

高等学校教学用书



专业炼钢学

上册

东北工学院 北京钢铁学院 等编

序 言

本书系根据北京钢铁学院编著的“专业炼钢学”第一册，东北工学院编著的“专业炼钢学”第二册以及魏寿崑主编的“专业炼钢学”，按照1959年教育计划和教学大纲的要求编而成。全书分上下两册出版。现作如下几点说明：

1. 编写原则是力图作到理论联系实际，着重理论分析，使学生在学校学习过程中，能在生产实践已有充分锻炼的基础上更快更好地接受理论知识，因而对有关操作细节及具体设备构造等叙述部分，作了较大的删减。

2. 本书未列入有关转炉、平炉及其车间设计以及其他炼钢设备设计时所需的数据，用时可参考有关专门书籍。

3. 本书部分章节的份量及其水平，可能还有不适应各院校的教学经验及具体情况之处，因此，在教学中可作必要的增减。

参加本书选编工作的有（按姓名笔划排列）王舒黎、宋实、关立华、严友梅、冯春荣、董履仁、杨君艾。参加审阅工作的有于广、刘沛环、徐文派。全书由周自定教授担任总审工作。

限于水平和时间，本书难免有错误和不确切之处；热切期望读者批评指正，以便再版时修订。

一九六一年四月

目 录

序言	7
緒論	8
§ 1 炼鋼学的对象和任务	8
§ 2 鋼鉄在国民經济中的作用	9
§ 3 鋼鉄生产的历史发展阶段及我国古代炼鋼技术的成就	10
§ 4 我国近代鋼鉄工业的发展	15
§ 5 新中国鋼鉄工业的高速度发展	16

第一篇 炼 鋼 原 理

第一章 鋼液的物理化学性质	19
§ 1 各种元素在鉄液中的溶解度	19
§ 2 鋼液的粘度	24
§ 3 鋼液的表面张力	26
第二章 炼鋼炉渣	32
§ 1 炼鋼炉渣的作用	32
§ 2 炼鋼炉渣的来源、分类及其相图	32
§ 3 炼鋼炉渣结构的理論	35
§ 4 炉渣的碱度	35
§ 5 炉渣的氧化能力	40
§ 6 炉渣的粘度	42
§ 7 炉渣的表面张力	44
第三章 硅、錳的氧化及还原反应	46
§ 1 硅的氧化与还原	46
§ 2 錳的氧化与还原	49
第四章 磷的氧化反应	51
第五章 脫磷	59
§ 1 脫磷反应的机理	59
§ 2 影响脫磷反应的一些因素	61
§ 3 炉外去磷	63
第六章 脫硫	63
§ 1 硫的来源	63
§ 2 脫硫反应的机理	64
§ 3 炉渣成分对脫硫的影响	65
§ 4 温度的影响	67

§ 5	金属成分的影响	68
§ 6	渣量的影响	69
§ 7	炉气成份的影响	70
第七章	脱氧	72
§ 1	钢液脱氧前的氧化程度	72
§ 2	沉淀脱氧的原理	74
§ 3	脱氧反应产物的形成和去除条件	81
§ 4	扩散脱氧	86
§ 5	真空脱氧	87
§ 6	脱氧元素与硫、氮的相互作用	88
参考文献		89

