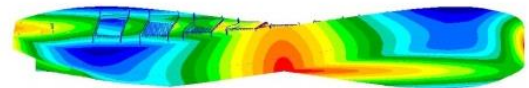
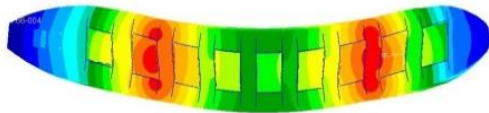




# Three-dimensional Analysis Software of Wave Loads and Hydroelasticity

(三维波浪载荷及水弹性响应分析软件)

User's Manuals



## openWALAS

(open Wave Loads Analysis Software)



**Author:** *Peng Yang*

**Email:** *pycssrc@qq.com*

**Date:** *2020/08/20*



## ◆ 版权声明

作者一贯尊重知识产权和劳动成果，并支持分享软件和相关文档的行为，在有限范围内可自由分享本程序和相关文档，但需遵循以下原则：

- 1、程序和文档的版权归原作者所有；
- 2、未经原作者允许不得将本程序用于**任何商业目的**，否则将视为侵权；
- 3、转载或者引用本程序和本文内容请**注明来源及原作者**；
- 4、对于不遵守此声明或者其他违法使用本程序和本文内容者，本人依法保留追究权等；
- 5、鼓励相关科研人员与作者开展联合研究，发挥本程序作用，并进一步完善程序。



## 目 录

1. 软件说明.....	- 1 -
1.1. 基本情况.....	- 1 -
1.2. 程序编译和开发环境.....	- 2 -
1.3. 软件安装和运行环境.....	- 3 -
2. 理论基础.....	- 4 -
2.1. Coordinate systems .....	- 4 -
2.2 Wave direction and expression .....	- 5 -
3. WALAS 窗口界面介绍.....	- 6 -
3.1. 软件主界面.....	- 6 -
3.2. 前处理.....	- 15 -
3.3. 参数输入.....	- 21 -
3.4. Solution 选择.....	- 26 -
3.5. 后处理和计算结果查看.....	- 27 -
3.6. 基本定义参考说明.....	- 29 -
4. 文本输入说明.....	- 31 -
4.1. 主输入文件（case.in） .....	- 31 -
4.2. 各模块输入文件（ship1.in） .....	- 32 -
4.3. 时域计算中波浪输入参数（wave.in） .....	- 37 -
4.4. slm.in.....	- 39 -
4.5. flareSlm.ini.....	- 40 -
4.6. ship.f06.....	- 40 -
4.7. ship_dry.bdf .....	- 40 -
4.8. ship_wet.bdf.....	- 40 -
5. 输出说明.....	- 42 -
5.1. 水动力系数文件-频域（二进制格式） .....	- 42 -
5.2. 水动力系数文件-时域（二进制格式） .....	- 42 -



---

5.3. 频域结果汇总文件（文本格式） .....	- 42 -
5.4. 时域结果汇总文件（文本格式） .....	- 42 -
5.5. 三维模型输出文件.....	- 42 -
References.....	- 43 -



## 1. 软件说明

### 1.1. 基本情况

#### 1.1.1. 概述

三维波浪载荷及水弹性响应分析软件（时域或频域）-openWALAS 的主界面见 Fig. 1，其中包含主界面程序 **openWALAS** 和 5 个核心可执行程序：**openWALAS\_PRE**、**openWALAS\_FSCM**、**openWALAS\_TDGF**、**openWALAS\_IORM**、**openWALAS\_TIME\_RESP**。作者开发了三维频域线性 and 三维时域非线性波浪载荷及水弹性响应计算程序，软件理论基于三维势流理论和三维弹性结构模态叠加法。

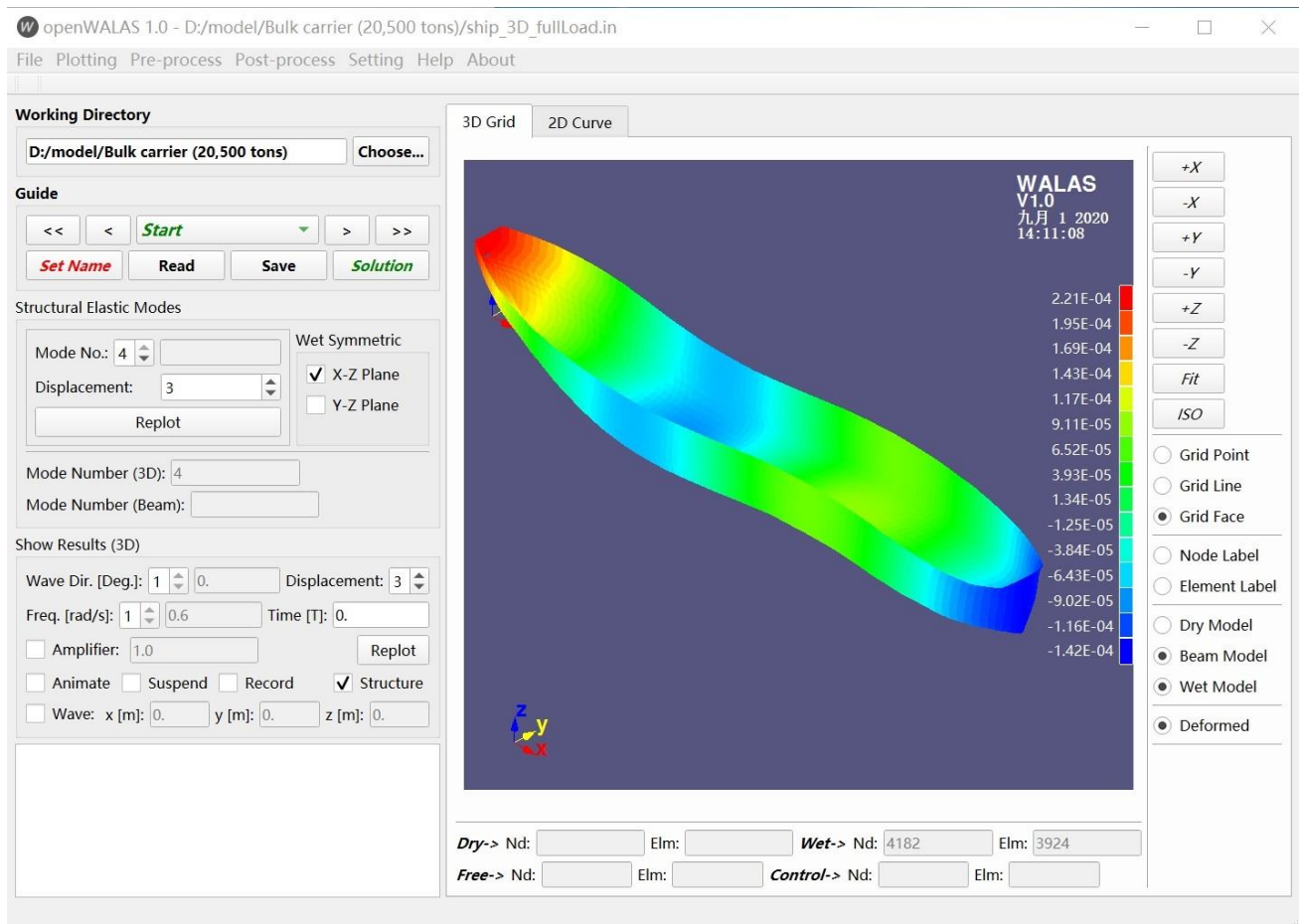


Fig. 1 WALAS 程序主界面

- (1) openWALAS\_PRE 为数据预处理程序，主要用于通过干面元及其振型信息来计算湿模型的振型，其中结构有限元模型为 3D FEM 模型或梁模型。
- (2) 三维时域计算分析功能：openWALAS\_TDGF（时域格林函数法，‘TDGF’）和 openWALAS\_IORM（内外场匹配的 Rankine 源法，‘IORM’）为核心计算程序，主要



计算水动力系数，包括辐射势脉冲响应函数、绕射势脉冲响应函数、入射势脉冲响应函数、波浪载荷脉冲响应函数等。

- (3) 三维频域计算分析功能：openWALAS\_FSCM（三维频域航速修正方法，‘FSCM’），采用三维频域航速修正假设（即低速、高频）计及航速影响，主要计算入射力、绕射力、附加质量和附加阻尼等动力系数、运动和波浪载荷、水弹性模态响应、湿表面压力、周围流场波高分布。并具备在内部自由面添加刚盖消除不规则频率功能（即扩展积分方程）。
- (4) openWALAS\_RESP 为时域模态响应计算程序，里面包含了间接时域、非线性入射力、静水恢复力、砰击力、弹性模态时域响应和波浪载荷等计算功能。

### 1.1.2. 功能简介

openWALAS 程序包括船体网格自动划分和船体网格切分功能，三维模型显示和二维曲线绘制功能。

### 1.1.3. 程序运行顺序

- （一）方式一：运行 openWALAS 界面完成输入参数设置、计算和后处理绘图，在界面中完成一切操作。
- （二）方式二：手动调用
- (1) 三维频域模块：openWALAS\_PRE-> openWALAS\_FSCM。
  - (2) 三维间接时域模块：openWALAS\_PRE-> openWALAS\_FSCM -> openWALAS\_TIME\_RESP。
  - (3) 三维直接时域模块：openWALAS\_PRE -> openWALAS\_TDGF or openWALAS\_IORM -> openWALAS\_TIME\_RESP。

### 1.1.4. 输入参数方式

本程序输入参数方法有两种：

- (1) 方式一-窗口界面，见第 3 章；
- (2) 方式二-文本输入方式，见第 4 章。

## 1.2. 程序编译和开发环境

程序语言：C/C++；



程序编译环境：Qt + Eclipse + MinGW（GCC） + gsl；其中 Qt（C++）为 WALAS 的窗口界面开发库，Eclipse 为集成开发环境；minGW（GCC）为 C 语言编译器，gsl 为 C 数值计算库。

开发环境版本：1、Qt-5.14.0；2、MinGW（GCC）-7.3.0；3、gsl-2.6；4、Qwt-6.1.4；5、Opencv-4.2.0。

### 1.3. 软件安装和运行环境

本软件适用于 Window XP、Win 7、Win 8、Win 10 等主流 Win 操作系统，发布有 32 位和 64 位程序。

本软件套件同时适用于 Linux、Unix 和 Mac OS 操作系统，发布有 32 位和 64 位程序。

MSC.Patran/Nastran 2005 或更高版本（仅在结构弹性模态分析中需要）。



## 2. 理论基础

### 2.1. Coordinate systems

干结构坐标和湿面元坐标均是： $x$  正方向指向船头， $y$  指向左舷， $z$  指向上，符合右手法则。

干结构坐标系可以与湿面元坐标系不一样，但是要在 case.in 文件中指明。

在程序内部计算和输出结果中，所有的坐标原点均转换到湿坐标原点在静水面投影处（即在内部计算使用参考坐标系）。

The ships are straightly travelling with constant forward speed  $U_0$ . For convenience of presentation, three coordinate systems are established shown in Fig. 2, which are

(1) The space fixed coordinate system  $O_0x_0y_0z_0$ : the coordinate origin is located at the still water surface, the axis  $O_0x_0$  points to the bow, the axis  $O_0y_0$  points to the port side, and the axis  $O_0z_0$  is upward perpendicular to the still water surface.

(2) The equilibrium coordinate system (also called reference coordinate system)  $Oxyz$ : the coordinate system moves forward accompanying ship along  $x$  axis at constant speed  $U_0$ , which coincides with the space fixed coordinate system  $O_0x_0y_0z_0$  at the initial moment. And, the axis  $Ox$  keeps toward the axis  $O_0x_0$  during ship motion.

(3) The local coordinate system  $O'x'y'z'$ : this coordinate system is fixed on the hull. When the hull is in the equilibrium position, this coordinate system overlaps with the equilibrium coordinate system. The origin position changes with the translational motion of the hull and the direction changes with the rotation of the hull.

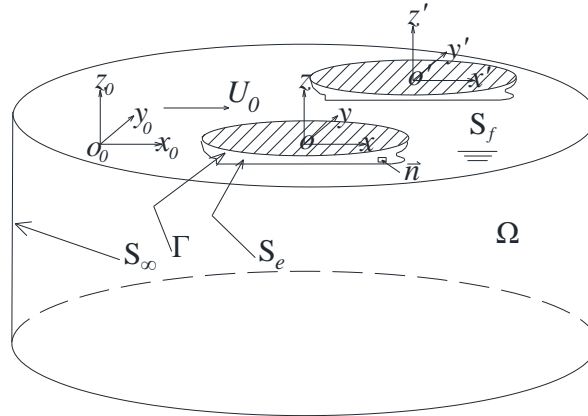


Fig. 2 Sketch of the coordinate systems

The fluid boundary is combined by wetted body surface  $S_e$ , free surface  $S_f$ , intersection of body surface and free surface  $\Gamma$ , infinite boundary  $S_\infty$ .  $\Omega$  denotes the fluid field.  $\vec{n}$  denotes the normal direction of body surface towards the inner of ship hull.  $U_0$  denotes forward speed of ship hull.

