

# 基于“富氧底吹三连炉”烟气除尘系统 收尘效率提升的研究与实践

申健, 吕鑫宽, 苏江峰, 李鲁鲁

(国投金城冶金有限责任公司, 河南灵宝 472500)

**[摘要]** 本文针对某公司 10 万 t 铜冶炼系统熔炼电除尘器在除尘过程中出现的故障, 从电除尘器进口温度、阳极板间距、电除尘器进口氧浓控制与电场送电、除尘器灰斗积灰检查孔改造以及溢流螺旋筒体测温等方面优化改进, 分析出有色冶炼烟气除尘系统的最佳运行方式, 优化了除尘系统的运行参数, 排查系统运行中的工艺隐患, 并总结出实践经验, 以为同类型企业提高电除尘器收尘效率提供一定借鉴意义。

**[关键词]** 有色冶炼烟气; 电除尘器; 进口氧浓; 收尘效率

**[中图分类号]** TF811

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1003-8884(2023)02-0077-03

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.02.015

## 0 概述

电除尘器是铜冶炼行业必备的除尘设备, 其功能是初步收集熔炼底吹炉或吹炼底吹炉排放烟气中的颗粒烟尘, 它不仅可以回收利用烟气里的有价金属粉尘, 通过提高金属直收率, 增加企业经济效益; 也可以大幅度降低排入大气中的烟尘量, 提高环保效益, 为后续骤冷收砷工序、烟气制酸系统净化工段稳定运行奠定了基础。

## 1 系统工艺介绍

某公司 10 万吨铜冶炼系统拥有 2 台电除尘设备, 分别是 100 m<sup>2</sup> 的熔炼电除尘器和 50 m<sup>2</sup> 的吹炼电除尘器。电除尘器是以静电捕收烟气中粉尘的装置, 是净化熔炼炉及吹炼炉冶炼过程中产生烟气的理想设备。它的净化工作主要依靠放电极和沉淀极这两个系统来完成。在电除尘器各电场中, 利用高压直流电使气体电离, 产生阴阳离子。含尘的烟气

通过含有大量电子、正负离子的电场, 使烟尘颗粒荷电, 在高压电场的作用下, 根据同性相斥、异性相吸的基本原理, 使大量地带负电荷的尘粒在收集电极(阳极板)上沉积, 释放出荷电, 而少量带正电荷的尘粒在电晕极(阴极线)上沉积, 利用机械振打锤周期性地敲打两极装置, 粘附在阳极板和阴极线上的粉尘被抖落, 进入下部灰斗, 再经溢流螺旋输送机 and 刮板机进入灰仓, 进入仓式泵, 使用高压氮气将白烟尘输送至白烟尘打包站灰仓, 利用自动包装机进行打包, 产出的白烟尘进行外售。净化后的烟气通过骤冷收砷后, 经高温风机输送至硫酸车间进行制取成品硫酸。

## 2 系统设备介绍

该公司 10 万吨铜冶炼系统熔炼电除尘器排灰系统由 1 台热埋刮板机、5 台溢流螺旋、10 台灰斗防闭塞装置、4 组阳极振打装置、8 组阴极振打装置、仓式泵及其他辅助设备组成。熔炼电除尘器收尘截面积 100 m<sup>2</sup>, 总积尘面积 7 000 m<sup>2</sup>, 阳极板采用不锈钢材质拼接组成, 具有耐高温、过滤烟气量大、使用寿命长、除尘效率高、耐酸碱、耐腐蚀、化学稳定性好等多种优点。每个灰斗下方均设有 200 × 200 检修孔, 可方便单独对灰斗进行检修。输灰系统采用气力输灰方式, 输灰系统使用氮气气源压力为 0.8 MPa, 其中输灰用氮气减压至 0.4 MPa 使用, 气动阀门使用

