

文章编号: 1674-5566(2018)05-0773-08

DOI:10.12024/jsou.20180102199

## 4 种集鱼灯在灯光罩网作业中的渔获效果分析

李 杰, 晏 磊, 杨炳忠, 张 鹏

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 农业部外海渔业开发重点实验室, 广东广州 510300)

**摘 要:** 为分析 LED 集鱼灯是否适用于南海近海灯光罩网渔业, 本研究进行了 3 种 LED 集鱼灯与 1 种传统金卤灯的生产对比试验。研究发现: (1) 试验使用的 LED 白光灯的相对光谱功率分布有 2 个波峰, 分别在蓝光波段、绿光、黄光波段, LED 绿光灯有 1 个波峰为绿光波段, LED 蓝光灯有 1 个波峰为蓝光波段, 金卤灯有多个波峰, 峰值波长主要在红光波段; (2) 3 种 LED 集鱼灯的渔获率均高于金卤灯, 其中 LED 白光灯渔获率优势明显; (3) 4 种集鱼灯渔获的共同优势种为中国枪乌贼 (*Loligo chinensis*), 其中 LED 白光灯的渔获率明显高于其他灯具; (4) 单因素方差分析结果表明 LED 白光灯与金卤灯捕获的中国枪乌贼的胴长、体质量均无显著性差异。研究认为 LED 灯尤其是 LED 白光灯适用于南海近海灯光罩网渔业。

**关键词:** 灯光罩网; LED 集鱼灯; 金卤灯; 渔获率; 中国枪乌贼

**中图分类号:** S 972.63

**文献标志码:** A

灯光罩网具有网具结构简单、技术要求低、操作简单、捕捞效率高和劳动强度低<sup>[1]</sup>等特点, 是南海区分布广泛的一种重要作业方式。特别是在南海外海鸚乌贼资源罩网探捕成功后, 罩网渔船开始从南海近海走向南海中南部海域, 迅速发展成为南海外海资源开发的重要力量。在此背景下, 诸多学者对灯光罩网的渔获组成、渔场渔期<sup>[2-3]</sup>和网具沉降性能<sup>[4-6]</sup>等方面进行了广泛研究, 但有关罩网集鱼灯的研究却未见报道。

目前, 南海罩网渔船普遍使用金卤灯, 但金卤灯光源没有定向性, 光能利用率低, 耗油偏高。LED 灯被称为第四代光源, 具有长寿命、低能耗、小型化、定向性和无光源污染等优点<sup>[7]</sup>, 用 LED 集鱼灯代替金卤灯已成为光诱渔业未来发展的一大趋势。LED 集鱼灯在鱿钓等光诱渔业中的应用得到广泛研究, 涉及 LED 集鱼灯捕鱼效果<sup>[8-13]</sup>、光学特性与节能分析<sup>[14-20]</sup>、最佳入射角<sup>[21-22]</sup>、最佳光色<sup>[23-24]</sup>等。在此背景下, 本研究进行了 3 种 LED 集鱼灯与 1 种传统金卤灯的对

比生产试验, 以验证 LED 集鱼灯是否适用于南海近海灯光罩网渔业。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验渔船、时间及海域

试验渔船为粤阳西 21248, 船舶主要参数如下: 玻璃钢质, 主机功率 31.6 kW, 发电机功率 58.8 kW, 船长 14.7 m, 型宽 3.25 m, 型深 1 m。实验进行时间为 2014 年 9 月 3 日—9 月 6 日。实验海域在广东省阳西县沙扒湾, 每次试验均位于 21°26.6'N, 111°26.5'E 附近, 渔场水深 16 m。

#### 1.2 生产试验

进行了 4 种集鱼灯捕鱼效果的对比试验, 试验中集鱼灯使用顺序依次为: LED 白光灯、LED 绿光灯、LED 蓝光灯及金卤灯。其中, 所有 LED 灯均由上海嘉宝协力电子有限公司生产, 为 3 列式, 功率均为 300 W。金卤灯由广东肇庆鸿信科技术有限公司生产, 功率也为 300 W。

表 1 为灯光罩网生产试验的基本状况。在

收稿日期: 2018-01-10 修回日期: 2018-06-07

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2013BAD13B06); 农业部财政重大专项(NFZX2013); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2016TS27)

作者简介: 李 杰(1989—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为渔具力学和渔具数值模拟。E-mail: lijieoceansouth@163.com

通信作者: 张 鹏, E-mail: trawl@126.com

为期4晚的试验过程中,每晚使用1种集鱼灯,船舷两侧各用2盏,且集鱼灯每次均固定在相同位置。原计划每晚8点开灯诱鱼,每2小时作业1网,每晚作业4网,合计作业16网。实际试验过程中,根据现场实际情况,天黑后开灯导致开灯

