

船舶动力装置原理与设计

讲授教师：李维嘉 杨农林
杨少龙 唐国元

华中科技大学

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

了解船舶总体
结构、线型

确定主机
位置

确定轴线
参数

轴系部件
设计

轴系强
度计算
和振动
校核

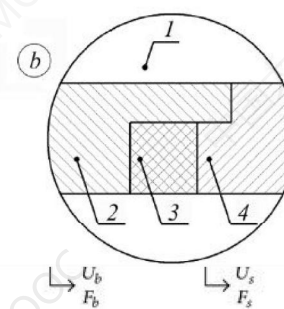
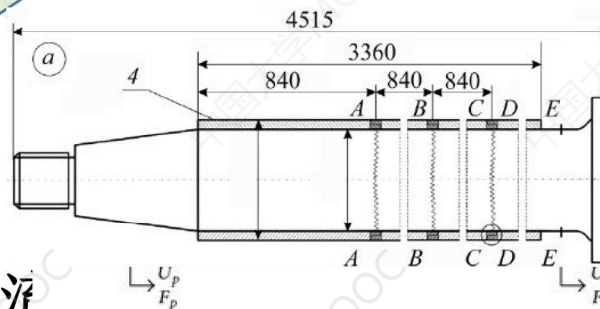
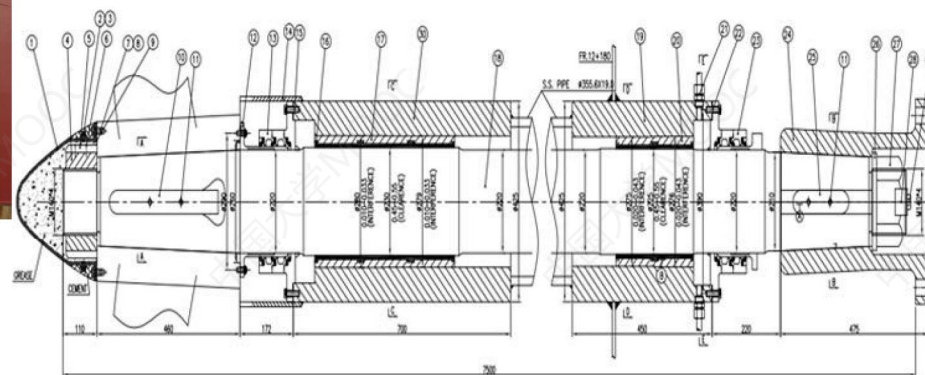
满足

