

文章编号: 1004-7271(2004)01-0078-06  
·研究简报·

# 北太平洋 150°E 以西海域柔鱼渔场与时空、 表温及水温垂直结构的关系

## Analysis of relationship between fishing ground of *Ommastrephe bartrami* and temp-spatial, sea surface temperature and its vertical structure in the western waters 150°E of North Pacific

陈新军

(上海水产大学大洋渔业遥感及信息中心, 上海水产大学海洋学院 200090)

CHEN Xin-jun

(Information Center and Remote Sensing for Oceanic Fisheries,  
Ocean College of Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

关键词 柔鱼渔场; 时空; 表温; 水温垂直结构; 北太平洋

Key words fishing ground of *Ommastrephe bartrami*; temp-spatial; SST; vertical temperature structure; North Pacific

中图分类号 S931.41 文献标识码: A

柔鱼(*Ommastrephes bartrami*)广泛分布在北太平洋,于 20 世纪 70 年代初首先由日本鱿钓船开发,我国大陆于 1993 年开始利用该资源,1994 年进行较大规模地商业性生产。北太平洋鱿钓渔业已成为我国远洋渔业的支柱<sup>[1]</sup>。国内外学者如 Akihiko Yastu 等<sup>[2-4]</sup>、村田守等<sup>[5-7]</sup>、陈新军<sup>[8-11]</sup>、刘洪生等<sup>[12]</sup>等对西北太平洋海域柔鱼渔场与环境条件(特别是表层水温)的关系进行研究。柔鱼随着黑潮北上进行索饵成长洄游,同时随着亲潮势力加强,南下进行产卵洄游。黑潮与亲潮冷暖水相互交汇及其水温垂直结构对柔鱼渔场形成产生影响。但由于海洋环境资料与数据的局限,国内外学者未能从水温垂直结构方面来研究渔场形成机制。因此,本研究着重从表温及垂直结构来分析北太平洋 150°E 以西海域柔鱼渔场形成的机制及其有关指标,其研究结果将对渔业生产等具有一定的参考作用。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

采用 1995-1998 年我国北太平洋鱿钓生产数据(来自中国远洋渔业协会鱿钓技术组数据库),包括

收稿日期 2003-08-21

基金项目:上海市启明星计划(02QC14040)、农业部 948 项目“卫星遥感在远洋渔业中应用”(2001-476)和上海市重点学科捕捞学(2002190)

作者简介:陈新军(1967-),男,浙江义乌人,教授,博士,从事远洋渔业资源开发和利用、渔业遥感和渔业 GIS 及其渔业资源经济学的研究。Tel:021-65711303, E-mail: xjchen@shfu.edu.cn

日期、经度、纬度、产量、作业次数和平均日产量。空间范围为 150°E 以西的北太平洋海域,空间分辨率为  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ ,时间分辨率为天。柔鱼是鱿钓渔业目标鱼种,没有兼捕物,可粗略地将渔区产量( $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  的渔获总产量,单位为 t)和平均日产量(日渔区产量/该渔区日作业次数,单位为 t/d)作为柔鱼资源丰富欠的标志。

水温资料(0~350m 水层)来自美国哥伦比亚海洋环境数据库<sup>[13]</sup>,时间跨度为 1995-1998 年,时间分辨率为月。在 150°E 以西海域中,145°-148°E 为主要作业海域,其产量占 150°E 以西海域总产量的 80% 以上,约占西北太平洋海域年总产量的 20% 以上。为此,选择经度站点 146°30'E 作为水温垂直结构分析的样本,纬度分别为 38°N、39°N、40°N、41°N、42°N、43°N。

按空间分辨率  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  和时间分辨率“月”进行数据预处理。

## 1.2 分析方法

### 1.2.1 水温垂直结构分析

计算各年度 7-11 月各站点 0~50m、0~100m 和 100~200m 水层的水温垂直梯度。

### 1.2.2 作业渔场与时空、温度及其梯度的关系

分析平均日产量、渔区产量与月份、纬度、表温、0~50m、0~100m 和 100~200m 水温垂直梯度的关系。

### 1.2.3 灰色关联分析

利用灰色关联度分析渔区产量与时间(月份)、空间(纬度)、表温、表温距平均值、0~50m、0~100m 以及 100~200m 温度梯度、平均日产量和捕捞努力量(作业次数)之间的关系。同时分析平均日产量与月份、纬度、表温、表温距平均值、0~50m、0~100m 以及 100~200m 温度梯度之间的关系,从中找出影响的主要因子。计算方法见文献[14],原始数据变换采用初值化变换。分辨系数取 0.5。

