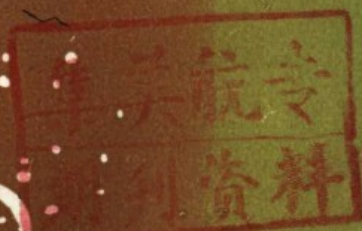


船舶尾轴油密封装置

译文集



中国船舶及海洋工程设计研究院

08906402

封面设计：马坚

U 664.21-53
Z 047

船舶尾轴油密封装置译文集

编辑出版：中国船舶及海洋工程设计研究院

通讯地址：上海市3208信箱

印刷者：丹阳人民印刷厂

序 言

船舶尾轴密封装置是船舶轴系的重要组成部分。多年来,国内外船舶尾轴密封装置的损坏和漏油事故始终未能彻底解决,对船舶的正常营运和经济效益都带来了巨大的影响。尤其是海洋防污染要求日益严格,消除尾轴漏油更成为突出的首要问题。同时,船舶的大型化和高速化对密封装置也提出了更为严峻的工作条件。因此,深入研究其密封机理,设计合理的结构,选用理想的材质和润滑系统,从而提供优良、可靠的设备,是船舶的设计部门当前亟需努力突破的重要课题。

结合密封装置的科学研究,本译文集选译了近年来美国及日本发表的技术性较强的论文十一篇,内容涉及密封机理的分析,漏油特性及橡胶材料的研究。主要偏重于尾型密封,但亦包括部分端面密封和尾管轴承的论述。他山之石,可以攻玉,希望对于从事该项工作的同志有所裨益。

为节约篇幅,译文中有所删除及节略,但仍保留全部内容。参考文献仍列出编号,但其目录从略。读者如有需要,可按原文检索。

由于专业性较强,专门名词的译名可能有所不当,尚祈读者指正。译文中如有误,亦请谅解。

仲豫明 1985年6月30日

目 录

尾部干密封技术.....	(1)
无漏泄尾管密封系统概述.....	(19)
尾轴管轴承和密封设计的一些考虑.....	(29)
唇型密封——应力和应变研究.....	(49)
承受轴向振动时尾管密封之 脉动压力特性的研究.....	(59)
轴承和密封的低摩擦合成橡胶的发展.....	(74)
尾管唇型密封装置材料的研究.....	(86)
尾管密封装置漏油特性(1).....	(101)
尾轴管密封装置漏油特性(2) ——密封环间腔空气空间的影响	(113)
尾轴管密封装置的研究 ——密封环的起泡	(120)
自动调压式尾轴管润滑油系统的用例介绍 ——开发与航绩.....	(127)

尾部干密封技术

第一部分 常规尾管密封装置（唇型密封和端口密封）的现状 及对新型密封系统的要求

（日） 三菱重工业有限公司

一、前 言

油润滑系统用于尾管轴承已有二十年。在此期间，尾管密封装置大多采用唇型密封，对此装置我们已试用了各种改进的方法以防止漏油，如：改变唇的形状，改进唇的材料等。然而，利用橡胶弹性密封旋转轴圆周边的唇型密封，来完美地密封漏油是非常困难的（各密封制造厂所提供的过量漏泄极限是10—12升/天）。因此，漏油所致海水污染这一基本的缺陷是不可避免的。在防止污染的规则越来越严格的情况下，现存的密封制造厂已报道了一种防止海水污染的新的密封方法，所谓“集油式密封系统”，润滑油压力总是低于吃水。因此，即使万一密封系统出现故障，也没有润滑油泄出的可能，而水漏进该系统则在机舱内收集。

同时，格拉西尔金属有限公司（Glacier Metal Co., Ltd.）开发并提供了一种无污染式尾管密封系统，其结构与通常的密封有很大的不同之处。然而，对于它的可靠性和耐久性，我们略感不安，深信按其使用结果作某些修改是不可避免的。

在这样的情况下，我们计划开发一种高度可靠的无污染式密封系统。

二、防止油污染的密封的制造方法

1. 唇型密封

每个密封制造厂都研究了很长时间，并已采取了各种措施，通过改进材料，减轻唇口上的负荷，在唇口加润滑油以消除唇口上的摩擦热等，来防止唇的磨损，延长密封寿命。

而且为对付漏油，已开发安装了组装式的备用密封，形成双重油密封式的密封。鹰公司（Eagle）：EVF、舵波（Dover）：4BL、新兴（Shinko）：双重防护式。

这种密封系统如下（见图1）。

在正常工作条件下，向*3和*3s的空间应提供与轴承油压相等的压力油，使*3s密封处于非工作状态。因此，*3密封用作油密封。但是，如果*3密封损坏而油开始漏出时，停止供给*3和*3s之间的空间，使*3s上提高负荷而投入使用。但是，这种唇型密封具有下列基本

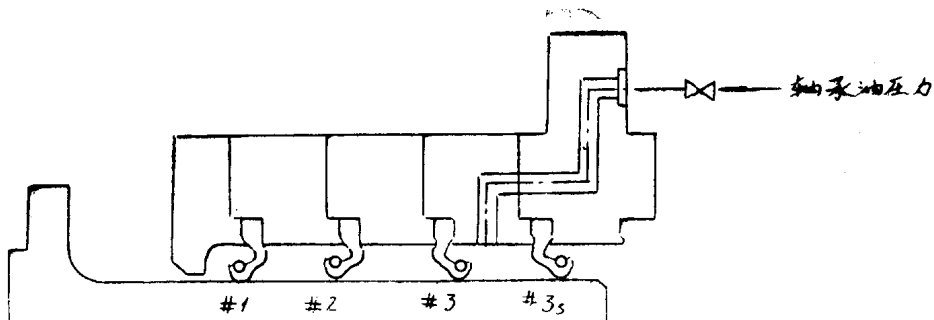


图1 双重防护式

问题。

1) 在密封的接触面上, 必须始终有油膜, 但这明显地意味着漏油, 即使非常少。
2) 水压和油压两者都作用在密封环的密封面上, 当压力升高时, 可能出现不正常的磨损。

