

文章编号 : 1004 - 7271(2006) 03 - 0350 - 09

·综述·

深水网箱的分类及性能

袁军亭, 周应祺

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘 要 探讨了深水网箱的分类方法, 选择网箱的工作方式、结构特点、框架柔性、框架材料等对深水网箱进行分类。对 17 种典型的大型深水网箱的结构特性、力学特性、抗风浪能力等进行了分析。结果表明, 按工作方式的分类中, 浮式网箱的品种最多, 占 52.9%; 按网箱力学结构分类中, 重力式和自张式网箱较多, 分别占 52.9% 和 41.2%; 按框架材料柔性分类中, 柔性框架和刚性框架各占一半; 按框架材质分类中, 金属网箱居多, 达 52.9%。其中, 浮式重力式网箱结构简单, 成本较低, 操作管理方便, 应用较广。但它在强水流作用下, 网衣水平漂移严重, 网箱容积损失率高, 而加载保持网型的同时, 会使网衣承受的张力增加, 容易造成网衣撕破, 因此, 在流速较大海域中, 该网箱的使用受到限制。自张式刚性网箱具有稳固的操作平台, 易于实现自动化, 同时, 框架承受了相当的载荷, 网衣受力和网型相对稳定, 在新材料、新工艺的支持下, 该类结构的抗风浪网箱具有较大发展潜力。

关键词 深水网箱; 分类; 结构特性; 网箱设计

中图分类号 S 964.7; S 972 文献标识码: A

Classification of offshore fish cages and their performances

YUAN Jun-ting, ZHOU Ying-qing

(Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract Offshore fish cage becomes an important marine culture facility because it has a relatively large volume to provide sufficient culture capacity with special designed structure to withstand stronger wave, flow and wind forces at open water areas. This paper gives an overview of classification methodology of cages based on their working mode, structures, material and performances, etc. Their structures, mechanical properties, ability of survival in stronger wave and current have been discussed on the 17 selected types of cages which are currently used in marine aquaculture around the world. The results indicated that, according to their working mode, the varieties of floating type cages are the most with 52.9%; According to the cage structures, the gravity type and self-tensioned-and-self-supporting type cages account for 52.9% and 41.2% respectively; According to the flexibility of frame, the cages can be classified as the flexible frame (or non-rigid frame) and the rigid frame, their proportions are about the same; According to frame material quality, the metal cages are the most widely used up to 52.9%. In those, the gravity cages show good performance and are widely used in fishery due to simple structure, lower costs, easy operation, however, higher tension existing and concentrated on part of the netting or meshes, which might cause

收稿日期 2005-12-10

基金项目 上海市捕捞学重点学科基金项目(67203 - 04110)

作者简介 袁军亭(1973 -), 女, 河南洛阳人, 博士研究生, 讲师, 主要从事网箱系统工程方面的研究。E-mail: jtyuan@shfu.edu.cn

通讯作者 周应祺, E-mail: yqzhou@shfu.edu.cn

netting tearing and the reduction of volume of cage due to stronger current etc. , will bring about limitation on the application of gravity cages in the open water area with strong current. The rigid self-tensioned-and-self-supporting cages have advantages having a stable operation platform and easy to apply modern automatic technology or facilities. It can be expected that the rigid self-tensioned-and-self-supporting cages will be widely applied to cage culture while new material and technology are introduced.

Key words : offshore fish cage ; classification ; structure ; design

近十年中 ,全球海水养殖迅速发展 ,尤其是在近岸水域和外海的网箱养殖扮演重要角色。我国习惯上称之为深海网箱 ,是与国外的外海网箱(offshore cage)相对应。需要注意的是 ,海洋地理学上的深海是指深度约为 2 000 至 6 000 m 的部分海洋 ,而渔业上的“深海”网箱 ,只是相对于近岸网箱的一个概念^[1-2] ,一般指离岸 25 km 以远的水域。由于海洋环境的特点 ,一般要求网箱具有抗风浪、抗急流等性能。近年来 ,海水网箱养鱼发展迅速 ,出现了多种多样结构类型的网箱 ,为了深入研究网箱的受力性能 ,从而为网箱设计提供依据 ,对网箱框架的材料及性能、网箱的结构特点、网衣的固定形式和抗流形式等的分析和归类有重要意义 ,本文据此对网箱进行分析归类 ,并介绍其结构特点和力学特性 ,以期对网箱的设计和改进行提供参考。

