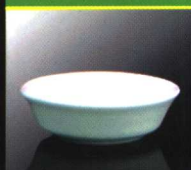




RIYONG TAOCI



GONGCHANG
JISHUYUAN SHOUC



日用陶瓷工厂 技术员手册



裴秀娟 石振江 金宝元 编著



化学工业出版社

RIYONG TAOCI
GONGCHANG
JISHUYUAN SHOUC

日用陶瓷工厂
技术员手册

裴秀娟 石振江 金宝元 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本手册全面系统地论述了日用陶瓷原料、配料、生产工艺、生产设备、各生产工序相关的技术参数与其工艺参数和制品特性间的关系、各种常见缺陷产生的原因及其排查方法等。本手册的独特之处在于：利用图表的形式，直观而详细地表述了工艺参数与半成品和成品的各相关技术参数间的各种关系、在日用陶瓷生产中常见的主要缺陷的成因及其具体的排查方法，使读者更便于理解和应用，更准确、更快捷地分析和解决实际生产中遇到的各种问题，更有效地指导和组织生产，提高产品质量，降低成本。

本手册融科学性、实用性于一体，可作为日用陶瓷专业用工具书，供日用陶瓷生产第一线的科研人员、生产技术人员和管理干部阅读，也可供相关的陶瓷机械和陶瓷窑炉等专业人员阅读和参考，还可作为大中专院校陶瓷专业师生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

日用陶瓷工厂技术员手册/裴秀娟，石振江，金宝元编著. —北京：化学工业出版社，2007.7

ISBN 978-7-5025-9601-9

I. 日… II. ①裴…②石…③金… III. 日用陶瓷-生产工艺-技术手册 IV. TQ174.73-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 107458 号

责任编辑：窦 臻

文字编辑：冯国庆

责任校对：蒋 宇

装帧设计：

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京市振南印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 494 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来,我国作为日用陶瓷工业生产和出口大国,日用陶瓷生产取得了飞速发展,生产工艺技术和装备也有了较大的提高,生产企业在不断扩大和增加,许多大中型企业纷纷采用了国内外最先进的生产工艺和技术装备,产品品种不断增多,产量和质量有了很大的提高。随着科学技术高速发展的 21 世纪的到来和我国加入 WTO,国内外对于日用陶瓷的需求量愈来愈大,对其产品质量要求也愈来愈高,但是目前我国高质量的日用陶瓷产品的产量远达不到国内外市场的需求。为了满足国内外日用陶瓷市场对高质量产品的需求,日用陶瓷工厂在采用最先进的生产工艺和技术装备的基础上,其技术人员还应具备全面系统的基本理论和技术知识,具有很强的分析和解决实际生产中遇到的各种问题的能力,拥有丰富的生产经验。

在成功出版发行《陶瓷墙地砖工厂技术员手册》和《卫生陶瓷工厂技术员手册》并受到业内广大读者的好评和青睐之后,化学工业出版社再次邀请笔者编写了本书。本手册以作者多年在该领域的实际操作、管理经验和专业理论教学为基础,系统地叙述了日用陶瓷生产工艺过程中相关的理论、技术知识及其实际应用技巧。全书共分六章,内容包括日用陶瓷原料、配料、生产工艺、生产设备、各生产工序相关的技术参数及其工艺参数和制品特性间的关系、各种缺陷产生的原因及其排查方法。本手册的独特之处在于:① 利用图表的形式,直观而详细地表述了工艺参数与半成品和成品的各相关技术参数间的各种关系、在日用陶瓷生产中常见的主要缺陷的成因及其具体的排查方法,使读者更便于理解和应用,更准确、更快捷地分析和解决实际生产中遇到的各种问题,更有效地指导和组织生产,提高产品质量,降低成本;② 手册中列举了许多从生产实际中收集到的实用配方,具有很强的实际参考价值。

本手册科学地把日用陶瓷生产技术理论和国内外先进生产经验结合在一起,对于在日用陶瓷专业领域科研、生产和学习的人员来说可以通过阅读本书,对复杂的生产工艺及生产工艺各因素和参数之间的错综复杂的相互关系获得系统、直观、全面的理解,对产品缺陷的成因和排查有更好的分析解决办法。

