

北部湾鱼类群落格局及其与环境因子的关系

王雪辉^{1,2*}, 邱永松², 杜飞雁^{2,3}, 林昭进², 孙典荣², 黄硕琳¹

(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南海水产研究所, 广东 广州 510300;

3. 厦门大学海洋与环境学院博士后流动站, 福建 厦门 361005)

摘要: 根据2007年在北部湾海域进行的4航次底拖网调查数据,对北部湾鱼类的种类组成和群落格局进行分析。该调查共采获鱼类323种,隶属于18目101科。以冬季出现种类数最多,为231种;秋季和夏季次之,分别为217种和214种;春季最少,为186种。运用聚类分析和非度量多维标度(NMDS)方法分析了北部湾鱼类群落结构的分布,研究表明,该海域鱼类可划分为5个群落,为较为稳定的东北部沿岸群落(群落I)、海南岛西岸群落(群落II)、北部湾中南部群落(群落III)、白龙尾岛附近海域群落(群落IV)和季节波动较大的琼州海峡西侧群落(群落V)。ANOSIN检验表明,各群落间鱼类组成的差异极为显著($R=0.896\sim 0.956, P<0.001$)。对不同季节鱼类群落格局与环境因子(水深、底层水温、底层盐度)的相关性分析表明,鱼类群落组成的变化与水深的相关性最好(春季 $R=0.491$,夏季 $R=0.578$,秋季 $R=0.594$,冬季 $R=0.514$),与温度和盐度的相关性较差。

关键词: 鱼类种类组成;群落格局;环境因子;北部湾

中图分类号: S 931.5

文献标识码: A

北部湾位于南海西北部,东接雷州半岛和海南岛,北依广西,西靠越南,属热带-亚热带气候,是天然半封闭海湾。北部湾生物资源丰富,是我国优良的传统渔场之一。为了解北部湾的渔业资源状况,在北部湾多次开展了较大规模的渔业资源调查^[1-8],但对全北部湾鱼类群落结构的周年变化及其与环境因子的关系却未见报道。本研究主要以2007年在北部湾开展的渔业资源与环境因子(水深、底层水温和底层盐度)资料,分析北部湾鱼类的种类组成、群落空间格局及其与环境的关系,以期为海湾生物群落的动态变化及演替提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 取样

本研究所用的数据来自2007年1月、4月、7月和10月在北部湾进行的4个航次的底拖网渔

业资源调查资料,分别代表冬季、春季、夏季和秋季,每航次布设调查站位52个。执行海上调查任务的调查船为“北渔60011”单船底拖网渔船。该船总吨位为242 t,主机功率441 kW,船体长度36.8 m,宽度6.8 m。采样网具为404型底拖网,网具上纲长度37.7 m,网口网目尺寸200 mm,网衣全长60.5 m,网囊网目尺寸39 mm。拖网采样时平均拖速为3.5节。采样站位见图1。采样及样品分析均按《海洋调查规范》(GB/T12763.6—2007)进行^[9]。

1.2 数据处理与分析

采样数据的分析采用非参数多变量群落结构分析方法。为减少机会种对群落结构的干扰,数据分析时去除生物量占总生物量比例少于0.1%且出现频率小于5%的种类,并对生物量进行四次方根转换,以平衡优势种和稀有种在群落中的作用。

收稿日期:2010-01-29 修回日期:2010-03-25

资助项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2010YD10_2009TS08);农业部近海渔业资源调查项目(070404);我国近海海洋综合调查与评价专项(908-01-ST09);广东省“九〇八”专项(GD9080205)

通讯作者:王雪辉, E-mail: wxhscs@163.com

运用转化后的数据计算站位间 Bray-Curtis 相似性系数,构建相似性矩阵,根据相似性矩阵,进行组平均法聚类分析(group average clustering)和非度量多维标度(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)^[10]的排序方法分析各调查站位的鱼类组成异质性。由于这两种方法的互补性,两工具在一起使用可更有效地阐明群落格局,并互相验证分析结果^[11-12]。检验 NMDS 分析结果的优劣用胁强系数(stress)来衡量,通常认为当 stress 小于 0.2 时,可用 NMDS 的二维点图表示,其图形有一定的解释意义;当 stress 小于 0.1 时,可以认为是一个好的排序;当 stress 小于 0.05 时,具有很好的代表性^[12-14]。

