



人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

耐火材料 成型技术

NAIHUO CAILIAO CHENGXING JISHU

于乐海 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

耐火材料成型技术

主 编 于乐海
副主编 袁好杰 张 花

冶金工业出版社
2010

内 容 提 要

本书为冶金行业职业技能培训教材,是参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据耐火材料企业的生产特点和岗位群的技能要求编写的,并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过。

本书内容包括:耐火原料加工,耐火原料加工设备操作技术,耐火原料加工的附属设备及其使用方法,耐火泥料的制备,耐火制品砖型图,耐火制品的半干法成型设备,模具的装配,耐火产品成型的安全生产和砖坯的干燥等内容,各章之后附有相应的复习思考题。

本书可作为耐火材料厂进行原料破粉碎、成型、干燥、半成品拣选等岗位培训的教材,也可作为大专院校耐火材料专业技能鉴定培训教材,还可供从事耐火材料专业生产的工程技术人员、大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

耐火材料成型技术 / 于乐海主编. —北京:冶金工业出版社, 2010. 4

冶金行业职业教育培训规划教材

ISBN 978-7-5024-5161-5

I. ①耐… II. ①于… III. ①耐火材料—成型—技术培训—教材 IV. ①TQ175.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 026358 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 贾 玲 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5161-5

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 4 月第 1 版, 2010 年 4 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16; 10.75 印张; 276 千字; 155 页; 1-3000 册

29.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

冶金行业职业教育培训规划教材

编辑委员会

主任 张 海 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会
主任，唐山钢铁集团公司副总经理
曹胜利 冶金工业出版社 社长
副主任 董兆伟 河北工业职业技术学院 院长
鲁启峰 中国职工教育和职业培训协会冶金分会秘书长
中国钢协职业培训中心 副主任

顾问

北京科技大学 曲 英 王筱留 蔡嗣经 杨 鹏 唐 荻 包燕平
东 北 大 学 翟玉春 陈宝智 王 青 魏德洲 沈峰满 张延安

委员

首钢集团总公司	王传雪	舒友珍	宝钢集团有限公司	杨敏宏
武汉钢铁集团公司	夏汉明	孙志桥	鞍山钢铁集团公司	尹旭光
唐山钢铁集团公司	罗家宝	武朝锁	本溪钢铁集团公司	刘恩泉
邯郸钢铁集团公司	尤善晓	石宝伟	江苏沙钢集团公司	巫振佳
太原钢铁集团公司	毋建贞	孟永刚	莱芜钢铁集团公司	刘祖法
包头钢铁集团公司	李金贵	张殿富	江西省冶金集团公司	张朝凌
攀枝花钢铁集团公司	张海威	许志军	韶关钢铁集团公司	李武强
马钢集团公司	唐叶来	王茂龙	宣化钢铁集团公司	尹振奎
济南钢铁集团总公司	李长青	曹 凯	柳州钢铁集团公司	刘红新
安阳钢铁集团公司	魏晓鹏	马学方	杭州钢铁集团公司	汪建辉
华菱湘潭钢铁集团公司	文吉平	李中柱	通化钢铁集团公司	荆鸿麟
涟源钢铁集团公司	毛宝粮	袁超纲	邢台钢铁公司	李同友
南京钢铁联合公司	包维义	陈龙宝	天津钢铁集团公司	张 莹
昆明钢铁集团公司	孔繁工	马淑萍	攀钢集团长城特钢公司	朱云剑
重庆钢铁集团公司	田永明	岳 庆	西林钢铁集团公司	夏宏钢
福建三钢集团公司	卫才清	颜觉民	南昌长力钢铁公司	胡建忠

