

# 鲤鱼在双向脉冲电场中的反应及 带电兜式拉网的设计\*

刘启文 张宇飞 寇国强 宋竞时 伍俊

(浙江省淡水水产研究所, 湖州 313001)

**摘要** 本文将难以捕捞的鲤鱼为主要研究对象, 测定了鲤鱼在  $\pi/4$  双向脉冲电场中的感电场强、电流阈值以及双极式线状电极的感电范围。采用电场与网具互补和紧密配合的技术路线, 在兜式拉网底纲设置合理电场阻止鱼类钻网, 底纲加设网兜堵塞“抬纲”产生的逃鱼“漏洞”, 较好地摸索了底层鱼的捕捞技术。面积 0.67 公顷圈养区 3 网鲤鱼捕获率为 85~96%, 10 公顷圈养区 5 网捕获率为 87%。与传统渔具渔法相比, 提高鲤鱼单位网次捕获率 10 倍以上。

**关键词** 双向脉冲电, 双极式电极, 网兜, 圈养区, 鲤鱼, 捕获率

当前开发大水体使之提高产量及经济效益的重要措施之一, 就是用围拦精养技术并大量放养底层经济鱼类。但外荡圈养区是大水面中高密度养殖水体, 具有底貌复杂、面积大、水深与捕捞操作困难等特点。在拉网过程中, 存在着拉力方向与网具运动方向不一致, 不可避免地造成“抬纲”而引起的逃鱼“漏洞”, 加之底层鱼类善于钻泥、钻网逃逸, 导致底层鱼类捕获率极低。所以, 随着养殖事业的发展, 底层鱼捕不起的矛盾日趋突出, 已成为发展大水体精养技术中的“拦路虎”。

在带电大拉网的研究方面, 德意志民主共和国曾于 1973 年用无囊电器大粒网<sup>[3]</sup>, 苏联在池塘中使用 9PF1-8/1 型电赶鱼装置<sup>[4]</sup>, 湖南省容县水产工作站应用 HGL-1 型脉冲电赶鱼机<sup>[5]</sup>, 西安市水产公司等单位采用拉网底纲加球形电极进行底层鱼捕捞试验<sup>[1]</sup>, 山东省东营市钻井公司东安养鱼场进行了底层鱼兜型拉网的试验<sup>[4]</sup>。上述研究均偏重于网或电的单因子研究, 因此均未能取得理想效果。

我们于 1986~1989 年以淡水中难以捕捞的鲤鱼为主要研究对象, 在研究了鲤鱼行动规律的基础上, 采用电场与网具互补、紧密配合的防逃技术路线。通过对鲤鱼在不同电场中的击昏反应场强、电流的阈值测定和鲤鱼的苏醒时间与电压、电击时间、通断频率关系的研究, 选择合理的拉网电极电源; 通过对拉网电极感电范围的测定, 选择合理的结构和布置形式; 通过拉网下纲加网兜试验, 使拉网更好地贴底; 将双极式线状电极平行布置在

\* 本文曾提交给中国水产学会第五次会员代表大会暨学术年会(1991年11月6—10日), 在学术讨论的分组会上宣读, 并获本次大会二等奖。在试验中曾得到本所蒋家漾、河蟹生殖生理组、实验工场的大量支持, 在此一并致谢。

收稿年月: 1991年11月; 1992年2月修改。

(1) 西安水产公司等, 1982。沙滩鱼池中底层鱼类捕捞机具——脉冲赶鱼机和轻型有囊拉网的研制。鉴定会材料。

底纲网兜上方,使网具与电场有机地结合起来。在生产性试验中,面积 0.67 公顷圈养区 3 网鲤鱼捕获率达 85~96%,10 公顷圈养区 5 网鲤鱼捕获率达 87%,与传统渔具渔法相比,提高鲤鱼单位网次起捕率 10 倍以上。在试验点浙江省蒋家漾渔场 16 公顷的圈养区中,应用该技术共捕鲤鱼 86185.15 千克,大量节约捕捞费用。

1987 年以来,此技术已在全国各地一百多个生产单位的不同水域中得到应用,显示了良好的经济、社会效益,仅项目组就直接为生产单位捕鱼 323425 千克,其中鲤鱼等底层鱼类占三分之一以上。

