

## 方形箱网结构减流效果试验

黄六一<sup>1</sup>, 梁振林<sup>1,2</sup>, 宋伟华<sup>3</sup>, 赵芬芳<sup>1</sup>, 朱立新<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点实验室, 山东 青岛 266071; 3. 浙江海洋学院, 浙江 舟山 316004)

**摘要:**根据降低流速对深水网箱养殖的影响这一需要, 依据目前深水网箱的尺寸和渔具模型试验方法, 设计并制作一个浮式箱网结构模型, 同时进行水槽实验。实验在箱网的尾部设定一系列的断面和测量点, 通过三维流速仪测量各点在不同实验流速下的流速, 通过分析相关数据, 探讨了该箱网减流结构尾部的流速分布和减流效果。实验流速采用了 32.23 cm/s、50.19 cm/s、67.79 cm/s, 分别相当于实际流速 45.58 cm/s、70.79 cm/s、95.67 cm/s。实验测量了减流装置尾部减流区域 50 cm 到 125 cm 处的流速分布, 相当于实际海域中距离减流装置尾部 15 m 到 37.5 m 处的流速分布。实验结果显示, 箱网尾部的流速减小区域是在网箱网袋与来流垂直的投影面上, 减流百分比在 20%~45% 左右, 而箱网两侧的流速略有增加。从实验结果来看, 这一结构能有效减小流速, 通过合理的设计和在海域中布设, 能够满足深水网箱养殖的减流需要。[中国水产科学, 2007, 14 (5): 860-863]

**关键词:**养殖网箱; 方形箱网结构; 减流效果

中图分类号: S953

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)05-0860-04

深水网箱一般被设置在海流流速和风浪较大的外海海域, 研究表明, 当海流流速较大时, 可导致网箱有效养殖容积损失严重<sup>[1-5]</sup>, 以及单一网线受到最大张力而产生的破坏, 而且这种影响随着水流的增加而增加。水流对重力式网箱的影响尤其更为明显, 水流会引起网箱框架的变形导致应力集中, 重力式网箱框架在强水流中容易产生变形<sup>[2]</sup>。在一些开放水域流速较大, 如何减小水流对深水网箱养殖的影响, 已成为开展网箱养殖面临的重要问题之一<sup>[6-8]</sup>。

黄六一等<sup>[4]</sup>、唐宏结<sup>[5]</sup>利用模型试验方法研究了水流对网箱容积的影响, 朱立新等<sup>[6]</sup>、Aarsnes等<sup>[7]</sup>、Lader等<sup>[8]</sup>利用计算机模拟方法研究了水流对网箱容积的影响。结果表明, 当流速较大时, 会导致重力式网箱容积损失严重; 另一方面, 鱼类有顶流的习惯, 当流速较大时, 消耗大量体力, 增加饵料比, 影响经济效益<sup>[9]</sup>。

据作者实地考察, 浙江沿海为减小流速, 在网箱组迎流面的前端空置一组网箱减小流速。浙江洞头县则在网箱组前端设置一组浮式网箱, 既起到减流

作用, 又起到消浪的作用, 据报道其减流效果在 20% 左右<sup>[10]</sup>。考虑到在网箱组前端闲置一排网箱, 相对成本较高, 本研究根据目前深水网箱养殖需要, 依据目前深水网箱尺寸和渔具模型试验方法设计制作了一个浮式方形箱网结构模型, 并进行了水槽试验, 通过测量箱网尾部流速, 分析相关数据, 探讨了采用这种浮式箱网结构的减流效果。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验设备

实验于 2005 年 12 月 8~25 日在武汉理工大学的环形回流水槽中进行的。水槽的试验段尺寸为 6 m×1.8 m×0.9 m, 试验水槽可达到的水流速度范围为 0~200 cm/s, 稳定的流速范围为 20~80 m/s。2 台 SonTek/YSI 10-MHz ADV 三维流速仪, 测量精度为 1%。

#### 1.2 实验模型

由于目前海域中没有成型的减流装置, 即没有合适的母型减流装置, 本实验以实际海区的网箱大小考虑设置减流装置大小。目前国内浮式抗风浪网

收稿日期: 2006-07-04; 修订日期: 2006-08-17.

基金项目: 国家高新技术研究发展计划资助项目 (2006AA100301); 山东省科技厅项目 (021110101); 浙江省科技厅项目 (2006C32002).

