

多级潜水电泵的改进设计

陈永山, 郎智明

(浙江丰球股份有限公司)

摘要: 分析了在含沙液体中多级潜水电泵寿命短的原因, 并对其作了结构改进。试验表明, 改进后的泵不仅其水力性能已有一定的提高, 而且使用寿命也有了很大提高, 满足了用户的要求。

关键词: 潜水电泵, 两相流, 设计, 改进

文献标识码: A **文章编号:** 1005-6254(2001)05-0003-03

TH3

1 引言

在各地中小型矿中及建筑工程工地中, 为排除积水, 经常需要高扬程的潜水电泵。根据这一信息, 我公司开发了一个系列三种规格的多级潜水电泵产品, 流量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程分别为 64 m、96 m 和 128 m, 单级扬程 32 m, 功率分别为 4 kW、7.5 kW、11 kW, 投放市场后很受用户欢迎。但在使用中也暴露出了一些问题, 其中最主要的是使用寿命太短, 最短的只使用了 100 多个小时, 电动机就烧毁了。这直接影响了我公司产品的声誉。为此, 我们在专门组织人员进行用户走访后, 决定进行改进设计并确定了改进设计方案。经改进后, 产品取得了预期的使用效果。

2 泵结构及故障原因分析

图 1 为原三级潜水电泵结构图。之所以选择这样的结构, 是考虑到已有的电动机部件可以被借用, 以便缩短设计和试制时间、降低生产成本。采用两道单端面机械密封串联形式以增强密封效果。由于轴伸太长, 故在泵进水节处设置一锡青铜滑动轴承, 配对轴套的材料为 1Cr18Ni9Ti, 表面喷涂镍基合金 102, HRC 为 50~62, 宽径比 B/d 为 0.87。此泵在本厂清水试验台连续运行 500 h 后解体, 其机械密封磨损正常。但经走访用户, 发现泵常被用作矿下排除积水, 而水中含有煤、砂等杂质且有一定的浓度和腐蚀性。将一台电动机烧毁的泵解体, 发现机械密封动环已完全磨平, 弹簧扭曲变形, 叶轮口环、滑动轴承也严重磨损。

通过对结构的重新分析, 我们确认在泵的密封部位设计有缺陷。从图 1 可看出, 原泵中单端面机械密封处于出口水流高压处, 虽然选取的机械密封满足厂家规定的使用压力条件, 但那是对清水介质而言, 在出口高压含砂水流中会很快磨损。

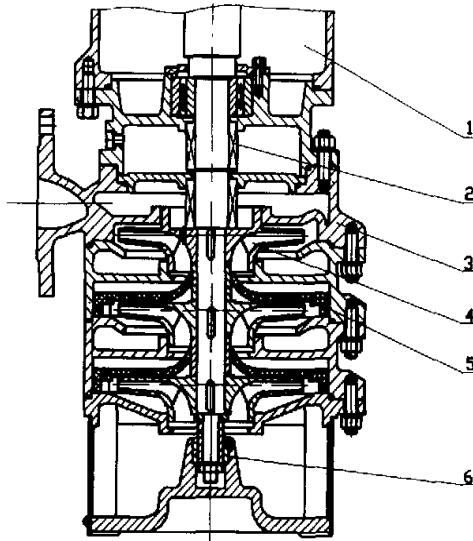


图 1 改进前结构

1. 电动机 2. 机械密封 3. 出水段
4. 叶轮 5. 导叶 6. 滑动轴承

泵端机械密封的磨损泄漏加重了电动机端机械密封的负担, 也使其快速磨损, 产生泄漏, 导致电动机烧毁, 这是机械密封快速失效的关键所在。另外, 从本厂测试的泵性能曲线来看, 泵效率偏低。使用扬程变化幅度不能太大, 否则将导致泵过载运行。

