

舰船轴系振动

王传溥 编著



哈尔滨船舶工程学院出版社

286225

舰船轴系振动

王传溥 编著



哈尔滨船舶工程学院出版社

内 容 简 介

本书简述了舰船轴系的基本结构、轴系振动的基本理论。着重论述了目前国内外常用的传递矩阵法与有限单元法计算轴系振动的基本理论与计算方法;介绍了舰船轴系的简化计算方法及其它计算方法的基本理论与算法;简要讨论了影响轴系振动的因素。对计算公式有较详细的推导,附有计算程序及较详细的程序说明,还附有适于用微型机计算的BASIC语言程序。通俗易懂,实用性较强。

本书可作为高等院校动力装置专业的教学参考书及从事舰船动力装置设计、制造和使用的科技人员的参考书。

舰 船 轴 系 振 动

王传溥 编著

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
北京市新华书店发行
哈尔滨船舶工程学院印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张11 字数275千字

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数: 1—3,000册

统一书号: 15413·020 定价: 1.90元

前 言

随着舰船工业和科学技术的飞速发展,尤其是电子计算机日益普遍运用,舰船轴系振动的研究也有了许多重要发展。由于舰船制造工业和舰船使用中出现的振动问题,舰船轴系振动的理论与计算方法在舰船科技界也愈来愈受到重视。但是,舰船轴系振动方面的书籍,除柴油机轴系扭转振动有数量较少的专门书籍外,论述舰船轴系振动的书籍极少。这早已不能适应有关舰船工程技术人员及舰船工科院校教学的需要。编者根据这种要求,总结过去在舰船轴系振动方面做的一些工作编成此书。

本书较系统地论述舰船轴系振动的基本理论与计算方法,对有关理论公式有较详细的推导,对用电子计算机计算的程序有较详细的说明,力图作到深入浅出、概念明确、通俗易懂。考虑到国内微型机已相当普及,书中附有适于微型机用的计算程序。

第一章简要叙述了舰船轴系的基本结构,以便使不太熟悉舰船轴系的读者阅读本书时先对舰船轴系有个基本概念,便于学习舰船轴系振动的基本理论与计算方法。

第二章扼要论述了舰船轴系振动计算中所用到的基本理论。为减少篇幅,未对机械振动理论全面详细论述。

第三章主要论述简化轴系振动的基本理论与计算方法。这些方法可用于初步设计中确定轴系方案及估算轴系共振转速。本章还论述了在较复杂因素影响下的轴系扭转振动理论与算法。

第四章较系统地论述了目前国内外常用的传递矩阵法。这种方法较为简单、直观与实用,适于计算轴系振动。本书附录中附有用传递矩阵法计算舰船轴系横向自由振动的计算程序及详细的程序说明,并在相应的程序后面附有适于用微型机计算的BASIC语言程序。

第五章论述了计算轴系自由振动的有限单元法。该法的计算结果与传递矩阵法基本相同,是国内外比较常用的计算轴系振动的方法。

第六章简要叙述了影响轴系振动的主要因素。

综上所述,本书主要是论述用电子计算机对整个轴系振动进行计算的基本理论与计算方法。由于工作需要,编者曾用书中所述方法计算过各类舰船轴系振动。书中所述计算的数理模型比较接近实际情况。

从计算方法来考虑,轴系的纵向振动计算与扭转振动计算基本相同,只要把描述轴系扭转振动的方程式改为描述轴系纵向振动的方程式,把轴系纵向振动与轴系扭转振动之间的一些差别考虑进去,就可以把计算轴系扭转振动的计算方法用来计算轴系的纵向振动。对于在轴系纵向振动计算中用到的一些经验公式或半经验公式,由于它们具有一定的局限性,本书没有列入。

