

# 陶瓷工艺学

主 编 陆小荣 副主编 朱永平  
主 审 高雅春 阎 浩



# 陶瓷工艺学

主 编 陆小荣  
副主编 朱永平  
主 审 高雅春 阎 浩

湖南大学出版社

2005年·长沙

**图书在版编目 (CIP) 数据**

陶瓷工艺学/陆小荣主编. —长沙: 湖南大学出版社, 2005. 1

ISBN 7 - 81053 - 889 - 6

I. 陶... II. 陆... III. 陶瓷—生产工艺—高等学校—  
教材 IV. TQ174.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009225 号

**陶瓷工艺学**

Taoci Gongyixue

主 编: 陆小荣

责任编辑: 胡建华

封面设计: 张 毅

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-8821691 (发行部), 8649149 (编辑室), 8821006 (出版部)

传 真: 0731-8649312 (发行部), 8822264 (总编室)

电子邮箱: press@hnu.net.cn

网 址: <http://press.hnu.net.cn>

印 装: 国防科学技术大学印刷厂

总 经 销: 湖南省新华书店

开本: 787×1092 16 开 印张: 15.5

字数: 358 千

版次: 2005 年 1 月第 1 版 印次: 2005 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1~5 000 册

书号: ISBN 7 - 81053 - 889 - 6/TQ · 10

定价: 28.80 元

# 前 言

本教材是根据全国轻工高等职业技术教育硅酸盐专业《陶瓷工艺学》教学大纲编写的。

本教材内容适用于专科与高职使用，也可用于中等专业学校和陶瓷企业职工培训教材，同时也是一本适应广大陶瓷工作者的参考资料。

本书编写分工为：无锡工艺职业技术学院陆小荣（绪论、第七章），福建集美轻工业学校苏荣星（第一、九章），江西陶瓷工艺美术职业技术学院朱永平（第二章），江西陶瓷工艺美术职业技术学院丁建农（第三章），四川省工商职业技术学院孙智（第四章），山东轻工业学院曲守东（第五章），无锡工艺职业技术学院史汉庭（第六章），河北理工学院轻工分院赵越清（第八、十章）。

本书在编写过程中得到了江西陶瓷工艺美术职业学院吴荣光老师等的帮助，在此表示衷心的感谢。

由于陶瓷工业的不断发展，加上编者水平有限，教材中难免有错误和不当之处，敬请读者指正。

编 著

2004年12月

# 目 次

0 绪 论 .....	1
0.1 陶瓷的概念与分类 .....	1
0.1.1 陶瓷的概念 .....	1
0.1.2 陶瓷的分类 .....	1
0.2 陶瓷发展简史 .....	3
0.2.1 陶器的起源与变迁 .....	4
0.2.2 由陶到瓷的发展过程 .....	5
0.2.3 瓷器的发展 .....	6
0.2.4 中国陶瓷的影响与贡献 .....	7
1 陶瓷原料 .....	9
1.1 长石 .....	10
1.1.1 长石的主要类型 .....	10
1.1.2 长石的一般性质 .....	11
1.1.3 长石的熔融特性 .....	12
1.1.4 长石在陶瓷生产中的作用 .....	13
1.2 石英 .....	13
1.2.1 石英的主要类型 .....	13
1.2.2 石英的一般性质 .....	14
1.2.3 石英在加热过程中的晶型转化 .....	15
1.2.4 石英在陶瓷生产中的作用 .....	17
1.2.5 熟料和瓷粉 .....	18
1.3 黏土 .....	19
1.3.1 黏土的概念 .....	19
1.3.2 黏土的成因 .....	19
1.3.3 黏土的分类 .....	20
1.3.4 黏土的组成 .....	21
1.3.5 黏土的工艺性能 .....	29
1.3.6 黏土的加热变化 .....	33
1.3.7 黏土在陶瓷生产中的作用 .....	35
1.4 其他原料 .....	35

