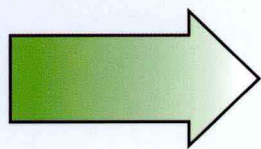


“十二五”上海重点图书
材料科学与工程专业
应用型本科系列教材



面向卓越工程师计划·材料类高技术人才培养丛书

无机非金属材料工程案例分析

主 编 张长森

副主编 陈景华 杨凤玲 于方丽



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

“十二五”上海重点图书

材料科学与工程专业应用型本科系列教材

面向卓越工程师计划·材料类高技术人才培养丛书

无机非金属材料工程案例分析

主 编 张长森

副主编 陈景华 杨凤玲 于方丽



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

无机非金属材料工程案例分析/张长森主编. —上海:华东理工大学出版社,2012.7
ISBN 978-7-5628-3294-2

I. ①无… II. ①张… III. ①无机非金属材料 IV. ①TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 117086 号

“十二五”上海重点图书

材料科学与工程专业应用型本科系列教材

面向卓越工程师计划·材料类高技术人才培养丛书

无机非金属材料工程案例分析

主 编 / 张长森

副 主 编 / 陈景华 杨凤玲 于方丽

责任编辑 / 马夫娇

责任校对 / 金慧娟

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地址:上海市梅陇路 130 号,200237

电话:(021)64250306(营销部) 64251137(编辑部)

传真:(021)64252707

网址:press.ecust.edu.cn

印 刷 / 常熟华顺印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 23.5

字 数 / 597 千字

版 次 / 2012 年 7 月第 1 版

印 次 / 2012 年 7 月第 1 次

书 号 / ISBN 978-7-5628-3294-2/TQ·167

定 价 / 58.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

前 言

在多年的教学实践过程中,编者体会到已有的理论教学体系和实践教学体系与培养工程应用型人才的要求存在一定差距,学生在校期间得到的工程实践训练明显不足,难以实现向实践的转变,其原因之一是学习缺乏联系实际,缺少对工程案例的分析和研究。采用案例教学法,把实际工程事实以书面描述呈现在学生面前,让学生进入被描述的工程情景现场,进入角色,以工程技术人员的身分一起探寻工程得失的经验与教训。通过案例分析,使学生能运用已经掌握的基本理论和基础知识,对描述的工程事实做出分析,从而提高学生综合运用知识、分析问题和解决问题的实践能力。

为了更好地开展案例教学,提高学生的分析问题、解决问题的工程能力,我们编写了本书。它不仅适用于应用型本科高等院校材料专业课程教学,也可作为从事无机非金属材料工程技术人员的参考用书。

本书由张长森主编并统稿。张长森编写第一篇,杨凤玲编写第二篇,陈景华编写第三篇,于方丽编写第四篇。编写过程中,吕海峰、朱顺明提供了部分案例,李玉寿、李延波和诸华军三位教师给予了大力支持和帮助,并做了大量校对工作。

本书在成书过程中,参阅了大量著作和文章,在此向这些作者们表示衷心的感谢。本书在出版过程中,得到盐城工学院教材出版资金的资助,在此表示衷心的感谢。

由于编者经验和水平有限,书中不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 水 泥

第一章 原材料与配料	10
案例 1-1 湿排粉煤灰代替黏土生产低碱水泥	12
案例 1-2 干粉煤灰配料生产水泥及其措施	15
案例 1-3 铅锌尾矿代替黏土和铁粉配料生产水泥熟料	18
案例 1-4 立窑采用劣质煤生产高标号水泥	20
案例 1-5 高硅石灰石在水泥生产中的应用	22
案例 1-6 采用煤矸石配料生产水泥熟料	26
案例 1-7 电石渣替代石灰石生产水泥熟料	29
第二章 生料粉磨与均化	32
案例 2-1 控制生料成分与喂料量波动的措施	35
案例 2-2 生料均化链及粉磨过程中的质量控制	38
案例 2-3 $\phi 3.5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 中卸烘干生料磨提产措施	41
案例 2-4 提高 $\phi 3 \text{ m} \times 9 \text{ m}$ 生料磨机产量的技术措施	44
案例 2-5 $\phi 4.6 \text{ m} \times (10+4) \text{ m}$ 烘干中卸生料磨技改	47
案例 2-6 ATOX-50 立磨提产措施	49
案例 2-7 立式辊磨生料细度的控制	51
第三章 水泥烧成	53
案例 3-1 提高窑产量的途径	55
案例 3-2 5 000 t/d 级水泥熟料烧成系统热工性能分析	58
案例 3-3 江苏某水泥有限公司 5 000 t/d 水泥熟料生产线的设计特点	64
案例 3-4 新型干法水泥窑认识误区及操作控制	67
案例 3-5 稻谷壳在水泥窑中的处理试验	71
案例 3-6 全氧燃烧技术在水泥窑上的应用分析	73
案例 3-7 延长耐火材料在新型干法水泥窑上的使用寿命	76
第四章 水泥制成	79
案例 4-1 水泥磨系统工艺技术管理	81
案例 4-2 水泥磨六级和五级配球方案	86
案例 4-3 用辊压机预粉磨技术改造 $\phi 3 \text{ m} \times 11 \text{ m}$ 水泥磨	91
案例 4-4 用 Sepax 替代 O-Sepa 选粉机改造 $\phi 4.2 \text{ m} \times 13 \text{ m}$ 水泥磨	96
案例 4-5 Sepax 三分离选粉机改造开路水泥粉磨	99
案例 4-6 助磨剂在水泥粉磨中的作用及应用	101

