

Research on Series Form Transformation and Automatic Drawing Grid

Guangfei Shi¹, Xiaobin Ke²

¹Wuhan Technical College of Communications, Wuhan

²School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan

Email: 393058012@qq.com

Received: Mar. 28th, 2014; revised: Apr. 21st, 2014; accepted: May 2nd, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Serial ship models are often used in the research of ship performance, so that the object has a continuous change in the study. This article discusses the general principles of how to get the series of ship model, and realizes the change process combining with the Maxsurf software. On the basis of the serial ship models, how to mesh them in the CFD research is discussed. In order to make full use of the similarity of hull form of serial ship models, we try to study grid autogeneration of the serial ship models through the JOU file of the Gambit. This method has simple principles with great practical value, and it can save time when there are a lot of ship models.

Keywords

Series of Ship Model, Maxsurf, Grid Auto-Generation, Gambit

系列船型变换与自动画网格研究

师光飞¹, 柯泉冰²

¹武汉交通职业学院, 武汉

²武汉理工大学交通学院, 武汉

Email: 393058012@qq.com

收稿日期: 2014年3月28日; 修回日期: 2014年4月21日; 录用日期: 2014年5月2日

摘要

在船舶性能的研究中，经常会用到系列船型，以便使研究的对象有连续的变化。本文探讨了得到系列模型的一般原理，并结合Maxsurf软件实现船型变换过程。在系列船型的基础上，进一步讨论在数值计算的网格划分工作。为了充分利用系列船型的相似性，基于Gambit中的jou文件尝试系列船型自动建立计算域与网格的划分。该方法原理简单，实用性强，当系列船型数量较多时，该方法可以节省时间。

关键词

系列船型, Maxsurf, 自动动画网格, Gambit

1. 引言

在科学研究中，经常会用到单一变量法。单一变量法的原则是指只改变其中一个自变量，其他自变量不变，然后研究这个自变量对因变量的影响。这种方法排除了其他因素的影响，能够对所研究的对象的作用有较清楚的认识。在船舶性能的研究中，系列船型的研究方法即是这种普遍方法的应用[1]。

由于船舶自身形状的复杂性和船舶运动介质的复杂性，目前还不能用理论计算方法来定量确定船型诸参数对船舶受力情况的影响，只有借助于船模系列试验，其中，较为著名的船模系列有泰勒标准组船模系列和陶德系列 60 [2]，前者以某军舰作为母型船，后者则选取了 5 艘单螺旋桨运输船作为母型船。

随着计算机技术的发展和数值计算方法的改进，船舶计算流体力学(CFD)的方法越来越多地用到船舶水动力性能的研究当中。通过数值模拟系列船模试验方法，也可以计算系列数值船模来研究船型参数对船舶性能的影响。根据一定的规则对所选船型参数进行变换，而 Maxsurf 作为专业的船舶设计和建造研究软件，其中的船型变换功能可以很好地根据母型船实现不同船型的变换。

变换完成之后，将得到系列参数不同、船型形似的船模。由于划分网格部分的工作在整个计算工作中占有很大比例，如果能够利用个船型形状的相似性，较少划分网格部分的工作时间，将是非常有实用价值的。因为变换之后的船型一般有几十条甚至上百条船，能够将重复的工作时间节省，能提高工作效率，可以使精力放在更需要的地方。本文对形似船的自动动画网格方法进行了初步研究。

2. 船型变换

2.1. 船型变换与 Maxsurf 简介

2.1.1. 船型变换简介

船型变换是得到系列船型的过程。船舶的设计必须综合考虑各种因素，其中一个重要的方面是确定船型参数，就是确定表征船体水线以下部分的一些特征参数的数值与几何形状。船型参数的选择要满足船东使用要求，满足基本的安全与经济性能，此外还要顾及总体布置、工艺结构等要求。因此，了解一些主要参数对船舶各方面性能的影响程度是十分重要的[3]。

为了分析各因素对船舶总体性能的影响，就必须要将各因素单独拿出来讨论，只改变其中一个因素来分析它对船舶总体性能的影响程度。这就需要其他参数一致，只有其中一个参数不一致的系列船型。

