

煤压实工艺在改善焦炭致密性的影响与实践

朱 从 文

(山东工程职业技术大学 建筑工程学院, 山东 济南 250200)

摘 要:近年来,高炉对焦炭质量要求越来越高,提高焦炭冷热态强度即焦炭致密性愈发重要。首先研究影响焦炭质量的因素:配合煤的堆密度,论述提高配合煤堆密度的现有方法应用及缺点。介绍煤压实工艺,详细了解煤压实工艺在改善焦炭强度中的作用。通过对比试验验证煤压实对焦炭质量的影响,确定了最佳煤压实工艺并设计实际生产试验方案。通过实际生产试验,介绍了配合煤运转流程、压实机布置方案及试验结果、环境除尘方案及效果。介绍了生产过程中的参数检测和控制,并对生产效果进行了验证。基于此,分析试验技术经济,得出煤压实工艺在提高焦炭质量方面有极大推广价值。煤压实工艺能够提高焦炭致密性,满足高炉生产需要。同时,通过在焦炉中煤压实工艺的践,验证了煤压实工艺对提高焦炭冷热态强度的作用。

关键词:焦炭;配合煤;致密性;煤压实;改善效果

中图分类号:TD94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2023)S2-0128-05

Effect and practice of coal compaction process on improving coke compactness

ZHU Congwen

(School of Architecture and Engineering, Shandong Engineering Vocational and Technical University, Jinan 250200, China)

Abstract: In recent years, the blast furnace has higher and higher requirements for coke quality, and it is increasingly important to improve the cold and hot strength of coke, that is, the compactness of coke. In order to study how to improve the quality of coke, first of all, the factors affecting the quality of coke - the bulk density of blended coal were studied, and the application and disadvantages of existing methods to improve the bulk density of blended coal are discussed. The coal compaction technology, and details the role of coal compaction technology in improving coke strength were introduced. The influence of coal compaction on coke quality is verified through comparative tests, and the best coal compaction process is determined and the actual production test scheme is designed. Through the actual production test. The combined coal transportation process, compactor layout plan and test results, environmental dust removal plan and effect were introduced. The parameter detection and control in the production process are introduced, and the production effect is verified. Based on this, the test technology and economy are analyzed, and it was concluded that coal compaction technology has great promotion value in improving coke quality. Coal compaction technology can improve the compactness of coke and meet the needs of blast furnace production. At the same time, through the practice of middling coal compaction process in coke oven, the effect of coal compaction process on improving coke cold and hot strength is verified.

Key words: coke; blended coal; compactness coal compaction; improvement effect

0 引 言

焦炭在高炉中具有提供热量、作为还原剂、供碳和反应骨架支撑作用 4 方面作用,其中骨架支撑作用起关键作用,这主要是因为焦炭远超其他固体燃料的冷热态强度,赋予焦炭优异的炉内支撑能力。在保证料柱完整性的同时,其块料间相互堆叠形成的疏松的骨架结构利于气体和熔融流体通过。在高

炉风口区以上形成有效骨架,承受铁液、液渣冲刷^[1-2]。因此,焦炭的冷热态强度(致密性)影响焦炭在高炉内的行为,如何提高焦炭的冷热态强度,成为焦化厂炼焦的一项重要任务。

1 提高焦炭强度指标的途径

1.1 入炉煤堆比重对焦冷热态强度的影响

入炉煤堆比重指焦炉炭化室内单位体积装煤质

收稿日期:2022-10-13;责任编辑:张 鑫 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22101302

作者简介:朱从文(1973—),山东济南人,高级工程师。E-mail:zhucongwen@163.com

引用格式:朱从文.煤压实工艺在改善焦炭致密性的影响与实践[J].洁净煤技术,2023,29(S2):128-132.

ZHU Congwen.Effect and practice of coal compaction process on improving coke compactness[J].Clean Coal Technology,2023,29(S2):128-132.

