

文章编号: 1000-0615(2016)02-0198-09

DOI: 10.11964/jfc.20150810026

长江口两种仔稚鱼网具的采集效率比较

林楠, 程家骅, 姜亚洲, 袁兴伟, 陈渊戈, 李圣法, 胡芬*

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090)

摘要: 为获得更为准确的数据, 提高对长江口鱼类早期资源评估的准确度, 本研究同时采用方形网(网口为1.0 m×2.0 m, 网目1.0 mm, 网衣长5.5 m)和标准网(网口为直径0.8 m圆形, 网目0.5 mm, 网衣长3.5 m)于2014年4—7月在长江口邻近海域采集仔稚鱼样本, 分析比较这2种网具所采集仔稚鱼种类和数量差异, 从而选择更适宜采集长江口水域仔稚鱼的采样网具。结果表明: ①方形网采集到51种仔稚鱼, 多于标准网的37种, 两种网具的共有种类有34种, 主要优势种组成没有明显差异; ②4月, 前弯曲期仔鱼较多, 它们个体小, 容易从网眼滤出, 导致网目较小的标准网的样品平均密度高于方形网; ③5—7月, 方形网的样品平均密度高于标准网, 但样本中仔稚鱼个体发育阶段组成有明显不同。标准网样本中前弯曲期仔鱼占多数, 体形为细长形的日本鳀和鳊虎鱼的前弯曲期仔鱼平均密度高于方形网; 方形网样品中后弯曲期仔鱼占优势, 小黄鱼、日本鳀和鳊虎鱼等优势种的后弯曲期仔鱼平均密度均高于标准网。总体而言, 方形网所采集仔稚鱼种类和数量的效果优于标准网; 对于细长体形种类(如日本鳀), 需结合不同网具以便采集到全部发育阶段个体, 而体形较宽种类(如小黄鱼)可仅以方形网采集。

关键词: 仔稚鱼; 长江口; 网具; 采集效率

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

鱼类早期生活史研究是制定鱼类资源保护和管理措施的关键^[1], 需以真实无偏差的采样为基础。网具的采集效率受网口大小、网目尺寸以及网衣颜色等影响, 仔稚鱼对网具的逃避能力、从网目逃逸以及对有色网衣的趋避等均会造成采样误差^[2-4]。而由于采样误差, 会对物种的生态习性判断产生偏差, 致使对其洄游类型产生误判^[5-7]。因此, 采样的精确性对鱼类浮游生物的生态习性和补充群体研究具有着重要影响^[8]。已有的研究表明, 不同采样设备适用于不同生境, 且对鱼类早期生活史中不同发育阶段个体的选择性存在差异^[1]。

长江口海域由于受长江径流、台湾暖流和黄海冷水团等影响, 具有丰富的饵料资源, 是众多鱼类的产卵场和育幼场^[9]。许多学者对长江口海域的鱼类浮游生物进行了研究^[10-13], 样品采集

所用网具均为标准网^[14](大型浮游生物网或浅水I型网)。然而由于后期仔鱼或稚鱼具有一定的逃避能力^[15-16], 标准网在采样过程中会遗漏较多个体^[17], 增大抽样误差, 进而影响对种类和数量的评估^[18]。因此, 为完善长江口邻近海域的鱼类浮游生物研究, 本研究于2014年4—7月在长江口水域使用标准网和方形网^[19](1种可采集后期仔鱼和稚鱼的网具)同时采集仔稚鱼, 通过比较两者之间的种类和数量差异, 结合仔稚鱼的发育程度, 阐明适宜该水域及研究目的的采样方式, 旨在为鱼类浮游生物研究提供更为可靠的基础资料。

1 材料与方 法

1.1 调查时间和站位

2014年4—7月每月中旬的大潮期间对位于

收稿日期: 2015-08-10 修回日期: 2015-11-26

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303047)

