

电驱虾捕捞技术的初步研究

洪桂善 黄汝堪 陈正兴
(南海水产研究所)

提 要

海虾有陷于沙中,昼伏夜出的习性。因此一般拖网捕虾的产量,夜间比白天高。为了提高白天拖网捕虾的生产效果,本文报道了利用电刺激虾体来配合拖网捕虾的试验成果。

试验通过对七百多尾墨吉对虾,用不同参数电刺激,探讨了虾在电刺激状况下的生理反应,得出了驱赶墨吉对虾的最佳电参数;讨论了设备和电极在海水中形成的电场强度分布情况。最后,简略介绍了试捕实践情况。

海虾有陷入沙底,昼伏夜出的习性,故一般网具夜间捕虾量较高,白天较低。为提高白天捕虾量,我所1975年开始连续进行了三年电驱虾捕捞技术的研究。通过对我国南海经济价值较高的墨吉对虾(*Penaeus merguensis*)在受到不同参数电刺激时生理反应的试验,找出驱虾最佳电参数。在此基础上研制电驱虾设备。并对不同功率的电设备、不同形式的电极在海水中形成的电场强度分布状况进行了讨论,介绍了三年海上试捕情况。试验结果表明,用脉冲电配合网捕海虾,可以提高产量。

材 料 和 方 法

(一) 对墨吉对虾进行不同参数电刺激的试验

在长100厘米、宽80厘米、高45厘米的水族箱中,满注19°C、电阻率27.2欧姆·厘米的海水。箱的两端各置宽78厘米、高60厘米、厚0.1厘米的黄铜板电极,分别与监测仪器、电源系统相连。七百多尾活跃无损伤的墨吉对虾,预养于湛江海滨游泳池特制的网箱内。测试时逐尾放进水族箱中,待其活动正常后,在电极两端逐渐或突然加入不同强度、不同参数的直流电、交流电、脉冲电。利用监测仪器测量和观察虾的生理反应情况,各测三次,取其平均值。

(二) 电场测试

采用直径0.7厘米的多股绞合铜电极,按待测长度、形状、距离置于水温27.5°C,电阻率18欧姆·厘米,水深75厘米的海水育苗池内,并与监测系统及可调脉冲发生器相连。改变脉冲发生器的输出功率,用示波器、脉冲电压表、测量标尺等仪器测量电极附近

水域若干点的电位,然后换算成电场强度,绘出分布曲线。

(三) 试 捕

为了便于同步比较,网具主要采用我国南海渔民常用的扒罟网、猪肚网。试捕时,把电设备装于左舷或右舷的网具上。经过试拖,待左右舷网产差异不显著后,再通电捕捞,比较带电网与不带电网的产量。

结 果

(一) 对墨吉对虾体不同电刺激参数的测试分析

为便于阐述,先对于虾的生理反应作如下定义:

惊跳——静止不动或自由游动的虾,在电场作用下突然跳跃。

麻痹——自由状态的虾,在电场作用下,呈惊跳状态,随着电流密度和时间增加而失去活动能力。

临界感电电场强度 G_0 ——使自由状态的虾,惊跳所需的最小电场强度。

临界耗电功率 W_0 ——使虾惊跳所需的单位体积海水最小消耗功率。

脉冲功率计算公式采用: $W = \frac{1}{2} \frac{\tau}{\rho} G^2 f$

式中:

W ——单位体积海水耗电功率

ρ ——海水电阻率

τ ——脉冲宽度

f ——脉冲频率

G ——电场强度

1. 直流脉冲电测试

为了探讨不同电参数对于海虾的驱赶作用,测试分如下几项进行:

(1) 脉冲宽度与临界感电电场强度、跳跃高度的关系 固定脉冲频率为 1 赫兹,脉冲宽度从 0.025—2.0 毫秒变化,分别测量虾体长度与电场方向夹角为 0° 、 90° 、随机角度的临界感电电场强度。结果:①临界感电电场强度随着虾体与电场夹角不同而有较大的差异, 0° 时最小, 90° 时最大。②临界电场强度开始时随脉冲宽度的增加而减少,当宽度增至 0.4 毫秒后,临界电场强度变化不大。③脉冲宽度变化,跳跃高度变化不显著。④临界耗电功率最小的脉冲宽度区间为 0.2—1.0 毫秒(图 1、2)。

