

广东沿岸海域鱼类群落排序*

邱永松

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州, 510300)

摘要 根据广东沿岸海域春秋两季底拖网鱼类采样数据, 运用多维尺度转换分别对两季的鱼类样品进行排序。排序揭示出的鱼类群落格局及其季节差异与环境变异性密切相关。同处混合水区域的站位鱼类组成较为相似; 分布在珠江冲淡水和外海高盐水区域的站位, 鱼类组成则与多数沿岸站位有明显差异。春季沿岸海域鱼类组成有一东北-西南向的变化趋势, 这一群落格局是由于该海域东北部受低温东海沿岸流影响所致; 秋季珠江河口区受冲淡水的影响, 而调查海域外侧的底层为外海高盐水所占据, 鱼类组成随由河口、沿岸向外递增的盐度梯度而变化。珠江口附近海域鱼类群落春秋两季均随盐度梯度而变化。

关键词: 沿岸海域, 鱼类群落, 排序, 水文环境。

ORDINATIONS OF FISH COMMUNITIES IN THE INSHORE WATERS OF GUANGDONG PROVINCE

Qiu Yongsong

(South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, 510300, China)

Abstract Demersal trawl sampling, representing 2 hydrographic seasons, were carried out in spring and autumn at stations distributed in the inshore waters of Guangdong Province. Ordinations of fish samples were derived, separately for the 2 hydrographic seasons, from multidimensional scaling of percentage dissimilarity matrices. The community patterns and their seasonal differences revealed by the ordinations are well correlated with the distributions and variations of the coastal and offshore water systems. In both seasons, fish assemblages are similar at most stations distributed in zones of mixed waters. The assemblages at other station groups differ distinctly from those of the most stations, respectively characterizing the Pearl River diluted water and the offshore saline water mass. The ordination of spring samples revealed a northeast-southwest difference of fish assemblages at most stations. This difference is caused by the invasion of the low temperature East China Sea coastal current in the northeastern part of the investigation area. Fish assemblages of autumn samples change along a salinity gradient from estuary, coastal, to offshore areas. The autumn community pattern is induced by the

* 广东省科委青年科学基金资助项目。

收稿日期: 1994-10-05, 修改稿收到日期: 1995-10-28

widespread of diluted water in the Pearl River estuary, and the invasion of offshore saline water mass into the bottom layer of the outer edge of the investigation area. The community patterns in the Pearl River mouth are subjected to distributions and seasonal variations of river discharge, and changes of fish assemblages along salinity gradients are evident in both seasons.

Key words: inshore waters, fish community, ordination, hydrographic environment.

广东沿岸海域受沿岸水系和外海水系分布及季节消长的影响, 水文环境有明显的区域和季节差异^[1~3]。环境条件的变化必然影响鱼类的分布, 从而改变其群落组成。本研究通过对该海域底拖网鱼类样品的多维尺度转换排序, 分别解析春秋两季的鱼类群落格局, 并考察群落变化与环境要素的关系。广东沿岸海域是重要的渔业水域, 分析该海域的鱼类群落格局是渔业生态学研究的一项基础工作, 对该海域渔业资源的区划也有一定参考价值。有关该海域鱼类的种类组成、数量分布及其季节变化等已有报道^[4]。

1 材料与方法

1.1 调查采样

本研究的鱼类样品是在广东省海岛海域游泳生物资源调查中取得的, 该调查于 1989 年 9 月至 1991 年 10 月分 6 个航次进行。各航次调查分别租用底拖网渔船进行, 采样船只、网具等的详细描述见文献^[4], 调查范围、日期和站位的布设见图 1。采样站位分布的水深范围在 3~44 m 之间, 包括了河口、海湾, 以及沿岸海域外侧外海水系的分布区域, 基本代表了沿岸海域的主要生态环境类型。采样按春、秋两季分别进行, 3、4 月份的春季采样代表东北季风及河流枯水季节; 9、10 月份的秋季采样代表西南季风及河流丰水季节。春秋两季完成的采样站位分别为 85 和 89 个, 每站次捕获的鱼类样品均分类到种, 按种统计生物量和尾数, 在采样过程中用探鱼仪测量并记录水深, 在拖网前或起网后还进行了表底层水温、盐度和海底底质观测。