关于柴油机轴系的扭转振动,国内已出版有这类书籍。该类书中对计算扭转振动的霍尔茨法,对扭转振动阻尼、柴油机产生的干扰力矩等均有较详细的论述,本书也未加重复。

总之,本书主要是论述舰船轴系振动的基本理论与计算方法,很少讨论有关主机对轴

系产生的干扰力、阻尼等内容。本书在各章节内容的编排方面没有采用过去在舰船动力装置书籍中常用的方法，即把轴系扭转振动、横向振动与纵向振动分开讨论，而是用类似机械振动的书籍中论述振动理论的方法进行叙述。这样更便于理解轴系振动的基本理论，更容易掌握计算轴系振动的方法。由于编者水平有限，不妥之处在所难免，望读者批评指正。

在工作过程中，得到我院同志们的帮助，书中还引用了我院及其它单位的一些科研成果，并蒙费纪生副教授和唐后启副教授审阅，在此均表示衷心感谢。

王传溥

目 录

第一章 舰船轴系概述	(1)
§1-1 轴系的定义、用途与工作情况	(1)
§1-2 轴系的组成	(1)
§1-3 轴系各组成部分的基本结构及其工作条件	(2)
第二章 舰船轴系振动的基本理论	(15)
§2-1 概述	(15)
§2-2 轴的纵向振动	(17)
§2-3 轴的扭转振动	(19)
§2-4 轴的横向振动	(20)
第三章 舰船轴系振动的简化计算及其它计算方法	(34)
§3-1 轴系横向振动固有频率的简化算法	(34)
§3-2 轴系纵向振动固有频率的简化算法	(46)
§3-3 轴系扭转振动固有频率的简化算法	(49)
§3-4 用QR法计算轴系扭转振动的固有频率	(54)
§3-5 用Jacobi法计算轴系扭转振动的固有频率	(59)
§3-6 轴系扭转振动的受迫振动计算	(62)
第四章 传递矩阵法	(63)
§4-1 轴系的横向振动计算	(63)
§4-2 轴系的扭转振动计算	(91)
第五章 有限单元法	(98)
§5-1 轴系的离散化	(98)
§5-2 单元的特性分析	(99)
§5-3 轴系的运动方程式	(106)
第六章 舰船轴系振动的影响因素	(108)
§6-1 轴系纵向振动的影响因素	(108)
§6-2 轴系横向振动的影响因素	(108)
§6-3 轴系扭转振动的影响因素	(112)
参考资料	
附录 I TQ-16计算机算法语言的某些特点	(115)
I-1 半动态数组的说明	(115)
I-2 输入语句	(115)
I-3 输出语句	(115)
I-4 条件停机语句	(117)
I-5 标准变量	(117)

附录 II 电子计算机程序.....	(117)
II-1 递推法的计算程序.....	(118)
II-2 传递矩阵法的计算程序.....	(145)

第一章 舰船轴系概述

§1-1 轴系的定义、用途与工作情况

一、轴系的定义

在推进装置中，从主机到推进器之间，用传动轴及保证推进装置正常工作所需的全部设备连接在一起的中间机构称为轴系。在多轴舰船上，安置在对称面上的轴系称为中间轴系，而位于两舷的轴系，称为左右舷轴系。

二、轴系的用途与工作情况

轴系的一端承受发动机的扭矩，另一端承受作用在推进器上的水的阻力矩。轴系把发动机发出的扭矩传给推进器，同时又将推进器旋转所产生的轴向推力通过推力轴承传给船体，使舰船在水中运动。通过轴系完成了能量的传递，实现了推进的使命。

§1-2 轴系的组成

水面舰船典型轴系简图如图1-1所示，其中包括传动轴（推进器轴、艮轴、推力轴和中间轴）联轴节、支点轴承、推力轴承、艮轴管、刹轴器和离合变速设备等。由于舰船动力装置的类型不同，轴系的具体组成元件会有所区别，如有些小艇，其推力轴承往往安装在减速箱中，可能只有推进器轴而没有艮轴与中间轴等。

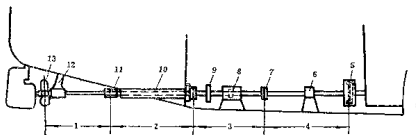


图1-1 水面舰船典型轴系简图

- 1—推进器轴； 2—艮轴； 3—推力轴； 4—中间轴； 5—分离式离合器； 6—支点轴承；
7—凸缘连接； 8—推力轴承； 9—刹轴器； 10—艮轴管； 11—联轴节； 12—托架； 13—推进器

