

闽南-台湾浅滩渔场地形及水深与中上层鱼类群聚分布的关系^{*}

方水美^{1**} 杨圣云² 张澄茂¹ 朱进福³

(¹福建省水产研究所, 厦门 361012; ²厦门大学海洋系, 厦门 361005; ³福建省闽南渔场指挥部, 东山 363401)

【摘要】 根据闽南-台湾浅滩渔场灯光围网信息船 1989 ~ 1999 年的渔捞纪录, 研究闽南-台湾浅滩渔场海底地形、水深与中上层鱼类群聚的关系。结果表明, 渔场地形起伏, 水深变化大, 中上层鱼类分布较为密集, 但各渔区间的分布不均匀。南北方向上渔获产量分布是由北向南递增, 东西方向上渔获产量分布是由浅滩两侧向浅滩的南、北中部靠拢; 中上层鱼类主要分布在海峡南部混合水和海峡暖水区, 其中心渔场位于上升流终年存在的高盐区, 同时群聚于海底断裂区和海底隆起边缘区; 中上层鱼类群聚区或中心渔场随海峡南部混合水和海峡暖水的季节变化而变化, 不仅与渔场地形、水深有关, 还与影响海区季风的风向、风力和不同水系强弱有关; 本渔场中上层鱼类在不同季节群聚水深, 春、夏季为 30 ~ 60 m, 秋、冬季为 40 ~ 80 m。

关键词 闽南-台湾浅滩 中上层鱼类 群聚 地形 水深

文章编号 1001 - 9332(2002)11 - 1463 - 05 **中图分类号** S972.21 **文献标识码** A

Effects of submarine topography and water depth on distribution of pelagic fish community in Minnan-Taiwan bank fishing ground. FANG Shuimei¹, YANG Shengyun², ZHANG Chengmao¹, ZHU Jinfu³ (¹ Fisheries Research Institute of Fujian Province, Xiamen 361012; ² Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005; ³ Minnan Fishing Ground Command Post, Dongshan 363401). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2002, 13(11): 1463 ~ 1467.

According to the fishing record of the light-seine information vessel in Minnan-Taiwan bank ground during 1989 to 1999, the effects of submarine topography and water depth on distribution of pelagic fish community in Minnan-Taiwan bank fishing ground was studied. The results showed that the pelagic fish distributed concentratively, while the submarine topography and water depth varied widely, but in different fishing regions, the distribution of pelagic fishes was uneven. The distribution of fishing yield increased from north to south, and closed up from sides of the bank to south or north in the regions. Pelagic fish distributed mainly in mixed water in the southern Taiwan Strait, and in warm water in the Taiwan Strait. The central fishing grounds were at high salt regions. Close gathering regions of pelagic fish or central fishing ground would be varied with the seasonal variation of mixed water in the southern Taiwan Strait and warm water in the Taiwan Strait. Central fishing ground was not only related to submarine topography and water depth, but also related to wind direction, wind-power and various water systems. In the fishing ground, the gathering depth of pelagic fish was 30 ~ 60 m in spring and summer, and 40 ~ 80 m in autumn and winter.

Key words Minnan-Taiwan bank fishing ground, Pelagic fish, Community, Submarine topography, Water depth.

1 引言

闽南-台湾浅滩渔场属上升流类型渔场^[1], 对闽南-台湾浅滩渔场地形、水深、水文气象和生物环境等方面的研究已有不少报道^[2,7,9,10,14], 对中心渔场与上升流位置的关系也已有结论^[11], 但有关中上层鱼类群聚分布与渔场地形、水深环境的关系尚未见报道。渔场的地形地貌在上升流的形成发展中起主导作用^[14]。台湾浅滩对影响渔场的海流、水团或水系有阻滞作用^[15]。渔场的地形及水深直接影响海区各种水文要素的空间和时间变化, 从而间接影响生物的分布和鱼类的聚集^[3]。因此, 研究中上层鱼

类群聚分布与渔场地形、水深环境的关系, 有助于深入了解中上层鱼类群聚形成机制及其生态习性, 为今后指导渔场生产和发展海洋牧业提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 资料来源

