

最新船舶建造质量

检验测试与监造全过程控制

主 编 陈可欣

实务全书



最新船舶建造质量检验检测 与监造全过程控制

实务全书

主编 陈可欣

江苏工业学院图书馆
藏书章

第
四
卷

第五篇

船舶轴系安装质量检验测试与全过程控制监造

船舶轴系安装质量检验与全过程控制监造

第一节 船舶轴系的功用及其组成

一、船舶轴系的功用

船舶轴系的功用是将船舶主机发出的功率传递给螺旋桨；而螺旋桨的旋转所产生的轴向推船力，则通过轴系传给推力轴承，再由推力轴承直接作用于船体上，迫使船前进或后退。

船舶轴系是船舶动力装置的重要组成部分之一。轴系的工作好坏，将直接影响船舶的推进特性和正常航行，并对船舶主机的正常工作也有直接的影响。所以，轴系的设计、加工制造、安装及调整均需有较严格的技术要求，并且应符合有关的船舶技术标准和船舶规范。

二、轴系的组成

随着船舶工业的发展，为满足各类船舶的要求，轴系的结构种类也越来越多。有常规用螺旋桨推进装置轴系；可调螺距螺旋桨推进装置轴系；正、反转螺旋桨推进装置轴系；可回转式螺旋桨推进装置轴系。而且不同轴系之间的结构差别较大。但是，目前我国民用船舶中，广泛采用的是常规螺旋桨推进装置轴系。所以本章节主要介绍常用螺旋桨推进装置轴系的基本结构组成及安装找正的基本方法和有关的技术要求。

所谓的常规螺旋桨推进装置轴系是指采用固定螺距螺旋桨，采用中纵布置的单轴系，安装在船尾部螺旋桨的基本结构。

一般船舶轴系的基本组成部件有：

- (1) 推力轴及推力轴承;
- (2) 中间轴及轴承;
- (3) 尾轴及尾轴承;
- (4) 人字架轴承;
- (5) 尾轴管及基密封装置;
- (6) 联轴节;
- (7) 短轴, 又称工艺轴; 是某些船舶用来调整轴系长短或便于拆装工艺的轴。
- (8) 隔仓填料函。

(一) 单桨轴系的基本组成

图 5-1-1 所示为单桨轴系组成简图。尾轴 5 又称螺旋桨轴, 螺旋桨 (固定螺距) 2 就安装在其伸向船外的悬壁端上, 并支承在尾柱上的尾轴管 3 内的尾轴承上, 为防止海水由此进入船内, 由尾轴管密封装置或填料函 4 一起起密封作用。与主机相连的推力轴 (又称功率输出轴) 9, 通过法兰联轴节与中间轴 6 相连接, 中间轴尾端再与尾轴连接, 为保证中间轴的正常工作需要, 在船体基座上设置若干个中间支承轴承 7。螺旋桨通过轴系传递将主机的带动旋转下所产生的有效推力由推力轴传给推力轴承 10 (一般设在柴油主机的机座尾部), 再由推力轴承座传给船体, 达到推动船舶前进或后退的目的。对中间支承轴承 7 来说只承受中间轴颈的径向负荷, 而不承受轴向力, 而尾轴、中间轴及推力轴在传递主机的扭转力矩给于螺旋桨同时, 均承受轴向负荷。

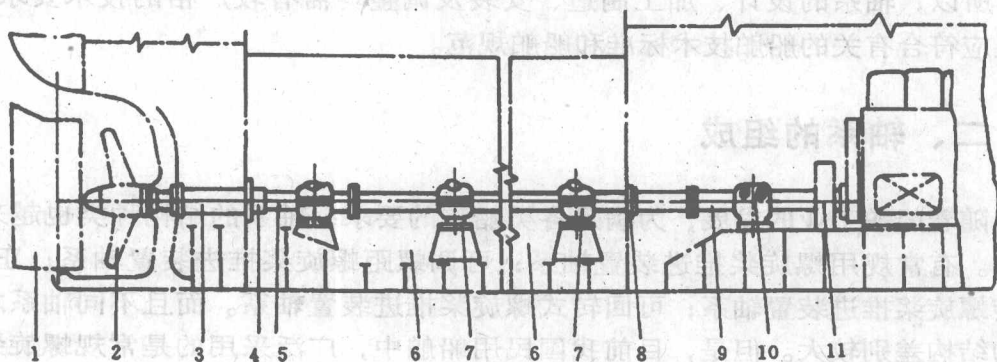


图 5-1-1 单桨轴系组成简图

- 1—艙; 2—螺旋桨; 3—尾轴管; 4—填料函; 5—尾轴; 6—中间轴; 7—中间轴承;
8—隔舱填料函; 9—推力轴; 10—推力轴承; 11—主机飞轮

