

文章编号:1000-0615(2004)03-0443-07

## 渔具模型空间形状的计测方法

万 荣<sup>1</sup>, 宋协法<sup>1</sup>, 唐衍力<sup>1</sup>, 胡夫祥<sup>2</sup>, 东海正<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 东京水产大学海洋生产学科, 东京 日本 108-8477)

**摘要:**为便于对渔具作业形状的数值计算结果的精度评价提供更详细的实验验证数据,提出了利用 2 台数码摄像机同时从实验水槽的下方和侧面立体拍摄渔具模型展开形状的实验方法和通过图像解析装置及软件读取各节点的位置坐标并进行误差修正的解析方法。利用本方法得到的一系列节点位置坐标和自行编制的计算机绘图程序,不仅可以方便地进行水流中渔具模型的二维或三维展开形状的虚拟呈现,而且还可以任意地将图形进行旋转、放大和缩小,以对渔具展开形状的各个局部进行比实际模型试验更为详细的观察和比较。通过对实验例的比较和分析,表明本方法具有较好的精度和实用性。

**关键词:**渔具模型;形状测定;图像解析;偏差修正

**中图分类号:**S972      **文献标识码:**A

## A method for measuring 3D geometry of fishing gear models in the flume tank based on video image analysis

WAN Rong<sup>1</sup>, SONG Xie-fa<sup>1</sup>, TANG Yan-li<sup>1</sup>, HU Fu-xiang<sup>2</sup>, TOKAI Tadashi<sup>2</sup>

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Department of Marine Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Tokyo 108-8477, Japan)

**Abstract:** A method was proposed to measure the 3D geometry of fishing gear model in the circulating water tank for verifying the accuracy and validity of our numerical method for flexible fishing nets. Images of the working shape of the model were taken by two digital video cameras and analyzed by means of a so-called "DIP-MOTION 2D" digital image analysis software, in order to produce a set of 3D coordinates for all measured nodes. The errors resulting from distortions by water refraction and parallax have been corrected except one from the distortion of the image by the camera lens. The 3D geometry of the models in a current that are reproduced using the found coordinates by a developed program can be rotated and enlarged in PC display. Considering the size limit of the water tank and the need of experimental observation, as illustrative examples, a simplified longline model only having three branch-lines and a plane netting model (10 × 6 meshes, mesh size of 400mm) were used, and the corresponding model test was respectively conducted in a flume tank at Tokyo University of Fisheries. The comparative experimental investigations have proved the validity of the proposed method.

**Key words:** model of fishing gear; measurement of 3D geometry; image analysis; distortion correction

在水中作业的延绳钓具、拖网、围网以及定置网等渔具,由于其规模庞大,要对它们的作业形状

进行现场测定是非常困难的。即便是借助于水下摄像机等贵重的测量仪器,也仅能获取某些局部

收稿日期:2003-01-31

资助项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2001AA623010)和山东省优秀中青年科学家奖励基金资助

作者简介:万 荣(1963-),男,浙江温州人,博士,教授,博士生导师,主要从事渔具力学和设施渔业工程数值模拟研究。Tel:0532-2032375, E-mail: rongwan@ouc.edu.cn

的数据资料。但是,如果能够利用计算机对渔具在水中的作业形状和张力分布进行数值模拟和预测,无疑对渔具的设计、改进和研究非常有益。与实验测定方法相比较,由于数值模拟方法除了方便和经济以外,它不仅能代替渔具模型试验预测设计渔具的作业形状而且还能反映仅仅利用实验方法无法获得的渔具作业时的张力分布,所以,近十年来在许多国家的科技工作者的共同努力下,伴随着计算方法和计算机性能及其软件的快速发展,关于渔具作业形状和张力的计算机数值模拟的研究得到了长足的发展<sup>[1-7]</sup>。然而,关于数值模拟方法计算精度的评价方法方面的研究报告却很少。也就是说,对于数值模拟结果的正确性进行必要的评价的实验方法和结果的报道仍然不多。

