，利于营养成分的吸收，这无疑对人类体质的增强和大脑发育都是很重要的。

黏土中的主要化学成分是氧化硅和氧化铝，其次才是少量的钙、镁、铁、钾、钠等多种金属氧化物及某些有机物。故陶瓷器皿属于硅酸盐无机材料的一类。这种材料具有耐火、抗氧化、不易腐蚀、不溶于水等性能，因而在通常的自然环境中，大多可以长期地保存下来。据此，在许多有背景的地层的地层中，包括那些史前时代人类的聚集遗址中往往会留存有许多陶瓷器及其碎片。通过对出土古代陶瓷器及其碎片的科学研究，就可以了解古代社会（包括史前社会）的经济、文化及物质生活水平。所以考古学上常把出土的陶瓷器作为考察判断地层或墓葬的年代的依据，陶瓷器也成为衡量当时文化的元素之一。古陶瓷器及其烧制技术的研究对于历史学、科学史和文化史都是十分重要的。

关于陶器的发明，中国古代文献中曾有多种记述。例如，李耳（即老子）《道德经》说：“埴埴以为器，当其无有，器之用。”这可能是最早的言陶文献。《古史考》说：“神农对食谷，加米于烧石之上食之。黄帝时有釜甑。”宋人高承所撰《事物纪原》述：“《周书》曰：神农作陶。《尸子》曰：夏桀臣昆吾作陶。《吕氏春秋》亦曰：昆吾作陶。高诱云：昆吾，高阳后，吴回黎陆终之子，为夏伯，制作陶冶，埴埴为器也。然黄帝时有宁封人为陶正，则陶始于炎帝明矣。”《周礼·考工记》谓：“有虞氏上陶。”众说纷纭。古人大多是根据传说或推测，提出了自己的看法。为了迎合当时人们崇敬祖先和能工巧匠的心理，他们极力把陶器的发明归于某些传奇式的理想人物，例如，燧人氏、神农、轩辕、有虞氏、宁封、昆吾等。对这些文献所陈述的观点，只要作认真的分析，不难辨其谬误之处。

当代研究制陶技术的起源主要依靠考古发掘的资料和对出土陶器及其碎片的科学检测。例如，1947年美国化学家利比（W.F.Libby，1908—1980年）发明了通过稳定元素碳和天然放射性同位素碳十四相对含量的测定，就可以准确算出这一样品死亡至今的时间，因而在考古学上更准确地测定包括陶、瓷器在内的许多文物的年代。又如1958年德国物理学家穆斯堡尔（R.L.Mossbauer，1929—）发现通过 γ 射线的无反冲共振吸收研究固体微观结构的谱学技术，即穆斯堡尔谱分析法，可以用来分析古陶瓷的烧成火候，推算烧造年代。这些科学手段部分克服了缺乏文字记载的困难，使人们研究古陶瓷能获得较科学的结论。

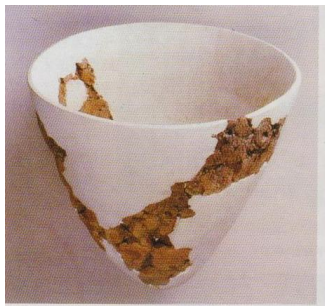
根据对世界诸多地区出土陶器的科学研究，可以认为陶器的出现在世界上至少已有万年的历史了（据近日某报刊报道，北京大学学者对一批江西省万年县仙人洞遗址发掘的古陶器进行测定，确认其年代为2万年前）。首先，古人在生活中认识到黏土经水湿润后是可塑成型的；又在用火的实践中，认识到成型的黏土经火烧烤

后变得坚硬。认识黏土的可塑性和耐火性、烧结性是制陶技术发明的认知前提。陶器究竟是怎样发明的？有许多推测。最流行的一种说法是恩格斯（F.Engels，1820—1895 年）在《家庭·私有制和国家的起源》中提出的一种说法：“可以证明，在许多地方，也许是在一切地方，陶器的制造都是由于在编制的或木制的容器上涂上黏土使之能够耐火而产生的。在这样做时，人们不久便发现，成型的黏土不要内部容器，也可以用于这个目的。”恩格斯的这一观点是接受了美国社会学家路易斯·亨利·摩尔根（L.H.Morgan，1818—1881 年）的研究成果。摩尔根在《古代社会》中，根据他在美洲搜集到的有关制陶术起源的实地调查资料，提出了：“陶器则给人类带来了便于烹煮食物的耐用器皿。在没有陶器以前，人们烹煮食物的方法很笨拙，其方法是：把食物放在涂着黏土的筐子里，或放在铺着兽皮的土坑里，然后再用烧热的石头投入，把食物弄熟。”摩尔根和恩格斯关于制陶术的起源的看法是可信的，也是较科学的。鉴于世界许多民族和某些部族的共同体都是独立发明制陶术的，各有自己的一套方法和经验，可以断定制陶术的发明不可能遵循相同的模式。在中国广西桂林甑皮岩曾发现近万年前的古陶器，由于烧成温度低，都已破碎并包嵌在泥土中。有人通过实验，推测它们很可能是手捏成型后，直接架火烧烤成的。即：先出现泥塑制品，后出现在篝火上烧制成的陶器；先制成片状或条状的简单器具，后制成碗、钵、罐等生活用具。

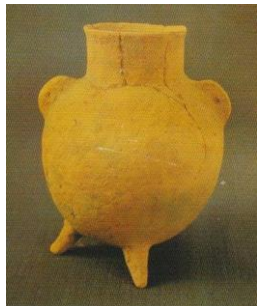
第二节 早期制陶技术及其产品的技术元素

最古老的陶器在世界各文明古国都是各自独立创制的。由于各地区的自然环境和生活条件等诸多因素的差异，不同地区生产陶器的历史进程以及器形、质地与烧造工艺等也不尽相同，各有特色。根据出土的古陶器文物分析、鉴定，中国陶瓷的历史可追溯到新石器时代早期（公元前 13000—前 7000 年）。广西桂林市庙岩、湖南道县玉蟾岩、江西万年县仙人洞、广西柳州市大龙潭、河北阳原县虎头梁、河北徐水县南庄头、广西桂林市甑皮岩、北京门头沟区东胡林等新石器早期遗址都有陶器出土 [见图 1-1(a)]。这一时期，人们只是用“就地选土”的方式采用易成型的常见的泥土作为制陶的原料，继而用树叶作底垫或在平坦的岩石上采用泥片贴筑法成型后，以树枝等木料燃烧获得高温，使之烧结，得到具有一定强度的多孔隙和透气的陶制品。这时的陶器烧成温度低、陶质松软，易破碎。例如，桂林市甑皮岩遗址出土的陶片，经测定，烧成温度只有 680℃ 左右。世界陶器的起源是多元的。据说日本出土了公元前 13000 年的陶片，但是其中一些的烧成温度只有 400~500℃，可以说是没有完全陶化的土器。历史轨迹表明，最早的陶器都是各地区、各民族自己制造的。后来各民族有了交往，制陶技术也得以交流和相互影响。

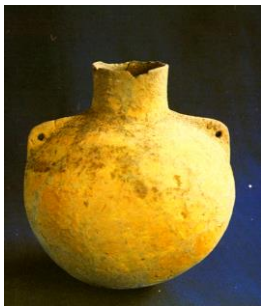
属于新石器时代中期的河南新郑裴李岗文化（公元前 5500—前 4900 年）、河北武安磁山文化（公元前 5400—前 5100 年）和浙江余姚河姆渡文化（公元前 5000—前 3300 年）出土的陶器都是目前被认为具有代表性的遗存陶器 [见图 1-1(b)~(d)]。



(a) 修补的一万年前陶器（湖南道县出土）



(b) 裴李岗文化泥质红陶（河南新郑出土）



(c) 磁山文化红陶（河北武安出土）



(d) 河姆渡文化黑陶（浙江余姚出土）

图 1-1 不同时期的陶器

裴李岗文化是前仰韶文化的一个代表，是中国黄河流域新石器时代中期文化的一个典型。前仰韶文化的氏族部落大多从事原始农业以采集、狩猎经济为主，过着相对稳定的定居的群聚部落生活。从遗址中看到，陶器的品类少，形制简单，薄厚不匀，质地松脆，火候不匀。以泥质红陶为主，夹砂红陶次之，制坯方法为手制、模制兼用。制作时先在外模中铺以绳网，然后在模内敷泥做成陶坯。由于绳网起着隔离模子与陶坯的作用，陶坯干后易于从模中脱出。工艺尚较原始。器物组合为炊具、饮食器、水器以及储藏器，已普遍用三足、圈足。从内在质地来看，其中的细泥红陶断面相当细致，颗粒度也小，说明采用的制陶原料可能是一种经挑选的较细的易熔黏土。夹砂红陶是在原料中有意识地掺入了细砂，说明已认识到制作烧灼器须有较好的耐冷热急变的性能，故须掺点细砂。成型主要是手捏，部分采用以木板为垫板的泥条盘筑技术。焙烧主要采用露天的覆烧技术，火候不够高而且不好掌握，所以陶器会出现色杂、斑点。也有少数可能是在横穴窑中烧成的。

磁山文化为前仰韶文化的又一代表遗存。出土的陶器大部分为夹砂红褐陶，也有泥质红陶，其陶坯都是手制。器皿有盂、盘、三足钵、双耳小罐、杯、豆、漏斗形器，后期增添了碗、圆足罐等，还发现了个别彩陶。烧成温度与裴李岗的相近，约 800~900℃。

河姆渡文化出土的陶器主要是夹炭黑陶，夹砂黑陶次之。器皿有釜、盘、罐、钵、盆、豆等。对这类黑陶经研究表明，夹炭黑陶是在绢云母质黏土中有意识地掺和了炭化的稻壳和植物茎叶而烧成的。加入这些炭化后的植物，可能是为了减少黏土的黏性和因干燥收缩和烧成收缩而导致的开裂。无论是夹炭黑陶，还是夹砂黑陶，其含铁量都非常低（1.5%~1.8%）。这可能与当地富产较纯的绢云母质黏土有关。这些黑陶的烧失量较大，最大可达 13.42%。这是由于陶坯中含有炭和有机质的缘故。

随着社会由母系氏族社会到父系氏族社会，从“三皇五帝”到夏商周，各地区的制陶生产都在扩大发展。黄河流域的陶器以红陶为主，前仰韶文化生产的是红陶，到了仰韶文化又增添了灰陶、彩陶；发展到龙山文化，黑陶、白陶又成为别具特色的新品种。长江下游地区则由夹砂黑陶出发，逐渐演进为灰陶、红陶；华南地区陶器由粗红陶逐步发展到红陶、灰陶、黑陶。这些千差万别的现象，只能反映出各地的先民都是根据当地资源状况，就地取材，因地制宜地生产自己所需的陶器。品种在增加，器形在变化，工艺在提高。尽管各地陶器品种和演进模式不一样，但是有一个基本事实：在新石器时代，中国大地上最常见的陶器是红陶、灰陶及黑陶、白陶、彩陶，它们分别包括泥质和夹砂两类。制陶技术中，原料的选择和加工、烧成温度和烧烤过程中的技巧是两项关键技术元素，成型技术虽然也重要，但不是影响陶器质地的关键因素。

对于原料的选择，先民们逐渐积累了经验，从粗放到精心挑选和着力加工。制陶的原料包括黏土和掺和料，以黏土为主。黏土加水和成泥料，泥料应具有相当的可塑性和凝胶性。可塑性是指在外力作用下可发生显著形变而不断裂的性质；凝胶性即在外力作用下或干燥过程中，坯体不易开裂的性质。对黏土这两点性能的认识是制陶技术产生的前提。可塑性和凝胶性都取决于黏土中氧化铝和氧化硅的某些盐类胶体物质及铁、钙、镁、钠、钾等的氧化物所生成的电解质盐类间的合理配比，即与黏土的化学组成和化学结构有关。另外，可塑性也依赖于黏土的颗粒粗细。一般来说，砂质黏土由于含有较多的粗颗粒，可塑性就较差，坯体在成型过程中易开裂，只有经反复拍打或滚压后才能消除裂纹。

黄河流域的普通黄土，一是杂质多、砂粒多，二是氧化钙含量较高，所以不能胜用。先民们虽然没有这种常识，但是已在感性上重视了原料的选择。他们选用的红土、沉积土、黑土或其他颗粒较细的黏土，可塑性较好，都是制陶的可用原料。鉴于河边的冲积黏土较细和纯洁，先民发展起黏土的人工淘洗、陈化工序。在裴李

岗文化遗址中，就发现有淘洗池。淘洗工序能除去较大的砂粒及杂质。同时，在淘洗中部分粗颗粒由于水的浸润而会碎裂变细，淘洗后的黏土再经过陈放一段时间，黏土的可塑性和凝胶性都会显著提高。但是，若陈化时间过长，水分蒸发过多又可能导致可塑性下降。由此人们朦胧地知道可塑性与含水量有关。先民掌握含水量的方法主要凭经验，用手捏泥条，既不粘手，又不开裂，并感到有一定的韧性，即是合适了。陈化过程的实质是黏土中一些固态的成分在水的作用下，变成饱含结晶水的凝胶体。凝胶体的存在是可塑性的化学物质基础。总之，识别并选择黏土，再用淘洗、陈化的方法来提高黏土的可塑性，是新石器时代制陶技术中取得的第一项科技成果。

掺和料的运用则是制陶技术中的又一项科技成果。为了解决一般易熔黏土陶坯在干燥或烧成过程中的开裂问题，特别是提高成品的耐热急变性能，先民很早就注意到往黏土中分别添加砂粒、石灰粒、稻草末、碎陶末等掺和料。掺和料会在陶胎结构中形成空洞，减少在热胀冷缩或失去水分过程中陶胎的开裂。故此，陶器中夹砂陶成一类，特别是作为炊器的釜、鼎、鬲等，掺和料的加入量就较高。

在新石器时代中、后期，制陶除采用手捏和模制法外，最常见的是泥条圈筑法和泥条盘筑法。前者将坯泥制成泥条，然后做成圈，再一圈圈叠上去，粘合后并将里外抹平制成器型。后者是先制成一根长泥条，再连续盘旋向上筑造，里外抹平成型 [见图 1-2(a)]。两种方法没有太大差别，至今仍在手工制陶中沿用。在仰韶文化中期，先民已掌握了垫板与木桩相楔合的慢轮修整的方法 [见图 1-2(b)]，慢轮即是后世陶瓷生产中辘轳车的鼻祖，也是一项了不起的发明。



(a) 泥条盘筑法



(b) 慢轮制陶

图 1-2 早期的制陶成型技术

为了增加陶器的光滑美观，陶工在陶坯烧成之前，常用鹅卵石或骨器对半干的陶坯表面进行碾压摩擦，使它显得光滑。这样做与拍打效果一样，也会促使陶质更加致密，减少开裂。同时，烧成后，陶器表面会有光亮。表面修饰的另一种方法是

在陶器表面挂上一层陶衣。其方法是用粒度较细的黏土加水制成泥浆，施于半干的陶坯表面，烧成后陶器表面就有一层陶衣。若采用了含氧化铁较多的黏土制浆，陶衣就呈红色或棕色。若采用氧化铁含量较低，并配入碱性熔剂（如方解石）的瓷土，陶衣就呈白色。同时，陶衣还可掩盖陶胎上的疵点，便于上彩。施加陶衣的方法似乎在仰韶文化时开始流行，仰韶文化时期的彩陶大多挂有陶衣。这种装饰方法延续到后来，导致了釉的发明。

