

图书在版编目 (CIP) 数据

人类文明的标志 : 无机非金属材料 崔源声主编 济南 :
山东科学技术出版社 2000.12
(21 世纪学科发展丛书)
陈景润 蔡元培 陈景润 蔡元培

I Ⅰ队人... II Ⅱ崔... III Ⅲ无机材料 : 非金属材料 原普
及读物 IV Ⅳ材料科学 原普

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 000000 号

21 世纪学科发展丛书·无机非金属材料

丛书主编 周光召

人类文明的标志

主编 崔源声 副主编 吕裕清 主审 戎培康

出版者 : 山东科学技术出版社
(济南市玉函路 157 号)

邮 编 : 250014

电 话 : (0531) 5260000

网 址 : <http://www.sdpress.com.cn>

发 行 者 : 山东省新华书店

印 刷 者 : 山东新华印刷厂临沂厂

版 次 : 2001 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 : 1-10000

规 格 : 160mm×240mm 1/32 开本

印 张 : 4

插 页 : 源

字 数 : 100 千字

陨杂月晕 陈景润 蔡元培 陈景润 蔡元培

定 价 : 5.00 元

(如印装质量有问题 , 请与印刷厂联系调换)

本书编委会

主任:吴兆琦 潘东晖
副主任:谭 抚 晋占平 胡幼奕
编委:王 政 崔源声 戎培康 黄 勇
汪长安 项桂玲 吕裕清 郝振华
孙铁石 何洪鹏 王新春

编写人员:

第一章 兰明章 尚百雨(北京工业大学)
第二章 王子明(北京工业大学)
第三章 黄幼榕(中国建筑材料科学研究院)
第四章 黄 勇 洪彦若 咎青峰(清华大学)
第五章 陈天鹏(人工晶体研究院)
第六章 戎培康(国家建材局技术情报研究所)
第七章 李彦春 胡幼奕(国家建材局技术情报研究所)
第八章 陈立泉(中科院物理研究所)

前 言

本书旨在介绍无机非金属材料学的内容,无机非金属材料在科技发展中的地位 and 作用,它的发展历程,学科的重大成果及其发展现状,以及它在 21 世纪的发展趋势和前景等。

能源、材料与信息是当代文明的三大支柱,材料又是其他两者的基础。材料一般可分为金属材料、无机非金属材料及高分子材料三类。

人类是在利用作为无机非金属材料的最初级形式或原料的非金属矿物资源的过程中诞生和发展起来的。在人类社会的发展过程中,又根据人类生活生产的需要带动材料的开发利用,而材料的每一次发展和进步又促进人类科学技术和社会经济的发展。公元前 2500 年人类开始从矿石中提炼金属,并使用金属材料,从而人类从石器时代开创和进入了金属时代,无机非金属材料退居次要地位。而随着现代科学技术革命的兴起和新兴产业的发展,非金属材料在科学技术和经济建设中的作用和地位重又逐渐上升。到 20 世纪末,尽管金属材料仍然占据材料领域的主导地位,然而不断发展的无机非金属材料

的应用比例,已占全部材料的 $\frac{1}{3}$ 左右,并在逐步部分地取代金属材料。与此同时,金属材料、无机非金属材料、高分子材料又相互交叉渗透和复合,形成性能更优异、功能更齐全的新型材料。人类进入 21 世纪后,各个工业领域所采用的材料结构和比例将会发生很大的变化。新型材料的产生将推动机械、电子、交通、航天和国防等工业新型产品的开发利用和传统产品的更新换代。以无机非金属材料为龙头的新型材料的开发利用程度已成为人类进入信息和知识经济时代科学技术和经济建设发展的标志之一。编者希望通过本书使读者了解无机非金属材料的发展趋势,来关注和推动它的发展。

