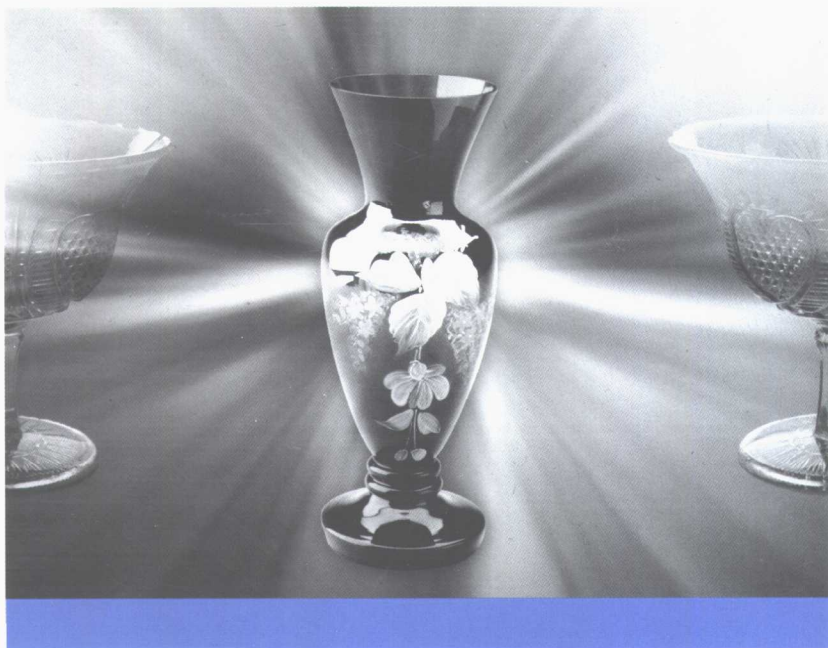


硅酸盐工业丛书

硅酸盐制品的装饰 及装饰材料

王 芬 张超武 黄剑锋 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

硅酸盐工业丛书

硅酸盐制品的装饰及装饰材料

王 芬 张超武 黄剑锋 编著



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

硅酸盐制品的装饰及装饰材料/王芬,张超武,黄剑锋
编著. —北京:化学工业出版社, 2004. 8
(硅酸盐工业丛书)
ISBN 7-5025-5626-5

I. 硅… II. ①王…②张…③黄… III. 硅酸盐-化工
产品 装饰 IV. TQ170.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 061244 号

硅酸盐工业丛书

硅酸盐制品的装饰及装饰材料

王 芬 张超武 黄剑锋 编著

责任编辑:路金辉

文字编辑:颜克俭

责任校对:陈 静

封面设计:郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010)64982530

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 29 字数 740 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5626-5/TQ·2011

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

丛书序言

硅酸盐系列丛书终于要和读者见面了，我感到由衷的欣慰。从事本专业教学科研工作以来，我深感此领域专业资料的缺乏，因此一直有此愿望，能将多年的研究成果汇集成册，能将本行业的前沿技术介绍给迫切需要的厂矿企业技术研究及应用人员。在我校数十名专家教授、科研及工程技术人员努力下，终于达成心愿。虽然也难免有缺憾，但其能够集中中外本研究领域之大成，知识新颖、技术全面。以方法论述为主导，以实际应用示例相辅证，以实用性强为特色，立足服务于生产、科研、开发与应用。

硅酸盐工程材料，在国民经济建设中有着举足轻重的地位和作用，是古老的传统产业之一。现代科学技术的发展为其注入了新的活力，使其今天依然具备不可替代或更为重要的作用。然而，由于本行业起源于实践，过去多是依重于经验，因此理论与科学总结相对偏少。在此方面，本系列丛书足以拾遗补缺，有所裨益。

近十至二十年来，硅酸盐行业的生产技术有了很大发展，很多用于先进材料生产中的尖端技术也开始应用，并取得了很好的成效，如水热技术、原位成型技术、计算机控制非接触装饰技术等，不仅简化了生产工艺，提高了产品质量、装饰效果等，也大大降低了生产成本。可以预见，边缘学科知识在本行业的应用会越来越广，充分展示这些知识应用的新方法、新技术也是本系列丛书的特色之一。因此，该丛书对于企业管理、技术开发工作有很好的指导意义，也是大专院校师生的一部较好的教学参考书。



