



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

船舶与海洋结构物构造

第二讲：船体结构概述 (3学时)

焦甲龙 主讲
船舶与海洋工程系
2024年8月



华南理工大学
South China University of Technology

目录

第二讲：船体结构概述

- 1 船体受力与船体强度
- 2 船体结构的形式
- 3 典型横剖面结构



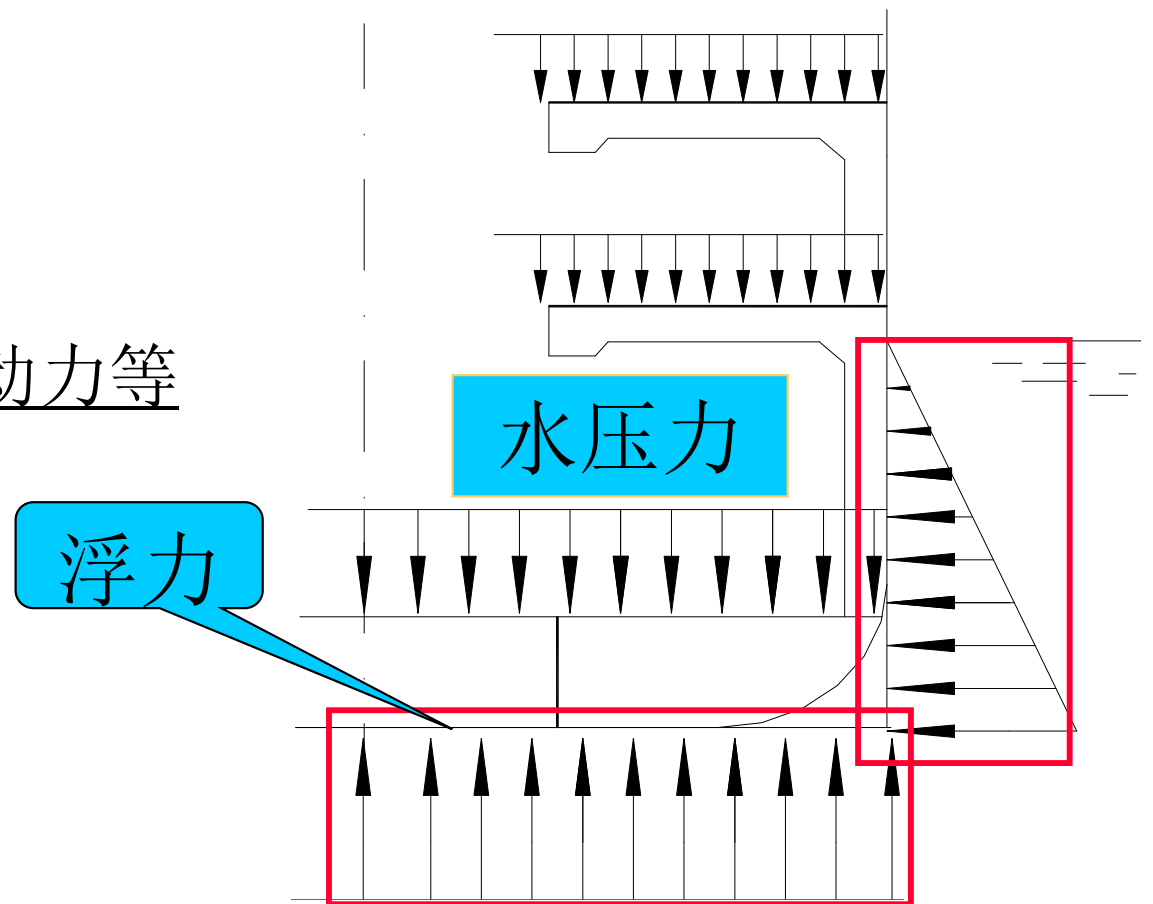
1 船体受力与船体强度

作用在船体上的力

行驶于水中的船舶可能受到哪些力呢？



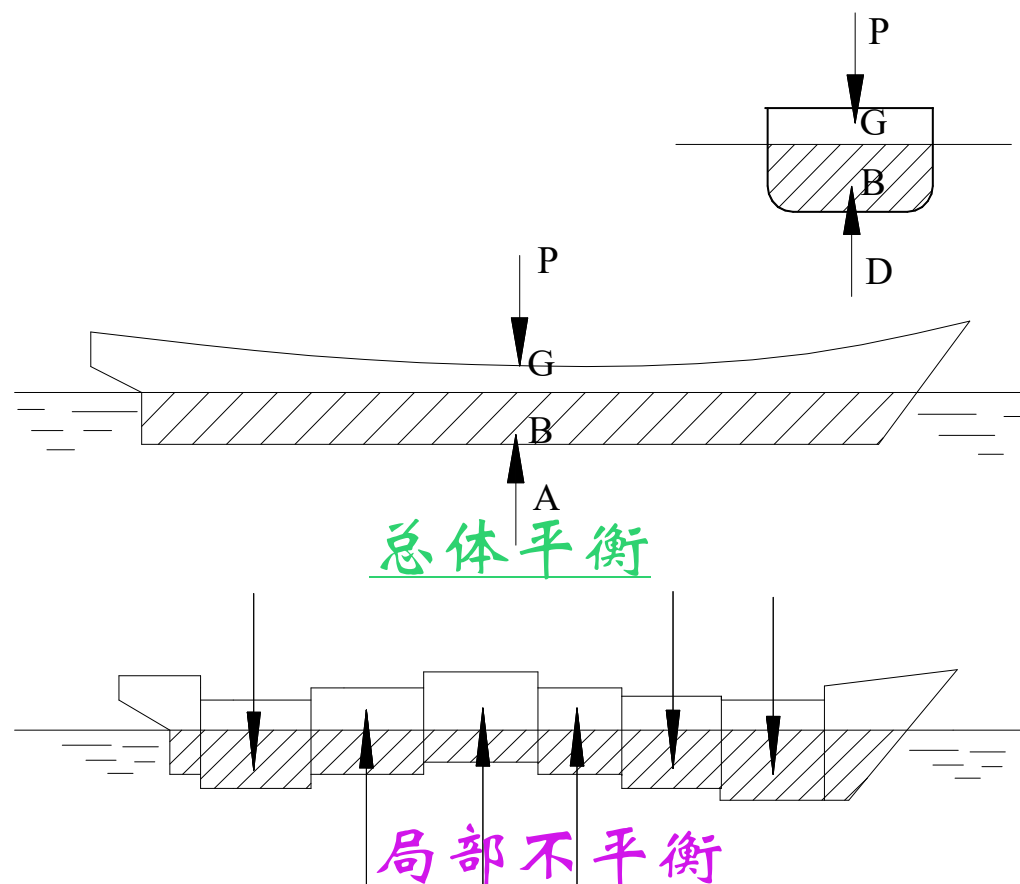
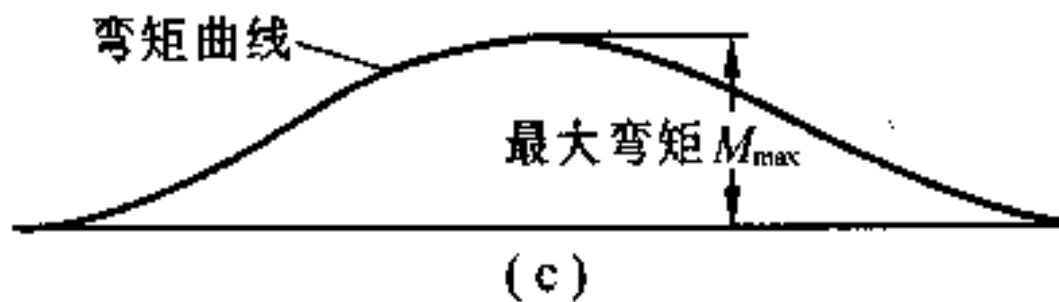
- **重力**： 船舶本身重量（如船壳、机器、设备重量）和船舶载重量（如燃油、货物、人员重量）之和
- **水压力**
- **其它作用力**：
 - 波浪冲击力
 - 冰块撞击力
 - 机器和螺旋桨运转的振动力等



总纵弯曲

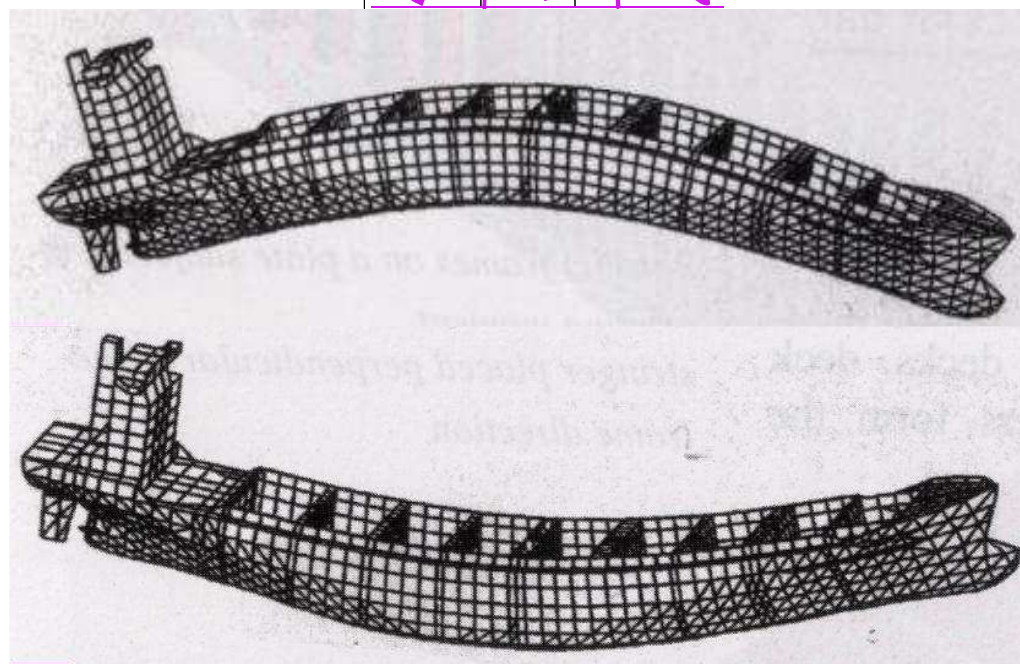
- 船体的总纵弯曲是指：作用在船体上的重力、浮力、波浪水动力和惯性力等引起的船体绕水平横轴的弯曲。
- 船体的总纵弯曲是由静水总纵弯曲和波浪总纵弯曲两部分叠加而成。

