

水环泵在 RH 真空泵系统的应用实践

张召朋

武汉钢铁有限公司条材厂

DOI:10.12238/pe.v2i2.7569

[摘要] RH 真空泵系统大部分采用多级串(并)联的蒸汽喷射泵,其优点是抽气能力大,工作压力范围广,结构简单,没有活动部件,制造方便适应性强,设备便于维护。缺点是蒸汽消耗量大,能耗高,能源成本较高。钢铁企业为进一步降低 RH 生产工序能耗和能源成本,近年来水环泵与蒸汽喷射泵的组合渐渐被采用。本文介绍了某钢厂用水环泵代替末级蒸汽喷射泵技术的应用实践,并对调试及使用过程中遇到的问题进行了改进、完善,使水环泵稳定运行,投运后设备安全可靠,满足了真空生产的各项需求,降低了蒸汽消耗,实现了节能及低成本制造的目的。

[关键词] RH 真空泵; 水环泵; 变频器; 节能

中图分类号: S277.9+2 **文献标识码:** A

Application of water ring pump in RH vacuum pump system

Zhaopeng Zhang

Wuhan iron and steel co. LTD

[Abstract] Most RH vacuum pump systems use multi-stage series (parallel) steam jet pumps, which have the advantages of large pumping capacity, wide working pressure range, simple structure, no moving parts, convenient manufacturing, strong adaptability, and easy equipment maintenance. The disadvantages are high steam consumption, high energy consumption, and high energy costs. In recent years, steel companies have gradually adopted the combination of water ring pumps and steam jet pumps to further reduce the energy consumption and cost of RH production processes. This article introduces the application practice of replacing the final stage steam jet pump technology with a water ring pump in a steel plant, and improves and perfects the problems encountered during debugging and use, ensuring stable operation of the water ring pump. After operation, the equipment is safe and reliable, meeting the various needs of vacuum production, reducing steam consumption, and achieving the goals of energy conservation and low-cost manufacturing.

[Key words] RH vacuum pump; Water ring pump; transverter; energy conservation

前言

为生产高品质的钢材,各大钢厂均装备了RH(或VD)真空精炼炉,以实现钢水脱碳、脱氢、脱氧、精调钢水成分、提高钢水洁净度的目的。RH真空精炼炉的核心设备是真空泵系统^[1],因蒸汽喷射真空泵具有抽气量大、工作范围广、设备故障率低、维护简单、对被抽介质无严格要求等优点,故多采用蒸汽喷射泵。但蒸汽喷射泵对蒸汽、冷凝水消耗量大、夏季冷凝水温度高,影响抽真空的问题较为突出,导致能源成本很高,吨钢能耗较高。因此,如何降低真空泵系统能源消耗,降低生产成本,是各钢厂提高市场竞争力的重要课题。

某钢厂,装备2台150tRH真空精炼炉,均采用五级蒸汽喷射泵串(并)联的方式,设计抽气能力67pa下900kg/h。

表1 真空泵的操作模式和蒸汽耗量表

| 模式代号 | 真空度 | B1 | B2 | B3 | S4a | S4b | S5a | S5b | 蒸汽耗(t) |
|------|------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|--------|
| A | 101→35kPa | × | × | × | × | × | ○ | ○ | 10.880 |
| B | 35→8kPa | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | 19.900 |
| C | 8→2.5kPa | × | × | ○ | ○ | × | ○ | × | 14.900 |
| D | 2.5→0.5kPa | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | 19.100 |
| E | 500→67Pa | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | 21.500 |

备注: ×为蒸汽关,○为蒸汽开。

蒸汽消耗是真空系统主要能耗因子,从表1可以看出,在一

个循环周期内, S5a、S5b消耗的蒸汽量是最大的。这主要是因为末级喷射泵进口绝对压力较高, 属于低真空度阶段, 造成喷射泵工作效率较低, 所以蒸汽消耗量较大。另外, 为降低钢水温度损失, 提高生产节奏, 真空处理前需进行预抽, 故蒸汽消耗量最大, 经济性差, 针对这一问题, 决定对S5a、S5b进行技术性替代。

1 水环泵技术的选择与应用

目前, 国内真空系统泵的形式有多种类型, 如蒸汽喷射泵、水环泵、螺杆泵、罗茨泵等, 其中螺杆泵、罗茨泵等机械泵, 对灰尘比较敏感, 废气进入机械泵前常用布袋过滤器对气体进行过滤, 且RH机械泵比蒸汽泵、水环泵的投资显著增加, 采用蒸汽泵加水环泵或采用机械泵, 吨钢消耗能介成本均比蒸汽泵显著提高, 经济效益可观。由于水环泵与蒸喷射泵组合形式的经济性, 近年来水环泵与蒸汽喷射泵组合形式在钢液真空精炼系统上逐步被采用^[2]。水环泵在相对低真空工作时, 具有较大的抽气能力、工作效率高的特点, 对RH真空系统被抽气体无严格要求, 所以水环泵成为最佳选择。

