

苏联技工学校教学用书

电炉炼钢工读本

C. T. 尤金 E. E. 列依金 著

A. Ф. 卡布魯科夫斯基

张煥光 译

冶金工业出版社

苏联技工学校教学用书

电爐炼鋼工讀本

C.T. 尤金 B.E. 列依金 A.Φ. 卡布魯科夫斯基 著

张煥光 譯

冶金工業出版社

本書系根据苏联冶金出版社1953年出版的 С.Т. 尤金、В.Е. 列依金及 А.Ф. 卡布魯科夫斯基所著“电爐炼鋼工讀本”一書譯出。原書經苏联文化部职工教育总局教学指导处批准为技工学校教材。

本書叙述現代炼鋼电弧爐与感应电爐的設備和工艺过程。介紹了鑄錠和电爐炼鋼原料的一般知識。討論了主要鋼种、鋼的成份与性質。作者还用了較多的篇幅闡明电爐操作及先进炼鋼工工作經驗的問題。

本書适合电爐炼鋼工、技工学校与中等技术学校学生和技术人員閱讀。

С.Т.Юдин В.Е.Лейкин А.Ф.Каблуковский

СТАЛЕВАР ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Металлургиздат (Москва—1953)

电爐炼鋼工讀本

張煥光 譯

編輯：陈略

設計：赵香苓

魯芝芳

責任校对：任少模

1958年 9 月第一版 1958年 9 月北京第一次印刷 15,000 册

850×1168 • 1/32 • 187,400字 • 印張 $9\frac{12}{2}$ • 定价 (10) 1.60 元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0859

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

前言	7
緒言	8
第一章 鋼鉄生产的基本知識	11
煉鉄	11
鉄矿	12
燃料	13
高爐构造簡述	13
高爐操作过程概論	14
高爐的熔煉产物	18
煉鋼	20
轉爐煉鋼	21
平爐煉鋼	23
第二章 电爐煉鋼的原料	30
爐料的主要組成	30
脫氧剂和合金材料	31
氧化剂和增碳剂	34
造渣材料	35
第三章 电极	37
电极的用途和对电极的一般要求	37
电极的维护	40
第四章 煉鋼电爐	42
煉鋼电爐的主要类型	42
电阻爐	42
感应爐	43
电弧爐	46
現代三相煉鋼电弧爐	48
第五章 煉鋼电弧爐的设备	51
电弧爐的机械設備	51
电弧爐的主要尺寸	63
电弧爐的电气設備	64
第六章 耐火材料、絕热材料和粘合材料	73
对耐火材料的一般要求	73

酸性耐火材料	74
碱性耐火材料	75
中性耐火材料	76
砂磚和鐵磚的代用品	77
碳磚和碳質大塊磚	77
絕熱材料	77
粘合材料	79
第七章 炼鋼电爐的爐衬	80
碱性电爐爐襯	80
碱性电爐爐底的砌筑和打結	81
爐牆的砌筑和打結	86
爐牆的大塊磚修理	88
裝料門和出鋼口的門柱和門拱的砌筑	91
爐襯的快速修理	93
酸性电弧爐的爐襯	96
电弧爐爐頂的构造	97
高周波感應爐的爐襯	104
感應爐酸性坩堝和碱性坩堝的制造	106
第八章 鋼的成分、种类和性質	111
金屬的主要性質	111
金屬的物理性質	111
金屬的机械性能	112
金屬的工艺性質和鑄造性質	116
金屬的化学性質	116
鋼的热处理簡述	117
鑄鐵的主要性質	117
鋼的成分和种类	118
碳素鋼	118
合金鋼	119
鋼按用途的分类	119
各种元素对合金鋼性質的影响	120
鋼的固定全数标准和鋼的符号	124
第九章 配料	126
配料計算实例	128
第十章 碱性电弧爐炼鋼	138
熔煉前爐子的准备	138