通信作者: 胡芬, Email: hufen518@sohu.com

31.0°N和31.5°N 2个断面的长江口海域进行仔稚鱼调查。各断面站点沿岸基(水深大于3.0 m)向禁渔线方向设置,每隔5海里设1个站点,共26个站点。

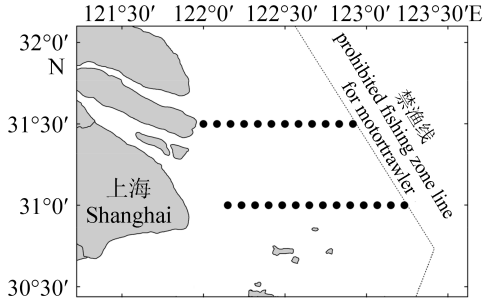


图1 调查站位
Fig.1 Survey stations

1.2 网具

本研究采用2种网具:标准网,即大型浮游生物网,网口直径0.8 m,网目尺寸为0.505 mm,网衣长3.5 m;方形网,网口为1.0 m×2.0 m,网目尺寸为1.0 mm,网衣长5.5 m(图2)。采样时,网上均系有浮球和流量计,分别挂在调查船尾两侧,同时拖网。船速为1~2节,拖绳长30~50 m,尽量降低由行船引起的水流影响。拖网时间10 min,起网时记录流量计(HYDRO-BIOS,德国)数据以计算滤水体积,现场以5%福尔马林溶液固定样品。

1.3 数据分析

在实验室内对样品进行分拣、鉴定,学名按照伍汉霖等^[20]文献进行排列,并按Kendall等^[21]标准将仔稚鱼个体划分为卵黄囊期仔鱼、前弯曲期仔鱼、弯曲期仔鱼、后弯曲期仔鱼和稚鱼。根据相对重要性指数(IRI)确定优势种, $IRI=N \times F \times 10\ 000$, $N(\%)$ 为数量百分比, $F(\%)$ 为出现频率^[22]。利用SPSS 16.0软件中两两配对t检验

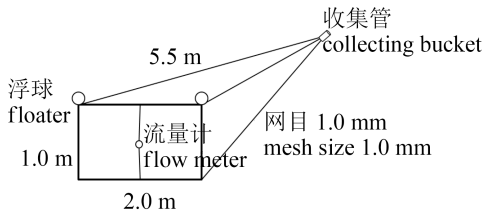


图2 方形网示意图

Fig.2 The schematic diagram of the frame net

分析不同网具采集仔稚鱼的数量是否存在差异,显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 种类差异

4航次调查共采集到仔稚鱼7615尾,其中方形网为6208尾仔稚鱼,隶属于27科51种;标准网为1407尾,隶属于22科37种。两者的主要种类组成较为相似,均为矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、侧带小公鱼属(*Stolephorus* sp.)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、日本鰕(*Engraulis japonicus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、斑尾刺鰕虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、少鳞鳢(*Sillago japonica*)、鲎属(*Hemiculter* sp.)、刀鲚(*Coilia nasus*)、凤鲚(*Coilia mystus*)等,仅优势度排序不同(表1)。

4—7月2种网中样品种类数均呈递增趋势,且各航次方形网的种类数均显著多于标准网(图3)。结果显示:2种网共有种类34种,方形网中仔稚鱼种类基本出现在标准网中,仅蝴蝶鱼属(*Chaetodon* sp.)、美肩鳃鲱(*Omobranchus elegans*)、斑头鱼(*Agrammus agrammus*)未在方形网中出现。而斑鰕(*Konosirus punctatus*)、大头狗母鱼(*Trachinocephalus myops*)、蛇鳗属(*Ophichthys* sp.)、粗吻海龙(*Trachyrhamphus serratus*)、蓝圆鲂(*Decapterus maruadsi*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)、黄姑鱼(*N. albiflora*)、髯缟鰕虎鱼(*Tridentiger barbatus*)、孔鰕虎鱼(*Trypauchen vagina*)、单指虎鲂(*Minous monodactylus*)、绿鳍鱼(*Chelidonichthys kumu*)、红娘鱼属(*Lepidotrigla* sp.)、狮子鱼属(*Liparis* sp.)、舌鳎属(*Cynoglossus* sp.)、条纹东方鲀(*Takifugu*

