



全国中等职业技术学校冶金专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO YEJIN ZHUANYE JIAOCAI

转炉炼钢工艺及设备

ZHUANLULIANGANG GONGYI JI SHEBEI



ZHUANLU LIANGANG GONGYI JI SHEBEI
YEJIN ZHUANYE JIAOCAI



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校冶金专业教材

转炉炼钢工艺及设备

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

转炉炼钢工艺及设备/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校冶金专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 7656 - 9

I. 转… II. 人… III. 转炉炼钢-专业学校-教材 IV. TF71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 126801 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 12.25 印张 290 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定价: 21.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前 言

冶金工业是国民经济发展的重要基础工业。随着我国国民经济的高速发展,我国钢铁产量逐年增加,冶金工业现代化水平也不断提高。冶金企业对技术工人的知识水平和技能水平以及相关的职业教育和职业培训提出了更高、更新的要求。为更好地适应行业发展、满足中等职业技术学校的教学需求,我们根据原劳动和社会保障部培训就业司颁发的《冶金专业教学计划与教学大纲(2008)》,组织全国有关学校的一线教师及行业专家,编写了这套冶金专业教材。

在教材开发工作中,我们力求突出以下几个方面的特色:

第一,根据中等职业技术学校冶金专业学生就业岗位的实际需求,合理安排知识点和技能点,以“够用”“实用”为标准,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,同时,注重工作能力的培养,满足企业对技能型人才的需求。

第二,在内容安排上,尽可能多地引入新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,淘汰陈旧过时的技术,反映行业发展趋势。同时,在教材编写过程中,严格执行国家相关技术标准的要求。

第三,在结构和表达方式方面,强调由浅入深、循序渐进,使用图片、实物照片、表格等多种表现形式,更加生动、直观地讲解相关知识和技能,提高学生的学习兴趣,力求使教材做到易教易学。

本次开发的教材涉及“炼铁”“炼钢”和“轧钢”三个专业方向,包括《冶金概论》《热工常识》《冶金仪表》《炼铁工艺》《炼铁设备》《炼钢原理》《转炉炼钢工艺及设备》《连铸设备及工艺》《轧钢原理》《轧钢机械设备》《型钢生产工艺》《热轧板带钢生产工艺》《冷轧板带钢生产工艺》。

本套教材可供中等职业技术学校冶金专业使用,也可作为职业培训教材。

本套教材的编写工作得到了辽宁、河北、江苏等省人力资源社会保障(劳动保障)厅及有关学校的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年6月

内 容 简 介

本教材从原材料、操作工艺、基本原理、常用设备等方面，介绍了转炉炼钢的相关知识，主要包括：氧气转炉炼钢用原材料、氧气顶吹转炉炼钢工艺操作、高磷铁水的吹炼、氧气转炉炼钢炉衬与转炉炉衬使用寿命、氧气顶底复吹转炉炼钢法、氧气顶吹转炉炼钢设备、铁水炉外处理。

本教材针对中等职业技术学校学生的认知特点和职业需求，深入浅出地讲解了其应知、应会的教学内容，教材中还穿插了“生产小提示”“知识链接”等小栏目，帮助学生理解和掌握相关知识。

本教材由张晓兰主编，吴颖、张璨参加编写；杨金审稿。

《转炉炼钢工艺及设备》参考学时

教学内容	学时
绪论	2
第一章 氧气转炉炼钢用原材料	10
第二章 氧气顶吹转炉炼钢工艺操作	96
第三章 高磷铁水的吹炼	4
第四章 氧气转炉炼钢炉衬与转炉炉衬使用寿命	20
第五章 氧气顶底复吹转炉炼钢法	14
第六章 氧气顶吹转炉炼钢设备	34
第七章 铁水炉外处理	20
总 计	200

目 录

绪论	(1)
第一章 氧气转炉炼钢用原材料	(5)
第一节 金属料	(5)
第二节 非金属料	(12)
第二章 氧气顶吹转炉炼钢工艺操作	(16)
第一节 一炉钢的吹炼过程	(16)
第二节 装入制度	(19)
第三节 供氧制度	(21)
第四节 造渣制度	(38)
第五节 温度制度	(53)
第六节 终点控制	(68)
第七节 脱氧及合金化制度	(76)
第八节 吹损与喷溅	(87)
第九节 操作事故及处理	(92)
第十节 开新炉操作	(95)
第十一节 典型钢种的冶炼	(98)
第三章 高磷铁水的吹炼	(105)
第四章 氧气转炉炼钢炉衬与转炉炉衬使用寿命	(108)
第一节 耐火材料基本知识	(108)
第二节 转炉炉衬用砖	(111)
第三节 炉衬使用寿命	(114)
第五章 氧气顶底复吹转炉炼钢法	(127)
第一节 我国顶底复合吹炼技术发展概况	(127)
第二节 顶底复吹转炉炼钢的工艺类型及冶金特点	(128)
第三节 顶底复吹转炉炼钢的底吹气体及底吹元件	(130)
第四节 顶底复吹转炉内的冶金反应	(136)