第二篇 转 炉 炼 钢

底吹转炉炼钢法	91
第八章 底吹酸性转炉炼钢法 (贝塞麦法)	92
§ 1 底吹酸性转炉炼钢法吹炼过程概述	92
§ 2 贝塞麦生铁成分对操作的影响	96
§ 3 底吹酸性转炉法的现状	97
第九章 底吹碱性转炉炼钢法 (托马斯法)	99
§ 1 托马斯炼钢法的吹炼过程概述	99
§ 2 托马斯炼钢法的去磷原理	104
§ 3 吹炼过程中金属熔池中含氮量的变化	105
§ 4 底吹碱性转炉炼钢法的现状	106
§ 5 底吹转炉钢的质量及其用途	108
第十章 底吹转炉构造及其技术经济指标	111
§ 1 底吹转炉构造概述	111
§ 2 底吹转炉主要尺寸的确定	113
§ 3 底吹转炉炼钢法的技术经济指标	115
参考文献	116
侧吹转炉炼钢法	118
第十一章 侧吹碱性转炉炼钢法	118
§ 1 原料	118
§ 2 吹炼原理	121
§ 3 侧吹碱性转炉钢质量和低合金钢生产	132
§ 4 高磷生铁和含钒生铁的吹炼及其综合利用	138
§ 5 侧吹转炉构造及其主要设备	144
§ 6 侧吹碱性转炉炉衬	150
§ 7 侧吹碱性转炉炼钢法物料平衡、热平衡、技术经济指标的分析	159
第十二章 侧吹酸性转炉炼钢法	162

§ 1 炉衬砌筑.....	162
§ 2 侧吹酸性转炉铁水.....	163
§ 3 侧吹酸性转炉吹炼特点.....	163
参考文献.....	164
氧气转炉炼钢法.....	166
第十三章 纯氧顶吹转炉炼钢法.....	166
§ 1 纯氧顶吹转炉构造及喷咀设备.....	166
§ 2 吹炼过程概述.....	167
§ 3 物料平衡、热平衡与烟尘损失.....	174
§ 4 钢的质量.....	175
第十四章 纯氧旋转炉炼钢法.....	176
§ 1 倾斜式旋转炉炼钢法 (Kal-Do法)	176
§ 2 卧式旋转炉炼钢法.....	179
第十五章 转炉炼钢过程的控制和自动化.....	182
§ 1 吹炼终点的控制.....	183
§ 2 吹炼过程中温度的测定.....	188
§ 3 吹炼角度的控制.....	192
炼钢中间化铁炉.....	195
第十六章 化铁炉熔化原理与操作.....	195
§ 1 原料.....	195
§ 2 化铁炉熔化原理.....	197
§ 3 化铁炉操作.....	212
第十七章 化铁炉构造与计算.....	214
§ 1 化铁炉构造.....	214
§ 2 化铁炉计算.....	217
§ 3 化铁炉构造进一步改进的方向.....	221
参考文献.....	222

第三篇 平炉炼钢法

引言.....	223
第十八章 平炉炼钢的供氧.....	224
§ 1 炉气的供氧.....	225
§ 2 铁矿石的使用.....	228
§ 3 向熔池吹压缩空气或氧气.....	230
第十九章 碱性平炉炼钢的原料.....	232
§ 1 生铁.....	233
§ 2 废钢.....	236
§ 3 造渣材料和熔剂.....	237
§ 4 氧化剂.....	238

§ 5 脱氧剂和铁合金.....	236
第二十章 碱性平炉废钢矿石法.....	242
§ 1 平炉熔炼的各个时期.....	242
§ 2 补炉时期.....	243
§ 3 装料时期.....	244
§ 4 熔化时期.....	249
§ 5 精炼时期(矿石沸腾与纯沸腾).....	258
§ 6 脱氧.....	271
§ 7 出钢.....	278
第二十一章 矿石法、废钢法和废钢增碳法.....	270
§ 1 矿石法(—100%生铁).....	276
§ 2 废钢法.....	280
§ 3 增碳(废钢)法.....	281
第二十二章 酸性平炉炼钢法.....	284
§ 1 酸性平炉炉型.....	284
§ 2 酸性平炉炼钢原料.....	286
§ 3 酸性平炉的熔炼操作.....	287
第二十三章 合金钢和特殊用途钢的熔炼.....	291
§ 1 电工用硅钢的熔炼.....	293
§ 2 工业纯铁的熔炼.....	295
§ 3 含铬合金钢的熔炼.....	297
§ 4 高锰钢的熔炼.....	299
§ 5 易切削钢的熔炼.....	300
第二十四章 复合熔炼和混合炼钢.....	301
§ 1 转炉——平炉双联法.....	302
§ 2 碱性平炉——酸性平炉双联法.....	304
§ 3 铁水炉外处理——碱性平炉双联法.....	305
§ 4 碱性平炉——电炉混合炼钢.....	305
§ 5 侧吹转炉——电炉混合炼钢.....	306
参考文献.....	308
附录 平炉炉料计算的原理.....	310