第五章 特种水泥	104
案例 5-1 快硬硫铝酸盐水泥配制商品混凝土在大体积工程中的应用	110
案例 5-2 抗硫酸盐水泥在滨海建筑中的应用	115
案例 5-3 特种水泥配料法——矿物组成配料法	117
案例 5-4 硅石用于中热及抗硫酸盐特种水泥的生产	122
案例 5-5 两种特种水泥熟料的开发生产	125
参考文献.....	128

第二篇 混凝土

第六章 混凝土材料与工程质量	132
案例 6-1 合理使用水泥确保混凝土工程质量	138
案例 6-2 多组分矿物掺合料的应用	140
案例 6-3 大掺量矿物掺合料高性能混凝土在京沪高铁中的应用	142
案例 6-4 外加剂超量引起的混凝土质量事故	143
案例 6-5 水泥安定性不合格产生的质量问题	145
案例 6-6 北河大桥钻孔灌注桩混凝土离析问题	146
案例 6-7 混合砂配制高性能混凝土在铁路工程中的应用	148
第七章 混凝土施工	149
案例 7-1 住宅楼基础裂缝问题	151
案例 7-2 机场机坪水泥混凝土道面加铺层裂缝问题	153
案例 7-3 模板工程造成混凝土浇注期质量问题及防治措施	154
案例 7-4 南大洋大桥钢筋混凝土施工质量控制技术	156
第八章 预应力混凝土知识要点	157
案例 8-1 超长预应力混凝土大直径管桩在深淤泥港口工程中的应用	159
案例 8-2 河南金版大厦工程有黏结后张法预应力施工	160
案例 8-3 某高层住宅工程静压预应力管桩的施工	161
案例 8-4 预应力混凝土空心板梁在鹏城桥工程中的应用	162
案例 8-5 市政桥梁工程预应力施工的安全措施	163
第九章 混凝土制品	164
案例 9-1 采用加气混凝土制品建造新农村住宅	167
案例 9-2 碳纤维板材加固混凝土梁正截面承载力的工程应用	169
案例 9-3 市政工程中小型混凝土制品耐久性调查分析	171
案例 9-4 轻骨料混凝土及其制品在节能建筑工程中的应用	172
案例 9-5 预应力混凝土管桩在 500 kV 余姚变电所工程中的应用	173
案例 9-6 城市旧水泥混凝土路面改建方案探讨	174
第十章 大体积混凝土	176
案例 10-1 三峡水利枢纽左岸电站厂房工程	178
案例 10-2 重庆轻轨交通现浇 PC 倒 T 梁混凝土工程施工与耐久性	180
案例 10-3 金茂大厦混凝土工程	181
案例 10-4 山海关 15 万吨级船坞工程大体积混凝土防裂技术措施	182

案例 10-5 地下室底板大体积混凝土施工实例	184
参考文献	185

第三篇 玻 璃

第十一章 玻璃配合料制备	199
案例 11-1 单一配料车间同时供应两座熔炉的优化设计	200
案例 11-2 新型玻璃原料配料称重系统	204
案例 11-3 玻璃窑头布料控制技术的改进	207
案例 11-4 浮法玻璃熔窑投料系统的工艺设计	209
案例 11-5 浮法玻璃配合料制备过程控制	213
第十二章 玻璃熔窑及结构	217
案例 12-1 玻璃熔窑全保温技术	219
案例 12-2 浮法玻璃熔窑的全窑宽投料池	222
案例 12-3 浮法玻璃熔窑产量增大时设计方案与实践	225
案例 12-4 浮法玻璃熔窑用可更换式 L 型吊墙	228
案例 12-5 延长浮法玻璃熔窑窑龄技术的应用	232
第十三章 玻璃成形	235
案例 13-1 浮法窑生产超薄玻璃	236
案例 13-2 新型燃料在浮法玻璃熔窑上的运用	239
案例 13-3 高低温二段蓄热技术使玻璃熔窑节能减排	242
案例 13-4 池窑蓄热室热修技术方案的实施	247
案例 13-5 “洛阳浮法”玻璃技术的持续改进和提高	250
案例 13-6 富氧气体在浮法玻璃熔窑上的创新应用	255
案例 13-7 蓄热式玻璃熔窑的节能措施	258
第十四章 玻璃退火	261
案例 14-1 引进斯坦因退火窑冷修改造	263
案例 14-2 退火窑产量增大时的技术改造	266
参考文献	269