1.4.1	长石的代用品	35
1.4.2	碳酸盐类原料	37
1.4.3	镁硅酸盐类原料	38
1.4.4	硅灰石、透辉石和透闪石	39
1.4.5	磷酸盐类原料	41
1.5	陶瓷原料的技术要求	42
1.5.1	陶瓷原料的质量要求	42
1.5.2	陶瓷原料的合理使用	46
<b>2</b>	<b>坯料配方及其计算</b>	<b>49</b>
2.1	坯料组成的表示方法	49
2.1.1	配料量表示法	49
2.1.2	矿物组成表示法	49
2.1.3	化学组成表示法	50
2.1.4	实验式表示法	50
2.2	陶瓷坯料的主要类型	51
2.2.1	长石质坯料	51
2.2.2	绢云母质坯料	57
2.2.3	骨质瓷坯料	59
2.2.4	镁质瓷坯料	61
2.3	坯料的工艺性能要求	63
2.3.1	可塑坯料工艺性能要求	63
2.3.2	注浆坯料工艺性能要求	64
2.4	坯料配方设计原则、依据及试验步骤	64
2.4.1	坯料配方设计原则、依据	64
2.4.2	坯料配方的试验步骤	65
2.5	坯料配方计算	66
2.5.1	基本项目的计算	66
2.5.2	坯料配方计算	71
2.5.3	坯料性能计算	78
<b>3</b>	<b>坯料制备</b>	<b>80</b>
3.1	坯料制备工艺流程	80
3.1.1	可塑坯料制备工艺流程	80
3.1.2	注浆坯料制备工艺流程	82
3.1.3	压制坯料制备工艺流程	82
3.2	可塑坯料的制备	83
3.2.1	原料煅烧	83

3.2.2	黏土的风干与风化	84
3.2.3	黏土的精选	84
3.2.4	原料的洗涤	86
3.2.5	原料的粉碎	86
3.2.6	除铁、筛分与搅拌	91
3.2.7	泥浆脱水	93
3.2.8	练泥与陈腐	94
3.3	注浆坯料的制备	94
3.3.1	泥浆的稀释机理	95
3.3.2	电解质的种类	96
3.4	压制坯料的制备	97
3.4.1	喷雾干燥法	97
3.4.2	烘干打粉法	100
<b>4</b>	<b>成形</b>	<b>101</b>
4.1	可塑法成形	101
4.1.1	旋压成形	101
4.1.2	滚压成形	103
4.2	注浆法成形	107
4.2.1	注浆成形的原理	108
4.2.2	对泥浆和石膏模工艺性能的要求	109
4.2.3	注浆成形方法	110
4.2.4	注浆成形常见缺陷分析	112
4.3	压制法成形	113
4.3.1	影响压制成形坯体质量的工艺因素	113
4.3.2	压制成形常见缺陷分析	114
4.4	其他成形方法	116
4.4.1	等静压成形	116
4.4.2	热压注成形	118
4.5	修坯与粘接	120
4.5.1	修坯	120
4.5.2	粘接	121
4.6	石膏模	122
4.6.1	石膏的性能	122
4.6.2	熟石膏的制备	122
4.6.3	石膏模的制造	123
4.6.4	石膏模的增强	126

<b>5 釉 料</b> .....	127
5.1 釉的分类 .....	127
5.2 釉的性质 .....	128
5.2.1 釉的熔融性能 .....	128
5.2.2 釉的膨胀系数和坯釉适应性 .....	131
5.2.3 釉的机械性质 .....	133
5.2.4 釉的光学性质 .....	133
5.3 釉用原料 .....	134
5.3.1 引入 $\text{SiO}_2$ 原料 .....	134
5.3.2 引入 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 原料 .....	134
5.3.3 引入 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 原料 .....	135
5.3.4 引入 $\text{CaO}$ 原料 .....	135
5.3.5 引入 $\text{MgO}$ 原料 .....	135
5.3.6 引入 $\text{ZnO}$ 原料 .....	136
5.3.7 引入 $\text{PbO}$ 原料 .....	136
5.3.8 引入 $\text{B}_2\text{O}_3$ 原料 .....	136
5.3.9 引入 $\text{BaO}$ 原料 .....	137
5.3.10 其他原料 .....	137
5.4 釉料配方及其计算 .....	137
5.4.1 釉料配方 .....	137
5.4.2 釉料配方的计算 .....	142
5.5 釉料制备 .....	149
5.5.1 制备过程 .....	149
5.5.2 工艺要求 .....	151
5.6 施釉方法 .....	152
5.6.1 浸釉 .....	152
5.6.2 荡釉 .....	152
5.6.3 浇釉 .....	152
5.6.4 喷釉 .....	152
5.6.5 刷釉 .....	153
5.7 施釉缺陷及其控制 .....	153
<b>6 干 燥</b> .....	154
6.1 干燥机理 .....	154
6.1.1 坯体中水分的类型 .....	154
6.1.2 干燥过程 .....	155
6.1.3 影响干燥速度的因素 .....	156



