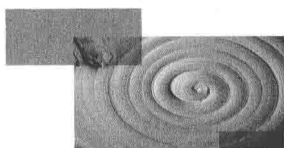




CERAMIC  
TECHNOLOGY  
BASE

# 陶瓷工艺基础

编著 董伟霞 包启富 顾幸勇



CERAMIC  
TECHNOLOGY  
BASE

# 陶瓷工艺基础

编著 董伟霞 包启富 顾幸勇

图书在版编目(CIP)数据

陶瓷工艺基础/董伟霞,包启富,顾幸勇编著. —  
南京:江苏凤凰美术出版社,2017.12  
ISBN 978-7-5580-3675-0

I. ①陶… II. ①董… ②包… ③顾… III. ①陶瓷艺术 IV. ①J527

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第311413号

责任编辑 方立松 夏晓烨  
装帧设计 焦莽莽  
责任监印 殷 莉

书 名 陶瓷工艺基础  
编 著 董伟霞 包启富 顾幸勇  
出版发行 江苏凤凰美术出版社(南京市中央路165号 邮编:210009)  
出版社网址 <http://www.jsmscbs.com.cn>  
制 版 江苏凤凰制版有限公司  
印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司  
开 本 889 mm×1 194 mm 1/16  
印 张 12.375  
字 数 240千字  
版 次 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5580-3675-0  
定 价 58.00元

营销部电话 025-68155790 营销部地址 南京市中央路165号  
江苏凤凰美术出版社图书凡印装错误可向承印厂调换

# 前 言

瓷器是中国古代的一项伟大发明,在漫长的历史岁月中,勤劳智慧的中国先民们点土成金,写下光辉灿烂的篇章,为人类文明作出了巨大的贡献。当代随学科发展、知识更新以及实验条件等改变而变化,与之配套的管理模式和教学手段应具有灵活性,使人才培养、教学内容和实践环节更加适应现代社会发展的需要,本书体现了该课程的时代特点,启迪学生具有创新思维意识,并结合了我国的教学特点以及教学实践,体现了先进性、科学性和实用性。本书旨在通过概念、原理与实践性知识的关系,以概念、原理性知识为导向,加强陶瓷共性知识的阐述,并有针对性地选择实践中常用的科学方法,加强理论与实践相结合,以培养学生科学创新精神和工程实践能力。

本书从生产实践出发,对陶瓷生产的原料、坯釉配方、成型工艺、干燥、烧成、装饰以及陶瓷产品

产生缺陷进行了介绍,并对生产中出现的问题,介绍了相关解决的方法。考虑到企业生产工艺技术管理的需要,详细介绍了各工序的操作规程和标准,便于读者理解生产工艺要点,从而有效地呈现出生产中出现的工艺技术问题。

本书可供无机非金属材料工程、硅酸盐工程领域工程研究、设计、生产的工程技术人员、一般的操作工人、高等院校教师、研究生、本科生和大专生阅读或作为参考书。

本书在编写过程中得到了许多人的支持和帮助;笔者的领导、师长也给予了关心和帮助。在此,向他们表示深切的谢意。本书在编写过程中参考了许多相关书刊、标准、资料,谨此向有关作者表示深切谢意。

编著者虽从事陶瓷研究开发工作多年,但限于水平,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2017年5月

# 目 录

绪论 .....	1	1.4.8 工业废渣 .....	26
陶瓷的概念与分类 .....	2	1.5 常用化工原料 .....	26
我国陶瓷技术发展概述 .....	4	1.5.1 常用化工熔剂原料 .....	26
陶瓷在现代化建设中的作用 .....	6	1.5.2 常用乳浊剂化工原料 .....	29
当前中国陶瓷主要产区分布 .....	7	1.5.3 常用着色剂化工原料 .....	30
<b>第1章</b>		1.5.4 常用添加剂化工原料 .....	30
<b>原料 .....</b>	<b>8</b>	1.6 陶瓷原料的标准化 .....	33
1.1 原料概述 .....	9	1.7 原料处理 .....	34
1.2 可塑性原料——黏土 .....	9	1.7.1 黏土原料的洗涤及精选 .....	34
1.2.1 黏土的定义 .....	9	1.7.2 原料的预烧 .....	36
1.2.2 黏土的成因 .....	9	<b>第2章</b>	
1.2.3 黏土的分类 .....	10	<b>坯、釉料制备 .....</b>	<b>38</b>
1.2.4 黏土的组成 .....	10	2.1 坯、釉料制备的主要工序及设备 .....	39
1.2.5 黏土的工艺性能 .....	13	2.1.1 原料的粉碎及设备 .....	39
1.2.6 黏土在陶瓷生产中的作用 .....	17	2.1.2 筛分及设备 .....	42
1.2.7 日用陶瓷用高岭土标准 .....	17	2.1.3 除铁与搅拌 .....	43
1.3 瘠性原料 .....	17	2.1.4 泥浆脱水 .....	44
1.3.1 石英类原料 .....	17	2.1.5 陈腐与练泥 .....	45
1.3.2 熟料与废瓷粉 .....	19	2.2 坯料的种类 .....	46
1.4 熔剂性原料 .....	20	2.3 坯料的成型性能 .....	46
1.4.1 长石类原料 .....	20	2.4 坯料的制备 .....	46
1.4.2 含碱硅酸铝类——碱土硅酸盐类原料 .....	23	2.4.1 注浆坯料的制备 .....	46
1.4.3 含碱硅酸铝类——碱性硅酸盐类原料 .....	24	2.4.2 可塑性坯料的制备 .....	48
1.4.4 碳酸盐类 .....	24	2.4.3 压制坯料的制备 .....	50
1.4.5 钙的磷酸盐类 .....	25	2.5 釉料制备 .....	52
1.4.6 高铝质矿物原料 .....	25	2.5.1 釉的作用及特点 .....	52
1.4.7 锆英石 .....	26	2.5.2 釉的分类 .....	53
		2.5.3 釉的性质 .....	54

