

船舶轴系校中原理 及其应用

Chuanbo Zhouxi Jiaozhong

Yuanli Ji Qi Ying yong

周继良 邹鸿钧 编著

人 民 交 通 出 版 社

前 言

船舶轴系校中的质量，对于确保轴系长期正常地运转和缩短船舶修造周期均有重要的影响。当前在国内外造船及修船生产中，所应用的轴系校中方法有许多种，而这些校中方法都各有其优缺点和一定的适用范围。本书是将目前国内、外所应用的各种轴系校中的方法，按其本质进行分类，从原理上进行阐述，并较完整地介绍每种方法的内容，包括计算、施工及质量检验等；另外还就各种校中方法的优缺点及其适用性作了评价。

为推广轴系校中的新技术，提高我国轴系校中的技术水平，作者以较多的篇幅介绍了当前国外及国内有关轴系校中技术研究和应用的最新成果，如轴系合理校中、用电测法或顶举法检验轴系校中质量等，并综述了当前轴系校中研究的进展——轴系动态校中研究，为读者提供轴系研究的动向。作者诚恳地希望，本书能在提高我国船舶轴系校中的技术水平和推广先进技术方面发挥一点作用。

作者对为本书提供资料、帮助描图及抄写的诸同志深表谢意！同时，由于水平所限，书中错误在所难免，恳望读者批评指正。

船舶轴系校中原理及其应用

周继良 邹鸿钧 编著

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 7.625 字数: 157千

1985年6月 第1版

1985年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,800册 定价: 1.85 元

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了船舶轴系校中技术的原理、计算、施工工艺、质量评定及检验方法，并以较大的篇幅介绍了轴系校中技术的新发展。

本书内容丰富、新颖，除理论分析和实施工艺外，还有计算方法和各种实例，以有利于读者提高理论水平和学习技术用。本书供从事船舶轴系施工、检验和设计工作的工程技术人员阅读，亦可作为有关专业的师生参考。

目 录

第一章 船舶轴系及轴系安装	1
第一节 轴系及其主要构件.....	1
一、船舶轴系的几种典型结构.....	1
二、船舶轴系的主要构件.....	5
第二节 轴系安装工程概述.....	18
一、船舶轴系安装的一般过程.....	18
二、船舶轴系安装工程的主要内容.....	18
三、船舶轴系安装技术的发展.....	31
四、采用先进技术是提高轴系安装和设计质量 的可靠途径.....	33
第二章 船舶轴系校中及校中质量的评定	35
第三节 轴系校中的含意、方法及分类.....	35
一、轴系校中的含意.....	35
二、轴系校中方法及其分类.....	36
第四节 轴系校中质量对轴系及船舶正常运行的 影响.....	37
一、轴系校中质量对轴承负荷及轴内应力的影响...	37
二、轴系校中质量对尾轴管轴承磨损的影响.....	39
三、轴系校中质量对船舶振动的影响.....	42
四、轴系校中质量对减速箱齿轮正常啮合的 影响.....	42
第五节 影响轴系校中质量诸因素的分析.....	46

一、传动轴加工误差的影响	46
二、轴系安装弯曲的影响	47
三、船体变形的影响	48
四、轴法兰端下垂的影响	52
五、轴系结构设计的影响	55
第六节 轴系校中质量的评定	56
一、轴承负荷的限制	56
二、轴承位移量和轴斜度(转角)的限制	59
三、轴上弯曲应力(或弯矩)的限制	60
第三章 船舶轴系实际负荷及应力的测量	62
第七节 测力计测负荷法	62
一、弹簧式测力计测负荷法	62
二、电子测力计测负荷法	65
第八节 液压千斤顶顶举测负荷法	68
一、顶举测力方法	69
二、轴承实际负荷的计算	70
第九节 电阻应变片测量轴系弯矩及轴承负荷换 算法	74
一、应变测量原理	74
二、应变测量方法	75
三、测点弯矩的计算	79
四、轴系支承截面弯矩及轴承负荷的计算	80
第四章 船舶轴系按直线性校中原理及应用	88
第十节 轴系按法兰上严格规定的偏中值校中法	88
一、校中原理	88
二、连接法兰上偏中值的测量及计算	89
三、连接法兰上偏中值的严格规定	93

