

# 浅谈船体建造分段工艺

崔震汉

## 内 容 提 要

本文较详细地介绍了小型船厂建造较大型船舶所遇到的具体工艺问题及处理这些问题的方法。

1978年我公司在建造2艘500m<sup>3</sup>泥驳(泥门式)时首次采用首、中、尾3立体分段预制、装配,然后大合拢的建造工艺获得成功,打破了原有的整体建造习惯;1979年找公司在1000t方驳的建造中,又对甲板、船侧采取平面分段预制,底部散件预制船台装配的工艺,在分段建造工艺的发展方面进行了有益的实践。

11年来,我公司先后在十几条船舶中采取分段建造工艺(表1、表2列举了13艘船的主尺度,分段建造简况)积累了不少经验。1989年2月~6月公司将承接的110m趸船,(长110m宽14m型深2.6m下水重~700t)分为3总段建造,在滑道上合拢后顺利下水。此过程是对我们11年来积累的船舶建造工艺经验的检验。下面分几个方面谈谈笔者的体会。

### 1. 船体大合拢地点的选择和合拢口的划分

在着手制定船体建造工艺时,首先要考虑施工场地和起重运输能力。从公司船台的承受能力看,4个船台(见图1)能承受船体建造的总长度约为50m左右,在正常情况下建造宽度仅允许12m左右,横移坑系统按设计能力仅能承载250t左右。船体大合拢虽然是船体建造的最后工序,但是制定工艺时却应首先考虑这一条件。

表1 1978年~1979年我公司典型船舶主尺度

船名	1000t	500m <sup>3</sup>	81m	60m	宜昌63m	枝江63m	120m <sup>2</sup> 全	2m <sup>3</sup>	500m <sup>3</sup> 全	400t	110m	城陵矶	南京65m
有关尺度	方驳	泥门泥驳	浮吊趸船	取水趸船	油趸船	油趸船	开体自航泥驳	(85)年挖泥船	开体泥驳	运桩驳	趸船	趸船	趸船
总长Lz	49.7	47.4	81	60	63	63	33	31.8	49.8	46	110	69.9	65
(m)													
型宽B	13.5	10.5	14	13	13	13	7	10	10.46	9.3	14	12	11.2
(m)													
型深D	3.3	3.5	2.8	2.5	2	2.5	2.2	2.5	3.8	2.5	2.6	2.2	2
(m)													
平均吃水T	2.3	3.14	0.8	1.15	0.5	0.7	1.8	1.4	3	1.5	0.6	0.8	0.8
(m)													
梁拱高	0.15	0.2	0.14	0.26	0.13	0.26	0.14	0.1	0.2	0.15	0.28	0.24	0.22
(m)													
肋距	0.6(两端)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6、0.9	0.5	0.55	0.6	0.6
(m)	0.55								2.64				
制造	79.7~	78年~	80.10~	81.2~	82.4~	82.8~	84.10~	84.3~	84.12~	87.3~	89.2~	88.9~	88.4~
总周期	80.12	79.12	81.12	81.10	83.12	84.4	87.8	87.6	87.10	87.9	89.9	89.9	88.10
每艘造价	74.66	90 <sup>1</sup>	111.86	130.04	115	169	72	86	135	35	~300	60.3	69
(万元)											多万元		