第四篇 陶 瓷

第十五章 陶瓷原料	274
案例 15-1 牛牯崇高岭土(陶瓷土)矿床特征及其成因分析	275
案例 15-2 萍乡芦溪南坑高岭土的开采利用	277
案例 15-3 某高铁钾长石矿的选矿试验研究	278
案例 15-4 关于宜兴陶瓷产区原料标准化的探讨	282
案例 15-5 塞拉利昂黏土制造建筑陶瓷的可行性评价	284
第十六章 陶瓷配料和坯料制备	288
案例 16-1 Excel 在陶瓷配料计算中应用一例	292
案例 16-2 云南煤系高岭土陶瓷砖坯料配制研究	295
案例 16-3 霍庆劳脱公司对于原料与坯料制备问题的研究	298

案例 16-4 李官瓷石在日用陶瓷坯料中的应用	300
案例 16-5 磷矿渣用于陶瓷坯料试验研究	304
第十七章 陶瓷成型	307
案例 17-1 干压成型陶瓷气孔成因探析	308
案例 17-2 挤出成型法制备莫来石-硅藻土陶瓷膜管的研究	311
案例 17-3 凝胶注模成型生坯强度影响因素的研究	314
案例 17-4 西德日用陶瓷等静压成型简介及看法	317
案例 17-5 卫生陶瓷制品的注浆成型	319
第十八章 釉料及色料	321
案例 18-1 西班牙的陶瓷色釉料产业	325
案例 18-2 户县麦饭石在唐三彩釉料中应用的实验研究	328
案例 18-3 论黑色陶瓷色料的制备	331
案例 18-4 浅谈建筑卫生陶瓷色料调配技术	333
案例 18-5 陶瓷色料在炻瓷无光釉中的应用	337
第十九章 陶瓷烧结方法	341
案例 19-1 日用陶瓷窑炉应用燃气的实例汇编	343
案例 19-2 略谈景德镇古代陶瓷窑炉的发展与演变	346
案例 19-3 欧洲新型窑炉简介	348
案例 19-4 放电等离子烧结技术制备熔融石英陶瓷	350
案例 19-5 制备氧化铝陶瓷的烧结工艺研究	353
第二十章 先进陶瓷(或特种陶瓷)	356
案例 20-1 中光科技实现氧化锆陶瓷插芯生产产业化	358
案例 20-2 碳化硅陶瓷装甲	359
案例 20-3 生物陶瓷治疗四肢骨折 22 例临床研究	360
案例 20-4 节能减排材料的一支奇葩——多孔陶瓷材料	362
案例 20-5 日本开发出透明半导体陶瓷	364
参考文献	365

绪 论

一、案例教学的发展

案例教学法最早可以追溯到古希腊时代哲学家苏格拉底的“问答法”教学,但它真正作为一种教学方法的形成和运用,是在 1910 年美国哈佛大学的法学院和医学院。哈佛医学院对当时传统的医学教学进行改革,采用临床医生记录的医疗病例进行教学,学生根据这些病例进行讨论研究,即案例法教学模式;法学院主要是以法院判例为教学内容,在课堂上学生充分地参与讨论,考试也以假设的判例作为考试题目。但由于其教学方法与传统教学不一致而发展缓慢。

1920 年,美国洛克菲勒财团为了企业发展,急需培养企业人才,为此提供资金资助哈佛大学商学院进行新教学方法的试验,哈佛商学院鉴于哈佛法学院和医学院成功的案例教学,以案例教学作为新教学方法的试验,并取得良好的效果;1921 年,哈佛商学院院长华莱士出版了第一本案例集。此后,案例教学被广泛地应用于工商管理专业。从 20 世纪 50 年代开始,加拿大、英国、法国、德国、意大利、日本以及东南亚国家都陆续在管理教育中引入案例教学法。

在我国,随着改革开放的进行,案例教学被引进并得到逐步发展。1980 年,我国国家科委、国家经委和教育部与美国政府合作,在大连设立了高级管理干部培训中心,由美国 6 所大学共同组成的教师团任教,培训中国的企业管理人才。大连培训中心引进美国管理理论和管理方法,积极推广应用案例教学法,深受学员欢迎,教学效果显著。从此,案例教学渐渐被我国教育界接受并推广应用。1983 年,在国家经委组织的全国管理干部统考中,开始出现案例考题。“八五”期间,案例教学的研究与应用得到了加强和发展,国内发行或公开出版了一大批案例汇编。虽然我国案例教学无论是在理论上还是在实践上起步都较晚,但案例教学已被越来越多的人所接受,并得到广泛的应用和全面的发展。至今,众多高校案例教学除了在管理类专业作为教学内容和教学手段得到广泛应用外,在其他专业的教学中也逐渐得到应用。

