

还原炉和烟化炉放渣期烟气 NO_x 含量 控制可行性实践

房红俊 李伟伟 段春雷 卢雨繁 王培元 韩宏磊

(济源市万洋冶炼(集团)有限公司, 河南 济源 459000)

[摘要] 通过分析燃料种类、过剩空气系数、炉内燃烧温度和锅炉负荷率对还原炉和烟化炉烟气中 NO_x 含量的影响,重点阐述在放渣期控制过剩空气系数和炉内燃烧温度,降低排放尾气中 NO_x 含量并产生经济效益的可行性实践。结果表明,通过在放渣期实施降风、降气、降炭措施,烟气中的 NO_x 含量显著下降,且节能减排效果明显,还原炉氧气消耗量和燃料用量逐月下降并趋于稳定,烟化炉电机每月可节约电能约 11 250 kWh,脱硝剂用量大幅减少,因而生产成本大幅下降。

[关键词] 还原炉; 烟化炉; 氮氧化物; 过剩空气系数; 脱硝; 节能降耗; 可行性实践

[中图分类号] TF812

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2021)01-0032-04

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.01.006

The Feasibility Practice of NO_x Content Control in Flue Gas at the Slag Release Stage of the Reduced Furnace and Fuming Furnace

FANG Hong-jun, LI Wei-wei, DUAN Chun-lei, LU Yu-fan, WANG Pei-yuan, HAN Hong-lei

Abstract: By analyzing the influence of fuel type, air surplus coefficient, combustion temperature in furnace and boiler load rate on NO_x content in flue gas of reduction furnace and fuming furnace, this paper focused on the feasibility practice of reducing NO_x content in exhaust gas and generating economic benefits by controlling excess air coefficient and combustion temperature in furnace during slag release stage. The results showed that the NO_x content in flue gas decreased significantly and the effect of energy saving and emission reduction was obvious by implementing measures of reducing air, gas and carbon in slag discharge period. The oxygen consumption and fuel consumption of reduction furnace decreased month by month and tended to be stable. The motor of fuming furnace can save about 11 250 kWh of electricity per month, and the amount of denitration agent was greatly reduced, so the production cost was greatly reduced.

Key words: reduced furnace; fuming furnace; nitrogen oxide reduction; air surplus coefficient; denitrication; energy saving and consumption reduction; feasibility practice

0 前言

某公司现有的脱硫脱硝设备大多建于 2012

年左右,脱硫脱硝能力已不能满足生产及环保需求,因此积极响应国家环保政策,主动淘汰老旧脱硫脱硝设备,在 2018 年投资 1.8 亿元对现有的脱硫脱硝装置进行了技术改造,确保尾气达标排放^[1]。

脱硫脱硝改造方案是利用“高温脱硝(SNCR 法)+低温螯合脱硝”组合的方法对还原炉和烟化

[收稿日期] 2020-09-25

[作者简介] 房红俊(1980—),男,河南济源人,本科,助理工程师,主要从事有色金属冶炼生产技术研究工作。

炉的烟气进行脱硝。烟气进入锅炉时,先采用SNCR法进行高温脱硝,再经两级石灰-石膏湿法脱硫,然后采用低温螯合法进行脱硝。经组合脱硝后,排放尾气中的NO_x含量由280~800 mg/Nm³降至80 mg/Nm³以下。

“SNCR法+低温螯合脱硝”组合脱硝系统试生产后,尾气中的NO_x含量得到有效控制,符合环境保护部公告2018年第9号《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》的要求。但是在试生产中发现,如果能采取措施直接降低还原炉和烟化炉内的NO_x生成量,不仅有利于控制室工作人员操作,而且可以降低A药剂和B药剂的使用量,以及实现节能降耗。