高等学校教学用书



专业炼钢学

上册

东北工学院 北京钢铁学院 等编

目 录

序言	7
緒論	8
§ 1 炼鋼学的对象和任务	8
§ 2 鋼鉄在国民經济中的作用	9
§ 3 鋼鉄生产的历史发展阶段及我国古代炼鋼技术的成就	10
§ 4 我国近代鋼鉄工业的发展	15
§ 5 新中国鋼鉄工业的高速度发展	16

第一篇 炼 鋼 原 理

第一章 鋼液的物理化学性质	19
§ 1 各种元素在鉄液中的溶解度	19
§ 2 鋼液的粘度	24
§ 3 鋼液的表面张力	26
第二章 炼鋼炉渣	32
§ 1 炼鋼炉渣的作用	32
§ 2 炼鋼炉渣的来源、分类及其相图	32
§ 3 炼鋼炉渣结构的理論	35
§ 4 炉渣的碱度	35
§ 5 炉渣的氧化能力	40
§ 6 炉渣的粘度	42
§ 7 炉渣的表面张力	44
第三章 硅、錳的氧化及还原反应	46
§ 1 硅的氧化与还原	46
§ 2 錳的氧化与还原	49
第四章 磷的氧化反应	51
第五章 脫磷	59
§ 1 脫磷反应的机理	59
§ 2 影响脫磷反应的一些因素	61
§ 3 炉外去磷	63
第六章 脫硫	63
§ 1 硫的来源	63
§ 2 脫硫反应的机理	64
§ 3 炉渣成分对脫硫的影响	65
§ 4 温度的影响	67

§ 5	金属成分的影响	68
§ 6	渣量的影响	69
§ 7	炉气成份的影响	70
第七章	脱氧	72
§ 1	钢液脱氧前的氧化程度	72
§ 2	沉淀脱氧的原理	74
§ 3	脱氧反应产物的形成和去除条件	81
§ 4	扩散脱氧	86
§ 5	真空脱氧	87
§ 6	脱氧元素与硫、氮的相互作用	88
参考文献		89

第二篇 转 炉 炼 钢

底吹转炉炼钢法	91
第八章 底吹酸性转炉炼钢法 (贝塞麦法)	92
§ 1 底吹酸性转炉炼钢法吹炼过程概述	92
§ 2 贝塞麦生铁成分对操作的影响	96
§ 3 底吹酸性转炉法的现状	97
第九章 底吹碱性转炉炼钢法 (托马斯法)	99
§ 1 托马斯炼钢法的吹炼过程概述	99
§ 2 托马斯炼钢法的去磷原理	104
§ 3 吹炼过程中金属熔池中含氮量的变化	105
§ 4 底吹碱性转炉炼钢法的现状	106
§ 5 底吹转炉钢的质量及其用途	108
第十章 底吹转炉构造及其技术经济指标	111
§ 1 底吹转炉构造概述	111
§ 2 底吹转炉主要尺寸的确定	113
§ 3 底吹转炉炼钢法的技术经济指标	115
参考文献	116
侧吹转炉炼钢法	118
第十一章 侧吹碱性转炉炼钢法	118
§ 1 原料	118
§ 2 吹炼原理	121
§ 3 侧吹碱性转炉钢质量和低合金钢生产	132
§ 4 高磷生铁和含钒生铁的吹炼及其综合利用	138
§ 5 侧吹转炉构造及其主要设备	144
§ 6 侧吹碱性转炉炉衬	150
§ 7 侧吹碱性转炉炼钢法物料平衡、热平衡、技术经济指标的分析	159
第十二章 侧吹酸性转炉炼钢法	162