出图完成
轴系设计

不满足

轴系设计

Process Schematic



3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.1轴线的布置

【1】轴线的数目

各传动轴所在的同一中心线称为轴线。



民用船舶的轴线一般不超过**3**根：

大型远洋货船、集装箱船**1**根；

航速高、操纵性好、工作可靠，或吃水较浅的船舶**2**根(客船、港作船、客滚船)；提高上水冲滩能力的船舶也有用**3**根的。

3船舶轴系设计

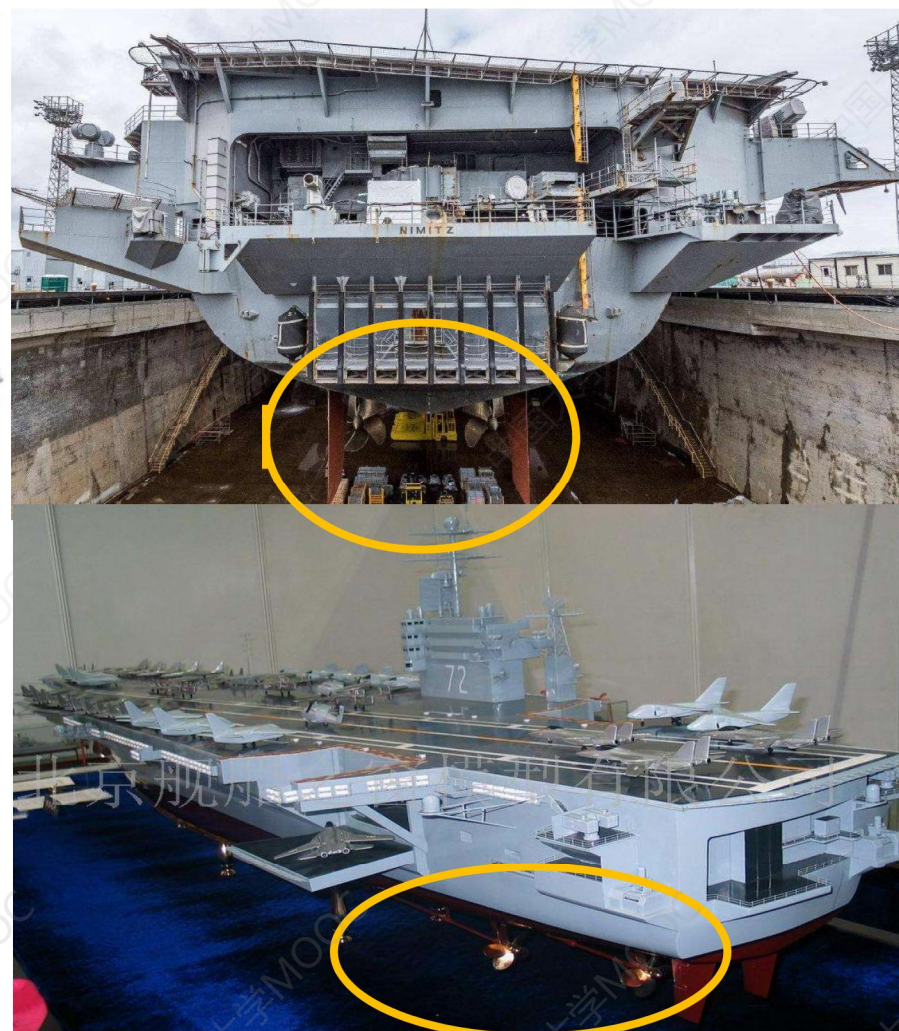
3.2轴系布置设计

3.2.1轴线的布置

【1】轴线的数目



中型以下军用舰船多用**2根或3根**，航母**4根**。

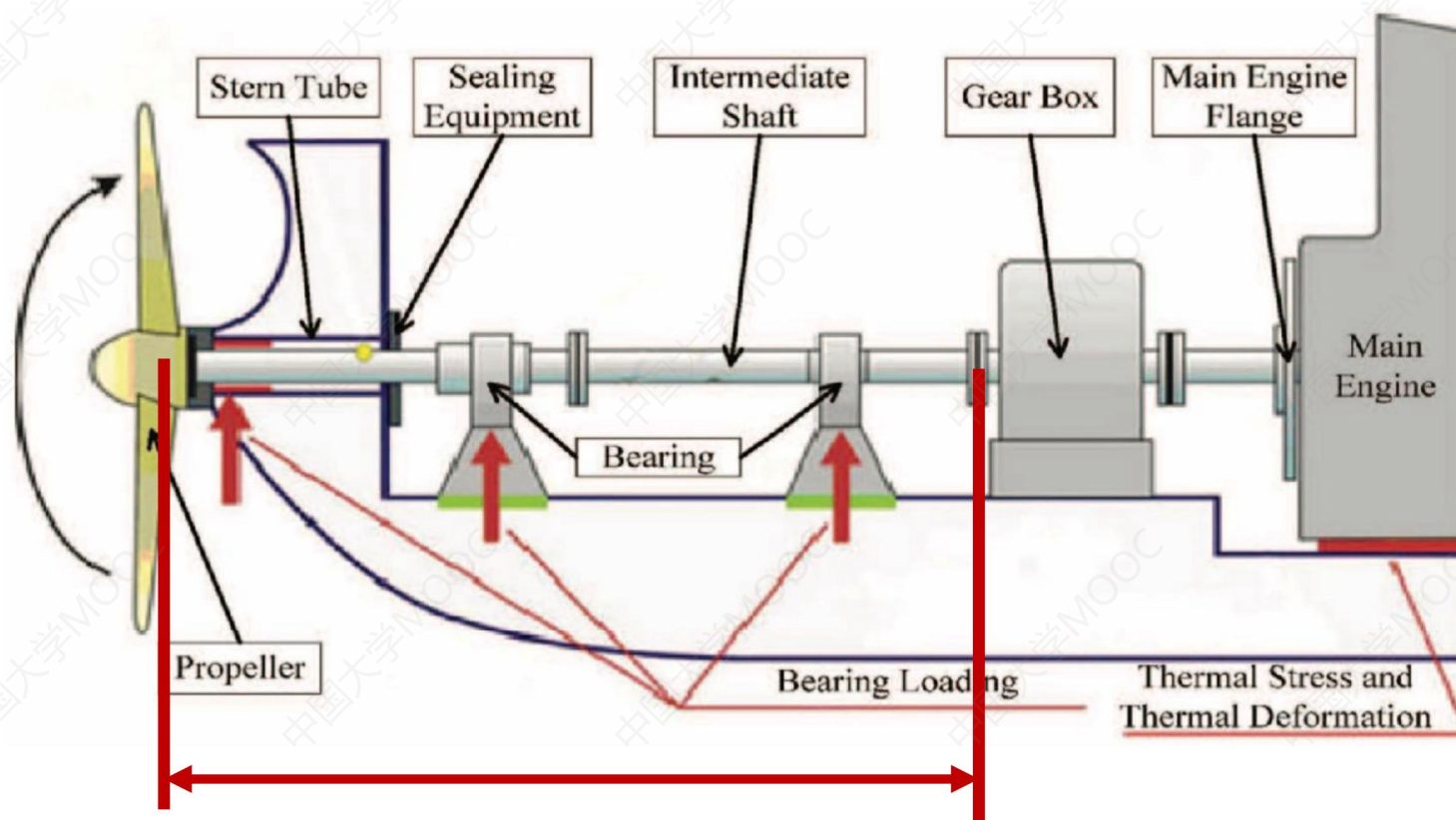


3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】轴线的长度与布置

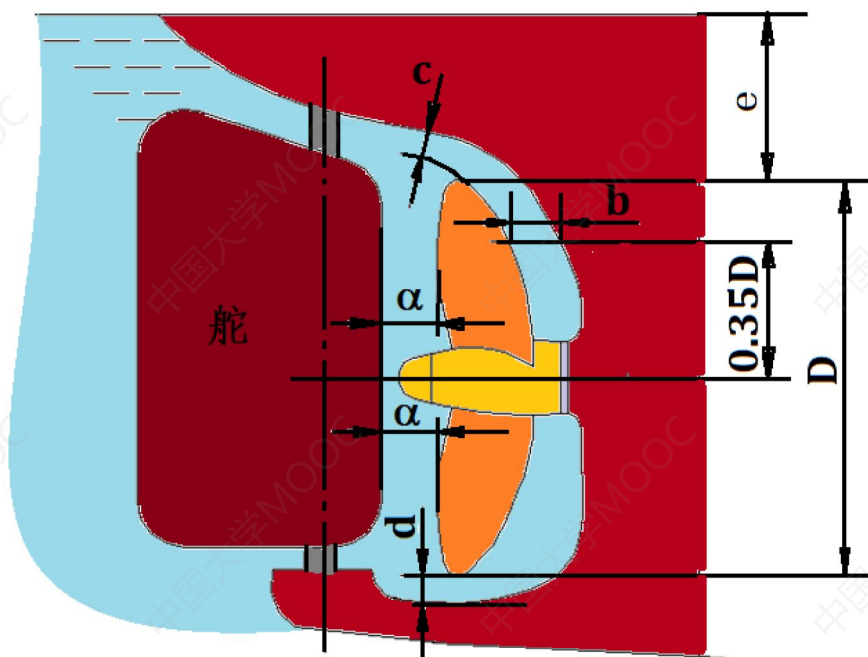
长度：主机（机组）的输出法兰中心（前端点）到螺旋桨的桨毂中心（后端点）



3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】轴线的长度与布置



