

# 聚丙烯循环油浆泵振动故障及其管理策略分析

徐野

(中国石化物资装备部装备管理室 北京 100728)

**摘要:**某石化公司循环油浆泵在现场试运行期间,振动幅度偏大、振感明显,并伴随尖锐的噪音、机械密封管路共振明显。对现场进行勘察寻找原因,泵出口管路采用直接弯头的方式,管路内液体流动对装置管路系统产生较大的作用力,管路振动带动泵产生较大激振。为此本文对泵系统振动过大的原因,从质量管理过程中设计难度大、加工与实验人员专业水平参差不齐、泵系统设计不合理、实验有待提升、质量监督有待提升、运行管理有待提高等问题,提出了降低泵系统质量管理的策略。

**关键词:**循环油浆泵;质量管理;问题;策略

## 0 引言

聚丙烯是一种常用的热塑性合成树脂,具有性能优良、价格低廉、无毒性和质量轻等特点,广泛应用于化工、化纤、建筑、轻工、家电、汽车、包装等工业领域。循环油浆泵是装置上用于油浆循环、油浆回炼和外送的关键设备,泵的振动和噪声直接影响装置的运行的可靠性和安全性,因此分析研究油浆泵的振动具有十分重要的意义。泵在运行中产生振动的原因有很多,主要有机械原因、结构原因、水力学原因和流体动力学原因。振动是综合性问题,与设备设计水平、驱动机选型、制造与测试、现场安装与调试、日常维护等有关。泵头和泵系统两方面对可能诱发离心泵工程振动偏大的影响原因进行总结并提出解决方案;进/出口管路设置对泵的振动影响很大。发生故障时需详细诊断和提出解决措施,以及及时科学地处理,提升装置运行的稳定性;分析采集振动信号,对信号进行时域、频域特征及振动有效值分析,发现叶片频率振动幅值过高,通过切割叶轮外径,增大叶尖径向间隙,打磨隔舌等相关措施解决振幅过高的问题,综合考虑水力和振动噪声性能,优选最佳叶片数。

某石化公司聚丙烯装置循环油浆泵的全速全流量水运行时的振动符合《泵的振动测量与评价方法》(GB/T 29531-2013)的振动级别要求,在现场试运行期间,出现振动幅度偏大,由于管路配置原因,导致油浆泵振动远超出厂实验的振动量;鉴于管路无法进行大幅改动,通过改变泵结构设计来优化减小振动,达到运行要求。通过采集振动信号,进行时域和频谱分析原因,叶轮由4叶片设计为5叶片再进行现

场试验,振动幅度正常,为装置的稳定性提供安全的保障。

## 1 振动故障原因

### 1.1 概况

石化公司采用LTAG工艺技术对催化裂化装置进行改造,采用双反应器、双分馏塔的工艺流程,解决了重油催化原料与加氢后劣质柴油两种差异性原料同时进行高选择性裂化反应的难题。通过LTAG工艺技术,以现有上游生产装置,提供的低硫蜡油、低硫渣油、催化柴油等原料,以现有的氢回收装置和新建的制氢装置提供的氢气为辅助原料,将催化柴油转化为高辛烷值汽油、液态烃等产品,减少的脑油和柴油产量,降低柴汽比,实现聚丙烯产量的产品升级。

循环油浆泵是本项目中重要的动力设备,总体设计按照《石油\_石化及天然气工业用离心泵》(API 610-2010)第11版标准,符合API 682-2014、API 671-2007、API 614-2008、API 613-2003、SH/T 3139-2011、SH/T 3156-2009的设计制造,采用卧式、单级单吸叶轮、径向剖分双壳体悬臂式离心泵;泵体设计的最大允许工作压力为378℃下300lb,进/出口方向为端进顶出,泵本体进/出口法兰和外壳体为锻造形式;转子部件的动平衡精度等级为G2.5,叶轮采用无口环设计,避免因固体颗粒进入造成口环磨损或抱死等问题,最大程度地保证安全运行;泵轴封采用集装式机械密封,配置API682标准的冲洗方案及辅助管路系统;联轴器符合API 671的要求,泵传动采用带中间加长节的金属膜片联轴器,联轴器配带开启式无火花型防护罩,护罩有足够刚度,保证不会因正常体重90kg施加于其上而发生

