

43476 3

钢铁工业 节能译文集

重庆钢铁设计研究院

一九八〇年四月

033

目 录

钢铁工业节能译文集

炼铁过程的节能	(1)
均热炉空燃比的自动控制	(21)
炼钢过程的节能	(23)
轧钢过程的节能	(45)
能源中心的计算机系统	(64)
高炉炉顶煤气余压发电的现状	(73)
直接接触冷却式高炉鼓风脱湿装置的研制	(83)
高炉鼓风脱湿	(88)
转炉煤气回收系统及其利用	(93)
关于降低均热炉燃料单耗的研究	(104)
板坯冷却锅炉的研制	(116)
电弧炉的节能	(124)
节能型加热炉的设计	(139)

MX/44/100



A 790454

炼铁过程的节能

高城俊介

1. 前言

二次大战后国内外市场日益旺盛的需求支撑了日本的钢铁工业。虽说日本国无资源，然而通过建造临海钢铁厂，从大规模利用国外优质的原、燃料着手进行研究，并和设备精良的大型钢铁厂进行大规模生产的优越性相结合，实现了日本钢铁工业的低成本和高速发展。可是，随后又处于自1973年底石油危机开始的能源价格上涨和随之而来的世界性经济萧条之中，这促使日本钢铁工业转向稳步发展的路线。如何在维持低的生产水平之下降低成本，尤其是如何节约价格暴涨的能源也就成了经营上的一大课题。

日本能源的70%依赖于石油，煤占15%，而煤的80%为钢铁工业所用。在炼铁部门将煤作精炼用的原料及热源，同时将副产煤气在炼铁厂内作二次能源再利用。在现今的日

本，炼铁部门可以说是一个最大限度地利用煤的热能的工业部门。

在称之为大量消耗能源的产业的钢铁工业方面，炼铁部门要消耗外购的一次能源的约90%，但是，约20%要被输送到其他工序，说炼铁部门的能源结构决定整个钢铁厂的能量平衡也并不夸张。因此，在论述炼铁部门的能源时，需要经常考虑好和其他部门的关联，这一问题由另文报导，本文仅就炼铁部门内的各种节能措施加以概述。另外，也谈及铁合金工业的节能问题。

2. 炼铁过程的能源状况

2.1 高炉燃料比和能量平衡

炼铁部门在联合钢铁厂的能源消耗方面所占的比例为70%强，在高炉约使用55%（图1）。其中约85%以燃料比（焦比+重

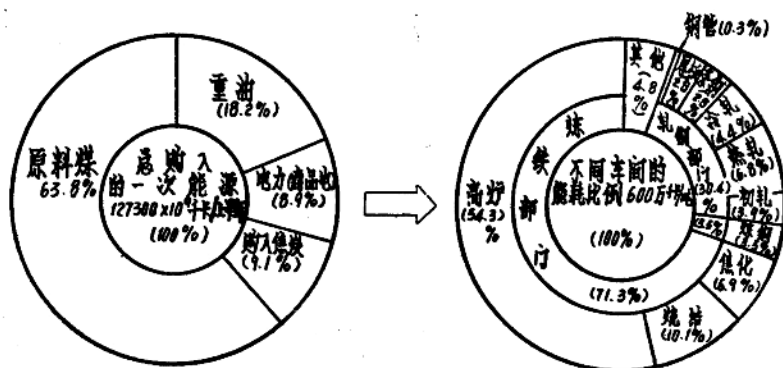


图1 购入能源和不同车间的能耗比例（最终消耗）

油比+焦油比）的方式被消耗掉，由此可以料想到降低燃料比对降低炼铁部门能源消耗

的影响是非常之大的。可是，根据图2从1960年到1975年的15年间降低的燃料比约为

20%，而图3所示的同时期的炼铁耗能量却大致不变。其原因是由于高炉燃料比的降低是由冶炼反应过程的改善导致的，而在这种改善所用的方法中能源又以不同的方式被消

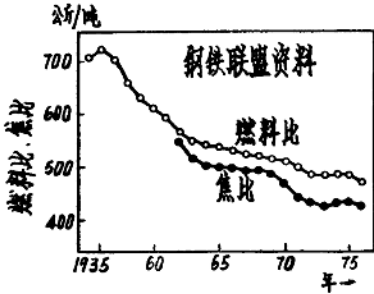


图2 燃料比焦比的变化

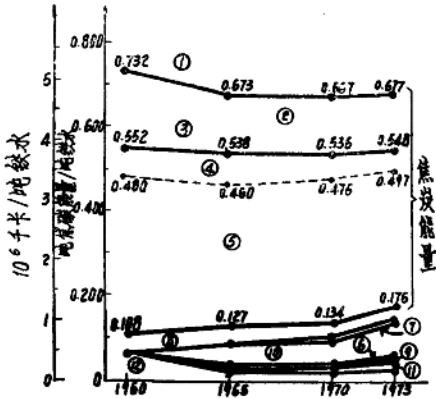


图3 炼铁过程的能耗

①总能量 ②输往炼铁部门以外的高炉煤气 ③纯消耗能量 ④炼铁部门使用的高炉煤气 ⑤焦炭(纯消耗) ⑥气化油 ⑦氧气 ⑧输往鼓风机的能量 ⑨天然气 ⑩燃料重油 ⑪焦炉煤气 ⑫电力

耗以及由于燃料比的降低而导致副产高炉煤气、焦炉煤气和焦油等减少，因此，即使输入的热量减少，但就实际效果而言并不那么奏效(图4)。这期间的能耗状况本文将加以考察。

2.2 炼铁过程的能量效率和余热回收

根据年产粗钢为1000万吨规模的联合钢铁厂的例子，在用于炼铁部门的一次能源当

中，23.0%作为铁矿石的还原热；16.0%转变成由高炉送往转炉的铁水的潜热和显热；输往其他部门的焦炉煤气和高炉煤气，除本部门消耗的以外，分别为12.0%和12.8%，其总和为63.8%这可谓是被有效利用的部分。剩下的36.2%以某些方式被排放掉，这约相当于 1600×10^3 千卡/吨-铁水。在这些被排放掉的能源当中，有可能成为回收对象的列于表1。其值约相当于炼铁过程实际耗能量 4400×10^3 千卡/吨-铁水的26.8%，约相当于上述未被利用能量 1600×10^3 千卡/吨-铁水的74%。