资料取于 1989 年 1 月至 1999 年 12 月, 在闽南-台湾浅滩渔场作业的 10 艘灯光围网(以下简称灯围)信息渔船的渔捞记录共 2972 份。生产范围: 117°30' ~ 120°E, 23°30' ~ 24°30' N; 116° ~ 119°30' E, 22° ~ 23°30' N。作业水深 20 ~ 80 m。出

* 福建省水产厅科研基金资助项目(闽水科 1998-08)。

** 通讯联系人。

2001 - 02 - 23 收稿, 2001 - 06 - 07。

现鱼种 23 种,其中占总产量的 4.48% ~ 53.17% 的有蓝圆 (Decapterus marudsi)、金色小沙丁鱼 (Sardinella aurita)、鲐鱼 (Pneumatophrus japonicus)、颌圆 (Decapterus lajang)、竹鱼 (Trachurus japonicus) 5 种,它们的渔获产量占总产量的 94.64%; 占总产量的 0.20% ~ 1.29% 的鱼种有眼镜鱼 (Mene maculata)、脂眼鲱 (Etrumeus micropus)、羽鳃鲐 (Rastrelliger kanagurta)、大甲 (Megalaspis cordyla)、扁舵鲳 (Auxis thazard)、乌鲳 (Formio niger) 6 种,它们的渔获产量占总产量的 4.12%; 其余鱼种仅占总产量的 1.24%。

2.2 统计方法

本研究共收集有效网次计 9 984 次,每艘渔船每夜平均投网 3.4 次。依据渔捞记录所在渔区小区的渔场海水水深,统计不同水深渔区的产量。不同渔区产量和网次按渔区小区逐年逐月累计,分春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)、冬(12~2 月)季合并,求各渔区产量占总产量的百分数及其变异系数等。本统计年单位平均网产为 2028kg,为了便于比较渔场中上层鱼类的群聚程度和判别,将不同季节的单位平均网产:2000~3000kg 的渔区称为密集区,大于 3000kg 的渔区称为高密集区,并将密集区和高密集区统称为群聚区。单位平均网产按上述方法求得后,由这些平均数作方差分析。因为所求得的渔获量百分数常座落在(30%~70%)区间外,故利用反正弦公式转换,经方差分析后再反转。因素的效应采用 F 检验和最小显著极差法(LSR),进行多重比较。

此外,根据 11 年渔场逐月生产简报资料,对于月生产渔区(按小区)进行统计,求出不同季节内不同渔场位置的出现

表 1 不同经纬向渔区间的渔获量平均比例分布及其变异系数

纬度 Latitude	投网次数 Hauling times	平均比例 Average proportion (%)	变异系数 Coefficient of variation (%)	标准离差 Standard deviation	经度 Longitude	投网次数 Hauling times	平均比例 Average proportion (%)	变异系数 Coefficient of variation (%)	标准差 Standard deviation
22°~22°30'	2705	6.46	116.96	7.56	116°30'~117°	142	0.65	9.48	0.06
22°30'~23°	3606	6.06	83.01	5.03	117°~117°30'	1222	3.48	58.20	2.03
23°~23°30'	1638	1.98	76.32	1.51	117°30'~118°	2655	6.41	89.75	5.76
23°30'~24°	1391	2.43	59.14	1.44	118°~118°30'	2265	5.12	118.94	6.09
24°~24°30'	644	1.33	93.36	1.24	118°30'~119°	2522	5.05	111.85	5.64
					119°~119°30'	898	2.14	78.13	1.67
					119°30'~120°	280	0.86	101.56	0.87

范围为 20~80m。可见,中上层鱼类较密集的区域水下地形复杂,水深变化也较大。

3.2 鱼群密集区和高密集区分布及其季节变化

鱼群密集区和高密集区位置的伴随季节更替而发生变化(图 1)。春、秋季,鱼群密集区和高密集区呈不规则分散分布,但基本环绕着浅滩。其中秋季高密集区明显集中在浅滩南部和北部。另外,在浅滩西南部还分布着两个密集区;春季的高密集区分布相当零散且范围相对狭小,浅滩北部的密集区主要分布在彭北水槽及邻近渔区。夏、冬季,鱼群密集区和高密集区沿浅滩南部和西南部外缘呈弓形分布,从浅滩北部向海峡中部靠拢,且更分散。与春、秋季相