挠曲变形而产生摩擦；机组采用联合焊接底座，底座上设有面板和灌浆孔、底座边缘设置专门集液槽和起吊耳，联合底座泵和电机四周设有横向、轴向找正调整螺钉，下部设有水平调整螺钉，底座范围内的所有设备及附属管线都完全预制安装完毕；所有与用户接口均以法兰形式接至底座边缘，底座带有“G1”接口供集中排凝；泵体支撑为中心线支撑，单独的轴承箱承受所有施加在泵轴上的力。泵安装在联合底座上且由挠性联轴器连接到其驱动机上，泵户外露天安装，泵、驱动机及辅助设备应在规定的环境条件下（高原、沿海、严寒、湿热带等不良环境条件）适用于户外启动和连续操作，周边设调水平顶丝，根据 API 610 标准要求，装设横向及轴向找正定位用顶丝。技术参数见表。

循环油浆泵出厂试验性能优良、振动良好，两台泵在出厂试验时（全速全流量水运），其振动在 2.4 ~ 2.5mm/s 以内，该项目由通安监理全程见证，整机运转平稳，振动完全满足要求。而在现场试运行期间，振动幅度偏大，振感明显，并且伴随尖锐的噪音，机械密封管路共振明显。

## 1.2 故障解决措施

现场选区为露天场所，设备所处环境温度固定，温度在 32℃ 左右。由于现场其余设备无开启，故现场没有其他设备振动影响测量数值，无振动影响。

泵产生振动过大的原因可能有很多：输入电压电流不稳定；泵机轴弯曲；轴承损坏；电机与泵连接的联轴器未找正对中；叶轮流道内有异物堵塞；泵转动部分的静平衡动平衡问题；泵与底座、底座与基础有松动现象。排查以上因素，泵及泵系统都正常，分析是管路的原因，初步通过增大叶轮外径和蜗壳隔舌的径向间隙、整改管路和改变叶轮叶片数三种方案解决振动偏大的问题。

### 1.2.1 增大径向间隙

循环油浆泵的叶轮外径 570mm，蜗壳隔舌直径 627mm。考虑现场振动情况，鉴于原叶轮扬程仍有余量，试图通过加大叶轮叶片外径与蜗壳隔舌之间的径向间隙，以期待减少叶轮叶片通过频率的影响，将叶轮进一步切割到 556mm，现在叶轮叶片外径与蜗壳隔舌之间的径向间隙为最大叶轮外径的 12%（大于 API610 标准的 6%），振动仍无改善。目前可以排除因间隙小，叶轮通过频率引起的振动。通过对现场环境的调查研究，发现泵出口管路存在问题。

### 1.2.2 管路整改阶段

通过该两台整泵现场水运试验和出厂水运试验的对比，发现目前管路存在较大差别，现场泵出口管路

采用直接弯头的方式，导致产生较大激振，振动值与出厂试验偏差较大。发现现场配管的管路走向，对泵的振动产生影响。鉴于以上情况，通过现场管路整改，排除管路问题。

图 1 为整改前现场管路改为现场临时搭接配管，图 2 为现场临时搭接配管，整改后临时现场管路，泵振动减小，在 3mm/s 以内满足振动标准要求。此时泵的叶轮叶片数为 4 叶片。

表 循环油浆泵技术参数

名称	数值	名称	数值
流量 / (m <sup>3</sup> /h)	447	电机功率 /kW	220
扬程 /m	105	泵效率 /%	71
NPSH/m	2.5	允许的最大噪声 /dBA	85
转速 / (r/min)	1480	温度 /°C	350
比重	0.8942	比重	0.4037
介质	循环油浆	冲洗方案	PLAN32+53B+62