螺旋桨与船体间隙

螺旋桨边缘与舵, <i>a</i>	0.12D	螺旋桨边缘与船壳, <i>c</i>	0.12D
螺旋桨边缘与尾柱, <i>b</i>	0.2D	螺旋桨边缘与龙骨, <i>d</i>	0.04D

*e*为水线至桨上叶梢距离.

*D*为螺旋桨的直径

- 1) 螺旋桨应浸入水中有一定的深度
单桨船 $e = (0.25 \sim 0.30) D$; 双桨船 $e = (0.4 \sim 0.5) D$
- 2) 螺旋桨边缘不超过船中部轮廓之外(不要过于靠外侧)
- 3) 螺旋桨的叶梢与船体间的最小间隙如表所示
- 4) 螺旋桨叶尖朝下时最低点不应低于基线

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】轴线的长度与布置

轴线长度确定后，根据船舶的实际情况、船厂加工能力、船舶尾部结构和轴承间距等，将轴线分成若干段，形成若干轴段及其长度。

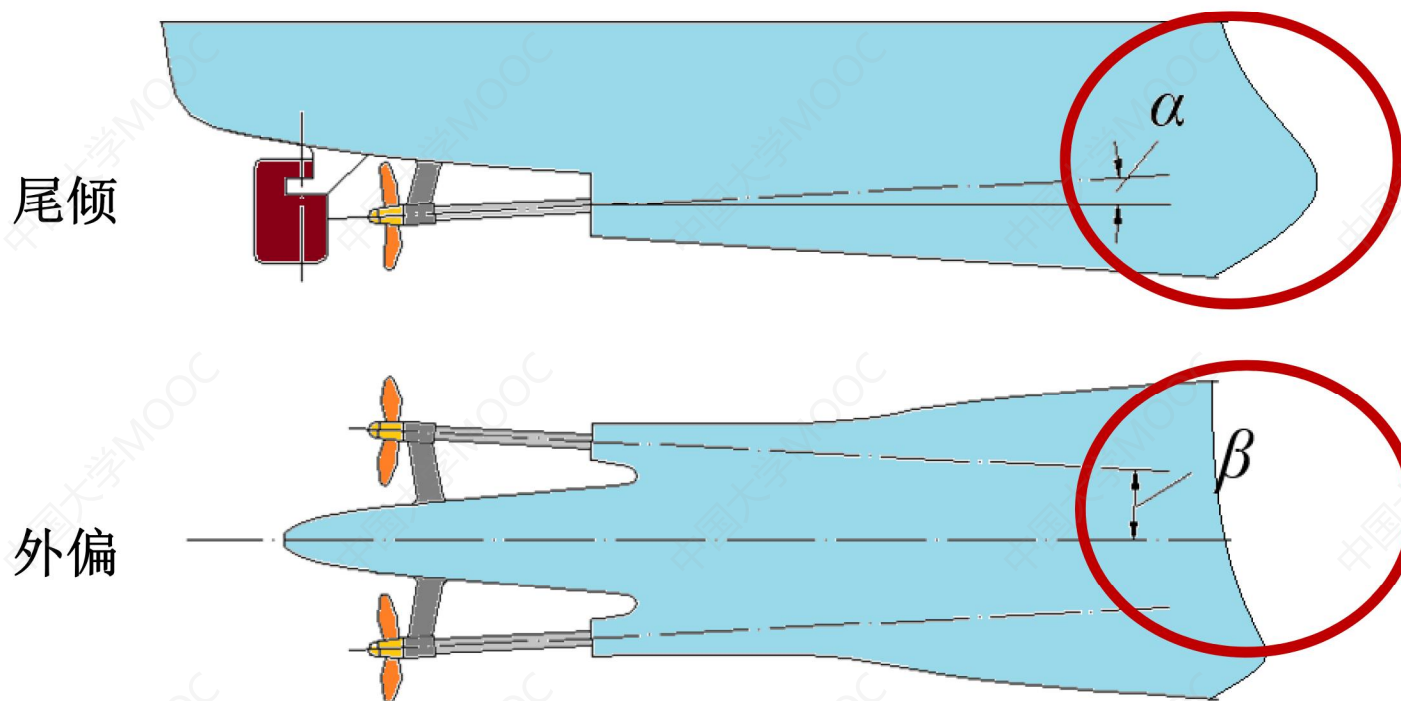


轴线布置：相对于船舶的纵中剖面对称。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】轴线的长度与布置



尾倾斜角 α 、偏角 β 的一般要求:

$$\alpha \in [0^\circ \sim 5^\circ], \beta \in [0^\circ \sim 3^\circ]$$

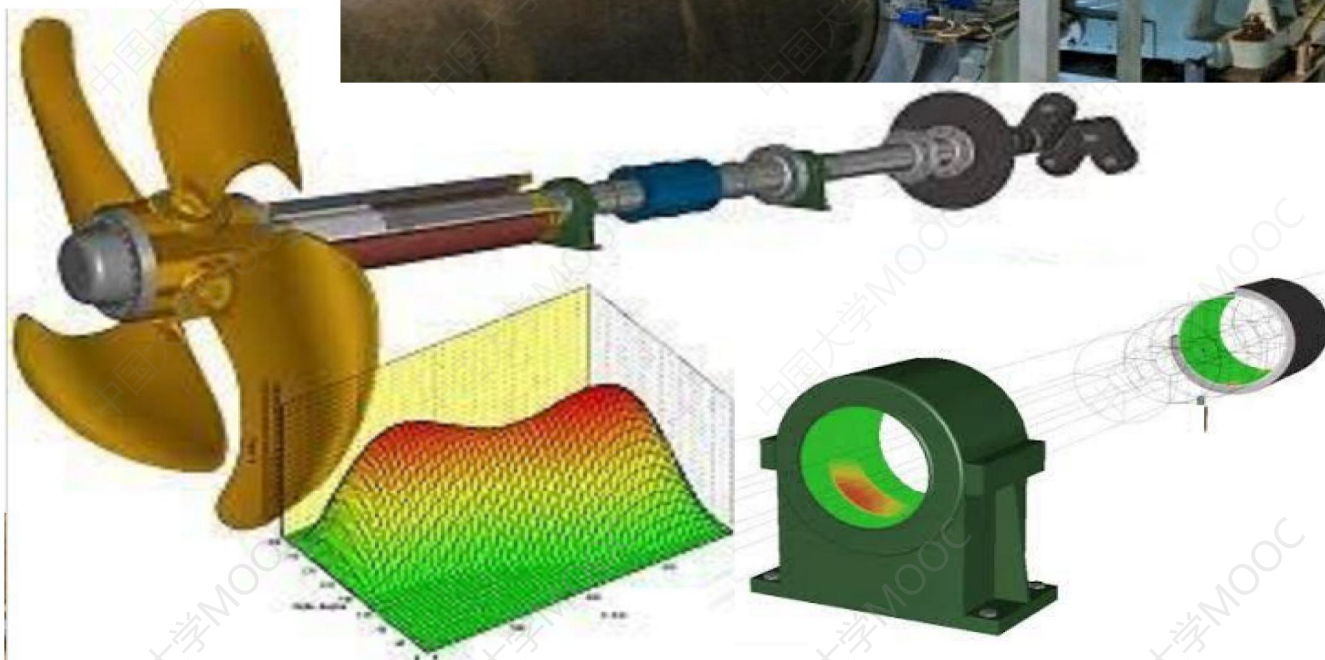
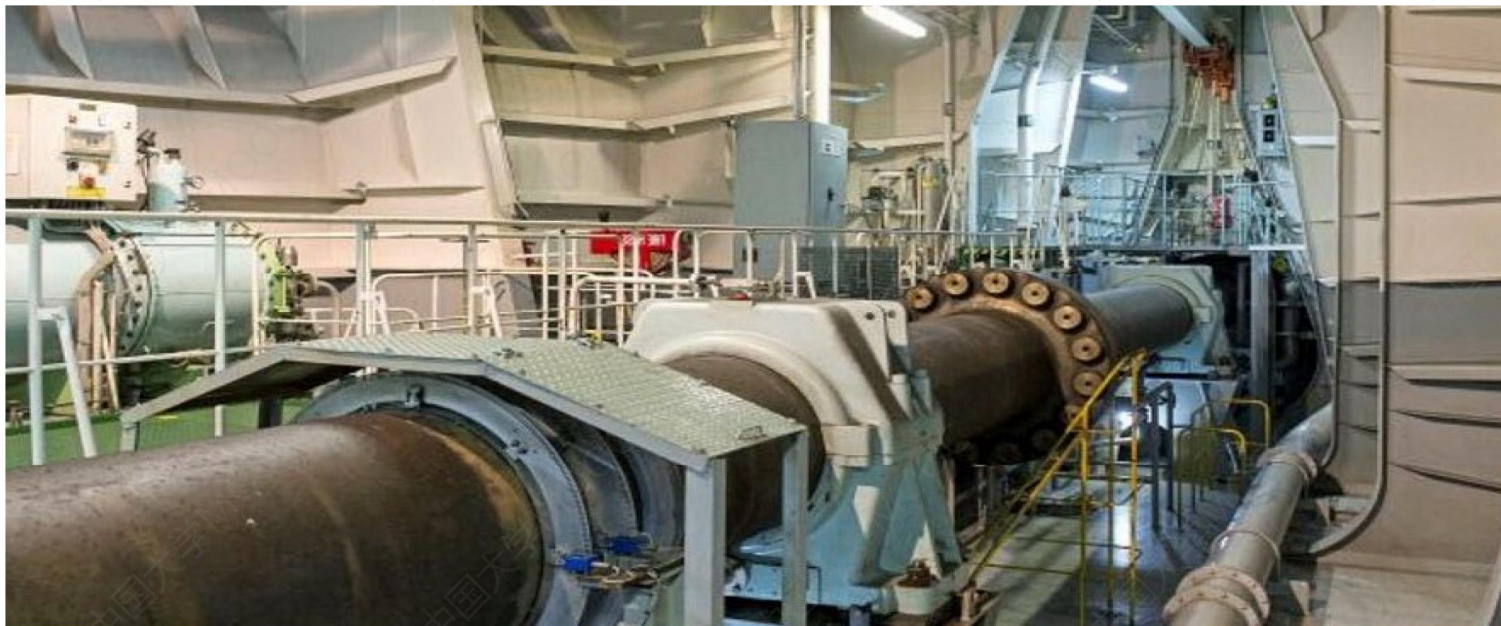
小艇或高速快艇 α 可达 $12^\circ \sim 16^\circ$

