

高等學校教學用書

黑色冶金冶煉電爐

上 冊

Н. В. ОКОРОКОВ 著

北京鋼鐵學院電冶金教研組譯



高等教育出版社

高等學校教學用書



黑色冶金冶煉電爐

上 冊

H. B. 奧柯羅柯夫著

北京鋼鐵學院電冶金教研組譯

高等教育出版社



高等學校教學用書



黑色冶金冶煉電爐

下 冊

H. B. 奧柯羅柯夫著

北京鋼鐵學院電冶金教研組譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的奧柯羅柯夫(Н. В. Окорков)所著“黑色冶金冶煉電爐”(Электроплавильные печи черной металлургии) 1950 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校冶金專業教科書。

本書內容為電氣熔煉的理論基礎與實踐,包括電爐的分類和結構,計算方法及提高操作指標的方法。在黑色冶金上用得最多的電弧煉鋼爐,在本書中也敘述的最詳細,礦熱爐、無心感應爐及電阻爐則僅略談概要,對電氣設備則以專幅敘述。

本書除對電冶金專業適用外,對電工和動力方面的高等工業學校中專攻電爐及冶金企業電氣設備的學生也適用,同時對從事電氣熔煉爐設計、製造與操作的工程師也可作為參考。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊包括:電弧煉鋼爐及礦熱爐;下冊包括:電弧爐電氣設備、感應爐及電阻爐。

參加本書翻譯工作的為北京鋼鐵學院電冶教研組朱覺、關毓龍、李傳薪、李西林、張謹、黎玠諸同志。

黑色冶金冶煉電爐

上 冊

書號256(譯234)

奧 柯 羅 柯 夫 著

北京鋼鐵學院電冶金教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

京 華 印 書 局 印 刷

北京南新華街甲三七號

開本850×1168—1/32 印張87/16 字數191,000

一九五五年二月北京第一版

印數1—3,000

一九五五年二月北京第一次印刷

定價¥14.500

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии）出版的奧柯羅柯夫（Н. В. Окороков）所著“黑色冶金冶煉電爐”（Электроплавильные печи черной металлургии）1950年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校冶金專業教科書。

本書內容為電氣熔煉的理論基礎與實踐，包括電爐的分類和結構，計算方法及提高操作指標的方法。在黑色冶金上用得最多的電弧煉鋼爐，在本書中也敘述得最詳細，礦熱爐、無心感應爐及電阻爐則僅略談概要。對電氣設備則以專幅敘述。

本書除對電冶金專業適用外，對電工和動力方面的高等工業學校中專攻電爐及冶金企業電氣設備的學生也適用，同時對從事電氣熔煉爐設計、製造與操作的工程師也可作為參考。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊包括：電弧煉鋼爐及礦熱爐；下冊包括：電弧爐電氣設備、感應爐及電阻爐。

參加本書翻譯工作的為北京鋼鐵學院電冶金教研組朱覺、關毓龍、李傳薪、李西林、張謹、黎玢諸同志。

黑色冶金冶煉電爐

下 冊

Н. В. 奧柯羅柯夫著

北京鋼鐵學院電冶金教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書出版業營業許可證出字第〇五四號）

京華印書局印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·355 開本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 10 插頁 1 字數 234,000

一九五五年四月北京第一版

一九五七年二月北京第二次印刷

印數 2,501—3,500 定價（10）¥ 1.50

作者的話

與第二版比較起來，現在這個第三版曾經根據蘇聯在科學上和電爐製造技術上的巨大發展加以很多修改。

由於最近幾年來學生的培養質量的提高，那些關於一般技術的幾章已從書中除去。同時書中內容曾大加修改，曾增加了有關專門問題方面的材料。這首先是關於電弧煉鋼爐部分，在這一部分中爐子的計算方法曾加了很多材料並且深入得多，而在這一部分中，有些材料，據作者所知，在書中加以說明還是破天荒第一次。

