

干熄焦年修高炉干湿熄焦切换生产实践

薛小康, 刘红波

宁波钢铁有限公司, 浙江 宁波 315800

DOI:10.61369/ERA.2026100021

摘 要 : 本文系统总结了某钢铁企业 2025 年干熄焦年修期间高炉使用湿熄焦的过渡生产实践。通过配煤强化将强黏煤比例提升至 65%, 湿熄焦水分稳定控制在 3% ~ 5%, 配合高炉分步加焦 ($\geq 25\text{kg/t}$)、炉温保充沛及压差精细管理等操业调整, 两座高炉在 36 天年修期间实现稳定顺行, 综合燃料比 512.5kg/t, 较 2023 年同期仅升高 4.3kg/t, 校正外围因素后消耗水平优于往年。实践验证了事前预案与过程管控的有效性, 同时指出外购焦资源调配及干湿切换节奏的改进方向, 为同类年修提供了技术参考。

关 键 词 : 干熄焦年修; 湿熄焦; 高炉操作; 燃料比; 焦炭结构

Production Practice of Switching Between Dry and Wet Coke Quenching for Blast Furnace During Annual Maintenance of Dry Coke Quenching

Xue Xiaokang, Liu Hongbo

Ningbo Iron & Steel Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315800

Abstract : This paper systematically summarizes the transitional production practice of blast furnaces adopting wet-quenched coke during the annual maintenance of dry coke quenching in a steel enterprise in 2025. Through coal blending enhancement, the proportion of strongly caking coal was increased to 65%, and the moisture content of wet-quenched coke was stably controlled within 3%–5%. Combined with operational adjustments such as step-by-step coke addition ($\geq 25\text{ kg/t}$) for blast furnaces, sufficient blast furnace temperature maintenance and precise pressure-difference management, two blast furnaces achieved stable and smooth operation during the 36-day annual maintenance period. The comprehensive fuel ratio reached 512.5 kg/t, which was only 4.3 kg/t higher than that in the same period of 2023. After correcting external influencing factors, the consumption level was better than that of previous years. The practice verifies the effectiveness of advance plans and process control. Meanwhile, it points out the improvement directions for the allocation of outsourced coke resources and the switching rhythm between dry and wet quenching, providing technical reference for similar annual maintenance.

Keywords : dry coke quenching annual maintenance; wet-quenched coke; blast furnace operation; fuel ratio; coke structure

引言

干熄焦系统周期性年修是焦化生产的必要环节, 期间高炉被迫配用湿熄焦生产, 对炉况稳定性与经济指标构成挑战。如何实现干湿焦平稳切换, 最大限度降低对高炉产能和消耗的影响, 是钢铁联合企业年修组织的核心课题之一。本文基于某厂 2025 年 10 月至 11 月年修期间的生产数据, 系统梳理湿熄焦质量管控、焦炭结构调整、高炉操作应对及外围保障措施, 通过对比历史同期指标, 评估本次过渡方案的实施效果, 总结经验教训, 旨在为后续年修提供技术参考。

一、湿熄焦质量演变与管控

(一) 历年湿熄焦质量指标对比

比较近五年来焦化年修期间湿熄焦的质量变化情况, 发现其质量有不断变好的趋向。水分控制最好, 2015 年平均 7.01%,

40% 以上的批次大于 8%, 到 2025 年降到平均 4.32%, 93% 以上的批次都在 4%–8% 之间, 之后基本保持在 3%–5%。冷态强度 M40 由原来的 89.05% 提高到现在的 89.46%, M10 保持在 5.44% 左右, 抗碎、耐磨性能得到改善。热态指标上 2025 年 CRI 为 23.90%, CSR 为 66.85%, 比 2021 年低一点但是好于当年干熄焦全年平均

作者简介: 薛小康 (1990.03—), 男, 汉, 江苏省沭阳县, 本科, 工程师, 从事的研究方向: 高炉炼铁。

值(24.8%/66.1%)。灰分降到历史最低点12.10%，硫分上升到最高点1.00%，平均粒度50.21mm为历次最佳^[1]。整体而言，湿熄焦质量正逐步缩小与干熄焦的差距，为高炉配用奠定了物质基础。

