

基于 AQWA 的游艇水动力分析方法

撰文 / 广东海洋大学工程学院 黄斯慧 吕鸿冠 黄技 李志安

利用海洋工程水动力分析软件 AQWA，在线性波浪条件下对一艘游艇进行水动力分析，得到该游艇在不同海浪入射方向上的转动力矩及船体外板应力的时域变化规律，为游艇的前期设计及建造过程提供一种思路。

一、引言

游艇是一种新型的高级水上娱乐消费品，它集日常居家、海上观光和休闲娱乐等功能于一身，满足个人及家庭享受生活的需要。我国的游艇产业发展只有十几年，相对欧美等发达国家，我国的游艇建造技术仍然处于相对落后的阶段。但是，随着我国经济的迅猛发展，游艇产业形势日益乐观，特别是对于富裕阶层的消费者，游艇已经成为必不可少的娱乐消费品。

由于游艇是一种较新的海上航行器，目前大部分船舶建造规范仍然不涉及游艇领域。直到近几年，中国船级社 CSS 颁布了《游艇入级与建造规范》等文件，才让游艇的建造过程相对规范化。但是，由于游艇结构的特殊性及功能的定制性，当面对广大消费者的独特设计需求时，游艇的结构强度与航行性能一直困扰着游艇工程师。因此，寻找一种新的计算游艇水动力性能的方法对我国的游艇产业的发展及游艇的安全性能有巨大的现实意义。

二、AQWA 简介

AQWA 是一款海洋工程水动力性能的计算软件，在日常的生产设计中，AQWA 主要用于满足各种结构流体动力学特性评估相关分析的需求。AQWA 的分析范围从桅、桁到 FPSOs，从 TLPs 到半潜水系统，从停泊系统到救生系统，从渔船到大型船舶以及结构与流体间交互作用。

AQWA 的计算模块覆盖流体分析的全部范围：

AQWA-LINE 主要用于分析流体的衍射、辐射（包括浅水效应）；AQWA-FER 主要用于分析具有随机波的频域；AQWA-DRIFT 主要用于分析具有随机波（包括慢漂流）的时域；AQWA-NAUT 主要用于分析具有宽大波的非线性时域；AQWA-LIBRIUM 主要用于分析包括停泊线的静动稳定性。最后所有的模块集成于强大的前后处理器 AQWA——图形超级用户界面。因此，AQWA 作为一款专业的海洋工程水动力分析软件，在海洋航行器及海洋平台的结构设计中一直具有不可取代的地位。

游艇产业作为一种新兴的产业，目前市面上 AQWA 水动力分析在游艇设计中的应用十分稀少。由于游艇自身结构的特殊性，导致目前的船舶建造规范并不适用于游艇建造，即使近几年中国船级社（CSS）颁布了有关游艇设计与建造的规范文件，但对于可定制性非常强的游艇来说，规范更新的速度远远低于游艇结构创新的速度，因此，通过较为成熟的水动力分析软件 AQWA 辅助游艇的设计与建造具有实际的工程意义。

三、分析流程

1. 分析模型简介

该模型是一艘小型游艇，船长 12.8m，型宽 4.5m，型深 2.5m，吃水 0.8m，设计水线 11.0m，游艇的 Rhino 渲染图、型线图、总布置图如图 1 ~ 3 所示。



