

国家教育部
规划教材

中等师范学校化学(试用本)

教学参考书

第二册

人民教育出版社化学室 编著



人民教育出版社

中等师范学校化学（试用本）

教学参考书

第二册

人民教育出版社化学室 编著

人民教育出版社

中等师范学校化学(试用本)

教学参考书

第二册

人民教育出版社化学室 编著

*

人民教育出版社 出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编 100009)

网址 <http://www.pep.com.cn>

北京市联华印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本·787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张 12.25 字数 260 000

2000 年 12 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数 0 001~4 000

ISBN 7-107-14082-5 定价: 10.80 元
G·7174 (课)

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

(联系地址 北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编 100078)

编者的话

根据中华人民共和国教育部 1998 年 5 月颁发的《三年制中等师范学校课程计划（试行）》、1999 年颁发的《三年制中等师范学校化学教学大纲》和《中等师范学校教科书（试用本）化学第二册》，我们在 1996 年 12 月第二版《中等师范学校化学第二册（试用本）教学参考书》的基础上，修改、编写了本书。

“各章教学”包括本章说明和各节教学，有的章里还有教案示例。“本章说明”包括本章教材分析、本章教学重点、难点和本章课时分配建议几项。其中“本章教材分析”从全书的角度分析该章的地位作用，分析各节间的联系，说明该章的教学重点和难点及该章总的编写意图和设计思想。“各节教学”一般有〔教学目的要求〕、〔教学重点〕、〔教材分析和教学建议〕、〔实验分析和建议〕、〔资料〕等项内容。其中〔教材分析和教学建议〕在对本节教材进行简要分析、说明编写意图的基础上，对课堂教学的组织、教学重点的掌握、教学难点的突破、基础知识和技能的落实、能力的培养、思想教育的渗透等方面提出了建议。〔实验分析和建议〕则对课堂演示实验应注意的事项或实验成败关键以及可替代的实验和补充实验等做了说明和介绍。〔资料〕主要是提供一些帮助教师熟悉和进一步理解教材的有关化学知识和一些联系实际的知识、科学技术的新成就以及化学史料等。此外，有些章节还附有〔部分习题参考答案〕，对较难的习题和计算题给出提示或答案。

参加本书编写、修改的有：王晶、胡美玲、李文鼎、乔国才、冷燕平、何少华、陈晨（按章顺序）。

胡美玲、何少华审读了全书。

责任编辑是李文鼎。

插图由李宏庆绘制，封面由林荣桓设计。

欢迎广大教师对本书提出意见和建议，以便进一步修改。

目 录

第七章 硅和硅酸盐工业	1
本章说明.....	1
第一节 硅和二氧化硅.....	2
第二节 硅酸盐工业简介.....	7
第三节 新型无机非金属材料	13
第八章 电解质溶液	19
本章说明	19
第一节 弱电解质的电离平衡	21
第二节 盐类的水解	25
第三节 原电池原理及其应用	31
第四节 电解原理及其应用	41
第九章 几种重要的金属	51
本章说明	51
第一节 金属概述	52
第二节 铝和铝的重要化合物	57
第三节 铁和铁的重要化合物	62
第四节 铜	68
第十章 烃	79
本章说明	79
第一节 甲烷	82
第二节 烷烃	88
第三节 乙烯 烯烃	93
第四节 乙炔 炔烃.....	103
第五节 苯.....	107
第六节 石油 煤.....	112
第十一章 烃的衍生物	126
本章说明.....	126
第一节 乙醇 醇类.....	127
第二节 苯酚.....	135

第三节	乙醛 醛类	137
第四节	乙酸 羧酸	140
第十二章	糖类 油脂 蛋白质——人类重要的营养物质	145
本章说明		145
第一节	葡萄糖 蔗糖	146
第二节	淀粉 纤维素	151
第三节	油脂	155
第四节	蛋白质	161
第十三章	合成材料	168
本章说明		168
第一节	合成材料	169
第二节	新型有机高分子材料	174
第十四章	化学实验方案设计	178
本章说明		178
学生实验说明		180
实验八	几种金属的性质	180
实验九	乙烯和乙炔的制取和性质	180
实验十	乙醇和乙醛的性质	182
实验十一	葡萄糖、淀粉和蛋白质的性质	183
实验习题四	二氧化碳的制取和性质	184
实验习题五	燃烧与灭火实验的研究	184
实验习题六	物质溶解性实验的研究	184
实验习题七	明矾的检验	185
实验习题八	某些治疗胃酸过多的药品中氢氧化铝成分的检验 红砖中氧化铁成分的检验	185
实验习题九	以废铁屑和废硫酸为原料制备硫酸亚铁	185
选做实验四	甲烷的制取和性质	186
选做实验五	天然水的净化	186
选做实验六	几种常见化肥的鉴别	187
选做实验七	几组未知物的检验	187
选做实验八	中和滴定	187