船型变换的方法主要有两种：一为仿射变换，这种方法将船体表面上各对应坐标分别按一定比例放大或缩小(各方向的比例数值可以不一样)，从而得到不同的船型。如将母型船横剖面的半宽和水线间距都乘以常数 K ，即可得到一组仅 $\Delta/(0.01 L)^3$ 。如将横剖面的半宽乘以常数 K 而将水线间距乘以 $1/K$ ，可导

得另一组仅 B/T 不同的船模；另一种是改变线型特征的方式[4]。例如要得到 C_p 不同的船模，则要另行绘制一新的横剖面面积曲线。通常将这两种方法结合使用。如图 1 所示，分别变换不同的 L/B 和 B/H，各 3 组，一共 9 条船模[3] [5]。

2.1.2. Maxsurf 船型变换功能简介

MAXSURF 软件是由澳大利亚 Formation Design Systems 公司为船舶设计和建造者开发的，适用于各种船舶设计、分析和建造的一套非常完整的计算机辅助船舶设计和建造软件。在船舶设计方面可以说是最强的一款。与其它诸如 TRIBON、FORAN、CADD5 等大型计算机辅助船舶设计和建造系统平台相比，MAXSURF 软件由各个子模块集成而成，如三维船体模型生成模块，阻力及有效马力计算模块，水动力性能计算分析模块，水动力性能计算分析模块等。

对于船型变换，MAXSURF 中有专门的功能键。即其中的 Data-Parametric Transformation。图 2 是单击 Parametric Transformation 选项之后的窗体。

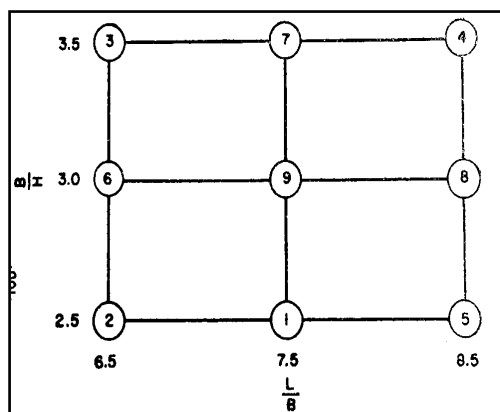


Figure 1. The typical form transformation scheme

图 1. 典型的船型变换方案图

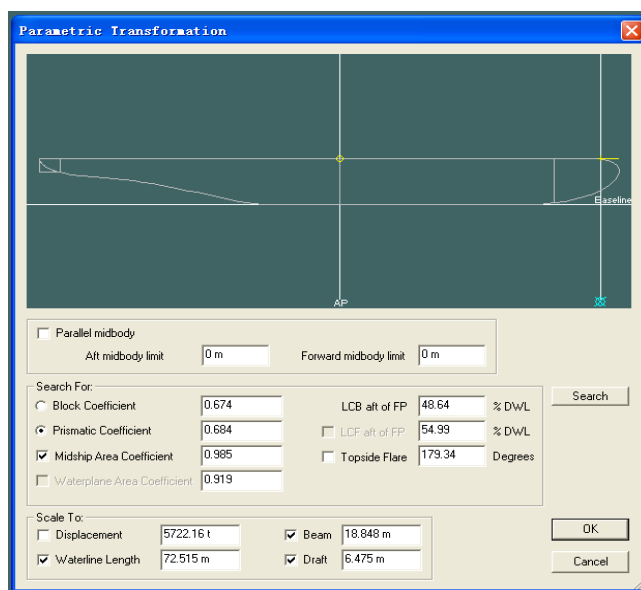


Figure 2. The windows of Parametric Transformation

图 2. Parametric Transformation 选项窗体

从窗体中可以看到，一些控制船体形状的主要参数如 C_b 、 C_p 、 Lwl 、 B 、 D 等都可以根据需要进行修改，再点击 Search 按钮则可完成船型变换。变换完成之后导出 IGES 文件，可以导入到 Gambit 或者 ICEM CFD 中进行网格划分。

