

文章编号: 1004 - 7271(2007)06 - 0613 - 05

· 研究简报 ·

光诱渔业中光强分布的理论研究及其应用

肖启华, 张丽蕊

(上海水产大学信息学院, 上海 200090)

摘要:集鱼灯合理配置是光诱渔业中重要的研究课题之一, 需要从理论和实践两个方面加以分析和研究, 以探讨灯光配置包括种类、布局等是否合理。根据光学理论和集鱼灯的发光特点, 使用面光源积分计算方法建立了集鱼灯光强计算的公式, 该方法比以往的线光源以及点光源计算方法更为精确。通过理论数据和实测数据相比较, 检验了方法的正确性, 并且分析了产生理论数据和实测数据一定误差的原因。以此为依据, 通过 Mathematica4 软件计算了 8154 鱿钓船在海面上的光强分布, 研究了 8154 鱿钓船合适间距的问题, 认为在适宜照度 0.005 lx 下的合适作业间距为 0.64 nm。

关键词:光强分布; 集鱼灯; 合适间距; 鱿钓船

中图分类号:S 911 **文献标识码:**A

Theoretical research and application of illumination distribution in light attracting squid fisheries

XIAO Qi-hua, ZHANG Li-rui

(College of Information Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Reasonable configuration of attracting fishing lamp is one of important issues in light fishery, and it needs to be analyzed and researched by theorization and practice to figure out the reasonableness of light configuration including varieties and distribution. In this paper, based on optics theory and characteristic of fishing lamp, a luminous intensity formula was established by regarding the lamp as area light source and using method of integral, this method is more precise than regarding the lamp as linear light source or spot light source. The validity of this method was verified by comparing true value and computed value, and the reason of bringing error between true value and computed value was also analyzed. According to this theory, illumination distribution of Type 8154 squid jigging ships on sea level was computed by using Mathematica4, and also the reasonable distance between Type 8154 squid jigging ships was studied. When illumination is 0.005 lx, the reasonable distance is 0.64 nm.

Key words: illumination distribution; attracting squid lamp; reasonable distance; squid jigging ship

光诱鱿钓渔业是我国远洋渔业的一大支柱产业, 如何合理配置集鱼灯光以期达到最优的集鱼效果一直是鱿钓业中探讨的问题。国内外关于集鱼灯海面照度计算的常用方法主要有点光源方法^[1]、线光源方法^[2-3]、经验公式^[4-6]等, 本文针对集鱼灯发光特点而采用面光源积分计算方法。并使用

收稿日期: 2006-10-23

基金项目: 上海水产大学优秀青年科研基金, (科 04 - 162)

作者简介: 肖启华(1976 -), 女, 湖南常德人, 讲师, 硕士, 主要从事应用数学方面的研究。E-mail: qhxiao@shfu.edu.cn

Mathematica 软件编程计算出集鱼灯灯光在海面照度分布情况。并根据我国 8154 型鱿钓渔船的基本状况,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,分析和探讨了鱿钓渔船的合理作业间距问题。

1 集鱼灯光强分布的理论研究

1.1 光强计算的推导

1.1.1 发光体的光强计算

由光学原理在光源表面有一元面积 dS ,在与法线某一角 α 的方向上的元立体角 $d\Omega$ 范围内传送出去的光通量

$$df = B \cos \alpha dS d\Omega$$

其中 B 为光亮度 (luminance),气体集鱼灯中的 B 一般为常数 (如图 1)。而当一个点光源照在一平面上,受照面的元面积 dS 对发光点所张的立体角为 (如图 2):

$$d\Omega = \frac{dS \cos \beta}{r^2}$$

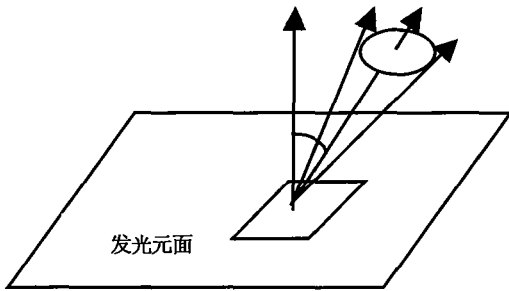


图 1 发光面示意图

Fig. 1 Sketch of luminous surfaces

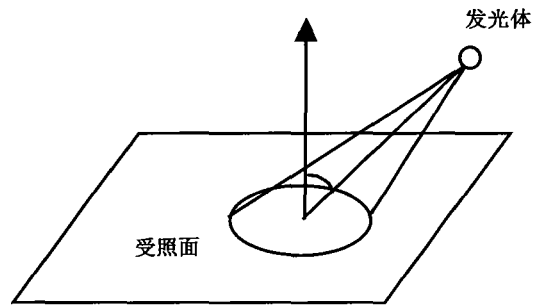


图 2 受照面示意图

Fig. 2 Sketch of plane of illumination

因此,一个发光体投射在某表面总的光照度为:

$$A = \iint_{\Sigma} B \frac{\cos \alpha \cos \beta}{r^2} dS$$

1.1.2 集鱼灯的光照度计算

假设集鱼灯的发光体近似于圆柱面,圆柱面的底面半径为 a ,若将集鱼灯放置在离地面高为 h 处,以圆柱体的中心轴和地面的交点为原点,则在地面上离原点距离为 y_0 处的发光强度为:

$$A(y_0) = \int_D \int_0^h 2B \frac{((yy_0 - a^2)(z + h))}{[a^2 - 2yy_0 + y_0^2 + (z + h)^2]^2 \sqrt{a^2 - y^2}} dy dz$$

其中 $D: -a \leq y \leq a, 0 \leq z \leq h_1$ 。(如图 3,图 4)

设集鱼灯的总光通量为 k ,且灯的光线均匀分布于灯光表面,则 $B = \frac{k}{S}$,其中 S 是集鱼灯的表面积。

1.1.3 理论值和实测数据的比较

根据大功率金卤集鱼灯数据(表 1 和图 5),可计算得到 3 kW 的理论数据,并与实测数据进行对比(见表 2 和图 6)。

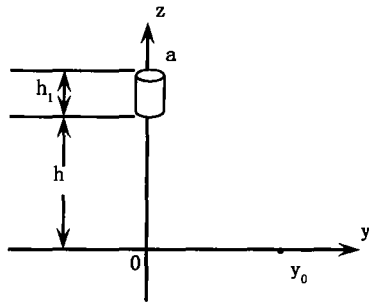


图3 一个集鱼灯在 y_0 处的光强计算示意图
Fig. 3 Drawing of calculating luminous intensity based on one lamp on point y_0

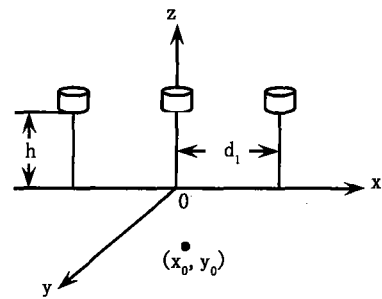


图4 数个集鱼灯在 x_0y_0 面上点 (x_0, y_0) 处的光强计算示意图
Fig. 4 Drawing of calculating luminous intensity based on several lamps on point (x_0, y_0)

表1 大功率金卤灯数据
Tab.1 Data of high efficiency and high power metal halide lamp

kW	A	B	C	D	E	总光通量
3	260	150	55	50	36	330 000
				(内 46)	(内 32)	

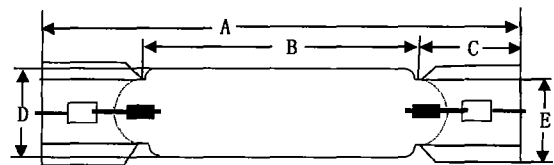


图5 大功率金卤灯示意图
Fig.5 Map of high efficiency and high power metal halide lamp

表2 3 kW 金卤灯光强理论数据和实测数据对照表
Tab.2 Comparison with true value and computed value on 3 kW lamp

距离(m)	实测光强(lx)	理论光强(lx)	距离(m)	实测光强(lx)	理论光强(lx)
2	2800	2448	16	37	34.1
4	1100	1121	18	27	24.2
6	480	479	20	21	17.8
8	220	234	22	16	13.4
10	114	129	24	13	10.4
12	80	78	26	11.4	8.2
14	56	50	28	10.4	6.6

1.2 8154 鱿钓船在海面上的光强分布

1.2.1 8154 型鱿钓渔船的参数

以占我国鱿钓船总数的80%左右的8154型鱿钓渔船为例,其集鱼灯的布置情况见表3。

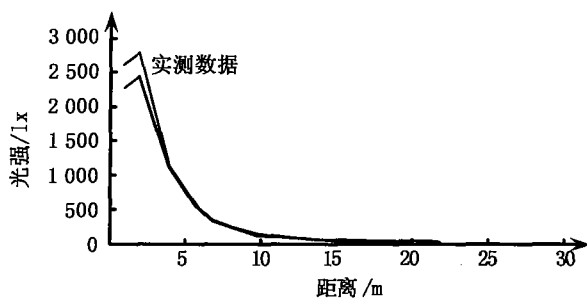


图6 3 kW 的理论曲线和实测曲线图
Fig. 6 Curve based on true value and computed value

表3 8154 型鱿钓渔船集鱼灯的一般布置参数
Tab.3 The arrangement parameters of fishing lamps on the squid jigging ship

