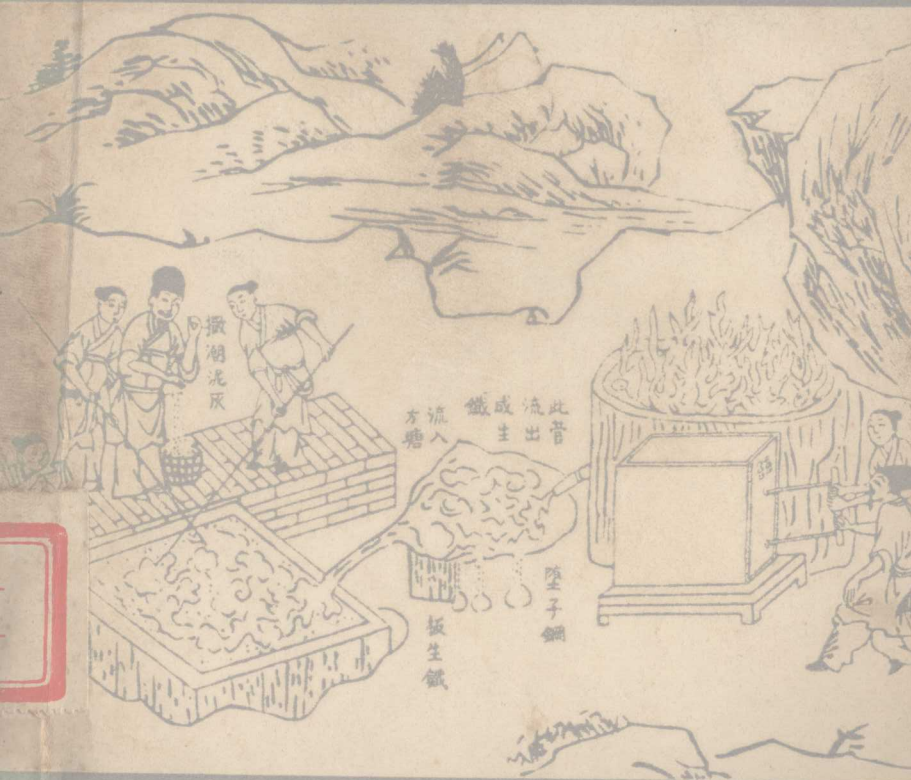


中國古代冶鐵技術的發明和發展

楊寬著



上海人民出版社

中國古代冶鐵技術的
發明和發展

楊寬著

上海人民出版社

中國古代冶鐵技術的
發明和發展
楊 寬 著

*

上海人民出版社出版

(上海 紹興路 54 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 001 號

上海新華印刷廠印刷 新華書店上海發行所發行

*

開本 787×1092 公厘 1/32 印張 3 3/4 字數 71,000

1956年10月第1版

1956年10月第1次印刷

印數 1—14,000

統一書號：11074·68

定 價：(9) 0.40 元

序

作者編寫这本小册子，有兩個目的：

第一，在于闡明兩千多年來中國人民在冶鐵技術上的輝煌成就。用具体的歷史事實，證明中國人民兩千多年來在冶鐵技術方面經常走在世界文化的前列，使我們可以从这里具体的看到中國人民向來具有优秀智慧、勤勞品質和偉大創造能力。

第二，在于闡明中國歷史上冶鐵技術的發展过程。因为冶鐵技術的發展和生產工具的改進是有密切关系的，如果能够把祖國冶鐵技術發展的歷史弄明白，这对于祖國歷史的研究一定是大有幫助的。

但是在目前，要編寫好这本小册子是有困难的。这方面的史料既沒有經過搜集和整理，各时代的冶鐵工場遺址還沒有經過科學發掘，所有出土的各个时代的鐵器还有待于科學化驗，因而很难作深入的研究。近人对于这方面的研究，只見到下列兩篇論文：（一）李恒德先生中國歷史上的鋼鐵冶金技術，發表于1951年12月自然科學1卷7期，（二）周志宏先生中國早期鋼鐵冶煉技術上創造性的成就，發表于科學通報1955年2月号。作者也曾從事这方面的學習，把學習所得先后寫了下列3篇論文：（一）戰國時代的冶鐵手工業，發表于新建設

