DOI: 10.11758/yykxjz.20150827001 http://www.yykxjz.cn/

蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)大网目流刺网参数优化研究*

朱建成[1] 李显森[1] 都松军[2] 孙中之[1①] 孙 珊[1] 尤宗博[1]

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071；2. 山东省寿光市渔船渔港监督管理站 寿光 262714)

摘要 在对黄渤海区蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)流刺网进行10种网型主要参数分析和筛选的基础上，2013 年 4 月 10 日—5 月 15 日，使用鲁昌渔 64068 渔船在黄海中南部对蓝点马鲛大网目流刺网网片做了 4 种规格网目尺寸的优化对比实验。结果显示，120 mm 网目尺寸的网片渔获尾数和重量最大，单位捕捞努力量渔获量(Catch per unit effort, CPUE)为 0.1696 尾/片·日和 373.78 g/片·日，渔获效果优于 110、115、125 mm 的网目。2015 年 4 月 12 日—5 月 27 日，使用鲁昌渔 64068 和鲁莱州渔 66287 渔船分别在黄海中南部、烟威外海、莱州湾海域对蓝点马鲛大网目流刺网主要参数做了网型优化对比实验。结果显示，鲁昌渔 64068 渔船使用 120 mm 网目尺寸网型捕获的蓝点马鲛平均叉长为 764.18 mm，最大个体叉长为 1000 mm，最小个体叉长为 490 mm；平均重量为 3623.27 g，最大重量为 7500 g，最小重量为 850 g；CPUE 分别为 0.1379 尾/片·日和 517.65 g/片·日。鲁莱州渔 66287 渔船使用 122 mm 网目尺寸网型捕获的蓝点马鲛平均叉长为 780.47 mm，最大个体叉长为 910 mm，最小个体叉长为 600 mm；平均重量为 4065.17 g，最大重量为 7400 g，最小重量为 2000 g；CPUE 分别为 0.0778 尾/片·日和 283.35 g/片·日。120 mm 网目尺寸网型的渔获效果优于 122 mm 网目尺寸的网型，春季捕捞大个体蓝点马鲛的流刺网网目尺寸以 120 mm 左右适合当前的蓝点马鲛群体组成。120 mm 网目优化网型主要参数为：渔具主尺度 33.00 m×18.54 m，网衣规格 500 目×175 目，网目尺寸为 120 mm，网线材料为直径 0.48 mm 的尼龙单丝(PAM)，横向缩结系数为 0.55，静浮力配备为 267.9 g/m，浮沉比为 1.768∶1。120 mm 网目优化网型的另一特点为通过缩小上缘网网目尺寸，用上缘网替代上缘纲和浮子纲 2 根纲索，既保持了渔具主要结构和性能不变，又节约了渔具材料。设计方法为：上缘网的网目尺寸=主网衣网目尺寸×主网衣横向缩结系数。

关键词 蓝点马鲛；流刺网；大网目；参数；优化

中图分类号 S932 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)05-0064-10

蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)又称鲅鱼、蓝点鲅、燕鱼、马鲛等，是一种中上层洄游性鱼类，主要分布于我国的渤海、黄海、东海海域以及日本诸岛海域、朝鲜半岛南端群山至釜山外海等。在我国马鲛的渔获物中有蓝点马鲛、朝鲜马鲛(*Scomberomorus koreanus*)、斑点马鲛(*Scomberomorus guttatus*)、康氏马鲛(*Scomberomorus commerson*)和中华马鲛(*Scomberomorus sinensis*)等，其中以蓝点马鲛的数量最多，大多为流刺网和拖网所捕获。蓝点马鲛的体型较大，经济价值较高，在我国北方流刺网渔业中占有相当重要的位置。据《中国渔业统计年鉴》2007—2013 年统计资料，全国每年的马鲛海洋捕捞总产量均在

* 公益性行业(农业)科研专项经费(201203018)资助。朱建成， E-mail: zhujc@ysfri.ac.cn
① 通讯作者：孙中之，研究员，E-mail: sunzz @ysfri.ac.cn
收稿日期: 2015-08-27, 收修改稿日期: 2015-10-22

40 万 t 以上(2007–2013), 是我国海洋渔业的主要捕捞种类之一。我国许多学者对蓝点马鲛的生物学(朱德山等, 1983; 邱盛尧等, 1993、1994、1996; 刘蝉馨等, 1982; 水柏年等, 2009; 黄克勤等, 1997;)、渔业资源量变动和渔场(邱盛尧 1995、1997; 韦晟, 1980、1985; 韦晟等, 1988; 金显仕, 2001; 刘蕊, 2009[1]; 孙本晓, 2009[2])研究的较多, 对蓝点马鲛流刺网的研究仅限于网目尺寸和选择性方面(凌德宝等, 1982a、b; 杨炳忠等, 2013; 尤宗博等, 2014), 而关于蓝点马鲛流刺网及捕捞技术的介绍也较多(游克仁, 1987; 李豹德, 1990; 黄锡昌, 1990、2001; 崔建章, 1997; 孙满昌, 2005; 孙中之, 2014), 但有关蓝点马鲛流刺网参数优化的研究尚未见报道。

20 世纪 90 年代以前的蓝点马鲛流刺网网目尺寸为 90 mm(行业标准, SC 121-1983), 主捕 2 龄产卵群体(朱德山等, 1983)。此后, 随着蓝点马鲛资源量的变动, 网目尺寸逐步分化成以 76、120 mm 为主的两种网目规格(尤宗博等, 2014), 网目尺寸为 76 mm 的蓝点马鲛流刺网主捕 1 龄群体, 显然与行业标 准(SC 121-1983)和《农业部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸制度的通告》(农业部通告【2013】1 号) 要求的网目尺寸不符, 网目尺寸为 120 mm 的蓝点马鲛流刺网主捕 3–6 龄群体。为了更好的保护和可持续利用蓝点马鲛资源, 提高渔民经济效益, 在公益性行业(农业)科研专项经费“渔场捕捞技术与渔具研究与示范”(201203018)的资助下, 作者对蓝点马鲛大网目流刺网参数进行了优化研究。