委 员

萍乡钢铁公司	邓 玲	董智萍	江西新余钢铁公司	张 钧
武钢集团鄂城钢铁公司	袁立庆	汪中汝	江苏苏钢集团公司	李海宽
太钢集团临汾钢铁公司	雷振西	张继忠	邯鄹纵横钢铁集团公司	阚永梅
广州钢铁企业集团公司	张乔木	尹 伊	石家庄钢铁公司	金艳娟
承德钢铁集团公司	魏洪如	高 影	济源钢铁集团公司	李全国
首钢迁安钢铁公司	习 今	王 蕾	天津钢管集团公司	雷希梅
淮阴钢铁集团公司	刘 瑾	王灿秀	华菱衡阳钢管集团公司	王美明
中国黄金集团夹皮沟矿业公司		刘成库	港陆钢铁公司	曹立国
吉林昊融有色金属公司		赵 江	衡水薄板公司	魏虎平
河北工业职业技术学院	袁建路	李文兴	河北省冶金研究院	彭万树
昆明冶金高等专科学校	卢宇飞	周晓四	津西钢铁公司	王继宗
山西工程职业技术学院	王明海	史学红	鹿泉钢铁公司	杜会武
吉林电子信息职业技术学院	张喜春	陈国山	中国钢协职业培训中心	梁妍琳
山东工业职业学院	王庆义	王庆春	有色金属工业人才中心	宋 凯
安徽冶金科技职业技术学院	郑新民	梁赤民	河北科技大学	冯 捷
中国中钢集团	刘增田	秦光华	冶金职业技能鉴定中心	张志刚

特邀委员

北京中智信达教育科技有限公司	董事长	王建敏
山东星科教育设备集团	董事长	王 继

秘 书

冶金工业出版社 宋 良 (010-64027900, 3bs@cnmip.com.cn)

序

吴溪淳

改革开放以来,我国经济和社会发展取得了辉煌成就,冶金工业实现了持续、快速、健康发展,钢产量已连续数年位居世界首位。这期间凝结着冶金行业广大职工的智慧 and 心血,包含着千千万万产业工人的汗水和辛劳。实践证明,人才是兴国之本、富民之基和发展之源,是科技创新、经济发展和社会进步的探索者、实践者和推动者。冶金行业中的高技能人才是推动技术创新、实现科技成果转化不可缺少的重要力量,其数量能否迅速增长、素质能否不断提高,关系到冶金行业核心竞争力的强弱。同时,冶金行业作为国家基础产业,拥有数百万从业人员,其综合素质关系到我国产业工人队伍整体素质,关系到工人阶级自身先进性在新的历史条件下的巩固和发展,直接关系到我国综合国力能否不断增强。

强化职业技能培训,提高企业核心竞争力,是国民经济可持续发展的重要保障,党中央和国务院给予了高度重视,明确提出人才立国的发展战略。结合《职业教育法》的颁布实施,职业教育工作已出现长期稳定发展的新局面。作为行业职业教育的基础,教材建设工作也应认真贯彻落实科学发展观,坚持职业教育面向人人、面向社会的发展方向和以服务为宗旨、以就业为导向的发展方针,适时扩大编者队伍,优化配置教材选题,不断提高编写质量,为冶金行业的现代化建设打下坚实的基础。

为了搞好冶金行业的职业技能培训,冶金工业出版社在人力资源和社会保障部职业能力建设司和中国钢铁工业协会组织人事部的指导下,同河北工业职业技术学院、昆明冶金高等专科学校、吉林电子信息职业技术学院、山西工程职业技术学院、山东工业职业学院、济钢集团总公司、中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心等单位密切协作,联合有关冶金企业和职业技术学院,编写了这套冶金行业职业教育培训规划教材,并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会组织专家评审通过,由人力资源和社会保障部职业能力建设司给予推荐。有关学校、企业的各级领导和编写人员在时间紧、任务重的情况下,克服困难,辛勤工作,在相关科研院所的工程技

术人员的积极参与和大力支持下，出色地完成了前期工作，为冶金行业的职业技能培训工作的顺利进行，打下了坚实的基础。相信这套教材的出版，将为冶金企业生产一线人员理论水平、操作水平和管理水平的进一步提高，企业核心竞争力的不断增强，起到积极的推进作用。

随着近年来冶金行业的高速发展，职业技能培训也取得了巨大的成绩，绝大多数企业建立了完善的职工教育培训体系，职工素质不断提高，为我国冶金行业的发展提供了强大的人力资源支持。今后培训工作的重点，应继续注重职业技能培训工作者队伍的建设，丰富教材品种，加强对高技能人才的培养，进一步强化岗前培训，深化企业间、国际间的合作，开辟冶金行业职业培训工作的新局面。

