

往复式隔膜泵在高压加氢装置循环氢脱硫工段的应用

韩铁成¹ 张杰² 余佳¹ 林冲²
(1 宁波博汇化工科技股份有限公司 浙江 宁波 315200; 2 合肥华升泵阀股份有限公司 安徽 合肥 231131)

摘要: 循环氢脱硫是加氢装置的重要工段, 由反应系统来的循环氢在脱硫塔内与甲基二乙醇胺溶剂 (MDEA) 逆向接触, 吸收硫化氢。该工段压力接近于反应系统压力, 贫溶剂泵需要将贫胺液从约 0.2MPa 升压至约 15MPa。该泵一般采用 BB5 形式的多级离心泵, 属于能耗大户; 对于规模较小的高压加氢装置可以考虑采用往复式隔膜泵, 节能效果显著。

关键词: 往复式隔膜泵; 高压加氢; 循环氢脱硫

0 引言

某企业加氢装置循环氢脱硫工段工艺流程为: 贫胺液从缓冲罐经泵增压后进入循环氢脱硫塔顶部, 与塔底进入的循环氢逆向接触, 贫胺液吸收循环氢中的硫化氢后成为富胺液返回溶剂再生系统, 脱除硫化氢的循环氢经循环氢压缩机增压后进入反应系统。原则流程图如图 1 所示。

1 多级离心泵的运行状况以及与往复隔膜泵的对比

高压贫液泵 P-11103 原选型为 BB5 结构多级离心泵, 设 11 级叶轮。原设计考虑两套加氢装置用量, 泵正常流量为 35.4m³/h; 最小连续运行流量为 26m³/h; 实际运行过程中, 单套加氢装置贫胺液用量约为 13m³/h,

约有 13m³/h 的流量打回流。这种运行工况不但能耗高, 还使得溶剂在打回流过程中温度升高, 影响吸收硫化氢效果。离心泵参数如表所示。

表 P-11103 离心泵参数

正常流量 / (m ³ /h)	35.4
额定流量 / (m ³ /h)	38.94
扬程 /m	1574
输送温度 /℃	55
介质密度 / (kg/m ³)	989.1
正常功率 /kW	384
效率 /%	43
电动机功率 /kW	450

由于离心泵本身的结构、原理限制, 该泵最高效率为 43%, 根据性能曲线, 在 26m³/h 时效率为 35%, 电动机运行轴功率为 420kW。

根据公司发展规划, 后续新增装置使用溶剂量约为 9m³/h, 为优化装置运行, 达到节能降耗的目的, 公司多方调研, 重新选择适用运行工况的泵型。新泵流量确定为 25m³/h。该工段多级泵、高速泵、往复隔膜泵 (流量在 20m³/h 以下) 均有应用。高速泵同样属于离心泵的一

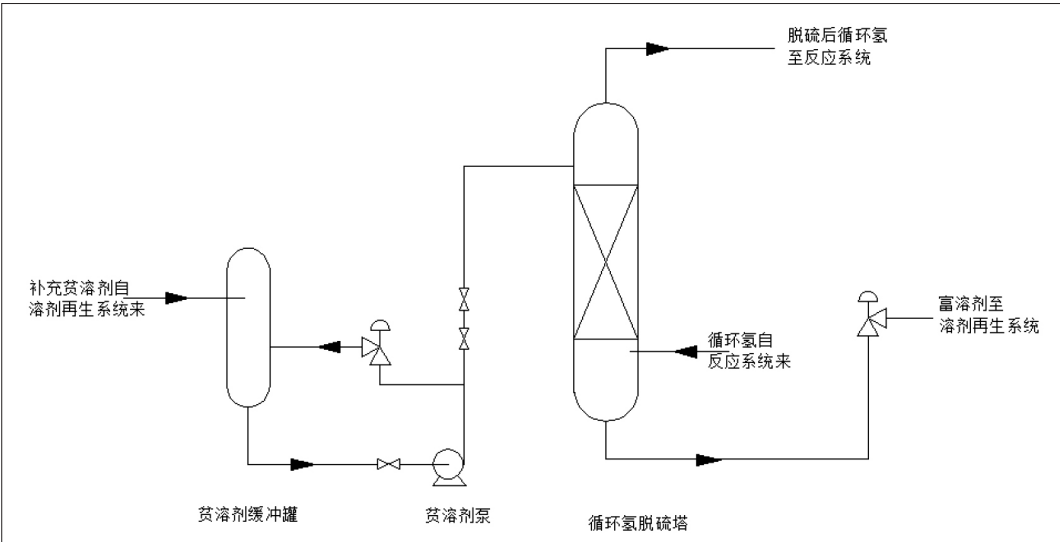


图 1 循环氢脱硫系统流程图

种,效率低,不是理想的泵型。国内大流量往复隔膜泵在该工段的应用案例几乎没有。

往复泵为容积式泵^[1],效率较高,一般能达到 80% 以上,缺点是填料密封容易泄漏。往复式隔膜泵是在往复泵的基础上增加隔膜,介质在隔膜一侧,液压油在隔膜另一侧,活塞通过液压油、隔膜压缩介质达到输送目的;填料处如发生泄漏,泄漏的液压油回流至液压油箱,不会污染环境;另外在隔膜处设有隔膜破损监测装置(监测两张隔膜间的压力),如液压油侧或介质侧膜片破损可以及时停泵检修,不至于介质和液压油混合。