时间略有提前。5日、6日晚因风大流急,导致有些网次无法放网,最终试验共作业13网,其中LED白光灯4网,LED绿光灯4网,LED蓝光灯3网,金卤灯2网。

表1 生产试验基本状况

Tab.1 Basic situation of the fishing test

| 日期<br>Date | 集鱼灯<br>Lamp                | 开灯数量<br>Number of lamps | 亮灯时间<br>Time of lighting | 最后一网起网时间<br>Time of last retrieving | 网次<br>Operation times |
|------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 2014-09-03 | LED 白光灯<br>White light LED | 4                       | 19:24                    | 03:51                               | 4                     |
| 2014-09-04 | LED 绿光灯<br>Green light LED | 4                       | 19:24                    | 03:38                               | 4                     |
| 2014-09-05 | LED 蓝光灯<br>Blue light LED  | 4                       | 19:28                    | 04:39                               | 3                     |
| 2014-09-06 | 金卤灯<br>Metal halide lamp   | 4                       | 19:23                    | 23:30                               | 2                     |

### 1.3 数据处理

由LEDXpert QC公司利用远方PMS-80光谱分析系统对试验集鱼灯进行测试,分析4种集鱼灯相对光谱功率分布。

调查中对每网次的渔获物进行种类鉴定,并记录渔获物的体长及体质量(渔获较少时全部测量,渔获较多时按比例随机抽样测量)。

以单位光诱时长的渔获体质量作为渔获率来进行不同集鱼灯间的比较研究,其中光诱时长是指从亮灯时间开始至最后一网起网时间为止的时间段。

采用相对重要性指数(IRI)<sup>[25]</sup>分析不同集鱼灯渔获的优势种。当 $IRI \geq 1000$ 为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 为重要种, $10 \leq IRI < 100$ 为常见种, $IRI < 10$ 为少见种。其计算公式:

$$IRI = (n_i/N + w_i/W) \times F_i \quad (1)$$

式中: $n_i$ 和 $w_i$ 分别为第*i*种渔获的尾数和体质量, $N$ 和 $W$ 分别为所有渔获的总尾数和总体质量, $F_i$ 表示出现频率百分比。

利用单因素方差分析研究<sup>[26]</sup>不同集鱼灯渔获个体的体长、体质量是否存在显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 集鱼灯相对光谱功率分布

4种集鱼灯相对光谱功率分布见图1。在380~400 nm的近紫外线波段,3种LED灯的相对光谱功率基本为0,远低于金卤灯,说明LED

灯与金卤灯相比对人体更健康。LED白光灯的相对光谱功率分布有2个波峰,其中一个波峰峰值波长445 nm,在蓝光波段,另一波峰主要在绿光及黄光波段;LED绿光灯有1个波峰,峰值波长510 nm,在绿光波段;LED蓝光灯有1个波峰,峰值波长465 nm,在蓝光波段;金卤灯有多个波峰,峰值波长640 nm,主要在红光波段。

### 2.2 渔获组成

经鉴定,4种集鱼灯的渔获种类(表2)共有41种。LED白光灯组共有渔获31种,其中鱼类26种,头足类2种,虾类2种,蟹类1种,隶属于8目19科26属;LED绿光灯组共有渔获37种,其中鱼类31种,头足类2种,虾类2种,蟹类2种,隶属于9目22科30属;LED蓝光灯组共有渔获33种,其中鱼类26种,头足类2种,虾类2种,蟹类2种,虾蛄类1种,隶属于9目19科26属;金卤灯组共有渔获21种,其中鱼类16种,头足类2种,虾类2种,蟹类1种,隶属于6目12科18属。

LED白光灯渔获总质量92.071 kg,其中主要渔获(质量占比5%以上)有中国枪乌贼(占总质量45.43%)、丽叶鲹(19.36%)、金色小沙丁鱼(12.75%)及蓝圆鲹(5.71%);LED绿光灯渔获总质量54.692 kg,其中主要渔获有中国枪乌贼(21.93%)、丽叶鲹(15.74%)、金色小沙丁鱼(15.52%)、杜氏棱鲉(11.71%)、蓝圆鲹(7.42%)及乳香鱼(5.88%);LED蓝光灯渔获总质量53.901 kg,其中主要渔获有青鳞小沙丁鱼

(40.24%)、丽叶鲡 (20.94%)、中国枪乌贼 (12.00%);金卤灯渔获总质量 10.532 kg,其中主要渔获有中国枪乌贼 (45.07%)、墨吉对虾 (33.00%)。

### 2.3 不同集鱼灯的渔获率

由表 3 可见,LED 白光灯的渔获率最高,为 10.896 kg/h,其次为 LED 绿光灯、LED 蓝光灯和

金卤灯。可见,LED 集鱼灯的渔获率均高于金卤灯,且 LED 白光灯的渔获率明显高于其他组,为 LED 绿光灯的 1.64 倍,LED 蓝光灯的 1.86 倍,金卤灯的 4.26 倍;LED 绿光灯渔获率略高于 LED 蓝光灯;金卤灯渔获率明显低于其他种类的集鱼灯。