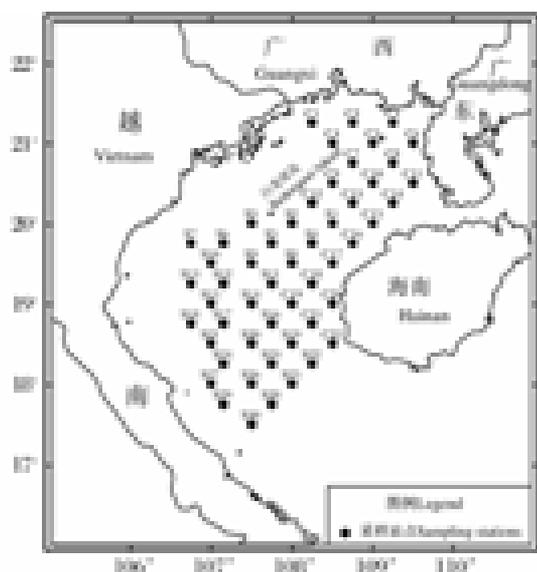


图1 北部湾底拖网采样站位示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling stations in the Beibu Gulf

应用相似性分析(analysis of similarities, ANOSIM)检验各季节不同站位间群落组成差异的显著性。群落间的相关性检验用 RELATE 分析进行,通过 SIMPER(species contributions to similarity)方法计算各种类对站位组内相似性和组间相异性的平均贡献率^[15]。

用 BIOENV 程序分析鱼类群落与非生物环境因子间的相关性^[15]。

以上分析过程使用 PRIMER v5.2 软件进行。此外还运用 SPSS 软件进行单因素方差分析(ANOVA)检验各站位组之间的水深、底层水温和底层盐度等非生物环境因子之间的差异显著

性。图件由 Surfer 8.0 和 PRIMER v5.2 软件绘制。

2 结果

2.1 种类组成

2007 年 4 季调查共采获鱼类 323 种,隶属于 18 目 101 科,冬季出现种类数最多,为 231 种;秋季和夏季次之,分别为 217 种和 214 种;春季最少,为 186 种。各季均以鲈形目出现种类数最多,128 种周年出现种中 48 种隶属于鲈形目,由此可见鲈形目是北部湾鱼类的主要类群。4 季共有种生物量占鱼类总生物量的 94.59%;仅在一个季节出现的鱼类 99 种,其生物量占总生物量的 0.61%。发光鲷渔获物在单季和 4 季中均居渔获组成的首位,分别为 29.35%(春季)、32.29%(夏季)、29.80%(秋季)、17.15%(冬季)和 28.64%(4 季)。

2.2 群落划分

图 2 是各采样站位按鱼类生物量进行聚类分析和 NMDS 排序的结果。4 季 NMDS 分析结果的胁强系数(stress)在 0.12~0.16,表明该图形很好地反映了群落间的相似性程度^[13-14]。各季节站次聚类分析和 NMDS 分析结果基本一致,夏季、秋季和冬季分 4 个群落类型,春季分 5 个群落类型,分别表示为群落 I、群落 II、群落 III、群落 IV 和群落 V。群落间的 ANOSIM 检验表明,各季节群落间的差异极为显著(表 1),表明群落划分是可行的。通过 RELATE 检验,对各季节渔获率的相似性矩阵进行 Spearman 相关分析,结果表明,北部湾鱼类群落结构的季节变化较为稳定(表 2)。

表 1 4 季节群落间的 ANOSIM 检验($P < 0.001$)

Tab. 1 ANOSIM test for communities in four seasons				
	春季	夏季	秋季	冬季
	spring	summer	autumn	winter
R	0.896	0.916	0.946	0.956

表 2 季节间相似性矩阵的相关系数($P < 0.01$)

Tab. 2 Correlation coefficients between the similarity matrices of the seasons				
	春季	夏季	秋季	冬季
	spring	summer	autumn	winter
春季 spring		0.754	0.682	0.743
夏季 summer			0.721	0.762
秋季 autumn				0.767