作者简介: 黄六一 (1970-), 男, 副教授, 从事增殖养殖工程研究. E-mail: huangly@ouc.edu.cn

通讯作者: 梁振林. E-mail: liang@ouc.edu.cn

箱多采用周长 40 m, 直径为 13 m 的 HDPE 圆形网箱, 故减流装置尺寸采用 15 m。由于只考虑水流影响, 故采用田内准则。大尺度比 30, 小尺度比为 2。

网片材料为聚乙烯, 网线粗度为  $0.9/3 \times 3$ , 网目大小为 2.65 cm

实验管材: ppr 管, 直径 20 mm, 壁厚 2.8 mm

浮式箱网减流装置尺寸: 50 cm  $\times$  50 cm  $\times$  50 cm, 采用无网底结构, 缩节系数 0.5。

沉力: 四角各使用 140 g 铅坠 (根据大网箱采用的总沉力配备确定)。

### 1.3 设备安装

图 1 为箱网减流实验布置图。在水槽实验段前端距离整流栅后 1 m 中央处测量来流速度; 箱网通过垂直杆安装到水槽上的固定支架上; 在距离整流栅后端 1 m 中央处设置 1 台三维流速仪测量来流速度; 在箱网后部安装 1 个三维支架, 通过三维支架控制尾部流速仪位置, 来测量箱网尾部所取断面上测量点的流速, 尾部流速仪测量 25 cm 和 37.5 cm 两个水层流速。

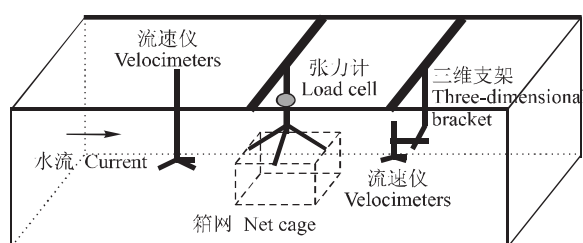


图 1 箱网减流实验布置图

Fig.1 Layout of net cage for the reducing current experiment

### 1.4 实验方案

**1.4.1 流速** 由于水槽的稳定流速在 20~80 cm/s, 实验流速选择 32.23 cm/s、50.19 cm/s、67.79 cm/s, 实际流速根据田内准则换算为: 45.58 cm/s、70.79 cm/s、95.67 cm/s。

**1.4.2 测量点的选择** 图 2 为箱网在水槽中的俯视图。箱网设置在水槽中间, 以箱网与来流方向平行的中线为基线, 考虑箱网左右对称, 取箱网尾部的 1/2 区域为流速测量区域, 则测量 1/2 区域可以反映网箱后部的整个区域流速分布情况。取垂直水槽壁的 3 个水平断面, 第一断面离箱网后部框架距离为 50 cm; 第二断面距第一断面 50 cm; 第三断面距第二断面 25 cm。每个断面取 4 个测点, 每个测点

间距 12.5 cm。第一断面的 4 个测点由中线到大槽壁分别为 1、2、3、4 点, 第二断面 4 个测点由中线到水槽壁分别为 5、6、7、8, 第三断面 4 个测点由中线到槽壁分别为 9、10、11、12。

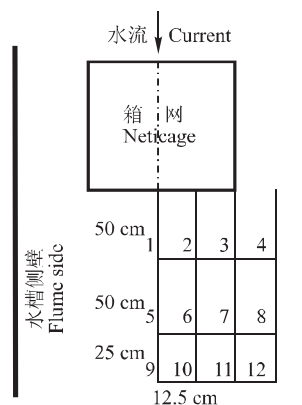


图 2 测量选点俯视图

Fig.2 Top view of surveying points

图 3 为箱网在水槽中的侧视图。以平行与水面取两个断面, A 层距水面 25 cm, B 层距水面 37.5 cm (B 层的深度选取主要考虑箱网网片在水流的作用下会产生向上漂移, 故选取的深度小于箱网网衣的缩节高度 50 cm)。

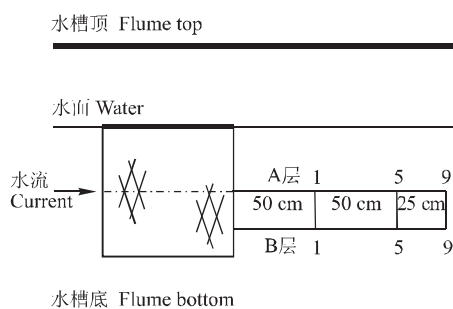


图 3 测量选点侧视图

Fig.3 Side view of surveying points

综上所述本实验在箱网后部水平方向上选取 A、B 2 个断面, A 层选取的测量点为 A1~A12, B 层选取的测量点为 B1~B12, 共计 24 个测量点。

## 2 结果与分析

减流值用  $\eta = (v_{\text{来流}} - v_{\text{测点}}) / v_{\text{来流}}$  来表示。图 4 为来流速度为 32.23 cm/s 时, 箱网尾部 A、B 层上的 4 个断面的平均减流百分比图。A 层从箱网中部向

