

铜冶炼车间环集烟气治理技术

左延治, 庞晓飞

(赤峰金通铜业有限公司, 内蒙古 赤峰 024000)

[摘要] 本文通过对金通铜业熔炼主厂房现有环境集烟系统运行情况进行分析, 指出该系统部分环集管道与集烟罩设计不合理以及现场操作管理存在缺陷等问题, 因此造成厂房内低空环境污染。并针对现有问题, 通过对集烟罩与环集管路的改造以及调整阀门控制方式, 并增加应急支路, 使得低空污染现象得以有效治理, 极大改善了主厂房的工作环境。

[关键词] 环集系统; 烟气; 低空; 排烟; 通风机; 工况分析; 控制方式

[中图分类号] TF811 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)01-0062-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.01.010

0 引言

金通铜业火法冶炼工艺流程为富氧侧吹炉熔炼→智能数控转炉吹炼→回转式阳极炉火法精炼。熔炼及吹炼工艺烟气经余热回收和除尘后送烟气制酸系统制取硫酸, 制酸尾气送尾气脱硫系统脱硫后达标排放; 熔体放出口、包子房等环集烟气的 SO_2 浓度

1 000 ~ 3 000 mg/Nm^3 、含尘 150 mg/Nm^3 , 经集气罩收集后送布袋除尘器收尘与阳极炉精炼烟气混合送环集脱硫系统脱硫后达标排放。涉及环集烟气的动力设备主要为侧吹炉环集风机、转炉环集风机、主厂房密闭环集排烟风机、阳极炉排烟风机, 各台风机具体性能参数如表 1 所示^[1-5]。

表 1 各环集风机性能参数表

风机	型号	风量/($\text{万 m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	全压/kPa	功率/kW	备注
侧吹炉环集风机	Y6-29No27.5F	15	10	710	变频调速
主厂房密闭环集排烟风机	Y6-2×39No24F	40	7.5	1 400	变频调速
转炉环集风机	Y6-2×29No27.5	30	10	1 250	变频调速
阳极炉排烟风机	FY6-24No21F	7.2	11	355	变频调速

金通铜业一期工程投产初期, 由于部分环集集烟设施、设备设计与配置不合理, 加之炉体倾转、放渣操作等各种不可避免的因素, 在冶炼生产过程中会有低浓度的 SO_2 烟气溢散出来, 造成熔炼厂房内劳动条件恶化, 严重影响操作人员的人身安全。

1 环集系统运行情况的采集与分析

1.1 侧吹炉环集系统

1.1.1 运行情况

侧吹炉环集风机用途为熔炼工段侧吹炉各烟气排放口环保烟气输送的动力设备, 现场共计 14 处烟气收集口排放的烟气, 分别为侧吹炉放铜口(3 处)、冰铜包位(7 处)、出渣口(1 处)、渣包位(2 处)、出渣口中间包(1 处)。

金通铜业侧吹炉环集风机在试生产期间电机运行频率为 40 Hz, 转为正常生产期精矿处理能力增加, 环集风机电机运行频率提高到额定 50 Hz, 熔炼

[收稿日期] 2023-11-21

[第一作者] 左延治(1967—), 男, 江苏南京人, 机械高级工程师, 大学本科, 主要从事企业生产管理工作, 现任赤峰金通铜业有限公司总经理。

[引用格式] 左延治, 庞晓飞. 铜冶炼车间环集烟气治理技术[J]. 有色设备, 2024, 38(1): 62-67.

区域仍有大量烟气不能及时有效收集,溢散至厂房各处。经过对侧吹炉环集风机及相关管路进行排

查,并对风机在不同运行工况的运行参数采集。侧吹炉环集风机运行工况如表2所示^[6-9]。

表2 侧吹炉环集风机运行工况表

工况	频率/Hz	功率/kW	电流/A	风压/kPa	风量/(万 m ³ ·h ⁻¹)	现场烟气排放口
工况1	50	598	45.6	7.3	19.5	合计开启10处
工况2	45	554	43.8	8.0	17.5	合计开启8处
工况3	45	518	41.6	9.2	15.5	合计开启5处

