

船体分段预密试的方法与实践

罗伯豪

(广船国际加工制造部)

摘要: 本文主要阐述了船体分段预密性试验的技术要求和方法, 结合50 500 DWT(C) 化学品/成品油船2#船的实践作出总结并提出解决问题的建议, 形成船体分段预密性试验的操作方法。

关键词: 分段预密试 方法和实践

1 前言

国际造船市场, 中韩日欧四极竞争的格局将长期持续下去。韩国和日本作为世界第一流的造船强国, 以其庞大的造船工业规模、广泛的产品范围、快捷的建造速度、良好的造船质量和优惠的付款条件, 在各造船国家中具有最强的竞争力。日韩先进船企业, 很早就对分段生产的流程和工艺方法进行了研究, 并形成相应的先进管理模式, 越来越多船企都是通过不断改进工艺流程和方法来提高生产效率。日韩大型造船企业按照工序前置的思路实现了船台(船坞)的密试工序转移到分段制造阶段完成。虽然国内部分船企也进行了研究、实践以及部分工序功能得到实现, 但是很多企业仍然停留在传统的造船模式上, 并没有使分段预密试工序真正推广。加上金融危机和满足PSPC船舶建造的影响, 造船企业传统的建造工序和工艺方法将面临更多更大的风险。

2 必要性

按照传统造船模式是在整个封闭舱室完整后才进行密性检查。在条件允许下, 一般安排在分段组合阶段和船台(船坞)阶段; 若条件不满足, 甚至安排在水下后的阶段。由于封闭舱室的密性试验要求, 分段完成后必须对所有密试要求的焊缝进行胶带贴封和不能喷漆, 留待整舱密性检查后再进行补漆。传统操作方式工序跨度大, 同一阶段的油漆工作不能完整, 船台

阶段密性检查工作范围广, 成为严重制约船台(船坞)周期的因素之一。在先进造船方式和集团公司“转模”指导思想中, 工序前移是在最适合的阶段和最合适环境达成后续工作前移。船体分段生产中引入分段预密试工艺方法是基于并行工程原理, 提出分段作业与工艺设计的集成运行模式, 解决分段建造中的多资源平衡优化问题。分段预密试可以缩短船台(船坞)周期, 充分发挥船厂的核心资源, 大幅度降低二次涂装后压载舱的破损面积。推进和应用分段预密试工作, 也是船企为了满足PSPC船舶建造顺利实施的有力支撑。现代船企只有优化工艺流程和改进工作方法, 有效缩短船台(船坞)建造周期, 减低劳动成本和提高生产效率, 才能增强企业的市场竞争力。

3 工作推进

为了实现工序的前置, 提高船舶制造的效率, 通过2008年的分段预密试的试用和2009年的50 500 DWT(C) 化学品/成品油船2#船的实船实践, 形成了适应内部的管理框架和 workflows, 使分段预密试工艺方法得到了有效推广应用。

3.1 管理框架

在试验研究成果的基础上, 对所有分段制作单位进行了分段预密试工艺的推广应用。为了保证推进工作的完善策划和顺利应用, 在加工制造部范围内建立了管理框架和责任分解, 形成了工艺推广的管理体系。管理框架见图1。

