

(沪)新登字第 305 号

责任编辑 陈英黔

插图作者 王永康

艰辛中塑成了乐园

——材料化学的故事

黄一敏

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷七厂一分厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4 插页 2 字数 92000

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—23000

ISBN 7-5427-1024-9/O · 19 定价: 4.00 元

序

科学技术是第一生产力。在“科教兴国”这个伟大战略的指引下，我国的科技事业和教育事业必将有大的发展，我国的生产力也必将有飞跃的发展。

科学技术的教育可以通过学校教育，也可以通过自学，可以通过教科书或专著，也可以通过科普读物。科普读物是普及科学技术的一条重要途径，科学普及读物可以将深奥的科学技术生动形象、深入浅出地介绍给读者，使读者对它有初步的了解，对它产生兴趣，以至为之献出毕生的精力。好的科普读物还会孕育出伟大的科学家，产生出伟大的发明家。科普作家凡尔纳所写的科普读物就是个很好的例子。许多著名的科学家为了普及自己心爱的专业知识或者伟大的发现，不惜利用自己的宝贵精力写出了一部又一部的科普读物。伟大的物理学家爱因斯坦所写的《物理学的进化》就是一部很好的物理学科普读物。在当今我国“科技兴国”的形势下，是多么需要一批优秀的科普读物来帮助人们更新观念、更新知识，了解高新的科学技术，去抢占世界高新科技及其产业的制高点。

化学是一门重要的基础科学。可以说，现代生活离不开化学、现代科学发展离不开化学，就是信息技术、空间技术、海洋技术、生物技术、新材料、新能源等高新技术及其产业的发

展也都离不开化学。因此，化学普及读物是非常需要的。有些青少年不太喜欢也不太重视化学及其工业，原因是多方面的，其中一个重要的原因是我们对化学的普及工作做得还不够。化学教科书太“严肃”“呆板”，科普读物又太少。因此，青少年对化学的重要性不甚了解，对化学不甚感兴趣。我们需要像阿西莫夫这样的科普作家。

《化学故事丛书》将为化学科普园地增添一丛鲜艳的花朵。这套丛书以故事的形式，包括着化学的基础，也是构成世界万物的基础——元素，以及化学所涉及到的生活化学、生命化学、环境化学、材料化学、能源化学等重要领域的内容。

由于作者多年从事教育，他们知道读者关心的是什么问题，难理解的是什么地方，以及如何按照认识规律深入浅出地告诉给读者，如何引起读者的兴趣，使读者在不知不觉中学到许多化学及其他科学的基础知识、科学观点、科学态度和科学方法。例如，在生命化学的故事中介绍了生命是什么、构成生命的基础是什么、肆虐的病毒，在生活化学的故事中介绍了海带汤引出的发明、火柴头上的秘密、油条里的化学，在能源化学的故事中介绍了海水变成燃料、跨进原子时代的第一步等等，读来获益非浅。

作者利用工作之余搜集了大量的材料，写出这套内容丰富的故事丛书，实在难能可贵。希望她的出版，能够对青少年，尤其对他们学习化学、爱好化学有所帮助，我想这也是作者艰苦写作的最大心愿。

孙元清

1995年10月于上海

目

录

- 1 以 China 命名的陶瓷材料 (1)
- 2 永不凋谢的材料之花 (6)
- 3 玻璃——奇迹的创造者 (11)
- 4 布勃卡手中的秘密武器 (17)
- 5 钢铁大家庭(上)——烈火中永生
..... (23)
- 6 钢铁大家庭(下)——百炼成钢
..... (28)
- 7 古剑不锈之谜 (34)
- 8 战略金属建奇功 (40)
- 9 弹性之王——橡胶 (45)
- 10 木头 棉花 乒乓球 (50)
- 11 开创塑料新时代的“丑小鸭”
..... (54)
- 12 另辟蹊径穿“新衣” (60)
- 13 羊毛并不出在羊身上 (65)
- 14 合成纤维的先驱——尼龙 (71)
- 15 “凯芙拉”从军记 (77)

16	现代魔术师——粘合剂	(82)
17	摩天高楼的基石	(88)
18	“一声不响”的发明	(93)
19	电阻突然消失以后	(97)
20	有记忆能力的金属材料	(103)
21	信息高速公路	(108)
22	装在口袋里的电视机	(113)
23	空战中的“不速之客”	(118)

1.

