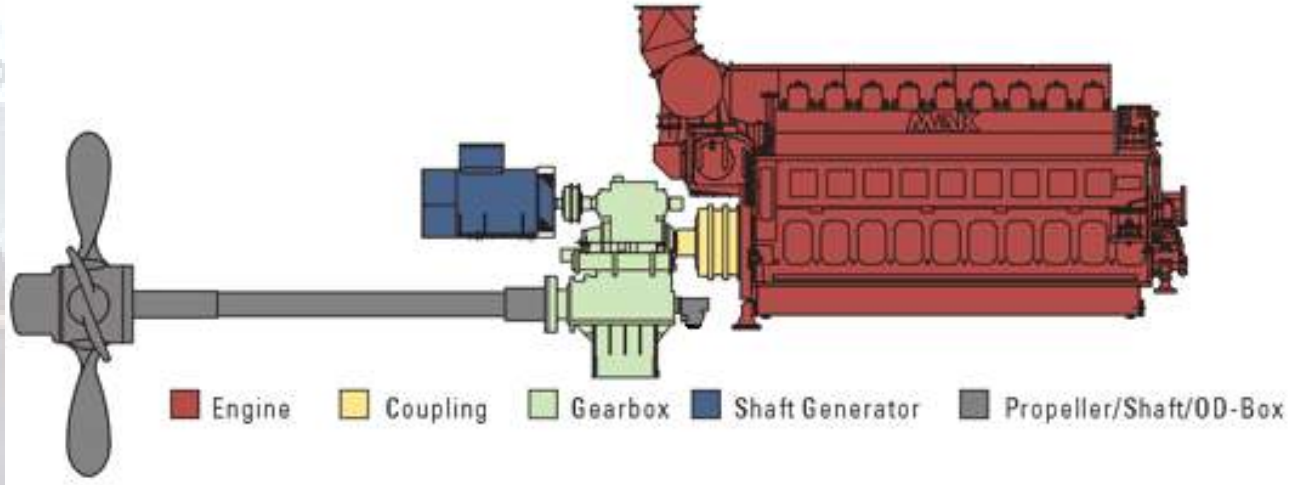
船舶动力装置原理与设计

主讲：周瑞平 樊红 胡义

13971572936

rpzhouwhut@126.com



武漢理工大學

2010年03月

专业情况说明



- 历史
- 动力工程系
  - 船舶动力装置
  - 船舶内燃机
- 船机系
  - 船机修造
- 能源与动力工程学院
  - 能源系统自动化（船舶动力装置、内燃机、载运运用工程）
  - 轮机工程
  - 油气储运

- 工程计算分析软件及算法基础
- 船舶动力装置原理
- 船机桨工况配合及特种推进器
- 船舶管系与工艺设计
- 船舶制冷与空调技术
- 动力装置三维设计方法及软件
- 船舶动力装置检验
- 船舶推进轴系振动与校中
- 船舶电气设备及电站



主要内容

- 船船动力装置总论
- 船舶主推进装置与机桨匹配
- 主推进装置的配合特性
- 船舶轴系与后传动设备
- 船舶管路系统与辅助装置
- 船舶动力装置设计综述

讲授方法及考试



能动热能工程系

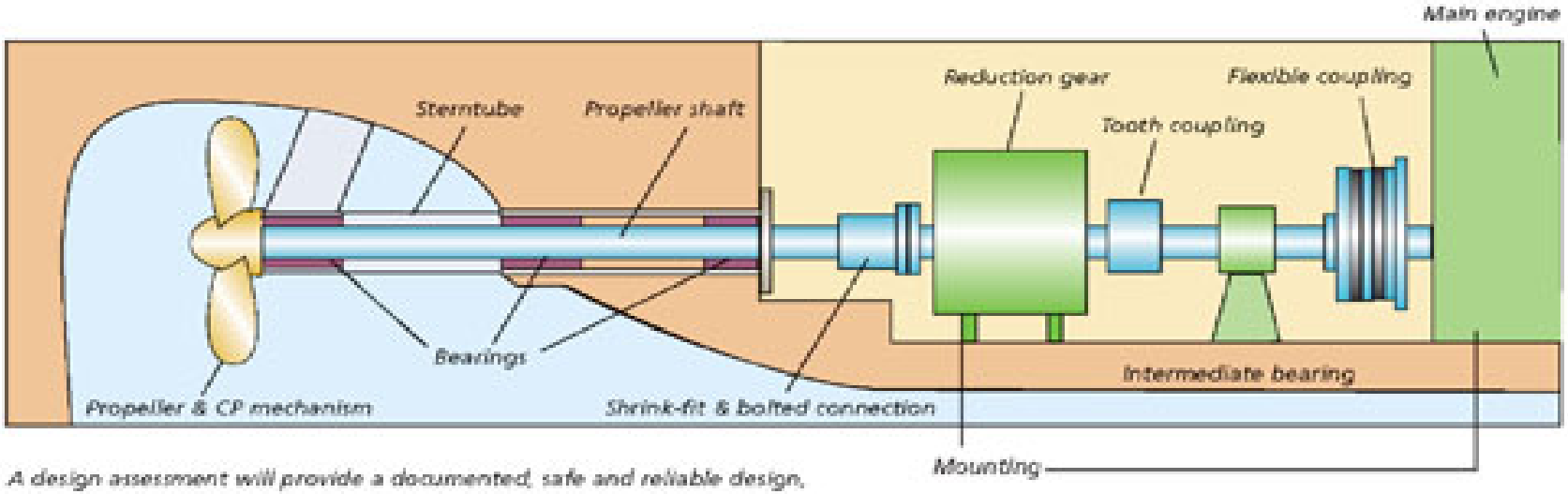
- 课堂讲授与自学相结合
- 多媒体教学与传统教学相结合
- 理论讲授与实际操作相结合
- 讲与练相结合
- 大作业与考试相结合
- 平时30%，考试70%；有创新者可加分；

第1章 船舶动力装置概论



能动热能工程系

- 船舶动力装置的含义及组成
- 船舶动力装置的类型及特点
- 船舶动力装置技术经济性能指标
- 船舶动力装置的设计原则要求及主要内容



A design assessment will provide a documented, safe and reliable design, ensuring control of the components' capacities and limitations.

1.1 船舶动力装置的含义及组成

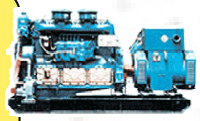


含义

保证船舶正常航行、作业、停泊以及船员、旅客正常工作和生活所必需的机械设备的综合体。

组成：

船舶电站
辅助锅炉装置







动力管系
船舶管系

推进装置
辅助装置
机舱自动化
船舶系统
甲板机械



主发动机
主锅炉
推进器
传动设备



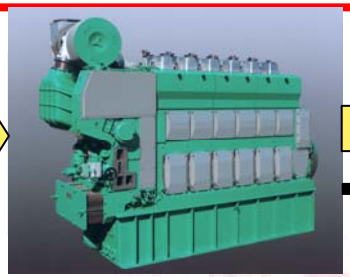


锚泊机械
操舵机械
起重机械

Tips:船舶动力装置是一个很复杂能量综合体

典型的柴油机动力装置能量转换系统





重油

机械能



余热



热能

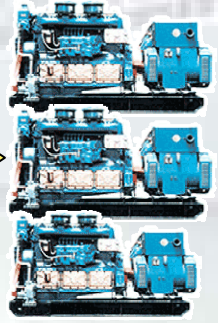
燃油加热

滑油加热

制淡装置

舱室取暖

厨房加热



柴油

电能

驳动辅机

船舶照明

船舶通讯

机舱自动化









1.2 船舶动力装置的基本类型及特点

基本类型



- 柴油机推进动力装置
- 汽轮机推进动力装置
- 燃气轮机推进动力装置
- 核动力推进动力装置
- 联合动力推进动力装置



052级驱逐舰首舰“青岛”号



053H3级导弹护卫舰



093型攻击核动力潜艇



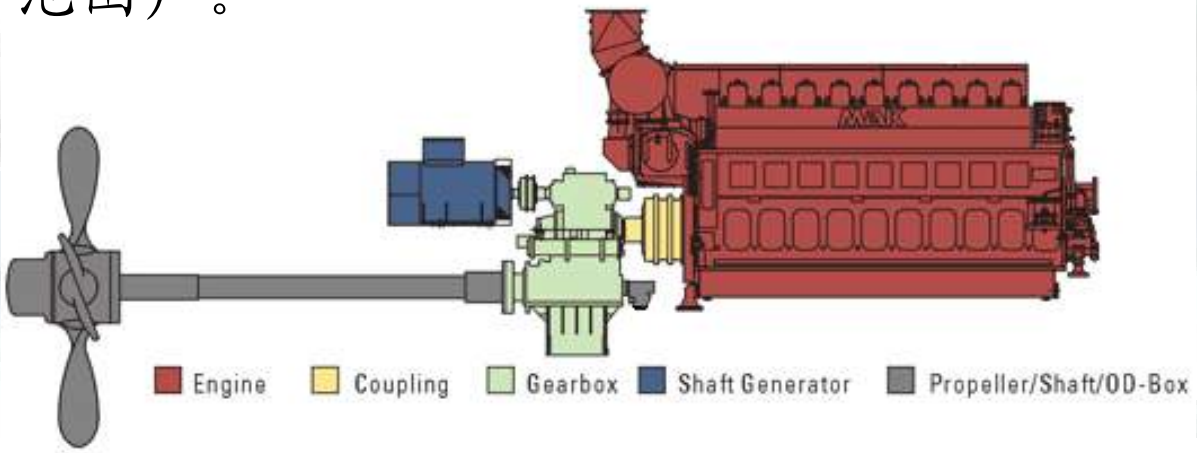


柴油机推进动力装置的特点



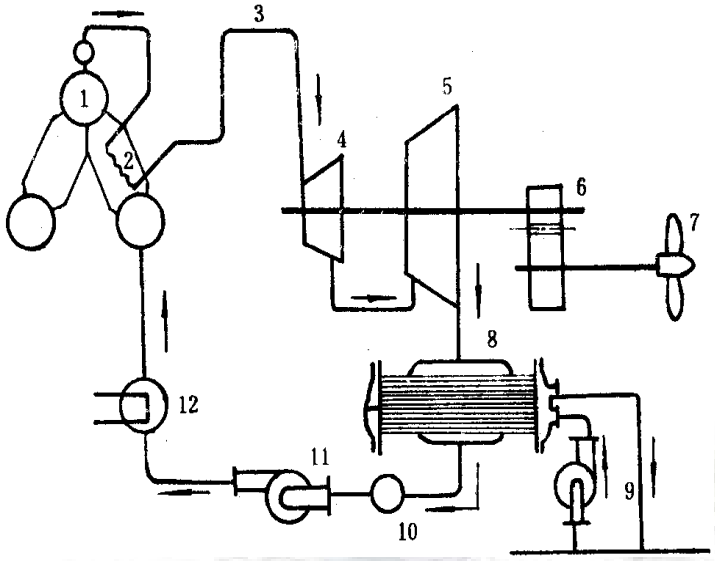
- A. 有较高的经济性，耗油率比蒸汽、燃气动力装置低得多；
- B. 重量轻(单位重量的指标小)；
- C. 具有良好的机动性，操作简单，启动方便，正倒车迅速；
- D. 功率范围广。