本书是由中国硅酸盐学会和中国硅酸盐学会科普工作委员会组织有关专家学者编写的,共分八章,涵盖以硅酸盐材料为主的各种无机非金属材料。

在编写过程中,作者所在的各单位给予了大力的支持,国家建材局和中硅会的有关专家和领导提供了帮助和指导,使本书得以顺利完成,在此一并致谢。

本书是根据统一的提纲编写的,但是由于各章分别出于不同作者之手,各分学科的发展历程和水平各不相同,且涉及的范围过广、资料收集难度较大,致使各章的写作风格和内容深度不相一致。此外,由于我们水平有限,全书中的疏漏和谬误在所难免,敬请社会各界不吝指正。

编委会

二〇〇一年 猴月

目 录

| | |
|-------------------------------------|---|
| 第一章 水 泥..... | 员 |
| 第一节 概述..... | 圆 |
| 一、“建筑工业的粮食”——水泥 | 圆 |
| 二、水泥的诞生 | 猿 |
| 三、三大系列水泥 | 源 |
| 第二节 原燃材料..... | 缘 |
| 一、“点石成金” | 缘 |
| 二、辅助原料和校正原料..... | 远 |
| 三、燃料..... | 愿 |
| 第三节 水泥的生产..... | 愿 |
| 一、“旋、立之斗与干、湿之争” | 怨 |
| 二、“真金不怕火炼”——水泥的煅烧 | 员 |
| 三、“好事多磨”——水泥的粉磨 | 圆 |
| 第四节 水泥的水化和硬化 | 缘 |
| 一、“八仙过海,各显其能”——熟料单矿物的水化 | 缘 |
| 二、“员圆≠圆”——水泥的水化及硬化水泥浆体的 形成 | 愿 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第五节 水泥的性能 | 160 |
| 一、水泥石的强度 | 160 |
| 二、“安定压倒一切” | 161 |
| 三、“时间就是生命” | 162 |
| 第六节 水泥的寿命——结构决定性质 | 163 |
| 一、抗渗性 | 163 |
| 二、抗冻性 | 164 |
| 三、环境与水泥石的寿命 | 164 |
| 四、不容忽视的碱 原集料反应 | 165 |
| 第七节 其他水泥 | 166 |
| 一、耐火的铝酸盐水泥 | 166 |
| 二、第三系列水泥 | 166 |
| 三、变废为宝——混合材在水泥工业中的应用 | 166 |
| 四、特种高强水泥 | 167 |
| 第八节 大有作为的水泥工业 | 168 |
| 第二章 混凝土及水泥制品 | 168 |
| 第一节 概述 | 168 |
| 一、混凝土改变了我们的世界 | 168 |
| 二、历史悠久的老材料 | 168 |
| 三、混凝土与水泥的联系与区别 | 169 |
| 四、最大宗的建筑材料和用量最大的人造材料 | 169 |
| 五、前途光明的新型混凝土材料 | 169 |
| 第二节 混凝土的原材料——“粗中有细” | 169 |
| 一、“点土成石”的胶凝材料 | 169 |
| 二、“不屈不挠”的集料(骨料) | 170 |
| 三、混合材——变废为宝,体现价值 | 170 |
| 四、水——生长成熟都靠我 | 170 |
| 五、化学外加剂——混凝土的味精 | 170 |
| 第三节 新拌混凝土与冰淇淋 | 170 |

