

筑炉工程手册

ZHULU GONGCHENG SHOUCHE

中国工程建设标准化协会工业炉砌筑专业委员会 编

冶金工业出版社

筑炉工程手册

中国工程建设标准化协会工业炉砌筑专业委员会 编



北 京
冶 金 工 业 出 版 社

2007

内 容 简 介

本手册内容包括:筑炉工程概论、炉子热工、筑炉材料、工业炉砌筑基本规定、施工准备与通用机具、焦炉及干熄焦设备、高炉及热风炉、炼钢工业炉、加热炉、有色重金属工业炉、轻有色冶金炉、炭素煅烧炉和炭素焙烧炉、隧道窑与辊道窑、回转窑、玻璃窑炉、转化炉和裂解炉、工业锅炉、烟囱、冷轧工业炉、梭式窑、施工安全与环境保护、附录等。

本手册可供冶金、耐火材料、化工、机械、有色金属、建材、轻工等专业的工业炉设计、施工、生产的工程技术人员及筑炉工人使用,也可供大专院校有关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

筑炉工程手册/中国工程建设标准化协会工业炉砌筑
专业委员会编. —北京:冶金工业出版社, 2007. 1
ISBN 978-7-5024-4095-4

I. 筑… II. 中… III. 工业炉窑—工程施工—技术
手册 IV. TU761.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 144367 号

出 版 人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 章秀珍 美术编辑 李 心

责任校对 侯 璐 李文彦 责任印制 牛晓波

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

2007 年 1 月第 1 版, 2007 年 1 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 50.5 印张; 1322 千字; 790 页; 1-5000 册

168.00 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

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编辑委员会

主 任 纪大初

副主任 魏国钊 方昌荣 刘永春

委 员 (按姓氏笔画排列)

王宗伟	王守彬	毛庆武	刘 伟	孙怀平	任 杰
伍积明	全 强	张大青	邵红州	武本有	武根怀
周 强	赵大武	赵泰昆	赵西安	赵军武	胡孝成
贺新华	高心魁	袁海松	梁津源	谢朝晖	彭 艳
管财堂					

编写委员会

主 编 谢朝晖

副主编 李世耀 方昌荣 白明根

委 员 (按姓氏笔画排列)

方昌荣	王周福	王玺堂	冯 青	石永红	叶方徽
白明根	孙怀平	安永欣	刘 剑	刘金波	刘红浪
刘成西	许嘉庆	李国庆	李世耀	汪和平	苏延秋
何 威	张和平	张保国	张 干	杨 灿	金烈火
周子民	周南翔	赵恩录	胡孝成	姜 华	涂福炳
袁海松	黄志球	谢朝晖	彭 艳	蒋绍坚	程爱民
舒旭波	戴兰生				

主编单位

武汉冶金建筑研究院（现改制为“中冶集团武汉冶建技术研究有限公司”）

参加编写单位

中国第一冶金建设公司

中国第五冶金建设公司

中国第七冶金建设公司

中国第二十冶金建设公司

中国第二十二冶金建设公司

上海宝冶建设公司

中南大学

武汉科技大学

景德镇陶瓷学院

宝钢股份公司

江西南昌有色设计研究院

机械工业第五设计研究院

秦皇岛玻璃工业研究设计院

武钢集团精鼎工业炉有限公司

中机工程(西安)窑炉技术有限公司

大冶有色金属公司

北京瑞泰高温材料科技股份有限公司

天津金耐达筑炉衬里责任有限公司

中冶赛迪工程技术股份有限公司

中冶南方工程技术有限公司

中冶京诚工程技术有限公司

中冶长天国际工程有限责任公司

中冶焦耐工程技术有限公司

北京首钢设计院

郑州东方企业集团股份有限公司

营口青花耐火材料股份有限公司

山西孟县西小坪耐火材料有限公司

山东鲁耐窑业有限责任公司

巩义市金岭耐火材料有限公司

焦作市宏达耐火材料有限公司

巩义市顺祥耐火材料有限公司

巩义市特种炉料厂

序

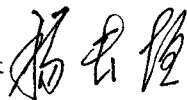
获悉由武汉冶金建筑研究院（现改制为“中冶集团武汉冶建技术研究有限公司”）主编，全国二十余家设计、施工、生产企业和高等院校参编的《筑炉工程手册》即将出版，十分欣喜。这部手册的出版是我国冶金建设界的一件大事，特以此文表示祝贺。