成型、晾干的陶坯必须再在一定温度下烧烤，才能成为实用的陶器。烧陶技术和火候的掌握是陶器生产中最重要的一环，同时也是衡量制陶技术水平的一个重要尺度。制陶过程的化学变化就是在这—阶段完成的。烧陶设备环境，特别是陶窑，实际上就是黏土的陶坯完成化学变化的反应容器。烧陶温度和烧成气氛则是实现化学反应的两项技术元素。

早期的烧陶技术经历了平地露天堆烧→一次性泥质薄壳封烧→竖穴窑或横穴窑烧陶的演进。通过 1978 年陶瓷专家对云南西双版纳傣族和西盟佤族原始制陶工艺的考察，可以看到这三种烧陶方式至今仍在使⽤，表明这种技术在古代曾被广泛地使用过。

据对迄今已发现的新石器时代 200 多处窑址遗存的研究，可以得出这样的结论：新石器时代的中后期最常见的烧陶方式是采用了横穴窑或竖穴窑。仰韶文化的早、中期，似乎横穴窑较普遍，并有一定的代表性。竖穴窑较横穴窑略有改进，它的窑室位于火膛的正上方，火膛为口小底大的袋形坑，有数股火道与窑室相通。半坡仰韶文化遗址的竖穴窑还较原始，火道就是采取垂直的形式。但稍后的发展是窑室不再直接位于火膛上，火焰是通过倾斜的火道进入窑室。窑室底部呈“北”字形的沟状火道或在火道上修建多火眼的窑算。火膛、窑室相对位置的变化，火道、火眼的增加及其在窑内的均匀分布，都是为了便于火焰进入窑室，提高窑室的温度。这种竖穴窑为后来的龙山文化所继承。

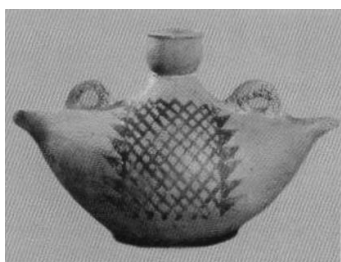
据对出土的上述陶窑所烧成的陶器的测试，它们的烧成温度一般在 900~1050℃。上述陶窑的窑壁上部往里收缩，可以推测当时可能用植物茎秆涂抹封顶，既保温又利于空气进入。早期的陶窑大多是就地挖穴而成，后期的部分陶窑，其窑室已高出地面，因而只是部分挖穴而就。这些窑中，从火膛所产生的火焰经过火道、火孔进入窑室，自顶口排出，火焰流向从下而上，所以都属升焰窑，不能控制进入窑室的空气量，火焰温度也就不高，陶器的烧成温度在 1000℃ 以下。若火焰中还含有大量剩余的氧气，那么窑室的烧成气氛为氧化气氛，陶坯中的铁元素呈高价状态（三氧化二铁），故烧成的陶器呈现黄红色或褐红色，这就是红陶。若烧柴过多，火焰中有大量的游离烟存在，或在烧成后期用植物茎秆把窑顶口封住，又再喷水（初时的目的大概是为了迅速降低窑温，以取出烧成产品），陶坯中的铁元素被还原成低价状态（氧化亚铁），产品就会呈灰色或灰黑色，这就是

灰陶。

从出土遗存的资料来看，仰韶文化时期（约为公元前 4515—前 2460 年）的陶



(a) 仰韶彩陶



(b) 彩陶船形壶



(c) 彩陶钵



(d) 彩陶双耳瓮

图 1-3 仰韶文化的彩陶

器，以细泥红陶和夹砂红陶为主，细泥彩陶是其中的佼佼者，灰陶还少见，黑陶更为罕见（见图 1-3）。从仰韶文化晚期的个别遗址中曾发现少量近似的白陶，很可能是采用了不纯的瓷土烧制成的。中原地区的龙山文化时期（约公元前 2310—前 1810 年），其制陶业以灰陶为主。这一变化可能与陶窑结构的改进和烧陶技术的提高有关。其间，红陶仍占一定比例，黑陶的数量在增加。黄河上游的马家窑文化（约公元前 3190—前 1715 年），陶器以泥质红陶为主，彩陶显得格外发达。之后的齐家文化（约为公元前 1900—前 1600 年），陶器以泥质红陶和夹砂红陶并重。分布在黄河下游的山东、江苏北部一带的大汶口文化（约公元前 4010—前 2240 年），早期以红陶为主，晚期种类增多，灰陶、黑陶比例显著上升，并出现了白陶。大汶口文化的彩陶虽然不多，但是颇具特色，许多陶器都挂有一层陶衣，所以陶色比较多，有红、灰、青灰、褐、黄、黑、白等。其中黑陶的胎色多呈红色或灰色，所以实质上是挂了一层黑色陶衣的红陶或灰陶，俗称黑皮陶。山东龙山文化（约公元前 2000—前 1500 年），陶器的最大特色是黑陶为主，灰陶不多，红陶、白陶只是少量。其黑陶有细泥、泥质、夹砂三类，其中以细泥薄胎黑陶的制作水平最高。它的胎壁厚，有的仅 0.5~1.0 毫米左右，采用精细黏土制胎，烧成前又经打磨，在烧成中有意让炭黑掺入胎体，所以通体乌黑发亮，俗称蛋壳黑陶（见图 1-4）。

长江中游地区新石器时代的代表性地域文化是大溪文化（约公元前 3825—前 2400 年）和屈家岭文化（约公元前 2600—前 2200 年）。前者的陶器以红陶为主，也有

一定数量的灰陶和黑陶。个别遗址曾发现有白陶。后者早期的陶器，黑陶占较大的比例，红陶不多。晚期则以灰陶为主，黑陶、红陶次之，此外还有彩陶。最有特色的是薄壳彩陶，其胎壁厚有的仅 1 毫米左右，故有蛋壳彩陶之称。



(a) 红陶碗



(b) 灰陶尊



(c) 蛋壳黑陶高柄杯



(d) 白陶鬶

图 1-4 早期的红陶、灰陶、黑陶、白陶

长江下游地区，继河姆渡文化之后的是马家浜文化（约在公元前 3760—前 2685 年）和良渚文化（约公元前 2750—前 1890 年），河姆渡文化早期陶器以夹炭黑陶为主，夹砂黑陶次之；到了晚期，夹砂红陶激增，夹砂灰陶次之，夹炭黑陶减少。马家浜文化的陶器以夹砂红陶为主，并有部分泥质红陶、灰陶及少量黑陶和黑皮陶。良渚文化的陶器以泥质黑陶最具代表性，但是它们的绝大多数属于灰胎黑皮陶，黑皮还较易脱落。薄胎黑陶仅是少数。

以上的考古资料表明，在新石器时代，各地的制陶技术发展是不平衡的，一方面是就地取材，因地制宜，发展有特色的陶器；另一方面又有交流，互促共进，产品是多元的。在生产生活用陶的同时，开始追求陶器的观赏和艺术效果，彩陶、黑皮陶，特别是蛋壳黑陶和蛋壳彩陶的出现很能说明问题。尽管陶器的品种千变万化，但是制陶技术仍建立在相同的技术元素之上。

红陶与灰陶的区别主要在于烧成中的技巧不同。早期的陶窑，即便是燃烧室和烧陶室已分开的横穴窑，由于是敞口的，只能烧氧化焰，故出红陶。随着陶窑的发展，竖穴窑的进步，陶坯装窑后，窑门基本封闭，只留一个观火孔，出现了可以封

堵窑室的结构，既能烧氧化焰，又能烧还原焰。在氧化焰烧成后，将火口的大部分加以覆盖，只留一个小口用来加柴、通风及掏灰；再用石板等将出烟口封闭，上面用草拌泥覆盖，并造一个土埂围成的窖水池；然后进行还原焰烧成。由于出烟口已封，观火口成为出烟口，火焰上升到窖顶后倒下来流向窖室坯体，废气则从观火口排出，实际上形成半倒焰营造还原焰氛围。经此还原焰烧制，陶胎内氧化铁遂被还原为氧化亚铁。最后将观火孔也封闭，同时将水慢慢倒下，让水透过覆盖层渗入窖内，产生蒸汽呈雾状，进一步让陶器处于还原气氛中，防止重新氧化，烧成的陶器就是灰陶或灰褐陶。在有意制造还原气氛的同时，产生大量的游离碳离子，让它们渗透进陶胎，这种状态下生产出来的陶器就呈黑色。所以，黑陶的制造也是窑炉和烧陶技术发展的结晶。

白陶是指表面和胎质都呈白色的一种陶器。它与红陶、灰陶、黑陶比较，不仅是颜色不同，更重要的是胎质不同。据对出土的大批白陶的科学分析表明，白陶的共同特点是胎质中氧化铁含量比一般陶土低得多，而氧化铝含量明显较高，故烧结后的成品呈白色。新石器时代出土的白陶分两类。年代与河姆渡文化相近的浙江桐乡罗家角文化遗址出土的白陶和大溪文化出土的部分白陶，都是以高镁质、易熔黏土为原料。这种黏土又称为滑石黏土，是某些富含氧化镁的矿物，例如辉石、角闪石、绿泥石、滑石的风化产物。其化学组成的特点是氧化镁含量高达 15%~24%，氧化铝含量只有 4%~8%，氧化铁含量也较低，约为 1.6%~3.8%。这类黏土加热到 1100℃ 以上，就会产生大量玻璃相，制品就会变形，甚至软塌。因此，这类黏土可以制陶，但不能制瓷。大溪文化的另一部分白陶和大汶口文化及龙山文化的白陶属于另一类白陶。它仍采用与瓷石成分相近的黏土（人们习称其为瓷土）或高铝质黏土（即高岭土）为原料烧成。以上白陶的发现和研究表明中国是世界上最早使用瓷土和高岭土的国家。瓷土的发现和使用为瓷器的发明准备了物质和技术的条件。

第三节 从陶到瓷的技术进步

瓷器是中国古代的伟大发明，也是中外文化交流的重要媒介，一度成为对外展示中国古代文明的常见礼品。然而从古代至近代，陶与瓷有什么区别，很多人都说不清楚。他们常把陶与瓷视为同一概念。例如，清代朱琰的《陶说》，人们公认它是中国陶瓷史中一本重要的专著，在此书中，著者说：“于是乎钺金、镂银、琢石、髹漆、螺甸、竹木、匏蠡诸作，无不以陶为之，仿效而有。”这里的“陶”字，确切地说应是“瓷”字，这种把陶与瓷当作同义词的话，该书还有多处。在唐英的《陶冶图说》、蓝浦的《景德镇陶录》及《陶雅》、《陶记》等一大批古代陶瓷著作也是如此。由于历史的局限，缺乏科学知识的目光长期困扰了古人，使其忽视了陶与瓷

的区别，致使他们或以陶代瓷，或以陶囊括了瓷。这种状况的存在，影响了对中国陶瓷史的深入研究，当然，说清瓷器的发明就很困难。

在 20 世纪 70 年代后期，在众多考古新发现的基础上，陶瓷史学术界集合了考古文物专家、陶瓷专家及相关的大学教授，共同研讨陶与瓷的科学定义，解决中国陶瓷史上这个久悬未决的难题。认为瓷器应具备以下三个基本条件，也就是烧瓷的三个关键要素。

(1) 对原料的组成有一定的要求，原料中的氧化铝和氧化硅的含量要提高，达到合理的配比，氧化铁含量要降低，以减少它对呈色和烧结的影响。说具体一点就是基本上采用瓷土、高岭土为原料，而不是普通黏土。

(2) 应经过 1200℃ 左右的高温烧成，烧成后的胎质烧结致密，吸水率很低（少于 1%），击之发出清脆的金石声。

(3) 器表施有在高温下烧成的玻璃釉，胎釉结合牢固，厚薄均匀。

三个要素中，原料是瓷器形成的内在因素，烧成温度和施釉是瓷器形成的外部条件，三者必须同时具备，缺一不可。

有了这样的标准，就可以考察出土的古代某类器物究竟是陶还是瓷。在商代中期的遗址和墓葬中，出现一种带有青灰色、青黄色或青绿色釉的器皿，在随后的周代遗存中又有更多的发现。它分布很广，包括黄河中下游的今陕西、河南、河北、山东、山西和长江中下游的今湖北、江西、安徽、江苏、浙江等地区。这类青釉器的器表内外都敷有一层厚薄不匀的玻璃釉，但还较原始，胎釉结合不牢，易剥落。胎以灰白色为主，也有呈较深的灰或褐色，多数质地坚密，有的断口还呈现玻璃态光泽。殷商和西周早期的这类器物，其成型工艺多为泥条盘筑，到了春秋晚期已发展为轮制拉坯成型。多数器物表面还拍有印纹饰，器形以尊、罍、钵、罐、瓮、豆、碗等为主。

中国科学院硅酸盐研究所的古陶瓷专家李家治等人采集了自商代中期至春秋战国的上述青釉器标本 40 多件，进行了测试。从测试的数据来看，这些青釉器的胎体中，氧化硅的含量都在 75% 左右，氧化铝的含量在 15% 左右，两者加起来在 90% 左右。瓷土或高岭土的主要化学成分是硅酸铝，高岭土是一种黏土矿物，其理论组成按氧化物的形式可写成 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。瓷土的组成是高岭土、石英、长石的加合物，所以氧化硅、氧化铝的含量较高。由此可推测这些青釉器采用的原料是瓷土或高岭土。而由易熔黏土烧成的陶器，其胎的化学组成是氧化硅含量在 70% 以下，加上氧化铝，其总量仅有 80% 左右，与瓷土烧结物化学组成的差别明显。另外，在上述青釉器的胎体中，氧化钙、氧化镁等碱性氧化物含量明显降低，大多在 1% 以下，而一般陶器中，大多在 3% 以上；青釉器的胎体中，氧化铁的含量一般小于 3%，而一般陶器中，为 6% 左右，因此青釉器的胎体较白。由于青釉器胎体中酸性氧化物含量增加，碱性氧化物含量减少，要求的烧成温度就高，窑温

在接近于 1200℃ 高温烧成中才能烧结。烧结后才有坚硬致密的质地，开口的气孔大大减少，所以吸水率明显降低。总之，原料之差异致青釉器的质地明显有别于一般陶器。

上述青釉器内外有一层玻璃釉，仪器分析测定表明它是以氧化钙为助熔剂的石灰釉。石灰釉的熔点在 800℃ 左右，属高温釉。它是以氧化亚铁为呈色剂，所以呈淡青绿或青黄色。玻璃釉的发明很可能是人们在有意配制白色陶衣泥浆（以求美观）的实践中，偶然发现并逐渐认识到方解石粉或石灰具有成釉作用，而某些含氧化铁的易熔黏土具有着色作用，在还原气氛中烧成后呈青色。这一经验的取得直接导致了石灰釉的发明，即在易熔黏土中掺入一定量的方解石粉或石灰，就配成了石灰釉浆。

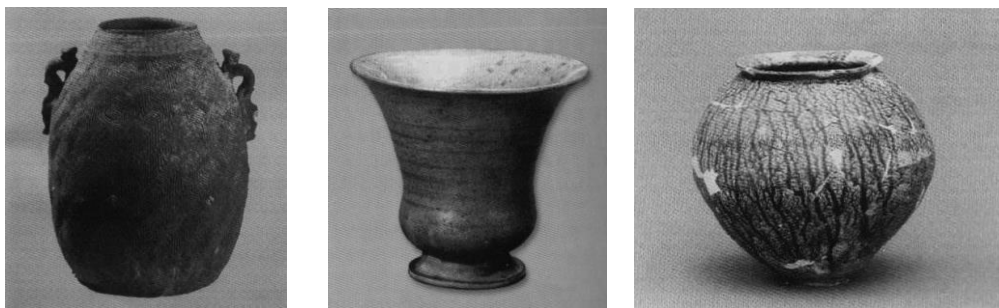
对上述青釉器的测定，表明它们的烧成温度都已达到 1200℃ 左右，烧成气氛多数为弱还原焰，少数为弱氧化焰。根据考古发掘资料可知，商周时期的烧窑技术有了很大提高。青釉器的烧成温度之所以能达到 1200℃ 左右，显然它们大多是在有烟囱的陶窑中烧成的。在战国时期出现了龙窑和圆窑。结构的改进和发展，不仅提高了烧成温度，也便于烧窑气氛的控制，这当然有利于具有较稳定釉色的青釉器的烧成。