第七章

硅和硅酸盐工业

本章说明

本章教材分析

本章内容可分成两部分，一部分是章引言和第一节，首先运用物质结构和元素周期律的知识，通过讨论和列表，对碳族元素的通性和性质递变规律进行概述，然后具体介绍硅和二氧化硅的性质和用途。另一部分是第二节和第三节，简要介绍硅酸盐工业和新型无机非金属材料方面的知识。

关于碳族元素通性和性质递变规律的概述，是物质结构和元素周期律知识的再一次运用。由于这一族元素位于周期表主族的中间位置，元素由非金属性向金属性递变的规律很典型，加之这一章中关于硅及其化合物在半导体材料应用方面的介绍较多，使这一章的知识内容不仅有利于元素周期律知识的复习、巩固，还有利于加深学生对元素周期律的认识和理解。

关于硅酸盐工业，主要介绍玻璃、水泥、陶瓷等硅酸盐材料的主要成分、性能和用途。在此基础上，第三节将硅酸盐材料与无机非金属材料联系起来，介绍几种新型无机非金属材料，从而使学生初步较完整地认识无机非金属材料。

本章重点

碳族元素性质变化规律，硅和二氧化硅的主要性质。

本章课时分配建议

第一节 硅和二氧化硅	1 课时
第二节 硅酸盐工业简介	1 课时
第三节 新型无机非金属材料	1 课时
实验习题四 二氧化碳的制取和性质	1 课时
小计	4 课时

第一节 硅和二氧化硅

【教学目的要求】

使学生了解硅和二氧化硅的性质、用途。

【教学重点】

硅的化学性质。

【教材分析和教学建议】

硅是重要的半导体材料，二氧化硅可以看作是硅酸盐材料的主要成分，其应用非常广泛。本节除介绍了硅和氧气、二氧化硅与碱或氧化钙等几个反应外，着重介绍了它们的一些用途及相应的物理性质。这些用途及物理、化学性质与后面两节的内容都有关系，作为基础知识，内容虽不多，但可使后面的应用知识与学生已学过的化学知识联系起来。因此，尽管这节课的知识容量并不大，在这一章中却起着重要的作用。

具体教学建议如下：

1. 关于硅在自然界的存在，在教材中所占篇幅并不多，但考虑到硅在自然界的广泛存在以及它对组成无机物世界和生物体的重要作用，建议教师作些扩展，这对于学生今后从事小学教学也有帮助。例如，重要的岩石如长石类、辉石类、角闪石类和云母类等都含有二氧化硅；硅是一些海洋生物（如放射虫、海藻、一些海绵）体内的基本物质；鸟的羽毛和动物的毛发中含有硅；人体内含有万分之一的硅，其中皮肤、骨骼、结缔组织、腺体中含硅较多；骨折时，骨折处的硅含量几乎增加 50 倍；所有的植物都含有硅，植物的茎越硬，它的燃灰中硅含量越多；高硅矿泉水对健康有良好作用；等等。

2. 在进行硅的性质和用途的教学时，可以引导学生从原子结构、元素周期律等有关知识入手。例如，回忆硅在周期表中的位置，从同周期、同主族元素来看，硅处于金属元素与非金属元素相连接处，由此推理得出硅具有某些特殊的性质。应引导学生根据同周期元素性质的递变规律，明确硅的非金属性不如硫，更不如氯。比较硅和碳的化学性质，归纳出相似点，如常温时不活泼，在加热时可与某些非金属反应生成共价化合物。并找出不同点，如除硅的非金属性不如碳之外，硅还能与强碱反应放出氢气，而碳则不与强碱溶液发生反应。

关于硅的用途，可先由学生阅读教材，然后让学生介绍，教师主要补充硅在现代高、新技术方面的应用（见本节资料部分），以使教学内容更丰富。

3. 关于二氧化硅有关知识的教学，应使学生了解天然的二氧化硅分为晶体和无定形两大类。关于二氧化硅的化学性质，设法展示一些实物，如水晶工艺品，石英玻璃光学仪器等，以增加直观性。

