

离心式输油泵汽蚀原因分析及处置办法研究

崔宇恒

中石化胜利油田分公司海洋采油厂 山东东营 257237

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6800

[摘要] 离心式输油泵作为海上油田大型中心平台的关键外输设备，有着不可替代的重要作用。本文着重分析了并联运行的离心泵在运行过程中发生汽蚀的原因，并提出解决方案，就汽蚀问题创新设计了灌泵装置，可以快速处置离心泵汽蚀，且装置具有操作简单、成本低廉、应用范围广的优点。

[关键词] 离心泵；并联运行；汽蚀；灌泵装置

Analysis of causes of cavitation in centrifugal oil pumps and research on disposal methods

Cui Yuheng

Sinopec Shengli Oilfield Branch Marine Oil Production Plant Shandong Dongying 257237

[Abstract] As a key export equipment for large central platforms in offshore oil fields, centrifugal oil pumps play an irreplaceable and important role. This article focuses on analyzing the causes of cavitation in parallel centrifugal pumps during operation, and proposes solutions. An innovative pump filling device is designed to address the issue of cavitation, which can quickly dispose of centrifugal pump cavitation. The device has the advantages of simple operation, low cost, and wide application range.

[Keywords] Centrifugal pump; Parallel operation; Cavitation; Pump filling device

一、前言

大型中心平台位于海上油田中心区块，负责集中接收和处理周边井组平台油井的来液，为采油平台供电，注水井提供高

压回注污水。设计设计规模：日处理液量 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，其中三相分离器日分水量 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，平台输油泵日外输液量 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。



图1 中心平台历年外输液量变化图

离心式输油泵作为外输系统最主要的设备，其平稳运行对海上油田效益稳产有着重要意义。平台现有4台排量 $300 \text{ m}^3/\text{h}$

的离心式输油泵，1台双螺杆混输泵，正常情况下2用3备，担负着海上每天 21400 m^3 左右的外输任务。

离心泵在并联运行情况下,由于不同泵的性能曲线不尽相同,在并联运行过程中,极易出现匹配不佳、发生汽蚀达不到的外输要求的情况,本文就汽蚀原因进行分析,并给出如何减少汽蚀及快速处置汽蚀的方法,以大型中心平台离心式输油泵为例进行分析,优化系统调控方法,创新设计灌泵流程,为离心泵高效并联运行提供了思路。

二、离心式输油泵简介及平台外输系统工艺流程

(一) 离心式输油泵

JSC300-250 型海上平台输油泵是某海域大型中心平台常用的一种两级离心泵,设计在常温高压下运行,其结构包泵体、泵盖、轴、叶轮、轴承体、机械密封、轴承等组成。泵体采用水平中开形式,叶轮采用闭式结构,整体铸造而成,提高了泵的效率。

BB3-215-315 型输油泵为水平中开结构,即轴向剖分。特点有定子过流主体件少,仅为泵体、泵盖两件,检修方便,只

要拆开泵盖,转子便可拆出。吸入口、排出口在轴线下两侧水平位置,与泵体做成一体,检修时只需拆开泵盖,无需拆卸管路、电动机。由于轴承采用两端支撑结构和采用加长联轴器,在不动泵体、泵盖的情况下,轴承可以自由拆卸和更换轴封。

大型中心平台外输系统配备 3 台 JSC300-250 型离心式输油泵,1 台 BB3-215-315 型离心式输油泵,额定排量均 $300\text{m}^3/\text{h}$,扬程 250m; 1 台 HW7T. 32K-67W86 型双螺杆泵。

离心泵配套电机均由沈黑龙江佳木斯电机股份有限公司生产,为船用隔爆型变频调速三相异步电动机,电机额定功率 355kw,额定电压 380v,均配备有变频器,可以实现变频调速。

(二) 原油外输系统工艺流程

大型中心平台有途径井组平台的四条来油海管,来液经三相分离器处理后,原油进入外输换热器升温,然后进入分离缓冲罐,再通过原油外输泵输送至陆地联合站。原油处理系统工艺流程见图 2。