§ 1 炉衬砌筑	162
§ 2 侧吹酸性转炉铁水	163
§ 3 侧吹酸性转炉吹炼特点	163
参考文献	164
氧气转炉炼钢法	166
第十三章 纯氧顶吹转炉炼钢法	166
§ 1 纯氧顶吹转炉构造及喷咀设备	166
§ 2 吹炼过程概述	167
§ 3 物料平衡、热平衡与烟尘损失	174
§ 4 钢的质量	175
第十四章 纯氧旋转炉炼钢法	176
§ 1 倾斜式旋转炉炼钢法 (Kal-Do法)	176
§ 2 卧式旋转炉炼钢法	179
第十五章 转炉炼钢过程的控制和自动化	182
§ 1 吹炼终点的控制	183
§ 2 吹炼过程中温度的测定	188
§ 3 吹炼角度的控制	192
炼钢中间化铁炉	195
第十六章 化铁炉熔化原理与操作	195
§ 1 原料	195
§ 2 化铁炉熔化原理	197
§ 3 化铁炉操作	212
第十七章 化铁炉构造与计算	214
§ 1 化铁炉构造	214
§ 2 化铁炉计算	217
§ 3 化铁炉构造进一步改进的方向	221
参考文献	222

第三篇 平炉炼钢法

引言	223
第十八章 平炉炼钢的供氧	224
§ 1 炉气的供氧	225
§ 2 铁矿石的使用	228
§ 3 向熔池吹压缩空气或氧气	230
第十九章 碱性平炉炼钢的原料	232
§ 1 生铁	233
§ 2 废钢	236
§ 3 造渣材料和熔剂	237
§ 4 氧化剂	238

§ 5 脱氧剂和铁合金.....	236
第二十章 碱性平炉废钢矿石法.....	242
§ 1 平炉熔炼的各个时期.....	242
§ 2 补炉时期.....	243
§ 3 装料时期.....	244
§ 4 熔化时期.....	249
§ 5 精炼时期(矿石沸腾与纯沸腾).....	258
§ 6 脱氧.....	271
§ 7 出钢.....	278
第二十一章 矿石法、废钢法和废钢增碳法.....	270
§ 1 矿石法(—100%生铁).....	276
§ 2 废钢法.....	280
§ 3 增碳(废钢)法.....	281
第二十二章 酸性平炉炼钢法.....	284
§ 1 酸性平炉炉型.....	284
§ 2 酸性平炉炼钢原料.....	286
§ 3 酸性平炉的熔炼操作.....	287
第二十三章 合金钢和特殊用途钢的熔炼.....	291
§ 1 电工用硅钢的熔炼.....	293
§ 2 工业纯铁的熔炼.....	295
§ 3 含铬合金钢的熔炼.....	297
§ 4 高锰钢的熔炼.....	299
§ 5 易切削钢的熔炼.....	300
第二十四章 复合熔炼和混合炼钢.....	301
§ 1 转炉——平炉双联法.....	302
§ 2 碱性平炉——酸性平炉双联法.....	304
§ 3 铁水炉外处理——碱性平炉双联法.....	305
§ 4 碱性平炉——电炉混合炼钢.....	305
§ 5 侧吹转炉——电炉混合炼钢.....	306
参考文献.....	308
附录 平炉炉料计算的原理.....	310

序 言

本书系根据北京钢铁学院編著的“专业炼鋼学”第一册，东北工学院編著的“专业炼鋼学”第二册以及魏寿崑主編的“专业炼鋼学”，按照1959年教育計劃和教学大綱的要求編而成。全书分上下两册出版。現作如下几点說明：

1. 編写原則是力图作到理論联系实际，着重理論分析，使学生在学校学习过程中，能在生产实践已有充分鍛炼的基础上更快更好地接受理論知識，因而对有关操作細节及具体設備构造等叙述部分，作了較大的刪減。