3) 轴套磨损很大。

4) 密封环损坏时, 无安全机构。

因此, 仅集中于研究和开发密封装置本身只能延长密封寿命。为了采取正确的方法, 防止油污染唯一的方法只能是结合管路系统一起考虑。目前密封制造厂商正在进行的是把管系作为防止油污染的对策来研究。

(1) 日本舵波公司 (Japan Dover)

4 SC集油式

图2介绍了管系之一例。在水侧和油侧都具有一对密封环, 增加了密封装置的可靠性。但是, 如果密封环损坏时, 溢出的油和流进的水能在机舱内收集。

MK-V防漏油式

该系统是在广泛应用的MK-I式基础上发展起来的, 并在很大程度上改变了管系的构想。图3表明了该系统之一例。

过去, 轴承油压力总是高于载重水线压力 (LWL), 保持在0.15—0.3公斤/厘米²。从保护轴承安全思想出发, 宁可防止海水内流, 而不防止引起海水污染的油外流。但是, 以防止油污染的观点看, 过去的思想已有了180°的变化, 油压总是保持低于海水压力以消除任何情况下的油外流。也就是, 轴承油压与压载水线处于相同的压力水平。除此以外, *1—*2、*2—*3密封油柜中的油位尽量低, 保持在高出轴中心上大约300毫米位置。

而且在密封环之间设有空气空间, 缓冲了轴向振动所致的压力变化。同时, 通过保持*2密封环的前、后侧的压力差相同, 使*2密封环不受负荷, 作为*1密封的备用环。

因此, 如*1密封环损坏, 应切断流至*1至*2环之间的空间的油源, *2环将立即投入使用。同时, 进入空间的海水将在船内收集。

如果*3环损坏, 轴承油就易于流出, 但轴承油压总是略低于压载水压, 就没有油外流。而且, 因为该系统能够收集通过*3环至*2和*3之间密封油供油柜的外流油, 向船外漏油就可充分得到了限制。

