

机械抽真空系统在常减压装置的应用

张力 李丽娜

(中国石化洛阳石化公司 河南 洛阳 471012)

摘要: 常减压装置减压抽真空系统通常采用三级蒸汽抽真空技术, 蒸汽消耗量大且会产生大量含硫污水。检修期间, 在末级蒸汽抽气器入口处并联新增一台机械抽真空机组, 经过运行检验, 证明改造是成功的。改造后减压系统操作方便灵活, 经济效益和环保效益显著。

关键词: 蒸汽抽真空; 机械抽真空; 节能; 环保

0 引言

某公司常减压蒸馏装置设计加工能力为 800 万吨/年, 原减压塔顶抽真空系统采用增压器加两级抽气器组成的三级蒸汽抽真空技术, 装置蒸汽耗量大, 噪声大, 循环水耗量大, 水处理负荷重。为提高装置经济运行指标, 需要增上一台机械抽真空机组与末级蒸汽抽气器并联, 形成蒸汽和机械抽真空组合工艺。改造后要达到抽真空系统运行平稳, 降低蒸汽管网波动对生产的影响, 减少含硫污水产生, 降低现场噪声, 提高经济效益和环保效益。

1 抽真系统工作原理

1.1 工作原理

液环抽真空机组主要由电机、抽真空泵、减速器、分离罐、冷却器等组成, 如图 1 所示。叶轮偏心地安装在近似圆柱状的泵筒体内部, 当叶轮旋转时, 注入泵体

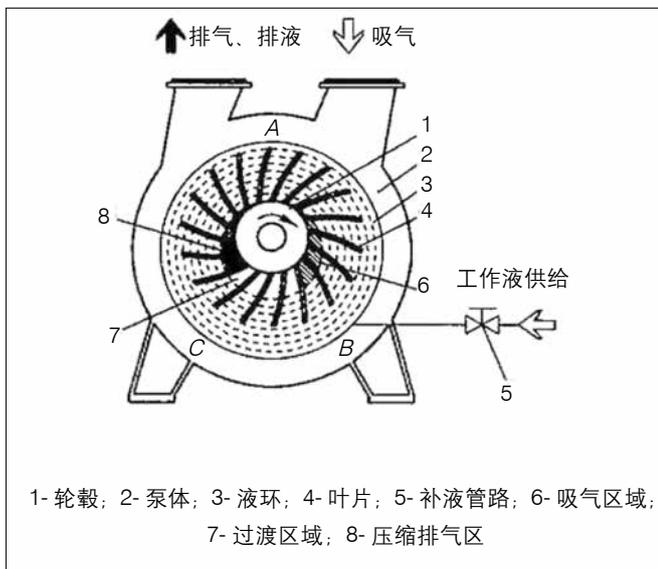


图 1 液环真空泵工作原理示意图

内的液体形成旋转的液环, 液环的内表面和叶轮之间产生一个月牙形的空间, 当叶轮由 A 点转动到 B 点时, 两相邻叶片之间所包围的空间逐渐增大, 气体由外界被吸入。当叶轮由 C 点转动到 A 点时, 两相邻叶片之间所包围的空间逐渐减小, 前阶段吸入的气体被压缩, 当压力达到外界压力时, 气体被排出, 这样就在真空泵入口处形成负压, 达到抽真空的目的。

1.2 设备基本参数

液环抽真空机组基本参数见表 1。

表 1 液环抽真空机组基本参数

项目	数量
型号	2BE1-403
电机额定功率/kW	185
进气流量/(kg·h ⁻¹)	2627
进气温度/°C	55
进气压力/kPa(绝压)	40
排气压力/kPa(绝压)	160
冷却水温度/°C	32
冷却水压力/MPa	0.4

2 改造情况

2.1 改造前工艺流程

减压塔顶蒸汽抽真空系统分为三级, 分别为增压器、一级抽气器、二级抽气器。塔顶油气经过两路大油气管线, 通过增压器进行第一次抽真空后进入冷却器 E1042AB 中, 冷却后的油气再经过一级抽气器进行第二次抽真空, 然后进入冷却器 E1043 中, 冷却后的油气再经二级抽气器进行第三次抽真空, 再经过冷却器 E1044 后进入低压瓦斯系统, 各个冷却器冷凝产生的凝缩油通过大气腿进入塔顶油水分液罐 V1006