该轴系为国产 1600 吨级煤矿货轮的单桨单轴系结构图，其主机为一台 6ESDZ76/160 型低速船用柴油机，额定功率为 6615kW 额定转速为 115r/min，由于机舱布置在船的尾部，因而只用一根中间轴浆发动机与尾轴之间连接起来。其轴系的总长和轴颈之比 $L < 22\sqrt{d}$ ，故称之为短轴系。其主要特点是采用尾机舱布置，不但使轴系总长大大缩小，结构简化，安装拆修方便，而且由于占地少，可适当扩大装货能力，同时空船时，螺旋桨不易露出水面。因而此种结构已被大中型船舶广泛采用。

如果轴系长度与轴颈之比 $L > 22\sqrt{d}$ ，轴系的长度达几十米到 100 多米，这时船舶采用中部机舱，中间轴的长度和中间支承轴承的数量均增加。这时的轴系称单轴长轴系。长轴系与短轴系共同特点是因均是单轴，所以均布置在船舶的中纵剖面内。

(二) 双桨双轴系

图 5-1-2 所示为双桨双轴系装置图。是一艘内河航行的小型客轮的双轴系布置图。此船采用两台 6135Ca-5 型四冲程高速柴油机，每台额定功率为 110kW，额定转速 1500r/min。主机通过减速箱 14 与推力轴 13 相连接，而推力轴则通过中间轴 15 和尾轴 4 相连接。在尾部无尾轴管，而只有尾轴承和人字架轴承一起来支承尾轴和螺旋桨。减速箱的减速比为 2.85:2，故螺旋桨的转速经减速器减为 526r/min，此轴系为短轴系。

双桨双轴系的主要特点是适应吃水较浅的船舶，而功率大，船速快，机动性好，适应性好，特别适用于军用舰只上。还有四桨四轴系的推进装置，更适应高速船舶的要求，但与单桨单轴系相比，结构较复杂；且占地面积较大，装修较麻烦。无论双轴系或四轴系均在船的左右对称布置。

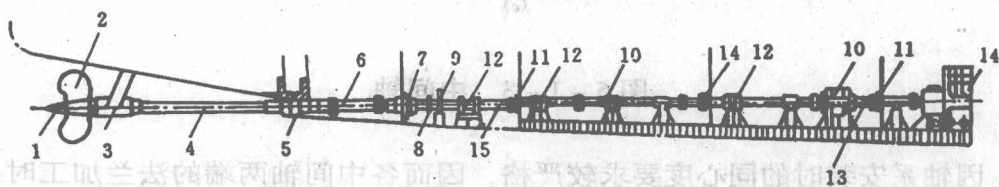


图 5-1-2 双桨轴双轴系装置图

- 1—导流帽；2—螺旋桨；3—人字架；4—尾轴；5—尾轴壳；
6—船轴管；7—船轴填料函；8—联轴节；9—制动器；10—推力轴承；
11—隔舱填料函；12—中间轴承；13—推力轴；14—减速器；15—中间轴

第二节 中间轴及轴承

一、中间轴的类型和基本结构

因中间轴的主要作用是将主机的扭转力矩传给尾轴，并将螺旋桨的推船力由尾轴经中间轴、推力轴传给推力轴承。因而中间轴常被安装在主机后的推力轴与尾轴之间，中间轴节的数量通常由轴系的总长来确定，长轴系为多根，而短轴系为一根。

中间轴的结构，常见的中间轴有三种结构型式，如图 5-1-3 所示。其中 (a) 为整锻法兰式的中间轴结构；(b) 为可拆式锥形联轴节的中间轴结构；(c) 为夹壳形联轴节的中间轴结构。