量,当入炉煤堆比重提高时,煤粒间接触更紧密,当煤粒软化膨胀增加的体积大于煤粒间空隙时,扩大了煤粒间接触面积,焦炭强度得以提高。另外,增加堆比重有利于煤粒在界面结合处发生反应,促进热解析出的一些小分子化合物相互缩合,产生更多不易挥发的液相物质,使焦炭的黏结性增加,同时,从焦炭气孔结构分析,增加堆比重会增大逸出气体阻力,使热解气体析出速度减慢,焦炭气孔率和比表面积下降,焦炭致密性提高、反应性降低。因此,增加配合煤的堆比重是改善焦炭质量,提高焦炭冷热态强度的重要途径。

1.2 增加煤堆比重的方法

目前,各个炼焦企业都在寻求提高配合煤堆比重的方法,目前主要有以下几种:

1) 捣固炼焦。此类方法利用捣固机将入炉煤捣成煤饼,用推煤杆将煤饼推入炭化室进行干馏炼焦。此方法已广泛应用,但对已有顶装焦炉来说,存在改造投资大、改造周期长、对炉体损坏严重、运行过程中不可控因素多等问题。

2) 型煤炼焦。此种方法是在配合煤中加入黏结剂,增加配合煤的黏结性,使成焦性能增强,堆密度增加。但因为型煤制作和配加工艺复杂,生产运行过程中稳定性较差,同时由于型煤成型过程中,烟尘严重污染环境。限制了型煤技术推广,仅在宝钢、太钢等单位应用。

3) 利用煤调湿技术。此种方法是利用蒸汽或

其他热源,通过烘干,降低配合煤水分,增加堆密度,从而达到改善焦炭质量的目的。但此种方法需流化床、大型除尘器等设备,投资巨大,限制了该方法推广。

基于此寻找一种工艺简单,稳定性好,改造难度小,投资小的增加煤堆比重的方法尤为重要。目前采用一种纯物理的方法将煤进行压实,缩小煤颗粒间空隙,从而增加堆比重。

2 煤压实对焦炭质量影响

试验通过寻找处煤压实压实的最佳压力,确定最优压实设备;寻找处最佳倒运次数及高度,确定煤压实工艺放置的最佳位置,使煤压实工艺在改善焦炭质量更好提高焦炭的冷热态强度。试验所用设备有对辊式压实机(压力可调)、摔碎平台(高度1.3、5 m)、小焦炉(40 kg)、密度测量仪、转鼓(直径800 mm)、强度测定仪、台秤。

2.1 试验方法

通过该试验主要找出该煤压实方法的最佳压力、最佳倒运次数及高度。

1) 进行比较试验,寻找最佳压实压力。首先称取配合煤200 kg,分成5组,每组配合煤40 kg。压力分别取1 600、3 200、4 800、6 400、8 000 kN,试验结果见表1。可知煤的堆密度随压力增大而逐渐增大,但达到一定程度后有所降低,最佳压力为4 800 kN。

表1 配合煤堆密度变化

| 试验压力/kN | 1 600 | 3 200 | 4 800 | 6 400 | 8 000 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 堆密度/(t·m ⁻³) | 0.96 | 1.01 | 1.12 | 1.06 | 1.06 |

2) 寻找最佳倒运次数。将5组经过压实后4 800 kN的配合煤导入3个平台,自由下落,在3个平台分别下落5次,测定各自堆密度,具体结果见表

2~4。可知配合煤堆密度随倒运次数增加而不断降低,煤压实后进入焦炉,倒运次数越少越好,因此,在煤压实工艺布置位置应该离煤塔越近越好。

表2 1 m平台摔下堆密度变化

| 下落次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 堆密度/(t·m ⁻³) | 1.10 | 1.06 | 1.02 | 0.85 | 0.85 |

表3 3 m平台摔下堆密度变化

| 下落次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 堆密度/(t·m ⁻³) | 1.10 | 1.04 | 1.01 | 0.86 | 0.86 |

表4 5 m平台摔下堆密度变化

| 下落次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 堆密度/(t·m ⁻³) | 1.11 | 1.05 | 1.02 | 0.85 | 0.84 |