根据各群落类型的空间分布,将这些群落类型分别定义为东北部沿岸群落(群落 I)、海南岛西岸群落(群落 II)、北部湾中南部群落(群落

III)、白龙尾岛附近海域群落(群落IV)和琼州海峡西侧群落(春季的群落V)。

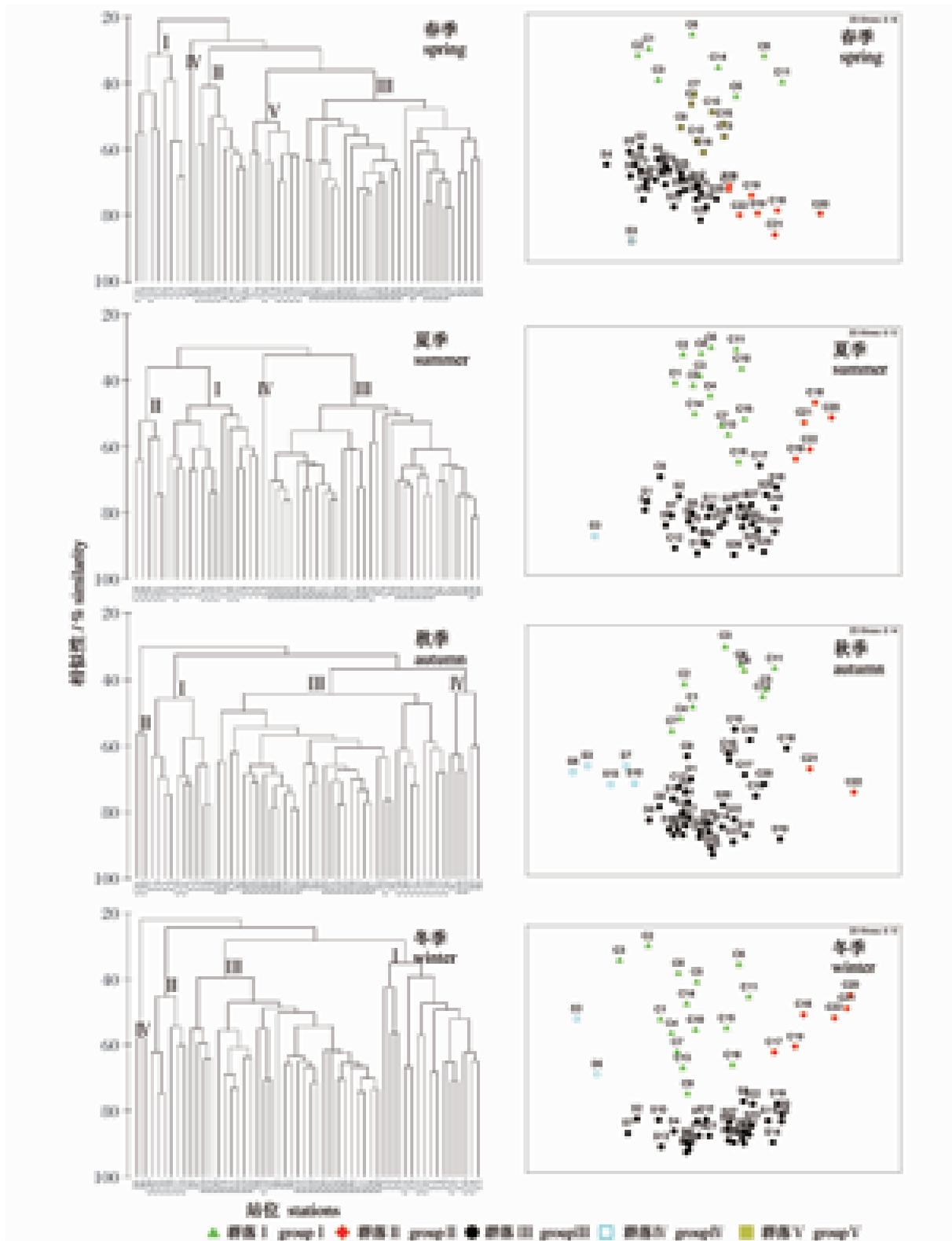


图2 北部湾鱼类采样站点的聚类分析(左)和NMDS排序(右)图

Fig.2 Group average clustering (left) and NMDS ordination (right) of sampling stations in the Beibu Gulf