展望未来，任重而道远。希望各冶金企业与相关院校、出版部门进一步开拓思路，加强合作，全面提升从业人员的素质，要在冶金企业的职工队伍中培养一批刻苦学习、岗位成才的带头人，培养一批推动技术创新、实现科技成果转化的带头人，培养一批提高生产效率、提升产品质量的带头人；不断创新，不断发展，力争使我国冶金行业职业技能培训工作跨上一个新台阶，为冶金行业持续、稳定、健康发展，做出新的贡献！

前 言

本书是按照人力资源和社会保障部的规划,受中国钢铁工业协会和冶金工业出版社的委托,在编委会的组织安排下,参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据耐火材料的生产实际和岗位群的技能要求编写的。书稿经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐作为冶金行业职业技能培训教材。

近年来,世界耐火材料工业发生了重大变化。一方面,由于用户工艺的技术进步、工艺和设备对耐火材料要求提高以及耐火材料自身的改进,耐火材料消耗量逐年下降;另一方面,全球化趋势明显,竞争激烈使耐火材料品种多样化,性能和质量明显提高,耐火材料企业为用户的服务意识和能力加强。创新、研发、教育、管理和投入,将是未来耐火材料工业保持活力和发展的关键。对中国耐火材料工业来说,今后若干年是一个经历结构优化、企业重组和品种结构调整的时期,不仅需要运筹帷幄的管理决策人员和不断开发创新的科技人员,也需要适应这种新变化的大量技术工人和技师。提高技工知识水平和操作水平需要开展系列的技能培训,为此编写了这本培训教材。

本书主要介绍耐火材料成型作业技术及技能,第1章叙述了耐火原料的加工基本知识与泥料的制备,第2章叙述了耐火原料加工设备操作技术,第3章叙述了耐火原料加工的附属机械设备及其使用方法,第4章叙述了耐火泥料的制备,第5章叙述了耐火制品砖型图的绘制与识读,第6章叙述了耐火制品的半干法成型设备,第7章叙述了模具及其装配,第8章叙述了摩擦压砖机和夹板锤的操作技能及安全生产知识,第9章叙述了耐火材料的干燥知识和干燥设备操作。

本书由山东工业职业学院于乐海主编。其中第7章、第8章由山东工业职业学院袁好杰编写,第1~4章、第9章由山东工业职业学院张花编写,第5章、第6章由山东工业职业学院于乐海编写。

本书在编写过程中,得到了山东冶金总公司、山东工业职业学院、山东中齐耐火材料有限公司、山东鲁耐窑业有限责任公司等单位的大力支持与协助,在此向他们表示感谢。

因编者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2009年12月

目 录

1 耐火原料加工基本知识	1
1.1 耐火原料基本知识	1
1.1.1 黏土质矿物原料	1
1.1.2 高铝质矿物原料	3
1.1.3 镁质矿物原料	4
1.1.4 硅质矿物原料	5
1.2 耐火原料的加工过程	7
1.2.1 原料拣选	7
1.2.2 原料的粉碎	7
1.2.3 原料的干燥	9
1.2.4 筛分	10
复习思考题	11
2 耐火原料加工设备操作技术	12
2.1 颚式破碎机的操作技术	12
2.1.1 颚式破碎机的工作原理及类型	12
2.1.2 颚式破碎机的构造	13
2.1.3 颚式破碎机的规格型号和技术性能	15
2.1.4 颚式破碎机的操作技能	15
2.2 圆锥破碎机的操作技术	18
2.2.1 圆锥破碎机的工作原理	18
2.2.2 圆锥破碎机的构造	19
2.2.3 圆锥破碎机的规格型号和技术性能	25
2.2.4 圆锥破碎机的操作技能	25
2.3 辊式破碎机的操作技术	29
2.3.1 辊式破碎机的工作原理及分类	30
2.3.2 双辊式破碎机的构造	30
2.3.3 辊式破碎机的规格型号和技术性能	32
2.3.4 对辊破碎机的操作技术	32
2.4 球磨机的操作技术	34
2.4.1 球磨机的工作原理及类型	34
2.4.2 球磨机的构造	36
2.4.3 球磨机的规格型号及技术性能	39

