

76.181
221

工业炉设计 参考手册

黑色冶金設計总院工业爐科 編

冶金工业出版社

工業爐設計參考手冊

黑色冶金設計總院工業爐科 編

冶金工業出版社

本書根据苏联工業爐專家斯特魯切涅夫斯基 (Б.Б. Струченевский) 同志的講稿由黑色冶金設計总院工業爐科与該院專家翻譯整理而成。

本書搜集了工業爐方面的書籍、手冊及設計标准資料內常用的表格及圖解。詳述了爐子通用部件及附屬設備的選擇、設計及計算方法。特別詳細地介紹了使用預熱燃燒成分的噴射式燃燒器的性能及計算，並以相当篇幅敘述了使用低發热量煤气的現代化連續加熱爐的結構及工作經驗。

本書供設計机关及冶金与机械工厂企業的热工技術人員在設計与操作加熱爐和熱处理爐时参考之用。

工業爐設計参考手冊

黑色冶金設計总院工業爐科 編

1958年10月第一版 1959年10月北京第3次印刷1,505册 (累計4,005册)

850×1168 • 1/32 • 350,000字 • 印張13 • 定價1.60元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0799

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录

代序	(9)
----	-----

第 一 編

第一章 主要数值

1. 代号和計量單位	(11)
2. 电气測量單位	(12)
3. 常用計量單位	(13)
4. 英国度量單位	(13)
5. 某些数值間的比值关系	(13)
6. 气体在 0°C 和 760 公厘水銀柱时的体积和重量	(15)
7. 在不同緯度和不同海拔高度上的重力加速度	(15)
8. 半徑为 1 的扇形体	(16)
9. 三角函数	(17)

第二章 爐子建筑材料

1. 砌爐材料	(18)
建筑材料	(20)
耐火材料	(22)
絕热材料	(25)
砂漿	(29)
耐火和密封塗料, 灰泥, 搗打料, 堆料, 混凝土	(32)
爐子砌体所需之材料用量	(35)
2. 金屬和金屬結構之計算	(39)
爐子骨架之計算	(44)
焊縫代号	(47)
从 ГОСТ 标准取来的金屬的常用品种	(48)
本章参考文献	(57)

第三章 燃 料

1. 工業爐用燃料及燃燒計算.....	(59)
2. 爐子的熱平衡.....	(70)
3. 燃料發熱量之確定.....	(82)
4. 燃料燃燒所需空氣量之確定.....	(84)
本章參考文獻	(86)

第四章 燃料燃燒裝置

總論.....	(87)
1. 固體燃料用燃燒室.....	(88)
普通燃燒室	(88)
半煤氣燃燒室	(89)
燃燒室計算	(90)
2. 粉煤燃燒器.....	(92)
粉狀燃料的燃燒.....	(92)
粉煤燃燒器之計算.....	(94)
3. 重油噴霧器.....	(95)
重油的燃燒	(95)
低壓噴霧器	(95)
高壓噴霧器	(98)
4. 氣體燃料用燃燒器.....	(100)
煤氣的燃燒	(100)
煤氣燃燒器之計算.....	(101)
火焰燃燒器計算.....	(104)
5. 噴射式燃燒器.....	(106)
噴射式燃燒器的原理	(109)
噴射式燃燒器的計算方法	(114)
噴射式燃燒器之計算例題	(119)
6. 間接電阻加熱爐的金屬電熱體.....	(123)
電熱體的材料	(123)

爐內電熱體之佈置	(124)
電阻爐功率之調整	(126)
金屬電熱體的計算方法	(127)
本章參考文獻	(134)

第五章 廢氣熱量的利用裝置

總論	(136)
1. 預熱器	(140)
一般知識	(140)
預熱器的計算方法	(141)
2. 金屬預熱器	(146)
基本要求	(146)
針狀鑄鐵預熱器	(147)
整體預熱器	(153)
管狀預熱器	(155)
輻射預熱器	(158)
3. 陶土預熱器	(159)
陶土預熱器的計算	(163)
4. 預熱器的技術經濟指標及其選擇	(169)
5. 余熱鍋爐	(171)
基本要求	(171)
各種余熱鍋爐的構造及性能	(173)
余熱鍋爐的計算	(174)
本章參考文獻	(174)