可是，如果实际上要对表1的各项项目进行能量回收，那么要解决的问题很多，一般有下列特点：

(1) 与加热炉等相比，每个设备的排放量都特别大，难于简单处理；

(2) 除部分外，排出温度偏于高温或低温，而较易于回收的处在500—700℃温度范围的却很少；

(3) 排放时含有大量的烟尘和腐蚀性成分等，因而处理困难；

(4) 特别是对现有设备来说，在回收后的用途选择和设备设置空间方面存在问题；

(5) 要求研究出同时实现资源再利用的技术，如高炉炉渣的回收利用那样。

目前可以认为克服了上述问题并已确立了的技术也有若干项，详细述于另外章节，但是通过焦炭显热回收技术、烧结矿及球团矿显热回收技术、高炉炉顶压回收技术和热风炉余热回收技术等4项技术回收的能量共计有 255×10^3 千卡/吨-铁水左右，相当于表1的回收对象能量 1180×10^3 千卡/吨铁水的21.6%，约相当于每吨粗钢所需能量 6000×10^3 千卡的4.4%。

3. 炼铁过程的节能措施

正如高炉燃料比所代表的那样，炼铁过程中使用的燃料的含义不仅是热源，而且还

表 1

认为可以回收的炼铁部门的排放能量

	排放能量的种类	排放能量 (千卡/吨成品)	排放能量 (千卡/吨生铁)
焦 炉	焦 炭 显 热	390×10^3 千卡/吨焦炭	181×10^3 千卡/吨生铁
	付 产 品 显 热	337×10^3 千卡/吨焦炭	157×10^3 千卡/吨生铁
	废 气 显 热	98×10^3 千卡/吨焦炭	46×10^3 千卡/吨生铁
烧 结 炉	烧 结 矿 显 热	750×10^3 千卡/吨烧结矿	195×10^3 千卡/吨生铁
	烧结抽风总管废气	92×10^3 千卡/吨烧结矿	120×10^3 千卡/吨生铁
高 炉	炉 渣 显 热	134×10^3 千卡/吨生铁	134×10^3 千卡/吨生铁
	炉 顶 煤 气 显 热	56×10^3 千卡/吨生铁	56×10^3 千卡/吨生铁
	炉 顶 煤 气 压 力	100×10^3 千卡/吨生铁	100×10^3 千卡/吨生铁
	冷 却 水 损 失	82×10^3 千卡/吨生铁	82×10^3 千卡/吨生铁
热 风 炉	废 气 显 热	73×10^3 千卡/吨生铁	73×10^3 千卡/吨生铁
	冷 却 水 损 失	33×10^3 千卡/吨生铁	33×10^3 千卡/吨生铁
共 计			1177×10^3 千卡/吨生铁

(表中高炉焦比: 400公斤/吨生铁; 烧结矿单耗: 1200公斤/吨生铁)

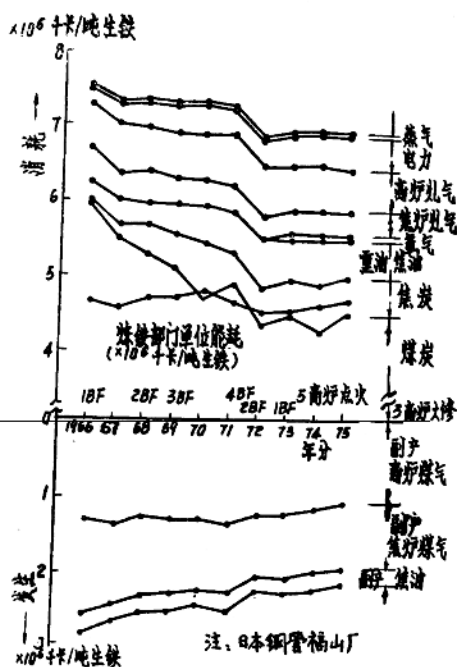


图 4 炼铁部门单位能耗的演变

深含作为冶炼反应所必需的原料这一意义。因此,在考虑节能时,不能和冶炼反应过程的改善分开考虑。正是这个原因,炼铁部门

早在节能引起注意之前就致力于降低燃料比,关于焦化、烧结也同样是如此。

另一方面,由于要将作为反应产物而生成的副产煤气、焦油等供给其他工序的关系,如果离开整体的能量平衡就无法谈论炼铁过程中的节能,必须考虑到这些副产物和被代用的其他燃料之间的价格差。

就是说,炼铁的单位能耗若仅仅根据热量就无法决定,必须在充分考虑到以下因素的同时加以决定:

(1) 根据煤、矿石的性状而定的最佳条件的设定;

(2) 对于整个钢铁厂能量平衡上的副产煤气等的评价;

(3) 包括煤的各种燃料的价格差。

所以,本章节在考虑以上各点的同时,试就一项一项的节能技术分别加以阐述。

3.1 降低高炉燃料比的技术

前已述及:高炉燃料比的降低有时也不一定与炼铁过程中的实际能耗的降低紧密相关。但是,燃料比低意味着高炉冶炼过程的

稳定,同时,由于节省了几乎全靠进口的高价原料煤,因而低燃料比已成为低成本操作的决定因素,并在二次大战后始终作为日本炼铁技术的主要目标加以追求。今后,这种状况也不会简单地改变,将会继续作出努力来进一步降低高炉燃料比。

图5示出燃料比和炼铁技术发展的变化。将炼铁技术的进展分成以下几个阶段加以归纳。

(1) 作为第一阶段来说,首先以提高高炉内空隙率为目的,进行了矿石及焦炭的整粒,提高了焦炭的强度,为了减少渣量而降低了焦炭的灰分和提高矿石含铁量等,以此作为确保高炉透气性的手段。粉矿加以烧结,并使之自熔性化,其还原性状也得到极大的改善。

(2) 第二阶段为复合鼓风技术的确立。由于第一阶段确保透气性的结果,高温鼓风成为可能,对于因高温鼓风而引起的风口前端温度的上升,通过添加湿气,接着喷吹重油来调节,氧气富化进一步使大量喷吹重油成为可能。由此,矿焦比将提高,而在由矿焦比的提高而引起的透气阻碍方面,高压操作技术发挥了其威力。

