

# 渔用高强度聚乙烯和普通聚乙烯绞捻网片的拉伸力学性能比较研究

石建高, 王鲁民

(农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:** 为给深水网箱设计与渔用材料的合理选配提供依据, 应用 ISO1806 等对渔用高强度聚乙烯绞捻网片(以下简称 HSPE 绞捻网片)和普通聚乙烯绞捻网片(以下简称 PE 绞捻网片)的拉伸力学性能进行了比较研究。结果表明, (1) 在同等条件下, 36 股 HSPE 绞捻网片的网目连接点断裂强度和网片单线断裂强度分别比 52 股 PE 绞捻网片增加了 3.1%, 3.7%; 而前者的目脚直径和网片阻力可较后者减少 19.6%。(2) 对网片强力进行了再现性研究, 36 股 HSPE 和 52 股 PE 绞捻网片网目连接点断裂强度的标准偏差分别为 35.93 N, 25.61 N, 再现性标准偏差分别为 31.07 N, 36.93 N; 网片单线断裂强度的标准偏差分别为 19.91 N, 13.49 N, 再现性标准偏差分别为 20.48 N, 15.49 N; 网片强力测试数据的变异系数均小于 4%; 表示测试结果的分散性较小。(3) 36 股 HSPE 绞捻网片成本可较 52 股 PE 绞捻网片减少 38.9%, 其在渔业生产中进行推广应用具有可行性。(4) GB/T4925 作为一个标准, 对绞捻网片来说, 存在不足, 建议对 GB/T4925 进行修订。

**关键词:** 绞捻网片; 高强度聚乙烯(HSPE); 普通聚乙烯; 深水网箱材料; ISO1806

**中图分类号:** S971.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3096 (2007) 05-0020-05

绞捻网片基体材料主要有聚乙烯(PE)、聚酰胺(PA)、聚酯(PES)和超高分子量聚乙烯(UHMWPE)几种, 其应用普遍情况依次为 PE, PA, PES 和 UHMWPE<sup>[1-5]</sup>。由于绞捻成网的结构特点, 绞捻网片强力主要取决于单丝(纱)的强度性能<sup>[2]</sup>。对于 UHMWPE 绞捻网片, 由于其纤维自身所具有的超强性能和高强力利用率的编结结构, 从而使网片具备了卓越的强度性能<sup>[1,2]</sup>。然而, 由于在 UHMWPE 纤维纺织制生产中所需的特殊工艺和极高的生产成本, 昂贵的价格成为 UHMWPE 网片在渔业生产中大面积推广的主要制约因素<sup>[1-3,5]</sup>。渔业对高强度网片的需求量大, 且要求价格低廉, 就往往要考虑使用性能价格比高的增强纤维作为网片基体材料<sup>[6-8]</sup>。

中国水产科学研究院东海水产研究所应用自增强技术在国内首次成功研制出渔用 HSPE 单丝增强纤维新材料, 目前它已形成产业化规模<sup>[6]</sup>。与 UHMWPE 纤维相比, HSPE 单丝具有价格低、性能价格比高等

渔用适应性优势; 与普通 PE 单丝相比, 它具有强度高、重量轻、耐磨、耐老化和性能价格比高等优点, 目前, HSPE 单丝已广泛应用于拖网、网箱及海锚绳等渔业生产领域, 取得了良好的使用效果<sup>[6-8]</sup>。近年来, 中国深水网箱养殖和金枪鱼围网等发展较快, 它们的快速发展, 对绞捻网片材料强度及综合性能提出了更高要求。绞捻网片强度对深水网箱和渔具受力、生产效果及抗风浪性能等均具有十分重要的作用。国内外有关绞捻网片的研究很少, 有关渔用高强

收稿日期: 2005-11-08; 修回日期: 200-03-03

基金项目: 国家高技术研究发展(863 计划)专项经费资助项目(2006AA100301); 国家标准化经费资助项目(20032255-T-326)

作者简介: 石建高(1969-), 男, 江苏如皋人, 硕士, 副研究员, 主要研究标准化、捕捞与渔业工程, E-mail: zysshi666@sohu.com