总之,本手册对于日用陶瓷行业的技术人员是一本简明实用、便于查找的工具书,有助于更好地了解各种原料的性能及合理应用,系统地理解日用陶瓷生产工艺,便于分析和确认生产中常见缺陷的成因,提高在线产品的质量和产量。

本手册在编写过程中得到了很多在日用陶瓷领域具有丰富工作经验的同仁如王金锋先生、韩正余先生、赵亮先生、刘玉梅女士、熊建敏女士等的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有不当之处，敬请读者批评指正。

编著者
2007年6月

目 录

第一章 原料	1
第一节 黏土类原料	1
一、黏土的成因	1
二、黏土的分类	2
三、黏土的组成	5
四、黏土的工艺性能	11
五、黏土在日用陶瓷生产中的应用	17
第二节 石英类原料	19
一、石英原料的种类	20
二、石英原料的性质	20
三、石英在日用陶瓷生产中的作用	25
第三节 熔剂性原料	25
一、长石原料	25
二、滑石	31
三、碳酸盐类原料	32
四、硅灰石原料	33
五、萤石	35
六、硼砂与硼酸	35
第四节 其他原料	36
一、锆英石	36
二、骨灰	37
三、磷灰石	37
四、化工原料	38
五、稀释剂	39
第二章 配料及配料计算	41
第一节 概述	41
一、配料的依据	41
二、坯、釉料组成的表示方法	41
第二节 坯料的类型	44
一、瓷器坯料	44
二、精陶坯料	50
第三节 坯料配料的计算	51

一、坯料配方设计的程序	51
二、由化学组成计算原料和坯料的示性矿物组成	52
三、由示性矿物组成计算坯料的配料量	53
四、由化学组成计算坯料的配料量	56
五、从化学组成计算实验式(坯式)	58
六、由实验式(坯式)计算坯料的化学组成	59
七、由配料量计算实验式	59
八、由实验式计算配料量	61
九、原料替换时坯料配方的计算	61
第四节 釉的种类及主要氧化物	65
一、釉的种类	65
二、主要氧化物在釉中的作用	65
第五节 釉料配方的计算	68
一、配方设计原则	68
二、确定釉料配方的方法与步骤	70
三、釉式的计算	73
四、釉料配方的计算	76
第三章 日用陶瓷生产工艺	80
第一节 原料的存放、处理和加工	80
一、原料的存放	80
二、原料的预处理	81
第二节 日用陶瓷坯料的工艺性能及坯料的制备	86
一、日用陶瓷坯料的品质要求	86
二、坯料的工艺性能要求及影响因素	86
三、坯料的制备	95
四、坯料工艺指标的测定	103
第三节 日用陶瓷釉料及釉料的制备	108
一、日用陶瓷釉的作用	108
二、釉的物理化学性能	108
三、日用陶瓷釉浆的工艺性能要求	123
四、釉浆制备的工艺过程	125
五、釉料工艺指标的测定	127
第四节 石膏模型的制备	127
一、石膏的制备与性能	127
二、石膏模型的设计	128
三、石膏模型的制作	129
第五节 成型	133
一、可塑法成型	133

二、注浆法成型	140
三、压制成型	142
第六节 修坯与粘接	145
一、修坯	145
二、粘接	145
第七节 干燥	146
一、湿坯中的水分类型	146
二、干燥过程	147
三、干燥方法	148
四、干燥原理	149
五、干燥制度	151
第八节 施釉	152
一、浇釉	152
二、浸釉	153
三、喷釉	153
第九节 烧成	153
一、装窑	154
二、日用陶瓷素烧和一次烧成时坯体在烧成过程中的物理化学变化	156
三、素烧和一次烧成时烧成制度的制定	159
四、快速烧成的工艺措施	165
五、釉烧	165
第十节 陶瓷装饰	167
一、釉上装饰	168
二、釉中彩装饰	172
三、釉下装饰	172
第十一节 釉料、颜料中铅、镉离子的溶出	175
一、铅、镉溶出的原因	176
二、铅、镉溶出的影响因素	177
三、降低铅、镉溶出量的措施	179