第六章 氧气顶吹转炉炼钢设备	(141)
第一节 氧气顶吹转炉炼钢车间	(141)
第二节 转炉炉型及其参数	(142)
第三节 氧气顶吹转炉炼钢主要设备	(146)
第四节 原材料供应系统	(151)
第五节 供氧系统	(155)
第六节 烟气净化与回收系统	(163)
第七节 转炉煤气、烟尘的综合利用	(170)
第七章 铁水炉外处理	(173)
第一节 铁水预处理	(173)
第二节 炉外精炼	(180)

绪 论

一、炼钢的基本任务

1. 钢与铁的区别

生铁和钢都是铁与碳的合金，二者通常以碳含量的多少来划分，见表 0—1。

表 0—1 生铁和钢的划分

材料	含碳量 $w_c/\%$	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	特性
生铁	2.0 ~ 4.5	1 100 ~ 1 200	脆而硬，无韧性，不能锻、轧，铸造性能好
钢	<2.0 (工业上实际用钢的含碳量多小于 1.4%)	1 450 ~ 1 500	强度高，塑性、韧性好，可以锻、轧、铸

生铁和钢在性能上有很大的不同，其性能比较见表 0—2。

表 0—2 生铁和钢的性能比较

材料	力学性能	冷热加工性能	焊接性能	铸造性能	刚性	耐腐蚀性能	熔化温度/ $^{\circ}\text{C}$
生铁	差	差	差	好	好	较好	1 100 ~ 1 150
钢	好	好	好	差	差	较差	1 450 ~ 1 530

生铁与钢在性能方面有很大差别的根本原因是它们的化学成分不同，见表 0—3。

表 0—3 生铁和钢的化学成分

材料	化学成分 $w/\%$				
	C	Si	Mn	P	S
普通炼钢生铁	3.5 ~ 4.5	0.6 ~ 1.6	0.20 ~ 0.80	0.1 ~ 0.4	0.03 ~ 0.07
碳素镇静钢	0.06 ~ 1.5	0.12 ~ 0.37	0.25 ~ 0.80	≤ 0.045	≤ 0.045
沸腾钢	0.05 ~ 0.27	≤ 0.07	0.25 ~ 0.70	≤ 0.045	≤ 0.045

钢不仅强度高、韧性好，而且容易加工和焊接。可以进行拉、压、轧、冲、拔等深加工，因此，钢比生铁的用途广泛，在金属材料的用量中约占 85% 以上。在国民经济中，钢铁的需求量是相当大的。

2. 炼钢的基本任务

炼钢的基本任务是：利用当前主要炼钢方法，在造好渣的前提下，进行脱碳、脱磷、脱硫、升温以及脱氧和合金化、去除有害气体、去除非金属夹杂等过程。

二、炼钢方法分类

炼钢方法可分为平炉炼钢法、电弧炉炼钢法和转炉炼钢法三种。其中氧气转炉炼钢法是目前国内外主要的炼钢方法。

1. 平炉炼钢法

1879 年碱性平炉投入生产，100 多年来平炉炼钢法一直是主要的炼钢方法，对炼钢生产和科学技术的发展起着巨大的作用。平炉炼钢法对原料适应性强、冶炼品种广、钢质量比较好、冶炼过程容易控制。虽然平炉冶炼工艺和设备不断革新和改进，但随着氧气转炉炼钢法的迅速发展，平炉炼钢法的缺点明显突出，主要表现为冶炼周期长、生产效率低、基建投资大、冶炼品种少等，已无法与氧气转炉炼钢法相竞争，因此，现已被氧气转炉炼钢法所取代。

2. 电弧炉炼钢法

19 世纪后半期，继平炉炼钢法、转炉炼钢法出现后，电炉炼钢法也诞生了。电炉炼钢法包括电弧炉炼钢法、感应电炉炼钢法和电渣炉炼钢法。但通常所说的电炉炼钢法则指电弧炉炼钢法。

电弧炉炼钢法最初主要用于生产工具钢，也用于冶炼高合金钢、不锈钢及其他高质量钢，后来又扩大到生产低合金钢，现在电弧炉不但用于生产合金钢，同时也用于生产碳素钢。

3. 转炉炼钢法

转炉炼钢法分为空气转炉炼钢法和氧气转炉炼钢法两大类。氧气转炉炼钢法是目前国内外最主要的炼钢方法。氧气转炉炼钢法自 20 世纪 50 年代初问世以来，在世界各国得到了广泛的应用，技术不断进步，设备不断改进，工艺不断完善。从顶吹、底吹、侧吹发展到顶底复合吹炼，氧气转炉炼钢的飞速发展使炼钢生产进入了一个崭新的阶段，钢产量不断提高，钢的品种不断增加。转炉吹炼示意图如图 0—1 所示，转炉炼钢的主要设备和工艺流程如图 0—2 所示。