（二）2025年湿熄焦配煤强化措施

为了克服湿熄焦工艺给焦炭强度带来的不利影响，制造部制定了分阶段配煤强化方案。年修期间把强黏煤的比例由原来的58%提高到65%，主要增加焦煤和肥煤的配比，焦煤组分由原来的10%提高到12%，肥煤由原来的8%提高到10%左右，同时改善瘦煤和气煤的比例，使配合煤的粘结指数G值保持在79%以上，Y值达到15.9mm。配煤成本上升大约10.8元/吨，但是预测的质量指标M40可以达到89.8%、M10为5.4%、CSR为67.0%。通过实际生产的统计数据来证明加强措施的可行性，各个参数同预估结果大体一致，说明提前提高配煤档次对于保证非常规焦炭品质起到关键的作用。

（三）2025年湿熄焦水分控制与质量评价

水分控制属于今年湿熄焦管理的主要特点。从槽下检测数据可知，使用初期水分保持在4%–6%，后期基本保持在3%–5%的较低范围内，比2023年同期的5%–6%和2015年宽幅波动要好得多。水分稳定可以明显改善高炉热平衡，减小由于水分变化引起炉温上下波动的现象。从整体上看，2025年湿熄焦与全年干熄焦的平均值相比，灰分低0.20个百分点、M40低0.7个百分点、M10高0.12个百分点、CSR反超0.72个百分点，热态强度实现了逆势增长，但是硫分偏高（1.00%）成了主要的短板。筛焦楼平均粒度50.21mm比干熄焦的52.08mm略低一些，仍然保持较好的水平，给高炉透气性提供保证。

二、焦炭结构变化与供应组织

（一）年修期间焦炭库存与到船计划

年修前3个月就开始对外购焦炭资源实施系统的锁定。9月共到货潞安、金晖、金岩、东义等干熄焦6.7万吨左右，10月又安排7.6万吨优质干熄焦到船计划，保证年修期间外购焦炭库存不低于安全线。焦炭批次启用日期同到船日期紧密配合，各种类别的焦炭在到达之后3–5天之内投入应用，防止出现堆积造成品质下降的情况。自产焦在年修期间保持130孔/天的高产速度，日产湿熄焦约为2600吨，给高炉自产焦配比保持在42%–51%提供资源保证。外购焦全部走散改集流程，物流部门加大运力保证供应不断裂，完善的资源预案有效支撑了年修期间未出现因断料或混料导致的生产波动^[2]。

（二）干湿熄焦过渡期间焦炭结构调整

过渡方案设计了七个步骤的递进式结构调整路线图，每一步用10到8个小时来安排实施。初始配比为自产干焦42%+外购干焦58%，之后以每步约10%的幅度递减自产干焦的比例，相应地递增自产湿熄焦的比例，直达到外购干焦58%+自产湿熄焦42%的稳定结构。每次改变都会伴随着焦比的提高以及操业参数的微调，从而保证过渡是平稳可控的。第一阶段湿焦含量达到10%的时候加焦比大于等于10kg/t，湿焦含量超过20%的时候根据炉况情况决定是否追加负荷退守，整个过渡过程总的加焦量不少于25kg/t，煤比不超过150kg/t。实际操作中10月9日到11日全部完成过渡，两座高炉一起进行，没有因为结构调整造成大的炉况

波动。

（三）高炉用焦炭结构实际执行情况

实际操作时焦炭结构按照库存以及炉况来灵活调整，大体依照预案架构并且加以改良。10月9日到11日过渡期内，自产湿熄焦比例为46%，外购干焦为47%，乌海焦为7%。从10月12日起停止使用乌海焦，自产湿熄焦比例由原来的51%提高到现在的56%，外购干焦比例由原来的49%降低到现在的44%。10月15日至23日自产焦为47%，外购焦为53%，10月24日至11月9日又回到50%：50%的平衡状态。总体来说自产湿熄焦实际配比是46%–51%，比预案中的42%要高一些，主要是由于高炉休风减产和自产焦增加这两个原因造成的。外购焦以潞安、金岩、金晖三家优质供应商为主，中间因为资源紧张启用了东义和晋茂焦，但是总体上质量可以控制。

