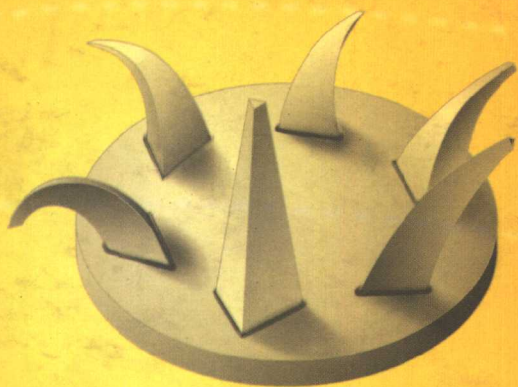


实用耐火原料手册

HANDBOOK ON REFRACTORY RAW MATERIALS

郭海珠 余 森 编著



中国建材工业出版社

实用耐火原料手册

HANDBOOK ON REFRACTORY RAW MATERIALS

郭海珠 余 森 编著

中国建材工业出版社

2000 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

实用耐火原料手册/郭海珠编著. -北京: 中国建材
工业出版社, 2000. 8

ISBN 7-80159-011-2

I. 实… II. 郭… III. 耐火材料-原料-技术手册

N. TQ175.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 42074 号

实用耐火原料手册

郭海珠 余 森 编著

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京密云红光印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 43.125 插页: 12 字数: 1000 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 176 元

ISBN 7-80159-11-2/TU · 009

业精于勤

郭海珠、余森编著的《实用耐火原料手册》一书，洋洋 100 万字，是一本大作。从头到尾细读该书尚需些时日，如果执笔写成，而且又都是在业余时间，可想而知要付出多少心血呀！作者郭海珠三十余六，在此年龄段，为事业、为生活、为家庭、为责任负担甚重，能完成此著作，真是难能可贵。作者这种拼搏精神、这种毅力与韧性很值得称道、赞赏。

《实用耐火原料手册》一书，值得一谈。该书语言流畅、简洁，材料翔实，内容十分丰富（含图 274 幅、表 605 个）。作者以硅酸盐专业（耐火、陶瓷、玻璃、水泥等）接触的非金属矿物原料为对象，从实用出发，系统、全面地对各种耐火材料用原料（含结合剂）作了归纳与总结。书中从天然原料到合成材料，从原料性质到用途，从机理到应用，从原料典型性能到质量标准，从新近成就到发展趋势，国内与国外都作了阐述。作者非常注重理论联系实际，对每种原料既阐述其理论和工艺基础，又有实际生产和使用指导，且这些内容互相衔接从而构成了耐火原料技术的完整知识体系。该书既是一本综合性的大型工具书，又是一本有价值的参考书。她的出版，对进一步提高耐火原料（含结合剂）的认识与应用水平、加强耐火原材料的营销管理、促进耐火材料新技术的发展，都将具有积极的意义和作用；相信也能给予从事耐火材料、非金属矿和陶瓷方面工作的读者某些帮助。

作者郭海珠是我的学生，1982~1986 年就读于原武汉钢铁学院耐火材料专业。在校期间学习勤奋、刻苦，是武汉钢院的优等生。毕业后曾在中国建筑材料科学研究院从事天然耐火原料性能和人工合成原料技术的研究及耐火材料新产品的开发、生产和推广十余年。从《实用耐火原料手册》的出版，可见作者勤于总结、善于思考、勇于创新、做事业上有心人的良好品质。业精于勤！我为我有这样的弟子而由衷感到高兴。当我审阅完《实用耐火原料手册》书稿后，欣然写了以上的话，就作为序吧！

前 言

优质原料是制造高质量耐火材料的基础。虽然我国耐火矿物原料资源十分丰富,但由于开采加工手段落后,长期以来耐火原料质量的不稳定一直是制约我国耐火材料工业发展的一大问题。未来耐火原料技术的发展方向将是天然原料的均化和精选、人工合成原料及高纯超细粉体的制备。了解各种耐火原料的基本性能、国内外生产研究现状和方向以及商品化原料的技术水平,对提高我国现有耐火原材料的质量、开发耐火原材料新品种都是十分重要的。

