

船舶动力装置原理与设计

朱树文 主编

国防工业出版社

船舶动力装置

PDF

U664.1
790

129665

船舶动力装置原理与设计

朱树文 主编



国防工业出版社

内 容 提 要

本书根据1978年船舶动力装置专业教材编写大纲讨论会上通过的《船舶动力装置原理与设计》大纲编写而成的。

全书共分五篇十四章，着重阐明船舶动力装置基本理论、原理、结构与特性。以柴油机动力装置为主，兼顾燃气轮机装置和柴-燃联合动力装置；以主推进装置为主，又兼顾辅助管路系统和总体设计。总学时数为180学时。

本书作为船舶动力装置专业教材，并可供造船系统的（设计、研究及生产单位）工程技术人员和工人，航运系统的（海上及内河）工程技术人员和管理人员参考。

023 12

船舶动力装置原理与设计

朱 树 文 主 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张45 1058千字

1980年9月第一版 1980年9月第一次印刷 印数：0,001—2,800册

统一书号：15034·2068 定价：4.55元

前 言

本书是在我校 1958 年编的《船舶动力装置》讲义、1963 年编的《船舶内燃机动力装置原理与设计》讲义和 1975 年编的《船舶动力装置原理与设计》讲义以及在多年教学实践的基础上,根据 1978 年 4 月六机部在上海召开的船舶动力装置专业统编教材编写大纲讨论会上通过的《船舶动力装置原理与设计》大纲编写而成的。

自我校 1958 年编写《船舶动力装置》讲义以来,至今逾廿年,我国造船工业有了很大发展,不仅传统的低速柴油机动力装置,而且中速柴油机动力装置的船舶也在迅速发展,燃气轮机动力装置的船舶正开始研制,今后必将有较大发展,因此本书编写内容较之过去有重大修改、补充和更新。在第一篇主传动装置中较全面地论述中速柴油机动力装置的特殊问题——传动部件的原理和设计。考虑到这些部件目前尚未系列化和标准化,故此篇较具体地介绍了它们的设计计算方法和设计参数的选择,并有实例介绍,以供参考。第二篇船机桨工况与配合特性是动力装置的理论基础,其中对典型推进装置的各种工况都作了较全面的论述,并对过渡工况的特性及其变化作了详细的分析。第三篇辅助管路系统,主要以低速柴油机动力装置为重点,介绍了常用管路系统与设备的原理及设计问题,要求学生能对其它类型的动力装置举一反三。第四篇燃气轮机推进装置,是为适应今后发展需要而新增加的内容。第五篇总体设计,是前几篇内容的总结,论述了总体设计思想和观点以及解决问题的途径,使学生能建立总体设计的观念。

本书是统编教材,与有关学校同类专业的教学要求和计划不完全一致,各学校在采用本书作教材时,教师可根据实际情况作适当的取舍。

本书是由我校二系动力装置教研室朱树文同志主编,集体编写而成的。参加编写的有:李铭慰、高鸷、朱树文、杨承参、花家寿、童祖楹、施润华、王统、邱树林、骆振黄、任文江、张寿恺、张重超、施仲箴等同志。由于编写时间仓促,加之学识水平的限制,书中一定存在不少的缺点和错误,望读者批评指正。

本书由武汉水运工程学院张乐天、周德裕同志主审。在教材审稿会上,华中工学院、华南工学院以及镇江船院等有关同志都提出了不少宝贵意见。上海船厂彭树恺同志、上海船舶设计院荣次仙、沈家琪同志等在编写过程中也提供了许多可贵的资料与意见,在此一并表示深切的谢意!

编 者

一九七九年九月于上海交通大学

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 主传动装置

第一章 船舶轴系	4
§ 1-1 船舶轴系的任务与组成	4
§ 1-2 轴系的布置	4
§ 1-3 传动轴的设计	12
§ 1-4 船用中间轴承和推力轴承结构、参数选择与计算	28
§ 1-5 艉轴管装置	42
§ 1-6 刚性联轴节	55
§ 1-7 液压连接在轴系中的应用	58
§ 1-8 轴系对中的合理设计	64
第二章 船用摩擦离合器	81
§ 2-1 摩擦离合器的作用、工作原理及特点	81
§ 2-2 摩擦离合器的结构	85
§ 2-3 摩擦离合器的传扭能力和主要参数的选择	97
§ 2-4 摩擦离合器设计中的几个问题	103
第三章 船用液力偶合器	117
§ 3-1 液力偶合器的工作原理	117
§ 3-2 液力偶合器的外特性	119
§ 3-3 液力偶合器无因次特性	131
§ 3-4 液力偶合器在船舶上应用的特征与它的结构分类	133
§ 3-5 船用液力偶合器的设计计算	137
第四章 船用弹性联轴节	158
§ 4-1 概述	158
§ 4-2 弹性联轴节对船舶轴系的减振作用	163
§ 4-3 高弹性整圈橡胶联轴节	179
§ 4-4 高阻尼金属簧片联轴节	185
第五章 可调螺距螺旋桨装置	195
§ 5-1 调距桨的基本特性及其在船舶推进装置中的应用	195
§ 5-2 调距桨装置的结构	205
§ 5-3 调距桨装置毂部机构的设计与计算	237
第六章 船用齿轮传动装置	250
§ 6-1 概述	250
§ 6-2 齿轮传动装置典型结构和类型	254
§ 6-3 齿轮传动装置参数的选择	262