2.2. 船型变换的实现

这一节我们将举例详细说明如何在 Maxsurf 中进行船型变换。

首先选取母型船。母型船可以选择一条，但进行参数变换之后，可能有不现实的船型出现，需要进行取舍。也可以选择几条，不过这多条母型船必须是一个类型，如陶德系列 60 就选取了 5 条单螺旋桨运输船作为母型船[2]。本文中选取的母型船侧视图(如图 3 所示)与基本参数如表 1 所示，其中模型缩尺比为 20，在后续的数值计算中，研究对象为各船型的模型。

在船型变换过程中保持排水量和船长不变，分别生成系列的 C_b 与 L/B ，共获得 25 个系列船型(包括母型船 C2)中，减去吃水过小和过大的、并将非常接近的方案取其中之一，剩下 20 个船型，是后续计算的模型，如表 2。

接下来就是母型船的建模，根据母型船的型值点可以在三维建模软件 CATIA 中建模，然后利用 Maxsurf 中的曲面导入功能，将保存的 IGES 文件导入 Maxsurf 中，导入时要注意长度单位的选择。导入



Figure 3. The side elevation of parent ship
图 3. 母型船侧视图

Table 1. The main parameters of parent ship
表 1. 母型船主要参数列表

Title	Real Ship	Model
L(m)	67.85	3.393
B(m)	17.25	0.863
D(m)	6.6	0.33
C_b	0.73	0.73
L/B	3.93	3.93
L/d	10.28	10.28
B/d	2.614	2.614

Table 2. The transformation plan of ship form
表 2. 船型变换方案

$C_b \backslash L/d$	9.00	10.28	12.00	15.00	18.00
0.67	A1	A2	A3	A4	A5
0.70	B1	B2	B3	B4	B5
0.73	C1	C2	C3	C4	C5
0.76	D1	D2	D3	D4	D5
0.80	E1	E2	E3	E4	E5

之后的母型船俯视图如图 4 所示。

图 5 中显示的是主菜单 Data 下面 Frame of Reference 选项，在变换之前需在这里设置吃水和船长。然后进入到 Parametric Transformation 选项。举例，如果需要得到 B2 船型，因为需要保持船舶排水量和船长不变，则先在 Displacement 和 Waterline Length 前面方框打钩，表示此值不变，再修改方形系数 C_b 为 0.7，船宽为 18.00，最后点击 Search 按钮，则可以得到所需的 B2 船型了。其余各船可依次类推，不再赘述。

3 自动动画网格

3.1. Gambit 网格功能简介

Gambit 软件是一款常用 CFD(Computational Fluid Dynamics)前处理软件，是由美国 Fluent 公司自行研发的面向 CFD 的专业网格生成软件，包括几何建模和网格划分两大功能。

Gambit 包含全面的几何建模能力，既可以在 Gambit 中直接建立点、线、面、体等几何模型，也可以从主流的 CAD/CAE 系统如 Pro/E、UGII、I-DEAS、CATIA、SolidWorks、Ansys、Patran 导入几何体和网格，Gambit 强大的布尔运算能力为建立复杂的几何模型提供了极大的方便。

而作为经典的网格划分软件，Gambit 功能非常强大，可以划分出包含边界层等 CFD 特殊要求的高质量的网格。Gambit 中专有的网格划分算法可以保证在较为复杂的几何区域可以直接划分出高质量的六面体网格。其中的 TGRID 方法可以在非常复杂的几何区域中划分出与相邻区域网格连续的非结构化的网格，

