

氧气頂吹轉爐炼鋼

(炼钢工人进修班试用教材)

上 册

东北工学院钢冶系炼钢教研室翻印

一九七四年九月

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

路线是个纲，纲举目张。

“为了建设社会主义，工人阶级必须有自己的技术干部的队伍，必须有自己的教授、教员、科学家、新闻记者、文学家、艺术家和马克思主义理论家的队伍。这是一个宏大的队伍，人少了是不成的。”“共产党员、青年团员和全体人民，人人都要懂得这个任务，人人都要努力学习。有条件的，要努力学技术，学业务，学理论，造成工人阶级知识分子的新部队（这个新部队，包括从旧社会过来的真正经过改造站稳了工人阶级立场的一切知识分子）。这是历史向我们提出的伟大任务。在这个工人阶级知识分子宏大部队没有造成以前，工人阶级的革命事业是不会充分巩固的”。

要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生，到学校学几年以后，又回到生产实践中去。

以上转引自“全国教育工作会议纪要”

1971年7月27日

教授法

1. 启发式（废止注入式）；
2. 由近及远；
3. 由浅入深；
4. 说话要通俗化（新名词要释俗）；
5. 说话要明白；
6. 说话要有趣味；
7. 以姿势助说话；
8. 后次复习前次的概念；
9. 要提纲；
10. 干部班要用讨论式。

——摘自“中国共产党红军第四军第九次代表大会决议案”（1929年12月），“毛泽东选集”，东北书店1948年版，第574页

理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识，这就是辩证唯物论的认识论。

——摘自“实践论”“毛泽东选集”第一卷
1952年（重排版）第280页

编 者 的 话

遵循伟大领袖毛主席的“七·二一”指示和中央有关文件精神，冶金工业部确定我院开办为期一年半的炼钢工人进修班，并拟定了《氧气顶吹转炉炉前操作》专题。

为着适应工人进修班“短而专”的特点，本教材的编写力求以工人学员所具有的多年炼钢操作的实践经验为基础，对涉及氧气顶吹转炉炼钢法的操作工艺有关理论进行有针对性地重点阐述。

由于缺乏生产实践，理论水平有限，加之编写这种教材，我们还是第一次试验，因而，不论在教材内容的选定方面，还是在理论联系实际，对于实际问题的认识和分析方面，肯定都存在着不少缺点，甚至错误，谨希工人同志在学习过程中提出意见，恳请校内外有关同志批评指教。

目 录

绪 论

- (一)加速发展我国社会主义钢铁工业的巨大意义.....绪 1— 绪 3
- (二)现代钢铁联合企业的生产流程绪 4—绪 6
- (三)“钢铁”的基本分类绪 6—绪 8
- (四)氧气顶吹转炉炼钢法发展概况绪 9—绪 12

第一章 原材料

- 1.1 铁水.....1.1—1.4
- 1.2 废钢.....1.4—1.5
- 1.3 铁矿石和氧化铁皮.....1.5
- 1.4 石灰.....1.5—1.13
- 1.5 萤石.....1.13
- 1.6 氧气.....1.13
- 1.7 铁合金.....1.14—1.15

第二章 吹炼—炉钢的操作概述

- 2.1 一炉钢吹炼过程的操作情况.....2.1—2.2
- 2.2 吹炼过程金属、炉渣成分和金属温度的变化.....2.2—2.5
- 2.3 吹炼过程的操作制度.....2.5
 - 2.3.1 装入制度.....2.5—2.7
 - 2.3.2 供氧制度.....2.7—2.8
 - 2.3.3 造渣制度.....2.8
 - 2.3.4 温度制度.....2.9
 - 2.3.5 终点控制.....2.9—2.10

