

Study on the Optimal Allocation and Selection of Fish Aggregation Lamps for Saury and Squid Vessel

Lixin Xie¹, Zhiqiang Dong¹, Weiguo Qian^{2*}, Weijie Wang², Chao Ye²

¹Shanghai Merchant Ship Design & Research Institute, Shanghai

²College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai

Email: sd1@sdari.com.cn, *wqian@shou.edu.cn

Received: Aug. 27th, 2015; accepted: Sep. 26th, 2015; published: Sep. 29th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A domestic-designed professional saury fishing vessel, with 11.4 m beam and hull 77.50 m length, was selected as study objective. First, synthetically the configuration of vessel generating units was taken into consideration to select saury and squid fish aggregation lamps systems. Then, we do research on optimization allocation of the above systems. The results indicate that for saury fish aggregation lamps systems, main light source we selected is Japanese-made to the incandescent lamp (110 Voltage & 500 Watt). The main lamp color selected is red and rest consists of white and green. Vessel was equipped by 133 light boxes and the distance between each other is 1.2 meter. The angle between light box and shipboard is 55° - 70°. For squid fish aggregation lamps systems, main light source we selected is Japanese-made to the Metal Halide Lamp (220 Voltage & 3 k Watt). The main lamp color selected is white. Vessel was equipped by 260 lamps (130 lamps each side) and the distance between each lamp was 0.52 meter. The light height is 7.4 meter above seawater.

Keywords

Saury Fishing Vessel, Fish Aggregation Lamp, Optimal Allocation

*通讯作者。

秋刀鱼、鱿鱼兼作渔船集鱼灯选型及优化配置研究

谢立新¹, 董治强¹, 钱卫国^{2*}, 王伟杰², 叶超²

¹上海船舶研究设计院, 上海

²上海海洋大学海洋科学学院, 上海

Email: sd1@sdari.com.cn, wggian@shou.edu.cn

收稿日期: 2015年8月27日; 录用日期: 2015年9月26日; 发布日期: 2015年9月29日

摘要

以国内设计的一艘总长77.5 m、型宽11.4 m的大型专业秋刀鱼渔船为目标渔船, 综合考虑该渔船的发电机组配备, 对该船的秋刀鱼集鱼灯系统和鱿鱼钓集鱼灯系统进行选型和配置。研究表明: 对于秋刀鱼集鱼灯系统, 主要使用的灯泡为日本生产的110 V 500 W型白炽灯, 以红灯为主, 部分灯箱使用白光和绿光, 共配备133组灯, 灯箱灯距为1.2 m, 灯箱安装角度为55°~70°; 对于鱿钓集鱼灯系统, 主要使用的灯泡为日本生产的220 V 3 kW型金卤灯, 光色为白色, 共配备260个集鱼灯, 两侧各130个均匀排列, 相邻灯间距为0.52 m, 集鱼灯安装高度为距离水面7.4 m。

关键词

秋刀鱼船, 集鱼灯, 优化配置

1. 引言

秋刀鱼、鱿鱼兼作渔船是一种具备捕捞秋刀鱼和鱿鱼双重功能的作业渔船, 人们习惯上称之为秋刀鱼船[1]。通常情况下, 该船主要捕捞在北太平洋公海的秋刀鱼资源[2] [3], 当秋刀鱼渔汛结束或资源量较少时, 该船可以及时更换作业方式用于钓捕鱿鱼资源, 并具备去北太平洋以外的其他大洋和公海进行鱿鱼钓作业的能力。目前, 围绕该类型作业渔船的研究, 主要围绕捕捞对象的生物学习性、资源状况、渔场分布以及捕捞技术等[4]-[13]。而集鱼灯系统作为该渔船的重要辅助捕捞设备, 对应的研究很少[14]。本文以国内设计制造的一艘大型专业秋刀鱼渔船的船舶尺寸和发电机组配备情况为例, 对该船的秋刀鱼集鱼灯系统和鱿鱼钓集鱼灯系统进行选型和配置, 为相关的研究和设计提供参考。

2. 秋刀鱼集鱼灯

一般来说, 秋刀鱼渔船在集鱼灯的配置上根据渔船本身的差异而不尽相同。在渔船的灯光配置方面, 如集鱼灯类型的选择、集鱼灯灯箱内各个灯的排列、集鱼灯箱的架设角度和高度, 以及各种光色集鱼灯灯箱的组合和调整都各有差别。总体的原则是, 要根据渔船自身特点, 选用合适强度和颜色的光源, 使集鱼灯在海面形成的光场分布能够适合于捕捞对象的生活习性和集群特点, 有利于灯光诱捕作业。