(3) 第三阶段是炉内还原气体利用率提高和其控制系统的发展。根据高炉解体调查为其研究顶峰的炉内反应过程的研究成果,适当地改善炉料性状和炉料分布等,并和检测端信息和计算机的使用相结合,大幅度地提高了炉内气体利用率。

正如在上述三阶段中所看到的那样,炼铁技术理所当然地发展起来了,对于在各个时期向新技术挑战的前人们的努力确实值得赞颂。

下面试简单地追述一下有助于降低燃料比的主要因素。

3.1.1 提高焦炭的质量

在高炉内,焦炭起着热源、还原剂和确保炉内空隙率这三个作用,成为高炉稳定操作的基础。其他降低燃料比的技术当然是建

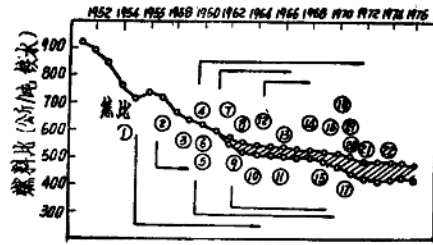


图5 日本的燃料比和炼铁技术发展的变化

- ①整粒强化
- ②自熔性烧结矿的研制
- ③转向自熔性烧结矿
- ④大型高炉的建造
- ⑤开始向风口喷吹燃料
- ⑥复合鼓风
- ⑦鼓风温度上升
- ⑧氧气顶吹转炉的普及
- ⑨高压操作的采用
- ⑩开始大量喷吹燃料
- ⑪高压操作的普及
- ⑫进口球团的使用
- ⑬增设高温热风炉
- ⑭球团矿比的增加
- ⑮超高压高炉的建造
- ⑯富氧操作的普及
- ⑰大量喷吹燃料
- ⑱计算机控制
- ⑲10000吨/日高炉的建造
- ⑳开始使用型焦配合焦炭的工艺
- ㉑正式进行炉料分布控制
- ㉒开始脱湿鼓风

立在焦炭质量,尤其是焦炭强度的基础之上的。在图6以综合方式示出焦炭在提高高炉成绩方面所显示出的效果,并在图7示出焦炭对于改善大型高炉透气性的影响。



图6 焦炭质量和高炉操作成绩的变化(八幡厂)

3.1.2 铁矿石预处理

将铁矿石破碎筛分进行整粒的铁矿石预处理技术,其效果虽二次大战前就已获得证

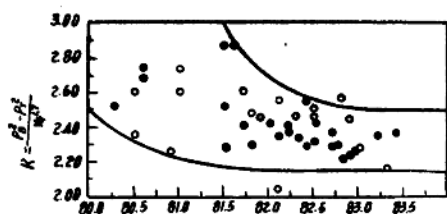


图7 焦炭强度 (DI_{15}^{100}) 和还原性的关系 (新日铁、君津、大分)

○ 大分厂1号高炉1974, 6—7
● 君津厂3号高炉1971—1974

实,但在战后经过技术调查团等的劝告,才在许多的炼铁厂采纳了这项技术。最近,随着粒度范围缩小到10—25毫米,也对呈热裂性的矿石和还原性差的矿石积极地进行全破碎,并作为烧结原料。

3.1.3 人造块矿 (烧结矿、球团矿) 配比的增加

以由铁矿石预处理的强化而引起的筛下粉矿的发生和较块矿便宜的粉矿使用量的增加为背景,从1955年上半年开始正式生产自熔性烧结矿。自熔性烧结矿还原性好,同时软化熔融性状优越,并使炉下部的透气性得到改善。另一方面是球团矿,它在日本是从1953年开始正式生产的,也从1963年开始以长期合同为基础从国外进口。从膨胀性、高温时的还原停滞和软化熔融特性等方面看,球团矿并不一定比烧结矿优越,但由于自熔性化和白云石的添加等,性状得到改善,已生产出和烧结矿性状相同的球团矿。图8示出人造块矿配比的变化,而烧结矿对比降低焦比的影响示于图9。

3.1.4 复合鼓风及高压操作

在原料方面若对于透气性的改善取得进展,就可能积极提高矿焦比,并以降低焦比为目标。首先进行高温鼓风,并通过增湿来对付风口前端温度的过高。该湿量也作为炉内气体的氢气源有效地起作用,有助于提高高炉还原效率。但随着重油喷吹技术的采用,增湿作为风口前端温度对策和作为氢气源对策的使命均让位于重油。最近,相反地

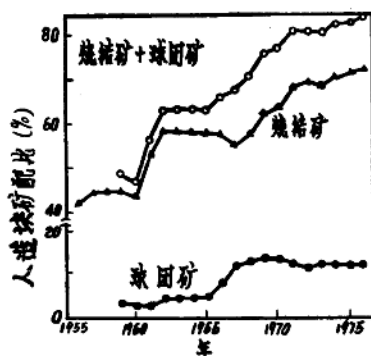


图8 人造块矿配比的变化 (摘自“铁钢连盟作业调查”)

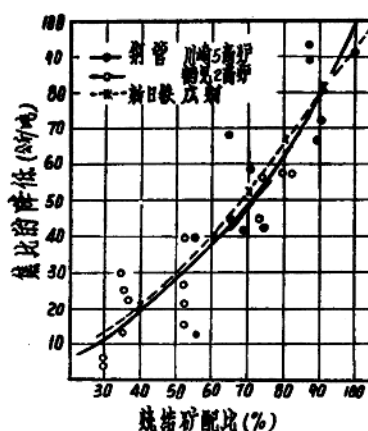


图9 烧结矿对比降低焦比所产生的效果

进行脱湿,这有助于减小风口处的吸热。关于脱湿效果的详细内容由另文报导,但是,如表2所示若湿量减少10克/标米³,燃料比则降低6—10公斤/吨-铁水。以提高高炉利用系数为目标进行氧气富化,同时,这使重油的大量喷吹成为可能。但现在,随着经济萧条,需要减少出铁,氧气富化率正在降低。图10示出鼓风温度、重油喷吹量、氧气富化率的变化,而在图11示出大量喷吹重油的成功之例。要根据复合鼓风的理论,求出 (1) 重油完全燃烧的界限; (2) 风口前端理论燃烧温度的界限; (3) 热流比的上限以及临界停滞时间的下限等限制范围,找出各自组成的适当范围,以有助于高炉操作

