

第 1 章

无机非金属材料概述

1.1 材料——社会进步的重要标志

【1】什么是材料？

【答】材料是人类用来制造有用的物品、器件、构件、机器或其他产品的物质,包括天然形成和人工合成的材料(如土、石、钢铁、铜、铝、陶瓷、半导体、超导体、煤炭、磁石、光导纤维、塑料、橡胶等),以及由它们组合而成的复合材料。

【2】材料与人类历史发展有何关系？

【答】人类社会的历史进步离不开材料的发展,人类发明利用材料,材料又推动了人类社会的进步。人类社会的发展得越快,文明程度也越高,这与材料的发展息息相关。材料的发展与人类文明的进步有着千丝万缕的联系,可以说,人类文明的发展史就是材料的发展史。

【3】材料发展有哪些重要意义？

【答】自古以来,材料就是人类物质文明程度和社会进步的标志。人类的历史曾以当时使用的代表性材料命名,如“石器时代”“青铜器时代”“铁器时代”等。材料是人类生存和发展、征服自然和改造自然的物质基础,是人类社会现代化的重要支柱,也是科学技术发展的基础与先导。从现代科学技术发展史可以看到,每一项重大的新技术发明和应用,往往都依赖于新材料的发展。材料科学技术的每一次重大突破,都会引起生产技术的革命,进而加速社会发展的进程,并给社会生产和人们生活带来巨大的变化。可以说“材料发展的历史就是人类的历史,人类的历史也是材料发展的历史”。

【4】什么是无机非金属材料？

【答】无机非金属材料(inorganic nonmetallic materials)是以金属元素或非金属元素的化合物或无机非金属元素单质为组元,原子与原子之间通过离子键或共价键键合而成的材料;也指某些元素的氧化物、碳化物、氮化物、卤素化合物、硼化物、硫系化合物(包括硫化物、硒化物及碲化物)和硅酸盐、钛酸盐、铝酸盐、磷酸盐、硼酸盐等物质为主要组成的材料,是除有机高分子材料和金属材料以外的所有材料的统称,包括陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料、搪瓷、磨料以及新型无机材料等。

【5】 广义的陶瓷包括哪些内容?

【答】 随着与陶瓷制备工艺相近的无机材料不断出现,陶瓷概念的外延也不断扩大。广义的陶瓷概念几乎与无机非金属材料含义相同。纵观材料科学与技术的发展,现在陶瓷材料的概念已经不是传统的陶器、瓷器,而是涵盖了传统陶器、瓷器以及先进陶瓷、玻璃、耐火材料、水泥及混凝土、半导体材料和各种无机非金属材料基复合材料等,人们已经认识到陶瓷材料的科学与技术和无机非金属材料科学与技术的内涵是一致的。

1.2 陶瓷的由来与发展

【6】 什么是陶瓷?

【答】 传统的概念中,“陶瓷”是指所有以黏土等无机非金属矿物为原料的人工或工业产品。它包括由黏土或含有黏土的混合物经混炼、成型(成形)、煅烧而制成的各种制品。陶瓷是从什么时候产生,由什么人发明的,至今无法查考。不过可以确定的一点是,陶瓷的发明必定是在人类知道用火之后。人类不经意地发现泥土经火烧后竟变成很坚硬,而且不再溶解的,具有一定形状的固体,于是懂得了制作陶器。从此,人类的生活便与陶瓷结下不解之缘。

人类一开始只知烧制低温的“陶”,后来才慢慢学会烧制高温的“瓷”。“陶”,广义上是指所有的陶瓷,也就是指所有黏土或黏土混合物经成型、烧制而成的制品。“瓷”,是指较高温烧成的制品。习惯上的分类是将坯体含氧化铁成分较高、成暗红色状、烧成温度在 1250℃ 以下者定义为陶;坯体含氧化铁成分较少、呈白色状、烧成温度在 1250℃ 以上者定义为瓷。随着研究工作的深入,人们在生产实践中发现含低熔物多的陶瓷坯体在 1250℃ 以下也可以成瓷。基于这种情况,人们就可根据叩声、坯体吸水性和透光性等来区分陶和瓷。