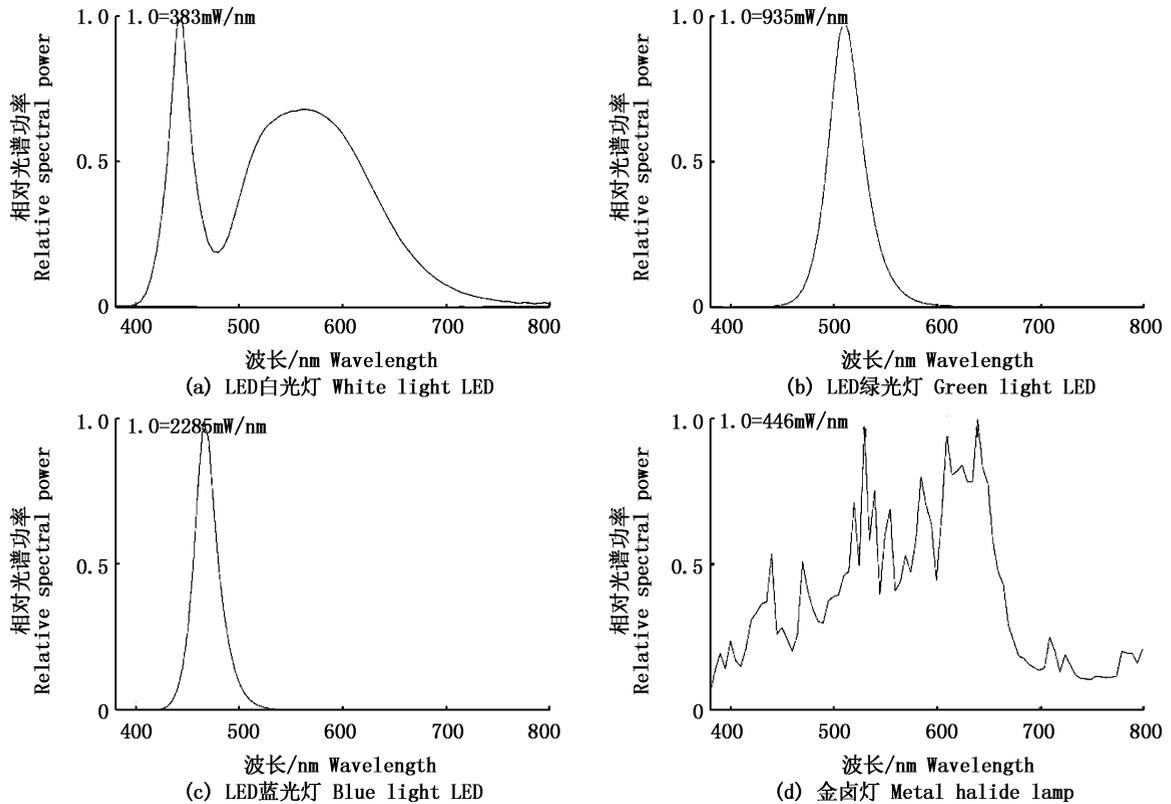


图 1 集鱼灯相对光谱功率分布

Fig. 1 The relative spectral power distribution of lamps

### 2.4 共同优势种渔获率

表 4 可知,4 种集鱼灯渔获中优势种的数量及种类存在差异。中国枪乌贼为共同优势种,对其渔获率进行分析,发现渔获率由大到小依次为 LED 白光灯、LED 绿光灯、金卤灯,LED 蓝光灯。LED 白光灯的中国枪乌贼渔获率远高于其他 3 种集鱼灯,为 LED 绿光灯的 3.39 倍、金卤灯的 4.30 倍,LED 蓝光灯的 7.07 倍。

### 2.5 中国枪乌贼胴长与体质量

由表 5 可知,LED 蓝光灯捕获个体的平均胴长与平均体质量明显高于其他 3 种集鱼灯。由图 2 可知,LED 白光灯与绿光灯捕获个体的优势

胴长组均为 81 ~ 90 mm (分别占 33.73%, 28.4%);LED 蓝光灯捕获个体的优势胴长组为 101 ~ 110 mm (占 26.23%);金卤灯捕获个体的优势胴长组为 91 ~ 100 mm (占 26.83%)。

对 LED 灯捕获个体与金卤灯捕获个体间的胴长、体质量分别进行单因素方差分析,发现 LED 白光灯与金卤灯捕获个体间的胴长 ( $p > 0.05$ )、体质量 ( $p > 0.05$ ) 无显著性差异;LED 绿光灯与金卤灯捕获个体间的胴长 ( $p > 0.05$ )、体质量 ( $p > 0.05$ ) 无显著性差异;LED 蓝光灯与金卤灯捕获个体间的胴长 ( $p < 0.05$ )、体质量 ( $p < 0.05$ ) 存在显著性差异。

