

生產建設知識叢書

煉鐵煉鋼的知識

潘健武 顧德驥 著



科技衛生出版社

48

生产建設知識丛书

我們的党正在领导全国人民进入以技术革命和文化革命为中心的社会主义建設的新时期，在十五年或者更短的时间內，要在鋼鉄和其他主要工业产品的产量方面赶上和超过英国；使我国农业在提前实现全国农业发展綱要的基础上，迅速超过资本主义国家。这套丛書的出版就是为了帮助干部做好领导工作，懂得必要的科学技术知識，从而更好地领导工农业建設而出版的。

这套丛書先出 10 册，內容力求精炼，既全面又有重点，密切結合当前我国农业生产跃进情况，发展中小型企业的方法，也介紹国内和世界最新成就，說明发展的方向；文字通俗易懂，并配图帮助說明問題。

厂址选择

羣众性探矿和开矿

炼鉄炼鋼的知識

有色金属和稀有金属

农村电站及电力網

农村电气化

农村机械化

农村化学化

农村气象化

农村沼气化

上海市印刷五厂印鈐

上海科技卫生出版社出版

目 次

鋼鐵工业是一切工业的基础.....	1
世界和我国鋼鐵工业的历史.....	3
生鉄、熟鉄和鋼.....	6
煉鉄.....	8
一、煉鉄的基本原理和任务.....	9
二、我国現存的古代煉鉄方法(土法煉鉄).....	12
(一)坩埚法 (二)籠炉法 (三)土高炉法 (四)金屬附加物	
三、現代高炉的生产.....	17
四、高炉冶煉的原料及其准备.....	19
(一)鉄矿石 (二)燃料 (三)熔剂	
五、高炉的冶煉作业.....	22
(一)配料 (二)上料 (三)炉况的判断 (四)出鉄及鑄鉄 (五)鼓风	
六、高炉产品.....	26
煉鋼.....	28
一、煉鋼的基本原理和任务.....	28
二、各种煉鋼方法.....	28
(一)古代的煉鋼方法 (二)現代煉鋼方法 (三)坩埚土法煉鋼 (四)我国的其他土法煉鋼 (五)煉鋼方法的比較	
三、鋼的澆鑄.....	41
鋼鐵工业与其它工业的关系.....	44

一、炼焦工业	44
二、煤焦与有机化学工业	44
三、化学肥料工业	45
四、水泥工业	45
五、耐火材料工业	46
钢铁的用途	47
一、生铁(铸铁)	47
(一)炼钢生铁 (二)铸造生铁	
二、钢的用途	50
(一)普通钢 (二)优质钢 (三)特殊用途钢	
钢铁工业的发展以及我国发展钢铁工业的任务	53
一、钢铁冶炼的新发展	53
(一)连续铸锭 (二)氧气炼钢 (三)真空技术	
(四)混合法炼钢、(五)放射性同位素的应用	
二、我国钢铁工业情况与今后发展任务	56

鋼鐵工業是一切工業的基礎

鋼鐵工業是一切工業的基礎，這不是一句空話。自從人類認識了鐵並掌握了煉鐵、煉鋼方法以後，人類社會的面貌就完全不同了。蒸汽機、現代紡織機、電動機和火車輪船等一切現代化的機器和交通工具都逐漸出現了。社會向前迅速地發展了。

我國由於几千年的封建統治和近百年的帝國主義侵略，工業基礎是十分薄弱的，更沒有以鋼鐵工業為主的重工業基礎。解放幾年來，由於黨的正確領導，我國鋼鐵工業的面貌已經起了根本的變化。但是要把我國建設成一個有現代工業、現代農業和現代科學文化的社會主義強國，現有的工業基礎是相差得很遠的。

