

高等学校教学用书



普通冶金炉

上册

北京钢铁学院冶金炉教研组 编

冶金工业出版社

75.181
153
1:2

高等学校教学用书

普通冶金爐

上册

北京钢铁学院冶金爐教研組 編

3652/16

冶金工业出版社

普通冶金爐 上冊
北京鋼鐵學院冶金爐教研組 編

— * —
冶金工業出版社出版
(北京市燈市口甲 45 號)
北京市書刊出版業營業許可證出字第 093 號
北京五三五工廠印 新華書店發行

— * —
1959 年 9 月 第一版
1959 年 11 月 北京第二次印刷
印數 2,005 冊(累計 4,525 冊)
開本 850×1168 • 1/32 • 280,000 字 • 印張 $11\frac{14}{32}$ • 插頁 4 •

— * —
統一書號 15062 • 1835 定價 1.30 元

編 者 的 話

自 1952 年教学改革以后,各院校冶金爐課程所采用的教材大多是以苏联 M.A. 格林科夫教授等集体編著的冶金爐試用教本为基础。該書內容丰富,反映了苏联和世界的科学成就。但內容涉及較广較深,同时有些地方不能結合我国的实际情况。因此,編写一本能反映我国实际情况和我国科学水平的冶金爐教科書就十分必要了。

本着这一目的,我們教研組响应党的号召,根据几年来的教学經驗,編写一本冶金爐試用教科書作为向我們偉大祖国十周年国庆的献礼。

本書以教研組現用的講义为藍本并根据黑色冶金各专业的教学大綱加以补充和修改,在本書的編写过程中注意到了 1958 年的教育革命后要求教材必須更密切地联系中国实际以及教学上的一些特点,对某些章节作了較詳細的闡述,并在書中收集了一些現場的先进經驗。

本書分上下两冊出版,內容包括以下几篇:

1. 燃料及燃燒計算——主要講述燃料燃燒計算,燃料的来源、特性以及燃料的選擇和管理;
2. 筑爐材料——主要講述各种筑爐材料的性質、選擇及簡單的制造技术;
3. 气体力学和相似原理——主要講述气体在管道和各种冶金爐內的运动規律,气体流动的阻力計算及相似理論的基本原理;
4. 傳热原理——講述冶金爐內傳热的基本規律及其計算;
5. 爐子构造的一般原理——主要講述各种爐子的热工特征及其設計原則;
6. 冶金爐的构造及其附屬設備——講述冶金爐的构造特

点，爐子的附屬設備及其選用。

参加本書編写工作的有：

序言·····	倪学梓
燃料及燃燒計算·····	王世均、韓昭滄（燃料管理）
筑爐材料·····	陈鴻复
气体力学·····	倪学梓
相似原理·····	徐业鵬
傳热原理·····	張鳳祿、韓昭滄（不稳定态傳热）
爐子构造的一般原理·····	高仲龙
冶金爐的构造及其附屬設備·····	丘国仕、徐业鵬（廢 热利用設備）、韓昭滄（燃燒裝置）、王世均、馮世 修（冶金爐的砌筑和維護）

本書由倪学梓、韓昭滄二人审校。

本書的大綱和初稿虽經多次討論和修改，但由于受到時間短促和編者水平的限制，难免有錯誤和不当之处。編者恳切地希望讀者，尤其是各院校的兄弟教研組提出宝贵的意見和批評，以便再版时加以修改，使之成为較完善的冶金爐教科書。

本書可作为高等学校黑色冶金各專業的試用教材，亦可供有色冶金專業、冶金中等技术学校以及冶金爐热工工作者参考之用。

——編者

目 录

序 言	11
-----------	----

第一篇 燃料及燃烧计算

緒 論	13
✓第一章 燃料的主要性質	17
§1. 燃料的化学組成	17
一、固体燃料和液体燃料的化学組成	17
二、气体燃料的化学組成	21
§2. 燃料分析及其成分的換算	22
一、固体燃料和液体燃料的分析	22
二、气体燃料的分析	23
三、固体燃料和液体燃料的成分表示法及其換算	24
四、气体燃料的成分表示法及其換算	26
§3. 燃料的發热量	29
一、發热量的定义	29
二、發热量的求法	31
✓第二章 燃燒計算	35
§1. 概述	35
一、計算的目的和內容	35
二、計算中的几項假定	36
三、有关燃燒的几个基本概念	36
§2. 燃料燃燒的分析計算法	38
一、固体燃料和液体燃料的分析計算法	38
二、气体燃料的分析計算法	44
三、燃燒温度的計算	46

