

黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局 与优势种特征研究*

朱鑫华 缪 锋 刘 栋 钱薇薇

(中国科学院海洋研究所)

黄河季节性入海径流所携入的淡水、泥沙及营养物质,与渤海海洋环境相互作用,因而形成了黄河口及邻近水域多种经济种类的产卵场和育幼场。然而,近代黄河尾间不断变化,加上近年来黄河水资源过度利用和上游生态环境恶化所引起的断水断流,导致了冲淡水和营养盐来源短缺。研究表明,黄河口及邻近海域的生态环境质量,将直接影响到渤海,乃至黄海生物资源动态及其可持续性(乐肯堂,1995;乐肯堂等,1995;沈志良等,1989;Yang *et al.*, 1993)。在过去的 20 年内,许多研究人员曾进行过多次渤海海域生态环境和渔业资源综合调查。朱鑫华(1996, 1998)曾就 20 世纪 80—90 年代进行的两次调查资料对渤海鱼类群落的时空格局进行了因子分析,指出渤海 3 湾的鱼类群落演替呈现较不稳定性格局。本文结合以上调查及其相关研究项目,以 1982—1985 年的周年调查资料为本底资料,重点研究黄河口及邻近水域鱼类群落生态密度结构特征;结合 20 世纪 90 年代现场比较调查资料,分析生物资源对黄河水、沙等生态环境变化的响应特征。

一、材料与方 法

本文所用资料主要来自近 20 年间两个阶段在黄河口及邻近海域的调查(图 1): (1) 1982—1983 年中国科学院海洋研究所对渤海部分海域渔业资源与生态环境综合调查, 1984—1985 年中国科学院海洋研究所承担的山东省海岸带与滩涂资源第三调查区综合调查; (2) 1992—1993 年中国科学院海洋研究所、黄海水产研究所、青岛海洋大学、国家海洋局第一海洋研究所共同承担的渤海渔业资源增殖生态学基础研究。在研究区域,各调查时期采用朱鑫华等(1996)的调查网具规格、测站数量,以及生态密度统计方法。

群落多样性指数采用朱鑫华等(1994)的计算方法,其余数据统计分析均在 Statistica 5.0 和 SPSS 10.0 等软件包内调用取得。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4049 号。
中国科学院“九五”重点资助项目, KE952-SI-424 号。
收稿日期: 2000 年 6 月 29 日。