1954年6月号，(二)試論中國古代冶鐵技術的發明和發展，發表于文史哲 1955年2月号，(三)中國古代冶鐵鼓風爐和水力冶鐵鼓風爐的發明，編入李光壁、錢君曄編中國科學技術發明和科學技術人物論集，1955年12月三聯書店出版。

这本小册子的編寫，就是企圖根据上述这些研究，在这課題上初步作一次有系統的探索。作者在这方面學習不久，科學技術史的水平又不高，很誠懇的希望得到指教和批評。

1953年3月12日

目 錄

一	緒論	1
	(一)关于冶鉄技術的發明	1
	(二)关于冶鉄技術的發展	6
二	論中國冶鉄技術的發明時代	12
	(一)從中國古代冶鉄技術的發展情況來推斷	12
	(二)從中國古代金屬農具的使用情況來推斷	20
三	冶鑄生鉄技術的發明	26
	(一)春秋戰國秦漢時代的冶鑄生鉄技術	26
	(二)冶鉄鼓風爐的進步和冶鑄生鉄技術的發明	34
	(三)冶鑄生鉄技術的發明和冶鉄業的發展	38
	(四)由生鉄炒煉熟鉄的技術的提高	43
四	水力鼓風機械的發明和鼓風器的進步	49
	(一)東漢三國間水力鼓風機械的發明和發展	49
	(二)水力鼓風機械的結構	51
	(三)水力鼓風機械裝置工程的發展	59
	(四)鼓風器的進步	61
五	冶鉄業的進一步發展和冶鉄技術的進步	67
	(一)冶鉄業的進一步發展	67
	(二)石炭的使用于冶鉄	72
	(三)冶鉄術的進一步提高	75

六 煉鋼技術的創造和發展	84
(一)“自然鋼”冶煉法的創造	84
(二)“百煉鋼”冶煉法的創造	88
(三)“灌鋼”冶煉法的創造和發展	90
(四)熟鐵鋼鐵的機械處理和熱處理	100
七 結束語	106
校后補記	109

一 緒 論

(一)关于冶鐵技術的發明

鐵礦石是地殼主要組成部分之一，鐵在自然界中是分布得極為廣泛的。但是人類發現鐵和利用鐵，却比黃金和銅要遲。這是什麼原因呢？首先是由于天然的純鐵在地球上幾乎找不到，不像自然金和自然銅那樣容易被人發現。而且鐵容易氧化生鏽，只有和鎳混合的鐵才能持久不鏽，但是含鎳的自然鐵又極稀少。

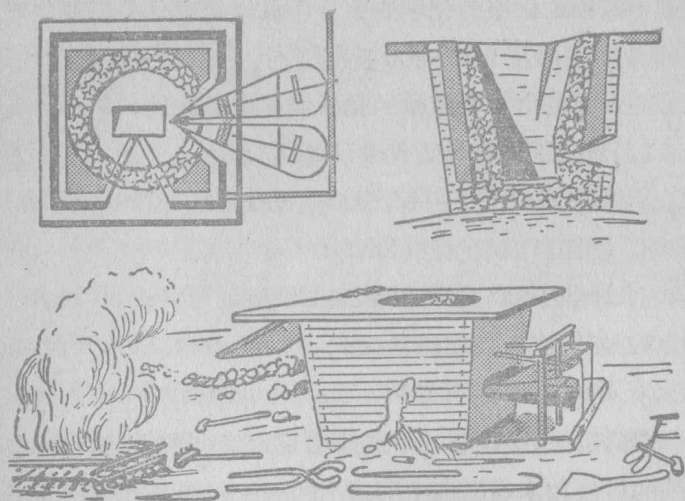
因為地球上很難找到自然鐵，人類最早所發現的鐵，是天空中落下來的隕石。隕石是鐵和鎳、鎢等金屬的混合物，其中所含鐵的百分比是很高的。無論在埃及或美索不達米亞的最古文明國家中，所發現的最早的鐵器都是由隕石加工制成的。考古家曾在美索不達米亞蘇美爾人所建的古烏爾城的古墓中，發現過一把隕鐵所制成的小斧，而在古蘇美爾語中，鐵叫做“安巴爾”，意思是“天降之火”。很明顯，蘇美爾人最初用的鐵是從“天降之火”中來的，所謂“天降之火”就是隕石。當然，從天空中落下來的隕石，為數是不多的，因此在用隕石制作鐵器時，鐵一定是非常珍貴的。在埃及第五至第六王朝（公元前2,400年前）的金字塔所藏的宗教經文中，曾記述當時太陽神等重要神像的寶座是用鐵制成的。這種制作重要神像寶座用

