

# Study on the Available Operation Distance between Squid Jigging Vessels with LED Fishing Lamps

Kexiang Lu<sup>1</sup>, Weiguo Qian<sup>1,2,3,4\*</sup>, Xinjun Chen<sup>1,2,3,4</sup>, Weijie Wang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai

<sup>2</sup>National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai

<sup>3</sup>Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai

<sup>4</sup>Collaborative Innovation Center for Distant-Water Fisheries, Shanghai

Email: \*[wqian@shou.edu.cn](mailto:wqian@shou.edu.cn)

Received: Jun. 5<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2015; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 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

According to the lowest background illumination for some cephalopod species (0.01 lx), using additive algorithmic procedure of illumination of sea surface, the available illuminating distance between two squid jigging vessels with LED fishing lamps was analyzed. And the formula of the available operation distance from the anchoring position to the near vessel can be described as  $L'_z = 0.04 \times [Ln(P_1) + Ln(P_2)] + 0.14$ . With the formula, when two squid jigging vessels each assemble LED fishing lamps with a total power of 24 kW on one ship side, the available operation distance is 0.78 nautical mile. The formula of the appropriate operation distance between a squid jigging vessel assembling LED fishing lamps and the one with metal halide fishing lamps can be described as  $L'_{LED-MHL} = 0.0662 \times Ln(P_1) + 0.1284 \times Ln(P_3) + 0.0457$ . With the formula, when the power of the LED fishing lamps on one ship side of a squid jigging vessel is 24 kW, and that of the metal halide fishing lamps of another squid jigging vessel is 400 kW, the available operation distance is 1.03 nautical mile.

## Keywords

Squid Jigging Vessel, LED Fishing Lamps, Metal Halide Fishing Lamps, Operation Distance

---

\*通讯作者。

# 鱿钓渔船配备LED集鱼灯时的合适作业间距研究

卢克祥<sup>1</sup>, 钱卫国<sup>1,2,3,4\*</sup>, 陈新军<sup>1,2,3,4</sup>, 王伟杰<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>上海海洋大学海洋科学学院, 上海

<sup>2</sup>上海海洋大学, 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海

<sup>3</sup>上海海洋大学, 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海

<sup>4</sup>远洋渔业协同创新中心, 上海

Email: \*wgqian@shou.edu.cn

收稿日期: 2015年6月5日; 录用日期: 2015年6月23日; 发布日期: 2015年6月30日

## 摘要

根据头足类对光反应的最低背景照度0.01 lx, 使用叠加法海面照度计算方法, 对大型鱿钓渔船不产生灯光干扰的合适照度间距进行分析, 建立使用LED集鱼灯的鱿钓渔船抛锚位置与相邻渔船的合适作业间距计算公式:  $L'_z = 0.04 \times [Ln(P_1) + Ln(P_2)] + 0.14$ , 根据该公式, 2艘鱿钓渔船各自一侧装备LED集鱼灯总功率均为24 kW时的合适作业间距为0.78 nm; 一艘装备LED集鱼灯的鱿钓渔船与一艘装备金卤灯的鱿钓渔船的合适作业间距公式:  $L'_{LED-MHL} = 0.0662 \times Ln(P_1) + 0.1284 \times Ln(P_3) + 0.0457$ , 当鱿钓渔船一侧的LED集鱼灯功率为24 kW, 另一艘鱿钓渔船金卤灯总功率为400 kW时, 两船的合适作业间距为1.03 nm。

