

油及色料

[日]素木洋一 著
刘可栋 刘光跃 译



YOUJI SE LIAO

中国建筑工业出版社

釉 及 色 料

(日) 素木洋一 著
刘可栋 刘光跃 译

中国建筑工业出版社

本书较全面地对陶瓷釉原料的性能、作用及釉的物化性质、调制和施釉方法进行了详细的阐述，并对色料的生产及装饰也作了介绍。

本书可供从事陶瓷生产和科研的技术人员阅读。

焼結セラミツク詳論 1

釉とその顔料

(日)素木洋一 著

昭和43年10月20日初版発行

発行所 株式会社技報堂

* * *

釉 及 色 料

刘可栋 刘光跃 译

*

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: 850×1168毫米1/32 印张: 25 1/4 字数: 678千字

1979年12月第一版 1979年12月第一次印刷

印数: 1—4,010册 定价: 2.40元

统一书号: 15040·3600

目 录

第一章 釉的定义	1	4-3-3 锡化物	78
1-1 施釉的目的	1	4-3-4 锆化物	79
1-2 釉的分类	2	4-3-5 氧化铈	80
第二章 釉料的计算方法	7	4-4 着色剂	80
2-1 赛格尔式的作法	7	4-4-1 钴化物	82
2-2 从配料推导赛格尔		4-4-2 镍化物	82
式的方法	10	4-4-3 铜化物	86
2-3 从赛格尔式计算		4-4-4 锰化物	87
釉的配比	15	4-4-5 铬化物	88
2-4 构成釉的主要原料	22	4-4-6 钍化物	91
第三章 赛格尔锥和		4-4-7 铁化物	92
奥顿锥	31	4-4-8 氧化铈	95
3-1 赛格尔锥	31	4-4-9 氧化锡	96
3-2 奥顿锥	38	4-4-10 锆化物	97
3-3 决定赛格尔锥		4-4-11 钛化物	97
性质的因素	41	4-4-12 砷化物	98
第四章 釉原料	44	4-4-13 锌化物	99
4-1 碱性原料	44	4-4-14 铈化物	99
4-1-1 碱金属类	44	4-4-15 钙化物	100
4-1-2 碱土金属		4-4-16 镁化物	101
化合物	51	4-4-17 锂化物	102
4-2 酸性原料	73	4-4-18 钾和钠化物	102
4-2-1 硅化物	73	4-4-19 铝化物	103
4-2-2 钛化物	75	4-4-20 铍化物	104
4-3 乳浊剂	77	4-4-21 铋化物	104
4-3-1 铈化物	77	4-4-22 硼化物	104
4-3-2 磷化物	77	4-4-23 钼化物	105

4-4-24 钨化物	106	耐压强度	194
4-4-25 钼化物	106	6-6 霍尔关于釉的热膨	
4-4-26 氟化物	106	胀系数、抗拉强度及	
4-4-27 碳素	107	弹性模数等的研究	195
4-4-28 金	107	6-7 导热率	212
4-5 着色剂用量		6-8 比热	214
计算方法	108	6-9 耐热性	215
第五章 釉形成中的		6-10 折射现象	216
化学反应	111	6-11 硬度与磨损	219
5-1 概要	111	6-11-1 磨损硬度	219
5-2 离解	112	6-11-2 划痕硬度	223
5-3 玻化反应	116	6-11-3 压痕硬度	225
5-4 从气泡的发生看		6-11-4 科克等关于提	
熔融机理	125	高饮食器釉的硬度和	
5-5 瓷器釉的烧结及其		耐碱性的研究	228
熔融现象	127	6-12 电性质	234
5-6 釉的成熟	134	6-13 釉的龟裂和崩落及	
5-7 釉液的表面张力	137	其改进方法	240
5-8 釉的粘度	144	6-13-1 概要	240
5-9 挥发	155	6-13-2 关于陶器的	
5-10 釉的熔融和晶化	160	釉面龟裂的例子	243
5-10-1 晶化	161	6-13-3 中间层对于	
5-10-2 中间层	165	釉面开裂的影响	249
5-10-3 釉的成熟与		6-13-4 坯釉的适合性	
釉料粒度	171	试验	259
5-11 釉的硬化期	173	6-13-5 坯体的湿膨胀	
5-12 釉的微观结构	178	水和膨胀和釉面	
第六章 釉的物理性质	180	开裂的关系	271
6-1 概要	180	第七章 釉的化学性质	301
6-2 热膨胀	182	7-1 概要	301
6-3 密度	189	7-2 对于玻璃表面的	
6-4 弹性模数	190	化学作用	303
6-5 抗拉强度与		7-3 组成与耐久性的	

