

杭州湾滩涂湿地鱼类种类组成和多样性季节变化*

贾兴焕¹ 张衡² 蒋科毅¹ 吴明^{1**}⁽¹⁾ 中国林业科学研究院亚热带林业研究所国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站, 浙江富阳 311400; ⁽²⁾ 中国水产科学研究院东海水产研究所渔业资源遥感信息技术重点开放实验室, 上海 200090)

摘要 根据2009年3月(初春)、5月(春)、7月(夏)和10月(秋)在杭州湾南岸滩涂湿地的滩涂区、围垦区及养殖区等3种生境进行的36网次鱼类调查数据,分析了该水域不同生境下鱼类群落的种类组成和多样性的时空变化特征.结果表明:本次调查共采获鱼类41种,隶属9目16科,其中鲤科鱼类最多,有14种,占总种数的33.3%,虾虎鱼科次之,有8种,占19.1%.根据鱼类生活习性,杭州湾鱼类群落结构包括5种类型,其中,淡水种最多(21种),咸淡水种次之(16种),近海鱼类仅2种,溯河和降海产卵洄游鱼类分别只有刀鲚和日本鳗鲡.从丰度来看,夏季鱼类平均丰度最高,达每网54.5尾;春季和秋季次之;初春最低,为每网17.7尾.不同生境中,滩涂区和围垦区鱼类丰度季节变化较为类似,初春(3月)最低,随后逐渐增加,夏季达到最高,秋季又显著降低.不同季节,各区块的优势种仅为2~3种.滩涂区以鲢和棱鲛为优势种,而围垦区和养殖区以鲫、蟹、麦穗鱼为优势种.3月各区块的Margalef物种丰富度指数(D)、Pielou均匀度指数(J)和Shannon多样性指数(H)值均低于其他月份,而5、7和10月无显著差异($P>0.05$). H 值变化范围为0.27~2.13,3月平均值最低,其次为7月,而5和10月较高(1.66和1.63).总体上杭州湾滩涂湿地鱼类种类丰度和多样性具有较为明显的季节变化.

关键词 杭州湾 滩涂湿地 鱼类组成 季节变化

文章编号 1001-9332(2010)12-3248-07 中图分类号 Q958.15 文献标识码 A

Seasonal changes of fish species composition and diversity in mudflat wetlands of Hangzhou Bay. JIA Xing-huan¹, ZHANG Heng², JIANG Ke-yi¹, WU Ming¹ (¹State Forestry Administration Wetland Ecosystem Research Station of Hangzhou Bay, Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China; ²Key Laboratory of Fisheries Resources Remote Sensing and Information Technology Resources, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2010, 21(12): 3248-3254.

Abstract: In order to understand the spatiotemporal variation of fish species composition and biodiversity in the mudflat wetlands of Hangzhou Bay, thirty six surveys were conducted in the mudflat area, inling area, and aquaculture area in the south bank of the Bay in March (early spring), May (spring), July (summer), and October (autumn), 2009. A total of 41 species belonging to 9 orders and 16 families were observed, among which, Cyprinid had the largest species number (14 species, 33.3% of the total), followed by Gobiidae (8 species, 19.1%). According to the lifestyle of fish, these 41 species could be divided into five ecological types, *i. e.*, freshwater type (21 species), brackish-water type (16 species), inshore type (2 species), anadromous type (*Coilia ectenes*), and catadromios type (*Anguilla japonica*). The fish abundance was the highest (54.5 fish per net) in summer, followed by in spring and autumn, and the lowest (17.7 fish per net) in early spring. In the three habitats, mudflat area and inling area had the similar seasonal change of fish abundance, *i. e.*, the lowest in early spring, the highest in summer, and then decreased in autumn. Only two or three species were the dominant species in different seasons. In

* 中国林科院亚热带林业研究所事业费科研专项(RISF6927)、大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室开放基金(KF200802和KF200908)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2008Z01)项目资助。

** 通讯作者. E-mail: hangzhoubay@126.com

2010-05-10 收稿, 2010-09-23 接受。

mudflat area, the dominant species were *Mugil cephalus* and *Liza carinatus*; while in inunning and aquaculture areas, the dominant species were *Carassius auratus*, *Hemiculter leucisculus*, and *Pseudorasbora parva*. The values of Margalef's richness index (D), Pielou's evenness index (J), and Shannon index (H) were lower in March than in other months, but had no significant differences among May, July, and October ($P > 0.05$). The H value ranged in 0.27–2.13, being the lowest in March and higher in May and October (1.66 and 1.63, respectively). Overall, the fish abundance and biodiversity in the mudflat wetlands of Hangzhou Bay had apparent seasonal changes.

