

裂解气压缩机透平真空度下降的原因及其改造措施

李若平, 何晨光, 周殿莹

(中国石油抚顺石化分公司, 辽宁 抚顺 113008)

摘 要: 对压缩机凝汽式透平真空度下降的原因进行了综合分析, 认为结构不合理是其真空度低的主要原因。通过详细的热力计算, 对凝汽器的结构进行了改造, 同时选用了传热效率高、耐腐蚀性好的 BFe10-1-1 铜镍合金管。改造后机组的真空度提高到 0.024 MPa, 节约蒸汽 10 t/h, 取得了明显的经济效益。

关 键 词: 表面式凝汽器; 透平真空度; 改造措施

中图分类号: TK264.1 文献标识码: B

1 概 述

GT201 是乙烯装置裂解气压缩机的驱动机, 表面式凝汽器 EA218 是其排汽凝汽器。它的作用是为冷源把蒸汽凝结成水, 并形成真空, 降低 GT201 的排汽压力, 提高机组效率。

抚顺乙烯装置是 1991 年 12 月投产, 一直在低负荷下运行。1996 年对装置进行扩能改造, 由原来的年产 11.5×10^4 t 扩到 14×10^4 t, 生产负荷由 33 t/h 增到 45 t/h, EA218 的压力一直在 $-0.075 \sim -0.070$ MPa。1998 年生产负荷提到了 56 t/h, 这时凝汽器的压力开始上升, 在 $-0.06 \sim -0.05$ MPa 之间。从 1999 年 10 月份以后, 装置生产负荷提到了 60 t/h, 此时凝汽器的压力急剧上升, 最低时仅有 -0.03 MPa, 最恶劣时要接近正压, 严重影响机组的安全运行。同时也限制了生产负荷, 装置的能耗增大。为了保证机组的安全运行, 对 GT201 及 EA218 运行论证, 找出问题所在, 寻求最佳的解决途径。

2 真空度下降的原因

凝汽器真空度下降有两种情况, 一种是急剧下降, 这种情况一般因为循环水或喷射泵工作不正常所致; 另一种情况是缓慢下降, GT201 就属于这种情况,

发生这种情况有以下几个原因: 循环水量不足; 凝汽器漏气; 热井满水; 热负荷大; 管束泄漏; 冷却水温度高; 设备本体结构有问题。现就上述原因进行分析。

2.1 操作环境分析

2.1.1 循环水量不足

主要特征是真空度逐渐下降, 循环水出口温度增高。EA218 设计循环水量: 夏季 2 734.7 t/h, 冬季 1 650 t/h, 通过测量, 实际流量在 1 200 ~ 1 300 t/h 之间, 明显不足, 出入口温差最小 14 °C, 最大 20 °C, 可见, 循环水量低于设计值。

2.1.2 凝汽器漏气

表现为排汽温度与凝汽器循环水出口温差增大, 凝水的过冷度增大, 正常情况下凝水的过冷度为 $0.5 \sim 1$ °C。

为此我们先后做了两次泄漏检查, 没有发现漏气的部位。说明系统不漏气, 喷射泵的性能良好。

2.1.3 热井满水

EA218 凝汽器热的液位控制在 50%, 液面在管束以下, 如果水浸过管束, 造成蒸汽有效冷却面积减小, 排汽压力增大, 汽轮机尾缸的阻力增大, 功率下降。汽轮机组要维持正常的负荷, 就要增大蒸汽的进汽量, 使凝汽器内的压力不断增大。经检查, 没有发现异常。

2.1.4 热负荷大

装置原设计是 4 台炉生产, 1996 年进行扩能改造, 年生产能力由 11.5×10^4 t 增到 14×10^4 t, 1999 年负荷由 45 t/h 增到 60 t/h, 透平的进汽量增加, 再加上透平的级间密封部分损坏, 导致级间的泄漏量增大, 使排汽温度升高, 热负荷增大, 而凝汽器能力不足, 导致排汽压力增大。