● 船舶在静水中的总纵弯曲



中拱
hogging

中垂
sagging

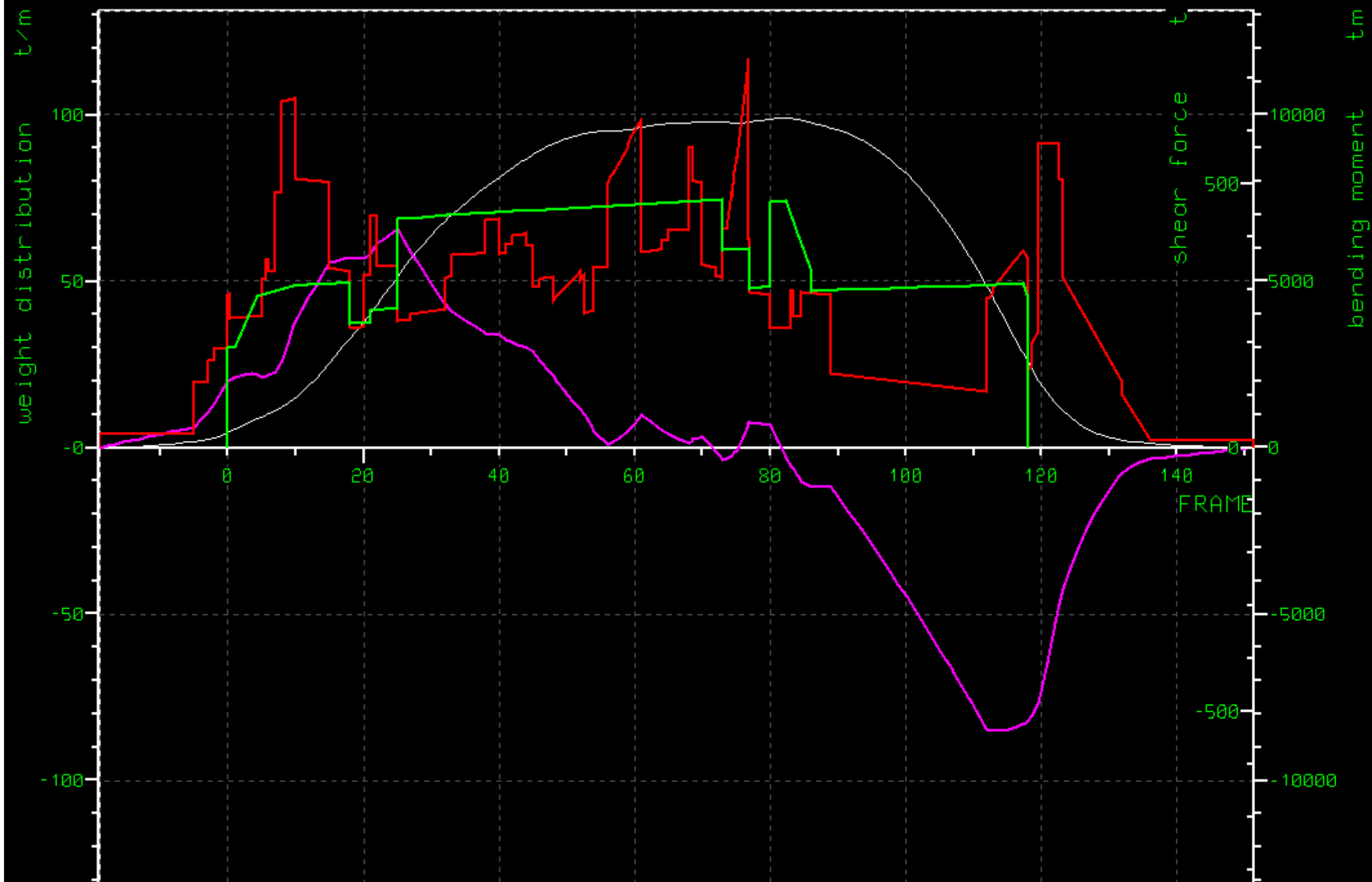


BEND

SHEAR

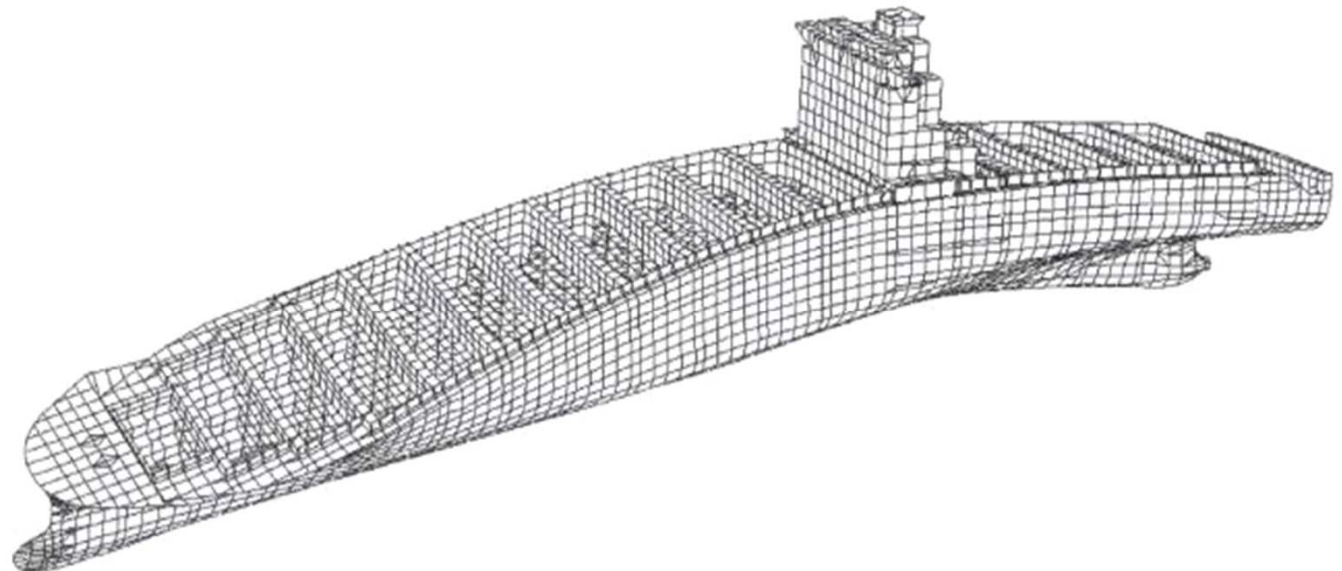
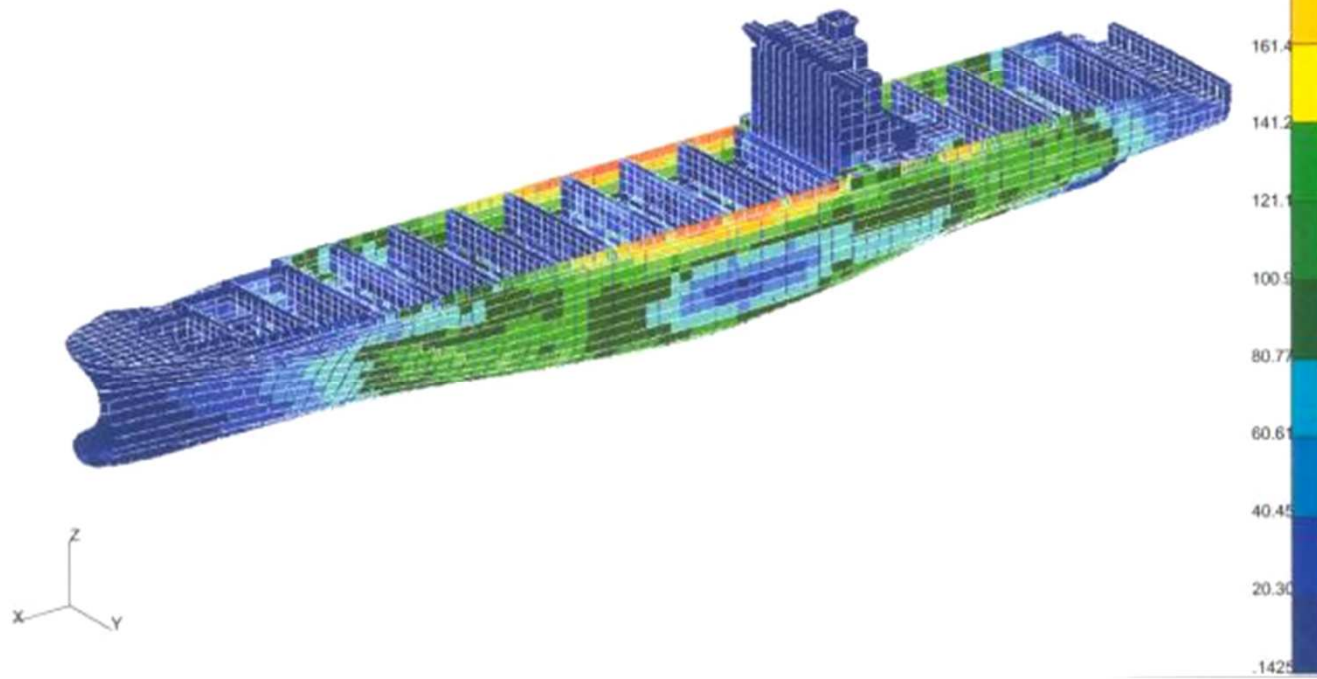
WD

BD



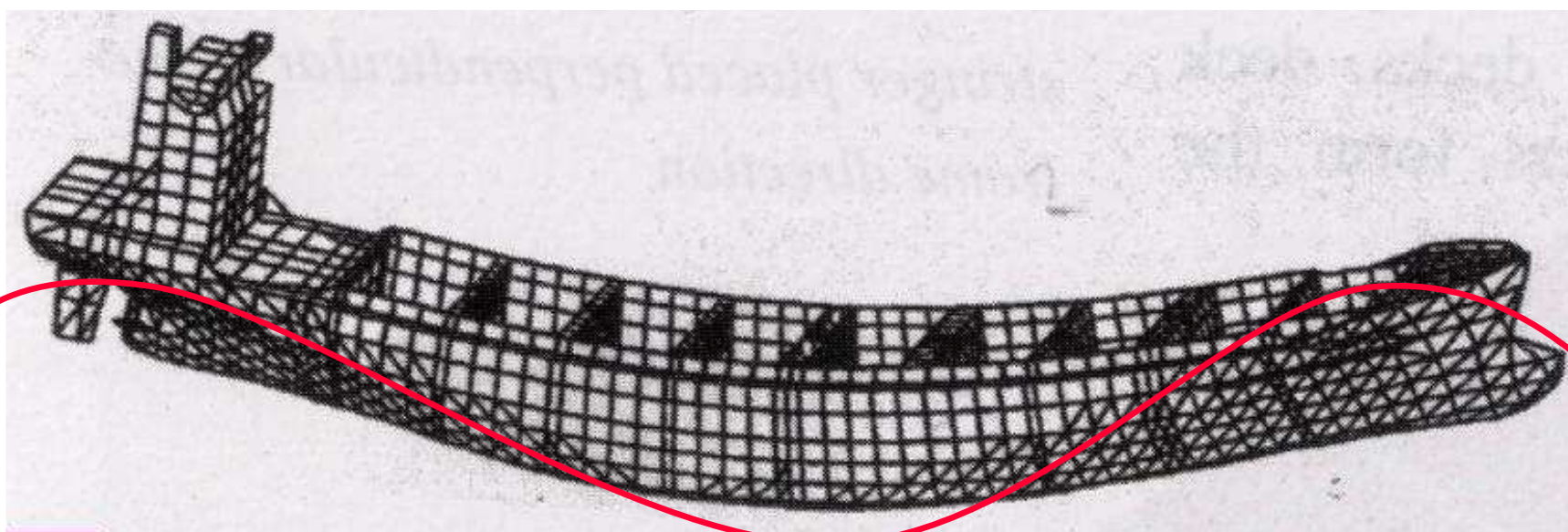
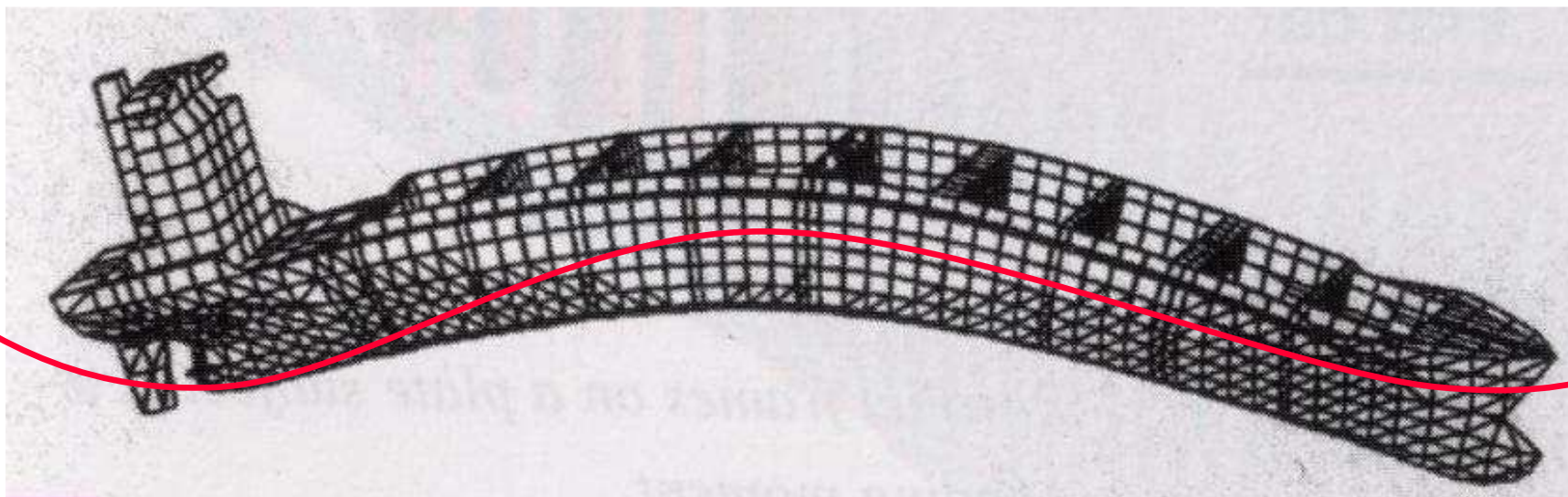
HOGGING WAVE CONDITION (INCLUDING COAMINT TOP)

