

设备及自动化

转炉处理铜浮渣烟气冷却装置的设计与运用

范振宇, 廖丽柯, 罗 宾

(湖南水口山有色金属集团有限公司精铅稀贵厂, 湖南 衡阳 421513)

[摘 要] 采用转炉处理铜浮渣在能耗指标、产品质量指标以及操作劳动强度方面有了很大的改善, 但是该工艺产生的高温烟气和烟尘使得烟气口的寿命只有1~2个月, 水冷烟罩的寿命只有3~5个月, 严重制约炉子的作业率。针对此问题, 某铅冶炼厂通过改进烟口铜水套冷却装置、优化设计水冷烟罩、改进冷却水供水系统等措施, 取得了较好的水流量、水路温度、烟气出口温度指标。改进后的铜浮渣转炉运行平稳, 在生产实践运用中烟气冷却能力、抗腐蚀能力及维护简易性都达到优异效果。

[关键词] 转炉; 铜浮渣; 烟气冷却装置; 烟气口; 水冷烟罩; 寿命

[中图分类号] TF806.12; TF066.7 [文献标志码] B [文章编号] 1672-6103(2021)02-0072-05

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2021.02.014

0 引言

某铅冶炼厂采用 $\phi 3.3\text{ m} \times 8.5\text{ m}$ 铜浮渣转炉替代反射炉处理铜浮渣, 铜浮渣转炉从能耗及自动化程度方面都有很大的改善^[1]。但是浮渣转炉高温烟气会对烟气口耐火材料产生冲刷, 并且原料中含有S、Cl、F等元素, 产生的烟尘会对水冷烟罩的管壁造成高温腐蚀及低温酸腐蚀^[2-4], 使得炉座整体连续运行寿命不到3个月, 严重制约了炉子的作业率。水冷烟罩至表冷段的人字烟管积灰严重, 清灰工作量较大, 炉内负压条件无法稳定控制。根据炉子实际的运行参数, 设计烟气口铜水套及优化烟罩水套是提高炉子整体寿命的重要攻关方向^[5]。

1 问题分析

该厂铜浮渣转炉采用25%~40%的富氧燃烧天然气加热, 烟气温度1 000~1 200℃。根据生产情况, 该炉面临两个瓶颈问题, 一是镁铬渣骨料捣筑

的烟道口烧损严重, 使用周期为1~2个月, 二是烟气中含有2%~5%的SO₂, 高温烟气直接对水冷烟罩进行硫化物高温腐蚀, 加上烟尘对水冷壁的冲刷侵蚀等原因, 烟罩使用寿命只有3~5个月。现场烟道口烧损及水冷壁腐蚀情况见图1。受原料及炉况的局限性, 目前尚未找到彻底解决防高温腐蚀的有效办法。相关研究认为烟气温度的有效办法。相关研究认为烟气温度在500℃以内, 高温腐蚀可以得以保持和控制^[6], 综合烟气的低温腐蚀及烟气后期布袋除尘器要求大于露点温度180℃^[7], 所以理论上在水冷烟罩温度保持在300~500℃可以保证烟罩材料的使用寿命^[8], 转炉烟气冷却装置的改进应根据此理论工况条件来设计。

2 转炉冷却装置优化设计方案

2.1 烟口铜水套设计

要提高炉体烟气口使用寿命, 并将高温烟气控制在300~500℃范围内, 工程应用中较成熟的方案是增加铜水套冷却装置^[9], 由于该铜浮渣炉烟口狭小, 整体式水套相较于分块式的水套更容易安装, 更换更加便捷, 供水简易可靠。根据工况条件, 烟气量为7 670 m³/h, 烟尘浓度为10~20 g/m³, 烟气温度