## 关键词

鱿钓渔船, LED集鱼灯, 金卤灯, 作业间距

## 1. 引言

头足类是光诱鱿钓的捕捞对象, 由于其高度洄游和集群的特点, 形成了鱿钓渔场明显的区域性和局部性, 从而使得鱿钓渔船常常会高度集中在某一海区同时进行钓捕作业。近年来, 随着鱿钓渔船集鱼灯总功率的不断增大, 在相对拥挤的鱿钓渔场, 渔船之间的灯光干扰也更加明显, 不仅影响了鱿钓作业的效果, 同时还造成了集鱼灯总功率一再盲目增加的不良趋向。近年来, 国内外都在积极探索使用 LED 集鱼灯来替代传统的金卤灯, 并做了许多相关的研究[1]。本文根据 300 W 型白光 LED 水上集鱼灯的光学特性参数, 结合头足类视觉对光的适应性以及渔船抛海锚等作业因素, 对鱿钓渔船装备 LED 集鱼灯时的合适作业间距进行初步分析和研究。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 鱿钓渔船集鱼灯布置参数

本研究选择上海水产集团“沪渔 908”为例, 将其船舷两侧分别安装 80 个 300 W 型的 LED 集鱼灯(见图 1), 相关的布置参数见表 1。300 W 型 LED 集鱼灯的配光曲线见图 2。



Figure 1. 300 W LED fish gathering lamp  
图 1. 300 W LED 集鱼灯

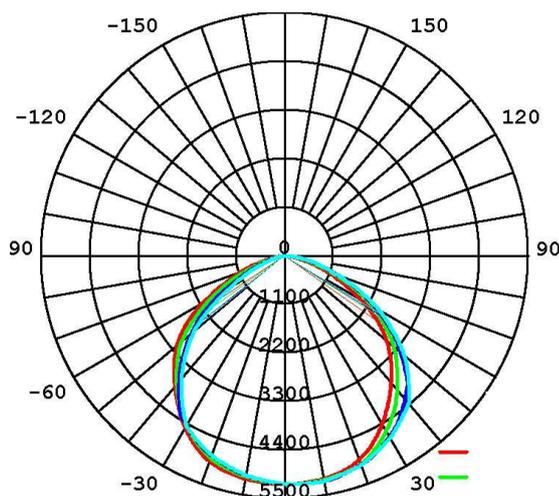


Figure 2. Distribution of luminous intensity of 300 W LED fish gathering lamp  
图 2. 300 W LED 集鱼灯配光曲线

Table 1. The arrangement parameters of fishing lamps on the squid jigging vessel Huyu No. 908

表 1. 沪渔 908 鱿钓渔船集鱼灯布置参数

船长/m	74.0
灯光长度/m	65.0
总功率/kW	48
LED 集鱼灯数/盏	160
灯离水面高/m	6.5
船舷离水面高/m	2.5
平均灯距/m	0.8
集鱼灯舷边距/m	1.1
两列灯之间距离/m	9.0
近船尾第 1 盏灯与船尾的距离/m	2.0

## 2.2. 鱿钓渔船间距及计算方法

### 2.2.1. 合适照度间距

由于头足类的适宜照度在 0.1 lx~10 lx 之间,并能感受 0.01 lx 的弱光[2]-[4],因而当背景照度为 0.01 lx 时就已经干扰了鱿钓渔船之间的诱集作业,故研究中可使用 0.01 lx 作为背景照度指标来进行分析[5] [6]。

为求得鱿钓渔船灯光不相互干扰的最小间距  $L_S/m$  (以下称合适照度间距),需先求得不同总功率时海面某一照度(考虑到两船灯光在海面的相互叠加,研究中取该照度值为 0.005 lx)离船的最大距离。一般地,船中部位水平方向的照度要大一些,故选取船中  $FF'$ 方向(参见图 3)为该照度离船最大距离的计算方向。