的鐵，顯然也是從隕石得來的，在當時是被認為帶有神秘性的最珍貴的金屬。

人類開始用隕石制成鐵器是很早的，但由於隕石來源的稀少，鐵在當時成為稀有的貴金屬，當然它不可能對生產起什麼作用。但是這時對隕鐵的利用，畢竟使人初次認識了鐵，這對於後來鐵礦石的冶煉技術的發明是有幫助的。

鐵礦石冶煉技術的發明，是冶金史上新階段的到來。因為鐵礦在世界上分布既廣，鐵的性質又遠比青銅堅牢銳利，等到鐵開始為人類服務，生產工具便可得到很大的改進，生產力便可得到進一步的提高。恩格斯在其卓越的經典著作家庭、私有制和國家的起源中指示我們說：“這時已經有鐵來為人類服務了，它是在歷史上起了革命作用的各種原料當中的最後者（直到馬鈴薯的出現為止）和最重要者。鐵使人有可能在廣大面積上進行耕作，把廣闊的森林地域開墾成為耕地；它所給予手工業者的工具，其堅牢而銳利程度是無論什麼石頭或當時所有的任何金屬都不能與之匹敵的。”①（作者按：馬鈴薯是十六世紀傳入歐洲的。）

當冶鐵術發明初期，煉鐵爐是很小的，構造也十分簡單。爐身一般是用石頭和泥砌成的，形狀像圓錐形，爐子下身的側部有一個小孔，用來送進空氣（見圖一）。在冶鐵時，把礦石和木炭一層夾一層的從爐子上面加進去，生了火，用一兩個皮制的風囊鼓動着，把空氣從爐側的小孔中不斷的壓送到爐子中去。有些甚至不用人工鼓風，就讓它自己慢慢的燃燒。這種初期的煉鐵爐，因為爐子小，風囊不大，用人力所鼓動出來的



圖一 歐洲中世紀冶煉出熟鐵塊的冶鐵爐

歐洲中世紀時，自然經濟居于支配地位，北部歐洲各國的農民往往用這種原始的冶鐵爐來煉鐵，製造鐵工具。

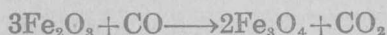
風又不够有力，因此所吹旺的炭火溫度就不够高，被還原（即去了氧的）的鐵沉到爐底時就不能保持熔化的狀態（液體），流到爐外。每次煉成鐵後，要等爐子冷卻才能將鐵塊取出來。這樣從爐中煉出來的鐵塊，不是方方正正的，而是軟的、海綿似的熟鐵塊。這種熟鐵塊表面既很粗糙，中間還夾有礦石中所含泥土雜質溶成的渣滓，需要燒紅後經過相當時間的鍛打，才可能得到較純的軟鐵塊。到這一步，冶鐵的過程才算完畢。所煉成的軟鐵塊可以切成小塊，作為製造鐵器的原料。

上述早期的冶鐵技術，是依靠除去鐵礦石中所化合的氧來把鐵還原的。現在，我們拿鐵礦中最多的赤鐵礦為例，來說

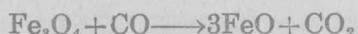
明这个冶炼过程中的化学变化。赤铁矿的成分是三氧化二铁(Fe_2O_3)，在温度 250—800 度范围内，可以被一氧化碳还原。

还原的过程是由 3 个连续的化学变化来完成的：

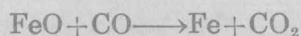
1. 先还原成磁性氧化铁(Fe_3O_4):



2. 再还原成氧化铁(FeO):



3. 最后还原成海绵铁(Fe):



