

# 济钢2号1750 m<sup>3</sup>高炉布料矩阵的探索与优化

刘晓晨 刘德楼 张殿志  
(济钢集团股份公司)

**摘要** 针对影响高炉生产的各种不利条件,济钢2号1750 m<sup>3</sup>高炉对大矿批、大矿角、大角差的布料模式进行了积极的探索,达到了维持矿焦比合理分布的目的,保证了高炉的稳定顺行。

**关键词** 高炉 布料矩阵 优化

## 1 引言

济钢2号1750 m<sup>3</sup>高炉采用PW紧凑型串罐无料钟炉顶,微孔炭砖-陶瓷杯综合炉底、炉缸结构,砖壁合一薄壁内衬结构、铜冷却壁技术、联合软水密闭循环系统,设有2个铁口,24个风口。高炉自2005年投产后,十分注重布料矩阵在生产中的作用,一直在分析、研究、探索布料矩阵。由于高炉生产经常遇到外部各种不利条件的影响,必须对布料矩阵进行积极调整才能维持较高的生产水平。我们在总结经验和教训的基础上,逐步消化和掌握了无料钟布料技术,在不断的探索创新过程中,布料矩阵不断优化,高炉各项经济技术指标大大改善,为实现优质、低耗、高效、长寿的高炉生产目标奠定了坚实的基础。

## 2 布料矩阵的探索历程

### 2.1 布料矩阵调节的主要目标

装料制度是高炉重要的操作制度之一,一个科学、合理的布料矩阵是根据高炉自身特点长期探索、优化的结果。高炉要想长期稳定生产,必须要有合理的布料矩阵。布料矩阵的根本是合理的焦炭平台和矿堆角,即形成合理的料面形状和合理的矿焦比分布。对高炉操作而言,形成有平台和漏斗的料面形状是追求的目标。这种料面结构具有形状稳定,矿焦比分布易控制,能够抑制炉料大小颗粒偏析等优点。

生产中控制合理的平台宽度和漏斗深度是关键环节:平台过宽、漏斗过浅,料面平坦,易使中心过重,边缘气流不易控制;平台过窄、漏斗过深,料面形状不稳定,不利于煤气流的稳定。

布料矩阵的探索将风量作为贯穿始终的生命

线,紧紧围绕合理的料面形状和矿焦比分布问题,以打开中心气流、稳定边缘气流为指导思想,大矿批、大矿角为方向,对布料矩阵进行了一系列有计划、有步骤的调整。整体调整思路如下:要想实现大矿批冶炼,必须有相应的大矿角,否则中心过重;要想有大矿角,必须有合适的边缘焦层厚度,否则边缘过重;要想有合适的边缘厚焦层,必须有合理的矿焦比分布,否则边缘发展、中心过重;要想有合理的矿焦比分布,必须有相应的大角差,否则平台不稳定、矿焦比难以控制。

### 2.2 探索布料模式,寻求指标优化的布料矩阵

(1)多环布料模式。济钢2号1750 m<sup>3</sup>高炉2008年以前经常使用的布料矩阵是 $C_{22222}^{98765}O_{33222}^{109876}$ ,布料角位与角度的对应关系见表1。使用这种布料矩阵时,中心焦炭负荷较轻,中心煤气流发展较好,在高炉各设备工作正常、原燃料条件较好的情况下,炉况不易失常,煤气利用随边缘气流的抑制而改善。

表1 济钢2号高炉布料角位与角度的对应关系

1.5 m料线	10	9	8	7	6	5
角度/(°)	40.5	38.7	36.3	34.0	31.5	28.5

进入2007年11月后,由于受炉缸偏行,冷却壁损坏漏水,原、燃料质量变差的影响,高炉顺行遭到破坏。由于风量萎缩,中心未吹透,下料不顺,压量关系不稳定,易出现管道,导致风压突升悬料。这一时期,布料矩阵的调节以强烈打开中心,稳定边缘,控制偏行为努力方向,把风量作为高炉操作的生命线。布料矩阵进行了如下变化: $C_{22222}^{98765}O_{33222}^{109876} \rightarrow C_{22222}^{98765}O_{33221}^{109876}$ ,并且10~5挡整体外推0.3°。调整的具体思

路是减轻中心焦炭负荷,将矿石逐步移向边缘,使中心矿石量减少,并且矿石比焦炭向边缘超前一个角位来实现敞开中心的目标,经过一段时间的调整,炉况恢复不明显。分析认为在矿角外推的过程中,没有形成相应的边缘厚焦层。由于边缘矿焦比大,边缘下料较中心缓慢,料柱不断塌向中心,导致平台不稳定,风量萎缩,中心无法吹透,并出现局部气流过甚的现象。因此在目前的条件下,按以往的意向吹透中心,阻力很大,如中心不开放,则炉缸不可能活跃,边缘势必过分发展,炉况进一步变差。

