

长江口鱼类群落分类学多样性变动的分析

沈新强¹ 史贇荣^{1,2} 晁敏¹ 全为民¹ 黄厚见^{1,2} 吴庆元^{1,2}

(¹中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

(²上海海洋大学海洋学院, 201306)

摘 要 为研究长江口鱼类群落分类学多样性值(平均分类差异指数 Δ^+ 与分类变异差异指数 Λ^+)的长期变动, 根据 1985~1986 年、2004 年及 2010~2011 年 3 个时期共 12 个航次长江口鱼类调查资料, 分别计算了反映鱼类群落不同物种亲缘关系 Δ^+ 和亲缘关系均匀性 Λ^+ 值。结果显示, 2004 年 4 个航次及 2010~2011 年 3 个航次鱼类 Δ^+ 均位于长江口鱼类群落总名录 Δ^+ 95%置信区间以下, 与 1985~1986 年相比, 2004 年及 2010~2011 年各航次平均 Δ^+ 均较低; Λ^+ 的分布格局则与 Δ^+ 有所不同, 主要表现为 12 个航次的 Λ^+ 均在 95%置信区间内。长江口鱼类群落 Δ^+ 的降低跟过度捕捞、环境污染、生境破坏等有关, 其下降也反映出群落种类组成在形态亲缘关系上更加接近。

关键词 长江口 鱼类群落 分类学多样性 长期变动

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2013)04-0001-07

Analysis of taxonomic diversity of fish community in Yangtze River estuary

SHEN Xin-qiang¹ SHI Yun-rong^{1,2} CHAO Min¹

QUAN Wei-min¹ HUANG Hou-jian^{1,2} WU Qing-yuan^{1,2}

(¹East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

(² Marine College, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT For studying the long-term changes in taxonomic diversity (average taxonomic distinctness and variations in taxonomic distinctness) of fish community in Yangtze River estuary, fish species recorded at three periods (1985~1986, 2004, 2010~2011) were used to estimate the Δ^+ and Λ^+ for respective survey. The results showed that Δ^+ in 2004 and 2010~2011 (except the spring survey) fell below the 95% probability limits for Δ^+ of all fish species from Yangtze River estuary. Moreover, the decreasing trends in Δ^+ were also observed. However, patterns of variation in Λ^+ was different from Δ^+ , as all Λ^+ distributed in the 95% probability limits for Λ^+ of all fish species. Declines in Δ^+ of Yangtze River estuary may be a result of overfishing, pollution and habitat destruction, as shown in closer relationships among fish species, implying for increased niche similarity between species and potential loss of stability or resilience of the community.

国家 973 项目(2010CB429005)资助

收稿日期:2012-07-07;接受日期:2013-04-02

作者简介:沈新强(1951-),男,研究员,主要从事渔业生态学研究。E-mail: xinqiang_shen@hotmail.com

KEY WORDS Yangtze River estuary Fish community Taxonomic diversity
Long-term changes

鱼类群落多样性研究会遇到如何处理不同历史时期通过不同调查方法或者在不同局域调查区域采集的数据的问题(Simier *et al.* 2006)。而传统的群落多样性研究如 Simpson 和 Shannon-Winner 等分析方法与采样方法和样本大小有关,且对环境变化的响应不是单调的(李圣法 2005),因而这些方法较难处理带有“差异”的数据。分类学多样性的一些方法如平均分类学多样性和分类差异变异指数,并不需要“标准化”的数据,其预测值不依赖于采样方法,比较适合分析不同区域、历史数据的比较研究(Clarker *et al.* 2001a)。另外,该方法还有考虑群落不同种类亲缘关系远近的优点(Ricotta *et al.* 2003),这是传统多样性研究方法所不具备的。正如一些学者所指出的那样,完整的多样性测度的方法不仅要考虑种类数目和相对丰度,还应考虑群落物种亲缘关系的信息(Clarker *et al.* 1998)。举例来说,群落构成的物种亲缘关系既可是同属的种类,也可是不同科的种类。