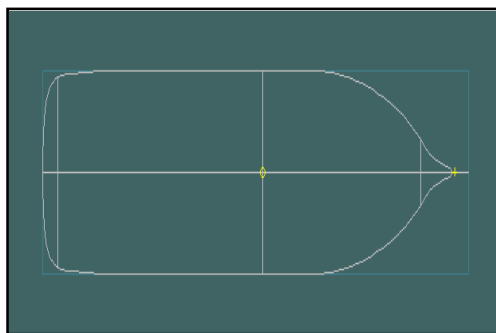


Figure 4. The vertical view of parent ship in Maxsurf
图 4. 母型船在 Maxsurf 中的俯视图

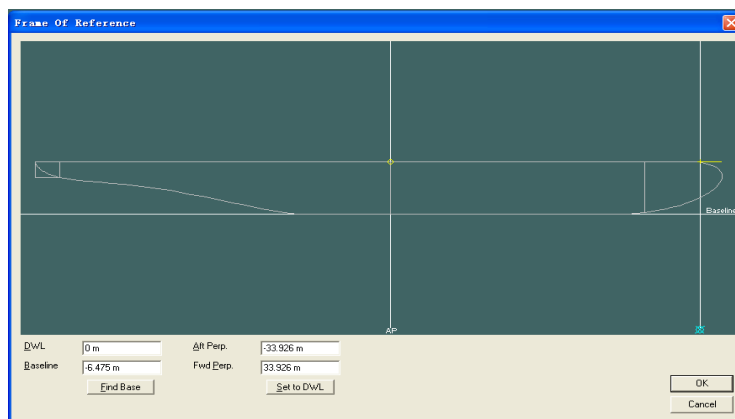


Figure 5. The side view of parent ship in Maxsurf
图 5. 母型船在 Maxsurf 中的侧视图

Gambit 网格划分方法的选择完全是智能化的，当你选择一个几何区域后 Gambit 会自动选择最合适的网格划分算法，使网格划分过程变的较为容易。

Gambit 通过三种文件来记录和存储相关数据以及界面操作的步骤，分别为 JOU 文件、TRN 文件和 DBS 文件。其中 JOU 文件是日志文件，是 Gambit 命令记录，保存类型为文本，这个文件是本文自动动画网格的基础；TRN 文件是文本文件它记录了 Gambit 操作界面 transcript 窗口中的一系列信息；DBS 文件是二进制格式的数据库文件，它包含了几何模型、网格、默认参数以及有关日志消息等数据。另外，IGES 文件为 Gambit 常用几何模型输入文件，MSH 文件为 Gambit 网格输出文件[6] [7]。

3.2. 基于 Gambit 中 jou 文件的自动动画网格

Gambit 中的 JOU 将我们在 Gambit 窗体中对右侧按钮的每一步操作记录下来，相当于一个操作命令的连续列表，包括几何模型创建、计算区域划分、网络生成和边界条件设置等内容。而且在 Gambit 中可通过运行 JOU 文件来将里面的命令显示在窗口中。这样我们可以通过首先将一条船的网格划分过程通过 JOU 文件完整保存下来，然后直接通过修改 JOU 的相关参数，如导入的 IGES 文件名称，计算域的大小，网格数的多少，来写另一条船的 JOU 文件，形成连续命令列表，然后可以在 Gambit 中运用这个写成的 JOU 文件，实现网格的自动划分。下面将举例说明如何从 A1 到 D2 的自动划分网格[8] [9]。

首先划分编号为 A1 的船模的网格[10]。将其 IGES 文件导入到 Gambit 中，画计算域，然后进行网格划分。完成之后保存 DBS 文件，其 JOU 文件自动保存为 A1.jou。图 6 是 A1 船模计算域，图 7 是船体中部网格，图 8 是 A1.jou 文件一部分的截图。

