

提高鄂钢烧结矿质量的生产实践

颜善韬

宝武集团鄂城钢铁有限公司, 湖北 鄂州 436000

摘要：介绍了鄂钢260 m²烧结机提高烧结矿质量的生产实践，结果表明：采用800mm以上厚料层、优化配矿、适宜的混合料水分、燃料粒度和FeO控制区间等措施，可有效改善烧结矿质量，满足2600m³高炉用矿要求。

关键词：烧结矿；转鼓指数；厚料层；优化配矿

Production Practice Of Improving The Quality Of Sintered Ore

Yan Shantao

Baowu Group Yicheng Steel Co., Ltd. Ezhou, Hubei 436000

Abstract： This paper introduces the production practice of improving the quality of sintered ore using a 260 m² sintering machine at Hubei Iron and Steel Co., Ltd. The results show that measures such as using a thick material layer of over 800mm, optimizing ore blending, suitable mixture moisture, fuel particle size, and FeO control range can effectively improve the quality of sintered ore and meet the requirements of 2600 m³ high furnace ore.

Keywords： sintered ore; drum index; thick material layer; optimize ore blending

前言：

随着钢铁行业的不断发展和产能扩张，对高质量、高性能烧结矿的需求日益增加，高品质的烧结矿不仅可以提高钢铁产品的品质和性能，还可以降低生产成本，提高企业的竞争力。鄂钢烧结矿是高炉的主要含铁原料，占入炉矿的比例高达72%，烧结矿质量的优劣，对高炉稳定起着决定性作用。而转鼓指数和低温还原粉化指数是烧结矿的主要质量指标，其高低直接影响到高炉炉况顺行。实践证明，烧结矿的转鼓指数高、粒度均匀、冶金性能优良是保证高炉料柱透气性的先决条件。随着鄂钢两座高炉生产能力不断增加，日产量从11000吨逐步提高至13000吨以上，对烧结矿质量要求不断提高。鄂钢烧结工艺技术人员通过试验研究和生产攻关，完成了烧结矿质量改善目标，为高炉稳定顺行打下良好基础。

一、烧结矿质量影响因素分析

烧结生产证明，影响烧结矿质量因素种类繁多且复杂。主要因素有铁矿粉的种类及烧结基础特性、固体燃料品种及粒度、烧结料层厚度及垂烧速度、烧结矿化学成分控制范围、烧结主要工艺参数控制、烧结生产稳定性等。

（一）配矿结构不稳定，品种多，堆间波动大

受鄂钢自身资源条件限制，无自有矿山和地域优势，主要使用进口粉矿和近地化精粉，配矿结构受降本压力和市场影响较大，经常频繁变化品种，增加小比例降本矿种，配矿品种多大15-18个，每4天重新造堆，上下堆之间除品种变化外，还受堆头堆尾粒级和成分变化影响，混匀矿波动大直接影响烧结矿质量。

（二）烧结固体燃料热值不稳定，破碎粒度不达标

目前鄂钢使用的固体燃料为无烟煤和自产焦粉，其中自产焦粉粒级分布不合理，小于0.5mm比例高达35%以上，大于10mm占比高达40%以上，粒度呈两级粉化状态。同时由于燃料大仓

容积较小，无烟煤和焦粉经常出现混放。为防止无烟煤破碎时打滑，采用焦煤混破方式破碎，造成了破碎后的固体燃料热值不稳定，粒度偏小，小于0.5mm占比高达50%以上，对烧结生产影响很大。

（三）熔剂结构不合理，熔剂质量不稳定

鄂钢烧结使用熔剂有生石灰、白云石、石灰石，且均为外购制成品。生石灰熔剂供应单位4家，且各家熔剂质量参差不齐，含钙量和活性度波动较大。由于无生石灰消化器，直接在混合机内消化，时间短难以完全消化，且造成烧结混合料水分难以稳定。石灰石和白云石中亦存在少量大于3mm颗粒在烧结过程中未能完全分解和矿化，游离的CaO残留在烧结矿中形成白点，储运过程中易吸水粉化。

（四）混匀制粒效果差的影响

鄂钢混合料制粒效果不佳，大于3mm的成球率仅为46%，受低水低碳理念影响，混合料实际水分较适宜水分控制偏低，总加水量不够。生石灰在混合机内消化吸收，甚至部分造好的小球也

