

柴油加氢进料泵泵轴抱死原因分析及解决方案

对多级离心泵转轴抱死进行了分析，并提出了维修方案——某化工厂柴油加氢进料多级离心泵运行过程中发生转轴抱死故障，通过解体检查抱死发生在平衡鼓位置。本文针对转轴抱死原因进行了分析，并提出了缩短平衡鼓轴向间隙长度和平衡鼓上开螺旋槽的维修方案。为同类装置的运行稳定性技术提升以及工程应用提供一定的借鉴。

文 / 陈文俊 李锦辉 何智文

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A220844

柴油加氢进料泵是柴油加氢装置关键转动设备之一，在装置中起着向反应器输送待加氢原料油，为最终生产出合格加氢柴油提供先决条件的重要作用。它的安稳运转直接关系到柴油加氢装置的安全高效运行。某化工厂 240 万 t/a 柴油加氢装置于 2010 年 10 月投入使用，在 2019 年 10 月停泵重起后出现转轴抱死故障。

本文作者供职于大连利欧华能泵业有限公司。

泵工况参数

柴油加氢进料泵为 FLOWSERVE 泵业有限公司生产的 8BP-186 型多级离心泵，结构为内芯节段式，共 6 级叶轮，采用强制润滑轴承。泵输送介质为汽柴油，密度为 772.78 kg/m^3 ，工作温度为 105°C 。其基本性能参数为：流量 $Q=407 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=1189 \text{ m}$ ，转速 $n=2991 \text{ r/min}$ ，轴功率 $P=1358 \text{ kW}$ ，效率 $\eta=75\%$ 。泵轴和叶轮材质均为 C-6。泵装置如图 1 所示。

解如图 2 所示。

转轴抱死原因分析

经初步分析，导致泵转轴平衡鼓处抱死的可能原因如下。

1. 流体中硬质杂质堵塞动静间隙。平衡鼓与平衡套之间的动静间隙内有焦炭等硬质杂质颗粒进入，引起转轴抱死。
2. 平衡鼓平衡轴向力作用减弱。由于平衡套与平衡鼓之间的间隙较小，一般为 $0.2\sim 0.3 \text{ mm}$ 。随着泵的高速运转，在摩擦力的作用下，经过一段时间间隙会逐渐变大。从而使得平衡鼓不能完全平衡轴向力，导致平衡鼓处发生抱死。
3. 暖泵工作不到位，负荷骤然加快会引起泵轴抱死。如果机器处于冷状态中，启动时需要足够的暖泵工作，因为介质温度较高，如果暖泵不到位，介质流动中极有可能加大泵内外的温差，则出现膨胀不均的状况。此外，泵的补给速度应该均匀，如果骤然间加大补给流量，负荷过重，

解体检查情况

为了查明转轴抱死原因，需要将柴油加氢泵进行拆解，通过对各零部件进行检查，发现转轴抱死位置发生在平衡鼓处。叶轮口环处均无刮蹭，拆卸后轴弯约 0.2 mm 。泵拆



图 1 泵装置

则会对泵转轴形成较大冲击，从而导致转轴抱死的发生。

4. 泵没有定期盘轴，轴发生弯曲。由于泵长期的运行，停泵后转轴还处于热态，如盘车不彻底，尚未处于冷态，一旦长时间停用，转轴很容易发生弯曲变形，以至于重起时出现转轴抱死。

5. 平衡鼓间隙内发生空化现象。平衡鼓前面是末级叶轮的后泵腔，后面是与吸入口相连通的平衡室。平衡鼓前后存在较高的压差，介质从高压到低压的降压过程中易发生空化现象，而导致转轴抱死。