§3. 燃料燃燒的圖解計算法	55
一、圖解計算法的理論基礎	55
二、圖解計算法舉例	59
第三章 燃料各論	62
固体燃料	62
§1. 天然固体燃料	62
一、木質燃料	62
二、礦物質燃料——煤	63
§2. 我国的煤	69
一、我国煤的儲量	69
二、我国煤田的分布	69
三、我国煤的种类和特性	71
四、我国煤炭工业的發展概況	73
§3. 固体燃料的加工	74
一、固体燃料加工的目的	74
二、固体燃料加工的方式	74
液体燃料	79
§4. 天然液体燃料——石油	79
一、石油的生成和組成成分	79
二、我国的石油工业	80
三、石油的加工	82
§5. 人造液体燃料	83
一、煤的半焦化	83
二、煤气合成	83
三、煤的加氢(氢化法)	83
气体燃料	85
§6. 概述	85
§7. 气体燃料的分述	86
一、天然煤气	86

二、人造气体燃料	88
第四章 燃料管理	99
§1. 煤的儲存	99
§2. 液体燃料的儲存和輸送	100
§3. 冶金工厂的煤气設備和管理	102
一、煤气發生站	102
二、煤气洗滌設備	104
三、煤气管道	110
四、煤气儲存設備	112
五、煤气安全技术	116
参考文献	117

✓第二篇 筑爐材料

第五章 緒論	118
第六章 耐火材料的物理性能和工作性能	123
§1. 耐火材料的物理性能	123
一、体积密度、真比重、气孔率、吸水率	123
二、透气性	124
三、耐压强度	124
四、热膨胀性	125
五、导热性	125
六、导电性	126
七、热容量	126
§2. 耐火材料的使用性能	126
一、耐火度	127
二、高温結構强度	128
三、抗渣性	129
四、耐急冷急热性	131
五、高温下的体积稳定性	131

六、耐火制品的外观检查	132
第七章 硅酸铝质耐火材料	134
§1. 粘土砖	135
一、原料	135
二、粘土砖的制造工艺过程	137
三、粘土砖的主要性能及其使用	144
四、无熟料粘土砖	145
五、不烧粘土砖	145
§2. 半酸性砖	145
§3. 高铝质耐火材料	146
一、原料	146
二、高铝砖制造工艺过程特点	147
三、高铝砖的使用	149
第八章 氧化硅质耐火材料	150
§1. 二氧化硅的结晶转变	150
§2. 硅砖制造工艺过程的特点	152
§3. 硅砖的一些基本性质	154
§4. 硅砖的使用	155
第九章 氧化镁质和铬质耐火材料	157
§1. 镁石质耐火材料	157
一、原料及其煅烧	157
二、镁砖制造工艺过程的特点	157
三、镁砖的主要性能和使用	161
四、特种镁砖的制造和使用	162
§2. 镁橄榄石质耐火材料	163
§3. 白云石质耐火材料	164
一、原料及其煅烧	164
二、白云石制品的制造及其使用	166
三、水稳定性白云石制品的制造和使用	166

§4. 鉻質耐火材料	167
第十章 其它耐火材料和一些建筑材料	170
§1. 碳質耐火材料	170
一、石墨粘土質制品	170
二、焦炭質制品	171
§2. 碳化硅質耐火材料	172
§3. 特种耐火材料	173
§4. 輕質耐火材料和絕热材料	174
一、輕質耐火材料	175
二、絕热材料	176
§5. 耐热混凝土, 耐火胶泥和塗料	177
一、耐热混凝土	177
二、耐火胶泥和塗料	178
§6. 耐热合金	179
§7. 建筑用磚	179
§8. 冶金爐地基材料	179
第十一章 耐火材料在冶金工业中的使用	180
§1. 耐火材料的选用	180
§2. 耐火材料的损坏	181
一、粘土磚的损坏	181
二、硅磚的损坏	182
三、鎂磚和鉻鎂磚的损坏	183
§3. 耐火材料的保管	184
参考文献	184