四、本校中方法的应用及评论·····	93
第十一节 轴系采用光学仪器校中法·····	95
一、光学仪器及其校中原理·····	95
二、用光学仪校中减速器法·····	100
三、用光学仪校中轴系法·····	103
四、激光准直仪在轴系校中上的应用·····	107
五、本校中方法的应用及评论·····	110
第五章 船舶轴系按轴承上允许负荷校中原理及 应用·····	112
第十二节 轴系用测力计校中法·····	112
一、测力校中原理·····	112
二、长轴系采用弹簧测力计校中法·····	113
三、短轴系采用测力计校中法·····	120
四、本校中法的应用及评论·····	123
第十三节 轴系按法兰上计算的允许偏中值校 中法·····	124
一、校中原理·····	124
二、长轴系校中允许偏中值的计算·····	125
三、短轴系校中允许偏中值的计算·····	138
四、本校中方法的应用及评论·····	148
第六章 船舶轴系合理校中原理及应用·····	150
第十四节 轴系合理校中及校中计算·····	150
一、船舶轴系合理校中的实质·····	150
二、合理校中的计算方法及内容·····	151
第十五节 轴系结构要素的处理和物理模型的 建立·····	152
一、轴系参加计算的诸结构要素的处理·····	152

二、建立校中计算的物理模型	155
第十六节 轴系校中计算法	158
一、弯矩及挠度的计算	158
二、反力及转角的计算	164
三、弯矩影响数及负荷影响数的计算	167
四、用线性规划法计算轴承最佳的位移及 负荷	171
五、轴系连接法兰上偏移及曲折的计算	175
六、轴承顶举系数的计算	179
七、轴系校中计算实例	180
八、迁移矩阵法在轴系校中计算中应用简介	187
九、有限元法在轴系校中计算中应用简介	195
第十七节 合理校中方法的应用及其发展	200
一、合理校中的施工方法	200
二、本校中法在国外和国内的应用	202
三、本校中法的发展——轴系动态校中研究的 进展	203
第七章 修船中船舶轴系的校中	212
第十八节 修船中轴系校中的特点	212
一、校中特点	212
二、两端轴同轴度的测量及计算	212
三、两端轴的允许偏中值	217
第十九节 修船中轴系校中的方法	222
一、按轴系各连接法兰分配 $\delta_{总}$ 、 $\varphi_{总}$ 校中法	222
二、按轴承的实际负荷校中法	226
参考文献	227
中英名词对照表	230

