

黄河入海泥沙年际通量对莱州湾渔业资源结构的影响

杨尧尧^{1,2,3}, 李秀启⁴, 金显仕^{2,3}, 王 俊^{2,3}, 李忠义^{2,3*}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071;

3. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

4. 山东省淡水渔业研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 根据 2009 年 8 月—2013 年 8 月莱州湾海域渔业拖网调查数据, 分析该海域渔业种群组成、优势种、空间分布和资源量的年际变动, 以了解黄河入海泥沙通量对莱州湾渔业结构的影响。结果表明:(1) 莱州湾渔业资源量整体呈下降趋势, 主要以鱼类为主, 甲壳类次之, 头足类最少; 鱼类中以中上层鱼类为主, 网获量明显多于底层鱼类, 但 2011 年 8 月底层鱼类稍多于中上层鱼类;(2) 莱州湾渔业资源各年份的优势种有所变动, 中上层鱼类和底层鱼类的优势种变动较大, 甲壳类优势种变动较少, 鱼类优势种组成存在年际更替现象, 主要由经济价值高、个体大的种类向经济价值低、个体小的种类演替。主要优势种集中于斑鲽、矛尾鰕虎鱼、口虾蛄、小带鱼和日本枪乌贼等种类。2010 年斑鲽大量暴发, 为唯一优势种;(3) 2009—2013 年黄河入海泥沙年际通量与鱼类种数、底层鱼类数和渔业资源数存在显著相关性, 与底层鱼类生物量存在极显著相关性。综上所述, 黄河入海泥沙年际通量的变动对莱州湾渔业资源量和资源结构都产生了一定影响。

关键词: 黄河口; 入海泥沙通量; 莱州湾; 渔业资源; 优势种

中图分类号: S 932

文献标志码: A

黄河是渤海最大的入海河流, 每年向渤海输送大量营养盐, 且具有径流量年际、年内变化大及泥沙含量高等特点^[1]。黄河入海口东靠莱州湾, 黄河通过径流向莱州湾输送大量的营养物质, 使其成为众多鱼类繁殖与生长的优质场所, 是黄渤海渔业生物的主要产卵场、栖息地和索饵场, 同时也是渤海复合渔业的传统渔场, 具有区域性单种群渔业及捕捞方式多样化等特点^[2]。目前黄河入海泥沙对莱州湾的影响研究主要集中于黄河入海物质对莱州湾有机和无机悬浮物的影响方面^[3-4], 对渔业资源影响的研究很少涉及。本研究通过对莱州湾海域拖网调查, 初步分析了黄河入海泥沙年际通量对莱州湾渔业资源量和种群结构的影响, 以为莱州湾渔业资源结构研究和黄河调水、调沙的调度提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 数据来源与方法

渔业资源数据来源于 2009—2013 年各年份 8 月的渔业拖网调查, 调查区域为 119.25° ~ 120.25°E, 37.25° ~ 38°N, 共计 11 个站点(图 1)。渔业资源评估调查租用 205 kW 双拖渔船, 使用专用调查网具, 规格为网口高度 6 m, 网口宽度 22.6 m, 网口周长 1 740 目, 网目 63 mm, 囊网网目 20 mm, 拖速 3 kn, 每站点拖网 1 h。记录每站渔获物的总质量(kg)及单位捕捞努力量(CPUE, kg/h), 对渔获物进行种类鉴定, 记录每一种类的 CPUE 和数量(个)。黄河入海泥沙年际通量数据源于近河口的利津水文站(图 2)。

收稿日期:2014-08-08 修回日期:2015-02-10

资助项目:国家自然科学基金(31072250);公益性行业(农业)科研专项(201303050);农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站和山东省泰山学者建设工程专项(2008-67)

通信作者:李忠义, E-mail: lizy@ysfri.ac.cn

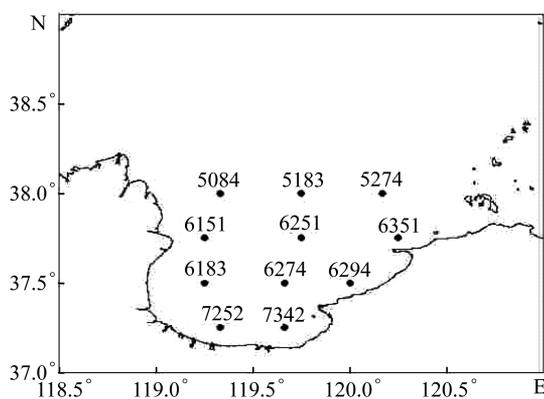


图1 莱州湾水域调查站位图

Fig. 1 Sampling stations in the Laizhou Bay

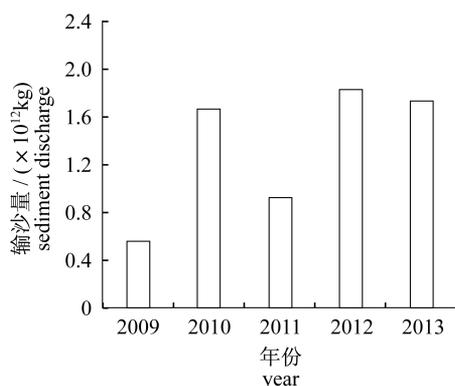


图2 黄河利津站入海泥年际沙通量

Fig. 2 Annual variation of the sediment discharge into the Yellow Sea at Lijin station