讲解二氧化硅的用途时，要尽可能联系实际，可参考资料中的石英和水晶的有关内容向学生介绍。

【部分习题参考答案】

二、1. B 2. C 3. A 4. B

【资料】

1. 正二价硅

硅的化合价有+2和+4两种，这是因为除了SiO₂之外，还有一氧化硅SiO。SiO在自然界中不存在，但能按下法制备：



1 800 °C时，SiO在真空中为黄褐色物质。SiO蒸气冷却时又生成SiO₂。SiO在工业上称为单氧硅，是绝缘材料，它有一种有趣的性质，即摩擦时容易起电，而且带负电。

2. 石英和水晶

石英主要成分是SiO₂，可用来制造石英玻璃。石英晶体中有时含有其他元素的化合物，它们以溶解状态存在于石英之中，呈各种颜色。此外，由于SiO₂结构不同也会使石英产生不同颜色。

纯净的SiO₂晶体叫做水晶，它是六方柱状的透明晶体，是贵重的宝石。江苏省东海县素有“水晶之乡”之称。1958年在该县发现我国最大的“水晶王”，重达3.5 t。1983年1月又在该县南溜村2 m深的地下挖出一块重3 t、长1.4 m的水晶体，同时出土的还有一块400 kg的水晶体。

法国科学家彼埃尔·居里（Pierre Curie）发现水晶在受压时能产生一定的电场，这种现象被称为“压电效应”。后来这种“压电效应”被应用在电子工业上。石英薄片在高频率电场作用下，能作间歇性地伸张和收缩，其频率和施加的电场的频率相同。石英的这种伸缩又引起了周围介质产生类似声波的振动。由于水晶或石英具有这种性质，因此被广泛应用在钟表工业和超声技术上。

3. 硅的几种单质

(1) 无定形硅

无定形硅是一种棕黑色或灰黑色的微晶体。这种固体硅不具有完整的金刚石型晶胞，纯度不高，熔点、密度和硬度等数值明显低于晶态硅；化学性质比晶态硅活泼。

无定形硅可由活泼金属（如钠、钾等）在加热条件下还原四卤化硅（SiF₄或SiCl₄），或在高温条件下用镁、碳等还原剂与二氧化硅作用制得：





(2) 单晶硅和多晶硅

熔融的单质硅在凝固时，硅原子以金刚石晶格排列成许多晶核，如果这些晶核长成晶面取向相同的晶粒，则这些晶粒平行结合起来便结晶成单晶硅；如果这些晶核长成晶面取向不同的晶粒，则这些晶粒结合起来就结晶成多晶硅。

单晶硅具有准金属的物理性质，有较弱的导电性，其导电率随温度的升高而增大，是重要的半导体材料。超纯的单晶硅是本征半导体^①。在超纯单晶硅中掺入微量的ⅢA族元素（如硼），可提高其导电的程度，而形成p型硅半导体；如掺入微量的ⅤA族元素（如磷或砷），也可提高导电程度，形成n型硅半导体（详见本节资料4）。

多晶硅与单晶硅的差异主要表现在物理性质方面。例如，在力学性质、光学性质和热学性质的各向异性方面，多晶硅远不如单晶硅明显；在电学性质方面，多晶硅的导电性也远不如单晶硅显著，甚至几乎没有导电性。在化学活动性方面，两者的差异极小。多晶硅和单晶硅可以从外观上加以区别，但真正的鉴别须通过分析测定晶体的晶面方向、导电类型和电阻率等。

多晶硅可由熔融的单质硅在过冷条件下自由结晶而得。单晶硅的制法通常是先制得多晶硅或无定形硅，然后用直拉法或悬浮区熔法，从熔体中生长出棒状单晶硅。

4. 硅的半导体性质及其内部结构

电阻率介于导体和绝缘体之间（电阻率为 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 之间）的物质叫做半导体。具有半导体性质的物质很多，如硅、锗、磷、砷、硒、碘、砷化镓、碳化硅、氧化锌、硫化锌等都具有半导体性质。但是，具有半导体性质的物质并不都能作为半导体材料使用。例如，碘和砷很容易升华；磷和砷有毒；碲在自然界中含量太低；硼和碳化硅的熔点太高，不便加工；等等。由于种种原因，目前得到实际应用的半导体材料主要是硅、锗和砷化镓，其中以硅的产量为最大，应用也最为广泛。

