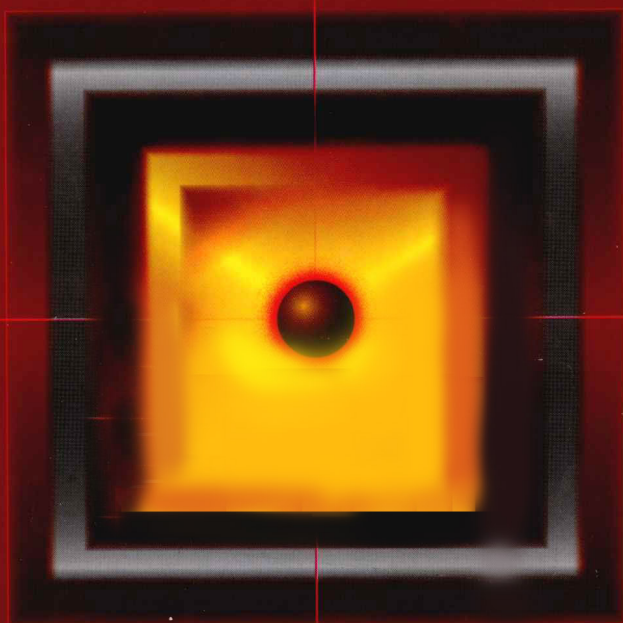


工业炉设计 简明手册

王秉铨 姜生远 王 秋 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



工业炉设计简明手册

王秉铨 姜生远 王秋 编著



机械工业出版社

本手册是一本简明实用的工业炉设计工具书。其主要内容有：工业炉设计总论、燃料与燃烧计算、钢材加热计算、燃料消耗量计算、燃烧装置及设计、预热器设计、筑炉材料与炉衬设计、炉前管道设计、排烟系统设计、炉用结构件设计、炉用机械设计、常用炉型设计、环境保护等。本手册突出了常用炉型和蓄热式炉的设计内容，手册中附有大量的图表和炉型结构详图，内容系统、简明、实用。

本手册可供从事工业炉设计研究、制造安装及操作维修人员使用，也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

工业炉设计简明手册/王秉铨，姜生远，王秋编著. —北京：机械工业出版社，2011.1

ISBN 978-7-111-32297-9

I. ①工… II. ①王…②姜…③王… III. ①工业炉—设计—技术手册 IV. ①TK175

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 204420 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华

版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：姚毅 责任印制：乔宇

北京机工印刷厂印刷（三河市胜利装订厂装订）

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·51 印张·8 插页·1022 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-32297-9

定价：92.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

策划编辑：(010) 88379734

社服务中心：(010) 88361066

网络服务

销售一部：(010) 68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

工业炉是工业加热的关键设备，在推动我国经济发展和科技进步方面起着十分重要的作用，广泛应用于国民经济的各行各业，量大面广，品种多，同时工业炉又是高能耗装备。工业炉设计得是否合理对促进我国工业炉技术的发展，进一步节约能源，提高能源利用水平至关重要。

本手册集设计研究、制造安装和操作管理于一体，是一本简明实用的工业炉设计工具书。本手册的最大特点是突出了常用炉型和蓄热式炉设计技术。为了提高手册的实用性，尽量避免一些理论性较强和设计计算过程较繁琐的内容，由此使手册变得更加简明实用，方便了读者对所需内容的查找和正确运用。

本手册的另一特点是，在精练内容和精简篇幅的同时，保证了工业炉设计核心内容的全面性和完善性，这些核心内容是：燃料与燃烧计算、钢材加热计算、燃料消耗量计算、燃烧装置及设计、预热器设计、筑炉材料与炉衬设计、炉用结构件与炉用机械设计、炉前管道与排烟系统设计、常用炉型与蓄热式炉设计、工业炉节能与环境保护等。

本手册编写方法采用了以图表为主导、辅以文字论述的方式，十分便于读者阅读和应用。在编写过程中，我们关注了近年来在工业炉领域采用的新技术内容，采用了最新国家标准，缜密审核了全部计算公式，对具有一定难点和特点的设计计算内容列举了一些计算例题以便读者对照应用。为了适应新时期的政策要求，手册编入了蓄热式燃烧和低氧化氮燃烧技术，有助于减少工业炉生产运行中所生成 CO_2 和 NO_x 的排放量。

本手册由中国中元国际工程公司（原机械工业部设计研究院）的王秉铨、姜生远和哈尔滨松江电炉有限责任公司的王秋编写。其中，第2章、第7章、第10章、第11章由姜生远编写，第8章、第12章的12.4节由王秋编写，其他章节内容由王秉铨编写。