- A. 柴油机尺寸和重量按功率比例增长快；
- B. 柴油机工作中的噪声、振动较大；
- C. 中、高速柴油机的运动部件磨损较厉害；
- D. 柴油机低速稳定性差；
- E. 柴油机的过载能力相当差。



汽轮机推进动力装置





1—锅炉
2—过热器
3—主蒸汽管路
4—高压汽轮机
5—低压汽轮机
6—减速齿轮
7—螺旋桨
8—冷凝器
9—冷却水循环泵
10—凝水泵
11—给水泵
12—给水预热器



汽轮机推进动力装置的特点



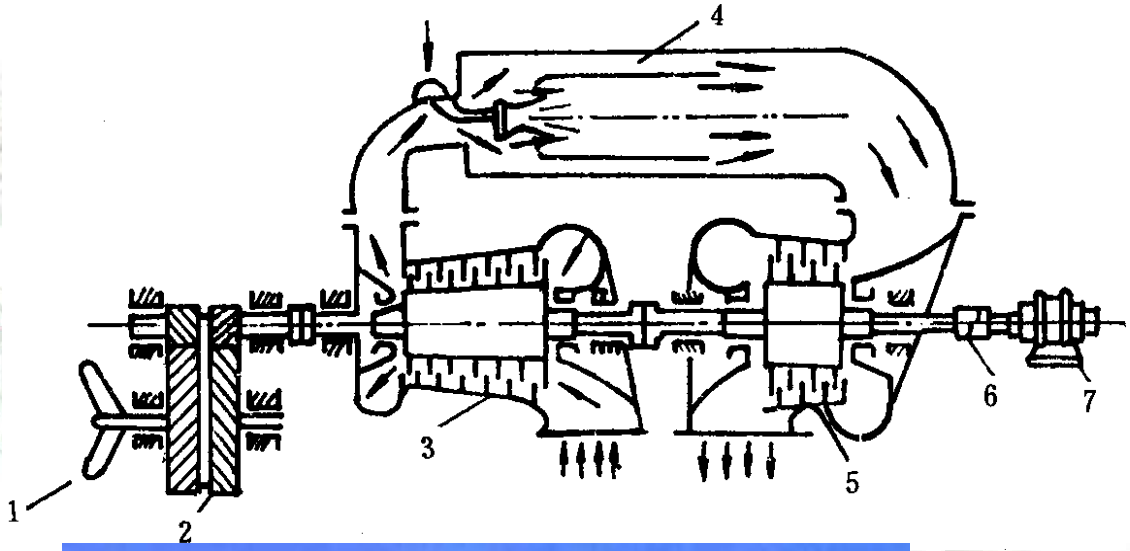
1. 单机功率大；
2. 转速稳定，无周期性扰动力，机组振动噪声小；
3. 工作可靠性高；
4. 可使用劣质燃料油，滑油消耗率也很低。

1. 总重量大，尺寸大；
2. 燃油消耗率高；
3. 机动性差。

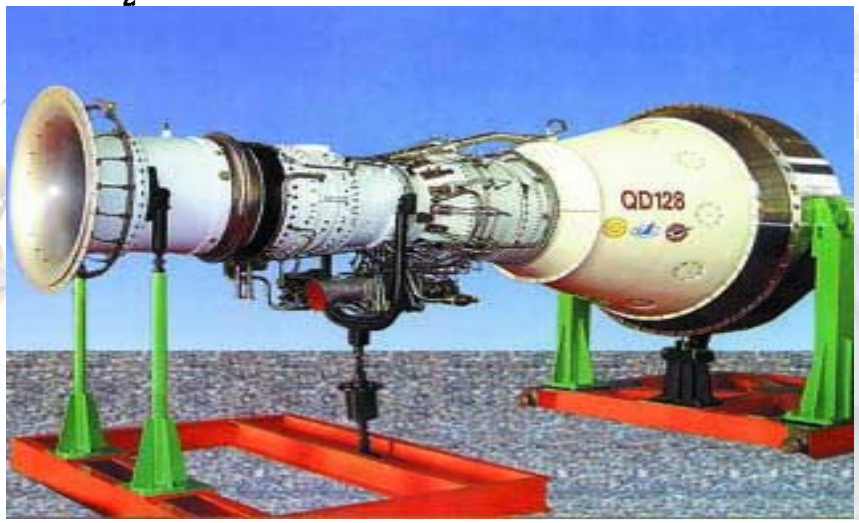
Tips:汽轮机推进装置主要采用的是汽轮机+减速齿轮箱+定距桨的形式；少数采用汽轮机电力传动形式。

燃气轮机推进动力装置





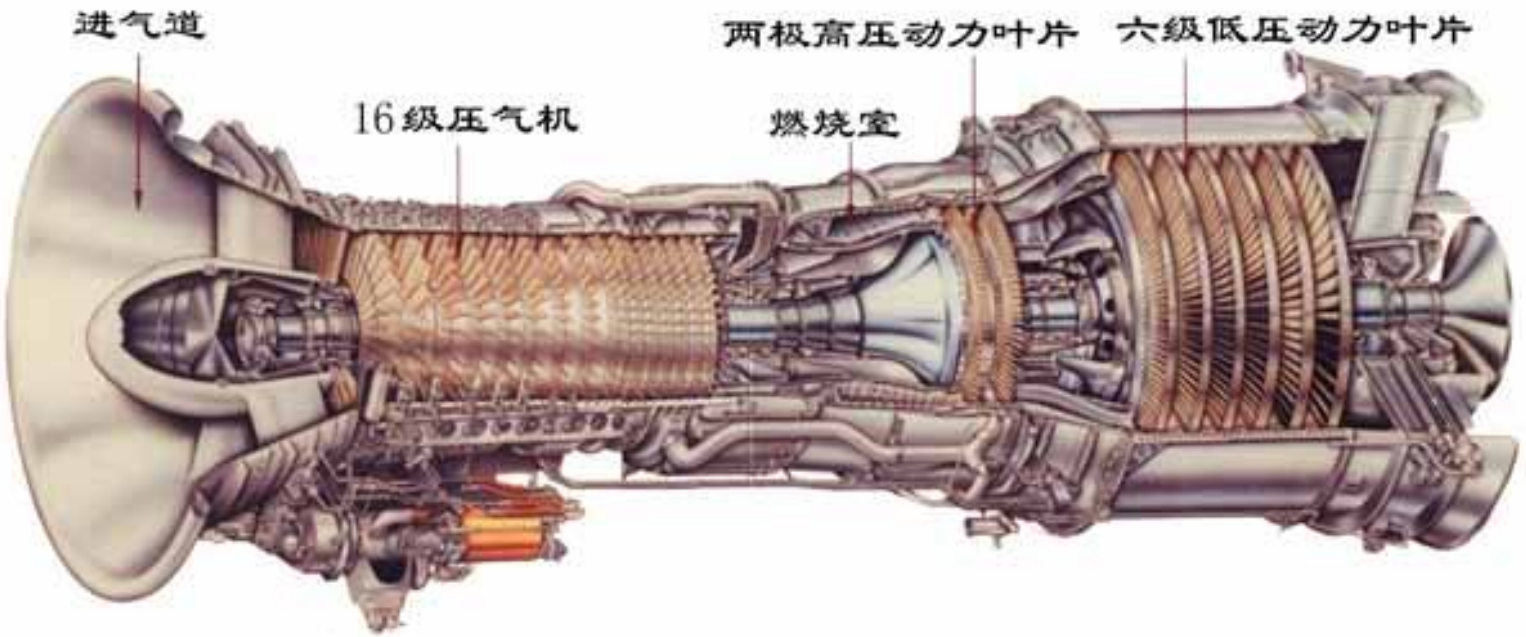
1-螺旋桨
2-减速齿轮
3-压气机
4-燃烧室
5-燃气轮机
6-联轴器
7-起动电动机



（1）压气机
（2）燃烧室
（3）燃气轮机

轻型燃气轮机
General Electric LM2500 Gas Turbine



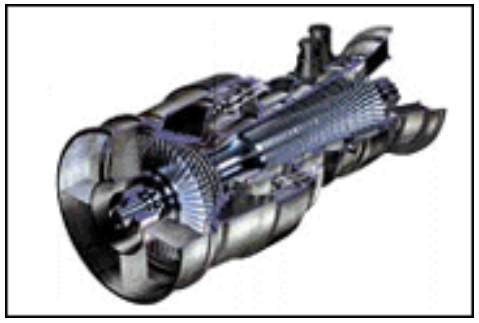


关于燃机



能动热能工程系

- 燃气轮机装置是一种以空气及燃气为工质的旋转式热力发动机，它的结构与飞机喷气式发动机一致，也类似蒸汽轮机。主要结构有三部分:
  - 1、燃气轮机（透平或动力涡轮）；
  - 2、压气机（空气压缩机）；
  - 3、燃烧室。



- 其工作原理为：叶轮式压缩机从外部吸收空气，压缩后送入燃烧室，同时燃料（气体或液体燃料）也喷入燃烧室与高温压缩空气混合，在定压下进行燃烧。生成的高温高压烟气进入燃气轮机膨胀作工，推动动力叶片高速旋转，乏气排入大气中或再加利用。
-

关于燃机



能动热能工程系

- 燃气轮机具有
  - 效率高
  - 功率大
  - 体积小
  - 投资省

- 主要用于发电、交通和工业动力。
- 燃气轮机分为轻型燃气轮机和重型燃气轮机，
- 轻型燃气轮机为航空发动机的转型，如LM6000PC和FT8燃气轮机，其优势在于装机快、体积小、启动快、简单循环效率高，主要用于电力调峰、船舶动力。
- 重型燃气轮机为工业型燃机，如GT26和PG6561B等燃气轮机，其优势为运行可靠、排烟温度高、联合循环组合效率高，主要用于联合循环发电、热电联产。