Both of the space fixed coordinate system and the equilibrium coordinate system obey





right-hand rule. There are the following coordinate transformation relations.

$$\begin{cases} x_0 = x + U_0 t, y_0 = y, z_0 = z, \nabla_{x_0} = \nabla_x \\ \frac{\partial}{\partial t} \Big|_{x_0} \rightarrow \frac{\partial}{\partial t} \Big|_x - U_0 \frac{\partial}{\partial x} \Big|_x \end{cases} \quad (1)$$

## 2.2 Wave direction and expression

The definition of wave direction  $\beta$  shown in Fig. 3, 0 degree and 180 degree denote following sea and heading sea, respectively.

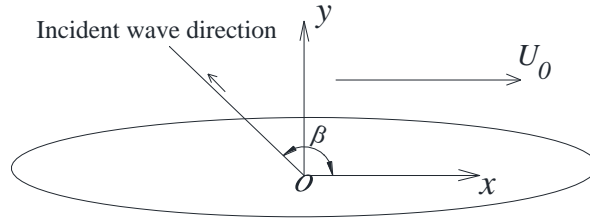


Fig. 3 Sketch of wave direction

The first-order formula of the instantaneous height of the incident wave is

$$\zeta = A e^{ik(x \cos \beta + y \sin \beta) - i\omega t} \quad (2)$$

where the variables  $A$ ,  $k$  and  $\omega$  denote the wave amplitude, wave number and natural wave frequency, respectively. In addition,  $\nu = \omega^2 / g$  and  $k \tanh kh = \nu$ .

The first order formula of incident velocity potential  $\Phi_1$  in the equilibrium coordinate system is

$$\Phi_1 = \text{Re}[\phi_1 e^{-i\omega t}] = \text{Re} \left[ \frac{Ag}{i\omega} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} e^{ik(x \cos \beta + y \sin \beta) - i\omega t} \right] \quad (3)$$

where  $\phi_1$ ,  $h$  and  $g$  denote the amplitude of the incoming potential of fluid, the water depth and the gravitational acceleration constant, respectively.