2.1. 秋刀鱼集鱼灯的类型和作用

秋刀鱼集鱼灯可根据功能的不同分为探照灯、诱集灯和诱导灯 3 种。由于秋刀鱼对水下光源均为负

反应,因此秋刀鱼舷提网作业一般只使用水上灯,少使用或不使用水下灯。

探照灯的作用是探照鱼群。当探照灯光束照射到秋刀鱼群时,便引起鱼群的兴奋,并在光照区内跳跃。

诱集灯的主要作用是把远处的秋刀鱼吸引到船体周围,使之形成稳定的集群。装配有此种灯的灯箱在数量上是最多的,灯泡一般是白色的白炽灯或红色的白炽灯。大量的灯箱有序装配在非作业舷一侧,在海面上形成了强大的诱鱼光场。有的船为了扩大诱鱼面积,在作业舷也安装有大量灯箱。

诱导灯的作用是将秋刀鱼从非作业舷顺利引导到作业舷。通常使用红灯,一般布置在船的首尾,并放置在圆形灯箱中,主要是为了避免船首尾接触海面造成灯箱损坏。

2.2. 秋刀鱼集鱼灯光源的选择

秋刀鱼集鱼光源的选择对秋刀鱼渔船诱集效果好坏起到至关重要的作用,光源的研究是秋刀鱼渔业研究中一个很重要的方面,包括光源的类型,光谱配光,功率,寿命,抗震性,抗腐蚀性等。现在应用于秋刀鱼渔船的光源一般有白炽灯和 LED 灯。

白炽灯是应用最多最普遍的秋刀鱼集鱼灯,也是最早应用于秋刀鱼灯诱作业的光源之一,它是由电流加热元件产生白热光的光源(经常被称为普泡或 GLS 灯),色温一般偏高,波长为 780~400 nm,光谱中缺少紫光,故合成后光色略偏红黄。用于秋刀鱼集鱼的白炽灯功率有 500 W, 1000 W, 1500 W 等,各主要秋刀鱼捕捞国家和地区均有装配此类光源船舶,如我国大陆和台湾省渔船很多采用 500 W 白炽灯,而各种规格白炽灯在日本均有所应用。

LED 灯,近年来也被应用于秋刀鱼渔业作业中。LED 灯的辐射特性能发出特定波长范围的单色辐射,有利于秋刀鱼的集鱼作业;同时 LED 灯的发光效率非常高,一盏 100 W 的 LED 灯的发光效果几乎相当于一盏 500 W 白炽灯,对秋刀鱼渔船节约发电成本具有一定好处,使得一艘渔船能够悬挂更多的集鱼灯箱,提高海面诱鱼效果。但是从实际的使用情况来看,目前 LED 集鱼灯的使用并没有普及,这与其自身的载重过大以及渔民的使用习惯等有很大的关系。

经过测试,500 W 白炽灯的光谱参数见图 1,其相关色温: $T_c = 2823 \text{ K}$,主波长: $\lambda_d = 583.5 \text{ nm}$,光通量 $\Phi = 7873 \text{ lm}$,光效: 16.04 lm/W ,辐射通量 $\Phi_e = 50.48 \text{ W}$ 。1000 W 白炽灯的光谱参数见图 2,相关色温: $T_c = 2860 \text{ K}$ 主波长: $\lambda_d = 583.3 \text{ nm}$;光通量 $\Phi = 16544 \text{ lm}$,光效: 33.94 lm/W ,辐射通量 $\Phi_e = 105.4 \text{ W}$ 。

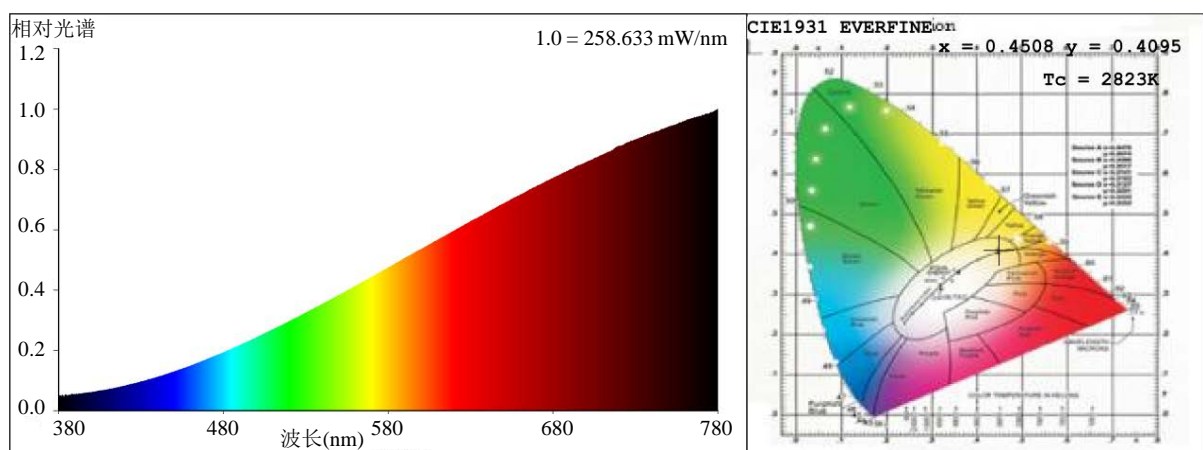


Figure 1. Curve: light spectrum of filament lamp (power 500 Watt)