[作者简介] 范振宇(1991—), 江西赣州人, 硕士研究生, 助理工程师, 从事冶金自动化设备研发工作。

[收稿日期] 2020-10-03

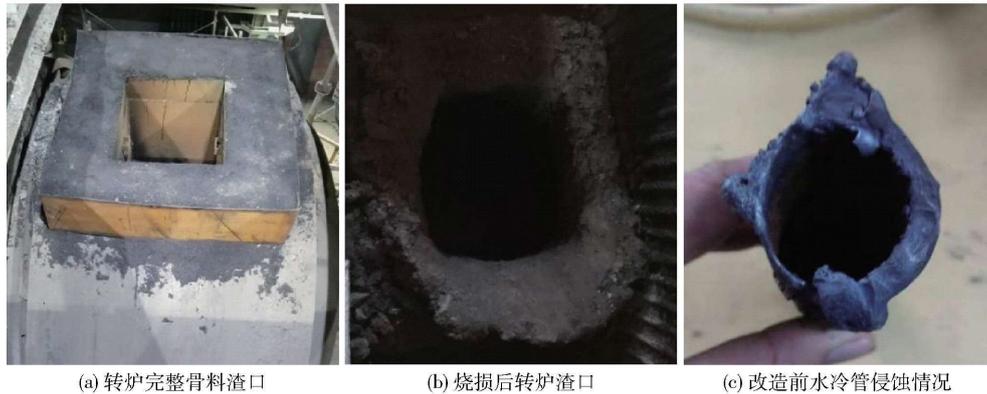


图1 烟道口烧损及水冷壁管腐蚀情况

从 1 000 ~ 1 200 ℃ 冷却至 700 ~ 800 ℃, 排烟烟气焓的计算式见式(1)。

$$I_1 = I_y + I_c \quad (1)$$

式中: I_y 是由炉体进入铜水套的烟气焓, kJ/Nm^3 ; I_c 为进入铜水套的烟尘焓, kJ/Nm^3 。

以选用 $\phi 48 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$ 铜管为前提, 进行冷却换算, 换热面积需 3 m^2 以上, 入口冷却水压大于 0.25 MPa , 水流量大于 $2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$, 能较好满足降温工艺, 铜水套外形及管路布置如图 2 所示。水套侧面厚度为 100 mm , 蛇形管内腔距离水套内侧面 35.5 mm , 离水套外壁面 25.5 mm 。水套设置两组水路, 每组水路流经 2 个侧面, 每组管道约 4.2 m 的蛇形管道。

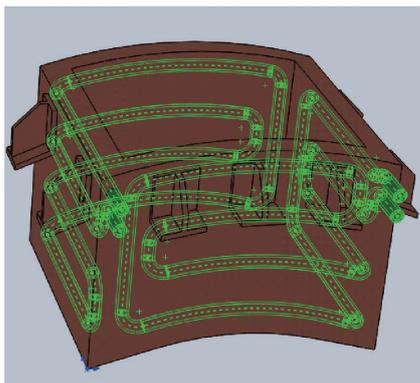


图2 铜水套总装图

2.2 水冷烟罩设计

转炉烟气水冷装置原采用膜式水冷壁拼装而成的水冷烟罩, 换热面积为 43 m^2 , 经过试生产测试, 使用寿命为 3 ~ 5 个月, 后期出现大面积泄漏, 备件及维修成本较高。考虑到后期维修及更换方便, 以模

块化、能快速维修替换为设计指导思想, 达到减少检修时间的目的。

由于高温气体对水冷壁的冲刷、侵蚀作用, 水冷壁后期出现大面积变薄, 甚至泄漏的情况。为延长水冷烟罩整体使用寿命, 烟罩改进方案采用水箱加水冷壁的组合模式。根据原水冷壁内部水管渗漏情况, 烟罩与外排烟道面及相连的侧面以及顶部, 都为高温高速紊流区, 侵蚀较严重, 因此选择水箱方案缓解烧蚀泄漏问题; 因为水冷烟罩为悬挂式安装, 考虑到整体重量以及换热效果等因素, 其他低温、低速区选用水冷壁。

烟罩烟气口与排烟管过渡段原设计存在水平区域 P, 内附轻质耐火浇注料烟管, 在生产过程中, 烟管挂灰及水平段积灰严重, 生产过程容易阻塞烟道影响炉内负压, 并且烟灰板结后清灰难度非常大。为解决此问题, 如图 3 所示, 延长烟罩约 485 mm 至墙体侧(图 3), 使得管道顺延直插入水冷烟罩侧面, 消除水平段; 清除原内衬的浇注料, 外部增设半圆形水套冷却烟管。

水箱内壁设计如图 4 所示, 选用 14 mm 20G 锅炉钢板, 外壁使用 12 mm 20G 钢板, 内部设置 3 块隔板。水冷壁设计则如图 5 所示, 采取水管外部附着式设计, 用 42 mm 钢板做内衬壁面, 外部蛇形水冷管道选用 $\phi 32 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 钢管。管壁与内衬板采用连续满焊, 熔池深度控制在 $8 \sim 10 \text{ mm}$ 。此设计一方面可防止高温烟气直接侵蚀管壁; 另一方面可以满足后期修复方便, 维修时可直接对烧损内侧衬板进行焊补。