第一章 船舶轴系及轴系安装

第一节 轴系及其主要构件

船舶轴系是船舶动力装置的重要组成部分。轴系的主要功能是，将船舶主机发出的功率传递给螺旋桨，同时又将螺旋桨在水中旋转时产生的轴向反推力传给船体，以推动船舶航行。

船舶轴系是指从主机尾法兰起到尾轴止，包括推力轴、中间轴、尾轴、联轴器、推力轴承、中间轴承、尾轴管等部件的总成。图1-1所示为船舶轴系简图。

有的轴系还带有传动设备，如离合器、弹性联轴器和减速齿轮箱等部件。

由于船舶的吨位、任务、船体型线以及动力装置的不同，故轴系的结构型式及其组成部件也不同。现就几种典型的轴系结构及其主要部件介绍如下。

一、船舶轴系的几种典型结构

船舶轴系按在一艘船上所安装的主机台数，分为单轴系装置、双轴系装置及多轴系装置；按主机在船上安装的位置——中部机舱或尾部机舱，分为长轴系及短轴系。

(一)单轴系装置

图1-2所示为国产16000t 煤矿船的单轴系装置。该船的主机为一台6ESDZ76/160型低速船用柴油机，额定功率9000

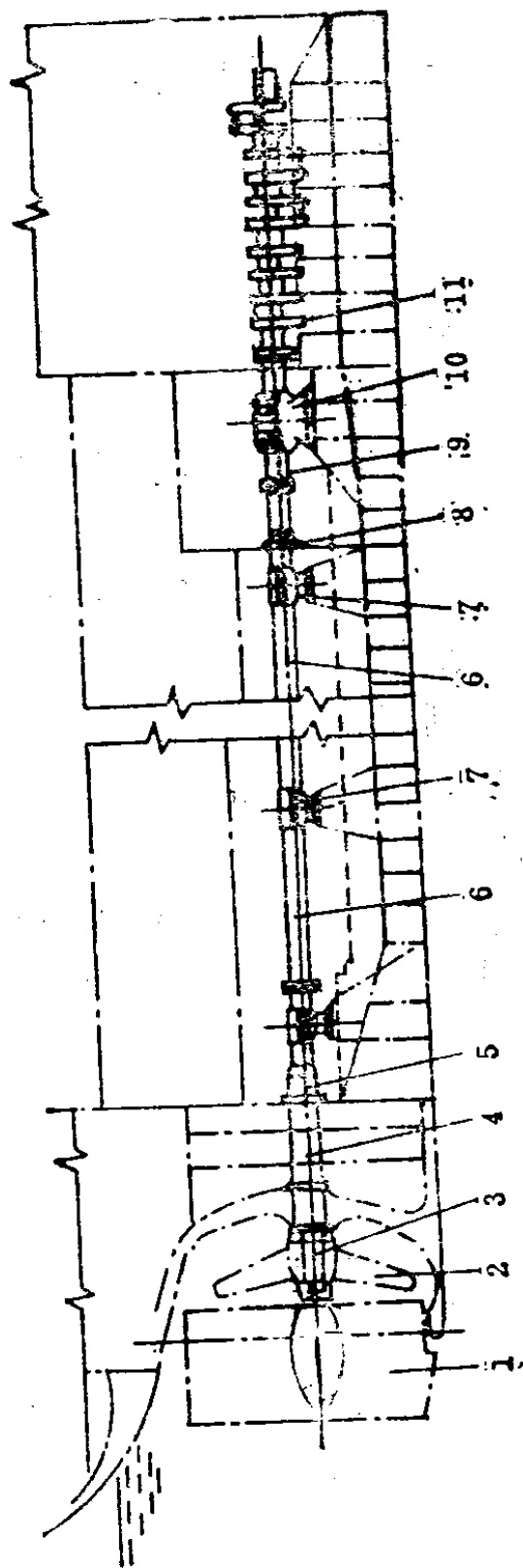


图 1-1
1-舵, 2-螺旋桨, 3-尾轴, 4-尾轴管, 5-油封, 6-中间轴, 7-中间轴
承, 8-隔舱壁轴封, 9-推力轴, 10-推力轴承, 11-主机曲轴

