

环保新常态下非对称烟道的单风机生产探索与研究

Exploration and Research on Production of Single Fan with Asymmetric Flue under the New Normal of Environmental Protection

供稿|路伟, 王岳飞 / LU Wei, WANG Yuefei

内容导读

为适应环保新常态, 烧结机限产 30%~40% 情况下。邯钢邯宝炼铁厂 2 台 360 m² 烧结机针对目前的环保形势采用一种新的生产工艺。原 360 m² 烧结机大烟道分为脱硫与非脱硫段烟道非对称性设计工艺, 采取选择性脱硫, 但随着环保排放标准的提高, 要求烧结烟气全处理, 非对称烟道结构两烟道内部风量、有害气体及粉尘含量差别较大, 制约了现有脱硫工艺的能力发挥, 且由于两烟道不对称, 单台风机运行无法维持生产。对烟道进行改造, 平衡非对称烟道的工艺参数, 实现了烧结机的单风机生产操作。

邯宝炼铁厂烧结机烟道原设计采用了非对称结构, 随着钢铁行业环保要求的变化, 原设计结构已无法满足现有环保设备的工艺要求, 非对称烟道结构两侧烟道一侧负责烧结机机头、机尾的抽风, 一侧负责机身的抽风, 单台风机运行烧结机无法正常生产^[1]。活性炭脱硫脱硝投产后, 由于其采用两组对称吸附塔模块组分别对应两侧烟道的结构, 导致烧结废气内有害含量高的一侧烟道对应的吸附塔模块组负荷大, 能力饱和; 另一侧负荷小, 脱硫脱硝能力无法有效发挥^[2]。为解决该问题, 采取了一些列设备改造及操作优化, 符合环保工艺要求, 且能够在减排情况下实现单风机生产操作^[3-4]。

原非对称烟道设计缺点及对称性改进

原烟道不适应新的环保要求

原 360 m² 烧结机采用选择性脱硫方式, 为脱硫与非脱硫段非对称双烟道设计, 其中一个为脱硫烟道, 另一个为非脱硫烟道。烧结过程中产生的烟气, SO₂ 浓度高的部分用风箱收集导入脱硫烟道, 使 SO₂ 富集于脱硫烟道, 经后续脱硫处理后达标排放, 而 SO₂ 浓度低的部分用风箱收集导入非脱硫烟道直接排放。脱硫烟道 SO₂ 富集程度一方面取决于非脱硫烟道的 SO₂ 浓度极限值, 另一方面还要兼顾两个烟道的烟气流量、温度平衡^[4]。

目前我厂采用的活性炭烟气脱硫脱硝 (CSCR) 技术 (以下简称脱硫), 两组吸附塔分别对应两组

作者单位: 邯钢集团邯宝钢铁有限公司炼铁厂, 河北 邯郸 056003

烟道的废气,为保证烟气全处理,采用了对称结构^[2]。而原有脱硫与非脱硫烟道设计中,两烟道中废气差别非常大。实际在运行期间,含硫量大的一侧烟道对应的吸附塔模块处于饱和运行状态;另一侧含硫量小的烟道对应的吸附塔模块闲置能力较多。这大大制约了烧结机的产量发挥及进一步提产,为释放烧结机产能,并保证良好的脱硫效果,分别对两台烧结机烟道风箱支管的布置进行改造,消除非对称烟道的影响^[3]。

烟道的对称性改进

原烟道的设计特点

原 360 m² 烧结机烟道设计为双主排抽风系统,一台风机负责对烧结机头、尾部抽风,另一台风机负责对烧结机中部抽风。为优化和平衡两台风机风

量,在 24 对风箱中设置有 6 组风箱支管可在脱硫与非脱硫烟道之间进行切换,用于调节风量。

双烟道风量分配工艺设计特点:如图 1 所示,1[#]烟道为非脱硫烟道,与 1[#]主抽风机匹配,负责 1~5、8、21、23、24 风箱(烧结机头、尾部分)烧结抽风,此段烟气内 SO₂ 浓度较低;2[#]烟道为脱硫烟道,与 2[#]主抽风机匹配,负责 9、12~19 风箱(烧结机中部)的烧结抽风,此段为高温烧结过程脱硫段,烟气 SO₂ 浓度较高;6、7、10、11、20、22 风箱采用交叉布置形式,可同时通向 1[#]、2[#]烟道,这 6 个风箱通过调整阀门的方式分配通向 1[#]、2[#]烟道的风量,用以平衡双烟道负压与双风机负荷。表 1 列出了 2 台主抽风机所单独负责的风箱以及能够进行切换的风箱分配关系^[4]。