(2) 脉冲频率与临界感电电场强度、同受到刺激的虾跳跃高度的关系 固定脉冲宽度为 0.5 毫秒,脉冲频率为 1—50 赫兹变化,分别测量其临界感电电场强度与跳跃高度。结果表明:①频率变化,临界感电电场强度和跳跃高度变化不明显。②脉冲频率为 5 赫兹时,临界感电电场强度较低,其余差异不明显。③临界耗电功率最小的频率区间为 1—5

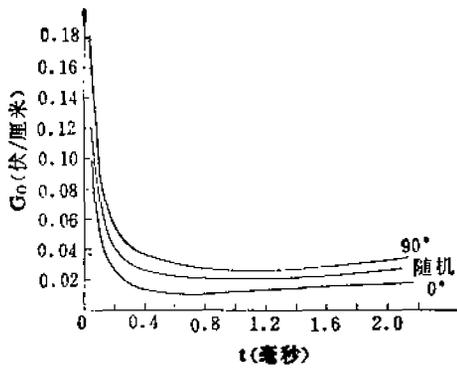


图 1 直流脉冲电刺激虾的临界感电电场强度与宽度曲线

(条件:墨吉对虾体长 170 毫米左右,脉冲频率 1 赫兹)

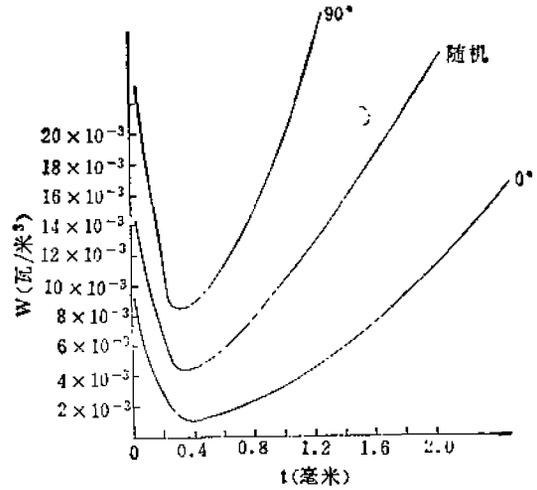


图 2 直流脉冲电刺激虾的临界功率与宽度曲线

(条件:墨吉对虾体长 170 毫米左右,脉冲频率 1 赫兹)

赫兹(表 1)。

表 1 脉冲频率与临界感电电场强度跳跃高度临界消耗功率关系

角度	频率 (赫兹)	虾体长度(毫米)	临界感电电场强度 (伏/厘米)	消耗功率 (瓦/米²)	跳跃高度 (毫米)	备注
虾体 电场 方向 平行	1	160	0.021	4.0×10^{-3}	280	脉冲宽度 0.5 毫秒
	2	170	0.020	7.3×10^{-3}	300	
	5	150	0.018	11.7×10^{-3}	340	
	10	160	0.020	36.7×10^{-3}	330	
	20	160	0.025	114.8×10^{-3}	390	
	50	150	0.020	183.9×10^{-3}	300	
虾体 与电 场方 向垂 直	1	150	0.050	22.9×10^{-3}	300	脉冲宽度 0.5 毫秒
	2	165	0.060	66.0×10^{-3}	280	
	5	150	0.035	562.5×10^{-3}	200	
	10	160	0.065	388.0×10^{-3}	320	
	20	160	0.062	706.0×10^{-3}	290	
	50	150	0.060	1650.0×10^{-3}	100	

(3) 电场强度与跳跃高度的关系 固定脉冲频率为 1 赫兹, 脉冲宽度为 0.35 和 0.5 毫秒, 电场强度从临界值到 1 伏/厘米变化, 分别测量虾的跳跃高度(表 2)。测试表明: ① 虾的跳跃高度随着电场强度的增加而略有增高的趋势。② 接近麻痹电场强度时, 其跳高度为最大。

(4) 模拟海底测试 在水族箱底部, 铺上 10—15 厘米厚的泥沙层, 选强壮无损伤的墨吉对虾, 人为地把虾埋入泥沙层中, 只露出头部小许。待其稳定后, 向水族箱两电极加入宽度 0.5 毫秒、频率 1—2 赫兹、电场强度 0.05—0.5 伏/厘米的脉冲电, 测量虾受刺激