当*1和*2环同时损坏时, 当然海水将易于混入轴承油。但该系统设得计能够通过一只能提供比海水压力高的压力油的应急柜来防止水流入。

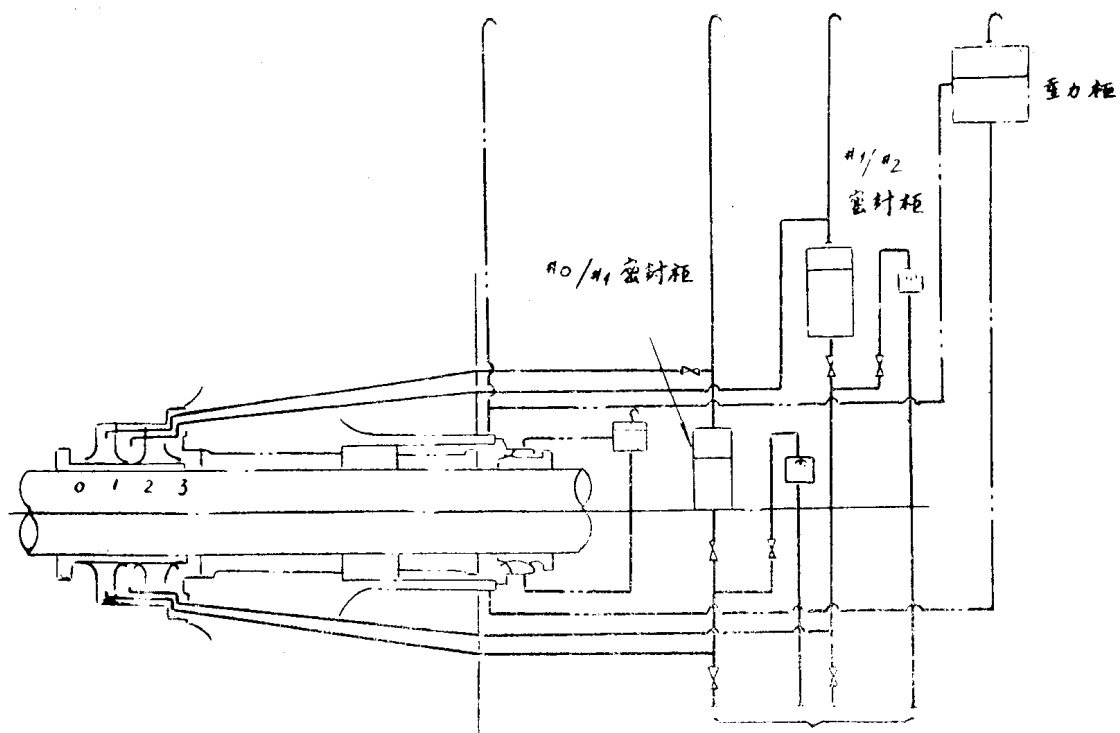


图2 4SC集油式管系

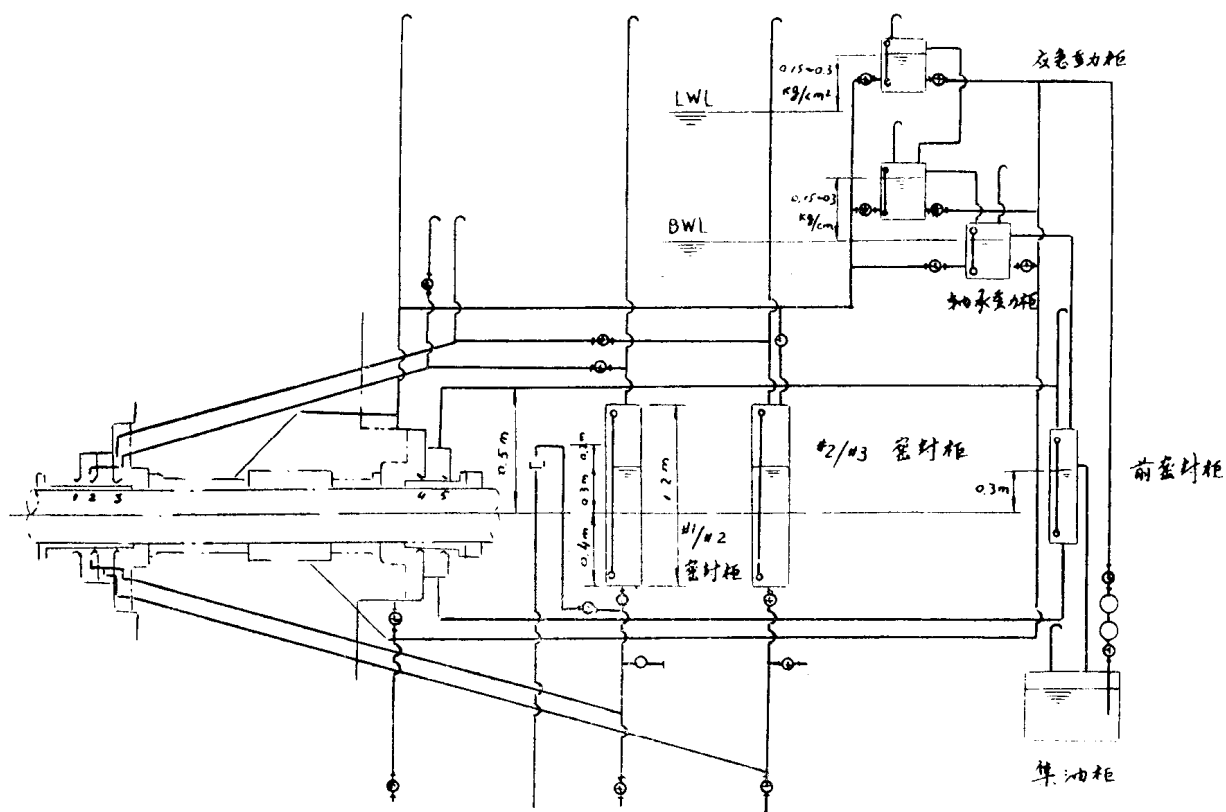


图3 MK-V防泄油式管系

(2) 神户制钢 (Kobe Steel)

HDW (带有备用密封的集油式)

图4表示了管系的实例。在后密封装置的水侧和油侧各有两个密封环,油侧两个密封(*3、*3s)中的一个密封(*3s)通常保持空载,并用作备用密封。在*2和*3环之间的空间,供应低压油以润滑密封表面。同时,如密封环损坏,在船内收集泄油以防止油外流。甚至,即使不幸*1和*2环同时损坏,海水也没有可能流入轴承润滑油,因为油压总是高于海水压力。但在这种情况下,通过上述提及的集油线路可收集流进船内柜中。