备注:频率、功率、电流数据为侧吹炉风机变频器数据;压升通过入口压力及出口压力换算求得,各压力表已使用机械式U形压力计校准;风量根据风机性能曲线表,通过压升及电机功率进行推算;现场烟气排放口为人工确认开启情况。

1.1.2 工况分析

工况1时现场烟气排放口开启10处,通过少量调节电机运行频率及调节旁通阀门开度,对于风机压升及流量影响不大。根据风机性能曲线,此时风机的风量约为19.5万m³/h,已超过风机的设计风量。三种工况对比,当逐步关闭现场烟气排放口,压升逐步升高,风量逐步减少,各排放口收集烟气的效果逐步增强。因此得出以下分析结果:

1)侧吹炉烟气排放口开启的数量过多,在实际风量超过额定风量时,风机的压升降低,使各个烟气排放口的负压下降,导致烟气收集效果降低。同时无序或过多地开启烟气排放口,吸入过多空气导致风量增加,也使风机的运行能耗增高。

2)在所有烟气排放口中,2个放渣口烟气收集效果最差,主要原因为集烟罩是半露天布置,侧向风影响大造成烟气溢散严重,并且2个排放口为环集风管路最末端,风机入口管阻偏大,影响烟气收集效果。

1.1.3 烟气管线存在的其他缺陷

侧吹炉环集风机单机运行,无备用机及应急烟气路线,正常生产期间及月度检修期间均无法停机检修。侧吹炉环集风机如果出现故障会产生重大安全环保事故,同时对侧吹炉主工艺作业产生较大影响。

1.2 主厂房环集系统

1.2.1 运行情况

金通铜业熔炼主厂房于26.25m顶部设置30处排风口,与渣包倾翻集烟罩共同组成主厂房环集系统。主厂房环集风机主要为厂房屋顶上部烟气外排的动力设备,此风机运行将溢散于熔炼主厂房顶部的无组织SO₂烟气排出送脱硫,保证主厂房清洁生产。根据在生产实践渣包倾翻装置处溢散烟气较多的情况,提高主厂房环集风机的运行能力,以及减少主厂房环集烟道风门的开启数量等措施。主要工况的运行参数如表3所示。

表3 主厂房环集风机运行工况表

工况	频率/Hz	功率/kW	压升/kPa	风量/(万 m ³ ·h ⁻¹)	主厂房风门开启情况
工况1	45	1120	6.0	26.4	合计开启15处
工况2	45	1075	6.2	24	合计开启8处
工况3	50	1360	7.5	38.5	合计开启5处

在工况2、工况3时渣包倾翻装置处的烟气溢散情况较工况1有明显改善,只有少量外溢烟气在较短时间内扩散。

1.2.2 工况分析

渣包倾翻装置在倒渣过程中会产生大量烟气,同时该装置的集烟罩处于主厂房环集管道的末端,主厂房环集风机在低转速运行时无法将其产生的烟

气瞬时抽走,导致大量烟气外溢至主厂房东侧上方。虽然将主厂房环集风机运行频率调整至45~50Hz运行,烟气外溢情况有所好转,但是风量加大后使硫酸车间的环集脱硫工序处理烟气总量超过设计的总风量^[10-12]。

渣包倾翻装置前部翻板式活动烟罩为半敞开式设计,密封性能较差。主厂房环集烟道风门多达

30处,各区域风门的控制方式分为3处就地控制,操作不便,无法根据烟气排放情况进行实时操控。

1.3 环集系统运行情况总结

金通铜业冶炼车间主厂房环集烟气低空污染主要集中在熔炼区域与渣包倾翻装置处。造成该现象的原因为部分烟气管道与集烟罩设计不合理,在烟气管道的末端烟气污染情况尤为突出。另外,现场操作管理存在缺陷,各处排放口的阀门无序开启,使过多的空气吸入环集系统,增加了环集与脱硫系统的运行能耗。

2 技术改造

通过上述对金通铜业冶炼车间主厂房环集系统各工况的汇总及分析,公司组织工艺及技术部门制订各项针对性的技术改造方案,并根据生产实际情况分步实施。

2.1 集烟罩相关改造

2.1.1 侧吹炉出渣溜槽及放渣口整体改造

侧吹炉出渣溜槽及出渣口烟气溢散情况最为严重,而且放渣造成的热辐射高,使周围环境温度高达50~60℃。由于正常生产期间无法进行改造,金通铜业于2022年7月年度大修期间对其进行整体改造,主要整改措施如下。