* 作者简介：颜善韬，1982.12，男，汉族，湖北鄂州市，本科，工程师，研究方向：烧结工艺

遭吸水破坏。由于只有2段混合机，混匀制粒时间较短，亦为混匀制粒效果不佳的影响因素。

（五）布料制度不合理的影响

鄂钢烧结机布料沿台车宽度方向粒度偏析较大，特别是1号烧结机呈现南边粒度大于北边；高度方向上部分大颗粒停留在台车表层，未能进入台车底部，说明布料圆辊、九辊布料器等设备功能未正常发挥作用。

（六）烧结料层厚度的影响

料层厚度对烧结矿质量影响很大。厚料层烧结通过充分加强蓄热作用，矿物的固相和液相结晶生成更多的复合铁酸钙，改善烧结矿聚合体的微观结构、减少表层烧结矿比例，可有效改善烧结矿转鼓指数和低温还原粉化指数，降低烧结矿FeO含量并提高其还原性。鄂钢受装备和原燃料条件限制，台车料层高度长期处于750mm左右水平，对烧结矿质量不利。

（七）烧结工艺操作参数的影响

烧结的工艺参数包括烧结温度、垂烧速度、气氛等多个方面。这些参数的选择对于烧结矿的结构、机械性能、化学成分等方面都有重要影响。例如，烧结温度和烧结时间是影响烧结矿的烧结程度和结晶结构的重要参数。合理的烧结温度和时间能够保证烧结矿的结合度和烧结度，确保产品的机械强度和冶金性能。此外，气氛的控制也对烧结矿的质量有重要影响。合适的气氛能够促进烧结反应的进行，防止烧结矿产生氧化损失和结构破坏。

（八）化学成分的影响

SiO₂是烧结过程中液相生成的基础，其含量过高或者过低均影响烧结矿质量；FeO是烧结过程中温度和气氛的综合性指标，其对烧结矿性能有双重影响，过高或者过低均不利于提高烧结矿质量和改善冶金性能；Al₂O₃熔点高，在烧结过程中吸热，其为烧结矿黏结相铝硅铁酸钙组成成分之一，但其含量过高，烧结矿质量明显恶化；MgO有利于改善烧结矿RDL_{3.15}，但其不利于烧结矿还原性、转鼓指数和固体燃料的改善，烧结过程中应当控制合理范围，控制其不利影响；烧结矿碱度R是影响烧结矿质量的基本因素，碱度低烧结矿质量差，碱度高烧结矿质量优，应在平衡高炉炉料结构的前提下选择尽可能高的碱度来保证烧结矿质量。

二、提高烧结矿质量的措施

（一）优化配矿结构、设置关键成分边界

为了更好的服务烧结生产，稳定烧结矿质量，鄂钢采取了多种措施来优化配矿，一是在遵守铁矿石烧结基础特性和烧结杯实验结果的前提下，优化组合，建立了配矿主结构并锁定为长协矿，其比例达55%，从结构上的稳定保证了烧结矿物理性能和冶金性能的稳定；二是控制关键成分边界，Al₂O₃/SiO₂控制在0.38以下，Al₂O₃控制在2.0%以下，从配矿端来保证烧结矿液相生成基础条件。

（二）提高配料造堆准确率、消除堆间波动

在料场混匀矿造堆管理上，进行工艺流程优化和设备优化改造，一是打通输出系统与一次料场之间的障碍，每堆混匀矿切除

堆头和堆尾料3000吨，返回一次料场参与下堆配料，最大限度地消除堆间波动；二是提高配料设备精度，将配比低于3%的圆盘和配料秤进行改造，使其配入精度从2%提高至3‰，满足要求小配比配入要求。经过上述措施，鄂钢混匀矿稳定率提高0.7%，月综合稳定率达98%以上。

（三）稳定固体燃料热值，优化破碎粒度

为了稳定烧结固体燃料热值，鄂钢炼铁厂采取多项措施来改善，一是扩建了烧结煤仓，库位数从9个增加至18个，实现了焦粉和无烟煤的有效分离；修订煤仓管理制度，加强煤仓管理，做到了固体燃料的分仓、分堆、分取；煤仓增加4个沉井，通过自动排水确保煤仓无积水，增加煤粉水分稳定性。二是调整固体燃料破碎标准，由混破改为单独破碎，焦粉和煤粉采用不同破碎标准，同时提高破碎合格率至90%；三是优化工艺流程，设置翻辊、断轴等异常大颗粒煤返回重新破碎流程，消除了异常煤粉的影响。经过上述举措，鄂钢烧结固体燃料热值保持稳定，烧结固体燃料耗从最高62kgce/t逐年降低当前48kgce/t，内返率同步由26.70%逐步降低至当前19.51%，因固体燃料粒度和热值不稳定对烧结矿质量的影响完全消除。

