

中国古陶瓷的科学

张福康 著



上海人民美术出版社



中国古陶瓷的科学
张福康 著
PDG



81
Z1
00

中国古陶瓷的科学

张福康 著

上海人民美术出版社

责任编辑 戴定九
技术编辑 陈 昕

中国古陶瓷的科学

张福康 著

上海人民美术出版社出版

(上海市长乐路 672 弄 33 号 邮政编码: 200040)

各地新华书店经销 上海出版印刷有限公司印刷

开本 889 × 1194 1/16 印张 12 插页 8 字数 280 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-1,500

ISBN 7-5322-2516-X/J · 2395

定价: 80.00 元

内容简介

本书是以半个世纪来中国古陶瓷的科学研究工作为基础，系统地介绍制陶术的起源、中国传统制瓷原料、科学测试方法、瓷器的发明过程、历代名窑胎釉彩的化学组成特点和演变规律、显微结构、烧造工艺、各种外观特征及其形成原因的科学解释等，有助于读者从科学技术角度全面深入地认识中国古陶瓷，是文博工作者和中国古陶瓷爱好者的必读课本，也是与古陶瓷相关专业师生们的重要参考读物。

本书出版经费由胡盈莹－范季融基金会赞助

The publication of this book was made possible
by the Katherine and George Fan Foundation

胡盈莹

序

一部中国古代陶瓷史应该是陶瓷烧造工艺技术、陶瓷工艺美术、陶瓷经济三个方面的综合史。二十世纪三十年代前，中国古陶瓷的研究者似乎只注重陶瓷工艺美术一个方面，用自然科学手段对中国古陶瓷进行科学研究，已故的周仁先生是这一领域的奠基者。张福康先生1948年毕业于沪江大学化学系，1950年工作于中国科学院冶金陶瓷研究所，当时是周仁先生的学生和得力助手。近半个世纪以来，福康先生全身心地致力于中国古陶瓷的科学研究。改革开放以后遍访英、美、法各国，与大英博物馆、史密森研究院（Smithsonian Institution）、法国塞弗国家瓷厂（Sèvres）等进行合作研究。《中国古陶瓷的科学》是福康先生积近半个世纪科学研究成果的结晶，该书的一大特点是以通俗易懂的文字和读者见面。这样一部中国古陶瓷科学技术方面易读、易懂而又深入浅出的著作，在历史上是空前的。

汪 庆 正
2000年2月24日

前 言

40多年来作者在中国科学院上海硅酸盐研究所工作期间,在有关文物考古部门的通力合作和支持下,对历代名窑胎釉彩的化学组成及其演变规律、配方特点、烧造工艺等做了大量工作,对诸如银釉、金丝铁线、紫口铁足、玉质感与玻璃质感、灯草边、苔点绿、油滴、兔毫、窑变的形成原因作出了科学解释,还对珐琅彩与粉彩、釉里红与填红、铁黄与锑黄、铁红与金红等釉彩的鉴别提供了简便方法。这些内容可补充传统方法的不足,使人们能够从科学技术角度更加全面、更加深刻地认识中国古陶瓷。遗憾的是这些研究工作成果历来都以科学论文的形式发表,其内容往往不易为文科出身的广大文物考古工作者理解,不仅如此,许多论文都分散发表在不同的期刊和论文集上,不易查找。为此不少文物考古界的朋友们要求为他们写一本深入浅出而又通俗易懂的古陶瓷科技读本,以填补目前文化市场上的这一空白。他们的呼声促使作者为编写此书进行了认真的考虑和长期的准备。八十年代以来,作者在国家文物局扬州考古培训中心和新加坡南洋艺术学院担任中国古陶瓷的教学工作期间,编写了一些讲义,此书就是在这些讲义和以往40多年研究工作的基础上,吸收国内外其他学者所发表的有关论文,经过整理归纳而写成的。全书分13章,共有500多个问答题,时间跨度从新石器时代一直到清末,在产品上涉及极大部分名窑的著名品种,但和中国古陶瓷博大精深的内容相比,本书所涉及的只是沧海一粟。尽管如此,作者衷心希望本书能够起到一把钥匙的作用,帮助文物考古工作者和中国古陶瓷爱好者打开中国古陶瓷科学殿堂的大门,使他们对这些体现人类文明和中国古代科技发展史的历代名窑艺术品有更加全面和更加深刻的认识。