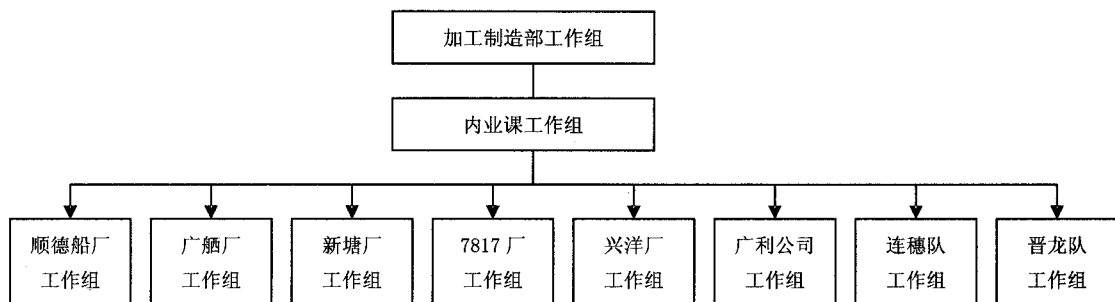


图1 管理框架图

3.2 工作流程

在现有工作流程的基础上，需要进行一些改进。对分段预密试工作方式作出规定，制定分段预密试工作流程，有效指导操作者施工，工作流程见图2。

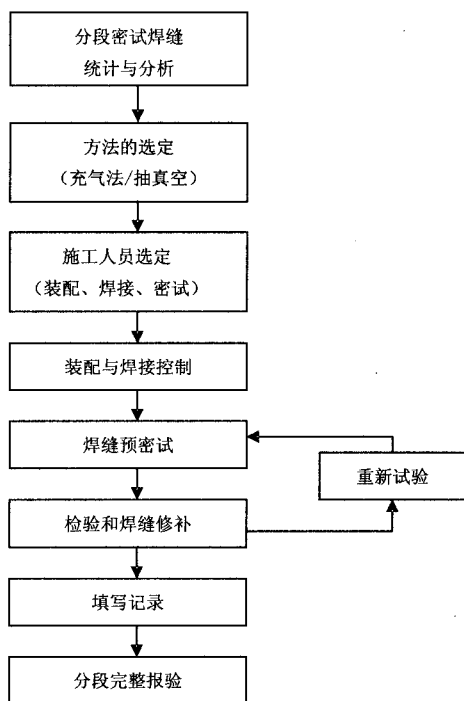


图2 工作流程图

4 分段预密试方法

为了推进分段预密试的应用，主要是在分段建造阶段完成船体结构有密性要求的水密构件双面连续角焊缝以及对接焊缝的预密性试验，验证双面连续角焊缝以及对接焊缝的水密性，主要采用充气试验、抽真空试验和着色试验三种方法。

4.1 充气试验

向角焊缝根部注入压缩空气，并达到规定的压力和持续的时间后，通过向被检验的焊缝表面喷涂检验液（如5%肥皂溶液），检查焊缝渗漏的方法。

(1) 适用范围

角焊缝充气试验适用于小合拢、中合拢阶段实施预密性试验的焊缝；

角焊缝充气试验的焊缝必须是不开坡口的双面连续角焊缝；

必须是船体水密构件（如水密肋板、隔舱壁等）的角焊缝；

角焊缝充气试验的板材厚度不得小于12 mm。

(2) 装配精度要求

角接接头的间隙应为1~3 mm，构件的垂直度应为 $90^\circ \pm 3^\circ$ ；

角焊缝焊接首先使用小电流打底，后使用层焊满足焊角高度；

(3) 试验工装

充气试验采用安装连接板形式，一端在连接板上安装压缩空气进气管接头，另一端在连接板上安装压力表接头，并在焊缝两端开止漏孔并电焊焊死，使被检验角焊缝达到全封闭，检验压力为0.015~0.02 Mpa，见图3。

