

## 船舶上层建筑整体吊装技术要求

---

本文件适用于大、中型货船, 钢质短桥楼上层建筑的整体吊装。其他类型的船舶可参照使用。

船舶上层建筑整体吊装工艺(以下简称整吊)是将上层建筑作为一个或几个总段, 整体吊运到船上安装的方法。

### 1 吊点设置要求

- 1.1 尽可能对称于整吊总段的重心而布置。
- 1.2 尽量减小整吊总段的变形。
- 1.3 应在纵、横连续强构件的汇交点上, 并于左右围壁或前后端壁的延伸部分。
- 1.4 应使吊索与甲板水平面间的夹角大于 $60^{\circ}$ 。
- 1.5 应便于吊环的装焊和拆除。

### 2 双吊钩吊索长度计算(见图1)

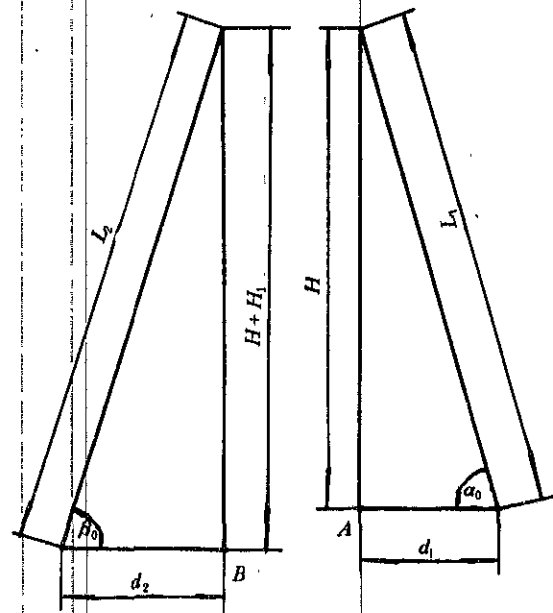
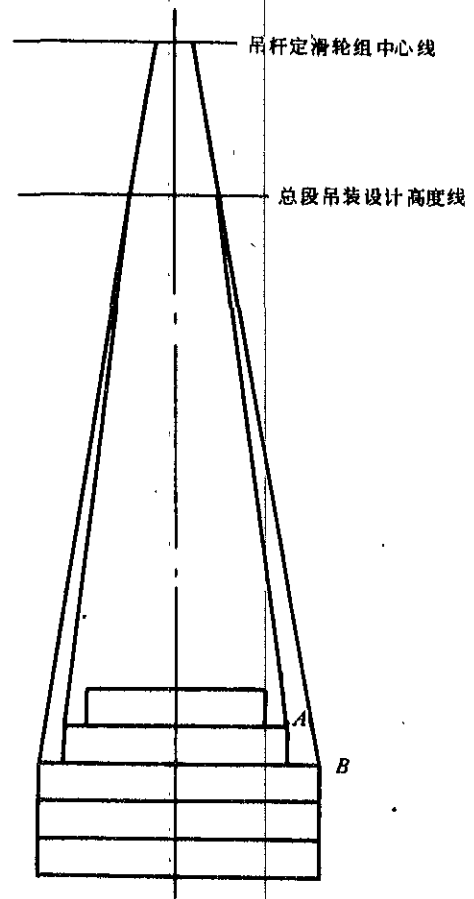
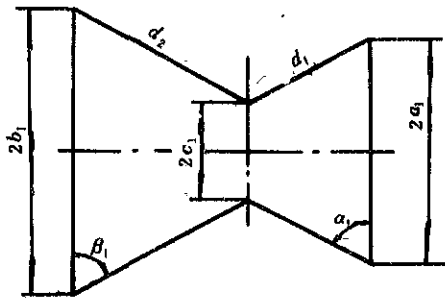
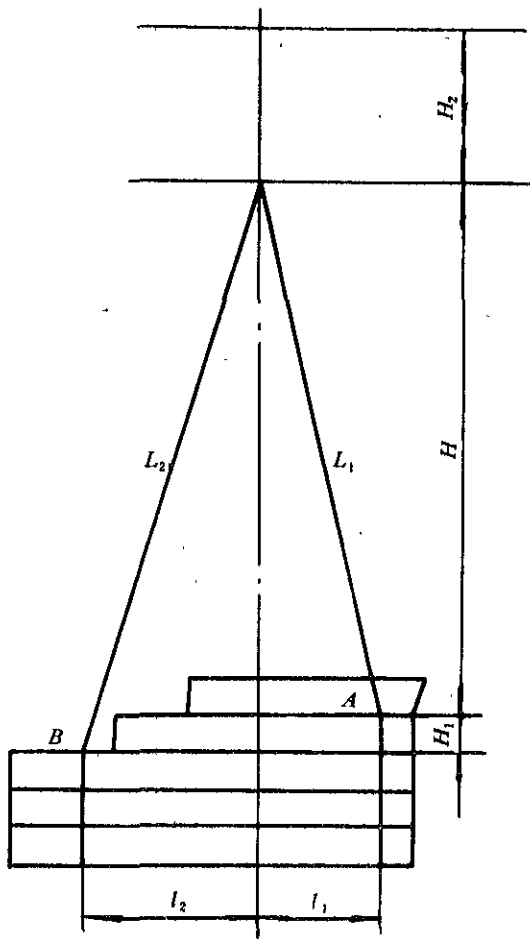