深圳号导弹驱逐舰





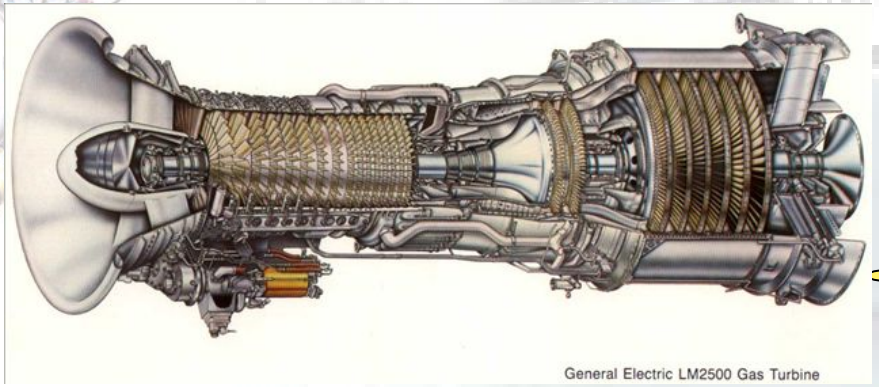


燃气轮机推进动力装置的特点



- a. 单位功率的重量尺寸小；
- b. 启动加速性能好；
- c. 重量轻，体积小；
- d. 独立性较强，生命力好；
- e. 振动小，噪声小。

- a. 主机不能反转；
- b. 必须借助启动机械启动；
- c. 叶片材料昂贵，工作可靠性较差，寿命短；
- d. 进排气管道尺寸大，舱内布置困难。



General Electric LM2500 Gas Turbine

LM2500

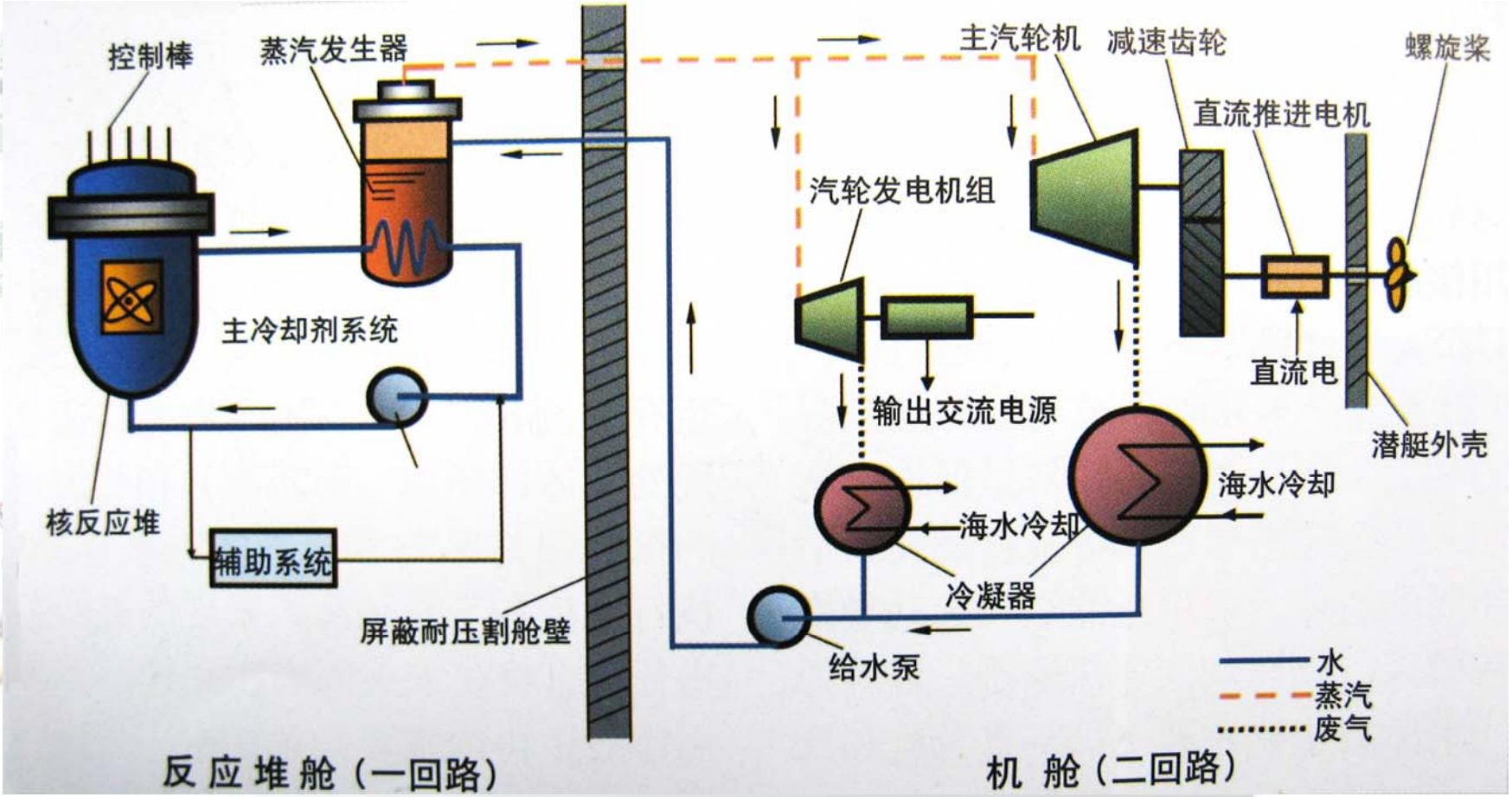
核动力装置（nuclear power plant）



- 核动力的装置定义
  - 利用原子核反应堆内核燃料的裂变反应产生热能并 转变为动力的装置。
- 核动力装置结构
  - 核反应堆、产生动力的系统和设备（如核蒸汽供应系统和核电站汽轮机）， 以及为保证设备正常运行、人员健康和安全所需要的系 统和设备。
- 核动力装置的主要推进方式
  - 核反应堆-蒸汽轮机
  - 核反应堆-电机
-

核能推进系统的简单原理

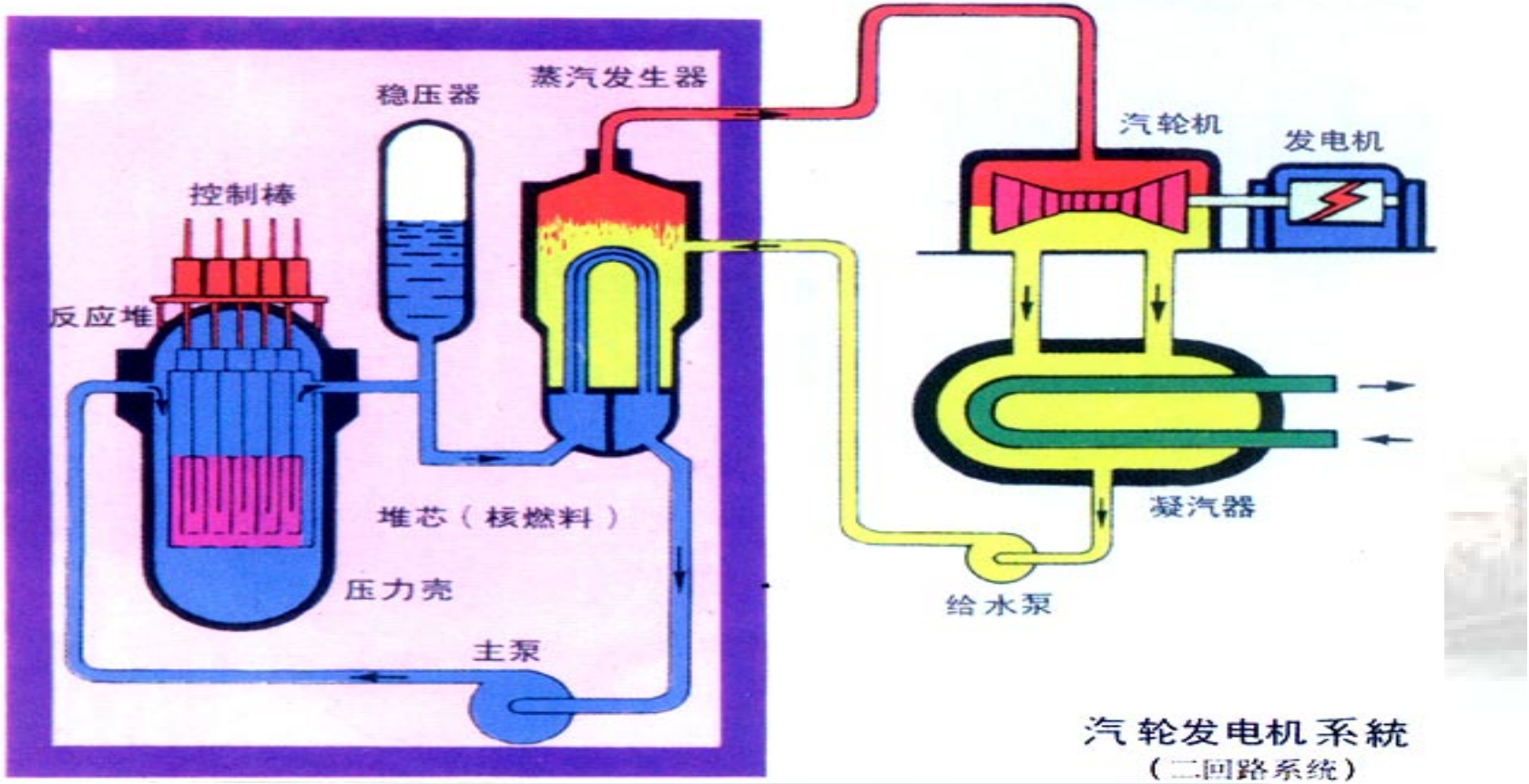




产生动力的系统和设备



核蒸汽供应系统
（一回路系统）



汽轮发电机系统
（二回路系统）

船舶核动力装置的优点



1）核动力装置使核潜艇能在**水下长期连续航行**：核动力装置以核能为能源，核裂变时不需要空气，因此核潜艇能在水下长期连续航行，其隐蔽性远远超过常规动力潜艇。

2）**续航力不受限制**：核反应堆一次装料，可运行几年甚至几十年，如美国建造的"弗吉尼亚"级潜艇上使用的S9G反应堆，其寿命可达33年。从而使核潜艇具有"无限"的续航力。

3）**功率大**：现在已运行的舰艇动力反应堆，单堆功率在30~300兆瓦（MW）之间，有的核动力舰艇（如航空母舰）装有多个反应堆，强大的动力使得这些庞然大物能以20~50节的高航速航行。