## 3. WALAS 窗口界面介绍

### 3.1. 软件主界面

#### 3.1.1. 设置工作目录

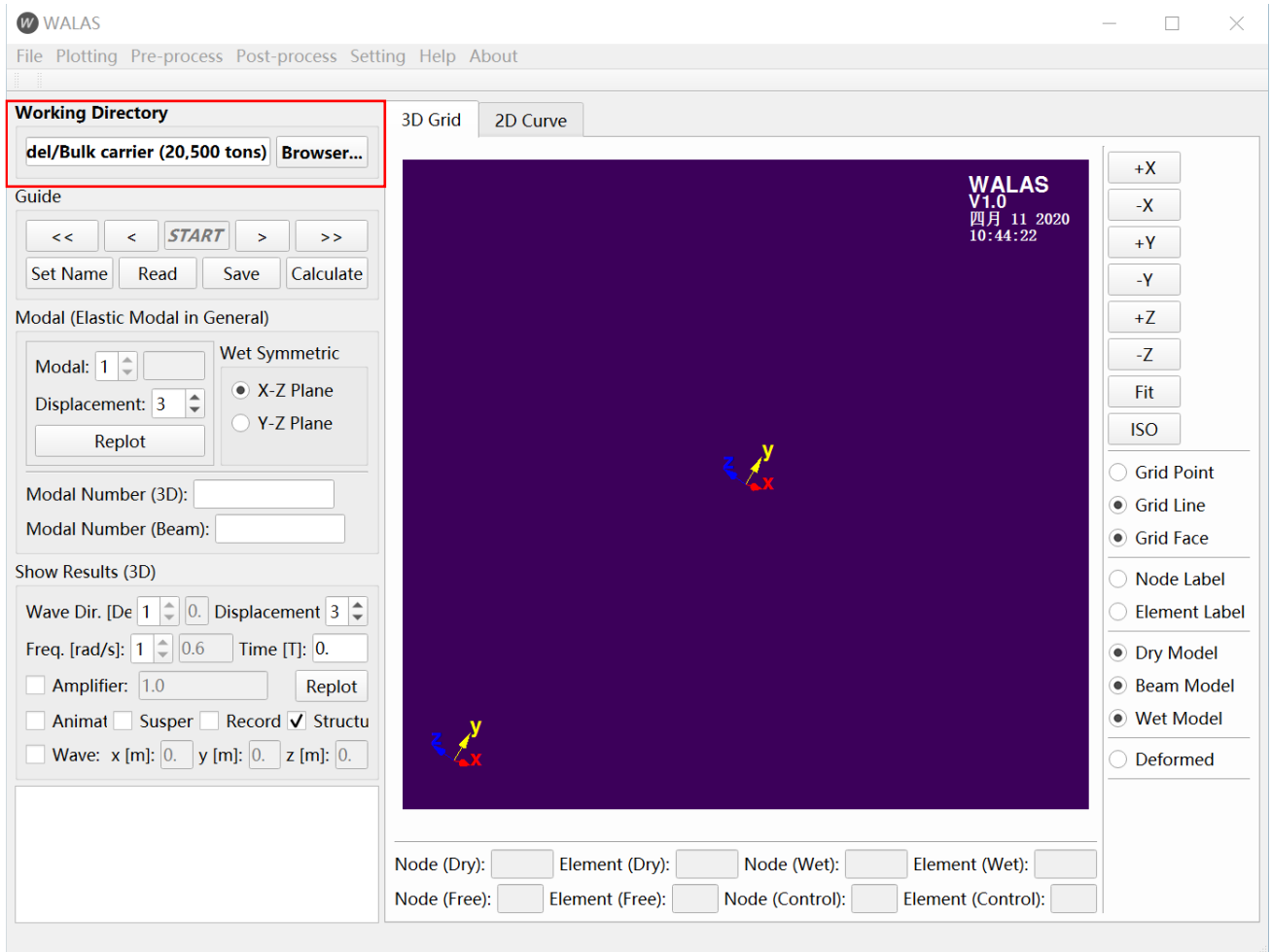


Fig. 4 设置工作目录



### 3.1.2. 设置文件名

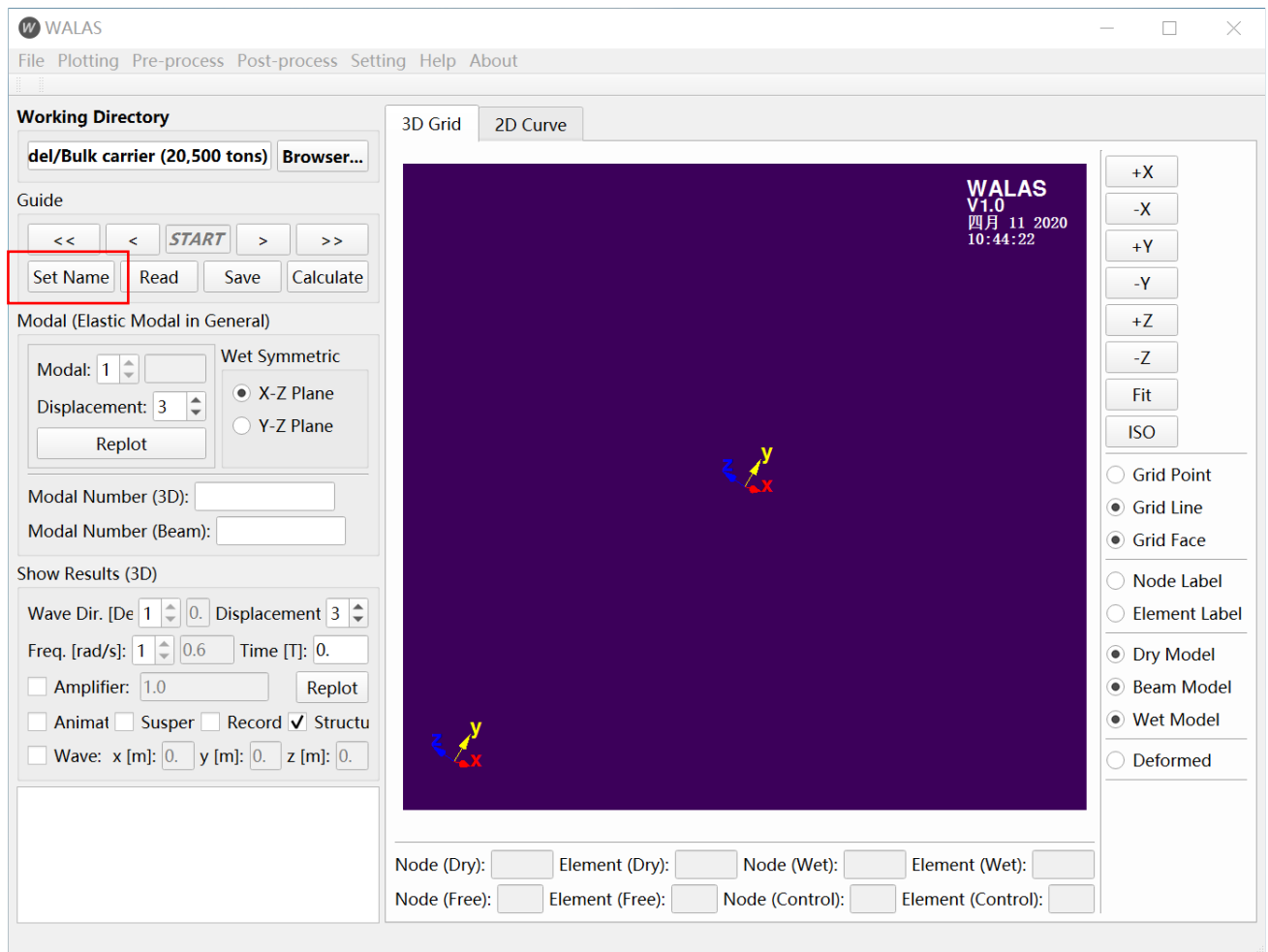


Fig. 5 设置文件名



### 3.1.3. 查看干模型

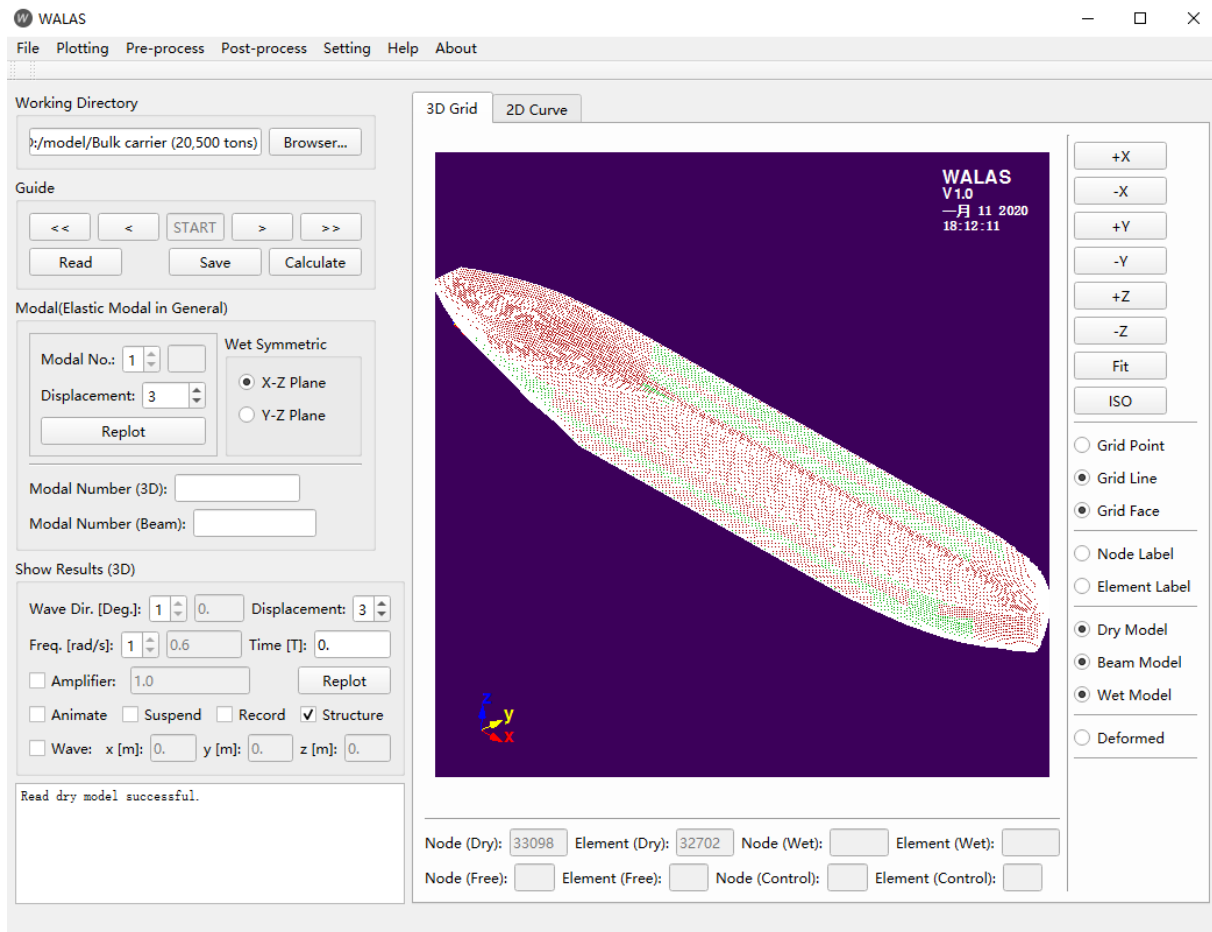


Fig. 6 三维模型

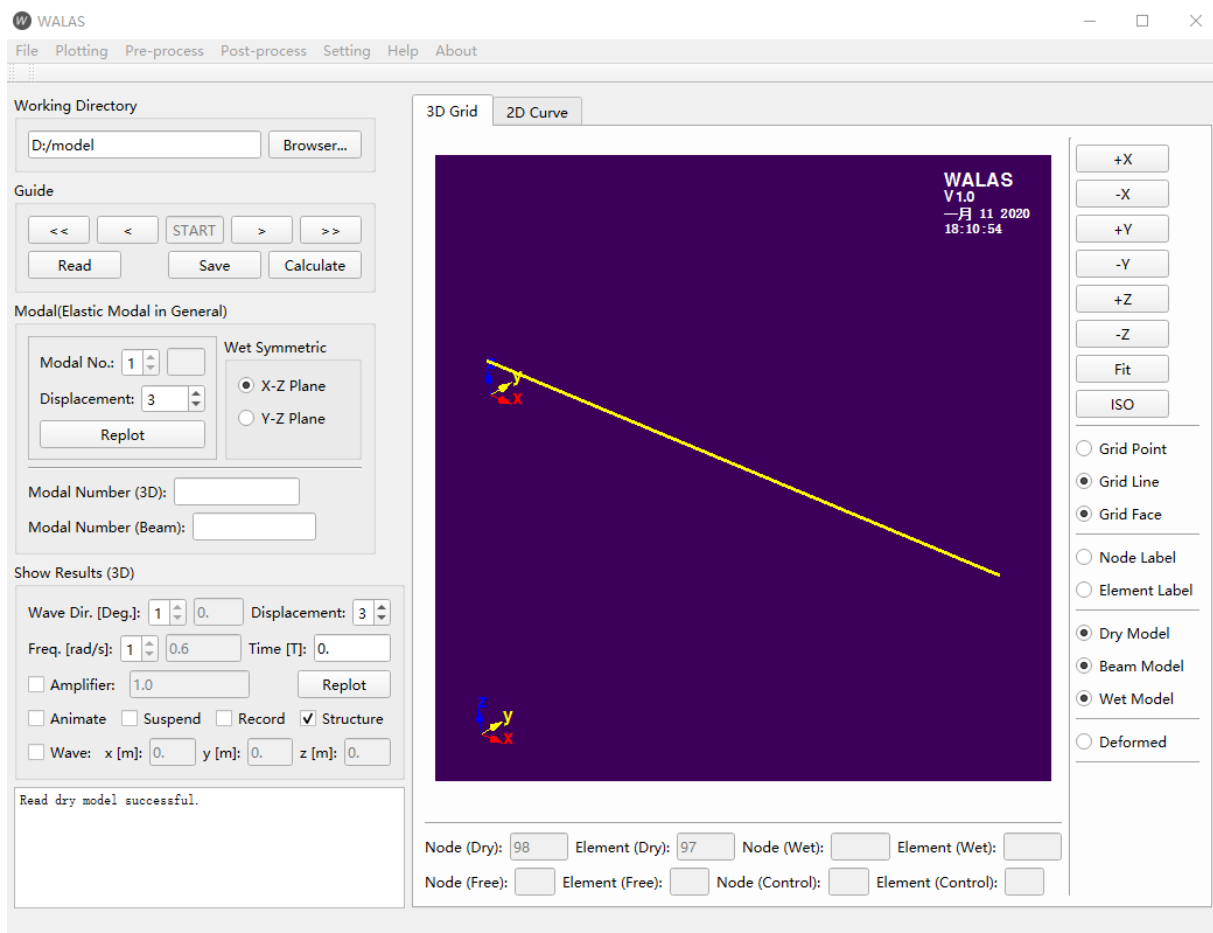


Fig. 7 梁模型



### 3.1.4. 查看湿模型

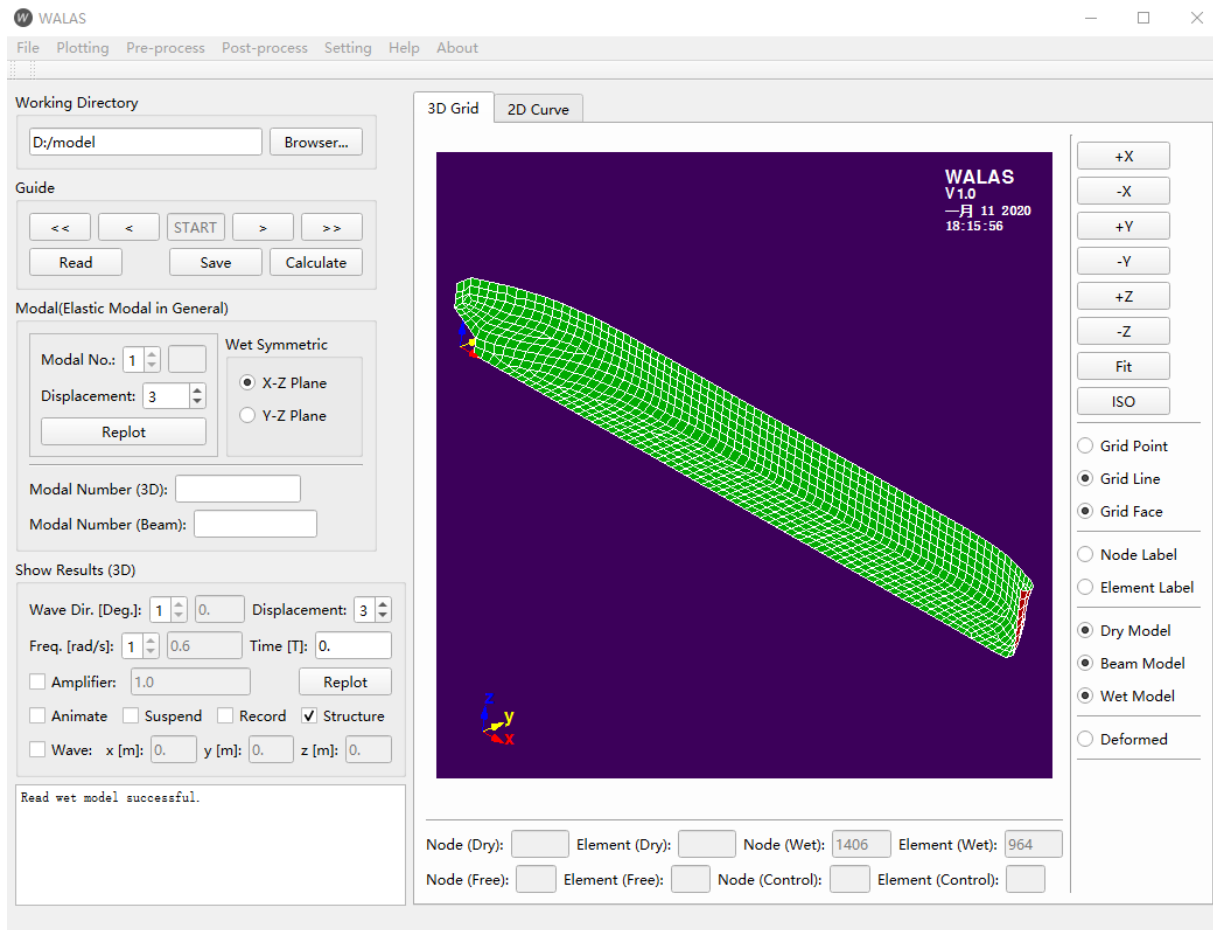


Fig. 8 三维湿模型



### 3.1.5. 查看自由面模型

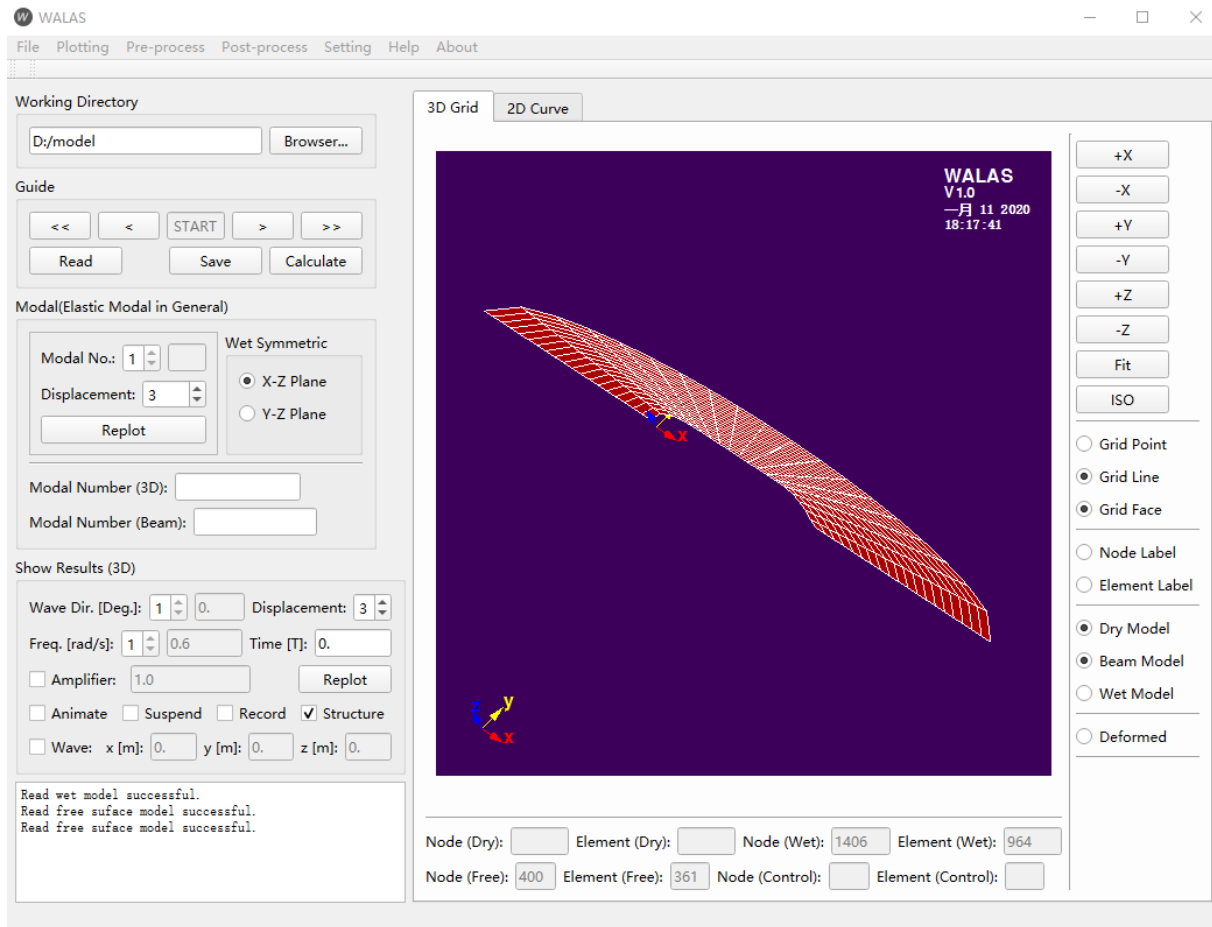


Fig. 9 自由面网格



### 3.1.6. 查看控制面模型

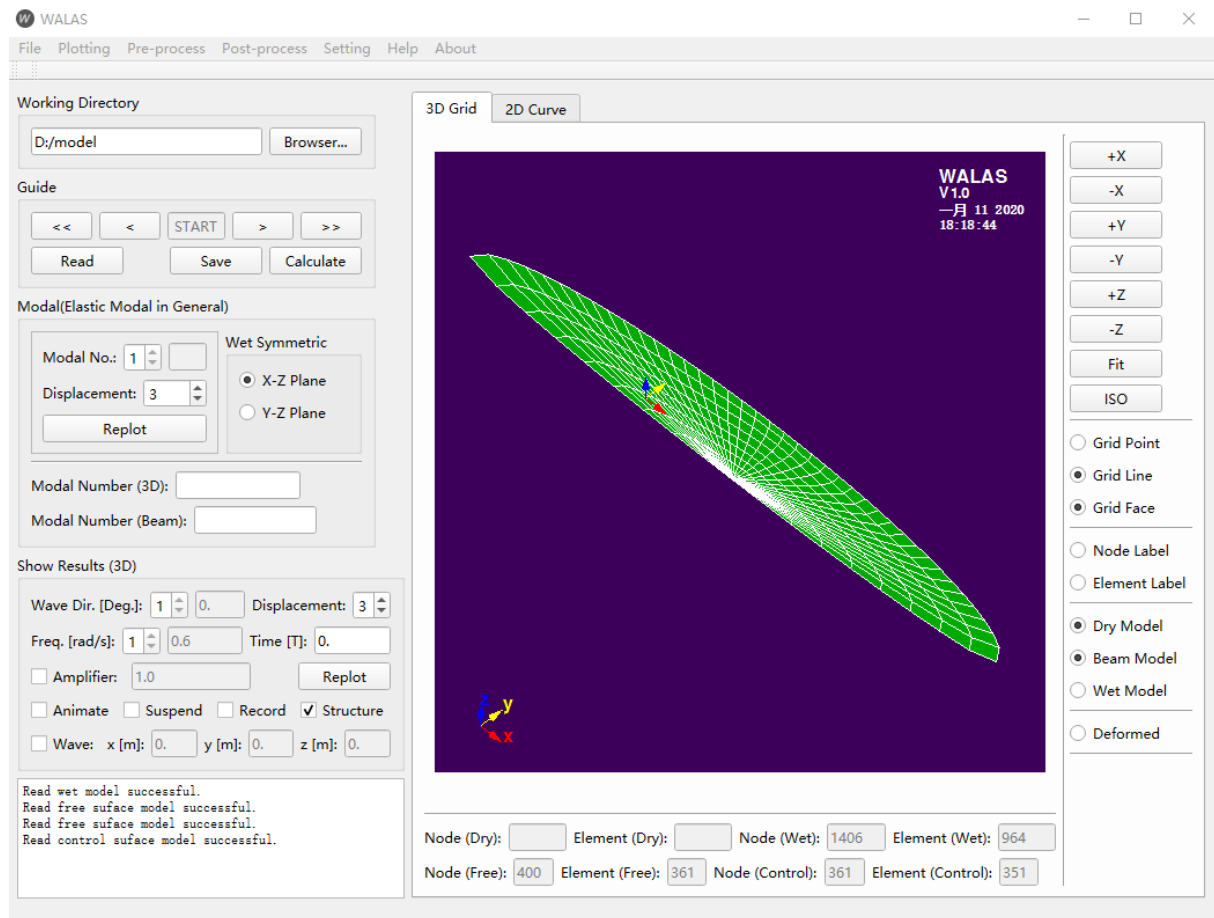


Fig. 10 控制面网格





### 3.1.7. 查看干模态模型

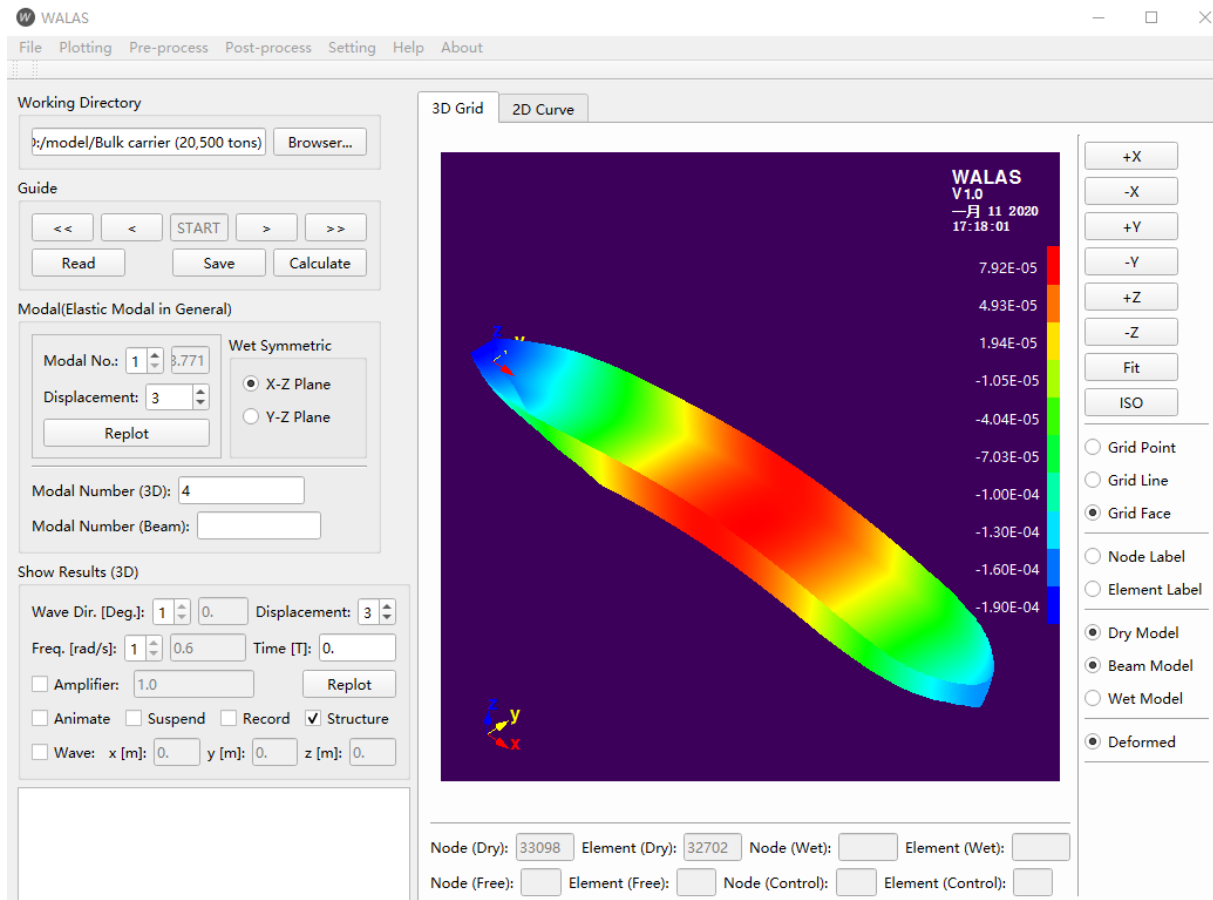