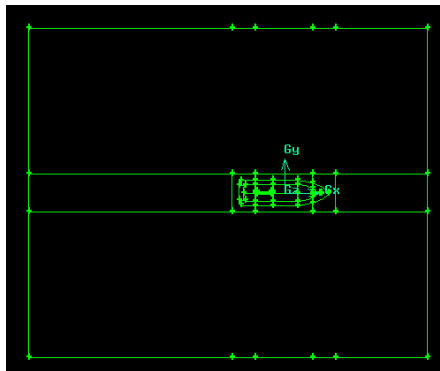


Figure 6. The computational field of A1
图 6. A1 船模计算域

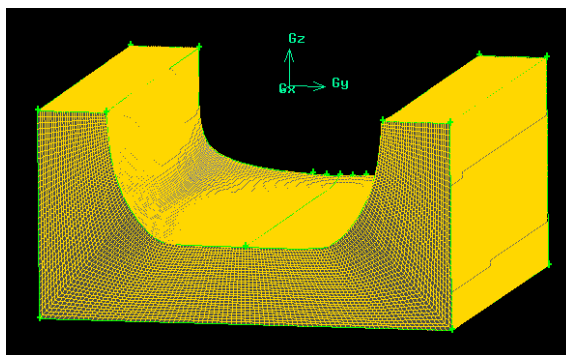


Figure 7. The grid of the middle of A1
图 7. A1 船中部的网格

接下来, 需要将 A1.jou 文件修改为 D2.jou 文件。

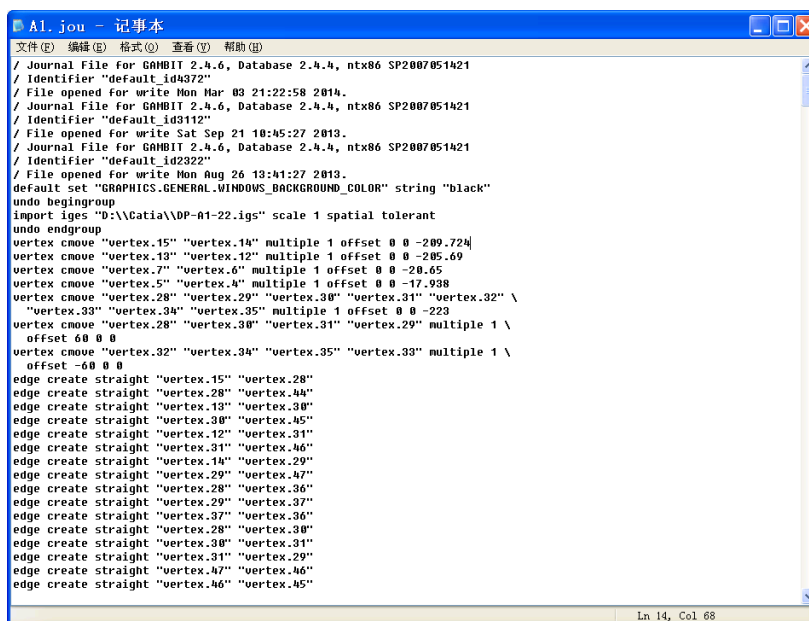
首先, 需要修改的是导入的 IGES 文件。将"D:\Catia\DP-A1-22.igs"改为"D:\Catia\DP-D2-22.igs";