以 China 命名的陶瓷材料

12 世纪后期，埃及王国与大马色国一度失和，两国边境形势严峻。大马色国陈兵数万，虎视眈眈，眼看一场战争不可避免。埃及国王立即召来谋士，商谈如何化解这场战争，其中一谋士献出了一锦囊妙计，获得埃及国王的赞许。国王立即派人带上一神秘箱子出使大马色国。大马色国王奴尔爱定看到埃及国王赠送的礼物极为高兴。面对埃及王国的和平诚意，奴尔爱定决定撤兵回城。一场战争就此平息了。读者可能会问，究竟是什么礼物使大马色国以礼相待？原来，埃及国王萨拉定送上的是一箱中国陶瓷工艺品。由此可见，中国陶瓷的身价之高了。

陶瓷是我国古代劳动人民的重大发明之一。欧洲人也一向视中国陶瓷为无价之宝，所以，欧洲人把瓷器叫做“China”，久而久之，“China”成了中国的英文名称。

陶瓷是陶器和瓷器的总称。陶瓷的产生和发展是中国灿烂的古代文化的重要组成部分。早在公元前 5000 年的新石器时代，我们的祖先就开始用普通粘土在很高的温度下烧制陶器，这是一种粗糙简陋的器皿，以后经过不断改进，到新石器时代的晚期，已经能造出比较光滑，质地较坚固而且具有不同颜色的陶瓷了，但它的缺点是容易渗水。到了奴隶社会的商代，人们已经发明了陶瓷上釉的技术，使陶器既美观，而且不



一箱珍贵的中国名瓷

渗漏，不易被污染。同时，人们已经开始选择比较好的粘土来烧制瓷器了。至此，陶瓷日用品和工艺品的水平不断完善。陶瓷产品最负盛名的当属宜兴和景德镇了。

江苏宜兴，以生产陶器，其中更以紫砂陶闻名于世。据传，这与范蠡有关。帮助越王勾践灭吴的大夫范蠡，在灭吴以后，带着西施隐居宜兴烧起陶器来，开创了宜兴的陶业，因此，历代制陶艺人都奉范蠡为祖师爷。宜兴的茶壶，曾为许多文人墨客所推崇。当年苏东坡择居宜兴蜀山，特别喜欢用提梁壶饮茶。重感情的陶工为了纪念他，就将这种提梁壶称为“东坡壶”。现在蜀山还有“东坡书院”遗址。宜兴被称为“陶都”是当之无愧的。

江西的昌南镇，自汉朝开始烧制白瓷，到宋朝景德年间已

盛名中外，从此昌南镇改名为景德镇，作为“瓷都”盛名绵延至今。

那么，陶瓷制品是如何烧制的呢？

普通陶瓷以粘土、石英、长石为重要原料。故又叫三组分陶瓷。

粘土是一种细颗粒的含水铝硅酸盐，当与水混合时产生塑性。尽管各地的粘土，其化学、物理性质各不相同，但共同的特点是具有结晶状的电中心层状结构，从而使其有柔软性、润滑性、易于劈裂等一系列物理性能。陶瓷坯体中，粘土一般要占到45%~60%，其主要作用是为成型提供细颗粒物质和良好的可塑性，并在烧成的过程中使坯体具有一定的强度与耐火性能。

低品位的粘土到处可见。常用于制造陶瓷的是一种以高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ 为主要成分的高级粘土，即高岭土。高岭土名字的来源也有一个小故事。18世纪初，法国神父得徒莱柯，在他的“中国瓷器的制造”一书中误用我国景德镇附近的一个叫高岭的村庄的名字来称呼中国制陶瓷用的粘土，并译成 Kaolin，后来它就成了一个国际性的专门名字了。

制造陶瓷的第二种主要组分是石英。它的分子式为 SiO_2 ，大多以结晶态存在于石英矿中。石英非常硬，不溶于水，高温熔化时为无色透明液体。石英是酸性氧化物，与它相对应的一种酸叫硅酸 H_2SiO_3 。硅酸的盐称硅酸盐，是地球上数量最大的一类矿物。以它为基础的硅酸盐材料是无机非金属材料中最重要的部分。

石英在陶瓷中的作用主要是提供坯体耐熔的骨架，使之不在烧成时变形，并且提高陶瓷的机械强度及半透明度。

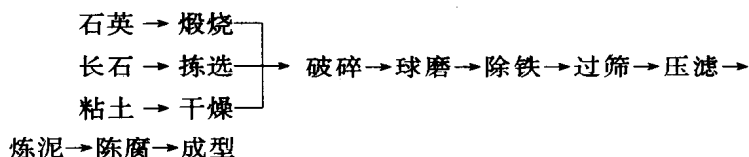
制造陶瓷的另一重要原料是长石。其主要有钾长石 $\text{K}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_6$ ，钠长石 $\text{Na}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_6$ 及钙长石 $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_6$ 。这

