

现代轮机工程系列讲座(十六)

# 轴承的润滑分析

孙培廷, 魏海军

【中图分类号】U664

【文献标识码】A

【文章编号】1006-7728(2004)06-0052-02

## 1 滑动轴承的润滑

### 1.1 滑动轴承润滑剂的选择剂的选择

实际使用中的滑动轴承大多数在流体动压润滑状态下工作。一般情况下使用普通的矿物润滑油和润滑脂作为

润滑剂;在特殊情况下,比如高温系统,可用合成油、水和其他液体。需要考虑轴承合金对润滑油中添加剂的适用性时,参见表 1。

表 1 轴承合金的抗腐蚀能力

轴承合金材料名称	最高运转温度/	添加剂或污染物				
		极压添加剂	抗氧化剂	弱有机酸	强无机酸	合成油
铅基巴氏合金	130	良	良	中等~差	可	良
锡基巴氏合金	130	良	良	优	优	良
铜铅(无表面层)	170	良	良	差	可	良
铅青铜(无表面层)	180	良	良	差	中等	良
高锡铝合金	170	良	良	良	可	良
银	180	含硫添加剂不可用	良	良	中等	良
磷青铜	220	良	良	可	可	良
铜铅或铅青铜(有适当的表面层)	170	良	良	良	中等	良

注:轴承合金的腐蚀问题是个复杂的问题,本表指出的是一般规律,对于使用极压添加剂的油要特别注意它们对轴承合金的适用性,最好通过实验后再使用。

### 1.2 选择滑动轴承润滑油时应考虑的主要因素

在选择滑动轴承润滑油时,要综合考虑负荷、速度、间隙、温度和轴承结构等因素的影响。

(1) 负荷。按一般规律,重负荷采用黏度较高的润滑油,轻负荷则采用黏度较低的润滑油。表 2 列出了滑动轴承负荷等级。

表 2 滑动轴承负荷等级	
负荷分类	单位面积压力/MPa
轻负荷	0.3~0.7
中负荷	1~3
重负荷	3~7.5
极重负荷	7.5~30

(2) 速度。主轴线速度是选择润滑油黏度时要考虑的主要因素。根据油楔形成理论,高速时,主轴与轴承间的润滑处于液体润滑的范围。为降低内摩擦,必须采用黏度较低的润滑油;低速时,则处于边界润滑状态,此时必须采用高黏度的润滑油。

(3) 轴承间隙。轴承间隙是指主轴与其相匹配的轴承之间的间隙,它取决于工作温度、负荷、最小油膜厚度、相对于轴承主轴的偏心度、轴和轴承表面粗糙度、摩擦损失,以及被加工工件表面粗糙度的要求等。一般而言,间隙大的轴承要求用高黏度润滑油,间隙小的则采用低黏度润滑油。

(4) 轴承温度。对于滑动轴承,黏度是润滑剂的最重要性质。若黏度过低,轴承的承载能力不足;若黏度过高,则会出现功率损耗和运转温度过高的情况。要降低轴承温度,必须控制润滑剂的供给量,使流经轴承后的润滑剂的温升限制在 20 以下。

(5) 轴承结构。实现动压润滑的轴承结构有单油楔、双油楔及多油楔等多种形式。这时主轴必须以较高的速度回转,主轴与轴承间隙要小,润滑油必须具有一定的黏度。为了保证轴承温升较低,多油楔轴承的黏度选择主要依赖于轴承间隙。

[收稿日期] 2004-08-17

[作者简介] 孙培廷(1959-),男,河北清河县人,博士,教授,从事轮机工程管理的教学与研究工作。

应当指出,在低速重载、有冲击或供油不充分,以及启动、停止和变速时,轴承往往处于边界润滑状态,此时,润滑油的油性 and 极压性起较大作用。

### 1.3 滑动轴承润滑方式的选择和供油量的控制

#### 1.3.1 滑动轴承润滑方式的选择

根据轴承平均负荷系数  $K$  选择轴承的润滑方式,其公式为

$$K = \sqrt{P_{cp} V^2}$$

式中:  $P_{cp}$ ——轴颈上平均单位压力, MPa;

$V$ ——轴颈的圆周速度, m/s。

润滑方式的确定:  $K < 6$ , 用润滑脂润滑, 可选用黄油杯;  $6 < K < 50$ , 选用润滑油润滑, 可选用针阀油阀;  $50 < K < 100$ , 用润滑油润滑, 可用油杯、飞溅润滑, 需用水或循环油冷却;  $K > 100$ , 用润滑油润滑, 必须用压力循环润滑。