补爐	139
装料	140
熔化时期	149
物理化学过程的基本知識	152
氧化时期	161
还原时期	170
合金元素加入熔池中的次序和合金元素的計算	183
金屬脫氧程度的检查	186
出鋼	188
还原时期的热制度和电制度	189
碱性电弧爐的各种煉鋼方法	189
鋼晶粒大小的調节	191
特殊鋼的冶煉特点	193
第十一章 酸性电弧爐煉鋼	198
熔化时期	199
氧化时期	199
还原时期	200
第十二章 高周波無鉄芯感应爐煉鋼	203
熔煉的特点	203
高周波感应爐的构造特点	203
爐料的尺寸和装料順序	207
爐料的熔化	208
脫氧	209
在真空無鉄芯感应爐中煉鋼	213
第十三章 电弧爐的維護	216
爐底的維護	216
爐頂和爐壁的維護	218
門拱和門柱的維護	218
爐子工作时的事故	219
第十四章 鑄造生产原理	222
鑄造材料	223
熔化設備	225
鑄型的制造	227
鑄型的澆注	233
鑄件的缺陷	233

鋼鑄件的鑄造特点	234
有色金屬鑄件的鑄造特点	235
韌性鑄鐵鑄件的鑄造	235
特殊鑄造	236
第十五章 鑄錠	238
鋼的凝固过程和鋼錠的結構	238
高級優質鋼的缺陷及其防止法	242
鑄錠方法	246
鑄錠工段的設備	248
鑄錠温度和鑄錠速度	260
鋼錠的冷却	260
鑄錠時防止事故的方法	261
第十六章 電爐鋼生產的技術經濟指標	263
第十七章 勞動組織和生產組織。技術定額測定	269
勞動組織和生產組織	269
技術定額測定	278
工資標準和工資制度	279
第十八章 安全規程	281
配料場和往操作台運送材料	281
配料場	281
材料的運送	282
裝料	283
電爐的裝置和管理	284
爐子電氣部分的管理和控制	289
出鋼、鑄錠和鋼的收取	291
修理輔助工作	299
參考文獻	300

前 言

本書是根据苏联文化部职工教育总局教学指导处批准的普通工艺和专门工艺教学大纲进行编写的，适用于培养电爐炼鋼工第一助手的技工学校。

编写本書时广泛应用了电爐炼鋼方面的最新資料，特别是Ф.П. 耶德聶拉尔所著的高等学校教科書“电冶金学”（普通教程）。

原稿曾根据評閱者技术科学副博士Ф.П. 耶德聶拉尔副教授和斯大林獎金获得者П.Я. 巴尔茲丹工程师的意见加以修改和补充。

緒言、第一章至第六章、第十一章至第十四章由С.Т. 尤金编写；第七章至第九章和第十五章由А.Ф. 卡布魯科夫斯基编写；第十、十六和十七章由В.Е. 列依金编写。

作者对評閱者Ф.П. 耶德聶拉尔、П.Я. 巴尔茲丹和編輯О.А. 米哈依洛夫致以謝意，感謝他們在原稿准备付印时所給予的帮助。

緒 言

苏联共产党第十九次代表大会关于1951—1955年苏联发展第五个五年计划的決議中规定要进一步发展黑色冶金业。1955年的黑色金屬生产与1950年相比大約增加如下：生鉄增加76%，鋼增加62%，鋼材增加64%。机器制造业所需要的特殊鋼和合金也要增加生产，它們大多数是在电爐中熔炼出来的。

在电冶金工作者的面前摆着巨大的重要任务，即增加电爐鋼生产並提高电爐鋼的质量。

苏联电爐鋼生产发展的特点就是鋼的产量不断增长、鋼种不断增加、采用新技术、改进工艺过程。

苏联的炼鋼电爐配有现代化的設備，因此要求操作人員，首先是炼鋼工及其助手，有很高的技能。在职工教育系統中要培养許多各种职业的熟練工人干部，其中包括在技工学校中进行培养的电爐炼鋼工助手。

在苏联共产党第十九次代表大会的決議中指出：“要滿足国民經济对熟練干部的需要，特别是对与生产中进一步运用先进技术有关的熟練干部的需要，就必须改进国家劳动后备系統中培养青年熟練干部的质量，而且要用个别学习和集体学习的办法並通过企业所組織的訓練班和学校来保証培养和提高工人的技能”^①

非常精通现代电爐炼鋼生产的复杂技术，研究炼鋼的理論和实际，这就是摆在未来的炼鋼工作者——技工学校的学生面前的任务。学生在研究炼鋼生产原理的时候，不仅必須精通现代炼鋼車間所拥有的技术，而且要熟悉本国冶金业的发展历史。