在新版中曾特別注意到改進爐子操作指標的斯達哈諾夫工作方法和由於這種方法所得到的成就。

礦熱爐和感應爐的及電氣設備等部分修改得很少。

作者對書中各部分的篇幅的決定係根據所批准的教學大綱，各種型式的爐子的重要性，並且考慮到電冶金專業學生所學的其他課程的教學大綱。

由於對於主要的讀者——電冶金專業的學生——來說，電氣設備那一部分只有次要意義，有些問題作者儘可能地採用與專門培養電工人材的高等學校比較起來較為簡單的敘述。

前一版的經驗使我們相信，這本書除了它的直接用途，即作為冶金高等工業學校的課本之外，並且對電工及動力方面的高等工業學校中之專攻電爐及冶金企業電氣設備的學生來說，對從事煉鋼電爐的操作與設計之工程師及技術員來說，也是有用的（主要是電弧爐部分）。

上册目錄

作者的話	1
緒論	1
對作為冶金工具的電爐的要求	6
電爐的分類	8

第一部分 電弧爐

第一編 煉鋼爐	12
第一章 爐子分類及其類型	12
近代電弧爐之構造及其發展趨勢	14
第二章 電弧煉鋼爐的主要參變數與操作效率間之主 要關係	23
電弧煉鋼設備的餘量平衡	23
決定變壓器電功率與爐子尺寸間關係之基本關係式	27
因爐壁厚度發生變化而引起之爐料量的變化	38
爐子容積及尺寸(當爐壁厚度不變)對爐子生產率及單位爐料電能耗 費之影響	45
電功率 P 對生產率和單位爐料的電能耗費之影響	51
最好的經濟的解決方法	55
最恰當地使用爐子容積與變壓器功率的斯達哈諾夫的工作法	61
第三章 爐子的熔化室內之熱交換、爐子尺寸和熔化 電力使用制度	62
爐子熔化室內的熱交換	63
爐缸尺寸	69
爐子工作室的尺寸	75
工作門尺寸	80
熔煉能量使用規範	82
第四章 電極	94
電極直徑與長度的選擇	101

第五章 爐襯結構和爐子熱損失的計算	109
、爐底構造	112
、爐壁構造	114
、爐頂構造	119
爐子熱損失的計算	123
第六章 爐氣參變數	136
第七章 改進電弧煉鋼爐操作指標的斯達哈諾夫工作方法	142
第八章 電弧煉鋼爐設計	147
第九章 爐子的機械構造	165
爐殼	165
傾動機構	168
工作門	176
爐頂圈	180
電極冷卻器	182
電極把持器	186
電極升降臂和支柱	191
電極升降機械	198
爐頂裝料式爐	202
爐殼可水平旋轉的爐子	210
第二編 化鐵爐——電爐雙聯法所用之電弧爐	211
第三編 間接電弧爐	214

第二部分 礦熱爐

第一章 礦熱爐的分類及熱平衡	219
第二章 礦熱爐的計算	223
電力參變數	225
電極	228
爐身直徑	229
爐的熱損失計算	230
第三章 三相開頂式礦熱爐	231
第四章 單相爐	246
第五章 有頂式礦熱爐	250
第六章 改進礦熱爐的斯達哈諾夫工作方法	256

下 册 目 錄

第三部分 電弧爐的電氣設備

第一章 交流理論中的複數	261
第二章 電弧爐設備的圓圖及工作特性	267
無分流電路的圓圖	267
有分流電路的圓圖	275
計及電爐熱損失的圓圖	278
電弧爐設備的電氣特性曲線的作圖法	283
電爐設備特性的實驗記錄	292
第三章 短網	296
電阻計算	296
感抗的計算	307
相的抵消	319
鋼體中的損失	322
第四章 電弧	327
非正弦電流	337
第五章 電弧的控制和金屬的攪拌	343
第六章 電弧爐的電路聯接	343
第七章 聯接設備	353
第八章 爐用變壓器和塞流線圈	364
爐用變壓器及塞流線圈的構造和工作情況中的特點	369
變壓器線圈的聯接法和電壓的調整	375
變壓器的過載和運用的加劇	381
塞流線圈	384
變換相數的電路	386
自耦變壓器	388
第九章 儀用互感器	389
電壓互感器	389