## 2 结果

### 2.1 各年度水温垂直结构分析

由于篇幅有限,本文仅对 1995 年 7-11 月水温垂直结构作简单分析。其它各年度水温垂直结构见表 1。7 月在 38°N、39°N 站点,其表温及距平均值分别为 18~20℃、0.31~0.80℃,0~50m 和 0~100m 水温垂直梯度在 0.032~0.062℃/m,在 100m 以内形成了明显的温跃层。而 40°N 站点 0~50m 和 0~100m 水温垂直梯度只有 0.021~0.029℃/m。41°~43°N 各站点在 50m 以内形成温跃层,垂直梯度达到 0.07℃/m 以上。38°~40°N 各站点 100~200m 水温垂直梯度在 0.02~0.03℃/m,41°N 为 0.012℃/m,42°N、43°N 接近于 0。

8 月在 38°~40°N 各站点,表温及距平均值分别为 18~24℃、0.10~0.86℃,0~50m 和 0~100m 水温垂直梯度分别在 0.09℃/m 和 0.06℃/m 以上。38°~41°N 各站点在 100m 以内形成温跃层,其强度比 7 月强,且 100~200m 水温垂直梯度在 0.014~0.018℃/m;而 42°N、43°N 站点温跃层则在 50m 以内,强度达到 0.2℃/m 以上,100~200m 水温垂直梯度接近于 0。

9 月在 40°N、41°N 站点,表温及距平均值分别为 17~19℃、0.30~0.63℃,0~50m 和 0~100m 水温垂直梯度分别为 0.08~0.10℃/m 和 0.06~0.07℃/m,其强度较其它站点弱。38°N、39°N 站点在 100m 以内水温垂直梯度较大,但比 8 月有所下降。而 42°N、43°N 站点温跃层基本上处在 50m 以内,其强度达到 0.19℃/m 以上。38°~41°N 各站点 100~200m 水温垂直梯度在 0.013~0.023℃/m,但 42°N、43°N 站点的梯度接近于 0。

10 月在 40°N、41°N 站点,表温及距平均值分别为 14~16℃、0.10~0.50℃,0~50m 和 0~100m 水温垂直梯度分别为 0.02℃/m 和 0.03℃/m。38°~41°N 各站点在 80m 以内形成明显温跃层,80m 以下水层其水温随深度均匀下降,100~200m 水温垂直梯度在 0.014~0.023℃/m。而 42°N、43°N 站点水温垂直结构与前几个月相同,但表温仅为 11~12℃。

表 1 1995-1998 年 7-11 月 146°30' E 38°~40°N 海域各水层的温度梯度

Tab.1 The temperature gradients in different layers at 146°30' E 38°~40°N during July and November from 1995 to 1998