中國共產黨的八屆二次代表大會所制訂的社會主義建設總路綫，正道出了六億人民的迫切願望。因為農民不能再長期使用一天只能耕四、五畝田的“牛拉犁”來耕種，他們不但要使農業機械化，還要使農業化學化和電氣化，無論是什麼“化”都不能缺少鋼鐵。要機械化，就不能缺少用鋼鐵做成的工作母機，通過工作母機才能製造出拖拉機、收割機……；要化學化，也必須有能耐酸鹼腐蝕和耐高溫等性能的鋼材，要電氣化

如果没有砂鋼就不能制造出电动机和变压器……，这仅仅从农业一方面来看鋼鉄的重要性已經很清楚。当然，如果没有鋼鉄，作为工业粮食的煤和工业血液的石油就只好永远埋藏在地下。和我们身体里的血管同样主要的交通脉絡——鉄路，也不能修筑起来。所以，为了社会主义建設，我們需要鋼鉄；为了保卫和平，我們也需要鋼鉄，为了子孙后代的幸福，我們更需要鋼鉄！

鋼鉄对于我国社会主义建設的作用已經不用多作介紹了。要使我国鋼鉄工业的面貌迅速改变的方法就是全力贯彻总路綫，讓全党来办，全民来办，使鋼鉄工业遍地开花。最近的事实正說明了这一方針完全正确。全国各地，自城鎮到农村，山区到水乡，从干部到学生，农民到里弄居民，都在大搞鋼鉄，奇迹一个接着一个在創造。全国幾万座高炉站起来了，几百座煉鋼炉也已投入生产，或即将投入生产。我們創造了中外历史上从来没有过的发展速度。我們可以自豪地說，若干年之后，英国的鋼鉄产量就一定被我們远远地抛在后面。我們还可以預言，不久之后，在全国各地的城鎮和广大农村，到处是工厂林立，机器轟鳴，工厂和交通脉絡結成一幅雄偉壯麗的图景，好似“滿天星斗、星罗棋布”。

世界和我国钢铁工业的历史

人类究竟在什么时候开始学会炼铁，现在我们还不能肯定，但是从已经发现的铁器来看，早在五六千年以前，人类的确已经认识了铁，掌握了炼铁方法，并且把铁器使用在各个方面。埃及、印度和中国都是最先学会炼铁的国家。

开始人们是在土炉子里把铁矿石直接炼出铁（是熟铁），这种铁是同浆糊一样的东西，混有不少渣子。以后人们学会了鼓风，炉子温度就大大提高了，出来的不再是浆糊一样的铁，而是铁水了。这样炼出的铁很脆的，不能直接锤打成用具，所以叫做生铁，还要在炉内再炼成（熟铁）锭。这样矿石变成钢就要两个步骤了。现代钢铁工业就是在这个基础发展起来的，即先在高炉将铁矿石炼出生铁来，再在各种炼钢炉里炼成钢。

从铁矿石中可以炼得生铁以后，土高炉也就出现了。生产也由过去的间断性的变成连续性的了。据说最早的一座高炉是在十四世纪建筑在德国莱茵。

炼铁发展的同时，也出现了各种炼钢方法，最早的炼钢方法是渗炭法和坩埚法（这在以后会介绍的）。但是所有的古代炼钢方法都是不能大量生产，质量也得不到保证，这当然不能满足社会发展的需要。在1856年，英国人贝塞麦在研究大坩钢时发明了一种可以转动的炉子，这种炉子是用空气吹进去炼钢的。所以我们称它为贝塞麦法。因为这种炉子是用酸性耐火材料做成的，所以又叫酸性转炉炼钢法。1877年，年青的托马斯用碱

性耐火材料做轉爐的爐襯，這種爐子我們稱它為托馬斯爐，或鹼性轉爐。轉爐煉鋼法還有不少缺點，象鋼的質量不夠好，對原料要求太嚴格等等。所以在1861年法國人馬丁父子在利用英國西門氏兄弟的蓄熱室原理（即把空氣煤氣等預先加熱，這樣可以提高爐子溫度）後，發明了平爐，也稱馬丁爐。平爐煉鋼方法發明以後，很快就成為世界上最主要的煉鋼方法。1878年英國人威廉西門子又用電做為煉鋼的熱源，所以又發明了電弧爐煉鋼法。以上所說到的各種煉鋼方法，當我們了解了它們的特點以後，就會很容易明白了。