长江口是极为重要的生态交错区,具有生产力水平高、环境梯度变化极大的特点,同时还是很多鱼类的育幼场和洄游性鱼类的洄游通道(李建生等 2006;吴强等 2011;Blaber *et al.* 2000)。因而,分析河口鱼类群落多样性的变动有着显著的科学意义。目前,基于传统多样性指数的分析表明长江口鱼类群落多样性有下降趋势(郑颖等 2009;单秀娟等 2011;李建生等 2005、2007;黎雨轩等 2010;张衡等 2007;刘凯等 2005),而未见有长江口水域鱼类群落分类学多样性长期变动的报道。本研究通过对长江口鱼类资源的现状调查并结合历史资料的分析,研究长江口鱼类群落分类学多样性的变动,从而为科学管理长江口鱼类资源提供依据。

1 材料与方法

1985~1986年调查区域为长江徐六泾以东至 123°E、30°20'~32°00'N 之间水域,调查时间为秋(1985年11月)、冬(1986年2月)、春(1986年5月)和夏(1986年8月)4个季节,调查采样网具为底拖网(田明诚等 1992)(图1);2004年调查区域为 122°20'~123°20'E,30°45'~32°00'N 之间水域,调查时间分别为冬(2月)、春(5月)、夏(8月)、秋(11月),采样方法为底拖网(于海成 2008)(图1);2010~2011年调查区域为徐六泾以东至 122°40'E、30°20'~31°45'N,调查时间分别为2010年春(5~6月)、夏(8月)、秋(11月)、冬(2011年2月)4个季节,调查网具也为底拖网(图1)。长江口总名录的调查区域为徐六泾以东至 124°00'E、30°20'~32°00'N(张衡等 2007)。

研究方法采用分类阶元指数($TINCL_i$)及分类学指数(平均分类差异指数 Δ^+ 与分类差异变异指数 Λ^+)。式(1)的 N_i 表示第 i 级分类阶元的数目, C_{kj} 为第 j 个 k 级分类阶元包含的种类数目。式(2)的 Δ^+ 表示群落所有物种之间路径长度的平均值,为一理论值。式(3)的 Λ^+ 为与 Δ^+ 的偏离程度,也可看作是衡量物种之间分类关系均匀程度的一个指数(Clarker *et al.* 2001)(Λ^+ 越小,则认为群落物种之间的分类学关系越均匀)。 ω_{ij} 为第 i 和第 j 个种类在分类系统树中的路径长度, S 为群落的种类数目(徐宾铎等 2005a)。研究中分类等级确定为纲、目、科、属、种5个水平(当物种为同属的不同种类时, $\omega_{ij} = 16.67$;当为同科不同属的种类时, $\omega_{ij} = 33.33$,以此类推,当物种为不同纲的种类时, $\omega_{ij} = 83.33$)。

分类阶元指数 $TINCL_i = 1/N_i(\sum C_{kj})$

(1)(曾晓光等 2012)

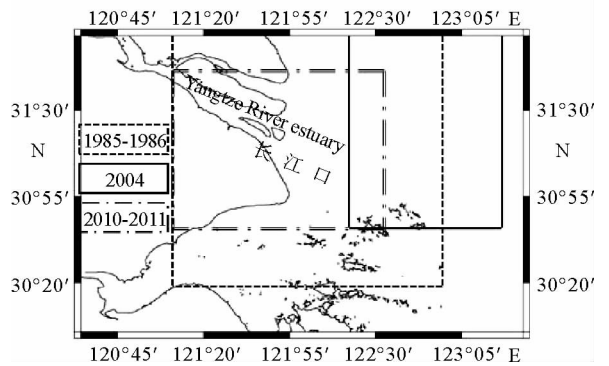


图1 长江口不同时期鱼类调查分布
Fig. 1 Map of fish sampling areas in Yangtze River estuary during different periods of time

$$\text{平均分类差异指数 } \Delta^+ = (\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}) / [S(S-1)/2] \quad (2) \text{ (Clarke } et al. \text{ 2001b)}$$

$$\text{分类差异变异指数 } \Lambda^+ = \sum \sum_{i < j} (\omega_{ij} - \Delta^+)^2 / [S(S-1)/2] \quad (3) \text{ (Clarke } et al. \text{ 2001b)}$$