3 种常见炼钢方法的比较见表 0—4。

表 0—4 3 种常见炼钢方法的比较

平炉炼钢法	电弧炉炼钢法	转炉炼钢法
将金属材料、熔剂、氧化剂等装入炉内，利用高炉、焦炉煤气、天然气和重油等作为燃料进行燃烧提供冶炼过程所需的热量，通过氧化反应将炉料中有害元素从钢液中分离出来，使之进入炉渣，以达到冶炼成钢的目的	以电能为热源，利用电极与炉料间产生的电弧的高温来加热和熔化炉料，并经过脱磷、脱碳、熔池沸腾去除钢液中的气体和夹杂物，最终冶炼出钢水	以铁水为主要原料，吹入氧气来氧化铁水中的元素及杂质，并利用铁水中各元素氧化时的化学热及铁水物理热作为热源，将一定成分的铁水炼成合格温度及成分的钢液

三、氧气转炉炼钢的发展史

早在 1856 年贝塞麦就曾指出利用纯氧炼钢的可能性，但这种方法因制氧技术及设备未能获得较经济的解决办法而未能用于大生产。第二次世界大战后，随着从空气中分离氧气技术的成功，即通过分离空气中的氧和氮可提供大量廉价的氧气，为发展氧气炼钢创造了条件。