张福康

2000年5月

图书在版编目 (C I P) 数据

中国古陶瓷的科学 / 张福康著 . - 上海: 上海人民
美术出版社, 2000.9

ISBN 7-5322-2516-X

I. 中... II. 张... III. 古代陶瓷 - 研究 - 中国
IV. K876.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 46874 号

目 录

一 陶瓷化学和科学测试基础知识	1
二 中国传统制瓷原料	12
三 新石器时代的制陶工艺	24
四 商周时期制陶工艺的三大技术突破和原始瓷的出现	34
五 历代瓷器胎釉化学组成和配方的演变规律	39
六 历代名窑青瓷 — (一) 越窑、秘色瓷、龙泉窑、耀州窑、汝窑、临汝窑、钧窑 (二) 北宋官窑、南宋官窑、传世哥窑、元大都哥窑、龙泉仿官、纹片釉	44
七 历代名窑白瓷和青白瓷 — 邢窑、巩县窑、定窑、龙泉务窑、景德镇窑、德化窑等	67
八 黑釉、酱色釉、油滴釉、兔毫釉、茶叶末釉	82
九 高温釉上彩、花釉、窑变釉 — 长沙窑、吉州窑、磁州窑、黄道窑、鲁山窑、 石湾窑、景德镇窑、宜兴窑等	92
十 祭红、郎窑红、钧红、釉里红、填红、豇豆红	107
十一 青花、釉下黑彩	118
十二 低温色釉、红绿彩、五彩、珐琅彩、粉彩	130
十三 古琉璃、料器、紫砂、绞胎	146
十四 彩版	155
十五 主要参考文献	171
一六 索引	175
历史简表	192
后记	193

CONTENTS

1. Fundamental Ceramic Chemistry and Scientific Testing Methods	1
2. Chinese Traditional Ceramic Raw Materials	12
3. Pottery-making Craft of the Neolithic Age	24
4. The Three Technical Break-throughes and the Invention of Proto-porcelain	34
5. The General Pattern of the Body and Glaze Compositions and Receipes Employed in Ancient China	39
6. Celadon — (1) Yue and Mise, Longquan, Yaozhou, Ru, Linru and Jun Ware; (2) Cracked Glazes Including Guan, Ge, immitated Guan Wares	44
7. Whiteware and Greenish White Ware – Xing, Gongxian, Ding, Longquanwu, Jingdezhen, Dehua	67
8. Black and Brown Glazes, Oil Spots, Hare's Fur, Tea Dust	82
9. High-fired Overglaze Decorations, Sprashed Glazes, Yaobian — Changsha Ware, Jizhou Ware, Cizhou Ware, Huangdao Ware, Lushan Ware, Shiwan Ware, Jingdezhen Ware, Yixing Ware	92
10. Sacrificial Red, Ox-blood Red, Jun Red, Underglaze Red, Fill-in Red, Bean Red	107
11. Blue and White, Underglaze Black	118
12. Low-fired Coloured Glazes, Honglùcai, Wucai, Falangcai, Fengcai	130
13. Liuli, Glass Ware, Zisha, Marbled ware	146
14. Colour Illustrations	155
15. References	171
16. Index	175
Chronodgy	192
Postscript	193

一 陶瓷化学和科学测试基础知识

陶瓷化学

101. 为什么学习古陶瓷也要学习化学?