2004年7月

前言

陶瓷、玻璃多为日常生活用品，其装饰基于型而表于人。随着现代社会人们对实用品艺术化、个性化的要求，以及装饰风格地方性、国际性、时尚性的多元化发展，材料的装饰及装饰材料日益显示其重要意义。对于传统陶瓷、玻璃而言，装饰具有双重意义，美观是装饰的本源，实用功能的提高使装饰更具潜力。例如某些装饰的采用不仅使陶瓷器皿易于清洁，吸水性降低，耐磨损耐腐蚀性能提高等，而且具备了抗菌或发光或降解有机物质等能力。实用与美观相结合，优异性能的不断发掘，使陶瓷、玻璃这种古老的产业一直保持着经久不衰的超然活力。

自古人类就以各种器物之造型、美术图案来美化生活，在出土文物中，发现中国六千年前的陶器就有装饰图案，它鲜明地反映着不同历史时期人类的发展特征。因此，考古学家把陶瓷及其装饰视为重要的研究领域。多少世纪以来，陶瓷、玻璃科学工作者及专家不断探索，发展了陶瓷、玻璃装饰技艺；现代陶瓷、玻璃装饰更是以节约能耗、降低成本、提高产品档次、增加附加值和增强市场竞争力为重要手段。

在国际著名的陶瓷生产厂与生产地，自古至今，它的“名”大部分来自于领导潮流的装饰材料与技艺，自成熟瓷器出现以来，装饰便成为这个古老产业革新、蜕变、活力的代名词。艺术瓷的生命在于装饰更是毋庸置疑，如中国五大名瓷，其“名”即来自各自不同凡响的釉色与装饰风格。

装饰对于提高陶瓷玻璃的产品档次，扩大内外销售起到举足轻重的作用。随着陶瓷生产技术的成熟发展，当今行业的优势已逐渐依重于装饰技术。只有提高陶瓷制品的综合装饰水平，加大产品的功能性、实用性及艺术性，大幅度提高产品附加值，才能在国际市场的竞争中立于不败之地。

编著者多年从事陶瓷、玻璃材料的科研、教学及生产开发，工作中亲身体会到本行业专业书籍的欠缺。中国陶瓷历史悠久，是瓷器的鼻祖，有很丰富的传统文化内涵，某些装饰技术直至今天依然备受推崇。在现代行业中，随着科学技术的飞速发展，各种装饰方法及装饰材料也是层出不穷。因此，本书在编写过程中，力争做到兼收并蓄，汇集古今中外现代与传统之精华，广而不繁，系统而有重点。同时吸收了编著者的研究成果与工作经验，部分研究还得到了国家自然科学基金杰出青年基金（50025208）的资助。

本书上篇第1、2章由黄剑锋编著，第3、4章由王芬编著，下篇由张超武编著，全书由王芬教授统编。本书在组稿及编著过程中，受到陕西科技大学校长罗宏杰教授、材料科学与工程学院朱振峰教授、秦本正教授等大力支持和帮助，研究生杨海波、林营等亦参与了部分工作，在此一并感谢。

由于编著者水平有限，工作过程难免有所疏漏与失误，敬请广大读者提出宝贵意见。

编著者

二〇〇四年二月

内 容 提 要

本书较为全面地论述了陶瓷、玻璃的装饰及其装饰材料，对最新制备合成技术、工艺方法及应用要求进行了重点介绍，并融会了古今传统领域之精华以及编著者多年的科研、教学及生产实践。本书以方法论述为主导，以实际应用示例相辅证，以实用性强为特色，立足服务于生产、科研与开发，且深入浅出，兼顾相关理论知识，对一些重点、难点及应用前景较广的方面论述尤其独到。