图1 游艇渲染图

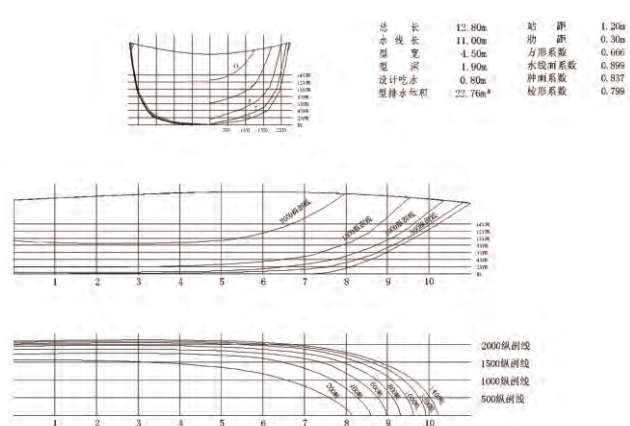


图2 游艇型线图

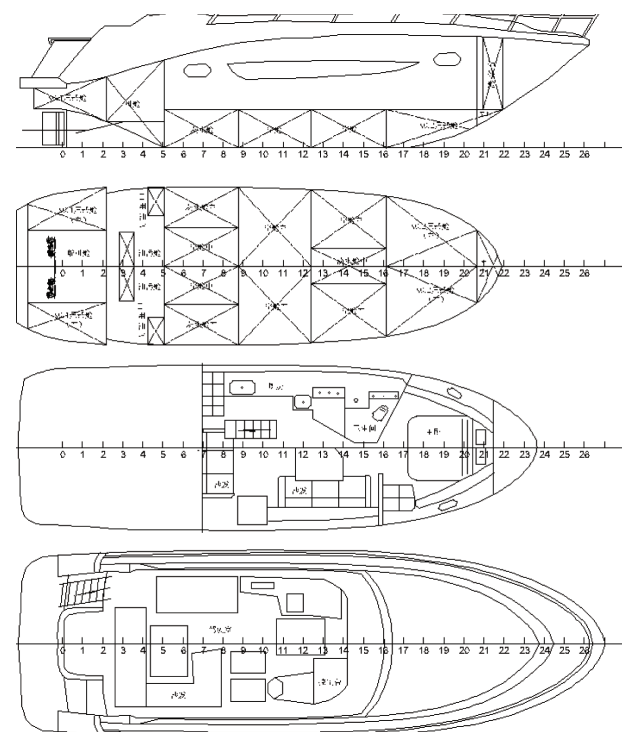


图3 游艇总布置图

2. AQWA 分析流程

(1) 建立分析项目。启动 ANSYS Workbench, 在 Toolbox 中的 Analysis Systems 找到 Hydrodynamic Diffractions, 双击或拖曳到 Project Schematic, 并将游艇的模型 IGS 文件导入 Geometry, 如图 4、5 所示。

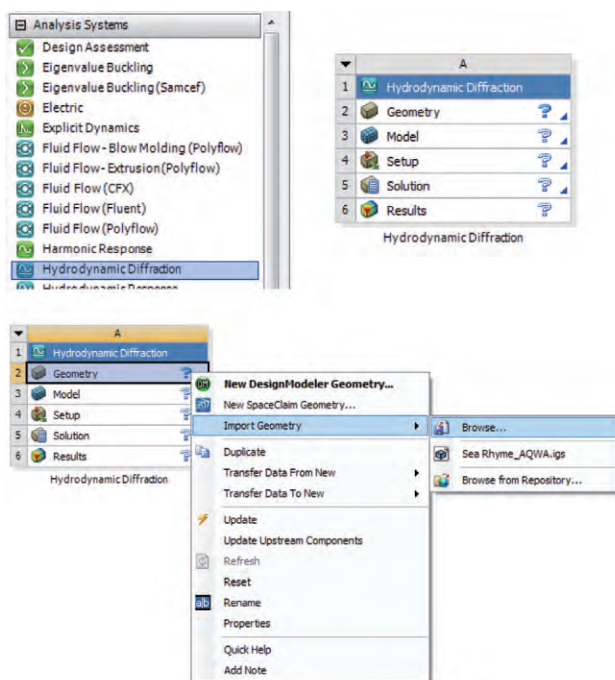


图4 建立 AQWA 游艇水动力分析项目

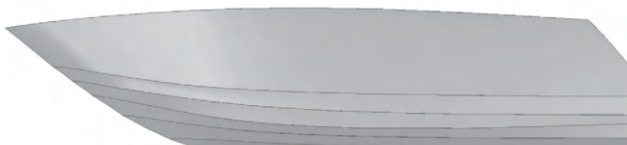


图5 成功导入的游艇模型

(2) 设计水线定义导入的模型为 1: 10 的缩小模型, 分析前应该将模型的大小调整为实船大小。在菜单栏里依次选择 Create-Body Transformation-Scale, 将模型缩放比例改为 10; 再依次选择 Create-Body Transformation-Translate, 将模型移动到 XY Plan 以下 0.8m 处, 操作过程如图 6 所示。

模型调整完毕后, 依次点击 Create-Slice, 以 XY Plan 为切割基准面对模型进行切割, 如图 7 所示。

(3) 模型整理。将船壳上半部分命名为 UpperHull, 下半部分命名为 LowerHull, 并从这两部分建立 Part, 以保证生成网格的连续性, 这部分工作十分重要, 如果不进行