图 1 吊索计算示意图

$$d_1 = \sqrt{(a_1 - c_1)^2 + l_1^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$d_2 = \sqrt{(b_1 - c_1)^2 + l_2^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$L_1 = \sqrt{d_1^2 + H^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$L_2 = \sqrt{d_2^2 + (H + H_1)^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：  $l_1$ 、 $l_2$ ——分别为艏、艉吊点与总段重心横剖面之距，m；

$a_1$ 、 $b_1$ ——分别为艏、艉吊点与总段重心纵剖面之距，m；

$H$ ——总段吊装设计高度，m；

$H_1$ ——艏、艉吊点的高度差，m；

$H_2$ ——总段起吊裕度，m；

$c_1$ ——吊钩与总段重心的投影距离，m；

$L_1$ ——艏吊索的长度，m；

$L_2$ ——艉吊索的长度，m。

在提升高度允许范围内，应尽量放长吊索的长度，以改善吊点的受力状态。

当  $c_1 = 0$  时，即为单吊钩。

### 3 双吊钩吊索夹角计算（见图1、图2）

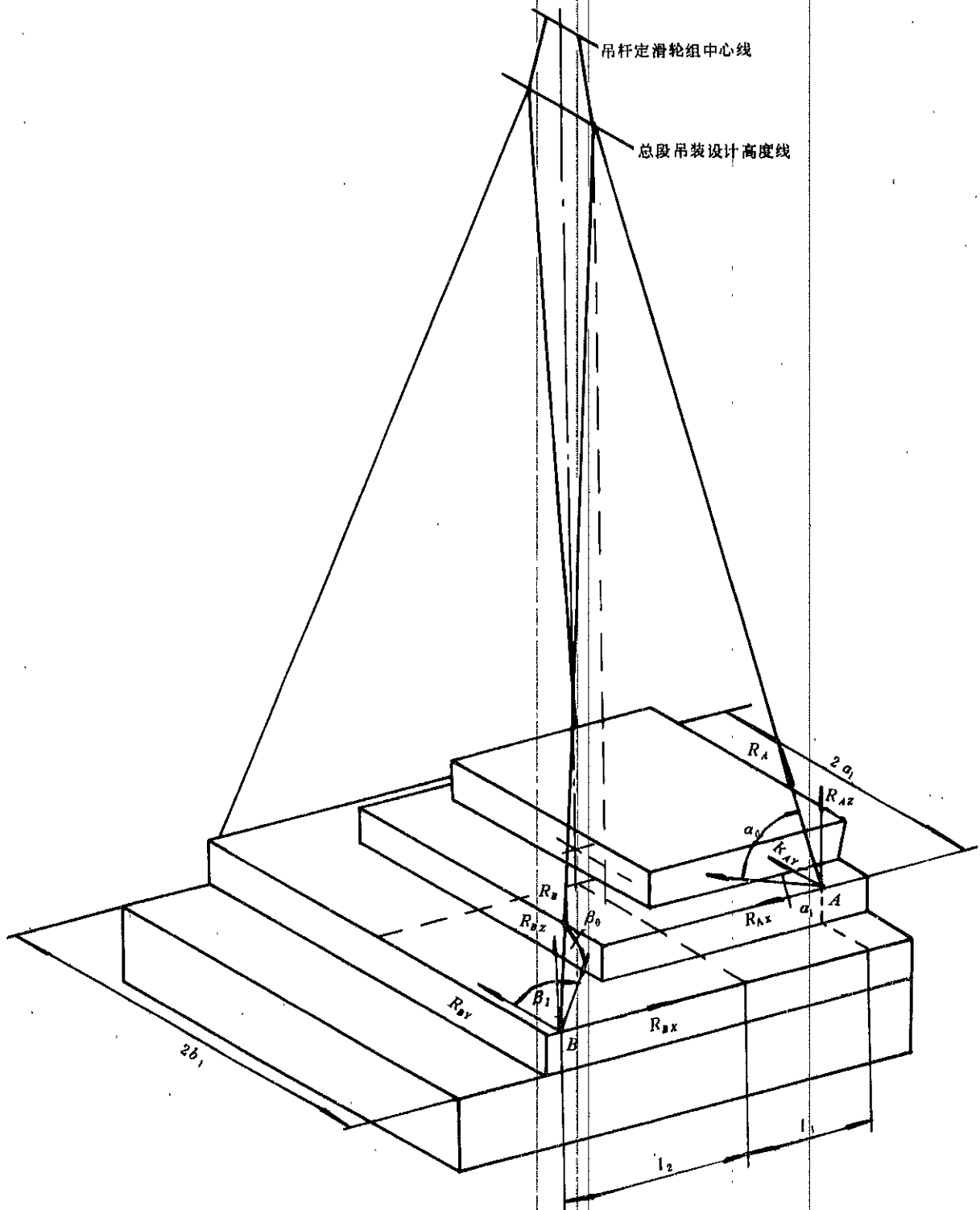


图 2 整吊受力计算示意图

$$\alpha_0 = \arcsin \frac{H}{L_1} \quad (5)$$

$$\beta_0 = \arcsin \frac{H + H_1}{L_2} \quad (6)$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{l_1}{d_1} \quad (7)$$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{l_2}{d_2} \quad (8)$$

式中:  $\alpha_0$ ——艏吊索与甲板平面的夹角, ( $^\circ$ );

$\beta_0$ ——艮吊索与甲板平面的夹角, ( $^\circ$ );