限于编者的水平，对于手册中存在的错误和不当之处，敬请读者批评指正，更希望提出改进意见，以使手册在内容上更加完善、正确、简明和实用。

编 者

目 录

前言

第1章 工业炉设计总论 1

1.1 炉型分类与设计方法介绍 1

1.1.1 工业炉热工性能解析 1

1.1.2 炉型分类 3

1.1.3 工业炉组成 5

1.1.4 设计原则 6

1.1.5 设计原始资料 7

1.1.6 设计计算 8

1.2 炉型选择 8

1.2.1 燃料选择 8

1.2.2 预热器选择 10

1.2.3 燃烧装置选择 11

1.2.4 炉衬材料选择 12

1.2.5 排烟方式选择 12

1.3 工业炉节能 13

1.3.1 合理使用能源 13

1.3.2 节能途径及措施 15

参考文献 26

第2章 燃料与燃烧计算 27

2.1 燃料 27

2.1.1 固体燃料 27

2.1.2 液体燃料 34

2.1.3 气体燃料 38

2.2 燃料燃烧计算 43

2.2.1 燃料燃烧 43

2.2.2 燃料发热量计算 47

2.2.3 空气系数 50

2.2.4 燃烧所需空气量计算 51

2.2.5 燃烧生成气量及燃烧生成气密度的计算 51

2.2.6 燃烧温度的计算 54

2.3 燃料换算 57

2.3.1 换算公式 57

2.3.2 计算举例 59

参考文献 59

第3章 钢材加热计算 60

3.1 基本概念 60

3.1.1 炉温的概念 60

3.1.2 锻造加热 61

3.1.3 热处理加热 62

3.1.4 “薄钢材”与“厚钢材” 64

3.1.5 炉内温度位差与钢材截面温差 65

3.1.6 加热、均热与保温时间 66

3.1.7 计算参数 66

3.2 加热时间简易计算 70

3.2.1 恒温炉内加热 70

3.2.2 热流不变情况下加热 72

3.2.3 表面温度不变情况下加热 73

3.3 加热时间计算图表 74

3.3.1 恒温炉内加热时间 74

3.3.2 台车式炉内钢锭加热时间 76

3.3.3 连续式炉内钢材加热时间 80

3.4 少无氧化加热 84

3.4.1 少无氧化加热工作原理 84

3.4.2 少无氧化加热炉示例 85

3.4.3 少无氧化加热计算 86

3.4.4 计算例题 90

参考文献 93

第4章 燃料消耗量计算 94

4.1 炉底（或容积）热强度指标 94

4.1.1 砂型及砂芯干燥炉热强度指标 94

4.1.2 塞杆烘炉及烘包器热强度指标 95

4.1.3 各种加热炉热强度指标	96	第6章 预热器设计	180
4.1.4 室式及台车式热处理炉热 强度指标	97	6.1 间壁式预热器的设计	180
4.1.5 井式热处理炉热强度指标	98	6.1.1 概述	180
4.1.6 燃油或燃煤气热处理用盐 浴炉容积热强度指标	98	6.1.2 设计要点	180
4.1.7 燃油或燃煤气熔铜坩埚炉 热耗指标	98	6.1.3 基本计算公式	185
4.2 单位热耗指标	99	6.1.4 间壁式预热器设计计算	194
4.3 热平衡计算	102	6.2 蓄热式预热器的设计	227
4.3.1 热收入项	102	6.2.1 概述	227
4.3.2 热支出项	103	6.2.2 设计要点	227
4.3.3 用热平衡法计算燃料消耗 量 B	116	6.2.3 基本计算公式	230
4.3.4 炉子热效率计算	117	6.2.4 蓄热式预热器设计计算 举例	232
参考文献	117	6.3 热管式预热器的设计	234
第5章 燃烧装置及设计	118	6.3.1 概述	234
5.1 煤气烧嘴	118	6.3.2 设计要点	235
5.1.1 高压喷射式烧嘴	118	6.3.3 基本计算公式	237
5.1.2 低压涡流式烧嘴	125	6.3.4 热管式预热器设计计算 举例	238
5.1.3 天然气半喷射式烧嘴	130	参考文献	240
5.1.4 大气式煤气烧嘴	133	第7章 筑炉材料与炉衬设计	241
5.1.5 焦炉煤气扁烧嘴	134	7.1 耐火制品	241
5.1.6 扩散式烧嘴	135	7.1.1 耐火制品分类	241
5.1.7 热煤气烧嘴	136	7.1.2 耐火制品性能	247
5.1.8 平焰烧嘴	138	7.1.3 通用耐火砖的形状尺寸	250
5.1.9 高速烧嘴	142	7.2 耐火纤维	255
5.1.10 自身预热烧嘴	146	7.2.1 概述	255
5.2 油嘴	148	7.2.2 耐火纤维制品分类	256
5.2.1 分类与特点	148	7.2.3 耐火纤维性能	259
5.2.2 低压油嘴	149	7.2.4 耐火纤维增强涂料	260
5.2.3 高压油嘴	159	7.2.5 耐火纤维粘结剂	261
5.2.4 转杯式油嘴	167	7.3 不定形耐火材料	261
5.2.5 燃油燃烧机	170	7.3.1 定义	261
5.3 煤粉烧嘴	172	7.3.2 不定形耐火材料使用 类型	262
5.3.1 煤粉燃烧的条件与特点	172	7.3.3 不定形耐火材料分类	263
5.3.2 煤粉烧嘴分类	172	7.3.4 耐火泥浆	269
参考文献	179	7.4 隔热材料	273
		7.4.1 隔热材料的主要性能	273