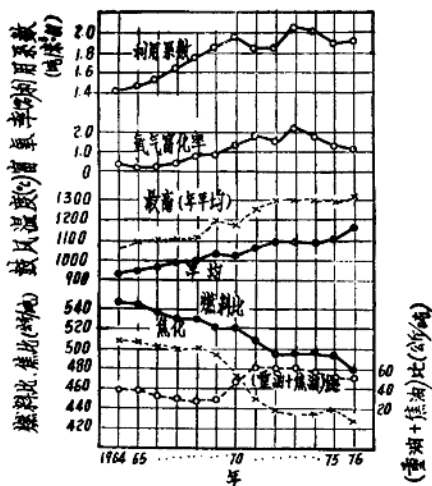


图10 利用系数、富氧率、鼓风温度、燃料比焦比、(重油+煤焦油)比的变化 (日本全国平均)

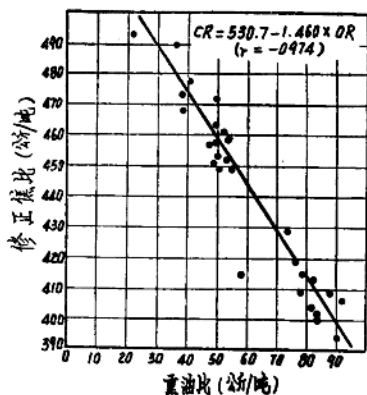


图11 新日铁户畑2号高炉上的重油比和修正焦比

顺利进行下去。示例于图12。

于1962年开始采用高压操作设备,此后新设的高炉几乎都是高压高炉,常压高炉也大多在改修时高压化。目前,最高炉顶压力为3.0公斤/厘米²,3000米³以上的高炉全都采用2.0—3.0公斤/厘米²的炉顶压力。高压操作的优点有二。其一,炉内煤气的上升能量一超过某一范围,就会引起悬料、坐料、管道形成等透气异常现象,因而在鼓风量上有限制。但是,提高炉顶压力将使炉内煤气

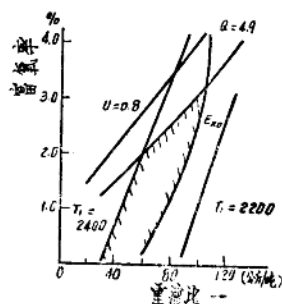


图12 喷吹重油的适当操作范围

$U=0.8$: 热流比的界限
 $Q=49$: 炉料下降时间的界限
 $T_1=2400$: 风口前端理论燃烧温度的上限
 $T_1=2200$: 风口前端理论燃烧温度的下限
 Ex_{∞} : 为重油完全燃烧的氧气过剩系数的界限

的流速减缓,因而鼓风操作可以不受鼓风量上的限制。其二,由于煤气压力的上升将促进还原反应,并且由于煤气流的整流化将促进煤气和固体之间的热交换,因而燃料比将降低。高压操作的解析例示于图13。

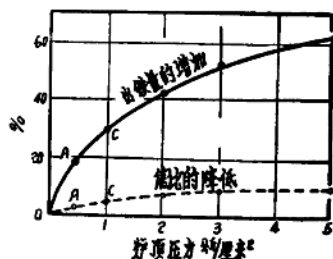


图13 炉顶压力对增加出铁量和降低燃料比所产生的效果

3.1.5 由炉料分布的改善导致的煤气利用率的提高。

降低燃料比的重要一点是使从风口部上升的还原煤气高效地和矿石反应,提高煤气利用率。因此,需要搞清处于炉内的煤气和固体的动态,并且需要具有进一步使之朝更有利的方向转变的手段。炉况的检测手段,以炉顶、炉身处的温度、压力分布的测定为首,是许许多多的传感器;改善炉况的手段是可调炉喉和旋转溜槽式装料装置。以根据

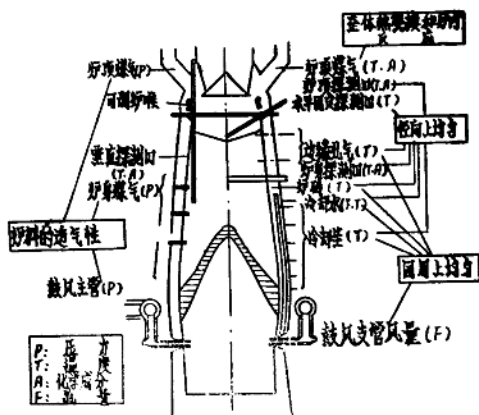


图14 高炉炉内反应检测端

炉内解体调查等获得的对炉况的实际了解为基础,通过数学模型等将上述两手段结合起来,控制炉内的中心、边缘和其间的矿石、焦炭的平衡,以此获得适当的煤气流分布,并达到最大限度地利用还原煤气。图14示出高炉检测端的一例。图15示出煤气利用率在使用可调炉喉前后的变化之例。图16则示出当时的炉身温度曲线的变化状况。通过可调炉喉的适当使用,燃料比降低 10 公斤/吨·铁水这种程度是完全可能的,并且由于不需要象高温鼓风和烧结矿高配比那样投入另外的能量,因此,其节能效果也是大的。



图15 开始采用可调炉喉进行煤气分布控制前后的气体利用率的变化

3.1.6 半还原矿的使用

如果装入高炉的铁矿石类在某种程度上已被还原，那么，炉内仅需那些用于产生还原热量的燃料，燃料比就将下降。在各炼铁

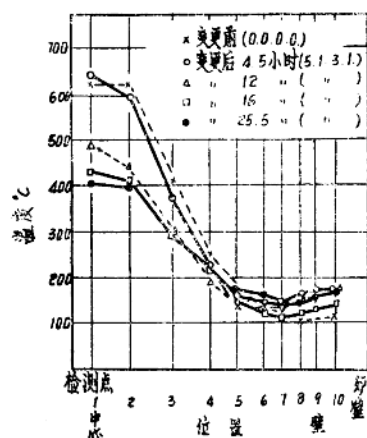


图16 开始采用可调炉喉进行煤气分布控制后的温度分布曲线的变化

厂，为了处理粉尘而生产还原球团并将其装入高炉，图17系其一例。倘若非粉尘处理，目前无论在节能上还是在成本上均不合算。

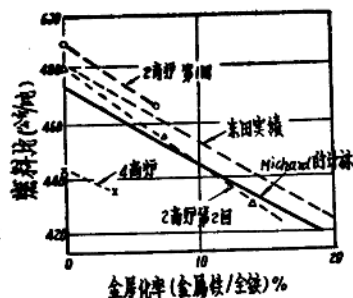


图17 炉料金属化率和燃料比的关系

3.1.7 降低燃料比的操作因素及其效果

炼铁部门各种技术的汇集不断降低了高炉燃料比。表 2 归纳出各项操作因素及其效果。

3.1.8 对降低高炉燃料比的展望

现叙述对于今后降低燃料比措施的展望。目前燃料比的记录是新日铁君津3号高炉在1975年3月创造的431公斤/吨铁水(焦炭365公斤/吨,重油66公斤/吨)。认为这是当前现实的指标。表3系当时的操作参数。

