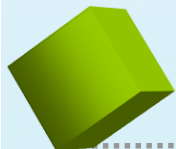


船舶技术设计

项目七 船体结构规范设计



7.3.1 规范中对双层底结构的要求

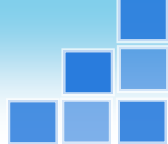
- 规范中关于船体结构的要求
- 规范对双层底构件尺寸的要求

项目七 船体结构规范设计



- 船底结构是船体结构中最复杂、最为重要的部分
- 船底结构的设计包括的船底结构的选型、构件布置、构件尺寸的确定
- 还要考虑节点及开孔等局部结构补强等一些设计细节。

项目七 船体结构规范设计



船底结构主要作用有

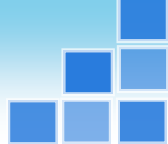
1. 船底结构中的纵向构件参加船体的总纵弯曲。
2. 作为船底板及内底板的支框，保证其局部强度与稳定性。
3. 船底的横向构件与肋骨、横梁组成横向框架，保证船底的横强度。通过支柱、桁架等与甲板结构形成立体结构，实现内力的相互传递。

项目七 船体结构规范设计



1. 双底结构可提高船舶的抗沉性，并可增加底部的刚性与抗弯能力。同时，双底空间尚可做燃油舱、淡水舱以及压载舱使用。
2. 与船底板共同组成船体底部基础，以供装载及安装机器设备等。

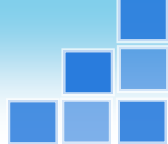
项目七 船体结构规范设计



船底结构的受力

- 船底结构的受力是比较复杂的，主要有：
- 1.总纵弯曲应力：底部纵向连续构件，如内龙骨、纵桁材等，组成船体梁下翼板的一部分，承受船体总纵弯曲的正应力。
- 2.经常性横荷重：船底水压力及货物之反压力，为船底结构设计的主要外力依据。
- 3.动力荷载：机舱区域的船底结构还承受机器的振动载荷，货舱区域的船底结构承受货物及装卸机具的动力冲击等。
- 4.偶然性荷载：如搁浅、擦底时的碰撞力、上排、进坞时的坞墩反力等。

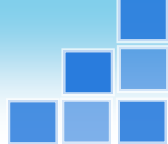
项目七 船体结构规范设计



船底结构型式的选择

- 1.单底、双底的选择
 - ① 船舶设计双层底结构，可以提高船舶抗沉性能，是确保航行安全的有力措施之一。但内河船多数靠岸行驶，海事施救方便，抗沉性要求相应低些，所以长江中下游的中、小型船舶，考虑舱深有限，一般均不要求设置双底，仅长江大型客货轮才有设置双底的必要。
 - ② 在川江三峡航段，滩多流急，航道险峻，抗沉性要求高，所以《内规》要求船长大于40m，航行J级航段的自航船应设置双层底，并尽可能由防撞舱壁延伸至尾尖舱壁，可以作成阶梯形式，一般中部以外的双底可以作成阶梯形式。若设置双底有困难时，可在艏部设置防撞边舱，或使机舱外的舱室满足破舱后一舱不沉的要求。尾机型船因机舱区型线狭窄，其机舱区允许部分设置双底，部分设置防撞边舱。

项目七 船体结构规范设计



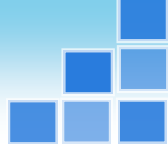
- ③ 对于纵通大舱口船，如矿砂驳、分节驳等，因货物比重大，且多为机械化装卸，双底可以提高局部强度，增强船体横向强度，所以一般均设置双底，呈双壳型式。
- ④ 双底便于布置油、水舱与压载舱，所以除规定情况外，可视具体情况灵活掌握，如某些拖轮因纵倾调整之需，多有设置局部双底的情况

项目七 船体结构规范设计

船底骨架型式的选择

- 按骨架式分类，船底结构有横骨架式及纵骨架式两种。选取哪种骨架式，需按具体情况
- ① 总的来说，**纵骨架式**因有较多的纵向构件计入总纵弯曲，故对总纵强度有利。所以，当所设计船总纵强度矛盾突出时，如船长 $L \geq 70 \sim 80$ m的内河油轮、尾机货轮及油驳等，其船底一般可采用纵骨架式。船长100m以上的长江大型客货轮，因中拱严重，采用双底纵骨架式有利。
- ② 但船长70 m以下的长江客货轮以及船长在50m以下的所有长江船，因总纵强度不是主要问题，船底结构多采用横骨架式。
- ③ 纵骨架式还可以大大提高船底板格的稳定性。所以，对于中拱严重的内河船，如长江客货轮、尾机货轮及油轮，当从总纵强度考虑选用纵骨架式船底时，由于同时提高了板格的稳定性，因此也提高了船底板参加总纵弯曲的有效性。
- ④ 但内河船的板厚一般是由其它因素决定，与海船不同，板格稳定性一般不作要求。

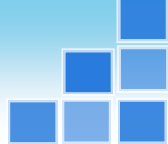
项目七 船体结构规范设计



横骨架式

- ① 出于横向强度的考虑，对于横向强度有较高要求的船舶，如装运矿砂的双壳驳，宽深比 $B/D > 5$ 的内河船舶，以及双机型船舶，其船底结构宜用横骨架式，尤其当横舱壁间距很大时，横骨架式更为优越。

项目七 船体结构规范设计



- 选择骨架型式还要考虑局部强度。例如单层船底结构，它由肋板、内龙骨构成船底板架，是一种交叉梁系，当舱长较短时（舱长比 $l_1/l < 0.9$ ），内龙骨对肋板的支持最好，此时采用横骨架式可以减轻船底板架结构重量。当舱长较长时（舱长比 $l_1/l > 1.7 \sim 1.9$ ），内龙骨不再支持肋板，此时可采用纵骨架式，以实肋板支持船底纵骨，将会减轻板架结构重量。
- 选择骨架型式还要考虑施工工艺。双层底因高度有限，将带来工艺上的许多困难，尤其纵骨架式双底，当纵骨尺寸较大时，将会造成施工和使用中的通行障碍，应极力避免。一般而论，纵骨架式船底，因布置构件较多，节点较为复杂，施工比横骨架式困难的多。所以，从工艺性考虑，除非特别需要，一般应尽可能不采用纵骨架式。

项目七 船体结构规范设计



- 综上所述，船底结构可以分为单底横骨架式、单底纵骨架式、双底横骨架式和双底纵骨架式四种型式，设计时可以参考下表。《内规》按单底结构和双底结构，分别在不同章节给出了设计规定。

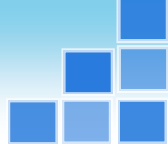
项目七 船体结构规范设计



船底结构型式

分类		主要组成构件		适用范围
		横向构件	纵向构件	
单底	横骨架式	实肋板（每档肋距设置）	中内龙骨 旁内龙骨	中、小型内河船广泛采用； 各类船的首、尾尖仓内采用 ； 甲板货船常采用实肋板、底 肋骨间隔设置
	纵骨架式	实肋板（不大于4档肋距设置）	中内龙骨 旁内龙骨 船底纵骨	油轮与油驳，简易货船，甲 板驳
双层底	横骨架式	实肋板（每档或不大于四档设置） 组合肋板（在不设实肋板的肋位上设置）	中桁材 旁桁材	L>40m航行于长江急流航段的客货轮
	纵骨架式	实肋板 （不大于4档肋位设置）	中桁材 旁桁材 外底纵骨	油轮，推（拖）轮，双壳驳等，长江大、中型客货轮

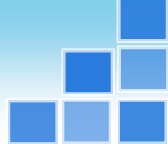
项目七 船体结构规范设计



单底结构的骨架设计

- 单层底的船底骨架可为横骨架式或纵骨架式。船长小于或等于30m的船舶，宜采用横骨架式。
- （一）单底结构的主要构件和布置
- 1. 实肋板
 - ① 横骨架式单底结构中，实肋板是单底骨架的主要构件，应每档肋位设置，船长小于或等于30m时，可隔一个肋位设置。
 - ② 纵骨架式单底也设置实肋板，其间距应不大于2.5m。

