

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

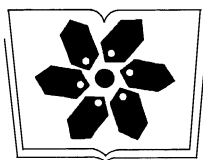
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第17期 Vol.32 No.17 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 17 期 2012 年 9 月 (半月刊)

目 次

基于生物生态因子分析的长序榆保护策略.....	高建国,章 艺,吴玉环,等 (5287)
闽江口芦苇沼泽湿地土壤产甲烷菌群落结构的垂直分布.....	余晨兴,仝 川 (5299)
涡度相关观测的能量闭合状况及其对农田蒸散测定的影响.....	刘 渡,李 俊,于 强,等 (5309)
地下滴灌下土壤水势对毛白杨纸浆林生长及生理特性的影响.....	席本野,王 焯,邸 楠,等 (5318)
绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响.....	高 勇,门兴元,于 毅,等 (5330)
湿地资源保护经济学分析——以北京野鸭湖湿地为例.....	王昌海,崔丽娟,马牧源,等 (5337)
湿地保护区周边农户生态补偿意愿比较.....	王昌海,崔丽娟,毛旭峰,等 (5345)
湿地翅碱蓬生物量遥感估算模型.....	傅 新,刘高焕,黄 翀,等 (5355)
增氮对青藏高原东缘典型高寒草甸土壤有机碳组成的影响.....	郑娇娇,方华军,程淑兰,等 (5363)
大兴安岭 2001—2010 年森林火灾碳排放的计量估算.....	胡海清,魏书精,孙 龙 (5373)
基于水分控制的切花百合生长预测模型.....	董永义,李 刚,安东升,等 (5387)
极端干旱区增雨加速泡泡刺群落土壤碳排放.....	刘殿君,吴 波,李永华,等 (5396)
黄土丘陵区土壤有机碳固存对退耕还林草的时空响应.....	许明祥,王 征,张 金,等 (5405)
小兴安岭 5 种林型土壤呼吸时空变异	史宝库,金光泽,汪兆洋 (5416)
疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素.....	刘文杰,陈生云,胡凤祖,等 (5429)
COII 参与茉莉酸调控拟南芥吡咯族芥子油苷生物合成过程	石 璐,李梦莎,王丽华,等 (5438)
Gash 模型在黄土区人工刺槐林冠降雨截留研究中的应用	王艳萍,王 力,卫三平 (5445)
三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异.....	刘维湄,王 杰,王 勇,等 (5454)
基于 SPEI 的北京低频干旱与气候指数关系	苏宏新,李广起 (5467)
山地枣树茎直径对不同生态因子的响应.....	赵 英,汪有科,韩立新,等 (5476)
幼龄柠条细根的空间分布和季节动态	张 帆,陈建文,王孟本 (5484)
山西五鹿山白皮松群落乔灌木层的种间分离.....	王丽丽,毕润成,闫 明,等 (5494)
长期施肥对玉米生育期土壤微生物量碳氮及酶活性的影响.....	马晓霞,王莲莲,黎青慧,等 (5502)
基于归一化法的小麦干物质积累动态预测模型.....	刘 娟,熊淑萍,杨 阳,等 (5512)
上海环城林带景观美学评价及优化策略	张凯旋,凌焕然,达良俊 (5521)
旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例.....	窦银娣,刘云鹏,李伯华,等 (5532)
一种城市生态系统现状评价方法及其应用.....	石惠春,刘 伟,何 剑,等 (5542)
黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化.....	周志鹏,金显仕,单秀娟,等 (5550)
蓝藻堆积和螺类牧食对苦草生长的影响.....	何 虎,何宇虹,姬娅婵,等 (5562)
黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能.....	柳 宇,张 伟 (5568)
虎纹蛙选择体温和热耐受性在个体发育过程中的变化	樊晓丽,雷焕宗,林植华 (5574)
水丝蚓对太湖沉积物有机磷组成及垂向分布的影响	白秀玲,周云凯,张 雷 (5581)
专论与综述	
城市绿地生态评价研究进展.....	毛齐正,罗上华,马克明,等 (5589)
全球变化背景下生态学热点问题研究——第二届“国际青年生态学者论坛”	万 云,许丽丽,耿其芳,等 (5601)
研究简报	
雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果.....	沈渭寿,李海东,林乃峰,等 (5609)
学术信息与动态	
生态系统服务时代的来临——第五届生态系统服务伙伴年会述评	吕一河,卫 伟,孙然好 (5619)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 334 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-09	



封面图说: 带雏鸟的白枕鹤一家——白枕鹤是一种体型略小于丹顶鹤的优美的鹤。体羽蓝灰色,腹部较深,背部较浅,脸颊两侧红色,头和颈的后部及上背为白色,雌雄相似。其虹膜暗褐色,嘴黄绿色,脚红色。白枕鹤常常栖息于开阔平原芦苇沼泽和水草沼泽地带,有时亦出现于农田和海湾地区,尤其是迁徙季节。主要以植物种子、草根、嫩叶和鱼、蛙、软体动物、昆虫等为食。繁殖区在我国北方和西伯利亚东南部。我国白枕鹤多在黑龙江、吉林、内蒙古繁殖,与丹顶鹤的繁殖区几乎重叠,为国家一级保护动物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201108061152

周志鹏, 金显仕, 单秀娟, 李忠炉, 戴芳群. 黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化. 生态学报, 2012, 32(17): 5550-5561.

Zhou Z P, Jin X S, Shan X J, Li Z L, Dai F Q. Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(17): 5550-5561.

黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征 及资源分布的季节变化

周志鹏^{1,2}, 金显仕^{2,*}, 单秀娟², 李忠炉², 戴芳群²

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要: 根据 2009 年 7—8 月、10 月和 2010 年 1 月、5 月黄海中南部渔业生物底拖网调查数据, 对该海域细纹狮子鱼的生物学特征及其分布的季节变化作了分析。结果表明, 细纹狮子鱼平均体长和平均体重从春季(4.7 cm、3.3 g)到冬季(34.2 cm、764.9 g)呈显著增加, 并且雄性个体平均体长显著大于雌性个体($P < 0.05$, 春季除外)。性比(♀:♂)随体长组和季节变化, 体长越大趋向于雄性, 反之趋向于雌性; 夏季雄鱼居多(0.70:1, $P < 0.05$), 秋季则为雌鱼居多(1.35:1, $P < 0.05$), 而冬季(产卵群体)和春季性比接近于 1:1。细纹狮子鱼各季节摄食等级均在 2.5 以上, 冬季雄性个体摄食等级显著大于雌性个体($P < 0.05$), 但雄性个体肥满度为全年最低(1.52)。细纹狮子鱼相对资源量和贡献率从春季(0.17 kg/h, 1.54%)到秋季(15.36 kg/h, 33.05%)呈上升状态, 而冬季(2.37 kg/h, 5.60%)有所下降。相比 2000 年, 夏秋季相对渔获量和贡献率提高明显。全年集中分布于 7.8—13.6 °C, 3.20%—3.38% 的水域, 平均体重和水深有显著的相关性(秋季除外)。另外, 根据性成熟个体分布区和稚幼鱼分布的相关历史资料分析发现, 除海州湾外, 黄海中部深水区可能是细纹狮子鱼的产卵场。