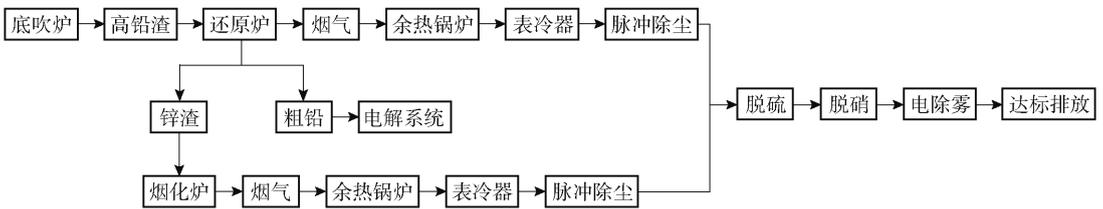


图1 铅冶炼工艺流程

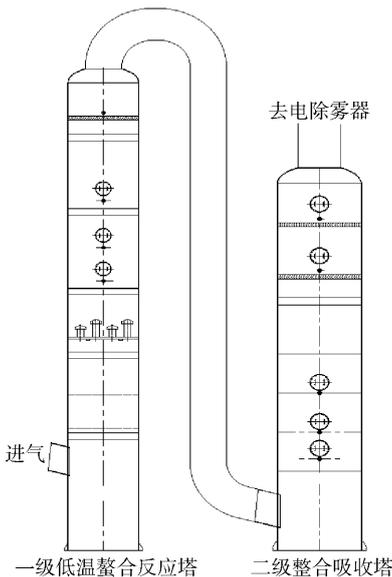


图2 脱硝系统

低温整合脱硝设备采用2个储液量为30 m³的玻璃罐体,分别用于存放低温整合脱硝药剂——A药剂和B药剂两种液体。A药剂和B药剂按一定比例定量输送至专配触媒反应棒进行反应,经防腐材质的管路输送至专用双流雾化喷枪。在烟气管道内脱硫后,烟气与喷枪喷射的雾化混合药剂发生强烈的氧化反应,烟气中的氮氧化物被氧化,氧化反应产物易溶于水,被水吸收成硝酸或亚硝酸,在碱液

本文通过分析还原炉和烟化炉烟气NO_x含量的影响因素,进行了降低排放尾气中NO_x含量的生产可行性实践。

1 尾气脱硝技术方案

某公司现采用的铅冶炼工艺流程如图1所示,脱硝方案主要是在脱硫塔之后加装两级低温整合脱硝系统(图2)。第一级低温整合反应塔以及第二级整合吸收塔前端的烟道反应段内安装双流雾化喷枪,用于雾化喷射低温整合脱硝药剂,使烟气中的NO_x与低温整合脱硝药剂瞬间发生化学反应。反应后,烟气先后进入第一级低温整合反应塔以及第二级整合吸收塔进行进一步吸收。

吸收塔内发生中和反应。中和后液排入污水处理站进行深度处理,最后湿烟气通过电除雾器除尘除雾后排放。

2 烟气中NO_x浓度优化方向选择

2.1 烟气中NO_x含量的影响因素

还原炉和烟化炉炉内烟气中的NO_x主要来自高铅渣和鼓入炉内的混合空气中的氮。从总体上看,鼓入炉内空气总量越高,含氮量越高,则NO_x的排放量就越大。此外,还有很多影响炉内烟气中的NO_x含量的因素,如燃料种类、过剩空气系数、炉内燃烧温度、锅炉负荷率。

2.1.1 燃料种类

还原炉和烟化炉生产主要以粒度炭和烟煤粉为燃料^[2]。煤炭中的氮含量一般为0.5%~2.5%,这部分氮会影响燃烧过程中的NO_x生成量,煤中的氧/氮比值越大,NO_x排放量越高。

2.1.2 过剩空气系数

在满足还原炉和烟化炉生产需求的同时,降低过剩空气系数,在一定程度上可降低炉内渣反应区的氧浓度,减少NO_x的生成量。采用这种方法,可使NO_x的生成量降低20%以上^[3]。另外,低过剩空气系数有利于还原N₂的生成,因为在缺氧条件下CO

能对 NO 进行还原,因此,降低过剩空气系数,有利于尾气中 NO_x 浓度的降低^[4]。

2.1.3 燃烧温度

燃烧温度对 NO_x 排放量的影响,业内已取得共识。随着炉内燃烧温度的上升,NO_x 排放量增加。

2.1.4 锅炉负荷率

通常情况下,给煤量增加,燃烧室及尾部受热面处的烟气温度逐渐升高,会导致锅炉的负荷率增大,挥发生成的 NO_x 量也随之增加。

2.2 优化方向

实际生产中,某集团生产所采用的“三连炉”直接炼铅法决定了高铅渣和燃烧所用粒度炭暂时无法优化^[5],在稳定的操作制度和 not 增加锅炉负荷的情况下,可以从过剩空气系数和燃烧温度两个方面来降低 NO_x 的排放。生产监测数据显示,NO_x 的产生高峰主要在还原炉和烟化炉的放渣期,所以将优化 NO_x 排放量生产的目标主要放在放渣期。

