

陶瓷釉配制基础

景德镇陶瓷学院

祝桂洪 周健儿 编译
曹春娥 赖福生

轻工业出版社

编译说明

1985年11月日本名古屋工业技术试验所加藤悦三博士应邀来景德镇陶瓷学院讲学，并以其著作《釉调合の基本》一书相赠。此书是加藤悦三先生从事陶瓷釉研究二十年来的经验总结，在现代日本已成为有关大学的必读教材或补充教材。我们原准备把此书译成汉语作为我院硅酸盐工程专业补充教材，后经同轻工业出版社联系，考虑到该书的具体情况，我们决定采取编译的形式，该书作为主要的素材。

加藤悦三在该书中强调指出：“高温釉就是从中国开始使用灰釉而来的。”瓷器是中国发明的，当然包括灰釉的发明在内，足见加藤悦三对中国瓷器的发明及陶瓷釉的发生发展是比较了解的。

本书原著由釉的配制基础、失透釉和陶瓷颜料三部分组成，没有明显的篇章节之分，题序层次也比较零散，可能是著者按时间先后从第一版到第六版逐渐增补进去的。由于本书编写时间前后十多年，从参考文献中所引加藤悦三本人论著看前后二十多年，学识与日俱增，学术观点也有所改变，前后内容难免重复，这是很自然的。

本书比较系统地具体地阐述了釉的组成，包括化学组成、釉式、示性矿物组成及釉的配制工艺，并通过调配组成及改变工艺而得到不同的光学性能及其它理化机械性能的陶瓷釉。加藤紧紧抓住塞格尔式及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比这两个基本因素。他认为陶瓷釉的基本性能是由 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比决定的。加藤研究釉从塞格尔式开始。他以塞格尔式为基础，在此基础上增减某种组成或外加某种组成而出现某种现象从而得到某种性能，并从中找出规

律性的东西。加藤先生非常重视试验工作，他总是亲自动手从改变釉的组成和配制工艺而达到改变釉的性能的目的。正如他在本书中指出的“欲传授一种任何陶瓷釉都能轻易地配制出来的方法是没有的，也是不可能的。所谓制釉技术也同其它东西一样，是必须经过反复实践、多次试验才能得到的。”加藤悦三重视实践，坚持理论联系实际这种治学方法和严谨态度是值得我们借鉴的。

本书对透明釉、失透釉、乳浊釉、无光釉、结晶釉之间的关系，特别是失透釉与乳浊釉、无光釉与结晶釉之间的关系及工艺制度都论述得比较清楚，这一点在一般论述陶瓷釉的著作中，确属少见。在釉的配制基础篇章中着重介绍了石灰釉和灰釉、锌釉、镁釉、钡釉、布里斯托釉、铅釉、铜釉、铁釉以及失透色釉、无光色釉等。铜釉只介绍了烧氧化气氛的铜绿釉。铁釉谈得比较细些，例如黑天目釉、玳瑁盏釉、兔毫釉、铁砂釉等都谈到了。在失透釉中对取代氧化锡的各种失透剂和失透釉、失透与乳浊两个术语的含义都作了比较透彻的解释。在陶瓷颜料中，对H. A. Seger提出的陶瓷颜料配方和在釉下彩方面的研究以及尖晶石固溶体与尖晶石颜料的配方试验都作了比较详细的介绍。

本书所介绍的陶瓷釉一般都给出了塞格尔式(釉式)、 Al_2O_3/SiO_2 比值、 $Al_2O_3-SiO_2$ 性状图及一般工艺规范。

本书的显著特点是比较全面地论述了釉的原料配方、制釉工艺及其具体调配方法，是一本偏重实践经验具有指导科研生产实用价值的陶瓷釉书。本书对釉的显微结构方面的机理以及结构与性能的关系则涉及极少。在设计釉配方时采用了传统的三角形坐标法，对正交试验设计法及回归设计法则未予涉及。