1　材料与方法

1.1　实验方案

对黄渤海区近几年使用的蓝点马鲛流刺网及主要参数进行调查, 在了解和掌握蓝点马鲛流刺网的基本概况和主要参数的基础上进行综合分析, 筛选出较好的网型作为母型网, 然后进行网片网目尺寸对比实验和整个网具海上实际生产实验。具体流程为: 基础调查—分析研究—筛选母型网—网片对比实验—优化参数—海上生产实验—定型。

1.2　网目尺寸优化实验

在调查的基础上, 根据捕捞目标群体, 初步选定网目尺寸为 110、115、120、125 mm 4 种规格。网线材料为尼龙单丝(PAM), 单丝直径为 0.48 mm, 单死结编结。网具主尺度为 33.00 m×16.00 m 左右, 网片长 500 目, 高 160 目, 横向缩结系数为 0.55。网具装配好后, 主尺度分别为 30.25 m×14.70 m、31.63 m× 15.36 m、33.00 m×16.03 m、34.38 m×16.70 m, 主尺度差异最大为 13.61%。每种规格的网片 30 片, 连成 1 列, 然后, 4 组网列再连接在一起, 插入生产网进行对比实验。

1.3　参数优化和优化网实验

在网片网目尺寸实验的基础上, 根据渔具性能和渔获效果, 筛选出 1–2 组网目尺寸(120 mm 左右)做进一步对比优化实验。同时对网目尺寸、缩结系数、主尺度、网线粗度、浮沉比配备等主要参数进行分析、筛选和优化, 并对上纲结构进行简化, 然后制作成实物优化网具。其中, 一种上纲优化, 用缘网替代绳索式上纲, 对比实验两种渔具的使用性能, 进行海上实际生产对比实验。根据渔具使用性能和渔获效果综合分析和评估, 确定一种蓝点马鲛流刺网网型。

1.4　实验渔船和实验网具差异

2013 年实验渔船为鲁昌渔 64068, 木质, 功率 257.25 kW, 总长 29.00 m, 型宽 6.00 m, 型深 2.50 m。带网 600 片, 其中插入实验网 120 片(见 **1.2** 网目尺寸优化实验), 船员 8 人。4 鼓轮起网机 2 台, 左右舷各 1 台。

2015 年实验渔船分别为鲁昌渔 64068 和鲁莱州渔 66287。鲁莱州渔 66287, 木质, 功率 110.25 kW, 总长 28.67 m, 型宽 5.00 m, 型深 2.20 m。带网 600 片, 船员 8 人。4 鼓轮起网机 2 台, 左右舷各 1 台。外加 1 台备用。鲁昌渔 64068 带网 600 片。

两船使用的网具参数主要差异为: 鲁莱州渔 66287 使用的网具网目尺寸为 122 mm, 网线粗度 0.50 mm, 缩结系数 0.557, 上纲使用传统的 2 根纲索, 沉子为腰鼓型陶质沉子, 浮力配备为 219.1 g/m, 浮沉比为 1.963:1; 鲁昌渔 64068 使用的网具网目尺寸为 120 mm, 网线粗度 0.48 mm, 缩结系数 0.55, 上纲使用缘网替代, 省去绳索, 沉子为红砖, 浮力配备为 267.9 g/m, 浮沉比为 1.768 : 1。

1.5　实验时间和海域

网片网目尺寸实验时间为 2013 年 4 月 10 日—5 月 15 日, 实验作业海域为黄海中南部。

优化网实验时间为 2015 年 4 月 12 日—5 月 27 日, 实验作业海域为黄海中南部、烟威外海、莱州湾海域。

1) 刘蕊. 渤、黄、东海蓝点马鲛渔场分布的逐月与年间变化. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2009

2) 孙本晓. 黄渤海蓝点马鲛资源现状及其保护. 中国农业科学院研究生院硕士研究生学位论文, 2009

1.6 实验渔船作业方法

傍晚放网，凌晨起网，网具漂流时间为 8–10 h。起网后，现场全部采集或随机采集(渔获量大时)渔获物样本，并进行相关生物学测定和记录。实验船随生产船队在选定的海域生产，随着蓝点马鲛的北移，作业海域亦随之北移。

1.7 流刺网参数优化

对采集到的渔获物样本和实验结果进行数理统计和分析，对渔获量进行 CPUE 对比分析。根据分析结果评价蓝点马鲛大网目流刺网主要参数优化结果，并确定优化网型。

2 结果

2.1 黄渤海区蓝点马鲛流刺网概况

2012—2013 年，对黄渤海的蓝点马鲛流刺网进行了调查，共调查到 10 个基本网型，90–120 mm 的大目蓝点马鲛流刺网网型 7 个，67–76 mm 的蓝点马鲛流刺网网型 3 个，主要参数见表 1。

2.2 网目尺寸实验结果

从 7 个符合蓝点马鲛流刺网网目最小尺寸≥90 mm 标准的网型中，进一步筛选出网目尺寸为 110、115、120 mm 3 个规格，外延 125 mm 1 个规格，共 4 种规格。每种规格实验网片 30 片，进行网目尺寸优化实验。2013 年 4 月 10 日—5 月 15 日，在黄海中南部海域进行了捕捞实验，试捕 13 网次。实验结果见表 2。表 2 结果显示，120、125 mm 两种规格网目的渔获尾数和产量均较好，网目尺寸为 120 mm 的网目略好于 125 mm 的网目，渔获蓝点马鲛尾数比 125mm 的网目多 62.5%，产量高 0.12%，且渔获重量的兼捕率仅占 5.46%。

2.3 流刺网网型优化

2.3.1 *主要参数优化* 根据表 1 的调查结果，筛选出莱州(2)和昌邑的 2 个网型作为母型网，并在 2013 年网目优化实验的基础上，选定网目尺寸为 120、122 mm 两种规格的网片作为优化网型。根据前期调查和实验结果，目标群体的渔获效果及渔具使用性能等，对其缩结系数、浮力和沉力配备、上纲结构等主要参数进行了调整和优化，优化结果见表 3。

