

# 高炉炼铁炉况稳定控制技术与长寿化关键措施研究

马海兴 冯小勇

河南钢铁周口钢铁有限责任公司 河南周口 466300

**摘要:** 高炉是现代钢铁行业的重要组成部分,其生产工艺的稳定运行与装备的长寿,对企业的生产效率、产品质量和经济效益都有重要的影响。在钢铁工业竞争日趋激烈的今天,实现对高炉炉况的稳定调控,延长其使用年限是当前钢铁工业面临的一个重要课题。本文聚焦高炉炼铁炉况稳定控制技术与长寿化关键措施,通过深入解析高炉炼铁炉况的各类影响因素,系统提出炉况稳定控制策略,并对典型炉况异常情况进行诊断与处理分析,旨在为提升高炉炼铁生产效率、降低成本、实现可持续发展提供理论与实践指导。

**关键词:** 高炉炼铁; 炉况稳定控制; 长寿化; 耐材性能; 冷却系统

## 引言

稳定的炉况是保证高炉高效运行的先决条件,可以保证铁水质量达到标准,减少耗煤量、提高产量,也是降低生产成本和降低环境污染的一种重要手段。延长炉龄既可以减少设备投入及维护费用,又可以减轻因检修而造成的能耗及环境污染。然而,在实际操作过程中,由于受到高温、炉料磨损和熔渣冲刷等诸多因素的共同影响,其冷却系统还存在结垢和腐蚀等问题,严重影响了其使用寿命。为此,对高炉炼铁炉况的稳定性调控和长寿化的关键措施进行研究,是提升我国钢铁企业竞争力的重要途径,对于推动钢铁行业的可持续发展具有重要的现实意义。

## 一、高炉炼铁炉况稳定控制技术分析

### (一) 高炉炉况影响因素解析

高炉炉况是由多种因素共同作用而成,其中包括原燃料、操作和设备三个方面。对于原料燃料而言,焦炭的品质是影响其性能的一个重要因素,焦炭的强度、活性及块度对高炉的气体渗透率及供热量有重要的影响。如果焦炭的强度较低,则容易在高炉中发生破裂,造成空气渗透率降低,从而影响气体的上浮及炉料的下落;焦炭的活性太高,将加快焦炭消耗量,提高燃油费用,并对炉况的稳定产生不利影响。

运行因素直接影响高炉的运行状况,配料系统确定了高炉炉料的分配,合理的配料可以使煤气利用率达到最优,有利于炉况的稳定。例如通过调整溜槽角度和旋转方式,可实现不同的布料模式,以适应不同的炉况需求。

设备因素对高炉的运行状况也有很大的影响,如果

高炉冷却壁和冷却板等冷却装置发生漏水、结垢等现象,不仅会影响冷却效果,而且还会引起炉壁温度的反常变化,从而对炉况产生不利影响。另外,送料系统和送风系统等设备出现问题,也会影响正常生产,引起炉况不稳。

### (二) 炉况稳定控制策略

在原燃料的管理上,必须对原燃料的品质进行严格的控制,加强对进口焦炭、铁矿石等原料的质量检查,以保证产品满足生产需要。在此基础上,对原燃料进行了优化组合,并针对各批原料的特性,确定合理的配合比例,从而达到稳定炉况的目的。

炉内运行制度的优化是保证炉内稳定运行的关键,配煤系统要根据炉型、原燃料状况及炉况的变化灵活地调节,通过多圈布料和定点布料等方法,使炉料在高炉中得到合理分配,提高煤气的利用率。此外,通风系统的控制应保证空气流量、空气温度、氧气含量等各项指标的稳定性,并随炉内环境的变化而适时调整<sup>[1]</sup>。

同时要加强炉内温度的实时监控和分析,采用炉顶气体分析仪、红外热像仪、料位仪等先进测试仪器,对炉内温度、压力、气体组成、表面形貌等进行实时测量。在此基础上,利用计算机仿真技术,对高炉的运行状况进行实时的预测,并提出相应的改进措施,从而达到高炉稳定运行的目的。

### (三) 典型炉况异常诊断与处理

悬料是由于炉气透气性降低,气体向上阻力增加,导致炉料在炉中停止下落的现象,通过观察炉顶压力波动、料尺停滞等情况可以对其进行诊断。在解决悬流问题方面,应采取适当的减压措施,以减少炉顶的压力,提高通风率,针对不同的条件,采取松边或松心等措施,

调节瓦斯分布；如果还不能解决，可以减小风量，降低装料量。

崩料是指炉料突然下落，引起炉温波动，气流分布紊乱的现象，爆料的产生主要是因为炉膛的透气性突然变差、原料的配料不合理，或者原料的品质不稳定。通过观察料尺的突然下落和炉顶压力的剧烈变化，可以对崩料进行诊断。