观察这些青釉器的显微结构，可以看到它们的胎体中石英颗粒大小不一，还有一定量的莫来石（莫来石是煅烧后的普通陶瓷中含有的一种最重要的 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的二元体系矿物结晶）和相当比例的玻璃相，并有一定量的气孔。可见其矿物结构与泥质陶器有着本质的区别。青釉器的釉的显微结构比较简单，一般多是已完全熔化的玻璃，非常透明，除少数小气泡和极少量残留石英外，几乎别无他物。

综观上面的科学测试和分析，可以认为这些青釉器在本质上区别于陶，基本上具备了作为瓷器的三项基本条件，故能称作瓷器。但是，无论在原料、成型、施釉和烧成方面，处处可以见到它继承制陶工艺的痕迹。例如，有些瓷器的原料中也混有大量的大颗粒的石英砂，表明它与生产夹砂陶的经验有关；有些瓷器外表也拍有印纹饰，内壁留有抵手的凹窝，显然与印纹陶的工艺有关。这些瓷器的釉层一般较薄，又时常是厚薄不匀，有的还有流釉现象或凝聚斑。其瓷胎的气孔率随着烧结程度的不同而变动，一般在百分之几，少数也有达到百分之十几，即大于瓷器而小于陶器。它们的抗弯强度一般为 200~400 千克/厘米²，虽然小于标准瓷器，但比泥质陶的 80~90 千克/厘米²要强得多。因此称这些瓷器为原始瓷器（见图 1-5），反映了它们存在着从陶到瓷的初级阶段和产品原始性的特征。

为什么说原始瓷器是陶向瓷过渡的产物？原始瓷器究竟是由哪种陶发展来的呢？曾有人认为，原始瓷器是由白陶进化而来。理由是白陶也是以高岭土或瓷土为原料。其实并不尽然。上面在介绍白陶时已经指出，那种采用镁质易熔黏土烧制的白陶是不可能演进为瓷器的，因为这类黏土在 1200℃ 高温下会烧塌。另一类由高

岭土或瓷土烧制成的白陶，虽然原料相近，但是在考古资料中找不到它与原始瓷器的联系。在考古发掘中，倒是看到了原始瓷器与印纹硬陶（见图 1-6）在浙江、江西、湖南、福建一些商代遗址中共同出土，甚至于在同一窑址中出现。印纹硬陶出现在原始瓷器之前，原始瓷器应是由印纹硬陶发展而来。



(a) 印纹硬陶罐

(b) 商代原始瓷尊

(c) 西周原始青瓷

图 1-5 原始瓷器

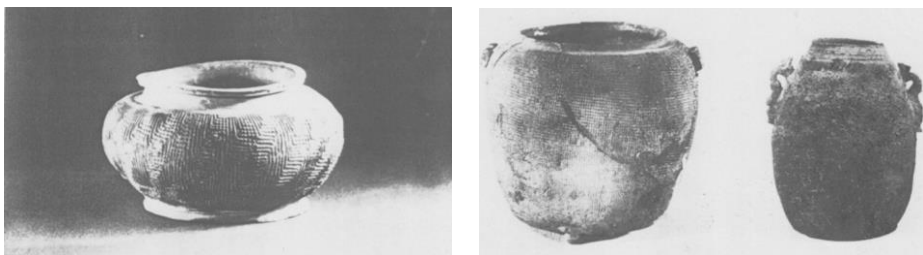


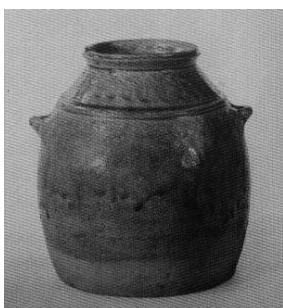
图 1-6 印纹硬陶

对印纹硬陶的科学测试验证了这一结论。印纹硬陶中氧化硅含量较一般陶器高，个别达到了 72%，但多数低于 70%，而不像原始瓷器那样达到了 75%；印纹硬陶中碱性氧化物含量，特别是氧化钙和氧化镁的含量较一般陶器有所降低，与原始瓷器相差不多，但是氧化铁含量明显高于原始瓷器，所以胎色棕褐。印纹硬陶的烧成温度也达到了 1200°C ，与原始瓷器持平，但比陶器高得多。从显微结构来看，印纹硬陶既不同于原始瓷器，也不同于陶器，而是介于两者之间。以上测试资料表明，印纹硬陶无论在化学组成、显微结构诸方面，还是从烧成等工艺条件，确是介于原始瓷器与陶器之间，所以认为印纹硬陶在由陶向瓷过渡中搭起了一座桥，原始瓷器是通过这座桥，即在印纹硬陶制作工艺中孕育出来的。

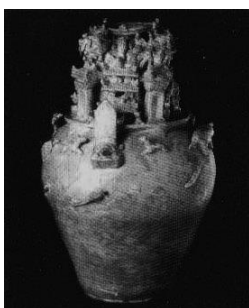
原始瓷器的出土及其研究，是中国陶瓷史上的大事。它表明在商代中期，中国先民已发明了瓷器，尽管它还处于初始的状态，但是它毕竟是瓷不是陶。它是在制陶技术发展之中孕育生长的，制瓷工艺是制陶技艺的发展和创新。原先制陶技术中的两个技术要素：原料的配比和加工、烧成温度和烧成气氛，在制瓷技术中都得到

了发展，有了新的要求及标准。制瓷中又增加了一个新的要素：釉的配制和运用，该要素将在瓷器的下一阶段发展中起主导作用，同时它也对制陶技术的提升产生影响，釉陶的产出就是一个例子。

从对众多的原始瓷器的科学分析来看，从商代中期起始，直到东汉晚期，制瓷技术经历了 1500 年的发展，才逐渐克服其原始性而生产出完全达到瓷器标准的成熟青瓷。浙江上虞县小仙坛东汉晚期窑址出土的瓷器就是一个代表。中国科学院上海硅酸盐研究所的陶瓷专家对这批出土的瓷器进行了测试（见图 1-7）。他们注意到被分析的瓷片与窑址附近的瓷石，两者化学成分十分接近。表明当时瓷窑烧瓷是就地取材，是以当地瓷石作原料，并经一定工序的筛选加工，烧成的瓷器具有较好的瓷化程度，其气孔率在 0.5% 以下，透光性较好，0.8 微米的薄片已微显透光；胎质致密，吸水率仅 0.28%，应当是在 $1260\sim 1310^{\circ}\text{C}$ 的高温中烧成的。瓷器表面通体施釉，釉质光润，釉层较原始瓷器明显增厚，釉层透明，有淡雅清澈之感；胎-釉结合紧密牢固。据检测，釉依然是石灰釉，含氧化钙在 15% 以上，在还原气氛中烧成。再根据显微镜观察和 X 射线分析可以看到，在瓷胎中残留的石英颗粒较细，分布均匀，石英周围有明显的熔蚀边缘，棱角都已圆钝，说明烧成温度较高。长石残骸中发育较好的莫来石到处可见，偶尔可见玻璃中的二次莫来石。玻璃态物质也较多，



(a) 东汉青瓷罐



(b) 三国青瓷堆塑坛



(c) 南朝越窑青瓷



(d) 三国青瓷羊

图 1-7 成熟的青瓷

还有少量闭口气孔。总体上来看，瓷胎的显微结构与近代瓷质基本相同。瓷釉内已无残留石英，其他结晶亦不多见，釉泡大而少，因此釉层很透明。胎-釉交界处可见多量的斜长石晶体自胎向釉伸展，从而形成一个成分交织的反应层，使得胎-釉结合牢固，故极少出现剥釉现象。

这些成熟青瓷是在什么样的技术环境中生产的呢？对此古陶瓷专家曾做了进一步的探讨。从东汉瓷窑遗址的周围环境来看，大多有较充足的水力资源，加上汉代已普遍采用脚踏碓和水碓的情况，可以判定汉代有可能采用水碓来粉碎瓷石，以提高坯土的细度。在上虞东汉瓷窑遗址中，还发现了陶车上的构件——瓷质轴顶碗。从这一构件可以推测，当时已有相当进步的陶车及熟练的拉坯技术。根据对瓷釉的化学分析，表明釉配方也有进步，施釉方法又由刷釉改回为浸釉，从而使釉层厚而均匀。最重要的进步还表现在窑炉结构的改进和烧窑技术的提高。根据对上虞、宁波、永嘉、温州等地东汉瓷窑遗址的考察，发现当时普遍采用的是龙窑，而且这种龙窑较战国时期龙窑又有很大改进。这些龙窑都是因地制宜地在山坡上修筑，窑身前后有一个相当大的落差，形成一定程度的自然抽风，不必另筑烟囱。这类窑炉一般比较低矮，窑体的发展在于延伸窑室的长度，窑体明显较战国时的长。这不仅增加了装烧量，还使流动的火焰延长了在窑内的滞留时间，有利于窑温的提高和均匀分布。这种龙窑具有升温快，又能迅速冷却的特点，恰好适宜青瓷对烧成工艺的要求。因此，该时期窑炉结构的改进、窑温的提高，创造了成熟青瓷出现的必要条件。根据 20 世纪 90 年代以来的考古发现，浙江西北部的德清地区也出土了东汉晚期的成熟青瓷，表明该地区也是当时青瓷的主要产区。

第四节 各种名瓷的技术剖析

一、著名的唐代色瓷

(一) 越窑青瓷

当年浙江东北部的绍兴、上虞、余姚、慈溪、宁波、鄞县一带生产的青瓷，在唐代统称为越窑青瓷。它创始于东汉，盛于唐代、五代，衰落于宋代。从三国、两晋到南朝，这时期的越窑青瓷，人们习称其为早期越窑青瓷。这时期制瓷工艺基本上已摆脱了东汉晚期承袭陶器和原始瓷器的某些工艺痕迹，呈现出自己的特点。在成型方法上，除轮制技术有了提高外，还采用了拍、镂、雕、堆和模制，能够生产方壶、槁、谷仓、狮形烛台等形态复杂的器物。茶具、酒具、餐具、文具、容器、盥洗具、灯具等样样齐备。瓷制品逐渐渗入到生活的各个方面，部分地替代了木器、



漆器、竹器及金属制品，展示了瓷器发展的光辉前景。早期越窑青瓷随工艺水平的发展，质量逐渐在提高。三国时期的青瓷胎质坚硬细腻，呈淡灰白，少数烧成温度不足的，胎质较松，呈淡淡的土黄色。釉质纯净，以青色为主；釉层均匀；胎釉结合牢固。南京赵士岗东吴墓出土的青瓷虎子和南京清凉山另一座东吴墓出土的一对青瓷羊，可以说是当时青瓷的代表作。两晋时期的青瓷较这两项作品又有进步，胎骨比前稍厚，胎色较深，呈灰或深灰色，釉层厚而匀，普遍呈青灰色。当时掌握青瓷工艺是很不容易的，青瓷的石灰釉中因含有 1%~3%（至少大于 0.8%）的氧化亚铁，才能使釉色呈青绿色。这不仅要求配制釉药量要准确，含铁成分要适当，还必须严格控制窑温和通风状况；若含铁过高（大于 5%）或通风量过大，使瓷品在氧化气氛中烧成，使釉中的铁处于氧化铁状态，那么釉色就会变黄或呈暗褐色。

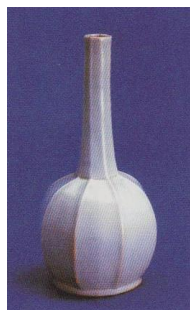
综观早期越窑青瓷，胎质已致密坚硬，外施光滑发亮釉层，更有各种花纹的装饰，美观典雅，而且经久耐用，不沾污物，耐腐蚀，便于洗涤。成熟青瓷的使用功能和艺术观赏价值明显高于当时的一般陶瓷品，必然愈发受到当时人们的喜爱。青瓷技术很快被推广，到了南北朝时期（公元 420—589 年）烧制青瓷比较普遍。在南方，以浙江、江苏地区的青瓷生产发展最快。在北方，也出现许多烧造青瓷的地方。由于都是就地取材，发展起来的青瓷技术及产品都带有地方特色。在上虞、宁波等青瓷窑址中，还发现了黑釉瓷器。在湖北、江苏、安徽等地的东汉墓葬中，也出土过黑釉瓷器。在北方的个别烧造青瓷的窑址中出现了白瓷。这种窑场在增加，瓷品增多的现象在隋唐更为突显，形成了唐代“南青北白”的局面，在宋代更有窑系林立、名瓷辈出的繁华景象。

史称中国饮茶兴于唐而盛于宋。饮茶特别讲究茶具，而茶具绝大多数是采用瓷器。因此，瓷质茶具可以从另一个视角来评论瓷器的品牌。生活在中唐时期的茶圣陆羽在《茶经》中曾对当时的茶碗有一番议论：“碗，越州上，鼎州次，婺州次，岳州次，寿州、洪州次。或者以邢州处越州上，殊为不然。若邢瓷类银，越瓷类玉，邢不如越一也。若邢瓷类雪，则越瓷类冰，邢不如越二也。邢瓷白而茶色丹，越瓷青而茶色绿，邢瓷不如越三也。……，越州上，口唇不卷，底卷而浅，受半升而已。越州瓷、岳瓷皆青，青则益茶，茶作红白之色，邢州瓷白，茶色红，寿州瓷黄，茶色紫，洪州瓷褐，茶色黑，悉不宜茶。”陆羽偏爱越窑青瓷，以冰玉来描绘它釉色的明澈晶洁。在唐代，青瓷不仅在数量上远远多于白瓷，而且在制瓷技术上也是处于最高水平。越窑青瓷的原料加工和成型制作都很精细，瓷土经认真的粉碎和淘洗，坯泥在成型前经过反复揉练，所以瓷胎细腻致密，不见分层现象，气孔也少，呈灰、淡灰或淡紫色。器形规整，特别到了唐末，坯体显著减薄减轻。釉层均匀，剥釉现象更为少见，一般呈青色，滋润而不透明，隐露精光，如冰似玉。晚唐时期制瓷工艺的最大进步是匣钵的使用和装窑技术的改进。在唐代中期以前，越窑还没有使用

匣钵，坯件大多采用叠装，用明火烧成。碗、盘等坯件逐层叠装，器件内外留有窑具支烧痕迹，釉面难免有烟熏或黏附砂粒的缺陷。使用匣钵后，坯件在匣钵中叠装放置，不再重叠，损坏大为减少，也不易被污染，烧成的青瓷胎体细薄，釉面光滑，质量显著提高（见图 1-8）。精美的越窑青瓷到了五代时期，其部分产区为统治吴越国的钱氏所垄断，成为中国最早的官窑。其典型产品属于供奉宫廷之物，庶民和官绅富贾都不得使用，显得十分神秘，故有“秘色瓷”之称。根据对出土的秘色瓷的考察，它质地细腻，原料经过精细处理，瓷胎呈浅灰或灰色，胎壁较薄，表面光滑，器形规整，口沿细薄，给人以轻巧之感。胎内外通体施釉，薄而均匀，釉色有的纯青，有的青中带黄，滋润有光泽。由于数量很少，秘色瓷更为珍贵（见图 1-9）。