对渔具形状数值模拟精度的评价最简单的方法是通过在水槽进行的渔具模型试验测得的数据与数值模拟结果相比较。目前最常用的方法是用小型望远镜在回流水槽中对渔具模型的各种特殊展开参数(如网口扩张、网具纵向长度等)进行测量并加以比较。但是,到目前为止,通过测定渔具模型在回流水槽中各展开部分位置的空间坐标来确定渔具模型的三维形状并进行全面比较的研究报告还没有被报道。为此,本文介绍一种利用立体摄像来测定被置于回流水槽中的渔具模型三维展开形状的实验和图像解析方法,以便于对渔具展开形状的数值计算结果的精度进行适当的评价。回流水槽渔具模型的实测例表明,利用本方法所获得的模型渔具形状与其数值模拟计算结果符合良好。

## 1 回流水槽模型试验和摄影方法

渔具模型试验在日本东京水产大学大型回流水槽中进行。水槽侧面观察窗宽 1.45m、长 7m、深为 1.5m,常用水深为 1.2m。水槽底部设有长为 0.85m,宽为 1.5m 的观察窗(图 1)。实验时,模型渔具尽可能地被安装在水槽水路的中央,且与位于水槽上流的消波板保持一定的距离。实验时的实际流速使用螺旋桨式流速计(日本计测技术研究株式会社,VO.101A 型)测定(图 1)。渔具模型在水动力等外负荷作用下的形状,由设置在水槽侧面和下方的两台数码摄像机同时拍摄或记录。

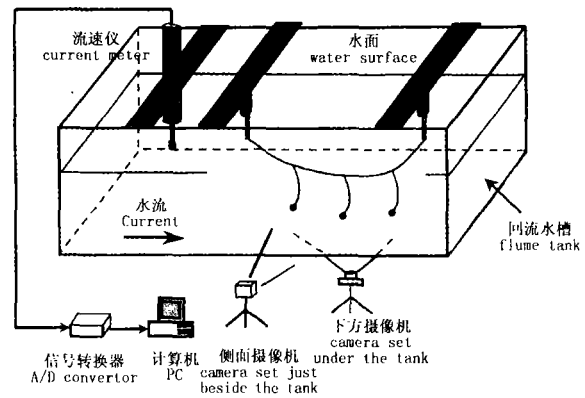


图 1 渔具模型三维形状计测系统实验布置

Fig. 1 The layout of the experiment system for measuring the 3D geometry of the fishing net model

摄影时,使用了 4 个 500W 的荧光灯以增加水中的照明度。由于在从被拍摄或记录的图像上读取渔具模型各有关节点的坐标并求取其形状时,需要有一个基准尺度以便将画面距离变换成实际距离,因此在实验时采取将带有刻度的 1.0m 长的圆柱棒和渔具模型的支持棒放在一起进行同时摄影,作为侧面拍摄图像的距离基准。同样,可以在水槽的宽度方向设置一个长度已知的合适标尺,作为从水槽下方观测窗拍摄到的图像的距离基准。此外,实际拍摄时,要注意让两台数码摄像机协同工作,以便能保证拍摄出的图像是在同一时刻的投影成像。

## 2 水流中渔具模型形状的图像解析方法

### 2.1 节点位置坐标的读取

首先,将实验时拍摄到的渔具模型形状的图像读入计算机硬盘,并显示在计算机屏幕上。在图像上读取渔具模型各节点的位置坐标以前,应建立如下坐标系,其中 X 为水流方向, Z 表示水深方向,而 Y 垂直于 X-Z 平面,坐标原点可以根据需要任意选取(下同)。其次,利用专门的图像解析软件 DIPP-MOTION2D (Ver. 1.10, Detect 公司制造),在从回流水槽的侧方和下方同时拍摄到的渔具模型图像上,分别读取模型渔具各节点的坐标值。使用 DIPP-MOTION 2D 图像解析软件读取各节点位置坐标时,可以利用渔具模型形状的对称性,仅读取部分节点位置坐标,另外部分节点位置坐标通过对称原理求取,从而可以大大地减少工作量。