第一作者简介: 陈永山(1967.10—), 男, 浙江丰球股份有限公司 工程师; 浙江省诸暨市(311800)。

3 改进措施

3.1 重新设计叶轮

重新设计的叶轮应考虑能够适合于输送低浓度含砂水流介质。按照固液两相流的设计经验,对于小颗粒含砂水流介质,最易磨损的部位在叶片出口处,叶轮应取小的 β_2 ($\beta_2 = 15^\circ \sim 30^\circ$)和较少的叶片数。

叶轮主要尺寸计算如下。

a) 叶轮进口直径

$$D_0 = K_0 \sqrt{\frac{Q}{n}} \quad (1)$$

式中, K_0 为进口直径系数, $K_0 = 3.5 \sim 4.5$ 。

b) 对叶轮出口直径,在保证一定的抗磨要求并侧重效率时,对于闭式叶轮可按下式计算:

$$D_2 = 8.3434 \sqrt{\frac{Q}{n}} \cdot \left(\frac{n_s}{100} \right)^{-0.7013} \quad (2)$$

c) 叶片出口宽度

$$b_2 = (1.0 \sim 1.6) \sqrt{\frac{Q}{n}} \cdot \left(\frac{n_s}{100} \right)^{5/6} \quad (3)$$

d) 叶片数

取 $Z = 3 \sim 5$ 。

下表为重新设计的叶轮参数(单位:mm):

D_0	D_2	b_2	β_2	Z	包角	叶片进口宽度 b_1
70	165	5.5	29.5°	4	120°	10

此外,为提高泵过流部件表面光洁度,对叶轮、导叶等零件全部进行抛丸处理。考虑到泵停机一段时间后叶轮口环会生锈抱死,造成起动困难,设置了锡青铜密封环。

3.2 对密封部位进行重新设计

我们采用了图 2 的结构。将原出口部位改为吸入部位,并改用双端面机械密封,水封端选用碳化硅/硬质合金优质磨块,电动机端选用碳化硅/石墨对磨材料。由于机械密封位于泵进水口,减去了作用于机械密封上的工作压力,叶轮进口的吸入流动状态也使颗粒杂质很难进入到机械密封端面中去,双端面机械密封置于油室内也使弹簧免受腐蚀介质的侵蚀。总之,此结构显著改善了机械密封的工作条件和冷却条件。

由于吸入口尺寸较大,我们适当加大了轴承档和机械密封档轴径,以增加转轴的刚性。经过重新设计后的泵结构仍符合 JB/T8092—96 小型潜水电泵标准“电泵从进水口方向看为逆时针方向

旋转”这一规定。

3.3 对滑动轴承的改进

滑动轴承的设计好坏也是关系到泵能否长期稳定运行的关键之一。而滑动轴承的承载能力跟轴承的宽径比 n 成正比($n = B/d$,其中 B 为轴承宽度, d 为轴承内径)。为了提高轴承的承载能力,改进设计时取 $n = 1.35$,并在轴承内表面开设与转子旋转方向一致的双头螺旋槽,以增加轴承的润滑水量、便于排除进入滑动轴承的颗粒杂质。同时,为了阻止颗粒杂质进入滑动轴承腔内,在末级叶轮的后盖板上增设 4 条径向背叶片。

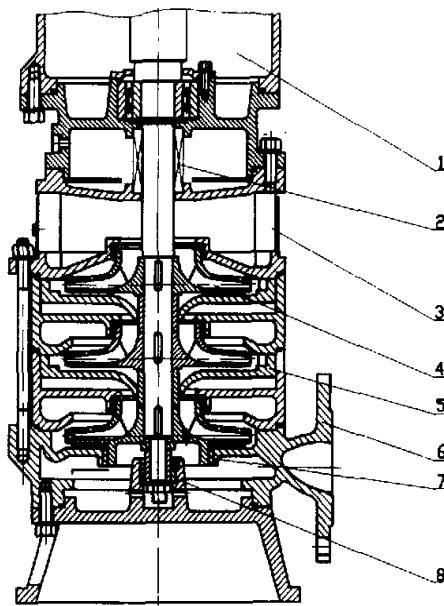


图 2 改进后结构

- 1. 电动机
- 2. 机械密封
- 3. 进水段
- 4. 叶轮
- 5. 导叶
- 6. 出水段
- 7. 密封环
- 8. 滑动轴承

3.4 关于泵轴向力

泵结构改进后所产生的轴向力方向与转动部件的自重相反,因此可以减小泵轴向力,减轻推力轴承的负荷,延长推力轴承的使用寿命。另一方面,由于轴向力反向,在轴承处须附加一旋紧螺母或轴用挡圈以限制转轴的串动。