第四章 日用陶瓷生产设备

第一节 原料的破粉碎设备	180
一、颚式破碎机	180
二、辊式破碎机	183
三、轮碾机	185
四、锤式破碎机	186
五、反击式破碎机	188
六、悬辊式磨机	190
七、球磨机	193

八、振动磨	197
九、气流粉碎机	199
第二节 筛分设备	202
一、摇动筛	203
二、回转筛	204
三、振动筛	206
第三节 电磁除铁设备	208
第四节 泥浆混合与搅拌设备	210
一、双轴搅拌机	210
二、螺旋桨搅拌机	211
三、泥浆真空搅拌机	213
四、压缩空气搅拌机	214
第五节 泥浆泵	215
一、往复式隔膜泵	215
二、液压双缸柱塞泵	215
第六节 压滤机	217
第七节 真空练泥机	219
一、双轴式真空练泥机	219
二、单轴式真空练泥机	220
三、三轴式真空练泥机	221
第八节 泥浆喷雾干燥器	222
一、雾化器	224
二、干燥塔	226
第九节 成型机械设备	227
一、塑性成型机械	227
二、注浆成型机械	234
第十节 干燥设备	235
一、链式干燥机	235
二、转盘式干燥机	237
三、推板式干燥机	238
四、厢式干燥器	238
第十一节 修坯、施釉机械设备	239
一、修坯机械	239
二、施釉机械	240
第十二节 烧成设备	243
一、窑车隧道窑	243
二、辊道隧道窑	269
三、梭式窑	278

第五章 各生产工序相关的技术参数与其工艺参数和制品特性间的关系 283

第一节 各生产工序的工艺参数及相关的技术参数图表 284

图 5-1 泥浆球磨工序的工艺参数及相关技术参数	284
图 5-2 泥浆精制工序的工艺参数及相关技术参数	285
图 5-3 塑性坯泥制备工序的工艺参数及相关技术参数	286
图 5-4 模型制造工序的工艺参数及相关技术参数	287
图 5-5 塑性成型工序的工艺参数及相关技术参数	288
图 5-6 注浆成型工序的工艺参数及相关技术参数	289
图 5-7 注浆成型坯体干燥工序的工艺参数及相关技术参数	290
图 5-8 釉浆制备工序的工艺参数及相关的技术参数	291
图 5-9 素烧工序的工艺参数及相关技术参数	292
图 5-10 干坯施釉工序的工艺参数及相关技术参数	293
图 5-11 素坯施釉工序的工艺参数及相关技术参数	294
图 5-12 釉烧工序的工艺参数及相关技术参数	295
图 5-13 一次烧成工序的工艺参数及相关技术参数	296
图 5-14 彩烤工序的工艺参数及相关技术参数	297

第二节 各生产工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系图表及注释 298

图 5-1a 泥浆球磨工序工艺参数与其相关技术参数间的关系	298
表 5-1 图 5-1a 的注释: 泥浆球磨工序工艺参数与其相关技术参数间的关系	299
图 5-2a 泥浆精制工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	300
表 5-2 图 5-2a 的注释: 泥浆精制工序工艺参数与其相关的技术参数间的关系	301
图 5-3a 塑性坯泥制备工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	302
表 5-3 图 5-3a 的注释: 塑性坯泥制备工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	303
图 5-4a 模型制造工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	304
表 5-4 图 5-4a 的注释: 模型制造工段的工艺参数与其相关的技术参数间的关系	305
图 5-5a 塑性旋压成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	306
表 5-5a 图 5-5a 的注释: 塑性旋压成型工序的工艺参数与其相关的技术参数间的关系	307
图 5-5b 塑性滚压成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	308
表 5-5b 图 5-5b 的注释: 塑性滚压成型工序的工艺参数与其相关的技术参数间的关系	309
图 5-5c 塑性挤压成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	310
表 5-5c 图 5-5c 的注释: 塑性挤压成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	311
图 5-6a 注浆成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	312
表 5-6 图 5-6a 的注释: 注浆成型工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	313