1.2 优势种

渔业生物群落中的优势种类根据 Pinkas 等^[5]提出的相对重要性指数 (*IRI*) 确定:

$$IRI = (N + W) \times F$$

式中, N 为某一种类的个体数占总个体数的百分率(%) ; W 为某一种类的生物量占总生物量的百分率(%) ; F 为出现频率, 即某一种类出现的站数占调查总站数的百分率(%)。

一般来说, *IRI* 值 > 500 定为优势种, *IRI* 值在 100 ~ 500 为重要种, *IRI* 值在 10 ~ 100 的为常见种, *IRI* 值 < 10 为罕见种^[6]。

1.3 相关性

对生物群落中样本变量间相关性分析通常用相关系数 r 和显著性 P , 通过软件 SPSS 对两变量进行相关性分析 (Bivariate) 得 r 、 P 值。

相关系数 r 表示两变量间相关程度, 范围在 -1 ~ 1 之间。 r 为 0 时, 两变量不相关; $|r|$ 为 1, 则两变量完全相关; r 若为正数, 两变量成正相

关; r 若为负数, 两变量呈负相关。

P 是根据检验统计量的值计算出由抽样误差造成的概率, 表示两变量差异的显著性水平。当 $P \geq 0.05$ 时, 两变量间差异不显著; 当 $0.01 \leq P < 0.05$, 两变量间存在显著性差异, 用“*”表示; 当 $P < 0.01$ 时, 变量间差异极显著, 用“**”表示。

1.4 数据处理

数据统计分析中资源量和优势种的计算采用 Microsoft Excel, 生物群落变量间相关性计算用 SPSS 16.0, 站位作图采用软件 Surfer 8 完成。

2 结果与分析

2.1 莱州湾渔业资源量动态

本次调查对 2009—2013 年莱州湾海域 11 个站点的拖网渔业捕获状况进行分析 (图 3)。

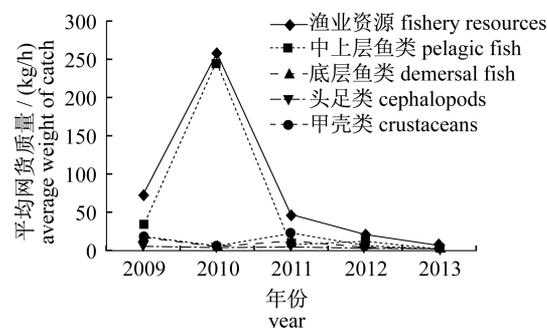


图3 2009—2013年8月莱州湾渔业各种类平均网货质量

Fig. 3 Average weight of catch per haul in the Laizhou Bay in August from 2009 to 2013

2009年8月, 莱州湾 11 个取样站点的渔业资源平均网获量为 72.27 kg/h, 主要以鱼类为主, 其中中上层鱼类平均网获量 32.12 kg/h, 底层鱼类平均网获量为 18.43 kg/h, 头足类平均网获量 4.62 kg/h, 甲壳类平均网获量为 15.44 kg/h (图 3)。中上层鱼类网获量相对较大, 靠近河口附近的 6183 和 5084 站位资源生物量最高。

2010年8月, 渔业资源平均网获量为 256.40 kg/h, 主要以鱼类为主, 其中斑鲆 (*Konosirus punctatus*) 生物资源量极其丰富, 达到总网获量的 93.07% (表 1)。中上层鱼类平均网获量 245.27 kg/h, 底层鱼类平均网获量为 2.27 kg/h, 头足类平均网获量 3.31 kg/h, 甲壳类平均网获量为 5.49 kg/h (图 3)。

2011年8月, 莱州湾的渔业资源平均网获量为 46.43 kg/h, 主要以甲壳类为主, 其中中上层鱼类平均网获量 6.65 kg/h, 底层鱼类平均网获量为

12.79 kg/h,头足类平均网获量 4.35 kg/h,甲壳类平均网获量为 21.58 kg/h(图 3)。

2012 年 8 月,渔业资源平均网获量为 20.96 kg/h,主要以鱼类为主,其中中上层鱼类平均网获量 10.22 kg/h,底层鱼类平均网获量为 3.97 kg/h,头足类平均网获量 1.43 kg/h,甲壳类平均网获量为 5.30 kg/h(图 3)。