项目七 船体结构规范设计



内龙骨

- ① 内龙骨包括中内龙骨与旁内龙骨，船底应设置旁内龙骨。小船的底部一般设置1—3道内龙骨，大船设置3~5道。
- ② 中内龙骨、旁内龙骨尽可能均匀设置，其间距应不大于2.5 m，对于船长不大于30m的小船，应不大于2m，至船首、尾部间距应逐渐缩小。
- ③ 中内龙骨除了参与总纵弯曲与板架的局部弯曲外，还起着联系肋板及承受坞墩反力的作用，要求它尽可能地贯通全船，并与首、尾柱有效地连接（往首、尾部可为间断板）。
- ④ 平底船允许以2根旁内龙骨（左右各1根）代替中内龙骨。
- ⑤ 单机船的主机基座纵桁如在机舱内贯通，机舱内的中内龙骨可以省略，此时，与机舱毗邻的后舱允许以延伸机座纵桁的2根旁内龙骨代替中内龙骨。

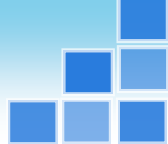
项目七 船体结构规范设计



旁内龙骨

- 旁内龙骨起着联系肋板的作用，它在肋板之间可以间断设置。
- 布置旁内龙骨通常从机舱开始，根据主机座纵桁位置而定，如双主机船，旁内龙骨应是机座纵桁的延续。
- 旁内龙骨应尽可能与甲板纵桁布置在同一纵剖面内，以便布置支柱并通过舱壁上的垂直扶强材组成纵向框架，使外力能很好地互相传递。

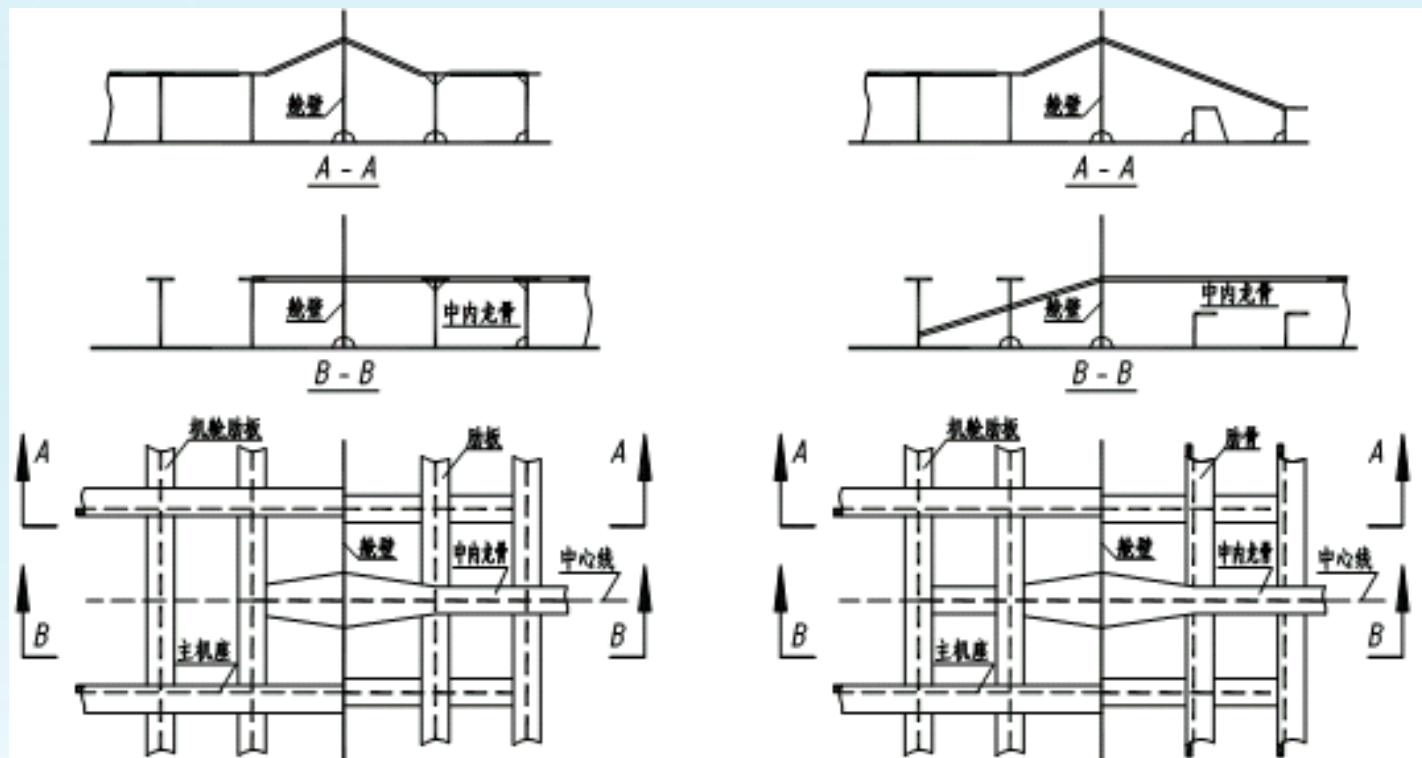
项目七 船体结构规范设计



- 中内龙骨与旁内龙骨及基座纵桁不应在舱壁处突然中断，应各自在中内龙骨与旁内龙骨过渡处不能突然中断，应各自向舱壁的另一面延伸，形成交叉过渡性结构，相互交错不小于**3**个肋距；或加过渡性肘板，肘板长度不小于**2**个肋距。如图**5-10**所示。

项目七 船体结构规范设计

- 下图 中内龙骨、旁内龙骨、基座纵桁在舱壁处的过渡



项目七 船体结构规范设计



- 底肋骨

横骨架式船底未设实肋板的肋位上应设置底肋骨。

- 船底纵骨

纵骨架式单底结构设置有船底纵骨

项目七 船体结构规范设计

构件尺寸的设计

- 1. 实肋板

- 实肋板剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值，其腹板高度应不大于其厚度的75倍（首、尾部可适当增大）。

- $W = Ks (fd + r) l^2 \text{ cm}^3$

- 式中： s ——实肋板间距， m ；

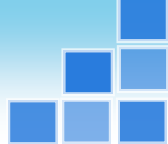
- f ——系数，按表5-9选取；

- d ——吃水， m ；

- r ——半波高， m ，按航区确定；

- l ——实肋板跨距， m ，取实肋板与舷侧外板交点之间的距离。

项目七 船体结构规范设计



- **K——内龙骨修正系数**，表示考虑了内龙骨作用后，实肋板最大弯矩可以减小的倍数，按下式计算：
$$K = a(l_1/l - 1.1) + b$$
- 其中：a、b——系数，按表5-10选取；
- l_1/l ——舱长比， l_1 为舱底平面长度（取两横舱壁的间距）m；取值范围按表5-11选取。

项目七 船体结构规范设计

- 如设有纵舱壁或双向纵桁架时，应按甲板货船对实肋板剖面模数的要求进行计算。
- 另外，斜底船中部实肋板向舷侧延伸的腹板高度可逐渐减小，但在离中纵剖面 $\frac{3}{8}B_i$ （该处船宽）处的腹板高度，应不小于中纵剖面处腹板高度的 $\frac{1}{2}$ ，如图5-11所示。

