

科技与数学

译文集
(一)

2

1982

本溪钢铁学校

科技与教学

(内部刊物)

1982年 第2期

总字 第12期

编辑出版

校科技情报室

印

刷

校

印

刷

厂

编译者的话

我们出版的这四本译文集，是由在我校外语短训班学习的（十个月）本钢各厂矿的工程技术人员翻译的，后又由我校有关专业教师及有关单位技术人员经过认真的校对。因此，我们认为：所翻译的文章，在技术上一般都是各专业较先进又结合了我国冶金工业现状所需要的。从原著文章的出版时间看，大都走近一二年内的。这样，为了推动科技情报工作不断开展，一方面使我校外语教学水平能够得到提高，另一方面也能使得厂矿企业比较快的得到有关新的技术资料，才编译了这四本资料。

诚然，由于译者目前水平还是有限的，加上编辑时间仓促，这四本译文集中一定有不少的缺点和错误，望读者多多指正，在此感谢。

本溪钢铁学校科技情报室

一九八二年七月十八日

目 录

高炉低燃料比操作技术	刘俊卿译	(11)
统计控制理论 (ARMA 法) 对高炉炉温控制的方法	谭光钢译	(21)
关于烧结的几个问题	文树睿译	(27)
铸锭技术	王莲英译	(33)
对于半镇静钢工锭生产工艺进行的研究	钱从援译	(51)
乳钢机设计技术的近代化和乳制工艺程序	孟爱勤译	(61)
高速工具钢的发展动向	胡尔林译	(75)
不锈钢的制造过程和使用方法	王大铨译	(95)
车轴用轴箱防止混水措施的研究	王君吉译	(107)
大型机械传动翻斗车用变速装置的研制	汪 波译	(127)

高炉低燃料比操作技术

1. 绪 言

钢铁企业的能量消耗很大占日本总能耗的15~16%，这对于钢铁产品成品成本的影响很大。为此，节省能源、节省原料是历来的重要课题。同时，1973年石油危机以来，其重要程度增加了。拥有被称为钢铁企业象征的高炉冶炼部门，占一貫炼铁厂全部能耗的70~80%，其大部分是高炉燃料。

降低高炉燃料比，在高炉操作技术方面是最大的目标，高炉技术发展的历史也可以说正是降低燃料比的历史。本公司在谋求降低燃料比的时候，从新的尖锐设备建设困难的情况下，总结归纳历来所积累的各种设备技术，同时，努力通过改善原料性状、建立装入物分布控制，研究炉况稳定化系统达到低燃料比操作。结果，使千叶第6号高炉达到了燃料比大幅度降低。以下谈谈其概况。

2 炼铁技术的进步和燃料比的降低

1950年以来，高炉操作技术取得了显著的发展，达到了燃料比的大幅度降低，生铁的成本逐渐降低了。把这个进步的过程分为三个阶段，主要采用的技术及其奋斗目标列在表1。

1950年通过开发自溶性烧结矿、改善原料性状，确保了炉内透气性。60年代以设备大型化为基础，确立了复合送风，高压操作技术，还有70年代继60年代后在继续设备大型化中，以通过改善控制装入物分布，提高煤气利用率方针。

到了最近，反映经济低速发展，根据高炉设备能力潜力，实施了炉内的熔体调查等，开始解释清楚了过去被认为黑色匣子的炉内状况。结果，重新认识了原料性状以及装入物分布的重要性。强烈地转向改善原料性状、确立装入物分布的控制。

3 降低高炉燃料比

低燃料比在维持炉况稳定的操作条件下，通过实现提高煤气利用率，降低炉体热损失，放热少等能够达到。其具体的手段，如图2所示考虑了各个方面。在千叶6号高炉（4500米³），积极地实施了原料性状的改善，装入物分布控制技术的提高以及为了维持炉况的稳定而采取的高炉操作管理（开~付系统）等。

实现低燃料比条件：

- | | | |
|-------|---|-----------------|
| 稳定的炉况 | { | 1. 原料性状管理 |
| | | 2. 高炉设备管理 |
| | | 3. 用电子计算机管理高炉操作 |
| | | 4. 炉内传感器情报的利用 |