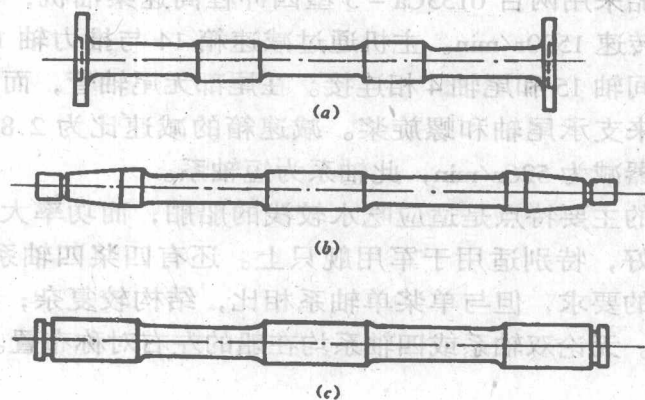


图 5-1-3 中间轴

因轴系安装时的同心度要求较严格，因而各中间轴两端的法兰加工时与轴的同轴度要求较严格，并且在构造上要具有便于安装和拆修时对中找正的措施（基准点）。各法兰的连接螺栓一律采用铰制孔的精密紧配合螺栓连接。大多数中间轴系用的是实心结构，而只有对重量要求较严格的少数中间轴才采用空心结构，目的是使船舶的自重减轻。而对大多数中间轴段来说，每轴段只有一个中间轴承来支承。轴与轴承接触部分称为轴颈，为了使加工、修理、安装和测量方便起见，常采用轴颈尺寸大于基本轴径的设计结构。而中间轴的基本轴颈的尺寸大小，则要根据船舶建造规范的有关规定，加之对各类船舶轴系的受力情况进行分析和计算，并参照长期的实践经验来综合确

定。从设计和加工上看，轴颈、基本轴颈及联轴节处的各连接点，均应避免出现清角，而应采用适当的过渡圆角，以防止造成压力集中，使轴因疲劳而产生裂纹和断裂。

二、中间轴承的结构

中间轴承主要用于支承并保持中间轴有一个确定的横向位置，同时在工作中给轴颈与轴承以一定的润滑条件，可在减少摩擦的同时，提高传动效率。目前从船舶的应用来看，中间轴承主要有两种结构形式，滑动轴承和滚动轴承。前者因承载力大，并具有工作可靠、使用维护方便、安装修理方便等特点，因而是大中型船舶广泛采用的结构形式，而后者只应用于一些小型船舶中。

(一) 滑动式中间轴承

滑动式中间轴承按润滑方法的不同可分为：圆盘式滑动轴承、轴环式骨动轴承及油环——油芯复合式滑动轴承三种。尽管润滑方法不同，但其基本结构组成是相似的。现以圆盘式滑动轴承为例加以说明，图 5-1-4 为圆盘式润滑的中间轴承结构图。其轴承座上有两个油室，用管子相通。圆盘 5 的下部浸在滑油中，当轴转运时，部分滑油被随轴转动的圆盘 5 带到轴承上部的受油器 8，通过受油器的小孔流至斜槽，分配至各润滑部位以润滑轴与轴承，最后流回底部的滑油室。在室内没有蛇形冷却水管 6 对温度较高的滑油进行冷却。

(二) 滚动式中间轴承

滚动式中间轴承的结构形式是随着轴承的型号变化而略有变化。其轴承座与滑动轴承一样，通常用铸铁或铸钢铸造而成。小型的轴承也有钢板焊接的整体式结构，而大中型的轴承座则采用部分式结构。

图 5-1-5 所示为滚动式中间轴承的结构图。轴承的内圈是通过锥形套 5 和调整螺母 4 固定在中间轴的支承轴颈上，并随轴一起转动。轴承的外圈则紧固于轴承座 9 上，在安装滚柱轴承 12 时，应先将轴承装在轴颈上，在自由状态下用千分表测出它的径向间隙，然后逐步旋紧锥形套 5 上的调整螺母 4，由于轴承内圈的内径呈锥形，故内圈逐渐被胀大，间隙变小，当间隙减小到 40% 左右时，即认为是安装牢固。在安装这种双列向心短圆柱自动调心的滚动轴时，因其不能承受轴向负荷，因而在安装时，要特别注意将滚子轴承装入轴承座壳体的中部，使两端空余尺寸 A_1 和 A_2 相等，严禁 A_1 和 A_2 等于零。安装后向轴承壳体内注入滑油，滑油的注入高度不得低于轴承中心位置