计算长江口分类学多样性总名录 95% 置信区间的漏斗曲线, 然后分别计算各航次鱼类分类学多样性预期值, 并将其添加进长江口总名录 95% 置信区间的漏斗曲线中。计算由 PRIMER 5.2 完成 (Clarke *et al.* 2001b)。此外, 用 Bonferroni 检验对不同年份间的分类学多样性平均值进行统计检验。同时, 为分析分类学指数的变化是否与种类数目及不同分类阶元包含的种类数目的差异有关, 用线性回归分析各航次种类数目与分类学多样性的关系, 用 Spearman 秩相关分析各航次分类阶元指数 (平均每属包含的种类 S/G、平均每科包含的种类 S/F、平均每目包含的种类 S/O) 与分类学多样性的关系。以上统计检验显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 种类组成

不同时期分类阶元指数的分布情况有所差异, 种/属指数大体上是 1985~1986 年各航次比值较高, 2004 年各航次较低; 而种/科指数基本上是 2010~2011 年各航次比值较高, 2004 年各航次较低; 种/目指数大致以 1985~1986 年各航次的比值为最高 (表 1)。此外, 1985~1986 年及 2010~2011 年两个航次均有软骨鱼类捕获, 其余航次没有软骨鱼类出现。

表 1 长江口不同航次鱼类分类阶元指数分布

Table 1 Distributions of fish inclusion index ($TINCL_i$) of different surveys in Yangtze River estuary

年份 Year	季节 Season	分类阶元 Classification level				
		种类数目 Number of species	种/属 S/G	种/科 S/F	种/目 S/O	种/纲 S/C
1985	秋季 Autumn	85	1.25	2.02	5.67	42.5
1986	冬季 Winter	40	1.29	1.82	2.86	20
1986	春季 Spring	69	1.28	1.86	5.31	34.5
1986	夏季 Summer	55	1.17	1.72	3.67	27.5
2004	冬季 Winter	20	1.11	1.67	2.86	20
2004	春季 Spring	18	1.06	1.38	3.00	18
2004	夏季 Summer	24	1.09	1.33	4.00	24
2004	秋季 Autumn	32	1.07	1.60	5.33	32
2010	春季 Spring	40	1.11	1.67	3.33	20
2010	夏季 Summer	35	1.13	2.06	3.89	17.5
2010	秋季 Autumn	34	1.21	2.13	3.40	34
2011	冬季 Winter	26	1.24	2.17	3.25	26

2.2 分类学多样性

根据长江口鱼类总名录计算的平均 Δ^+ 约为 65.69 (图 2a 中虚线对应的纵坐标), 而 Λ^+ 约为 117.71 (图 2b 中虚线平滑后对应的纵坐标)。将各航次分别计算的 Δ^+ 添加进总名录分布曲线后可知, 1985~1986 年各航次 Δ^+ 均位于 95% 置信区间内, 而 2004 年的 Δ^+ 均位于 95% 置信区间以下, 2010~2011 年除春季航次外, 其余航次 Δ^+ 均位于总名录 95% 置信区间以下 (图 2a)。平均 Δ^+ 以 1985~1986 年最高, 2004 年最低 (图 3a), 2004 年及 2010~2011 年平均值均显著低于 1985~1986 年, 但 2004 年与 2010~2011 年差异不显著 (表 2)。 Λ^+ 的分布与 Δ^+ 有较大差异, 12 个航次的 Λ^+ 均位于 95% 置信区间内。不同时期平均 Λ^+ 排序与 Δ^+ 的排序一致 (图 3), 但各时期鱼类群落 Λ^+ 平均值差异均不显著 (表 2)。