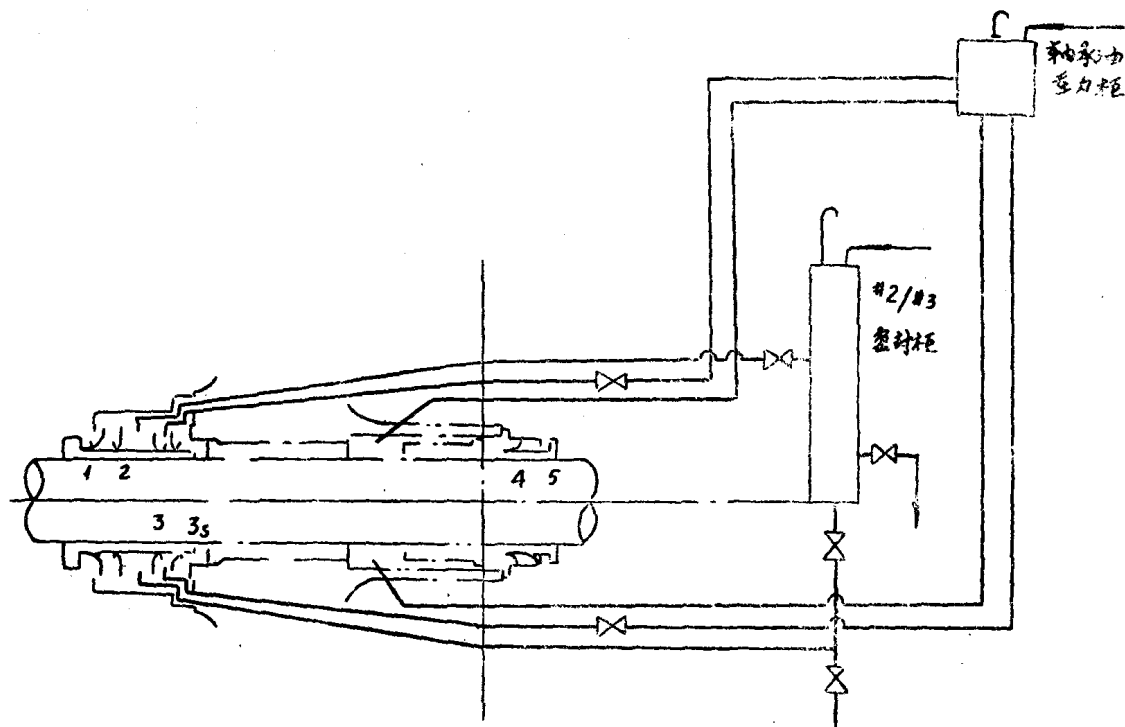


图4 集油式管系

防漏式

这种神户制钢产品建立在与日本舵波相同的构思上。轴承油压总是低于海水压力,而且不允许任何油漏出,他们称此为“防漏系统”。

图5表示了该系统的轮廓,由此我们看到三个密封环,其中两个在海水侧,一个在油侧。

图6说明了轴承中和密封环之间的空间的压力。如果*3环损坏,当然油易于流到船外,但可以在沉淀柜中收集流入*2和*3环之间的油。即使没有收到,油也不会外流,因为轴承油压低于海水压力。

当海水侧环不幸损坏时,水流入*2和*3环之间的空间,水就与现有的油混合起来,并由该空间中的循环器收集到沉淀柜中。收集到沉淀柜后,用通常的方法分离出水并排出船外。

2. 其他

(1) 格拉西尔金属有限公司 (Glacier Metal Co., Ltd.)

该公司联合了深海密封有限公司 (Deep Sea Seal Co., Ltd.) 及皮尔格莱姆工程开发有限公司 (Pilgrim Engineering Development Co., Ltd.) 共同开发了“格拉西尔-