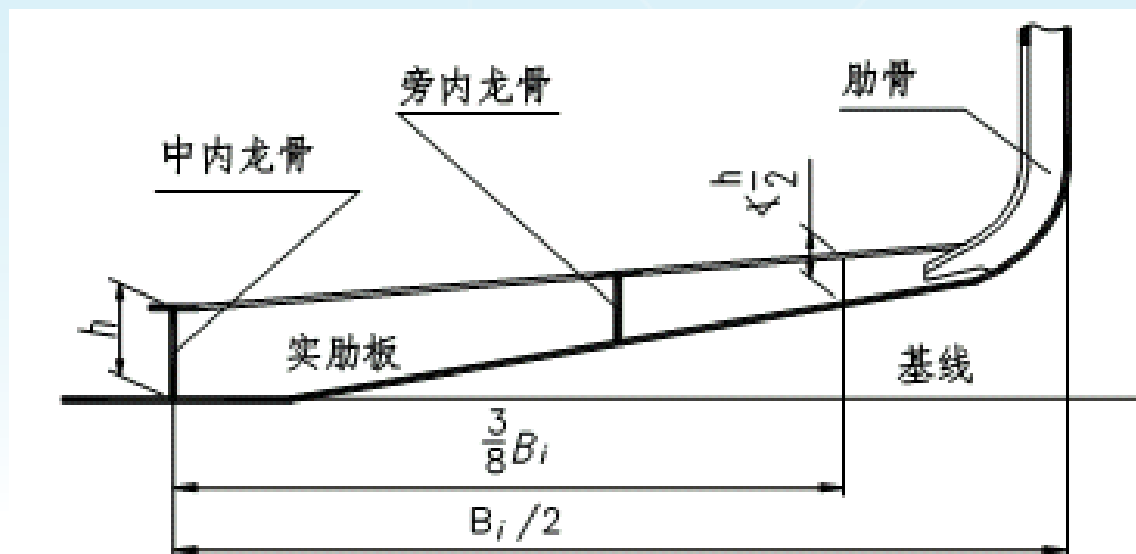
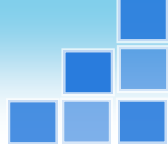


图5-11 实肋板尺寸

项目七 船体结构规范设计



2. 内龙骨

- 内龙骨尺寸可由实肋板尺寸而定。
- 《内规》规定，中内龙骨腹板的高度和厚度与该处实肋板相同，面板剖面积应不小于实肋板面板剖面积的**1.5**倍。旁内龙骨可用间断板，尺寸与该处实肋板相同。

项目七 船体结构规范设计



3. 底肋骨

- 横骨架式船底未设实肋板的肋位上应设置底肋骨，其剖面模数和剖面惯性矩都应满足相应要求。
- 底肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：
- $W = 4.2s (d+r) l^{2+5} \quad \text{cm}^3$

项目七 船体结构规范设计



4. 船底纵骨

1. 船底纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

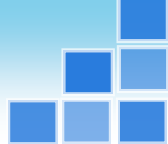
- $W = Ks (d+r) l^2 \quad \text{cm}^3$

式中: K ——系数, 在船中部 $K=0.015L+5.6$, 其中 L 为船长, 船中部以外可逐步递减至 $0.8 K$;

2. 纵骨剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值:

- $I = 1.1 a l^2 \quad \text{cm}^4$

项目七 船体结构规范设计



- 船底纵骨应用肘板与横舱壁连接，肘板的直角边长应为纵骨高度的**2**倍，厚度与纵骨相同。
- 对于肘板，当肘板任一直角边长与肘板厚度的比值大于 **30**时，肘板的自由边应折边或设面板，折边（或面板）的宽度一般为肘板厚度的 **10** 倍。