本书是广大从事陶瓷、玻璃生产、科研与开发技术人员最新参考资料，也可作为大专院校师生的教学与科研参考书。

目 录

上篇 陶瓷制品的装饰及装饰材料

第 1 章 陶瓷颜料概论	3
1.1 陶瓷颜料的几个相关概念	3
1.2 陶瓷颜料的发展简介	3
1.3 陶瓷颜料的组成与分类	4
1.3.1 按组成分类	5
1.3.2 按矿物结构分类	5
1.3.3 按颜料的呈色分类	7
1.3.4 按使用条件分类	8
1.3.5 按色料着色后制品颜色分类	9
1.4 陶瓷颜料常用的化工原料与辅助材料	9
1.4.1 陶瓷颜料常用的呈色原料	9
1.4.2 陶瓷颜料常用的辅助材料.....	15
1.5 陶瓷颜料的合成工艺.....	22
1.5.1 传统固相烧结法合成陶瓷颜料.....	22
1.5.2 自蔓延燃烧法合成陶瓷颜料.....	24
1.5.3 水热法合成陶瓷颜料.....	30
1.5.4 化学沉淀法制备陶瓷颜料.....	36
1.5.5 溶胶-凝胶法合成陶瓷颜料	41
1.5.6 微乳液法制备陶瓷颜料.....	44
1.5.7 声化学法合成陶瓷颜料.....	47
1.5.8 冲击波法合成陶瓷颜料.....	56
1.5.9 微波加热法制备陶瓷颜料.....	57
1.5.10 机械化学合成陶瓷颜料	61
1.6 陶瓷颜料的性能及应用.....	63
1.6.1 陶瓷颜料的光学性能.....	63
1.6.2 陶瓷颜料的颗粒性能.....	67
1.6.3 陶瓷颜料的稳定性.....	68
1.6.4 陶瓷颜料的使用性能.....	71
参考文献	75
第 2 章 陶瓷颜料各论	78
2.1 釉上彩料.....	78
2.1.1 釉上彩料的种类.....	78

2.1.2	釉上彩料生产工艺流程	78
2.1.3	釉上彩料组成及配方实例	78
2.1.4	釉上彩料生产工艺要点	81
2.1.5	釉上彩料配方	81
2.2	釉中彩料	81
2.2.1	概述	81
2.2.2	釉中彩料组成及配方实例	82
2.2.3	釉中彩料生产工艺要点	84
2.3	釉下彩料	84
2.3.1	釉下彩料的种类	86
2.3.2	釉下彩料生产工艺流程	86
2.3.3	釉下彩料常用色基及配方实例	87
2.3.4	釉下彩料生产工艺要点	88
2.3.5	几种日用陶瓷用釉下彩料配方	88
2.4	丝网印刷彩料	89
2.4.1	丝网印刷彩料生产工艺流程	89
2.4.2	丝网印刷彩料的组成及配方实例	90
2.4.3	德国迪高沙丝网印刷彩料组成简介	93
2.5	液体颜料	94
2.5.1	电光水	94
2.5.2	金水及金粉生产工艺	96
2.5.3	钴水	99
2.5.4	钼水	100
2.5.5	银水及银粉生产工艺	100
2.5.6	渗彩釉	101
2.6	传统颜料	107
2.6.1	尖晶石类颜料	107
2.6.2	锡基颜料	110
2.6.3	锆基颜料	112
2.7	新型颜料	117
2.7.1	包裹型陶瓷颜料	117
2.7.2	珠光颜料	126
2.7.3	发光颜料	135
2.7.4	利用天然矿物和固体废物制造颜料	151
2.8	陶瓷颜料配方示例	158
2.8.1	色釉或坯用颜料配方	158
2.8.2	釉上平印颜料配方	165
2.8.3	釉上丝印颜料配方	171
2.8.4	釉上粉彩颜料配方	174
2.8.5	釉下彩颜料配方	175
	参考文献	182

