

原料及坯料的制备

唐山建筑陶瓷厂



生陶瓷生产技术丛书

中国建筑工业出版社

卫生陶瓷生产技术丛书

原料及坯料的制备

唐山建筑陶瓷厂《卫生陶瓷生产技术丛书》编写组

中国建筑工业出版社

本书是卫生陶瓷生产技术丛书之一，主要介绍生产卫生陶瓷所用原料的种类、性质及其加工工艺等，对陶瓷坯料的计算与制备也作了比较详细的叙述。

全书经广东化工学院无机系陶瓷教研组同志审查修改。

本书主要供陶瓷厂工人阅读，也可供干部及技术人员参考。

卫生陶瓷生产技术丛书

原料及坯料的制备

唐山建筑陶瓷厂《卫生陶瓷生产技术丛书》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 3/16 字数：72 千字

1978年3月第一版 1978年3月第一次印刷

印数：1—4,330 册 定价：0.22 元

统一书号：15040·3421

编 者 的 话

陶瓷生产在我国有悠久的历史。几千年来，我国劳动人民在陶瓷生产实践中积累了丰富的经验。

解放后，在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国陶瓷工业有了很大的发展，用于建筑上的卫生陶瓷的生产也发展很快。

遵照毛主席关于“要认真总结经验”的教导，在工厂党委的领导下，我们组成了以工人为主，有领导干部和技术人员参加的三结合编写组，编写了这套《卫生陶瓷生产技术丛书》。这套丛书共分《原料及坯料的制备》、《成型》、《烧成》、《釉料》和《理化检验与生产控制》五个分册。这本《原料及坯料的制备》是由周子彦、洪怀真、郭同春三位同志执笔。

这套丛书从我厂的生产实际出发，着重总结工人师傅的实际操作经验。因此，有它一定的局限性，未能把兄弟厂的先进经验都写进去。再加上我们缺乏写书的经验，水平有限，书里面可能会有不少缺点甚至错误，希望读者提出批评意见，以便共同提高，为实现英明领袖华主席为首的党中央作出的抓纲治国的战略决策，把我国建设成为一个伟大的社会主义的现代化强国而共同努力奋斗。

唐山建筑陶瓷厂《卫生陶瓷生产技术丛书》编写组

1977年6月

目 录

一、概述	1
二、卫生陶瓷原料	2
(一) 可塑性原料	2
1. 粘土及其成因	2
2. 粘土的化学组成	3
3. 粘土的分类	5
4. 粘土的主要工艺性能	6
5. 杂质对粘土的影响	9
6. 粘土在卫生陶瓷坯体中的作用	11
7. 几种主要粘土的性质	12
(二) 非可塑性原料	14
1. 石英	14
2. 熟料和瓷粉	18
(三) 熔剂原料	18
1. 长石	18
2. 滑石	20
(四) 辅助原料	21
1. 电解质	21
2. 氯化钡 (BaCl_2)	22
3. 氧化钴 (Co_2O_3)	22
(五) 原料质量的检验	22
1. 原料的简易鉴定	22
2. 对原料的技术要求	24
3. 对原料中着色物质的要求	25

三、原料的加工处理	26
(一) 原料的风化、干燥、洗选与煅烧	27
1. 风化	27
2. 干燥	27
3. 洗选	28
4. 煅烧	29
5. 原料的存放与保管	30
(二) 原料的粉碎	31
1. 原料粉碎的意义	31
2. 选择粉碎机械和粉碎方法的原则	32
3. 粉碎设备的分类及设备简介	33
(三) 泥料的研磨	39
1. 研磨体大小与配比	40
2. 研磨体材料	41
3. 料、水、球配比	42
4. 球磨机的装载量	43
5. 球磨机的转速	43
6. 泥料出磨	45
(四) 坯料的配制	46
1. 配料操作	46
2. 计量工具	46
3. 配合料的贮存与输送	48
(五) 原料的除铁	50
1. 陶瓷原料中铁质的来源	50
2. 磁选设备	51
(六) 防尘	52
1. 硅尘的危害	52
2. 硅尘的防治	53
四、坯料的计算	55
(一) 坯料组成的基本要求	55

