

高等学校教学用书



现代炼铁学

上册

东北工学院炼铁教研室 编著

冶金工业出版社

76.21
316
1.2

高等学校教学用书

现代炼铁学

上册

东北工学院炼铁教研室 编著

36550/18



本書分上、下兩冊出版。全書共分十篇，上冊包括：原料、貧矿石處理、高爐冶煉原理、強化高爐的理論和實踐等四篇；下冊包括：特殊生鐵和特殊矿石冶煉、煉鐵計算、高爐構造、高爐車間附屬設備、高爐操作、其他煉鐵方法等六篇。

本書可做為高等冶金院校煉鐵專業的教學用書。此外，亦可供生產廠、科學研究機關、設計單位以及中等專業學校煉鐵專業師生參考之用。

本書系由東北工學院煉鐵教研室新樹梁、張清澍、杜鶴桂、李殷泰、范昱玉、楊兆祥、李永鏗、陸鳴、張鐵揚、虞燕霞、許允元、史占彪、張家駒、吳鴻斌、張秀珍、張佑民編著。

現代煉鐵學 上 冊

東北工學院煉鐵教研室 編著

冶金工業出版社出版（地址：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003號

中央民族印刷廠印 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2,505 累計6,005 冊

開本787×1092·1/16·500,000字·印張26 $\frac{1}{2}$

—*—

統一書號 15062·1837 定價平裝 50 元

編 者 言

十年来,我国高爐冶煉技术有了很大發展。在發展过程中,学习苏联先进經驗起着極大作用。令人振奋的是躍進的步伐并不曾停止在学习先进經驗上,而是又前进了一大步,創造了世界水平的高爐利用系数。新的理論正在探討之中,新的实验数据还未經系統整理,而实践成績有必要先予肯定下来。真实反映这方面的技术成就并初步总结这方面的科学研究成果就是本書的主旨,同时也为实施教育革命后的大專学校煉鉄專業学生提供現代的結合中国实际的教材。

本書篇章編次,采取了新的形式。強化高爐冶煉过程專立一篇,而強化的新观点則貫串在全書每章之內。小高爐強化有專章討論。一般原理也着重敘述。燒結和团球,是高爐工作者必有的知識,佔了一定的篇幅。特殊鉄矿石的冶煉在我国格外重要,敘述較詳。另一方面,凡屬通过現場教学容易掌握的技术知識,例如爐前操作及一部分設備構造,則尽量从簡。

本書可以作教材用,也可以供工程技術人員閱讀和參考用。

本書开始編寫至交付出版前后仅四个多月,虽然原稿部分章节,經送生产單位、研究机关及兄弟学校的高爐工作者审阅并提出意見后,作了修改;但是究屬急就之章,难免重复脫漏,希望讀者多提意見,俾再版时能更臻完善。

本書是在鋼鉄專業党支部直接领导下,由东北工学院煉鉄教研室十六位教师集体編著,此外,还有許多院內外的同志参加了本書的編写和审阅工作,謹此致謝。

参加执笔的有:鞍鋼中央試驗室庄鎮惡,鞍鋼煉鉄厂張魯、王至剛,中国科学院金屬研究所万曉景,第一机械工業部重型机械研究所龐克勤,鞍山鋼鉄学院霍庆貴,天津大学王瑛臣,东北工学院冶金爐教研室陆鍾武、閔斌生,东北工学院物理化学教研室陈肇友。

参加审阅原稿的有:本溪鋼鉄公司中心試驗室章光安,本溪鋼鉄公司第一鋼鉄厂左鳳仪、皮敏,本溪鋼鉄公司第二鋼鉄厂張省己、曾令元,鞍鋼中央試驗室庄鎮惡,鞍鋼煉鉄厂李在园,鞍鋼化工总厂何麟生,鞍鋼燒結总厂鄧恩荣、刘玉林、白宗翼,黑色金屬矿山設計院張鳳翔、俞大偉、哈良,中国科学院上海冶金研究所煉鉄研究室,冶金工業部鋼鉄司孙其文,冶金工業部鋼鉄研究院楊振古,中南矿冶学院团固教研組,重庆大学煉鉄教研組,北京鋼鉄工業学院楊永宜。此外,本院煉鉄專業61年級部分学生参加了收集資料、編写、校对等工作;部分鋼鉄專業学生参加了抄写、描圖等工作。鞍山市交通運輸局高其昌先生將多年收藏的文物汉冶萍鋼鉄厂照片供給本書,并此致謝。

