

黄河口海域弓子网渔获物组成及其季节变化

张旭 张秀梅* 高天翔 万蓁蓁

(中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 青岛 266003)

摘要 2007年5和7月,利用弓子网开展了东营黄河口海域底层渔业资源调查,分析了该海域底层渔业资源结构,分别计算了春、夏两季渔业生物群落的种类丰度指数(R)、Shannon-Wiener多样性指数(H')、均匀度指数(J')和生物量指数(b)。春、夏季平均网获量分别为0.927和2.12 kg/h。 R 、 H' 和 J' 指数分别为12.08、2.277、0.64和10.91、2.743、0.76。分析结果表明,夏季底层生物资源较春季丰富,渔业生物群落的多样性指数也较春季高。优势种为纵肋织纹螺、六丝矛尾鰕虎鱼和口虾蛄等。

关键词 黄河口海域 渔获物组成 生物多样性 弓子网

中图分类号 S932 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2009)06-0118-07

Composition of catches by beam trawl and its seasonal variations in Yellow River estuary

ZHANG Xu ZHANG Xiu-mei* GAO Tian-xiang WAN Zhen-zhen

(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003)

ABSTRACT Based on the beam trawl surveys in Yellow River estuary which were conducted in May and July, 2007, benthic fisheries resources in this area were analyzed and calculated using species richness R , Shannon-Wiener diversity index H' , evenness index J' and biology index b , respectively. In our study, the average catch biomass per net was 0.927 and 2.12 kg/h, R , H' and J' were 12.08, 2.277, 0.64 and 10.91, 2.743, 0.76 in spring and summer, respectively. The results showed that the benthic biological resources were richer in summer than in spring, and the diversity indices of the community were also higher in summer. Moreover, dominant species were *Nassarius variciferus*, *Chaeturichthys hexanema*, and *Oratosquilla oratoria* etc. The data provided a scientific basis for protection of fishery biology diversities and resources restoration in Yellow River estuary.

KEY WORDS Yellow River estuary Composition of catches Biodiversity
Beam trawl

国家重点基础研究发展计划项目(2005CB422306)、国家高技术研究发展计划(2006AA09Z418)和我国近海海洋综合调查与评价专项(908-01-ST02)共同资助

* 通讯作者。E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn, Tel: (0532)82032076

收稿日期: 2008-09-25; 接受日期: 2008-11-21

作者简介: 张旭(1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事黄河口渔业资源研究。E-mail: zhangxu830814@163.com, Tel: (0532)82031342

黄河口附近海域由于黄河水系带来丰富的营养盐和有机碎屑,初级生产力和饵料生物多样性较高,是多种鱼类的产卵场、索饵场和育肥场(邓景耀等 2000;朱鑫华等 2001)。20世纪70、80和90年代,曾对黄河口及其附近海域的生物群落结构、初级生产力和生物多样性开展过相关调查(张志南等 1990;吕瑞华等 1992;焦玉木等 1998;王平等 1999),并对黄河径流量变化及其对黄河口附近海域环境和渔业资源的影响做了一系列的研究(焦玉木等 1999;田家怡 2000;李帆等 2001)。近年来,由于黄河径流锐减及断流天数的剧增,导致了冲淡水来源和营养盐来源缺失,再加上陆源污染物的侵入以及渔业资源的过度开发,使得该海区鱼、虾繁殖与栖息环境发生了变化。为了解该海域底层渔业生物资源群落的变化,2007年5月和7月,利用小型群众渔业普遍使用的弓子网,对黄河口海域底层渔业资源进行了调查,以为黄河口海域渔业生物多样性保护和资源管理提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 调查方法

调查范围为 $119^{\circ}05' \sim 119^{\circ}31' E$, $37^{\circ}35' \sim 37^{\circ}57' N$ 之间的海域,共 926 km^2 ,2007年5月4~8日和7月12~18日,分别对该海域进行了调查。调查船为58.8kW弓子网渔船,弓子网网口为 $2.1 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ 长方形钢管框架;网衣长5m;曳纲长度为20~50m,各站以2kn拖速连续拖曳1h,采集样品冰鲜保存,带回实验室进行分类和生物学测定。

1.2 站位设置

从河口向外海域,以4.2 n mile为间距布设6个断面,各拐点坐标分别为: $37^{\circ}57' N$, $119^{\circ}3' 36'' E$; $37^{\circ}57' N$, $119^{\circ}30' 36'' E$; $37^{\circ}36' N$, $119^{\circ}21' E$ 和 $37^{\circ}36' N$, $119^{\circ}30' 36'' E$,在各断面均匀设3~4个站位,共设18个站位。因受海况限制,春季调查了18个站,夏季调查了14个站(图1)。