## 基础实验方法、结果与分析

### (一) 实验方法与结果

已有实验表明, $\pi/4$  双向脉冲电作为拉网底纲电源比交流电、直流电更为合理<sup>(2)</sup>。但为了比较连续与断续的  $\pi/4$  双向脉冲电的优劣,特做了实验 1、实验 2。

1. 鲤鱼击昏场强、电流阈值的测定 实验原理图如图 1 所示,在容积为  $52 \times 23 \times 32$  厘米实验水箱中,水体高度 10 厘米,电导率为  $0.32\text{ms}$ ,水箱两端插入不锈钢平板电极。取大小均匀、体质健壮,平均体长为 25 厘米的鲤鱼 60 条,分别对应于不同通断频率(0~5Hz) 进行击昏场强及击昏电流的测定。电压及电流阈值用 SBD-6 型示波器测定。实验结果见表 1 和表 2。

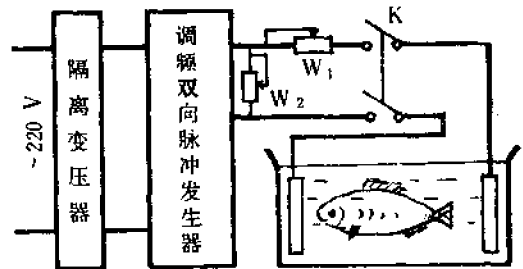


图 1 实验原理图

Fig. 1 Principle of the experimental design

2. 鲤鱼的苏醒时间与电压、电击时间、通断频率的正交试验 正交试验选用表  $L_{27}$  ( $3^{18}$ ) 为表头<sup>[2]</sup>,电击电压、电击时间、通断频率参数的选定列于表 3,实验电气原理图同图 1。取平均体长 30 厘米的鲤鱼 27 条,根据所选定的表头和各种电参数,按照正交表安排的程序组合,将鲤鱼逐条放入水箱进行试验,结果见表 4。

3. 双极式线状电极及单根管状电极感电范围的测定 取平均体长 30 厘米,无显著差异的鲤鱼若干条,在水质电导率为  $0.156\text{ms}$  的水泥池中,布置二根  $2.5\text{mm}^2$  的裸线;两线间距分别为 50、80、120 厘米,在二根电极线上通以  $\pi/4$  双向脉冲电。测定水平感电距离时,将电极置于水下 20 厘米处,把鱼置于小网箱内,使鱼体和电极联线保持垂直,头部朝电极方向,从二极的任一侧,沿水平方向将鱼由远及近移动,待鱼感电时,测量出鱼体头部与近侧一根电极的距离,即为水平感电距离。测定电极的垂直感电距离时,将电极置于水底,被测鱼置于二根电极中间上方水面,并与电极成垂直位置,测试时将两根电极同时慢慢向上提起,待鱼感电时记下鱼与两电极平面的垂直距离,即视为电极的垂直感电距

(2) 浙江省淡水水产研究所,1986。尼罗罗非鱼捕捞技术的研究。鉴定会材料。

表1 鲤鱼在  $\pi/4$  双向脉冲电场中的击昏场强阈值  
 Table 1 The threshold field intensity for narcosis of  
 common carp in  $\pi/4$  two-way pulse ground

电 流 种 类 序 号	不同通断频率的双向脉冲电(V/cm)					连续双向脉冲 电(V/cm)
	1Hz	1.1Hz	1.5Hz	2.5Hz	5Hz	
1	1	0.84	0.71	0.87	0.58	0.61
2	1	0.84	0.77	0.84	0.65	0.55
3	0.97	0.77	0.77	0.81	0.68	0.55
4	0.90	0.84	0.81	0.81	0.58	0.58
5	1.03	0.84	0.77	0.77	0.58	0.58
6	0.97	0.90	0.77	0.77	0.58	0.58
7	0.90	0.90	0.81	0.90	0.58	0.61
8	0.97	0.87	0.84	0.81	0.58	0.58
9	0.94	0.84	0.71	0.84	0.52	0.58
10	0.97	0.77	0.84	0.77	0.48	0.58
$\Sigma X$	9.65	8.41	7.80	8.19	5.81	5.80
$\bar{X}$	0.965	0.841	0.780	0.819	0.581	0.58