2.3.2 *上纲结构优化* 除表 3 中的参数不同外，鲁昌渔 64068 船使用的 120 mm 网目尺寸的网型，上纲采用由 4×3 的聚乙烯(PE)网线编结、目大 66 mm、500 目×6 目的上缘网拉直使用替代传统的绳索。其特点为：(1)通过缩小上缘网网目尺寸，既可保持合理的横向缩结系数，省去上缘纲和浮子纲 2 根纲索，节约渔具材料，减少渔具重量，节约了材料成本和扎制工时。(2)通过缩小上缘网网目尺寸，使之与主网衣网目尺寸保持一定的比例，达到合理的缩结并保持渔具主要结构和性能不变，以满足蓝点马鲛流刺网捕捞技术和性能的要求。(3)通过缩小上缘网网目尺寸，使其拉直后正好等于原上纲的长度，替代上纲，既保持原蓝点马鲛流刺网的框架支撑作用，同时又具有上缘网的原有功能。(4)具体方法：上缘网的网目尺寸=主网衣网目尺寸×主网衣横向缩结系数。式中，上缘网网目尺寸 66 mm=120 mm×0.55。

2.4 优化网型实验结果

2.4.1 *作业区域及渔获量* 2015 年 4 月 12 日—5 月 22 日，利用鲁昌渔 64068 共放网 33 次，渔获蓝点马鲛 2814 尾，产量为 11094 kg，平均网次产量为 336.18 kg，兼捕其他渔获物平均网次产量为 19.56 kg。作业区域见图 1。鲁昌渔 64068 日网次渔获产量 400 kg 及 400 kg 以上的网头 8 个（图 2）；前期在黄海中南部作业时的产量较高。

2015 年 4 月 15 日—5 月 27 日，利用鲁莱州渔 66287 共放网 43 次，渔获蓝点马鲛 2006 尾，产量为 7313 kg，平均网次产量为 170.07 kg，兼捕其他渔获物 13.22 kg。图 3 为鲁莱州渔 66287 作业区域，图 4 为鲁莱州渔 66287 日网次渔获量，日网次渔获产量 400 kg 及 400 kg 以上的网头仅 1 个。

2.4.2 *渔获物组成* 从表 4 可以看出，蓝点马鲛所占比例较高，渔获物重量高达 90%以上，表明蓝点马鲛大网目流刺网对其他鱼类兼捕较少，对其他渔业资源影响较小。表 4 的结果还显示，120 mm 网目尺寸的渔获量高于 122 mm 网目尺寸的渔获量，120 mm 的网目尺寸较适合当前的蓝点马鲛群体。

2.4.3 *渔获物分析* 鲁昌渔 64068 渔获物共测量蓝点马鲛样本 227 尾，平均叉长为 764.18 mm，平均重量为 3623.27 g，最大个体叉长为 1000 mm，最小个体叉长为 490 mm，最大重量为 7500 g，最小重量为 850 g。鲁莱州渔 66287 渔获物共测量蓝点马鲛样本 323 尾，平均叉长为 780.47 mm，平均重量为 4065.17 g；最大个体叉长为 910 mm，最小个体叉长为 600 mm；最大重量为 7400 g，最小重量为 2000 g(图 5、图 6)。

图 5 和图 6 的结果显示，两船渔获样本叠加后，尾数出现频度较高，即优势群体叉长为 725–925 mm，优势群体重量为 2750–4750 g。

表 1　蓝点马鲛流刺网的主要参数

Tab.1　The main parameters of drift gillnets for *S. niphonius*

调查地点 Survey site	主尺度 Principal dimensions (m×m)	网片规格(目×目) Netting specifications (mesh×mesh)	网目尺寸 Mesh size (mm)	横向缩结系数 E_t T-direction hanging ratio	网线直径 Monofilament diameter (mm)	浮力配备 Buoyancy distribution (gf/m)	总浮力 Total buoyancy (gf)	总沉力 Total weight of sinker (g)	浮沉比 Ratio of buoyancy and sinker-weight
莱州(1) Laizhou (1)	34.00×16.80	500×160	115	0.591	0.45	265.0	9010	5000	1.802：1
莱州(2) Laizhou (2)	35.00×18.00	500×170	120	0.583	0.50	277.7	9600	8000	1.215：1
昌邑 Changyi	33.00×16.73	500×160	120	0.55	0.48	247.3	8160	5000	1.632：1
黄骅 Huanghua	18.96×19.64	316×200	115	0.52	0.55	184.6	3500	2500	1.40：1
普兰店 Pulandian	30.70×18.00	500×160	115	0.534	0.45	406.5	12480	7500	1.664：1
庄河 Zhuanghe	60.00×15.78	1500×260	67	0.597	0.31	128.3	7700	5900	1.305：1
蓬莱 Penglai	34.60×11.20	650×140	96	0.554	0.45	178.5	6170	2050	3.01：1
崂山 Laoshan	28.80×14.50	516×207	90	0.62	0.40	187.5	5400	2400	2.25：1
城阳 Chengyang	23.50×13.40	600×200	76	0.52	0.32	148.9	3500	2500	1.40：1
海阳 Haiyang	27.36×12.65	600×200	76	0.60	0.32	146.2	4000	3000	1.333：1

表 2　蓝点马鲛流刺网网目尺寸试验网具渔获统计

Tab.2　Statistics of *S. niphonius* catches with drift gillnet with different mesh sizes

网目大小 Mesh size (mm)	投网数量(片) Amount of lifts of single net (webbing)	蓝点马鲛数量 Amount of *S. niphonius* (ind)	蓝点马鲛重量 Weight of *S. niphonius* (g)	兼捕种类数量 Amount of by-catch (ind)	兼捕种类重量 Weight of by-catch (g)
110	690	73	102990	13	6295
115	690	97	177480	14	7450
120	690	117	257910	18	14900
125	690	72	257600	12	4150

注：资料来源于尤宗博，等，2014

Note: Data from YOU Zongbo, *et al*. 2014

表 3　蓝点马鲛流刺网优化后的主要参数

Tab.3　The optimized parameters of drift gillnets for *S. niphonius*

试验渔船 Test vessel	主尺度 Principal dimensions of fishing gear (m×m)	网片规格(目×目) Netting specification (mesh×mesh)	网目尺寸 Mesh size (mm)	横向缩结系数 E_t T-direction hanging ratio	网线直径 Monofilament diameter (mm)	浮力配备 Buoyancy distribution (g/m)	总浮力 Total buoyancy (gf)	总沉力 Total weight of sinker (g)	浮沉比 Ratio of buoyancy and sinker-weight
鲁昌渔 64068 Luchangyu-64068	33.00×18.54	500×175	120	0.55	0.48	267.9	8840	5000	1.768：1
鲁莱州渔 66287 Lulaizhouyu-66287	34.00×17.83	500×170	122	0.557	0.50	219.1	7450	3795	1.963：1