**[收稿日期]** 2022-11-19

**[第一作者]** 申健(1990—), 男, 河南灵宝人, 助理工程师, 大学学历, 主要从事有色冶炼烟气处理工作, 现任国投金城冶金有限责任公司环保分厂收尘车间主任。

**[引用格式]** 申健, 吕鑫宽, 苏江峰, 等. 基于“富氧底吹三连炉”烟气除尘系统收尘效率提升的研究与实践[J]. 有色设备, 2023, 37(2): 77-79.

仪表气源为 0.6 MPa 氮气。仓式泵带有料位计一台,仓式泵本体设有压力变送器 1 台,气动进料阀(DN300)1 台,气动出料阀(DN150)1 台,为防止粉尘冲刷磨损输灰管,输灰管道弯头使用耐磨陶瓷内衬。仓式泵下封头设一流化气室,内装流化盘,流化气室与氮气管道相连,通过加压阀控制氮气的流入。氮气系统以空压机房输送的 0.8 MPa 氮气为气源,建有 1 个 3 m<sup>3</sup> 氮气储气罐。氮气经降压、调压后为仓式泵输送烟灰使用。在打包站设置一自动包装机,对熔炼电除尘器捕集下来的白烟尘进行每班 2 次的集中打包,打包装置在熔炼电除尘器运行时开启,通过降低员工作业时间,减少员工与粉尘接触,并通过对抽风系统布风点的优化,改善抽风效果,改善员工的工作环境,同时减少含金物料因扬尘引起的流失。

### 3 电除尘器除尘系统的优化

#### 3.1 熔炼电除尘器运行温度的优化

2020 年该公司 10 万 t 铜冶炼系统自主研发并实施投用“电除尘器进口超温自动调节保护装置”。在此装置投用前,电除尘器运行期间进口温度长期超出 330 ~ 380 °C 设计范围,温度长期维持在 430 °C,受高温影响,电除尘器四个电场的送电情况均受到影响,整体二次电压低于 35 kV,严重时一电场无二次电压,同时电除尘器一二电场的阳极板在高温的炙烤下,变形严重,出现阳极板移位,阳极振打锤偏心等一系列设备故障问题,电除尘器进口温度超温严重影响电除尘器除尘效率。在电除尘器进口超温自动调节保护装置投用后,熔炼电除尘器进口温度控制低于 380 °C,通过增加该装置,短期内有效地解决了熔炼电除尘器因系统下料量增加,余热锅炉长时间运行结焦造成电尘进口温度超标的问题,同时也解决了阳极板变形、收尘效率下降的生产问题。

2021 年 8 月该公司 10 万 t 铜冶炼系统对熔炼余热锅炉进行改造,通过增加熔炼余热锅炉上升烟道的高度,增加对流管束,增大循环水量来进一步优化锅炉降温效果,稳定了电除尘器进口温度。这一改造,将电尘进口温度控制在 350 ± 30 °C,长期解决了熔炼电除尘器收尘效率低下的问题,消除了因超温造成电除尘器阳极板变形造成的设备损坏。同时熔炼底吹炉的混合下料量也由改造前 125 t/h 提升到 135 t/h,按照每吨矿 100 元利润计算,按照 90%

开车率核算,每月可创收效益  $(135 - 125) \times 24 \times 30 \times 90\% \times 100 = 64.8$  万元,每年可创收 712.8 万元。

#### 3.2 熔炼电除尘器阴阳极板和振打装置的优化

该公司 10 万 t 铜冶炼系统于 2021 年 8 月 5 日开始检修。检修前熔炼电除尘进口温度持续维持在 430 °C 左右,因进口温度较高,导致电除尘器一二电场阴阳极板变形严重,在高温情况下下坠,影响阴极芒刺线放电影响阳极板集灰效率,同时振打装置的振打锤敲击点在高温环境下变形严重,振打锤敲击力度下降,清灰效果变差,最终影响电场送电,除尘效率降低。大修期间针对性地完成一二电场变形阳极板和阴极框的校正,恢复阴阳极板之间同极 400 mm 的间距,将之前因高温膨胀下坠的阳极板抬高 20 mm,将原有的阳极振打锤进行 180° 掉向后重新安装使用,使其正对振打毡中心,增大其敲击力度。