1 深海(水)网箱的各种分类方法

据中国史料记载 :在中国明朝(1243 年)的九江地区 ,在用竹子制成的框架上 ,附加编结良好的布 ,构成可蓄养稚鱼的设备 ,应用于贩卖活动中 ,即为最早的“网箱”。稍后 ,在东南亚的柬埔寨、印尼也有用浮式网箱来蓄养鱼类的记载^[3] ,主要是用于江河湖泊的淡水养殖。后来逐步移向外海 ,形成海水养殖。日本、挪威和苏格兰是最早进行海水网箱养殖的国家。我国台湾的网箱养殖起步于 1971 年^[4]的水库网箱养殖。1975 年引进海水网箱 ,1977 年进行海水网箱养殖试验^[5]。大陆于 1973 年开始用网箱养殖淡水鱼^[6-8] ,1998 年海南引进全浮式重力网箱^[8-12]开始大型深水网箱养殖。时至今日 ,挪威的抗风浪网箱技术居世界领先水平。

网箱发展至今形式多种多样。就形状而言 ,有圆形、方形、多角形、锥形、椭球形等。就个数上则有单独、双拼、或整组数个网具为一个单位。大小、作业水深有很大差异。制作网箱的材质从早期的竹材、木料等天然材料 ,至目前使用较多的塑胶制品、金属合金、复合纤维等。网箱养殖鱼种的生活习性^[2]有游泳性鱼类和鲆鲽类等。网具形式的发展 ,如早期应用于浅湾的固定式网箱(实际上更接近笼具) ,现今用于较深海域中的浮式网箱 ,以及更深海域中使用的张力腿网箱等等。但是 ,至今未见有关网箱分类的研究 ,本文将对此进行探讨。

在分类标准的选择上 ,考虑到网箱抗风浪的措施之一是通过改变网箱所处的水层 ,即通过控制网箱的升降来实现 ,这种功能决定了网箱的工作方式 ,而网箱的力学结构决定了网箱箱体得以成形的机理及承受载荷的特性。因此将网箱的工作方式和力学结构作为网箱分类中两条主要标准。而网箱框架材料的柔性 ,会影响框架上应力的分布 ,关系到框架的强度设计 ,故该条件排在分类码的第三位。排在其后的分类标准是网箱框架的材质。

下面简述网箱的各种分类方法及特点 ,并汇总如图 1。

1.1 按网箱的工作方式区分

根据工作时网箱所处的水层、抗风浪状态及沉降方式等网箱的工作方式^[13-16]可将网箱分为如下三类 ,为了区别其它分类标准 ,取此处的分类标准代号为 A ,后面的分类标准依次取为 B、C、D。

1.1.1 浮式网箱

代号 A1。浮式网箱(Floating cages)主要在开放海域的水面上进行养殖生产。该类网箱的优点 :日常操作和维护(换网、清洗、投喂)方便 ,易于观察网箱养殖情况 ,结构简单 ,造价较低。缺点 :由于该类网箱直接暴露于海面 ,风浪直接作用于网箱框架 ,对网箱及框架材料的强度要求高 ;同时 ,网箱浮于海面 ,

会造成生物污染。

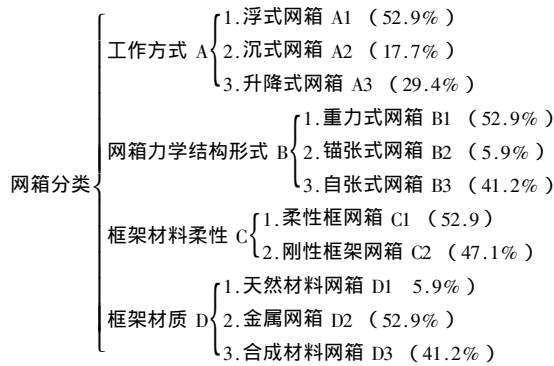


图 1 网箱分类结构示意图

Fig.1 The structure of offshore fish cage classification

1.1.2 沉式网箱

代号 A2。沉式网箱(submerged cages)主要处在开放海域的水面以下一定深度的水层。网箱呈全封闭式。当操作需要时,网箱可以升至水面以上。

该类网箱的优点:由于该类网箱处于水下,不直接经受风浪作用,网箱结构的强度要求比浮式网箱低,结构较简单,造价相对较低;处于水下的网箱,能避开海面的碎片、海冰及过往船只的影响等,而且生物污染较小。缺点:操作、管理、观察和维护不便,对操作的要求高。

1.1.3 升降式网箱

代号 A3。升降式网箱(semi-submersible cages)主要在开放海域的水面进行养殖生产。当有大风或风暴潮来临时,可采用人工注水或充气等方法调节网箱所处水层,使网箱沉到水下一定深度处,以躲避台风急浪的袭击。大风急流过后,网箱可被控制浮至水面。

该类网箱既具有浮式网箱日常操作管理方便的优点,又有沉式网箱躲避风浪作用的优点。缺点:网箱的上下沉浮操作增加了网箱的操作复杂性和设计加工难度;造价相对较高。

1.2 按网箱的力学结构形式区分

1.2.1 重力式网箱

代号 B1。重力式网箱^[17](gravity cages)依靠网箱的浮力和重力抵御外部力(水流、风浪力),保持网箱的形状和体积。因为浮力和重力都是由重量引起的,网箱由此得名。网箱的封闭体积取决于重力(包括浮力和重力)与水流作用力的比值,即垂直与水平作用力之比。现今大多数经济型水产业都使用重力式网箱。最常见的是 Polar Cirkel Cage(见图 2a)。