工业炉窑几乎涉及各个行业的各工业部门，品种繁多，耗能巨大。因此必须十分重视工业炉窑设计、施工与操作的科学性，尽量实现以“三高两低”（高产率、高质量、高寿命、低能耗、低污染）为总目标的炉窑设计、施工与操作的整体优化。近年来，随着国家对工程质量要求的提高，工业炉砌筑工程遵循着“设计是前提，材料是基础，施工是关键，管理是保证”的技术路线，严格执行标准规范，工程质量不断提高，全国各行业相继出现一大批大型的安全、长寿、高效、低耗的工业炉窑，这与我国广大冶金建设工作者的努力是分不开的。而对新技术的总结将会更好地促进筑炉工程质量的提高，促进技术发展，因此这本手册的出版应该是非常必要和及时的，这是一项既有实用意义，又具有学术价值的新成果。

《筑炉工程手册》语言流畅、简洁，资料翔实，内容十分丰富。编委们从实用出发，系统、全面地对各类工业炉窑砌筑工程所涉及的技术内容进行了归纳和总结。同时注重理论结合实际，既阐述各种方法理论和工艺基础，又有实际生产和使用指导，构成了工业炉砌筑工程技术较完整的知识体系。

相信这本手册的出版，对提高我国工业炉砌筑工程的施工水平、促进工业炉施工质量的提高、加强工程管理、推进新技术的创新，都将发挥重要的积极作用。

中国冶金建设协会会长



2006年9月

前 言

由工业炉砌筑专业委员会组织编写的《筑炉手册》于1994年面世后，至今已十余年了。该手册出版后，在传播筑炉施工技术、推动我国筑炉施工技术发展、确保工程质量等方面发挥了重要的作用，受到读者的广泛欢迎。十多年来，随着我国经济建设的蓬勃发展，尤其是冶金、建材、化工、有色等行业先进技术的引进和技术进步步伐的加快，传统工业炉用耐火材料打破了品种简单的局面，形成了多品种、多类型的格局；工业炉炉衬的设计由简单结构过渡到多种类、多层次、多功能的复合炉衬；而相应的筑炉施工技术也随之向多种施工工艺发展，广泛采用新型施工方法和施工工具。同时，原筑炉工程的国家标准《工业炉砌筑工程施工及验收规范》（GBJ211—1987）和《工业炉砌筑工程质量检验评定标准》（GB50309—1992）也相继进行了全面修订，这些变化都标志着我国的工业炉砌筑工程进入了一个新的发展阶段。

在新的发展形势下，《筑炉手册》已明显不能满足工程的需要。基于此，中国工程建设标准化协会工业炉砌筑专业委员会决定再次组织冶金、有色、化工、建材、机械等行业的一批专家进行新手册的编写。从2003年到2006年，多次组织大型的编写工作会议，广泛征集各有关方面意见和收集资料，成立编写委员会；编委分工负责，提出手册初稿；召开编委会全体会议汇稿，对初稿进行评审、提出意见后，由执笔人据此修改，反复多次方才定稿；再经主编和副主编最后逐章逐句审校后付梓，定名为《筑炉工程手册》（以下简称手册）。

本次编写是在新的国家标准《工业炉砌筑工程施工及验收规范》（GB50211—2004）和《工业炉砌筑工程质量检验评定标准》（GB50309—2006）的指导下进行的，是对近10年来工业炉砌筑工程技术发展的又一次全面总结。在《手册》的结构布置上，参考了“2004筑炉规范”的编写方式，在对工业炉通用施工方法、施工准备和机具分章介绍后，按炉种分章进行编写。将炉种概述、材料使用、施工准备、特殊施工方法等信息集中于一章，介绍更系统，更便于读者查阅相关信息。编写中对一些已不适用的炉种，如倒焰窑、连续式直立炉等未作安排，对一些新炉种的有关内容作了介绍，如重有色工业炉中的诺兰达炉、奥斯炉、回转式精炼炉、倾动式精炼炉以及梭式窑等；将冷轧用工业炉归类专门成章，进行系统介绍；炼钢系统用工业炉中包括了对钢包和中间包砌筑的介绍；烟囱独立一章，全面介绍其砌筑方法；此外，在介绍施工安全的同时，增加了环境保护的内容等。《手册》几乎覆盖工业炉的所有典型炉种，编

写中突出了“工程”，围绕工程展开，内容丰富；具有很强的实际操作的指导性、实用性。

《手册》共有21章，一个附录。编写过程中虽然力求《手册》的内容更加充实和丰富，能够满足各方面的需求，但由于时间仓促，水平所限，难免有欠妥和不足之处。敬请读者不吝批评指正。