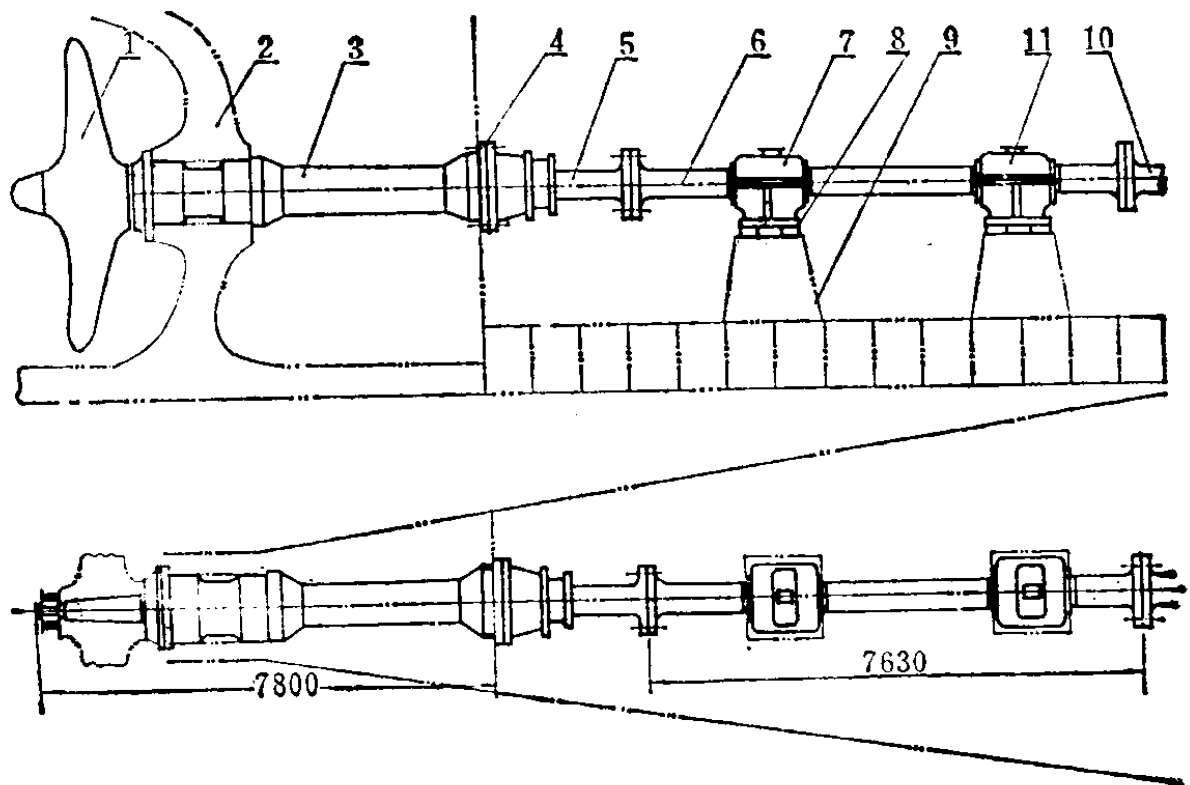


图1-2 16000吨煤矿船单轴系装置

1-螺旋桨；2-尾柱；3-尾轴管；4-隔舱壁填料函；5-尾轴；6-中间轴；7-中间轴轴承；8-轴承垫块；9-轴承基座；10-主机功率输出轴；11-中间轴轴承

马力（1马力 = 735.5W），额定转速为115r/min。由于机舱布置在船尾部，发动机轴与尾轴之间只用一根中间轴连接，故为短轴系。

此轴系装置中，尾轴、中间轴及主机曲轴彼此之间用法兰联轴器连成一体。中间轴用两个滑动式中间轴承支持，定好位后用垫块及基座螺栓紧固在各自的轴承基座上。尾轴装于尾轴管中。尾轴管的尾部固定在船体尾柱的镗孔中，其前端固定在横隔舱壁的焊垫上。