2.4.4 球磨机的操作技能	40
复习思考题	43
3 耐火原料加工的附属设备及其使用方法	45
3.1 电磁振动给料机	45
3.1.1 构造和工作原理	45
3.1.2 给料量的调节原理	47
3.1.3 安装、调整机调谐	47
3.1.4 电振给料机的使用及注意事项	48
3.2 带式输送机	49
3.2.1 构造和工作原理	49
3.2.2 操作及注意事项	54
3.3 斗式提升机	54
3.3.1 构造和工作原理	54
3.3.2 操作及注意事项	56
3.4 振动输送机	57
3.4.1 结构和工作原理	57
3.4.2 操作及注意事项	59
3.5 螺旋输送机	60
3.5.1 构造与工作原理	60
3.5.2 使用及注意事项	62
复习思考题	63
4 耐火泥料的制备	64
4.1 配料	64
4.1.1 配料的方法	64
4.1.2 配料操作	66
4.1.3 配料实例	67
4.1.4 配料操作注意事项	68
4.2 混练机混合设备的操作技术	68
4.2.1 双轴搅拌机及操作技术	69
4.2.2 轮碾机及操作技术	71
复习思考题	79
5 耐火制品砖形图	81
5.1 砖形图绘制知识	81
5.1.1 三视图的形成	81
5.1.2 三视图的投影规律	81
5.1.3 三视图的有关规定	82

5.1.4 物体上的面、线的投影特征	83
5.1.5 三视图和物体之间的关系	84
5.1.6 常用基本几何体的三视图	84
5.2 砖形图的识读	87
5.2.1 看清标题栏	87
5.2.2 分析视图	88
5.2.3 明确半成品标准	88
复习思考题	88
6 耐火制品的半干法成型设备	89
6.1 耐火制品的成型方法	89
6.2 半干法成型设备——摩擦压砖机	89
6.2.1 摩擦压砖机的分类	89
6.2.2 摩擦压砖机的工作原理	90
6.2.3 摩擦压砖机的构造	91
6.2.4 摩擦压砖机的主要装置	93
6.3 半干法成型设备——夹板锤成型机	97
复习思考题	98
7 模具及其装配	99
7.1 成型模具的材料	99
7.1.1 成型对模具的技术要求	99
7.1.2 成型模具的分类	99
7.1.3 机压成型模具常用的材质	100
7.2 模具结构及设计原则	103
7.2.1 半干法压制的受压情况	103
7.2.2 压模结构	103
7.2.3 出砖器和锤头结构	105
7.2.4 模具设计的基本原则与考虑因素	107
7.3 装模常用的手工工具	108
7.4 装模常用的机械设备	109
7.4.1 皮带锤的基本结构及操作方法	109
7.4.2 砂轮机的使用	110
7.4.3 电焊机的使用	110
7.5 模具的装配	113
7.5.1 活动模壳(Tz-3 标准砖类)的模具装配	113
7.5.2 固定模壳(中注管类)的模具装配	114
7.5.3 带弹簧底座(三通砖)模具的装配	115
7.5.4 钨钴类硬质合金与 TiC 系钢结硬质合金块黏镶组合模具的装配	117

7.5.5 装配常见故障处理	118
7.6 模具的检验与安装	119
7.6.1 钢模具的检验	119
7.6.2 模具的安装	121
7.6.3 已磨损的模具件的利用	122
复习思考题	123
8 耐火制品成型的安全生产	125
8.1 成型生产的安全工作	125
8.1.1 摩擦压砖机的安全装置	125
8.1.2 摩擦压砖机成型安全操作规程	125
8.1.3 夹板锤成型安全操作规程	126
8.2 事故分析	126
8.2.1 摩擦压砖机的事故分析	126
8.2.2 夹板锤成型事故分析	127
8.3 摩擦压砖机的操作	127
8.3.1 开机前的准备	127
8.3.2 摩擦压砖机的生产操作	128
8.3.3 成型过程中易产生的故障及排除方法	130
8.3.4 J53k-400 型中型宽台面双盘摩擦压力机及其操作简介	132
8.4 夹板锤的操作	134
8.4.1 准备工作	134
8.4.2 生产操作	134
8.4.3 夹板锤成型时的故障处理	135
8.5 半成品质量检验	135
8.5.1 半成品检验所用的工具、量具	135
8.5.2 半成品外观检验的项目和方法	137
8.5.3 半成品内在质量的检查项目及方法	139
8.5.4 半成品砖坯的验收方法	140
8.5.5 半成品检验标准	140
复习思考题	142
9 砖坯的干燥	143
9.1 砖坯干燥的传热方式	143
9.1.1 传导传热	143
9.1.2 对流传热	143
9.1.3 辐射传热	143
9.1.4 综合传热	144
9.1.5 稳定传热与不稳定传热	144

