

# 多级离心泵气蚀、振动原因分析及改造

袁亚\*<sup>1</sup> 袁立志<sup>2</sup> 张元元<sup>3</sup>

(1. 咸阳职业技术学院; 2. 川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司; 3. 陕西能源职业技术学院)

**摘要** 分析了石油化工装置中 TTMC40×8A 型多级离心泵在输送烃类介质时易产生气蚀、振动的原  
因,并结合多级离心泵的设计、制造以及维修等方面的知识。提出改造机械密封及转子的措施。

**关键词** 多级离心泵 气蚀 振动 原因 改造

**中图分类号** TQ051.21

**文献标识码** B

**文章编号** 0254-6094(2013)03-0403-03

TTMC40×8A 型立式多级泵在输送烃类介质时,因设计、安装和管路布置的缺陷,泵很容易出现气蚀现象和较大振动,从而导致机械密封损坏、轴承磨损、叶轮前盖板磨损以及叶轮口环间隙变大等机械故障,从而影响设备的正常运转,增加设备的检维修费用。

## 1 故障原因的分析

### 1.1 气蚀的原因分析及影响

TTMC×8A 型多级离心泵在输送烃类介质时易发生气蚀现象,当泵发生气蚀时,出口压力值迅速降低,同时伴有强烈的波动,严重时泵内会发出异常声响,从而泵体的振动也逐渐增大。

从成品罐区到该泵的入口管线距离较长,根据达西公式可知管路沿程水头损失较大<sup>[1]</sup>,设备运行时完全靠泵的自吸效果,进而导致泵的入口压力过低,致使设备在运行过程中经常发生气蚀现象。

在输送过程中,可能会由于操作影响或管道保温等原因使输送介质的温度升高,从而发生气蚀<sup>[2]</sup>。该泵输送的介质为拔头油和丙烷,由于介质属于轻组分易汽化物质,所以在工艺条件变化或外部温度升高时(夏季户外温度较高时尤为明显),会导致气蚀现象发生,严重时泵体的振动加剧。

该泵在小流量状态下运行,标准中该型号泵极限小流量为 0.2~0.5 的设计流量,如果泵的实

际流量在以上范围内运行就容易产生气蚀现象。

由于上述因素以及罐内温度升高、液位降低及介质组分变化等工艺因素的影响,泵入口压力进一步下降,则更容易造成气蚀,这样就会使泵内经常产生憋压升温,造成介质汽化,使泵机械密封工作环境恶化,摩擦副端面不能形成液膜,从而导致摩擦副干摩擦,短时间如果没有及时停止运行还会导致机械密封的失效(静环炸裂和密封圈碳化)。

### 1.2 振动原因分析及影响

离心泵振动的原因是多方面的,包括离心泵的设计、制造、安装、运行、使用及系统管路布置等因素<sup>[3]</sup>。

气蚀是导致泵振动的直接原因,在产生噪音和振动的同时,不同频率的振动还可能引发共振效应,使其关联的设备受到影响和破坏。而且在机械剥离与电化学腐蚀共同作用下,离心泵过流部件遭到腐蚀破坏,严重时会使过流部件失效,大大缩短了离心泵的使用寿命<sup>[4]</sup>。

该型号泵转子的叶轮部位没有径向支点(即径向轴承),而上部最近支点(即滑动轴承)与叶轮部位之间的距离比较大(图1)。当出现气蚀现象时,转子很容易就会出现如图2所示的振动现象,从滑动轴承支撑位置到首级叶轮入口处振动幅度逐步增大,从而造成叶轮各级口环逐步磨损,超过规定的间隙值时,振动会进一步加剧。

\* 袁亚,女,1982年11月生,助教。陕西省咸阳市,712000。

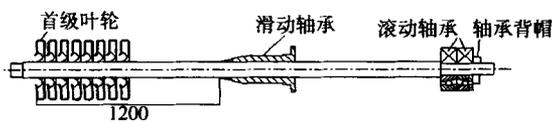


图1 泵转子简图



图2 泵振动时转子的振动幅度

振动过大时,上部(联轴器侧)支点会承受非常大的径向力,当这个力超过了径向轴承的承载极限时,径向支点就会损坏,上部的轴承也会随即遭到损坏。振动加剧时,因该泵是立式结构,在运行中转子轴承背帽会出现机械松动,转子窜量变大后整体向下移动,导致叶轮前盖板与隔板相摩擦,导致叶轮磨损,严重时叶轮磨穿报废。