金属作为良导体是由于在金属晶体中有大量自由电子，当金属导体两端加上电压时，自由电子能按一定方向沿导体运动。在硅晶体中，硅原子外层的4个电子都已与相邻的4个硅原子形成共价键，没有多余电子。但是由于电子在一定温度下，可以作一定的热运动，而硅的核外电子受核的束缚力并不很大，当电子由于热运动或受光的照射产生足够的能量时，有可能摆脱原子核的束缚成为自由电子。同时，硅晶体中一旦有自由电子脱离原子核的束缚，这个原子就少了1个电子，形成1个空位置，叫作“空穴”。空穴就像是带正电荷的粒子。当硅材料两端接上电源时，自由电子就向正极一端移动，自由电子留下的空穴，就可能被附近共价键中的另1个电子所填满，这又使附近的共价键中出现1个新的空穴。这样一连串的空穴不断出现，又有一连串的电子上前去填满它，于是在硅晶体内部

^① 不掺杂质的纯净的半导体材料。

就出现了自由电子和空穴按相反方向分别移向电源的正极和负极（图 7-1）的现象。这就是硅晶体具有一定的导电能力的原因。

硅晶体靠自由电子和空穴运动而导电的原理，与金属单靠自由电子运动导电不同。硅晶体中自由电子和空穴的数量很少，所以导电能力不如金属晶体。另外，当温度升高时，金属由于其原子的振动变得更加剧烈，电子运动时的阻力增大，导电能力下降。而对硅晶体来说，升高温度或者给予光照射，会使电子的能量增加，从而使其成为自由电子的可能性增大，于是硅晶体的导电能力增强。

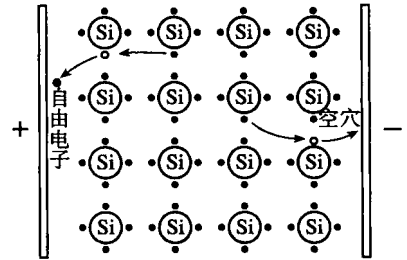


图 7-1 自由电子和空穴在电场中的运动

除了升高温度和接受光照射能提高硅晶体的导电能力外，在极纯净的硅晶体中有意掺入微量的杂质，也会使半导体的导电能力大大增强。掺到硅晶体中的杂质有两种类型，一类是 VA 族元素，如磷或砷等；另一类是 IIIA 族元素，如硼或镓等。

当硅晶体中掺有磷时，少数硅原子被磷原子取代，磷原子有 5 个价电子，它与周围硅原子组成共价键时多出 1 个价电子，这个电子受磷原子核的束缚很弱，很容易成为自由电子（图 7-2），磷原子失去 1 个价电子后成为正离子。由于掺磷后的半导体自由电子数显著增多，也就是说这类半导体主要是靠自由电子导电的，因此叫做电子型半导体，或“n 型”半导体。

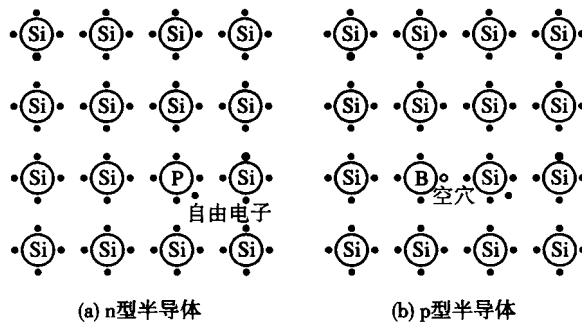


图 7-2 硅晶体中的杂质

当硅晶体掺有硼杂质时，少数硅原子被硼原子取代，硼原子只有 3 个价电子，它与周围硅原子组成共价键时，少了 1 个电子，从而形成 1 个空穴（图 7-2），附近共价键中的电子很容易前来填补，同时使硼原子获得 1 个电子成为负离子。这类半导体与上述 n 型半导体相反，它的空穴数量会显著增加，主要靠空穴导电，这类半导体就叫做空穴型半导体或“p 型”半导体。

作为半导体材料的硅晶体，对纯度的要求非常高，硅的质量分数通常在 99.999 9%~99.999 999 9% 以上，有意掺入的杂质种类和数量是经严格控制的。杂质对半导体材料的

性能影响极大，如所掺入的杂质原子数从相当于硅原子数的百亿分之一变化到千分之一时，n型硅的电阻率约从 $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 变化到 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

利用掺入杂质的办法，可以使一块硅单晶内有的地方主要是靠自由电子导电，有的地方则主要靠空穴导电，迫使半导体内部的电子作复杂的运动，这样就能制造出具有各种功能的半导体器件。