7.4.2 硅藻土质隔热材料	274	8.2.4 施工及检验说明	333
7.4.3 石棉制品	275	8.3 燃油管道设计	336
7.4.4 岩棉、矿渣棉及其制品	276	8.3.1 设计范围	336
7.4.5 硅酸钙制品	277	8.3.2 燃油流速及阀门选用	337
7.4.6 蛭石及其制品	277	8.3.3 设计要点	338
7.4.7 水泥轻骨料浇注料	278	8.3.4 阻力计算	339
7.4.8 水玻璃轻骨料浇注料	279	8.3.5 施工及检验说明	342
7.4.9 膨胀珍珠岩浇注料制品	280	8.3.6 U形膨胀节	342
7.5 普通筑炉材料	280	8.4 炉前冷却水管道设计	342
7.5.1 烧结普通砖(红砖)	280	8.4.1 水的计算流速及阀门 选用	343
7.5.2 水泥	281	8.4.2 设计要点	343
7.5.3 砂	282	8.4.3 施工及检验说明	344
7.5.4 常用胶结剂	283	参考文献	344
7.5.5 促凝剂	286	第9章 排烟系统设计	345
7.5.6 铸石制品	287	9.1 车间烟道	345
7.5.7 常用筑炉材料的体积密度、 热导率和比热容	288	9.1.1 烟道布置	345
7.6 炉衬设计	289	9.1.2 烟道计算	347
7.6.1 炉衬设计的一般要求	289	9.2 烟囱	361
7.6.2 砖砌体设计	290	9.2.1 排烟方式	361
7.6.3 纤维炉衬计算图表	307	9.2.2 烟囱布置	363
7.6.4 耐火纤维炉衬结构	310	9.2.3 烟囱高度与直径计算	363
参考文献	313	9.3 喷射排烟计算	366
第8章 炉前管道设计	314	9.3.1 带扩散段喷射器计算	366
8.1 炉前煤气管道设计	314	9.3.2 简单喷射器(无扩散段) 计算	371
8.1.1 设计范围	314	参考文献	373
8.1.2 计算流速	315	第10章 炉用结构件设计	374
8.1.3 设计要点	315	10.1 炉架	374
8.1.4 管件	317	10.1.1 炉架结构	374
8.1.5 阀门选用及其布置	319	10.1.2 炉架计算	375
8.1.6 放散吹扫系统	320	10.2 钢材选用	386
8.1.7 管道支架	321	10.3 台车轨道与砂封装置	388
8.1.8 管道阻力计算	323	10.3.1 台车轨道	388
8.1.9 施工及检验说明	324	10.3.2 砂封装置	394
8.2 空气管道设计	326	10.4 操作平台及扶梯	395
8.2.1 设计范围	326	10.4.1 平台结构	395
8.2.2 设计要点及设计数据	326	10.4.2 扶梯结构	397
8.2.3 风机	328		

