

## ●经验介绍●

## 船体分段吊装工艺

吴仲其 马庆莲 袁文林

现代造船除了一些小船采用整体建造外,有条件的厂基本上都采用分段建造工艺。为了使分段中的大部分焊缝处于俯焊位置,以改善施工条件,保证焊接质量,一般都用反造工艺。对一些线型比较复杂的首尾分段,为简化胎架,节省材料也往往反造。随着预舾装工艺的采用,并为缩短船台周期,分段尺度及重量愈来愈大,所以分段的吊运和翻身成为船体建造中的一个重要工序。为保证分段、设备、人员的安全,对吊运翻身工艺应仔细考虑计算,以免分段发生严重变形和损坏,造成事故。

## 一、分段重量重心的计算

分段的重量重心位置是确定吊环数量及吊装位置的主要依据。对于比较方正规则的分段可根据经验估计重心位置来布置吊环。但对形状复杂的分段难以凭经验估算的,尤其是对落地滚翻的分段必须通过计算来确定重量重心,以便布置吊环。计算可列表进行,按照船舶设计中重量重心计算方法,对照分段结构图逐项进行计算得到重量 $G$ 与重心坐标 $X_G, Z_G$ 。

按图计算得到重量后应加上3~5%的焊缝金属重量、临时加强结构重量以及构件余量的重量方可作为分段的起吊重量。

## 二、吊环位置确定

对于落地滚翻的分段,吊环应布置在分段重心平面上,否则会使分段翻身困难或者产生危险。

如吊环布置在分段重心平面前,如图1中

作者单位: 金陵船厂。吴仲其、袁文林系高级工程师。

$O$ 为转动支点,  $G$ 为重心位置,  $A$ 为吊环位置(位于重心前),  $P$ 为起吊力。当分段逐渐翻转到 $\alpha = 90^\circ$ 时,  $P$ 力对 $O$ 点力矩为零,而分段重量相对于 $A$ 点的力矩为 $G \cdot b$ 。为了使分段继续翻转,必须使吊车前移产生一个水平分力 $S$ 。吊车前移时可能使分段加速翻转造成很大的危险性。所以吊环不宜布置在分段重心平面前。

吊环布置在分段重心平面后的情况见图2。当分段逐渐翻转到 $\alpha$ 大于 $90^\circ$ 时,  $P, G$ 两力产生的力矩都促使分段翻转,从而使分段产生冲击加速度。为了吸收这一能量,钢索张力必须迅速增长。此时钢索容易被拉断,所以是很危险的。因此吊环不应该布置在分段重心平面后。

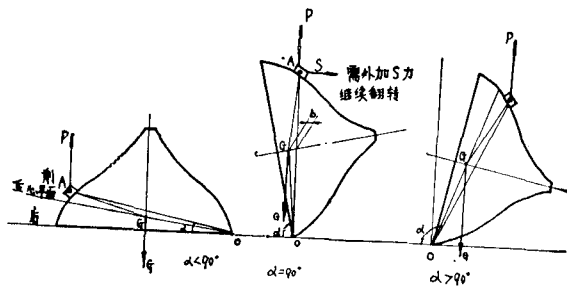


图 1

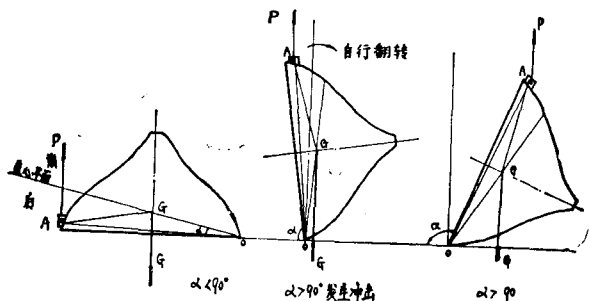


图 2

吊环布置在分段重心平面上(图3), 在分段整个翻转过程中始终处于力的平衡状态, 故

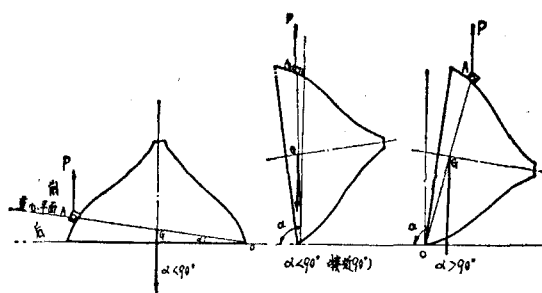


图 3

不会产生冲击。因此正确的吊环安装位置应在分段的重心平面内。当吊环不得不置于重心平面前时,应采取措施防止分段的滑移。当吊环不得不置于重心平面后时,为防止翻倒和冲击,应设置辅助拉索和绞车,使分段缓慢、稳定地翻转,以确保安全。