2013 年 8 月,由于水母大量繁殖,渔业资源捕获量低,水母平均网获量达到 1 232.81 kg/h,而渔业资源平均网获量为 5.64 kg/h,中上层鱼类平均网获量 2.21 kg/h,底层鱼类平均网获量为 1.50 kg/h,头足类平均网获量 0.16 kg/h,甲壳类平均网获量为 1.69 kg/h(图 3)。

2009—2013 年拖网作业资源量虽各不相同,但各年度基本以鱼类为主,其中中上层鱼类占绝对优势。2013 年 8 月因水母的大量暴发,鱼类资源量与其他年份相比明显下降,而 2010 年 8 月斑鲆的资源量急剧上升,该年鱼类资源较其他年份更为丰富。

2.2 鱼类资源结构

2009 年 8 月捕获渔业资源种类共 63 种,其中鱼类 40 种,隶属于 7 目 23 科 34 属,其中捕获资源

的优势种共 6 种,以斑鲆生物量最高,渔获物尾数百分比占 60.54%,生物量百分比为 20.67%;2010 年 8 月捕获渔业资源共 47 种,其中鱼类 28 种,隶属于 7 目 18 科 25 属,优势种只有斑鲆一种,鱼获尾数百分比占 92.13%,生物量百分比占 93.07%;2011 年 8 月莱州湾捕获渔业种类共有 63 种,其中鱼类 34 种,隶属于 7 目 23 科 33 属,优势种共 6 种,其中矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)和口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)占较大比重,渔获物尾数百分比分别为 21.32% 和 12.17%,生物量百分比分别为 8.96% 和 20.86%;2012 年 8 月莱州湾捕获的渔业资源共 35 种,鱼类 28 种,隶属于 7 目 19 科 25 属,其中优势种 8 种,以斑鲆和口虾蛄生物量最高,渔获物尾数百分比分别为 13.68% 和 8.04%,生物量百分比分别为 28.22% 和 15.46%;2013 年 8 月莱州湾捕获渔业资源共 38 种,其中鱼类 21 种,隶属于 6 目 13 科 18 属,优势种有赤鼻棱鲉(*Thrissa kammalensis*)、小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)和口虾蛄 3 种,渔获物尾数百分比分别为 33.09%、21.73% 和 5.18%,生物量百分比分别为 11.33%、11.62% 和 10.74%(表 1)。

表 1 莱州湾水域优势种 (IRI > 500) 的渔业种类
Tab.1 Kinds of dominant species (IRI > 500) in Laizhou Bay

日期 date	种类 species	鱼获尾数 百分比 N/% percentages of individuals	渔获生物量 百分比 W/% percentages of biomass	出现频率 F/% occurrence frequency	相对重要性 指数 IRI index of relative importance
2009-08	斑鲆 <i>K. punctatus</i>	60.54	20.67	100.00	8 120.47
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	5.57	16.33	80.00	1 752.49
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	7.63	16.82	50.00	1 222.78
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	2.10	10.86	90.00	1 165.80
	日本鲷 <i>Charybdis japonica</i>	2.27	9.38	100.00	1 164.37
	日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	4.46	5.73	100.00	1 019.01
2010-08	斑鲆 <i>K. punctatus</i>	92.13	93.07	100.00	18 519.62
2011-08	矛尾鰕虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	21.32	8.96	90.91	2 752.55
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	12.17	20.86	81.82	2 702.70
	日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	11.25	7.06	90.91	1 664.30
	斑鲆 <i>K. punctatus</i>	10.77	8.94	81.82	1 613.35
	日本鲷 <i>C. japonica</i>	2.57	7.35	100.00	991.22
	焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	3.53	4.07	90.91	690.92
2012-08	斑鲆 <i>K. punctatus</i>	13.68	28.22	60.00	2 513.76
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	8.04	15.46	90.00	2 114.82
	寿南小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	16.31	7.39	70.00	1 659.15
	小带鱼 <i>E. muticus</i>	12.40	3.65	100.00	1 605.19
	日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	9.59	6.83	80.00	1 313.23
	日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	18.06	3.56	60.00	1 297.29
	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	1.76	10.95	90.00	1 144.12
	黄鲫 <i>S. taty</i>	6.25	5.00	60.00	674.52
2013-08	赤鼻棱鲉 <i>T. kammalensis</i>	33.09	11.33	50.00	2 220.80
	小带鱼 <i>E. muticus</i>	21.73	11.62	50.00	1 667.14
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	5.18	10.74	70.00	1 114.68