(2) 中心加焦布料模式。以上的探索与实践表明:在炉况较长时间不顺,炉缸不活跃,原、燃料质量较差的情况下,靠外移矿石来减轻中心焦炭负荷的方法来打通中心效果不明显。通过认真分析,决定采取中心加焦技术。根据高炉无钟炉顶设备情况,布料矩阵调整为  $C_{332214}^{1098763} O_{33221}^{109876}$ , 中心 3 号角位为  $17^\circ$ 。在强烈打开中心的同时,增加边缘焦层厚度,适当放松边缘,改善下料条件。通过精心操作,中心煤气流逐渐被打开,高炉顺行有了明显好转,高炉各项经济技术指标都有了很大的提高(见表 2)。

表 2 济钢 2 号高炉中心加焦前后的生产技术指标

时期	利用系数 $L/(m^3 \cdot d)$	焦比 kg/t	煤比 kg/t	富氧率 %	风量 $m^3/min$	风压 kPa	风温 $^\circ C$
前	2.31	379	144	0.66	3535	350	1181
后	2.54	379	164	1.58	3526	360	1194

通过一系列的调整,中心焦炭不断填充炉芯,更换出中心死料柱,炉缸逐渐活跃,风量增加。中心加焦后,边缘温度降低,炉体温度大幅波动减少,冷却壁水温差减小并趋于平稳,中心升高  $200 \sim 250^\circ C$ 。表明边缘气流逐渐稳定,中心气流获得发展,炉况和生产指标进一步改善。

(3) 大矿角、大角差的布料模式。为进一步稳定气流,提高煤气利用率,降低燃料比,在中心加焦布料模式取得成功以后,对增大矿角、拓宽布料区间模式进行了积极探索。大矿角意味着焦角和矿角同时加大,焦炭与矿石的分布同时向炉喉边缘外移<sup>[1]</sup>。为了形成足够的边缘负荷,最大的矿角大于最大焦角一个角位,布料矩阵调整为  $C_{22214}^{98763} O_{33221}^{109876}$ , 重新调整后的布料角位与角度的对应关系见表 3。

和之前的布料模式相比,角差由  $8 \sim 9^\circ$  逐步提高到  $12^\circ$ 。在小角差的布料模式下,由于布料较集中,布矿厚度增加,矿石偏析增大,料面先有一个调

表 3 济钢 2 号高炉布料角位与角度的对应关系

1.5 m 料线	10	9	8	7	6	3
角度, ( $^\circ$ )	42.8	39.6	36.8	33.8	30.8	12

整过程,大块矿石会向两侧低处滚动。这种滚动有很大的随机性,有时向边缘滚得多,有时向中心滚得多,导致煤气流有时受阻,有时畅通,煤气利用不稳定<sup>[2]</sup>。扩大矿角、拓宽布料区间后,炉料的滚动相对少一些,炉况的波动减小,有利于炉况的分析判断,可以在较大范围内利用煤气。

在  $C_{22214}^{98763} O_{33221}^{109876}$  的布料模式下,炉况顺行。但随着冶炼强度的逐步提高,时有爆震发生,结合炉顶摄像观察中心气流后分析认为:中心漏斗过大,气流过剩是形成爆震的重要原因。于是将中心 3 号角位由  $17^\circ$  减小到  $12^\circ$ , 中心漏斗随中心角位的减小而减小,成功处理了中心气流过于开阔的问题,煤气利用得到改善,炉况稳定性进一步提高。

在炉况顺行、冶炼强度较高、布料区间拓宽的布料模式下,小的矿焦批重,就会减薄料层厚度,不易稳定气流,容易出现小气流或小管道,同时出现边缘和中心两头轻的煤气分布,抑制煤气利用率的进一步提高。因此,矿批由以前的  $39 \sim 41 t$  加至  $44.5 t$ , 最大加至  $46 t$ , 在扩矿批的同时矩阵角度外推至最大  $43^\circ$ 。为保证中心气流的通畅,进一步稳定边缘气流,矩阵调整为  $C_{22215}^{98763} O_{44321}^{109876}$ , 适当增加中心焦,增加外环的矿石。此后矿批一直稳定在  $44.5 t$ , 配料焦比持续降低,炉况良好。

### 3 布料矩阵对原燃料变化的适应能力

一个科学的布料矩阵应该对原、燃料的变化应有较强的适应能力,在目前原、燃料和外围条件都不佳的生产环境下,高炉能够稳定顺行很好地证明了这点。

由于焦煤供应紧张,焦炭质量的持续恶化,焦炭指标始终处于一个下降趋势。而品质变差,使焦炭骨架作用减弱<sup>[3]</sup>,容易造成煤气流分布不均,带来的直接后果就是边缘气流不稳定,压量关系变紧。在分析原、燃料的变化和炉况具体表现后,布料矩阵调整为  $C_{22225}^{1098763} O_{44322}^{109876}$ , 矿焦同挡位,疏导稳定边缘气流,同时更利于中心气流的稳定和煤气利用率的提高。通过调整压量关系逐渐适合,风量逐渐加了上来,并且矿批扩至  $45 t$ (见表 4)。