第3章 陶瓷釉料	185
3.1 陶瓷釉概述	185
3.1.1 釉的概念	185
3.1.2 釉的分类	185
3.1.3 釉的性质	185
3.2 釉用原料	190
3.2.1 矿物原料	190
3.2.2 化工原料	196
3.2.3 合成原料	197
3.2.4 釉用原料的选择原则	206
3.2.5 釉用原料的开发方向	206
3.3 釉料配制技术	207
3.3.1 配方的设计	207
3.3.2 配方的计算	210
3.3.3 釉料的系统调试方案	214
3.4 基础釉	219
3.4.1 长石釉	220
3.4.2 石灰釉	220
3.4.3 石灰-碱釉	220
3.4.4 熔块釉	220
3.4.5 灰釉	220
3.4.6 铅釉	221
3.4.7 釉的组成与性状	221
3.4.8 基础釉组成示例	223
3.5 乳浊釉	224
3.5.1 乳浊化机理	224
3.5.2 乳浊釉各论	225
3.5.3 分相乳浊釉	230
3.6 无光釉	232
3.6.1 无光釉的种类	232
3.6.2 影响无光釉的因素	234
3.6.3 无光釉配方示例	234
3.7 颜色釉	235
3.7.1 颜色釉的分类	235
3.7.2 制备工艺	235
3.7.3 颜色釉各论	239
3.8 艺术釉	255
3.8.1 结晶釉	255
3.8.2 裂纹釉	263
3.8.3 变色釉	265
3.8.4 金属光泽釉	268

3.8.5	珠光釉	271
3.8.6	闪光釉	272
3.8.7	偏光釉	273
3.8.8	虹彩釉	274
3.8.9	天目釉	275
3.8.10	免烧釉	279
3.9	新型功能釉	279
3.9.1	抗菌陶瓷	279
3.9.2	荧光釉	284
3.9.3	自释釉	286
3.9.4	智洁釉	287
3.9.5	感光釉	287
3.10	化妆土	287
3.10.1	化妆土的概念	287
3.10.2	化妆土分类	287
3.10.3	化妆土的特性	288
3.10.4	配方组成	288
3.10.5	化妆土外加组分	289
3.10.6	施挂方法	289
3.11	贴花纸	289
3.11.1	贴花纸分类	290
3.11.2	制备工艺流程	290
3.11.3	制版	290
3.11.4	贴花纸的印刷	290
3.11.5	丝网小膜花纸	291
3.11.6	贴花纸的发展趋势	292
第4章	陶瓷装饰	293
4.1	装饰方法概述	293
4.1.1	陶瓷装饰的发展	293
4.1.2	装饰方法分类及其适用范围	295
4.2	装饰技术	296
4.2.1	釉上彩饰	296
4.2.2	釉下彩饰	299
4.2.3	釉中彩饰	302
4.2.4	施釉装饰	303
4.2.5	坯体装饰	308
4.2.6	渗花装饰	313
4.2.7	丝网印花	317
4.2.8	综合装饰	330
4.2.9	计算机控制的非接触装饰	331
	第3章、第4章参考文献	331

下篇 玻璃制品的装饰及装饰玻璃

第5章 玻璃装饰及装饰玻璃概述	337
5.1 玻璃装饰及装饰玻璃的内涵和外延	337
5.1.1 玻璃装饰的含义及特征	337
5.1.2 装饰玻璃的内涵及特征	337
5.2 玻璃装饰及装饰玻璃的发展史	338
5.3 玻璃装饰及装饰玻璃的分类	340
5.3.1 玻璃制品装饰的分类	340
5.3.2 装饰用玻璃的分类	340
第6章 玻璃制品的装饰	342
6.1 冷(机械)加工	342
6.1.1 切割与穿孔	342
6.1.2 研磨与抛光	343
6.1.3 棱刻、刻花	346
6.1.4 磨雕	347
6.1.5 喷砂及砂雕	347
6.2 热加工	348
6.2.1 火抛光、火焰切割及穿孔	348
6.2.2 特殊热源加工	349
6.2.3 玻璃的热弯	349
6.2.4 玻璃的套色	351
6.2.5 玻璃彩条装饰	351
6.2.6 镶嵌装饰	352
6.3 玻璃的表面处理	352
6.3.1 表面化学侵蚀	352
6.3.2 表面化学抛光	353
6.3.3 表面化学蚀刻	355
6.3.4 表面胶花(冰花)	358
6.3.5 表面离子扩散与离子交换	359
6.4 玻璃的增强	362
6.4.1 物理钢化	362
6.4.2 化学钢化	368
6.4.3 夹胶(夹层)	373
6.4.4 夹丝(夹网)	375
6.5 在玻璃表面上形成薄膜	376
6.5.1 化学涂膜法	376
6.5.2 表面真空(物理)镀膜	380
6.5.3 彩(釉)饰	383
6.5.4 釉面涂层	396

