

Cutting Impeller to Improve the Vibration of Centrifugal Pump

Junliang He Lindong Li Xulin Li

Kunming Acetate Fiber Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650051, China

Abstract

The bearing vibration value of the main methanol washing pump in our company is far greater than the reference value. The bearing has been replaced many times and the concentricity between the motor and the pump shaft has been adjusted, but the vibration has not been improved. The method of cutting impeller of centrifugal pump is used to solve the problem of vibration finally. This paper discusses the method of cutting impeller of centrifugal pump to improve vibration, and obtains better effect in practical engineering maintenance.

Keywords

centrifugal pump; vibration; temperature; impeller cutting

切割叶轮改善离心泵振动

贺俊良 李林东 李旭林

昆明醋酸纤维有限公司, 中国·云南 昆明 650051

摘要

我公司主洗甲醇泵出现轴承振动值远远大于参考值, 多次更换轴承并调整电机与泵轴同心度, 但是振动依然未得到改善。通过计算用切割离心泵叶轮的方法最终解决振动问题, 论文论述了离心泵叶轮切割改善振动的方法, 并在实际工程维修中取得较好效果。

关键词

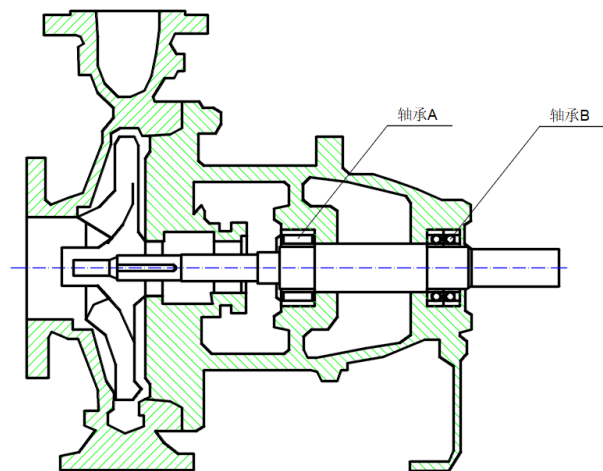
离心泵; 振动; 温度; 叶轮切割

1 引言

离心泵轴承振动有效值是表征设备性能的重要参数, 中国国家标准《GB 50275-2010 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》中根据泵的种类规定了泵的振动速度有效值的限值, 其中第二类泵振动速度有效值限值为 ≤ 4.5 mm/s。我厂甲醇洗工段主洗甲醇泵为单级离心泵, 型号: ZE150-5450, 额定扬程: 278m, 额定流量: 282m³/h, 额定转速 2985r/min, 电机额定功率: 400KW, 额定电流: 46.5A。泵实际操作的运行参数入口压力: 0.15MPa, 出口压力: 2.65MPa, 流量: 240 ~ 250 m³/h, 入口温度: -38℃。该泵在运行过程中电机容易烧坏, 泵体轴承箱震动大, 轴承温度过高, 泵轴多次折断。2020年3月16日电机再次烧毁, 更换电机、更换泵轴、更换机械密封、更换轴承后回装, 运行15天后电机再次烧毁, 并且更换轴承后轴承箱体振动未有明显改善^[1]。

2 叶轮切割

泵体结构如下图所示:



轴承 A 为圆柱滚子轴承, 型号: NU312; 轴承 B 为两套角接触球轴承背靠背使用, 型号: 7312。轴承 A、B 处轴径均为 60mm, 3 月 16 日电机烧毁后, 更换轴承 A 和轴承 B,

轴承为 SKF 产商制造, 更换完成开车两小时内测得两处温度和振动有效值如下表:

项目	时间	20min	40min	60min	80min	100min	120min
轴承 A	温度	59 C	67 C	66 C	68 C	68 C	68 C
	振动	20.7	20.4	19.8	20.1	20.8	20.7
轴承 B	温度	66 C	74 C	76 C	76 C	78 C	79 C
	振动	22.3	22.5	22.1	24.2	23.8	23.8

从测量的数据看, A、B 轴承振动数值远远大于国家标准推荐 $\leq 4.5 \text{ mm/s}$ 的数值。轴承为新更换轴承, 各项安装技术要求符合规定, 电机轴与泵轴架百分表找正, 轴向与径向误差 $\leq 0.10\text{mm}$, 电机负荷端测得温度为 54°C 左右, 振动有效值为 1.5mm/s , 以往多次检修情况与此类似, 由此判断排除振动大是由轴承质量和安装所引起。2019 年 10 月份曾经出现泵轴从轴承 A 位置折断的情况, 根据这一情况, 从力学的角度分析泵轴的断裂形式属于弯矩导致的断裂, 而不是扭矩导致的断裂。居于上述情况, 分析得出导致轴承温度和振动超标的根源在叶轮, 导致轴折断的根源也在叶轮。由于叶轮在运转时的激烈的振动, 至使远端轴承 B 承受更大的力, 从而温度和振动超过正常值; 而轴承 A 处承受最大弯矩, 最终折断泵轴。

