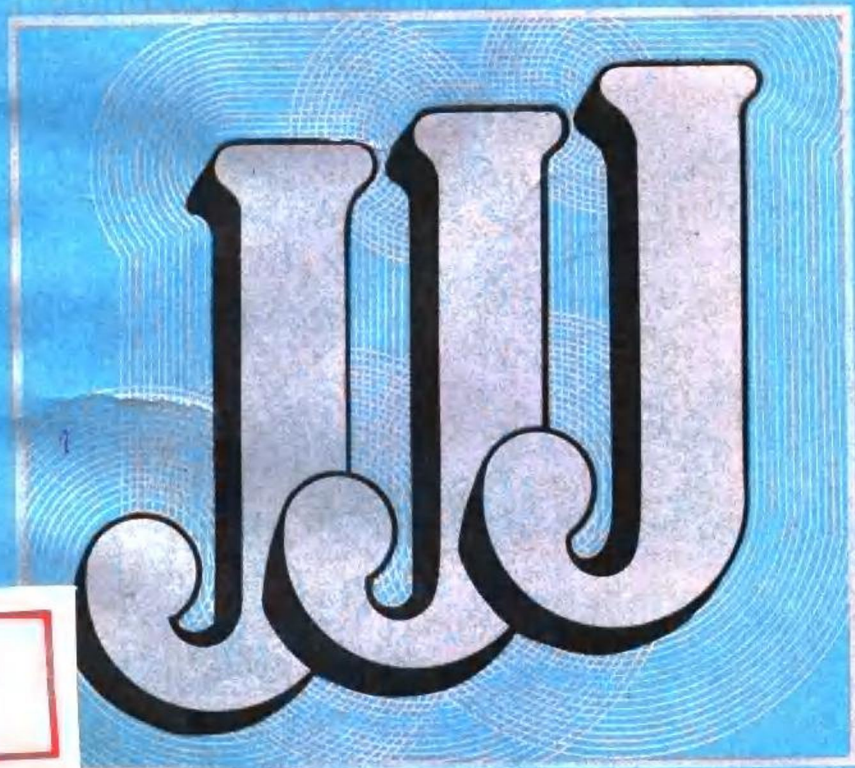


国家机械工业委员会统编

中级筑炉工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

中级筑炉工工艺学

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

B 534280

本书系统地阐述了工业炉筑炉工艺的基本知识。全书共分七章，主要内容有：耐火材料、膨胀缝、特殊砌筑方法、常用工业炉砌筑实例、技术质量标准、工业炉的修理、常见故障和技术维护。详细地阐述了耐火混凝土、耐火可塑料、耐火喷涂料和耐火纤维炉衬的施工方法，举例说明了砌筑电极盐浴炉、连续式电加热无罐炉、冲天炉、电弧炉、感应炉、烟囪与烟道、锅炉等的关键和要点。对耐火材料的选用代用、工业炉的热修（抢修）、炉衬的易损部位和常见故障分析以及提高炉衬寿命的措施等，均作了较为全面的介绍。

本书为中级筑炉工的培训教材，也可供技工学校 and 中等专业学校的师生学习参考，同时也可作为从事工业炉制造、使用和维修部门的技术人员、管理干部和工人的学习资料。

本书由第一汽车厂曾正明编写，由第一汽车厂唐经武、谷安振和第二汽车厂徐万恒审稿。

中级筑炉工工艺学

国家机械工业委员会统编

责任编辑：李铭杰 版式设计：张伟行
封面设计：林胜利 方 芬 责任校对：熊天荣

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 787×1092¹/₃₂·印张 9¹/₂·字数 209 千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 00,001—16,700·定价：3.90 元

ISBN 7-111-01144-9/TG·285

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

基本概念和原理为主,突出针对性和实用性,着重讲授基本知识,注重能力培养,并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发,努力做到理论联系实际,通俗易懂,具有工人培训教材的特色,同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接,便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂,长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位,组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人,在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际,谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员,各地的组织领导者,以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意!