核动力装置的应用概况



- 美国舰艇核动力生产公司主要是西屋公司和通用电气公司。
- 西屋公司设计和建造的是SW系列，包括一座陆上模式堆S1W，及S2W、S3W、S4W、S5W、S5Wa、S5W-Ⅱ、S6W等装艇堆。
- 通用电气公司设计和建造的是SG系列，包括S1G、S3G（双堆）、S5G、S7G、S8G六座陆上模式堆和S2G、S4G、S5G、S6G、S8G、S9G等装艇堆。
- 美国舰艇核反应堆，无论是SW系列还是SG系列都采用板状燃料元件。

核动力装置的应用概况



俄罗斯/前苏联舰艇核反应堆的发展按时间大致可分为四代：

- 第一代为20世纪50年代至60年代中期，研制船用压水堆核动力装置，建造了BM-A型陆上模式堆，反应堆为双流程，热功率为75MW，轴功率1.75万马力，采用盘管式管外直流蒸汽发生器
- 第二代为20世纪60年代至70年代末研制，为紧凑式分散布置，热功率为177MW，轴功率4万马力，反应堆改为单流程
- 第三代核动力装置为20世纪80年代初至90年代末期研制，是第二代的改进完善，初步实现了通用化、模块化设计，增加了可*性和可维修性。反应堆仍为紧凑布置，热功率为177~190MW，轴功率为4~4.5万马力，采用了列管式直流蒸汽发生器。
- 20世纪90年代至21世纪初研制、建造的"北德文斯克"级攻击型核潜艇上使用的反应堆仍为紧凑布置压水堆，采用了直管式高效直流蒸汽发生器。

核动力装置的应用概况



英国舰艇核动力装置的发展：

英国于1958年在购买的美国S5W潜艇压水堆的基础上，设计建造了陆上模式堆PWR-1。通过PWR-1模式堆，成功地研制了A、B、Z三种型号的堆芯，分别装备于“勇士”级、“快速”级和“特拉法尔加”级攻击型核潜艇和“决心”级弹道导弹核潜艇。

法国舰艇核动力的发展：

法国1960年开始建造PAT陆上模式堆。PAT型分散布置压水堆通过蒸汽透平、减速齿轮带动螺旋桨，轴功率为1.6万马力。新研制的K-15型自然循环一体化压水堆，单堆功率为150MW，轴功率为4.1万马力。该堆已装备"凯旋"级弹道导弹核潜艇和"戴高乐"号核动力航母。 1971年开始建造攻击型核潜艇上使用的CAP型陆上模式堆，燃料元件采用棒状。1983年开始服役的"红宝石"级攻击型核潜艇装备了CAS-48一体化压水堆，热功率为48MW，轴功率为9500马力，燃料元件采用板状．

核动力装置技术的发展趋势



1）提高核安全可靠性。

核动力装置的安全性有待提高，各国核潜艇已发生过136起严重事故，其中13起沉没事故；反应堆的自然循环能力尚不够理想等提高核反应堆的安全性是各国发展的重 点，技术困难主要有以下几个方面：

（1）提高反应堆的固有安全性。

（2）提高反应堆的自然循环能力。目标是在额定功率下，可在全船断电、冷却剂断流等情况下，保证堆芯的安全，并可在停堆后依然循环导出堆芯余热。

（3）应用非能动安全系统，彻底解决安全系统只能依靠艇上电力才能投入使用的问题，使核动力装置在各种事故条件下，不需人为操作，能自动保证反应堆的安全。

（4）提高反应堆的自动控制水平，减少误操作。

2）增长堆芯寿命

增长寿命堆芯的关键是设计长寿命燃料元件，研制耐腐蚀、耐辐照材料。国外潜艇普遍采用高浓铀、锆包壳、片状和板状元件；燃料元件采用稠密栅布置；精心设计元件结构等措施。美国研制的S9G反应堆的寿命已达33年。

核动力装置技术的发展趋势



3）减振降噪

核潜艇辐射噪声主要有机械噪声、螺旋桨噪声水动力噪声。从核动力装置本身降低噪声，主要是降低机械噪声。主要措施有：

（1）采用自然循环压水堆。

（2）采用活筏式整体减振装置。

（3）采用合理的隔声减振和吸声结构。

（4）降低管路产生的噪声。

（5）降低齿轮噪声。

4）二回路采用双机单缸。

双机单缸是指二回路系统推进主汽轮机由两台独立的单缸汽轮机并联所组成，配有两台主冷凝器等辅助设备，两台汽轮机可并联运行，也可单独运行，简称为双机方案。二回路采用双机方案的优点是：

（1）提高二回路系统的生命力.两台汽轮机并联或独立运行，一台出现故障时，系统仍能运转。

（2）提高二回路的机动性。两台汽轮机可并联运行，也可单独运行，对于调节艇的航速非常有利。

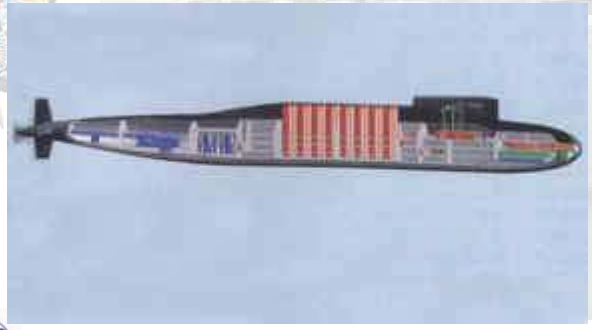
核动力推进动力装置的特点



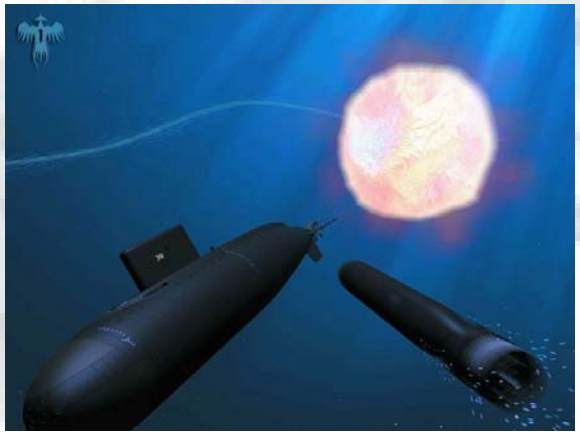
- a. 极少的燃料释放巨大的能量;
- b. 功率大;
- c. 无需空气。
- a. 装置大;
- b. 操纵管理检查系统比较复杂;
- c. 装置造价昂贵。



俄罗斯阿库拉Akula(鲨鱼)级战略核潜艇



094型攻击核动力潜艇





联合动力推进动力装置

- 汽轮机＋加速燃气轮机（COSOG或COSAG）
- 柴油机＋加速燃气轮机（CODOG或CODAG）
- 燃气轮机＋加速燃气轮机（COGAG或COGOG）



(美）尼米兹级航空母舰



（美）“林肯”号1

联合动力推进动力装置的特点



- a. 重量尺寸小；
- b. 操纵方便，备车迅速；
- c. 自巡航到全速工况加速迅速；
- d. 具有多机组并车的可靠性；
- e. 管理与检修费较低。

- a. 必须配备不同燃料及相应的管路及贮存设备；
- b. 主减速器的小齿轮数目多，结构复杂；
- c. 在减速器周围布置有难度。

意－加里博迪号





（英）“无敌”号



尼米兹级航空母舰

- 目前世界上吨位最大、在役数量最多的一级核动力航空母舰，其首制舰于１９７５年服役，目前该级舰10艘全部加入美国海军服役。该级航空母舰满载排水量在９１０００吨以上，从第５艘起由于加装了几千吨重的装甲防护板，使其满载排水量增至１０２０００吨，成为世界有史以来最大的军舰。

- 舰长：３３２.９米　舰宽：４０.８米　舰高76米，飞行甲板最宽７６.８米
- 吃水：１１.３米（ＣＶＮ-７１为１１.８米，自ＣＶＮ-７２以后为１１.９米）。

- 动力装置：核动力，２座压水堆，４台蒸汽轮机，４台应急柴油机，４轴
- 推进 功率：１９４兆瓦（２６万马力）航速：３０节以上 续航力：８０万~１００万海里 。

- 该级舰现有10艘在役，是美国海军现役航空母舰的中坚。

10艘舰分别是：“尼米兹”号(CVN68)、“德怀特·D·艾森豪威尔”号（CVN69）、“卡尔·文森”号（CVN70 ）、“西奥多·罗斯福”号（CVN71）、“亚伯拉罕·林肯”号（CVN72）、“乔治·华盛顿”号（CVN73）、“约翰·C·斯坦尼斯”号（CVN74）、“哈里斯·S·杜鲁门”号（CVN75）、“罗纳德·里根”号（CVN76）、“布什”号（CVN77



意大利加里博迪号航空母舰

- 该舰于1987年服役
- 满载排水量：13850吨 舰长：180米。舰宽：33.4 米，吃水：6.7米。
- **动力装置：常规动力，4台燃气轮机，2轴**
- 推进功率：60兆瓦（8.1万马力），航速：30节，续航力：7000海里/20节

英国无敌号航空母舰

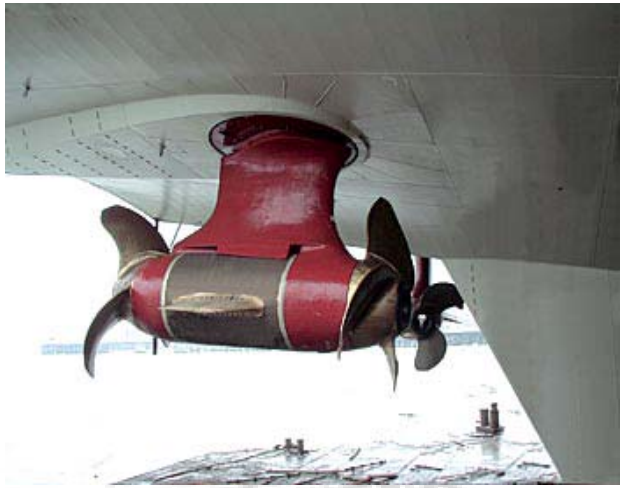
- 标准排水量16,970吨 满载排水量20,710吨 全长209米）吃水8米
- **动力系统COGOG 动力四套Olympus 总功率112000马力，双轴双桨**
- 最高速度28节，巡航速度为 18 节，续航距离7,000海里

