

高 职 高 专 规 划 教 材

# 建材化学分析

●●●● 孟庆红 主编 王英 陈芳 副主编 ●●●●



化学工业出版社

高 职 高 专 规 划 教 材

# 建材化学分析

孟庆红           主 编  
王 英 陈 芳   副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分 8 章, 主要介绍硅酸盐工业分析基础知识、水泥、玻璃及原料主要成分的测定原理、水泥生产过程的化学分析、水泥生产过程的控制分析、玻璃及玻璃主要原料的分析、玻璃配合料及着色剂的质量控制与检测、室内装饰装修材料有害物质检测等内容。本书把教学内容与国家标准紧密结合, 融入先进的分析技术, 能达到提高学生职业能力的目的。

本书可作为高职高专和高等院校应用型本科材料工程技术等材料类专业、工业分析与检验等化工类相关专业的教学用书, 也可作为建材企业分析技术人员的参考用书和岗位培训技术用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建材化学分析/孟庆红主编. —北京: 化学工业出版社, 2013

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-17695-0

I. ①建… II. ①孟… III. ①建筑材料-化学分析-  
高等职业教育-教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 137478 号

---

责任编辑: 李仙华 王文峡

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 王素芹

装帧设计: 张 辉

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 422 千字 2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

近年来,由于建材行业发展迅猛,要求材料的分析技术做出相应的调整和提高,但关于建材产品及原材料的分析论著较少,高职高专院校教学大部分采用自编教材,与国家标准要求相差较远,规范性也较差。基于这种状况,我们不断与建材企业深度合作,总结教学经验,与行业专家、科研技术专家一起编写了本书。本书是根据材料类、化工类专业的教学规范,按照高职高专教学改革精神,以及专业的培养目标,应达到的知识、能力结构的要求而编写的。本书在编写过程中力求突出以下特点:

(1) 全书突出针对性和实用性。以人才培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本,注重理论与实践的结合,将相关的《建材化学分析工》、《建材质量控制工》两个工种的职业资格要求和就业岗位技能要求贯穿于教材内容中,增强了针对性和实用性。

(2) 本教材突出创新性和先进性。教材内容与现代最先进的分析方法和国家标准紧密结合。形式上注重知识结构优化,与教育教学改革结合,反映学科专业最新进展和教改成果,注重提高学生的综合素质和创新能力。

(3) 本教材是系列教材之一。符合教学指导委员会制订的基本教学内容要求:分专业、分层次组织编写系列教材,加强知识之间的联系,为学生提供完整的专业知识体系。

(4) 编写人员分布合理。有高校教师、企业技术人员,还有科研技术单位相关高级工程师和教授级高级工程师,保证了教材的先进性和实用性。

本书可作为高职高专和高等院校应用型本科材料工程技术等材料类专业、工业分析与检验等化工类相关专业的教学用书,也可作为建材企业分析技术人员的参考用书和岗位培训技术用书。

本书由河北建材职业技术学院孟庆红担任主编,秦皇岛浅野水泥有限公司王英、秦皇岛玻璃工业研究设计院陈芳担任副主编。编写分工为:第1章由河北建材职业技术学院赵春峰编写,绪论、第2章、第5章及附录由河北建材职业技术学院孟庆红编写,第3章、第4章由秦皇岛浅野水泥有限公司王英编写;第6章由河北建材职业技术学院张永芬编写,第7章由河北建材职业技术学院李晓娟和浙江长兴诺万特克玻璃有限公司胡桂庚编写,第8章由河北建材职业技术学院王莹编写。秦皇岛市玻璃工业研究设计院陈芳高级工程师、王德宪博士为本书提供了大量国内、国际最新的玻璃分析技术及相关资料。秦皇岛市玻璃工业研究设计院陈芳高级工程师对书稿玻璃部分进行了审阅,董春艳提出部分编写意见。全书由孟庆红拟定编写大纲并负责统稿工作。

本书还参阅了相关文献资料,在此向这些文献作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏、不妥之处在所难免,恳请各教学院校、企事业单位及读者批评指正。

编者  
2013年5月

# 高职高专材料工程技术专业教材 编写委员会

名誉主任：周功亚

主任委员：单金辉 冯正良

副主任委员：金 怡 李坚利

委 员（按姓名汉语拼音排序）：

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 毕 强 | 曹湘林 | 冯正良 | 葛新亚 | 韩彩霞 | 纪明香 |
| 金 怡 | 李坚利 | 刘继文 | 刘良富 | 卢润合 | 马庆余 |
| 孟庆红 | 农 荣 | 彭宝利 | 单金辉 | 粟良雨 | 孙素贞 |
| 唐 越 | 万 力 | 王 超 | 徐海军 | 徐永红 | 许 琳 |
| 杨永利 | 章晓兰 | 郑双七 | 周功亚 | 周惠群 | 周剑平 |
| 周 来 | 周美茹 |     |     |     |     |