6.2	干燥方法和干燥设备 .....	157
6.2.1	热空气干燥 .....	157
6.2.2	红外线干燥 .....	159
6.2.3	微波干燥 .....	160
6.2.4	组合干燥 .....	161
6.3	干燥制度与干燥缺陷分析 .....	161
6.3.1	干燥制度 .....	161
6.3.2	干燥缺陷分析 .....	162
<b>7</b>	<b>烧成</b> .....	<b>164</b>
7.1	坯体入窑 .....	164
7.1.1	匣钵装窑 .....	164
7.1.2	棚板—立柱装窑装车 .....	167
7.1.3	坯体直接入窑 .....	168
7.2	坯体在烧成过程中的物理化学变化 .....	169
7.2.1	影响坯体物理化学变化的因素 .....	169
7.2.2	烧成过程的阶段划分 .....	169
7.2.3	烧成过程中的物理化学变化 .....	170
7.2.4	烧成过程中的物理变化 .....	174
7.3	烧成制度 .....	175
7.3.1	温度制度 .....	175
7.3.2	气氛制度 .....	176
7.3.3	压力制度 .....	178
7.3.4	烧成制度的制定与实例 .....	179
7.4	烧成操作控制 .....	181
7.4.1	隧道窑操作控制 .....	181
7.4.2	辊道窑操作控制 .....	182
7.5	快速烧成与烧成节能 .....	184
7.5.1	快速烧成 .....	184
7.5.2	烧成节能方法 .....	186
7.6	烧成缺陷分析 .....	187
7.6.1	变形 .....	187
7.6.2	开裂 .....	188
7.6.3	起泡 .....	188
7.6.4	生烧与过烧 .....	189
7.6.5	阴黄 .....	189
7.6.6	烟熏 .....	189
7.6.7	橘釉 .....	189

7.6.8	釉面针孔 .....	190
7.6.9	惊釉与惊裂 .....	190
7.6.10	火刺 .....	190
7.6.11	落渣 .....	190
7.6.12	粘疤 .....	190
7.6.13	釉面无光 .....	191
7.6.14	熔洞 .....	191
7.7	窑炉辅助材料 .....	191
7.7.1	匣钵与窑具 .....	191
7.7.2	辊棒 .....	195
<b>8</b>	<b>装 饰 .....</b>	<b>199</b>
8.1	陶瓷装饰材料 .....	199
8.1.1	陶瓷颜料 .....	199
8.1.2	其他装饰材料 .....	206
8.2	彩绘 .....	207
8.2.1	釉上彩 .....	207
8.2.2	釉下彩 .....	209
8.2.3	釉中彩 .....	211
8.3	颜色釉 .....	211
8.3.1	颜色釉的主要配釉方法 .....	211
8.3.2	颜色釉的制备工艺 .....	212
8.3.3	花釉 .....	213
8.4	艺术釉 .....	214
8.4.1	结晶釉 .....	214
8.4.2	无光釉 .....	216
8.4.3	裂纹釉 .....	217
8.4.4	变色釉 .....	217
8.4.5	荧光釉 .....	218
8.5	贵金属装饰 .....	219
8.5.1	亮金 .....	219
8.5.2	磨光金 .....	219
8.5.3	腐蚀金 .....	219
8.6	其他装饰方法 .....	220
8.6.1	坯体装饰 .....	220
8.6.2	综合装饰 .....	221
8.7	陶瓷制品的铅、镉溶出量问题 .....	222
8.7.1	陶瓷颜料中的铅、镉对人体的危害性 .....	222