Key words: Hangzhou Bay; mudflat wetland; fish composition; seasonal change.

利用滩涂湿地和河口水域作为保育场是许多鱼类生活史的重要阶段^[1-2]. 滩涂湿地水域由于水浅、饵料丰富等原因成为许多河口或近海鱼类良好的保育和栖息场所,一些淡水鱼类会随着入海河流进入到滩涂湿地,而少数江海洄游性鱼类幼鱼在进入河流和海洋之前也会在此季节性停留,因此该水域存在多种生态型鱼类,群落结构组成复杂^[3-6].

目前,国外对于河口或海岸带潮间带鱼类群落组成研究已比较广泛和深入^[1-4],国内学者也越来越重视该水域鱼类群落结构的研究^[5-8]. 杭州湾毗邻长江口,是我国乃至世界上受人类活动影响最大的河口生态系统之一,东海大桥、杭州湾跨海大桥和深水港建造等大型工程以及围垦、捕捞等活动都对滩涂鱼类资源和群落结构产生较大的影响,对其植被、底栖动物和鸟类等滩涂生物资源的研究已有少量报道^[9-10],而至今尚未见杭州湾滩涂湿地鱼类群落组成和结构变化的报道. 杭州湾滩涂湿地生境较为复杂,既有自然的潮滩湿地又有的人工建造的沟渠、养殖水体,且与潮滩湿地相连,生境的复杂性势必影响到其中的鱼类组成和群落结构变化. 为此,本研究于2009年对杭州湾滩涂湿地不同生境类型的鱼类组成和多样性的季节变化进行了调查与分析,旨在了解该区域鱼类群落组成以及鱼类对滩涂湿地的利用方式,为鱼类资源保护和滩涂资源的合理开发利用提供基础资料.

1 材料与方法

1.1 调查地点和研究方法

研究区位于浙江省慈溪市国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站范围内,地理位置为 121°08' E, 30°18' N. 选取滩涂区 ($T_1 \sim T_3$ 站点,以下简称 T 区)、围垦区 ($W_1 \sim W_5$ 站点, W 区) 和养殖区 (Y_1 站点, Y 区) 3 种生境类型作为研究区块 (图 1), 于 2009 年 3 月 (初春)、5 月 (春季)、7 月 (夏季)、10 月 (秋季) 在各区块以长袋形地笼网进行鱼类监测 (地

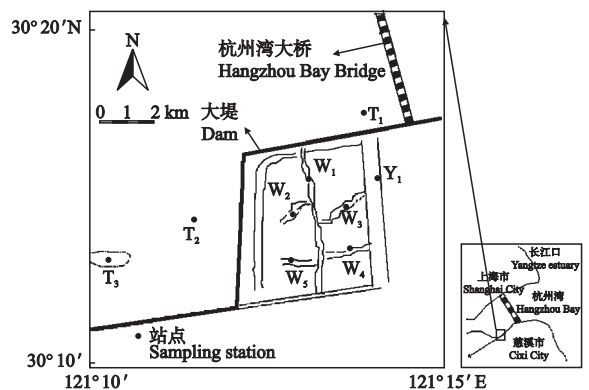


图 1 杭州湾滩涂湿地鱼类监测站点分布

Fig. 1 Sampling stations of the mudflat wetland fishes in the Hangzhou Bay.

笼网规格:长约 8 m,囊网网目尺寸约 8 mm,高×宽为 50 cm×60 cm),共获得 36 个鱼类标本(滩涂区 15 个,围垦区 17 个,养殖区 4 个).长袋形地笼网是杭州湾当地常见的一种被动式定置网网具,主要借助潮流或水流将鱼截获. T 区属于潮间带滩涂湿地,潮汐为非正规半日浅海潮^[11], W 区为近几年新围垦的河道湿地(水深范围 0.5~1 m), Y 区为河道养殖水体(水深约 2.5 m),通过水闸与潮间带湿地相连.