(a) 上海博物馆藏



(b) 故宫博物院藏

图 1-8 唐代越窑青瓷

越窑青瓷虽然代表了当时青瓷制作的最高水平，但是陆羽列举的鼎州、婺州、岳州、寿州、洪州诸窑烧造的瓷器也是当时的名瓷，它们也各有特色，反映了制瓷技术发展的多元化和地方性。位于今浙江金华地区的婺州窑，自西晋晚期就稍有名气，它使用含铁量较高的红色黏土做坯料，烧成的瓷胎呈深紫色或深灰色。由于胎色深，一般在施釉前都先上一层白色化妆土，施釉后烧成，釉色呈青灰或黄中稍泛褐色，釉面滋润柔和。釉面时有开裂（胎、化妆土、釉三层之间的热膨胀系数不同所致），开裂处往往有奶黄和奶白色结晶体析出，这是婺州窑青瓷的一个显著特点。按说这是一种缺陷，然而这一缺陷经一定技术处理后，却成为一种装饰手段，为后来的南宋官窑和龙泉窑所借鉴，生产出具有美丽开片纹饰的青瓷。婺州窑的历代产品均属于民间用瓷，所以造型风格实用大方，器形单一，缺少变化。



图 1-9 五代吴越之秘色瓷

位于湖南湘阴县的岳州窑（该地唐时隶属岳州），从出土的器物来看，其瓷胎一般较薄，胎骨灰白，不如越窑青瓷致密，釉色以豆绿色为主，还有米黄、虾黄及红棕色；釉层薄，但玻璃光泽较强，有细开片；胎釉结合不是很紧密，常出现剥釉现象。岳州窑工艺上一个突出点在于它在烧成中已使用匣钵和垫饼，后来垫饼又改为支钉支烧，这一先进技术提高了烧成质量，故当时的岳州窑能与越窑相提并举，成为唐代名窑。

（二）北方白瓷

过去许多人认为北方白瓷最早出现在隋代，而根据考古发掘资料，表明北方白瓷兴起于北朝，成熟于隋唐。20世纪70年代，考古专家在河南安阳发掘北齐武平六年（公元575年）的范粹墓时，发现了一批白瓷，有碗、杯、三系缸、长颈瓶等，造型与北朝的青瓷大致相同。这批白瓷的胎料比较细白，没有上化妆土；釉层薄而滋润，釉色乳白。这批白瓷无论是胎或釉的白度，烧成硬度及吸水率，都不能用现代白瓷标准来衡量。它的釉色仔细看又呈乳浊的淡青色，可见没有完全摆脱氧化亚铁的呈色干扰。即便与隋代白瓷相比，也可看出它们还不成熟。

早期的白瓷，因为釉料中大多含有一定量的氧化铁，所以仍属于青釉系统。两者的唯一区别仅在于原料中所含的氧化铁的多寡，其他工序并无差异。只是在经过长期制瓷实践后，工匠们逐渐认识和掌握了氧化铁的呈色作用和克服这种呈色干扰的途径，才能烧出白度越来越高的白瓷。显然，其关键是原料的选取。白瓷制造工艺是在青瓷工艺基础上发展而来，因此早期的白瓷不可避免地出现泛青现象。事实上，即便隋代白瓷仍然常有釉中泛青的现象。

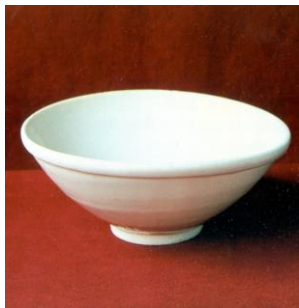
1959年，在河南安阳发掘的隋开皇十五年（公元595年）的张盛墓，发现了一批白瓷。这批白瓷较早期白瓷又有进步。后来在西安郊区隋大业四年（公元608年）的李静墓中出土了一批白瓷，胎釉中已看不到白中泛青或白中闪黄的现象。另外，在西安郭家滩隋墓中出土的白瓷瓶、在姬威墓出土的白瓷盖罐、安徽亳县出土的隋大业三年的白瓷，都代表了隋代白瓷的风貌，特别是在河南巩县不仅找到了隋唐烧造瓷器的窑址多处，还发现了大量的窑存堆积物。其中有些白瓷片胎白致密，釉色白净莹润，达到了精细白瓷的标准，可算是中国最早出现的精细白瓷。

白瓷的烧造技术发展唐代已比较成熟，北方烧造白瓷的窑址也在迅速增加。目前在河北、河南、山西、陕西、安徽，甚至四川都发现烧造白瓷的窑址，表明在唐代确已形成瓷器生产南青北白的局面。

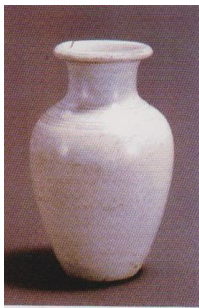
在唐代的白瓷中，邢窑白瓷居于首位，风靡一时。《新唐书·地理志》记载：“邢州巨鹿郡土贡磁器。”唐人李肇在《国史补》中说：“内丘白瓷瓿，端溪紫石砚，天下无贵贱通用之。”内丘就是指邢州。可见其知名度之高，生产规模之大。唐人段安节的《乐府杂录》中记载：乐师郭道原曾“用越瓿、邢瓿十二，施加减水，以

筋击之，其音妙于方响。”既然邢瓷能被当作乐器叩击时所发金石之声可奏出美妙音乐，说明其胎质坚实、致密，壁薄，质量很好。1980年在河北临城县的祁村、双井一带发现一处唐代白瓷窑遗址，遗存极丰富，有碗、盘、盆、壶等日用器皿，精工制作，有润滑如玉的触感；有些瓷胎致密，瓷釉光滑，胎釉洁白如雪。经认真分析，专家们一致认为这一遗址就属于唐代邢窑。它在窑址地点、器形种类、瓷釉质量及生产规模各方面都与史书记载相符。

为了更好地认识唐代白瓷工艺水平，专家们对河北临城出土的白瓷片进行了测试。从数据可见，瓷胎中二氧化硅的含量一般为60%~65%；氧化铝含量一般高达28%~35%。化学组成的最大特点是氧化铁、氧化钛、 RO 、 R_2O 的含量非常低，氧化铁加氧化钛的总含量一般仅为1%左右， $RO+R_2O$ 含量一般在3%。瓷胎中氧化铁含量低，决定了邢瓷的白度较高，据测其白度已超过了70%，约和景德镇清初瓷器的白度相当。可见，古人赞誉邢窑白瓷具有似雪的白度（见图1-10）并非虚夸之词。氧化铝含量高是北方白瓷的共同特点。从邢窑白瓷胎的显微结构中可以看到蠕虫状的高岭石残骸。表明它们普遍使用了高岭土作为制瓷原料。据测定，这类白瓷的烧成温度约在1260~1370℃，若结合其气孔率和吸水率（分别为0.81%和0.35%）来分析，其烧成温度应该高达1350℃左右。这显然与其中 RO 和 R_2O 含量较低也有关系。再考察釉的显微照片，可见胎釉交界处有明显的反应层，在靠近釉的一面，有很多长短不一的斜长石自胎向釉生长，这可能由于烧成温度高和胎内有较高的氧化铝，经高温焙烧后，有较多的氧化铝溶入釉内所致。而在某些厚胎的白瓷片上可以看到，由于胎内氧化铁含量相对稍高（2.59%），而为了提高瓷器的白度，瓷工似乎曾特意在胎釉之间敷上一层化妆土，其颗粒非常细，铁溶区极少。这种提高瓷器白度的技巧在唐代大概已普遍运用。邢窑精细白瓷的烧造，也采用了垫饼和匣钵，这项技术措施也保证了白瓷具有了类银似雪的高质量。



(a) 河北博物馆藏



(b) 故宫博物院藏

图 1-10 唐代邢窑白瓷

白瓷的出现是中国陶瓷发展史上一个重要的里程碑，因为白瓷是创制彩绘瓷的

基础和先决条件，没有白瓷，就不会有以后的釉下彩、釉上彩、青花、斗彩、五彩、粉彩等彩绘瓷。所以白瓷的成功为制瓷技术发展开拓了更广阔、更辉煌的道路。

(三) 黑瓷

在探究青瓷的呈色规律中，瓷工们认识到只要在选料、配料中设法排除铁元素的呈色干扰，具体地说就是选择含铁量低的瓷土作原料，就可以制得白瓷；相反地，若在原料中加重铁化物，例如赭土、紫金土等的含量，再加大焙烧时的通风，烧成的就会是黑釉瓷。所以黑瓷技术也是由青瓷工艺发展而来的。在浙江上虞、宁波等地的东汉晚期的窑址中，人们出土了成熟的青瓷，与此同时还在同一窑址中发现了黑釉瓷。此外，在湖北、江苏、安徽等地的东汉墓葬中也曾出土过黑釉瓷[见图 1-11(a)]。这些黑釉瓷的坯泥一般加工不精，胎骨不如青瓷细腻，器形也较简单，造型和纹饰大多与青瓷相同。根据研究，这种黑釉瓷的胎体中含氧化硅高达 73%~76%；氧化铝含量稍低，约 15%~18%；氧化铁含量为 2.3%~2.8%。原料应是烧成温度较低的瓷土，能在 1200~1240℃ 下充分烧结。胎外敷一层石灰釉，含氧化钙达 16%。釉中氧化铁含量高达 4%~5%，加上烧成气氛为氧化焰，故釉色呈黑色或绿褐色。器表施釉一般不到底，器底和与器壁近处多露出深紫的胎色，釉层厚薄不匀，常常出现一条条蜡泪痕，在器表低凹处又会聚集着较厚的釉层。由此可见，黑釉瓷的烧制在当时已达到一定水平。同时也看到，当时黑釉瓷在用料、加工和配釉、施釉等工序上没有青瓷那么严格，有点粗放的原始风格。黑釉瓷应起源于酱色的原始瓷器。



(a) 东汉永元十三年，江苏镇江出土



(b) 东晋德清窑黑瓷

图 1-11 黑釉瓷

既然黑釉瓷与青瓷能在同一瓷窑中烧成，它们必然有某种技术上的关联。它们之间的最大差别在于，无论是胎还是釉，黑釉瓷的氧化铁含量都较高。若用近代精细瓷器的标准来衡量，黑釉瓷较之青瓷差距要大。据此推测，黑釉瓷是利用深色釉来覆盖粗糙、灰黑的胎体，即对于胎质较差的，就用深色釉来修饰。其实，这种处理方法为扩大生产瓷器的原料的选择提供了一条可参考的途径。这种乌黑发亮的黑

釉瓷在感官上也相当美观大方，创造了艺术美的又一风格。

东晋时期，浙江的德清窑以烧造黑釉瓷而著名[见图 1-11(b)]。这种黑瓷是采用红色黏土（含氧化铁和氧化钛较高）或在瓷土中有意地掺入适量的紫金土（由石英、长石、含铁云母及其他含铁矿物组成，含铁量一般达 3%~5%，高者达 15%，因此黑瓷胎中氧化铁含量为 3%，氧化钛含量为 1%左右），胎色多呈砖红、紫色或浅褐色。釉仍然是石灰釉，着色剂是氧化铁，含量高达 8%，烧成的釉层较厚，其精品釉面滋润、色黑如漆、釉光闪烁，可与漆器媲美。这种深受人们喜爱的黑釉瓷后来得到进一步发展，经过 100 年后，北方许多地方也开始烧造黑瓷了。黑釉瓷的烧制技术加深了人们对铁含量（古代瓷工心目中便是掺入多少红土）在呈色作用的认识。

根据考古资料，北齐后期的墓葬中才有黑釉瓷出土，比南方虽然晚了许多，但是发展却很迅速。在今陕西、河南、山东等省一些地区都发现了唐代烧造黑瓷的窑址。这些窑大多是在烧造青瓷或白瓷的同时兼烧黑瓷，工艺水平较之魏晋时期有了明显的进步。例如，唐代河南巩县的黑瓷，无论是胎或釉，其氧化硅的含量都较南方的低，氧化铝含量较南方的高。这与该窑生产的青瓷、白瓷是一样的。这是由于它们都采用了当地的同一种原料：烧结温度较高的硬质黏土（一种瓷土）。而黑瓷釉中含铁量高达 4%以上，而白瓷釉中含铁量从不超过 1%。黑瓷是在强氧化性的气氛中烧成，其釉色呈黑褐色。可见瓷工在掌握配釉和烧成技术上已很熟练。

陆羽在《茶经》中说，洪州窑，瓷褐，茶色黑。据对出土的洪州窑瓷器的考察，它们的釉色的确多为棕褐色、黄褐色、酱紫色。应该说它不属青瓷，而接近黑瓷。洪州在今江西丰城县，烧瓷始于南朝，盛于隋唐。其瓷器造型朴实厚重，富于变化，胎质坚硬，胎色灰白，釉下大多施用化妆土衬底，所以烧成后釉面明亮，玻璃质感强，部分器物有开片现象。测试数据表明，洪州窑是采用当地的一种含有一定量长石和含铁量颇高的云母矿的黏土为原料，在高温（超过 1250℃）烧成时产生的玻璃相使瓷胎有较好的瓷化，硬度也较高。为了改善施釉的效果，许多制品采用了石英含量高的瓷土作化妆土。由于化妆土层与釉无反应，两者的膨胀系数又显著不同，所以在烧成中会出现开片现象，有时还会导致釉层易剥落的缺陷。

“寿州瓷黄，茶色黑”，表明黄瓷在当时也有一定声誉。其实，寿州窑在隋代是烧造青瓷的，后来的改变不是因为原料，而是人们发现适当加大窑炉的通风量，青釉就变成黄釉（若通风量进一步再加大，会变成黑釉）。因为黄釉是铁离子的呈色结果，当釉中铁处于氧化铁和氧化亚铁各半时，就会产生黄釉的效果。由此可见，黄瓷技术也是从青瓷技术中衍生而来。人各有所好，当掌握了釉的呈色规律后，瓷工们就可随意生产各种色釉瓷。所以唐代的一些瓷窑既生产青瓷、白瓷，还兼烧黑

瓷、黄瓷等多色瓷。

二、著名的宋代色瓷

在唐、五代瓷业和瓷艺显著进步的基础上，宋代瓷业出现一派繁荣。据考古发现，宋代瓷窑遗址遍布全国 130 多个市县，各地瓷器争新斗艳，各有特色，形成了众多窑系，产出了无数名瓷。既有满足社会各级层需求的民窑制品，又有专门为宫廷服务的官窑。官窑工匠选自民窑，集中了一批身怀绝技的能工巧匠，他们不惜工本烧造出来的瓷器，许多是精品，反映了当时制瓷技艺的精湛水平。下面作一简单的技术剖析。

(一) 定窑的牙白瓷器

定窑的主要产品是白瓷。据考古发现，定窑的窑址在今河北曲阳县涧磁村及燕山村。曲阳县宋属定州，定窑因地而得名。定窑烧白瓷是受邻近的邢窑的影响，始烧于晚唐，烧制的白瓷在外观上与邢窑白瓷相似。到了北宋，定窑逐渐形成了自己独特的工艺技术，以烧制别具风格的刻花、印花白瓷而著称于世，在日用白瓷上开创了一种新颖的装饰手段，影响极为深远。

根据对出土的定窑白瓷的研究，可以看到定窑早期产品胎质较粗，呈灰黄色，略带褐色，铁斑甚密，而靠在胎釉之间敷一层化妆土来改善白度。到了五代，质量有所提高，胎质已呈致密细白，不再需要化妆土的遮掩，其釉色白里泛青，与近代一般白瓷相当。北宋时期定窑白瓷在釉色上略带牙黄，这主要是在氧化焰中烧成。釉薄而透明，胎上的印花、刻花明显透露，有的连胎色亦显现在外。