关系	314	9-1-6 各种瓷器釉的组成	393
7-4 釉的耐久性	321	9-1-7 无光瓷器釉	406
7-5 抗酒精性	323	9-1-8 色瓷器釉	407
7-6 抗风化性	323	9-2 锌釉	429
7-7 釉上彩的耐久性	326	9-2-1 概要	429
7-8 釉中所含的气体成分	331	9-2-2 锌釉的性质	432
7-9 釉的毒性问题	334	9-2-3 锌色釉	443
7-9-1 铅	334	9-3 食盐釉	444
7-9-2 锌	336	9-3-1 概要	444
7-9-3 砷	336	9-3-2 坯体组成	445
7-9-4 锑	336	9-3-3 烧成制度	447
7-9-5 铜	337	9-3-4 食盐混合剂	451
7-9-6 镉	337	9-3-5 食盐釉与泥浆釉的比较	457
7-9-7 钡	337	9-4 其它挥发釉	457
第八章 釉的调制和施釉	339	9-5 亚粘土釉、土釉	459
8-1 概要	339	9-6 屋瓦釉	462
8-2 釉的粒度	341	9-7 灰釉	465
8-3 釉浆的添加剂和陈腐	347	9-8 金星釉(砂金石釉)	470
8-4 釉浆的稠度	358	9-9 结晶釉	474
8-5 施釉	367	9-9-1 概要	474
8-5-1 浸釉	368	9-9-2 釉的本质	475
8-5-2 刷釉	371	9-9-3 基础釉	476
8-5-3 喷釉	371	9-9-4 烧成中的注意事项	479
第九章 无铅釉	374	9-9-5 结晶釉的组成	480
9-1 瓷器釉	374	9-10 乳油釉	485
9-1-1 概要	374	9-10-1 概要	485
9-1-2 物理性质	375	9-10-2 乳油釉的生成	485
9-1-3 成分及其作用	376	9-10-3 乳油釉的配方实例	491
9-1-4 低温釉	387		
9-1-5 高温釉	388		

9-11 无光釉	495	11-3-1 釉下稀释剂和 熔剂	648
9-12 流动釉, 流纹釉; 大理 石釉; 条纹釉; 朦胧釉; 斑纹釉; 海鼠釉	498	11-3-2 釉上熔剂	649
9-13 裂纹釉	500	11-3-3 釉组成对于着 色剂的影响	657
9-14 蛇皮釉	501	11-4 用金和其他贵金属 的装饰	658
9-15 虹彩釉	501	11-4-1 胶状金	659
9-16 低损耗块滑石 瓷器用釉	503	11-4-2 金属金	662
9-17 锆石质瓷器釉	507	11-4-3 金的回收	670
9-18 堇青石瓷器釉	510	11-4-4 铂灰	670
第十章 熔剂	515	11-4-5 织亮铂	671
10-1 概要	515	11-4-6 金属银	671
10-2 熔剂的调制法则	516	11-5 色料的调制	674
10-3 氧化物的作用	528	11-6 釉下用液体色料	713
10-4 铅熔剂釉的组成	531	11-7 虹彩釉	715
10-5 无铅熔剂釉	540	11-7-1 树脂酸盐 虹彩釉	716
10-6 熔剂色釉	548	11-7-2 弗朗切特法	724
10-6-1 概要	548	11-7-3 特殊烧成法	725
10-6-2 有关着色剂呈 色的一般事项	553	11-7-4 热涂法	726
10-6-3 熔剂色釉	556	11-7-5 锡釉金属 还原法	727
10-7 无光色釉	592	11-8 打戳用色料和 平印	727
10-8 色料	617	第十二章 生铅釉	729
10-9 低温熔剂	627	12-1 概要	729
10-9-1 概要	627	12-2 原料	730
10-9-2 铜用釉	629	12-3 铅釉的组成	736
10-9-3 铝用釉	629	12-4 无光釉	740
10-9-4 镁用釉	631	12-5 生铅色釉	744
第十一章 装饰和色料	632	第十三章 化装土	761
11-1 概要	632	13-1 概要	761
11-2 色料的适应性	647		
11-3 色料的辅助剂	648		