频率。计算方法为:各季度生产渔区的出现频率(%) = 11 年中各季度内月生产渔区的累计数 × { 年生产渔区总数 ÷ (每个季度的月份数) × 11 (统计年数) }⁻¹。还将其出现频率大于 20% 的渔区称为中心渔场。这可与上述的密集区和高密集区互为佐证。

3 结果与分析

3.1 渔获量比例分布及其变异系数

根据统计,灯围作业在不同渔区间的渔获量平均比例及其变异系数(表 1),以 22°~23°30' N、24°~24°30' N 和 117°30' ~ 120° E 为最高(VC 大于 100%)或较高(VC70%~100%)。渔获量平均比例大于 5.00% 的渔区主要分布在 22°~23° N 和 117°30' ~ 119° E 之间。不同渔区间的渔获量平均比例与渔获量平均比例的变异系数有一定的相关关系(纬向 $n=5$, $r=0.5390$, 经向 $n=7$, $r=0.5657$)。研究表明^[3],上述区域的地形最为复杂。例如,在浅滩以南水深 40~140m 的地方,地形呈东南方向倾斜,坡降 0.17%,在 50 和 70m 等深线以外出现两级阶地;中浅滩西侧成陡坡向彭北水槽倾斜,东侧呈缓坡往西南水下过渡;浅滩和浅滩北部有高 4~20m 的数十座沙丘群立;彭湖列岛周围,水深 30~50m 外,侵蚀台地上岩体起伏,并发育许多槽谷;渔场水深变化

比,浅滩北部、西南部的密集区和高密集区范围更小,其中夏季鱼群高密集区更趋向闽粤沿岸。而浅滩南部外缘出现的低产量区正位于有明显冷水上升的区域^[5],比春季向西位移两个渔区小区。此低产区在夏季的单位平均网产仅为 904kg,比春季(1577kg)低,分别比同季节单位平均网产量低 38.97% 和 13.17%;冬季浅滩北部密集区和高密集区的范围比秋季小得多,更向澎湖列岛及澎湖水道西侧靠近。浅滩南部和西南部的高密集区,也比秋季更偏向浅滩西南部。

从渔场地形构造上看(图 2,参见图 1a~d),不同季节鱼群密集区和高密集区都出现在海底断裂区

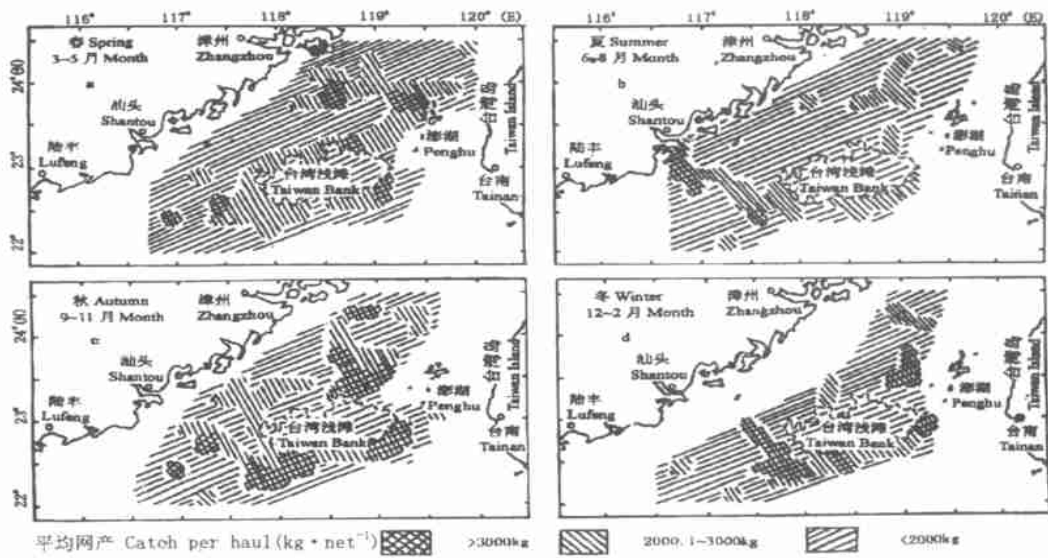


图 1 渔场不同季节生产的平均网产分布
 Fig.1 Distribution of average catch per haul during different seasons on the fishing ground.