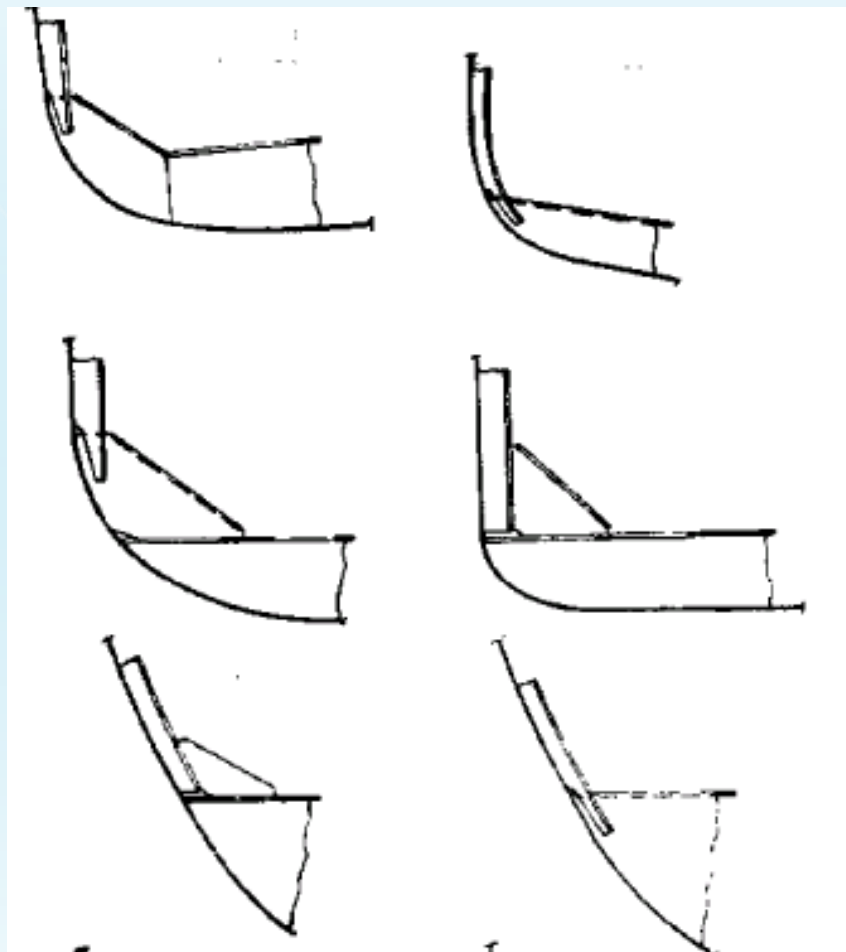
项目七 船体结构规范设计

节点与开孔

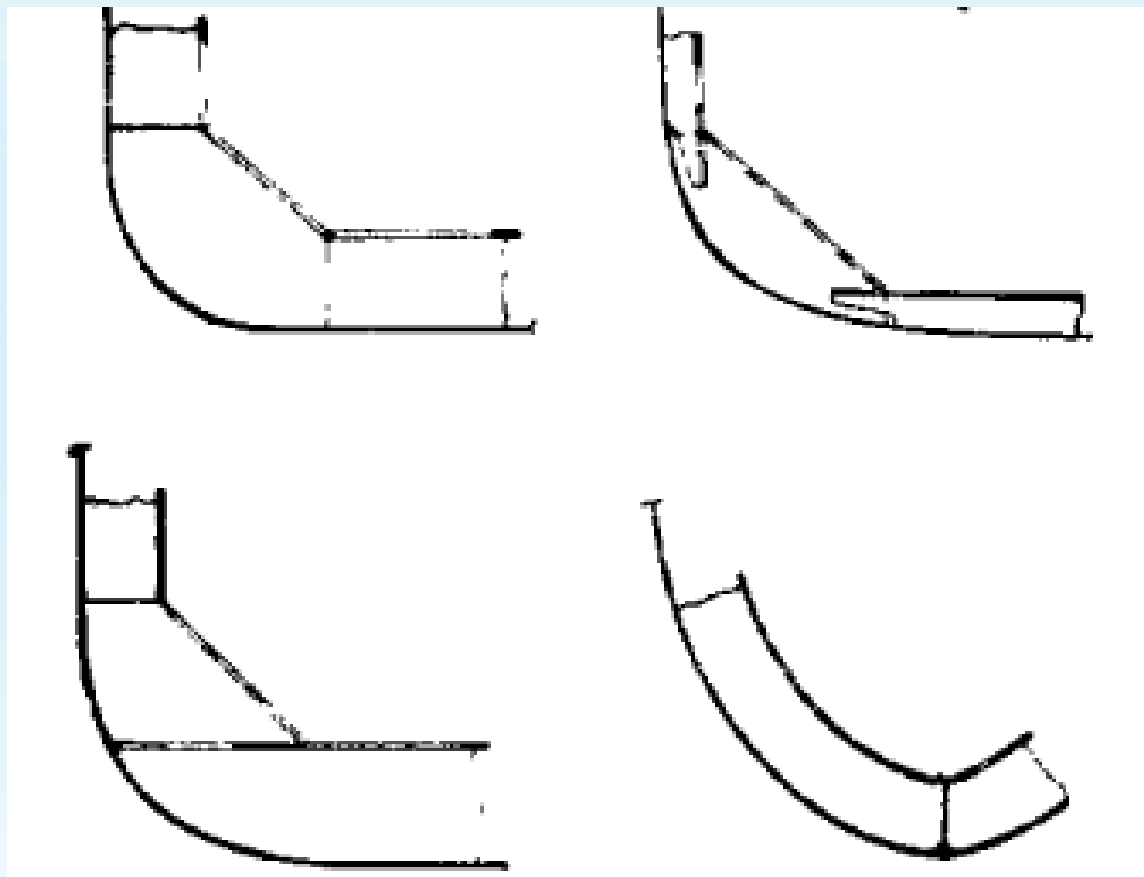
1. 单底舱部节点

实肋板与肋骨一般采用舳肘板连接或直接搭接方式。常用的典型连接形式如图5-12所示

项目七 船体结构规范设计



项目七 船体结构规范设计



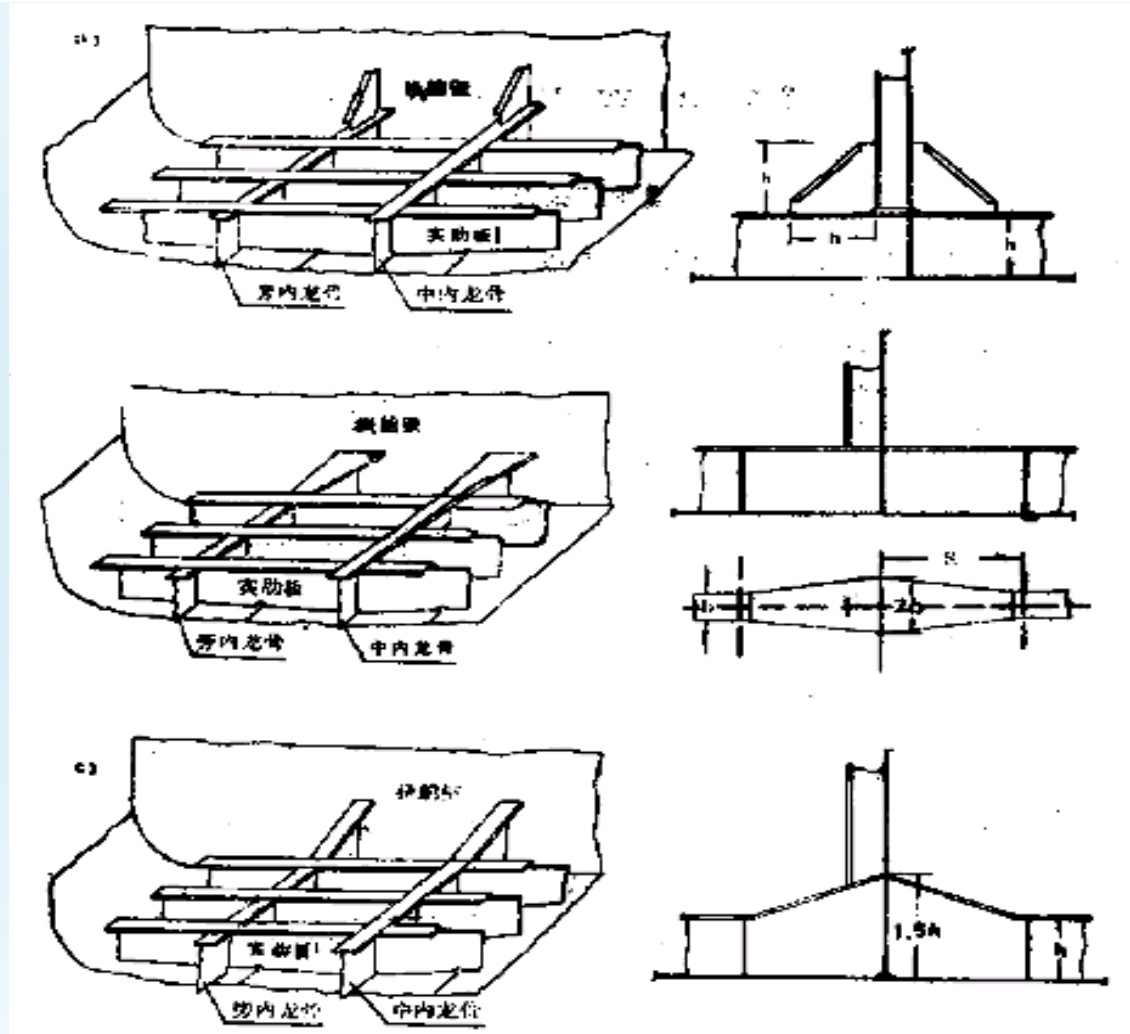
项目七 船体结构规范设计

2.横舱壁节点

内龙骨在舱壁处中断时，与舱壁的连接形式通常有以下3种，如图5-13：

- 用有面板或折边的肘板与舱壁连接，肘板的尺寸如图5-13（a）所示。
- 将内龙骨面板的宽度在一个肋距内逐渐放宽与舱壁连接，其尺寸如图5-13（b）所示。
- 将内龙骨的腹板在一个肋距内逐渐升高与舱壁连接，其结构与尺寸如图5-13（c）所示。

项目七 船体结构规范设计



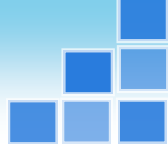
项目七 船体结构规范设计



3.开孔

1. 中内龙骨的腹板上禁止开孔，但可以开流水孔。
2. 实肋板与旁内龙骨腹板的下方应开设流水孔，流水孔的大小应考虑到泵的抽吸率，使船底部的各个流水孔至吸口均能自由流通。。

项目七 船体结构规范设计



1. 当因管路通过等情况，需要在实肋板及旁内龙骨腹板腹板上开孔时，应予以补强，比如采用开孔边缘加焊扁钢等加强措施。开孔一般为园形或长园形，一般开孔高度与宽度应不超过腹板的相应尺寸之半，否则开孔尺寸过大，易使发生腹板失稳、皱折。如图5-14所示
2. 直接位于支柱下方的实肋板和旁内龙骨也不允许开孔，以防腹板剪切失稳。

项目七 船体结构规范设计

双层底结构

- 船长大于40m，航行J级航段的自航船应设置双层底，双层底沿船长方向可采用阶梯形式；若设置双层底确有困难，可在舳部设置防撞边舱。双层底或防撞边舱应自首防撞舱壁尽可能延伸至艉尖舱壁。
- 除机舱外的舱室，若确有困难既不能设置满足双层底又不能设置防撞边舱时，则应满足《内河船舶法定检验技术规则》中关于破损稳性的相关要求。
- 双层底结构包括横骨架式和纵骨架式两种骨架型式。