由 2009—2013 年拖网调查结果可知,莱州湾 8 月份渔业资源主要以斑鲈、口虾蛄等资源量最为丰富。

2.3 黄河口入海泥沙年际通量与莱州湾渔业结构的相关关系

根据 2009—2013 年黄河入海泥沙年际通量与莱州湾各生态类型渔业资源进行相关分析(表 2)。泥沙年际通量与中上层鱼类、甲壳类、头足类生物数量和生物量的年际变化不存在显著相关性($P > 0.05$);与鱼类总的资源量、鱼种的生物数量存在显著相关性($P < 0.05$),而与其生物量不

存在显著相关性($P > 0.05$);在鱼类适温性方面,入海泥沙年际通量与鱼类暖水种和冷温种的生物数量及生物量不存在显著相关性($P > 0.05$),而暖温种鱼类的生物量却与入海泥沙年际通量呈显著相关性($P < 0.05$)。入海泥沙年际通量对底层鱼类影响尤为明显,其与底层鱼类的生物数量呈显著正相关($P < 0.05, r = 0.882, n = 5$),与生物量呈极显著正相关($P < 0.01, r = 0.980, n = 5$)。对莱州湾几个主要优势种进行分析,没有发现其相关渔业因子与泥沙年际通量存在显著相关性($P > 0.05$)。

表 2 黄河口入海泥沙年际通量与渔业因子的相关关系

Tab. 2 Correlations between sediment discharge into Yellow Sea and different fishery resource factors

	生物数量 quantity			生物量 biomass		
	显著水平 significant level	相关系数 correlation coefficient	样本数 sample number	显著水平 significant level	相关系数 correlation coefficient	样本数 sample number
	P	r	n	P	r	n
渔业资源量 fishery resources	0.016 *	-0.944	5	0.898	0.080	5
中上层鱼类 pelagic fish	0.194	-0.693	5	0.683	0.252	5
底层鱼类 demersal fish	0.048 *	0.882	5	0.003 **	0.980	5
虾蟹类 crustaceans	0.792	-0.164	5	0.061	-0.861	5
头足类 cephalopods	0.076	-0.838	5	0.110	-0.792	5
鱼种类数 fish species number	0.036 *	-0.902	5	0.759	0.191	5
暖温种 warm temperate species	0.345	-0.542	5	0.036 *	-0.903	5
暖水种 warm water species	0.352	-0.536	5	0.643	0.285	5
冷温种 cold temperature species	0.343	-0.545	5	0.707	0.232	5
斑鲈 <i>K. punctatus</i>	0.912	0.069	5	0.638	0.289	5
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	0.367	-0.522	5	0.124	-0.775	5
小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	0.140	-0.755	5	0.168	-0.723	5

注:表格中标注 * 的表示差异显著($P < 0.05$),标 ** 的表示差异极显著($P < 0.01$)

Notes: values with * mean significant difference($P < 0.05$), ** mean extremely significant difference($P < 0.01$)

3 讨论

3.1 黄河口入海泥沙年际通量

黄河以其极高的入海泥沙通量著称于世,据利津水文站资料统计,1950—1975 年黄河多年平均年径流量为 448.7 亿 m^3 ,多年平均入海泥沙通量为 11.3 亿 $t^{[7]}$ 。研究结果显示,2009—2013 年黄河年度入海泥沙通量虽有变动,但总体还是保持平衡状态。入海泥沙通量年际平均量为 1.343 4 亿 t 。自然状态下超过 80% 的黄河入海泥沙沉积在河口三角洲附近^[8-9]。自 2002 年 7 月,黄河水利委员会实施了“黄河调水调沙计划”,利

用黄河干流的大型水库进行调水调沙,该计划通过人造洪峰的形式使大量径流和泥沙在 20 d 左右输入大海,完全改变了自然状态下黄河水沙入海的状况^[10]。从已有的研究结果分析可知,黄河口水流的滞留点在口门附近^[11],调水调沙期间,巨量泥沙在口门外的沉降甚至能够不断改变黄河入海主流的方向^[12]。随着社会经济的持续发展,黄河两岸工农业的用水量持续增长,黄河多年平均耗用河流径流量达到约 300 亿 m^3 ,占天然径流总量的 52%;同时黄土高原大规模的水土保持建设,小浪底水库的调节运用,两岸堤防和整治工程的控制,黄河已不是真正意义上的天然河流,而河

