

# 影响长轴液下泵滑动轴承的因素分析

大连大耐泵业有限公司 (辽宁 116620) 李大勇 李春颜 徐德东

**【摘要】** 对长轴液下泵滑动轴承材料的选用以及对滑动轴承的结构和相应的润滑方式进行分析, 总结出影响滑动轴承正常运行的原因。

**【关键词】** 液下泵 滑动轴承 材料 润滑

## 一、前言

液下泵是把主要的过流部件浸于介质中的立式泵, 而介质一般是盛放在容器或者坑池中, 泵只占竖直空间, 因其占地面积小, 随时起动等优点, 广泛应用于发电厂、金属冶炼、化工流程以及污水处理等各个领域。

液下泵有两种结构形式: 一种是液上部分双支撑, 液下部分无滑动轴承支撑的悬臂式结构, 一种是液下带有滑动轴承的多支撑形式。悬臂式液下泵只能用于要求插入深度较浅场合, 有一定的局限性。应用范围较广的是液下有滑动轴承的长轴液下泵, 滑动轴承结构如图 1 所示。

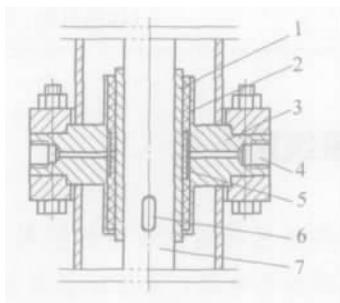


图 1 液下泵滑动轴承结构

1. 轴套 2. 轴衬 3. 滑动轴承体  
4. 冲洗孔 5. 螺旋槽 6. 键 7. 轴

长轴液下泵的滑动轴承支撑对泵的运行起至关重要的作用, 通常采用硬材料轴套和软材料轴衬的结构, 影响滑动轴承正常运行的因素主要有 4 种: 一是轴套材质的选择; 二是轴衬材质的选择; 三是轴套与轴衬之间的间隙; 四是润滑冷却或保温的措施。

## 二、轴套材质的选择

为了减少轴的磨损, 在滑动轴承支撑点多采用轴套结构, 而不采用轴直接和轴衬接触, 这样, 在更换备件时, 只需更换轴套, 不需要更换轴, 降低成本。一般轴套材质选择随母材, 如果输送具有腐蚀性的介质, 大连大耐泵业有限公司多采用 CD-4MCu 和 Lewmet55, 其化学成分如表 1 和表 2 所示。

表 1 CD-4MCu (0Cr26Ni5Mo2Cu3) 化学成分

化学元素	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
化学成分 (%)	≤ 0.04	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 0.04	≤ 0.04	24.5 ~ 26.5	4.75 ~ 6.00	1.75 ~ 2.25	2.75 ~ 3.25

表 2 Lewmet55 (00Cr30Ni40Mo4Cu3) 化学成分

化学元素	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
化学成分 (%)	≤ 0.04	≤ 3	≤ 4	≤ 0.04	≤ 0.04	30.0 ~ 34.0	37.0 ~ 41.0	3.75 ~ 4.25	2.75 ~ 3.25

这两种金属具有较强的硬度、抗磨性和耐腐蚀性, 且使用状况良好, 如果输送温度高而且具有很强腐蚀性的介质, Lewmet55 抗腐蚀性优于 CD-4MCu。

## 三、轴衬材质的选择

滑动轴承的轴衬材质选择至关重要, 需要考虑到如下因素: 硬度低, 塑性好和弹性系数、摩擦因数小, 抗黏着性, 抗疲劳性, 抗腐蚀性, 吸振性, 耐磨性, 自润

滑性等。

### 1. 金属材料

(1) 铸铁 普通灰铸铁或加有镍、铬、钛等合金成分的耐磨灰铸铁，或者球墨铸铁，都可以用作轻载低速轴衬材料。这些材料中的片状或球状石墨成分在材料表面上覆盖后，可以形成起润滑作用的石墨层，这是这些材料可以作轴衬材料的主要原因。耐磨铸铁表面经磷化处理，即可形成一多孔性薄层，有助于提高其耐磨性。

