

渤海鱼类群落个体数指标时空格局的因子分析*

朱 鑫 华

(中国科学院海洋研究所)

鱼类群落是水域生态系统内生产力动态的重要输出成分,也是当今以生态系统多样性为核心的生物多样性研究的主要内容。分析鱼类群落结构,通常采用描述自然群落多样性综合指数,如物种数、生态密度和群落多样性结构指数(朱鑫华等, 1994a, Washington, 1984),或通过多元统计分析的方法,比较群落内生物因素的时空格局动态特征及其与非生物环境参数的相关性(朱鑫华等, 1994b; Ardisson *et al.*, 1990)、优势种代表站区和主成分鱼种空间分布特征(周建魁, 1984; 徐青, 1988)。本文运用多元统计分析中的因子分析法,解析渤海鱼类群落指标——全部鱼种个体数生态密度 (*NED*) 时空分布格局特征,旨在探讨鱼类群落时空格局易变性和稳定性,以解释增殖水域群落结构特征、多鱼种种间关系及其鱼种生态栖息地利用间的相互关系 (Ulanowicz and Platt, 1985),这一问题已成为当前生物群落动力学研究的热点问题 (Diamond and Case, 1986, Morris, 1987)。

一、材料和方法

本文根据渤海增殖水域 1982—1985 年和 1992—1993 年的调查资料,对渤海鱼类群落个体数指标的时空格局进行因子分析。由于海上调查站位布局的非均匀分布,在实际分析中按 0.5° 经度 $\times 0.5^\circ$ 纬度作为一个数据统计区,其区域编号如图 1。

因子分析是一种用较少数的综合变量来表达多个测量变量的多元统计分析方法,它的理论基础是从众多样本的测量变量中。探索性构造出少数非观测变量,并形成综合变量,代替原来的变量信息,以反映这类潜在因子在客观事物中的本质描述,并且这些综合变量最好是不相关或弱相关 (Gauch, 1982, Legendre, 1981)。而常规统计方法,如测量样本或变量间相对距离的聚类分析或相互关系分析法等,则难以区分数据信息的相互关联和重叠。

因子分析的数学模型为:

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2389 号。

在资料搜集和成文过程中,承蒙导师杨纪明教授、唐启升教授的悉心指导,中国水产科学院黄海水产研究所邓景耀研究员、孟田湘研究员、姜言伟副研究员曾给予许多支持,在此一并致谢。

收稿日期: 1995 年 2 月 15 日。

$$X = AF + E \quad (1)$$

式中, A 为公因子载荷矩阵, F 为公因子向量, X 为原变量向量, E 为残差向量。

由于因子分析中的 E 影响作用较为微小, 则式(1)可改写为:

$$X = AF \quad (2)$$

如果 F 中的各分量均为正交, 即

$$Z = BX \quad (3)$$

Z 为主成分向量, B 为主成分变换矩阵, 此即为传统的主成分分析模型。

本文应用数理统计软件 Statistica 4.0 中的因子分析模块 FACTOR, 对原始数据构成种类 $\times$ 站区的二维数据阵 x , 并按 $\frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{s_i}$ 进行结构数据标准化, 这里 $i = 1, \dots, n$

(鱼种), $j = 1, \dots, 30$ (站区)。采用主成分提取因子法确定初始因子载荷阵, 指定因子旋转方式为方差最大正交旋转, 以总公因子方差累积百分率大于 80% 作为选定公因子数的标准, 有利于对公因子结构进行深入分析。

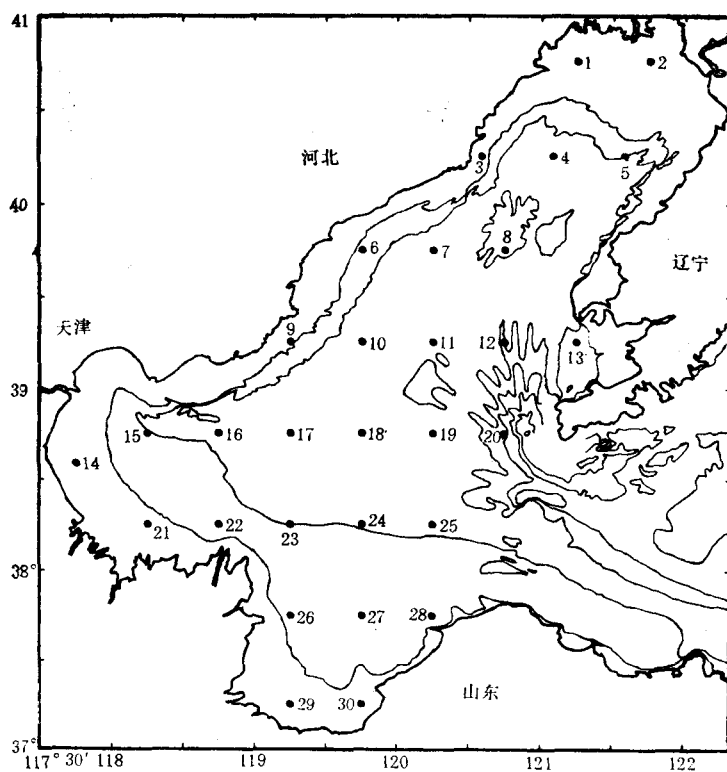


图1 取样资料的统计分区

二、结果和讨论

1. 群落变量的 R 型相互关系 从 1983—1985 年和 1992—1993 年 NED 资料的逐月空间分布特征(表 1, 2)可看出, 两个时期的鱼类物种数变化较大, 分别为 119 种和 73