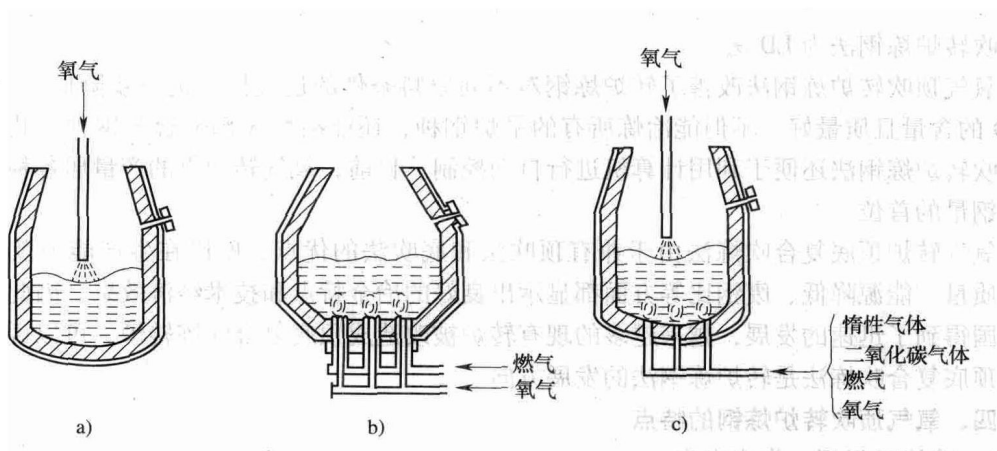


图 0—1 转炉吹炼示意图

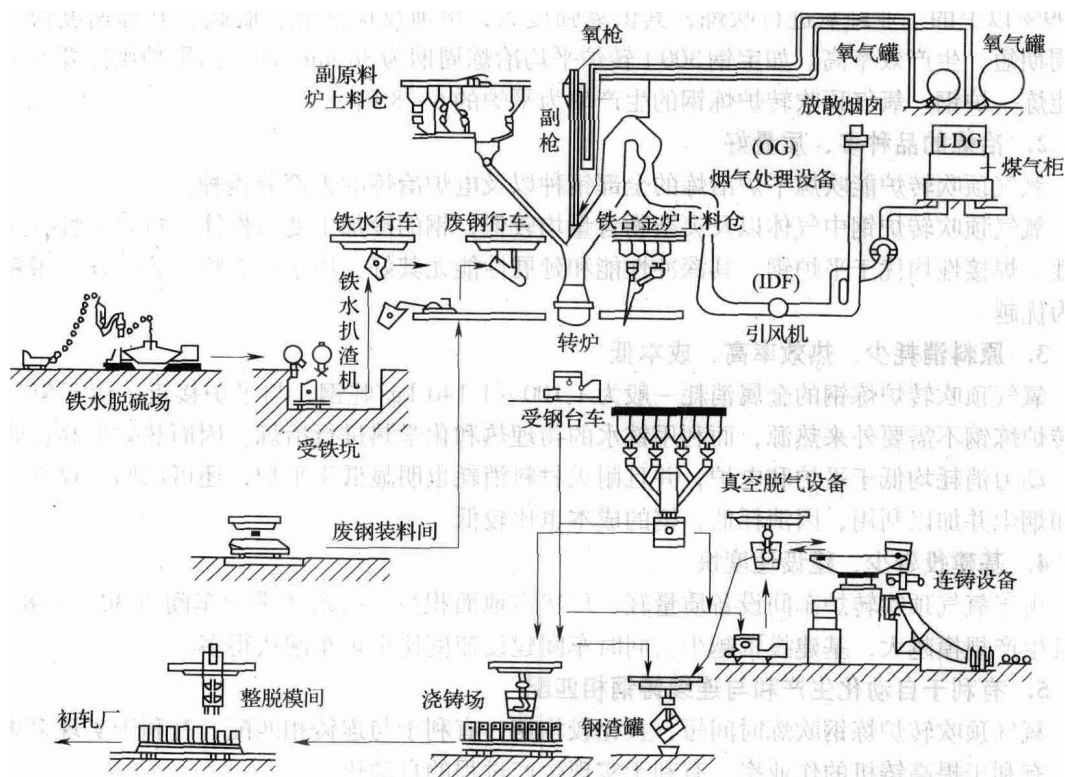


图 0—2 转炉炼钢的主要设备和工艺流程

1948 年德国人杜雷尔改进了使用纯氧的吹炼方法，采用水冷氧气喷管，从转炉炉口伸入炉内，在熔池上方供氧进行吹炼，经过不断试验与改进后，形成了氧气顶吹转炉的雏形。奥地利钢铁公司根据杜雷尔的实际，先后经过 2 t、10 t、15 t 氧气顶吹转炉炼钢的工业性试验，取得了丰富的经验。于是在 1950 年和 1951 年先后在林茨和多那维茨两地兴建 30 t 氧气顶吹转炉车间，并于 1951 年和 1953 年相继投产。由于氧气顶吹转炉炼钢首先在林茨和多那维茨投产，所以取这两个城市名称的第一个字母 L-D 作为氧气顶吹转炉炼钢法的代称，即称氧

气顶吹转炉炼钢法为 LD 法。

氧气顶吹转炉炼钢法改善了转炉炼钢对不同原料条件的适应性，进一步降低了钢中 N、P、O 的含量且质量好。不但能冶炼所有的平炉钢种，还能冶炼大部分合金钢种。此外，氧气顶吹转炉炼钢法还便于利用计算机进行自动控制。目前，氧气转炉钢的产量居各种炼钢方法产钢量的首位。

氧气转炉顶底复合吹炼法由于兼有顶吹法和底吹法的优点，所以在生产能力及钢的品种、质量、能源降低、废钢比等方面都显示出良好的冶金特点和技术经济效果。因此，在世界各国得到了迅速的发展，越来越多的现有转炉被改造成顶底复合吹炼转炉。可以说，氧气转炉顶底复合吹炼法是转炉炼钢法的发展方向。

四、氧气顶吹转炉炼钢的特点

1. 吹炼时间短、生产率高

氧气顶吹转炉采用热装铁水做原材料，因而装料速度快。在整个冶炼过程中采用氧含量为 99% 以上的工业纯氧进行吹炼，其供氧强度大，熔池反应激烈，脱碳、升温速度快，冶炼周期短，生产效率高。如宝钢 300 t 转炉平均冶炼周期为 36 min/炉，而平炉则需要 5 ~ 6 h 才能炼一炉钢。氧气顶吹转炉炼钢的生产率为平炉的 6 ~ 8 倍。

2. 冶炼的品种多、质量好

氧气顶吹转炉能吹炼平炉冶炼的全部钢种以及电炉冶炼的大部分钢种。

氧气顶吹转炉钢中气体以及夹杂物含量均较低，钢的冷加工变形性能、抗时效性、抗脆断性、焊接性均优于平炉钢，其深冲性能和延展性能尤其好，用于轧制板、管、丝、带钢材更为优越。

3. 原料消耗少、热效率高、成本低

氧气顶吹转炉炼钢的金属消耗一般为 1 100 ~ 1 140 kg/吨钢，与平炉接近。由于氧气顶吹转炉炼钢不需要外来热源，而利用铁水的物理热和化学热进行冶炼，因而热效率高；其燃料、动力消耗均低于平炉和电炉，并且耐火材料消耗也明显低于平炉，还可以回收煤气、蒸汽和烟尘并加以利用，因消耗低，钢的成本也比较低。