编写过程中，各方面企业和专家给予了大力支持，热心提供技术资料和工作成果，在此表示衷心的感谢。

《筑炉工程手册》编委会

2006年9月

目 录

1 筑炉工程概论	1
1.1 工业炉及其分类	1
1.1.1 工业炉	1
1.1.2 工业炉的分类	1
1.1.3 一般工业炉的结构组成	2
1.1.4 主要工业领域代表性 工业炉简介	2
1.2 工业炉的炉衬结构	6
1.2.1 炉衬的砌体结构设计	6
1.2.2 炉衬的主要结构形式	7
1.2.3 炉衬砌体的膨胀结构	7
1.2.4 炉衬配置水平的评价	9
1.3 筑炉主要材料和辅助材料	9
1.3.1 耐火材料	9
1.3.2 隔热性材料	9
1.3.3 锚固性材料	10
1.3.4 其他辅助材料	10
1.3.5 耐火材料的质量标准与 验收	11
1.4 筑炉工程	12
1.4.1 基本建设工程	12
1.4.2 维修工程	12
1.4.3 烘炉和凉炉	14
1.5 筑炉工程的验收	15
1.5.1 一般性程序	15
1.5.2 主要文件	15
1.5.3 质量评价	15
1.5.4 质量监理	15
2 炉子热工	16
2.1 概述	16
2.1.1 炉子热工系统的主要 内容	16
2.1.2 热工系统之间的互相联系 和影响	16
2.2 燃料及燃烧计算	17
2.2.1 常用燃料的特性	17
2.2.2 燃料的选用	25
2.2.3 燃烧计算	26
2.2.4 燃烧温度及其计算	30
2.3 气体力学基础	33
2.3.1 气体的物理属性	33
2.3.2 气体力学计算	34
2.3.3 气体常用物理参数数值	49
2.3.4 烟囱	57
2.4 传热计算	61
2.4.1 稳定态传导传热	61
2.4.2 对流给热	66
2.4.3 辐射传热	72
2.4.4 综合传热	78
2.4.5 不稳定态导热	82
2.5 炉子热平衡计算	88
2.5.1 炉子热平衡计算	88
2.5.2 热平衡计算常用公式	89
2.5.3 热平衡计算实例	92
2.6 烟及烟平衡	98
2.6.1 烟及烟值计算	98
2.6.2 烟损的计算	99
2.6.3 烟平衡及其热工分析	100
3 筑炉材料	102
3.1 耐火材料的分类、组成和 性质	102
3.1.1 耐火材料的分类	102

3.1.2 耐火材料的化学、矿物组成	105	规定	217
3.1.3 耐火材料的结构性质	108	4.1.2 耐火材料运输的一般规定	217
3.1.4 耐火材料的力学性能	111	4.1.3 耐火材料保管的一般规定	217
3.1.5 耐火材料热学性能	114	4.2 耐火泥浆使用时的调制要求	217
3.1.6 耐火材料使用性能	118	4.2.1 泥浆使用时的一般规定	217
3.1.7 耐火材料的作业性	130	4.2.2 耐火泥浆调制的一般规定	218
3.2 耐火制品	133	4.3 砌筑	218
3.2.1 硅酸铝质耐火制品	133	4.3.1 砌砖的一般规定	218
3.2.2 碱性耐火制品	146	4.3.2 炉底砌筑	218
3.2.3 含碳耐火制品	149	4.3.3 炉墙砌筑	219
3.2.4 碳化硅耐火制品	158	4.3.4 拱顶砌筑	222
3.2.5 含锆质耐火制品	161	4.3.5 管道内衬砌筑	225
3.3 隔热耐火材料	166	4.3.6 砖格子的砌法	227
3.3.1 隔热耐火制品	166	4.4 砌体的砖缝厚度	227
3.3.2 耐火纤维	171	4.5 工业炉砌筑的允许误差	233
3.3.3 耐火纤维制品	179	4.6 不定形耐火材料的施工	240
3.4 不定形耐火材料	183	4.6.1 耐火浇注料的施工	240
3.4.1 耐火浇注料	184	4.6.2 隔热耐火浇注料的施工	241
3.4.2 耐火可塑料	192	4.6.3 耐火喷涂料的施工	242
3.4.3 耐火捣打料	193	4.6.4 耐火可塑料的施工	243
3.4.4 耐火喷涂料	195	4.6.5 捣打料的施工	245
3.4.5 耐火泥浆	196	4.7 耐火陶瓷纤维的施工	246
3.5 结合剂和外加剂	200	4.7.1 层铺式耐火纤维毡的 施工	246
3.5.1 耐火材料结合剂	200	4.7.2 叠砌式耐火纤维毡的 施工	252
3.5.2 外加剂	205	4.8 膨胀缝的一般留设方法	253
3.6 耐火材料质量验收	207	5 施工准备与通用机具	255
3.6.1 耐火制品的标准牌号和 砖号	207	5.1 施工准备	255
3.6.2 耐火制品堆放、取样、 验收、保管和运输规则	211	5.1.1 技术准备	255
3.6.3 不定形耐火材料包装、 牌号、检测、取样、验收、 运输和储存规则	213	5.1.2 物资准备	255
4 工业炉砌筑基本规定	217	5.1.3 劳动组织准备	255
4.1 耐火材料验收, 运输和保管 的要求	217	5.1.4 施工现场准备	255
4.1.1 耐火材料验收的一般		5.1.5 施工场外准备	255
		5.2 施工组织设计	255
		5.2.1 施工组织设计的分类	256