度聚乙烯绞捻网片(以下简称 HSPE 绞捻网片)和普通聚乙烯绞捻网片(以下简称 PE 绞捻网片)的拉伸力学性能比较研究未见有公开报道,为此,作者对这方面进行了基础理论研究,旨在为深水网箱设计、渔具设计和选配深水网箱材料提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以 HSPE 单丝编织名义股数为 36 股的 HSPE 绞捻网片,以普通 PE 单丝(以下简称 PE 单丝)为原料,按相同的织网工艺编织名义股数为 52 股的 PE 绞捻网片。试验材料均为干态。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验仪器

英国产 INSTRON-4466 型强力试验机和国产 CMT5105 电子万能试验机等。

#### 1.2.2 测定方法

按 GB/T4925<sup>[9]</sup>进行绞捻网片网目强力或网片纵向断裂强力测试,但因绞捻网片在试验中有一半以上的网目强力网结打滑,所以,作者改用 ISO1806<sup>[10]</sup>对绞捻网片网目断裂强力进行测定。为区别 GB/T4925 标准,作者及企业标准《聚乙烯绞捻网片》均将按 ISO1806 标准测定的网目断裂强力定义为“网目连接点断裂强力”。本研究为进一步表征绞捻网片

的力学性能,还按文献[2,11]中的方法进行了网片单线断裂强力测试。为估计本研究用测试方法的精密程度<sup>[12-15]</sup>,在改变观察者、测试仪器(由 INSTRON-4466 型强力试验机改为 CMT5105 电子万能试验机)实验室(由进口机实验室改为国产机实验室)及测试时间(测试相隔 2 d)的情况下,对绞捻网片的网目连接点断裂强力及网片单线断裂强力测试方法进行了再现性研究。再现性研究在两个独立的观察者之间进行。

#### 1.2.3 数据处理

试验所取得的有效数据按 GB/T4925 标准<sup>[9]</sup>、SC110 标准<sup>[11]</sup>的规定进行整理,并计算测试数据的均值、标准偏差和变异系数<sup>[12-15]</sup>;测试结果以“均值±标准偏差”来表示,通过标准偏差、再现性标准偏差、变异系数来表示测试结果的分散性<sup>[12-15]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片拉伸力学性能的比较与分析

#### 2.1.1 渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片网目强力及网片纵向断裂强力的比较与分析

渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片网目强力及网片纵向断裂强力的比较与分析见表 1。

表 1 绞捻网片的网目强力及网片纵向断裂强力(均值±标准偏差)比较

Tab.1 Comparisons of mesh strength and netting breaking strength in N-direction (Mean ± S.E.) of twisted netting

绞捻网片	规格	网目强力 (N)	网目强力变异系数 (%)	网片纵向断裂强力 (N)	网片纵向断裂强力变异系数 (%)
HSPE	HSPE-36tex×36 股-50mm	679.49±89.19	13.1	2 160.10±213.74	9.9
PE	PE-36tex×52 股-50mm	631.65±85.78	13.6	1 998.40±173.12	8.7

由表 1 可见,网目强力的变异系数达到 13%以上,表示测试结果的分散性相对较大、GB/T4925 标准对绞捻网片的强力测试来说精密度低。此外,在网片强力测试过程中,网结在外力作用下有明显的打滑、滑移和滑脱现象;按 GB/T4925 规定,上述情况下的测试数据也无效,所以未进一步对渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的网片强力进行比较分析。

#### 2.1.2 渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的网目连接点断裂强力比较与分析

渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的网目连接点断裂强

力比较与分析结果见表 2。

由表 2 可见,在具有相同单丝线密度(36tex)网目长度(50 mm)织网工艺及试样状态(干态)条件下,36 股 HSPE 绞捻网片的网目连接点断裂强力比 52 股 PE 绞捻网片高 3.1%。然而,前者的名义股数降低了 30.8%,若两者的名义股数相同,则 HSPE 绞捻网片具有明显的网目连接点断裂强力优势。由表 2 还可发现,HSPE 和 PE 绞捻网片的网目连接点断裂强力的标准偏差分别为 35.93 N,25.61 N,变异系数均小于 4%,这表明重复条件下测试结果的分散性较小。

网目连接点断裂强力是绞捻网片质量的重要指标,其大小取决于绞捻成网所用纤维材料的种类和规格、纤维的强度、目脚的丝(纱)数(/名义股数)、试样状态(包括干态和湿态)及绞捻成网所用的编织工艺(包括目脚网线的捻度、捻距、合股工艺以及线股结构)等等<sup>[1-5]</sup>。由于绞捻成网的结构特点,在上述同等条件下,HSPE 与 PE 绞捻网片网目连接点断裂强力产