图5-7a	注浆成型坯体干燥工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	314
表 5-7	图 5-7a 的注释: 注浆成型坯体干燥工序工艺参数与其相关技术参数间的关系	315
图 5-8a	釉浆制备工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	316
表 5-8	图 5-8a 的注释: 釉浆制备工序工艺参数与其相关的技术参数间的关系	317
图 5-9a	素烧工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	318
表 5-9	图 5-9a 的注释: 素烧工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	319
图 5-10a	干坯施釉工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	320
表 5-10	图 5-10a 的注释: 干坯施釉工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	321
图 5-11a	釉烧工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	322
表 5-11	图 5-11a 的注释: 釉烧工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	323
图 5-12a	一次烧成工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	324
表 5-12	图 5-12a 的注释: 一次烧成工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	325
图 5-13a	彩烤工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	327
表 5-13	图 5-13a 的注释: 彩烤工序的工艺参数与其相关技术参数间的关系	328
第六章	各种缺陷产生的原因及其排查	329
第一节	主要常见缺陷与可能造成的原因	329
图 6-1	“变形”缺陷产生的主要原因	330
表 6-1	图 6-1 “变形”缺陷产生的主要原因的注释	331
图 6-2	“裂纹”缺陷产生的主要原因	332
表 6-2	图 6-2 “裂纹”缺陷产生的原因的注释	333
图 6-3	“针孔”缺陷产生的原因	334
表 6-3	图 6-3 “针孔”缺陷产生的原因的注释	335
图 6-4	“橘釉”缺陷产生的原因	336
表 6-4	图 6-4 “橘釉”缺陷产生的原因的注释	337
图 6-5	“斑点”缺陷产生的原因	338
表 6-5	图 6-5 “斑点”缺陷产生的原因的注释	339
图 6-6	“缺釉”缺陷产生的原因	340
表 6-6	图 6-6 “缺釉”缺陷产生的原因的注释	341
图 6-7	“坏泡”缺陷产生的原因	342
表 6-7	图 6-7 “坏泡”缺陷产生的原因的注释	343
图 6-8	“釉泡”缺陷产生的原因	344
表 6-8	图 6-8 “釉泡”缺陷产生的原因的注释	345
图 6-9	“底足粘脏”缺陷产生的原因	346
表 6-9	图 6-9 “底足粘脏”缺陷产生的原因的注释	347
图 6-10	“彩色不正”缺陷产生的原因	348

表 6-10	图 6-10 “彩色不正”缺陷产生的原因的注释	349
第二节	对每种缺陷成因进行排查的流程图及注释	350
图 6-1a	“变形”缺陷可能成因的第一次排查次序图	351
表 6-11a	图 6-1a “变形”缺陷可能成因的第一次排查次序图的注释	352
图 6-1b	“变形”缺陷可能成因的第二次排查次序图	354
表 6-11b	图 6-1b “变形”缺陷可能成因的第二次排查次序图的注释	355
图 6-2a	“裂纹”缺陷可能成因的第一排查次序图	356
表 6-12a	图 6-2a “裂纹”缺陷可能成因的第一排查次序图的注释	357
图 6-2b	“裂纹”缺陷可能成因的第二排查次序图	359
表 6-12b	图 6-2b “裂”缺陷可能成因的第二排查次序图的注释	360
图 6-3a	“针孔”缺陷可能成因的第一排查次序图	361
表 6-13a	图 6-3a “针孔”缺陷可能成因的第一排查次序图的注释	362
图 6-3b	“针孔”缺陷可能成因的第二排查次序图	363
表 6-13b	图 6-3b “针孔”缺陷可能成因的第二排查次序图的注释	364
图 6-4a	“橘釉”缺陷可能成因的排查次序图	365
表 6-14a	图 6-4a “橘釉”缺陷可能成因的排查次序图的注释	366
图 6-5a	“斑点”缺陷可能成因的第一排查次序图	367
表 6-15a	图 6-5a “斑点”缺陷可能成因的第一排查次序图的注释	368
图 6-5b	“斑点”缺陷可能成因的第二排查次序图	369
表 6-15b	图 6-5b “斑点”缺陷可能成因的第二排查次序图的注释	370
图 6-6a	“缺釉”缺陷可能成因的排查次序图	371
表 6-16a	图 6-6a “缺釉”缺陷可能成因的排查次序图的注释	372
图 6-7a	“坏泡”缺陷可能成因的排查次序图	373
表 6-17a	图 6-7a “坏泡”缺陷可能成因排查次序图的注释	374
图 6-8a	“釉泡”缺陷可能成因的排查次序图	375
表 6-18a	图 6-8a “釉泡”缺陷可能成因排查次序图的注释	376
图 6-9a	“底足粘脏”缺陷可能成因的排查次序图	377
表 6-19a	图 6-9a “底足粘脏”缺陷可能成因排查次序图的注释	378
图 6-10a	“彩色不正”缺陷可能成因的排查次序图	379
表 6-20a	图 6-10a “彩色不正”缺陷可能成因排查次序图的注释	380