2.1.5 管程结垢

主要表现为循环水出口温度与排汽温差增加, 凝汽器的温度高, 循环水流动阻力增大。我们在凝汽器出入口各装一块压力表, 测得压差为 0.16 ~ 0.18 MPa, 正常的压差在 0.04 ~ 0.05 MPa 之间。

2.1.6 管束泄漏

如果冷却水的漏量大, 凝水的电导率会增大, 硅、钠等离子含量也会增大; 如果漏量小, 它们的变化不大, 甚至没有变化, 但凝水的过冷度会增大。这次真空度低, 凝液的过冷度没有变化, 所以管束泄漏影响真空可以排出。

EA218 冷却水的设计温度 32 °C, 因为冷却水温度对真空的影响很大, 在运行中我们把冷却水温度降到 25 °C, 以此来保证真空。

通过以上分析, 凝水量、冷却水流量和温度是影响真空度的主要因素, 经过对 EA218 进行核算, 绘制出特性曲线^[3]。

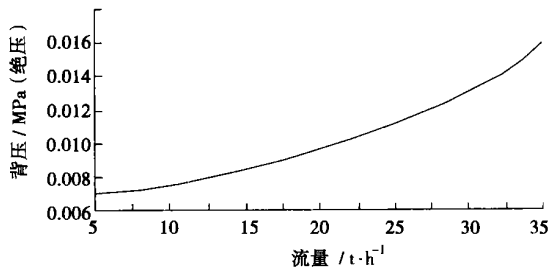


图 1 凝汽器凝水流量特性

由图 1 可以看出, 凝水量对凝汽器背压的影响。

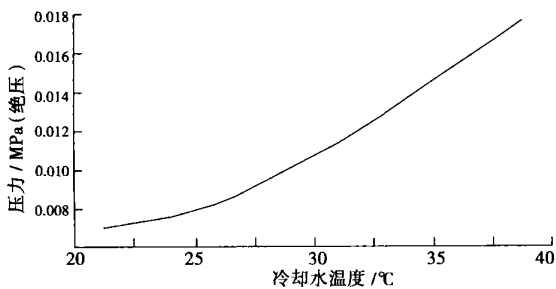


图 2 凝汽器冷却水温特性

由图 2 可知, 冷却水温升高 1 °C, 背压可增加 0.000 6 MPa。

由图 3 可得, 冷却水 2 700 t/h 时, 背压 0.013 5 MPa (绝压), 冷却水量是 1 300 t/h 时, 背压 0.023 MPa (绝压)。

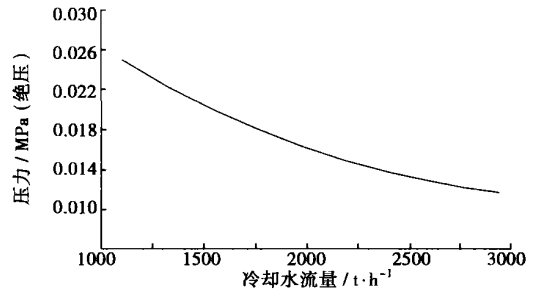


图 3 凝汽器冷却水流量特性

2.2 设备性能、结构分析

通过以上分析, 可以得出以下结论:

虽然冷却水量、温度及凝水量影响真空, 但以实际运行的参数为条件, 对表面凝汽器换热面积进行核算, 理论上能满足目前的负荷, 排汽压力能达到 0.04 MPa (绝压), 因此设备结构上存在问题。

2.2.1 凝汽器的结构

此设备是汽流向心式表面式凝汽器, 这种结构的缺点是各部位管子的热负荷分布不均, 下部管子不能充分与蒸汽接触, 因此热效率低。

2.2.2 排汽口

排汽口窄小, 是影响真空的因素之一, 因为进入凝汽器的蒸汽有沿着阻力最小方向流动的趋势, 使两端不能充分利用, 从凝汽器外表面看, 中间的颜色比两端的颜色深, 表明中间过热。大部分蒸汽在中间冷凝下来, 两端只冷凝少量的蒸汽, 使凝汽器面积的有效利用率降低。