中国陶器的制作,从八千年以前的新石器时代就已经开始了。虽然瓷器的发明时间较晚,但其出现,无疑是先民累积丰富制陶经验后所获得的丰硕成果。一部中国陶瓷发展史中的点点滴滴,无不说明中华民族是一个具有智慧与创造力的民族。而瓷器的发明,更使中国在上世界上享有极其崇高的地位,博得了“瓷国(China)”的专有称号。

【7】 简述中国陶瓷的发展历史和意义。

【答】 原始陶器不仅是我国古代艺术的瑰宝,在世界文化艺术史上也占有重要地位,是全人类宝贵的文化遗产,是人类文明史上无比辉煌的篇章。中国的陶瓷艺术,有令人引以为豪的悠久历史和成就,诸如:秦汉兵马俑陶俑的朴拙高古,唐三彩造型与釉彩的绚丽多姿,宋瓷的幽澹高雅、韵致精微,已经达到陶瓷艺术的极致,而明清时的繁复精美,更是表现出民族的生活情调与人文特质。

(1) 陶器的发明反映人类文明的重要进程

陶器是人类第一次利用天然物,按照自己的意志创造出来的一种崭新的东西。从河北省阳原县泥河湾地区发现的旧石器时代晚期的陶片来看,中国陶器的产生距今已有 11700 多年的悠久历史。

我们的祖先对于火的利用和认识的历史也是非常久远的,大约在 205 万年至 70 万年前

的元谋人^[1]时代就开始了。先民们在漫长的原始生活中,发现晒干的泥巴被火烧之后,变得更加结实、坚硬,而且可以防水,于是陶器就此产生。陶器的发明,揭开了人类利用自然、改造自然、与自然做斗争的新的一页,具有重大的历史意义,是人类生产发展史上的一个里程碑。

([1]: 元谋人,因元谋人化石发现地点在云南元谋县上那蚌村西北小山岗上,定名为“元谋直立人”,英文: *Homo erectus yuan mouensis*,俗称“元谋人”。“元谋”一词,出自傣语,意为骏马。)

(2) 瓷器是中国古代的一项伟大发明

在漫长的历史岁月中,勤劳智慧的中国先民们“点土成金”,写下光辉灿烂的篇章,为人类文明做出了巨大的贡献。享有盛誉的中华古瓷,已成为世界各大博物馆里的明珠,也越来越广泛地成为中国和世界各地专家学者的研究对象,并受到广大收藏家和陶瓷爱好者的珍视。纵观中国几千年的古陶瓷发展史,它给后人留下的这份珍贵而又丰富的遗产,将永远放射出灿烂的光辉。中国是世界上几个历史悠久的文明古国之一。中国对人类社会的进步与发展做出了许多重大贡献。在陶瓷技术与艺术上所取得的成就,尤其具有特殊而重要的意义。在中国,制陶技艺的产生可追溯到公元前 4500 年至前 2500 年的时代,可以说,陶瓷的发展史是中华民族发展史中的一个重要组成部分。中国人在科学技术上的成果以及对美的追求与塑造,在许多方面都是通过陶瓷制作来体现的,并形成了各个时代非常典型的技术与艺术特征。

(3) 为满足现代科学技术发展的需要,传统陶瓷发展为先进陶瓷

传统陶瓷也称普通陶瓷,是以无机非金属天然矿物或化工产品为原料,经原料处理、成型、干燥、烧成等工序制成的产品。主要有日用陶瓷、建筑卫生陶瓷、陈设艺术陶瓷、化工陶瓷、化学瓷、电瓷等。其显微结构由晶相、玻璃相和气相组成,三者的比例视不同品种而异。工程上用的陶瓷具有质量轻、耐高温、耐磨损、耐腐蚀、抗氧化、电绝缘、强度大、硬度高等优良性能。随着科学技术的进步,陶瓷的制造工艺和用途不断得到发展,出现了各种具有特殊性能的结构陶瓷、功能陶瓷及生物医用陶瓷等,统称为先进陶瓷,也称为高性能陶瓷、精细陶瓷、现代陶瓷、高新技术陶瓷或特种陶瓷等。这类陶瓷主要以人工合成的高纯氧化物、碳化物、氮化物、硼化物、硅化物、硫化物等无机非金属物质为原料,采用先进的成型、烧结与后加工技术,赋予陶瓷耐高温、耐磨、高强度、耐热冲击、高刚性、隔热以及声、电、磁、光、敏感、生物活性等性能,这些性能不仅远胜于传统陶瓷,且具有许多传统陶瓷所不具备的新的物理化学性能,被广泛地应用于电子、计算机、激光、核反应、宇航、生物材料等现代尖端科学技术领域。