3) 小焦炉试验。分别将5组压实压力为不同堆密度的配合煤装入小焦炉,进行炼焦试验,然后

测定各组焦炉对应的焦炭强度,每组试验结果见表5~9。

表5 1 600 kN 压实小焦炉试验结果

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 75 | 12 | 31 | 52 |
| 压实后 | 76 | 10 | 32 | 55 |

表6 3 200 kN 压实小焦炉试验结果

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 75 | 12 | 31 | 52 |
| 压实后 | 78 | 10 | 29 | 56 |

表7 4 800 kN 压实小焦炉试验结果

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 75 | 12 | 31 | 52 |
| 压实后 | 83 | 8.2 | 25 | 62 |

表8 6 400 kN 压实小焦炉试验结果

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 75 | 12 | 31 | 52 |
| 压实后 | 78 | 10 | 27 | 56 |

表9 8 000 kN 压实小焦炉试验结果

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 75 | 12 | 31 | 52 |
| 压实后 | 78 | 10 | 28 | 58 |

由5组小焦炉试验可知,配合煤所受压力越大,焦炭质量越好,但达到一定压力后,焦炭的质量有所下降,因此需合适压实压力。从试验结果看,当煤压实压力4 800 kN时,焦炭的质量最佳。

2.2 结果与讨论

在煤压实工艺中,煤压实压力为4 800 kN为最佳。而倒运次数和高度越小越好。因此应用煤压实工艺,使煤块内各组分煤的混合更加均匀,煤粒间的接触更加紧密,煤块密度达 $1.07 \sim 1.12 \text{ g/cm}^3$ 。煤块在运输过程中不断破裂,煤块和碎煤块的含量发生变化。装入炭化室后,完整煤块约占25%,碎煤块(10~15 mm)约占25%,散煤粒(<5 mm)约占50%左右,使炭化室中装炉煤的散密度增大。上述几项效果的综合作用,使焦炭气孔结构改善,焦炭耐磨强度提高。

3 煤压实工艺在焦化厂的实践方案

为更好验证煤压实在焦炭质量效果,在山东某焦化厂进行生产试验。根据试验结果,煤压实工艺设备放置的最佳位置应该在煤塔下面,但影响装煤操作,为此将煤压实设备放置在离煤塔最近的转运站。

3.1 煤压实实践工艺流程

煤经检查验收,确认灰分、硫分和牌号,进入翻车机卸煤,然后按室内煤库贮存煤种规定有规律地装入室内煤库。配煤系统按各种煤的配比,按顺序开启室内煤库下相应配煤盘配合后,经带式永磁分离器除去铁质杂物送进粉碎机,粉碎后送至煤塔炼焦(图1)。

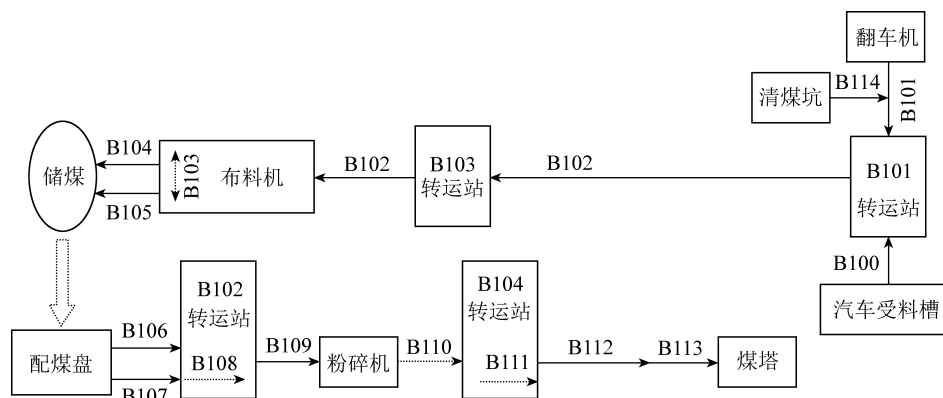


图1 工艺流程

3.2 煤压实实践方案布置

煤压实实践方案暂时布置在焦炉的运煤通廊内的离煤塔最近的转运站,转运站为暂定 B104。该转运站配合煤压实后直接进入煤塔,对配合压实型煤损害较少,能够保证入焦炉配合煤成型率。为此煤压实工艺布置主要是转运站布置及改造,设备型号的选择等。