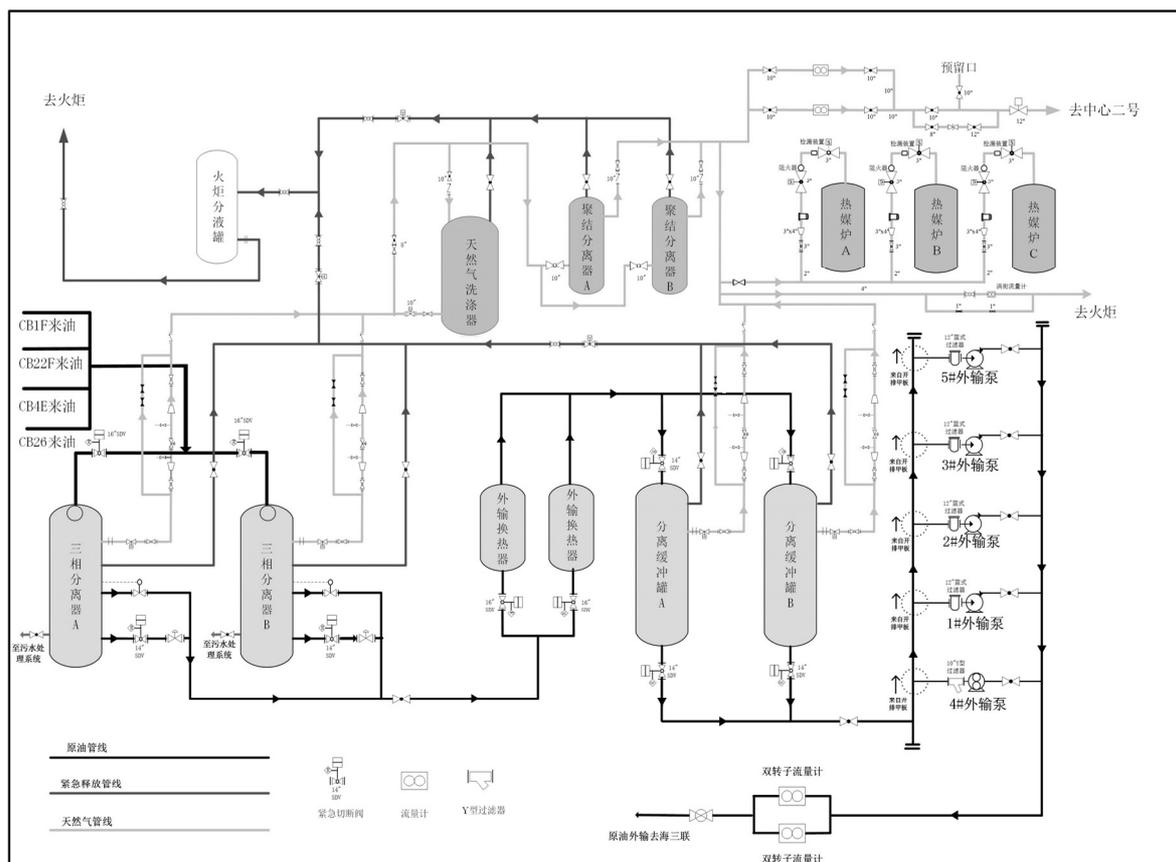


图 2 大型中心平台原油处理系统工艺原理流程示意图

三、汽蚀原因分析

离心式输油泵在大型中心平台外输系统投产运行 8 年以来,总体稳定,达到设计要求。由于 4#混输泵扬程低无法满足干压需求,在此不予讨论。但由于 1#、2#、3#离心泵泵效不同,5#离心泵(2017 年新增)与其他离心泵厂家

不同,性能曲线不同,在多台泵并联运行过程中,难免出现匹配不佳,达不到“1+1=2”的外输效果;且在并联匹配过程中,时常出现 1#、2#、3#泵汽蚀的情况,且一旦发生汽蚀,调控难度非常大,段时间难以恢复,对平台平稳外输造成严重影响。