总的说来，铁矿石在炼铁炉中用木炭来燃烧，是利用木炭燃烧的温度和木炭燃烧中所产生的一氧化碳，来使铁矿还原为海绵铁的。总的化学变化是：



这样的冶铁技术，在今天看来，当然是很幼稚的。但是我们要知道，这在冶铁术刚发明时却是杰出的创造。所有产铁的國家，早期的冶铁术都是如此的，而且还曾沿用了很長的歲月。早期用这种冶铁术制成的铁器是不够坚牢锐利的，恩格斯曾指出：“最初的铁往往比青铜还要软些”②。只有在冶铁术进步后，才能增高铁的硬度，使铁的坚牢锐利远远超过青铜。

这种冶铁技术究竟最初发明于何时何地，曾經是人們注意和爭論的問題。許多人往往由于考古学上的新發現，把发明的时间和地点一再变更。根据目前已有的資料来看，各地铁器的应用是有先后的，小亞細亞东部的赫梯人在公元前 1400

年左右已發明冶鐵術，兩河流域北部的亞述人在公元前 1300 年后已進入鐵器时代，而欧洲的進入鐵器时代要在公元前 1000 年左右。但是我們必須指出：資產階級作家們所主張的冶金術來自一个“母國”的說法，得自一个有天才的“冶金民族”或“發明民族”的說法，完全是不科学的、反动的臆說。很顯然，凡是一个地方具备了發明某种冶金術的地理条件和歷史条件时，就完全可能創造出某种冶金術。事实也正是如此，鐵在远古时代，是在距离遙远的各个地区，在不同時間出現的。中國冶鐵術的發明，同亞洲西南部和欧洲、非洲所有文明國家的冶鐵術是毫無关連的。許多原始的部落在各別的地区，而且在不同的時間，也都已有冶鐵術的發明。

一般說來，冶鐵術發明于原始社会的末期，就是恩格斯所說的野蛮的高級階段。恩格斯曾說野蛮的高級階段是“从鐵礦熔煉时开始”，又說：“一切开化部族都是在这个时期經歷了自己的英雄时代，即經歷了使用鐵劍，亦即使用鐵犁和鐵斧时代的。”^③这个鐵犁与鐵斧时代的到來，对于社会生產力的發展是起着巨大作用的。有許多民族由于掌握了鐵器手工業，随着社会生產力的發展，随着財富的增加，随着社会分工的擴大以及交換的發展，逐漸由原始公社制过渡到奴隸制社会。但是我們要知道，并不是所有的民族都是如此的。有許多民族由于自然条件的关系，由于采用人工灌溉的关系，在拥有青銅器工具的时候，已經过渡到階級社会。在这些青銅器时代已進入階級社会的民族中，是在進入階級社会后再發明冶鐵術的。例如古代的埃及和巴比倫就是如此，古代的中國也是如此。

(二)关于冶鉄技術的發展

我們所談的冶鉄術，并不是冶煉純鉄的技術。純鉄是很难提煉的，就是用电解方法得出來的鉄，也还是含有少量的碳。而且純鉄很軟，用处不大。自古以來冶鉄工業所冶煉的鉄，主要是熟鉄、生鉄和鋼鉄。这些鉄，實質上是“鉄碳合金”，它們之間的区别主要在于含碳量的多寡。含碳量在0.5%以下而含有其他雜質和渣滓的是熟鉄，也称軟鉄，或称鍛鉄。如果含碳量很低而沒有渣滓的，就称为低碳鋼。含碳量在0.5%到1.7%而沒有渣滓的是鋼鉄，也簡称为鋼。含碳量在2.5%到5%的是生鉄，也称銑鉄，或称鑄鉄。

熟鉄比生鉄、鋼鉄軟得多，有延展性，燒紅后可鍛打成种种器物。早期冶鉄術所煉出的鉄，就是这种熟鉄塊。因为含碳量少，熔点較高，約为攝氏1500度。早期的煉鉄爐由于爐子小，鼓風設備差，温度不高，很难把它熔化。

生鉄硬度比熟鉄高，但比較脆，不適用於展接和鍛接，而適用於“鑄型”鑄成种种器物。凡是熔化的鉄很容易熔解碳，温度愈高愈容易熔解。熔解了多量碳的鉄，就成为生鉄。生鉄的熔点較低，約为攝氏1150度。在早期用煉鉄爐煉熟鉄的时候，如果爐子高大些，通進去的空气多些，爐子的温度較高，偶或也能使鉄礦比較充分的熔化，得到含碳量較多的生鉄。在起初，人們把它当做熔渣抛弃的，后来才开始用它來做鑄錠。因为鉄礦主要成分是氧化鉄，它多和二氧化矽及其他雜質混在一起，所以当生鉄煉成时，矽、錳、磷、硫等元素就滲進去不