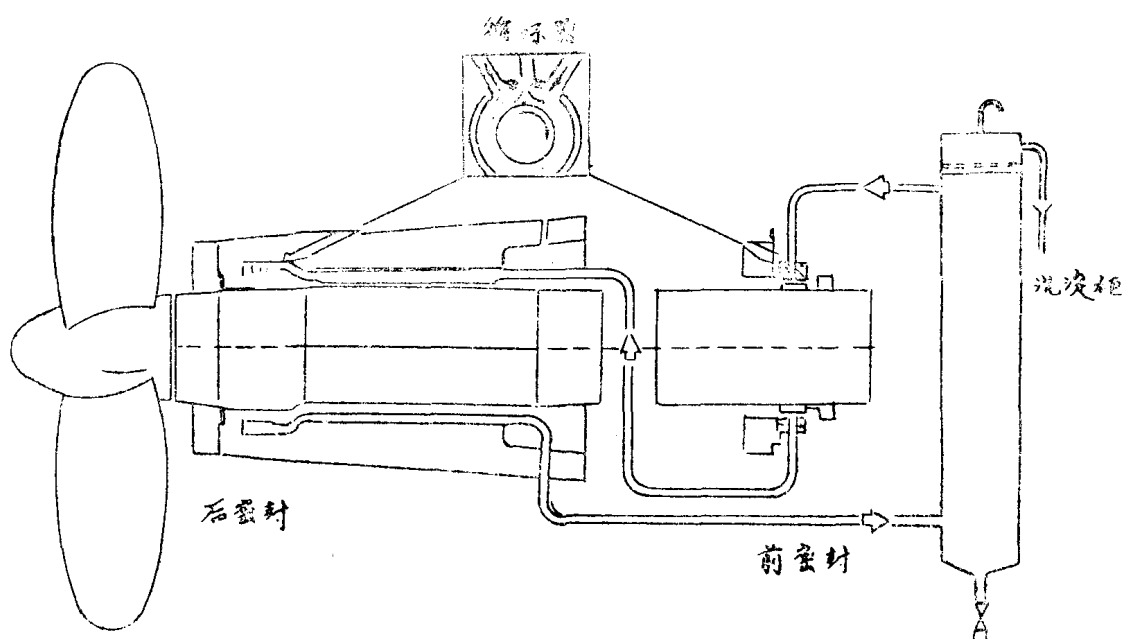


图5 防漏型系统图解

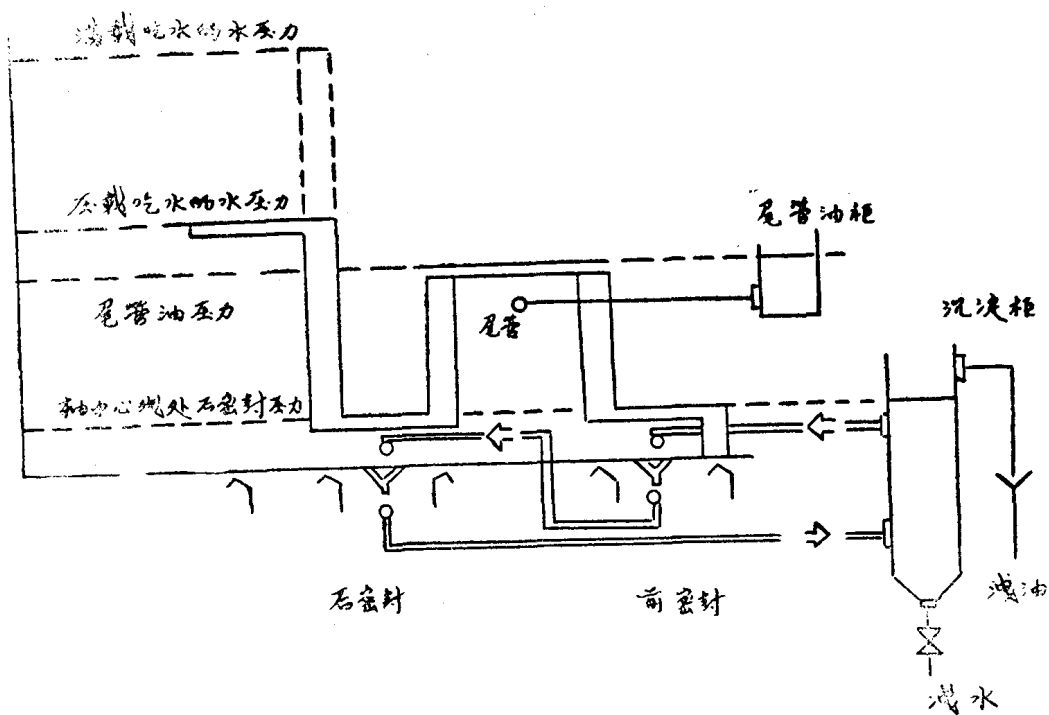


图6 防漏系统的压力关系

皮尔格莱姆海岸保护尾部装置系统”，几乎还没有安装和使用该装置。如图7所示，该系统由完全分离的海水密封和油密封组成，设计成通过集管收集所有的漏泄物。即油密封是常规唇型密封，但水密封是平面式，并用固定于尾管毂一端的波纹弹簧，压向螺旋桨毂的前端。这种平面密封的润滑剂是海水。事实上，这种润滑剂流入密封装置，通过与唇型密封的漏油混合，再通过集管引至机舱。

(2) 锡特伐尔 (Cedervall)

(这不是无污染式, 但看作是一种变型。)

自从1886年以来, 该公司一直生产及提供机械密封式尾管密封并正在研制几种应用于90毫米至1000毫米的轴的不同系列的装置。如图8所示, 这是一个典型的实例。这种密封是一种简单的平面式密封, 用螺旋弹簧的力把密封端部材料压在另一端。用润滑尾管轴承的润滑油来润滑密封表面。因此, 即使密封表面处于相当正常的状态, 少量的漏油是不可避免的。

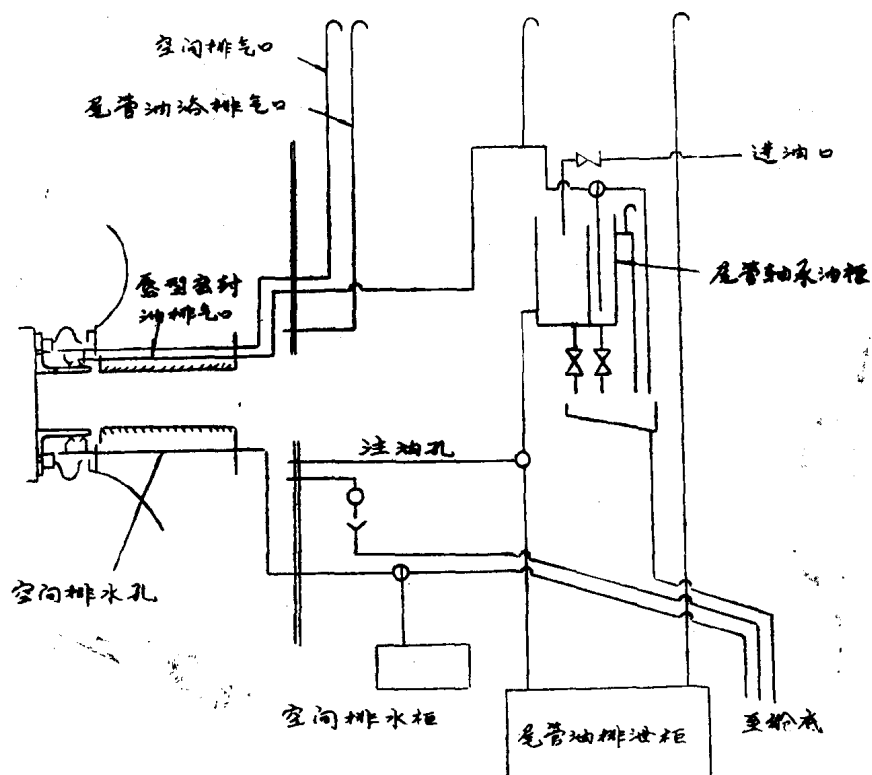
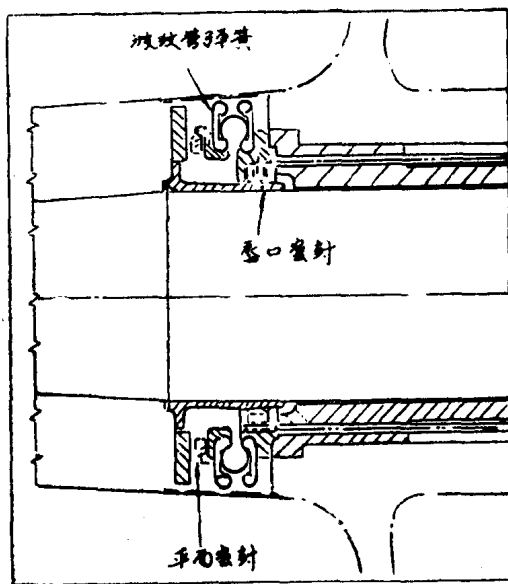
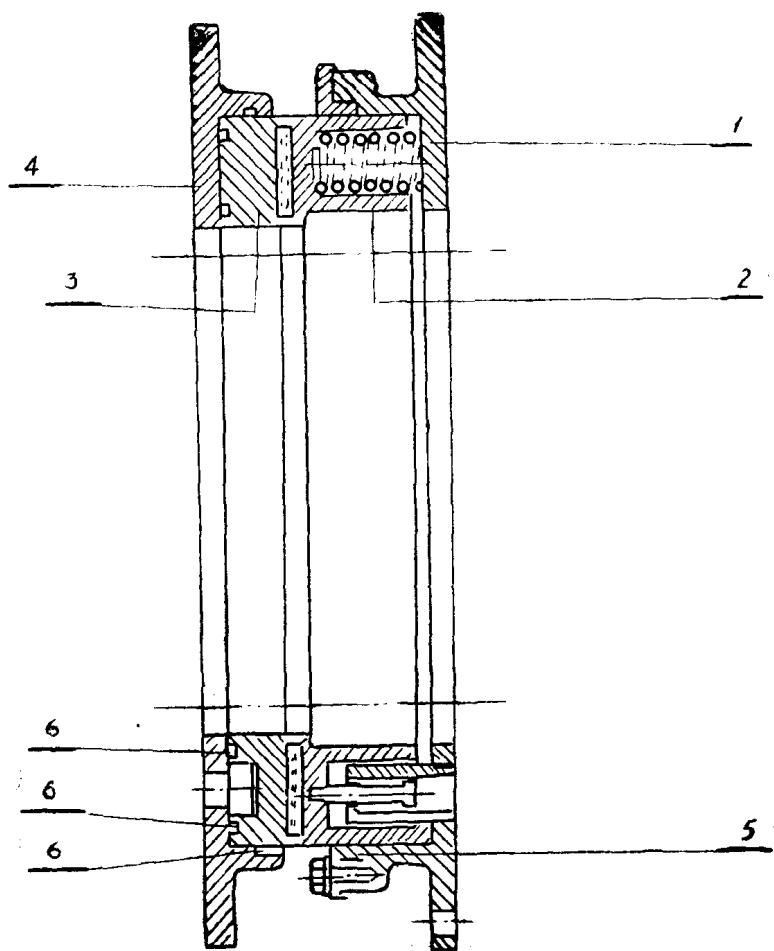