作者一直从事天然耐火原料性能和人工合成原料技术的研究及耐火材料新品种的开发、生产和推广,在日常工作中需要经常查阅国内外耐火原料方面的资料,但毕竟其数量太多且较为分散杂乱、不易查找,因此便产生了将有关耐火原料方面的资料归纳整理再结合作者的研究工作而编写一本系统的《实用耐火原料手册》的想法。

作者在编写本书时,力求做到全面、系统、准确和实用,并能够基本反映出世界耐火原料技术的现状、产品水平和发展方向。书中系统介绍了各种天然耐火矿物原料、人工合成原料和耐火辅助原料(结合剂)的基本性质、加工和生产工艺、使用要点、国内外耐火原料的典型技术性能和质量标准等,尤其是重点介绍了近年来开发和使用的一些耐火原料新品种。为便于读者参考、比较和选购原料,本书附录部分还收录了作者所能收集到的国内外主要原料厂商市售耐火原料的技术数据。这些原料的规格、性能是作者通过多种渠道收集到的,并不都是原料厂商的质量保证值,有些数据也未让厂商核实确认,因此若出现个别数据与实际原料性能有偏差的情况则并非作者本意。读者若需要某些原料的详细现实资料,可直接与原料厂商联系。

本书由郭海珠、余森编著。其中第十三章第一节“碳化硅”部分由余森、郭海珠共同编写,其余各章节均由郭海珠编写。地质矿业家、武汉科技大学林彬荫教授悉心审阅了全书,补充了许多最新数据;地质矿业家、天津地质研究院刘长龄教授(第一、二、三章),咸阳陶瓷研究设计院姚治才高级工程师(第四、七、十二章)和洛阳耐火材料研究院李再耕教授(第四、五、十四章)

也分别审阅了有关章节,对本书倾注了大量心血和汗水,在此向他们表示衷心的感谢!

在本书编写和出版过程中,还得到了景德镇陶瓷股份有限公司高档窑具厂余彬高级工程师、北京创导工业陶瓷有限公司于发明、吴跟东及马志强先生、洛阳全通窑业有限公司王哲先生、北京昌河耐火材料厂胡龙先生、唐山惠达陶瓷集团韩东来先生、中国旅游出版社许晓海先生、建筑材料行业生产力促进中心张革女士、中国建筑材料科学研究院苏皎华女士、陶荟(香港)有限公司陈家乐先生、香港康利公司余卓忠先生、台湾曜永企业有限公司陈明煌先生及德国 KCE-FCT 集团精细陶瓷技术有限公司 Heinz U.Kessel 先生等的大力支持与帮助。

本书参考、引用了国内外研究者的大量文献资料,作者在书后按文献出版或发表时间顺序一一列出;还有许多朋友、耐火原料生产厂商也给作者提供了大量的实用产品资料。此处一并致谢!

由于本书内容涉及面广、信息量大,尽管作者尽了最大努力,但因学识水平有限,遗漏和错误之处在所难免,敬请同行专家和读者提出并指正,以便将来补充和修改。

郭海珠

2000年8月 北京

目 录

第一章 耐火原料的种类与性质

第一节 耐火原料的种类与技术发展	3
一、耐火原料的分类	3
二、耐火原料工艺技术的发展	4
1. 选矿与提纯	5
2. 耐火原料的煅烧	6
3. 耐火原料的合成	8
第二节 耐火原料的化学矿物组成	10
一、化学组成	10
1. 主 成 分	10
2. 杂质成分	11
3. 添加成分	12
4. 烧 失 量	13
二、矿物组成	13
第三节 耐火原料的物理性质	14
一、气 孔 率	14
二、吸 水 率	14
三、体积密度	15
四、真 密 度	15
五、硬 度	16
第四节 耐火原料的热学性质	17
一、熔 点	17
二、耐 火 度	18
三、热 膨 胀	20
四、导 热 性	23
第五节 耐火原料的工艺性质	23
一、粒度与颗粒尺寸分布	23
二、细度与比表面积	25
三、可塑性 with 结合性	25
四、干燥收缩与烧成收缩	26
五、烧结温度与烧结范围	27