表2 鲤鱼在  $\pi/4$  双向脉冲电场中击昏电流阈值  
 Table 2 The threshold electric current value for narcosis of  
 common carp in  $\pi/4$  two-way pulse ground

电 流 种 类 序 号	不同通断频率的双向脉冲电流(mA)					连续双向脉冲 电流(mA)
	1Hz	1.1Hz	1.5Hz	2.5Hz	5Hz	
1	17.6	14.4	11.6	14.4	10.4	11.2
2	16.4	14.0	12.4	13.6	10.4	10.0
3	16.8	12.8	12.8	13.6	9.6	10.0
4	14.8	13.2	12.8	13.6	11.2	10.0
5	17.6	12.0	12.8	13.6	11.2	10.4
6	16.8	13.2	12.8	13.2	9.2	10.0
7	18.0	12.0	12.0	13.2	9.0	10.0
8	18.0	13.6	12.8	12.4	8.8	10.0
9	18.0	15.4	12.0	12.0	9.2	9.6
10	18.0	13.0	12.8	12.4	8.8	8.8
$\Sigma X$	164	138.6	124.8	132	97.8	100
$\bar{X}$	16.40	13.86	12.48	13.20	9.78	10.00

表3 试验参数表  
 Table 3 Experimental parameters

因 素 水 平	电击时间A (s)	通断频率B (Hz)	电压峰值C (V)
1	10	5	30
2	20	2	50
3	40	1	70

表 4 正交试验结果  
Table 4 Results of orthogonal experiment

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
鱼体体长(cm)	30	29	31	28.5	32	26.5	29	28.5	32	28	29.5	29	28	30
苏醒时间(s)	61	77	105	53	66	102	41	59	70	76	77	94	54	73
试验号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
鱼体体长(cm)	30.5	30	28.5	29	28	31.5	31.5	28	31	30	28	31	32.5	
苏醒时间(s)	96	43	57	80	80	102	104	60	100	120	56	73	80	

离,每测完一组数据换一条鱼,单电极与双电极的测试结果列于表 5。

4. 拉网加网兜试验 将下纲装在网片下边目上方 1.2 米处,下纲以下的网片向内转折,形成网兜状,网兜纲比下纲长 10%,网兜纲每 1 米用 50 厘米长的细绳与下纲相接成兜状,将此网与一般拉网在面积 0.13 公顷、水深 1.8 米的水域中进行捕捞对照试验。其结果见表 6。

表 5 单、双电极水平、垂直感电距离  
Table 5 The electricity-sensing distance in horizontal and vertical way for one and two-way electrode poles

脉冲电有效值 (V)	感 电 距 离 (cm)								与单电极相比增大倍数					
	水 平 方 向				垂 直 方 向				水 平 方 向			垂 直 方 向		
	双电极间距 (cm)			单根管 状电极	双电极间距 (cm)			单根管 状电极	双电极间距 (cm)			双电极间距 (cm)		
	50	80	120		50	80	120		50	80	120	50	80	120
10	25	30	20	5	40	40	—	10	4.0	5.0	3.0	3.0	3.0	—
17	30	30	38	10	45	47	30	10	2.0	2.0	2.8	3.5	3.7	2.0
23	35	35	50	13	55	60	60	15	1.7	1.7	2.8	2.7	3.0	3.0
33	45	50	60	15	65	75	70	20	2.0	2.3	3.0	2.3	2.8	2.5
50	55	55	73	25	70	80	88	30	1.2	1.2	1.9	1.3	1.9	1.9

表 6 加网兜拉网与一般拉网鲤鱼起捕率对照表  
Table 6 Comparison for the catching rate of common carp between blocking net with cod end and common blocking net

