

中等专业学校教学用书

炼铁学

上册

北京石景山冶金学院
武汉钢铁学院 编
广西大学



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



炼 鉄 学

上 册

北京石景山冶金学院
武汉钢铁学院 編
广西大学

中国工业出版社

本书系1957年出版的中专試用教材“炼鉄学”的增訂版。书中除保留了原版中某些必要內容外，根据几年来的教学实践做了相应的删改。

本书上册內容为：緒論及高炉冶炼用的原料及其处理与高炉冶炼原理两篇；下册为高炉构造及附屬設備与高炉操作两篇。

本书可作为中等专业学校炼鉄专业的教材，也可以作为高等学校及厂矿技术人员参考用书。

炼 鉄 学

上 册

北京石景山冶金学院
武汉鋼鉄学院 編
广西大学

中国工业出版社出版（北京德勝門外10號）

（北京市書刊出版業許可証出字第110號）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 850×1168 1/32·印张 10³⁰/₃₂·插頁 2·字数 290,000

1961年6月北京修訂第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数 0001—2533·定价(9—4) 1.25 元

統一书号：15165·167 (冶金—67)

修訂版序

本书自1957年出版以来，至今已有三年多了。在这期間，我国的社会主义建設在党中央和毛主席的英明领导下，在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，获得了史无前例的飞跃发展。大跃进所取得的科学技术成就是伟大而空前的，这就要求在教材中必須得到适当的反映。此外，由于教育革命的不断发展，我們深深体会到教育必須为无产阶级政治服务，教育必須与生产劳动相結合，只有在教材內容中坚持貫徹党的教育方針，才能培养出又紅又专的社会主义建設人材来。本书就是在上述形势要求之下重新修訂的。同时，三年多的教学实践也为修訂本书創造了必要的条件。

本书为中专四年制炼鉄专业学生用的教材。在修訂过程中，以冶金工业部教育司制訂的59年指导性教育計劃为依据，在原书初版本的基础上对某些章节內容作了增删和修改。例如，在原料处理篇中对球团矿生产的理論与实践补充了許多內容；在高炉冶炼原理篇中增加一章专门叙述高炉过程的强化；在高炉操作篇中更进一步貫徹了我国高炉生产的技术操作方針等等。

这次本书修訂工作是在北京石景山冶金学院、武汉鋼鉄学院和广西大学等三所院校党委的领导下进行的。参加全书修訂工作的有武汉鋼鉄学院赵潤恩、广西大学欧阳驊、石景山冶金学院崔祖耀、张光祖等同志。最后全书由石景山冶金学院炼鉄教研組全体教师审校。由于編者水平所限，時間匆促，缺点和錯誤諒所难免，衷心希望讀者批評和指正。

編 者

1961年3月25日

目 录

緒 論.....	8
----------	---

第一篇 高爐冶煉用的原料及其处理

第一章 高炉冶煉用的矿石和熔剂.....	14
----------------------	----

第1节 含鉄矿物.....	14
---------------	----

第2节 評价鉄矿石的质量指标.....	14
---------------------	----

第3节 鉄矿石的种类.....	22
-----------------	----

第4节 我国及世界鉄矿石主要产地.....	24
-----------------------	----

第5节 錳矿石及其产地.....	29
------------------	----

第6节 熔剂.....	32
-------------	----

第7节 高炉冶煉用原料的代用品.....	35
----------------------	----

第二章 冶煉前矿石的处理.....	38
-------------------	----

第8节 破碎.....	38
-------------	----

第9节 篩分 and 分級.....	47
--------------------	----

第10节 中和.....	52
--------------	----

第11节 取样.....	59
--------------	----

第12节 焙烧.....	63
--------------	----

第13节 选矿.....	67
--------------	----

第三章 鉄矿粉的燒結.....	75
-----------------	----

第14节 抽风法的燒結过程.....	77
--------------------	----

第15节 燒結过程的物理化学变化.....	79
-----------------------	----

第16节 影响燒結机生产率的因素.....	84
-----------------------	----

第17节 影响燒結过程料层透气性的因素.....	85
--------------------------	----

第18节 燃料对燒結过程的影响.....	91
----------------------	----

第19节 熔剂对燒結的影响.....	94
--------------------	----

第20节 燒結过程中硫的去除.....	97
---------------------	----

第21节	加入附加物的烧結.....	99
第22节	帶式燒結机的設備和操作.....	100
第23节	其他燒結方法及設備.....	116
第24节	燒結矿的质量.....	121
第25节	燒結矿配料計算.....	123
第四章	团矿.....	125
第26节	球团矿的成型.....	126
第27节	生球的干燥和固結.....	133
第28节	綜合性团矿.....	139
第五章	高炉冶炼用的燃料.....	140
第29节	焦炭.....	140
第30节	木炭.....	156
第31节	无烟煤.....	157
第32节	高炉冶炼用的其他燃料.....	159