| | |
|------------------------|---|
| 一、研究冰淇淋的启示 | 缘 |
| 二、新拌混凝土的工作性与流变特性 | 缘 |
| 三、宾汉姆模型 | 缘 |
| 四、流变性能的测试方法 | 缘 |
| 第四节 坚若磐石的混凝土 | 缘 |
| 一、混凝土与岩石的强度 | 缘 |
| 二、混凝土与岩石的渗透性 | 远 |
| 三、脆性与裂缝 | 远 |
| 第五节 混凝土材料的寿命 | 远 |
| 一、混凝土结构的寿命有多长 | 远 |
| 二、裂缝与混凝土的寿命 | 远 |
| 三、食盐与钢筋混凝土的寿命 | 缘 |
| 四、长寿命混凝土与环境保护 | 远 |
| 第六节 多姿多彩的混凝土 | 远 |
| 一、彩色装饰混凝土 | 远 |
| 二、植生型生态混凝土 | 远 |
| 三、透水混凝土材料 | 远 |
| 四、纤维增强水泥混凝土 | 远 |
| 第七节 神奇的功能混凝土 | 远 |
| 一、会呼吸的混凝土 | 远 |
| 二、与金属材料媲美的 磁吸 | 远 |
| 三、会自己诊断的智能混凝土 | 远 |
| 四、杀菌混凝土 | 远 |
| 五、环保再生混凝土 | 远 |
| 第三章 玻璃 | 远 |
| 第一节 玻璃的起源和历史进程 | 远 |
| 一、腓尼基人传说 | 远 |
| 二、埃及和中国是玻璃的发明者 | 远 |
| 三、玻璃发展的历史进程 | 远 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 第二节 玻璃的奥秘 | 愿源 |
| 一、玻璃的本质和结构 | 愿源 |
| 二、玻璃的特征和物理化学性质 | 愿远 |
| 三、玻璃是如何制造的? | 愿远 |
| 第三节 玻璃大世界 | 愿源 |
| 一、平凡而伟大的日用玻璃 | 愿源 |
| 二、本领非凡的光学玻璃 | 愿远 |
| 三、奇特的激光玻璃 | 愿远 |
| 四、玻璃半导体 | 愿远 |
| 五、与众不同的微晶玻璃 | 愿源 |
| 六、小中有大的多孔玻璃 | 愿源 |
| 七、神通广大的光通讯纤维(又称光学纤维或光导纤维) | 愿缘 |
| 八、搪瓷 | 愿远 |
| 九、玻璃之王——石英玻璃 | 愿远 |
| 十、玻璃制造新工艺 | 愿远 |
| 第四节 世纪的玻璃 | 愿远 |
| 一、玻璃的本来面目 | 愿远 |
| 二、玻璃的新发展 | 愿远 |
| 结束语 | 愿远 |
| 第四章 先进陶瓷与高级耐火材料 | 愿远 |
| 第一节 概述 | 愿源 |
| 第二节 陶瓷的发展史 | 愿缘 |
| 第三节 先进陶瓷材料优异性能的由来 | 愿远 |
| 一、什么是陶瓷 | 愿远 |
| 二、陶瓷的生产 | 愿远 |
| 三、陶瓷的本质——陶瓷的微观结构 | 愿缘 |
| 四、陶瓷的未来 | 愿远 |
| 第四节 丰富多彩的陶瓷世界 | 愿远 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 一、科学技术的发展离不开陶瓷 | 页源 |
| 二、陶瓷可以作发动机吗? | 页源 |
| 三、透明陶瓷 | 页远 |
| 四、会说话的陶瓷 | 页惠 |
| 五、会报警的陶瓷——敏感陶瓷 | 页园 |
| 六、航天保护神——烧蚀材料 | 页园 |
| 七、多才多艺的信息功能陶瓷 | 页蒙 |
| 八、导电能力比铜、银更好的陶瓷——超导陶瓷 | 页缘 |
| 九、人类健康的希望——生物医用陶瓷 | 页苑 |
| 第五节 高温技术的基础材料——耐火材料 | 页惠 |
| 一、什么是耐火材料 | 页惠 |
| 二、先进陶瓷与高级耐火材料 | 页惠 |
| 三、耐火材料的特性 | 页园 |
| 四、耐火材料的发展与高温技术进步 | 页源 |
| 五、可用于耐火材料的矿物原料 | 页源 |
| 六、耐火材料的工艺特征 | 页缘 |
| 七、多种多样的耐火材料 | 页苑 |
| 八、耐火材料与国民经济建设 | 页园 |
| 九、耐火材料展望 | 页员 |
| 第五章 人工晶体 | 页蒙 |
| 第一节 概述 | 页源 |
| 一、什么是晶体 | 页缘 |
| 二、晶体的结构特征 | 页苑 |
| 三、天然晶体的同胞兄弟——人工晶体 | 页惠 |
| 四、我国人工晶体材料发展概况 | 页园 |
| 第二节 晶体是怎样生成的 | 页园 |
| 一、晶体生长的基本原理 | 页园 |