天才的俄国科学家在发展本国和世界科学技术方面作出了有价值的貢獻。天才的俄国科学家 M. B. 罗蒙諾索夫早在1756年就发表了他的假想，認為电流是質点的特殊运动形式，这与当时

① 苏联共产党第十九次党代表大会的決議，第30頁，国立政治書籍出版社，1953。

外国学者所肯定的意见即認為电是无重量的液体正好相反。

俄国学者B.B. 彼得罗夫发现了电弧。他首先确定用电可以提取矿石中的金属。这个优秀的俄国物理学家的試驗奠定了电在冶金业中应用的基础。

俄国的发明家A.H. 罗迪京研究出了独特的熔炼电爐构造，这些电爐与现在电冶金所用的爐子相比无原則性的改变。

伟大的俄国冶金学家П.П. 阿諾索夫是苏联高級优质鋼生产的奠基人；他在1831年，比英国的骚必早32年，在世界上首先应用显微鏡研究了金属的結構。

杰出的俄国冶金学家Л.К. 契尔諾夫是金相学的奠基人，他在1868—1878年就有許多具有世界意义的发现，其中最重要是临界点的发现。临界点就是鋼在加热或冷却时发生轉变的溫度。他还創立了結晶理論。

著名的苏联冶金学家和金属学家A.A. 巴依科夫院士創造了独特的冶金过程理論，他在物理化学和冶金学方面做了許多理論研究。

苏联的科学家和生产革新者发展了冶金过程理論，改进了优质鋼冶炼的工藝过程。

电爐炼鋼法的广泛应用还是不久以前的事。用电加热金属能够准确調节加热的速度並可以迅速提高溫度。熔炼合金鋼、鉄合金和其他特种合金时应用电爐有特別重要的意义。这些合金和高合金鋼，大部分都只能在炼鋼电爐中冶炼。

党和政府在建立和发展我国优质鋼冶金方面做了巨大的工作。設有电爐炼鋼車間並能生产优质鋼的工厂的数目迅速增加，生产能力也增大了。

先进的工藝过程被广泛地运用了，先进的劳动方法也被研究和采用，技术水平大大提高了，电爐炼鋼車間的生产技能也得到了改进。

苏联科学家B.П. 沃洛格金，С.И. 切里內，С.М. 馬克西門科和H.B. 奥科罗科夫以自己在电爐构造方面的工作大大地促

进了苏联电冶金的发展。

1950年下半年，苏联部长会议作出了历史性的决议，在伏尔加河上建设古比雪夫水电站（发电能力大约为 200 万千瓦）和斯大林格勒水电站（发电能力达 170 万千瓦），在第聂伯河上建设发电能力为 25 万千瓦的卡霍夫卡水电站。

顺利地完 成这些巨大水电站的建设，就能保证产生大量的电能，因而为进一步发展和提高电炉钢生产创造了条件。

第一章 鋼鐵生产的基本知識

煉 鐵

苏联杰出的冶金学家的著作和工作对苏联炼铁事业的发展起了巨大的作用。

M. B. 罗蒙諾索夫是俄国第一个冶金学家，是冶金科学的奠基人。M. B. 罗蒙諾索夫在他的著作“冶金与采矿原理”中說明了冶金过程的物理化学性質，並在冶炼和金屬加工操作組織方面給予宝贵的实际指示。

M. A. 巴甫洛夫院士的卓越的著作对高爐冶炼理論的发展起了很大的作用；他在設計、建筑和掌握苏联巨大冶金工厂方面的功績也是很大的。M. A. 巴甫洛夫曾創立苏联冶金工作者学派，这一学派在炼铁理論和实际生产方面的許多工作中占有优先的地位。

M. K. 庫拉科是在建造新型高爐和改进旧高爐方面有天才的工作者和革新者。

伟大的苏联科学家 И. П. 巴尔金院士在发展苏联高爐生产方面作了巨大的貢獻。

生铁是鉄和碳的合金，一般含有3.5—4.5%的碳，而且总是含有矽、錳、硫、磷等杂质。在特殊生鉄（鉄合金）中，例如在錳鉄中，含碳量达7%。生鉄含碳量高使它具有脆性，因而不适于进行压力加工（鍛造、冲压和軋制）；生鉄的强度比鋼的强度低。但是生鉄（鑄造生鉄）有良好的鑄造性能，而且广泛用来制造生鉄鑄件。大部分生鉄都用来炼鋼。