(二) 坯料组成的表示方法	56
1. 配料量表示法	56
2. 氧化物百分比法	56
3. 示性分析表示法	56
4. 实验公式表示法	57
(三) 坯料组成的计算	58
1. 配方设计的程序	59
2. 坯料计算的几种方法	60
(四) 配方计算实例	73
1. 计算步骤	73
2. 配方计算注意事项	77
五、坯料的制备	79
(一) 坯料泥浆的稀释	80
1. 泥浆的稀释过程	80
2. 电解质的作用和种类	80
(二) 坯料制备中的工艺要点	82
1. 泥浆应具备的物理性质	82
2. 泥浆工艺指标的测定	82
3. 影响泥浆性能的因素	86
4. 泥浆的温度	91
5. 泥浆的搅拌	91
(三) 坯料泥浆的输送	91
1. 输送系统	91
2. 除铁、过筛	91
3. 搅拌方式	92
4. 真空脱气设备	94
5. 隔膜泵	95
6. 操作要点	96

一、概 述

建筑用卫生陶瓷制品如大、小便器，洗面器，水箱，卫生器具等和其他陶瓷制品一样是利用自然界的硅酸盐矿物如石英、长石、粘土等做成坯体，表面施以一层玻璃质的釉料，然后在高温下焙烧，经过一系列的物理变化和化学反应形成质地坚硬、表面光滑的瓷器。

卫生瓷生产可以分为坯料制备、成型、烧成三个主要工序。

坯料制备工序 将石英、长石等硬质原料经过水洗、选料、破碎，再与软质粘土配合装入球磨机中进行粉碎，并加入适当的电解质而变成泥浆，即坯料。

成型工序 将制备的泥浆在一定温度和湿度的条件下，利用石膏模型注浆成型，经过干燥、施釉而得到半成品。

烧成工序 将半成品在窑内进行焙烧，坯体在高温中形成质地坚硬、表面具有一定光泽的卫生陶瓷。

原料性质及配方对陶瓷器的制造工艺及产品性能起着决定性的作用，因此了解和掌握原料的物理化学性质以及坯料配方计算是非常必要的。本书力求从原料的组成、性能、配方的设计与计算、加工处理等方面对卫生陶瓷原料进行全面阐述。

目前卫生瓷的成型一般采用的是注浆成型方法，泥浆性能的好坏直接影响着成型和烧成工序。因此，如何调制性能稳定的泥浆是原料处理的关键问题。

二、卫生陶瓷原料

制造卫生陶瓷坯体的原料大部分为非金属矿物原料。这些原料大致可分为三大类：

1.可塑性原料 可塑性原料又称粘性原料，其特点在于原料细粉加水调匀后能塑成各种形状，干燥后产生收缩，但不失原状，经煅烧至适当温度后，能获得坚硬如石，而又保持原状的物体。主要的可塑性原料是粘土和高岭土。

2.非可塑性原料 非可塑性原料又称瘠性原料或减粘原料，即不具有可塑性的原料。常用的有石英、熟料、瓷粉等。这些原料与可塑性原料混合，可以减小可塑性原料的粘性，调整坯料的可塑性。

3.熔剂原料 在陶瓷烧成的高温下，能形成熔融物的原料称熔剂原料。卫生陶瓷坯料中常用的熔剂原料是长石、滑石。含有较高钾、钠成分的粘土也可做为熔剂原料使用，如章村土和水云母。

除此之外，还有一些辅助原料，如电解质（碳酸钠，水玻璃等）、氯化钡（ BaCl_2 ）、氧化钴（ Co_2O_3 ）等。

（一）可塑性原料

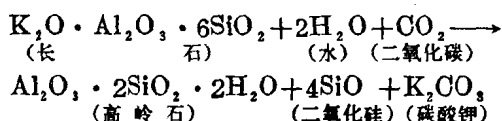
1.粘土及其成因

粘土是自然界中硅酸盐岩石（主要是长石）经过长期风化作用而形成的。粘土不是单一矿物，而是一种含水铝硅酸盐多种矿物的混合物。粘土不能用固定的化学式表示，也没

有一定的熔点。其显著特性是加水掺和后具有可塑性。

在自然界中粘土的风化作用分为机械风化即物理风化（主要是温度变化、冰冻、风力、水力等），化学风化（主要是空气中二氧化碳和水的作用），以及有机物风化（动植物遗骸腐蚀造成）。这三种风化作用并不都是单独进行，而常常是交错重迭进行的。

长石经风化而成高岭石的反应过程，可以综合如下式：



2. 粘土的化学组成

粘土主要化学组成是含水硅酸铝（ $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ ）。因其矿物组成的不同，三者之间的分子比各有不同。如以高岭土为例，其理论化学式为： $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。理论化学成分如下：

