

渤海鱼类群落生物量指标 时空格局的因子分析^{*}

朱 鑫 华

(中国科学院海洋研究所)

渤海鱼类群落个体数指标时空格局的因子分析(朱鑫华,1996;朱鑫华等,1996)表明,在个体数量占优势的群落内,同一月份总鱼种数与第一主成分代表鱼种数成正相关。然而,由于鱼类群落内不同种间个体大小差异悬殊,加上同一鱼种的不同生活史阶段个体重量生长速率变化,导致群落个体数量特征分析多强调了小型种间的相互作用关系,而忽视了大型种,尤其是产卵群体的补充作用(Laevastu and Larkins, 1981; Margalef, 1979)。本文以生物量指标为目标变量,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——鱼种生物量生态密度(BED)时空分布格局,主要探讨群落结构时空格局易变性和稳定性,并以相隔 10 年的季度月资料比较分析,研究生态系统内群落演替动态过程间的相互关系(Ulanowicz and Platt, 1985)。

一、材料和方法

所用材料均取自渤海增殖水域相隔 10 年的渔业生态学基础调查:1982—1985 年周年试捕和 1992—1993 年季度月取样。其调查站区(图 1)和原始数据标准化处理方法参见朱鑫华等(1996)、朱鑫华(1996)、董大均(1993)和於崇文等(1980)有关研究报道。本文应用 Statistica 4.0 和 SAS 6.02 中的 FACTOR 分析模块,对原始数据构成种类×站区的二维数据阵 X 进行 $\frac{X_{ij}-\bar{X}_i}{S_i}$ 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,指定因子旋转方式为方差最大正交旋转。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告 2388 号。

本文承蒙导师杨纪明教授、唐启升教授的热情指导;中国水产科学研究院黄海水产研究所邓景耀研究员、孟田湘研究员和姜言伟副研究员等曾给予许多支持,在此一并致谢。

收稿日期:1995 年 2 月 15 日。

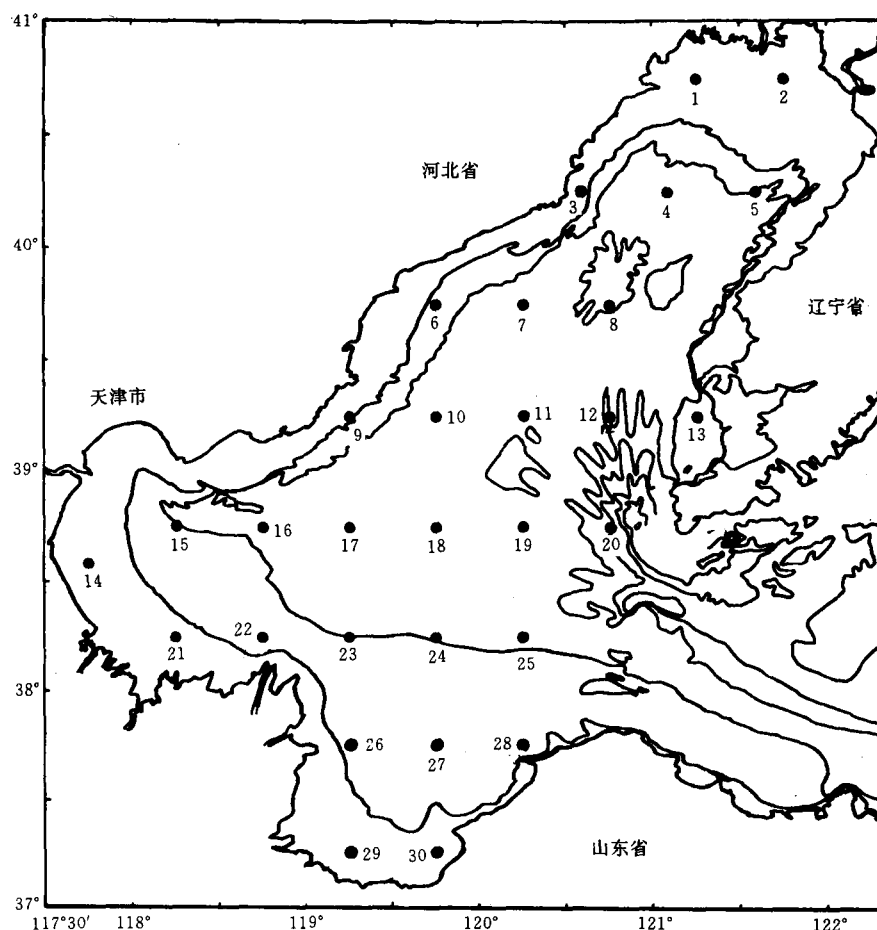


图1 取样资料的统计分区

二、结 果

1. 群落变量的 R 型相互关系 据 1982—1985 周年调查资料(成庆泰等,1975,田明诚等,1993,朱鑫华等,1996),渤海鱼类记录 119 种;在 1992—1993 年调查期间,增加鱼种记录安氏新银鱼(*Neosalanx anderssoni*)和暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*)等 2 种。在这 121 种鱼类中,117 种先后出现于某一月份的主成分特征中(表 1)。随着鱼种数的增加,总方差大于 80% 的主成分数亦多,其相关关系十分显著($r=0.9051, df=10, p<0.001$)。暖季 5—8 月鱼种数变化于 77—83 种之间,主成分数达 16—18 个;而在冷季 11—4 月间,主成分数均少于 15 个,相应的鱼种数变化于 37(2 月)—68(11 月)种之间。除了鱼种数影响主成分因子数外, *BED* 数量指标的逐月变化亦作用于主成分特征数的状态值($r=0.7974, df=10, p<0.001$),表明群落主成分鱼种在空间生态位分布的聚合程度既决定于该月份出现的总鱼种数,又与 *BED* 指标的数量大小相关联。

在全年出现的主成分代表鱼种中,先后被列为第一主成分鱼种者达 54 种。依鱼种的

生态区系特点,暖温种占首位,达 50.00%(27 种, *BED* 占 39.97%);暖水种次之,占 35.19%(19 种, *BED* 占 28.99%);冷温种最少,占 14.81%(8 种, *BED* 占 5.64%)。与 *NED* 分析结果相比,暖温种比例下降 3.7%,暖水种有所上升,冷温种基本稳定。按第一主成分代表鱼种的出现频率分析,冷温种方氏云鲷(*Enedrias fangi*)和暖温种绯鲷(*Callionymus beniteguri*)、许氏平鲷(*Sebastes schlegeli*)、大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)、小杜父鱼(*Cottiusculus gonzalez*)等 5 种鱼出现 3 次,其 *BED* 占 0.25%。16 种鱼累计出现 2 次,包括冷温种细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)和长绵鲷(*Enchelyopus elongatus*)等 2 种, *BED* 占 0.83%;暖温种小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、黄鲛鲷(*Lophius litulon*)、长线六线鱼(*Hexagrammos lagocephalus*)、奈氏缸(*Dasyatis navarrae*)、真鲷(*Pagrosomus major*)、花鲈(*Lateolabrax japonicus*)、李氏鲷(*Callionymus richardsoni*)、角木叶鲷(*Pleuronichthys cornutus*)、鲚(*Coilia ectenes*)、矛尾复鰕虎鱼(*Synechogobius hasta*)等 10 种鱼, *BED* 占 17.97%;暖水种绿鳍马面鲀(*Navodon septentrionalis*)、细条天竺鱼(*Apogonichthys lineatus*)、沟鲈(*Atropus atropus*)、赤鼻棱鲷(*Thrissa kammalensis*)等 4 种鱼, *BED* 达 2.89%。太平洋鲱(*Clupea harengus pallasii*)和美鲷(*Raja pulchra*)等 5 种冷温种,鲷(*Engraulis japonicus*)和蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)等 13 种暖温种,以及黄鲫(*Setipinna taty*)和斑鲷(*Clupanodon punctatus*)等 15 种暖水种均出现一次,它们在 *BED* 结构中分别占 4.77%、21.79%和 26.10%。显然,渤海鱼类群落结构鱼种间季节更替具有明显的周期节律,以暖温性和暖水性主成分出现一次者居优势地位。