電流互感器	391
第十章 保護器和電氣信號器	398
電流繼電器	395
電壓繼電器	398
氣體繼電器和其他類型繼電器	399
預防過電壓的保護器	402
第十一章 電弧爐的自動調節器	404
調節器依照工作原理的分類	404
對自動調節器應提出的各項要求	406
XDM3 式調節系統	411
差動式調節器	422
穩定電流調節器	423
保持電弧長度的差動調節器	430
放大機調節器	432
液壓式調節器	435
調節器和電爐裝置的聯接方法	438
第十二章 電爐變電所	438

第四部分 感應電爐

第一編 鐵心感應電爐	457
第一章 鐵心感應電爐的理論與工作原理	457
感應電爐的向量圖	458
電動效應	460
壓縮效應	460
漩轉效應	461
第二章 鐵心感應電爐的構造	462
槽為開頂式爐	462
槽為封閉式爐	462
第二編 無鐵心感應電爐	466
第一章 無心感應電爐的理論與工作原理	466
單相無心感應電爐的理論	467
第二章 無心感應電爐的計算	483
計算公式	488

無心感應電爐的設計舉例·····	493
第三章 無心感應電爐的電氣設備 ·····	497
靜電電容器·····	498
高頻和中頻發電機·····	504
高頻測量設備·····	515
設備的電氣線路·····	517
自動調節器·····	519
第四章 無心感應電爐的構造元件 ·····	519
感應電爐的傾動機構·····	527
導流體·····	528
爐襯·····	528
第五章 新型無心感應電爐的構造 ·····	532
單相坩堝爐·····	532
三相坩堝爐·····	534
球形熔槽三相感應電爐·····	535
兩種頻率的感應電爐·····	537
能預熱渣渣的感應電爐·····	538
真空感應電爐·····	538
第六章 熱平衡和爐的維護 ·····	539
熱平衡和操作指標·····	539
爐子工作的強化·····	540
對爐的觀察和維護·····	546
 第五部分 電阻電爐	
附錄: ·····	555
1. 電弧煉鋼電爐的安裝、驗收試驗與維護·····	555
2. 蘇聯電弧煉鋼爐的技術數據·····	561
3. 煉鋼電爐的熱平衡·····	562
4. 無心感應爐的熱平衡·····	565
5. 蘇聯爐子的技術數據·····	566
參考書目 ·····	567

黑色冶金冶煉電爐

緒 論

現在各種用電加熱的設備和裝置，從一瓩以下的廚房裏烹飪用的鐵竈與燒開水的鍋到 30000—34000 瓩的煉鋼電爐設備，需要使用為量很大的電能。這種爐子的功率要等於三十萬盞一百瓦燈泡所需的功率，也就是說相等於一個大城市照明所需的功率。

一如很多其他部門，在電熱工業方面俄國科學家也曾是開拓者。

有時曾被誤稱為“伏特弧光”的電弧應稱為“彼特羅夫弧光”，因為俄國的 B. B. 彼得羅夫院士曾在 1802 年發明電弧，要比西歐早發現八年。彼得羅夫也是進行把電弧用於照明、電焊、金屬的熔煉及其氧化物還元等方面的試驗的第一個人。

俄國工程師雅布洛其可夫所發明被叫做“電光”之弧光燈曾聞名於全世界。電弧在金屬焊接方面曾得到廣泛應用。在這一領域俄國學者 И. И. 彭納多士與 И. Г. 斯拉維揚諾夫也曾是領先者。

假如沒有強力發電機發出大量廉價的電能，假如沒有變壓器解決大量電能遠距離的經濟輸送問題，則使用三相電流的近代電熱工業便是不可能的。這一科學領域的發展也是首先與俄國科學家分不開的。И. И. 雅布洛其可夫曾製造第一個感應線圈（為弧光燈而做）。線圈有二個繞組，每個繞組有不同數目的匝數而導線斷面的尺寸也不同。這樣就使得可以用改變初級繞組上的匝數來改

變次級繞組上所發生的電壓和電流。

因此這些線圈是最早的變壓器。俄國科學家И.Ф.烏沙金在1882年首先製造我們現在所理解那樣的變壓器。在採用交流電方面雅布洛其可夫曾作重要貢獻。現時應用得最廣的三相電流是與多里沃-多布羅沃爾斯基工程師分不開的，他曾比其他人更早地指出三相電流超過單相電流的優點。他曾建造第一部三相發電機、電動機和變壓器，他曾於1891年在全世界首先實現了用三相電流作175公里的遠距離電能輸送。