编译时考虑到中国国情、科学性与系统性的要求，除取材加藤悦三原书，并重新编排章节调整题序层次，进行加工取舍外，还将国内外有关文献资料加以编译，兼收并蓄，溶入其中。

为了充实新的内容，使本书更具有先进性，我们编写了石灰

釉的发展、无铅釉、低膨胀釉、低熔点无铅陶瓷熔块、棕色釉、铜红釉、钛乳浊釉和色料等节，编入有关章中。

本书在编译过程中得到了院领导陆文遂副教授和曾祥通工程师的鼎力支持，陶瓷工程系的一些同志所给予的协助，在此一并表示谢意！

本书由景德镇陶瓷学院祝桂洪、周健儿、曹春娥、赖福生编译，祝桂洪统稿。

目 录

第一章 釉的组成与分类 (1)

第一节 釉组成的表示方法 (1)

一、塞格尔式或釉式 (2)

二、塞格尔式的意义 (4)

三、塞格尔式的简化 (6)

四、日本古代瓷器釉的组成 (10)

第二节 共熔混合物与釉组成 (13)

一、长石与石灰石的共熔混合物 (13)

二、长石—石灰石—高岭土—石英系统的共熔与 釉组成 (16)

三、由石灰石、高岭土及石英组成的 釉 (无碱石灰釉) (18)

四 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统相平衡图与石灰釉 (20)

五、各种三元系统, $\text{RO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统的最低共熔 混合物 (24)

六、四元系统的最低共熔混合物组成 (26)

第三节 釉的分类 (30)

一、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 组成引起的釉性状变化 (31)

二、失透釉与乳浊釉 (35)

三、无光釉与结晶釉 (36)

四、锌釉中的失透 (37)

五、按碱性组成划分的釉分类 (37)

六、关于石灰釉 (39)

第二章 石灰釉与灰釉 (42)

第一节 简单配制的石灰釉 (42)

一、制釉原料——长石和陶石 (42)

二、长石—石灰石系统和陶石—石灰石系统的釉·····	(44)
三、使用木灰的二成分系釉·····	(48)
四、使用石灰石以外熔剂的二成分系釉·····	(21)
五、多成分系的釉·····	(52)
六、塞格尔式的计算·····	(52)
七、长石质原料的示性矿物组成计算·····	(52)
第二节 灰釉 ·····	(55)
一、灰釉的配制·····	(53)
二、合成灰釉·····	(59)
三、灰和灰釉的多样性·····	(68)
四、灰的组成·····	(70)
五、灰釉的贡献·····	(71)
第三节 石灰釉的发展 ·····	(71)
一、炼灰配釉·····	(71)
二、景德镇历代瓷器的石灰釉·····	(73)
三、改变石灰釉的适应性·····	(88)
第三章 铅釉与铋、镉、锶、锆、铀 ·····	(94)
第一节 铅釉 ·····	(94)
一、铅釉化学组成的特点·····	(94)
二、简单铅釉·····	(95)
三、彩绘料·····	(98)
四、含各种碱性成分的铅釉·····	(100)
五、镉失透釉·····	(104)
六、铅硼釉·····	(105)
七、失透釉·····	(108)
八、含硼釉塞格尔式的处理方法·····	(108)
九、无铅釉·····	(109)
十、例题分析·····	(112)
第二节 钙锌釉、钙镁釉、钙钡釉 ·····	(116)
一、钙锌釉·····	(117)
二、布里斯托釉·····	(122)