陶瓷制造离不开化学。各种原料都是化学物质，选用原料要根据其化学组成和工艺性质作出决定。原料经过加工后，要根据配方将它们进行配合，配方的设计也要根据原料和产品的化学组成以及其他技术要求来确定。陶瓷的烧成实际上就是在高温下进行一系列很复杂的化学反应的过程。胎釉中所含有的各种陶瓷原料，其化学性质极大多数为惰性，在常温下非常稳定，在烧成时通过高温化学反应，原先的一些物质变成了在组成、性能、结构以及外观上完全不同的新物质，我们称之为“陶瓷”。古代烧窑所用燃料有木材和煤两种，这些燃料在燃烧时除了产生大量热能外，还产生 O_2 、 CO_2 、 CO 、 SO_2 等气体，这些气体在烧成过程的不同阶段也参与化学反应，特别是氧化和还原反应对胎釉的色调有着非常重要的影响。在现代化的陶瓷厂中，为了提高产品的质量和合格率，创造新品种，必须了解原料的化学组成、配方要求以及烧成过程中所发生的一系列物理-化学变化。古陶瓷研究也需要胎釉彩的有关化学组成数据，有了这些数据，我们可以据此推断历代陶瓷胎釉的配方及其演变规律，解释古陶瓷胎釉彩千变万化的外观特征等等。

102. 请作示意图表示地壳中各种氧化物的相对含量。

陶瓷胎釉的化学组成以 SiO_2 为主，其次为 Al_2O_3 ，再其次为 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 MnO 等，这些氧化物都是由地球表面各种岩石和粘土所提供的。图 1.1 表示地壳中上述各种氧化物的相对含量。

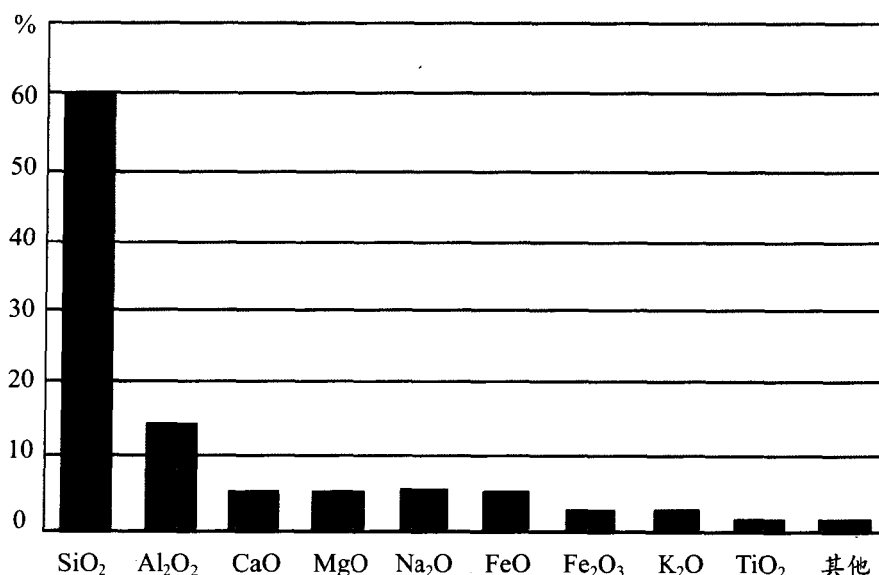


图 1.1 地壳中各种氧化物的相对含量

103. 陶瓷原料和胎、釉、彩的化学组成通常如何表达?