些铝硅酸盐在陶瓷中是作为助熔剂的。在未烧成前,可降低可塑性,缩短干燥时间,减少坯体收缩,在烧成时,促进形成玻璃相,降低制品的烧成温度。

普通陶瓷的生产工艺大致相同,主要工序是:泥料制备、成型、干燥、上釉和烧成。

1. 泥料制备

由于原料来源不一,制品品种繁多,成型方法各异,所以泥料制备十分复杂。一般制备过程如下:



2. 成型

成型又叫制坯。它是将泥料拌适量的水,灌注在石膏或金属模具中使之成为制品的生坯。

3. 干燥

为了防止在烧成时裂开,生坯要进行干燥。通常在室式或隧道式干燥室内用热空气进行,也可用电热、远红外等进行快速干燥。含水量较大的坯体,在水份蒸发时,会发生较大的收缩,为了避免坯体翘曲或开裂,应小心控制干燥速度。

4. 上釉

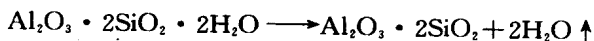
釉涂在陶器或瓷器表面,起着美观、光滑、不渗水等作用。釉是由长石、石英、硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、氧化锌 (ZnO) 调配而成的,其中还掺有少量的金属氧化物如氧化铁 (Fe_2O_3)、氧化铅 (PbO)、氧化铜 (CuO) 等作显色剂。我国在三国到唐朝时期,烧制的陶瓷,釉色匀润青翠,被人们称为“千峰翠色”“嫩荷含露”;唐三彩、郎窑红、三阳开泰等都是些名釉。

5. 烧成

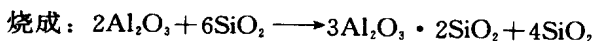
陶瓷制作的最后一道工序是烧成。坯体在高温烧成过程中发生一系列物理、化学反应,形成一定的物相组成与显微结构,从而使陶瓷具有所需要的机械、电、热等性能。

烧制时发生的物理和化学变化主要为脱水、分解和氧化。用化学方程式表示就是:

脱水:



分解:



另外,还发生了重量、体积、颜色、强度、硬度和形状等物理变化。经过高温烧制的坯体还要放在窑里让它渐渐冷却,到 80℃ 时开始出窑,取出来的就是美观、坚固的陶瓷品了。



陶瓷制品

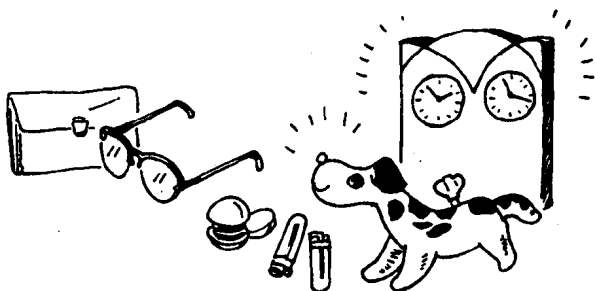
陶瓷可以制成各种日用品、装饰品、工艺品,经过特殊加工后,还可以制成各种新型陶瓷,它是我们日常生活和科学技术中不可缺少的一种古老而富有青春活力的硅酸盐材料。

2.

永不凋谢的材料之花

陶瓷是最古老的硅酸盐材料。精致的中国陶瓷制品，至今仍然吸引着世界各地的客商。随着科学技术的发展，具有特殊优异性能的现代陶瓷材料也飞速地发展起来，并且具有非常广泛的应用，被人们誉为永不凋谢的材料之花。

一天，美国新材料研究中心来了一个神秘的客人，他是美国核试验基地的空军驾驶员。他带来了新的研究课题。原来，在核战争或核试验中，一颗爆炸能力跟2万吨TNT炸药相当的原子弹，爆炸时所产生70亿大卡的辐射光能要在3秒钟里全部释放出来，即使离爆炸中心比较远的人，眼睛也会被核闪光灼烧。空军驾驶员等到发现核闪光再戴防护眼镜就来不及了。如何解决这个问题呢？以前科研人员为他们设计了一种防核护目头盔，但控制护目镜的是一台高压电源，飞行员得背上几十公斤重的用硅钢片做成的变压器，既笨重又麻烦。因此，他们向新材料研究中心提出了研究新的护目镜材料的要求。研究中心接到这一课题后，立即组织力量进行攻关。他们选择了许多材料进行了实验，最终选择到的理想材料是陶瓷。不过它不是普通的日用陶瓷，它是一种经过特殊的“极化”处理的陶瓷，它在机械力、光能的作用下，能把它们转变成电能，在电场作用下，又能把电能转变为机械能。这种特殊的功能叫做“压电效应”，具有这种压电效应的陶瓷叫压电陶瓷。