3 设备、生产制度调整及实施效果

3.1 还原炉改造及实施效果

3.1.1 还原炉改造

还原炉放渣期的生产工艺操作是随着渣量的降低,逐渐减少氧气浓度和粒度炭的下料量,一次混合风的总风量保持在 2 350 Nm³/h 左右。但这种操作存在和烟化炉一样的问题,如果在放渣期只降低氧气浓度而不降低总风量,依然存在空气过剩的现象,渣温随着炉内渣量的减少而升高,NO_x 浓度会随着渣温的升高逐渐增加。监测数据表明,虽然还原炉的 NO_x 浓度峰值不会像烟化炉 NO_x 浓度峰值那样突破 1 000 mg/Nm³,但 NO_x 浓度峰值也会升到 500 mg/Nm³ 左右,待底吹炉向还原炉进渣时才会逐渐下降。因此,对还原炉放渣期工艺操作进行调整,降低放渣期的总风量,氧气浓度和粒度炭下料量也较之前略微降低,使炉内空气不过剩,炉内温度达到平稳,从而确保 NO_x 浓度下降。

对还原炉的工艺操作进行如下调整:随着还原炉放渣量的减少,一次混合风总风量由 2 350 Nm³/h 缓慢下调至 2 000 Nm³/h,给炭量也由原来的 1 t/h 降至 0.8 t/h,直至放渣完毕;待底吹炉向还原炉进渣后,随着渣量的增加,一次混合风总风量再由 2 000 Nm³/h 缓慢上调至 2 350 Nm³/h,直至进渣结束;氧气浓度和粒度炭加入量随着渣量及进渣时间

的增加逐渐调整到正常生产制度。

3.1.2 还原炉改造效果

生产工艺操作调整后,还原炉各阶段的 NO_x 浓度下降明显,浓度高峰期转移至底吹炉向还原炉进渣 5 min 左右,且未超过技改前同时段数据(图 3),调整效果显著。