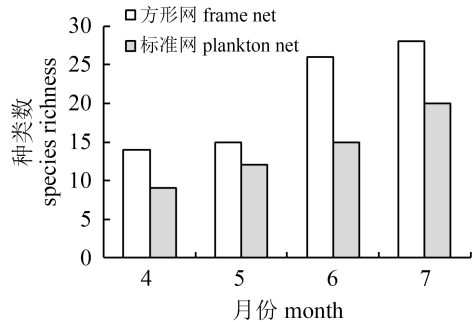


图3 2014年4—7月两种网具的种类数

Fig.3 The species richness in two nets from April to July 2014

表 1 方形网和标准网仔稚鱼优势度和排序

Tab. 1 The IRI and rank of species compared between two nets

种类 Species	4月 April		5月 May		6月 June		7月 July	
	方形网 Frame net	标准网 Plankton net	方形网 Frame net	标准网 Plankton net	方形网 Frame net	标准网 Plankton net	方形网 Frame net	标准网 Plankton net
鲱科 Clupeidae								
斑鱧 <i>Konosirus punctatus</i>							0.3(21)	
鳀科 Engraulidae								
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>					119.1(7)	160.9(4)	11.6(10)	96.4(5)
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>							78.8(5)	85.9(6)
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	7.0(6)	1.0(5)	868.1(3)	411.1(3)	369.2(4)	71.3(7)	119.3(4)	300.5(4)
侧带小公鱼属 <i>Stolephorus</i> sp.					387.3(3)	152.4(5)	3819.4(1)	1000.6(1)
银鱼科 Salangidae								
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	2.48(9)				3.5(14)	3.5(10)	0.9(15)	
狗母鱼科 Synodontinae								
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>					5.2(10)		7.6(11)	0.5(18)
大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i>					0.4(22)			
灯笼鱼科 Myctophidae								
七星底灯鱼 <i>Bentosema pterotum</i>					3.9(13)	3.2(11)	0.3(22)	
蛇鳀科 Ophichthyidae								
蛇鳀属 <i>Ophichthys</i> sp.							0.2(26)	
鲤科 Cyprinidae								
鲤属 <i>Cyprinus</i> sp.				22.6(6)	56.5(8)	276.7(3)	1.9(14)	6.2(8)
鲮属 <i>Hemiculter</i> sp.			0.17(13)				143.0(3)	396.4(3)
寡鳞飘鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>							6.6(12)	1.8(10)
鳊科 Hemiramphidae								
间下鳊 <i>Hyporhamphus intermedius</i>		1.0(8)	1.1(9)	1.3(11)	4.8(11)			
海龙鱼科 Syngnathidae								
粗吻海龙 <i>Trachyrhamphus serratus</i>					4.6(12)			
鲮科 Mugilidae								
鲮 <i>Liza haematocheila</i>			2.5(8)	53.6(5)	2.9(15)			
鲈科 Serranidae								
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1.08(12)	5.45(3)	0.6(11)	1.7(10)				
鳊科 Sillaginidae								
少鳞鳊 <i>Sillago japonica</i>					1.7(17)	0.6(15)	291.7(2)	485.1(2)
鲹科 Carangidae								
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>			0.3(12)		0.2(26)			
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>							0.6(18)	0.8(13)
石首鱼科 Sciaenidae								
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>					1198.7(1)	469.5(1)	15.8(9)	0.6(17)
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	8.9(5)		1252.9(2)	1822.8(2)	431.6(2)	18.3(9)	43.5(7)	0.4(19)
日本黄姑鱼 <i>Nibea japonica</i>							0.4(20)	
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>					0.70(19)			
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentata</i>					1.2(18)			
羊鱼科 Mullidae								

· 续表 1 ·

种类 species	4月 April		5月 May		6月 June		7月 July	
	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensasi</i>							0.6(19)	0.8(14)
蝴蝶鱼科 Chaetodontidae								
蝴蝶鱼属 <i>Chaetodon</i> sp.								0.9(11)
鳎科 Blenniidae								
美肩鳎 <i>Omobranchus elegans</i>						2.0(13)		
鲻科 Callionymidae								
鲻属 <i>Callionymidae</i> sp.	3.26(8)		166.9(4)	139.6(4)			0.2(25)	
鰕虎鱼科 Gobiidae								
六丝钝尾鰕虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>					210.1(5)	97.2(6)	5.9(13)	
普氏缙鰕虎鱼 <i>Amoya pflaumi</i>					7.1(9)	19.8(8)		
斑尾刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	4805.9(1)	4010.5(1)						
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>			5196.0(1)	2179.2(1)	201.8(6)	389.0(2)	0.7(16)	0.8(16)
缙鰕虎鱼属 <i>Tridentiger</i> sp.					0.5(21)		48.2(6)	61.2(7)
髯缙鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>							0.1(28)	
鰕虎鱼科 Gobiidae sp.	17.1(3)					3.2(12)		
拉氏狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>							0.3(23)	4.7(9)
孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>					2.2(16)			
鲭科 Scombroidea								
鲭属 <i>Scomber</i> sp.					0.6(20)	2.0(14)		
鲉科 Scorpaenidae								
褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	45.8(2)	91.6(2)		6.9(8)				
鲉属 <i>Scorpaena</i> sp.	0.6(13)	2.1(4)						
毒鲉科 Synancejidae								
单指虎鲉 <i>Minous monodactylus</i>					0.2(25)			
赤鲉 <i>Scorpaena scrofa</i>							0.7(17)	
魴科 Triglidae								
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>			0.9(10)					
红娘鱼属 <i>Lepidotrigla</i> sp.	1.1(11)							
六线鱼科 Hexagrammidae								
斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>		1.0(6)						
杜父鱼科 Cottidae								
狮子鱼属 <i>Liparis</i> sp.	1.3(10)		0.1(15)					
舌鰻科 Cynoglossidae								
短吻三线舌鰻 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	4.2(7)	1.0(7)	4.2(6)	1.2(12)				
焦氏舌鰻 <i>Cynoglossus joyneri</i>	16.1(4)		3.9(7)	11.4(7)	0.4(23)		22.4(8)	0.9(12)
舌鰻属 <i>Cynoglossus</i> sp.							0.2(24)	
鲷科 Tetraodontidae								
条纹东方鲷 <i>Takifugu xanthopterus</i>					0.4(24)			
东方鲷属 <i>Takifugu</i> sp.			4.6(5)	4.7(9)				
鲆科 Lophiidae								
黄鲆 <i>Lophius litulon</i>			0.1(14)					
未定种 unidentified species							0.2(27)	0.8(15)

