

离心泵振动原因分析及整改措施

一起因流体冲击导致离心泵振动的原因分析及处理方法——本文介绍一起因储罐回流管线设计位置不当,导致3套同类装置罐底泵发生周期性振动,振动幅度在4~13 mm/s波动。通过现场排查,列出可能导致泵振动的原因,然后进行逐一处理,最终解决了这6台泵的振动问题。

文/杨纯麟 秦波 杨松 国军

离心泵是炼厂不可缺少的转动设备动力设备,离心泵的运行状态决定了泵能否安全稳定地长周期运行,进而决定整个装置是否能够平稳运行。离心泵在运转过程中轴承位置的振动值一般采用速度有效值来表示,单位 mm/s。轴承座的振动标准执行 ISO 10816—3 或者 GB/T6075.3 等相关标准。

某公司硫磺联合装置有3套溶剂再生装置,其中1号溶剂再生装置处理量为500 t/h,2号3号溶剂再生装置处理量为600 t/h,工艺流程相同如图1所示。

其中1号溶剂再生装置贫液泵 P-104AB 设备型号 250X250WEZ500、型式 OH₂、扬程 80 m、额定流量 550 m³/h、电动机功率 185 kW、电压:10 000 V 以及转速 1 480 r/min,2号、3号溶剂

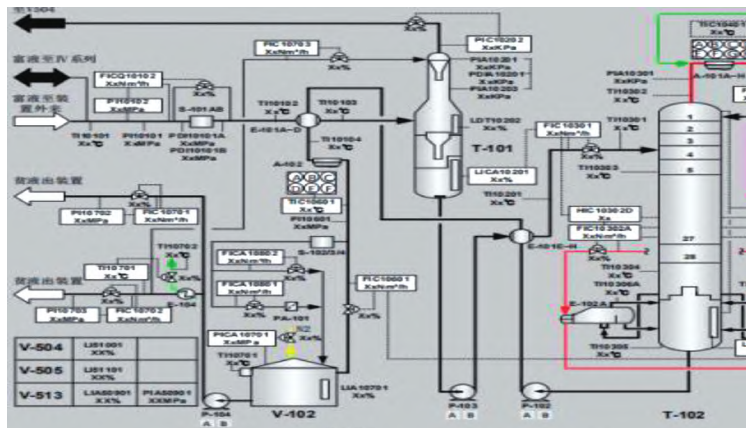


图1 溶剂再生装置流程简图

再生装置 P-204AB、P304AB 贫液泵额定流量为 650 m³/h、电动机功率 200 kW,其他参数与 P104AB 相同。

1号溶剂再生装置在开工初期水联运时发现 P104AB 泵在运转时轴承座水平振动值超标,通过手持式测振仪检测振值在 4~13 mm/s 波动,振值波动的同时伴有“呼呼”的嗡鸣声。现场初步认为水联运初期管线内有杂物造成泵入口过滤器堵塞,导致发生这种现象。现场安排切泵,清理泵入口滤网。当切换到另一台泵运行时,发现也发生了同样的问题,而且

原运转泵过滤器滤网干净没有杂物。2号、3号溶剂再生装置在水联运时 P-204AB/304AB 也发生了同样的问题,泵叶轮流道情况如图2所示。

在泵 P-104AB/204AB/304AB 运转时,用巡检仪对泵轴承座进行测振,通过巡检仪自带的频谱功能,发现每台泵振值的高点都是在 150 Hz 附近,如图3所示,这几台泵的转速都是 1 480 r/min,所以 6 倍频高,结合泵的叶轮为 6 流道,所以现场泵的振动问题初步判定为叶片通过频率故障。

本文作者杨纯麟供职于盛虹炼化(连云港)有限公司,秦波、杨松、国军供职于抚顺化工机械制造有限责任公司。



图2 泵叶轮流道

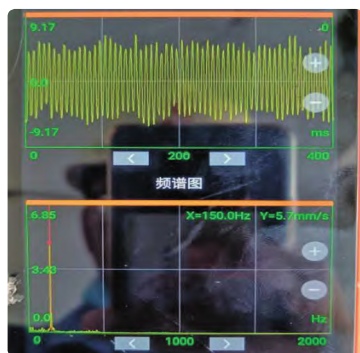


图3 现场实测频谱

故障原因分析及制定措施

现场泵或者风机叶片流道通过故障主要有以下几个方面：一是动刚度不足，即设备或与其相连管道的动刚度不足，在压力脉动作用下，出现振动放大效应，表现为叶片通过频率振动十分剧烈。

二是运行环境恶化，比较常见的是泵未在设计流量下运行，即偏流量（小流量）运行。泵的叶轮（流道、轮径等）、涡舌等过流部件是按照额定流量来进行设计的，流体由流道流出与涡舌相互作用产生一个压力脉动（频率是流道数×转频），这个压力脉动与叶轮外沿流体的切线速度平方成正比，当泵偏离设计运行工况时，流体可能会产生旋涡或脱流现象，导致产生较大的压力脉动，进而引发叶轮叶片通过频率的振动；还有泵在运转过程中产生的频率与泵及附属管线固有频率相吻合产生共振，导致泵产生振