$\alpha_1$ ——艏吊索投影与首吊点连线的夹角, ( $^\circ$ );

$\beta_1$ ——艮吊索投影与尾吊点连线的夹角, ( $^\circ$ );

$d_1$ ——艏吊索的投影长度, m;

$d_2$ ——艮吊索的投影长度, m;

$l_1$ 、 $l_2$ ——分别为艏、艮吊点与总段重心横剖面之距, m。

#### 4 吊点受力计算 (见图 2)

$$R_{AZ} = \frac{W l_2}{2 (l_1 + l_2)} \quad (9)$$

$$R_{BZ} = \frac{W l_1}{2 (l_1 + l_2)} \quad (10)$$

$$R_A = \frac{R_{AZ}}{\sin \alpha_0} \quad (11)$$

$$R_B = \frac{R_{BZ}}{\sin \beta_0} \quad (12)$$

$$R_{AX} = R_A \cos \alpha_0 \sin \alpha_1 \quad (13)$$

$$R_{AY} = R_A \cos \alpha_0 \cos \alpha_1 \quad (14)$$

$$R_{BX} = R_B \cos \beta_0 \sin \beta_1 \quad (15)$$

$$R_{BY} = R_B \cos \beta_0 \cos \beta_1 \quad (16)$$

式中:  $W$ ——整吊总段的实际重量(包括总段所有预舾装件与临时附设的脚手架等), kg;

$R_A$ 、 $R_B$ ——分别为艏、艮吊点的受力, N;

$R_{AX}$ 、 $R_{AY}$ 、 $R_{AZ}$ ——分别为艏吊点的受力在  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个方向上的分力, N;

$R_{BX}$ 、 $R_{BY}$ 、 $R_{BZ}$ ——分别为艮吊点的受力在  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个方向上的分力, N。

#### 5 吊环强度校核

每种型式的吊环须进行强度校核。

##### 5.1 吊环每个眼环的工作负荷

$$P = \frac{R}{n} \quad \text{N} \quad (17)$$

式中:  $R$ ——吊点(吊索)的最大受力, N;