第六章 氣體力學

基本概念及數值	(177)
1. 氣體流動的阻力	(180)
摩擦阻力	(181)
局部阻力	(181)

管束阻力.....	(181)
2. 輸送气体的裝置及其計算.....	(183)
烟囱	(183)
人工抽烟裝置	(186)
噴射器	(187)
鼓風机	(191)
本章参考文献	(196)

第七章 鋼的基本性質

基本概念.....	(197)
1. 鋼的分类.....	(197)
2. 鋼的性質.....	(200)
3. 爐子上应用的金屬.....	(207)
本章参考文献	(210)

第八章 爐內热交換

1. 傳热.....	(211)
概論	(211)
傳导傳热	(211)
对流傳热	(214)
輻射傳热	(216)
2. 提高爐內傳热的途徑.....	(223)
本章参考文献	(227)

第九章 鋼在爐內的加热

基本概念.....	(228)
1. 鋼材加热时的缺陷.....	(229)
2. 鋼材加热速度.....	(233)
3. 鋼材加热時間.....	(234)
4. 热处理时鋼材的加热.....	(238)

5. 鋼材在保护气体中的加热..... (241)
- 本章参考文献..... (250)

第 二 編

第十章 現代化連續式加熱爐的發展途徑

- 总論..... (251)
1. 降低煤气所需發热量的方法..... (252)
2. 爐子工作經濟效果的提高..... (256)
3. 近年来所采用的几种結構的爐子和提高其經濟效果
 及降低所需煤气發热量的方法..... (257)
4. 降低所需煤气發热量和提高新型爐子工作經濟效果
 的方法..... (265)
5. 被預热的煤气空气混合物的無火焰燃燒..... (265)
6. 煤气和空气比值的自动保持..... (267)
7. 装有噴射式燃燒器並采用热空气工作的爐子的防爆
 安全..... (268)

第十一章 裝有噴射式燃燒器的現代化連續式加熱爐

1. 主要的新式結構的爐子..... (269)
2. 連續式爐的主要部件..... (274)
3. 爐子供热和控制系统..... (300)
4. 爐子操作經驗..... (307)
5. 爐子操作的技术經濟指标..... (315)

第十二章 連續式加熱爐的計算方法和順序

1. 爐子現代化理論的概况..... (322)
2. 連續式爐的設計經驗和計算順序..... (324)
3. 連續式爐推鋼長度的計算..... (332)

第十三章 現代化均热爐

1. 均热爐加熱鋼錠的特点..... (340)

2. 均热爐的結構…………… (341)
3. 預热式和蓄热式均热爐作業指标的比較…………… (349)
4. 提高預热式均热爐产量和降低煤气發热量的方法 (352)
5. 从爐底中心供热的預热式均热爐結構的改善…………… (355)
6. 帶两个上部燃燒器的預热式均热爐…………… (357)

第十四章 現代的机械化鋼材加热爐与热处理爐

1. 机械化底爐的構造特点…………… (362)
2. 机械化底爐內的煤气燃燒…………… (365)
3. 几种主要的机械化底爐爐型…………… (368)
4. 罩式爐…………… (381)
5. 浴式热处理爐…………… (389)
6. 干燥爐…………… (391)

附 表

- 附表 1 $\left(\frac{T}{100}\right)^4$ 值表…………… (397)
- 附表 2 $(1+\alpha t)$ 及 $\frac{1}{1+\alpha t}$ 值表…………… (398)
- 附表 3 局部阻力系数…………… (399)
- 附表 4 气体流动阻力的計算格式…………… (405)
- 附表 5 砌筑一环拱頂所需的矩形磚及楔形磚，拱頂厚为 220 公厘…………… (407)
- 附表 6 全上，拱頂厚为 113 公厘…………… (408)
- 附表 7 全上，拱頂厚为 300 公厘…………… (409)
- 附表 8 苏 某初軋厂預热式均热爐內鋼錠的加热制度…………… (411)