表 2 4 种集鱼灯的渔获种类  
Tab. 2 Catch species of 4 kinds of lamps

|                                     | LED 白光灯<br>white light LED           | LED 绿光灯<br>green light LED             | LED 蓝光灯<br>blue light LED | 金卤灯<br>metal halide lamp |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--------------------------|
| 鱼类 fish                             | 白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>    | 白姑鱼<br>宝刀鱼<br><i>Chirocentrusdorab</i> | 白姑鱼                       | 白姑鱼                      |
|                                     | 粗鳞鲛 <i>Liza dussumieri</i>           | 粗鳞鲛                                    | 粗鳞鲛                       |                          |
|                                     | 带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>        | 带鱼                                     | 带鱼                        |                          |
|                                     | 杜氏棱鯧 <i>Thryssa dussumieri</i>       | 杜氏棱鯧                                   | 杜氏棱鯧                      | 杜氏棱鯧                     |
|                                     | 短带鱼 <i>Trichiurus brevis</i>         | 短带鱼                                    | 短带鱼                       | 短带鱼                      |
|                                     | 黑口鲷 <i>Ilisha melastoma</i>          | 黑口鲷                                    | 黑口鲷                       | 黑口鲷                      |
|                                     | 红海鲷 <i>Chorinemus toloparah</i>      | 红海红海鲷                                  |                           | 红海红海鲷                    |
|                                     | 黄斑蓝子鱼 <i>Siganus canaliculatus</i>   | 黄斑蓝子鱼                                  |                           |                          |
|                                     | 及达叶鲷 <i>Caranx djeddaba</i>          | 及达副叶鲷                                  | 及达副叶鲷                     |                          |
|                                     |                                      | 截尾白姑鱼<br><i>Pennahiaanea</i>           | 截尾白姑鱼                     | 截尾白姑鱼                    |
|                                     |                                      | 金带细鲷<br><i>Selaroidesleptolepis</i>    | 金带细鲷                      |                          |
|                                     | 金色小沙丁鱼 <i>Sardinella aurita</i>      | 金色小沙丁鱼                                 | 金色小沙丁鱼                    | 金色小沙丁鱼                   |
|                                     | 颈斑鲷 <i>Leiognathus nuchalis</i>      | 颈斑鲷                                    |                           |                          |
|                                     | 鲷 <i>Therapon theraps</i>            |  |                           |                          |
|                                     | 蓝圆鲷 <i>Decapterus maruadsi</i>       | 蓝圆鲷                                    | 蓝圆鲷                       | 蓝圆鲷                      |
|                                     | 丽叶鲷 <i>Caranx kalla</i>              | 丽副叶鲷                                   | 丽副叶鲷                      | 丽副叶鲷                     |
|                                     | 六指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>   | 六指马鲛                                   | 六指马鲛                      |                          |
|                                     | 鹿斑鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>      | 鹿斑鲷                                    | 鹿斑鲷                       | 鹿斑鲷                      |
|                                     | 青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>      | 青鳞小沙丁鱼                                 | 青鳞小沙丁鱼                    | 青鳞小沙丁鱼                   |
|                                     | 日本海鲷 <i>Nematalosa japonica</i>      | 日本海鲷                                   | 日本海鲷                      | 日本海鲷                     |
|                                     | 日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i>    | 日本金线鱼                                  | 日本金线鱼                     | 日本金线鱼                    |
|                                     | 乳香鱼 <i>Lactarius lactarius</i>       | 乳香鱼                                    | 乳香鱼                       | 乳香鱼                      |
|                                     |                                      |  | 条鲷 <i>L. rivulatus</i>    |                          |
| 椭圆鲷 <i>Leiognathus berbis</i>       | 椭圆鲷                                  | 椭圆鲷                                    | 椭圆鲷                       |                          |
|                                     | 眼镜鱼 <i>Menemaculata</i>              |  |                           |                          |
|                                     |                                      | 银鲷 <i>P. argenteus</i>                 |                           |                          |
| 银牙鲷 <i>Otolithes argenteus</i>      | 银牙鲷                                  | 银牙鲷                                    |                           |                          |
|                                     | 印度双鳍鲷<br><i>Psenesindicus</i>        |  |                           |                          |
| 油鲷 <i>Sphyraena pinguis gunther</i> | 油鲷                                   | 油鲷                                     |                           |                          |
| 羽鳃鲷 <i>Rastrelliger kanagurta</i>   | 羽鳃鲷                                  | 羽鳃鲷                                    |                           |                          |
| 脂眼凹肩鲷 <i>Selar curmenophthalmus</i> | 脂眼凹肩鲷                                | 脂眼凹肩鲷                                  | 脂眼凹肩鲷                     |                          |
| 棕斑腹刺鲷 <i>Gastrophysus spadiceus</i> | 棕斑腹刺鲷                                | 棕斑腹刺鲷                                  |                           |                          |
| 头足类<br>cephalopod                   | 曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>     | 曼氏无针乌贼                                 | 曼氏无针乌贼                    |                          |
|                                     | 中国枪乌贼 <i>Loligo chinensis</i>        | 中国枪乌贼                                  | 中国枪乌贼                     |                          |
| 虾类 shrimp                           | 墨吉对虾 <i>Penaeus merguensis</i>       | 墨吉对虾                                   | 墨吉对虾                      |                          |
|                                     | 周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>     | 周氏新对虾                                  | 周氏新对虾                     |                          |
| 蟹类 crab                             | 红星梭子蟹 <i>Portunus sanguinolentus</i> | 红星梭子蟹                                  | 红星梭子蟹                     |                          |
|                                     | 三疣梭子蟹<br><i>P. trituberculatus</i>   | 三疣梭子蟹                                  |                           |                          |
| 虾蛄类 squillid                        |                                      | 口虾蛄 <i>O. oratoria</i>                 |                           |                          |