2.3 群落的空间分布及其特征种类

根据各季节鱼类群落的空间分布情况(图3),北部湾海域鱼类基本可划分为5个群落,为较为稳定的东北部沿岸群落(群落I)、海南岛西岸

群落(群落II)、北部湾中南部群落(群落III)、白龙尾岛附近海域群落(群落IV)和随季节波动较大的琼州海峡西侧群落(群落V)。

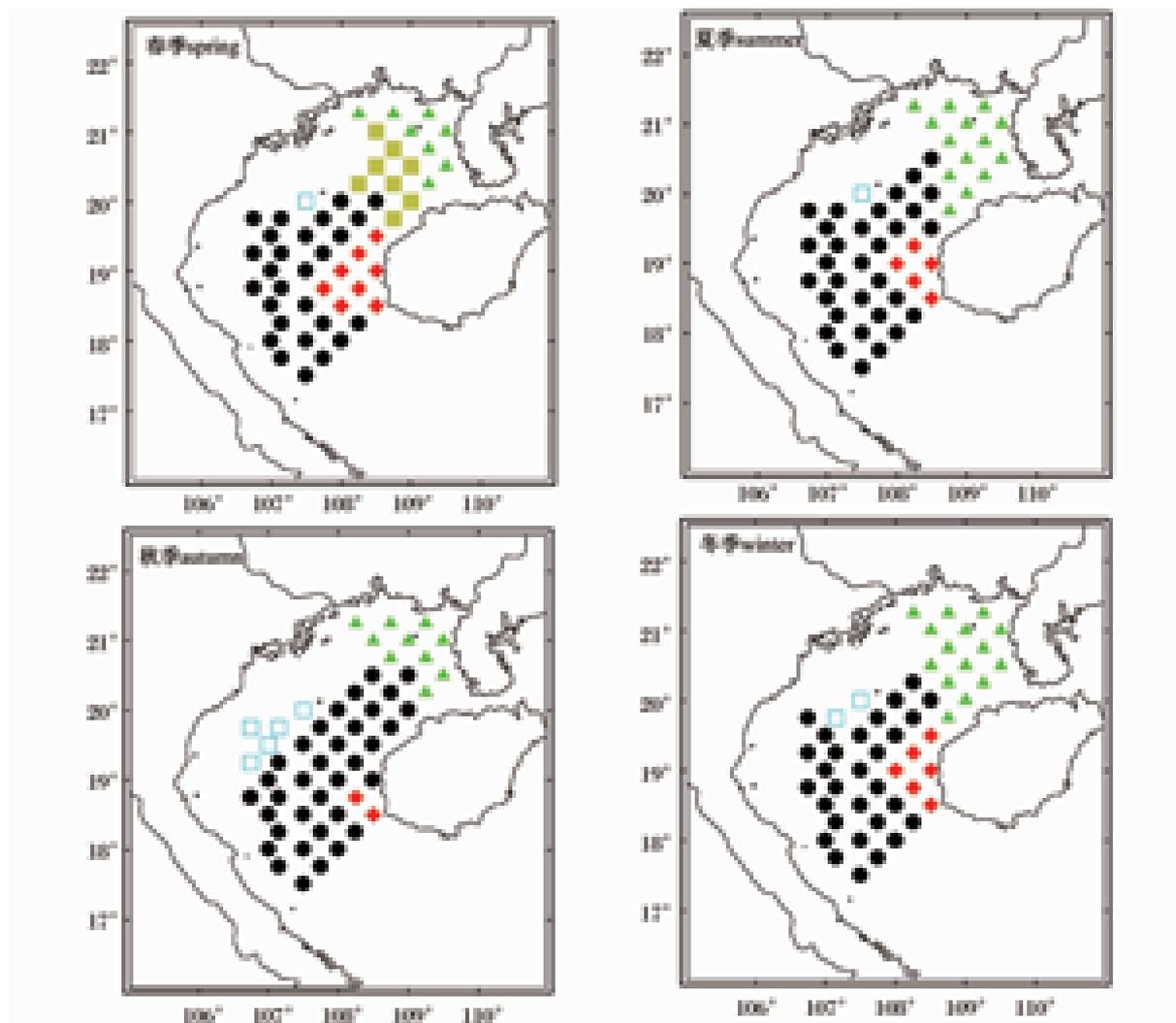


图3 北部湾鱼类群落空间分布

Fig.3 Spatial pattern of fish communities of the Beibu Gulf

群落I主要位于北部湾东北部沿岸海域,其特征种类以小型鱼类为主,如鲷类(细纹鲷、鹿斑鲷、黄斑鲷和短吻鲷等)、丽叶鲷和二长棘鲷幼鱼。北部湾二长棘鲷等鱼类的产卵期为冬季(12月至翌年2月),主要产卵场位于东北部的沿岸浅海区。春季,产卵后的二长棘鲷鱼群分散至湾内各处,当年生的幼鱼集聚在东北部沿岸浅海区育肥成长^[16-17]。因此,群落I分布区域季节变化较大(图3),主要表现在春季,只有靠近沿岸的8个站,以二长棘鲷、竹筴鱼、丽叶鲷和鲷类为优势种,共占渔获量的83.59%。夏季、秋季和冬季虽然

也以鲷类等小型沿岸种类占优势,但单种所占比例较均衡。

群落II为典型的岩礁鱼类群落,以岩礁鱼类为优势种,为该群落全年的优势种,尤以秋季更为显著,单种渔获率占47.99%。其他种类如大头白姑鱼、叫姑鱼和类也是该群落的特征种。

稳定分布于湾中部的群落III是北部湾鱼类的主要群落,其分布范围最广,特征种类以发光鲷、大头白姑鱼、黄斑鲷和竹筴鱼为主。其中发光鲷位居全年单种优势种的首位,分别占春、夏、秋和冬各季渔获率的39.25%、40.28%、38.66%和

22.13%。

群落Ⅳ为分布范围最小的群落,位于白龙尾岛附近。该群落的特征种较为复杂,没有周年优势种。春季以横斑金线鱼、单角革鲀和条尾绯鲤占优势;夏季以圆额金线鱼、蛇鲭、二长棘鲷和单角革鲀为优势种;秋季的特征种为、金带细鲈、蛇鲭和条尾绯鲤;冬季为月腹刺鲀、天竺鲷和蛇鲭为特征种。

群落Ⅴ仅出现于春季,以黄斑鲷、带鱼幼鱼、二长棘鲷和黄带绯鲤等为特征种,合计占渔获量

的76.94%。

2.4 鱼类群落与环境因子的关系