炼鉄需要有鉄矿、燃料和熔剂（高爐爐料）。

生铁是在称为高爐的豎式爐中熔煉出来的。

鐵 矿

鐵矿由氧化鐵和廢石（二氧化矽，三氧化二鋁，氧化鈣和氧化鎂）組成。鐵矿最好含有最多的鐵和最少的有害雜質（硫和磷）。

鐵矿应具有足够的疏松度，而且其中的氧化鐵要容易还原。矿石块的大小和强度以及矿石中的粉矿数量对煉鐵过程有很重大的影响。矿石中含大量碎矿或粉矿会使高爐的煉鐵过程发生困难。

苏联的鐵矿儲藏量也列入世界第一位。苏联的主要鐵矿如下。

1) 磁鐵矿 含鐵 50—65 %；比重为 4.8—5.2；顏色为黑色。磁鐵矿具有磁性。主要的磁鐵矿区在烏拉尔的馬格尼特納雅山、維索卡雅山和布拉戈达奇山。

2) 赤鐵矿 含鐵 50—60 %；比重为 4.5—5.2；顏色从鮮紅至暗紅。主要的赤鐵矿区是在克里沃罗格。

3) 褐鐵矿 含鐵 20—55 %；比重为 3.4—3.95 %；顏色从褐色至黑色。主要的褐鐵矿区是烏拉尔的刻赤矿区和巴卡尔矿区及阿拉帕耶夫矿区。

4) 菱鐵矿 含鐵 30—40 %；比重約为 3.8；顏色为淡黃色。主要的矿区是基洛夫省的巴卡尔矿区。

要提高高爐的生产力和减少燃料的消耗量，原料在熔煉前就必须加以特別的处理。例如，大块的鐵矿、石灰石和其他材料要加以破碎。矿石破碎后要过篩，磁鐵矿要进行电磁选矿以除去廢石。常常使矿石在 600—1000° 的溫度下进行焙燒，結果矿石裂开，而且矿石中的硫成为二氧化硫揮发掉。焙燒也能除去菱鐵矿中的二氧化碳和褐鐵矿中的化合水。碎矿和粉矿要燒結成多孔的块状鐵矿，这一过程称为燒結。

熔剂是使矿石中的廢石和燃料中的灰分变成爐渣用的。廢石、焦炭（或煤）灰和熔剂的熔合物称为爐渣。煉鐵时用石灰石作熔剂。

燃 料

冶金燃料可由发热量和发热度来評定。发热量就是1公斤燃料或1公尺³煤气燃烧时放出热量的卡数。燃料的发热度可以由其在理論空气量下燃烧时所达到的最高溫度来評定。

炼鉄所用的燃料的灰份和有害杂质（硫和磷）应当最少。此外，燃料应坚固而多孔，使它通过爐子时既不产生許多碎屑又能保証爐料的透气性。

燃料中粉末很多会使炼鉄发生困难。

在以前，仅用木炭作高爐的燃料。木炭是把木材在較高的溫度下不通入空气进行干餾得到的。木炭的灰份不多（1—2%），有害杂质（硫）几乎完全沒有。木炭的发热量为7000—7500卡/公斤。木炭作为高爐燃料应用时的缺点是它的磨損性很高和抗压力不大。因为木炭不够坚实，故不能用在很高的爐子中^①。此外，木炭的价格很高。

焦炭是焦性烟煤在不通入空气的情况下干餾而成的。焦炭的抗压性和抗磨性都很好，因此，焦炭几乎完全代替木炭而作为高爐的燃料。

焦炭含碳82—90%，含硫0.5—2.0%，含灰份8—15%。焦炭的水份随各种焦炭而有很大的变动范围。ГОСТ 513—41 規定頓巴斯冶金焦炭的含水量不超过4%。