船的各项参数	数值
灯光长度(m)	38.0
总功率(kW)	120
集鱼灯数(盏)	120
灯离水面高(m)	5.0
船舷离水面高(m)	2.5
灯距(m)	0.55
舷边距(m)	1.1
两列灯之间的距离(m)	5.4
近船尾第1盏灯与船尾的距离(m)	2.0

1.2.2 8154 型鱿钓渔船在海面上的光强分布

以船的中心为原点,船长方向的对称轴为 x 轴,垂直于船长方向为 y 轴。则海平面上任何点 (x_0, y_0) 处的光强为:

$$A(x_0, y_0) = \iint_D 2B \frac{(y\sqrt{(x_0 - id_1)^2 + y_0^2} - a^2)(z + h)}{[a^2 - 2y\sqrt{(x_0 - id_1)^2 + y_0^2} + y_0^2 + (x_0 - id_1)^2 + (z + h)^2]^2 \sqrt{a^2 - y^2}} dydz$$

其中 h 是灯离海平面的高度(m); d_1 是两盏灯之间的距离(m); i 是从原点数起灯的序数。

计算结果见表4。当 $y = 4$ m 时,船左右 15 m 范围内的光强分布曲线(如图7),当 $x = 0$ m 时船正中垂直方向的光强分布(如图8)。

表中数据是鱿钓船在一排灯作用下的海面光强值,单位是 lx。

在相同的 14 m 距离内,垂直于船舷方向向外的光强衰减平均变化率为约 32 lx / m,沿着船舷方向的光强衰减平均变化率约为 9 lx / m,相对而言,垂直于船舷方向要比船舷方向的光强衰减速度快得多(见表4、图7、图8)。

表4 1 kW 120 盏灯下 (x, y) 处的光强值
Tab.4 Value of luminous intensity at point (x, y) with 1 kW 120 lamps

$x \backslash y$	2	4	6	8	10	12	14
0	492	442	339	246	177	129	96
2	490	440	338	245	176	128	95
4	485	436	334	242	174	126	94
6	475	427	326	236	169	123	91
8	458	413	315	227	162	118	87
10	432	390	297	214	153	111	82
12	393	358	273	196	141	102	76
14	339	313	240	174	126	92	69

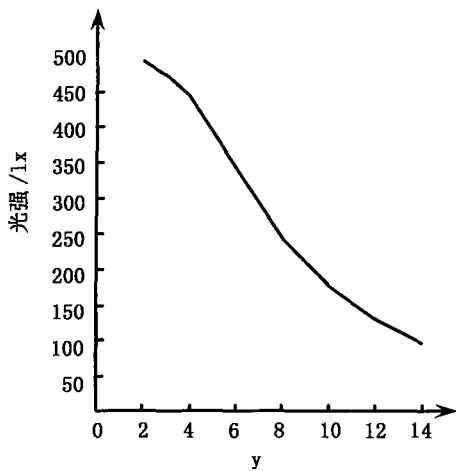


图7 x 轴方向的光强曲线图

Fig.7 Curve of luminous intensity on x onaxis

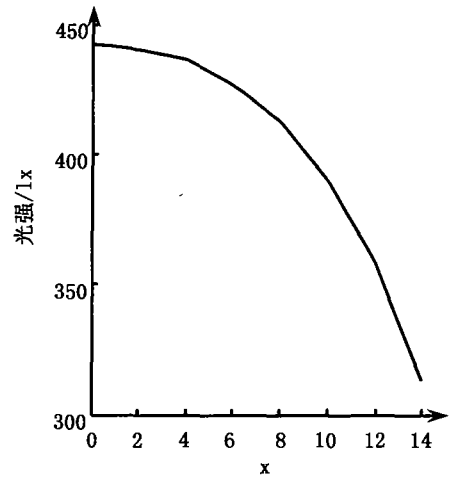


图8 y 轴方向上的光强曲线图

Fig.8 Curve of luminous intensity on y axis

2 8154 鱿钓船合适作业间距的研究

2.1 渔船合适照度间距

为保证鱿钓渔船能取得较好的生产效益,避免因灯光干扰而导致不必要的能源损耗等,渔船之间应保持合适的作业间距。

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^[7-8],故研究中可使用 0.01 lx ~ 10 lx 作为背景照度指标来进行分析。