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.2中间轴承的布置

长轴由若干根中间轴连接而成，每根中间轴由1~2道中间轴承支承。



轴承应负荷均匀。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.2中间轴承的布置

【1】中间轴承的间距和数量

轴承的间距的估算：

重点考虑轴自身重量。

【a】轴径 $400 \leq d \leq 650 \text{mm}$ 轴承间距

轴重产生的比压应
满足许用比压要求

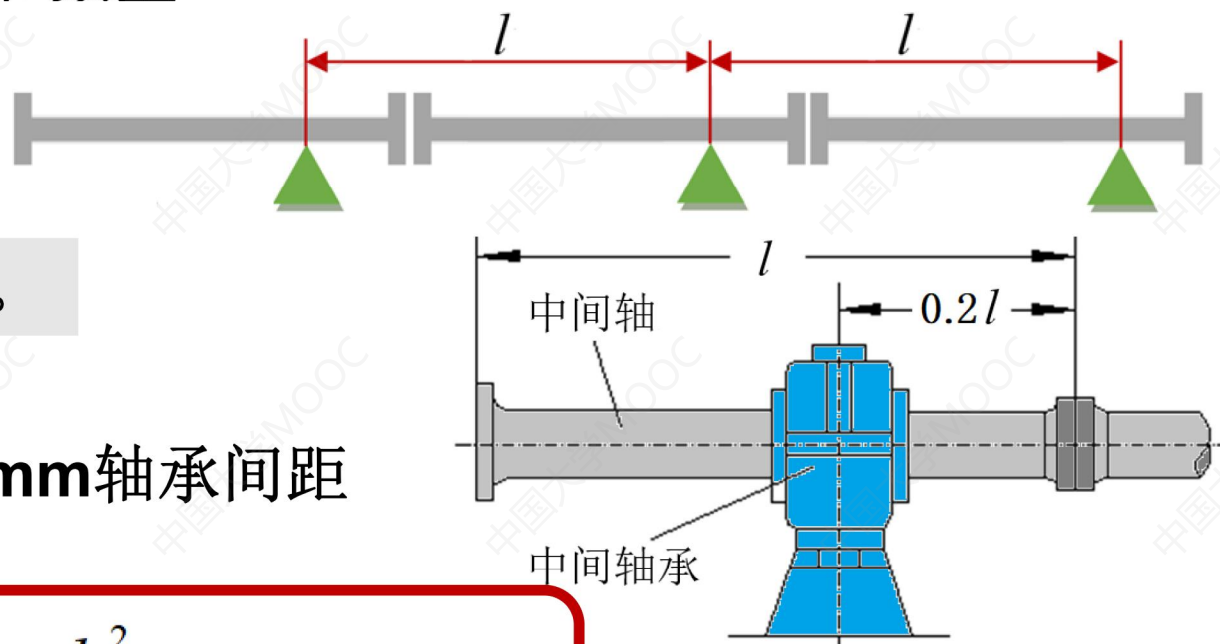
$$\frac{\pi d_z^2}{4} \gamma \cdot l \leq 0.8 d_z^2 [p]$$