该类网箱的优点:结构较简单,一般为浮式网箱,具有浮式网箱的优点。缺点:在强水流作用下,网衣水平漂移严重,网箱容积损失率高。该缺点是由其结构特点决定的,即当网箱重力一定时,水流速度越大,网衣受到水流的水平作用力(阻力)越大,造成网衣的横向变形和网箱的容积损失增大。为了减少网衣的横向变形,可以增加吊重,但网线上的张力会大幅度增加,容易造成网衣的撕裂。因此,需增大网线直径或采用双层网衣提高强度,由此又增加了网箱的重量。另一种保持容积的方法是在网衣下面吊一圆形沉环充当吊重,同时撑开圆筒形网衣,但由此造成网箱的换网不方便。总之,所有这些措施都不能完全消除网箱的变形和网衣受力不均匀的情况,所以这类网箱适合在流速较小的海域使用。

1.2.2 锚张式网箱

代号 B2。锚张式网箱^[17](Anchor Tension Cage)依靠刚性构件(如立柱)保持网箱形状,同时依靠锚绳保持刚性构件的空间位置稳定。任何施加于网衣的外载荷将被锚绳张力增加而抵御,与网箱上的浮沉力等关系不大。例如:Ocean Spar Sea Cage(Ocean Spar Net Pen)(图 2f)。