（二）双轴系装置

图1-3所示为国产长江大型客船的双轴系装置。该船装

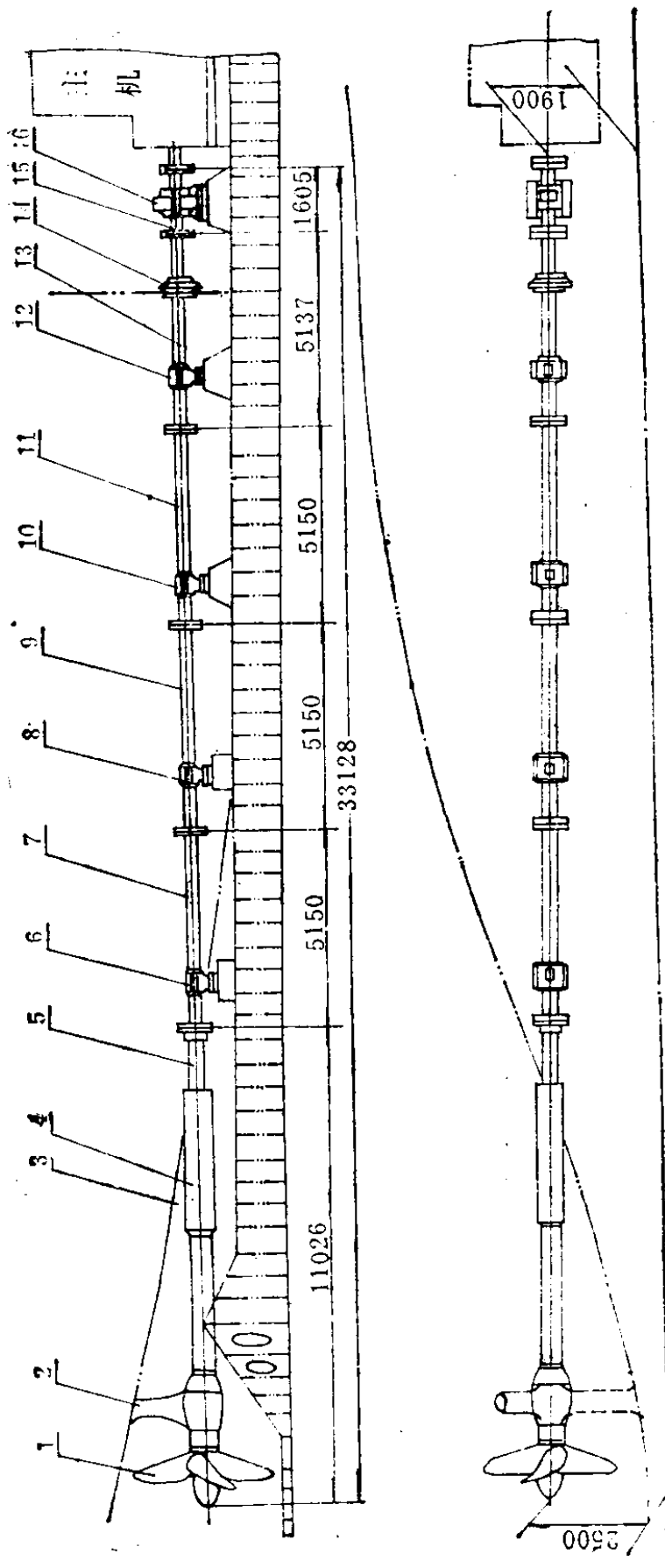


图1-3 长江大型客轮双轴系装置

1-螺旋桨, 2-人字架, 3-尾轴毂, 4-尾轴管, 5-尾轴, 6、8、10、12-中间轴轴承, 7、9、11、13-中间轴, 14-机舱隔壁填料函, 15-推力轴, 16-推力轴承

有两部 12V300EDZ 中速柴油机，额定功率为 2250 马力，额定转速为 285r/min。两条轴系对称地布置在船体中龙骨的左右两侧。机舱设置在船的中部，在尾轴与推力轴之间装有 4 根中间轴，故称为长轴系。

此轴系的尾轴、各中间轴及推力轴用法兰联轴器连成一体并与主机曲轴相连接。每根中间轴用一个滑动式中间轴承支持。由于双轴系船舶的尾轴需伸出船尾较长一段才能安装螺旋桨，故用于支承尾轴的尾轴管比较长。尾轴管的尾端用与船体焊成一体的人字架支持，其前端固定在船体的尾轴毂孔之中。

(三)内河小船轴系装置

图 1-4 所示为一艘内河航行的小型客船双轴系装置。此船装有两台 6135Ca-5 型高速柴油机，每台额定功率 150 马力，额定转速为 1500r/min。主机经减速齿轮箱与轴系连接，减速比为 2.85 : 1，故螺旋桨转速为 526r/min。每条轴系都包括尾轴、一根中间轴和推力轴，由于只有一根中间轴，故亦称为短轴系。