网 具	四网起捕率(%)	相对增加率(%)
一般拉网	30	40
加网兜拉网	42	

## (二) 几点分析

1. 通过对表 1、表 2 进行方差分析和最小显著差数法检验后表明<sup>[6]</sup>,与连续通电的  $\pi/4$  双向脉冲电相比,无论是击昏场强还是击昏电流阈值,2.5Hz 以下各档均存在着显著差异。5Hz 一档与连续供电的  $\pi/4$  双向脉冲电相比,无显著差异。这一结果表明了使鱼达到同样击昏反应时所需的场强峰值和峰值电流,采用连续供电  $\pi/4$  双向脉冲电最

低。较低的通断频率虽也能将鱼击昏,但必须提高电压才能实现。这势必给设备元件的选择及安全性提出更高的要求。因此,从鲤鱼击昏所需的电场强度、电流及简化设备的角度考虑,在带电拉网中应采用连续的  $\pi/4$  双向脉冲电作为电源。

2. 将表4数据进行方差分析后的结果列于表7。从方差分析表可知,无论电击电压、电击时间还是通断频率,对鲤鱼在  $\pi/4$  双向脉冲电场中击昏后的苏醒时间均具有显著影响,电击的电压越高,电击的时间越长,则其击昏后的苏醒时间也越长。提高通断频率,则苏醒时间也随之增加。

表7 正交试验方差分析表

Table 7 Variance analyses on the orthogonal experimental results

方差来源	偏差平方和	自由度	平均偏差平方和	F显著性
A(电击时间)	1324.53	2	662.27	11.47**
B(通断频率)	2852.53	2	1426.27	4.70**
C(电压)	5941.42	2	2970.71	51.45**
A × B	73.51	4	18.38	0.32
A × C	230.64	4	70.16	1.22
B × C	451.29	4	112.82	1.95
Se(误差)	1154.88	20	57.74	
备 注	F <sub>0.01</sub> (2,20) = 5.85 F <sub>0.01</sub> (4,20) = 4.43		F <sub>0.05</sub> (2,20) = 3.49 F <sub>0.05</sub> (4,20) = 2.71	

在大面积带电拉网等以昏迷反应为主要捕捞机制的渔法中,在选择电参数时,应适当地增加鱼类电击后的苏醒时间,从而减弱鱼的活动能力,提高起捕率。虽然正交试验表明提高电击电压和电击时间都能延长鱼击昏后的苏醒时间,但为了操作安全、简化设备、降低成本,并减少对鱼的影响,生产中电击电压应在一定范围内选取,而不能任意提高。另外因拉网的作业时间也在一定的范围之内,所以电击时间也不可能大幅度地变化。为此,要达到延长电击昏后苏醒时间,只有提高电源的通断频率,即向连续供电趋近。

根据上述二个感电实验可知,无论是击昏所需的电压、电流阈值,还是击昏后所需的苏醒时间,连续的双向脉冲电均优于断续的双向脉冲电。因此,外荡圈养区捕捞中系用连续的双向脉冲电作为拉网底纲电极的电源较为合理。

3. 现有电拉网的电极大多采用一字形排列的球形或管状电极,这种电极不论如何改变电极的形状或二极间的电压(一定范围内),在二极之间总存在着一个弱电场区,出现逃鱼“漏洞”。另外,当鱼体与电极联线垂直时,其电力线正好横穿鱼体,处于最小的感电位置。双极式线状电极与一字形排列的电极相比,不但可增大感电范围,而且电场强度沿下纲均匀分布,消除了弱电场区,电力线方向与鱼钻纲逃窜的方向一致,使其受到的电场强度最大。由此可见,拉网下纲采用双极式的线状电极较为适宜。从表5中可以清楚地看出:(1)在同一行距中,随着电压的增加,水平或垂直感电距离随之显著增加。(2)在同一电压中,随行距的增加水平或垂直感电距离虽有所增加,但并不十分显著。(3)各种行距的双极式线状电极无论是水平方向还是垂直方向,其感电距离均显著地大于偶极式一字形排列的管状电极,其水平方向增大了1.2~3.7倍,垂直方向增大了1.9~2.8倍。