焦炭的发热量为6000—7000卡/公斤。

高爐构造簡述

高爐的主要部分是爐喉、爐身、爐腰、爐腹和爐缸。现代高爐的构造表示在图1中。

高爐用粘土砖砌筑，此砖含二氧化矽52.0—60.0%，三氧化二鋁43—35%，氧化鉄（ Fe_2O_3 ）1.5—2.0%，高爐爐身耐

① 现代高爐的高度达30公尺。

火砖砌体包裹在由 20 和 30 公厘厚钢板铆成或焊成的钢壳中；爐子的耐火砌砖借助于冷却器用水冷却。

爐喉（爐子上部的圓筒部分）配有装料装置，爐料即借此装料装置均匀地装入爐中。高爐煤气由特別装置排走。容积为 1300 公尺³的现代高爐爐喉的直径等于 6.5 公尺，高等于 3.8 公尺。

爐料在爐喉区域由 300° 的高爐煤气加热。此时爐料中的水份蒸发，而且石灰石部分分解成石灰和二氧化碳。

爐身（高爐容积最大的部分）的形状为上小下大的截头圓錐形，这样就能保证原料均匀下降。爐身的高度为 14.8 公尺^①。在爐身中，爐料繼續加热，石灰石繼續分解，鉄发生还原而形成最初的滴状生鉄。

爐腰是爐子的圓筒形部分。生鉄和爐渣在爐腰中生成。爐腰的直径为 9 公尺，高为 2.0 公尺。

爐腹是上大下小的截头圓錐体。爐腹的高度为 3.2 公尺。在爐腰中和爐腹的上部繼續生成液体生鉄和爐渣。

爐缸是爐子的下部。液体生鉄和爐渣集积在爐缸中，而且爐渣較輕（爐渣的比重为 2.5，而生鉄的比重为 7.6）而向上浮，並在生鉄表面上形成渣层。爐缸的底称为爐底。爐缸的上部留有許多孔，孔中插有鼓风用的风嘴。爐缸的下部有排出爐渣和生鉄用的出渣口和出鉄口。爐缸的高度为 3.2 公尺，直径为 8 公尺。