8.7.2	日用陶瓷存在铅、镉溶出的原因及我国新旧铅、镉溶出量标准	222
8.7.3	日用陶瓷制品铅、镉溶出量的测试方法	223
8.7.4	降低铅溶出量的主要措施	224
<b>9</b>	<b>陶瓷的显微结构和性质</b>	<b>226</b>
9.1	陶瓷胎体显微结构	226
9.1.1	瓷胎显微结构形成过程	226
9.1.2	瓷胎显微结构的相组成	228
9.2	陶瓷性质	229
9.2.1	白度	230
9.2.2	光泽度	231
9.2.3	透光度	231
9.2.4	机械强度	232
9.2.5	热稳定性	233
9.2.6	化学稳定性	233
9.2.7	吸湿膨胀性	234
9.2.8	气孔率和密度	235

# 0 绪 论

## 0.1 陶瓷的概念与分类

### 0.1.1 陶瓷的概念

“传统陶瓷”一般是指陶器、炆器和瓷器的通称。这些传统陶瓷制品是采用天然矿物原料(如黏土、长石、石英等)及少量的化工原料,经配料、粉碎加工、成形、烧成等工艺所制成的。它包括日用陶瓷、艺术陈设陶瓷、建筑卫生陶瓷、电瓷、化工陶瓷等。由于使用的原料主要是硅酸盐矿物,所以人们把传统陶瓷制品与玻璃、水泥、搪瓷、耐火材料等归属于硅酸盐材料。

随着近代科学技术的发展,出现了许多新的陶瓷品种。它们不再使用或很少使用黏土、长石、石英等传统陶瓷原料,而是使用其他特殊原料甚至扩大到非硅酸盐、非氧化物原料范围;同时也出现了许多新的生产工艺,如氧化物陶瓷、碳化物陶瓷、氮化物陶瓷等。由于这些制品在使用原料、化学组成、生产工艺、材料性能、结构形态和产品应用等方面与传统陶瓷的含义有了很大的变化,因此,“广义陶瓷”可理解为“无机非金属固体材料”。

从结构上看,一般陶瓷制品是由结晶物质、玻璃态物质和气泡所构成的复杂系统,这些物质在种类、数量上的变化,赋予不同的陶瓷有不同的性质。

陶瓷制品的品种繁多,它们之间的化学成分、矿物组成、物理性质以及生产工艺,常常互相接近交错,无明显的界限,但在应用上却有很大的区别。

### 0.1.2 陶瓷的分类

陶瓷的分类尚无统一的方法,常见分类方法有以下几种。

#### 0.1.2.1 按陶瓷的概念与用途分类

根据陶瓷的概念与用途,可将陶瓷制品分为两大类:即普通陶瓷和新型陶瓷。

普通陶瓷即为陶瓷概念中的传统陶瓷,这一类陶瓷制品是人们生活和生产中最常见和最常使用的陶瓷制品。根据其使用领域的不同,又可分为日用陶瓷、艺术陈设陶瓷、建筑卫生陶瓷、化学化工陶瓷、电瓷等。这些陶瓷制品所用的原料基本相同,生产工艺技术也相接近,都是采用传统陶瓷的生产工艺。

普通陶瓷以外的广义陶瓷概念中所涉及的陶瓷材料和制品即为新型陶瓷。新型陶瓷是现代工业和尖端科学技术所用的陶瓷制品,其所用原料和工艺技术已与普通陶瓷有较大的区别。新型陶瓷根据其性能和用途的不同又分为结构陶瓷和功能陶瓷。结构陶瓷主要是用作耐磨损、高强度、耐热、耐热冲击、高硬度、高刚性、低热膨胀性和隔热等结构材料。如各种