9.2 干燥剂及干燥过程	144
9.2.1 干燥剂性质	144
9.2.2 干燥过程	145
9.3 干燥器的类型	145
9.3.1 间歇式干燥器	146
9.3.2 连续式干燥器	146
9.3.3 干燥器的基本要求	146
9.4 隧道干燥器	147
9.4.1 隧道干燥器的构造及工作原理	147
9.4.2 隧道干燥器用热源	147
9.4.3 空气预热器和隧道干燥器的安全操作规程	149
9.4.4 空气预热器和隧道干燥器的操作	150
9.5 3 t电拖车的使用	152
9.5.1 3 t电拖车的结构及用途	152
9.5.2 干燥前的准备	152
9.5.3 3 t电拖车操作及干燥车维修安全技术规程	153
9.5.4 3 t电拖车的生产操作	153
复习思考题	154
 参考文献	 155

1 耐火原料加工基本知识

1.1 耐火原料基本知识

耐火材料生产的基础是原料,要想生产出优质的耐火材料,就必须对耐火矿物原料进行学习。本节根据我国各地原料的性质和资源情况,对耐火制品常用的几种原料进行了简单介绍。

1.1.1 黏土质矿物原料

黏土不是单一矿物,而是由直径小于 0.001 mm (或小于 $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$)的多种含水铝硅酸盐矿物组成的混合物。其在湿态和细粉状态下具有可塑性(粉碎加水后混合得到),干燥后变硬,在足够高温下加热会玻化。

根据其生成情况,黏土分为:原生黏土和次生黏土;按其可塑性,黏土分为:软质黏土(强可塑性黏土)和硬质黏土(弱可塑性黏土)。软质黏土多属于次生黏土。因其颗粒细,分散度大,故可塑性大。而硬质黏土可塑性较差,多属于原生黏土。作为耐火材料用的黏土称为耐火黏土,其耐火度不低于 1580°C 。

我国的耐火黏土分布广,如辽宁、河南、内蒙古自治区、山西、山东等地均有,且储量大、品种齐全。江西、湖南、江苏、浙江等地有优质的高岭土;辽宁、吉林、浙江等为膨润土的重要产地。

1.1.1.1 化学成分

黏土是以水铝硅酸盐为主体的土状混合物。主要的化学组成是 Al_2O_3 和 SiO_2 两种氧化物。 Al_2O_3 主要来源于黏土矿物, SiO_2 除来自黏土矿物外,主要来自微粒的石英。当 Al_2O_3 含量(均为质量分数,下同)和 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值越接近高岭石矿物的理论值($\text{Al}_2\text{O}_3 39.5\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 = 0.85$)时,表明此类黏土的纯度越高。黏土中高岭石含量越多,其质量越优。 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值越大,黏土耐火度就越高,黏土的烧结熔融范围也就越宽;其值越小,则相反。

黏土通常含有一定量的杂质。杂质主要为碱、碱土和铁、钛等的氧化物以及一些有机物。各种氧化物均可起助熔作用,并会降低原料的耐火度。黏土的耐火度主要决定于其化学组成。表1-1为我国部分地区耐火黏土的化学组成。黏土中如含有较高的铁、钛、钙、镁,则相应地称为高铁黏土(如山东王村东宝山)、高钛黏土(四川二滩金龙山,贵阳小山坝)、高钙黏土(山东明水)、镁质黏土(江西景德镇柳家湾、萍乡)。

1.1.1.2 矿物组成和杂质

黏土原料按岩石类型分为:高岭土、高岭石黏土(软质黏土)、高岭石黏土岩。黏土矿物种类多,其通常由五六种矿物组成,主要矿物是高岭石矿物。高岭石矿物名称出自我国,是因江西省浮梁县高岭山所产高岭石质量优良而得名。高岭石族矿物包括高岭石、珍珠陶土、迪开石和富硅高岭石。珍珠陶土和迪开石的化学成分与高岭石完全相同,即 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ 或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,所不同的是结构的迭置有差异。富硅高岭石的 SiO_2 含量较高。