# 目 录

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 0 绪论 .....              | 1 |
| 0.1 硅酸盐定义及分类 .....      | 1 |
| 0.2 硅酸盐工业分析的任务和作用 ..... | 1 |
| 0.3 硅酸盐工业分析方法的分类 .....  | 2 |
| 0.4 课程学习方法和基本要求 .....   | 2 |

## 第一部分 基础知识篇

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1 硅酸盐工业分析基础知识 .....           | 4  |
| 1.1 试样的采取、制备、保管 .....         | 4  |
| 1.1.1 试样的采取量 .....            | 4  |
| 1.1.2 取样方法 .....              | 5  |
| 1.1.3 试样的制备 .....             | 6  |
| 1.1.4 试样的保管 .....             | 8  |
| 1.2 试样的分解 .....               | 9  |
| 1.2.1 酸溶解法 .....              | 9  |
| 1.2.2 熔融法 .....               | 10 |
| 1.2.3 以碳酸钠为熔剂的半熔融法（烧结法） ..... | 14 |
| 1.3 硅酸盐工业分析方法分类及选择 .....      | 15 |
| 1.3.1 硅酸盐工业分析方法的分类 .....      | 15 |
| 1.3.2 分析测定方法的选择 .....         | 15 |
| 1.4 分析方法简介 .....              | 16 |
| 1.4.1 滴定分析法 .....             | 16 |
| 1.4.2 重量分析法 .....             | 19 |
| 1.4.3 仪器分析法 .....             | 21 |
| 1.5 分析数据处理 .....              | 29 |
| 1.5.1 误差与偏差 .....             | 29 |
| 1.5.2 有效数字 .....              | 32 |
| 1.5.3 分析化学中的数据处理 .....        | 33 |
| 1.5.4 提高分析结果准确度的方法 .....      | 36 |
| 能力训练题 .....                   | 37 |

## 第二部分 水 泥 篇

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 2 水泥及水泥原料主要成分的测定原理 ..... | 40 |
| 2.1 二氧化硅的测定 .....        | 40 |
| 2.1.1 氯化铵凝聚重量法 .....     | 40 |
| 2.1.2 氟硅酸钾容量法 .....      | 40 |

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 2.2   | 三氧化二铁的测定——EDTA 直接滴定法    | 41 |
| 2.3   | 三氧化二铝的测定                | 42 |
| 2.3.1 | 以 PAN 为指示剂, 用铜盐标准溶液返滴定法 | 42 |
| 2.3.2 | 直接滴定法                   | 43 |
| 2.4   | 二氧化钛测定                  | 44 |
| 2.5   | 氧化亚锰的测定                 | 44 |
| 2.5.1 | 高碘酸钾氧化比色法               | 44 |
| 2.5.2 | 过硫酸铵氧化沉淀分离锰 EDTA 直接滴定法  | 45 |
| 2.6   | 氧化钙的测定                  | 45 |
| 2.6.1 | 分离硅酸后 CaO 的测定           | 45 |
| 2.6.2 | 硅酸存在下配合滴定钙              | 46 |
| 2.7   | 氧化镁的测定                  | 47 |
| 2.8   | 其他组分的测定                 | 48 |
| 2.8.1 | 烧失量的测定                  | 48 |
| 2.8.2 | 不溶物的测定                  | 48 |
| 2.8.3 | 萤石中氟和氟化钙的测定             | 48 |
|       | 能力训练题                   | 49 |
| 3     | 水泥生产过程的化学分析             | 50 |
| 3.1   | 试剂的配制与标定                | 50 |
| 3.1.1 | 标准滴定溶液的配制与标定            | 50 |
| 3.1.2 | 标准溶液的配制及工作曲线的绘制         | 53 |
| 3.2   | 水泥用天然矿石的化学分析            | 55 |
| 3.2.1 | 石灰石的化学分析                | 55 |
| 3.2.2 | 硅质矿物的化学分析               | 58 |
| 3.2.3 | 铁矿石的化学分析                | 62 |
| 3.2.4 | 萤石中氟及氟化钙的测定             | 65 |
| 3.2.5 | 天然石膏的化学分析               | 67 |
| 3.3   | 水泥用工业副产品的化学分析           | 69 |
| 3.3.1 | 粉煤灰的化学分析                | 69 |
| 3.3.2 | 矿渣及矿粉的化学分析              | 71 |
| 3.3.3 | 工业副产石膏的化学分析             | 74 |
| 3.3.4 | 钢渣的化学分析                 | 75 |
| 3.4   | 水泥及生料、熟料的化学分析           | 77 |
| 3.4.1 | 生料的化学分析                 | 77 |
| 3.4.2 | 水泥及熟料的化学分析              | 79 |
| 3.5   | 水泥用煤的分析                 | 89 |
| 3.5.1 | 煤的工业分析                  | 89 |
| 3.5.2 | 全硫的测定                   | 91 |
| 3.5.3 | 煤的发热量测定                 | 92 |
|       | 能力训练题                   | 96 |
| 4     | 水泥生产过程的控制分析             | 97 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 4.1 生料的控制分析 .....            | 99  |
| 4.1.1 生料中碳酸钙含量的测定 .....      | 99  |
| 4.1.2 生料中三氧化二铁的测定 .....      | 109 |
| 4.1.3 生料中含煤量的测定 .....        | 112 |
| 4.1.4 生料细度的测定 .....          | 114 |
| 4.1.5 生料分解率的测定 .....         | 115 |
| 4.2 熟料的控制分析 .....            | 116 |
| 4.2.1 游离氧化钙的测定 .....         | 116 |
| 4.2.2 熟料立升重的测定 .....         | 118 |
| 4.2.3 熟料化学成分的测定 .....        | 119 |
| 4.3 水泥的控制分析 .....            | 119 |
| 4.3.1 水泥细度的测定 .....          | 119 |
| 4.3.2 三氧化硫的测定 .....          | 121 |
| 4.4 水泥中混合材掺加量的分析 .....       | 130 |
| 4.4.1 矿渣水泥中矿渣掺加量的测定 .....    | 130 |
| 4.4.2 水泥中火山灰质混合材掺加量的测定 ..... | 133 |
| 4.4.3 水泥中石灰石掺加量的测定 .....     | 134 |
| 能力训练题 .....                  | 136 |