口作为流域的最后出口,受到的影响最大。

3.2 种类组成与优势种

研究结果表明黄河入海泥沙的年际通量对莱州湾鱼类的资源量与生物数量及暖温种鱼类的生物量影响显著($P < 0.05$),对底层鱼类的影响最为明显,入海泥沙通量与底层鱼类的生物数量呈显著性正相关,与生物量呈极显著性正相关,这主要是黄河泥沙在随冲淡水流出河口后,由于沉降作用,泥沙迅速降到海水底层,因而泥沙中的营养元素主要作用于底层水域。如 2010 年的入海泥沙能量比 2009 年增加了 197.68%,2009 年 8 月莱州湾调查鱼类有 40 种,2010 年鱼类 28 种,较 2009 年减少了 30%,但资源量却增加了 81.44%,使得底层鱼类获得充足的养料,资源丰富。由于捕捞强度的加大和人类工程等活动的干扰,黄河河口和莱州湾水域鱼种数呈逐步下降趋势。2011—2013 年鱼类调查共捕获 34、28 和 21 种,而 1998 年渤海春、夏、秋季调查记录有鱼类 66 种,其中莱州湾 45 种^[13];根据 2006 年莱州湾春、秋季调查记录鱼类 37 种^[14]。

通过调查发现优势种的变化较大,2009—2013 年优势种数分别为 6、1、6、8 和 3 种。其中,中上层鱼类在 2009—2012 年以斑鲈为主,2013 年为赤鼻棱鲉;底层鱼类 2009 年优势种为小黄鱼,2011 年为矛尾鰕虎鱼和焦氏舌鳎,而 2012 和 2013 年以小带鱼为主;甲壳类和头足类优势种基本保持不变,以口虾蛄、日本扇和日本枪乌贼为主。与 20 世纪 80 年代相比,黄河河口海域鱼类群落优势种出现明显交替,斑鲈代替黄鲫、日本鰕成为最具优势的中上层鱼类,矛尾鰕虎鱼、小黄鱼和小带鱼代替花鲈(*Lateolabrax japonicus*)、六丝钝尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys hexanema*)成为优势的底层鱼类^[15]。目前,莱州湾及其邻近海域出现了优势种按黄鲫→日本鰕→赤鼻棱鲉向着更小型化的方向演替^[2]。但未发现优势种的这些变化与黄河入海泥沙变动存在显著相关($P > 0.05$)。这可能与过度捕捞和环境退化使生物群落生态系统的恢复力和完整性降低,生态系统的稳定性变差有关^[16]。

3.3 入海泥沙量对渔业资源影响

此次渔业调查以 8 月为基准,6—7 月是渤海多数渔业资源种类的繁殖时间,同时处于休渔期,因此选取 8 月作为调查时间,排除了渔民生产作

业对渔业调查产生的影响,能够更加客观有效地反映入海泥沙通量对莱州湾渔业资源的影响。同时黄河全年入海径流量集中在 6—10 月,6 月开始调水调沙工程,使得资源量密度最大出现在 7—8 月^[17]。

研究表明,淡水河流携带大量营养盐和冲淡水入海,在时间和空间上影响海河交汇区与其邻近海域的营养盐与盐度分布,进而影响其渔业资源结构^[18-20]。在时间上,黄河冲淡水使得莱州湾渔业资源种类数、鱼类种类数随入海泥沙年际变化呈相反趋势,对底层鱼类数量及生物量呈正相关性,入海泥沙明显增加时,底层鱼类数量及生物量资源丰富。黄河冲淡水入海同时影响了海水的理化性质,温度与盐度发生改变,影响到暖温种鱼类生物量随入海泥沙量变化出现明显波动。空间上,夏季黄河调水调沙期间,黄河冲淡水呈舌状覆盖了整个莱州湾的北部和中部,先北偏东然后向东偏南方向伸展,远至龙口附近,其东端趋向南部近岸;黄河入海泥沙的扩散则呈带状局限于河口及三角洲沿岸,这与莱州湾底层鱼类分布趋势大体一致。

张龙军等^[18]通过研究黄河河口悬浮物中有机碳和无机碳的含量,表征了 2005 年黄河调水调沙入海的泥沙在黄河口外近海的扩散范围,认为黄河调水调沙入海泥沙主要向东南方向扩散进入莱州湾,但是其观测仅限于近海的大面站,范围有限,也没有连续的时间系列观测资料,缺乏泥沙通量及余流等定量的结果。黄河入海淡水的扩散范围远大于入海泥沙的扩散范围,水沙扩散出现了明显的不同步性。

黄河入海泥沙对渔业资源作用受携带的营养盐和盐度影响。黄河输送带来大量冲淡水的同时,也给河口及近岸海域带来了丰富的营养盐,在营养要素的生物地球化学循环中起着重要作用^[4]。这些充足的营养盐为鱼类产卵繁殖和索饵成长提供条件。在本次调查中可以发现,最大渔获量出现在莱州湾的 5183、6183 等站位,位于河口一侧。在莱州湾口外,存在东西向盐度低槽分布形式。边界上的梯度,一般是春季比较大,夏季比较小。在黄河出现特大洪水的年份,夏季盐度变化也很大。这种分布特征,可能是渤海环流及黄河冲淡水沿岸流所造成的^[21]。