SiO_2 （二氧化硅）46.5%； Al_2O_3 （三氧化二铝）39.5%；
 H_2O （结晶水）14.0%。

绝对纯净的粘土是没有的，它或多或少总混有其它氧化物杂质。通常粘土原料分析包括对二氧化硅（ SiO_2 ）、三氧化二铝（ Al_2O_3 ）、三氧化铁（ Fe_2O_3 ）、二氧化钛（ TiO_2 ）、氧化钙（ CaO ）、氧化镁（ MgO ）、氧化钾（ K_2O ）、氧化钠（ Na_2O ）等氧化物百分含量的测定及烧失等项目，有些粘土还需要测定三氧化硫（ SO_3 ）含量。化学分析的结果，只能了解各种氧化物的含量，不能表示它以何种状态存在。但应用粘土的化学成分与理论组成的对比，可以初步了解它的一些重要性质。如粘土中 Fe_2O_3 或 TiO_2 的含量高，则可以预料到烧后色泽不洁白。某些地区粘土的化学成分如表1所示。

表 1

某些地区粘土的化学成分

原 料 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量	合 量
河北唐山紫木节土	43.98	36.17	1.63	0.67	1.67	0.16	—	—	15.75	100.03
江苏苏州土	48.14	37.37	0.47	微	0.19	0.14	—	—	13.72	100.03
山西大同土	44.45	37.41	0.18	0.33	0.70	0.29	—	—	16.33	99.69
河北邢台章村土	46.64	37.23	0.22	0.57	0.70	0.19	8.31	1.09	4.98	99.93
辽宁彰武土	77.71	13.75	0.80	0.30	0.90	0.10	2.91	0.21	3.14	99.82
河北唐山碱杆	45.45	37.14	1.02	0.84	1.17	0.23	—	—	13.67	99.52
浙江上虞蜡石	64.61	27.08	0.31	0.18	微	0.21	—	—	6.51	99.50
辽宁义县膨润土	55.85	22.05	0.73	—	1.91	7.57	1.80	1.07	9.08	100.06
湖南界牌土	59.05	29.42	0.51	—	0.28	0.14	0.40	0.40	10.45	100.17
广东东莞泥	55.52	31.39	1.59	—	0.36	0.84	2.08	0.76	9.56	100.00
山西阳泉土	37.04	39.11	0.92	—	0.90	0.28	—	—	21.37	99.62
江西星子高岭土	50.31	34.36	1.01	—	痕迹	0.41	2.22	0.16	11.15	99.62
山西紫木节土	41.22	38.02	1.46	1.55	1.48	0.27	—	—	16.16	100.16

3. 粘土的分类

粘土根据原矿的组成不同，生成的条件不同，其矿物组成及物理性能等方面也有所区别，因此粘土的种类很多。

(1) 根据粘土生成情况分类

1) 一次粘土：长石经风化以后生成高岭土、石英及可溶性盐类。由于雨水的冲洗，可溶性盐类会溶解而去，残留的是石英、高岭土及未风化完全的长石碎粒。这种经风化后仍残留在母岩区的粘土称一次粘土，又称残留粘土或原生粘土。

2) 二次粘土：又称漂积粘土或次生粘土。它是由一次粘土经雨水河川的漂流转移到其它地方再次沉积的粘土矿。在漂流过程中，石英砂由于颗粒大而重逐渐沉积，粘土本身也经摩擦而变细，所以二次粘土较一次粘土可塑性强。但在漂流过程中，常有其它矿物或有机物混入，降低粘土的纯度并使粘土呈色。

(2) 根据可塑性分类

1) 强可塑性粘土：或称粘性土，一般为二次粘土。其颗粒细，分散度大，可塑性强。如碱矸。

2) 弱可塑性粘土：或称硬质粘土，如山西大同土、河北章村土等，可塑性都比较差。高岭土类矿物因其颗粒较粗大，结合力低，可塑性也比较弱。

(3) 根据粘土抵抗高温的能力分类

1) 耐火土：耐火度在 1580°C 以上。

2) 难熔土：耐火度在 $1350\sim 1580^{\circ}\text{C}$ 之间。

3) 易熔土：耐火度在 1350°C 以下。

(4) 根据我国卫生陶瓷常用的粘土原料，按其矿物成分分类

- 1) 高岭石类: 如苏州土、紫木节土。
- 2) 水云母类: 如江西、福建瓷石和河北章村土。
- 3) 微晶高岭石类: 如辽宁黑山和福建连城膨润土。
- 4) 叶蜡石类: 如浙江青田、上虞等叶蜡石。
- 5) 水铝石类: 如唐山 A、B、C 级矾土。