由于这种船舶只在内河中航行，其尾轴支承常采用水润滑的橡胶轴承，故其尾轴前端用较短的尾轴管轴承支持，而尾端采用人字架轴承支持，不必采用较长的组合式尾轴管。

(四)滚动式中间轴承的轴系装置

图 1-5 所示为一艘 7000t 远洋货船的单轴系装置。此轴系采用滚子轴承作为中间轴承，为便于将轴承套装在轴颈上，故轴与轴之间采用液压套筒式联轴器连接。

二、船舶轴系的主要构件

(一)传动轴

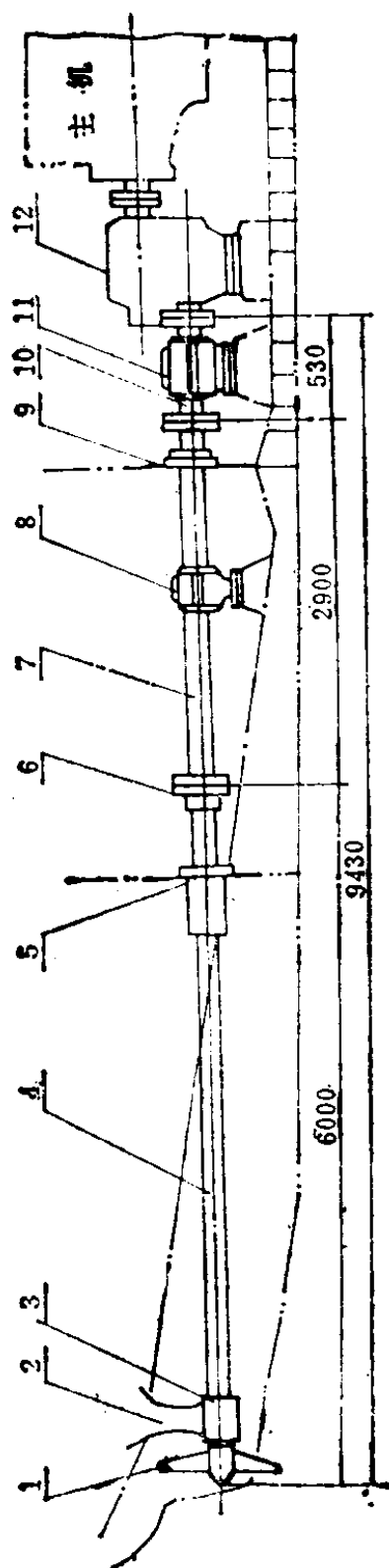


图1-4 内河小型客船双轴系装置

1-螺旋桨, 2-人字架, 3-人字架轴承, 4-尾轴, 5-尾轴管前轴承, 6-可拆式法兰联轴器, 7-中间轴, 8-中间轴承, 9-隔舱壁填料函, 10-推力轴, 11-推力轴承, 12-减速齿轮箱