第二篇 高爐冶煉原理

第六章	高炉內煤气和炉料的运动.....	163
第33节	煤气运动的一般規律.....	164
第34节	炉料的运动.....	167
第七章	高炉內水分的蒸发和碳酸盐的分解.....	181
第35节	水分的蒸发和分解.....	181
第36节	燃料中揮发物的揮发.....	182
第37节	碳酸盐的分解.....	182
第八章	高炉內的还原作用.....	188
第38节	还原反应的基本理論.....	188
第39节	固相中鉄的氧化物的还原.....	191
第40节	硅酸盐及液相中鉄的氧化物的还原.....	201
第41节	直接还原与間接还原的比較.....	203
第42节	还原反应机构.....	207

第43节	影响铁矿石还原速度的因素·····	208
第44节	高炉内铁的氧化物的还原过程·····	219
第45节	高炉内其他元素的还原·····	221
第九章	高炉内烟炭的沉积及渗炭作用·····	232
第46节	气相中烟炭的沉积·····	232
第47节	铁的渗炭作用·····	233
第十章	高炉内的造渣及去硫作用·····	235
第48节	炉渣成分及其作用·····	235
第49节	炉渣的性质·····	236
第50节	炉料的熔化和造渣过程·····	247
第51节	影响造渣过程的因素及其对高炉冶炼的影响·····	250
第52节	炉渣成分的选择·····	253
第53节	渣量对高炉冶炼的影响·····	255
第54节	高炉内的去硫作用·····	260
第55节	炉外脱硫·····	266
第十一章	炉缸内的燃烧反应·····	269
第56节	炉缸内燃料的燃烧·····	269
第57节	燃烧带对高炉冶炼的影响·····	279
第十二章	煤气在上升运动过程中的变化·····	282
第58节	煤气压力·····	282
第59节	煤气温度·····	284
第60节	煤气成分·····	287
第61节	根据煤气成分计算高炉作业指数·····	290
第十三章	高炉冶炼进程的强化·····	298
第62节	强化高炉冶炼的意义·····	298
第63节	我国强化高炉冶炼的过程及成就·····	299
第64节	高温操作·····	304
第65节	加湿鼓风·····	306
第66节	高压操作·····	309

第67节	富氧鼓风.....	312
第68节	煤气鼓风.....	314
第69节	小高炉高冶炼强度的理论分析.....	315
第十四章	高炉冶炼产品	318
第70节	生铁及合金生铁.....	318
第71节	炉渣.....	321
第72节	煤气及炉尘.....	321
第十五章	炼铁计算	324
第73节	配料计算.....	324
第74节	风量和煤气量的计算.....	330
第75节	物料平衡.....	335
第76节	热平衡.....	337
	〔附〕实用配料计算	345

緒 論

一、鋼鐵冶金在國民經濟中的作用

鋼鐵與工業的發展、鞏固國防及人類生活有着非常密切的關係，在社會的進步與發展上起着巨大的作用。

鋼鐵應用的這樣廣泛，是由于可以根據需要來改變它的性質。除了生鐵與普通鋼外，在鋼鐵中加入合金元素（鎳、鉻、錳、鉬、鎢、鈮、鈷等）或同時用熱處理的方法，可以得到各種性質的合金鋼，如耐熱鋼、耐磨鋼、不銹鋼、高速鋼和永久磁鐵等。此外，鋼鐵還可以用壓力加工或鑄造的方法，制成極大極小和各種形狀的成品：如大到巨大的鋼梁，小到鐘表中的游絲等。這些性質是其他金屬所趕不上的，因此，鋼鐵就成為現代工業中最重要結構材料。