通过测试数据来看，宋代定窑白瓷胎的氧化铝含量甚高，达到 27%~31%，(K_2O+Na_2O) 含量为 1.5%~2.5%，MgO 为 0.5%~1%，CaO 为 1%~2%，大部分胎含 $Fe_2O_3+TiO_2$ 在 1%~2%，可见其瓷胎属高铝质。据《曲阳县志》记载：“县境三面皆山，……灵山一带惟出煤矿，龙泉镇则宜瓷器，亦有滑石。”说明定窑的原料主要采自灵山。灵山土为很纯净的高岭土，另外加入适量紫木节土、长石、石英以及少量方解石或白云石，可改善其性能并促使其烧结和致密。定窑瓷釉中二氧化硅含量较高，为 68%~73%，含氧化铝为 17%~20%，含氧化铁在 1% 左右，氧化钛很低，但氧化镁含量达 2% 左右。这表明釉中除配用黏土、石英外，很可能掺加适量的白云石作助熔剂。更由于釉中引入了白云石粉，使釉呈现光亮和微带乳白现象。因釉层特薄，仅 0.05~0.1 毫米，瓷胎颜色完全可以透过釉面而显现出牙白的效果。通过显微结构分析，可以看到其胎内存在大量莫来石。这因为胎中少量助熔剂促进了莫来石的生成。大量莫来石的存在所产生的散射效果，使白釉更为透亮（见图 1-12）。通过对样品分光反射率的测试，证明在五代以前，定窑是采用还原焰烧制，所以釉色白里泛青；宋代以后则采用氧化焰烧制，所以釉色白里泛黄。由于原料属高铝质，要求烧成温度较高，据测试，应当在 1300℃ 左右。大部分瓷

胎都烧结致密，气孔率一般在 1% 以下，吸水率低，质量已接近现代白瓷。

宋代定窑白瓷除其釉色有独特风格外，新颖的装饰艺术也是它闻名的重要因素。其装饰方法有三种：刻花、划花、印花。它吸取了越窑的浮雕技法，又以刻花结合篦状工具划刻复线来装饰图案，更增强了纹饰的立体感。印花装饰也具有线条细密，层次分明的特点，不仅美观，而且也提高了加工效率。此后，定窑的装饰技巧被推广到其他名窑，促进了全国陶瓷装饰艺术的发展。

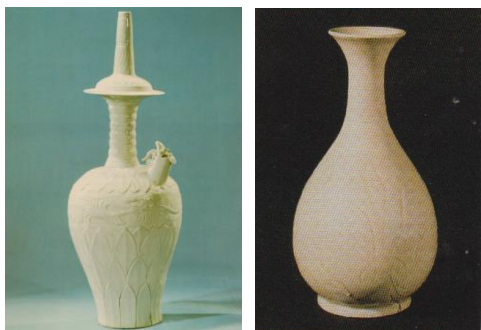


图 1-12 宋代定窑白瓷

定窑在烧制工艺上的创新是采用覆烧方法，即将盘、碗、碟之类器皿反扣装入支圈式匣钵内烧成。这种方法达到密排套装的效果，不仅提高了窑室空间的利用率，既节约了燃料，还可防止器皿的变形。这种方法也很快得到推广。总之，从制作、烧成技术水平和装饰艺术来看，定窑白瓷都属于高水准的，被列为宋代名窑之一，当之无愧。

（二）磁州窑的铁锈彩绘瓷

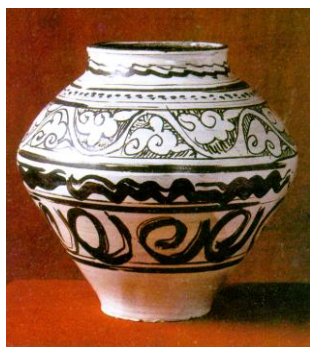
根据文献和考古发掘资料，磁州窑位于今河北邯郸的观台镇和彭城镇附近以及东艾口村、冶子镇一带。宋属磁州，故名磁州窑。它创始于北宋，延续时间很长，是民窑系中最著名的。从已发掘的几处遗址中，出土了数以千计的瓷器，大多是日常生活必需的盘、盆、罐、碗、瓶、壶之类。品种除白釉瓷、黑釉瓷外，还有白釉画花、白釉剔花、白釉绿斑、白釉褐斑、白釉釉下黑彩、白釉釉下酱彩、绿釉釉下黑彩、白釉红绿彩及低温铅釉三彩等。其中以白釉釉下黑彩和白釉釉下酱彩的装饰为主流。磁州窑瓷器不仅装饰手法众多，而且绘画题材大多源于民间生活，笔调简练，格调清新，表现出民间艺术所共有的乡土气息，形成了自己独特的风格。

磁州窑以白釉、白色化妆土、黑釉、黑色绘料（当地一种铁锰含量高的斑花石）、红色矾红色料以及黄绿蓝等玻璃釉为主要装饰材料，通过画花、剔花、划花等工艺手段，创造出俗称“铁锈花”的装饰，发展了刻、划花技艺，发明了红绿彩以及窑变黑釉等技艺，从而构成了磁州窑装饰艺术的多种特征（见图 1-13）。铁锈花是将中国民间绘画剪纸技巧运用于陶瓷装饰的一种创造，常见的有白地铁锈花，即在敷有白色化妆土的坯体上用斑花石色料绘画，敷釉料后烧成。由于烧成温度的高低不同，会在白地上呈现出黑花或酱色花，实际是一种釉下彩；黑釉铁锈花，即在已施黑釉的坯体上绘彩，烧成后呈现黑底褐彩；彩釉铁锈花，即在敷有白色化妆土的坯体上

绘画，经素烧后，再施各色玻璃釉，二次烧成，所以也属釉下彩；铁锈花加彩则是在白地铁锈花基础上，加上点画不同配比的斑花石和白化妆土的混合料，烧成后呈黑花和不同深浅的酱彩。磁州窑的剔（刻）划装饰是在青瓷刻划技法基础上发展起来的。它通过剔、划、填等技巧，使纹饰的局部与整体、纹饰与底色形成对比，取得立体的美感效果。这种技艺后来为南宋时的建窑和吉州窑所继承。红绿彩是一种釉上彩，它是在施白化妆土的素白瓷器上，加彩绘后再经低温烧烤而成。例如，以矾红为绘料，绘出纹样，再点上绿、黄等玻璃釉彩，画红点绿，以红为主。它是我国最早的釉上彩，为宋代以后，五彩绘瓷的出现提供了基石。窑变黑釉则是采用当地含铁量较高的黄土配制釉料，烧成后釉层一般呈黑褐色，但是由于施釉的厚薄、窑温的高低及火焰的气氛不同，还会产生赭褐、黑红、黑蓝、墨绿等多种色调，而且往往在同一窑炉内烧出多种色泽的瓷器，变化多端，耐人寻味。



(a) 铁锈花纹瓶



(b) 白地绘黑花罐

图 1-13 宋代磁州窑铁锈彩绘瓷

磁州窑的制瓷工匠勇于探索，在工艺上广采博收，在工艺和装饰艺术上更是别具匠心，有诸多创新，为后来彩绘瓷的发展提供了很多经验和借鉴。如果说白瓷烧制成功在陶瓷工艺史上具有划时代的意义，那么磁州窑在白瓷装饰上的探索为陶瓷工艺的发展开创了崭新的境界。

(三) 具窑变风采的钧瓷

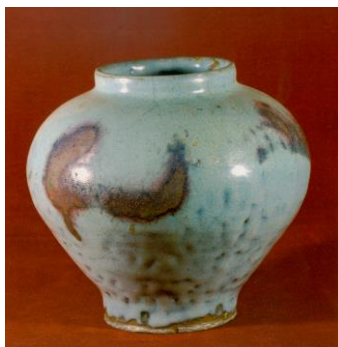
钧窑在今河南禹县，瓷窑遗址遍及县内各地，已发现古窑址一百多处。1974—1975年的发掘还证实，在禹县八卦洞的宋代古窑址就是宋代烧造宫廷用器的瓷窑。从发掘的资料来看，当地唐代的瓷窑已烧造出黑釉斑彩的壶和罐等。北宋是钧窑的鼎盛时期，它烧制的钧瓷部分成为专供宫廷使用的贡瓷（简称为官钧），此外大部分产品为民用（简称为宋钧）。

传统钧瓷的独特之处在于它的釉是一种乳浊釉。由于釉内含有少量的铜，而铜又会处于不同的氧化态，因此烧出来的釉色丰富多彩，会有天青、天蓝、蓝灰、葱

绿、灰绿、墨绿、红紫等多种色调，突破了纯色釉的范围。特别是它在瓷釉工艺中开创了以氧化铜为着色剂，而在还原气氛中烧制成功了铜红釉，为瓷釉着色技术开辟了新的路径。那种窑变彩釉，釉色红紫相映，有如蔚蓝天空中出现了一片红色晚霞，构成了钧窑颜色釉瓷耀眼多彩的特色（见图 1-14）。



(a) 丁香紫尊（现藏台北故宫博物院）



(b) 粉青褐斑罐

图 1-14 宋代钧瓷

钧窑大部分产品的基本釉色是各种浓淡不一的蓝色乳光釉，蓝色较淡的称为天青，较深的称天蓝，比天青更淡的为月白。这几种釉都具有荧光一般的幽雅光泽，其色调非常美。经研究发现，早期的宋钧釉大都是均匀纯粹的天青色，虽属乳光釉，但无任何窑变现象。而官钧则大多是典型的窑变釉，这类釉在天青色或紫红色背景上密布淡蓝至蓝白色的窑变流纹。对这种奇特的乳光现象、幽雅天蓝的形成、窑变机理与釉的化学组成及其烧成条件之间的关系，古陶瓷专家作了系统的研究，观点如下。

(1) 钧釉是一种乳光釉，即典型的两相分相釉。用电子显微镜可以看到，在连续的玻璃相介质中悬浮着无数圆球状小颗粒。这些小颗粒称为分散相。连续相是富含磷的玻璃，分散相为一种富含氧化硅的液滴状玻璃。分散相颗粒介于 40~200 纳米，相当于紫外光的波长，所以它会有选择地散射日光中波长较短的蓝、紫色光，从而使釉呈现美丽的蓝色乳光。

(2) 幽雅蓝色的乳光还取决于釉层中分散相氧化硅液滴状玻璃颗粒的大小和密集程度，而恰当的分相结构的形成是由釉中对分散相起促进作用的五氧化二磷和起阻碍作用的氧化铝这两类氧化物的比率所决定。这就是说，五氧化二磷是促进钧釉分散相的最有效成分，氧化铝是阻碍分散相形成的抑制成分。而当钧釉中五氧化二磷含量较低、氧化钛含量较高时， $(P_2O_5+TiO_2)/Al_2O_3$ 比就取代了 P_2O_5/Al_2O_3 比，成为控制分相结构和乳光效果的关键性化学参数。磷和钛含量不同是形成乳光艺术差别的重要因素。

(3) 钧釉的铜红呈色取决于铜在釉中的存在形式(氧化态)和分散相。当釉中的铜以胶态单质铜的状态存在,并有相近量的氧化锡时,便使釉呈现红色。钧釉的紫色则是由于红釉和蓝色乳光相交衬托,相互呼应而产生的视觉效果。钧釉的紫斑是由于在青蓝色的釉上着染上一些铜红釉所造成的。由此可见氧化铜的引入是在钧釉的蓝色之外增加了艳红色调的内因(见图 1-14)。

(4) 早期的宋代钧瓷,其氧化铝含量为 10.30%~10.80%,氧化硅含量为 69.44%~70.44%,氧化硅/氧化铝质量比小于 7;而具有窑变特征的官钧,氧化铝含量为 9.5%~9.75%,氧化硅含量为 70.44%~71.49%,氧化硅/氧化铝质量比大于 7。为何早期钧瓷是单色乳光釉,而官钧则是窑变色釉,化学组成上的这点差别似乎也是一个重要的化学参数。因此,氧化铝含量低于 10%,氧化硅/氧化铝之质量比大于 7 是获得良好窑变的一个重要因素。

(5) 通过电子显微镜可以看到,两相分相釉的乳光层下有一层不呈乳光蓝色的透明层。这是由于瓷品在烧成时,坯体中氧化铝向釉扩散阻止了这一层釉的分相,同时又因为釉底层的气泡向表面移动,而把部分透明层带入乳光层,于是形成了在外观上介于透明层和乳光层之间的斑状区,这就造成了分相结构的不均匀性。这种不均匀的分相结构在视觉上的反映即所谓的窑变现象。在部分窑变钧瓷釉中,由于新形成的局部斑状区内,含有较多的氧化铝和较少的助熔剂时,黏度变大,加上它所包围的气泡对其流动起阻碍作用,所以会在斑状区周围的釉区出现各种形态的流纹。这就是形成美丽的“蚯蚓走泥纹”的原因。

(6) 除化学组成这一内因外,烧成温度、窑窑气氛和冷却速率等也会对钧釉的分相结构和乳光效果产生影响。钧窑的烧成温度一般介于 1250~1270℃,必须采用还原气氛。还原作用的结果不仅使釉中氧化铜还原为胶态单质铜,还大大降低了釉中氧化铁的含量。使铁处于亚铁离子状态,客观上帮助了分相过程得以顺利进行,这因为氧化铁在玻璃网状结构中所起的作用和氧化铝相似,即阻碍分相的进程。根据试验证明,同一钧釉在低温慢速情况下烧成,呈青蓝色的比率偏高,并产生极柔润的光泽。若在高温快速条件下烧成,则成品光亮,呈红紫色的比率提高。实际上,由于古代炉窑的结构所限,很难严格地把握住钧瓷的烧成条件,一般采取低温烧成,用延长烧成时间的工艺来促成釉液的分相。正因为烧成条件较难掌握,加上当地的瓷土原料中氧化铝含量一般偏高,不利于釉液分相,这就造成了古代钧瓷烧成中,上乘产品极少。

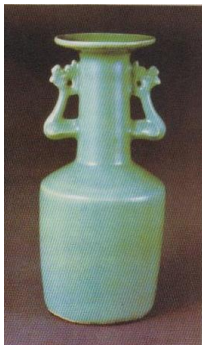
(四) 龙泉青瓷

龙泉窑位于今浙江龙泉县境内,因地而得名。当地具备有瓷业发展得天独厚的自然资源,加上越窑生产的技术传统,于是在北宋初年,在越窑、婺州窑、瓯窑的影响下,龙泉窑兴起,主要生产青瓷。赵宋南渡后,在国内外市场的刺激下,龙泉

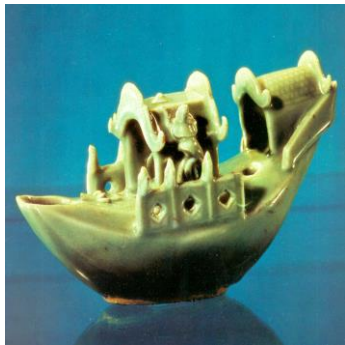
窑逐渐进入鼎盛时期，先后烧制出代表龙泉窑特色的粉青和梅子青釉瓷器，釉色葱翠如青梅，被人誉为青瓷釉色之美的顶峰。发掘龙泉古窑址，出土了大量瓷片，按其胎色可分为白胎、黑胎两类。以白胎为主，约占 90% 以上。黑胎青瓷则是仿南宋官窑的产品。从出土的遗物来看，有各类盆、碟、碗、盏、壶等日用品，也有水盂、水注、笔筒、笔架等文房用品，还有佛像、香炉等供祭奉用品及工艺品。