5.2.2 单位工程施工组织 设计的内容	256	6.3.2 焦炉大棚	299
5.3 临时设施	258	6.3.3 焦炉耐火材料管理	301
5.3.1 耐火材料仓库	258	6.3.4 预砌筑	302
5.3.2 搅拌站	260	6.3.5 脚手架的设置	304
5.3.3 脚手架与操作台	261	6.3.6 自制砌砖控制工具	304
5.3.4 拱胎与模板	261	6.3.7 工序交接	305
5.3.5 材料运输	264	6.3.8 测量放线	305
5.4 预砌及验收	265	6.3.9 劳动组织安排	305
5.4.1 预砌筑	265	6.3.10 进度计划安排	306
5.4.2 材料验收	265	6.4 焦炉砌筑	307
5.5 动力供应	267	6.4.1 砌筑前应具备的条件	307
5.5.1 水的供应	267	6.4.2 焦炉砌筑工艺流程	307
5.5.2 电的供应	270	6.4.3 焦炉砌筑的主要控制 方法	307
5.5.3 压缩空气的供应	274	6.4.4 炉底及滑动层的施工	310
5.5.4 蒸汽的供应	275	6.4.5 蓄热室(小烟道)砌筑	310
5.6 冬季施工	276	6.4.6 斜烟道的砌筑	312
5.6.1 冬季施工的要求	276	6.4.7 燃烧室的砌筑	313
5.6.2 用热项目耗热量的计算	277	6.4.8 炉顶的砌筑	314
5.6.3 取暖设备的计算	280	6.5 熄焦设备砌筑	314
5.7 通用施工机械	281	6.5.1 熄焦罐用砌筑材料	314
5.7.1 泥浆搅拌机	281	6.5.2 干熄焦设备砌筑的施工 准备	315
5.7.2 强制搅拌机	281	6.5.3 熄焦罐的砌筑	319
5.7.3 喷涂机	281	7 高炉及热风炉	325
5.7.4 切砖机	282	7.1 概述	325
5.7.5 磨砖机	283	7.2 内衬结构基本形式和基本 数据	325
5.7.6 泥浆输送泵	283	7.2.1 高炉内衬结构	325
5.7.7 卷扬机	284	7.2.2 热风炉炉型	330
5.7.8 平衡重式叉车	286	7.2.3 基本数据	332
5.7.9 空气压缩机	286	7.3 施工准备	341
5.8 通用施工工具	289	7.3.1 施工平面布置	341
5.8.1 砌筑用工具	289	7.3.2 主要特殊措施项目	341
5.8.2 加工用工具	289	7.3.3 主要临时设施项目	343
5.8.3 检验用工具	290	7.3.4 施工顺序的安排和 作业设施	343
6 焦炉及干熄焦设备	292	7.3.5 材料运输	348
6.1 焦炉概况	292	7.3.6 砖的挑选和加工	355
6.2 焦炉用耐火材料	297		
6.3 焦炉砌筑施工准备	298		
6.3.1 现场平面布置	298		