10.4.3 平台结构计算	400	11.5.1 推料机性能参数计算	506
10.5 炉口装置	403	11.5.2 炉内导轨	508
10.5.1 室式炉用炉口装置	403	11.5.3 料盘	509
10.5.2 台车式炉用炉口装置	406	11.5.4 螺旋式推料机	509
10.5.3 井式热处理炉用炉口 装置	411	11.5.5 摩擦式出料机	515
10.5.4 室式干燥炉用炉口装置 ..	411	11.5.6 气缸、液压缸式推料机 ..	522
10.6 烟道闸门	414	参考文献	524
10.6.1 烟道闸门分类	414	第12章 常用炉型设计	525
10.6.2 烟道闸门配件	418	12.1 室式炉	525
参考文献	419	12.1.1 概述	525
第11章 炉用机械设计	420	12.1.2 设计计算	530
11.1 常用机械零件设计	420	12.1.3 炉型结构	532
11.1.1 钢丝绳选用及滑轮卷筒 设计	420	12.2 台车式炉	535
11.1.2 钝轮、销齿传动	432	12.2.1 概述	535
11.1.3 吊杆、吊板及吊叉强度 计算	437	12.2.2 设计要点	538
11.1.4 各种传动副的机械效率 ..	440	12.2.3 砖砌炉衬台车式炉炉型 结构	540
11.2 台车	442	12.2.4 耐火纤维炉衬台车式炉 炉型结构	545
11.2.1 台车类型	442	12.3 井式炉	551
11.2.2 台车结构	445	12.3.1 概述	551
11.2.3 台车车架计算	446	12.3.2 设计计算	552
11.2.4 台车行走机构的设计 计算	457	12.3.3 炉型结构	554
11.3 台车牵引机构	461	12.4 环形炉	558
11.3.1 牵引机构主要参数的 确定	461	12.4.1 概述	558
11.3.2 牵引机构的设计	464	12.4.2 设计计算	559
11.3.3 牵引机构的设计计算	479	12.4.3 炉型结构	562
11.3.4 机架及基础设计	482	12.4.4 炉底传动和装、出料 方式	569
11.3.5 台车行程限位	487	12.5 步进式炉	570
11.4 炉门升降机构	488	12.5.1 概述	570
11.4.1 炉门升降机构分类	488	12.5.2 设计计算	571
11.4.2 手动炉门升降机构	488	12.5.3 炉型结构	575
11.4.3 电动炉门升降机构	492	12.5.4 步进机构	581
11.4.4 气动炉门升降机构	503	12.5.5 步进式炉实例	587
11.5 推出料机	506	12.6 罩式炉	590
		12.6.1 概述	590
		12.6.2 炉型结构	591

12.6.3 炉子主要组成部分	596	13.1 消烟除尘	713
12.6.4 设计计算	602	13.1.1 烟尘来源及烟尘排放 标准	713
12.7 煤炉	606	13.1.2 消烟除尘措施	715
12.7.1 炉型特点	606	13.1.3 冲天炉除尘	720
12.7.2 煤燃烧室	606	13.1.4 煤炉除尘	724
12.7.3 炉算(排)类型与供风 方式	612	13.2 有害气体净化	725
12.7.4 排烟结构	615	13.2.1 有害气体的来源	725
12.7.5 炉型设计	616	13.2.2 大气污染物排放标准	726
12.7.6 炉型示例	617	13.2.3 NO _x 抑制技术	728
12.8 冲天炉	624	13.2.4 SO ₂ 净化技术	730
12.8.1 概述	624	13.3 噪声控制	732
12.8.2 炉型结构	628	13.3.1 噪声危害	732
12.8.3 冲天炉技术参数分析	634	13.3.2 噪声标准	732
12.8.4 炉型示例	635	13.3.3 噪声的物理量度	733
12.9 室式干燥炉	637	13.3.4 控制噪声的基本方法	736
12.9.1 概述	637	13.3.5 工业炉常用消声器分类	736
12.9.2 炉型示例	638	13.3.6 风机房噪声控制示例	740
12.9.3 炉型结构	639	参考文献	742
12.9.4 设计计算	644	附录	743
12.9.5 计算举例	647	附录 A 几种火焰炉最基本的操作 规程	743
12.9.6 热风发生装置	648	A.1 燃煤炉操作规程	743
12.10 坩埚炉	652	A.2 燃煤气炉操作规程	743
12.10.1 概述	652	A.3 燃油炉操作规程	744
12.10.2 设计计算	655	附录 B 炉子烘烤	745
12.10.3 坩埚的选用	657	B.1 烘炉步骤	745
12.11 蓄热式炉	657	B.2 烘炉曲线	745
12.11.1 蓄热式炉的燃烧原理	657	B.3 烘炉方法	749
12.11.2 蓄热体类别与选用	658	B.4 烘炉操作	749
12.11.3 蓄热式炉燃烧装置	660	附录 C 热参数计算式及选用表	749
12.11.4 换向阀	669	C.1 部分热参数近似计算式	749
12.11.5 蓄热式炉的设计	675	C.2 热参数选用表	751
12.12 电阻炉	683	附录 D 全国各省区主要城市海拔、 计算温度及大气压力	770
12.12.1 电阻炉分类	684	附录 E 高电阻电热合金及一些物体的 热参数	774
12.12.2 设计计算	692	附录 F 火焰炉热工参数测定方法	780
12.12.3 金属电热元件	695		
参考文献	711		
第 13 章 环境保护	713		