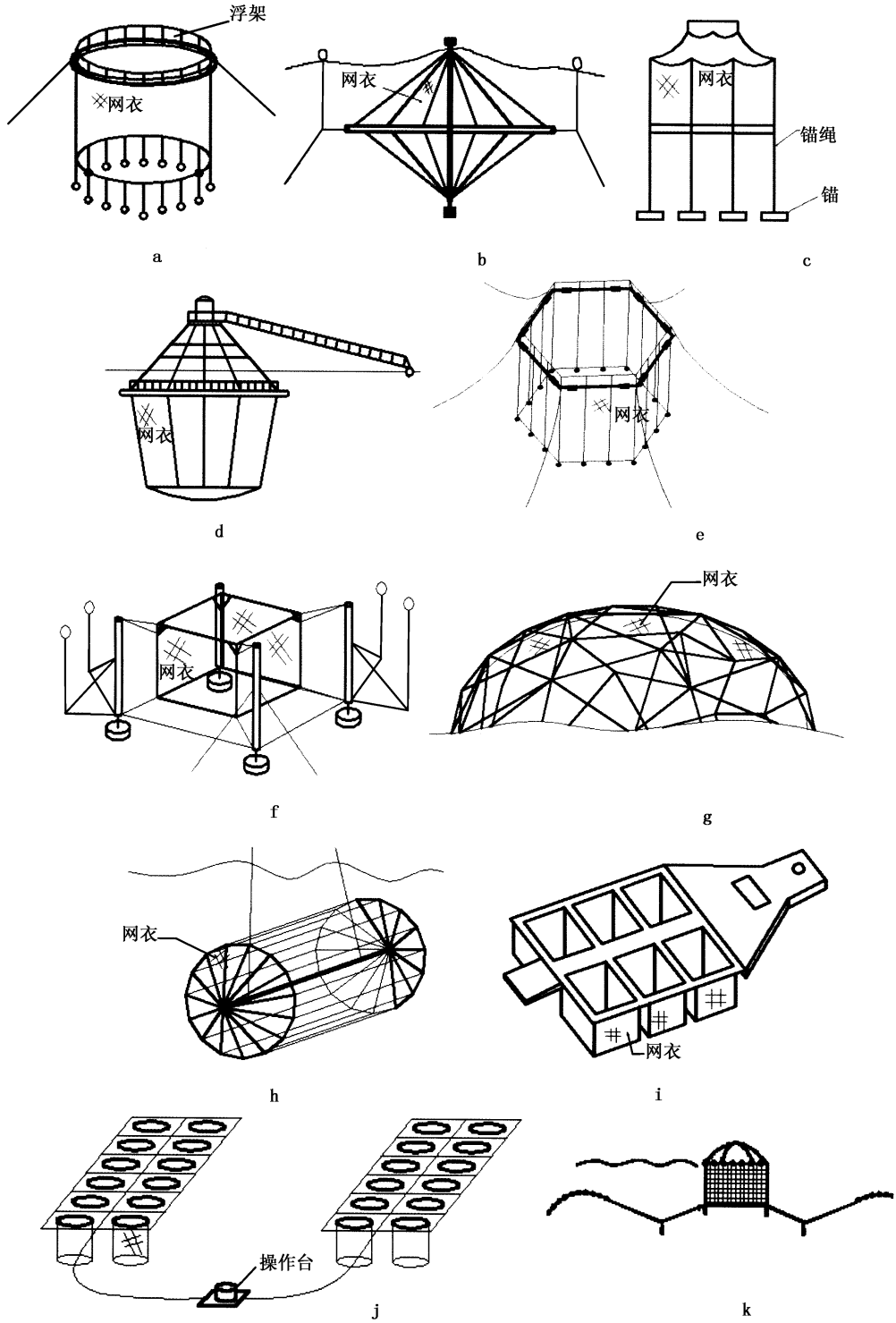


图 2 各类深水网箱系统

Fig.2 Offshore fish cages

a. 圆(柱)形网箱 ; b. 海洋斯巴碟形网箱 ; c. 张力腿网箱 ; d. 牧海型网箱 ; e. 普利司通网箱 ;
 f. 海洋斯巴方形网箱 ; g. 崔顿网箱 ; h. 泛捕网箱 ; i. 爱戈系统网箱 ; j. 可尔马科斯网箱 ; k. 廉价可潜式网箱

该类网箱的优点:网箱系统整体性好,网衣不易变形,网衣上张力较均匀,网箱容积保持率高。缺点:收鱼和换网、洗网难,锚锭系统整体性强,只要一根锚绳出问题,会使网箱系统严重变形,维修困难。

1.2.3 自张式网箱

代号 B3。自张式网箱^[17] (self-tensioned and self-supporting cages) 由刚性构件(梁、柱等)和柔性绳等构成结构稳定的自张紧框架,网衣附着在框架上。这类网箱在没有重力及锚绳张力时,仍能依靠结构间内力抵御网衣变形,保持其网箱形状。根据自张紧框架的抗流特性,该类网箱可分为柔性结构网箱如: Ocean Spar Sea Station(图 2b)和刚性结构网箱如: Aquasystems(图 2i)等。

该类网箱的优点:网箱系统整体性好,网衣不易变形,网箱容积保持率高。缺点:收鱼和换网、洗网难,成本高。

1.3 按网箱框架材料的柔性区分

1.3.1 柔性框架网箱

代号 C1。柔性框架网箱(non-rigid frame cages)框架的材料一般采用合成纤维和工程塑料等柔性材料。由于材料的柔性,在风浪和海流作用下,框架能发生较大变形,从而使框架内各点的应力降低,安全性提高。

该类网箱的优点:框架可发生较大变形,能抵御较大风浪。缺点:框架变形导致网衣变形增加。

1.3.2 刚性框架网箱

代号 C2。刚性框架网箱(rigid frame cages)的框架一般采用钢、铝合金等材料制成刚性框架,依靠强度和刚度足够大的刚性框架承受载荷,直接抵抗风浪流的作用。通常为大型、重型的钢结构。由于框架的变形小,附结在框架上的网衣的变形也较小,同时方便于在框架上安装辅助养殖管理设施,例如饲料仓、收鱼器、燃料仓、发电设备,以及职员工作室等等。因此,该类网箱的自动化程度较高,成本较高。

该类网箱的优点:操作平台稳定,安全性高。缺点:框架材料强度要求高,防腐蚀性要求高。

1.4 按网箱框架的材质区分

1.4.1 天然材料制作的网箱

代号 D1。天然材料制作的网箱指采用天然材料,如木制和竹制的网箱。早期的网箱多半属此类,用于内陆水库和湖泊的淡水养殖。天然材料的成本较低,近年来挪威、越南等致力于此类网箱的开发。

1.4.2 金属网箱

代号 D2。金属网箱指采用铝合金、不锈钢等金属材料制成的网箱。该类网箱一般都是大型网箱,造价比较高。材料的防腐蚀是关键问题。由于结构的刚性,可以制成便于在海中拖曳或顶推的形状,转换生产作业地点,如挪威设计制造的钢质框架 Aquasystems 网箱,两端部呈三角形,有利于降低阻力。

1.4.3 合成材料网箱(代号 D3)

代号 D3。合成材料网箱指采用包括合成纤维和工程塑料等材料制成的网箱。例如浮绳式网箱和高强度 PE 网箱等。这类网箱的框架柔韧性好,能抵御较大的风浪。特别是高密度聚乙烯材料,不但柔韧性好,强度也高,有非常突出的耐腐蚀性,已经成功地应用于抗风浪网箱的浮力管^[18]。