编好、出好这套教材不容易,教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误,我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题,及时提出批评和指正,以便再版时修订,使其更完善,更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 耐火材料	1
第一节 耐火材料的性能	1
第二节 耐火材料的选用	1
第三节 耐火材料的代用	13
第四节 新型耐火材料	14
第五节 耐火泥浆	24
复习题	32
第二章 膨胀缝	33
第一节 膨胀缝留设的基本原则	33
第二节 耐火砖砌体膨胀缝的留设	35
第三节 耐火混凝土膨胀缝的留设	40
复习题	42
第三章 特殊砌筑方法	43
第一节 耐火混凝土的施工	43
第二节 耐火可塑料的施工	63
第三节 耐火喷涂料的施工	72
第四节 耐火纤维炉衬的施工	86
复习题	127
第四章 常用工业炉砌筑实例	130
第一节 井式电阻炉的砌筑	131
第二节 电极盐浴炉的砌筑	134
第三节 连续式电加热无罐炉的砌筑	144

VI

第四节	冲天炉的砌筑	152
第五节	电弧炉的砌筑	172
第六节	感应炉的打结	203
第七节	烟囱与烟道的砌筑	221
第八节	锅炉的砌筑	233
第九节	冬季砌砖	248
复习题		249
第五章	技术质量标准	253
第一节	砌筑质量对生产的影响	253
第二节	砌筑质量对炉衬寿命的影响	255
第三节	砖缝厚度	256
第四节	砌砖技术标准	259
复习题		261
第六章	工业炉的修理	262
第一节	冷修	262
第二节	热修	265
复习题		268
第七章	常见故障和技术维护	269
第一节	易损部位和常见故障	269
第二节	技术维护	278
第三节	提高炉衬寿命的措施	285
复习题		297

第一章 耐火材料

耐火材料是砌筑工业炉的主要高温建筑材料和结构材料。它在使用过程中，不但受到高温作用，并经受着各种各样的物理、化学和机械等作用。为此，必须熟悉耐火材料的各项性能，尤其是高温使用性能，以便做到选材得当，代用合理，精心砌筑和严格操作，促进提高工业炉的使用寿命，降低耐火材料的消耗。

第一节 耐火材料的性能

耐火材料的基本性能以及在使用时能否经受高温和各种物理化学作用，其根本因素就在于它内部的各种化学矿物组成和组织结构的综合反应，同时也受到生产工艺和使用条件等外界因素的影响。根据耐火材料的一系列物理-化学性能，可以评定耐火材料质量的优劣，决定其适宜的使用条件，考虑其能否代用的依据。为此，我国于1955年制定了《重标》耐火制品标准，于1963年重新修订并制定了《冶标》(YB)耐火制品标准。近几年来，我国对《冶标》又组织进行修订，有些标准已成为《国标》(GB)。耐火制品标准，如表1-1、表1-2、表1-3、表1-4、表1-5和表1-6所列。

第二节 耐火材料的选用

在选用耐火材料时会遇到两个主要问题，即采用什么种类和等级的耐火材料来砌筑工业炉的各个部位；这些材料的

表1-1 常用粘土质耐火砖的品种、牌号及理化指标

指 标 项 目		一般工业炉用粘土质耐火砖 (GB4415—84)							
		N-1	N-2 a	N-2 b	N-3 a	N-3 b	N-4	N-5	N-6
		1750	1730	1730	1710	1710	1690	1670	1580
耐火度(℃)	不低于	1400	1350	—	1320	—	1300	—	—
0.2MPa荷重软化开始温度(℃) 不低于									
重烧线变化(%)	1400℃ 2h	+0.1 -0.4	+0.1 -0.5	+0.2 -0.5	—	—	—	—	—
	1350℃ 2h	—	—	—	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	—
显气孔率(%)	不大于	22	24	26	24	26	24	26	28
常温耐压强度(MPa)	不小于	30	25	20	20	15	20	15	15

表1-2 常用高铝砖的品种、牌号及理化指标

指 标 项 目	一般用途高铝砖 (GB2988—82)			炼钢电弧炉炉顶用高铝砖 (GB2991—82)		
	LZ-65	LZ-55	LZ-48	DL-80	DL-75	DL-65
Al ₂ O ₃ (%)	65	55	48	80	75	65
耐火度(°C)	1790	1770	1750	1790	1790	1790
0.2MPa荷重软化开始温度(°C) 不低于	1500	1470	1420	1550	1530	1500
重烧线变化 (%)	+0.2 -0.1 (1500°C) (3 h)	+0.2 -0.1 (1450°C) (3 h)	+0.2 -0.1 (1550°C) (3 h)	+0.1 -0.4 (1500°C) (3 h)	+0.2 -0.5 (1500°C) (3 h)	
显气孔率(%) 不大于	23	23	23	炉顶砖		
				19	19	22
				拱脚砖		
				21	21	23
常温耐压强度(MPa) 不小于	50	45	40	80	70	60