2.2.3 抽气口在一端

这样布置有一定问题, 远离抽气口的部位, 沿程阻力大, 不凝结气体抽不出来, 导致真空性能恶化。

2.2.4 不锈钢管导热性差。

管束材料是不锈钢管, 导热性能差。

因此凝汽器结构不合理, 是 GT201 真空度下降的主要因素。

3 改造方案的确定

3.1 基本设计参数

- (1) 冷却水量 1 300 t/h, 入口温度 30 °C;
- (2) 采用传热性能好的 $\Phi 19 \times 1$ 的 BFe10-1-1 管;
- (3) 凝结蒸汽量 27.3 t/h;

在空间允许的情况下, 适当扩大冷却面积。计

算结果^[2]：

凝液量 $G_s=27.268 \text{ t/h}$ ；冷却水进口温度 $t_1=30 \text{ }^\circ\text{C}$ ；

背压 $P_s=0.014 \text{ MPa}$ ；冷却水出口温度 $t_2=41.28 \text{ }^\circ\text{C}$ ；

排汽焓 $I_s=2470 \text{ kJ/kg}$ ；对数平均温差 $\Delta t_m=15.79 \text{ }^\circ\text{C}$ ；

清洁系数 $\beta_c=0.8$ ；总传热系数 $K=2319 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$ ；

冷却水流速 $v_w=1.22 \text{ m/s}$ ；计算冷却面积 $A_c=452 \text{ m}^2$ ；

流程数 $Z=1$ ；实际冷却面积 $A=497 \text{ m}^2$ 。

3.2 改造方案

3.2.1 总体结构

新设备在结构上采用直光管、表面式、横向布置，采用单流程、双通道形式，中心线位置不变，保证设备在安装时的改动量最小，且方便快捷。

3.2.2 管束

管束的排列是本设备的关键所在，它采用更合理的布置方法，在选材上选用导热系数较高的 Bfe10-1-1 铜镍合金管，迎蒸汽面上采用 $\Phi 19 \times 1.5$ 管子，用以防止冲击破坏，其余的采用 $\Phi 19 \times 1$ 的管子。这样布置使设备更安全，效率更高。

3.2.3 抽气

抽气口改在凝汽器中间，两侧抽气，这样布置，使凝汽器内部的气体流动更趋合理。利用原抽气设备，一方面使抽气设备得以充分利用，另一方面节省了一部分投资。

3.2.4 喉部

原设备为方形，新设备改为扩口形，内部增设导流板，使气流尽可能均匀分布，确保凝汽器换热面积得以充分利用。

3.2.5 换热面积

利用有限空间，采用增大直径、增加长度的方法来增大换热面积。

4 改造后的效果

凝汽器改造以后，提高了压缩机的转速，改造前压缩机的转速最高能达到 8400 r/min ，改造后压缩机的转速最高达到 8920 r/min ，日产乙烯突破 510 t ，为全年生产任务的完成奠定了基础。

由于真空度提高，不仅提高了机组的效率，同时也降低了蒸汽消耗，平均节省高压蒸汽 10 t/h ，投资仅用 2 个月就全部回收。

表 1 凝汽器改造前后的运行参数

时间 /年月日	凝液流量 FI924 t·h ⁻¹	表面冷凝器 真空度/°C	GT20IMS 抽汽 流量 FI923 t·h ⁻¹	进装置 HS 流 量 FI919 t·h ⁻¹	GT201 MSP 阀开度/%
改 造 前					
00.04.01	32	-14	25	68	78
00.04.05	29	-17	15	72	72
00.04.09	30	-15	21	66	73
00.04.15	26	-20	16	70	75
改 造 后					
00.07.08	27	-74	0	54	30
00.07.12	28	-76	0	52	32
00.07.17	29	-77	0	55	36
00.07.23	28	-76	0	56	34
00.07.31	30	-77	0	51	33
00.08.06	30	-76	0	53	34