我國民族是聰明勤勞和富有創造精神的，雖然由於几千年的封建統治和近百年來的帝國主義侵略，使我國人民的智慧和才能不能充分發揮，但是我們的祖先仍舊為人類文明作了偉大的貢獻，為他的後代留下了無數寶貴的遺產。這是值得我們永遠自豪的。

從大批出土文物和文字的記載中，都可以說明我國是發現鐵和使用鐵最早的国家之一。一般人認為早在三千多年以前的周朝，我國勞動人民就已經掌握了煉鐵技術。鐵器已是人們日常生活中很常見的東西了。二千三百多年前的春秋戰國時代，鋼鐵事業的蓬勃發展已是不用懷疑的事實了，因為我們已經得到大量的實物可以證明。

從出土文物的地點來看，是遍及全國各地的。現在在山西、陝西、西康、四川、雲南、浙江等地，還保存不少古代煉鐵、煉鋼方法，證明當時鋼鐵生產和鐵器的使用十分普遍，這決不是在短時間內可以達到的。

我國鋼鐵生產的技術水平也是相當高的，象鑄造（翻砂）

技术就是这样，它不仅比欧洲早一千七百多年（欧洲在十四世紀还不会用生铁铸造，一直到元朝，中国的铸件传到欧洲之后，他们才开始学会），而且还可以把精巧的花纹和文字铸在各种铁器上。从最近在河南辉县发现的 140 多件铁器中，被烂掉的只有五分之一左右，从这一点也可以说明技术水平是很不坏的。

我国在二千多年前，铁的生产规模就很大了，出现了三百多人的大工场，据说这种工场在汉朝约有四十多个。同时我国生铁产量也是历史上最高的国家，俄国在 1676 年的年产量是二千四百吨，被认为是世界上最高的产量。可是我国在 997 年（宋太宗时）每年就已经能生产生铁一万五千吨了。

在冶炼技术上，我们的祖先也有过很多创造和发明，这些就不再一一介绍了。他们在冶金方面的伟大成就，是不容抹煞和忽视的。他们的伟大创造精神，正是我们学习的榜样，最近的大跃进证明中华民族的儿女是继承和发扬了祖先的勤劳、勇敢、聪明和创造精神，世界上还没有过的东西，都被“卑贱者”创造出来。那些“洋人”先生们要几年、几十年才能做到的事情，我们却在几个晝夜里成功了。多少个赤手空拳，白手起家创造奇迹的事实；多少个“土专家”大大超过了“洋专家”的事实；多少个被认为不可能而成为可能的事实……，这都证明：科学技术并不神秘。成千上万座高炉建立起来了，上百座新的炼钢炉也将先后投入生产，我们相信，奇迹将会一个跟着一个地涌现出来。

生鐵、熟鐵和鋼

我們常常提到的鋼鐵並不是一種東西，而是一個包羅很廣的名詞。其中我們首先應分清什麼是生鐵、什麼是熟鐵、什麼是鋼。

不論是生鐵、熟鐵或鋼，它們都包含有鐵和碳，也就是說，它們主要是由鐵和碳組成的，它們之間最主要的不同就是含碳有多有少。

生鐵 生鐵是它們中間含碳最多的一種，它的含碳量在1.7-4.5%左右。它在攝氏1,200度時就能熔化成鐵水。液體生鐵的流動性很好，可以用它澆入各種形狀的模子，鑄成各種鐵鑄件，這就是說，生鐵的鑄造性能很好（鑄造一般稱為翻砂）。但是生鐵很脆，不适宜加熱後進行錘打，或軋壓等加工。

