

攀钢钒炼铁厂 4# 高炉汽动鼓风技术升级改造分析

蔡志春¹ 张顺玲²

(1 攀枝花攀钢集团设计研究院有限公司 四川 攀枝花 617063; 2 攀钢集团工程技术有限公司 四川 攀枝花 617063)

摘要: 本文简要介绍了攀钢钒热电鼓风站存在的风险及问题, 以及炼铁厂深挖 4# 高炉炼铁潜能要求, 分析了汽鼓改电鼓技术的特点和技术经济性, 认为电动鼓风技术在大型高炉上存在明显的优势, 在实践中可以推广该技术。

关键词: 高炉鼓风; 电动鼓风机组; 节能降耗; 升级改造

0 引言

攀钢钒公司炼铁厂 4# 高炉生产所用冷风由能动分公司热电鼓风站供应, 该站设置有 2 台 AV63-16 汽动鼓风机, 1 用 1 备, 单台风机设计风量 2280 ~ 2910Nm³/min。该风机制造于 20 世纪 70 年代, 投运于 1989 年, 单台鼓风机实际运行风量 3400 ~ 3500Nm³/min, 已超设计负荷运行。鼓风机配套的汽轮机设计主蒸汽流量为 53.7t/h, 现运行主蒸汽流量为 58 ~ 62t/h, 已远远超出汽轮机超负荷比例 10% ~ 20%, 汽轮机严重超负荷导致凝汽器泄漏频繁。鼓风机和汽轮机均已超过设计使用寿命, 存在较大的安全隐患。

1 能动分公司热电鼓风站现状及存在的问题

能动分公司热电鼓风站汽动鼓风机已经超负荷运行, 风机运行工况点已经处于原设计特性曲线外, 与之配套的蒸汽主管道金相检测珠光体严重球化, 汽轮机蒸汽管道达到 5 级 (最高级别), 锅炉的主汽道均达到 4 级; 鼓风站、热电站主蒸汽联络道 4 级。按相关国家标准, 达到 4 级的应及时更换, 达到 5 级的应强制更换^[1]。

4# 高炉原设计的有效容积利用系数为 2.0t/m³·d, 高炉鼓风系统按此系数进行设计; 随着 4# 高炉的生

产水平不断提高, 其有效容积利用系数逐步增加, 达 2.5t/m³·d 左右, 而汽动鼓风系统不具备提升供风产能的潜力, 制约了 4# 高炉的高效生产, 现鼓风站具体运行参数见表 1。

炼铁厂规划深挖 4# 高炉炼铁潜能, 要求 4# 高炉夏季入炉风量达 3600Nm³/min, 风压 0.36MPa (G), 考虑相关损耗, 则要求能动分公司风机侧风量达到 4200Nm³/min, 出口风压达到 0.385MPa (G) 才能满足相关需求, 即使对汽动鼓风机进行改造 (增加预留叶片), 风机出口压力可增至 0.373MPa (G), 但仍无法满足 4# 高炉生产需求, 且风量无法增加。

2 炼铁厂 4# 高炉汽鼓改电鼓技术系统研究

2.1 改造方案的选择

现汽动鼓风机组互为备用, 若原址改造, 不论是汽鼓改电鼓, 还是汽鼓本体更换, 当其中 1 台汽鼓改造时, 另 1 台汽鼓运行时因无备机可用, 给 4# 高炉供风时存在很大的运行风险和保供风险; 且因热电站总图位置受限, 不存在扩建的可能。因此, 针对 4# 高炉鼓风系统改造, 建议在能动分公司电动鼓风站内新建 1 台电动鼓风机。改造完成后, 电动鼓风机形成 2 运 1 备的运行机制, 4# 高炉和新 3# 高炉供风系统公用 1 台备用机组^[2]。

表 1 热电站鼓风机运行现状

项目	单位	实际运行参数	设计参数		
			夏季	冬季	平均
风机出口绝对风压	MPa	0.406 ~ 0.426	0.4131	0.4138	0.4138
大气压力	MPa	0.0851 ~ 0.0860	0.0851	0.0862	0.0859
流量	Nm ³ /min	3400 ~ 3500	2910	2280	2732
蒸汽流量	t/h	58 ~ 60	53.7		