二、传统工科专业教学方式在应用型人才培养上存在的不足

20 世纪 90 年代以来,美国高等工程教育界首先针对传统工程教育过分强调专业化、科学化从而割裂了工程本身这种现象提出来的“大工程观”教育理念,发出了“回归工程”的呼声;另一方面,随着我国高等教育的大众化,高等学校的生源质量也发生了较大的变化,原有精英教育模式已不适应大众化教育的生源。在此背景下,众多工科院校切实推行了教育教学改革,强化工程教育,适应大众化教育的要求,以培养适应人才市场和地方经济建设要求的应用型人才作为办学的核心内容。越来越多的学校在培养工科专业毕业生处理工程问题的能力上,采取了诸多措施,如开设综合性和设计性实验课程、毕业设计(论文)环节提倡“真题真做”、开展“大学生创新计划”等各种课外科技实践活动和竞赛活动等;与此同时,将工程案例教学法引入工科专业教学中,能够丰富学生受训练的内容,拓宽实施范围,使更多的学生进入到工程实际,弥补了其他教学手段的不足,这种理论与实践相结合的教学模式可以缩短理论教学与生产实际的距离,满足工程教育必须面向工业企业的要求,体现“面向工程”的办学理念和培养目标。

从工科应用型人才培养的角度来看,传统工科专业教学方式存在着以下不足,致使工程教育培养的人才与工程实践脱节,不能满足工业、工程一线的需要。

(1) 已有的理论教学体系和实践教学体系与培养工程应用型人才的要求存在一定差距,学生在校期间得到的工程实践训练明显不足;学生的实际工作技能达不到工业、工程一线对高级应用型人才的基本要求。

(2) 理论与实践脱节,解决实际问题的能力弱;高校本身的实践性教学环境、条件投入不足,导致在学校内开展的实践教学环节(如基础实验课程、专业实验课程等)不能满足工科大学生的工程训练的要求。

(3) 实习环节受到制约,实习地点难以满足要求。我国高校与企业的联系虽然依然存在,但随着我国企业的改制重组合并等,很多企业出于经济效益、保密和安全等原因,往往不愿接受学生前往实习,即使同意接受学生实习的企业,也主要是以参观的形式进行,使得2周的认识实习或4周的毕业实习等校外实习环节流于形式,企业在学生工程训练方面所起的作用已经很小。

(4) 传统工科专业课程的讲授以教师为主体,学生处于被动听课状态,在教学方法上偏重口头讲解,注入式多,启发式、讨论式少;加之1999年以后的连续扩招,学校大量引进了年轻教师,由于这部分专业教师缺少在企业生产一线的锻炼,缺乏专门的工程训练,专业理论课中很难联系工程实践。

(5) 传统工科专业课程提供的是该学科领域内认识事物和解决问题的一般原则与方法,课堂以讲授某学科的知识为中心,学生以学习知识为主,对工业企业大量丰富的实际问题缺乏应有的关注,且缺乏对企业生产问题或工程问题的针对性,导致学生运用知识分析、解决工程实际中的具体问题能力不足。

三、工程案例教学在工科专业教学中的优势

在传统的理论教学模式中,教师凭借粉笔和黑板做系统讲解,通过教师的口头表达、板书、手势及身体语言等完成教学活动,带有很大的局限性。这种教学模式缺乏师生之间、学生之间的交流,教师是这类活动的中心和主动的传授者,学生被要求精心倾听、详细记录和领会有关意图,是被动的接受者。因此,这种传统的教学模式应用于能力的培养上难以奏效,对独立思考能力日趋完善的大学生,尤其是对于以能力培养为主的应用型人才的工科学院大学生来说,是很难激发其学习兴趣的,因此也难以实现培养目标。

案例教学则完全不同,教学活动主要是在学生自学、争辩和讨论的氛围中完成,教师只是启发和帮助学生相互联系,担当类似导演或教练的角色,引导学生自己或集体做分析和判断,经过讨论后达成共识。教师不再是这类教学活动的中心,仅提供学习要求,或做背景介绍,最后进行概括总结,绝大部分时间和内容交由学生自己主动地进行和完成。工程案例教学有如下优势。

(1) 工程案例教学使理论和实践更好地结合,有利于提高学生分析、解决问题的能力 and 工程实践能力。俗话说:“授人以鱼,不如授人以渔”,工程案例来源于生产或工程实践,是发生过的真实事件,具有很强的实践性。通过工程案例可将抽象的专业理论具体化,学生在教师的引导下应用所学的理论知识,通过对具体的工程案例分折,体验生产或工程实践中的具体问题,达到理论与实践相结合,学生在获得知识的同时获得了相应的经验,克服了学生只是一般地掌握理论而不会在实际工作中应用的状况,有效地培养了学生综合运用知识、独立工作和实践能力

力及创新精神。

(2) 工程案例教学有利于提高学生学习的积极性和主动性。在工程案例教学中,需要学生通过对具体工程案例分析讨论,互相提问和解答,自己去寻找蕴含在案例背景材料中的相关知识,工程案例教学法使学生由被动接受知识变为接受知识与运用知识主动探索并举,学生将应用所学的基础理论知识和分析方法,对工程案例进行理论联系实际的思考、分析和研究,充分体现了学生在学习中的主体地位,有效地提高了学生学习的积极性和主动性。