1)将原出渣纵向溜槽进行设计优化,使溜槽纵向长度减少约4m,溜槽烟气收集口进行整体封闭。同时加大环集烟气管道直径,增加烟气管道开关阀门,改善烟气在环集管道末端的收集效果。

2)放渣口横向溜槽与烟罩重新设计及制造更换,将出渣口横向溜槽与烟罩形成整体,通过防火布与固定环集管道衔接。原固定式放渣口改为倾转式放渣口,增加卷扬驱动装置,放渣过程中烟罩紧贴渣包上沿,烟罩的密闭性大幅提高。

经过以上2项整改措施,在正常生产期间侧吹炉出渣溜槽及放渣口烟气溢散量减少90%以上,周边环境温度减低约20℃,操作人员工作环境明显改善,劳动强度也随之降低。

2.1.2 倾翻装置活动烟罩密封改造

转炉渣包倾翻装置前部活动烟罩为半敞开式烟罩,排渣过程中产生的烟气无法有效收集。金通铜业于2021年9月对该装置的前部烟罩进行密封改造,将半敞开式活动烟罩改造为全密封活动烟罩,原有间隙大的地方全部进行封闭密封处理,配合接力

风机的投用,烟气溢散现象明显减少^[13-16]。

2.2 环集管线相关改造

2.2.1 倾翻装置接力风机改造

渣包倾翻装置集烟罩处于主厂房环集管道的末端,此处管线的负压较低,主厂房环集风机在低转速运行时无法将其产生的烟气瞬时抽走,导致大量烟气外溢至主厂房东侧上方。2021年9月在对集烟罩改造的同时,在烟气管道出口处增加一台斜(混)流风机做为接力风机。接力风机改造能力核算风量和压升。

1)风量。渣包倾翻装置在作业时产生的烟气量与转炉渣的温度、排渣速度等因素有关,同时倾翻装置的集烟罩为不规则密闭式的大型吸烟罩,所以排风量无法通过理论计算获得。通过现有使用工况及外置风机的试验,确定接力风机的风量为45000m³/h。

2)压升。根据倾翻装置排渣时对烟气管道外壁测量,温度为50~98℃(估算管道内烟气温度最高为120℃),气体密度0.93~1.07kg/m³,考虑一定的含尘量,烟气的气体密度按1.1kg/m³取值;倾翻装置集烟管道至熔炼主厂房环集主管道直管段约80m(水平段60m,垂直段20m),五处弯头,内径1m(其中约10m直管段内径为0.9m,按内径0.9m取值),得。

①流速: $v = 45\,000 \div (3\,600 \times 3.14 \times 0.45^2) \approx 20\text{ m/s}$ 。

②直管阻力系数: $e_1 = 0.02 \times 80 \div 0.9 \approx 1.78$

根据公式 $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left(\frac{K}{3.71D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}}\right)$ 和Reynolds数计算公式,直管段摩擦阻力系数取值0.02。

③五处弯头阻力系数: $e_2 = 0.3 \times 5 = 1.5$ 。

单个90°圆形弯头、 $R/D = 1.0$ 、二中节二端节摩擦阻力系数取0.3。

④总阻力系数: $e = e_1 + e_2 = 3.28$ 。

⑤管道的压力损失: $p = e \times v^2 \times \rho \div 2 \approx 721\text{ Pa}$ 。

根据以上能力核算,风机形式选择驱动组外置式斜(混)流风机,风量45000m³/h,压升780Pa。改造后接力风机满足倾翻装置烟气路线的支管管道阻力要求,且有一定富裕。同时考虑到如果该接力风机压力过大,造成主厂房环集管道的电动百页风门外部泄漏,风机采用变转速控制,可根据现场工况进行风量与压升调整。

2.2.2 侧吹炉环集应急管线改造

根据侧吹炉环集烟气管线前期存在的安全隐患,2021年8月金通铜业保全部门对应急管线走向、布局及配置进行整体设计出图,与相关部门讨论,确认在侧吹炉前适当位置新增一段侧吹炉环