5. 石英电子钟表

石英电子钟表简称石英钟表，包括石英手表和石英钟。石英钟表有指针式、数字式和双显式3种。其主要部件有石英谐振器、集成电路、步进电机（用于指针式）、液晶显示屏（用于数字式）、手表电池或交流电源，此外，还有导电橡胶、微调电容、照明灯泡、蜂鸣器等元件。

指针式和数字式石英手表的基本构成如图7-3所示。

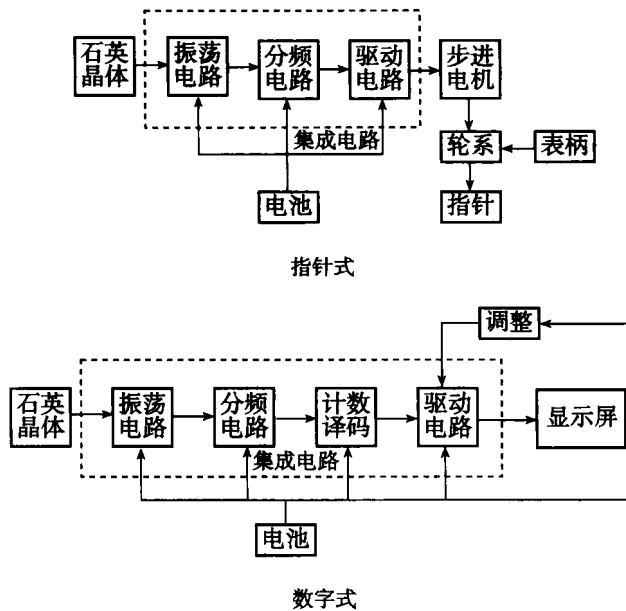


图 7-3 指针式和数字式石英手表的基本构成

6. C_{60}

(1) C_{60} 的发现

1985年，美国科学家克罗托（H. W. Kroto）等使用质谱仪，严格控制实验条件，获得了以 C_{60} 为主的质谱图。由于受建筑学家布克米尼斯特·富勒（Buckminster Fuller）设计的球形薄壳建筑结构的启发，克罗托等提出 C_{60} 是由 60 个碳原子构成的球形 32 面体，即由 12 个五边形和 20 个六边形构成。其中五边形彼此不相连，只与六边形相连。每个碳原子以 sp^2 杂化轨道和相邻的 3 个碳原子相连，剩余的 p 轨道在 C_{60} 分子的外围和内腔形成 π 键。随后将 C_{60} 分子命名为布克米尼斯特·富勒烯（Buckminsterfullerene）。由于 C_{60} 分子的结构酷似足球，所以又称其为足球烯（Footballene）。除 C_{60} 外，具有封闭笼状结

构的还可能有 C_{28} 、 C_{32} 、 C_{50} 、 C_{70} 、 C_{84} 、…… C_{240} 、 C_{540} 等，统称为 Fullerenes，中文译名为富勒烯。

(2) C_{60} 的超导性

1991年，赫巴德 (Hebard) 等首先提出掺钾 C_{60} 具有超导性，超导起始温度为 18 K，打破了有机超导体 $(Et)_2Cu[N(CN)_2]Cl$ 超导起始温度为 12.8 K 的纪录。不久又制备出 Rb_3C_{60} 的超导体，超导起始温度为 29 K。表 7-1 列出了已合成的各种掺杂 C_{60} 的超导体和超导起始温度，说明掺杂 C_{60} 的超导体已进入高温超导体的行列。我国在这方面的研究也很有成就，北京大学和中国科学院物理所合作成功地合成了 K_3C_{60} 和 Rb_3C_{60} 超导体，超导起始温度分别为 8 K 和 28 K。有科学家预言，掺杂 C_{240} 和掺杂 C_{540} ，有可能合成出具有更高超导起始温度的超导体。

表 7-1 A_3C_{60} 的超导起始温度 (T_c)
(A: K, Rb, Cs)

A_3	K_3	K_2Rb	$Rb_{1.5}K_{1.5}$	Rb_2K (#1)	Rb_2K (#2)	Rb_3	Rb_3Cs	$RbTl_2$	Cs_3
T_c/K	19.28	21.80	22.15	24.40	26.40	29.40	31.3	42.5	30

(摘自《今日化学》，固体碳的一种新形态—富勒烯，顾镇南、张泽莹)