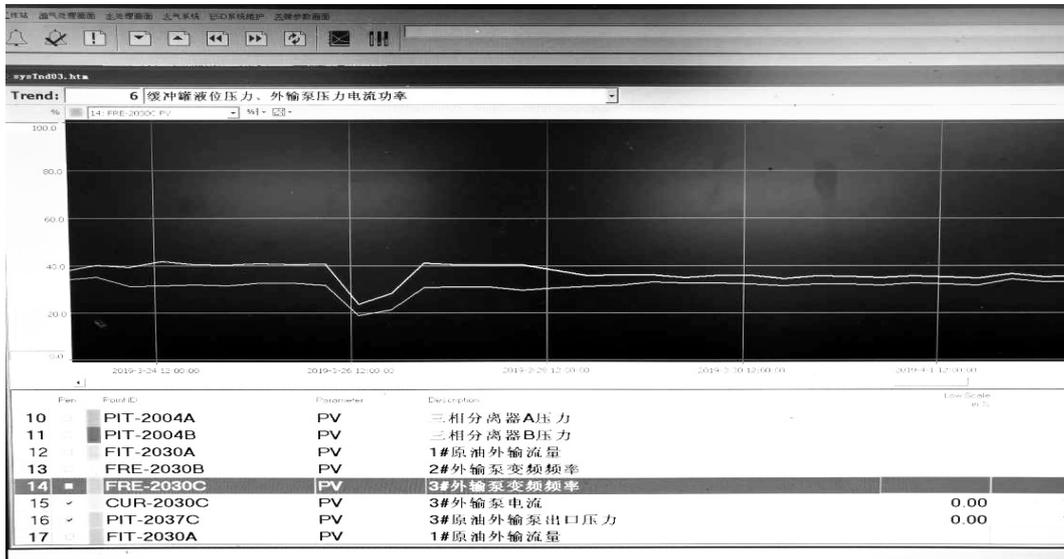


图3 离心泵汽蚀压力、电流下降曲线

(一) 输送介质气液比大

汽蚀是当叶轮入口处压强下降至被送液体在工作温度下的饱和蒸汽压时,液体发生部分汽化,生成的气泡将随液体从低压区进入高压区,在高压区气泡会急剧收缩,凝结,其周围的液体以极高的速度冲向原气泡所占空间,产生高强度的冲击波,冲击叶轮和泵壳,发生噪音引起震动。现场表现为泵出口压力降低、运行电流降低、排量降低、泵体震动加剧。

由离心泵特性及汽蚀原理可知,输送介质不同,离心泵的运行情况也不同。输送介质含气越多,离心泵发生汽蚀的概率

也就越大,大型中心平台的原油输送流程是从三相分离器—分离缓冲罐—外输泵—陆地,三相分离器的分气效果直接影响外输泵输送介质的含气量。分气效果好,原油中气液比低,外输泵越稳定;分气效果差,原油中气液比高,外输泵极易发生汽蚀。

(二) 偏流导致供液不足

平台5台原油外输泵共用1根进口管线,出口管线也汇至1根进行外输。在正常运行过程中,外输泵出口流量及压力通过变频器及安装在每台泵出口管线上的调节阀来进行调节。平面分布图如图3所示:

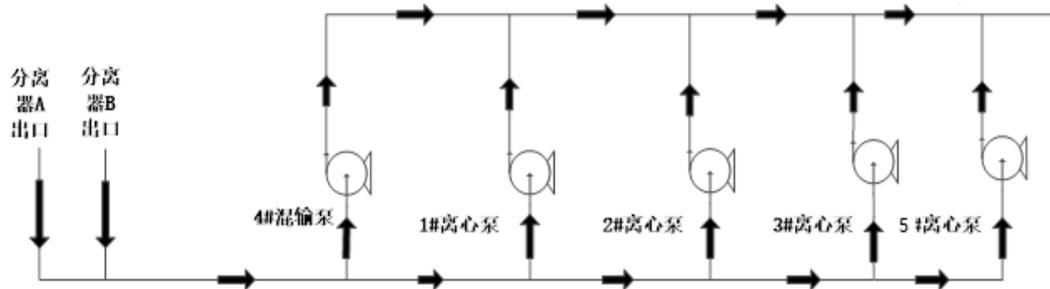


图4 大型中心平台离心式输油泵分布图

生产运行中我们发现,1#、2#、3#离心泵中任意两台与5#泵进行组合并列运行时,在相同频率和泵压的情况下,各自的

运行电流、功率、排量均存在较大差异(如表1所示),供液存在较严重的“偏流”现象。

表1 不同组合方式的离心泵参数对比

序号	组合	频率	泵压	电流	功率	排量
1	1#/2#/5#	43/43/43	1.30/1.29/1.30	401/391/415	283/278/290	312/307/321
2	2#/3#/5#	42/42/42	1.25/1.25/1.26	384/379/393	273/268/284	291/288/311
3	1#/3#/5#	41/41/41	1.20/1.19/1.21	376/370/385	265/260/273	279/278/296