实现低燃料比的手段：

- | | | |
|-------|---|---------------|
| 降低燃料比 | { | 1. 装入物分布控制； |
| | | 2. 改善原料性状； |
| | | 3. 高压操作； |
| | | 4. 高温送风； |
| | | 5. 重油喷吹； |
| | | 6. 富氧； |
| | | 7. 脱湿鼓风； |
| | | 8. 降低生铁中〔Si〕； |
| | | 9. 降低铁水的温度； |
| | | 10. 控制炉体热损失。 |

表 1 炼铁技术的进步及其目标

期 间	1950 年 ————— 1960 ~ 1970 年前半 ————— 1970 年后半 ~ 现在
主要技术	1 原料的整粒强化； 2 烧结矿的自溶性好； 3 烧结矿、团矿使用量的增加 1 开始使用重油和大量使用（重油） 2 复合送风 3 高温送风 4 设备的大型化和高压化 5 开始控制 （综合过去的技术专利，装入物分带控制，设备维修技术，原料性状改善，电子计算机的积极利用等等。）
技术目标	确保高炉逆气性 确立复合送风，高压操作技术等 提高高炉内还原煤气利用率

4 原料性状的改善

关于原料性状的改善，在一般情况下，占高炉装入矿石 80 % 以上的烧结矿品质的改善，对高炉燃料比降低最有效。现在，作为高炉燃料比降低的对策，通常希望用还原性好的而且渣量少的烧结矿。

4-1 提高易还原性

作为对原料的易还原性给予影响的要素，可以提出：气孔构造、粒度等的物理性状和化学组成以及组织等的化学性状。一般情况下，通过增加气孔率和降低粒度能够提高还原性，但是伴随气孔率的增加强度下降，烧结矿细粒化，这些有阻碍炉内透气性的倾向。因此，本公司在为谋求提高还原性以低 FeO 烧结矿为方针。在图 2 表示烧结矿的 FeO 含量同还原反应速度常数 (K) 之间的关系。

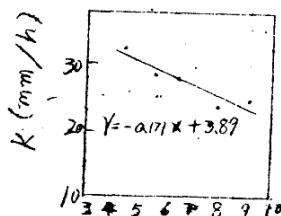


图 2 烧结矿中 FeO 和还原反应速度常数 (K) 的关系

生产低 FeO 烧结矿的基本性想法如图 3 所示。在原料方面，力求增加赤铁矿配比，并且，尽量在烧结矿原料的成品中多保留赤铁矿。同时，对于降低 FeO 相应的低温粉化率的恶化，通过使用熔融性好的转炉渣求得了改善。另外，谋求了在操作方面，通过厚料层，慢机速

原书缺页

操作以降低焦炭配合比为方针，注意到低温烧成防止四氧化三铁生成。结果，可以生产 FeO 5% 以下的烧结矿。

4-2 低 SiO_2 烧结矿的生产

烧结原料中的 SiO_2 与 CaO 同样，是保持烧结矿强度的重要粘结剂，在低 SiO_2 烧结矿生产的时候，出现了成品率下降，对此通过原料装入密度的增加，原料厚料层化以及慢机速操作延长高温保持时间加以处理。结果 SiO_2 含量从过去的 6% 下降到 5.5%。

5 装入物分布控制

5-1 分布控制装置：

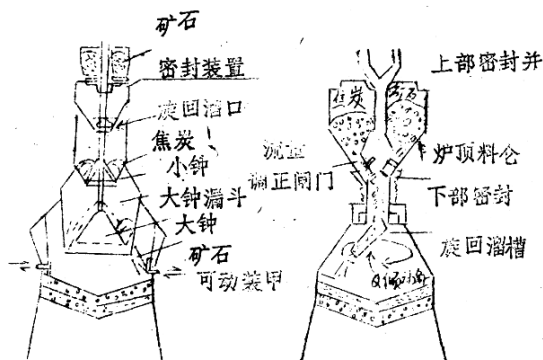
所谓装入物分布控制，就是借助于在炉内半径方向的矿石同焦炭的比例 (ore / coke) 的分布，调节在炉内上升的还原煤气流的分布。高炉的适当煤气分布，就是满足下面的项目：