2.3.6 电子计算机控制终点	2.10
-----------------	------

2.3.7 脱氧和合金化	2.10-2.11
--------------	-----------

第三章 供氧制度

3.1 供氧制度的重要意义	3.1-3.2
---------------	---------

3.2 喷咀的类型和特点	3.2
--------------	-----

3.2.1 单孔拉瓦尔型喷头	3.3-3.9
----------------	---------

3.2.2 三孔喷头	3.9-3.12
------------	----------

3.3 氧气流股与熔池之间的作用	3.12
------------------	------

3.3.1 氧气流股与熔池之间的作用	3.12-3.16
--------------------	-----------

3.3.2 在氧气流股作用下金属液的运动规律	3.16-3.17
------------------------	-----------

3.3.3 氧的传递方式	3.17-3.21
--------------	-----------

3.4 确定供氧制度中几个主要工艺参数的原则	3.21
------------------------	------

3.4.1 氧气流量、供氧强度	3.21-3.25
-----------------	-----------

3.4.2 氧气压力的选定	3.25-3.26
---------------	-----------

3.4.3 喷枪高度的确定	3.27-3.30
---------------	-----------

第四章 炼钢炉渣

4.1 炼钢炉渣的来源及其作用	4.1
-----------------	-----

4.1.1 炼钢炉渣的来源	4.2-4.3
---------------	---------

4.1.2 炼钢炉渣在吹炼过程中的作用	4.3-4.4
---------------------	---------

4.2 炼钢炉渣的化学成分及矿物组成	4.4
--------------------	-----

4.2.1 炼钢炉渣的化学成分	4.4-4.5
-----------------	---------

4.2.2 炼钢炉渣的矿物组成	4.5-4.6
-----------------	---------

4.3 炼钢炉渣结构的基本理论	4.7
-----------------	-----

4.3.1 炉渣的分子理论	4.7-4.8
---------------	---------

目 3

4.3.2 炉渣的离子理论.....	4.8-4.9
4.3.3 液态炉渣的部分离解假说.....	4.9
4.4 炼钢炉渣的物理化学性质.....	4.9
4.4.1 炉渣的碱度(R)	4.9-4.13
4.4.2 炉渣的粘度(或流动性).....	4.13-4.19
4.4.3 炉渣的氧化性.....	4.20-4.24
4.4.4 渣中氧化铁活度的计算.....	4.24-4.26
4.5 炉渣的相图及其应用.....	4.26
4.5.1 相图对研究造渣过程的作用.....	4.26-4.27
4.5.2 有关炉渣的二元相图.....	4.28-4.30
4.5.3 炉渣的三元相图.....	4.31-4.35
4.6 石灰在氧气顶吹转炉炉渣中的熔解.....	4.36-4.39
第五章 造渣制度	
5.1 成渣速度的控制.....	5.1
5.1.1 供氧制度.....	5.2-5.3
5.1.2 原材料的要求.....	5.3-5.5
5.1.3 渣料的加入方法.....	5.5
5.2 石灰加入量和渣量的计算.....	5.5
5.2.1 石灰加入量的确定.....	5.5-5.7
5.2.2 炉渣重量的计算.....	5.8-5.10
5.3 造渣方法.....	5.10
5.3.1 单渣法.....	5.11
5.3.2 双渣法.....	5.11-5.12
5.3.3 双渣留渣法.....	5.12-5.13

5.3.4 喷吹石灰粉法.....	5.13-5.14
5.4 吹炼不同钢种时的炉渣氧化性的控制.....	5.14
5.4.1 镇静钢.....	5.14-5.15
5.4.2 半镇静钢.....	5.15
5.4.3 沸腾钢.....	5.15-5.16

第六章 硅、锰的氧化与还原

6.1 元素氧化的顺序.....	6.1-6.4
6.2 硅的氧化.....	6.5-6.6
6.3 锰的氧化与还原.....	6.6-6.8

第七章 脱碳过程

7.1 吹炼过程中的脱碳情况.....	7.1-7.4
7.2 铁液中碳氧反应的热力学问题.....	7.4
7.2.1 铁液中的碳氧平衡.....	7.4-7.8
7.2.2 铁液中碳氧反应的热效应问题.....	7.8-7.11
7.3 熔池中碳氧反应的动力学问题.....	7.11
7.3.1 氧气顶吹转炉中为什么脱碳速度很大.....	7.11-7.12
7.3.2 氧气顶吹转炉中碳氧反应发生的地点.....	7.12-7.14
7.3.3 金属——炉渣乳浊液中的脱碳机构.....	7.14-7.16
7.3.4 脱碳速度与枪位和渣中氧化铁含量的关系.....	7.16-7.17
7.4 金属熔池中含氧量的变化规律.....	7.17-7.21