$n$ ——每只吊环的眼环个数。

##### 5.2 吊环拉应力核算 (见图 3)

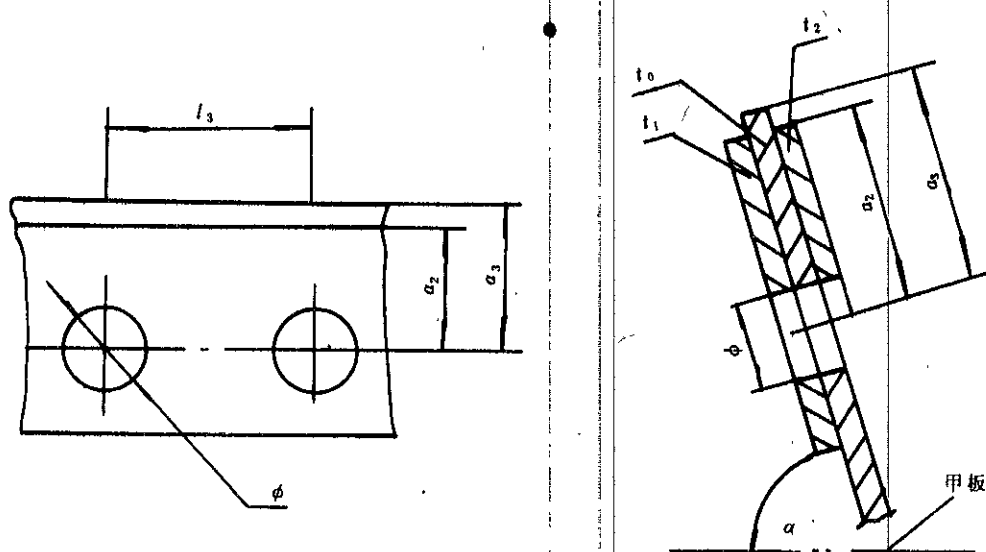


图3 吊环结构型式示意图

$$\sigma_{\max} = \frac{C_2 P}{F_{\min}} < [\sigma] \quad \text{Pa} \dots\dots\dots (18)$$

$$F_{\min} = (l_3 - \phi) \times (t_0 + t_1) \quad \text{m}^2 \dots\dots\dots (19)$$

式中:  $P$ ——每个眼环的工作负荷,  $\text{N}$ ;  
 $C_2$ ——不均匀系数,  $C_2 = 1.2 \sim 1.5$ ;  
 $F_{\min}$ ——两眼环间的最小受拉面积,  $\text{m}^2$ ;  
 $l_3$ ——两眼环之间的最小距离,  $\text{m}$ ;  
 $\phi$ ——眼环的孔径,  $\text{m}$ ;  
 $t_0$ ——吊环本体的板厚,  $\text{m}$ ;  
 $t_1$ ——吊环内复板的板厚,  $\text{m}$ 。

$$\text{许用抗拉应力 } [\sigma] = \frac{\sigma_s}{K_1} \quad \text{Pa} \dots\dots\dots (20)$$

式中:  $K_1$ ——安全系数, 取  $K_1 = 2.5 \sim 3.0$ ;  
 $\sigma_s$ ——吊环材料的屈服极限,  $\text{Pa}$ 。

### 5.3 吊环的剪切应力核算

$$\tau_{\max} = \frac{C_2 P}{A_{\min}} < [\tau] \quad \text{Pa} \dots\dots\dots (21)$$

$$A_{\min} = 2 \times \left[ \left( a_3 - \frac{\phi}{2} \right) \times t_0 + \left( a_2 - \frac{\phi}{2} \right) \times (t_1 + t_2) \right] \quad \text{m}^2 \dots\dots\dots (22)$$

式中:  $A_{\min}$ ——吊环最小受剪面积,  $\text{m}^2$ ;  
 $a_2$ ——眼环孔中心至外复板顶缘的高度,  $\text{m}$ ;  
 $a_3$ ——眼环孔中心至吊环本体顶缘的高度,  $\text{m}$ ;  
 $t_2$ ——吊环外复板的板厚,  $\text{m}$ 。