综合上述原因,离心泵振动是多方面原因引起的。在该类型泵中振动主要起因是气蚀,转子挠度过大、轴承承受径向力增大以及口环间隙变大等因素在运行中也会逐步起主导作用使得振动更加剧烈,从而导致泵出现轴承磨损、叶轮及叶轮口环磨损严重的现象。

## 2 离心泵结构改善措施

### 2.1 从工艺上控制泵的有效汽蚀余量

尽管液体泵产生气蚀的外部原因很多,除与泵本身的结构有关外,还与安装和操作密切相关,防止液体气化是避免液体泵气蚀的根本措施。欲防止发生气蚀必须提高有效汽蚀余量<sup>[5]</sup>。提高该型号泵有效汽蚀余量的方法有:

- 加强介质管路的保冷,以防介质因吸收外界热量造成温度升高而汽化;
- 泵启动前,当液体灌满泵时,要将泵内少量的气态介质完全排出;
- 避免泵在空转状态下运行时间过长,一般规定在启动前将出口阀打开 1/3 为宜;
- 一旦发生气蚀现象,应立即进行排气,严重时直接停泵处理,以确保泵的安全。

### 2.2 改善机械密封的结构形式

机泵轴承损坏或其他原因引起泵的振幅过大,都会使机械密封摩擦副的轴向力偏大,导致轴向窜动量增大,使石墨静环疲劳损坏,从而产生泄漏<sup>[6]</sup>。TTMC40×8A型离心泵机械密封损坏的主

要原因是泵气蚀引起振动,逐步导致机械密封的失效,而机械密封损坏最常见的就是动、静环的磨损和O形圈的老化,为此需要对机械密封的结构进行改进。在格兰上靠近静环肩部的位置车一个环形槽,再加工一环形平面压紧圈压住静环,然后用卡簧放到槽里进行固定,这样静环就能更好地固定在格兰上,在很大程度上起到防气蚀破坏的作用。改进前后的机封结构分别如图3、4所示。

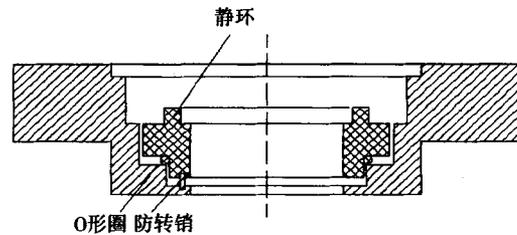


图3 改进前静环的安装

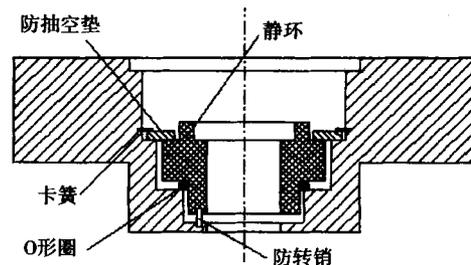


图4 改进后静环的安装

这项措施只能缓解因气蚀问题导致的机械密封动、静环碎裂问题,延长机封使用寿命,不能从根本上解决该泵的气蚀问题,而且气蚀严重时,机械密封动、静环表面也会因为温度过高而龟裂。所以要想彻底解决气蚀,必须重新核算工艺参数,对泵、原料罐及管路进行重新布局。

### 2.3 改善转子的结构

多级离心泵泵轴挠度过大,容易引起异常振动、抱轴和密封面受力不均,应从设计上控制径向力的产生,尽量减少泵轴在运行中的挠度值<sup>[7]</sup>。在不影响泵其他性能的前提下可以通过减小轴长度来减少轴挠度,该型号泵轴长度主要指工作部分(叶轮入口)和支点(滚动轴承)位置的间距。从图1可以看出该泵轴中支点(滑动轴承)位置是固定的,而叶轮和滑动轴承之间恰好有过渡连接筒体(图5),可以通过减小连接筒体长度和缩短轴长来改善轴的挠度问题,从而使泵的振动降低到设计和使用要求。

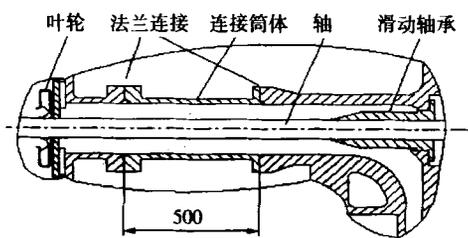


图5 连接筒体部分结构

根据以上分析,针对泵轴及连接筒体进行了处理。根据泵实际情况可知:转子加长段的长度约为500mm,可将泵轴及加长段同时减短300mm。改造后的泵吐口仍然在液面以下,所以泵的入口处于正压位置,所以不会因为转子的缩短而造成气蚀现象的发生。