在图1-2上示出了典型的潜艇轴系简图。由于潜艇动力装置的类型不同，轴系的组成也会有所区别。

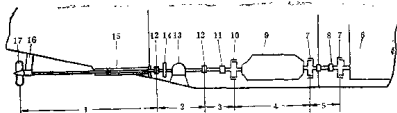


图1-2 潜艇典型轴系简图

1—推进器轴； 2—推力轴； 3—中间轴； 4—推进电动机轴； 5—前中间轴；
6—柴油机； 7—前轮离合器； 8—前离合器的空气分配器； 9—推进电动机
10—后轮离合器； 11—后离合器的空气分配器； 12—联轴器； 13—推力轴承；
14—制动器； 15—艹轴管； 16—托架； 17—推进器

§1-3 轴系各组成部分的基本结构及其工作条件

一、传动轴

传动轴由推进器轴、艹轴、推力轴和中间轴组成。这些轴段的数量与配置取决于舰船和动力装置的类型。

1. 推进器轴和艹轴

推进器轴是轴系最后面的一段轴，其尾端安有推进器。如果推进器轴由两段轴组成，则穿过艹管的那段轴称为艹轴。推进器轴的典型结构如图1-3所示。

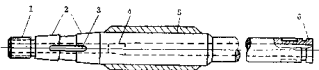


图1-3 推进器轴

1—带有螺纹的轴头； 2—锥形部； 3—键槽； 4—内孔； 5—青铜套筒； 6—轴端部

推进器轴的尾部是用于安装推进器的锥形部及用于固定螺帽的螺纹部分。安装青铜套筒5的位置称为轴颈，而轴颈之间的中间部分，则称为轴干或轴腰。轴颈的直径比轴干的直径大。青铜套筒的用途是为了当轴在艹轴轴承和托架轴承中旋转时，防止轴的磨损。为了减轻轴的重量，有时轴有内孔。为了防腐，与海水接触的轴段覆盖专门的保护层。

推进器轴的工作条件

推进器轴除了承受其它轴段所承受的一般载荷之外，还承受如下载荷：

- (1) 由推进器的重量所产生的弯曲力矩。在轴旋转时便在金属中产生交变弯曲应力。
- (2) 由于推进器的机械和液力不平衡，使轴产生周期性的附加弯曲力矩与扭转力矩。
- (3) 由于轴承中支承面磨损，特别是靠近推进器的最后面轴承的磨损，使轴沉陷，轴线弯曲，导致增大弯曲应力的幅值。
- (4) 在风暴天气，由于推进器空转和转速周期性变化，使轴产生附加的动力负荷。
- (5) 由于轴在工作中产生疲劳，疲劳与海水腐蚀的相互作用，产生所谓“腐蚀疲劳”。

在推进器轴的尾端安装推进器，它将扭矩传给推进器并在正车和倒车时承受推进器的推力。其扭矩用键来传递，正车推力由锥形部分来承受，倒车推力由固定螺帽来承受。

为防止推进器轴腐蚀与机械损伤采用如下方法：

(1) 涂漆和用金属镀轴

涂漆，即用红铅、煤漆及防止附生的各种油漆涂轴，这种方法最简单。

用金属镀轴，即镀铬、镀铜。

使用经验证明，油漆和金属镀层会由于机械损伤和水中化学性浸蚀而迅速脱落。当采用涂漆和镀金属时，在使用期间必须经常检查并作修复。为防止脱落，有时加保护层。例如在湿的涂漆面上紧扎一层麻绳或3、4层纱布（或麻布），然后在保护层上再涂两层漆；也可以在干的涂漆表面缠以100~150mm宽的帆布带，帆布带上同样涂两次漆，并在外面缠以直径为1.5~2.5mm的镀锌钢线，线端焊在轴套上。

(2) 包橡皮层再缠细绳

这是防止腐蚀和机械损伤最合理的方法。但增加了造船成本和延长了造船时间。在某些情况下，只在穿过艉轴管的轴上包橡皮，因为这段轴难以检查，应有较可靠的覆盖层保护。在便于检查和修复的其它部分只加以涂漆。