13-2 化装土应具备的 技术条件	762	14-1 由于烧成前操作上 的原因所造成的缺陷	787
13-3 原料	763	14-1-1 在烧成前的诸 工序中,因工作不当 而发生的缺陷	787
13-4 组成	766	14-1-2 釉本身的 原因	788
13-5 调制	770	14-2 在烧成当中出现的 缺陷	789
13-6 挂法	772	14-2-1 低温釉与 高温釉	789
13-6-1 浸挂法	772	14-2-2 熔液中的 气体	790
13-6-2 涂布法	773	14-2-3 化学分解	790
13-6-3 喷雾法	773	14-2-4 粘度	791
13-7 发生的缺陷及其 防止法	774	14-2-5 硫气体	791
13-7-1 脱片的原因	775	14-2-6 烧成条件	792
13-7-2 龟裂	777	14-2-7 可溶性盐类	792
13-7-3 棕眼和泡	779		
13-7-4 釉面开裂	781		
13-8 色化装土	782		
第十四章 釉上缺陷	787		

第一章 釉 的 定 义

1-1 施 釉 的 目 的

釉是融着在坯体表面上的一层薄膜，同玻璃一样，没有固定的化学组成，有时也将它看成固溶体。从釉的物理、化学性质来看，属于玻璃，有一定的硬度，且几乎不溶于强酸和强碱以外的物质，对气体和液体具有不透过性。釉具有光泽，表面的反射率一般较高。和玻璃一样，普通不能用肉眼观察到内部结构，但乳浊釉和结晶釉可用显微镜或肉眼看到它的结晶。

玻璃从其一般性质来说是均匀、非结晶质、各向同性、有透光性的物质。在熔融和未晶化的状态下冷却而成的，所谓过饱和状态的物质。陶瓷制品、陶瓷器材料，虽不是一般的玻璃，但作为釉成分的一部分或瓷器的一个成分而生成的熔剂、助熔剂等也用玻璃这个词。

釉是由于热作用而生成在坯体上的，不利用热作用的称为喷漆或清漆。

和釉含义相同的用语中还有搪瓷。搪瓷本来的含义是指熔融在其它物质表面上的颜色覆盖物，一般地是在下述情况中使用搪瓷这个名词。

(1) 覆盖在陶瓷器、木材或金属的表面上，然后用烤炉、烘箱或窑炉能够熔融的物质。

(2) 用着覆盖陶瓷器、金属表面上的无色釉。

(3) 用于精陶及其它多种陶瓷器的、介于低火度和高火度之间的釉。这种使用法特别是在法国，一般低温釉叫作贝鲁尼 (Vernis)；高温釉叫作库卑尔特 (Couverte)；中温釉叫作埃马伊尔 (email)。

- (4) 添加乳浊剂成为不透明的透明釉。
 - (5) 掺合适当的融剂制成的透明釉。
 - (6) 中国用来装饰瓷器表面的色料。
 - (7) 先施以容易熔融的覆盖层之后, 为了和再覆盖在上面的釉与生坯施釉相区别称为搪瓷。
 - (8) 在已施过高温釉的器物上所用的釉或彩绘。
- 原来汉字“釉”的含义是指有油状的光泽, 所以古代用“油”字, 但又因为“油”这个字代表食物, 经种种考虑结果遂取表示光彩的“采”合而成为“釉”。
- 不管釉的色调和透明度如何、施釉的目的如下:
- (1) 使坯体对液体和气体具有不透性。
 - (2) 覆盖坯体的表面, 起覆盖层的作用, 给人以美的感觉, 同时提高强度。
 - (3) 防止沾污坯体, 即便沾污也很容易用洗涤剂洗刷干净。
 - (4) 与坯体起作用, 使釉和坯体成为整体。

1-2 釉 的 分 类

釉和坯体一样, 有种种分类。例如从制品的种类来分, 有陶器釉、炻器釉、磁器釉等。从构成釉主要成分的原料来分, 有长石釉、石灰釉等。从对釉的性质具有特殊影响的成分来分, 有铅釉、硼酸釉等。或从制造方法来分, 有熔块釉、食盐釉等。

此外, 还有用熔融的相对程度即“易熔”及“难熔”来分类的, 或者用表示熔合温度的塞格尔锥号以及用表示温度范围的塞格尔锥号来分类, 也有的是以起源、产地、发明者的名字命名的。即奥尔巴尼釉 (Albany slip glaze), 布里斯托尔釉 (Bristol glaze), 罗金厄姆釉 (Rockingham glaze) 以及塞格尔瓷器釉等。