## 2.2 节点位置坐标的误差修正方法

如前所述,利用计算机数值模拟方法可以替代渔具模型试验对渔具作业状态和张力的分布进行虚拟呈现,不仅具有既方便又经济的优点,还能反映仅仅利用实验方法无法获得的渔具作业时的张力分布状况。但是,数学力学建模离不开一定的数学和物理假设,而依据某种特定的数学和物理假设所得到的数值模拟结果是否正确或符合实际精度的需要,离不开高精度的实验验证。基于上述立体摄像和图像解析得到的渔具模型各节点的位置坐标,通常包含下列误差<sup>[7-8]</sup>:(1)由于摄像机的镜头呈某种程度的球面形状而导致的偏差;(2)由于水的折射而引起的偏差;(3)由于视差而引起的偏差。下面就上述3种偏差的检验和修正方法分别进行推导和说明。

**摄像机镜头呈球面所导致的偏差验证** 一般来说,摄像机镜头由于制造工艺的原因均呈球面形状,并随其质量的好坏而呈某种程度的差异。所谓由于摄像机镜头呈球面所导致的偏差就是指位于垂直于光轴的平面上的某一直线,如果其位置偏离光轴,则此直线在其投影面上的像并非是直线而呈曲线状态。而且,这种偏差随着该直线偏离摄像机光轴程度的增大而增大。

实验时所使用的数码摄像机为 Sony DCR-PC120 型。为了对此摄像机镜头所引起的偏差进行校核,采用将带有 15cm × 15cm 方格的规格为 100cm × 120cm 的 PVC 板设置在模型试验水槽水路中间,并保持该板面与摄像机的光学中心轴垂直。校核实验时,摄像机到该测试板的距离应与实际模型试验相当。校核实验结果表明,图像解析值和基准值在数码摄像机光轴附近符合良好,而离开光轴越远其偏差值越大,且在离开光轴 60cm 处的误差最大达到 0.55mm,约占正方形边长 15cm 的 3.68%。因此,可以认为使用本光学摄像系统进行渔具模型的测量实验,如果渔具模型处在离开摄像机光轴 60cm 的范围内,可以推测其由于该摄像机镜头所产生的偏差很小而几乎可以不予考虑。

**水的折射所引起的偏差** 从空气中观察水中物体时,由于相对空气来说水的折射的原因,水中被观察对象的实际位置与观察到的物体视觉位置所产生的误差称为水的折射所引起的偏差。在水槽中进行渔具模型试验时,由于利用摄像机所拍

摄到的渔具映像包含水的折射所引起的偏差,所以必须对由于水的折射所引起的偏差进行修正,其修正原理如图 2 所示。

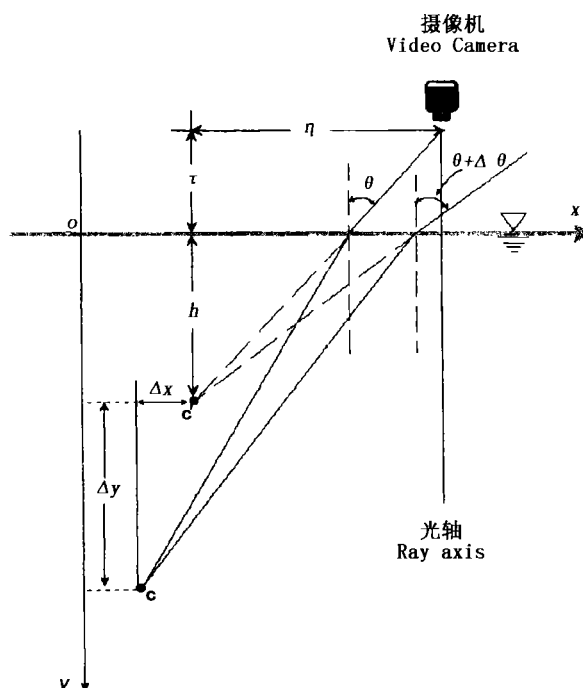


图 2 由视差所产生的偏差修正原理

Fig.2 Principle of correcting distortion caused by refractive index

图中的表示由于水的折射引起的偏离实际位置的观察点的映像,C为观察点的实际位置,表示光线的入射角。也就是说从Q点沿与水槽壁面玻璃相垂直的方向成角度观察物体C的时候,由于水的折射的原因使物体C的位置在视觉上失真而变为C'。如图2所示,如果假设从拍摄到的平面图像读取的被测节点到水槽壁面的垂直距离为h,数码摄像机与水槽壁面玻璃的垂直距离为τ,数码摄像机C'与映像的水平距离为η,水的折射率为n,则由于水的折射所引起的被测节点的映像与其实际位置之间的偏差(ΔX, ΔY)可由下式表示,