最后,冶金工業出版社对本書編著的敦促和以后的审校等工作的帮助甚大,也一并感謝。

目 录

(上 册)

編者言

緒論	1
§ 1 鋼鐵工業在社会主义革命中的意义	1
§ 2 古代煉鐵	2
§ 3 近代煉鐵开始	5
§ 4 建国十年的偉大成就	8
§ 5 我国煉鐵事業發展远景	10
§ 6 高爐冶煉产品	11
参考文献	13

第一篇 原 料

第一章 高爐冶煉用燃料	14
§ 1 我国煤炭資源概貌	14
§ 2 煤的分类和我国煤的性質	14
§ 3 焦炭生产	17
§ 4 焦炭的質量評價	21
§ 5 我国主要冶金焦炭的性質	26
§ 6 非結焦煤及弱質結焦煤的利用	27
§ 7 木炭	29
§ 8 無烟煤的利用	31
§ 9 數魚	33
§ 10 其他种类燃料	35
第二章 鉄矿石	37
§ 11 鉄矿石及其特性	37
§ 12 鉄矿石的評價	38
§ 13 我国鉄矿資源	43
§ 14 国外主要鉄矿	48
第三章 錳矿石	50
§ 15 錳矿石及其对黑色冶金工業的意义	50
§ 16 錳矿石的評價	51
§ 17 我国錳矿資源	52
§ 18 国外錳矿的主要产地	53

01614

第四章 熔 剂	53
§ 19 熔剂的作用	53
§ 20 熔剂的评价	54
参考文献	55

第二篇 贫矿石的处理

第一章 焙烧和选矿	57
§ 1 焙烧	57
§ 2 选矿	61
第二章 烧结理论	73
§ 3 烧结的特性及烧结方法	73
§ 4 抽风法烧结理论	74
§ 5 烧结过程中各种烧结制度的变化	75
§ 6 烧结过程中的物理化学变化	79
§ 7 有害杂质的去除	84
第三章 影响烧结过程的因素	88
§ 8 影响烧结生产的主要因素	88
§ 9 原料粒度和矿物性质对烧结过程的影响	89
§ 10 熔剂在烧结过程中的作用	91
§ 11 燃料对烧结过程的影响	96
§ 12 混合料中适宜的水份	98
§ 13 返矿的作用	99
§ 14 真空度与料层厚度的决定	100
§ 15 熔剂性烧结矿生产的特点	101
§ 16 强化烧结的有效途径	106
§ 17 烧结矿计算	109
第四章 烧结工艺及设备	115
§ 18 烧结厂的合理工艺流程	115
§ 19 烧结厂的主要设备	117
§ 20 烧结料的准备和操作	123
§ 21 烧结矿质量的检验	125
§ 22 其他烧结方法	129
第五章 团 矿	136
§ 23 团矿生产的特点及方法	136
§ 24 方团矿	137
§ 25 球团矿的特性	139
§ 26 球团矿生产的发展过程	140

§ 27 球团矿的成型及影响因素	141
§ 28 球团矿的焙烧及影响因素	144
§ 29 球团矿生球和产品质量的检验	148
§ 30 球团矿生产的工艺流程	149
§ 31 我国球团矿研究工作的成就	154
§ 32 我国球团矿工业生产的现状	155
§ 33 球团矿的技术经济指标及其在我国高炉上的应用	158
第六章 综合性的造块方法	160
§ 34 造块方法的新发展	160
§ 35 综合性团矿	161
§ 36 综合性球团矿	163
§ 37 自熔性还原球团矿	164
参考文献	165