F.1 烟道内冷空气吸入率计算	780	F.6 炉子热效率的测定与计算	783
F.2 炉膛内空气系数 α 的计算	781	F.7 流量的测定与计算	783
F.3 预热器性能的测定	781	附录 G 盛钢桶、铁液包参考尺寸 ...	791
F.4 炉子生产能力和炉子生产率的 计算	782	附录 H 局部阻力系数 (ξ) 表	792
F.5 金属烧损率的测定与计算	782	附录 I 炉衬材料图例	803

第1章 工业炉设计总论

1.1 炉型分类与设计方法介绍

1.1.1 工业炉热工性能解析

在工业生产中,利用燃料燃烧产生的热量,或者将电能转化成热量对工件或物料进行加热的设备,称为工业炉。锅炉也是一种工业炉,但习惯上把锅炉和其他一些能源转换设备,如焦炉、煤气发生炉等不包括在工业炉范围内。

反映炉子热工性能的主要参数是:炉子装载量、炉子生产能力、炉子生产率、单位热耗、炉底热强度与炉子热效率等。

1. 炉子装载量

每一加热周期内,一次可装入炉内的工件或物料质量,称为炉子装载量,单位为 t 。对于干燥炉,一次装入炉内的物料(砂箱、砂型、砂芯等)体积占炉室容积的百分数,称为炉子填充率。炉子装载量或填充率代表了炉子负荷量大小,也是计算炉体结构及基础承载能力的因数之一。

2. 炉子生产能力

对于加热炉和热处理炉,按单位时间计算的炉子加热能力,称为炉子生产能力,单位为 kg/h ;对于冲天炉则习惯称为炉子熔化率,单位为 t/h 。炉子升温速度越快,则生产能力越高。

3. 炉子生产率

对于加热炉和热处理炉,按单位时间、单位炉底面积计算的炉子加热能力,称为炉子生产率,单位为 $kg/(m^2 \cdot h)$;对于冲天炉则习惯称为炉子熔化强度,单位为 $t/(m^2 \cdot h)$ 。炉子装载量越大,升温速度越快,则炉子生产率越高。一般情况下,炉子生产率越高,则加热每千克工件的单位热量消耗也越低,所以要降低能源消耗,首先应该满负荷生产,尽量提高炉子的生产率。

4. 单位热耗与炉底热强度

在一个加热周期内,加热每千克工件所消耗的热量,称为工件的单位热耗,单位为 kJ/kg 。单位热耗与炉子生产率相乘即为炉底热强度,单位为 $kJ/(m^2 \cdot h)$ 。利用单位热耗与炉底热强度指标可较为准确地计算炉子燃料消耗量。要降低燃料消耗量除应满负荷生产、尽量提高炉子生产率以外,还要减少炉子砌体的蓄热和散热损失、水冷构件热损失、各种开口辐射热损失、逸出炉外烟气和吸入炉内冷空气造

成的热损失，以及离炉烟气带走的热损失等。

5. 炉子热效率

工件或物料加热时吸收的有效热量与供入炉内的热量之比，称为炉子的热效率，用式 (1-1) 表示

$$\eta = \frac{100Q_y}{Q_g} = 100 \left(1 - \frac{Q_s}{Q_g} \right) \quad (1-1)$$

式中 η ——炉子热效率 (%)；

Q_y ——工件或物料吸收的有效热量；

Q_g ——供入炉内热量；

Q_s ——各项损失热量之和。

炉子的有效热量与加热工艺有关，不同炉子有效热量 Q_y (单位：kJ/h) 计算式如下：

(1) 对于间歇式炉

$$Q_y = G (c_c t_c - c_r t_r) \quad (1-2)$$

式中 G ——炉子生产能力 (kg/h)；

t_c 、 t_r ——工件出炉与入炉时温度 (°C)；

c_c 、 c_r ——工件出炉与入炉时的平均比热容 [kJ/(kg·°C)][⊖]