### 第三部分 玻 璃 篇

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 5 玻璃及玻璃原料主要成分的测定原理 .....      | 138 |
| 5.1 二氧化硅的测定 .....             | 138 |
| 5.1.1 盐酸一次脱水-硅钼蓝比色法 .....     | 138 |
| 5.1.2 氟硅酸钾容量法 .....           | 140 |
| 5.2 三氧化二铁的测定 .....            | 141 |
| 5.2.1 邻菲罗啉分光光度法 .....         | 141 |
| 5.2.2 EDTA 配位滴定法 .....        | 142 |
| 5.3 二氧化钛的测定 .....             | 142 |
| 5.3.1 变色酸比色法 .....            | 142 |
| 5.3.2 二安替比林甲烷比色法 .....        | 143 |
| 5.4 三氧化二铝的测定 .....            | 143 |
| 5.4.1 氟化铵置换-EDTA 配位滴定法 .....  | 143 |
| 5.4.2 EDTA-锌盐返滴定法 .....       | 145 |
| 5.5 氧化钙的测定 (EDTA 配位滴定法) ..... | 146 |
| 5.5.1 分析原理 .....              | 146 |
| 5.5.2 试剂 .....                | 146 |
| 5.5.3 分析步骤 .....              | 147 |
| 5.5.4 注意事项 .....              | 147 |
| 5.6 氧化镁的测定 (EDTA 配位滴定法) ..... | 147 |
| 5.6.1 分析原理 .....              | 147 |
| 5.6.2 试剂 .....                | 148 |

|       |                                        |     |
|-------|----------------------------------------|-----|
| 5.6.3 | 分析步骤 .....                             | 148 |
| 5.6.4 | 注意事项 .....                             | 148 |
| 5.7   | 火焰光度法测定氧化钠、氧化钾 .....                   | 149 |
| 5.7.1 | 火焰光度法的定量分析方法 .....                     | 149 |
| 5.7.2 | 火焰光度法在玻璃行业中的应用 .....                   | 151 |
| 5.8   | 原子吸收分光光度法测定三氧化二铁、氧化钙、氧化镁、氧化钾和氧化钠 ..... | 152 |
| 5.8.1 | 定量分析方法 .....                           | 152 |
| 5.8.2 | 原子吸收分光光度法在玻璃工业中的应用 .....               | 152 |
| 5.9   | 电感耦合等离子体原子发射光谱分析 .....                 | 153 |
| 5.9.1 | 概述 .....                               | 153 |
| 5.9.2 | 标准溶液和试样溶液的制备 .....                     | 154 |
| 5.9.3 | ICP-AES 分析方法 .....                     | 156 |
| 5.9.4 | ICP-AES 光谱法在玻璃行业中的应用 .....             | 159 |
|       | 能力训练题 .....                            | 160 |
| 6     | 玻璃、玻璃主要原料的分析 .....                     | 161 |
| 6.1   | 硅质原料分析 .....                           | 161 |
| 6.1.1 | 烧失量的测定 .....                           | 161 |
| 6.1.2 | 二氧化硅的测定 .....                          | 161 |
| 6.1.3 | 三氧化二铝的测定 .....                         | 165 |
| 6.1.4 | 三氧化二铁的测定 .....                         | 166 |
| 6.1.5 | 二氧化钛的测定 .....                          | 167 |
| 6.1.6 | 氧化钙的测定 .....                           | 168 |
| 6.1.7 | 氧化镁的测定 .....                           | 168 |
| 6.1.8 | 火焰光度法测定氧化钾和氧化钠 .....                   | 169 |
| 6.1.9 | 原子吸收分光光度法测定三氧化二铁、氧化钙、氧化镁、氧化钾和氧化钠 ..... | 170 |
| 6.2   | 长石分析 .....                             | 171 |
| 6.2.1 | 烧失量的测定 .....                           | 171 |
| 6.2.2 | 二氧化硅的测定 .....                          | 171 |
| 6.2.3 | 三氧化二铁的测定 .....                         | 173 |
| 6.2.4 | 三氧化二铝的测定 .....                         | 174 |
| 6.2.5 | 二氧化钛的测定 .....                          | 175 |
| 6.2.6 | 氧化钙的测定 .....                           | 176 |
| 6.2.7 | 氧化镁的测定 .....                           | 177 |
| 6.2.8 | 氧化钾、氧化钠的测定 .....                       | 177 |
| 6.2.9 | 原子吸收分光光度法测定三氧化二铁、氧化钙、氧化镁、氧化钾和氧化钠 ..... | 178 |
| 6.3   | 白云石分析 .....                            | 179 |
| 6.3.1 | 烧失量的测定 .....                           | 179 |
| 6.3.2 | 二氧化硅的测定 .....                          | 180 |
| 6.3.3 | 三氧化二铁的测定 .....                         | 182 |
| 6.3.4 | 三氧化二铝的测定 .....                         | 183 |
| 6.3.5 | 二氧化钛的测定 .....                          | 185 |