关键词: 细纹狮子鱼; 黄海中南部; 生物学特征; 产卵群体

Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea

ZHOU Zhipeng^{1,2}, JIN Xianshi^{2,*}, SHAN Xiujuan², LI Zhonglu², DAI Fangqun²

1 College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China

Abstract: Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea were examined based on the bottom trawl survey data in July-August, October, 2009 and January, May 2010. The results showed that the average body length and the body weight markedly increased from spring (4.7 cm, 3.3 g) to winter (34.2 cm, 764.9 g). The average body length of male individuals was significantly larger than that of female individuals in summer and autumn ($P < 0.05$), and in winter ($P < 0.01$), but there was no significant difference between males and females in spring ($P > 0.05$). By the analysis of covariance, there was a marked difference in growth between male and female individuals in autumn, but there were no significant differences in other seasons. T-tests showed that allometric factor b was lower than 3 in spring and winter ($P < 0.05$) and larger than 3 in summer ($P < 0.05$). Sex ratios (♀:♂) changed with seasons and body length; larger body length corresponded with higher proportion of male individuals,

基金项目: 全球变化研究重大科学研究计划项目(2010CB951204); 国家自然科学基金国际(地区)合作交流项目(31061160187); 山东省泰山学者专项基金资助

收稿日期: 2011-08-06; 修订日期: 2012-07-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

whereas smaller body length corresponded with higher proportion of female individuals. The proportion of male individuals was higher in summer (0.70:1, $P < 0.05$) and lower in autumn (1.35:1, $P < 0.05$). However, there was no significant difference in sex ratios in winter and spring. The rate of sexual maturity reached 41.3% in winter, but was almost zero in other seasons of the year. The empty stomach rates were low (0—1.73%) in all seasons. The average feeding intensity was larger than class 2.5 through the whole year and showed significant gender differences in the spawning season (male > female, $P < 0.05$), but the condition factors of male individuals were at the lowest level (1.52). The relative biomass and the proportion of snailfish catch in the total catch increased from spring (0.17 kg/h, 1.54%) to autumn (15.36 kg/h, 33.05%) and decreased in winter (2.37 kg/h, 5.60%). In the present study, the relative biomass (kg/h) and the proportion of snailfish catch in the total catch in summer and autumn were much larger than those in summer and autumn, 2000. The snailfish is mostly found in sea areas with temperature 7.8—13.6°C and salinity 3.20%—3.38%, which indicates that it could be a low temperature and high salinity species. Its average body weight was significantly related to water depth (excluding in autumn). For example, bigger size individuals inhabited deep water in spring and shallow water in summer and winter. However, most snailfish were found in deep water (>65 m) throughout the year, except in spring. These suggested that the distribution of snailfish in spring (juvenile stage) was also affected by diet species, and individuals with body length between 2.2 cm and 5.7 cm appeared in areas of high-density plankton and *Gammaridae* species in the southern Yellow Sea, whereas those with body length between 5.8 cm and 17.0 cm were distributed in sea areas with high abundance of the shrimp *Crangon affinis* in Haizhou Bay. In addition, snailfish males might perform parental care. According to the combined information on the distribution of mature and juvenile snailfish, the deep-water area of the central Yellow Sea might represent the spawning ground for snailfish in addition to Haizhou Bay.

Key Words: snailfish *Liparis tanakae*; the central and southern Yellow Sea; biological characteristics; spawning stock

细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)主要分布于黄海、渤海、东海、日本海、鄂霍次克海,日本太平洋沿岸至千岛群岛北部水域,为冷温性大型底层鱼类^[1-3],长期作为底拖网的兼捕对象。近年来,由于经济种类资源衰退,细纹狮子鱼在渔获物中的比例显著增加^[4],目前已成为黄海优势种类^[5]。而细纹狮子鱼属于高营养级种类^[6],是黄海食物网中重要的能流通道^[7],其食性广、摄食量大,生长迅速,体长 100 mm 以上就已开始摄食鱼虾类,严重危害经济鱼虾类补充群体^[4,7-9],在黄海渔业生态系统中占据非常重要的地位^[6]。

目前研究主要在摄食生态^[6-13]、仔稚鱼^[14-16]方面,种群生物学特征和资源分布方面的研究主要集中在 20 世纪 90 年代以前,该鱼主要栖息于泥底质^[11]及水深 50—90 m 的海区^[2],具有季节性的南北洄游和深浅洄游特性^[17],优势体长变化明显^[4,13]。在黄海的研究仅限于近岸调查^[18-19],但在黄海中部深水区的种群生物学特征未见系统的报道。本研究基于 2009 年 7 月至 2010 年 5 月对黄海中南部渔业底拖网调查取样,对细纹狮子鱼的生物学特征及其资源分布的季节变化进行研究,并分析其与环境因子之间关系,以为黄海渔业生态系统研究以及细纹狮子鱼资源开发提供基础参考。

1 材料与方法

数据来源于黄海水产研究所“北斗”号渔业调查船 2009 年至 2010 年对黄海中南部(33°—37°N, 121.5°—124.5°E)的渔业底拖网调查(图 1),调查时间分别是 2009 年 7—8 月(夏)、10 月(秋)、2010 年 1 月(冬)、5 月(春)。“北斗”号调查船的网具参数为:网具网目 836 目×20 cm,网口周长 167.2 m,网具总长度 83.2 m,囊网网目 2.4 cm,网口高度变动在 6.1—8.3 m 之间。每站拖网 0.5—1 h,拖速为 3 kn/h。记录捕获细纹狮子鱼的重量和数量,然后冷冻保存,在实验室解冻后进行生物学测定。测定指标包括体长、体重、性别、性腺成熟度、摄食等级,其中春季测定 414 尾,夏季 1138 尾,秋季 718 尾,冬季 89 尾。每站现场用“Seabird219”型 CTD 采集距海底 5 m 内的水层温度、盐度等环境数据。