三、锌釉（锌结晶釉与锌乳浊釉）	(122)
四、钙镁釉	(123)
五、白云石釉与滑石釉	(125)
六、钙钡釉	(125)
七、锌、钡、镁对釉性状的作用	(127)
第三节 低膨胀釉	(132)
一、锆英石质瓷釉	(132)
二、堇青石质瓷釉	(136)
三、锂质釉	(140)
第四节 低熔点无铅陶瓷熔块	(153)
第四章 颜色釉	(157)
第一节 铜釉与铁釉	(157)
一、着色元素	(158)
二、铜釉	(159)
三、铁釉	(165)
第二节 失透色釉	(175)
一、失透剂与色料	(176)
二、钙锌釉与失透色釉	(177)
三、着色氧化物的组合	(181)
四、铬红釉	(182)
五、色釉与色剂	(184)
第三节 无光色釉	(185)
一、无光剂	(186)
二、无光釉的种类	(188)
三、钡无光釉的呈色	(189)
四、锌无光釉	(191)
五、镁无光（滑石无光）釉	(193)
六、结晶釉与无光釉	(194)
七、因辉石析晶形成的结晶釉与无光釉	(196)
八、不溶性无光釉	(198)
第四节 铜红釉	(200)

一、 钩红	(200)
二、 紫红	(207)
三、 郎红	(212)
第五节 棕色釉	(221)
一、 呈色机理	(221)
二、 配方试验	(222)
第五章 失透釉	(230)
第一节 取代氧化锡的失透剂	(230)
一、 用什么方法能够获得失透釉	(231)
二、 失透剂与釉组成的关系	(232)
三、 各种失透剂的使用方法	(233)
四、 釉配方的可行性分析	(239)
第二节 布里斯托釉及锌釉的讨论	(241)
一、 布里斯托 (Bristol) 釉的组成	(242)
二、 布里斯托 (Bristol) 型最易熔的釉组成	(244)
三、 布里斯托型瓷釉	(247)
四、 各种中温釉	(259)
第三节 铅失透釉	(252)
一、 铅釉与锡失透釉	(253)
二、 铅失透釉的发展	(255)
三、 铅失透釉的结晶相	(258)
四、 铅熔块	(261)
五、 铅失透剂的细度	(262)
六、 失透剂的作用	(264)
七、 铅失透釉组成的特征	(267)
第四节 关于“失透”与“乳浊”两个 术语的含义	(272)
第五节 钛乳浊釉	(273)
一、 配方	(274)
二、 讨论	(282)
第六章 陶瓷颜料	(287)

第一节 H. A. 塞格尔在陶瓷颜料和釉下彩方面 的研究.....	(289)
第二节 塞格尔提出的陶瓷颜料配方	(291)
一、黑色颜料.....	(291)
二、茶色颜料.....	(292)
三、蓝色颜料.....	(293)
四、绿色颜料.....	(294)
五、红色颜料.....	(295)
六、黄色颜料.....	(296)
第三节 尖晶石固溶体与尖晶石型颜料.....	(298)
一、尖晶石化合物或尖晶石固溶体.....	(298)
二、塞格尔所列举的颜料的物相.....	(300)
三、尖晶石型颜料的配方试验.....	(302)
四、颜料、彩料和彩绘料.....	(306)
五、作为釉彩料的尖晶石颜料.....	(307)
第四节 色料.....	(311)
一、色料制备.....	(311)
二、注意事项.....	(312)
三、色料配方.....	(312)
附录	(323)
(1) 本书所用釉原料的化学组成.....	(323)
(2) 陶瓷颜料的种类.....	(324)
(3) 釉、彩绘料、颜料用的原料以及有关物质.....	(325)

第一章 釉的组成与分类

第一节 釉组成的表示方法

关于釉配制方面的文章虽然很多，但配制釉的基础知识的普及还是不够的。从事制釉工作的人，经过反复实践多次试验，积累了丰富的经验，掌握了制釉的规律。在实验室里不能得到的有益知识，可以向这些有生产实际经验的人学习。釉和制釉技术是非常广泛、深奥而复杂的。无论什么技术，都必须通过自己的努力才能掌握。如果自己亲想亲手参加釉的试验工作，具有一些有关釉和制釉的基本知识是必要的，特别是用塞格尔式来理解釉的组成是非常有利的。

掌握釉的基本配合比例，通过若干次的试验，其目的在于制造符合要求的釉料。尽管几种基本釉的配制工艺是人们熟知的，然而要掌握更多的釉配制方法，则必须具有丰富的经验和知识。