作者单位:交通部二航局船机修造安装公司

表 2

典型船舶分段建造简况

船 名	船 体 分 段 建 造 简 况
500m <sup>3</sup> 泥门泥驳	首部尾部立体分段倒装,中部两边立体分段正装。
1000t 方驳	船底拼板分片构件散装、船侧、甲板平面预制组装。
81m 浮吊趸船	两立体总段滑道合拢船台组装,分段形式与 1000t 方驳类同
50m 取水趸船	两立体分段滑道合拢船台组装,分段形式与 1000t 方驳类同。
宜昌 63 油趸船	两立体总段滑道合拢船台 12×2 组箱形立体分段与中底部散装中甲板平面分段结合组装。
枝江 63m 油趸船	两立体总段滑道合拢,除扫线油舱立体分段制作其余与 1000t 方驳类同。
120m <sup>3</sup> 自航泥驳	按结构形式自然分为 2 半体,4×2 组立体分段预制组装 2 半体合拢。
2m <sup>3</sup> 挖泥船(85)年	4×2 组箱形立体分段中底部散件甲板平面分段结合组装。
500m <sup>3</sup> 全开体泥驳	首部 2 半体倒装,尾部框架式散装,中部 2 立体分段用平面分段形式组装。
400t 运桩驳	首部立体分段倒装,中尾部分段形式与 1000t 类同。
110m 趸船	分 3 立体分段组装,按 1000t 方驳方法建造,然后在滑道 2 次合拢。
南京 65m 趸船	和 81m 浮吊趸船同类。
城陵矶趸船	和 81m 浮吊趸船同类。

由于场地的限制,我公司对船体立柱内宽  
大合拢场地选择只有 2 个地方:船长  
50m 以内并且重量在横移系统能承  
受的在船台合拢;大于 50m 的只能安  
排在滑道上进行合拢。

若条件许可,在船台上合拢,施工  
比较方便。120m<sup>3</sup> 全开体泥驳,2m<sup>3</sup> 挖  
泥船,500m<sup>3</sup> 泥门泥驳,500m<sup>3</sup> 全开体  
泥驳,400t 运桩驳等,合拢都是在船台上进行。

由于船体的结构形式不同,总段划分也不尽相同。图 2 示意了 3 条船在船台上的合拢情况。

从这几艘船合拢口的划分示意图上可以看出:①以船体结构的自然分段作为合拢口,如 120m<sup>3</sup> 全开体泥驳、500m<sup>3</sup> 全开体泥驳从中纵向分为对称两立体总段,这样便于装配施焊,组装后再合拢。在组装这种结构时,需特别注意两边纵中仓壁板的垂直度和纵向直线度。否则两纵向合拢时不易保证理论间隙尺寸。120m<sup>3</sup> 全开体泥驳由于装配焊接失控,箱形结构变形较大。两半合拢时中间间隙宽窄不一,误差较大,甲板水平度也有一定误差。在 500m<sup>3</sup> 全开体泥驳组装时我们从开始就加强控制装配误差,把装配误差控制在 5mm 之内,焊接时采取一系列控制应力变形的措施。结果合拢误差大大缩小,十分理想。②要有利于场地调节和施工装配。对 400t 加长驳首部(6m 长)、500m<sup>3</sup> 全开体泥驳的首立体分段(9m 长)我们采用立体分段倒装法,一方面有利于组装时减少胎具用料,另一方面使船体中尾部在船台组装时有较大的搬运场地。特别在船棚组装时更显得有利,等到中尾部基本装配完毕后再与首部合拢。划分时必须避免总段全拢中选在船体总纵弯曲力矩最大的船中位置和剪力最大的地方。

在滑道上合拢时,滑道与水平面存在夹角,另外江水上涨,水位变化大也会对船体大合拢

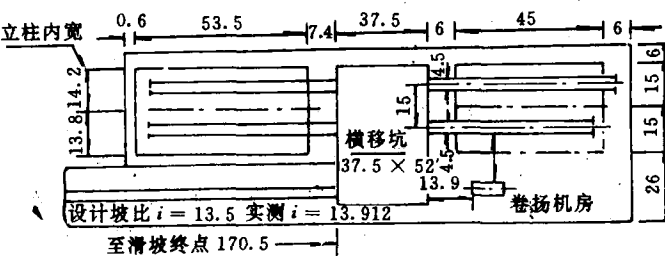


图 1 船台平面布置图

造成威胁。但我公司受到施工场地的限制,又不得不将81m浮吊趸船、60m取水趸船、宜昌63m油趸船、枝江63m油趸船、110m趸船等的大合拢地点选择在滑道上。在船台上分2、3立体总段建造,然后在滑道上合拢。图3示意了81m浮吊趸船在滑道上合拢放置的情况。在滑道上合拢应注意以下几点①两总段放置状态;②合拢余量的留取;③纵向强构件的处理。