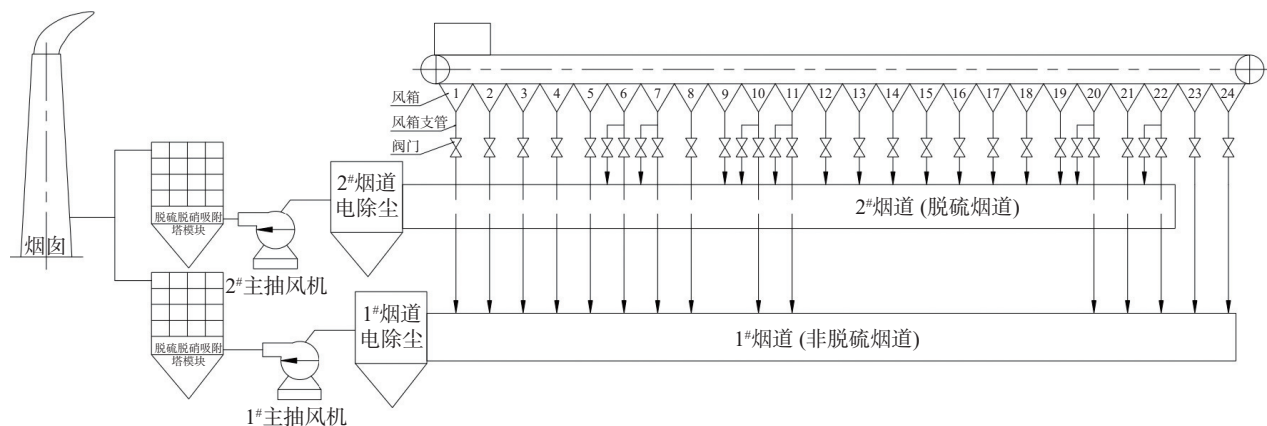


图 1 邯钢邯宝炼铁厂 360 m² 烧结脱硫非脱硫烟道分布示意图

表 1 360 m² 烧结机风机及风箱分配表

主抽风机编号	负责风箱编号	可切换风箱编号
1 [#]	1~5、8、21、23~24	6~7、10~11、20、22
2 [#]	9、12~19	

如图 2 所示,改造前一部分风箱支管结构相互交叉,两侧烟道及 2 台主抽风机负责的风箱位置不一致。改造的目的是使两侧风箱与两侧烟道分别连通,另外,在改造过程将短烟道延长,使两侧烟道长度一致^[3]。

在改造前对烧结机风箱烟气浓度与污染物烟气浓度进行测量,其主要成分组成如表 2 所示,由于两侧烟道所负责位置不同,随着烧结过程的进行,烧结废气成分也在不断变化,导致了两侧烟道内废

气成分及污染物浓度差别较大。

改进后烟气管道分布特点

按环保要求两侧烟道均需进行脱硫,该非对称烟道设计反而使两侧烟道的脱硫设备在不均衡状态下运行,为保证新脱硫设备的正常有效运转,对风箱支管进行改造,改造后 1[#]、2[#]烟道与风箱支管的对应关系如图 3 所示,使两侧结构实现对称。其目的是使风箱支管分别连通 1[#]、2[#]烟道,去除交叉连通支管使两台主抽风机气流均布,烟气温度、流量、成分等一致。改造后对废气内主要参数分析数据如表 3 所示,两烟道基本趋于一致。