动；另外如果泵的管道设计不合理，在管线中生产速度突变或者紊流，会引发叶片通过频率。

根据这6台泵的运行状况和对叶片流道频率的分析，制定了以下几个整改措施，并进行逐一排除：1. 检查泵在运行时是否存在偏离设计工况的情况，即是否存在偏流量问题。2. 是否存在入口流量不足的问题，即泵入口过滤器是否堵塞、滤网是否过细、入口管径是否合适。3. 检查泵进出口管线是否有应力。4. 是否存在共振问题。5. 泵的叶轮设计是否存在问题，泵进出口管线设计是否存在问题。

处理过程

对1号溶剂再生装置的P104AB两台泵进行测试，振动图谱如图4、图5所示，泵的额定流量为550 m³/h，最小连续稳定流量为200 m³/h，现场泵运行后我们调整泵流量在300~500 m³/h，泵在运行时依然出现周期性振动，然后对A泵和B泵都进行了测量。切泵的时候检查了原运转泵的入口滤网，滤网很清洁没有杂物，然后将滤网撕去，再次运行时还是没有好转。

贫液泵P104AB入口法兰是DN250，入口管线DN400，与设计院沟通DN400的管径是否存在

设计过小或者管线设计是否会产生紊流现象，导致入口流量不足，同时也咨询泵入口膨胀节厂家入口膨胀节是否会有节流现象，经过设计和厂家的核算排除了这两种可能。

对于6台泵都出现了同样的问题，我们倾向于泵或者管路系统的设计问题，我们把泵厂的服务人员请到现场共同分析这个问题，厂家建议检查泵进出口的管线应力问题。在配管时这6台泵的进出管线已做消应力处理，数值在0.05 mm之内满足标准要求。抽查了一台泵管线应力情况如图6、图7所示，在泵带介质运行后泵进出口管线确实出现了位移，但是位移量不大，重新调整后，再次运行时泵还是出现这种周期性振动。

然后对电动机和泵地脚也进行了检测，泵体底座已进行了3次灌浆，最后认为这个振动的产生与泵的刚度没有关系，根据公式 $A=F/K$ ， F 可以表示应力、流体力、介质自身的激励等，对于这种周期性振动与流体力关系很大。现场的工艺流程为：T101→P103→T102→P102→V102→P104→T101 详见图1溶剂再生流程。检查时发现P104泵的入口罐V102也有轻微的振动，检查了整个流程后，对运行工况做了一些调整，将V102液位提升至高位，降低T102塔的液位，关闭

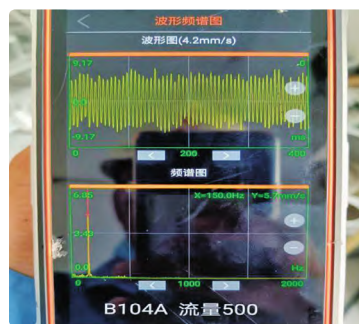


图4 P104A泵在500 m³/h时振动图谱

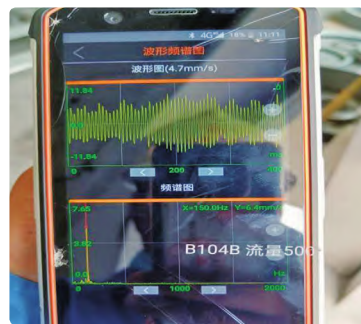


图5 P104B泵在500 m³/h时振动图谱



图 6 泵入口管线情况 1



图 7 泵入口管线情况 2



图 8 关闭 P102 至 V102 间阀门后 P104 振动值



图 9 V102 罐内管线情况

P102 至 V102 的阀门，关闭阀门的瞬间 P104 的振动值降至 1.3 mm/s，如图 8 所示，发现了问题的所在，P102 至 V102 间的回流对 P104 泵产生的冲击。

发现问题所在之后，将 V102 内介质排空，进入罐内检查发现，P102 到 V102 的管线深入到 V102 罐内，如图 9 所示，直接挡在了泵 P104AB 的入口处。在回流过程中流体内夹杂着气体，气液混流对泵入口处也造成冲击，同时使泵吸入口不畅通，造成泵吸入的流体不稳定，流体对叶轮流道造成冲击，进而产生周期性振动。

整改措施及运行情况

经与设计院反馈，出具变更手续，将罐内的 4 根管线割掉



图 10 罐内管线处理情况，管口距离罐底约 3 m

2 ~ 3 m 如图 10 所示，避免回流对泵的入口产生影响。整改后再次运行 P104AB 泵状态良好，振动值均小于 2.8 mm/s。我们将 2 号、3 号再生装置 V202、V302 也进行了改造，P204AB、P304AAB 也运转良好，振值符合标准要求。

结语

引起泵振动的因素很多，借助先进检测设备可以有效地判断故障的类型，进而有针对性地进行分析，列出可能引起振动的原因，按照由易到难进行逐条验证处理，最终找到解决办法，消除故障。