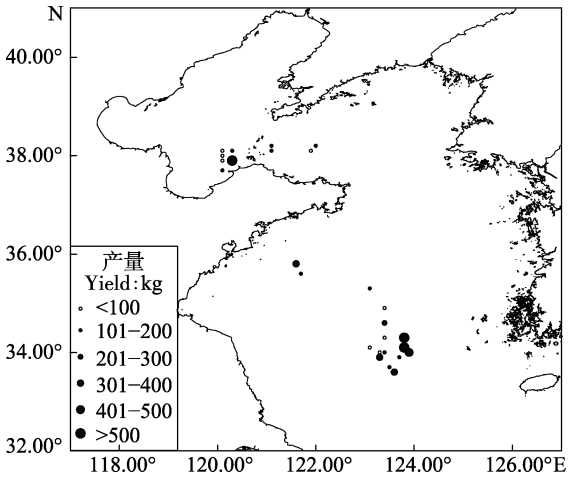

图 1 鲁昌渔 64068 作业区域

Fig.1 Fishing areas of “Luchangyu-64068”

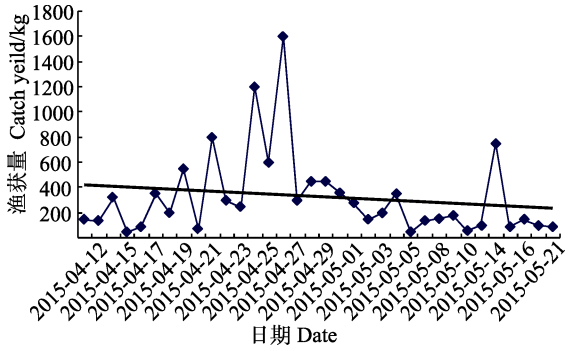

图 2 鲁昌渔 64068 日渔获量

Fig.2 Daily catch of “Luchangyu-64068”

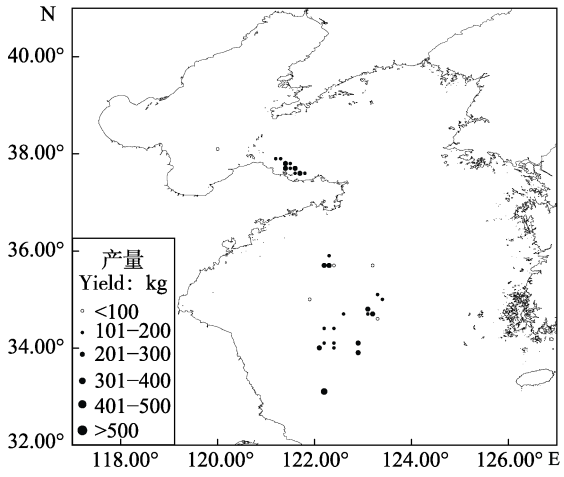

图 3 鲁莱州渔 66287 作业区域

Fig.3 Fishing areas of “Lulaizhouyu-66287”

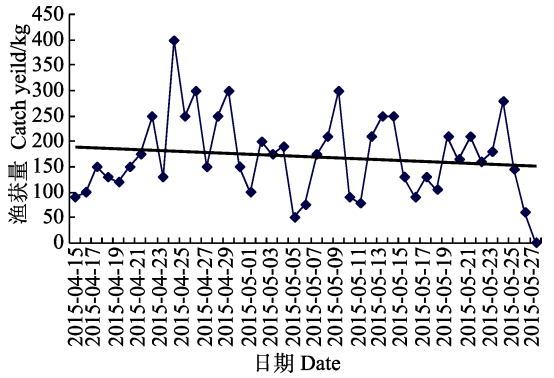

图 4 鲁莱州渔 66287 日渔获量

Fig.4 Daily catch of “Lulaizhouyu-66287”

表 4 渔获物组成

Tab.4 Species composition of catch

实验渔船 Test vessel	种类 Species	拉丁名 Latin name	重量 Weight (kg)	占渔获重量百分比 Ratio in total weight (%)	尾数 Amount of fish (ind)	占渔获尾数百分比 Ratio in total amount of fish (%)	体长范围 Fork length range (mm)	重量范围 Weight range (g)
鲁昌渔 64068 Luchangyu-64068	蓝点马鲛	*S. niphonius*	11094.00	94.38	2814	90.48	520–1000	1050–6950
	鲈鱼	*Lateolabrax japonicus*	40.50	0.34	19	0.61	200–500	750–3000
	许氏平鲉	*Sebastes schlegeli*	495.00	4.21	215	6.91	150–350	500–3000
	黄鲂鳅	*Lophius litulon*	110.00	0.93	47	1.51	200–450	1000–5000
	其他	Others	15.00	0.12	15	0.48		
鲁莱州渔 66287 Lulaizhouyu-66287	蓝点马鲛	*S. niphonius*	7313.00	92.79	2006	78.15	600–910	2000–6900
	鲈鱼	*L. japonicus*	115.50	1.47	82	3.19	200–500	500–3000
	许氏平鲉	*S. schlegeli*	82.50	1.05	66	2.57	200–400	500–4000
	鲐鱼	*Scomber japonicus*	62.25	0.79	77	3.00	200–350	350–1500
	绿鳍马面鲀	*Thamnaconus septentrionalis*	19.10	0.24	94	3.66	200–350	150–600
	银鲳	*Pampus argenteus*	4.65	0.06	32	1.25	140–0	100–250
	黄鲂鳅	*L. litulon*	270.50	3.43	155	6.04	150–500	500–10000
	高眼鲽	*Cleisthenes herzensteini*	11.25	0.14	49	1.91	100–350	100–250
	其他	Others	2.50	0.03	5	0.19		