4. 基建投资少、建设速度快

由于氧气顶吹转炉车间设备质量轻，厂房占地面积少，投资比平炉车间少 30% ~ 40%。而且生产规模越大，基建投资越少，同时车间建设速度比平炉车间快得多。

5. 有利于自动化生产和与连续铸钢相匹配

氧气顶吹转炉炼钢吹炼时间短，且比较均衡，有利于与连铸相匹配，有利于实现多炉连浇，有利于提高铸机的作业率，有利于实现生产过程的自动化。

第一章

氧气转炉炼钢用原材料

原材料是炼钢的基础。大量生产实践证明：采用精料以及原料标准化是实现氧气转炉炼钢过程自动化和提高各项技术经济指标的先决条件。

保证原材料的质量不仅指化学成分和物理性质应该符合技术要求，而且还要使连续供应的原材料的化学成分和物理性质保持相对稳定。必要时应该对入炉原材料进行预处理，以便提高其质量。

氧气转炉炼钢用原材料可分为金属料和非金属料两大类。金属料主要是指铁水、废钢和铁合金；非金属料主要是指造渣材料、氧化剂、冷却剂和增碳剂等。

第一节 金 属 料

一、铁水

铁水是氧气转炉炼钢的主要金属料，一般占炉内金属装入量的 70% ~ 100%。铁水的物理热和化学热是氧气转炉炼钢的基本热源。铁水的化学成分和温度是否合适和稳定对于简化和稳定转炉炼钢操作十分重要。

1. 铁水化学成分

氧气转炉炼钢对铁水的适应性较强，可以将各种成分的铁水吹炼成钢。铁水成分直接影响炼钢炉内的温度、化渣和钢水质量。因此，要求铁水成分要符合技术要求，并力求稳定。国家标准规定的炼钢用生铁化学成分见表 1—1。

表 1—1 国家标准规定的炼钢用生铁化学成分

铁种		炼钢用生铁		
铁号	牌号	炼 04	炼 08	炼 10
	代号	L04	L08	L10
化学成分 w/%	C		≥3.50	
	Si		≤0.45	>0.45 ~ 0.85 >0.85 ~ 1.25
	Mn	一组	≤0.30	
		二组	>0.30 ~ 0.50	
		三组	>0.50	
	P	一组	≤0.15	
		二组	>0.15 ~ 0.25	
		三组	>0.25 ~ 0.40	

续表

铁种			炼钢用生铁		
铁号	牌号		炼 04	炼 08	炼 10
	代号		L04	L08	L10
化学成分 w/%	S	特类	≤ 0.02		
		一类	$> 0.02 \sim 0.03$		
		二类	$> 0.03 \sim 0.05$		
		三类	$> 0.05 \sim 0.07$		

(1) 碳 (C)

碳是铁水中除铁之外含量最多的元素。铁水中碳的质量分数一般在 4.00% 左右 (本书如无特指均为质量分数)。碳的氧化不仅为氧气转炉炼钢提供吹炼过程所需要的大量热能,同时碳氧化后产生的 CO 气体在上升逸出时能强烈搅拌熔池,对净化钢液十分重要。

(2) 硅 (Si)

硅是氧气转炉炼钢重要的发热元素之一。硅的氧化物 (SiO_2) 是炉渣的主要酸性成分。铁水含硅量高,可增加热量来源,提高废钢比,降低炼钢成本。根据热平衡计算可知,铁水中含硅量每增加 0.1%,废钢比则可增加 1.3% ~ 1.5%。由于铁水中含硅量的增加,渣量也随之增大,对去除硫、磷有一定好处。但是,如果铁水含硅量过高,则会给吹炼带来以下不良后果。

1) 增加渣料的消耗,渣量增大,容易引起喷溅。铁水中含硅量每增加 0.1%,吹炼 1 t 铁水将增加 2 kg 多的 SiO_2 ,同时需多加 6 kg 的石灰造渣。根据某些厂生产实践统计,当铁水含硅量为 0.55% ~ 0.65% 时,渣量占装入量的 12%。如果铁水含硅量增加到 0.95% ~ 1.05%,渣量则增加到装入量的 15%。生产实践表明,过多的渣量容易引起喷溅,对去除硫、磷十分不利。

2) 加剧对炉衬的侵蚀。铁水含硅量过高,初期渣中 (SiO_2) 含量明显增加,使炉渣碱度降低,增加对碱性炉衬的侵蚀,不利于炉龄的提高。

3) 渣中 (SiO_2) 含量高,影响成渣速度。渣中 (SiO_2) 含量高会使渣中 (FeO)、(MnO) 含量相应降低,并在石灰块的表面容易生成 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,造成石灰溶解困难,不利于早期去磷,延长了冶炼时间,使吹损增加。

铁水含硅量也不能过低,否则会造成热量不足,使石灰溶解困难。而且渣量过少不仅不利于硫、磷的去除,同时也不足以覆盖金属液而引起金属喷溅,降低金属收得率。国内生产实践表明,铁水含硅量一般在 0.5% ~ 0.8% 较为合适。

(3) 锰 (Mn)