§ 6-4	齿轮传动装置破坏形式与材料	267
§ 6-5	齿轮传动装置的设计计算	270
§ 6-6	传动装置方案选择中考虑的几个问题	299

第二篇 船机桨工况与配合

第七章	船舶航行中的阻力特性	307
§ 7-1	船舶阻力的形成及其特性	307
§ 7-2	船舶阻力的影响因素	314
§ 7-3	船舶有效功率估算	316
第八章	船舶推进器特性	324
§ 8-1	船舶推进器简介	324
§ 8-2	螺旋桨的几何形状	330
§ 8-3	螺旋桨工作特性	334
§ 8-4	船舶推进装置的动力传递	349
§ 8-5	螺旋桨主要参数的确定	353
第九章	船机桨工况配合特性	369
§ 9-1	船机桨工况配合概述	369
§ 9-2	船机桨在稳定工况下的工况配合特性	376
§ 9-3	船机桨在过渡工况下的工况配合特性	389

第三篇 辅助管路系统（管系）

第十章	辅助管路系统原理	398
§ 10-1	冷却管系	398
§ 10-2	燃油管系	406
§ 10-3	滑油管系	423
§ 10-4	压缩空气管系	437
§ 10-5	排气管系	444
§ 10-6	机舱通风管系	460
§ 10-7	舱底-压载水管系	466
§ 10-8	消防管系	473
第十一章	管系辅机与设备	484
§ 11-1	液体净化装置	484
§ 11-2	制淡装置	501
§ 11-3	辅助锅炉	512
§ 11-4	热交换器	527
第十二章	辅助管路系统设计	555
§ 12-1	管系的布置	555
§ 12-2	辅助机械设备估算	569
§ 12-3	管路计算	597
§ 12-4	管路水力计算	601

第四篇 燃气轮机推进装置

第十三章 燃气轮机推进装置	615
§ 13-1 典型燃气轮机推进装置的形式、原理与特点	615
§ 13-2 舰用同步离合器	627
§ 13-3 联合动力装置推进系统的几个设计问题	640
§ 13-4 燃气轮机联合动力装置的工况配合特性	662

第五篇 动力装置总体设计

第十四章 动力装置总体设计	668
§ 14-1 内容与方法	668
§ 14-2 设计工作的几个问题	670
§ 14-3 机舱规划	696
主要参考书	713

绪 论

十九世纪初期, 蒸汽机成功地作为船舶推进动力。从此, 船舶技术进入了一个新时代。蒸汽锅炉产生蒸汽使蒸汽机运转, 带动桨轮推进器, 这是最早产生推进力的机械设备。桨轮推进器是一个带桨叶的大转轮, 它大部分露于水面, 只有一小部分浸于水中。是当时唯一实用的推进器, 普遍使用了达几十年之久。我国称它为“明轮”, 把装有明轮的船称为“轮船”。直到今天, “轮船”这一名词仍为使用动力推进的船的通称。与此同时, 人们又把驱动明轮转动的蒸汽机、锅炉等成套机器设备称为“轮机”, 在船上管理和操作这些机器设备的工作人员称为轮机员, 有关研究、设计、制造的技术工作称为轮机工程。

随着社会生产的发展和技术的进步, 一百多年来船舶有很大变化, 船上的机器设备不仅是用于推进, 而且还承担着许多其它任务。因此“轮机”一词的内容也随着丰富起来, 不再限于推进设备了。

“轮机”这个名词虽普遍使用着, 但多年来并没有明确的统一定义或解释。我们试从实际工作中, 例如设计、制造和修理部门的工作去找答案。现在普遍认为轮机工程所研究的内容大致为:

1) 推进系统——产生推进力的有关设备, 如轴系及轴系振动; 传动设备; 主机的辅助系统; 机舱内部设施; 油类的贮存及处理; 可调螺距螺旋桨等。

2) 全船系统——供电的动力设备; 供汽及加热设备; 通风及空气调节系统; 消防及安全设施; 用水供应; 救生设施等。

3) 设备系统——收放锚设备; 操舵设备; 装卸干货机械; 油轮货油系统; 冷藏系统; 特种技术设备等。

4) 自动化——主、辅机械集中操纵; 主、辅机自动控制; 机器设备工作状态的监控; 系统自动化工作等。

基于上述我们知道“轮机”是一个范围很广的工程技术概念, 它包含着许多学科的综合。为了技术的发展, 无论是科学研究或者是教学, 都有必要把广泛的内容按学术特点划分为若干专业部门。例如动力装置、自动化、振动与噪声、甲板机械……等。

本书是专门供学习动力装置知识用的。所以书中规定动力装置的讨论内容为: 向全船供应能量的设备和主要使用这种能量的设备, 其中以推进系统为主, 兼及有关系统。

船舶动力装置有三个能量供应的设备: 主机、发电机组和辅锅炉。主机与传动设备、轴系和推进器, 构成推进装置。主机发出动力, 通过传动设备及轴系驱动推进器产生推力。发电机组是由柴油机或燃气轮机发动机与发电机所组成, 它发出电能, 供全船使用。锅炉是利用热能产生蒸汽供全船使用。推进力就是船的活动能力。提供推进力是动力装置的根本任务, 因此推进装置是动力装置的主体, 其技术性能直接代表动力装置的特点。