第三篇 高爐冶煉原理

第一章 高爐內的煤氣運動	167
§ 1 散料層內氣流的壓力降	168
§ 2 散料層內的气体運動	172
§ 3 高爐內的煤氣流速	177
§ 4 煤氣壓力的變化	180
§ 5 煤氣分佈	183
§ 6 煤氣運動的管道行程	185
第二章 爐料運動	186
§ 7 爐料下降的條件及其力學分析	186
§ 8 爐料運動的速度及冶煉週期	192
§ 9 爐料運動過程	196
第三章 爐料的分解和揮發	199
§ 10 水分的揮發與水化物的分解	199
§ 11 焦炭中揮發物的揮發	200
§ 12 碳酸鹽的分解	200
§ 13 其他物質的揮發	202
第四章 還原反應	202
§ 14 還原反應的理論	202
§ 15 直接還原和間接還原	211
§ 16 影響鐵礦石還原的因素	220
§ 17 高爐內鐵礦石的還原過程	236
§ 18 礦石還原的研究方法	240

§ 19 其它元素的还原	241
第五章 爐渣的沉澱及生鐵的滲碳	243
§ 20 CO的分解反应	243
§ 21 生鐵的滲碳	244
第六章 造 渣	245
§ 22 造渣概論	245
§ 23 爐渣的物理性能	246
§ 24 爐渣性能的理论分析	265
§ 25 造渣过程	268
§ 26 不同鉄种的爐渣性質	272
第七章 高爐內的脫硫	276
§ 27 硫在高爐內的活動	276
§ 28 硫的揮發	278
§ 29 爐渣脫硫的理论	280
§ 30 影响爐渣脫硫能力的因素	283
§ 31 爐渣脫硫能力的研究	288
第八章 燃燒与再氧化	289
§ 32 燃燒帶	290
§ 33 影响燃燒帶大小的因素	295
§ 34 燃燒帶对高爐行程的影响	303
§ 35 还原元素的再氧化	304
第九章 热交換及煤气成份的变化	306
§ 36 热交換	306
§ 37 热交換的基本規律	307
§ 38 高爐內的热交換过程	310
§ 39 上升煤气成份的变化	312
参考文献	313

第四篇 強化高爐的理论和实践

第一章 改善料柱透氣性及原料的質量	317
§ 1 改善原料的粒度組成及其均匀性	317
§ 2 改善焦炭質量	320
§ 3 爐頂佈料	324
§ 4 熔剂性燒結矿对高爐冶煉的影响	333
第二章 改变送風方法	339
§ 5 高風溫	339
§ 6 高風溫	348

§ 7 加湿鼓风	358
§ 8 高压操作	367
§ 9 富氧鼓风	376
§ 10 煤气鼓风	386
§ 11 吹粉鼓风	389
第三章 酸性渣操作与爐外脫硫	391
§ 12 酸性渣操作与爐外脫硫	391
第四章 我国高爐强化的成就	395
§ 13 我国高爐的强化过程	395
§ 14 强化高爐的主要关键	397
§ 15 提高冶炼强度	398
§ 16 降低魚比	402
第五章 小高爐的强化	403
§ 17 小高爐生产的特点	404
§ 18 小高爐的送風	405
§ 19 小高爐用原料的准备	408
§ 20 小高爐的裝料	410
§ 21 小高爐的造渣	411
参考文献	412

緒 論

“一个粮食，一个钢铁，

有了这两个东西就什么都好办了。”