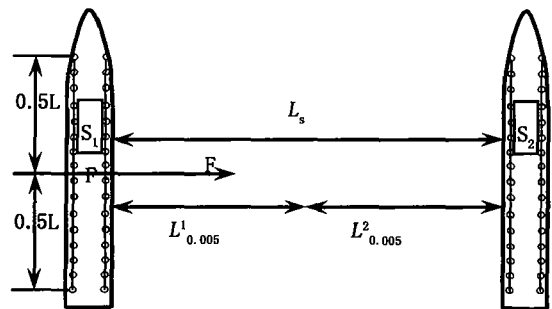


图9 鱿钓渔船合适作业间距示意图

Fig.9 Reasonable distance between two squid jigging ships

鱿钓渔船灯光不相互干扰的最小间距 L_s/m 称合适照度间距,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(见图 9)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 αlx 处与船的距离,对于船 S_1 该距离以 $L^1 \alpha m$ 表示,对于船 S_2 该距离有以 $L^2 \alpha m$ 表示,则两船的合适照度间距:

$$L_s = L^1 \alpha + L^2 \alpha$$

2.2 8154 鱿钓船合适作业间距

按照 8154 型鱿钓渔船在海面上的光强计算公式,可计算出无月光下对应的合适作业间距(单位:海里)。(见表 5)

表 5 鱿钓船合适作业间距
Tab.5 Reasonable distance between two squid jigging ships

适宜照度 α	0.005lx	0.01lx	0.1lx
合适作业间距 L_s	0.64nm	0.60nm	0.34nm

3 讨论

3.1 理论计算和实测数据之间误差的成因

实测数据和理论计算值会存在一些误差,其产生的原因归结为如下几点:(1) 在理论计算时,灯的发光体理想化为一个圆柱体,而事实上发光体的两极情况比较复杂,类似于半球球状,内有附加装置,在一定程度上会影响计算,尤其是靠近发光体的部分。(2) 灯在制造过程中,若发光体的管壁厚薄不匀也会直接影响到大功率金卤灯的 B 值,使之成为一波动的一个量,也使光通量不能均匀通过发光体,产生误差。

3.2 和国内外研究方法上的比较

关于集鱼灯海面照度计算的常用方法主要有点光源方法^[1,3]、线光源方法^[2,4]、经验公式^[5,6,9]等。若离地面 2.55 米处放置一 2 kW 集鱼灯,实测可得地面上离灯垂直方向 7 米处的光强为 200 lx,点光源计算结果为约 55 lx,本文使用的面光源算法得到的结果为 211 lx。线光源法是将一排灯看作一条均匀的发光体,和实际情形相差很大。通过面光源算法得到的合适作业间距的理论值相当接近于实际操作过程中采用的 0.4 nm ~ 0.8 nm。

参考文献:

- [1] 柳川三郎. 集鱼灯の特性に关系研究の研究-I 点光源による水中照度の計算法について[J]. 东水大研报, 1973, 60(1): 1-7.
- [2] 崔渐珍, 中村善彦, 有远贵文, 等. 集鱼灯による小型イカ釣り漁船周辺の海面照度分布[J]. 日本水产学会誌, 1997, 63(2): 160-165.
- [3] 崔渐珍, 荒川久幸, 有远贵文, 等. 线光源モデルを用いた小型イカ釣り漁船集鱼灯の水中照度分布解析[J]. 日本水产学会誌, 2003, 69(1): 44-51.
- [4] 郑国富. 诱鱼灯光场计算及其对光诱鱿鱼浮拖网作业的影响[J]. 台湾海峡, 1999, 18(2): 215-220.
- [5] 夏章英. 光诱围网[M]. 北京: 海洋出版社, 1984: 157-173.
- [6] 默顿斯 L E. 水中摄影学-理论与实践[M]. 张闻迪, 关福明, 杨作升译. 北京: 科学出版社, 1979: 5-42, 87-100.
- [7] 小仓通男. イカ釣漁業と火光[J]. 日本水产学会誌, 1992. 38(8): 881-889.
- [8] 郑美丽, 肖金华, 郑微云, 等. 曼氏无针乌贼的趋光特性[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1980, 19(3): 91-99.
- [9] 母国光, 战元令. 光学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1978, 130-219.