近代陶瓷的发展趋势,从无釉的多孔陶器到有釉的、质地致密的瓷器,经历了 5000 多年的历程。高铝瓷土的应用,高温技术的进展,高温窑炉的改进,燃料的优选,釉的发明,使中国的瓷器驰名世界,这是陶瓷科学技术发展的辉煌成就。从传统陶瓷向先进陶瓷的发展经历了几十年的历程,采用超细的人工合成原料和先进的制备技术获得的性能优异的陶瓷,在高新技术和国防工业领域得到了广泛的应用,这是陶瓷科学技术发展的又一次重大创新。20 世纪 90 年代纳米技术和纳米材料的出现,对陶瓷材料及其制备产生了重要影响。从微米级的先进陶瓷进入到纳米级的陶瓷表明了陶瓷科学技术的发展已进入了崭新时期。

(4) 中国陶瓷业对世界的影响深远

在初唐时期,瓷器便通过海上和“丝绸之路”输入到西方去了。公元 8 世纪,瓷器已经传

到阿拉伯、印度、波斯、埃及和地中海沿岸各国。五代时期,瓷器传到朝鲜。在南洋一带,如印度尼西亚曾出土晚唐、五代的青瓷和三彩陶器。文莱也发现过唐代黑釉、青釉瓷器。马来半岛也发现过唐代的瓷器。11世纪,我国造瓷技术传到波斯,后来又传到阿拉伯、土耳其和埃及等地。15世纪后半叶,中国的造瓷技术传到意大利的威尼斯,从此,欧洲的造瓷技术得到迅速发展。

【8】 陶瓷有哪些类别?

【答】 陶瓷有多种分类方法,人们习惯按以下几个方面进行分类:

(1) 按用途,可分为日用陶瓷、艺术(陈列)陶瓷、卫生陶瓷、建筑陶瓷、电器陶瓷、电子陶瓷、化工陶瓷、纺织陶瓷等;

(2) 按是否施釉,可分为有釉陶瓷和无釉陶瓷;

(3) 按质地,可分为硬质瓷、软质瓷和特种瓷;

(4) 按所用原料及坯体的致密程度可分为粗陶、细陶、炆器、半瓷器和瓷器,原料是从粗到精,坯体是从疏松多孔,逐步达到致密,烧成温度也是从低到高。

进入高科技发展时代,陶瓷已经不局限于传统陶瓷如日用瓷、建筑卫生陶瓷等,而是与国民经济建设及国防建设等各个领域密切相关的先进陶瓷材料,可分为结构陶瓷、功能陶瓷、陶瓷基复合材料等。

此外,人们为了生产、研究和学习上的方便,有时不按化学组成,而是根据陶瓷的性能,把它们分为高强度陶瓷、铁电陶瓷、耐酸陶瓷、高温陶瓷、压电陶瓷、高韧性陶瓷、电解质陶瓷、光学陶瓷(透明陶瓷)、磁性陶瓷、电介质陶瓷和生物陶瓷等。

【9】 硬质瓷、软质瓷、特种瓷的区别是什么?

【答】 我国所产的瓷器以硬质瓷为主。硬质瓷器,坯体组成中熔剂量少,烧成温度高,在 1360°C 以上。色白质坚,呈半透明状,有高强度,良好的化学稳定性和热稳定性,又是电的不良导体,如电瓷、高级餐具瓷、化学用瓷、普通日用瓷等均属此类,也可叫长石釉瓷。软质瓷器与硬质瓷器的不同点是坯体内含的熔剂较多,烧成温度稍低,一般在 1300°C 以下,因此,它的化学稳定性、机械强度和介电强度均较低。一般工业瓷中不用软质瓷,因其半透明度高,多用来制作美术瓷、卫生瓷、瓷砖及各种装饰瓷等,骨灰瓷、熔块瓷属于此类。

特种瓷种类很多,多以各种氧化物为主体,如高铝质瓷,以氧化铝为主;镁质瓷,以氧化镁为主;滑石质瓷,以滑石为主;铍质瓷,以氧化铍或绿柱石为主;锆质瓷,以氧化锆为主;钛质瓷,以氧化钛为主。

上述特种瓷多是不含黏土或含极少量黏土的制品,成型多数用干压、高压方法。在国防工业、重工业中多用此类瓷,如火箭、导弹上的挡板,飞机汽车发动机中的火花塞,收音机内的电容、电阻元器件,各种切削用的陶瓷刀等。

1.3 无机非金属材料基础知识问答

【10】 无机非金属材料具有哪些特性?