为防止硫化橡皮轴段的机械损伤，可再加防护层。第一种方法是在硫化橡皮表面包上一层厚度为0.75~1.0mm镀锌钢板，随后缠以直径为1.5~2.0mm的镀锌钢线或导线，再涂一层煤漆或其它防水漆。第二种方法是在硫化橡皮表面包一层帆布，然后涂一层煤漆并缠上镀锌钢线，然后再涂上二层煤漆。第三种方法是在硫化橡皮表面涂一层热液态树脂并缠以麻布带，再涂上两次热树脂，随后再缠上直径为2~3mm的钢线编织物，最后再涂两、三次树脂。

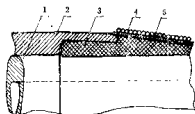


图1-4 靠近铜套处的防护层结构

1—轴；2—轴套；3—硫化橡皮；

4—防护层（钢板、帆布带或树脂）；5—编织物

在图1-4上示出了推进器轴靠近青铜套处的防护层结构。

(3) 金属阴极保护板

由各种材料制成的推进器轴零件的电位差是产生电化学腐蚀的原因。为防止电化学腐蚀，安装有用锌制成的保护推进器轴零件的阴极保护板。按零件形状阴极保护板制成环状或板状，焊在轴上用螺栓固紧。一般使用期限为4~12个月，以后将其换新。

2. 推力轴和中间轴

(1) 推力轴

推力轴（见图1-11）的主要用途为经特殊的凸缘把推力传至推力轴承的垫块上。推力凸缘与轴键制成整体、推力轴的长度应能安置推力轴承和安装与邻近轴相连接的凸缘；推力轴的直径应比推进器轴的直径小些，与中间轴的直径相同。推力轴有时制成空心的，其壁厚 $\alpha = 0.4 \sim 0.8$ 。推力凸缘的外径和厚度，根据推力轴承的计算选取。

(2) 中间轴

中间轴在传动轴中起辅助作用，用以连接各主要轴段，例如，可安在推力轴与艉轴之间及推力轴与发动机之间。中间轴的另一个作用是为了安置其它传动设备，如分离式离合器、

空气分配器和制动器。

轴的直径由计算求得，通常与推力轴的直径相同。轴的长度由船体形状和主机布置情况而定。每根中间轴一般都安在一个支点轴承上。由支点轴承的位置确定支点轴承处的轴颈。当穿过水密隔舱时，由舱壁填料函确定填料函处的轴颈。轴颈的直径比轴干的直径稍大些，轴颈长度比填料函本身的轴向长度或轴承的轴向长度稍长些。轴颈与轴干的过渡采用锥形过渡。联轴节或离合器最好布置在靠近支点轴承处，但应便于安装与拆卸凸缘连接和支点轴承。

除轴颈、凸缘的工作面及螺纹连接处，其余轴表面均涂铅丹。

中间轴按其连接端的不同，可分

为：带凸缘连接的中间轴（图1-5，a）；带锥形连接配合端的中间轴（图1-5，b）；带有纵向夹紧联轴节配合端的中间轴（图1-5，c）。

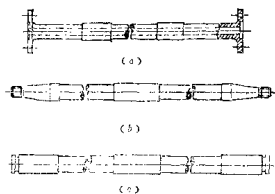


图1-5 中间轴

二、支点轴承

支点轴承支撑转动着的轴。支点轴承分为滑动轴承和滚动轴承。

1. 滑动轴承

滑动轴承通常制成单独润滑，并对滑油专门冷却。按润滑形式可分为：盘式润滑轴承、油环和油芯合并式润滑轴承、油环润滑轴承和油芯润滑轴承。

盘式润滑轴承用于轴颈圆周速度为 $3\sim 10\text{m/s}$ 的艉用轴系上，其典型结构如图1-6。在轴承体下部有二个油室，用管子8连通。润滑盘5装在轴承尾部，盘下部浸在滑油中。当轴旋转时，盘从滑油室取油并将其输送到轴承去。滑油是用制成刮刀状的收油器6从盘上刮下，被刮下的滑油沿着倾斜的油道流向轴承内部，工作过后流回滑油室。舷外水经过蛇形管7冷却滑油室的滑油。润滑盘5制成盘状，开口方向朝船首，以减少滑油抛向尾部填料函。润滑盘安在尾部是为了当轴系向尾部倾斜时仍能工作。