中，污水送到污水汽提装置，减顶油和柴油合并后去罐区。

2.2 改造后流程和操作注意事项

改造是在原有二级蒸汽抽气器的入口处并联增加一台液环抽真空机组，形成蒸汽抽气器和液环真空泵组合工艺，两种设施可以随时切换，互为备用。改造后的流程如图2中加粗部分所示。自二级抽气器前来的油气进入液环真空泵入口，经过抽真空并压缩后进入出口气液分离罐（机组自带），罐顶部的不凝气进入低压瓦斯系统，罐内分离的出的含硫污水进入污水泵，减顶油进入减顶油泵入口。

液环抽真空机组的工作效率随温度升高而降低，当介质温度超过55℃后工作效率会严重下降，通过循环工作液（软化水）温度调整，将泵体温度控制在40℃以内，

运行安全有保障。液环真空泵要在合适的水位下才能正常运行，满水状态会超电流，形成不了有效的水环，水位过低时会导致机械密封损坏，正常生产期间，水位控制在10~20cm。

2.3 效益计算

抽真空系统改造后，停用二级蒸汽抽气器和后路冷却器E1344，投用液环抽真空机组，减压系统抽真空指标良好，一般残压控制在4kPa，满足生产需求，同时蒸汽耗量、循环水耗量、含硫污水量均减少，现场噪声明显降低。