2. 本书未列入有关轉炉、平炉及其車間設計以及其他炼鋼設備設計时所需的數據，用时可参考有关专门書籍。

3. 本书部分章节的份量及其水平，可能还有不适应各院校的教学經驗及具体情况之处，因此，在教学中可作必要的增減。

参加本书选編工作的有（按姓名笔划排列）王舒黎、宋实、关立华、严友梅、冯春荣、董履仁、杨君艾。参加审閱工作的有于广、刘沛环、徐文派。全书由周自定教授担任总审工作。

限于水平和时间，本书难免有錯誤和不确切之处；热切期望讀者批評指正，以便再版时修訂。

一九六一年四月

緒 論

§1 煉鋼学的对象和任务

煉鋼学是研究煉鋼过程中的物理化学变化、操作方法、煉鋼設備构造和車間布置的一門科学。

現代最常用的金属是鋼鉄，也就是熟鉄、鋼和生鉄的統称，三者都是含有不同数量的其它元素的鉄碳合金，它們最主要的区别是含碳量的范围不同^①：

熟鉄	含碳量为	0.05%以下
鋼	含碳量为	0.05~1.7% ^②
生鉄	含碳量为	1.7~4.5% (-6.67%)

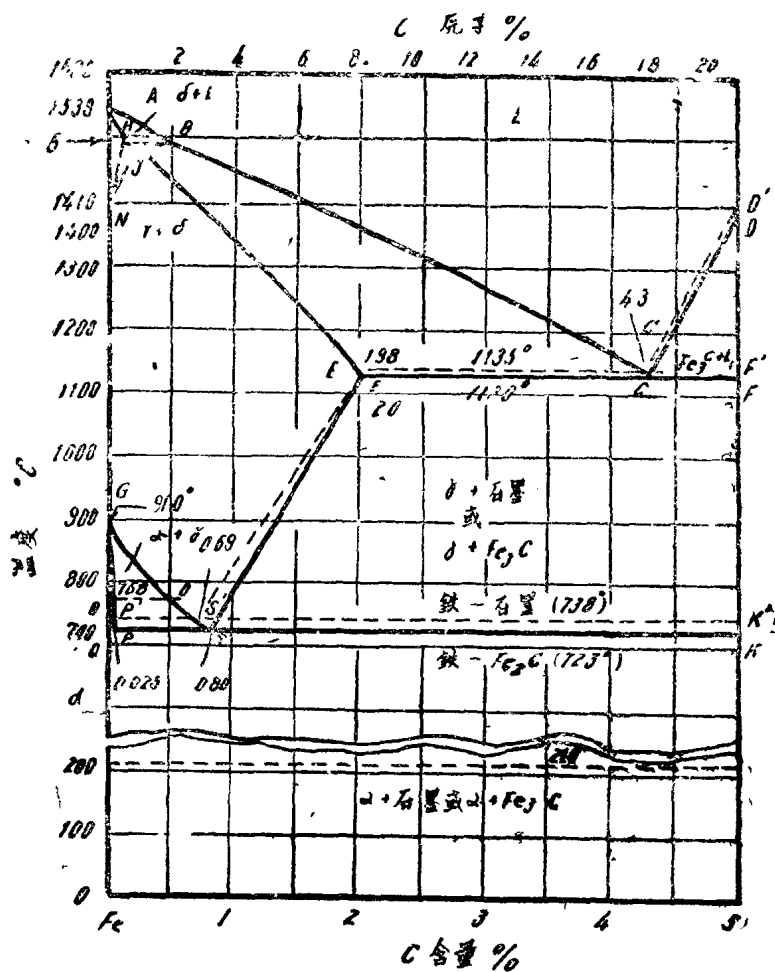


图 1 熟鉄、鋼、生鉄的区别

①熟鉄可以认为是工业鉄，鋼和生鉄的根本区别在于可鍛与不可鍛。

②最近苏联科学家証实鋼的含碳量可以提高至2.0%。

由于熟铁、钢和生铁的含碳量的范围不同，因而它们具有不同的金相组织、熔点及塑性等物理性能和机械性能。这可以从Fe—C系相图上三者所占的不同位置得到清楚的理解（图1）。