附 圖

- 附圖 1 逆流和順流預热器的計算曲綫圖…………… (412)
- 附圖 2 热气柱在大气中所造成的几何压头值…………… (413)
- 附圖 3 在橫向迂流时决定管群阻力系数的曲綫圖…………… (415)

代 序

爐子設計原理*

爐子在工業和生活方面应用至广，故略为熟悉它們的設計知識对每个工程师來說都是有益的。在設計新爐子的时候，必須要以現有的旧爐子作为藍本。但同时應該根据这样一个原則，即所有現有的爐子都不是最完善的，而可以創造和設計出結構更完善的爐子。

这一爐子設計的基本原則具有莫大的原則上和实际上的意义，充分理解此种辯証原則的工程师將會批判地对待現有的爐子，能够指出它們存在的缺点。並且，可能从一个旧样本的抄襲者成为一个更新、更完善的爐子的創造者。

在設計新式爐子的时候，应当致力于提高爐子的單位面积产量，降低單位燃料消耗量以及耐火材料及其它消耗指标；延長爐子的寿命，改善爐內被加热产品的質量，減少鋼材燒損及改善劳动条件等等。

爐子的能力不是以單位時間消耗于爐內的燃料量計算，而是以物料吸收的热量即單位時間的作功量來計算。單位時間的有效功、爐子产量和有效热功率都是以不同名詞表示的同一个概念。

要想正确設計爐子，应当很好了解爐內所發生的工艺过程。

优秀的有學問的設計者不应是旧有爐子的抄襲者，他不仅要了解一般所慣用的生产工艺过程，还应当指出使之改善的途徑。好的筑爐者会比設計者更容易理解在新的更完善的爐內改进工艺过程的可能性。

爐子的主要尺寸应当根据最新的資料或根据某些可靠的先例來确定。

* 本文摘譯自 1955 年“鋼的生产問題”第二卷。

燃燒器和燃燒室应当配置在爐膛內希望增加制品加熱強度的地方和便於操作之處。如果必須提高燃燒室內的溫度，那麼應當使它与爐膛隔離開來，反之，如要求在燃燒室內避免過高的溫度，則應當使燃燒室向爐膛敞開。為了增加燃燒室和燃燒器內出來之氣體的散熱強度，應該使氣體靠近被加熱物件運動，但此時應注意不使鋼材（制品）局部過燒。

爐內氣體照例应当在特殊外力作用下迅速地靠着被加熱物運動。這種爐子動力學原理和水力學原理有截然不同的區別。水力學理論認為，為了改善爐子的工作，爐內氣體应当流動得很慢，使它在爐內停留較長的時間，因此主張建立大爐膛的爐子以便容納大量爐氣。動力學的爐子原理則認為，欲改善接觸傳熱甚至輻射傳熱，應當使爐氣靠近被加熱物件以儘可能快的速度流動，並認為氣體在爐內停留的時間對燃燒過程和對湍流氣層內的热傳導沒有任何影響。水力學的爐子設計原理沒有考慮層流和湍流過程的差異。

新設計及改建爐子時，也應當利用物理學、力學和其它科學的科學原理作為指導，很自然，它們也是不斷發展和不斷完善的。

爐子設計原理應當符合於近代的热工理論，並應指出改進爐子結構及工作的具體方法。如果理論對實際無任何幫助，這種理論就不是科學而是假科學。

第 一 編

第一章 主要数值

1. 代号和計量單位

表 1

代 号	單 位 名 称	計 量 單 位
P	压力	公厘水柱 公厘水銀柱 公斤/公尺 ² 公斤/公分 ²
γ	比重	} $\frac{\text{公斤}}{\text{公尺}^3}$
	容积比重	
Q, q	热量	仟卡
Q _u	低热值	} 仟卡/公斤
Q _B	高热值	
C	热容	仟卡/标公尺 ³
K	傳热系数	仟卡/公斤·度
α	散热系数	} $\frac{\text{仟卡}}{\text{公尺}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}}$
λ	导热系数	
C ₀	絕對黑体的辐射系数	$\frac{\text{仟卡}}{\text{公尺}^2 \cdot \text{时} \cdot (^{\circ}\text{K})^4}$
ϵ	灰体的黑度 = $\frac{C}{C_0}$	——
α	导温系数	公尺 ² /时
α	过剩空气率	——
β	直綫膨脹系数	度 ⁻¹
L, l	長度	公尺, 公分, 公厘
F, S	面积	公尺 ² , 公分 ² , 公厘 ²
G	重量	公斤, 吨