从 20 世纪 50 年代开始，古陶瓷专家对龙泉青瓷进行了系统的科学考察，从原料到烧成工艺，从装饰到釉的特色取得了全面认识。龙泉窑制瓷的主要原料是当地盛产的瓷石、原生硬质黏土以及紫金土。瓷石由石英、绢云母和高岭石等矿物组成；原生硬质黏土由石英和高岭石等矿物组成；紫金土是一些含铁特别高（3%~5%）的黏土，系由长石、石英、含铁云母及赭土组成。用上述原料烧制成的瓷胎属于石英-高岭-云母质瓷器。

通过对宋代龙泉青瓷的胎、釉的化学测试，可以看到其胎中含氧化铁比较高，白胎中含 2% 左右，黑胎中含 4% 左右。因为当地瓷石中的氧化铁含量大多在 1% 以下，可以推测在当时制胎的配方中，大概有意地加入了一定量的紫金土。其目的似乎是有意降低白度，使胎色白中带灰或呈灰黑色，以使釉色显得古朴典雅；另一目的，在于使釉层较薄的器口和未被釉遮盖的器底形成类似于官窑的“紫口铁足”而别具一格。釉中的氧化钙含量高达 13%~16%，助熔剂总量约达 18%~22%，所以采用的釉虽然仍属石灰釉，但是这种釉高温时黏度低，易于流釉，因此釉层较薄。就显微结构而言，这种釉主要由玻璃相组成，气泡和未溶石英颗粒很少，因此透明度较高，釉面光泽明澈。色调绿中泛黄或黄中泛绿，釉面大多有开片现象。到了南宋后期，釉中 K_2O 、 Na_2O 的含量又有所增加，表明这时期开始采用石灰碱釉（可能加入草木灰）。石灰碱釉的特点是高温时黏度比较大，不易流釉，所以釉层可以厚些，加上釉层中含有大量小气泡和未溶石英颗粒，导致进入釉层的光线发生强烈散射，使釉的外观不仅显得柔和淡雅，似有青玉之感，还获得一种别有风格的艺术效果。龙泉窑的粉青釉就是这样烧制出来的（见图 1-15）。假若把釉层再加厚一点，



(a) 粉青盘口凤耳瓶



(b) 青瓷水注

图 1-15 宋代龙泉窑青瓷

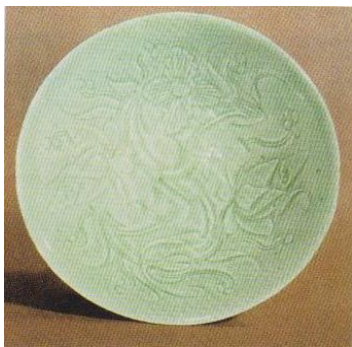
烧成温度再提高一点，烧成时给予更强烈的还原气氛，就烧出了可与翡翠媲美的梅子青釉瓷。据测定梅子青釉中还原比值（ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 原子比）约在 10 以上，而粉青釉中还原比则为 2~3，所以有淡黄色调。

龙泉窑制瓷的成型仍然采用辘轳拉坯和模型方法为主，上釉则运用蘸釉法和荡釉法。上釉次数一般是 2~4 次，以达到釉层较厚的目的。装饰方法也有划花、篦纹、剔（刻）花、印花、贴花、填白等。此外，开片和紫口铁足也成为龙泉窑常用的装饰技巧。据测试，龙泉青瓷的烧成温度一般为 $1180\sim 1230^{\circ}\text{C}$ ，梅子青釉为 $1250\sim 1280^{\circ}\text{C}$ 。由此可见，古代龙泉窑青瓷一般稍欠火候，所以胎质不很致密，产品介于生烧和微生烧之间。但是，窑工更注意的是烧成过程中还原气氛的控制。明代陆容在《菽园杂记》中记载：龙泉窑在烧成结束时，“要以泥封闭火门，俟火气绝而后启”。封火门的目的是为了阻止二次氧化，使青釉不致闪黄。

生产黑胎青瓷，特别是具有开片装饰的黑胎青瓷是龙泉窑的创举。黑胎由于其胎色黑灰如铁，又被称为“铁骨”胎，这是有意在坯料中加入紫金土的结果。开片是由于胎与釉的热膨胀系数相差较大，导致在烧成后开窑时的冷却过程中，釉表面出现许多裂痕而形成。这本来是工艺中一种缺陷，然而窑工们在开窑后，将草木灰抹入裂纹填平，致使釉面出现黑色碎冰裂纹，于是变病态为美，别有风味。釉面的这种独特的装饰，也称为“百圾碎”、“蟹爪纹”，深受欢迎。成为龙泉窑的精品。

（五）景德镇的青白瓷

景德镇窑位于江西景德镇市东南，以湖田窑的规模最大，最有代表性。它始烧于唐代，宋代景德镇瓷业最重要的产品是青白瓷。它的釉色介于青白之间，青中显白，白中泛青，独具一格（见图 1-16）。人们又称它为“影青瓷”，有假玉器之美誉。这种青白瓷不仅在景德镇地区，甚至在全国各地的宋墓中都有出土。表明当时产量很大，器物种类也多，深受人们喜爱，远销东亚、东南亚及阿拉伯、非洲。



(a) 刻花碗

(b) 酒壶、酒碗

图 1-16 宋代景德镇窑青白瓷

通过对出土的唐宋时期景德镇窑青白瓷的胎釉测试，其胎中氧化硅含量大多在 75% 左右，氧化铝含量为 16%~19%。推测当时制胎的原料可能仅是瓷石一种，或掺用了极少量的高岭土（瓷石一般含有 50% 以上的石英）。加上烧成温度低，所以通过显微结构观察，能看到瓷胎中存在有大量颗粒粗大、棱角明显的石英残留。这种瓷胎的结构与一般的石英-长石-高岭土三组分的瓷器不同，是由大量玻璃相基质、云母残骸、残留石英所组成，可以说是以瓷石为原料的我国南方古代精细瓷胎的典型代表。

景德镇窑瓷釉历来是用所谓“釉果”，即用风化较浅的瓷石掺以釉灰配制而成的。釉灰的原料主要成分为石灰石，经煅烧后，其中含氧化钙在 90% 左右。景德镇青白瓷釉中含氧化钙在 10%~15%，仍属于石灰釉。它是一种典型的均相釉，其盐基性氧化物的含量大于 21%。釉中含氧化铁总量为 0.7%~1.2%，但仅根据釉中铁的总含量不能说明呈色的机理，因为决定影青釉色的因素很复杂，经深入研究后发现，影青瓷所以带青蓝色调是由 Fe^{3+} 和 $\text{Fe}^{3+}-\text{O}-\text{Fe}^{2+}$ 原子团的浓度比起着决定性作用。若 $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}-\text{O}-\text{Fe}^{2+})$ 低，釉色偏青；反之，釉色偏黄。所以烧成过程中还原气氛的控制也是青白瓷烧制成功的重要因素。

(六) 宋代汝窑、汝官窑青瓷

汝窑位于今河南汝州市境内，以严和店、大峪店为中心，始烧于北宋中期，直到金代仍盛烧不衰。与它邻近的宝丰县清凉寺却是烧制御用青瓷的汝官窑。北宋早期，定窑烧瓷半属官工，其中有相当数量白瓷供宫廷御用。后来统治者认为：“定州白瓷器有芒，不堪用。”到了北宋晚期大观年间，宋徽宗命汝州建青瓷窑，于是出现了制作贡器的汝窑。这就是汝官窑。

汝窑和汝官窑都是以烧造青瓷为主，其胎采用的原料是当地的一般的北方瓷土，釉则是稍有特点的乳光釉。这种釉有一种不透明感，也称为乳浊釉。釉色跟钧窑一样，釉色较深的称为天蓝，较淡的称为天青，更淡的称为月白，其中以天青为贵。汝官窑青瓷最标准的釉色就是天青，此外尚有虾青、豆青等，都是由天青孳乳而出。汝窑青瓷多为素瓷，通体有极细纹片，即所谓蟹爪纹。因此汝官窑青瓷的另一特色是：常以开片即冰裂纹作为装饰。这一观赏理念为南宋官窑所继承。

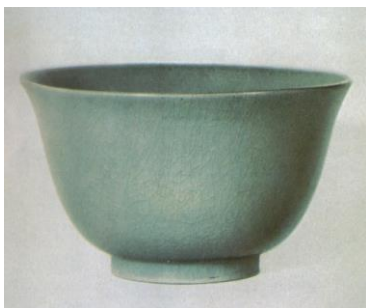
汝窑青瓷配釉常用钠含量较高的长石，这是熔剂性原料。传说汝官窑配釉曾经使用过玛瑙末作原料，以它代替石英，彰显官窑的大度高贵。汝窑青瓷的釉料中的氧化铁在 1000℃ 高温下发生还原反应，釉的青色随着还原气氛的加重和温度的升高而变化，温度越高，色泽越深。据测汝窑青瓷的烧成温度在 1250℃ 以上（见图 1-17）。

(七) 耀州窑青瓷

宋代北方著名的民窑系中，历史悠久，影响深远的窑场除磁州窑外，首先应推耀州窑。早在宋代的一些文献中，如《清异录》、《清波杂志》、《老学庵笔记》、《元丰九城志》等都有关于耀州窑烧瓷的记载。宋代耀州窑位于今陕西铜川市黄堡镇一带。根据考古发掘的大量实物来看，其始烧于唐代，下限可到元明，宋代有了较大发展，终成著名的民窑之一。其产品以青釉瓷为主，兼烧白釉、黑釉和绛釉等品种。而以刻花、划花青瓷见称于世。特别是北宋时期的制品，无论造型、釉色乃至花纹都达到了成熟阶段（见图 1-18）。耀州窑青瓷装饰题材，来源于生活，生动活泼，具有强烈的生活气息。它们形制规整，品类繁多，像瓜棱、葵叶、菊瓣等复杂器皿都能做得恰到好处，而不变形。尤其是刻划花纹的技巧精熟、刀法利落、所作花纹显得生气勃勃，活泼可爱。至于其印花的清晰、构图的匀称，也是其他地方窑所不能相比的。因此耀州窑青瓷技术位列北方青瓷技术的上游水平。耀州青瓷的釉色呈橄榄色，青中显黄，烧成过程中气氛偏氧化时，釉色就变成姜黄色或茶黄色。



(a) 盘



(b) 碗

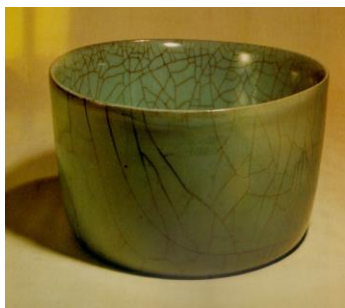
图 1-17 宋代汝窑青瓷



图 1-18 宋代耀州窑刻花瓷

(八) “紫口铁足”的南宋官窑瓷器

在浙江杭州市南郊乌龟山一带发掘出的郊坛窑被确认为南宋时期的官窑。因为产品专供宫廷，烧制较为精细。为满足当时人们在造瓷上追求似玉的质感，瓷工们在继承北宋官窑汝瓷的基础上，又通过技术交流和相互模仿，特别是龙泉窑青瓷技艺，烧制出颇具特色和独有观赏价值的南宋官窑青瓷（见图 1-19）。这种青瓷采用二次烧成法：先低温素烧坯体，然后在素胎上施三至四道釉，形成厚釉，一般釉层厚达 2 毫米以上，再经过高温焙烧，产出一种具有开片的黑胎青瓷。这种官窑青瓷的瓷胎中氧化铁含量较高，致使口缘釉薄处露出灰色或灰黑色，底部无釉处露出呈黑褐色或深灰色的胎，形成“紫口铁足”的典型特征。其烧制工艺大体与龙泉窑相近。



(a) 瓷洗



(b) 兽耳炉

图 1-19 南宋官窑瓷器

(九) 建阳窑和吉安窑的黑釉瓷及结晶釉

在已发现的宋代瓷窑中，有三分之一的瓷窑烧造黑瓷。特别是其中一种黑釉碗盏，产量特别大，这可能与宋代盛行“斗茶”风气有关。黑釉瓷就其釉色来看，很土、较俗，但是经过瓷工们一番加工细琢后，釉面上可烧出丰富多彩的点缀，从而具有独到、浓郁的乡土气息，深受民众欢迎。当时黑釉的主要装饰技巧有以下几种。

兔毫盏，盏身里外的黑釉上都有细长的条状白纹，细长的程度很像兔毛，并闪烁着银白光色，所以叫“兔毛斑”、“玉毫”、“鹧鸪斑纹”。其产品以福建建阳窑最著名 [见图 1-20(a)]。

油滴釉，黑釉面上可以看到许多具有银灰色金属光泽的大、小斑点，形似油滴，又很像黑夜天空上的繁星，大小不一，大的可达数毫米，小的只有针尖大小，我国叫它为“油滴斑”、“鹧鸪斑”，日本人也极喜爱它，称它为“天目釉”。其产品在南北许多窑都曾生产过，以江西吉安窑最典型 [见图 1-20(b)]。

以上两种釉在现代陶瓷学中，根据其生成机理，称其为“结晶釉”。这两种瓷

品是当时的高档产品，对釉的配方、特别是烧成温度有较苛刻的要求，极难烧制，出土及传世的宋代佳品极为罕见。

玳瑁釉，以黑、黄等色彩交织混合在一起，有如海龟的色调，宋代称这种瓷为玳瑁盏。这种釉应属于以黑釉为基调的花釉中的一种。它色调滋润，在当时以江西吉安窑的产品最著称。



(a) 建阳窑兔毫盏



(b) 吉安窑油滴釉碗

图 1-20 宋代的黑釉瓷和结晶釉瓷

剪纸漏花，是把当时民间的剪纸花式移植到黑釉茶盏而创造出来的黑底白花的瓷器装饰新手法。主要产地也在江西吉安窑。

黑釉剔花，是烧成前在胎坯上着以黑釉料，再剔刻上流畅的线条或图案，露出内部白色胎体，以装饰黑釉瓷，烧成后在黑色釉面上有白色线条图案。这手法当地许多窑都使用过，风格因地而异，产品以山西雁北地区最杰出。

以上两种装饰显然都是对磁州窑铁锈剔花装饰的继承和发展。

黑釉印花，这种装饰技巧最早出现在定窑，以后许多窑都学习并掌握了这一技法，其中山西的部分瓷工的发挥最引人注目。他们既吸收了定窑装饰艺术的长处，又保留了本地区的工艺特色。

总之，黑釉技艺及其装饰手段使黑釉瓷在宋代风行一时。各地黑釉瓷的装饰手法虽然不同，但是它们在烧制工艺和形成机理上仍有共同点，对此人们进行了探讨，其认识如下。

各种不同品种的黑釉都含有较高量的铁的氧化物，这些氧化铁无疑是黑釉主要的呈色成分。此外黑釉中还含有少量的氧化锰、氧化铜、氧化铬等着色成分。虽然含量很低，但是对色调的变化有一定影响。这些黑釉已基本上由石灰釉转变为石灰碱釉，即在石灰中掺入草木灰，釉的厚度也明显增加，由早期的 0.1~0.2 毫米增至后来的 1 毫米左右。釉色也由早期的深绿褐色或黑棕色变为乌黑色，光泽也有较大的改进。

通过对出土的宋代建阳窑兔毫盏和油滴釉碗的胎釉测试可以看到，其胎釉中氧化铁含量都是很高的。这是因为在配料中都加入了当地一种氧化铁含量高达

11.87%的红土，而且氧化铁的颗粒较粗大。另外，釉中五氧化二磷含量大于1%，氧化钾含量也较高，表明釉属石灰碱釉。兔毫实际上是在黑釉上所透出的黄棕色或铁锈色流纹。在显微镜下观察，能看到这种毫毛呈鱼鳞状结构，在毫毛两侧边缘上各有一道黑色粗杂纹，系由赤铁矿晶体构成。兔毫盏的胎中氧化铁含量达9%以上，在高温烧成中，部分铁质会溶入釉中，更增加了釉中的铁质。在烧制过程中产生的气泡将釉中的铁质带到了釉面；当温度达到了1300℃以上，釉层流动又致使富含铁质的部分流成条纹，冷却时在这些流纹中便折出赤铁矿小晶体，就形成了兔毫釉。