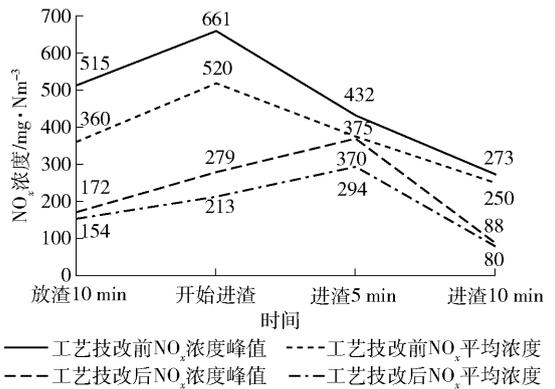


图 3 还原炉改造前后 NO_x 数据对比

还原炉放渣期实施降气、降炭生产后,节能减排方面效果显著,如图 4 和图 5 所示。氧气消耗量和燃料用量基本上逐月下降,并趋于稳定。

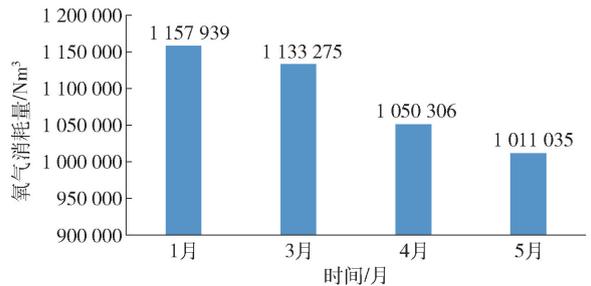


图 4 氧气消耗量

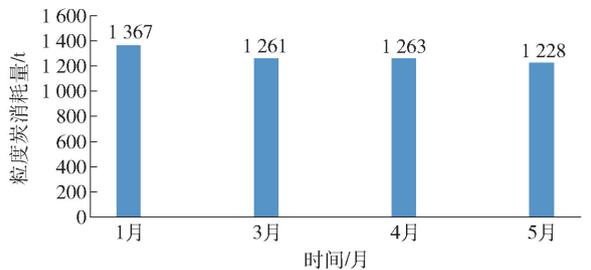


图 5 粒度炭消耗量

3.2 烟化炉改造及实施效果

3.2.1 烟化炉改造

烟化炉放渣期的生产工艺操作是随着渣量的降低逐渐减少给煤量,在放渣后期由于给风量固定,风量相对过剩,造成空气过剩系数高,渣温越来越高,

NO_x排放量在烟化炉放渣 10 min 左右达到峰值,有时 NO_x排放量峰值甚至会突破 1 000 mg/Nm³;待还原炉向烟化炉进渣 5 min 左右,烟化炉内的渣温逐渐降低,进入还原期,NO_x排放量逐渐下降。

针对烟化炉的生产情况,将原 630 风机的自耦式降压启动模式调整为高压变频启动模式,并控制风量,通过调整放渣期的进风量来控制 NO_x排放量。在烟化炉放渣期降低进风量,一方面可以配合放渣期的降煤生产制度,减少单位时间内鼓入的氧气量,降低过剩空气系数,确保炉内温度平稳不会生成更多的 NO_x,另一方面也可以降低单位时间的总进风量,减少排放尾气中的 NO_x总量。

试生产过程中,在烟化炉放渣后,随着渣量的减少,下调 630 变频电机的频率直至放完渣;待还原炉向烟化炉进渣后,随着渣量的增加,再逐渐上调 630 变频电机的频率至正常生产使用频率。

3.2.2 烟化炉改造效果

改造后,烟化炉各阶段的 NO_x数据明显下降,浓度高峰期转移至放渣结束,且峰值未超过改造前同一时段的数据(图 6)。而且在改造一周后,随着操作人员的不断摸索完善和经验积累,在熟练掌握了降风操作制度的情况下,NO_x数据进一步下降。

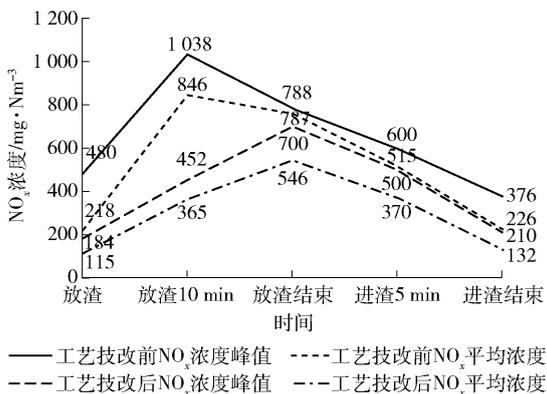


图 6 烟化炉改造前后 NO_x数据对比

此外,在正常生产不降风时,烟化炉 630 变频电机的频率是 36 Hz,每班用电量平均为 2 400 kWh。实行放渣期降风生产后,烟化炉 630 变频电机的频率是 30 Hz,每班电量为 2 250 ~ 2 300 kWh,平均每班电量降低 100 ~

150 kWh,取 125 kWh 计算,一天三班每个月 630 变频电机大约可节约电能 11 250 kWh。

3.3 脱硝剂用量

除了 NO_x在线数据明显下降,脱硝剂用量大幅减少。2020 年 3 月份与 1 月份相比,脱硝剂用量减少了 24 t;4 月份与 3 月份相比,减少了 5.6 t;5 月份与 4 月份相比,多了 2.2 t。5 月份的脱硝剂用量之所以比 4 月份多,是因为气温升高,空气利用率低,烟化炉在放渣期未再执行放渣降风规程。总体上,脱硝剂用量逐月下降并趋于稳定。

4 结束语

通过分析还原炉和烟化炉烟气 NO_x含量的影响因素,决定在放渣期控制过剩空气系数和炉内燃烧温度来减少烟气中的 NO_x含量。还原炉和烟化炉在放渣期实行降风、降气、降炭生产后,还原炉 NO_x浓度高峰期转移至底吹炉向还原炉进渣 5 min 左右,且峰值未超过技改前同时段数据;烟化炉 NO_x浓度高峰期转移至放渣结束,且峰值未超过改造前同一时段的数据。不仅 NO_x浓度显著下降,节能降耗也取得大幅进展,生产成本下降明显。还原炉的氧气消耗量和粒度炭用量逐月下降,烟化炉 630 变频电机每个月可节约电能约 11 250 kWh,脱硝剂的用量也大幅减少。因此,在放渣期控制过剩空气系数和炉内燃烧温度的措施切实可行,可降低排放尾气中 NO_x含量并产生经济效益。