通过对已经在RH真空系统使用水环泵钢厂考察, 确定了用水环泵与蒸汽喷射泵S5a、S5b并联改进的方案, 不仅可以降低能源消耗, 同时可以起到相互备用的作用, 从而提高真空泵系统的安全可靠性。

水环泵是液环式真空泵最常用的一种。带有多叶片的叶轮靠轴及轴承偏心地装在泵体内, 泵工作时, 泵体内充有一定量的水, 当叶轮顺时针旋转时, 水被抛向泵壳并形成与泵壳同心水环, 水环与叶片间构成容积不等的空腔。在吸气口侧, 空腔容积由小变大, 完成吸气过程, 在排气口侧, 空腔容积由大变小, 完成排气过程。如图1:

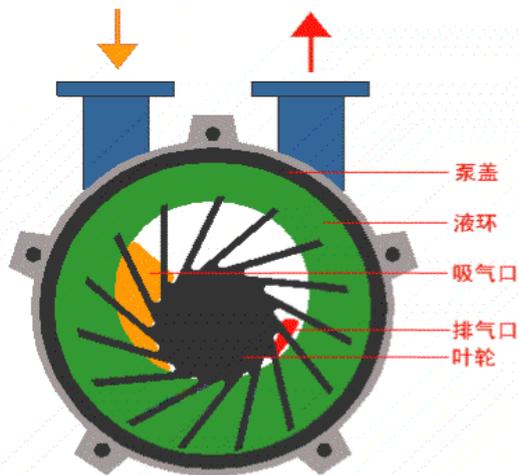


图1 水环泵工作原理图

水环泵的选择应根据工作所需要的气量、真空度而定, 尽可能要求在高效区内运行, 并避免在最大真空度或最大排气压力附近运行, 不仅效率低, 工作不稳定, 易产生振动和噪音。对于较高的真空度而言, 在此区域内运行, 往往还会发生气蚀现象, 产生这种现象明显的标志是泵内有噪音和振动, 气蚀会导致泵体、叶轮等零件的损坏, 以致泵无法工作。由于水在真空状态下易沸

腾及蒸发的特性, 在选用水环泵时, 其抽气能力及工作真空度都要留有充分余地, 通常要大于额定值的20%以上。

根据上述原则, 结合S5a、S5b在35Kpa时设计抽气量为 $160\text{m}^3/\text{min}$, 选型安装2台水环泵, 一用一备, 型号: CBF430—2BG3, 转速: $395\text{r}/\text{min}$, 抽气速度: $160\text{—}196\text{m}^3/\text{min}$, 工作范围: $20\text{—}100\text{kPa}$, 每台泵配备一台220Kw电机进行驱动, 与蒸汽喷射泵S5a、S5b互为备用, 理论上可以满足S5a、S5b的吸入绝对压力35Kpa的要求, 完全可以替代五级泵。

2 水环泵的安装及常见问题的解决措施

2.1 水环泵的安装及管道敷设

两台水环泵及电机安装在 $\nabla 8\text{m}$ 钢结构平台上, 进气与C2冷凝器用管道连接, 排气管道与C3冷凝器后的汽水分离器排气管道相连, 如图2所示, 施工量不大。