参考文献	381
------	-----

第一章 原 料

日用陶瓷生产中使用的原料与其他陶瓷产品生产所用原料大体相同，大致可分为下列几种：

- ① 塑性原料(包括半塑性原料)——软质黏土和硬质黏土；
- ② 瘠性原料——石英、黏土熟料和瓷粉等；
- ③ 熔剂原料——长石、硅灰石、石灰石、白云石、瓷石和滑石等；
- ④ 辅助原料——锆英石、磷灰石、骨灰和化工原料等。

第一节 黏土类原料

黏土类原料是日用陶瓷生产中的主要原料之一。细瓷配料中黏土类原料的加入量常达40%~60%，而陶器和炆瓷中黏土类原料的用量还可增多。黏土是一种含水铝硅酸盐矿物，其晶体结构是由 $[\text{SiO}_4]$ 四面体组成的 $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n$ 层和一些由铝氧八面体组成的 $\text{AlO}(\text{OH})_2$ 层相互以顶角连接起来的层状结构，这种结构在很大程度上决定了黏土矿物的各种性质。

一、黏土的成因

黏土矿物一般是由花岗岩一类的火成岩(即岩浆岩)及其变质岩(如片麻岩)经长期风化形成的。火成岩是地壳深处的熔融岩浆上升到地表附近或喷出地表，经冷疑结晶而成的，其主要成分是硅酸盐矿物。花岗岩是由云母($\text{K}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、石英(SiO_2)和长石($\text{K}_2\text{O}_4 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)以大致相当的比例构成的。在水和空气的风化作用下，这一构成中最不稳定的是长石。富含长石等铝硅酸盐矿物的岩石如长石、伟晶花岗岩、斑岩、片麻岩等经过漫长地质年代的风化作用或热液蚀变作用才形成黏土。这类经风化或蚀变作用而生成黏土的岩石统称为黏土的母岩，母岩经风化作用而形成的黏土产于地表或不太深的风化壳以下，母岩经热液蚀变作用而形成的黏土常产于地壳较深处。

风化作用分为机械风化(即物理风化)、化学风化和生物风化，并且三种风化作用并不都是单独进行，而常常是交错重叠进行的。机械风化作用是由于温度变化、积雪、冰冻、水力和风力的破坏而使岩石崩裂和移动，这些自然力同时或轮流作用的结果，将庞大而坚硬的岩石粉碎成细块和微粒，并给化学风化作用创造了大的侵

袭面积。

化学风化作用能使组成岩石的矿物发生质的变化。在大气中的二氧化碳、日光和雨水、河水、海水及氯化物、硝酸盐、硫酸盐等长时间的共同作用下，有时还加上矿泉、火山喷出的气体、含有腐殖酸的地下水的侵蚀，长石类矿石会发生一系列水化和去硅作用，最后形成黏土。

长石风化成高岭石的反应式为： $K_2O_4 \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \longrightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ （高岭石） $+ 4SiO_2 + K_2CO_3$ 。碳酸钾和呈胶态的二氧化硅溶解于水而被水冲走，剩下的残留物便形成黏土矿物。