2 各类典型深水网箱的分类及评述

下面对各网箱的结构分述如下,优缺点汇总见表 1。

2.1 浮绳式网箱

分类码:A1B1C1D3。浮绳式网箱是日本研制的浮式网箱。网箱由绳索、箱体、浮子及铁锚等构成,是一个柔韧性结构,可以随风浪的波动而起伏,网箱是一个六面封闭的箱体,不易被风浪淹没而使鱼逃逸。柔性框架由两根直径 2.5 cm 的聚乙烯绳或尼龙绳作主缆绳,多根较细(直径 1.7 cm)的尼龙(或聚丙烯)绳作副缆绳连接成一组若干个网箱软框架,再用更细(直径 1 cm)的尼龙(或聚乙烯)绳做浮子绳,用于固定浮子,同时固定于主副缆绳上。浮子的间隔为 50~100 cm,在主缆绳的两端还固定有大浮体。

表 1 各类典型网箱的优缺点

Tab.1 Advantages and disadvantages of offshore fish cages

网箱	优点	缺点
浮绳式网箱	成本低, 方形箱体结构简单, 制做容易, 可根据海况调整结构 ^[12] 。	柔性绳框架, 抗流能力弱, 容积损失率高, 没有操作平台, 操作时需配套工作船只
圆(柱)形网箱(Polar Cirkel Cage)	成本低, 结构简单, 操作方便	容积损失率较高, 操作平台区域有限, 需配套工作船只及设备, 恶劣天气操作困难
海洋斯巴碟形网箱(Ocean Spar Sea Station)	碟形网箱系统整体性好, 容积保持率很高, 抗风浪能力强; 锚泊简单; 网箱可以很容易的拖移	系统成本高, 收鱼、换网、洗网难, 因面积有限不能很有效的投喂饵料; 操作时需要较多的配套设备
张力腿网箱(TLC)	箱体结构简单, 抗风浪能力强, 可在开放海域作业; 锚泊系统占地面积小; 风浪大时, 网箱会自动下沉。	成本高, 没有操作平台, 操作困难; 锚泊系统安装复杂, 需配套工作船只与水下自动投饵系统
牧海型网箱(Farmocean)	网箱容积稳定, 抗风浪能力强, 容积大, 生产容量高; 网箱可移动; 附计算机集成自动投喂饵料系统, 自动化程度高, 人工少	成本高, 需熟练工人正确操作, 收鱼和换网困难; 复杂的刚性结构, 需防腐处理和维修; 浮至水面时因面积有限不能很有效的投喂饵料
普利司通(Bridgestone)顿络普(Dunlop)	成本低, 网箱框架有良好的柔性能抵御较大风浪; 日常操作和管理方便	容积损失率较高, 需配套工作船只及设备, 恶劣天气操作困难; 自动化程度较低
海洋斯巴方形网箱(Ocean Spar Sea Cage)	方形网箱结构较简单, 大容积时成本较低; 网箱容积保持率很高; 升降迅速, 能够抵御较大的风浪	换网和收鱼难; 相对复杂的锚泊系统, 需配套的工作船只与水下自动投饵系统
爱戈系统网箱(Aquasystems)	工作平台稳定, 操作、管理方便, 安全性高; 有集成化自动装置, 可为多个网箱服务	成本高, 网箱系统质量大, 需要重的锚锭系统和好的运输设施
崔顿网箱(Trident)	网衣不易变形, 容积保持率很高, 铝管框架结构轻便、强度高, 形状为椭圆形, 体积大, 用料省; 网箱可以旋转, 可实现自冲洗	成本较高, 框架结构较复杂, 需防腐处理和维修, 需熟练工人正确操作
沙旦索网箱(Sadco)	自动化程度高, 装备较完善, 抗风浪能力强	成本高, 结构复杂, 日常管理复杂

2.2 圆(柱)形网箱

分类码:A1B1C1D3, A3B1C1D3。圆(柱)形网箱(Polar Cirkel Cage)由挪威研制, 包括浮式和升降式两种网箱(见图 2 a)。网箱的框架是由多条圆形、内空、全封闭的黑色高密度聚乙烯管和起连接、加固作用的“L”形支柱共同组成。上圈可用作扶手栏杆, 底圈用以网箱的成形和浮力, 人可在上面行走。网箱周长可达 20~150 m, 深 9~40 m。利用浮力和重力来保持网箱形状和体积, 其容积取决于重力和水动力的比值。可抵御 5 m 浪高, 抗风能力 12 级, 抗流能力小于 1 m/s ^[19]。网箱体积为 1 000~5 000 m^3 。该类网箱在强水流作用下可能丧失超过其 50% 的容积。

2.3 海洋斯巴碟形网箱

分类码:A3B3C2D2。海洋斯巴碟形网箱(Ocean Spar Sea Station)是美国研制的升降式网箱(见图 2 b), 该网箱打破传统的圆形、方形网箱设计, 采用双圆锥的“飞碟”形, 中间是一根中空的镀锌铁筒直柱, 提供浮力。周边用 12 根镀锌铁管组成边形圈, 用上下各 12 条超高分子量聚乙烯纤维与中央圆柱两端相连, 其作用类似自行车轮的轮辐。这些柱子、管子间仅用柔性绳连接。中央圆柱可充气或进水, 以此调节网箱比重, 并与底部悬挂的水泥块(15 吨)相平衡, 使整个网箱上浮或下沉, 6~30 分钟可从海面沉到 30 m 水深。网箱形状固定, 网衣在 2.25 节流速下不会变形, 抗浪能力 7 m。网箱体积可达 3 000 m^3 ^[12, 20, 21]。