三、高炉操作制度调整

（一）焦比与负荷退守策略

本次年修采用分步加焦、动态调节的负荷退守办法。总加焦量 $\geq 25\text{kg/t}$ ，第一步湿焦比例达到10%的时候先加焦比 $\geq 10\text{kg/t}$ ，第二步再加焦比 $\geq 5\text{kg/t}$ ，第三步视实际情况而定是否追加 $\geq 5\text{kg/t}$ ，剩余部分为备用。喷煤比一律控制在不超过150kg/t之内，防止由于煤粉置换比降低造成理论燃烧温度不够。实际操作过程中两座高炉综合焦比由年修前的326~328kg/t上升到现在的330kg/t左右，煤比保持在151kg/t，燃料比最终稳定在512.5kg/t左右。和2023年只加焦5~8kg/t就恢复正常炉况相比，按照预案有步骤地完成了25kg/t的加焦工作，虽然消耗有所增加，但是获得了整个年修期间炉况无异常稳定的回报，稳健的策略得到验证。

（二）炉温与气流控制

炉温管理要遵循“保充沛、防低炉温”的原则。铁水温度目标为1510℃，正常情况下不得低于1500℃，[Si]的目标范围是0.40%–0.50%，比正常的生产提高了大约0.05–0.10个百分点。当炉温低于1480℃的时候，在一个冶炼周期内必须采取提炉温的措施，两个周期内恢复正常，不能长时间低炉温运行。实际操作中两座高炉的平均PT都是1503℃、1504℃，[Si]控制在0.39%左右，炉温充足稳定。装料制度基本上是矿、焦四挡主力挡位，以保持中心气流为主、疏松边缘，克服湿熄焦粒度降低给透气性造成的不利影响^[3]。风量保持在4696~4804m³/min之间，压差控制在171~178kPa，煤气利用率 η -CO达到47.6%，炉况比较平稳。

（三）压差管理与槽下操作

压差管理实行分级响应制度，正常水平在175~180kPa之间，压差偏高就要及时减风并果断执行，临时减风100~200m³/min时顶压不用调节，如果风量长时间不能恢复，则按照每100m³/min风量对应5kPa顶压的原则来调整。槽下管理主要加强筛网清理、仓位控制，焦炭槽位应保持在70%以上，提前打开所有的焦炭筛子做好清筛工作，班中安排专人进行清理，技术组进行抽查。水分补正规则是化验值 $\leq 7\%$ 时按实际设定，7%–10%时按化验值加1%，>10%时按化验值加2%，每天检测一次。烧结矿粒度每周对每座高炉做一次检查，精细的操作可以保证入炉原

燃料的质量。

四、炉前作业与外围保障

（一）出铁组织与钻杆选择

在湿熄焦过程中加强炉前作业的“零间隔出铁”组织方式，保证渣铁能够及时排出，见渣率最低不得少于85%，实际操作中1号、2号高炉见渣率分别为93%、91%。出铁时间允许的情况下先用直径 $\Phi 50\text{mm}$ 的大钻杆，增加铁口出铁能力，缩短出铁时间，给炉况波动留出足够的作业窗口。组织重叠出铁的时候炉长要协调好，有效地控制冒烟等环保问题。强化出铁的效果就是铁水排放畅通无阻，没有因为渣铁堆积而造成风量恢复缓慢或者炉况不稳定的情况出现，给湿熄焦期间的顺利运行提供强有力的外部支持。

（二）干法除尘系统应对措施

采用湿熄焦后会使得高炉顶温降低 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 左右，干法除尘入口温度会降到 90°C 以下，给布袋除尘系统带来低温运行的风险。高炉作业区同设备管理室事先联系好，制订出干法系统的专项保障计划，包含削减冷却器冷却强度，改变除尘器反吹制度等内容。提前准备好足够的干法布袋备件，在低温运行的时候如果布袋损坏可以马上更换，防止因为除尘系统出现问题造成高炉减风或者休风。年修期间干法系统运行比较正常，没有因为温度问题引起大的设备故障，验证了前置预案的有效性。

（三）值班保驾与设备保障

在年修期间设立了厂级值班保驾制度，高炉技术组以及管理人员对整个过程进行全程跟踪，并且制定了一个初步的排班表，该表包含了从10月10日到13日夜晚的全部重要时间段。对于造成高炉停机的设备故障，按照正常的考核标准加倍处罚，加强设备管理部门的责任感。用每天的操业会来分析气流的变化、焦炭的质量波动和设备的运行状况，及时采取相应的措施。设备管理室提前整理出年修期间会对高炉产生影响的检修项目，避开高炉生产的高峰期，减少交叉作业带来的干扰^[4]。值班保驾同设备保障相联接起来之后，就使得湿熄焦运转期间出现的异常状况可以迅速作出反应并加以处理。