黄河入海泥沙的变动对河口产生严重影响,

世界上很多河口三角洲因为入海泥沙通量的减少而产生了三角洲海岸侵蚀以及河口海域生态变化等问题^[22]。在我国,大量水坝的建设和人类活动的影响造成许多河流入海泥沙减少,例如长江^[23]。东海海区海洋捕捞在我国海洋渔业中占有重要地位,这与长江输入巨量淡水、泥沙和丰富营养物质密切相关。长江输入巨量径流和携带大量的营养物质入海,是东海近海成为我国海域中浮游植物和浮游动物年平均生物量最高海区之一的重要原因^[23]。由于三峡水坝的建成和湖泊的淤积等因素,使得长江径流量和入海泥沙减少。河口径流影响河口水力学状况,入海泥沙通量决定着三角洲的形成和增长速度。径流变化对河口及邻近海区盐度分布的影响要比温度显著得多,盐度直接关系到生物的区系分布,盐度与径流量间有明显负相关关系。径流减少,水体含盐量高,影响到淡水和咸淡水浮游植物和浮游动物种类和数量的减少,高盐种类及其数量的增加,直接影响到渔业资源的数量分布和种类变化^[20]。

黄河调水调沙改变了黄河口及莱州湾水域盐度与营养盐的分布格局,进而影响到渔业资源种类数和鱼类种类数,对底层鱼类数量、底层鱼类生物量及暖温种生物量的影响尤为明显。其如何通过营养盐影响生产者,特别是底层生产者的分布,再通过食物链传递影响到底层消费者和整个渔业资源;盐度分布的改变主要影响了哪些资源种类,影响程度如何,这些机理有待深入研究。

河口海域咸淡水系交汇,是河口群落与沿岸群落在该栖息地的交汇与过渡区域,占世界沿岸水域的15%^[24]。河口的高生产力孕育了大量的生物有机体,为幼鱼的生长育肥提供了丰富的食物^[25-29]。许多鱼类的幼体阶段生活在这一生态系统中,从而使世界范围内的河口海区成为大量海洋鱼类重要的产卵、育幼场,孕育着种类不断更替的鱼类资源^[25-26,29],黄河口海域已观测到39种亲鱼到此产卵,随着水温上升,产卵种类增加,8月种类最多^[30]。并且有超过40种以上的幼鱼在此育肥^[30-31]。而源源不断的河水带着含有大量营养元素的泥沙进入莱州湾,从而使得这一片海域成为众多鱼类产卵繁殖和仔鱼索饵的良好场所,蕴育大量的渔业资源。从本研究结果可以判断,黄河入海泥沙通量的年际变化对莱州湾渔业资源量、资源种类数、种群结构都有一定的影响。

研究黄河入海泥沙年际通量的变化,对莱州湾渔业资源的保护具有极其重要的意义。在现有人类活动干扰强度下,如何利用黄河入海泥沙年际通量的变动来缓解莱州湾渔业资源量的下降和种群结构的急剧变动值得进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Liao W, Zhang L J, Chen H T, *et al.* Nutrients variations and fluxes estimation in the Yellow River estuary from 2001 to 2011 [J]. *Periodical of Ocean University of China: Natural Science*, 2013, 43 (1): 81 - 86. [廖巍,张龙军,陈洪涛,等. 2001—2011年黄河口营养盐变化及入海通量估算. 中国海洋大学学报:自然科学版, 2013, 43(1): 81 - 86.]
- [2] Deng J Y, Jin X S. Study on fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River Estuary [J]. *Zoological Research*, 2000, 21 (1): 76 - 82. [邓景耀,金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 2000, 21(1): 76 - 82.]
- [3] Jiang W S, Wang H J. Distribution of suspended matter and its relationship with sediment particle size in Laizhou Bay [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(2): 97 - 103. [江文胜,王厚杰. 莱州湾悬浮泥沙分布形态及其与底质分布的关系. 海洋与湖沼, 2005, 36(2): 97 - 103.]
- [4] Yang Z S, Wang Z X, Zheng A F, *et al.* Distribution and movement of suspended matter in summer in Laizhou Bay, the gulf of Bohai [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1989, 19(4): 49 - 61. [杨作升,王兆祥,郑爱芬,等. 渤海莱州湾夏季悬浮体的分布和运移. 青岛海洋大学学报, 1989, 19(4): 49 - 61.]
- [5] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefish tuna, and bonito in California waters [J]. *Water Research*, 1971, 18(6): 653 - 594.
- [6] Cheng J S. The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 2000, 21(3): 1 - 8. [程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 1 - 8.]
- [7] Chang J, Liu G H, Liu Q S. Analysis on spatio-temporal feature of coastline change in the Yellow River Estuary and its relation with runoff and sand-transportation [J]. *Geographical Research*, 2004, 23(5): 339 - 346. [常军,刘高焕,刘庆生. 黄河口海