表 3 4 种集鱼灯的光诱时长、渔获总质量及渔获率  
Tab. 3 Light time, total catch weight and catch rate of 4 kinds of lamps

| 集鱼灯<br>lamp             | 光诱时间/h<br>light time | 渔获总质量/kg<br>total catch weight | 渔获率/(kg/h)<br>catch rate |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| LED 白光灯 White light LED | 8.45                 | 92.071                         | 10.896                   |
| LED 绿光灯 Green light LED | 8.23                 | 54.692                         | 6.643                    |
| LED 蓝光灯 Blue light LED  | 9.18                 | 53.901                         | 5.869                    |
| 金卤灯 Metal halide lamp   | 4.12                 | 10.532                         | 2.558                    |

表 4 4 种集鱼灯的优势种及其渔获率

Tab. 4 Common dominant species and catch rate of 4 kinds of lamps

| 集鱼灯 lamp                   | 种类 species                | IRI       | 渔获质量/kg weight | 渔获率/(kg/h) catch rate |
|----------------------------|---------------------------|-----------|----------------|-----------------------|
| LED 白光灯<br>White light LED | 中国枪乌贼 <i>L. chinensis</i> | 7 862. 18 | 41. 825        | 4. 95                 |
|                            | 丽叶鲆 <i>C. kalla</i>       | 5 352. 50 | 17. 826        | 2. 11                 |
|                            | 金色小沙丁鱼 <i>S. aurita</i>   | 1 936. 57 | 11. 738        | 1. 39                 |
|                            | 青鳞小沙丁鱼 <i>S. zunasi</i>   | 1 182. 03 | 4. 485         | 0. 53                 |
|                            | 蓝圆鲹 <i>D. maruadi</i>     | 1 105. 52 | 5. 259         | 0. 62                 |
| LED 绿光灯<br>Green light LED | 丽叶鲆 <i>C. kalla</i>       | 4 554. 35 | 8. 611         | 1. 05                 |
|                            | 中国枪乌贼 <i>L. chinensis</i> | 3 750. 33 | 11. 996        | 1. 46                 |
|                            | 杜氏棱鲉 <i>T. dussumieri</i> | 3 196. 75 | 6. 403         | 0. 78                 |
|                            | 金色小沙丁鱼 <i>S. aurita</i>   | 2 241. 57 | 8. 487         | 1. 03                 |
| LED 蓝光灯<br>Blue light LED  | 蓝圆鲹 <i>D. maruadi</i>     | 1 305. 81 | 4. 059         | 0. 49                 |
|                            | 青鳞小沙丁鱼 <i>S. zunasi</i>   | 8 160. 28 | 21. 689        | 2. 36                 |
|                            | 丽叶鲆 <i>C. kalla</i>       | 5 467. 31 | 11. 285        | 1. 23                 |
| 金卤灯<br>Metal halide lamp   | 中国枪乌贼 <i>L. chinensis</i> | 1 841. 78 | 6. 468         | 0. 70                 |
|                            | 中国枪乌贼 <i>L. chinensis</i> | 8 158. 77 | 4. 747         | 1. 15                 |
|                            | 墨吉对虾 <i>P. merguensis</i> | 6 593. 97 | 3. 476         | 0. 84                 |
|                            | 青鳞小沙丁鱼 <i>S. zunasi</i>   | 1 063. 94 | 0. 467         | 0. 11                 |

表 5 中国枪乌贼的胴长与体质量

Tab. 5 Mantle length and weight of *Loligo chinensis*

| 集鱼灯 lamp                | 尾数 individual | 胴长范围/mm mantle length range | 平均胴长/mm average mantle length | 体质量范围/g weight range | 平均体质量/g average weight |
|-------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|
| LED 白光灯 White light LED | 83            | 55 ~ 166                    | 89. 22                        | 12 ~ 87              | 32. 53                 |
| LED 绿光灯 Green light LED | 81            | 50 ~ 174                    | 89. 80                        | 6 ~ 97               | 30. 94                 |
| LED 蓝光灯 Blue light LED  | 61            | 52 ~ 147                    | 104. 10                       | 7 ~ 70               | 36. 70                 |
| 金卤灯 Metal halide lamp   | 41            | 53 ~ 148                    | 92. 80                        | 9 ~ 78               | 31. 02                 |

