

船舶小尺寸钢质复杂翼体结构的制造精度控制

Manufacturing Precision Control of Ship's Small-sized Steel Complex Wing Structure

董自虎

Zihu Dong

海军装备部 中国·湖北 武汉 430060

Naval Equipment Department, Wuhan, Hubei, 430060, China

摘要: 船舶小尺寸复杂翼体结构为保持船体稳性的重要结构形式。该结构空间狭小, 结构复杂, 装焊后线型精度较难保证, 影响美观。针对小尺寸复杂翼体的结构特点, 从结构优化, 加工成型及焊接工艺优化、过程管理等方面进行了论证。

Abstract: The small size and complex wing structure of ships is an important structural form to maintain the stability of the hull. The structure has a narrow space and a complex structure, and it is difficult to guarantee the accuracy of the line shape after assembly and welding, which affects the appearance. In view of the structural characteristics of the small-sized and complex wing body, the demonstration was carried out from the aspects of structural optimization, processing and forming and welding process optimization, and process management.

关键词: 复杂翼体结构; 精度控制; 焊接; 成型

Keywords: complex wing structure; precision control; welding; forming

DOI: 10.12346/etr.v3i11.4623

1 引言

船舶小尺寸复杂翼体结构为保持船体稳性的重要结构形式, 主要为稳定翼、舵等, 其典型结构形式如图 1 所示, 主要采用内部框架加外部蒙皮的结构形式, 可采用全金属结构或金属骨架 + 复合材料蒙皮的形式^[1,2]。图 1 为典型的全金属结构的复杂翼体结构。

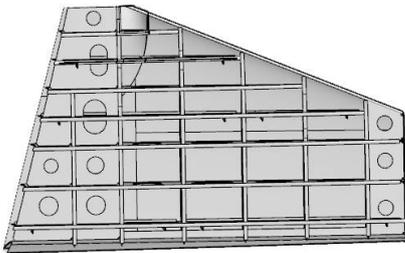


图 1 典型的翼体结构图

由图 1 可见, 该类型结构形式主要特点为线型复杂、内部结构密集、施工空间狭小, 对壳板成型、焊接变形控制提出更高的工艺要求。结构建造过程中的精度控制涉及多个专业技术领域, 合理地制定精度控制措施, 可减少校正时间, 缩短建造周期, 具有重要意义^[3]。

钢质翼体结构应用较广, 蒙皮在加工、成型、焊接过程中均会影响到外观精度。论文从钢质翼体结构的建造流程出发, 结合结构优化设计、成型工艺及焊接工艺优化、关键过程管理等方面, 对小尺寸复杂翼体结构的制造精度控制进行研究。

2 主要制造流程

翼体结构的主要建造流程为材料下料、蒙皮板成型加工、结构装配及焊接、无损检测和精度检测, 其中校正、转运等

【作者简介】董自虎 (1983-), 男, 中国湖北枣阳人, 硕士, 中级工程师, 从事船舶检验与质量监督研究。

工序穿插进行。

3 精度控制

根据小尺寸钢质复杂翼体结构的主要制造流程，在管理上从人、机、料、法、环、测6个方面加强现场管理和检查，做到中间过程可控、可追溯。在技术上，主要从以下几个方面进行精度控制。

3.1 设计优化

3.1.1 蒙皮板设计优化

由图1可知，翼体结构各个部位线型曲率变化程度不同，部分位置变化平缓，部分位置变化剧烈。线型变化平缓的部位，易于加工成型；曲率变化剧烈的部位，较难保证成型精度。另外，在焊接时，焊接接头处也会发生焊接变形。为此，在蒙皮板板缝设计时，主要采用以下措施：

- ①线型变化剧烈的部位与线型变化平缓的部位分开。
- ②在成型工艺允许的情况下，蒙皮板零件尺寸尽可能大。

3.1.2 结构设计优化

①补偿量设计。

在装焊过程中，不可避免会产生焊接变形，导致零件尺寸、纵横结构间距等超差。为此，在结构设计时，合理地设置焊接补偿量。主要表现为：如果横向结构为连续时，各横向结构安装位置理论线设置补偿，横向结构间的纵向结构零件尺寸设置补偿，与船体结构连接处的零件设置余量。其中，补偿量根据材料的特性来确定，若采用低合金钢，补偿量一般设置为0.5mm。