VON MISES STRESSES (N/MM2)

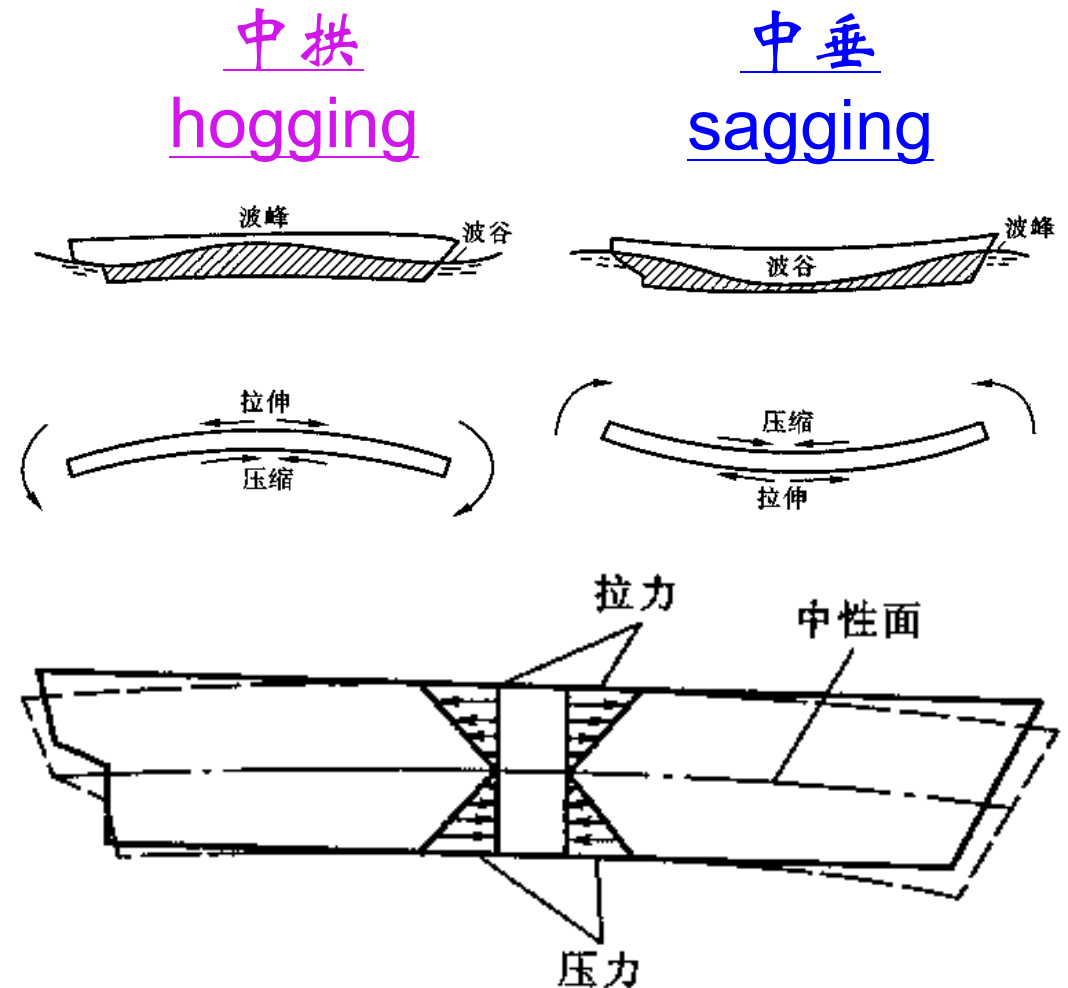


10/26/2024

船舶在波浪中的总纵弯曲



- 在波浪状况下，船体内产生的总纵弯矩会比静水中大；
- 当波长与船长相等或接近时，船体的弯曲最严重；
- 中性面：在甲板与船底之间，沿水平方向有一层在船体总纵弯曲时既不拉伸，也不被压缩。



Q: 船舶在中垂和中拱时甲板和船底的受力和变形

特点?

10/26/2024

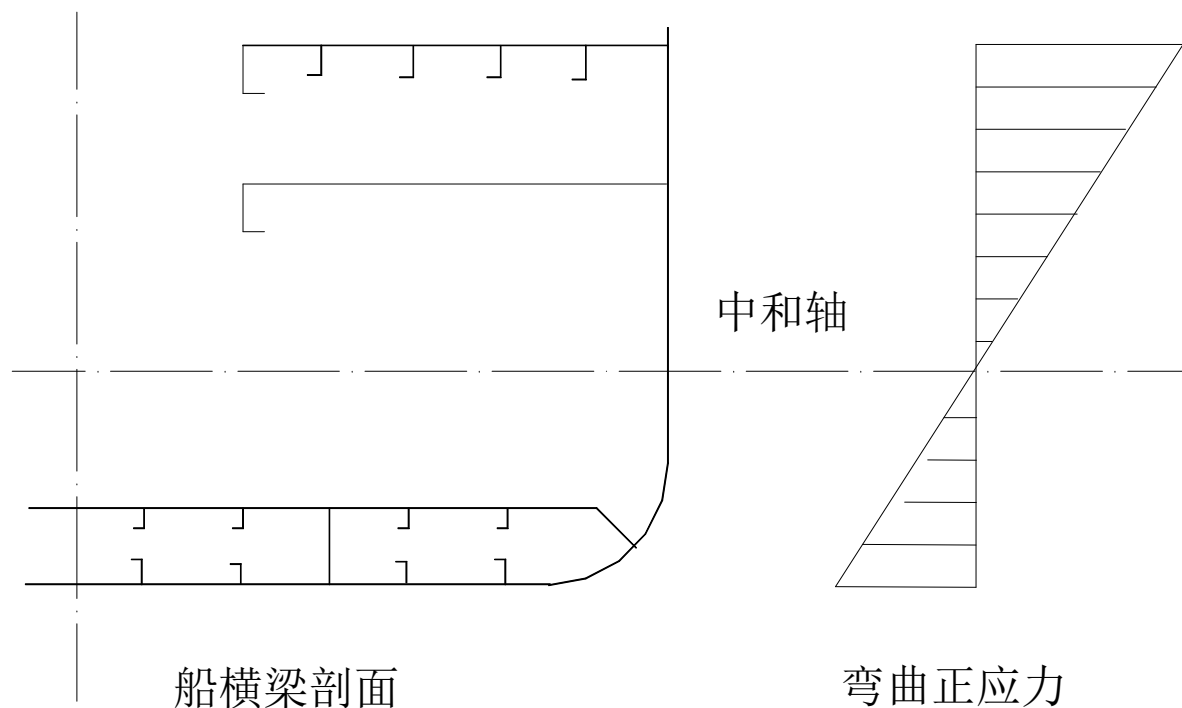


华南理工大学
South China University of Technology

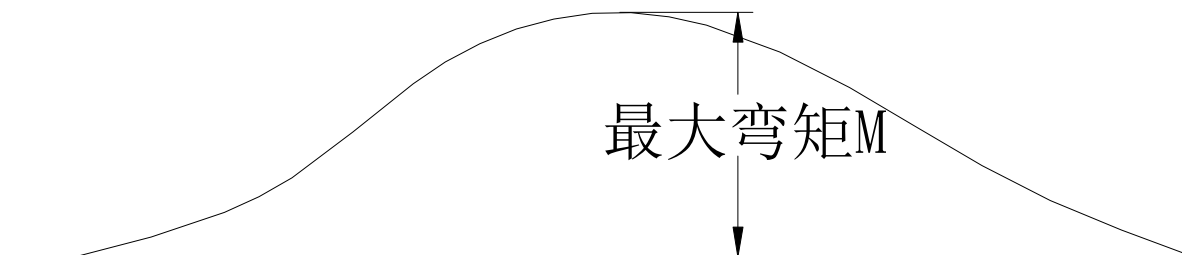
船体在总纵弯曲时的受力特点

- 船体横剖面:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{MZ}{I}$$



- 船长方向:



船体强度

- 什么叫船体强度？

船体承受外力而不被外力破坏的能力

- 主要包括三方面的强度要求：

- ✓ 船体的总纵强度：

- ✓ 船体结构抵抗纵向弯曲使整体结构不遭受破坏或产生不允许变形的能力称为总纵强度；
- ✓ 总纵弯曲可使整条船舶发生断裂或永久性纵向变形，一条船必须有足够的纵向构件来抵抗总纵弯曲；
- ✓ 船体结构中主要有甲板、外壳板、连续的纵向舱壁和连续的纵向骨材。

- ✓ 横向强度： 横向构件抵抗横向载荷的能力。

- ✓ 局部强度： 个别构件对局部载荷的抵抗能力。

2 船体结构的形式

船体的基本组成

通常船体可大致分为**主船体**（**hull**）和**上层建筑**（**superstructure**）两部分。

主船体包括：**船首**（**stem**）、**船中**（**midship**）和**船尾**（**stern**）；

上层建筑：**首楼**（**forecastle**）、**桥楼**（**bridge**）、**尾楼**（**poop**）及**甲板室**（**deck house**）