熟铁、钢和生铁的不同性能见表1。

表1 熟铁、钢、生铁的性能

性能	熟 铁	钢	生 铁
	含 碳 量, %		
	<0.05	0.05—1.7	1.7—4.5
熔 点, °C	1530	1450—1500	~1100
高温或低温时的塑性	好	适中	—好
焊接性能	适中	好	不好
机械性能	适中	好	不好
铸造性能	适中	适中	好

生铁、钢和熟铁的成份如表2所示。

表2 炼钢生铁、钢和熟铁的化学成份

	C%	Mn%	Si%	P%	S%
炼钢生铁	3.5—4.5	0.5—1.8	0.6—1.5	<0.30	<0.06
铸 钢	0.35—1.4	0.6—0.7	0.2—0.25	<0.30	<0.04
沸腾钢	0.1—0.2	0.35—0.45	痕迹	<0.30	<0.03
熟 铁	0.03	0.15	痕迹	<0.028	<0.03

由表中的数据可知，炼钢过程的基本任务之一是把生铁中的碳氧化到规定范围之内和除去金属中的有害杂质——磷、硫。排除气体和非金属夹杂也是非常重要的任务。

炼钢过程是氧化的过程，在冶炼结束时钢液不可避免的含有过多的氧。因此，炼钢过程末期的另一个重要任务是尽量除去钢中的氧。

这样，钢越纯净，化学成份越均匀，质量就越高。

炼钢过程的任务不仅是去除有害的杂质，而在某些时候也常要加入一些合金元素以提高钢的物理机械性能，这就是炼合金钢的目的。

有些情况下必须用许多不同性质的原料来炼钢，这就要求采用不同的炼钢工艺操作。

此外，研究炼钢设备的构造和工作条件，并创造新的炼钢设备，也是炼钢学的任务之一。

§2 钢铁在国民经济中的作用

钢不仅具有强度高、韧性大及易于铸造成型和轧成型的性能，而且可以依其不同成份，通过一定的机械加工和热处理可以在很大的范围内改变它的性能。改变钢中的合金元素和改变它们的含量可使钢具有各种各样非常宝贵的特性，从而使钢可以满足制造各种设备的日新月异的要求。由于世界上的铁矿、燃料和熔剂等天然资源蕴藏丰富，再加上冶炼和加工的方法比其它金属简便，效率高，规模大，产品的成本低廉等一系列技术上的和经济上的优点，这样就使钢成为现代工业生产中最重要金属材料。

現代鋼鐵工業是最龐大的工業部門之一，它的建設需要許多複雜的，重型的設備。鋼鐵生產需要大量的焦炭。它對運輸業的要求也很大。因此，鋼鐵工業不可能孤立無援地發展，另一方面鋼鐵工業的發展也必將帶動機械、煤炭、交通運輸等國民經濟各部門的相應發展。

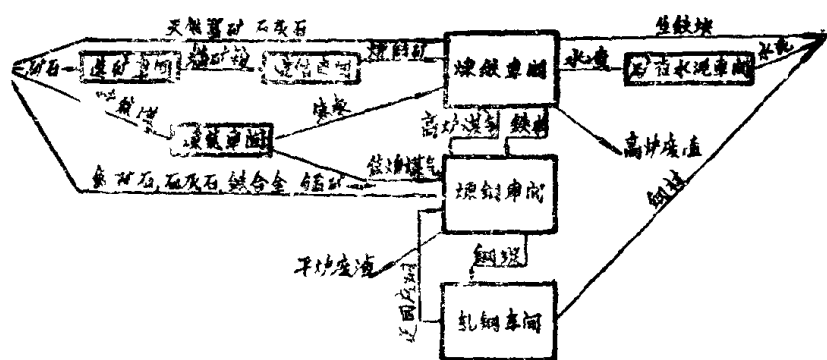


圖 2 鋼鐵工業主要生產部門間的聯繫

解放後我國鋼鐵工業高速發展，從而保證了機械工業對金属材料日益增長和日益嚴格的需求，促進了機械工業飛速發展，使國民經濟各部門得以迅速用現代化技術裝備起來，改變了我們原來工業基礎薄弱，經濟落後的面貌。我國偉大社會主義建設成就的鐵一般事實，