A. H. 羅德金曾致力於感應爐的研究，並於1908年發表了他的研究總結。

B. Ф. 米特凱維奇院士曾於1904—1905年詳細地研究電弧，並製訂出電弧的理論。

俄國工程師希坦恩柏格和格拉莫林曾設計和建造了第一個煉鋼用炭質電極電阻爐。

後來外國廠家便仿造了這種爐子。

因此，還在革命以前，俄國科學家在電爐的發展上也曾作過很大的貢獻。

然而在革命以前由於外國資本的侵略以及沙皇俄國統治者對俄國工業的不關心，俄國學者的工作在任何時候都不能得到應有的評價，因而不可能獲得應有的成就。

只是在偉大的十月社會主義革命勝利之後，在蘇聯才建立了使用電熱，發展電冶金和電爐製造的全部條件。這種可能性主要是由於列寧-斯大林的天才的國家電氣化計劃——ГОЭЛРО計劃。電熱工業與電爐製造工業在斯大林五年計劃的年代中，在實現天才的國家工業化的過程中，曾得到了飛躍的發展。冶金在國家工業上曾起了巨大作用。

在1929年7月聯共（布）中央委員會曾通過關於在列寧格勒

發展優質金屬冶金以滿足列寧格勒機器製造工業之需要的決議，但是國家的需要不僅限於列寧格勒的工廠。

沒有優質特殊鋼，就不可能保證汽車、拖拉機、航空、滾珠、軸承及工具等工業的發展，優質特殊鋼工業與這些工業一樣是必須從頭建立的工業部門之一。

蘇聯共產黨和政府號召冶金、建築及機械製造工作者為建立蘇聯自己的優質特殊金屬冶金工業而鬥爭。而這為爭取獲得優質鋼生產的高度技術的堅持鬥爭得到了成功。

在第一次全蘇優質鋼會議上奧爾忠尼啓則同志已經說：“沒什麼金屬，沒有任何型鋼我們不能軋製，也沒有任何鋼種我們不能冶煉”。

可以從下列數字很明顯地看出蘇聯電冶金工業發展迅速的規模。

電爐鋼在1927—1928年為11500噸，佔鋼的總產量的0.28%；在1937年為860000噸，佔鋼的總產量的4.8%。因此在10年之內增加了電爐鋼75倍，而在鋼的總產量的百分數方面增加了17倍。

聯共(布)第十八次黨代表大會會議決第三個五年計劃為特殊鋼的五年計劃。

“黨代表大會會議決要提高質量鋼軋軋品二倍，並保證大大增加特殊鋼的產量：硬質合金、不銹、耐酸、耐熱、工具、精密儀器、變壓器等特殊鋼以及鐵合金”^①。

與電冶金發展的同時也相應地發展電爐製造與在這一方面的科學研究工作。

在第一個五年計劃的過程中，曾建立了電爐製造工業，這一方

① 聯共(布)第十八次黨代表大會記錄 Госполитиздат, 1939, 655 頁。

面的發展曾得到這種程度的成功，以致在 1935—1937 年能熟練地製造各種主要的型式的電爐——電阻、電弧及感應爐——及那時的大型設備：容量為 40 噸的煉鋼電弧爐及 4 噸的無心感應爐。

“電工廠”曾主要生產電弧爐及鐵心感應爐，“電氣”廠則生產電阻及無心感應熔煉爐。以後隨着電爐生產的發展，這種組織發生了變化。現在所有各種電爐的生產都集中在全蘇托拉斯“電爐”工廠中。

在電爐製造的發展事業中，蘇聯科學家曾作重要貢獻。

首先必須指出的就是中央無線電實驗室及其領導人福羅格金教授在感應加熱的一般方面，及特別在無心感應熔煉爐方面，曾作過主要的及巨大的貢獻。

且魯奴易教授和他的學生在電弧及電弧爐的電力使用規範方面的研究，對掌握電弧熔煉爐來說曾起了很重要的作用。

馬克希孟柯教授曾奠定了電熱的理論基礎，並研究了很多礦熱爐理論方面的問題。

在這一領域內由於所有蘇聯科學家所作的努力，一如在其他領域，蘇聯在這一方面大大地超過了外國，而具有最高的水平，這是由於蘇聯的社會制度比資本主義國家優越，這是由於蘇聯科學家是以完善的、唯一科學的馬克思-列寧主義理論為他們工作基礎的原因。