图 1. 500 W 白炽灯的光谱参数

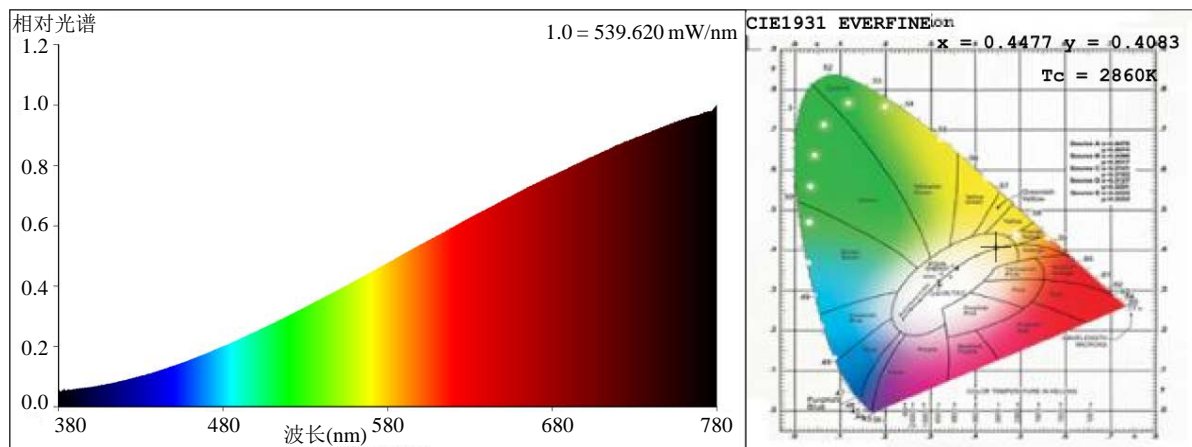


Figure 2. Curve: light spectrum of filament lamp (power 1000 Watt)

图 2. 1000 W 白炽灯的光谱参数

由上可知, 1000 W 白炽灯的光通量为 33,940 lm, 500 W 白炽灯的光通量为 8020 lm, 1000 W 白炽灯的光通量为 500 W 白炽灯的 4.23 倍, 因此从理论上来说, 秋刀鱼渔船可配备 1000 W 的白炽灯。但是, 从实际情况来看, 如果现在秋刀鱼渔船选用的是 500 W, 在秋刀鱼捕捞作业工况时, 负载大约为 1200 kW; 如果选用了 1000 w 的秋刀鱼灯, 那么负载就要翻倍, 也就是增加为 2400 kW。经查证, 国内主流设备厂商的报价, 主发电机装机容量每增加 1 kW, 约需要 1800 RMB, 那么单这一项, 船舶主电站就要增加初期投资约 216 万 RMB 左右; 同时在秋刀鱼作业工况, 负载每增加 1 kW·h, 每小时的燃油消耗成本约为 1.2 RMB, 那么, 在选用 1000 W 的白炽灯时, 每小时燃油消耗成本增加约 1400 RMB。基于以上数据, 本船宜选用 500 W 的白炽灯, 以匹配目前的两台 900 kW 和 1 台 560 kW 的主发电机容量。

考虑到国内在专业的秋刀鱼集鱼灯制作领域还没有经过资质认定的生产厂家, 本次设计中根据使用习惯, 选择了日本 SANSHIN 公司生产的白炽灯, 其额定电压 110 V、额定功率 500 W, 其灯口直径 4.0 cm, 细部直径 5.0 cm, 灯头直径 11.0 cm, 光通量 8000 Lm, 额定寿命为 1000 h, 发光效率达到 16 Lm/W。在集鱼灯颜色的选择上, 主要以红色为主, 部分选择绿光和白光。

2.3. 秋刀鱼集鱼灯的配置

根据目标船的船舶尺寸(总长 77.5 m, 型宽 11.4 m, 型深 7.4 m), 参考国内同类型的相关船型, 对其秋刀鱼集鱼灯箱进行布局。灯箱主要分长条灯箱(每个灯箱中有 30 个 500 W 的红色白炽灯), 部分灯箱使用的是白色白炽灯)和圆形灯箱(每个灯箱中有 30 个 500 W 的红色白炽灯)两种, 其在左右舷的装配各有不同。