——毛泽东——

§ 1. 鋼鐵工業在社会主义革命中的意义

自1956年我国在經濟战綫上的（主要是在生产资料所有制方面）社会主义革命取得基本胜利后，社会主义制度在我国已經基本上建立起来了。目前，我們正处在向建成完全巩固的、高度發展的社会主义社会的过渡时期。中共八届六中全会在关于人民公社若干問題的決議中指出，我国人民当前的任务是：“经过人民公社这种組織形式，根据党所指出的社会主义建設总路綫，高速度的發展社会生产力，促使国家工業化，公社工業化，农业机械化和电气化，逐步地使社会主义集体所有制过渡到社会主义的全民所有制，从而使我国的社会主义經濟全面的实现全民所有制，逐步地把我国建成为一个具有高度發展的現代工業、現代农业和現代科学文化的偉大的社会主义国家。在这一过渡中，共产主义因素必将逐步增長，这就將在物質条件方面为社会主义过渡到共产主义奠定基础”。从这里可以看到，社会主义工業化是我国当前的社会主义革命的基本任务之一，它在准备向共产主义社会过渡条件中也起着重要的作用。

工業化的基础是鋼鐵冶金工業。鋼鐵冶金工業的發展依靠机械制造工業供給設備，而机械制造工業的發展又需要鋼鐵工業提供原料。一般地說，在鋼鐵工業基础薄弱的条件下，不仅机械工業高速度發展不可能，而鋼鐵工業自身高速度發展也受到限制。党提出了“以鋼为綱、全面躍进”的方針之后，就打破了这种消极的平衡論，而建立了積極的平衡論。又由于采取了中央企業和地方企業同时并举、大型企業和中小型企業同时并举、土法冶煉和現代化冶煉同时并举的方針，就在沒有增加或者很少增加机械设备的条件下，鋼鐵产量以惊人的速度增長。在获得充分的原料条件后，机械工業也躍进了，反过来，也促进了鋼鐵工業更大的躍进。其它煤、电工業以及交通运输業也都有相应的躍进。綱举目張，效果显著。

鋼系由鉄再煉而得，要多产鋼就必须多产鉄。

可見，鋼鐵是現代生产工具的主要原料，这就是为什么我們現在所处的时代叫做鋼鐵时代，这个时代可以上溯到2000年以前

§ 2. 古代煉鐵

在世界上，用鐵最早的国家是中国、埃及和印度。

根据很多历史资料推测，我国用鐵可能从殷代就开始，并“从殷代文化創造的成果上說，十分有知道用鐵的可能。但实际上如何，我們还没有强有力的証物去作肯定的結論”〔2〕。

煉鐵方法的發現是帶有偶然性的；人类發明用火以后，为了避免火种被風雨所吹熄，就在火种四周搭起爐灶。偶然，其中易还原的鐵矿石被还原了，人类就在火灰中發現鑄鐵作声的金屬，并且偶而發現此种金屬有着坚硬性和可鍛性，可以制作工具，以后人类就开始有意識地煉鐵了。

最原始的煉鐵法是生吹法，或称大竈法，就是在一个斜坡上挖一个空洞，四周利用石塊堆成，以木炭作为燃料，利用自然風力来燃燒如圖 1-1。以后在平地上用石塊堆砌成生吹爐，爐身下部設有風口，利用人工風囊送風，后来改用畜力送風。所得的产品为

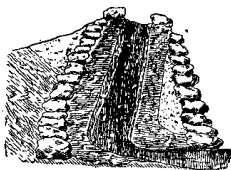


圖 1 大竈煉鐵

液态鐵渣和固态熟鐵。在燒結鐵塊中混有爐渣，有时也有未經完全还原的矿石，故須在爐外鍛燒用錘敲打，敲下石質，挤出爐渣，同时鍛成整塊，然后再进一步鍛成工具。生吹爐內存在着兩種矛盾的反应：一方面是鐵氧化物的还原过程，另一方面是燒結鐵先渗碳了，而所渗之碳又因和含鐵爐渣相接触而被氧化的过程。