。

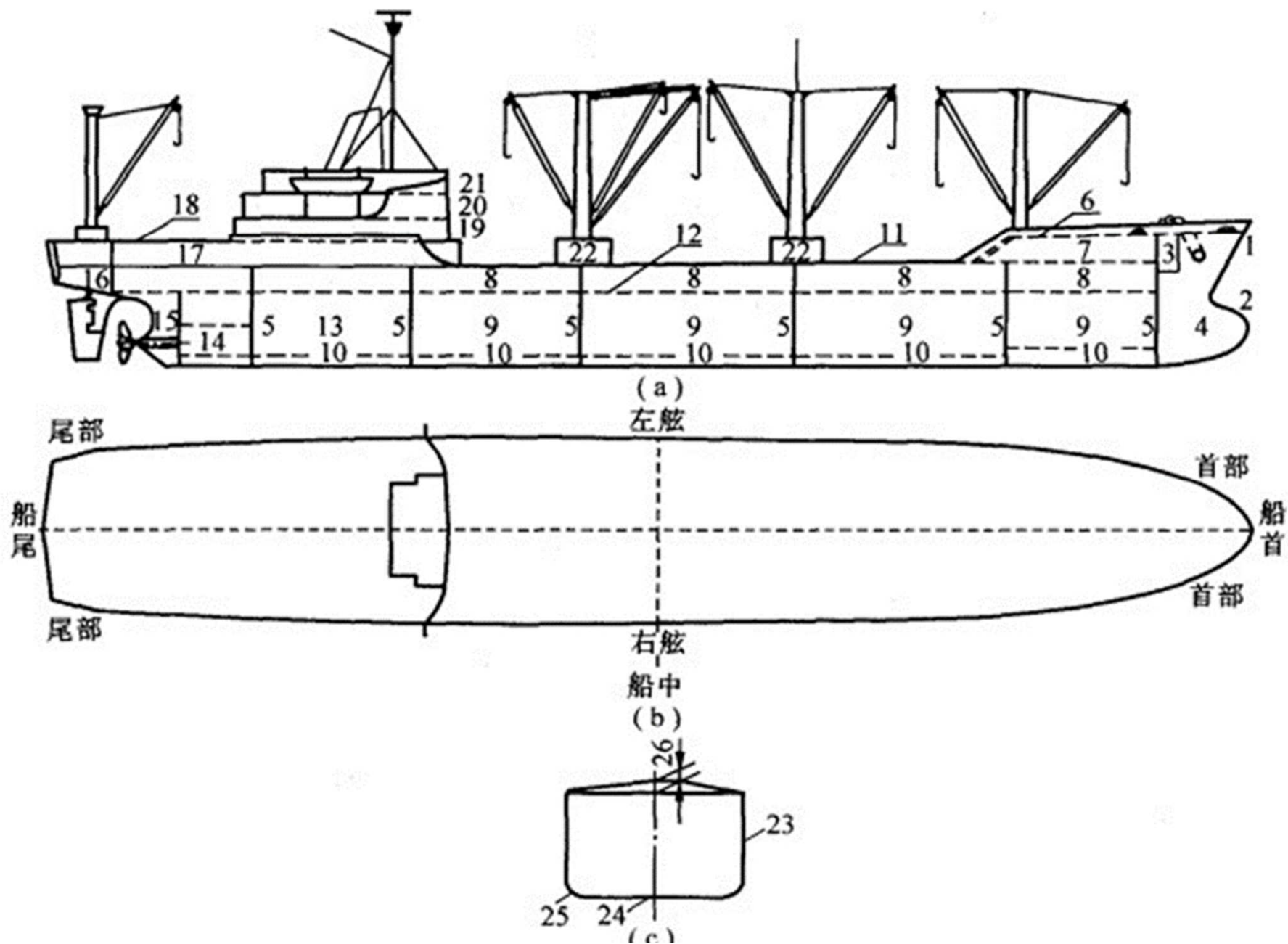


主船体

主船体是船体结构的主要部分，是由**船底**（**ship bottom**）、**舷侧**（**ship side**）、**上甲板**（**upper deck**）围成的水密的空心结构。

其内部空间又由水平布置的**下甲板**（**lower deck**）、沿船宽方向垂直布置的**横舱壁**（**transverse bulkhead**）和沿船长方向垂直布置的**纵舱壁**（**longitudinal bulkhead**）分隔成许多舱室。货船上通常有**货舱**、**机舱**、**首尖舱**和**尾尖舱**等舱室。首、尾端的横舱壁也叫**首尖舱舱壁**（**forepeak bulkhead**）和**尾尖舱舱壁**（**afterpeak bulkhead**）。



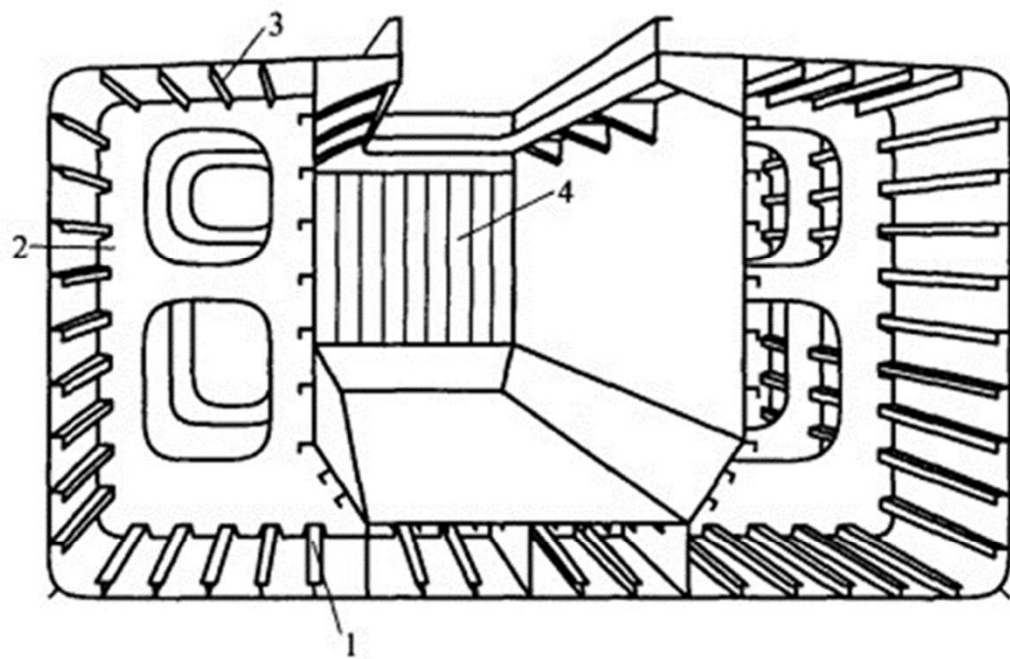


1—首柱；2—球鼻首；3—锚链舱；4—首尖舱；5—横舱壁；6—首楼甲板；7—首楼；
8—甲板间舱；9—货舱；10—双层底；11—上甲板；12—下甲板；13—机舱；14—轴隧
；15—尾尖舱；16—舵机舱；17—尾楼；18—尾楼甲板；19—艇甲板；20—驾驶甲板；
21—罗经甲板；22—桅屋；23—舷侧；24—平板龙骨；25—舳部；26—梁拱

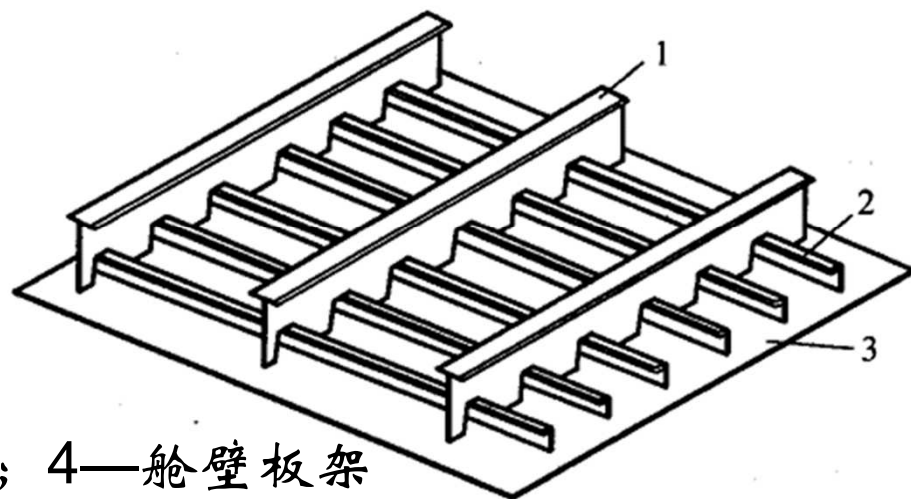
组成主船体的板架

主船体是由若干个板架结构组成的长箱型结构，如甲板板架、舷侧板架、船底板架和舱壁板架。各个板架相互连接、相互支持，使整个主船体构成坚固的空心水密建筑物。

板架结构是纵横型材与板材组成的结构物，是船体结构的基本组成。



1—桁材；2—骨材；3—板



1—底部板架；2—舷侧板架；3—甲板板架；4—舱壁板架

板材

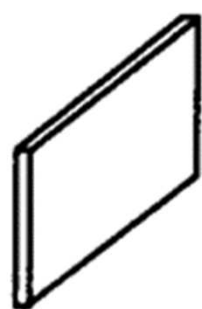
板材：承受一定的外载荷，如静水压力，波浪载荷等，是船体结构水密构件。船体板大致可分为船底板，甲板板，舷侧板，舱壁板。

船体结构中的板有平直板、弯曲板、和折边板等。



型材（骨材和桁材）

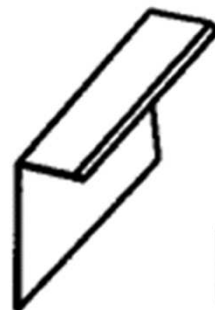
型材，也称为骨材，是船体强度承载的主要构件。船体结构上用的主要型材包括T型材，球扁钢，其他型材包括扁钢，角钢等