当船上集鱼灯总功率变化时,计算  $FF'$ 方向上海面照度为 0.005 lx 处与船的距离,对于船  $S_1$  该距离以  $L_{0.005}^1/m$  表示,对于船  $S_2$  该距离以  $L_{0.005}^2/m$  表示,则两船的合适照度间距:

$$L_S = L_{0.005}^1 + L_{0.005}^2 \quad (1)$$

其中,相关的集鱼灯在海面的照度计算方法参照钱卫国等的研究[7]。

### 2.2.2. 合适作业间距

如图 3 所示,在鱿钓渔场实际作业中,为了不影响渔船  $S_1$  的诱集和生产作业,渔船  $S_2$  在漂移的过程中至少应与渔船  $S_1$  保持一个“合适照度距离  $L_S$ ”。因此,渔船  $S_2$  的抛锚位置至少应在“合适照度距离  $L_S$ ”以外水平距离大于  $L_m/m$  (渔船最大漂移距离)的某处。即渔船  $S_2$  的抛锚位置与船  $S_1$  的最小距离  $L_Z/m$  (下称合适作业间距)为:

$$L_Z = L_S + L_m \quad (2)$$

渔船和海锚共同作用下的漂移是一个复杂的运动过程。为研究方便,假定海锚在未充分受力前在原抛锚位置是静止的,那么渔船最大漂移距离  $L_m/m$  受到所放曳纲长度  $L_H/m$  (一般为 150 m 左右),以及渔船  $S_2$  自身的长度  $L_2/m$  的限制,即:

$$L_m = L_2 + L_H \quad (3)$$

## 3. 结果分析

### 3.1. 合适照度间距计算公式

根据鱿钓渔船集鱼灯的布置参数(表 1),使用所编程序,可以获得沪渔 908 鱿钓渔船 LED 集鱼灯总功率变化时,照度为 0.005 lx 处与船的最远距离  $L_{0.005}/m$ ,计算结果见表 2。值得注意的是,由于 LED 集鱼灯的面板设计具有指向性,表 2 的相关数据只计算渔船右舷一侧 LED 集鱼灯的数量变化。

由表 2 中的数据,可得到鱿钓渔船集鱼灯总功率变化时,海面上 0.005 lx 某处距船最远距离的分布情况(见图 4),其集鱼灯功率  $P/kW$  与  $L_{0.005}/m$  的关系为:

$$L_{0.005} = 122.68 \times \ln(P) + 222.27 \quad (4)$$

对于集鱼灯功率为  $P_1/kW$  的鱿钓渔船  $S_1$ :

$$L_{0.005}^1 = 122.68 \times \ln(P_1) + 222.27 \quad (5)$$

对于集鱼灯功率为  $P_2/kW$  的鱿钓渔船  $S_2$ :

$$L_{0.005}^2 = 122.68 \times \ln(P_2) + 222.2 \quad (6)$$

根据式(1)、(5)、(6),集鱼灯功率分别为  $P_1/kW$ 、 $P_2/kW$  两艘鱿钓渔船的合适照度间距  $L_S/m$  可由下式表示:

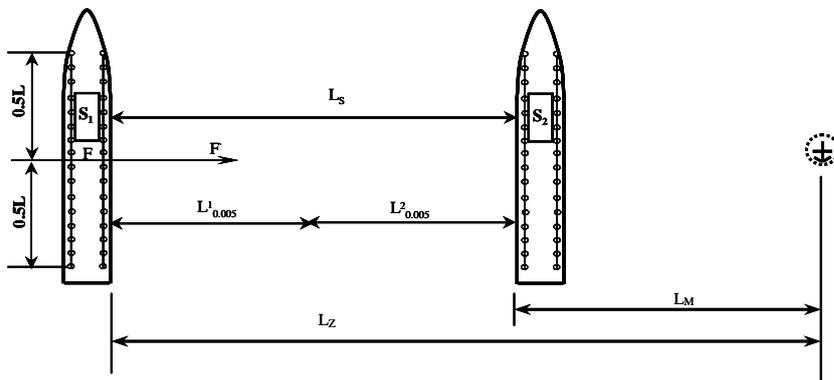


Figure 3. The available distance between two squid jigging vessel  
图 3. 鱿钓渔船合适作业间距示意图