每个站点监测时间约 12 h,在实验室对鱼类进行种类鉴定^[12-13]和计数,然后在 80 °C 烘干至恒量并称取生物量(干质量,精确到 0.01 g).

1.2 数据分析

采用 Shannon 多样性指数 (H)、Margalef 物种丰富度指数 (D)、Pielou 均匀度指数 (J) 等多样性特征值对杭州湾滩涂湿地鱼类群落生物多样性进行描述^[14],采用相对重要性指数 (index of relative importance, IRI) 研究鱼类群落优势种组成的季节变化^[15].

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\log_2 S}$$

$$D = (S - 1) / \log_2 N$$

$$IRI = N\% \times F\% \times 10^{-2}$$

式中: S 为鱼类总种数; n_i 为第 i 种的丰度; N 为总丰度; $H_{\max} = \log_2 S$; $N\%$ 为个体丰度占总丰度的比例; $F\%$ 为物种出现频次占调查站位总数的比例。

采用等级聚类(即组平均法)的分类方法分析鱼类群落组成特征^[16]。采用 PRIMER 5.0 软件进行分析^[17]。

2 结果与分析

2.1 杭州湾滩涂湿地的温度和盐度

调查水域各季节和各区块的表层温度和盐度存在较大的变化。表层温度在 T、W 和 Y 区变化不大, 季节变化上表现为夏季>秋季>春季>初春; 表层盐度在 T 区水域各季节均高于 W 和 Y 区, 而后两者相差不大。总的来说, 表层温度的季节变化十分明显, T 区水域盐度稍高, 而 W 和 Y 区为低盐淡水环境。

2.2 杭州湾滩涂湿地鱼类种类组成、丰度和生态型

调查期间, 共采获鱼类 41 种(T 区 23 种, W 区 17 种, Y 区 15 种), 隶属 9 目 16 科 39 属(表 2)。其中, 鲈形目鱼类种类最多, 有 16 种, 占总种数的 40.5%; 鲤形目次之, 15 种, 占总种数的 28.8%; 鲷形目, 4 种, 占总种数的 9.5%; 其他 6 目鱼类种数较少, 分别仅有 1 种。鲤科鱼类最多, 14 种, 占总种数的 33.3%; 虾虎鱼科次之, 有 8 种, 占 19.1%; 弹涂鱼科 4 种, 占 9.5%。杭州湾滩涂湿地的鱼类按生态型分为淡水鱼类、咸淡水鱼类、溯河洄游鱼类、降海洄游鱼类和近海鱼类等 5 类。其中, 淡水鱼类种类最多, 有 21 种, 主要分布在杭州湾大堤内侧的淡水或低盐性的水体(W 区和 Y 区)中, 丰度约占鱼类总数的 50%。麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*) 丰度最高, 在 W 区平均达每网 10.4 尾。咸淡水鱼类种类有 16 种, 以鲢(*Mugil cephalus*)、棱鲮(*Liza carinatus*) 及虾虎鱼科的部分种类为主。T 区, 鲢和棱鲮的平均丰度分别为每网 17.7 和 6.7 尾。溯河产卵洄游和降海产卵洄游鱼类分别只有刀鲚(*Coilia ectenes*) 和日本鳗鲡

(*Anguilla japonica*), 丰度也极低, 每网仅 0.1 尾。近海鱼类种类也较少, 仅发现四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*) 和窄体舌鳎(*Cynoglossus gracilis*)。

从出现频次来看, 滩涂区以咸淡水鱼类最高, 尤其是鲷科、虾虎鱼科和弹涂鱼科, 代表种有棱鲮、纹缟虾虎鱼和大弹涂鱼(*Boleophthalmus pectinirostris*) 等。围垦区及养殖区均以淡水种类出现频次较高, 围垦区代表种有麦穗鱼和子陵栉虾虎鱼(*Ctenogobius giurinus*), 养殖区代表种有鲫(*Carassius auratus*)、红鳍鲌(*Cultrichthys erythropterus*) 和麦穗鱼等鲤科鱼类。