表 1 1982—1985 年 *BED* 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	$\lambda_1=5.84$	5.84	14.97	凤鲚、花鲈、李氏鲷、绯鲷、褐牙鲷、角木叶鲷	20
	$\lambda_2=4.22$	10.06	25.79	乳色阿葡鰕虎鱼、睛尾蝌蚪鰕虎鱼、窄体舌鲷、短吻三线舌鲷	23
	$\lambda_3=3.83$	13.89	35.61	方氏云鲷、玉筋鱼、钝吻黄盖鲷	6
	$\lambda_4=3.41$	17.29	44.34	棘头梅童鱼、长丝鰕虎鱼、许氏平鲷、短吻红舌鲷	25
	$\lambda_5=2.83$	20.12	51.60	孔鲷、六丝矛尾鰕虎鱼、细纹狮子鱼	18
	$\lambda_6=2.73$	22.85	58.60	钟魁鰕虎鱼	15
	$\lambda_7=2.05$	24.90	63.85	小带鱼、普氏栉鰕虎鱼	3
	$\lambda_8=1.92$	26.82	68.78	鲛、石鲷	29
	$\lambda_9=1.69$	28.52	73.12	中华栉孔鰕虎鱼、高眼鲷	9
	$\lambda_{10}=1.52$	30.04	77.03	鲚	5
	$\lambda_{11}=1.31$	31.35	80.38	长线六线鱼	24
2	$\lambda_1=5.81$	5.81	15.71	鲚、黑鳃梅童鱼、长绵鲷、许氏平鲷、大泷六线鱼	3
	$\lambda_2=4.62$	10.44	28.21	钟魁鰕虎鱼、乳色阿葡鰕虎鱼、矛尾复鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼	27
	$\lambda_3=3.88$	14.31	38.68	美鲷、小杜父鱼、褐牙鲷、角木叶鲷	20
	$\lambda_4=3.18$	17.49	47.28	大银鱼、方氏云鲷、短鳍鲷、	25
	$\lambda_5=2.60$	20.09	54.31	鲛、半滑舌鲷	16
	$\lambda_6=2.17$	22.27	60.18	花鲈、李氏鲷	10
	$\lambda_7=2.07$	24.34	65.77	玉筋鱼、细纹狮子鱼	7
	$\lambda_8=1.71$	26.04	70.39	钝吻黄盖鲷、石鲷	26
	$\lambda_9=1.66$	27.71	74.88	高眼鲷	11

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
3	$\lambda_{10}=1.44$	29.14	78.77	棘头梅童鱼、普氏栉鰕虎鱼	2
	$\lambda_{11}=1.17$	30.32	81.94	睛尾蝌蚪鰕虎鱼、短吻红舌鳎	23
	$\lambda_1=5.45$	5.45	13.97	方氏云鳎、李氏鲻、绯鲻、长丝鰕虎鱼、普氏栉鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼	25
	$\lambda_2=4.72$	10.17	26.07	美鲷、许氏平鲉、小杜父鱼、赵氏狮子鱼	20
	$\lambda_3=3.62$	13.79	35.36	日本海马、乳色阿葡鰕虎鱼、钝吻黄盖鲷	27
	$\lambda_4=3.23$	17.02	51.53	凤鲆、花鲈、黑鳃梅童鱼	23
	$\lambda_5=3.08$	20.10	51.53	斑鲷、白姑鱼、高眼鲷	19
	$\lambda_6=2.67$	22.76	58.37	黄姑鱼、半滑舌鳎	8
	$\lambda_7=2.37$	25.13	64.44	鲉、棘头梅童鱼、长绵鲷	13
	$\lambda_8=2.15$	27.28	69.95	中华栉孔鰕虎鱼、褐牙鲆	28
	$\lambda_9=1.84$	29.12	74.68	鲆、睛尾蝌蚪鰕虎鱼	4
4	$\lambda_{10}=1.68$	30.81	79.20	鲆、短吻红舌鳎	26
	$\lambda_{11}=1.53$	32.34	82.91	大银鱼、石鲈	29
	$\lambda_1=7.88$	7.88	14.33	黄鲫、多鳞鱈、黄姑鱼、小黄鱼、许氏平鲉、尖吻黄盖鲷	25
	$\lambda_2=5.68$	13.56	24.65	斑鲷、鲆、鲉、中华栉孔鰕虎鱼	14
	$\lambda_3=4.81$	18.36	33.39	鲆、乳色阿葡鰕虎鱼、褐牙鲆、石鲈	29
	$\lambda_4=3.56$	21.93	39.87	玉筋鱼、绯鲻、纹缟鰕虎鱼、圆斑星鲷	27
	$\lambda_5=3.41$	25.34	46.07	小带鱼、黄鲛鲷	17
	$\lambda_6=3.06$	28.40	51.64	斑鲷、钝吻黄盖鲷	11
	$\lambda_7=2.99$	31.48	57.06	凤鲆、花鲈、黑鳃梅童鱼、红狼牙鰕虎鱼、菊黄东方鲀	21
	$\lambda_8=2.68$	34.06	61.93	长鳍银鱼、遂鲷	12
	$\lambda_9=2.42$	36.49	66.34	钟魁鰕虎鱼、矛尾复鰕虎鱼、矛尾鰕虎鱼	1
	$\lambda_{10}=2.19$	38.67	70.32	长线六线鱼、短吻红舌鳎	26
	$\lambda_{11}=1.67$	40.35	73.36	红鳍东方鲀	23
	$\lambda_{12}=1.62$	41.97	76.30	大泷六线鱼	13
5	$\lambda_{13}=1.53$	43.49	79.08	普氏栉鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、赵氏狮子鱼	3
	$\lambda_{14}=1.42$	44.92	81.67	大银鱼、皮氏叫姑鱼	16
	$\lambda_1=10.35$	10.35	12.94	奈氏虹、鲱、赤鼻棱鲛、真鲷、玉筋鱼、短鳍红娘鱼、长线六线鱼、豹纹东方鲀、假睛东方鲀	27
	$\lambda_2=8.14$	18.49	23.12	棘头梅童鱼、矛尾复鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼、短吻三 线舌鳎、网纹东方鲀	29
	$\lambda_3=5.94$	24.43	30.53	中颌棱鲛、鬼鲉、虫鲷、尖吻黄盖鲷、绿鳍马面鲀	25
	$\lambda_4=5.46$	29.89	37.36	凤鲆、皮氏叫姑鱼、小黄鱼、短吻红舌鳎、菊黄东方鲀	2
	$\lambda_5=4.93$	34.81	43.51	长蛇鲷、大泷六线鱼、细纹狮子鱼、带纹条鳎	12
	$\lambda_6=4.57$	39.38	49.23	美鲷、许氏平鲉	11
	$\lambda_7=3.83$	43.22	54.02	皱唇鲨、鲛、蓝点马鲛	1
	$\lambda_8=3.60$	46.82	58.53	小带鱼、银鲳、赵氏狮子鱼、红鳍东方鲀	17
	$\lambda_9=3.25$	50.07	62.59	青鳞小沙丁、长绵鲷	28
	$\lambda_{10}=2.78$	52.85	66.06	白斑星鲷、长丝鰕虎鱼	24
	$\lambda_{11}=2.48$	55.33	69.16	多鳞鱈、小杜父鱼、绒杜父鱼	20
	$\lambda_{12}=2.31$	57.64	72.05	光虹、钟魁鰕虎鱼	4
	$\lambda_{13}=2.06$	59.70	74.63	尖海龙、黄鲛鲷	22
	$\lambda_{14}=1.98$	61.69	77.11	普氏栉鰕虎鱼	26
	$\lambda_{15}=1.83$	63.52	79.40	大银鱼	5