船前部装配 18 组圆形灯箱, 左舷侧 53 组长条灯箱; 船后部配置 8 组长条灯箱; 右舷共有 46 组长条灯箱; 右舷船艏部一有主灯架, 配置 1 组长条灯箱, 在灯架的延伸处装配有 7 组装有红灯的圆形灯箱。部分灯箱的安装效果图见图 3。

自船尾开始每隔 1.0~1.5 m, 平均每 1.20 m 就装配有一组集鱼灯箱。考虑到海上实际生产需要, 灯箱与水平面成一定夹角, 这个夹角可根据作业时的具体情况进行调整, 一般为 30°~60°, 在有些时候甚至可以达到 70°。测量灯箱底部距离船舷的高度为 1.2 m 处, 由于船舷至海面的高度为 3.2 m, 因此, 在实际作业中灯箱的装配高度为 4.4 m。

3. 鱿鱼集鱼灯

与一般的照明光源相似, 鱿钓集鱼灯的光学特性包括光通量、光强度、光照度、光亮度、发光效率、



Figure 3. Installation result diagram of light box for saury
图 3. 秋刀鱼集鱼灯灯箱的安装效果图

光源的色温和显色性、配光曲线，以及灯的寿命和光束维持率等。在此先对集鱼灯的种类作以介绍，然后对集鱼灯的配光曲线、照度特性和灯的寿命和光束维持率进行比较分析，并对鱿钓渔船集鱼灯的一般布置情况进行说明。

3.1. 鱿钓集鱼灯的种类

从当前鱿钓渔业中所使用的集鱼灯来看[15]，其种类可作如下划分：

- 1) 按发光原理分，主要有热辐射电光源(如白炽灯、卤钨灯)和气体放电电光源(如水银灯、钠灯、金属卤钨灯)；
- 2) 按灯光系统分，主要有水上集鱼灯(俗称集鱼灯)、水下集鱼灯(俗称水下灯)和变色灯(通常为白炽灯或高压钠灯)；
- 3) 按灯光功率分，主要有 1 kW、2 kW、3 kW、4 kW (1~4 kW 集鱼灯的基本参数见表 1)和 5 kW (主要为水下灯)的集鱼灯，其中 1~3 kW 的集鱼灯在当前的鱿钓渔业中应用最普遍；
- 4) 按集鱼灯形状分，主要有球形集鱼灯和直管形集鱼灯两种，但目前球形集鱼灯用的较多，直管形集鱼灯有逐渐取代球形集鱼灯的趋势；
- 5) 按发光颜色分，主要有白光集鱼灯、蓝光集鱼灯和绿光集鱼灯，其中绿光和蓝光集鱼灯仅在国内部分船上使用，多数鱿钓渔船使用的是白光集鱼灯。

当前，新配置的鱿钓集鱼灯系统，除需要调节光强等少数场合仍使用白炽灯外，几乎全都采用金属卤化物灯[16]。

3.2. 鱿钓集鱼灯的配光曲线

当前，新配置的鱿钓集鱼灯系统，除需要调节光强等少数场合仍使用白炽灯外，几乎全都采用金属卤化物灯[16]。图 4 为不同功率(1 kW 型、2 kW 型、3 kW 型、4 kW 型) 4 种国产集鱼灯的配光曲线。从图 4 中可以明显看出，集鱼灯功率和种类不同，其在各个方向的发光强度也是不同的，随着功率的增大，其发光强度也相应增大。

使用极坐标方程分别对 4 种型号的集鱼灯发光强度进行拟合，得到各自的配光曲线极坐标函数如下：

$$1 \text{ kW 型集鱼灯: } I_{\theta} = -3375.6 + 12786.7 \times \sqrt{\sin \theta} ;$$

$$2 \text{ kW 型集鱼灯: } I_{\theta} = 1778.75 + 18851.2 \times \sqrt{\sin \theta} ;$$

$$3 \text{ kW 型集鱼灯: } I_{\theta} = -1075.03 + 20704.6 \times \sqrt{\sin \theta} ;$$

$$4 \text{ kW 型集鱼灯: } I_{\theta} = -5175.17 + 32039.8 \times \sqrt{\sin \theta} .$$

Table 1. Configuration parameters of fish aggregation lamps for saury and squid vessel
表 1. 秋刀鱼鱿鱼兼作渔鱿钓集鱼灯布置参数

属性	值	属性	值
船长/m	77.5	船舷离水面高/m	5.2
灯光长度/m	67	平均灯距/m	0.52~0.81
集鱼灯总功率/kW	780	集鱼灯舷边距/m	1.4
集鱼灯数/盏	160~260	两内侧灯之间的距离/m	14.2
灯离水面高/m	7.5	近船尾第 1 盏灯与船尾的距离/m	2.6