2.3 杭州湾滩涂湿地鱼类优势种组成

本研究选取 IRI 值大于 10 的种类为优势种, 不同月份各区块优势种组成存在较大差异(表 3)。3 月, T 区以棱鲮(IRI 值为 32.5) 等咸淡水鱼类为优势种, W 和 Y 区主要以鲫和麦穗鱼(IRI 值高达 62.9) 等淡水种为优势种。5 月, T 区无明显优势种, W 区以蟹和子陵栉虾虎鱼为优势种, Y 区则以蟹、麦穗鱼及鲢为优势种, 这是因为 Y 与 T 区潮沟之间有一水闸相隔, 潮水上涨期间, 鲢等咸淡水鱼类会随着水闸放水进入 Y 区, 造成了在 Y 区捕获了较多的鲢鱼。7 月, T 区以鲢为优势种, W 和 T 区以鲫、蟹和麦穗鱼等淡水鱼类为优势种。10 月, T 区的优势种为鲢和棱鲮, W 和 T 区优势种为鲫和麦穗鱼。

2.4 杭州湾滩涂湿地鱼类丰度、生物量的时空动态

2009 年杭州湾滩涂湿地鱼类群落平均丰度和生物量存在明显的季节差异(图 2)。T 和 W 区鱼类丰度变化较为类似, 均是 3 月(初春)最低, 随后逐渐增加, 7 月(夏季)最高, 10 月(秋季)显著降低(图 2a), 较 7 月下降了约 63% 和 45%。Y 区, 3 月丰度最高(32 尾/网), 其他季节相对较低。总的来说, 夏季鱼类平均丰度最高, 达每网 54.5 尾, 以 T 区鱼类丰度最高, 达每网 99.3 尾; 春季和秋季次之; 初春最低, 为每网 17.7 尾。

生物量的时空动态变化与丰度波动差异较大, 最高值出现在 3 月的 Y 区, 达每网 310.7 g, 这主要

表 1 调查区块的表层温度和盐度

Tab.1 Surface temperature and salinity in the survey area (mean±SD)

月份 Month	表层温度 Surface temperature (°C)			表层盐度 Surface salinity (‰)		
	T	W	Y	T	W	Y
3	10.30±0.21	12.57±0.31	11.31±0.30	9.33±1.02	1.62±0.45	1.90±0.74
5	19.71±0.82	18.26±0.67	18.25±0.65	8.22±1.68	2.03±0.56	2.46±0.48
7	28.75±1.35	30.34±0.74	30.85±0.75	14.02±2.24	3.71±0.95	2.75±1.24
10	22.21±1.01	20.39±0.86	22.20±1.04	6.18±1.16	2.17±0.71	1.85±0.21

T: 滩涂区 Mudflat area; W: 围垦区 Inning area; Y: 养殖区 Aquaculture area. 下同 The same below.

表 2 杭州湾湿地的鱼类种类、平均丰度及生态型

Tab.2 Fish species, average abundance (ind · net⁻¹) and ecological types in wetlands of Hangzhou Bay