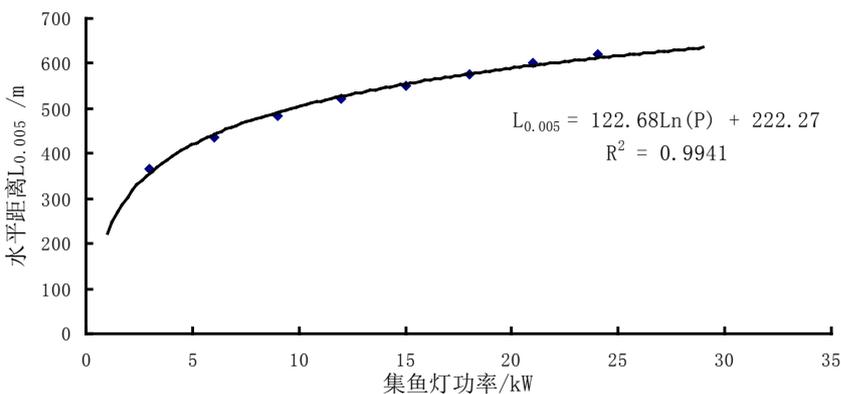


Figure 4. The distance from the position of 0.005 lx to the squid jigging vessel with different LED light power  
图 4. 鱿钓渔船 LED 集鱼灯功率与海面上 0.005 lx 某处距船最远距离的关系

Table 2. The maximum distance of 0.005 lx to the squid jigging vessel in different total out power  
表 2. 不同总功率时海面上照度为 0.005 lx 的某处与船的最远距离

右舷总灯数/盏	总功率/kW	相邻 LED 集鱼灯间距/m	$L_{0.005}/m$
10	3	6.5	366.5
20	6	3.3	437.1
30	9	2.2	484.3
40	12	1.6	520.8
50	15	1.3	551.1
60	18	1.1	577.1
70	21	0.9	600
80	24	0.8	620.5

$$L_s = 122.68 \times [Ln(P_1) + Ln(P_2)] + 444.547 \quad (7)$$

考虑到渔船间距习惯上用海里(1 nm = 1852 m)表示，因此，上式可化为：

$$L'_s = 0.0662 \times [Ln(P_1) + Ln(P_2)] + 0.2400 \quad (8)$$

### 3.2. 合适作业间距计算公式

通过上述分析，由式(2)、(3)、(7)可得鱿钓渔船的合适作业间距  $L_z/m$  为：

$$L_z = 122.68 \times [\ln(P_1) + \ln(P_2)] + 444.54 + L_2 + L_H \quad (9)$$

式(9)中，假定船长  $L_2$  取最大船长为 74 m，曳纲长度  $L_H$  取 150 m，则可得到下式：

$$L_z = 122.68 \times [\ln(P_1) + \ln(P_2)] + 668.54 \quad (10)$$

将距离以海里表示时，上式可化为：

$$L'_z = 0.0662 \times [\ln(P_1) + \ln(P_2)] + 0.3609 \quad (11)$$

根据式(11)，可以绘制得到两艘鱿钓渔船不同集鱼灯功率情况时所对应合适作业间距的等距离曲线簇，见图 5。

由图 5 可以看出，当两艘鱿钓渔船各自一侧的 LED 集鱼灯功率均为 24 kW 时，两船的合适作业间距约为 0.78 nm；当两艘鱿钓渔船各自一侧的 LED 集鱼灯功率均为 18 kW 时，合适作业间距约为 0.74 nm；当两艘鱿钓渔船的各自一侧的 LED 集鱼灯功率均为 12 kW 时，两船的合适作业间距为 0.69 nm 左右。