$$\text{许用剪切应力 } [\tau] = 0.6 [\sigma] \quad \text{Pa} \dots\dots\dots (23)$$

### 5.4 吊环的挤压应力核算

$$\sigma_p = \frac{C_2 P}{F} < [\sigma_p] \quad \text{Pa} \dots\dots\dots (24)$$

$$F_p = \phi \times (t_1 + t_2 + t_0) \quad m^2 \dots\dots\dots (25)$$

式中:  $F_p$ ——吊环每个眼环的挤压面积,  $m^2$ 。

$$\text{许用挤压应力 } [\sigma_p] = 1.5 [\sigma] \quad Pa \dots\dots\dots (26)$$

## 5.5 吊环焊缝强度校核

5.5.1 连续型吊环可不进行吊环焊缝强度校核。

5.5.2 非连续型吊环可按《机械设计手册》的焊缝计算公式进行校核。

6 安装吊环的甲板局部稳定性校核, 可按《船舶结构力学手册》的方法进行计算。

## 7 索具的选配

7.1 钢丝绳吊索的安全系数,  $K_{\text{绳}} = 5 \sim 6$ 。

7.2 根据吊索的最大受力, 应考虑受力不均匀系数选配卸扣。

## 8 吊环区域结构加强要求

### 8.1 吊环的结构型式

8.1.1 种接式吊环 (见图 4), 将吊环直接焊接在甲板上。

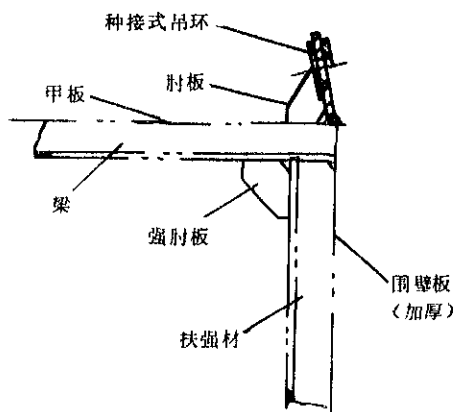


图 4 种接式吊环

8.1.2 搭接式吊环 (见图 5), 将吊环搭接在总段的外围壁上。

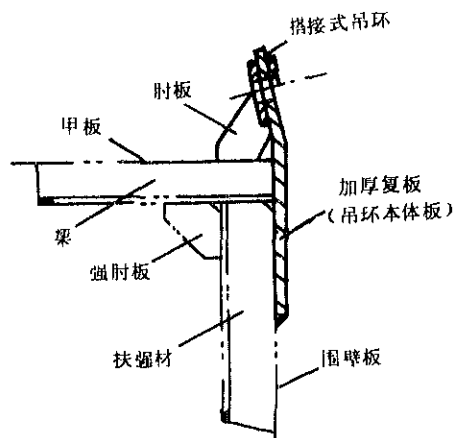


图 5 搭接式吊环