与重力式网箱比较, 为了抵御水流引起的网衣漂浮的吊重不是直接作用在网衣上, 而是由中间的刚

性立柱来承受,而网衣紧绷在呈伞状分布的多根柔性绳上,受到的水流作用力会传递给较粗的柔性绳索,抵抗了网衣的变形,是很巧妙的设计。

2.4 张力腿网箱

分类码:A2B1C1D3。张力腿网箱(Tension Leg Cage)是挪威研制的沉式重力式网箱(图2c),其形状恰为传统重力式网箱之倒置型,底部用拉索(张力腿)固于海底,固定系统的拉索可以保持网衣的形状。箱体结构简单,整个网箱没有金属结构部件。网箱系统由坛子形网箱、张力腿和锚桩三部分组成。坛子形网箱是TLC的主体,由圆锥形的肩颈部和正六角柱形网身组成,它们之间由拉链连接,以利鱼种放养和成鱼收捕。底部用六边形环撑开。张力腿是六条可伸长的绳索,将网身与锚桩牵连在一起。锚桩是用来固定网箱的,插在海底,或者用锚固定在海底。强风浪时,网箱因水流而自动下沉到水面以下,避免风浪的冲击,而网箱体积缩小不超过25%。网箱上面的圆锥部分可以升起来以收鱼及换网。要求海区深度不小于25m才可使用。由于箱体在水面5m以下,不会有垂直拍打之波浪,所以该网箱可承受波高达17m,流速5m/s。网箱最大容积可至10000m³。

2.5 牧海型网箱

分类码:A3B1C2D2。牧海型网箱(Farmocean)是瑞典研制的沉式网箱(图2d)。网箱总体呈腰鼓形,整个箱网系统可分为上下两个部分。下部是主网箱,由两个六边形圆台在主浮环处垂直复合而成,呈坛子状。上圆台装有浮管的六根辐条与主浮环连接形成网架。经防污处理的无结节网衣绷紧于网架和纲绳之间,并有输鱼通道口,方便鱼苗的输送或转移。在主网箱底部,沿外圈设置了沉环,通过吊绳与主浮环相连。沉环的重力与主浮环和浮管提供的浮力相对应,用以稳定网箱,并调节其下沉深度。同时,通过绳索与主网箱底部纲绳张紧,可防止网箱在海流中的变形。其容积可以有6000m³,4500m³或3500m³不等。该网箱针对深海条件设计,使用沉环,沉力可均布在一环形圆面上,在强水流时网衣变形较小,网箱稳定性较好^[22]。

Farmocean网箱能够抵御较大的风浪,可承受10m以上的浪高,网箱系统装有利用波浪能量的装置和自动投饵系统。第一只Farmocean网箱于1986年制成^[23],现已有40多个在北欧和地中海地区使用。

2.6 普利司通和顿络普网箱

分类码均为:A1B1C1D3。普利司通(Bridgestone)网箱是日本研制的浮式重力式网箱(图2e)。最初用来暂养金枪鱼(thunnus)的。网箱框架采用10m、14m、16m或20m长的标准橡胶管制成方形、八边形等多边形。橡胶管由刚性角接头连接,而角接头同时还支撑其它的浮力元件。网箱的支柱按一定间距简单的夹持在橡胶管上。网箱存在各种规格,最大周长160m,深20m,容积超过4000m³,用来养殖鲑鱼(salmon)^[16]。

顿络普(Dunlop)网箱的结构与Bridgestone网箱基本相同^[24],不同之处在于该网箱通常由4只到8只方形网箱(也有圆形和六角形的)连在一起,在各小网箱的拐角处安装有一段较短的工作通道便于人工投喂饵料和观察养殖情况。Dunlop网箱存在几种形式:Tempest 1的框架是由两条软管制成的,周长最大可达120m。Tempest 2是由单根软管制成的周长160m的方形框架网箱。

2.7 海洋斯巴方形网箱

分类码:A1B2C2D2。海洋斯巴方形网箱(Ocean Spar Sea Cage, Ocean Spar Net Pen)由美国研制,方形或多边形的浮式网箱(图2f)。网箱由4个钢制圆柱和8根钢索围成,圆柱依靠锚和直立钢索固定形成稳定的结构。网衣构成矩形网箱,通过8根吊纲挂在圆柱上,保持网箱形状。由于圆柱可以在直立钢索上滑动,故可以方便地在30秒种里迅速下沉或上升。这类网箱具有相对复杂的锚泊系统。该网箱存在各种结构尺寸,最大容积可达6000m³。