(3) 工程案例教学有利于增强学生团结协作精神。工程案例教学鼓励学生以辩证思维的方法,从不同角度去观察、探讨同一问题的不同侧面,提倡交流、讨论、启发和批评。帮助学生串联知识要点、解答疑难,通过讨论、集思广益,最后几个同学在一起完成最终的方案。这一过程可培养学生敢于质疑权威的能力、敢于发表个人观点的能力、分析个案的能力和团队协作精神。

(4) 工程案例教学有利于加强教师和学生之间在教学中的互动关系。在传统教学中,教师是传授者,学生则是消极的接受者,教师提供理论知识,学生囫圇吞枣地接受;而在案例教学中,教师与学生的关系是“师生互补、教学相辅”。这种教学法将使得学生积极参与,在阅读、分析案例和课堂讨论等环节中发挥主动性。教师在案例教学中则始终起着“导演”作用,既要选择好的“剧本”即符合教学需要的案例,又要在课堂讨论中审时度势、因势利导,让每一个学生充分地发挥,获得最大的收效。案例教学加强了师生交流,活跃了课堂气氛,这方面是传统教学方式难以比拟的。

(5) 工程案例教学有利于提高教师素质和教学水平。工程案例教学对教师来讲,要求具有比传统讲授方法更高的知识结构、教学能力、工作态度及教学责任心,既要求教师具有渊博的理论知识,又要求教师具备丰富的实践经验,并将理论与实践融会贯通;既要求教师不断地更新教学内容,补充教案,又要求教师更加重视企业生产现状和工程实践,不断地从企业和工程实践中寻找适宜教学的案例。从而使教学活动始终处于活跃进取的状态,不断推陈出新、提高教学质量和教学水平。

(6) 工程案例教学法可与其他教学手段互为补充、共同促进。在工科课程教学实践中,并没有唯一的或所谓完美的教学方法,各种教学手段不能互相排斥或取代。工程案例教学法应与其他教学手段如课堂讲授、设计、实习、实验等互为补充、共同促进,更有利于培养工科应用型人才。

第一篇 水 泥

基础知识

一、水泥的定义与分类

凡磨细成粉末状,与适量的水混合后,经过一系列物理化学变化能由可塑性浆体变成坚硬的石状体,并能将砂、石等散粒状材料胶结在一起、能保持并发展其强度的水硬性胶凝材料,统称为水泥。

水泥品种很多,通常可按主要水硬性矿物、水泥的用途和性能进行分类。按主要水硬性矿物可以分为:硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥以及少熟料和无熟料水泥等。按水泥的用途和性能可分为:通用水泥、专用水泥和特种水泥。通用水泥如通用硅酸盐水泥的六大品种水泥,用于一般土木建筑工程;专用水泥,如油井水泥、大坝水泥、耐酸水泥、砌筑水泥等,用于某一专用工程;特种水泥,如双快(快凝、快硬)硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥、自应力铝酸盐水泥等,用于对混凝土某些性能有特殊要求的工程。

以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏及规定的混合材制成的水硬性胶凝材料称为通用硅酸盐水泥。通用硅酸盐水泥按混合材料的品种和掺量分为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

二、硅酸盐水泥熟料的组成

硅酸盐水泥熟料主要由氧化钙(CaO)、氧化硅(SiO_2)、氧化铝(Al_2O_3)和氧化铁(Fe_2O_3)四种氧化物组成,通常在熟料中占 95% 以上;四种主要氧化物的波动范围为: CaO 62%~67%, SiO_2 20%~24%, Al_2O_3 4%~7%, Fe_2O_3 2.5%~6%。另外有 5% 以下的少量的氧化物,如氧化镁(MgO)、硫酐(SO_3)、氧化钛(TiO_2)、氧化磷(P_2O_5)以及碱(K_2O 、 Na_2O)等。

硅酸盐水泥熟料中,各种氧化物不是以单独的氧化物存在的,而是经高温煅烧后,以两种或两种以上的氧化物反应生成多种矿物的集合体,其结晶细小,通常为 30~60 μm 。硅酸盐水泥熟料的主要矿物组成为:

硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 可简写为 C_3S ;

硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 可简写为 C_2S ;

铝酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 可简写为 C_3A ;

铁相固溶体,通常以铁铝酸四钙 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 作为代表式,简写为 C_4AF ;

另外,还有少量的游离氧化钙(f-CaO)方镁石(结晶氧化镁)、含碱矿物以及玻璃体。

硅酸三钙一般占 50% 左右,可以多至 60%,被称为阿利特(Alite),简称 A 矿,硅酸三钙凝结时间正常,水化较快,放热较多,抗水性较差,但强度最高,强度增长率也大,28 天抗压强度可达 1 年抗压强度的 80%。