Fig. 11 三维结构 FEM 模型

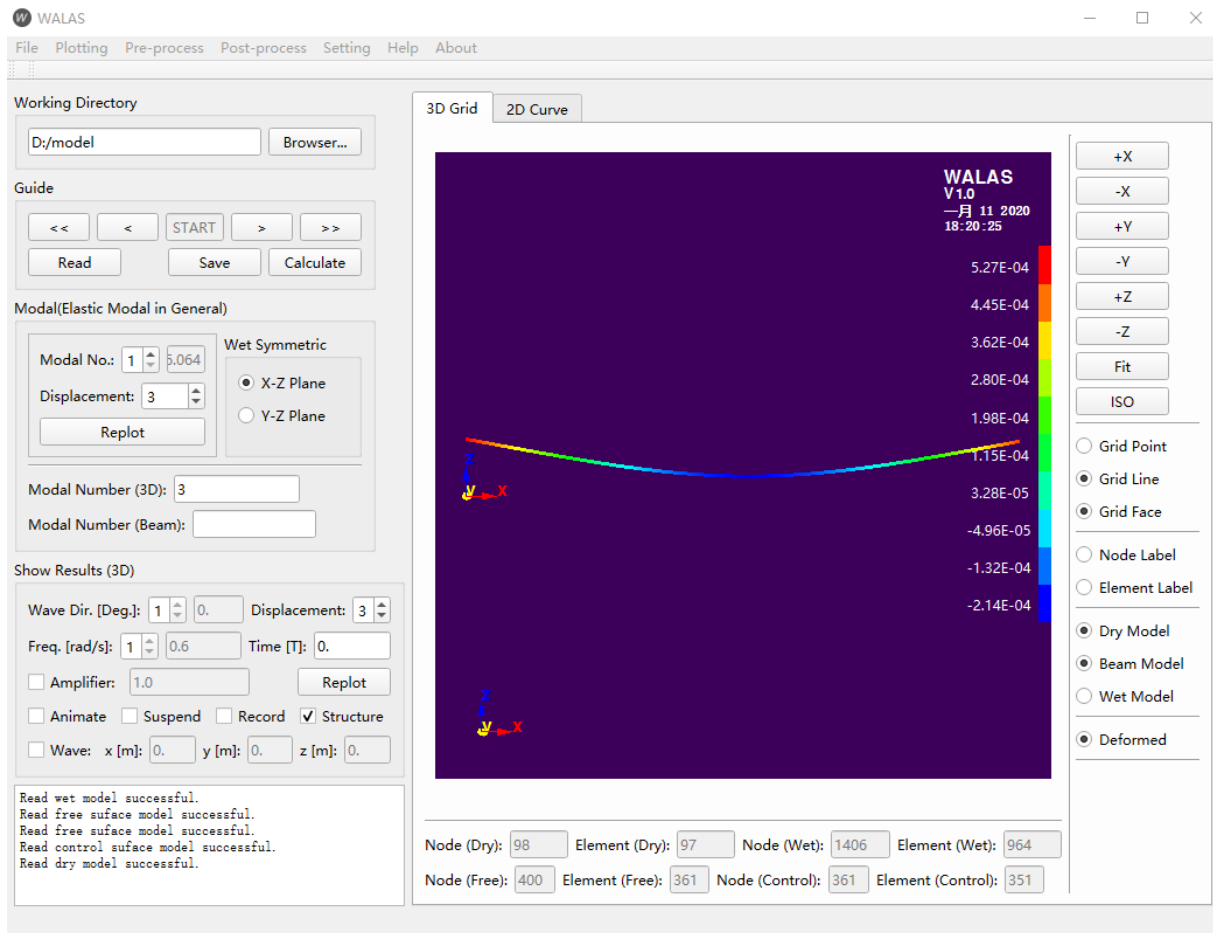


Fig. 12 Beam FEM 模型



### 3.1.8. 查看湿模态模型

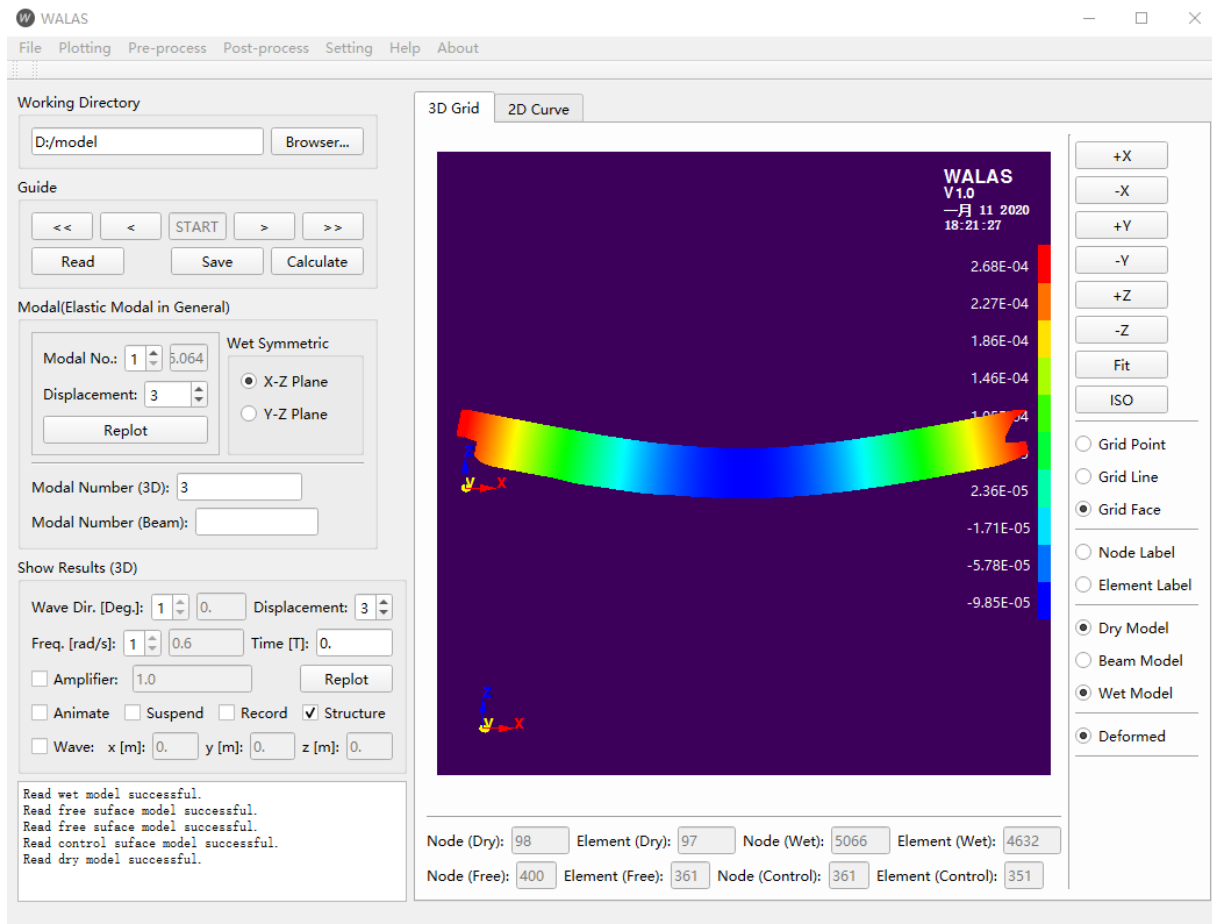


Fig. 13 湿模型

## 3.2. 前处理

### 3.2.1. 划分网格

#### (1) 划分船体网格

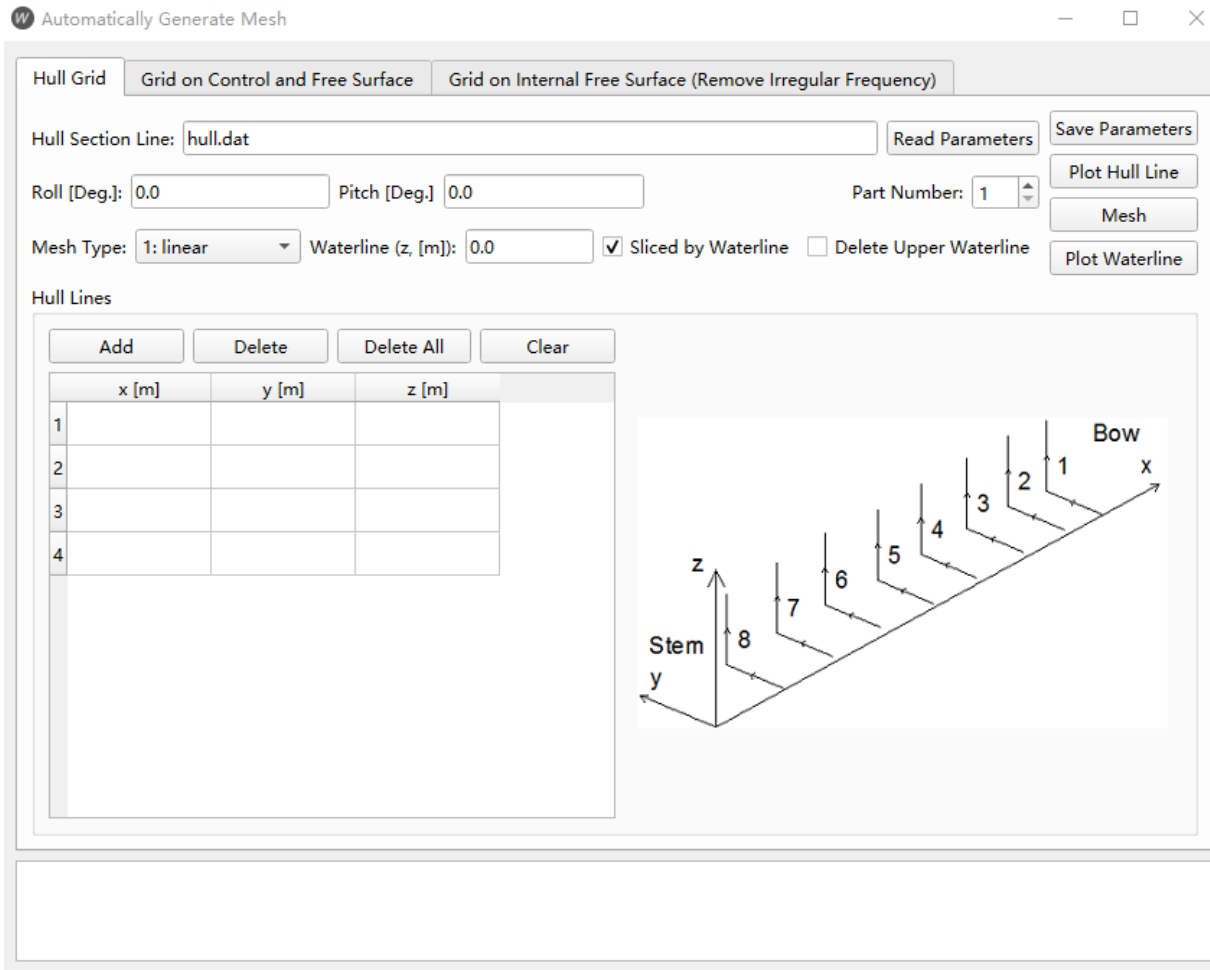


Fig. 14 船体网格

## (2) 划分自由面和控制面网格



Automatically Generate Mesh

Hull Grid   Grid on Control and Free Surface   Grid on Internal Free Surface (Remove Irregular Frequency)

Parameters of Virtual Control Surface and Free Surface

Mesh Model Symmetric: ☐ 1/4   ☒ 1/2   ☐ Full

Control Surface Type: ☒ Sphere or Ellipsoid   ☐ Cylinder   ☐ Square

Slice Number(Control Surface): x Slice: 100   y Slice: 100

Mesh Type: 1: linear

Specified Middle Point of Water Line: 1

Control and Free Surface Size: a [m]: 400   a1 [m]: 400   b [m]: 100   b1 [m]: 100   c [m]: 50   x [m]: 150

Control Surface Element Size: xNum: 40   yNum: 20   zNum: 10

Free Surface Element Size: xNum1: 100   xNum2: 20   xNum3: 20   yNum: 20

Read Parameters   Save and Generate   Mesh Control Surface   Mesh Free Surface

Notes: Only for 'Square', variables a1 and b1 have effects. a1 can be different to a, and b1 can be different to b.