液环抽真空机组运行期间，具体消耗量见表2。

2016年1月投用液环抽真空机组，停用二级抽气器和冷却器E1344后，蒸汽耗量、循环水耗量、含硫污水量均减少，取2015年1~3月与2016年1~3月平均

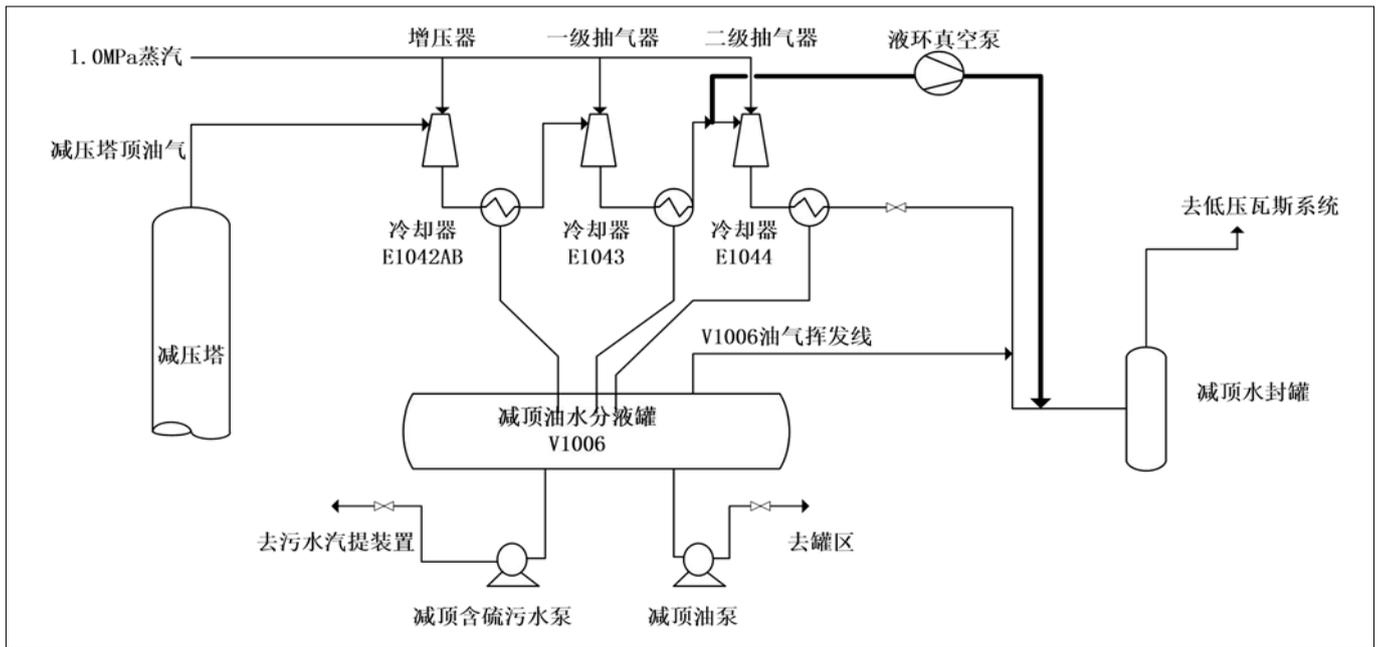


图2 改造后的机械抽真空系统意图

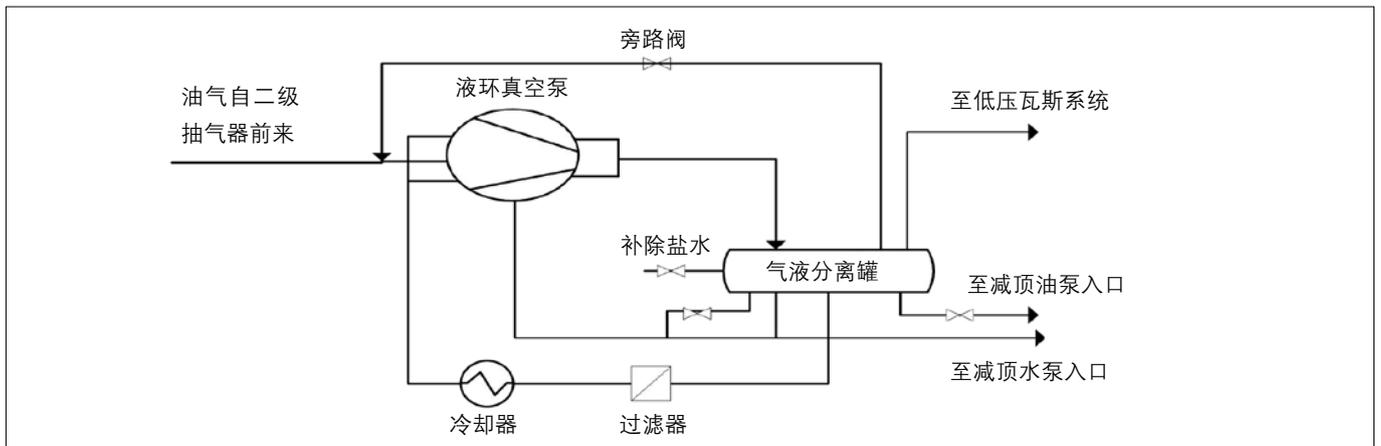


图3 液环抽真空泵示意图

表2 液环抽真空机组公用工程消耗量

项目	消耗量	规格等级
电动机功率 /kW	185	6kV 50Hz
冷却器用循环水 / (t/h)	20	入口温度 32℃、 入口压力 0.4MPa 出口温度 40℃、 出口压力 0.35MPa
工作液补充水 / (t/h)	1	软化水 (0.6MPa 40℃)

数据做对比,按照每年运行 8400h 计算,经济效益计算结果见表 3,可知液环抽真空机组替代二级蒸汽抽气器运行,每年可节约费用 343.29 万元。

2.4 运行后存在的问题及解决情况

2.4.1 液环抽真空机组入口带液电机超负荷跳停问题

(1) 问题排查分析。在液环抽真空机组试运行过程,出现了机组振动和噪声增加,电机超电流跳停问题,排查分析见表 4。

通过分析,发现液环抽真空机组出口和减顶油水

表3 经济效益核算表

项目	小时节约量	年节约 / 减排量	单价	节约费用 / 万
1.0MPa 蒸汽	4.02t	33768t	128 元 / t	432.23
电	-185kWh	-1554000kWh	0.6 元 / kWh	-93.2
循环水	100t	840000t	0.2 元 / t	16.8
软化水	-1t	-8400t	9.08 元 / t	-7.63
含硫污水	3.9t	32760t	3 元 / t	9.83
含油污水	-1t	-8400t	8.5 元 / t	-7.14
检修维护	—	—	—	-2
设备折旧	—	—	—	-5.6
合计	—	—	—	343.29