1.2 数据分析

采样数据的分析按春秋两季分别进行, 分析中选用生物量数据。由于各航次采样使用的网具和拖速有所差异, 在分析前对各航次的采样数据按其渔获性能的对比关系进行了换算, 各航次采样渔获性能是按渔获性能指数与每小时拖网扫海面积的关系^[5]确定的。本研究选用的排序方法为多维尺度转换^[6~9]。该排序方法能在低维空间较好地反映相异性矩阵的信息, 特别是本研究的样品中, 捕获的鱼类达 282 种, 但每站次出现的鱼种仅为 6~50 种, 种类-样品矩阵中的大部分数据为 0, 不适宜采用以协方差矩阵为基础的主成分分析、对应分析等排序方法。换算后的各采样网次各鱼种每小时捕获生物量数据经两次开平方转换后, 计算两两样品之间的 Bray-Curtis 相异性, 在相异性矩阵的基础上进行排序及类平均法聚类分析。对全调查海区样品的排序是按站位组进行的, 其原因一方面是由于直接对各站位样品进行排序计算量太大; 另一方面是由于代表样品的点太多而造成表述上的繁琐。因此, 首先用类平均聚类法把相异性 60% 以下的样品加以合并, 根据合并后计算出的各站位组之间的相异性进行排序。对全海区样品的分析表明, 珠江口海域和汕头沿岸海域是鱼类组成变化较显著的区域, 因此对这两个区域的样品作了进一步的分析, 其排序和聚类分