氧化物陶瓷、氮化物陶瓷、碳化物陶瓷等。功能陶瓷是具有各种电、磁、光、声、热功能及生物、化学功能等的陶瓷材料。如电容器陶瓷、压电陶瓷、磁性材料和半导体陶瓷等。

普通陶瓷与新型陶瓷的分类比较见表 0-1。

表 0-1 普通陶瓷与新型陶瓷的分类比较

生产工序	普通陶瓷	新型陶瓷
原料	天然矿物原料(黏土、长石、石英等)	人工精制合成原料(氧化物和非氧化物两大类)
成形	可塑、注浆、压制为主	压制、热压铸、注射、轧膜、流延、等静压为主
烧成	温度一般在 1 350 ℃ 以下,燃料以煤、油、气为主	结构陶瓷常需 1 600 ℃ 左右高温烧结,功能陶瓷需精确控制温度,以电、气、油加热为主
加工	一般不需加工	常需切割、打孔、研磨和抛光等
用途	主要用于日用陶瓷、艺术陈设陶瓷、建筑卫生陶瓷、化学化工陶瓷、电瓷等	结构陶瓷、功能陶瓷

### 0.1.2.2 按所用原料及坯体致密程度分类

普通陶瓷按所用原料及坯体致密程度分为两大类:陶器和瓷器。陶器的坯体烧结程度差,断面粗糙而无光泽,机械强度较低,吸水率较大,无半透明性,敲击时声音粗哑、沉浊。瓷器的坯体致密,玻化程度高,吸水率小(基本上不吸水),有一定的透光性,断面细腻呈贝壳状或石状,敲击时声音清脆。

陶器和瓷器根据其性能和特征的差别可分成几个小类,具体分类见表 0-2。

表 0-2 普通陶瓷按所用原料及坯体致密程度分类

类别	陶器			瓷器		
	粗陶器	普通陶器	精陶器	炻器	普通瓷器	细瓷器
特征	坯体未烧结,粗松多孔,吸水性大,有色,不施釉	坯体未烧结,粗松多孔,但较土器致密,有色,施釉或不施釉	坯体未烧结,或只部分烧结,有孔隙,一般呈白色,施釉	坯体烧结,致密,接近瓷器,但多呈色,施釉或不施釉,不受酸侵蚀	介于精陶器与瓷器之间,仍有一定吸水率	坯体完全烧结,有半透明性,断面致密,呈贝壳状,色白,施釉,耐酸碱
使用原料	易熔黏土	可塑性高的难熔黏土、石英、熟料等	可塑性高的难熔黏土、石英、熟料等	同精陶器	高岭土、瓷石、可塑性高的难熔黏土、石英、长石等	同普通瓷器
烧成温度 /℃	850~1 100	900~1 200	素烧 1 100~1 300 釉烧 1 000~1 200	1 200~1 300	1 250~1 320	1 320~1 450 1 250~1 320 1 120~1 250 1 200~1 300
颜色	黄色、红色、青色、黑色	黄色 红色 灰色	白色 浅色	乳黄色 浅褐色 灰色 紫色	白色	白色
吸水率 /%	>15	<15	<12	<3	<1	<0.5
用途	砖、瓦、盆、罐	日用器皿、美术陶、紫砂陶			日用器皿、建筑制品	日用器皿、艺术瓷、电瓷、化学瓷

从表 0-2 中可以看出,从粗陶器、普通陶器、精陶器、炆器、普通瓷器到细瓷器,原料是从粗到精,坯体是从粗松多孔,逐步到达致密,烧成温度也逐渐从低到高。

粗陶器是最原始最低级的陶器,一般由一种易熔黏土制成。有时也可在黏土中加入熟料或砂与之混合,以减少收缩。这类制品的烧成温度变动很大,烧后坯体的颜色取决于黏土中着色氧化物的含量与烧成气氛,在氧化气氛中烧成多呈黄色或红色,在还原气氛中烧成则多呈青色或黑色。

普通陶器即指陶盆、罐、缸、瓮等具有多孔性着色坯体制品。精陶器坯体吸水率为4%~12%,因此有渗透性,没有半透明性,一般为白色,也有带色的。釉多采用含铅和硼的易熔釉。它与炆器比较,因熔剂含量较少,烧成温度不超过 1 300 °C,所以坯体未充分烧结。它与瓷器比较,对原料的要求较低,坯料的可塑性较大,烧成温度较低,不易变形,因而可以简化制品的成形、装钵和其他工序。但精陶的机械强度和抗冲击强度比瓷器、炆器要小。