二、煉鐵在鋼鐵生產上的意義

煉鐵為鋼鐵生產中的一個重要環節。我們知道，高爐煉出來的生鐵，最主要的是制鋼生鐵，一少部分是鑄造生鐵，最少的是特殊生鐵。

制鋼生鐵質量的好壞，直接影響着鋼的質量，煉出生鐵的多少，則影響着鋼的產量，所以煉鐵工作者不但要保證高爐的正常生產，而且要在降低成本的前提下，盡量提高生鐵的產量和質量，以滿足煉鋼工業的需要。

鑄造生鐵是用來鑄造各種機器零件等大小鑄件的，因此也要保證質量，以適應機器製造業的要求。

此外，特殊生鐵是煉鋼工業不可缺少的鐵合金原料，對煉鋼工業起着重要的作用。

三、我国古代及近代炼铁事业的发展

关于我国古代炼铁事业的发展，现在还没有见过详细的记载，据现在能找到的资料，可以证明中国古代炼铁事业的发展比欧洲早1,000年以上。

根据历史记载，远在春秋时代（公元前770—475年）齐国的政治家管仲所著海王篇中说到“一女必有一针一刀，若其事立；耕者必有一耒一耜一铤，若其事立；行服輶輦者，必有一斤一鎚一錐一凿，若其事立；不尔而成事者天下无”。可见当时已经相当普遍的使用了铁。在记载中还有“出铜之山，四百六十七山；出铁之山，三千六百九十山”。可见当时铁矿的发现已经很多，而且也不是一朝一夕所能发现的。在国语齐语中管仲又说“美金以铸剑戟，试诸狗马；恶金以铸锄夷斤斨，试诸壤土”。可见当时已经能够炼出液体生铁来进行铸造。齐灵公时有名的古器“齐侯钟”，铭文里有“造戟徒四千”的话。戟应该是铁字的原字或简字。由此可见当时从事炼铁生产的工人已经很多了。秦代董仲舒说秦中有“盐铁之利二十倍于古”。战国时代（公元前475—221年）在董仲舒说来不能算是“古”；在秦代来看更不能算是“古”。根据董仲舒这句话，可见设官征收盐铁之利也必然要超越战国时代而更古些。

于1950年到1951年在河南辉县古墓中掘出的战国时代的铁器（已被考定为2,200多年前的古物），几乎是不带铁锈的，这就证明了当时的“冶炼技术，已有相当程度的进步”。经过初步化验，已证明当时的冶炼法是所谓早期冶炼法（即固体还原法），而在成型工艺上已使用模具，“模具的使用是在相当发展的基础上获得的。因之金属工艺还应该出现得更早些”。

另一批值得注意的铁器是1953年在河北兴隆县寿王坟村出土的铁范（亦为战国时的古物），计有锄范、双镰范、钁范、斧范、双凿范、車具范等。后经考查证明，出土地方是“一个具有一定规模的手工业工厂”，铁范是用来铸造铁器的。

那个时候的“高炉”也保留了下来。在河北遵化附近曾找到一个高4米整个用石头砌成的炉子，并且装有两个风箱。

采用风箱可以得到较高的温度，这是铸铁生产有可能发展的先决条件，因此液体生铁在中国的出現要比欧洲早1,500年。

上面这些記載和发掘的古物，說明我們的祖先在炼铁技术方面是有过不少的贡献的。

但是，由于三千年来的封建統治和近百年来帝国主义者对我国的侵略，以及国民党反动派的反动統治，使我国的炼铁工业沒有得到应有的发展。

我国第一座现代化的炼铁厂，是于1890年在汉阳創建的，当时建有两座日产100吨生铁的高炉。以后50年中，除了在汉阳又繼續扩建了两座日产250吨的高炉（容积为450米³）以外，相继在鞍山、本溪、天津、北京、太原、重庆等地建立了一些钢铁厂，但是钢铁工业的发展速度非常緩慢，同时有一部分是日本帝国主义者建立起来掠夺性的殖民地工业，設備非常簡陋，生产水平很低。1943年为我国解放前历史上钢铁产量最高的一年，但钢的产量也只有92万吨，生铁180万吨，而且其中絕大部分是在日本侵占下的东北生产的。

1945年抗日战争胜利后，在国民党反动派的“规收”下，钢铁工业不但沒有得到应有的发展，并且还遭到严重的破坏，钢铁生产基本上陷于停頓的状态，至1949年，生产的高炉只有7座，钢的产量只有15.8万吨，生铁的产量也只有25.2万吨，在世界上占第26位。