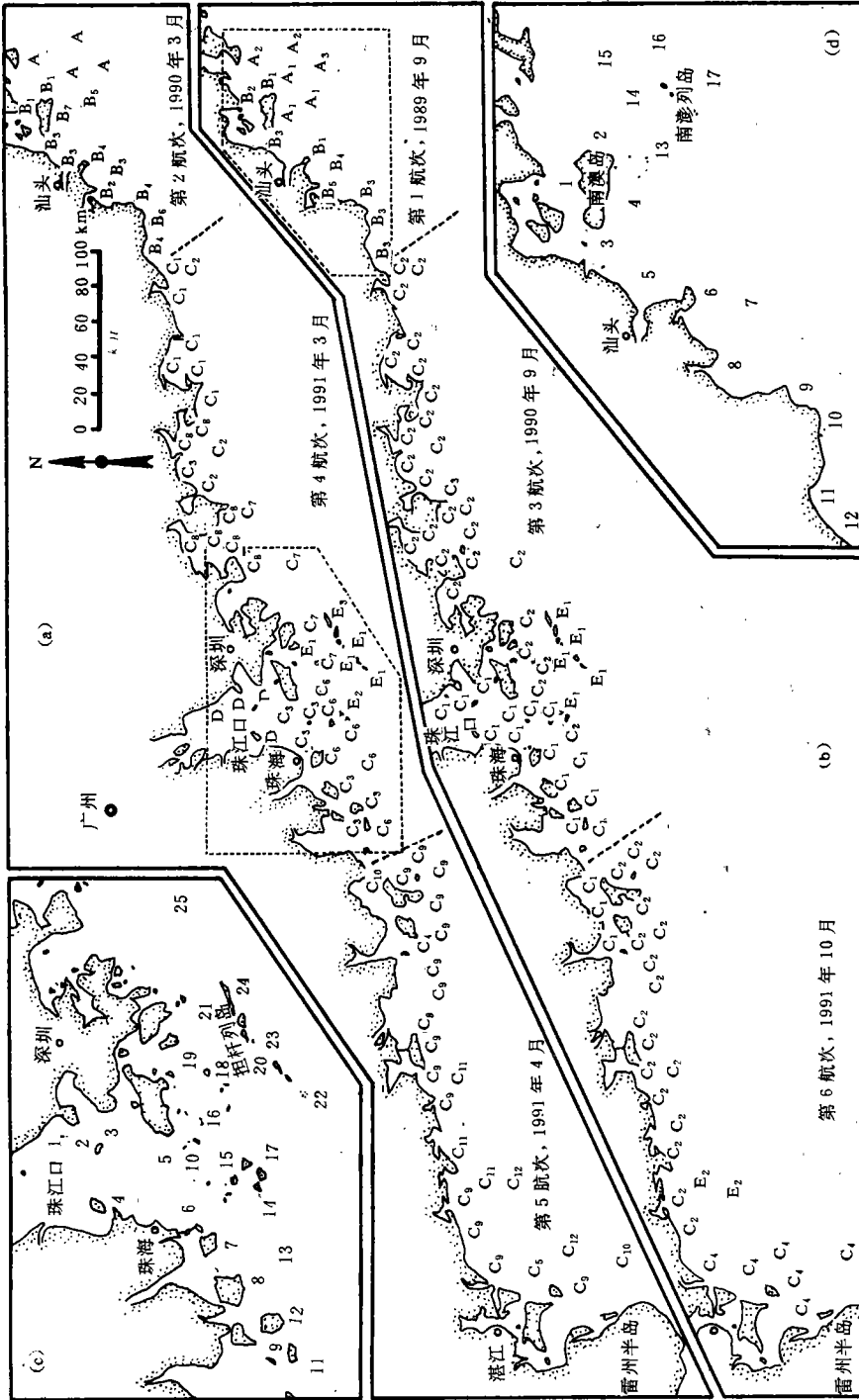


图 1 采样站及类平均法聚类分析区分出的各组站位的分布

(a) 春季调查, (b) 秋季调查, (c) 珠江口站位, (d) 汕头沿岸站位

(a) spring survey, (b) autumn survey, (c) stations in Pearl River mouth, (d) stations to the coast of Shantou

析按逐一样品进行。为考察群落变化与环境要素的关系，对样品的相异性矩阵进行主坐标分析(Principal coordinate analysis)，并用 Spearman 顺位相关法分析了相异性矩阵主坐标与环境要素的相关关系。

本研究运用的多维尺度转换程序是参照文献[6]的程序框图及其详细说明自行编写的，其中排序距离对相异性的回归关系选用带常数项的三次多项式拟合，用于开始迭代的二维起始图是根据相异性矩阵构造出来的，最后的排序也采用二维图形。主坐标的计算步骤按文献[9]，其中特征向量的抽取用 Jacobi 法^[10]，本研究的数据运算在 IBMPC 兼容机上进行，除相关分析在 SPSS 上进行外，其余的各项分析均采用自行编写的 BASIC 程序。

2 结果与讨论

2.1 排序结果

图 2 分别表示春秋两季调查海域站位组的多维尺度转换排序结果。各站位组所包含站位的数目及其地理分布状况见图 1，春秋两季站位组排序距离对相异性的回归关系由图 2c 中的两条曲线分别拟合，排序图中点的距离通过其与相异性的递增回归关系，反映站位组之间鱼类组成的差异程度。衡量排序畸变程度的应力(Stress)用 S 表示。图 3 是春秋两季站位样品的聚类图，受篇幅的限制，图中仅画出这些站位在相异性 60% 以上的聚类状况。排序图中附加的虚线圈为聚类分析的结果。