第二章 耐火材料用粘土

第一节 粘土的种类及其特征	31
---------------	----

第二节 粘土中的矿物	32
一、高岭石族矿物	32
1. 组成与晶体结构	33
2. 高岭石族矿物的特征	35
二、蒙脱石族矿物	36
第三节 高岭土	38
一、基本性能与产状	38
二、高岭土的提纯加工	40
三、高岭土的技术要求	40
第四节 耐火粘土	40
一、分类及产状	40
1. 硬质粘土	41
2. 软质粘土与半软质粘土	42
二、基本性能与杂质的作用	43
1. 化学矿物组成与杂质的作用	51
2. 耐火粘土的可塑性	45
三、耐火粘土的工业要求	46
第五节 球粘土	46
一、球粘土的产状	47
二、球粘土的基本性质	47
1. 化学组成	47
2. 矿物组成	47
3. 粒度组成	50
4. 可塑性等物理性质	50
5. 球粘土的热分析	51
三、球粘土的开采与加工	52
四、球粘土的应用	52
第六节 耐火粘土熟料	53
一、粘土的加热变化	54
1. 高岭石的加热变化	54
2. 粘土的加热收缩与烧结	54
二、硬质粘土熟料	55
三、煅烧高岭土	56

第三章 高铝质耐火原料

第一节 铝矾土	63
一、铝矾土的矿物组成与分类	63
1. 铝矾土的矿物组成	63

2. 铝矾土的分类.....	66
二、铝矾土的化学组成及其规律.....	68
1. 铝矾土的化学组成.....	68
2. 化学成分的相关性及其规律.....	70
三、铝矾土的技术条件.....	72
四、铝矾土的煅烧与铝矾土熟料.....	72
1. 铝矾土的加热变化.....	72
2. 铝矾土的烧结.....	74
3. 铝矾土熟料的相组成.....	76
4. 杂质对铝矾土熟料的影响.....	77
5. 技术条件与典型性能.....	78
五、铝矾土的精选与改性.....	78
1. 铝矾土的精选.....	79
2. 铝矾土的改性.....	81
第二节 蓝晶石族矿物原料.....	85
一、蓝晶石族矿物的基本性质.....	85
1. 晶体结构.....	85
2. 矿物性质.....	87
3. 蓝晶石矿物与莫来石的区分.....	87
二、矿石特征及精选加工.....	89
1. 矿物的形成条件及矿石特征.....	89
2. 矿石的精选加工.....	89
3. 技术条件与典型性能.....	91
三、蓝晶石族矿物的加热变化.....	92
1. 蓝晶石精矿.....	94
2. 红柱石精矿.....	96
3. 硅线石精矿.....	97
四、蓝晶石族原料的应用.....	98
1. 红柱石直接用于制砖.....	99
2. 改善耐火材料的性能.....	100
3. 用于不定形耐火材料.....	103
4. 用于合成莫来石.....	103
5. 制备铝硅合金.....	106
第三节 合成莫来石.....	106
一、莫来石的基本性质与种类.....	106
1. 莫来石的基本性质.....	106
2. 莫来石相区.....	106
3. 莫来石固溶体.....	107
4. 合成莫来石的种类.....	109
二、烧结莫来石.....	109
1. 原 料.....	109

2. 合成工艺.....	110
3. 影响烧结莫来石的因素.....	111
4. 烧结莫来石的技术条件和典型性能.....	117
三、电熔莫来石.....	118
1. 原料及配方的选择.....	118
2. 电熔工艺.....	119
3. 电熔莫来石的技术条件和典型性能.....	120
四、锆莫来石.....	120

第四章 氧化铝质耐火原料

第一节 氧化铝的基本性质与晶型转变.....125

一、 Al_2O_3 的基本性质.....	125
1. $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	125
2. $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$	126
3. $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	127
4. $\rho\text{-Al}_2\text{O}_3$	127
二、 Al_2O_3 的晶型转变.....	128