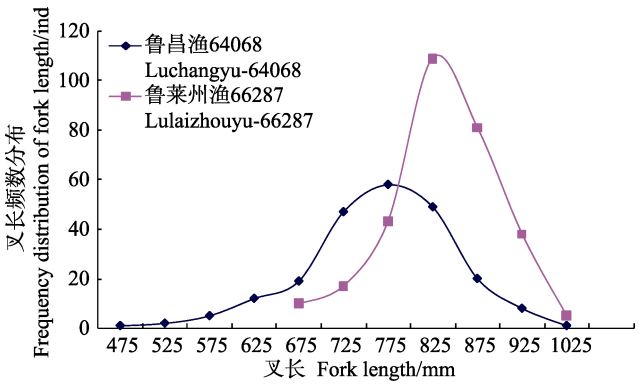

图 5　鲁昌渔 64068 和鲁莱州渔 66287 渔获蓝点马鲛叉长频数分布

Fig.5　Frequency distribution of fork lengths of *S. niphonius* caught by “Luchangyu-64068” and “Lulaizhouyu-66287

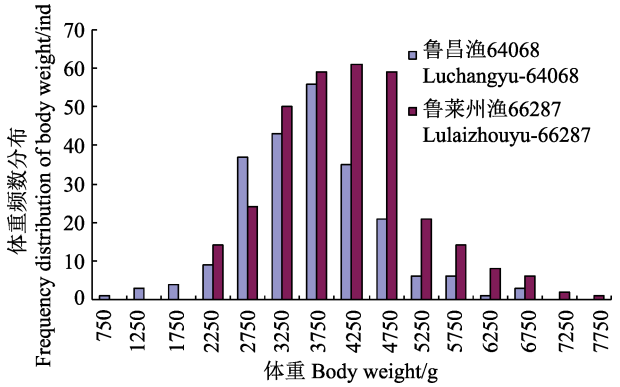

图 6　鲁昌渔 64068 和鲁莱州渔 66287 渔获蓝点马鲛体重频数分布

Fig.6　Frequency distribution of body weight of *S. niphonius* caught by “Luchangyu-64068” and” Lulaizhouyu-66287”

鲁莱州渔66287(122 mm网目)渔获物蓝点马鲛个体平均较大，比鲁昌渔 64068(120 mm 网目)渔获物蓝点马鲛个体的叉长平均大 16.29 mm，重量平均重 443.9 g。

2.4.4　*生物学特性*　　鲁昌渔 64068 渔获蓝点马鲛的 k 值：k_1=0.0785，k_2=3.907；鲁莱州渔 66287 渔获蓝点马鲛的 k 值：k_1=0.0781，k_2=3.822；蓝点马鲛鱼体增大，k 值趋小。蓝点马鲛叉长与最大横截面周长的关系见图 7 和图 8。

2.5　单位捕捞努力量渔获量 CPUE 比较

从表 5 看出，两次实验结果均显示，网目尺寸 120 mm 规格的网片渔获尾数和重量最大，2013 年的 CPUE 分别为 0.1696 尾/片·日和 373.78 g/片·日；2015 年的 CPUE 分别为 0.1379 尾/片·日和 517.65g/片·日。春季捕捞大个体蓝点马鲛的流刺网网目尺寸以 120 mm 左右适合当前的蓝点马鲛群体组成。

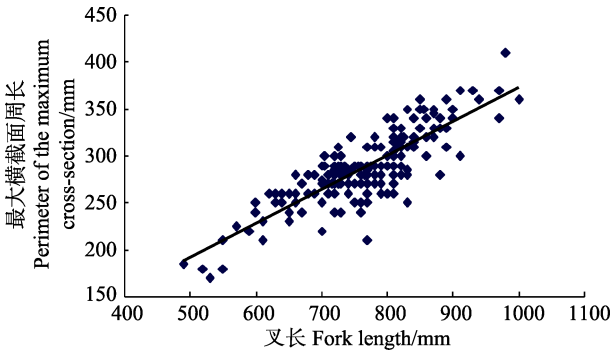

图 7　鲁昌渔 64068 渔获蓝点马鲛叉长与最大横截面周长的关系

Fig.7　The relationship between the perimeter of the maximum cross-section and the fork length of *S. niphonius* caught by “Luchangyu-64068”

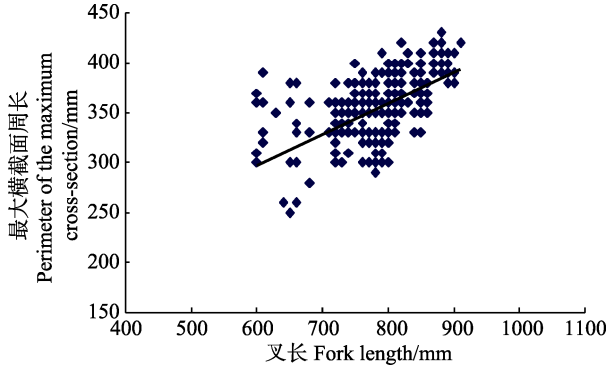

图 8　鲁莱州渔 66287 渔获物蓝点马鲛叉长与最大横截面周长的关系

Fig.8　The relationship between the perimeter of the maximum cross-section and the fork length of *S. niphonius* caught by “Lulaizhouyu-66287”

2.6　优化网型定型及主要参数

综合分析和比较实验结果，认为鲁昌渔 64068 渔船使用的网目尺寸为 120 mm 规格的流刺网网型及主要参数较为合理，并适合当前的蓝点马鲛群体。

2.6.1　*渔具结构*　　主尺度：33.00 m×18.54 m，纵目使用。单船带网 600 片。1)网衣：由直径 0.48 mm 的尼龙单丝(PAM)编结，目大 120 mm，单死结，每片主网衣长 500 目，高 175 目，重 5.00 kg。上缘网：由 4×3 的聚乙烯(PE)网线编结，上缘网目大 66 mm，500 目×6 目；为两片网衣装配连接时用，上缘网实则为 516 目×6 目。下缘网：PE36tex7×3，目大 120 mm，单死结，500 目×10 目。2）纲索：(1)浮子纲、上缘纲为无绳索结构。用 500 目×6 目的上缘网拉紧作为上纲使用，上缘网为 PE36tex 4×3 网线编结而成，一物两用。(2)沉子纲、下缘纲为聚乙烯(PE)绳，直径为 10 mm，分别为 3 股左、右捻，各长 33.00 m，重 2.80 kg。