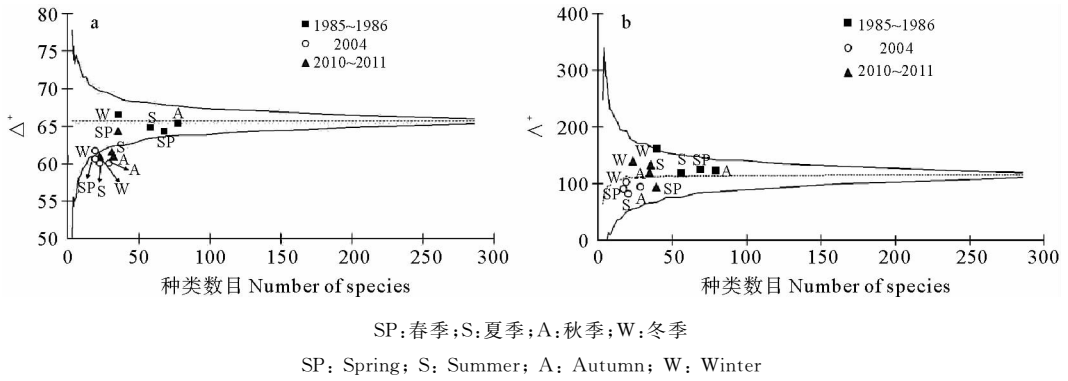


图2 长江口鱼类总名录 Δ^+ (a)和 Λ^+ (b)95%置信区间及不同航次的 Δ^+ (a)和 Λ^+ (b)分布
Fig. 2 The 95% probability limits for Δ^+ (a) and Λ^+ (b) based on all fish species and the mean Δ^+ (a) and Λ^+ (b) of different surveys

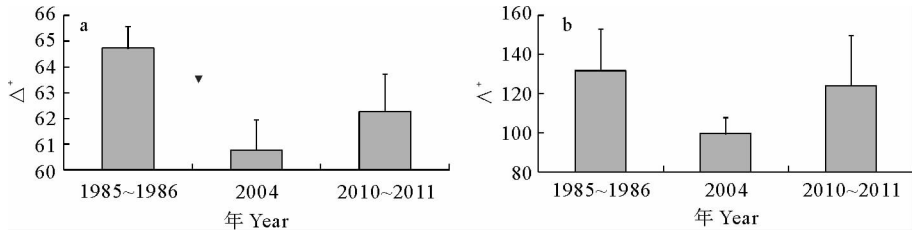


图3 不同时期鱼类 Δ^+ (a)和 Λ^+ (b)的平均值
Fig. 3 Mean Δ^+ (a) and Λ^+ (b) for different periods of time

2.3 分类学多样性之间及与分类阶元指数的关系

种类数目、 Δ^+ 、 Λ^+ 三者两两相关中,只有 Δ^+ 与种类数目为显著正相关($R^2=0.45, P<0.05$),说明一般记录种类数目多的航次, Δ^+ 值也较大,而 Λ^+ 不依赖于 Δ^+ 或种类数目的。Spearman 秩相关统计表明, Δ^+ 只与种/属相关性较好,而 Λ^+ 与种/属及种/科极显著相关,尤其与种/属的相关性最好(表3),表明一般平均每属包含种类数目越多的群落, Λ^+ 值也越高。

表2 Δ^+ (a)和 Λ^+ (b)均值的 Bonferroni 检验

Table 2 Bonferroni test for mean Δ^+ (a) and Λ^+ (b)

a	1985~1986	2004	b	1985~1986	2004
2004	*	—	2004	ns	—
2010~2011	*	ns	2010~2011	ns	ns

注:*, $P<0.05$; ns, 差异不显著

Notes: *, $P<0.05$; ns, not significant

表3 Δ^+ 、 Λ^+ 与种/属、种/科、种/目的 Spearman 秩相关系数 r

Table 3 Spearman correlations between Δ^+ , Λ^+ and S/G, S/F, S/O

	种/属 S/G	种/科 S/F	种/目 S/O
Δ^+	0.71**	0.35 ^{ns}	0.11 ^{ns}
Λ^+	0.82**	0.81**	0.10 ^{ns}