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
6	$\lambda_{16}=1.73$	65.25	81.57	角木叶鲷	18
	$\lambda_1=9.62$	9.62	12.49	蓝点马鲛、矛尾复鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼、短吻三刺鲀	26
	$\lambda_2=7.19$	16.81	21.83	中国鲳、凤鲆、皮氏叫姑鱼、黄姑鱼、中华栉孔鰕虎鱼	21
	$\lambda_3=5.46$	22.27	28.92	皱唇鲨、斑鲛、小带鱼、鲷、带纹条鲷	1
	$\lambda_4=4.88$	27.15	35.26	鲱、短鳍鲷	27
	$\lambda_5=4.22$	31.37	40.74	细条天竺鱼、云鲷、六丝矛尾鰕虎鱼、角木叶鲷	11
	$\lambda_6=3.92$	35.29	45.83	花鲈、真鲷、绿鳍马面鲀	25
	$\lambda_7=3.54$	38.83	50.43	棘头梅童鱼、菊黄东方鲀、铅点东方鲀	2
	$\lambda_8=3.36$	42.19	54.79	黑鰕梅童鱼、银鲷	22
	$\lambda_9=3.06$	45.25	58.77	奈氏鲳、斑鲛、赤鼻棱鲛、虫纹东方鲀	29
	$\lambda_{10}=3.01$	48.26	62.68	斜带髯鲷、鲈、黄鳍东方鲀	23
	$\lambda_{11}=2.81$	51.08	66.33	美鲛、方氏云鲷、圆斑星鲷	6
	$\lambda_{12}=2.47$	53.54	69.53	绿鳍鱼	28
	$\lambda_{13}=2.28$	55.82	72.49	鲷、长绵鲷	18
	$\lambda_{14}=2.16$	57.98	75.30	油鲚、多鳞鲈、乳色阿葡鰕虎鱼	30
	$\lambda_{15}=1.97$	59.95	77.85	鲷、尖嘴扁颌针鱼	14
7	$\lambda_{16}=1.85$	61.80	80.26	大银鱼、大泷六线鱼	5
	$\lambda_1=8.48$	8.48	10.47	鲆、花鲈、棘头梅童鱼、矛尾复鰕虎鱼	2
	$\lambda_2=7.33$	15.81	19.52	斑鲛、尖海龙、油鲚、鲷、带纹条鲷	23
	$\lambda_3=5.99$	21.80	26.91	青鳞小沙丁、海鲢、真燕鲛、虫纹东方鲀	26
	$\lambda_4=5.06$	26.86	33.16	美鲛、矛尾鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼、许氏平鲉、绿鳍鱼、绒杜父鱼、黄鲛鲷	12
	$\lambda_5=4.61$	31.47	38.85	真鲷、乳色阿葡鰕虎鱼、角木叶鲷、绿鳍马面鲀	28
	$\lambda_6=4.11$	35.58	43.92	李氏鲷、小杜父鱼、高眼鲷	4
	$\lambda_7=3.72$	39.29	48.51	赤鲳、四指马鲛	14
	$\lambda_8=3.50$	42.79	52.83	赤鼻棱鲛、铅点东方鲀	13
	$\lambda_9=3.30$	46.09	56.90	短鳍鲷、普氏栉鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、长线六线鱼、赵氏狮子鱼	24
	$\lambda_{10}=3.04$	49.13	60.65	鲷、细纹狮子鱼、钝吻黄盖鲷	7
	$\lambda_{11}=2.67$	51.80	63.95	光鲳、菊黄东方鲀	1
	$\lambda_{12}=2.52$	54.32	67.06	皱唇鲨、钟魁鰕虎鱼	15
	$\lambda_{13}=2.38$	56.70	70.00	鲷、白姑鱼、短吻三刺鲀	30
	$\lambda_{14}=2.20$	58.90	72.72	方氏云鲷、排鲷	25
	$\lambda_{15}=2.06$	60.96	75.26	锤头双髻鲨、石鲷	29
	$\lambda_{16}=1.91$	62.87	77.62	斑鲛、长绵鲷	20
	$\lambda_{17}=1.71$	64.58	79.73	银鲷、大泷六线鱼	6
	$\lambda_{18}=1.68$	66.26	81.80	鲷、凤鲆、小带鱼	21
8	$\lambda_1=8.19$	8.19	10.64	赤鼻棱鲛、细条天竺鱼、沟鲈、长线六线鱼、带纹条鲷	24
	$\lambda_2=7.09$	15.28	19.85	鲷、黄鲷、方氏云鲷、小带鱼、带鱼、钝吻黄盖鲷、假睛东方鲀	7
	$\lambda_3=5.95$	21.24	27.58	斑鲛、花鲈、多鳞鲈、真鲷、斜带髯鲷、石鲷	30
	$\lambda_4=5.03$	26.27	34.12	长绵鲷、排鲷、绿鳍鱼、紫斑舌鲷、绿鳍马面鲀	20
	$\lambda_5=4.60$	30.87	40.10	斑点莎瑞鱼、鲷、许氏平鲉、大泷六线鱼	6
	$\lambda_6=3.71$	34.59	44.92	海鲢、黑鲷、玉筋鱼	27
	$\lambda_7=3.47$	38.06	49.42	李氏鲷	16
	$\lambda_8=3.42$	41.47	53.86	鲈、蓝点马鲛、网纹东方鲀	11
	$\lambda_9=3.14$	44.61	57.94	长丝鰕虎鱼、普氏栉鰕虎鱼	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
	$\lambda_{10}=2.90$	47.51	61.70	华鲮、角木叶鲮、黄鲮	4
	$\lambda_{11}=2.70$	50.21	65.21	矛尾复鰕虎鱼、黄鳍东方鲀	1
	$\lambda_{12}=2.34$	52.55	68.24	红狼牙鰕虎鱼	29
	$\lambda_{13}=2.14$	54.69	71.02	皱唇鲨、黑鳃梅童鱼、短吻三刺鲀	15
	$\lambda_{14}=1.99$	56.68	73.61	赤虹、青鳞小沙丁	23
	$\lambda_{15}=1.92$	58.60	76.11	尖海龙、黄姑鱼、矛尾鰕虎鱼	8
	$\lambda_{16}=1.86$	60.46	78.52	中颌棱鲢	22
	$\lambda_{17}=1.65$	62.11	80.66	黄鳍刺鰕虎鱼	3
9	$\lambda_1=10.07$	10.07	12.28	星康吉鳗、小黄鱼、真鲷、透鳞、长绵鲷、绯鲷、带鱼、许氏平鲉、大泷六线鱼、小杜父鱼、绿鳍马面鲀	20
	$\lambda_2=8.57$	18.64	22.73	日本鳾、真燕鳐、沟鲈、长丝鰕虎鱼、绿鳍鱼、短吻三刺鲀	28
	$\lambda_3=6.06$	24.70	30.13	奈氏虹、黑鲷、花尾胡椒鲷、朝鲜马鲛	26
	$\lambda_4=5.82$	30.53	37.23	光虹、鳾、黑鳃梅童鱼、矛尾鰕虎鱼、半滑舌鲷	15
	$\lambda_5=4.28$	34.81	42.45	皮氏叫姑鱼、鲐、细纹狮子鱼	8
	$\lambda_6=3.91$	38.72	47.22	皱唇鲨、短鳍鲷、普氏栉鰕虎鱼、长线六线鱼	24
	$\lambda_7=3.79$	42.51	51.84	银鲷、石鲷	30
	$\lambda_8=3.36$	45.88	55.95	青鳞小沙丁、赤鼻棱鲢、铅点东方鲀	13
	$\lambda_9=2.96$	48.83	59.55	方氏云鲷、鲷	6
	$\lambda_{10}=2.77$	51.60	62.93	黄鲫、油鲚、小带鱼	7
	$\lambda_{11}=2.59$	54.18	66.08	凤鲚、鲚、黄姑鱼、棘头梅童鱼	21
	$\lambda_{12}=2.48$	56.66	69.10	褐牙鲆、红鳍东方鲀	3
	$\lambda_{13}=2.23$	58.89	71.82	尖嘴扁颌针鱼、六丝矛尾鰕虎鱼	23
	$\lambda_{14}=2.14$	61.03	74.42	白斑星鲨、蓝点马鲛	4
	$\lambda_{15}=1.83$	62.86	76.66	锤头双髻鲨、斑鲛、虫纹东方鲀	27
	$\lambda_{16}=1.80$	64.66	78.85	灰鲟、假睛东方鲀	5
	$\lambda_{17}=1.72$	66.38	80.95	大银鱼、短吻三线舌鲷	22
10	$\lambda_1=8.52$	8.52	10.27	黑印真鲨、美鲛、方氏云鲷、小杜父鱼、细纹狮子鱼、绿鳍马面鲀、黄鲮	20
	$\lambda_2=6.62$	15.14	18.25	黄姑鱼、绿鳍鱼、长线六线鱼	24
	$\lambda_3=5.58$	20.73	24.97	短鳍鲷	29
	$\lambda_4=5.22$	25.95	31.26	长绵鲷	13
	$\lambda_5=5.06$	31.01	37.36	蓝圆鲈、长丝鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼	26
	$\lambda_6=4.49$	35.50	42.77	黄鲫、油鲚、蓝点马鲛、银鲷	18
	$\lambda_7=4.21$	39.71	47.85	花鲈、黄鳍刺鰕虎鱼、矛尾复鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼	1
	$\lambda_8=4.07$	43.78	52.75	赤虹、海鲢、多鳞鲷、沟鲈	28
	$\lambda_9=3.61$	47.38	57.09	锤头双髻鲨、凤鲚	16
	$\lambda_{10}=3.36$	50.74	61.13	李氏鲷	3
	$\lambda_{11}=2.70$	53.44	64.39	斑鲛、中颌棱鲢	30
	$\lambda_{12}=2.66$	56.10	67.59	绯鲷、鲐	19
	$\lambda_{13}=2.50$	58.59	70.60	鳾、小黄鱼、黑鳃梅童鱼	17
	$\lambda_{14}=2.25$	60.85	73.31	白斑星鲨、红鳍东方鲀	8
	$\lambda_{15}=2.21$	63.05	75.97	许氏平鲉、大泷六线鱼	11
	$\lambda_{16}=2.14$	65.19	78.55	白姑鱼、网纹东方鲀	25
	$\lambda_{17}=2.01$	67.20	80.97	短吻三刺鲀、星点东方鲀	10
11	$\lambda_1=9.48$	9.48	13.94	奈氏虹、鳾、中颌棱鲢、油鲚、沟鲈、细纹狮子鱼、虫纹东方鲀	24