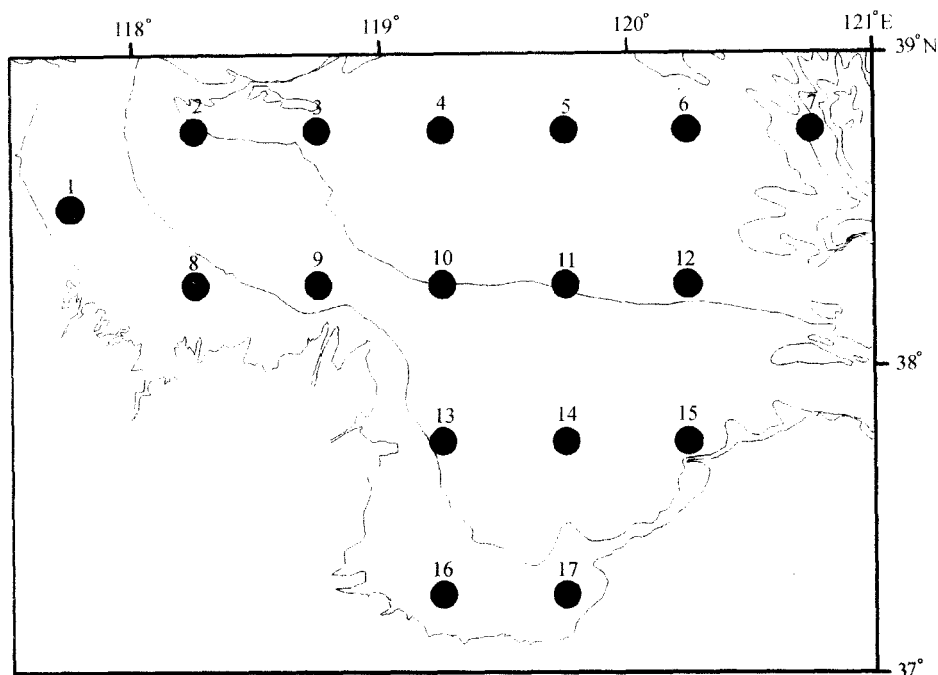


图1 黄河口游泳生物群落数据分析样方区域

二、结 果

1. 种类组成

通过对1982—1985年的周年调查资料分析,结果显示:记录鱼类114种,隶属15目50科,其中,鲈形目无论是科还是种的数目,均是该水域群落结构中的重要成员(朱鑫华等,1996;田明诚等,1993)。按动物空间分布和繁殖活动所要求的适温性质,黄河口鱼类群落作为渤海和黄海鱼类结构单元的一部分,由暖水种、暖温种和冷温种等区系类型共同组成。以上3种区系类型中,66种暖温种, NED (个体数生态密度)和 BED (生物量生态密度)分别为31.5千尾/ km^2 和455.98 kg/km^2 ,分别占全部种类的52.28%和57.06%,平均个体重量为14.48g;34种暖水种, NED 和 BED 分别为28.49千尾/ km^2 和294.546 kg/km^2 ,占全部种类的47.29%和36.86%,其平均个体重量为10.34g;冷温种数量最少,为14种, NED 和 BED 分别为0.26千尾/ km^2 和48.61 kg/km^2 ,占全部种类的0.43%和6.08%,平均个体重量为186.96g。由此可见,黄河口及邻近海域鱼类群落具有黄、渤海动物地理的一般特点,即暖温种占据主导地位,但该地域的显著特点是冷温种数量少,个体较大。

2. 季节变化

114种鱼类的季度月平均 NED 和 BED 分别为60.25千尾/ km^2 和799.141 kg/km^2 。通过对 NED 和 BED 周年资料的UPGA欧氏距离聚类分析,鱼类群落季节月变化一致地显

示出 8—10 月的暖季和 11 月至翌年 7 月的冷季（图 2）。

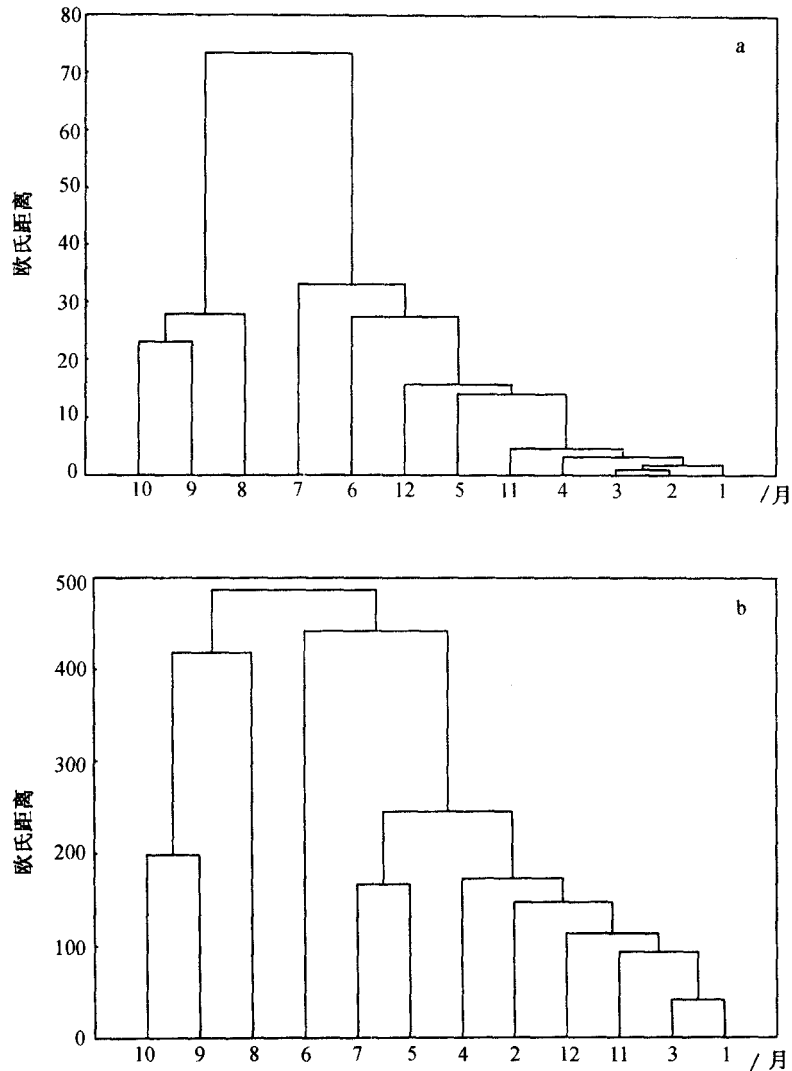


图 2 黄河口鱼类群落生态密度的季节聚类 (1982—1985 年)