注:ns, 不显著; **, $P<0.01$

Notes: ns, not significant; **, $P<0.01$

3 讨论

3.1 平均分类差异指数 Δ^+ 的长期变动

长江口所在东海区的捕捞努力量从1951年开始就处于增加趋势,到1980年更是急剧增加(李建生等2007)。程家骅等(2006)认为,东海北部(长江口邻近海域)渔业资源自20世纪80年代初开始从适度开发转向

充分开发,此后就处于过度开发状态,因此本研究中,1985~1986年长江口鱼类群落的分类学多样性基本可视作群落未遭人类活动强烈扰动下的相对常态,该状态下的分类学多样性对于研究此后因环境污染、过度捕捞、水利工程等外界扰动下鱼类群落分类学多样性变化有着极为重要的参考意义。与1985~1986年相比,2004年后长江口鱼类群落 Δ^+ 有显著的下降。由于3次时期调查的水域有所差异,一定程度上也造成了群落种类组成的差异,如2004年调查区域没有包括淡水水域,因而一些淡水种类尚无法捕获(于海成 2008),然而,不同时期调查区域的不一致并不会影响分类学多样性的分析,因为虽然有些生境中可能其分类学多样性本来就低于其他生境,但是除非生境严重退化,否则分类学的值不会落在总名录计算的95%置信区间以下(Clark *et al.* 1998)。基于以上分析,可视作长江口鱼类群落 Δ^+ 比正常情况下的状况有显著的下降。

3.2 Δ^+ 、 Λ^+ 之间及其与分类阶元指数的关系

本研究发现,长江口鱼类 Δ^+ 和 Λ^+ 的长期变动格局并不完全一致,同时各个航次的 Δ^+ 与 Λ^+ 在总名录中的分布情况也有较大差异,反映出 Δ^+ 和 Λ^+ 提供的信息并不能互相替代。同时对于鱼类群落变动的敏感性也是不同的(本研究中, Δ^+ 比 Λ^+ 更为敏感)。Clark *et al.* (2001a)也发现, Δ^+ 和 Λ^+ 提供的信息并不完全一致。理论上, Λ^+ 可以是一个与 Δ^+ 分布无关的值;如图4(分类树结构以Clark *et al.* (2001a)的研究为准可知,虽然两个群落的种类数目和 Δ^+ 在数值上均相等,然而它们的分类树结构却相差很大,因而 Λ^+ 也有很大差异)。在群落中 Λ^+ 值最小为0(此时表示群落中所有物种之间的分类学关系均一致,如图4中所有物种均为同科不同属的关系),但在有些研究中,有时候在数值上却是相关的(Clark *et al.* 2001;徐斌铎等 2005b;李永振等 2011)。而本研究在统计学上并没有体现出相关性,这可能是由于长江口鱼类的 Δ^+ 值大体上体现出分类阶元目-目的关系(图4、表1)的缘故,又因为 Δ^+ 的大小与软骨鱼类种类数目相关(Roges *et al.* 1999;Greenstreet *et al.* 1996),因而对 Λ^+ 影响最大的反而是群落中同属物种的数目,所以一般包含多个物种的属这一分类阶元的数目越多, Λ^+ 的值一般也越大(表3)。然而,河口区高度异质性的环境特点又决定了包含多个种类属不会太多,因而 Δ^+ 与 Λ^+ 在数值上并没有表现出统计学相关性。