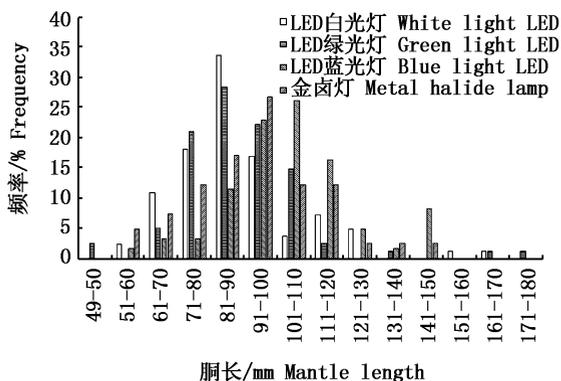


图 2 中国枪乌贼胴长分布

Fig. 2 Mantle length distribution of *Loligo chinensis*

### 3 讨论与分析

在同等功率情况下,3 种 LED 集鱼灯的渔获率均高于金卤灯,这可能是因为金卤灯存在灯光浪费,会将近 75% 的灯光投射到空气中和甲板上<sup>[27]</sup>,而 LED 灯具有很强的指向性和光线穿透性,其衰减系数相对较小,因而随着深度的加大,

其辐射量与金卤灯相比占据优势<sup>[15]</sup>,从而可以诱集到更深水层的鱼类。此外,LED 集鱼灯能瞬熄瞬灭,便于生产控制,能极大程度地吸引周围鱼群,控制鱼群,实现产量最大化<sup>[10,15]</sup>。通过金卤灯的相对光谱功率分布发现,金卤灯在紫外光和红外光波段占有不少的比例,且峰值波长为 640 nm,在红光波段。红光诱鱼效果不佳,导致金卤灯渔获率较差。

LED 白光灯渔获率明显高于绿光灯与蓝光灯。该研究中所用 LED 白光灯有两个波峰,分别在蓝光波段,绿光、黄光波段。一般认为头足类、蓝圆鲹等海洋鱼类对蓝绿光趋光性比较好<sup>[18,28-29]</sup>,LED 白光灯兼具蓝、绿两种波段的色光,在对多鱼种的诱集效果上可能要优于主要为单色光的 LED 绿光灯与 LED 蓝光灯。LED 绿光灯渔获率略高于 LED 蓝光灯,可能是因为对浅水区的鱼类而言,其视觉曲线的峰值波长应该是在绿光波段(500 ~ 555 nm),绿光比蓝光显的更亮<sup>[29]</sup>。

中国枪乌贼是所有灯的共同优势种,这反映

出中国枪乌贼在南海近海罩网渔业中的重要地位。中国枪乌贼经济价值高,生命周期短、生长速率快且资源丰富<sup>[30]</sup>,因此中国枪乌贼的渔获率可以作为衡量集鱼灯经济效益的一个重要指标。4种集鱼灯中,LED白光灯中国枪乌贼的渔获质量占总质量的比例最高,达45.43%;LED白光灯的渔获率也远高于其他灯具,为LED绿光灯的3.39倍、为金卤灯的4.30倍,LED蓝光灯的7.07倍,同时LED白光灯捕获的中国枪乌贼的胴长与体质量与传统金卤灯捕获个体间无显著性差异,说明LED白光灯在捕捞中国枪乌贼上具有明显的优势。LED蓝光灯虽渔获率最低,但其捕获个体的平均胴长及平均体质量却最大,这是否是抽样误差引起的,需在以后进行进一步的研究。

除渔获率的优势外,王伟杰等<sup>[12]</sup>研究发现上海嘉宝协力电子有限公司生产的LED白光灯节能效果明显,在不影响捕捞产量的同时,能够节约燃油60%~70%。故研究认为LED灯,尤其是LED白光灯,适用于南海近海灯光罩网渔业,可以取代传统的金卤集鱼灯。但在其推广上仍有一些难题急需解决,如初次安装成本较高,灯具质量较大,散热需要水冷等。今后能否在南海推广应用的关键是如何降低成本、优化散热、保证质量以及灯具的轻型化。

试验租用的渔船为玻璃钢制,吨位小,在稍有风浪的情况下便无法正常作业。试验期间天气状况不佳,导致作业天数偏少,光诱时长、作业网次不等,这些不足之处一定程度上对统计结果造成了影响。在今后的研究中应尽量减少天气因素对实验的不利影响,此外还应收集更多数据,尤其要对外海大中型罩网作业中LED集鱼灯的应用进行更深入的研究。

#### 参考文献:

- [1] 杨吝,卢伙胜,吴壮,等. 南海区海洋渔具渔法[M]. 广州:广东科技出版社,2002:164-167.  
YANG L, LU H S, WU Z, et al. Fishing gears and methods in the South China Sea [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2002: 164-167.
- [2] 张鹏,曾晓光,杨吝,等. 南海区大型灯光罩网渔场渔期和渔获组成分析[J]. 南方水产科学,2013,9(3):74-79.  
ZHANG P, ZENG X G, YANG L, et al. Analyses on fishing ground and catch composition of large-scale light falling-net fisheries in South China Sea [J]. South China Fisheries