表 1 1982—1985 年 NED 资料的 R 型因子分析结果

月份	主成分 特征值	特征值 累积	总方差 (%)	代 表 鱼 种	集中 分布 站区
1	$\lambda_1 = 5.96$	5.96	15.29	李氏鲈, 长丝鰕虎鱼, 短吻红舌鲷	25
	$\lambda_2 = 4.37$	10.33	26.48	乳色阿匍鰕虎鱼, 睛尾蝌蚪鰕虎鱼, 短吻三线舌鲷	23
	$\lambda_3 = 3.78$	14.11	36.17	方氏云鲷, 长绵鲷, 钝吻黄盖鲷	6
	$\lambda_4 = 3.08$	17.18	44.06	凤鲚, 鲱鲈, 褐牙鲆, 角木叶鲷	20
	$\lambda_5 = 2.94$	20.13	51.61	六丝矛尾鰕虎鱼, 细纹狮子鱼	18
	$\lambda_6 = 2.45$	22.58	57.89	小带鱼, 普氏栉孔鰕虎鱼	3
	$\lambda_7 = 2.30$	24.87	63.78	钟魁鰕虎鱼	15
	$\lambda_8 = 2.12$	26.99	69.21	鲚, 赵氏狮子鱼	8
	$\lambda_9 = 1.95$	28.94	74.21	长线六线鱼	24
	$\lambda_{10} = 1.60$	30.54	78.31	鲛, 石鲷	29
	$\lambda_{11} = 1.25$	31.79	81.52	中华栉孔鰕虎鱼	9
2	$\lambda_1 = 5.87$	5.87	15.86	鲚, 日本鲷, 长绵鲷, 矛尾鰕虎鱼, 许氏平鲉, 大泷六线鱼	3
	$\lambda_2 = 4.83$	10.70	28.91	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	27
	$\lambda_3 = 3.77$	14.47	39.11	美鲷小杜父鱼, 褐牙鲆, 角木叶鲷	20
	$\lambda_4 = 3.33$	17.80	48.10	大银鱼, 短鳍鲈	25
	$\lambda_5 = 2.89$	20.59	55.64	钝吻黄盖鲷, 石鲷, 半滑舌鲷	26
	$\lambda_6 = 2.28$	22.86	61.79	玉筋鱼, 六丝矛尾鰕虎鱼, 高眼鲷	7
	$\lambda_7 = 2.03$	24.89	67.27	棘头梅童鱼, 普氏栉孔鰕虎鱼	1
	$\lambda_8 = 1.94$	26.82	72.50	鲛, 乳色阿匍鰕虎鱼, 红狼牙鰕虎鱼	15
	$\lambda_9 = 1.46$	28.29	76.46	凤鲚	16
	$\lambda_{10} = 1.28$	29.57	79.92	李氏鲈	10
	$\lambda_{11} = 1.16$	30.73	83.06	孔鲷	8
3	$\lambda_1 = 6.03$	6.03	15.46	方氏云鲷, 鲱鲈, 长丝鰕虎鱼, 普氏栉孔鰕虎鱼, 六丝矛尾鰕虎鱼	25
	$\lambda_2 = 4.17$	10.20	26.15	许氏平鲉, 小杜父鱼	20
	$\lambda_3 = 3.32$	13.52	34.66	凤鲚, 黑鳃梅童鱼	23
	$\lambda_4 = 2.85$	16.37	41.96	乳色阿匍鰕虎鱼, 钝吻黄盖鲷	27
	$\lambda_5 = 2.68$	19.04	48.33	鲷, 长绵鲷	13
	$\lambda_6 = 2.41$	21.46	55.01	黄姑鱼, 白姑鱼	8
	$\lambda_7 = 2.26$	23.71	60.81	鲚, 大泷六线鱼	5
	$\lambda_8 = 2.10$	25.81	66.19	日本海马, 短吻红舌鲷	26
	$\lambda_9 = 1.87$	27.68	70.97	矛尾复鰕虎鱼, 石鲷	29
	$\lambda_{10} = 1.63$	29.31	75.14	孔鲷, 大银鱼	9
	$\lambda_{11} = 1.39$	30.70	78.71	中华栉孔鰕虎鱼, 褐牙鲆	28
	$\lambda_{12} = 1.32$	32.02	82.10	钟魁鰕虎鱼	1
4	$\lambda_1 = 7.26$	7.26	13.20	多鳞鱈, 黄姑鱼, 小黄鱼, 尖吻黄盖鲷	25
	$\lambda_2 = 6.14$	13.40	24.36	鲚, 鲛, 中华栉孔鰕虎鱼	14
	$\lambda_3 = 4.31$	17.71	32.19	鲱鲈, 纹缟鰕虎鱼	27
	$\lambda_4 = 3.86$	21.57	39.22	小带鱼, 银鲱, 黄鲛鲷	17
	$\lambda_5 = 3.10$	24.67	44.86	斑鲷	11
	$\lambda_6 = 2.68$	27.63	50.05	遂鲷, 长鳍银鱼	12
	$\lambda_7 = 2.58$	30.11	54.75	白姑鱼, 钟魁鰕虎鱼, 中华栉孔鰕虎鱼	1
	$\lambda_8 = 2.44$	32.55	59.18	鲷, 紫斑舌鲷	24
	$\lambda_9 = 2.37$	34.92	63.49	矛尾鰕虎鱼, 长线六线鱼, 短吻红舌鲷	26

