# 舰船主推力轴承设计特点

#### 郑永才

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔提要〕 本文从螺旋桨推进特性出发,就如何选取可倾瓦推力轴承的设计点,螺旋桨和推力 轴承的适配工作进行了说明和论述。并介绍了国外有关主推力轴承刚度的设计计算和试验情况。

主题词 推力轴承 设计

### 一、前 言

主推力轴承是舰船轴系的重要组成部分,其运行的安全可靠直接影响舰船的生命力和战斗力。因此在设计时要合理选取设计点,正确进行润滑计算、刚性和阻尼特性计算,选择合理的结构形式和润滑形式。此外还要保证制造精度、安装精度以及维护和监测。本文论述有关推力轴承的形式及特点,设计点的选择,刚性和阻尼特性等几方面的问题。

## 二、主推力轴承的形式和特点

主推力轴承将螺旋浆产生的轴向水推力传结船体,以推动舰船航行。在设计时要求具有高度的安全性和可靠性。按其工作表面的摩擦性质,主推力轴承分为滚动式和滑动式两类。

滚动式推力轴承的优点是摩擦损失小,重量轻、体积小等,但其安装困难。为了安装滚动 轴承,轴的一端必须是可拆联轴节,因此比整锻法兰重量大、造价高。对于低转速、大推力 负荷的滚动轴承,由于尺寸大,在制造工艺上很难保证精度,而对于 剖 分 式 的滚动轴承结构,在制造上难度更大。

滑动式主推力轴承,具有承载能力大、结构简单、制造安装和维护方便、工作可靠等优点,其润滑是流体动力润滑,摩擦面间形成油膜又具有吸振性等。对于小型舰船一般采用滚动式推力轴承,而对于大、中型舰船目前均采用滑动式推力轴承。

# 三、主推力轴承设计点的选择

主推力轴承承受螺旋桨产生的推力或拉力,使舰船前进或后退。螺旋桨转速变化时,舰船航速随之改变,因而主推力轴承是在不同的工况下工作的。其设计不但存在设计点选择问题,同时也存在着推力轴承的工作特性与螺旋桨特性匹配的问题。因此必须了解螺旋桨的推力特性和主推力轴承的特性。

根据舰船螺旋桨理论,不考虑伴流、推力减额和伴流不均匀的影响,螺旋桨的水动力特

收稿日期: 1988-11-01. 修改稿: 1989-02-15

性为:

$$P_1 = K_1 \rho n^2 D^4$$

式中  $P_1$  — 推力;

 $K_1$ ——推力系数;

 $\rho$ ——水的密度;

n---螺旋桨转速;

D---螺旋桨直径。

对于几何形状已定的螺旋桨,其推力 $P_1$ 与转速n为二次方关系。

滑动式推力轴承的承载能力与推力块的几何尺寸、油的粘度、推力盘的转 速 等 因 素有 关、其承载能力可用下式表达:

$$P_2 = ZK_2\mu \cdot \nu \cdot B\left(\frac{L}{h_0}\right)^2$$

式中 P。——推力轴承的承载能力;

Z---推力块个数;

 $K_2$ ——载荷系数;

μ---滑油平均粘度;

ν---推力块平均直径的运动速度;

L---推力块平均直径处的长度;

B——推力块的宽度;

h。---最小油膜厚度。

当轴承的几何尺寸一定时,其承载能力 $P_2$ 与速度v为一次方关系。将螺旋桨推 进特性和 滑动式推力轴承负荷特性放在一个座标里,如图1所示。螺旋桨最低转速 $n_{min}$ ,最高 转 速 为

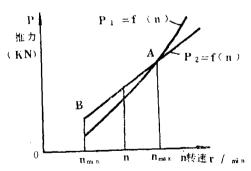


图 1 推力轴承和螺旋桨共同工作特性

 $n_{\text{max}}$ ,推力轴承特性 $P_2 = f(n)$ 与螺旋桨推进特性 $P_1 = f(n)$ 相交于A点。当转速超过  $n_{\text{max}}$ 时,螺旋桨的推力 $P_1$ 大于推力轴承设计负荷,此时轴承工作状态恶化,出现半液体摩擦或半干摩擦,推力块的温度升高,加速轴承 合 金 的 磨损,甚至出现烧瓦,使轴承失去工作能力。当转速低于 $n_{\text{max}}$ 时,推力轴承负荷能力大 于螺旋桨的水推力,推力轴承处于安全运行状态。由于螺旋桨转速随舰船航行工况而变化,所以在设计

时,设计工况应取在螺旋桨的最大转速,此时螺旋桨的水推力最大。这样,在其它工况运行时, 推力轴承负荷能力均能满足要求,而无需逐一进行其它工况的计算。但以上情况,仅适用于水 面舰船。

对于潜艇,在水下航行时,由于静水压力作用,会产生一个附加推力。其螺旋桨与推力轴承共同工作特性如图2所示。推力轴承的推力特性 $P_2 = f(n)$ 与螺旋桨推进特性 $P_1 = f(n)$ 相交于A、 $C两点,<math>P_3$ 为静水压力。当螺旋桨的转速在A、 $C两点间工作时,主 推 力 轴承完全满足使用要求。当螺旋桨的转速低于<math>n_0$ 时,主推力轴承的负荷能力低于螺旋桨的水推力,使轴承处于不安全工作状态。为保证工作安全可靠,只靠增加轴承的几何尺寸是不合适的,因

