

轻工业技工学校统编试用教材

陶瓷工艺

《陶瓷工艺》编写组编

轻工业出版社

轻工业技工学校统编试用教材

陶 瓷 工 艺

《陶瓷工艺》编写组 编

轻工业出版社

内 容 简 介

本教材根据部颁日用陶瓷行业《工人技术等级标准》中对中级技术工人的要求，结合生产实际而编写的。书中重点介绍日用陶瓷生产工艺的基本原理以及各工序的操作要求，分析生产过程中产生各种缺陷的原因和克服途径。同时，书中还介绍了电瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷及新型陶瓷的生产工艺及特点。

本教材可作为轻工技工学校陶瓷专业试用教材，也可作为陶瓷工厂在职工人的中级技术培训教材。

轻工业技工学校统编试用教材

陶 瓷 工 艺

《陶瓷工艺》编写组 编

轻工业出版社出版

(北京广安门内大街25号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

880×1168毫米1/32印张：13²/₈字数：350千字

1988年6月 第一版第一次印刷

印数：1-28,500 定价：2.60元

ISBN 7-6019-0026-6/TS-0026

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设成一支以在职中级技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关行业《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了轻工业技工学校专业教材。

日用陶瓷专业教材由我部委托湖南省轻工业厅牵头组织，湖南省轻工技工学校为主编单位，书稿经日用陶瓷行业技工教材审稿会审议。编写组同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了许多增删。

翟志仁同志为本教材主编，张熙年同志为主审。绪论；第一、二、三、五、七、八、九、十一章由翟志仁同志编写。第四、十二章由吴嘉兆同志编写。第六、十章由詹永康同志编写。

本教材适用于技工学校陶瓷专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

本教材编审过程中得到了轻工部陶瓷工业科学研究所、江西省景德镇陶瓷工业公司、江西省景德镇陶瓷工业学校、江西省景德镇市技工学校、江苏省宜兴陶瓷工业公司、山东省博山陶瓷厂技工学校、河北省唐山陶瓷工业公司、河北省邯郸市陶瓷技工学校、河南省陶瓷玻璃工业公司、湖南省陶瓷研究所、湖南省醴陵瓷业总公司、湖南省轻工业专科学校等单位的大力协助，并提供了宝贵的资料。派出了富有实践经验的教师、工程技术人员参加审稿工作，谨此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，可能还存有不足之处，敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工教材编审小组

目 录

绪 论	(1)
一、陶瓷的概念及分类	(1)
二、我国陶瓷发展的简史	(3)
三、陶瓷工业在国民经济中的重要地位	(8)
第一章 日用陶瓷工业用原料	(10)
第一节 粘土类原料	(11)
第二节 石英	(28)
第三节 长石	(32)
第四节 其它原料	(39)
第二章 日用陶瓷坯料及计算	(50)
第一节 坯料组成表示方法	(50)
第二节 日用瓷坯料的类型	(53)
第三节 坯料计算	(75)
第四节 坯料配方的依据	(103)
第三章 日用陶瓷坯料的制备	(105)
第一节 坯料的种类和质量要求	(105)
第二节 原料的加工处理	(109)
第三节 除铁、过筛与搅拌	(115)
第四节 泥浆输送和脱水	(116)
第五节 陈腐与练泥	(118)
第六节 坯料制备流程	(120)
第四章 坯体成形	(124)
第一节 可塑成形	(125)
第二节 注浆成形	(140)
第三节 修坯与粘接	(145)
第四节 新成形方法简介	(147)

第五节	器型设计初步	(149)
第五章	坯体干燥	(155)
第一节	干燥机理	(155)
第二节	干燥方法及干燥设备	(162)
第三节	干燥制度的确定	(165)
第四节	产生干燥缺陷的分析	(171)
第六章	釉料	(174)
第一节	釉的物理化学性质与釉的试验	(174)
第二节	釉的分类及制釉原料	(185)
第三节	釉的配料与釉的计算	(188)
第四节	釉料制备	(208)
第五节	施釉	(209)
第六节	施釉缺陷及其控制	(211)
第七章	烧成	(213)
第一节	坯体在烧成过程中的物理化学变化	(213)
第二节	烧成工艺控制	(221)
第三节	烧成产品的缺陷分析	(243)
第四节	陶瓷的快速烧成	(252)
第八章	石膏模型与匣钵	(256)
第一节	石膏模型	(256)
第二节	匣钵	(270)
第九章	日用陶瓷的装饰	(284)
第一节	陶瓷颜料	(284)
第二节	彩绘工艺	(304)
第三节	色坯和化妆土	(308)
第四节	颜色釉	(309)
第五节	艺术釉	(318)
第六节	其它装饰工艺	(323)
第七节	降低陶瓷画面铅溶出量	(324)

