

挤压油膜阻尼器结构参数 对气穴现象影响的实验研究*

西安交通大学 刘 雍** 朱 均 西北工业大学 薛中擎

【摘要】 在实验的基础上,研究了挤压油膜阻尼器的结构参数诸如偏心率、油膜的径向间隙比和承载长度等对气穴现象的影响。上述结构参数保持不变时,借助高速摄影机观察了不同转速工况的气穴现象,归纳出两种不同成份组成的气穴。同时,还测试和分析了气穴现象对挤压油膜压力分布的影响。以上结果对建立新挤压油膜阻尼器理论模型具有重要参考和利用价值。

主题词: 挤压油膜 阻尼器 气穴 压力分布

分类号: O352.1

SFD 现行理论分析前提 Reynolds 方程的简化条件是润滑油具有不变的物理特性^[1],采用 π 油膜边界条件则对气穴现象的处理过于简单,采用 2π 油膜边界条件则忽视了气穴现象的存在。因此,对 SFD 现行的理论模型的任何改变,将受这些简化条件的限制。为了准确地分析 SFD 的力学特性和建立适合的理论模型,必须先深入地研究气穴现象的产生、消失及其性质。本文研究了 SFD 的结构参数对气穴现象的影响,借助高速摄影机对气穴的产生、发展和消失过程进行了观察,确定了不同成份的气穴具有不同的性质,同时利用微压力传感器分析了气穴现象对油膜压力分布的影响。

1 实验设备、结果分析

SFD 的剖面结构如图 1 所示。主轴 1 的一端用橡皮带与电机相连。另一端的偏心锥轴与偏心锥套配合,其相对位置可机械调节,根据需要改变偏心率。里面的锥套 2 受止动销 3 的约束,不能转动,只能涡动。外面的锥套 4(油膜轴颈)可以更换,备有 12 个,根据需要获得油膜的径向间隙比和承载长度 L 的改变。

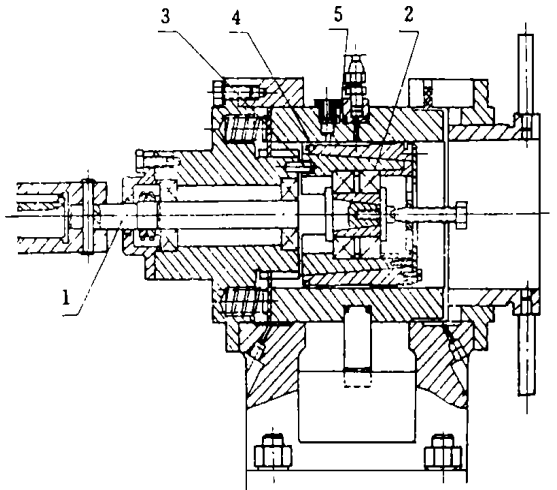


图 1 SFD 剖面结构示意图

装上有机玻璃外套 5(油膜轴承)后,可进行观察和高速摄影实验。换上相同尺寸钢套,通

过微压力传感器进行压力分布测试实验,其压力分布测试仪器配置见图 2。SFD 采用双承载道区结构,端部无密封,利用重力供油,油温用加热器控制在 30°C 左右。润滑油采用国产 30 号机油。实验在稳态运动状态下进行的,转速分为 1440、4200 r/min 和 5300 r/min 三档。

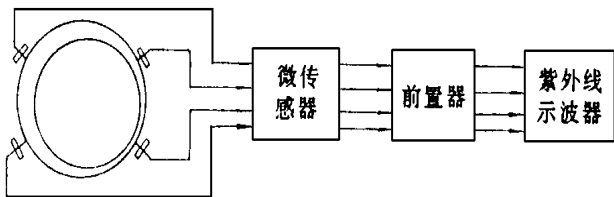


图 2 压力分布测试仪器

1.1 SFD 的气穴现象

在实验过程中,为了研究偏心率、油膜的径向间隙比和承载长度等参数对气穴现象的影响规律,令其它参数不变,仅一个参数变化。SFD 在稳态运动过程中,润滑油的重力及浮力等因素影响很小,气穴区域中的气泡应均匀地分布在油膜四周。这一点在实验中证实。

偏心率的影响。当偏心率逐渐地调节增大时,轴颈中心绕轴承中心涡动的半径变大,油膜承受的动载荷相应地增大。这时,气泡在油膜中分布得就越稠密,油膜被挤压得较为充分。

油膜径向间隙比的影响。当油膜径向间隙比很小的情况下,油膜中几乎没有气泡。当该参数逐渐增大时,气泡逐渐出现并越来越多。

承载长度的影响。承载长度越大,分布在油膜中的气泡越均匀并在承载道上逗留的时间稍长。在同样的条件下,既使在高压区,有时也有孤立的气泡存在。

转速的影响。转速逐渐地增大,润滑油的 Reynolds 数相应变大,其承载能力增强,油膜被挤压很充分。从宏观上来看,气泡在油膜中分布的密度较大。

为了进一步研究气穴运动的微观状态,借助高速摄影机来实现。由于转速为 1440 r/min 时的气穴现象不明显,这里主要研究转速为 4200 r/min 和 5300 r/min 这两种工况。在前一工况的情况下,气泡的形状是圆球形,生长过程稳定且持续时间稍长,而消失过程不稳定且持续时间很短。称这类气穴为类型 I。在后一工况的情况下,气泡的形状是叶片状且尺寸相对于前者很大,生长过程稳定,消失过程不稳定。称这类气穴为类型 II。