7.3.7 预砌筑(预组装)	355	9.3.6 吊挂炉顶施工要点	440
7.3.8 试喷涂	360	9.3.7 可塑料施工要点	441
7.3.9 组合砖加工和组装	360	9.4 加热炉的维修	445
7.3.10 施工进度与劳动组织	364	9.5 加热炉施工主要机具	445
7.3.11 主要施工机具	374	9.6 台车式炉	446
7.3.12 砖加工厂用主要机具	375	9.6.1 概述	446
7.4 砌筑	375	9.6.2 台车式炉结构	448
7.4.1 高炉砌筑	375	9.6.3 常用耐火材料	449
7.4.2 热风炉的砌筑	389	9.6.4 台车式炉砌筑	449
8 炼钢工业炉	402	9.6.5 烘炉	452
8.1 概述	402	10 有色重金属工业炉	453
8.2 施工准备	403	10.1 概述	453
8.2.1 施工条件	403	10.2 反射炉	453
8.2.2 技术准备	403	10.2.1 炉体结构	454
8.2.3 材料和机工具准备	403	10.2.2 砌筑	457
8.2.4 人员配置	404	10.3 鼓风炉	460
8.3 施工和烘炉	404	10.3.1 鼓风炉结构及工作 原理	460
8.3.1 混铁炉	404	10.3.2 鼓风炉的施工准备	463
8.3.2 混铁车	407	10.4 诺兰达炉	466
8.3.3 铁水罐	409	10.4.1 炉体结构	467
8.3.4 炼钢转炉	411	10.4.2 砌筑	468
8.3.5 炼钢电炉	414	10.4.3 耐火材料	469
8.3.6 钢包	416	10.4.4 炉衬砌筑顺序	470
8.3.7 炉外精炼炉	419	10.5 闪速炉	470
8.3.8 中间包	422	10.5.1 闪速炉结构及炉衬 选材	470
9 加热炉	426	10.5.2 闪速炉的施工	472
9.1 炉型结构	426	10.6 艾萨炉	480
9.1.1 步进式加热炉炉衬特点	426	10.6.1 艾萨炉结构及工作 原理	480
9.1.2 环形加热炉炉衬特点	428	10.6.2 艾萨炉的施工准备	481
9.1.3 复合炉衬的特点	428	10.7 卧式转炉	485
9.2 加热炉常用耐火材料	428	10.7.1 卧式转炉结构及 工作原理	485
9.3 加热炉炉衬施工	434	10.7.2 转炉的施工	487
9.3.1 模板制作与安装规定	434	10.8 回转式精炼炉	490
9.3.2 浇注料操作规程	439	10.8.1 回转式精炼炉结构 及工作原理	490
9.3.3 炉底砌筑及围堤浇注 施工要点	440		
9.3.4 水梁、立柱施工要点	440		
9.3.5 炉墙施工要点	440		

10.8.2 回转式精炼炉的施工准备	491	12.2.5 炭素焙烧炉的砌筑	545
10.9 矿热电炉	495	13 隧道窑与辊道窑	549
10.9.1 矿热电炉结构及工作原理	495	13.1 隧道窑	549
10.9.2 电炉的施工	497	13.1.1 概述	549
10.10 倾动式精炼炉	501	13.1.2 隧道窑的砌筑	549
10.10.1 倾动式精炼炉工作原理及结构	501	13.1.3 本体砌筑	552
10.10.2 倾动式精炼炉的施工	502	13.1.4 文明施工	552
11 轻有色冶金炉	506	13.1.5 劳动力配备	553
11.1 铝电解槽	506	13.1.6 检验设备	553
11.1.1 铝电解槽概况	506	13.2 辊道窑	553
11.1.2 铝电解槽重要砌筑材料选用	506	13.2.1 辊道窑砌筑前的准备	553
11.1.3 铝电解槽的施工准备	511	13.2.2 辊道窑砌筑	553
11.1.4 铝电解槽的砌筑	519	13.2.3 辊道窑传动系统的安装	556
11.2 沸腾焙烧炉	525	13.2.4 辊道窑的烘烤	556
11.2.1 沸腾焙烧炉概况	525	14 回转窑	560
11.2.2 沸腾焙烧炉主要砌筑材料的选用	526	14.1 概述	560
11.2.3 沸腾焙烧炉的施工准备	527	14.2 炉体结构	561
11.2.4 沸腾焙烧炉的砌筑	529	14.3 常用耐火材料	561
11.2.5 沸腾焙烧炉的炉体砌筑的允许误差	533	14.3.1 耐火材料的常用配置方案	561
11.2.6 烘炉	533	14.3.2 常用耐火材料的性能质量指标	562
12 炭素煅烧炉和炭素焙烧炉	534	14.4 窑衬的施工	564
12.1 炭素煅烧炉	534	14.4.1 回转窑及筒式冷却机内耐火材料的砌筑	564
12.1.1 炭素煅烧炉概况	534	14.4.2 预热器系统、窑门罩、算式冷却机等不动设备的施工	570
12.1.2 炭素煅烧炉的砌筑	536	14.5 窑衬的烘烤	571
12.2 炭素焙烧炉	538	14.6 回转窑窑衬一种新砌筑方法简介	572
12.2.1 炭素焙烧炉概况	538	14.6.1 简述	572
12.2.2 炭素焙烧炉砌筑材料的选用	538	14.6.2 施工方法	573
12.2.3 炭素焙烧炉的施工机械与工具	543	15 玻璃窑炉	574
12.2.4 炭素焙烧炉的施工准备	544	15.1 概述	574
		15.1.1 玻璃熔窑的分类	574