|          |                                                             |            |
|----------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 6.3.6    | 氧化钙的测定 .....                                                | 185        |
| 6.3.7    | 氧化镁的测定 .....                                                | 186        |
| 6.3.8    | 氧化钾、氧化钠的测定 .....                                            | 187        |
| 6.4      | 芒硝分析 .....                                                  | 188        |
| 6.4.1    | 硫酸钠的测定(重量法) .....                                           | 188        |
| 6.4.2    | 钙、镁含量的测定 .....                                              | 189        |
| 6.4.3    | 铁的测定 .....                                                  | 189        |
| 6.5      | 纯碱分析 .....                                                  | 190        |
| 6.5.1    | 总碱量的测定 .....                                                | 190        |
| 6.5.2    | 氯化物含量的测定(汞量法) .....                                         | 191        |
| 6.5.3    | 铁含量的测定 .....                                                | 192        |
| 6.6      | 钠钙硅玻璃分析 .....                                               | 192        |
| 6.6.1    | 等离子体发射光谱法测定三氧化二铁、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁、氧化钾、<br>氧化钠、二氧化钛、五氧化二磷 ..... | 193        |
| 6.6.2    | 原子吸收分光光度法测定氧化铜、氧化锌、三氧化二钴、氧化镍、三氧化二铬、<br>氧化镉、一氧化锰 .....       | 194        |
|          | 能力训练题 .....                                                 | 196        |
| <b>7</b> | <b>玻璃配合料及着色剂的质量控制与检测 .....</b>                              | <b>197</b> |
| 7.1      | 配合料质量控制 .....                                               | 197        |
| 7.1.1    | 原料的质量控制 .....                                               | 197        |
| 7.1.2    | 配合料的质量控制 .....                                              | 199        |
| 7.2      | 配合料质量检测 .....                                               | 205        |
| 7.2.1    | 玻璃配合料质量要求 .....                                             | 205        |
| 7.2.2    | 玻璃配合料检验规则 .....                                             | 205        |
| 7.2.3    | 玻璃配合料的检测 .....                                              | 206        |
| 7.3      | 玻璃着色剂主要成分分析 .....                                           | 211        |
| 7.3.1    | 铁粉的成分分析 .....                                               | 211        |
| 7.3.2    | 硒粉的成分分析 .....                                               | 212        |
| 7.3.3    | 钴粉的成分分析 .....                                               | 212        |
| 7.3.4    | 氧化铜的成分分析 .....                                              | 213        |
| 7.3.5    | 氧化镍的成分分析 .....                                              | 214        |
| 7.3.6    | 氧化铬的成分分析 .....                                              | 215        |
| 7.3.7    | 氧化铈的成分分析 .....                                              | 217        |
| 7.3.8    | 钛白粉的成分分析 .....                                              | 218        |
| 7.3.9    | 五氧化二钒的成分分析 .....                                            | 219        |
| 7.3.10   | 氧化锰的成分分析 .....                                              | 221        |
|          | 能力训练题 .....                                                 | 222        |