集管道与主厂房环集管道的联通管,配套电动蝶阀控制烟气路线切换,如图1所示。

1) 侧吹炉环集烟气管线改造能力核算前提条件如表6所示。

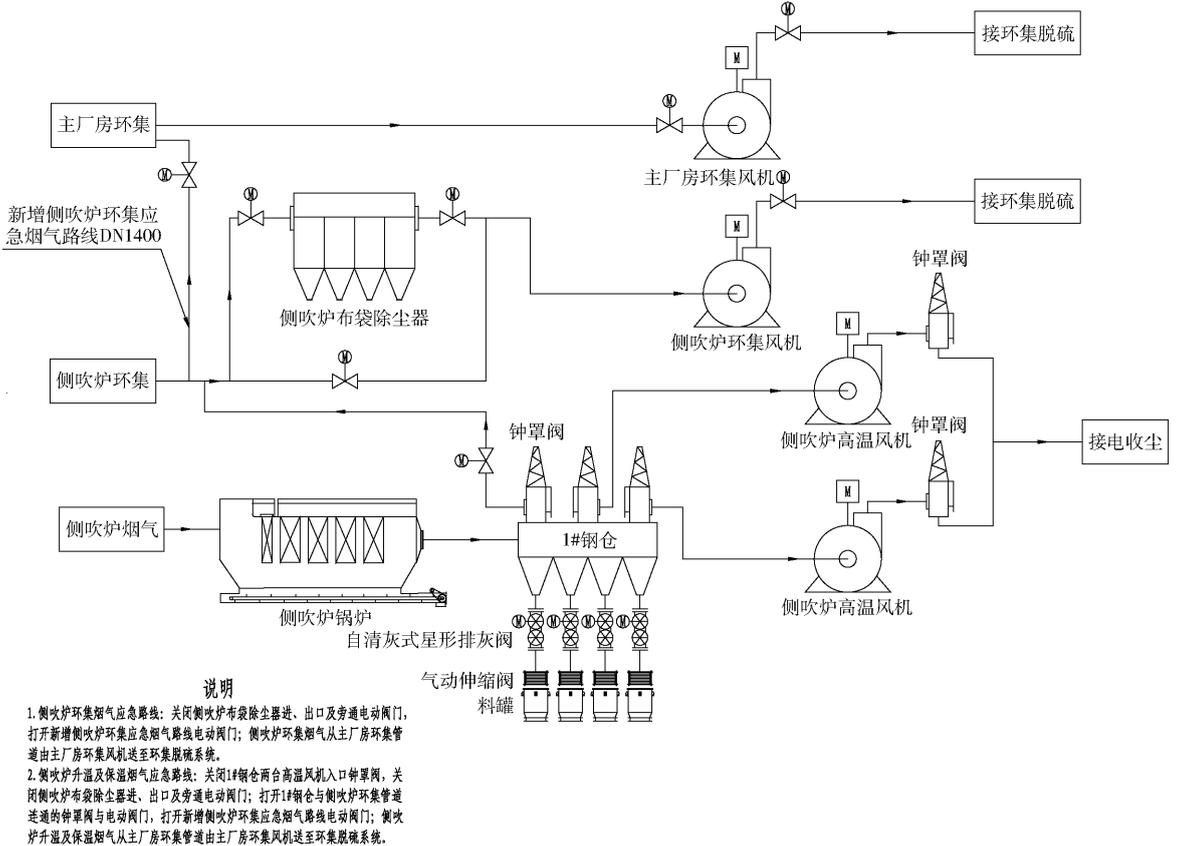


图1 侧吹炉环集应急管线改造示意

表4 侧吹炉、主厂房环集系统性能对比

位置	风量/($\text{万 m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)		压升/kPa		转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	
	设计	实际	设计	实际	设计	实际
侧吹炉环集风机入口	15	约 14	-4.5	-5.5	1 000	960
侧吹炉环集风机出口	15	约 14	5.5	2.5	1 000	960
主厂房环集风机入口	40	约 26.4	-4	-0.6	1 000	960
主厂房环集风机出口	40	约 26.4	3.5	2.1	1 000	960