炆器又称“石胎瓷”,坯体致密,玻化程度低,仍有 2%以下的吸水率,坯体不透明,有白色的,而多数允许在烧后呈颜色,所以对原料纯度要求不高,原料供给容易。炆器具有较高的强度和良好的热稳定性,适合机械化洗涤,并能顺利通过从冰箱到烤炉的温度急变。

瓷器是陶瓷发展的更高阶段,其特征是坯体已完全烧结,完全玻化,因此很致密,对液体和气体都无渗透性,色白,胎薄处呈半透明,断面呈贝壳状。

### 0.1.2.3 新型陶瓷的分类

目前,人们习惯上将新型陶瓷分为两大类,即结构陶瓷和功能陶瓷。将具有机械功能、热功能和部分化学功能的陶瓷列为结构陶瓷,而将具有电、磁、光、化学和生物体特性,且具有相互转换功能的陶瓷列为功能陶瓷。由于许多新型陶瓷不止具备单一的功能,因此很难确切地进行划分和分类。

新型陶瓷的分类情况见表 0-3。

表 0-3 新型陶瓷的分类

大类	系列	细类
结构陶瓷	氧化物	氧化铝、氧化镁、氧化锆、氧化铀、氧化铍等
	非氧化物	碳化物、氮化物、硼化物、硅化物等
功能陶瓷	电功能陶瓷	绝缘陶瓷、介电陶瓷、铁电陶瓷、压电陶瓷、半导体陶瓷等
	磁功能陶瓷	铁氧体
	光功能陶瓷	透明陶瓷、透明铁电陶瓷
	生物与化学功能陶瓷	湿敏陶瓷、气敏陶瓷、载体用陶瓷、生物陶瓷

## 0.2 陶瓷发展简史

陶瓷是我国古代劳动人民的伟大发明之一。早在 7 000 多年前的原始社会后期,氏

族成员已经制出了实用、美观的彩陶。以后又在长期的奴隶社会和封建社会,不断地创造了具有较高艺术水平和具有民族风格的各种陶瓷器,并先后将制品和技术传播到国外,对人类作出了较大的贡献。

## 0.2.1 陶器的起源与变迁

### 1. 石器与土器

远古时候,原始人群居住在森林里,过着极其简朴的生活。饿的时候,摘几个野果吃,渴的时候,到山沟里喝几口水。后来,人类逐渐学会了捕鱼、打猎,开始是生食,后来发现了火,把捕来的鱼、打来的野兽烧烤后再吃。为了捕鱼、打猎,也为了抵抗各种毒蛇猛兽的攻击,人类开始用石头做成各种工具、武器,如石斧、石刀等,这就进入了所谓的“新石器时代”。

在新石器时代晚期(原始社会后期),人们开始了最初的农业生产,已经能过着较为稳定的定居生活,需要烧煮、储存食物和饮料的容器,开始用泥土做出一些盛水、装谷物的器皿,放在强烈的阳光下,晒得很结实,这就是所谓的“土器”。土器虽然易碎,使用不便,但它的出现,标志着人类历史的进步。用土器盛水比到山沟里喝水方便,用土器盛谷物,也比总堆在地上要好。新石器时代的这些土器,就是陶瓷器的萌芽。

### 2. 陶器的产生

恩格斯在《家庭、私有制和国家的起源》中曾对陶器的发明作如下叙述:“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,成形的黏土不要内部的容器,也可以用于这个目的。”

恩格斯的这段论述,为我们探寻陶器的产生指出了一条正确的途径。人类在长期的生活实践中,逐渐发现了泥土的两个重要性质:不怕火烧,能耐高温;潮润的时候具有黏性,可以做成各种形状的东西,可以涂在编制或木制的容器上,而且干后不会散开。不久,进一步发现不要编制或木制的内胎,黏土也同样可以成形,人们认识到火的燃烧可以改变土器的性能,从而有意识地用火去烧一些做好的土器,这样逐渐发明了陶器。