从稳定性角度来说,虽然类型 I 和类型 II 气穴的生长和消失过程相同,但是各类气穴的组成成份有所不同。前者由于润滑油的 Reynolds 数较小,在两端油封槽处,润滑油封住了外界空气与油膜的联系,所以类型 I 气穴的气体成份主要来自油内部所含空气和少量油蒸汽的混合气体,这种气穴的活性较大。后者由于润滑油的 Reynolds 数较大,在油封槽处不能连续地周向封住,出现了空气通道,所以类型 II 气穴的气体成份主要来自外界空气,这种气穴的惰性较大,即使在高压区域也有个别孤立的气泡存在。根据在实验过程中搜集的有关数据,可估算出类型 I 和类型 II 气穴区产生的气泡在油膜中的分布。如图 3 中(a)和(b)所示。

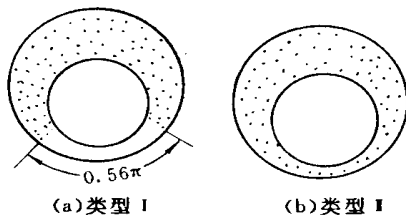


图 3 气穴的分布

SFD 中气穴现象不同于滑动轴承中的情况,滑动轴承中一般出现的是稳定的规则指状气穴^[2]。而 SFD 的气穴区则不断地生出气泡,有时甚至在高压区不溶于油内,出现了气液二相多泡流。因此, SFD 的力学机理要比滑动轴承复杂。

1.2 SFD 的压力分布测试

SFD 的压力分布是在同一时刻承载道中间位置周向所有点的压力值。当 SFD 稳态运动时,其中任一点的压力值 P 在一个周期内的变化就反映了 SFD 的压力分布。为了比较如下 4 个工况的实验和理论

压力分布, 还须计算现行理论模型的 SFD 压力分布, 这里以 π 油膜边界条件为例。如图 4 所示。(a) 图的工况为转速 4200 r/min, 偏心率 0.4 时的实验和理论压力分布曲线。由于气穴区产生的气泡很少, 故在正压区, 两者曲线吻合的较好。(b) 图的工况为转速 4200 r/min, 偏心率 0.6

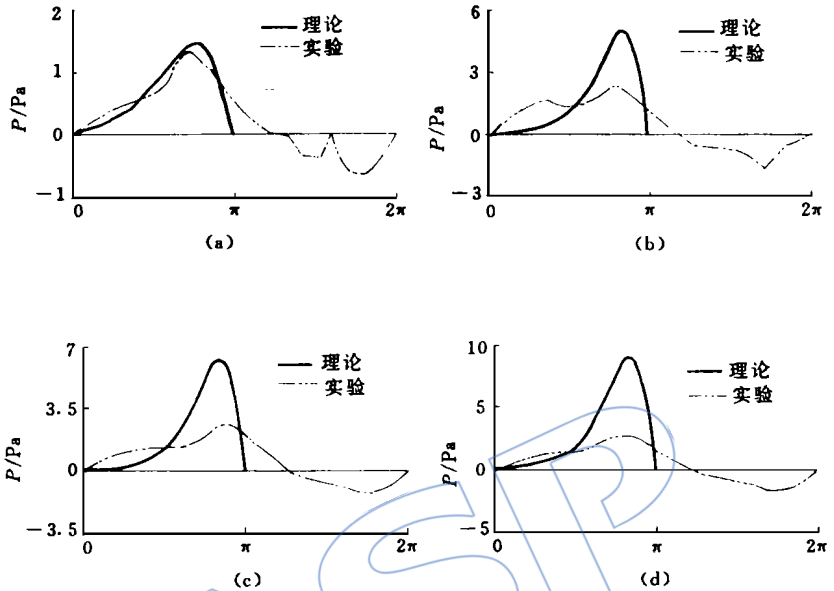


图 4 SFD 的压力分布

时的压力分布曲线。该工况对应前面类型 I 气穴现象, 这时的理论曲线峰值比相应的实验值大 55%。(c) 图的工况为转速 5300 r/min, 偏心率 0.6 时的压力分布曲线。该工况对应前面类型 II 气穴现象, 理论曲线峰值比相应的实验值大 58.8%。(d) 图工况是在 (b) 图工况的基础上, 当承载长度增加以后的压力分布曲线。理论曲线峰值比相应的实验值大 68.8%, 说明了承载长度越长, 气泡在承载道上逗留时间稍长, 密度也较大。这与前面的实验结果是一致的。

SFD 的压力分布测试实验表明, 气穴对 SFD 力学特性的影响很明显, 气穴区域产生的气泡改变了润滑油不可压缩的性质。现行的理论模型已经不能很好地描述 SFD 的动力特性。

2 结 论

(1) SFD 的偏心率、油膜的径向间隙和承载长度等参数对气穴的影响很明显。(2) SFD 在不同的工况下可产生两类气体成份不同的气穴。(3) SFD 在运行过程中, 气穴区产生的气泡形成了气液二相多泡流, 是可压缩的。(4) 气液二相多泡流模型应在类型 I 和类型 II 气穴模型的基础进行综合及拆衷。(5) 现行的理论模型已经不能准确地描述实际的 SFD 的动力特性。

参 考 文 献

- 1 顾家柳等编. 转子动力学. 北京: 国防工业出版社, 1985
- 2 Flobery L. Cavitation in Lubricating Oil Film, From Cavitation in Real Liquids. Edited By R. Davies. 122- 137