a. NED; b. BED

结合图 2 聚类分析结果不难看出, *NED* 呈现单周期型, 即 8—10 月出现数量高峰, 其他月份均处于较低水平 (图 3); *BED* 的双峰结构表现了该水域生殖群体 (5—6 月) 和补充群体 (8—10 月) 交替利用该生态空间的特点。另一方面, 以平均个体大小指标的逐月变动规律亦基本反映了上述现象, 但 1—3 月的高值区主要由冷温性种类, 如美鲛 (*Raja pulchra*)、细纹狮子鱼 (*Liparis tanakae*)、钝吻黄盖鲽 (*Pseudopleuronectes yokohama*) 等, 以及暖温性种类, 如孔鲛 (*Raja porosa*)、凤鲚 (*Coilia mystus*)、鲛 (*Liza haematocheila*)、黑鳃梅童鱼 (*Collichthys niveatus*) 和短吻红舌鲷 (*Cynoglossus joyneri*) 占主要成分。8—10 月平均个体大小低于其他月份的结果也说明, 当年生补充

群体及其小型暖水种类的高密度分布是本区的显著生态特点, 进一步表明黄河口及其邻近水域是多种类经济渔业资源的育幼场。

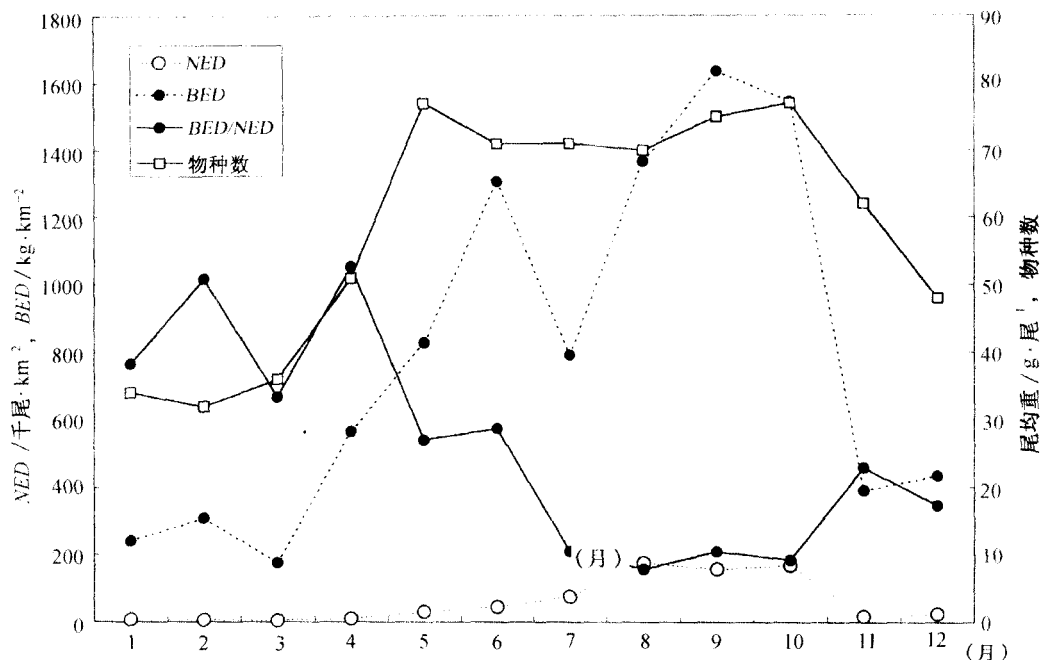


图3 1982—1985年间鱼类群落生态密度及其平均个体重量的逐月变化

3. 空间分布

依8—10月的暖季组和11月至翌年7月的冷季组鱼类生态密度指标对其空间17个统计区进行分析。结果表明, 在冷季组103种鱼类中, *NED* 和 *BED* 平均分别为 24.741 千尾/km² 和 560.293kg/km², 均低于全年平均生态密度。在 *NED* 统计空间区域内 (图 4a), 渤海湾 1, 8 区、渤海中部 5, 11 区的 *NED* 高于 40 千尾/km²; 莱州湾 13—17 区最低, 仅为 2.735—22.632 千尾/km²; 渤海湾的 2, 3 区和渤海海峡的 6, 7 区数量亦较低。*BED* 的空间分布与 *NED* 相似, 但渤海中部和海峡区域数量较沿岸区域丰富 (图 4b)。在 8—10 月的暖季组内, 96 种鱼的 *NED* 和 *BED* 分别为 166.733 千尾/km² 和 1515.637kg/km², 与全年平均值比较, 个体数增长 1.7 倍, 生物量上升 89.66%。在生态密度的空间分布上, *NED* 最高值位于渤海湾与渤海中部结合处的 2—4 区, 次高值在黄河口神仙沟入海附近, 以莱州湾的东侧数量最低 (图 4c); *BED* 的平面分布突出表现为渤海中部 4, 5 区最高, 平均密度达 3345.605kg/km², 其他区域密度分布较为均匀 (图 4d)。由此可见, 黄河口及邻近海域鱼类群落空间分布相对较为均匀, 以渤海中部为群落的主要集中分布区。在莱州湾、渤海湾和渤海中部等 3 个地理区域内, 个体数多分布于黄河口入海口北侧至渤海湾, 莱州湾生物量略高于渤海湾。