和隆起的边缘渔区. 其特点是, 海底断裂越多或断裂交叉越多, 鱼群密集区和高密集区的出现频率就越高, 反之出现频率就越低. 其中, 由珠江口盆地东南侧隆起与台西南盆地西侧隆起构成的东沙隆起带并兼有海底断裂区渔区出现频率最高, 闽粤沿岸隆起带边缘渔区出现频率最低.

3.3 中心渔场的分布及其季节变化

根据近 11 年来主要灯围生产渔区逐月统计, 绘出中心渔场位置(图 3). 从图 3 可见, 浅滩西北部和北部, 由于受闽浙沿岸水、闽粤沿岸水^[9]和浅滩地形的共同影响, 成为月生产中心渔场出现的低频区. 夏、秋季, 该区域受九龙江、韩江和珠江淡水沿近岸斜坡直接泻入的影响, 形成相对应的中心渔场向西北方向上的凹陷. 春、夏季渔场西南风盛行, 将生产中心渔场推向闽粤近岸. 但由于春季是华南地区的雨季, 浅滩西部在闽粤沿岸水和西南风作用下^[4,7], 该海区成为中心渔场的出现率低, 而中心渔场移向浅滩西南部. 秋、冬季随影响海区的东北季风逐渐加强, 闽浙沿岸水南下, 浅滩北部的中心渔场向东南方向位移, 但因秋初时仍有西南风发生, 受浅滩西北部水下沙丘群的拦截^[14]和不同方向水系的交汇^[9], 造就了这一带海区秋季生产的中心渔场. 冬季随东北季风加强, 闽浙沿岸水进一步南下^[14], 浅滩西北部的中心渔场基本消失.

依据海底隆起的边界, 将本渔场划分为 8 个区域(图 2), 并计算这些区域月生产中心场的出现频率(表 2). 方差分析表明, 不同区域间月生产中心渔场的出现频率有极显著差异 ($F = 6.28 > F_{0.01} =$

3.64), 其中以东沙隆起一带为最佳, 其次为浅滩南部外斜和浅滩后东北向-澎湖列岛一带. 月生产中心渔场最差为闽粤近岸隆起边缘水深 20~30m 海区. 不同季节间月生产主要渔区的出现频率有显著差异 ($F = 4.00 > F_{0.05} = 3.07$), 其中以夏季的分布最为均匀, 而以冬季最为集中, 说明渔场地形构造对渔场各种水文要素有显著影响, 进而影响了中上层鱼类的群聚.

3.4 渔场不同水深的平均网产和重量组成

方差分析表明(表 3、图 4), 不同水深间的单位平均网产有显著差异 ($F = 3.21 > F_{0.05} = 2.90$), 不同季节不同水深的单位平均网产有极显著差异 ($F = 11.79 > F_{0.01} = 5.42$), 不同水深的渔获量比例有极显著差异 ($F = 10.37 > F_{0.01} = 5.46$), 但季节组不同水深的重量组成没有显著差异 ($F = 0.24 < F_{0.05}$



图 2 闽南-台湾浅滩地质构造图(仿文献^[31])
 Fig.2 Geologic structure figure of Minnan-Taiwan bank.

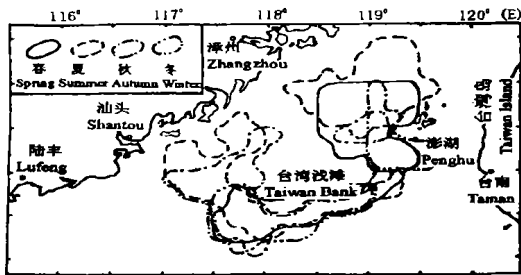


图3 生产中心渔场位置图
Fig.3 Position figure of central fishing ground in different seasons.