1.3 分析方法

利用Margalef的种类丰富度指数(R)、Shannon-Wiener多样性指数(H')、Pielou均匀度指数(J')来分析渔业生物资源群落生物多样性。由于不同种类个体大小差异很大,Wilhm(1968)提出用生物量表示的多样性更接近种类间能量的分布,因此文中用生物量来计算群落种类多样性(Clarke 1990;任一平等 2005)。

Margalef 的种类丰富度指数:

$$R = (S - 1) / \ln W$$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Pielou 均匀度指数:

$$J' = H' / \ln S$$

式中, S 为种类数, W 为总渔获重量(kg), P_i 为*i*种鱼的重量占总渔获重量的比例。

根据各种类在总样品中的重量比例大小排列,累加各种类占总渔获量的百分比而绘制的优势度曲线,能够较直观地表示生物群落的均匀度和种类丰度(Clarke 1990;任一平等 2005),同时绘制尾数优势度曲线进行比较。

对于优势种的分析,为了避免因鱼类大小、重量相差悬殊而造成的片面性,本文采用陈大刚(1991)提出的

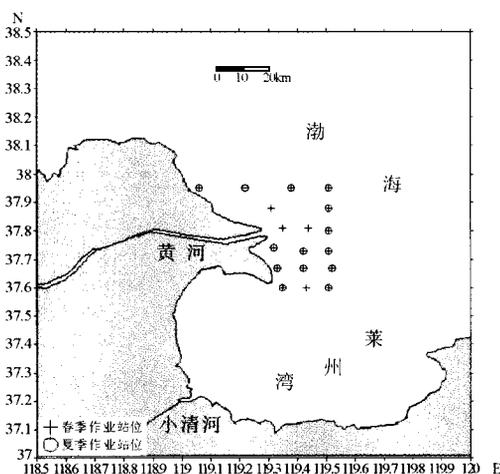


图1 黄河口春、夏季调查站位

Fig. 1 Survey stations during Spring and Summer in Yellow River estuary

生物量指数来度量优势度和优势种。

生物量指数： $b = \sqrt{n \times w}$ ，其中， n, w 为一定时间、一定调查范围内的尾数 [$\text{ind}/(\text{h} \times \text{km}^2)$] 与重量 [$\text{kg}/(\text{h} \times \text{km}^2)$]。

2 结果

2.1 渔业资源结构

两次调查共捕获渔业生物 51 种，其中，鱼类为 20 种，占总种数的 39.2%；虾、蟹、头足类和贝类分别为 9、10、4 和 8 种，分别占 17.6%、19.6%、7.9% 和 15.7%。春季调查，共采集渔业生物 35 种，其中，游泳动物 29 种，贝类 6 种。夏季，则采集渔业生物 38 种，其中，游泳动物 31 种，贝类 7 种。两次调查的种类组成见图 2。平均每网渔获种类数，春季为：鱼类 3.0 种、虾类 2.1 种、蟹类 2.3 种、头足类 0.6 种和贝类 1.4 种；夏季为：鱼类 3.2 种、虾类 2.8 种、蟹类 1.1 种、头足类 1.3 种和贝类 2.4 种。

春季调查，18 个站的渔获物为 16.679 kg、12 205 ind，平均每网分别为 0.927 kg/h、678 ind/h；夏季渔获量明显增加，14 个站的渔获物为 29.796 kg、11 295 ind，平均每网渔获量增至 2.12 kg/h、807 ind/h，组成情况如表 1。春、夏两季的渔获物中，贝类在重量和数量中都占较大优势，鱼类和蟹类所占比例在夏季比春季有所提高，而虾类则有所下降，头足类无显著变化。

就出现频率来看，春、夏两季鱼类的出现频率最高，分别为 100% 和 92.9%，头足类出现频率最小，为 38.9% 和 50%，贝类出现频率变化显著，夏季比春季明显减少，由 94.4% 降至 57.1%，虾类和蟹类无显著变化。