3.2.1 现转运站布置

现有 B104 转运站共分为 3 层,各层标高为 -0.200、-3.600(部分平台为-4.000)、-8.000 m。

在 -0.200 m 平台上设有 B110 输送机,在 -3.600 m 平台上设有 B111 输送机,在 -8.000 m 上设有 B112 输送机。

具体运作流程为:配合煤通过位于 -0.200 m 的 B110 输送机倒运到 -3.600 m 平台的 B111 输送带,最后将配合煤倒运到处于 -8.00 m 平台的 B112 输送带,然后运往 6、7 号焦炉煤塔。

3.2.2 煤压实对现有转运站的改造

为实现对配合煤进行压实的目的,需要对 B104 转运站重新进行工艺布置。重新布置具体为:

1)根据工艺布置与现场实际情况,需将 -3.6 m 平台及 -4.0 m 平台拆掉。新建 -4.000 m 钢平台及 -5.412 m 钢平台。

2)在 -4.000 m 钢平台上安装压煤设备。在 -5.412 m 钢平台安装新建 B111 输送带机头部滚筒及驱动装置。

3)压煤机将来自 B110 输送机上的部分煤压实成球输送到下方的新建 B111 输送机上,同时来自 B110 输送机上的其他煤通过溜槽也输送到下方的新建 B111 输送机上,最终靠 B111 输送机将两股煤汇合后一并转运到现有的 B112 输送机上。

4)为便于新建 B111 输送机,需将 -4.000 m 平台拆除,同时新建 -5.412 m 平台。在 -4.000 m 平台上开散煤(未压实煤)溜槽孔。

5)为了控制分料,需要在 B110 输送机头罩溜槽处设一电动可控分料器。并起到三通作用。

煤压实转运改造完成以后。选择的配合煤压实机的规格型号见表 10。配合煤经过煤压实后性质长度为 1 190 mm,宽度为 90 mm,配合煤比重 1.1,单根煤棒重量为 3.85 kg。

表 10 煤压实机规格型号

| 理论压力/kN | 中心距/mm | 棍径/mm | 主电机功率/kW | 减速机速比 |
|---------|--------|-------|----------|-------|
| 4 800 | 1 202 | 1 200 | 160 | 71 |

3.3 经压实后焦炭质量的变化

配合煤经压实后,焦炭质量改善,抗碎强度提高

3 个百分点,尤其反应后强度提高 10 个百分点,提高焦炭性能。压实前后焦炭强度比较见表 11。

表 11 压实前后焦炭强度比较

| 名称 | M 40% | M 10% | 反应性 $C_{RI}/\%$ | 反应后强度 $C_{SR}/\%$ |
|-----|-------|-------|-----------------|-------------------|
| 压实前 | 82 | 8.5 | 25 | 55 |
| 压实后 | 85 | 6.0 | 25 | 65 |

3.4 除尘工艺

为保证煤压实烟尘不逸散,必须设置除尘装置。煤压实厂房、破碎机厂房粉尘经过管道脉冲袋式除尘器进行净化,净化后烟气经离心除尘风机、消音器,最后经烟囱排入大气。

随着滤袋表面粉尘层的增厚,除尘器的阻力逐渐升高,当设备阻力达到限定的阻力值或达到清灰时间设定值时,开始清灰。由 PLC 控制,清灰装置按设定程序进行逐室喷吹清灰,粉尘脱落进入除尘器下部的灰斗中。各灰斗中的灰通过双层卸灰阀落入刮板输送机,经刮板机落入贮灰仓,一部分经加湿处理后外运,一部分输送到焦炉加煤车用于袋式除尘预喷涂。