推进装置的特点, 体现在四个方面: (1) 发动机的类型; (2) 推进器的类型; (3) 发动机能量传给推进器的方式; (4) 发动机所用的燃料。最早的推进装置是以煤为燃料。

煤在锅炉中燃烧产生蒸汽，供往复蒸汽机之用。蒸汽机以机械传动方式驱动桨轮推进器。以后出现了螺旋桨推进器，逐步取代了桨轮推进器，并已成为今天最普遍的推进器。驱动推进器的发动机称为主机。上世纪末和本世纪初，柴油机和汽轮机相继成功地用作主机。从那时起，往复蒸汽机的使用逐渐减少，柴油机和汽轮机已成为主机的两大类型发动机。在燃料方面，石油又代替了煤，成为主要燃料。四十年代末，燃气轮机开始进入主机行列，目前已在军舰的推进动力中占有重要位置。随着技术的发展，燃气轮机在运输船上也将得到较多的应用。利用核反应堆的热能代替普通燃料以产生蒸汽，供汽轮机工作，使动力装置在燃料方面发生很大的变革。使用核动力的船不仅可以延长燃料补给时间，而且汽轮机装置可以在水下运转，因而成为潜水艇的重要推进装置。可调螺距螺旋桨虽然很早就出现，但只在近二十年来才被广泛采用。以上讲的都是指使用机械传动方式的推进装置。另一种传动方式是电力传动，即主机带动发电机发电，通过电动机驱动螺旋桨。以各种不同类型的发动机，不同型式的推进器和传动方式，又可以组成许多型式的推进装置，使各具特殊的性能，以适应各种类型船舶的需要。图 0-1 列出各种组合型式：

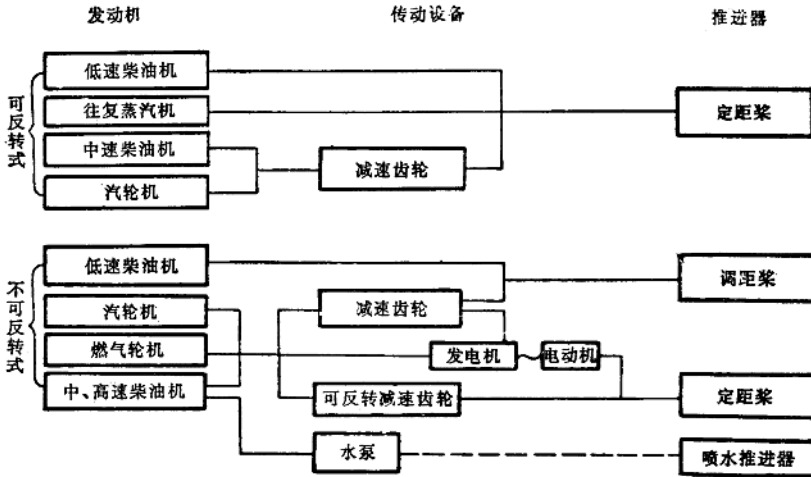


图0-1 发动机—传动设备—推进器的各种组合的推进装置方案

现代推进装置的发动机与传动设备的组合，可分为五大类：

- 1) 柴油机推进装置——计有低速柴油机直接传动式；中、高速柴油机齿轮减速式；中、高速柴油机电传动式。
- 2) 汽轮机推进装置——计有汽轮机齿轮减速式；汽轮机电传动式。
- 3) 燃气轮机推进装置——计有燃气轮机齿轮减速式；燃气轮机电传动式。
- 4) 联合式推进装置——计有柴油机、燃气轮机齿轮减速式；燃气轮机、汽轮机齿轮减速式。
- 5) 核动力推进装置——计有汽轮机齿轮减速式；汽轮机电传动式。

根据发动机的特点，适当配用定距桨、调距桨或采用可反转齿轮和电传动方式以取得反向推力。本书讨论对象以柴油机推进装置为主，兼及燃气轮机推进装置和联合式推进装置。

气垫船是一种特种船，航行时船底与水面之间被空气层隔开，船底与水面不接触，船的阻力因而大为减小。全气垫船使用高速柴油机或燃气轮机驱动空气螺旋桨的推进方式，并用空气舵来转向。气垫船兼有船和飞机的特点。

动力装置是舰船活动力的来源。如果它的设备中的一部分功能失去作用或者工作不稳定，船就要失去部分活动能力和作业能力，影响乘员的工作和生活以及船舶的安全，所以动力装置必须工作可靠。

动力装置的性能直接影响舰船的行动效果。以运输船舶为例，它是以运得多，消耗少为总目标。因此，运输船舶的动力装置，无论在设计上、建造上，都要着眼于提高经济效益，即投资少，设备重量轻，燃料消耗少，停航维修时间和费用少，等等。其中也包括工作可靠在内。对于作战舰艇，动力装置的性能必须使舰艇行动灵活，满足作战的需要。而自身的工作则必须能够适应战斗的环境和应付可能出现的严重情况等。

三十年来，新型动力装置不断出现，原有的动力装置类型的性能也有提高，这是大力开展动力装置技术研究所取得的成果。所有这些技术研究，都是围绕着上面所指出的大目标进行的。