### 3.3. 配备 LED 集鱼灯的鱿钓渔船与配备金卤灯的鱿钓渔船的合适作业间距

考虑到在实际渔场生产中，多数鱿钓渔船是未配备 LED 集鱼灯的，因此计算配备 LED 集鱼灯的鱿钓渔船与配备金卤灯的鱿钓渔船的合适作业间距十分有意义。同样以沪渔 908 渔船为例，假设其装备的集鱼灯为 2 kW 型金卤灯，每舷的总灯数为 100 个，相关安装参数使用表 1 数据。则同样可计算得到金卤灯功率为  $P_3/kW$  的合适照度间距  $L'_3/m$  可由下式表示：

$$L'_3 = 237.78 \times \ln(P_3) - 211.71 \quad (12)$$

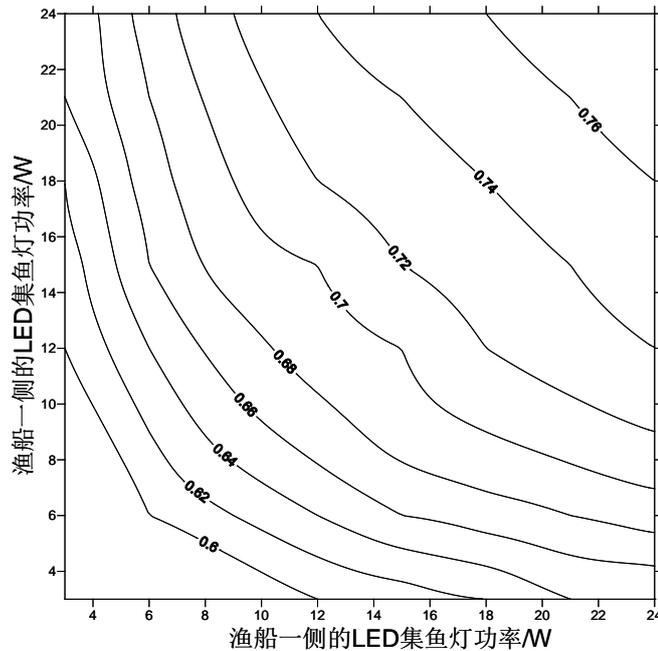


Figure 5. Iso-distance curve according to the light output of two squid jigging vessels with LED lamps

图 5. 鱿钓渔船配备 LED 集鱼灯时的合适作业间距等距离曲线

根据式(1)、(5)、(12)，两艘船的合适作业间距可由下式表示：

$$L_{LED-MHL} = 122.68 \times \ln(P_1) + 222.27 + 237.78 \times \ln(P_3) - 211.71 + 150 + 74 \quad (13)$$

整理式(13)，并将距离折合成海里数表示，则可得到：

$$L'_{LED-MHL} = 0.0662 \times \ln(P_1) + 0.1284 \times \ln(P_3) + 0.0457 \quad (14)$$

当 LED 集鱼灯功率为 24 kW，金卤灯功率为 400 kW，两船的合适作业间距为 1.03 nm。

## 4. 结论和探讨

### 4.1. 结论

1) 本文提出了合适照度间距的概念，并对鱿钓渔船的合适照度间距进行了分析，并建立了相应的计算公式： $L'_s = 0.0662 \times [\ln(P_1) + \ln(P_2)] + 0.2400$ ，式中： $P_1/kW$ 、 $P_2/kW$  为两艘渔船各自的 LED 集鱼灯功率， $L'_s/nm$  为合适照度间距。

2) 本文对鱿钓渔船使用 LED 集鱼灯时的合适作业间距作了解释，并建立了相应的计算公式： $L'_z = 0.0662 \times [\ln(P_1) + \ln(P_2)] + 0.3609$ ，式中： $P_1/kW$ 、 $P_2/kW$  为两艘渔船各自一侧的 LED 集鱼灯功率， $L'_z/nm$  为合适作业间距。当两艘鱿钓渔船的一侧的 LED 集鱼灯功率均为 24 kW 时，其合适作业间距为 0.78 nm。