2.8 爱戈系统网箱

分类码:A1B3C2D2。爱戈系统(Aquasystems)是挪威研制的浮式网箱(图2i)。网箱框架采用防腐材

料或富有弹性的橡胶材料或用钢制,126 m长,32 m宽,有12只方形网箱(14 m×14 m)及三角形网箱(端部)组成,如果网深10 m,则网箱总容积2 500 m³。由于端部是三角形网箱,便于在海中拖运。箱与箱之间有走道,为刚性结构,易操作。具有自动投饵系统。

2.9 崔顿网箱

分类码:A3B3C2D2。崔顿网箱(Trident)由加拿大研制,主要针对东海岸处冬天海面上的流冰^[25]。网箱(图2g)形状接近椭球形,框架是由中间填充泡沫的延展性良好的铝管制成,而网衣直接附着在该框架上。该网箱的框架结构不同于Aquasystems,采用铝管。因网箱可以旋转,从力学角度来说能卸掉部分载荷,从而降低网箱受力,同时减少网衣变形。网箱还能容易地控制下沉以抵御风浪。最大容积可达10 000 m³。网箱可抗风速80-120 km/h,波高3.5 m^[16]。

2.10 沙旦索网箱

分类码:A2B3C2D2。沙旦索网箱(Sadco)是二十世纪八十年代初由俄罗斯研制^[26]。产品于1995年开始在里海和黑海、地中海使用。网箱框架是由上部一个多层六角形的钢制网架组成近似椭球形^[27],网架上悬挂网衣,网衣下部由一个沉管撑开,以维持网衣形状。在网架上还装有饵料仓、摄像机、传感器以及压缩空气为动力的各类执行气缸等,均可以在水下操作。唯一始终浮在水面上的是一个带有27 m高天线的浮筒,浮筒与网箱由电缆和管道相通,浮筒上装有带天线的发讯机、计算机等自动控制系统,及太阳能电池、风力发动机,保证水下的网箱及控制系统各种电设备的电源。网箱可设置在波高15 m的海域,体积最大可达2 800 m³。

还有一些正处于概念和实验阶段的网箱,简介如下:

2.11 海康网箱

分类码:A1B3C2D2。海康网箱(Seacon)由挪威研制。第一只网箱是用混凝土制造的,后来采用钢制。现在,在西班牙至少有3只钢制的类似系统在使用中。

2.12 泛捕网箱

分类码:A2B3C1D2。泛捕网箱(Wild-Catch)的基础是中间的一根带有象车轮样轮辐的刚性轴。网箱(图2h)为圆柱形,可以转动从而可以自冲洗。中间的轴可以升降。此外,该类网箱中,有设计成多节拼装结构,可方便地调整网箱的体积。

2.13 暴风型网箱

分类码:A1B3C2D2。暴风型网箱(Storm Concept)由挪威研制,根据可沉式深海石油平台的概念最新设计的刚性框架式网箱。有二种类型,分别可抗8 m、11 m浪高。据称,该结构比任何一种刚性钢结构网箱都坚固,是未来的发展模式之一,现正处于全面测试阶段。

2.14 可尔马科斯网箱

分类码:A1B1C1D3。可尔马科斯网箱(Culmarex S.A.)由西班牙研制,采用多个圆形重力式网箱和专门的饵料浮动平台和计算机控制投喂系统给每只网箱投喂饵料。是未来的发展模式之一,见图2j。

2.15 廉价可潜式网箱

分类码:A3B1C1D1。廉价可潜式网箱(Low Cost Submersible Cage)由挪威和越南联合研制,网箱框架全部由毛竹制成(图2k)。网箱形状与碟形网箱(Ocean Spar sea station)类似,沿中环的圆周系有多个浮子将网箱浮起,在网袋底部抛锚,由此柔性的网箱上部可随波浪浮动,减少了网箱整体的受力。网箱为升降式,在恶劣海况时网箱可以下沉躲避风浪作用。该网箱主要在南中国海使用,还处于实验阶段。

3 讨论

本文的目的是通过对网箱分类的研究,分析和理解网箱工作的机理,因此主要是从受力和变形角

度,即按网箱的力学结构进行分类。而本文没有将网箱的形状、尺寸规格或网箱的组合数量等作为分类的依据。有关涉及养殖对象和鱼类行为等方面,如贴底性鱼类和游泳性鱼类而设计的网箱将是网箱进一步分类的研究内容。此外,还有用帆布制成的网箱,或称布袋,箱体内外水体并不直接交换,目的是保持网箱内的水体适合所养殖鱼类的特殊需要及防止病害的传播。若将箱体内外水体是否直接交换作为分类标准之一,则该不透水的网箱是区别上述网箱的单独一类。