15.1.2 我国玻璃池窑类型	575	16.1.8 输气总管轻质耐火浇注料 的施工	607
15.2 炉体结构	579	16.1.9 耐火浇注料炉衬	608
15.2.1 玻璃熔窑作业室	581	16.1.10 致密型耐火纤维浇注料 炉衬	610
15.2.2 火焰燃烧设备—— 小炉	581	16.2 二段转化炉	611
15.2.3 蓄热室、烟道和烟囱	582	16.2.1 二段转化炉炉体结构	611
15.2.4 窑池的分隔设备	582	16.2.2 耐火浇注料施工	611
15.2.5 工作部	582	16.2.3 低硅刚玉砖的施工	615
15.3 玻璃熔窑常用耐火材料	583	16.2.4 烘炉	616
15.3.1 玻璃熔窑常用耐火材料 的分类	583	16.3 裂解炉	616
15.3.2 玻璃熔窑常用耐火材料 的特点	584	16.3.1 裂解炉炉体结构	616
15.4 玻璃熔窑的施工准备	585	16.3.2 砌筑前应先具备的 条件	618
15.4.1 施工布置	585	16.3.3 隔热耐火砖炉衬	618
15.4.2 主要临时设施	585	16.3.4 层铺式耐火纤维毯 炉衬	620
15.4.3 主要施工机具	587	16.3.5 耐火纤维模块炉衬	622
15.4.4 施工顺序	588	17 工业锅炉	626
15.4.5 施工进度与劳动组织	588	17.1 概述	626
15.5 玻璃熔窑的砌筑	590	17.2 工业锅炉的砌体结构	626
15.5.1 砌筑前应具备的条件	590	17.2.1 炉墙结构	626
15.5.2 浮法玻璃熔窑的砌筑	590	17.2.2 炉顶结构	626
15.5.3 浮法玻璃锡槽砌筑	596	17.3 工业锅炉砌体的砌筑	626
15.5.4 马蹄焰窑砌筑	598	17.3.1 砌筑的准备工作	626
15.5.5 显像管锥(屏)玻璃窑 砌筑	599	17.3.2 炉体砌筑要求	628
16 转化炉和裂解炉	600	17.3.3 炉体砌筑	628
16.1 一段转化炉	600	17.4 烘炉	630
16.1.1 一段转化炉概况	600	17.4.1 烘炉前的准备	630
16.1.2 一段转化炉各部位使用 耐火材料	600	17.4.2 烘炉	630
16.1.3 一段转化炉炉衬施工 程序	602	18 烟囱	631
16.1.4 炉衬施工应具备的 条件	602	18.1 钢筋混凝土烟囱使用材料 的种类和数量	632
16.1.5 辐射段炉墙施工	602	18.2 施工准备	633
16.1.6 辐射段炉顶砌筑	603	18.2.1 临时设施	633
16.1.7 炉底及烟道墙砌筑	606	18.2.2 材料的管理	633
		18.2.3 平面布置规划	633
		18.2.4 主要施工机械及工具	633