作为刚从事釉料配制工作的人来说，最希望有一本比较好的釉书，以便更好地理解釉和进行釉的试验。一般都是根据原料的组成来进行釉的试验，而根据塞格尔式来配制釉的则是很少的。

根据加藤悦三的经验，掌握釉的配合比例并非易事。但是如果根据塞格尔式，就能够比较容易地掌握许多釉，分类整理也比较方便。利用塞格尔式的优点，在于能根据配方求出塞格尔式，同时也可以根据塞格尔式计算出配合比例。这对于进行釉的试验特别是对于初学习釉的人来说，是非常有效的。

在进入正文之前，先简单地介绍一下釉的种类和作用。

釉的作用：釉是附着在陶瓷器表面上的一层物质，其作用在于使其美观，增加强度。作为装饰方面有白度、颜色、光泽、无光、失透、透明等性质。还有硬而不易磨损的耐久性，优异的耐酸耐碱性，不易污脏或容易清洗等其它材质所没有的特性。由于陶瓷器具有能够长期保持其美观及其清洁的性质，用以作餐具、卫生器具、建筑材料等，是金属材料 and 塑料等其它材质无法比拟的。

釉的种类：釉有两大类或有二大分支。其一，中国和日本固有的瓷器釉和陶器釉，即在 1300°C 左右烧成的釉，称为高温釉。这些陶瓷器是在干燥后或在 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 素烧后的坯上施釉，再在高温下烧成的，即本烧或釉烧。从釉的组成来说，是以石灰石和长石作为主要原料，属于石灰釉或长石质釉。欧洲的硬质瓷是在更高的温度下烧成的，釉的类型和中国、日本的釉相似。

其二，普鲁士陶器的铅釉和碱釉，开始出现于意大利的曼利卡而后发展成为欧洲各国的陶器釉，烧成温度为 1000°C 左右，称为低温釉。釉组成以铅和硼作为主要成分，是硼、碱、硅酸配合而熔融了的玻璃(熔块)，一般称为熔块釉，这种熔块釉用途非常广泛。对于硬质瓷和骨灰瓷来说，把坯体放在高温下预先进行烧结，然后再施釉，在较低温度下烧成即釉烧。这叫高温素烧低温釉烧。最近一种称为中温釉的，是在 1200°C 左右烧成，其用途大增。向釉中引入新的原料，使釉的配制技术更加复杂化。但这是使釉料改性的重要措施。

一、塞格尔式或釉式

陶瓷釉是施于陶瓷坯表面在 $800\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 烧成时被熔化了了的玻璃，所以也可以说是硅酸盐玻璃的一种。使用于 1000°C 左右的低温釉最简单，仅由 PbO 和 SiO_2 两种成分组成，其比例大致是 $\text{PbO}70\sim 80\%$ ，硅石 $20\sim 30\%$ 。 1300°C 以上的高温釉是由石灰石、高岭土、硅石三种成分组成，其比例大致是石灰石 21% ，高岭土 32% ，硅石 47% 。再一种就是所谓的标准釉，其配方大致是

钾长石50%，石灰石10%，高岭土10%，硅石30%。在实际生产中多用原料的组成比例来表示釉的组成，这是过去唯一的表示方法。如果像在化学上用分子式表示化合物那样，用化学式来表示釉的组成，这种釉的化学式就称为塞格尔式。

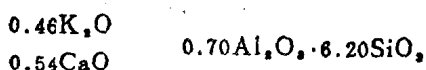
化学符号：氧化铅，石灰，氧化钾，氧化铝，二氧化硅分别用 PbO ， CaO ， K_2O ， Al_2O_3 ， SiO_2 来表示。