注: 括号内为优势度排序

Notes: The number in brackets is the rank of dominance

xanthopterus)和黄鲆(*Lophius litulon*)等17种未能在标准网中采集到(表1)。可见, 相较于方形网, 标准网在采样过程中遗漏了较多种类。

2.2 数量差异

4月长江口邻近海域的仔稚鱼丰度最低(图4), 方形网和标准网的平均密度分别为(2.61±0.82)

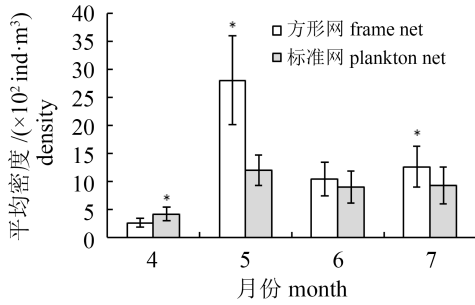


图4 2014年4—7月两网具中仔稚鱼的平均密度

*. 显著相关 $P < 0.05$, 下同

Fig. 4 The average density of larvae and juveniles in both nets from April to July

*. significant at $P < 0.05$, the same below

ind./100m³和(4.18±1.19) ind./100m³, 标准网的仔稚鱼平均密度显著高于方形网($P < 0.05$)。而5—7月的仔稚鱼丰度较高, 5月和7月方形网中仔稚鱼的平均密度均显著高于标准网($P < 0.05$), 而6月方形网[(10.42±2.94) ind./100m³]略高于标准网[(9.06±2.86) ind./100m³], 两者差异不显著($P > 0.05$)。

方形网和标准网采集的仔稚鱼个体发育阶段组成有所区别: 4月, 以前弯曲期仔鱼为主(方形网为88.4%, 标准网为95.7%), 标准网中前弯曲期仔鱼的平均密度显著高于方形网(表2)。5—7月, 样品前弯曲期、弯曲期和后弯曲期仔鱼较多, 相同月份方形网中后弯曲期仔鱼所占比例高于标准网, 且平均密度显著高于标准网($P < 0.05$), 而标准网的前弯曲期仔鱼所占比例高于方形网, 两者密度差异不显著($P > 0.05$)(表2)。

2.3 优势种

方形网中小黄鱼的平均密度为(1.93±0.53) ind./100m³, 显著高于标准网(1.19±0.48) ind./100m³($P < 0.05$)。除了5—7月方形网中小黄鱼的优势度排序均高于标准网(表1)。两种网中小黄鱼的个体发育阶段组成不同, 方形网以后弯曲期个体为主(占43.2%), 而标准网中以弯曲期个体居多(占54.3%)。两种网中不同发育阶段个体的平均密度有所区别。前弯曲期和弯曲期个体的平均密度相近, 而方形网中后弯曲期仔鱼、稚鱼和幼鱼的平均密度均显著高于标准网($P < 0.05$)(图5-a)。

方形网和标准网中日本鳀的平均密度[分别为(1.23±0.35) ind./100m³和(1.15±0.55) ind./100m³]和优势度排序相似(表1), 但个体发育阶段组成差别较大。标准网主要以前弯曲期和弯曲期仔鱼为主, 且平均密度均高于方形网; 而方形网以后弯曲期仔鱼为主, 平均密度显著高于标准网($P < 0.05$)(图5-b)。