雄辯地證明了鋼鐵工業高速度的發展是加速實現我國社會主義工業化、農業機械化、電氣化、國防現代化和加速發展現代化交通運輸業的物質基礎之一。

現代鋼鐵工業各主要生產部門之間有着密切的聯繫（如圖 2 所示）。其中，最主要的生產部門是煉鐵、煉鋼和軋鋼，而煉鋼生產又是整個鋼鐵生產過程中的中心一環。

綜上所述，就可以理解：鋼鐵工業不但是國民經濟的重要部門之一，而且它的生產水平標志着一個國家整個國民經濟的發展水平。

§3 鋼鐵生產的歷史發展階段及我國古代煉鋼技術的成就

人類用鐵的歷史已經很長久了。我國是最早生產和使用鐵的國家之一。1950年10月在河南輝縣發掘戰國時代魏國墓葬曾發現鐵制生產工具和鐵兵器。1953年在河北興隆壽王墳又曾發掘出戰國時代的鐵范。由此判斷，早在2300多年前，我國的煉鐵技術就已相當發達。左傳記載公元前513年春秋時晉國已用生鐵鑄型鼎。

由此可見，鑄鐵技術至少比歐洲各國超前了約17個世紀。

原始煉鐵的方法極為簡單，用木炭把礦石中的鐵還原出來。由於爐子溫度很低，小顆粒的鐵集合成棉狀的鐵團，並混有相當多的氧化鐵渣，這種東西稱之為毛鐵。毛鐵含碳極少，塑性較高，經過鍛打可以造成器具。

隨着鐵的用量增加，並且由於風箱的出現，煉鐵爐高度增加，爐內溫度也隨着提高了。鐵在爐內發生了增碳，從而得到了液態生鐵。但生鐵性脆，不能鍛造。

為了得到可鍛的金属，就要把生鐵中的碳去掉，於是鋼鐵冶金就開始分為二步：第一步，在高爐中把礦石冶煉成生鐵；第二步，把生鐵精煉成鋼。

兩步冶煉法的產生是冶金史上的重要階段。

最早的精煉法是把生鐵、礦石和燃料（木炭和木柴）共同放在爐灶中，用風箱鼓風使燃料燃燒，爐溫升高後加入全部的生鐵和礦石，繼續加大鼓風，生鐵熔化成小滴，在落下過程中受到礦石和空氣的氧化，此時操作者用力攪拌使它充分氧化，把生鐵中的雜質去掉而得到熟鐵。我國各地農村中仍沿用的不同的炒鐵法如河南商城式（圖 3），河