该工艺设一套布袋除尘器、除尘风机、管道系统、控制系统及烟囱。拦焦除尘设计风量 $5.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

除尘器采用高架布置,除尘器框架下部封闭,做为风机房、电气室。除尘净化烟气经 30 m 高,直径 2 000 mm 烟囱高空排放。该工艺内烟气性能参数烟量为 $52 000 \text{ m}^3/\text{h}$,烟气温为 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (除尘器处),烟气入口质量浓度为 $12 \sim 15 \text{ g}/\text{m}^3$ 。主要设备为离线长袋低压脉冲布袋除尘器(含本体电控及安装),除尘引风机(F 式)配高压电机,刮板输送机。

经布袋除尘器除下的粉尘卸至刮板机,由刮板机送至贮灰仓,贮灰仓下设有加湿机,防止卸灰时产生二次扬尘,加湿后的粉尘送由焦化厂收集利用。

除尘地面站设置于破碎机旁边,采用二层布置,一层为配电室和操作室,二层布置布袋除尘器、刮板输送机、贮灰仓等。

4 经济效益分析

4.1 建设投资

本研究方案建设项目总投资为 275.5 万元,建设项目总投资为静态投资,其投资详细构成见表 12。

表 12 按费用性质划分的投资构成

| 项目名称 | 投资额/万元 | 占静态投资/% |
|----------|--------|---------|
| 建筑工程费 | 38.88 | 14.11 |
| 安装工程费 | 25.03 | 9.09 |
| 设备购置费 | 186.56 | 67.35 |
| 工程建设其他费用 | 17.53 | 6.36 |
| 基本预备费 | 7.50 | 2.72 |
| 静态投资合计 | 275.50 | 100 |
| 建设期贷款利息 | — | — |
| 动态投资合计 | 275.50 | — |
| 铺底流动资金 | 0 | — |
| 建设项目总投资 | 275.5 | — |

4.2 增加效益测算

炼焦煤压实项目通过对入炉配合煤进行压实,提高入炉煤堆比重,增加焦炭致密性,提升焦炭质量。在入炉配煤技术方面,能够优化配煤结构,最大限度利用劣质煤,实现降低配煤成本的目的。

因此,通过优化配煤结构,多配加低质低价煤,可降低配煤成本 4 元/t。全年产量按 144 万 t 计算,年降低成本 576 万元。

4.3 增加成本费用

年增加电耗 176.37 万 kWh,电价 0.68 元/kWh。设备折旧费:按综合折旧法计算,折旧年限 15 a,残值率 5%。每年折旧费用 17.48 万元。维修费用按

固定资产的 3% 测算,每年增加修理费 8.28 万元。每年增加成本费用为 145.69 万元,

4.4 利润及税金测算

本项目经济评价采用不含税价格体系,仅缴纳城乡维护建设税按增值的 7%,教育费附加按增值的 5%、水利基金 1%。所得税税率为 25%。经计算销售税金及附加为 12 万元,年利润总额为 430.31 万元,所得税为 107.58 万元,净利润为 322.73 万元。

4.5 财务盈利能力分析

财务盈利能力分析可知税后项目投资财务内部收益率(税后) 117.14%,税后项目投资回收期(不含建设期) 0.85 a。

5 结 论

本项目实施后,正常生产年收益为 576 万元,利润总额为 430.31 万元。经测算项目税后指标,全部投资回收期(不含建设期)为 0.85 a,财务内部收益率为 117.14%。

从经济效益上看,采用煤压实项目,可在保证焦炭质量前提下,大幅降低配煤成本,减低企业生产成本,能够更好的实现目前的双碳目标,因此煤压实项目在焦化厂,尤其是钢铁企业的焦化厂,具有极大的推广价值。

参考文献:

- [1] 缪协兴,茅献彪,胡光伟,等. 岩石(煤)的碎胀与压实特性研究[J]. 实验力学, 1997(3): 64-70.
- [2] 马占国,郭广礼,陈荣华,等. 饱和破碎岩石压实变形特性的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(7): 1139-1144.