表 2 脉冲宽度与电场强度跳跃高度的关系

脉冲宽度 (毫秒)	虾体长度 (毫米)	电场强度 (伏/厘米)	消耗功率 (瓦/米 ²)	跳跃高度(毫米)	备 注
0.35	165	临界值 0.027	4.7×10^{-3}	270	频率为 1 赫兹
	170	0.050	16.1×10^{-3}	350	
	150	0.100	64.3×10^{-3}	260	
	150	0.200	257.0×10^{-3}	270	
	160	0.500	1608.0×10^{-3}	450	
	160	1.000	6433.0×10^{-3}	420	
0.5	155	临界值 0.035	11.3×10^{-3}	290	频率为 1 赫兹
	170	0.050	22.9×10^{-3}	270	
	160	0.100	91.1×10^{-3}	250	
	160	0.200	377.6×10^{-3}	350	
	155	0.500	2297×10^{-3}	370	
	160	1.000	9191×10^{-3}	380	

跳离泥沙层所需的时间(表 3)。测试表明:①随着频率和电场强度的增加,跳离泥沙层所需的时间就越短。②泥沙层的虾,一般要受两个脉冲刺激方能完全脱离泥沙层进入水域。

表 3 脉冲宽度 0.5 毫秒时虾跳离泥沙层所需时间与电场强度关系

频率(赫兹)	虾体长度(毫米)	电 场 强 度 (伏/厘米)	离开泥沙层时间 (秒)	备 注
$f = 1$	160	0.05	5	埋入泥沙层 1 厘米头部露出
	160	0.10	2	"
	155	0.20	2	"
$f = 2$	160	0.50	1.6	"
	160	1.00	1.6	"
	160	0.05	0.8	"
	165	0.10	0.5	"
	150	0.20	0.33	虾的健康较差
	160	0.50	0.5	埋入泥沙层 1 厘米头部露出
	160	1.00	0.5	"

(5) 虾体长度与临界感电电场强度关系 在水族箱放进体长 160 毫米和 40 毫米的墨吉对虾各一尾,然后向电极两端加以频率 1 赫兹、宽度 1 毫秒的直流脉冲电。逐渐增加电场强度,当场强升至 0.015—0.03 伏/厘米,大虾感电惊跳,小虾无感电反应。当场强升至 0.2 伏/厘米,小虾才感电惊跳。场强继续升至 1.0 伏/厘米,大虾麻痹成 U 状,而小虾仍无麻痹现象。试验表明:虾体长度不同,临界感电电场强度也不同,虾体越长,临界电场强度越小,虾体越短,临界电场强度越大。因此,适当选用电场强度,可以有选择性地捕拏不同体长的虾,有利于资源保护。

(6) 鱼、虾临界感电电场强度的比较 从测试得知,体长 250 毫米的蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*),在频率为 10 赫兹,宽度为 0.5 毫秒的脉冲电刺激下,临界感电电场强

度为 0.36 伏/厘米;而体长为 160 毫米的墨吉对虾, 临界感电电场强度为 0.02 伏/厘米, 相差近十八倍。因此, 正确的选用驱虾电参数, 不会影响鱼虾兼拖网中鱼的进网量。

2. 直流电测试

虾在直流电场作用下, 反应迟钝, 消耗功率很大。

3. 50 赫兹单相交流电测试

虾在交流电刺激下, 感电跳跃后即成 U 状抖动。电场强度越强, 虾麻痹所需时间越短。如电场强度 0.10 伏/厘米时, 虾感电跳跃至麻痹时间 15 秒, 电场强度增至 0.40 伏/厘米时, 虾感电跳跃至麻痹时间只有 2.5 秒。受交流电刺激强烈者, 很快死亡。