表4 引起电机跳停原因

项目	排查方法	结论
电机故障	电机空试	无异常
联轴器损坏	拆检	无异常
地脚螺栓安装不合格	重新复查	无异常
液环泵故障	盘车; 关闭泵入口阀门, 入口通氮气试运	无异常
介质轻组分过多	各塔顶产品收率对比; 采样分析	无异常
工作液补充过快导致液位异常高	建立合适液位后关小补液阀; 现场持续跟踪液位	无异常
入口不凝气带液严重	排查工艺流程	有异常

罐噪声变大的现象,排查分析见表 5。

通过逐项分析,发现液环抽真空机组分液罐出口竖直线捕沫网位置存在积液,由于低压瓦斯管线不带保温,在冬季低温环境下,管线凝液增加,凝液聚集在捕沫网的上方,造成机组后路憋压,对出口管线的捕沫网上方单向阀底部排凝阀排液后机组运行状态恢复正常,可以确定,以上判断是正确的。

分液罐 V1006 顶部不凝气挥发线都碰头在同一根低压瓦斯线上,而且两个碰头点距离很近,由于液环抽真空泵出口压力高于油水分液罐的顶部压力,所以减顶油水分液罐不凝气排出受阻,进而造成冷却器产生的凝缩液难以向下流入分液罐中,冷却器的凝缩油液位逐渐上涨,伴随抽气器的蒸汽一并吸入抽真空泵入口,泵体内部液位迅速上涨,超过机组最高工作液位后,电机超负荷跳停。

(2) 问题处理。为了解决机组带液严重问题,需要单独增加减顶油水分液罐顶部不凝气至低压瓦斯系统的流程,将罐顶的不凝气后路和机组后路隔离开,避免后路受阻。根据现场实际流程,可以在分液罐顶部放空线和常压塔顶低压瓦斯集合管蒸汽吹扫线之间增加流程,具体见图 4 加粗部分。

对流程完善后,再次投用液环抽真空机组,持续运行多日,没有发生入口带液现象,问题得到解决。

2.4.2 液环真空泵出口憋压杂音大问题

(1) 问题排查分析。抽真空机组运行一段时间后,在气温较低环境下,出现多次机组振动变大,出口分液

(2) 问题处理。为了解决此问题,需要将液环抽真空机组出口至低压瓦斯集合管的管线内的凝液及时排出,出于对环保和安全的考虑,凝液必须采取密闭排放流程。结合现场实际,在分液罐出口管线排凝阀和分液罐的手孔盖之间增加一回流线,使管线的凝液通过自压回到分液罐中,此流程不影响机组现场检查操作。