陶瓷原料和胎、釉、彩的化学组成通常用表 1.1 中的十余种氧化物的重量百分数进行表达。

表 1.1 组成胎釉彩的各种氧化物

分子式	名称	分子量	熔点/°C	主要来源
SiO ₂	氧化硅 Silica	60.06	1710	瓷石、粘土、长石、石英
Al ₂ O ₃	氧化铝 Alumina	101.94	2050	高铝土、高岭、瓷石、长石
CaO	氧化钙 Calcium oxide	56.08	2570	草木灰、釉灰、石灰石
MgO	氧化镁 Magnesium oxide	40.32	2800	白云石
K ₂ O	氧化钾 Potassium oxide	94.19	700	瓷石、长石
Na ₂ O	氧化钠 Sodium oxide	61.99	900	瓷石、长石、碎玻璃
PbO	氧化铅 Lead oxide	223.21	880	铅粉
Fe ₂ O ₃	氧化铁 Ferric oxide	159.68	1565	粘土、赭石、青矾
FeO	氧化亚铁 Ferrous oxide	71.84	1420	还原气氛中烧成时形成
CuO	氧化铜 Copper oxide	79.57	1148	铜花、铜矿物
Cu ₂ O	氧化亚铜 Cuprous oxide	143.14	1230	还原气氛中烧成时形成
CoO	氧化钴 Cobalt oxide	74.94	1805	砷钴矿、辉砷钴矿、钴土矿
MnO	氧化锰 Manganese oxide	70.93	1650	钴土矿
TiO ₂	氧化钛 Titanium oxide	79.90	1825	粘土、钛铁矿
P ₂ O ₅	氧化磷 Phosphorus pentoxide	142.04	580	草木灰
SnO ₂	氧化锡 Stannic oxide	150.70	1150	锡石
As ₂ O ₃	氧化砷 Arsenic oxide	197.82	升华	信石
B ₂ O ₃	氧化硼 Boron oxide	69.64	577	硼砂
Sb ₂ O ₃	氧化锑 Antimony oxide	291.52	656	化工产品

104. SiO₂、Al₂O₃ 在胎中起什么作用?

SiO₂ 是胎中含量最高的氧化物，其次为 Al₂O₃，两者在瓷胎中的总量高达 90-94%。南方地区极大部分瓷胎，其硅铝比（SiO₂ 和 Al₂O₃ 的分子比）一般都比较低，故属高硅质胎，北方地区胎的硅铝比一般都比较高，故属高铝质胎。造成这种差别的主要原因在于南方地区的胎都以瓷石或瓷石配高岭制成，而北方地区的胎则以高岭或高铝白土制成。瓷石的化学组成特点是高硅低铝，而高岭和高铝白土则是低硅高铝。原料组成的差别造成胎组成的差别，胎组成的差别又导致烧成温度的差别。高硅低铝胎的烧成温度在 1150-1250°C 之间，低硅高铝胎的烧成温度为 1250-1350°C。SiO₂ 和 Al₂O₃ 在胎中通过高温化学反应，一部分形成骨架，另一部分与助熔剂化合成玻璃相，填充于骨架之中，形成致密而坚硬的胎。

105. SiO₂、Al₂O₃ 在釉中起什么作用?

SiO₂ 是陶瓷釉必不可少的成分，也是釉中含量最高的氧化物，不论什么品种的釉都是这样。在中国传统高温釉中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 的总量在 69-89% 之间。在低温釉中多数在 30-40% 之间。这两种氧化物在高温下与大量助熔剂进行化学反应而形成釉。Al₂O₃ 含量高会提高釉的高温粘度，使之在烧成过程中不易流釉。但如过量则釉熔融不透，釉面没有光泽。

106. 哪些是助熔剂氧化物？它们在釉中起什么作用？

CaO、MgO、K₂O、Na₂O、PbO、B₂O₃这六种氧化物都称为助熔剂氧化物，其作用在于降低胎釉的烧成温度。纯的石英，其熔点高达1710℃，高岭和瓷石的熔融温度也高达1500℃以上。因此，釉的配方中除了石英、瓷石或高岭外，还必须加入大量助熔剂才能使它们在较低温度下熔融成釉。中国古代陶瓷釉中都含有大量助熔剂，五彩、粉彩、珐琅彩中也含有大量助熔剂。表1.2中列出中国古代陶瓷胎釉彩中的助熔剂氧化物含量及其熔融温度范围。