【答】 无机非金属材料具有复杂的晶体结构,高硬度,高熔点,较好的耐化学腐蚀能力,

绝大多数是绝缘体,一般具有低导热性,大多数情况下变形微小。无机非金属材料的致命弱点是具有较大的脆性。

【11】无机非金属材料与金属及有机高分子材料的主要区别是什么?

【答】一般来说,无机非金属材料在化学组成及化学键上与金属材料和有机高分子材料明显不同。无机非金属材料的化学组成主要为元素的氧化物、碳化物、氮化物、卤素化合物、硼化物以及硅酸盐、铝酸盐、磷酸盐、硼酸盐和非氧化物等物质,其化学键主要为离子键、共价键或离子-共价混合键。金属材料的化学组成为单质金属元素或一种金属元素与其他元素组成的合金,其化学键主要为金属键。有机高分子材料是以C、H、O为主要元素和其他元素组成的聚合物,其化学键主要为共价键。

从力学性能上来说,金属材料有延展性,有机高分子材料有弹性,而大多数无机非金属材料通常表现为脆性;从电学性能上来说,金属材料具有导电性,而无机非金属材料绝大多数是绝缘体;从结构上来说,金属材料有自由电子,而无机非金属材料没有自由电子,且具有复杂的晶体结构;金属材料抗拉强度高,而无机非金属材料抗拉强度低。

【12】为什么金属材料有延展性,有机高分子材料有弹性,而大多数无机非金属材料却没有?

【答】金属材料具有延展性,因为其晶体结构中含有多种滑移系统,可以发生滑移或孪生,从而发生塑性变形;有机高分子材料具有弹性,因为高分子材料多为链状结构,可以扭曲;大多数无机非金属材料没有这些性能,是因为其化学键主要为离子键、共价键或离子-共价混合键,离子键的键能大、单键强度高,而共价键具有方向性。这种化学键所特有的高键能、高键强,赋予这一大类材料以高熔点、高硬度、耐腐蚀、耐磨损、高强度和良好的抗氧化性等基本属性。

【13】为什么制备无机非金属材料的绝大多数原料都需要破碎?

【答】制备无机非金属材料所用的主要原料,绝大多数是质地坚硬且尺寸较大的块状物料。为了满足均化、烘干、配料等工艺过程的需要,必须对原料进行破碎。破碎有利于均化、烘干、配料,利于成型、热处理,节能,可使产品的产量提高,性能好且稳定。对于玻璃和陶瓷,原料破碎后更容易除铁;对于水泥,原料破碎后再磨细到一定粒度则更适合窑外分解。

【14】为什么陶瓷成型后必须烘干?

【答】烘干是为了除去物料或坯体中一定量的自由水,避免烧成时产生微裂纹或气泡等缺陷。

【15】陶瓷砖产品有哪些种类?

【答】建筑陶瓷是无机非金属材料的代表性产品之一,以陶瓷砖为主。目前市面上的瓷砖品种琳琅满目。按照其制作工艺及特色可分为釉面砖、通体砖、抛光砖、玻化砖及马赛克。按照吸水率可分为瓷质砖、炻瓷砖、细炻砖、炻质砖和陶质砖。按照应用特性可分为陶瓷锦砖、釉面内墙砖、陶瓷墙地砖。

【16】简述各种陶瓷砖的特点及使用场合。

【答】陶瓷砖主要有釉面砖、通体砖、抛光砖、玻化砖及马赛克。

(1) 釉面砖：是表面经过烧釉处理的砖。一般来说，釉面砖比抛光砖色彩和图案丰富，同时可以起到防污的作用。但因为釉面砖表面是釉料，所以耐磨性不如抛光砖。釉面砖按原材料可分为陶质釉面砖和瓷质釉面砖；依光泽不同，又分为亚光和亮光两种。厨房应该选用亮光釉面砖，不宜用亚光釉面砖，因油渍进入砖面之中，很难清理。釉面砖还适用于卫生间、阳台等。