色调、结构 (光泽、乳浊、无光) 等性质并不构成某些釉所

特有的特征，故不能成为分类的依据。所谓乳浊、无光等本来只是针对发生了结晶与否而言的，可能是添加了特殊的原料也可能是用特殊的热处理方法制成的，故也不能成为特定分类的依据。根据坯体的组成对釉进行分类在某种特定的范围内虽是可能的，但是在目前由于有关坯体和釉的物理特性的详细测定结果还不够充分，所以进行此种分类也是极为困难的。

用X线也还不能探明釉的分子结构，故不能作为分类方法考虑。在这一点上釉和玻璃相同，类似于普通的水溶液。

很久以前人们就知道必须使釉的组成在一定的范围内适应坯体的特性与温度条件。为此鲁道夫对釉作了如下的分类：

釉的硅酸、氧化铝比 表 1-1

坯 体	克 分 子 当 量		成熟温度范围 (SK)
	硅 酸	氧 化 铝	
粗陶器(土器)	0.8~2	0~0.3	010~06
陶 器	0.8~2	0.1~0.5	4
炻 器	1.25~2	0.1~0.8	4~9
瓷 器	2.00~2.6	0.5~1.25	10以上

参照釉的氧化铝和硅酸的比例来观察与制品的关系时，对于各种坯体，表 1-2 为其基准。

釉 的 组 成 范 围 表 1-2

釉 的 类 型	坯 体 类 型	釉 式
生 釉	粗陶器、建筑陶瓷	$RO \cdot 0.0 \sim 0.3R_2O_3 \cdot 1.8 \sim 3.0SiO_2$
生 釉	炻器	$RO \cdot 0.2 \sim 0.6R_2O_3 \cdot 2.0 \sim 3.0SiO_2$
生 釉	硬质瓷器	$RO \cdot 0.5 \sim 1.2R_2O_3 \cdot 6.0 \sim 12.0SiO_2$
熔 块	法国彩色瓷器、陶器、搪瓷	$RO \cdot 0.0 \sim 0.3R_2O_3 \cdot 2.0 \sim 4.0SiO_2 \cdot 0.5SnO_2$
熔块(球磨混合)	精陶器、骨灰瓷、软质瓷器	$RO \cdot 0.1 \sim 0.4R_2O_3 \cdot 2.0 \sim 4.0SiO_2 \cdot 0.0 \sim 0.5B_2O_3$

作为习惯上所用的分类方法，广泛采用了 $RO+RO_2$ 群，即以熔剂的特性为主体的分类方法（表1-3）。

以熔剂的特性为主体的釉分类

表 1-3

种 类	熔 剂 的 特 性
1. 铅 釉	主要成分是 $PbO \cdot nSiO_2$ (n 的范围 $1 \sim 2.5$) 或是与长石釉组成相同的釉与硅酸铅的混合物 由于含有氧化铅而熔融温度低
2. 碱金属釉	以碱金属硅酸盐为主成分，熔融可溶性碱金属或碱金属化合物与石英或粘土的混合物而制成。因纯碱金属硅酸盐(水玻璃)是水溶性的，所以如果不同构成坯体的成分化合一部分，一般不能做为釉使用。大部分纯碱金属釉为食盐釉和某些法国的硬质瓷器釉。同硅石质的坯体相比较，以用于石灰质坯体为宜
3. 碱金属-石灰釉	组成与普通玻璃极为近似，但为了不产生失透现象而含有较多的铝氧。为广泛用于卫生陶器和瓷器的重要的无铅釉
4. 石灰釉	主成分的熔剂为钙化物，主要用于陶器。但如同时含有铅化物时，可以用于几乎所有的坯料
5. 长石釉	熔剂的主成分是长石或长石质矿物，主要用于硬质瓷器和卫生陶器，一般在 1250°C 或更高的温度下玻化。若和铅化物共存，几乎所有的坯料均可使用，且其玻化的温度范围也能增大
6. 硼酸釉	主成分是硅酸盐和硼酸盐，只有硼酸盐是可溶性的。若有硼酸或硼砂存在，既便用低温烧成也可以完全变成硅酸盐釉