第二节 煅烧氧化铝.....129

一、氧化铝的生产方法.....	129
1. 拜尔法.....	129
2. 碱石灰烧结法.....	130
3. 拜尔—烧结联合法.....	132
二、氧化铝的煅烧.....	133
1. 无矿化剂煅烧.....	133
2. 矿化煅烧.....	135
3. 原料对煅烧氧化铝的影响.....	136
4. 氧化铝的脱钠处理.....	136
三、煅烧氧化铝的磨细加工.....	137
四、活性氧化铝.....	138
五、煅烧氧化铝的技术条件.....	140

第三节 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 粉末.....142

1. 水热分解法.....	143
2. 铵明矾热分解法.....	143
3. 有机铝烷基氧化物水解法.....	143
4. 有机铝不饱和羧酸盐热分解法.....	143
5. 碳酸铝铵热分解法.....	143

第四节 烧结氧化铝 板状氧化铝.....144

一、烧结氧化铝.....	144
--------------	-----

1. 生产工艺.....	144
2. 烧结氧化铝的性能.....	145
二、板状氧化铝.....	147
1. 板状氧化铝的特性.....	147
2. 板状氧化铝的生产工艺.....	148
3. 板状氧化铝的应用.....	149
第五节 熔融氧化铝 锆刚玉.....	150
一、熔融氧化铝的基本原理与工艺过程.....	151
1. 熔融净化原理.....	151
2. 熔炼过程.....	152
二、熔融氧化铝的品种.....	154
1. 电熔白刚玉.....	154
2. 电熔棕刚玉.....	154
3. 致密电熔刚玉.....	154
4. 亚白刚玉.....	155
5. β -刚玉.....	155
6. 青刚玉.....	156
7. 锆刚玉.....	157
三、熔融氧化铝的性能与技术条件.....	157

第五章 硅质和半硅质耐火原料

第一节 石英原料的主要类型及 SiO_2 变体.....	163
一、石英原料的主要类型.....	163
1. 脉石英.....	163
2. 石英砂.....	163
3. 石英砂岩.....	163
4. 石英岩.....	164
5. 石英质砾石.....	164
6. 硅藻土.....	164
二、 SiO_2 的变体.....	164
1. SiO_2 变体的种类及性质.....	164
2. SiO_2 的晶型转变.....	166
3. 矿化剂对 SiO_2 晶型转变的作用.....	168
4. 矿化剂的选择与加入量.....	172
第二节 硅 石.....	172
一、硅石的分类.....	172
1. 按硅石的组织结构分类.....	173
2. 按转变速度分类.....	173
3. 按硅石的致密程度分类.....	174

4. 按剧烈膨胀温度分类.....	174
二、硅石的性质及评价.....	175
1. 外观性质.....	175
2. 组织结构.....	175
3. 化学成分与耐火度.....	176
4. 硅石的致密程度与转变速度.....	177
三、硅石的技术条件.....	177
第三节 氧化硅微粉体.....	177
一、SiO ₂ 微粉体的种类.....	178
二、SiO ₂ 微粉体的性能与技术条件.....	179
1. 硅灰的基本性质.....	179
2. 硅灰的典型性能与技术条件.....	180
三、SiO ₂ 微粉体的应用.....	182
1. 用于不定形耐火材料.....	182
2. 用于碳化硅窑具.....	184
第四节 蜡石(叶蜡石).....	186
一、蜡石的矿物组成与矿石类型.....	186
1. 叶蜡石的化学组成与晶体结构.....	186
2. 蜡石的矿物组成及矿石类型.....	187
二、蜡石的基本性能.....	189
1. 蜡石的产状.....	189
2. 组织结构.....	190
3. 化学组成.....	190
4. 耐火度.....	191
三、蜡石的加热变化.....	191
1. 机械强度与硬度变化.....	191
2. 脱水速度.....	191
3. 加热过程的体积密度、气孔率变化.....	193
4. 热膨胀变化.....	193
5. 矿物组成与真密度变化.....	193
四、蜡石的开采加工与质量要求.....	194
第五节 硅藻土.....	194
一、硅藻土的基本性能.....	195
1. 产状及性质.....	195
2. 矿物组成.....	195
3. 化学组成.....	195
4. 导热性.....	195
二、硅藻土的分类及质量标准.....	197
1. 硅藻土的分类.....	197
2. 质量标准.....	198