推进装置是动力装置中消耗燃料最多的设备。减少燃料消耗，亦即提高推进装置的效率，无论对于运输船舶或军舰都是有重大意义的。对于一切形式的发动机，人们都在致力于研究提高其效率。另一方面，在一定的燃料消耗下要提高其推进效果，也就是要提高传动设备的效率和推进器的效率。发动机效率，传动设备效率以及推进器效率三者的综合就是推进装置的效率。提高三方面效率的研究工作，都是为了节省燃料。

燃料消耗率的降低，可以减少燃料的费用。使用廉价的燃料，同样可以降低燃料费用。因此使发动机能够使用廉价的燃料，也是一项重大的研究任务。

燃料的热能除了在发动机中转变为机械能之外，其余部分，都排于大气和海水之中。对这部分废弃的热量，加以尽可能的利用，是很有意义的研究工作。目前柴油机的排气废热可用来产生蒸汽，用于各种用途；燃气轮机的排气废热用以产生蒸汽，以驱动汽轮机，汽轮机与燃气轮机共同驱动螺旋桨。上述废热利用的例子都是围绕燃料问题的研究和发展问题。

动力装置自动化，即机舱管理工作自动化，以及集中遥控等新技术的应用，不仅可以简化管理工作，减少机舱管理人员数量，改善机舱里工作的劳动条件，还可以提高设备运转的性能，减少操作错误。目前，许多新建的船的自动化的程度逐渐提高，并实行机舱内无人值班制度。在研究自动化技术的同时，更要研究提高设备运转的可靠性。

人们对于海洋的认识还很少，需要进行大量的科学调查和研究。海洋的资源非常丰富，需要去勘察开发。因此需要在水面和水下活动的各种用途的船舶。水下作业船的任务和工作条件与水面船舶又很不相同，所以其动力装置及其它系统设备等既有其特殊性，又带来很多新的问题，要求去研究解决。

总之，在加速四个现代化的建设过程中，我们船舶工程必须在设计、制造上不断提高水平和能力，以承担起繁重的科研、生产任务。为此，希望本教材能在理论知识上为实现船舶工程现代化起到积极作用。

第一篇 主传动装置

第一章 船舶轴系

§ 1-1 船舶轴系的任务与组成

船舶轴系的基本任务是将主机的功率传给螺旋桨，同时又将螺旋桨旋转产生的轴向推力传给船体，以推动船舶运动。

图 1-1 为单桨装置轴系简图。从主机曲轴法兰起，到艏轴止，包括推力轴、中间轴、艏轴（或螺旋桨轴）、联轴节和支承部件，如推力轴承、中间轴承、艏轴管装置等，这些部件的总称为轴系。

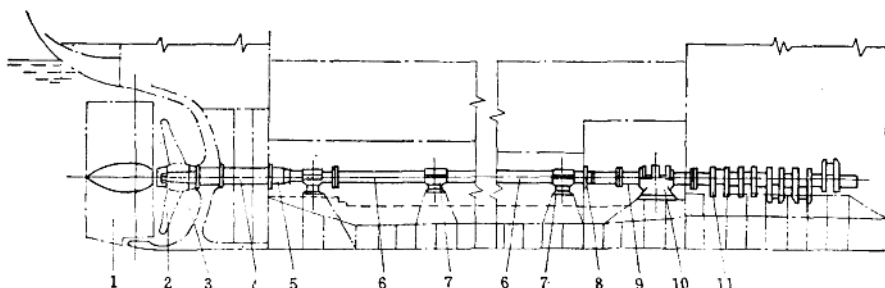


图 1-1 单桨装置轴系

1—舵；2—螺旋桨；3—艏轴；4—艏轴管；5—轴封；6—中间轴；7—中间轴承；
8—舱壁轴封；9—推力轴；10—推力轴承；11—主机曲轴。

有的轴系中还带有传动设备，如离合器、弹性联轴节和减速齿轮箱等部件（见图 1-7）。

由于船的任务和要求不同，使得船体型线和动力装置型式不同，轴系所包括的具体组成部件也不完全一样。图 1-1、图 1-7 乃是一般典型船舶的情况。

轴系设计的基本出发点应充分考虑船体和动力装置的具体情况，合理选用和布置部件，保证它们具有足够的强度和刚度，并使其便于安装、制造和维修。

§ 1-2 轴系的布置

新船设计中轴系部分的设计工作一般是从轴系布置开始的。当机舱、主机和螺旋桨的位置已初步决定，并对轴系的结构有充分了解和考虑后，首先确定轴线数目、位置和长度，初步选定轴承的位置和间距等，然后再选用或设计轴系部件，进行轴系强度计算和振动验算，最后绘制轴系布置及安装总图，完成轴系的设计工作。下面就轴系布置中有关问题进行分析和介绍。

一、轴线的确定

1. 轴线数目

前面已经提到，从主机到螺旋桨间的轴系，往往是由好几段位于同一直线上的轴互相连接起来的。这种位于同一直线上的轴系称为轴线。轴线数目往往取决于船舶的类型、航行性能、生命力、主机型式及特性、装置在多种情况下的最大经济性、及其工作可靠性等而定。一般民用船舶的轴线数目都不超过三根；大型远洋商船往往用一根；一些航速较快，经常进出港口的客轮或集装箱船，特殊要求的船舶往往用两根，军舰一般是两根或三根，个别多达四根。