关于今后燃料比的目标或其极限，最近发表有二篇报导，将其结果归纳成表4。若

表 2

降低焦比的操作因素及其效果

因 素	措 施	效 果	备 注
喷 吹 重 油	⊕ 1公斤/吨生铁	⊖1.0—1.4 公斤焦比	适用50—100公斤油/吨生铁
鼓 风 温 度	⊕ 100℃	⊖ 8—20 公斤焦比	900—1250℃
湿 度	⊖10克/标米 ³	⊖ 6—10 公斤焦比	
烧 结 矿	⊕ 10%	⊖ 5—10 公斤焦比	
球 团 矿	⊕ 10%	⊖ 5—10 公斤焦比	0—20%
辅 助 原 料	⊕ 10公斤/吨生铁	⊖ 2— 3 公斤焦比	
焦 炭 中 灰 分	⊖ 1%	⊖ 5—10 公斤焦比	
强 化 矿 石 整 粒	8—40→8—30毫米	⊖10—13 公斤焦比	使用30—40%
	8—30→10—25毫米	⊖ 5— 7 公斤焦比	
原料中 5 毫米以下的比率	⊖ 1%	⊖ 4— 7 公斤焦比	
铁水中Si%	⊖ 0.1%	⊖ 4— 7 公斤焦比	
渣 比	⊖ 100公斤吨/生铁	⊖15—25 公斤焦比	250—350公斤/吨生铁
还 原 球 团	⊕ 10%	⊖15—25 公斤焦比	全铁67—69% 金属铁38—41%
炉内平均煤气流速	⊖ 0.1米/秒	⊖2.5—3.0公斤焦比	2.5—5.0米/秒

表 3

1975年3月记录君津3号高炉燃料比时的操作参数

项 目	数 据	项 目	数 据
出 铁 量	9533 吨/日	人造块矿配比	100.0%
利 用 系 数	2.35吨/米 ³ /日	焦 炭 灰 分	12.0%
焦 比	365 公斤/吨	渣 量	323公斤/吨
重 油 比	66 公斤/吨	铁 水 温 度	1508℃
燃 料 比	431 公斤/吨	铁水中 [Si]	0.30%
矿 焦 比	4.47	炉 顶 温 度	107℃
鼓 风 量	6374 标米 ³ /分	气 体 利 用 率	51.9%
氧 气	5476 标米 ³ /小时	烧 结 矿 中 FeO	7.0%
鼓 风 温 度	1316℃	烧 结 矿 平 均 粒 度	19.1毫米
鼓 风 湿 度	7.1克/标米 ³	溶 解 碳	97.4公斤/吨
炉 顶 压 力	2279克/厘米 ²	直 接 还 原 率	32.9%
烧 结 矿 配 比	92.5%	氢 还 原 率	9.7%
球 团 矿 配 比	7.5%	间 接 还 原 率	57.4%

根据这些实际成绩以及预测来看,在积极地采用现有技术的情况下,在不久的将来最好的高炉达到425—430公斤/吨 铁水的目标是

妥当的。如果在现有的技术上研制采用新技术,同时在原料方面有所改善,则400—405公斤/吨 铁水将成为今后长远的目标。

表 4

高炉燃料比的极限

(模式1: 第50次炼铁部会(讨)钢管福山, 模式2: 第51次炼铁部会(讨)新日铁君津)

项 目	单 位	模 式 1					模 式 2		
		起 始	不 久 将 来		较 远 将 来		起 始	将 来	
		参 数	参 数	燃料比 效 果	参 数	燃料比 效 果	参 数	参 数	燃料比 效 果
燃 料 比	公斤/吨	460	425	Δ 35	405	Δ 55	455	402	Δ 53
焦 油 比	"	390	355		335		379	330	
重 油 比	"	70	70		70		75	72	
人造块矿配比	%	80	88	Δ 4	88	Δ 4	100	100	
渣 比	公斤/吨	325	310	Δ 4	310	Δ 4	321	218	
焦炭灰分	%	11	11	0	11	0	11.7	10	
鼓风温度	℃	1240	1300	Δ 9	1300	Δ 9	1275	1350	
鼓风湿度	克/标米 ³	12	5	Δ 5	5	Δ 5	10.7	0	
铁水中 Si	%	0.50	0.40	Δ 6	0.4	Δ 6	0.35	0.33	
炉身效率	—	0.94	0.96	Δ 7	0.98	Δ 14	—	—	
炉体热损耗	千卡	—	—		⊖ 2×10 ⁴	Δ 6	—	—	
铁水温度	℃	1520	1520	0	1470	Δ 7	1514	1514	
气体利用率	%	—	—	—	—	—	49.8	57.8	
炉料 FeO	%	—	—	—	—	—	6.8	0.0	
溶解碳	公斤/吨	—	—	—	—	—	91.6	95.5	
矿石还原率	%	—	—	—	—	—	—	75	

3.1.9 高炉操作因素的变化和炼铁总能量之间的关系

使操作因素变化来谋求降低燃料比时, 总的能量将如何变化? 这点是颇有趣味的。正在进行若干这方面的研究。图18就是其一

例, 说明炼铁厂基本购入能源的增减。若其他部门没变化, 则这种增减可认为是炼铁的能量变化。据图18可知: 在降低燃料比的措施当中, 提高气体利用率和增加喷吹重油量有利于降低能源消耗, 而提高鼓风温度和增