通过调整各角位上的环数,焦炭分配倾向于平均,这样更有利于在靠近炉喉边缘处形成焦炭平台。

表4 济钢2号高炉调整前后高炉高炉生产技术指标

时期	利用系数 $v/(m^3 \cdot d)$	焦比 kg/t	煤比 kg/t	富氧率 %	风量 $m^3/min$	风压 kPa	风温 $^{\circ}C$
调整前	2.46	365	151	1.62	3535	367	1181
调整后	2.61	358	159	1.80	3592	362	1208

而煤气流微调靠调整不同角位的矿石环数来完成,使边缘和中心负荷的调整更为灵活、准确。这样就可以在不破坏整体装料制度的前提下,通过布料矩阵的微调,继续保持高炉稳定生产,取得很好的经济效益。

#### 4 布料矩阵与高炉长寿

高炉生产的稳定对高炉长寿至关重要,在稳定顺行的前提下,控制适度的边缘煤气流,是减轻炉体热负荷,保护冷却壁的重要措施。在采用中心加焦,大矿角布料模式下,边缘气流受到抑制,冷却壁温度波动小,水温差基本稳定在 $3^{\circ}C$ 左右,表明渣皮稳定,很好地维护了操作炉型,这是高炉长寿的必要条件。在中心煤气通畅、温度较高的情况下,煤气中的锌蒸气,碱金属随煤气排出,减少了凝结下沉、富集的可能性,减轻了对冷却壁的破坏,有利于冷却壁的长寿。

#### 5 对煤气流控制的思考

大矿批、大角差的布料模式对稳定煤气流,提高煤气利用率,但也对操作提出的更严格的要求。2号 $1750 m^3$ 高炉用矿品种杂多,质量波动很大,而且经常变化,加上焦炭质量下滑,给高炉操作带来很大挑战。在使用劣质原、燃料条件下,通过布料矩阵的优化来改善经济技术指标是高炉操作的核心。因此根据原、燃料条件适当调整矿批、角差显得非常重要。在原、燃料条件可以接受,设备工作正常的情况下,可以适当扩大矿批、增大角差,提高冶炼强度;当原、燃料条件下滑威胁到高炉顺行时,应缩小矿批、角差,保证风量不萎缩。

焦炭在不同环带上所起的作用不同,随着焦比降低,焦炭在中间环带的骨架作用越来越重要,而中

心和边缘的焦炭对矿石的料面形状和气流的平衡作用将会更加明显,保持中间环带的焦炭数量稳定,对稳定气流、提高高炉抗外界干扰能力有重要作用。在大矿批、大喷吹以后,焦炭负荷增大、炉缸中心死料柱的焦炭粉化率也更严重,导致料柱中心压死,气流边缘发展,容易出现边缘管道,风量与风压不对称。因此中心焦炭的作用非常重要,必须保持中心焦炭的主导气流作用。但中心气流往往随着发展中心而过大,不利于提高煤气利用率,如何使中心煤气流峰值强而窄是关键。由于十字测温杆的存在,中心焦角不能太小,这样对形成强而窄的中心气流不利。这种情况下6号矿角对控制中心气流非常重要,在矿角整体外推的趋势下,如果6号矿角也外推过大,必然使中心漏斗过大,中心煤气过旺而崩料,不利于提高煤气利用率,也不利于炉况的顺行。因此6号矿角不宜外推过大。

#### 6 结语

无料钟炉顶布料是无料钟技术的重要内容,灵活的布料对优化高炉操作有显著作用。济钢2号 $1750 m^3$ 高炉布料矩阵的优化过程表明:在一个合理的料面形状和矿焦比分布前提下,矿角外推,保证中心气流畅通、边缘气流稳定;根据炉况适当扩大矿批,这种装料制度可以产生较高的煤气利用率,既可以高产,又可以提高炉况稳定性,对原、燃料变化的适应性较强,有利于保护冷却设备和高炉长寿。

#### 7 参考资料

- 1 刘琦.谈无料钟炉顶布料规律.第八届全国大高炉炼铁学术年会论文集:1-4
- 2 熊良勇.无料钟炉顶布料实践及分析.钢铁,2004(7):12-15
- 3 张贺顺,刘利锋.首钢2号高炉装料制度调整实践.炼铁,2005(3):12-16

联系人:刘晓晨 电话:0531-88865783

(250101)山东省济南市工业北路21号济钢第二炼铁厂2号高炉

收稿日期:2008-06-11