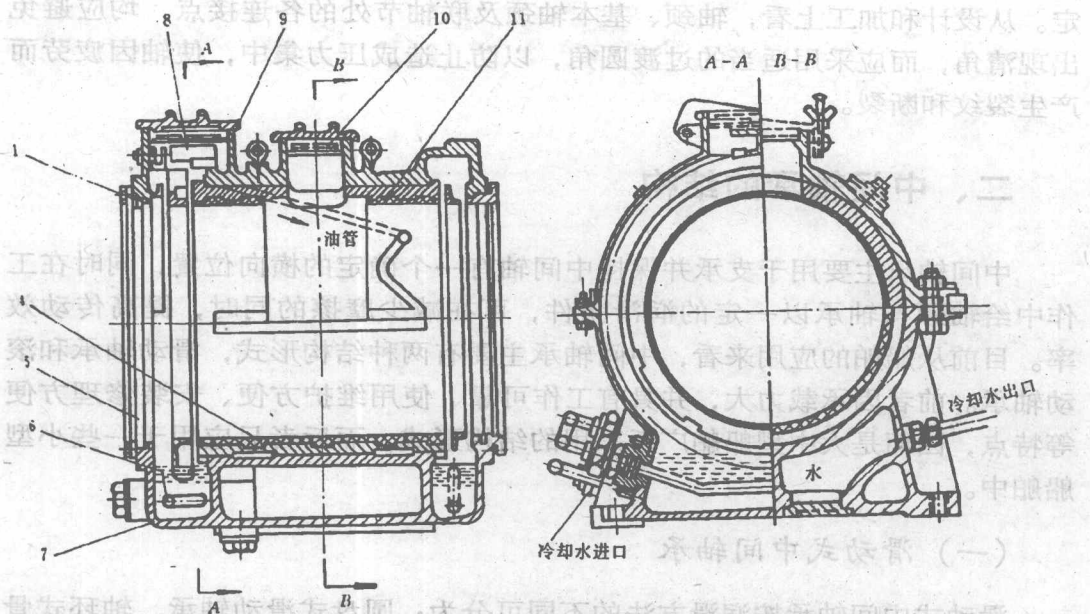


图 5-1-4 圆盘式润滑的中间轴承

- 1—填料压盖；2—填料；3—填料座；4—下轴瓦；5—圆盘；6—蛇形冷却管；
7—轴承座；8—受油器；9—轴承盖；10—过滤器；11—上轴瓦

的高度。

滚动式中间轴承与滑动式比较，具有摩擦阻力小，传动效率高，滑油消耗最少，工作时可随轴的弯曲在一定范围内自动调心的优点；其缺点是工作噪音大，而且为装拆轴承的需要，中间轴必须采用可拆式联轴节。

滚动式中间轴承，目前广泛应用于中小船舶中的高速轴系中。

三、中间轴和轴承的安装技术要求及轴承间隙

中间轴几何形状的准确性，将直接影响轴承的校中，也直接影响到轴系的安装质量和运转的可靠性。所以加工后的中间轴应满足下列要求：

(一) 跳动量

法兰端面、法兰圆周表面及轴颈圆周表面（径向）的跳动量不得超过 0.03mm。

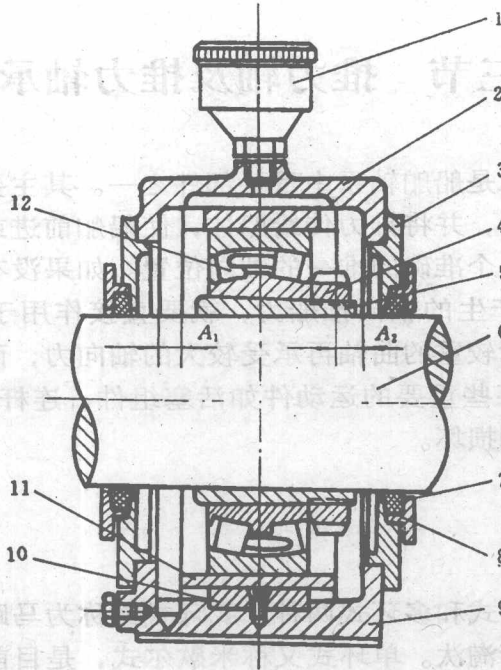


图 5-1-5 滚动式中间轴承

- 1—油环；2—轴承盖；3—端盖；4—螺母；5—锥形套；6—中间轴；
7—羊毛毡；8—密封盖；9—轴承座；10—滑键；11—导向环；12—滚柱轴承

(二) 圆柱度

轴颈表面的圆锥度要求每 100mm 轴颈长度内不超过 0.01mm。

(三) 圆度

圆度的大小和轴颈的直径大小有关，当轴颈直径小于 200mm 时，圆度不超过 0.02mm；当轴颈直径大于 200mm 时，圆度不超过 0.03mm。

轴承的安装间隙，如采用滑动式中间轴承时，轴承的下瓦内工作表面应接轴颈进行拂配，要求每 25mm² 面积内沾色油点 3~4 个；而沾色的面积在下瓦的对称面内占下瓦面积的 70% 左右，而在两侧瓦口沿处要求有部分不沾色点。具有上轴瓦的中间轴承，应在轴承上盖安装后，用压铅丝法检测轴与轴承间的间隙量，并采用瓦口垫片来调整其间隙量的大小，间隙一般为轴颈尺寸的 1.3%~1.5%。