按照所用原料的处理方法进行分类也是广泛利用的一种方法（参见表1-4）。

一般多按釉的表面和外观进行分类。

A. 按釉是否透明分为：

透明釉、乳浊釉、乳白釉、色釉、其它。

B. 按光的反射分为：

无光釉、蛋壳釉、污光釉。

C. 含有结晶的，或全部按结晶分为：

结晶釉、砂金石釉、金星釉、无光釉。

D.再将色釉细分,按其色调定名。例如青釉、红釉、绿釉等。

E.用于装饰制品的色釉,也分为单色釉和花釉。

按原料的处理进行釉分类

表 1-4

种 类	原 料 的 处 理
1.生 釉	指由不溶于水的原料配成的,经加水粉碎制成的泥浆而言。有些原料例如壤土等其本身就能成为釉,故无需混合其它原料,此种釉称为天然釉。亦称壤土釉或土釉。所用的粘土以1280°C或低于此温度可以完全熔融为大致的标准
2.熔 块 釉	熔块釉是使用一部分溶于水的原料,因而大部分的原料或其全部可以预先熔融成所谓熔块,使之与硅酸反应,变成不溶性釉,然后粉碎制成釉浆。制成熔块因成本增高,所以很少将全部原料都制成熔块,而只将水溶性原料制成难溶性的熔块,其余的使用生料。两者的混合比例虽无固定比例,一般是熔块80%、生料20%。有时象铅丹、硫酸钡等虽不溶于水,但因比重大,一旦制成泥浆容易沉淀,故也制成熔块
3.挥 发 釉	和坯体的表面发生反应,在蒸气的状态下而形成玻璃的,称为挥发釉。食盐釉即属此类

还有好多场合是以烧成温度分类。由SK 010a (900°C)至SK2a (1120°C)的称为低温釉或低火度釉,由SK 3a至SK 10 (1300°C)的称为中温釉或中火度釉,由SK 11(1320°C)至SK 20 (1530°C)的称为高温釉或高火度釉,或将1000~1100°C上下融合的釉称为软质釉,1350°C上下融合的釉称为硬质釉。

另按国际十进位分类法可简单地大致区分为

1.无色釉,食盐釉; 2.白色釉; 3.色釉; 4.结晶釉; 5.裂纹釉; 6.无光釉; 7.污光釉。

帕米利(1938年)指出表1-5所示的分类方法虽不是最完善的,但是比较便利的。

釉的化学分类（釉中皆含硅酸）

表 1-5

1. 生 釉	I、含铅的	1. 不含氧化铝的 I) 以铅为唯一碱成分的 II) 也含有碱成分的 2. 含有氧化铝和种种碱成分的 I) 含有大量铅，如0.5克分子当量或者更多 II) 含有少量铅，如0.5克分子当量以下 III) 含有硼酸(不制成熔块) IV) 无碱含有硼酸(不制成熔块)
	II、无铅、其它碱成分同时含有氧化铝	1. 无碱金属，碱金属成分的 2. 碱金属和碱土金属的 I) 天然的粘土泥浆 II) 矿物的人工混合物 III) 含有碱金属、碱土金属及锌白的 IV) 含有硼酸的 V) 食盐釉
2. 熔块釉	I、除铅外加其它成分的	1. 不含氧化铝或硼酸的 2. 含有氧化铝或硼酸的 I) 无碱金属 II) 含碱金属
	II、无铅	1. 不含硼酸的 2. 含有硼酸的 I) 以碱金属为唯一碱性成分的 II) 碱金属和碱土金属中含有锌的以及不含锌的 III) 含有主成分钡的

第二章 釉料的计算方法

一般是作为分子用赛格尔式表示釉的各个成分。按其高温下的性质将各成分分为酸性成分和碱性成分。

如下表所示金属元素或非金属元素与氧的比例除了二、三个例外，各组中都是相同的。因而各组中的各个分子可冠以 RO_2 、 R_2O_3 、 RO 的综合式， R_2O 和 RO 是生成玻璃的氧化物。

在赛格尔式中 R_2O 或 RO 列于左侧， R_2O_3 居中， RO_2 列于右侧。为了容易从式中理解碱和酸的关系，通常将 R_2O 和 RO 的克分子含量作为1。另外，在德国将硼酸 B_2O_3 列入 RO_2 组中。