4. 直流、50 赫兹交流、直流脉冲电临界感电电场强度和临界耗电功率的比较。

测试表明: 直流脉冲电驱虾效果最好, 功率最省, 宜于采用(表 4)。

表 4 直流、交流、直流脉冲临界场强和功率的比较

	虾体与电场 夹角	虾体长度 (毫米)	临界电场强度 (伏/厘米)	临界耗电功率 (瓦/米 ²)	跳跃高度 (毫米)	备 注
直 流 电	0°	170	0.027	26.8	870	
	90°	170	0.032	37.6	350	
交 流 电	0°	160	0.013	11.7	400	f = 50Hz 一次跳跃后 成“U”状抖动随即 慢慢下沉
	90°	170	0.060	132.4	320	
直 流 脉 冲 电	0°	170	0.016	1.41×10^{-3}	350	f = 1 r = 0.2
	90°	170	0.040	8.28×10^{-3}	260	

(二) 电场测试分析

为了掌握不同形式的电极和不同功率的电设备在网口附近形成的电场和有效电场范围, 为研制、安装电设备提供理论依据。测试共分如下几项:

1. 电极形式与电场强度分布

电极安装形式常用的有八字形、平行形、栅形三种。测试表明: ①三种形式电极在海水中形成的电场皆非均匀电场。②八字形电极输入端附近电场强度很强, 末端很弱; 平行形电极次之; 栅形电极形成的电场较均匀, 递减速度较慢。③两电极形成的电场对称分布; 距电极越近, 电场强度越强, 随着距离的增加, 递减速度很快; 与两电极等距离的中线电场强度趋近于零(图 3、4、5)。