进入烟罩的烟气量计算式见式(2), 进入烟罩的烟气焓计算式见式(3)。

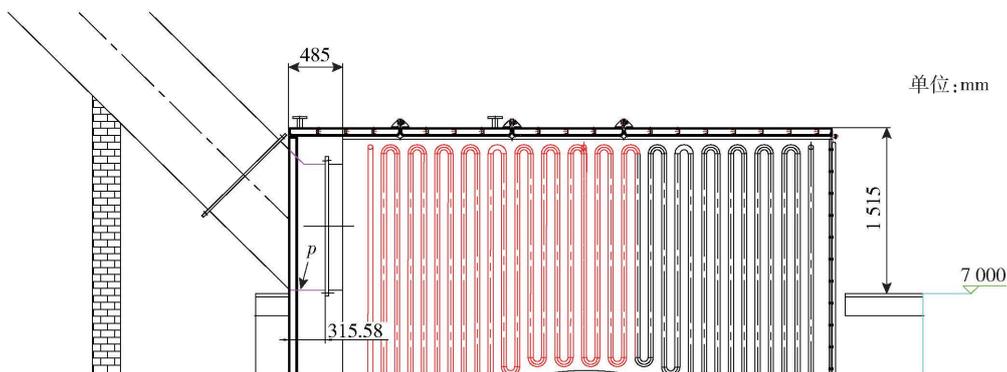


图3 水冷烟管结构优化图

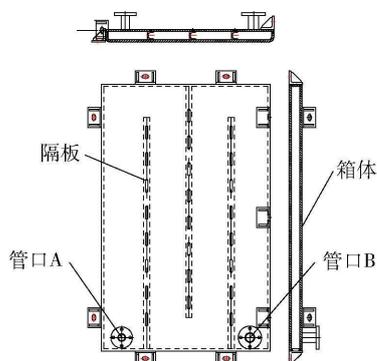


图4 水箱零件图

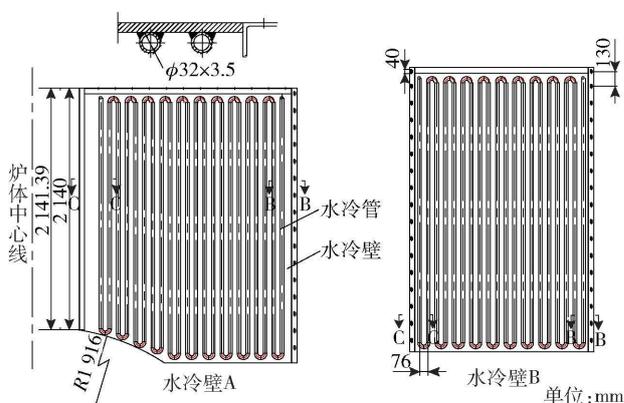


图5 水冷壁零件图

$$\sum V = V' + \Delta \partial V' \quad (2)$$

式中： $\Delta \partial$ 为烟罩的漏风系数，取0.1； V' 为炉内燃烧产生烟气量， m^3/h 。

$$I' = I'_y + I'_c \quad (3)$$

式中： I'_y 是由铜水套进入水冷烟罩的烟气焓， kJ/Nm^3 ； I'_c 为进入水冷烟罩的烟尘焓， kJ/Nm^3 。

空气及其组分焓值和烟尘的平均焓值见表1^[10]。

表1 空气及其组分焓值和烟尘平均焓值

温度/ $^{\circ}C$	$CO_2/kJ \cdot Nm^{-3}$	$N_2/kJ \cdot Nm^{-3}$	$O_2/kJ \cdot Nm^{-3}$	$H_2O/kJ \cdot Nm^{-3}$	$K/kJ \cdot Nm^{-3}$	$H/kJ \cdot kg^{-1}$
500	994.4	663.8	699	701.0	684.2	458.5
800	1 704.9	1 093.6	1 159.9	1 344.4	1 129.1	767
1 200	2 716.6	1 697.2	1 800.6	2 132.3	1 753.4	1 205.8

注：K为空气焓值；H为烟尘平均焓值。

根据热平衡计算，其中水箱面积需大于等于25.13 m^2 ，水冷壁面积需大于等于12.68 m^2 ，换热面

积总共37.81 m^2 ，结构参数如表2所示。水冷烟罩总装图见图6。

表2 水冷烟罩结构参数表

参数	区域															
	A区		B区				D区				C区		E区			
模块数	2		4				4				1		4			
编号	A1	A2	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3	D4	C1	E1	E2	E3	E4	
形式	水箱	水箱	水箱	水箱	水箱	水冷壁	水箱	水箱	水箱	水冷壁	水冷壁	水箱	水箱	水箱	水箱	
换热面积/ m^2	1.95	1.95	2.24	2.34	2.14	4.42	2.24	2.34	2.14	4.42	3.84	1.6	1.6	1.6	2.99	