2.5.4 釉浆品质要求 .....	59
2.5.5 釉浆的调制工艺 .....	60
2.5.6 生料釉的制备 .....	60
2.5.7 熔块釉料的制备 .....	61
2.5.8 特种釉料的制备 .....	64

### 第3章

## 成型与模具 ..... 65

3.1 器型的合理设计 .....	66
3.2 成型方法的分类与选择 .....	66
3.3 可塑成型 .....	67
3.3.1 概念及其分类 .....	67
3.3.2 可塑成型工艺原理 .....	67
3.3.3 可塑成型对坯料的要求 .....	68
3.3.4 旋压成型 .....	69
3.3.5 滚压成型 .....	70
3.3.6 车坯成型 .....	74
3.3.7 其他成型方法 .....	74
3.3.8 塑压成型 .....	75
3.3.9 注塑成型 .....	77
3.3.10 注浆成型 .....	79
3.3.11 压制成型 .....	83
3.3.12 等静压成型 .....	85
3.4 成型模具 .....	88
3.4.1 概述 .....	88
3.4.2 石膏种类 .....	88
3.4.3 石膏原矿质量鉴别 .....	89
3.4.4 石膏模的制作 .....	89
3.4.5 不同成型对石膏模具的要求 .....	95
3.4.6 新型材料模具 .....	95

### 第4章

## 坯体的干燥 ..... 97

4.1 干燥作用与干燥过程 .....	98
4.1.1 干燥作用 .....	98
4.1.2 干燥过程 .....	98
4.1.3 影响干燥速度的主要因素 .....	99
4.2 干燥制度的确定 .....	100
4.3 干燥方法和干燥设备 .....	100
4.3.1 自然干燥 .....	100
4.3.2 热空气干燥 .....	101
4.3.3 辐射干燥 .....	102
4.3.4 综合干燥 .....	103
4.4 干燥中常见缺陷分析 .....	103
4.4.1 坯体的干燥收缩 .....	103
4.4.2 产生干燥缺陷的原因 .....	103

### 第5章

## 黏结、修坯与施釉 ..... 105

5.1 黏结与修坯 .....	106
5.1.1 黏结 .....	106
5.1.2 修坯 .....	106
5.2 施釉 .....	107
5.2.1 釉浆施釉法 .....	107
5.2.2 静电施釉 .....	109
5.2.3 干法施釉 .....	109
5.2.4 影响施釉的因素 .....	109
5.2.5 取釉 .....	110

**第 6 章**

**烧成与窑具 ..... 111**

6.1 概述 .....	112
6.2 烧成制度 .....	112
6.2.1 坯体在烧成过程中的物理化学变化 .....	113
6.3 烧成制度的制定与控制 .....	114
6.3.1 温度制度 .....	114
6.3.2 气氛制度 .....	116
6.3.3 压力制度 .....	117
6.4 烧成方式 .....	117
6.5 快速烧成 .....	118
6.5.1 快速烧成意义 .....	118
6.5.2 快速烧成的工艺措施 .....	118
6.6 装窑与窑具 .....	120
6.6.1 装钵 .....	120
6.6.2 倒焰窑的装窑 .....	120
6.6.3 隧道窑的装车 .....	121
6.7 窑具 .....	122
6.7.1 窑具种类 .....	122
6.7.2 窑具的性能要求 .....	123
6.7.3 窑具材质的类型及损坏情况分析 .....	124
6.7.4 新型高温窑炉保护陶瓷涂料 .....	125
6.8 烧成缺陷分析 .....	126
6.8.1 变形 .....	126
6.8.2 烟熏 .....	126
6.8.3 发黄 .....	126
6.8.4 起泡 .....	127
6.8.5 针孔 .....	128
6.8.6 黑点 .....	128
6.8.7 橘釉 .....	128
6.8.8 炸釉、惊裂 .....	128

