

● 吴绳愚 编著

陶瓷计算

——坯釉配方及其性能计算——

● 轻工业出版社

陶 瓷 计 算

——坯釉配方及其性能计算——

吴 绳 愚 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

本书比较系统地介绍了陶瓷坯釉配方计算、坯釉性能计算和其它一些有关的计算方法,并附有典型例题以利融会贯通。所介绍的计算方法既有传统的理论算法,也有经验的简易算法和表格算法,同时还列举了电子计算机的应用实例。书末附有常用的计算表,以备查考。

本书可供从事陶瓷、玻璃、搪瓷等有关专业的技术人员、技术工人和管理干部阅读,也可供有关专业的高等学校、中等专业学校及职工业余学校的师生作教学参考书。

陶 瓷 计 算 (坯釉配方及其性能计算)

吴 德 昌 编 著

轻 工 业 出 版 社 出 版

(北京东黄城根3号)

北京怀柔印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

650×1168毫米 1/32 印张:11 $\frac{20}{32}$ 字数:394千字

1983年4月 第一版第一次印刷

印数:1—8,000 定价:1.60元

统一书号:15042·1783

序 言

要生产一种好的陶瓷产品，首先必须根据所用的不同原料，确定比较好的坯釉配方，再经过工艺试验获得若干工艺数据，然后到生产过程中严格控制，才能使产品质量得到稳定提高。近几年来，作者在工作之余，搜集了大量技术资料，吸收了我国历史的、现代的和国外的一些有代表性陶瓷产品的工艺数据，编写了这本书。在定稿之后，我有机会作为第一个读者，感到收益不少。

本书系统地介绍了陶瓷的坯釉配方计算方法，坯釉料泥浆性能计算原理和方法等等。为使读者能够迅速掌握这些基本原理，本书还列举了大量例题和习题，这样便于大家理解和实际运用，并以图表结合文字叙述，努力做到通俗易懂。对从事陶瓷生产的工人、干部及科研、教学等专业技术人员都有实用参考价值。

科学技术的发展道路不是平坦的，也是永无止境的。历史的和别人的宝贵经验可以作为我们的借鉴，但是运用它的时候一定要结合本地区的原料和其他许多生产条件。在任何时候，历史的经验和别人的经验，都象是山中的石阶，我们可以借助于它一步一步去攀登新的高峰。当前，我国陶瓷工业的广大职工正在响应党中央的号召，为陶瓷工业的科学技术现代化贡献力量，急需这方面的专业知识。我热忱希望这本书出版后对我国陶瓷工业的发展，攀登新的技术高峰有所裨益。

陈锦康

1/AC 8/100

编 者 的 话

陶瓷学是化学、物理、矿物学等多种学科相结合的应用科学。陶瓷制品是由结晶物质、玻璃态物质和气泡所构成的复杂系统，涉及的理论问题十分广泛。特别是随着现代科学技术的发展，陶瓷已从一般以粘土为主要原料的“传统陶瓷”发展到一些含少量粘土或不含粘土的特种陶瓷制品，如高铝瓷、高镁瓷、钛质瓷、锆质瓷、磁性瓷、金属陶瓷、陶瓷涂层等。现代陶瓷的概念是一种“无机非金属固体材料及制品”。对于现代陶瓷的理论研究目前还仅仅是开始，所以本书无法包括现代陶瓷坯釉所涉及的理论计算问题，而只能以传统陶瓷概念为基础，着重介绍目前生产上广泛使用的理论计算方法。

电子计算机的应用现在已广泛出现于各个工业部门。根据某些文献介绍，国外一些现代化陶瓷厂已从制泥到烧成各工序采用了电子计算机进行程序控制，但目前我国还缺少这方面的实际使用资料。本书所介绍的《电算在计算硅灰石矿物含量中的应用》仅是一个应用实例，并不能完整反映电子计算机在陶瓷工业中的应用，还有待于今后进一步充实。

对一些数据的运用，作者曾尽可能对多方面文献进行过核对，力求做到准确。对一些把握不大的数据，则选用一个适当的使用范围供读者参考。

本书承陈锦康同志热忱关怀，提出宝贵修改意见，并为本书写了序言；又承刘秉诚、金永祚工程师热忱指导、审阅全书，并对本书作了修改。在本书出版之际，谨向他们表示衷心的感谢！