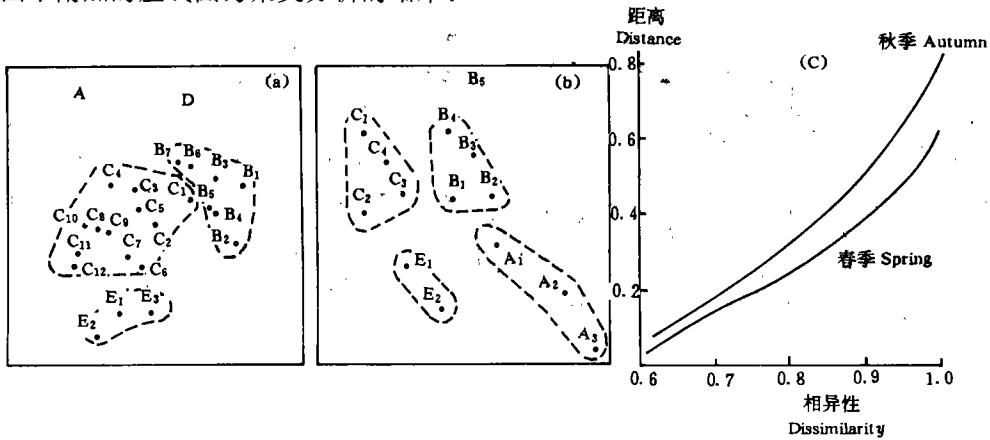


图 2 广东沿岸海域站位组多维尺度转换排序

(a) 春季($S=0.203$), (b) 秋季($S=0.138$), (c) 排序距离对相异性的回归曲线

Fig. 2 MDS ordinations of station subgroups in the inshore waters of Guangdong

(a) spring(stress=0.203), (b) autumn (stress=0.138), (c) regression curves of ordination distances to dissimilarities separately for spring and autumn

从图 1~3 中可看出，春秋两季均有一些处在珠江河口和调查海域外侧的站位，其鱼类组成与多数沿岸站位有较明显的差异，沿岸海域的多数站位尽管分布范围广，但鱼类组成仍较为相似。两季的群落格局又有明显的差异；春季，除珠江河口和调查海域外侧的一些站位外，多数沿岸站位的鱼类组成有从海域东北部向西南部变化的趋势；秋季，鱼类组成则大致上从河口、沿岸向海域外侧变化。

以上站位组的排序结果表明，珠江口附近海域和汕头沿岸海域是鱼类组成变化较显著的区域，为阐明调查海域的群落格局，有必要对这两个局部海域的样品作进一步的解析。珠江口附近海域和汕头沿岸海域的采样站位在图 1c 和 d 中分别标示。图 4 和图 5 分别表示

这两个区域春季(3 月份)和秋季(9 月份)站位样品的排序结果,各排序图中附加的虚线圈是聚类分析在相异性 70%左右区分出来的站位类别。

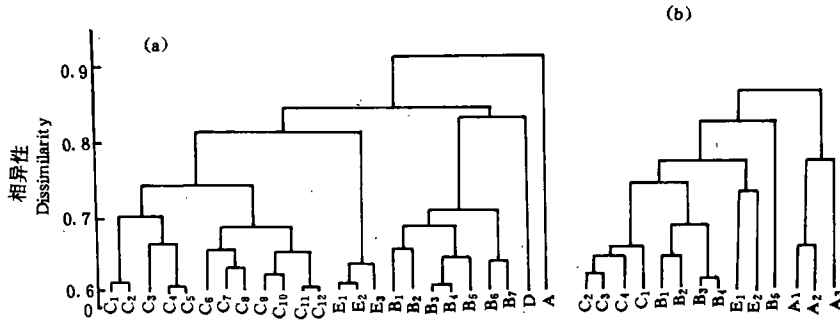


图 3 站位类平均法聚类

(a) 春季 spring, (b) 秋季 autumn

Fig. 3 Group average classification of stations

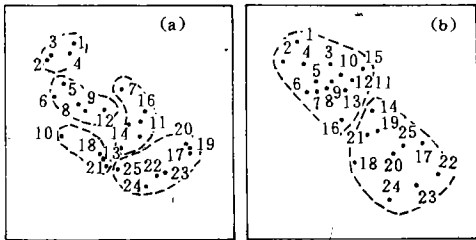


图 4 珠江口站位多维尺度转换排序

(a) 春季 spring ($S=0.138$),
(b) 秋季 autumn ($S=0.120$)