箱网两侧,0~25 cm 断面减流百分比为 30.08%~23.27%,最大减流百分比为 33.76%;37.5 cm 断面减流百分比为 -5.91%。B 层从箱网中部向两侧,0~25 cm 断面减流百分比为 26.51%~25.57%,最大减流百分比为 36.03%;37.5 cm 断面平均减流百分比为 -6.37%。

图 5 为来流速度为 50.19 cm/s 时,箱网尾部 A、B 层上的 4 个断面的平均减流百分比图。A 层从箱网中部向箱网两侧,0~25 cm 断面平均减流百分

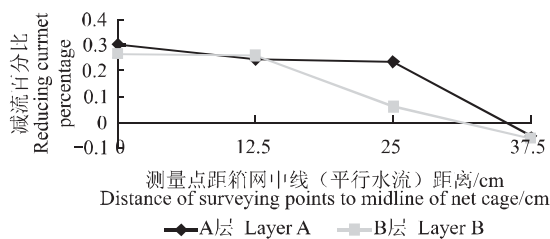


图 4 流速 32.23 cm/s 时的 A 层、B 层减流百分比

Fig. 4 Current reducing percentage on layer A and layer B at velocity of 32.23 cm/s

图 6 为来流速度为 67.79 cm/s 时,箱网尾部 A、B 层上的 4 个断面的平均减流百分比图。A 层从箱网中部向箱网两侧,0~25 cm 断面平均减流百分比为 36.81%~25.31%,最大减流百分比为 38.39%;37.5 cm 断面平均减流百分比为 -0.8%。B 层从箱网中部向两侧,0~25 cm 断面平均减流百分比为 14.37%~4.6%,最大减流百分比为 14.94%,37.5 cm 断面平均减流百分比为 -1.4%。该试验流速下,通过试验观察发现箱网网袋在水流的作用下已在 B 层之上,故 B 层的减流效果不明显。

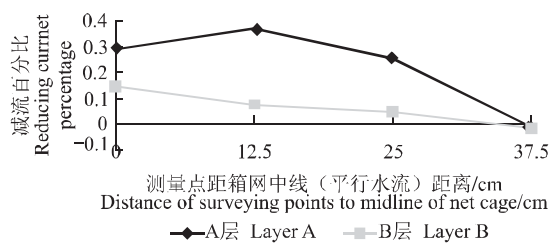


图 6 流速 67.79 cm/s 时的 A 层、B 层减流百分比

Fig. 6 Current reducing percentage on layer A and layer B at velocity of 67.79 cm/s

比为 30.29%~10.65%,最大减流百分比为 42%;37.5 cm 断面平均减流百分比 -0.61%。B 层中从箱网中部向两侧 (0~12.5 cm) 平均减流百分比为 43.15%~13.72%,最大减流百分比为 46.77%;25 cm 处平均减流百分比为 3.27%,最大减流百分比为 14.27%;37.5 cm 处平均减流百分比为 -6.18%。该试验流速下通过试验观测到网袋两侧在来流的作用下向箱网中部收缩,从而导致 B 层 25 cm 断面减流效果明显下降。

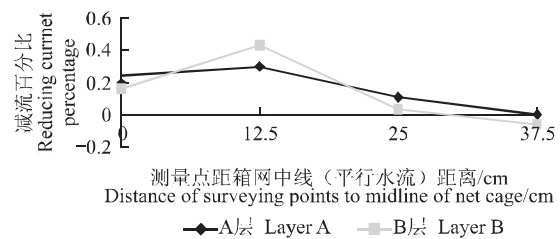


图 5 流速 50.19 cm/s 时的 A 层、B 层减流百分比

Fig. 5 Current reducing percentage on layer A and layer B at velocity of 50.19 cm/s

### 3 讨论

深水网箱布设于流速较大海区中,如何减小流速对网箱容积损失的影响以及流速对养殖对象的影响是当前急需解决的重要工程技术问题。本研究采用方形箱网结构,网袋采用无底结构,通过模型试验分析来流通过此结构后,其尾部的流速衰减情况,以及该结构对流速的影响范围。其结果表明,网袋能够有效地降低流速,流速减小区域在箱网网袋与来流垂直的投影面上,箱网网袋两侧的减流效果略有减弱;试验中,流速由 32.23 cm/s 到 67.79 cm/s 相当于实际流速 45.58 cm/s 到 95.67 cm/s。在网袋垂直来流面上减流百分比在 20%~45% 左右;本试验监测的浮式箱网尾部减流的区域为网箱后的 50 cm 到 125 cm 处,相当于实际海域中 15 m 到 37.5 m 处,减流效果明显。但本实验只采用了一种试验模型,未针对网袋网目大小,以及缩节系数的变化进行试验,只能从理论上认为网目越小以及横向缩节小,则减流效果越好。同时由于实验条件的限制,测量断面以及测量点的数量尚不足以详细分析网箱尾部的流态分布,在结构尾部的流速测量最远断面为 125 cm,未能覆盖减流结构对来流的最大影响范围。