鰕虎鱼类均为两种网具采集样本的最优势种, 各占方形网和标准网中仔稚鱼总数的39.5%和32.2%, 平均密度以方形网较高, 但个体发育阶段组成差别较大。标准网中前弯曲期个体居多, 平均密度高于方形网; 而方形网中后弯曲期个体占优势, 且平均密度显著高于标准网(图5-c)。

3 讨论

方形网和标准网采集的仔稚鱼种类、数量以

表2 两网具中仔稚鱼的不同发育阶段个体的平均密度和数量百分比

Tab. 2 The average density and percentages of development stages in both nets

发育阶段 development stages	4月 April		5月 May		6月 June		7月 July	
	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net	方形网 frame net	标准网 plankton net
卵黄囊期 yolk sac.	-	-	-	-	-	-	0.21(1.7%)	0.53(5.7%)
前弯曲期 preflexion	2.31(88.4%)	4.00(95.7%)*	7.48(26.7%)	3.72(31.0%)	4.09(39.3%)	5.40(59.9%)	4.10(32.6%)	5.25(56.5%)
弯曲期 flexion	0.16(5.9%)	0.13(3.1%)	3.66(13.0%)	2.39(19.9%)	2.01(19.3%)	1.37(15.2%)	3.80(30.2%)	2.59(27.9%)
后弯曲期 postflexion	0.14(5.4%)	0.04(0.9%)	16.59(59.2%)*	5.17(43.1%)	2.84(27.3%)*	1.86(20.7%)	3.83(30.4%)*	0.77(8.3%)
稚鱼 juvenile	-	-	0.25(0.9%)	0.61(5.1%)	1.06(10.2%)	0.07(0.8%)	0.26(2.1%)	0.12(1.3%)
幼鱼 young	0.01(0.3%)	0.01(0.3%)	0.06(0.2%)	0.11(0.9%)	0.40(3.9%)	0.31(3.4%)	0.39(3.1%)	0.02(0.2%)

注: 括号内为数量百分比; *. 显著相关 $P < 0.05$
Notes: Percentages in brackets; *. significant at $P < 0.05$