新型船舶动力装置

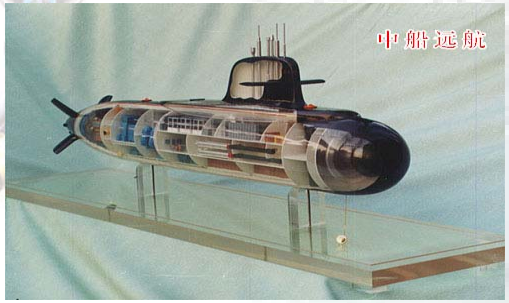


- 喷水推进
- 吊舱推进
- 全电力推进
- 超导磁流体推进
- 表面驱动
- 对转螺旋桨
- 高效一体舵桨







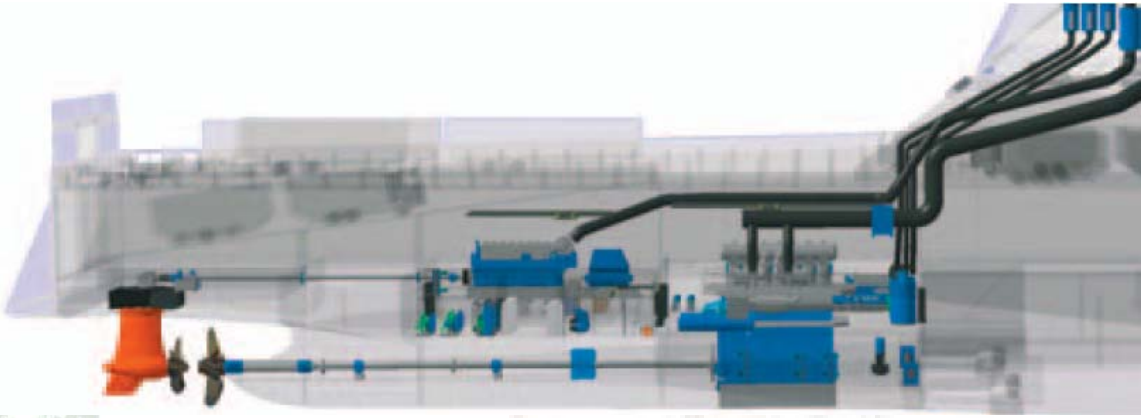


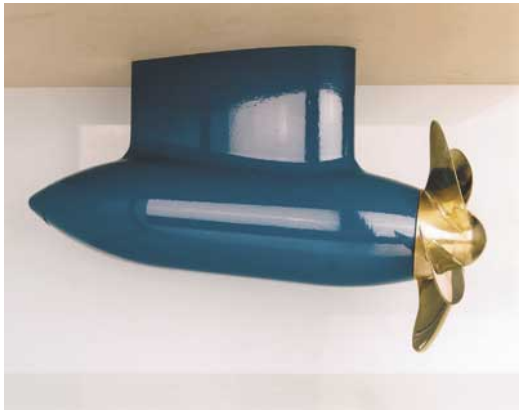




新型船舶动力装置



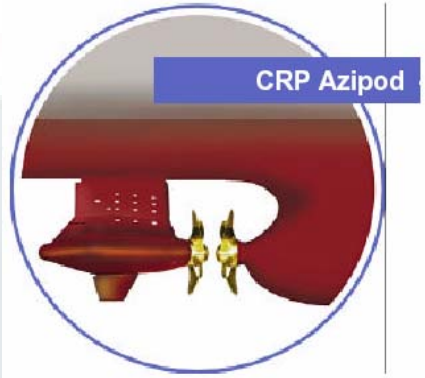






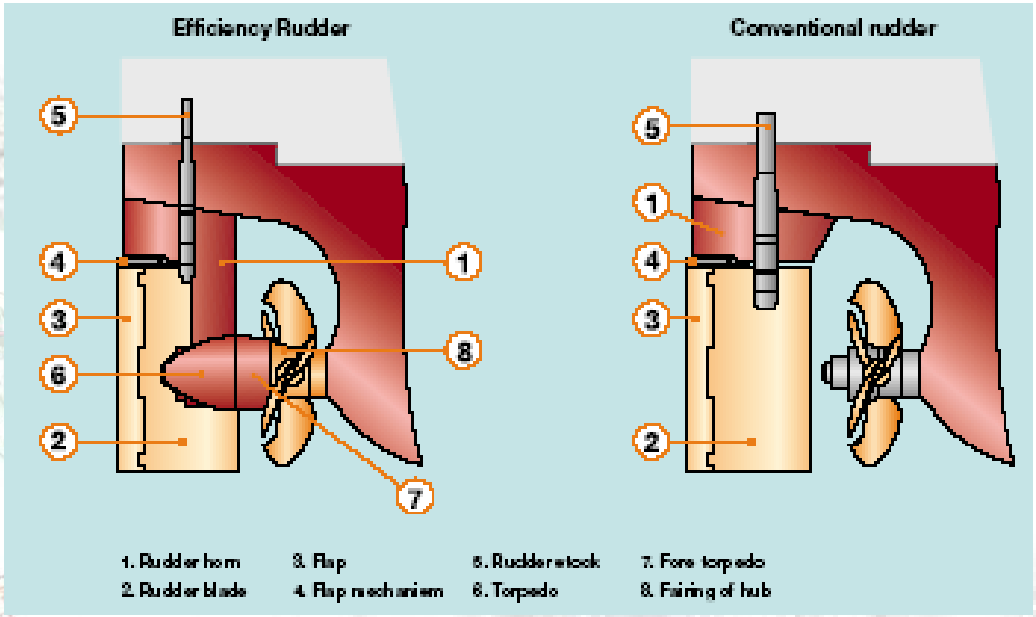






Efficiency Rudder





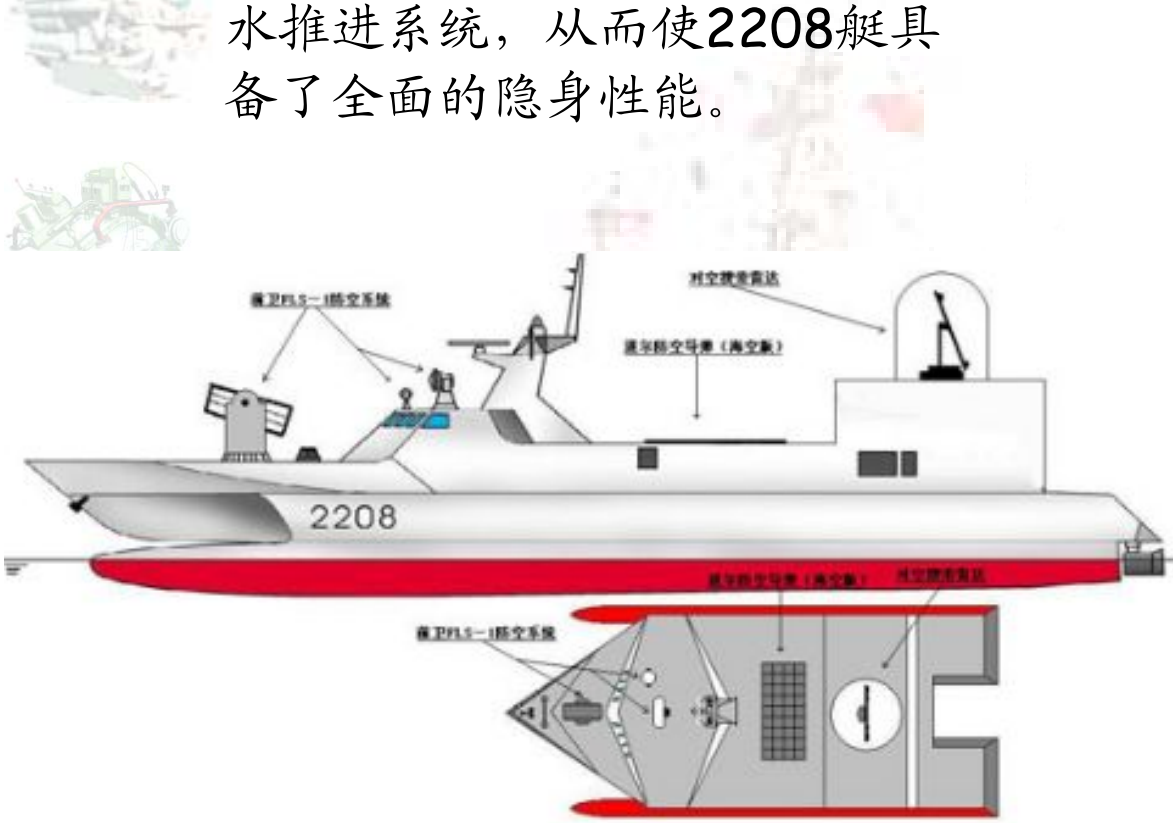


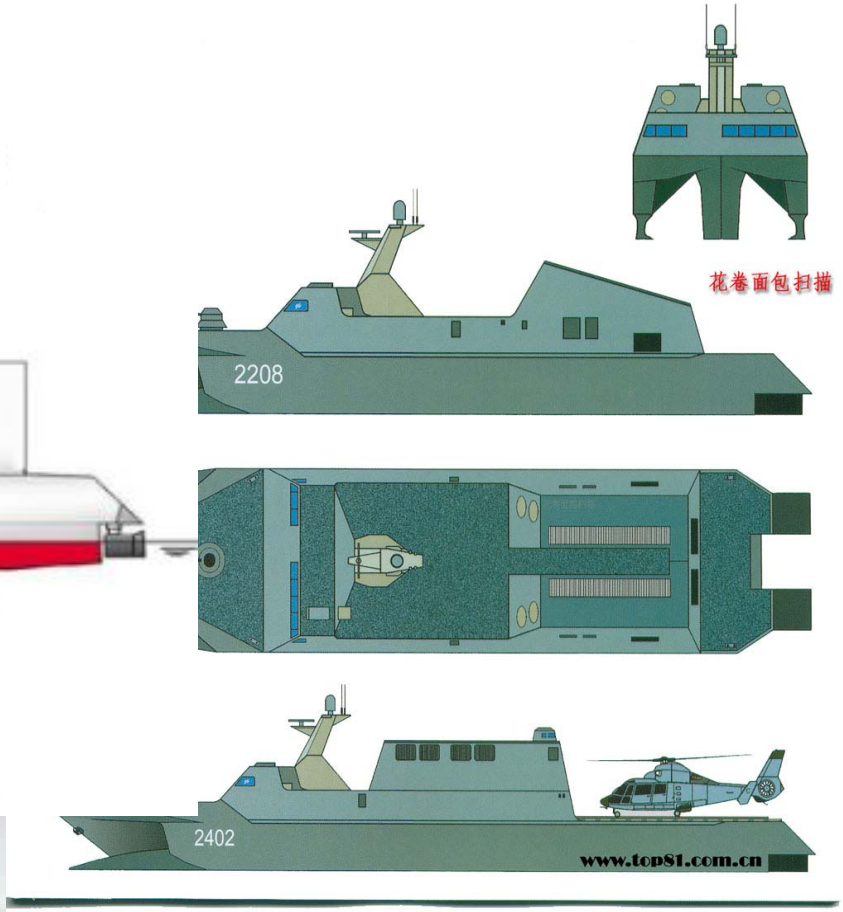
全新的导弹艇（中国2208艇）



- 2208艇采用了新的双体型船型，其推进系统采用了噪声很低的喷水推进系统，从而使2208艇具备了全面的隐身性能。

《海陆空天惯性世界》第36期





全新的导弹艇（中国2208艇）





1.3 船舶动力装置的技术、经济及性能指标



船舶动力装置的技术、经济及性能指标



● **技术指标**　标志动力装置的技术性能和结构特征的参数。包括功率指标、质量指标和尺寸指标。

● **经济指标**　代表燃料在该动力装置中的热能转换率。有燃料消耗率、装置总效率、推进装置热效率、每海里航程燃料耗量及动力装置的运转-维修经济性。

● **性能指标**　代表动力装置在接受命令，执行任务中的服从性、坚固性和对外界条件、工作人员的依赖性。因此它包括机动性、可靠性、自动远操作性能、牵曳性能以及噪声振动的控制等指标。