改造后,其一,实现了两个烟道的废气成分接近,进而和脱硫系统匹配,而不必对新建脱硫项目

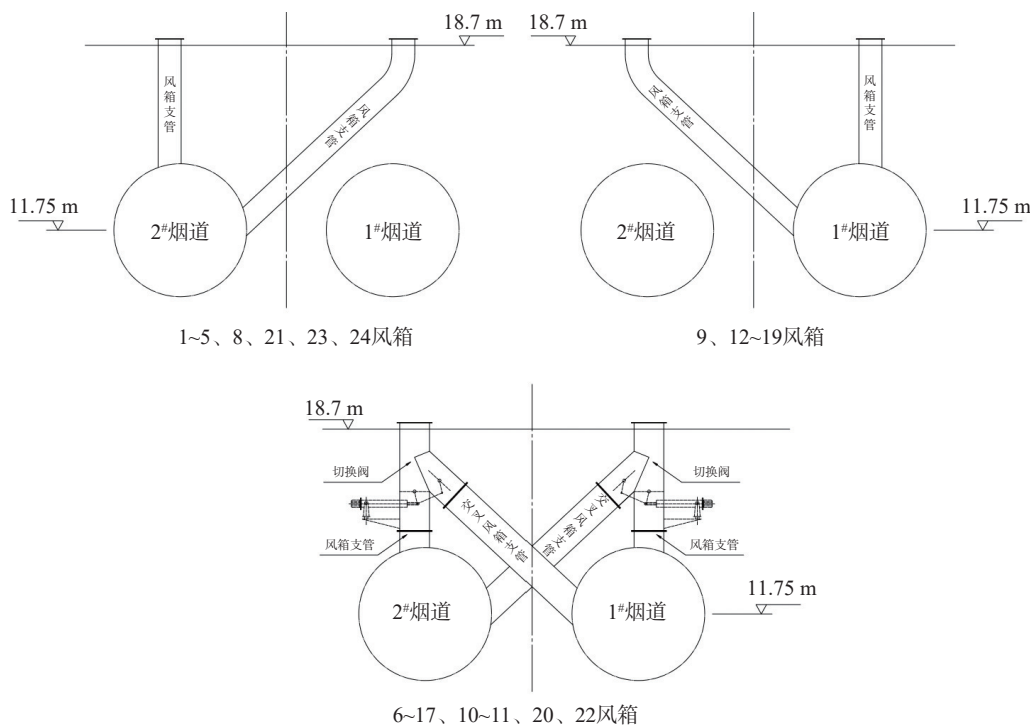


图2 改造前烟道结构断面示意图

表2 改造前烟气与污染物浓度数据表

烟道编号	压差/Pa	流速/(m/s)	烟温/°C	烟气体积分数/%			污染物质量浓度/(mg/m ³)		
				O ₂	CO ₂	CO	NO	NO _x	SO ₂
1 [#]	67.0	11.98	98.74	16.558	3.788	0.363	138.8	138.58	376.4
2 [#]	80.4	13.40	113.74	16.020	4.026	0.509	113.4	125.76	26.8

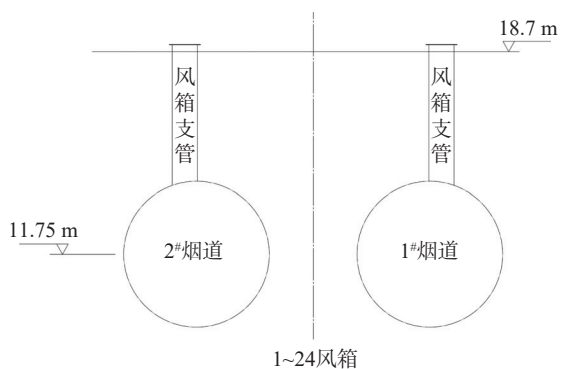


图3 改造后烟道结构断面示意图

进行改动；其二，如出现环保限产，可实现单风机生产，降低电耗；其三，能减少脱硫烟道中废气对

机头电除尘器的腐蚀，提高机头电除尘器寿命。

单风机生产方案的设计

调整操作方案

在环保限排的情况下，为最大限度地降低损失，烧结机采用单风机生产模式。在实践中对单风机试生产的操作参数进行了摸索，并结合生产过程中出现的问题采取了相应措施，确定烧结单风机生产预案，满足了邯钢西区 3200 m³ 高炉生产的需求，避免高炉炉料结构大调整。

(1) 单风机生产操作按“薄料层、慢机速、机尾烧透”的操作原则，开机过程要注意风量与负压等

表3 改造后烟气与污染物浓度测量数据表

烟道编号	压差/Pa	流速/(m/s)	烟温/°C	烟气体积分数/%			污染物质量浓度/(mg/m ³)		
				O ₂	CO ₂	CO	NO	NO _x	SO ₂
1 [#]	73	6.3	136.5	15.60	4.91	1.172	126.33	126.50	323.58
2 [#]	73	6.3	136.5	15.73	4.79	1.149	128.77	128.63	293.78