3.3 平均分类差异指数 Δ^+ 的影响因素

鱼类群落 Δ^+ 的下降总体上反映出不同种类之间的形态亲缘关系变得更近,这也意味着在近30年来的长江口鱼类群落种类组成发生了较大的变化,如软骨鱼类种类数目的迅速下降、一些洄游性鱼类如中华鲟等没有捕获,而影响因素主要有过度捕捞、环境污染、水利工程建设等(金显仕等 2009;陈亚瞿等 1999;郑颖等 2009;沈新强等 2011)。其中,过高的捕捞强度对大型鱼类特别是软骨鱼类的影响最为明显,因为其可选择对策生活史决定了容易受捕捞的影响(沈国英等 2002),体型较大也使其更易成为选择性捕捞的对象(Myers *et al.* 2005)。徐斌铎等(2005b)也认为,过度捕捞和环境污染是引起黄海鱼类群落分类学多样性降低的主要原因;Miranda等(2005)认为,除了过度捕捞和环境污染,生境退化和河口水域面积的减少也是引起当地鱼类分类学多样性降低的原因;Rogers等(1999)也认为,捕捞和环境退化是引起东北大西洋沿岸鱼类分类学多样性变化的主要原因,他进一步认为软骨鱼类地理分布的差异决定了东北大西洋不同区域鱼类群落分类学多样性的差异。过度捕捞对长江口群落组成的影响主要表现为:1)大型鱼类种类数目及数量急剧下降;如1985~1986年春夏秋冬4个季节,软骨鱼类分别出现4、3、5、4种(杨伟祥等 1992),2004年各航次均无软骨鱼类捕

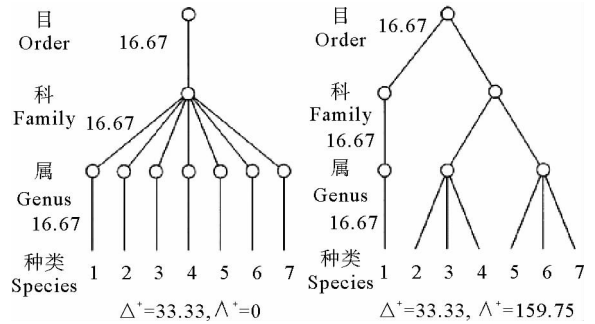


图4 物种数目一致, Δ^+ 相同,而 Λ^+ 相差较大的两个群落
Fig. 4 Similar patterns in number of species and Δ^+ , but significant difference in Λ^+ between the two communities

获(康斌 2006),在2007年5月和2008年5月和6月总共3个航次的调查在长江口近海水域也仅发现1种软骨鱼类(单秀娟等 2011),到2010~2011年,软骨鱼类也仅在春季和夏季各出现1种。此外,东海传统的经济鱼类大黄鱼在2010~2011年也没有记录。由于这些大型鱼类往往还是群落中的关键种,所以对其过度利用会通过影响生态系统的能量传递和能量流动来影响群落的组成和结构(单秀娟等 2011)。2)生命周期短的小型鱼类成为主要渔业种类。如2010年春季小型非经济鱼类矛尾鰕虎鱼占据长江口鱼类群落的主导地位(史赞荣等 2011)。在长江口邻近海域,底拖网捕捞作业强度很大,总体上单位捕捞努力量呈下降趋势,如1960年CPUE为2.75 t/kW,而到2000年,CPUE仅为1.13 t/kW(李建生等 2007),而渔业种类组成也发生了明显的变化(陈新军 2004)。环境变化的胁迫作用可使群落生存的生境异质性降低,种类组成在生态位上也更加相似(Miranda *et al.* 2005);沈新强等(2006)报道长江口水域水环境质量已经处于严重污染水平,如2004~2006年长江口水体N和P的平均值分别为0.398和0.043 mg/L,且有逐年加重的趋势。水质的恶化或好转会使鱼类种类发生更替(Jones 2006)。赤潮的暴发也会影响群落结构,如在Mondego河口,赤潮暴发降低了鱼类群落的种类多样性(Leitão *et al.* 2007)。长江口水体污染给鱼类生存带来了严重影响,如有报道石洞口银鱼渔场由于水体污染,渔场已不复存在(陈亚瞿等 1999),在1985~1986年银鱼科有4种鱼类(杨伟祥等 1992),但在2010~2011年只捕获其中的两种。此外水体污染对长江口鱼卵仔鱼影响严重(田明诚等 1992)。水利工程一方面导致洄游性鱼类的洄游路线被阻断(Gao *et al.* 2009; Morias *et al.* 2009),另一方面在河口区进行的港口航道工程建设如洋山深水港、长江口深水航道开挖等也会严重破坏鱼类栖息的底质(庄平等 2006)。

