

高压大功率变频器在顶吹转炉生产中的应用

王宁 罗明雁 赫荣阳

一、背景情况

抚顺新抚钢炼钢二部（即新二炼）厂房始建于 85 年，89 年正式投产，拥有公称 15 吨氧气顶吹转炉 3 座（现已扩容至公称 20 吨），2001 年产钢量 71 万吨，2002 年预计产量 100 万吨，2003 年产钢 170 万吨。

转炉吹炼过程中，炉口会排出大量棕红色的烟气，烟气温度高、含有易燃气体和金属颗粒，按照我国 1996 年颁布的《大气污染物综合排放标准》（GB16297 — 1996），对烟气必须冷却、净化，由引风机将其排至烟囱放散或输送到煤气回收系统中备用。新二炼生产采用“三吹三”方式，每个转炉都配有一套除尘系统，除尘系统采用二级文氏管烟尘净化方式，烟道直径 $\Phi 1.6\text{m}$ ，烟气输送管线 820mm，风机型号 D700，电机功率 440KW/6KV。由于转炉周期间断吹氧，为满足节能和环保要求，要求风机在整个炼钢工作周期内变速运行，吹氧时高速运行，不吹氧时低速运行。原来采用液力耦合器调速，高速 2700r/min（设计 2900r/min），低速 800r/min。由于液力耦合器技术的局限性，使得：

- 调速范围在 30%~90% 之间，转速不稳定；而且，低速 800r/min 仍然偏高，造成能源浪费，高速运行时，液力耦合器有时丢转，转炉炉口冒烟；
- 经过 10 多年的使用，液力耦合器已严重老化，需经常更换轴承，造成转炉停产，不能满足连续生产的需要。
- 电动机的效率低，损耗大，尤其低速运行时，效率极低；
- 调节精度低、线性度差，响应慢；
- 启动电流仍比较大，影响电网稳定；
- 液力耦合器故障时，无法切换至工频旁路运行，必须停机检修；
- 漏油严重，对环境污染大，地面被油污侵蚀严重；

鉴于液力耦合器存在上述众多问题，对其进行改造已成当务之急。

2001 年底，二炼钢开始扩容改造。为了提高风机的运行效率，解决使用液力耦合器带来的众多问题，新抚钢决定进行变频改造。

二、变频器改造方案

- 要求变频器要有高可靠性，长期运行无故障。
- 要求变频器有旁路功能，一旦出现故障，可使电机切换到工频运行。
- 调速范围要大，效率要高。
- 具有逻辑控制能力，可以自动按照吹氧周期升降速。
- 有共振点跳转设置，能使电机避开共振点运行，让风机不喘震。

经过多方调研、比较，最后新抚钢同北京利德华福电气技术有限公司合作，共同制定了 1 号转炉除尘风机的变频改造方案，改造方案如下：

1、设备配置

KM：变频器供电的高压真空断路器

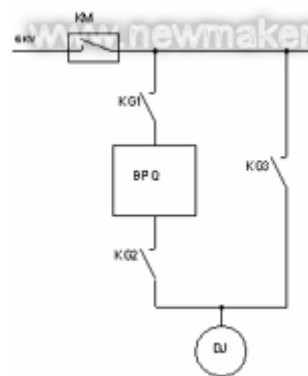
KG1、KG2、KG3：真空接触器

BPQ：HARSVERT-A06/080 变频器

DJ：440KW/6KV 异步电动机。

KM 为原有高压开关，KG1、KG2、KG3。

DJ 为原有异步电机，如果将来扩容到 630KW/6KV 普通三相异步电机，变频器必须具备驱动能力。



风机高速运行时，如果变频器出现严重故障，应将电机自动切换到工频电网运行，当前吹炼周期结束后，自动断开 KG3，检修变频器，变频器检修完毕后，通过复位按钮，自动返回原变频调速状态。如果在低速运行，则立即断开 KG3，开始检修。这样，在变频器出现严重故障时，系统能够自动转入工频电网中，负载不用停机，满足现场不能停机的要求。

2、电机及风机参数

电机参数： 风机参数：

型 号： JK134-2 型号： D700-13-2

额定功率： 440KW 进气容积流量： 700m³/min(混合煤气)

额定电压： 6KV 压力增加值： 2600mmH₂O

额定频率： 50Hz 进气温度： 35℃

额定电流： 50A 主轴转速： 2975rpm

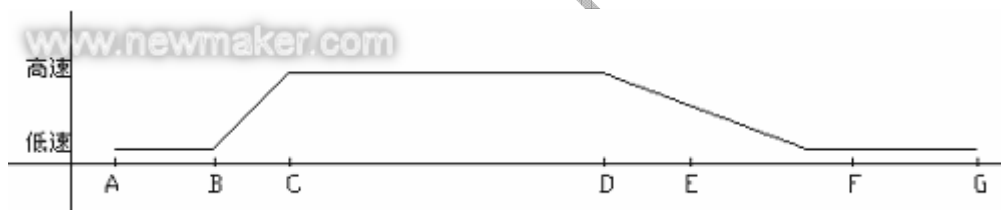
额定功率因数： 0.89 轴功率： 370kw

额定效率： 92.5%

额定转速： 2970rpm

3、除尘风机工艺要求

1) 吹炼工艺周期



A 到 B 为兑铁加废钢时间。

B 到 C 为风机升速时间，可以调节。

C 到 D 为吹氧时间。

D 点风机开始减速。

D 到 E 为倒炉测温取样时间。

E 到 F 为出钢时间。

F 到 G 为溅渣时间。

整个吹炼工艺周期约 21 分钟，其中高速时间（C 到 D）12 分钟。高速定为 45Hz,可以调节；低速定为 5Hz,可以调节。

2) 变频器和现场接口

在 B 点，由现场提供一对闭合节点（氮氧转换点），变频器从低速向高速启动。在 C 点，变频器到达高速后，给现场提供一对闭合节点（高速状态节点），以便现场操作工进行下氧枪工作。在 D 点，现场向变频器提供另一对闭合节点（风机减速点），变频器开始降速，降速时间不作具体要求，但在减速过程中如果需要提速，变频器应能满足提速要求。