我公司在滑道上合拢的船舶到1989年止已有7条。开始我们采取的办法是把船的长段用铁凳、道木垫到与滑道平行,然后用船排把短段送至滑道上与长段合拢。这样做,大合拢的周期较长。在合拢81m浮吊趸船时,由于江水上涨太快,船靠水端被淹没,船虽没浮起,但由于浮力作用造成合拢口(尚未焊接)底板点焊处裂开。幸因码板作用才没有使整个合拢开裂。后采用向船舱内泵水才得解决。以后总结经验,对合拢过程作了适当的改变,先用船排把船较长的总段拖到位后,用地牛稳住。另一总段用带有横向滑板的船排直接送到位进行合拢。

这样虽然对控制合拢口精度造成一定的困难,但合拢时占用滑道的时间缩短了。而且可以根据水位变化调整整个总段在滑道上的位置。

根据船的结构,一般把合拢口选择在离横仓壁200mm左右的地方。总段建造焊妥后用经纬仪测合拢口切割线时,先留出50mm余量,在滑道合拢时再调整切除。因为要切掉余量所以必须在合拢时留出200mm空隙,调整两总段相对位置,切割完后须移动200mm左右,合拢口才能吻合,但由于滑道铁轨高低不平,必须把短段再调整一次,花费时间较长。根据逐步积累的经验,再加上合拢口肋距允许误差为 $\begin{matrix} +20 \\ -10 \end{matrix}$ mm,在切割合拢口时,以设计肋距+20为据切掉多余的板料。若合拢理想,便不再切割。若须局部修理,有30mm调节量即可满足要求。

合拢时,纵向强构件(一般为丁字)的相互吻合也是比较麻烦的事,需掌握2点:第一,尽量不切掉甲板纵桁。甲板纵向构件利用两总段高低错位插进。特殊情况下,例如70m趸船因合拢口选择在强横梁附近,考虑到强横梁面板的影响只好全切掉。第二,强构件切掉长度为400~500mm,上下左右尽量错开一定距离。面板与腹板断口错开100mm。对于纵骨架式的船纵骨切割长度要稍长些相互错开100mm左右,尽量避免断口安排在同一环截面上。合拢后纵向构件安装时要开坡口并注意焊接熔透。

由于采取以上措施,一次合拢时间由原来的7~10天缩短为3~4天,缩短了滑道占用时间。

## 2. 船首支反力的测算

对船首支反力的计算有一个认识过程。根据有关资料统计船首支反力约为船下水重力的30%左右。但是实际上产生尾浮时,浮力测算为2120KN,(下水后测量平均吃水0.485m)船重

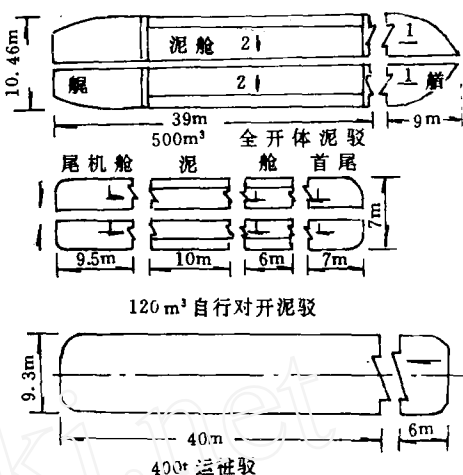


图2 3艘船在船台总段合拢顺序示意图



图3 81m浮吊趸船在滑道合拢示意图

为 407t。这样在没有任何延缓尾浮措施的前提下,首车支反力为 1 950KN,占船重的百分比为 47.9%,大大超过估计数值。为了得到一般规律,对几艘船进行测算(见表 3)发现首车支反力一般约占船舶下水重量的 45~50%左右,个别情况超过 50%。对产生这一现象的原因,经分析认为:①滑道较陡,设计坡度比为 1:13.5(实测为 1:13.9);②在滑道合拢的趸船重心基本上在船中附近。船体型线近乎方形。所以根据下水时的重量、重心、首车支撑的位置(多半选取在船首纵向折角处)和坡度比测算出产生尾浮时的浮力,最大首支反力就很容易得出了。110m 趸船在制定建造工艺时,就是通过计算初估得出最大船首支反力的。