一般单轴系的轴线，常将其布置在船舶的纵舦剖面上，双轴系的船舶，轴线往往对称地布置在两舷，而三轴系的船舶则往往其中有一根轴线在船舶的纵舦剖面上，而其余两轴线则对称地布置在两舷。轴系一般从主机伸向艏部的，但是在个别特种船舶中，如汽车、火车渡轮等，为了离靠码头方便除有艏部轴线外，常在船舶的艉部也布置有轴线。

2. 轴线的位置和长度

轴线是一根直线，它的位置和长度决定于其两 endpoint 的位置，一个 endpoint 是螺旋桨中心，另一个 endpoint 是主机的输出轴法兰中心。

关于主机位置的确定方法将在机舱布置有关章节中介绍，这里只简单介绍一下螺旋桨位置的确定原则。

螺旋桨相对于船体的正确位置是整个船舶设计中需要考虑的问题之一。螺旋桨在艉部的定位是由船体设计方面来决定的。螺旋桨布置时应考虑下面几点：

- 1) 螺旋桨的边缘（桨叶的端边）一般不应超出舦部轮廓之外；
- 2) 螺旋桨应浸入水面下一定距离；
- 3) 从螺旋桨边缘到船舶外板间应保持一定空隙；
- 4) 从螺旋桨边缘至基线的距离不小于 150 毫米。

如果这些要求不能达到，那就必须采取特殊的措施，以防止螺旋桨的损坏或产生不利的影晌。

《钢质海船规范》提出了单桨船舶螺旋桨相对船体位置最低限度的间隙要求。《规范》建议螺旋桨艏柱、舵之间的最小间隙如图 1-2 所示，不小于表 1-1 的要求 (D ——螺旋桨直径)。

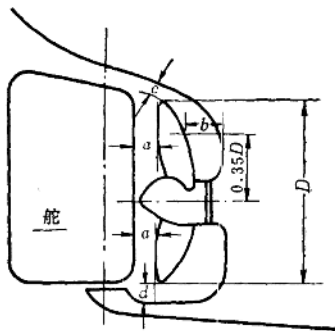


图1-2 螺旋桨相对船体位置

表1-1 螺旋桨与船体的间隙

螺旋桨边缘与舵, a	$0.10D$	螺旋桨边缘与船壳, c	$0.10D$
螺旋桨边缘与艏柱, b	$0.18D$	螺旋桨边缘与龙骨, d	$0.04D$

理想的轴线位置，它最好是布置成与船体龙骨线（基线）水平，而在多轴线时，轴线又必须保持对称以及和纵舦剖面平行。但是这样理想的轴线往往是很难实现的。因为它的舦艉位置必须服从于主机的布置和螺旋桨的布置，如主机位置比较高而船舶吃水比较浅，为

为了保证螺旋桨浸入水面下一定距离,有时不得不使轴线向艏部倾斜一定角度,如图 1-3 a 所示。有些双桨或多桨推进装置船舶的轴系,为了使螺旋桨桨叶的边缘离开船的外板有一定空隙,容许轴线在水平投影上离开船舶纵舳垂面偏斜一个角度,如图 1-3 b 所示。轴系的倾斜或偏斜都给推进装置带来不利,降低了螺旋桨的有效推力。为了使有效推力不致显著下降以及保证主机工作的安全可靠,一般 α 角限制在 $0\sim 5^\circ$ 之间,而 β 角限制在 $0\sim 3^\circ$ 之间。但是对于快艇,由于条件的限制,倾斜角有时可达 12° 之多。

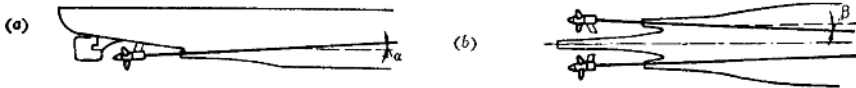


图1-3 轴系的倾斜角和偏斜角

轴系的长短视主机位置而定,如果主机布置靠近艏部,则轴系短,如果主机布置在船的前部,则轴系就长,一般船舶主机布置在船的舳部偏艏。

二、中间轴承的位置及间距

对于机舱布置在舳部的大型船舶,其轴系长度达几十公尺,有的甚至达 100 公尺以上,这时轴系就要用几段中间轴靠法兰连接起来。对于这样长的轴系就必须有较多的中间轴承,每根中间轴均由中间轴承支持。轴承底座与船体连接,轴承位置安排不当,在船体变形时将使轴承负荷增大好几倍,造成发热和迅速磨损。因此轴承位置和间距的适当布置将决定轴系运行的可靠与否。至于轴本身重量所产生的弯曲,通常对轴系的影响不大。

1. 船体变形对轴承的影响

从图 1-4 可见船体局部变形时,中间轴承负荷显著增加,有时会使轴系与轴承咬死。为此应尽量将轴承放在隔舱壁附近,因该处船体刚性较大,变形较小。小船的中间轴承可以直接放在隔舱壁上。

为了克服或减少船体局部变形对轴系工作的影响,可采取下列措施:

- 1) 轴承设置在刚性较强的船体结构处;
- 2) 使用自动整位的双列向心球面滚动轴承;