硅酸二钙一般占 20% 左右, 被称为贝利特(Belite), 简称 B 矿, 贝利特水化较慢, 水化热较低, 抗水性较好, 早期强度较低, 但 1 年后可以赶上阿利特的强度。

铝酸三钙一般占 7%~15%, 水化迅速, 放热多, 凝结急, 需加石膏调节其凝结速度, 强度不高, 干缩变形较大, 抗硫酸盐性能也较差。

铁铝酸四钙一般占 10%~18%, 被称为才利特(Celite), 简称 C 矿, 水化速度介于铝酸三钙和硅酸三钙之间。

三、硅酸盐水泥生产的原燃料

(1) 原料。生产硅酸盐水泥的主要原料是石灰质原料和黏土质原料。如果这两种原料按一定配比组合还满足不了形成矿物的化学组成的要求, 则需要加入校正原料。因此, 硅酸盐水泥的原料主要由三部分组成: 石灰质、黏土质及校正原料。

石灰质原料主要提供氧化钙(CaO), 常用的天然石灰质原料有石灰岩、泥灰岩、白垩、贝壳等。作为水泥原料, 石灰石中 CaO 含量应不低于 45%~48%。泥灰岩是由碳酸钙和黏土物质同时沉积所形成的均匀混合的沉积岩, 所以是一种极好的水泥原料, 因为它含有的石灰岩和黏土已呈均匀状态, 易于煅烧。白垩是由海生生物外壳与贝壳堆积成的, 主要由隐晶或无定形细粒疏松的碳酸钙所组成的石灰岩。

黏土质原料主要提供氧化硅和氧化铝, 也提供部分氧化铁。天然黏土质原料有黄土、黏土、页岩、泥岩、粉砂岩及河泥等, 其中黄土与黏土用得最广。作为水泥原料, 除了天然黏土质原料外, 赤泥、煤矸石、粉煤灰等工业废渣也可作为黏土质原料。

当石灰质原料和黏土质原料配合所得生料成分不能符合配料方案要求时, 必须根据所缺少的组分, 掺加相应的校正原料。当生料中 Fe_2O_3 含量不足时, 可以加入黄铁矿渣或含铁高的黏土等加以调整; 若 SiO_2 不足, 可加入硅藻土、硅藻石等, 也可加入易于粉磨的风化砂岩或粉砂岩加以调整; 若 Al_2O_3 不足, 可以加入铝矾土废料或含铝高的黏土加以调整。

(2) 燃料。煅烧水泥熟料采用的燃料有固体燃料、液体燃料与气体燃料。固体燃料如烟煤与无烟煤, 回转窑一般用烟煤, 立窑用无烟煤; 液体燃料多为重油、渣油; 气体燃料为天然气。

(3) 矿化剂。为降低烧成温度和改善煅烧条件, 生成更多液相, 有利于硅酸盐水泥熟料的形成而加入的物质称为矿化剂, 常用的矿化剂有萤石、石膏等。少量矿化剂的加入可降低液相出现的温度, 或降低液相黏度, 增加物料在烧成带的停留时间, 使石灰的吸收过程更充分, 有利于熟料的形成, 提高窑的产量和质量, 降低消耗。

四、硅酸盐水泥的生产方法及工艺流程

硅酸盐水泥的生产分为三个阶段。第一阶段称为生料制备, 即石灰质原料、黏土质原料与校正原料经破碎或烘干后, 按一定比例配合、磨细, 并调配为成分合适、混合均匀的生料; 第二阶段称为熟料煅烧, 即生料在水泥窑内煅烧至部分熔融, 得到以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料; 第三阶段称为水泥制成, 即熟料加适量石膏, 有时还加一些混合材料共同磨细为水泥。这三个阶段简称为“二磨一烧”。

由于各地条件、原料资源和采用的主机设备等情况不同, 水泥生产方法也有所不同, 通常有两种分类方法, 一是按煅烧窑的结构分为立窑和回转窑两种, 立窑有普通立窑和机械化立窑; 回转窑有湿法回转窑、干法回转窑和半干法回转窑。二是按生料制备方法分为湿法、干法和半干法三种。