对不同季节鱼类群落与环境因子(水深、底层水温、底层盐度)的相关性分析表明(表3),鱼类群落与水深的关系性最好(春季 $R=0.491$,夏季 $R=0.578$,秋季 $R=0.594$,冬季 $R=0.514$),与其他环境因子的相关性较差。与组合的环境因子关系中,冬季相关性最好($R=0.623$);其次为春季和夏季(春季 $R=0.528$ 和夏季 $R=0.512$);秋季最差($R=0.271$)。

表3 各季节鱼类群落与环境因子的相关系数
Tab.3 Correlation coefficients between environmental factors and fish communities

	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
水深 depth	0.491	0.578	0.594	0.514
底层水温 bottom temperature	0.333	0.146	-0.076	0.445
底层盐度 bottom salinity	0.155	0.358	0.084	0.550
组合因子(水深、底层温度和底层盐度) combination factor (depth, bottom temperature and salinity)	0.528	0.512	0.271	0.623

水深 北部湾海域水深由东北部向中南部逐渐增加。从图3和表4可看出,各季节不同群落的分布与水深密切相关。ANOVA分析表明,不同群落间分布的水深存在极其显著差异(春季, $F=22.096$, $P<0.01$;夏季, $F=18.009$, $P<0.01$;秋季, $F=30.556$, $P<0.01$;冬季, $F=37.329$, $P<0.01$)。

底层水温 不同群落各季节栖息水温的变化趋势有所不同(表4)。春季和冬季,不同群落栖息的水温变化较大;北部湾地处热带-亚热带海域,夏、秋季温度较高,且各群落栖息的水温的变化不明显。ANOVA分析表明,夏、秋季不

同季节各群落之间的水温没有限制性差异(夏季, $F=1.359$, $P>0.05$;秋季, $F=0.192$, $P>0.05$)。春季和冬季各群落栖息水温差异及其显著(春季, $F=10.173$, $P<0.01$;秋季, $F=13.059$, $P<0.01$)。