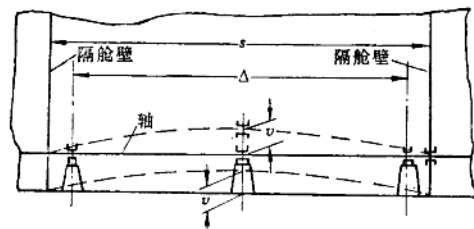


图1-4 船底局部弯曲对轴承负荷的影响

- 3) 在轴瓦单位面积允许的负荷范围内,缩短滑动轴承的轴瓦长度;
- 4) 在主机与推力轴,推力轴与中间轴之间采用弹性联轴节,以保证轴线在弯曲时,轴系仍能正常工作。

2. 轴承间距和数量

曾有人错误地认为轴承数量越多越好。理论和实践都证明适当减少轴承数量,增加间距后轴系的柔性增加,工作更为可靠。适当减少支承点虽然会增加弯矩和轴承负荷,但轴系的变形牵制减少,轴承额外负荷反而会减少。特别对于船体结构比较弱,轴系又比较长,

船的装载分布变化又比较多的船,例如内河货船,它的船体变形量比较大,并且变形状态又多样,这时轴系的适应能力要高些,即轴承的间距宜大一点,反之,如船体刚性较大,轴系适应船体变形的要求较低,轴承的间距可小一些。

轴承跨距限度,可用以下经验公式估算:

$$125\sqrt{d_{zh}} \leq l_m \leq 200\sqrt{d_{zh}}$$

式中 l_m ——最大允许轴承跨距,厘米;

d_{zh} ——中间轴直径,厘米。

在实际设计中,采用较大跨距会受到下列多方面的限制:

1) 轴系临界转速的限制:轴承跨距过大易产生横向振动。轴系临界转速随轴承跨距增大而降低。所以轴承跨距增加到一定值时,往往使临界转速降低到主机的工作转速范围内,这样轴系会产生共振而造成损坏。

2) 间距过大,挠度相应会增加,造成轴承负荷不均匀。

3) 轴承间距过大,受制造工艺与安装工艺的限制。例如轴系跨距按 $l_m = 200\sqrt{d_{zh}}$ 来计算,轴径为 300~400 毫米时,轴承间距可达 11~12 米,制造安装均感不便。一般希望不超过 9 米(具体情况应视各船厂加工条件及舱室间距离而定)。

轴承间距决定后,在定轴承位置时应该注意尽量不使两轴连接法兰的位置处于二轴承间距的中部,不然易产生过大的挠曲,使安装困难。

中间轴承应安装于靠近法兰处,并尽可能使轴承中心到连接法兰中心线的距离等于 $0.2l$,如图 1-5 所示。

对于小船,如果主机和螺旋桨距离不超过 20~25 倍轴的直径时,可以取消中间轴承,运转情况较具有中间轴承时反而有所改善。

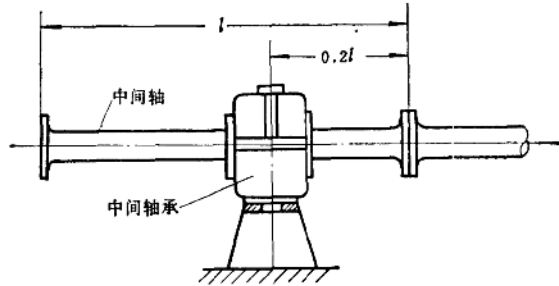


图1-5 轴承位置与中间轴关系

三、轴系布置的典型实例

图 1-6 为万吨远洋货轮庆阳号的单轴系布置图。该轮的主机系采用低速重型万匹马力柴油机,柴油机经传动轴直接与螺旋桨连接。这种柴油机本身附带有推力轴承,故在轴系中没有另设推力轴及推力轴承。整个轴系总长为 30.925 米,由一根艏轴(2)及四根中间轴(6)、(10)、(11)、(15)组成,采用整锻法兰相互连接,四根中间轴由四个中间轴承(13)所支承,轴系的中心线与船体基线平行,在艏轴伸出船壳的地方设有艏管装置(1)、在中间轴穿过前舱壁处设有隔舱填料函(14),在艏管装置的前端设有艏管装置填料函,它们的任务是防止海水进入船内。在轴系穿过货舱处,设有一个四周用铁板围成的船体结构,称为轴隧,它将轴系与货舱隔开,并起保护轴的作用。在前舱壁上装有水密门,轮机人员可以通过它自由进出轴隧,以便检查轴隧中的轴系工作情况。为了吊轴,在轴隧上开有可拆开的窗口,平时用铁板盖住。在轴隧靠近艏部处开了一个水密竖井一直通向甲板。