五、实施效果与分析

（一）湿熄焦使用期间高炉主要指标

2025年湿熄焦使用期间，两座高炉生产指标一直很好。1号高炉日均产钢量为6693.8t，燃料比为511.3kg/t，煤比为

151.0kg/t；2号高炉日均产钢量为6292.0t，燃料比为513.6kg/t，煤比为151.7kg/t；综合日均产钢量为12985.8t，综合燃料比为512.5kg/t。与2023年同期相比，综合日产量基本持平，燃料比升高约4.3kg/t，煤比微升0.9kg/t。由于2025年使用湿熄焦时入炉品位比2023年低大约一个百分点，并且湿度、焦炭灰分等外界因素也都发生了不利于控制的变化，但是实际消耗仍然处于理想范围之内，证明本次过渡方案总体成功。

（二）燃料比变化及影响因素分析

为了客观地评价燃料比上升的原因，做了多因素校正分析。以2023年为基准，2025年各因素对燃料比的影响分别是风温降低贡献0.27kg/t，湿度降低贡献 -3.45kg/t （有利），入炉品位下降贡献7.46kg/t，焦炭灰分降低贡献 -1.60kg/t （有利），焦炭硫分升高贡献0.34kg/t，煤粉灰分升高贡献2.00kg/t，煤粉硫分升高贡献0.23kg/t，煤粉固定碳降低贡献0.56kg/t。合计理论升高5.47kg/t，而实际仅升高4.3kg/t，即在相同的外围条件下，2025年的操作水平比2023年高大约1.17kg/t。该结果说明配煤强化、操业调整和过程控制可以抵消外部不利因素，达到燃料比的控制目的。

（三）存在问题与改进方向

本次年修虽然总体上是成功的，但是还存在着两个方面的不足。外购焦资源管理上没有严格按照计划来锁定优质的供应商，在干湿过渡期使用了质量较差的东义焦和乌海焦，并且在其中穿插使用了晋茂焦，品种更换频繁加大了高炉调仓的难度以及炉况的波动风险^[5]。年修之后自产焦由湿转干的过渡配比调整过快，造成高炉短时间内面对多种焦炭，既不利于配料的稳定，又加大了槽下的管理难度。未来改进方向就是完善外购焦供应商分级管理及合同约定制度，保证年修期间一直使用评价好的潞安、金岩、金晖三家焦炭；制订更为稳妥的干湿切换退出办法，拉长过渡时间窗口，削减品种叠加给炉况带来的影响。

六、结束语

2025年干熄焦年修时，依靠加强配煤，精确把控水分，有条理地调节焦炭结构，改善高炉操业系统应对情况等手段，使得两座高炉在湿熄焦使用过程中能够维持稳定的运行状态，综合燃料比相比2023年同期只上升了4.3kg/t，经过对外围因素的修正之后，消耗水平反而有所下降。从实践来看，事先做好充分准备、过程中的有效控制以及事后反思总结都是年修过渡成功的要诀。未来要着重改善外购焦资源调配体系和干湿转换速度，从而提高年修期间高炉生产稳定性与经济效益。

参考文献

- [1] 刘可. 干熄焦提升机自动化改进与实施 [J]. 燃料与化工, 2025, 56(2): 27-28.
- [2] 汤云禄, 谢金平, 黄海龙, 等. 干熄焦循环系统氧含量异常的分析与解决 [J]. 煤化工, 2025, 53(1): 55-58.
- [3] 陈亮. 优化干熄焦工艺对焦炭质量与余热回收的影响机理研究 [J]. 山西冶金, 2025, 48(1): 102-104.
- [4] 廖勇, 陈荣. 关于延长新钢干熄焦年修周期的工艺研究 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(9): 47-49.
- [5] 王洪顺, 高立东, 向海飞, 等. 干熄焦年修期间焦炭水分控制措施与效果 [J]. 燃料与化工, 2021, 52(3): 19-20.