第十章 瓷胎的结构与性质	(331)
第一节 瓷胎的显微结构.....	(331)
第二节 瓷器的性质.....	(339)
第三节 瓷器研究的实例.....	(345)
第十一章 陶器和炆瓷	(348)
第一节 陶器.....	(348)
第二节 紫砂器.....	(377)
第三节 日用炆瓷.....	(379)
第十二章 工业陶瓷	(390)
第一节 电瓷.....	(390)
第二节 建筑陶瓷.....	(399)
第三节 化工陶瓷.....	(408)
第四节 特种陶瓷简介.....	(413)
附录	(420)
一、常用矿物的组成计算表.....	(420)
二、常用氧化物的分子量.....	(422)
三、各国筛网标准.....	(422)
四、各国三角测温锥标准.....	(428)
本教材参考书	(431)

绪 论

一、陶瓷的概念及分类

陶瓷是与人类生活和生产有着密切联系的一种材料。“传统陶瓷”的概念是指凡以粘土为主要原料，经过粉碎、制料、成形、煅烧等工序而得到的制品。随着生产力的不断发展和科学技术水平的不断提高，各个历史阶段赋予“陶瓷”的概念及范畴也在不断变化。现代对陶瓷制品的分析结果表明：陶瓷是一种由若干晶相和玻璃相组成的混和物，而且每一相都有许多不同的组成，这些组成主要属于无机非金属材料。因此，有些国家把由无机非金属材料作为基本组分组成的固体制品称作“陶瓷”。这一定义不仅包括陶器、瓷器、耐火材料、构筑粘土制品、磨料、搪瓷、水泥和玻璃等；而且还包括非金属磁性材料、铁磁体、人造单晶、玻璃-陶瓷等。本学科所谓的“陶瓷”是指以无机矿物岩石等为原料，经过人工加工和高温处理，历经一系列物理化学变化后，又回复到似岩石一样坚硬，但其内部结构及性质都发生很大变化的工业和民用制品中的一部分。

这一部分的陶瓷制品，其种类也很繁多，它们的性质、制造工艺及用途等各不相同。如何将它们进行分类，现今国际上尚无统一的分类方法。人们可以从各种不同的角度出发，而得出各种不同的分类方法。例如，可以按其用途分类；也可以根据其基本物理性能（气孔率、透明度、色泽等）、所用原料及产品的内部组成来分类。我国陶瓷界学者经过反复推敲，提出了日用陶瓷的分类标准，并于一九八五年发布。我们深信，我国提出的陶瓷分类方法，将引起各国陶瓷界学者的重视与兴趣。我国制定的日用陶瓷分类标准如下：

(1) 日用陶瓷按其胎体特征分为陶器与瓷器，它们应符合

序表 1 的规定。

序表 1 日用陶瓷分类

性能类别及特征	陶 器	瓷 器
吸水率, %	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

注: 1. 序表 1 来源中华人民共和国国家标准, GB5001—85。

2. GB5001—85 适用于各种材质的日用陶瓷制品。

(2) 陶器按其特征分为粗陶器、普通陶器和细陶器。它们应符合序表 2 的规定。

序表 2

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

(3) 瓷器按其特征分为炻瓷器、普通瓷器和细瓷器。它们应符合序表 3 的规定。

序表 3

名称	炻瓷器	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

国家标准局1985-03-11发布

1985-12-01实施

二. 我国陶瓷发展的简史

我国是世界文明古国之一。陶瓷在我国有八千年的发展史。我国劳动人民在长期的生产实践中，对陶瓷生产的工艺不断地加以创新，生产了许多质量和艺术水平极高的制品，对人类文明作出了卓越贡献。

陶器是人类最早的手工业产品。它的产生与人类从游猎生活逐步过渡到定居生活并从事农业生产有着密切的关系。

根据文物发掘和考古研究表明：在我国境内，迄今所发现的最古老陶器是中原地区距今大约八千年前的磁山和裴李岗文化遗址出土的陶器。比磁山和裴李岗稍晚的有浙江阿姆渡，在那里发现了夹碳黑陶和夹砂陶等多种陶器。陶器制作到新石器时代的晚期，已有了很大的进步。1921年，在河南省渑池仰韶村，发现了一批带有红黑花纹的彩陶片与磨制过的石器共存。考古学家称之为“彩陶”，并将这一时代的文化称为“仰韶文化”。仰韶文化的彩陶分布很广，发现已达百余处。