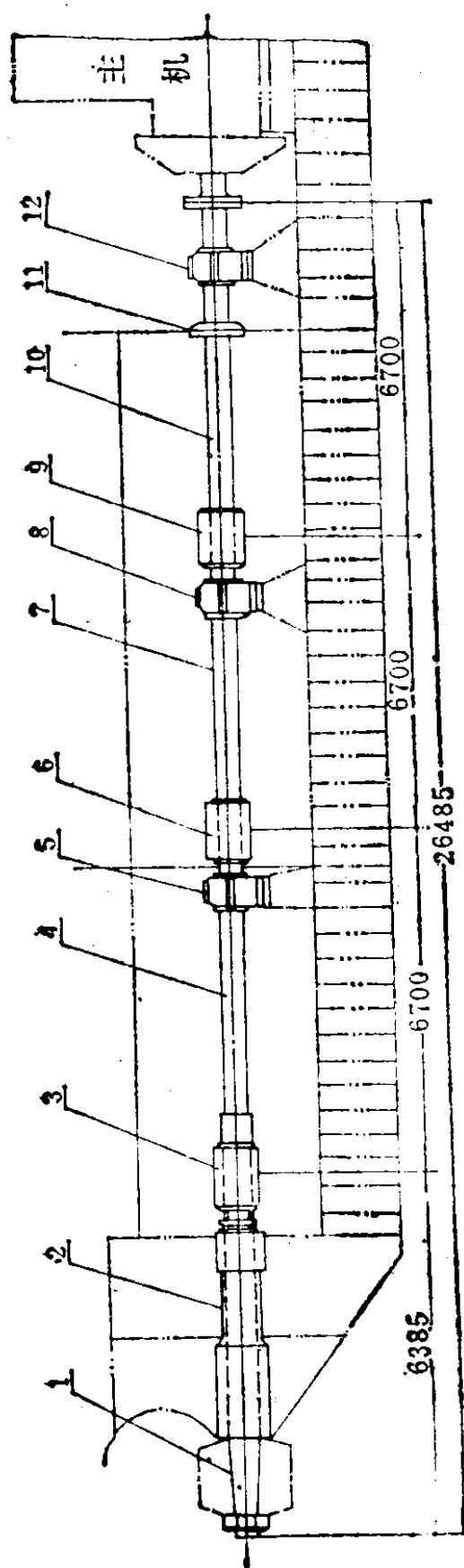


图1-5 滚动式中间轴承系装置
 1-尾轴; 2-尾轴管; 3、6、9-液压套筒式联轴器; 4、7、10-中间轴;
 5、8、12-滚子式中间轴承; 11-隔舱壁填料函

传动轴包括中间轴、尾轴及推力轴，是船舶轴系的主要构件。民用船舶的传动轴采用30、35、40或45号钢锻制，其中以35号钢用得较普遍。快速客船及舰艇，为减轻轴的重量常采用合金钢锻制。

1. 尾轴

每条轴系都具有一根尾轴，它位于轴系的尾端。尾轴前端与中间轴连接，其末端穿过尾轴管伸出船体，在其上装螺旋桨。

图 1-6 所示为尾轴的两种结构图。图中a)为前端具有固定法兰的双轴颈式尾轴；b)为前端具有可拆式法兰的三轴颈式尾轴，这种结构的尾轴便于在安装时能将尾轴从船尾插入船体内。

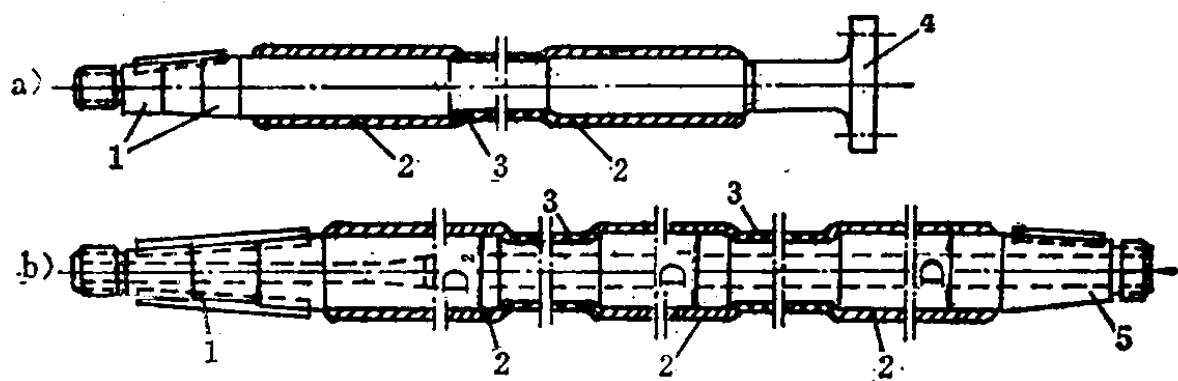


图1-6 尾轴结构

1-装螺旋桨的锥面；2-轴套；3-轴包覆；4-固定法兰；5-装可拆法兰的锥面

尾轴轴颈处一般应镶铜套，故轴颈处的直径比其他部分的直径大 $1 \sim 10\text{mm}$ ，以便于镶套或更换铜套时作为光车用。

尾轴铜套一般采用热套法装在轴颈上。为防止海水侵蚀，常在尾轴非轴颈处采用防腐材料包覆。

2. 中间轴

每条轴系通常都具有一根或数根中间轴。中间轴的结构如图 1-7 所示。图中a)为将连接法兰锻成一体的中间轴；b)

