

瓷 器

П. П. 布德尼柯夫 X. O. 格沃尔疆 合著

輕工業出版社

瓷 器

П. П. 布德尼柯夫 X. O. 格沃尔疆 合著

江西省工業厅景德镇陶瓷研究所

陈 野 王景聖 合譯

輕工業出版社

1958年·北 京

內 容 簡 介

本書簡要敘述了整个制瓷工艺的过程，內容偏重于基础理論的介紹。除了闡明瓷的構成理論和条件之外，並述及瓷的結構及其基本性能。

本書講解制瓷的化学过程及技术操作过程相当詳尽，远較一般陶瓷工艺入門之类的書为全面，而且在理論敘述中一般能做到深入淺出。另外，本書对工業用瓷作了簡單的闡述。这对我国当前發展工業用瓷有一定的指导意义。因此，本書很适合陶瓷業中的工程技術人員、研究人員以及高等学校和中等技術学校中有关專業的師生閱讀。

П. П. Будников Х. О. Геворкян

Фарфор

(本書根据俄罗斯地方工業出版社一九五五年版譯出)

瓷 器

П. П. 布德尼柯夫 Х. О. 格沃尔疆 合著

江西省工業厅景德鎮陶瓷研究所

陈 野 王景聖 合譯

*

輕工業出版社出版

(北京市广安門內白廣路)

北京市審判出版業營業許可証出字第099号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

*

787×1092 公厘 $1\frac{32}{32} \cdot 7\frac{9}{32}$ 印張·1 插頁·151,000 字

1958年12月第1版

1958年12月北京第1次印刷

印數：1—3,000 定價：(10) 1.00 元

統一書号：15042·423

目 录

序	(5)
概論	
第一章 生产瓷的原料	(11)
高嶺和粘土	(11)
長石原料	(41)
氧化矽原料	(48)
第二章 制备瓷料的基本过程	(54)
粉細	(54)
磁选和过滤	(58)
液体坯料的脱水	(62)
坯料的均匀处理和真空处理	(66)
第三章 瓷制品的成型	(72)
瓷制品成型的方法	(72)
瓷制品之注浆	(77)
排出式成型	(88)
机压成型	(88)
石膏模	(91)
第四章 干燥	(94)
第五章 施釉	(107)
釉的原料	(108)
釉的成分及其計算	(110)
釉料的制备	(113)
制品施釉	(114)
釉的性能	(116)
第六章 燒成	(123)

高嶺土燒成的物理—化学过程	(123)
生成瓷的化学結構过程	(136)
匣鉢	(163)
密爐	(171)
第七章 瓷的性能	(178)
矿化剂对瓷質性能的影响	(197)
第八章 日用瓷与裝飾瓷	(200)
瓷器的裝飾	(204)
第九章 工業用瓷	(213)
电瓷	(213)
化学瓷	(218)
耐火瓷	(220)
鎢瓷	(221)
参考文献	(222)

序

为了阐述制瓷学，本著之作者考虑到陶瓷制造厂的仪器和机器设备问题，另有专著，故在本书中不包括有关设备等章节。因此本书的内容主要是叙述制瓷的化学和技术操作过程，而有别于现有一般之供参考用和制瓷工艺学入门之类的书籍。在本书中还阐明了瓷之构成理论基础和条件，并叙述了瓷结构及其基本性能。在单个的章节中，将制瓷原料及对其提出的要求进行了分类。