限于笔者才疏学浅，刻苦钻研不够，因而内容还不够充实，

错误和缺点也在所难免，敬待读者批评指正，俟有机会再版时予以补充订正。

编著者

一九八一年六月二日

目 录

第一章 坯釉配方计算基础	(1)
第一节 坯釉组成表示法.....	(1)
第二节 计算基准.....	(6)
第三节 公式量、当量与公式原料配合当量.....	(11)
第四节 化学组成与实验式的换算.....	(17)
第五节 由原料配料量计算坯釉式.....	(24)
第六节 矿物组成算法.....	(29)
第七节 三角坐标算法.....	(42)
第八节 酸值系数和氧率的计算.....	(54)
本章习题	
第二章 坯料配方计算	(65)
第一节 概述.....	(65)
第二节 三角坐标算法.....	(71)
第三节 化学组成逐项满足法.....	(75)
第四节 实验式逐项满足法.....	(79)
第五节 矿物组成逐项满足法.....	(85)
第六节 相图算法.....	(90)
第七节 三角形直线法.....	(96)
本章习题	
第三章 釉料配方计算	(109)
第一节 概述.....	(109)
第二节 生料釉的配方计算.....	(117)
第三节 熔块的配方计算.....	(122)
第四节 熔块釉的配方计算.....	(134)
第五节 成熟釉的配方计算.....	(144)
第六节 根据坯料性能设计计算釉料配方.....	(151)

第七节	釉料计算中的几个实际问题·····	(157)
本章习题		
第四章	坯釉配方的表格计算法·····	(174)
第一节	国际化的坯釉计算表·····	(174)
第二节	按坯釉式计算配方的计算表·····	(184)
第三节	由配料量计算坯釉式的计算表·····	(188)
本章习题		
第五章	料浆和坯体·····	(192)
第一节	泥浆计算法·····	(192)
第二节	比重、气孔率、吸水率与体积的计算·····	(199)
第三节	收缩与含水量的计算法·····	(203)
第四节	干燥灵敏性指数的计算法·····	(210)
第五节	坯料的耐火度和烧成温度的计算·····	(211)
本章习题		
第六章	陶瓷釉性能计算·····	(216)
第一节	密度·····	(218)
第二节	表面张力和高温粘度·····	(221)
第三节	弹性模数·····	(225)
第四节	机械强度·····	(227)
第五节	热膨胀系数·····	(228)
第六节	热容和导热系数·····	(232)
第七节	熔融温度·····	(234)
第八节	热稳定性·····	(236)
本章习题		
第七章	其它计算·····	(242)
第一节	表面系数与筛分析·····	(242)
第二节	液体与泥浆的比重及其换算·····	(245)
第三节	模型的放尺计算·····	(250)
第四节	有关水玻璃的一些计算·····	(252)

第五节 石英的热膨胀计算法.....	(256)
--------------------	-------

本章习题

附 录

附表 1 陶瓷工业用原料的分子量 (公式量)、当 量、熔点、比重和溶解度.....	(261)
附表 2 由化学分析计算实验式计算表.....	(278)
附表 3 由化学分析计算示性矿物组成计算表.....	(286)
附表 4 国外陶瓷主要品种的分类.....	(289)
附表 5 测温三角锥的化学组成.....	(292)
附表 6 由生料量计算熔块重量表.....	(299)
附表 7 由坯釉式计算配料量计算表.....	(307)
附表 8 由配料量计算坯釉式的计算表.....	(328)
附录 9 习题答案 (第一章到第七章).....	(350)
主要参考文献.....	(360)

第一章 坯釉配方计算基础

第一节 坯釉组成表示法

坯釉料组成的表示方法很多，最常用的有配料量表示法、化学组成表示法、实验式表示法及矿物组成表示法等。

一、配料量表示法

用配方中所用原料的重量百分数（或重量）来表示配方组成的方法，叫做配料量表示法，又称生料量配合比法。例如，著名的龙泉青瓷釉料配方组成如下：

白瓷土	57.87%，
碧糠灰	22.51%，
石灰	9.64%，
紫金土	9.98%。

由于这种表示方法简单，直观性强，易于称量配料，便于记忆，所以工厂中的配料单通常采用这种表示方法。通常把用配料量表示法表示的配方称为实用配方。这种表示方法主要的缺点是：它只适用于本地的工厂，对其他产区来讲参考意义不大，因为各地原料所含的成份差异甚远，只要有其中一种主要原料的成份不同，配制成的坯料性质便有很大差别。