生差别的原因最主要与两种网片所用纤维材料的强度有关<sup>[1-5]</sup>。HSPE 和 PE 单丝因纺丝工艺和内部结构不同,其伸长、强度等力学性能有明显差异,HSPE 单丝具有明显的强度优势<sup>[6]</sup>,因此,从理论上讲,在同等条件下 HSPE 绞捻网片应较 PE 绞捻网片具有较高的网目连接点断裂强力。

表 2 绞捻网片拉伸力学性能(平均值±标准偏差)、网片重量(平均值±标准偏差)和网片价格比较\*

Tab.2 Comparisons of tensile mechanic properties (Mean±S.E.), weight (Mean±S.E.) and price of twisted netting

绞捻网片	规格	目脚直径 (mm)	网目连接点 断裂强力 (N)	网片单线 断裂强力 (N)	10目×10目 网片重量 (g)	网片单价 (元/kg)
HSPE	HSPE-36tex×36股-50mm	2.01±0.01	1 169.1±35.93	642.5±19.91	21.8±0.02	46.0
PE	PE-36tex×52股-50mm	2.50±0.01	1 134.2±25.61	619.8±13.49	37.7±0.03	43.5

\*注:变异系数均小于4%

### 2.1.3 渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的网片单线断裂强力比较与分析

由表 2 可见,36 股 HSPE 绞捻网片的网片单线断裂强力比 52 股 PE 绞捻网片增加了 3.7%。然而,HSPE 绞捻网片的名义股数较 PE 绞捻网片降低了 30.8%,网片重量也仅为 PE 绞捻网片重量的 57.8%;HSPE 绞捻网片的目脚直径减小了 0.49 mm,仅为 PE 绞捻网片目脚直径的 80.4%;如果以两种绞捻网片的直径值进行推算,那么,2.50 mm±0.01 mm 目脚直径的 HSPE 绞捻网片的网片单线断裂强力性能可达到 52 股 PE 绞捻网片的 154.7%。由表 2 还可发现,HSPE 和 PE 绞捻网片的网片单线断裂强力的标准偏差分别为 19.91 N,13.49 N,变异系数均小于 4%,这表明重复条件下测试结果的分散性较小。对于绞捻网片,由于其绞捻成网的结构特点,网片单线断裂强力大小主要取决于织网所用纤维的强度、纤维材料的种类和规格、目脚的丝(纱)数(/名义股数)、试验时试样状态及绞捻成网所用的编织工艺等<sup>[1-5]</sup>。在本实验条件下,两种网片产生网片单线断裂强力差别的原因与产生网目连接点断裂强力差别的原因基本相同。织网用纤维材料的强度越高、组成目脚线股中的单丝(单纱)的配比越好、绞捻成网所用的编织工艺越佳,理论上则绞捻网片的网片单线断裂强力越大<sup>[1-5]</sup>。

### 2.1.4 绞捻网片的网目连接点断裂强力和网片单线断裂强力测试方法的再现性研究

为估计网目连接点断裂强力和网片单线断裂强

力测试方法的精密度,作者在 1.2.1 节试验方法所述的条件下进行了再现性研究。相隔 2 d 后,HSPE 和 PE 绞捻网片的网目连接点断裂强力再现性检验的第 2 次测试结果分别为 1 172.60 N±31.07 N,1 131.60 N±36.93 N(其对应的标准偏差分别为 31.07 N,36.93 N);HSPE 和 PE 绞捻网片的网片单线断裂强力再现性检验的第 2 次的测试结果分别为 634.91 N±20.48 N,611.92 N±15.49 N(其对应的标准偏差分别为 20.48 N,15.49 N),变异系数均小于 4%。再现性检验的第 1 次的测试结果见表 2。对再现性检验的两次测试结果进行比较研究后,我们发现测试结果无明显差异,再现性检验的第 2 次测试结果的标准偏差及变异系数较小,表示再现性条件下测试结果的分散性较小,研究所用试验方法精密度高。