其次, 需要保证 D2 的 IGES 文件中的点线面编号与 A1 的 IGES 文件中的点线面的编号完全一致。

如果一致, 跳过这一步, 否则需要修改。本例中将 D2 的 IGES 文件编号修改代码截图, 如图 9。

再次, 需要修改 JOU 文件中的相关几何参数, 本例中包括呆木的大小, 还有计算域大小等参数。

最后就是网格划分中的线段的网格数目的修改了。



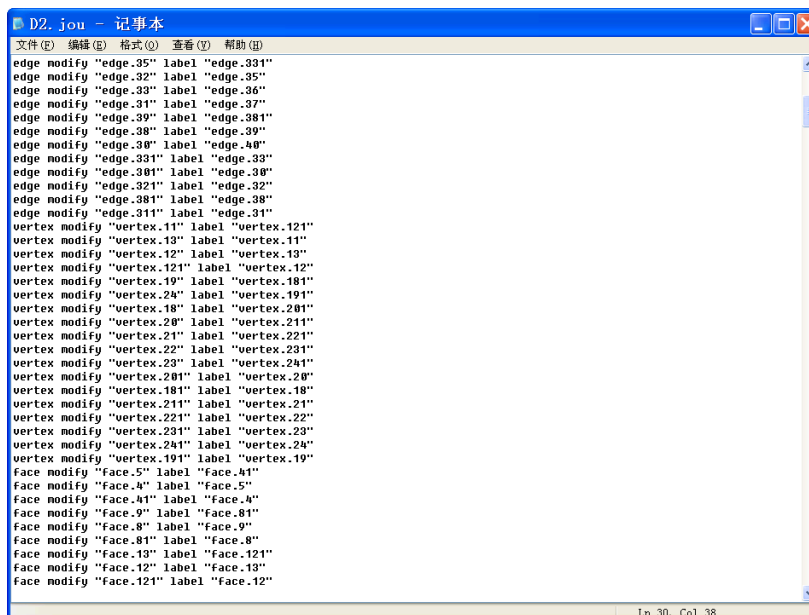
```

A1.jou - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
/ Journal File for GAMBIT 2.4.6, Database 2.4.4, ntx86 SP2007051421
/ Identifier "default_id4372"
/ File opened for write Mon Mar 03 21:22:58 2014.
/ Journal File for GAMBIT 2.4.6, Database 2.4.4, ntx86 SP2007051421
/ Identifier "default_id3112"
/ File opened for write Sat Sep 21 10:45:27 2013.
/ Journal File for GAMBIT 2.4.6, Database 2.4.4, ntx86 SP2007051421
/ Identifier "default_id2322"
/ File opened for write Mon Aug 26 19:41:27 2013.
default set "GRAPHICS.GENERAL.WINDOWS_BACKGROUND_COLOR" string "black"
undo begingroup
import iges "D:\Catia\DP-A1-22.igs" scale 1 spatial tolerant
undo endgroup
vertex cmove "vertex.15" "vertex.14" multiple 1 offset 0 0 -209.724
vertex cmove "vertex.12" "vertex.12" multiple 1 offset 0 0 -205.69
vertex cmove "vertex.7" "vertex.6" multiple 1 offset 0 0 -20.65
vertex cmove "vertex.5" "vertex.4" multiple 1 offset 0 0 -17.938
vertex cmove "vertex.28" "vertex.29" "vertex.30" "vertex.31" "vertex.32" \
"vertex.33" "vertex.34" "vertex.35" multiple 1 offset 0 0 -223
vertex cmove "vertex.28" "vertex.30" "vertex.31" "vertex.29" multiple 1 \
offset 60 0 0
vertex cmove "vertex.32" "vertex.34" "vertex.35" "vertex.33" multiple 1 \
offset -60 0 0
edge create straight "vertex.15" "vertex.28"
edge create straight "vertex.28" "vertex.44"
edge create straight "vertex.13" "vertex.30"
edge create straight "vertex.30" "vertex.45"
edge create straight "vertex.12" "vertex.31"
edge create straight "vertex.31" "vertex.46"
edge create straight "vertex.14" "vertex.29"
edge create straight "vertex.29" "vertex.47"
edge create straight "vertex.28" "vertex.36"
edge create straight "vertex.29" "vertex.37"
edge create straight "vertex.37" "vertex.36"
edge create straight "vertex.28" "vertex.30"
edge create straight "vertex.30" "vertex.31"
edge create straight "vertex.31" "vertex.29"
edge create straight "vertex.47" "vertex.46"
edge create straight "vertex.46" "vertex.45"

```

Figure 8. The .jou file of A1

图 8. A1.jou 文件图



```

D2.jou - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
edge modify "edge.35" label "edge.331"
edge modify "edge.32" label "edge.35"
edge modify "edge.33" label "edge.36"
edge modify "edge.31" label "edge.37"
edge modify "edge.39" label "edge.381"
edge modify "edge.38" label "edge.39"
edge modify "edge.30" label "edge.40"
edge modify "edge.331" label "edge.33"
edge modify "edge.381" label "edge.38"
edge modify "edge.321" label "edge.32"
edge modify "edge.381" label "edge.38"
edge modify "edge.311" label "edge.31"
vertex modify "vertex.11" label "vertex.121"
vertex modify "vertex.13" label "vertex.11"
vertex modify "vertex.12" label "vertex.13"
vertex modify "vertex.121" label "vertex.12"
vertex modify "vertex.19" label "vertex.181"
vertex modify "vertex.24" label "vertex.191"
vertex modify "vertex.18" label "vertex.201"
vertex modify "vertex.20" label "vertex.211"
vertex modify "vertex.21" label "vertex.221"
vertex modify "vertex.22" label "vertex.231"
vertex modify "vertex.23" label "vertex.241"
vertex modify "vertex.201" label "vertex.20"
vertex modify "vertex.181" label "vertex.18"
vertex modify "vertex.211" label "vertex.21"
vertex modify "vertex.221" label "vertex.22"
vertex modify "vertex.231" label "vertex.23"
vertex modify "vertex.241" label "vertex.24"
vertex modify "vertex.191" label "vertex.19"
face modify "Face.5" label "Face.41"
face modify "Face.4" label "Face.5"
face modify "Face.41" label "Face.4"
face modify "Face.9" label "Face.81"
face modify "Face.8" label "Face.9"
face modify "Face.81" label "Face.8"
face modify "Face.13" label "Face.121"
face modify "Face.12" label "Face.13"
face modify "Face.121" label "Face.12"