二、化学组成表示法

用配方中各化学组成的重量百分数来表示配方组成的方法，称为化学组成表示法，又称为氧化物重量百分数表示法。表 1-1 列举了日本、英国、美国、德国和我国个别瓷厂的坯料化学组

成。

表1-1 陶瓷坯料的化学组成

化学组成 (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量	合 计
坯料名称									
日本瓷坯	66.96	21.58	0.74	0.31	0.10	3.82	1.67	4.89	100.05
日本陶坯	78.84	14.86	0.34	0.12	0.36	2.56	0.18	2.86	100.12
英国陶坯	75.18	19.95	0.55	1.21	0.28	1.91	0.80	0.48	100.36
法国瓷坯	52.94	28.91	0.48	3.99	0.17	1.70	0.68	11.60	100.47
德国瓷坯	57.48	28.99	0.30	0.47	0.93	2.68	0.65	8.49	99.99
美国陶坯	67.89	19.54	0.93	0.90	0.16	3.06	1.65	6.00	100.13
比利时瓷坯	63.95	25.59	0.69	痕迹	0.54	2.07	0.98	6.62	100.44
景德镇瓷坯	65.87	22.46	0.76	—	0.18	2.66	2.89	5.49	100.31
景德镇坯	72.87	17.21	0.96	—	0.20	3.97	0.37	4.30	99.97
湖南瓷坯	69.67	20.20	0.45	0.32	0.23	2.69	0.55	5.80	100.00

这种表示方法的优点是能比较准确地表示陶瓷坯釉料的化学组成，同时能根据其含量的多少，估计出这个配方的烧成温度高低、收缩大小、产品色泽及其他性能的大致情况。例如，坯料配方中 TiO₂ 和 Fe₂O₃ 含量多，则表示坯料不纯，产品的白度必然要下降；若坯料配方中 K₂O 和 Na₂O 含量比较多，则说明坯体易烧结，烧成温度较低；若坯料配方中含 SiO₂ 或 Al₂O₃ 量较高，则说明烧成温度要提高，坯体难以烧结和瓷化；再如，坯料配方中若含烧失量较多，则说明坯料内含有有机质和其他挥发物较多，因而该坯料收缩较大或是高温分解时容易产生气泡，等等。

缺点是无从知道它是由哪几种原料配成，所以只能作为参考。

三、实验式表示法

在化学上表示某种化合物常用化学分子式，例如，高岭石可以用化学分子式 H₄Al₂Si₂O₇ 表示。但在陶瓷工业上，由于所用

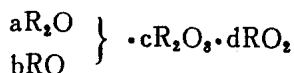
原料一般为混合物，并非纯净的化合物，所以一般不用化学分子式表示，而用化学实验式表示，即以各种氧化物的分子数的比例来表示。例如，高岭石用 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 来表示。这种用氧化物的分子数的比例来表示的方法，叫做化学实验式表示法，简称实验式。

陶瓷工业常用的氧化物并不很多，从其性质分，可概分为三类：碱性的，两性的或中性的，酸性的。

碱性	中性	酸性
K_2O	Al_2O_3	SiO_2
Na_2O	Fe_2O_3	TiO_2
Li_2O	Sb_2O_3	ZrO_2
CaO	Cr_2O_3	SnO_2
MgO	B_2O_3 (偏酸性)	MnO_2
BaO		P_2O_5
ZnO		
FeO		
MnO		
PbO		
CdO		
BeO		
SrO		

从上面可以看出每一类氧化物分子式中氧原子与其他原子的比数是有一定规律的。如以“R”代表某一元素，则碱性的包括 R_2O 和 RO 两种，中性的为 R_2O_3 ，酸性的为 RO_2 。 B_2O_3 和 P_2O_5 通常列入 RO_2 中计算。