表1.2 中国古代陶瓷胎釉彩中的助熔剂氧化物含量(%)及其熔融温度范围

	CaO + MgO	K ₂ O + Na ₂ O	K ₂ O	PbO	B ₂ O ₃	熔融温度范围℃
瓷胎	0.X-2	2-5*				
石灰釉	14-22	4-1				1150-1250
石灰-碱釉	6-10	8-5				1200-1300
高碱釉			10-20	10-40		1000-1100
铅釉				30-60		800-1000
五彩、粉彩		14-4		30-60		800-850
珐琅彩			中量	大量	中量	800-850

*最高可达9%

从表1.2可以看出：石灰釉、石灰-碱釉及高碱釉的助熔剂氧化物有CaO、MgO、K₂O、Na₂O四种。其中CaO和MgO性质相似，可看作同类物质；K₂O和Na₂O性质相似，也可看作同类物质。CaO、MgO和K₂O、Na₂O在物理性质和化学性质上存在如下差别：(1) K₂O、Na₂O的助熔能力比CaO、MgO强，所以在同样配方和同样熔融温度条件下，可用较少量的K₂O、Na₂O取代较多量的CaO、MgO；(2) K₂O、Na₂O的膨胀系数比CaO、MgO大，故釉中K₂O、Na₂O含量过高往往会造成釉裂。中国古代纹片釉就是在釉中加入较多量富含Na₂O、K₂O的瓷石所制成的。上述四种助熔剂氧化物主要来源于天然矿物，如CaO主要来自石灰石、方解石、草木灰等；MgO主要来自白云石；K₂O、Na₂O主要来自瓷石和长石。高碱釉（孔雀绿，法华釉）的助熔剂氧化物为K₂O或K₂O + PbO，铅釉的助熔剂氧化物为PbO，珐琅彩为PbO + B₂O₃ + K₂O，五彩、粉彩为PbO + K₂O。PbO主要来自铅粉，B₂O₃来自硼砂。高碱釉、五彩、粉彩中都需要配入大量K₂O。K₂O含量很高的天然原料只有硝，硝的主要化学成分KNO₃易溶于水，无法用湿法配釉。为了解决这一矛盾，硝在使用前必须与石英（SiO₂）一起加热熔融成熔块。通过这一工序，K₂O已与SiO₂化合成玻璃，就不再具有水溶性了。助熔剂的种类和含量对釉的熔融温度、物理性质以及外观特征有决定性影响。一般说来，釉的熔融温度愈高，硬度、耐磨性及抗腐蚀等性能也愈好。瓷胎中也含有少量助熔剂氧化物，在烧成时，它们与SiO₂、Al₂O₃发生化学反应，生成少量玻璃相，填充于骨架之间，起结合、强化以及半透明化的作用。

107. 哪些氧化物是着色剂？它们主要来自哪些原料？

Fe₂O₃、FeO、CuO、Cu₂O、CoO、MnO、TiO₂、Sb₂O₂、Au（金）等都是陶瓷釉彩着色剂。中国历代南北各地窑场所生产的千百个不同色调的釉和彩都是在这些着色氧化物的基础上形成和发展起来的。Fe₂O₃主要来源于瓷石、高岭、紫金土、乌金土及青矾等各种天然原料，FeO是Fe₂O₃在烧成过程中于还原气氛下形成的产物。CuO来源于铜在冶炼或加工过程中因氧化作用而生成的渣皮，Cu₂O是CuO在还原焰烧成中的产物。CoO来源于天然的含钴矿物如钴土矿等，MnO和TiO₂常与Fe₂O₃共生于瓷石和粘土中，它们是随Fe₂O₃一起进入釉彩中的杂质，而不是特意加入的，其含量都不高（0.X-1.X%），但对胎釉色调，特别是白瓷和青瓷的色调有一定影响。Fe、Cu、Co都是变价元素。Fe常见的