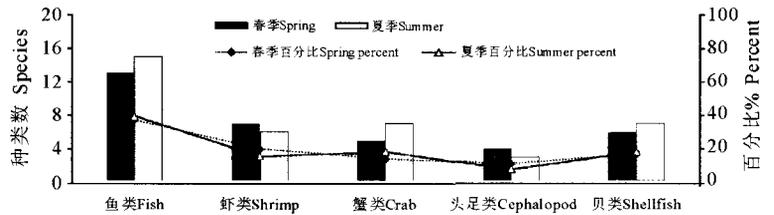


图 2 春、夏季渔获物种类组成

Fig. 2 The species composition of catches in spring and summer

表 1 春、夏季渔获物生态类组成

Table 1 The ecotype composition of catches in spring and summer

生态类 Ecotype	春季 Spring						夏季 Summer					
	W	N	W _p	W _p %	N _p	N _p %	W	N	W _p	W _p %	N _p	N _p %
鱼类 Fish	2.31	681	0.13	13.8	38	5.6	8.32	2 058	0.59	27.9	147	18.4
虾类 Shrimp	4.35	1 751	0.24	26.1	97	14.3	5.08	1 170	0.36	17.0	84	10.5
蟹类 Crab	0.28	183	0.02	1.7	10	1.5	4.65	494	0.33	15.6	35	4.4
头足类 Cephalopod	0.30	23	0.02	1.8	1	0.2	0.28	40	0.02	1.0	3	0.4
贝类 Shellfish	9.45	9 567	0.52	56.6	532	78.4	11.47	7 533	0.82	38.5	538	67.3

注：W, N 分别为各生态类总渔获量(kg)和总尾数(ind)；W_p, N_p, W_p%, N_p% 分别为平均网获重量(kg/h)和网获尾数(ind/h)及分别占总渔获量的百分比

渔获个体的平均体重较小，如表 2 所示。大部分个体重量在 50 g 以下，平均体重在 10 g 左右，多为幼鱼，高龄鱼较少。同时，在生物学测定中发现，一些鱼类性成熟提前。如小黄鱼，仅在夏季捕到，绝大部分是当年出生的幼鱼和 1 龄鱼，其中 1 龄小黄鱼性腺已发育到 IV 或 V 期，最小性成熟体长为 89 mm，较以往报道的 125~135 mm 有明显下降(刘效舜等 1990)，另外，斑鰈、黄姑鱼等也有性成熟提前的现象。

2.2 群落的多样性特征

黄河口海域春季底层渔业资源群落的种类丰度指数(R)、多样性指数(H')和均匀度指数(J')分别为

12.08、2.277 和 0.64。夏季分别为 10.91、2.743 和 0.76。可见,夏季渔业生物群落多样性指数较春季高。图 3 和图 4 是分别根据各种类在总重量和尾数中的比例大小排列,累加各种类占总渔获量和总尾数的百分比而绘制的优势度曲线。由图 3 和图 4 可以看出,春、夏季的生物量优势度的变化趋势是一致的,春季生物量和尾数的优势度曲线均在夏季之上,变化趋势较平缓;生物量优势度曲线,春季物种优势度要比夏季的高,而尾数优势度曲线,春、夏季优势度相差不大。

表 2 春、夏季主要渔获种类的平均个体重量

Table 2 Average individual weight of main species in spring and summer

种类 Species	拉丁名 Latin name	平均个体重量(g) Average individual weight(g)	
		春季 Spring	夏季 Summer
六丝矛尾鰕虎鱼	<i>Chaeturichthys hexanema</i>	2.02	3.09
小头栉孔鰕虎鱼	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	4.94	4.72
斑尾复鰕虎鱼	<i>Synechogobius ommaturus</i>	2.24	9.36
红狼牙鰕虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	2.75	5.63
鱼类 Fish	小黄鱼	<i>Pseudosciaena polyactis</i>	1.96
	短鳍鲷	<i>Callionymus kitaharae</i>	7.58
	叫姑鱼	<i>Johnius grypotus</i>	13.89
	短吻红舌鲷	<i>Cynoglossus joyneri</i>	5.13
	鲷	<i>Platycephalus indicus</i>	25.21
	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>	6.81
甲壳类 Crustacean	鹰爪虾	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	3.14
	脊腹褐虾	<i>Crangon affinis</i>	0.97
	日本蛄	<i>Charybdis japonica</i>	36.5
	双斑蛄	<i>Charybdis bimaculata</i>	10.0
头足类 Cephalopod	日本枪乌贼	<i>Loligo japonica</i>	10.5
	双喙耳乌贼	<i>Sepiola birostrata</i>	1.38
贝类 Shellfish	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>	3.16
	纵肋织纹螺	<i>Nassarius variciferus</i>	0.83