续表 1

月份	主成分特征值	特征值累积	总方差(%)	代表鱼种	集中分布站区
	$\lambda_{10} = 2.22$	37.14	67.53	乳色阿鲁鰕虎鱼	29
	$\lambda_{11} = 1.98$	39.12	71.13	鲛, 红狼牙鰕虎鱼	21
	$\lambda_{12} = 1.94$	41.06	74.66	许氏平鲈, 大泷六线鱼	13
	$\lambda_{13} = 1.77$	42.84	77.88	大银鱼, 皮氏叫姑鱼	16
	$\lambda_{14} = 1.49$	44.33	80.60	六丝矛尾鰕虎鱼	3
5	$\lambda_1 = 9.58$	9.58	11.97	棘头梅童鱼, 矛尾复鰕虎鱼, 红狼牙鰕虎鱼, 短吻三线舌鲷	29
	$\lambda_2 = 7.85$	17.43	21.79	奈氏虹, 鲱, 赤鼻梭鲈, 长线六线鱼, 豹纹东方鲈	27
	$\lambda_3 = 6.16$	23.59	29.49	中颌梭鲈, 黄鲫, 鬼鲈, 尖吻黄盖鲈, 绿鳍马面鲈	25
	$\lambda_4 = 5.58$	29.17	36.46	凤鲚, 皮氏叫姑鱼, 小黄鱼, 短吻红舌鲷, 半滑舌鲷, 菊黄东方鲈	2
	$\lambda_5 = 5.04$	34.22	42.77	长蛇鲻, 大泷六线鱼, 带纹条鲷, 虫纹东方鲈	12
	$\lambda_6 = 4.32$	38.54	48.17	美鲈, 许氏平鲈	11
	$\lambda_7 = 3.75$	42.29	52.86	青鳞小沙丁, 长绵鲈, 玉筋鱼	28
	$\lambda_8 = 3.54$	45.83	57.29	多鳞鱈, 小杜父鱼	20
	$\lambda_9 = 3.25$	49.08	61.35	白斑星鲈	24
	$\lambda_{10} = 2.92$	52.00	65.01	皱唇鲈	1
	$\lambda_{11} = 2.72$	54.72	68.40	光虹, 钟魁鰕虎鱼	4
	$\lambda_{12} = 2.46$	57.18	71.48	角木叶鲈, 假睛东方鲈	18
	$\lambda_{13} = 2.31$	59.49	74.36	普氏栉鰕虎鱼	26
	$\lambda_{14} = 1.90$	61.39	76.74	斑鲈, 鲚	14
	$\lambda_{15} = 1.80$	63.20	79.00	小带鱼, 银鲱	17
	$\lambda_{16} = 1.75$	64.95	81.19	鲚, 钝吻黄盖鲈	6
6	$\lambda_1 = 10.41$	10.41	13.52	斜带髯鲷, 鲈, 黄鳍东方鲈	27
	$\lambda_2 = 8.18$	18.59	24.15	中国虹, 凤鲚, 皮氏叫姑鱼, 黄姑鱼, 小黄鱼, 中华栉孔鰕虎鱼	21
	$\lambda_3 = 5.87$	24.46	31.77	皱唇鲈, 光虹, 小带鱼, 鲈, 带纹条鲷, 假睛东方鲈	1
	$\lambda_4 = 5.47$	29.94	38.88	奈氏虹, 青鳞小沙丁, 斑鲈, 赤鼻梭鲈, 矛尾复鰕虎鱼, 虫纹东方鲈	29
	$\lambda_5 = 4.20$	34.14	44.34	细条天竺鱼, 云鲷, 长绵鲈, 六丝矛尾鰕虎鱼	11
	$\lambda_6 = 4.12$	38.26	49.69	日本鰕, 绯鲈, 长丝鰕虎鱼	24
	$\lambda_7 = 3.63$	41.89	54.41	蓝点马鲛, 红狼牙鰕虎鱼, 钝吻三刺鲈	26
	$\lambda_8 = 3.54$	45.44	59.01	灰色梅童鱼, 银鲱	22
	$\lambda_9 = 3.23$	48.67	63.21	美鲈, 方氏云鲷, 圆斑星鲈	6
	$\lambda_{10} = 2.98$	51.65	67.08	棘头梅童鱼, 菊黄东方鲈	2
	$\lambda_{11} = 2.81$	54.47	70.73	油鲈, 多鳞鱈, 乳色阿鲁鰕虎鱼, 石鲈	30
	$\lambda_{12} = 2.31$	56.77	73.73	花鲈, 真鲷, 绿鳍马面鲈	25
	$\lambda_{13} = 1.97$	58.74	76.29	鲈, 尖嘴扁颌针鱼	14
	$\lambda_{14} = 1.94$	60.68	78.81	李氏鲈, 钝吻黄盖鲈	10
	$\lambda_{15} = 1.86$	62.54	81.22	鲚	18
7	$\lambda_1 = 10.42$	10.42	12.87	凤鲚, 鲚, 花鲈, 皮氏叫姑鱼, 鲈, 棘头梅童鱼, 银鲱, 矛尾复鰕虎鱼, 假睛东方鲈	2
	$\lambda_2 = 8.16$	18.58	22.94	青鳞小沙丁, 真燕鲈, 绿鳍鱼, 虫纹东方鲈	26
	$\lambda_3 = 5.96$	24.54	30.29	斑鲈, 油鲈, 鲈, 带纹条鲷, 半滑舌鲷	23
	$\lambda_4 = 4.98$	29.51	36.43	赤鼻梭鲈, 黄鲫, 四指马鲛, 小带鱼	14
	$\lambda_5 = 4.71$	34.22	42.24	细条天竺鱼, 长丝鰕虎鱼, 乳色阿鲁鰕虎鱼, 角木叶鲈, 绿鳍马面鲈	28
	$\lambda_6 = 4.45$	38.67	47.74	美鲈, 六丝矛尾鰕虎鱼, 红狼牙鰕虎鱼, 绒杜父鱼	12

续表 1

月份	主成分 特征值	特征值 累积	总方差 (%)	代表鱼种	集中 分布 站区
	$\lambda_7 = 4.02$	42.69	52.71	大银鱼, 鲱, 钝吻三刺鲀	30
	$\lambda_8 = 3.17$	45.86	56.62	李氏鲂, 小杜父鱼, 高眼鲈	4
	$\lambda_9 = 3.01$	48.87	60.33	斑鲆, 长绵鲷, 矛尾鰕虎鱼, 细纹狮子鱼	20
	$\lambda_{10} = 2.91$	51.77	63.92	皱唇鲨, 钟魁鰕虎鱼, 短吻红舌鲷	15
	$\lambda_{11} = 2.71$	54.48	67.26	光鲛, 中华栉孔鰕虎鱼	1
	$\lambda_{12} = 2.51$	56.99	70.36	锤头双髻鲨, 石鲈	29
	$\lambda_{13} = 2.25$	59.24	73.13	方氏云鲷, 排鲂	25
	$\lambda_{14} = 2.15$	61.39	75.79	鲷, 小黄鱼	21
	$\lambda_{15} = 2.02$	63.41	78.29	长蛇鲷, 多鳞鱈	27
	$\lambda_{16} = 1.77$	65.19	80.48	带鱼, 蓝点马鲛	10
8	$\lambda_1 = 8.58$	8.58	11.15	斑鲆, 花鲈, 真鲷, 斜带髯鲷, 鲷, 石鲈, 网纹东方鲀	30
	$\lambda_2 = 6.85$	15.43	20.04	大银鱼, 矛尾复鰕虎鱼, 黄鳍东方鲀	1
	$\lambda_3 = 6.02$	21.45	27.86	赤鼻棱鲷, 长线六线鱼, 带纹条鲷	24
	$\lambda_4 = 4.48$	25.93	33.67	鲷, 方氏云鲷, 小带鱼, 钝吻黄盖鲈	7
	$\lambda_5 = 4.24$	30.16	39.17	长绵鲷, 排鲂, 紫斑舌鲷	20
	$\lambda_6 = 3.86$	34.03	44.19	尖海龙, 黄姑鱼, 矛尾鰕虎鱼	8
	$\lambda_7 = 3.44$	37.47	48.67	鲈, 蓝点马鲛, 六丝矛尾鰕虎鱼, 绿鳍马面鲀	11
	$\lambda_8 = 3.41$	40.88	53.09	日本海马, 黑鲷, 玉筋鱼, 短鳍鲂	27
	$\lambda_9 = 3.27$	44.15	57.34	斑点莎珊鱼, 油鲛, 大泷六线鱼	6
	$\lambda_{10} = 2.96$	47.12	61.19	皱唇鲨, 棘头梅童鱼, 黑鳃梅童鱼	15
	$\lambda_{11} = 2.56$	49.68	64.52	红狼牙鰕虎鱼, 假睛东方鲀	29
	$\lambda_{12} = 2.47$	52.15	67.73	阔口真鲨	16
	$\lambda_{13} = 2.27$	54.42	70.68	鲷, 中颌棱鲷	22
	$\lambda_{14} = 2.23$	56.65	73.58	乳色阿葡鰕虎鱼	26
	$\lambda_{15} = 2.10$	58.75	76.30	角木叶鲈	4
	$\lambda_{16} = 1.88$	60.63	78.74	许氏平鲈, 绿鳍鱼	28
	$\lambda_{17} = 1.81$	62.44	81.10	皮氏叫姑鱼, 黄鳍刺鰕虎鱼	3
9	$\lambda_1 = 10.49$	10.49	12.79	星康吉鳗, 小黄鱼, 真鲷, 遂鲷, 排鲂, 带鱼, 许氏平鲈, 大泷六线鱼, 小杜父鱼, 绿鳍马面鲀	20
	$\lambda_2 = 8.92$	19.41	23.67	皱唇鲨, 多鳞鱈, 短鳍鲂, 普氏栉鰕虎鱼, 长线六线鱼	24
	$\lambda_3 = 6.89$	26.30	32.08	奈氏虹, 花鲈, 花尾胡椒鲷, 朝鲜马鲛, 褐牙鲆	26
	$\lambda_4 = 5.50$	31.81	38.79	赤虹, 凤鲛, 沟鲈, 棘头梅童鱼, 半滑舌鲷	21
	$\lambda_5 = 4.14$	35.95	43.84	日本鳎, 真燕鲷, 沟鲈, 长丝鰕虎鱼, 绿鳍鱼, 短吻三刺鲀	28
	$\lambda_6 = 3.89$	39.84	48.58	皮氏叫姑鱼, 鲈, 细纹狮子鱼	8
	$\lambda_7 = 3.67$	43.51	53.07	锤头双髻鲨, 斑鲆, 虫纹东方鲀	27
	$\lambda_8 = 3.49$	47.00	57.32	青鳞小沙丁, 赤鼻棱鲷, 铅点东方鲀	13
	$\lambda_9 = 3.29$	50.30	61.34	鲈, 灰鲳, 星点东方鲀, 假睛东方鲀	5
	$\lambda_{10} = 2.94$	53.24	64.93	鲷, 方氏云鲷, 鲷	6
	$\lambda_{11} = 2.70$	55.94	68.22	黄姑鱼, 黄鳍东方鲀	1
	$\lambda_{12} = 2.20$	58.13	70.90	大银鱼, 短吻红舌鲷, 短吻三线舌鲷	22
	$\lambda_{13} = 2.10$	60.23	73.46	黄鲫, 小带鱼	7
	$\lambda_{14} = 2.03$	62.26	75.93	石鲈	30
	$\lambda_{15} = 1.81$	64.07	78.14	白斑星鲨	4
	$\lambda_{16} = 1.73$	65.80	80.25	黑鳃梅童鱼, 矛尾鰕虎鱼	15