## 第四部分 建筑装饰材料篇

|          |                             |            |
|----------|-----------------------------|------------|
| <b>8</b> | <b>室内装饰装修材料有害物质检测 .....</b> | <b>224</b> |
| 8.1      | 室内装饰装修材料中主要污染物质及限量要求 .....  | 224        |

|       |                                        |     |
|-------|----------------------------------------|-----|
| 8.1.1 | 目前我国室内环境污染情况 .....                     | 224 |
| 8.1.2 | 针对于家装环保的国家标准 .....                     | 225 |
| 8.1.3 | 装饰装修材料中主要污染物质的限量要求 .....               | 226 |
| 8.2   | 人造板及其制品中甲醛释放量的检测方法 .....               | 229 |
| 8.2.1 | 人造板甲醛的释放特征 .....                       | 229 |
| 8.2.2 | 人造板及其制品中甲醛的测定 .....                    | 230 |
| 8.2.3 | 影响人造板甲醛释放量测定结果的因素 .....                | 234 |
| 8.3   | 内墙涂料的污染物质检测 .....                      | 234 |
| 8.3.1 | 术语和定义 .....                            | 234 |
| 8.3.2 | 内墙涂料中挥发性有机化合物及苯、甲苯、乙苯和二甲苯总和含量的测定 ..... | 234 |
| 8.3.3 | 水分含量的测定 .....                          | 238 |
| 8.3.4 | 内墙涂料中游离甲醛含量的测定 .....                   | 240 |
| 8.3.5 | 可溶性铅、镉、铬、汞元素含量的测定 .....                | 242 |
| 8.4   | 溶剂型木器涂料的污染物质检测 .....                   | 244 |
| 8.4.1 | 术语和定义 .....                            | 244 |
| 8.4.2 | 挥发性有机化合物的测定 .....                      | 244 |
| 8.4.3 | 苯、甲苯、乙苯、二甲苯和甲醇的测定 .....                | 245 |
| 8.4.4 | 卤代烃含量的测定 .....                         | 247 |
| 8.5   | 胶黏剂中有害物质的测定 .....                      | 249 |
| 8.5.1 | 胶黏剂中游离甲醛含量的测定 .....                    | 249 |
| 8.5.2 | 胶黏剂中苯含量的测定 .....                       | 251 |
| 8.5.3 | 胶黏剂中甲苯、二甲苯含量的测定 .....                  | 252 |
| 8.5.4 | 聚氨酯胶黏剂中游离甲苯二异氰酸酯含量的测定 .....            | 252 |
| 8.5.5 | 胶黏剂中卤代烃含量测定 .....                      | 253 |
| 8.5.6 | 胶黏剂中总挥发性有机物含量的测定方法 .....               | 253 |
| 8.6   | 木家具中有害物质的测定 .....                      | 254 |
| 8.6.1 | 木家具中甲醛释放量的测定 .....                     | 255 |
| 8.6.2 | 木家具中可溶性重金属含量的测定 .....                  | 256 |
| 8.7   | 混凝土外加剂中释放氨的测定 .....                    | 257 |
| 8.7.1 | 取样和留样 .....                            | 257 |
| 8.7.2 | 检测方法 .....                             | 257 |
|       | 能力训练题 .....                            | 258 |
|       | 附录 .....                               | 259 |
|       | 参考文献 .....                             | 264 |

# 0 绪 论

## 0.1 硅酸盐定义及分类

建材产品包括传统的硅酸盐制品与材料,主要有水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料、建筑装饰材料、砖瓦、陶瓷等。现在又有许多新型硅酸盐材料得到了飞速发展和改进,如普通玻璃性能得到改进成为钢化玻璃、超白玻璃、镀膜玻璃等;水泥产品为适应现代建筑的发展需要,发展成为有高强水泥、快干水泥及其他特种水泥等。这些材料在国民经济中占重要的地位。

硅酸盐是指由二氧化硅和金属氧化物所形成的盐类。硅酸盐在自然界分布极广,种类繁多,是构成地壳岩石、土壤和许多矿物的主要成分。天然的硅酸盐有长石、石英、高岭土、石灰石等。它们需用相当复杂的分子式表示。通常将硅酸酐分子( $\text{SiO}_2$ )和构成硅酸盐的所有氧化物的分子式分开来写,如:

正长石  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$  或  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

高岭土  $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$  或  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

以硅酸盐矿物为主要原料,经高温处理可以生产出各种硅酸盐制品或硅酸盐材料。

如:石灰石( $\text{CaCO}_3$ ) + 硅质原料( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) + 铁矿石( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )等  $\longrightarrow$  水泥 ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ );  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

又如:硅砂( $\text{SiO}_2$ ) + 石灰石( $\text{CaCO}_3$ ) + 碱金属盐( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )等  $\longrightarrow$  玻璃 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )

## 0.2 硅酸盐工业分析的任务和作用

建材产品化学分析和物理性能检测是建材企业控制产品质量十分重要的两个方面。本课程是完成建材产品的化学分析。

硅酸盐工业分析是分析化学在硅酸盐工业生产中的应用,其任务是综合运用分析化学的方法原理,对硅酸盐生产中原料、燃料、中间产品、成品的化学成分进行分析,及时提供准确可靠的分析数据,为原料和产品的质量评价提供依据,并检查工艺过程是否正确进行,从而使大家在生产中能最经济地使用原料;科学地指导生产,及时消除生产故障;保证产品合格、减少废品提高经济效益。由此可见,硅酸盐工业分析是硅酸盐生产中的眼睛,起着指导生产的作用。