2. 输出功率与电场强度关系

在电极形式、长度、距离不变时, 电场强度随着输出功率增加而线性增加, 如图 6。

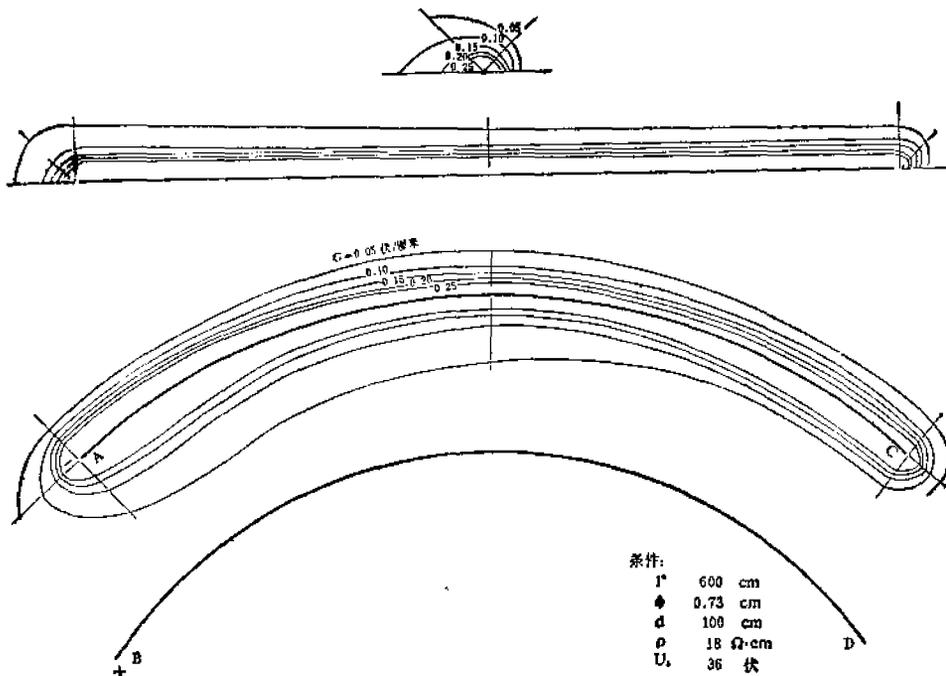


图3 平行形电极电场强度分布

1. 电极长度 ϕ . 电极直径 d . 两电极距离 ρ . 海水比电阻 U_0 . 电极电压 A, B . 输入端

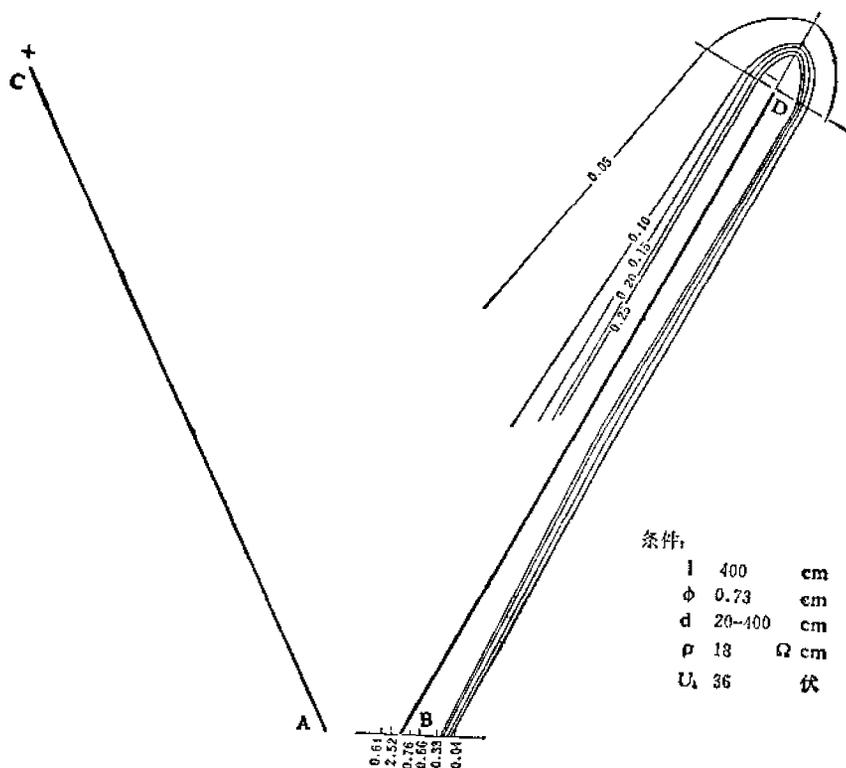


图4 八字形电极电场强度分布

图例: 同图3。

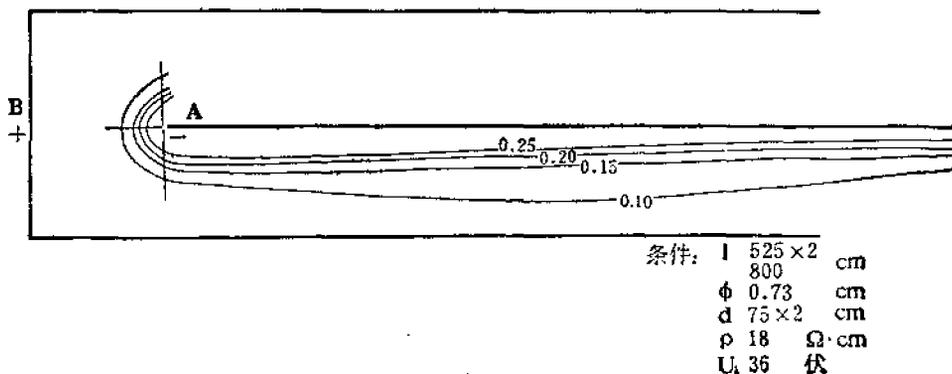


图5 栅形电极电场强度分布

图例: 同图3。

3. 两电极间距与海水负载电阻的关系

长800厘米、直径0.73厘米,内阻0.092欧姆的多股胶合铜电极两条,分别按平行间距75、100、125、150、175厘米置于电阻率为18欧姆·厘米的海水中。其中一电极串一标准电阻 R_N 后与电设备输出端相连,接通电源,分别测出标准电阻和电极的电压降 V_N 、