参数的匹配，尽量采用与双风机生产时接近的负压风量，密切关注烧结过程的温度变化过程，提前调整。

(2) 中控操作在原有基础上燃料配比减 0.3%，返矿配比按 25% 左右，开机过程中保证返矿料位不上涨，开机烧结机驱动电机转速 330 r/min，上料量 500 t/h 以内，混合机控制好水分保证尽快点火，料层厚度 550~600 mm 保证料面点火强度。

(3) 根据机尾红火层厚度情况调节两侧料层厚度，目标机尾红火层厚度一致；根据生产情况和设备承受能力主抽风门逐步开展；

(4) 根据烧结过程烧结终点温度 (BTP)、位置、烟道温度等参数，逐步加快机速或提高料层提高上料量，直至和烧结能力匹配。单风机生产根据生产情况和设备承受能力 (风机电流控制 400 A 以下)，主抽风门逐步开至 95%。

原燃料条件与结构配比

根据现有熔剂与混匀料堆配矿结构条件下，实行单风机生产工业实验，为了避免烧结矿对高炉的影响，提高烧结矿的碱度基准，由 1.95 提高到 2.15，一方面有利于高炉增加球团矿、块矿的使用比例，确保高炉物料需求平衡，另一方面有利于改善

烧结过程，提升烧结矿质量，另外，由于参与配矿的品种比较少，外矿配比比较多，原料粒度较大，透气性较好，便于烧结过程在单风机生产情况下进行操作控制。表 4 列出了混匀料主要结构成分。

表 4 混匀料配比及成分组成									
原料	配比/%	质量分数/%							
		TFe	SiO ₂	FeO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	H ₂ O
Pb粉	13	57.26	5.77	5	0.07	0.13	0.093	1.61	10.29
扬迪	26	57.11	5.74	3.5	0.05	0.10	0.08	1.42	9.14
巴卡	21.5	65.63	1.77	2.9	0.004	0.07	0.094	1.17	5.58
巴混	17	63.03	3.82	4	0.06	0.1	0.111	1.48	8.31
返矿	8	63.4	6.3	5	0.45	0.36	1.5	0.08	0.9
乌球粉	10	63.2	8.1		0.37	0.47	0.45	0.039	
钢渣	1	25	12		35	8	3	0.5	0.2
除尘灰	2	58	2.6	45	4.30	1.50	1.30	0.1	0.2

单风机生产实践

基于单风机与双风机生产过程原料配加比例与混合料性能、操作参数指标与烧结矿性能要求，进行对比研究，如表 5，单风机比双风机情况下，返矿配比增加，水分要求加大，并且料层降低，烧结矿碱度提高，其他条件一致。

表 5 烧结生产过程主要操作指标参数

模式	原料配比/%*					混合料性能		
	返矿配比	混匀料	白云石	白灰	燃料	料温/℃	H ₂ O/%**	粒度/mm
双风机	17	88.2	5.1	6.7	3.75	65	7.2	3.6
单风机	19	88.6	4.3	7.1	3.75	65	7.4	3.6
模式	操作指标			烧结矿性能要求				
	料层厚度/mm	点火温度/℃	铺地料厚度/mm	Fe/%**	FeO/%**	碱度, R		
双风机	810	1024	50	56.6±0.5	<10	1.95±0.12		
单风机	600	1089	50	56.5±0.5	<10	2.10±0.12		

注：*中混匀料、白灰、白云石为内配比，总和为100%，返矿配比为返矿与内配比总和的比值；**为质量分数

以实际生产为例，单风机 1#主抽风机运行，2#主抽风机停转，如表 6，停机侧 2#主抽风机及 2#烟道对应 19 风箱前的风箱温度基本在 100℃ 以下，20 风箱后开始上升，最高达 365℃ 左右，而风机运行一侧温度最高为 410℃ 左右，并且正常情况下，风机转速 960 r/min，风门开度 85% 左右，料层可达到 810 mm 左右，负压水平在-15.8 kPa 左右，点火炉下风箱压力控制在 7.5~8.5 kPa，单风机生产风机

满负荷开度 (1000 r/min，风门 100%) 情况下，料层厚度达 720 mm 左右，负压水平在-9.8 kPa 左右，点火炉下风箱压力控制在 4.5~5.2 kPa。

在实际烧结过程中，由于对烟道风箱支管的改造，除实现双风机生产过程烧结产能的释放，确保脱硫设备的生产效率外，还实现了在环保限产减排模式下的单风机生产，且在单风机生产过程可有效利用脱硫设备的能力。