油环和油芯合并式润滑轴承适用于轴颈圆周速度为 $1.5\sim 3.0\text{m/s}$ 的船用轴系，其结构如图1-7。油环4自由地套在轴上，随着轴慢慢旋转（约为轴角速度的40%）。环的下部浸在滑油中，将滑油带到轴上去，顺着轴表面流向需要润滑的表面。另外，有两个油芯6保证补充输送滑油，油芯还可以在停车时防止轴产生腐蚀。工作过的滑油顺着下轴瓦的端部流走，经斜油道重新流回油室。为了冷却滑油，在轴承体内开有供舷外水在里面循环的冷却室。

油环润滑轴承及油芯润滑轴承在舰船上用的较少，不再一一列举。

2. 滚动轴承

在小型舰船上多用滚动轴承。滚动轴承的优点是：摩擦损失小，效率高；滑油消耗少无须水冷却；轴承可随轴中心线的位置改变（自动调整）；维护简单，便于更换；工作可靠。缺点是：工作噪音比滑动轴承大；轴承为非分离式，要从一端安装到轴上去，故需用可分离的联轴节来代替简单的凸缘连接。

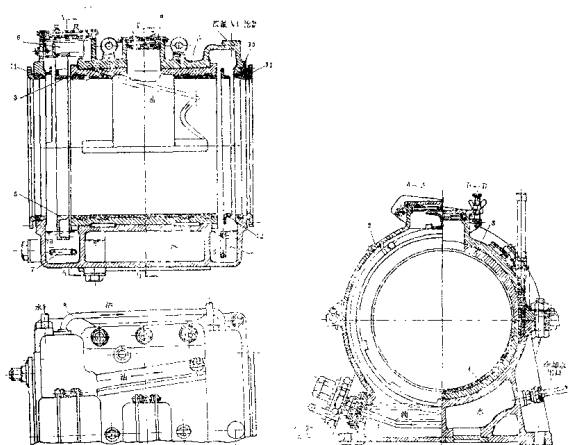


图1-6 带有单独润滑油的支点轴承

1—外壳；2—盖；3—盖上的轴瓦；4—外壳的轴瓦；5—润滑油；6—收油器；7—冷却蛇形管
8—管子；9—过滤器；10—衬环；11—点料器尾盖；12—挡油环

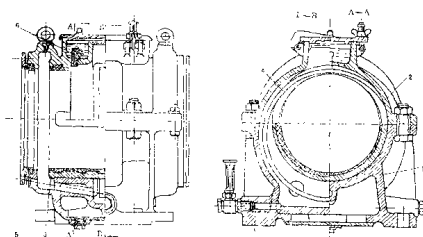


图1-7 油环和芯合非式润滑支点轴承

1—外壳；2—盖；3—轴瓦；4—油环；5—填料函；6—油心。

轴承可用黄油或滑油来润滑。图1-8为用黄油润滑的滚柱支点轴承；图1-9为用滑油润滑的滚柱支点轴承。图1-10为与舱壁填料函一起安装在舱壁上的滚柱支点轴承。

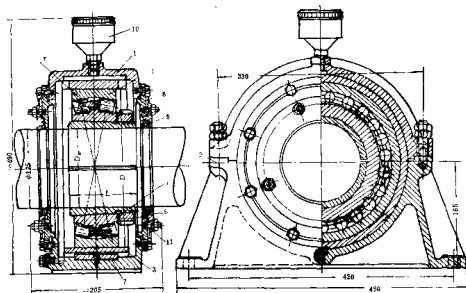


图1-8 用黄油润滑的滚柱支点轴承

- 1—盖；2—外壳；3—导向环；4—滚柱轴承；5—锥形套筒；6—止动螺帽；
7—键；8—侧盖；9—密封填料；10—注油器；11—填料区的压盖

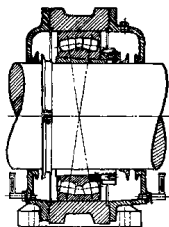


图1-9 用滑油润滑的滚柱支点轴承

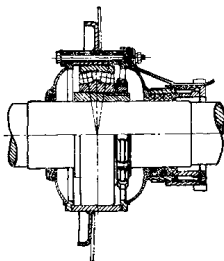


图1-10 带舱壁填料函的滚柱支点轴承

三、推力轴承