[参考文献]

- [1] 毛应准,刘定慧,王仲旭. 大气污染源监督管理与风险防范:新《大气污染防治法》的新要求、新举措[M]. 北京:中国环境出版社,2016.
- [2] 蔺公敏,宾万达. 氧气侧吹直接炼铅炉[J]. 中国有色冶金,2005,34(6):48-50.
- [3] 陈治龙. 低 NO_x 燃烧器对锅炉运行的影响及改进措施探讨[J]. 中国电力,2002,35(10):73-76.
- [4] 王戩. 浅谈锅炉运行中氨逃逸率偏高的调整及预防[J]. 中国设备工程,2018(8):180-181.
- [5] 李小兵,李元香,蔺公敏,等. 万洋“三连炉”直接炼铅法的生产实践[J]. 中国有色冶金,2011,40(6):13-16,23.

PS 转炉锅炉故障诊断与研究

胡喆祺 刘磊 柳俊杰

(大冶有色金属有限责任公司冶炼厂, 湖北黄石 435002)

[摘要] 某冶炼厂的 5 台 PS 转炉锅炉经过多年运行, 受热管频繁出现泄露, 严重影响转炉的正常运行。通过分析 PS 转炉锅炉的工艺条件、水质管理及设备管理, 找到受热管泄露的原因, 提出了恢复及优化锅炉关键部件的使用、完善水质控制、加强操作管理等具体解决方案措施, 为 PS 转炉锅炉的维护、应急处理和专业管理提供参考。

[关键词] PS 转炉锅炉; 受热管泄露; 水质管理; 设备管理; 工艺控制

[中图分类号] TF806.26; TF811 [文献标志码] B [文章编号] 1008-5122(2021)01-0036-03

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.01.007

Fault Diagnosis and Research of PS Converter Boiler

HU Zhe-qi, LIU Lei, LIU Jun-jie

Abstract: After years of operation, the heating tubes of five PS converter boilers in a smelter often leak, which seriously affect the normal operation of the converter. By analyzing the process conditions, water quality control and equipment management of PS converter boiler, the causes of heat pipe leakage were found, and specific solutions and measures were suggested, such as restoring the functions of key parts of the boiler, improving water quality management and strengthening operation management, so as to provide reference for the maintenance, emergency treatment and professional management of PS converter boiler.

Key words: PS converter boiler; leakage of heating pipe; water quality management; equipment management; process control

0 前言

某冶炼厂共有 5 台 PS 转炉锅炉。该设备是一种余热锅炉, 主要用于对 PS 转炉产生的大量高温烟气进行余热回收。这种 PS 转炉锅炉在已使用多年, 2019 年运行过程中受热管泄露(后文简称“破管”)频率较高。据前人研究, 锅炉管道在运行过程中, 受内部介质和周围环境的影响, 不可避免地出现各种影响管道性能和寿命的问题^[1]。经大数据汇集分析发现, 水冷壁内壁的腐蚀产物主要是氧化铁^[2], 该腐蚀产物的产生主要与锅炉水质

有关, 因此破管故障与工艺、水质及设备管理密切相关。

破管故障会对全年设备正常运行造成较大影响。为保证生产的平稳运行, 对故障发生的主要原因进行了多方面的综合分析, 对锅炉的管理和维护提出了一些具体措施, 针对性地解决了相关故障, 保障了锅炉的安全运行。

1 PS 转炉锅炉简介

1.1 基本设计参数和结构

PS 转炉锅炉的基本设计参数见表 1, 基本结构如图 1 所示。

1.2 转炉锅炉问题

自 2019 年以来, 转炉锅炉累计破管 48 次(截止 2019 年 12 月 12 日), 其中 4# 锅炉与 5# 锅炉尤为严

[收稿日期] 2020-10-20

[作者简介] 胡喆祺(1986—), 男, 湖北黄冈人, 本科, 机械工程师, 主要从事机械技术及设备管理工作。