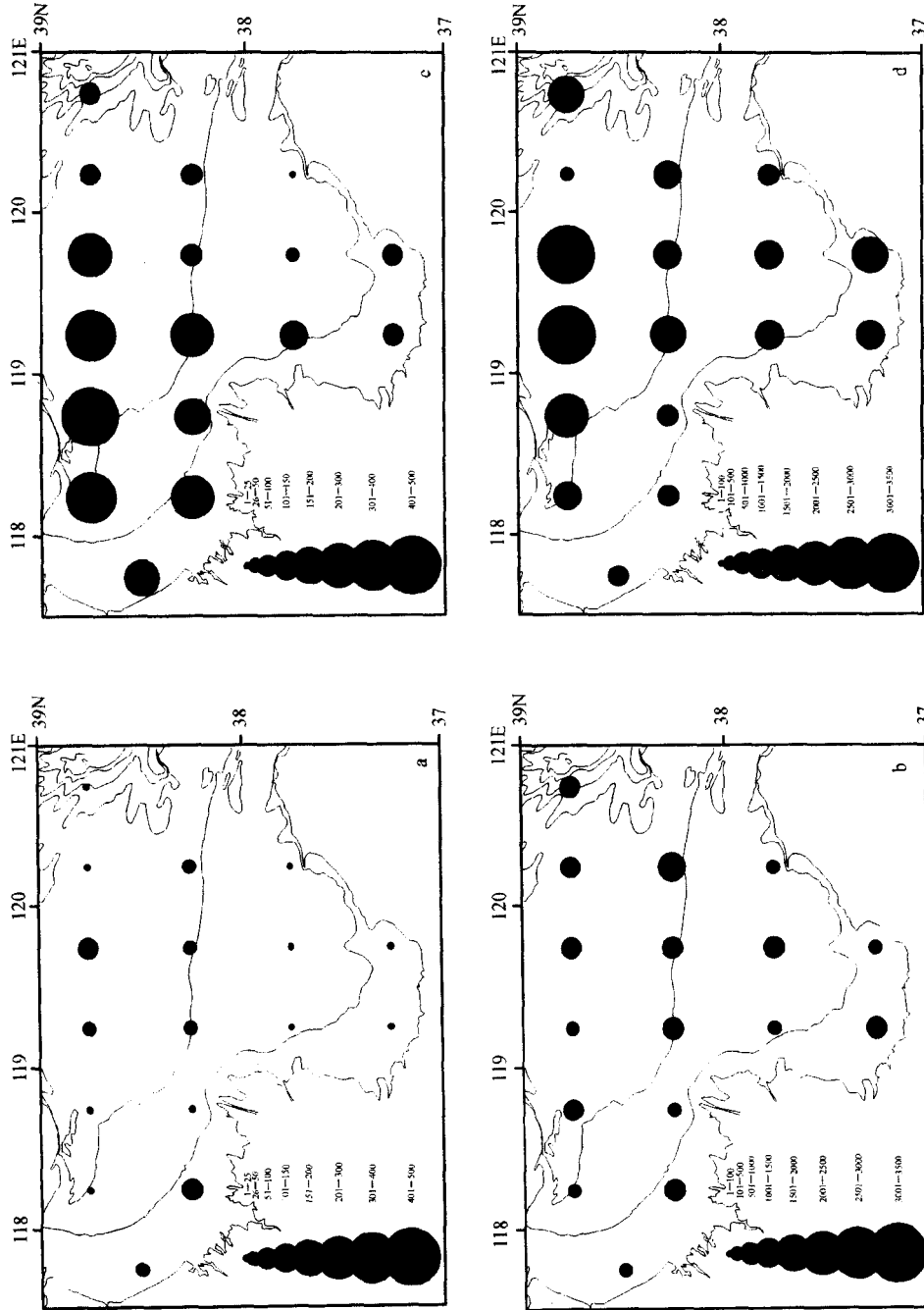


图4 1982—1985年季度月聚类而成的鱼类生态密度的空间分布
a. 冷季组BED; b. 冷季组BED; c. 暖季组BED; d. 暖季组BED
(单位: BED为千尾/ km^2 ; BED为 kg/km^2 ; 图5同)

