



华南理工大学
South China University of Technology



华南理工大学 | 土木与交通学院
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING & TRANSPORTATION
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

船体强度与结构设计

第一讲：绪论
(2学时)

焦甲龙 主讲
船舶与海洋工程系
2026年3月



华南理工大学
South China University of Technology

目录

第一讲：绪论

- 1 本课程的任务、内容与方法
- 2 作用在船体结构上的载荷
- 3 结构设计的基本任务与内容
- 4 评价结构设计的质量指标



0 本课程教学安排

课程性质：必修课

学时：48学时

课堂教学部分48学时，课程设计2周。

教学QQ群：1081692903



0 本课程教学安排

考核方式，期末考试为闭卷

总分100分，主要依据期末考试，平时出勤等作为补充参考。



教材推荐

下载链接：船舶总体性能课题组—教学工作—船体强度与结构设计

<https://www2.scut.edu.cn/ships/>

下载后自己打印装订



华南理工大学
South China University of Technology

1 本课程的任务、内容与方法

船体强度是研究**船体结构安全性**的科学。所谓**结构的安全性**是指结构能承受在正常施工和正常使用时可能出现的**各种载荷**和（或）载荷效应，并在偶然事件发生时及发生后，仍能保持必需的整体稳定性。此外，结构在正常使用时，还必须适合营运的要求，并在正常的维护保养条件下，具有足够的耐久性。



环境载荷包括：风载荷、流载荷、波浪载荷、冰载荷、内波载荷等。舰船在其整个服役寿命期间都是以不同速度、不同航向角和不同装载工况在海上运营作业或停泊的。海面上70%以上时间都存在海浪，舰船大部分时间都是处于波浪的作用之中。因此，研究**船舶在波浪上的运动与载荷性能**是必要的。

船舶**耐波性**是指船舶在波浪扰动下，产生各种摇荡运动（摇荡运动、摇荡速度及加速度）、砰击、甲板上浪、失速、螺旋桨出水以及波浪弯矩等，仍能维持一定航速在波浪中安全航行的性能。



实际上当船舶在波浪中航行时，波浪不仅能诱导船舶的六自由度摇荡运动，还会诱导船体结构的载荷响应。**波浪载荷**是研究船体结构安全性的重要学科，船舶波浪载荷的研究涉及流体和固体之间的耦合作用。

►1901年9月17日英国皇家海军“眼镜蛇”驱逐舰在处女航途中，船体突然断裂成两截，随后沉没，77名海员中仅12名幸存；

►1935年9月26日，日本海军第四舰队特型驱逐舰，在太平洋海域演习时，遭遇台风的袭击，整个舰队受到不同程度的损伤，其中，“初雪”和“夕雾”号二舰在舳前L/4舰桥处发生结构整个剖面的断裂事故。



2013年6月17日下午1点，MOL COMFORT号 搭载着7000多个标准集装箱执行亚欧航线任务，在新加坡前往沙特吉达港的途中，在距离阿曼塞莱拉港430海里处（北纬12度33分、东经59度46分附近）突发事故船舶中部出现断裂，海水进入货舱。24小时之后，18日，MOL COMFORT 号断为两截，逐渐分别漂离。



船舶结构设计

与其他工程结构物一样，在船舶结构的安全性评定中，确定作用于结构物上的载荷（外力问题），在已知载荷情况下分析结构的应力、变形和疲劳寿命（内力问题），以及制定相应的评定衡准（强度标准问题），是三个缺一不可而又相互关联的重要方面。其中，如何合理地确定载荷，又是能否正确评定安全性的基础和关键。

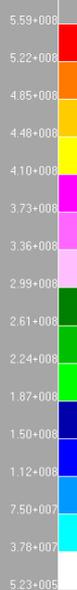
在二十世纪后期，由于新型、高速、超规范船舶的不断涌现，以及高强度钢材的广泛使用，国际上各大船级社相继开发了船舶结构的直接计算法。在这些直接计算法中，各船级社都对载荷的确定给予了极大的关注，提出了所谓的第一原则（载荷第一），即：在结构设计时，必须首先合理地确定作用于船体和局部结构上各种实际可能的动态载荷，它们的最大值，以及各载荷分量间的适当组合；然后，在此基础上，才能进一步讨论怎样选择合适的内力分析方法和建立可接受的强度标准。



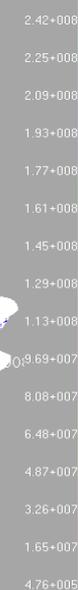
MSC.Patran 2003 r2 15-Mar-11 18:58:32

Fringe:SC1:HOG, A1:Static Subcase: Stress Tensor, -At Z1 (VONM)