### 三、吊环结构与强度

吊环应采用有良好可焊性的钢板焊接制造。一般分为有肘板和无肘板的两种,见图 4。

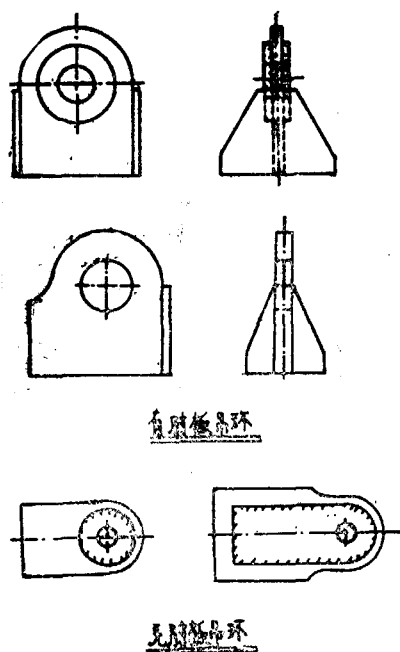


图 4

无肘板的吊环只需校核剪切强度,可不考虑其抗拉强度,并从图 5 查出多大的环板可承受多大的负荷。有肘板的吊环其规格及所能承受的负荷可从图 6 中查出。对于新设计的吊环

要进行计算。应该注意的是因吊环承受动负荷,计算中的安全系数应取为 5~10。

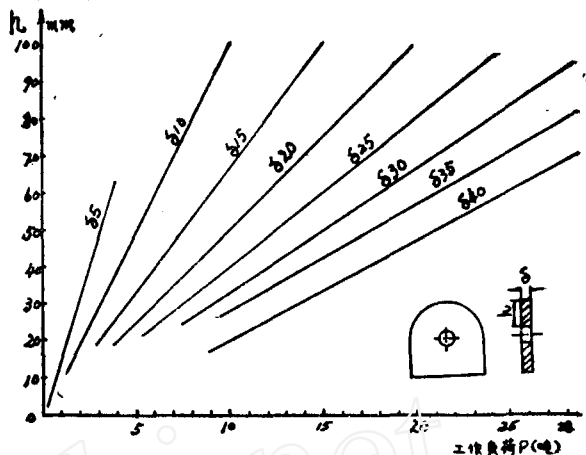
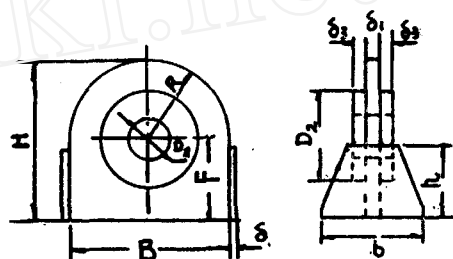


图 5



单位: mm

允许 负荷 (吨)	$\delta_1$	H	B	$D_1$	R	F	$\delta_3$	$D_2$	$\delta_2$	h	b
<5	14	150	120	40	60	90					
5~10	16	180	150	50	75	105					
10~20	20	210	200	60	100	120					
20~30	25	240	250	70	125	135					
30~40	30	280	280	80	140	160			10	140	260
40~50	30~35	310	310	90	155	175	18~25	220	18	155	290
50~60	30~35	340	340	100	170	190	18~25	240	22	170	320
60~70	30~35	370	370	110	185	205	22~30	275	22	185	350

图 6

吊环的强度,除考虑吊环本身的材料、尺寸及有无损伤之外,还考虑到焊接部位的强度。吊环的眼孔应该使用钻孔,或镗孔。如果是气割出来的孔眼,则应磨光以免损坏索具。吊环孔周围可加焊复板,以提高抗剪切的强度。吊环安装位置附近不应留有缓焊区,需全部焊好。另外根据需要,吊环处船体部位的焊缝高度可以

增大。单面焊或断续焊必须改成双面满焊。安装吊环处的船体结构强度、刚度不足时,应加肘板或扶强材进行加强。如果分段重量大而安装吊环处的船壳板又较薄,除采用肘板等加强外,最好在吊环处再增加覆板以增强。