4. 优势种

生物群落是依赖于某一多维生态空间的生物类群集合体 (Fausch *et al.*, 1990; Ross *et al.*, 1994), 每一生物物种共同参与群落成分及其对生态环境变化的响应, 但其各自对环境的适应和控制能力不尽一致, 只有少数物种能以其数量和贡献左右群落演替格局, 即为优势种。王新成等 (1992) 按各月渔获重量占样本总量 5% 计算得出数量优势度 A 和空间优势度 B , 并由 A 和 B 计算了符合优势度 D' 。费鸿年等 (1981) 提出数量比例大于 20% 的物种确定为优势种。综合已有对优势种度量指标, 结合黄河口特殊的生态环境特点, 作者仍采用相对重要性指数 (IRI) 综合研究其种类组成、个体数和生物量对群落的控制作用。

据逐月出现频率, 以及 NED 和 BED 资料, 以 IRI 大于 1000 为标准, 确定鲮、黄鲫、小黄鱼、黑鳃梅童鱼等 4 种鱼为优势种; 以 IRI 介于 500—1000 的孔鲛、凤鲚、花鲈、棘头梅童鱼和短吻红舌鲷等 5 种为重要种 (表 1)。在优势种结构中, 前 3 种仅出现 9 个月, 但其 NED 和 BED 的比例均大于 5%, 其中以黄鲫为第一优势种, 而黑鳃梅童鱼的 NED 比例较高, 且全年均出现, 故成为第二优势种。以上 4 种优势种的 NED 和 BED 分别占总生态密度的 72.31% 和 34.96%; 5 种重要种的 NED 和 BED 分别占总生态密度的 12.88% 和 20.51%; 以上 9 种的 NED 和 BED 共占总生态密度的 85.19% 和 55.47%。另外, IRI 介于 100—500 的有 14 种鱼类, NED 和 BED 分别占 10.59% 和 31.86%; IRI 介于 10—100 的有 6 种鱼类, NED 和 BED 分别占总生态密度的 1.79% 和 3.75%; 其余 85 种鱼类的 IRI 均低于 50, 其 NED 和 BED 分别占 2.42% 和 8.92%, 属河口区次要成分。由此可见, 优势种和重要种数量动态对黄河口及邻近海域鱼类群落具有控制作用。

表 1 按出现月频率分析黄河口鱼类群落优势种结构

种 类	$NED/\%$	$BED/\%$	频率 /月	IRI
鲮 <i>Engraulis japonicus</i>	8.25	5.19	9	1008.29
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	30.73	15.82	9	3491.21
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	11.24	8.40	9	1472.16
黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys nivealus</i>	22.08	5.55	12	2763.79
孔鲛 <i>Raja porosa</i>	0.20	4.81	12	500.61
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	6.65	2.68	12	932.96
花鲈 <i>Lateobrax japonicus</i>	0.52	7.60	12	812.54
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	2.87	2.72	11	512.17
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	2.64	2.71	12	534.37

表 2 按空间出现频率分析黄河口鱼类群落优势种结构

种 类		NED/%	BED/%	频率 /站次	IRI
冷 季 组	鲮 <i>Engraulis japonicus</i>	24.40	9.62	15	3001.81
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	18.94	11.15	17	3009.03
	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	11.18	3.07	17	1425.41
	花鲈 <i>Lateobrax japonicus</i>	0.08	10.98	17	1105.86
	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	10.43	2.47	15	1138.40
	黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	13.58	3.78	17	1736.01
	孔鲷 <i>Raja porosa</i>	0.53	7.79	16	783.08
	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	5.74	3.52	17	926.74
暖 季 组	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	35.99	21.00	17	5698.62
	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	11.60	14.97	17	2657.25
	黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	25.88	7.52	8	1571.51
	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	1.99	9.13	17	1111.44
	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	3.49	4.46	12	560.97
	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	2.06	8.51	16	995.23

从图 2 可以看出：在不同季节，鱼类优势种和重要种成分差异比较明显。在冷季组（表 2，11—7 月），鱼种数和生态密度较低，而优势种数量较多，达 6 种，空间分布亦较均匀；全部优势种的 *NED* 和 *BED* 累计占 78.61% 和 41.08%，鲮和黄鲫共同控制着该时期的鱼类群落的结构特征。在暖季组（表 2，8—10 月）黄鲫占居绝对优势种成分之首，*NED* 和 *BED* 比例分别达 35.99% 和 21%，*IRI* 高达 5698.62；其次是小黄鱼，个体数和生物量比例分别为 11.61% 和 4.97%；加上黑鳃梅童鱼和银鲳，组成该时期的数量优势种，合计 *NED* 和 *BED* 分别达 75.45% 和 52.61%。棘头梅童鱼和蓝点马鲛等 2 种重要种成分的个体数比例大于 1%，生物量比例大于 4%；*IRI* 小于 50 以下的 88 种，*NED* 和 *BED* 合占 1.23% 和 7.05%。