特种陶瓷用处大

核试验员带上用透明压电陶瓷做成的特殊护目镜，带来了很大的方便。原子弹爆炸，当核闪光强度达到危险程度时，由于光的作用护目镜的控制装置马上就把它转变成瞬时高压，防护镜自动地迅速变暗，在 $\frac{1}{1000}$ 秒钟里，能把光强度减弱到只有 $\frac{1}{10000}$ ，险情过后，它还能自动复原，不影响驾驶员的视力。这种压电陶瓷护目镜结构简单，重不过几十克，只有火柴盒那么大，安装在防核护目头盔上携带十分方便。

压电陶瓷在军事上的应用十分广泛。第一次世界大战中，英军发明了一种新的战争武器全部是铁装甲的战车——坦克，它首先在法国索姆河的战争中使用，重创了德军。坦克曾经在多次战争中大显身手。然而，到了六七十年代，由于反坦克武器的发明，坦克失去了昔日的辉煌。反坦克炮发射出的炮弹一接触坦克，就会马上爆炸。这是因为炮弹头上装有一种引爆装置，它就是用压电陶瓷制成的。当引爆装置跟坦克相碰时，引爆装置马上把因此产生强大的机械力转变成瞬间高压，爆发火花，引爆雷管而使炮弹发生爆炸。

当我们留心时会发现很多领域利用了有关压电陶瓷的这种优良性质。

在儿童玩具展览会的一个展台旁，只听得一只小黄狗在汪汪叫，而在旁的一只小花猫却发出“妙妙”之声，孩子们被这些能发声的电子玩具吸引住了，他们在思索，为什么这些玩具能发出和真的动物一模一样的叫声。这时讲解员叔叔开了腔，他说这是因为玩具设计师在这些小动物的肚子里装上了一只用压电陶瓷做成的特殊元件——蜂鸣器，因为它能发出像蜜蜂那样的嗡嗡的声音。当然后来经过设计师的努力，使这种陶瓷元件还能发出其他各种各样的声音。

蜂鸣器的制造十分简单，先把陶瓷素坯轧成像纸一样的薄片，烧成后在它的两面做上电极，然后极化，这时陶瓷就具有压电性了。然后再把它与金属片粘合在一起，就做成了一个蜂鸣器。当它的电极通电时，由于压电陶瓷的压电效应就产生振动，而发出人耳可以听得到的声音，只要通过电子线路的控制，就可产生不同频率的振动，而发出各种不同的声音，甚至还能发出滑变的声音。

正是由于它的发声本领变化多端，再加上它与通常的音响器相比，还具有不少优点，所以它的应用是十分广泛的。除了上面提到的电子动物玩具外，在日常生活中人们也离不开它。例如电子手表里装上一片薄薄的蜂鸣器，它就能发出嘟嘟的声音给你报时；电子计算器里装上了它，它就能按照预定的要求，发出嗡嗡之音提醒你。另外，它也能发出很响的警报声，因此可以装在消防车、救护车或其他仪器设备上，或装在金库、机要保密室里作为防盗报警器用。由于它体积很小，还可以与电子鼻组合起来做成瓦斯报警器，放在煤矿工人的口袋里，当矿井里瓦斯过量时，灵敏的电子鼻首先觉察，马上递给它一个信号，它便立刻“大喊大叫”起来。

新型陶瓷的种类有很多。如具有气敏、热、电、磁、声、光等功能互相转换特性的各种“功能陶瓷”；用于人或动物肌

体，具有特殊生理功能的“生物陶瓷”等等。下面再介绍一种十分有趣的陶瓷——“啤酒陶瓷”。

说起“啤酒陶瓷”的出世，还有一个非常有趣的故事呢。

美国的化学家哈纳·克劳斯在研究一种用于宇航容器的材料配方时，无意中错把身旁的一杯啤酒当作蒸馏水倒入一个盛有石膏粉、粘土以及几种其他化学药品的烧杯中。然而，正是由于这个“无意之中”的举动导致了啤酒陶瓷的问世。这一杯啤酒一倒入烧杯中，就出现了意想不到的奇特现象，烧杯中的那些混合物立即产生了很多泡沫，体积突然膨胀了约两倍，不到 30 秒就变成了硬块。这使克劳斯大吃一惊，他在回忆当时的情况时说：“这一过程如此之快，以至我都想不起来我到底做了些什么。”这次偶然制成的啤酒陶瓷居然是一种具有很多优良特性的泡沫陶瓷，这是谁也没有料到的。这种后来被人称作“啤酒石”的陶瓷具有釉光、重量轻、无毒、防火性能好等特点。由于啤酒石形成时固化速度快，并有那么多优良特性，它将在增强运载工具的绝热性能、安全储存核废物、包装业、汽车制造业、农业等方面具有很高的应用价值和商业价值。