底层盐度 各季节盐度均由东北部向中南部增加的趋势,但变化不大。ANOVA分析表明,春季和秋季不同群落间的盐度有显著差异(春季, $F=3.041$, $P<0.05$;秋季, $F=3.309$, $P<0.05$);夏季和冬季各群落间的盐度差异及其显著(夏季, $F=8.082$, $P<0.01$;冬季, $F=34.544$, $P<0.01$)。

表4 各季节不同群落的环境因子特征
Tab.4 Characteristics of the environmental factors of fish communities in each season

环境因子 environmental factors	季节 seasons	群落 I group I	群落 II group II	群落 III group III	群落 IV group IV	群落 V group V	F
水深 depth	春季 spring	21.2 ± 1.23	51.2 ± 4.90	63.5 ± 2.31	32.3	45.5 ± 3.09	22.096
	夏季 summer	30.6 ± 3.39	44.4 ± 5.10	62.8 ± 2.04	32.2		18.009
	秋季 autumn	24.4 ± 2.41	40.0 ± 0.25	61.6 ± 2.12	42.7 ± 3.14		30.556
	冬季 winter	31.8 ± 3.36	46.2 ± 4.52	64.3 ± 2.04	37.2 ± 4.95		27.329
底层水温 bottom temperature	春季 spring	21.7 ± 0.22	26.3 ± 0.21	24.7 ± 0.36	24.1	23.6 ± 0.44	10.173
	夏季 summer	30.2 ± 0.16	28.6 ± 0.60	28.9 ± 0.40	29.7		1.359
	秋季 autumn	28.5 ± 0.25	28.9 ± 0.20	28.5 ± 0.14	28.4 ± 0.24		0.192
	冬季 winter	19.0 ± 0.40	23.2 ± 0.27	21.8 ± 0.35	18.6 ± 0.40		13.059
底层盐度 bottom salinity	春季 spring	33.7 ± 0.21	34.0 ± 0.18	34.2 ± 0.08	34.2	33.5 ± 0.87	3.041
	夏季 summer	32.7 ± 0.14	33.5 ± 0.16	33.6 ± 0.09	33.6		8.082
	秋季 autumn	31.9 ± 0.13	32.7 ± 0.15	32.5 ± 0.09	32.2 ± 0.28		3.309
	冬季 winter	32.8 ± 0.07	33.4 ± 0.08	33.5 ± 0.03	33.1 ± 0.15		34.544

3 讨论

3.1 种类数的年际变化

北部湾地处热带-亚热带,水质优良,饵料充足,为该海域鱼类提供了良好的产卵、育肥和栖息场所。因此,栖息于该海域的鱼类具有种类繁多的特征。如1960-1961年的越南科考中,记载北部湾海域的鱼类有450种^①;在1962年进行的中越北部湾联合调查中,记录鱼类种数多达487种^②;李显森等^[18]调查北部湾沿岸鱼类的区系,记录鱼类361种;罗春业等^[19]结合文献较为系统地统计北部湾的鱼类种类有472种;1997-1999年开展的勘测专项调查中,在北部湾海域共捕获鱼类463种^[20];2001-2002年进行的北部湾补充调查中,记录鱼类244种^[21];2007年出现的鱼类共323种。由此可见,不同年代由于调查频率和区域的差异,出现的种类数变化较大。据文献记载,北部湾海域鱼类约有500种^[22]。

3.2 群落结构的季节变化

刘子琳等^[23]和高东阳等^[24]曾对北部湾浮游植物和初级生产力的分布特征进行了研究,结果显示,北部湾东北部和琼州海峡西侧的叶绿素和初级生产力较高。初级生产力高,饵料生物丰富,易集聚大量二长棘鲷和带鱼等幼鱼在此育肥成长。陈作志等^[25]研究表明,北部湾东北部为二长棘鲷幼鱼的密集区。大量幼鱼的季节移动,使局部地区的群落发生了较小的波动,主要表现在春季琼州海峡西侧和湾的东北部,从而形成了群落V。