元素锰是弱发热元素,它不是氧气转炉炼钢的主要热量来源。铁水中含有一定数量的锰,可在吹炼中形成适量的 MnO ,有利于改善炉渣的形成,化渣速度明显加快;有利于去除硫;有利于减轻氧枪粘钢现象;萤石用量明显减少,有利于炉衬使用寿命的提高;同时还可提高金属收得率,提高终点钢液中残余锰量,减少锰铁的消耗,降低成本。

我国锰矿资源不多,因此,对转炉用铁水的锰含量未做强行规定。当前使用较多的是低

锰铁水，一般铁水中 $w_{\text{Mn}} = 0.2\% \sim 0.4\%$ 。

(4) 磷 (P)

磷是强发热元素，一般来讲是炼钢过程中要去除的有害元素，所以铁水中含磷量越低越好。氧气转炉在吹炼过程中去磷效果可以达到 $85\% \sim 95\%$ 。铁水含磷量低于 0.5% ，氧气转炉炼钢的去磷任务并不难完成。但如果铁水含磷量偏高，则应采用双渣法或采取其他措施去磷。

应当指出，高炉内不能去磷，高炉铁水含磷量主要取决于铁矿石的条件。因此，只能要求铁水含磷量相对稳定。

铁水中的磷来源于铁矿石，根据磷含量的多少铁水可以分为以下三类。

- 1) $w_{\text{P}} < 0.3\%$ 为低磷铁水。
- 2) $w_{\text{P}} = 0.3\% \sim 1.0\%$ 为中磷铁水。
- 3) $w_{\text{P}} > 1.0\%$ 为高磷铁水。

(5) 硫 (S)

一般来讲，硫也是炼钢过程中要去除的有害元素。由于氧气转炉炼钢去硫效率不高，一般只有 $35\% \sim 40\%$ ，最高也仅为 50% 左右。所以铁水中含硫量越低越好，一般要求铁水中含硫量应低于 0.02% ，有的甚至要求更低些，为此必须对铁水进行预处理。

2. 铁水温度

氧气转炉炼钢的热量来源主要是铁水的物理热和化学热。铁水入炉温度的高低意味着带入物理热量的多少。为保证氧气转炉吹炼顺利进行，我国规定铁水入炉温度应高于 1250°C ，并且稳定。这样有利于迅速成渣、操作热行，使 C-O 反应均衡，减少喷溅。

3. 铁水带渣量

铁水带来的高炉渣中 S、 SiO_2 含量均较高，若随铁水进入转炉会导致石灰消耗量增多、渣量增大、喷溅加剧、炉衬损坏、金属收得率降低、热量损失等。为此铁水在入转炉之前应扒渣。铁水带渣量要求低于 0.5% 。

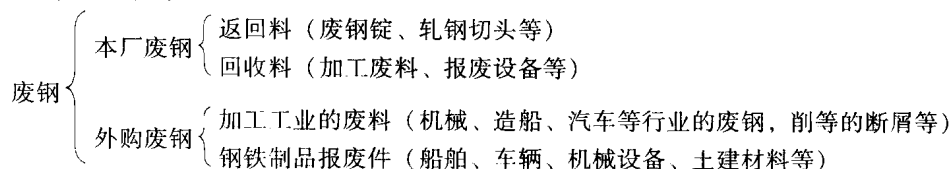
目前，各钢铁企业对铁水的带渣量规定不一，一般规定 1000 m^3 以上的高炉所产铁水带渣量不大于 0.8% ， 1000 m^3 以下的高炉所产铁水带渣量不大于 1.2% 。

总之，氧气转炉炼钢所用铁水的化学成分和温度应保持相对稳定，尽量不带渣或少带渣，保证氧气转炉吹炼顺利进行。

二、废钢

废钢是氧气顶吹转炉炼钢的主原料之一，也是常用的冷却剂。一般允许废钢的装入数量不超过金属料装入量的 30% 。

1. 废钢主要来源



因废钢来源不同，其质量也各不相同。废钢质量对钢的质量、炼钢成本、劳动生产率等各项技术经济指标有很大影响，因此，必须加强废钢的管理工作。

2. 对入炉废钢的要求

(1) 合金废钢应按其所含合金元素的不同分类存放, 避免不同合金元素的废钢混杂在一起, 使贵重合金元素损失或误带入钢中造成冶炼废品。

(2) 废钢应尽量清洁干燥, 无泥沙、油污。

(3) 不得混有密闭容器、易燃物、爆炸物和有毒物质, 以确保安全生产。

(4) 废钢中不得混有铅、锡、锌、铜等有色金属。因为铅的密度大, 熔点低, 不溶于钢液, 容易沉积于炉底缝隙中造成漏钢事故。锡、铜易引起钢的热脆, 降低成品钢的力学性能。锌易挥发, 氧化后生成氧化锌易造成冶炼废品。