✓第三篇 气体力学及相似原理

第十二章 气体靜力学基础	189
§1. 几个基本概念和定律	189
§2 气体平衡方程式(欧拉平衡微分方程式)	193

§3. 气体静力学的基本方程式——静止气体压力分布方程式	195
§4. 压头的概念	198
一、静压头	198
二、几何压头	200
三、静止气体的几何压头和静压头的关系	201
第十三章 气体动力学基础	203
§1. 几个基本概念	203
一、气体的粘性	203
二、理想流体和实际流体	205
三、稳定流动和不稳定流动	205
四、流线和流管	205
§2. 气体运动的连续方程式	206
§3. 理想气体的流动方程式(欧拉流动微分方程式)	209
§4. 粘性气体的流动方程式(纳维亦-斯托克斯方程式)	212
§5. 柏努利方程式	213
§6. 欧拉冲量方程式	222
第十四章 气体流动时的压头损失	224
§1. 概述	224
§2. 气体的流动性质	225
一、层流和涡流	225
二、管道截面上速度的分布	226
§3. 由摩擦阻力所造成的压头损失	230
一、一般情况下的摩擦压头损失	230
二、气体压力有显著变化时的摩擦压头损失	233
三、有热交换时的摩擦压头损失	234
§4. 由局部阻力所造成的压头损失	234
一、突然扩张	235

二、逐漸擴張	237
三、突然收縮	238
四、逐漸收縮	238
五、气流改变方向	239
六、气体通过散料	241
七、蓄热室内的阻力損失	242
八、气体流过管束时的阻力損失	243
第十五章 柏努利方程式的应用实例	247
§1. 不可压缩的气体通过小孔的流出	247
§2. 爐門溢气	250
§3. 流量測量原理	251
§4. 气体通过管头的流出	253
一、边缘鋒利的圓柱形管头	253
二、边缘圓滑的圓柱形管头	255
三、边缘圓滑的圓錐形管头	256
§5. 气体流动的分流定則	257
§6. 高压下的气体流动	259
一、高压下气体流动的一般方程式	260
二、临界速度和临界压力	262
第十六章 冶金爐內的气体运动	268
§1. 自由流股和半限制流股	268
一、自由流股	268
二、相交的两自由流股	271
三、一面受限制的流股	273
§2. 冶金爐內(限制空間內)气体的运动	277
一、对爐內气体运动的基本要求	277
二、各种爐內的气体运动	278
§3. 爐內压力的分布	283
§4. 气流的混合	288

第十七章 使气体流动的装置	290
§1. 烟囱	290
一、烟囱的工作原理	290
二、烟囱計算	292
三、設計烟囱时应注意的几个問題	302
§2. 鼓風机	303
§3. 噴射管	306
一、噴射管的能量平衡方程式	307
二、带扩散管的噴射管	309
第十八章 相似原理	312
§1. 相似的概念	313
§2. 相似原理的三个定理	317
§3. 模化法	328
§4. 类似法	337
参考文献	340

序 言

冶金爐熱工是一門新的科學，它研究的對象是在冶金爐內進行的熱工過程（如燃料的燃燒，氣體的運動和傳熱等）及這些過程的計算方法和各種爐子構造的一般原理。

冶金爐是一種熱設備，它廣泛應用在冶金工業和機器製造業中。在這種熱設備裏進行着各種不同的熱工過程和工藝過程，根據這些過程的特點，可以把冶金爐分為：

熔煉爐：將矿石熔化以提煉金屬，或將金屬熔化以進行精煉，如高爐、平爐、煉銅爐等；

加熱爐：將金屬加熱以方便於壓力加工，如軋制或鍛造前的加熱爐；

熱處理爐：將金屬加熱以改變其結晶組織，從而改變其物理或化學性能；

焙燒爐：將某些原材料加熱使其發生物理或化學變化以得到新的物質，如石灰石、菱鎂礦、白云石的煅燒等；

干燥爐：將物料加熱以去掉所含的水分。

冶金爐熱工作的好壞對冶金工業的發展有很大的意義，它直接影響着產品的產量和質量以及生產的成本。例如，1958年的大躍進中，有不少爐子由於改進了爐子的熱工制度，強化了爐子的熱工作，結果使爐子的產量增加了25~100%，對完成1070萬噸鋼起了一定作用。

我國是冶金工業發達最早的国家，早在春秋戰國時代就有了很出色的煉鋼術，可是几千年的封建社會使我國的工業得不到發展，因之冶金生產亦處於極端落后的狀態，對爐子熱工的研究則更乏人過問。

解放后，随着工业的发展，在党的正确领导和苏联的无私援助下，我国冶金工业得到了飞速的发展，特别是1958年，我国的钢产量一跃而比1957年钢产量增加了一倍还多。随着冶金工业的发展，炉子的生产率日益提高，这就突出地对炉子热工提出了特殊的要求，要求在冶金炉内建立合理的热工制度和采用正确的炉体构造，因为旧的、不合理的炉子热工制度和不合理的炉体构造已在极大程度上限制了冶金生产水平的提高。