图7 格拉西尔-皮尔格莱姆海岸保护系统



1. 密封环套
2. 密封环
3. 自由浮动磨损环
4. 磨损环套
5. 填料
6. O型环

图8 锡特伐尔后密封结构

作为一种特殊的平面密封，径向的不对中性可大大地吸收。但是，另一方面轴向位移的吸收局限于螺旋弹簧的弹性常数。

三、对现有密封系统的评论

表1系对现有无污染式密封系统的评论。

(1) 由于密封表面用油润滑，锡特伐尔密封不可取，也不能与这里提及的无污染式相比。

(2) 格拉西尔式密封表面是用海水润滑的，而且油连续流入装置内是绝对不可避免的。因此，必须考虑备有舱底水处理设备以防密封损坏。此外，还有许多有可能损坏的部件，导致维修困难。而且，从装配角度看，这种密封对装船的间隙要求小，是不足之处。

(3) 当比较上述两种型式时，唇型密封缺点较少。但它们的径向柔性小。然而，它是目前在市场上所采用的最可靠的密封。

四、对新式密封系统的要求

1. 密封性能

(1) 应该完全没有漏油。

(2) 即使密封损坏，流进的油或水量应小于1至2米³/天。

(3) 如果需要，可以用纯水或空气作为密封介质。

最大纯水耗量：1米³/天。

最大空气耗量：10米³/小时（标准空气）或更少。

表 1

密封制造厂 项 目	日本航油 MK-V型	防漏型	格拉欧尔尾轴密封型	福特茂尔机械密封型
概 念	要 求	要 求	要 求	不 要 求
拆 装 简 单	○	○	△	△
操作和维修的困难	◎	◎	○	○
备 件	不 要 求	不 要 求	要 求	要 求
轴 向 柔 性	◎	◎	△	△
径 向 柔 性	△	△	○	◎
管系数量 (和泵油为同一种)	4	2	2	0
密封平面的润滑剂	油	油	水	油
可能损坏或磨损的部件	唇型密封衬套	唇型密封衬套	唇型密封衬套 密封面材料 波纹管 弹簧	平面密封 材料 螺旋弹簧
船上可接受的公差	10 20 mm	10 20 mm	2 mm	2 mm
对付轴位移的密封能力	◎	◎	△	×
可能的船外漏油	无	无	无	可能
船内收集污水系统	要 求	要 求	要 求	不 要 求
总的评价	○	○	△	×

2. 结 构

- (1) 它应具有现有密封所不具备的独特之处。
- (2) 密封装应容易拆装，不需拆下轴或螺旋桨。
- (3) 它应自由地跟踪轴的轴向和径向的不对中，并在下列条件下耐用：
 - 径向不对中：2 毫米
 - 轴向不对中：2 毫米
- (4) 不改变轴的长度，该尺度的±20毫米差别应是可以容许的。
- (5) 不必大修可连续工作两年，运转 20×10^3 小时。
- (6) 密封结构应设计成在密封损坏时，使流向船内的漏油或水达到最小限度。

- (7) 尾管前端的密封可以是唇型,因为它们具有良好的性能。
- (8) 应便于进行压力试验,而且当出现不正常情况时,应便于纠正。
- (9) 为使轴对中,即使轴暂时向后移动10毫米,也不会出现任何问题。
- (10) 应设计成便于测量轴承磨损。

3. 所要求的产品规格

考虑到各种不同情况和条件对尾部密封装置的要求,我们决定所要求的产品规格如下,当然也满足未来的甚大型油轮的要求。

(1) 工作条件

- a) 轴径: 最大1150毫米;
- b) 吃水压力: 最大25公斤/厘米² (距轴中心高约25米);
- c) 可接受的吃水压力差: 最大±1.0公斤/厘米²;
- d) 密封液体: 海水、油;
- e) 温度: 海水…… - 5 ~ 35℃,
油…… 5 ~ 50℃;
- f) 线速度: 正常…… 3 ~ 4 米/秒,
最大…… 6 米/秒;
- g) 轴不对中: 径向…… 2 毫米,
轴向…… 2 毫米;
- h) 振动 (垂向和水平方向):
振幅…… 最大1.5毫米,
频率…… 最大12.5赫。