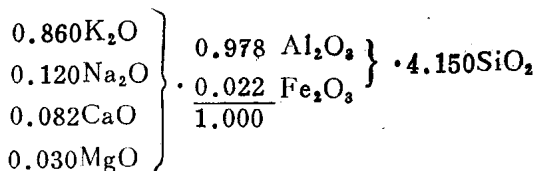
实验式中各氧化物的排列顺序如下：



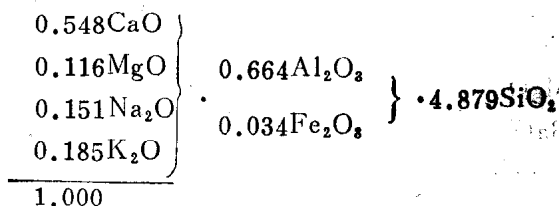
碱性氧化物在前，其次为中性氧化物，最后是酸性氧化物。

a, b, c, d, 各为氧化物的分子数, 表示各氧化物间的相互比例。

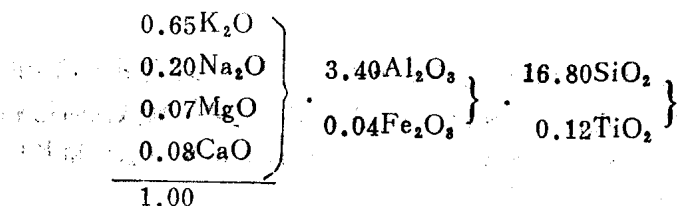
习惯上, 对瓷坯而言, 往往取中性氧化物的分子数总和为1。
例如, 我国清代康熙瓷的实验式为:



而在釉的实验式中, 往往以碱性氧化物的分子数的总和为1。例如我国康熙中胎斗彩盘的青花釉的实验式为:



从上面的方式去认识化学实验式, 很容易辨别它是代表釉, 还是代表坯。不过也有些国家的陶瓷界(如苏联), 习惯于将坯料的实验式也采用 $R_2O + RO = 1$, 例如苏联卫生炆器坯料用下列实验式表示:



实验式表示法反映了各氧化物之间的相互关系, 使各类氧化物的组成能够一目了然, 便于识别。因此, 除了能估计有害杂质与降低熔融温度的成份对坯体的影响外, 还能表明高温化学性能, 这是陶瓷工作者习用的表示方法。

四、矿物组成表示法

坯料配方组成以纯理论的粘土、石英、长石等矿物来表示的方法，叫做示性矿物组成表示法，又称示性分析表示法，简称矿物组合法。例如，有人对不同制品的矿物组成进行分析，如表1-2所示：

表1-2 不同制品的矿物组成表

制 品 种 类	粘 土 质	石 英	长 石
高 压 电 瓷	43.3	37.3	19.4
高 压 电 瓷	50.6	27.7	21.7
低 压 电 瓷	49.0	27.5	23.5
化 学 瓷	65.5	9.7	24.8
家 庭 用 瓷	48.7	27.1	24.2
旅 馆 用 瓷	51.8	24.6	23.6
厨 房 用 瓷	60.1	17.6	22.3
美 术 瓷	44.4	28.2	27.4
软 质 瓷	36.3~47.0	23.3~34.8	24.2~34.0

日本北村弥一郎曾将日本各地瓷坯的成份，选择其RO及SiO₂之成份的最大者及最小者，计算其矿物组成，与德国塞格尔列举的欧洲瓷坯矿物组成的范围相对照，如表1-3所示。

表1-3 瓷坯的矿物组成对照表

矿物组成 瓷坯类别	粘 土 质	石 英	长 石
欧 洲	42.05~66.37	12.05~29.62	17.05~36.74
日 本	22.4~32.7	19.1~48.4	20.4~53.9

示性分析是采用适当的试剂与处理方法，来分析坯料和粘土原料中的粘土质、石英、长石等矿物，从而计算出三种矿物的重量百分含量。示性分析不易准确，因为粘土中各种难溶物质的溶