吊环位置应与分段重心对称,保持吊环负荷的均衡,使分段吊运平稳。水平起吊分段时,吊环安装方向要沿分段对角线布置,并以分段的重心为起点,按等距离成放射状布置。垂直起吊舱壁等分段时,吊环的安装方向应与钢索作用线相一致,以免产生扭矩,如图7。

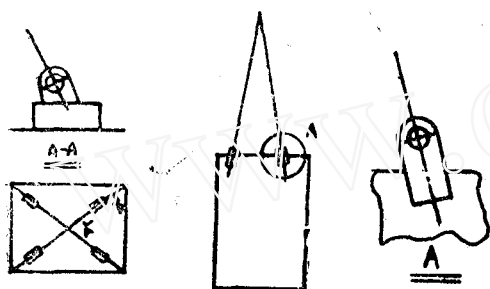


图 7

确定吊环位置时,应注意钢索的长度与夹角 $\alpha$ ,这与分段的尺度大小、吊车的有效起吊高度有关。一般应使钢索夹角 $\alpha < 90^\circ$ ,最大也不应超出 $120^\circ$ ,如图8所示。

$\alpha$ 越大, $\beta$ 越小,T力就越大。当 $\alpha > 120^\circ$ , $\beta < 30^\circ$ 时,T力增长很快的。所以张角 $\alpha$ 一般不要大于 $120^\circ$ 。

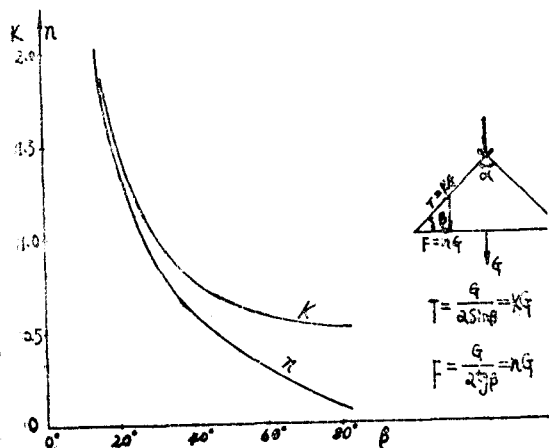


图 8

## 四、推荐使用二种吊环和上层建筑吊运翻身用的大梁

### 1. 焊接型吊环

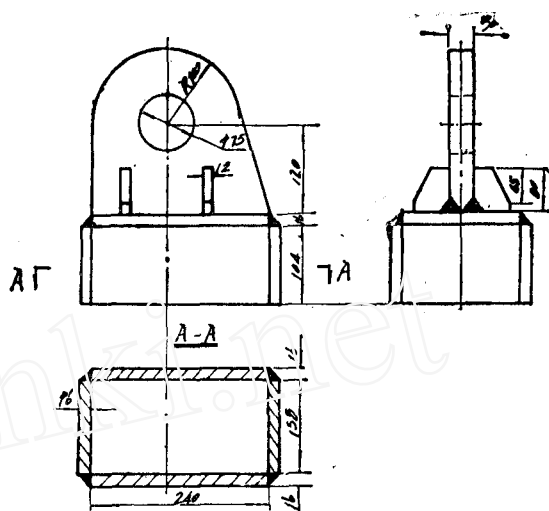


图 9

我厂是一个中型船厂,建造船长在110米以内的中小型船舶。船台合拢采用总段和平面分段合拢法。每个总段的重量大多在60吨~80吨之间。吊运翻身每个分段用4只吊环,原来使用一次性的吊环,材料和人工消耗都较大。经过多年的实践,我们设计采用了一种能够多次重复使用的吊环,其结构形式如图9所示。

底部是一个矩形座子,在底座上焊接环板与肘板。矩形底座与船体分段焊接,底座高度为120~150mm,每个吊环可承受负荷25吨。

每次分段吊运翻身完毕后,将吊环从分段上割下,对底座进行修整后即可多次使用。视底座高度而异,一般可反复使用10次。

### 2. 螺栓联接型吊环

在船舶批量建造情况下,分段数量大,需使用吊环数量也很大,辅助工作量也就很大。另外焊接型吊环底座经多次修割焊接,由于受热影响区影响,底座的机械性能、强度、韧性等都会下降。为此我们研究设计出一种与分段螺栓联接的吊环,其结构如图10。