续表 1

月份	主成分 特征值	特征值 累积	总方差 (%)	代表鱼种	集中 分布 站区
10	$\lambda_1 = 8.20$	8.20	9.88	黑印真鲨, 美鲛, 方氏云鲷, 小杜父鱼, 细纹狮子鱼, 黄鲛鲷	20
	$\lambda_2 = 6.74$	14.93	17.99	赤鼻棱鲛, 白姑鱼, 钟魁鰕虎鱼, 紫色东方鲀	23
	$\lambda_3 = 6.32$	21.25	25.61	短鳍鲂, 带纹条鳎, 短吻红舌鳎, 窄体舌鳎, 短吻三线舌鳎	29
	$\lambda_4 = 5.17$	26.43	31.84	鲚, 蓝圆鲹, 长丝鰕虎鱼, 红狼牙鰕虎鱼	26
	$\lambda_5 = 4.94$	31.37	37.80	角木叶鲷, 圆斑星鲷, 铅点东方鲀	13
	$\lambda_6 = 4.45$	35.82	43.16	花鲈, 黄鳍刺鰕虎鱼, 矛尾复鰕虎鱼, 中华栉孔鰕虎鱼	1
	$\lambda_7 = 4.24$	40.07	48.27	斑鲆, 中颌棱鲛, 石鲷	30
	$\lambda_8 = 4.01$	44.08	53.10	黄鲫, 油鲳, 小带鱼, 蓝点马鲛, 银鲳	18
	$\lambda_9 = 3.56$	47.64	57.40	锤头双髻鲨, 鲛, 凤鲚	16
	$\lambda_{10} = 3.44$	51.09	61.55	赤虹, 海鳗, 沟鲹	28
	$\lambda_{11} = 3.17$	54.26	65.37	许氏平鲉, 假睛东方鲀	3
	$\lambda_{12} = 2.76$	57.02	68.70	短吻三刺鲀, 星点东方鲀	10
	$\lambda_{13} = 2.51$	59.53	71.73	绿鳍鱼, 长线六线鱼, 黄鳍东方鲀	24
	$\lambda_{14} = 2.41$	61.94	74.63	鲷, 皮氏叫姑鱼, 小黄鱼	17
	$\lambda_{15} = 2.01$	63.95	77.06	矛尾鰕虎鱼	27
	$\lambda_{16} = 1.96$	65.92	79.42	多鳞鱈, 排鲛	19
	$\lambda_{17} = 1.76$	67.69	81.55	大银鱼, 李氏鲱, 鲈	6
11	$\lambda_1 = 9.83$	9.83	14.46	奈氏虹, 鲷, 油鲳, 沟鲹, 银鲳, 细纹狮子鱼, 虫纹东方鲀	24
	$\lambda_2 = 6.26$	16.10	23.67	黄姑鱼, 白姑鱼, 小黄鱼, 圆斑星鲷, 星点东方鲀	18
	$\lambda_3 = 5.51$	21.61	31.77	皱唇鲨, 青鳞小沙丁, 赤鼻棱鲛, 蓝点马鲛	27
	$\lambda_4 = 4.91$	26.52	39.00	鲚, 鲛, 睛尾蝌蚪鰕虎鱼, 红狼牙鰕虎鱼, 短吻三线舌鳎	22
	$\lambda_5 = 4.76$	31.28	45.99	花鲈, 鲛, 大沈六线鱼, 高眼鲷	1
	$\lambda_6 = 4.22$	35.49	52.20	多鳞鱈, 短鳍鲂, 排鲛, 绿鳍鱼	28
	$\lambda_7 = 3.93$	39.43	67.98	网纹东方鲀, 黄鳍东方鲀, 假睛东方鲀, 黄鲛鲷	20
	$\lambda_8 = 3.59$	43.01	63.26	长丝鰕虎鱼, 普氏栉鰕虎鱼, 中华栉孔鰕虎鱼	23
	$\lambda_9 = 3.41$	44.43	68.27	孔鲷, 鲈, 虫鲷, 钝吻黄盖鲷	8
	$\lambda_{10} = 3.01$	49.43	72.70	鲛, 凤鲚, 棘头梅童鱼, 长绵鲷	10
	$\lambda_{11} = 2.71$	52.14	76.68	黑鳃梅童鱼, 六丝矛尾鰕虎鱼	9
	$\lambda_{12} = 2.52$	54.67	80.39	玉筋鱼, 石鲷	11
12	$\lambda_1 = 10.36$	10.36	20.32	斑鲆, 鲛, 尖海龙, 细条天竺鱼, 方氏云鲷, 大沈六线鱼, 小杜父鱼, 高眼鲷, 角木叶鲷, 黄鲛鲷	20
	$\lambda_2 = 4.57$	14.93	29.27	凤鲚, 花鲈, 黑鳃梅童鱼, 菊黄东方鲀	24
	$\lambda_3 = 4.06$	18.99	37.24	乳色阿葡鰕虎鱼, 睛尾蝌蚪鰕虎鱼, 半滑舌鳎	22
	$\lambda_4 = 3.48$	22.48	44.07	排鲛, 矛尾鰕虎鱼, 中华栉孔鰕虎鱼, 短吻红舌鳎	26
	$\lambda_5 = 2.93$	25.40	49.81	黄鲫, 矛尾复鰕虎鱼	27
	$\lambda_6 = 2.69$	28.09	55.09	黄姑鱼, 普氏栉鰕虎鱼	12
	$\lambda_7 = 2.60$	30.69	60.18	黑鲷, 钟魁鰕虎鱼, 长丝鰕虎鱼	23
	$\lambda_8 = 2.42$	33.11	64.92	鲚, 皮氏叫姑鱼, 长绵鲷	1
	$\lambda_9 = 2.27$	35.38	69.37	大银鱼, 李氏鲱	6
	$\lambda_{10} = 1.90$	37.28	73.10	多鳞鱈, 鲛	8
	$\lambda_{11} = 1.67$	38.95	76.38	小黄鱼, 钝吻黄盖鲷	7
	$\lambda_{12} = 1.50$	40.45	79.32	日本海马, 鲛	29
	$\lambda_{13} = 1.46$	41.92	82.19	星点东方鲀	28