- ① 还原煤气利用率（在矿石的还原以及装入物的热交换面）高；
- ② 不引起风口破损等的设备事故；
- ③ 炉内透气性稳定；
- ④ 来自炉体的热散散少。

为满足以上的项目，原料装入调正装置如图 4 所示。

有 (a) 料钟—可动装甲式装入装置，(b) 无料钟装入装置两种。

在装入装置中装入物下降路线以及分布的控制方法列在表 2。



• 料钟—可动装甲式装入装置 b 无料钟式装入装置

图4 炉顶装入装置

表2 装入物的下降路线以及分布控制方法

装入装置	(a) 料钟+可动装甲式	(b) 无料钟式
装入物流下路线	大钟漏斗→可动装甲→炉顶装入口	炉顶料斗→旋回溜槽→炉顶装入口
分布控制方法	变更可动装甲的位置, 使之变化装入物衝突程度, 调节炉内半径方向的落下位置。	变更各旋回每次旋回溜槽的倾动角(称为装入模型)调节装入物炉内半径方向的落下位置。

现在国内各公司的大型高炉的主流是前者, 而在建千叶6号高炉时, 采用了建设费用便宜, 对于分布控制自由度高而后者, 表3表示千叶6号高炉的装入模型, 图5表示其图例。

表3 代表性的装入模型

倾动	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
倾动角度	52.0	50.5	48.5	46.5	44.0	41.5	38.5	36.5	31.5	25.5
焦炭 OK ₀	2	2	3	3	1	1	1	0	0	0
矿石 OT ₀	3	2	2	2	2	1	1	0	0	0

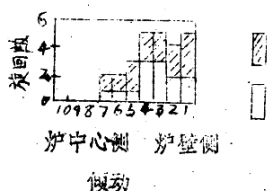


图5 装入模型图例

装入顺序是0↓0↓下焦
速炭，33~34吨/小时，
0/0约走40，分别通过所
定的装入模型，返回溜槽13转
(约100秒)装完。装入速度
是焦炭矿石共约0.7米³/秒。

5-2 适当煤气分布的制定

在千叶第6号高炉，操作中，为寻求煤气分布的适当类型，特别使用在炉内半径的炉身上部的煤气分布和炉口部的温度分布，关于气体分布和煤气利用率以及破损的发生形态，作了调查。结果，搞清楚了，在开炉点火以后1~2年期间，通过操作经验，特别在下面2个时期出现了煤气分布特征性类型。根据各个时期，在当时发生的炉口破损事故的数量形态以及煤气分布特征命名如下：

- ①炉口磨损时* (中心流过多)
- ②炉口烧损时** (边缘流过多)

* 炉口磨损：在炉口吸进下方引起的炉口破损事故。

** 风口烧损, 在风口体上部因铁水浸蚀而烧损的风口破损事故。
(图6、图7、图8)

在图6、图7合在一起同时列出了各个时期的炉身上部煤气分布、炉口部温度分布和后述的达到低燃料比的各个时期的装入物分布、煤气分布、煤气利用率以及风口破损等的特征列于表4。

表4 各期的特征比较

项 目 \ 时 期	风口磨损(中心流过多)时	风口烧损(周边流过多)时
操作方针	由于确保中心流的稳定, 而引起炉况的稳定维持。	防止风口磨损(中心流的抑制和周道流的增加)
装入物分布	把焦炭多装在中心部, 使炉中心部 Ore / COKE 缩小, 炉边缘部增大	使焦炭多装在边缘, 使炉壁部 Ore / COKE 变小。
煤气分布 炉身上部煤气分布	煤气利用率在炉中心~炉壁中间部低, 在炉边缘部高分布。	特别煤气利用率在炉中间~炉壁部分低。
炉口部温度分布	从炉中心向炉壁温度减少的单调减少型	炉周边温度急上升分布
煤气利用率	煤气利用率低46%	煤气利用率上升到51%
风口破损	在操作中突然发现风口磨损。	炉内逆气性变坏, 逆风压力有变动, 发生风口的烧损。

另外，图8表示炉内固体的高温区域（把1250~1400℃看做是融溶带）分布的推算结果，本公司从各时期炉身上部煤气分布、炉口部温度分布数据研究成功了多重心圆模型，推算就是依靠了它。根据各个时期融溶带的形状，就可以知道，风口磨损操作时中心流过多、风口烧损时是边缘流过多的操作。从操作经验以及这些调查结果等，设定了煤气分布目标和炉内固体温度分布目标。以便能够得到高的煤气利用率。