表 5 网目尺寸实验网与优化网的 CPUE 比较

Tab.5 CPUE comparison between experimental gillnets and optimized gillnets with different mesh size

网别 Net type	网目大小 Mesh size (mm)	投网数量(片) Total amount of netting deployed (webbing)	蓝点马鲛渔获数量(尾) Total amount of *S. niphonius* caught (ind)	单位捕捞努力量渔获量 CPUE (ind/net·d)	蓝点马鲛渔获体重量 Total mass of catch *S.niphonius* (g)	单位捕捞努力量渔获量 CPUE (Mass/net·d)
2013 年实验网 Experimental gillnets in 2013	110	690	73	0.1058	120990	175.35
	115	690	97	0.1406	177480	257.22
	120	690	117	0.1696	257910	373.78
	125	690	72	0.1043	257600	373.33
2015 年优化网 Optimized gillnets in 2015	120	20400	2 814	0.1379	10560000	517.65
	122	25800	2 006	0.0778	7313000	283.35

(3) 无附加纲。(4) 无侧纲。(5)浮标绳为聚乙烯(PE)绳，直径 6 mm，每条长 16 m，每船 40–50 条。(6) 无叉纲。(7)带网纲为聚丙烯(PP)绳，直径 22 mm，每条长 170–180 m，重约 100 kg，每船 1 条。带网纲直接拴在底纲上。(8)压纲沉石绳为 PE36tex 6×3，4 个对折使用，对折后长约 1 m。每片网用 1–4 条。3）属具：(1)浮子为泡沫塑料，圆球形，直径 100 mm，中央孔径 24 mm，重 70 g，静浮力 680 gf，每片网用 13 个。总浮力 8840 gf。(2)沉子为红砖，长方型，每个重 2500 g，每片网用 2 个。总沉力 5000 g，浮沉比为 1.768:1。(3)浮标为竹竿长 7.00 m，基部直径 50 mm，在基部系结重 5000 g 的圆柱型水泥预制件，中间有直径为 50–60 mm 的圆孔，中间系结 9 个直径为 100 mm 的圆球形浮子，顶部插小旗。每 15 片网用浮标 1 支。每船用 40–50 支。浮标上带闪光灯，每 2–3 n mile 装 1 个避碰仪，共装 4 个。(4)沉石为石块，每块重 20.00 kg，一般用 1–4 块，风小时用 1 块压带网纲，风大时最多用到 4 块。

2.6.2 *渔具装配* (1)无上缘纲和浮子纲，用缘网替代。上缘网与主网衣 1 目对 1 目用网线打结缝合，因上缘网的网目为 66 mm，基本是主网衣网目尺寸的 1/2，拉直后，用上缘网替代上缘纲和浮子纲，每 35 目绑扎 1 个浮子。网衣水平缩结系数 0.55。第一个和最末一个浮子距网端各 22 目，各浮子间距均等。(2) 先将下缘网与主网衣 1 目对 1 目打结缝合连接，然后，将下缘纲穿入网衣下缘网目内，再与沉子纲分档并扎，3 目/档，每档 198 mm。主网衣水平缩结系数 0.55。沉子为红砖，2 片相邻网衣连接处吊挂 1 块红砖，中间吊挂 1 块红砖。吊挂红砖绳长 1 m 左右。(3) 2 片相邻网衣用聚乙烯网线绕缝。(4) 将两相邻网片的上缘网 1 目对 1 目单死结编织连接，沉子纲、下缘纲分别连接，各网片顺次连成网列。(5) 网列一端网片的下缘纲和沉子纲连接带网纲。

2.6.3 *网衣展开图* 优化的蓝点马鲛大网目流刺网网衣展开图见图 9。

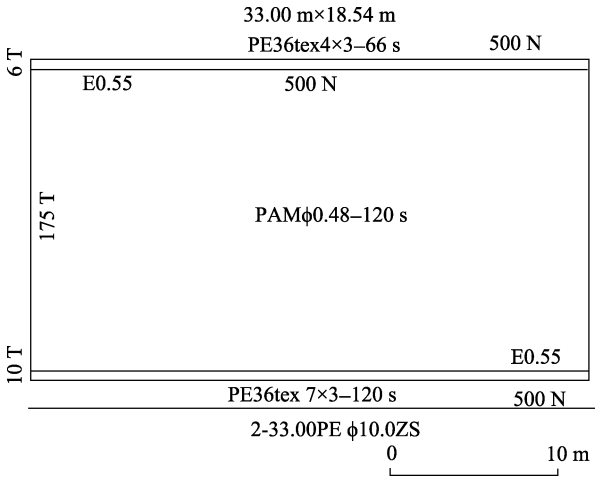

图 9 蓝点马鲛大网目流刺网网衣展开

Fig.9 Unfolded drawing of big-mesh drift gillnet for *S. niphonius*

3 讨论

3.1 优化的思路和方法

以对当前使用的蓝点马鲛流刺网的调查结果为基础，在此基础之上对其进行分析研究，选定 1–2 个母型网，对母型网的某些参数再进行分析和优化，然后制作成实物网进行海上实验。进一步验证某些参数的假设是否合理和实用，最后根据海上实验结果，分析比较后，使某些参数的范围缩小到最佳范围，最后

确定优化网型。根据多年的海上观察及对上纲、缘网的基本作用、受力分析等，本研究首先对上纲结构进行了优化，优化后的上纲结构，使用性能良好；其次，根据目标群体确定较合适的网目尺寸；再者，分别对缩结系数、主尺度、浮沉比的配备、网线粗度等进行综合优化。这种优化思路和方法也可以应用到其他单片刺网的研究和优化上。