Fig. 15 自由面和控制面

## (3) 划分内部自由面网格

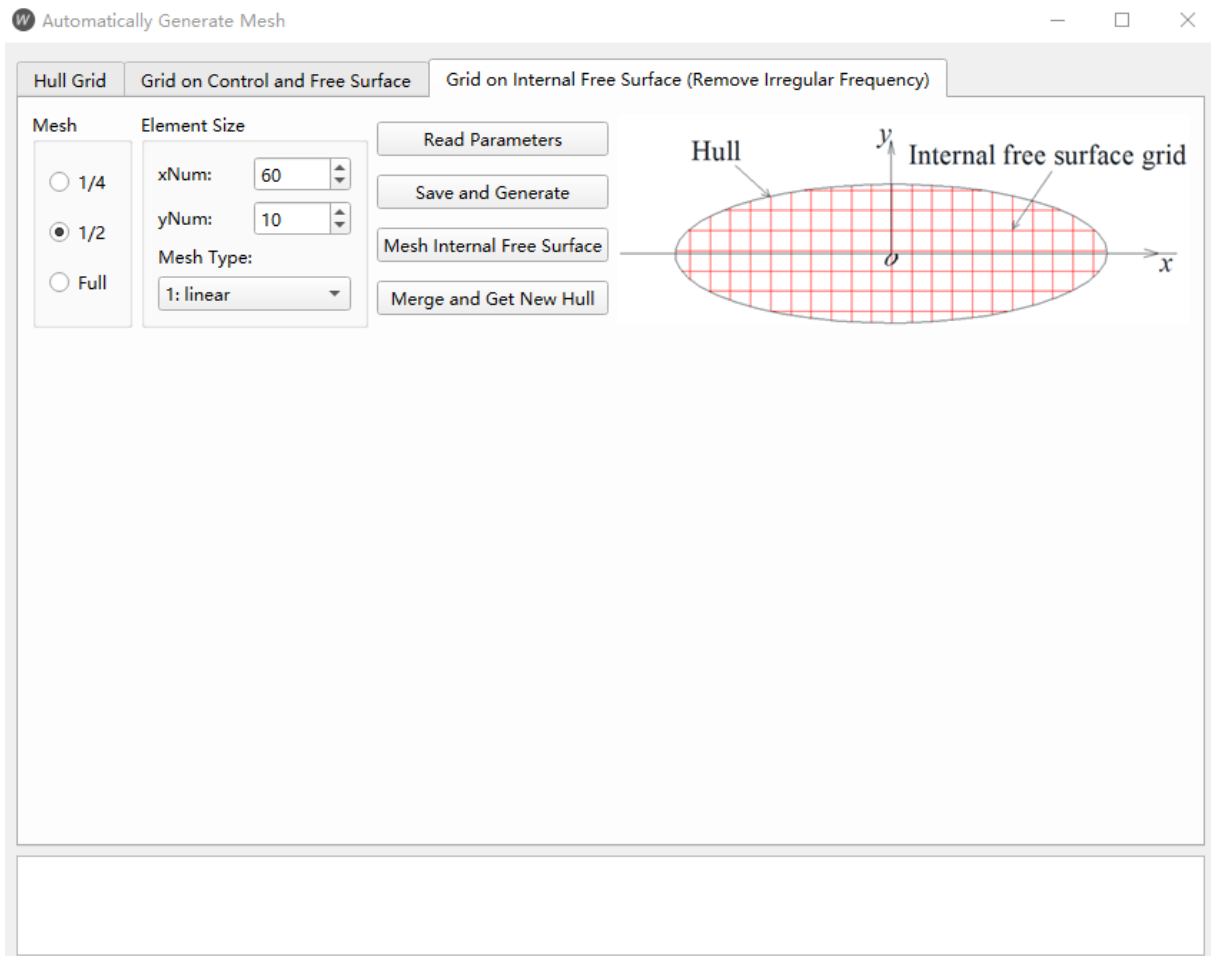


Fig. 16 内部自由面



### 3.2.2. 网格切分

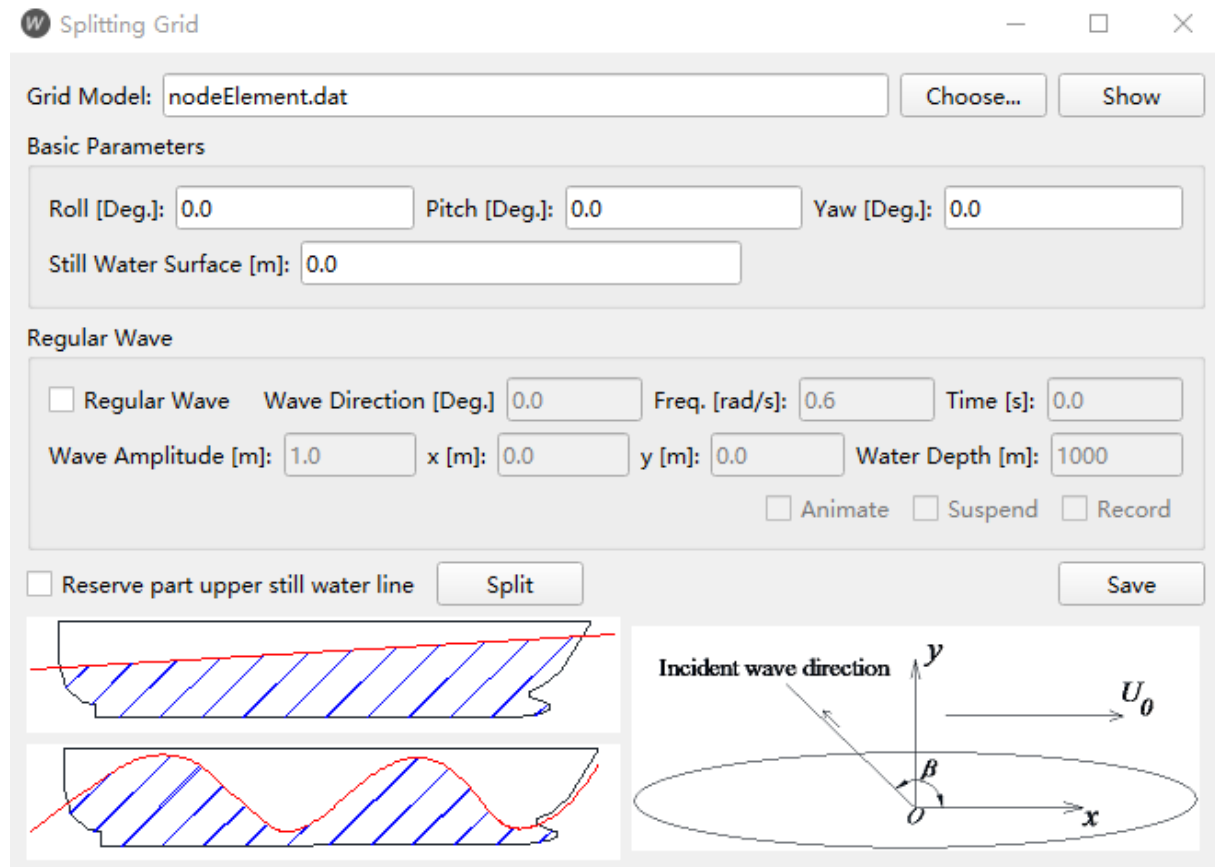


Fig. 17 网格切分

### 3.2.3. 均匀等截面直 Beam 振动频率预报

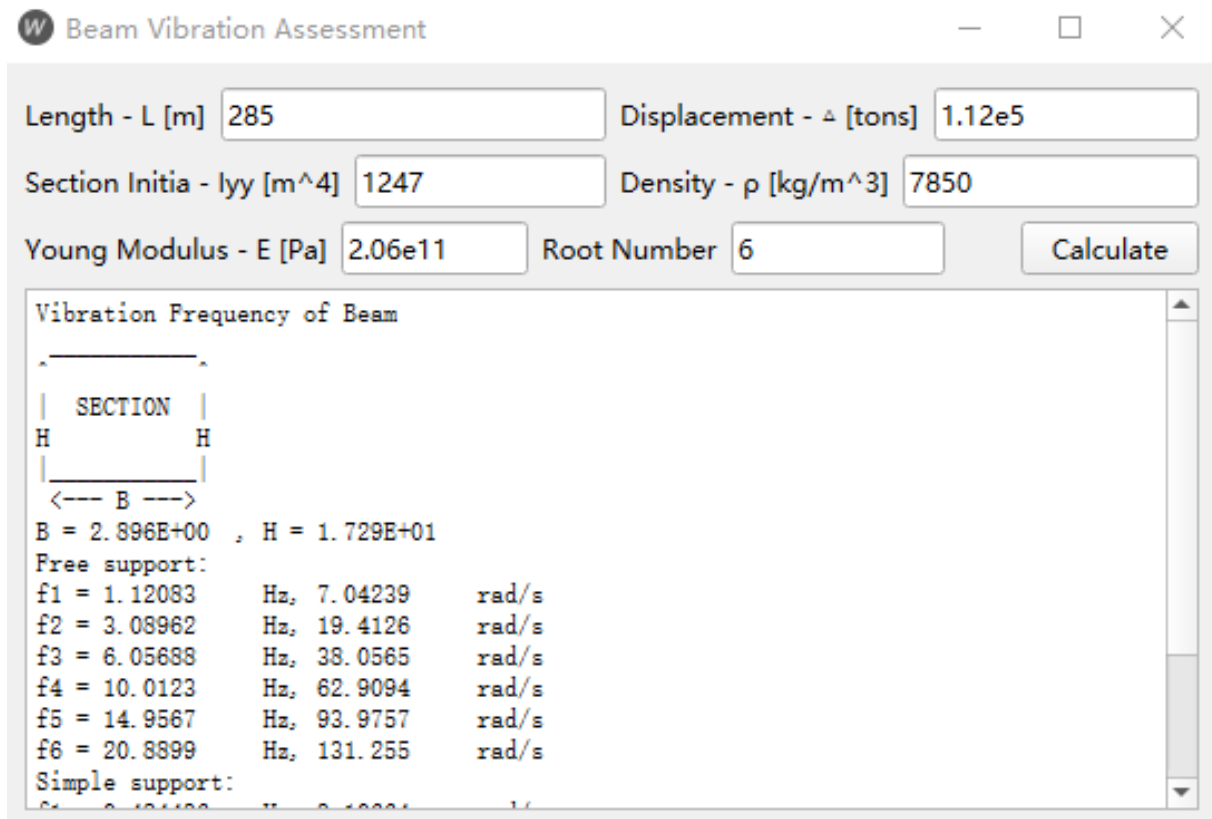


Fig. 18 梁频率预报





### 3.3. 参数输入

#### 3.3.1. Step 1-以 Patran 的.bdf 和.f06 文件作为湿面元和干面元输入

W Step 1

Nastran(.bdf and .f06) Results Input (Only for hydroelastic analysis)

Dry Grid and Modal Wet Grid Model

Dry Grid (.bdf): ship\_dry.bdf Open...

Dry Modal (.f06): ship\_dry.f06 Open...

Wet Grid

Wet Grid (.bdf): ship\_wet.bdf Open...

The coordinate systems of dry structural model and wet model:  
x minus axis points to bow, y minus axis points to port, z minus axis points to above, which obeys right-hand rule.  
The origin of dry structural model in the wet model coordinate system is:

x [m]: 0. y [m]: 0. z [m]: 0.

☐ Include Rigid Modal ☒ Continuous Elastic Modal ☐ Beam Modal Elasticity Modal Number: 0

☐ Overwrite

Pre-Calculate

Main Informations

Lpp [m]: 300

Water Line Z [m]: 0.0

☒ About Gravity Center ☐ Pressure

☐ About Calm Surface Center ☐ Wave High

Parameters in Time Domain

Start Time(Non-dimension): -6.0

End Time(Non-dimension): 6.0

Interval Time(Non-dimension): 0.1

Fig. 19 Step 1



### 3.3.2. Step 2-重心和惯性矩

Step 2

Center of Gravity

x [m]: 0.0 y [m]: 0.0 z [m]: 0.0

Model Inertia

lxx [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0 lyy [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0 lzz [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0

lxy [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0 lxz [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0 lyz [kg.m<sup>2</sup>]: 0.0

Fig. 20 Step 2

### 3.3.3. Step3-航速、流体密度、重力加速度和水深

Step 3

Forward Velocity - U [m/s]: 0.0

Fluid Density -  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]: 1025.0

Gravity Acceleration - g [m/s<sup>2</sup>]: 9.81

Fluid Depth

☐ Infinite

☒ Finite 300.0 [m]

Fig. 21 Step 3



### 3.3.4. Step4-波浪频率或周期

The dialog box titled "Step 4" contains the following elements:

- Frequency or Period** section with two radio buttons:
  - ☒ Frequency [rad/s]
  - ☐ Period [s]
- Start:** Input field with value 0.1
- Step:** Input field with value 0.1
- End:** Input field with value 2.0
- Buttons: Fill, Add, Delete, Delete All, Clear
- A table with one header "value" and an empty body.

Fig. 22 Step 4



### 3.3.5. Step5-浪向

W Step 5

Wave Direction:

Start: 0

Step: 45

End: 180

Fill Add Delete Delete All Clear

Angle [Deg.]

Angle [Deg.]
--------------

Fig. 23 Step 5



### 3.3.6. Step6-插值频率点和人工粘性系数

W Step 6

Frequency number for interpolation: 500

☐ Include Rigid Modal

Viscous Damping Coefficients of Rigid Motions:

C11:	0.0	C22:	0.0
C33:	0.0	C44:	0.0
C55:	0.0	C66:	0.0

Viscous Damping Coefficients of Elastic Modals:

Number: 0

Same Value: 0.05

Fill Add Delete Delete All Clear

Value
-------

Fig. 24 Step 6



### 3.3.7. Step7-重量分布（用于载荷计算）和载荷剖面

Step 7

Mass Points Distribution

☐ From File:  Open...

☒ Input number: 0

Fill Add Delete Delete All Clear

Mass [kg]	x [m]	y [m]	z [m]	Ixx [kg.m^2]
-----------	-------	-------	-------	--------------

Inertia Matrix (Above)

Calculate Mass:  COG:

	X	Y	Z	
X	0.	0.	0.	0.
Y	0.	0.	0.	0.
Z	0.	0.	0.	0.

Wave Load Sections

☐ From File:  Open...

☒ Input number: 0

Fill Add Delete Delete All Clear Bow

x [m]	y [m]	z [m]
-------	-------	-------

Fig. 25 Step 7

## 3.4. Solution 选择

Solution

Frequency Domain Multi-model Connectors

Parallel Processing at thread level ☒ Restart to Calculate Hydrodynamic Coefficient