續表 1

代 号	單 位 名 称	計 量 單 位
B	气体消耗量	公斤/时; 标公尺 ³ /时
v	体积	公尺 ³ , 公分 ³ , 公厘 ³
W	速度	公尺/秒
τ	時間	时, 秒
t	溫度	°C
T	絕對溫度	°K
g	重力加速度	公尺/秒 ²
A	功	公斤公尺
N	功率	公斤公尺/秒
атв	絕對大气压	—
атн	計示大气压	атн=атв+1

“公尺”前的“标”字代表标准狀況下（即 0°C 和 760 公厘水銀柱下）的气体参数。

2. 电气測量單位

表 2

代 号	数 值	公 式	單 位
I, i	电流	$I = \frac{V}{R}$	а (安培)
Q, q	电量	$Q = I\tau$	K (庫倫) 安培-时
V, v E, e	电压 电动势	$V = E = \frac{A}{Q} = \frac{P}{I}$	B (伏特)
R, r	电阻	$R = \frac{V}{Q} = \frac{P}{I^2}$	OM (欧姆)
α	电阻溫度系数	$r_t = r_0 (1 + \alpha t)$	—
ρ, ρ	比电阻	$\rho = \frac{RS}{l}$	$\frac{\text{欧姆} \cdot \text{公厘}^2}{\text{公尺}}$
γ	比电导	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	$\frac{\text{公尺}}{\text{欧姆} \cdot \text{公厘}^2}$
f · γ	頻率	$f = \frac{1}{\tau}$	Гц (週波)
P, N	电功率	$N = VI \cos \varphi$	KBT (仟瓦)
A	功	$A = N\tau$	KBT-Час (仟瓦-时)

3. 常用計量單位

表 3

代 号	名 称	測 量 單 位	值
g.	在 45° 緯度海面标高处的重力 加速度	$\frac{\text{公尺}}{\text{秒}^2}$	9.81
—	空气中声音傳播的速度	公尺/秒	331.63
—	真空中光綫照射的速度	公尺/秒	2.998×10^8
a	恒压下气体的膨胀率	—	$\frac{1}{273} = 0.00367$
C ₀	絕對黑体的輻射系数	$\frac{\text{仟卡}}{\text{公尺}^2 \cdot \text{时} (^\circ\text{K})^4}$	4.96

4. 英国度量單位

表 4

度 量 單 位 名 称	英 文 名 称	折 合 公 制
1 英里 = 1760 碼	Statute mile	1.6093 公里
1 碼 = 3 呎 = 36 吋	Yard	0.9144 公尺
1 呎 = 12 吋	Foot (ft)	30.48 公分
1 磅 = 16 兩	Pound	453.59 克
1 兩	Ounce	28.2495 克

1 英里 = 3 英里 = 4.8279 公里。

5. 某些数值間的比值关系

a) 能量計量單位的換算系数

表 5

能 量 單 位	焦 耳	仟瓦-时	仟 卡	BTU	公斤公尺
焦耳 = 0.001 仟瓦-秒 (焦耳)	1	0.278×10^{-6}	0.239×10^{-3}	0.948×10^{-3}	0.102
仟瓦-时 (KBT-时)	3.6×10^6	1	860	3413	367.2×10^3
大卡 (仟卡)	4186	0.001163	1	3.968	427
英热量單位 (BTU)	1055	0.293×10^{-3}	0.252	1	107.6
公斤公尺	9.81	2.724×10^6	0.00234	0.00929	1