其与焊接吊环不同点是底座上有四个螺栓孔,通过这4个螺栓将分段与吊环连接。这种

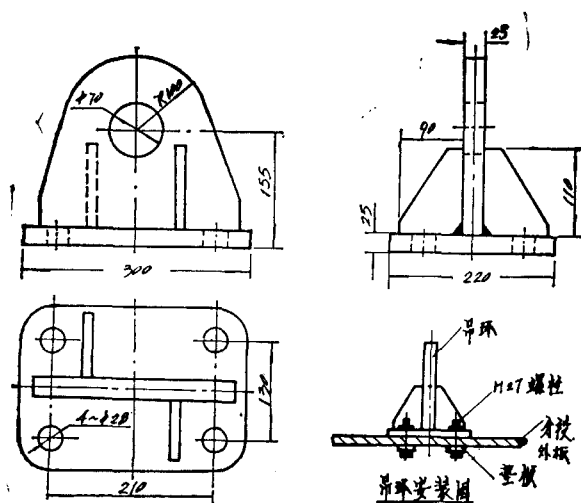


图 10

吊环的拆装工艺比较简单。只是在分段吊运后须将分段上的螺栓孔用垫板进行塞焊，并磨光塞焊焊缝。

我们对焊接型与螺栓联接型吊环进行了核算比较，按照全年造船40艘(2000吨半分节驳)，焊接型吊环反复使用10次计算，比较结果，螺栓联接吊环的成本仅为焊接吊环的36.3%。

螺栓联接吊环的螺栓为M27时，每个吊环承受起重负荷为15吨。需要注意的是螺栓孔直径应按样板切割，螺栓应用光制螺栓，表面不能有裂纹等缺陷；螺栓螺母必须拧紧；螺栓与孔的间隙不大于2mm，以防止螺栓在起吊过程

中断裂。

### 3. 上层建筑分段吊运翻身时使用的大梁

在建造长江内河客货轮时，有大量的上层建筑分段需要吊运翻身。由于这些分段尺度较大、板厚较薄，结构弱，吊运翻身要进行临时加强，一般用二根30号槽钢置于分段两端，用肘板与甲板、围壁等连接起来。由于甲板有300mm左右的梁拱，所以这些肘板尺寸都比较大，另外，槽钢从左到右穿过，在没有窗户的地方还需要把围壁开洞穿过。这样安装、拆除工作量很大，另外翻身后拆除时需要吊车配合，危险性也较大。针对上述缺点，我们设计了一种新结构的吊运翻身梁，如图11所示。

要求在铺分段胎架时，把该梁安装在预定的位置上，甲板板吊上胎架时即可用连接肘板，把大梁与甲板连接起来。连接肘板与大梁用螺栓连接、与甲板用电焊焊接。这样在拆装时，仅拆装这些肘板。而大梁结构不变，可以达到反复使用的目的。

这种大梁可反复使用，因此钢材大大节省，据统计建造江申轮可比原用槽钢吊运方案节约钢材12吨。又因此梁与甲板梁拱线型一致，保证了在翻身过程中分段梁拱不会变形，提高了建造质量。由于此大梁与甲板正面连接，翻身后整个大梁在甲板之上，拆卸这大梁时为操作者提供了良好的作业环境。

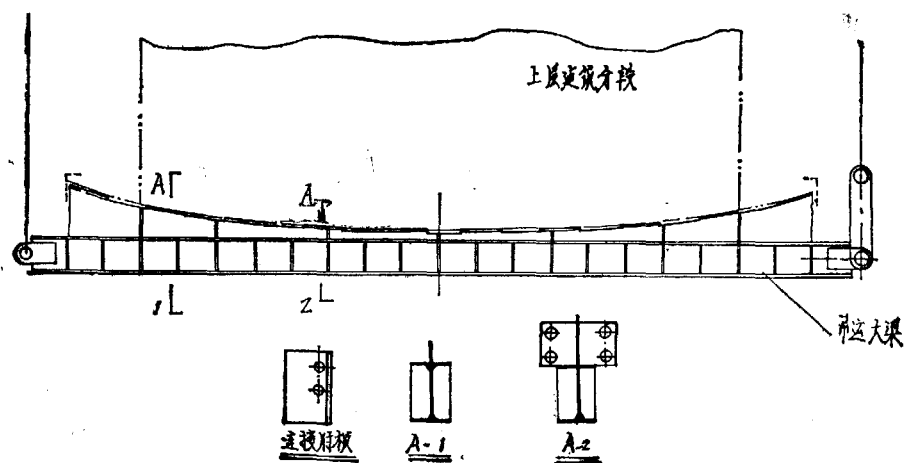


图 11