$$\Delta X = h(n^2 - 1)\tan^3 \theta \quad (1)$$

$$\Delta Y = h \left[ \frac{1}{n^2} \cos^{-3} \theta (n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{3}{2}} - 1 \right] \quad (2)$$

(1)与(2)式中入射角θ可按下式求得,

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\eta}{h + \tau} \right) \quad (3)$$

(3)式中的h和η可以从拍摄到的图像直接读取,τ为实验时记录的摄像机至试验水槽壁面玻

璃的垂直距离。因此,如果将(3)式中求得的各测量节点的入射角  $\theta$  代入(1)、(2)式中,就可以求出由于水的折射所引起的节点坐标的修正值( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ )。综上所述,对于实验时由水槽下方的摄像机拍摄得到的二维映像,其由于水的折射所引起的各被测点的坐标偏差( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ )值可以直接利用上面的(1)、(2)和(3)式求得。如前所述,为了获得任一被测节点的三维坐标,还需要通过如图1所示的摄像实验系统,由设置于水槽侧面的数码摄像机同时摄到其在 X-Z 平面的映像才可以。同理,则由于水的折射所引起的各被测点的坐标修正值( $\Delta X$ ,  $\Delta Z$ )可以类似地利用(1)~(3)式进行计算。

**视差所引起的偏差** 所谓视差所引起的偏差是指对于某一立体被摄对象,距离摄像机近的部分它在投影面上的映像会变大,反之,对于距离摄像机远的部分其映像则会变小。因此,为了正确反映被摄对象的形状或被摄对象的映像各节点的位置坐标,还需要对视差所引起的节点位置坐标偏差进行修正,其修正原理如图3所示。

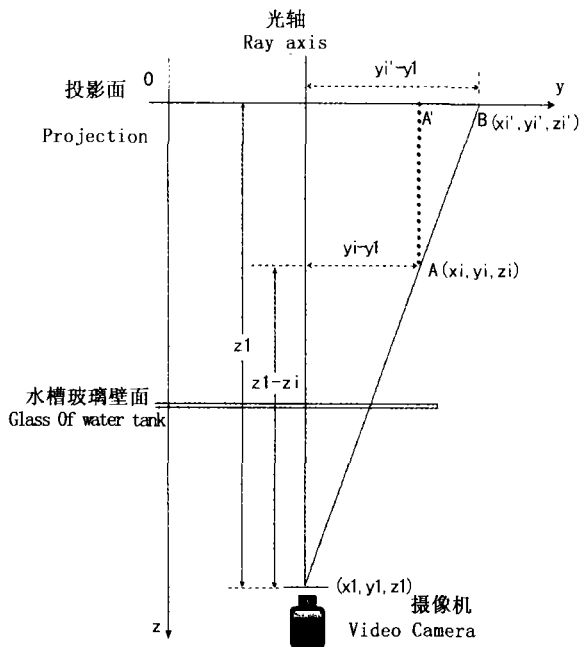


图3 由视差所产生的偏差修正原理

Fig. 3 Principle of correcting distortion caused by parallax

图中 A 点表示被测对象的实际位置, A' 点表示其在投影面上的正确位置, B 点表示拍摄到的实际节点 A 的映像。亦即,从摄像机的位置看位于  $A(X_i, Y_i, Z_i)$  点的被摄对象时,其在投影面上

的映像位于  $B(X'_i, Y'_i, Z'_i)$  点。因此,在如图3所示的二维平面内,若要知道被测对象的实际位置 A 的坐标,则只需求得投影面上 A 点的投影 A' 就可以。据此原理,就可以根据从拍摄图片上测量到的位于 A 点的被测对象的像的坐标  $B(X'_i, Y'_i, Z'_i)$ , 由下列公式推算出其实际坐标  $A(X_i, Y_i, Z_i)$ 。