从出鉄口至爐喉工作台的高度称为高爐的总高度。从出鉄口中心至装料綫上限的距离作为有效高度。现代大型高爐的有效高度用焦炭时为 30 公尺，用木炭时为 20 公尺。

装料綫上限与爐底之間的爐膛容积称为高爐的有效容积。

高爐操作过程概論

高爐冶炼的主要目的就是用鉄矿制炼生鉄，其方法是使鉄从它的氧化物中还原出来。用燃料中的碳和一氧化碳使氧化鉄还原就能达到这一目的。此时，废石用熔剂使其变成爐渣。

① 此处和以后都是指容积为 1300 公尺³ 高爐的尺寸。

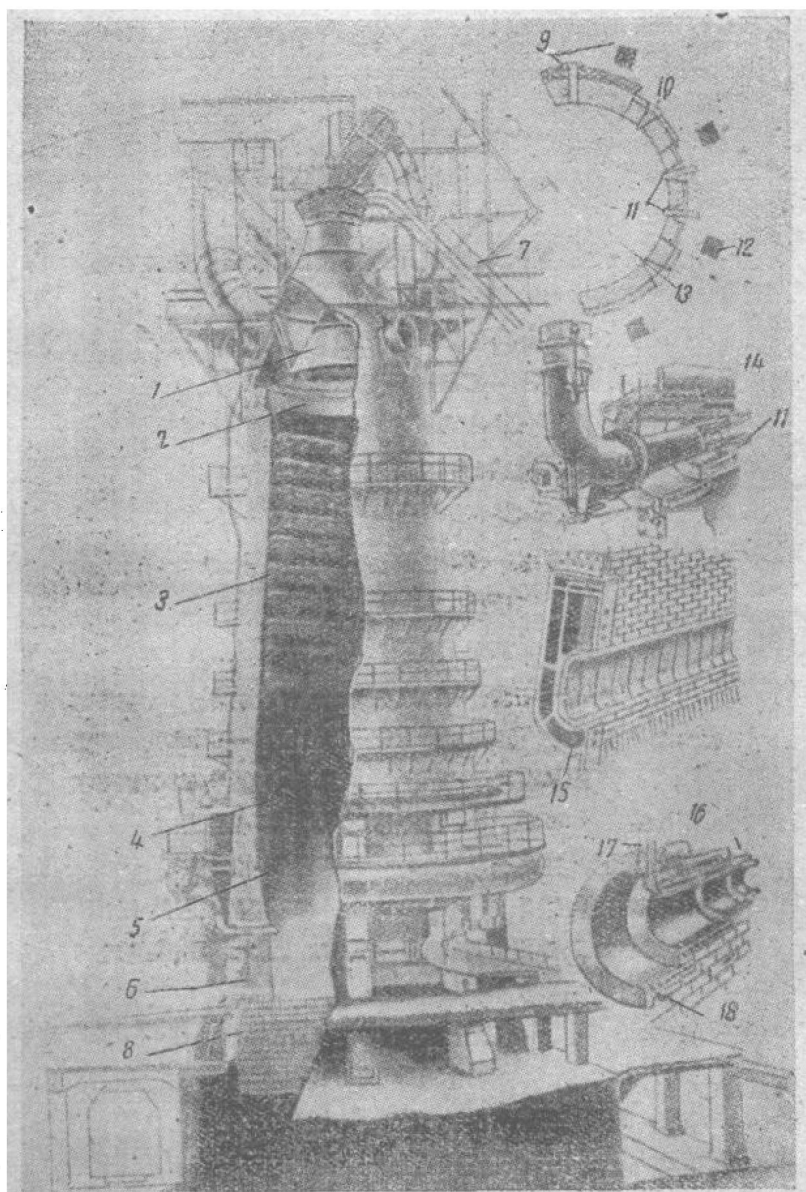
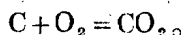


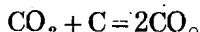
图 1 現代高爐

1—裝料裝置； 2—爐喉； 3—爐身； 4—爐腰； 5—爐腹； 6—爐缸； 7—排氣管； 8—爐底； 9—出鐵口； 10—第一出渣口； 11—風嘴； 12—支柱； 13—第二出渣口； 14—風嘴裝置； 15—水冷框； 16—出渣口剖面； 17—供水管； 18—冷却水套

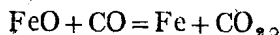
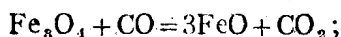
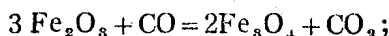
在风嘴区的紅热焦炭与热风（空气）中的氧起反应並按下式燃烧成二氧化碳：



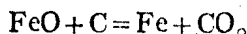
二氧化碳往上升与热焦炭相遇时还原成一氧化碳：



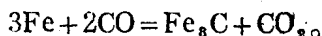
一氧化碳是强还原剂，能按下列反应式对氧化鉄发生强烈的作用：



氧化亚鉄与固体碳也会发生反应：



还原出来的鉄与碳或一氧化碳化合而成碳化鉄 Fe_3C ：



生成的碳化鉄溶解在鉄中而成鉄碳合金（生鉄），生鉄熔化成一般鉄流流入爐缸中（灰生鉄的熔点为 $1130—1350^{\circ}$ ，純鉄的熔点为 1539° ）。固体碳在高温下能使矿石中錳、矽和磷等的氧化物中还原出錳、矽和磷，而且这些元素能溶在生鉄中。

有害杂质（硫）主要系从焦炭和鉄矿进入生鉄中。硫成硫化鉄 FeS 的形式存在生鉄中。补加石灰熔剂和錳能促进除硫作用。

在高爐冶炼的条件下除磷是不可能的。因此，生鉄的含磷量由高爐爐料的成份来調节。

容积为 1300 公尺³ 的现代高爐每昼夜能炼出 1400—1600 吨生鉄。炼 1000 吨生鉄平均需消耗 2000 吨鉄矿、400 吨石灰石和 900 吨焦炭，此外，还需消耗大量鼓入爐內的热风和用来冷却爐子和风嘴的冷却水。需要預热的空气在强大的鼓风机压力下送入热风爐中。热风爐高达 35 公尺，直径达 8 公尺。热风爐用高爐煤气加热。热风温度为 $500—800^{\circ}$ ，这就能促使高爐中得到很高的温度。高爐配有三座热风爐（图 2）。