(2) 对于连续式加热炉 钢材在炉内的高温段升至最高加热温度，然后以较低温度由均热段出炉，此时

$$Q_y = G(c_j t_j - c_r t_r) \quad (1-3)$$

式中 c_j ——钢材最高加热温度时的平均比热容 [kJ/(kg·°C)]；

G ——炉子生产能力 (kg)；

t_j ——钢材的最高加热温度 (°C)。

(3) 对于熔化炉

$$Q_y = G[c_g(t_r - t_g) + R + c_y(t_c - t_r)] \quad (1-4)$$

式中 G ——炉子熔化率 (kg/h)；

c_g 、 c_y ——物料在固态和液态下的平均比热容 [kJ/(kg·°C)]；

t_g 、 t_r 、 t_c ——物料入炉、熔化和出炉温度 (°C)；

R ——物料的熔化热 (kJ/kg)。

(4) 对于干燥炉

$$Q_y = Gc(t_c - t_r) + g(h_i - h_r) \quad (1-5)$$

⊖ 除计算公式中明确以开尔文 (K) 为温度单位外，为计算方便 (因许多图表及公式均以 °C 标注)，本书标注比热容、传热系数及热导率单位时分别以 kJ/(kg·°C)、W/(m²·°C) 及 W/(m·°C) 代替 kJ/(kg·K)、W/(m²·K) 及 W/(m·K)。下同。

式中 G ——被干燥物料干态质量 (kg/h);
 c ——物料平均比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$];
 t_o 、 t_r ——物料出炉与入炉温度 ($^\circ\text{C}$);
 g ——水分蒸发量 (kg/h);
 h_o ——出炉温度下水蒸气比焓 (kJ/kg);
 h_r ——入炉温度下水的比焓 (kJ/kg)。

连续式炉比间歇式炉的热效率高,因为连续式炉的生产率高,而且是不间断工作的,炉子工作处于稳定状态,没有周期性的炉墙蓄热损失。还由于炉内带有一个预热炉料区段,烟气部分余热为冷工件所吸收,降低了离炉烟气温度,从而使离炉烟气带走的热损失减少。提高炉子热效率的基本措施是:尽可能连续生产和满负荷工作,要设置预热器对助燃空气和燃料进行预热以回收烟气余热,采用低热容和低热导率的轻质或超轻质耐火材料以减少炉墙蓄、散热损失。

为了提高炉子的热工性能,除必须根据工艺要求、预热器及炉用机械形式、燃料及燃烧装置类别、适宜的炉子排烟方式等设计优良的炉型结构外,还需对炉温、炉压进行自动控制,对燃料与助燃空气量进行自动比例调节。需要指明:实现炉子最佳性能不能单独依靠自动控制来实现,还应有严格的操作管理制度。

1.1.2 炉型分类

按供热方式工业炉分为两类:一是火焰炉,或称燃料炉,是用各种燃料的燃烧热量在炉内对工件或物料进行加热;二是电炉,是在炉内将电能转化为热量对工件或物料进行加热。

火焰炉所用燃料来源广泛,价格较便宜,便于因地制宜地建造不同结构和不同用途的炉子,在妥善操作和科学管理的条件下有利于降低生产费用。但火焰炉难于实现精确控制,易造成环境污染,热效率也较低。电炉的最大特点是炉温均匀,便于实现自动控制,加热质量好。电阻炉一般没有烟尘和噪声危害,但限于我国供电量不足和电费较贵而不能广泛采用,即使如此也仍然有许多加热工艺要采用电炉。

按热工制度,工业炉也分为两类:一是间歇式炉,又称周期式炉,其特点是炉膛内不划分温度区段,炉子按一班或两班生产,在每一加热周期内炉温是变化的,如各种室式炉、台车式炉、井式炉、罩式炉等;二是连续式炉,其特点是炉膛内划分温度区段,一般由预热、加热(高温)、均热(保温)三个区段组成,炉子为三班连续生产,在加热过程中每一区段内的温度可认为是不变化的,如二段或三段连续式加热炉、推杆式加热炉和热处理炉、环形炉、步进式炉、振底式炉、冲天炉及石灰窑等。