4. 粘土的主要工艺性能

(1) 颜色

粘土的外观除白色外, 还有因有机物和其它杂质混入而呈灰、黄、紫、或黑色等。有机物经煅烧可以除掉, 对产品的白度没有影响。如含有铁、钛等其它金属氧化物, 则煅烧后仍呈色(一般为淡黄色至褐色, 呈色深的说明杂质含量多), 影响产品的质量, 应精选除掉。一般优质原料煅烧后呈白色或近似白色。

(2) 颗粒组成

颗粒组成是指粘土中各种大小颗粒数量的比例, 它对粘土的物理性能有很大影响。一般粘土的颗粒大小平均在 3 微米到 1 毫微米之间, 大部分在 1 微米以下, 这一部分直接影响到粘土的稀释性、可塑性、收缩率、干燥强度和烧结性能, 是粘土中主要起作用的部分。实验证明, 粘土中细颗粒多时, 其稀释性能好, 可塑性强, 干燥收缩大, 干燥强度高。

(3) 稀释性能

粘土在水介质中, 能与电解质产生离子交换作用, 而使粘土粒子解胶, 从而在含水量尽可能少的情况下, 具有良好的流动性、悬浮性和稳定性。这一性质是卫生瓷注浆成型的主要依据。粘土的种类不同, 稀释性能也有强有弱。相同的粘土对于不同电解质的稀释性也不相同, 必须通过试验进行选择。

(4) 可塑性与结合性

可塑性常用可塑性指数和可塑性指标表示。与可塑性相似的另一粘土性质是结合性。粘土能与非可塑性原料粘合，成为可以成型的泥团，干燥后形成具有一定强度的坚实坯体，这种性能称为结合性。粘土的可塑性越强，其结合力也越大，由于粘土具有一定的可塑性和结合性，使卫生陶瓷坯体在成型和干燥的过程中能够进行加工制作(如切割、粘接、扎眼、修坯等)而不易变形和开裂。

(5) 抗折强度

粘土加水混合，捏练成型，干燥后具有一定的抗折强度，即试体受到弯曲力作用而破坏时的最大应力。粘土的抗折强度愈大，反映出其可塑性和结合性也愈强。在陶瓷厂中有时用测定粘土的抗折强度，间接地判断粘土的可塑性和结合性。

(6) 收缩

粘土和水混合后制成的软泥试体，在干燥过程中，水分大量地失去，体积有缩小现象。如将干燥过的粘土制品灼烧，则在烧成过程中产生一系列物理化学变化，易熔杂质生成玻璃态填充于颗粒之间，以及某些晶体的形成，使产品产生较大的收缩。从成型至干燥后的收缩称为干燥收缩，从干燥至烧成后的收缩称烧成收缩，从成型到烧结后的收缩称总收缩。粘土的干燥收缩过大则干燥过程易于变形和开裂。一般说颗粒很细的塑性粘土收缩率比较高。

(7) 烧结性

粘土是由多种矿物混合组成，因此没有固定的熔点，其熔化过程是在一个温度范围内逐步展开的。当温度超过800℃时，随着温度继续升高，由于低熔物的熔融，体积开始剧烈

收缩，气孔率开始显著减少。此种开始剧变时的温度，称为开始烧结的温度。随着温度升高，收缩达到最大值，开口气孔率很低，即粘土达到最致密状态，此种状态称为烧结，达到烧结时的温度称为烧结温度。当温度继续升高，开口气孔全部消失后，坯体发生软化或开始膨胀。从达到烧结至开始软化之间的温度间隔，称为烧结范围。

根据烧结范围，可以决定烧成方法和合理地采用窑炉。因此粘土的烧结性是粘土主要的工艺性质之一。

加热过程中，粘土坯体气孔率和收缩率变化如图 1 所示。

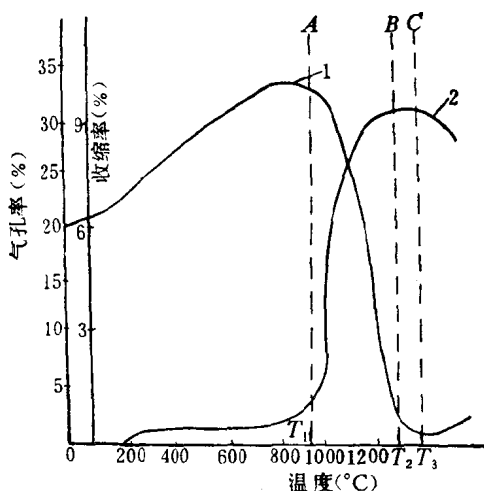


图 1 加热过程中粘土坯体气孔率和收缩率变化示意图

T_1 —开始烧结温度。此点气孔率开始剧降，收缩率开始剧增； T_2 —完全烧结温度。此点气孔率达最小值，收缩率达最大值； T_3 —软化温度。此点坯体开始软化，出现体积胀大和气孔增多等倾向；