5 结 论

(1) 对 EA218 凝汽器的改造是成功的，为石化行业汽轮机的节能、增容改造提供了方向，是一个投资少、见效快、施工周期短、成效显著的方法。

(2) 采用新技术、新工艺、新材料，使改造的设备具有先进水平，提高了机组的综合效益。

(3) 改造后机组节约蒸汽 10 t/h ，提高了产品产量。

参考文献：

[1] 敦瑞堂. 汽轮电站培训教材 [R]. 北京: 清华大学热能工程系, 1996.
 [2] 赵鸿斌. EA218 设计计算书 [R]. 哈尔滨: 第七〇三研究所, 2000.
 [3] 清华大学. GT201 汽轮机功率后移原因分析和改进措施 [R]. 北京: 清华大学热能工程系, 1998.

ology for the effective and highly promising reduction of NO_x emissions has been successfully implemented during the modification of boilers at Bao Steel Works power plant with an emission concentration of NO_x of 155 mg/m^3 being attained. The latter is the best result not achievable in China for power units of 300 MW or higher. At a reburning rate of about 10% and the excess air factor of the reburning zone selected at 0.9 excellent results can be obtained. With the completion of the project "natural gas in the west to be transported to the eastern regions" the use of natural gas for reburning can drastically reduce the NO_x emissions-related pollution caused by coal-burning power plants, initiating a good approach for the rational application of natural gas as a high-quality and clean energy source. **Key words:** boiler, gas reburning, reduction of NO_x , industrial application

高性能船舶动力定位系统技术分析 = **Technical Analysis of a Dynamic Positioning System for High Performance Ships** [刊, 汉] / LI Nan, LIU Xiao-bing (Dalian University of Science & Technology, Dalian, China, Post Code: 116023), SUN Chang-jiang (Military Representative Office Resident at Dalian Shipyard, Dalian, China, Post Code: 116001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(5). — 539 ~ 541

An analysis and investigation is conducted of the issues concerning the insufficient precision of control and a rather slow response speed of the control process, which exist in the design scheme for the dynamic-positioning control system of a foreign vessel. As a result, an improved version for the above system has been put forward. Meanwhile, on the basis of the basic configuration of the equipment for the positioning control system the fundamental operating principles of the said system are analyzed with a basic mathematical model and transfer functions for the positioning control system being obtained. Furthermore, based on the working characteristics of the control system the authors have come up with a method for solving the above-mentioned problems. The method consists in the adoption in the control system of a neural network-based control algorithm to replace the algorithm of multivariable control system of the original version. A numerical simulation-based comparison of the control performance of the original version with that of the improved one indicates that in respect of control performance the improved version is much better than the original version. **Key words:** marine power plant, dynamic positioning system, design, improvement

裂解气压缩机透平真空度下降的原因及其改造措施 = **An Analysis of the Causes Leading to the Lowering of Vacuum Level in a Cracking-gas Compressor Turbine and Relevant Measures Taken for its Modification** [刊, 汉] / LI Ruo-ping, HE Cheng-guang, ZHOU Dian-ying (China Petroleum Fushun Petrochemical Branch Company, Fushun, China, Post Code: 113008) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(5). — 542 ~ 544

A comprehensive analysis was conducted of the causes leading to the reduction of vacuum level in a compressor-condensing turbine. It is believed that the cause of the low vacuum lies in an irrational structure. Through detailed thermodynamic calculations it was decided to modify the structure of the condenser and to use copper-nickel alloy tubes BFe10-1-1 featuring high heat transfer efficiency and good corrosion resistance. After the modification the vacuum level of the unit has been increased to 0.024 MPa, resulting in a steam saving of 10 t/h and significant economic benefits. **Key words:** surface type condenser, turbine vacuum level, measures taken for modification

压力式喷水装置 = **Pressure-type Water Spraying Device** [刊, 汉] / HE Fu-dong, JIN Chun-nan, XU Heng, et al (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(5). — 545 ~ 547

Pressure-type water spraying device is a new type of water-feeding spray nozzle. The difference between the pressure-type water spraying device on the one side and conventional mechanical spray nozzles and rotating membrane tubes on the other is expounded along with a description of the construction features of the pressure-type water spraying device. Measurement and test data of cold-state experiments are presented and the application prospects of the pressure-type water-spraying device analyzed. **Key words:** water spraying device, structure cold-state tests