在潮湿温暖的气候条件下，高岭石（ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ）经继续水解和脱硅作用，还可进一步变化，形成水铝石和蛋白石，其反应式为： $2(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O) + mH_2O \longrightarrow 2Al_2O_3 \cdot nH_2O + 4SiO_2 \cdot nH_2O$ （蛋白石）。但常因受条件的限制，反应往往尚未进行到底就生成一系列的中间产物，成为不同类型的黏土。

由岩石风化成黏土到形成黏土矿床，需要经历一个富集过程。黏土的富集需要一个适当的保存条件和成矿环境，其中母岩的种类、气候条件、矿物环境的 pH 值同黏土矿物的生成类型有密切关系。研究结果表明，长石及绢云母矿物在温暖湿润的气候及偏酸性的介质条件下，风化程度高，转化较彻底，主要形成高岭石类的黏土矿物；由火山熔岩或凝灰岩在碱性环境中经热液蚀变则形成蒙脱石类黏土；由白云母经中性或弱碱性条件下风化可形成伊利石类（或水云母类）黏土。

生物风化作用是由一些原始生物残骸吸收空气中的碳素和氮素，逐渐变成腐殖土，使植物可以在岩石的缝隙中滋长，继续对岩石进行侵蚀。树根又对岩石进行着机械的风化作用，有时地层动物将深层的土翻到表面上来，经空气的作用使一些物质逐渐变细且在品质上发生变化。

由于从腐殖土中分解出来的腐殖酸也能促进矿物的分解，实现高岭土化，这种分解作用较含碳酸的水更大，特别是和有机酸共存的 CO_2 尚处于还原状态时，可放出初生态的氧，这就更能促进分解。若在不存在氧化的情况下发生这一分解作用时，则母岩中的铁将变成低价的铁盐（可溶性的重碳酸铁盐）而被水洗去，形成白色黏土。若母岩缺少覆盖的有机物层且又在氧化条件下进行分解时，则铁将变成高价的铁盐，或再遇水生成氢氧化铁而残留于母岩中。依母岩的性质不同，分别形成黄土、红土或一般的土壤等。

二、黏土的分类

黏土种类繁多，其分类方法也有很多种。

1. 按其地质成因分类

（1）一次黏土 一次黏土又称为原生黏土或残留黏土。它是母岩经风化崩解在原生地残留下来的黏土。此种黏土因由风化而产生的可溶性盐类溶于水而被雨水冲走，剩下残留的石英、黏土矿物及未风化完全的长石碎粒，故质地较纯，耐火度较

高,但往往含有母岩杂质(石英、云母、石膏、方解石和黄铁矿等),颗粒较粗,因而可塑性较差。如瓷石、瓷土等为一次黏土。

(2) 二次黏土 二次黏土又称次生黏土或沉积黏土。它是由一次黏土经雨水、河川漂流或风力等自然力的作用转移到其他地方沉积而形成的黏土。在漂流过程中,石英砂由于颗粒大而逐渐沉降被遗弃在途中,黏土本身也经摩擦变细,所以二次黏土较一次黏土颗粒细、可塑性强、耐火度较差,并且在漂流过程中,常有其他矿物或有机物混入,降低黏土的纯度而使黏土呈色。如紫木节、球土、膨润土、碱矸、煤矸石等为二次黏土。

2. 按构成黏土的主要矿物分类

(1) 高岭石类黏土 高岭石是一种主要的黏土矿物,高岭石的化学通式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,其质量分数为: Al_2O_3 39.53%、 SiO_2 46.51%、 H_2O 13.96%,其晶体构造式为 $\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ 。属于高岭石类的矿物还有珍珠陶土(又称珍珠石)、迪开石和多水高岭石(又称埃洛石、徐永石)等。

主要由高岭石矿物组成的黏土称为高岭土。高岭土因首先在江西景德镇浮梁县高岭村发现而得名,由此国外对这类黏土也命名为 Kaolin。高岭土中高岭石类黏土矿物含量愈多,杂质愈少,其化学组成愈接近高岭石的理论组成,纯度愈高的高岭土其耐火度愈高,烧后愈洁白,莫来石晶体发育愈多,因而其机械强度、热稳定性、化学稳定性愈好;但其分散度较小,可塑性较差。反之,杂质愈多,耐火度愈低,烧后白度愈低,莫来石晶体较少;但其分散度一般较大,可塑性较好。如苏州土、紫木节土、湖南界碑土、陕西上店土、山西大同土、山西介休土、江西星子土、四川叙永石、河北唐山碱矸、河北徐水土、山东淄博焦宝石等均属于高岭石类的黏土。