生鐵與一般鋼比較起來，它含雜質（硫、磷、矽、錳等）的量也很高。

熟鐵 熟鐵含碳量在0.1%以下，它實際上是一種含碳很低的鋼，鋼中均勻地分布着渣絲。它與低碳鋼的主要區別也就在有沒有含有渣子。

使熟鐵熔化成鐵水的溫度很高，要在攝氏1,480度以上。它和生鐵相反，質地很軟，不發脆，所以它不僅可以在加熱後進行錘打或軋壓，而且也可以在常溫下打成各種形狀的器具。

熟鐵有不少性質還比低碳鋼好，象不容易腐蝕、不怕沖擊和振動，如果在它表面上塗一層漆或其他金屬（鋅、錫等）也不

容易掉落。

鋼 鋼的含碳量在1.7%以下，鋼的雜質比生鐵和熟鐵都來得低。鋼中主要的化學成分是碳、矽、錳、硫、磷。至於合金鋼，還含有其他一些合金元素（如鉻、鎳、鉬、鈮等）。

鋼有很好的韌性和展延性，能够在加熱後進行各種鍛錘、軋壓或切削等加工。而在熔化之後，還具有很好的流動性，因此又能進行鑄造。這就使鋼的用途大為廣泛。

鐵可以同幾十種元素組成合金鋼，同時還能通過不同的加熱和冷卻方法，改變鋼的性質，使鋼變得更加有用，更加符合我們的需要。這樣鋼就成為特別有用的金屬了。

煉 鐵

据現在考察，煉鐵的历史至少已有5—6千年。自从鼓风技术应用在煉鐵生产上以后，由矿石冶煉直接得到熟鐵的一步操作法就宣告結束了。取而代之的是从矿石先得到生鐵，又由生鐵煉成熟鐵（古代熟鐵与鋼是不分的）的二次操作法。二次操作法是鋼鐵工业的重要轉折点，它奠定了現代冶金工业的基础。因为現在正是先将矿石从高炉中煉出鐵，然后再在煉鋼炉里煉鋼的。

二次操作法在經濟上的无比优越性很快就完全代替了一步法（生吹法）。这是因为：①可以使矿石的回收率大大提高。在一步法中，渣中含鐵量竟达50%之多，即有一半被損失了。而用高炉煉鐵时，因渣中带鐵少，損失就几乎沒有。②操作过程連續了，这就大大提高了生产率。③由于操作方面的改进和生产率的提高，因而使每吨生鐵所消耗的燃料大大减少。这样成本就降低了。

从人类发现鐵和掌握煉鐵方法，并逐漸改进它們，这是一个相当長的过程。在这个工作中，我們的祖先和世界其他国家劳动人民都有着偉大的貢獻。他們不仅在冶煉方法上作了根本的改进，并且成功地使用煤炭来代替木炭（我国宋朝就已会煉焦，即在公历1,100年左右，而西欧却在1735年才开始掌握煉焦）；利用蒸汽机鼓风以及用高炉本身煤气預热空气等等。在构造上也作了很多进步的改变，如使炉頂开口变成封口。他們的

貢獻為現代煉鐵工業打下良好基礎。

一、煉鐵的基本原理和任務

煉鐵是在高溫下進行的一個複雜的物理化學變化過程。它的基本原理就是通過還原作用（鐵礦石都是氧化鐵，除去氧，鐵就還原出來），把金屬鐵從它的化合物中分離出來；通過造渣作用，把礦石中的雜質變成渣子除去。

我們把鐵礦中的鐵還原出來的東西叫做還原劑。能夠充當還原劑的元素是很多的，例如鋁、矽、氫、碳等。而碳是所有這些還原劑中最便宜最合適的一種。碳不僅能將鐵從它的化合物中換出來，而且由於碳的燃燒所放出的熱量正好供給礦石的分解和鐵的熔化需要。這樣碳就一方面起了還原作用，另一方面起着發熱的作用。最初用來作還原劑的是木炭，由於森林資源的影響和大型高爐對燃料強度要求的提高，才逐漸改用焦炭代替。焦炭是煤在高溫下隔絕空氣干餾出來的。