(5) 废钢的块度应小于炉口直径的 $1/2$, 否则入炉困难; 废钢的单重不能太重, 否则在整个吹炼时间内不能完全熔化, 容易引起出钢时钢液量波动及温度与成分不均匀; 如果入炉废钢是轻薄废钢, 则会因其体积过大而高出熔池液面很多, 造成送氧点火困难。因此, 轻薄废钢入炉前应进行机械打包, 使其尺寸及物理状态符合入炉要求。



生产小提示

- 1) 配料时, 应根据炼钢要求合理搭配使用各种废钢铁。
- 2) 对于一时难以确认的有色金属可以先行挑出, 待确认后再处理。
- 3) 对挑出的密闭容器及爆炸物要及时进行慎重处理, 不可挑出后再乱丢乱放, 以免重新混入。

三、铁合金

氧气转炉在吹炼到终点时, 为了除去钢液中多余的氧, 并使其化学成分及质量符合所炼钢种的要求, 必须向钢液中加入一定数量的铁合金, 以达到脱氧合金化的目的。氧气转炉炼钢生产中广泛使用各种元素和铁的合金。

氧气转炉炼钢常用的各种铁合金的化学成分见表 1—2。

表 1—2

氧气转炉炼钢常用的各种铁合金的化学成分

成分 w/%		C	Mn	Si	P	S	其他	备注
铁合金								
高碳 锰铁	FeMn78	8.0	75.0 ~ 80.0	<2.5	<2.5	<0.03		1) 电炉锰铁 2) GB/T 3795—1996
	FeMn68	7.0	65.0 ~ 72.0	<1.5	<2.0	<0.03		
中碳 锰铁	FeMn78	2.0	75.0 ~ 82.0	<1.5	<0.20	<0.03		
	FeMn82	1.0	78.0 ~ 85.0	<1.5	<0.20	<0.03		
低碳 锰铁	FeMn84	0.7	80.0 ~ 87.0	<1.0	<2.0	<0.02		GB 2272—87
	FeMn88	0.2	85.0 ~ 92.0	<1.0	<1.0	<0.02		
硅铁	FeSi75A	0.1	<0.4	74.0 ~ 80.0	<0.035	<0.03		
	FeSi75B	0.1	<0.4	74.0 ~ 80.0	<0.04	<0.02		YB/T 5051—93
	FeSi75C	0.2	<0.5	72.0 ~ 80.0	<0.04	<0.02		
硅钙 合金	Ca28Si6	0.8	Al <2.4	55 ~ 65	<0.04	0.06	$w_{Ca} > 28$	

续表

成分 $w/\%$		C	Mn	Si	P	S	其他	备注
铁合金	FeMn68Si22	1.2	65.0 ~ 72.0	20.0 ~ 23.0	0.10	0.04		GB/T 4008—1996
	FeMn64Si18	2.5	60.0 ~ 67.0	14.0 ~ 17.0	0.20	0.05		
铬铁	FeCr69	0.03		<1.0	<0.03	0.025	$w_{Cr} = 63.0 \sim 75.0$	GB 5683—87
	FeCr69	1.0		<1.5	<0.03	0.025	$w_{Cr} = 63.0 \sim 75.0$	
	FeCr67	9.5		<3.0	<0.03	0.04	$w_{Cr} = 62.0 \sim 72.0$	
钒铁	FeV40A	0.75		<2.0	<0.10	0.06	$w_V > 40.0$; $w_{Al} < 1.0$	GB 4139—87
	FeV75B	0.30	<0.50	<2.0	<0.10	<0.05	$w_V > 75.0$; $w_{Al} < 3.0$	
钛铁	FeTi30A	0.10	<2.5	<4.5	<0.05	<0.03	$w_{Al} < 8.0$	1) GB 3282—87 2) $w_{Cu} < 0.40$
	FeTi30B	0.15		<5.0	<0.06	<0.04	$w_{Al} < 8.5$	
	FeTi40A	0.10		<3.0	<0.03	<0.03	$w_{Al} < 9.0$	
	FeTi40B	0.15		<4.0	<0.04	<0.04	$w_{Al} < 9.5$	
钼铁	FeMo55	0.20		<2.0	<0.08	<0.10	$w_{Sb, Sn} < 0.05$; $w_{Cu} < 0.5$	GB 3649—87
	FeMo60	0.15		<1.0	<0.05	<0.10	$w_{Sb, Sn} < 0.04$; $w_{Cu} < 0.5$	
硼铁	FeB23	0.05		<2.0	<0.015	0.10	$w_B = 20.0 \sim 25.0$; $w_{Al} < 3.0$; $w_{Cu} < 0.05$	GB/T 5682—1995
	FeB16	1.0		<4.0	<0.2	<0.10	$w_B = 15.0 \sim 17.0$; $w_{Al} < 0.5$	
稀土硅铁合金	FeSiRE29		<3.0	<42.0			$w_{RE} = 27.0 \sim 30.0$; $w_{Ca} < 5.0$; $w_{Ti} < 3.0$	GB/T 4137—1993
	FeSiRE38			<38.0			$w_{RE} = 36.0 \sim 39.0$; $w_{Ca} < 5.0$; $w_{Ti} < 3.0$	
	FeSiRE41			<37.0			$w_{RE} = 39.0 \sim 42.0$; $w_{Ca} < 5.0$; $w_{Ti} < 3.0$	
铌铁	FeNb70		<0.30	<1.5	0.04	0.03	$w_{Nb+Ta} = 70 \sim 80$; $w_{Ta} < 0.8$; $w_{Al} < 3.8$; $w_{Ti} < 0.3$; $w_{Cu} < 0.3$; $w_W < 0.3$	GB 7737—87
	FeNb60A			<0.4	<0.02	<0.02	$w_{Nb+Ta} = 60 \sim 70$; $w_{Ta} < 0.5$; $w_W < 0.20$; $w_{Ti} < 0.20$	
	FeNb50A			<1.2	<0.05	<0.03	$w_{Nb+Ta} = 50 \sim 60$; $w_{Ta} < 0.8$; $w_{Cu} < 0.3$; $w_{Ti} < 0.3$	