- Science, 2013, 9(3): 74-79.
- [3] 陈森,张鹏,晏磊,等. 南海新建钢质罩网渔船渔获组成及渔场分析[J]. 南方水产科学,2015,11(5):125-131.  
CHEN S, ZHANG P, YAN L, et al. Analysis on catch composition and fishing ground by new-built steel light falling-net fishing in the South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 125-131.
- [4] 晏磊,张鹏,杨吝,等. 南海灯光罩网沉降性能研究[J]. 上海海洋大学学报,2014,23(1):146-153.  
YAN L, ZHANG P, YANG L, et al. A study of sinking characteristics of light falling-net fishing in the South China Sea [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 146-153.
- [5] 李杰,晏磊,陈森,等. 灯光罩网网口沉降与闭合性能研究[J]. 南方水产科学,2015,11(5):117-124.  
LI J, YAN L, CHEN S, et al. A study on sinking and closing performance of falling-net [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 117-124.
- [6] 李杰,晏磊,陈森,等. 基于不同配重的罩网沉降性能研究[J]. 南方水产科学,2016,12(5):16-22.  
LI J, YAN L, CHEN S, et al. Study on sinking performance of falling-net based on different weights [J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(5): 16-22.
- [7] 毛兴武,张艳雯,周建军,等. 新一代绿色光源LED及其应用技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:1-492.  
MAO X W, ZHANG Y W, ZHOU J J, et al. New generation green light source LED and its application technology [M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2009: 1-492.
- [8] YAMASHITA Y, MATSUSHITA Y, AZUNO T. Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps [J]. Fisheries Research, 2012, 113(1): 182-189.
- [9] YAMASHITA Y, MATSUSHITA Y. Evaluation of impacts of environmental factors and operation conditions on catch of the coastal squid jigging fishery-Does the amount of light really matter? [J]. Fisheries Engineering, 2013, 50(2): 103-112.
- [10] 崔雪亮,张伟星. 新型LED集鱼灯节能效果实船验证及推广[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2013,32(2):169-172.  
CUI X L, ZHANG W X. Validation and promotion of the new LED sets fish lamp energy saving effect of a real ship [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2013, 32(2): 169-172.
- [11] 张伟信,崔雪亮. LED集鱼灯替代弧光集鱼灯的实船试验[J]. 中国水运,2013,13(5):9-10,27.  
ZHANG W X, CUI X L. The experiment of LED lamps taking place of metal halide lamps in a real ship [J]. China Water Transport, 2013, 13(5): 9-10, 27.
- [12] 王伟杰,钱卫国,孔祥洪,等. LED集鱼灯在海中的光谱分布及使用效果分析[J]. 上海海洋大学学报,2015,24(4):610-616.