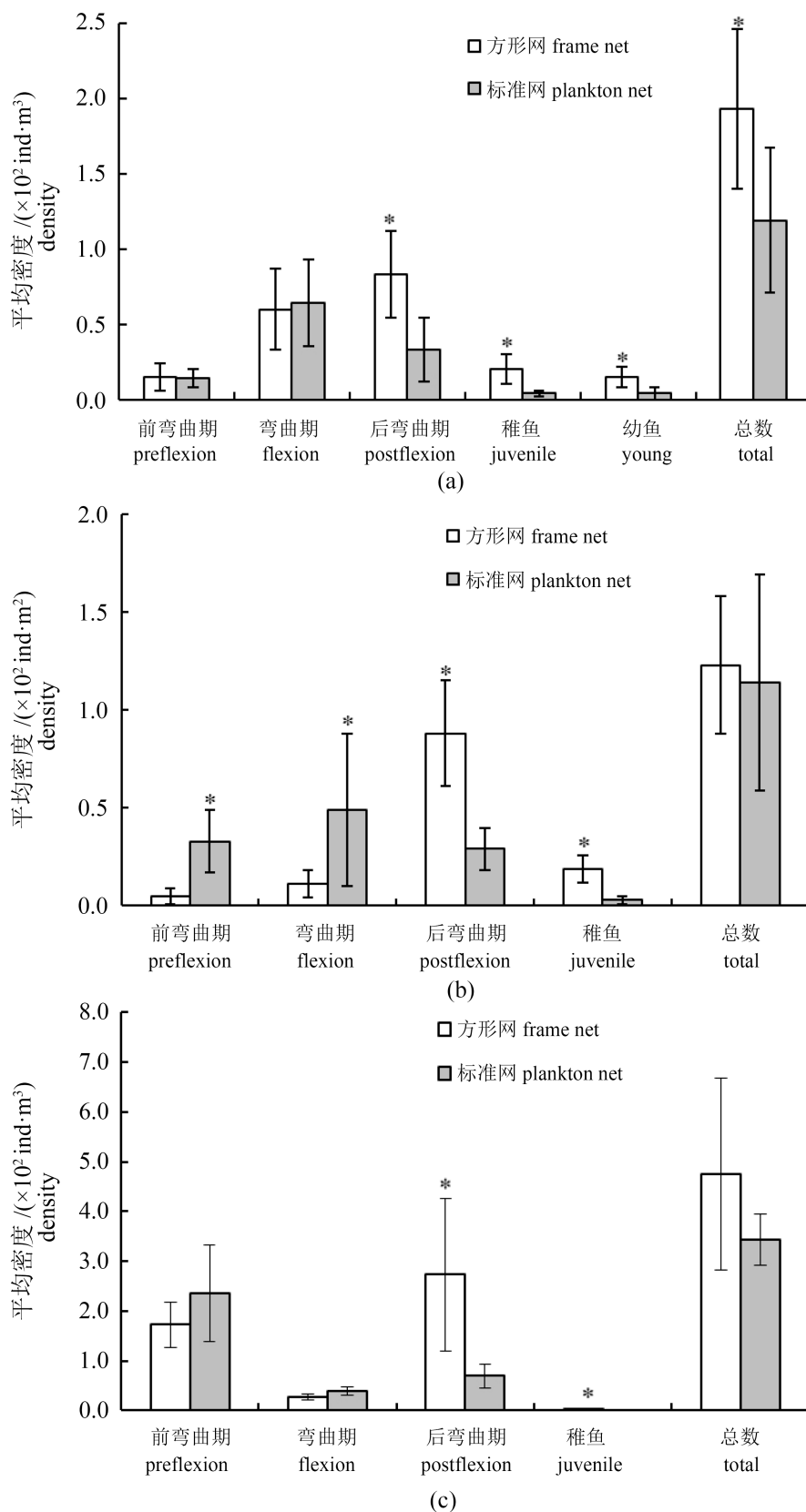


图5 小黄鱼(a)、日本鳀(b)和鰕虎鱼(c)不同发育阶段个体的平均密度

Fig. 5 The average density of each development stages of *L. polyactis*(a), *E. japonicus*(b) and Gobiidae(c)

及样本的发育阶段组成均有一定的差异,说明仔稚鱼对网具有一定的选择性,即不同网具对采样效果有明显影响。网具的采集效率主要受网口和网目尺寸影响^[2-3]。通过分析可知,4月样品主要以前弯曲期仔鱼为主,个体的体形较小,且仅具有阵发性的垂直移动或一定的巡游能力^[19],对网具的主动逃逸能力弱,主要为水流作用下漂流。这一时期仔鱼易在水流的压力下,从网眼滤出^[23]。随着网眼的增大,尤其类似日本鳀、鰕虎鱼等细长体形的前弯曲期个体^[24]更容易从网眼中滤出,使得标准网内生物的平均密度高于方形网。但体形较大的前弯曲期仔鱼个体或较高丰度的浮游动物会阻塞网眼,减少个体从网眼滤出的可能性^[25],如对类似小黄鱼等较宽体形的种类影响较小,在方形网中的平均密度持平或高于标准网。同时,由于网眼的堵塞,影响滤水量^[3],在网具局部形成回流,易于仔鱼从网口溢出,因此网眼增大会降低这方面影响,从而降低采样误差^[23]。

与4月结果相反,5—7月方形网采集的仔稚鱼平均密度均高于标准网,主要由2种网具采集仔稚鱼的发育阶段差异所造成,方形网可采集较多的弯曲期和后弯曲期个体,主要优势种小黄鱼、日本鳀和鰕虎鱼的结果尤为明显。这种差异与仔稚鱼对网具有一定的主动逃逸能力有关^[26-27],随着生长发育仔稚鱼对刺激物的感应能力和运动能力逐步加强^[19],其逃逸能力也随之增强^[28],更容易从小网口的网具逃逸^[29]。因此网口增大,缩小仔稚鱼的逃逸范围,使得方形网易于采集运动能力较强的后期个体。同时,由于网口面积的增大,使得方形网的采样面积大于标准网,增大了稀少种类的采集机率,其采集效果优于标准网。除一些偶见种外,本研究中方形网采集到的仔稚鱼基本涵盖了春夏季在长江口邻近海域出现的仔稚鱼^[9]。然而随网口的增大,采集效率并未能随之提高。Jůza等^[2]研究表明网口为1.0 m×2.0 m和2.0 m×2.0 m的网采集效率较为相似,甚至对于某些种类采集效果要优于网口为4.0 m×2.0 m的网。因此在不影响采样精确性的情况下,应选择易操作的网具。

精确采样是研究鱼类早期生活史的重要基础^[18],需根据研究目标,选用合适的采样网具。对于长江口邻近海域的仔稚鱼多样性研究,方形网采集仔稚鱼种类和数量的效果要优于标准网;

对单一类别目标研究,需根据目标种类体形而选用网具,如以日本鳀等细长体形为目标种类时,需两种网具结合,采集不同发育阶段的个体,以获得更为准确的数据;而以石首鱼科等较宽体形为目标种类时,仅采用方形网采样即可。

样品采集得到了东海水产研究所凌建忠、李建生、刘尊雷、杨林林等帮助,同时上海海洋大学钟俊生教授、浙江省海洋水产研究所蒋日进以及江苏省海洋水产研究所闫欣协助种类鉴定。谨此感谢!