(2) 蒙脱石类黏土 蒙脱石是另一种常见的黏土矿物,也称为微晶高岭石或胶岭石。蒙脱石最早发现于法国的蒙脱利地区,故此得名。属于这一类的有蒙脱石、拜来石、绿脱石等。蒙脱石类的矿物成分变化很复杂,若不考虑晶格中的 Al^{3+} 和 Si^{4+} 被其他离子置换时,蒙脱石的理论化学通式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (通常 $n > 2$),其晶体结构式为 $\text{Al}_4(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。蒙脱石的特性是能够吸收大量的水,造成体积膨胀。

以蒙脱石为主要矿物的黏土叫膨润土,膨润土吸水后体积可膨胀 20~30 倍,故此而得名。膨润土在水中呈悬浮和凝胶状,并具有良好的阳离子交换能力。由于蒙脱石晶层内的离子交换和晶层间的离子交换的原因,蒙脱石的化学成分很复杂,一般可根据其所吸附离子的不同而有许多类别,如吸附 Na^+ 的蒙脱石称为钠蒙脱石,吸附 Ca^{2+} 的蒙脱石称为钙蒙脱石。以钠蒙脱石为主要矿物的钠膨润土吸水速度慢,但吸水率与膨胀倍数大,阳离子交换量高,在水中的分散性强,能形成稳定的悬浮液,悬浮液的触变性及润滑性好,在较高温度下能保持其膨胀性和一定的阳离子交换量。以钙蒙脱石为主要矿物的钙膨润土分散性差,在水中不易形成稳定的悬浮液,矿物颗粒多凝聚成集体。

膨润土的可塑性好，触变厚化性强，严重地影响泥浆性能，煅烧时脱水过程长，收缩大。由于蒙脱石中 Al_2O_3 的含量较低，又吸附了其他阳离子，杂质较多，故烧结温度较低，烧后色泽较差。坯料中膨润土的用量不宜太多，一般在 5% 左右。

蒙脱石矿物产地在我国分布很广，东北、华北及南方各地都有出产，如辽宁黑山膨润土、福建连城膨润土、江苏祖堂山泥、浙江宁海黏土等都是以蒙脱石为主要矿物的黏土。我国出产的膨润土多为以钙蒙脱石为主要矿物的钙膨润土。

(3) 伊利石类黏土 伊利石因其发现地为美国的伊利诺伊州而得名，伊利石类也泛称水云母类，其组成成分与白云母相似，是白云母经强烈的化学风化作用，转变为白云母与蒙脱石或白云母与高岭石的中间产物。白云母的化学通式为 $\text{K}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，在进行化学风化时，其晶体中的 K^+ 由于水化的作用被部分地滤掉，而由 H_3O^+ 取代之，即得水云母矿物。所以水云母类黏土的含碱量较白云母少，而含水量较白云母多，但这个取代是逐步过渡的，有的水化不强烈，有的水化强烈，因此伊利石类矿物成分复杂，其晶体结构式为 $\text{K}_{<2}(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_4(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。绢云母是在热液或变质作用下形成的细小鳞片状白云母，晶体结构及成分与白云母相似，但外观呈土状，表面有丝绢光泽，故而得名绢云母。另外，属于水云母类的矿物还有绿鳞石、海绿石等。如景德镇的南港瓷石、三宝蓬瓷石、安徽祁门瓷石、河北章村土等均属于伊利石类的黏土。景德镇的南港瓷石、三宝蓬瓷石和安徽祁门瓷石等是由绢云母、石英和少量高岭石、方解石及长石等矿物组成；河北邢台产的章村土是由伊利石和少量石英、钠长石、白云母等矿物组成；湖南醴陵默然塘泥为水云母质黏土，含有少量的杆状高岭石和游离石英。