6.8.9 生烧 .....	129
----------------	-----

**第 7 章**

**陶瓷装饰 ..... 130**

7.1 概述 .....	131
7.2 陶瓷颜料 .....	131
7.2.1 分类 .....	131
7.2.2 陶瓷颜料制造 .....	133
7.2.3 陶瓷颜料发色机理 .....	134
7.2.4 影响色剂呈色因素 .....	134
7.3 釉上装饰 .....	136
7.3.1 釉上彩绘 .....	136
7.3.2 釉上贴花 .....	137
7.3.3 贵金属装饰 .....	138
7.3.4 光泽彩 .....	139
7.3.5 其他装饰方法 .....	139
7.4 釉下装饰 .....	140
7.4.1 釉下彩绘 .....	140
7.4.2 其他装饰方法 .....	142
7.5 釉中彩 .....	142
7.6 颜色釉 .....	143
7.6.1 低温颜色釉 .....	143
7.6.2 高温颜色釉 .....	143
7.7 艺术釉 .....	147
7.7.1 结晶釉与砂金釉 .....	147
7.7.2 无光釉 .....	149
7.7.3 裂纹釉 .....	150
7.7.4 变色釉 .....	150
7.7.5 金属光泽釉 .....	151
7.8 坯体装饰 .....	151
7.8.1 色坯、斑点、绞胎 .....	151
7.8.2 镂空、刻花、堆雕 .....	153

7.8.3 化妆土 .....	155
7.8.4 渗花 .....	155
7.8.5 陶瓷墨水 .....	157
7.9 釉料、颜料中,铅、镉离子的溶出 .....	161
7.9.1 溶出原因 .....	161
7.9.2 影响因素 .....	162

## 第8章

### 陶瓷制品缺陷及其分析 ..... 165

8.1 日用陶瓷制品缺陷分析 .....	166
8.2 墙地砖制品缺陷分析 .....	168
8.2.1 裂纹 .....	168
8.2.2 夹层(起层、层裂、分层) .....	168
8.2.3 缺花 .....	168
8.2.4 尺寸误差 .....	168
8.2.5 变形 .....	170
8.2.6 色差 .....	170
8.2.7 釉面缺陷 .....	170
8.2.8 吸湿膨胀性 .....	172
8.2.9 阴阳色 .....	172
8.2.10 针孔 .....	172
8.2.11 露底 .....	172
8.2.12 黑心 .....	172
8.2.13 龟裂 .....	172
8.3 卫生陶瓷制品缺陷分析 .....	172
8.3.1 斑点 .....	172
8.3.2 棕眼 .....	173
8.3.3 脏 .....	173
8.3.4 缺釉 .....	173
8.3.5 橘釉 .....	174
8.3.6 色脏 .....	174
8.3.7 波纹 .....	174

8.3.8 坯泡 .....	174
8.3.9 裂纹 .....	175
8.3.10 变形 .....	176
8.3.11 烟熏 .....	176
8.3.12 磕碰 .....	176
8.3.13 色差 .....	176
8.3.14 熔洞 .....	176
8.3.15 冲水不合格 .....	177
8.3.16 坑包 .....	177
8.3.17 釉薄 .....	177

### 参考文献 ..... 178

### 附录 ..... 179

# 绪 论

## 一、陶瓷的概念与分类

### 1.1 陶瓷的定义

陶瓷(Ceramics),陶器和瓷器的总称。陶瓷的传统概念是指所有以粘土等无机非金属矿物为原料的人工工业产品。它包括由粘土或含有粘土的混合物经混练,成形,烧成而制成的各种制品。由最粗糙的土器到最精细的精陶和瓷器都属于它的范围。对于它的主要原料是取之于自然界的硅酸盐矿物(如粘土、长石、石英等),因此与玻璃、水泥、搪瓷、耐火材料等工业,同属于“硅酸盐工业”(Silicate Industry)的范畴。

(1) 狭义(传统概念):陶瓷一般为陶器、瓷器等以粘土为主要原料的制品的通称。一般以粘土、长石、石英等为主要原料制成。

(2) 广义:凡用传统的陶瓷方式制成的无机多晶产品,均属陶瓷之列。(也是用陶瓷生产方法制造的无机非金属固体材料和制品的通称。)

(3) 微观结构上看:陶瓷制品胎体由结晶相、玻璃相、气相构成的复杂多相系统。

### 1.2 陶瓷的分类

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,以及制造方法,常常互相接近交错,无明显的界限,而在应用上却有很大的区别。因此很难硬性地将它们归纳为几个系统,详细的分类法各家说法不一,到现在国际上还没有一个统一的分类方法。常用的有如下两种从不同角度出发的分类法:

#### 1) 按陶瓷概念和用途来分类

陶瓷制品	{	普通陶瓷:陶瓷概念中的传统陶瓷。根据其使用领域的不同,又可分为日用陶瓷、建陶、化工陶瓷、化学瓷、电瓷、及其它工
		业用陶瓷。
		特种陶瓷:(fine ceramic) {
		结构陶瓷
		功能陶瓷

#### (1) 按用途的不同分类

- ① 日用陶瓷:如餐具、茶具、缸、坛、盆、罐等。
- ② 艺术陶瓷:如花瓶、雕塑品、陈设品等。
- ③ 工业陶瓷:指应用于各种工业的陶瓷制品。又分以下6个方面:

① 建筑—卫生陶瓷:如砖瓦、排水管、面砖、外墙砖、卫生洁具等;