本书供陶瓷工业工程技术工作者和高等学校矽酸盐专业各系学生之用。

原稿的专业审校工作，由 M. A. 马特维也夫讲师和 Д. С. 尔特金工程师（已故）负责进行。

对本书的批评和希望，请寄下列地点：莫斯科，巴枯宁街七十四号，俄罗斯苏维埃社会主义联邦共和国地方工业出版社。

概 論

粘土是最古老的建筑材料之一，因其料塊易于用手工制成需要的形狀，而不需借助于某些設備。

考古的發現和建筑古跡証实，經過煨燒而成的粘土建筑材料及器皿之生产，迄今已达几千年之久。

器皿、上釉的面磚、琉璃磚以及苏联考古当中所掘發出来的其他陶瓷制品等，說明俄罗斯还在远古的年代里就已有了陶瓷生产。

根据 B. A. 雷巴可夫的資料*，还在七世紀到九世紀的时候，俄罗斯的陶瓷生产就采用了陶工轆轤，稍后就出現了煨燒用的窖。

煨燒用窖會有不同的結構：一層的和兩層的。

第一圖所示为頓涅茨古城之兩層窖。該窖之第一層 1 是燒柴用的燃燒室，它与置放煨燒制品之第二層 2 被粘土間壁所隔离。臥式間壁 3 上有 12 个烟道气孔 4。

聚积在这些窖中已經渣化的粘土証明燒成溫度已經很高（ 1200°C 以上）。

在十世紀到十二世紀期間內，基輔和俄罗斯許多其他的城市都有了磚的生产。上面飾以各色玻璃、用于裝飾建筑之面磚的制造，普遍地开展着。

由于俄罗斯（十五世紀到十七世紀）兴建大量的建筑物，制作磚、瓦、赤陶制品、爐窖面磚、釉磚等的生产得到大大的發

* B. A. 雷巴可夫，“古俄罗斯手工業”，苏联科学院 1948 年版。

展。十八世紀俄羅斯學者對陶更寶貴的變種——瓷——的生產方法的獨立的發現是俄羅斯這一陶瓷發展時期的成就。

瓷的名稱源於阿拉伯字 Pharthouri。葡萄牙人則以其與海中閃光的貝殼相似，而稱之為 Porzellan。

中國在唐代，公元618—907年之間，就開始有了瓷的生產。許多世紀以來“中國之謎”一直未被猜破。

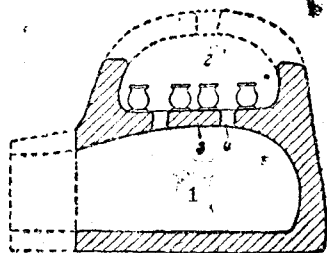


圖 1 頓涅茨古城之兩層密

鍊金術士約翰·彼得吉爾於1709年在歐洲阿爾泊列次布克（米士辛）建有瓷廠制成瓷器。該廠對制瓷法是嚴守秘密的。

俄羅斯第一個瓷廠即所謂“涅夫斯基制瓷廠”，建於1744年，離彼得堡十公里的地方。到我們這個時代，在該廠廠區上生產的已是以羅蒙諾索夫命名的國營瓷廠了。

經俄羅斯學者工藝技術家 Д. И. 維諾格拉多夫研究出的制瓷坯料成份，與中國和薩克遜的瓷器成份不同。維諾格拉多夫利用祖國的原料 燧石、格里仁斯克耐火粘土和雪花石膏作為原材料。

涅夫斯基瓷廠所生產之帶有維諾格拉多夫商標的第一批俄羅斯制的瓷器於1748年問世了，而且質量很高。

Д. И. 維諾格拉多夫創制瓷器的工作是在中國和薩克遜嚴密保守制瓷方法的條件下進行的，並且既要求他獨立地研究生產的基本工藝操作法，又要求他獨立地確定坯料組成成份及原料混合物中它們的比例關係。

維諾格拉多夫不得不用化學工藝檢驗的方式來解決制瓷

工艺方面的一系列問題。他抱着这样的目的；在俄罗斯組織了第一个陶瓷實驗室。

維諾格拉多夫的工作，首先包括对祖国陶瓷原料——石英和各矿产地之粘土——的广泛实验在內。

維諾格拉多夫在自己的实验工作中，广泛地运用化学、矿物学和采矿学試驗了許多瓷料的配方。經過多年堅忍的工作后，掌握了瓷料所含最适合的成份。

他在 1746 年第一次制备的配方包括 768 个份量的燒石英、384 个份量的加过工的粘土和 72 个份量的雪花石膏*。

往后，他使用了在原料的量比及其性質上互不相同的其他大量配方。

除了探討制瓷坯料之成份外，測定釉的成份、制配顏料，匣钵材料等也是維諾格拉多夫的研究对象。

維諾格拉多夫以“純瓷詳論”为标题的專論是其研究制瓷工艺学的概括。該文既探討到了瓷的性質，也探討到了瓷的生产問題。

与西欧創建瓷業的方式不同，俄罗斯瓷業的生产是科学研究的成果。

在罗蒙諾索夫的著作中可以找到对陶瓷坯料形成的基本过程之第一次的科学分析，特别是，进一步分析了燒結过程——“燒結就是粉末狀物体因火力而向石質物質的轉化，把粉末狀物体与水混合制成泥团后，能按照人們的意志，制成一定的形狀，然后逐渐进行干燥。这种操作与玻璃化过程有别，因为此时材料並不液化，而且所获得之石質物体在煨燒时既不軟化，同时也不能拉制成絲。制陶工人和制磚工人所經歷