2) 侧吹炉环集应急烟气管线的管道阻力计算。根据侧吹炉环集风机实际工况,工作温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、气体密度 1.093 kg/m^3 、风量 $140\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,新增管道直管段约 35 m 、5处弯头、直径 1.4 m ,通过计算得出新增管道的压力损失为 694 Pa ,按取 0.7 kPa 取值。

3) 侧吹炉环集应急烟气管线与主厂房环集风机匹配核算。侧吹炉环集风机实际运行入口压力为 -5.5 kPa ,其中布袋除尘器阻力为 2.0 kPa (注:应急烟气不进入布袋除尘器);主厂房环集风机实际压升为 2.7 kPa (注:该风机实际运行中其压力、流量

远小于设计值),得出在侧吹炉环集应急烟气时主厂房环集风机的压升为: $P=5.5-2.0+0.7+2.7=6.9\text{ kPa}$ 。

主厂房环集风机额定压升为0.7 kPa,满足侧吹炉环集应急烟气路线的管道总阻力要求,且有少量富裕度。但是主厂房环集风机在应急烟气路线运行时应提高到额定转速,并且主厂房环集管道的电动百页风门需要调节。

2021年8~12月侧吹炉环集风机应急路线进行安装,连通调试试验并运行3 h,应急路线运行无异常,现场测量风量、压升等数据,达到设计要求。该应急管线投用后,可极大降低侧吹炉环集风机单

机运行风险,排除了重大安生与生产上的隐患。

2.2.3 百叶风门控制方式改造

金通铜业主厂房环集烟气管道百叶风门共计30个(图2),分为熔炼、吹炼、精炼3个工段,分别就地控制。在所有百叶风门全开的情况下设计总风量约58.25万 m^3/h ,实际生产过程中需要操作人员实时调整开启数量。但是由于3处操作人员无法做到及时有效地联络与协调,造成百叶风门的开启数量过多,增加了主厂房环集风机运行负荷。为此金通铜业电气专业在2021年9月对其控制系统进行升级改造,将所有百叶风门的控制点位集中到转炉主控制室DCS系统,进行统一管理与操控。

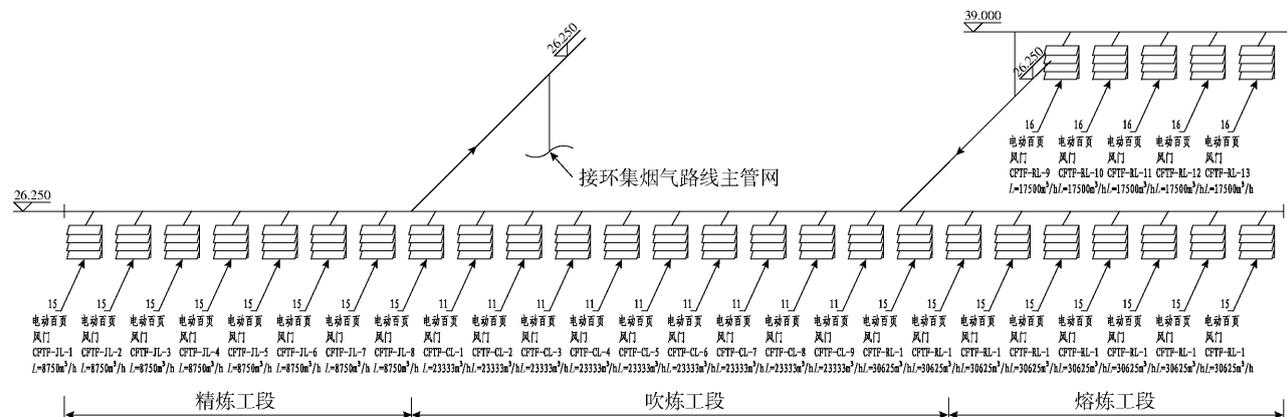


图2 主厂房上部通风系统

3 结束语

综上所述,金通铜业通过对铜冶炼车间各处集烟罩与管线等硬件更新改造,以及加强对环集烟气排放的操作管控,极大降低了区域内环集烟气地溢散,低空污染现象得以有效治理。

[参考文献]