Fig. 4 MDS ordinations of stations in Pearl River mouth

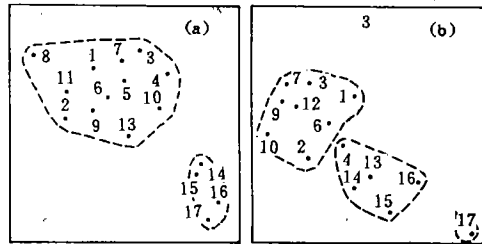


图 5 汕头沿岸海域站位多维尺度转换排序

(a) 春季 spring ($S=0.155$),
(b) 秋季 autumn ($S=0.139$)

Fig. 5 MDS ordinations of stations to the coast of Shantou

珠江口附近海域春秋两季的站位样品排序均反映出鱼类组成沿河口区、河口西南部向河口东南外侧变化的趋势。代表河口区和河口西南部站位的样品点较为靠近;而河口区与海区外侧的站位在两季的排序中均处在排序图最长方向上的两端。春季排序的样品点呈现较连续的变化;秋季排序的样品点则可分成两簇,一簇代表河口及其西南部的站位,另一簇代表珠江口东南外侧的站位。

汕头沿岸海域的站位在两季的排序中均可大致分成 2 组,含较多站位的一组分布在沿岸水域,含较少站位的一组分布在海区外侧的南澎列岛周围水域。春季排序反映出两组站位鱼类组成的差异较明显;而秋季的排序则反映出从沿岸至调查海域外侧鱼类组成较连续的变化。

2.2 群落变化与环境因素的关系

影响广东沿岸海域的水系包括沿岸水系和外海水系两大系统^[1~3], 调查海域大部分区域的底层为沿岸水与外海水的混合变性水——海洋锋所占据; 珠江河口区是受径流影响的区域; 调查海域外侧的底层则有外海水分布。沿岸水系和外海水系又有明显的季节消长。11月至翌年5月沿岸海域主要受西南向沿岸流的影响, 水温普遍较低, 海域的东北部受来自东海经台湾海峡入侵的沿岸流影响, 水温明显低于西南部; 6至10月是沿岸江河的丰水期, 冲淡水分布范围扩大, 调查海域中部和西南部的一些河口和沿岸站位受低盐沿岸水的影响, 与此同时, 夏季盛行的西南季风使终年流向东北的南海暖流更加强盛, 在其作用下, 外海高盐水入侵并占据调查海域外侧的底层, 夏季因海水表层升温及冲淡水的分布而引起的层化作用, 也使底层盐度明显随水深而增加, 从而在调查海域的底层形成一个从河口、沿岸向外明显递增的盐度梯度。

春秋两季站位样品排序揭示出的鱼类群落格局, 与调查海域沿岸水系、外海水系的分布及其季节变化有密切的关系。由于沿岸海域的底层大部分为混合水所占据, 处在这一变性水区域的多数站位, 尽管分布范围较广, 鱼类组成的差异相对较小。与多数沿岸站位鱼类组成差异较显著的分别是受珠江冲淡水影响的河口站位和调查海域外侧受外海水影响的站位。春季采样正值江河的枯水期, 受冲淡水影响的站位主要局限于在珠江口内侧 D 组的 4 个低盐站位; 珠江口东南外侧 E 组的 6 个站位代表受外海高盐水影响的区域。秋季分布在珠江口及其西南部和粤西沿岸 C₁ 组的 17 个站位代表受低盐沿岸水影响的区域, 而分布在调查海域外侧的 A 组 6 个和 E 组 7 个站位则代表受外海高盐水影响的区域。