#### 3.3 熔炼电除尘器一电场和四电场送电的优化

该公司 10 万吨铜冶炼系统熔炼电除尘器一电场使用 72 kV/800 mA 高频直流电源,四电场使用 72 kV/1 000 mA 恒流高压直流电源。烟气经余热锅炉降温首先进入一电场,2021 年度大修前熔炼电尘一电场运行二次电压低于 30 kV,四电场运行二次电压高达 50 kV 以上,导致大量烟尘后移,收尘效率偏低,白烟尘产出量较少。二三四电场负荷较大,无法有效保证收尘效率,烟尘容易进入后续骤冷收砷工序,在骤冷收砷工序检修期间,直接积存到去硫酸净化烟气管道内,增加系统阻力及运行负荷。利用大修期间对一电场高频直流电源和四电场恒流高压直流电源进行调换,熔炼电尘一电场使用恒流高压直流电源后运行二次电压高达 50 kV 以上,二三电场送电达到 50 kV 以上,四电场 40 kV,熔炼烟气经过电除尘器后,大部分烟气被一二电场收集,三四电场起到再净化作用,有效地提升了整个电除尘器的除尘效率。大修开车以后,硫酸工段净化岗位的板框压滤机拆卸率由大修前 1 天 3 次降低至 3 天 1 次,骤冷收砷工序产出的粗砷的金银含量由最高 1.0 g/t 降低至 0.02 g/t,有价金属损失明显降低。

#### 3.4 熔炼电除尘器灰斗检修孔的优化

该公司 10 万吨铜冶炼系统熔炼电除尘器采用的是双灰斗双进料口螺旋排灰系统,总共 10 个灰斗。原熔炼电尘灰斗下部都有一个 200 × 200 mm 的方形检修孔,主要用于检查灰斗有无积灰以及清

理灰斗积灰,由于长时间处于高温状态和操作工的频繁开关、敲打,导致人孔变形、密封不严,存在漏风现象。在负压的作用下,大量的冷空气被吸入电除尘器内形成酸雾冷凝,导致灰斗钢板出现腐蚀现象,漏风增加导致电除尘灰发黏,粘结到灰斗内,影响灰斗的正常出灰。造成现场作业人员卫生清理难度增大,增加操作人员劳动强度。利用熔炼炉停车检修期间,将原有检修观察孔部位切除,割除腐蚀部位的钢板,重新下料整块儿钢板(750×500 mm)进行覆盖焊接,在合适的部位开一30 mm圆孔焊接M27螺母代替原检修观察孔,采用螺丝封堵。通过对灰斗检查孔的优化,不仅解决了检修孔漏风、漏灰的现象,也减少冷空气进入系统对设备造成腐蚀的问题,同时方便人员检查灰斗是否存在积灰,保证了电除尘器灰斗连续稳定出灰。

### 3.5 熔炼电除尘器进口氧含量的优化

系统开车后,熔炼电除尘器进口氧浓居高不下,高氧浓导致电场二次电压运行不稳定,熔炼电除尘器产出白烟尘性质发粘,仓式泵输送无法正常使用,烟尘产出温度较高,事故接灰因高温导致吨袋破损,致使人员频繁二次套包,劳动强度增加,含金物料流失较大,通过控制系统负压,调节熔炼炉炉口补风量,使电除尘器进口氧浓由8%下降至2%左右,三四电场二次电压运行逐步趋于稳定,产出的白烟尘灰色性质逐步正常,下料顺畅,仓式泵可以正常使用,大幅减少白烟尘扬尘损失,人员劳动强度明显降低。但在日常实践中,为确保系统运行稳定,通常将熔炼电除尘进口氧浓控制在1%~2%,电除尘器、骤冷收尘、硫酸、污水处理等工段的运行指标都便于控制,设备运行效率均有效提高。

### 3.6 熔炼电除尘器溢流螺旋外壁温度的监测

该公司熔炼电除尘器在运行过程中,由于白烟尘性质发粘、灰斗漏风漏点等影响,多次出现在灰斗内积灰的情况,处理较为困难。灰斗堵塞后,不仅增加了岗位操作人员的工作量,而且在清理时打开检修孔会导致系统漏风,造成烟气中三氧化硫含量升高,对其后段骤冷收尘造成影响。传统解决办法是人工定期检查灰仓,但频繁开孔检查灰斗不易操作,且影响系统负压。