尽管硅酸盐组成十分复杂,但硅酸盐工业分析的项目有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SO}_3$ 及烧失量等,前五个组分为常规系统分析项目。根据硅酸盐制品、原料的不同及特殊要求,还需要增加与之适应的分析项目。虽然分析的项目大体相同,但由于不同的样品中各种氧化物的含量范围不同,测定所用方法也有差异。如测定水泥、玻璃中三氧化二铝时,虽都用 EDTA 配位滴定法。当测定是水泥样品中的三氧化二铝时,由于氧化钙的含量较高而采用 PAN 为指示剂的铜盐返滴定法。当测

定玻璃中的三氧化二铝时,由于玻璃中氧化钙的含量较水泥中氧化钙含量低得多,因此采用二甲酚橙为指示剂的锌盐返滴定法更为合适。

### 0.3 硅酸盐工业分析方法的分类

硅酸盐工业分析是依据分析化学的原理和方法进行的。分析化学就其任务来说主要分为定性分析和定量分析。在硅酸盐工业分析中,原料、燃料、中间产品、成品的化学组成都是已知的,一般均不需要做定性分析,而仅需要进行定量分析。

硅酸盐工业分析对准确度的要求决定于生产的要求。它应该有符合生产上所需要的准确度。对准确度的要求不同所采用的分析方法也就不同。根据实际需要硅酸盐工业分析方法主要分为两类,即标准分析法和快速分析法。

标准分析法:用来测定原料、成品的化学组成,用所得结果进行工艺上的计算及用作买卖价格计算的根据。也用于校核或仲裁分析,此种方法要求有较高的准确度,为保证准确,往往在分析过程中增加一些辅助操作,因而增加了分析时间。较为理想的标准分析方法是既能保证结果准确,操作又足够迅速。如水泥化学成分分析、玻璃化学成分分析及各种原料的品质分析等,这种分析工作通常在企业中心化验室进行。

快速分析法:主要用于控制生产工艺过程中至关重要的阶段。要求用快速分析法加速分析的过程,缩短分析时间。可在允许范围内降低准确度。有的快速法就是以标准法简化一些操作手续,从而缩短了分析的时间。如水泥厂原料车间化验室对水泥生料中碳酸钙滴定值和三氧化二铁的测定;玻璃配合料中含碱量的测定等,就属于此种分析方法。

标准分析方法是由国家相关部门审核、批准的,并具有法律效应公布实施的。种类有国家标准和行业标准,代号为国家标准(GB),行业标准如建材行业标准代号(JC)、化工行业标准代号(HG)等。此外,也允许有企业标准。这些标准不是一成不变的,随着科学技术的发展和生产实际的需要,不断地进行修补更新。新标准一旦公布,旧标准即行废止应用。

### 0.4 课程学习方法和基本要求

建材化学分析是一门实践性非常强的课程,实验学时通常占总学时的一半以上。通过本课程的学习,主要在于全面提高学生分析化学在生产中的应用知识,使学生灵活掌握硅酸盐工业分析方法,锻炼学生综合分析问题的能力,其基本要求如下:

(1) 在分析化学理论指导下,进行大量实验,掌握分析测定方法、原理及其关键所在。积累经验,最终达到灵活运用、熟能生巧,融会贯通的目的。

(2) 在实验课前应该认真准备,写出实验预习报告。明确每一个操作单元的目的和要求,熟练掌握操作流程,实验过程仔细认真,如实填写实验数据,实验结束对数据进行分析,写出分析报告。

(3) 多去实际生产企业了解真实的生产情况,了解新技术和先进的分析仪器设备,丰富信息量,使在校学习的知识与生产实际联系起来,达到零距离上岗。

综上所述,学习建材化学分析课程,必须与分析化学和生产实践紧密结合,重视实践(实验)环节,到达熟练掌握操作的基本技能,分析和判断实验数据准确程度的能力,为将来从事分析检验工作打下坚实的基础。

# 硅酸盐工业工程基础

## 第一部分

## 基础知识篇

- 1 硅酸盐工业分析基础知识 / 4

# 1 硅酸盐工业分析基础知识

**本章摘要** 本章介绍硅酸盐工业分析的一般过程，硅酸盐工业的基础知识，详细阐述了采样、制样、溶（熔）样各环节注意事项及操作要点；简单介绍了硅酸盐工业分析方法的分类、选择原则、常用的分析方法及有效数字、误差、分析数据处理等方面内容。

## 1.1 试样的采取、制备、保管

硅酸盐工业分析的全过程通常包括采样、制样、溶（熔）样、分析方法的选择、干扰元素的消除、分析测定、结果报出等几个环节。要确保分析结果的正确，必须对以上各个环节进行认真综合的考虑。