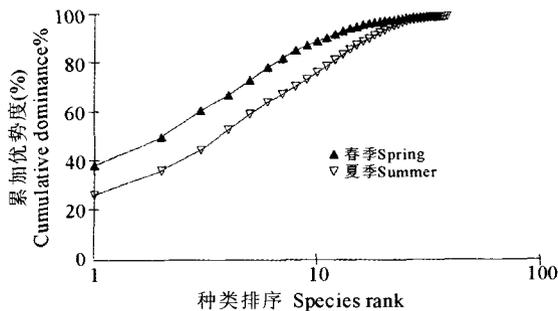


图 3 春、夏季生物量优势度曲线
Fig. 3 K-dominance curves of biomass
in spring and summer

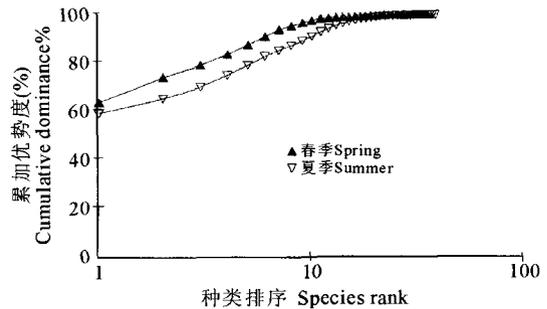


图 4 春、夏季尾数优势度曲线
Fig. 4 K-dominance curves of number of
organisms caught in spring and summer

2.3 优势种

表3和表4分别为春、夏季生物量指数大于1的种类组成。由表3和表4可知,春季,六丝矛尾鰕虎鱼的渔获量占总渔获量的5.4%;夏季,六丝矛尾鰕虎鱼、小头栉孔鰕虎鱼和小黄鱼合计占总渔获量的17.4%。春季,鹰爪虾和口虾蛄的渔获量合计占总渔获量的17.28%;夏季,口虾蛄资源量有所增加,比例占总渔获量的10.32%,鹰爪虾优势度下降。春季蟹类优势度很小,夏季优势度增高,日本鲟生物量指数为1.14。春、夏两季头足类的优势度都很低,而贝类的优势度都很高,尤其是纵肋织纹螺,其生物量指数分别为12.18和16.78。春季,生物量指数大于1的贝类重量合计占总渔获量的56.16%,而夏季有所下降,为33.8%。

表3 春季生物量指数大于1的种类组成

Table 3 The composition of species with a biomass index >1 that were caught in spring

种类 Species	<i>b</i>	<i>W</i>	<i>W</i> %	<i>N</i>	<i>N</i> %
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	12.18	0.35	37.80	423	62.37
红带织纹螺 <i>Nassarius therites</i>	2.06	0.06	6.48	72	10.64
扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	1.94	0.11	11.88	35	5.17
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1.22	0.10	10.80	15	2.22
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	1.09	0.05	5.40	24	3.55
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	1.08	0.06	6.48	19	2.81

注:*b*为各种类生物量指数;*W*、*N*和*W*%,*N*%分别为渔获重量(kg)和尾数(ind)及分别占总渔量的百分比

表4 夏季生物量指数大于1的种类组成

Table 4 The composition of species with a biomass index >1 that were caught in summer

种类 Species	<i>b</i>	<i>W</i> /kg	<i>W</i> %	<i>N</i> /ind	<i>N</i> %
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	16.78	0.57	25.82	493	57.24
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	2.58	0.14	6.60	47	5.95
小头栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	2.31	0.16	7.51	34	4.21
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	2.04	0.22	10.32	19	2.35
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	1.53	0.07	3.29	35	4.33
日本鲟 <i>Charybdis japonica</i>	1.14	0.18	8.45	7	0.87
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	1.02	0.06	2.82	18	2.23
小刀蛭 <i>Cultellus attenuatus</i>	1.09	0.07	3.29	17	2.11
微黄镰玉螺 <i>Lunatica gilva</i>	1.06	0.10	4.69	11	1.36