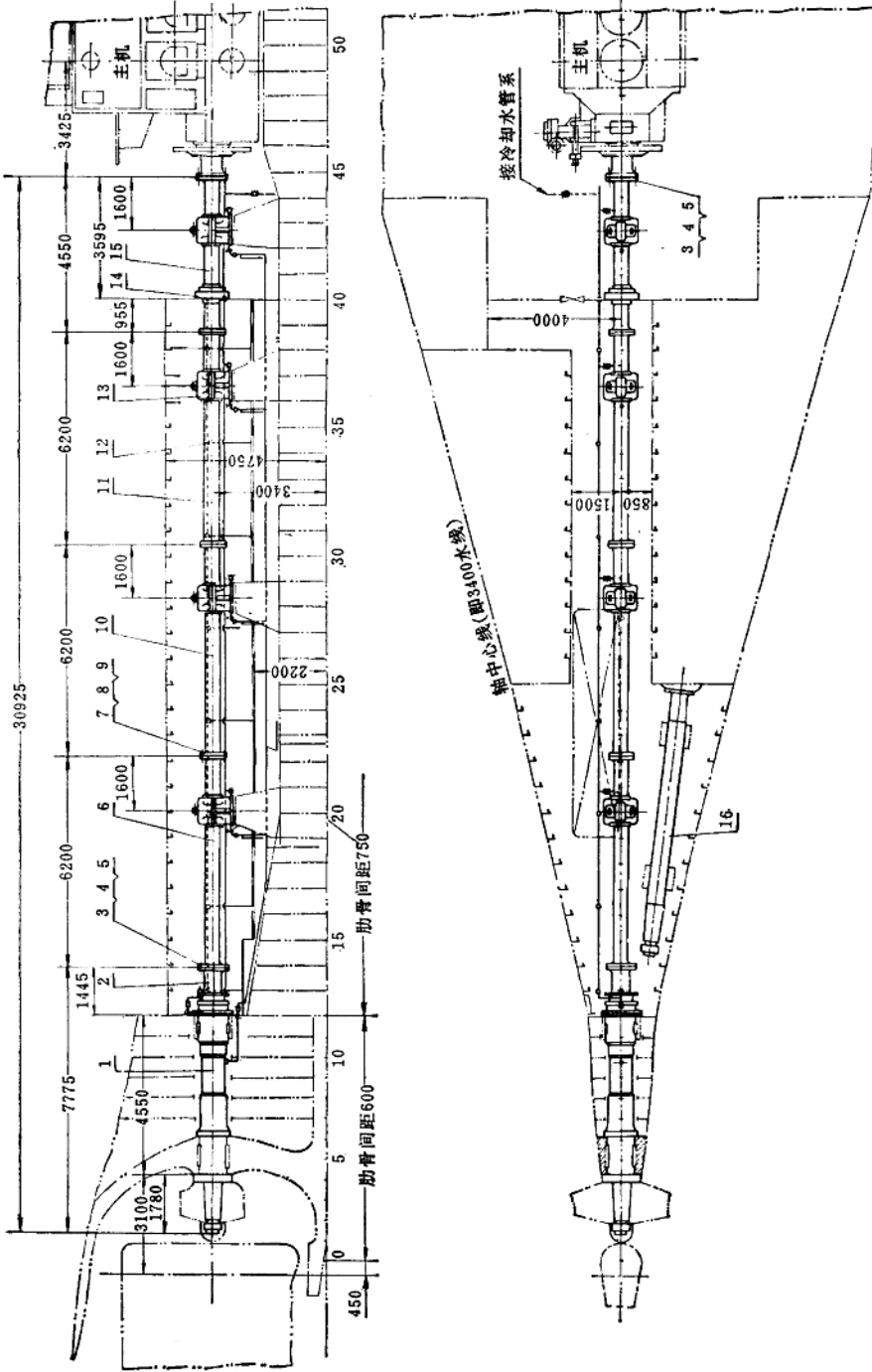


图1-6 远洋万吨轮庆阳号单轴系布置图
 1—联轴装置；2—联轴；3、4、5—螺栓、螺母、开口销；6、10、11、15—中间轴；7、8、9—螺栓、螺母、开口销；
 12—栏杆支柱；13—中间轴承；14—隔配填料函；16—备用轴。