图 1 原现场配管



图 2 临时整改管路

考虑现场开工在即,无法进行管路的大幅改动,鉴于此,最终考虑通过重新设计叶轮的方式,减小振动幅值。

## 2 聚丙烯循环油浆泵系统质量管理问题

### 2.1 设计难过大

聚丙烯循环油浆泵系统振动过大的因素种类很多。在泵流动方面,因泵内部流动为剧烈的湍流流动,易出现旋转失速、尾迹流—射流、涡流、流动分离等非稳态流动现象,此现象均会导致泵内部出现剧烈的压力脉动,从而引起剧烈的水力激振问题;在泵结构与匹配性方面,转动部件叶轮与静止部件蜗壳/导叶之间的匹配关系,将会引起强烈的动静干涉,使其产生剧烈的振动;在泵水力设计方面,若过流部件设计不合理,将导致泵内空化性能严重,引起气泡溃灭而产生的振动。此外,在管路系统方面,当泵启闭或者变工况时,管路内易出现水击现象,此现象会导致管路呈现剧烈的水击振动;若管路当中出现空气或者密封不严,将会出现空气堆积,产生剧烈管路振动;同时泵与管路系统匹配不佳,可能产生共振。因此,在聚丙烯循环油浆泵设计过程中,为使其整个系统运行稳定,需同时考虑影响泵本身与管路系统相关的振动因素,无形增加设计难度。

### 2.2 真实实验难以实现

对于泵制造或设计商来说,在泵设计出来进行模型试验时,主要进行的是泵本身性能试验,几乎不考虑整个管路系统。从节约试验成本考虑,整个管路系统实验成本高,实验难度较大。在整个复杂系统实验时,所需要的实验场地与实验设备较多,难以复制真实复杂管路系统。从泵商来看,对于泵设计人员,对泵本身设计或者相关专业非常熟悉,但对于管路系统了解的深度不够。

### 2.3 泵加工质量与实验监督过程不够

泵的过流部件加工精度比较高,设计人员将泵图纸下放后,作为加工单位,其工艺人员加工水平参差不齐,导致泵某些加工部件并未达到设计要求;而作为设计人员在现场进行指导加工时,因个人或者加工商因素,使加工质量不过关。实验过程及其复杂,在实验安装与调试过程中,实验人员对实验设备认识不足,可能存在实验设备精细的调试、安装人员并未根据图纸进行准确安装,从而导致泵实验过程中出现较大实验误差。甚至因工程时间紧,对实验数据造假等现象。

### 2.4 现场运行管理质量问题

现场运行是整个项目最终环节,整个泵移交甲方

后,若甲方维护管理不当,将会破坏整个系统的稳定运行性能,甚至出现重大运行事故。作为甲方,可能存在泵的设计过程、零部件结构、运行状态等了解不深,因此为充分发挥高整个泵系统的综合效益,须不断提升运行管理水平。

## 3 提高聚丙烯循环油浆泵系统监督管理策略

### 3.1 提升泵设计与加工管理意识

在泵系统设计过程中,要严格遵守设计理论与企业相关制度。在设计过程中需明确分工,协调各设计部门的关系,及时解决设计过程中会出现的各种问题。在设计过程中需建立对应的质量标准体系,从设计工程师到设计主管,最后到设计总工,对设计图纸进行层层把关,确保下放图纸的准确性。在泵制造过程中,严格落实泵材料、设备及加工工艺等流程,确保加工商严格按照相关加工工艺与精度进行加工。在加工过程出现问题时,设计技术人员需及时赶到现场,对其问题进行解决与监督,确保加工质量达到国家标准。

### 3.2 完善交流平台

泵设计技术人员对泵水力与结构等设计优化极为熟悉,但是对于泵配套的管路系统了解不深,这时需有一个完善的交流平台,使泵设计人员与甲方能进行更好地沟通。甲方相关的要求也需及时提出,保证设计人员能在设计过程中将其考虑进去。甲方在搭建管路系统时,遇到技术问题要及时向泵设计人员进行反映,使设计人员能及时调整设计思路,完善设计方案。

### 3.3 规范验收程序

项目验收是其完成必不可少的程序,也是质量控制的最重要一步。通过甲乙双方及第三方验收可更好地控制项目质量。在进行项目验收时一定要严格按照相关流程对项目质量进行客观评价,对项目可能存在的问题进行检测,对项目检测过程中不符合要求的部分进行分析并及时要求解决,确保项目达国家设计的标准和相关规范。