进行硅酸盐工业分析，首先要保证所取试样具有代表性。忽略了试样的代表性，则无论分析做得如何认真、仔细也是无意义的，甚至是有害的。硅酸盐工业生产中原料、产品等的量是很大的，往往以千吨、万吨计，而其组成又很不均匀，但在进行分析时却只能测定其中很小的一部分。正确采取能够代表全部物料的平均组成的少量样品，是硅酸盐工业分析中的重要环节，是获得准确分析结果的先决条件。

送实验室供检验或测试而制备的样品叫实验室样品，就是按科学的方法所选取的少量能代表整批物料或某一矿山地段的平均组成的样品，也叫原始平均试样。取样应从两个方面来考虑：一是取样点的选取；二是取样量的多少。取样点应根据分析的目的、物料的存放情况，从不同的部位、不同的深度选取多个取样点。取样点越多越有代表性。但相应的给样品处理带来麻烦。取样量的多少，与物料的均匀程度和颗粒大小有关。在采样点上采集一定量的物料称为子样；在一个采集对象中应采的取样点点的个数称为子样的数目；合并所有的子样称为实验室样品，即原始平均试样；采取一个实验室样品的物料总量，称为分析化验单位。由实验室样品制得的样品叫试样。用以分析测定所称取的一定量的试样叫做试料。

### 1.1.1 试样的采取量

一般来讲，取样量与物料最大颗粒直径的平方成正比。通常用以下经验公式来计算取样量。

$$Q = Kd^2 \quad (1-1)$$

式中  $Q$ ——采样试验的最低可靠质量，kg；

$d$ ——采取试样中最大颗粒的直径，mm；

$K$ ——随物料特性不同而取的经验系数。

$K$ 一般在0.02~1。物料均匀的，可取小一点，如0.1~0.3；物料不太均匀的，可取0.4~0.6；物料极不均匀的，可取0.7~1.0。

**【例 1-1】** 选取某较均匀的矿石样品时，其中最大颗粒直径约为20mm，设 $K$ 值为0.1，问原始样品应选取多少千克？

解：原始试样的最低可靠质量为： $Q = Kd^2 = 0.1 \times 20^2 = 40$  (kg)

**【例 1-2】** 某一样品，经粉碎后，其最大颗粒直径约为0.08mm，设 $K$ 值为0.05，问不

失其代表性样品应选取的最低质量是多少克？

解：样品应选取的最低质量为：

$$Q = 0.05 \times 0.08^2 = 0.00032 \text{ (kg)} = 0.32 \text{ (g)}$$

测定此样时，若称取 0.5g 仍不失其代表性。

从而看出：取样量的多少与物料的均匀程度成反比，而与物料的最大颗粒直径的平方成正比。即物料越均匀取样量越少；物料颗粒越大则取样量就越多。

### 1.1.2 取样方法

#### 1.1.2.1 矿山取样

掌握整个矿山的化学成分的变化情况，为编制矿山网和制定开采计划提供必要和充分的分析数据。整个矿山矿石的质量往往差别很大，为充分利用矿山资源，可将矿山按质量情况分成若干网点，对各网点的矿石分别取样分析。生产中便可根据各网点的质量情况搭配使用。既保证矿石质量稳定又可使劣质矿石充分发挥作用。

由于各矿山的情况不同，采样方法也不同，可根据矿层分析情况、矿层的均匀程度、矿山大小等来制定取样方法。现将矿山取样的几种方法介绍如下：

(1) 沿矿山开采面分格取样法 分格取样，实际是指取样点分布的规律性。在沿矿山开采而划定的方格或菱形网格的各角，采取相等量的矿样，通常是每平方米面积上取一个样，合成样品。

(2) 刻槽取样法 此法就是在矿体的不同部位刻出规则的槽，刻槽时凿下的矿样作为样品。槽的断面一般是长方形。断面为  $3\text{cm} \times 2\text{cm} \sim 10\text{cm} \times 5\text{cm}$ ，深度  $1 \sim 10\text{cm}$ 。刻槽前，应将岩石表面弄平扫净。

(3) 钻孔取样法 钻孔取样主要用于了解矿山的内部结构和成分变化情况。

(4) 炮眼取样法 在矿山放炮打眼时，取其凿出的碎屑细粉组合而成。

(5) 拣块取样法 就是在爆堆上或破体的适当部位拣矿块作为样品（若整体矿应将表面的风化层去掉）。这种方法优点是简便易行，但不足之处是存有相当的主观性。取样人员必须是对矿山的质量情况相当熟悉、具有丰富的实践经验的人，方可取得有代表性的试样。尤其是矿山质量不太均匀，各矿层的成分变化较大时尤其要慎重。