Frequency Level: 4 Number of Elastic Models: 0

Element Level: 1 Project Name: project1

Input File: case1.in Read Save Calculate

Time Domain Mooring Configuration Wave Parameters Initial Conditions

☒ Indirect Method from results in frequency domain

☐ Direct Method (Time Domain Green Function) - WALET\_TDGF

☐ Direct Method (Rankine Source) - WALET\_IORM

Impulse Response Function

☐ Directly Read

☒ Calculated by RAO

F-K Force

☐ Impulse Response Function

☐ Instantaneous Wet Surface

☒ RAO

Restoring Static Force

☒ Linear

☐ Nonlinear

☐ Consider Slamming

Input File (main): case1.in Choose Calculate Hydrodynamic Coefficients

Input File (wave): wave.in Read Save Calculate Responses

Fig. 26 Solution type



## 3.5. 后处理和计算结果查看

### 3.5.1. 基本计算结果查看

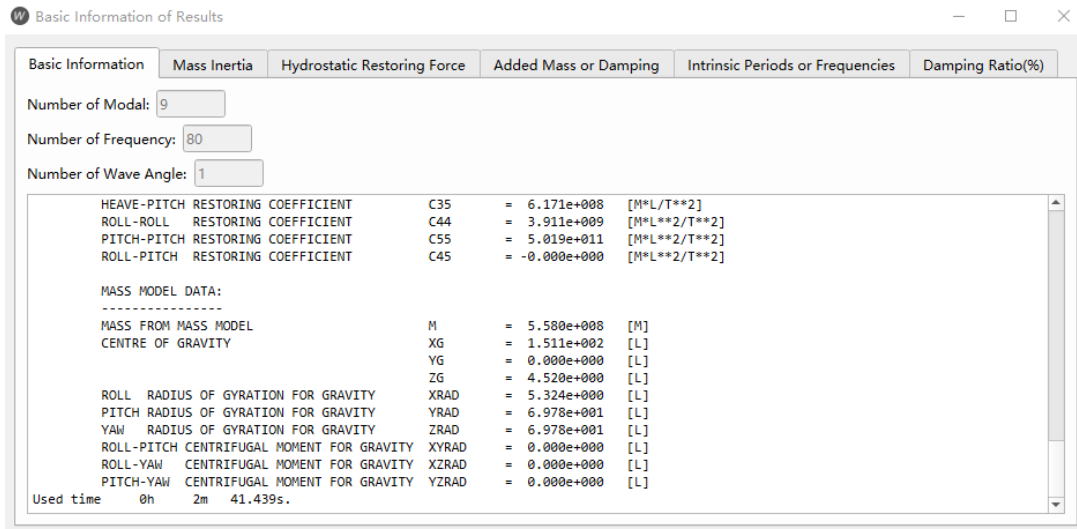


Fig. 27 基本结果

### 3.5.2. 频域结果查看和绘图

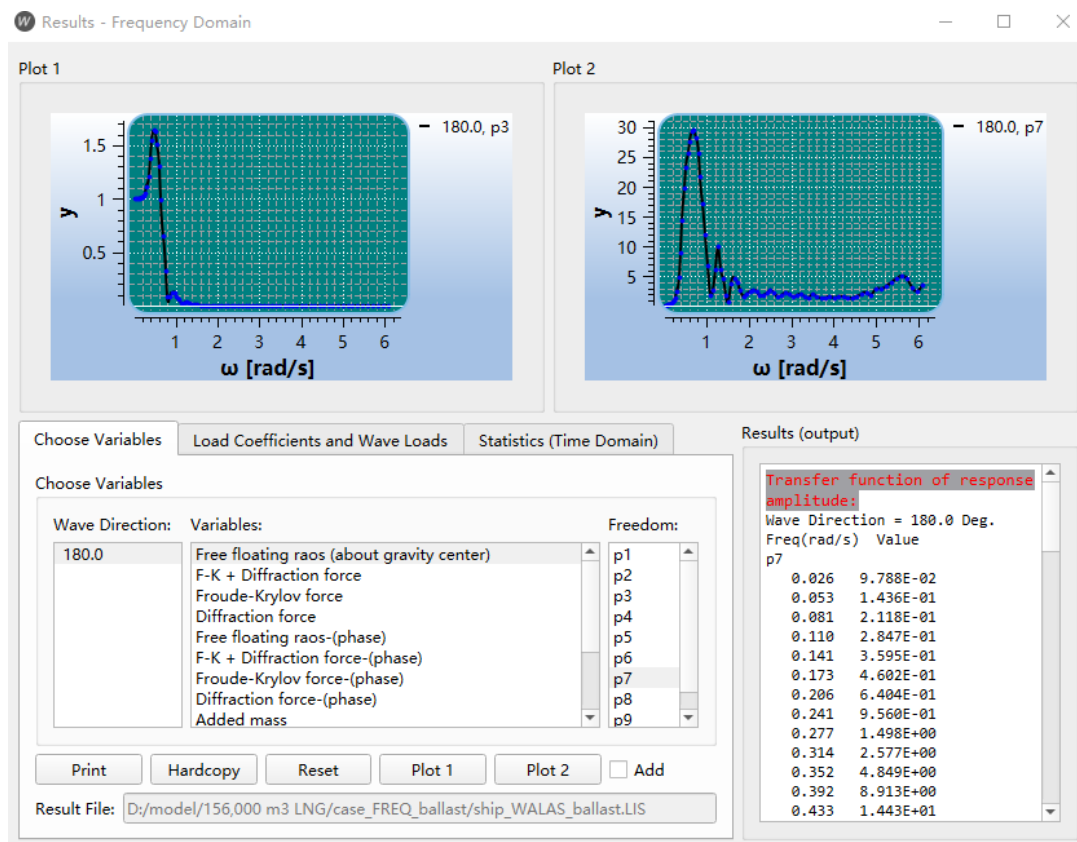


Fig. 28 频域结果



### 3.5.3. 时域结果查看和绘图

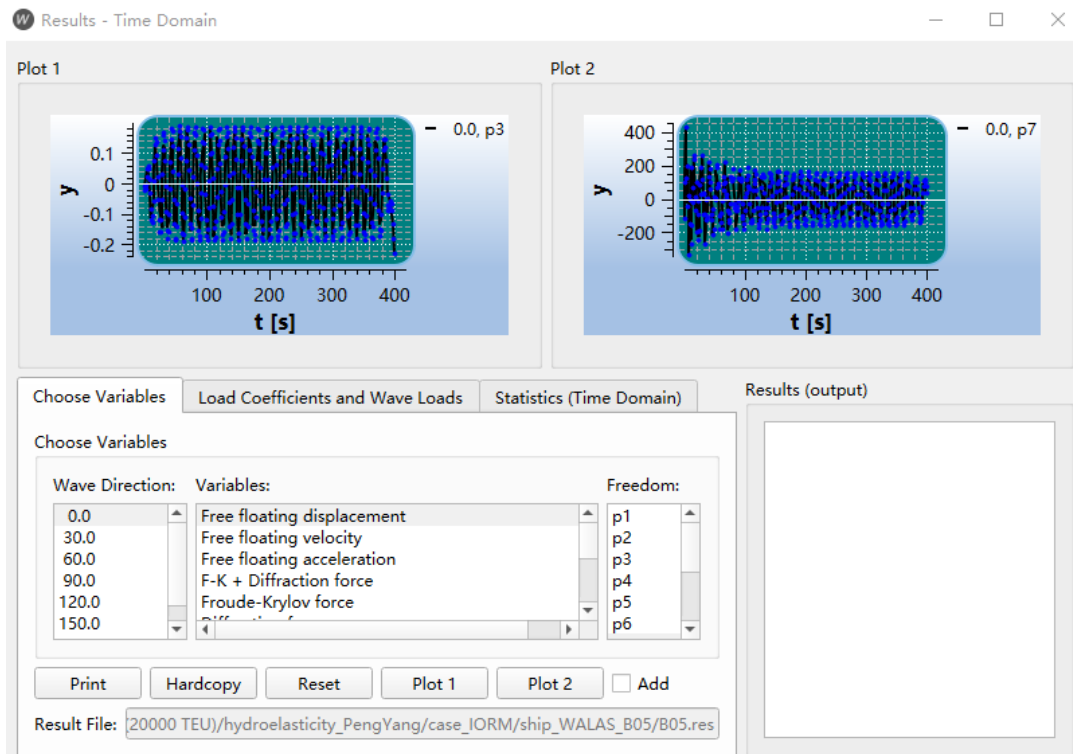


Fig. 29 时域结果

### 3.5.4. 短期预报

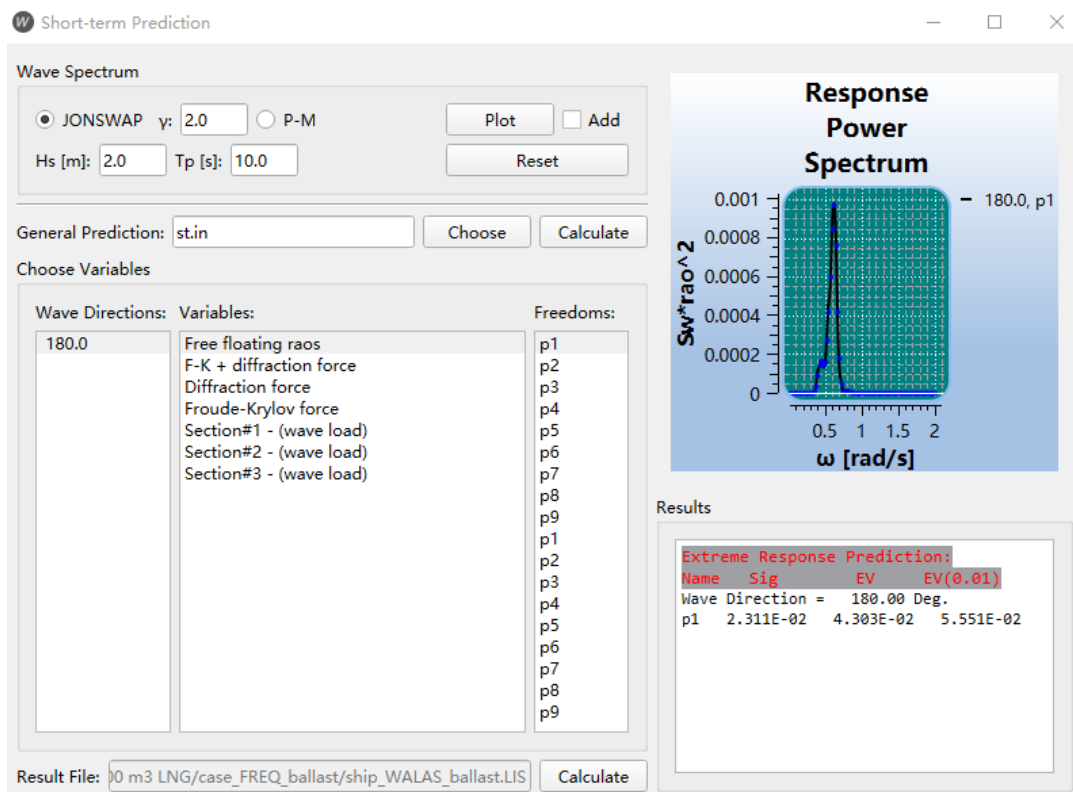






Fig. 30 短期预报

### 3.5.5. 长期预报和疲劳分析

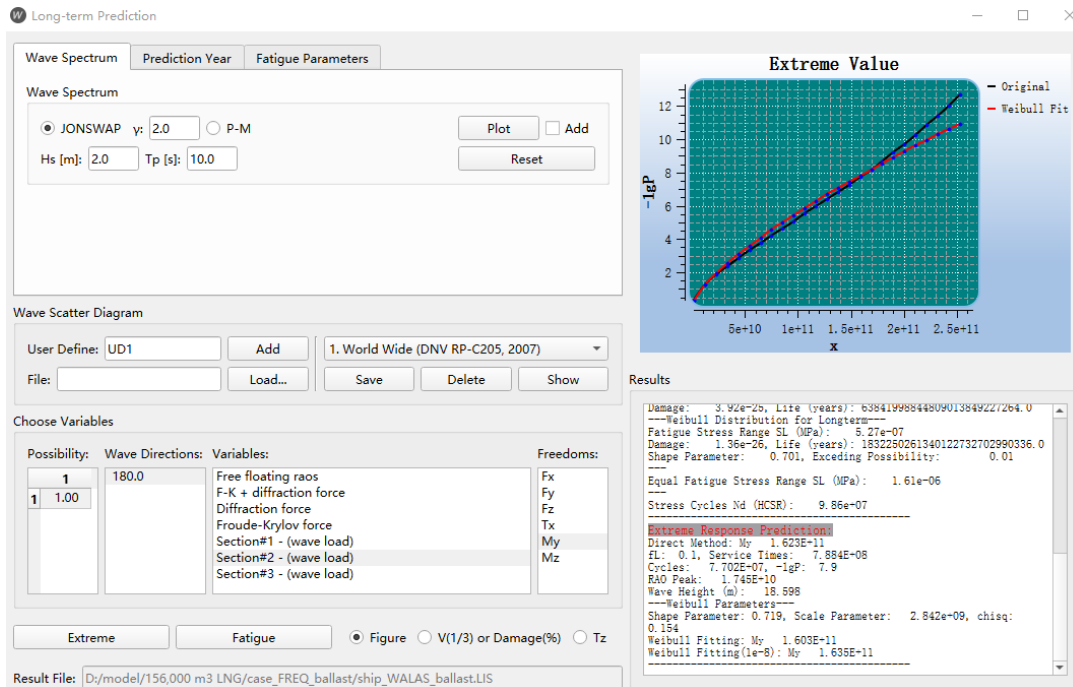


Fig. 31 长期预报

### 3.6. 基本定义参考说明

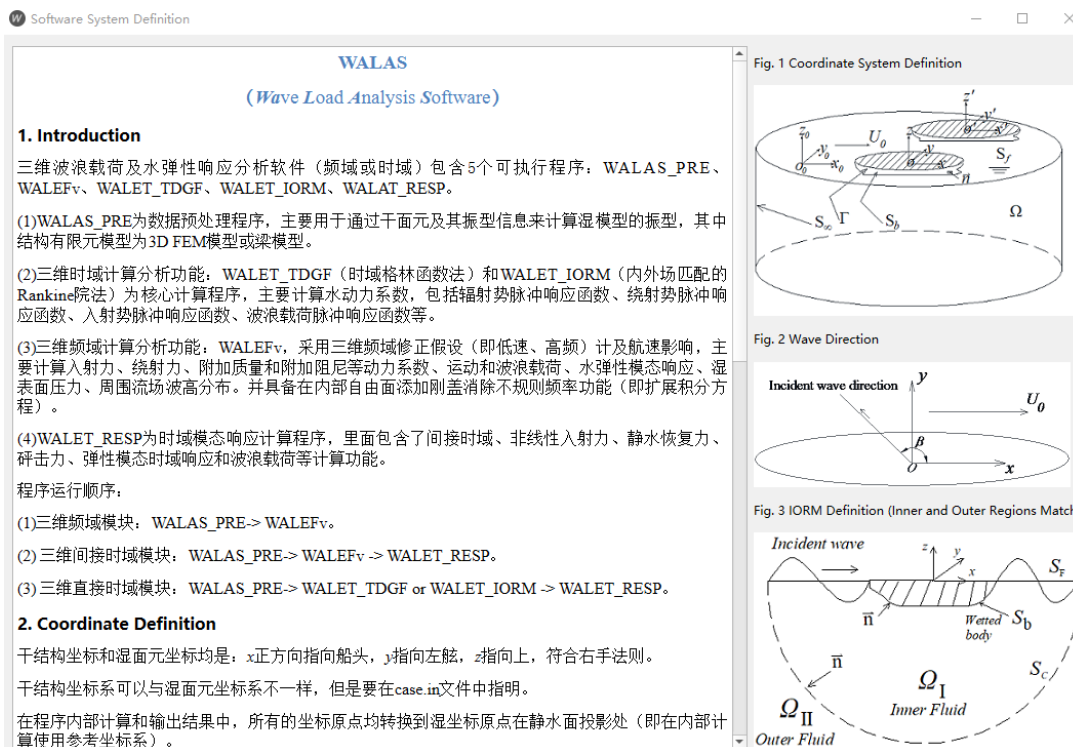


Fig. 32 基本定义





## 4. 文本输入说明

四个输入文件：case.in, ship1.in, ship\_wet.bdf, ship\_dry.bdf, ship.f06。

### 4.1. 主输入文件（case.in）

输入参数的文件，主要包括程序的控制参数，不需要经常修改。

#### 4.1.1. 输入文件标识

*JOB WALAS MULTI*

#### 4.1.2. 并行参数

*threadNumFreq threadNumElem*

threadNumFreq: 线程并行数量（频率并行）

threadNumElem: 线程并行数量（单元并行）

#### 4.1.3. 模块水动力耦合控制参数

*STRCNUM startCoupleNo*

STRCNUM: 模块数量

startCoupleNo: 开始耦合模块编号

#### 4.1.4. 模态控制参数

*modalNum wetDryFlag restartFlag dampFlag\_con*

modalNum: 模态数量(包括刚体和弹性体模态)

wetDryFlag: 连接器节点来自湿面元或干面元；0:湿面元，1:干面元，含有弹性模态时必须为来自干面元

restartFlag: 是否重新计算水动力系数, 0: 否, 1: Yes

dampFlag\_con: 人工粘性阻尼为阻尼比还是阻尼系数；0:damping ratio, 1: coefficient

#### 4.1.5. 模块的输入文件

*file[n]*



$x[n] \ y[n] \ z[n]$

*FIXED*

*Damp1 Damp2 Damp3 .....*

**Note:**

file[n]: 以双引号括住

$x[n] \ y[n] \ Rz[n]$ : ( $x, y$ )为浮体需要移动的向量,  $Rz$  以当前浮体重心为旋转点绕  $z$  轴旋转角度 (单位: 度)