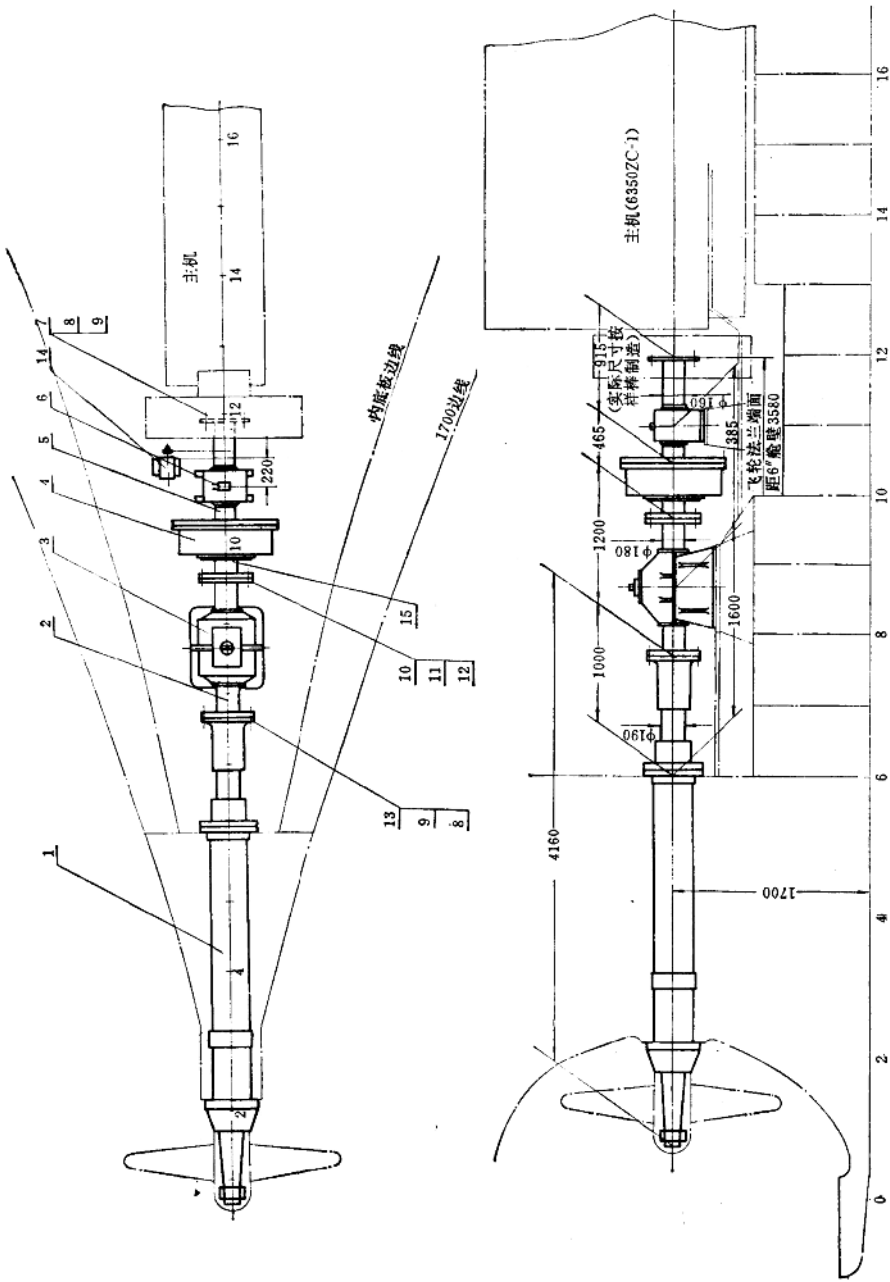


图1-7 1000吨沿海货轮轴系布置图

1—艏轴艏管；2—推力轴承；3—推力轴；4—高弹性整圈橡胶联轴节；5—短轴；6—短轴承；7—曲轴飞轮短轴连接螺栓；8—螺母；9—开口销；10—螺栓；11—螺母；12—止动垫圈；13—螺栓；14—直流测速发电机；15—连接法兰。

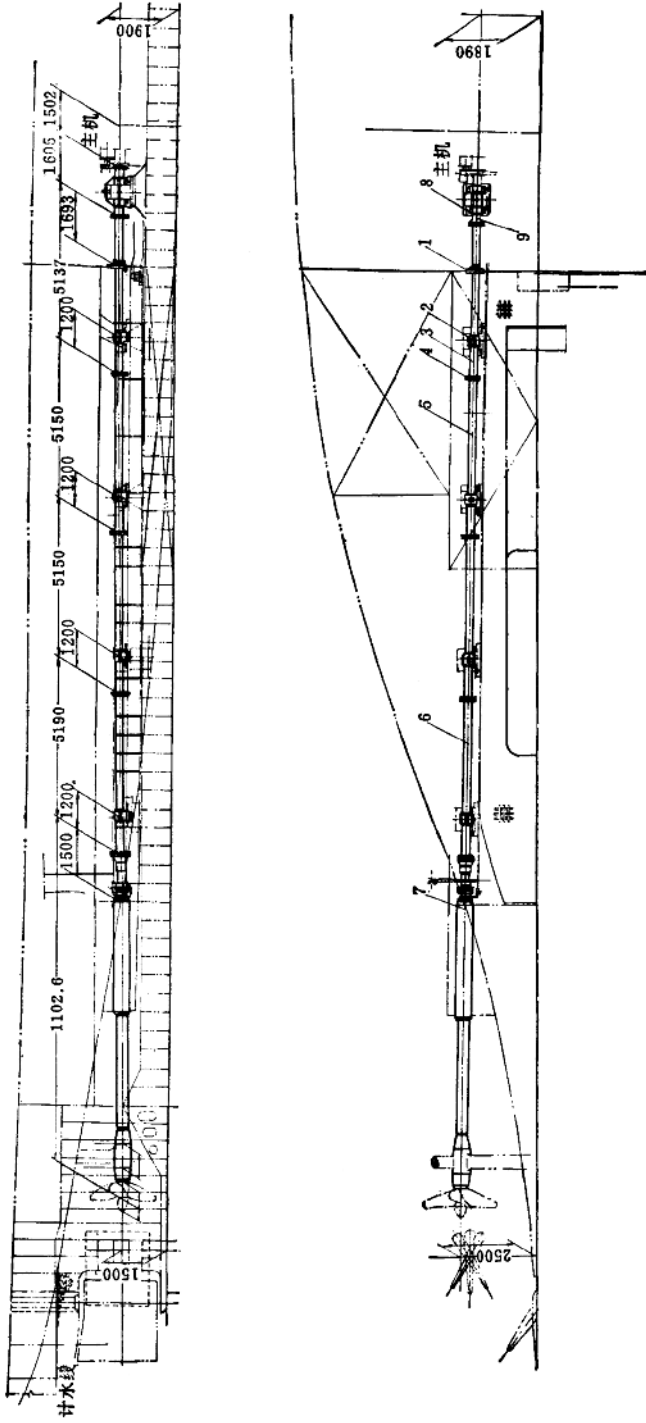


图1-8 中汉线新型客轮轴系布置图
 1—隔舱填料函，2—中间轴承，3—中间轴（I），4—中间轴连接法兰，5—中间轴（II），6—中间轴（III），
 7—艏轴蕌瓦，8—推力轴承，9—推力轴。