平直板



组合T型材



折边板



球扁钢



角钢



扁钢



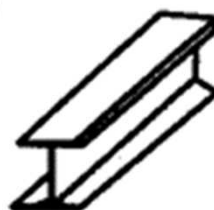
弯曲板



槽钢



T型钢



工字钢



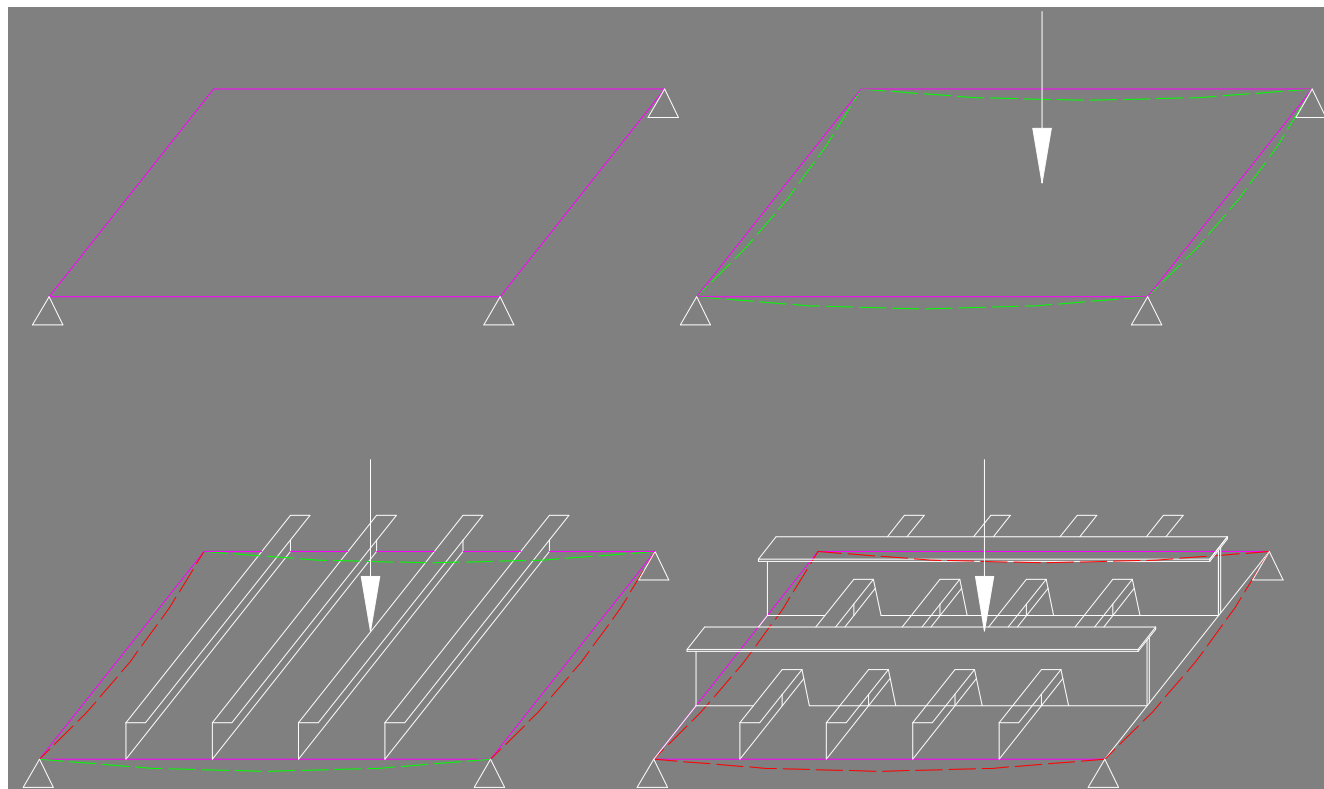
圆钢



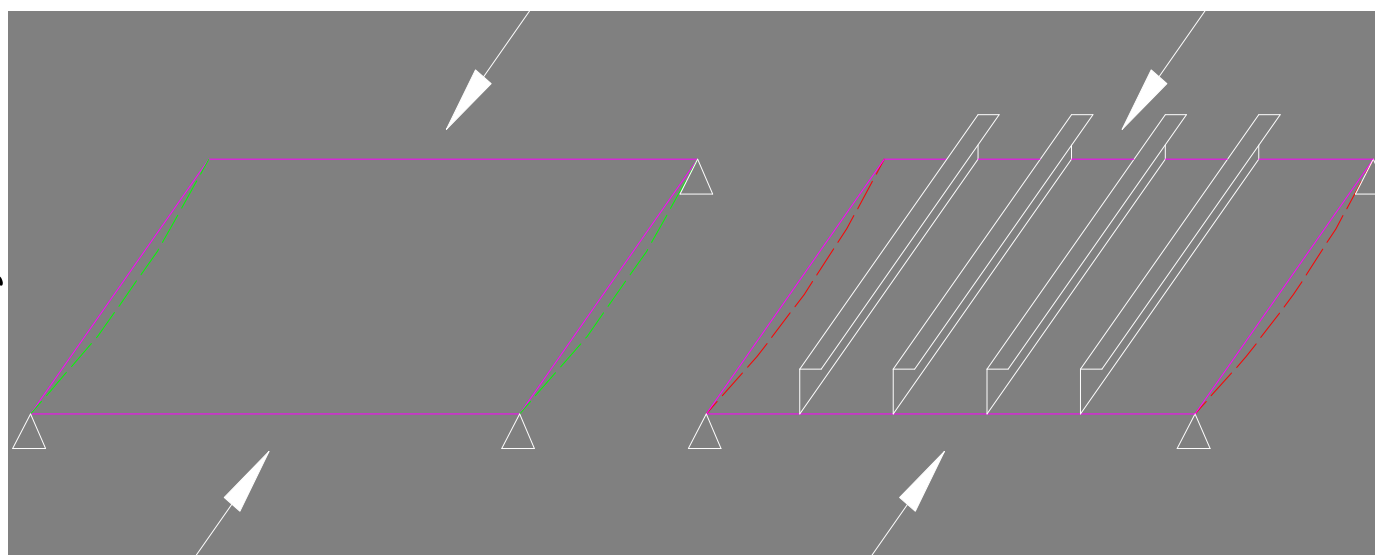
半圆钢

骨架的作用

抗弯

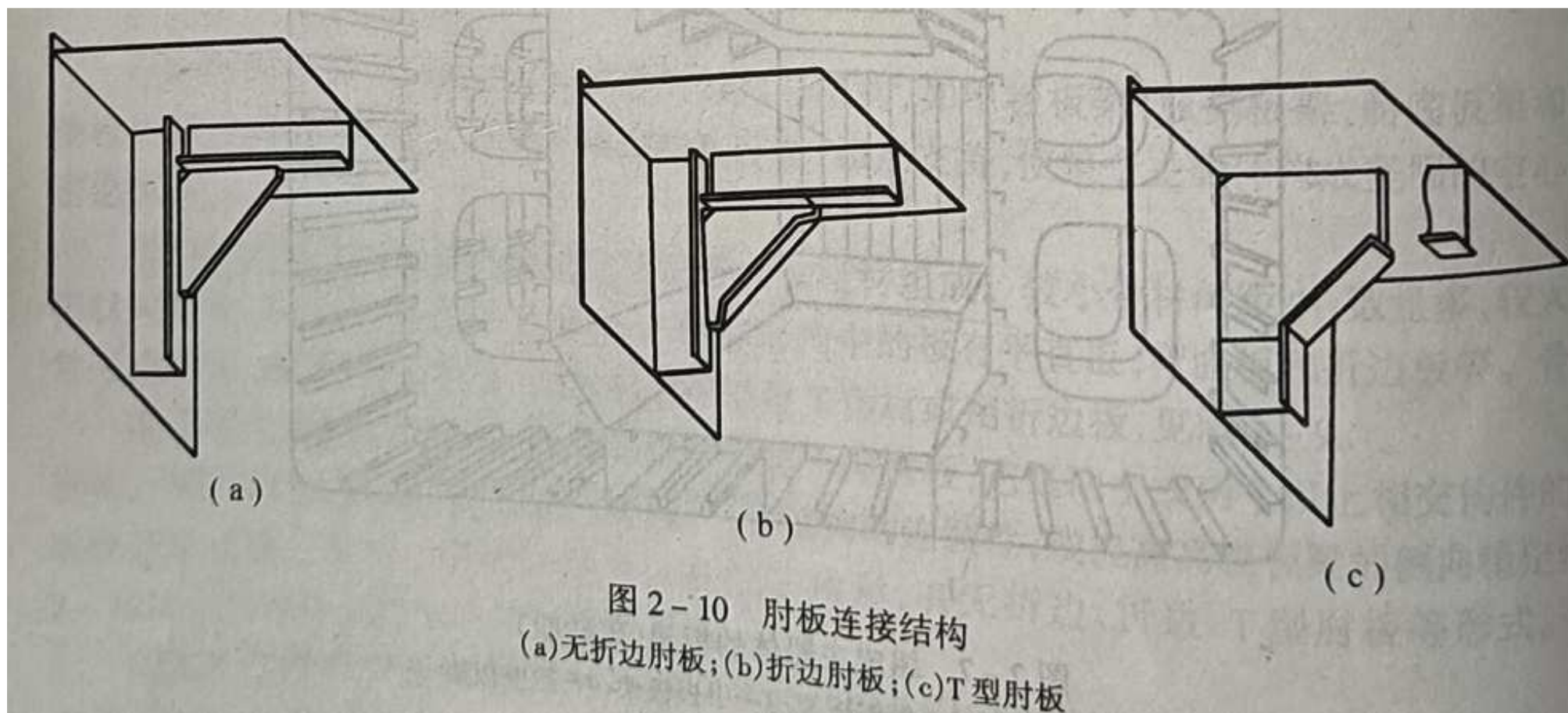


受压的稳定性



肘板

肘板是两个或两个以上相交构件的连接件。用以增加连接节点的刚性和保证相交结构的连续性，或提高高腹板梁的侧向稳定性，改善连接点的工艺性。肘板形状大多类似三角形，有无折边、折边、T型肘板等形式。



板架结构的骨架形式

板架结构根据骨材布置的方向，可分为纵骨架式、横骨架式、混合骨架式三种类型。

纵骨架式：数目多而间距小的骨材沿船长方向布置。其优点是多数骨材纵向布置，骨材参与船梁抵抗纵向弯曲的有效面积，提高了船体的纵向抗弯能力，增加了船体的总纵强度。并且由于纵向骨材布置较密，可以提高板对总纵弯曲压缩力作用时的稳定性。因而相应地可以减小板的厚度，减小结构质量。缺点是施工比较麻烦。

横骨架式：数目多而间距小的骨材沿船宽方向布置。其优点是多数骨材横向布置，横向强度较好，施工比较方便，建造成本低。缺点是在同样受力情况下，外板和甲板的厚度比纵骨架式的大，结构质量较大。