在实践中发现新产出的白烟尘温度较高,灰斗正常出灰时,溢流螺旋在输送新灰的过程中,外壁温度应保持在30~90℃的温度范围内。在灰斗堵塞时,由于无法输送新灰,溢流螺旋外壁温度会逐步降低。鉴于这种理论,在溢流螺旋外壁安装温度巡检点,根据外壁实时温度检测来判断灰斗排灰情况,进而确定灰斗是否存在积灰堵塞的情况。发现温度降低时,可提前检查处理,减少积灰情况发生。此方法不仅方便,反馈输灰情况较为准确,有效减少了灰斗积灰情况。

## 4 结语

该公司通过对熔炼电除尘器在运行过程中出现的问题,通过从电除尘器进口温度、阳极板间距、电除尘器进口氧浓控制与电场送电、除尘器灰斗积灰检查孔改造以及溢流螺旋筒体测温等方面进行优化改进,分析出有色冶炼烟气除尘系统的最佳运行方式,优化除尘系统的运行参数,排查系统运行中的工艺隐患,最终总结出最优的控制措施,为同类型企业在今后提高电除尘器收尘效率的改造方面,提供一定借鉴意义。

## Research and Practice on Improving the Dust Collection Efficiency of the Flue Gas Dust Removal System Based on the “Oxygen Rich Bottom Blowing Triple Furnace”

SHEN Jian, LV Xin-kuan, SU Jiang-feng, LI Lu-lu

**Abstract:** This article focuses on the faults that occurred during the dust removal process of a company's 100 000 ton copper smelting system smelting electric dust collector. It optimizes and improves the inlet

(下转第83页)

通过锅炉生产实践分析,为余热锅炉稳定运行提供经验。继续增加对降低锅炉烟灰含铜高、埋刮板机故障率高、增加锅炉蒸发量等问题的研究,保证锅炉高效、稳定运行。

#### [参考文献]

- [1] 赵钦新. 余热锅炉研究与设计[M]. 北京:中国标准出版社,2010.  
[2] 陈梅倩,王哲,李敬. 锅炉水冷壁高温腐蚀和防止措施

[J]. 中国电力,1997(30):32-34.

- [3] 刘建党. 火力发电厂锅炉结焦原因分析及预防措施[J]. 自动化应用,2012(10):45-47.  
[4] 刘贤龙,任鹏博,赵祥林. 减少奥斯麦特炉烟道结焦的生产实践[J]. 中国有色冶金,2018,47(4):7-10+63.  
[5] 廖雪华. 脉冲吹灰器在硫铁矿制酸余热锅炉的应用[J]. 化工技术与开发,2017,46(3):45-47.

## Improvement Research on Water Leakage and Blocking Problems of Waste Heat Boiler Based on Bottom Blowing Furnace

DENG Chuan-nan

**Abstract:** In the production of waste heat boilers for oxygen rich bottom blowing furnaces in our factory, there are problems such as pipe bursts, water leakage, and frequent blockage of convection tube bundles, which seriously restrict production continuity. Conduct research and improvement on the issue of boiler water leakage from two aspects: high-temperature corrosion and smoke erosion; Optimize and solve the problem of boiler blockage from aspects such as process index control and equipment upgrade. After the implementation of the measures, the waste heat boiler achieved safe and stable operation.

**Key words:** Bottom blown furnace; Waste heat boiler; Water leakage due to pipe explosion; Scour; Corrosion; Blocking ▲

(上接第 79 页)

temperature of the electric dust collector, anode plate spacing, oxygen concentration control and electric field power transmission at the inlet of the electric dust collector, modification of the dust accumulation inspection hole in the dust collector ash hopper, and temperature measurement of the overflow spiral cylinder. The optimal operating mode of the non ferrous smelting flue gas dust removal system is analyzed, and the operating parameters of the dust removal system are optimized, Investigate the process hazards in the operation of the system and summarize practical experience, in order to provide certain reference significance for similar enterprises to improve the dust collection efficiency of electrostatic precipitators.

**Key words:** Non ferrous smelting flue gas; Electric dust collector; Imported oxygen concentration; Dust collection efficiency ▲