表 1 相异性矩阵第 1 主坐标与环境因素的 Spearman 顺位相关系数

Table 1 Spearman's rank correlation coefficients between the first principal coordinates of dissimilarity matrices and the environmental factors

样品	Sample	水深 Water depth	底质 Sediment type	底层水温 Bottom layer temperature	底层盐度 Bottom layer salinity
广东沿岸海域 Inshore water of Guangdong	春季(85 站) Spring	0.316**	0.070	0.660***	-0.090
	秋季(89 站) Autumn	0.617***	0.205	-0.190	0.681***
珠江口海域 Pearl River mouth	春季(25 站) Spring	-0.839***	-0.254	0.152	-0.809***
	秋季(25 站) Autumn	-0.939***	0.222	0.756***	-0.903***
汕头沿岸海域 Inshore water of Shantou	春季(16 站) Spring	0.722**	0.823***	0.502*	0.253
	秋季(15 站) Autumn	-0.448	-0.617*	0.611*	-0.742**

注: * —— $p < 0.05$, ** —— $p < 0.01$, *** —— $p < 0.001$

为进一步探讨对群落变化起主导作用的环境因素, 对各样品的相异性矩阵进行主坐标分析, 并用 Spearman 顺位相关法分析各矩阵主坐标与各站位水深、底质、底层水温和盐度等环境要素的相关关系。从相异性矩阵提取的主坐标经陡坡检验^[10], 沿岸海域春秋两季均可确定 5 个有显著意义的主坐标, 珠江口附近和汕头沿岸海域的各矩阵可确定 1~3 个主

坐标。其中各相异性矩阵的第 1 主坐标反映了群落的主要变化趋势。表中分别列出了各矩阵第 1 主坐标与环境因素的相关分析结果。

春季沿海岸域鱼类组成的主要变化趋势与底层水温有密切的关系，调查海域东北部受低温东海沿岸流影响而形成的东北-西南向水温梯度，对多数站位鱼类组成的变化起着主导作用。秋季群落的变化与盐度的关系最为密切，各站位鱼类组成明显大体上随由河口、沿岸向调查海域外侧递增的盐度梯度而变化。

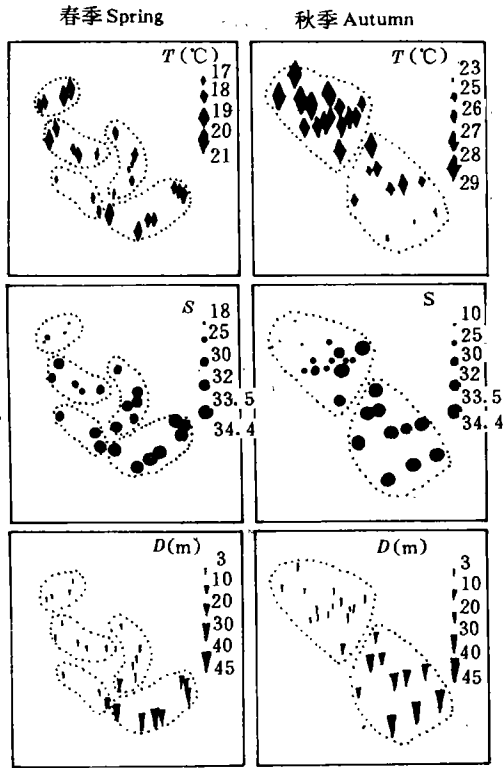


图 6 标示在珠江口附近海域站位排序图中的水温(T)、盐度(S)和水深(D)

Fig. 6 Temperature(T), salinity(S), and depth(D) superimposed onto ordination plots of stations in Pearl River mouth