8.1.3 穿甲式吊环 [见图 6 (a)、(b)], 将吊环穿过甲板, 与甲板构件和加强构件焊接。

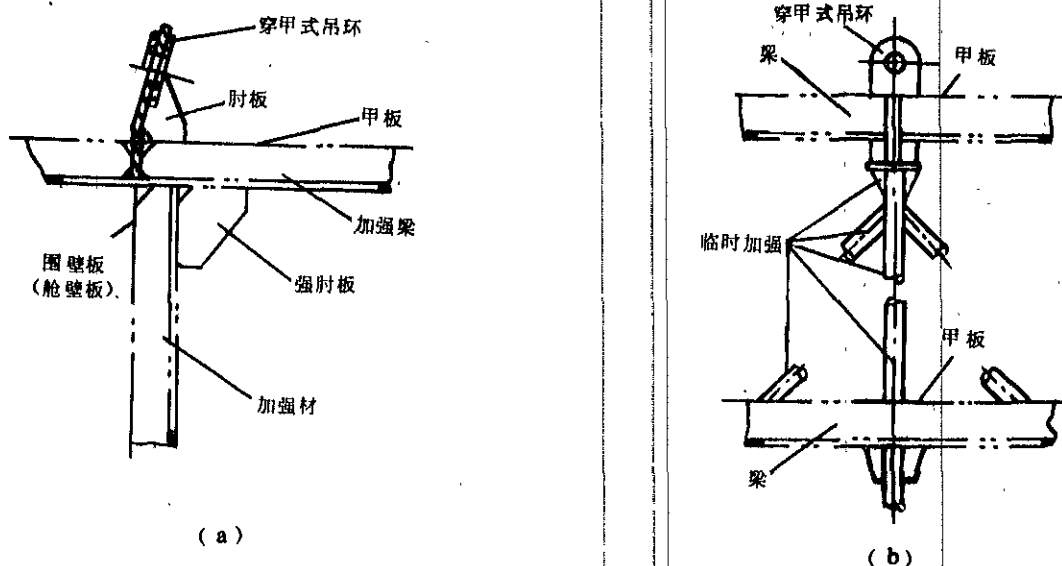


图 6 穿甲式吊环

8.1.4 连续型吊环 (见图 7), 将总段外围壁局部加厚并延伸制成的吊环。

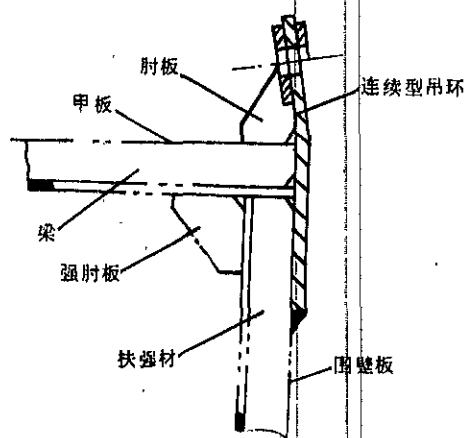


图 7 连续式吊环

8.1.5 上述四种型式, 推荐使用连续型吊环。吊环的长度一般取 3 ~ 4 档肋距。吊环应有加强肘板与甲板有效连接。

## 8.2 连续型吊环区域的结构加强

### 8.2.1 加强的一般原则

8.2.1.1 在吊点力有效传递的前提下, 结构加强措施力求简单可靠。

8.2.1.2 尽可能在初步设计和详细设计阶段时, 就应考虑到采用上层建筑整吊时, 在结构上作适当加强的要求。

8.2.1.3 尽可能采取永久性加强措施。必须采用临时加强时, 应减少对预舾装和对舱室空间、装饰、管系、通风管及电缆等布置的影响。

8.2.1.4 加强构件与同层甲板的相应构件的规格相同。

8.2.1.5 在吊环区域长度内, 应增设垂向加强材和水平加强材。垂向加强材的位置应与吊环加强肘板相对应。

8.2.1.6 在吊环长度范围内, 第一层甲板间的门、窗, 一般待吊装结束后开孔。否则, 必须采取有



效的加强措施。

**8.2.1.7** 机舱大开口的总段，吊装前应将各层开口处的搁梁安装完，或临时采用纵横连续的加强构件。

**8.2.1.8** 吊环甲板下、无垂向构件的大舱室，应在吊环区域内，适当增设临时垂向构件。

**8.2.1.9** 罗径甲板必要时，应适当增加甲板纵桁或临时垂向构件。

**8.2.2** 甲板平面的加强（见图 8）

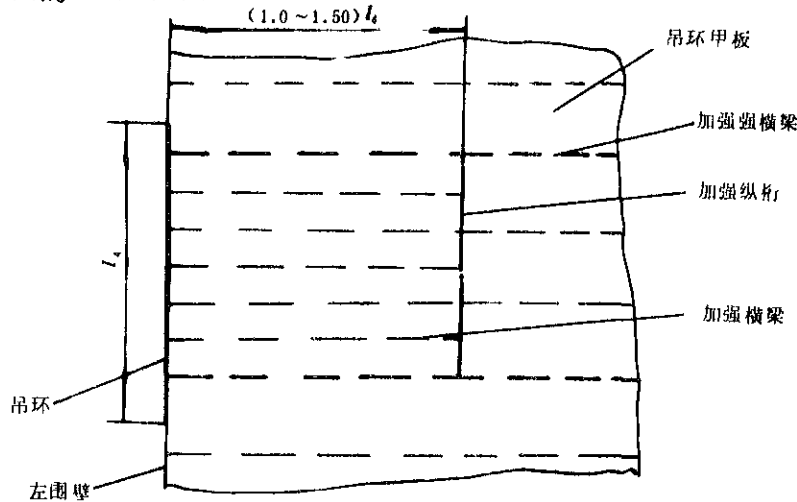