表 2 1992—1993 年 NED 资料的 R 型因子分析结果

月份	主成分 特 值	特征值 累 积	总方差 (%)	代 表 鱼 种	集中 分布 站区
2	$\lambda_1 = 3.57$	3.57	19.81	鲮, 长绵鲷, 矛尾复鰕虎鱼	6
	$\lambda_2 = 3.14$	6.71	37.27	美鲷, 方氏云鲷, 细纹狮子鱼	11
	$\lambda_3 = 2.46$	9.17	50.96	日本鲷, 花鲈	16
	$\lambda_4 = 1.97$	11.14	61.89	安氏新银鱼, 短鳍鲷, 短吻红舌鲷	25
	$\lambda_5 = 1.60$	12.74	70.79	棘头梅童鱼, 玉筋鱼, 矛尾鰕虎鱼	17
	$\lambda_6 = 1.54$	14.28	79.32	孔鲷	18
	$\lambda_7 = 1.11$	15.39	85.49	凤鲚, 鲚	4
5—6	$\lambda_1 = 6.91$	6.91	16.06	中颌棱鲷, 凤鲚, 皮氏叫姑鱼, 棘头梅童鱼, 中华栉孔鰕虎鱼, 短吻红舌鲷	2
	$\lambda_2 = 4.79$	11.70	27.20	小带鱼, 许氏平鲷, 钝吻黄盖鲷	11
	$\lambda_3 = 4.04$	15.73	36.59	青鳞小沙丁, 赤鼻棱鲷, 银鲷, 虫纹东方鲀	29
	$\lambda_4 = 3.74$	19.47	45.28	长绵鲷, 绯鲷, 鬼鲈	6
	$\lambda_5 = 3.01$	22.48	52.28	带鱼, 蓝点马鲛	25
	$\lambda_6 = 2.68$	25.16	58.52	鲚, 玉筋鱼	4
	$\lambda_7 = 2.53$	27.69	64.40	长蛇鲷, 白姑鱼	7
	$\lambda_8 = 1.95$	29.64	68.93	鲷, 半滑舌鲷	1
	$\lambda_9 = 1.82$	31.46	73.16	鲷, 油鲳	10
	$\lambda_{10} = 1.62$	33.08	76.92	矛尾鰕虎鱼	9
	$\lambda_{11} = 1.51$	34.59	80.43	黑鳃梅童鱼	7
8	$\lambda_1 = 11.18$	11.18	20.33	皱唇鲨, 鲷, 带鱼, 菊黄东方鲀, 假睛东方鲀	1
	$\lambda_2 = 7.10$	18.28	33.24	青鳞小沙丁, 短鳍鲷, 绯鲷, 大泷六线鱼, 绿鳍马面鲀	6
	$\lambda_3 = 6.48$	24.76	45.02	沟鲈, 石鲷, 带纹条鲷, 短吻三刺鲀, 虫纹东方鲀, 星点东方鲀	29
	$\lambda_4 = 5.51$	30.27	55.03	黄鲫, 皮氏叫姑鱼, 白姑鱼, 小黄鱼, 六丝矛尾鰕虎鱼, 褐牙鲆	13
	$\lambda_5 = 3.73$	34.00	61.82	黄姑鱼, 棘头梅童鱼, 矛尾复鰕虎鱼, 中华栉孔鰕虎鱼, 短吻三线舌鲷	2
	$\lambda_6 = 3.15$	37.15	67.54	油鲳, 方氏云鲷, 小带鱼	11
	$\lambda_7 = 2.75$	39.89	72.53	中颌棱鲷, 黄鳍东方鲀	5
	$\lambda_8 = 2.15$	40.04	76.43	鲷, 长绵鲷	7
	$\lambda_9 = 2.05$	44.09	80.16	长蛇鲷, 多鳞鲷	10
10	$\lambda_1 = 8.75$	8.75	14.59	青鳞小沙丁, 斑鲷, 赤鼻棱鲷, 中颌棱鲷, 鲷, 沟鲈, 银鲷, 双斑东方鲀, 黄鳍东方鲀	27
	$\lambda_2 = 5.88$	14.63	24.39	小黄鱼, 长丝鰕虎鱼, 许氏平鲷, 褐牙鲆, 角木叶鲷, 短吻红舌鲷	11
	$\lambda_3 = 5.40$	20.03	33.39	多鳞鲷, 石鲷, 带纹条鲷	28
	$\lambda_4 = 5.02$	25.05	41.75	六丝矛尾鰕虎鱼	23
	$\lambda_5 = 4.35$	29.40	49.00	玉筋鱼, 绯鲷, 钝吻黄盖鲷, 绿鳍马面鲀	6
	$\lambda_6 = 3.80$	33.20	55.33	鲷, 绿鳍鱼	25
	$\lambda_7 = 3.52$	36.72	61.20	鲮, 灰鲷, 矛尾复鰕虎鱼, 星点东方鲀	29
	$\lambda_8 = 3.20$	39.92	66.54	鲷, 绒杜父鱼	12
	$\lambda_9 = 2.58$	42.50	70.84	李氏鲷, 矛尾鰕虎鱼	9
	$\lambda_{10} = 2.49$	44.99	74.99	鲷, 黄鲫, 带鱼	24
	$\lambda_{11} = 2.09$	47.08	78.46	凤鲚	5
	$\lambda_{12} = 2.02$	49.10	81.48	鲚, 细纹狮子鱼	26