由于离心泵转速变化不仅改变流量,还会改变扬程(扬程正比于转速的平方),所以在工艺运行中,变频控制的离心泵调节流量时还要兼顾扬程,不能无限降低变频。往复隔膜泵属于容积式泵,转速的变化仅改变流量,对扬程没有影响。因此,往复隔膜泵采用变频控制流量,节能效果比离心泵要更明显。

2 大流量往复隔膜泵制造难点

大流量往复隔膜泵具有大流量(25m³/h)、高压(15MPa)、零泄漏等特点^[2],还必须做到长周期连续、稳定运行,所以大流量往复隔膜泵在设计制造时,有以下难点:

2.1 泵动力端的可靠性设计

如图 2 所示,动力端的稳定和可靠是整个往复隔膜

泵能够长周期稳定运行的基础和保证。首先,将动力端推力的设计余量进行富裕设计,即至少保留 30% 的余量。以确保动力端的动力稳定输出,且面对异常情况时,其具备抗风险的能力。其次,箱体箱盖结构上,采用“一种用于大型泵中机盖机体的连接结构(实用新型专利 ZL201420181887.4)”,确保机体机盖连接得更加牢固可靠。而且,整个动力端的润滑方式,采用的是强制润滑,即自带齿轮油泵将动力端润滑油进行过滤、冷却后,重新注入到动力端的各润滑点,并配备了温度、压力等监测元件。另外,减速机的服务系数要大于 2.1,以确保泵在升、降速变频使用时,减速机能够很好地面对各种工况条件,而不发生故障。

2.2 高强度隔膜的设计与制造

隔膜是往复隔膜泵中最核心的往复运动零件,也是最易损的零件,所以隔膜的高强度设计与制造,显得尤为重要。在隔膜形状上,充分考虑形变空间、应力集中以及抗疲劳开裂的能力。在材质选择上,采用优质进口 PTFE 原料加工制造。从结构、材质两方面共同保证隔膜的长周期运行。

2.3 液压油系统的平衡和稳定

往复隔膜泵的工作原理是柱塞压缩液压油,液压油再压缩隔膜,从而达到排液的功能,所以液压油系统的平衡和稳定非常关键。液压油系统上下各配备了内置补油阀和外置安全放气阀。当液压油腔进入少量空气时,安全放气阀会自动排放掉空气,与此同时补油阀瞬间补油以填满液压油腔,从而保证泵流量。当出现异常情况造成液压油腔“憋压”时,安全放气阀会开启泄放功能进行排压,从而保证隔膜以及液压系统不受超压损害。

2.4 压力脉动的消除

相比较离心泵,往复隔膜泵存在压力脉动的情况。为了降低甚至消除泵和管路的振动,在泵的出入口需要分别安装大容量、耐高压的缓冲罐,以确保流量排放的均匀平稳,压力脉动小于 $\pm 2\%$ 。