分子式：以上这些符号都是用氧化物的金属原子和氧原子的比例表示的，称之为分子式。分子式也用来表示石灰石，钾长石，高岭土，硅石，这就是 CaCO_3 ， $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。虽然也有用 KAlSi_3O_8 、 $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$ 。这样原子作为单位的写法来表示钾长石和高岭土，但是在硅酸盐工业中用得最普遍的还是用氧化物作单位的分子式。但碳酸钙一般不写成 $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$ 而写成 CaCO_3 。

分子量：各原子的原子量是一个常数，则氧化物、碳酸盐这样的化合物也具有一定的分子量。根据分子式可以算出分子量。例如 PbO 的分子量就是 Pb 的原子量207.21和氧原子 O 的原子量16之和即223.21。 Al_2O_3 的分子量就是由 Al 的原子量和氧的原子量组成的，即 $26.98 \times 2 + 16 \times 3 = 102$ 。高岭土的分子量分别由各氧化物的分子量乘以系数相加的和，即 $102 + 60.1 \times 2 + 18 \times 2 = 258.2$ 。

摩尔质量：1摩尔化合物的质量，相当于其分子量的质量。例如1摩尔的 PbO 的质量223.2克，1摩尔 Al_2O_3 的质量是102克，1摩尔的 SiO_2 是60.1克。假如用摩尔作为单位，则高岭土可以用由1摩尔的 Al_2O_3 、2摩尔的 SiO_2 和2摩尔的 H_2O 组成比例来表示。如果要用质量表示则高岭土是由102.0克 Al_2O_3 ，120.2克 SiO_2 ，36.0克 H_2O 的比例组成，或者直接用百分数表示，即 Al_2O_3 39.5%， SiO_2 46.5%， H_2O 14.0%。复杂化合物的组成也可以用摩尔比，即各氧化物简单的整数比来表示，这种方法是很方便的。

塞格尔式也是一种化学式，它是用氧化物的摩尔比表示的釉组成。如上所述的由石灰石21%，高岭土32%，硅石47%组成的釉，如分解成氧化物时则由 CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CO_2 、 H_2O 组成，其中 CO_2 和 H_2O 在烧成时挥发了，这种釉就等于是由 CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 三种成分组成的了。如果要求出釉中各氧化物的摩尔数则变成 0.21CaO 、 $0.124\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 1.03SiO_2 ，如把 CaO 的摩尔数换算成1.0则变成 1.0CaO 、 $0.6\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 5SiO_2 ，其摩尔式写成 $\text{CaO} \cdot 0.6\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ 。摩尔式规定 CaO 的系数为1，作为开头，然后是 Al_2O_3 ，最后写 SiO_2 。钾长石50%，石灰石10%，高岭土10%，硅石30%的釉，如果分解成氧化物，则是由 K_2O 、 CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 四种成分组成，其摩尔式为：

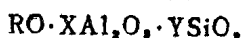


这种含有 K_2O 和 CaO 时，必须把其总量变成1.0，而且两者并列写。开始举的例是由 PbO 和硅石组成的釉，因为不存在 Al_2O_3 ，则其摩尔式写成 $\text{PbO} \cdot 1.5\text{SiO}_2$ 的形式。

二、塞格尔式的意义

在陶瓷釉中含量最多的主要成分是 SiO_2 ，这叫酸性成分；其次是 Al_2O_3 也是釉的主要成分，叫中性成分；其他如 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 、 MgO 等碱金属氧化物和碱土金属氧化物以及 ZnO 、 PbO 是碱性成分。

一般釉都可以认为是由氧化硅、氧化铝和碱性成分三种成分构成。碱性成分大多数情况都含有三种以上，可以把其看成是一种成分。碱性成分如用 RO 表示，则塞格尔式可以表示为



塞格尔式是陶瓷釉的一种独特表示方法，在一般玻璃组成中不采用。所以理论上也不作为是一种有普遍意义的化学式，不过从上世纪以来的几十年中一直用来表示釉。在实用方面和理论方面都是一种适合的表示方法，而且被广泛应用。