表 3 我公司部分船的下水重量、首支架压力的计算数据

序 号	船 名	下水重量 Dc(t)	首支架压力(RKN)	R/D%
1	81m 浮吊趸船	~407	~1950	47.9%
2	60m 取水趸船	~368.86	~1632.6	44.3%
3	宜昌 63m 油趸船	~328.83	~1837	57.7%
4	110m 趸船	初估重量 650t	~3067	47.2%

为了延缓尾浮减少船首支反力,我们采取加压载水的措施。同时在水位不断上涨,滑道长度缩短,船下方一部分已经泊置在水中的情况下,为防止船的浮起也须加压载水来解决。

为保证船在滑道上稳定性和防止船体局部变形,船排宽度要求大于 1/2 船宽,承载船排数量在允许下尽量多一点。

### 3. 平面分段划分和结构处理

确定总段划分位置以后,在预制组装过程中应根据船型特点和施工能力把一些船的舷侧和甲板划分平面分段,预制建造。由于船型简单,所以划分起来也较方便,主要注意以下几点:

(一)在划分时,根据板料情况尽量避免船底舷侧同甲板板缝在同一环面上,虽然焊缝强度与板材强度相同,但考虑焊道中难免存在夹渣,气孔等焊接缺陷;并且存在热影响区,其中过热区晶粒粗大,机械性能较低。

(二)横向板缝尽量布置在 1/3~1/4 肋距的地方。因为在这个范围内承受的弯矩较小,便于控制焊接变形,也有利于承受船舶振动。同时对易产生应力集中的结构突变区要尽量避开。

(三)甲板纵向划分时,根据板材和结构需要留出甲板中衍板,以便于构件进出和排出焊接烟雾,待装配和舱内施焊完毕后再装焊。

(四)为了便于甲板的平面分段,征得设计部门的同意将抛物线梁拱改为人字型梁拱,简化了预制难度。

(五)在平面分段预制时,要注意焊接顺序和控制变形。

(六)在装配中甲板纵桁和强横梁多为 T 形结构,相互吻合存在一定困难,这主要是强横梁面板的存在。为了解决这方面的问题,或是在面板上开个小口使甲板纵桁便于安装,或者把 T 字切掉 400mm 左右(面板与腹板错开 100mm)最后装配。

### 4. 箱形建造的优点

在船体建造过程中,对局部地方采取箱形结构建造始于宜昌 63m 油趸船。从其横剖面图上可以看出(见图 4),在两舷侧有两道纵仓壁,在制定工艺时,把它与舷侧和甲板底板局部脱离出来作为 2m×2m 的箱形结构,纵向分为 12×2 全箱体进行预制。环形切面布置在同一横剖

面上,共 11 个环切面。除箱体外其余部分底板拼成 12 块板片,在胎具上拼接成型,接着按顺序安装箱体底部构件、中部主柱和甲板纵中桁。在甲板中桁板处留下 1 200mm 宽,在全船装焊后再装,其余甲板左右为  $12 \times 2$  个平面分段预制组装。因船长限制,以  $33+200$  处分为 20m 总段和 43m 总段在滑道合拢。在整个工艺实施过程中,要十分重视 24 个箱体的制装焊接。在组装时需严格控制胎具的水平度在  $\pm 3\text{mm}$  之内,并按如下顺序装配,底板→框架→舷侧板,纵壁板→甲板。箱体成型后,为了施焊方便和控制变形,制作一个可以旋转的胎具(见图 6),箱体装上市后,焊缝可以全部平焊。经焊后测量,没有发现翘曲现象,焊接收缩不超过 1%,效果较好。在总装时,严格控制水平度,20m 总段在  $\pm 1.5\text{mm}$  之内。43m 总段除个别点因胎具支点下陷,误差较大外( $-10\text{mm}$ ),其余在  $\pm 5\sim 6\text{mm}$  之内。由于断口在同一环切面上,施焊时必须保证焊接质量,经检查焊接质量符合要求。