三、讨论与结语

1. 物种多样性及其生物学特性

河口是一个功能独特的生态系统，主要表现在淡水径流与海水混合，并伴随着一系列物理、化学、冲积和生物相互作用的复合过程变化上。在 1953—1996 年的 44 年间，黄河流路曾发生 3 次较大的改变，年径流量的变化由 1964 年改道钓口河流路的 $971.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，到 1992 年清水河流路的 $135.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。与此同时，黄河水的另一特征是输沙量居世界第一，1958 和 1967 年的年输沙量均超过 $20 \times 10^8 \text{ t}$ 。自 1984 年以来，黄河年径流量和输沙量均进入迅速下降期，随之而来的断水、断流有逐年延长的倾向。在这种日益恶化的生态环境下，鱼类物种数也有减少的趋势。张春霖等（1955）、田明诚等（1993）、朱鑫华等（1996）先后报道了 20 世纪 90 年代以前渤海鱼类物种数分别为 116

种, 108 种和 164 种。根据 1992—1993 年季度月调查结果, 渤海鱼类有 74 种 (朱鑫华等, 1996), Yang 等 (1993) 记录黄河口鱼类 85 种, 作者把渤海调查和黄河口调查资料综合分析后, 确认黄河口 1982—1985 年鱼类物种数为 114 种。总结现有的调查资料, 发现该水域鱼类物种数明显减少, 淡水种和半咸水种亦有消失的迹象, 例如洄游性种类日本鳗鲡 (*Anguilla japonica* T. et S.) 和达氏鲟 (*Acipenser bryanus*) 已成为历史记录。近期的调查资料还发现, 重要经济种类真鲷 (*Pagrosomus major*) 和带鱼 (*Trichiurus haumela*) 均成为稀有种, 而鲢取代黄鲫成为第一优势种 (朱鑫华等, 1996), 说明黄河上游水沙动态对河口鱼类群落物种多样性的影响是显而易见的。

通过对 30 种重要鱼类生物学资料的比较分析^{1), 2)}, 黄河口鱼类年龄结构存在单周期、短周期、中周期和长周期等 4 种生态类型, 但各种鱼类的优势年龄普遍偏低, 平均年龄为 $1.96 \pm 1.24a$, 这是河口生态功能多样性的体现, 同时也说明捕捞对近海渔业生物资源的影响。由于这两方面的共同作用, 使黄河口这一独特系统下水沙动态的制约效果受到影响。河口区多是多种渔业生物的育幼场, 在黄河口水域进行生殖活动的鱼类有 52 种。但从样本长度和重量组成分析, 仍以当年生和初届性成熟个体为群落主要成分。

2. 河口群落空间分布匀质性 (Homogeneity)

朱鑫华等 (1994) 曾就黄、渤海 20 m 等深线以内沿岸水域游泳动物群落结构的时空格局异质性 (Heterogeneity) 进行过分析, 并指出: 渤海鱼类群落在地理上与黄海是同一个结构单元, 生物成分及其区系具有较高的相似性, 这可能与黄河对渤海与黄海北部生态环境的影响有关。从黄河口 *NED* 和 *BED* 的空间分布上也可看出在同一深度带, 具有相似量级的数量分布; 其生态密度与水深成正比。近岸鱼类适应于高温、低盐且多变的环境, 长距离洄游性鱼类适应于低温、高盐且稳定的环境。在河口区, 那些适应于该环境的鱼类越多, 说明该水域的生态环境条件越不稳定; 如果这一类群的数量减少, 说明该水域的环境正在恶化。显然, 从 20 世纪 50 年代以来的历次调查资料比较分析看出, 黄河口的变迁对黄河口冲淡水分布具有十分显著的影响。黄河尾闾具有摆动和改道行为, 落潮时低盐水舌向东北方向扩展, 涨潮时冲淡水向东南方向扩展 (乐肯堂, 1995)。本文资料分析结果表明, 黄河口水域鱼类群落 *NED* 和 *BED* 的空间分布离冲淡水越远, 生态密度越高。因此, 鱼类群落时空格局匀质性与该水域生态环境指标的状态相互呼应。有关环境因素与鱼类群落多样性关系的研究将另文发表。

3. 群落生态密度的时序变化

前已述及, 黄河口径流量对鱼类群落的影响是动态的, 既有被动又有主动作用, 包括鱼类浮游生物的随波逐流和成鱼迁移行为。径流量变化不仅随不同流路和每条流路不同阶段而变化, 季节性年间周期性也十分明显。鱼类群落生态密度的时序变化, 是人类活动和生态环境的综合反映。比较图 4, 5 的密度分布, 可见从 20 世纪 80 年代到 90 年