陶器的产生,是人类最早的一项创造性劳动,人们第一次利用大自然资源按照人的意愿创造出一种新的东西。

### 3. 彩陶文化与黑陶文化

我国陶器起源于何时,随着考古工作的不断发现众说纷纭。据目前的考古资料,我国距今约8000年之前的裴李岗文化(河南)就出土过一些粗松的红陶,它是我国目前发现最早的陶器之一,属新石器时代早期。7000年前的河姆渡文化(浙江),也出土过上千件的陶器。

到仰韶文化(河南)时期,发展为彩陶。这类陶器质粗色灰,外表呈红色,虽然烧制工艺处于原始阶段,但已有相当高的纹饰水平。制作的陶器多有简单的彩色图案。考古学上称为“彩陶文化”。

稍晚于“彩陶文化”,在山东历城县龙山镇,发现了许多黑色的陶器,考古学上称为“黑陶文化”,又称“龙山文化”。龙山黑陶在烧制技术上有了显著的进步,开始采用陶轮制坯,

胎薄而均匀。最精美的黑陶器制品,表面打磨光滑,厚度仅为 1 mm,有“蛋壳陶”之称,表现出惊人的制作技巧。当时的烧成温度都较低,只有 800 °C~900 °C。

#### 4. 白陶与釉陶

进入有文字记载的殷商时代,在河南安阳曾发掘出距今 3 000 年的商代刻纹白陶,后在郑州和辉县也有发现。郑州二里冈殷代硬陶,颜色土红带黄,烧成温度在(1 180±20) °C,说明陶器的烧成温度不断提高。商代除白陶外,有极少量的釉陶在郑州早期遗址和安阳晚期遗址中发现。釉色浅黄,坯色土黄带红,氧化气氛烧成,釉层厚 0.01 mm,为石灰釉,这说明当时已经懂得了用釉的方法。商代陶器从无釉到有釉,在技术上是一个很大的进步,是制陶技术上的重大成就,为从陶到瓷的过渡创造了必要条件。

后期的釉陶其烧成温度提高到 1 200 °C,在原料选择上,已经注意降低铁含量(当时原料的含铁量已经从 6%以上降到 3%以下)。由于这些条件使一些陶器开始具有瓷器的特点(如坯体致密度、吸水率、釉面光亮度等),因此考古工作者及陶瓷研究者把这种陶器称为原始瓷。这正是瓷器的萌芽阶段。

周代在釉陶方面继承了殷商时代的传统,出土的釉陶数量很多。另外,周代在陶器应用方面的一个重要发展是把陶器扩大到建筑方面,砖瓦已开始成为建筑中的重要材料,烧制砖瓦也成了陶业中的重要业务。

#### 5. 秦砖与汉瓦

至秦代(公元前 246~206 年),曾以大量砖瓦修建长城和阿房宫,这是以土器和陶器制品大量用于建筑的开始,也是建陶材料在我国生产使用的开端。秦俑坑的发掘更充分证明了在秦代我国制陶工艺已经非常发达,大批在尺寸上类似真人真马的精制陶俑当时已能成形和烧制得完美无缺,这是我国陶瓷工艺发展史上的辉煌成就。

汉代(公元前 206~220 年),是我国陶器制造很发达的时代。这时各地已设置制陶工场,大量生产陶器。原始瓷器的品种也大为增加。

汉代的瓦当上图案设计优美,字体行云流水,极富变化,有几何形纹、文字纹、动物纹等,可称为精致的艺术品。

到东汉时代,由于馒头窑和龙窑的普遍使用,烧成温度得以提高(1 200 °C~1 270 °C),制品吸水率降低,施石灰釉(CaO 含量高,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 2%左右),呈青灰色。东汉晚期,由于采用瓷石为原料,制胎和窑炉烧成温度提高,浙江越窑已开始制作瓷胎致密、釉层较厚的光滑而美观的青瓷。这是我国陶瓷史上的一个重大飞跃。