- 岸线演变时空特征及其与黄河来水来沙关系. 地理研究,2004,23(5):339-346.]
- [8] Chen Z R, Characteristics of the modern Huanghe River Mouth Bay[J]. Journal of Ocean University of Qingdao; Natural Science, 1997, 27(4):105-111. [陈彰榕. 现行黄河口拦门沙的形态和演化. 青岛海洋大学学报:自然科学版, 1997, 27(4):105-111.]
- [9] Sun X G, Yang Z S, Chen Z R. Discussion of the quantitative calculation and rules of sediment erosion and deposition in Huanghe Estuary [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1993, 15(1):129-136. [孙效功, 杨作升, 陈彰榕. 现行黄河口海域泥沙冲淤的定量计算及其规律探讨. 海洋学报, 1993, 15(1):129-136.]
- [10] Bi N S, Yang Z S, Wang H J, *et al.* Characteristics of dispersal of the Yellow River Water and sediment to the sea during water-sediment regulation [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2010, 30(2):27-34. [毕乃双, 杨作升, 王厚杰, 等. 黄河调水调沙期间黄河入海水沙的扩散与通量. 海洋地质与第四纪地质, 2010, 30(2):27-34.]
- [11] Hu C H, Chen J G, Liu D B, *et al.* Studies on the features of cross section's profile in lower Yellow River under the conditions of variable incoming water and sediment [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(11):1283-1289. [胡春宏, 陈建国, 刘大滨, 等. 水沙变异条件下黄河下游河道横断面形态特征研究. 水利学报, 2006, 37(11):1283-1289.]
- [12] Wang H J, Yang Z S, Bi N S. 3-D Simulation of the suspended sediment transport in the Yellow River mouth; Shear front off the Yellow River mouth [J]. Journal of Sediment Research, 2006(2):1-9. [王厚杰, 杨作升, 毕乃双. 黄河口泥沙输运三维数值模拟 I——黄河口切变锋. 泥沙研究, 2006(2):1-9.]
- [13] Chen J S, Yu L F. The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter [J]. Journal of Fisheries of China, 2004(1):29-34. [程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化. 水产学报, 2004(1):29-34.]
- [14] Shandong Provincial Oceanic and Fishery Department. Investigation and evaluation of Shandong coastal economic and biological resources [C]. Beijing: Maritime Press, 2010:167-174. [山东省海洋与渔业厅. 山东近海经济生物资源调查与评价. 北京:海洋出版社, 2010:167-174.]
- [15] Deng J Y, Meng T X, Ren S M, *et al.* Species composition and quantitative distribution of fish in the Bohai [J]. Marine Fisheries Research, 1988, 18(9):11-19. [邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 等. 渤海鱼类种类组成及数量分布. 海洋水产研究, 1988, 18(9):11-19.]
- [16] Ryder R A, Kerr S R, Taylor W W, *et al.* Community consequence of fish stock diversity [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1981, 38(12):1856-1866.
- [17] Lü Z B, Li F, Qu Y B, *et al.* Fish community diversity in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer, 2010 [J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(2):10-18. [吕振波, 李凡, 曲业兵, 等. 2010年夏季黄河口及邻近海域鱼类群落多样性. 渔业科学进展, 2013, 34(2):10-18.]
- [18] Zhang L J, Jiang B, Zhang X S, *et al.* Study of carbon content tracing sediment diffusion bound after water-sediment regulation in the Yellow River estuary [J]. Advances in Water Science, 2008, 19(2):153-159. [张龙军, 姜波, 张向上, 等. 基于泥沙中碳含量的变化表征黄河调水调沙入海泥沙的扩散范围. 水科学进展, 2008, 19(2):153-159.]
- [19] Wu D X, Mu L, Li Q, *et al.* Long term variation features of the salinity of the Bohai and possible leading factors [J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(2):73-77. [吴德星, 牟林, 李强, 等. 渤海盐度长期变化特征及可能的主导因素. 自然科学进展, 2004, 14(2):73-77.]
- [20] Zhao C Y, Chen Y Q, Shao Z M, *et al.* Preliminary studies on the influence of Changjiang River runoff on the fisheries of Changjiang Estuary and its adjacent sea areas [J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12(4):315-326. [赵传纲, 陈渊泉, 邵泽民, 等. 长江径流对河口及邻近海区渔业影响的初步研究. 水产学报, 1988, 12(4):315-326.]
- [21] Li Z G. Basic features of hydrologic elements in the sea area near the Yellow River Estuary [J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 2000, 18(3):20-28. [李泽刚. 黄河口附近海区水文要素基本特征. 黄渤海海洋, 2000, 18(3):20-28.]
- [22] Zhao H Y, Dai S B, Yang S L, *et al.* Progress in studying on the delta evolution influenced by the human activity [J]. Marine Science, 2007, 31(7):83-87. [赵华云, 戴仕宝, 杨世伦, 等. 流域人类活动对三角洲演变影响研究进展. 海洋科学, 2007, 31(7):83-87.]
- [23] Chen Y Q, Shao Z M, Gu X G, *et al.* Preliminary