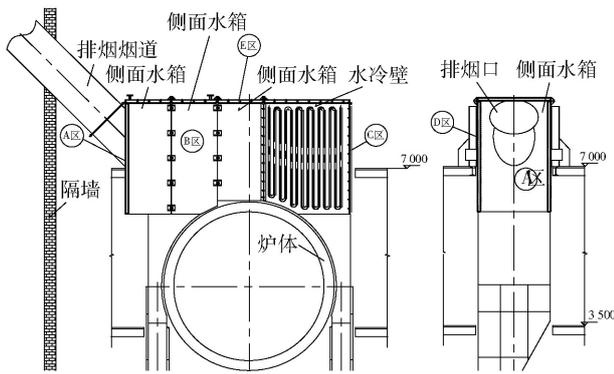


图6 水冷烟罩总装图

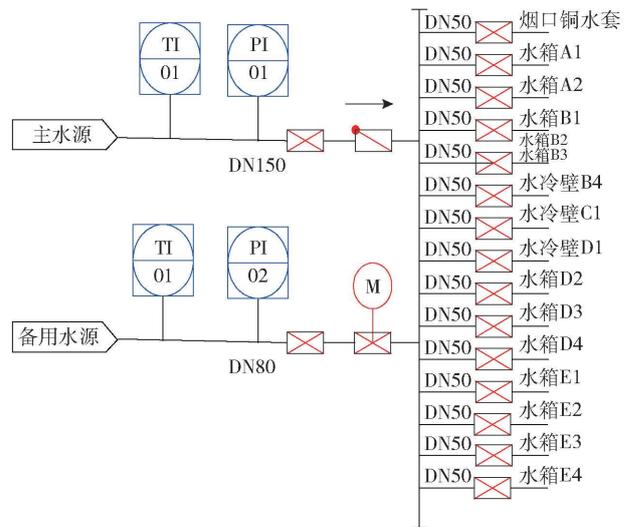


图7 水路分配图

2.3 水路设计

为保障供水可靠性,设计双路水源联锁的冷却水系统^[11],进口水源为软化水,水温在30~35℃范围内,备用水源采用电动调节阀,如图7所示,通过DCS实时监测主水源与备用水源供水水压,当主水源压力低于0.2 MPa时,由DCS逻辑控制自动打开备用水源电动阀门,切换到备用水路供水,保障铜水套与水冷烟罩不间断供水安全。

3 调试效果

开炉测试水冷情况,供水水压0.25~0.3 MPa,水流量、水路温度、烟气出口温度趋势如表3所示,在该工况下,铜浮渣转炉能较好地满足生产需求,炉况运行平稳。

表3 水冷烟罩运行数据表

参数	A区		B区				D区				C区		E区			
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3	D4	C1	E1	E2	E3	E4	
外壁面温度/℃	36	35	36	38	37	45	36	38	37	45	42	37	37	37	34	
水流量/m ³ ·h ⁻¹	15	15	14	14	14	10	14	14	14	10	12	15	15	15	15	
出水口温度/℃	38	38	37	37	37	34	37	38	37	35	35	37	37	37	34	

4 结语

铜浮渣转炉经过烟气冷却方案改造,解决了烟道口烧损严重问题,转炉本体可以稳定运行,炉寿可达8个月以上。水冷烟罩采用模块化设计,烟罩整体寿命可达1年以上,并且模块化水套及水冷壁使得后期备件可替换性以及维修方便性都达到设计要求;人字烟管经改造后,不再大量积灰,经交接班简单清理即可平稳保持炉内负压,整体改造设计效果显著。

[参考文献]

[1] 张立,王媛媛,李小兵,等. 氧气侧吹炉处理铜浮渣的生产实践[J]. 中国有色冶金, 2016,45(3):13-15.
 [2] 李戈,朱海宝,陈志荣,等. 电站锅炉水冷壁高温腐蚀防治对策的研究[J]. 全面腐蚀控制, 2020,34(1):127-130.
 [3] 周颖驰. 锅炉水冷壁高温腐蚀原因分析及对策[J]. 热力发