生物学测定中,体长和体重测量分别精确到 1 mm 和 0.1 g,体长以 2 cm 分组计算优势体长,体长-体重关

系用幂指数方程表示: $W = aL^b$ 。 W 为体重 (g), L 为体长 (cm), 其中 $b=3$ 时表示个体等速增长, $b>3$ 表示个体正异速增长, $b<3$ 表示个体负异速生长^[20]。协方差分析 (Ancova) 检验性别间体长-体重关系差异性, 若无显著差异, 则合并雌、雄以及未发育个体以拟合体长体重关系。

肥满度公式为 $C=W/L^3\times100$, 为避免产卵群体和胃含物的影响, W 采用纯重 (g), L 为体长 (cm)^[20]。

性别和性腺成熟度采用目测法, 性腺按照 I—VI 期^[21]划分, 并规定 IV 期以上 (即 IV—VI 期) 为性成熟。各季节均存在一定的性腺未发育个体, 可分辨雌雄的尾数分别为 44 尾 (春), 555 尾 (夏), 589 尾 (秋), 85 尾 (冬)。以 10 cm 为单位划分体长组检验雌雄性比, 以减少因春季的雌性样品较少带来的性比误差。摄食等级分为 0—4 级^[21]。

各站的拖网时间标准化到 1h, 站位相对资源密度, 用相对渔获量 (kg/h) 和渔获尾数 (尾/h) 来表示, 各季节间相对资源密度以平均渔获量 (CPUE, 单位时间捕捞努力量, 即每网每小时渔获量 kg/h) 表示。

雌、雄间的体长、摄食等级的差异以及参数 b 与 3 的差异运用 t 检验, 细纹狮子鱼的性比 (♀:♂) 与 1:1 的差异运用 χ^2 检验。 $\chi^2 = \sum ((O - E)^2 / E)$ ($df = 1$), O 为实际观察尾数, E 为理论尾数^[22]。体长、体重、性腺成熟度和摄食等级均根据每站测定尾数占渔获尾数的比例进行加权平均。各季节利用相对渔获量 (kg/h) 分析分布与温盐度的关系, 而站位个体平均体重 (kg/尾) 和温、盐、深度的关系采用 Pearson 相关系数分析^[23]。

2 结果

2.1 体长和体重的分布

如图 2 和表 1, 黄海南部细纹狮子鱼的平均体长和平均体重从春季到冬季总体呈显著增长趋势 ($P<0.01$)。春季渔获个体平均体长为 4.7 cm, 优势体长为 2—6 cm, 占 80.7%; 夏季平均体长为 15.9 cm, 优势体长为 12—18 cm, 占 37.8%; 秋季平均体长为 23.8 cm, 优势体长为 18—28 cm, 占 53.0%, 冬季为 34.2 cm, 优势体长为 30—38 cm, 占 57.7%。各季节中, 春季雌雄个体平均体长无显著差异 ($P>0.05$), 其余季节雄性

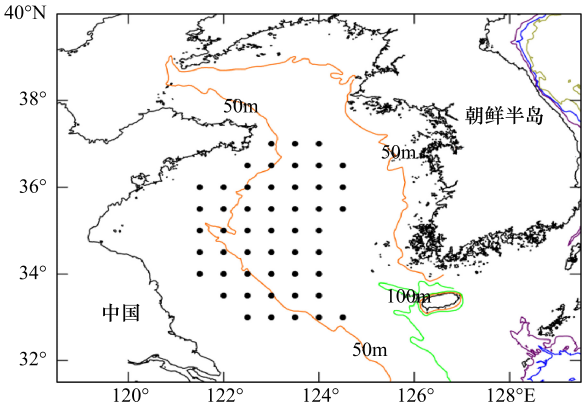


图 1 黄海中南部调查站位

Fig. 1 Sampling stations in the central and southern Yellow Sea

表 1 黄海中南部细纹狮子鱼体长和体重的组成及其季节变化

Table 1 Seasonal variations in body length and body weight of *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea

时间 Time		样品量 Sample size	体长 body length/cm			体重 Body weight/g		
			范围 Range	优势组 Dominant range	平均 Mean	范围 Range	优势组 Dominant range	平均 Mean
2009	♀	24	8.4—20.0	8.0—10.0(30.4%) 12.0—14.0(31.7%)	12.5	10.9—130	10—50(82.8%)	39.3
春 Spring	♂	20	8.8—18.4	8.0—12.0(52.3%)	12.8	11.3—139	10—40(59.1%)	43.1
2009	♀	228	9.3—27.8	12.0—22.0(68.6%)	18.3	13.4—553	30—90(39.6%)	131.4
夏 * Summer	♂	327	9.8—31.7	14.0—24.0(74.3%)	19.4	10.8—604	30—150(55.7%)	147.8
2009	♀	337	9.1—39.8	18.0—28.0(56.1%)	24.2	11.5—1210	0—100(19.8%) 150—350(41.6%)	320.9
秋 * Autumn	♂	252	11.6—45.0	18.0—28.0(50.3%) 30.0—34.0(16.9%)	24.8	21—1590	0—400(71.5%)	331.8
2009	♀	40	20.0—49.2	30.0—38.0(63.8%)	33.4	139—2278	500—800(49.8%)	700.8
冬 ** Winter	♂	45	22.1—54.2	32.0—42.0(71.2%)	37.2	203—2435	500—900(58.3%)	885.3

“*”和“**”分别表示雌雄平均体长呈显著差异和极显著差异

个体的平均体长大于雌性, 其中夏季和秋季差异显著 ($P < 0.05$), 而冬季体长差异极显著 ($P < 0.01$)。但各季节雌雄间平均体重均无显著差异 ($P > 0.05$)。