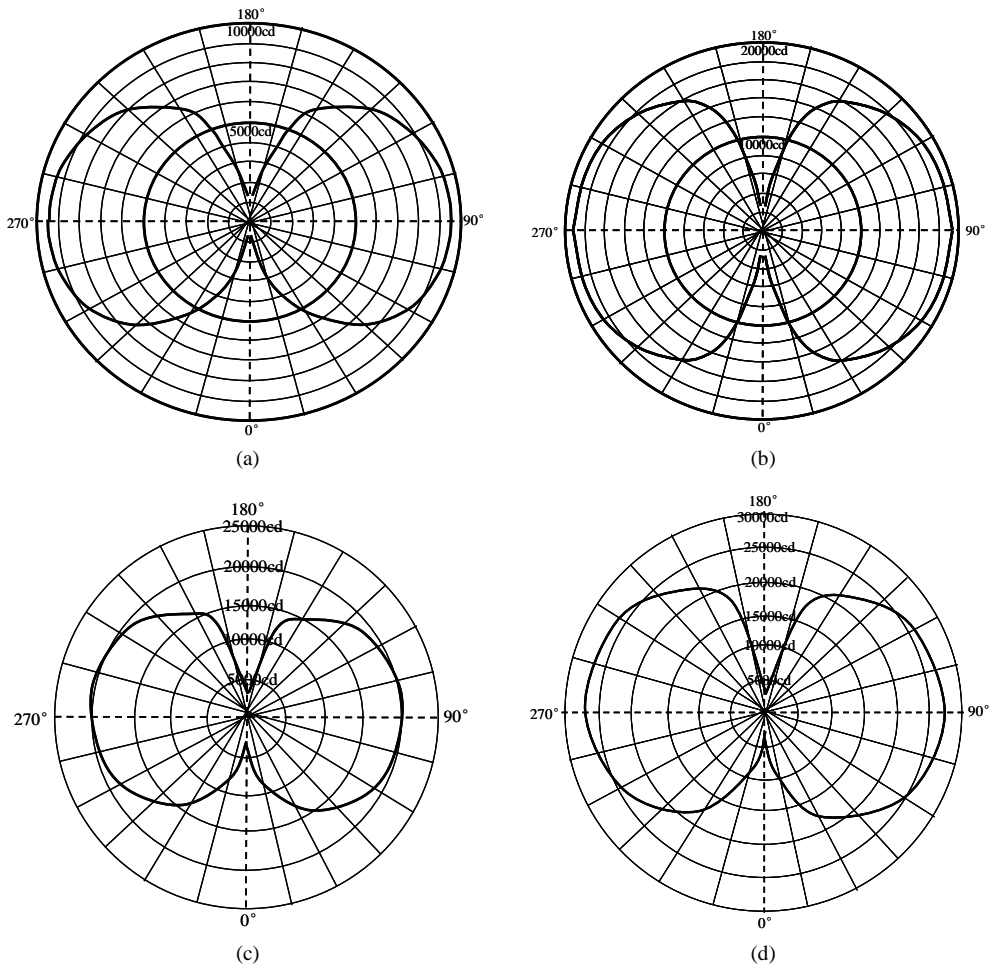


Figure 4. Light distribution curve of different power domestic fish aggregation lamp (a) 1 kW; (b) 2 kW; (c) 3 kW; (d) 4 kW