- WANG W J, QIAN W G, KONG X H, et al. Analysis of LED fish-attracting lamp spectrum distribution in water and its catch performance [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(4): 610-616.
- [13] 崔雪亮, 张伟信, 谭银朝. 光诱渔船 LED 集鱼灯合理配置剖析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2016, 35(5): 447-450.
- CUI X L, ZHANG W X, TAN Y C. The rational distribution analysis of LED fish lamp of light-fishing boat[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2016, 35(5): 447-450.
- [14] 钱卫国, 陈新军, 钱雪龙, 等. 国产 LED 水下集鱼灯光学特性与节能分析[J]. 渔业现代化, 2010, 37(6): 56-61.
- QIAN W G, CHEN X J, QIAN X L, et al. Analysis of the optical characteristics of domestic underwater fish aggregation LED lamp and its energy saving[J]. Fishery Modernization, 2010, 37(6): 56-61.
- [15] 钱卫国, 陈新军, 钱雪龙, 等. 300W 型 LED 集鱼灯光学特性及其节能效果分析[J]. 海洋渔业, 2011, 33(1): 99-105.
- QIAN W G, CHEN X J, QIAN X L, et al. The optical characteristics of LED fish aggregation lamp (300W) and its energy efficiency[J]. Marine Fisheries, 2011, 33(1): 99-105.
- [16] MATSUSHITA Y, YAMASHITA Y. Effect of a stepwise lighting method termed "stage reduced lighting" using LED and metal halide fishing lamps in the Japanese common squid jigging fishery[J]. Fisheries Science, 2012, 78(5): 977-983.
- [17] MATSUSHITA Y, AZUNO T, YAMASHITA Y. Fuel reduction in coastal squid jigging boats equipped with various combinations of conventional metal halide lamps and low-energy LED panels [J]. Fisheries Research, 2012, 125-126: 14-19.
- [18] 钱卫国, 陈新军, 雷林. 300 W 型绿光 LED 集鱼灯的光学特性[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(5): 471-476.
- QIAN W G, CHEN X J, LEI L. The optical characteristics of 300 W green light LED lamps used for fish aggregation[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2012, 27(5): 471-476.
- [19] 陈寅杰, 石瑞, 杨志勇, 等. LED 集鱼灯节能效果及优化应用分析[J]. 中国水产, 2014(9): 61-63.
- CHEN Y J, SHI R, YAGN Z Y, et al. Analysis on energy efficiency and optimizing application of LED lamps [J]. China Fisheries, 2014(9): 61-63.
- [20] AN Y H, HE P G, ARIMOTO T, et al. Catch performance and fuel consumption of LED fishing lamps in the Korea hairtail angling fishery [J]. Fisheries Science, 2017, 83(3): 343-352.
- [21] 孔祥红, 陈新军, 王伟杰, 等. 基于菲涅耳现象的 LED 集鱼灯最佳入射角研究[J]. 水产学报, 2015, 39(3): 455-462.
- KONG X H, CHEN X J, WANG X J, et al. The optimum incidence angle of LED fish aggregation lamp based on Fresnel phenomenon [J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(3): 455-462.
- [22] 王伟杰. LED 水上鱿钓集鱼灯应用研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016: 1-45.
- WANG W J. The application research of LED fish aggregation lamp in the squid jigging boat [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016: 1-45.
- [23] MATSUI H, TAKAYAMA G, SAKURAI Y. Physiological response of the eye to different colored light-emitting diodes in Japanese flying squid *Todarodes pacificus* [J]. Fisheries Science, 2016, 82(2): 303-309.
- [24] 李好, 郑伟波, 崔钊. 通过 LED 集鱼灯光效标准确定最佳光色[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(13): 2536-2539.
- LI Y, ZHENG W B, CUI Z. A method for determining the optimal color by LED fishing light efficiency [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2017, 56(13): 2536-2539.
- [25] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. Fish Bulletin, 1971, 152(1): 1-105.
- [26] 宋利明, 惠明明. 马绍尔群岛海域和吉尔伯特群岛海域黄鳍金枪鱼生物学特性比较[J]. 海洋渔业, 2012, 34(2): 145-153.
- SONG L M, HUI M M. Comparison of the biological characteristics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) between Marshall Islands waters and Gilbert Islands waters [J]. Marine Fisheries, 2012, 34(2): 145-153.
- [27] 翁建军, 周阳. 海上光污染对船舶夜航安全的影响及对策分析[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2013, 37(3): 550-552.
- WENG J J, ZHOU Y. Analysis of impact of light pollution at sea upon ships navigation safety at sea and countermeasures [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2013, 37(3): 550-552.
- [28] KAWAMURA G, MATSUSHITA T, NISHITAI M, et al. Blue and green fish aggregation devices are more attractive to fish[J]. Fisheries Research, 1996, 28(1): 99-108.
- [29] 陈清香, 熊正焯, 谭中明, 等. 2 种 LED 灯光诱蓝圆鲈和竹筴鱼的渔获比较[J]. 南方水产科学, 2013, 9(3): 80-84.
- CHEN Q X, XIONG Z Y, TAN Z M, et al. Comparison between the catches (*Trachurus japonicus* and *Decapterus maruadsi*) around two LED lamps[J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(3): 80-84.
- [30] 周金官, 陈新军, 刘必林. 世界头足类资源开发利用现状及潜力[J]. 海洋渔业, 2008, 30(3): 268-275.
- ZHOU J G, CHEN X J, LIU B L. Notes on the present status of exploitation and potential of cephalopod resources on the world[J]. Marine Fisheries, 2008, 30(3): 268-275.

## Analysis of catch rates of 4 kinds of lamps in the falling-net fishery

LI Jie, YAN Lei, YANG Bingzhong, ZHANG Peng

(Key Lab. of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture; Key Lab. of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China)

**Abstract:** The study carried out the fishing tests of 3 kinds of LED lamps and 1 kind of traditional metal halide lamp to analyze if the LED lamp was suitable for inshore falling-net fishery of South China Sea. The results show that: (1) there are two peaks in the relative spectral power distribution of white light LED used in the fishing test, and two peaks are in blue bands, green and yellow bands respectively; green light LED has one peak and the peak is in green bands; blue light LED has one peak and the peak is in blue bands; metal halide lamp has multiple peaks and the peak wavelength is mainly in red bands; (2) The catch rates of 3 kinds of LED lamps are all higher than metal halide lamp, and white light LED has obvious advantages; (3) *Loligo chinensis* is the common dominant specie among 4 kinds of lamps, and the catch rate of white light LED is significantly higher than the other 3 kinds of lamps; (4) one-way analysis of variance shows that there is no significant difference in the mantle length and weight of *Loligo chinensis* between individuals caught by white light LED and metal halide lamp. The study suggests that LED lamp, especially white light LED is suitable for inshore falling-net fishery.

**Key words:** falling-net; LED lamp; metal halide lamp; catch rate; *Loligo chinensis*