旧中国的钢铁工业，不仅是基础薄弱，破旧不堪，并且还带有殖民地、半殖民地的性质。这是由于钢铁工业的主权，絕大多数操纵在帝国主义及少数官僚买办阶级的手里，成为压榨和剝削人民血汗的工具；在地区分布方面，为便于其統治管理，絕大部分又分布在沿海地区；在生产方面，除了有一些供帝国主义掠夺资源的采矿、炼铁等原料的生产外，炼钢和軋钢的生产能力則极为薄弱；技术水平低劣，劳动条件很差，工人过着极端悲惨的生

活。所有这一切都說明了旧中国鋼鉄工业之所以不能发展，是由于帝国主义的疯狂掠夺、残酷剝削，和国民党反动派的无耻卖国、腐败无能造成的。

四、我国鋼鉄工业的伟大成就和发展远景

1949年新中国成立后，祖国的鋼鉄工业回到了人民的怀抱，在党的英明正确的领导下，在工人阶级忘我劳动及苏联无私的帮助下，我国的鋼鉄工业，以世界上史无前例的高速度向前发展。特别是1958年党中央和毛主席提出了“鼓足干劲、力争上游、多快好省地建設社会主义”的总路綫和一整套“两条腿走路”的方针以及“以鋼为綱，全面跃进”的伟大号召下，大大地鼓舞了全国人民，掀起了全民大办鋼鉄的高潮，使我国鋼鉄工业从一个高速度走向另一个高速度地飞跃前进。

我国鋼鉄工业的伟大成就是十分振奋人心的。1960年鋼的绝对产量已跃居世界第六位，生鉄产量跃居世界第三位；在炼鉄生产上創造了世界上先进的技术经济指标；正确地解决了高冶炼强度与焦比和炉况順行之間的矛盾，发展了炼鉄理論；改变了旧中国不合理的鋼鉄工业布局，推动了地方工业的高速度发展；培养了大批又紅又专的技术工人和干部等。因此，总结这些經驗，展望未来鋼鉄工业的发展远景，有着重大的意义。

鋼鉄“小洋群”是在总路綫的光輝照耀下，在大跃进汹涌澎湃的形势下建立起来的。現在，这些遍地开花的鋼鉄“小洋群”企业越来越显示出它的强大的生命力，經過整頓巩固提高后，它已成为我国鋼鉄生产中一支强大的生力軍，担负着国家一半以上生鉄生产的任务。它对于我国鋼鉄工业的迅速发展，起了巨大的促进作用，建立了不可磨灭的丰功伟績。它雄辯地証明了总路綫和“两条腿走路”方针的正确，充分体现了毛主席思想在工业建設上的伟大胜利。