2.2 新建电动鼓风机选型

2.2.1 鼓风机的选择

(1) 鼓风机风量计算。

根据炼铁厂要求, 4#高炉夏季入炉风量 $Q_g=3600\text{Nm}^3/\text{min}$, 则鼓风机风量按下式计算:

$$Q_H=Q_g(1+\delta)+Q_c$$

式中: Q_H —风机风量 (m^3/min);

Q_g —高炉入炉风量 (m^3/min);

δ —漏风系数;

Q_c —热风炉充风量 (m^3/min)。

鼓风机风量计算如下:

$$Q_H=3600 \times (1+8\%) + 300=4188 (\text{m}^3/\text{min})$$

(2) 鼓风机出口压力计算。

鼓风机出口压力按下式计算:

$$p_c=p_d+\Delta p_l+\Delta p_r+\Delta p_f$$

式中: p_c —风机出口压力 (MPa);

p_d —高炉炉顶压力 (MPa);

Δp_l —料柱阻力 (MPa);

Δp_r —热风炉及管路阻力 (MPa);

Δp_f —冷风管道阻力 (MPa)。

根据炼铁厂要求, 4#高炉夏季入炉风压要求为 0.36MPa, 即 $p_d+\Delta p_l=0.36$;《高炉炼铁工程设计规范》(GB 50427-2015) 规定: 1000 m^3 炉容级别高炉的送风系统阻损宜为 25kPa, 即 $\Delta p_r+\Delta p_f=0.025\text{MPa}$ 。

故鼓风机出口压力: $p_c=0.36+0.025=0.385\text{MPa}$ 。

结论: 根据 4#高炉入炉风量和风压的要求, 确定新增电动鼓风机风量: 4200 Nm^3/min , 出口风压: 0.385MPa (G), 数量: 1 台。鼓风机选用静叶可调轴流式电动鼓风机, 数量: 1 台, 电动机功率: 23000kW, 电压: 10kV。电动机为同步电动机, 其启动采用固态补偿降压软启动装置。

2.2.2 鼓风工艺流程

鼓风工艺流程为: 外界空气→自洁式空气过滤器→电动鼓风机→止回阀→出口消声器→电动送风阀→配风阀→送风母道。

2.2.3 鼓风机配套系统及设备

鼓风机配套系统及设备包括润滑调节油系统、动力油站、进口空气过滤器、出口消声器、放空消声器、自控系统、静叶伺服控制系统、电动机启动系统、高低压电控系统、机组出入口补偿器、送风流量计和相关油系统的阀门及管件材料等, 均由鼓风机厂配套供应。

2.2.4 鼓风机组高、低压电控系统

高压部分由主电动机控制、保护、连锁报警系统、主电动机启动设备的控制和自动切除系统等部分组成。

低压部分由双电源自动切换连锁系统、润滑油站的控制、连锁系统和连锁系统等部分组成。

鼓风机组的自动控制系统由风机定风量/定风压—静叶串级调节系统、风机防喘振保护调节系统、风机防逆流保护系统、机组轴振动和轴位移监测保护系统等组成。

2.2.5 鼓风站设备布置

现电动鼓风站主厂房宽度方向 (30m) 维持不变, 长度方向 (42m) 延长 15~57m, 同时将检修吊车轨道延长, 在现有 9#电动鼓风机旁布置新建的 10#电动鼓风机组。生产间宽度方向 (8.1m) 维持不变, 长度方向 (42m) 延长 15~57m, 与现有层数一致, 共 4 层。机器间的设备及管道分为地面层 (3.6m 层) 和设备运转操作层 (8.0m 层) 双层布置。地面层主要布置鼓风机组的进出风管、放空管、润滑油站和动力油站等设备, 运转操作层主要布置鼓风机组及拖动电动机。为避免鼓风机组的振动传递给主厂房, 机组采用海岛式布置。电动机启动装置、控制系统等设备布置在生产间的一层, 而机组的进口过滤器及放空消声器等则露天布置在主厂房外。

3 炼铁厂 4 号高炉汽鼓改电鼓技术的经济效益

据统计: 2017 年 4#高炉作业时间为 8696h, 2019 年为 8692h。故 2020 年 4#高炉作业时间按 8694h 考虑 (取 2017 年与 2019 年平均值), 即本项目新建鼓风机组成本及效益分析的年运行时间按 8694h 进行核算^[3]。