价态有 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 两种, Cu 有 Cu^+ 及 Cu^{2+} 两种, Co 有 Co^{2+} 、 Co^{3+} 两种。Fe、Cu 这两种变价元素对烧成气氛的变化极为敏感, 不同气氛形成不同价态, 而不同价态产生不同色调。除了气氛以外, 着色剂的含量、杂质的存在、釉的成分、釉的厚度以及烧成温度等等因素都对胎釉的色调产生重要影响。锑黄彩的主要着色氧化物是 Sb_2O_3 , 胭脂红的主要着色剂是金, 称为金红。锑黄和金红在中国清代以前的釉彩中不用, 康熙晚期以后用于珐琅彩和粉彩中。锑黄和金红可能是从西方引入的。中国古代陶瓷上的金彩是用黄金制成的金箔直接粘贴或用金粉掺铅粉烧牢在釉面上而形成的。

108. 哪些氧化物是乳浊剂? 它们主要来自哪些原料?

SnO_2 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 P_2O_5 这几种氧化物都是乳浊剂, 它们能使釉彩产生不同程度的乳浊感。 SnO_2 在中国古代陶瓷釉中很少采用, 只有在长沙窑绿釉中有其存在。 As_2O_3 来源于一种叫“信石”的天然矿物, 主要用于玻璃白, 后者是粉彩的一种重要原料。 Sb_2O_3 是锑黄彩的主要着色剂兼乳浊剂, 中国清代以前不用, 可能是在康熙年间从西方引入的。 P_2O_5 的乳浊作用较弱。中国古代高温釉都以草木灰作为釉的主要成分, 而草木灰大都含 P_2O_5 , 所以中国古代高温釉也含 P_2O_5 , 但有些窑场的釉含 P_2O_5 高些, 有些窑场则低些。原始瓷釉、长沙窑、吉州窑、建窑、钧窑的 P_2O_5 含量比其它窑场高得多, 造成这一差别的可能原因将在以后讨论。

109. 陶瓷在烧成过程中发生哪些重要的物理-化学变化?

陶瓷在烧成过程中发生脱水、分解、熔融、化合、氧化、还原、二次氧化、析晶、晶形转变、液相分离、烧结等等物理-化学变化, 胎釉配方中的各种成分通过这一系列物理-化学变化而形成胎和釉, 详见下面有关条目。

110. 陶瓷坯泥中的水有几类? 脱水过程会对坯体产生什么变化?

坯泥中的水有两类, 第一类是气孔水和可塑水, 第二类是结晶水。可塑水存在于粘土片状颗粒的表面与表面之间, 粘土的可塑性就是由于这层水膜造成的。如果粘土中加水太多, 则一部分水就存在于粘土颗粒之间, 这叫气孔水。可塑水和气孔水不是粘土分子结构的一部分, 故与粘土分子结合不牢, 一般通过太阳晒就能大部分把它们从坯体中赶走。在脱去气孔水和可塑水的过程中, 坯体发生较大收缩, 收缩率一般在 15-20% 之间。结晶水是粘土分子结构的一部分, 故又称化学结合水。粘土类矿物都有结晶水, 如高岭土含有两个分子结晶水 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 其重量约占粘土重量的 14% 左右。结晶水要在窑温达到 350-500℃ 时才能把它赶走。粘土一旦失去结晶水, 其分子结构就发生变化, 此时即使重新加水调制, 也不会再有可塑性。在去除结晶水的过程中, 坯体不发生明显收缩, 但窑温不能升得太快, 否则, 由于结晶水化成水气, 体积的急剧膨胀会把坯体胀裂。其他含有结晶水的常用陶瓷原料还有青矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 等。

111. 陶瓷原料在高温作用下如何进行分解和化合? 请举例说明。

高岭、长石、云母、石灰石、白云石、硝、铅粉等天然矿物, 根据配方进行配合后, 在高温下进行一系列分解和化合反应, 最后形成玻璃、气泡、结晶及物料残骸。有些化学反应比较复杂, 很难用化学方程式表示。下面就以几种较为常见而又简单的化学反应式作为例子:

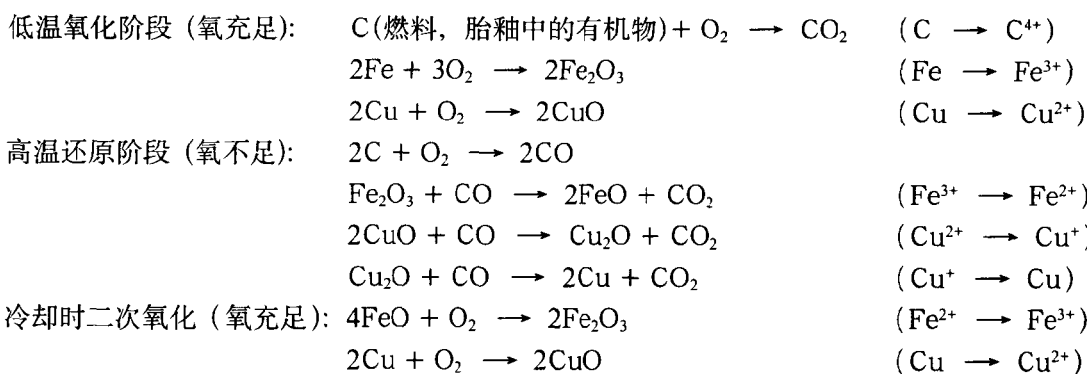
- CaCO_3 (石灰石、方解石等) \rightarrow $\text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (白云石等) \rightarrow $\text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2$
- 4KNO_3 (硝) \rightarrow $2\text{K}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ (铅粉) $+ \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 3\text{PbO} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (钙长石, 即 anorthite。龙泉青釉、南宋官窑、哥

窑及黑釉中极为常见。作用:量多时能使釉产生乳浊感)

- $\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (硅灰石, 即 wollastonite, 龙泉青釉中常见。作用:量多时能使釉产生乳浊感)
- $3\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (莫来石, 即 mullite。在烧成温度较高的胎中普遍存在。作用:提高瓷胎强度)
- $\text{SiO}_2 + \text{PbO} \rightarrow$ 铅釉
- $\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}$ (或 $\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O} + \text{PbO}$) \rightarrow 高碱釉
- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow$ 石灰釉、石灰-碱釉

112. 陶瓷原料在高温作用下如何进行氧化和还原?

通俗地说, 所谓“氧化”就是得到氧, 所谓“还原”就是失去氧。从原子结构的角度来说, “氧化”就是失去电子(原子价比原来提高), “还原”就是得到电子(原子价比原来降低)。



Fe、Cu 都是变价元素, 窑中气氛性质的改变, 对 Fe 系和 Cu 系釉彩的色调影响很大。Co 也是变价元素, 但气氛性质的改变对 Co 系釉彩的色调影响较小。

113. 什么叫“析晶”?

高温时通过分解、化合而形成的某些化合物, 在窑温冷却过程中, 在一定条件下以晶体的形式从胎、釉中析出, 这种现象称为“析晶”。陶瓷胎中的莫来石、高温釉中的钙长石、硅灰石、赤铁矿 (Fe_2O_3)、磁铁矿 (Fe_3O_4 或 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)、铜红釉中的 Cu 和 Cu_2O 微粒都是中国传统陶瓷中最常见的析晶。

114. 什么叫“晶形转变”?

陶瓷胎釉中含有的石英颗粒, 在窑中烧成或冷却时, 它们的晶体结构会发生某种程度的改变”, 叫做“晶形转变, 伴随这一现象的产生, 石英颗粒的体积也要发生明显变化, 如果颗粒太粗、升降温速度过快, 有时会导致坯釉开裂。

115. 什么叫“液相分离”?

某些具有特定化学组成的高温釉在熔融过程中, 在一定的物理-化学平衡条件下会分离成化学组成和物理性质都不同的两种液相, 其中一种成连续相, 另一种形成许多微细小珠悬浮在连续相中, 这种现象叫“液相分离”, 这种釉叫“分相釉”, 中国古代不少高温釉都属于分相釉。液相分离对釉的质感产生重大影响 (参见第九章中有关条目)。