(2) 通体砖是表面不上釉，且正反面的材质和色泽一致的砖。它是一种耐磨砖，虽然现在还有渗花通体砖等品种，但相对来说，其花色不如釉面砖丰富。由于目前的室内设计越来越倾向于素色设计，所以通体砖也逐渐成为一种时尚，被广泛用于厅堂、过道和室外走道等装修项目的地面，一般较少用于墙面。多数的防滑砖都属于通体砖。

(3) 抛光砖是通体砖的表面经过打磨抛光后而成的一种表面光亮的瓷砖，属于通体砖的一种。相对于通体砖的粗糙平面而言，抛光砖要光洁很多。抛光砖坚硬耐磨，适合在除洗手间、厨房等室内空间中使用。在运用渗花技术的基础上，抛光砖可以做出各种仿石、仿木效果。

(4) 玻化砖是由石英砂、黏土按照一定比例烧制而成的，后经打磨光亮但不需要抛光，表面如玻璃镜面一样光滑透亮，是所有瓷砖中最硬的一种，即全瓷砖。其表面光洁但又不需要抛光，所以不存在抛光气孔的问题。玻化砖是一种强化的抛光砖，采用高温烧制而成。质地比抛光砖更硬、更耐磨，当然价格也更高。玻化砖主要用作地面砖，适用于客厅、卧室、走道等。

(5) 马赛克是已知最古老的装饰艺术之一，是使用小瓷砖或小陶片创造出的图案。在现代，马赛克属于瓷砖的一种，是一种存在方式很特殊的砖，一般由数十至数百小块的砖组成一个相对大的砖，以小巧玲珑、色彩斑斓的特点被广泛使用于墙面和地面的装饰。此外，马赛克由于体积较小，可以作一些拼图，产生渐变效果。

【17】水泥、玻璃及陶瓷在成型方面有何区别？

【答】除立窑之外，水泥在热加工之前不需要成型，其成型过程主要在使用时，如加工、制备混凝土制品等。玻璃的成型是在高温热加工之后。陶瓷的成型较为特殊，一般是在高温热加工之前，但若是用热等静压法来使陶瓷成型，则需成型和高温加热同时进行。

【18】水硬性胶凝材料和气硬性胶凝材料的耐久性有何不同？

【答】水硬性胶凝材料主要指水泥，气硬性胶凝材料主要有石灰、石膏、氢氧化钙等，后者易发生碳化反应，使耐久性降低。

【19】什么是玻璃？

【答】传统的玻璃是指熔融物冷却、硬化而得到的均匀、透明、无缺陷的非晶态固体。广义的玻璃是指具有各向同性、介稳性、无固定熔点、固态和熔融态间转化的渐变性和可逆性、性质随成分变化的连续性和渐变性的物质。

【20】与陶瓷相比，为什么用玻璃能比较容易地制得形状很复杂的部件？

【答】主要从制作的工艺过程来考虑。通常陶瓷先成型然后进行干燥、烧成(含烧结)。但是干燥和烧成过程的收缩相对较大，在制备复杂形状的器物时，很容易在内部产生裂纹等缺陷；而玻璃是先将配料熔融，然后以液态成型，因此，很容易制备形状复杂的部件。

【21】 玻璃和水泥哪种更容易制得形状很复杂的部件？

【答】 对于大体积部件,特种水泥更容易制得。对于体积小、形状复杂、薄型的制品,玻璃更容易制得。

【22】 玻璃有哪些通性? 说明 T_g 、 T_f 的含义。

【答】 玻璃的通性有:各向同性,介稳性,无固定熔点;固态和熔融态间的转化具有渐变性和可逆性;性质随成分的变化具有连续性和渐变性。

T_g 指物质从熔融态转变为固态时的转变温度,即熔体开始固化的温度,或称玻璃形成温度,对应黏度为 10^{12} Pa·s,是玻璃出现脆性的最高温度。玻璃转变温度 T_g 是区分玻璃与其他非晶态固体(如硅胶、树脂等)的重要特征。

通常把黏度为 10^8 Pa·s 对应的温度 T_f 称为玻璃软化温度,玻璃加热到此温度即软化,高于此温度玻璃呈现液态的一般性质。 $T_g \sim T_f$ 的温度范围称为玻璃转变范围,它是玻璃转变特有的过渡温度范围。

【23】 什么是冕牌玻璃、燧石玻璃和色散?