三、硅藻土的加热变化.....	198
1. 热分析.....	198
2. 热膨胀性.....	198
3. 加热过程的物相变化.....	198
4. 加热烧结.....	199

第六章 镁质耐火原料

第一节 菱 镁 矿..... 204

一、菱镁矿的类型与基本性质.....	204
二、菱镁矿的化学矿物组成.....	205
1. 矿物组成.....	205
2. 化学成分.....	206
三、菱镁矿的选矿提纯.....	207
1. 浮选法.....	208
2. 重选法.....	208
3. 热选法.....	209
4. 化学选矿.....	209
四、菱镁矿的技术条件.....	209
1. 天然菱镁矿.....	209
2. 菱镁石精矿.....	210

第二节 轻烧镁粉..... 210

一、菱镁矿的加热变化.....	210
二、轻烧镁粉.....	212
三、轻烧镁粉的技术条件与性能.....	213

第三节 烧结镁砂..... 213

一、镁砂主晶相—方镁石.....	214
二、镁砂中的次要矿物.....	215
三、烧结镁砂的生产.....	218
四、烧结镁砂的品种.....	219
1. 普通镁砂.....	219
2. 优质镁砂.....	219
3. 高纯镁砂.....	220
4. 大结晶镁砂.....	220
5. 镁铁砂(高铁镁砂).....	221
5. 镁钙砂(高钙镁砂).....	222
7. 镁硅砂(高硅镁砂).....	222
五、烧结镁砂的技术条件与典型性能.....	222

第四节 电熔镁砂..... 224

- 一、电熔镁砂的生产.....225
 - 1. 电熔镁砂的工艺过程.....225
 - 2. 大结晶电熔镁砂.....225
 - 3. 电熔镁砂的技术方向.....227
- 二、电熔镁砂的技术条件与典型性能.....228

第五节 海（卤）水镁砂.....228

- 一、海（卤）水镁砂的发展历史.....229
- 二、海水镁砂的工艺原理及过程.....229
 - 1. 海水镁砂的工艺原理.....229
 - 2. 海水镁砂的工艺过程.....230
- 三、卤水镁砂的工艺原理与过程.....232
 - 1. 沉淀法制取卤水镁砂.....232
 - 2. 热分解法制取卤水镁砂.....232
- 四、 B_2O_3 对镁砂质量的影响及其脱除.....233
 - 1. B_2O_3 对镁砂及镁质耐火材料性能的影响.....233
 - 2. 海水镁砂的脱硼（ B_2O_3 ）.....233
- 五、海（卤）水镁砂的典型性能.....236

第七章 镁硅质耐火原料

第一节 橄榄石..... 239

- 一、橄榄石的基本性质.....239
 - 1. 橄榄石族矿物.....239
 - 2. 橄榄岩的产状与理化性能.....240
 - 3. 橄榄岩的加热变化.....241
- 二、橄榄石的技术要求与典型性能.....243
- 三、橄榄石的使用要点.....243
 - 1. 加入镁砂或镁砂与铬矿石.....243
 - 2. 烧成温度及气氛.....244
 - 3. 橄榄石的其它应用.....245

第二节 蛇纹石..... 245

- 一、蛇纹石的基本性质.....246
 - 1. 蛇纹石的种类与结构.....246
 - 2. 蛇纹岩的产状与组成.....247
- 二、蛇纹石的加热变化.....247
- 三、蛇纹石的应用.....250

第三节 滑石与镁质粘土	250
一、滑石的晶体结构	251
二、滑石的产状、伴生矿物与矿石类型	252
三、滑石的化学和加热性质	253
1. 滑石的化学成分	253
2. 滑石的加热变化	254
四、滑石的技术条件与典型性能	254
1. 滑石块矿的技术条件	254
2. 滑石粉的技术条件	254
五、窑具对滑石粉的技术要求	257
1. 化学成分	257
2. 滑石的细度	257
3. 滑石的煅烧	257
六、镁质粘土的性质与应用	258
1. 地质产状、成因和分布	258
2. 化学和矿物组成	258
3. 镁质粘土的工艺性质	259
4. 镁质粘土的应用	260