第三节 推力轴及推力轴承

推力轴及推力轴承是船舶轴系中重要部件之一。其主要作用是：一方面承受螺旋桨的轴向推力，并将推力传给船体，使船舶前进或后退；另一方面还要保证整个轴系有一个准确的惟一的轴向位置。如果没有推力轴及推力轴承，则螺旋桨旋转而产生的轴向推船力，就要直接作用于柴油主机的曲轴上，迫使自身工作负荷较重的曲轴再承受较大的轴向力，而使曲轴产生轴向位移，造成发动机的某些重要的运动件如活塞组件、连杆及十字头组件等，会因失去对中性而受到损坏。

一、推力轴

推力轴可分为单环式和多环式两种。多环式又称为马蹄式，由于制造安装较复杂，目前已逐渐淘汰。单环式又称米歇尔式，是目前船舶常用的结构形式。

图 5-1-6 所示为单环式推力轴及推力轴承的结构图。推力环 3 一般与推力轴锻造加工为一体，两端的整锻法兰，一端与主机的输出法兰相连接，另一端则与中间轴的法兰相连接。

推力轴的技术要求：

(1) 法兰端平面的跳动量，在每 100mm 法兰直径内，不容许超过 0.005mm。

(2) 推力环的两端工作平面的跳动量：其径向每 100mm 不容许超过 0.005mm；且总量不应超过 0.05mm。

(3) 推力环前后的两支承轴颈的圆度和圆柱度；在轴径 $\leq 200\text{mm}$ 时为 0.015mm，而轴径 $> 200\text{mm}$ 时，不超过 0.02mm。

二、推力轴承

推力轴承又分滑动式和滚动式两种，目前滑动式具有承载力大，工作可靠等优点，所以在轴系中应用最为普遍。

图 5-1-6 所示是滑动式推力轴承结构简图。它主要由扇形推力块 1、两端支承轴承 2、轴承盖 5 及轴承座 6 等组成。推力块 1 为多块均分布在推力环 3 的前后两端。前端面的推力块为主机正车推力块，而后端面的推力块则为主机倒车推力块。推力块与推力环接触的一面浇铸有轴承合金。推力块的

◆第一章 船舶轴系安装质量检验与全过程控制监造◆

背面支靠在销子4上。销子4是对油压中心偏心地安装的，当推力块受力时，能以销子为支承点作任意摆动。故又称为动块式滑动推力轴承。这样在运转时，就能在推力环及推力块之间的摩擦表面形成一层楔形压力油膜，从而减少摩擦阻力，提高传动故障，延长轴承的使用寿命。