参考文献:

- [1] Neal J W, Adelsberger C M, Lochmann S E. A comparison of larval fish sampling methods for tropical streams [J]. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics Management and Ecosystem Science*, 2012, 4(1): 23-29.
- [2] Jůza T, Čech M, Kubečka J, *et al.* The influence of the trawl mouth opening size and net colour on catch efficiency during sampling of early fish stages [J]. *Fisheries Research*, 2010, 105(3): 125-133.
- [3] Isermann D A, Hanchin P A, Willis D W. Comparison of two mesh sizes for collecting larval yellow perch in surface trawls [J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 2002, 22(2): 585-589.
- [4] Noble R L. Evaluation of the Miller high-speed sampler for sampling yellow perch and walleye fry [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1970, 27(6): 1033-1044.
- [5] Nordlie F G. Niche specificities of eleotrid fishes in a tropical estuary [J]. *Revista de Biologia Tropical*, 1979, 27(1): 35-50.
- [6] Nordlie F G. Feeding and reproductive biology of eleotrid fishes in a tropical estuary [J]. *Journal of Fish Biology*, 1981, 18(1): 97-110.
- [7] Winemiller K O, Ponwith B J. Comparative ecology of eleotrid fishes in Central American coastal streams [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1998, 53(4): 373-384.
- [8] Tischler G, Gassner H, Wanzenböck J. Sampling characteristics of two methods for capturing age-0 fish in pelagic lake habitats [J]. *Journal of Fish Biology*, 2000, 57(6): 1474-1487.
- [9] 庄平,王幼槐,李圣法,等.长江口鱼类[M].上海:上海科学技术出版社,2006: 37-45.

- Zhuang P, Wang Y H, Li S F, *et al.* Fishes of the Yangtze Estuary [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2006: 37-45 (in Chinese).
- [10] 杨东莱, 吴光宗, 孙继仁. 长江口及其邻近海区的浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(4): 346-355.
- Yang D L, Wu G Z, Sun J R. The investigation of pelagic eggs, larvae and juveniles of fishes at the mouth of the Changjiang River and adjacent areas [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1990, 21(4): 346-355 (in Chinese).
- [11] 蒋玫, 沈新强, 王云龙, 等. 长江口及其邻近水域鱼卵、仔鱼的种项组成与分布特征[J]. 海洋学报, 2006, 28(2): 171-174.
- Jiang M, Shen X Q, Wang Y L, *et al.* Species of fish eggs and larvae and distribution in Changjiang estuary and vicinity waters [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(2): 171-174 (in Chinese).
- [12] 王金辉, 孙亚伟, 刘材材, 等. 长江口鱼卵仔鱼资源现状的调查与分析[J]. 海洋学研究, 2007, 25(4): 40-50.
- Wang J H, Sun Y W, Liu C C, *et al.* The ichthyoplankton resource investigation in Changjiang estuary [J]. *Journal of Marine Sciences*, 2007, 25(4): 40-50 (in Chinese).
- [13] 徐兆礼, 袁骥, 蒋玫, 等. 长江口鱼卵和仔、稚鱼的初步调查[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 63-64.
- Xu Z L, Yuan Q, Jiang M, *et al.* An investigation of fish eggs, larvae and juveniles in the Changjiang estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(5): 63-64 (in Chinese).
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12763.1-2007 海洋调查规范 第1部分: 总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 38-40.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 12763.1-2007 Specifications for oceanographic survey—Part 1: General [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 38-40 (in Chinese).
- [15] Anderson J T, Warren W G. Comparison of catch rates among small and large Bongo sampler for *Calanus finmarchicus* copepodite stages [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1991, 48(2): 303-308.
- [16] Somerton D A, Kobayashi D R. A method for correcting catches of fish larvae for the size selection of plankton nets [J]. *Fishery Bulletin*, 1989, 87(3): 447-455.
- [17] Powell A B, Lindquist D G, Hare J A. Larval and pelagic juvenile fishes collected with three types of gear in Gulf Stream and shelf waters in Onslow Bay, North Carolina, and comments on ichthyoplankton distribution and hydrography [J]. *Fishery Bulletin*, 2000, 98(2): 427-438.
- [18] Shima M, Bailey K M. Comparative analysis of ichthyoplankton sampling gear for early life stages of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) [J]. *Fisheries Oceanography*, 1994, 3(1): 50-59.
- [19] Miller B S, Kendall A W J. Early life history of marine fishes [M]. London: University of California Press, 2009: 154-159.
- [20] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福, 等. 拉汉世界鱼类系统名典 [M]. 基隆: 水产出版社, 2012.
- Wu H L, Shao G Z, Lai C F, *et al.* Latin-Chinese dictionary of fish names by classification system [M]. Keelung: The Sueichan Press, 2012 (in Chinese).
- [21] Kendall A W J, Ahlstrom E H, Moser H G. Early life history stages of fishes and their characters [M]//Moser H G, Richards W J, Cohen D M, eds. *Ontogeny and systematics of fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, vol 1. Lawrence: Allen Press Inc., 1984: 11-22.
- [22] Wan R J, Zhou F, Shan X J, *et al.* Impacts of variability of habitat factors on species composition of ichthyoplankton and distribution of fish spawning ground in the Changjiang River estuary and its adjacent waters [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(3): 155-165.
- [23] 段中华, 孙建贻, 谭细畅, 等. 鱼类早期资源调查中不同网具采集效率的研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 670-676.
- Duan Z H, Sun J Y, Tan X C, *et al.* Collecting efficiency of different nets in field investigation on larval fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23(6): 670-676 (in Chinese).
- [24] Leis J M, Carson-Ewart B M. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes [M]. Leiden: Brill Academic Publishers, 2000: 28-56.
- [25] Cyr H, Downing J A, Lalonde S, *et al.* Sampling larval fish populations: Choice of sample number and size [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1992, 121(3): 356-368.
- [26] Colton J B Jr, Honey K A, Temple R F. The

