

潜水泵电机轴承的失效分析及填充四氟材料的应用

金炯福 赵钦英
(山东铝厂)

一、引言

潜水泵是由立式水泵和电机组合成一体潜入水中工作的抽水机组。它和其它泵型相比,具有结构紧凑、重量轻、移动方便、按装容易、不需泵房而减少基建投资、使用较可靠、维护方便和没有噪音等一系列优点,因而是目前较好的深井抽水机具之一。

我厂使用的250JQB-140×B型潜水泵,配用的JQS₁10"-70型电机,系湿式充水密封型结构的三相异步电机。为了维修方便,电机外壳采用三段结构,即定子机壳、上导轴承外壳和下导轴承外壳所组成。其结构如图1所示。

电机的主要技术性能如下:

型号: JQS₁10"

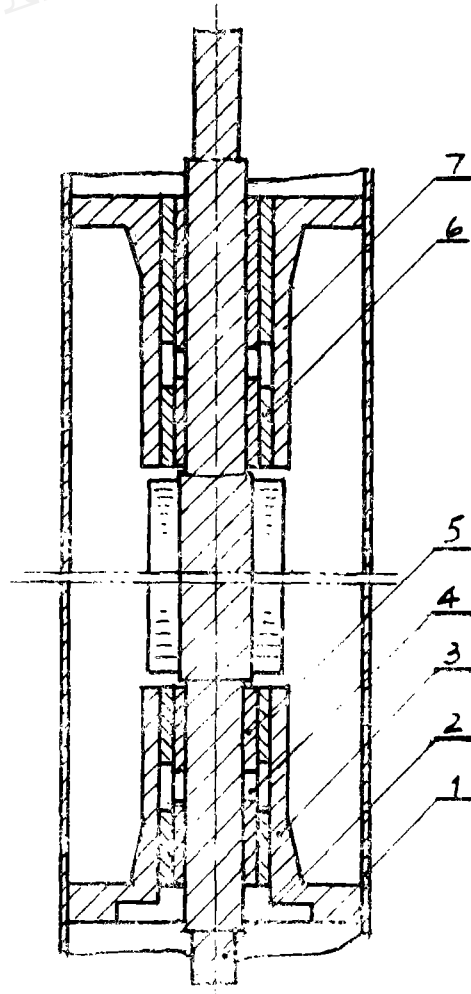
额定功率: 70瓩

转速: 2850转/分

总长: 1670毫米(最大外径: φ221.7毫米)

重量: 400公斤

JQS₁系列电机,具有结构简单、噪音小、维护方便、适用于水中工作等一系列优点,但经我厂近六年来的运行实践,发现该型电机的上、下导轴承,止推轴承和轴封等零部件在制造工艺和材料选用上都存在不足之处,尤其是上、下导轴承的轴套(以下简称“轴套”)的耐磨性差而常发生故障。因此,如何改善轴套的耐磨性,以延长电机的



JQS₁10"电机结构示意图

1—机壳; 2—转子轴; 3—下导轴承; 4—定位套;
5—轴套; 6—F₄轴瓦; 7—上导轴承

运转周期,已成为我厂供水系统急待解决的技术难题。

二、轴套的失效分析

该电机原设计的使用寿命为1~2年。而我厂三个水源处的三台潜水泵电机的使用寿命,都不到一年,尤其是3*井潜水泵电机的故障更多。现根据近五年来的检修记录,其故障分布率如表1所列。

从表1的故障分布率分析,虽轴套损坏占45.5%,但是,它的损坏将直接影响到定、转子的绝缘和密封件的损坏,因而轴套磨损所导致电动机部位的故障分布率为81.8%。为此需着重进行轴套的失效分析。

电机轴套的失效与普通径向滑动轴承一样,往往是几种失效形式并存的复杂过程,如粘着磨损、磨粒磨损、表面疲劳磨损与腐蚀磨损等相伴发生并相互影响的过程。对于水润滑轴套来说,粘着磨损和磨粒磨损是导致失效的主要原因。从摩擦磨损与润滑理论及设备运行的实践,可以认为两金属接触面间的油膜厚度是产生粘着磨损的决定因素。根据无侧漏条件及流量连续性定性推导的油膜厚度关系式^[1]为:

表1 3*潜水泵电机故障分布率

故障部位	次数	(分布率%)
轴套严重磨损	5	45.5
绝缘损坏	3	27.2
密封件损坏	1	9.1
水泵机械故障	1	9.1
其它	1	9.1
合计	11	100

$$h = \frac{d^2 n \mu}{18.36 P S C} \text{ 或 } P = \frac{d^2 n \mu}{18.36 S C h} \quad (1)$$

式中 h —油楔最窄处润滑油层的厚度;

p —轴承的径向负荷;

d —轴颈直径;

n —轴颈转速;

μ —润滑油的绝对粘度;

s —轴承的径向间隙;

$$c = \frac{d+l}{l}$$

l —轴瓦长度。

从上式可知,其油膜厚度 h 或径向负荷都与润滑油的粘度有很大的关系。对于中小型电机轴承、通常选用粘度为10~50厘沲(50℃)的润滑油可满足安全运行的要求。我厂采用的JQS₁10"型电机系采用蒸馏水润滑,蒸馏水在常温下的粘度不足1厘沲,由它产生的润滑液膜远小于正常条件下所需的油膜厚度,由此,使电机轴套的承载能力大为下降。同时使轴套和轴颈之间处于边界摩擦状态,所以,轴套表面的磨损极为严重。

电机轴套在水润滑条件下运转,不但轴套自身磨损,而且间隙超差过大时会使电机的定子与转子间的间隙趋于不均匀。当定子和转子的中心严重偏移时,会造成两者碰撞擦伤而导致绕组或铁心毁坏,因此轴套的磨损是导致电机绝缘损坏的主要原因。同样,电机轴承轴封的“O”形圈,虽系橡胶材料而具有一定的弹性,但在2850转/分(7.55米/秒)的速度下,