偉大的衛國戰爭說明斯大林同志對評定冶金工業不僅對國民經濟的發展，而且對於蘇聯的獨立也具有很重要意義之正確，蘇聯冶金工作者在偉大的衛國戰爭年代裏曾光榮地完成了它的任務。

在偉大的衛國戰爭勝利地結束以後，蘇聯冶金工作者面前有新的任務。蘇聯恢復與發展國民經濟的五年計劃中規定在 1946—1950 年中要把鋼生產增加到比戰前增加 35%。在新的斯大林五年計劃中要建造 165 座馬丁爐、15 座吹爐和 90 座電爐，其總生產

率為 16200000 噸。

在 1946 年 2 月 9 日，斯大林同志曾在他的具有歷史性的演說中向蘇聯人民提出了新的偉大的任務：“我們必須做到我們的工業可以每年生產生鐵達五千萬噸，鋼達六千萬噸，煤達五萬萬噸，石油達六千萬噸。只有做到這點，才可以認為我們可以免除意外。要做到這點，大約需要三個五年計劃，也許還要長些。但我們可以做到這點，而且也必須做到這點”。

我們領袖所給我們的這一任務是所有蘇聯冶金工作者的戰鬥綱領。

在最近的年代裏將展開電冶金新的廣闊的發展遠景，因此電爐製造工業的發展前途也將是廣闊的。

1950 年由於斯大林同志的提議，蘇聯政府作出了在伏爾加河建設古比雪夫及斯大林格勒水電站，在德涅爾河建造卡霍夫斯克水電站，建造土庫曼運河、南烏克蘭運河及北克里木運河這一歷史性決議。

從下列數字可以看出蘇聯這種建設規範在全世界是無比的。

頭二個水電站的總指標為：

	古比雪夫水電站	斯大林水電站	總
發電能力, 1000 瓩(單位)	2000	1700	3700
平均一年所發出之電能, 1000000 瓩·時(單位)	10000	10000	20000

可以一年得二百萬萬瓩·時的電能。這一數量比蘇聯在第二次世界大戰前夜的 1938 年蘇聯全年所發電能的一半，比意大利全年所發的電能要多，比瑞典和瑞士兩國相加起來的年產量要多。

每一個伏爾加水電站所發之電功率都超過蘇聯第一個水電站 10 倍——伏爾霍夫斯克水電站——比德涅爾河水電站所發電力要大幾倍，而德涅爾河水電站是歐洲最大的水電站。

國家電氣化的進一步發展密切有關於電冶金工業及工業上電

熱使用得到更大的發展速度。新的無限廣闊的發展遠景呈現在蘇聯電爐製造工業面前。

對作為冶金工具的電爐的要求

熔煉電爐應保證能得到對金屬所要求之質量，高的生產率及最小的熔煉成本。

對金屬質量之保證是主要要求，其餘一切應服從於它。

黑色金屬之電冶金分成：

- a) 鋼的冶煉及
- 6) 從礦石中冶煉鐵合金及生鐵。

鋼的電冶金又分成：

- a) 鋼錠生產及
- 6) 鑄鋼。

在每一上列熔煉方法及熔煉種類中，對金屬及爐子之要求可能很不同，但是其中有很多要求也是它們所共同的。

這些要求如下：

1. 應保證所規定的熔煉操作溫度規範和適當的熔煉能量制度。這所以很重要，因為除純粹技術之因素外（原料及輔助材料的成分與質量、熔煉的一般方法、所用爐渣等），金屬的質量在很大程度上決定於熔煉溫度及能量制度。

從操作經驗中大家都很知道在熔煉的全部時間內，溫度制度所給予的影響是非常大的。

化學反應的速度、方向及其完全的程度都決定於溫度。

當着在固體爐料熔化期中所輸入爐內之電功率小時，熔化的時間就會延長，這就會使金屬的氧化增加，金屬中之氣體量增高，此外，還會使爐子的生產率降低。氧化期中溫度的不夠會使錳的氧化強烈，使炭的燃燒困難。