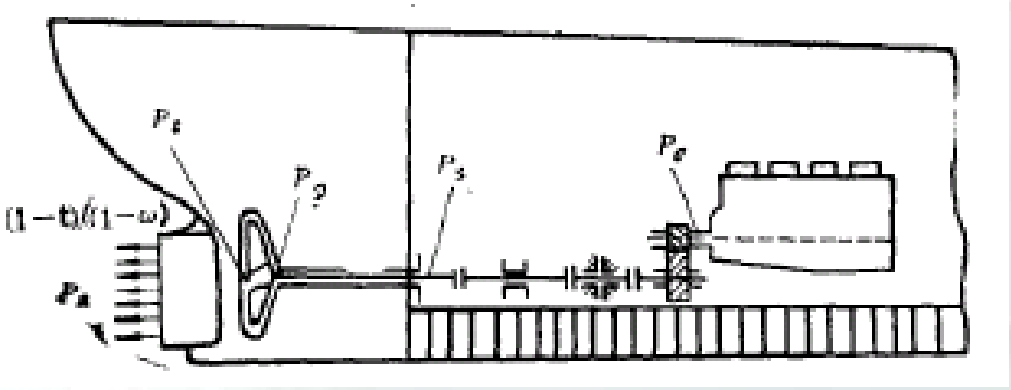


技术指标

功率指标

它表示船舶作功的能力。为了保证船舶具有一定的航行速度，就要求推进装置提供足够的功率。而动力装置的功率是按船舶的最大航速来确定的。





功率指标



1) 船舶有效功率

已知船舶的航行速度为V_s (m/s)，运动阻力$R(N)$，则推进船舶的有效功率

$$p_e = R \cdot V_s \times 10^{-3} \quad kW$$

2) 主机的输出功率

又称为主机的制动功率或有效功率

$$P_b = \frac{R \cdot V_s}{\eta_s \cdot \eta_d} \times 10^{-3} \quad kW$$

$$\eta_d = \eta_r \cdot \eta_0 \cdot \eta_h$$

η_d :推进效率　　η_r :螺旋桨相对旋转效率

η_0 :敞水效率　　η_h :船身效率　　η_s :轴系传动效率

功率指标



海军系数法估算主机所需功率的方法：

$$P_e = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3}{C} \qquad kW$$

式中：Δ —— 排水量，t；$\Delta = \nabla \cdot \rho$ ∇：排水体积

V_s —— 航速，kn；

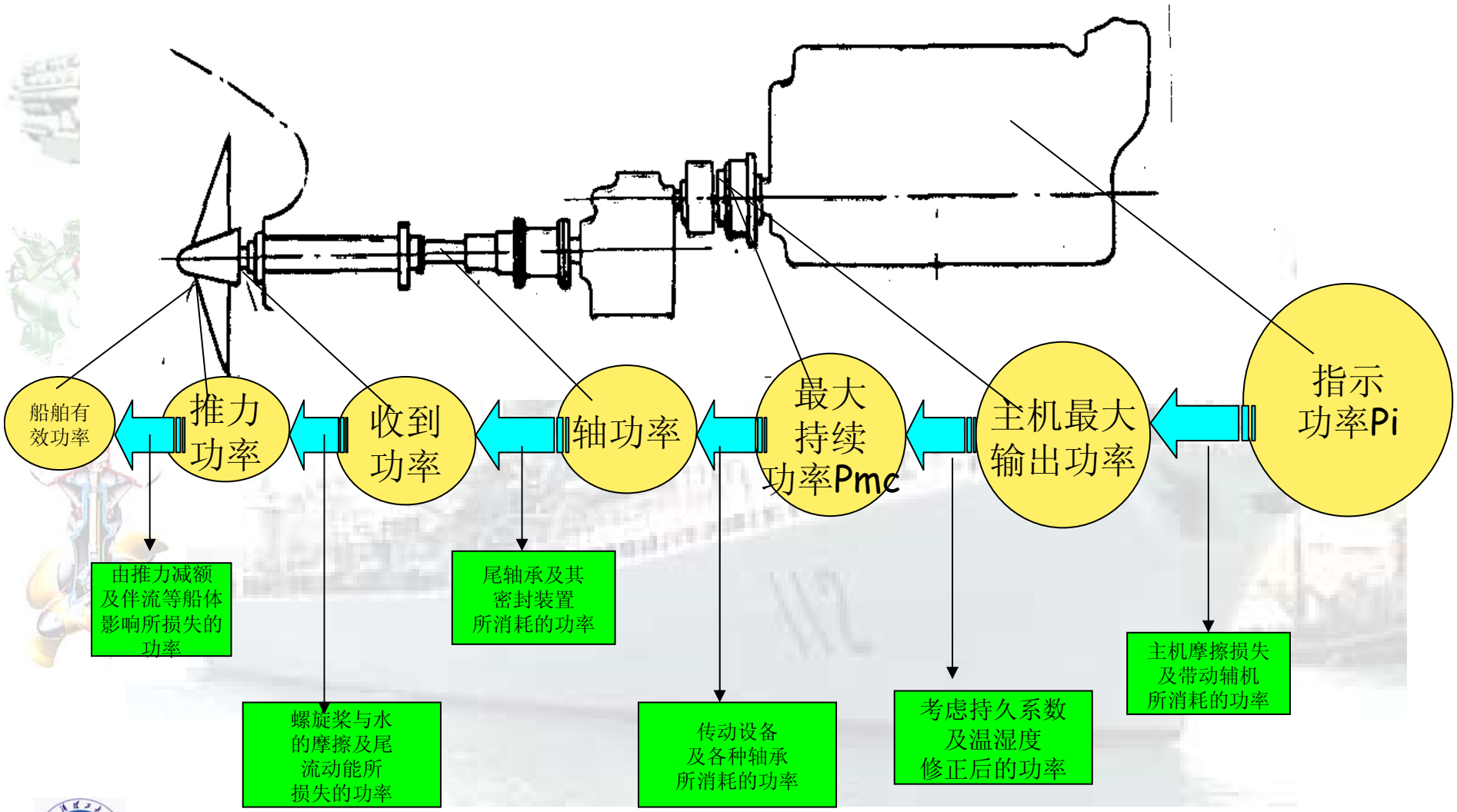
C —— 海军系数，与船型有关。

若已知母型船的航速 V_0、排水量 Δ_0 和功率 P_{eo}，则有：

$$C = \frac{\Delta_0^{\frac{2}{3}} \cdot V_0^3}{P_{eo}}$$

推进装置功率传递过程




船舶有效功率
推力功率
收到功率
轴功率
最大持续功率Pmc
主机最大输出功率
指示功率Pi
由推力减额及伴流等船体影响所损失的功率
螺旋桨与水的摩擦及尾流动能所损失的功率
尾轴承及其密封装置所消耗的功率
传动设备及各种轴承所消耗的功率
考虑持久系数及温湿度修正后的功率
主机摩擦损失及带动辅机所消耗的功率

推进装置功率



1. 指示功率 p_i

表示柴油机气缸中气体作功的能力

$$p_i = \frac{G_t \cdot H_u}{3600} \cdot \eta_i \quad W$$

G_t ： 主机燃油消耗量 kg/h

H_u ： 柴油的发热值（取 $H_u = 4.1868 \times 10^7 J/kg$）

η_i ： 柴油机的指示效率（主要考虑燃烧、排气及冷却等损失）

四冲程机： $\eta_i = 0.42 \sim 0.52$

二冲程机： $\eta_i = 0.35 \sim 0.45$

2. 主机最大输出功率 p_n

$$p_n = p_i \cdot \eta_m$$

η_m ： 柴油机的机械效率

推进装置功率



3. 最大持续功率 p_{mc} （额定功率）MCR

在规定的环境状况（不同航区有不同的规定，如无限航区环境条件：绝对大气压为0.1Mpa;环境温度为45℃；相对湿度为60%；海水温度“中冷器进口处”为32 ℃和转速下，柴油机可以安全持续运转的最大有效功率。

$$p_{mc} = p_n \times \eta_c \times \eta_{th}$$

η_c 持久系数（取0.9左右）

η_{th} 温度、湿度修正系数

4. 轴功率 p_s

指在扣除传动设备、推力轴承和中间轴承等传动设备后的输出功率。

$$p_s = p_{mc} \times \eta_{tran} \times \eta_{block} \times \eta_{\text{int}erbearing}^{n}$$

推进装置功率



5. 螺旋桨收到功率 p_p

是指 p_s扣除尾轴承及密封填料损失后所输出的功率。（桨前）

$$p_p = p_s \times \eta_{stern}$$

6. 推力功率 p_T

是螺旋桨产生使船航行的功率。

$$p_T = p_p \times \eta_x \times \eta_p$$

η_x ： 相对旋转效率

η_o ： 敞水螺旋桨效率

7. 船体的有效功率 p_R

$$p_R = p_T \cdot \eta_s$$

η_s：船体影响系数

$$\eta_s = \frac{1-t}{1-\omega}$$

t ：推力减额系数；ω ：伴流系数

功率指标



3）相对功率：即每吨排水量所需的主机有效功率

$$p_r = \frac{p_b}{\Delta} \qquad \text{kW/t}$$

$$p_r = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3}{c_2 \cdot \Delta} = \frac{V_s^3}{c_2 \cdot \Delta^{\frac{1}{3}}} \qquad \text{kW/t}$$