* M. H. 別茲巴洛道夫：“基米特里 伊万諾維奇 維諾格拉多夫——俄罗斯瓷業創造者”，苏联科学院 1950 年版。

过的实例是極為常見的，但生产瓷制品的技师却有着最好的实例”^{*}。

罗蒙諾索夫創造了当时关于瓷之結構最深遠的概念。

他的关于瓷結構中玻璃相作用的論述是世界科学領域內对此复杂問題之創举。

罗蒙諾索夫除了进行巨大的理論性研究工作外，还对有关矽酸鹽工艺学，特别是制瓷学进行了許多研究。

罗蒙諾索夫在彼得堡科学院化学實驗室中总结出的制瓷經驗，約晚于維諾格拉多夫三、四年，但他完全是独立鑽研而获得制瓷方法的。罗蒙諾索夫提出了大量瓷料配方。

就这样，在俄罗斯学者工作的基础上，俄罗斯出現了瓷的生产。

維諾格拉多夫所制瓷器样品(記有他的标志W)保存在莫斯科附近的庫斯柯夫城的国立陶瓷博物館和列宁格勒珍奇楼与俄罗斯博物館中。这些样品的質量很高。这是維諾格拉多夫具有高深造詣及对制瓷工艺之精確度有深刻理解之明証。

俄罗斯的第二个瓷厂于1766年建立在莫斯科省——現在的季米特洛夫瓷厂(莫斯科省热尔比卡站)。該厂出产各式各样的日用品，主要是茶具和餐具。

十九世紀上半期，俄罗斯又建立了位于莫斯科省季米特洛夫县的 A. Г. 保保夫工厂；位于彼得堡的 C. П. 巴吉宁工厂；位于莫斯科省茨云尼城县，阿尔汗格里鎮的 H. Б. 尤索博夫等厂。

A. Г. 保保夫工厂享有盛名，它生产的品种很多(器皿、小

^{*}“实用物理化学概論”，苏联科学院1951年出版，M. B. 罗蒙諾索夫全集第十一卷第535頁。

雕像等等)並以優良的質量和藝術裝璜為其特色。

十九世紀上半期彼得堡柯爾尼洛夫工廠也享有榮譽，它生產成套的高質瓷器，以及其他藝術品。

烏克蘭徹爾尼郭夫省格魯霍夫縣的瓦樂基金鎮 A. M. 米克拉謝夫工廠生產的制品銷得很廣。

十九世紀末，瓷廠合併成了更加龐大的企業。

第一次世界大戰年代里制瓷工業停滯不前，只是在偉大的十月社會主義革命後，蘇聯的制瓷工業才獲得迅速發展的巨大可能性。

恢復時期末尾，在現存工廠的技術改造和新廠的建立方面，進行了巨大的工作。

建立祖國的原料基地是制瓷工業這一時期的最重要成就。在研究原料資源和查明新的陶瓷原料產地方面，在機械化採掘和選集高嶺、長石以及其他種原料方面都曾進行過巨大的工作。這些工作充分保證了蘇聯原料對瓷廠的供應。