- effectiveness of sampling methods used to study the distribution of larval herring in the gulf of Maine [J]. ICES Journal of Marine Science, 1961, 26(2): 180-190
- [27] Itaya K, Fujimori Y, Shimizu S, *et al.* Effect of towing speed and net mouth size on catch efficiency in framed midwater trawls [J]. Fisheries Science, 2007, 73(5): 1007-1016.
- [28] Barkley R A. The theoretical effectiveness of towed-net samplers as related to sampler size and to swimming speed of organisms [J]. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 1964, 29(2): 146-157.
- [29] Mous P J, Van Densen W L T, Machiels M A M. The effect of smaller mesh sizes on catching larger fish with trawls [J]. Fisheries Research, 2002, 54(2): 171-179.

Comparative analysis of ichthyoplankton sampling gear for early life stages of fish in the Yangtze River estuary and adjacent areas

LIN Nan, CHENG Jiahua, JIANG Yazhou, YUAN Xinwei, CHEN Yuange, LI Shengfa, HU Fen*

(Key Laboratory of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: Although it is common sense that the accurate sampling and unbiased data acquired are essential bases for further evaluation, during the field work of ichthyoplankton study, samples from conventional single gear are highly possible to deviate from the population greatly. To choose the more efficient sampling gear, comparative gear tows were conducted from April to July of 2014 in the Yangtze River estuary and adjacent areas with focus on species composition, density estimates (ind./100 m³), developmental stage composition of larval fish assemblages. Larval fish were collected by the plankton net (0.5 mm mesh) and frame net (1.0 mm mesh), respectively. Results indicated that the species richness was higher in the catches of frame net (51 species) than that in plankton net (37 species), along with 34 mutual species between them, while the composition of dominant species showed no significant difference. There was an unpredicted bias in average density of catches between two gears. In April, the average density was higher in catches of plankton net, due to the abundant occurrence of pre-flexion larvae which were too tiny to be efficiently caught by large mesh. In contrast, the average density was higher in frame net than those in plankton net from May to July. The plankton net samples were dominated by pre-flexion larvae, and the average density of pre-flexion larvae of anchovy (*Engraulis japonicus*) and gobies (Gobiidae spp.) was higher in catches of plankton net. While post-flexion larvae were dominated in frame net, and the average density of post-flexion larvae of the dominant species, which were small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*), anchovy and gobies, was higher in frame net samples. These differences suggested that there was significant catch efficiency between the two nets. In conclusion, frame net is more efficient. However, when it comes to specifically collect fishes of elongated type (e.g. anchovy), combination of multiple types of sampling gears should be in consideration. Conversely, an unique frame net is highly adequate for broad type fishes (e.g. croakers).

Key words: larvae and juveniles; Yangtze River estuary; net; catch efficiency

Corresponding author: HU Fen. E-mail: hufen518@sohu.com

Funding projects: National Special Research Fund for Non-Profit Sector (Agriculture)(201303047)