炉壁厚度的变化对炉料的下落、气流的分配有很大的影响，从而造成炉况的恶化，而导致高炉炉壁加厚的主要因素是原燃料质量不佳、配煤方式不合理以及冷却强度偏高，从炉壁温度降低、炉身静压增加和炉壁气流降低等方面，可以判断炉壁厚度。解决炉壁结焦问题，可以采用适当的洗炉方法，例如在炉壁中加入适量的萤石等洗炉材料，以降低炉渣的熔点，加速结厚物料的融化；通过调节布风方式，使边部变松，提高炉壁附近气体分布，同时合理控制冷却强度，防止炉墙进一步结厚。

## 二、高炉长寿化关键措施研究

### （一）耐材性能提升技术

在材料的选择上，要结合高炉各部分的工况选择适合的材料，由于炉缸和底部处于高温、铁水和炉渣的腐蚀环境中，因此采用微孔炭砖、超微孔炭砖等具有高导热、耐冲性能的炭质耐火材料，可以有效地降低炉膛底部温度，避免铁水渗入和炉底烧穿。例如以高铝砖、刚玉-莫来石砖为主要材料，通过对其进行表面处理，以改善其耐磨、耐腐蚀性能。

在耐材生产过程中，持续进行革新与改善，通过高压成型、高温烧结等技术，增加材料的密度、强度，降低孔洞率，进而提高材料的耐腐蚀、耐磨性能。比如通过对碳砖原材料配比及制备技术的优化，改善其抗氧化能力、导热系数，从而达到延长其使用寿命的目的。另外，还可以在耐腐蚀材料表面上涂布抗氧化涂层和抗腐蚀涂层，以进一步改善材料的综合性能。

### （二）冷却系统优化方案

高炉冷却系统是确保高炉长寿的关键，其冷却方式的优化直接关系到高炉的寿命。根据高炉各部分的热负荷情况，选用适当的制冷装置形式及规格。为确保冷却效果，可在炉缸和底部安装光滑或砌砖的冷却墙。在高温环境中，如炉身、腰部和下部，可选用铜材或铜材，因为它们的热传导性好，可有效地降低炉壁温度，在此基础上，对冷却介质的流量、压力及温度进行适当的控制，以保证制冷装置的降温能力。降温强度太高时，炉壁温度偏低，易造成炉壁结焦；冷却强度太低，对炉衬

起不到有效的保护作用，这就需要利用该方法对其进行仿真和分析，并进行优化，从而达到制冷系统高效率的目的。同时，要加强冷却水系统的水处理，以预防冷却水系统结垢、腐蚀，该装置以软化水或纯水为冷却介质，加入阻垢、阻垢等，并定期清洁保养，以确保制冷装置的正常运转<sup>[2]</sup>。

### （三）维护与管理策略

建立健全高炉设备保养体系，对高炉内衬、冷却装置、进料系统、送风系统等进行定期检修，利用超声、红外热成像等非破坏性检测手段，对炉衬破损、冷却设备渗漏等进行检测，及时进行维修。对易损的内衬，可以通过喷补和压浆来修复；对出现渗漏的制冷装置，应及时更换或修理。在此基础上，应进一步强化作业管理，使作业人员的作业规范，严格按照操作规程进行操作，防止由于操作不当而损坏了高炉的设备。比如要严格控制在布风系统，避免由于炉内环境变化而引起的温度、压力过大；为防止铁液冲蚀炉缸和炉底，应适当控制铁液的出铁间隔与出铁率，基于生命周期的评价方法，并将其应用于企业的业绩评价中，以激发职工的积极性。

## 三、技术应用案例与效果评估

### （一）案例一：某钢铁企业炉况智能控制系统应用

例如某种新型的高炉智能控制系统可以用于高炉的稳定运行，采用先进的测试装置及数据处理软件，实现对炉内温度、压力、气体成分等参数的实时采集，利用所构建的炉况数学模型及专家系统，实现对炉况的分析与预测。

在运行初期，通过对原料品质进行严格的控制，并优化运行制度，使其稳定运行有了明显的改善。与使用前比较，高炉出现的悬料、崩料等异常情况较前下降40%，铁品合格率提高5%，油耗下降3%。在此过程中，通过对系统的改进与优化，使高炉的生产率不断提高，经济效益显著增加<sup>[3]</sup>。

### （二）案例二：高炉长寿化改造实践

另外一家钢厂为解决高炉使用年限短的问题，对其进行“长寿”改造，在耐高温材料上，使用超微孔炭砖替代炉缸和炉底，采用高性能刚玉-莫来石砖替代炉腹、腰部和下部，并对耐高温材料进行抗氧化处理。在冷却系统方面，采用铜片代替部分水冷墙，优化冷却工艺并强化水的管理。同时公司需要制定一套完整的设备维修及生产运行管理体系，通过技术改造，使高炉寿命由8年提高到12年，大大减少了检修次数，减少了设备投入及维护费用。经初步计算，该系统一年可节省500多万