推力轴承是轴系最重要的元件之一。它与推力轴的凸缘相配合承受推进器的推力，也负担一些横向负荷。大中型舰船多采用独立的滑动推力轴承。快艇上多采用滚动推力轴承，这时多安在回行离合器的外壳中。

1. 滑动推力轴承

图1-11是一种最常用的滑动式推力轴承，又叫米切尔式推力轴承。推力轴的轴颈安放在两个支撑轴承上，支撑轴承布置在推力凸缘两边。推力凸缘与推力轴制成一体，凸缘两边各安一套独立的扇形推力块，前面一套承受推进器正车推力，后边的一套承受推进器倒车时的推力。推进器的推力通过凸缘压在推力块上，再经垫块、轴承壳体及基座传至船体。青铜推力块的工作面浇铸有巴氏合金，青铜推力块的工作面与推力凸缘接触。推力块用

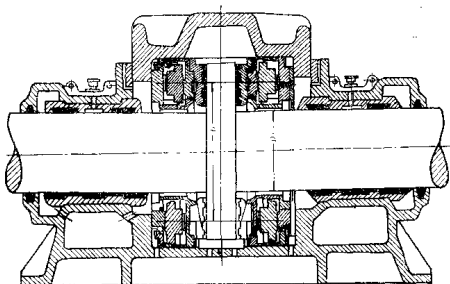


图1-11 滑动推力轴承

经过淬火的钢销支撑在钢垫块上。垫块紧靠在轴承壳体上，壳体与船体刚性连接。

滑动推力轴承的润滑有：

(1) 压力润滑。压力润滑系统包括在动力装置共用的滑油系统中，在轴承中受热的滑油由系统中的滑油冷却器冷却。滑油在表压 $0.05 \sim 0.1 \text{ N/mm}^2$ 的情况下流进轴承。

(2) 单独润滑。滑油灌在推力轴承的专门油室中，滑油不进行循环。用蛇形管以舷外水进行冷却。

2. 滚动推力轴承

根据轴的转速和轴承承受的推力可采用（见图1-12）：

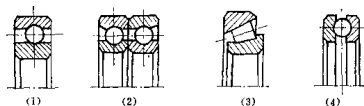


图1-12 滚动推力轴承

(1) 单列径向滚珠轴承。这种轴承只能承受小的推力，一般用作支撑轴承。

(2) 径向滚珠推力轴承。这种轴承在高转速下比第一种可靠。但它是单向的，为了适应倒航的需要，还应设倒车推力轴承。

(3) 径向滚柱推力轴承。这种轴承比第二种承受的推力大些。

(4) 滚珠推力轴承。这种轴承承受的推力最大。

轴承的外壳与滚动支撑轴承一样，根据安置轴承的位置和动力装置的类型来设计，其外壳尺寸和重量按母型轴承估计。

四、艉轴承

艉轴承置于艉管和托架内。特点是工作条件繁重，承受由推进器产生的不平衡的悬臂载荷、轴系的重力及由于推进器的机械或液力不平衡而产生的附加振动；在运转期间难于检查和维护，只能在艉船停在船坞时或由潜水员来进行周期性检查，因此，艉轴承应有坚固的结构并能长期可靠工作。