在所列出的17种典型结构网箱中,按工作方式的分类中,浮式网箱的品种最多,占52.9%;按网箱力学结构分类中,重力式和自张式网箱较多,分别占52.9%和41.2%;按框架材料柔性分类中,柔性框架和刚性框架所占比例几乎相同;按框架材质分类中金属网箱居多数,达52.9%。由此可见浮式重力式网箱由于结构简单,成本较低,操作管理方便,所以其应用形式最多,预计还将广泛使用。但由其结构特点造成在强水流作用下网衣水平漂移相比其它类网箱严重,网箱容积损失率高,由此限制了其在流速较大的海域的使用。而金属制的自张式刚性网箱结构形式也比较多,由于具有稳固的操作平台,易于实现自动化等优点。可以预料,伴随着新材料新工艺的不断出现,自张式网箱将更有发展前途。由于资料有限,对有些网箱的结构和工作原理了解不够,分析评价时难免不当之处,有待于进一步研究完善。

参考文献:

- [1] 张本. 关于“深海抗风浪网箱”一词的商榷[J]. 现代渔业信息, 2003, 18(2): 3-4.
- [2] 王玉堂. 试析抗风浪深海网箱养鱼技术的发展前景[J]. 中国水产, 2001, 27: 24-25.
- [3] 俞克俭. 海域箱网设计之研究[D]. 台湾: 国立高雄海洋技术学院, 2000.
- [4] 郑石勤. 台湾的箱网养殖(上)[J]. 养鱼世界, 2000, 7: 35-42.
- [5] 桂福坤. 深水重力式网箱在波浪和水流作用下的受力机理研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2002.
- [6] 梁超愉, 张汉华, 郭根喜. 海水网箱养殖现状及抗风浪网箱养殖的发展前景[J]. 水产科技, 2002, 4: 10-13.
- [7] 宋德敬. 我国抗风浪网箱现状及发展对策[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(1): 79-81.
- [8] 林德芳, 黄文强, 关长涛. 我国海水网箱养殖的现状、存在问题及今后课题[J]. 齐鲁渔业, 2002, 19(1): 21-23.
- [9] 张本. 试论我国抗风浪近海网箱养鱼健康发展[J]. 渔业现代化, 2002, 2: 7-9.
- [10] 李祥木. 大型抗风浪深水网箱养鱼发展现状与趋势[J]. 现代渔业信息, 2001, 16(12): 21-28.
- [11] 张本. 抗风浪深水网箱养殖存在的问题及对策建议[J]. 中国水产, 2002, 5: 28-29.
- [12] 徐君卓. 我国深水网箱的发展动向及重点[J]. 科学养鱼, 2000(3): 3-4.
- [13] 常抗美, 吴常文, 王日昕, 等. 大型深水抗风浪网箱的发展现状和鱼类养殖技术[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2002, 21(4): 369-373.
- [14] Scott D C B, Muir J F. Offshore cage systems-A practical overview[R]. CIHEAM-Options Mediterraneennes, 1996, 79-89.
- [15] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 352-361.
- [16] Svealt T. Strategies and technologies in offshore farming[J]. Fisheries Research, 1991, 10: 329-349.
- [17] Loverich G, Forster J. Advances in offshore cage design using spar buoys[J]. Mar Technol Soc J, 2000, 34: 18-28.
- [18] 王继德. 抗风浪深水网箱用连接件的开发[J]. 渔业现代化, 2004, 6: 42.
- [19] 林德芳, 关长涛, 黄文强. 海水网箱养殖工程技术发展现状与展望[J]. 渔业现代化, 2002, 4: 6-9.
- [20] 徐君卓. 国外大型深水养殖网箱类型介绍[J]. 中国水产, 2001, 10: 54-55.
- [21] 郭建平, 吴常文. 美国式钢质升降式大型深水网箱结构原理的研究探讨[J]. 渔业现代化, 2004, 1: 29-31.
- [22] 吴子岳, 范狄庆. 关于瑞典牧海型(Farmocan)深水网箱的结构与特点的概述[J]. 现代渔业信息, 2003, 10: 16-17.
- [23] Henriksson L. Farmocan offshore system - The future is here[A]. Marie Polk. Open Ocean Aquaculture[C]. Portland, Maine, 1996, 113-126.
- [24] Brittain D. Dunlop "Tempest" cages[A]. Marie Polk. Open Ocean Aquaculture[C]. Portland, Maine, 1996. 255-268.
- [25] Willinsky M D, Huguenin J E. Conceptual, engineering and operational frameworks for submersible cage systems[A]. Marie Polk. Open Ocean Aquaculture[C]. Portland, Maine, 1996, 41-92.
- [26] Bugrov L Y. Underwater fishfarming technology for open-sea areas: A review of a 10-year experience[A]. Marie Polk. Open Ocean Aquaculture[C]. Portland, Maine, 1996, 269-296.
- [27] 方荣楠. 国外潜式网箱[J]. 渔业现代化, 2000, 3: 29-30.