3.3 群落空间分布与环境因素的关系

Odum^[26]和邱永松^[27]研究表明,水深、温度和盐度等环境因子是游泳动物群集的主要限制因素,而水深是影响鱼类群落结构变化的最主要因素^[28]。不同深度的海域具有不同的环境,环境因素对鱼类分布起限制作用,使不同的水系和水深常成为不同种类的主要分布区,从而形成了鱼类群落。本文对鱼类群落与环境因子的相关分析反映出群落与水深的变化密切相关,与水温 and 盐度等其他环境因子的相关性较差。水深引起群落变

化的不是水深本身,而是与水深变化有伴随关系的底层水温和盐度的变化^[27]。

3.3 群落空间分布与水系、水团的关系

北部湾东受雷州半岛及海南岛的阻隔,西靠越南,是一个半封闭的海湾,其水文环境状况相对较稳定,渔业生态系统也相对自成独立体系。由此也导致北部湾四季鱼类群落的空间分布为一个较为稳定、季节变化不甚明显的群落(表4)。从图3可看出,群落I、II、III和IV较为稳定的分布于北部湾海域。同时北部湾北部受沿岸水影响,主要受沿岸水、外海水和混合水的影响,尤以沿岸水和混合水为优势^[29]。北部湾的沿岸水主要是由广西沿岸与越南沿岸的江河入海径流冲淡水形成的,以夏、秋势力为强,冬、春为弱,为北部湾的优势水团;外海水即南海南部表层水,以夏季势力为强,冬季弱,以高温、高盐为特征,势力仅次于沿岸水;而混合水则由海南岛的沿岸水经琼州海峡进入北部湾后混合变性而成,相对于外海水呈低温、低盐性质^[30]。春季,沿岸水势力减弱,在外海水和混合水向湾内推进的作用下,沿岸水向湾西部回缩,受其影响,形成了群落V。由此表明,北部湾鱼类群落受水团、水系影响较为显著,与其消长密切相关^[25,30-31]。

中国水产科学研究院南海水产研究所王跃中、梁新同志参加外业调查,梁小芸高级实验师负责数据录入,广西北海“北渔60011”吴福禧船长和全体船员协助样品采集工作,特此谢忱。

参考文献:

- [1] 袁蔚文. 北部湾底层渔业资源的数量变动和种类更替[J]. 中国水产科学, 1995, 2(2): 57-65.
- [2] 孙典荣, 林昭进. 北部湾主要经济鱼类资源变动分析及保护对策探讨[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(2): 62-68.
- [3] 孙典荣, 邱永松. 北部湾长尾大眼鲷生长和死亡参数估计[J]. 海洋湖沼通报, 2004, 3: 27-34.
- [4] 孙德雄, 刘宣, 区又君, 等. 北部湾雷州沿岸鱼类资源现状研究[J]. 热带海洋学报, 2008, 27(3): 66-71.
- [5] 陈作志, 邱永松. 北部湾二长棘鲷生长和死亡参数估计[J]. 水产学报, 2003, 27(3): 251-257.
- [6] 乔延龙, 林昭进, 邱永松. 北部湾秋、冬季渔业生物群落结构特征的变化[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2008, 26(1): 100-104.

① 南海水产研究所技术情报室编译. 苏越北部湾考察报告[R]. 1965.

② 袁蔚文, 邱永松, 郭金富, 等. 北部湾底拖网渔业资源调查[R]. 南海水产研究, 1994: 22-40.