Deform:SC1:HOG, A1:Static Subcase: Displacements, Translational

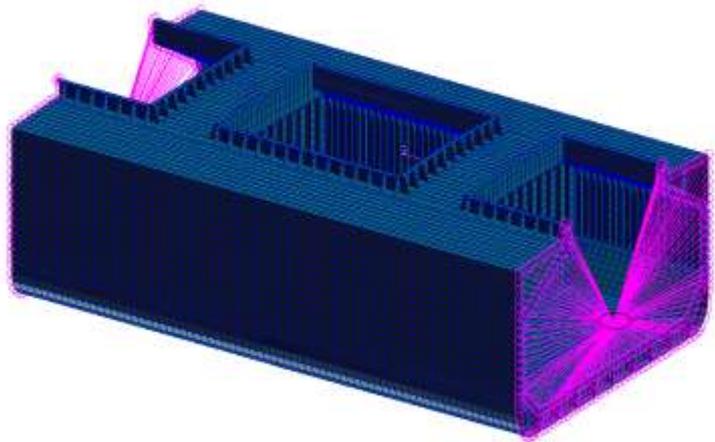
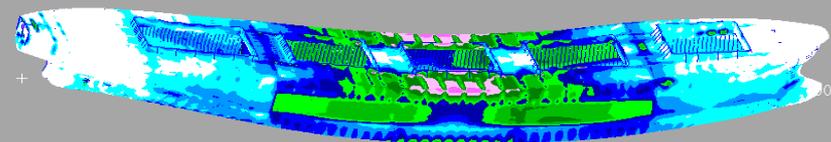
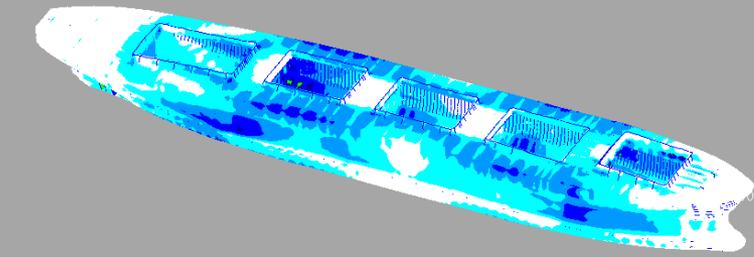


MSC.Patran 2003 r2 15-Mar-11 18:50:49
Fringe:SC1:SAG, A2:Static Subcase: Stress Tensor, -At Z1 (VONM)
Deform:SC1:SAG, A2:Static Subcase: Displacements, Translational



default_Fringe :
Max 5.59+008 @Nd 55179
Min 5.23+005 @Nd 142024
default_Deformation :
Max 7.71+001 @Nd 45319

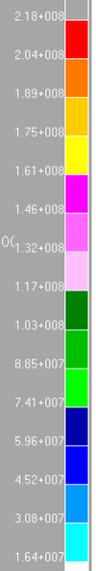
default_Fringe :
Max 2.42+008 @Nd 1183
Min 4.76+005 @Nd 161472
default_Deformation :
Max 4.50+001 @Nd 12



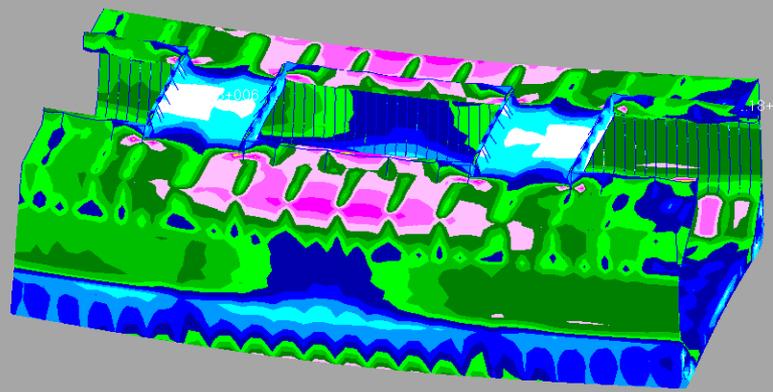
MSC.Patran 2003 r2 15-Mar-11 19:17:28

Fringe:SC1:SAG, A2:Static Subcase: Stress Tensor, -At Z1 (VONM)

Deform:SC1:SAG, A2:Static Subcase: Displacements, Translational



default_Fringe :
Max 2.18+008 @Nd 7455
Min 1.93+006 @Nd 11940
default_Deformation :
Max 2.03+001 @Nd 148733



在一般情况下，船体强度计算应包活下述内容：

（1）确定作用在船体或各个结构上的载荷的大小及性质，即所谓**外力问题**。

（2）确定结构剖面中的应力与变形，即结构的响应分析（亦称载荷效应分析）；或者求使结构失去它应起的各种作用中的任何一种作用时的载荷，即结构的极限状态分析（亦称求载荷效应的极限值），即所谓**内力问题**。