3.2　上纲结构优化

传统的蓝点马鲛流刺网均有绳索式上纲，即有 1 根上缘纲和 1 根浮子纲(李豹德, 1990; 黄锡昌, 1990, 2001; 崔建章, 1997; 孙满昌, 2005; 孙中之, 2014)。本优化网型用上缘网替代上纲，一物两用，既起到缘网的作用又起到上纲的作用，节约了渔具材料和扎制工时，对比捕捞实验结果显示，渔具性能和渔获效果良好，说明上纲结构简化后不影响渔具的使用性能。缘网替代上纲的关键则是缘网的强度要大于或等于原上纲的强度，并且缘网网目尺寸与主网衣网目尺寸的比例要符合缩结系数的要求。在今后的蓝点马鲛流刺网制作中完全可以用上缘网按一定比例缩结后，代替绳索式上纲。此项上纲结构创新亦可用于其他漂流单片刺网。

3.3　网目尺寸

以刺入为主要捕捞方式的刺网渔具，其选择性主要取决于网衣的网目尺寸，网目尺寸是影响刺网选择性的最关键因素。因此，优化单片刺网，首先考虑的应当是网目尺寸的确定。确定网目尺寸的方法有多种，根据鱼体体形、鱼体长度和鱼体重量及与 k 值的关系进行计算网目尺寸是最常用的方法之一，但根据捕捞实验得出的网目尺寸往往最接近实际。根据表 5 中 CPUE 的实验结果表明，120 mm 的网目较适合当前蓝点马鲛的可捕捞群体，且渔获效果较好，因此认为捕捞 3–6 龄的较大个体、优势群体叉长为 725–925 mm、重量为 2750–4750 g 的蓝点马鲛，采用 120 mm 的网目尺寸较适宜。

表 2 的实验结果从另一方面表明，尽管 4 种实验网片主尺度存在差异，即扫海面积不同，在其他实验条件相同的情况下，扫海面积最大一组网列(网目尺寸 125 mm)的渔获量并非最高。因此，亦可说明网目尺寸适合可捕目标群体是蓝点马鲛流刺网优化过程中最主要的考虑因素。

3.4　缩结系数

网目尺寸确定之后，缩结系数是影响刺网渔获效率的另一个重要因素。对于靠刺挂原理捕鱼的刺网，选择缩结系数的主要依据应根据鱼体横截面的形状，使网目形状与鱼体横截面轮廓形状大致相似(孙中之, 2014)。根据对蓝点马鲛的生物学测定，其断面体高 n 约为体长的 1/5，其体宽 m 为体高 n 的 3/5，横向缩结系数 $E_t=\frac{m}{\sqrt{m^2+n^2}}$，计算出理论值为 0.514。从调查到的 10 个蓝点马鲛流刺网网型(表 1)看，生产中采用的横向缩结系数 E_t 为 0.52–0.62，均大于理论计算值，平均值为 0.5669。根据 2013、2015 年的两次实验结果，认为横向缩结系数 E_t 采用 0.55–0.56 较适合捕捞大个体蓝点马鲛。

3.5　渔具主尺度

刺网的主尺度是指每一片刺网装配好后的上纲长度和网片高度。确定长度的原则是既要便于装配、搬运、起放网操作、储藏，同时又要兼顾当地的传统，一般取 20–50 m。单片网衣长度确定后，需要根据作业情况确定网列长度，一般根据渔场范围、渔场内渔船的数量、鱼群活动范围等因素决定。近海小型流刺网网列长度 1–2 km，大型流刺网网列可达 50 km (崔建章, 1997; 黄锡昌, 2001)。网具高度确定的依据主要是根据捕捞对象的栖息水层和垂直分布，中上层鱼类垂直分布较广，活动范围较大，因此网片高度可大些,捕捞中上层鱼类的刺网高度一般为 8–20 m (崔建章, 1997; 黄锡昌, 2001)。根据蓝点马鲛流刺网调查结果(表1)分析和海上生产捕捞实验结果，认为蓝点马鲛大网目流刺网的上纲长度为 30–35 m 较合适；在黄渤海区作业，根据渔船大小，一般 110–300 kW 的渔船，每船带网 600–800 片；据海上起网时现场观察，大个体蓝点马鲛刺挂在网上的部位绝大多数在 13–14 m 以上的位置，因此认为 16–18 m 的高度已经能够满足实际生产需要，无需再加大网具高度。

2013 年实验刺网的单片主尺度最大与最小尽管相差 13.61%，但表 2 的实验结果显示，影响刺网渔获效果的主要因素是网目尺寸是否适于捕捞目标群体(120 mm 网目捕捞效果较好)，有关主尺度差异对渔获效果的影响程度还有待进一步深入研究。

3.6　浮沉比

刺网浮沉力的作用是使网衣在水中具有良好的张开形状，同时浮沉力还可影响流刺网漂流速度、网线张力和网片的高度。上层流刺网的浮沉比一般为(1.0–2.0)∶1(崔建章, 1997; 黄锡昌, 2001)。蓝点马鲛流刺网浮沉比调查结果为(1.215–3.010)∶1(表 1)，根

据 2013、2015 年两次海上生产捕捞实验结果，认为蓝点马鲛大网目流刺网的浮沉比为(1.60–1.80)∶1 较好。上纲静浮力配备在 250–270 gf/m 之间为宜，高度增加，静浮力配备亦随之加大。

3.7 网线

当前，蓝点马鲛流刺网均采用尼龙单丝(PAM)。根据蓝点马鲛流刺网调查结果(表 1)和 2013 年、2015 年两次海上生产捕捞实验结果，采用直径为 0.48–0.50 mm 的尼龙单丝，其强度能够满足捕捞 3–6 龄、重量为 2000–5000 g 蓝点马鲛的要求。

3.8 渔场影响

2013 年的实验结果显示(表 2)，相同实验条件下，120 mm 的网目渔获效果较好。但 2015 年的实验结果显示了差异，鲁莱州渔 66287 与鲁昌渔 64068 相比，鲁昌渔 64068 前期在黄海中南部作业时的产量较高(图 2、图 4)，这可能与其选择的作业渔场有关，最可能与其使用的网目尺寸有关，尽管二者相差 2 mm，但鲁莱州渔 66287 比鲁昌渔 64068 捕捞的蓝点马鲛群体的叉长平均大 16.29 mm，重量平均重 443.9 g，可能偏离了最适捕捞群体。关于总渔获量差异的原因，还有待进一步深入研究。