Δ^+ 和 Λ^+ 是与丰度或生物量无关的群落多样性的不同测度,而与历史数据相比,近年来有不少研究发现长江口鱼类生物量处于下降中(李建生等 2007),但是在鱼类大量繁殖的春季,丰度却不同程度地高于历史同期数据(史赞荣等 2011)。这种变动反映出当前的群落小型化已非常严重,群落处于一种低水平的稳定状态。另外,形态亲缘关系上接近的物种一般生态位也越近,而生态位越近的物种对外界扰动的响应也越为接近(Miranda *et al.* 2005),这也意味着“更窄”的扰动区间即可对该群落产生更明显的影响,因而可以设想一个由更多分类学关系较远物种组成的群落一般比分类学关系较近物种组成的群落抵抗外界扰动的能力更强。目前,对长江口渔业生态系统的管理,除了控制捕捞强度(如6月1日~8月15日的休渔及40 m等深线内禁拖网作业)、减少环境污染物的排放、人工放流主要经济种类等措施外,还应关注如何通过人工的办法维持群落的分类学多样性从而维持群落的稳定性。

参 考 文 献

- 于海成. 2008. 长江口及邻近海域鱼类群落结构分析. 见:中国科学院研究生院(海洋研究所)硕士研究生学位论文
- 田明诚,沈友石,孙宝铃. 1992. 长江口及其邻近海区鱼类区系研究. 长江口区鱼类群落结构、丰盛度及其季节变化的研究. 海洋科学集刊, 33: 265-280
- 史赞荣,晁敏,全为民,唐峰华,沈新强,袁骥,黄厚见. 2011. 2010年春季长江口鱼类群落空间分布特征. 中国水产科学, 18(5): 1141-1151
- 庄平,王幼槐,李圣法,邓思明,李长松,倪勇. 2006. 长江口鱼类. 上海:上海科学技术出版社,1-57
- 刘凯,徐东坡,张敏莹,段金荣,施炜纲. 2005. 崇明北滩鱼类群落生物多样性初探. 长江流域资源与环境, 14(4): 418-421
- 李永振,史赞荣,艾红,董丽娜,李娜,李夏,高天翔. 2011. 南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局. 中国水产科学, 18(3): 619-628
- 李圣法. 2005. 东海大陆架鱼类群落生态学研究: 空间格局和多样性. 见:华东师范大学博士研究生学位论文
- 李建生,李圣法,丁峰元,程家骅. 2007. 长江口近海鱼类多样性的年际变化. 中国水产科学, 14(4): 637-643
- 李建生,李圣法,程家骅. 2006. 长江口渔场鱼类组成和多样性. 海洋渔业, 28(1): 37-41
- 李建生,程家骅. 2005. 长江口渔场渔业生物资源动态分析. 海洋渔业, 27(1): 33-37
- 杨伟祥,罗秉征,卢继武,田明诚,黄颂芳,韩国诚,薛频. 1992. 长江口鱼类资源调查与研究. 海洋科学集刊, 33: 281-300
- 吴强,王俊,袁伟,金显仕. 2011. 长江口及邻近海域大型无脊椎动物数量分布及其与环境因子的关系. 渔业科学进展, 32(5): 10-16
- 沈国英,施并章. 2002. 海洋生态学. 北京:科学出版社, 114-118
- 沈新强,史赞荣,晁敏,黄厚见,唐峰华. 2011. 夏、秋季长江口鱼类群落结构. 水产学报, 35(5): 700-710