1) 吴鹤洲、朱鑫华, 1986, 渤海黄河口重要鱼类生长的研究, 1986 年中国鱼类学会学术年会论文摘要汇编 (内部资料)。

2) 吴鹤洲、朱鑫华, 1986, 渤海黄河口重要鱼类的年龄结构分析, 1986 年中国鱼类学会学术年会论文摘要汇编 (内部资料)。

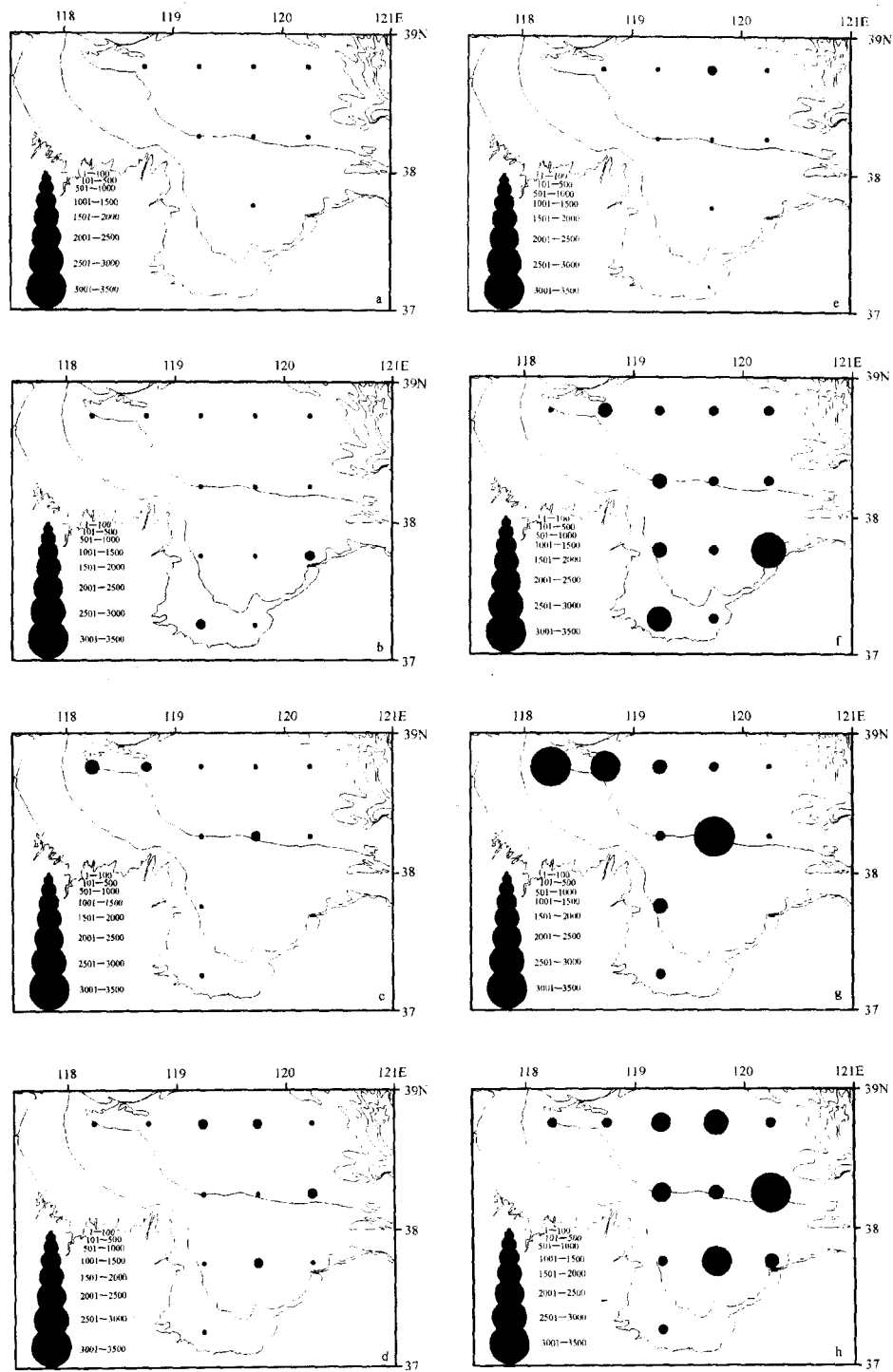


图5 1992—1993年间季度月黄河口水域鱼类生态密度的空间分布
a—d. NED (2月, 5月, 8月, 10月); e—h. BED (2月, 5月, 8月, 10月)