酸 性 成 分	碱 性 成 分	
RO ₂	R ₂ O ₃	R ₂ O或RO
SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O PbO
TiO ₂	B ₂ O ₃	Na ₂ O CaO
SnO ₂	Fe ₂ O ₃	Li ₂ O MgO
ZrO ₂	Sb ₂ O ₃	Cu ₂ O BaO
SnO ₂	Cr ₂ O ₃	ZnO
B ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	FeO
AS ₂ O ₃		MnO
Sb ₂ O ₃		CdO
Sb ₂ O ₅		CuO
V ₂ O ₅		CoO
P ₂ O ₅		NiO
UO ₃		SrO
MoO ₃		

注：鉴于 B_2O_3 的特殊性质，有时列入酸性成分中，有时列入碱性成分中。

2-1 赛格尔式的作法

氧化物的分子量是釉（或坯料）的赛格尔式的计算基础，并由它构成赛格尔式。因此由原料、坯料、釉的化学分析值计算出

各成分的氧化物含量。示例如下：

A. 长石的化学分析值

灼烧 减量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	合 计
0.42	65.78	19.94	0.09	0.14	0.08	12.10	1.75	100.30

在赛格尔式中因用混合物的各成分的分子数表示，所以用长石中各氧化物的分子量除各氧化物的量求出其分子数。灼烧减量因在烧成中消失故可不予考虑。

成 分	重 量 百 分 率	分 子 量	分 子 数
SiO ₂	65.78	÷ 60.06	= 1.095
Al ₂ O ₃	19.94	÷ 101.94	= 0.196
Fe ₂ O ₃	0.09	÷ 159.68	= 0.001
CaO	0.14	÷ 56.08	= 0.002
MgO	0.08	÷ 40.32	= 0.002
K ₂ O	12.10	÷ 94.19	= 0.128
Na ₂ O	1.75	÷ 61.99	= 0.028

R ₂ O+RO		R ₂ O ₃	RO ₂
K ₂ O	0.128	Al ₂ O ₃ 0.196	SiO ₂ 1.095
Na ₂ O	0.028	Fe ₂ O ₃ 0.001	
CaO	0.002		
MgO	0.002		
R ₂ O+RO=0.160			

由于R₂O+RO的含量定为1，所以用其含量除以全分子数。

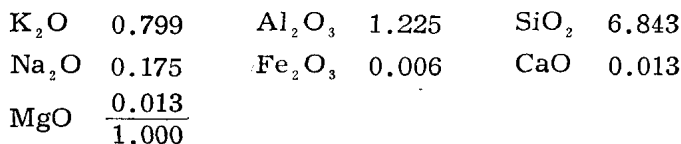
$$\frac{0.128}{0.160} = 0.799K_2O \quad \frac{0.196}{0.160} = 1.225Al_2O_3$$

$$\frac{0.028}{0.160} = 0.175Na_2O \quad \frac{0.001}{0.160} = 0.006Fe_2O_3$$

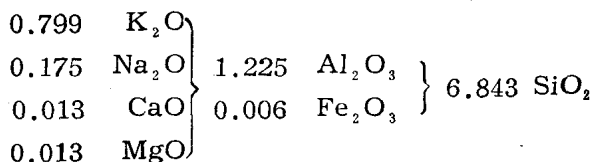
$$\frac{0.002}{0.160} = 0.013CaO \quad \frac{1.095}{0.160} = 6.843SiO_2$$

$$\frac{0.002}{0.160} = 0.013 \text{MgO}$$

因而，该长石的赛格尔式为



即



B. 由下述熔块釉的化学组成计算赛格尔式

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	B ₂ O ₃	PbO	CoO	合 计
50.4	10.3	6.8	4.7	7.1	20.4	0.2	99.9

成 分	重量百分率	分子 量	分 子 数
SiO ₂	50.4	÷ 60.06	= 0.8391
Al ₂ O ₃	10.3	÷ 101.94	= 0.1011
K ₂ O	6.8	÷ 94.19	= 0.0722
Na ₂ O	4.7	÷ 61.99	= 0.0758
B ₂ O ₃	7.1	÷ 69.64	= 0.1019
PbO	20.4	÷ 223.21	= 0.0914
CoO	0.2	÷ 74.94	= 0.0027

归纳之

R ₂ O+RO	R ₂ O ₃	RO ₂
K ₂ O 0.0722	Al ₂ O ₃ 0.1011	SiO ₂ 0.8391
Na ₂ O 0.0758		B ₂ O ₃ 0.1019
PbO 0.0914		
CoO 0.0027		
0.2421		