混合骨架式：纵横方向的骨材相差不多，间距接近相等。这种骨架式除了在特殊场合，一般很少用到。



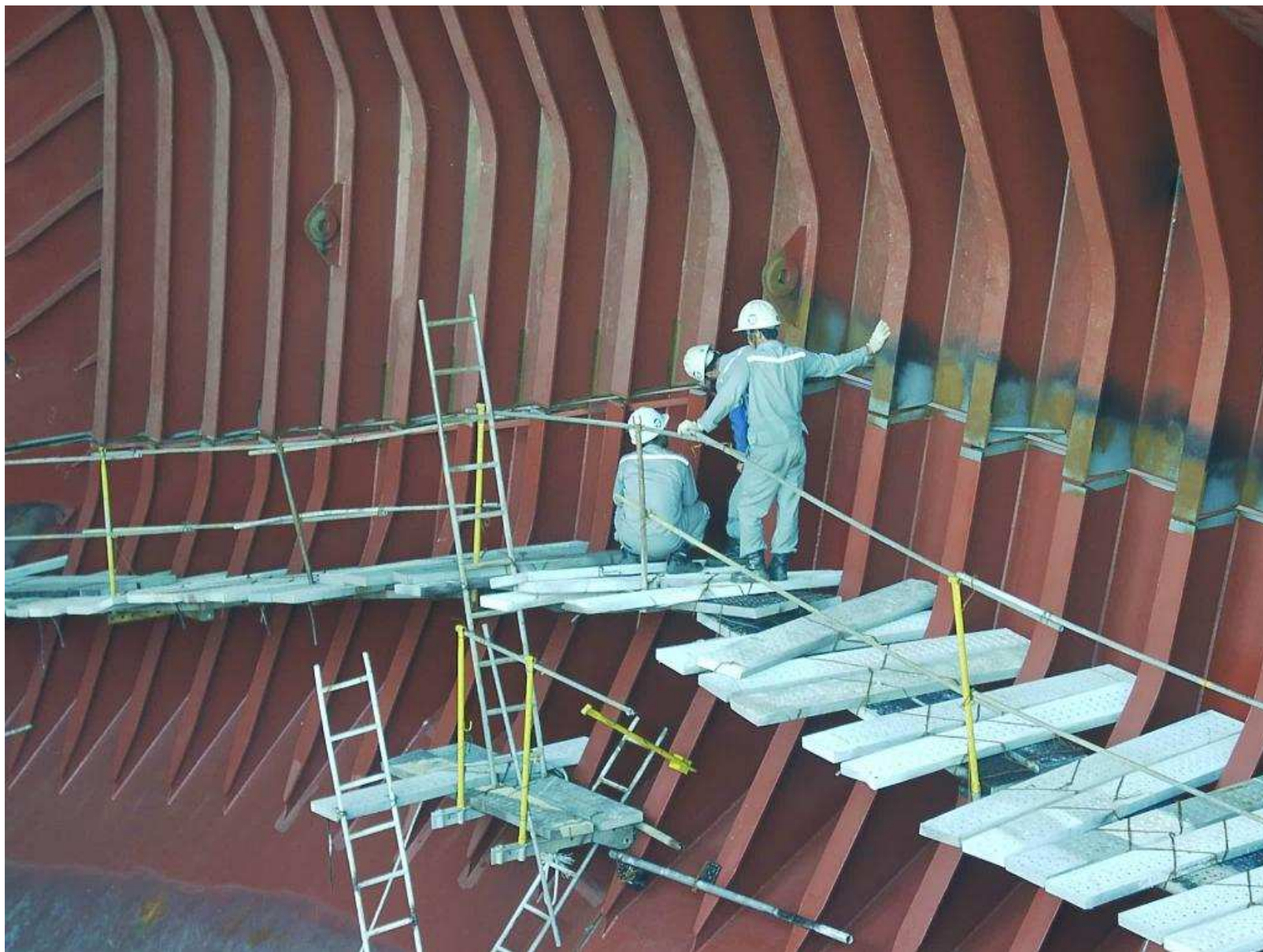
想一想： 下面各图采用何种结构形式

船首



船尾

船首



船尾

10/26/2024



华南理工大学
South China University of Technology

船体结构的形式

单一横骨架式船体结构：是指上甲板、船底和舷侧均为横骨架式板架结构的船体结构形式。对总纵强度要求不高的一些小型船舶和内河船多为此种结构形式。

单一纵骨架式船体结构：是指上甲板、船底和舷侧均为纵骨架式板架结构的船体结构形式。对总纵强度要求较高的军舰、大型油船及其他大型远洋货船等采用此种结构形式。

混合骨架式船体结构：是指上甲板和船底采用纵骨架式板架结构，而舷侧和下层甲板采用横骨架式板架结构的船体结构形式。杂货船、散货船等大中型船上采用此种形式。



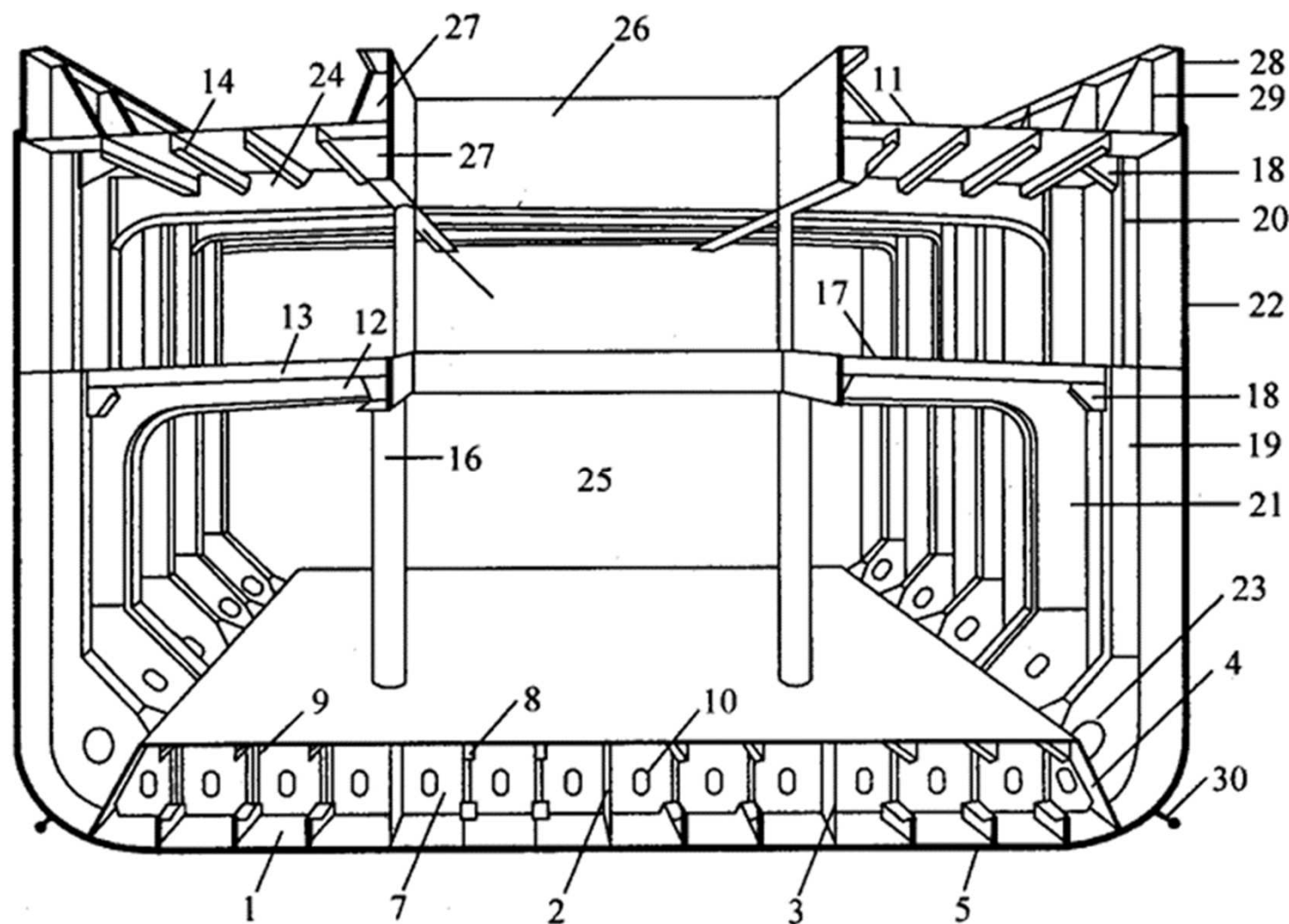
3 典型横剖面结构

杂货船

杂货船：杂货船通常采用混合骨架式船体结构。在货舱区设有两层以上的甲板，底部为双层底结构。其中上甲板和双层底是纵骨架式结构，下甲板和舷侧是横骨架式结构。上甲板和下甲板上开有较大的货舱口，舱口角隅或舱口两端中心线处设有支柱，有的设置半纵舱壁或舱口悬臂梁。图所示为杂货船货舱区横剖面结构。



杂货船横剖面结构图



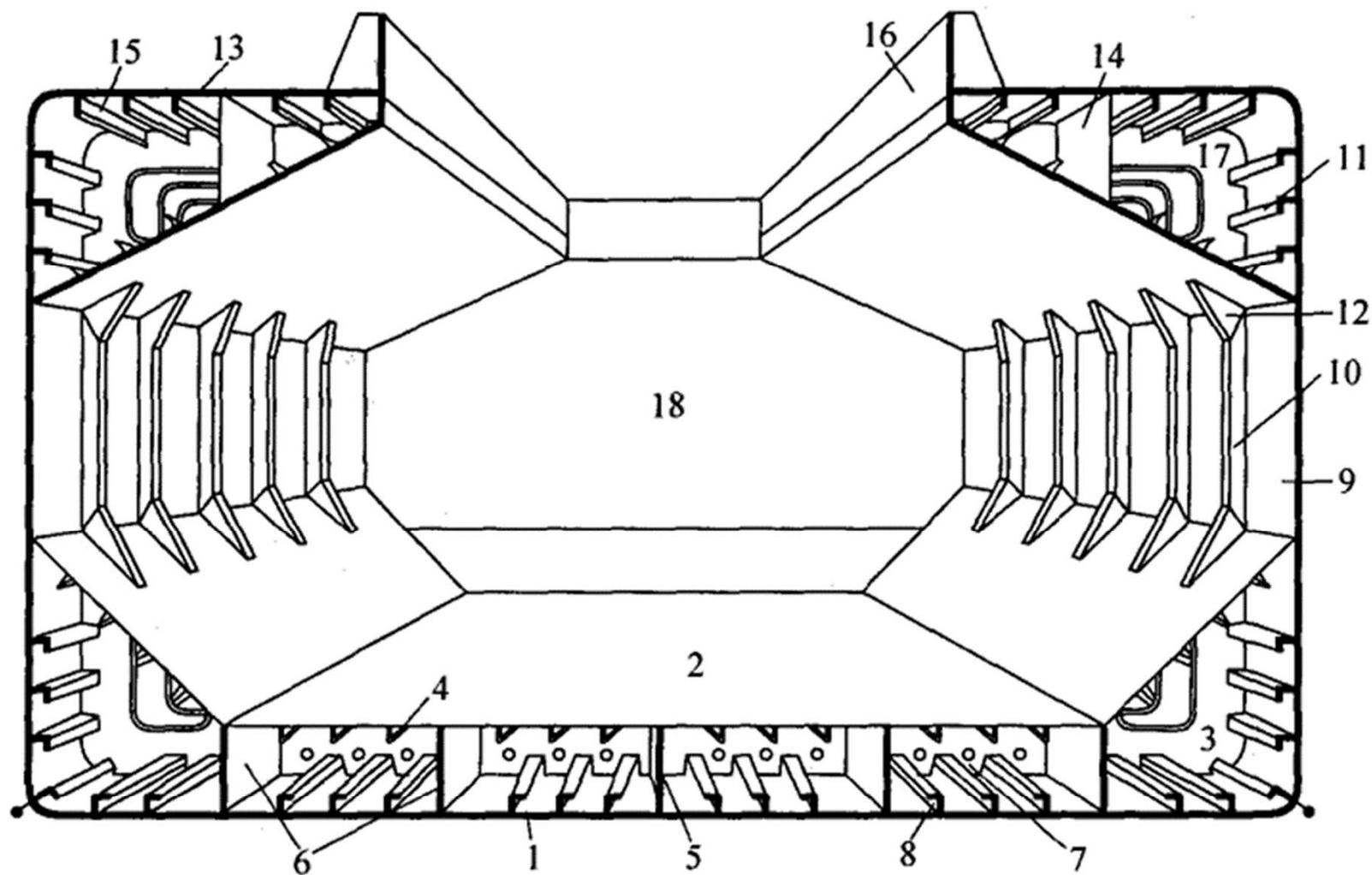
1—船底板;2—中底桁;3—旁底桁;4—内底边板;5—船底纵骨;6—内底板;7—肋板;8—内底纵骨;9—加强筋;10—减轻孔;11—上甲板;12—强横梁;13—横梁;14—甲板纵骨;15—甲板纵桁;16—支柱;17—下甲板;18—梁肘板;19—舱内肋骨;20—甲板间肋骨;21—强肋骨;22—舷侧外板;23—舢肘板;24—舱口端横梁;25—横舱壁;26—舱口围板;27—肘板;28—舷墙;29—扶强肘板;30—舢龙骨