第八章 脱磷过程

8.1 炼钢过程中脱磷的基本理论.....	8.2
8.1.1 磷在金属和炉渣中的存在形式.....	8.2-8.4
8.1.2 脱磷的化学反应方程式.....	8.4-8.5

目 5

8.1.3 炼钢过程中脱磷条件的分析.....	8.6-8.10
8.2 吹炼过程中脱磷条件的变化及其控制.....	8.11-8.13
8.3 回磷问题.....	8.13-8.16

第九章 脱硫过程

9.1 炼钢过程脱硫的基本理论.....	9.4
9.1.1 硫在渣—钢之间的分配比.....	9.4-9.5
9.1.2 脱硫条件的分析.....	9.5-9.6
9.1.3 氧气顶吹转炉吹炼一炉钢时的硫平衡.....	9.6-9.7
9.1.4 铁水的炉外脱硫.....	9.7-9.10
9.2 吹炼过程中的脱硫规律.....	9.10-9.11
9.3 气化脱硫问题.....	9.11
9.3.1 硫在炉气中存在的形式.....	9.11-9.12
9.3.2 硫在渣中存在的形态.....	9.12
9.3.3 铁水中硫的氧化.....	9.12-9.13

第十章 温度制度

10.1 合适的出钢温度的确定.....	10.1-10.3
10.2 热量的来源.....	10.5-10.11
10.3 冷却剂的种类及其冷却效应.....	10.11
10.3.1 冷却剂的种类和比较.....	10.11-10.12
10.3.2 冷却剂的冷却效应.....	10.13-10.15
10.4 温度控制.....	10.15
10.4.1 影响冷却剂用量的各种因素的分析.....	10.15-10.19
10.4.2 冷却剂加入量的确定.....	10.19-10.21
10.4.3 吹炼过程温度的控制.....	10.21-10.23

绪 论

(一)加速发展我国社会主义钢铁工业的巨大意义。

工业和农业是国民经济中两个最重要的物质生产部门。伟大领袖毛主席根据马列主义关于社会主义革命和社会主义建设的理论，结合我国具体实践的经验，制订了“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线。“以农业为基础，工业为主导”的发展国民经济的总方针，和一系列两条腿走路的政策，并且阐明了作为基础的基础——粮食的贮备和工业的“粮食”——钢铁的生产的重要性。高度简括而明了地指出：（农业）“以粮为纲”，（工业）“以钢为纲”，“一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。”

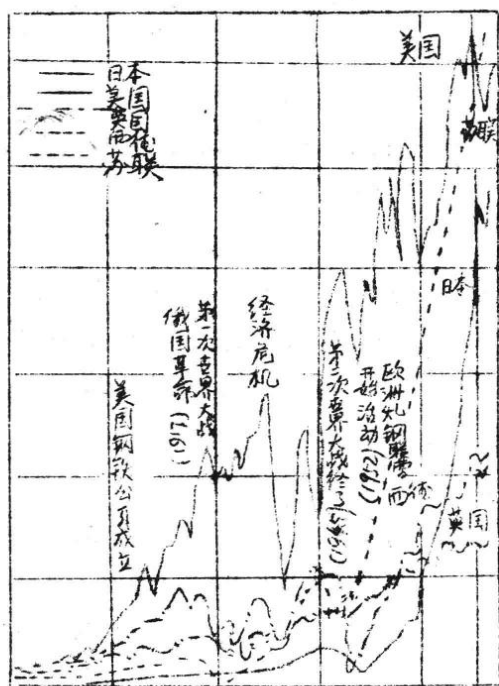
钢铁之所以在国民经济中具有如此巨大的意义，是因为钢铁有着比其它金属材料远为优越的使用性能，而其原料资源（铁矿石）在自然界中又有着丰富的蕴藏量，并且冶炼和加工比较简便，在工业上能够大规模、高效率、低成本地进行生产，因而钢铁成了国民经济中使用量最多的金属材料。就是说，钢铁已经成为现代人类的生产资料的最强大的提供者（以至在生活资料中也占到相当重要的地位）。只有生产大量的钢铁，才能制造各种现代化的机器设备，从而实现包括钢铁工业本身在内的整个工业、农业、交通运输业和军事武器装备的现代化。

我们的国家是社会主义国家，必须建立起一个独立的、完整的、现代化的国民经济体系。据以不断巩固和加强无产阶级专政的社会主义制度的经济基础，并为人民群众创造日益增多的福利事业。而