V_H 。根据分压比公式: $\frac{V_N}{R_N} = \frac{V_H}{R_H}$ 算出极间海水负载电阻 R_H ,如图7。

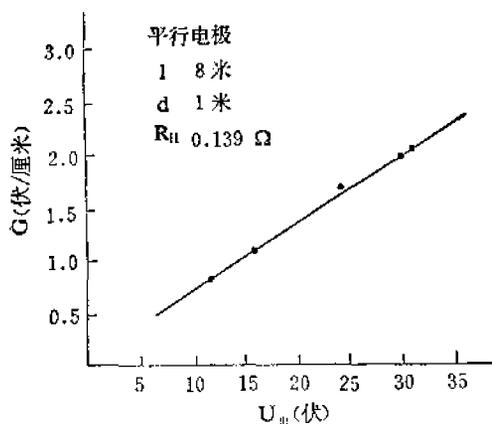


图6 输出电压与电场强度关系曲线

l : 电极长度 d : 两电极距离 R_H : 海水负载电阻

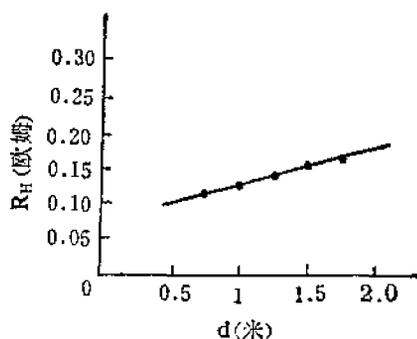


图7 距离变化和负载电阻关系曲线

测试表明: ①极间海水负载电阻随电极距离增加而线性增加。②电极距离若为100厘米,对应海水负载电阻为0.139欧姆,电极将消耗18%的功率。因此,应尽量选用较粗导电性能较好的材料做电极和电极引线。

(三) 试捕成绩

1975年6月至1977年10月,先后在六个试验点采用自行设计的低电能脉冲发生器

配合南海常用的几种虾网进行对比捕捞,均获增产。试验过程分两阶段:

1. 试验性捕捞

为了验证虾体最佳电参数,1975年在124马力试验船上,以扒罟网、墨西哥虾网进行58小时,23网次的对比试捕。结果:扒罟网白天增产59.9%,晚上增产20.8%;墨西哥虾网白天增产93.8%,晚上增产18.6%。

2. 生产性捕捞

1976年和1977年,先后在40马力、80马力的生产船上实地对比捕捞。网具是船上渔民生产用的扒罟网、猪肚网、单拖网。由于扒罟网作业形式的局限,网宽220厘米、网高20厘米,左右舷各拖四顶网。故电极只能装配在网排前。因此,白天对比拖曳56网次、108小时,增产仅达26.7%;猪肚网作业时间均在晚上,拖曳15小时,增产50%;单拖网白天对比拖曳56小时,增产46%。

讨论与小结

1. 驱赶体长150—170毫米墨吉对虾的最佳电参数为:脉冲频率1—5赫兹,脉冲宽度0.2—1.0毫秒;此时临界感电电场强度约为0.028—0.038伏/厘米。品种不同,捕虾体长不同,驱虾电参数应作适当修改。

2. 直流脉冲电驱虾效果比直流、50赫兹交流电为好,功率省,宜于采用。

3. 电驱虾对虾体大小有选择性,适当选用电参数,可以捕大留小,有利于资源保护。

4. 脉冲电配合网具捕虾可获增产。增产幅度大小,除与电参数的选用、设备安装正确有关外,网具的选用也起着重要作用。因此,根据电驱虾捕捞技术的要求,设计合适的网具,增产幅度将会显著提高。

参 考 文 献

- [1] 小山武夫、矢岛信一、中村正清, 1973。小型船における船尾トロールの研究-II, クルマエビに対する電撃装置の漁获效果。东海区水产研究所研究报告, 第76号, 19—23。

THE PRELIMINARY STUDY ON TECHNOLOGY IN CATCHING SHRIMPS BY USING ELECTRICAL DEVICES

Hong Guishan, Huang Rukan and Chen Zhengxing
(Nan Hai Fisheries Research Institute)

Abstract

The behavior of shrimps is that they keep hidden at day while active at night, so that the yield of the traditional shrimp catching at night is much higher than at day-

time. For the purpose increase yield at the daytime, fishing engineers in our country and abroad attempt to improve the fishing gear by the combination of electrical devices with nets. It seems effective in shrimp catching.

By analysing the data derived from the electrical experiments of more than 700 *Penaeus mesquiensis*, this article emphatically deals with the physiological response of shrimps to different electrical strength and it is found that the optimal electrical intensity for driving shrimps from substratum is a D. C. pulsation at 1-5 Hz (frequency) and the electrodes are apart 0.2-1.0 M (width), but it is variable with the length of shrimps and the angle of direction in electrical field. Other aspects relate to electrical device with different powers, and the information of distribution in field intensity caused by electrodes are also discussed.