艉轴承有多种形式，但一般为两大类，一类是用水润滑，另一类是用润滑油润滑。

用水润滑的轴承，其轴承材料有：铁梨木、层压板、金属橡胶等。用油润滑的轴承即是常见的白合金滑动轴承和滚动轴承。

图1-13所示为铁梨木轴承结构。铁梨木制成条块镶在衬管的内表面上，相邻条块之间的接缝处留一道凹槽，作为水的通道。下半圆周的木条经常受到轴的重力，负荷较上半周大，因此镶在下半周上的木条之纤维方向要与轴面垂直。上半周木条纤维方向可与轴线平行，以节约木材。铁梨木是南美洲出产的一种硬质木材，又称“瘿瘡木”，其物理机械性能如下：①在湿度为15%时，与水相比的相对密度 $d = 1.2$ ；②顺着纤维压缩的强度极限为 7350 N/cm^2 ；③布氏硬度大于 118 N/mm^2 ；④水浸8昼夜之后容积增加4~6%。铁梨木木材中含有树脂和油脂，在海水或淡水浸润下分泌出的树脂和油脂便构成粘性物质。这种物质是良好的润滑剂，并具有较低的摩擦系数。铁梨木块在安装到衬管中去之前，应将其浸润，以便使其膨胀至安到衬管中所要求的尺寸。

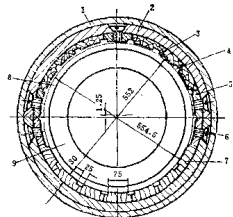


图1-13 铁梨木轴承

- 1—轴管；2—衬管；3—铁梨木（上半圆）；
4—通水凹槽；5—定位板；6—固定螺钉；
7—铁梨木（下半圆）；8—铜套筒；9—空心轴

铁梨木价格昂贵，因此使用受到一定限制。一般可用层压板作为代用品。层压板是用数块厚度为0.4~0.5mm被酸树脂浸透的

桦树皮板制成的。木片于温度145~160℃下用压力1568~1960N/cm²来加压，经过加压后木片粘合成一块板。层压板具有如下性能：①抗压强度极限为14700~16660N/cm²，剪切强度极限为1274~1470N/cm²；②与水相比的相对密度 $d = 1.3 \sim 1.33$ ；③木块端部表面硬度 $H_B = 245 \text{ N/mm}^2$ ；④在良好润滑条件下摩擦系数 $f = 0.005$ ；⑤在水中24小时约膨胀3%，考虑到其端部耐磨性好，上下套筒中均采用竖直安装，即木条的纤维与轴表面垂直。