【答】 阿贝数(色散系数) >50 的光学玻璃称为冕牌玻璃;阿贝数 <50 的光学玻璃称为燧石玻璃;玻璃的折射率随入射光波长变化而变化的现象,叫色散。

【24】 隔热玻璃、中空玻璃和真空玻璃的区别是什么?

【答】 隔热玻璃是一种具有特殊性能的玻璃,对红外线有良好的吸收作用,可起到隔热的作用;中空玻璃和真空玻璃保温性能都较好,区别在于前者是以空气作为介质,后者是以真空为介质。

【25】 为什么石英玻璃适合制备军工、激光、冶金、光学仪器、舞台灯光等行业的高温窗口?

【答】 一方面因为石英玻璃的热膨胀系数小,热稳定性好;另一方面,石英玻璃的耐热性好,在 1100°C 下可长期使用,在 1400°C 下可短期使用。

【26】 比较泡沫玻璃与泡沫塑料的区别和用途。

【答】 泡沫玻璃是无机材料,有吸声性,保温和耐温性能好,其主要应用在各种需要隔声、隔热的场所。泡沫塑料是由大量气体微孔分散于固体塑料中而形成的一类高分子材料,具有质轻、隔热、吸声、减震等特性,且介电性能优于基体树脂,但耐温性能较差。二者已广泛地代替木材,被用于建筑和家具工业中。

【27】 为什么陶瓷的实际强度远远低于理论强度?

【答】 因为陶瓷材料通常是多晶材料,其内部含有大量的晶界,由于结构的特殊性,晶界往往是裂纹源。微裂纹一旦形成,材料内部的应力就会集中在裂纹尖端,推动裂纹的扩展。如果是在热冲击的情况下,由于陶瓷材料导热性差,热应力因此增加,从而促进裂纹迅速扩展。

【28】 简述石英玻璃的结构、性能与用途。

【答】 石英玻璃结构:短程有序,长程无序。

石英玻璃的主要性能有:

(1) 耐高温: 石英玻璃的软化点温度约 1730°C , 可在 1100°C 下长时间使用, 短时间最高使用温度可达 1450°C ;

(2) 耐腐蚀: 除氢氟酸外, 石英玻璃几乎不与其他酸类物质发生化学反应, 其耐酸能力是陶瓷的 30 倍, 不锈钢的 150 倍, 尤其是在高温下的化学稳定性, 是其他任何工程材料都无法比拟的;

(3) 热稳定性好: 石英玻璃的热膨胀系数极小, 能承受剧烈的温度变化, 将石英玻璃加热至 1100°C 左右, 放入常温水中也不会炸裂;

(4) 透光性能好: 石英玻璃在紫外线到红外线的整个光谱波段都有较好的透光性能, 可见光透过率在 93% 以上, 特别是在紫外光谱区, 最大透过率可达 80% 以上;

(5) 电绝缘性能好: 石英玻璃的电阻值相当于普通玻璃的一万倍, 是极好的电绝缘材料, 即使在高温下也具有良好的电绝缘性能。

石英玻璃由于具有上述优良的理化性能, 因此被广泛地应用于电光源、半导体、光通信、军工、冶金、建材、化学、机械、电力、环保等各个领域。

【29】 为什么石英玻璃比石英晶体的用途更广泛?

【答】 石英晶体是由石英玻璃熔融液缓慢冷却结晶后形成的, 因此形成石英玻璃比石英晶体更容易, 能耗小; 晶体随温度变化还会有晶型转变, 使结构不稳定, 容易破裂; 石英晶体为各向异性, 不适合制作要求在不同方向折射率都相同的仪器。

【30】 水泥生产中希望得到的是 γ -硅酸二钙, 还是 β -硅酸二钙? 为什么?