## 4 结语

装置中复杂管路的走向对泵的振动产生较大的影响,针对出现振动偏大的情况,分析故障主要原因,并对其故障措施提出相对应方案。整个泵系统振动产生的原因及其复杂,存在技术原因,也存在管理因素,因此通过完善管理监督体系,对质量管理从设计、加工、实验到最后验收等方面进行监督与规范,确保整个系统的稳定性,达到国家标准。

## 参考文献:

- [1] 付义, 王鹏, 赵成才, 等. 聚丙烯生产工艺技术进展 [J]. 高分子通报, 2012(4): 139-147.
- [2] 张毅. 离心泵产生振动过大的原因及解决措施 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(09): 108-129.
- [3] 聂静, 张之新. 离心泵振动常见原因分析及预防措施 [J]. 化工管理, 2020(4): 169-170.
- [4] 石奇峰. 离心泵振动超标原因分析及措施 [J]. 中国设备化工, 2020(21): 175-176.
- [5] 刘超, 王中良, 于涛, 等. 离心泵振动故障分析及排查措施 [J]. 化工设备及管道, 2016, 53(04): 64-65.
- [6] 张翼飞, 谢小青. 石化离心泵设备系统工程振动偏大影响因素的探究 [J]. 化工设备及管道, 2021, 58(04): 51-54.
- [7] 张玉程. 进出口管路设置对离心泵振动的影响 [J].

设备管理与维修, 2019(21): 105-106.

- [8] 孙永航. 浅析离心泵振动故障诊断与解决措施 [J]. 中国设备工程, 2022(4): 168-169.
- [9] 卢明君, 刘兴发, 王得胜, 等. 离心泵振动故障分析与处理研究 [J]. 中国设备工程, 2021(23): 10-12.
- [10] 李亮, 雷宇, 杜仲军. 基于频谱分析的离心泵振动故障诊断与处理 [J]. 化工自动化及仪表, 2021, 48(3): 291-294.
- [11] 谈明高, 陆友东, 吴泽瑾, 等. 叶片数对离心泵振动噪声性能的影响 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(23): 73-78.

**作者简介:** 徐野 (1971.12-), 男, 汉族, 黑龙江哈尔滨人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 物资供应质量管理、重大装备国产化。

## (上接第 80 页)

离子更有序地排列, 使电子的偏向性更强, 更有利于共价键的断裂, 产生更多离子, 成为催化剂, 促使反应的发生, 离子的增加使变压器油的  $\tan \delta$  值进一步增加, 加速变压器油的老化。

## 5 结语

综上所述, 除了水或者胶体以及其他金属离子之外, 促使变压器油介质损耗因数升高的原因还包括: 由于变压器运行时产生的热能和电场的共同作用而产生的高于普通环境的游离基和离子。而且由于游离基和离子不但有水合形式, 还可能大分子的有机物形式。现有的变压器油处理手段主要是将油体中气体、水分、低馏分物质, 蒸发出来并去除机械杂质。但大分子有机物不在处理之列。大分子的游离基或离子无法去除, 因此在经过滤油处理后, 短时间内  $\tan \delta$  降低, 但在变压器油处理后再次在变压器中运行一段时间后,  $\tan \delta$  值又会再次升高。

为了验证这一假设的可能性, 建议在以后的实验

中, 尝试添加抑制游离基或离子形成的化学物质, 再次检验其结果。

## 参考文献:

- [1] S. D. Mgcrs, J. JKelly, R. H. Parrish. 变压器维护指南 [M]. 文闯成, 等译. 武汉: 湖北电力试验研究所, 1981: 271-273.
- [2] 本书编写组. 电力设备预防性试验规程 (DL T596 1996 修订说明) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 80-81.
- [3] 上海市电力公司. 电力设备交接和预防性试验规程 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 59-61.
- [5] 汪红梅. 电力用油 (气) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [6] 尹冬冬. 有机化学 (上册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 88-89.
- [7] 保定天威保变电气股份有限公司. 变压器试验技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 137-138.