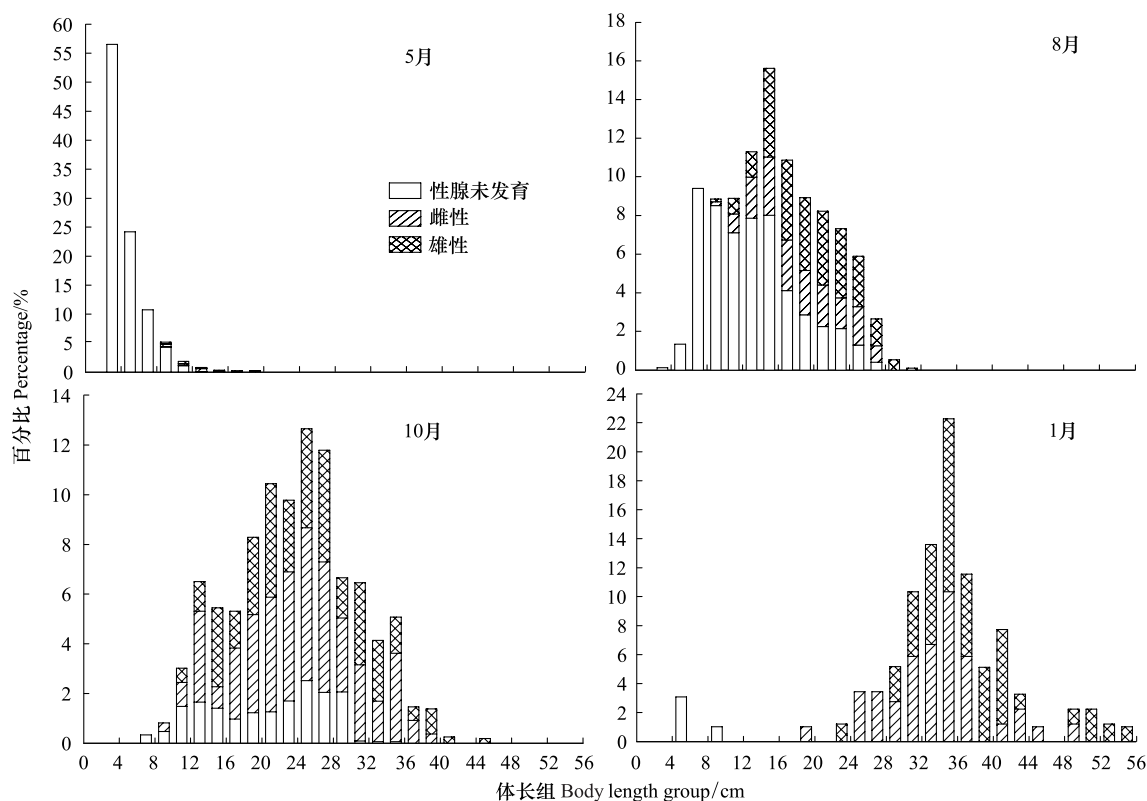


图2 细纹狮子鱼体长的季节分布

Fig. 2 Seasonal distribution in body length of *Liparis tanakae* during 2009—2010

2.2 体长-体重的关系

四个季节的调查中, 细纹狮子鱼雌性体长—体重关系如图3, t 检验显示, 雌性个体中, 春季 b 值与3无差异, 夏季和秋季 b 值大于3, 冬季小于3; 而雄性个体中冬季 b 值与3无差异, 春夏秋 b 值均大于3。协方差检验 (Ancova) 显示, 秋季雌雄个体间生长差异极显著 ($P < 0.01$), 其他季节雌雄个体间均无显著差异 ($P > 0.05$), 故将其雌雄、未发育个体合并。 t 检验显示, 冬季和春季 b 小于3 ($P < 0.05$), 夏季 b 值大于3 ($P < 0.05$)。

2010 春	♀: $W = 0.0215 L^{2.910}$ ($R^2 = 0.964$, $n = 24$)	$W = 0.0228 L^{2.8148}$, ($R^2 = 0.979$, $n = 414$)
	♂: $W = 0.0084 L^{3.277}$ ($R^2 = 0.978$, $n = 20$)	
2009 夏	♀: $W = 0.0127 L^{3.104}$ ($R^2 = 0.956$, $n = 228$)	$W = 0.0079 L^{3.247}$, ($R^2 = 0.978$, $n = 1138$)
	♂: $W = 0.0110 L^{3.143}$ ($R^2 = 0.949$, $n = 327$)	
2009 秋	♀: $W = 0.0097 L^{3.191}$ ($R^2 = 0.963$, $n = 337$)	
	♂: $W = 0.0097 L^{3.173}$ ($R^2 = 0.965$, $n = 252$)	
2009 冬	♀: $W = 0.0822 L^{2.56}$ ($R^2 = 0.863$, $n = 40$)	$W = 0.0260 L^{2.872}$, ($R^2 = 0.865$, $n = 89$)
	♂: $W = 0.0330 L^{2.794}$ ($R^2 = 0.867$, $n = 45$)	

四个季节比较显示, 雌性个体体重随体长生长的速率春季最低, 到秋季达到最高, 冬季又回落至较低水平。而雄性则是春季最高, 冬季最低, 夏秋生长速率几乎相同, b 值呈现季节递减过程。

2.3 性比和性腺成熟度

由表2可知, 细纹狮子鱼雌雄比例 (♀: ♂) 呈现季节性变化, 春季和冬季性比接近于1, 而夏季以雄性居多 ($P < 0.05$), 秋季以雌性居多 ($P < 0.05$)。各体长组的性比较可以看出, 体长越大, 雌性所占比例越低。季

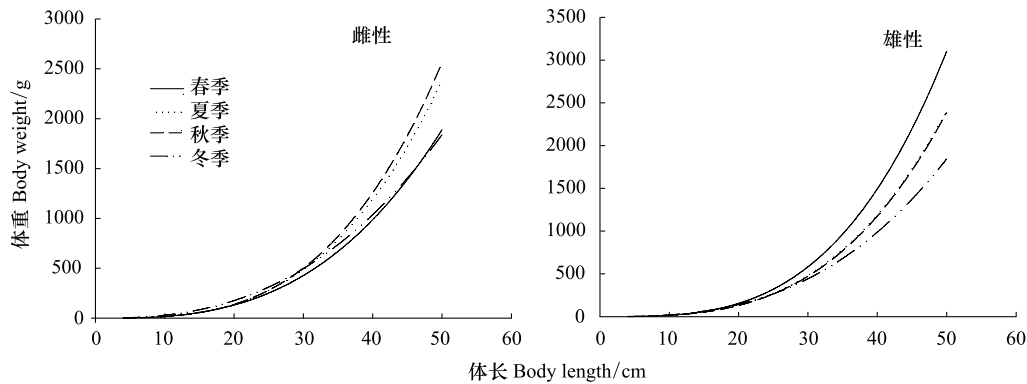


图3 细纹狮子鱼雌、雄个体体长-体重关系

Fig. 3 Seasonal variations in the body weight-length relationships between female and male *Liparis tanakae* individuals