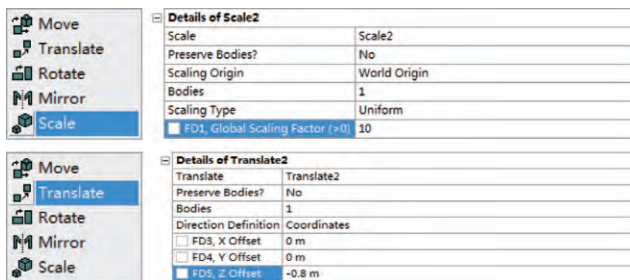


图 6 模型的调整

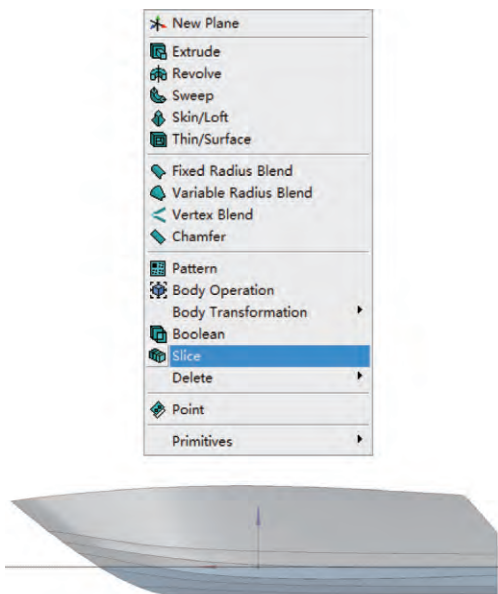


图 7 进行水线切割后的模型

此项操作，则会导致后期的网格划分失败，操作如图 8 所示。

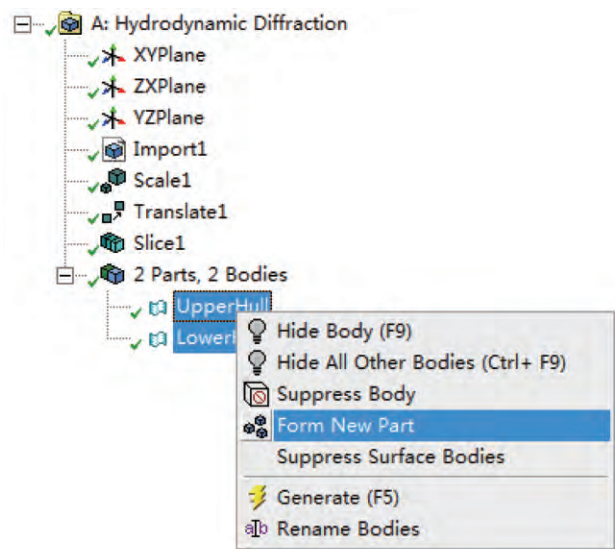


图 8 从切割模型建立新 Part

至此，模型的前期处理工作已经完成，退出 Geometry 界面，进入 Model 进行有限元网格的建立。

(4) 质量点定义。AQWA 中默认将船体的重量集中于一个质量点 (Point Mass)，这个点与重心重合，且集中了整船的质量。定义质量点后，一共有四个参数需要手动设置，其中重心高度根据型线图及总布置图计算得到，另外三个参数根据表计算得到，参数计算结果如图 9 所示。

表 质量点参数计算公式

K_{xx}	$0.34 * \text{Length}$
K_{yy}	$0.25 * \text{Beam}$
K_{zz}	$0.26 * \text{Beam}$