```

Figure 9. Modified part number of point, line and plane of D2.jou

图 9. D2.jou 中点线面编号修改部分

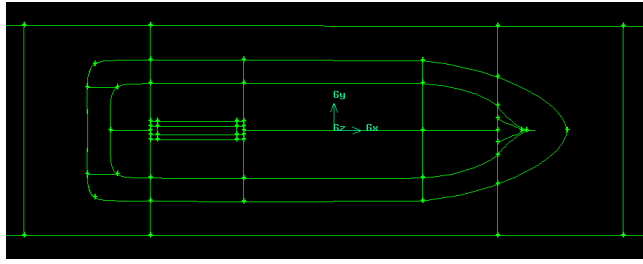


Figure 10. The computational field of D2
图 10. D2 船模计算域图

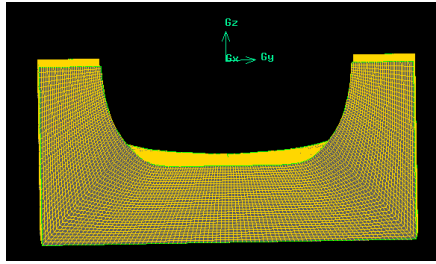


Figure 11. The grid of the middle of D2
图 11. D2 船模中部的网格

这几步之后，D2.JOU 文件就写好了，然后在 Gambit 中点击 RUN JOURNAL 命令来运行 D2.JOU 文件，通过运行其中的代码来划分计算域与网格工作了。D2 船模的计算域如图 10，船体中部的网格截图如图 11。

在运行 D2.JOU 文件的时候可能还会出现一些问题，大多是由于操作对象的标号不对而引起的，这就要求对文件进行重复修改。当然，细心的研究者将会减少修改时间。完成了一条船的自动画网格，其他船型的步骤与以上论述一样，只是根据不同船型修改的数据不一样罢了。

4. 总结

本文就船型水动力性能研究领域经常用到的系列船型的变换进行了研究，首先探讨了船型变换的目的和方案，然后是利用商业软件的船型变换功能来实现。这一工作完成后，为了利用系列船型的相似性，在后续划分网格的阶段，研究了自动画网格技术，能较好地利用船型相似这一特点，减少工作量。这部分工作是基于 Gambit 中的 JOU 文件来实现的。通过实际操作，这一思路是可行的，并能提供符合计算精度的自动生成的网格。

参考文献 (References)

- [1] 王银 (2012) 舰船方案设计中的耐波性预报模型研究. 哈尔滨工程大学, 哈尔滨.
- [2] 袁益雷 (2008) 基于新细长船兴波阻力理论的系列 60 阻力图谱之拓展研究. 哈尔滨工程大学, 哈尔滨.
- [3] 项久洋, 毛筱菲 (2008) 基于主要尺度要素的船型变换. *中国舰船研究*, **4**, 15-18.
- [4] 陈明, 林焰, 纪卓尚, 戴寅生 (1998) 基于横剖面面积曲线的船型变换法. *大连理工大学学报*, **4**, 387-391.
- [5] 王青长, 许志诚, 刘益清 (2012) 基于 Web 的船型变换系统研究. *船海工程*, **2**, 81-83.
- [6] 张振江 (2011) 船舶 CFD 网格自动生成技术的开发及其应用. 上海交通大学, 上海.
- [7] 张振江, 陈作钢 (2012) 船舶 CFD 结构化网格自动生成技术的开发. *上海交通大学学报*, **2**, 317-322.
- [8] 张振江, 陈作钢 (2009) 船舶 CFD 网格自动生成技术的开发. 第九届全国水动力学学术会议暨第二十二届全国

水动力学研讨会文集.

- [9] 倪昱, 金建海, 蒲海, 田志峰 (2013) 虚拟水池试验系统中船体曲面和网格自动生成技术. *舰船科学技术*, **2**, 47-50.
- [10] 赵发明, 高成君, 夏琼 (2011) 重叠网格在船舶 CFD 中的应用研究. *船舶力学*, **4**, 332-341