元的设备维护成本,减少因高炉大修带来的生产损失100万元,取得了良好的经济效益和社会效益。

### (三) 案例经验总结

从这两个实例中可以看到,通过合理运用炉况稳定与长寿的关键措施,可以大幅度地提高高炉的生产率与寿命。在炉内的稳定性控制中,采用先进的检测仪器、智能化的控制手段,严格的原料和严格的生产工艺是保证炉内稳定运行的重要保证。对高炉的长寿而言,选择高质量的耐材、优化冷却系统、制定科学的维修管理措施是必不可少的。在此基础上,要结合实际,将各种技术与手段结合起来,不断地进行创新与完善,才能满足钢铁工业发展的新需要。

## 四、挑战与对策

### (一) 实施面临的挑战

从工艺上讲,由于高炉工艺复杂,对炉况的精准控制、长寿命的实现具有较大的困难,尽管目前已有的炉内监控与调节技术可以实现,但是对炉缸堆积、炉内窜流等复杂炉内异常工况的诊断与治理还缺少有效手段。就高炉长寿而言,目前仍面临着耐材性能增强与冷却体系优化等技术瓶颈,如耐高温冲击、耐碱金属腐蚀等,以及冷却系统智能调控水平亟待提高。

在经济方面,要实现炉况稳定与长寿需要进行大量的投资,高质量耐久材料的购置费用高,引进先进的测试仪器、智能化的控制系统,以及对制冷系统的改造,都离不开巨大的投资,但是部分中小钢厂由于资金紧张,制约了其推广应用。

在管理方面,一些企业没有足够的重视炉况稳定与长寿,缺少专门的技术与管理人员。由于作业工人的业务素质较差,很难按规定进行作业,从而影响了工艺措施的落实效果。此外,企业内部各部门之间的协调配合不够,也不利于炉况稳定控制和高炉长寿化工作的开展。

### (二) 应对策略

在技术研究上,要增加科研投入,鼓励企业、高等院校、科研院所等多方协作,解决高炉炉况稳定与长寿这一关键技术问题。在此基础上,建立更加准确、有效的炉况监控与预报模型,开发新的耐材,以改善抗热冲击、耐腐蚀等性能,基于神经网络的智能控制方法,对其进行自动调整与优化。

在财政扶持方面,国家应该制定相应的政策,对那

些应用先进炉况稳定控制技术、延长高炉寿命的企业,进行财政补助、税费减免,以提高其技改投资力度。同时企业也要优化资本结构,拓宽筹资途径,以银行贷款和债券等多种途径筹措资金,保证技术措施的有效执行<sup>[4]</sup>。在此基础上,强化工程造价管理,减少工程造价,提高工程造价的效益。

从管理的角度看,企业应该更加注重炉况的稳定性、炉龄的延长,同时要加大人才的培训与引进力度。建立健全的员工培训制度,对员工进行定期的技术培训,不断提升他们的业务能力和专业能力;公司将引入专业的技术、管理人员,为公司的经营提供有力的技术支撑。由此加强公司内各个部门间的交流和合作,建立有效的协调机制,形成工作合力,共同推进炉况稳定控制和高炉长寿化工作。

## 结语

总之,研究高炉炉况稳定与长寿的关键技术是当前我国钢铁企业面临的一个重大课题。在此基础上,提出合理的稳定控制策略,以改善炉况的稳定性,保证高炉的高效率,通过对材料性能的提高、冷却系统的优化以及维修管理等方面的改进,可以有效地提高炉龄,降低炉龄,降低成本。从实例中可以看到,采用上述方法和手段,收到了很好的效果,但是在实际应用中,还存在着技术、经济和管理上的问题。今后应加大科技研究开发力度以克服技术瓶颈,增加财政投入并且减少企业申请费用,优化管理模式,提高企业管理水平。只有这样,才能不断提升高炉炼铁的技术水平,实现钢铁企业的可持续发展,推动钢铁行业向绿色、高效、智能化方向迈进。

## 参考文献

- [1] 郑玉杰.高炉热风炉执行机构长寿化关键技术研究及实施[D].重庆市:重庆大学,2010.
- [2] 王广伟,李海波,吴君毅,等.工业化生产生物质水热炭高炉混煤燃烧性能研究[J].钢铁研究学报,2025,37(03):297-306.
- [3] 吕海侠.内燃式热风炉内部流动与传热特性的数值模拟研究[J].工业加热,2025,54(03):44-46.
- [4] 韩阳.高炉炉况智能研判基础研究[D].河北省:华北理工大学,2023.DOI:10.27108/d.cnki.ghelu.2023.000539.