表3 渔场不同水深的平均网产和重量组成
Table 3 Average catch per haul and weight composition in different depth water on the fishing ground

项目 Item	渔场水深 Water depth of fishing ground (m)					
	20.1~30	30.1~40	40.1~50	50.1~60	60.1~70	70.1~80
AC	1586.0 ^c	1937.8 ^{bc}	2190.8 ^{ab}	2490.3 ^a	2261.3 ^{ab}	1911.8 ^{bc}
WC	8.80 ^{bc}	18.33 ^b	32.64 ^a	26.17 ^a	10.99 ^b	3.07 ^c

AC:平均网产 Average catch per haul (kg); WC:重量组成 Weight composition (%).

上层鱼类资源开发利用还不充分。

4 讨 论

渔场地形及水深与中上层鱼类群聚分布关系主要体现在以下两个方面:1)是因地形抬升或隆起作用对海水流动形成障碍,使之产生偏角矢量流,改变海流流动方向^[4,8],从而诱生上升流,引起水体的垂向交换和来自不同方向、不同水系的水交混,形成混合区,促进饵料生物的繁殖,而中上层鱼类的趋流性比底层鱼类强^[3],这就创造了有利于中上层鱼类索饵、群聚等的优越环境;2)是海底断裂一般形成凹陷、沟谷或水下阶地,地势较低,影响海区的水系或水团对其影响程度要比中上层水来得小,也来得晚。另外,因其水深较深,夏季渔场水温的垂直梯度大(0.2~1.3 °C·m⁻¹),冬季渔场水温的垂直梯度小(<0.2 °C·m⁻¹)。通常渔场表层水和浅水区的水文环境变化较为剧烈,而在海底有凹陷和沟谷区,则为中上层鱼类的群聚提供了必要的较为稳定的水文环境。

就本渔场的地形地貌对中上层鱼类群聚的影响而言,首先是台湾浅滩的阻滞作用和台湾岛西岸及闽粤沿岸岸坡的拦阻,使来自不同方向的水系汇集,形成了浅滩南、北部的高盐区和上升流区^[1,4,14,15]。研究结果表明,本渔场中上层鱼类群聚主要出现在上述两个区域。其次,由于浅滩西南向的东沙隆起带的阻隔作用(图1~2、表2),使得来自不同方向的台湾暖流、南海水系和闽粤沿岸水系汇集,并诱生上升流,加上该地带断裂沟谷的存在,进一步促使该区域在不同季节成为中上层鱼类群聚的场所;因为浅滩南部外缘斜坡50和70m等深以外还出现两级阶地^[14],有利于中上层鱼类的群聚,并为鱼类的索饵或生殖等活动提供良好的场所。这一带渔区中上层鱼类群聚出现频率较高;浅滩北部的地形坡度较南部小,上升流的流速相对较弱,因此,中上层鱼主要在澎北水槽及其附近沟谷和水下阶地的渔区形成群聚。闽粤近岸的隆起带和浅滩东南部倾斜度大的陡坡或渔场地形单纯凸起的渔区,不适于中上层鱼类长期停留,故群聚出现频率很低,季节变化也大。可

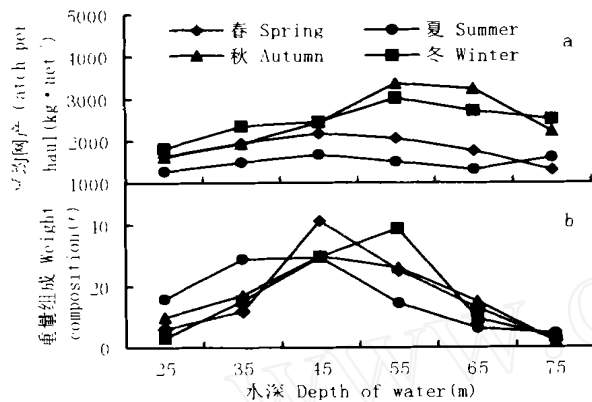


图4 不同季节渔场不同水深的单位平均网产(a)和重量组成(b)
Fig.4 Distribution of average catch per haul and weight composition in different depth water and season on the fishing ground.