表 6 单风机生产情况下 1[#]、2[#]烟道对应两侧风箱温度情况统计

烟道状态	风箱号对应温度/°C											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开风机侧 (1 [#] 烟道)	70.3	71.3	72.8	76.9	63.5	70.5	67.5	66.5	71.7	71.7	69.2	73.9
停风机侧 (2 [#] 烟道)	56.9	57.4	69.9	63.5	67.0	67.0	68.0	67.0	65.0	65.0	60.0	62.5

烟道状态	风箱号及对应温度/°C											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开风机侧 (1 [#] 烟道)	89.2	92	108	115	146	158	221	337	396	410	400	398
停风机侧 (2 [#] 烟道)	64.0	75	79	80	93	94	100	308	335	365	342	338

表 7 列举了单双风机生产模式下各 10 d 的生产情况平均值,可以发现,在实际生产过程,单风机生产模式,日烧结产量约为正常双风机模式产量的 71%,料层厚度在 730 mm 左右,转鼓指数由于垂直

烧结速度的降低,有所升高,在固体燃耗配比不变情况下,烧结矿 FeO 水平有所上升,在烧结过程稳定情况下,返矿水平略有下降。

表 7 改造后不同生产模式情况对比

生产模式	日产量/t	上料量/t	料层厚度/mm	烧结机台车前进速度/(m/min)	负压/kPa	废气温度/°C	垂直烧结速度/(mm/min)
双风机	11126	780	810	2.18	-15.4	138/127	20.90
单风机	7936	520	730	1.58	-8.7	139/41	13.53

生产模式	转速/(r/min)	风门开度/%	转鼓指数/%	碱度, R	w(Fe)/%	w(FeO)/%
双风机	980	95	79.53	2.01	56.83	8.28
单风机	1000	100	80.01	2.06	56.64	8.34

结束语

为适应脱硫工艺以及实现单风机生产,将原有烟道进行改造:取消交叉风箱支管,对支管进行更换及取直,实现支管与烟道对应,保证脱硫设备运行效率;延长风箱烟道,使两侧烟道基本对称,使单风机生产具备条件。单风机生产过程采用有别于双风机生产的操作模式,主要特点是:料层薄、机速慢,稳定增加负载,逐步提高单风机产量。通过生产实践证明,即使在不增加设备的情况下,非对称双烟道烧结机通过改造及改进实现单风机生产也是可行的,且单风机期间实现了稳产高产,保证了高炉炉况的稳定顺行。

经济性分析:若烧结机不具备单风机生产条件,活性炭脱硫设备前还需增设烟气混合装置。通过改造,减少了设备投入及运营费用,预计节约 200 万元。且在改造完成后可使每侧烟道单独对应单独的脱硫塔模块,保证了脱硫设备的顺利稳定运行。同时在冬季环保限产 30%~40% 的情况,可实现单风机生产,利于降低烧结电耗,烧结主抽风机为

6500 kW,采暖季限产时间 120 d,限产概率按 0.5,作业率按 0.97 计算,节约电耗 $6500 \times 24 \times 120 \times 0.97 \times 0.5 = 908$ 万 kW·h。

参考文献

- [1] 桂林峰,黄永安,苏亚刚,等.一种应急状态下的单风机烧结生产控制方法.中国,202310410686.0,2023-06-23
- [2] 何生明,赵立文,杨志功,等.逆流活性炭脱硫脱硝技术在烧结烟气超低排放中的应用.山西冶金,2020,45(2): 273
- [3] 王岳飞,李东亮,谢永杰,等.一种提高烧结机双烟道和单台主抽风机使用效果的装置.中国,202221400754.2,2023-01-24
- [4] 付旭刚,张荣华,何更新,等.酒钢 265m² 烧结机双烟道风量合理分配技术研究及应用//第十四届全国大高炉炼铁学术年会.嘉峪关,2013

作者简介:路伟(1985—),男,河北省邯郸市人。2008年毕业于太原理工大学机械设计制造及其自动化专业,邯钢集团邯宝钢铁有限公司炼铁厂设备管理人员,机械工程师。曾多次参加邯钢烧结设备维护、改造、新建和管理工作。通信地址:邯钢集团邯宝钢铁有限公司炼铁厂,邮编:056015;E-mail:395365660@qq.com。