从技术上分析, 由于网箱中流速分布并不是均匀的, 而从一般意义上说, 鱼类更趋向于停留在流速较小的区域, 所以网箱内适宜于鱼类停留的流速所占据的空间大小, 才是评价网箱减流装置性能的有效指标。一般来说, 用来减流的网箱或网衣受水流冲击后发生变形而向水面方向漂移, 使得后续网箱内在水面附近的流速降低较大, 而网箱底部附近则仍然受到来流的正面作用。李玉成等<sup>[11]</sup>对圆形重力式网箱利用前置空网箱减流方式的有效性进行了模型试验研究, 并考虑前后、并列网箱之间的相互响应, 试验了网箱多种组合的减流效应, 但由于文中没有给出测流点的深度, 也没有测量网箱中流速的垂直分布, 其所得结论对网箱整体的有效性有待进一步检验。今后将综合考虑比较各种网箱减流(或导流)技术的特点, 并重点从减流装置的尾部流态及网箱内流态角度出发, 建立网箱减流性能的评估体系, 开发实用化的网箱减流技术。

#### 参考文献:

- [1] 黄六一, 梁振林, 赵芬芳, 等. 网箱形状在海流中变化的模型试验[J]. 青岛海洋大学学报, 2006, 36(2): 245-248.
- [2] 唐宏结. 箱网容积变形改善研究[D]. 台北: 国立中山大学海洋环境及工程学硕士论文, 2001.
- [3] 朱立新, 梁振林, 赵芬芳, 等. 网箱的概念简化与力学计算[J]. 中国水产科学, 2004, 11(suppl.): 19-25.
- [4] Aarsnes J V, Rudi H, Loland G. Current forces on cage, net deflection[C]//Proceeding of the Conference on Engineering for offshore fish farming, Thomas Telford, London, 1990: 137-152.
- [5] Pål F. Lader, Arne Fredheim, Egil Lien. Modeling of Net Structures Exposed to 3D Waves and Current[C]//St. Andrews. Proceedings of Open Ocean Aquaculture IV Symposium. New Brunswick, Canada, 2001.
- [6] 林德芳, 关长涛. 海水养殖网箱工程技术发展现状与展望[J]. 渔业现代化, 2002(4): 6-9.
- [7] 吴子岳, 范狄庆. 深水网箱发展现状与水流影响初探[J]. 齐鲁渔业, 2004, 21(4): 6-8.
- [8] 李惠礼, 柳学周. 海况条件对海水养殖网箱性能的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 57-63.
- [9] 中国渔业网. 网箱养鱼[Z]. <http://www.hzagro.com>, 2004
- [10] 中华人民共和国农业部渔业局网站. 浙江洞头县在全国首创防浪堤提高深水网箱养殖效益[Z]. <http://www.cnfm.gov.cn>, 2005
- [11] 李玉成, 陈昌平, 李春柳, 等. 重力式网箱减流效应的研究[J]. 中国造船, 2005, 11(suppl.): 105-109.

## Experimental study on effect of reducing current velocity by square net cage structure

HUANG Liu-yi<sup>1</sup>, LIANG Zhen-lin<sup>1,2</sup>, SONG Wei-hua<sup>3</sup>, ZHAO Fen-fang<sup>1</sup>, ZHU Li-xin<sup>1</sup>

(1. College of Life Science & Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine fishery Resource, Qingdao 266071, China; 3. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

**Abstract:** A model square net structure was designed according to the dimension of deep-sea cage. The experiment was carried out in circular flume. The current velocity was surveyed using a 3D velocimeters set in front of the structure. The velocities at the positions behind the structure were also measured using the velocimeters. Then the data was analyzed, the effect of reducing current velocity was found out. The conclusions are: (1) The area of reducing current is located at the projection of net vertical to the current direction. The current velocity of both sides of cage increases a bit. (2) Testing velocities are 32.23 cm/s, 50.19 cm/s and 67.79 cm/s, which equal actual velocities 45.58 cm/s, 70.98 cm/s and 95.67 cm/s. The percentage of reducing velocity behind the square net structure is between 20% and 45%, which is close to the relative collisions. (3) Surveyed range is from 50 cm to 125 cm behind the structure, which equals actual range from 15 m to 37.5 m. The effect of reducing current velocity is apparent. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(5): 860-863]

**Key words:** sea cage; square net cage structure; effect of reducing velocity