绪 2

要做到这一点，不加速发展现代化的钢铁工业，乃是不可想象的事情。

如图(1)所示，迄今为止，世界各经济发达的工业先进国家，无不以其发达的钢铁工业为基础。苏、美、日三国是当代钢铁工业的三大霸主，世界过半数的钢产量垄断在它们手中。“历史的经验值得注意。”抓住帝国主义军国主义者手里的钢铁工业，总是被作为



图(1) 主要产钢国家钢产量的变化情况
(1880—1972年)

推行其侵略政策和战争政策的工具。美苏争霸也正是今日世界不得安宁的根源。毛主席在一九七〇年五月二十日的庄严声明中就已经指出：新的世界大战的危险依然存在，各国人民必须有所准备。”毛主席亲自主持召开的党的第十次全国代表大会又一次号召全国军民，“务必加强反侵略战争的准备，警惕帝国主义世界大战的爆发，特别警惕社会帝国主义的突然袭击。”为此，我们一定要抓紧时机，加速发展我国的钢铁工业，从而加强整个经济实力，加强现代化的国防力量。

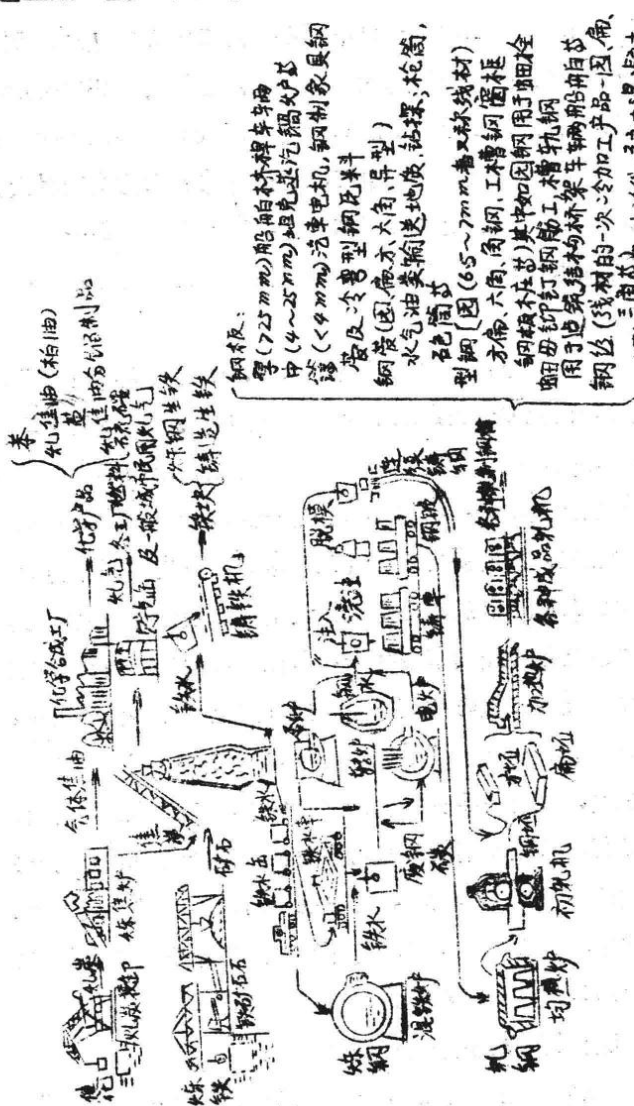
我们反侵略战争的准备做得越好，帝国主义、社会帝国主义就越是对我们无可奈何，难于下手。正如毛主席在“五·二〇”声明中指出存在新的世界大战的危险的同时所论断的那样：“当前世界的主要倾向是革命。”国际形势进一步朝着有利于人民的万向发展。国家要独立，民族要解放，人民要革命的历史潮流奔腾向前。我们一定要坚持无产阶级国际主义，促进和发展世界的大好形势，更有效地支援世界人民的革命斗争。为此，我们也必须大力发展钢铁工业，创造更为强大的物质条件，努力赶上客观形势的需要，迅速改变目前某种程度上的“力不从心”的状况。