4. 由表 6 可知, 下纲加网兜后与一般拉网相比, 可明显提高鲤鱼的起捕率, 使四网起捕量增加 40%。拉网底纲的下方加网兜后, 当下纲上抬时, 网兜即呈张开, 使钻纲的底层鱼进入网兜内而捕获, 有效地堵塞了“抬纲”引起的逃鱼“漏洞”。所以, 在大拉网下纲的下方设置网兜是非常必要的。

## 生产性试验及结果

根据上述基础性实验的结果, 研制成下纲上方装有双极式线状电极, 下方设置网兜, 电极中通以连续的  $\pi/4$  双向脉冲电的带电大拉网。并在水深 3 米、面积 0.67—10 公顷的外荡圈养区中, 分别进行了电拉网与传统网的同荡对照, 连续脉冲电与断续脉冲电同荡对照及标志鲤鱼的回捕等生产性试验, 结果如表 8—10 所示。上述试验结果表明:

表 8 电拉网与传统网同荡单网次对照表

Table 8 Unit operation comparison between blocking net with electricity and traditional net in the same water body

网 具	0.67 公顷圈养区		5.3 公顷圈养区		10 公顷圈养区	
	数量(千克)	增加倍数	数量(千克)	增加倍数	数量(千克)	增加倍数
传统网	53.0		148.0		687.0	
电拉网	1381.0	25.0	4099.5	26.7	9780.0	13.2

表 9 标志鱼回捕情况

Table 9 Re-catching data for the labelled fish

起捕率(%) 网次	军民渔场 0.67公顷荡	蒋家漾 0.67公顷荡	蒋家漾 10公顷荡	隔湖 2 公 顷圈养区
1	72	61	60	84
2	92	77	74	
3	96	85	83	
4			85	
5			87	

表 10 连续脉冲电与断续脉冲电单网次对照表

Table 10 Unit operation comparison between continuous and intermittent pulses

网 具	实际起捕量(千克)	起捕率(%)	相对增加率(%)	备 注
断续脉冲电	2800	30.0		试验在 2.67 公顷的圈养区进行
连续脉冲电	3920	62.9	109.6	

1. 0.67 公顷面积的小型圈养区三网鲤鱼的起捕率可达 85%~96%, 10 公顷面积的中型圈养区五网鲤鱼的起捕率也可达 87%。2 公顷面积的网围区一网鲤鱼的起捕率达 84%。

2. 与传统大拉网相比,该网具每网鲤鱼的起捕率可提高 10 倍以上。

3. 应用连续双向脉冲电作电极电源与断续脉冲电相比,鲤鱼的起捕率提高一倍左右,与小型实验结果相一致。表明电拉网的电极电源采用连续的宽度为  $\pi/4$  的双向脉冲电是切实可行的。

## 简短的讨论与结语

### (一) 讨 论

针对鲤鱼的钻泥习性,人们对拉网下纲结构进行了许多研究与改进。例如,下纲增加沉子,采用两条下纲,加设网兜等。改进的目的有两点:避免抬纲和堵塞因抬纲而产生的逃鱼“漏洞”。我们认为,“抬纲”主要是由拉力和圈养荡的底质不平产生的,并非沉子过轻所致,加重沉子能适当减少“抬纲”,但不可能完全杜绝“抬纲”。而且沉子的增加必将增加网具阻力,甚至发生括纲而影响正常捕捞。所以,拉网下纲的沉子配备应适量,加重沉子防止“抬纲”的方法是不可取的。我所曾研制了双下纲结构的拉网,解决了池塘捕捞中存在的“抬纲”现象。但这种结构的网具在外荡圈养区使用时,存在着二条下纲较难理顺,网片利用率低等问题。因此,不宜用于圈养荡的捕捞。为堵塞“抬纲”产生的“漏洞”,百袋网采用了在下纲装锥体形网兜,用这种结构捕捞鲤鱼等底层鱼类虽有一定作用,但存在着结构复杂,取鱼困难,两网兜之间尚有逃鱼“漏洞”等不足之处。