到了春秋战国时代（公元前722~246年）

我国已經广泛使用鉄器。管子海王篇上說：“今鉄官之数日：一女必有一鍼，一刀……耕者必有一耒一耜一鋤，行服速紹褱者必有一斤，一鋸一錐一鋸。”吳越春秋載有欧冶子为越王鑄宝剑五口事，其徒弟干將也鑄宝剑。可見鉄器已經广泛运用于农业、交通、手工業和制造兵器了。此外，左傳昭公六年（紀元前536年）記載“郑人鑄刑書”，同書昭公29年（紀元前513年）載有：“賦晋国一鼓鉄，以鑄刑鼎”（鑄刑書，鑄刑鼎都是把法令条件鑄在鉄鼎上来向人民公布）。近年来，在河北兴隆，河南輝县，山西長治，湖南長沙等地陸續發現一些战国古墓。其中發現許多鉄制农具、兵器、手工具等等（見圖2）。上述記載和考古工作有力地証明了我国在春秋战国时代，鉄器已經广泛使用，不仅能冶煉熟鉄，而且已經能够冶煉生鉄了。

当时我国获得生鉄，是由于扩大爐子容积和增多鼓風设备的結果。鼓風设备是一种特別的大皮囊。一个煉鉄爐有几个大皮囊，由四面八方向爐內鼓入空气。最初鼓風是依靠人力，后来也用畜力。但是，欧洲各国直至十四世紀發明水力鼓風以后才获得生鉄。

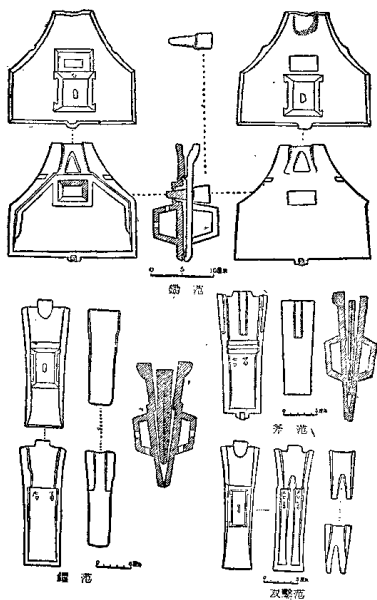


圖 2 河北興隆發現的戰國生產工具鑄范

上圖尚有鑄范、鑄范、雙鑄范等四種，采自“考古通訊”1958年第1期應紹宗先生“河北興隆發現的戰國生產工具鑄范”一文。從這裡，可以看到這些鑄范的具體結構及其鑄造的方法

据英国学者李約瑟考証，欧洲冶炼生铁技术是在12世紀由中国傳入的。

在汉朝时代，东汉南陽太守杜詩在公元31年創造了水力鼓風設備——用水排來冶鐵，結果人力大可減少，鼓風可不間斷，風量增加，爐溫提高，因而冶鐵手工業又前進了一步。這種水力鼓風設備的發明要比歐洲早1200年。

在1400年前的南北朝时代，冶鐵工業又有一个重要進展，在一些地方的冶鐵爐上已經開始用煤，從而又开辟了新的燃料来源，更加便于選用因地制宜的燃料。中国用煤作为燃料至少要比歐洲早1000年。直到元代初期（公元1260年左右）意大利人馬哥勃

罗到中国时，看到中国用“黑石”作燃料，詫为奇事。

使用木風箱煉鐵的作業盛行于距今 1000 年前的北宋时代。此种木風箱用盖板的开閉来吹風，風量較当时所用的皮囊为大。如再結合上水排，其使用效果就更显著。从此煉鐵工業更集中了，規模也更大了。例如当时徐州东北的利国驛就是个煉鐵工業中心，这里共有“三十六冶，冶各百人”。換句話說，就是已經集中三四千以上的冶鐵工人在一起工作了。这种鼓風設備（圖 3）比歐洲早 500~600 年。十一世紀中我国生鐵年产量已經达到 4000 多吨，在当时位居世界第一。