② 化工陶瓷:用于各种化学工业的耐酸容器、管道、塔、泵、阀以及搪砌反应锅的耐酸砖、灰等;

③ 化学瓷:用于化学实验室的瓷坩埚、蒸发皿、燃烧舟、研钵等;

④ 电瓷:用于电力工业高低压输电线路上的绝缘子。电机用套管,支柱绝缘子、低压电器和照明用绝缘子,以及电讯用绝缘子,无线电用绝缘子等;

⑤ 耐火材料:用于各种高温工业窑炉的耐火材料;

⑥ 特种陶瓷:用于各种现代工业和尖端科学技术的特种陶瓷制品,有高铝氧质瓷、镁石质瓷、钛镁石质瓷、锆英石质瓷、锂质瓷、以及磁性瓷、金属陶瓷等。

特种陶瓷是指采用高度精选或人工合成的原料,保持精确的化学组成,经严格的、精确控制的工艺方法,达到设计要求的显微结构和精确的尺寸精度,获得高新技术应用的优异性能的陶瓷材料。简而言之,精细控制制造过程,达到预先设计的组成、显微结构和性能,用于高新技术领域的无机非金属材料即精细陶瓷。

一般将应用于制造陶瓷发动机、切削工具、磨削材料、密封件和轴承等领域的,应用它们的力学性能(如高强度、耐磨、高弹性模量、高硬度)和热学性能(耐高温、热绝缘、抗热冲击等)的特种陶瓷称为结构陶瓷。而将应用它的其他性能,如电、磁、光、声、化学、放射性生物医学等功能的特种陶瓷称为功能陶瓷。

#### (2) 按坯体的物理性能分类(按所用原料及坯

体的致密程度)

陶瓷制品

- 陶器:坯体结构疏松、致密度较差、通常有一定的吸水率、断面粗糙无光、没有半透明性,敲之声音粗哑。
- 瓷器:坯体致密、基本上不吸水、有一定的半透明性、断面成石状或贝壳状。

土器 (brickware or terra-cotta), 陶器 (pottery), 炆器 (stone Ware), 半瓷器 (semivitreous china), 以至瓷器 (porcelain), 原料是从粗到精, 坯体是从粗松多孔, 逐步到达致密, 烧结, 烧成温度也是逐渐从低趋高。

土器是最原始最低级的陶瓷器, 一般以一种易熔粘土制造。在某些情况下也可以在粘土中加入熟料或砂与之混合, 以减少收缩。这些制品的烧成温度变动很大, 要依据粘土的化学组成所含杂质的性质与多少而定。以之制造砖瓦, 如气孔率过高, 则坯体的抗冻性能不好, 过低又不易挂住砂浆, 所以吸水率一般要保持 5~15% 之间。烧成后坯体的颜色, 决定于粘土中着色氧化物的含量和烧成气氛, 在氧化焰中烧成多呈黄色或红色, 在还原焰中烧成则多呈青色或黑色。

我国建筑材料中的青砖, 即是用含有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的黄色或红色粘土为原料, 在临近止火时用还原焰煅烧, 使  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  还原为  $\text{FeON}$  成青色, 陶器可分为普通陶器 (Ordinary pottery) 和精陶器 (Fine earthenware) 两类。普通陶器即指土陶盆、罐、缸、瓮以及耐火砖等具有多孔性着色坯体的制品。精陶器坯体吸水率仍有 4~12%, 因此有渗透性, 没有半透明性, 一般白色, 也有有色的。釉多采用含铅和硼的易熔釉。它与炆器比较, 因熔剂总量较少, 烧成温度不超过 1300 °C, 所以坯体未充分烧结; 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冲击强度比瓷器、炆器要小, 同时它的釉比上述制品的釉要软, 当它的釉层损坏时, 多孔的坯体即容易沾污, 而影响

卫生。

精陶按坯体组成的不同, 又可分为: 粘土质、石灰质, 长石质、熟料质等四种。粘土质精陶接近普通陶器。石灰质精陶以石灰石为熔剂, 其制造过程与长石质精陶相似, 而质量不及长石质精陶, 因之近年来已很少生产, 而为长石质精陶所取代。长石质精陶又称硬质精陶, 以长石为熔剂。是陶器中最完美和使用最广的一种。近世很多国家用以大量生产日用餐具 (杯、碟、盘、碗等) 及卫生陶器以代替昂贵的瓷器。熟料精陶是在精陶坯料中加入一定量熟料, 目的是减少收缩, 避免废品。这种坯料多应用于大型和厚胎制品 (如浴盆, 盥洗盆等)。

炆器在我国古籍上称“石胎瓷”, 坯体致密, 已完全烧结 (sintering), 这一点已很接近瓷器。但它还没有玻化 (Vitrification), 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现颜色, 所以对原料纯度的要求不及瓷器那样高, 原料取给容易。炆器具有很高的强度和良好的热稳定性, 很适应于现代机械化洗涤, 并能顺利地通过从冰箱到烤炉的温度急变, 在国际市场上由于旅游业的发达和饮食的社会化, 炆器比之搪陶具有更大的销售量。