总之，我们战斗在钢铁工业战线上的广大职工，担负着建设社会主义祖国的强大钢铁工业的繁重而光荣的任务。我们一定要认真贯彻党的“十大”精神，坚决响应周总理在“十大”政治报告中代表党中央、毛主席发出的战斗号召：抓紧当前的有利时机，把我们中国的事情办好，对人类作出较大的贡献。

(二)现代钢铁联合企业的生产流程。

现代的钢铁工业是最庞大的重工业部门之一。在独立、完整的

钢铁联合企业里，生产环节很多。其中，如图(2)所示，主要是炼铁、



图(2) 钢铁联合企业生产流程示意图

炼钢和轧钢，而炼钢又是其中重要的一环。但必须注意，这种说法，仅仅基于这样的理由，即炼钢厂不仅在整个生产流程中处于承前启后的地位，而且其产品（合格钢锭或铸坯）的产量、品种和质量是衡量整个企业生产水平的基本标志；而决不意味着可以采取任何“大炼钢主义”的做法。所谓“抓中间，带两头，”就是一个修正主义的方针。实际上，同钢铁工业和整个国民经济的其它部门存在着相互依赖、相互制约的关系一样，在钢铁工业内部各生产环节之间，也必须保持生产力的合理布局，以达到协调的发展，这就是我们通常所说的要“配套成龙”。否则，首尾不援，炼钢厂就不能开足“马力”，整个企业也就会陷于“不景气”的“半死半活”状态。这不仅对一个具体的企业来讲是如此，而且对一个国家的整个钢铁工业而言更是如此。譬如铁矿石，它是钢铁工业的主要原料。要建立独立、完整、现代化的社会主义钢铁工业，就必须“开发矿业”，抓好矿山建设。如其不然，整个钢铁工业就没有坚实可靠的原料基础，钢铁生产就会成为“无米之炊”。

这里，有必要顺便插述几句。许多帝国主义国家，如象美国和日本，它们的钢铁工业发展史就是一部剥削、掠夺别国资源的罪恶史。至近年来，美国铁矿石的进口率为 80 % 左右；日本更甚，竟高达将近 95 %。因此，它们现今所谓强大的钢铁工业，或是“头重脚轻根底浅”，或是地地道道的“空中楼阁”，它们“迁着了不稳定的日趋缩小的国内市场和国际市场。这种市场的进一步缩小，就要引起经济危机的爆发”。无容置疑，随着各被剥削国家人民革命斗争的不断发展，仅仅其原料市场的日趋缩小，就终究会给予它们的钢铁工业以致命地打击，无法避免其注定要从“顶峰”跌落下

绪 6

来的命运。至于苏联，尽管它有较多的铁矿资源和较大的采矿能力，但是，苏联修正主义统治集团从赫鲁晓夫到勃列日涅夫这二十年来已经把一个社会主义国家蜕变为一个社会帝国主义国家，反动的上层建筑破坏了社会主义经济基础，它的经济状况越来越糟，钢铁工业的生产也困难重重，正在日趋恶化之中。

我国地大物博，铁矿的蕴藏量也相当丰富。地质勘探工作的成就不断地向我们展示出雄伟的远景：我国的钢铁工业有着相当丰富的铁矿资源作基础，有着广阔发展的前途，加上我们有社会主义制度的优越条件，有毛主席革命路线的指引，我国的钢铁工业必将以新的跃进步伐高速度地向前发展，一定会在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

（一）“钢铁”的基本分类。

所谓钢铁，是一个广义的笼统的名称。凡钢铁，都不是化学上的纯物质，而是以铁为基本成分的铁碳合金。在金相学中，如图(3)的铁碳合金平衡相图，使我们非常清晰地看到了事物对立统一规律中量变质变规律在钢铁领域里的具体表现。在Fe—C系里，Fe和C这两个矛盾因素互相斗争着。随着含碳量的增加，引起铁碳合金在不同温度下所处状态和结构的变化，因而显出性能上的相应变化。随着这种量变（伴同部分质变）的逐渐积累，当含C量达到~2%的时候，引起铁碳系这一“统一物的分解”，铁碳合金便发生根本的质变，“显出显著地变化的面貌”。含碳量~2%正是我们把钢铁（铁碳合金）区别为“钢”和“生铁”的数量界限。凡含C量小于2%者谓之钢，大于~2%者谓之生铁。