参 考 文 献

韦晟, 周彬彬. 黄渤海蓝点马鲛短期渔情预报的研究. 海洋学报(中文版), 1988, 10(2): 216–270

韦晟. 渤、黄、东海蓝点马鲛的资源、洄游分布及生态. 海洋药物, 1985(1-2): 50–51

韦晟. 蓝点马鲛在黄、渤海的渔场、渔期与环境关系. 海洋湖沼通报, 1980(2): 34–40

尤宗博, 李显森, 赵宪勇, 等. 蓝点马鲛大网目流刺网的选择性研究. 水产学报, 2014, 38(2): 289–296

水柏年, 孙希福, 韩志强, 等. 黄海、东海蓝点马鲛群体的形态特征分析. 水产学报, 2009, 33(3): 445–451

朱德山, 韦晟. 渤、黄、东海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier *et* Valenciennes)渔业生物学及其渔业管理. 海洋水产研究, 1983(5): 41–62

行业标准. SC121-1983 蓝点马鲛流刺网最小网目尺寸.1984

刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究. 海洋与湖沼, 1982, 13(2): 170–179

农业部渔业局主编. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2007–2013

孙中之. 刺网渔业与捕捞技术. 北京: 海洋出版社, 2014, 1–337

孙满昌主编. 海洋渔业技术学. 北京: 农业出版社, 2005, 14–29

李豹德主编. 中国海洋渔具调查和区划. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990, 5–7

杨炳忠, 杨吝, 谭永光, 等. 南海北部马鲛流刺网渔获组成初步分析. 南方水产科学, 2013, 9(1): 16–21

邱盛尧, 叶懋中, 王世信, 等. 黄渤海鲅鱼资源现状及前景分析. 海洋渔业, 1997, 19(3): 126–128

邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛个体生殖力的研究. 上海水产大学学报, 1994, 3(1-2): 21–26

邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性. 水产学报, 1993, 17(1): 14–23

邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学的研究. 海洋与湖沼, 1996, 27(5): 463–471

邱盛尧. 黄渤海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier *et* Valenciennes)资源数量变动的研究. 现代渔业信息, 1995, 10(3): 16–19

金显仕. 渤海主要渔业生物资源变动的研究. 中国水产科学, 2001, 7(4): 22–26

凌德宝, 林德芳, 闫永祥. 黄、渤海鲅鱼流网网目尺寸的初步实验. 海洋水产研究, 1982a, 4: 67–78

凌德宝, 林德芳, 闫永祥. 蓝点马鲛流刺网最小网目尺寸的实验研究. 海洋捕捞专业学术讨论会论文报告选编, 1982b: 58–68

黄克勤, 熊国强. 东海蓝点马鲛种群鉴别研究. 水产科技情报, 1997, 24(6): 270–276

黄锡昌. 捕捞学. 重庆: 重庆出版社, 2001, 125–146

黄锡昌. 海洋捕捞手册. 北京: 农业出版社, 1990, 305–327

崔建章主编. 渔具与渔法学. 北京: 农业出版社, 1997, 16–55

游克仁. 蓝点马鲛流刺网介绍. 中国水产, 1987(9): 22

(编辑 江润林)

Studies on Parameter Optimization of *Scomberomorus niphonius* Big-mesh Drift Gillnet

ZHU Jiancheng[1], LI Xiansen[1], DU Songjun[2], SUN Zhongzhi[1①], SUN Shan[1], YOU Zongbo[1]

(1. *Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Prorincial, Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao* 266071; 2. *Fishing Vessel and Fishing Port Supervision and Management Station of Shouguang in Shandong Province, Shouguang* 262714)

Abstract　In this study, 10 typical types of *Scomberomorus niphonius* gillnets used in the Bohai Sea and the Yellow Sea area were identified and investigated. Based on the analysis of the main parameters of the 10 net types mentioned above, we selected nets with 4 different mesh sizes (110 mm, 115 mm, 120 mm, and 125 mm) to perform a comparative experiment on the fishing boat “Luchangyu-64068” operated in the central and southern Yellow Sea from 10 April to 15 May in 2013. The highest number and weight of fish were caught with net of mesh size 120 mm, and the CPUE was 0.1696 ind/webbing/day and 373.78 g/webbing/day respectively. The fishing efficiency of 120 mm mesh size was also the highest among the 4 studied sizes. Further optimization of main parameters of big-mesh gillnets for *S. niphonius* were conducted on fishing vessels “Luchangyu-64068” and “Lulaizhouyu-66287” in the central and southern Yellow Sea, offshore of Yantai, Weihai and Laizhou Bay, from 12 April to 27 May in 2015. Using the net of 120 mm mesh size on “Luchangyu-64068”, we caught *S. niphonius* with the mean fork length of 764.18 mm and mean body weight of 3623.27 g. Among them the longest was 1000 mm; the shortest was 490 mm; the heaviest individual weighed 7500 g, and the lightest was 850 g. The CPUE was 0.1379 ind/webbing/day and 517.65 g/webbing/day. “Lulaizhouyu-66287” employed net of 122 mm mesh size, and the mean fork length and mean body weight of fish caught was 780.47 mm and 4065.17 g respectively. The longest was 910 mm; the shortest was 600 mm; the heaviest individual was 7400 g; the lightest was 2000 g. The CPUE was 0.0778 ind/webbing/day and 283.35 g/webbing/day. Because nets of 120 mm mesh size showed higher fishing efficiency than that of 122 mm, it should be more suitable for catching the spring cohort of *S. niphonius*. The main parameters of a net of 120 mm mesh size were as follows: 33.00 m×18.54 m in the principal dimension of fishing gear, 500 mesh×175 mesh, 120 mm in mesh size, PA monofilament (Φ=0.48 mm) as the netting material, T-direction hanging ratio 0.55, static buoyancy distribution 267.9 g/m, and buoyancy to sinker-weight ratio 1.768∶1. Due to the replacement of the upper hanging line and float line by decreasing the mesh size of cork line selvedge strip, less net material was need to maintain the major structure and performance of the net. The proper mesh size of cork line selvedge strip should be equal to mesh size of main netting multiplied by T-direction hanging ratio of main netting.

Key words　*Scomberomorus niphonius*; Drift gillnet; Big-mesh; Parameters; Optimization

① Corresponding author: SUN Zhongzhi, E-mail: sunzz@ysfri.ac.cn