*FIXED*: 浮体是否固定, 0: No, 1: Yes

*Damp[n]*: 阻尼比或阻尼系数 (由 *DampFlag* 决定, 包含 6 个刚体模态+*ElasNum* 个弹性模态)

#### 4.1.6. 连接器

*CONNUM*

*strcNo1 pointNo1 strcNo2 pointNo2 stiff1 stiff2 stiff3 stiff4 stiff5 stiff6*

*CONNUM*: 连接器数量

*strcNo1*、*strcNo2*: 浮体编号

*pointNo1*、*pointNo2*: 节点编号

*stiff1 stiff2 stiff3 stiff4 stiff5 stiff6*: 平动和转动方向的刚度

## 4.2. 各模块输入文件 (ship1.in)

参数输入文件 (最重要的文件), 主要包括模型信息。

### 4.2.1. 输入文件标识

*JOB WALAS*

### 4.2.2. 湿面元网格信息文件名

以双引号括住



#### 4.2.3. 干面元网格细心文件名

以双引号括住

#### 4.2.4. 干面元的节点模态信息

以双引号括住

#### 4.2.5. 湿面元模态信息

以双引号括住

#### 4.2.6. dudx (湿面元)

以双引号括住

#### 4.2.7. 特征参数

*Lpp SwlHeight ISOFLAG NORMALFLAG ORIGINFLAG PRESFlag WHPFlag nonTimeStart  
nonTimeEnd nonDt*

Lpp: 特征长度, 一般取浮体垂线间长;

SwlHeight: 静水线高度 (相对于湿面元坐标系);

ISOFLAG: 浮体湿面元对称标志, 无对称面为 0, 左右对称为 1, 两个对称面取 2

NORMALFLAG: 湿面元法向标志, 方向朝船体内部为 1, 外部为 -1; 对 Rankine 源 (IORM)

方法中自由面和虚拟控制面的网格法向也是与船体一致, 同时指向内场流体, 或者外部。

ORIGINFLAG: 0 表示以湿坐标系中坐标原点之上静水面点为原点, 1 表示以重心为原点

PRESFlag: 是否计算物面压力的标志, 0 表示不计算, 1 表示计算

WHPFlag: 是否计算波高标志, 0 表示不计算, 1 表示计算

nonTimeStart: 无量纲化起始时间

nonTimeEnd: 无量纲化结束时间

nonDt: 无量纲化时间间隔



#### 4.2.8. 重心坐标

$X_g Y_g Z_g$

相对于湿面元坐标系

$X_g$ : 重心坐标  $x$  坐标

$Y_g$ : 重心坐标  $y$  坐标

$Z_g$ : 重心坐标  $z$  坐标

#### 4.2.9. 惯性矩

$I_{xx} I_{yy} I_{zz} I_{xy} I_{xz} I_{yz}$

相对于重心

$I_{xx}$ : 绕  $x$  轴主惯性矩

$I_{yy}$ : 绕  $y$  轴主惯性矩

$I_{zz}$ : 绕  $z$  轴主惯性矩

$I_{xy}$ : 关于  $xy$  平面惯性矩

$I_{xz}$ : 关于  $xz$  平面惯性矩

$I_{yz}$ : 关于  $yz$  平面惯性矩

#### 4.2.10. 干结构坐标系原点在湿坐标系中的位置

$D_{ryx} D_{ryy} D_{ryz} T_z$

$D_{ryx}$ : 干结构坐标系原点的  $x$  坐标

$D_{ryy}$ : 干结构坐标系原点的  $y$  坐标

$D_{ryz}$ : 干结构坐标系原点的  $z$  坐标

$T_z$ : 剖面扭心（或剪心）相对于垂向弯曲中和轴位置（Beam 模型中起作用）



#### 4.2.11. 航速、密度、重力加速度

*Vel Rho G*

航速向前为正

#### 4.2.12. 水深

*DepthFlag Depth*

DepthFlag: 水深标志, 有限水深为 0, 无限水深为 1

Depth: 水深, 只在水深标志位 0 时起作用

#### 4.2.13. 频率

*FreqFlag FreqNum*

*[FreqStart FreqEnd] [Freq1 Freq2 Freq3 .....]* (6 个一行)

FreqFlag: 频率标志, 为 0 表示后面的频率连续间隔取值, 1 表示离散数值

FreqNum: 频率个数

FreqStart: 频率起始值, 只在 FreqFlag 为 0 时存在

FreqEnd: 频率结束值, 只在 FreqFlag 为 0 时存在

Freq[n]: 频率数值, 只在 FreqFlag 为 1 时存在

#### 4.2.14. 浪向

*DirFlag DirNum*

*[DirStart DirEnd] [Dir1 Dir2 Dir3 .....]* (6 个一行)

DirFlag: 浪向标志, 为 0 表示后面的浪向连续间隔取值, 1 表示离散数值

DirNum: 浪向个数

DirStart: 浪向起始值, 只在 DirFlag 为 0 时存在

DirEnd: 浪向结束值, 只在 DirFlag 为 0 时存在



Dir[n]: 浪向数值, 只在 DirFlag 为 1 时存在

#### 4.2.15. 加密的频率个数

*MoreFreqNum*

利用样条插值水动力系数、波浪激励力, 然后求解模态主坐标响应结果

#### 4.2.16. 弹性模态数量

*RigidFlag ElasFlag ElasNum*

*[Elas1 Elas2 Elas3 Elas4 Elas5 .....]*

RigidFlag: 刚体模态标志, 为 0 表示干结构节点和湿面元文件中不包含刚体模态, 而由程序自动生成刚体模态, 一般取此值; 为 1 表示干结构节点和湿面元文件中包含刚体模态

ElasFlag: 弹性模态标志, 为 0 表示后面的模态数量取前 ElasNum 个弹性模态

ElasNum: 弹性模态数量

Elas[n]: 第 n 个模态, 仅在 ElasFlag 取 1 时存在

#### 4.2.17. 人工附加阻尼

*DampFlag1 DampFlag2*

*Damp1 Damp2 Damp3 .....]*

DampFlag1: 阻尼标志 1, 为 0 表示后面的值是阻尼比, 为 1 表示是阻尼系数

DampFlag2: 阻尼标志 2, 为 0 表示所有模态的阻尼一样 (后面只需填写 Damp1), 为 1 表示不一样

Damp[n]: 阻尼比或阻尼系数 (由 DampFlag 决定, 包含 6 个刚体模态+ElasNum 个弹性模态)

#### 4.2.18. 质量点 (用于计算载荷)

*massPointNum*

*mass[n] x[n] y[n] z[n] Ixx[n]*





.....

massPointNum: 质量点个数, 不计算载荷填 0

mass[n]: 质量点的质量

x[n] y[n] z[n]: 质量点的坐标

Ixx[n] 绕 x 轴惯性矩

#### 4.2.19. 载荷剖面

*secNum waveLoadSymbol*

*x [n] y[n] z[n]*

secNum: 载荷剖面数量

x[n] y[n] z[n]: 载荷剖面的计算原点

waveLoadSymbol: 波浪载荷积分是考虑船尾部分还是船艏部分, -1: 船艏, 1: 船尾

#### 4.3. 时域计算中波浪输入参数 (wave.in)

##### Example:

```
0          0          0          0
0
5e+05      5e+06      0          0          0          1e+10
20
"B01"
0          2          62.832
3          1200      800      900
6
0          0
0          0
0          0
0          0
0          0
0          0
"B02"
```



0	2	31.416	
3	1500	1000	1100
6			
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		
"B03"			
0	2	20.944	
2	800	650	750
6			
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		
0	0		

#### 4.3.1. IPL, FKI, NONLSTF, SLM

IPL: 脉冲响应函数标志, 0: 直接读取; 1: 通过频域中附加阻尼和质量计算

FKI: 入射波浪力标志, 0: 采用脉冲响应函数 (即线性波浪力), 1: 直接在时域里面进行压力面积分 (即非线性波浪力)

NONLSTF: 非线性静水力标志, 0: 线性, 1: 非线性

SLM: 砰击力标志, 0: 不考虑; 1: 考虑砰击

#### 4.3.2. MRL, moorPointFixedNum, wetDryFlag

MRL: 系泊力标志, 0: 表示直接采用 6 个刚度线性弹簧刚度

moorPointFixedNum: 系泊点数量



wetDryFlag: 系泊点类型标志

#### 4.3.3. caseNum

caseNum: 工况数量

"B01"

0	2	62.832
3	1200	800 900
6		
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	

#### 4.4. slm.in

该文件为在时域中计算颤振响应的砰击参数文件。

标准格式如下:

X1 x2  
No  
Point1  
Point2  
...  
PointN

解释如下:

X1: 从船艏到 x1 考虑砰击

X2: 从 x2 到船艏考虑砰击

No: 要输出砰击压力的湿单元数量 (后面的单元序号遵从单元号从 1 按顺序连续编号原则, 非 nodeElement 文件中的单元编号, 且为全模型编号)

Point1: 单元#1



Point2: 单元#2

Point3: 单元#3

**例子:**

50    330

3

147

148

149

#### 4.5. flareSIm.ini

该文件为砰击压力计算公式。程序内部有默认砰击压力计算公式（Stavovy & Chuang），如果该文件不存在，则采用程序内部默认计算公式。

**标准格式:**

No

x1    y1

x2    y2

x3    y3

...

xn    yn

#### 4.6. ship.f06

该文件为 MSC/Nastran 计算的结果文件，保存了干面元节点模态信息。

#### 4.7. ship\_dry.bdf

该文件为从有限元模型中保存的文件，保存着干结构面元节点和单元信息。该文件用于 WALAF\_PRE 程序中与 ship\_wet.bdf 匹配，从 ship.f06 中计算出湿面元的模态信息。

为了方便可以直接从 ship.f06 的.bdf 文件中复制过来，也可以从干结构有限元模型中重新提取（只保留浮体表面的单元，**切忌**保存编号不变），而 ship.f06 对应的.bdf 文件保存了模态计算时所有节点的。

#### 4.8. ship\_wet.bdf

该文件保存了湿面元的节点和单元信息。因为一般是干结构面元尺寸小于湿面元，因此要



---

重新制作湿面元文件，但是也可以保持两者的面元模型一样。



## 5. 输出说明

### 5.1. 水动力系数文件-频域（二进制格式）

case.hyd, 包括了波浪力、附加质量和附加阻尼、恢复力矩阵等。

### 5.2. 水动力系数文件-时域（二进制格式）

impulse.hyd, 包括了入射波浪力 Fkr、绕射波浪力 Fdr 和辐射效应脉冲响应函数 Krs。

### 5.3. 频域结果汇总文件（文本格式）

(1) case.LIS 总体基本信息结果

(2) ship1.LIS-各模块结果

### 5.4. 时域结果汇总文件（文本格式）

(1) ship1\_TIM.LIS-时域总体基本信息结果

(2) ship1\_t2f.LIS-时域程序获得的频域结果或传递函数结果

### 5.5. 三维模型输出文件

(1) nodeElement\_walas.plt: Tecplot 格式, 水线以上面元删除。

(2) whole.DXF, nodeElement\_walas.DXF: Autocad 格式, 全模型（对称后, 不删除水线上面元）。



## References

- [1] Wu, Y.S., 1984, Hydroelasticity of floating bodies. Ph.D., Thesis, Brunel University, U.K.
- [2] Yang P, Gu XK, Tian C, Cheng XM, Ding J. 2014. Numerical Study of 3D Pulsating Source Green Function of Finite Water Depth, Proceedings of the 33th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE), San Francisco, California, USA, June.
- [3] Yang, P., 2016. 3D Nonlinear Hydro-elastic Response Study of Ships in Time Domain (Doctoral thesis,). China Ship Scientific Research Center, Wuxi, China. (In Chinese).
- [4] Yang P, Ye MX, Li JC, et al. 2018. Mathematical derivation of simplified calculation of symmetrical green function. Chinese Journal of Ship Research, 13(Supp 1): 22-28.
- [5] Yang P, Kou GY, Zhu XK, et al. 2019. Numerical calculation method for wave loads of floating structures in shallow water. Chinese Journal of Ship Research, 14(1): 19-26.
- [6] Yang P, Li JR, Gu XK, Wu DW. 2019. Application of the 3D time-domain Green's function for finite water depth in hydroelastic mechanics. Ocean Engineering, 189.
- [7] Yang P, Li JR, Wu DW, Zhang W. 2020. Irregular Frequency Elimination of Three-Dimensional Hydroelasticity in Frequency Domain. Ocean Engineering, 196.
- [8] GSL - GNU Scientific Library. 2019. <http://www.gnu.org/software/gsl/>.
- [9] Qt. 2019. <https://www.qt.io/>.
- [10] Qwt. 2019. <http://qwt.sourceforge.net/>.
- [11] Opencv. 2019. <https://opencv.org/>.