项目七 船体结构规范设计

横骨架式双底结构

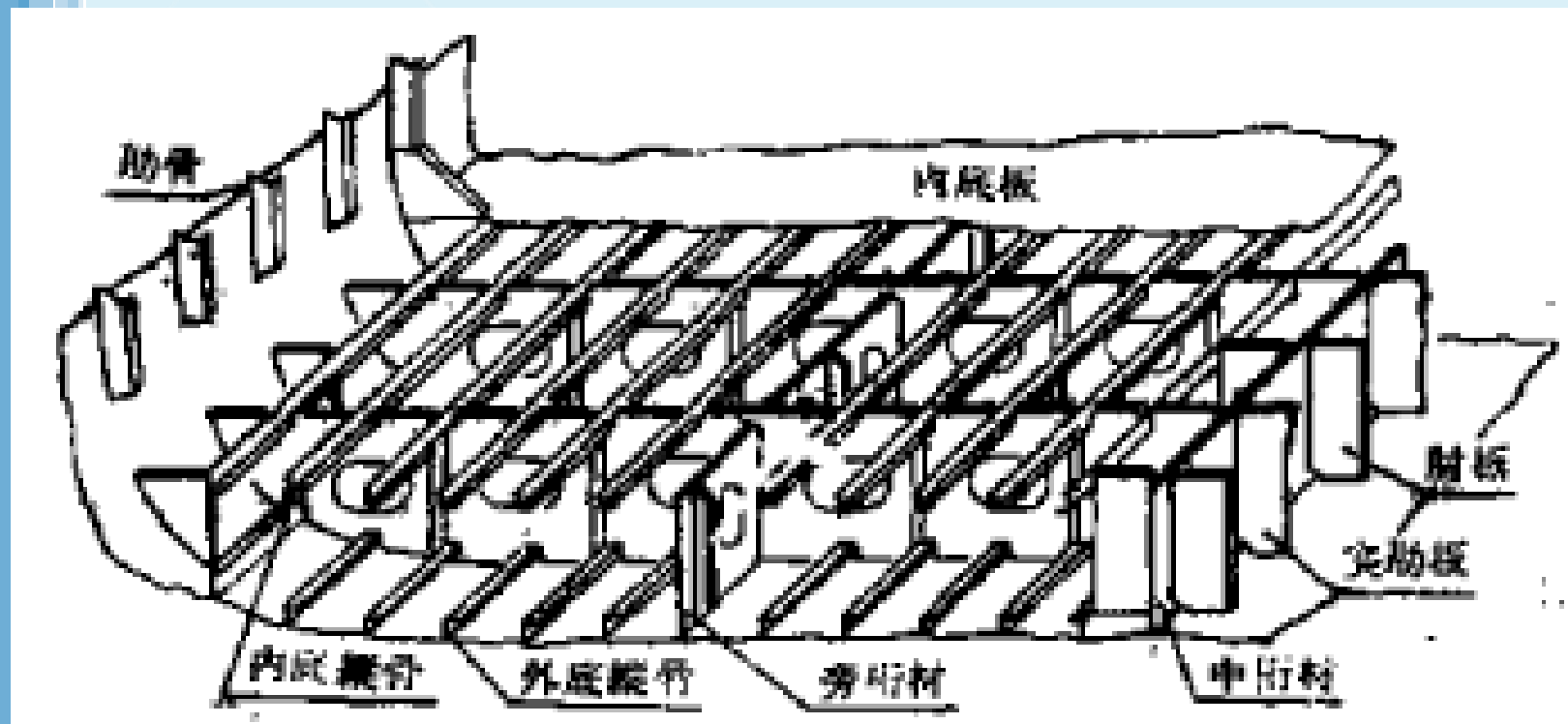
横骨架式双底结构通常有两种设计方式，

- 一为每档肋距设实肋板，这种形式弧度好，施工方便，但重量较大；
- 一为实肋板与组合肋板交替设置，在货舱内实肋板间距一般不大于4档肋距，在机舱内不大于2档肋距，其余肋位设置组合肋板，这种形式重量轻，但强度差些，施工亦比较麻烦。

项目七 船体结构规范设计

纵骨架式双层底结构

- 一般形式如图5-15所示。



项目七 船体结构规范设计

(一)构件布置及尺寸:

1. 双底高度:

- 双层底无论何种骨架形式，其中纵剖面处的高度 h 应不小于下式计算之值，且不小于700mm，也不大于1500mm。

$$h=27 + 47B1 \quad \text{mm}$$

式中： $B1$ ——双层底计算跨度，m。单舷侧船取舷侧至舷侧之间的距离，双舷侧船取内舷板至内舷板之间的距离。

项目七 船体结构规范设计

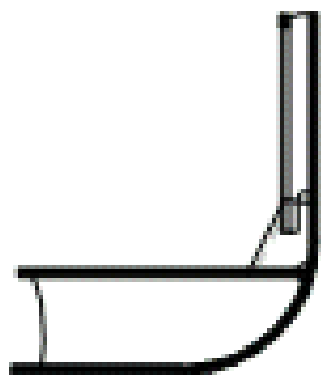


2.内底板:

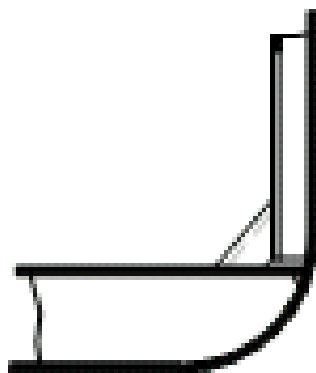
- 双层底的内底板应延伸至船的两侧，内底边板可以是水平的，也可以是倾斜的，如图5-16所示。
- 常年航行于J级航段的船舶，内底边板应盖没船的舳部，如图5-16（1）、（2）、（5）所示。

项目七 船体结构规范设计

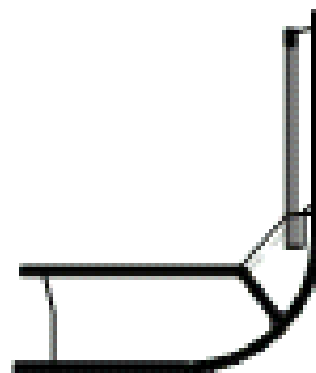
内底边板的设计



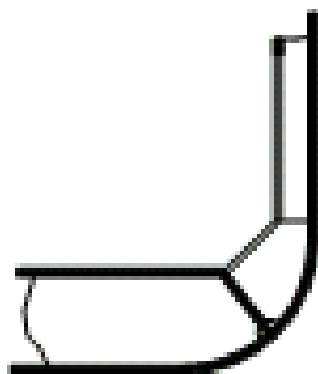
(1)



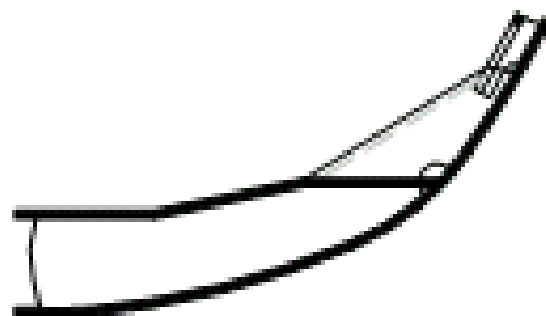
(2)



(3)



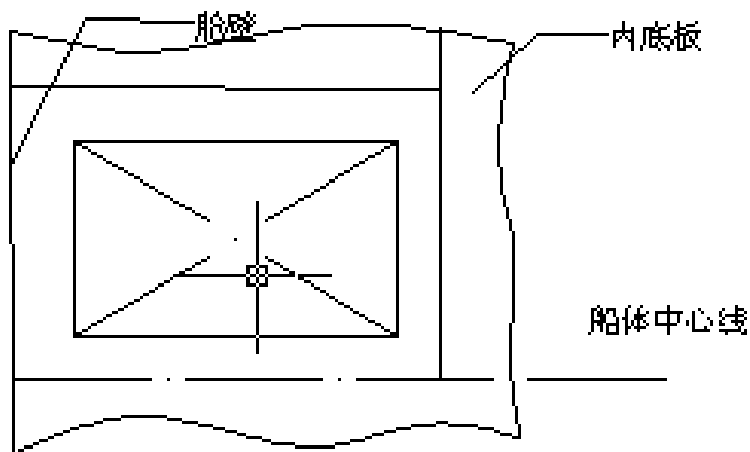
(4)



(5)

项目七 船体结构规范设计

- 如果采用水平内底板，则应设置污水阱，一般设于船舱后端壁船体中心线附近。
- 污水阱的尺寸主要取决于可能积水的容积，污水井深度（井底板至船底板的距离）应不小于300mm，通常沿船长方向为一档肋距左右，沿船宽方向小于1m。污水井围壁板及底板厚度应按内底板厚度加厚2mm