4 试验及现场使用情况

经过改进设计的样泵,在本厂 B 级精度试验台中的清水试验结果与原泵的试验结果见图 3。

从图 3 中可以看出,改进后泵在额定流量点效率提高了 5.5%,且扩大了高效区范围;电动机

电流值下降了20%。这使泵的运行工况范围大幅度增加而不过载。为了进一步验证改进后泵在实

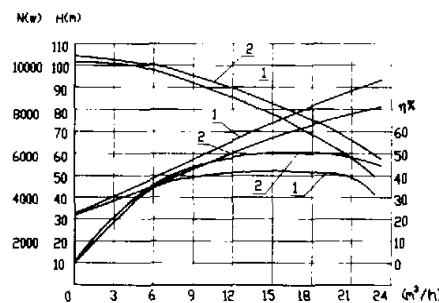


图 3

1. 改进前 2. 改进后

际使用场合的运行情况,将2台样泵发往用户处作矿下排除积水的可靠性考核运行试验。两个月后,用户要求按样发货。样泵经过近一年的运行后解体,发现机械密封磨损正常,电动机绝缘正常,轴承完好无损,叶轮口环、密封环、滑动轴承和轴套等有不同程度的磨损,整机经更换机械密封和上述易损件后仍可投入使用。

5 结束语

(1) 在原有泵的基础上所作的改进设计经用户使用后证明是成功的。随着清水泵使用范围的不断扩大,用户使用清水泵来抽送含颗粒杂质的情况越来越多,例如矿井下排除积水、从深井中抽送地下水、建筑工地抽排水等。对不同的使用场合,有针对性地在原有泵的基础上作少许结构改进,即可显著提高泵在含颗粒杂质中的使用寿命。这样既缩短设计试制周期,节约大量费用,产品又成熟可靠。由于大量采用通用件,又便于生产管理,具有显著的经济效益。

(2) 虽然经改进设计后的泵在含颗粒杂质介质中的使用寿命大大延长,但其毕竟不是杂质泵,不能在高浓度、粗颗粒杂质介质中使用。用户对泵的维护保养应引起高度重视,按期更换易损件。

参 考 文 献

1. 关醒凡编著.现代泵技术手册.北京:宇航出版社,1995
2. 王乐勤等.立式无轴封离心砂浆泵的研制与工业应用.水泵技术,1998(1)

Improving the Construction of The Multi-stage Submersible Pump

CHENG Yong-shan, LI Zhi-ming

(Zhejiang Fengqiu CO., LTD, Zhuji, Zhejiang 311800, China)

Abstract: The reasons of the short service-life of the multi-stage submersible pump in the liquid containing sands are analyzed. Based on which the pump construction is improved resulting in better performance.

Key words: Submersible pump, Two-phases flow, Design, Improvement

浙江温岭市先导电机技术研究所

本所是专门从事电机、水泵测试技术研究的高新技术企业。目前主要产品有:

一、水泵综合性能测试系统(水泵生产许可证必需检测设备)

检测水泵的流量、转速、压力、吸力;电压、电流、功率、功率因数、频率、效率、温升。

二、水泵出厂试验系统

检测水泵的耐压、绝缘电阻、低压启动、空载电流、空载功率。

三、电机型式试验测功机、定子综合性能测试系统、电机出厂试验系统、智能型数显动平衡机

四、为您提供潜水泵生产许可证取证服务;电机安全认证取证服务。

地址:浙江温岭大厦十三层八号

邮编:317500

电话:0576-6144122 6111896

杭州办事处:013606672275