到了 300 多年前的明代，就有用活塞，和活門裝置的木風箱的記載（圖 4）。

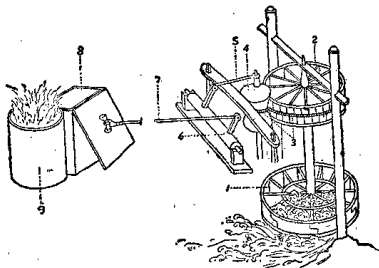


圖 3 水排—木扇機構

說明：流水推動水輪 1，帶動輪 2，輪 2 周圍有一根繩子牽動放式小輪 4，4 上面有一個偏心軸，接連曲柄 5，使滑軸 6 往來擺動，拉動往復杆同時擺動，因而盖板 8 不斷開閉，就把空氣壓送到冶鐵爐 9

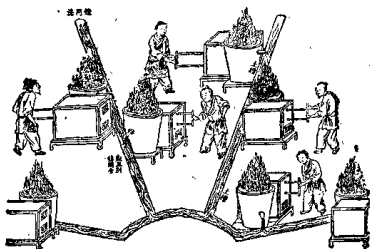


圖 4 手拉風箱冶鐵爐

这个發明至少也要比欧洲早一百多年。現在四川、山西、云南、湖南等省還有土爐使用木風箱煉鐵。土爐爐形還在很大程度上保存着當年的原樣，如圖5。

由上可見，兩千多年以來中國人民在煉鐵技術的發展上有卓越的貢獻，一直是走在世界各國前面的。這些技術經驗，很自然地隨着當時大陸貿易路線輸入歐洲。在歐洲直至14世紀才能冶煉生鐵，並在以後的長時期內，進展十分遲緩。

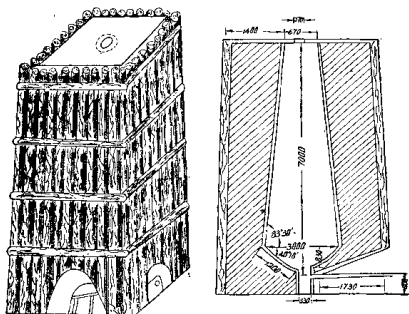


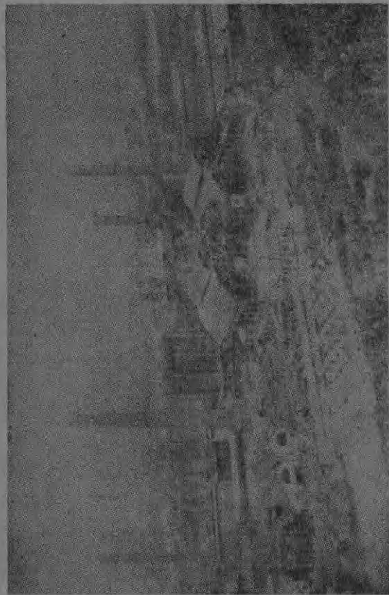
圖5 古代煉鐵爐型

§ 3. 近代煉鐵開始

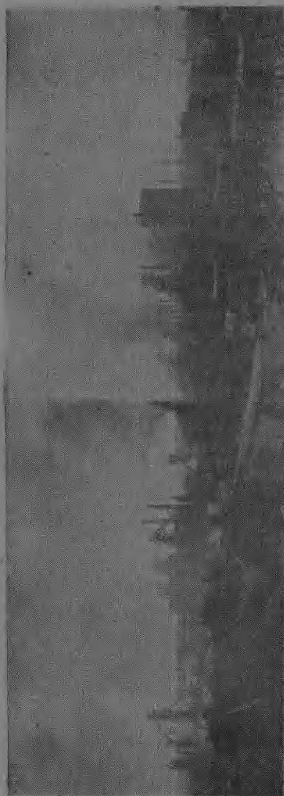
十八世紀在英國爆發了工業革命。革命的浪潮也激發了煉鐵生產，使它面貌一新。

十九世紀英國和俄國首先把高爐鼓風動力改用蒸汽機。不久，英國又用高爐煤氣把高爐鼓風預熱了。這些措施使得高爐產量顯著增加，燃料消耗有很大降低，同時高爐本身構造也有了根本改變，逐漸發展成為近代高爐的雛型。以後，煉鐵方法就以近代形式轉而輸入我國。