(2) 密封安装处部件的精确度

- a) 径向 (不对中): ±0.2毫米;
- b) 轴向: ±3毫米。

(3) 密封安装精确度

- a) 径向: 最大0.7毫米;
- b) 轴向: ±3毫米。

(4) 密封性能

- a) 船外漏油: 0;
- b) 可允许的船内漏泄收集量: 最大1.0米³/天。

(5) 寿命

无需维修的最长工作年限为四年加上一年的备用期。

第二部分 尾部干式密封EVS研制过程、 试验结果及实际使用数据

(尾部干式密封是与三菱重
工业公司共同研制的)

(日) 鹰工业有限公司

五、研制期间的试验和结果

1. 试 样

下列六种密封经过了试验，它们的构结和特性如表 2 所示。

模 型 号	型 式
1	单机械密封式 (无收集系统)
2	同上 (有收集系统)
3	二段机械密封式 (同上)
4	双机械密封式 (同上)
5	组装密封+唇型密封式 (同上)
6	组装密封+机械密封式 (同上)
7	组装密封+组装密封式 (同上)

2. 试验条件及测量项目

试验条件

轴径：560、670毫米直径

轴圆周速度：3、4.5、6米/秒

压力 水：0.5、1、1.5、2、2.6公斤/厘米²

油：0.7、1.2、1.7、2.2、2.8公斤/厘米²

温度：40+10℃

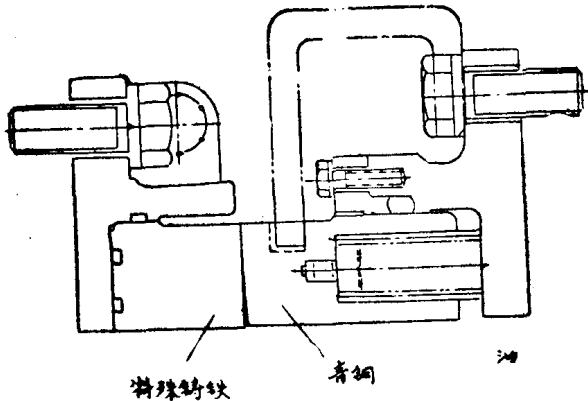
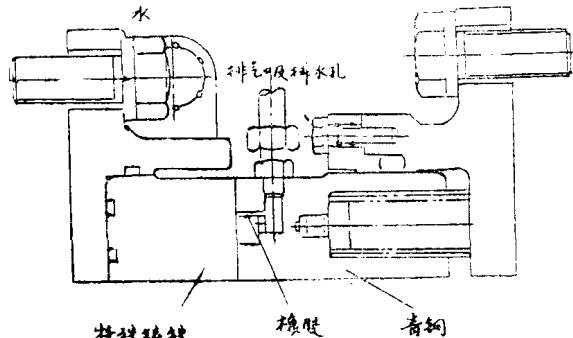
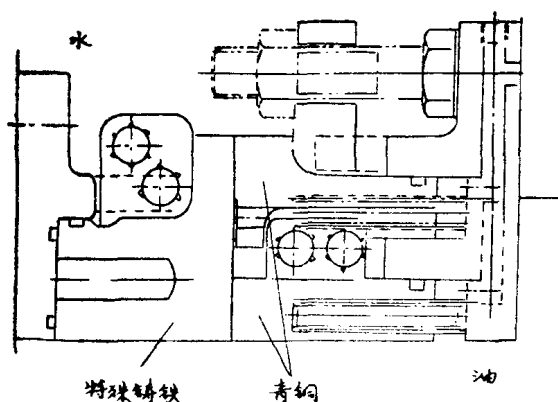
轴的轴向位移：0、+1、+2毫米

轴偏心：0.1毫米

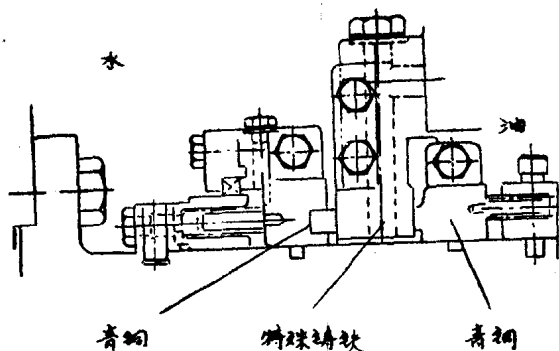
时间：每个试验项目 2 小时

耐久试验500小时

表2 试验密封的构造和性能 (1 / 3)

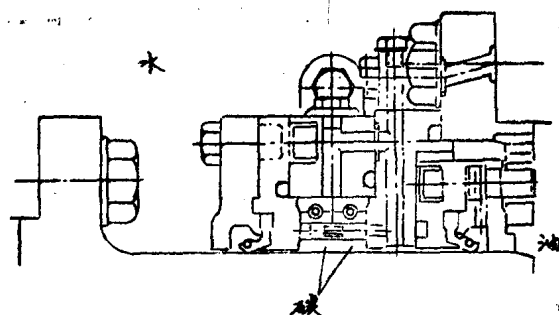
密 封 模 式	构 造 说 明
模式 1 	这种型式是最简单的机械密封，锡特伐尔产品属这种型式的密封。这种密封是用固定在螺旋桨上的旋转块及船体上的固定块组成，接触面同时密封海水和油。 安装在固定毂中的弹簧使密封表面互相压紧，同时轴的轴向位移也被这些弹簧吸收。
模式 2 	这种型式几乎与模式 1 结构相同，唯一不同的是在滑动面上的泄放槽和收集漏泄的管系均装在固定块中。
模式 3 	在这种型式中，在径向有两个单独的机械密封，分别密封油和水。