月份	纬度 (N)	1995 年			1996 年			1997 年			1998 年		
		0~50m	50~100m	100~200m	0~50m	50~100m	100~200m	0~50m	50~100m	100~200m	0~50m	50~100m	100~200m
7	38	0.061	0.062	0.027	0.176	0.098	0.025	0.128	0.088	0.026	0.133	0.096	0.025
	39	0.032	0.045	0.026	0.179	0.108	0.025	0.171	0.102	0.016	0.131	0.087	0.020
	40	0.021	0.029	0.022	0.199	0.114	0.011	0.228	0.115	0.005	0.138	0.084	0.016
	41	0.074	0.052	0.012	0.171	0.094	0.004	0.220	0.112	0.001	0.161	0.101	0.011
	42	0.156	0.093	0.002	0.186	0.101	-0.001	0.213	0.106	-0.001	0.206	0.109	0.002
	43	0.187	0.099	-0.001	0.168	0.094	-0.005	0.192	0.098	-0.002	0.213	0.107	-0.001
	38	0.173	0.111	0.016	0.195	0.112	0.024	0.172	0.123	0.013	0.172	0.108	0.032
8	39	0.163	0.103	0.014	0.204	0.120	0.025	0.197	0.129	0.007	0.188	0.109	0.020
	40	0.111	0.073	0.018	0.219	0.130	0.015	0.246	0.140	-0.001	0.210	0.111	0.013
	41	0.097	0.067	0.015	0.219	0.124	0.007	0.270	0.141	0.000	0.220	0.126	0.011
	42	0.218	0.116	-0.001	0.246	0.134	-0.002	0.255	0.131	-0.002	0.280	0.144	0.002
	43	0.246	0.128	-0.002	0.233	0.125	-0.005	0.239	0.124	-0.002	0.290	0.146	-0.001
	38	0.135	0.086	0.023	0.194	0.108	0.021	0.161	0.114	0.007	0.164	0.113	0.029
	39	0.145	0.090	0.016	0.190	0.113	0.022	0.163	0.109	0.004	0.175	0.111	0.021
9	40	0.105	0.073	0.017	0.198	0.120	0.015	0.191	0.113	0.001	0.192	0.109	0.014
	41	0.084	0.060	0.013	0.222	0.127	0.007	0.237	0.130	-0.001	0.225	0.126	0.010
	42	0.192	0.101	-0.001	0.256	0.141	-0.002	0.248	0.132	-0.002	0.281	0.141	0.002
	43	0.234	0.122	-0.003	0.254	0.135	-0.005	0.248	0.132	-0.002	0.296	0.148	-0.001
	38	0.025	0.044	0.023	0.016	0.058	0.039	0.059	0.069	0.021	0.060	0.075	0.040
	39	0.024	0.042	0.020	0.024	0.074	0.034	0.072	0.064	0.012	0.067	0.073	0.031
	40	0.021	0.035	0.019	0.051	0.083	0.020	0.095	0.062	0.005	0.082	0.064	0.019
10	41	0.021	0.030	0.014	0.148	0.093	0.007	0.145	0.084	0.000	0.128	0.079	0.011
	42	0.113	0.064	0.000	0.165	0.105	0.000	0.190	0.101	-0.003	0.186	0.092	0.002
	43	0.160	0.089	-0.003	0.198	0.109	-0.004	0.190	0.103	-0.002	0.219	0.109	-0.002
	38	0.009	0.017	0.019	-0.001	0.011	0.047	0.008	0.039	0.033	0.007	0.043	0.036
	39	0.004	0.011	0.019	-0.001	0.015	0.042	0.010	0.035	0.026	0.015	0.040	0.027
	40	0.002	0.006	0.020	-0.002	0.023	0.027	0.007	0.028	0.017	0.024	0.029	0.015
	41	-0.003	0.000	0.013	0.050	0.047	0.009	0.059	0.042	0.003	0.027	0.022	0.010
11	42	0.025	0.026	0.002	0.051	0.064	0.002	0.117	0.069	-0.004	0.106	0.053	-0.005
	43	0.059	0.051	-0.003	0.107	0.069	-0.004	0.125	0.073	-0.003	0.118	0.063	-0.003

11 月在 41°N、42°N 站点 表温及距平均值分别为 12~14℃、0.50~1.00℃,水温垂直结构出现了明显变化。在 38°~41°N 各站点,其 0~50m 以内水温基本一致,温跃层消失,这说明暖寒流交汇减缓。50m 以下水层其水温随深度均匀下降,100~200m 水温垂直梯度在 0.013~0.020℃/m。在 42°N、43°N 站点 40m 以内水层温度基本不变,40~70m 水层出现温跃层,强度较大,70m 以下水层温度基本保持不变或略上升,100~200m 水温梯度接近于 0,表温为 7℃左右。

## 2.2 平均日产量、渔区产量与各因子的关系

### 2.2.1 平均日产量、渔区产量与表温关系

7 月份,当表温在 16~18℃时,渔区产量和平均日产量均较低,分别在 250t 和 1t/d 以下;当表温 19~21℃时,渔区产量和平均日产量较高,分别在 2000t 和 3t/d 以上;8 月份,作业渔场表温在 18~24℃时,平均日产量在 1t 以上,渔区最高产量达到 8000t,最低只有 400 多吨;9 月份,作业渔场在表温 17~20℃时,平均日产量基本上在 2t/d 以上,渔区产量在 1000~11000t;10 月份,作业渔场水温为 13~17℃,平均日产量在 2~3t/d,渔区产量在 700~7000t;11 月份,作业渔场水温为 11~14℃,平均日产量基本在 2~4t/d,渔区产量 800~9400(图 1、2)。