### 0.2.2 由陶到瓷的发展过程

中国是最早发明瓷器的国家。但是关于我国瓷器起源的具体年代,以及陶器是如何演变发展成为瓷器的,历来有不同的说法。产生分歧的原因主要是衡量古代瓷器的标准不同,或者对瓷器的含义理解不同,再加上我国地下文物陆续出土,不断地改变着人们的认识。

从陶器到瓷器的发展是我国陶瓷生产史上的一个重大转折。其发展过程,可以分为三个阶段、三个重大突破和三个重大飞跃。



## 1. 三个重大突破与三个阶段

关于由陶到瓷的发展过程,中国科学院上海硅酸盐研究所李家治等,较全面地总结了自新石器时代一直到明、清近 7 000 年我国陶瓷工艺发展的过程,科学地指出:我国之所以能够由陶过渡到瓷,主要是由于我国古代劳动人民,通过长期的实践,在制陶工艺上取得了辉煌成就的基础上,又逐步提高认识,积累经验,在原料的选择和精制、窑炉的改进和烧成温度的提高、釉的发现和使用等方面有了新的突破。远在 3 000 多年前的商、周时代,即创造了釉陶和原始瓷器。又经过 1 000 多年的过渡时期,原始瓷器的工艺更为成熟,在三国、魏晋时期或更早一些的汉代,完成由陶到瓷的过渡,我国成为世界上最早发明瓷器的国家。

以上提出了我国陶瓷工艺发展的三个重大突破和我国陶瓷发展的三个阶段。三个重大突破即是原料的选择和精制、窑炉的改进和烧成温度的提高以及釉的发现和使用。前一个突破是由陶向瓷发展的内因根据,后两个突破是由陶向瓷发展的外因条件。

由陶到瓷的发展的三个阶段,即是陶器、原始瓷器(过渡阶段)、瓷器。

## 2. 三个重大飞跃

我国学者刘秉诚从传统陶瓷的表面结构出发,认为我国陶瓷的发展历程,经历了三个重大飞跃:从原始陶器发展到商、周时代的釉陶是第一个飞跃;从釉陶发展到具有半透明的釉,而胎还是瓦胎的瓷器,又是一个飞跃;以后在此基础上发展成具有半透明胎的瓷器,是第三个飞跃。

### 0. 2. 3 瓷器的发展

瓷器在汉、晋时期完成由陶向瓷的过渡以后,进入了普遍发展时期。无论从釉面和胎质来看,瓷器的出现无疑是釉陶的一大进步。但作为致密度和光泽度都不及瓷器的陶器来说,并没有因为瓷器的出现而逐渐消失。

#### 1. 唐三彩

到南北朝和隋唐时期,烧瓷技术不断提高,这是我国陶瓷的发展阶段。著名的越窑青瓷(浙江绍兴)和邢窑白瓷(河北邢台),是唐代生产瓷器的主流。

唐代最重要的产品是驰名中外的唐三彩。一直到今天还受到广泛的喜好与收藏。唐三彩是陪葬的陶器,用绿、黄褐、蓝、紫等釉色施在雕塑品及日用器物上,变化多样。唐三彩分布在长安和洛阳两地,在长安的称为西窑,在洛阳的称为东窑。唐三彩的种类很多,有人物、动物、碗盘、酒器、文具等。

#### 2. 宋代五大名窑

宋代(公元 960~1279 年)陶瓷工艺的成就在我国历史上占有重要地位。出现了著名的官、哥(另一说法为越窑)、定、钧、汝五大名窑:官窑北宋时在河南开封,南宋时在浙江临安(杭州);定窑有北定、南定两处,北定在河北曲阳,南定在江西景德镇;钧窑在河南禹县;汝窑在河南的临汝;哥窑在浙江的龙泉。

钧窑产品釉色丰富,五彩缤纷。有玫瑰紫、海棠红、天蓝、米色等,其中以红紫最为名贵,称为“钧红”、“钧紫”。另外,钧窑产品中有“窑变花釉”。汝窑特点是釉色青而润泽,开创了青瓷印花,通体有极细的纹片等。定窑的产品多芒口(口上无釉),以白釉器为主,称