我們將鐵礦石的還原分成兩類，即間接還原和直接還原。鐵的氧化物（ Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 FeO ）被一氧化碳（ CO ）還原，稱為間接還原；被碳（ C ）還原的，就是直接還原。這兩類還原在高爐中都同時存在。進行間接還原和直接還原的決定性因素是溫度，在攝氏 950 度以下，即爐子的上半部，進行着間接還原。在 950°C 以上，即爐子的下半部，則主要是直接還原。在間接還原地區中，一氧化碳把三氧化二鐵（ Fe_2O_3 ）及四氧化三鐵（ Fe_3O_4 ）還原為氧化亞鐵（ FeO ）。

間接還原與直接還原不是截然可以分開的。其中直接還原都是吸熱反應，所以它要在高溫區進行。

在高炉冶炼过程中的另一个主要的变化是造渣作用。造渣作用的目的是：①去除铁矿石带来的杂质，如二氧化矽等。②使造成一定成分的炉渣。因为控制好炉渣成分才能炼出符合规格的生铁。③使冶炼过程顺利进行。因为炉渣的物理性质能影响炉子状况和生产率。造渣作用是通过加入熔剂而达到的，作为熔剂的是石灰石，为了改善炉渣的物理性质还可加入些萤石等其他熔剂。

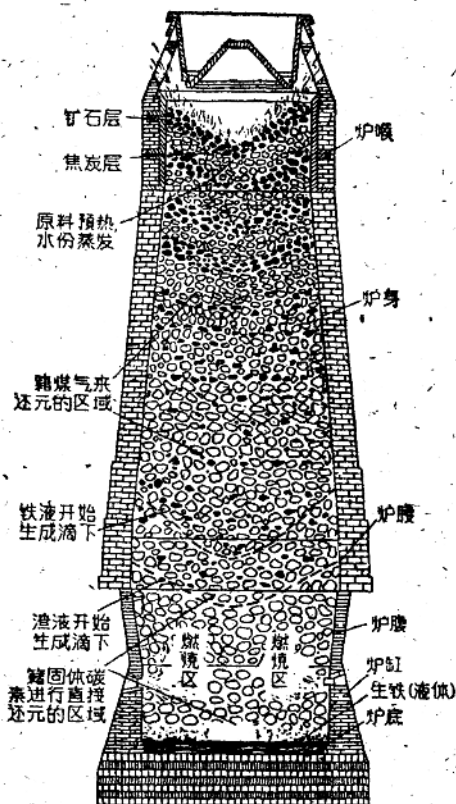


图1 高炉内各区域在冶炼过程中的概况

石灰石在 $600-700^{\circ}\text{C}$ 开始分解为氧化钙和二氧化碳气体，到 1000°C 以上时才结束。氧化钙和矿石中的脉石(岩石)以及焦炭中的灰分等生成熔点很低易于熔融的化合物，这种化合

物很輕，上浮在鉄液表面而成为炉渣。

除了鉄矿的还原反应和造渣作用之外，高炉中还进行着其他一些过程。总共可归納下面六項：

1. 原料的分解。即原料中水分的蒸发（由水变水蒸汽）燃料中容易变成气体的东西和碳酸盐則进行分解等；

2. 鉄矿石的还原（前面已談过）；

3. 鉄的碳化和生鉄的生成。即自矿石中还原出来的金屬鉄，由于与碳素的直接接触，而发生了增碳过程。金屬鉄的熔点随着含碳量的增加而降低了，这样生鉄水也就形成了；

4. 造渣（前面也談过）；

5. 脱硫。高炉中的硫主要来自焦炭。其中一部分呈硫化鉄（ FeS ）状态，另一部是有机的硫化物。有机的硫化物有一小部分被蒸发随煤气逸出，大部分生成硫化鉄或硫化鈣。脱硫作用就是依靠石灰把鉄从它的硫化物中还原出来；而生成稳定的化合物（如硫化鈣），随渣除去；