图 8 甲板平面加强的示意图

**8.2.2.1** 吊环设于左右外围壁时，在吊环设置区域的两强横梁之间，应增设短横梁和短纵桁。横梁的位置应与吊环加强肘板相对应。

**8.2.3** 围壁的加强（见图 9）

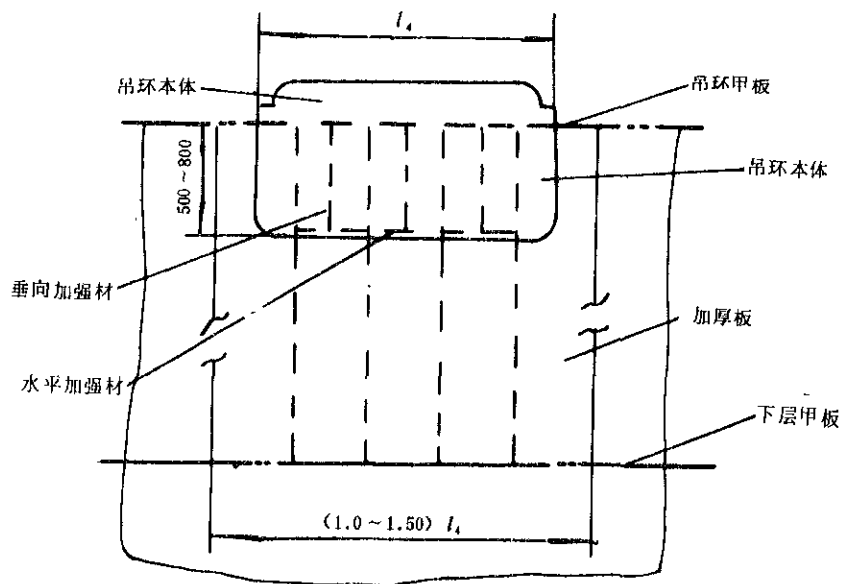


图 9 围壁加强的示意图

**8.2.3.1** 围壁板在吊环板长度与 500 ~ 800 mm 高度范围内，取吊环本体的厚度，外形应有良好的圆弧过渡。

8.2.3.2 在吊环区域长度内,吊环甲板与下层甲板间的围壁板,一般增厚到10mm。

8.2.3.3 在吊环区域长度内,甲板的横向构件与围壁垂向构件之间应设加强肘板。

8.2.4 吊环设于前后端壁时,结构加强可按上述加强措施作相应的处理。

8.2.5 必须采用其他型式吊环时,参照上述措施加强。

## 9 整吊工艺

9.1 机舱棚可分离的短桥楼甲板室,可作为一个整吊总段〔见图10(a)〕。

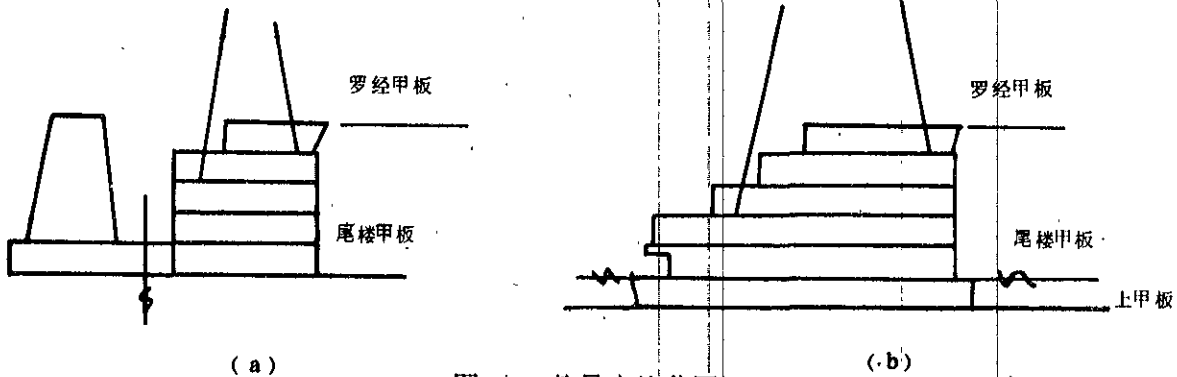


图 10 整吊实施范围

9.2 当尾楼甲板的宽度为船舶全宽时,可取尾楼甲板以上的甲板室为整吊总段〔图10(b)〕。

9.3 整吊方式有在水上和船台两种。

9.4 起吊要素

9.4.1 起重能力应大于1.2倍整吊总段的实际重量。

9.4.2 提升高度

在水上整吊时,提升高度按下式计算(见图11)。

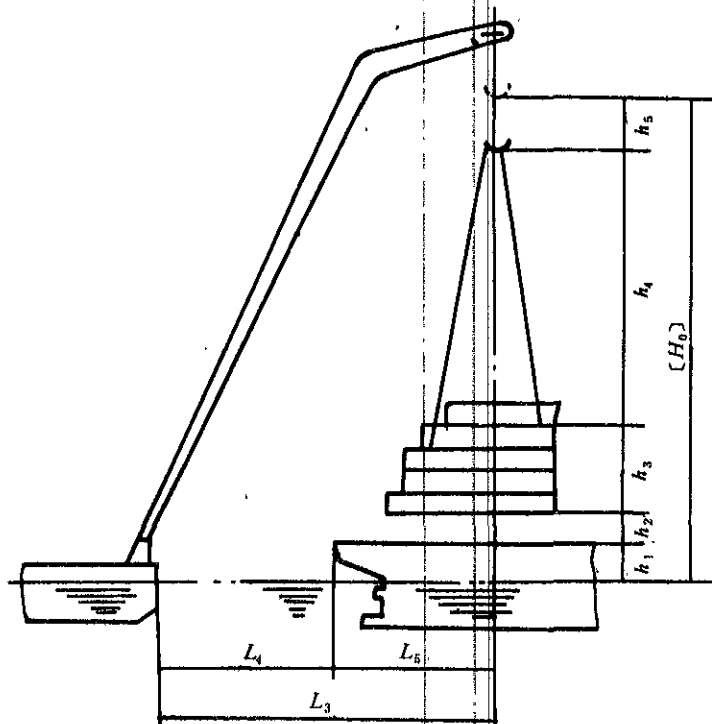


图 11 提升高度与吊装跨距核算图

$$[H_0] > (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \dots\dots\dots (27)$$