6) 功率計量單位的換算系数

表 6

功 率 單 位	仟 瓦	公斤公尺/秒	馬 力	英制馬力
仟瓦 (KBT)	1	102	1.36	1.341
公斤公尺/秒 (KPM/CEK)	0.00981	1	0.01333	0.01315
馬力 (J.C.)	0.736	75	1	0.987
英制馬力 (HP)	0.7455	76	1.013	1

в) 从度数变为弧度的变换系数

等于半徑的圓周長度 = 1 弧度

$$1 \text{ 弧度} = 57^{\circ} 17' 44.8''$$

表 7

計量單位	弧 度	度 (°)	分 (')	秒 (")
弧 度	1	57.2958	3437.75	206265
度 (°)	0.01745	1	60	3600
分 (')	2.91×10^{-4}	0.01667	1	60
秒 (")	4.85×10^{-6}	2.78×10^{-4}	0.01667	1

г) 压力計量單位的变换系数

表 8

压 力 單 位	大 气 压	公斤/公分 ²	公厘水銀柱	公厘水柱
物理气压(大气压)	1	1.033	760	10333
公斤/公分 ²	0.968	1	735.7	10000
公厘水銀柱	1.32×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1	13.6
公厘水柱	0.0001	9.68×10^{-5}	7.35×10^{-2}	1

1个工業大气压 = 1 公斤/公分² = 10000 公厘水柱。

х) 各种不同温度的换算

表 9

温 标	°C	°F	°R	°K
摄氏 (°C)	1	$\frac{5}{9} (°F - 32)$	$\frac{5}{4} °R$	$T - 273$
华氏 (°F)	$\frac{9}{5} °C + 32$	1	$\frac{9}{4} °R + 32$	—
列氏 (°R)	$\frac{4}{5} °C$	$\frac{4}{9} (°F - 32)$	1	—
葛氏 (°K, T _{abs.})	°C + 273	$\frac{5}{9} °F + 255$	—	1

绝对温度 (华氏)。

$$T °F = -\frac{9}{5} T = °F + 459.4°$$

6. 气体在 0°C 和 760 公厘水银柱时的体积和重量

$$V_0 = \frac{V_t}{(1 + \alpha t)} \frac{H}{760}; \text{标公尺}^3$$

$$r_0 = r_t (1 + \alpha t) \frac{760}{H}; \frac{\text{公斤}}{\text{标公尺}^3}$$

式中 V_t 和 r_t —— 气体在实际温度 (t) 和压力 H (公厘水银柱) 时的体积和重量。

7. 在不同纬度和不同海拔高度上的
重力加速度 (g)

$$g_h = g_0 - 0.0003036 h$$

式中 h —— 海拔高度, 公尺;

g_0 —— 在已知地理纬度 (φ°) 上的重力加速度,
公分/秒²。

表 10

φ°	g°	φ°	g°	φ°	g°
0	978.030	30	979.321	60	981.914
5	978.069	35	979.730	65	982.285
10	978.186	40	980.166	70	982.606
15	978.376	45	980.616	75	982.866
20	978.634	50	981.066	80	983.058
25	978.952	55	981.503	85	983.176
30	979.321	60	981.914	90	983.216

8. 半径为 1 的扇形体

表 11

中 心 角 α°	弧 长 l	拱 高 h	弦 长 a	扇 形 面 积 S
15°	0.2618	0.0086	0.2611	0.00149
30°	0.5236	0.0341	0.5176	0.01180
45°	0.7854	0.0761	0.7654	0.03915
60°	1.0472	0.1340	1.000	0.09059
90°	1.5708	0.2929	1.4142	0.28540
120°	2.0944	0.5000	1.7321	0.61418
180°	3.1416	1.000	2.000	1.57080

对于半径为“ r ”之扇形则查得之 l , h 及 a 值乘以“ r ”即可, 而扇形面积“ S ”则需乘以“ r^2 ”

几 何 公 式

1. 弧长: $l = \frac{\pi r \alpha^\circ}{180} = 0.01745 \alpha^\circ$

2. 拱高: $h = r \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}}$

3. 弦长: $a = 2 \sqrt{2hr - h^2}$

4. 扇形面积: $S = \frac{h}{6a} (3h^2 + 4a^2)$