

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



中国工业出版社

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、特性以及燃料的选择和管理；
2. 筑爐材料——主要講述各种筑爐材料的性質、选择及簡單的制造技术；
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寶貴的意見和批評，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 燃料及燃燒計算

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
三、我国煤的种类和特性	71
四、我国煤炭工业的發展概况	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	78
§4. 天然液体燃料——石油	79
一、石油的生成和組成成分	79
二、石油的加工	80
§5. 人造液体燃料	81
一、煤的半焦化	81
二、煤气合成	81
三、煤的加氢(氢化法)	81
气体燃料	83
§6. 概述	83
§7. 气体燃料的分述	84
一、天然煤气	84

二、人造气体燃料	86
第四章 燃料管理	97
§1. 煤的儲存	97
§2. 液体燃料的儲存和輸送	99
§3. 冶金工厂的煤气設備和管理	100
一、煤气發生站	100
二、煤气洗滌設備	102
三、煤气管道	103
四、煤气儲存設備	110
五、煤气安全技术	114
参考文献	115

第二篇 筑爐材料

第五章 緒論	116
第六章 耐火材料的物理性能和工作性能	121
§1. 耐火材料的物理性能	121
一、体积密度、真比重、气孔率、吸水率	121
二、透气性	122
三、耐压强度	122
四、热膨胀性	123
五、导热性	123
六、导电性	124
七、热容量	124
§2. 耐火材料的使用性能	124
一、耐火度	125
二、高温結構强度	126
三、抗渣性	127
四、耐急冷急热性	129
五、高温下的体积稳定性	129

六、耐火制品的外觀檢查	130
第七章 磷酸鋁質耐火材料	132
§1. 粘土磚	133
一、原料	133
二、粘土磚的制造工艺过程	133
三、粘土磚的主要性能及其使用	142
四、无熟料粘土磚	143
五、不燒粘土磚	143
§2. 半酸性磚	143
§3. 高鋁質耐火材料	144
一、原料	144
二、高鋁磚制造工艺过程特点	145
三、高鋁磚的使用	147
第八章 氧化硅質耐火材料	148
§1. 二氧化硅的結晶轉变	148
§2. 硅磚制造工艺过程的特点	150
§3. 硅磚的一些基本性質	152
§4. 硅磚的使用	153
第九章 氧化鎂質和鉻質耐火材料	155
§1. 鎂石質耐火材料	155
一、原料及其煅燒	155
二、鎂磚制造工艺过程的特点	155
三、鎂磚的主要性能和使用	159
四、特种鎂磚的制造和使用	160
§2. 鎂橄欖石質耐火材料	161
§3. 白云石質耐火材料	162
一、原料及其煅燒	162
二、白云石制品的制造及其使用	164
三、水稳定性白云石制品的制造和使用	164

§4. 鉻質耐火材料	165
第十章 其它耐火材料和一些建筑材料	168
§1. 碳質耐火材料	168
一、石墨粘土質制品	168
二、焦炭質制品	169
§2. 碳化硅質耐火材料	170
§3. 特种耐火材料	171
§4. 輕質耐火材料和絕热材料	172
一、輕質耐火材料	173
二、絕热材料	174
§5. 耐热混凝土, 耐火胶泥和塗料	175
一、耐热混凝土	175
二、耐火胶泥和塗料	178
§6. 耐热合金	177
§7. 建筑用磚	177
§8. 冶金爐地基材料	177
第十一章 耐火材料在冶金工业中的使用	178
§1. 耐火材料的选用	188
§2. 耐火材料的损坏	189
一、粘土磚的损坏	139
二、硅磚的损坏	180
三、鎂磚和鉻鎂磚的损坏	181
§3. 耐火材料的保管	182
参考文献	182