为使啤酒石的特性及应用得到充分发挥，克劳斯还采用石膏、石灰珠层岩、硫酸盐等与啤酒进行了一系列实验。实验中发现改变原料的配比，制出的啤酒石有不同的特性。另一种配比制成的啤酒石，在同样体积下，重量只有水泥的五分之一。还有一种配比的啤酒石能承受激光产生的 2316°C 高温达 1 个多小时之久。还有一种啤酒石，不必进行又费钱、费事的上釉及烧釉工序，只须用喷灯处理 20 分钟，容器的表面便釉光锃亮了。

一些专家认为，啤酒石最重要的用途之一是储存核废料。大家知道，核废物如储存不当，会对环境造成非常有害的核污



错把一杯啤酒倒入烧杯

染。当前处理核废物较大的问题是容器，传统的方法是用防锈、不漏气的钢鼓储存，容器的内壁常用一种塑料作为防护套。但是，一旦粘结剂失效，就会发生泄漏。可想而知，这种方法和使用的材料都是不可靠的。由于啤酒陶瓷具有自行上釉的特性，所以可将其喷在新钢鼓的内表面，或旧钢鼓的外表面，形成啤酒陶瓷釉，成为一个不破裂、不泄漏的防护套，这样就可安全地储存核废物了。

当然，啤酒陶瓷目前还处于研究和开发阶段。克劳斯预见到从防火房到发动机中的某些金属部件，都将出现啤酒陶瓷的身影。如果找找它的缺点，克劳斯仅想出一条，他幽默地说：“在它生产出来的头三个星期里，闻起来有点啤酒味。”

3.

玻璃——奇迹的创造者

“玻璃——奇迹的创造者”。国外有一位学者这样评价道。这种评价是否过分呢？让我们来看一看，玻璃的“发展史”和它在今天的用途吧。

历史上有许多发明家，为人类社会作出了巨大的贡献；他们的名字也同他们的事业一样，博得了人们的赞扬。然而，还有许多发明家和发现者，名字没有留下，但他们的功勋，却像一座座丰碑，矗立在人们的心中，赢得人们的怀念。玻璃的发明就是其中的一例。

玻璃制造是一门古老的工艺。根据考古资料，已经有五千多年的历史。最早的文献记载，也有两千多年。

那么，玻璃是怎样诞生的呢？

传说很久以前，有一只腓尼基商船，从非洲贩运一批天然碱。一天，狂风骤起，恶浪滔天。他们决定靠岸抛锚，在沙滩暂作停留。船上的人，肚子饿得咕咕作响。于是，他们拖着沉重的双脚，踏遍沙滩寻找石头，准备砌灶升炊。可是，大家一无所得。这时，一个聪明的水手从船仓搬来几块大碱料，围成了炉灶，升起了火，才得饱餐一顿。翌日清晨，在他们拔起锅灶准备启航的时候，水手们突然发现一块亮晶晶的东西留在灰烬上，它像一块宝石，在晨曦下熠熠发光。

这就是流传已久的发明玻璃的故事。尽管这个传说不足



灰烬中一块熠熠发光的“宝石”

为信，但是它告诉人们，玻璃是由砂子、纯碱等原料熔制出来的。

一般来说，玻璃的主体是石英砂 (SiO_2)。但是，光有石英砂还不能熔制成为玻璃，因为它的熔点太高。除非熔制特殊需要的石英玻璃才单独使用石英砂。

要熔制玻璃，需要加入许多其他物质：加入纯碱 (Na_2CO_3) 可降低玻璃的熔制温度；加入氧化铝 (Al_2O_3)，可以提高玻璃的化学稳定性；加入石灰石 (CaCO_3)，可以提高玻璃的硬度。此外，还要加入澄清剂来排除玻璃液中的气泡；加脱色剂，使玻璃的颜色清澈透明；添加不同的金属氧化物可使玻璃获得各种美丽的颜色。氧化铁 (Fe_2O_3) 含量较多能使玻璃呈深绿色，甚至呈黑色。含氧化铜 (CuO) 或氧化钴 (Co_3O_4) 就成了蓝色。