6.5.5	彩印	397
6.5.6	表面冰砂	399
6.5.7	表面金饰	399
6.5.8	胶结膜	402
6.5.9	贴膜	402
6.6	其他装饰方法	404
6.6.1	堆釉	404
6.6.2	粘接	405
6.7	特种装饰方法	405
6.7.1	电脑激光雕刻	405
6.7.2	等离子弧刻花	406
第 7 章	装饰玻璃	408
7.1	本体装饰玻璃	408
7.1.1	无色透明平板玻璃	408
7.1.2	彩色吸热玻璃	409
7.1.3	抗紫外线玻璃	410
7.1.4	超透玻璃	410
7.2	热加工玻璃	411
7.2.1	微晶玻璃	411
7.2.2	泡沫玻璃	414
7.2.3	玻璃马赛克	416
7.2.4	压花玻璃	418
7.2.5	夹丝、夹网玻璃	418
7.2.6	玻璃砖及空心玻璃砖	419
7.2.7	异型玻璃	421
7.3	深加工装饰玻璃	423
7.3.1	镀膜类玻璃	423
7.3.2	钢化类玻璃	431
7.3.3	夹层类玻璃	432
7.3.4	中空类玻璃	435
7.3.5	虹彩(镭射)玻璃	437
7.3.6	蒙砂玻璃	443
第 8 章	玻璃装饰及装饰玻璃的新发展	445
8.1	利用太阳能发电的平板玻璃	446
8.2	电致变色玻璃	446
8.3	变色与调光夹层玻璃	447
8.3.1	变色夹膜(变色夹层)玻璃	447
8.3.2	调光夹膜玻璃	447
8.4	憎水膜玻璃	448
8.5	防雾膜玻璃	448
8.6	真空玻璃	449
	参考文献	450

上 篇

陶瓷制品的装饰及装饰材料

第1章 陶瓷颜料概论

1.1 陶瓷颜料的几个相关概念

(1) 色料 是“着色材料”的通称，陶瓷色料是在陶瓷制品上所使用的着色材料的通称，它包括釉上、釉中、釉下以及使釉料、化妆土和坯体整体着色的材料。

(2) 陶瓷颜料 可认为是引入所有陶瓷着色材料中最基本的发色物质。这种基本发色物质通常是各种人工着色无机化合物，少数情况下是天然着色矿物或金属氧化物。

(3) 彩料 是指能在陶瓷坯体或釉面上直接进行彩饰所用的着色颜料。如釉上彩料、丝印彩料、渗花彩料等。

(4) 色剂或着色剂 给物体上色的物质统称为色剂或着色剂，能使陶瓷色料、颜料和彩料呈现颜色的物质称为陶瓷色剂或着色剂。它们是制造陶瓷色料、颜料和彩料的基础原料。

(5) 色基 是以着色剂和其他原料配制，经过煅烧后制得的无机着色材料。

(6) 熔剂 是熔点较低的高温玻璃态物质，其和色基配合可以制备成陶瓷颜料。

颜料、色料与彩料，包括色剂或着色剂以及色基这几个术语在陶瓷工业中实际使用时并没有一个严格的区分。尽管它们各有自己独特的含义，但在实际使用中经常根据习惯使用，有些术语在行业中流行后就习惯成自然了。

1.2 陶瓷颜料的发展简介

随着人们生活水平的提高和装饰技术的发展，对陶瓷制品外观美化的要求越来越高，作为主要装饰材料之一的陶瓷颜料，由于其种类、性质的不同，显色特性也不尽相同，这些将会影响制品的装饰效果。颜料使用的外部条件不同，其显色效果也可能随之发生变化。陶瓷颜料是伴随着陶瓷制品的发展而发展的。在古代，坯体的颜色不外乎是褐色和红色。黏土中混合了许多铁化合物，分量占得最多的就被当作颜料来使用。为了淡化铁化合物的发色，加入氧化镁与石灰，而要加强色调时则加入锰化合物。根据这些添加物的分量以及烧成温度、烧成气氛的不同，可制造出各种不同颜色的颜料。