18.2.5 劳动组织安排	634	19.4.2 水平连续退火炉的 砌筑	685
18.2.6 进度计划安排	636	19.4.3 锌锅的砌筑	686
18.3 烟囱施工	636	19.4.4 罩式退火炉加热罩的 砌筑	688
18.3.1 基础施工	636	19.4.5 焙烧炉的砌筑	689
18.3.2 筒身和筒首施工	637	19.4.6 设备内衬耐酸砖的 砌筑	691
18.3.3 内衬和隔热层施工	643		
18.3.4 烟囱的附属设施施工	643	20 梭式窑	695
18.3.5 烟囱施工安全保证 措施	644	20.1 梭式窑的结构特点	695
19 冷轧工业炉	645	20.2 梭式窑窑体结构	697
19.1 概述	645	20.3 梭式窑的附属装置	699
19.1.1 冷轧工业炉的筑炉工程 项目	645	20.4 梭式窑的设计、施工与 验收	700
19.1.2 冷轧工业炉内衬结构 演变	645	20.4.1 梭式窑的设计要点	700
19.2 冷轧工业炉的典型炉型和 内衬结构	648	20.4.2 梭式窑的施工及验收	700
19.2.1 连续退火机组的塔式 连续退火炉	648	21 施工安全与环境保护	704
19.2.2 连续退火机组的水平 连续退火炉	651	21.1 施工安全	704
19.2.3 连续热镀锌机组的塔式 连续退火炉	653	21.1.1 筑炉工程安全工作 的特点	704
19.2.4 连续热镀锌机组的水平 连续退火炉	658	21.1.2 准备工作安全技术	704
19.2.5 罩式退火炉	658	21.1.3 施工过程安全技术	708
19.2.6 酸洗槽	661	21.1.4 索具设备安全技术	710
19.2.7 酸再生站的酸储罐、 溶解槽、焙烧炉、 预浓缩器	664	21.1.5 筑炉工安全技术操作 规程	716
19.3 冷轧工业炉砌筑的施工准备	671	21.2 环境保护	716
19.3.1 施工平面布置	671	21.2.1 筑炉工程主要污染物 及其来源	716
19.3.2 施工方法	671	21.2.2 污染防治措施	717
19.4 冷轧工业炉的砌筑	681	附 录	719
19.4.1 塔式连续退火炉的 砌筑	681	附录1 常用技术参数	719
		附录2 部分相关企业简介	786
		参考文献	790

1 筑炉工程概论

广义地讲,筑炉工程是根据设计要求,把特定的材料构筑成满足工艺需求的炉子结构体的实施过程。这种特定的材料包括耐火材料、金属材料和其他非金属材料以及金属材料与非金属材料的组合体。当这种炉结构体是以工业活动为目的时,一般统称为工业炉。在现代工业活动中,工业炉广泛应用于冶金等工业领域的关键生产工序设备系统中。本章将从五方面,概要叙述在工业炉构筑过程中,涉及耐火材料结构体的主要程序和内容:

- (1) 工业炉及其分类;
- (2) 工业炉炉衬结构的设计;
- (3) 筑炉材料;
- (4) 筑炉工程;
- (5) 筑炉工程的验收。

1.1 工业炉及其分类

1.1.1 工业炉

工业炉是对工业活动中用于改变物料的形态或物性的特殊热工设备的统称,是工业活动中必不可少的热工设备。在冶金、化工、有色金属、建材、机械、轻工等行业,不同的工业炉被用于不同的工业目的。

1.1.2 工业炉的分类

综上所述,工业炉种类繁多,应用广泛,在不同的行业工业炉有着不同的用途。从专业角度,我们可以对工业炉进行不同的分类。

1.1.2.1 按照有无热源分类

传统概念中,把工业炉限定在能够提供热源的热工设备范围内。事实上,在工业生产活动中,许多热工设备自身不具备提供热源的基本条件,如钢铁行业的钢包、化工行业的一些反应塔等,由于在长期习惯性称谓中也已经称

之为“炉”了,设备归类习惯于归入工业炉的管理,而且其构造过程也具有工业炉的构造特点。所以,这类设备也统归为工业炉。

在本手册定义的工业炉范围中,可按有无热源进行分类:

(1) 有热源工业炉:这里所指热源,包括各种能量提供的热源。如:固体燃料、液体燃料、气体燃料、电源以及化学热等。这种工业炉包括所有能够为物料提供各种热源的工业炉。如:加热炉、电炉等;

(2) 无热源工业炉:这里的无热源是指工业炉不为物料提供各种热源。如:混铁车、钢包、中间包、化学反应塔等。

1.1.2.2 按照热源来源分类

在工业炉中,常用的热源主要来自气体燃料、液体燃料、固体燃料、电力等,这些热源在形成过程中,一般有两类:一类是以火焰形式存在;另一类是以非火焰形式存在。

(1) 火焰炉:以燃料燃烧释放出的热量作为热源的工业炉。这种工业炉结构简单、燃料多样,结构形式多样,生产成本相对低廉,可以满足多种工业目的,在工业界使用最为普遍。如:各类加热炉等;

