

10.88 m 三体铝合金休闲艇结构强度分析

李家才

(扬州亚华船舶技术开发有限公司 船舶设计部,江苏 扬州 225000)

摘 要:文章针对 10.88 m 三体铝合金休闲艇进行整船结构强度有限元分析,并对强度不满足规范要求的船舶结构进行改进设计,为该类型船舶设计和建造提供了参考。

关键词:三体船;铝合金;强度;有限元分析

中图分类号:U661.43

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2016)01-0049-04

0 引言

铝质高速船由于快速、舒适等优点,已经成为内河、近海航运的主要交通工具。在 1979 年以前,我国只有铝质上层建筑建造的历史,直到 1979 年才成功地研制出新型耐蚀可焊船用铝合金(LF16 合金),又研制成线能量小、焊速快的半自动脉冲氢弧焊接设备(NBA-200),铝船建造才有了开创性突破。船用铝合金由于具有比重小、强度高、耐海水腐蚀、焊接性好等优点,世界各国建造的高速船体几乎均为铝质焊接结构。^[1-2] 10.88 m 三体铝合金休闲艇船体主要由两侧片体、中间片体、上层建筑和中间连接结构组成。船长为 10.88 m,故按照 CCS《内河小型船舶建造规范》进行设计。由于艇体材料为铝合金,本文采用有限元方法对三体铝合金休闲艇整船结构强度进行分析。

1 有限元强度分析

1.1 船体主要参数

10.88 m 三体铝合金休闲艇船身主要采用三种类型的材料:方管 100×44×2 mm、方管 80×44×2 mm 和方管 80×80×2 mm,下方筒体的厚度 2.5 mm。整船主要参数为:总长 10.88 m,总宽 3.30 m,型深 0.61 m,吃水 0.31 m,排水量 4.5t,动力为液化气挂机 150hp,航区 C 级。整船主要布置如图 1 所示。

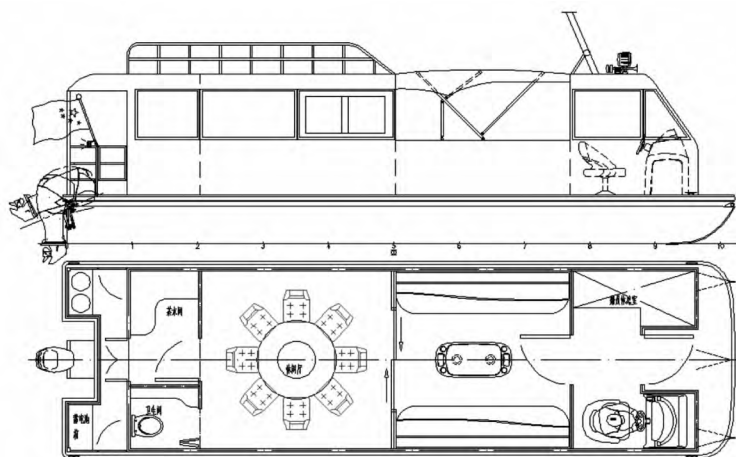


图 1 三体铝合金休闲艇布置图

收稿日期:2015-11-25

作者简介:李家才(1972—),男,江苏六合人,扬州亚华船舶技术开发有限公司船舶设计部工程师。

1.2 有限元模型

取全艇范围内的船体结构构件建立三维有限元模型进行计算,全艇有限元模型如图 2 所示。

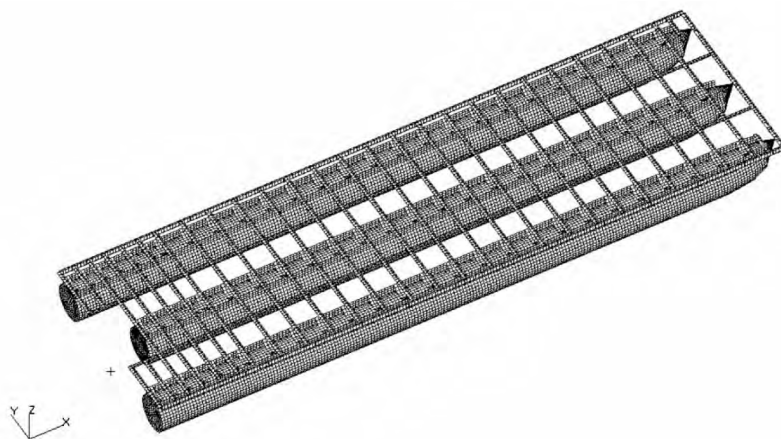


图 2 全艇有限元模型

1.3 参数设置

本艇结构材料为铝合金,其中板材为 5083 H116,型材为 6061 T5。杨氏模量 $E=0.69 \times 10^5$ MPa,泊松比: $\nu=0.33$,密度 $\rho=2.67 \times 10^3$ kg/m³,重力加速度 $g=9.81$ m/s²。