总之，十年来我国的鋼鉄工业，基本上从无到有，从小到大，生产技术上从落后到先进，以至达到国际上先进的水平。这

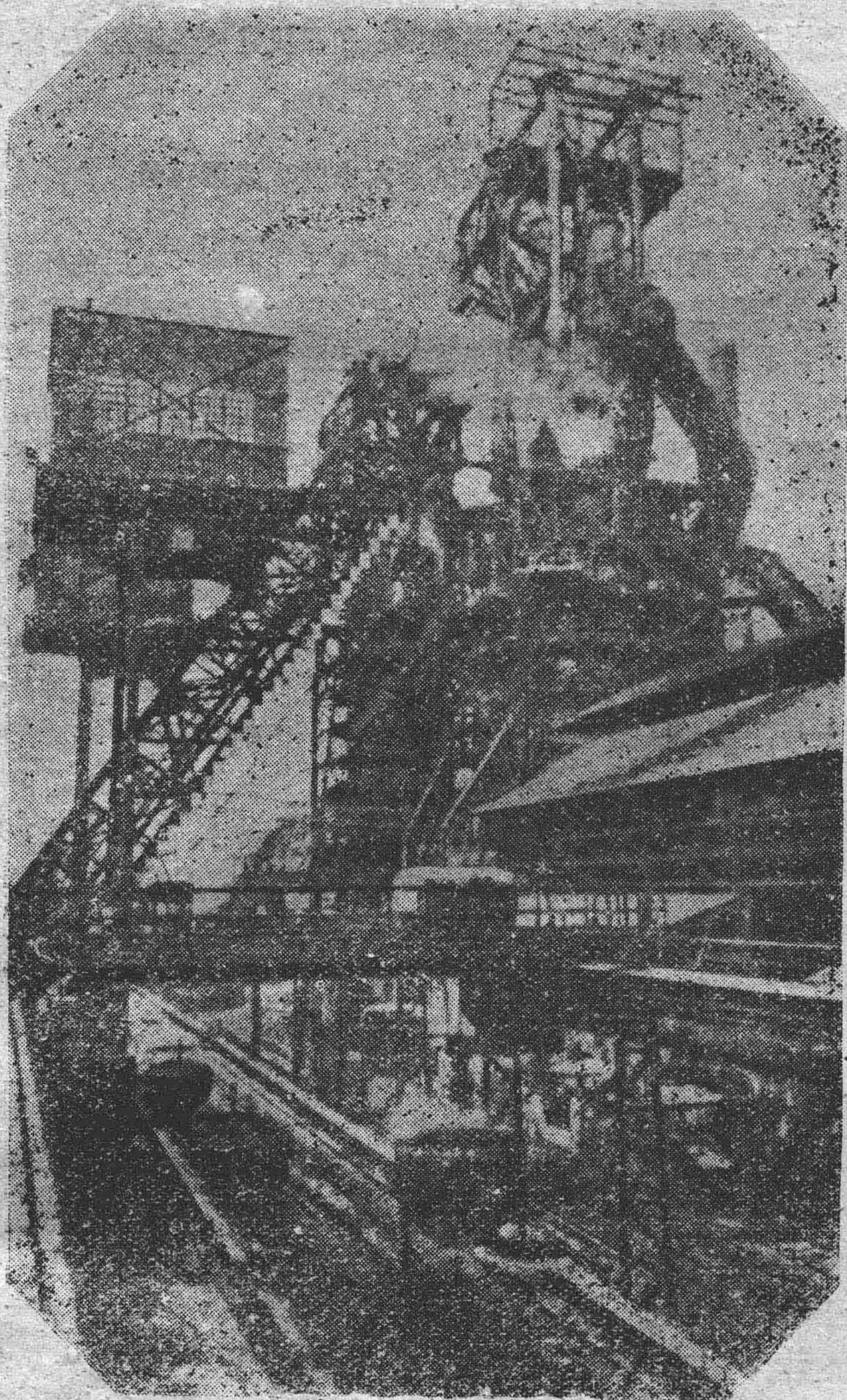


图1—1 鞍钢高炉外貌

是世界炼鉄史上的奇蹟，这些奇蹟的創造和輝煌的成就，首先應該归功于党的領導，归功于我国千百万鋼鉄战士热情的和忘我的劳动。

我国鋼鉄工业虽然取得了巨大的成就，但是鋼的产量还是不多，品种方面也还不能完全滿足国民經济飞跃发展的需要。为根本改变我国“一穷二白”的面貌，还需要經過长期的艰巨努力。在党的英明正确的领导下，在三面紅旗的光輝照耀下，我国鋼鉄工业必将继续取得更大的发展。

我国地区辽阔，地下資源非常丰富，这就为我国鋼鉄工业的发展，提供了先决的条件。此外，通过十年来的工业建設，大大地壮大了工人阶级的队伍，并且从設計，施工到生产管理，取得了丰富的經驗。目前我国已經有許多大、中、小型高炉的定型設計，并能自己制造全套大型的冶金設備。在国际形势上，以苏联为首的社会主义陣营不断地壮大，在东风压倒西风的绝对优势下，有利我国社会主义的和平建設。讓我們继续高举总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗，为鋼鉄工业的持續跃进奋勇前进。

第一篇 高炉冶炼用的原料及其处理

第一章 高炉冶炼用的矿石和熔剂

第 1 節 含鉄矿物

在自然界中以金属状态存在的天然鉄几乎是沒有的，通常是与氧、硫及其他元素化合而成各种矿物存在。所謂矿物，就是必須具有一定的結晶构造，并且应成为一种均一的物质，即其各部分的物理性质和化学成分都大体相同。含鉄矿物的种类很多，但并不是所有的都能用作炼鉄原料。只有在近代技术水平上，可以經濟合算地由其中提炼出鉄来的才能称为鉄矿石。鉄矿石中除含鉄外，还含有脉石和杂质，所以矿石中的含鉄量經常是少于矿物中的理論含鉄量。