d_z —中间轴直径，cm；

l —两轴承间距，cm；

$[p]$ —最大许用比压，取0.59MPa

γ —轴的重度，取0.0769MPa/cm³。



中间轴承比压作为
决定轴承间距的表
达式：

$$l \leq 778.5 \text{cm}$$

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【1】中间轴承的间距和数量

【b】一般轴径的轴承间距：

●俄罗斯尼古拉也夫推荐的公式：

$$l \leq 125\sqrt{d_z} \text{ cm}$$

●德国劳氏船级社推荐公式：

$$l \leq 142\sqrt{d_z} \text{ cm}$$

d_z —中间轴直径，cm。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【1】中间轴承的间距和数量

【c】轴承的最小间距

船体变形和轴承位置的安装误差，会使轴承产生附加负荷，轴承间距越小，附加负荷越大，应有最小间距要求。

中央轴承升高一个mm单位，轴承负荷影响数为：

$$a_j = \frac{840EI}{5l^3} \quad N/mm$$

E —轴的弹性模数，MPa
 I —轴截面惯性力矩， m^4 ；
 l —相邻两轴承的间距，m。

考虑最大安装误差为0.25mm，附加负荷的比压要求
 $[p] \leq 0.34MPa$ ，有：

$$l_{\min} \geq 24.9 \sqrt[3]{d_z^2} \quad cm$$

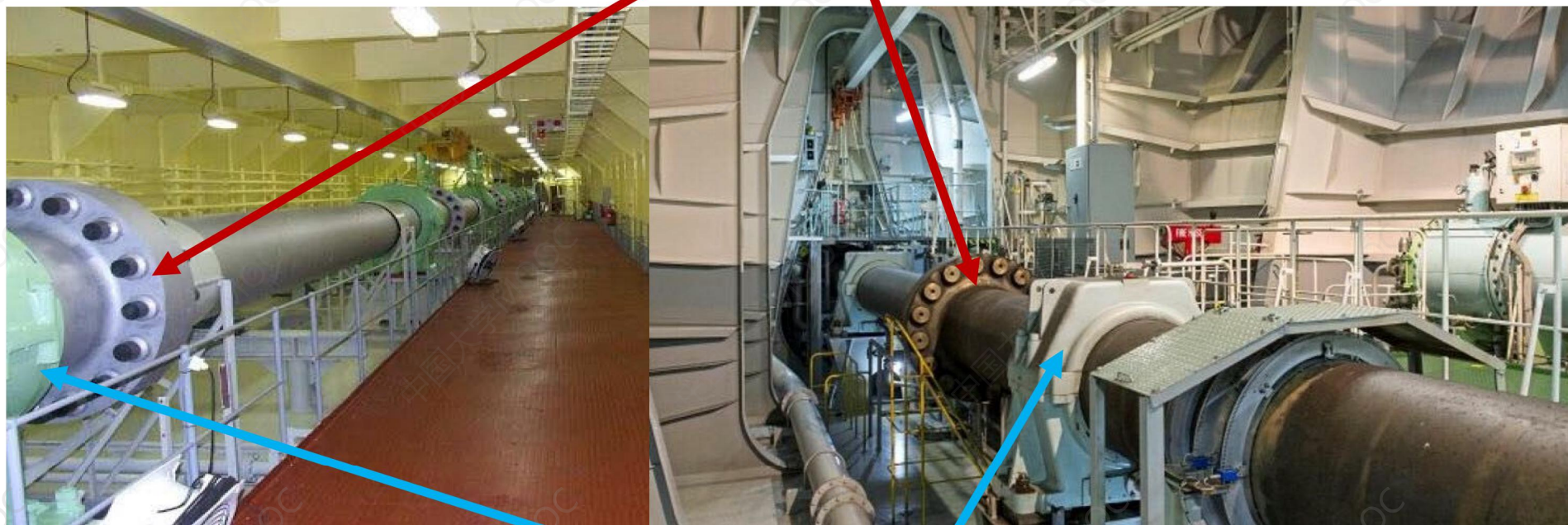
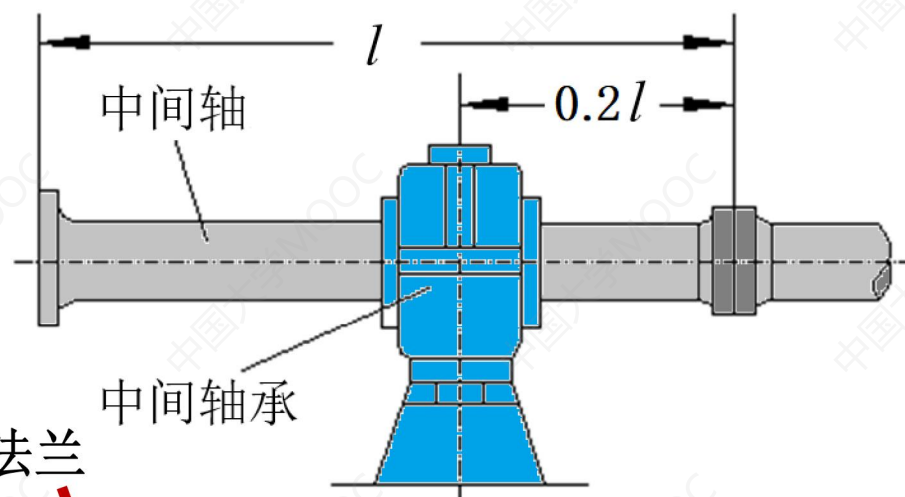
在轴系布置时，力求使两轴承的间距 $l > l_{\min}$ 。
但不宜过大，应适中，中间轴长度一般不超过9m。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】中间轴承的位置

中间轴承应设置在连接法兰附近，尽可能使轴承中心到连接法兰一端的距离等于中间轴全长的 $0.2l$ 。



中间轴承

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.3尾管轴承的布置

【1】尾管轴承间距和数量

轴承间距 l 和尾轴基本直径 d_j 比值的推荐范围：

$$d_j=400 \sim 650\text{mm}, \quad l/d_j \geq 12$$

$$d_j=230 \sim 400\text{mm}, \quad l/d_j \approx 14 \sim 25$$

$$d_j=80 \sim 230\text{mm}, \quad l/d_j \approx 16 \sim 40$$

桨轴（尾轴）较长的情况，采取的措施有：

- 1) 将尾部船体板凸出，装置尾管支架来支撑螺旋桨的重量。
- 2) 在尾部增加一道人字架（美人架）支持。
- 3) 若螺旋桨轴太长，可将其分为两段，并可在适当位置增加支承托架。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【1】尾管轴承间距和数量