散货船

散货船：散货船也是混合骨架式船体结构。只有一层全通甲板，底部为双层底，甲板下面靠两舷有两个顶边舱，双层底舳部处有向上倾斜的底边舱。甲板和舷顶部、双层底和舷侧下部是纵骨架式结构，舷侧中部为横骨架式结构。图所示为装运谷物和煤的散货船货舱结构。



散货船横剖面结构图



1—船底板;2—内底板;3—底边舱;4—内底纵骨;5—中底桁;6—旁底桁;7—肋板;8—船底纵骨;
9—舷侧外板;10—肋骨;11—舷侧纵骨;12—肘板;13—甲板;14—甲板纵桁;15—甲板纵骨;16—舱
口围板;17—顶边舱;18—横舱壁

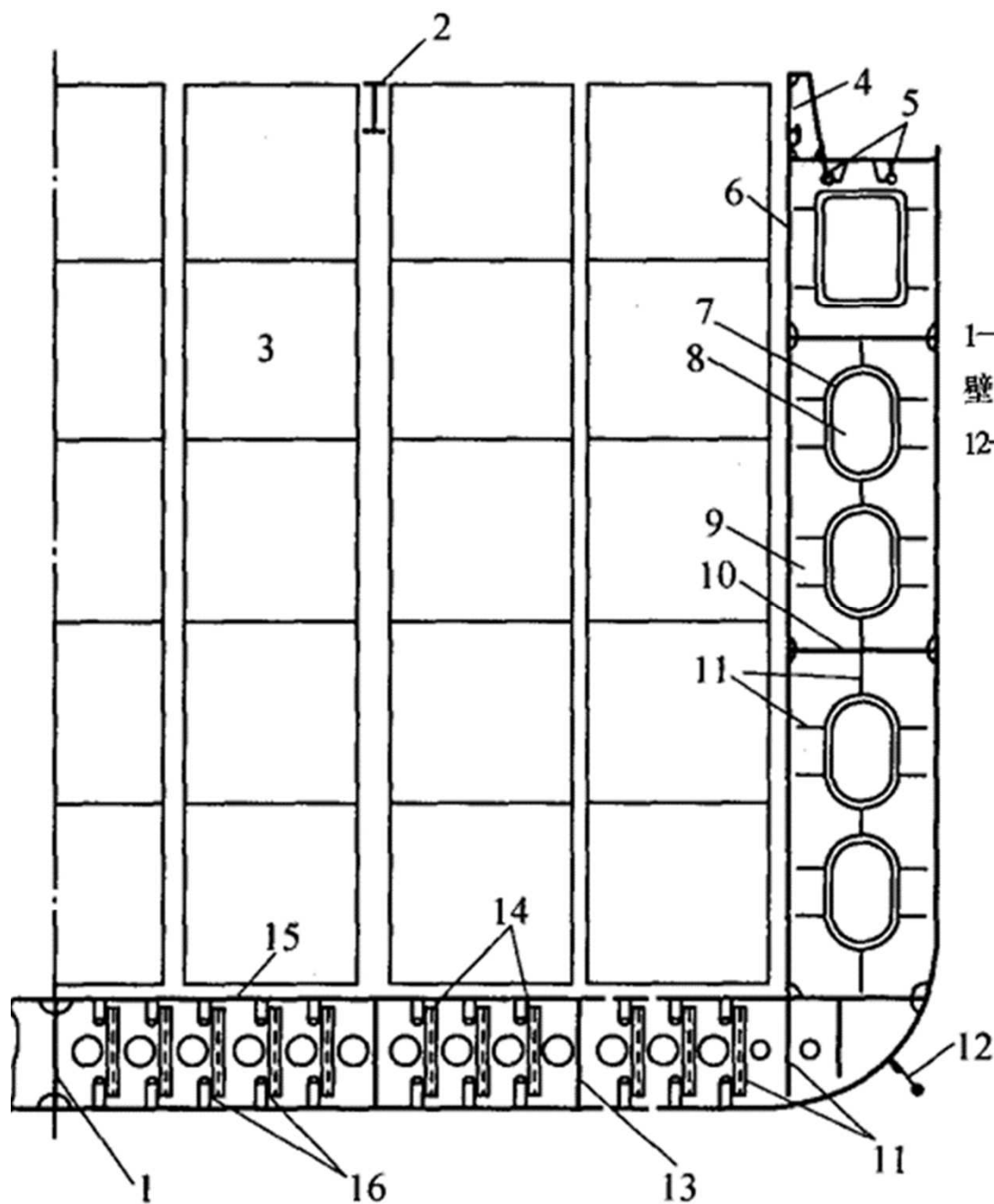


集装箱船

集装箱船：集装箱船的结构与一般的货船不同，它的货舱口宽度几乎与货舱宽度一样大，对船体的抗弯、抗扭和横向强度都很不利，在结构上应采取补偿措施。其船体基本结构形式为双层底和双层舷侧结构，且在双层舷侧的顶部设置有效的抗扭箱结构；也可用双层底和具有抗扭箱或其它等效结构的单层壳结构代替。在船的顶部和底部的强力部分均采用纵骨架式，在其它部位纵骨架式和横骨架式均可采用，两个货舱口之间的舱口端横梁和甲板横梁应给予加强。图为集装箱船货舱的横剖面结构，其中抗扭箱的甲板及双层底采用纵骨架式结构，舷边舱内为横骨架式结构，桁板肋骨上开有人孔或减轻孔，舷边舱内设有平台甲板。



集装箱船横剖面结构图



- 1—中底桁;2—纵桁;3—集装箱;4—舱口围板;5—甲板纵骨;6—纵舱壁;7—围绕扁钢;8—人孔;9—桁板肋骨;10—平台甲板;11—加强筋;12—舵龙骨;13—旁底桁;14—内底纵骨;15—内底板;16—船底纵骨



油船

油船：油船有单壳结构和双壳结构。油船结构布置最大的特点是在货油舱内设有纵舱壁，沿海小型油船，中线处设一道纵舱壁，分左右两个货油舱。大型的油船设**2~3**道纵舱壁，分成**3~4**个货油舱。

目前，出于环保与安全的角度，单壳油船不再建造，且到**2012**年，**单壳油船将全部改造为双壳油船**。

双壳油船货油舱由双层底、双壳舷侧、甲板和隔离空舱围成，双层底内和双壳内不允许装货油和燃油。双壳油船的几种典型中剖面如图所示。



图 单壳油船横剖面结构图

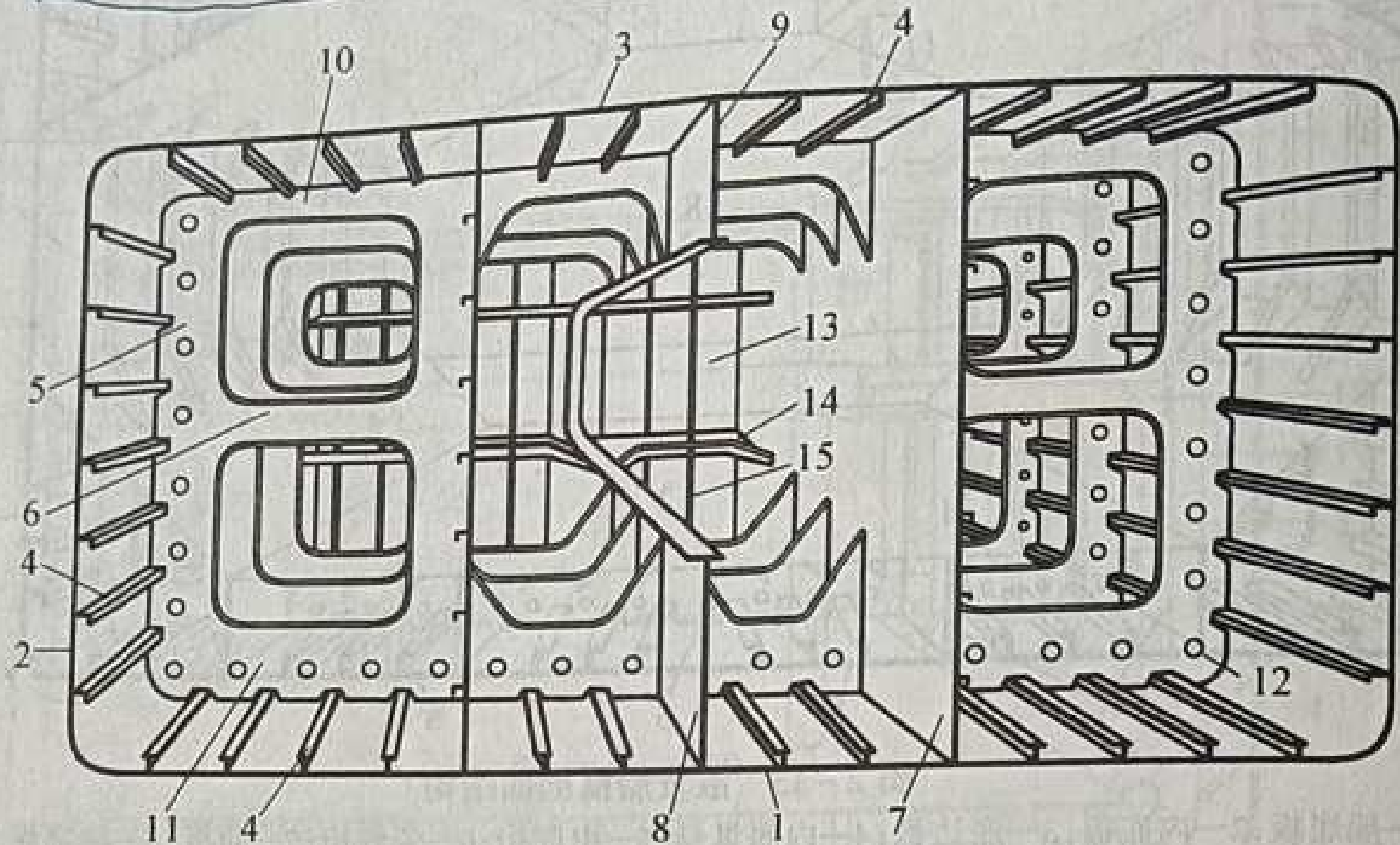
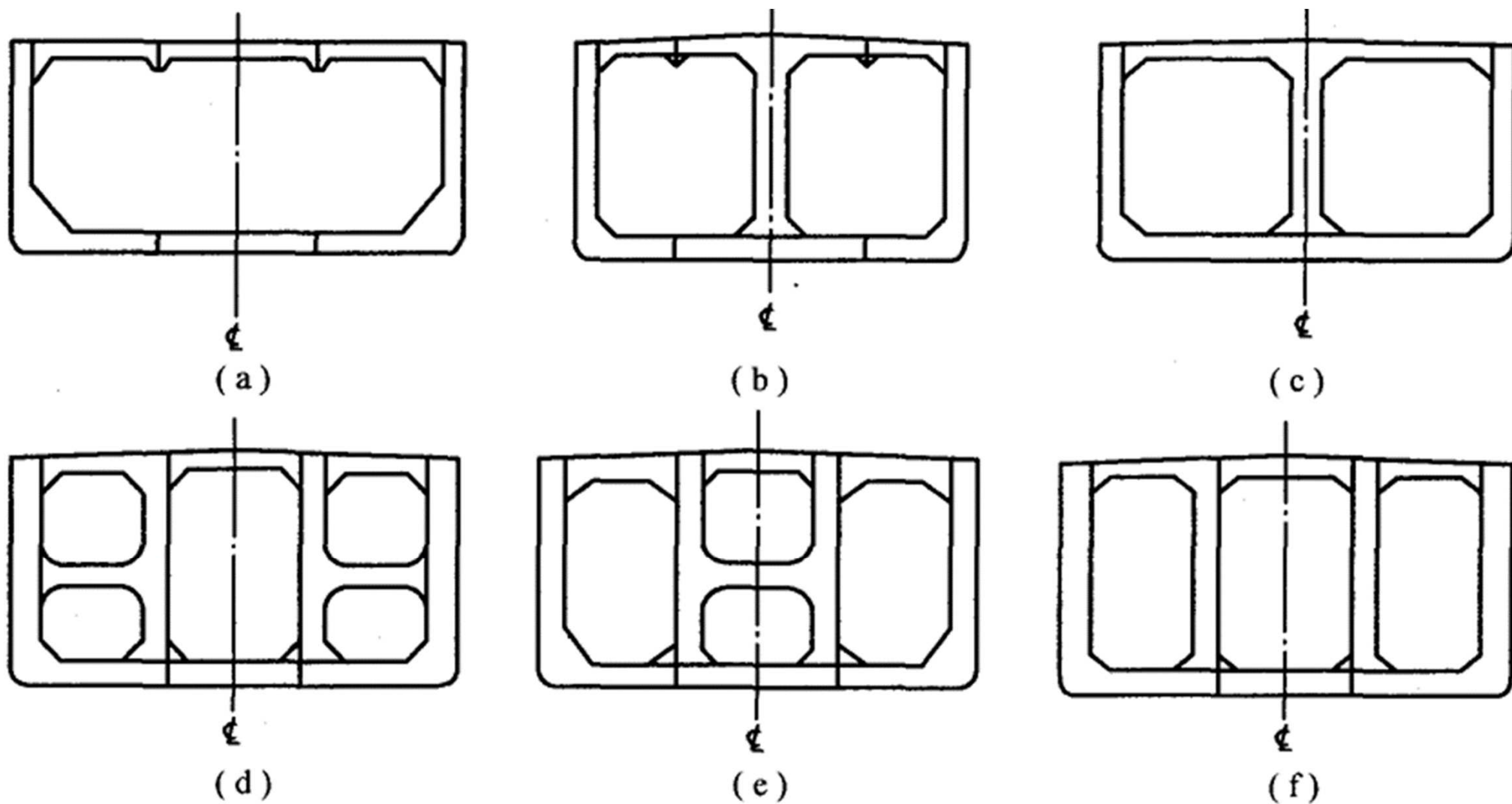