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
	$\lambda_2=6.32$	15.80	23.23	皱唇鲨、青鳞小沙丁、赤鼻棱鲢、鲛、蓝点马鲛、绿鳍马面鲀	27
	$\lambda_3=5.65$	21.44	31.54	许氏平鲉、网纹东方鲀、红鳍东方鲀、假睛东方鲀、黄鲛鲷	20
	$\lambda_4=5.15$	26.60	39.11	长丝鰕虎鱼、普氏栉鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼	23
	$\lambda_5=5.11$	31.71	46.64	皮氏叫姑鱼、黄姑鱼、白姑鱼、小黄鱼、圆斑星鲷、星点东方鲀	18
	$\lambda_6=4.17$	35.89	52.77	孔鳐、鲐、虫鲷、角木叶鲷、钝吻黄盖鲷	8
	$\lambda_7=3.58$	39.46	58.03	鲢、凤鲚、花鲈、长绵鲷	10
	$\lambda_8=3.50$	42.96	63.17	鲚、睛尾蝌蚪鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼、短吻三线舌鳎	22
	$\lambda_9=3.31$	46.27	68.05	多鳞鳕、短鳍鳕、绿鳍鱼	28
	$\lambda_{10}=3.02$	49.29	72.49	细条天竺鱼、黑鳃梅童鱼、矛尾鰕虎鱼	25
	$\lambda_{11}=2.42$	51.71	76.05	光鲛、鲛	16
	$\lambda_{12}=2.10$	53.82	79.14	玉筋鱼、石鲷	11
	$\lambda_{13}=1.93$	55.74	81.98	大泷六线鱼、高眼鲷	1
12	$\lambda_1=10.06$	10.06	19.73	斑鲷、鲢、尖海龙、细条天竺鱼、方氏云鲷、大泷六线鱼、小杜父鱼、角木叶鲷、黄鲛鲷	20
	$\lambda_2=4.64$	14.70	28.82	矛尾鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼、短吻红舌鳎	26
	$\lambda_3=3.97$	18.67	36.61	黄鲫、矛尾复鰕虎鱼	27
	$\lambda_4=3.66$	22.33	43.79	黑鲷、钟魁鰕虎鱼、长丝鰕虎鱼	23
	$\lambda_5=2.93$	25.26	49.54	凤鲚、菊黄东方鲀	24
	$\lambda_6=2.73$	27.99	54.89	黄姑鱼、普氏栉鰕虎鱼	12
	$\lambda_7=2.52$	30.51	59.82	小带鱼、石鲷、星点东方鲀	28
	$\lambda_8=2.33$	32.84	64.40	乳色阿葡鰕虎鱼、睛尾蝌蚪鰕虎鱼	22
	$\lambda_9=2.14$	34.98	68.59	大银鱼	6
	$\lambda_{10}=1.95$	36.94	72.42	银鲳、褐牙鲆	25
	$\lambda_{11}=1.69$	38.63	75.74	日本海马、鲛	29
	$\lambda_{12}=1.57$	40.20	78.82	鲚、小黄鱼	16
	$\lambda_{13}=1.46$	41.65	81.67	皮氏叫姑鱼、长绵鲷	1

2. 主成分特征鱼种与典型站区间空间分布的关系 根据主成分代表鱼种与相关站区间相互作用关系,渤海海峡第 19、20、25 站在冷季 12、1、3、4 月份和秋季 9、10 月份呈现 *BED* 集中分布区,其水深除个别调查站点为 17.5m 外,大部分区域均大于 30m,是黄海、渤海鱼类群落周期性进入和游出渤海的主要通道。在其余月份,辽东湾和莱州湾则为多种主成分代表鱼种生殖和育幼的主要栖息空间,受渤海沿岸流和淡水径流系统影响,其数量分布几与等深线成反比例,即水深愈浅,主成分鱼种越多。