| | |
|--|----|
| 二、晶体生长技术的分类 | 页源 |
| 三、熔体晶体生长 | 页缘 |
| 四、溶液晶体生长 | 页愿 |
| 五、气相生长 | 页员 |
| 六、固相生长 | 页源 |
| 七、空间微重力晶体生长 | 页缘 |
| 第三节 现代科学技术中的人工晶体材料 | 页远 |
| 一、信息技术的主体——半导体材料 | 页远 |
| 二、五光十色的激光晶体 | 页愿 |
| 三、能使激光改变颜色的非线性光学晶体 | 页员 |
| 四、千里眼——探测器晶体材料 | 页园 |
| 五、能产生振荡的压电晶体 | 页猿 |
| 六、坚硬无比的超硬晶体 | 页源 |
| 七、探测射线用的闪烁晶体 | 页缘 |
| 第四节 瑰丽多彩的人工宝石 | 页苑 |
| 一、宝石的定义 | 页苑 |
| 二、人工合成宝石 | 页愿 |
| 第五节 人工晶体材料发展展望 | 页猿 |
| 第六章 非金属矿 | 页苑 |
| 第一节 概述 | 页愿 |
| 第二节 人类社会的发展由旧石器时代开始 重又进入第三个“石器时代” | 页园 |
| 一、人类历史就是从利用非金属矿开始的 | 页园 |
| 二、人类社会无处不在的非金属矿 | 页员 |
| 三、非金属矿业随社会经济的发展而发展 | 页园 |
| 四、人类进入第三个“石器时代” | 页源 |
| 第三节 非金属矿和非金属矿物材料是如何 取得的 | 页缘 |
| 一、非金属矿是怎样开采出来的 | 页远 |

| | |
|---|-----|
| 二、非金属矿物和岩石材料的制备 | 106 |
| 第四节 今日非金属矿 | 107 |
| 一、非金属矿——当今世界矿业界的热点 | 107 |
| 二、非金属矿资源的广、深、长 | 108 |
| 三、非金属矿工业登上一个新台阶 | 109 |
| 四、深加工——非金属矿发展的中心 | 110 |
| 第五节 21世纪非金属矿物材料发展展望 ... | 110 |
| 一、非金属矿物的基础研究将得到进一步的重视 和发展 | 110 |
| 二、实现非金属矿物材料的设计 | 111 |
| 三、环境矿物材料将得到大力发展,并在环境保护 生态平衡中起到重要作用 | 111 |
| 四、新技术、新工艺、新材料将会不断涌现 | 112 |
| 五、纳米矿物材料的研究开发和应用将得到广泛 的重视,取得显著的成就 | 112 |
| 六、非金属矿深加工技术必将取得长足的发展 | 113 |
| 第七章 玻璃钢(玻璃纤维增强塑料) | 114 |
| 第一节 概述 | 114 |
| 第二节 玻璃钢的定义 | 115 |
| 一、玻璃钢与复合材料之间的关系 | 115 |
| 二、玻璃钢 复合材料的三大要素 | 116 |
| 第三节 我国玻璃钢的发展历史 | 116 |
| 第四节 玻璃钢的基本特性 | 117 |
| 一、玻璃钢的力学性能 | 117 |
| 二、玻璃钢的物理性能 | 118 |
| 三、玻璃钢的老化性能 | 119 |
| 第五节 21世纪末玻璃纤维增强塑料发展状况 及应用 | 119 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 一、玻璃钢 复合材料在建筑工业中广泛应用 ... | 圆圃 |
| 二、玻璃钢 复合材料在化工防腐方面的应用 ... | 圆藪 |
| 三、玻璃钢 复合材料在交通运输中的应用 | 圆源 |
| 四、玻璃钢 复合材料已逐渐成为国民经济不可 缺少的新材料 | 圆缘 |
| 第六节 圆世纪玻璃钢 复合材料的发展趋势 | 圆沅 |
| 第八章 固体离子学 | 圆猿 |
| 第一节 玻璃、食盐与固体离子学 | 圆源 |
| 第二节 从能导电的陶瓷和玻璃来谈固体离子 学的基本理论 | 圆愿 |
| 第三节 丰富多彩的固态离子材料 | 圆员 |
| 一、固体电解质 | 圆员 |
| 二、混合离子导体 | 圆苑 |
| 第四节 从手机和电动车来看我们身边的固体 离子学 | 猿园 |
| 一、电池 | 猿园 |
| 二、传感器 | 猿猿 |
| 三、电化学器件 | 猿缘 |
| 第五节 圆世纪固体离子学的展望 | 猿苑 |