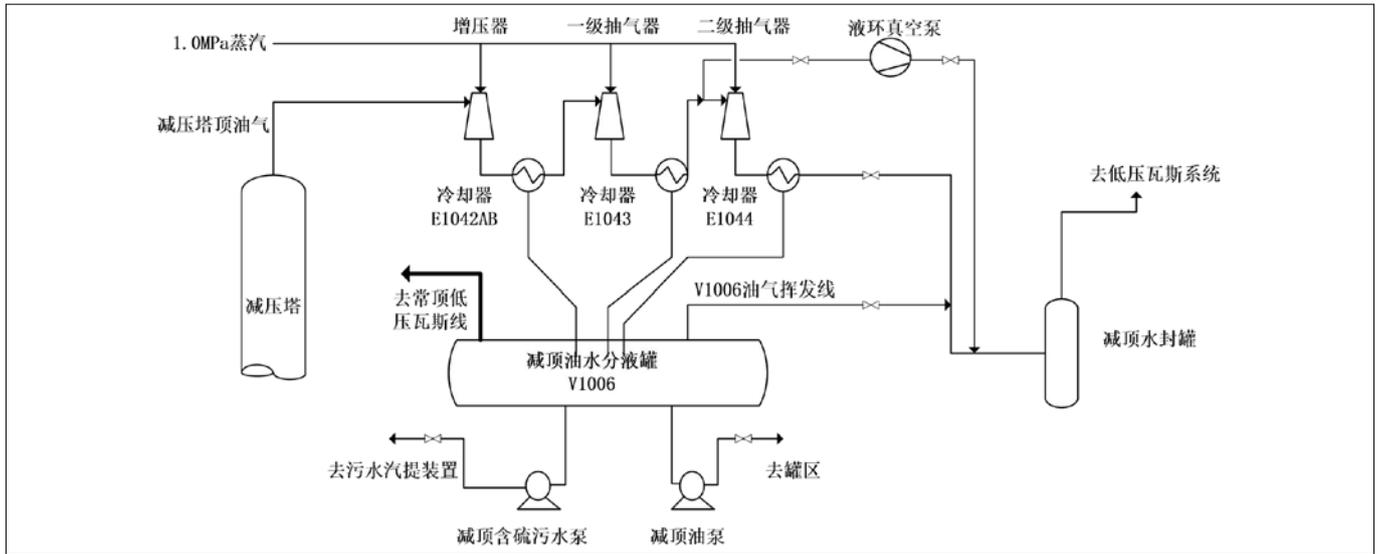


图4 油水分离罐新增的不凝气挥发线流程示意图

表5 引起机组振动杂音的原因

项目	排查方法	结论
联轴器损坏	拆检	无异常
地脚螺栓安装不合格	重新复查	无异常
液环泵故障	盘车；关闭泵入口阀门，入口通氮气试运行	无异常
工作液补充过快导致液位异常高	建立合适液位后关闭补液阀；现场持续跟踪液位	无异常
液环真空泵出口受阻	排查工艺流程	有异常

在2017年底，利用常减压消缺的窗口期实施了此流程，开工后，液环抽真空机组出口憋压的时间间隔延长了，但是没有彻底解决此问题。分析原因，主要是由于分液罐压力和出口管线的压力基本一致，凝液主要靠自压回入分液罐，存在回油不畅的问题，我们重新考虑，出口管线的凝液量较小，可以将分液罐出口管线的凝液引入液环抽真空泵入口，由于出口压力高，入口压力低，回油会更加顺畅，具体流程见图5加粗部分所示。实施此流程后，在冬季时，微开此流程阀门，液环抽真空机

组没有再出现过类似现象，问题得到解决。

3 建议措施

机组投用至今，运行状态良好，还可以进一步开展以下工作。

一是机械密封冲洗水回注分液罐。目前液环抽真空机组机械密封使用冲洗水是软化水，且冲洗后的软化水排入含油污水井，无法回收，后期可以考虑将冲洗水回注分液罐，作为机组液位补充用水。