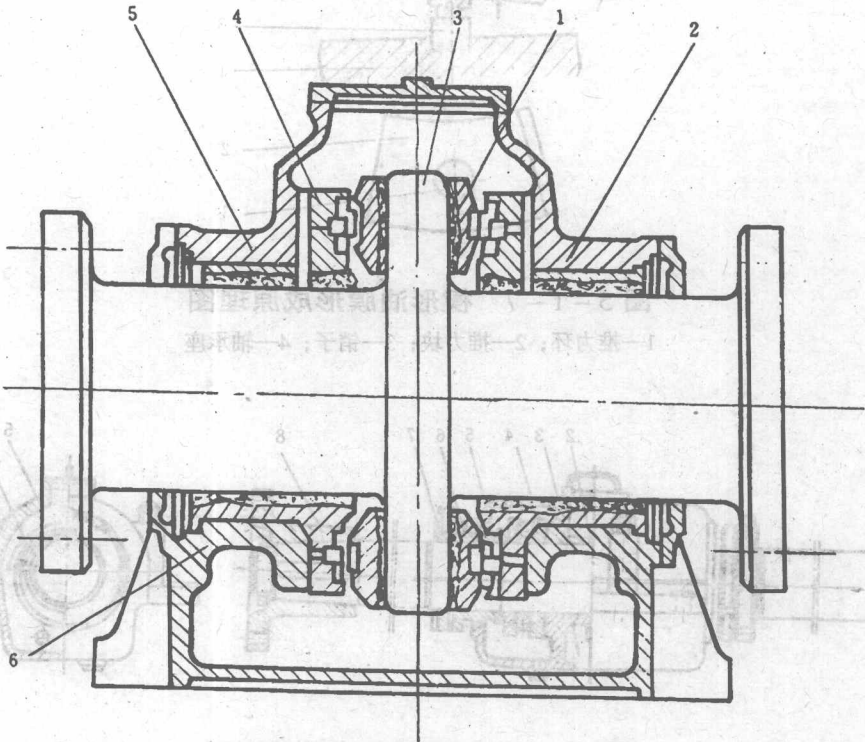


图 5-1-6 单环式推力轴及推力轴承

1—推力块；2—端支持轴承；3—推力轴上推力环；4—销子；5—轴承盖；6—轴承座

楔形压力油膜的形成基本原理如图 5-1-7 所示。当推力环 1 沿着箭头所示方向运动，在螺旋桨推力作用下压向推力块时，由于摩擦面间油膜作用在推力块上的总作用力并不通过球面销 3 的支承点，因此滑油压力 P 与支点反作用力 R 形成一力偶，迫使推力块 2 产生倾斜，从而形成楔形油膜，使推力环 1 与推力块 2 之间得到良好的润滑，并能承受较大的工作压力。支承推力块的销子，采用合金渗碳钢并经淬火热处理。

图 5-1-8 为滚动式推力轴承的结构图。主要由一个滑动支承轴承 3 和两个轴向推力球轴承 4 及轴承盖 5、轴承座 9 等组成。

由于采用滚动推力轴承。推力轴无需锻出推力环，而只加工出阶梯轴；并且推力轴的两端的连接法兰必须制成可拆的。

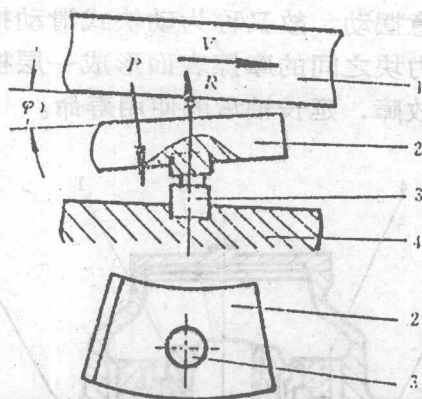


图 5-1-7 楔形油膜形成原理图

1—推力环；2—推力块；3—销子；4—轴承座

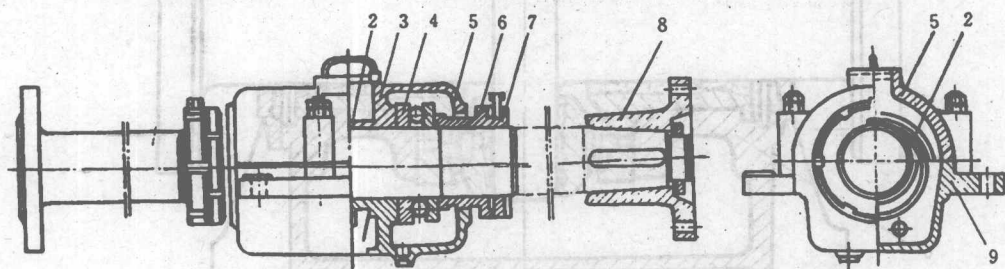


图 5-1-8 滚动式推力球轴承

1—推力轴；2—油环；3—支持轴承；4—推力球轴承；5—轴承盖；

6—螺母；7—并螺母；8—可拆联轴器；9—轴承座

滑动式推力轴承，无论何种结构形式，其安装后推力环与推力块之间，都必须具有一定的轴向间隙，这是因为润滑油膜的形成和零件热膨胀所必要的。而轴向间隙的调整，是通过安装在轴承座内的支撑螺栓的旋进或旋出来完成。另一种是通过改变调节板的厚度来达到的。在直接传动的轴系安装中，有一点相当重要的是，推力轴承的轴系安装中，有一点相当重要的是，推力轴承所调好工作轴向间隙，必须小于主机本身的推力轴承的轴向间隙，及连杆大小端轴向间隙，否则将引起或导致主机有关部件的损失。推力轴承的最高工作温度，应严格控制在 60°C 以下，否则油温过高，一方面使油变质，破坏油膜的形成，造成轴与轴承工作表面磨损严重，另一方面促使各部件产生热膨胀，减少轴向间隙，同样使轴承不能正常工作，严重时，可迅