依主成分特征鱼种 *BED* 逐月空间分布规律,运用 UPGA 成聚方法进行 Pearson 相关系数聚类分析(图 2),可见其中四种与主成分特征鱼种空间分布类型之间相互排斥。第一种类型以辽东湾第 3、7、10 号站为中心,包括渤海湾第 16 号站,渤海中部第 24 站和莱州湾第 30 站,其中第 3 站内暖温种鲚和黑鳃梅童鱼 2 月份合占 49.13%;第 24 站在 8 月份第一主成分赤鼻棱鲢、细条天竺鱼等 5 种鱼和在 10 月份作为第二主成分,分别占 8.82%和 12.61%。第二种类型由第 5、6、9、15、18、20、23 号站组成,以第 20 号站为 *BED* 分布中心,秋、冬季 9、12、1 月份呈现第一主成分代表鱼种,其中第 18 号站 *BED* 最高,年

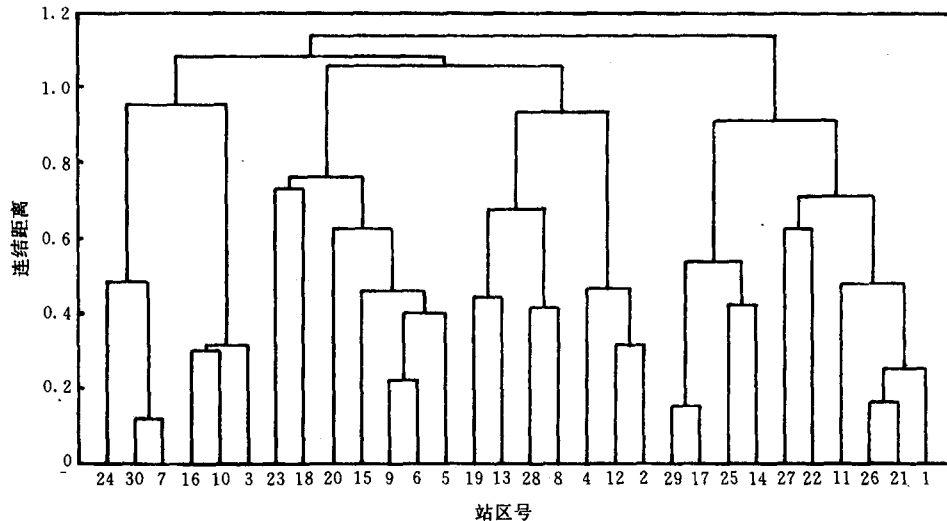


图2 R型主成分代表站区间 Pearson 相关聚类

平均值达 $1.47\text{t}/\text{km}^2$ 。第三种类型包括第 2、4、8、12、13、19、28 号站等,除 7 月份出现第一主成分种外,其他月份均为较次要主成分。第四种类型由 1、11、14、17、21、22、25、26、27、29 号站组成,主成分鱼种 *BED* 分别以黄河口及邻近海域为分布中心,遍及渤海各内湾和河口区,3—6 月份均出现第一主成分鱼种,其中 11、17、25 站的 *BED* 较高,最高达 $1.335\text{t}/\text{km}^2$,是渤海鱼类群落主要产卵场之一。

3. 各站区与鱼类 *BED* 分布的关系 根据各公因子间彼此不相关,即每一因子只和最少个数的变量线性独立组合的原则(於崇文等,1980,董大钧,1993),可见各月份第一主因子均较好地刻划了 *BED* 空间变量的分布态势,余者次之。全年中以冷季 11 月至翌年 4 月间第一主成分站区为最多(表 2),变化于 8—12 个之间,均比 *NED* 空间分布区狭窄(朱鑫华等,1996);暖季组内 5—10 月间除 8 月份出现 9 站区外,其余仅为 5—7 个。第二主成分代表站区与第一主成分相比情形相反,冷季组合站区较暖季少,均不超过 7 个站区。合计第一、二主成分代表站区,冷季组合站区大于渤海全区的一半,暖季仅为 1/3 略强,表明渤海优势鱼种的空间分布具有明显的季节特点。

运用 WARD 法对各月主成分站区的重要性进行 Pearson 相关系数分析(图 3),四种相关空间站区相互排斥,各自成为相对独立的优势鱼种集中分布区:(1)由渤海湾第 15、16、21、22 站和莱州湾第 27 站组成,四月份均以花鲈为第一主成分,11、12 月份为黑鳃梅童鱼分布区;(2)由辽东湾、渤海中部和莱州湾有关站区组成,如第 6、8、10、17、23、24、25、26 站等,主要为鲢和黄鲫集中分布区;(3)由辽东湾第 4、5、7、9、11 站,渤海湾第 14、16 站,渤海中部第 18、19 站,莱州湾第 28 站,以及渤海海峡第 20 站组成,全年大部分月份为孔鲷主要分布区,仅 8、9 月份黄鲫出现集中分布区;(4)包括辽东湾和莱州湾沿岸站区,如第 1、2、3、12、13、29、30 站,冬季主要为黑鳃梅童鱼,8 月份主要为真鲷高生物量分布。