【答】 水泥生产中希望得到 β -硅酸二钙。因为从结构上说, γ -硅酸二钙的结构中, 钙离子的配位数是 6, 即 6 个氧离子与钙离子相配位形成 $[\text{CaO}_6]$ 八面体, 钙离子的配位相当规则, 因此比较稳定, 在常温下几乎是惰性的。在 β -硅酸二钙的结构中, 钙离子的配位数有 6 和 8 两种, 配位不规则, 因而相当活泼, 常温下就能与水反应。所以, 水泥生产中更希望得到活性较高的 β -硅酸二钙。

【31】 在水泥生产中怎样得到尽量多的 β -硅酸二钙?

【答】 可通过如下方式:

- (1) 减小石灰的饱和系数;
- (2) 加入矿化剂, 例如加入 Ba^{2+} 能固溶于 C_2S 晶格, 阻止其向 γ -硅酸二钙转化, 并提高 β -硅酸二钙的活性;
- (3) 快冷, 因为在 1250°C 时, β -硅酸二钙要向 γ -硅酸二钙转化。

【32】 烧石灰用方解石还是石灰石好? 为什么?

【答】 烧石灰用石灰石比较好, 因为石灰石的分解温度比方解石低, 耗能少。

【33】 在既有石灰石和白垩的情况下, 玻璃生产中是优先使用石灰石, 还是用白垩, 为什么?

【答】 优先使用白垩, 因为白垩脆性很大, 易于粉磨, 且易烧性较好。此外, 白垩对机械的磨损小, 带入原料中的铁少。

【34】 钙质原料在水泥、玻璃、陶瓷中的主要作用分别是什么？

【答】 钙质原料的主要作用有：提供制成无机非金属材料所需的 CaO 。在硅酸盐水泥中，钙质原料是烧制硅酸盐水泥熟料的主要原料之一。在陶瓷制备中，钙质原料主要起助熔作用，缩短烧成时间，增加器物的透明度，使坯釉结合牢固；在玻璃制备过程中，钙质原料主要是稳定剂，增加玻璃的化学稳定性和机械强度，但含量不宜过高，否则会使玻璃的结晶倾向增大，而且易使玻璃变脆。在高温条件下，当 CaO 含量小于 $10\% \sim 12\%$ 时，能降低玻璃的黏度，促进玻璃的熔化和澄清，但当 CaO 含量大于 $10\% \sim 12\%$ 时，能增加玻璃的黏度，尤其当温度降低时，黏度增加得很快，给成型造成困难。

【35】 黏土的化学组成和主要矿物组成是什么？

【答】 黏土的化学组成主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 和结晶水。工业生产用黏土中的主要矿物可分为高岭石类、蒙脱石类及伊利石类三种。黏土中除了 SiO_2 、 Al_2O_3 以外，还有很重要的 K_2O 、 Na_2O 、 MgO 、 CaO 等碱金属和碱土金属氧化物。

【36】 黏土的工艺性质有哪些？

【答】 黏土原料的工艺性质主要取决于其化学成分、矿物结构与颗粒组成，是工业生产中合理选择黏土原料的重要指标。黏土原料的工艺性质主要包括：可塑性、结合性、离子交换性、触变性、膨化性、收缩性、烧结温度与烧结范围，以及耐火度。

【37】 什么是多晶转变？多晶转变有哪些类型？

【答】 每种变体都有自己的热力学稳定范围。因此，当外界条件改变到一定程度时，各种变体之间就可能发生结构转变，从一种变体转变成另一种变体，这种现象称为多晶转变。对于无机材料来说，多晶转变主要通过改变温度条件来实现。多晶转变根据其进行的方向分为可逆多晶转变和不可逆多晶转变。可逆多晶转变是双向转变，不可逆多晶转变是单向转变。多晶转变根据转变速度和转变时晶体结构变化的不同分为重建性转变和位移性转变。

【38】 重建性转变和位移性转变各有什么特点？

【答】 重建性转变发生时必须打开原子间的键，质点要重排，形成新的结构。位移性转变发生时不需要打开任何键或改变原子最临近的配位数，只是原子从它们原先的位置发生少许位移，造成结构的畸变。

【39】 举例说明了解石英晶型转变的作用。

【答】 了解石英晶型转变可以指导硅砖、陶瓷和玻璃制品的生产。例如：生产硅砖需要加入矿化剂的原因。石英晶型转变包括 α -石英和 β -石英间的转变， α -鳞石英和 β -鳞石英之间的转变， β -鳞石英和 γ -鳞石英之间的转变， α -方石英和 β -方石英之间的转变。由于其转变速度快，较小的体积变化就可能由于不均匀应力而引起制品开裂，影响产品质量。因此，硅砖生产中加入矿化剂的目的就是为了提高产品中鳞石英含量，减少方石英生成量，以减少位移性转变所引起的体积变化。此外，了解石英晶型转变可以指导硅砖、陶瓷和玻璃制品的应用。例如：窑炉烤窑（升温）时，在晶型转变温度需要保温或放慢升温速度，避免由体积效应引起的开裂。

【40】生产硅砖时为什么要严格控制 Al_2O_3 含量?