项目七 船体结构规范设计

- 纵骨架式内底板，在舳部无实肋板的肋位上，应设置与实肋板同厚的肘板，并延伸至邻近的内、外底纵骨，如图5-17所示。布置内底板时，还应注意板缝的位置与纵骨位置应错开。

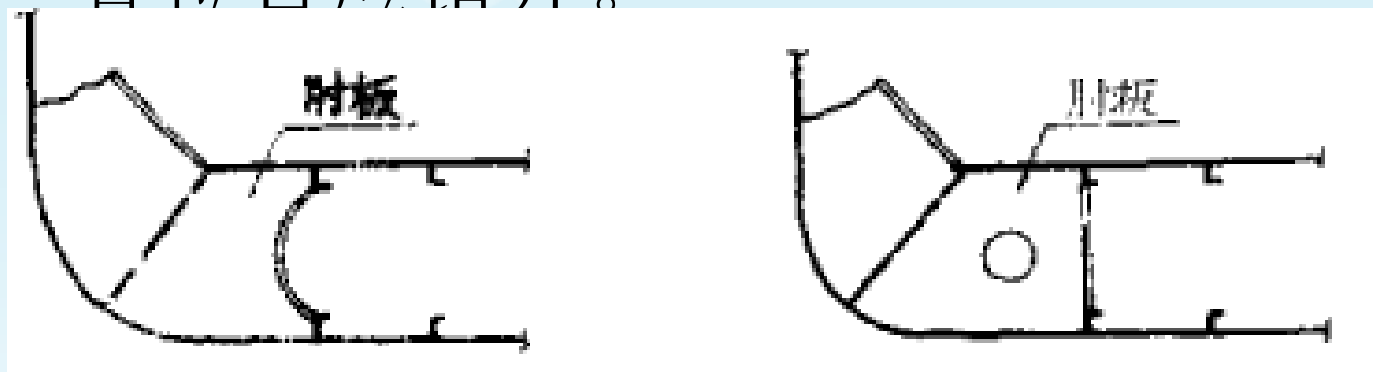
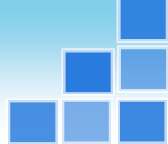


图5-17 纵骨架式内底板设置的舳肘板

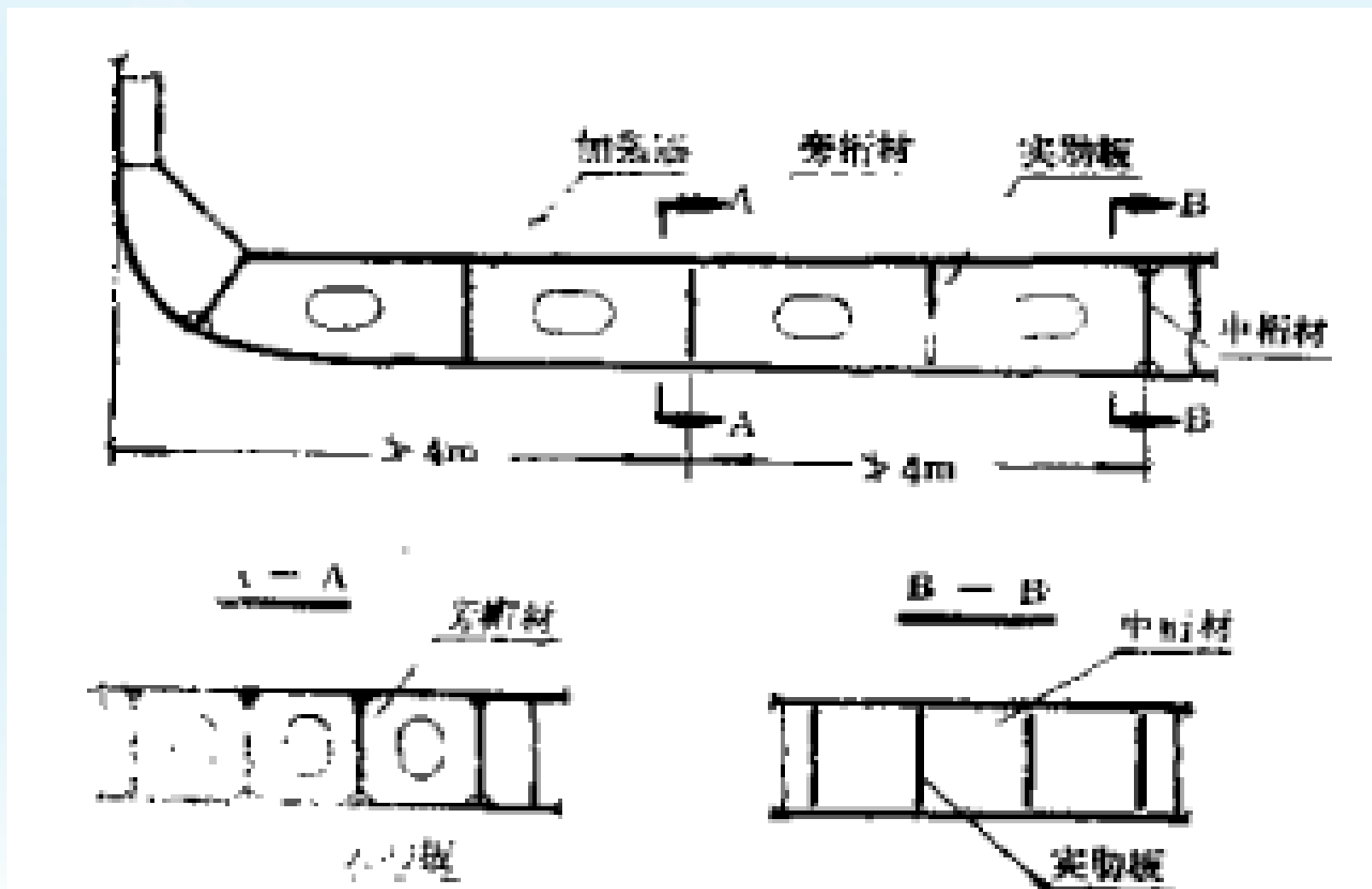
项目七 船体结构规范设计



3. 实肋板:

- 双层底实肋板不论骨架形式，其间距应不大于2.5m，实肋板厚度与所在部位船底板厚度相同，但应不小于5mm。船长小于或等于30m时，应不小于4mm。
- 实肋板的腹板高度与厚度之比大于100时，应在实肋板的腹板上设置垂直加强筋。加强筋的厚度与实肋板的厚度相同，宽度为厚度的8倍，其间距应不大于双层底的高度。
- 横骨架式双层底的实肋板结构一般形式如图5-18所示。