表1-3 常用硅砖的品种、牌号及理化指标

指 标 项 目	工业炉用硅砖 (GB2608—81)		炼钢电弧炉 炉顶用硅砖 (YB380—63)
	GZ-94	GZ-93	DG-95
SiO ₂ (%)	不小于 94	93	95
CaO(%)	不大于 —	—	2.0
Al ₂ O ₃ (%)	不大于 —	—	1.3
耐火度(°C)	不低于 1690	1690	1710
0.2MPa荷重软化开始温度(°C)	不低于 1640	1620	1650
显气孔率(%)	不大于 23	25	22
真密度(kg/m ³)	2380	2400	2360
常温耐压强度(MPa)	不小于 25	20	25

表1-4 常用镁质砖的品种、牌号及理化指标

指 标 项 目	镁砖及镁硅砖 (GB2275—80)		镁 铬 砖 (GB2277—80)		平炉用镁铝砖 (GB2276—80)	
	MZ-87	MGZ-82	MGe-12 I	MGe-8	ML-80	
						一级
MgO(%)	87	82	55	60	80	80
SiO ₂ (%)	—	5~10	—	—	—	—
CaO(%)	3.0	2.5	—	—	—	—
Cr ₂ O ₃ (%)	—	—	12	8	—	—
Al ₂ O ₃ (%)	—	—	—	—	5~10	5~10
0.2MP _a 荷重软化开始温度(℃) 不低于	1520	1550	1550	1530	1590	1570
显气孔率(%)	19	20	23	24	18	20
常温耐压强度(MPa)	40	40	20	20	40	25
热震稳定性(次数)	—	—	—	—	3	3

表1-5 轻质(隔热)粘土耐火砖的品种、牌号及理化指标

指标项目	轻质(隔热)粘土耐火砖 (GB3994—83)									
	NG-1.5	NG-1.3 a	NG-1.3 b	NG-1.0	NG-0.9	NG-0.8	NG-0.7	NG-0.6	NG-0.5	NG-0.4
	1500	1300	1300	1000	900	800	700	600	500	400
体积密度(kg/m³) 不大于	6	4.5	4	3	2.5	2.5	2	1.5	1.2	1
常温耐压强度(MPa) 不小于	1400	1400	1350	1350	1300	1250	1250	1200	1150	1150
重烧线变化, 不大于2%的试验温度(°C)	0.70	0.60	0.60	0.50	0.40	0.35	0.35	0.25	0.25	0.20
热导率(W/(m·K)) 平均温度350±25°C不大于										

注: 硅的工作温度不超过重烧线变化的试验温度。

表1-6 轻质(隔热)高铝耐火砖的品种、牌号及理化指标

指 标 项 目	轻 质 高 铝 (隔 热) 耐 火 砖 (GB3995—83)						
	LG-1.0	LG-0.9	LG-0.8	LG-0.7	LG-0.6	LG-0.5	LG-0.4
Al ₂ O ₃ (%)	48	48	48	48	48	48	48
Fe ₂ O ₃ (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
体 积 密 度(kg/m ³)	1000	900	800	700	600	500	400
常 温 耐 压 强 度(MPa)	4	3.5	3	2.5	2	1.5	0.8
重 烧 线 变 化, 不 大 于 2 % 的 试 验 温 度(°C)	1400	1400	1400	1350	1350	1250	1250
热 导 率(W/(m·K)) 平 均 温 度 350±25°C	0.50	0.45	0.35	0.35	0.30	0.25	0.20

来源有否保证，价格是否便宜。具体说来应考虑下述事项。

一、工业炉的工作条件

首先应深入调查炉子各部位的工作条件，分析破坏筑炉材料的主要和次要原因。着重考虑炉温高低、炉温变化情况、炉渣性质、炉内气氛、冲击磨损、传热隔热以及其它特殊要求，以保证炉子的寿命和产品的质量。例如，一般高温熔炼炉的炉底和渣线以下部位，炉渣侵蚀是主要的，而温度波动和体积稳定性是次要的，所以应选用高温抗渣性特别良好的材料。