桨轴（尾轴）较长的情况，经常采取的措施



尾管支架



人字架

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

【2】尾管轴承支点位置

尾管后轴承支撑点位置的确定，需要考虑螺旋桨的悬臂作用

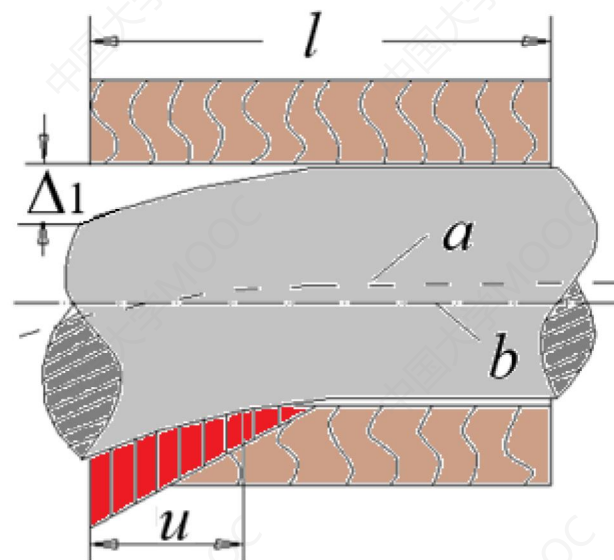
对于木质或橡皮轴承长度为 l ，那么其支点到轴承后端的距离 u 常假定为：

$$u = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}\right)l$$

或者，取 $u = (0.5 \sim 0.8) d_j$

对于白合金轴承，通常采用

$$u = 0.5 d_j$$



尾管前轴承或其它轴承支撑点位置的确定

$$u = 0.5 d_j$$

为改善轴承受力特性，可采用轴系最佳校中，或“斜镗尾轴管”，使轴承处于较佳受力状态。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.4轴系布置应注意的问题