节变化较明显的为小于 30 cm 的个体,其中小于 20 cm 的个体从雌雄相当逐渐转变为全为雌性,而 20—30 cm 的个体则经历夏季雄性占优,秋季雌性占优,冬季雌雄相当。

表2 细纹狮子鱼性比的季节变化

Table 2 Seasonal changes in sex ratios (♀:♂) of *Liparis tanakae*

季节 Season	综合 Overall sex ratios	体长组 Body length group/cm				
		≤20	20—30	30—40	40—50	>50
春 Spring	1.20:1	1.2:1 ^{ns}	—	—	—	—
夏 Summer	0.70:1*	0.80:1	0.59:1*	♂	—	—
秋 Autumn	1.35:1*	1.56:1*	1.47:1*	1.06:1 ^{ns}	♂	—
冬 Winter	0.89:1	♀	2.67:1	0.83:1	0.63:1	♂

* 表示存在显著差异 ($P < 0.05$); “—” 表示无数据; ♀ 和 ♂ 分别表示样品全为雌性或雄性

以雌性性腺为例,春夏季Ⅱ期占优势,夏季仅有少量Ⅲ期个体,秋季Ⅲ期的比例扩大至 37.2%,开始出现Ⅳ期个体。冬季,细纹狮子鱼性腺以Ⅲ期和Ⅳ期为主,而性成熟比例(Ⅳ期及以上)占 41.3% (图 4)。

2.4 摄食等级和肥满度

各季节空胃率较小,4 个季节依次为 1.73%、0.43%、0.69%、0%。各季节平均摄食等级均大于 2.5 级(图 5),其中春季较高,为 2.93 级,夏季最低,为 2.73 级,夏季到冬季呈上升趋势,季节间无显著差异 ($P > 0.05$)。雌性摄食等级从春季到冬季呈下降趋势,春季摄食等级为 3.07 级,冬季为 2.66 级,季节间差异不显著 ($P > 0.05$)。而雄性呈明显的季节波动,春季为 2.77 级,冬季为 3.09 级,秋季显著小于夏季和冬季,为 2.55 级 ($P < 0.05$)。雌雄间摄食等级 t 检验表明,冬季雄性高于雌性 ($P < 0.05$),其他季节没有显著差异 ($P > 0.05$)。而雌雄个体从春季到秋季的肥满度呈增加趋势,冬季均降为全年最低值,1.50 (雌) 和 1.52 (雄)。

2.5 相对资源密度与分布

本研究选取 33—37°N, 121.5—124.5°E 范围计算季节相对资源密度,即平均每网每小时渔获量 (CPUE),其中秋季为全年最高,达 15.86 kg/h,春季最低,为 0.17 kg/h,夏季和冬季分别为 6.25 kg/h 和 2.37 kg/h。夏、秋季细纹狮子鱼占总渔获量的质量百分比最高,分别为 22.82% 和 33.05%,冬季为 5.60%,

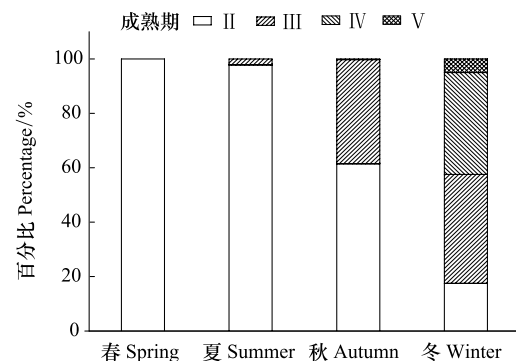


图4 黄海中南部细纹狮子鱼雌性性腺成熟度各期百分比的季节变化

Fig. 4 Seasonal variations in percentage of gonad developmental stage of female *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea

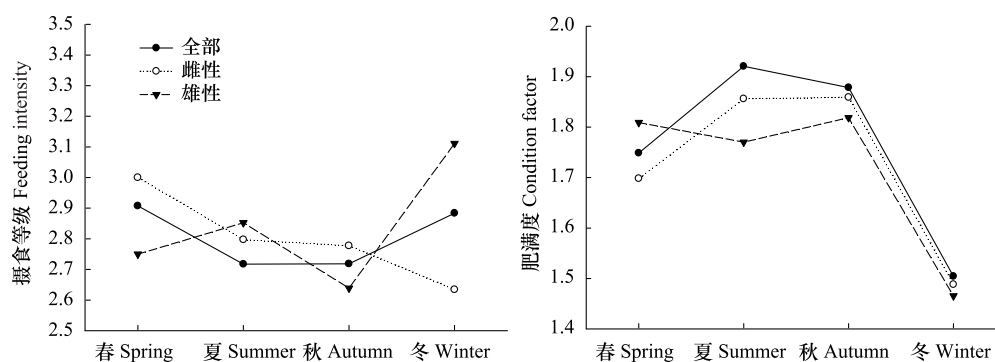


图5 细纹狮子鱼摄食等级和肥满度的变化

Fig. 5 Variations in feeding intensity and condition factor of *Liparis tanakae*

春季最低, 为 1.54%。

全年细纹狮子鱼分布水域底层温度范围为 6.1—18.2 °C, 3.06%—3.39%, 其主要集中在 7.8—13.6 °C, 3.20%—3.38% 的水域(表 3), 4 个季节的相对渔获量与温度、盐度的分布见图 6。