（3）确定合适的**强度标准**，并检验强度条件。

这三部分内容是一个综合的整体，但通常被分散到几门课程中讨论。



长期以来，结构的安全性衡准都普遍采用**确定性的许用应力法**。该法以预先规定某一计算载荷为基础，利用结构剖面中的**计算应力 σ** 与**许用应力 $[\sigma]$** 相比较：

$$\sigma \leq [\sigma]$$

来检验强度是否足够。因此，该法的特点是将计算中的有关参数都取为单一确定值。

但是，实际上在船体强度计算中必须考虑许多**不确定因素**。首先，作用于船体的载荷具有很大的**变动性和随机性**，特别是波浪引起的载荷；其次，船体结构材料的性能也有较强的随机性。



将船体强度分为**总强度**和**局部强度**来研究：

首先，把船体当作一根飘浮的**空心薄壁梁（称为船体梁）**，从整体上研究其变形规律和抵抗破坏的能力，通常称为**总强度**。由于船体主要是纵弯曲变形，所以长期以来，总强度就是研究**船体梁纵弯曲**问题。本书第一、二章主要讨论的就是这方面的内容。但是，近若干年来，随着诸如集装箱船之类具有甲板长大开口的船舶的出现，计算**扭转强度**也成了十分必要的问题，在这方面的研究已取得了长足的进步，这些将在第四章讨论。

除了总强度之外，组成船体的各局部结构、构件、节点还会因局部载荷和(或)船体梁应力而发生变形或受到破坏。从局部上研究其变形规律和抵抗破坏的能力，通常称为**局部强度**。实践证明，即使船体不发生一折二段的破坏，局部的变形或破坏是经常发生的；此外，一些局部的破坏还具有整体性的特征。因此，在船体强度问题中，只研究总强度是不够的，所以本书第三章专门论述船体局部强度的计算。



2 作用在船体结构上的载荷

作用在船体结构上的载荷，按其对结构的影响，可分为：**总体性载荷**和**局部性载荷**。

总体性载荷是指引起整个船体的变形或破坏的载荷和载荷效应，例如，总纵弯曲的力矩、剪力、应力及纵向扭矩等；

局部性载荷是指引起局部结构、构件的变形或破坏的载荷，例如，水密试验时的水压力，机器的不平衡所造成的惯性力、局部振动，海损时的水压力等。

而对于最基本的载荷——装载的货物、油、水等重力及舷外水压力(静水或波浪下)，显然既引起局部结构、构件的变形或破坏，同时又是引起船体梁总纵弯曲或扭转的基本载荷。



作用在船体结构上的载荷，按载荷随时间变化的性质，可分为：**不变载荷、静变载荷、动变载荷和冲击载荷。**

● **不变载荷**，是指在作用时间内不改变其大小的载荷，例如，静水载荷(包括静水压力、货物压力、静水弯矩等)水密试验时的水压力等。在不变载荷作用下的结构响应分析称为静力分析。

● **静变载荷**，是指载荷在作用时间内有变化，但其变化的最小周期超过该受力结构构件的固有振动周期若干倍，故又称为准静态载荷。例如，作用于船体的波浪载荷(包括动水压力、波浪诱导弯矩等)液体货物的晃动压力、航行中的甲板上浪、下水载荷等，其中最重要的是波浪载荷。由于波浪载荷的随机性以及载荷与响应之间的复杂的相互作用,其计算是十分复杂的。

● **动变载荷**与静变载荷不同，它是指在作用时间内的变化周期与所研究的结构构件响应的固有振动周期同阶，例如局部结构的强迫(机械)振动、由螺旋桨引起的脉动压力，船体梁的波激振动等。

● **冲击载荷**，是指在非常短的时间内突然作用的载荷，例如砰击。



3 结构设计的基本任务与内容

船体结构设计，一般随全船设计过程分为三个阶段，即**初步设计**、**详细设计**和**生产设计**。在不同的阶段完成不同的工作：

(1) **初步设计**，根据批准的技术任务书对整个结构的设计原则（例如,船体材料及结构型式的选择、重大技术措施的采取等）作出分析比较，对主要构件的布置与尺寸作出理论的估算，并绘制横剖面图，给出钢料预估单。

(2) **详细设计**，根据确认的初步设计及审批初步设计时所作的各项决定进行。在这一阶段中，全面解决结构设计中的技术问题，最终确定构件的布置，尺寸及连接方式，提交送验船部门审查所需要的设计图纸及技术文件。

(3) **生产设计**，主要绘制各部结构、构件连接的施工详图。



4 评价结构设计的质量指标

为得到一个优秀的结构设计，通常应考虑下述诸方面：

- 安全性；
- 营运适合性；
- 船舶的整体配合性；
- 耐久性；
- 工艺性；
- 经济性；



End