北蒯县式（图4）实质上就是精炼法。

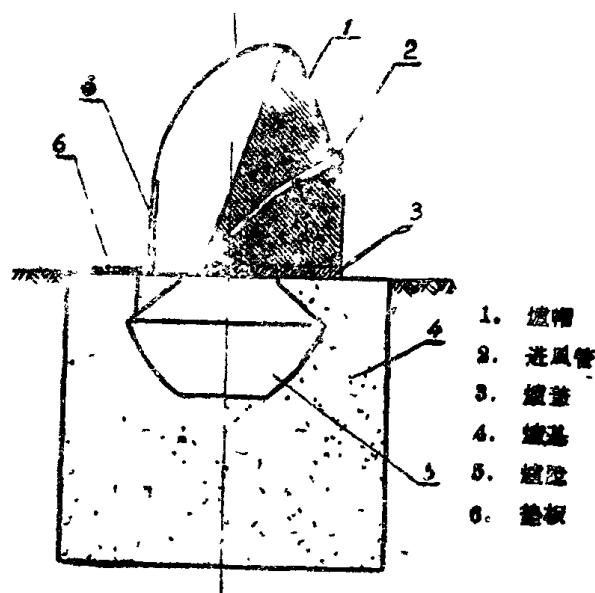


图3 河南商城式精炼炉

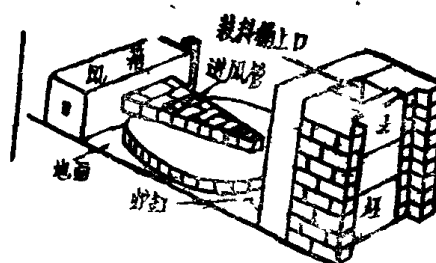


图4 河北蒯县式精炼炉

精炼法后来因为木炭缺乏而逐渐衰退了。人们开始采用反射炉来炒铁（熟铁）。西欧用反射炉炒铁开始于1784年。这种方法也叫搅拌法。

搅拌炉的构造如图5所示。其特点是燃料在单独的燃烧室A中进行燃烧，形成的火焰靠炉顶的作用把热量反射给金属。反射炉炒铁在我国没有达到像国外搅拌法那样大规模的发展，但反射炉的构造有各种独特的形式，其中之一如图6所示。

搅拌法的特点是用氧化铁作底，并且低温时铁的烧损大，所以渣中氧化铁极高（60%以上）。渣中大量的氧化铁给去磷反应造成了很有利的条件，生铁中含磷量的75%可以被氧化去除。

搅拌炉炉膛温度最高只有1400℃，所以当精炼过程进行到一定程度时，便会有纯铁选分结晶出来，因此其产品是糊状的。生成的熟铁在炉内推滚成球，取出后经锻打（或

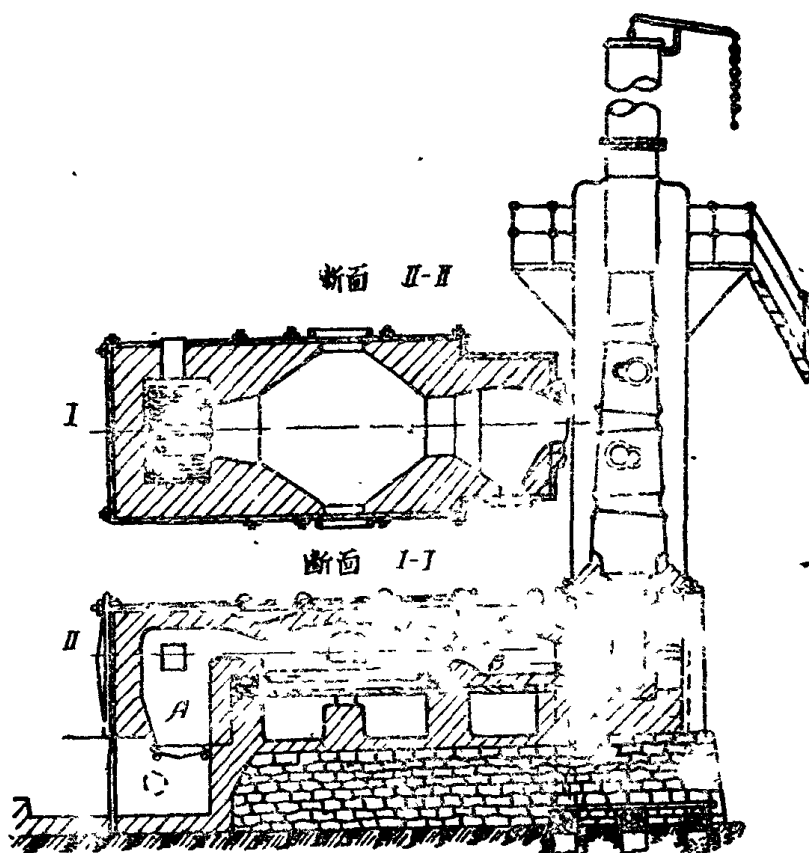


图5 搅拌炉构造图