由于矿石中矿物的化学成分和物理性质不同，按炼鉄时常用矿石的矿物組成，主要可分为四种类型，如表 1-1 所示。

第 2 節 评价鉄矿石的質量指标

一、含 鉄 量

鉄矿石中含鉄量的多少，对高炉冶炼的有利与否，具有着非常重要的意义，一般來說，含鉄愈高愈好。工业上可以应用的鉄矿石中含鉄量波动范围大約是从23--70%，前者为貧矿的下限，后者为富矿的上限，但是矿石的貧富不仅决定于含鉄量，而且还

铁矿石的矿物組成分类

表 1—1

各种矿物类型 的矿石名称	含铁矿物的名称和化学成分	矿物中的理论含铁量 (%)	矿物的 比重
磁铁矿 (磁性氧化铁矿石)	磁性氧化铁 Fe_3O_4	72.4	5.2
赤铁矿 (无水氧化铁矿石)	赤铁矿 Fe_2O_3	70.0	4.9~5.3
	假像赤铁矿 Fe_2O_3	70.0	4.8~5.3
褐铁矿 (含水氧化铁矿石)	水赤铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	66.1	4.0~5.0
	针铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62.9	4.0~4.5
	水针铁矿 $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	60.9	3.0~4.4
	褐铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60.0	3.0~4.2
	黄针铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	57.2	3.0~4.0
	黄赭石 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	52.2	2.5~4.0
菱铁矿 (碳酸盐矿石)	碳酸铁 FeCO_3	48.2	3.8

决定于脉石杂质的成分，以及埋藏和开采条件等经济因素。所以矿石中允许的最低含铁量，应该是根据每一种矿石的具体情况来确定。

地质部根据我国各矿区的具体情况和结合我国目前的技术经济条件，对铁矿石的品位所提出的参考数据，如表 1—2 所示。

表中所列最低含铁量，只是表示大概的范围，对于每种具体矿石来说，随着其产地与性质的不同而有不同程度的差别。

矿石中含铁量的增加，也就意味着脉石量的减少，并且其减少的比例较含铁量增加的比例为大。由于脉石量的减少，就可以减少加入高炉内的熔剂量，从而带来了一系列的优点：可以在很大的程度上提高生铁的产量和降低冶炼单位生铁焦炭的消耗量。东北工学院炼铁教研室根据某地条件的计算：含铁量增加 1% 时，焦炭消耗量可降低 2.7%，利用系数（每立方米高炉有效容积每昼夜的生铁产量）提高 5.5%。

此外，由于含铁量的增加，单位生铁所需矿石量及熔剂量减少，因此也可以节省原料的开采、运输、加工等的费用。

表 1—2

矿 石 种 类	最低品位	有害元素的最高允許平均含量		
	Fe%	SiO ₂ %	S%	P%
高 炉 富 矿				
磁鉄矿	50	—	0.3	0.25
假像赤鉄矿	48	—	0.3	0.25
赤鉄矿	48	—	0.3	0.25
褐鉄矿	42	—	0.3	0.25
菱鉄矿	35	12	0.3	0.25
自熔性矿	42	—	—	—
平 炉 富 矿				
磁鉄矿	58	12	0.15	0.15
假像赤鉄矿	58	12	0.15	0.15
赤鉄矿	58	12	0.15	0.15
褐鉄矿	58	12	0.15	0.15
貧 矿				
磁鉄矿	25	—	—	—
赤鉄矿及假象赤鉄矿	30	—	—	—
含鉄石英岩<磁鉄矿>	30	—	—	—
含鉄石英岩<赤鉄矿>	33	—	—	—
褐鉄矿	30	—	—	—
鉄磁鉄矿	25	—	—	—
菱鉄矿	25	—	—	—
含鉄綠泥石	25	—	—	—

注：1. 自熔性矿 $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} > 0.8$ 。

2. 上表品位要求經工业部門同意可适当降低。

二、脉 石 成 分

在考虑矿石含鉄量的同时，應該注意脉石的成分，因为它在很大的程度上决定了熔剂的使用量。

一般矿石中脉石的成分主要是 SiO₂，也有个别地区含 Al₂O₃ 較高，因此必須加入石灰石做熔剂，造成一定成分的炉渣。当矿