[1] 杜龙,唐斌.典型铜冶炼行业基准排气量的比较与分析[J].有色冶金设计与研究,2017(2):17-20.
 [2] 魏微.含砷和二噁英复杂烟气治理耦合工艺设计和运行探讨[J].有色设备,2022,36(6):75-78+84.
 [3] 张云慧,阳春华,孙备,等.铋盐除钴过程电位混合智能控制方法[J].冶金自动化,2023,47(5):10-21.
 [4] 熊柳,袁剑平.熔炼主厂房环集烟气再利用应用实践[J].有色冶金设计与研究,2022(6):20-23.
 [5] 袁雪生.金隆公司环集烟气超低排放技术改造实践[J].硫酸工业,2022(3):12-14+34.
 [6] 卓俭进.铜冶炼废气超低排放治理[J].黄金,2021(7):86-88.

[7] 葛晓鸣,孙子虎,刘建萍,等.连续炼铜环集烟气处理系统升级改造生产实践[J].中国有色冶金,2021(1):57-61.
 [8] 吴昌考,杞学峰,普荣生,等.铜冶炼烟气调控生产实践[J].中国金属通报,2021(6):22-24.
 [9] 朱鹏春,于海波,何恩,等.铜冶炼转炉烟气收集系统的开发及应用[J].有色设备,2023,37(3):63-68.
 [10] 姜超,宫嘉辰.某锡冶炼厂含锌烟尘综合利用技术研究[J].有色矿冶,2023,39(6):52-57.
 [11] 褚继军.铜冶炼环集烟气和制酸尾气脱硫工艺优化改造与实践[J].绿色矿冶,2023,39(3):54-58.
 [12] 刘昱浏.国内某铜冶炼厂环集烟气脱硫改造工艺比较[J].有色冶金节能,2022,38(4):41-43.
 [13] 纪罗军.我国有色冶炼及烟气制酸环保技术进展与展望[J].硫酸工业,2016(8):34-51.
 [14] 程彤.环集烟气脱硫装置设计特点与生产实践[J].铜业工程,2019(6):17-19.
 [15] 王斌.铜冶炼环集烟气脱硫系统的改造实践[J].有色设备,2022,36(3):55-58.
 [16] 陈辉,陈芳芳.用氧化-酸浸法从铜冶炼烟灰中脱砷试验研究[J].湿法冶金,2022,41(5):461-464.

The practice of smelting secondary gas handling system in Jintong Copper Company

ZUO Yanzhi, PANG Xiaofei

Abstract: This paper analyzes the operation situation of the existing fugitive gas collection system in the smelting workshop of Jintong Copper Industry. It points out that there are some problems in the fugitive gas collection system, such as unreasonable design of the hood and the ductlines as well as some defects in on-site management which caused low altitude environmental pollution in the workshop. By reforming the hood and the ductlines, adjusting the valve control method as well as adding emergency branches, the pollution phenomenon in the workshop has been effectively controlled, the working environment of the smelting workshop is greatly improved.

Key words: fugitive gas collecting system; fugitive gas; 20 meters low-altitude; gas exhaust; ventilation fan; working condition analysis; control method ▲

(上接第 61 页)

Application of intelligent control and management system for full process of copper slag slow cooling

JIN Zezhi, CHENG Kai, QU Shanglin, LI Ming

Abstract: The slag slow cooling process is an indispensable link in the pyrometallurgical copper smelting process. The slag slow cooling treatment system urgently needs an intelligent upgrade with the increasing demands for slag treatment technology, resource recovery and safety management. The paper analyzes the characteristics of the slag slow cooling treatment process and presents the adaptive conditions for the whole-process intelligent transformation. Through key technologies such as 5G communication networks, intelligent management and control of gantry cranes and electric flatbed carts, the independent operation and intelligent control of the entire slag transfer process have been realized. After the implementation of the project, the number of operators was reduced by nearly 60%, and the average slow-cooling cycle of the slag ladle was shortened by more than 7%, achieving good economic benefits.

Key words: copper smelting plant; slag slow-cooling yard; gantry crane; electric flat car; intelligent control and management; pyrometallurgical copper smelting ▲