第四节 绿 泥 石	260
一、绿泥石的晶体结构与分类	260
二、绿泥石的基本性质	262
1. 成因与产状	262
2. 化学矿物组成	263
3. 绿泥石的加热性质	264
三、绿泥石在窑具中的应用	264

第八章 钙基耐火原料

第一节 白 云 石	269
一、白云石的产状与分类	269
1. 白云石的产状	269
2. 白云石的分类	270
二、白云石的基本性质与鉴别	271
三、白云石的技术条件与典型成分	271
1. 白云石的技术条件	271
2. 白云石的化学成分	274
第二节 白云石的烧结与白云石砂	274
一、白云石的加热变化	274

1. 白云石的加热分解.....	274
2. 白云石的烧结.....	275
二、白云石烧结性能的提高.....	276
1. 白云石的二步煅烧.....	277
2. 添加物对白云石烧结的影响.....	278
三、白云石砂的抗水化性能.....	281
四、白云石砂的生产与性能.....	281
第三节 合成镁白云石砂.....	283
一、MgO-CaO 系中提高 MgO 含量的作用.....	284
1. 提高抗水化能力.....	284
2. 提高抗炉渣侵蚀性能.....	284
3. 提高高温强度.....	285
4. 镁白云石砂中 MgO 含量.....	285
二、镁白云石砂的合成.....	286
1. 原 料.....	286
2. 工艺过程.....	286
3. 工艺参数对镁白云石砂性能的影响.....	287
三、镁白云石砂的显微结构与抗水化能力.....	288
1. 镁白云石砂显微结构特点.....	288
2. 镁白云石砂抗水化能力的提高.....	290
四、镁白云石砂的典型性能.....	292
第四节 石灰质耐火原料.....	292
一、石灰石的性质.....	293
1. 矿物性质.....	293
2. 石灰石的化学成分.....	293
3. 石灰石的加热变化.....	293
二、钙砂的生产与防水化.....	295
1. 钙砂的生产工艺.....	295
2. 钙砂的防水化.....	295
三、钙砂的典型性能和应用.....	296
1. 钙砂的典型性能.....	296
2. 钙砂的应用.....	296

第九章 尖晶石质耐火原料

第一节 尖晶石族矿物的结构与性质.....	301
一、尖晶石的晶体结构.....	301
1. 尖晶石的结构类型.....	301
2. 反尖晶石结构的铁磁性.....	302

二、尖晶石的种类与基本性质.....	303
1. 尖晶石的种类.....	303
2. 尖晶石的基本性质.....	303
第二节 铬 铁 矿.....	305
一、铬铁矿的产状与性质.....	305
1. 铬铁矿的产状.....	305
2. 铬铁矿的化学组成.....	308
3. 铬铁矿的加热变化.....	308
二、铬铁矿的精选加工.....	310
1. 铬铁矿的选矿方法.....	310
2. 铬精矿的化学成分.....	311
三、铬铁矿的分级及技术条件.....	311
四、铬铁矿制砖要点.....	313
1. 对铬铁矿成分的要求.....	313
2. 铬铁矿的粒度.....	315
第三节 镁 铬 砂.....	316
一、镁铬砂的基本性质.....	316
二、镁铬砂的合成.....	317
1. 制造镁铬砂的原料.....	317
2. 镁铬砂中 Cr_2O_3 的含量.....	318
3. 工艺过程.....	318
三、镁铬砂的典型性能与技术条件.....	318
第四节 镁铝尖晶石.....	319
一、镁铝尖晶石的发展简史.....	320
二、镁铝尖晶石的组成、种类和生成机理.....	321
1. 尖晶石的组成与种类.....	321
2. 尖晶石的生成机理与烧结.....	322
三、镁铝尖晶石的性质.....	323
1. 尖晶石的化学成分与密度.....	323
2. 尖晶石的固溶与离析.....	324
3. 矿物组成与显微结构特征.....	325
4. 尖晶石的热膨胀性.....	326
5. 尖晶石的耐热震性.....	327
6. 尖晶石的抗渣性.....	327
7. 镁铝尖晶石的水化.....	328
四、镁铝尖晶石的合成.....	328
1. 原 料.....	328
2. $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值.....	329
3. 合成工艺.....	329