### 2.2 渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的性能价格比的比较与分析

36 股 HSPE 绞捻网片的网片强力(包括网目连接点断裂强力和网片单线断裂强力)高于 52 股 PE 绞捻网片的强力(表 2);若以前者替代后者用作网箱、渔具网衣,在相同水平缩结系数及使用面积条件下,根据表 2 中的 10 目×10 目网片重量数据推算,即使 HSPE 绞捻网片的单价增加 5.7%,但由于单位面积网片重量减少 42.2%,成本仍可比后者减少 38.9%;同时,因为 HSPE 绞捻网片目脚直径减小,所以,网片滤水性能增强、网片阻力和海洋污损生物附着面积也相应减小。根据伏依尼加斯-米尔斯的平面网片水

动力计算式<sup>[16]</sup>,在网片面积、网目尺寸和水流速度相同的情况下,HSPE 绞捻网片的目脚直径减小 19.6%,其网片阻力(水流与网片垂直时的阻力)也相应减小 19.6%,因此,在保持网片强力优势的前提下,使用 36 股 HSPE 绞捻网片均比使用 52 股 PE 绞捻网片更经济,前者较后者具有性能价格比优势,HSPE 绞捻网片在养殖网箱、金枪鱼围网等渔业生产中进行推广应用具有可行性。

### 3 结论

按照 ISO1806 及 SC110 标准规定的方法对渔用 HSPE 和 PE 绞捻网片的拉伸力学性能比较结果表明,在同等条件下,36 股 HSPE 绞捻网片的网目连接点断裂强力和网片单线断裂强力分别比 52 股 PE 绞捻网片增加了 3.1%,3.7%;而前者的目脚直径和网片阻力(水流与网片垂直时的阻力)可较后者减少了 19.6%;对网片强力进行了再现性研究,HSPE 和 PE 绞捻网片的网目连接点断裂强力的标准偏差分别为 35.93 N,25.61 N,再现性标准偏差分别为 31.07 N,36.93 N;网片单线断裂强力的标准偏差分别为 19.91 N,13.49 N;再现性标准偏差分别为 20.48 N,15.49 N;变异系数均小于 4%,表示测试结果的分散性较小。36 股 HSPE 绞捻网片成本可比 52 股 PE 绞捻网片减少 38.9%,在渔业生产中使用前者比使用后更经济。由于绞捻网片特殊的编织结构,其网结明显有别于机织有结网片或经编网片;在绞捻网片的网目强力及网片纵向断裂强力测试过程中存在明显的滑移和滑脱现象;按 GB/T4925 规定,该情况下测试数据无效,因此,GB/T4925 标准对绞捻网片来说,明显存在不足,建议国家标准化管理部门尽快立项对它进行修订。

HSPE 绞捻网片的高强拉伸力学性能,在水产的各个领域具有独特的优势,能减小目脚直径、网片重量、阻力和体积,提高网片抗风、流性能,增加网片滤水性并减少海洋污损生物附着面积,它可帮助人们实施网箱及渔具的大型化、提高作业效率和节约能耗,其产品的开发和应用具有广阔的前景。目前,渔用 HSPE 绞捻网片不但已具备规模化生产条件,而且已在中国深水养殖网箱上使用,并得到了养殖户的认可。因此,它在渔业生产中进行推广应用具有可行性,将是中国深水网箱、金枪鱼围网等专用网衣材料的发展方向。随着科学技术的进一步提高和发展,HSPE

绞捻网片的渔用适应性将得到更为广泛的研究和利用。

因时间、设备、经济等诸多因素,作者仅对一定条件下两种绞捻网片的网目连接点断裂强力和网片单线断裂强力等进行了比较研究,对 HSPE 绞捻网片其它的一些拉伸力学性质(如织网用单丝的断裂强力利用率、绞捻成网所用的最佳编织工艺等)和 HSPE 绞捻网片水动力性能模型实验未做研究,因此一系列的工作还有待于今后的进一步探索。