表 1-1 我国一些产地耐火黏土化学组成实例

产 地	原 料 名 称	化学组成(质量分数)/%								
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	灼减
江苏苏州	苏州土	37.60	47.69	0.31	—	0.19	0.06	—	0.03	14.06
江苏吴县阳西矿	苏州高岭土	39.07	45.52	0.06	0.03	—	—	—	—	15.59
吉林舒兰县	水曲柳黏土	30.06	54.39	1.37	0.96	1.39	0.45	0.22	0.73	11.29
江西星子	星子高岭土	34.07	50.14	1.04	—	0.20	0.33	1.73	0.10	11.85
四川叙永	叙永土	38.80	44.56	0.30	—	0.82	0.20	0.11	0.13	15.49
	软质黏土	28.37	57.63	1.13	0.90	0.49	0.59	0.65		9.78
辽宁牛心台	硬质黏土	37.43	43.04	1.24	1.15	0.47	0.04	2.42		14.20
河北古冶	D 级矾土(硬质)	38.23	44.13	0.96	1.65	0.44	0.04	0.69		14.29
	四节土(软质)	33.30	48.53	1.76	1.61	0.58	0.08	1.60		11.53
山西太原	五灰矸(硬质)	39.41	43.49	0.97	1.27	0.46	0.08	未测		13.98
	灰片矸(软质)	31.82	54.08	0.5	0.30	0.25	痕	0.99		10.91
山东淄博	焦宝石(硬质)	38.23	44.53	0.66	未测	0.29	0.29	0.29		13.82
	坊子土(软质)	25.79	56.82	2.28	未测	0.45	未测	未测		9.75
河南焦作	硬质黏土	39.03	43.48	1.28	0.26	1.66	0.39	0.53		13.48
	半软质黏土	38.56	42.94	0.85	0.32	1.63	1.01	0.46		13.45
湖南辰溪	硬质黏土	38.37	44.08	0.25	1.12	0.12	0.17	0.22		14.48
湖南湘潭	软质黏土	37.78	45.02	1.09	1.70	0.26	0.28	0.25		13.63
广西武鸣	硬质黏土	30~42	44~48	0.3~6.0	—	<0.3	<1.0	—		13~16
广西扶绥	软质黏土	27~36	54~60	0.6~1.7	1~1.4	<0.1	<0.1	—		10~14
广西维罗	软质黏土	37.41	43.86	0.72	1.92	0.1	0.09	0.04	0.17	14.46

黏土矿物常见的夹杂矿物主要有石英、水云母、含铁矿物、长石、金红石等。这些矿物均为有害矿物,除石英外,其他矿物含量一般较少,分布较为均匀,对耐火性能影响不大。如果杂质含量大或分布不均匀,则严重影响黏土的质量。石英是非塑性矿物,它会减弱黏土的结合能力和可塑性,并降低砖坯干燥和烧成时的收缩。故石英对黏土质量的影响视其数量、粒度大小和分布的不同而异。此外,在高温时(1300~1400℃)起熔剂作用,容易与黏土中的氧化铁等杂质发生作用而生成易熔物,降低黏土的耐火性能。其颗粒越小,熔剂作用就越弱;铁的化合物会使黏土制品表面形成黑点、熔洞、熔疤鼓胀等缺陷,在制品的质量上,因铁的化合物起熔剂作用,会降低黏土的耐火性能;长石中的碱性氧化物是强熔剂,会使黏土在煅烧过程中产生玻璃相,降低烧结温度,并使烧结温度范围变得狭窄。

1.1.1.3 使用耐火黏土应注意的问题

使用耐火黏土应注意以下问题:

(1) 注意原料的纯度。为此要采取必要选料措施,除去杂质,提高纯度。

(2) 对多熟料的制品,应选择可塑性好、结合性好的软质黏土。对普通熟料制品可选用可塑性弱的黏土如半软质黏土作结合黏土。切忌选用两种黏土作为结合黏土混用,防止因化学组成不同,加热变化不同给烧结带来困难,从而出现过烧或欠烧现象。