瓷廠設備的生產同樣也組織起來了。

制瓷工業的企業已着手運用更完善的隧道窯和隧道干燥器來改造熱工設備。

除了發展日用瓷的生產外，還幾乎是把高電壓的、高頻率的、化學的及其他特种瓷制品的生產重新建立了起來。

蘇聯制瓷工業的迅速高漲提出了一系列迫切的科技問題，這些問題的順利解決，有賴於從事陶瓷工藝，尤其是制瓷工藝的專門科學研究機關的努力。

偉大的衛國戰爭以後，蘇聯國民經濟對瓷業生產的要求大大地提高了。在戰後第一個五年計劃的年代里，在恢復和進一步發展此項工業方面做了很多工作。

蘇聯共產黨十九次代表大會具有歷史性的決議，向制瓷

工業工作者提出了非常重要的任务。

按照第五个五年計劃，制瓷工業应在全面采用先进技术的基础上大大地增加产量，同时进一步提高其質量。

全国电气化和巨大动力建設的要求，对电瓷，首先是对高电压絕緣子的生产，提出了很大要求。

構築高压輸电綫路，需要大量高質的、具有高机械强度和介質强度的絕緣体。

化学工業的發展和化学过程的强化，扩大了对高質耐酸瓷制品的需求。

科学研究实验網的扩大，要求增产实验用之器皿和高温測定瓷。

广大劳动羣众物質福利的不断提高，引起对日用瓷需要的增大。

最后，对制瓷工業很大的要求，就是創造出有高度艺术水平的制品来。

为了解决摆在制瓷工業面前的巨大任务，就需要改善工艺过程，使用新的先进技术和供給工厂以質优和同一品种的原料。

制瓷工業技术的进一步提高，只是在科学工作者和生产工作者創造性的一致基础上才有可能，这样，苏維埃的科学成就將系統地运用到工厂的实践中来。

第一章 生产瓷的原料

高嶺和粘土

生产瓷制品的主要原料为粘土質原料——高嶺和耐火粘土。

根据 П. А. 捷米亞清斯基* 的定义: “土狀矿質塊或根据岩石学的术语, 能与水組成可塑糊团、干燥后保存其形状、燒成后其硬如石之土狀碎屑岩, 謂之粘土”。

粘土原料之生成可用長石, 主要是正長石和鈉長石之分解过程解釋之。这个过程叫作“高嶺土化过程”。長石主要出現于火山岩中, 作为花崗岩、片麻岩、斑岩、偉晶花崗岩、正長岩等組成部份, 而这些岩石除含有長石外, 还含有石英、云母、閃石、輝石和其他矿物。長石的高嶺土化作用是复杂的物理-化学、机械和热作用的结果。

由于上述过程进行的速度不大, 故高嶺或粘土在自然条件下大量堆积的现象要用时间因素的作用来解釋。

岩石風化和高嶺化的基本原因是:

(1) 岩石風化的物理过程: 岩石由于罅隙間水分冻結和膨脹的影响而引起碎裂, 由于温度变化(岩石的时冷和时热)而引起龟裂。

(2) 由流水、冰河移动以及其他地質作用而引起的岩石机械破坏。这样的机械破坏和碎裂加速了岩石进一步發生化学变化的过程。

(3) 由于化学作用的结果, 引起長石岩变化。構成化学風化的因素是水、氧、空气中的二氧化碳、沼水和首先是引起長石分解的碳酸水。

長石的分解过程, 伴随着碱的分离和水的結合; 最簡單的形式可用下列通用方程式表达之:



从方程式中可以看出, 生成高嶺石矿物的反应时並不破

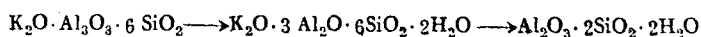
* П. А. 捷米亞清斯基: “苏联粘土”, 苏联科学院 1935 年莫斯科——列宁格勒版。

坏 SiO_2 和 Al_2O_3 分子之間的分子鍵。

由于高嶺石高嶺土化作用而生成不溶解的殘渣，还可說明高嶺石有抵抗水解的巨大稳定性，同稳定的長石相反，水解作用較小。

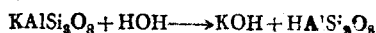
关于高嶺之生成是長石之化学分解的結果这一見解，已被現代从長石中取得高嶺石的实验所証实。这个操作在溫度 330° 的条件下，加压力器中进行达 250 小时之久。

有些作者認為，長石变为高嶺石要經過那在显微镜下都很难与高嶺石区别开来的微粒白云母生成的过渡时期。这种高嶺土化作用过程之概括性阶段的特点，可以用下列方式表明之：



純水的化学活动性及許多矿物在純水中的溶解度会使人推測到由于純水本身的溶解作用而在高嶺土化过程中起着重大的作用。后者在作用于長石之后，即被水的碱性反应所調节。

水和長石之相互作用的反应，可列如下式：



除了前述对高嶺土过程的一般解釋外，高嶺还有某些其他自然生成的手段。与之有关的如：

- (1) 被岩漿气体作用的長石分解；
- (2) 含有大量粘土質岩石的石灰岩、白云石和石膏之浸析；同时由于碳酸鹽和硫酸鹽被排除的結果，形成不溶于水之殘余粘土之堆积；
- (3) 粘土質頁岩之机械風化(被粘土之粘結和压力所硬化)，結果获得可塑粘土質岩石。

关于因其他(非長石的)矽鋁矿物的化学分解而生成高嶺

石之可能性的假設，直到目前还找不到充足的根据。

由于長石分解而生成之高嶺及殘留于其生成地之所謂原生高嶺，除含粘土物質外，往往还含有母岩雜質。流水不断冲刷着原生高嶺，並將其悬浮顆粒帶入川地。由于川地上水的运动速率減小，悬浮的顆粒就沉淀下来。于是就形成了次生高嶺。

这种因水作用的移动及以后的沉淀，使高嶺摆脱石英和其他不分解岩石之雜質，結果生成可塑的次生高嶺。可是高嶺土化物的移动，往往是与其外来矿物顆粒，如溶解鹽和氧化鐵之摻杂同时發生的。