种类 Species	T				W				Y				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
鲤形目 Cypriniformes													
鲫 <i>Carassius auratus</i> ¹⁾					2.2	0.9	12.4			30	1	7.5	2
鲤 <i>Cyprinus carpio</i> ¹⁾												0.1	
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ¹⁾													0.2
鳊 <i>H. nobilis</i> ¹⁾								0.1					
红鳍鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i> ¹⁾						5.9	3.4	2.7		1	1		
油鲈 <i>Hemiculter bleekeri</i> ¹⁾										2			
鲮 <i>H. leucisculus</i> ¹⁾		5.3				14.7	8.3	2				6.5	
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> ¹⁾	0.5				7.2	1.5	15.7	17		0.5	2	1.5	3
小鲈 <i>Sarcocheilichthys parvus</i> ¹⁾						0.3							
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i> ¹⁾								3.5	1.7				
青鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ¹⁾													0.1
草鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> ¹⁾										0.1	0.1		
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> ¹⁾												0.5	
银鲌 <i>Squalidus argentatus</i> ¹⁾					0.2								
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> ¹⁾							0.1						
鲈形目 Siluriformes													
长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i> ¹⁾													1
鲈形目 Pleuronectiformes													
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i> ³⁾		0.1											
鲱形目 Clupeiformes													
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i> ⁴⁾		0.1											
合鳃鱼目 Synbranchiformes													
黄鳝 <i>Monopterus albus</i> ¹⁾						0.1							
鳗鲡目 Anguilliformes													
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i> ⁵⁾				0.1									
鲮形目 Mugiliformes													
鲮 <i>Mugil cephalus</i> ²⁾			63.3	7.5							1		
鲮 <i>Liza soiyu</i> ²⁾	10												
棱鲮 <i>L. carinatus</i> ²⁾	5.5		17.3	3.8									
四指马鲈 <i>Eleutheronema tetradactylum</i> ³⁾			0.7	0.3									
鲈形目 Perciformes													
红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> ²⁾		1.3		1.1							2		
子陵栉虾虎鱼 <i>Ctenogobius giurinus</i> ^{1,2)}		1.3			0.5	2.8	1.3	1.2					
粘皮鲮虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i> ²⁾						0.2				1.5			
阿部鲮虾虎鱼 <i>M. abei</i> ²⁾			1.3										
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i> ²⁾			4.7	2.2	0.2		0.3						1
棕刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius luridus</i> ²⁾	2.5												
纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trignocephalus</i> ²⁾	3		4	0.2			0.1	0.2			1.5		2
中华钝牙虾虎鱼 <i>Apocryptichthys sericus</i> ²⁾				0.2									
弹涂鱼 <i>Periopalms cantonensis</i> ²⁾		4.7	2	1.9									
大鳍弹涂鱼 <i>P. magnuspinnatus</i> ²⁾		6		1.8									
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i> ²⁾		4.7	5.3	3.3									
大青弹涂鱼 <i>Scartelaos gigas</i> ²⁾		4		1.5									
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i> ²⁾		20											
中华乌塘鳢 <i>Bostrychus sinensis</i> ¹⁾		0.7	0.7										
黄[鱼幼] <i>Hypseleotris swinhonis</i> ¹⁾							0.1						
乌鳢 <i>Channa argus</i> ¹⁾							0.5						
鲈形目 Cyprinodontiformes													
食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i> ¹⁾				2.2				0.3					
丰度总计 Total abundance	21.5	48.2	99.3	26.1	10.3	26.4	45.7	25.2	32.1	9.1	18.6		9.3
种类数 Species	5	11	9	13	5	8	11	8	4	7	7		7

1) 淡水鱼类 Fresh water fish; 2) 咸淡水鱼类 Brackish fish; 3) 近海鱼类 Inshore fish; 4) 溯河洄游鱼类 Anadromous fish; 5) 降海洄游鱼类 Catadromous fish. I: 三月 March; II: 五月 May; III: 七月 July; IV: 十月 October. 下同 The same below.

表 3 杭州湾滩涂湿地鱼类群落优势种 IRI 值的时空变化

Tab. 3 Spatiotemporal variations of IRI values of mudflat wetland fish community in Hangzhou Bay

种类 Species	T				W				Y			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
鲫 <i>Carassius auratus</i>	0	0	0	0	13.4	3.7	10.2	0	54.8	6.4	29.9	12.5
鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	0	6.5	0	0	0	24.7	10.6	6.7	0	16.6	16	0
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	2.6	0	0	0	62.9	8.6	44.7	63.7	1.8	15.5	6.6	24.3
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	0	0	24.5	14.2	0	0	0	0	0	10.8	0	0
棱鲮 <i>Liza carinatus</i>	32.5	0	7	10.6	0	0	0	0	0	0	0	0
子陵栉虾虎鱼 <i>Ctenogobius giurinus</i>	0	3.8	0	1.1	1.7	14.5	1.6	4.7	0	1.1	0	0