油滴釉的形成也大致基于同样的机理。在显微镜下可以看到，油滴釉的釉面上那些银灰色金属光泽的小圆点，实际上是由一群密集的粒状或块状的赤铁矿小晶体所组成。可以判定油滴的形成是由于在烧制过程中，铁质在该处富集，冷却时则在局部形成过饱和状态，遂以赤铁矿或磁铁矿的形式从中析出晶体所致。釉层的厚度和釉的黏度对油滴的形成也有较大的影响，而且釉厚处油滴较大，釉薄处油滴较小，有时甚至不能形成油滴。另外，油滴的形成与烧成温度有关，烧成温度的范围相当窄，一般在1250~1350℃，若控制不当，就很难得到满意结果。所以，在宋代这种釉的出现，开始时肯定是偶然的，此后也是罕见的产品。

综观上述各窑瓷品的特色及其技术背景，对于宋代制瓷工艺的进步可归纳出以下几点。

(1) 制瓷的原料更加讲究，促成瓷质的提高。原先瓷工们根据用户需求，注重釉面追求似玉的观感，重视釉面艺术效果而忽略了瓷胎烧结程度和其透光性。故宋代瓷窑的多数产品，包括磁州窑、龙泉窑、南宋官窑等名窑制品，其瓷胎的白度、透光性较之现代精细白瓷都有一定差距。若按明代宋应星提出的：“陶成雅器，有素肌玉骨之象焉”的标准，即瓷器应对其胎骨在白度、致密度、不吸水、半透明等技术指标有一定的要求。恐怕只有景德镇窑和福建、安徽、广东、广西所产的“影青”瓷器，基本上接近现代瓷的水平。若用先人形容五代“柴窑”的标准：“青如天、明如镜、薄如纸、声如磬”来要求，也同样只有影青瓷比较符合。要达到上述现代精细白瓷的标准，除了精细淘炼制瓷原料、控制烧成气氛外，还必须考虑光泽、白度、透光性三者间的相互制约和内在联系。掌握这些技术因子对于由色瓷向彩瓷的发展是至关重要的。景德镇窑影青瓷的烧成恰恰表明景德镇的瓷工已具备了这些条件。

(2) 釉料的配制和运用取得了丰富的经验，不仅能烧出像龙泉窑的梅子青那样的成熟青瓷釉、定窑牙白瓷那样的白瓷釉，还能烧出黑、黄、天蓝、天青、褐色等多种色釉，特别是掌握了釉上彩、釉下彩烧成技术及钧瓷的窑变釉及建阳窑的结晶釉等技艺，为彩瓷在而后的发展作了铺垫。许多窑开始变石灰釉为石灰碱釉，也就是说在原先钙釉配方中通过加入草木灰而增加了氧化钾含量。一方面加大了釉的黏

度，同时降低其熔点，使烧成后的玻璃态更多，增强了光泽和透光性。此后的景德镇窑就沿用石灰碱釉，为彩瓷的发展开辟了路径。

(3) 窑炉和烧成技术的改进。同在南方诸窑继续沿用龙窑烧瓷一样，北方像定窑、磁州窑、耀州窑、钧窑等名窑依然使用馒头窑烧瓷，但是根据馒头窑半倒焰烧法的缺陷，将其改进成阶梯窑。馒头窑的特点是燃烧室与窑室合为一个馒头形的空间，使火焰先喷向窑顶，因窑顶没有出路而倒向窑底，流经坯体将其烧成，烟气自排烟口排出窑外。烧成温度可达 1300℃，能烧还原气氛，易控制升降温，易保温，尤其是容易焙烧厚胎陶瓷以及釉中含氧化钾较多的陶瓷器。但是，这种窑在烧窑时火焰由前方上升，然后倾斜地由后方下部从烟筒排出，窑内温度不容易均匀。为了克服这一缺陷，人们将窑床建成阶梯式，利用窑中不均匀的温度而分别装烧温度要求不同的制品。此外，定窑在烧成中采用的覆烧法是项先进的技术，被南渡的定窑工匠传播到景德镇、福建德化等窑，对影青瓷器的烧制成功起了很大作用，也为后来的彩瓷烧制成功积累了经验。

(4) 化妆土的巧妙应用和造型纹饰的丰富多彩也为后来彩瓷艺术的发展提供了借鉴。

第五节 明清制瓷技艺的巅峰状态

明清时期，景德镇以外的窑场先后衰落，各种具有特殊技能的制瓷工匠云集景德镇，造就该镇的“工匠来八方，器成天下走”的繁荣局面。明代万历时人王世懋在介绍当时景德镇的景象时说：“万杵之声殷地，火光炸天，夜令人不能寝。戏呼之曰四时雷电镇。”据考，在明嘉靖二十一年（公元 1522 年）时，在景德镇从事瓷业的人数已达到了十余万人。景德镇生产的瓷器不仅数量大、品种多，而且质量高、销路广。正如宋应星在《天工开物》中所说：“合并数郡，不敌江西饶郡产……若夫中华四裔，驰名猎取者，皆饶郡浮梁景德镇之产也。”景德镇先后生产的釉下彩青花瓷器、斗彩瓷器、釉上彩五彩瓷器、珐琅彩瓷器、粉彩瓷器以及多种多样的高低温色釉瓷器，代表着当时中国制瓷工艺的最高水平。景德镇生产的瓷器不仅要满足国内外市场的需求，更要肩负起宫廷用瓷和礼品用瓷的重任，成为名符其实的中国瓷业生产中心——瓷都。

一、凸显民族风情的青花瓷器

青花瓷器是指应用“青钴料”在瓷坯上绘画描图，然后包蒙上一层透明的高温釉，在高温下一次烧成，呈现蓝色花纹图案的釉下彩瓷器。这种瓷器的釉彩着色力强，发色鲜艳，呈色稳定，彩在釉里不易磨损模糊，加上白地蓝花有一种特殊的明净素雅之感，具有中国传统水墨画的效果。美观实用的特点使青花瓷器深受人们喜

爱，从而获得迅速发展，逐渐成为景德镇瓷器生产的主流之一，远销国内外。

釉下彩绘和运用青钴料作为呈色剂是青花瓷烧制的两个基本工艺要素。釉下彩绘技艺早在唐代就被创用。当时长沙窑采用含铜和铁的矿物为颜料，烧制成釉下彩瓷器 [见图 1-21(a)]。到了北宋，这种釉下彩装饰手法为磁州窑所继承，创制了白地黑花釉下彩瓷器。随后这种方法为更多窑场所使用。釉下彩的技法经历了 400 多年的发展，在元代烧出了成熟的青花瓷器。运用青钴料作蓝色的呈色剂其实在唐代已常见，例如，唐三彩的蓝彩就是采用青钴料。1975 年在江苏扬州唐城遗址曾出土一件青花瓷枕的残片 [见图 1-21(b)]，表明唐代似有青花瓷了。宋代的青花瓷片曾在浙江龙泉县金沙塔的塔基和绍兴县环翠塔塔基中发现，据测定它的 MnO/CoO 质量比为 10.25， $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CoO}$ 质量比为 0.61，与其他时期的青花瓷器不同。从它的外观来看，其青花色彩暗蓝，甚至带有一点黑色。初步推测，它大概是采用含氧化锰很高的国产钴土矿。其烧成温度约在 1270°C 左右。



(a) 唐代长沙铜官窑釉下彩瓷罐



(b) 江苏扬州唐城遗址出土青花瓷片

图 1-21 唐代的青花瓷

有了唐宋时期烧造青花瓷的经验，元代的瓷工对此项技术明显地熟练了，并开始大量生产。元代青花瓷的共同点是施淡青白色釉，而不是无色透明釉，青花色调带灰，而不是典型的深蓝色，纹饰比较简单（见图 1-22）。据推测它是在当地青白瓷的基础上发展而来，胎中氧化铝含量明显增高，表明当时制瓷胎料已采用瓷石加高岭土的二元配方，而不是只采用单一瓷石。元代青花瓷的釉层色白微青，光润透亮，釉中氧化钙含量减少，氧化钾、氧化钠成分相应增加，表明使用的釉已是石灰碱釉。使用的青花钴料既有进口料，又有国产料。此外元代青花瓷器在胎釉上普遍存在原料淘洗不细，制作较粗糙的缺点，这里既有时代的烙印，又有初始大量生产的弱点。



图 1-22 元代青花瓷瓶

在明代的景德镇，青花瓷生产逐渐跃居主流，与元代相比，不仅数量上，而且质量上都有很大提高。明代青花瓷多数胎质细腻洁白，釉层晶莹透亮，其青色浓艳，造型多样，纹饰优美而盛名远播（见图 1-23），因此青花瓷器生产进入一个黄金时期。明代永乐（1403—1424 年）、宣德（1426—1435 年）、嘉靖（1522—1566 年）等年间烧造的青花瓷各有特色。永乐、宣德年间的产品主要采用郑和下西洋从南洋、伊斯兰国家带回的含锰低、含铁高的“苏麻离青”（一种含氧化钴的青料的译音），因此产生浓艳的青花，但时有黑斑出现。自宣德后期，由于进口青料的减少，于是多改用进口料和国产青料相混合的混合料，在适当的烧成温度下，青花色彩变成柔和淡雅的蓝色，黑斑也少了。可是到了成化、正德年间，由于缺少进口青料，普遍地单纯采用国产青料，加上正德初年的宁王叛乱，景德镇御器厂一度停产。这时期其他瓷窑烧制的青花瓷的色调大多较淡浅或稍浓带灰。嘉靖年间，又恢复使用了进口青料，并在进口和国产混合青料时对适当配比有了更多经验，所以烧出的青花呈现蓝中微泛红紫，浓重而鲜艳。万历中期以后，可能由于进口青料的中断而再度改用国产青料。由于这时期的工匠对国产青料的加工和使用已掌握了较丰富的经验，所以烧成的青花虽然没有嘉靖时那么浓艳，但是蓝中微微泛灰，也颇具沉静之感。由上可见，明代景德镇所产的青花瓷器的变化和发展，是依所用的青花料及其加工技术而演进的。



图 1-23 明代青花瓷器

进口青料属于一种含钴铁矿，含锰不多，含铁却很高，所以在还原气氛中烧成的青花，蓝中泛绿，深色的部分呈黑色，大的呈黑斑，小的呈黑点，是氧化铁产生的效果。国产青料，矿物学上名钴土矿，产地分布颇广，名称也不统一。钴土矿实际上是由二氧化锰、氧化钴和其他氧化物所组成的复矿。产自浙江、云南的钴土矿，二氧化锰含量高，要比氧化钴高达数倍乃至十余倍，氧化钴的含量除云南部分矿高于 2% 以外，一般只在 2% 以下。未经炼制的钴土矿一般是不能直接用作青料的。仅经一般加工的国产青料，呈色往往明显带灰。明代的制瓷工匠绝不可能认识到青花主要呈色剂为氧化钴，氧化钴用量过高，会使色泽易发紫黑，过低则不能显出青

蓝色；钴土矿中氧化锰、氧化铁的含量多寡也会对青花呈色造成很大的影响等问题，但是他们却在实践中逐渐掌握了进口青料和国产青料的适当配比以及对两类青料的深加工，从而烧出了高质量的青花瓷。

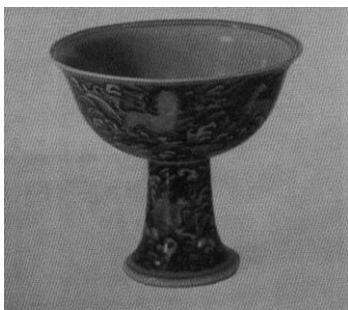
关于当时国产钴土矿的加工和使用，明代宋应星在《天工开物》中有如下记载：“凡画碗青料，总一味无名异（漆匠煎油，亦用以收火色）。此物不生深土，浮生地面，深者掘下三尺即止，各省皆有之。亦辨认上料、中料、下料。用时先将炭火从红煅过。上者出火成翠毛色，中者微青，下者近土褐。上者每斤煅出只得七两，中下者以次缩减。如上品细料及御器龙凤等，皆以上料画成，……凡饶镇所用，以衢、信两郡山中者为上料，名曰浙料，上高诸邑者为中，丰城诸处者为下也。凡使料煅过之后，以乳钵极研（其钵底留粗，不转锈）然后调画水。调研时色如皂，入火则成青碧色。”清代朱琰在其《陶说》中写得更详细：“其八曰采取青料：瓷器青花霁青大釉，悉借青料，出浙江绍兴、金华二府所属诸山。采者入山得料，于溪流漂去浮土，其色黑黄、大而圆者为上青，名项圆子。携至镇，埋窑地三日，取出重淘洗之，始出售。其江西、广东诸山产者，色薄不耐火，止可画粗器……白地青花，亦资青料。明宣德用苏泥勃青，嘉靖用回青。青非不佳，然产地太远，可得而不可继。”又说：“其九曰拣选青料：青料拣选，有料户专司其事。黑绿润泽，光色全者为上选。仿古霁青、青花，细器用之。虽黑绿，而欠润泽，只供粗瓷。至光色全无者，一切选弃。用青之法，画坯上罩以釉水。入窑烧成，俱变青翠。若不罩釉，其色仍黑；火候稍过，所画青花，亦多散漫。……明用回青法：先敲青，用捶碎之。拣有朱砂斑者为上，有银星者为次，约可得十分之二。其奇零琐碎，碾之入水澄定，约可得二十分之一，所得亦甚少。选料不精，出器减色，救必属之料户专司。”对钴土矿的淘洗、煅烧、拣选、磨细等加工，实际上是提高了青料中氧化钴的含量，部分地剔除了铁、锰氧化物成分。色料的磨细程度不仅影响画工，而且对显色也很重要，色料越细，越能使颜色均匀调和；若色料中有过粗颗粒，在烧成中可能出现黑斑。在配制色料中，还认识到钴土矿用多了，会使颜色泛紫；若是矾土石用多了，则会使研磨变得困难（矾土石主要成分为氧化铝）。

正是在逐步认识、掌握青料采集、加工的实践中，青花瓷器的发展经历了上述的曲折过程。到了清代康熙、雍正、乾隆时期，景德镇御器厂仍主要采用浙江产的青料，烧出的青花瓷达到了纯蓝色，不再泛紫色，并有深浅层次分明的青花色调，即取得了比明代更高的工艺水平。清代康熙年间的青花瓷浓淡一致、层次分明，则是由于着釉技术的改进。明代青花瓷的浓淡层次是瓷工用小毛笔在涂抹青料时，利用笔触青料的多寡来掌握的；而清代的瓷工则已能熟练地运用浓淡不同的青料，调染出深浅有别的蓝色色阶。

二、争新斗艳的斗彩瓷器、五彩瓷器

斗彩是指釉下青花和釉上彩色相结合的一种彩瓷工艺。清雍正年间成书的《南窑笔记》谓：“成（化）、正（德）、嘉（靖）、万（历）俱有斗彩、五彩、填彩三种。先于坯上用青料画花鸟半体，复入彩料，凑其全体，名曰斗彩。填（彩）者，青料双钩花鸟、人物之类于坯胎，成后，复入彩炉填入五色，名曰填彩。五彩，则素瓷纯用彩料画填出者是也。”