速将白金推力块烧坏。所以工作中应及时检查和调整轴线及轴承间隙。

第四节 尾轴及尾轴管装置

一、尾轴的结构

图 5-1-9 所示为尾轴的基本结构图。其中 a 为整锻法兰或焊接法兰的尾轴结构；b 是可拆联轴节的尾轴结构；在尾轴的前后轴颈上采用铜套包覆，在其他非工作表面上用浸透环氧树脂胶剂的玻璃布包扎防腐。b 种结构在水润滑尾轴承的中小型海上船舶中应用的较多。而 a 种结构则用于油润滑尾轴承的船舶上。

尾轴装在穿过船尾壳体的尾轴管中，支承在尾轴承上。它的前端通过联轴节和中间轴相连接，其后端采用锥形轴颈加上平键与螺旋桨相连接，有的配以平键并依靠锥体末端的紧固螺母，将螺旋桨固紧在尾轴上。紧固螺母的螺纹方向应与船舶前进时螺旋桨的转向相反，以避免螺母发生松动。此外紧固螺母还应设有锁紧装置。螺旋桨的锥孔与尾轴的锥体的配合表面要求具有良好的形位精度、表面粗糙度外，还要求有良好的配合接触面，一般在车间试装时，除找出准确的同轴度外，同时应经过手工拂配，使锥孔与锥体表面 25mm^2 面积内不少于 3~4 个接触色点。

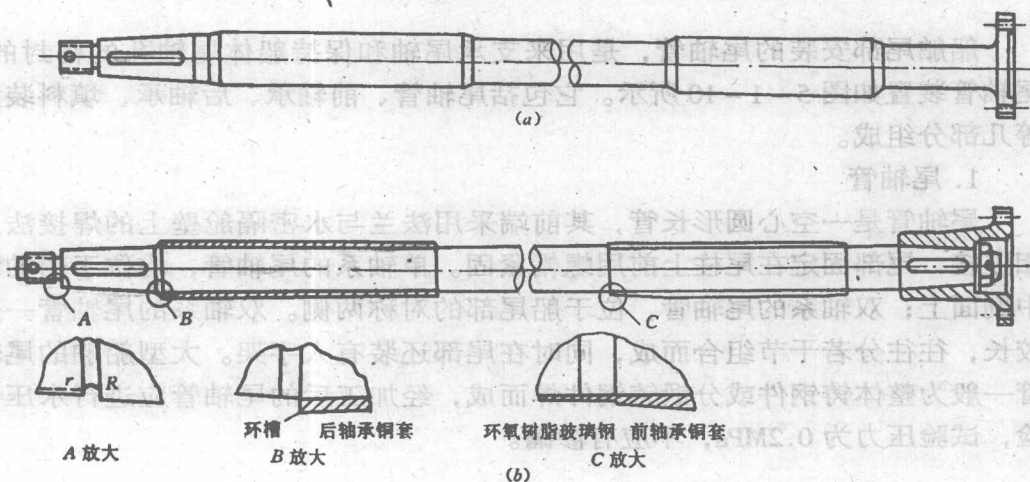


图 5-1-9 尾轴结构图

(a) 整锻法兰的尾轴；(b) 可拆联轴节、铜套包覆的尾轴

二、尾轴的技术要求

尾轴在制造或修理加工时应满足下列要求:

(1) 联轴节法兰外圆径向跳动量和法兰端面跳动量在外圆直径小于260mm内,不超过0.02mm,小于700mm内不超过0.03mm。大于700mm的不超过0.04mm。

(2) 轴颈铜套表面的圆柱度,在每100mm长度上不允许超过0.005mm;圆度最大不应超过0.025mm。为了达到此目的,通常是在铜套装入尾轴后与尾轴法兰外圆、平面同时充车。

(3) 尾轴锥体和联轴节锥孔的配合面应经拂配后每25mm²内3~4个接触色点。若有平键连接的,键与键槽两侧配合要紧密,用色油检查,在键的全长85%以上要接触,不接触的部分,要求0.03mm塞尺不能插进。

(4) 尾轴铜套的红套(加热膨胀后装入)过盈量应选择适当,一般轴颈的直径在100mm以内,取0.08~0.12mm;轴径在100mm以上,取轴径的千分之一,表面粗糙度应在R_{3.2}以上。铜套粗加工后,应作0.1~0.15MPa的水压试验。试验合格后精加工成品再红套,红套加热温度通常为250~350℃。为减少红套后的热应力,轴套两端应有卸荷槽。分段配置的铜套之搭口处应保证水密,不允许有水渗漏进入。腐蚀钢质的尾轴本体。