第二节 硅酸盐工业简介

【教学目的要求】

使学生对硅酸盐工业的某些产品 (玻璃、水泥和陶瓷) 有一个大致的印象，激发学生学习的兴趣。

【教学重点】

硅酸盐产品的主要组成特点和应用。

【教材分析和教学建议】

硅酸盐工业产品种类很多，反应原理也比较复杂，本节中只择要介绍了玻璃、水泥和陶瓷的主要原料、生产方法和重要用途。

具体教学建议如下：

1. 本节教材内容比较多，涉及到一些硅酸盐工业产品的原理及流程，又无课堂实验，较难激发学生浓厚的学习兴趣。为此，教学时可提出一些问题引入课题，以激发学生学习的兴趣。例如，制造水泥、玻璃、陶瓷的主要原料是什么？为什么有的玻璃呈红色，有的呈蓝色或绿色？教师可以结合讲授有关内容，提出并解答这些问题。在教学中，要充分利用实物、挂图、录像片等直观教具。有条件的学校可采用现场参观等形式配合教学。还可

建议学生课外阅读有关玻璃、水泥、陶瓷等内容的科普读物，以扩大学生的知识面。

2. 要充分利用教材，指导学生阅读课文、培养学生的自学能力。教师在讲解本节内容时，可结合水泥的产量、我国陶瓷在世界上的影响等，对学生进行爱国主义教育，以增强学生的民族自豪感。

3. 在具体介绍玻璃、水泥、陶瓷的有关知识时，要考虑到学生原有的知识基础，注意掌握教材的深广度，不宜任意加深。

【部分习题参考答案】

二、(1) 1 : 1 : 6 (2) 222 kg 209 kg 753 kg

【资料】

1. 水泥

(1) 水泥发展简史

水泥的历史最早可追溯到古罗马人在建筑工程中使用的石灰与火山灰的混合物，这种混合物与现代的石灰火山灰水泥很相似。用它胶结碎石制成的混凝土，硬化后不但强度较高，而且还能抵抗淡水和盐水的侵蚀。在相当长的一段历史时期内，它作为一种重要的胶凝材料，广泛应用于建筑工程。1756年，英国工程师斯米顿在研究某些石灰在水中硬化的特性时发现：要获得水硬性石灰，必须采用含有粘土的石灰石来烧制；用于水下建筑的砌筑砂浆，最理想的成分是由水硬性石灰和火山灰配成。这个重要的发现为近代水泥的研制和发展奠定了理论基础。1796年，英国人帕克用泥灰岩烧制出一种水泥，外观呈棕色，很像古罗马时代的石灰和火山灰混合物，因此将其称之为罗马水泥。由于它是采用天然泥灰岩作原料，不经配料直接烧制而成的，因而又叫天然水泥。罗马水泥具有良好的水硬性和快凝特性，除用于一般的建筑工程外，特别适用于与水接触的工程。罗马水泥广泛应用于土木工程中的兴盛时期，一直延续到1850年，以后才逐渐被波特兰水泥所替代。波特兰水泥是英国建筑工人阿斯普丁在前人工作的基础上，通过不断试验和实践，用石灰石和粘土为原料，按一定比率配合后，在类似于烧石灰的立窑内煅烧成熟料，再经磨细制成的水泥。1824年阿斯普丁首先取得了这种水泥的专利权。由于这种水泥硬化后的颜色与英格兰岛上波特兰地方用于建筑的石头相似，阿斯普丁将它命名为波特兰水泥。波特兰水泥具有优良的建筑性能，逐渐取代了其他种类的胶凝材料，如水硬性石灰、罗马水泥等，应用日益广泛。波特兰水泥的发明，在水泥史上具有划时代的意义。从此，水泥的发展进入了一个新的历史时期。

20世纪以来，随着人们对建筑工程的要求日益提高，在不断改进波特兰水泥性能的同时，研制成功了一批适用于特殊建筑工程的水泥，如高铝水泥、特种水泥等。

我国的水泥工业创始于1889年。当时的河北唐山开平煤矿附近，设立了用立窑生产的唐山“细绵土”厂。1906年在该厂的基础上建立了启新洋灰公司，年产水泥 4×10^4 t。

我国水泥工业从 1889 年起至 1949 年的 60 年中，发展迟缓，不但生产规模小，而且生产技术落后，分布也不合理，大多集中在东北和沿海一带，全国的水泥年产量最高时仅达 2.29×10^6 t。