#### 1.3.2 滑动轴承供油量的控制

润滑油的供给量对滑动轴承的发热和润滑状态均有很大影响, 应根据不同的轴承供给合适的润滑油量。

### 1.4 建立流体动压润滑的条件

- (1) 摩擦表面应具有较高的加工精度和表面粗糙度等级;
- (2) 摩擦表面间具有一定的合适的配合间隙;
- (3) 保证连续而又充分地供给一定温度下黏度合适的润滑油;
- (4) 相对运动的零件必须具有足够高的相对滑动速度。

### 1.5 流体静压润滑

利用外部压力将具有一定压力的润滑剂流体不断地打入摩擦表面间使之隔开, 这种润滑称为流体静压润滑。例如低速二冲程柴油机十字头销轴承采用静压润滑, Sulzer RTA 38/48 型柴油机十字头轴承润滑油压力为 1.2 ~ 1.6 MPa。

静压润滑借助于外部压力油把主轴支撑起来, 在任何转速下, 包括启动和停车、轴颈和轴承之间均有一层油膜存在, 即处于流体润滑状态。所以, 在轴承和轴颈之间不可能发生接触。静压润滑的承载能力与润滑油的黏度无关, 但因静压轴承与轴颈间的摩擦属于流体摩擦形式, 其摩擦副与润滑油的黏度、主轴转速成正比。所以, 润滑油的黏度对静压润滑的摩擦损失和温升等指标的影响均较大。

因此, 静压润滑所用的润滑油的润滑性能并不重要,

但应满足以下要求: 不易挥发, 润滑油在长期使用中保持稳定的黏度; 抗氧化性能好, 使用期间不产生氧化结胶, 以至堵塞通道的情况; 没有腐蚀性, 不造成元件的化学损伤。

## 2 滚动轴承的润滑

使用中的滚动轴承既存在滚动摩擦, 也有滑动摩擦。由于滚动轴承在表面曲线偏差和负荷作用下轴承变形, 因而在滚动体与轴承内外圈之间, 在滚动体与保持架, 以及保持架与内外圈之间均会存在滑动摩擦。

滑动摩擦随转动速度及承受的负荷的增加而变大。为减少摩擦和磨损, 降低噪声和温升, 防止轴承及部件生锈, 提高轴承使用寿命, 应正确选用润滑剂, 采用合理的润滑方式, 适当地控制润滑剂的供给量。

滚动轴承的润滑机理是属于弹性流体动压润滑理论。滚动轴承选用润滑剂的最佳黏度能延长它们的寿命。而最佳黏度是负荷分布、运动类型、几何尺寸、环境条件等方面参数的函数。所以, 在许多应用中, 黏度的选择是通过实验来确定的。这就避免在没有理解轴承润滑剂黏度作为其参数的函数关系时, 而产生黏度选择的错误。

滚动轴承润滑的目的主要在于: 使滚动元件之间保持良好的润滑状态, 以防止滚动元件、内外圈及保持架之间的相互损伤和磨损。

### 2.1 滚动轴承用润滑剂的选择依据

#### 2.1.1 滚动轴承使用润滑油润滑的优点

- (1) 在一定操作规范下, 比用润滑脂润滑时的起动力矩和摩擦损失明显地小;
- (2) 在循环中, 润滑油可带走机件的热量, 有冷却作用, 所以, 轴承可达到比较高的转速;
- (3) 齿轮箱的轴承用润滑油润滑时, 利用齿轮转动形式的飞溅式润滑, 达到同时润滑齿轮与轴承的目的;
- (4) 更换润滑油无需拆卸有关零部件;
- (5) 由于轴承的转动和润滑油的流动性, 使润滑点处的润滑剂不断更新, 从而保证轴承正常润滑与运行。

#### 2.2.1 滚动轴承使用润滑脂润滑的优点

- (1) 在经常用手工加润滑油的某些轴承润滑点, 换用润滑脂后, 由于脂不可流失, 既可节省润滑剂, 又可避免因缺少润滑油而造成事故;
- (2) 润滑脂有密封作用, 所以可采用密封程度不高的机构以使设计简化;
- (3) 实践证明, 在一定转速范围内, 用锂基润滑脂比用滴油润滑产生的温度低, 轴承的寿命更长。