6. 碳的燃燒。碳的燃燒是在炉缸的风口附近进行的。除了风口这一部分地区外，高炉主要被还原性气体（一氧化碳）所占据。碳的燃燒首先生成二氧化碳，然后二氧化碳又和紅热的焦炭作用而生成一氧化碳。一氧化碳就可以把鉄从鉄矿石中夺取出来。

由于煉鉄是一个还原过程，因此在高炉中不能去磷，因为磷的除去必須先生成它的氧化物。所以原料含磷多少就决定高炉生鉄的含磷量也是多少。

煉鉄是黑色冶金过程中的第一步，它与其它冶金过程一样，不仅是一門科学，而且还是一門艺术。在生产中不仅依靠

理論来指导实践，而且必須及时总结丰富的生产經驗，来充实我們的理論。

二、我国現存的古代煉鉄方法(土法煉鉄)

我国是世界上最早学会煉鉄和使用鉄的国家之一。至今在我国山西、河南、四川、云南、浙江、西康、陝西等地所保存的土法煉鉄和土法煉鋼就是一个有力的証明。

最初人們是在容积不大、温度不高的炉內煉出海綿鉄。由于海綿鉄混有大量的氧化鉄渣，阻止了渗入碳的过程的进行，因此这种鉄的含碳量不高，質地很軟。大家称它为毛鉄或熟鉄。直到鼓风技术发展以后，人們才得到了生鉄。

我国現在还保留下来的土法煉鉄确是遍布全国。根据地质調查所、矿冶研究所以及北京鑛鉄学院有关教授的調查研究，認為現在存在的土法煉鉄主要有三类：1.山西省采用最多的坩埚法；2.河南中部采用最多的甑炉法；3.南北各省普遍采用的土高炉法。

現在分別介紹如下：

(一) 坩埚法

这种方法在山西省太行山一带采用最多。坩埚是用陶土做成的，一般直徑为五寸左右，高为一尺左右。坩埚是放入方形炉內加热的。方炉四面是高四尺多，厚一尺多的磚牆；其中一面牆底有小孔一个，作为鼓风用。炉內分两层，可放坩埚六十四个。

生产前，先将小块鉄矿，煤屑及黑土（作为熔剂）配好加

入坩埚內，同時在方爐中鋪進坩埚碎片、無煙煤以及煤屑等。然後將盛好原料的坩埚放入方爐，即可點火燃燒。用二人拉動風箱，自後牆鼓風八個小時左右，再讓它自然通風二十四小時，就可開爐取鐵了，待冷後打碎坩埚，鐵塊則積存於底部。它的產量隨爐子大小不同，每次可煉鐵百余斤或五六百斤。

用這種方法煉鐵的生產率不高，生產是間斷性的。鐵礦石的回收率也很低，只有20%—35%。生產出來的生鐵含雜質很多，含碳比一般高爐生鐵低些。硫磷含量則很高。

不過這種方法的生產設備簡單，操作也不困難。作為農民的副業來發展是仍舊有很大價值的，因此可以供應農業合作社本身農具用鐵的需求。

（二） 飴爐法

飴爐是用泥造成上大下小的筒形爐子，高可到六尺，上口直徑二尺多，腹徑一尺五寸左右。內壁塗上砂泥及煤末，爐子分上下兩段，下部用泥製成一鍋形的底，以便儲存鐵水。鍋的前沿開一出鐵孔，後面開一孔鼓風。出鐵時用木棍夾住，向前傾倒。

冶煉方法和高爐相似，也是連續生產。開爐前將木炭從頂部裝入爐底，其次鋪上經過焙燒的小塊鐵砂，然後依次輪鋪木炭及鐵砂，直到裝滿全爐為止。點火鼓風至一定時候，用木棍夾爐前傾，使已熔化之鐵水流入砂模，鑄成鐵錠。并自爐頂繼續補加木炭及鐵砂。如此不斷循環，每晝夜可出鐵三、四十次，約七、八百斤。

這種方法生產是連續的，礦石回收也高些。此法在山西新