第三篇 气体力学及相似原理

第十二章 气体静力学基础	187
§1. 几个基本概念和定律	187
§2 气体平衡方程式(欧拉平衡微分方程式)	191

§3. 气体静力学的基本方程式——静止气体压力分布方程式	193
§4. 压头的概念	196
一、静压头	196
二、几何压头	198
三、静止气体的几何压头和静压头的关系	199
第十三章 气体动力学基础	201
§1. 几个基本概念	201
一、气体的粘性	201
二、理想流体和实际流体	203
三、稳定流动和不稳定流动	203
四、流线和流管	203
§2. 气体运动的连续方程式	204
§3. 理想气体的流动方程式(欧拉流动微分方程式)	207
§4. 粘性气体的流动方程式(纳维-斯托克斯方程式)	210
§5. 柏努利方程式	211
§6. 欧拉冲量方程式	220
第十四章 气体流动时的压头损失	222
§1. 概述	222
§2. 气体的流动性质	223
一、层流和涡流	223
二、管道截面上速度的分布	224
§3. 由摩擦阻力所造成的压头损失	228
一、一般情况下的摩擦压头损失	228
二、气体压力有显著变化时的摩擦压头损失	231
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	232
一、突然扩张	235

二、逐渐扩张	235
三、突然收缩	236
四、逐渐收缩	236
五、气流改变方向	237
六、气体通过散料	239
七、蓄热室内的阻力损失	240
八、气体流过管束时的阻力损失	241
第十五章 柏努利方程式的应用实例	245
§1. 不可压缩的气体通过小孔的流出	245
§2. 炉门溢气	248
§3. 流量测量原理	249
§4. 气体通过管头的流出	251
一、边缘锋利的圆柱形管头	251
二、边缘圆滑的圆柱形管头	253
三、边缘圆滑的圆锥形管头	254
§5. 气体流动的分流定则	255
§6. 高压下的气体流动	257
一、高压下气体流动的一般方程式	268
二、临界速度和临界压力	260
第十六章 冶金炉内的气体运动	266
§1. 自由流股和半限制流股	266
一、自由流股	266
二、相交的两自由流股	269
三、一面受限制的流股	273
§2. 冶金炉内(限制空间内)气体的运动	275
一、对炉内气体运动的基本要求	275
二、各种炉内的气体运动	276
§3. 炉内压力的分布	283
§4. 气流的混合	286

第十七章 使气体流动的装置	288
§1. 烟囱	288
一、烟囱的工作原理	288
二、烟囱计算	290
三、设计烟囱时应注意的几个问题	300
§2. 鼓风机	301
§3. 喷射管	304
一、喷射管的能量平衡方程式	305
二、带扩散管的喷射管	307
第十八章 相似原理	310
§1. 相似的概念	311
§2. 相似原理的三个定理	315
§3. 模化法	326
§4. 类似法	335
参考文献	338

序 言

冶金炉热工是一门新的科学，它研究的对象是在冶金炉内进行的热工过程（如燃料的燃烧，气体的运动和传热等）及这些过程的计算方法及各种炉子构造的一般原理。

冶金炉是一种热设备，它广泛应用于冶金工业和机器制造业中。在这种热设备里进行着各种不同的热工过程和工艺过程，根据这些过程的特点，可以把冶金炉分为：

熔炼炉：将矿石熔化以提炼金属，或将金属熔化以进行精炼，如高炉、平炉、炼钢炉等；

加热炉：将金属加热以便于压力加工，如轧制或锻造前的加热炉；

热处理炉：将金属加热以改变其结晶组织，从而改变其物理或化学性能；

焙烧炉：将某些原材料加热使其发生物理或化学变化以得到新的物质，如石灰石、菱镁矿、白云石的煅烧等；

干燥炉：将物料加热以去掉所含的水分。

冶金炉热工作的好坏对冶金工业的发展有很大的意义，它直接影响着产品的产量和质量以及生产的成本。例如，1958年的大跃进中，有不少炉子由于改进了炉子的热工制度，强化了炉子的热工作，结果使炉子的产量增加了很多，对完成1070万吨钢起了一定作用。

我国是冶金工业发达最早的国家，早在春秋战国时代就有了很出色的炼钢术，可是几千年封建社会的束缚，尤其是近百年帝国主义的压迫使我国的工业得不到发展，因之冶金生产亦处于极端落后的状态，对炉子热工的研究则更乏人过问。