水泥生产工艺流程有干法回转窑生产工艺流程、湿法回转窑生产工艺流程和立窑生产工艺流程等。干法回转窑生产工艺流程见图 1.0.1,立窑生产工艺流程见图 1.0.2。

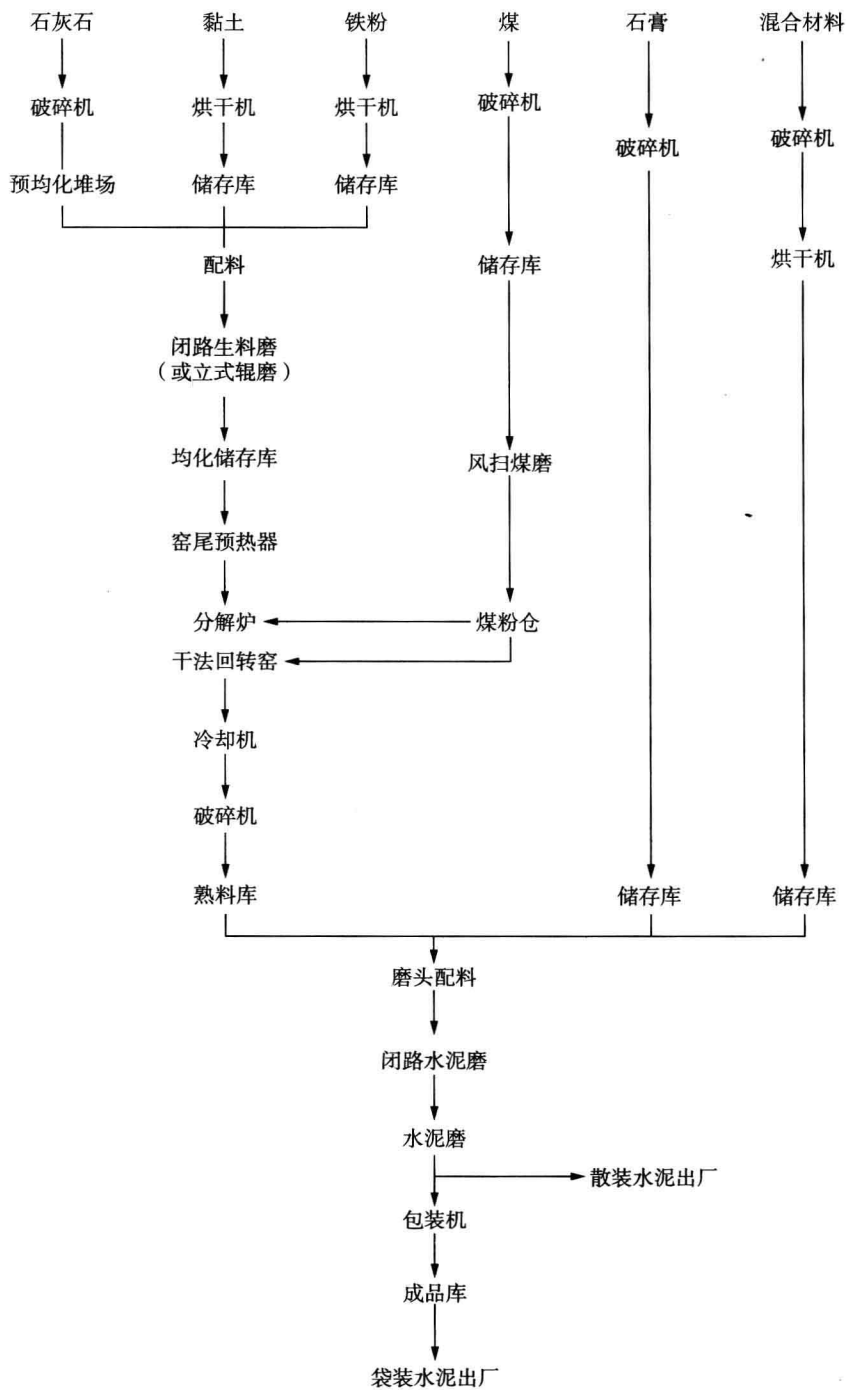


图 1.0.1 干法回转窑生产工艺流程

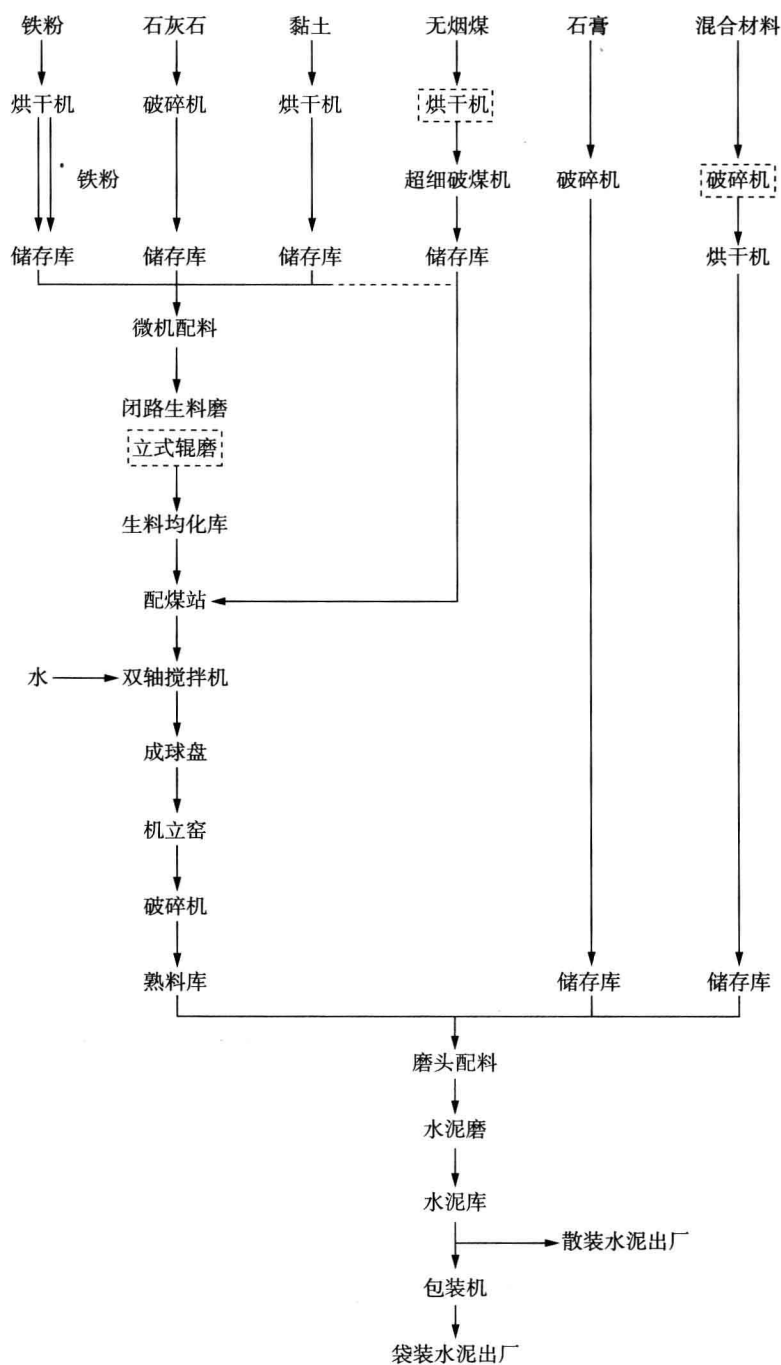


图 1.0.2 立窑生产工艺流程

五、硅酸盐水泥的性能

(1) 密度。普通硅酸盐水泥的密度一般介于 $3\,100 \sim 3\,200\text{ kg/m}^3$ ，如果掺有大量的混合材，如火山灰和矿渣等，则水泥的密度会降到 $3\,000\text{ kg/m}^3$ 以下。硅酸盐水泥的松散容积密度为 $1\,000 \sim 1\,300\text{ kg/m}^3$ ，紧密容积密度为 $1\,400 \sim 1\,700\text{ kg/m}^3$ 。

(2) 细度。水泥细度的评定指标有筛余(%)和比表面积(m^2/kg)两种;GB 175—2009 规定,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示,不小于 $300 \text{ m}^2/\text{kg}$;矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余表示, $80 \mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 10%或 $45 \mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 30%。