取右手直角坐标系: x 轴沿船长方向,向首为正; y 轴沿船宽方向,向左舷为正; z 轴沿型深方向,向上为正。坐标原点选在 0# 肋位与基线相交处。片体外板、封板和腹板结构采用板单元,横梁、纵骨以及连接结构等采用梁单元。

采用细化网格,尺寸约为 5 050 mm,网格尽量为四边形,在向首尾过渡中应用了少许三角形单元。梁单元依附板单元建立,大小与板单元适应并考虑梁单元偏心情况。^[3]模型中共有 33 428 个节点,33 656 个单元。

1.4 边界条件

边界条件采用惯性释放的方法进行处理,惯性释放点选取艇中甲板处节点 Node16273。

1.5 施加载荷

(1)舷外静水压力。静水压力计算如式(1)所示:

$$p = \rho gh \text{ N/m}^2 \quad (1)$$

式中 ρ 为水密度,取 $\rho=1.0 \times 10^3$ kg/m³, g 为重力加速度,取 $g = 9.81$ m/s²。本艇设计吃水为 0.31 m,故在模型中调用场函数 9 810×(0.31-‘Z’)对本艇加载水压力,如图 3 所示。

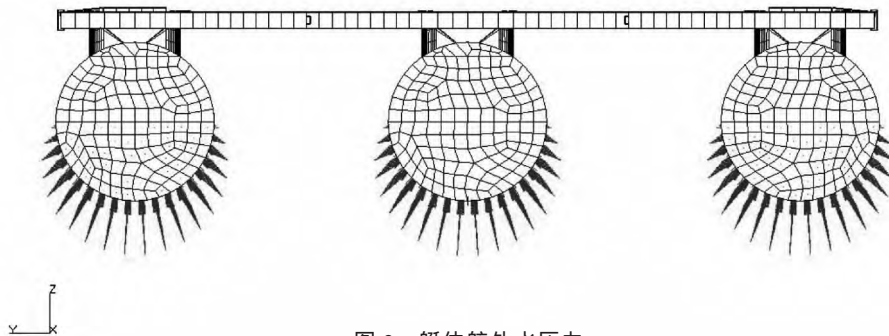


图 3 艇体舷外水压力

(2)甲板载荷。甲板载荷可通过甲板水压头进行换算,按照 CCS《内河小型船舶建造规范》要求可得 h 取为 0.67 m,甲板载荷以线性分布的形式施加于连接两侧片体的横向构件上。^[4]

1.6 应力计算结果

对于铝合金结构而言,其屈服强度在焊接前后通常会发生很大变化。规范一般要求 5083 板材焊接前后

屈服强度分别为 215/125 MPa ,6061 型材屈服强度为 240/115 MPa ,各构件应力计算结果如表 1 所示。

表 1 各构件的应力计算结果

构件名称	许用应力(MPa)	计算结果(MPa)	是否满足要求
片体	125	31	满足
片体连接板	125	37.4	满足
连接附板	125	36.4	满足
横梁最大合成	115	127	不满足
横梁最小合成	115	114	刚好满足
纵骨最大合成	115	115	刚好满足
纵骨最小合成	115	119	不满足

从计算得到的结果可以看出 ,片体和连接板的结构强度满足规范中许用应力的要求 ,然而横梁和纵骨的弯曲应力不满足规范的要求。因此 ,有必要对一些薄弱的构件进行加强。

2 结构改进后的强度分析

2.1 加强横梁和纵骨强度的措施

由于 10.88 m 三体铝合金休闲艇中的横梁和纵骨的强度不满足要求 ,因此横梁由原来的方管 80×44×2 mm 变为方管 80×44×3 mm ,纵骨由原来的方管 80×80×2 mm 变为方管 80×80×3 mm(也就是厚度由 2 mm 变为 3 mm)。构件布置情况保持不变 ,如图 4 所示。