按供热方式、温度制度、生产用途和炉型结构特点划分的常用炉型分类见表1-1。

表 1-1 常用炉型分类表

炉型 \ 特性	炉温/℃	结构特点	生产用途	热源
室式加热炉	1250 ~ 1350	室状炉膛，开闭式炉门	小批工件加热	各种燃料及电
室式热处理炉	650 ~ 950		小批工件热处理加热	
开隙式加热炉	1250 ~ 1350	室状炉膛，缝式炉口	成批小工件加热	
台车式加热炉	1250 ~ 1300	室状炉膛，活动炉底	小批钢坯(锭)加热	
台车式热处理炉	650 ~ 1150		小批工件热处理加热	
井式热处理炉	650 ~ 1100	圆形井状炉膛，开闭式炉盖，吊挂装料	细长件（轴、杆）热处理加热	
连续式热处理炉	650 ~ 950	机械推料，或为机械化炉底输料	工件成批连续热处理加热	
连续式加热炉	1250 ~ 1350	机械进料、出料，炉底为滑轨式或步进式，炉膛分段	工件成批连续加热	
罩式炉	650 ~ 1100	炉体为一罩子。或炉底不动，炉罩移动；或炉罩不动，炉底移动	工件成批热处理加热	
砂型（或砂芯）干燥炉	300 ~ 500	室状炉膛，活动炉底	烘干砂芯或砂型	
铁合金烘炉	700 ~ 800	室状炉膛，活动或固定炉底	烘烤铁合金	煤气、燃料油
烘包器	700 ~ 1000	烧嘴装在包顶部敞开或密闭加热	烘烤铁（钢）液包	
塞杆烘炉	250 ~ 350	封闭炉膛，塞杆吊挂烘干	烘烤盛钢桶塞杆	各种燃料
冲天炉	铁液 1350 ~ 1500	立式炉膛，连续加料	熔炼铸铁	主要为焦炭
平炉	钢液 1600 ~ 1700	炉膛为一熔池，带有加热空气、煤气的蓄热室	熔炼碳钢等	煤气，燃料油
石灰窑、白云石窑	1300	立式炉身，连续加料	焙烧生石灰及白云石	主要为焦炭
坩埚炉	900 ~ 1300	炉膛内置有坩埚，炉体固定或可倾转	在坩埚内熔化有色金属	各种燃料

(续)

炉型 \ 特性	炉温/℃	结构特点	生产用途	热源
电阻炉	650 ~ 1300	电阻丝(带)为加热元件	多用于金属热处理加热	电
电弧炉	1100 ~ 1700	通过金属电极或非金属电极(石墨)产生电弧加热	金属和非金属熔炼和精炼	
真空炉	300 ~ 1400	在接近真空状态下通过电热元件加热	金属热处理、钎焊、烧结及熔炼	
感应炉	200 ~ 1600	高频、中频、工频、感应圈加热装置	金属加热和熔炼	
盐浴炉	600 ~ 1300	通过金属电极在盐浴中加热	金属无氧化热处理加热	
开合式差温热处理炉	1000 ~ 1100	立式或卧式两半炉膛, 利用传动小车将炉膛拉开或闭合	将轧辊表面快速加热后淬火, 增加表面硬度	煤气, 燃料油
木材干燥室	100 ~ 120	台车式炉底, 室式炉身	干燥木材	蒸汽, 电
油漆干燥室	100 ~ 150	室式炉身, 用机械装置连续进出料	工件漆膜干燥	
隧道窑	900 ~ 1450	炉底由多台小组成, 钢坯或陶瓷(砖坯)放在小车上加热, 炉内分几个区段, 炉长达100m以上	钢坯连续加热, 或陶瓷连续烧结	各种燃料
倒焰窑	1300 ~ 1450	圆形或矩形窑身, 火焰由上而下经地下烟道排出炉外	间断烧制陶瓷或耐火砖	

1.1.3 工业炉组成

工业炉由炉衬、炉架、燃烧装置(或电热元件)、预热器、炉前管道、排烟系统、炉用机械等部分组成。

炉衬或称砌体, 是用耐火材料、隔热材料和某些建筑材料砌筑或敷设成的炉膛、燃烧室、排烟道等炉体部位。炉衬的作用是使工业炉在加热或熔炼过程中能承

受高温热荷、抵抗化学侵蚀、减少热量损失并具有一定的结构强度，以保证炉内热交换过程的正常进行。

炉架是炉体的钢结构部分，由支柱、拉杆、炉墙钢板、拱脚梁、炉顶框架及固定构件的各种型钢组成。炉架的作用是固定炉衬并承受其部分重量，侧支柱与拱脚梁承受砖砌拱顶的水平推力，前后支柱则用以承受砌体的热胀力和某些构件的重量。