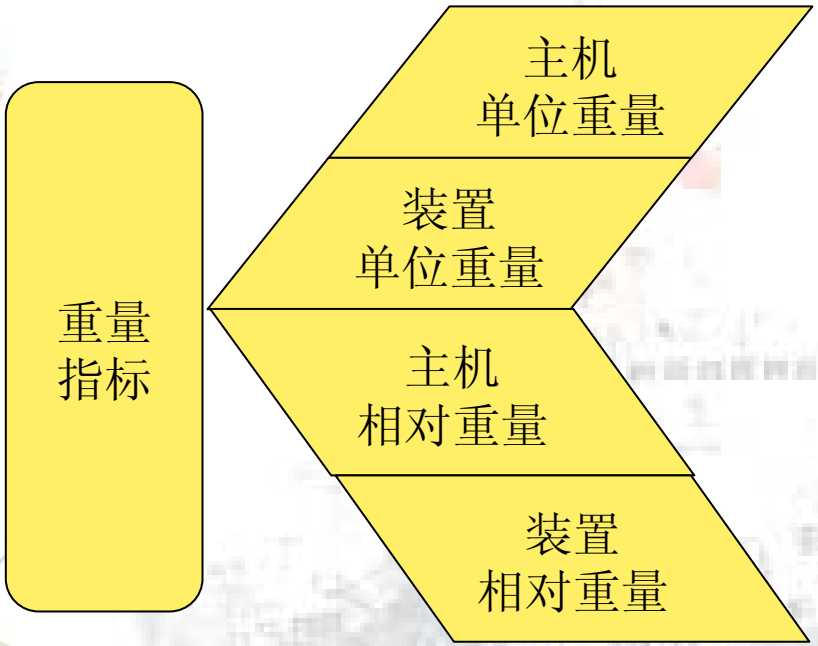
令 $c_2 = c \cdot \eta_d \cdot \eta_s$

可知，相对功率 p_r 与航速 V_s 的三次方成正比，与排水量的立方根成反比，因此，高速船每吨排水量所需功率大。

重量指标



是相对于主机功率或者船舶的排水量而言



$$g_z = \frac{G_z}{P_b} \quad \text{kg/kW}$$

$$g_\varepsilon = \frac{G_\varepsilon}{P_b} \quad \text{kg/kW}$$

$$g_{zr} = \frac{G_z}{\Delta} \quad \text{kg/t}$$

$$g_{\varepsilon r} = \frac{G_\varepsilon}{\Delta} \quad \text{kg/t}$$

动力装置重量有三个不同的内涵，即动力装置干重(代表所有的机器、设备和管系的重量，不包括内部的工质和消耗物品及其存储量)、湿重(包括其内部所装工质和消耗物品重量，但不包括消耗品存储量）和总重(包括上述全部重量)。计算时常用湿重。

尺寸指标



· 绝对指标

机舱总长度 L_Σ ，占用面积 F_Σ ，占用空间 V_Σ 。

· 相对指标

对于不同的船舶，对机舱尺寸要求也不统一，为了表征机舱的面积和容积利用率的情况

1）面积饱和度 K_s ：每平方米机舱面积所分配的主机有效功率

$$K_s = \frac{P_b}{S} \quad \mathrm{kW/m^2}$$

2）容积饱和度 K_V ：每立方米机舱容积所分配的主机有效功率

$$K_v = \frac{P_b}{V} \quad \mathrm{kW/m^3}$$

经济指标



$$b_z = \frac{B_z}{P_b} \quad \text{kg/(kW·h)}$$

$$b_\varepsilon = \frac{B_\varepsilon}{P_b} \quad \text{kg/(kW·h)}$$

$$B_\varepsilon = B_z + B_f + B_g$$

经济指标

- 主机燃料消耗率
- 动力装置燃料消耗率
- 推进装置的有效热效率
- 每海里航程的燃料消耗量
- 节能投资的经济标准

主机燃料消耗率：指在单位时间内主机单位有效功率所消耗的燃料量

动力装置燃料消耗率：主机、辅机、锅炉每小时燃料总耗量

推进装置的有效热效率：推进装置有效功和所消耗的热之比

$$\eta_e = \frac{3600 P_e}{B_\varepsilon \cdot H_u}$$

$$P_e = P_b \cdot \eta_s \cdot \eta_0 \cdot \eta_r \cdot \eta_h$$

每海里航程的燃料消耗量

$$b_n = \frac{B_\varepsilon}{V_s} = \frac{B_\varepsilon \cdot t}{V_s \cdot t} \quad \text{kg/n mile}$$

$$b_n = \frac{b_z \cdot P_b}{V_s} + \frac{B_f + B_g}{V_s}$$

节能投资的经济标准

$$n_1 = \frac{\lg \frac{A}{A - iP}}{\lg(1+i)}$$

每海里航程的燃料消耗量



4) 每海里航程的燃料消耗量 b_n

b_n 指船舶航行1海里（nautical mile），装置所消耗的燃料量，

$$b_n = \frac{B_\varepsilon \cdot t}{V_s \cdot t} = \frac{B_\varepsilon}{V_s} \quad kg/nmile \qquad (B_\varepsilon = B_z + B_f + B_g)$$

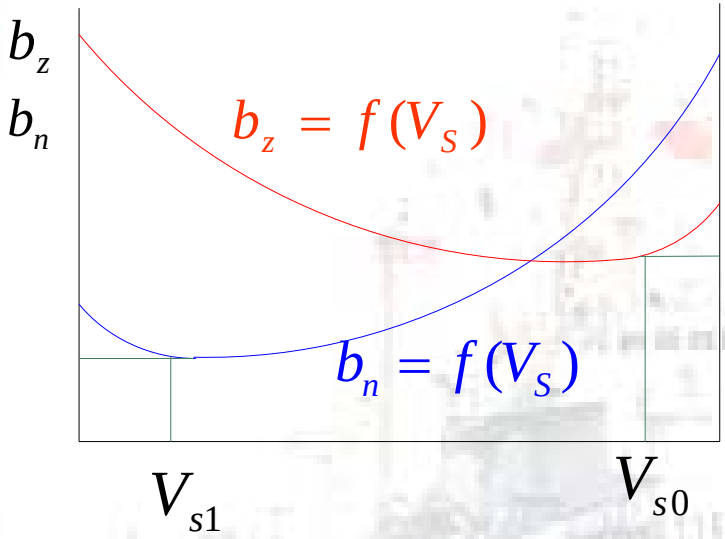
$$b_n = \frac{b_z \cdot P_b}{V_s} + \frac{B_f + B_g}{V_s}$$

$$\because P_b = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3}{C_2}$$

$$\therefore b_{nz} = \frac{b_z \cdot \Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3}{V_s \cdot C_2} = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}}}{C_2} \cdot b_z \cdot V_s^2$$

每海里航程的燃料消耗量





$$b_{nz} = \frac{b_z \cdot \Delta^{\frac{2}{3}} \cdot V_s^3}{V_s \cdot C_2} = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}}}{C_2} \cdot b_z \cdot V_s^2$$

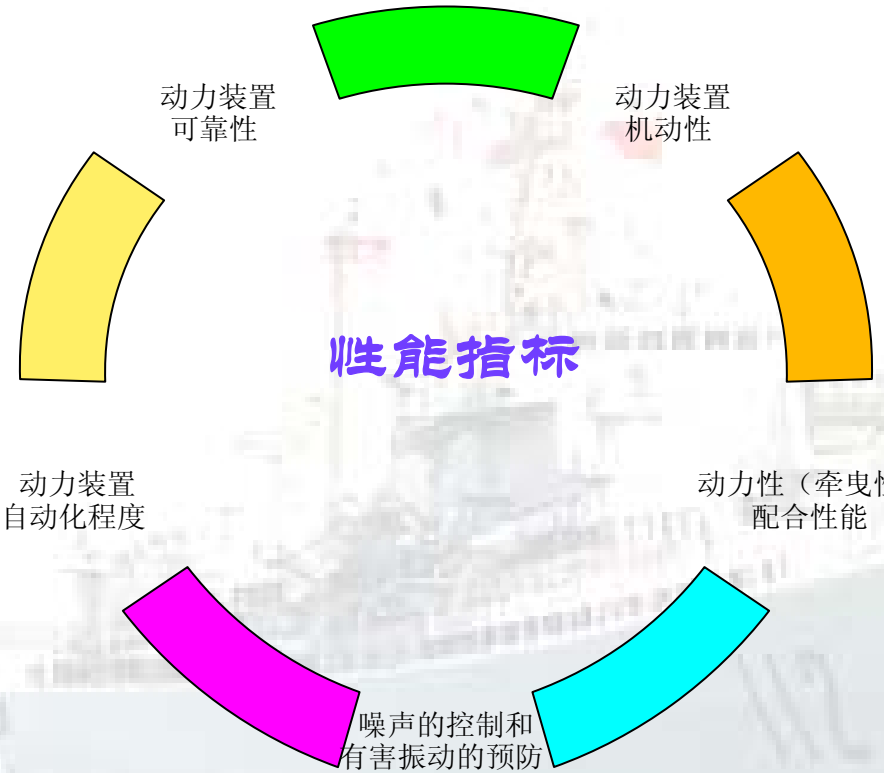
图1-3-1 b_z和 b_n 随Vs 变化的特性曲线

称 V_{s1}为节能航速，它不等于最大盈利航速。

Tips: 此项经济指标与船舶营运管理水平和轮机管理水平密切相关

性能指标





- 动力装置的性能指标由多方面因素综合而成.
  - 主机形式
  - 燃料种类
  - 发动机工作参数
  - 动力装置热线图形式
  - 推进传动形式
  - 主要辅助设备形式等

对船舶动力装置的要求



- 机电设备安全可靠
- 经济性好
- 具有一定的续航力
  - 是指船舶不需要到基地或港口去补充任何物资所能航行的最大距离或最长时间
  - 与动力装置的经济性、每海里航程燃料消耗及其它物质的贮备等有关
  - 与用途、航区有关;
- 良好的操纵性
- 主辅机选型合理
- 其他:机桨匹配、自动化、建造成本、重量与结构尺寸、检测与维修、各种规范要求等

设计的特点



- 须符合船舶的特殊使用条件——船用条件，包括环境条件、空间条件。
- 须设计成具有必要的目标任务条件和合适的保障条件，包括营运条件、作业条件、研究条件及工作条件、生活条件和生存条件。
- 须全面地综合地进行设计、进行通盘考虑，包括动力装置与总体性能、动力装置与其他专业、动力装置内部各子系统之间的综合平衡和匹配，以实现预定的技术经济指标。
- 须全面掌握动力装置所覆盖的各技术领域，如船舶推进技术、热能转换技术、电气技术、安全技术、消防技术、防污染技术、冷藏技术、通风和空调技术、仿真技术以及人员生活、生存技术等。
- 受控于国际公约、规则、船级社规范、船旗国法规等要求和约束。
- 须根据市场经济的特点，对设备的选用和配套应在目标成本的控制下进行。