②结构形式设计。

小尺寸复杂翼体结构内部空间狭小，且为封闭或半封闭结构，封闭结构形成后，内部无法施焊。为此，在结构设计时，一部分蒙皮板与内部结构采用塞焊焊接。节点形式如图2所示。

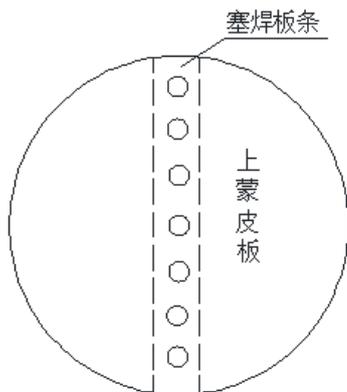


图2 典型塞焊结构节点图

3.2 下料加工

目前，在船舶建造中常见的下料加工方法为火焰切割、等离子切割、激光切割、水刀切割、线切割等。由于小尺寸钢质复杂翼体结构的零件板厚为6~8mm，材料为低合金高强度钢，综合考虑加工效率和加工精度，可采用等离子或激光加工的方法进行下料切割。

在切割指令设计时，根据切割方法的特点和零件微量变形引起的尺寸变化，合理设置补偿值，保证切割零件的尺寸精度。为后续装配和焊接创造良好的条件。

3.3 成型工艺优化

蒙皮板成型加工一般采用冷弯成型方式。复杂翼体结构具有不同曲率变化程度的蒙皮板，其成型加工精度和难易程度不同。曲率半径较大、曲率变化较小、易于成型加工的零件，可采用通用的冷弯成型工艺；曲率半径较小、曲率变化较大、难于成型加工的零件，为保证精度，采用模压成型的工艺，并配合水火弯板的工艺实现。典型的模具结构如图3所示。

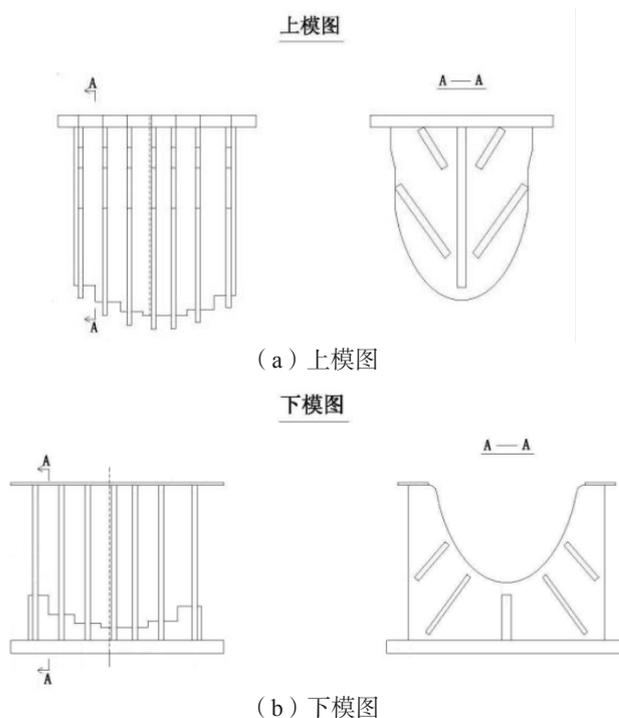


图3 典型的模具结构图

3.4 装焊工艺优化

焊接过程伴随着剧烈的区域温度变化，温度的不均匀分布引起的塑性变形导致了最终的焊接变形和残余应力。采用合适的方法和合理的焊接顺序，可以减少焊接变形和残余应力。小尺寸钢质复杂翼体结构空间狭小，结构密集，主要采

(下转第72页)