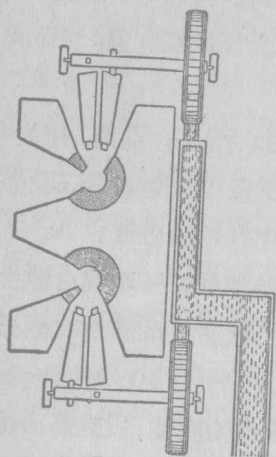
少。一般生鐵如果沒有矽的存在，極大部分由碳化鐵（碳和鐵的化合物）構成，切面就呈白色，稱為白口鐵。如果含矽在 1.5—3% 之間，矽能促使碳化鐵分解成游离的碳和鐵，切面就呈灰色，稱為灰口鐵。

鋼鐵中含微量的矽、磷、硫等雜質，熔點為攝氏 1400—1500 度，是鐵中最堅韌銳利的，適宜於做工具和武器以及各種機械。這必須在冶鐵技術較進步時才有可能冶煉。

冶鐵術的進步不是很快的。早期的煉鐵爐既不能冶煉生鐵，也不能冶煉鋼鐵。由於鐵的熔點較高（青銅的熔點在攝氏 800—1000 度之間），不容易從冶金爐中將鐵熔化成液體，如何提高煉鐵爐的溫度，从而使煉出的鐵成為液體，以提高冶煉的生產率，在歐洲曾經是長期不能解決的問題。直到中世紀中期，由於水力鼓風爐的創造和發展，才基本上解決了這個問題。

歐洲中世紀中期所創造的冶鐵鼓風爐，構造大體上和過去的煉鐵爐差不多，也是從上面加料和從下面通風的，不過比以前所用的要高大得多。在 14 世紀中葉出現於比利時的所謂“狼爐”，就高到 4.5 公尺左右。由於爐身的高大，容得下更多的炭和鐵，炭和鐵的接觸時間較久，爐里的溫度又較高，因此就能使全部礦石得到充分熔化，在熔化中的鐵能夠吸收相當多的碳。所煉成的鐵下沉爐底時，便變成生鐵。生鐵的熔點比熟鐵低，而鼓風爐的溫度比煉鐵爐略高些，因而爐里最後得到的是流動狀態的熔化的生鐵，不再是熟鐵塊了。這種爐子所以叫做“狼爐”，因為早期的狼爐仍是要等到爐冷以後把

鐵塊取出的，那時人把這種鐵塊叫做“猥”。



圖二 歐洲十七世紀水
力鼓風爐平面圖

這種水力鼓風爐，利用架起的木槽，把較高的水流引到木槽里，再由木槽沖到水輪上，以推動水輪轉動，鼓動冶鐵爐上的皮風囊。

這種水力鼓風爐就比過去的煉鐵爐進步得多。因為爐里煉出來的鐵是熔化成液體的生鐵，冶鐵工人便可讓液體的生鐵從爐里流出來，鑄成鑄錠。這樣，爐子每煉成一爐鐵就不必冷卻，爐子就可不間斷地工作下去，只要按照需要的分量加進礦石和炭，每隔一定時間把生鐵和熔渣放出來。

由於鼓風方法的革新，鼓風爐就不斷的造得高大。到1680年時，英國已有了高達9公尺的鼓風爐，一連可煉鐵好幾個

鼓風方法的革新，是提高冶鐵技術的主要關鍵。這時鼓風爐由於採用了水力鼓風的方法，用水輪來鼓動風囊，風囊便可造得更大，鼓風爐也就可以造得更高，可以把較多的空氣很有力的壓送到爐中，以提高爐中的溫度，熔化較多的礦石，以加速冶煉的進程和提高鐵的生產率。這種水力的鼓風設備，在歐洲首先出現於俄羅斯。在12世紀初年，土拉河兩岸就有利用水力的、生產效率較高的鼓風爐出現。到14世紀，這種水力的鼓風設備在歐洲才逐漸普遍起來，一直流行到十七、八世紀（參看圖二）。