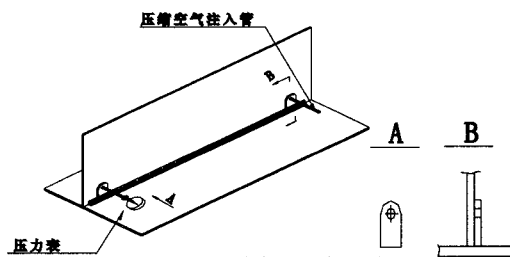

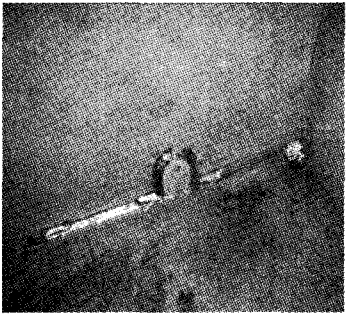
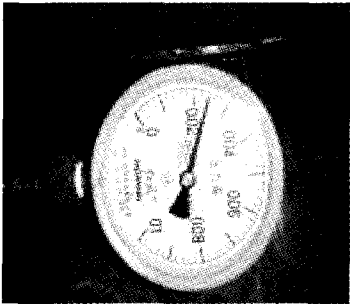
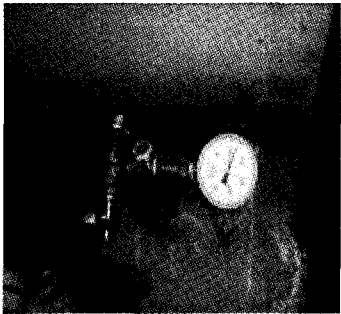
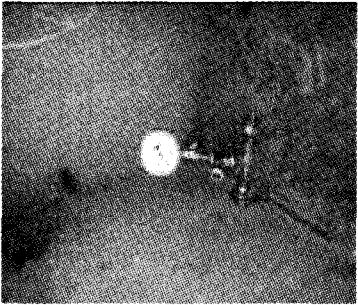
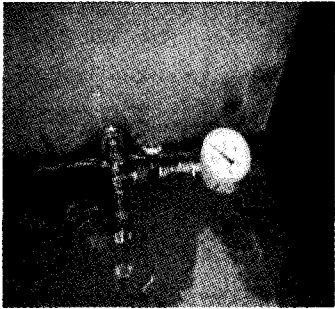
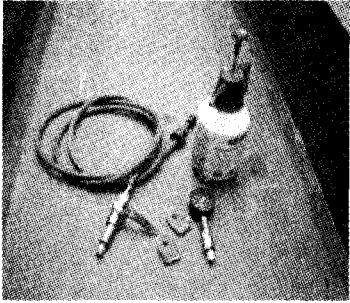
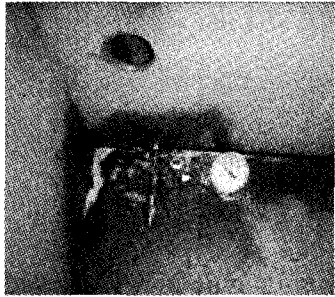


图3 充气试验方法图

根据充气试验的技术要求，通过不断摸索和试验，充气法工装需要配备连接眼板、压力表、控制阀、压缩气管和泡沫水等，见表1。

表1 充气法工装表

序号	规格	实 样	
1	连接眼板		
2	压力表		
3	控制阀		
4	压缩气管、泡沫水等附件		

4.2 抽真空试验

(1) 在被检验的焊缝上喷涂检验液（如5%肥皂溶液），将真空盒覆盖在焊缝上，

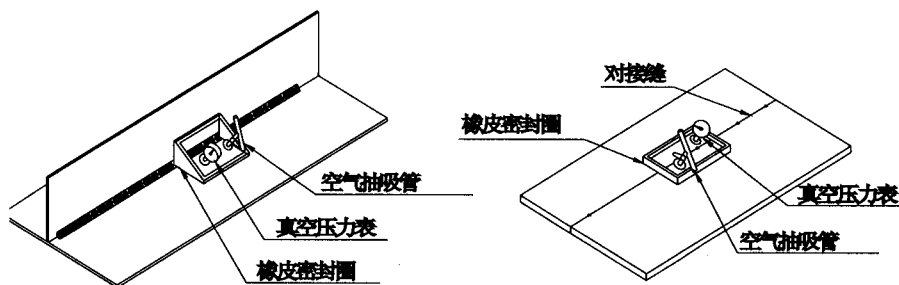


图4 抽真空试验方法图

(2) 适用范围

抽真空试验适用于小合拢、中合拢实施预密性试验的焊缝；

抽真空试验适用的焊缝为：角焊缝或对接焊缝；

必须是构成舱室边界的船体水密构件；

该方法对试验板材厚度无特殊要求；

(3) 试验工装

根据抽真空试验的技术要求和50 500 DWT化学品/成品油船系列船型的结构特点，抽真空试验工装需要配备真空箱、冷风皮带、试验溶液（推荐肥皂液浓度5%）等，真空箱型号见表2。

4.3 着色试验

着色试验是一种探伤试验，只在充气、抽真空等试验方法无法覆盖的地方实施。试验时对被检验的焊缝表面进行预清理，待焊缝表面干燥后，施加可清洗的渗透剂，保持一段时间后，将焊缝表面的渗透剂拭除，同时在焊缝表面喷洒显像剂，以检验焊缝表面缺陷的方法。

5 试验问题及解决方法

在集团公司的《船体分段预密性试验指导文件》指导下，分段预密试得到了推广应用。对于新工艺的首次应用，在实际操作中难免遇到的一些难题，通过不断的摸索和总结，提出问题的解决办法如下：