半瓷器的坯料接近于瓷器坯料, 但烧后仍有 3~5% 的吸水率 (真瓷器 true porcelain, 吸水率在 0.5% 以下), 所以它的使用性能不及瓷器, 比精陶则要好些。

瓷器是陶瓷器发展的更高阶段。它的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, 胎薄处呈半透明, 断面呈贝壳状, 以舌头去舔, 感到光滑而不被粘住。硬质瓷 (hard porcelain) 具有陶瓷器中最好的性能。用以制造高级日用器皿, 电瓷、化学瓷等。

软质瓷 (soft porcelain) 的熔剂较多, 烧成温度较低, 因此机械强度不及硬质瓷, 热稳定性也较低, 但其透明度高, 富于装饰性, 所以多用于制造艺术陈设瓷。至于熔块瓷 (Fritted porcelain) 与骨灰瓷

(bone china), 它们的烧成温度与软质瓷相近, 其优缺点也与软质瓷相似, 应同属软质瓷的范围。这两类瓷器由于生产中的难度较大(坯体的可塑性和干燥强度都很差, 烧成时变形严重), 成本较高, 生产并不普遍。英国是骨灰瓷的著名产地, 我国唐山也有骨灰瓷生产。

我国国家标准(GB5001—85)日用陶瓷的分类见表 1-1。

表 1-1 日用陶瓷分类

性能及特征	陶器	瓷器
吸水性/%	一般大于 3	一般不大于 3
透光性	不透光	透光
胎体特征	未玻化或玻化程度差, 结构不致密, 断面粗糙	玻化程度高, 结构致密、细腻, 断面呈石状或贝壳状
敲击声	沉闷	清脆

表 1-2 日用陶器分类

名称	粗陶器	普通陶器	细陶器
特征	吸水率一般大于 15%, 不施釉, 制作粗糙	吸水率一般不大于 12%, 断面颗粒较粗, 气孔较大, 表面施釉, 制作不够精细	吸水率一般不大于 15%, 断面颗粒细, 气孔较小, 结构均匀, 施釉或不施釉, 制作精细

表 1-3 日用瓷器分类

名称	炻瓷类	普通瓷器	细瓷器
特征	吸水率一般不大于 3% 透光性差, 通常胎体较厚, 呈色, 断面呈石状, 制作较精细	吸水率一般不大于 1% 有一定透光性, 断面呈石状或贝壳状, 制作较精细	吸水率一般不大于 0.5%, 透光性好, 断面细腻, 呈贝壳状, 制作精细

## 二、我国陶瓷技术发展概述

我国陶瓷技术的发展有着悠久的历史。“China”意为“中国”, 而“china”即为“瓷器”, 据考证, 它是中国景德镇在北宋真宗景德年之前(公元 1004 年之前)的古名昌南镇的音译。由此可见, 我国是陶瓷之国, 瓷器是中国劳动人民的伟大发明之一。

陶器的出现距今约 8 000 年。随着陶器制作的不断发展, 到新石器时代, 即仰韶文化时期, 出现了彩陶, 故仰韶文化又称“彩陶文化”。在新石器时代晚期, 长江以北从仰韶文化过渡到龙山文化, 长江以南则从马家浜文化进入良渚文化。山东历城县龙山镇出现了“黑陶”。所以这个时期称为“龙山文化”时期, 又称“黑陶文化”。龙山黑陶在烧制技术上有了显著进步, 它广泛采用了轮制技术, 因此, 器形浑圆端正, 器壁薄而均匀, 将黑陶制品表面打磨光滑, 乌黑发亮, 薄如蛋壳, 厚度仅 1 mm, 人称“蛋壳陶”。进入殷商时代, 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。为从陶过渡到瓷创造了必要的条件, 这一时期釉陶的出现是我国陶瓷发展过程中的“第一次飞跃”。

汉代以后, 釉陶逐渐发展成瓷器, 无论从釉面和胎质来看, 瓷器的出现无疑是釉陶的又一次重大飞跃。在浙江出土的东汉越窑青瓷是迄今为止我国发掘的最早瓷器, 距今已有 1 700 年。当时的釉具有半透明性, 而胎还是欠致密的。这种“重釉轻胎倾向”一直贯穿到宋代的五大名窑(汝、定、官、越、钧)。第三次飞跃是瓷器由半透明釉发展到半透明胎。唐代越窑的青瓷、邢窑的白瓷、宋代景德镇湖田、湘湖窑的影青瓷都享有盛名。到元、明、清朝代, 彩瓷发展很快, 釉色从三彩发展到五彩、斗彩, 一直发展到粉彩、珐琅彩和低温、高温颜色釉。

在一个相当长的历史时期, 我国的陶瓷发展经历了三个阶段, 取得三个重大突破。三个阶段即是陶器、原始瓷器(过渡阶段)、瓷器, 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, 釉的发现和使用。尽管如此, 长期以来陶瓷发展是靠工匠技艺的传授, 产品主要是日用器皿、建筑材料(如砖、玻璃)等, 通常称为普通陶瓷(或称传统陶瓷)。我国学者刘秉诚从传统陶瓷的表现结构出发, 认为我国陶瓷的发展历程经历了三个重大飞跃: 商、周时代的釉陶是陶器的第一个飞跃; 第二个飞跃是作出了比较美观的釉面; 在此阶段主要着重