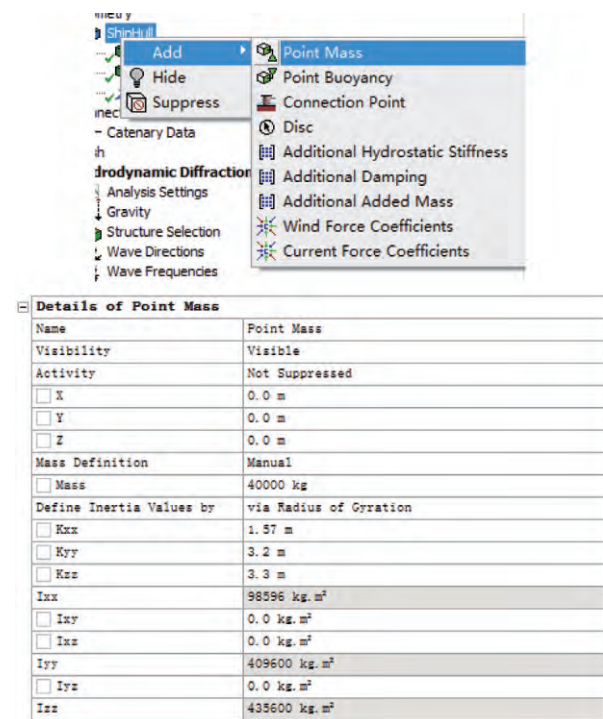


图 9 质量点参数的计算结果

(5) 网格划分。选择 Tree 中的 Mesh，在 Details of Mesh 中的 Defeaturing Tolerance 中输入 0.1，在 Max Element Size 中输入 0.2，其他选项默认，点击 Generate 生成网格。网格参数如图 10 所示，网格划分结果如图 11 所示。

(6) 波浪定义。点击 Tree 中的 Wave，选择 Wave Direction，将波浪方向定义为 360° ，其它参数保持默认，如图 12 所示。

点击 Tree 中的 Wave，选择 Wave Frequency，将 Details of Definition 中的 Highest Frequency Definition

Details of Mesh	
Defaults	
Global Control	Basic Controls
Mesh Parameters	
Defeaturing Tolerance	.1 m
Max Element Size	.2 m
Max Allowed Frequency	1.259 Hz
Meshing Type	Program Controlled
Generated Mesh Information	
Number of Nodes	6937
Number of Elements	6819
Number of Diff Nodes	3030
Number of Diff Elements	2935

图 10 网格参数的定义



图 11 网格划分结果

Details of Wave Directions	
Name	Wave Directions
Type	Range of Directions, No Forward Speed
Required Wave Input	
Wave Range	-180° to 180°
Interval	45°
Number of Intermediate D...	7
Optional Wave Directions A	
Additional Range	None
Optional Wave Directions B	
Additional Range	None
Optional Wave Directions C	
Additional Range	None
Optional Wave Directions D	
Additional Range	None

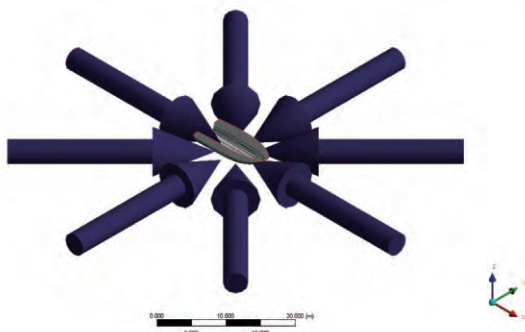


图 12 波浪入射角度

与 Lowest Frequency Definition 选项改选为 Manual Definition, 在 Lowest Period 中输入 25; Shortest Period

中输入 15。点击 Generate, 完成波浪周期的设置。波浪周期的详细设置参数如图 13 所示。

Details of Wave Frequencies	
Name	Wave Frequencies
Intervals Based Upon	Frequency
Frequency/Period Definition	
Range	Manual Definition
Definition Type	Range
Lowest Frequency Definition	Manual Definition
Lowest Frequency	.04 Hz
Longest Period	25 s
Highest Frequency Defini...	Manual Definition
Highest Frequency	.06667 Hz
Shortest Period	15 s
Number of Intermediate V...	18
Interval Frequency	.0014 Hz
Additional Frequencies A	
Additional Range	None
Additional Frequencies B	
Additional Range	None
Additional Frequencies C	
Additional Range	None
Additional Frequencies D	
Additional Range	None

图 13 波浪周期的设置参数

四、分析结果展示

所有参数设置完毕后, 点击 Solve 进行求解。船体外板湿表面压强的时域分布如图 14 ~ 16 所示, 不同波浪入射方向下船体各个自由度上收到的波浪力矩如图 17 所示。