1928年，在山东省历城县龙山镇城子崖发现了许多黑色陶器，考古学家称之为“黑陶”。并称这一时代的文化为“龙山文化”。解放后在山东、河南、山西、江苏、陕西和浙江等省发现三

百多处龙山文化遗址。龙山黑陶在制作和烧成技术上有显著的进步，开始采用陶轮制坯，胎薄而均匀，器形浑圆而端正。最精制的黑陶，表面光亮，厚度仅一毫米，薄如蛋壳，有“蛋壳陶”之称。

以上所述是我国史前文化两个主要系统。此外还有与仰韶文化几乎平行发展的“马家窑文化”（解放后在甘肃临洮马家窑遗址发现），与龙山文化同时发展的“齐家文化”（1924年在甘肃广通齐家坪发现），以及1951年在江苏淮安青莲岗发现的“青莲岗文化”和1954年在湖北省京山县屈家岭、天门县石家河二处发现的“屈家岭文化”等。

距今约三千年的殷商时代，已出现了白陶和釉陶。这说明我国劳动人民已经知道选择含三氧化二铁较少的原料制陶，并发明了釉，掌握了施釉的方法。至秦代（公元前221~206年）曾以大量的砖瓦修建长城和阿房宫，这是以土器和陶器制品用于建筑的开始，也是建筑陶瓷材料在我国生产使用的开端。陕西骊山秦始皇墓东侧发掘的兵马俑，其尺寸类似于真人真马，充分证明了我国的制陶工艺已非常发达。

釉陶经过周秦的发展，至两汉时期已非常发达。

瓷器是中国人民的一项伟大创造发明，中国是瓷器的原生地，是瓷器的故乡。

我国的瓷器出现于东汉时期。已发现的最早的原始瓷器则属于商代中期，但瓷器的发生期却似乎可以上推到相当于先商和早商期的二里头文化时期，在二里头文化遗址中已发现了迄今最早的青铜器和原始瓷片。

从瓷器的发生到出现瓷器的东汉，其间经历了大约二千年的时间，原始瓷与陶的差异远远大于与瓷的差异，是属于瓷器范畴。

我国瓷器从其前身的原始瓷起，就以高温和色釉为特征，特别是以铁元素为着色剂的青釉为特征。最早记载瓷器的文献，有

西汉人邹阳的《酒赋》：“醪醴既成，绿瓷既启”。这种原始瓷是在还原气氛中烧成的。到东汉晚期，原始瓷的质量有较大提高，这时出现的青瓷器，其性能已经基本上符合瓷器的要求，烧成温度提高了，器皿的吸水率和显气孔率有所降低，外表施以氧化钙为主要熔剂的石灰釉，坯体内已有发育的莫来石晶体和熔融的细石英颗粒，釉层较厚，釉面“晶莹明彻，光润如玉”。这是我国陶瓷发展史上的一个转折。这些成就，使人们认识到“陶”与“瓷”的区别。但是，直到公元十世纪前，各窑场生产的瓷器，其釉虽然光润如玉，具有半透明性，而胎则还是瓦胎或石胎，缺乏半透明性，胎质尚不致密。

唐代（公元618~907年）是我国文化鼎盛时期。由于广大劳动人民生活的需要和当时禁止使用铜器的结果，陶瓷制造业有了更大的发展，瓷器的使用很普遍，瓷器产品分布很广，其中越窑（浙江绍兴）的青瓷和邢窑的白瓷齐名全国。越窑器物造型秀丽玲珑，邢窑白瓷类银似雪，很有特色。而“唐三彩”陶器则更堂皇华丽，曾在历史上煊赫一时，至今声名不衰。近年来，在景德镇附近胜梅亭窑发现的白瓷，其白度(70%)和孔隙度(0.81%)已接近于现代瓷器水平。此外，长沙窑首创在青釉、褐釉和白釉的坯体上装饰釉下花纹的新工艺，并运用翎毛花卉等绘画题材和诗词书法来装饰瓷器。这些都说明在唐代已经能够烧制质量较高的瓷器。