3.1 项目改造前、后鼓风机年运行成本对比

项目改造前、后鼓风机年运行成本对比见表 2, 各能源介质单价为能动分公司 2017—2019 年 ERP 成本价。

由表 2 可以看出, 改造后的电动鼓风机单位运行成本较汽动鼓风机减少 15.46 元/ kNm^3 。按改造后的电动鼓风机产气量 2062565 kNm^3 计算, 电动鼓风机年运行成本较汽动鼓风机减少 3188.73 万元。

据统计, 2017—2019 年汽动鼓风机组年平均维修费用为 1.58 元/ kNm^3 , 折旧已全部折完。

3.2 新增固定费用

(1) 折旧费: 折旧费综合折旧年限 15 年, 残值率考虑 3%; 折旧费合计 512.90 万元;

(2) 修理费: 修理费按固定资产投资的 3% 估算, 年修理费为 237.94 万元。

项目改造后, 每年可降低成本 2437.89 万元。

3.3 项目效益分析

项目建设期 16 个月, 营业税金及附加按 3188.73 万元 $\times 13\% \times 12\%=49.74$ 万元。

(1) 若将减少的成本视作本项目的现金流入, 则项目技术经济指标如下:

项目税后投资回收期:

P_t (含建设期) = 5.44 年;

表2 项目改造前、后鼓风机年运行成本对比见表

改造前汽动鼓风机（1运1备）					改造后电动鼓风机			
年运行成本					年运行成本			
序号	名称	年耗量	单价	年成本(万元)	名称	年耗量	单价	年成本(万元)
1	新水	521640t	0.76元/t	39.64	软水	26082t	5.33元/t	13.9
2	电量	3690960kWh	0.3566元/kWh	131.62	电量	132600000kWh	0.3566元/kWh	4728.52
3	蒸汽	521640t	132.07元/t	6889.3	氮气	2608.2kNm ³	170元/kNm ³	44.34
	合计	—	—	7060.56	合计	—	—	4786.76
汽动鼓风机产气量（单台）					电动鼓风机产气量			
序号	名称		数值		名称		数值	
1	单位气量 (Nm ³ /min)		3500		单位气量 (Nm ³ /min)		3954	
2	年产气量 (kNm ³)		1825740		年产气量 (kNm ³)		2062565	
产气量单位成本（单台）					产气量单位成本			
序号	名称		数值		名称		数值	
1	单位成本 (元/kNm ³)		38.67		单位成本 (元/kNm ³)		23.21	

Pt（不含建设期）=5.44-1.33年（建设期）=4.11年。
项目投资税后内部收益率为25.90%。

(2) 本项目实施后，高炉用风量增加150m³/min，按照炼铁厂2019年铁耗风指标1467m³/tp，则小时可具备增加铁产量150×60÷1467=6.1t的能力，年利用时间按8400h（350天）计算，则年可具备增加铁产量6.1×8400×0.5（高炉稳定系数）=25620t的能力。

(3) 本项目实施后，能解决汽鼓供4#高炉冷风所存在的重大安全隐患及环保风险，具有一定的社会效益。

综上所述，本项目改造后年可减少成本2437.89万元，项目税后投资回收期为4.11年（不含建设期），项目税后内部收益率25.90%，同时为年增加铁产量2.56万t创造了条件。

4 结语

攀钢钒炼铁厂4#高炉汽鼓改电鼓的实施，不仅能

减少生产成本，而且能解决汽鼓供4#高炉冷风所存在的重大安全隐患及环保风险，具有一定的社会效益。因此，该项目符合国家“发展循环经济、节能减排”的基本国策。

参考文献：

- [1] 刘经校. 高炉鼓风机电动鼓风与汽动鼓风方案对比中的节能分析[J]. 钢铁技术, 2008(5):53-54.
- [2] 王迪. 高炉鼓风系统节能方案的可行性分析[J]. 电站辅机, 2015, 36(1):50-54.
- [3] 陈蓉华. 几种高炉鼓风驱动方案的分析与比较[J]. 冶金能源, 2019, 38(2):8-10.

作者简介：蔡志春（1985-），男，汉族，湖北麻城人，本科，高级工程师，研究方向：工业热能与动力项目设计；张顺玲（1986-），女，汉族，青海海东人，本科，高级工程师，研究方向：工程及项目管理。