（四）调整熔剂结构，改善熔剂质量

为降低熔剂对烧结矿质量影响，鄂钢烧结技术人员采取以下措施，一是提高生石灰熔剂质量标准，CaO含量大于84%，活性度大于260ml，并引入生石灰活性指数评价机制，通过末尾淘汰制度来减少供应单位数量，保证其质量的稳定；二是调整白云石、石灰石、生石灰的粒度控制标准，在小于3mm比例大于90%的基础上，增加大于5mm比例低于2%的规定，减少大块熔剂进行烧结生产，取得较好的成效，完全消除了烧结矿中的白点，稳定了烧结矿质量。

（五）改善混匀制粒效果

为改善混匀制粒效果，提高混合料成球率，采取了以下措施，一是在一次混合机前方胶带上喷水，提前消化生石灰，增加其消化时间，降低其在混合机内消化吸收对小球的破坏作用；二是对二次混合机内部衬板改型，由常规衬板改为逆流螺旋衬板，将制粒时间从4.17min延长至6.65min，经过检测，成球率由46提高至50.5%，提高了4.5%，效果显著。

（六）提高布料稳定性

为提高烧结机布料稳定性，采取了以下措施，一是在梭式布料小车头轮下料点安装挡板，将物料入仓抛物线改为垂直下落，同时调整梭式布料小车的行程，在料仓两端换向时停顿3秒，确保仓内料面基本保持水平，消除台车宽度方向上的物料偏析；二是九辊布料器倾角从42°调整至38°，转速由15Hz提高为25Hz，高度上增强物料偏析；三是调整九辊间距，从上至下调整为1-1-1-2-2-2-3-3mm，

通过上述措施，消除了台车宽度方向的偏析，增强了高度方向上的偏析，消除了表层大颗粒混匀矿，有效提高了布料的稳定性。

（七）提高料层厚度

厚料层烧结加强了烧结过程蓄热作用，延长了高温保持时

间，液相生成条件更充分，能显著提高烧结矿质量。但料层厚度的增加对原料条件和装备能力提出了更高的要求。既要改善原料的透气性能，又要降低漏风率，提高台车栏板高度，更要考验主抽风机能力。

鄂钢1、2号260m²烧结机分别于2020年6月和2017年12月进行了台车栏板加高至800mm改造。改造后，料层厚度成功从720mm提高至750mm；为了进一步提高料层，采取了以下措施，一是调整配矿结构，降低精粉比例至13%以内，提高混匀矿原始粒径至2.8mm，保证了烧结料层原始透气改善的基础条件；二是开展烧结机系统性漏风治理，降低台车本体、风箱、大烟道、卸灰阀、机头电除尘和主抽风机机壳等部位漏风，漏风率降低至40%以下，通过上述措施，烧结机料层厚度成功提高至820mm，烧结矿质量指标进一步优化。

（八）选择合理烧结工艺参数

鄂钢烧结能力小于高炉，长期以来烧结生产组织模式以产量为牵引，导致烧结矿质量一直低位徘徊。众所周知，烧结机料层厚度不变的条件下，机速快则产量高，垂烧速度大；垂烧速度大又导致烧结过程高温保持时间短，最终导致烧结矿质量下降。近两年来，在烧结工艺技术人员努力下，逐渐扭转了这种观念，树立了质量为先的理念，即在烧结质量满足高炉需求的情况下，最大化的发挥烧结产能，经过不懈的努力，逐渐建立起围绕高炉稳定顺序的烧结矿质量和产量生产的“动态平衡”体系。在该体系的指导下，烧结机垂烧速度由23mm/min降低至16mm/min；点火温度由1000±50℃提高至1100±50℃；烧结终点温度由330±30℃提高至370±30℃；经过上述调整，烧结矿质量逐年提升，到达行业中上游水平。