对于从水槽下方拍摄到的图像:

$$X_i = \frac{Z_1 - Z_i}{Z_1} (X'_i - X_1) + X_1 \quad (4)$$

$$Y_i = \frac{Z_1 - Z_i}{Z_1} (Y'_i - Y_1) + Y_1 \quad (5)$$

对于从水槽侧面拍摄到的图像:

$$X_i = \frac{Y_2 + Y_1 - Y_i}{Y_2} (X'_i - X_2) + X_2 \quad (6)$$

$$Z_i = \frac{Y_2 + Y_1 - Y_i}{Y_2} (Z'_i - Z_2) + Z_2 \quad (7)$$

式中  $i$  为被测节点编号,  $(X_i, Y_i, Z_i)$  为第  $i$  个被测节点的实际坐标,  $(X'_i, Y'_i, Z'_i)$  为根据图像解析软件读取的第  $i$  个被测节点的坐标值,  $(X_1, Y_1, Z_1)$  为设置在水槽下方的摄像机的位置坐标,  $(X_2, Y_2, Z_2)$  为设置在水槽侧面的摄像机的位置坐标。

因此,利用(4)~(7)式,就可以由已知的  $(X'_i, Y'_i, Z'_i)$ 、 $(X_1, Y_1, Z_1)$  和  $(X_2, Y_2, Z_2)$  求得未知数  $(X_i, Y_i, Z_i)$ , 从而得到修正后的各被测节点的位置坐标。由于(4)式和(6)式都表示节点位置坐标  $X$  的值,故从理论上讲,由这两个式子得到的两个  $X$  坐标值应该是一致的。可根据具体情况适当选用。

综上所述,利用渔具水槽模型试验,通过图像解析方法获得其展开形状,一般须经过如下步骤。首先,利用二台数码摄像机同时从试验水槽的下方和侧面拍摄渔具模型的展开形状;然后,通过图像解析装置读取图像中一系列被测节点的位置坐标并按(1)~(7)式进行误差修正;最后,利用自行编制的计算机程序,在计算机上实现渔具模型的二维或三维展开形状的可视化,即达到对整个渔具模型形状的虚拟呈现。此外,还可以利用计算机图形技术,在图形界面上任意地将再生图形进行旋转、放大和缩小,实现对渔具展开形状的各个局部进行比实际模型试验更为详细的观察和比较。