解放后，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，我国的鋼产量一跃而比1957年鋼产量增加一倍还多。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年以鋼为綱的大跃进的年代里，我国的炉子热工水平得到了迅速的提高，由于技术人員和工人的密切合作，由于广大群众在一定程度上掌握了炉子热工的基本知識，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許多优异的成绩，例如某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提高了2.2倍。

我們在党的领导下，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，炉子热工的理論研究还远远落后于生产实际的要求，大跃进中的許多成就目前尚不能用理論进行分析，因之在炉子热工的理論研究方面还需要大力赶上。

冶金炉課程是各冶金专业必修的技术基础課，在机械制造和鑄造等专业的教学計划中也設有冶金炉課程，当然，根据专业的性质，对本課程的内容和重点可作适当的压縮和安排。

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，膠體燃料等
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

等。

到目前为止，在自然界中已被人类广泛利用的能量来源有三：水力，風力，燃料。最近由于科学的发展已开始利用原子能，太阳能等，但仍处在实验阶段，还没有大量应用。就全世界范围而言，目前燃料仍是主要的能量来源。据最近统计，在全世界的总能量来源中靠燃料提供了90%〔2〕，可见燃料对人类社会的重要意义。据1950年对几个工业发达的国家（包括苏联和工业发达的一些资本主义国家）的统计，其能量来源的比例如下：煤53%，石油27%，天然气11%，水力发电6%，其他占3%〔1〕。故燃烧燃料仍为人类目前获得能量的主要手段。

现代工业和交通运输业是燃料的主要消费者。燃料工业的发展情况以及燃料在现代工业和交通运输方面的消费情况，是反映一个国家工业发展水平的重要标志之一。我国第一个五年计划中，在燃料工业方面的投资占总投资的25.5%，比任何一个工业部门的投资都多。我国1957年工业生产比1953年增长76%，而燃料动力生产增长近一倍。1958年工业生产比1957年增长65%左右，而燃料动力生产增长仍约为一倍。苏联第五个五年计划期间，工业生产增长89%，燃料动力生产增长57%，第六个五年计划规定工业生产增长65%，而燃料动力生产增长68%。资本主义国家近30年的情况是工业生产每增减1%，燃料动力消耗量即随着增减0.7~0.8%，可见燃料在国民经济中所占地位的重要。我国在1959年工农业大跃进中煤的生产指标列为必需首先完成的四大指标之一，其意义也就在此。

对冶金工业而言，燃料更是具有重大的意义。冶金工业不但是燃料的巨大消费者，而且是优质燃料的巨大消费者。

燃料不但是重要的动力资源，而且也是宝贵的化工原料，因此，从整个国民经济观点来看，合理地、综合性地利用燃料，使其发挥最大的效能，是一个很重要的问题。燃料的综合利用在我国社会主义国家里有着广阔的发展前途。我们的社会制度和国民

經濟按比例有計劃的發展為燃料的綜合利用提供了充分的保證和有利的條件。我們今後需要積極地發展煉焦和化學，人造石油和化學，氣化和化學等煤炭的綜合利用。例如把一百萬噸煤經過低溫干餾，所產焦油進行加氫精制，製造合成石油和化工原料，所得液體燃料和氣體燃料就基本可以抵償一百萬噸煤直接燃燒所產生的熱量，另外還可以多得一萬多噸丁苯橡膠，六億多米人造纖維布，五萬多噸硫銨。從一千萬噸焦油里可以得到一百萬噸酚，可作成二百多萬噸酚基塑料相當於一千萬噸鋼材的用途。由於近代化學工業的發展可從煤中提取成千上萬種的成品，如醫葯，染料等等。煤炭中的無機物質除可作為水泥，耐火材料玻璃等的原料以外，有的煤還含有大量釩，鈷，鎳等稀有金屬，也需要加以利用，這對國民經濟的發展具有極為重大的意義，是我們應追求的方向。