模式4



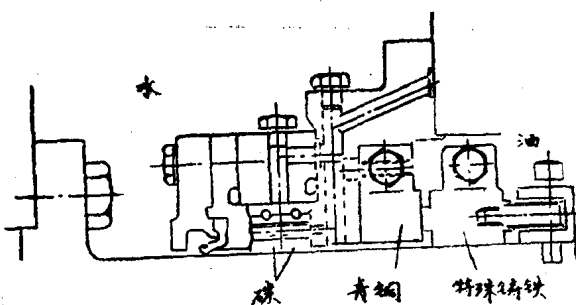
对于这种密封，油密封和水密封轴向串联布置，用安装在轴上的固定环和弹簧使旋转块压在固定块上。

模式5



这是一种新式组装密封十唇型密封，常规唇型密封安排在水和油端，组成式密封在它们之间。两个组装密封之间供以海水压力+0.3公斤/厘米的压缩空气，并用两端的唇型密封提高密封效果。漏油和/或漏水收集起来，通过泄放管引到机舱。

模式6



这种型式几乎与模式5相同，但在油端用机械密封代替唇型密封。

测量项目

漏泄量

速度

磨损率

流量

滑动部件的光洁度和粗糙度

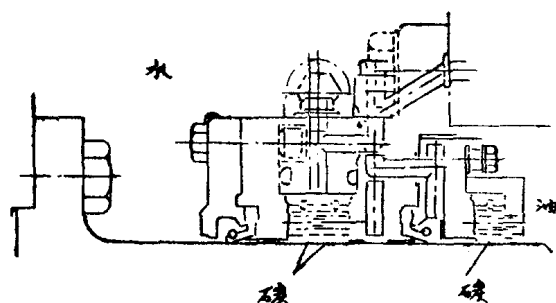
压力 温度

3. 新式密封的试验结果和选择

从试验结果看，机械式密封存在下列问题。

表2 (续)

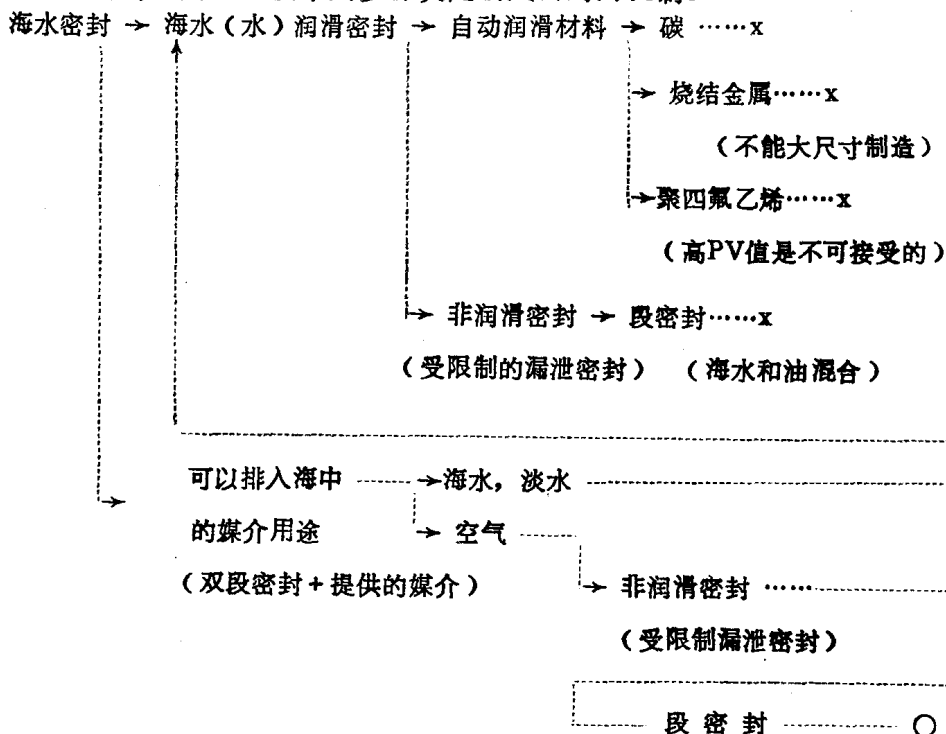
模式 7



这是模式 5 的改进型, 其中一个组装密封安排在油侧唇型密封的前端, 以减小唇型密封上的油压力。

- a) 用单接触面密封海水及油, 不能实现无漏泄。
- b) 在实际市场上没有符合标准的海水密封的材料。
- c) 超过 560 毫米直径的材料制造和机加工实际上是非常困难的。
- d) 当轴在轴向有位移时, 密封性能不稳定。

从机械式密封的精确检查和研究看, 很明显, 海水密封和油密封应予分开, 以开发一种稳定的尾部密封。因此, 按下列步骤决定新式密封的机制。



经过仔细检查后, 结论是: 选用组装式部件作为新密封的主要部分, 并供以空气使海水侧和油侧之间有一空气空间, 以使其完全互相分离。如图 9 所示。

这是完全无漏泄式的尾轴密封结构的基本概念。使用模式 5 到模式 7 进行了各种试验。试验结果的总评价列入表 3, 经过仔细检查这些结果后, 决定选用模式 7 作为开发项目。