### (2) 轴承合金（统称巴氏合金或白合金）

1) 锡基轴承合金，以锡为基本成分，加入适量的锑（4% ~ 14%）和铜（3% ~ 8%）而成的，如ZSnSb11Cu6。

2) 铅基轴承合金，以铅为基本成分，加入适当的锡（最长达20%）和锑（10% ~ 15%），如ZPbSb16Sn16Cu2。

相比起来，锡基轴承合金的抗腐蚀能力高，边界摩擦时抗黏着能力强，与钢背结合得比较牢固；而铅基轴承合金的抗腐蚀能力较差，故宜采用不引起腐蚀作用的润滑油，轴承合金元素的熔点大都较低，所以只适用于在150℃以下工作。

(3) 铜基合金 作为轴衬材料，提议可以采用铸造铜基合金，比如铸造铅青铜与铸造锡青铜。常用的铸造铅青铜为ZCuPb30，铸造锡青铜是铜合金中性能最好的轴衬材料，如：ZCuSn10Pb1。

铜基合金具有高热性，比钢具有好的耐蚀性，而且具有一定的自润滑性。青铜中锡的含量达8%以上，会产生一种硬的金相组织，使合金耐磨性提高，铅的含量达10%，将会析出小球状游离铅，在摩擦过程中，游离铅会涂在摩擦表面，形成固体润滑膜。由于铜基合金具有很好的加工性和润滑性，所以铜基合金结构通常设计成如图2所示。用铜基合金作滑动轴承，它的内壁可以进行精加工，与轴光滑的面接触，既可以承受一定的侧压，又可以保证加工与装配的精度。外径可以加工成止口或螺纹，根据结构与支撑架或泵轴护管相连接。

(4) 铝合金 这是金属轴衬材料中应用较晚的一个品种。它的强度高，耐腐蚀，导热性好，但要求轴套表面有高硬度和低的表面粗糙度值。轴承的直径间隙也要稍大一些。主要使用的品种有两类：一类是低锡的，含锡约6.5%；另一类是高锡的，含锡达20%。可用轧制

的办法把铝合金与低碳钢结合起来制成双金属轴衬。为了加强铝合金与钢的结合强度，可先在钢的表面上轧上一薄层纯铝。

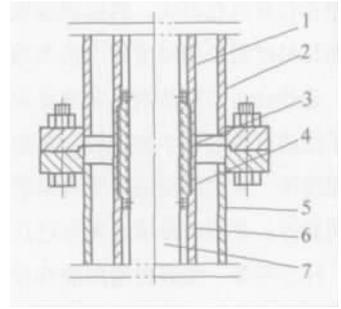


图2 铜基合金滑动轴承

- 1. 上护管 2. 上支撑管 3. 轴衬 4. 沟槽
- 5. 下支撑管 6. 下护管 7. 轴

### 2. 非金属材料

(1) 聚合物 聚合物也是一种耐磨材料。它的特性是：与许多化学物质不起反应，不易擦伤配合表面，高温下具有自润滑性能和低的弹性模量。因此聚合物适用于滑动接触的场所，聚合物无润滑地在金属表面上滑动摩擦时磨损率较低。

1) 聚四氟乙烯是一种有优良自润滑性能和较高热稳定性能（到260℃）的材料，它既可作复合材料的表层，又可作单一耐磨材料须经强化。聚四氟乙烯可用金属颗粒、纤维和无机物填充强化，也可把聚四氟乙烯纤维与玻璃纤维、棉纤维、合成纤维编制成织物，黏结在金属表面上。聚四氟乙烯与钢的相容性很好，可有一薄层聚四氟乙烯膜迁移到钢表面上，在聚四氟乙烯中加入铜或青铜，能增强这一作用。

2) 橡胶是一种弹性体聚合物，具有良好的弹性和吸振性，可在含有微量泥沙的水中工作，但是导热性差，加工困难，工作适宜温度在65℃以下，需要有不断的循环水润滑冷却。轴承内壁有一定大小的导水沟槽，通过润滑水排走泥沙杂物。橡胶的制作需要有芯轴压模成形，表面不光滑，与轴套之间相互转动时黏附力强，所以，橡胶轴衬的内壁与轴套是线接触，既可以起到支撑作用，又有利于润滑水顺利通过以带走热量。导水沟槽一般为4~8条。

由于这些特点，橡胶轴承适用的介质是常温下无腐蚀性的清洁水及带有微量泥沙的水。对于清水，可以利用自冲洗润滑形式，让介质直接流经轴承，即可以起到润滑冷却的作用，若介质带有微量泥沙或有一定的腐蚀