（九）选择适宜的烧结矿碱度、亚铁和镁铝比

经过几年的生产实践探索，鄂钢形成了具有自身特色的烧结矿化学控制标准，SiO₂是烧结过程中液相生成的基础，为保证烧结矿质量，因鄂钢烧结能力偏小，对产能有较高要求，其控制范围选择5.5-5.9%，在此范围内，在最大限度内满足了烧结质量和产量需求，又兼顾了降低配矿成本的需求；FeO是烧结过程中温度和气氛的综合性指标，鄂钢控制范围为8-10%，稍微抑制烧结矿还原性，改善烧结矿低温还原粉化指数；Al₂O₃对烧结矿质量负面影响很大，鄂钢烧结在自身能力范围内选择不高2.2%来控制，满足质量需求下兼顾降本需求；MgO有利于改善烧结矿RDI_{+3.15}，但其不利于烧结矿还原性、转鼓指数和固体燃料的改善，鄂钢选择两者兼顾，控制范围取1.6-1.8%，根据高炉镁铝比需求灵活调整；鄂钢烧结矿碱度R保证在1.9倍以上，根据高炉炉料结构需要来灵活调整。

三、生产实践效果

通过上述举措的逐步落实，鄂钢烧结机料层厚度由750mm逐步提高至820mm，烧结矿质量得到较大幅度的改善，如表所示，2021年至2024年6月，烧结矿质量逐年不断改善，2024年较2021-2023年均值相比，转鼓指数提高0.92%，RDI_{+3.15}提高

4.34%，其他指标亦不同程度的改善。

年份	转鼓指数	内返率	外返率	RDI _{+3.15}	10-40mm比例
单位	%	%	%	%	%
2021	76.58	26.70	14.58	62.83	53.45
2022	76.89	25.36	14.79	62.35	51.84
2023	77.55	22.57	14.45	64.47	56.77
2024	77.93	19.51	12.23	67.56	61.09
比较	+0.92	-5.37	-2.38	+4.34	+7.07

四、结束语

- （1）优化配矿、稳定配矿结构，设置关键成分边界是提高烧结矿质量的基础。
- （2）稳定烧结固体燃料热值，优化破碎粒度以及熔剂质量和结构优化是提高烧结矿质量的关键。
- （3）厚料层烧结、提高混匀制粒效果、改善布料偏析以及选择合理的烧结工艺参数，是改善烧结矿质量的重要手段。
- （4）适宜的烧结矿Al₂O₃/SiO₂、Al₂O₃含量、FeO含量、SiO₂含量、MgO含量以及烧结矿二元碱度能够部分弥补矿石原料的不足，有效改善烧结矿质量。
- （5）鄂钢260m²烧结机生产实践证明，800mm以上厚料层是烧结矿质量改善的基础；合理优化配矿、改善混匀矿粒级组成是厚料层的先决条件；适宜的混合料水分、燃料粒度和FeO控制区间是烧结矿质量提高的保证。通过上述系列技术措施的实施，烧结矿粒级改善，转鼓强度提高，冶金性能改善，满足了2600m³高炉的生产需要。

参考文献：

[1]张建和. 提高湘钢烧结矿质量途径的探讨[J]. 湖南冶金, 1998, 9(5):11-14.

[2]李来胜. 提高烧结矿转鼓强度的途径与措施[J]. 涟钢科技与管理, 2014(5): 22-25.

[3]李杰民等. 提高烧结矿转鼓强度的试验研究与生产实践[J]. 安徽冶金, 2009(3): 5-9.

[4]别威. 提高烧结矿碱度的探索与实践[J]. 山西冶金, 2023, 46(6):165-167.

[5]张国柱. 烧结机烧结矿产量和质量提升的实践研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(5):32-34.

[6]陆文杰. 探讨提高烧结机烧结矿产量和质量的实践[J]. 世界有色金属, 2022(20):3.

[7]杨康. 提高烧结机烧结矿产量和质量的实践研究[J]. 冶金与材料, 2022, 42(6):104-106.

[8]张学锋, 闻亦昕, 熊大林, 等. 基于双向长短时记忆网络模型预测烧结矿FeO含量[J]. 冶金自动化, 2023, 47(6):85-92.

[9]岳宏亮, 周建洋, 高培程, 等. 提高烧结用生石灰质量的生产实践[J]. 矿业工程, 2022, 20(6):3.

[10]肖光华, 贺勤, 聂绍昌. 新钢4号, 5号机烧结矿产质量提升实践[J]. 山西冶金, 2024(002):047.