## 5. 工艺图的绘制

在船体建造工艺初步设想考虑好后,需要用文字和图表表示出来。应编制出工艺说明书和绘制胎具图、底板分片图、船侧平面分段图、甲板平面分段图、总装顺序图。按照最初画图的方法,甲板和舷侧平面分段图,在画完总的划分和装配顺序图后,每个平面分段画一张图,工艺图绘制量较大。在枝江 63m 趸船工艺图绘制中,把船侧和甲板平面分段图绘在一张图上,对平面分段间构件的相互关系,采取纵剖上下错位的画法解决(见图 5)。这样一改,仅用了 13 天时间就完成了工艺说明书、胎具图、底板板缝图、舷侧平面分段图、甲板平面分段图。大大缩短了绘制工艺图时间。

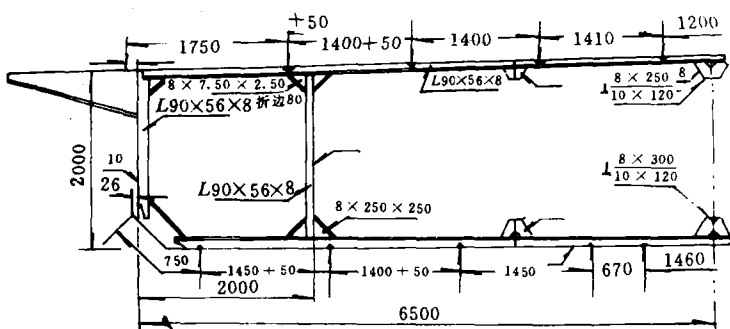


图 4 宜昌 63m 趸船横剖面图

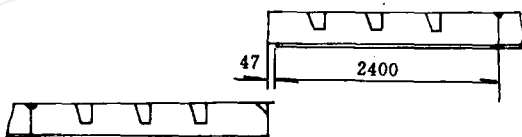


图 5 平面分段相关处节点图

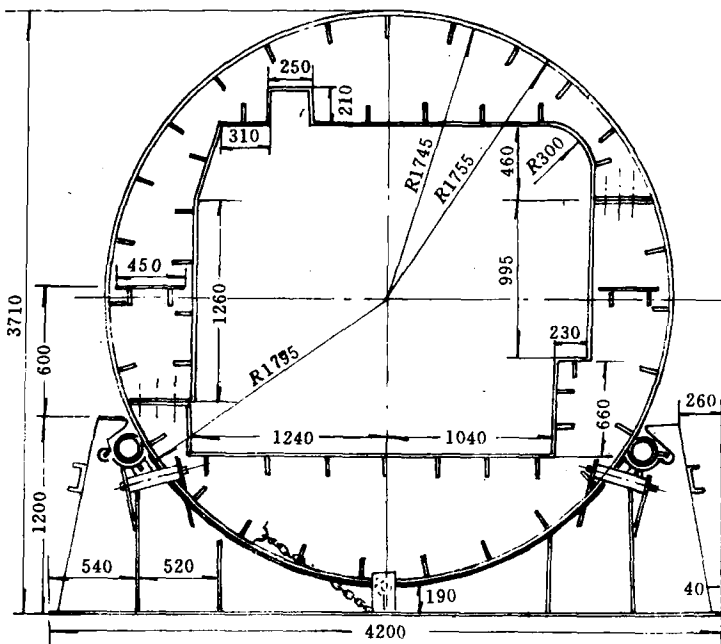


图 6 箱体施焊翻转架横断面图