种,后者除安氏新银鱼(*Neosalanx anderssoni*)和暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*)外,其余各种均在第一次调查中出现过。同一时期的不同月份间,鱼种数越多,第一主成分代表鱼种亦越多,表明某一站区内相关关系较为密切的鱼种 *NED* 愈丰富。例如 1982—1985 年 2 月份共出现 37 种鱼,相应的第一主成分代表鱼种 6 种;9 月份鱼种数 82 种,其代表鱼种为 10 种。根据主成分特征值和方差累积百分比值的逐月变化规律,1982—1985 年的周年 *NED* 资料内出现的第一主成分代表鱼种数为 54 种,暖温性鱼种占首位,为 53.70%;暖水种其次,为 31.48%;冷温种也占有相当的比例,达 14.82%,这与渤海鱼类群落结构的分析结果基本一致(朱鑫华等, 1995)。冷温种方氏云鲷(*Enchelyopus fangi*)、暖温种大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)和小杜父鱼(*Cottiunculus gonzalez*)出现 3 次,长丝鰕虎鱼(*Cryptocentrus filifer*)、鲚(*Coilia ectenes*)、许氏平鲈(*Sebastes schlegelii*)、绯鲈(*Callionymus beniteguri*)、小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、矛尾复鰕虎鱼(*Synechogobius hasta*)、斜带髯鲷(*Haplogenyx nites*)、花鲈(*Lateolabrax japonicus*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、斑鲷(*Clupanodon punctatus*)、真鲷(*Pagrosomus major*)、细纹狮子鱼(*Liparis tanaka*)和黄鲛鲷(*Lophius litulon*)等 14 种鱼全年中累计出现均为 2 次,其余 37 种仅为一次。

根据因子分析模型中主成分分析法提取的公因子间互不相关的原则,1982—1985 年全年公因子数均大于 10 个,5—10 月达 15—17 个,11 月至翌年 4 月则为 11—14 个;与此同时出现的鱼种数分别变化于 77—83 种和 37—68 种之间。经对逐月出现的鱼种数与公因子数间的相关分析,表明两者间呈显著正相关($r = 0.8996$, $df = 10$, $p < 0.0001$)。1982—1985 年 2,5,8,10 月出现鱼种数分别为 37, 80, 77 和 83 种,与第一主成分出现的鱼种数成弱负相关($r = -0.1603$, $df = 2$, $p > 0.5$); 1992—1993 年 4 个季度月的鱼种数为 18, 43, 55 和 60 种,平均减少 38.47%,与第一主成分鱼种数成显著正相关($r = 0.9148$, $df = 2$, $p < 0.1$),公因子数降低 36.02%,表明鱼种数的减少导致群落内优势种间联系较为紧密,而第一主成分代表鱼种数平均增加了 8.93%。显然,鱼种数与公因子数成显著正相关($r = 0.9140$, $df = 6$, $p < 0.001$),即鱼种数越多,公因子数亦增加,相关关系较为密切的鱼种空间组合更为多样。由于公因子作为系统成分的综合信息量度,其公因子数目和结构可作为海洋鱼类群落结构变化的特征指标。

2. 主成分特征鱼种与典型站区间的空间分布关系 在某一月份鱼类群落内,由于第一主成分刻画了各鱼种间以个体数生态密度为指标的种间关系,而“数量分布占优势的鱼种”的结构成分是形成这一关系的重要特征(徐青, 1988)。从表 1 可见,除 2 月、7 月第一主成分出现在辽东湾 1—3 站外,9—12 月主要出现于渤海海峡的 20, 24, 25 站,5, 6, 8 月均以莱州湾内的 27, 29, 30 站为个体数分布密集区。根据渔业生态学分析结果,119 种鱼中占 55.46% 的鱼种先后在辽东湾和莱州湾产卵,其后代大多集中在沿岸或河口育幼(姜言伟等, 1988),因此这里是除鲱科、鲱科和鰕虎鱼科外的小型鱼类和其他种幼鱼的生长发育区。此外,其他主成分代表鱼种所出现的站区间分布,以辽东湾 1 号站和莱州湾 27 号站的频率最高,全年间就有 11 个月。因这些区域水深较浅,1 月份局部范围有冰冻,故以冷温性鱼种 *NED* 为主。1992—1993 年的季度月调查结果表明,2, 5, 8 月的第一主成分鱼种分别出现在辽东湾的 6, 2, 1 号站,仅 10 月份出现于莱州湾 27 号站,且其他各主成分