3 叶轮切割

该泵叶轮为闭式叶轮, 叶轮入口端有 5 个 $\Phi 8$ 平横孔, 叶轮外径为 458mm , 额定扬程 278m , 额定流量 $282 \text{ m}^3/\text{h}$ 。工艺要求流量为 $240\text{--}250\text{m}^3/\text{h}$, 因此实际上泵并没有运行在额定流量下, 工艺通过减小泵出口阀门开度使泵的流量在 $250\text{m}^3/\text{h}$, 阀门开度减小引起泵内出现湍流, 紊乱的湍流碰撞叶轮从而导致叶轮激烈振动, 最终引发轴承温度和振动超标, 更严重时引起泵轴断裂。因此, 改变泵的额定流量至 $250\text{m}^3/\text{h}$ 是解决问题的核心所在^[2]。

对一台特定的离心泵, 在转速固定的情况下, 其扬程(H)、轴功率(P)和效率(η)都与其流量(Q)有一一对应的关系, 称之为离心泵特性性能曲线。理论计算表明, 叶轮外圆切削使直径变小后, 如果直径减小的幅度在 20% 内, 泵效率基本不变。并且切削前后叶轮出口的截面积也可认为大致相等,

存在如下比例定律关系:

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{D'}{D}, \quad \frac{H'}{H} = \left(\frac{D'}{D}\right)^2, \quad \frac{P'}{P} = \left(\frac{D'}{D}\right)^3 \quad (1)$$

其中:

Q' , Q —切削改变前、后流量, 单位 m^3/s ;

H' , H —切削改变前、后扬程, 单位 m ;

P' , P —切削改变前、后轴功率, 单位 kw ;

D' , D —切削改变前、后直径, 单位 mm 。

在泵的分类、实验设计和产品系列化方面, 引入比转速这一概念, 用 n_s 表示:

$$n_s = \frac{3.6 n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (2)$$

其中:

n —离心泵转速, 单位 r/min ;

Q —流量, 单位 m^3/s ;

H —扬程, 单位 m 。

离心泵比转速大小与输送液体的性质无关, 而与叶轮的形状及泵的特性有密切关系。可以根据比转速的大小, 将泵分为低比转速、中比转速、和高比转速的离心泵, 以及比转速更高的混流泵和轴流泵。

(1) 根据公式(2), 计算这台泵的比转速

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{3.6 n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \\ &= \frac{3.6 \times 2985 \times \sqrt{0.07833}}{278^{3/4}} \\ &= 44.8 \end{aligned}$$

$30 < n_s < 80$ 属于低比转速离心泵, 叶轮最大允许切割量为 20%。

(2) 根据公式(1), 计算切割后叶轮直径

$$\begin{aligned} \frac{Q'}{Q} &= \frac{D'}{D} \\ \frac{250}{282} &= \frac{D'}{450} \\ D' &= 398 \text{ mm} \end{aligned}$$

叶轮切割量约为 11.5%, 小于 20%。2020 年 4 月, 将叶轮由原来的 450mm 切削减小至 400mm , 试验解决泵温度高及振动大问题。

4 结语

叶轮切削至 400mm 后, 更换新轴承、按安装技术要求回装整台泵, 开车试运行, 试车后两小时内测得两处温度和振

动有效值如下表:

项目	时间	20min	40min	60min	80min	100min	120min
轴承 A	温度	51℃	56℃	57℃	58℃	57℃	57℃
	振动	2.7	2.4	2.8	3.1	2.8	2.7
轴承 B	温度	56℃	54℃	55℃	56℃	58℃	59℃
	振动	3.3	3.5	3.1	4.2	3.8	3.8

可以看出,切割叶轮后轴承振动极大的改善,符合国家标准要求,轴承温度也在正常范围内。

实际生产中,常常出现因为工艺变动致使泵不运行在额定流量允许范围内的情况,导致泵体振动过大、轴承温度过高,影响设备运行和工艺运行安全性和稳定性。论文提供了一种改善泵体振动的方法,在实际工程维修中取得很好的效果。

参考文献

- [1] 韩建华,石磊,孙洪涛.东营港公司管道离心泵切割叶轮分析——通过切削离心泵叶轮降低扬程减少能耗[J].石化技术,2019(08):200+203.
- [2] 李明霖.关于离心泵叶轮外径切割方法的分析[J].化工管理,2019(05):39-40.