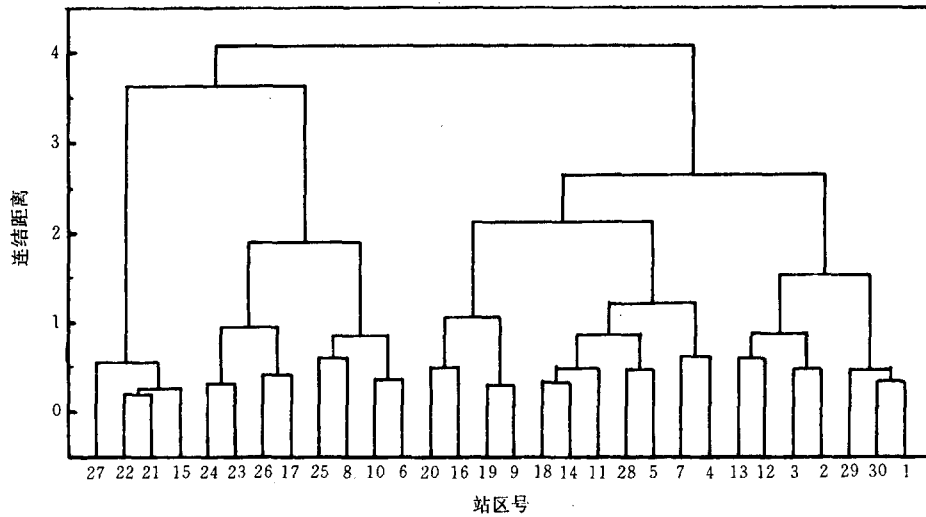


图3 Q型主成分代表站区的 Pearson 相关聚类

表2 1982—1985年BED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
1	$\lambda_1=10.07$	10.07	33.58	1,2,5,7,9,13,14,16,18,25	孔 鳕
	$\lambda_2=5.21$	15.29	50.96	4,11,12,19,20	美 鳕
	$\lambda_3=3.01$	20.29	67.64	23,24,26,28,29	鲛
	$\lambda_4=3.59$	23.89	79.62	3,8,15,17	黑 鳕 梅 童 鱼
	$\lambda_5=1.37$	25.26	84.20	27,30	石 鲈
2	$\lambda_1=11.36$	11.36	37.87	1,2,6,9,10,11,12,13,14,25,29,30	孔 鳕
	$\lambda_2=5.28$	16.64	55.46	8,16,17,18,21	鲛
	$\lambda_3=2.44$	19.08	63.59	3,4,5	黑 鳕 梅 童 鱼
	$\lambda_4=2.39$	21.46	71.54	26,28	钝 吻 黄 盖 鲈
	$\lambda_5=1.90$	23.37	77.89	19,20	美 鳕
	$\lambda_6=1.55$	24.91	83.04	15,22	矛 尾 复 蝦 虎 鱼
3	$\lambda_1=12.30$	12.30	41.01	4,6,7,9,10,11,13,14,17,18,19	孔 鳕
	$\lambda_2=4.79$	17.09	56.98	15,16,22,23,24	花 鲈
	$\lambda_3=3.12$	20.21	67.38	1,5,21	黑 鳕 梅 童 鱼
	$\lambda_4=2.42$	22.63	75.43	26,29	鲛
	$\lambda_5=1.90$	24.53	81.76	12,20,25	美 鳕
4	$\lambda_1=9.91$	9.91	33.02	1,2,3,4,15,21,22,27,30	花 鲈
	$\lambda_2=7.02$	16.92	56.41	7,9,10,11,12,13,16	孔 鳕
	$\lambda_3=2.67$	19.60	65.32	19,20	美 鳕
	$\lambda_4=1.91$	21.50	71.67	17,25	黄 鲫
	$\lambda_5=1.76$	23.27	77.55	14,29	鲛
	$\lambda_6=1.45$	24.71	82.38	23	钝 吻 黄 盖 鲈
5	$\lambda_1=11.69$	11.69	38.99	6,8,10,17,24,25,27	鲢
	$\lambda_2=5.05$	16.74	55.80	15,22,23,26	黄 鲫
	$\lambda_3=3.47$	20.21	67.35	3,4,5,7,9,13	孔 鳕
	$\lambda_4=2.14$	22.34	74.47	16,21	花 鲈
	$\lambda_5=1.45$	23.79	79.29	11,19	美 鳕

续表 2

月 份	主成分 特征值	特征值 累 积	总方差 (%)	代 表 站 区	代 表 鱼 种
6	$\lambda_6=1.35$	25.14	83.79	29,30	虫纹东方鲀
	$\lambda_1=9.24$	9.24	30.80	3,5,9,11,16,19,20	孔 鳐
	$\lambda_2=4.85$	14.09	46.97	1,2,14,15,21,22	黄 鲫
	$\lambda_3=4.03$	18.11	60.38	7,8,10,17,18,23	鳀
	$\lambda_4=3.21$	21.33	71.10	13,25,27	绿鳍马面鲀
	$\lambda_5=2.14$	23.47	78.24	26,29,30	短吻红舌鲷
7	$\lambda_6=1.50$	24.97	83.22	6,12	花 鲈
	$\lambda_1=7.83$	7.83	26.71	3,9,12,17,19	孔 鳐
	$\lambda_2=5.77$	13.60	45.34	14,15,16,21,22,23	黄 鲫
	$\lambda_3=3.19$	16.80	55.99	26,27,29	短吻红舌鲷
	$\lambda_4=2.31$	19.10	63.67	1,2,24	花 鲈
	$\lambda_5=2.00$	21.10	70.33	10,18	油 鲷
8	$\lambda_6=1.63$	22.73	75.78	7,8,20	鳀
	$\lambda_7=1.13$	23.86	79.54	13,30	白 姑 鱼
	$\lambda_1=11.91$	11.91	39.71	5,7,9,14,16,17,19,23,24	黄 鲫
	$\lambda_2=5.94$	17.85	59.51	6,10,11,12,18,25,26	蓝点马鲛
	$\lambda_3=2.92$	20.77	69.23	27,28,29,30	真 鲷
	$\lambda_4=2.30$	23.07	76.91	3,4	小 黄 鱼
9	$\lambda_5=1.90$	24.97	83.25	1,15	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_1=9.04$	9.04	30.14	1,7,16,17,26	黄 鲫
	$\lambda_2=4.15$	13.19	43.97	8,18,20,22,25	小 黄 鱼
	$\lambda_3=3.40$	16.59	55.30	4,6,11,24	蓝点马鲛
	$\lambda_4=2.61$	19.20	64.00	19,29,30	银 鲳
	$\lambda_5=2.09$	21.29	70.97	14,21	棘头梅童鱼
10	$\lambda_6=1.87$	23.16	77.22	2,3	孔 鳐
	$\lambda_7=1.06$	24.22	80.73	9	鳀
	$\lambda_1=7.69$	7.69	25.63	2,3,4,5,7,12,13	孔 鳐
	$\lambda_2=4.76$	12.45	41.51	14,22,23	黄 鲫
	$\lambda_3=3.31$	15.76	52.53	11,17,20,24	小 黄 鱼
	$\lambda_4=2.13$	17.89	59.62	15,16,21	棘头梅童鱼
11	$\lambda_5=1.90$	19.79	65.97	27	花 鲈
	$\lambda_6=1.51$	21.30	77.01	19,28	多 鳞 鲷
	$\lambda_7=1.35$	22.65	75.51	9	银 鲳
	$\lambda_8=1.25$	23.90	79.67	8	钝吻黄盖鲷
	$\lambda_9=1.17$	25.07	83.58	30	短吻红舌鲷
	$\lambda_1=10.41$	10.41	34.71	2,3,5,6,7,8,13,14	孔 鳐
12	$\lambda_2=5.76$	16.17	53.90	1,11,12,19,29,30	花 鲈
	$\lambda_3=3.59$	19.76	65.88	15,21,22,26	棘头梅童鱼
	$\lambda_4=2.08$	21.85	72.82	9,25	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_5=1.80$	23.65	78.83	18,24	黄 鲫
	$\lambda_6=1.29$	24.94	83.15	20	菊黄东方鲀
	$\lambda_1=11.13$	11.13	37.09	1,2,3,4,5,7,11,14,17,18,30	孔 鳐
12	$\lambda_2=4.56$	15.69	52.30	9,16,23,26,29	花 鲈
	$\lambda_3=3.33$	19.01	63.38	6,8,10	黑鳃梅童鱼
	$\lambda_4=2.76$	21.78	72.59	15,21,22	半滑舌鲷
	$\lambda_5=2.12$	23.90	79.66	20,24,28	凤 鲆
	$\lambda_6=1.94$	25.84	86.13	12,13,19	美 鳐

4. 主成分鱼种与典型站区分布关系 根据空间站区相关关系较为密切的 Q 型因子分析, 24 种鱼作为 *BED* 数量优势种, 占全部种的 82.82%。其中黄鲫、小黄鱼、花鲈、孔鲷、蓝点马鲛和鳀分别达 16.46%、8.41%、7.49%、7.25%、5.92% 和 5.70%; 冷温种占 4.86%, 暖温种占 52.21%, 暖水种占 25.75%。孔鲷在全年中 11 次被列为主成分种, 10 月至翌年 3 月曾作为第一主成分代表种, *BED* 占 7.25%; 花鲈和鳀 8 次列为主成分种, 占 23.95%; 美鲷和黑鳃梅童鱼出现 6 次, 占 7.57%; 鲛在 1—4 月份和鳀在 5—9 月份 4 次被列为主成分种, 占 7.8%; 钝吻黄盖鲈、小黄鱼、棘头梅童鱼、短吻红舌鲷均出现 3 次, 占 15.48%; 蓝点马鲛、银鲷出现 2 次, 占 9.23%; 石鲈、矛尾复鰕虎鱼、虫纹东方鲀、绿鳍马面鲀、油鲳、白姑鱼、真鲷、多鳞鳕、菊黄东方鲀、半滑舌鲷和凤鲚均出现一次, 占 11.54%。主成分出现频率与平均占 *BED* 比例间呈现正相关关系 ($r=0.7175, df=4, p<0.1$)。由此可见, 渤海鱼类群落生物量既决定于常年出现优势种——孔鲷的空间分布区域, 又受季节性暖温种小黄鱼和暖水种黄鲫数量变动的影响。