表 3 1982—1985 年 NED 资料的 Q 型分析结果

月份	主成分 特征值	特征值 累积	总方差 (%)	代 表 站 区	代 表 鱼 种
1	$\lambda_1 = 17.78$ $\lambda_2 = 2.76$ $\lambda_3 = 2.13$ $\lambda_4 = 1.80$	17.78 20.54 22.67 24.47	59.27 68.48 75.58 81.57	3,4,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,18,22,23,24,25,28 19,20 27,30 1,2	黑 鳃 梅 童 鱼 凤 鲚 石 鲈 孔 鲈
2	$\lambda_1 = 18.70$ $\lambda_2 = 4.88$ $\lambda_3 = 1.79$	18.70 23.59 25.37	62.34 78.62 84.58	1,2,11,12,14,16,20,25,28,30 3,4,5,6,7,8,9,10,15,17,18,21 22	凤 鲚 黑 鳃 梅 童 鱼 矛 尾 复 鰕 虎 鱼
3	$\lambda_1 = 19.13$ $\lambda_2 = 4.42$ $\lambda_3 = 1.67$	19.13 23.55 25.22	63.78 78.52 84.07	1,2,4,5,6,7,8,11,15,16,17,21,22,24 12,14,23,27,28,30 3,9,29	黑 鳃 梅 童 鱼 凤 鲚 大 银 鱼
4	$\lambda_1 = 16.48$ $\lambda_2 = 2.89$ $\lambda_3 = 2.66$ $\lambda_4 = 1.69$ $\lambda_5 = 1.35$	16.48 19.38 22.03 23.72 25.07	54.94 64.59 73.45 79.08 83.58	8,9,11,12,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,28 1,2,4 27,30 14,26,29 10	黑 鳃 梅 童 鱼 凤 鲚 排 鲈 短 吻 红 舌 鲷 六 丝 矛 尾 鰕 虎 鱼
5	$\lambda_1 = 13.32$ $\lambda_2 = 7.14$ $\lambda_3 = 2.46$ $\lambda_4 = 1.52$	13.32 20.46 22.92 24.44	44.40 68.21 76.40 81.47	3,6,7,8,9,10,12,13,17,18,24,25,27 1,4,14,15,16,21 22,23,26 2,19	鳀 黑 鳃 梅 童 鱼 黄 鲫 小 黄 鱼
6	$\lambda_1 = 13.79$ $\lambda_2 = 5.69$ $\lambda_3 = 2.47$ $\lambda_4 = 1.83$ $\lambda_5 = 1.28$	13.79 19.48 21.94 23.77 25.05	45.97 64.92 73.14 79.24 83.50	3,4,6,7,8,9,10,11,12,17,18,19,20,23,24 1,2,14,15,22 16,26,30 25,27 5	鳀 黄 鲫 短 吻 红 舌 鲷 绿 鳍 马 面 鲷 黑 鳃 梅 童 鱼
7	$\lambda_1 = 10.66$ $\lambda_2 = 6.23$ $\lambda_3 = 4.41$ $\lambda_4 = 2.63$ $\lambda_5 = 1.80$	10.66 16.89 21.29 23.92 25.71	35.52 56.29 70.98 79.73 85.72	3,6,7,8,9,12,17,18,19,20,25,28 1,2,4,15,21,22 24,26,27,29,30 5,14,16,23 10,11	鳀 小 黄 鱼 细 条 天 竺 鱼 黄 鲫 蓝 点 马 鲛
8	$\lambda_1 = 12.27$ $\lambda_2 = 5.21$ $\lambda_3 = 3.14$ $\lambda_4 = 2.83$ $\lambda_5 = 1.74$	12.27 17.48 20.62 23.45 25.20	40.90 58.27 68.74 78.18 83.99	3,4,5,7,9,10,14,17,19,21,23,24 11,18,20,25,26 1,15,16,22 27,29,30 2	黄 鲫 蓝 点 马 鲛 黑 鳃 梅 童 鱼 真 鲷 小 黄 鱼
9	$\lambda_1 = 9.41$ $\lambda_2 = 5.56$ $\lambda_3 = 3.26$ $\lambda_4 = 2.37$ $\lambda_5 = 2.01$ $\lambda_6 = 1.66$	9.41 14.97 18.24 20.61 22.62 24.28	31.38 49.91 60.79 68.69 75.40 80.93	1,4,5,7,17,26,29 10,12,18,20,22,25 14,15,16,23 3,9 19,28 2,13	黄 鲫 小 黄 鱼 黑 鳃 梅 童 鱼 鳀 沟 鲻 赤 鼻 梭 鲃

续表 3

月 份	主 成 分 特 征 值	特征值 累 积	总方差 (%)	代 表 站 区	代 表 鱼 种
10	$\lambda_1 = 7.47$	7.47	24.92	5,14,18,22,23,26	黄 鲫
	$\lambda_2 = 5.89$	13.36	44.55	6,7,11,19,20,25	细条天竺鱼
	$\lambda_3 = 3.47$	16.83	56.10	1,16,17	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_4 = 2.96$	19.79	65.97	12,13,24	皮氏叫姑鱼
	$\lambda_5 = 2.59$	22.38	74.59	27,29,30	短吻红舌鲷
	$\lambda_6 = 1.47$	23.84	79.48	9,10	银 鲳
	$\lambda_7 = 1.29$	25.14	83.80	3,8	鳀
11	$\lambda_1 = 12.38$	12.38	41.27	1,2,3,4,7,9,11,12,13,15,16,17,21,25	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_2 = 5.39$	17.77	59.24	6,8,10,20,27,28	鳀
	$\lambda_3 = 4.27$	22.04	73.47	5,22,30	棘头梅童鱼
	$\lambda_4 = 2.90$	24.94	83.13	18,23,24	黄 鲫
12	$\lambda_1 = 15.90$	15.90	53.00	2,3,4,6,7,8,9,10,11,15,19,21,25,30	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_2 = 5.34$	21.24	70.79	20,24,27,28	凤 鲚
	$\lambda_3 = 2.28$	23.52	78.40	5,16,23,26	短吻红舌鲷
	$\lambda_4 = 1.60$	25.12	83.74	12,13,17	棘头梅童鱼

1

表 4 1992—1993 年 NED 资料的 Q 型因子分析结果

月 份	主成分 特征值	特征值 累积	总方差 (%)	代 表 站 区	代 表 鱼 种
2	$\lambda_1 = 8.67$	8.67	54.19	17,6,18,11,16,10,12	棘头梅童鱼
	$\lambda_2 = 3.02$	11.69	73.09	27,23,19,24,25	安氏新银鱼
	$\lambda_3 = 2.50$	14.19	88.71	8,4,7	凤 鲚
5—6	$\lambda_1 = 16.62$	16.62	66.47	23,7,16,10,3,26,6,28,24,9,11,18,8,19,1,25,17	鳀
	$\lambda_2 = 3.23$	19.85	79.39	5,2,15,4	黄 鲫
	$\lambda_3 = 1.75$	21.59	86.33	30,29	赤 鼻 梭 鳀
8	$\lambda_1 = 7.72$	7.72	35.08	7,12,3,8,4,25,6	鳀
	$\lambda_2 = 5.83$	13.55	61.58	15,16,17,9,23	小 黄 鱼
	$\lambda_3 = 2.62$	16.16	73.47	11,19	小 带 鱼
	$\lambda_4 = 1.93$	18.09	82.22	1,2,26	棘头梅童鱼
10	$\lambda_1 = 7.81$	7.81	33.94	6,26	斑 鳃
	$\lambda_2 = 4.17$	11.97	52.06	7,25,17,3,19	鳀
	$\lambda_3 = 3.45$	15.42	67.06	5,2,8,12,4	棘头梅童鱼
	$\lambda_4 = 2.07$	17.49	76.06	9,16	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_5 = 1.68$	19.18	83.38	11,29	小 黄 鱼

以此站为中心,分布于该湾内的各调查站。综上所述,根据主成分特征鱼种组成及其在各站区间 NED 数量分布特征,可将渤海水域划分为 3 个集中区,即莱州湾(23—30 号站)、辽东湾(1,3,4 和 6—9 号站)和渤海湾—渤海中部(10—23 号站)。