珠江口附近海域的采样站位分布在冲淡水、混合水和外海水 3 类不同水文环境，鱼类组成明显随环境梯度而变化(图 6)，春季采样正值珠江枯水期，但仍可看出鱼类群落沿盐度梯度而变化的趋势，珠江河口及其西南部的一些站位处低盐环境，而调查海域外侧的站位则受外海高盐水的影响，由于冲淡水通过垂直混合不同程度地影响底层，鱼类组成沿盐度梯度呈现较连续的变化。秋季的采样则处于珠江丰水期，群落格局除明显受盐度梯度影响外，因表层升温及冲淡水分布而引起的水层化作用，也使底层水温随各站位所处水深的增加而降低，环境梯度的协同作用使秋季鱼类组成从冲淡水区域向外海水区域的变化尤为明显。排序图中的两组站位，一组是受珠江冲淡水影响的站位，由于珠江径流的流向偏西^[11]，这组站位分布在珠江河口及其西南部水域；另一组是受外海高盐水影响的站位，分布在珠江口的东南外侧。

汕头沿岸海域水文环境和鱼类群落的季节变化非常明显^[12]。春季，受来自东海的低温沿岸流影响，分布在该海域的鱼类主要是一些沿岸性种类，其种类数和生物量均明显低于广东沿岸海域的西南部，从而造成调查海域东北部与西南部鱼类组成的明显差异。秋季，粤东外侧陆架海域的

高盐水涌升并向沿岸逼近，外海水系的种类在该海域广泛分布，其种类数和生物量大致随外海水系的影响程度而增减，鱼类组成沿盐度梯度呈现较连续的变化。底质条件对该海域鱼类群落格局的影响较为显著，广东沿岸海域的底质多为泥质和泥沙质，只有在汕头沿岸外侧的南澎列岛附近海域底质较为特殊，该海域为沙质海底，但底形粗糙，有礁石分布，捕获的样品中出现许多粗糙和沙质海底特有的鱼种。

相关分析不同程度地反映出群落有随水深而变化的趋势。水深较直接的影响是引起压力和光照强度的变化,但就调查海域而言,引起群落变化更重要的不是水深变化本身,而是与水深变化有着伴随关系的底层水温和盐度的变化、环境条件稳定性的差异及底质条件的差别等,是多种因素的综合效应,秋季调查期间海水的层化作用使底层温度、盐度与水深的伴随关系尤为明显。

参 考 文 献

- 1 农牧渔业部南海区渔业指挥部编. 南海区渔业资源调查和区划. 广州: 广东科技出版社, 1989. 1~198
- 2 陈冠贤主编. 中国海洋渔业环境. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991. 1~112
- 3 雷宗友主编. 中国海环境手册. 上海: 上海交通大学出版社, 1988. 264~508
- 4 郭金富等主编. 广东海岛海域海洋生物和渔业资源. 广州: 广东科技出版社, 1994, 111~266
- 5 Aoyama T. The demersal fish stocks and fisheries of the South China Sea. *UNDP and FAO, SCS/DEV*, 1973, 3: 1~80
- 6 Kruskal J B. 揭示结构的多维尺度转换及其他方法. 安斯伦 K 等编. 中国科学院计算中心译. 数字计算机上用的数学方法, 第三卷, 统计方法. 上海: 上海科学技术出版社, 1981. 241~276
- 7 惠特克 R H 主编. 王伯荪译. 植物群落排序. 北京: 科学出版社, 1986. 1~311
- 8 Field J G *et al.* A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1982, 8: 37~52
- 9 Legendre L and Legendre P. *Numerical ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company, The Netherland, 1983. 171~338
- 10 谢小庆, 王丽. 因素分析. 北京: 中国社会科学出版社, 1989. 49~98
- 11 莫顿 B, 莫顿 J. 傅天宝等译. 香港海岸生态学. 北京: 海洋出版社, 1991. 3~8
- 12 广东省海岛资源综合调查大队等. 广东省汕头海区海岛环境、自然资源和开发利用. 北京: 科学出版社, 1992. 485~523