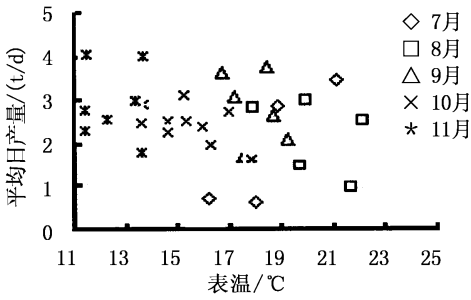


图 1 平均日产量与表温关系

Fig.1 The relationship between average catch per day and SST

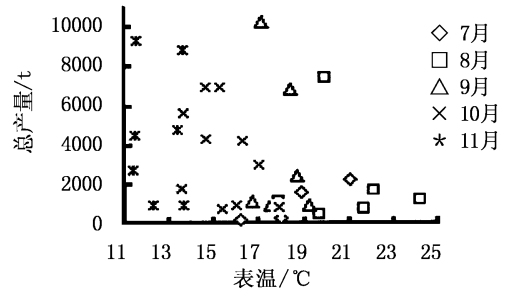


图 2 渔区产量与表温关系

Fig.2 The relationship between catch per fishing areas and SST

### 2.2.2 平均日产量、渔区产量与水温垂直梯度关系

7 月份,当 0~50m 温度梯度大于 0.17°C/m、0~100m 温度梯度大于 0.10°C/m 以及 100~200m 温度梯度小于 0.02°C/m 时,其产量和平均日产量均较低,分别在 250t 和 1t/d 以下;当 0~50m、0~100m、100~200m 温度梯度分别为 0.04~0.07°C/m、0.03~0.07°C/m 和 0.025°C/m 以上时,产量和平均日产量较高,分别在 2000t 和 3t/d 以上;8 月份,当 0~50m、0~100m 温度梯度分别为 0.10~0.21°C/m、0.06~0.13°C/m 和 0.015~0.025°C/m 时,平均日产量在 1t 以上,渔区最高产量达到 8000t,最低只有 300 多吨;9 月份,当 0~50m、0~100m、100~200m 温度梯度分别为 0.08~0.24°C/m、0.06~0.13°C/m 和 0.02°C/m 以下时,平均日产量基本上在 2t/d 以上,渔区产量在 1000~11000t;10 月份,当 0~50m、0~100m、100~200m 温度梯度分别为 0.02~0.15°C/m、0.03~0.09°C/m 和 0.03°C/m 以下时,平均日产量在 2~3t/d,渔区产量在 700~7000t;11 月份,当 0~50m、0~100m、100~200m 温度梯度均在 0.05°C/m 以内,平均日产量基本在 2~4t/d,渔区产量为 800~9400(图 3-图 8)。

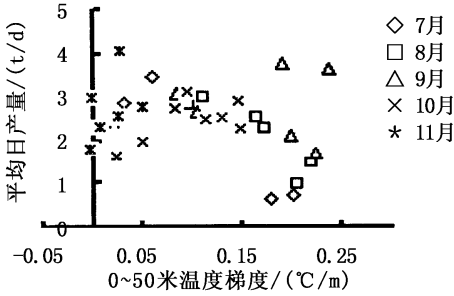


图 3 平均日产量与 0~50m 温度梯度关系

Fig.3 The relationship between average catch per day and temperature gradient from 0 to 50 meter

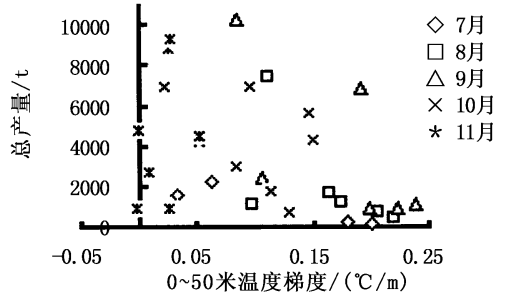


图 4 渔区产量与 0~50m 温度梯度关系

Fig.4 The relationship between catch per fishing areas and temperature gradient from 0 to 50 meter

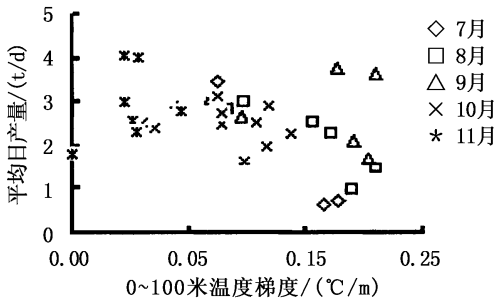


图 5 平均日产量与 0~100m 温度梯度关系

Fig.5 The relationship between average catch per day and temperature gradient from 0 to 100 meter