图 4. 国产不同功率集鱼灯的配光曲线 (a) 1 kW; (b) 2 kW; (c) 3 kW; (d) 4 kW

同样，对图 5 中的 4 种日本产的集鱼灯进行光强函数拟合，得到其配光曲线函数如下：

1 kW 型集鱼灯： $I_{\theta} = -856.2 + 12530 \times \sqrt{\sin \theta}$ ；

2 kW 型集鱼灯： $I_{\theta} = -409.2 + 20260 \times \sqrt{\sin \theta}$ ；

3 kW 型集鱼灯： $I_{\theta} = -631.2 + 21580 \times \sqrt{\sin \theta}$ ；

4 kW 型集鱼灯： $I_{\theta} = -2071 + 30190 \times \sqrt{\sin \theta}$ 。

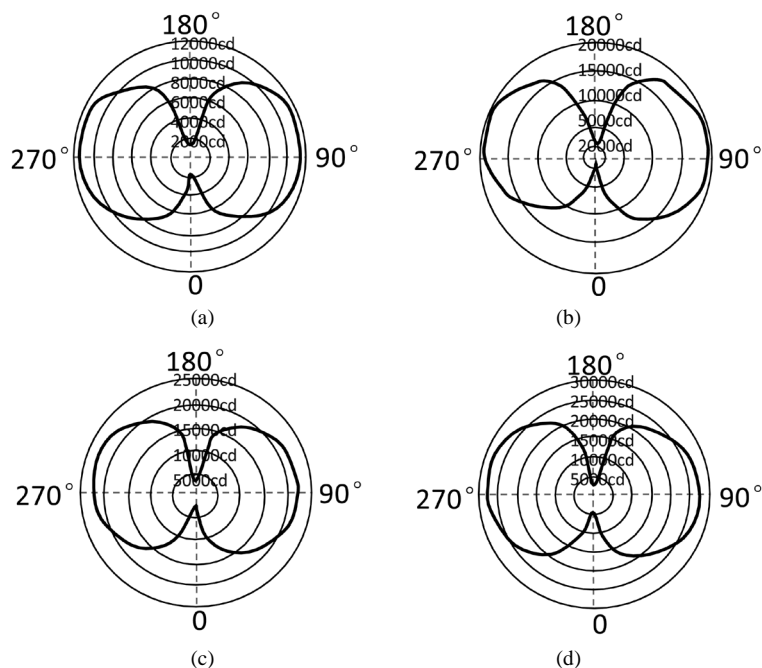


Figure 5. Light distribution curve of different power Japan-made fish aggregation lamp (a) 1 kW; (b) 2 kW; (c) 3 kW; (d) 4 kW

图 5. 日本产不同功率集鱼灯的配光曲线 (a) 1 kW; (b) 2 kW; (c) 3 kW; (d) 4 kW

3.3. 鱿钓集鱼灯的选择

通过上述的比较和分析,可以知道目前在鱿钓作业中,多数是以金属卤化物灯(MHL)为主的,主流使用的是 2 kW 型和 3 kW 型。考虑到秋刀鱼和鱿钓兼作渔船的渔船尺度和集鱼效果,同时参考国内大型专业鱿钓渔船的集鱼灯选择方案,在此选择 3 kW 型白光 MHL 为该秋刀鱼和鱿钓兼作渔船的鱿钓作业系统的集鱼灯。

经过调查发现,目前国产的 MHL-3000TT 型 MHL 集鱼灯市场价格为 2920 元(包括 1180 元灯泡 1 个,1740 元整流器 1 个,1 个整流器配 1 个灯);日本 USHIO 生产的 MHL-3000TM-C 集鱼灯售价为 2980 元(包括 1380 元灯泡 1 个,3200 元整流器 1 个,1 个整流器可配 2 个灯)。根据相关渔船的使用经验得知两种灯在实际使用中的集鱼效果没有明显差异,但考虑到日本产的集鱼灯具有更好的光学稳定性和相对较长的使用寿命(日产为 3500 小时,国产为 3000 小时),故在此选择日产 MHL-3000TM-C 为鱿钓作业集鱼灯。

3.4. 鱿钓集鱼灯的优化配置

3.4.1. 光诱渔船及集鱼灯参数配置

目标渔船的相关参数为:总长 77.5 m,型宽 11.4 m,型深 7.4 m;总吨 1160 t,舱容 1145 m³;主机功率 1800 kW。在目标船的船身两侧各安置一列集鱼灯,假定每列的集鱼灯均为 80~130 盏,其灯中心距海面高 7.5 m,相关数据见表 1。

3.4.2. 鱿钓集鱼灯总功率配置

采用叠加法照度计算模式计算集鱼灯在水中的照度分布[15]。根据目标渔船“秋刀鱼鱿鱼兼作渔船”的鱿钓集鱼灯布置的相关数据,使用自主开发的“水上集鱼灯水下光场计算系统 V1.0”(国家软件登记号:2010SR042147)进行理论计算[17]。计算船体在不同总功率时水下的照度分布数据,使用 Surfer8.0 软

件绘制等值曲线图。

在海水光学衰减系数为 0.12 时(该区域北太平洋透明度为 14 m 计算), 计算获得集鱼灯内外侧水中照度的断面分布(图 6), 图中虚线为渔船集鱼灯总功率 780 kW 的的照度分布情况, 实线为若将集鱼灯数量减少至 65 盏 × 2 列时, 总功率 390 kW 时的照度分布情况。

由图 6 可知, 离船 50 m 以内的照度值较高, 多为 50 lx 以上, 特别是离船 30 m 以内的近表层的水中照度可达 200 lx 以上。200 lx 照度最深可至 28 多米水深, 最远为 38 m 左右。10 lx 照度最深可至 52 m 水深, 最远为 95 m 左右。0.1 lx 照度最深可约至 90 m 水深, 最远为 316 m 左右。但两种不同总功率时的水中照度相差不大, 等照度曲线所在各水层相差仅 4 m 左右。

在海表面时情形: 集鱼灯总功率 780 kW 时, 0.01 lx 照度离船的最大水平距离为 581 m; 集鱼灯总功率 390 kW 时, 0.01 lx 照度离船的最大水平距离为 469 m, 可见增大一倍集鱼灯功率, 有效水平诱集范围可增加 112 m, 约增加 24%。因此, 从扩大有效诱集水平距离的角度考虑, 可以选择配置较大总功率的集鱼灯。鉴于该渔船目前的发电机功率配备, 以及船舶的甲板布置, 可以考虑使用 780 kW 总功率的集鱼灯。