代, 黄河口水域鱼类群落生态密度显著降低, 以冬季 2 月减幅最大, 个体数和生物量密度分别降低 61.53% 和 80%, 平均个体大小也由 50.82g/尾下降至 26.43g/尾, 空间分布与 20 世纪 80 年代的冷季组相似。此外, 春季 5 月是多种鱼类的繁殖季节, 但从 1984 年 5 月调查中发现, 该月 46.2% 的鱼类在此产卵; 与 90 年代同期相比, 个体数增长 88.81%, 生物量密度降低 25.41%, 平均个体大小由 80 年代的 27.5g/尾下降至现时的 10.68g/尾, 空间分布更靠近 10 m 等深线以内。以上说明, 随着资源生态密度的降低, 亦影响着生殖群体结构“小型化”。其他季节随资源密度逐年减少, 鱼类平均个体大小略有增大, 空间密度分布趋势与暖季类似。

参 考 文 献

- 王新成、吴鹤洲、杨纪明, 1992, 胶州湾生态学和生物资源 (刘瑞玉主编), 科学出版社, 290—295。
- 田明诚、孙宝龄、杨纪明, 1993, 渤海鱼类区系分析, 海洋科学集刊, 34: 157—167。
- 乐肯堂, 1995, 黄河口的变迁对黄河冲淡水分布的影响, 海洋科学集刊, 36: 81—92。
- 乐肯堂、刘兴泉、史久新, 1995, 黄河口的变迁对邻近海区潮波运动影响的数值研究, 海洋科学集刊, 36: 33—46。
- 朱鑫华, 1996, 渤海鱼类群落个体数指标时空格局的因子分析, 海洋科学集刊, 37: 163—176。
- 朱鑫华, 1998, 渤海鱼类群落生物量指标时空格局的因子分析, 海洋科学集刊, 40: 177—192。
- 朱鑫华等, 1994, 黄渤海沿岸水域游泳动物群落结构时空格局异质性研究, 动物学报, 40 (3): 241—252。
- 朱鑫华、杨纪明、唐启升, 1996, 渤海鱼类群落结构特征的研究, 海洋与湖沼, 27 (1): 6—13。
- 沈志良、陆家平、刘兴俊, 1989, 黄河口及其附近海域的无机氮和磷酸盐, 海洋科学集刊, 30: 51—79。
- 张春霖等, 1955, 黄渤海鱼类调查报告, 科学出版社, 1—331。
- 费鸿年、何宝全、陈国铭, 1981, 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性以及优势种区域和季节变化, 水产学报, 5 (1): 1—20。
- Dame, R. F. and D. M. Allen, 1996, Between estuaries and the sea, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 200: 169—185.
- Fausch, K. D., J., Lyons, J. R. Karr and P. L. Angermeier, 1990, Fish communities as indicators of environmental degradation, *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 8: 123—144.
- Ross, S. T. and T. A. Doherty, 1994, Short-term persistence and stability of barrier island fish assemblages, *Estu. Coast. Shelf Sci.*, 38: 49—67.
- Wu, Peiqiu, Wu, Hezhou and Yang, Jiming, 1989, Reproduction ecology of fishes in Jiaozhou Bay waters, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 7 (3): 183—195.
- Yang, Jiming and Wang, Cunxin, 1993, Primary fish survey in the Huanghe River estuary, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 11 (4): 368—374.

SPATIOTEMPORAL PATTERN AND DOMINANT COMPONENT OF FISH COMMUNITY IN THE YELLOW RIVER ESTUARY AND ITS ADJACENT WATERS*

Zhu Xinhua, Miao Feng, Liu Dong, Xian Weiwei

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

ABSTRACT

Runoff from the Yellow River, the second largest in China, has historically nourished the fisheries resources in Laizhou Bay waters for a long time. However, a recent reduction in seasonal or annual outflow could lead to decline in nutrient flux and biological productivity. Our data from a series of comprehensive surveys in the above waters since 1982, showed that the 114 species of fish in the community were dominated by 66 warm-temperate species comprising 52.28% of total *NED* (Ecological Density of Number) and 57.06% of total *BED* (Ecological Density of Biomass). These fish averaging 14.48g, were much smaller than cold-temperate species. Therefore, the seasonal alteration in ecological density within the community could be differentiated into a November to next July cold group, characterized by abundant recruitment in estuarine waters, and an August to October warm group, characterized by congregation of maturing species for spawning. It was found that the spatial dynamics of the fish community in the studied area differed little among stations, and that numerical parameters were directly proportional to water depth. Although there were large seasonal variations in both species composition and ecological density in the fish community, japanese anchovy, *Engraulis japonicus* T. et. S., and hair-fin anchovy, *Setipinnataty* (V.) maintained and controlled the overall development of the nekton community in the waters.

* Contribution No. 4049 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.