原则：在进行轴系布置时，应尽量使轴系各轴承的负荷比较均匀，使其比压在允许的范围内，有助于延长轴承的使用寿命。

【1】负荷过大

原因：轴承间距太大，轴承的位置不合适等。

措施：重新设置轴承间距与位置，再进行校核计算和调整。

【2】负荷很小或接近零

可能由于船体变形或其他原因造成，应尽力避免这种情况出现。

【3】负荷是负值

原因：可能是相临近的轴承负荷过重，也可能是轴承间距太小

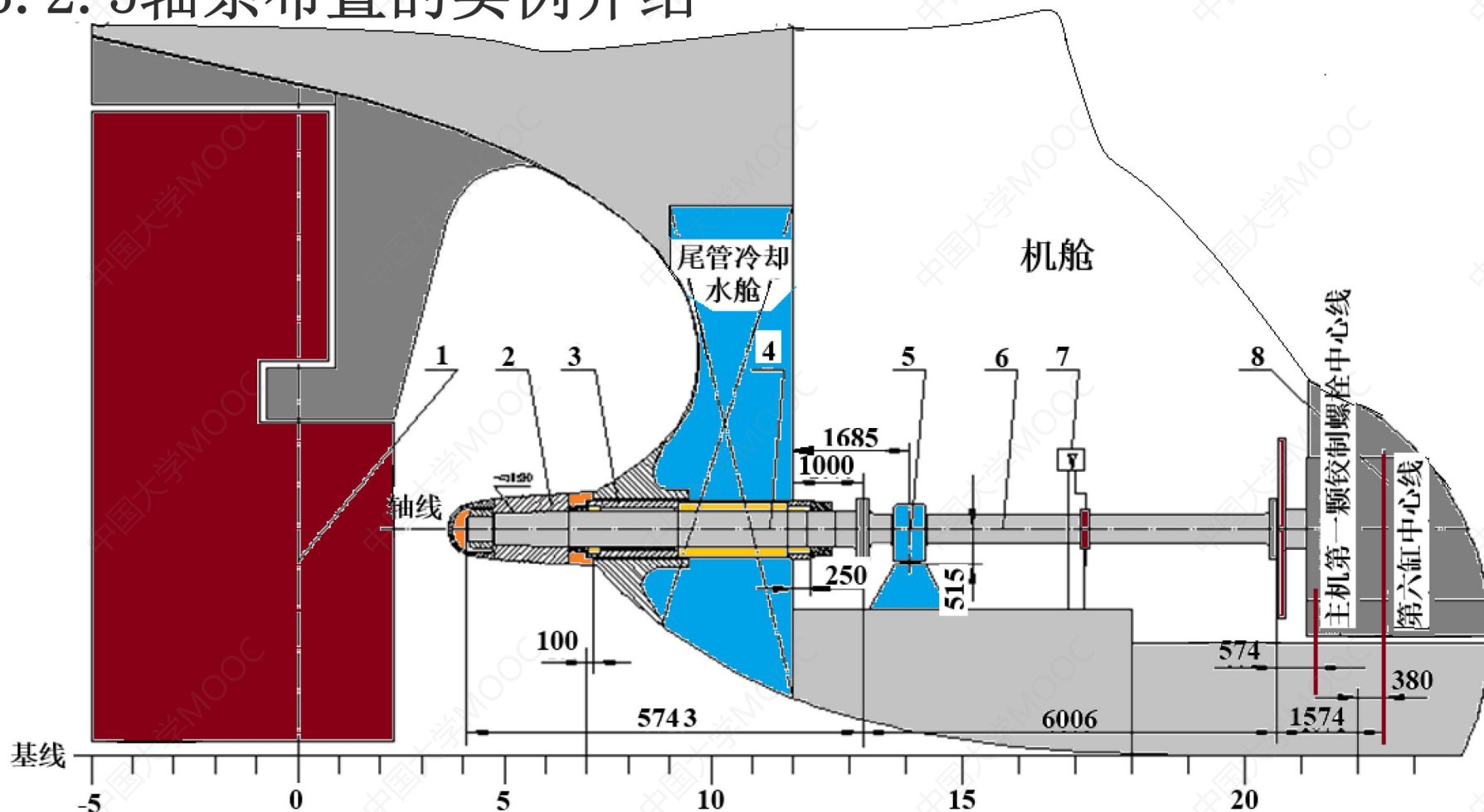
措施：应增大轴承间距或取消一道轴承，重新合理安排。

轴承负荷过大或过小都是不合理的，
轴承负荷应不小于两旁跨距轴重量之和的20%。

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.5轴系布置的实例介绍



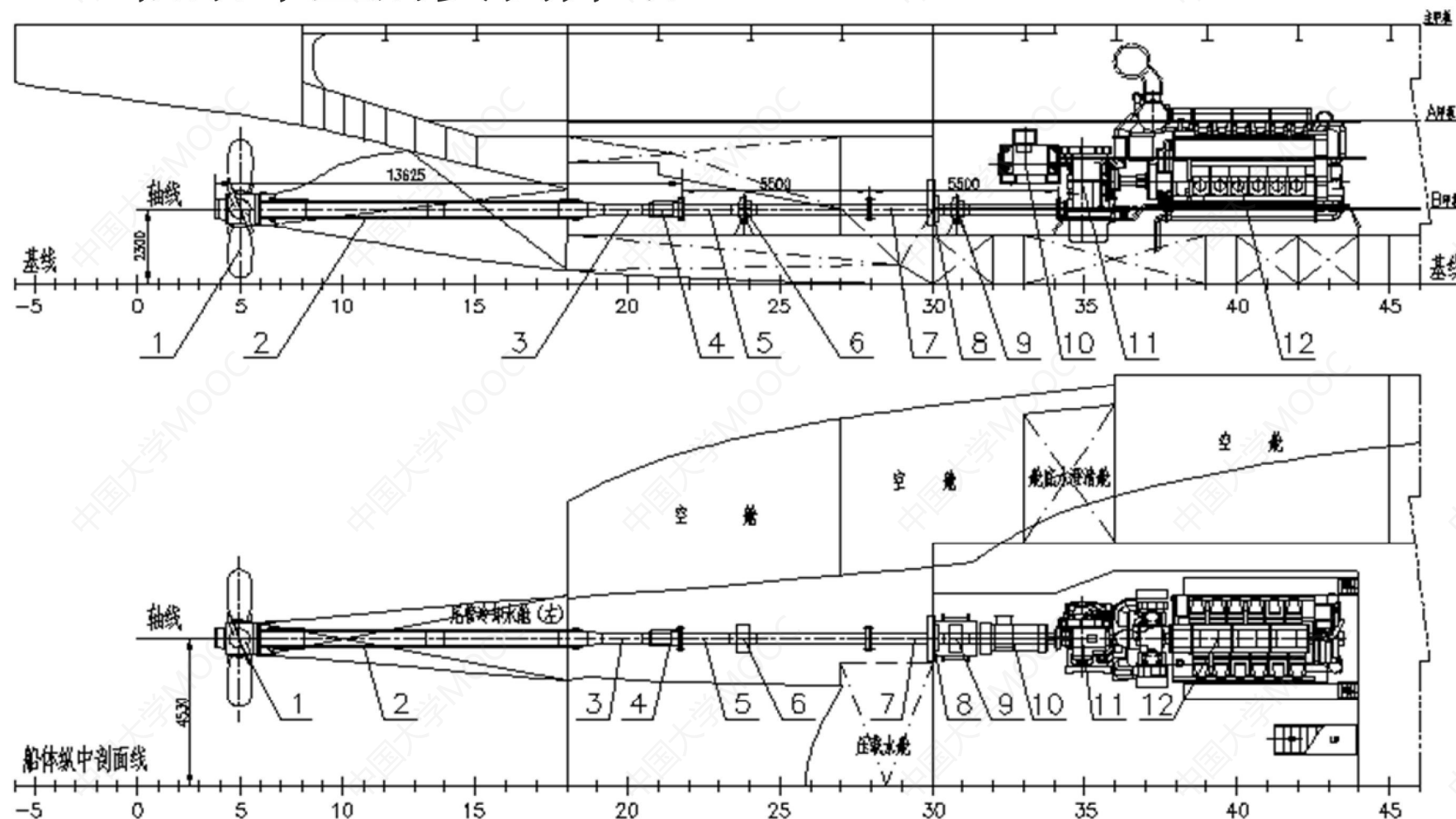
1-舵；2-螺旋桨；3-尾轴管装置；4-尾轴；5-中间轴承；6-中间轴；7-接地装置；8-主柴油机。

某远洋货船轴系布置图

3船舶轴系设计

3.2轴系布置设计

3.2.5轴系布置的实例介绍



1-舵；2-螺旋桨；3-尾轴管装置；4-尾轴；5-中间轴承；6-中间轴；
7-接地装置；8-主柴油机。

某客滚船主机和轴系布置图