- [7] 乔延龙,陈作志,林昭进. 北部湾春、秋季渔业生物群落结构的变化[J]. 中国水产科学,2008,15(5):816-821.
- [8] 陈嘉欣,区又君,廖银萍,等. 北部湾雷州近海春、夏季鱼类群落结构初探[J]. 生态科学,2006,25(4):354-358.
- [9] 国家质检总局,国家标准化委员会. 海洋调查规范第6部分:海洋生物调查[M]. 北京:中国标准出版社,2007:56-62.
- [10] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns[J]. Marine Ecology Progress Series,1982,8:37-52.
- [11] Brazner J C, Beals E W. Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan; a multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1997, 54 (8): 1743-1761.
- [12] 李圣法,程家骅,严利萍. 东海南南部鱼类群集结构的 空间特征 [J]. 海洋学报,2005,27(3):110-118.
- [13] Khalaf M A, Kochzius M. Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea [J]. Marine Ecology Progress Series,2002,239:287-299.
- [14] 马藏允,刘海,王惠卿,等. 底栖生物群落结构变化多元变量统计分析[J]. 中国环境科学,1997,17(4):297-300.
- [15] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation [M]. 2nd ed. Plymouth: PRIMPER-E,2001.
- [16] 陈再超,刘继兴. 南海经济鱼类[M]. 广州:广东科技出版社,1982:172-178.
- [17] 邱永松. 北部湾主要经济鱼类分布[J]. 南海水产研究,1995,(12):1-9.
- [18] 李显森,梁志辉,蒋明星. 北部湾北部我国沿岸海区鱼类区系初步调查[J]. 广西科学院学报,1987,3(2):95-116.
- [19] 罗春业,李英,朱瑜,等. 广西北部湾鱼类区系的再研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版),1999,17(2):85-89.
- [20] 贾晓平,李纯厚,邱永松,等. 广东海洋渔业资源调查评估与可持续利用对策[M]. 北京:海洋出版社,2005:319-322.
- [21] 贾晓平,李纯厚,林昭进,等. 北部湾渔业生态环境与渔业资源[M]. 北京:科学出版社,2003:111-116.
- [22] 中国科学院动物研究所. 南海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1962:1-1127.
- [23] 刘子琳,宁修仁,蔡昱明. 北部湾浮游植物粒径分级叶绿素 a 和初级生产力的分布特征[J]. 海洋学报,1998,20(1):50-57.
- [24] 高东阳,李纯厚,刘广锋,等. 北部湾海域浮游植物的种类组成与数量分布[J]. 湛江海洋大学学报,2001,21(3):13-18.
- [25] 陈作志,邱永松. 北部湾二长棘鲷的生态分布[J]. 海洋水产研究,2005,26(3):16-21.
- [26] Odum E. 生态学基础[M]. 3 版. 北京:人民教育出版社,1981:320-346.
- [27] 邱永松. 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化[J]. 水产学报,1988,12(4):303-311.
- [28] Colvocoresses J A, Musick J A. Species associations and community composition of middle Atlantic Bight continental shelf demersal fishes [J]. Fishery Bulletin,1984,82(2):295-313.
- [29] 陈波. 北部湾水系形成及其性质的初步探讨[J]. 广西科学院学报,1986,2(2):92-95.
- [30] 赵汉取,贾晓平,李纯厚,等. 秋、冬季北部湾浮游介形类群落多元分析[J]. 应用生态学报,2006,17(12):2413-2416.
- [31] 农牧渔业部水产局,农牧渔业部南海区渔业指挥部. 南海渔业资源调查和区划[M]. 广州:广东科技出版社,1989:25-26.

Fish community pattern and its relation to environmental factors in the Beibu Gulf

WANG Xue-hui^{1,2*}, QIU Yong-song², DU Fei-yan^{2,3}, LIN Zhao-jin²,
SUN Dian-rong², HUANG Shuo-lin¹

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

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

3. Post-doctoral Research Station, College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Based on data collected by quarterly otter trawl surveys in the Beibu Gulf in 2007, fish species compositions and community pattern were analyzed. A total number of 323 fish species belonging to 101 families and 18 orders were collected during the surveys. The largest number of species was recorded in winter (231 species), followed by those in autumn and summer (217 and 214 species, respectively), and the number of fish species was the smallest in spring (186 species). The spatial pattern of fish community was analyzed using hierarchical clustering and non-metric multidimensional scaling. Five station groups based on fish assemblages were indentified. The Group I was located in the coastal waters of northeast Beibu Gulf and showed less seasonal variation in distribution. The Group II was located in the coastal waters west off Hainan Island. The Group III covered a large area of the central and southern waters of the Beibu Gulf, while the Group IV located near the Bailongwei Island covered the least stations, and the Group V can only be identified in spring season to the west Qiongzhou Strait. The ANOSIN tests showed highly significant differences ($R = 0.896 - 0.956$, $P < 0.001$) in fish assemblages between the station groups. The relationships between changes in fish community pattern and environmental factors (depth, bottom temperature and bottom salinity) were examined. The correlation analysis showed that the water depth was the major environmental factor dominating the fish community pattern, while bottom temperature and salinity contributed less to determining the community pattern.

Key words: fish species composition; community pattern; environmental factor; Beibu Gulf

Corresponding author: WANG Xue-hui. E-mail: wxhscs@163.com