普遍地采用塞格尔式的理由，在于它不仅表示釉的组成，而且在某种程度上也表示釉的性质，例如烧成温度就是用塞格尔锥的号数来表示。也可以由塞格尔式来判断光泽釉还是无光釉；透明釉还是不透明釉等釉的主要性质。

从塞格尔式中了解釉的性质，必须注意下面三点：

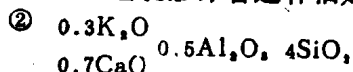
碱性成分RO的组成；

二氧化硅的含量，即Y的大小（这是相对于碱性成分来说的二氧化硅含量）；

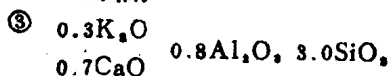
三氧化二铝和二氧化硅含量之比，即x和Y的比。现举例说明之：



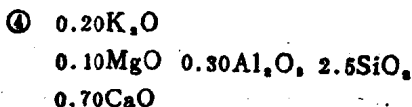
碱性成分只有CaO，因此是SK11号锥以上的釉。 Al_2O_3 ： $\text{SiO}_2=1:8.3$ ，这就意味着这种釉是光泽透明釉。



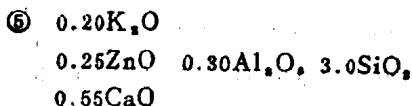
碱性成分中加入了碱金属氧化物 K_2O ，熔融温度变低了，成为SK9~11的釉。



这种釉 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:3.8$ ，相对于 Al_2O_3 来说， SiO_2 含量减少了，所以变成无光釉。



这是石灰釉的基本釉式，含有少量的 MgO ， $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:8$ 左右， SiO_2 的相对含量少，是SK9的透明釉。



这种釉的碱性成分中引入了 ZnO ，因此熔融温度降低了，

成熟温度为 $SK6a \sim 7$ ，由于 SiO_2 的摩尔数是 Al_2O_3 的10倍，所以是光泽透明釉。欲使烧成温度低，必须使 SiO_2 的摩尔数小。

⑥ $0.85PbO$

$0.05K_2O$ $0.15Al_2O_3$ $1.8SiO_2$

$0.10CaO$

这是一种碱性成分以 PbO 为主的釉，如 Al_2O_3 、 SiO_2 含量变少，则在 $1000^\circ C$ 以下就能烧成。

三、塞格尔式的简化

塞格尔式是表示釉的化学组成的方法之一，也可以把釉的成分表示成氧化物的质量百分比，后者用来表示古陶瓷釉的分析成分组成。表1-1是一个例子，把这两者的表示方法进行比较，更易理解塞格尔式的特征。

表 1-1

铜绿窑发釉品的釉料成分

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
1	68.70	18.85	0.67	0.05	8.41	0.77	3.50	1.77
2	69.18	15.01	0.69	0.08	8.90	0.91	3.48	2.01
3	64.75	18.42	1.58	—	8.08	0.93	4.44	1.78
4	65.16	16.82	1.38	—	9.20	1.18	4.18	1.98

要上表氧化物的重量百分比求出塞格尔式，只要把各氧化物的重量分别除以各氧化物的分子量，再把碱（ Na_2O 、 K_2O 、 CaO 、 MgO ）的摩尔数之和换算成1.0。以釉1为例，如用分子量除各氧化物的重量则得下列数据。

SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 TiO_2 CaO MgO K_2O Na_2O
 1.110 0.185 0.0042 0.008 0.150 0.019 0.037 0.029

把各数值用 $0.150 + 0.019 + 0.037 + 0.029 = 0.235$ 除，就得到塞格尔式中各氧化物的系数，其塞格尔式为

$0.158K_2O$

$$\begin{array}{lll}
 0.123\text{Na}_2\text{O} & 0.788\text{Al}_2\text{O}_3 & 4.724\text{SiO}_2 \\
 0.081\text{MgO} & 0.0179\text{Fe}_2\text{O}_3 & 0.0025\text{TiO}_2 \\
 0.638\text{CaO} & &
 \end{array}$$