伊利石类矿物的基本结构虽与蒙脱石相仿，但因其无膨润性，且其结晶也比蒙脱石粗，因此可塑性较低，干后强度差，而干燥和烧成收缩较小，软化温度比高岭石低。

(4) 水铝英石类黏土 水铝英石是一种非晶质的含水硅酸铝。它与其他黏土矿物的区别是能溶解于盐酸，而其他结晶质的黏土矿物不能溶解于盐酸，但能溶解于硫酸。这一类黏土矿物比较少见，往往少量包含在其他黏土中。它是一种表生矿物，由长石、霞石、白榴石分解而成，常与高岭石共生，见于风化壳和土壤中。如唐山矾土。由于水铝英石在黏土中呈无定形状态，故可以提高可塑性和结合性。

(5) 叶蜡石类黏土 叶蜡石俗称印章石，其化学通式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。实际上它并不属于黏土矿物，因其某些性质类似黏土，故而划归黏土之列。从结构上来说与蒙脱石相似，其特点是烧成收缩小（1% 左右），白度高，可以调整坯体收缩率，提高制品白度。如浙江青田蜡石和上虞蜡石、福建寿山蜡石等均属于叶蜡石类的黏土。

3. 按耐火度分类

① 耐火黏土 耐火度在 1580°C 以上，含氧化铁最高 3%~4%，杂质总量最高 6%~8%。

② 中等易熔黏土 耐火度在 1350~1580℃之间, 含易熔杂质在 10%~15%。

③ 易熔黏土 耐火度在 1350℃以下。含大量杂质, 一般含铁量较高。

4. 按可塑性分类

按可塑性分类见表 1-1。

表 1-1 按可塑性分类

类别名称	可塑性指数	可塑性指标	举 例
强塑性黏土	>15	>3.6	紫木节、膨润土、球土
中塑性黏土	7~15	2.5~3.6	瓷土、红矸
弱塑性黏土	1~7	<2.5	焦宝石、页岩、瓷石
非塑性黏土	<1	—	叶蜡石

5. 按矿物在水中的分散程度分类

按矿物在水中的分散程度分类见表 1-2。

表 1-2 按矿物在水中的分散程度分类

类别名称	分类方法	举 例
软质黏土	易分散、高可塑性	紫木节、膨润土
半软质黏土	可分散、中等可塑性	粉砂质黏土、瓷土类
硬质黏土	不分散、低可塑性	焦宝石、硬页岩、煤矸石

三、黏土的组成

各种黏土的工艺性质有很大的差异, 这主要是由黏土的矿物组成、化学组成及颗粒组成所决定的。

(一) 黏土的矿物组成

黏土是多种微细矿物的混合物, 因此黏土中所含的各种微细矿物的种类和数量是决定这种黏土的性质的主要因素。为了便于研究黏土的矿物组成, 一般将黏土中的矿物根据其性质和数量可分为两大类, 即黏土矿物和杂质矿物。黏土矿物是组成黏土的主体, 是决定黏土性质的主要成分, 黏土矿物的种类和性质已如前所述, 主要为高岭石类、蒙脱石类、伊利石类、水铝英石类和叶蜡石类等。对于一种黏土来说, 并不全是只含有一种黏土矿物的, 而往往是同时含有两种或更多种黏土矿物, 故各种黏土矿物的所含数量的多少也将严重影响黏土的性质。除此之外, 在黏土形成过程中, 常由于母岩风化未完全, 或由于其他原因而混入一些非黏土矿物和有机物质, 把这些物质统称为杂质矿物, 常见的杂质矿物有石英、铁质矿物、碳酸盐、硫酸盐及含碱矿物等。它们存在的形式有两种: 一种以细小晶粒或集合体分散于黏土中; 另一种以独立矿物存在或覆盖在黏土颗粒表面。这些杂质矿物虽然数量上并不多, 但对黏土的工艺性能却有很大影响。

1. 石英和母岩残渣

石英经常是长石的共生矿物, 在风化后的黏土中常保存其原有形态, 特别是在