*b*为各种类生物量指数;*W*、*N*和*W*%,*N*%分别为渔获重量(kg)和尾数(ind)及分别占总渔量的百分比

3 讨论

3.1 生物组成

黄河口海区是我国三大河口区之一,游泳生物以暖温种为主。据朱鑫华等(2001)记录,黄河口及其邻近海域鱼类有114种,在春、夏季出现的主要有黄鲫 *Setipinna taty*、斑鲚 *Clupanodon punctatus*、黄姑鱼 *Nibea albiflora*、小黄鱼、小带鱼 *Eupleurogrammus muticus*、花鲈 *Lateolabrax maculatus*、黑鳃梅童鱼 *Collichthys niveatus*、半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* 和黄盖鲽 *Pseudopleuronectes yokohamae* 等40余种(高振会等2003;金显仕等2005)。春、夏季在黄河口产卵的鱼类有斑鲚、青鳞小沙丁鱼 *Sardinella zunasi* 和鳊鱼 *Ilisha elongata* 等30余种(陈真然等1965;张仁斋等1983;刘效舜等1990)。本次调查只捕获六丝矛尾鰕虎鱼、

赤鼻棱鲮 *Thryssa kammalensis*、方氏云鳎 *Enedrias fangi*、小黄鱼、叫姑鱼、黄鲫、斑鲽和尖海龙 *Syngnathus acus* 等 20 种,种类较少,其中,暖温种为 14 种,占总种数的 70%;仅春季出现了冷温种方氏云鳎 1 种。同航次的浮游生物调查,发现 18 种鱼卵仔稚鱼,春季 10 种,夏季 11 种,共有种仅 3 种。

弓子网是网口为框架型的四片式小型底拖网,主要捕获底栖贝类及活动能力较弱的鱼类。这在一定程度上决定了渔获物的种类组成。由表 1 可看出,春、夏季虾蟹贝类所占比例较高,分别为 84.4% 和 71.1%。中国明对虾 *Fenneropenaeus chinensis*、中国毛虾 *Acetes chinensis* 和中华绒螯蟹 *Eriocheir sinensis* 等重要经济种类没有出现,三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus* 和毛蚶 *Scapharca subcrenata* 等重要经济种的渔获量很低。在所捕获鱼类中,底层小型低质鱼类所占比例较大,为 80%。渔获物中没有出现带鱼 *Trichiurus haumela* 和刀鲚 *Coilia nasus* 等黄河口重要经济种类。同时,在相同站位的浮游生物网中,也没有出现它们的鱼卵或仔稚鱼,而以六丝矛尾鰕虎鱼和斑尾复鰕虎鱼等为优势种。虽有一些大型经济种类出现,但所占比例极少,渔获物的个体、重量组成均以小型种类占优势。本次调查的结果虽不排除受网具选择性的影响,但也从一侧面体现了渔业资源的小型化和低质化的趋势。

3.2 优势种

夏季黄河口海域底层生物资源明显高于春季。分析认为,随着水温的升高,大量在黄海越冬的鱼类北上,在外海越冬的鱼类洄游到莱州湾、黄河口海域进行产卵和索饵(程济生 2004),如斑鲽、鰕虎鱼、短吻红舌鳎和小黄鱼等均在 4~7 月产卵(陈真然等 1965;张仁斋等 1983;刘效舜等 1990),所以,生物量在夏季较春季有明显提高。斑鲽在春季拖网调查中未捕到,仅在浮游生物调查中出现其鱼卵,而在夏季调查中,其总渔获量显著提高至 0.606 kg,平均网获重量为 0.043 kg;鰕虎鱼类渔获量,由春季的 1.223 kg 提升至 4.643 kg,平均网获量由 0.068 kg/h 增至 0.332 kg/h。本次调查大多数种类的优势度较低,两季中仅有纵肋织纹螺的生物量指数在 10 之上,生物量指数大于 1 的种类也很少,分别为 6 种和 7 种。春、夏两季,占有较大优势度的鱼类只有六丝矛尾鰕虎鱼。该海域历史上的底层优势种,如带鱼、黄盖鲽、中国对虾、三疣梭子蟹、火枪乌贼 *Loligo beka* 和扁玉螺等已经消失或难以捕获,逐渐被六丝矛尾鰕虎鱼和斑尾复鰕虎鱼、日本蛸和纵肋织纹螺等小型低质种类所取代。

3.3 弓子网渔业对近海渔业资源的影响

Steriou(2002)认为,捕捞活动对单个种类生活史水平上的影响主要有平均个体大小的下降、平均性成熟个体大小、年龄的下降、种群性比结构的变化和种群生殖力下降。长期过度捕捞造成的小型化、性成熟早等种群衰退特征,可能是捕捞压力引发的结果,并将影响鱼类种群的产出和恢复(Olsen *et al.* 2004)。