钢和生铁在性能上有着显著的不同。

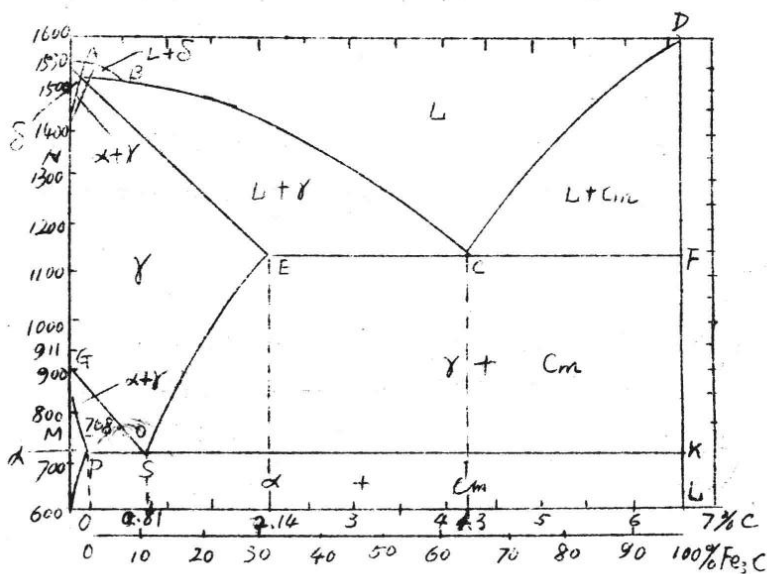
生铁在液相结晶时有共晶反应，因而铸造性能好，但在共晶反应后所生成的组织是以渗碳体为基体，故生铁制品具有坚硬性、耐磨性，然而很脆，不能进行锻压加工，也不易焊接。

钢则在高温下呈单相的均匀奥氏体组织，而在室温下渗碳体的含量相对较少，因而钢兼具高的强度、好的韧性、塑性和焊接性，以及比较易于铸造成型的优点，尤其是，通过添加不同数量的一种或几种合金元素，和通过不同方式的热处理，按用途控制钢的机械性能，以致获得一些特殊的物理、化学性能，从而适用多种用途的需要。因此，钢比生铁获得更为广泛的应用。也正因为如此，高炉冶炼的产品中，铸造生铁所占的比重并不大(约10%)，而绝大部分(80—90%)是供炼钢之用的所谓炼钢生铁。

当然，高炉生铁并不是单一的铁碳合金，还含有其它杂质元素，如Si, Mn, P, S等等，这是大家都知道的。

另外，需要指出：在工业上，还常常将含碳至微量的用于特殊场合的钢，叫做熟铁(含C量小于0.05%)和工业纯铁(含C量一般小于0.035%)。

熟铁、纯铁同一般钢的根本区别在于：前两者因含C量很低，性质柔韧，加热至高温后再予急冷，硬度并不增加，即没有可淬性；而后者，则因含C量较高，性质坚韧，加热至高温后再予急冷，硬度大为提高，即具有可淬性。实际上，在含C量大于0.15%时，钢才具有淬火能力，故也常常将含C量小于0.15%的钢，通常叫做软钢，而把熟铁和工业纯铁叫做极软钢。那末，为什么极软钢又有熟铁和工业纯铁之分呢？这是因为，它们也有着微妙的但却是相当重要的区别。两者虽然含C量都很低，而且很接近，可是熟铁一



图(3) Fe-O平衡图

般是不经溶化冶炼而在固体状态或半熔融状态下得到的，因而含有的杂质（主要是硅酸铁渣）较多（大于2%）；而在工业纯铁中，杂质元素的总含量小于0.1%，它只能在现代所谓熔融精炼（如转炉、平炉、电炉冶炼）的条件下被生产出来。

由上所述，我们从熟铁和纯铁的区别，引出了一个很有趣味的并非无关紧要的问题。这就是，人类从可以获得不同质和量的熟铁，到能冶炼出工业纯铁，经历了一个长时期的历史演变过程。无疑，较为全面地了解国内外钢铁生产技术的历史和现状，将有益于我们在钢铁生产及其科学实验中开阔思路，革新技术，“有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”若有兴于此，请另参阅有关文献资料，这里限于篇幅，不予详述，仅就顶吹转炉炼钢法的产生与发