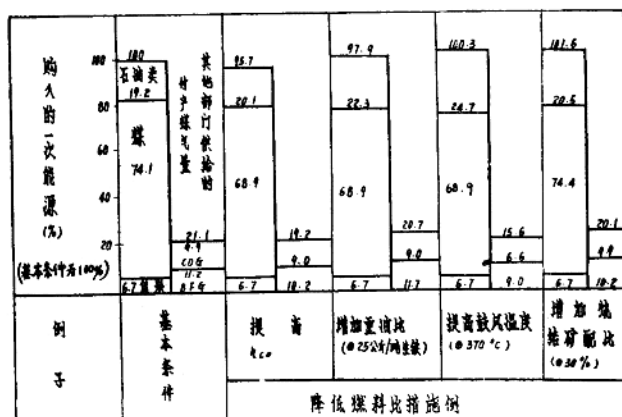


图18 焦比降低30公斤/吨生铁时能量平衡的变化(%)

表5 高炉操作条件的变化对能耗产生的影响

	基本条件 (样板厂)	条件变化	焦炭、球团、烧结过程的能量变化 (10 ³ 千卡/吨铁水)	高炉操作上的能量变化				总能量变化	
				焦炭 (10 ³ 千卡/吨铁水)	重油比 (公斤/吨铁水) (10 ³ 千卡/吨铁水)	电力 (千瓦小时/吨铁水) (10 ³ 千卡/吨铁水)	煤气、其他 (10 ³ 千卡/吨铁水)	小计 (10 ³ 千卡/吨铁水)	% (10 ³ 千卡/吨铁水)
原料条件	烧结矿、球团矿配比	70% 30%	烧结矿 球团矿 总变化	±0	±0	±0	±0	±0	+1.02
	炉料中的精矿配比	70% 30% 0%	球团矿	(如果能使用优质的整粒矿, 高炉的能量将无变化.)					
	渣比	280公斤	焦炭	+6.0 +43.2	±0 ±0	+2.1 +5.1	-10.5	+37.9	+1.04
	焦炭灰分	11%	焦炭	—	—	—	+2.3	+2.3	+0.17
喷吹辅助燃料	半还原球团矿	70% 30%	预还原焦炭 总变化	-22.0 -158.4	±0 ±0	-3.0 -7.4	+11.2	-154.6	+2.27
	喷吹重油	400公斤 65公斤	焦炭	-11.0 -79.2	+10.0 +100.0	+0.6 +1.4	-13.7	+8.5	-0.07
	天然气	400公斤 65公斤 0	焦炭	+0.4 +2.9	-65.0 -650.0	+4.2 +10.4	+675.7	+39.0	+0.92
	焦炉煤气	400公斤 65公斤 0	焦炭	±0 ±0	-65.0 -650.0	+1.1 +2.7	+691.2	+43.9	+1.04

新	煤	焦 比 重油比 煤	400公斤 65公斤 0	0 -65公斤 +80公斤	焦 炭	±0	±0 ±0	+65.0 +650.0	-1.5 -3.7	+629.2	-24.5	-25	-0.59
	富 氧	焦 比 重油比 氧 气	400公斤 65公斤 1.5公斤	(+1.7%) 3.2%	焦 炭	-19.4	-18.0 -129.6	+15.0 +150.0	-7.9 -19.5	-29.3	-28.4	-48	-1.13
技	高 温 鼓 风	焦 比 重油比 鼓风温度	400公斤 65公斤 1250℃	(-100℃) 1150℃	焦 炭	+32.4	+30.0 +216.0	-16.5 +165.0	+2.6 +6.3	-53.5	+3.8	+36	+0.85
	低 温 度 鼓 风	焦 比 重油比 湿 度	400公斤 65公斤 15克/标米 ³	(-5克/ 标米 ³) 10克/标米 ³	焦 炭	-11.6	-10.7 -77.0	+5.6 +56.0	-1.0 -2.5	+22.1	-1.4	-13	-0.31
术	高 压 操 作	焦 比 重油比 炉顶压力	400公斤 65公斤 表压2.5公 斤/厘米 ²	(表压-0.5 公斤/厘米 ²) 表压2.0公 斤/厘米 ²	焦 炭	+8.6	+8.0 +57.0	±0 ±0	-8.6 -21.0	-20.8	-15.8	+24	+0.56
	往 炉 腹 喷 吹 转 化 煤 气	焦 比 重油比 转化煤气	400公斤 65公斤 0	-100公斤 0 351标米 ³	焦 炭	-108.0	-100.0 -720.0	±0 ±0	-12.0 -29.4	+867.3	+117.9	+10	+0.24
铁水中Si 含 量		焦 比 重油比 Si含量	400公斤 65公斤 0.65%	+0.1%	焦 炭	+4.3	+4.0 +28.8	±0 ±0	+1.0 +2.5	-8.1	+23.2	+28	+0.66

* 样板厂每吨铁水的基本能耗为4232×10³千卡/吨铁水

加烧结矿配比则不利于降低能耗。不过,这是各种措施单独变化时的试算结果。如果在提高鼓风温度的同时,例如提高重油比,两者复合作用,那么,就将有利于降低能耗。关于烧结矿也因多用价廉的粉焦和少用昂贵的块焦而起着降低成本的作用。

国际钢铁协会设有样板厂,广泛地研究那里的能源状况的变化,表5系其结果。

3.2 高炉上的节能技术

如同叙述过的那样,高炉上的节能技术以燃料比为中心。但是最近高炉炉顶余压发电以及热风炉废气热能回收技术已作为废能利用技术进入了实用阶段。关于高炉炉顶压发电的详细内容由另文报导。但是找到回收压力能这一新的节能方法以及从平均为 250°C 这一较低温度的热风炉废气中回收热能的节能技术这两点应当特别一提。关于炉顶余压发电的能量回收量,在炉顶压为 $2.0-2.5$ 公斤/厘米²,高炉煤气发生量为 $1400-1500$ 标米³/吨铁的条件下,发电量为 40 千瓦小时/吨,其能量回收量为 60×10^3 千卡/吨,被回收的煤气压力能为 60% 。就热风炉废气热能回收而言,在废气温度为 250°C 和废气量为 $800-900$ 标米³/吨铁时,回收 20×10^3 千卡/吨铁的能量,约相当于废气能量的 30% ,使热风炉热效率提高 $3-4\%$ 。上述结果已有报导。图19示出热风炉废气热能回收的流程。

作为今后的方向来说,要不断谋求表1列出的废能的有效利用,并且高炉炉渣显热的有效利用应当和使其再度成为资源利用的技术并行发展。

3.3 焦炭部门的节能

在考虑焦炭部门的能源问题时,需要分成以下三点来阐述:

- (1) 作为原料能源的煤;
- (2) 干溜煤用的热量单耗
- (3) 焦炭、发生煤气、燃烧废气等的

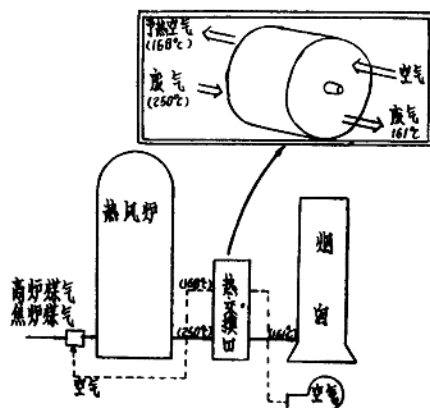


图19 热风炉废热回收概念图

显热

3.3.1 原料煤问题（节省强粘结性煤或利用非结焦煤）

日本钢铁生产过去显著发展,到1973年已达一亿二千万吨,随后因不景气,生产停滞而稍有下降,然而仍有一亿多吨。生产这些钢铁所需要的原料煤为 6500 万吨,除了约 1000 万吨为日本煤外,其余 5500 万吨要靠进口。进口原料煤的产地以美国、澳大利亚、加拿大为首,遍布世界各国。通过先进的配料技术和预处理,从牌号繁多的原料煤中生产出了高质量的高炉用焦炭。世界上煤的蕴藏量为 $6-8$ 万亿吨,其中经济上有开采价值的为 4300 亿吨,而原料煤又只有其中的 $20-30\%$ 。但是,由于开发煤矿的投资增大和确保劳动力方面存在问题,加上环境保护和资源保护政策重要性的增强,开发速度显著缓慢,不能期待大幅度提高煤炭的增长速度。由于存在这一背景,在原料煤的消费量年年增大的过程中其供应就愈加紧张,供应变得不稳定,质量变劣,以石油危机为主要原因的煤价高涨等都作为重大问题而突出地存在。原料煤产量问题由于最近钢铁生产下降而暂时得以缓和,若从长远来看,将丝毫没变化。图20系原料煤的价格上涨经过;图21系由其影响而引起的生铁成本构成要素的

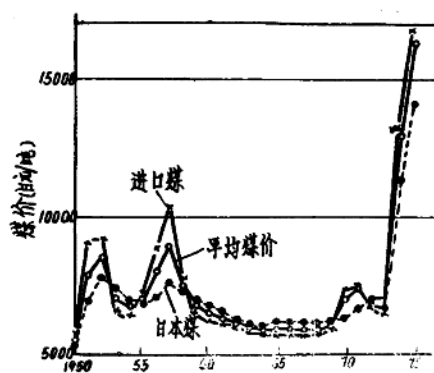


图20 日本煤、进口煤的平均价格的变化 (CIF)

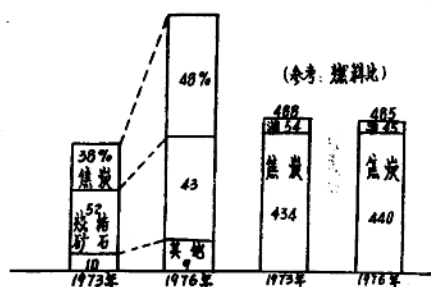


图21 炼铁过程中所用的主要原料费用比重的变化

变化。

为了应付上述形势，一方面努力降低高炉的焦比，另一方面在焦炭部门正积极研究保持和提高焦炭质量的对策以及旨在扩大原料煤来源的劣质煤利用技术。

图22示出以炭化室式焦炉为对象的劣质煤应用技术的典型例子。

成型煤料配合法是预先加入粘结剂并用辊式成型机将煤装料量的30—40%压制成型，再和剩下的煤装料量混合后进行焦化的一种配煤炼焦方法。本方法的原理是利用由于充填密度的增大(7—9%)和干馏过程中成型煤料自身的膨胀力而产生的使整个装入煤料粘结性增强的效果。采用本方法，非结焦煤为5—10%，根据条件甚至可使用到20%左右。具有仅增设成型工序而现有的炼焦设备可照旧使用的优点。如表6所示，该法已在各炼铁厂采用，其用量约占高炉用焦炭的40%。图23示出采用本方法的非结焦煤的使用比例及其对高炉操作的影响。使用比例可达20%而使用中毫无问题。

预热煤装炉法是将煤料预先加热到200℃左右再装炉的一种方法。该法有效地

工 名 称	工 艺 流 程 图	效 果	基本技术的 位置
成型煤料配合法	<pre> 粉 煤 ——— 60—70% ———> 装 煤 — 焦 炉 30—40% —> 成 型 粘结剂 ———> 成 型 </pre>	DI_{15}^{50} 提高1—2% 非结焦煤可使用量为5—10%	焦炭质量措施的技术 适用于现有焦炉
预热煤装炉法	<pre> 粉 煤 — 干燥预热 — 装 煤 — 焦 炉 </pre>	DI_{15}^{50} 提高2—4% 非结焦煤可使用量为5—10%	焦炭质量措施的技术 适用于新设焦炉
粘结剂添加法	<pre> 粉 煤 — 添加 — 装 煤 — 焦 炉 粘结剂 — 改质 — 人造结焦煤 — 装 煤 — 焦 炉 </pre>	流动性提高 DI_{15}^{50} 提高2—3% 非结焦煤使用量目标为3—5%，因添加粘结剂为5%	焦炭质量措施的技术 可适用于现有的焦炉

图 22 可期待的原料煤相应技术 (炭化室式焦炉)

表 6

各炼铁厂煤料成型设备运转状况

公 司	炼 铁 厂	能 力 (吨/日)	开 始 运 转 日 期
新 日 铁	八 幡	2400	1971年11月
	君 津*	2900	1976年10月
	大 分	2400	1977年 4 月
日 本 钢 管	京 浜	800	1973年 8 月
	福 山	3000	1975年 9 月
住 友 金 属	和歌山**	1700	1975年 5 月
	鹿 岛**	4700	1975年10月
神 户 制 钢	加古川***	3000	1976年11月
合 计		20900	