新中国建立后，通过改造旧有企业与建立新厂，水泥年产量从 1949 年的 6.6×10^5 t 提高到 1984 年的 1.2302×10^8 t（不包括台湾省的产量）。品种也大量增加，据 1982 年统计，列有各种标准的水泥有 40 种。1952 年制订了第一个全国统一标准，确定水泥生产以多品种、多标号为原则，并将波特兰水泥按其所含的主要矿物组成改称为硅酸盐水泥，后又改称为硅酸盐水泥至今。70 年代以来，中国水泥工业除发展以回转窑生产的大、中型水泥厂外，用立窑生产的水泥厂也获得迅速发展，立窑生产的水泥产量逐年增加。

(2) 水泥的分类

我国标准规定，水泥按其用途及性能可分为三大类：用于一般土木建筑工程的水泥，如纯熟料硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、混合硅酸盐水泥等；适用于某种工程的专用水泥，如油井水泥、型沙水泥等；某些性能较突出的特种水泥，如快硬硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥、膨胀水泥等。水泥按其主要由水硬性矿物名称不同，又可分为：硅酸盐水泥（产量最大，品种最多）、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥以及少熟料和无熟料水泥等。

(3) 水泥的性能标准

细度 水泥的粗细程度、颗粒大小影响它的胶凝性质。水泥磨得细，早期强度发挥快。细度常以标准筛的筛余百分数或比表面积表示。不同品种的水泥，细度往往不相同。我国标准规定：硅酸盐水泥的细度为 0.080 mm 方孔筛筛余不得超过 12%；快硬硅酸盐水泥则不得超过 10%。

凝结时间 水泥的凝结时间分为初凝和终凝。初凝是指水泥从加水拌和开始，到失去流动性所经过的时间。终凝是指水泥从加水拌和开始，到能承受一定压力的硬化体所经历的时间。水泥凝结时间过快或过慢，将直接影响混凝土的灌注和施工进度。我国标准规定：硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰水泥和粉煤灰水泥的初凝时间不得早于 45 min，终凝时间不得迟于 12 h。高铝水泥的初凝时间不得早于 40 min，终凝时间不得迟于 10 h。

安定性 水泥浆硬化后，由于水泥中存在过量的氧化钙、氧化镁或硫酸盐而产生不均匀的体积变化，以致造成水泥石（水泥硬化体的简称）的开裂，甚至崩溃，严重影响建筑工程质量。因此，对水泥和熟料的上述组分都有限量规定。中国标准规定：硅酸盐水泥中三氧化硫的质量分数不得超过 3.5%，熟料中氧化镁的质量分数不得超过 5%。

(4) 硅酸盐水泥熟料形成过程中的物理化学变化

硅酸盐水泥熟料主要由 75%（质量分数）左右的硅酸盐矿物——硅酸三钙 ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、硅酸二钙 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) 和 22%（质量分数）左右的熔剂矿物——铝酸三钙 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)、铁铝酸四钙 ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 组成。水泥生料在窑内的煅烧

过程，实质上也是熟料矿物形成的过程。按生料在窑内发生各种不同的反应过程，人们将窑划分为6个带，即干燥带、预热带、碳酸盐分解带、放热反应带、烧成带和冷却带。生料在各带发生的物理化学和热化学变化见表7-2。

表 7-2 水泥生料在窑内的物理化学变化

各带名称	温度范围/°C	物理化学变化	热化学变化
干燥带	~100	生料自由水蒸发	吸热
预热带	100~500 500~600	生料预热 粘土脱水并分解为 SiO ₂ 和 Al ₂ O ₃	吸热
碳酸盐分解带	600~1 000	碳酸盐（主要是碳酸钙）分解	吸热
放热反应带	800~1 300	生成部分熟料矿物 CaO · Al ₂ O ₃ 、2CaO · Fe ₂ O ₃ 、2CaO · SiO ₂ 、12CaO · 7Al ₂ O ₃ ，并出现液相	放热
烧成带	1 300→1 450 →1 300	生成主要熟料矿物 3CaO · SiO ₂	放热
冷却带	1 300→1 000	部分 4CaO · Al ₂ O ₃ · Fe ₂ O ₃ 和 3CaO · Al ₂ O ₃ 结晶出来，慢冷的熟料粉化；3CaO · SiO ₂ 易分解；3CaO · Al ₂ O ₃ 、方镁石晶态完整粗大；这些均对熟料质量有不良影响。	放热