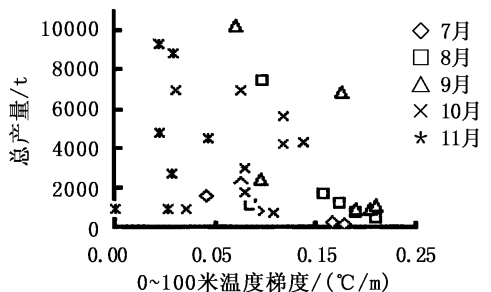


图 6 渔区产量与 0~100m 温度梯度关系

Fig.6 The relationship between catch per fishing areas and temperature gradient from 0 to 100 meter

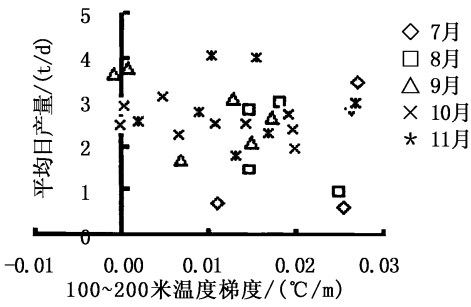


图7 平均日产量与 100~200m 温度梯度关系

Fig.7 The relationship between average catch per day and temperature gradient from 100 to 200 meter

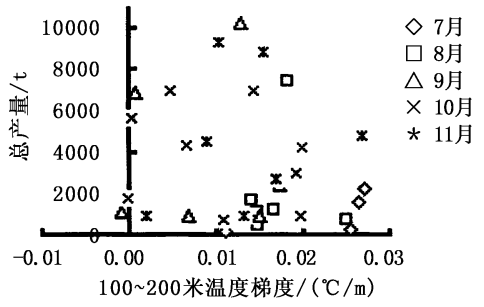


图8 渔区产量与 100~200m 温度梯度关系

Fig.8 The relationship between catch per fishing areas and temperature gradient from 100 to 200 meter

### 2.3 灰色关联分析

通过灰色关联求得渔区产量与各因子之间的灰色关联度:与月份的关联度 = 0.71;与纬度的关联度 = 0.71;与平均日产量的关联度 = 0.77;与表温的关联度 = 0.72;与表温距平均值的关联度 = 0.71;与 0~50m 温度梯度的关联度 = 0.64;与 0~100m 温度梯度的关联度 = 0.68;与 100~200m 温度梯度的关联度 = 0.72;与作业次数的关联度 = 0.84。因此,影响渔区产量各因子的关联度大小如下:作业次数 > 平均日产量 > 100~200m 温度梯度 = 表温 > 月份 = 纬度 = 表温距平均值 > 0~100m 温度梯度 > 0~50m 温度梯度。

通过灰色关联求得平均日产量与各因子之间的灰色关联度:与月份的关联度 = 0.73;与纬度的关联度 = 0.83;与表温的关联度 = 0.88;与表温距平均值的关联度 = 0.82;与 0~50m 温度梯度的关联度 = 0.62;与 0~100m 温度梯度的关联度 = 0.74;与 100~200m 温度梯度的关联度 = 0.83。因此,影响平均日产量的关联度大小如下:表温 > 100~200m 温度梯度 = 纬度 > 表温距平均值 > 0~100m 温度梯度 > 月份 > 0~50m 温度梯度。

### 3 结论与讨论

(1)通过对 1995-1998 年 7-11 月 38°~43°N 各站点水温结构分析,38°~41°N 各站点水温结构随时间(年度、月份)有较大差异,而 42°N、43°N 站点除表温外,水温垂直结构变化不大。7-9 月 38°~41°N 各站点在 100m 以内均形成明显的温跃层,0~50m 和 0~100m 温度梯度分别在 0.10~0.3°C/m 和 0.05~0.15°C/m,100~200m 温度垂直梯度在 0.03°C/m,而 42°N、43°N 站点一般在 50m 以内形成温跃层,100~200m 水温垂直梯度均接近于 0。10-11 月份随着亲潮势力加强,表层水混合充分,38°~41°N 各站点混合层深度为 30~70m,42°N、43°N 站点混合层深度为 30~50m。

(2)在 145°~147°E 海域的柔鱼作业渔场,各月份的最适渔获表温不同,并有随时间先上升后下降的趋势。7 月为 18~21°C,8 月为 18~24°C,9 月为 17~20°C,10 月为 13~17°C,11 月为 11~14°C。这主要是由于黑潮和亲潮相互作用的结果。7 月份黑潮势力逐步增强,最适的渔获水温上升,8-9 月份黑潮势力达到顶峰,10 月份以后随着亲潮势力的加强,最适的渔获水温下降。