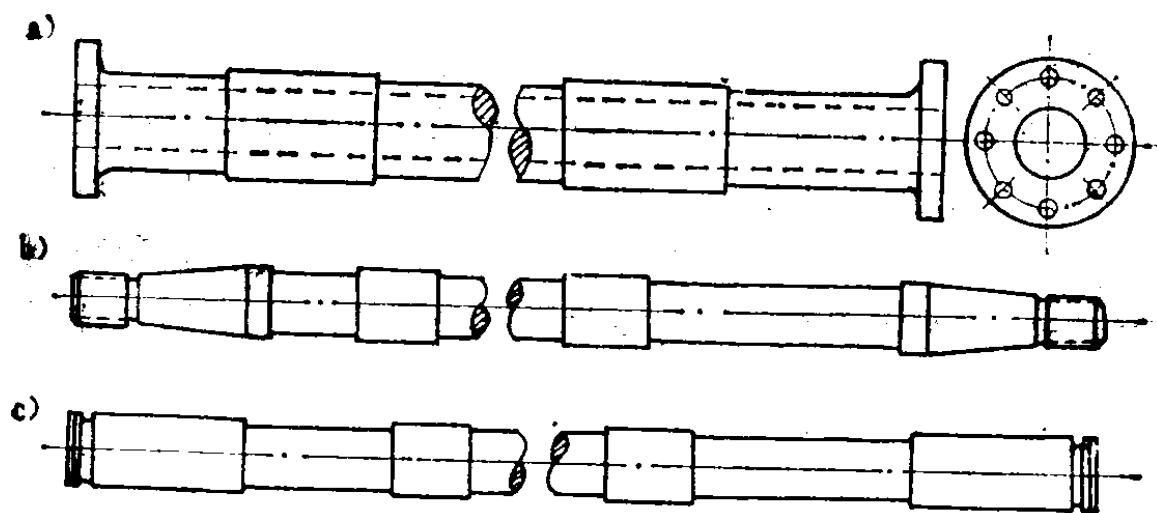


图 1-7

为将连接法兰单独锻制，中间轴和法兰分别加工好后用锥面结合成一体的组合式中间轴；c)所示的中间轴也是将连接法兰分开锻制，但采用液压套合法将法兰与轴连接成一体。

3. 推力轴

推力轴的结构如图 1-8 所示，在轴的中部具有一圆盘形的推力环，其作用是将螺旋桨产生的轴向推力传递给船体。

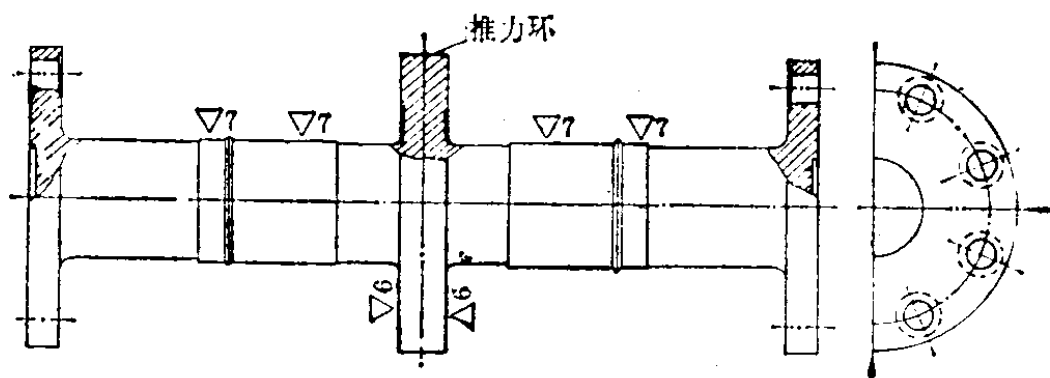


图1-8 推力轴结构

4. 传动轴的配对

为保证轴系的安装质量，每条轴系的全部传动轴在上船