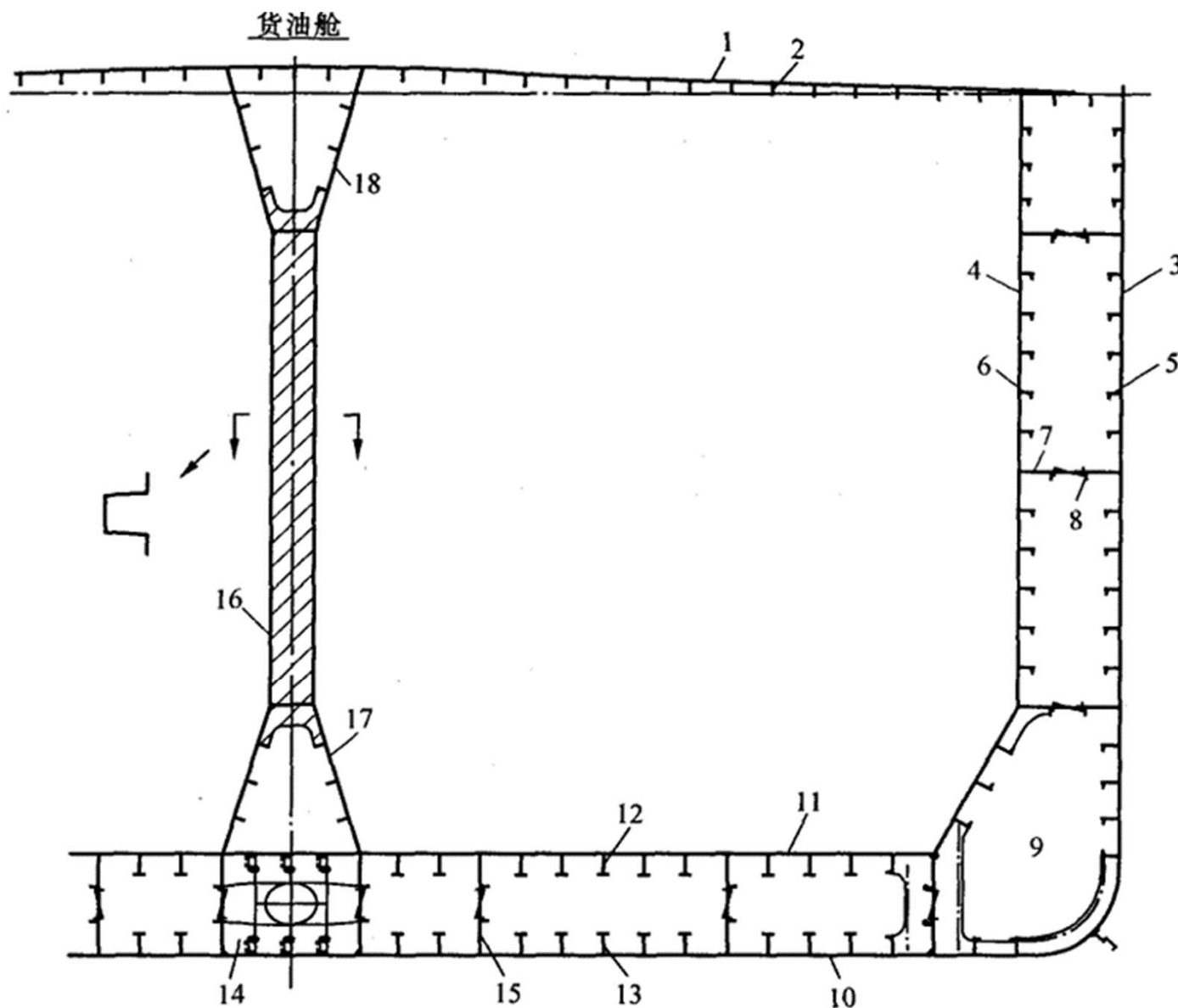
图 2-15 单壳油船横剖面结构

1—船底板;2—舷侧外板;3—甲板;4—纵骨;5—强肋骨;6—撑杆;7—纵舱壁;8—中内龙骨;
9—甲板纵桁;10—强横梁;11—肋板;12—流水孔;13—横舱壁;14—水平桁;15—垂直扶强材

图 双壳油船横剖面示意图



双壳油船横剖面结构图



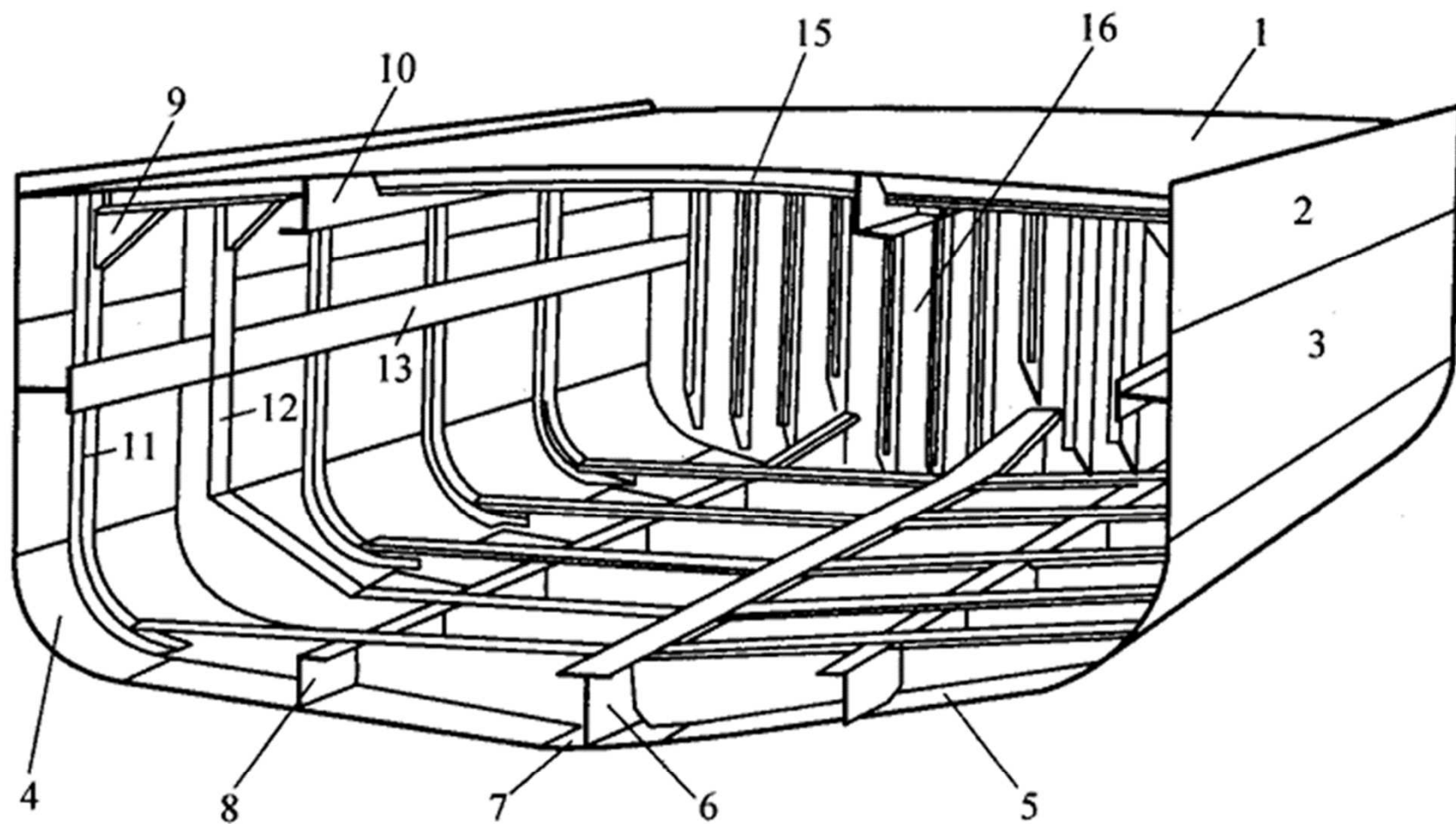
1—甲板板;2—甲板纵骨;3—舷侧外板;4—内壳板;5—舷侧纵骨;6—内壳板纵骨;7—开孔平台;8—平台纵骨;
9—底边舱;10—外底板;11—内底板;12—内底纵骨;13—船底纵骨;14—箱形中底桁;15—旁底桁;16—槽形纵舱壁;17—底墩;18—顶墩

内河船

内河船受航道和吃水的限制，船长较短，船型宽而扁平，吃水浅，因此大多数中小型的内河船舶都采用单一横骨架式结构。图所示为内河小型货船的横剖面结构。其甲板、底部和舷侧均采用横骨架式单层结构。底部略向两舷升高。



内河船结构图



1—甲板板;2—舷顶列板;3—舷侧板;4—舳列板;5—船底板;6—中内龙骨;7—平板龙骨;8—旁内龙骨;9—梁肘板;10—甲板纵桁;11—肋骨;12—强肋骨;13—舷侧纵桁;15—横梁;16—横舱壁板



End