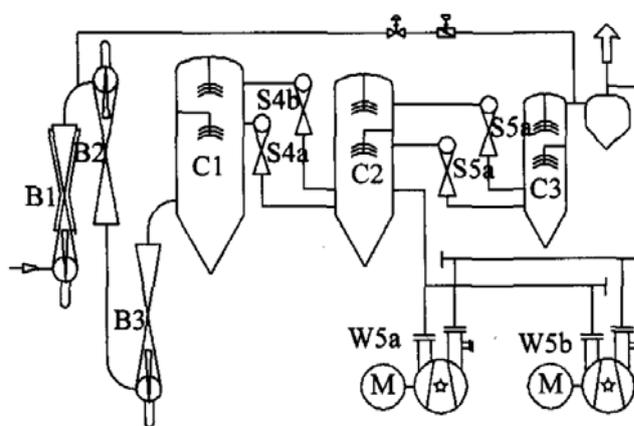


图2 真空泵+水环泵系统图

2.2 水环泵常见问题及解决措施

①运行时液环泵、电机的振动大、噪音大。水环泵振动速度值达到 $4\text{mm}/\text{s}$, 水环泵运行时有喘振、气蚀现象, 伴随泵内部噪音大。

两台水环泵安装在 $\nabla 8\text{m}$ 钢结构平台上, 基础不牢固, 设备运行时振动大, 另外, 水环泵电机未考虑设计变频调速, 设计漏项导致液环泵抽气绝对压力 $<20\text{Kpa}$, 且随着真空度的快速增高, 液环真空泵的气蚀、喘振现象明显加剧。气蚀现象往往伴随振动和噪音^[3], 水环泵的运行属于不可控运行。违反了泵的运行原则: 避免在最大真空度或最大排气压力附近运行, 不仅效率低, 而且工作不稳定, 易产生振动和噪音。

②解决措施。对驱动电机增加220KVA变频器, 为减少投资, 两台水环泵共用一台变频器, 并设计电气控制程序根据真空度及抽气状态进行精准控制。预抽时, 变频器频率为38Hz, 真空度达到33Kpa时进行PID调节, 画面真空度一般设定为31Kpa, 稳定在31Kpa以后, 变频器在5Hz—35Hz进行调节。真空主阀开启后, 变频器变为48Hz恒定转速进行抽真空, 达到35Kpa后蒸汽喷射泵逐级开启, 直至钢水处理完毕。破空时, 变频器变为5Hz, 然后再次进入预抽模式38Hz。

解决因基础原因导致的设备振动, 对液环泵及电机基础移

位,管道重新敷设。根据工厂建设时水泵、风机布置在钢结构平台上,因基础原因多次出现设备振动问题并难以解决的实际经验。由于变频控制,机械转速不断变化外加整个基础平台的振动,电机地脚螺栓出现松动,经常出现电机与泵的同轴度出现偏差,接手尼龙棒搅碎等异常停机故障。为了解决这一问题,决定将水环泵移位至▽0米,制作钢筋混凝土基础,移位改造后,水环泵运行震动明显改善,检测液环泵振动速度 $v \leq 1.0 \text{mm/s}$,设备运行平稳。

通过上述措施的实施,消除了设备振动超标、气蚀及噪音大的问题。水环泵布置在▽0米,同时需要处理好水环泵自身排水问题,水环泵基础周边需设计排水沟,并需在RH过跨车轨道一侧,增加混凝土挡墙,消除钢水喷溅或大罐漏钢导致的安全风险。

3 水环泵应用后节能及降成本比较

水环泵投用后,增加电耗:电机功率220KW全功率运行,按每年运行300天运行,0.6元/KWh计算,耗电95万元/年。减少了C3冷凝器的用水量,由4台泵供水改为3台泵供水,节约水循环量900t/h,降低蒸汽消耗8-10t/炉,减少了热负荷,降低了夏季水处理降温设施的压力及耗电量。因蒸汽的能耗折标系数最高,价格最贵,按照蒸汽进行效益计算,按最低减少蒸汽8吨计算,蒸汽能耗折标系数110.4kgce/t,价格211元/t,按照年处理钢水80万t,每炉150t钢水计算,可以降低真空工序能耗5.88kgce/t,年降低能耗 $471 \times 10^4 \text{kgce}$,年降低工序成本900万元以上。蒸汽-电

耗=900-95=805万元(该效益还不考虑C3冷凝器的节水、水处理冷却塔的电部分及真空稳定生产以后实现的经济效益)。因此,全年降低工序成本800万元以上。

4 结论

①实践证明,水环泵在RH真空泵系统的投运,设备具有良好的稳定性,在满足生产需要的同时,进一步降低了能源消耗与生产成本,具有广泛的推广性。

②液环泵基础的设计必须考虑其安全性及可靠性。

③液环泵驱动电机必须设计变频器,根据真空度与抽气模式进行精准控制,使其在最佳工况运行,避免气蚀及喘振现象。

④根据液环泵产品的工作压力及抽气能力,可继续研究更低真空度下的替代,进一步降低RH生产的能耗及成本。

[参考文献]

[1]董伟光,计玉珍.太钢75tVOD炉真空系统改进[J].重型机械,2004,85(4):13-15.

[2]林汉光.液环真空泵及机组节能设计和选型的方法探讨[J].真空与低温,2012,18(1):52-54.

[3]吴泰忠.液环真空泵的气蚀防护[J].化工设备与管道,2006,43(2):45-47.

作者简介:

张召朋(1981--),男,汉族,山东省潍坊市人,大学本科,武汉钢铁有限公司条材厂,中级工程师,研究方向:冶金热能,环保。