偏流现象,是指流体由汇管流经分支管道时,因分支管道内部阻力不同,引起的管道内流体流量不同的现象,管道内部阻力越大,流经的流量就越少,反之越多。

心平台而言,5台外输泵进出口管径并无差异,根据表内数据可以看出,1#、2#、3#泵在与5#匹配过程中,任意2台泵的泵效都要比5#泵要低,且距离5#泵越近,泵效低的越多,究其原因就是5#泵是新泵,且进口是双吸结构,泵效高,并联运行

偏流程度取决于管道的管径差异及管道的布局,就大型中

过程中就会出现“抢排量”现象导致1#、2#、3#泵供液不足造成汽蚀。

四、解决措施

(一) 合理设置系统运行参数，减少气液比

三相分离器分离分气效果一是与原油在容器中停留的时间有关，时间越长，分气效果越好；二是与分离器压力液位有关，压力越低、液位越低，分气效果越好。

故降低分离器压力，能有效降低原油气液比，但分离器压

力过低，也会导致分离器液位快速上涨、外输泵进口压力过低。分离器液位快速上涨有冒罐溢油的风险，泵进口压力低，又容易出现供液不足现象，故合理的系统运行参数是保证离心泵平稳运行的必要条件。

平台根据井组来液量、温度、压力等实际情况，探索出油气处理系统的参数设置规律，合理调控三相分离器/分离缓冲罐的压力、液位，在保证运行稳定的前提下尽可能的降低原油气液比，从输送介质上减小汽蚀出现的可能性。



图5 不同井组来液量时液位控制参数曲线变化图



图6 不同井组来液量时压力控制参数曲线变化图

(二) 合理调控外输泵参数，避免“抢排量现象”

鉴于1#、2#、3#泵的泵效低于5#泵，故在实际并联运行过程中，可通过适当提高1#、2#、3#泵的频率，控制出口阀门，

提高其泵压，使得其泵压高于5#泵泵压，以弥补其供液不足的问题。经现场试验论证，该方法有效。

表2 不同组合方式离心泵参数设置对比

序号	组合	频率	泵压	电流	功率	排量
1	1#/2#/5#	43/43/40	1.28/1.29/1.20	390/396/382	273/278/275	320/325/319
2	2#/3#/5#	42/42/39	1.22/1.24/1.16	381/389/378	268/272/270	280/285/282
3	1#/3#/5#	41/41/38	1.19/1.21/1.11	374/380/373	260/268/265	271/276/270

经调整后观察3天，平均每天1#、2#、3#泵汽蚀的总次数由原来的5次，降为1次，效果明显。

(三) 加装灌泵补液装置

分析平台离心泵汽蚀的原因，很大程度上是由于各泵性能不同在并联运行过程中出现“抢排量”现象导致“低效率”进口供液不足出现汽蚀。为有效解决供液不足情况，平台依据现场有利条件，创新设计了灌泵补液装置，当离心泵发生汽蚀，

立即从进口流程补液，可快速缓解供液不足情况，消除汽蚀，充分保障了平台外输系统平稳运行。

实施过程：

从原中心平台调水管线2寸放空短节处新铺设2寸管线至1#、2#、3#外输泵篮式过滤器原放空处，在每个灌泵流程进口处设两寸闸阀控制开启，设两寸单流阀防止回流，设放空阀门用于篮式过滤器放空。