### 3 图像解析例

#### 3.1 延绳钓渔具模型形状的计测与解析

**材料与方** 为了验证上述图像解析方法的正确性,首先采用形状和节点数都比较少的延绳钓渔具模型作为实例进行对比与分析。考虑模型试验水槽观察窗尺度大小的原因,延绳钓渔具模型仅由干绳和 3 条支绳组成(图 4)。

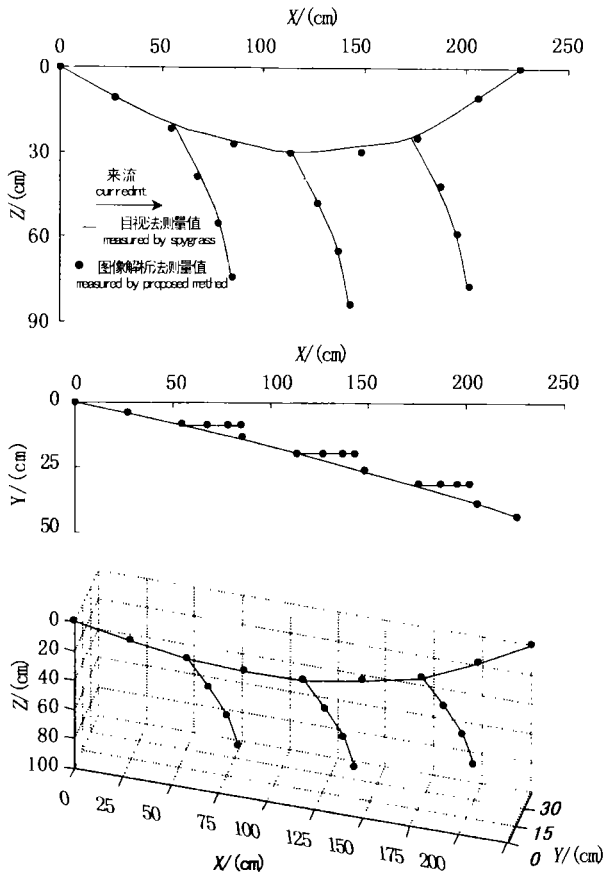


图 4 流速为  $50\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  且与水流成  $10^\circ$  倾斜角时延绳钓渔具模型空间形状及平面投影

Fig.4 Comparison between the two experimental results of the geometry of the simplified longline model when  $\alpha = 10^\circ$  and  $V = 20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$

干绳和支绳均为直径 6mm 的带铅芯的聚丙烯稀绳(水中重量  $0.75\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ),长度分别为 240cm 和 60cm。为了保证在一定水流下支绳不会被漂至水面附近,实验时在支绳末端附加水中重量 27g,直径 18mm 的小铁球以代替钓钩。实验时延绳钓渔具模型的二端固定且与水流成  $\alpha = 10^\circ$  ( $\alpha$  表示延绳钓渔具模型所在平面与来流的夹角),干绳被中间 7 个节点划分成 8 等分,而每条支绳被

中间 2 个节点划分成 3 等分。在实验时,为了便于观察,曾将各等分点(被测节点)涂上白色。为方便计,假设  $X$ ,  $Y$  和  $Z$  分别表示水流、水槽宽度和水深方向,因此,利用前述图像解析方法,整个延绳钓渔具模型的形状可以通过测量各个等分节点的空间坐标来求得。

其次,为了验证本方法的精确性,实验时同时采用了目视法对延绳钓渔具模型的形状进行了测定。亦即,用设置在水槽侧面和下方观察窗附近的小型望远镜对回流水槽中的渔具模型各等分点的位置进行测量。测量中小型望远镜可以在带有刻度的轻质铝合金圆棒上沿  $X$ ,  $Y$  和  $Z$  方向滑动,系统的坐标原点设在延绳钓渔具模型的上流固定点。

**结果与分析** 图 4 表示流速为  $50\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  时延绳钓渔具模型空间形状及其在  $X-Z$  和  $X-Y$  平面上的投影。图中,实线表示用目视法测得的模型渔具形状,虚线和实心点表示用图像解析方法获得的水流中延绳钓渔具形状以及各测量点的位置坐标。结果表明,在流体力的主导作用下,延绳钓的干绳向下流侧倾斜并呈近似悬链线形状,而 3 条支线均向右上方弯曲,使得钓钩到达深度变浅。图像解析结果与目视法测得的渔具形状符合良好,各被测节点在  $X$ 、 $Y$  和  $Z$  方向的坐标值的最大误差如表 1 所示。

表 1 延绳钓渔具模型各被测节点位置坐标值的最大误差

Tab.1 Difference of position coordinates of the measured nodes in the longline model %

	X 坐标值 X-coordinate	Y 坐标值 Y-coordinate	Z 坐标值 Z-coordinate
相对误差 relative difference	4.8	4.1	3.2

#### 3.2 平面网片形状的计测与解析

**材料与方** 实验时使用的白色尼龙网衣的规格为 10 目  $\times$  6 目,网目大小 400mm,网线直径 4mm。为了便于观察,实验时将白色网衣的结节部分涂成了黑色。网衣上端边在各个结节处被固定在 T 型支撑棒上,并与设置于上方的三分力测力仪相连接;下端边则用直径 8mm、长度 900mm、重量 392.4g 的圆柱状铝合金棒作为沉子与网衣相联结(图 5)。实验时,用二台数码摄像机分别从水槽的下方和侧方通过玻璃观察窗拍摄水流中