燃烧装置是实现燃料燃烧过程用以向炉内提供热源的设备，因此它是火焰炉的核心部分。燃烧装置除应保证在规定的热负荷条件下实现完全燃烧，或根据特殊的加热要求实现不完全燃烧以取得规定的燃烧气体成分外，还应保证燃烧过程稳定，火焰的方向、形状、刚度和铺展性要符合炉型及加热工艺的要求。

预热器用以回收炉子烟气，达到节约燃料、提高炉温、加快升温速度的目的。以锻造加热炉为例，炉温要求 1300°C ，当使用发热量为 $5000\text{kJ}/\text{m}^3$ ^① 的发生炉煤气时，只能达到约 1200°C 的炉温，而利用烟气余热将助燃空气预热到 400°C 时，则可达到 1320°C 的炉温。且由于回收了热量，可节约燃料 20% 左右。

炉前管道是指与相应车间管道相接的附属于单台炉子的管道部分，用作炉用燃料、燃烧所需空气以及构件冷却用水的输送和均量分配。

排烟系统是由产生抽力的排烟装置（烟囱、引风机或喷射器）或排送烟气的烟道所组成，用以将炉内烟气排出炉外。保证排烟通畅是火焰炉正常运行的重要条件。

炉用机械是炉子组成部分中的机械运行部件，如台车式炉的台车和台车牵引机构、步进式炉的步进机构、输送式炉的输送带（链）及其传动机构、推钢（杆）式炉的推钢机和出钢机、各种炉门升降及压紧机构等。炉用机械体现工业炉的机械化程度，但要保证装出料方便和运行可靠，还要为实现炉子自动化操作创造条件。

1.1.4 设计原则

1) 工业炉设计必须符合国家有关技术政策，炉子的技术性能应能满足生产工艺要求。

2) 运用不断发展的热工及机械理论，例如燃料燃烧、流体力学、传热学、机械原理、材料力学等，指导炉子的设计工作，引进并吸收国外工业炉先进技术，不断完善和提高炉子的技术性能和机械化自动化程度。

3) 炉子结构尺寸应根据生产实践或科学实践数据加以确定，不应照旧有结构按比例放大或缩小。

4) 设计新的炉型结构时，要选用新材料、新装置以改进炉子结构。例如，尽

① 指标准状态下的体积，下同。

量采用适合炉子性能特点和方便施工的各种新型耐火材料和隔热材料,选用各种新型燃烧装置和余热回收装置从而提高炉子的热效率,提高产品质量,降低燃料消耗,改善操作维修条件和提高炉子的使用寿命。

5) 要熟悉各种炉用机械传动方案,熟悉炉子控制原理,不断革新炉子构件,如炉门、炉门压紧装置、台车砂封、烟道闸门、各类阀门等以提高炉子的密封性能。

6) 设计炉子时,对材料选用、设备选型、通用构件的规格尺寸等,应尽可能全厂或全车间通用以使维修方便,尤其注意不要选用已被淘汰的产品。

7) 在一定时期内,有条件有步骤地进行某些工业炉的三化(典型化、系列化、完善化)设计工作,及时总结和推广新技术。

8) 要采取保护环境和防止烟尘、噪声污染的治理措施。例如,对于煤炉应不断改进燃烧过程,用煤气化燃烧代替层状燃烧,用机械加煤代替人工加煤。对于冲天炉应采用高效除尘器代替重力除尘器,进而采用带除尘系统的热风冲天炉以取得高温优质铁液,并达到除尘和消除有害气体的目的。对中、高压风机要设置消声器以减少噪声危害。

1.1.5 设计原始资料

由生产企业或设计研究单位向工业炉专业提出设计委托书,并提供以下设计原始资料:

1) 初步炉型及规格。

2) 炉口尺寸。

3) 燃料种类应具备下列内容。

对于煤:产地、工业分析、低位发热量、灰熔点、粘结性。

对于燃料油:牌号、产物、低位发热量、密度。

对于煤气:低位发热量、成分、密度、粘度。对于发生炉煤气应提供煤气内水、灰、焦油的含量。

4) 炉子用途和操作班次。

5) 加热件或物料的形状、尺寸、质量、材质。

6) 装料方式及最大装载量。

7) 炉温或典型的炉子升温、保温、冷却曲线。

8) 炉子最大生产能力。

9) 排烟方式(上排烟或下排烟,引射排烟或烟囱排烟)。

10) 地质气象资料,如土质、土壤耐压强度、地下水位、全年平均气温、大气压力、风向、空气平均湿度等。

11) 生产工艺对炉子机械化程度和热工测量控制的要求。