在唐宋的低温铅釉 PbO-SiO_2 的基础上，明代的瓷工又添加硝石，将氧化钾引入铅釉，发展为 $\text{PbO-K}_2\text{O-SiO}_2$ 三元系统的釉上彩料工艺。在明代以前，釉上彩和釉下彩工艺都已出现，但是它们多是以单一色彩应用。在元代青花、釉里红瓷器的启示下，宣德年间的制瓷工匠试着在已烧成的青花瓷器上，用铁红绘图，然后在一定温度下烧烤，从而创制出青花釉上红彩瓷器，这就是最初形式的斗彩瓷器[见图 1-24(a)]。随后工匠们又创制出青花金银彩等斗彩新品种。成化年间（1465—1487 年）及其后的斗彩已是釉下青花和釉上多种彩的结合，不是宣德年间的单一釉上红彩，而是至少三四种色彩，有的多达六种以上。其施用的色彩有艳丽的鲜红、油红、鹅黄、杏黄、蜡黄、姜黄、水绿、叶子绿、松绿、孔雀绿、孔雀蓝、葡萄紫、赫紫等。利用天然矿物配制出这么多的釉上彩，是成化时期制瓷工匠的重要贡献[见图 1-24(b)]。为后来的五彩、粉彩瓷器的发展奠定了基础。



(a) 宣德年间的高足斗彩杯



(b) 正德年间的斗彩碗

图 1-24 明代斗彩瓷器

在成化斗彩瓷器的图案中，青花是主色。它是先用青花勾画好图案的轮廓线，釉上色按青花划定的范围内填入，或用青花画好图案的一半，再用其他色彩填画另一半。有些图案则干脆基本上完全由青花来表现，其他色彩仅起点缀作用。到了嘉靖、万历年间，这种装饰绘画有了一个大变化，即图案是以红、淡绿、深绿、黄褐、紫及釉下蓝色交织绘成，彩色浓重，尤其突出红色，青花反而仅起蓝彩点缀作用。所以成化的斗彩瓷器的风格以典雅取胜，而嘉靖、万历时的斗彩以浓艳为特色，



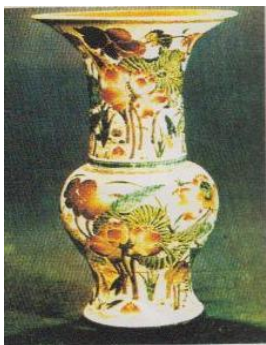
人们习称它为青花五彩瓷（见图 1-25）。青花五彩瓷器的出现表明釉上多彩有了明显的提高，同时也展现了彩瓷工艺发展的新阶段。

明代的纯粹釉上五彩瓷，一般包括红、绿、黄、褐、紫诸色，大多以红色为主，实际上，凡有红彩等三色以上的彩瓷，虽不够五色，也叫作五彩；无红彩的，则叫素三彩。在中国古代，婚嫁、寿贺等称荤事，一般用红色，大红大绿象征喜庆。丧葬等称素事，不得用红色，故素三彩也能得到发展。素三彩瓷器的发展，对于彩瓷工艺也是一种新的尝试。

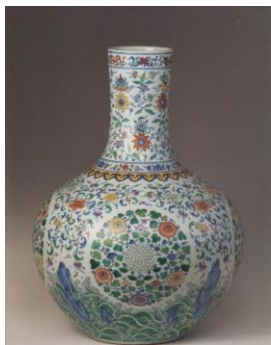


图 1-25 明代万历年间五彩瓷器 (a) 和定陵出土的薄胎青花瓷 (b)

及至清代，特别是在康熙年间（1662—1722 年），五彩瓷器的工艺有了进一步的提高。康熙五彩除红、绿、赭、紫等色外，发展出釉上蓝彩和黑彩，同时在五彩中加用了金彩。其蓝彩的色调在浓艳程度上超过青花。黑彩具有黑漆的光泽，衬托在五彩的画面和周围花边中，加强了绘画的立体效果。金彩的运用也突破了明代嘉靖年间在矾红或霁蓝等上描金的单一手法。因此康熙五彩比明代的五彩更娇艳动人。明代时的五彩由于色调不够丰富，故彩绘以釉下青花和釉上五彩相结合的斗彩为主流，康熙五彩则根本上改变了这一主流方向。釉上五彩一般是在高温烧成的素白瓷上进行彩绘，然后在彩炉中经低温烧烤而成。假若炉温过高，将出现颜色流动而破坏画面；假若温度过低，则釉彩就光泽不足，附着力差。所以明代的五彩时有光泽晦暗的现象，而康熙五彩大多已是彩色鲜艳、光泽清澈明亮。由此可见康熙时期的五彩瓷器把传统的釉上彩工艺推向了高峰（见图 1-26）。



(a) 康熙年间花鸟尊



(b) 雍正年间斗彩天球瓶

图 1-26 清代五彩瓷器

五彩瓷器的发展，除了必须掌握精细白瓷的烧制外，最重要的条件是彩料品种的增加和它们的熟练运用。当时瓷工常用的彩料有红、黄、绿、紫、蓝、黑、金等，并利用它们调配出许多浓淡和色调不同的彩色。对于这些彩料及其配制方法、呈色原理，古陶瓷专家通过系统研究，已有较清晰的认识。

红彩有矾红、金红两大类。矾红的呈色剂是氧化铁，故又称铁红，是我国传统的红彩，始见于宋瓷。矾红是用青矾（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）为原料，经煅烧、漂洗制成。在彩绘时，需添加适量的铅粉和胶。矾红的色调与彩料的细度有关，粉料愈细，色调愈鲜艳。矾红彩的呈色还与烘烤温度和时间有关，如能掌握好，就得到鲜艳红色，若温度过高或时间过长，会使部分氧化铁溶入底釉，而使红彩色调闪黄。金红是从国外传入的，始见于清康熙年间的珐琅彩。

黄彩有铁黄和锑黄两种。五彩中的黄彩是以氧化铁为着色剂的铁黄。铁黄铅釉彩始于汉代，唐三彩的黄彩就是铁黄铅釉。关于铁黄铅釉彩料的制法，清代在景德镇居住了7年的法国传教士昂特雷科莱（汉名殷弘绪）给教会的信（1722年）中有过描述：“要制备黄料，就往一两铅釉料中调入三钱三分卵石粉和一分八厘不含铅粉的纯质红料，……如果调入二分半纯质红料，使会获得美丽的黄料。”这里的红料指矾红，黄料指铁黄。锑黄是采用以氧化锑为主要着色剂，也是舶来品。康熙时曾用于珐琅彩，雍正时进一步用于粉彩。

绿彩是由铜绿铅釉发展而来，铜是主要的着色元素。早在汉代出现的铅釉就是铜绿铅釉，以后一直在沿用。它的配制方法是：“制备绿料时，往一两铅粉中添加三钱三分卵石粉和大约八分到一钱的铜花片。铜花片实际上就是炼铜矿时获得的铜矿渣，……以铜花片作绿料时，必须将其洗净，仔细分离出铜花片上的碎粒。如果混有杂质，就呈现不出纯的绿色。

传统的蓝彩是从钴蓝铅釉发展而来，最早见于唐三彩。初时，陶工直接采用天然的钴土矿作蓝彩或蓝釉的着色剂。而钴土矿的化学组成又因产地不同而差异很大，这种差异主要在于其中含有不同量的铁和锰，有时还含有少量的铜，从而造成呈色效果上的差别。在长期实践中，特别在配制青花色料的经验中，瓷工逐渐掌握了钴土矿的精选、富集、加工，配入适量的铅粉即获得较好的蓝彩料。

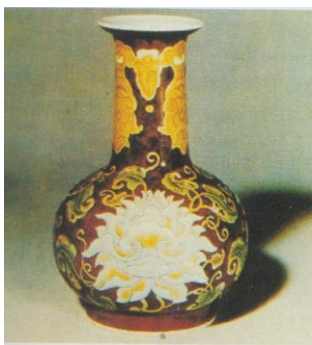
黑彩不同于黑釉，黑釉是高温石灰釉，主要呈色剂是铁、锰的混合氧化物。传统的釉上黑彩是低温铅釉，其主要着色剂除铁、锰氧化物外，还有钴和铜的氧化物。瓷工利用钴土矿和铜花片配制而成。这种黑彩在化学组成上两个特点：一是氧化钾、氧化钠含量极低，表明在配制中没有加硝石，而其他彩料（矾红除外）都要加硝石；二是烧失量很大，竟达到14%~26%，根据文献记载，这是因为在配制时加入了一定量的牛皮胶作黏合剂。

至迟在宋代，定窑和建阳窑的瓷工开始用金箔来装饰瓷器，明代更是盛行，于是出现了金彩。清代改用金粉。其方法是，用毛笔将金粉绘于瓷釉表面，再在700~800℃温度下烧烤，金彩就烤牢于釉面，再用玛瑙棒来摩擦，使其发光。关于金粉的制备和使用方法，法国传教士殷弘绪是这样记载的：“想上金彩，就将金子磨碎，倒入瓷钵内，使之与水混合，直到水底出现一层金为止，平时将其保持干燥，使用时取出一些，溶于适量的橡胶水里，再掺入铅粉。金粉与铅粉的配比为30:3，在瓷

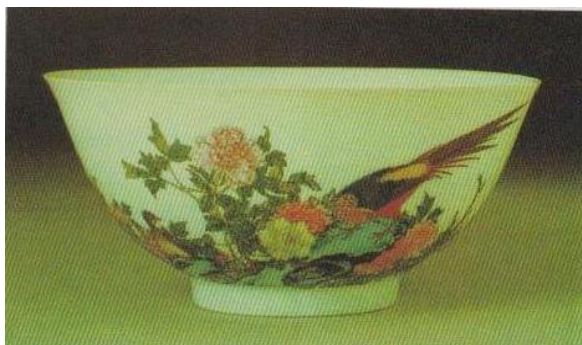
釉上着敷金彩与上一般色彩一样。”这是一种直接将金粉描绘于瓷器的方法，不仅工艺复杂，而且耗金量大。清代后期，溶液金（俗称金水）的装饰方法传入我国，上述直接法不再使用。传入的金水是金的树脂悬浮液，使用简单，耗金量低，而且成品外观效果较好。

三、吸收了外来技术元素的珐琅彩瓷器和粉彩瓷器

借鉴于明代“景泰蓝”制作工艺，在清代康熙年间工匠们创造了在铜、玻璃、料器、瓷器的胎上，用进口的各种珐琅彩料描绘装饰而生产出多种珐琅器，其中瓷胎画珐琅器就是珐琅彩瓷器，俗称“古月轩”瓷器。它专供宫廷内皇亲妃嫔们赏玩和宗教、祭祀场合中使用，是极名贵的御器。产量很少、传世品也少，被收藏家们视为稀世珍宝（见图 1-27）。



(a) 花卉纹瓶



(b) 雉鸡牡丹碗

图 1-27 清代珐琅彩瓷器

珐琅彩料最初曾施于宜兴紫砂器的胎上作彩饰，后来又用于素烧过的白瓷胎上装饰各种花卉图案。根据清宫档案记载，当时将景德镇烧好的优质白瓷坯胎运至京城，由御用画师和高水平工匠，用从西方进口的珐琅彩料作画，然后入炉烘烤。烧成的器物由于彩料较厚，花纹凸显，富于立体感，画面瑰丽。到了雍正时期，珐琅彩瓷制作工艺更趋精湛，在彩绘上已改变原先只绘花卉的单调格局，而是在瓷胎上彩绘花鸟、竹石、山水等画面，还配以书法极精的诗词。据说，雍正亲自过问御用瓷器的烧制，他极喜水墨画和青翠山水，则促使这两种珐琅彩瓷更是精品迭出。乾隆时期的珐琅彩瓷，不仅有山水、花卉、风景等题材，还增加了人物，在画面表现形式上又有点仿西洋画的技法。

珐琅彩料品种丰富，色泽较鲜艳，有黄、绿、蓝、紫、胭脂红、粉红、白、黑等色。珐琅彩与中国传统的彩料不一样，从化学组成来看，它有以下特点。

(1) 中国传统的低温色釉和五彩，采用的是 PbO-SiO_2 系统和 $\text{PbO-K}_2\text{O-SiO}_2$

系统的基料，而珐琅彩则是以 $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系统为基料。就是说，珐琅彩中含有大量的氧化硼，所以其釉彩的呈色具有鲜艳、光润之感。

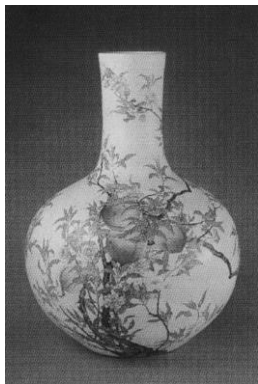
(2) 部分珐琅彩料中含有氧化砷。这是因为在彩料中，还添加了另一种白色彩料，既起调色作用，又呈乳浊之用。这种彩料在景德镇俗称为“玻璃白”，它是在 $\text{PbO-K}_2\text{O-SiO}_2$ 基料中添加了氧化砷而熔制成的。

(3) 珐琅彩的黄色颜料是以氧化锑为着色剂，它在色调上与中国传统的，以铁黄为色料的黄彩料有着明显的不同。

(4) 珐琅彩中的胭脂红，又名金红，是使胶体金粒子悬浮于铅硼熔剂而制成的胶态金。由于其对日光有选择性吸收，故呈色略带紫红，极似胭脂。我国传统的红色颜料，在康熙以前，只有铁红一种。

珐琅彩的引入和珐琅彩瓷器的烧制表明，中国制瓷工匠在发展传统的制瓷工艺中，是善于学习和吸收外来的先进技艺的。

在五彩瓷器制作工艺的基础上，受珐琅彩技艺的影响，瓷工在康熙年间创制出粉彩瓷器，这是一种风格独特的釉上彩瓷器新品种（见图 1-28）。五彩瓷器以线条来描绘，用色主要采用平涂手法，故常有缺乏阴阳向背之感，也少有浓淡深浅之别。这一不足终为粉彩技艺所克服。粉彩色料的化学组成基本上是在 $\text{PbO-K}_2\text{O-SiO}_2$ 低温玻璃釉料中掺入一定量的金属氧化物（呈色剂）和含砷的白色彩料（玻璃白）配制成的。当彩绘的瓷品在 750°C 左右烧烤后，彩料中由于 As_2O_3 起乳浊作用，使色釉具有一种不透明之感。即乳浊效果给人以“粉”的感觉，线条有浓淡深浅，色调秀丽柔和，既可使红彩变成粉红色；绿彩变成淡绿色；蓝彩变成淡蓝色，几乎所有的颜色都能被粉化；同时借助于改变玻璃白的加入量，更可以把同一彩色化成一系列不同深浅浓淡的色调，扩大了釉上彩的色调范围。使用粉彩可以采用国画中的渲染手法，即在绘画花朵、衣服褶皱、浪花等图案时，先施一层玻璃白，如同纸绘上的粉底一样，然后再在粉上渲染各种颜料，从而可以使烧出的人物、花鸟、山水等



(a) 蟠桃天球瓶



(b) 镂空转心瓶

图 1-28 清代粉彩瓷器

都有明暗、深浅和阴阳、背向之分，形象栩栩如生。所以粉彩的运用把彩绘技术推向一个新的水平。康熙年间初创时的粉彩，由于技艺尚待提高，画面仍有粗放之短。到了雍正时期，无论造型、胎釉、彩绘都有长足的进步，粉彩的画面因已采用玻璃白打底，中国传统绘画的渲染技巧得以充分展现，加上烧成的温度、气氛掌握得好，粉彩瓷不仅色彩丰富，而且更加娇艳，以淡雅柔丽而名重一时。粉彩瓷器逐步成为我国彩瓷装饰方式的主流。

玻璃白实际上是一种乳白色的低温玻璃，它是用一种叫“白信石”的天然矿物（含氧化砷达 99%）和铅熔块、硝石配制熔炼而成。