表 4 各调查区块鱼类多样性的季节变化

Tab. 4 Seasonal variations of diversity of fish in different sampling areas

月份 Month	丰富度指数物种数 D			均匀度指数 J			Shannon 指数 H		
	T	W	Y	T	W	Y	T	W	Y
3	1.43	1.30	0.58	0.89	0.75	0.24	1.43	0.82	0.27
5	2.58	2.14	2.91	0.75	0.61	0.93	1.80	1.27	1.93
7	1.74	2.62	2.39	0.56	0.68	0.69	1.23	1.62	1.44
10	3.68	2.17	2.69	0.83	0.54	0.84	2.13	1.12	1.64

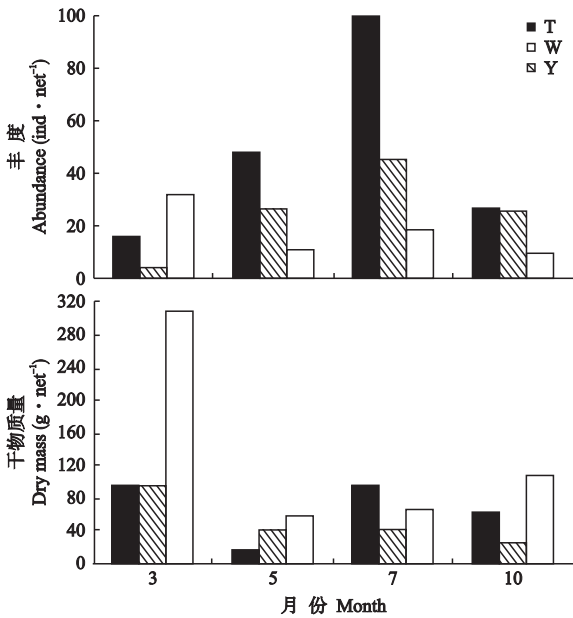


图 2 杭州湾滩涂湿地鱼类平均丰度和生物量的季节变化

Fig. 2 Seasonal changes of the average fish abundance and biomass in mudflat wetland of Hangzhou Bay.

T: 滩涂区 Mudflat area; W: 围垦区 Inning area; Y: 养殖区 Aquaculture area. 下同 The same below.

由于调查期间养殖区捕获到的鲫鱼个体较大(干质量达每网 281.7 g)造成,其他月份各区块鱼类生物量在每网 15.5 ~ 107.6 g,无显著差异($P > 0.05$,图 2).7 月 T 区丰度虽最高,但干质量却仅为每网 95.6 g,说明采获的鱼类个体均较小.

2.5 杭州湾滩涂湿地鱼类多样性变化和聚类分析

3 月各调查区块鱼类的 D 、 J 和 H 值均低于其他月份,而 5、7 和 10 月无显著差异(表 4). T 区鱼类

的平均 D 值为 2.36,高于 W(2.06)和 Y 区(2.14); J 和 H 值也均略高于 W 和 Y 区. H 值变化范围为 0.27 ~ 2.13,3 月平均值最低,其次为 7 月,而 5 和 10 月较高(1.66 和 1.63).

根据等级聚类分析可知,调查区域鱼类群落在 9% 的 Bray-Curtis 相似度水平上分为两组,一组为 T 区站点,另一组为 W、Y 站点(图 3).

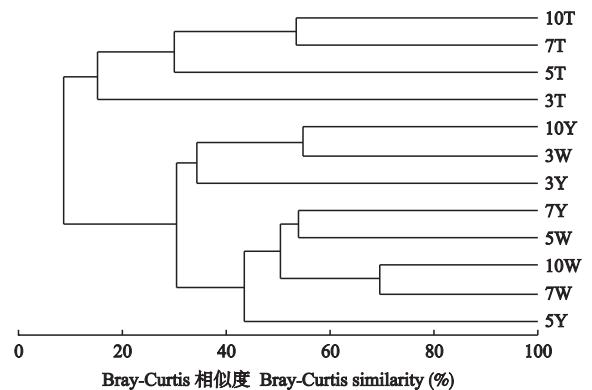


图 3 基于 3 个调查区块鱼类丰度 Bray-Curtis 相似度的组平均法聚类图

Fig. 3 Group average clustering map based on Bray-Curtis similarity of fish abundances at 3 sites in the study area.