表2 精密度和正确度计算

有证标物	测定结果 (mg/kg)						平均值 (mg/kg)	标准物质含量 (g/kg)	相对标准偏差 (%)	
	1	2	3	4	5	6				
NCS204006	油浴	5.4	5.3	5.7	5.6	5.0	5.4	5.5 ± 0.7	4.5	
	数控消解	5.8	5.7	5.6	5.6	5.7	5.6		5.7	1.4
有机质 NCS204007	油浴	23.6	24.8	23.4	26.2	23.2	25	24.4	24.6 ± 2.3	4.8
	数控消解	24.9	25.2	24.8	25.1	25.4	24.8	25.0		1.2
NCS204008	油浴	37.3	36.9	35.4	36.1	35.8	36.5	36.3	36.5 ± 1.9	1.9
	数控消解	35.4	35.8	34.7	35.1	35.2	34.9	35.2		1.1

4 结论

本实验利用恒温油浴和数控消解仪对土壤样品进行前处理消解,硫酸亚铁二次滴定的方法测试土壤样品中有机质时,6次分析结果和平均值都在有证标准样品范围内,相对标准偏差介于1.1%~4.8%,具有较好的精密度和正确度,但数控消解仪法所获得的更好。由于重铬酸钾容量法对消解温度有严格限制,必须控制在170℃~180℃,而油浴锅加热,存在温度不稳定且不均匀,实测温度和设置温度差别大,且存在温度分层的现象,极大影响实验结果的精密度和正确度,同时油浴锅加热会产生难闻异味,而数控消解仪法很好地解决了这些问题,由于此方法仍然使用了重铬酸钾,难以避免铬盐对环境的污染^[6]。土壤有机质的分析方法还有比色法、灼

烧法等,实验人员要依据实际情况选择合适的检测方法。

参考文献

- [1] 贾建丽.环境土壤学[M].北京:化学工业出版社,2016.
- [2] 邵敏.不同消解方法测定土壤有机质含量[J].辽宁农业职业技术学院学报,2009,11(1):36-38.
- [3] 胡小明,潘自红.分光光度法测定土壤有机质的含量[J].应用化工,2012,41(4):708-709.
- [4] 李静.土壤有机质测定方法比对分析[J].绿色科技,2012(5):203-204.
- [5] 中国环境科学研究院.HJ 168—2020环境监测分析方法标准制修订技术导则[S].北京:中国环境出版社,2020:17-21.
- [6] 曹运珠,韩啸.分光光度法测定土壤中有机物含量的研究与应用[J].平顶山学院学报,2013,28(5):71-74.

(上接第64页)

取如下措施提高建造精度:

- ①严格按照设计的余量及补偿量,进行结构划线和安装,提高安装精度。
- ②为保证线型,根据结构补偿量设计专用胎架,刚性固定焊接结构。
- ③为减少中间过程上下胎架引起变形,部分结构采用陶质衬垫焊,实现单面焊双面成型。
- ④减小焊接热输入,减少焊接变形。
- ⑤限制同时焊接的人数,减少翼体结构的总热输入,减小焊接变形。
- ⑥多道焊接和双面角焊缝焊接时,需控制道间温度上限,并待一面焊缝温度冷至室温后,开始另一面焊接。
- ⑦采用有限元计算的方法,对于局部变形较大、结构较弱的部位,进行工装加强,减小焊接变形。

4 结语

论文针对船舶小尺寸复杂翼体结构内部施工空间小、线型复杂、结构密集的特点,从结构设计优化、下料加工、成型工艺优化、装焊工艺优化等几个方面进行了论述,并得到了工艺优化措施,保证了复杂翼体结构的建造精度^[4]。

参考文献

- [1] 杜一凡,俞白兮,赵青,等.深海载人平台框架式稳定翼/舵结构设计[J].船海工程,2020,49(1):36-44.
- [2] 屈铎,张振海,楼京俊.不同舵角的舵翼结构涡量及流噪声特性分析[J].舰船科学技术,2018,40(6):40-44.
- [3] 蒋华,徐建,袁峰.58000 DWT散货船船体建造精度分析[J].广东造船,2018(4):57-59.
- [4] 宋世伟,吴梵.复合材料稳定翼有限元分析方法对比研究[J].船舶工程,2011,33(5):23-26.