(3) 凝结时间。水泥凝结时间分初凝和终凝两种。标准稠度水泥净浆从加水拌合起,至开始失去可塑性所需的时间为初凝时间;从加水拌合起,至完全失去可塑性并开始产生强度所需时间为终凝时间。GB 175—2009 规定,硅酸盐水泥初凝不小于 45 min,终凝不大于 390 min;普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥初凝不小于 45 min,终凝不大于 600 min。

(4) 强度。我国 GB 175—2009 将通用硅酸盐水泥强度等级规定为:硅酸盐水泥分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个等级(R 表示早强型);普通硅酸盐水泥分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R 四个等级;矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R 六个等级。

(5) 体积安定性。水泥体积安定性是指水泥浆体硬化时,体积变化是否均匀的性质。如果水泥硬化后产生不均匀的体积膨胀,就会使构件产生膨胀性裂缝,即为体积安定性不良。引起水泥安定性不良的原因有:①水泥熟料中由于配料、烧成及冷却制度不当而存在的游离氧化钙(f-CaO)过多。这种高温下死烧的氧化钙结构致密、水化缓慢,当水泥浆凝结硬化后,游离石灰的水化仍在继续,导致固体体积膨胀,当这种应力超过水泥石的承受能力时,水泥石将产生裂纹直至破裂。②熟料中氧化镁过多。硅酸盐水泥熟料中的氧化镁一般以游离状态存在,称为方镁石。方镁石的水化更为缓慢,水泥已经硬化后才进行,生成氢氧化镁,体积增大两倍以上,使水泥石开裂破坏。③粉磨水泥时掺入石膏过多。由于石膏在水泥硬化后继续与固态的水化铝酸钙反应生成三硫型水化铝酸钙而产生体积膨胀。国标规定用沸煮法检验水泥的安定性,水泥安定性不合格即为不合格品。

(6) 水化热。水泥水化过程中放出的热量称为水化热。水泥水化热的大小及放热速度主要决定于水泥的矿物组成及细度。水泥熟料中硅酸盐三钙和铝酸三钙的含量越高,颗粒越细,则水化热越大。水泥完全水化放出热量约为 503 kJ/kg 。