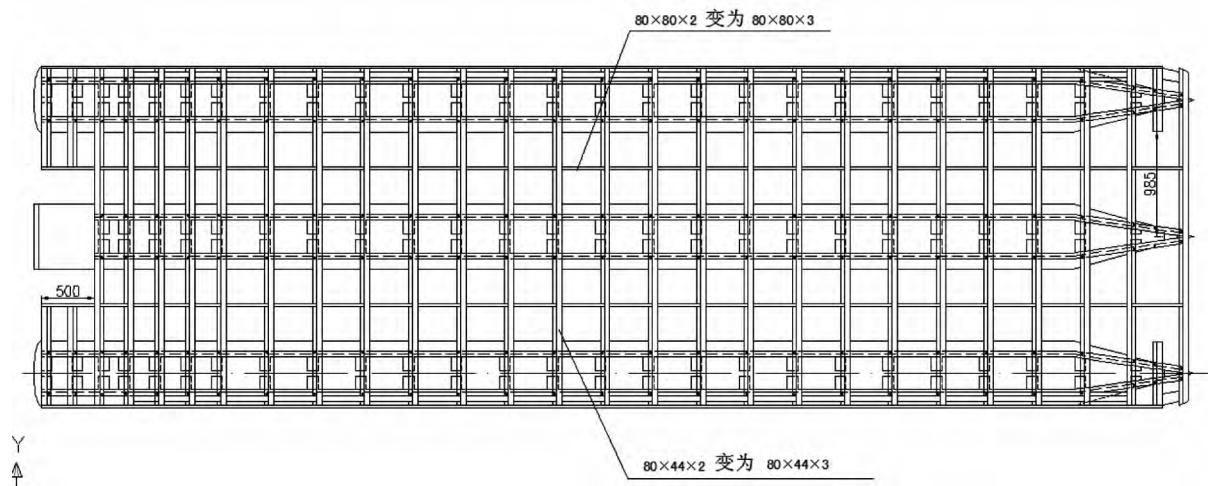


图 4 10.88 m 三体铝合金休闲艇构件改进图

2.2 改进后的构件应力计算结果

改进构件后的应力计算结果如表 2 所示。

表 2 各构件的应力汇总

构件名称	许用应力(MPa)	计算结果(MPa)	是否满足要求
片体	125	29.3	满足
片体连接板	125	37	满足
连接附板	125	33.1	满足
横梁最大合成	115	96.6	满足
横梁最小合成	115	94.8	满足
纵骨最大合成	115	89.5	满足
纵骨最小合成	115	80.8	满足

从有限元直接计算得到的结果可以看出 ,各构件最大应力均满足 CCS《钢质内河小型船舶建造规范》要求 ,符合强度要求。

3 结束语

目前,内河高速船大都采用铝合金材料,而我国铝质船舶建造发展较为缓慢。本文以 10.88 m 三体铝合金休闲艇为例,对其提出了计算结构强度校核的计算步骤和分析方法,并对不满足要求的结构进行改进。改进后的 10.88 m 三体铝合金休闲艇整船结构强度的计算结果满足“规范”要求,可以为这类特殊船型特殊布置的船舶在进行强度分析提供参考,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1]邓乐,严仁军.高速三体船结构力学特性研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [2]杨兆华,吴卫国.高速三体船结构轻型化设计研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [3]曹正林,吴卫国.高速三体船砰击强度研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [4]卢晓平,郦云.高速三体船阻力性能研究[J].船舶力学,2007(2):32-40.

Structural Strength Analysis of 10.88m Trimaran Aluminum Alloy Yacht

LI Jia-cai

(Dept. of Ship Design, Yangzhou Yahua Ship Technology Development Co., Ltd., Yangzhou 225000, China)

Abstract: This article makes an FEM analysis of the structural strength of the 10.88 trimaran aluminum alloy yacht as well as an optimized design of the ship structure not conforming to the standards in strength, which is expected to offer reference for ship design and building.

Key words: Trimaran; Aluminum alloy; Strength; FEM analysis