3 讨 论

3.1 种类组成和丰度的季节变化

海湾或河口滩涂湿地鱼类群落组成具有种类繁多、优势种单一、生态型组成复杂等特点,各个季节鱼类种类组成变化较大^[2,4,18-19]. 本研究中,调查发现杭州湾湿地鱼类以鲈形目和鲤形目为主,这与临

近的长江口湿地鱼类组成较为类似^[8]。本次调查的鱼类生态类型有 5 种, 生态型以咸淡水(占总种数的 39.0%)和淡水种(50.8%)为主, 江海洄游鱼类比例很小, 这与长江口湿地鱼类生态型较为相似, 但近海种(4.8%)比例则大大低于长江口湿地(35.7%), 这可能由于调查的滩涂湿地范围和规模不同所造成。

河口盐沼湿地鱼类丰度一般呈现春末至秋季较高, 冬季和初春较低的特点^[4,7,19]。3 月(初春)水温较低, 鱼类平均丰度相对较低, 多样性指数也较低, 随着水温的上升, 丰度迅速增加, 到了夏季平均丰度高达每网 54.7 尾, 秋季有所降低, 反映了初春时鱼类较少进入滩涂水域, 群落结构简单, 春/夏/秋季更多鱼类进入滩涂水域, 物种多样性随之增加。T 区夏季鱼类丰度最高, 其中鲻和梭鲈约占 80%, 且个体均较小, 反映滩涂区是鲻科幼鱼的良好栖息场所。

3.2 不同生境下种类差异和多样性变化

近几十年来, 滩涂水域越来越受到人类活动的强烈干扰, 围垦、桥梁建设、水域污染等活动造成滩涂生境的剧烈变动, 势必影响到其中的生物资源(特别是鱼类)的分布格局、丰度变化等^[7-8]。杭州湾由于受人类活动影响较大, 部分滩涂被围垦成农业用地或养殖区, 湿地类型多样化, 自然滩涂湿地(T 区)种类以鲈形目的鲻科、虾虎鱼科和弹涂鱼类为主, 优势种和常见种为鲻、梭鲈、大弹涂鱼和大鳍弹涂鱼(*P. magnuspinnatus*)等, 而围垦以后, 水环境发生了变化, 成为低盐淡水(表 1), 鱼类组成与自然滩涂区具有较大的差异, 优势种以鲤形目中的鲫、红鳍鲌、麦穗鱼和鳊等。而 Y 区与 W 区均为低盐环境, 鱼类组成基本相似, 但由于 Y 区水体较深, 且为养殖水体, 出现了一些个体大的经济种, 如鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*H. nobilis*)等。通过聚类分析可知, 杭州湾滩涂湿地鱼类群落可分为咸淡水鱼类群落(T 区)和淡水鱼类群落(W、Y 区)两组, 进一步证实了不同生境下鱼类群落的组成存在明显差异。

河口或海湾滩涂湿地鱼类的物种多样性指数一般较低, 且呈现明显的季节性变化特征, 特别是河口盐沼湿地^[4,7,19]。本研究发现, 本区域各生境类型湿地鱼类的 *D*、*J* 和 *H'* 平均值均较低, 且低于广西和美国佛罗里达洲的红树林滩涂湿地鱼类^[20], 虽然高纬度海区鱼类多样性一般要低于低纬度海区, 但更重要的是当地渔业的过度捕捞和生境破坏导致多样性较低。T 区 *D* 和 *H'* 值一般高于 W 和 Y 区, 说明自然

滩涂区鱼类种类数和多样性要高于人类干扰的 W 和 Y 区。另外, W 和 Y 区虽是较为封闭的滩涂水域, 但春/夏季时, 也会通过水闸泄洪与 T 区进行水体交换, 一些咸淡水鱼类也会进入, 如斑尾刺虾虎鱼和纹缟虾虎鱼等, 而麦穗鱼等也会偶尔进入 T 区栖息(表 2), 这种水体的连接和交换方式不仅增加了滩涂水域鱼类的丰富度和多样性, 也为一些物种提供了良好的生活环境。