风机转速、氮氧切换节点、氧枪位置节点三者满足如下关系：

现场提供给变频器的两对节点（氮氧转换点、风机减速点）及变频器提供给现场的高速状态节点均为无源节点，具有 2A/30VDC 或 0.8A/230VAC 的容量。

3) 变频器技术指标

输入电压 三相交流有效值 6.3KV $\pm$ 10%
输入频率 50 $\pm$ 5Hz
输出电压 三相正弦波电压 0-6KV
输出频率 0-50Hz
频率分辨率 0.01HZ
加速时间 可按工艺要求设定
减速时间 可按工艺要求设定
频率设定方式 高低两级速度，可在 0-50Hz 范围内调整
故障诊断及检测 自动检测，自动定位
网侧功率因数 0.95（高速时）
过载保护 120%1 分钟（每 10 分钟）、150%立即保护
防护等级 IP20
环境温度 0-40℃
环境湿度 90%,无凝结
海拔高度 1000 米以下

三、设备运行情况

2001 年底我公司向北京利德华福电气技术有限公司订购了一台高压变频器，型号为

HARVERT-A06/080, 2002 年 3 月 14 日变频器正式投入使用,我们认为该变频器的生产、安装、调试周期都很短,总共仅有 3 个多月的时间,为 1 号转炉按时投产提供了有力的保证。

- 1、同原来使用液力耦合器比较,北京利德华福电气技术有限公司生产的高压变频器有以下优点:运行稳定,安全可靠。原来使用液力耦合器大概 40 天左右就必须更换轴承,每次需停炉半天左右,带来的巨大的经济损失。HARVERT-A 变频器具有免维护的特点,只需定期更换柜门上的通风滤网,不用停机,保证了生产的连续性。
- 2、节能效果显著,大大降低了吨钢电耗。
- 3、电动机实现了真正的软启动、软停运,变频器提供给电机的无谐波干扰的正弦波电流,降低了电机的故障次数。同时,变频器设置共振点跳转频率,避免了风机长期在共振点运行,使风机工作平稳,风机轴承磨损减少,延长了电机、风机的使用寿命和维修周期,提高了风机的利用时率。
- 4、变频器自身保护功能完善,同原来继电保护比较,保护功能更多,更灵敏,大大加强了对电机的保护。在变频器调试期间,变频器自动保护,报电机过流。经检查发现电动机有一相线鼻子发生断裂,电机缺相运行,造成过流。我们及时进行了检修,避免了事故的扩大化。
- 5、变频器同现场信号无缝接口,满足生产的需要。变频器内置 PLC,现场信号接入灵活。转炉为变频器提供一对高速、低速节点,变频器按照节点的状态自动高速、低速往复运行;将以前仪表柜中的转炉的烟气流量、烟气温度信号接入变频器,把仪表柜拆除,大大节约了场地。变频器自带转速测定,原来同电机相连的测速器也被取消,由变频器为现场直接提供电机转速指示,
- 6、适应电网电压波动能力强,有时电网电压高达 6.9KV,变频器仍能正常运行。
- 7、同液力耦合器比较,在加速期间大大减小了噪声,削弱了噪声污染。由于不用定期拆换轴承,减少了机油对环境的污染,使风机房的现场环境有了极大改善。

四、节能分析

改造之前,1#2#3#转炉的工况均相同,改造后 1#转炉可以同 2#、3#转炉作对比,最终以吨钢除尘电耗来分析节能数据。

设备名	上月表码 (度)	本月表码 (度)	倍率	电量消耗 (度)	钢产量 (吨)	吨钢除尘电耗 (度/吨)
1	90839	91998	120	139080	32811.368	4.28
2	93799	94630	120	99720	13851.840	7.20
3	01592	02420	120	99360	14010.504	6.88

同液力耦合器比较，吨钢除尘电耗平均减少 2.76 度/吨；

1# 转炉年产钢量今年预计为 35 万吨，电价为 0.44 元/度；

年节电总额为： $35 \text{ 万吨} \times 2.76 \times 0.44 = 425040$ 元，节电率为 39.2%。

同时由于HARSVERT-A变频器的可靠性，避免了原来液力耦合器发生故障时，转炉停炉造成高炉甩铁的情况发生，其经济效益、社会效益也是巨大的。

五、结束语

从几个月的运行情况来看，北京利德华福电气技术有限公司生产的HARSVERT-A06/080 高压大功率变频器性能好，可靠性高，节能效果明显，满足连续生产对调速系统的要求，我公司决定在 2#、3#转炉改造中继续使用，目前 2#、3# 转炉配套的变频器已达现场，正在安装调试中。

作者单位：辽宁新抚钢有限责任公司 (<http://www.newmaker.com>)

(如果您是本文作者，请点击此处)