如果根据炉温来选用耐火材料时，一般可参考表 1-7 的数据。

表1-7 根据炉温选用耐火材料

炉温(℃)	炉子名称	炉膛内衬选用耐火材料
1000	中温电阻炉	轻质耐火粘土砖、耐火纤维
1300	火焰加热炉、热处理炉	耐火粘土砖、高铝砖、硅砖、碳化硅砖、耐火混凝土
1300	高温盐浴炉	耐火粘土砖、高铝砖、耐火混凝土
1400	高温电阻炉	轻质耐火粘土砖、轻质高铝砖、氧化铝砖、碳化硅砖
1650	钼丝炉	氧化铝砖、刚玉砖、碳化硅砖、氧化铝空心球制品
1650	冲天炉	耐火粘土砖、碳化硅砖、白云石砖
1700	电弧炉	高铝砖、硅砖、镁砖、镁铝砖、镁铬砖、白云石砖、耐火混凝土
1700	感应炉	石英砂、镁砂、高铝砂、锆砂

表 1-8 是轻质耐火制品的允许使用条件。

表1-8 轻质耐火制品的允许使用条件

制品名称	牌 号	使 用 范 围	最高使用温度 (°C)
轻质耐火粘土砖	QN-1.3 a	用于被保护的隔层或炉子的内衬， 但不应受到高温熔融物料或侵蚀性气体的侵蚀作用	1400
	QN-1.3 b		1300
	QN-1.0		1300
	QN-0.8		1250
	QN-0.4		1150
轻质高铝砖	PM-1.0	用于无强烈高温熔融物料侵蚀及冲刷作用的部位，可与火焰直接接触	1350
	PM-0.8		
	PM-0.6	用作砌筑隔热层	
	PM-0.4		
轻质硅砖	一等品	用于轧钢加热炉炉顶和耐火材料烧成窑窑顶，可直接与火焰接触	1550
	二等品	用于热工设备的隔墙	

二、耐火材料的高温使用性能

要掌握各种耐火材料的性能，尤其是高温使用性能。例如普通烧结镁砖的使用性能中，其主要优点是耐火度高、抗碱性渣能力强；缺点是热稳定性差、荷重变形温度低。选用时应充分发挥它的优点，并从炉型结构、砌筑及维护等方面来克服它的缺点。

三、砌体各部位使用寿命的配合

由于炉子中修或大修一次，耗费的工时、材料、燃料都很大。另外炉子某部分的拆修，势必影响其它部位的寿命。例如火焰炉的喷嘴砖工作条件恶劣，损坏较快。因此，选用材料时应该全面考虑砌体各部位的寿命，使其相互适应。

四、经济上是否合理

选用材料时要做技术经济分析，在技术指标符合炉子工

作条件的前提下，应尽量用价格较低的耐火材料，不用高级制品。要考虑自己能否动手制造（例如浇灌耐火混凝土），尽量做到就地取材，修旧利废，找代用品，勤俭办企业。

许多耐火制品，虽然性能很好，但价格太高，因之限制了它们的使用。有些制品，虽价格较贵，但使用寿命很长，经核算使用还是合理的。

随着生产技术的发展，原料的开发，耐火材料的价格也在不断变化。表 1-9 是根据1971年冶金部编订的一级耐火制品的出厂价格，以二等耐火粘土砖（NZ-35）的价格为基数，算出其它各种制品的相对价格比值，供选用时参考。

表1-9 耐火制品的相对价格比值

名 称	牌号或理化指标	价格比值
耐火粘土砖(一般工业炉用)	NZ-35	1
高铝砖(一般工业炉用)	LZ-48	1.80
高铝砖(一般工业炉用)	LZ-55	2.30
硅砖(一般工业炉用)	GZ-93	1.41
电炉顶用硅砖	DG-95	1.80
结合镁砖		1.28
烧结镁砖	MZ-87	3.59
镁铝砖	ML-80	3.98
碳化硅砖	SiC83%	23.0
锆莫来石砖		17.3
锆刚玉砖		25.5
硅藻土砖	550kg/m ³	3.46
轻质耐火粘土砖	QN-1.0~1.3	3.46
轻质耐火粘土砖	QN-0.8	3.85
轻质耐火粘土砖	QN-0.4	6.41
轻质高铝砖		7.69
红砖	手工, 75~100号	0.15