(2) 电炉:以电能转换成热能作为热源的工业炉。这种工业炉温度可控精度高,生产出的产品质量高,无燃烧污染,但生产成本相对较高,使之应用受到一定的限制,多用于一些优质、特殊材料的生产和处理。如:炼钢电炉、电解槽、红外烘烤炉等;

(3) 其他工业炉:除了火焰炉和电炉,还有一些工业炉是以提供其他形式的能源来达到工业目的的。如:炼钢的氧气顶吹转炉等。

1.1.2.3 按照工艺过程分类

在工业炉的工艺过程中,物料一般存在两种变化:一种是物态发生变化;另一种是物态

不发生变化。通常，我们把使物态发生变化的工业炉称为熔炼炉，把物态不发生变化的工业炉称为加热炉。

(1) 熔炼炉：在这种工业炉中，物料的物态发生了变化。为了实现工业目的，有些工业炉在使物料物态发生变化的同时，还改变物料的物理、化学特性。这些工业炉包括：从矿石中提取金属的高炉、反射炉等，去除物料中杂质的转炉等，用于熔化金属的化铁炉等。

(2) 加热炉：这里指的是广义上的加热炉。其共同的特点是工业炉中被加热物料在整个工序过程中，只改变其物理、化学和机械性能，而不改变其物态。按照用途，加热炉又可以分为一般加热型加热炉、热处理型加热炉、焙烧型加热炉和干燥烘烤型加热炉等。

(3) 也有一些特殊类型的炉子，如：生产水蒸气的锅炉、化工生产用的转化炉和裂解炉、蒸馏塔等。

1.1.2.4 按照工艺制度分类

在工业炉的生产过程中，主要有两种不同的工艺制度：连续式生产制度和周期（或间歇）式生产制度。通常我们把生产过程中工业炉内主要工艺参数不随时间的变化而变化的称为连续式工业炉。如：高炉、焦炉、回转窑、连续式加热炉等；把工艺参数随时间的变化而发生周期性变化的称为周期（或间歇）

式工业炉。如：转炉、均热炉、倒焰窑、玻璃熔窑等。

1.1.2.5 按照热交换方式分类

除了上述分类，在日常工作中，根据工业炉的生产过程中热交换形式不同，还有按照热交换方式不同进行分类的。如：辐射式加热、对流式加热和层状加热等，辐射式加热炉中又可分为均匀制度式、直接定向式和间接定向式等。

1.1.3 一般工业炉的结构组成

尽管工业炉种类繁多，但从基本结构上讲，主要包括三部分：

(1) 供热系统：包括向工业炉内物料提供各种热源的设备系统。如：能源介质管道和设备系统、电力输送系统变压设备等；

(2) 工业炉本体：这是工业炉的基本结构。一般包括框架支撑结构、炉体结构、物料输送系统等；

(3) 排烟系统：主要包括烟道、烟囱、换热器和排烟辅助设备；

(4) 其他配套设备。

1.1.4 主要工业领域代表性工业炉简介

各主要工业领域代表性工业炉见表 1-1。

表 1-1 各主要工业领域代表性工业炉

行 业	炉子名称	用 途 及 炉 型	使用温度 /℃	能力标称 /t·日 ⁻¹
钢铁业	烧结炉	原料矿粉的烧结，点火保温炉；	约 1200	
	高 炉	生产高炉铁水；	1500 ~ 2000	炉容积或产量
	热风炉	生产高炉所需热风，有内燃、外燃和顶燃式等；	900 ~ 1500	风温风量
	直接还原炉	生产海绵铁；	1500 ~ 2000	炉容积或产量
	混铁炉	储存和保温铁水，使铁水温度和成分均匀；	1300 ~ 1500	炉容积
	混铁车	运送高炉铁水到炼钢工序，并可进行铁水预处理，多为橄榄型；	1300 ~ 1500	转铁量
	转 炉	炼钢，有顶吹、底吹和顶底复吹等；	1600 ~ 2000	出钢量
	电 炉	炼钢，有电弧炉、高频炉等；	1600 ~ 2000	出钢量
	RH 脱气槽	对钢水进行真空脱气；	1500 ~ 1600	处理能力
	钢 包	钢水储存和精炼处理；	1500 ~ 1600	盛钢量
	连铸中间包	连铸工艺储存钢水，槽式	1400 ~ 1600	盛钢量