于釉的发展,由极薄的釉发展到形成一定厚度并且表面致密光滑具有近代瓷感的釉。由于其观感上已与釉陶有很大的不同,发生了突变和飞跃,使当时人们意识到无法再以一个“陶”字继续混称下去,遂创造了“瓷”字来称呼这些当时有所发展的釉陶,从而逐渐发明了瓷器。但应明确,当时的瓷器着重于釉面的“晶莹明彻,光润如玉”,而不注重瓷胎,这种“重釉轻胎倾向”一直贯穿到宋代以来的五大名窑(汝、定、官、哥、钧)

官窑的基本含义是皇家、官方营建,主持烧造瓷器的官场。不计工本,以最好的材料,最好的窑制,工艺最精良的工匠烧制。官窑产品以生活用品和陈设用器为主。特点:胎质细腻坚致,器壁薄,胎色黑或紫褐;釉色有天青、粉青、月白、绿、米黄色,釉层肥腴莹润,玉质感很强,釉面有各种开片。器形有碗、盘、碟、洗、盏托、直颈瓶等,还有仿古铜、玉器样式的瓷器。北宋时在河南开封,南宋时在浙江临安(杭州),北宋官窑一说是汝窑的贡器,釉色主要是粉青。

浙江的哥窑、弟窑相传皆为龙泉窑系,龙泉青瓷有两种主要类型:黑胎青瓷和白胎青瓷,相传是章姓兄弟二人所开,黑胎青瓷为哥窑龙泉青瓷,白胎青瓷为弟窑型龙泉青瓷。哥窑青瓷土脉细紫,质颇薄,色青,浓淡不一,有紫口铁足,多断纹,号百圾碎,冠绝当时;弟窑青瓷质厚,用白土造器,外涂幻水翠浅,纯粹汝美玉,影露白痕,无纹片,是整个龙泉窑系的主流。

定窑有北定、南定两处,北定在河北曲阳,南定在江西景德镇,定窑继承了邢窑制瓷传统,以白釉为主,兼出红、紫、黑、绿定、花纹加工有划花、刻花、印花三种。

钧窑河南禹相所致,是应用铜红釉最早的窑,所有的钧窑系釉都是液—液分相釉。

汝窑在河南临汝,汝窑制品以卵青色为主,器物通体有极细纹片,其釉青色是我国烧瓷技术采用铁还原着色的一个划时代发展。

第三个飞跃是瓷器由半透明釉发展到半透明胎。江西景德镇由于具有适宜的原料,首先产生了这个飞跃。宋代景德镇湖田、湘湖窑的影青瓷的胎的白度和半透明度都很高,已接近现代细瓷的水平,可作为标志。景德镇一带的陶瓷原料有其地质特点,不仅具有高岭村附近的白土(相当于片状高岭石和管状埃洛石的混合物),并且主要矿物为石英和水云母类矿物、以及部分高岭石或长石的各种瓷石。故景德镇瓷器的配方不同于目前的长石质瓷器,而属于水云母质系统。即以水云母作熔剂的高岭—石英—水云母质瓷胎和石灰石—石英—水云母质瓷釉的瓷器。于是,为具有半透明釉的瓷发展到具有半透明胎的瓷创造了条件。景德镇瓷器造型优美,品种繁多,装饰丰富,风格独特。瓷质“白如玉、明如镜、薄如纸、声如磬”,景德镇陶瓷艺术是中国文化宝库中的重要财富。

日用陶瓷是我国重要的出口商品,每年出口达60多亿件。1914年,唐山生产出中国的第一件马桶;1926年,上海生产出中国的第一块陶瓷砖,这两个具有纪念意义的事件,拉开了中国现代建筑卫生陶瓷行业发展的序幕。而改革开放以后的20年里,中国的建筑卫生陶瓷行业得到了飞速的发展,并从1993年开始,产量一直处于世界第一位。特别是在最近的20多年里面,随着大规模的工业化生产,中国的建筑卫生陶瓷行业的发展速度惊人。2015年,我国的陶瓷砖产量大约在100亿平米左右,而卫生陶瓷的产量达到2亿件,在全世界,是建筑卫生陶瓷生产大国。中国的建筑卫生陶瓷企业也面临着行业的管理水平落后、产品开发创新能力弱等问题,与发达国家相比有差距,另一方面,在出口快速增长的同时,产品的价格却偏低,仅相当于进口产品的1/3。随着科勒、东陶、美标等国际卫浴巨头的不断进入,中国卫浴市场的竞争已经进入了白热化。东陶、汉斯格雅、科勒等卫浴巨头目前正在酒店用品市场摩拳擦掌,准备一决高下。2015年市场的启动情况比较良好,拿箭牌卫浴来说,

2015年的销量与去年同期相比就增长30%以上,整个行业销售势头不错。在品牌之间,尤其强势品牌份额越来越高,弱势品牌则越来越弱,由此导致行业洗牌进一步加速。品牌与品牌之间的竞争主要表现在从过去单一性的竞争走向全面性的比拼。