据史料记载，釉的制造大约是在公元前 3500 年左右。埃及在陶器制作上首先采用的色釉是添加氧化铜所得的明亮青色釉。后来，由于锰和铁的加入，又出现了其他颜色的色釉。

在 1800 年以前，氧化锰已被作为紫色瓷器的釉下彩颜料广泛使用。由于氧化锰稳定性的缘故，颜料中除氧化锰以外，也加入氧化铁和氧化钴，经不同比例混合而成的颜料呈现各种不同的发色效果。

我国在明代（1368—1644）把钴的色彩运用到最佳境界。由于钴颜料在高温下稳定性好

且呈色美丽,故被广泛使用。在“唐三彩”时期,发展了低温铅釉。在宋代(960—1126)最早使用了红色釉,它是铜化合物为颜料烧制而成。而且,在公元前,氧化铜及金属铜就被用来作为绿色、青色或蓝色的颜料。含碱多的釉就产生青色,含硅酸多的则形成绿色。这时,颜料质量及其产生的艺术水平达到了一个较高的水准。由此可以看到,古代陶瓷颜料主要是由含有着色金属离子的各种天然矿物所组成。现代陶瓷颜料则发展为天然的或人工合成的,在烧成温度下稳定,使陶瓷制品呈现一定色彩的一类矿物质。

锡钒黄系颜料大约在1939年左右发展起来,在1300℃的温度下,可应用到大部分陶瓷产品上。1907年德国利用人工合成的方法首先制造出一种用于硬质瓷的极为稳定的锰红颜料,30年后又发展了一种用于日用细瓷的锰铝桃红颜料。1944年是陶瓷颜料发展最快的时期,因为那时美国人发现氧化锆和氧化硅在有钒的情况下能煅烧成蓝色的锆石。1948年有人发现经过煅烧的五氧化二钒和氧化锆的混合物产生一种类似柠檬的黄颜色,从而制造出锆钒黄颜料。1952年黄色锆英石颜料首次在日本研制成功,其着色剂为锆钒混合稀土氧化物。1956年日本又用单一锆化合物制成了纯正锆黄颜料。1961年美国人C. A. Seabright发现了珊瑚桃红颜料——铁锆红。由此,逐渐形成了锆英石系列颜料。

第二次世界大战以后,随着化学、化工等科学技术的迅速发展,导致新型颜料的产生。特别是锆英石($ZrSiO_4$)系、斜锆石(ZrO_2)系和锡石(SnO_2)系的出现,极大地丰富了陶瓷颜料体系。这些新型陶瓷颜料是通过过渡元素的化合物来着色的,它们大多为固溶体型,在高温下是稳定的。与传统颜料相比,可广泛应用于各种釉中,使用条件要宽松得多,而且在一定条件下可以相互调和。锆基陶瓷颜料具有高温稳定、光亮、价格便宜又易于使用等特点,成为最有发展前途的一类陶瓷颜料。

20世纪70年代末80年代初,国外有人发现了一种既能耐高温又能保持低温色剂的鲜艳色彩的包晶质颜料,如镉黄 $[(Zn, Cd)S]$ 和镉硒红 $[Cd(S, Se)]$ 颜料,它代表了新型陶瓷颜料的发展方向。

90年代以来,国内外相继研究开发了锆基稀土颜料,它具有呈色稳定、颜色鲜艳等特点,并可利用其特有的电子层结构来制造变色釉。这是充分利用矿产资源,开发新产品的一条新路。

近年来,稀土陶瓷颜料,特殊光学效果的颜料如珠光颜料、各种颜色的长余辉发光颜料相继诞生,而且取得了实际工业应用。此外,各种新型的颜料制备工艺也相继产生,如产生了各种湿化学制备颜料新工艺:化学共沉淀法、水热法、声化学法、微乳液法、溶胶凝胶法、液相微波介电加热法、湿化学机械化学合成法等。另外,一些制备纳米材料的新工艺如自蔓延高温合成、化学气相沉积、冲击波合成等也相继被引入用来制备纳米陶瓷颜料,使得陶瓷颜料逐步向高性能、低用量、细颗粒、高发色率的方向发展。