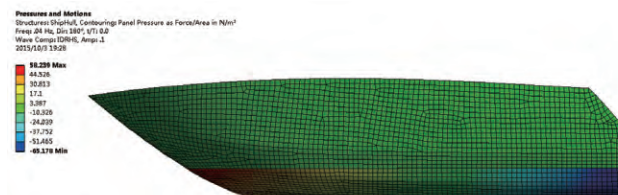


图 14 t=0T 时船体的压强分布

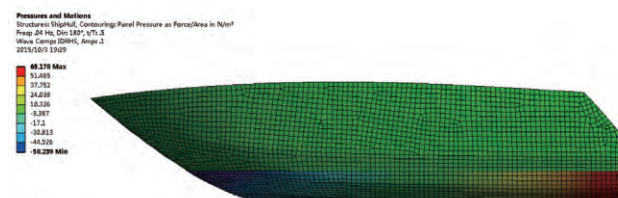


图 15 t=0.5T 时船体的压强分布

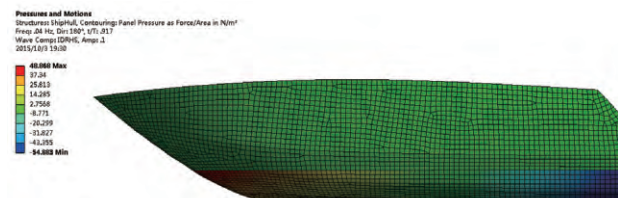


图 16 t=T 时船体的压强分布

双车翻车机主钢结构断裂原因分析及优化

撰文 / 大连华锐重工集团股份有限公司设计研究院 齐桂营 王蕾 沈健

一、引言

翻车机是一种用来翻卸铁路敞车散料的大型机械设备，可将有轨车辆翻转并使之卸料，目前广泛适用于运输量大的港口、冶金和煤炭等工业部门。双车翻车机可同时翻卸两节敞车，在翻卸过程中，由于受载荷工况复杂，翻卸次数频繁，工作环境恶劣等因素的影响，其主体钢结构经常出现局部开裂或开焊，直接影响了正常工作。为保证机械设备的正常运行，可利用先进的计算机技术对其整体钢结构进行有限元仿真及优化，查找设备开裂原因，提供合理优化建议。本文针

对某钢铁焦化厂翻车机前梁开裂问题，给出了详细计算结果及改进方案。

二、力学模型、载荷工况及边界条件

该 C 型翻车机主要用于翻卸 C70 车型，由端环、前梁、后梁及平台组成主体钢结构部分，并采用了液压夹紧方式。主体钢结构均由钢板焊接而成，采用壳单元进行模拟，夹紧机构则采用梁单元进行简化，整体力学模型共生成 40347 个节点，44360 个单元，如图 1 所示。

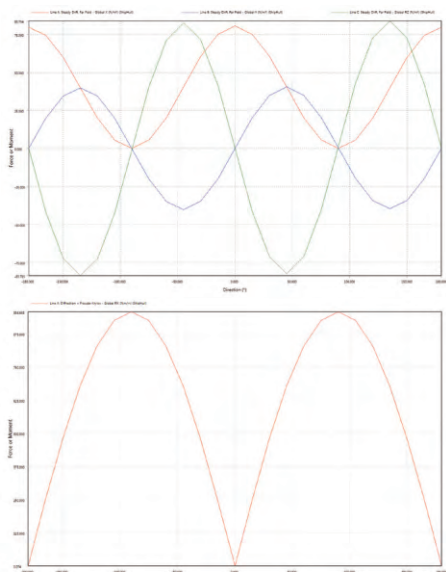


图 17 不同波浪入射角度下船体各个自由度的力矩

五、结语

本文利用 AQWA 对一艘游艇进行水动力分析，并对详细的分析流程进行展示和介绍。通过上述分析可以看出，AQWA 作为一款成熟的海洋工程水动力分析软件，在进行游艇分析时，具有一定的优势。

(1) 基于 ANSYS Workbench 平台的操作，将分析流程规范化、参数化，从而大大降低了分析难度与精度。

(2) AQWA 的模块成熟且完整，可对游艇不同的水动力性能进行计算，并能输出完整的水动力分析报告，大大简化了分析工作量。

(3) Workbench 平台下的 AQWA 可输出完整的分析数据，对于专业人员来说，可以将数据导入传统模式下的 AQWA 进行底层操作，得到更加全面的水动力分析数据。IM