3.4.3. 鱿钓集鱼灯安装参数研究

鱿钓集鱼灯的安装参数主要为灯的高度、相邻灯的间距。使用上述软件, 对集鱼灯在不同的安装情况下的有效水体体积进行计算和分析。当集鱼灯灯高为 7.0 m、7.4 m、7.8 m 时, 灯距分别为 0.44 m、0.48 m、0.52 m、0.56 m、0.60 m、0.64 m 时, 计算得渔船一侧 0.1 lx 和 10 lx 等照度曲面所包含的水体体积 $V_{0.1}$ 、 V_{10} 和 $V_{0.1-10}$ 见表 2。

由表 2 可知, 当灯高为 7.0 m 时, V_{10} 的水体体积约为 96,000~106,000 m^3 , $V_{0.1}$ 的水体体积约为 425,000~436,000 m^3 , $V_{0.1-10}$ 的水体体积约为 310,000~340,000 m^3 。当灯高为 7.4 m 时, V_{10} 的水体体积约为 108,000~113,000 m^3 , $V_{0.1}$ 的水体体积约为 462,000~469,000 m^3 , $V_{0.1-10}$ 的水体体积约为 350,000~361,000 m^3 。当灯高为 7.8 m 时, V_{10} 的水体体积约为 114,000~123,000 m^3 , $V_{0.1}$ 的水体体积约为 482,000~493,000 m^3 , $V_{0.1-10}$ 的水体体积约为 367,000~375,000 m^3 。

可见, 随灯高的增大, 各照度的水体体积均呈增加趋势。但在相同的灯高情况下, 增大集鱼灯间距, 并不一定总能增大各照度的水体体积。在此将 $V_{0.1-10}$ 的水体体积作为评判集鱼灯配置的一个重要指标。从表中数值上来看, $V_{0.1-10}$ 最大值(374,559.2 m^3)所对应灯距为 0.52 m、灯高为 7.8 m; 其次为 374,374.3 m^3 , 对应灯距为 0.52 m、灯高为 7.8 m。可见增加灯高是可以在一定程度上增加有效诱集体积的, 但安装时仍需考虑渔船的实际结构和灯具的稳定性, 为此可以考虑将灯高设为 7.4 m, 对应集鱼灯间距为 0.52 m 较好。

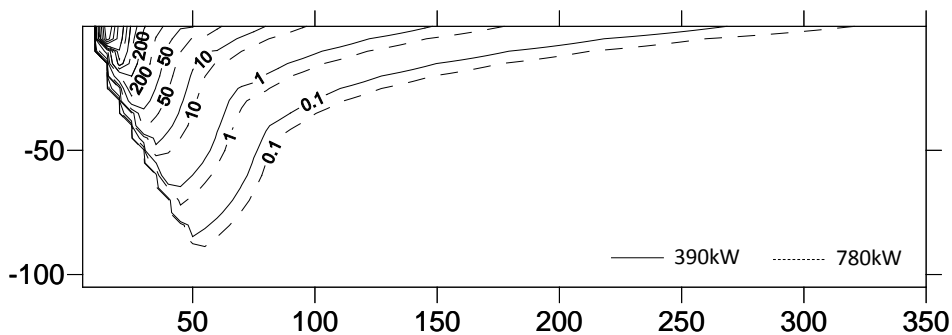


Figure 6. Curve: contours of underwater irradiance of different power

图 6. 不同总功率集鱼灯水中等照度曲线分布

Table 2. Volume of effective water vary from light height and distance between each other
表 2. 不同灯高灯距时的水中诱集体积

灯高 h/m	间距 d/m	V_{10}/m^3	$V_{0.1}/\text{m}^3$	$V_{0.1-10}/\text{m}^3$
7.0 m	0.44	103,215.0	431,179.3	327,964.3
7.0 m	0.48	101,414.1	435,638.8	334,224.7
7.0 m	0.52	105,459.5	425,133.0	319,673.5
7.0 m	0.56	100,552.6	435,887.5	335,334.9
7.0 m	0.60	99,348.87	435,195.2	335,846.3
7.0 m	0.64	96,683.72	430,617.7	333,934.0
7.4 m	0.44	112,725.6	466,512.4	353,786.8
7.4 m	0.48	110,342.7	465,190.1	354,847.4
7.4 m	0.52	112,102.8	462,355.3	350,252.5
7.4 m	0.56	111,093.2	464,921.9	353,828.7
7.4 m	0.60	111,005.9	465,590.3	354,584.4
7.4 m	0.64	108,052.4	468,894.3	360,841.9
7.8 m	0.44	122,133.3	492,042.3	369,909.0
7.8 m	0.48	122,819.7	489,963.9	367,144.2
7.8 m	0.52	114,737.3	489,296.5	374,559.2
7.8 m	0.56	117,834.4	492,208.7	374,374.3
7.8 m	0.60	117,828.7	485,070.9	367,242.2
7.8 m	0.64	115,357.9	482,774.2	367,416.3