中国已成为建筑卫生陶瓷的生产和消费大国,同时也是建筑卫生陶瓷的出口大国。目前,市场上各类中低档产品琳琅满目,造型丰富。然而,高档卫浴设备却还处在一个国内品牌空缺的时代。国内卫浴企业规模普遍偏小,资金、市场、技术和信息方面都十分匮乏,即使一些企业有独特的技术和工艺,但由于品牌优势不明显,市场潜能得不到充分发挥。而国内企业进入国际市场基本上采取OEM方式,即成为国际知名品牌的加工车间。另一方面,我国每年却要花大量外汇进口国外优质的系列产品。大多数国内产品在国际市场竞争中仍扮演着末端加工并只能获得微薄利润的角色,卫浴行业将面临着前所未有的挑战和机遇。

近20年来,随着新技术(如电子技术、空间技术、激光技术、计算机技术等)的兴起,以及基础理论和测试技术的发展,陶瓷材料研究突飞猛进。为了满足新技术对陶瓷材料提出特殊性能的要求,无论从原材料、工艺或性能上均与普通陶瓷有很大的差别的一类陶瓷应运而生,这就是特种陶瓷。

值得一提的是,世界各国的瓷器发展都比中国晚得多,虽然各国由仿制中国瓷器而逐渐创立自己的风格,但在早期瓷器的纹饰和造型等方面以及工艺制作过程,都还很容易直接或间接找出其源自中国的痕迹。中国瓷器,为人类文化的进步所做出的重大贡献,这是值得我们引以自豪的。

### 三、陶瓷在现代化建设中的作用

陶瓷工业在现代化建设中具有很重要的地位。首先,陶瓷是人民日常生活中所不可缺少的日用品,几千年来一直是人类用以生活的主要餐具、茶

具和容器。在人民生活水平日益提高的形势下,与人民生活密切相关的陶瓷制品必然面临对品质和数量提出更高要求的局面。另外,陶瓷又是制造美术陈设器皿的最耐久最富于装饰性的材料,陶瓷的坚致洁白、明润如玉、便于塑造、适于多种装饰手段、变化万千、丰富多彩是其它材料所无法替代的。尤其瓷器是我国的伟大发明,在国际上享有很高声誉,在对外交往中,瓷器常作为我国的传统礼品与各国交流,包括美术陈设瓷的日用陶瓷作为传统产品在我国外贸中占有一定的地位,故陶瓷工业在现代化建设中的地位是不可低估的。陶瓷又是一个原料来源丰富,传统技艺悠久,具有坚硬、耐用及一系列优良性质的材料,除日用陶瓷外,建筑业中的砖、瓦、管道,以及卫生洁具等需要量很大,电力、电子工业中的陶瓷绝缘材料,化学工业中的耐腐蚀陶瓷设备,冶金工业中需用的大量耐火材料,以及其它工业需用的很多陶瓷材料等在陶瓷工业中的比例随着现代化建设的发展而日益增大。另外,农业的灌溉和农产品的加工也需要大量的陶瓷管道和设备用具。总之,陶瓷工业的产品已遍及到民用和工业用的各个方面,是现代化建设中不可忽视的一个产业。随着现代科学技术的飞速发展,对材料的要求更高更严,作为具有优良性能的特种陶瓷已得到了广泛应用。许多现代国防工业和尖端科学技术,如航空、航天、半导体、高频技术、高温材料和各种特种用途的新材料、新元件无不需陶瓷材料。作为具有悠久历史的陶瓷,随着世界科学技术的日新月异,新兴的陶瓷材料必然会层出不穷,古老的陶瓷工业在新的形势下将再次产生飞跃,在现代工业中放射出更加灿烂的光芒。作为传统陶瓷,解放后取得了飞速发展,但目前在若干方面仍与世界先进水平有不少差距,我国陶瓷出口贸易额占世界陶瓷贸易总额的比例还很低。今后,我们要进一步开展陶瓷工艺技术的研究,利用现代的科学理论和分析化验设备研究总结我国陶瓷生产的经验,使这一具有民族特色的传统技艺得到进一步的提高

和发扬。同时要加强陶瓷基础理论与应用研究,积极寻找新原料,研制新瓷种,改进造型与装饰设计,用系统工程的方法,提高产品品质,减少能源消耗,提高劳动生产率,扩大陶瓷的出口。另外,在提高陶瓷科学技术水平的同时,还要加强生产的科学管理,有效地进行生产控制与检测,加强陶瓷的科研与教学工作,深入总结和推广国际上以及本国的科研成果,大力培养新生的技术力量,这些都是摆在我们面前的繁重任务。我们教育战线上的广大师生,要努力学好陶瓷专业和交叉科学的基础理论,并深入到陶瓷工业的生产中去,立足于本国的现有生产实际,有计划有步骤的吸收外国先进技术,为使我国具有光辉历史的传统陶瓷工业在世界上再展宏图,作出自己的应有贡献。