式中：[ $H_0$ ]——起吊设备的工作高度（距水面），m；

$h_1$ ——水面（或船台基面）至安装整吊总段的主船甲板的高度，m；

$h_2$ ——主船甲板与整吊总段的安全高度，m；

$h_3$ ——整吊总段底部至高吊点的高度，m；

$h_4$ ——高吊点甲板至吊钩的高度，m；

$h_5$ ——提升裕度（2~4 m）。

9.4.3 起吊跨距 $L_3 > (L_4 + L_5)$ （见图11）和 $L_3 > (L_6 + L_7)$ （见图12）。

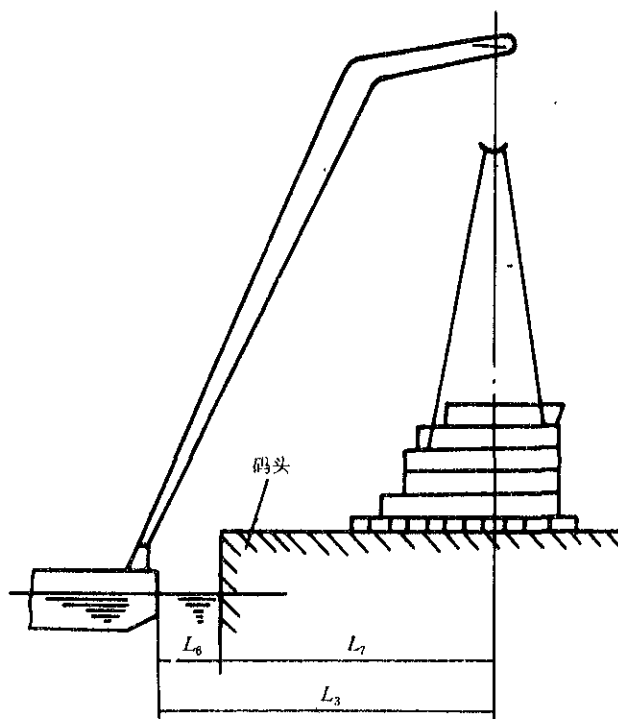


图12 吊装跨距核算图

9.5 定位装置可用安装于主船甲板的定位马，数量为2~3个。

9.6 总段预舾装原则

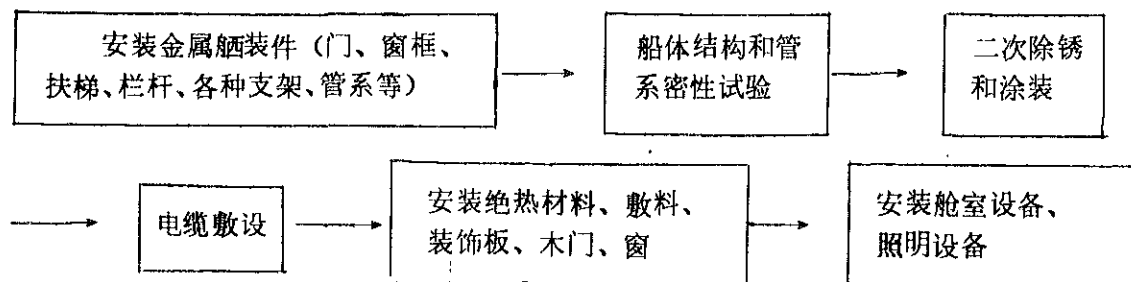
9.6.1 各专业的舾装工程量应尽量扩大，包括大型设备和单元的预吊就位。

9.6.2 易燃舾装件与总段底层、吊环及临时加强构件等相邻时，待总段整吊完成后安装。

9.6.3 应尽量采用电缆接线箱连接工艺。

9.6.4 必须按船舶基准线定位的救生艇架、桅杆及基座等设备，应在吊装前安装或试装定位。

9.6.5 预舾装程序



### 9.7 吊装程序和要求

9.7.1 总段预制结束后,总段外围壁的定位基准线、必需加强的构件及定位装置等也均已完成。

9.7.2 应拆除总段与胎架的连接焊缝、压板等,并经工厂有关部门认可。

9.7.3 当吊离胎架200 mm时,暂停上升,检查索具、吊环等处,经确认安全后,按规定起吊。

9.7.4 当吊到船上离甲板200 mm时,应对总段位置作微量调整,待位置正确后放下。

9.7.5 总段围壁与主船甲板的局部间隙应小于5 mm,然后按工艺文件进行对称定位和焊接工作。

### 9.8 安全措施

9.8.1 吊环与其他构件的连接,应按图纸要求,并采用低氢焊条焊接。角焊部位应有良好的包角。起吊前焊接质量应经检验认可。

9.8.2 钢索、卸扣应在使用前进行检查,不准使用有缺陷的索具。

9.8.3 应撤离在总段内未经固定的设备、工具和零件等。

9.8.4 整吊工作应有专人指挥,起吊前应具体制订整吊程序,检查准备工作完成情况。

9.8.5 在整吊中应严格遵守起重吊运方面的安全守则。

9.9 实施整吊工艺时,编制下列文件项目:

- a. 总段合拢工艺;
- b. 总段组装和整吊场地布置图;
- c. 分段和总段预舾装工艺及其清册;
- d. 整吊受力计算书;
- e. 整吊工艺规程(包括整吊程序和上船安装工艺);
- f. 总段起吊索具配置图;
- g. 总段建造和整吊管理网络图。

### 附加说明:

本标准由造船工艺专业组提出,由中国船舶工业总公司船舶工艺研究所归口。

本标准由中国船舶工业总公司船舶工艺研究所负责起草。

本标准主要起草人郁照荣。