参考文献

- [1] Beukema JJ. Dynamics of juvenile shrimp *Crangon crangon* in a tidal-flat nursery of the Wadden Sea after mild and cold winters. *Marine Ecology Progress Series*, 1992, **83**: 157-165
- [2] Gibson RN. The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1973, **12**: 79-102
- [3] Gibson RN. Recent studies on the biology of intertidal fishes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1982, **20**: 363-414
- [4] Amara R, Paul C. Seasonal patterns in the fish and epibenthic crustaceans community of an intertidal zone with particular reference to the population dynamics of plaice and brown shrimp. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, **56**: 807-818
- [5] Zhang H (张衡), He W-S (何文珊), Tong C-F (童春富), et al. Seasonal and semi-lunar changes in fish community structure in low salinity intertidal area of the Yangtze estuary. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2008, **19**(5): 1110-1115 (in Chinese)
- [6] Zhong J-S (钟俊生), Yu W-W (郁蔚文), Liu B-L (刘必林), et al. Seasonal occurrences of fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River estuary. *Journal of Shanghai Fisheries University (上海水产大学学报)*, 2005, **14**(4): 375-382 (in Chinese)
- [7] Jin BS, Fu CZ, Zhong JS, et al. Fish utilization of a salt marsh intertidal creek in the Yangtze River estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, **73**: 844-852
- [8] Zhang H (张衡), Zhu G-P (朱国平), Lu J-J (陆健健). Fish species composition and diversity of Yangtze River estuarine wetlands. *Biodiversity Science (生物多样性)*, 2009, **17**(1): 76-81 (in Chinese)
- [9] Zhou Y (周燕), Long H (龙华), Yu J (余骏). Assessment on environmental quality in tideland of Hangzhou Bay by macrozoobenthos pollution index. *Ma-*

- rine Environmental Science* (海洋环境科学), 2009, **28** (5): 473–481 (in Chinese)
- [10] Wu T-G (吴统贵), Wu M (吴明), Xiao J-H (萧江华). Dynamics of community succession and species diversity of vegetations in beach wetlands of Hangzhou Bay. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2008, **27**(8): 1284–1289 (in Chinese)
- [11] Shen H-T (沈焕庭), Mao Z-C (茅志昌), Zhu J-R (朱建荣). Invasion of Saltwater in the Yangtze Estuary. Beijing: Marine Press, 2003 (in Chinese)
- [12] Ni Y (倪勇), Wang Y-H (王幼槐), Xu C-Y (许成玉), *et al.* Shanghai Fishes. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1990 (in Chinese)
- [13] Zhuang P (庄平), Wang Y-H (王幼槐), Li S-F (李圣法), *et al.* Fishes in the Yangtze Estuary. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2006 (in Chinese)
- [14] Qian Y-Q (钱迎倩), Ma K-P (马克平). Theory and method of study on biodiversity. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994 (in Chinese)
- [15] Pinkas L, Oliphant MS, Iverosn LK. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, 1971, **152**: 9–10
- [16] Field JG, Clarke KR, Warwick RM. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 1982, **8**: 37–52
- [17] Clarke KR, Warwick RM. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd Ed. Plymouth: PRIMPER-E, 2001
- [18] Zhang H (张衡), He W-S (何文珊), Tong C-F (童春富), *et al.* Species composition and biodiversity of the intertidal fishes in Chongxi wetland in winter in Changjiang estuary. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (长江流域资源与环境), 2007, **16** (3): 308–313 (in Chinese)
- [19] Zhang H (张衡), Zhu G-P (朱国平). Spatiotemporal changes of fish community in the Yangtze estuary intertidal zone. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(10): 2519–2526 (in Chinese)
- [20] He B-Y (何斌源), Fan H-Q (范航清). A study on seasonal dynamics of species diversity of fishes in tidal waters of creeks within the mangrove of Yingluo Bay, Guangxi. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2002, **10** (2): 175–180 (in Chinese)

作者简介 贾兴焕,女,1981年生,硕士.主要从事湿地生态系统研究,发表论文10余篇. E-mail: jiaxh_2005@yahoo.com.cn

责任编辑 肖红