(3) 软质黏土和半软质黏土由于水分含量较大,一般需经过干燥才能粉磨,为了保证黏土的可塑性和结合性,干燥温度不宜过高(小于 200°C)。

(4) 黏土熟料应充分烧结,以保证制品形状和尺寸的稳定性。

(5) 耐火黏土的地质成因、矿物组成、形态及工艺特性与其黏土制品生产工艺、性能有密切的关系。因此加深对耐火黏土的成矿研究,对黏土的矿物组成、工艺特性的了解,无疑对制品的生产工艺有指导意义。

1.1.2 高铝质矿物原料

高铝质矿物原料主要有:高铝矾土(又名铝矾土、矾土、铝土矿)、合成莫来石、蓝晶石族矿物(包括蓝晶石、红柱石、硅线石)、工业氧化铝、电熔刚玉等。

我国高铝矾土资源非常丰富,目前是高铝质耐火材料的主要原料。此外,铝矾土可用于炼铝,制造高铝水泥、人造刚玉(金刚砂)和化工原料等。

A 铝土矿矿石类型和分类

铝土矿(又名铝矾土)是由三种铝的氢氧化物以各种比例构成的细分散胶体混合物。这三种铝的氢氧化物为:一水硬铝石(Al_2O_3 85%)、一水软铝石(Al_2O_3 85%)和三水铝石(Al_2O_3 65.4%)。

铝土矿中除铝的氢氧化物外,几乎经常与铁的氧化物和氢氧化物——赤铁矿、针铁矿相伴生,另外还伴有锐钛矿和高岭石、多水高岭石等黏土矿物。在铝土矿中有时还见到铁、钙、镁和铝的碳酸盐及铁的硫化物、铝的硫酸盐及刚玉、金红石、板钛矿以及一些少见的氢氧化铝矿物。

铝土矿所含杂质不同,致使其外表颜色多变,自淡灰色、灰褐色到黑色,有时还有红褐色斑块。根据铝土矿矿石的结构,并考虑杂质的影响,划分如下矿石类型:粗糙状铝土矿、致密状铝土矿、豆或鲕状铝土矿、气孔状杏仁状铝土矿和高铁铝土矿。

在工业上按照含铝主要矿物成分,拟把我国铝土矿划分为两个基本类型:一水型铝土矿和三水型铝土矿。前者主要由一水铝石组成,包括水铝石和勃姆石。后者主要有三水铝石组成。我国绝大部分地区铝土矿皆属于一水型铝土矿。此型根据所含主要矿物的成分,又划分为5个亚类型:

- (1) 水铝石-高岭石型(D-K);
- (2) 水铝石-叶蜡石型(D-P);
- (3) 勃姆石-高岭石型(B-K);
- (4) 水铝石-伊利石型(D-I);
- (5) 水铝石-高岭石-金红石型(D-K-R)。

B 铝矾土的化学组成

我国部分高铝矾土的化学组成见表1-2。

表1-2 我国部分高铝矾土化学组成分析结果

类 型	矿 区	化学组成(质量分数)/%						
		Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O
D-K	河北古冶	41~80	0.7~41	2.46 ± 0.56	1.15 ± 0.52	0.31 ± 0.18	0.13 ± 0.07	—
D-K	山 西	45~32	0.4~38	3.13 ± 0.62	1.00 ± 0.54	0.34 ± 0.19	0.22 ± 0.12	0.15 ± 0.07
D-K	河 南	40~80	0.8~42	2.99 ± 0.88	0.90 ± 0.40	0.19 ± 0.11	0.21 ± 0.16	0.42 ± 0.26
								灼 减
								14.26 ± 0.38
								14.51 ± 0.32
								14.10 ± 0.39