5. 10 年间隔群落 *BED* 主成分结构比较 表 3 和表 4 分别列出了 1992—1993 年季度月调查资料的 R、Q 型因子分析结果, 与表 1、2 相关月份比较, 除鱼种数、*NED* 和 *BED* 均有所减少外, 鱼种间相关关系较为密切的主成分特征鱼种由 1982—1985 年 2、5、8、10 月间的 29、52、52、45 种, 减少至 1992—1993 年的 15、27、38、43 种; 2、5 月平均减少 48.18%, 10 月份较为接近。两个时期的代表鱼种数分别为 93 种和 67 种, 暖水种、暖温种和冷温种分别减少 10.34%、34.61% 和 41.67%; 表明鱼种聚合关系的主成分公因子数也相应地由 11、16、17、17 个减少为 6、12、10、12 个, 可见当前渤海鱼类群落结构关系趋于简单化。

从第一主成分代表鱼种组成分析, 两个时期先后出现的鱼种数较为接近, 为 24 种和 20 种。然而, 主成分代表鱼种组成存在显著差异。鲚、沟鲈、长绵鲷和假睛东方鲀仍作为主成分代表鱼种存在于渤海, 其他 16 种鱼属于群落演替阶段形成的结构主成分, 其中暖水种占 56.25%, 暖温种占 43.75%。根据主成分代表鱼种相关关系空间组合可聚合为三种类型: (1) 由四个季度月均为主成分代表鱼种所占据的 4、6、11、16、25 站组成; (2) 由 10 月主成分代表鱼种聚合分布所包括的第 3、9、12、18、24、27、28 站组成; (3) 由 5 月和 8 月暖季组鱼种集中分布所包括的 1、2、7、10、15、17、26、29 站组成。与图 2 结果相比较, R 型相关鱼种的空间分布区明显缩小。

依鱼种空间栖息地利用关系, 1992—1993 年间 *BED* 优势种主要有孔鲷、鳀、斑、鲈、黄鲫、花鲈、小黄鱼、棘头梅童鱼、细纹狮子鱼等 8 种, 仅为 1982—1985 年间的 1/3。从 Q 型因子分析近期资料可见, *BED* 指标空间站区聚合为第 3、4、7、8、12、16、17、18、19、25 站和第 1、2、5、6、9、10、11、15、23、24、26、27、28、29 站两类: 前者 2 月为棘头梅童鱼, 5、8、10 月为鳀的 *BED* 数量最高分布区, 占总生物量 38.49%; 后者以细纹狮子鱼、小黄鱼和斑鲈等居首位, 占 16.37%。孔鲷、黄鲫、花鲈等鱼种数量分布的空间生态位最宽, 在调查区内均有出现, 其生物量比例为 22.38%。因此, *BED* 指标数量的减少导致优势种间更替迅速, 较少优势鱼种拥有原有的生态空间, 其分布更为均匀, 是渤海鱼类群落空间格局演替的基本特点之一。

表 3 1992—1993 年 BED 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
2	$\lambda_1=3.91$	3.91	21.74	鲮、长绵鲮、矛尾复鰕虎鱼	6
	$\lambda_2=3.25$	7.16	39.77	美鲷、方氏云鲷、钝吻黄盖鲷	11
	$\lambda_3=2.55$	9.71	53.94	日本鲷、花鲈	16
	$\lambda_4=2.12$	11.82	65.69	短鳍鲷、细纹狮子鱼、短吻红舌鲷	25
	$\lambda_5=1.71$	13.53	75.18	孔鲷、棘头梅童鱼	18
	$\lambda_6=1.57$	15.10	83.87	凤鲷、鲆	4
5-6	$\lambda_1=6.14$	6.14	14.28	中颌棱鲷、凤鲷、皮氏叫姑鱼、棘头梅童鱼、中华栉孔鰕虎鱼	2
	$\lambda_2=4.60$	10.74	24.98	许氏平鲷、钝吻黄盖鲷	11
	$\lambda_3=4.24$	14.98	34.84	长绵鲮、鲱鲷、长丝鰕虎鱼、鬼鲷	6
	$\lambda_4=3.61$	18.59	43.22	青鳞小沙丁、赤鼻棱鲷	29
	$\lambda_5=3.38$	21.97	51.10	长蛇鲷、带鱼、蓝点马鲛	25
	$\lambda_6=2.87$	24.84	57.77	鲆、玉筋鱼、星点东方鲀	4
	$\lambda_7=2.54$	27.38	63.68	鲷、半滑舌鲷	1
	$\lambda_8=2.21$	29.59	68.82	油鲷	10
	$\lambda_9=1.75$	31.34	72.89	小黄鱼、细纹狮子鱼	16
	$\lambda_{10}=1.64$	32.98	76.70	花鲈	7
	$\lambda_{11}=1.37$	34.35	79.89	方氏云鲷	17
	$\lambda_{12}=1.27$	35.63	82.85	尖海龙	27
8	$\lambda_1=9.41$	9.41	17.12	皱唇鲨、赤虹、鲷、鲆、菊黄东方鲀、假睛东方鲀	1
	$\lambda_2=7.47$	16.88	30.69	青鳞小沙丁、斑鲷、黄鲷、短鳍鲷、鲱鲷、细纹狮子鱼、绿鳍马面鲀	6
	$\lambda_3=6.23$	23.11	42.03	皮氏叫姑鱼、黄姑鱼、小黄鱼、许氏平鲷、鲷、褐牙鲷	15
	$\lambda_4=4.42$	27.54	50.07	凤鲷、长蛇鲷、多鳞鲷	10
	$\lambda_5=3.97$	31.51	57.29	沟鲷、石鲷、带纹条鲷、星点东方鲀	29
	$\lambda_6=3.34$	34.86	63.37	矛尾复鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼、半滑舌鲷、短吻三线舌鲷	2
	$\lambda_7=3.10$	37.95	69.00	油鲷、方氏云鲷、小带鱼、大泷六线鱼	11
	$\lambda_8=2.60$	40.55	73.73	矛尾鰕虎鱼	26
	$\lambda_9=2.13$	42.69	77.62	尖海龙、短吻三刺鲀	25
	$\lambda_{10}=1.90$	44.59	81.08	鲷、长绵鲮	7
10	$\lambda_1=8.02$	8.02	13.36	青鳞小沙丁、斑鲷、中颌棱鲷、鲷、沟鲷、银鲷、双斑东方鲀	27
	$\lambda_2=6.73$	14.74	24.57	孔鲷、黄鲷、凤鲷、日本海马	18
	$\lambda_3=5.80$	20.55	34.25	小黄鱼、长丝鰕虎鱼、许氏平鲷、大泷六线鱼、角木叶鲷	11
	$\lambda_4=5.55$	26.09	43.49	油鲷、多鳞鲷、白姑鱼、石鲷、带纹条鲷、虫纹东方鲀、红鳍东方鲀	28
	$\lambda_5=4.15$	30.24	50.40	玉筋鱼、鲱鲷、钝吻黄盖鲷、绿鳍马面鲀	6
	$\lambda_6=3.72$	33.96	56.59	鲷、绿鳍鱼	25
	$\lambda_7=3.39$	37.34	62.24	花鲈、李氏鲷	9
	$\lambda_8=2.84$	40.19	66.98	鲷、绒杜父鱼	12
	$\lambda_9=2.73$	42.92	71.53	长绵鲮、矛尾鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼	3
	$\lambda_{10}=2.41$	45.33	75.55	鲮、灰鲷	29
	$\lambda_{11}=2.03$	47.36	78.93	鲷、带鱼	24
	$\lambda_{12}=1.91$	49.27	82.12	鲆、细纹狮子鱼	26