3 运行过程中效果及问题

3.1 节能效果明显

2022 年 6 月往复隔膜泵安装结束并投入试运行,在 13m³/h 流量下电动机功率仅 79kW,相比多

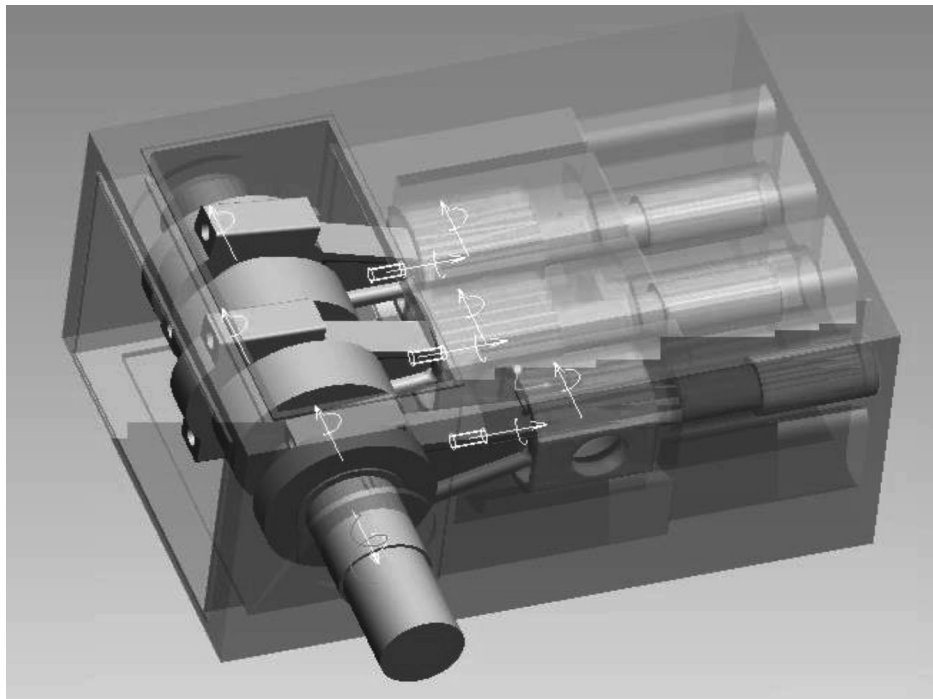


图 2 动力端三维模拟图

级往复泵每年可节约电费 $(420-79) \times 0.7 \times 8000 = 1909600$ (元) ≈ 191 (万元)。同时, 流量靠变频控制, 不再需要打回流, 溶剂温度得到了控制, 装置运行更加稳定。

3.2 补油阀结构优化

该泵采用了内置式补油阀结构, 在运行初期补油阀发生故障需要拆卸缸头更换, 工作量较大。为提高运行可靠性, 改进为每缸设置内、外置补油阀各一套。

3.3 安全阀流程优化

原泵出口安全阀 (防止泵超压) 流程见图 3, 安全阀出口回流至入口缓冲器与泵之间的管道上。运行 1 个月后泵入口管道振动大幅增加, 入口缓冲器声音出现明显异常, 经查找原因, 为安全阀内漏引起泵入口局部压力增大所致, 泵入口缓冲器气囊压力由 0.32MPa 升高至 0.5MPa, 在该压力下入口缓冲器共振, 后改至远离泵入口的位置 (图 4), 再无发生此类现象。

4 结语

尽管在投运初期出现了一些问题, 但这些问题是可以改进解决的。实践证明, 在高压加氢装置循环氢脱硫工段高压贫溶剂泵使用往复隔膜泵是可行的, 且节能效果显著。

参考文献:

[1] 沈雪梅. 往复泵设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.

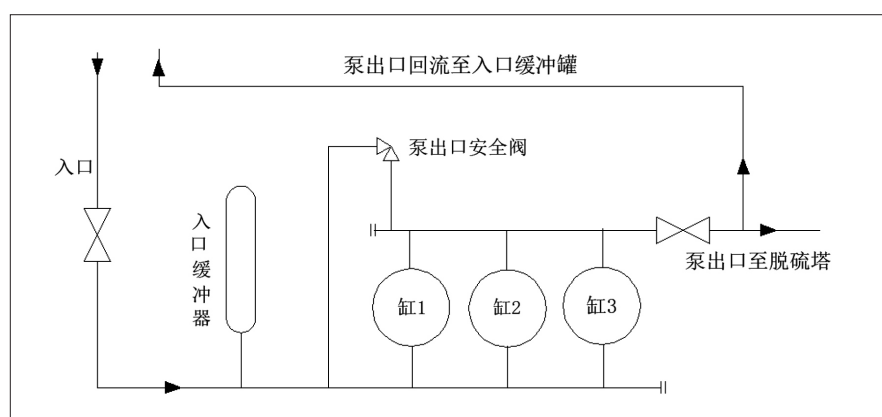


图 3 优化前安全阀出口管线

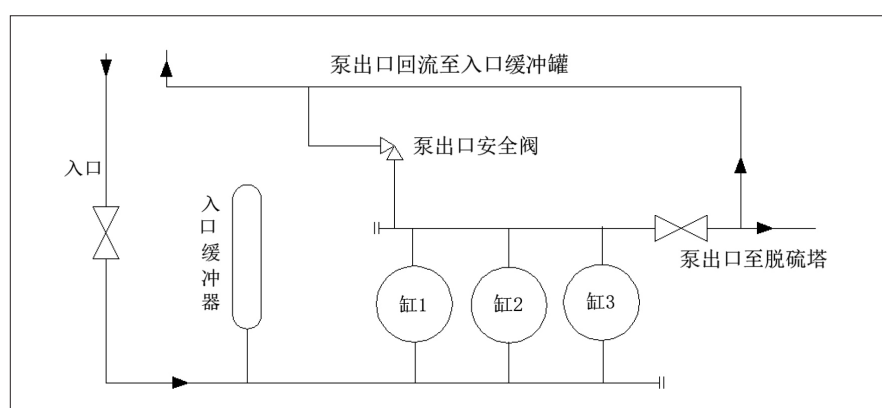


图 4 优化后安全阀出口管线

[2] 全国泵标准化技术委员会. 机动往复泵: GB/T 9234-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

作者简介: 韩铁成 (1973.09-), 男, 汉族, 黑龙江大庆人, 本科, 工程师, 研究方向: 石油化工生产; 张杰 (1987.05-), 男, 汉族, 安徽六安人, 本科, 工程师, 研究方向: 容积泵; 余佳 (1981.10-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 本科, 工程师, 研究方向: 石油化工生产; 林冲 (1977.12-), 男, 汉族, 辽宁大连人, 本科, 工程师, 研究方向: 石油化工生产。