性, 则需在泵轴外加护管, 设置外冲洗管路。

(2) 碳石墨 碳石墨是一种良好的自润滑材料, 作为轴衬摩擦因数小, 抗黏着性好, 磨损速度很低, 不氧化。然而石墨存在着气孔率大, 机械强度低的缺点。因此石墨作软面材料时需要用浸渍等办法来堵塞空隙, 提高力学性能。选择合适的浸渍剂是非常重要的, 浸渍剂的性质决定了浸渍石墨的化学稳定性、热稳定性、机械强度、使用温度等。常用的浸渍树脂有酚醛树脂、环氧树脂、呋喃树脂等; 常用的浸渍金属有巴氏合金、铜合金、铝合金、铍合金等。酚醛树脂耐酸性较好, 环氧树脂耐碱性好, 而呋喃树脂耐酸性和耐碱性均较好。浸渍金属石墨主要用于高温介质; 浸铍碳石墨抗弯与抗压强度高, 分别达 30.2MPa 和 90.5MPa, 使用温度可达 500℃; 浸铜或铜合金的碳石墨使用温度为 300℃; 浸巴氏合金的碳石墨使用温度为 120~180℃。

碳石墨的自润滑性和减摩性取决于吸附的水蒸气量。吸附在石墨表面的水蒸气量受比值  $p/p_0$  的影响。 $p$  是石墨表面处水蒸气的局部压力,  $p_0$  是表面温度下的饱和蒸汽压。在使用时最好涂碳氢化合物润滑剂, 因为碳石墨与碳氢化合物润滑剂有亲和力, 而且碳氢化合物蒸汽将使  $p/p_0$  临界值下降 3 数量级, 大大提高碳石墨的自润滑性。碳石墨轴承的内壁与轴是光滑的面接触。

碳石墨易加工, 且越磨损越光滑, 所以是轴承的优选材料。但是碳石墨的力学性能低, 抗冲击和承受载荷能力差, 适用于轻载和低接触应力场合, 不宜用于高速、高温及缺乏水蒸气的地方。

#### 四、轴套与轴衬之间的间隙

在泵运转中轴套与轴衬之间的间隙非常重要。间隙过小, 由于加工和装配的不对中或热膨胀系数不同, 会加剧磨损, 甚至出现包轴现象。间隙过大, 轴系刚度破坏, 临界转速低, 泵运行易产生振动, 严重时会影响泵的使用寿命。

轴套与轴衬之间的间隙与很多因素有关, 如材料的热膨胀系数、泵的工作温度、介质的性质、转速的大小、轴衬处载荷的大小以及泵的结构等等, 应该具体问题具体分析, 不能一概而论。

如上所述, 金属的导热性与加工性都比较好, 热膨胀系数与钢差不多, 所以对于采用铜合金作轴衬时, 一般按 H9/f9 的配合来选择直径间隙。而非金属的导热性比较差, 所以对于橡胶、石墨或聚四氟乙烯作轴衬来

说, 间隙就应放得大一些, 一般直径间隙为 0.2~0.4mm。

#### 五、润滑冷却或保温的措施

泵的转子由于材质不均匀、加工误差, 结构不对称等原因, 泵转子的重心不可能完全位于几何轴线上, 轴承是支撑离心泵转子的部件, 承受径向力和轴向载荷。泵在运转过程中, 轴衬与轴套磨损会产生大量的热量, 干磨也会加速磨损的程度, 为此需要及时润滑及冷却, 同时在某些特定的场合, 比如输送高温液体, 像液态硫磺或高温熔盐时, 须采用自润滑形式, 但介质在温度低的时候会结晶, 在轴衬与轴套之间会有结晶颗粒产生, 会出现包轴现象, 严重影响泵的正常运转, 所以需要在轴衬处设计保温措施, 如图 3 所示, 在轴衬体外加一个保温套, 内通保温蒸汽。

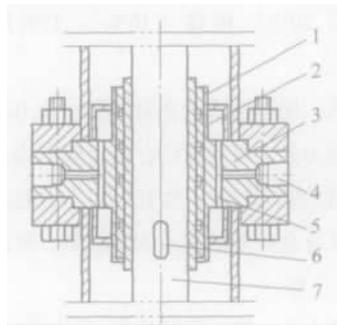


图 3 保温结构

1. 轴套 2. 轴衬 3. 滑动轴承体  
4. 冷却或保温孔 5. 螺旋槽 6. 键 7. 轴

润滑冲洗的方式有两种:

(1) 自冲洗 即用被输送的清洁不含颗粒的介质作冲洗液, 结构上分为两种, 其一是液体从侧管流出, 冲洗管路由泵体出口引出; 其二是轴衬与轴套直接浸于介质中被冲洗, 如图 4 所示。

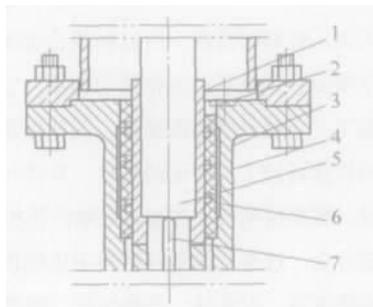


图 4 自冲洗结构

1. 轴套 2. 压紧块 3. 轴衬 4. 滑动轴承体  
5. 轴 6. 螺旋槽 7. 键

# 离心泵机械密封的选择和使用

中国石油庆阳石化公司 (甘肃 745115) 柳建军

**【摘要】** 机械密封是离心泵长周期运行的核心,也是离心泵的主要易损件之一,从机械密封材质,结构形式,使用维护等方面介绍了其使用过程中遵循的基本原则。

**【关键词】** 离心泵 机械密封 选择 使用

机械密封是一种依靠弹性元件和介质压力压紧动、静环端面从而达到密封的部件,通过阻止泄漏,减少摩擦,有提高机器效率,降低能耗,环境保护,提高机器的可靠性等优点。尽管目前国内仍有不少从国外引进的磁力泵、屏蔽泵等无泄漏泵在一些企业得到应用,但由于其技术不够成熟,可靠性差,故障率高,价格昂贵,维修困难等原因,并没有完全得到普及,目前我国大多炼化企业离心泵轴封都采用机械密封。据调查,机械密封泄漏引起的非正常停车,影响生产事故占设备故障率的50%以上,所以如何选用符合条件的机械密封是离心泵长周期运行的关键。

尽管机械密封的工作原理相似甚至相同的,但由于离心泵输送介质的条件如黏度、温度、压力及

压力平稳程度、腐蚀性、挥发性、有无固体颗粒等均有很大差异,所以机械密封在组件材质选择,结构形式的设计,制造工艺的选择等诸多方面均有不同的要求。

## 一、机械密封的基本结构及工作原理

### 1. 机械密封的结构(见图)

(1) 主要动密封元件 动环和静环。动环与泵轴一起旋转,静环固定在压盖内,用防转销来防止它转动。靠动环与静环的端面贴合来进行动密封。

(2) 辅助密封元件 它包括各静密封点所用的密封圈。

(3) 压紧元件 弹簧(或波纹管)。

(4) 传动元件 传动座及固定销钉。

(2) 外冲洗 用于介质是含有颗粒或有腐蚀性的污水,通常用自来水或清洁油品来冲洗润滑,根据泵的结构形式,外冲洗液的引进方式有两种:其一是泵轴不带护管,结构如图1所示;其二是泵轴带护管,冲洗水在护管中间对滑动轴承进行冲洗,如图2所示。

通常冲洗液流量为 $0.3 \sim 0.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ,压力为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ 。为了让冲洗液顺畅流过轴衬,在轴衬的内壁均开有沟槽或螺旋槽。在某些特殊的环境下,如果现场没有清洁的水源,可以采用润滑的形式,主要有甘油润滑和稀油润滑。若采用甘油润滑须定期向轴承中注油,甘油无法回收,如果输送介质特殊还可以采用稀油润滑的形式。油润滑不但解决了轴衬磨损问题,减少轴承摩擦损失,而且提高了泵的使用寿命,同时还节约了大量的水源。但是设计

制造难度增大,成本提高了,装配质量也要求更高。

## 六、结束语

对于长轴液下泵,应该根据具体工况、插入深度,使用要求及轴衬受载等不同情况,对泵滑动轴承的设计和选材也不同,只有分别对待,才能降低成本,提高使用寿命,达到最佳的设计和使用效果。

## 参考文献

- [1] 关醒凡. 现代泵技术手册 [M]. 北京: 宇航出版社, 1995.
- [2] 沈阳水泵研究所. 叶片泵设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1983.
- [3] 李智诚, 等. 世界常用钢号手册 [M]. 北京: 中国物资出版社, 1993. **GM** (收稿日期: 2007/02/05)