【答】在生产硅砖时, Al_2O_3 的存在不仅会增加高温下硅石液相形成的趋势, 而且会延缓硅石的分解, 当它与普通催化剂混合时, 还会降低其活性。从 SiO_2 - Al_2O_3 体系的二元相图可见, 当 Al_2O_3 的含量达到 5.5% 时, 将与 SiO_2 形成低共熔混合物, 共熔温度仅为 1545°C , 大大降低了硅砖的耐火度。

【41】生产硅砖时为什么对石英砂粒度有一定的要求?

【答】因为当石英砂颗粒大时会使熔化困难, 并常常产生结石、条纹等缺陷。细的石英砂熔化速度快, 但过细的砂容易飞扬、结块, 使配合料不易混合均匀, 同时过细的砂常含有较多的黏土, 而且比表面积大, 附着的有害杂质也较多。细砂在熔制时虽然玻璃的形成阶段可以较快, 但在澄清阶段却花费很多时间。当往熔炉里投料时, 细砂容易被燃烧气体带进蓄热室, 堵塞格子体, 同时也使玻璃成分发生变化。因此, 石英砂粒度要控制在适当的范围内。

【42】为什么生产玻璃一般要对原料进行除铁处理, 而生产水泥就不需要?

【答】因为原料中铁杂质不但对玻璃生产工艺造成不良影响, 而且使玻璃呈黄绿色, 降低透明度。而在水泥工业生产中, 需要铁质校正原料, 氧化铁在水泥熟料煅烧中满足熟料矿物组成的要求, 同时还可以降低烧成温度和液相黏度, 促进熟料煅烧, 所以不需要进行除铁处理。

【43】长石原料在陶瓷和玻璃中有哪些作用?

【答】在陶瓷产品生产中, 长石原料能降低陶瓷产品的烧成温度。同时, 长石熔化后形成的液相能填充坯体空隙, 增大坯体致密度, 提高产品的机械强度、透光度和介电性能, 还可提高坯体的干燥速度。在玻璃生产中, 长石在提供 Al_2O_3 的同时, 也引入了 K_2O 、 Na_2O 、 SiO_2 等成分, 减少了纯碱用量。

【44】 Li_2O 在玻璃中的作用有哪些?

【答】 Li_2O 是一种网络外体氧化物, 有加强玻璃网络的作用, 可有效提高玻璃的化学稳定性。当 O/Si 比值较小时, 主要起断键作用, 助熔作用强烈, 是强助熔剂; 当 O/Si 比值较大时, 主要起积聚作用。 Li_2O 代替 Na_2O 或 K_2O 可使玻璃的膨胀系数降低, 结晶倾向变小。过量 Li_2O 又可使玻璃的结晶倾向增加。在一般玻璃中, 引入少量 Li_2O 可以降低玻璃的熔制温度, 提高玻璃的产量和质量。

【45】在玻璃生产中, 为什么不能引入过多的 Na_2O ?

【答】 Na_2O 是玻璃良好的助熔剂, 能提供游离氧, 使玻璃结构中的 O/Si 比值增加, Si-O 发生断键, 因而可以降低玻璃的黏度, 使玻璃易于熔融。不过, 过多的 Na_2O 将增加玻璃的热膨胀系数, 降低玻璃的热稳定性、化学稳定性和机械强度, 所以不能引入过多的 Na_2O , 一般不超过 18%。

【46】玻璃生产中是用结晶纯碱还是煅烧纯碱? 纯碱储存应特别注意什么?

【答】玻璃工业中采用煅烧纯碱。煅烧纯碱是白色粉末, 易溶于水, 极易吸收空气中的水分而潮解, 产生结块, 因此必须储存于干燥仓库内。