3. 站区间各鱼种 NED 的分布关系 经分析周年站区间各鱼种 NED 数量分布

关系(表3)。可见,第一主成分逐月所出现的空间分布频率以冬季11—4月较高,最高可达18个站;秋季9—10月份则较少,仅为6—7个站,缺乏全年均列为第一主成分的代表站。在某一月份共同出现的站区中,彼此关系密切的有三类站:(1)渤海辽东湾、渤海湾、莱州湾和渤海中部的大部分区域,主要有3,4,6,7,8,9,10,13,17,18,19,22,23,24,27号等15站;(2)辽东湾1,2号站和渤海湾15,16,21号站的沿岸区以及渤海海峡11,12,20,25,28,30号站;(3)包括5,14,26,29号站。这三类空间集合站的分布格局因生态环境因素,如底层水温、盐度和水深等差异,致使群落内NED分布区域彼此间相互排斥。与1992—1993年季度月调查资料相比(表4),2,5,8,10月NED主成分站区的相同率分别为20%,76.92%,23.08%和16.67%,表明春季鱼类群落的主成分代表鱼种重现概率较高。

1992—1993年作为第二主成分代表站区的逐月分布格局在2月份形成沿辽东湾的3—10号站,渤海湾的15,21号站和渤海中部的17,18号站等12个站在内的NED分布区,群落结构次要成分的空间分布几与20m等深线平行。随着水温的升高,群落主成分鱼种逐渐向沿岸内湾和河口湾处推进,4—7月该成分形成辽东湾1,2,4号站和渤海湾14,15,16,21,22号站的NED集中分布区。一旦温度下降,此主成分鱼种随即进入深水区。

4. 典型站区代表鱼种主成分特征 1982—1985年间黑鳃梅童鱼在冬季1,3,4,11,12月为第一主成分代表鱼种,2月份为凤鲚所代替,5—7月份鲢则成为空间分布的优势鱼种,8—10月份黄鲫成为第一主成分鱼种。由此可见,渤海鱼类群落的NED分布特征主要受以上4种鱼所控制,而小黄鱼,短吻红舌鲷、细条天竺鱼、蓝点马鲛、棘头梅童鱼等5种居次要地位。此外,石鲈、孔鳐、矛尾复鰕虎鱼、大银鱼、绯鲈、六丝矛尾鰕虎鱼在1—4月份居第三至五主成分,绿鳍马面鲀、真鲷、沟鲈、赤鼻棱鳀、皮氏叫姑鱼、银鲳等6种鱼在6—10月间成为次要成分的代表种。在1992—1993年的调查中,2月份棘头梅童鱼、5月、8月份鲢成为第一主成分,基本代表了该时期优势种结构成分的空间变化特征,10月份则由斑鲈取代了10年前的黄鲫。在1982—1985年渤海资源生态调查期间,渔业资源的开发利用已经处于过度阶段,尽管自1985年实施禁止机轮拖网渤海作业等资源保护措施以来,大大降低了人类活动对近海海洋生物资源的过度利用,但生态系统的退化已在相当程度上改变了生物群落自然发展的节律。近期资料的分析结果表明,鲢已成为渤海鱼类群落结构成员中的绝对优势种,其次是斑鲈、安氏新银鱼、小黄鱼幼鱼、黄鲫、凤鲚、赤鼻棱鳀和小带鱼等鱼种共同构成了渤海鱼类群落的主体。渤海鱼类群落主成分结构由1982—1985年间的黄鲫转变为1992—1993年间的鲢,究其摄食生态研究中营养级划分,邓景耀等(1988)报道的黄鲫和鲢的营养级分别为2.4和2.6,这两种均属浮游动物食性,这种群落优势种成分营养级的升高,是否成为生态系统退化或进化的信号,还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 邓景耀、孟田湘、任胜民,1986,渤海鱼类食物关系的初步研究,生态学报,6(4):256—264。
田明诚、孙宝龄、杨纪明,1993,渤海鱼类区系分析,海洋科学集刊,33:157—167。
朱鑫华等,1994a,黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究,海洋学报,16(3):100—112。
朱鑫华等,1994b,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, 1995, 渤海鱼类群落结构特征的研究, 海洋与湖沼, 27(1): 6—13。
- 姜言伟、万瑞景、陈瑞盛, 1988, 渤海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼调查研究, 海洋水产研究, 9: 121—150。
- 於崇文等, 1980, 数学地质的方法与应用, 冶金工业出版社, 149—206。
- 周建魁, 1984, 胶州湾鱼类数量分布关系的因子分析, 海洋通报, 3(3): 58—67。
- 徐青, 1988, 大亚湾鱼类数量分布关系的因子分析, 热带海洋, 第1期: 91—101。
- Ardissou P. L., E. Bourget, and P. Legendre, 1990, Multivariate approach to study species assemblage at large spatiotemporal scales: the community structure of the epibenthic fauna of the estuary and gulf of St. Lawrence, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1364—1377.
- Diamond J. and T. J. Case, 1986, Community Ecology, Happer & Row, Publisher, New York. 665.
- Gauch H. G. Jr., 1982, Multivariate Analysis in Community Ecology, Cambridge University Press, London, 382.
- Legendre L. and P. Legendre, 1983, Numerical Ecology, Developments in Environmental Modeling 3. Elsevier Scientific Publisher Company, Amsterdam, 307—312.
- Morris, D. W., 1987, Ecological scale and habitat use, *Ecology*, 68: 362—369.
- Ulanowicz, R. E. and T. Platt (ed.), 1985, Ecosystem theory in biological oceanography, *Can Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 213: 260.
- Washington, H. G., 1984, Biotic diversity and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystem, *Water Res.*, 18: 653—694.

SPATIOTEMPORAL PATTERNS OF FISH COMMUNITY IN BOHAI SEA USING FACTOR ANALYSIS OF INDIVIDUAL NUMBER INDICATORS*

Zhu Xinhua

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

Factor analysis was used to extract the spatiotemporal patterns of the whole fish community from *NED* (ecological density in number) in the inter-decade period from 1982—1985 to 1992—1993. Analogous relationship between principal representative species and amalgamated stations for those distributions of *NED* has shown dynamic trends that led to the seasonal alternation. In the same period of different months, the more species occurred, the more the first principal representative species. Positive relation of species number to commonalty resulted in more diversity combinations in the spatial distribution. According to these patterns among the total species number and principal representative species as well as numerous intrusions into the specific stations, three sub-regions were defined in Laizhou Bay (from stations 23 to 30). Liaodong Bay (from stations 1, 3, 4, 6—9) as well as Bohai Bay and its middle part (from stations 10 to 23). Among the 30 stations in the Bohai Sea, there were 18 stations to be ascribed to the first principal components of *NED* spatial distribution from November to April, more than those in Autumn and no station appeared of every station to the whole months. The inter-decade data showed more species re-occurred in spring and Japanese anchovies, *Engraulis japonicus*, has become predominant species under the prevailing fisheries ecological condition.

* Contribution No. 2389 from Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.