因高嶺土化作用之結果而生成的純粘土物質除外，在粘土原料产地往往还存在着各种各样的雜質，作为：a) 不变造岩矿物，例如石英、云母、長石；b) 生成于高嶺土化过程之同时或略晚者(CaCO_3 , MgCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等等)；B) 被机械地混和到高嶺土化物中去者(石英、泥炭、地瀝青等等)。

粘 土 成 份

粘土和高嶺土最重要的陶瓷性能是以其化学和矿物成份及其細散的程度来决定的。

据此，研究粘土原料的主要方法为：化学分析、岩石学之研究、溫度記錄和鑒察線照像学之分析。

后者对于研究粘土成份，尤其是当那些由于粘土顆粒特別小，以致运用偏光显微鏡，仍不能达到預期的效果时，更有着巨大的意义。

虽然粘土和高嶺含有極复杂的矿物成份，但基本上是由粘土物質所構成的。

粘土是以其化学、物理、热学和矿物学特性来相互区别

的。它們被广泛地运用于工业，并由工艺过程的特点来决定对其不同的要求。

因此，粘土得根据不同的特点：化学成份、使用的情況、成因、耐火性、可塑性等而有着許多不同的种类。

П. А. 捷米亞清斯基* 为了計算粘土之化学、矿物学成份和陶瓷工艺之性能，拟制了下面的粘土分类圖解(圖 2)。

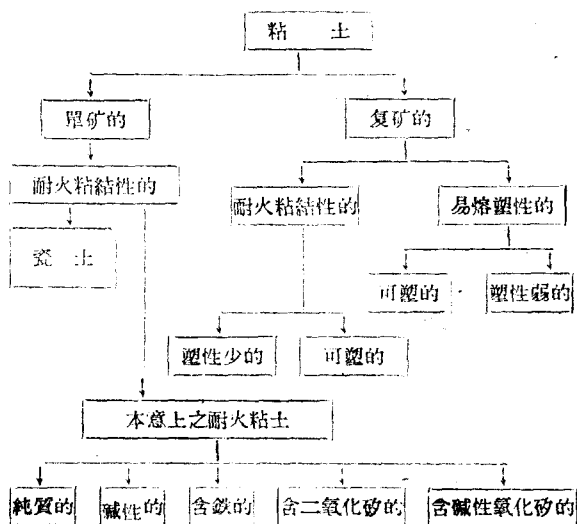


圖 2 粘土原料分类圖解

粘土原料分类法在苏联已成为全联盟的标准。以分类法为根据，粘土原料可分为高嶺、粘土、干性粘土、頁狀粘土和粘土頁岩。同样，上述各种原料可以进行分类，而作为这一分类

П. А. 捷米亞清斯基，苏联粘土，苏联科学院 1935 年莫斯科——列宁格勒版。

基本特征的为处于煅烧状态中之 Al_2O_3 的含量、耐火度、熔融点和烧结点之间距大小、粘土烧裂之特点、吸水率、结合力和染色杂质之存在。

粘土是因岩石风化而生成的，故粘土材料成份中还可以包括：

1) 岩石在风化的物理因素作用下变成碎屑而形成之矿物。这类“原生”矿物为石英、云母和长石。原生矿物的特征是化学安定性高、硬度大和颗粒度较大。

2) 经过化学风化而生成的矿物。对上述次生矿物中粘土原料之性能起着巨大影响的有：

a) 高岭石类矿物，

b) 胶岭石类矿物，

в) 水云母——伊利水云母等类矿物，

г) 矽、铝和铁的氢氧化物——蛋白石、水硬铝石、山水铝石、针铁矿等等，

д) 溶解于水的碱土金属盐——方解石、白云石、石膏等等，

3) 有机物质(腐植质)——有机残渣分解之产物(所見为量较少)。

高岭石 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，含有 46.6% 的 SiO_2 ，39.48% 的 Al_2O_3 和 13.92% 的 H_2O ，是大部份粘土原料之主要组成成份，而在高岭中则佔 85—95%。

晶系——单斜晶系。高岭石颗粒对偏光的作用不强。屈折率： $N_g=1.560-1.570$ ； $N_m=1.559$ ； $N_p=1.553-1.563$ 。双折射弱， $N_g-N_p=0.005-0.007$ 。在交叉偏光镜中可以观察到淡的灰色干涉色。比重——2.57—2.61。硬度——1.0—