受到舱室空间和设备重量等的限制。为此需在推力块的中部开油室,并引入高压油,以增加推力轴承的负荷能力。此时推力轴承是静压式和动压式联合作用的轴承。当转速高于n。时,

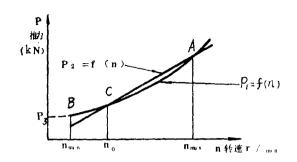


图 2 潜艇水下航行时,推动轴承和螺旋桨共同工作曲线可关闭高压油路。使轴承处于动压轴承的工作状态。

## 四、主推力轴承的刚性和阻尼特性对舰船轴系振动影响

舰船在航行时,轴系一般都存在着扭转、横向及轴向(纵向)振动,其中轴向振动直接与主推力轴承及其支座的刚度和阻尼特性有关。轴系振动在某个转速还会产生对主机颇为有害的共振,有时会引起船体共振。其激振力来源于螺旋桨或主机。特别是当舰船在大风浪中航行时,螺旋桨时而离开水面,时而浸在水中,使轴系的扭矩和推力发生突然变化,而可能引起轴系的共振。

现代造船业对舰船轴系的轴向振动非常重视,在设计阶段需要对轴系进行振动计算,以 保证在正常转数范围内不产生共振,为此需要对主推力轴承及其支座进行刚度和阻尼特性计 算。

对于推力轴承刚性和阻尼的计算技术资料国外文献很少发表,而国内也无这方面的资料。当推力轴承是单独布置时其轴承壳体变形计算相对比较简单,如果是与主减速齿轮箱成一体布置时,由于壳体结构复杂,计算是很困难的。但由于计算技术的发展,采用有限元法进行电子计算机程序计算,也是可以解决的。

以下为美国Maritech公司的 L. Vassilopoulos 对船用单独布置的主推力轴承进行刚度计算的示例。推力轴承的轴颈为 $\phi$ 660.4mm,推力盘直径为 $\phi$ 1384.3mm。主推力轴承的刚度包括力传递过程中每个受力元件的刚度,如推力盘、油膜、推力块、壳体等,其轴承的总刚度、公业元件串联的刚度。

总的刚度K为:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}$$

式中  $K_1$ 、 $K_2$ 、… $K_n$ 为各元件的刚度。

其计算结果如下:

元件名称 推力盘 柔度 (10<sup>-6</sup>毫米/牛顿) \* 0,007829

<sup>\*</sup> 刚度的倒数即为柔度

 	 • -	 	
油膜			0.030509
推力块			0.00054
推力块支撑			0.060013
:			:
壳体			0.025524
壳体前平板			0.029681
总和			0.291786

此外,英国造船研究协会华尔逊研究站对船用推力轴承的静刚度及轴、壳体各点的挠度进行了试验及测定。推力轴承的轴颈为 628.65mm,推力 盘直径为1 422.4mm,传递功率为16 200kW,转速为 108r/min。试验时轴向推力达 183t,试验结果在其工作范围内,平均刚度为656.89t/mm。

### 五、结 束 语

主推力轴承的计算,水面舰船和潜艇有所不同,后者应提供低工况 螺 旋 桨 的转速和推力,以便进行润滑计算。目前主推力轴承的刚性和阻尼特性方面的理论计算还不完善,有待进一步探讨及进行试验研究。

#### 参考文献

- [1] 朱树文主编。船舶动力装置原理与设计。北京: 国防工业出版社, 1980
- [2] 机械工程手册编辑委员会。机械工程手册: 第四卷,北京: 机械工业出版社, 1982
- [3] 希姆斯。22000轴马力船用推力轴承的挠曲试验。舰船翻译稿(总653号), 1965。11
- (4) Vassiopouls L. Methods for computing stiffness and damping properties of main propulsion thrust bearings int. shipb progress 1982.29 n 329:13-31.

(渠源沥 编辑)

# 新产品、新技术信息

Ne R89—10 JS—2 型累积计时器 于 1989年 4 月10日安装调试出首台样机。 4 月 22日在重庆召开的中船总公司机动工作会议上作了现场表演,得到各 界一 致 赞 扬。会上,重庆五州电冰箱厂等单位要求小批量生产,相继多家厂家份份订货。JS—2 型累 积计时器采用 CMOS 集成电路,电 子、电 磁 六位数字显示。显示直观、性能稳定、抗干

扰能力强、工作可靠,使用寿命长、体积小(外形尺寸: 70×47×106mm)、可直接安装在设备配电板上,具有在失电时能保留原有计时的特点,是同类产品的姣姣者,可用来确定设备大修周期、设备保养周期,考核设备使用寿命、劳动生产率、鉴测电力发配系统的用电情况及实验过程累积计时等。服务方式: 技术转让、产品销售。

(如需以上技术和产品请与编辑部联系)

ment on the velocity field, the total pressure loss variation, the separation effect of different gas-water separators, and silencing effect of the intake, etc. The results can be used as reference materials for marinized gas turbines.

Key words: gas turbine, intake, rig test

10. The specific features of marine main thrust bearing design
......Zheng Yongcai (47)

Abstract

On the basis of the propeller propulsion features, the author descibes a method for selecting tilting pad thrust bearing design points, the matching of the propeller and the thrust bearing and the stiffness design, calculation and test of main thrust bearings in some foreign oountries.

Key words: thrust bearing, design

Abstract

This paper gives a description of a new type of pumped storage power plant and its SSS clutch. The plant is an optimum power unit characterized by high efficiency and sizable energy-saving capacility suitable for use in hydraulic power plants.

Key words: power generating unit, clutch