续表

成分 $w/\%$		C	Mn	Si	P	S	其他	备注
钼铁	FeMo70	<0.10		<1.5	0.05	0.10	$w_{Mo} = 65.0 \sim 75.0$; $w_{Cu} < 0.50$	GB 3694—87
	FeMo60	<0.15		<2.0			$w_{Mo} \geq 60.0$; $w_{Cu} < 0.50$	
磷铁	FeP24	<1.0	<2.0	<3.0	23.0 ~ 25.0	<0.5		
	FeP21	<1.0	<2.0	<3.0	21.0 ~ 23.0	<0.5		
磷铁	FeP18	<1.0	<2.5	<3.0	17.0 ~ 20.0	<0.5		GB 3210—82
	FeP16	<1.0	<2.5	<3.0	15.0 ~ 17.0	<0.5		
硅钡铝 合金	FeAl34Ba6Si20	<0.20	<0.30	<0.20	<0.30	<0.02	$w_{Ba} > 6.0$; $w_{Al} > 34.0$	YB/T 066—1995
	FeAl26Ba9Si30			>30.0			$w_{Ba} > 9.0$; $w_{Al} > 26.0$	
	FeAl12Ba15Si40			>40.0	<0.04	<0.03	$w_{Ba} > 15.0$; $w_{Al} > 12.0$	
硅钙钡 合金	Fe16Ba9Ca12Si30	<0.40	<0.40	>30.0	<0.04	<0.02	$w_{Ca} > 12.0$; $w_{Ba} > 9.0$; $w_{Al} > 16$	YB/T 067—1995
	Fe12Ba9Ca9Si35			>35.0			$w_{Ca} > 9.0$; $w_{Ba} > 9.0$; $w_{Al} > 12.0$	
	Fe8Ba12Ca6Si40			>40.0			$w_{Ca} > 6.0$; $w_{Ba} > 12.0$; $w_{Al} > 8.0$	
钒铁	FeV50 - A	<0.40	<0.50	<2.0	<0.07	<0.04	$w_V > 50.0$; $w_{Al} < 0.5$	GB 4139—87
	FeV75 - A	<0.40		<1.0	<0.05		$w_V > 75.0$; $w_{Al} < 2.0$	

铁合金特征及用途见表 1—3。

表 1—3 铁合金特征及用途

合金	特征	用途	补充说明
硅铁	呈青灰颜色，断面较疏松且有闪亮光泽	常用的脱氧剂和合金化剂	含硅 50% ~60% 左右的硅铁极易粉化，一般不使用
锰铁	表面颜色很深，近似于黑褐色，具有混合色彩（如紫色、淡红色、黄色），断面呈灰白色	用于合金化，也是脱氧剂	前述特征是锰铁区别于其他合金的重要标志
钼铁	表面为灰褐色，断口结晶细小并呈灰白色，密度大，熔点高	作为合金剂加入钢中，细化钢的晶粒组织，提高钢的淬透性、硬度和耐磨性	使用时块度不宜过大
钒铁	外观形态和锰铁（特别是低碳锰铁）、钼铁相似，断口无明显差异，只是色泽和易脆断程度有所不同	用于钢的合金化。也是一种很好的脱氧剂，但因其价格昂贵，通常不作为脱氧剂使用	使用时应严格与锰铁、钼铁加以区别，以免误用造成冶炼废品