一旦偏心严重，O型圈就易被外界介质中的泥沙冲刷而加剧磨损。最后导致井水中的泥沙进入电机内部而加速轴套磨损，所以轴套损坏亦是密封件损坏的主要因素。

既然轴套、绝缘和密封件的损坏共占电机故障分布率的81.8%，并且都是由轴套损坏所致，因此轴套材料的选择有探讨的必要。

三、填充聚四氟乙烯轴套的设计与加工

由于聚四氟乙烯（以下简写F₄）具有良好的自润滑性能和优越的耐腐蚀性，这就决定F₄轴套能够在要求必须无油润滑的特定条件或对轴套有腐蚀性的工作介质的条件下应用。不过纯F₄塑料的线膨胀系数较大，导热系数低并且热稳定性差，易产生蠕变等缺点，因而一方面要在纯F₄中加入青铜粉、碳纤维和二硫化钼或石墨等填充剂以提高机械性能，另一方面要通过设计进行结构的改进，其方法如下：

1. 采用薄壁结构：

$$\delta = 0.05 \sim 0.1d \quad (3)$$

δ —轴套的厚度（厘米）

d —轴套的孔径（厘米）

2. 合理的长径比：填充F₄轴套长度与孔径之比，以1:1为最理想，一般不超过1.5:1为原则，以便散热。

3. 润滑冷却沟槽：在轴套内表面开些沟槽缺口，以利润滑和冷却。

4. 配合间隙：由于填充F₄的膨胀系数较金属大得多，并摩擦发热温升而引起内径收缩量亦较大，因而填充F₄轴套与轴的配合间隙应比铜套大。由于潜水泵电机轴套的冷却条件好，其间隙可按表2〔2〕数据选用。

表2 填充F₄轴套的配合间隙（毫米）

轴径	配合间隙	轴径	配合间隙
6	0.050~0.075	25	0.125~0.150
12	0.075~0.100	38	0.150~0.200
20	0.100~0.125	50	0.200~0.250

填充F₄轴套的加工：填充F₄材料可以进行机械加工，但和金属的加工有所不同。根据填充F₄材料既有一定硬度，又有一定弹性的特点，车削加工时不易散热，易造成刀具的退火磨损、工件变形和加工面粗糙等缺点。为克服以上缺点，加工时应采取以下措施：

1. 采用耐高温的合金刀具，刀具的前角及后角比加工铜套时要大（前角为30~30°，后角为25°）；

2. 刀具的刃口要锋利，要有足够的冷却；

3. 工件不宜夹得过紧，采用高切削速度和小进刀量（切削速度为0.3~1.2米/秒，走刀量为0.025毫米/转，吃刀深度为0.2~0.3毫米）。

四、应用实例与经济效益

动力机修厂电修车间的3*潜水泵电机的铜轴套改用填充F₄轴套（1983年2月9日），其工作条件如下：

- 1.井型：机井；
- 2.井径： $\phi 500$ 毫米；
- 3.井深：114米；
- 4.水深：40~95米；
- 5.潜水泵泵型：250JQB-140×B；
- 6.扬程：120米；
- 7.水温：常温；
- 8.涌水量：140米/时；
- 9.水中含砂量：500~1000毫克/升。

该泵电机轴套经连续运行一年多，无异常现象，为考察轴套的磨损情况，曾于1983年9月16日解体检查，四个轴套的磨损量为0.02~0.04毫米。因而取得以下经济效果：

1.降低备件费用：采用填充F₄轴套，不但可节约有色金属—QSn5-25锡青铜，而且该电机轴套 $\phi 50 \times \phi 64 \times 60$ 毫米，每件单价为40元，而填充F₄轴套每件单价不到20元，降低备件费用50%以上。

2.延长使用寿命：3#潜水泵自78年至82年间的运转周期，最长的为6892小时，最短的仅有2436小时，铜轴套孔径的磨损量在1.5~2毫米，而填充F₄轴套自83年2月9日至83年9月16日连续运行达5280小时，仅磨损0.02~0.04毫米，显然延长轴套的使用寿命和潜水泵的运转周期。根据动力机修厂电修车间统计，该型电机每次中修费用约为700元，大修费用约为1200元。由于轴套材料的改进，降低了故障的出现率，延长了设备的运转周期，必然节约了检修费用；

3.降低电耗：由于F₄材料是一种良好的固体润滑材料，可在对磨件表面形成良好的自润滑薄膜，起到耐磨减摩作用，其摩擦系数比较低（见表3〔3〕），降低了电耗（由于运行中不可比因素较多，而没有具体的测试数据）。

表3 F₄和青铜与钢对磨时的摩擦系数

摩擦条件 对磨材料 轴承材料	干摩擦系数	有油摩擦系数
	钢	钢
F ₄	0.087	0.079
青铜	0.15~0.18	0.098

五、结 束 语

从3#潜水泵电机近一年半来的运行实践，可以证明填充F₄轴承具有一系列的优越性。所以，我厂又改装了二台潜水泵电机采用填充F₄轴承，先后在1983年7月下旬和1984年2月中旬投入运行，根据类似原理又将该泵和电机的止推轴承亦以填充F₄取代SK-3石墨浸乌金材料，也正在试用之中。

参 考 文 献

- 〔1〕郑重一编，冶金机械设备修理和安装，下册，冶金工业出版社，1960，76。
- 〔2〕倪德良编，塑料选用基础，上海科学技术出版社，1982，150。
- 〔3〕固体抗磨材料编写组，固体抗磨材料，科学出版社，1973，162。