(3)灰色关联度表明,在表温、表温距平均值、0~50m、0~100m 和 100~200m 水温垂直梯度等海洋环境因素中,表温、表温距平均值和 100~200m 水温梯度与渔区产量的关系为最重要,其关联度在 0.7 以上,0~100m 温度梯度次之,关联度为 0.68,0~50m 温度梯度最低,关联度只有 0.64。

在平均日产量与时空分布、水温及其结构的分析中,表温、100~200m 温度梯度、表温距平均值和纬度为主要因子,其关联度均在 0.8 以上,0~100m 温度梯度和月份次之,关联度分别为 0.74 和 0.73,而 0~50m 温度梯度影响最小,其关联度只有 0.62。

通过上述分析表明,在表温及其水温垂直结构中,对柔鱼资源分布及其作业渔场影响最大的是表

温、表温距平均值和 100 ~ 200m 水温梯度。由于柔鱼是一种暖水性的种类，表温及其距平均值的高低直接影响到柔鱼的洄游、分布及其生长和发育，若水温偏高且在其适合范围内，则柔鱼资源量就高，如 1998 年。同时由于柔鱼具有昼夜垂直移动现象，在 150°E 以西海域白天栖息水层通常在 100m 以下，为此 100m 以下水层及其适合程度直接影响到柔鱼的分布。

#### 参考文献：

- [ 1 ] 陈新军,王尧耕. 中国远洋鱿钓渔业的发展前景[ J ]. 中国渔业经济研究,1999 ( 2 ):38 - 39.
- [ 2 ] Yatsu A. Distribution of flying squid (*Ommastrephes bartrami*), in the North Pacific based on a jigging survey 1976 - 1983[ R ]. Bull Natl Res Inst. Far Seas Fish, 1992, 29 :13 - 37.
- [ 3 ] Yatsu A, Watanabe T. Interannual variability in neon flying squid abundance and oceanographic conditions in the Central North Pacific Ocean 1982 - 1999[ R ]. Bull Nat Res Inst Far Seas Fish, 1996, 33 :123 - 138.
- [ 4 ] Yatsu A, Watanabe T, Mori J et al. Interannual variability in stock abundance of the neon flying squid (*Ommastrephes bartrami*), in the North Pacific Ocean during 1979 - 1998 : impact of driftnet fishing and oceanographic conditions[ J ]. Fisheries Oceanography. 2000, 9( 2 ):163 - 170.
- [ 5 ] 村田守, 山崎靖彦. 北西太平洋海域におけるアカイカの資源特性値について[ R ]. 北水研報告, 1982, 47 :1 - 10.
- [ 6 ] 村田守, 石井正, 新宫千臣. アカイカの釣漁場の位置と水温の季节变化、並びに回游と漁場形成に関する若干の考察[ R ], 1983, 48 :53 - 77.
- [ 7 ] 村田守, 石井正. 北海道・三陆太平洋海域に出現するアカイカとツメイカの生態に関する2・3の知見[ R ]. 北水研研究报告. 1977, 42 :1 - 23.
- [ 8 ] 陈新军. 北太平洋( 160°E - 170°E )大型柔鱼渔场的初步研究[ J ]. 上海水产大学学报, 1999, 8( 3 ):197 - 201.
- [ 9 ] 陈新军. 西北太平洋柔鱼渔场与水温因子的关系[ J ]. 上海水产大学学报, 1995, 4( 3 ):181 - 185.
- [ 10 ] 陈新军. 关于西北太平洋的柔鱼渔场形成的海洋环境因子的分析[ J ]. 上海水产大学学报, 1997, 4( 4 ):263 - 267.
- [ 11 ] 陈新军, 田思泉. 西北太平洋海域柔鱼渔场分析探讨[ J ]. 渔业现代化, 2001, 3 :3 - 6.
- [ 12 ] 刘洪生, 陈新军. 2000 年 5 - 7 月北太平洋海域水温分布及柔鱼渔场研究[ J ]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22( 1 ):34 - 39.
- [ 13 ] <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>[ Z ].
- [ 14 ] 陈新军. 灰色系统理论在渔业科学中的应用[ M ]. 北京 :中国农业出版社, 2003. 28 - 31.