两宋（北宋公元960~1127年，南宋1127~1279年）的陶瓷工业生产得到普遍发展，制瓷地区遍及大江南北及黄河流域。其中特别是五大名窑（定、汝、钧、哥、官）闻名于世。定窑位于河北曲阳，以白色、黑色和紫色制品著称；汝窑位于河南宝丰，以青瓷为主，系北宋皇室用瓷，器物通体有极细的纹片；钧窑位于河南禹县，釉面有多种色调，如葱翠、茄皮紫、鹦哥绿、猪肝红、鱼肚白及窑变等。钧窑是我国制作铜红釉最早的窑；哥窑在浙江龙泉，相传有兄弟二人，哥哥章生一所主之窑称为“哥窑”，产

品呈淡青色、炒米黄色，有“百圾碎”及“鱼子”等裂纹釉，冠绝当时。弟弟章生二所主的窑称为“弟窑”，以青色与翠色为主，胎较薄，纯翠如美玉，紫口铁足，但少纹片；官窑于北宋时在河南开封，南宋时在浙江临安（杭州），制品以粉青为主，装饰有“冰裂纹”等。此外陕西的耀州窑、福建的建窑、河北的磁州窑等都是当时著名的窑场。

景德镇有我国“瓷都”之称。起源于南北朝的陈代（公元557~589年），发展于唐代，及至北宋年间始置镇，为景德镇，当时大量生产“色白花青”的影青瓷，北宋末年年开始生产红釉器，至南宋年间，则仿定窑制作白釉瓷器。从明代开始，景德镇成为我国瓷业生产的中心，是我国精细瓷器的代表。它的组成属绢云母质瓷。明代以来的历代皇室，都在景德镇设有御窑厂，并以各皇帝的年号为款识，如明代“成化年制”、清代“康熙年制”等。至今景德镇仍为我国重要瓷区之一。

明代（公元1368~1644年）制瓷技术有了较大的提高。从原料的开采、精选、胎釉配方、成形、干燥、烧成和装饰等一系列的工艺过程都有显著的改革。如永乐时创制的白釉脱胎瓷器及宝石红釉、宣德时的青釉和祭红、成化时的五彩和斗彩等都大大超过了前代的产品。

宜兴陶器起源于宋代，到明代也很著名。此外，福建的德化窑、广东的石湾窑等窑场也很著名。

清代（公元1616~1911年）初叶，我国制瓷技术已进入十分成熟的阶段。此时仍以景德镇为中心，技术水平很高，制品种类十分丰富。除明代已有的品种外，创造了釉上粉彩和珐琅彩，制成了各种低温和高温颜色釉，生产了专供出口的“洋瓷”。除景德镇外，还有醴陵、石湾、博山、宜兴、福建等地。窑业也很发达。

中国的瓷器对世界文化的发展和技术交流有很大的影响。据目前有关资料表明，远在唐代中国瓷器就进入了国际市场。两宋

时，大小五十余国来中国经商，对外贸易中心逐渐由广州扩展至泉州，荷兰商人由泉州贩运瓷器至欧洲，价值每与黄金相等，且有供不应求之势。我国广东商人也曾经向欧洲出口瓷器。十五世纪起，欧洲一些国家，如葡萄牙人也来到中国，将瓷器运往欧洲。清代初期到中叶，中国瓷器除在欧洲有广大市场外，还远销到美、非、澳等地。

埃及从法特米王朝（公元969~1171年）开始仿制中国的瓷器。此后，阿拉伯、土耳其、意大利、荷兰等地都能仿制中国瓷器。十一世纪，中国的制瓷技术传到朝鲜，在康津建窑仿制中国瓷。十三世纪，日本派加藤四郎等到福建学习制瓷，回国后在濑户烧制黑釉炆瓷，后来日本人称瓷器为“濑户物”，称加藤氏为日本“陶祖”。十七世纪中叶（公元1695年），法国仿制的瓷器，类似我国建窑产品。1708年，德国人制成了第一批“硬质瓷”。开创了欧洲人制瓷的新纪元。十八世纪初，法国传教士曾将景德镇的制瓷情况向法国介绍，对欧洲瓷器的生产起了很大的影响。