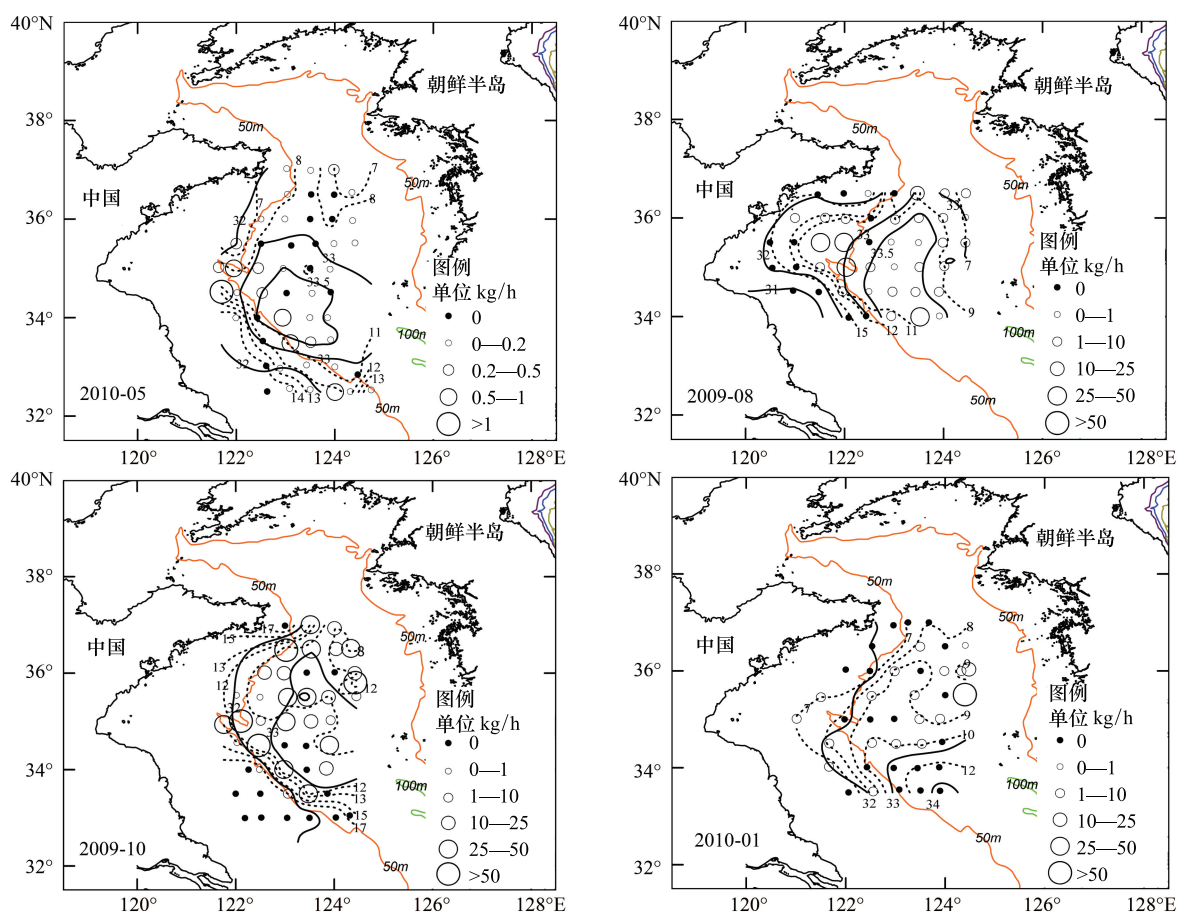


图6 黄海中南部细纹狮子鱼相对渔获量分布

Fig. 6 The distribution of relative biomass of *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea

实线代表盐度, 虚线代表温度

春季, 黄海底层温度从南到北, 从西向东递减, 在中部存在低温高盐的水体。细纹狮子鱼密集分布在 50 m 等深线附近, 黄海中部较少。其中最大相对渔获量出现在海州湾站点, 为 1.3 kg/h, 体长范围 5.8—17.0

cm。最大相对渔获尾数出现在南部站点,为 800 尾/h。体长范围 2.2—5.7 cm,其次在石岛近岸为 196 尾/h, 2.5—8.8 cm,均小于海州湾区域。相对渔获量大于 0.5 kg/h 的区域温度和盐度范围分别为 7.8—12.5℃, 3.23%—3.38%

夏季,黄海底层温度沿岸向深水区递减,盐度递增,形成水平梯度。海州湾附近和黄海南部存在 4 个密集站点,占总渔获量的 54.7%,最大相对渔获量和渔获尾数出现在海州湾附近分别为 48.3 kg/h 和 392 尾/h。相对渔获量大于 20 kg/h 的分布区域的底层温度为 9.1—10.3℃,盐度为 3.22%—3.37%。

秋季温盐度分布类似夏季,东南部的黄海 50 m 等深线边缘形成密集等温线区域,该区域细纹狮子鱼密集分布,相对渔获量最高可达 60 kg/h,相对渔获尾数 136 ind/h,石岛东南部亦有大量分布,最高相对渔获量为 116 kg/h,相对渔获尾数 368 尾/h。细纹狮子鱼密集分布区(大于 20 kg/h)的温度为 7.1—13.6℃,盐度为 3.17%—3.32%。

冬季,底层明显有一股高温高盐水舌向西北方向前进,黄海水温和盐度呈现南高北低,东高西低,表现出明显的梯度。细纹狮子鱼主要分布范围(大于 5 kg/h)为 8.1—9.8℃,3.20%—3.26%。渔获量密集区出现在石岛东南,最高达 52.04 kg/h,相对渔获尾数为 59 尾/h,占冬季调查总尾数的 59.6%,其他区域分布较为均匀,相对渔获尾数为 1—4 尾/h。

表 3 细纹狮子鱼相对渔获量及其温盐分布的季节变化

Table 3 Seasonal variations in the relative biomass, temperature and salinity of the distribution area of <i>Liparis tanakae</i>					
季节 Season	渔获量范围 Range of catch/(kg/h)	盐度 Salinity		温度 Temperature/℃	
		分布范围 Range	主要区域 Main	分布范围 Range	主要区域 Main
春 Spring	0.0005—1.3	3.06—3.38	3.23—3.38	6.1—15.6	7.8—12.5
夏 Summer	0.03—48.3	3.17—3.39	3.22—3.37	6.8—17.1	9.1—10.3
秋 Autumn	0.08—116	3.15—3.33	3.17—3.32	7.1—18.2	7.1—13.6
冬 Winter	0.8—52.04	3.19—3.28	3.20—3.26	6.3—10.2	8.1—9.8

本研究调查水域深度范围为 19—90 m,对各季节站点平均体重(湿重)与分布深度,底层盐度和底层水温相关性分析得出(表 4),春季站位平均体重与盐度和深度显著正相关,小个体分布于 52 m 以浅的水域,占总尾数的 84%,个体越大,越倾向于深水高盐水体。夏季和冬季(产卵群体)则与深度显著负相关,且群体多数分布在 65 m 以深的水域,大个体倾向于较浅水域,秋季个体大小相关性不明显,但 73.4% 的个体倾向于分布于深水区。

表 4 细纹狮子鱼平均体重与环境因子的相关性(Pearson 相关参数)