#### 参考文献:

- [1] Itano D G. Super superseiner[R]. Hawaii: 15th meeting of the standing committee on tuna and billfish, 2002.
- [2] 徐君卓. “十五”科技攻关专题“东海区深水抗风浪网箱养殖技术与设施开发”鉴定材料汇编[R].舟山:浙江省海洋水产研究所,2003.
- [3] 石建高,王鲁民,汤振明,等.超高分子量聚乙烯和锦纶经编网片的拉伸力学性能比较研究[J].中国水产科学,2004,11(增):40-45.
- [4] Klust G. Netting Materials for Fishing Gear[M]. London: Fishing New Books Ltd Press,1982.
- [5] Itano D G. Notes on the improvement of fishing power and efficiency by western Pacific tuna purse seine vessels[R]. Hawaii: 11th standing committee on tuna and billfish,2002.
- [6] 石建高,王鲁民.渔用高强度聚乙烯和普通聚乙烯单丝结构与性能的比较研究[J].中国海洋大学学报,2005,35(2):301-305.
- [7] 石建高,王鲁民,汤振明等.渔用高强度聚乙烯和普通聚乙烯单丝耐磨性的比较研究[J].海洋水产研究,2004,25(6):55-60.
- [8] 石建高,王鲁民,汤振明,等.渔用自增强聚乙烯单丝的拉伸力学性能分析[J].上海水产大学学报,2004,13(4):323-327.
- [9] GB/T4925-1985,合成纤维渔网片断裂强力与断裂伸长率试验方法[S].
- [10] ISO1806-2002,Fishing nets—Determination of mesh breaking force of netting[S].
- [11] SC110-1983,合成纤维渔网线试验方法[S].
- [12] 唐晓芬.六西格玛核心教程 黑带读本[M].北京:中国标准出版社,2004.77-475.
- [13] 李汝勤,宋钧才.纤维和纺织品测试技术[M].上海:东华大学出版社,2005.1-24.

- [14] ISO5725-1998, Precision of test methods determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by interlaboratory tests[S].
- [15] 国家质量监督检验检疫总局质量管理司. 质量专业理论与实务(中级)[M]. 北京: 中国人事出版社, 2002. 181-400.
- [16] 王鲁民, 刘文洁, 施锦飞. 高强度渔用聚乙烯网线和绳索的研制[A]. 黄锡昌. 中国水产捕捞学术研讨会论文集[C]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1997. 401-405.

## Comparative study of tensile mechanic properties of high-strength and common polyethylene twisted netting for fishing

SHI Jian-gao, WANG Lu-min

( Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries , Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute ,Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090,China )

**Received:** Nov., 8, 2005

**Key words:** twisted netting; high-strength polyethylene (HSPE); common polyethylene; deep water sea cage materials ; ISO1806

**Abstract:** To furnish reference to deep water sea cage designing and fishing materials selecting, this experiment investigated the differences in tensile properties obtained applying the ISO1806-2002 standard, GB/T4925-1985 national standard, to the high-strength polyethylene twisted netting (HSPE twisted netting) and common polyethylene twisted netting (PE twisted netting) for fishing. The results are as follows: (1) Under the same condition, the 36-ply HSPE twisted netting is 3.1% and 3.7% higher than 52-ply PE twisted netting in breaking strength of mesh joint and breaking strength per twine of netting, while in diameter of bar and drag of netting, the former is 19.6% smaller than the latter. (2) The netting strength (including breaking strength of mesh joint and breaking strength per twine of netting) was obtained by applying the ISO1806-2002 standard, SC110-1983 trade standard and the related references to the HSPE and PE twisted netting respectively, and reproducibility tests on netting strength were done as well. The standard deviations of breaking strength of mesh joint of HSPE twisted netting and PE twisted netting are 35.93N and 25.61N respectively; the standard deviations of the reproducibility tests of breaking strength of mesh joint of HSPE twisted netting and PE twisted netting are 31.07N and 36.93N respectively. The standard deviations of breaking strength per twine of netting of HSPE twisted netting and PE twisted netting are 19.91N and 13.49N respectively; the standard deviations of the reproducibility tests of breaking strength per twine of netting of HSPE twisted netting and PE twisted netting are 20.48N and 15.49N respectively; variations of the testing results on netting strength are less than 4%. This means, under the condition of repeat or reproducibility, variation of the testing results are quite small either. (3) The 36-ply HSPE twisted netting is 38.9% smaller than 52-ply PE twisted netting in cost, it is feasible for us to apply the HSPE twisted netting. (4) As a standard, there are some shortcomings in the GB/T4925 obviously, if applied to twisted netting; this suggests that the national organization for fisheries standardization should prepare a modification to GB/T4925.

( 本文编辑 : 刘珊珊 )