表2 不同区域月生产主要渔场的出现频率分布
Table 2 Appearing frequency distribution of main fishing ground in different region(%)

区域 Regions	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	平均 Average
	5~10月 Month	6~8月 Month	9~10月 Month	11~2月 Month	
A	3.63	11.76	1.82	0.12	4.33 ^d
B	12.27	5.30	5.76	6.06	7.35 ^c
C	29.09	18.63	31.67	27.42	26.70 ^a
D	24.79	16.52	18.45	17.21	19.24 ^b
E	4.91	13.06	13.38	3.34	8.67 ^c
F	15.30	19.85	5.00	1.82	10.49 ^c
G	5.19	19.05	5.62	0.72	7.65 ^c
H	26.51	15.03	8.30	9.47	14.83 ^b
AV	14.81 ^{ab}	15.27 ^a	10.48 ^{ab}	7.28 ^b	11.96

相同字母的值在0.05水平上无显著差异 Same letters indicate no significant difference (P>0.05). A:闽粤近岸隆起带 Alongshore upheaval zone of Minyue (Depth 20~30m); B:台湾浅滩 Taiwan bank (Depth 20~30m); C:东沙隆起带 Dongsha upheaval zone; D:浅滩南部外缘及隆起边缘 Southern bank slope and upheaval edge; E:珠江口盆地 Zhurjiang estuary basin; F:台西盆地 Western Taiwan basin; G:山东东南-浅滩西北隆起 Upheaval of southeastern Dongshar-northwestern bank; H:浅滩后东北向-澎湖列岛 Northeastward bank back-Penghu Islands; AV:平均 Average.

=3.29)。从图4a可以看出,本渔场中上层鱼类在不同季节的群聚水深:春、夏季节相近,在30~60m水深;秋、冬季节相近,在40~80m水深。比较图4a~b还可以发现,秋、冬季在渔场水深为60~80m区域的单位平均网产较高,但在该水深区域的渔获产量所占比例较小,说明目前本渔场对该水深渔区的中

见, 渔场的地形、地貌影响渔场的水文状况, 两者的共同作用影响了中上层鱼类的群聚。

由于本渔场位于东海与南海水体的交换通道, 存在有由北往南的沿岸流和由南往北的黑潮分支和南海暖流^[14], 这几支水流经过地形复杂的浅滩时形成交汇, 进而在浅滩周围形成中上层鱼类的中心渔场。结果表明, 本渔场中上层鱼类的群聚主要在海峡南部混合水和海峡暖水区。夏、秋季主要群聚在较偏向海峡南部混合水区, 其聚类中心水温为 21.80 ~ 25.50, 盐度为 33.44 ~ 33.78; 春、冬季则主要群聚在海峡暖水区, 其聚类中心的水温为 23.31 ~ 24.15, 盐度为 34.33 ~ 34.45, 说明本渔场中上层鱼类具有适应暖水、高盐的特性, 水温和盐度显然是影响鱼类群聚的极其重要因素。然而, 这种独特的地理位置和浅滩的隆升及其水文环境, 加上季风型气候等的影响, 导致不同区域间月生产主要海区的出现频率和不同水深间的平均网产及渔获量平均比例的差异(表 2、3)。

鱼类在长期的自然选择中, 对渔场水深也产生了一定的适应性。本渔场的中上层鱼类春、夏季主要群聚在 30 ~ 60m 水深渔区; 秋、冬季主要群聚在 40 ~ 80m 水深区, 反映了它们在渔场不同水深中分布的季节周期。夏季本渔场盛行西南风, 将外海水系和沿岸水系的水推向近岸, 中上层鱼类主要栖息在台湾暖水区及其与沿岸水系的交汇混合区, 故此时的栖息水深较浅; 冬季渔场盛行东北风, 又将外海水系和沿岸水系的水推向外海, 使鱼类栖息水深变深, 这是追求适温性的表现。