解度与颗粒的大小有关系，粘土中如含有石灰石及氧化铁甚多时，均溶于硫酸，从而增加分析中粘土的重量。此外，各种长石及高岭土在强酸中的溶解度各有不同，因此分析的结果是近似的，仅可作为瓷土分析的大概估计，也只宜用于质量较纯的粘土。所以，示性分析的应用有一定的局限性。

通常，把用矿物组成表示法表示的配方称为理论配方，在一般工厂生产中并不采用，而在分析研究配方时作参考。

第二节 计算基准

制作陶瓷除使用一部分化工原料外，大量使用的是天然矿物原料，如高岭土、长石、石英等等。天然矿物原料一般或多或少含有水份。配料计算时，考虑原料所含水份和不考虑原料所含水份的结果显然是不同的。此外，陶瓷坯釉原料加热后会失重，即存在“烧失量”。坯釉进行配料计算时考虑“烧失量”和不考虑“烧失量”的结果显然也是不同的，所以存在计算的基准问题。

一、“湿含量”及其基准换算

“湿含量”是指坯料、釉料或坯、釉料所用的各种原料所含的游离水份量（不包括结晶水）。例如，某一湿坯料试样重 G 克，在 110°C 干燥至恒重后的试样干重量为 G_1 克，则该试样的湿含量为：

$$W = G - G_1 \text{ (克)}$$

以湿重为基准，计算的湿含量百分率 $W.W$ ，

$$W.W = \frac{G - G_1}{G} \times 100\%$$

以干重为基准，计算的湿含量百分率 $D.W$

$$D.W = \frac{G - G_1}{G_1} \times 100\%$$

湿基准和干基准的换算公式如下：

$$W.W = D.W \frac{100 - W}{100}$$

或

$$D.W = W.W \frac{100}{100 - W}$$

式中：W——100克物料中的湿含量，克；

W.W——湿基准时的湿含量百分率，%；

D.W——干基准时的湿含量百分率，%。

兹举例说明如下：

现有粘土试样100克，在110°C干燥至恒重，称量为87.0克。

试计算该粘土试样的湿含量及其湿含量百分率各为多少？

解：

$$W = G - G_1 = 100 - 87$$

$$= 13.0 \text{ (克)}$$

$$W.W = \frac{G - G_1}{G} \times 100\% = \frac{100 - 87}{100} \times 100\%$$

$$= 13.0\%$$

$$D.W = \frac{G - G_1}{G_1} \times 100\% = \frac{100 - 87}{87} \times 100\%$$

$$= 14.94\%$$

如采用干、湿基准的换算公式，则计算如下：

$$W.W = D.W \frac{100 - W}{100} = 14.94\% \frac{100 - 13}{100}$$

$$= 13.0\%$$

$$D.W = W.W \frac{100}{100 - W} = 13.0\% \frac{100}{100 - 13}$$

$$= 14.94\%$$

在研究瓷坯的配方组成时，往往会遇到干湿基准的换算问题。例如：

某瓷坯的配方组成如下：

高岭土	55%
粘土	27.5%
长石	17.5%

已知高岭土的湿含量(W·W)为7%，粘土的湿含量(W·W)为10%，长石为干料。试将此瓷坯的配方换算成干料的配方组成。

解：以100克湿瓷坯作为计算基准。

55克高岭土中含有：

$$\text{湿含量}(W_1) = 55 \times 7\% = 3.85 \text{克}$$

$$\text{干高岭土}(G_1) = 55 - 3.85 = 51.15 \text{克}$$

27.5克粘土中含有：

$$\text{湿含量}(W_2) = 27.5 \times 10\% = 2.75 \text{克}$$

$$\text{干粘土}(G_2) = 27.5 - 2.75 = 24.75 \text{克}$$

100克湿瓷坯中含有：

$$\text{湿含量}(W) = W_1 + W_2$$

$$= 3.85 + 2.75 = 6.60 \text{克}$$

$$\text{干高岭土}(G_1) = 51.15 \text{克}$$

$$\text{干粘土}(G_2) = 24.75 \text{克}$$

$$\text{干长石}(G_3) = 17.5 \text{克}$$

所以，100克湿瓷坯中的组成(湿基)应为：

湿含量	6.60%，
干高岭土	51.15%，
干粘土	24.75%，
干长石	17.50%。