Table 4 Relationship between the average body weight of <i>Liparis tanakae</i> and environment factors			
季节 Season	盐度 Salinity	温度 Temperature	深度 Depth
春季 Spring	0.381 *	-0.190	0.483 **
夏季 Summer	-0.343	0.272	-0.545 **
秋季 Autumn	-0.181	-0.025	0.081
冬季 Winter	-0.393	-0.438	-0.809 **

“*”和“**”分别代表平均体重和环境因子显著和极显著相关

3 讨论

3.1 生物学特征的变化

本研究中,细纹狮子鱼平均体长从春季到冬季呈增加趋势,张波^[6]和 Kawasaki^[13]对细纹狮子鱼各月间(3 月到 1 月)体长增长变化进行研究时也有类似发现,20 世纪 80 年代的黄海调查中细纹狮子鱼也有近似的体长分布^[4],并且表现出较快的体长生长。细纹狮子鱼肌肉含水量高达 82%,肌肉干重能值为 16.58 kJ/g^[24],

处于较低水平,说明单位重量的生长能量需求不高,但细纹狮子鱼却是黄海底层中摄食量最高的种类^[25],本研究也证实其摄食等级全年均在 2.5 以上,这构成其快速生长的基础。本研究中的雌性最小性成熟体长为 200 mm,若以此划分幼鱼成鱼可以发现,春季(100%)和夏季(94.4%)绝大多数均为幼鱼,而秋季(55.3%)和冬季(96%)则是成鱼居多。冬季(12 月—1 月)以成鱼为主,春季(3 月—5 月)全为幼鱼,这与冬末春初成鱼可能大量死亡或者洄游出调查水域有关。冬季体长组大致分为 3 组:4—10 cm、18—46 cm、48—56 cm,群体结构较为简单。而孵化实验^[2]表明 100 d 的全长为 8.5 cm,表明第一体长组为当年幼鱼,而 18—46 cm 和 48—56 cm 则代表 1 龄鱼和高龄鱼。

性成熟比例、幼鱼比例、捕捞压力^[26]、个体食性转变^[27]可能会引起群体的 b 值的变化,本研究中 b 值呈现夏秋高,春冬低的现象。而细纹狮子鱼 50、100 mm 和 350 mm 有 3 次明显的食性转换^[6],体长大于 200 mm 时,饵料中鱼类重量比例开始明显提高^[10,13],而且本研究中季节优势体长组变化很大,食性转变可能是 b 值的季节变化的影响因素。春季大量的幼鱼生长迅速,冬季产卵群体生长放缓^[28],均使得 $b < 3$ 。

细纹狮子鱼的性比在体长组上存在差异,雌性的比例随体长增大而下降,雄性则反之,而季节间以低体长组(小于 30 cm)的变化最明显,在一定程度上反映种群结构的变化,这也表明细纹狮子鱼雄鱼的寿命大于雌鱼^[29]。另外本研究中性比还存在时间变化,如夏季雄性为多数,而秋季雌性多数,种群性比的季节变化在很多鱼类也有出现^[30-32],被认为是鱼类对种群食物保障,环境条件的适应性变化^[28,32],也与其繁殖策略有关^[31,32]。

鱼类肥满度常用作衡量鱼体丰满程度、水域饵料环境的季节性变化指标^[28],其季节变化主要和索饵以及产卵有关^[18],本研究冬季产卵季节的肥满度最低,但是雄鱼在 1 月的摄食强度最大,这表明可能与雄鱼在繁殖活动的能量需求有关。根据张波的研究,细纹狮子鱼 1 月(冬)和 8 月(夏)的空胃率最低^[6],本研究各季节该鱼的平均摄食等级均较高。夏秋季雌鱼肥满度在高于雄性,以此推测在夏季雌性生长可能偏向自身能量的积蓄,而雄性则偏向体长的快速生长,这也使得夏季体长开始出现显著差异。而在秋季,雄鱼摄食下降,与雌鱼个体之间的差异有所缩小,肥满度升高。

3.2 雌雄个体差异及其繁殖特性

一般认为,雌鱼个体大于雄鱼,有利于保证后代数量,若雄鱼大于雌鱼,则可能与领域行为和亲体护幼习性有关^[28],如虾虎鱼类和一些鲑鳟鱼类^[32]。而细纹狮子鱼在各个季节均为雄鱼大于雌鱼,说明雄性在产卵策略中需要承担更多任务,冬季的高摄食率低肥满度的特性也支持了这种行为。该鱼怀卵量较少,约为 2.26 万—3.73 万粒^[18],且卵粒较大,较低的繁殖力必然使得需要从其他方面来保证后代存活率,可能存在雄鱼护卵的习性。而细纹狮子鱼同属(大西洋狮子鱼 *Liparis atlanticus*^[33]、光皮狮子鱼 *Liparis fucensis*^[34])、同科(驼背短吻狮子鱼 *Careproctus ovigerum*^[35])的种类和地方性种类(大龙六线鱼 *Hexagrammos otakii*^[36])均存在这种现象。

另外,细纹狮子鱼产沉性、粘着性卵,近岸可能为近海礁石和沙泥底质海区^[18]。由于在 2—3 月在 34.5°N, 123.5°E 附近能够大量采集到该鱼鱼卵^[14],也有人认为黄海中部为产卵区^[2]。春初,万瑞景^[37-38]在黄海中部发现仔稚鱼,其中 2001 年在青岛外海海州湾和黄海中部的 7 个站点发现 17 尾稚鱼和 4 尾幼鱼^[38],与本研究的性成熟个体的分布区域相近(图 7),以此可以证实近岸海州湾区域和黄海中部深水区可能均为细纹狮子鱼的产卵场,但是产卵场具体条件还需要进一步研

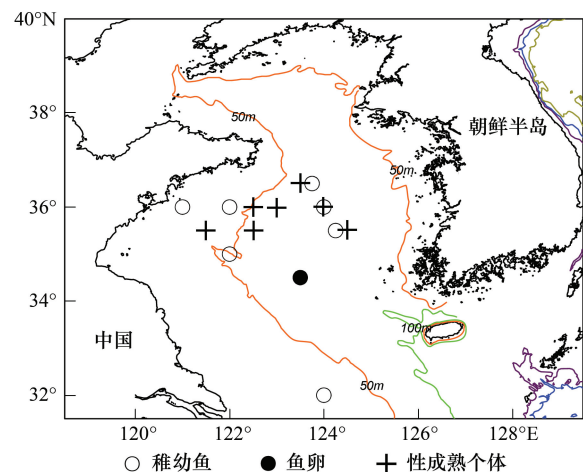


图 7 细纹狮子鱼性成熟个体与稚幼鱼分布的关系

Fig. 7 The distribution of sexually mature individuals and juveniles of *Liparis tanakae*