项目七 船体结构规范设计

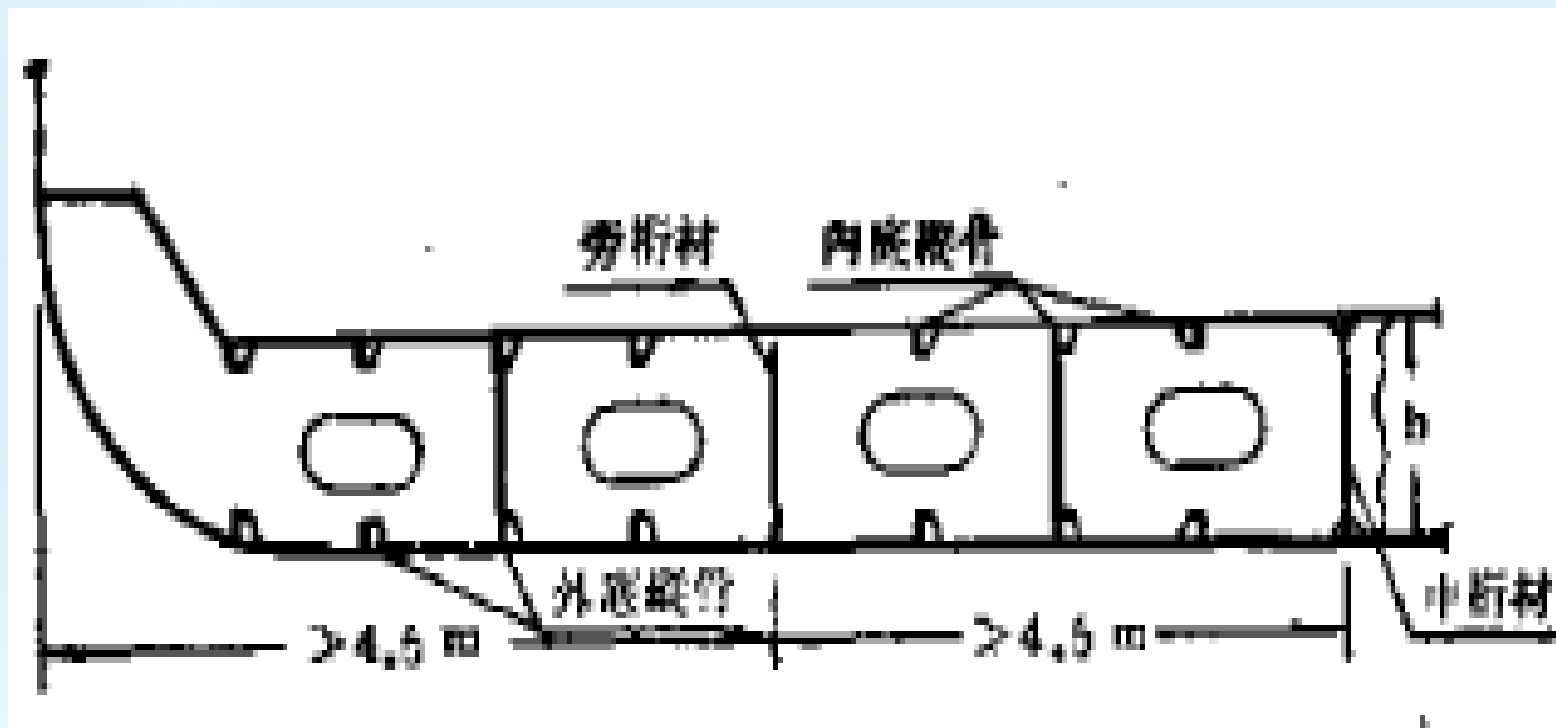


- 横骨架式实肋板结构

项目七 船体结构规范设计

- 纵骨架式双层底结构的实肋板应不大于四档肋距设置，而在受力较大处，如机座端部、支柱下方等处应加实肋板，实肋板上可每隔一档纵骨处布置一根垂向加强筋，如图5-19所示。