网衣的展开形状。然后,利用专门的图像解析装置和软件来读取网衣各结节点的位置坐标。由于这样获得的网衣各结节点的位置坐标包含上述各种偏差,故必须经过(1)~(7)式各种节点坐标的误差修正才能得到正确的网衣展开形状。实验设定流速分别为  $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $30\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 和  $40\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

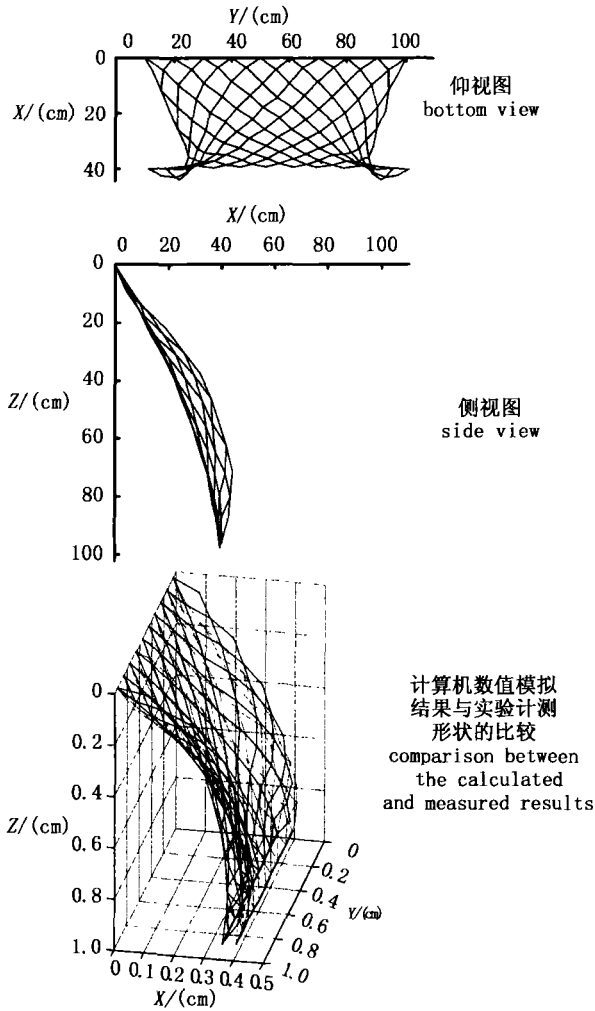


图5 流速  $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 时经节点坐标修正后的平面网衣展开形状

Fig. 5 The geometry of the plane netting set in a current of  $V = 20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  after the error correction

需要说明的是,由于固定网衣上端的T型支撑棒的长度已知,因此从水槽下方拍摄的图像读取网衣各结节点的位置坐标时,可以直接利用该长度作为距离基准。其次,对于该解析例来说,随着流速的增大,网衣随水漂流向下游的幅度就越大,故相对地从水槽下方拍摄到的网衣展开形状的图像应该比从水槽侧面拍摄到的要更清楚;而且由于对网衣各节点的观察由于网衣在画面上的

重叠节点较少,使得在对图像进行分析时变得相对容易。为此,应用(4)式对X坐标进行修正将显得比较方便和准确。

结果与讨论 图5表示来流速度为  $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 时利用本方法解析得到的平面网衣展开形状及其投影。图中的仰视图和侧视图分别表示通过图像解析装置得到的进行节点坐标修正后的网衣展开形状在X-Y和X-Z平面上的投影,X和Z分别表示水流和水深方向,Y为水槽的宽度方向。如图5所示,经偏差修正后的网衣上、下端边长与其实际长度90cm几乎一致(仰视图),而缩结在刚性棒上的网衣上、下边的各结节点也几乎重叠投影到一点(侧视图)。同时,可以明显地看到,经过误差修正后的水流中网衣展开形状非常理想,立体图中的实线表示平面网衣的水槽试验实测形状,虚线表示依据有限元方法获得的计算机数值模拟结果<sup>[6]</sup>。如图所示,由于平面网衣的左右二侧边自由无约束,其上端边固定而下端边被缩结在刚性棒上并随网衣在来流的作用下向后上方运动的原因,使得整个网衣最终呈大马鞍型,经误差修正后的网衣空间展开形状不仅与模型试验实际观察相吻合,而且与计算机数值计算结果符合良好。