第 1 章

21 世纪学科发展丛书

水 泥

第一节 概 述

一、“ 建筑工业的粮食 ”——水泥

水泥是建筑工业三大基本材料之一 ,用途广 ,用量大 ,素有“ 建筑工业的粮食 ”之美誉。

水泥不但大量应用于工业与民用建筑 ,还广泛应用于交通、城市建设、农林、水利以及海港等工程 ,制成各种形式的混凝土、钢筋混凝土的构件和构筑物。而水泥管、水泥船等各种水泥制品在代钢、代木方面 ,也越来越显示出技术经济上的优越性。同时 ,也正是由于钢筋混凝土、预应力混凝土和钢结构材料的使用 ,才使高层、超高层、大跨度等以及各种特殊功能的建筑物、构筑物的出现成为可能。此外 ,如宇航工业、核工业以及其他新型工业的建设 ,也需要各种无机非金属材料 ,其中最为基本的则都是以水泥基为主的新型复合材料。因此 ,水泥工业的发展对保证国家建设计划的顺利进行 ,人民生活水平的提高 ,都具有十分重要的意义。而且 ,其他领域的新技术 ,

也必然会渗透到水泥工业中来,传统的水泥工业势必随着科学技术的迅猛发展而带来新的工艺变革和品种演变,应用领域必将有新的开拓。

目前,我国水泥产量已多年位居世界第一。1949年代,我国水泥产量平均年增长 15%,1950年代提高到 17%。1952年水泥总产量达 1.2 亿吨,约占世界产量的 15%。1956年,我国水泥产量约为 1.8 亿吨;如不控制,到 1960年可能超过 2 亿吨,届时将为世界产量的 1/3,产量增长之快举世罕见。

二、水泥的诞生

水泥作为最大宗的建筑材料之一,古老而又年轻。

早在公元前 10000 年,人们就学会了利用石膏和石灰砂浆。古埃及的金字塔及我国的万里长城等宏伟的古建筑,都是用石灰、石膏作为胶凝材料砌筑而成的杰作。到了公元初期,人们又开始学会了应用石灰—火山灰水硬性材料。例如古罗马人就曾发现,在石灰中掺入火山灰不仅强度高,而且能抵抗水的浸析。古罗马的“庞贝”城的遗址以及著名的罗马圣庙等都是用石灰火山灰砌筑而成的代表作。随后,人们又进一步发现在石灰中掺入废陶瓷、碎砖以及煅烧粘土,也可以用来作为具有水硬性的胶凝材料。随着生产的发展和人类文明的进步,于 1824 年又发明了罗马水泥。从此人们开始意识到,要制成水硬性较高的胶凝材料,必须用含有适量(10% ~ 15%)粘土的石灰石(天然水泥岩)经过煅烧才能满足要求。但是,这种天然水泥岩并不是到处可以找到,因此人们就着手人工配制水泥。1824 年,英国泥瓦工约瑟夫·阿斯普丁(Joseph Aspdin)首先取得了生产波特兰水泥即硅酸盐水泥的专利权。随后,许多国家的科学家进一步