(1) 充气试验时压力表上的压力值达不

形成负压并达到真空试验压力为 $-0.015\text{ MPa} \sim 0.02\text{ MPa}$ ，检验焊缝渗漏情况，见图4。

到指定要求，一为充气皮带发生漏气现象，应及时使用泡沫水检查，同时检查充气皮带与连接板紧固情况。二为焊缝熔深过大造成焊缝局部为全熔状；或者装配完成后等待时间过长形成焊缝内部生锈；可用抽真空试验取代角焊缝充气试验。

(2) 充气试验时连接板螺孔锈蚀阻塞，无法完成指定试验。广船国际分段由六个分段制作点同步生产，现场施工环境复杂和各不相同，连接板与角焊缝同时焊接，连接孔在密性试验前始终暴露在潮湿的空气中，极易被锈蚀。可在焊接完成后一至两天内将试验完成，或用胶带将开口封住。

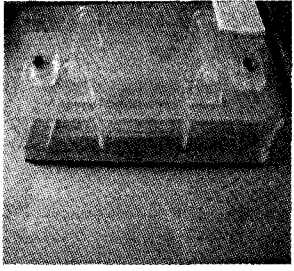
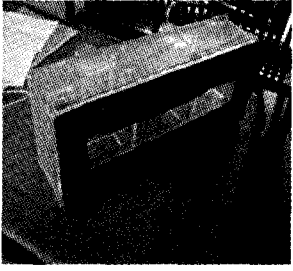
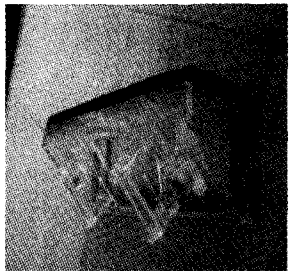
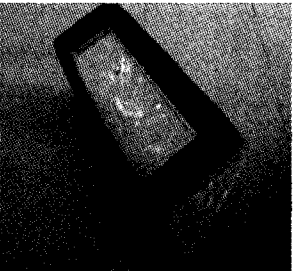
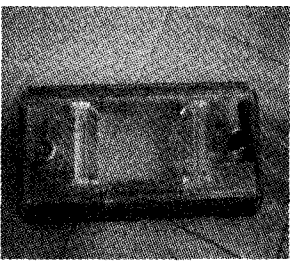

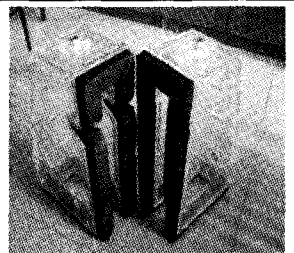

(3) 抽真空试验时结构形成多种夹角，不是固定常规角度。以系列船为载体和不同系列船结构形式作比对，统筹制作不同角度的真空罩来满足施工。角度相差 10° 以内可选用同一箱体，通过调整软胶皮接触面来使用。

(4) 抽真空试验时型材真空箱在球头处出现漏气现象，主要是真空箱与球头接触面不够紧密，应及时检查型材真空箱软胶皮的弹性，以及重新抛光球头和清洁密试范围的区域。

6 结束语

对分段预密试初次尝试，实践中还存在曲面水密焊缝和贯穿水密补板焊缝两个难点暂时没有有效突破，管理上在操作人

表2 真空箱型号

序号	规格	实 样	
1	180° 角度箱		
2	90° 角度箱 (A-C型)		
3	100° -145° 角度箱		
4	HP180-HP320 型 材真空箱		

员的技术业务水平和自主质量管理两个方面需要完善。在分段生产过程中,提出了分段作业与工艺设计的集成运行模式,结合50 500 DWT (C) 化学品/成品油船2#船的实践详细说明了船体分段预密性试验的技术要求和方法,形成了船体分段预密性试验的可操作方法,为满足PSPC船舶建造提供了有力支撑,也为船体分段预密性试验的工艺完善和推广管理提供借鉴。

参考文献

- [1] 张明华.精益造船模式研究.[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2005.
- [2] 郑兴富,李明.转变造船模式推动中国船舶工业发展[J].国防科技工业.2005,(4):46-47.
- [3] 钟宇光,邱长华,史冬岩.支持并行工程的造船分段作业计划系统[J].海军工程大学学报.2008(20):69-74.
- [4] 中华人民共和国船舶行业标准GB/T257-2001.钢质海船船体密性试验方法.国防科技工业委员会.2010.
- [5] 王正,付廷超.船体分段预密性试验方法指导性文件.广船国际股份有限公司技术中心.2010.

(收稿日期:2010-5-10)