续表 1-2

类 型	矿 区	化学组成(质量分数)/%							
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	灼 减
D-K	贵 州	55~81	0.6~28	3.34±0.69	1.18±0.37	0.21±0.11	0.17±0.14	0.95±0.79	14.04±0.32
D-P	河 南	40~76	4~44	2.99±0.88	0.90±0.40	0.16±0.11	0.21±0.16	0.42±0.26	11.32±1.89
B-K	山 东	40~76	3~41	1.97±0.63	1.52±0.47	0.27±0.10	0.21±0.10	0.48±0.23	14.41±0.35
D-I	河 南	37~76	4~44	2.99±0.88	0.90±0.40	0.16±0.11	0.31±0.16	2.97±1.95	11.12±2.24
D-K-R	四 川	40~73	5~39	8.33±1.96	1.97±1.07	0.29±0.12	0.14±0.07	0.42±0.41	11.45±1.36

由表 1-2 可见, (1) D-K、D-P 和 B-K 型矾土的 Al₂O₃ 含量和 SiO₂ 含量呈直线关系。(2) TiO₂ 有随 Al₂O₃ 的增多而增高的趋势, Al₂O₃ 含量大于 70% 的试样 TiO₂ 为 3%~4.5%。但在 D-K-R 型矾土中, TiO₂ 可达 12% 至 16%, 最低值为 4.5%, 一般在 8% 左右。(3) Fe₂O₃ 含量一般不大于 1.5%, 但在山东、四川产量略高; CaO 和 MgO 的平均含量均很低。(4) R₂O (Na₂O + K₂O) 一般均小于 1%, 但河南的 D-I 型矾土 R₂O 含量大于 1%。(5) D-K 型与 B-K 型矾土的灼减量均为 14% 左右, 其余类型灼减量小于 14%。

高铝矾土中的杂质包括: TiO₂、R₂O、Fe₂O₃ 和 CaO 等。TiO₂ 是高铝矾土中含量较高的杂质之一, 在不同等级中作用不同。对于 II 级矾土, 与莫来石形成固溶体进入玻璃相量少, 对制品的烧结不利, 但有利于提高制品的高温力学性能; 特级、I、III 级矾土中, 进入液相量较多, 有利于烧结, 但不利于调高制品的高温性能。R₂O 主要影响矾土的烧结、熟料的组成和高铝砖的性能, R₂O 含量过多, 会使制品的烧成温度范围窄且不易控制, 制品易变形, 而且会阻碍二次莫来石化的进程, 分解已经形成的莫来石, 对制品的高温性能不利。Fe₂O₃ 和 CaO 主要影响材料形成液相的温度, 对制品高温性能不利。减少矾土中的杂质, 在生产中常用人工拣选措施, 此外, 国内外已开始采用铝矾土酸洗法选矿措施。

1.1.3 镁质矿物原料

镁质耐火材料的主要原料为镁砂, 镁砂是烧结镁石破粉碎得到的。烧结镁石的来源有如下几个途径:

(1) 天然菱镁矿 (MgCO₃, 含 MgO 47.82%) 煅烧; (2) 从海水中提炼; (3) 从盐湖卤水中提炼; (4) 从白云石 (CaMg(CO₃)₂, 含 MgO 21.9%) 中提炼; (5) 从蛇纹石 (3MgO·2SiO₂·2H₂O, 含 MgO 43%) 中提炼; (6) 从水镁石 (Mg(OH)₂, 含 MgO 69%) 中煅烧, 但通常用作提炼金属镁; 目前我国主要从菱镁矿煅烧获得烧结镁石, 也发展多品种的镁砂原料。我国菱镁矿资源丰富, 居世界首位。

1.1.3.1 菱镁矿的化学成分

菱镁矿 (MgCO₃) 是常见的碳酸盐类矿物, 与方解石 (CaCO₃)、白云石 (CaMg(CO₃)₂)、菱锌矿 (ZnCO₃)、菱铁矿 (FeCO₃) 等无水碳酸盐矿物一起, 在矿物学上又统称为方解石族矿物。菱镁矿石中的主要化学成分为 MgO, 次要成分为 CaO、SiO₂、Fe₂O₃、Al₂O₃。MgO 含量一般在 35%~47%, CaO 为 0.2%~4%, SiO₂ 0.2%~8%, Fe₂O₃ 和 Al₂O₃ 的含量一般在 1% 以下。微量元素有 P、Mn、Zr、Ti、Cr、Ni 等二十多种, 种类较多, 但无经济价值。

矿石化学成分中 CaO、SiO₂、Fe₂O₃、Al₂O₃ 是有害的杂质。煅烧后的 CaO 易于水化并伴随体