- 沈新强, 晁敏, 全为民, 王云龙. 2006. 长江河口生态系现状及修复研究. 中国水产科学, 17(4): 624-630
- 张衡, 何文珊, 童春富, 陆健健. 2007. 崇西湿地冬季潮滩鱼类种类组成及多样性分析. 长江流域资源与环境, 16(3): 308-313
- 张衡, 陆健健. 2007. 鱼类分类多样性估算方法在长江河口区的应用. 华东师范大学学报(自然科学版), (2): 11-22
- 陈亚瞿, 徐兆礼. 1999. 长江河口生态渔业和资源合理利用研究. 中国水产科学, 6(5): 83-86
- 陈新军. 2004. 渔业资源与渔场学. 北京: 海洋出版社
- 郑颖, 戴小杰, 朱江峰. 2009. 长江河口定置张网渔获物组成及其多样性分析. 安徽农业科学, 37(20): 9510-9513
- 单秀娟, 金显仕. 2011. 长江口近海春季鱼类群落结构的多样性研究. 海洋与湖沼, 42(1): 32-40
- 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 2005a. 对黄、渤海鱼类等级多样性的推算. 中国海洋大学学报, 35(1): 25-28
- 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 2005b. 黄海鱼类群落分类学多样性的研究. 中国海洋大学学报, 35(4): 629-634
- 康斌. 2006. 鲟对生源要素循环的作用及长江河口渔业资源现状. 见: 中国海洋大学博士学位论文
- 程家骅, 丁峰元, 李圣法, 严利平, 李建生, 梁振林. 2006. 夏季东海北部近海鱼类群落结构变化. 自然资源学报, 21(5): 775-782
- 曾晓光, 李娜娜, 杨权, 李夏, 艾红, 张旭丰, 李永振. 2012. 南沙群岛西南部陆架海域鱼类分类的多样性. 水产学报, 36(4): 592-600
- 黎雨轩, 何文平, 刘家寿, 李钟杰, 谢松光. 2010. 长江口刀鲚耳石年轮确证和年龄与生长研究. 水生生物学报, 34(4): 787-793
- Blaber SJM, Cyrus DP, Albaret JJ and 8 others. 2000. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. ICES Journal of Marine Science 57(3): 590-602
- Clarke KR, Warwick RM. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. Journal of Applied Ecology 35(4): 523-531
- Clarke KR, Warwick RM. 2001a. A further biodiversity index applicable to species lists; variation in taxonomic distinctness. Marine Ecology Progress Series 216(3): 265-278
- Clarke KR, Warwick RM. 2001b. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd Edition. PRIMER-E; Plymouth
- Crooks S, Turner RK. 1999. Integrated coastal management: Sustaining estuarine natural resources. Advanced Ecology Research 29(8): 241-289
- Gao X, Brosse S, Chen YB and 2 others. 2009. Effects of damming on population sustainability of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*: evaluation of optimal conservation measures. Environmental Biology of Fish 86(2): 325-336
- Greenstreet SPR, Hall SJ. 1996. Fishing and the ground fish assemblage structure in the north-western North Sea: an analysis of long term and spatial trends. Journal of Animal Ecology 65(5): 466-487
- Jones PD. 2006. Water quality and fisheries in the Mersey estuary, England: A historical perspective. Marine Pollution Bulletin 53(1-4): 144-154
- Leitão R, Martinho F, Cabra HN and 3 others. 2007. The fish assemblage of the Mondego estuary: composition, structure and trends over the past two decades. Hydrobiologia 587(1): 269-279
- Miranda JR, Mouillot D, Hernandez DF and 3 others. 2005. Changes in four complementary facets of fish diversity in a tropical coastal lagoon after 18 years: a functional interpretation. Marine Ecology Progress Series 304(6): 1-13
- Morais P, Ch charo AM Ch charo L. 2009. Changes in a temperate estuary during the filling of the biggest European dam. Science of the Total Environment 407(7): 2245-2259
- Myers RA, Worm B. 2005. Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. Philosophical Transactions of the Royal Society B 360(1): 13-20
- Ricotta C, Avena GC. 2003. An information-theoretical measure of taxonomic diversity. Acta Biotheoretica 51(1): 35-41
- Roges SI, Clarker R, Reydonolds JD. 1999. The taxonomic distinctness of coastal bottom-dwelling fish communities of the Northeast Atlantic. Journal of Animal Ecology 68(4): 769-782
- Simier M, Laurent C, Ecoutin J, Laurent MC. 2006. The Gambia River estuary: A reference point for estuarine fish assemblages studies in West Africa Estuarine. Coastal and Shelf Science 69(3-4): 615-628