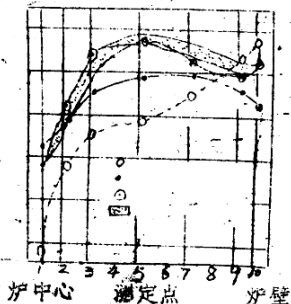
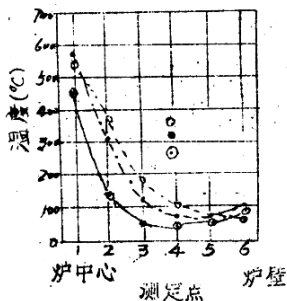


图6 炉身上部煤气分布



图例：

- ：风口磨损时（全体的 η_{CO} = 46%）
- ：风口烧损时（全体的 η_{CO} = 51%）
- ⊙：低燃料比（全体的 η_{CO} = 54%）

图7 目标煤气分布

- ：风口磨损时
- ：风口烧损时
- ⊙：低燃料比

图7 炉口部温度分布

$$CO \text{ 气体利用率 } \% = \frac{CO_2}{CO + CO_2} \times 100$$



风口摩 擦时	• 周道流的熟不足 • 中心流过多	• 往融着带很部的风口正上方下降 → 磨损 • 煤气利用率降低
风口烧 损时	• 周道流过多 • 中心流的限制	• 风口正上部的熟负荷大 • 磨损
目标	• 适当煤气分布	• 没有风口磨损 • 高煤气利用率

图8 炉内固定温度 (1250~1400℃) 区域熔炼法

5-3 调整适当煤气分布

为实现目标煤气分布，必须一边维持在炉中心部的熔炼的领域稳定的中心流，一边使在中同—炉壁部煤气利用率提高。为此，炉壁部的 $ore / coke$ 不用说，在除了高炉中心部非常近的范围半径方向的广阔范围必须实现 $ore / coke$ 高的煤气分布。千叶6号高炉，为实现前述的煤气适当分布，特别注意在炉壁部的 $ore / coke$ ，通过调整装入类型，实现了在图6表示的这个分布接近于目标煤气分布。在表5比较表示1980年3月份的主要的操作结果。同前述的中心流过多和边缘流过多的结果。另外，在表6比较了在各个时期的热平衡。

表5 操作结果

项 目	时 期	1978年7月	1978年10月	1980年3月
		中心流过多时	边缘流过多时	低燃料比
出铁量(吨/日)		7925	9390	10310
ore / coke		3.74	3.98	4.20
燃料比(公斤/吨)		485.1	461.2	418.4
焦炭比(公斤/吨)		441.9	416.0	381.0
重油比(公斤/吨)		43.2	45.2	37.4
煤气利用率(%)		46.7	50.6	54.3
生铁中(Si)平均(%)		0.53	0.45	0.23
S (%)		0.20	0.12	0.08
炉体热损失 ($\times 10^3$ 千卡/吨)		65	158	43
风口破损 个/月		3	5	0

表6 在各时期的热平衡的比较

项 目	时 期	中心流过多时		边缘流过多时		低燃料比时	
		热量 $\times 10^3$ 千卡/吨	百分比 %	热量 $\times 10^3$ 千卡/吨	百分比 %	热量 $\times 10^3$ 千卡/吨	百分比 %
入 热	风口前石墨燃烧	599	54.0	586	52.1	490	51.3
	焦炭	520	46.9	497	44.2	419	43.9
	重油	79	7.1	89	7.9	71	7.4
	送风湿热	45.1	4.07	47.9	4.26	40.8	4.27
	装入物理热	13	1.2	12	1.1	12	1.3
	铁矿石还原热	45	4.1	47	4.2	45	4.7
	合 计	1108	100.0	1124	100.0	955	100.0
出 热	碳素溶解吸热反应	346	31.2	316	28.1	336	35.2
	铁水、溶渣吸热	446	40.2	441	39.2	451	47.2
	不纯物还原热	41	3.8	38	3.4	23	2.5
	送风中湿份 重油分解热	42	3.8	50	4.5	26	2.7
	氢气还原热	21	1.9	21	1.9	16	1.7
	炉顶煤气湿热	131	11.8	89	7.9	49	5.1
	装入物中水份蒸发热	16	1.4	11	1.0	11	1.1
	损失热	65	5.9	158	14.0	43	4.5
	合 计	1108	100.0	1124	100.0	955	100.0