我们认为,外荡圈养区底貌复杂,下纲上抬很难避免。要提高起捕率,必须既要有效地阻止鲤鱼的钻纲,逼迫企图钻纲的鲤鱼向上逃窜,又要堵塞“抬纲”引起的逃鱼“漏洞”,两者缺一不可。如只采用下纲装设网兜,虽堵塞了“抬纲”引起的“漏洞”,但由于鲤鱼的活动、钻纲能力强,即使进入网兜,还有可能窜逃;如只在下纲设置电极,虽可起到对鱼的驱赶、“提升”作用,但由于存在“抬纲”现象,一些被击昏或削弱了活动能力而沉入荡底的鱼仍会从下纲与荡底间“漏出”。我们曾用传统拉网加电极和在下纲加设网兜,分别进行了捕捞试验,结果二者均未能取得满意的效果。由此可见,只有采用电、网联合的技术路线才能奏效。

采用下纲上面设置电极,下方配网兜的结构,既利用了电的驱赶、“提升”作用,又堵塞了“抬纲”引起的逃鱼“漏洞”。由于电场的作用,大大削弱了鲤鱼的活动能力,更易被网兜捕获,网兜又处在电场的作用范围之内,从而减少了鲤鱼回窜的可能性,在生产性捕捞中,从网兜内捕获的鲤鱼占相当大的比例。因此,这种结构简单的网兜能起到较好的捕捞效果。

### (二) 结 语

1. 用连续的  $\pi/4$  双向脉冲电作为拉网电极电源较为合理。

2. 双极式线状电极与一字形排列的管状电极相比,其感电范围水平方向增大了 1.2~3.7 倍,垂直方向增大了 1.9~2.8 倍,对鲤鱼等底层鱼类具有较好的阻拦作用。

3. 拉网加网兜有效地堵塞了“抬纲”,四网鲤鱼的捕获率比一般拉网相对增加 40%。

4. 采用在双极式线状电极的下方布置网兜的方法, 使电场与网具相互补充、紧密结合, 充分发挥了电与网的作用, 显著地提高了底层鱼的起捕率。面积 0.67 公顷圈养区 3 网鲤鱼起捕率为 85~96%, 10 公顷圈养区 5 网鲤鱼捕获率为 87%, 与传统的捕鱼方法相比, 提高鲤鱼单位网次捕获率 10 倍以上。

### 参 考 文 献

- [1] 于建华, 1986. 底层鱼兜型拉网设计试验报告. 淡水渔业, (6): 33~36
- [2] 中国科学院数学研究所统计组, 1979. 常用数理统计方法, 34~75, 科学出版社(京)
- [3] 严朝晖, 1989. 围拦养鱼捕捞应用 HGL-1 型脉冲电赶电拦鱼机初报. 水利渔业, (1): 34~36
- [4] 岑玉吉, 1974. 苏联电捕鱼的发展. 淡水渔业, (3): 31~33
- [5] 赵传绍等, 1979. 鱼类的行动, 75~87. 农业出版社(京)
- [6] 胡秉民等, 1985. 农业试验统计分析方法, 191~219. 浙江科学技术出版社(杭州)

## THE RESPONSES OF COMMON CARP IN TWO-WAY PULSE GROUND AND DESIGN OF BLOCKING NET WITH ELECTRICAL COD END

Liu Qiwen, Zhang Yufei, Mi Guoqiang, Song Jingshi and Wu Jun

(Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001)

**ABSTRACT** By using common carp as a main object of this study, the electricity-sensing field intensity, the threshold electric current value of fish in  $\pi/4$  two-way pulse ground and the electricity-sensing range of two-line electrode pole were determined. Since the successful technical way referred as "electric ground in conjunction with fishing gear", a reasonable electric ground could be formed efficiently in leadline of the blocking net, so as to block up fish's escape through leadline. A cod end was supplemented in the leadline for the purpose of stopping up fish's escape loopholes due to the "rising of leadline" during the fishing operation. Thus, the difficult problem for catching freshwater bottom fish was effectively solved. An average catching rate of 85—96% could be attained in three hauls for common carp in 0.67 ha of enclosed fish farming area and an average catching rate of 87% in five hauls in 10 ha of enclosed fish farming area could be obtained. The catch rate is raised to 1.0 times as compare with the traditional fishing method.

**KEYWORDS** two-way pulse, two-line electrode pole, cod end, enclosed fish farming area, common carp, catching rate