备注：*新日化所属**住金化工所属***关西热化学所属

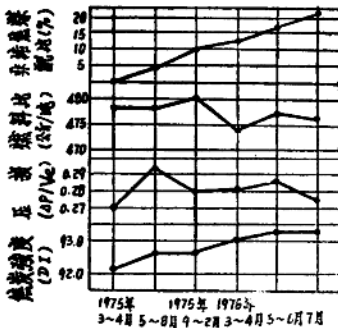


图23 采用成型煤料配合法焦炭的高炉操作经历

利用充填密度的增大和干馏时煤料的软化熔融特性的变化。根据预热煤料运送方法的不同，该法的生产工艺有科鲁特古方式（管道装料）、不勒卡朋方式（链式运输机装料）和西姆卡方式（装煤车装料）等。在日本，不勒卡朋方式在新日铁室兰厂计划于1978年底投入运转。

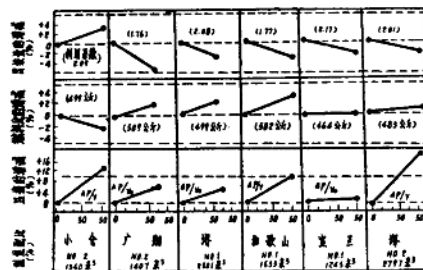
粘结剂添加法是通过粘结剂（沥青等）的添加混合从外部补足煤料粘结性不足的一种配煤炼焦方法。粘结剂有两种：石油类（沥青、热改质硬沥青）和煤炭类（焦油沥青、煤的溶剂提取物）。部分石油类已实际

使用，但问题是含硫高。煤炭类尚处于研制阶段。无论哪一类粘结剂今后都将面临含硫量和价格这两个课题。

在提高强度方面不仅仅采用上述方法，此外还进行加油、选择破碎、干燥煤装炉等，正在取得成果。

就炭化室式焦炉而言，即使采取上述措施，劣质煤的使用无论如何也有限制。为了以高的比例使用非结焦煤和弱结焦煤，正进行型焦制造法的研究。

型焦由于其形状和其原料选择的特殊性：若与炭化室式焦炭比较，在特征上存在相当大的差异。对其作为高炉用焦炭的评价，只有通过高炉实际使用的试验才可作出。



自1971年以来进行了几次高炉使用试验，迄今获得的感觉是：如果注意其质量，型焦是有可能实际使用的(图24)。恐怕应当在原料

煤问题再度变得严重之前使型焦技术处于实用化阶段。按其原料和成型方法以及干馏方式的不同进行分类的型焦制造法示于图25。

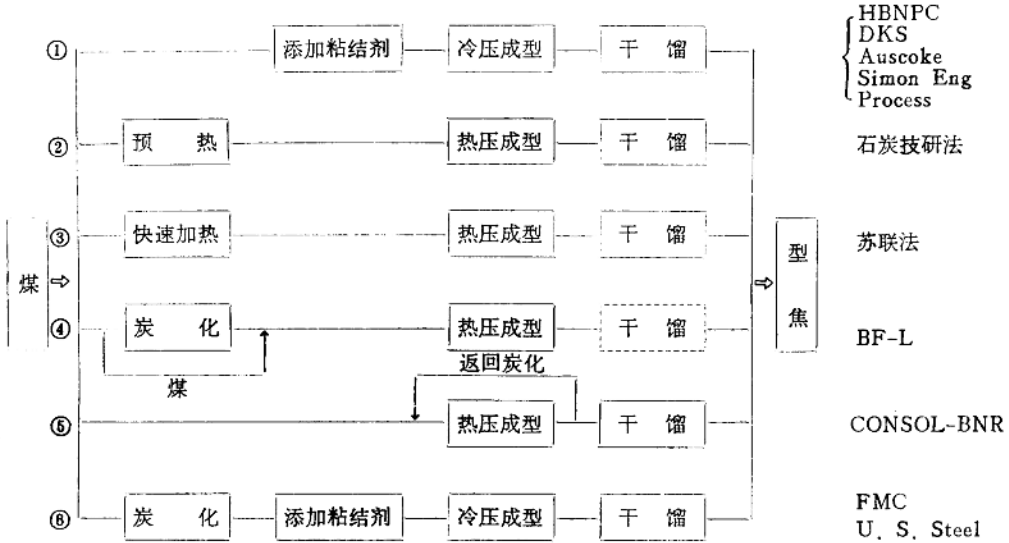


图25 型焦的基本原料和成型方式

创立以上所述的范围广泛的原料煤相应技术，扩大原料煤来源，充分利用廉价煤，以缓和煤供应量的紧张。这一点对焦炭部门来说是比节约热量(千卡)更为重要的课题。

3.3.2 煤干馏过程中的节能

图26系煤干馏时热平衡的一例。已知今后节能的要点在于以下3点：

- (1) 减少约占总输入热量90%的干馏热量；
- (2) 回收约占总输出热量40%的红热焦炭的显热；
- (3) 回收发生煤气和废气的显热。

焦炉的煤干馏管理旨在保持各炭化室的干馏终点时间均一，为此就需要控制与各炭化室相关联的燃烧室的温度均一。根据减少干馏热量的观点，下述各点是重要的：使装入各炭化室的煤料量均一；使输入到与各炭化室对应的燃烧室的热量均一；提高基于空燃比管理的燃烧效率；使相应于炭化室坡度的温度分布适当。另一方面，也需要按照装

炉煤量及其水分等的条件变化控制输入热量。过去，这些管理大多依赖于焦炉操作人员的熟练。但是，现已普遍采用气体燃料的发热值控制装置以及通过废气中氧含量的分析仪和烟道闸门的联锁化实现空气过剩系数管理的自动化等。此外，也采用由以上两项控制和燃烧室的温度检测、炭化室的炭化末期检测组合而成的总燃烧管理系统。有报导说：燃烧管理自动化的效果是减少了10000

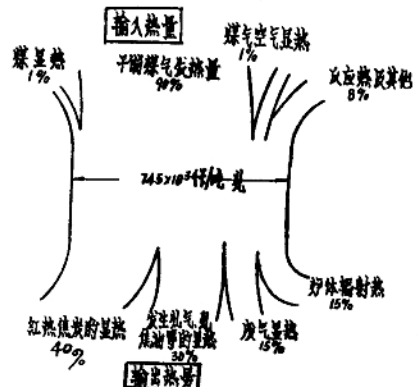


图26 焦炉热平衡例