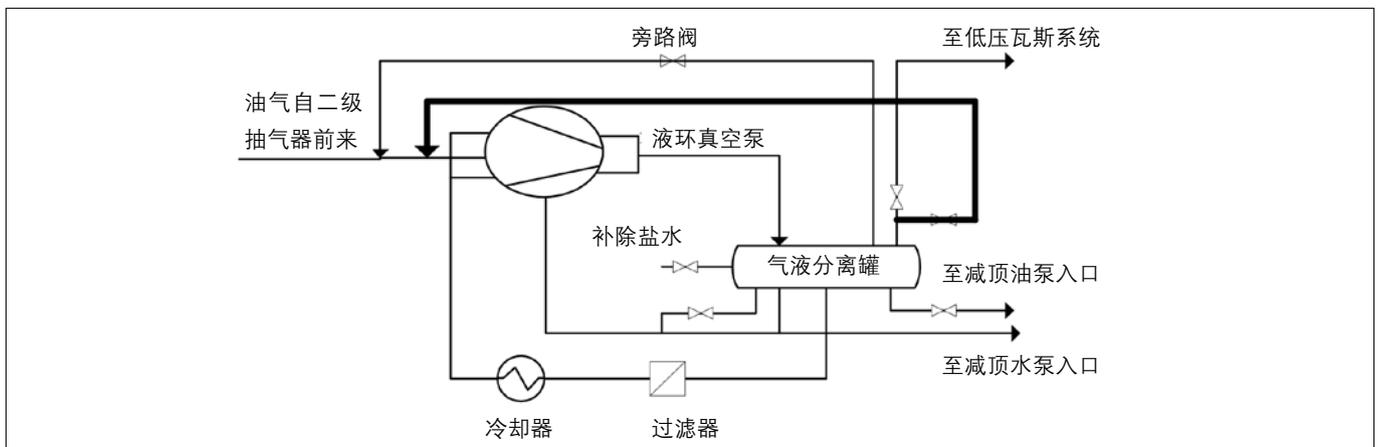


图5 液环抽真空泵增加出口至入口流程示意图

(下转第38页)

组效率,为企业创造更多的生产效益。

参考文献:

- [1] 黄正标. 离心式压缩机的防喘振控制及实现方式研究[J]. 石油石化物资采购, 2022(22):27.
- [2] 方俊. 离心压缩机的防喘振控制研究[J]. 中国设备工程, 2021(24):203-205.
- [3] 安志磊. 离心压缩机的防喘振控制措施[J]. 化工管理, 2021(1):125-126.
- [4] 刘亚鹏. 丙烯透平压缩机组防喘振控制优化改造方案解析[J]. 化工管理, 2021(30):181-182.
- [5] 秦晓东, 邓琳纳, 李泊翰, 等. 天然气离心式压缩机防喘振优化控制技术研究[J]. 石油和化工设备, 2021, 24(9):87-88.
- [6] 毛大军. ITCC防喘振控制系统在离心式压缩机中的

运用[J]. 化肥设计, 2021, 59(1):37-41+61.

- [7] 高永卫, 黄春建, 闫二轮, 等. 天然气压缩机防喘振与优化控制研究[J]. 石油和化工设备, 2021, 24(5):77-79.
- [8] 关欣, 周顺新, 于洋, 等. 轴流压缩机联轴器装配方案[J]. 金属加工:冷加工, 2021(6):39-40.
- [9] 潘怀民, 黄习兵. 多级离心式压缩机防喘振系统模拟研究[J]. 大氮肥, 2021, 44(5):316-322+337.
- [10] 李芳, 刘杰, 崔红林. 透平压缩机的防喘振控制应用研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2020(5):54-56.
- [11] 姜丽霞. 离心式压缩机的防喘振控制设计探讨[J]. 山东化工, 2022, 51(2):161-162+165.

作者简介: 杨天(1983.07-), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 研究方向: 燃气轮机的生产及应用。

(上接第34页)

二是升级泵体隔板密封胶。真空泵机体隔板采用的密封胶最高使用温度为150℃, 耐温程度低, 在停工检修时难以用蒸汽彻底吹扫干净, 建议以后更换为耐高温的密封胶。

三是增加一台冷却器。液环抽真空机组冷却器只有一台, 长周期运行过程难以避免检修维护, 需要并联增加一台冷却器, 装置正常生产期间, 开一备一, 更加有利于装置长周期运行。

四是应用到初常顶瓦斯回收系统上。液环抽真空机组运行状况稳定, 维护费用低, 可以考虑替代初常顶瓦斯螺杆压缩机, 实现长周期安全高效运行。

4 结语

液环抽真空机组运行已经有一个多周期, 状态稳定, 实践证明改造取得成功。液环抽真空机组运行产生的经

济效益显著, 更加符合环保要求。与蒸汽抽真空相比, 液环抽真空能量利用率高、能耗低、大幅减少含硫污水且噪声小。用液环抽真空机组替代二级蒸汽抽气器运行, 装置运行可靠性增强, 使用液环抽真空机组后, 可以大幅度降低1.0MPa蒸汽对减压真空度的影响, 紧急状况下, 可以相互切换, 装置安全平稳运行更有保障。新技术的应用需要和装置实际情况紧密结合, 不断优化改进, 可以发挥更好的作用。

参考文献:

- [1] 冯玉玲. 液环真空泵在常减压装置真空系统中的节能应用及设计要点[J]. 化工设备与管道, 2013, 50(4):47-50.
- [2] 全国化工设备设计技术中心站机泵技术委员会. 工业泵选型手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.