项目七 船体结构规范设计

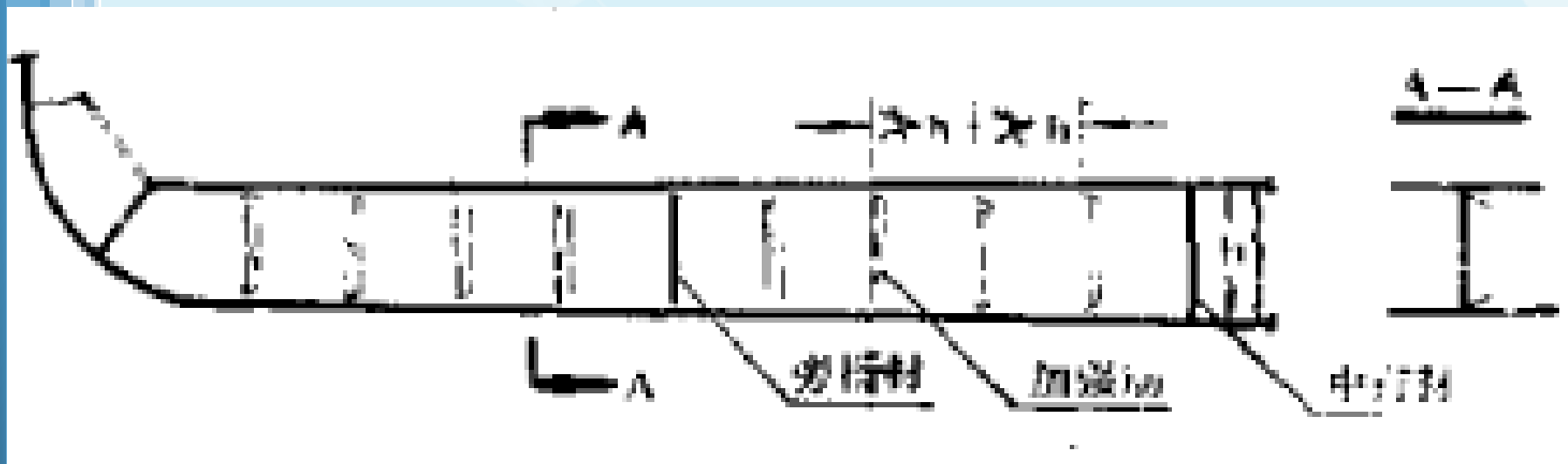


- 纵骨架式双层底的实肋板

项目七 船体结构规范设计

4. 水密肋板

- 一般根据双层底内分舱的需要设置水密肋板，其间距应不大于 $0.3L$ ，但水密横舱壁下均设置水密肋板，其尺寸按实肋板设计。



项目七 船体结构规范设计



- 纵骨架式双层底结构，纵骨不穿过水密肋板时，应用肘板与水密肋板连接。





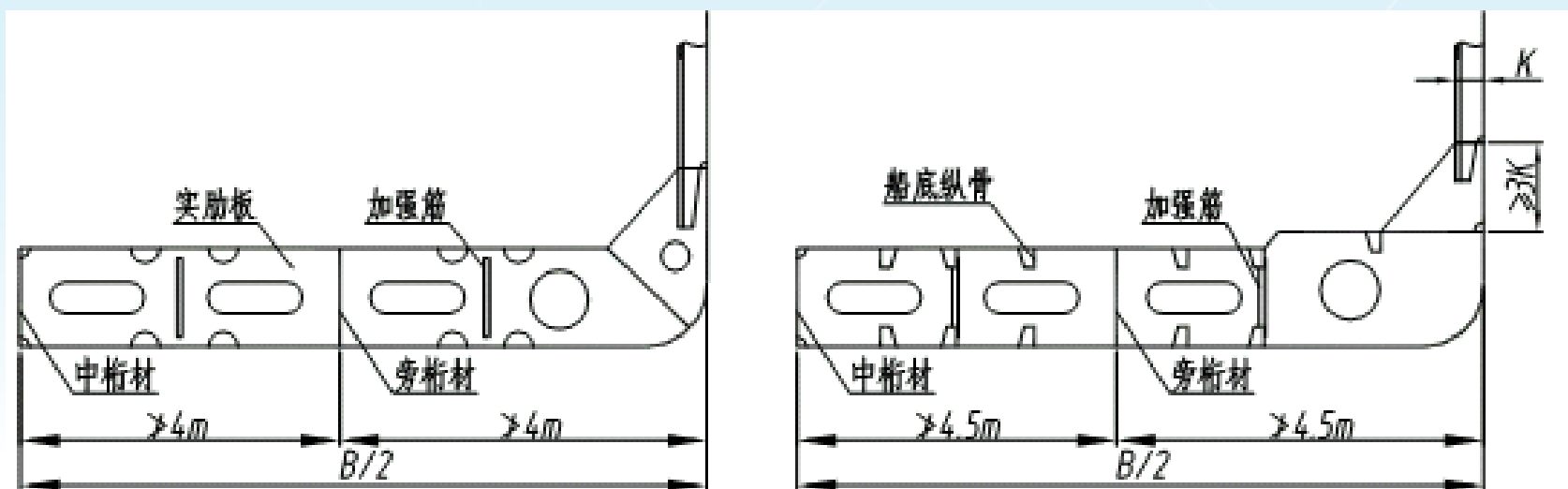
5. 中桁材

- 中桁材应连续贯通，其厚度应与所在部位平板龙骨的厚度相同，但应不小于相连实肋板的厚度。

项目七 船体结构规范设计

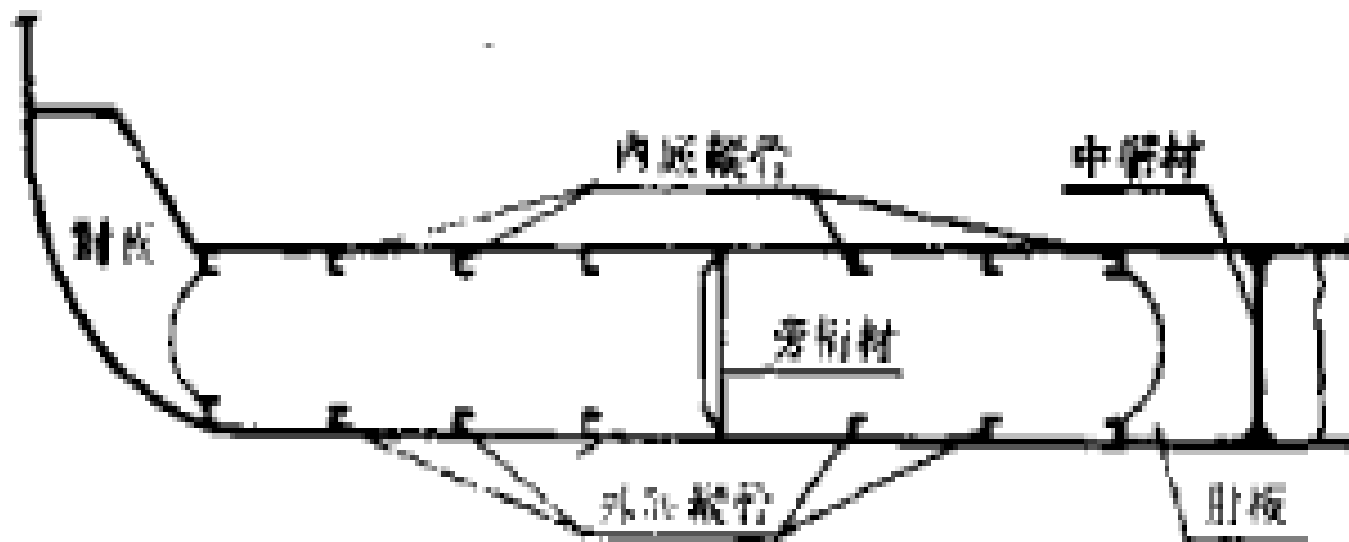
6. 旁桁材

- 旁桁材由间断板构成，其厚度应与所在部位船底板厚度相同，但应不小于相连实肋板的厚度。
- 横骨架式旁桁材间距应不大于4.0m；纵骨架式旁桁材间距应不大于4.5m。如图5-21所示：

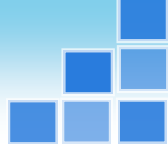


项目七 船体结构规范设计

- 纵骨架式的中桁材在实肋板间距的中点，应左右加设通至邻近纵骨处的肘板，其厚度与实肋板相同。而旁桁材，应在实肋板间距的中点设置一道加强筋，加强筋厚度与桁材的厚度相同，宽度为厚度的8倍。如图5-22所示。



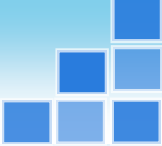
项目七 船体结构规范设计



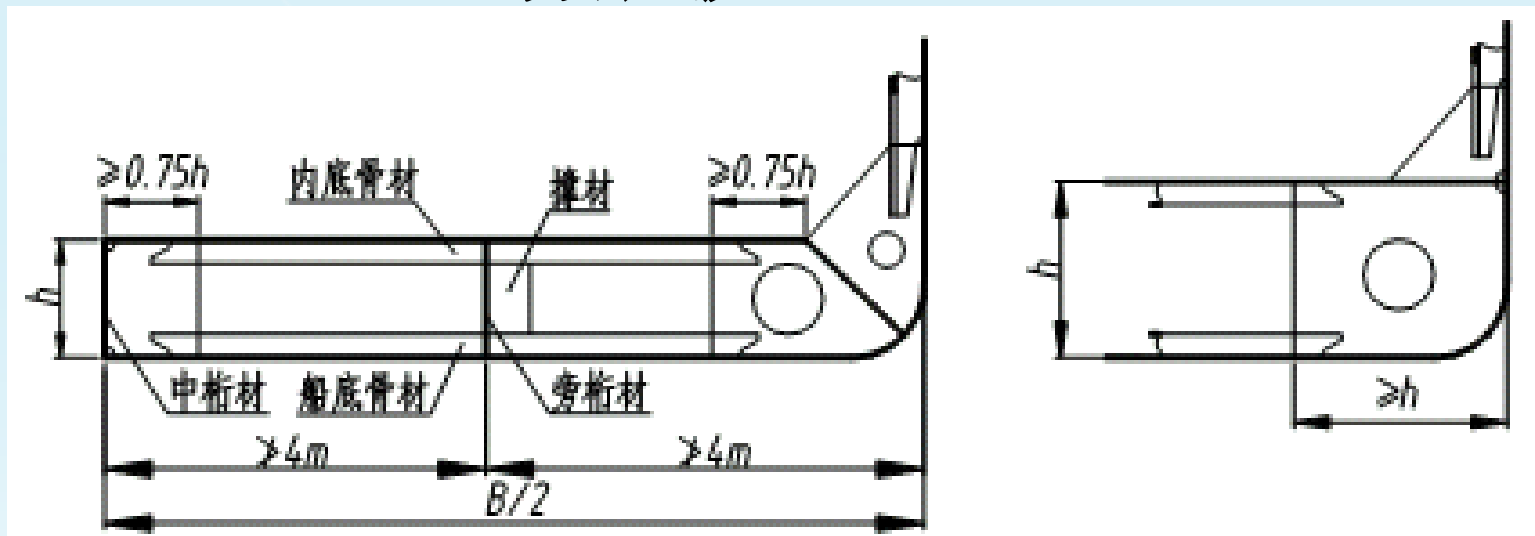
7. 组合肋板

- 横骨架式双层底未设实肋板的肋位上，应设置组合肋板。
- 组合肋板由船底和内底骨材构成，与桁材、内底边板应采用肘板连接，肘板与实肋板同厚，其尺寸如图5-23所示。当肘板高厚比大于100时，其自由边应折边或加面板，旁桁材一侧应设撑材，其尺寸与内底骨材相同。

项目七 船体结构规范设计



组合肋板



项目七 船体结构规范设计



- 组合肋板船底骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

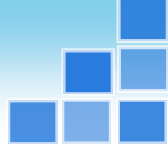
$$W=3.8s(d+r)l^3 \quad \text{cm}^3$$

- 内底骨材的剖面模数 W 应不小于船底骨材剖面模数的0.85倍，尚应不小于按下式计算所得之值：

$$W=W_1 \cdot h/D \quad \text{cm}^3$$

式中： W_1 ——外底纵骨计算所得之剖面模数；

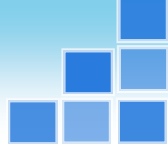
项目七 船体结构规范设计



8. 纵骨架式的船底纵骨

- 纵骨架式的纵骨应均匀设置，间距一般为600mm左右。
- 纵骨应保持其连续性，尽量通至船端，至船端各纵骨不要同时断在一个剖面上。船底纵骨、内底纵骨应均匀设置，其穿过实肋板时，应与实肋板焊接，切口的角隅应为圆角【如图5-24所示】

项目七 船体结构规范设计



- 船底纵骨的剖面模数和惯性矩仍按单底纵骨架式的船底纵骨计算公式计算，但剖面模数为所得之值的0.8倍即可。
- 内底纵骨的剖面模数按单底横骨架式组合肋板内底骨材的公式计算，其中 W_1 为船底纵骨的剖面模数。



复习与思考：

- 请按规范要求，了解双层底结构设计要点
- 完成双层底结构设计表

Thank You !