4. 结论和探讨

1) 对于秋刀鱼集鱼灯系统,主要使用的灯泡类型为日本生产的 110 V 500 W 型白炽灯,以红灯为主,部分灯箱使用白光和绿光。根据渔船尺度,共配备 133 组灯,包括 15 个圆形灯箱和 128 个长条形灯箱。长条形灯箱的灯距为 1.2 m 左右,灯箱安装角度应在 $55^\circ\sim 70^\circ$ 。

2) 对于鱿钓集鱼灯系统,主要使用的灯泡为日本生产的 220 V 3 kW 型 MHL,光色为白色。根据渔船尺度,共配备 260 个集鱼灯,两侧各 130 个均匀排列,相邻灯间距为 0.52 m,集鱼灯安装高度为距离水面 7.4 m。

3) 秋刀鱼渔船的集鱼灯系统所涉及的因素众多,例如,秋刀鱼渔船的集鱼灯灯箱是看似简单,实际上是一个十分复杂的灯具,目前关于这一领域的研究还有待深入。本文主要从渔船的主尺度和发电机组的功率配置,以及捕捞对象的适宜光照度角度,对灯箱布局进行了思考和初步的计算,为相关设计提供参考,但没有涉及光学分布部分,存在一定的不足之处,希望在今后的研究中能够得到更好的深入。

基金项目

工信部高技术船舶科研项目(工信部联装[2012] 534 号)。

参考文献 (References)

- [1] 孙满昌, 邹晓荣 (2014) 海洋渔业技术学. 中国农业出版社, 北京.

- [2] 许巍, 朱清澄, 等 (2005) 西北太平洋秋刀鱼舷提网捕捞技术. *齐鲁渔业*, **22**, 43-45.
- [3] 孙满昌 (2003) 西北太平洋秋刀鱼渔业探析. *海洋渔业*, **25**, 112-115.
- [4] 黄洪亮, 等 (2005) 北太平洋公海秋刀鱼渔场初步分析. *海洋渔业*, **27**, 206-212.
- [5] Tian, Y.J. (2004) Decadal variability in the abundance of Pacific saury and its response to climatic/oceanic regime shift in the northwestern subtropical Pacific during the last half century. *Journal of Marine Systems*, **52**, 235-257. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.04.004>
- [6] Tian, Y.J., Akaine, T. and Suda, M. (2004) Modeling the influence of oceanic-climatic changes on the dynamics of Pacific saury in the northwestern Pacific using a life cycle model. *Fisheries Oceanography*, **13**, 125-137. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2004.00314.x>
- [7] Tian, Y.J. (2003) Variation in the abundance of Pacific saury (*cololabis saira*) from the northwestern Pacific in relation to oceanic-climate changes. *Fisheries Research*, **60**, 439-454. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00143-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00143-1)
- [8] Watanabe, Y., Kurita, Y., Noto, M., et al. (2003) Growth and survival of Pacific saury in the Kuroshio-Oyshio transitional waters. *Journal of Oceanography*, **59**, 403-414. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025532430674>
- [9] 沈建华 (2004) 西北太平洋秋刀鱼资源及其渔场. *海洋渔业*, **26**, 61-65.
- [10] 张勋, 徐宝生, 郁岳峰, 等 (2005) 秋刀鱼舷提网设备的改装研究. *渔业现代化*, **4**, 42-43.
- [11] 朱清澄, 花传祥, 许巍, 等 (2006) 西北太平洋公海 7-9 月秋刀鱼渔场分布及其与水温的关系. *海洋渔业*, **28**, 228-233.
- [12] 许巍, 朱清澄, 张先存, 等 (2005) 西北太平洋公海进行秋刀鱼舷提网捕捞技术. *齐鲁渔业*, **22**, 43-45.
- [13] 张勋, 郁岳峰, 黄洪亮 (2006) 秋刀鱼舷提网渔具设计的研究. *浙江海洋学院学报(自然版)*, **25**, 40-45.
- [14] 郁岳峰, 张勋, 黄洪亮 (2006) 秋刀鱼舷提网集鱼方法的研究. *浙江海洋学院学报(自然版)*, **25**, 154-156.
- [15] 钱卫国 (2005) 鱿钓渔业中集鱼灯的优化配置研究. 上海水产大学博士学位论文.
- [16] 倪谷来 (1996) 我国鱿钓业中集鱼灯应用的现状. *上海水产大学学报*, **5**, 38-42.
- [17] 上海海洋大学 (2010) 水上集鱼灯水下光场计算系统 V1.0 (登记号: 2010SR042147). <http://www.cajcd.edu.cn/pub/wml.html>