运用物理的、化学的方法,并采用了现代化的测试手段研究了水泥的矿物组成和水化机理,发展了水泥生产的新工艺,扩大了水泥的新品种。现在,水泥工业已进入了一个蓬勃发展的阶段。

三、三大系列水泥

随着基本建设发展的需要,水泥品种越来越多。按化学成分分类,水泥可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥等系列,其中以硅酸盐系列水泥应用最广,见表 员原员:

表 员原员 水泥分类

| 系 列 | 类 别 | 品 种 |
|------------------------------|---------|---|
| 硅酸盐水泥 (猿猿猿猿猿) (第一系列水泥) | 通用水泥 | 员 硅酸盐水泥: I 型、II 型 圆 普通硅酸盐水泥 猿 矿渣硅酸盐水泥 源 火山灰质硅酸盐水泥 缘 粉煤灰硅酸盐水泥 远 复合硅酸盐水泥 |
| | 特种硅酸盐水泥 | 员 大坝水泥 (员 中热硅酸盐水泥 (圆 低热矿渣硅酸盐水泥 圆 油井水泥 按 粤 标准分为 粤 月 悦 阅 耘 云 郎 匀 和 允 级 猿 白色硅酸盐水泥 源 快硬硅酸盐水泥 缘 膨胀硅酸盐水泥 (员 矾土膨胀硅酸盐水泥 (圆 明矾石膨胀硅酸盐水泥 (猿 石灰膨胀硅酸盐水泥 远 自应力硅酸盐水泥 苑 抗硫酸盐硅酸盐水泥 愿 道路硅酸盐水泥 怨 快凝快硬硅酸盐水泥 |

(续表)

| 系 列 | 类 别 | 品 种 |
|--------------------------------|----------------------|--|
| 铝酸盐水泥 (快硬铝酸盐) (第二系列水泥) | 耐火铝酸盐水泥 | 快硬铝酸盐水泥 耐火铝酸盐水泥 低钙耐火铝酸盐水泥 纯铝酸钙耐火铝酸盐水泥 |
| | 建筑用铝酸盐水泥 | 快硬高强铝酸盐水泥 膨胀铝酸盐水泥 自应力铝酸盐水泥 |
| 硫铝酸盐水泥 (快硬硫铝酸盐) (第三系列水泥) | 普通硫铝酸盐水泥 | 快硬硫铝酸盐水泥 膨胀硫铝酸盐水泥 自应力硫铝酸盐水泥 高强硫铝酸盐水泥 低碱度硫铝酸盐水泥 |
| | 高铁硫铝酸盐水泥 (铁铝酸盐水泥) | 快硬铁铝酸盐水泥 膨胀铁铝酸盐水泥 自应力铁铝酸盐水泥 高铁铁铝酸盐水泥 |

第二节 原燃材料

一、“点石成金”

我国水泥工业使用的石灰质原料以石灰石为主,少数企业亦有的用泥灰岩、大理岩等。它是水泥熟料中氧化钙(快硬)成分的主要来源,生产1吨熟料约需用石灰石1.5吨,占生料中原料总量的80%以上。现在,世界水泥产量已达1.5亿多吨,可以说现代文明的大厦就是建筑在这些由普通的石头烧成的水泥的基础之上的。是波特兰水泥的发明使这些石头成为了“金子”,构建了人类近代的文明与辉煌。

我国石灰岩资源比较丰富,分布较广。从其形成地