众所周知,由于前述各种偏差的影响,尽管实际网衣的上下边缩结长度均为900mm,但是如果不进行各种偏差修正,则在X-Y投影平面内的网衣下端边沿Y方向的长度要明显地比网衣上端边长<sup>[7]</sup>。例如,在流速  $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 的情况下,网衣上、下端边长度的总偏差值甚至达到45.3cm。其次,由于网衣的上、下端边均缩结在刚性棒上且与摄像机光轴平行,故在理论上它们以及其上的各结节在X-Z平面内的投影应重叠为一点。但是,由于同样的原因,直接由图像解析得到的偏差修正前的网衣上、下边各结节点的位置则随着其距离摄像机光轴的远近而不同,并且距离摄像机光轴越远其偏差也就越大<sup>[7]</sup>。

综上所述,随着人们对网渔具形状与张力的计算机数值模拟研究的深入,为了正确评价数值模拟结果的实用性和计算精度等,有必要对水流中渔具模型形状的测定方法等进行研究和探讨。本文提出了利用二台数码摄像机同时从实验水槽的下方和侧面拍摄渔具模型展开形状的实验方法和通过图像解析装置读取各节点的位置坐标并进

行误差修正的解析方法,经上述实验例验证,本方法具有较高的精度。利用自行编制的计算机程序,可以方便地将经过(1)~(7)式偏差修正后的各节点坐标进行可视化处理,以达到对渔具模型展开形状的三维虚拟呈现。

#### 参考文献:

- [1] Niedzwiedz G, Hopp M. Rope and net calculations applied to problems in marine engineering and fisheries research[J]. Arch Fish Mar Res, 1998, 46: 125-138.
- [2] Tronstad H, Larson C M, Enerhaug B. Hydroelastic analysis of cable net tension structures based on FEM[C]. International Workshop, Lorient, France, 1997. 85-125.
- [3] Bris F L, Manchal D. Study of submerged supple nets applications to fish farms [C]. International Workshop, Lorient, France, 1997. 77-83.
- [4] O'Neill F G. Axisymmetric trawl cod-ends made from netting of a generalized mesh shape [J]. IMA J Applied Mathematics, 1999, 2: 245-262.
- [5] Wan R, Hu F X, Tokai T, et al. A method for analyzing static response of submerged rope system based on a finite element method [J]. Fisheries Science, 2002, 68: 65-70.
- [6] Wan R, Hu F X, Tokai T. A static analysis of the tension and configuration of submerged plane nets [J]. Fisheries Science, 2002, 68: 815-823.
- [7] Wan R. Study on numerical simulation for fishing net [D]. Tokyo University of Fisheries, 2002, Tokyo, Japan. [万荣. 網漁具の数值シミュレーションに関する研究[D]. 日本東京水産大学博士學位論文, 2002.
- [8] Inoue M, Hasegawa E, Arimoto T. A study on the structure of fish schools in *Rhodeus ocellatus* and *Moroco steindachneri* by the photographic observation [J]. La mer, 1979, 17: 91-103. [井上, 長谷川英一, 有元貴文. バラタナゴ及びアブラハヤの群れ造の光學的測定とその解析[J]. La mer, 1979, 17: 91-103.]

## 欢迎订阅 2005 年《海洋渔业》

《海洋渔业》杂志是中国水产学会和中国水产科学研究院东海水产研究所主办的学术性期刊,创刊于 1979 年。主要刊载水产资源和捕捞、水产养殖和增殖、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔业机械与仪器以及水产基础研究的论文、综述和简报。

《海洋渔业》杂志为国内外公开发行,国内统一刊号:CN 31-1341/S,国际标准刊号:ISSN 1004-2490,邮发代号:4-630。季刊,大 16 开 88 页逢季中月 25 日出版。每期定价 14 元,全年 56 元。全国各地邮局(所)均可订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址:上海市军工路 300 号;邮编:200090;联系电话:(021)65680116、(021)65684690 × 8048;传真:(021)65683926;E-mail:haiyangyue@163.net