原则要求



- 营运经济性
- 可靠性 (冗余度)
- 操纵性(操纵简单,管理方便)
- 可维性(设备的结构形式\系统与管路的布置应使维修方便简捷)
- 建造经济性
- 重量、尺寸指标
- 振动、噪声指标

具体要求



- 符合任务书或规格书或合同文本对动力装置的要求。
- 符合船舶总体性能对动力装置的要求。
- 符合该船所入船级的船级社规范的要求。
- 符合该船登记国(船旗国)的有关法规。如挂中国旗，应符合“船舶和海上设施法定检验规范”，
- 符合该船受控的国际公约、规则的要求(Solas公约、MARPOL公约)。
- 符合该船营运中所涉水域或港口的有关规定（如进入美国水域或专属经济区则应符合美国海岸警卫队USCG的规则；巴拿马运河规则等）。
- 符合设备厂规定或推荐的系统设计要求，或与其协调，以最终满足具体船舶的要求

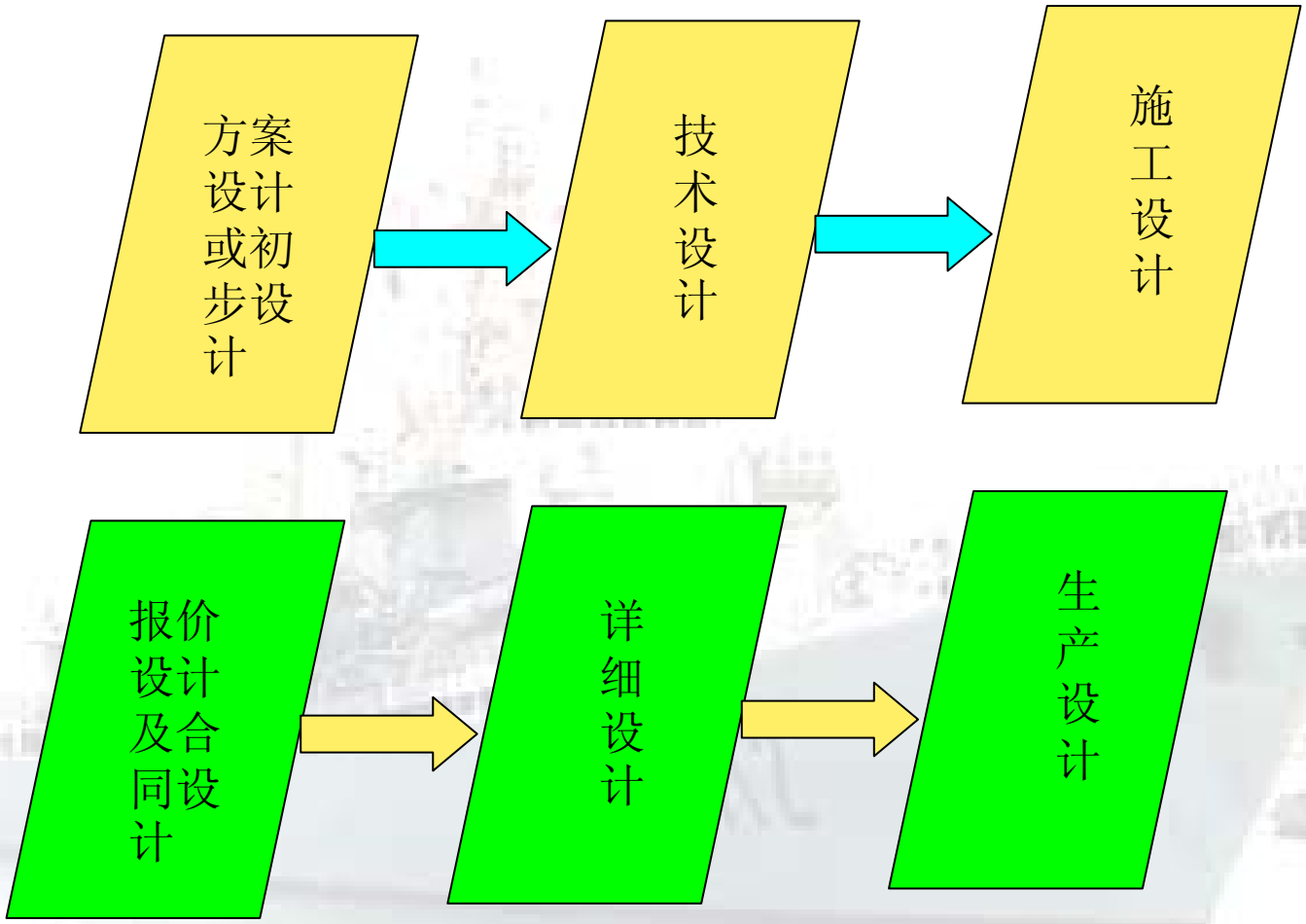
主要内容



- (1)主推进系统设计。包括主机选型、主机及齿轮箱配套、主机及齿轮箱和调距桨配套等;
- (2)轴系设计;
- (3)电站设计(主电站及应急电站);
- (4)热源系统设计(蒸汽、热媒油等);
- (5)动力系统设计(燃油、滑油、冷却水、压缩空气、进排气、加热蒸汽或热媒油等系统)和辅助设备选择;
- (6)船舶系统设计(疏排水系统，注入、测量、空气系统，供水系统，舱底水系统，压载水系统，消防系统等，以及油船、液化气船和化学品船的专用系统);
- (7)自动控制、监测、报警系统设计;
- (8)防污染系统设计(机舱防油污系统、油船防油污系统、生活污水防污染系统及防止有毒液体物质污染系统等);
- (9)机舱通风系统设计。

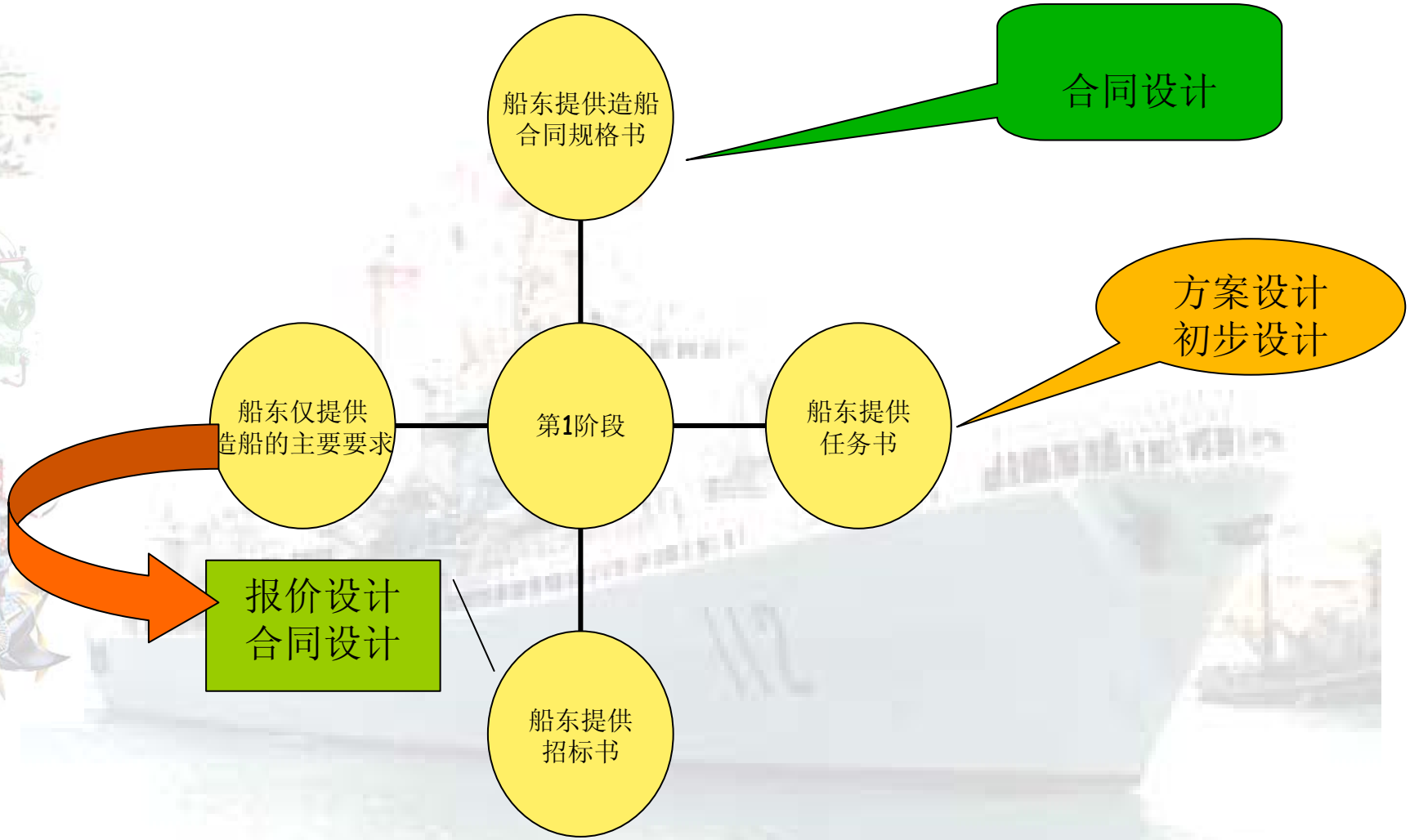
船舶动力装置设计的阶段划分





报价设计与合同设计




船东提供造船
合同规格书
合同设计
船东仅提供
造船的主要要求
第1阶段
船东提供
任务书
方案设计
初步设计
报价设计
合同设计
船东提供
招标书

复习思考题



基本思考题：

1. 画简图说明动力装置能量转换过程。
2. 如何理解船舶动力装置的含义？它有那些部分组成？
3. 简述船舶动力装置设计的特点。
4. 简述船舶动力装置的设计的主要内容。
5. 简述柴油机动力装置的特点。
6. 简述船舶动力装置的技术指标。
7. 画简图说明推进装置功率传递过程，并解释各个效率的含义。
8. 如何理解经济航速的含义？

创新作业（课堂讨论）：

1. **专业论文**：查阅相关图书或网站，了解新型船舶动力装置基本情况和发展趋势（燃气轮机推进、喷水推进、电力推进、吊舱推进、表面桨、超导磁流体、AIP等），并就某一动力装置形式论述其基本原理、特点、应用范围及世界上著名的供应商。（注：随机抽取5名同学使用PPT作课堂发言）
2. 查阅相关资料，针对船舶动力装置所涉及的内容，写出中英文专业词汇100个。





希望同学提问题！