表 4 1992—1993 年 BED 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	$\lambda_1=10.21$	10.21	63.84	3,4,7,8,10,11,12,17,18,19	孔 鳐
	$\lambda_2=2.12$	12.34	77.11	24,25,27	细纹狮子鱼
	$\lambda_3=1.59$	13.92	87.01	16	棘头梅童鱼
5—6	$\lambda_1=13.17$	13.17	52.67	1,3,6,7,8,10,11,16,17,23,24,26,28	鲰
	$\lambda_2=3.75$	16.92	67.67	4,5,18,19	花 鲈
	$\lambda_3=2.15$	19.06	76.25	9,12,15	孔 鳐
	$\lambda_4=1.93$	20.99	83.98	2,27	黄 鲫
8	$\lambda_1=6.96$	6.96	31.32	15,16,17,18,19,23	小 黄 鱼
	$\lambda_2=5.00$	11.96	54.36	3,4,7,8,12,25	鲰
	$\lambda_3=2.76$	14.72	66.90	2,26	黄 鲫
	$\lambda_4=2.19$	16.91	76.84	10,29	斑 鲷
	$\lambda_5=1.63$	18.54	84.27	1,9	花 鲈
10	$\lambda_1=7.97$	7.97	34.67	2,4,5,8,12,26	棘头梅童鱼
	$\lambda_2=4.21$	12.19	52.99	3,7,17,19,25	鲰
	$\lambda_3=3.26$	15.45	67.16	15,18,24	黄 鲫
	$\lambda_4=2.41$	17.86	77.64	6,27	斑 鲷
	$\lambda_5=1.81$	19.67	85.51	9,16	花 鲈

三、讨 论

群落动态研究涉及到从大量样方里取得许多变量的多度观测指标。在这结合样方-月份-鱼种三维数据结构中,排序和分类的计算机分析只能接受二维数据矩阵作为输入。当数据集合性质和采取合适的多元分析技术相匹配时,才可望得到有用的分析结果(Gauch, 1982; Green, 1979)。本文试用因子分析方法解析渤海鱼类群落生物量指标空间组合关系及其时序演替规律,在累积总方差大于 80% 水平上,确定各月 BED 结构的代表鱼种和优势种分布的代表站区,通过 Pearson 相关系数聚类分析等手段,指出特征鱼种的空间分布特点,使我们更为清楚地从众多鱼种间的复杂关系中全面了解 BED 时空格局规律。周建魁(1984)、於崇文等(1980)指出,鉴于代表鱼种在代表站区展示各自因季节变化的相互作用关系,两者的统一仍需通过对应分析方法得以验证。

本文研究结果表明,渤海鱼类群落结构呈现明显的季节周期,缺乏终年列为第一主成分的代表鱼种和代表站区,这主要是由于渤海鱼类群落是黄海、渤海动物区系成分的一部分,多数鱼种因各自的生物学节律而进行周期性越冬和生殖洄游,而这种生理活动受到生态环境因素的制约,底层水温是底层鱼类群落的第一控制因素,其次是水深(朱鑫华等, 1994)。此外,比较分析 10 年间隔以优势种为核心内容的群落结构,主成分代表鱼种随总鱼种数变化而明显减少,而 BED 的分布区则有所扩大,其生态密度低而均匀,说明寡鱼种群落比众多鱼种群落的生物量分布更为均等(Birch, 1981),这不仅取决于主成分代表鱼种的种数,同时还与群落内捕食-被食关系和诸鱼种的补充特性有关。在渤海增殖水域,

无论是进行优质鱼种种苗放流(邓景耀等,1986),还是自然海域主要种类的资源保护,均应把主成分代表种和优势种有机结合,把小型低质鱼类和主要经济种类的种间关系,如营养、空间和时序生态位的协同效应视为恢复生态学研究的主要内容之一。

参 考 文 献

- 邓景耀等,1986,渤海鱼类食物关系的初步研究,生态学报,6(4):356—364。
- 田明诚等,1993,渤海鱼类区系分析,海洋科学集刊,34:157—167。
- 成庆泰等,1975,中国东方鲀属鱼类分类研究,动物学报,21(4):359—378。
- 朱鑫华等,1994,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):102—112。
- 朱鑫华等,1996,渤海鱼类群落结构特征的研究,海洋与湖泊,27(1):6—13。
- 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—175。
- 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。
- 於崇文等,1980,数学地质的方法与应用,冶金工业出版社,149—206。
- 董大钧(主编),1993,SAS-统计分析软件应用指南,电子工业出版社,195—210。
- Ardisson, 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.
- Birch, D. W., 1981, Dominance in marine ecosystems, *Amer. Natur.*, 118(2): 262—274.
- Gauch H. G. Jr., 1982, *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, London, 382.
- Green, R. H., 1979, *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 257.
- Laevastu, T. and H. A. Larkins, 1981, *Marine Fisheries Ecosystem, Its Quantitative Evaluation and Management*, Fishing News Books Ltd, Farnham, Surrey, England, 162.
- Margalef, R., 1979, The organization of space, *Oikos*, 33: 152—159.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf, 1981, *Biometry. The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*. 2nd ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 859.
- Ulanowicz, R. E. and T. Platt(ed), 1985, Ecosystem theory to biological oceanography, *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 213:260.

STUDY ON SPATIOTEMPORAL PATTERNS OF FISH COMMUNITY IN BOHAI SEA USING FACTOR ANALYSIS OF BIOMASS INDICATORS*

Zhu Xinhua

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

ABSTRACT

Using factor analysis on quantitative data collected monthly from 1982 to 1985 and seasonal 1992 to 1995 surveys in the Bohai Sea revealed the spatiotemporal patterns of the fish community there. As increasing in species for specific month, number of principal representative components (PRCs) were significantly positively related under cumulated variation for eigenvalues more than 80% ($r=0.9051$, $df=10$, $p<0.001$). Seasonal dynamics of species alternation showed that the community was dominated by both warm-temperate and warm water faunistic PRCs which occurred only once the annually. Spatially, stations 19, 20 and 25 in the Bohai Strait were the most abundant during the cold months (December through April) and from September and October. In other months, the biomass of PRCs was negatively dependent to the isobath in Liaodong Bay and Laizhou Bay. Station assemblages were overlapped throughout half as the whole Bohai Sea in colder season and more than 1/3 of the Bohai Sea in warmer one. The resulting spatial structures of biomass were due to the fact that many former dominants disappeared because of natural degradation of the ecosystem and anthropogenic impacts on the biological community. The more equal distribution of fewer PRCs, at present, resulted in fewer dominants in the community succession, wider ecological niche, and nearly unique spatial structuring of low biomass.

* Contribution No. 2388 from Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences. P