在1891年滿清政府的兩湖總督張之洞奏准，在漢陽建設鋼鐵廠，其中包括兩座日產百噸的高爐。當時資金，技術兩俱困難，又經甲午、庚子兩次戰爭的挫傷，因而該廠很難維持正常生產。直至十七年以後，才又擴建了兩座日產二百五十噸的高爐。這時日本帝國主義已經形成，在它魔掌之下的漢冶萍公司當然不能有大發展。雖然後來又在漢陽建起兩座450噸的高爐，開工不到一年，也不過是消耗一些物力財力而已。漢陽廠的一些設備在抗日戰爭時期拆遷到重慶大渡口。後來日本帝國主義又把一些設備遷往石景山及其他不明地點，其餘設備遭受破壞。當時漢陽煉鐵廠的規模見附圖。



附圖 衣早源鉄厂至鏡



附圖 鞍山鋼鐵公司全貌

在1915~1917年，日本帝国主义为掠夺我国的资源，利用我国的廉价劳动力，在东北本溪建立322和336米³高爐各一座。又在鞍山建立起585和602米³高爐各一座。后来鞍山又扩充到9座。

1920年在汉口漢家矶有一座民营高爐投入生产，日产100吨。这座高爐的生产，虽然每年总有一些间断，但基本上一直维持到抗日战争。那时它也迁往重庆。

1922年在石景山建了一座250米³高爐，至抗日战争前迄未投入生产。

1934年山西軍閥閻錫山在太原修建起146和291米³的高爐各一座，在陽泉也建了一些小高爐。

河南新乡的宏豫及上海的和兴等厂也修建了一些小高爐。

在抗日战争时期，我国在云南昆明、四川大渡口兴建了一些小高爐，日本帝国主义也在本溪、唐山、宣化、石景山、馬鞍山等地修起一些中小型高爐。

1943年是我国在解放前鋼产量最高的一年，生鉄产量达到180万吨，鋼产量达到90万吨，鋼产量佔世界的第十六位。

由于遭到日本帝国主义和国民党反动派的破坏，1949年的生鉄产量（包括土鉄在内）仅只25万吨，鋼产量还不到16万吨。

旧中国的鋼鉄工業帶有殖民地和半殖民地的性質，表现在区域分佈極不合理；軋鋼能力小于鋼錠生产能力，而鋼錠生产能力又小于生鉄生产能力；劳动条件很差，鋼鉄冶炼技术迟滞不前等。可是，在同一时期内，欧美各国及日本的煉鉄生产發展巨大，而苏联在十月社会主义革命后，煉鉄生产和技术的进步尤为突出；如扩大高爐容积，促进高爐生产的机械化和自动化，改进高爐原料的准备处理，以及在高爐上广泛地采用加湿鼓風、高压操作、熔剂性燒結矿等相比较，当时我国煉鉄生产發展技术水平就暂时落后了一步。但是解放以后，在全国人民全面大躍进形势下，又很快进入世界前列了。

§ 4. 建国十年的偉大成就

毛澤东同志很早就指出过：“沒有工業，便沒有巩固的国防，便沒有人民的福利，便沒有国家的富強”。又說“一个粮食，一个鋼鉄，有了这两个东西就什么都好办了”。自中华人民共和国成立起，党和政府就特别关怀鋼鉄工業的恢复，在党的领导下，在苏联的無私帮助和全国人民的努力下，在很短时期内，我国人民便在国民党破坏了的廢墟上，迅速建立起了人民的鋼鉄企業。

在三年国民經济恢复时期（1950~1952年），在財政比較困难的情况下，党和政府仍旧拿出大量資金，派遣大批干部来恢复一些旧有的鋼鉄企業，其中以鞍山鋼鉄公司为重点。在1949年6月鞍山有一座高爐修复了，7月在本溪又修复一座，至年底鞍山和本溪总共修复四座高爐投入生产。到恢复时期結束止，全国共有34座恢复或者修建的大中型高爐。我国生鉄产量达到190万吨，已超过了解放前的最高水平。