在1958年以钢为纲的大跃进的年代里，我国的炉子热工水平得到了迅速的提高，由于技术人员和工人的密切合作，由于广大群众在一定程度上掌握了炉子热工的基本知识，特别是由于党领导全国人民解放思想，在各个生产战线上都出现了许多优异的成绩，例如上钢三厂改进了平炉炉体构造和平炉的热工制度，使炉子的单位炉底面积产量由1954年的 $5.34\text{吨}/\text{米}^2\cdot\text{日}$ 提高到1958年10月份的 $17.046\text{吨}/\text{米}^2\cdot\text{日}$ ，提高了2.2倍。鞍钢的均热炉采用快速加热制度后使产量增加了25%；加热炉改进了热工制度后产量提高了40~50%。

尽管在党的领导下，在炉子热工的技术水平方面已取得了很大成就，但是也应当指出，炉子热工的理论研究还远远落后于生产实际的要求，大跃进中的许多成就目前尚不能用理论进行分析，因之在炉子热工的理论研究方面还需大力赶上。

冶金炉课程是各冶金专业必修的技术基础课，在机械制造和铸造等专业的教学计划中也设有冶金炉课程，当然，根据专业的性质，对本课程的内容和重点可作适当的压缩和安排。

第一篇 燃料及燃燒計算

緒 論

凡是在燃燒時能夠放出大量的熱，並且此熱量能夠有效地被利用在工業或其他方面的物質統稱為燃料。所謂有效地利用是指利用這些熱能在技術上是可能的，在經濟上是合理的。

由這樣的觀念出發，對可作為燃料的物質，在質和量的方面有如下的具體要求。

一、燃燒產物必須是氣體。只有氣體狀態的燃燒產物才能够很方便地在爐子工作空間內移動，把熱量傳給被加熱物。也只有當燃燒產物是氣體時，它才可能及時被排除，使燃燒反應繼續進行；

二、燃燒產物必須是無害的。燃燒產物對被加熱物應該無害，對加熱設備應該沒有侵蝕作用，對操作人員，周圍居民以及動物植物的生存應該無害；

三、所含可燃物的量要多；

四、燃燒過程可以控制；

五、蘊藏量大，便於開采。

因此並非所有在燃燒時能夠放熱的物質都可做為燃料，只有由有機物為來源的物質才能同時滿足上述各種要求，這是因為：

一、組成有機化合物的碳和氫兩種元素在氧化（燃燒）時都有很高的熱效應；

二、這些元素的燃燒產物是氣體；

三、燃燒產物對被加熱物的危害較小，在濃度不大的情況下對動植物也都沒有太大的害處；

四、以有機物為來源的物質藏量極為豐富。

在特殊情況下可以利用某些特殊物質作為燃料。例如在鋁熱過程中，鋁氧化時高熱效应的利用；在有色和黑色金屬的硫化礦石焙燒時硫的燃燒；在轉爐冶煉過程中生鐵及雜質的燃燒等，所有這些都是把某些特殊元素當作燃料的例子，但它們都只是在上述特殊情況下才能起燃料的作用，因之不能認為它們是具有一般工業意義的燃料。

根據來源，燃料可分為天然的和人造的兩種。自然界中天然存在的燃料謂天然燃料。天然燃料經過加工後所得到的燃料產品謂之人造燃料。此外，根據物態又可分為固體燃料，液體燃料和氣體燃料三種。

工業燃料按其來源和物態的分類可見下表：

燃 料 的 一 般 分 類

燃料的物態	來 源	
	天 然 燃 料	人 造 燃 料
固 體 燃 料	木柴，泥煤，褐煤，烟煤，无烟煤，可燃頁岩等	木炭，焦炭，煤磚，粉煤等
液 體 燃 料	石油	汽油，煤油，重油及其他石油加工產品，酒精，煤焦油，合成燃料，液體燃料等
氣 體 燃 料	天然煤氣	焦爐煤氣，高爐煤氣，水煤氣，發生爐煤氣，地下煤氣等

在冶金工業中常用的天然燃料有烟煤，褐煤，无烟煤等，其中以烟煤為最寶貴，用量也最多。應該指出，將天然燃料直接燃燒是不經濟的，在技術上也不甚合理，因為天然燃料經過化學加工後可以得到很多貴重的化工產品，不經提取即把它們燒掉甚為可惜，而且直接燃燒固體燃料也很難燃燒完全，燃燒效率不高。因而對現代的冶金聯合企業而言，應廣泛利用人造燃料，亦即盡量將天然燃料進行加工。在冶金企業中使用最多的人造燃料有：焦炭，粉煤，焦爐煤氣，高爐煤氣，發生爐煤氣，重油，焦油等