研究结果还表明, 渔场的上升流中心区往往成为灯围作业的低产区, 中上层鱼类群聚大多出现在上升流中心的边缘。例如, 夏季在澎湖列岛一带和浅滩南部多处存在底层低氧、低温水的涌升^[5,12], 这些上升流中心区成为灯光围网作业的低产区(图 1b)。上升流虽然能带来丰富的高营养盐, 为浮游动植物的大量繁殖提供了有利的条件^[13], 而这些浮游动植物正是中上层鱼类的主要食料^[6], 但由于浮游动植物的游泳能力差, 受上升流的影响, 呈块状分布在上升流中心区的边缘。因此, 中上层鱼类的群聚出现也在上升流中心区的边缘。

参考文献

- Chen J-Q(陈金泉), Fu Z-L(傅子琅), Li F-X(李法西). 1982. A study on the upwelling regions of Minnar Taiwan bank fishing ground. *J Oceanogr Taiwan Strait* (台湾海峡), 1(2): 5 ~ 13 (in Chinese)
- Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎), et al. 1991. Minnar-Taiwan bank fishing ground upwelling ecosystem study. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 1 ~ 16 (in Chinese)
- He D-R(何大仁), Cai H-C(蔡厚才). 1998. Fish Ecology. Xiamen: Xiamen University Press. 203 ~ 205 (in Chinese)
- Hu J-Y(胡建宇), Fu Z-L(傅子琅). 1991. The current pattern of the southern Taiwan Strait in winter. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 103 ~ 120 (in Chinese)
- Huang R-X(黄荣祥). 1991. Structure of temperature and salinity in the southern Taiwan Strait and the upwelling in summer. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 75 ~ 84 (in Chinese)
- Huang M-Z(黄美珍), Hong Y-H(洪幼环). 1991. Feeding habits of six species of pelagic fishes in Minnar-Taiwan bank fishing ground. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 619 ~ 630 (in Chinese)
- Ke X-H(柯雪惠), Hu J-Y(胡建宇). 1991. Wind field in the central and southern Taiwan Strait. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 113 ~ 120 (in Chinese)
- Li H(李虹), Liang H-X(梁红星). 1991. The current features of the southern Taiwan Strait in summer. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 94 ~ 101 (in Chinese)
- Liang H-X(梁红星), Li H(李虹). 1991. A fuzzy classification in determining water masses of the southern Taiwan Strait. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 85 ~ 93 (in Chinese)
- Luo H-Z(骆惠仲). 1991. The formation and evolution Taiwan bank. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 19 ~ 24 (in Chinese)
- Qiu S-Y(丘书院), Hong G-C(洪港船), Yang S-Y(杨圣云), et al. 1991. Minnar-Taiwan bank fishing ground is an upwelling fishing ground. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 609 ~ 618 (in Chinese)
- Wu L-Y(吴丽云), Ruan W-Q(阮五崎). 1991. The distribution characteristics of dissolved oxygen in upwelling regions of Minnar-Taiwan bank fishing ground. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 159 ~ 167 (in Chinese)
- Wu L-Y(吴丽云), Ruan W-Q(阮五崎). 1991. A study on the nutrients in the upwelling regions of Minnar-Taiwan bank fishing ground. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 169 ~ 178 (in Chinese)
- Yang S-L(杨顺良). 1991. Topographical and geomorphological features in relation to upwelling in Minnar-Taiwan bank fishing ground. In: Hong H-S(洪华生), Qiu S-Y(丘书院), Ruan W-Q(阮五崎) eds. 1991. Minnar-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press. 39 ~ 45 (in Chinese)
- Zhang Q-H(张庆华), Chen S-M(陈水明), Qiao F-L(乔方利). 1999. On obstructing effect of the Taiwan Shoal. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), 21(4): 121 ~ 124 (in Chinese)

作者简介 方水美, 男, 1952 年生, 高级工程师, 主要从事水产捕捞学和渔业生态学研究, 发表论文 31 篇。E-mail: fjsjcs@public.xm.fj.cn