随着科学技术的发展和社会需求水平的不断提高,还需要不断地开发新基体的陶瓷颜料,丰富颜色品种。系列化的陶瓷颜料和多种基质材料的新型陶瓷颜料已成为当前陶瓷颜料发展的另一个重要方向。此外,利用天然矿物来开发低成本的陶瓷颜料也是陶瓷颜料发展的重要方向。

1.3 陶瓷颜料的组成与分类

陶瓷颜料与其他如印刷、塑料、橡胶、皮革等行业所使用的颜料相比有很大不同,它单

独成为一类，是一种典型的无机颜料，属于矿物型颜料，其种类、性质、要求有独特之处。

陶瓷颜料是主要的陶瓷装饰材料之一，绝大部分陶瓷制品的装饰都是利用陶瓷颜料来体现其艺术效果的。陶瓷颜料的品质繁多，用途及其使用条件也不尽相同，依靠自身的晶体结构又不完全一样，所以要将陶瓷颜料按某一定义确切地分类比较困难，而且也不能科学地反映出产品的特点。目前，根据国内外学者对颜料分类的看法，总结起来大致可按组成、晶体结构、呈色、使用条件、颜料着色后制品颜色等五大分类方法区分陶瓷颜料。

1.3.1 按组成分类

陶瓷颜料按组成大致可分为 6 类，即氧化物型、复合氧化物型、硅酸盐型、硼酸盐型、磷酸盐型和镉酸盐型，见表 1-1 所列。

表 1-1 陶瓷颜料按组成的分类

类 别	晶 体 结 构	色 料
氧化物	刚玉型	Al-Mn, Cr-Al, Cr-Fe
	斜锆石型（氧化锆）	Zr-V, Zr-Ti-V, Zr-Y-V
	方镁石型	Co-Ni
复合氧化物	尖晶石型	Zn-Al-Cr, Zn-Cr-Fe, Co-Zn-Al, Zn-Al-Cr-Fe, Zn-Mn-Al-Cr-Fe, Co-Al, Co-Zn-Al-Cr, Co-Ni-Cr-Fe, Co-Ni-Al-Cr-Fe, Co-Ni-Mn-Cr-Fe, Co-Mn-Al-Cr-Fe
	烧绿石型	Pb-Sb-Al, Pb-Sb-Fe
硅酸盐	石榴石型	Ca-Cr-Si
	榍石型	Ca-Sn-Si-Cr, Ca-Sn-Si-Cr-Co
	锆英石型	Zr-Si-V, Zr-Si-Pr, Zr-Si-Fe, Zr-Si-Co-Ni, Zr-Si-Pr-V*, Zr-Si-Sn-V, Zr-Si-Pr-Fe*, Zr-Si-Cd-S*, Zr-Si-Cd-S-Se*
	橄榄石型	Co-Si
	硅铍石型	Co-Zn-Si
	红柱石型	Ni-Ba-Ti
硼酸盐		Co-Mg-B
磷酸盐		Co-P, Co-Li-P
镉酸盐		Cd-S, Cd-S-Se

表 1-1 中硅酸盐型的锆英石型颜料中加注 * 的是指由两种色料混合制成的复合色料。加注 ** 的是指将 CdS、Cd (S, Se) 等色料采用包裹技术，用 $ZrSiO_4$ 包裹后形成的色料。

复合氧化物型中，大部分色料属尖晶石型，其中最简单的是由 +2 价和 +3 价阳离子所组成。在硅酸盐型中，最简单的结构是由硅氧四面体 $[SiO_4]^{4-}$ 群组成的孤岛状硅酸盐，如橄榄石型。

1.3.2 按矿物结构分类

陶瓷颜料组成复杂，每一种颜色的陶瓷颜料都具有其固有的晶体结构。颜料的晶体结构在一定程度上反映了颜料的本质和化学稳定性。美国颜料者协会（DCMA）根据颜料的晶体结构对复合金属氧化物着色的颜料进行了较科学的分类。按结晶构造分类，每一种颜料都具有一定的晶体结构和一定的或接近一定的化学组成，并有相同的物理及化学性质，因而它们之间可以互相调配出中间色调。按结晶构造对陶瓷颜料进行分类，可将陶瓷颜料分为 14 大类，从 14 大类中又分出 51 种单个颜料，见表 1-2 所列。