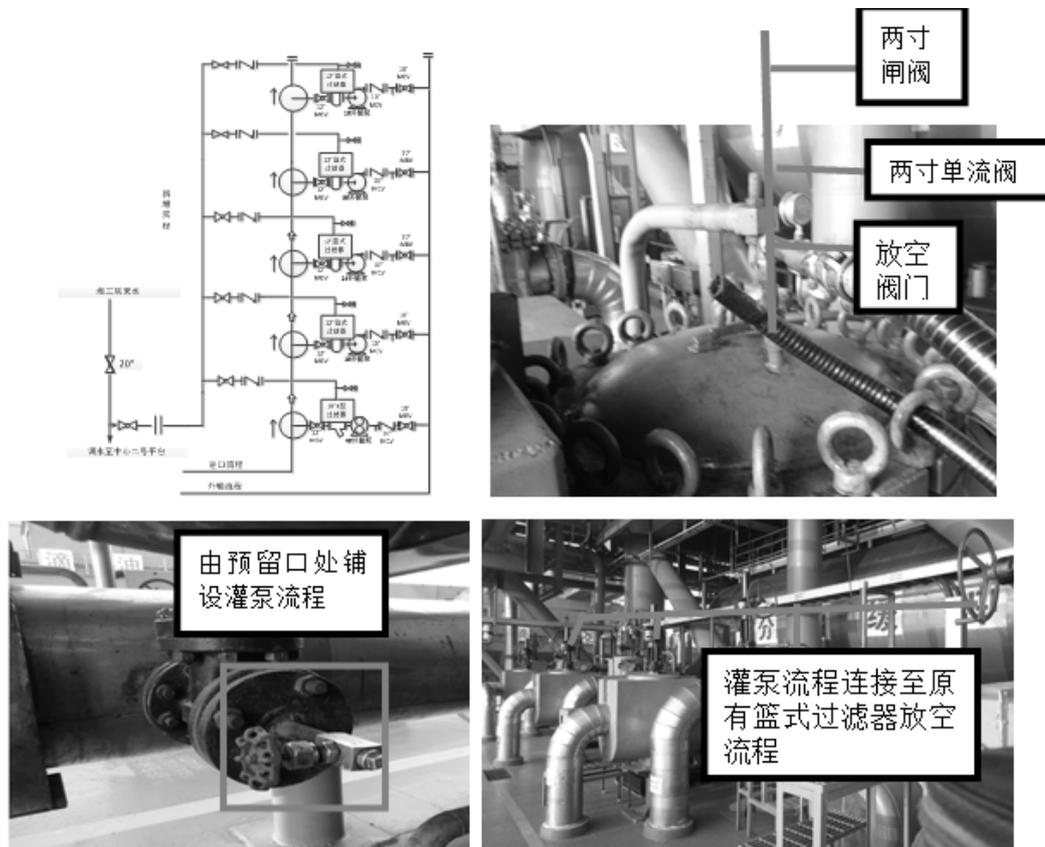


图7 灌泵流程连接示意图

使用方法：

假设3#输油泵在运行过程中出现汽蚀现象，现场立即导通灌泵流程：打开调水管线球阀，篮式过滤器顶部闸阀，关闭放空阀门。同时调节泵出口阀门、在泵体顶部适当放空，实现离心泵汽蚀快速处置。

五、结论

通过分析离心式输油泵并联运行发生汽蚀形成原因，得出不同来液情况下的外输系统、外输泵运行最优参数设置，并利用灌泵补液装置快速处置汽蚀，最终实现离心式输油泵稳定并联运行，汽蚀处置时间大幅缩减，从容应对液量波动等异常情况，为下一步海上继续增储上产奠定坚实基础。

六、下一步措施及建议

大型中心平台于二期采出水工程投产后，外输压力减小，但也出现了外输油含水降低、粘度增大，离心泵外输困难等问题。针对这些问题，平台需要对离心式输油泵进一步提高认识，改善其运行工况，保证外输能力。

(一) 保持外输含水率，降低外输油粘度

实验表明，离心式输油泵的输送介质粘度越低，其泵效越高，故二期工程的分水量不能无限制的上提，要匹配离心泵的运行情况，保持一定的外输含水率，降低原油粘度。

(二) 启用螺杆泵，降低离心泵压力

二期工程投产后，外输干压降至1MPa以下，小于4#混输泵的扬程，而混输泵具有油气混输的功能，不必担心汽蚀的影响，与离心泵可以实现随意匹配，并能降低离心泵的输油压力。

【参考文献】

[1]曹忠辉. 不同型号离心泵并联运行性能测试探讨[J]. 水泵技术, 2001, 2: 37-39.

[2]卢桓. 关于并联运行的离心泵吸入端“争水”问题[J]. 油气储运, 1991, 10(5): 61-63.

[3]章雪峰. 离心泵并联运行工况点的确定与分析[J]. 水泵技术, 1999, 3: 42-44

[4]杨志红. 离心泵并联运行工况分析[J]. 安徽科技, 2005, 11: 52-53.

[5]傅松, 王松岭. 离心泵并联运行时应注意的几个问题[J]. 水泵技术, 1997, 6: 31-34.

[6]曾晓渝. 离心泵并联状态下运行及调节[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2010, 1(15): 13-14.

[7]汪建华, 汪禹. 同型号离心泵并联运行相关问题的探讨[J]. 应用与实验, 机械研究与应用, 2011, 11: 57-59.

作者简介：崔宇恒，长安大学硕士研究生，助理工程师，主要从事海上油田生产管理工作。