电, 2013,42(7):138-141.
 [4] 周钢. 底吹铜熔炼炉冷却烟罩的设计与实践[J]. 有色冶金节能, 2017,33(2):27-29.
 [5] 张小明,吕文明. 富氧侧吹熔炼工艺优化设计[J]. 有色冶金设计与研究, 2017,38(3):15-17.
 [6] 王强,肖青云,王伟. 350 MW超临界锅炉水冷壁高温腐蚀原因分析及对策[J]. 电力设备管理, 2020(7):73-75.
 [7] 甘庆怀. 铅电解浮渣反射炉余热利用[J]. 工业锅炉, 2014(1):39-41.
 [8] 郝小红. φ3.6 m×10 m回转阳极炉出烟口水冷烟罩设计[J]. 中国有色冶金, 2012,41(2):37-38.
 [9] 尤廷晏,邵振华,徐风,等. 富氧侧吹炉铜水套的优化配置及应用实践[J]. 中国有色冶金, 2014,43(6):42-46.
 [10] 赵明泉. 锅炉结构与设计[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1987:226.
 [11] 姜立峰. 基于可靠性的50 t转炉设备系统优化研究[D]. 青岛:青岛理工大学, 2015.

Design and application of cooling device for flue gas from treating copper dross in converter

FAN Zhen-yu, LIAO Li-ke, LUO Bin

Abstract: The application of converters in the treatment of copper dross is an emerging technology application, and its energy consumption indicators, product quality indicators and operating labor intensity have greatly improved. However, the high-temperature flue gas and fume dust produced by the process make the lifetime of the flue gas outlet 1 ~ 2 months and the lifetime of the water-cooled hood 3 ~ 5 months, which severely restricts the operating rate of the furnace. To solve this problem, a lead smelter has achieved good water flow, water temperature and flue gas outlet temperature indicators by improving the copper water jacket cooling device at the flue, optimizing the design of water-cooled flue gas cover and improving the cooling water supply system. The improved copper slag converter runs smoothly, and achieves excellent results in the production practice of flue gas cooling capacity, corrosion resistance and maintenance simplicity.

Key words: converter; copper dross; flue gas cooling device; flue gas outlet; water-cooled hood; lifetime

德方纳米与亿纬锂能拟建年产 10 万吨磷酸铁锂项目

近日,深圳市德方纳米科技股份有限公司与惠州亿纬锂能股份有限公司合作建设的“年产 10 万吨磷酸铁锂生产基地项目”开工仪式在云南曲靖经开区举行。

曲靖经开区党工委副书记、管委会主任田建宏在开工仪式上致辞。他说,近年来,经开区按照省、市的安排部署,围绕建设“世界一流新能源电池产业基地”的目标,积极发展电池正负极材料、储能电池、动力电池、风电开发及装备制造等产业,打造新能源电池产业集群。2020 年,经开区已形成年产 5.3 万吨磷酸铁锂的产能规模,约占全国产能的 20.6%,加上 2021 年年产 6 万吨磷酸铁锂项目的顺利投产,在全国的占比将提高到 29.7%,新能源电池产业发展的势头迅猛,项目建设步伐催人奋进。今年开工的年产 10 万吨磷酸铁锂生产项目,体现了德方纳米对新能源电池产业发展的信心和决心,项目当天签约当天开工,更体现了经开区服务企业的效率和速度,以及项目方同经开区通力协作、密切配合的默契,标志着双方合作迈入了新阶段。

田建宏希望,项目方要坚持“高标准规划、高起点建设、高质量管理、高效益运作”的原则,把项目建成精品工程、样板工程、安全工程。经开区各级各部门要切实增强大局意识、责任意识和服务意识,全力以赴、积极主动为项目建设提供优质高效的服务。

深圳市德方纳米科技股份有限公司董事长孔令涌在开工仪式上讲话时表示,曲靖年产 10 万吨磷酸铁锂生产基地项目是德方纳米、亿纬锂能两家合资的项目,项目集合了亿纬锂能和德方纳米的技术优势和管理优势,有效改善磷酸铁锂产品供应紧缺的现状,充分挖掘合资双方潜在能力,实现强强联合。项目的建成将对推动曲靖市新能源产业布局,为提升云南及曲靖在国家新能源战略中的地位产生积极而深远的影响。

惠州亿纬锂能股份有限公司董事长刘金成在开工仪式上说,经过 20 年的发展,亿纬锂能拥有动力电池的全面解决方案,拥有锂原电池、锂离子电池、动力电池核心技术。其中,磷酸铁锂电池已广泛应用于新能源客车、新能源船舶、储能等领域。年产 10 万吨磷酸铁锂生产基地项目是亿纬锂能与德方纳米设立合资公司的第一个项目,项目整合了亿纬锂能和德方纳米双方的优势资源,是产业供应链的深度合作,有利于亿纬锂能稳定原材料供应,提升核心竞争力,推动德方纳米、亿纬锂能发展壮大。

(资料来源:中国有色金属学报)