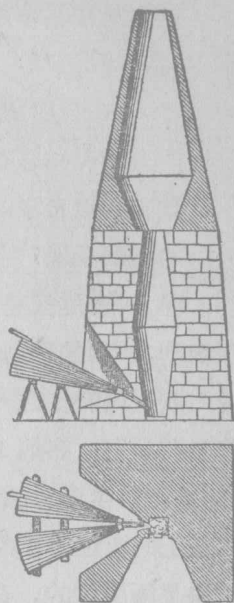
這種水力鼓風爐就比過去的煉

鐵爐進步得多。因為爐里煉出來的鐵是熔化成液體的生鐵，冶鐵工人便可讓液體的生鐵從爐里流出來，鑄成鑄錠。這樣，爐子每煉成一爐鐵就不必冷卻，爐子就可不間斷地工作下去，只要按照需要的分量加進礦石和炭，每隔一定時間把生鐵和熔渣放出來。

由於鼓風方法的革新，鼓風爐就不斷的造得高大。到1680年時，英國已有了高達9公尺的鼓風爐，一連可煉鐵好幾個

月。这样煉出來的生鐵塊就比較大，于是人們就不再把它叫做“狼”，而把它改称为“豬”了。到18世紀，歐洲各國已普遍采用高大的鼓風爐（參看圖三），其中以俄羅斯的西伯利亞烏拉爾地方的鼓風爐最為高大，爐身高到10.5到13公尺，直徑大到3.6到3.9公尺，裝置有水力推動的強大的圓筒形鼓風器六具，每星期可以生產生鐵2000—3000担。

這種較大的水力鼓風爐的創造和冶煉生鐵技術的發明，在中世紀的冶鐵技術史上是一件起革命作用的大事。它利用水力鼓風，把工具從人手里移到機械上來，使機械代替了單純的手工的工具，不僅使技術有了進一步的提高，更重要的是替擴大鼓風爐的構造創造了條件，使鼓風爐可以不間斷地進行工作，大大提高了鐵的生產率。自從鼓風爐出現後，生鐵成了從礦石中煉出的唯一產品，這就促進了鑄鐵手工業的發展，使鐵器便于鑄造。在生鐵成為礦石中煉出的唯一產品後，在需要可鍛的熟鐵和鋼鐵時，固然發生了些麻煩，需要把生鐵重新放到爐子中熱燒很久，把生鐵中的一部分碳燒掉，使生鐵轉變為熟鐵。但是，這些麻煩比起鼓風爐主要好處——生產率提高這點來，就顯得不重要了。



圖三 歐洲十八世紀初期的冶鐵鼓風爐

斯大林在其卓越的經典著作辯證唯物主义与歷史唯物主义中，指示我們說：

“在封建制度下，……生產关系基本上是与当时的生產力狀況相適合的。熔鐵和制鐵工作更進一步的改善；鐵犁和織布車的散布；農業、園圃業、釀酒業和制油業的繼續發展；与手工業作坊并存的手工業工場企業的出現，——这就是当时生產力狀況底特征。”④

很明确，“熔鐵和制鐵工作更進一步的改善”是封建制度下生產力狀況的特征之一。苏联科学院經濟研究所所編的政治經濟学教科書，在第1篇第3章封建主义的生產方式中，論到“封建社会生產力的發展”，曾經扼要的告訴我們：“鐵的冶煉和加工的改進对于改進劳动工具有決定的意义。最初冶鐵的方法是極原始的。在14世紀，人們开始用水車帶動風箱吹風，帶動重錘打碎礦石。由于爐內通風的加强，得到的已不是可鍛物而是可熔物——生鐵了。”⑤ 無可置疑，冶煉生鐵技術的發明，使冶鐵技術得到很大進步，鐵的生產率大为提高，这对于中世紀中期以后生產工具的改進是具有決定意义的。

上面我們所敘述的，是世界上冶鐵術的發明情况和早期冶鐵術的發展情况。我們了解了这些，就可以進一步研究我國冶鐵術發明和發展的歷史了。

① 馬克思恩格斯文选（兩卷集），第2卷，苏联外國文書籍出版局 1955年版，第309頁。

② 同上書，第310頁。