虽然我国的陶瓷生产有着辉煌的成就，但是由于封建制度限制了它的发展和提高，长期以来，生产出来的精细瓷器都是供统治阶级享受。鸦片战争以后，由于帝国主义的侵略和掠夺，国内统治阶级残酷的剥削和压迫，使我国陶瓷生产长期处于萧条不振的局面，一些宝贵的生产经验和特殊技艺逐渐失传，一些著名的瓷区，如景德镇、德化、宜兴、石湾等地，仍然沿用千余年流传下来的古老落后的手工操作方法，到解放前夕，只生产一些较粗糙的日用陶瓷和少数品种的建筑陶瓷、电瓷，而其它的陶瓷则完全处于空白状态。

新中国成立后，陶瓷工业得到迅速恢复和发展，依靠老工人和科技人员，对历代名瓷进行研究；总结了传统的制瓷经验；恢复了若干已失传的名瓷和色釉，如钧红、天青、郎窑红、釉下彩等；扩建和新建了许多新厂。景德镇、醴陵、唐山、邯郸、淄

博、海城、宜兴、温州、石湾、枫溪等地的陶瓷生产突飞猛进，已经基本实现制泥机械化、可塑成形滚压化、干燥链条化、烧成隧道化。工人的劳动条件大为改善；新工艺、新技术、新设备不断涌现；新产品、新器型、新花面、新包装层出不穷。与此同时，国家对科学研究和人才培养也十分重视，几乎每一个大瓷区都设有陶瓷研究机构和培养人才各类学校，实行开放政策，有计划地引进新设备，使我国的陶瓷生产技术水平不断提高，可以肯定，陶瓷生产将有更大的发展。

三、陶瓷工业在国民经济中的重要地位

日用陶瓷是人们日常生活中的必须用品。陶瓷制品坚硬、致密、洁白、似玉非玉，便于塑造，经过装饰可变化万千，是其它材料所无法代替的。日用陶瓷的出口，可为四化建设换取外汇，支援我国社会主义现代化建设。

除了日用品之外，陶瓷还作为结构材料和功能材料广泛应用于许多重要的部门，并越来越吸引着更多的科学家投身到这一研究领域。为了提高电压等级和增大输配电容量，要求有高机械强度和介电强度的电瓷，以供线路和电器、电站使用。耐腐蚀、耐磨损、热稳定性高的化工陶瓷是发展各种化学工业不可缺少的一种结构材料。电子技术从晶体管到大规模集成电路，其发展是与压电、铁电陶瓷、磁性材料、半导体材料及器件的研制成功分不开的。开发新能源是当前重大的科学技术课题之一，正在研究的新能源（如核能发电、磁流体发电、地热发电等）所需的结构材料和导电材料，往往都用陶瓷来承担。许多国家正在研究氧化物固溶体及碱金属阴离子导体作高温燃料电池及高能量、高密度蓄电池的固体电解质隔膜。一些宇航技术中的运载工具（如火箭、人造卫星、飞船等）所使用的高温结构材料、烧蚀材料和涂层材料都属于陶瓷的范围。

我国地大物博，历史悠久。陶瓷工业有取之不尽的原料资源，陶瓷工业将有更广阔的发展前途。我们学习的主要任务是掌握陶瓷生产的技艺和理论基础知识，为陶瓷工业现代化服务。

第一章 日用陶瓷工业用原料

影响陶瓷产品质量、性能的因素是很多的。归纳起来可为两类：一是原料质量；二是生产工艺。一般来说，缺少符合质量标准的原料，要想制出质量高的制品是比较困难的，甚至是不可能的。因此，不同的陶瓷产品，对原料的种类、品位、纯度等都有不同的要求。

我国虽然幅员广阔，陶瓷原料丰富，但是还应该充分利用资源，按质用料，做好原料的标准化工作。

日用陶瓷所采用的原料大致分为三类：粘土类原料、瘠性原料和熔剂原料。此外，尚有制釉原料及彩饰原料、制匣原料及模型原料等。

陶瓷生产中的主要原料消耗量一般为：

陶与粗瓷 1.5 吨原料/吨产品

瓷与精陶 1.63吨原料/吨产品

陶瓷生产中釉用原料的消耗量一般为：

瓷器 0.115吨/吨产品

陶器 0.085吨/吨产品

精陶 0.07 吨/吨产品

生产陶瓷产品成本中的原料部分占 7 ~ 10%，其中粘土原料占 3 ~ 4%。

原料在一定程度上决定着产品的质量和工艺条件的选择。因此，清楚地了解和掌握原料的基本性质和作用，有其重要的实际意义，必须予以重视。本章主要阐述粘土原料、瘠性原料、熔剂原料等。釉料、色料用原料则在其它有关章节中介绍。