#### 四、当前中国陶瓷主要产区分布

当前中国日用陶瓷生产基地主要分布在广西

北流,山西怀仁,河北邯郸,湖南醴陵,广东潮州和饶平,山东淄博等(广东潮州去年被国务院确定为现代“中国瓷都”,而景德镇被定义为“千年瓷都”。)

当前中国建筑陶瓷生产基地主要分布在广东佛山(南庄镇被誉为中国建陶第一镇)、山东淄博、河北唐山,福建晋江(磁灶镇被授予“中国陶瓷重镇”称号),这四个地方成为全国四大建筑陶瓷生产基地,还有现在正在崛起的四川夹江,沈阳法库等。

当前中国卫生洁具陶瓷生产基地主要分布在广东佛山,山东博山,河北唐山,长三角地区上海被称为“三山一海”。

福建德化陶瓷是全国最大的工艺瓷生产和出口基地,德化被授予“世界瓷都”“中国陶瓷之乡”、“中国民间(陶瓷)艺术之乡”。

“耐火之乡”是江苏宜兴,河南巩义。

# 第 1 章 原料

## 1.1 原料概述

陶瓷制品的生产离不开原料,陶瓷工业使用的原料品种繁多,但从原料的来源分析,不外乎两大类:

天然矿物或岩石、化工原料(人工合成),本章着重介绍天然原料。

硅酸盐陶瓷材料制品,即普通陶瓷,多是采用天然矿物原料,这些原料都是从地球表层部分挖掘出来,然后再经过一定的选用处理而得到的。自然界的矿物是自然的化合物,是地壳经过各种物理化学作用的产物,而岩石是矿物的集合体,是多种矿物组合而成的。但是某些原料天然矿物中没有或者是非常的少,难以提纯,而一些陶瓷制品对原料的要求又很高(特种陶瓷),这时候就需要根据所需原料的化学组成选择合适的其他原料进行人工合成。这类原料我们可以叫它为人工合成原料。

根据原料的工艺性能,我们把陶瓷原料归纳为三大类:

可塑性原料赋予坯料可塑性与结合性,赋予坯料的成型性质,保证干坯强度及烧结的各种使用性能,是成型能够进行的基础(如各类黏土等)。

瘠性原料又称为非可塑性原料,或减黏原料,可以降低坯料的可塑性。降低制品的干燥收缩,缩短干燥时间并防止坯体变形(如石英、熟料、工业废渣等)。

熔剂性原料在高温下熔融,形成黏稠的玻璃熔体,是坯料中碱金属氧化物的主要来源,有利于降低陶瓷坯体的烧成温度。同时熔体能填充于各结晶颗粒之间,有助于坯体之致密和减少空隙(如长石、莹石、方解石、硅灰石、氧化锌等)。

根据原料用途可分为:瓷坯原料、瓷釉原料、色料以及彩料原料。

色料:以过渡金属、稀土金属或其他金属为发色元素,以某种晶型为载体母体的人工合成的用于陶瓷着色的矿物,氧化钴(蓝色,像青花,钴的含量越高,蓝色就越正,含量少就发灰;锰含量高时,青

花就蓝中泛紫或蓝中泛红;氧化铁含量高时青花的发色就发黑)、氧化铁等。

彩料:陶瓷彩饰用的材料(在景德镇可经常看到的在陶瓷的表面的各种颜色和图案,这种颜色都是用彩料装饰出来的)。因此也有人把彩料归于色料一类。

根据原料的组成分类:黏土质原料、硅质原料、长石质原料、钙质原料、镁质原料、有机原料等。

根据原料的获得方式分类:矿物原料、化工原料等。

除了这三大类原料外,陶瓷工业中还需要其他的一些辅助材料。主要是石膏和耐火材料,以及各种外加剂如助磨剂、助滤剂、解凝剂、增塑剂和增强剂等。

## 1.2 可塑性原料——黏土

黏土是可塑性原料,它是日用和建筑陶瓷中成型不可缺少的原料,黏土与水调和后形成可塑泥团,能塑造成型,干燥后具有一定的强度,烧后变得致密坚硬。由于黏土的这种性能构成了陶瓷生产的工艺基础及使用性能,它是陶瓷生产的基础原料,也是硅酸盐工业的主要原料。

### 1.2.1 黏土的定义

黏土是多种含水铝硅酸盐矿物,部分非黏土矿物或有机物天然细颗粒矿物的集合体。构成黏土的主要矿物称为黏土矿物,其矿物粒径多数小于 $2\mu\text{m}$ ,具有层状结构的含水铝硅酸盐晶体矿物。一切黏土均含有大量黏土矿物。黏土具有较高的耐火度、可塑性、结合性和烧结性等特点。黏土呈现白色、黄色、灰色、红色、黑色等各种颜色。

### 1.2.2 黏土的成因

黏土主要是由铝硅酸盐类岩石(火成的、变质的、沉积的,如长石、伟晶花岗岩、斑岩、片麻岩等)在长期地质作用条件下,经内化水解而形成的。例如,高岭土是由火成岩和变质岩中的长石和其他铝硅酸盐矿物,在潮湿气候和酸性介质中经风化或热