与铁梨木不同之处，是用干燥的板条装到轴承上，而且没有纵向水道。为了通水，做有类似普通金属轴承一样旋制的冷却室，

金属橡胶轴承的结构可制成由橡胶-金属板条构成的与铁梨木轴承相仿的型式，也可将橡胶与衬套硫化在一起。见图1-14和图1-15。金属橡胶轴承用水润滑也能很好地工作。

橡胶轴承内表面必须制成有棱角的，以防止轴吸附到轴承上，并可保证润滑。

橡胶对轴颈有腐蚀，为保护轴颈，每昼夜都必须将轴转一转。另外，长时间在高于20℃的温度下工作，橡胶会很快疲劳，并失去其性能，当温度高于40℃时，则变硬变脆。

五、密封填料函

在轴系通过船体及水密隔墙的地方都安有密封填料函。填料函既要使轴穿过船体或隔

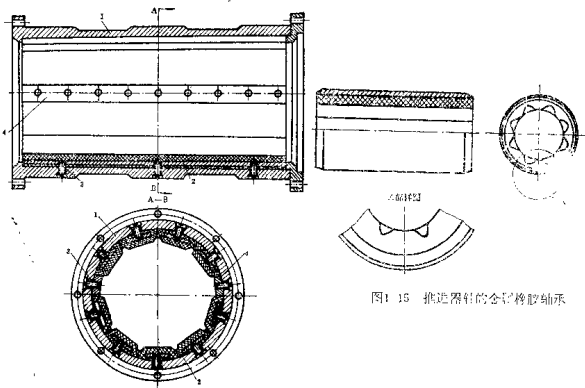


图1-14 橡胶轴承

1—衬套；2—橡胶—金属衬套；3—螺钉；4—止动环

图1-15 推进器轴的全副橡胶轴承

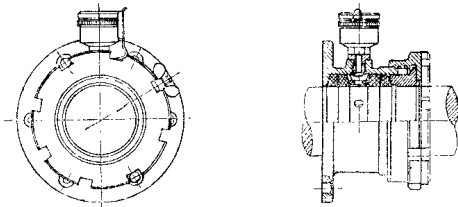


图1-16 快艇轴系的艉轴填料函

墙处具有密封性，同时又不致影响轴的旋转。根据填料函安装的位置，分艉轴填料函（如图1-16所示）和舱壁填料函（如图1-17所示）。

艉轴填料函安置在艉轴管内。用水润滑轴承的填料函置于艉管首部，而用油润滑的填料函，则填料函应设置在艉管两端。

防漏填料填于填料函体与轴之间，以构成必要的密封性。填料是由棉质或麻质制成的具有方形断面的紧密编织绳，并用含有石墨或滑石粉的滑油浸透。填料函与轴压紧的程度由压紧套筒调整。小型填料函压紧套筒的位置通过压紧螺帽调整。大型填料函的压紧螺帽通过齿轮传动机构同步调整，使得均匀压紧填料。

填料函分为可分式和整体式两种。整体式填料函用于轴端有分离式联轴节的轴系上，由于有分离式联轴节，轴可通过填料函的孔取出，而不需拆卸填料函。可分式填料函由两

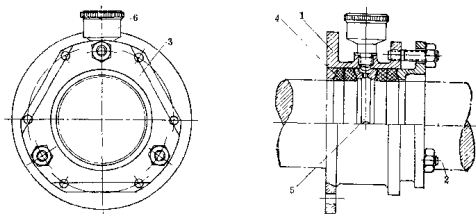


图1-17 整体式舱壁填料函

1—填料函体；2—轴；3—压紧套筒；4—填料防腐环；5—滑油分配环；6—注油器

半组成。

六、联轴节

常用的联轴节有：凸缘连接、可拆凸缘联轴节、纵向夹紧联轴节和锁紧锥形联轴节

1. 凸缘连接

图1-18为凸缘连接，这种联轴节简单可靠、重量轻、成本低。通常凸缘与轴锻制成整体，整个轴系上的凸缘尺寸相同。连接螺栓通常为6~12个，采用圆柱和圆锥形两种。各

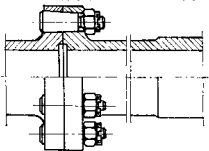


图1-18 凸缘连接

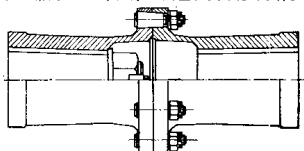


图1-19 可拆凸缘联轴节

自的特点是：圆柱螺栓可将凸缘牢牢压紧，在其端面构成很大的摩擦力，全部扭矩借助凸缘间摩擦来传递；螺栓本身不受剪切和挤压；但拆卸时常常把螺栓表面和螺栓孔拉毛。锥形螺栓拆卸容易，但不能形成凸缘间大的摩擦力，因此扭矩不仅靠凸缘间的摩擦来传递，而且也靠螺栓受剪来传递。锥形螺栓所以不能在凸缘间构成大的摩擦力，是因为螺栓收紧时，螺栓上的部分力用于将螺栓本身的锥形面压到孔的表面上。

2. 可拆凸缘联轴节

为便于修理时取出轴，有些中间轴法兰不与轴锻造成一体，而是单独锻造，加工后配于轴端，如图1-19所示。两段轴各有一个可拆凸缘，这种联轴节称为可拆凸缘联轴节，联轴节与轴端以锥面配合，用螺帽面定。锥面传递推进器的前进推力，螺帽承受倒车的拉力，扭矩则由键传递。如两段轴只有一个可拆凸缘，则称为可拆凸缘半联轴节，如图1-20。

3. 纵向夹紧联轴节

纵向夹紧联轴节用在功率不超过4500kW的传动中，广泛用于快艇。图1-21所示联轴节用在直径为90mm或大于90mm的轴系上，而最常用于120~150mm的轴系上。图1-22所示为轻型纵向夹紧联轴节，常用于直径50~80mm的轴系上。