三、尾轴管的结构

船舶尾部安装的尾轴管,是用来支承尾轴和保持船体尾轴孔的密封的。尾轴管装置如图5-1-10所示。它包括尾轴管、前轴承、后轴承、填料装置等几部分组成。

1. 尾轴管

尾轴管是一空心圆形长管,其前端采用法兰与水密隔舱壁上的焊接法兰相连接,尾部固定在尾柱上前用螺帽紧固。单轴系的尾轴管,均位于船的纵中剖面上;双轴系的尾轴管,位于船尾部的对称两侧。双轴系的尾轴管一般较长,往往分若干节组合而成,同时在尾部还装有人字架。大型船舶的尾轴管一般为整体铸钢件或分锻铸钢件焊而成,经加工后的尾轴管应进行水压试验,试验压力为0.2MPa,不应有渗漏。

四、尾轴管轴承

尾轴管轴承(又称尾轴承)是用来支承尾轴的。单轴系尾轴管内一般装

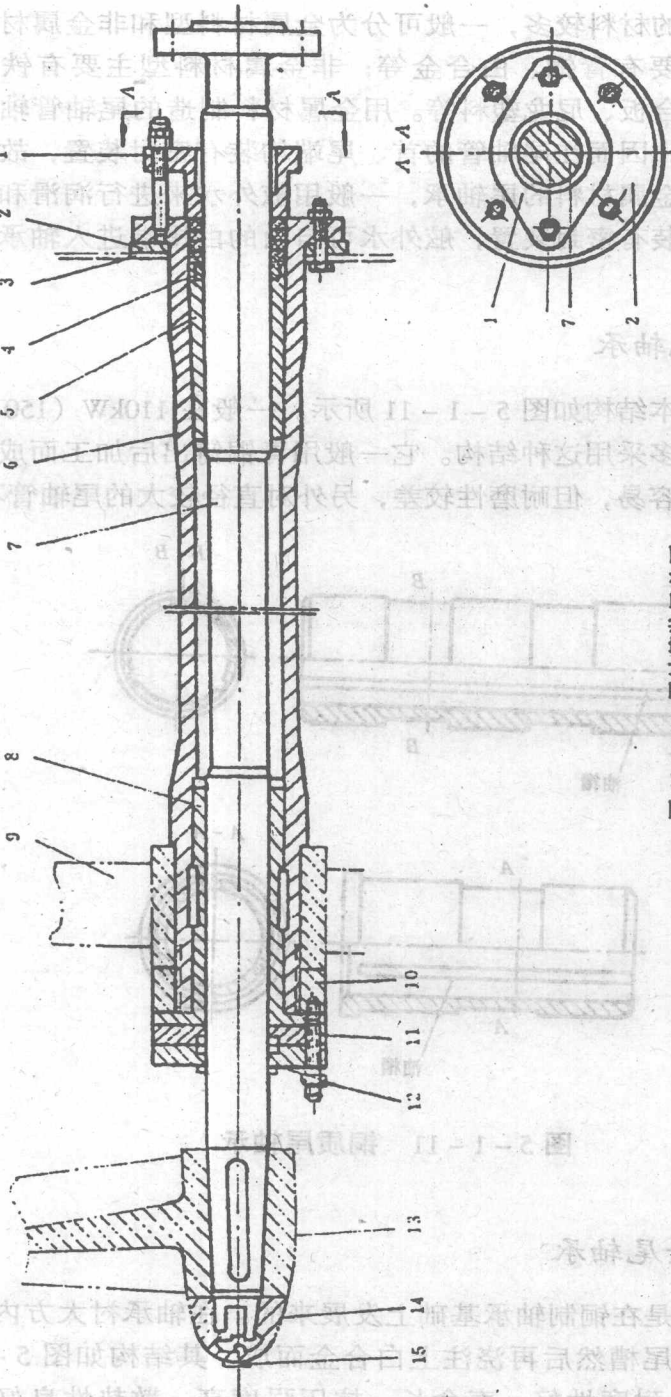


图 11-10 尾轴管装置总图

- 1—填料压盖；2—焊接法兰；3—隔舱壁；4—填料；5—前轴承；6—尾轴管；
- 7—尾轴；8—后轴承；9—尾柱；10—尾轴管；11—压板；12—橡皮密封装置；
- 13—螺旋桨；14—尾轴螺母；15—防松螺帽

有前后两上轴承；双轴系船舶，除尾轴管内装有两个轴承外，在人字架内也装有一个支承轴承。