在含有 Fe_2O_3 、 TiO_2 时，把 Fe_2O_3 写在 Al_2O_3 之下，把 TiO_2 写在 SiO_2 之下，这是根据分子式的类似性的表示方法，没有理论的意义。一般釉中， Fe_2O_3 和 TiO_2 的含量很少，所以在塞格尔式中往往省略。同时，把各氧化物的系数写到小数点后的第三位为止，进行四舍五入处理，把塞格尔式简化，即得下式：

$$\begin{array}{lll}
 0.16\text{K}_2\text{O} & & \\
 0.12\text{Na}_2\text{O} & & \\
 0.08\text{MgO} & 0.79\text{Al}_2\text{O}_3 & 4.72\text{SiO}_2 \\
 0.64\text{CaO} & &
 \end{array}$$

如果进一步把 K_2O 和 Na_2O 放在一起以 KNaO 表示则得到下式

$$\begin{array}{lll}
 0.28\text{KNaO} & & \\
 0.08\text{MgO} & 0.79\text{Al}_2\text{O}_3 & 4.72\text{SiO}_2 \\
 0.64\text{CaO} & &
 \end{array}$$

最初的塞格尔式仅仅能够忠实地表示釉的组成，然而表示釉组成的方法还可以用氧化物的重量百分比。如果考虑少量的 Fe_2O_3 和 TiO_2 ，则塞格尔式变得复杂起来，还不如用百分比好。只有中性成分仅为 Al_2O_3 ，酸性成分仅为 SiO_2 时，塞格尔式才比较好。塞格尔式越简单越好，各系数取小数点后二位就行了，假如有必要把 Fe_2O_3 和 TiO_2 在塞格尔式中表示出来则可以把 Fe_2O_3 和 TiO_2 的含量附记在下面。

$$\begin{array}{lll}
 0.16\text{K}_2\text{O} & & \\
 0.12\text{Na}_2\text{O} & 0.79\text{Al}_2\text{O}_3 & 4.72\text{SiO}_2 \\
 0.08\text{MgO} & +0.018\text{Fe}_2\text{O}_3 & 0.003\text{TiO}_2 \\
 0.64\text{CaO} & &
 \end{array}$$

(或 $+\text{Fe}_2\text{O}_3, 0.67\%$, $\text{TiO}_2, 0.05\%$)

由于氧化物的百分组成和塞格尔式是普遍的表示方法，实际

表 1-2

日本瓷器釉

	产 地 和 品 名			SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	瀬户	加藤五助	三合釉	72.49	13.48
2	瀬户	加藤五助	四合釉	69.47	14.33
3	瀬户	加藤五助	四合半釉	68.84	14.73
4	瀬户	千峰园	火前釉	75.52	10.92
5	瀬户	千峰园	中央釉	72.45	11.11
6	瀬户	千峰园	后火釉	69.56	11.67
7	品野	深见善太	强釉	76.26	9.98
8	品野	深见善太	弱釉	65.02	12.08
9	有田	深川忠次	三杯釉	69.17	4.26
10	有田	深川忠次	四杯釉	64.92	4.46
11	有田	深川忠次	五杯釉	62.64	14.66
12	有田	香兰社	普通釉	65.28	13.52
13	有田	香兰社	釉	65.59	13.53
14	有田	城島岩太郎	二杯釉	69.25	15.12
15	有田	藏春亭	普通釉	65.07	13.84
16	有田	县立工业学校	普通釉	64.19	13.20
17	砥部		强釉	63.67	13.27
18	砥部		中釉	67.17	11.75
19	砥部		弱釉	54.29	11.56
20	砥部	向井和平	淡黄瓷青通釉	50.71	12.03
21	平清水		第一号釉	66.72	12.66
22	平清水		第二号釉	62.51	12.61
23	平清水		第三号釉	59.62	12.13
24	平清水		第四号釉	56.78	12.07
25	平清水		第五号釉	55.27	12.45