6. 平衡鼓轴向长度过大。由于本文研究的多级离心泵泵轴为挠性轴，平衡间隙轴向长度过大，

所以不利于控制转子的抬量，运转时平衡鼓与平衡套容易发生接触，从而发生抱轴现象。

解决方案

针对以上可能导致平衡鼓抱死的情况逐一进行排查。

1. 解体过程中未发现泵流道内有较大的硬质杂质，排除因硬质杂质进入平衡鼓间隙导致转轴抱死的因素。

2. 解体后测量平衡鼓间隙值在公差允许范围内，不是因轴向力不平衡导致的平衡鼓抱死。

3. 检查泵运行操作人员工作日志，暖泵过程按照泵厂家产品手册要求执行，且运行过程中也没有突然增加流量的操作。



图2 泵解体

4. 查看值班人员运行日志，每次停泵后均有彻底盘轴记录，且每周都有进行180°盘轴记录。

5. 针对平衡鼓间隙降压过程可能存在空化现象进行数值模拟，模型为环形缝隙，直径为

Industrial automation

梅特勒-托利多 在线过程分析仪表 助力化工企业实现生产过程自动化



全自动清洗校准系统

- 实现在线分析仪维护校准自动化



智能传感器管理

- 提供在线pH分析仪智能诊断信息，优化运营管理



InPro 7250电导率传感器

- 耐受苛刻酸碱环境测量强酸/碱浓度



GPro®500激光氧分析仪

- 快速响应氧含量变化 避免爆炸风险

METTLER TOLEDO

简单填写杂志广告
问卷调查，前100名
反馈者即有机会获
得精美礼品一份！



扫码赢大礼



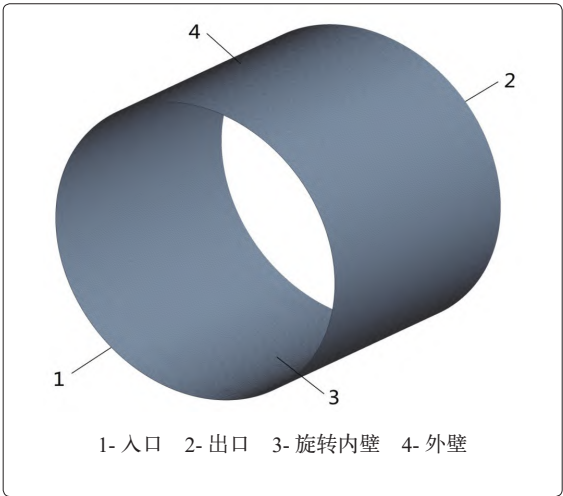


图3 平衡鼓间隙 CFD 模型

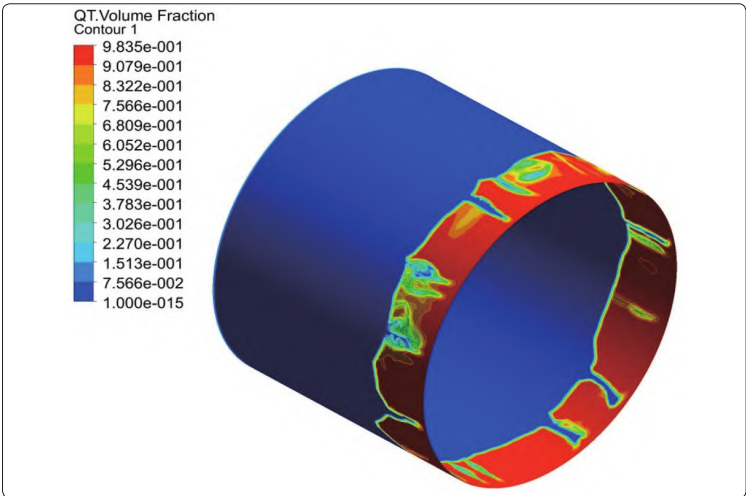


图4 平衡鼓间隙空泡体积分数分布云图

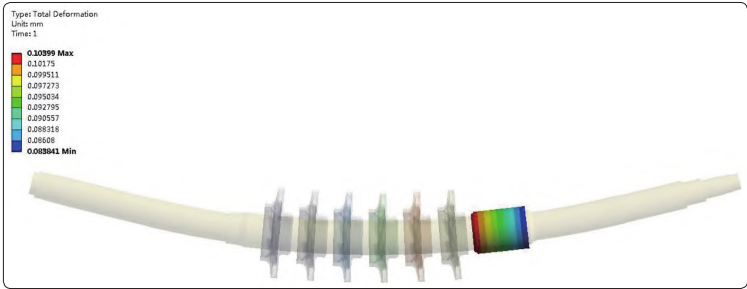


图5 原平衡鼓位移分布云图

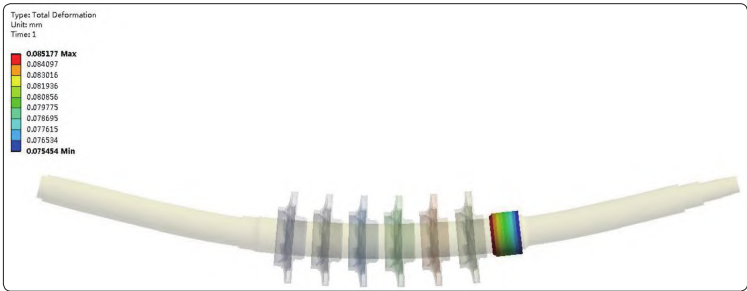


图6 平衡鼓改后位移分布云图

223 mm，长度为 265 mm，单边间隙为 0.2 mm。采用网格划分软件对间隙模型进行网格划分，最终生成网格数为 2 523 504 个，节点数为 2 587 745 个，如图 3 所示。

采用有限体积法对控制方程进行离散，对流相使用二阶迎风格式离散，扩散项选用中心差分格式。在计算域的进口定义压力为 11.89 MPa，出口处压力为常压。壁面条件采用无滑移固壁条件，并使用标准壁面函数法处理固体

附近流动。

流体介质为 105℃ 的汽柴油，先对流场进行稳态计算，得到稳态流场的计算结果作为汽液两相计算的初始条件。

平衡鼓间隙内空泡体积分数分布云图如图 4 所示。由图 4 可知，间隙内存在局部的空化区域，但区域范围较小，不会导致转轴抱死现象发生。

6. 应用 ANSYS Workbench 软件对泵转子部件进行挠度计算，原平衡鼓位移分布云图如图 5 所

示。由图 5 可知，平衡鼓处最大位移值为 0.10399 mm。

将平衡鼓长度由 265 mm 缩短到 150 mm，重新进行泵转子挠度计算，结果如图 6 所示，平衡鼓处最大位移值降低到 0.085177 mm，比原平衡鼓挠度减小了 0.018813 mm。

根据平衡间隙泄漏量计算公式，减小轴向间隙长度会使泄漏量增大。在转轴上开槽型密封，轴旋转时产生泵送作用，它可以平衡因压差产生的泄漏量，从而阻止泄漏。同时，当流体中有硬质颗粒时，可以通过螺旋槽流出，尤其是在泵试车阶段，极大地降低了转轴抱死的风险。所以采用在平衡鼓上开螺旋槽的方式降低泄漏量，通过理论计算，选用槽宽为 2 mm，槽深为 1 mm，头数为 2 头的螺旋槽方案。

改造后运行情况

通过对 8BP-186 型柴油加氢进料多级离心泵平衡鼓结构进行更改，泵重新启动运行至今状态平稳，未出现转轴抱死等故障，证明了减小平衡鼓间隙长度和增加螺旋槽的方案是可行的。