- views on the influence of the Three Gorges Project on fishery estuary and its adjacent sea area [J]. *Marine Fishery*, 1986(6):268 - 270,262. [陈渊泉, 邵泽民, 顾新根, 等. 三峡工程对河口及邻近海区渔业影响的初步看法. *海洋渔业*, 1986(6):268 - 270,262.]
- [24] Zhu X H, Wu H Z, Xu F S, *et al.* The heterogeneity of spatiotemporal patterns of nekton community structure in the coastal waters of Yellow Sea and Bohai Sea [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1994, 40(3): 241 - 252. [朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 等. 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*, 1994, 40(3):241 - 252.]
- [25] Potter I C, Beckley L E, Whitfield A K, *et al.* Comparisons between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate Western Australia and Southern Africa [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1990, 28(1 - 4):143 - 178.
- [26] Monaco M E, Lowery T A, Emmett R L. Assemblages of US West Coast estuaries based on the distribution of fishes [J]. *Journal of Biogeography*, 1992, 19:251 - 267.
- [27] Faria A, Morais P, Alexandra M C. Ichthyoplankton dynamics in the Guadiana estuary and adjacent coastal area, South-East Portugal [J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2006, 70(1 - 2):85 - 97.
- [28] Bonecker A C T, Máric S D C, Cláudia, A P N, *et al.* Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil(2°18' - 2°47'S/44°20' - 44°25'W) during the dry season [J]. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2007, 2(3):235 - 241.
- [29] Strydom N A, Whitfield A K, Wooldridge T H. The role of estuarine type in characterizing early stage fish assemblages in warm temperate estuaries, South Africa [J]. *African Zoology*, 2003, 38(1):29 - 43.
- [30] Yang J M, Li J. Progress of Chinese marine ichthyology in the last 15 years [J]. *Studia Marina Sinica*, 1995(00):297 - 310. [杨纪明, 李军. 近十五年来中国海洋鱼类学的研究概况. *海洋科学集刊*, 1995(00):297 - 310.]
- [31] Yang J M, Wang C X. Primary fish survey in the Huanghe River estuary [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1993, 11(4): 368 - 374.

Effects of annual sediment flux from the Yellow River on the fishery resources structures in the Laizhou Bay

YANG Yaoyao^{1,2,3}, LI Xiuqi⁴, JIN Xianshi^{2,3}, WANG Jun^{2,3}, LI Zhongyi^{2,3*}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071;

3. Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071;

4. Freshwater Fishery Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, China)

Abstract: Based on the data by trawl surveys in August from 2009 to 2013 in the Laizhou Bay, we studied the fishery resources structures, such as species compositions, dominant species, spatial distribution and standing stock, to understand the effects of annual sediment flux from the Yellow River on the fishery resources structures in the Laizhou Bay. The result showed: (1) The relative biomass and species of fishery varied dramatically in interannual variation. Average catch of fish was more than those of crustaceans and cephalopods. And the catch of pelagic fish was significantly more than that of demersal fish, but the opposite phenomenon occurred in Aug. 2011. (2) The composition of dominant species was close to interannual variation, conducting succession from species which were high economic value and big to lower economic value and small species. The dominant species were different among 2009 – 2013. Main dominant species were *Konosirus punctatus*, *Chaeturichthys stigmatias*, *Oratosquilla oratoria*, *Eupleurogrammus muticus* and *Loligo japonica*. *K. punctatus* became the only dominant specie in 2010. (3) The Yellow River exports large amount of nutrients to the Laizhou Bay. The estuary of Yellow River and its adjacent area, a major fishery and spawning ground, have abundant species. The changes of sediment discharge from the Yellow River had effects on fishery resources structures and quantity of resources. The sediment discharges were significantly correlated with the number of fish species or demersal fish and the fishery resources. And the Yellow River sediment discharge was high significantly correlated with the biomass of demersal fish. In conclusion, the influence of the Yellow River sediment discharge into Laizhou Bay is an indispensable factor when we study the fishery resources and protect the larvae and juveniles.

Key words: Yellow River estuary; sediment discharge; Laizhou bay; fishery resources; dominant species

Corresponding author: LI Zhongyi. E-mail: lizy@ysfri.ac.cn