3) 一艘配备金卤灯的鱿钓船，靠近一艘配备 LED 集鱼灯的鱿钓船，两者的合适作业间距关系为： $L'_{LED-MHL} = 0.0662 \times \ln(P_1) + 0.1284 \times \ln(P_3) + 0.0457$  式中： $P_1/kW$  为渔船一侧的 LED 集鱼灯功率、 $P_3/kW$  为渔船所有的金卤灯功率， $L'_{LED-MHL}$  为合适作业间距。当 LED 鱿钓渔船一侧的集鱼灯功率为 24 kW、金卤灯鱿钓船集鱼灯总功率为 400 kW 时，其合适作业间距为 1.03 nm。

### 4.2. 讨论

1) 关于集鱼灯海面照度计算的常用方法主要有点光源方法[8] [9]、线光源方法[5] [10]、经验公式[11]-[13]等，本文所使用的计算方法由于考虑了集鱼灯各向异性的配光特征，并结合了鱿钓渔船集鱼灯布置的实际情况，因而更为合理和精确。

2) 针对鱿钓渔场相对拥挤的作业状态，为保证鱿钓渔船能取得较好的生产效益，避免因集鱼灯灯光相互干扰而导致不必要的能源损耗等，渔船之间必须要保持合适的作业间距。根据我国专业鱿钓渔船的基本状况，本文首次分析和探讨了鱿钓渔船装备 LED 集鱼灯时的合理作业间距问题，该研究可为渔业主管部门制定有关政策提供参考。

### 基金项目

国家“八六三”高技术研究发展计划(SS2012AA091803)；上海市科委项目(2013ZY-87)；国家远洋渔业工程技术研究中心开放课题(NERCOF2014KF03)。

### 参考文献 (References)

- [1] 钱卫国, 陈新军, 钱雪龙, 等 (2011) 300 W 型 LED 集鱼灯光学特性及其节能效果展望. *海洋渔业*, **1**, 99-105.
- [2] 小仓通男 (1992) イカ釣漁業と火光. *日本水产学会誌*, **8**, 881-889.
- [3] 何大仁, 肖金华, 罗会明, 等 (1979) 曼氏无针乌贼趋光行为的研究. *厦门大学学报*, **3**, 99-103.
- [4] 郑美丽, 肖金华, 郑微云, 等 (1980) 曼氏无针乌贼的趋光特性. *厦门大学学报(自然科学版)*, **3**, 91-99.
- [5] 崔渐珍, 中村善彦, 有远贵文, 等 (1997) 集魚灯による小型イカ釣り漁船周辺の海面照度分布. *日本水产学会誌*, **2**, 160-165.

- [6] 钱卫国, 王飞, 孙满昌, 等 (2006) 8154 型鱿钓渔船合适作业间距的研究. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, **1**, 34-39.
- [7] 钱卫国, 王飞 (2004) 集鱼灯海面照度计算方法的比较研究. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, **4**, 285-290.
- [8] 柳川三郎 (1973) 集鱼灯の特性に关系研究る研究-I 点光源による水中照度の計算法についこ. *东水大研报*, **1**, 1-7.
- [9] 傅恩波, 陈永茂, 吴文展, 等 (1999) 鱿鱼钓集鱼灯配置方法的探讨. *中国水产捕捞学术研讨会论文集*, 37-42.
- [10] 崔浙珍, 荒川久幸, 有远贵文, 等 (2003) 线光源モデルを用いた小型イカ釣り渔船集鱼灯の水中照度分布解析. *日本水产学会誌*, **1**, 44-51.
- [11] 郑国富 (1999) 诱鱼灯光场计算及其对光诱鱿鱼浮拖网作业的影响. *台湾海峡*, **2**, 215-220.
- [12] 夏章英 (1984) 光诱围网. 海洋出版社, 北京, 157-173.
- [13] 默顿斯, L.E. (1979) 水中摄影学——理论与实践. 张闻迪, 关福明, 杨作升, 译, 科学出版社, 北京, 5-42, 87-100.