20 世纪 80 年代,大个体底层鱼类在渔获物中仍占有一定的比例,最大的超过了 6 500 g。至 90 年代,渔获个体体重明显减小,超过 1 000 g 的个体已经很少见(金显仕等 1999)。本次调查,大部分生物个体重量在 50 g 以下,超过 100 g 的少有,多为幼鱼,高龄鱼极少,而且有性成熟提前的现象。虽然弓子网是地方性小型底拖网,目标对象和渔获效率均与大型拖网有很大差异,但从渔获物分析结果可知,优势种呈现向小型化演变的趋势。在该海域作业的弓子网是小型群众渔业的重要作业网具,铁框架的网口横扫海底,破坏了底栖生物的栖息环境,过密的网目又对黄河口海域栖息的幼鱼资源构成极大的威胁。

通过对小型弓子网渔获物组成分析表明,目前,黄河口海域渔业生物状况不容乐观,过度捕捞现象严重。因此,应加强对黄河口海域渔业资源的保护。对这种在近岸作业的弓子网渔船要进行数量上的控制,减轻其对底栖环境的破坏,以保护黄河口海域的产卵场,为渔业资源的可持续利用提供保障。

参 考 文 献

- 李凡,张秀荣. 2001. 黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响. I. 黄河入海流量锐减和断流的成因及其发展趋势. 海洋科学集刊, 43: 51~59

- 李凡,张秀荣. 2001. 黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响. II. 黄河断流和入海流量锐减所引起的海洋环境变化. 海洋科学集刊, 43: 60~67
- 王平,焦燕,任一平,仲崇俊,于浩. 1999. 莱州湾、黄河口海域春季近岸渔获生物多样性特征的调查研究. 海洋湖沼通报, 1: 40~44
- 陈真然,张孝威. 1965. 斑鳃卵子和仔、稚、幼鱼的形态特征. 海洋与湖沼, 7(3): 205~214
- 陈大刚. 1991. 黄、渤海渔业生态学. 北京: 海洋出版社, 99~111
- 朱鑫华,缪锋,刘栋,线薇薇. 2001. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究. 海洋科学集刊, 43: 141~151
- 吕瑞华,朱明远. 1992. 山东近岸水域的初级生产力. 黄渤海海洋, 10(1): 42~47
- 张志南,图立红,于子山. 1990. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究. 青岛海洋大学学报, 20(2): 45~52
- 张仁斋. 1983. 中国近海鱼卵与仔鱼. 上海: 上海科学与技术出版社, 1~206
- 金显仕,邓景耀. 1999. 莱州湾春季资源及生物多样性的年间变化. 海洋水产研究, 20(1): 6~12
- 金显仕,赵宪勇,孟田湘,崔毅. 2005. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 144~149
- 任一平,徐宾铨,叶振江,刘元刚. 2005. 青岛近海春、秋季渔业资源群落结构特征的初步研究. 中国海洋大学学报, 35(5): 792~798
- 高振会,杨建强. 2003. 黄河入海径流量减少对河口海洋生态环境的影响及对策,水资源、水环境与水法制建设问题研究. 见: 2003年中国环境资源法学研讨会(年会)论文集(上册), 306~310
- 田家怡. 2000. 黄河三角洲附近海域浮游植物多样性. 海洋环境科学, 19(2): 38~42
- 邓景耀,金显仕. 2000. 莱州湾及黄河口海域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 21(1): 76~82
- 程济生. 2004. 黄、渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社, 209~244
- 焦玉木,张新华,李会新. 1998. 黄河断流对河口海域鱼类多样性的影响. 海洋湖沼通报, 4: 48~53
- 焦玉木,田家怡. 1999. 黄河三角洲附近海域浮游动物多样性研究. 海洋环境科学, 18(14): 33~38
- 刘效舜,吴敬南,韩光祖. 1990. 黄、渤海区渔业资源调查与区划. 北京: 海洋出版社, 191~200
- Clarke, K. R. 1990. Comparisons of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 143~157
- Olsen, E. M., Heino, M., Lilly, G. R., Morgan, M. J., Brattey, J., Ernande, B., and Dieckmann, U. 2004. Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, 428: 932~935
- Stergiou, K. I. 2002. Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management; Resharpen Ockham's razor. *Fish. Res.* 55: 1~9
- Wilhm, J. L. 1968. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecol.* 49: 153~156