泵轴和连接筒体在缩短后,应对转子做动平衡检测,以减小转子不平衡量,平衡精度应不低于G2.5,同时检查转子的跳动及圆柱度应该在泵设计标准范围内。

### 3 结束语

改造完成后,该型号泵的运行周期得到了

很大的提高,在工艺运行平稳状态下,没有因为设备本身存在的缺陷而造成零部件损坏,说明这次泵结构改造很好地解决了气蚀、振动问题,从而降低了离心泵易损件机械密封、轴承和口环的维修更换频率,节约了人力及材料成本。

### 参 考 文 献

- [1] 齐学义. 流体机械设计理论与方法[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008:246~246.
- [2] 姜莉莉. 离心泵气蚀现象及实例分析[J]. 化学工程与装备,2010,(4):94~95.
- [3] 张巍. 离心泵振动分析及预防措施[J]. 化工装备技术,2008,29(2):69~70.
- [4] 范海峰,范琪,虞丹萍,等. 离心泵气蚀判定因素分析及预防[J]. 广州化工,2011,39(1):119~120.
- [5] 刘德斌,贾谊,赵丽丽. 离心泵气蚀的发生及预防[J]. 纯碱工业,2010,(4):29~30.
- [6] 张怀生. 催化用离心泵机械密封泄漏原因及解决方案[J]. 资源与产业,2008,(2):120~122.
- [7] 周夏,白云升. 多级离心泵技术综述[J]. 化工设备与管道,2008,45(2):41~44.

(收稿日期:2013-01-18,修回日期:2013-04-22)

(上接第305页)

的应用[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2006,34(5):105~107.

- [19] Shafahi M, Bianco V, Vafai K. An Investigation of the Thermal Performance of Cylindrical Heat Pipes Using Nanofluids[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010, 53(1-3): 376~383.

- [20] Shafahi M, Bianco V, Vafai K, et al. Thermal Performance of a Flat-shaped Heat Pipes Using Nanofluids[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010 53(7-8): 1438~1445.

(收稿日期:2012-12-13,修回日期:2013-04-01)

## Experimental Study on Heat Transfer Performance of Heat Pipes for SiO<sub>2</sub>-Water Nanofluid

GONG Yu-ying, ZHAO Wei-lin, ZHU Bao-jie, LIU Zong-ming

(College of Material Science and Engineering, Jinan University, Jinan 250022, China)

**Abstract** The two-step method was employed to produce SiO<sub>2</sub>-water nanofluid with a low volume concentration (0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 1.0% and 2.0%) and 15mm particles in size. Having the heat pipe's heat transfer performance which taking SiO<sub>2</sub>-water nanofluid as working substance studied to show that SiO<sub>2</sub>-water nanofluid has good isothermal performance, and its heat transfer performance (1.7~1.36 times) outperforms that of the water-heating pipes along with a lower thermal resistance of 0.58~0.74 times that of the water-heating pipes.

**Key words** SiO<sub>2</sub>-water nanofluid, heat pipe, heat transfer performance

# 多级离心泵气蚀、振动原因分析及改造

作者: 袁亚, 袁立志, 张元元

作者单位: 袁亚(咸阳职业技术学院), 袁立志(川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司), 张元元(陕西能源职业技术学院)

刊名: 化工机械 ISTIC

英文刊名: Chemical Engineering & Machinery

年, 卷(期): 2013, 40(3)

## 参考文献(7条)

1. 齐学义 流体机械设计理论与方法 2008
2. 姜莉莉 离心泵气蚀现象及实例分析[期刊论文]-化学工程与装备 2010(04)
3. 张巍 离心泵的振动分析及预防措施[期刊论文]-化工装备技术 2008(02)
4. 范海峰, 范琪, 虞丹萍 离心泵气蚀判定因素分析及预防[期刊论文]-广州化工 2011(01)
5. 刘德斌, 贾谊, 赵丽丽 离心泵气蚀的发生及预防[期刊论文]-纯碱工业 2010(04)
6. 张怀生 催化用离心泵机械密封泄漏原因及解决方案 2008(02)
7. 周夏, 白云升 多级离心泵技术综述[期刊论文]-化工设备与管道 2008(02)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hgjx201303033.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hgjx201303033.aspx)