$T_2 \sim T_3$ —烧结温度范围。

1—气孔率曲线，2—收缩率曲线

(8) 耐火度

粘土烧结后,随着温度升高,粘土矿物开始软化并逐渐熔融,最后全部变成玻璃物质。材料在高温下抗熔化的性能称为耐火度。粘土的耐火度主要决定于粘土的矿物组成及其所含杂质的种类和数量。一般是氧化铝(Al_2O_3)含量越高,耐火度越高;铁、钛、钙、镁、钾、钠等杂质则降低耐火度。

(9) 加热过程中粘土的变化

粘土在加热过程中所产生的物理化学变化是陶瓷制品烧成理论中的主要问题。在加热过程中,粘土产生脱水(吸附水蒸发和结晶水排出)失重现象、吸热和放热效应。不同矿物类型的粘土原料,产生各种变化时的温度和速度各不相同。仅以苏州土和紫木节土为例,其失重和差热曲线如图2和图3所示。

5. 杂质对粘土的影响

粘土中除粘土矿物外,由于岩石风化未完全以及其它因素,混入了无机盐和有机物质。这些杂

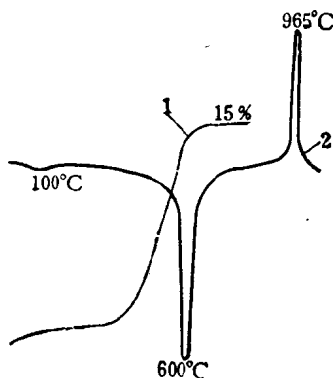


图2 苏州土差热分析、失重曲线
1—失重曲线; 2—差热分析曲线

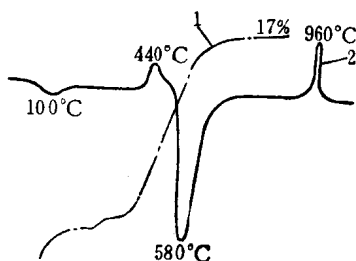


图3 紫木节土差热分析、失重曲线
1—失重曲线; 2—差热分析曲线

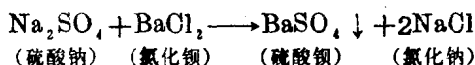
质的种类与含量，对粘土性质和制品的性能产生一定的影响。

(1) 铁的化合物

铁的化合物一般以黄铁矿、钛铁矿、褐铁矿等形式存在于粘土中。这些铁化合物的存在将降低粘土的耐火度，在烧成过程中还可以造成制品的深褐色熔渣斑点，和使制品呈现黄色，影响白度。这类铁的化合物不能用吸铁的方法除掉，所以必须在配料前进行选除。

(2) 碳酸盐和硫酸盐类

粘土中常含有碳酸盐及硫酸盐类杂质。硫酸盐如硫酸钾 (K_2SO_4)、硫酸钠 (Na_2SO_4)，可以溶解于水而在淘洗或过滤中随水而排出。如系石膏 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 则将残留于粘土中，在高温时分解，放出三氧化硫 (SO_3)，容易引起制品起泡。同时硫酸盐类杂质的存在，在制备泥浆的过程中，将使泥浆产生絮凝现象，影响泥浆的流动性。这一现象可以加入适量的氯化钡 ($BaCl_2$) 予以消除其反应：



碳酸盐类杂质，如碳酸钙 ($CaCO_3$) 或碳酸镁 ($MgCO_3$)，若以很微细的颗粒少量地存在于粘土中，则影响不大；但若以较粗大的颗粒或较大量的存在于粘土中，对于一次烧成的卫生陶瓷，在高温阶段由于碳酸盐分解，放出二氧化碳 (CO_2)，容易引起制品起泡。同时粘土中如存在大量的钙、镁，则在泥浆稀释过程中，需要消耗较多的电解质。同时碳酸盐和硫酸盐都能够降低粘土的耐火度。

(3) 有机物质

大部分粘土都含有不同量的有机物质，如微细碳粒或残