#### 1.1.2.2 车厢和小车中取样

首先将物料铲平。按图 1-1 选取取样点。

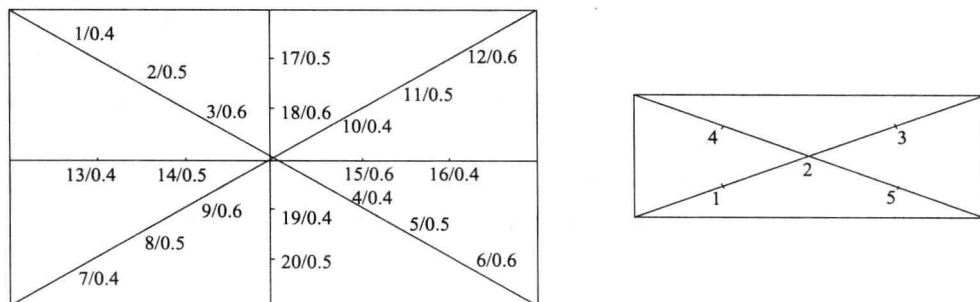


图 1-1 车厢 A 和小车 B 中取样点分布图

图 1-1 中分子为取样点的号码，分母为取样点离物料表面的距离 (m)。然后按图中所示各点在每个车厢中取样。如有 50 个车厢，需取 50 个样。即在第一车厢的第一取样点取

样；自第二车厢中第二取样点处取样；以此类推。20 个车厢中取样后各取样点都已取过一次，自第 21 车厢又从第一取样点开始重复进行，直至全部取完为止。

取样时，如是在刚装好的车厢中，物料尚未因沉落和运输而分层，可以在表面取样。各取样点的取样量一致。如物料既有粉状又有块状，取样既不能只取粉状也不能只取块状，应按比例适当采取。将各点所取样品混合而成平均试样。

#### 1.1.2.3 料堆上取样

从料堆上取样，首先在料堆的周围离堆底 0.5m 处划一条横线，然后依次每隔 0.5m 划一横线。再与横线垂直，每隔 1~2m 划一条竖线，选取横竖线的交点作为取样点。如图 1-2 所示。

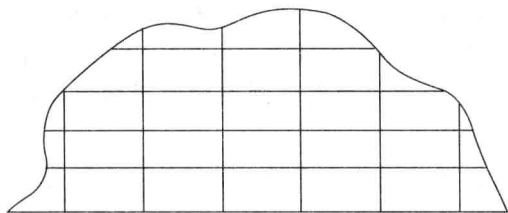


图 1-2 料堆取样图

堆放的物料原来就是不均匀的，在堆放过程中由于大小块的不同或密度不同，大块的物料从上滚下，聚集在料堆底部，而细粒堆集在中心，从而造成分层现象，增加了物料的不均匀性，因此必须从不同的部位取样。故从取样点取样时，应将表面剥去，在 0.3~0.5m 的深处用铁铲各取一份试样，各取样点所取之样混

合而成平均试样。取样时应注意，若有块状物，也应按比例砸取。如若表面杂质较多，使用时又不能将表层完全剥去，可考虑从表层取几个点使所取样和物料使用时条件尽量一致，以保其试样的代表性。

#### 1.1.2.4 运输机上取样

在运输机上每隔一定时间采取一次试样，取样时可以将物料自输送带上按全宽拨下，混合而成。物料在输送机上，由于输送带是运动着的，物料也会分层，大块靠近输送带的边缘而细粒留在中心，因此必须全宽拨下，可不失代表性。

#### 1.1.2.5 小包中取样

许多物料包装成桶或袋等小包装。取样时则首先从一批包装中选定一定的包数，从中取样。物料为粉状物时，可用探料钻将探料钻插入包中，直至包底，在钻的凹处落入物料，可以从不同深度取得试样，将钻孔提起取出试样。

#### 1.1.2.6 生产线上自动连续取样或瞬时取样

为了控制生产，各生产线都在关键部位设有自动取样装置。如水泥厂在绞刀（螺旋输送机）的外壳上钻 1~1.5cm 的小孔，放入一弹簧，利用绞刀转动使弹簧将物料弹出，流入取样桶内。相隔一定时间此样品就是这段时间的平均试样。此种连续取样比较准确可靠，也可用人工定时取样（也称瞬时取样），如半小时或一小时，将规定时间内所取个样各取相同数量混合，组成这段时间内的平均试样。

取样用的工具一般可用卷边的锹和铲，它的大小应一次在一个取样点取足所需质量的试样，不许使用过大的锹与铲，因为这样难于从不同部位取得相同质量的试样。

### 1.1.3 试样的制备

初次采来的平均试样，一般数量都很大，组成也不均匀。而供分析用的试样，量不是很大，但组成却是非常均匀的，而且是很细的粉末。这样取很少量试样（0.1~1.0g）作出的结果才有代表性。对于组成不均匀的试样，必须经过一定程序的加工处理，才能作出供分析用的试样。分析试样的制备过程如下。