2. 玻璃

(1) 玻璃制造简史

公元前 2600 年，巴比伦已有绿色玻璃棒。公元前 2500 年，美索不达米亚地区和埃及已能制造玻璃珠。最早的玻璃器物由玻璃块凿制而成。公元前 1200 年，埃及人采用开口模型将玻璃压成碗、盘、杯等制品。我国古代玻璃制造技艺萌芽于西周。战国时期出现含铅和钡硅酸盐玻璃。汉代已有模压、铸压的玻璃壁、珠等。公元 1 世纪，罗马人制出具有图案的套料刻花、雕花玻璃瓶，使玻璃开始从装饰品发展到日用品。11 世纪到 16 世纪，意大利的威尼斯成为玻璃的制造中心。12 世纪制造出商品玻璃，开始成为工业材料。18 世纪因望远镜的研究要求，制造出消色差透镜用的光学玻璃。1873 年比利时首先制出平板玻璃。19 世纪路布兰制碱法的大规模工业化，促进了玻璃生产的迅速发展，美国开始大批量连续生产平板玻璃和窗玻璃。在近 30 年~40 年内，玻璃品种发展很快，现约有近千种，广泛用于建筑、日用、医疗、化学、光学、电子仪表、核工程等领域。产量和生产规模最大的是平板玻璃。我国 1981 年、1982 年和 1983 年的平板玻璃年产量分别为 3 064 万、3 546 万和 4 163 万标准箱（每一标准箱为 2 mm 厚的玻璃 10 m²）。

(2) 玻璃的分类

玻璃通常按其主要化学成分来分类，可分成氧化物玻璃和非氧化物玻璃两大类（表

7-3)。后者的品种和数量均很少，有硫化物玻璃和氟化物玻璃。氧化物玻璃又可分为硅酸盐、磷酸盐和硼酸盐玻璃。其中产量最大、品种最多的是硅酸盐玻璃（主要有钠钙硅玻璃、钠钡硅玻璃、钠铝硅玻璃）。玻璃也可以按其用途分为日用、建筑、化学、电真空、光学、医疗器械和食品包装玻璃等；按性质分则有耐热、耐酸、无碱和防射线、隔热及电绝缘玻璃等。

表 7-3 玻璃的分类

类别	主要组成*	性质	用途
石英玻璃	SiO ₂ 99.5%	耐高温，膨胀系数低，耐热震性、化学稳定性和电绝缘性好，透紫外、红外线	半导体、电光源、光导纤维、激光技术、光学仪器等
硅酸盐玻璃	SiO ₂ 70%	良好的化学稳定性和光学性	建筑、日用化工、科学仪器、仪表等
钠钙硅玻璃	除 SiO ₂ 外，有 CaO 16%，Na ₂ O 15%	普通硅酸盐玻璃	平板玻璃、瓶、罐、灯泡
钠钡硅玻璃	以 BaO 取代 CaO	有较好的光学性	光学玻璃仪器
钠铝硅玻璃	Al ₂ O ₃ 20%（质量分数，下同）以上	较好的化学稳定性、电绝缘性，机械强度较低，热膨胀系数和粘度大，熔制温度高	化工玻璃管道、低碱玻璃纤维
铅硅酸盐玻璃	SiO ₂ 、B ₂ O ₃ ，一定量的 PbO	折射率高，吸收 X、Y 射线，光泽好，密度大，软化程度低	光学仪器、电真空、艺术器皿、防辐射、低温封接
磷酸盐玻璃	以 P ₂ O ₅ 为主	透紫外线、色散低，化学稳定性差	低色散的光学玻璃等
硼硅酸盐玻璃	B ₂ O ₃ 6%~13%	热膨胀系数小，化学稳定性、强度、硬度、抗磨性均高，色散少，B ₂ O ₃ >10% 者易分相，抗碱性差	仪器玻璃、医用玻璃、光学和耐热玻璃
	B ₂ O ₃ 13% 以上（约 42%）	折射率高，色散低，具光色互变效应，膨胀系数高	强光防护和光学仪器透镜材料、电真空用钨丝玻璃
氟化物玻璃	以 BeF ₂ 、PbF ₂ 为主	折射率小于 1.45，化学稳定性差，易潮湿，易失去透明性	低折射率玻璃和易熔玻璃
硫系化合物玻璃	硫、硒、碲化合物为主	电阻低、具开关与记忆特性、透红外波长至 20 μm，熔化温度和软化温度均低，耐酸性好	半导体远红外的重要设备，光贮存