究。海州湾是众多鱼类的产卵场和育幼场,且近岸复杂的底质条件也提供较好的产卵环境。而黄海中部冬季底层水温、盐度梯度和跨度均较小,环境条件较为稳定,是许多种类的越冬场,如鳀鱼 *Engraulis japonicus*^[39]、脊腹褐虾 *Crangon affinis*^[40] 也大量分布,成鱼饵料良好。但对于补充群体威胁较大,而护卵的习性可以保证存活率。由于细纹狮子鱼在黄海的产卵时间约为 1 月上旬到 3 月上旬^[41],且在 5 月到 8 月较浅水域的分布较高,而近岸 5—8 月正值重要经济鱼虾的产卵季节,大量的细纹狮子鱼会威胁到经济种类补充群体的安全。

3.3 种群相对渔获量和分布的变化及其影响因素

2009—2010 年春季到秋季的平均渔获量增幅明显,可能与个体大小有关。相比 2000 年,各季节贡献率均有所提升,但是平均渔获量升高幅度远低于贡献率(表 5),这可能与近些年黄海经济渔业资源衰退,特别是 2000 年后鳀鱼的生物量大幅下降有关^[42]。冬季产卵群体的平均渔获量同比 2000 年(12 月)有所下降,小坂昌也^[17]曾发现仙台湾 12 月下旬相对渔获量明显减少的现象,但去向不明。通常产卵群体分布位置偏移会引起渔获量的变化^[29,43]。另外冬季分布较为集中可能会承受较大的捕捞压力,而产卵死亡也应是考虑因素之一。另外,由于在秋末冬初,个体较大,生物量处于较高水平,可以加以开发和利用。

表 5 黄海中南部细纹狮子鱼平均渔获量和渔获比重的变化

Table 5 Interannual and seasonal variations in the average CPUE and the proportion of *Liparis tanakae* in the total catch in the central and southern Yellow Sea

季节 Season	本研究 This study		金显仕等 ^[36]	
	平均渔获量 Average CPUE(2009)/(kg/h)	百分比 Percentage(2009)/%	平均渔获量 Average CPUE(2000)/(kg/h)	百分比 Percentage(2000)/%
春季/Spring	0.17	1.54	0.21	0.67
夏季/Summer	6.25	22.82	3.27	0.50
秋季/Autumn	15.86	33.05	11.81	7.50
冬季/Winter	2.37	5.60	4.06	5.40

而本研究中,细纹狮子鱼密集分布区域的温度范围为 7.8—13.55℃,盐度为 3.20%—3.38%,说明细纹狮子鱼属于低温高盐种类。与 1998—2000 年比,春夏秋冬靠岸的水域的产量有所提升,冬季更趋向于集中到石岛外海的黄海中部区域^[44]。鱼类幼体的习性与成体普遍存在差别,春季全为幼体,优势体长为 2—6 cm,摄食等级全年最高,强烈索饵,且对于饵料要求较高。尽管平均体重和深度显著负相关,但却在沿岸的产量明显高于深水区。而当体长<5 cm 时,主要摄食钩虾类和浮游生物。而 5—35 cm,则变为广食性,但以脊腹褐虾为主^[6]。本研究可以看出春季黄海南部浮游生物量^[36]和钩虾类^[45]较高,对应着 2.2—5.7 cm 的群体,海州湾密集分布的脊腹褐虾^[36],则对应着 5.8—17.0 cm 的群体。而其他季节饵料均以脊腹褐虾为主^[6],而脊腹褐虾分布广泛资源丰富^[40],对狮子鱼的分布影响较小。而温度是重要的影响因素,夏秋季节,近岸水温较高,在黄海西南部形成密集等温线,也阻碍了近岸细纹狮子鱼的分布。而冬季可以明显看到南部黄海暖水舌的存在使得产卵群体向北偏移。

细纹狮子鱼游泳能力不强,被认为是地方性鱼类^[18,46],随季节进行深浅洄游。夏季,狮子鱼集中于海州湾附近,几个高密度站常年处于冷水团的区域^[47],而大个体趋向于在深水区域活动。秋季进入育肥季节,大小混居,等 11 月份沿岸水温下降^[48],洄游至近岸索饵^[49]。冬季,饵料种类开始离岸洄游,部分个体留在浅水继续索饵然后产卵,部分个体洄游至黄海中部,产卵完毕后或死亡或洄游至浅水。春季,细纹狮子鱼分布于较浅水域,山东南部近岸水温还未升高,亦有分布^[18,49]。

致谢:本研究得到韦晟研究员、程济生研究员、万瑞景研究员和孙珊老师的大力支持,国家海洋局二所提供夏季节底层水文资料,特此致谢。

References:

- [1] Chu Y D, Jin X B. The Geographical Distribution and Faunal Characteristics of Cottoid Fishes of China. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1965,

- 7(3): 235-252.
- [2] 山田梅芳, 時村宗春, 堀川博史, 中坊徹次. 東シナ海・黄海の魚類誌. 東京: 東海大学出版会, 2007: 525-529.
- [3] Chernova N. Systematics and Phylogeny of Fish of the Genus *Liparis* (Liparidae, Scorpaeniformes). *Journal of Ichthyology*, 2008, 48(10): 831-852.
- [4] Zhao C Y. Marine Fishery Resources of China. Hangzhou: Zhejiang Scientific and Technical Press, 1990: 70-71.
- [5] Jin X S, Cheng J S, Qiu S Y, Li P J, Cui Y, Dong Q. Integrated Research and Evaluation on Fisheries Resources in the Yellow Sea and Bohai Sea. Beijing: Ocean Press, 2006: 94-98.
- [6] Zhang B, Jin X, Dai F. Feeding Habits and Their Variation of Seasnail (*Liparis tanakae*) in the Central and Southern Yellow Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(8): 1199-1207.
- [7] Wei S and Jiang W M. Study on Food Web of Fishes in the Yellow Sea. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1992, 23(2): 182-192.
- [8] Jiang W M. The Diet and Food Consumption by Grassfish (*Liparis tanakae*) in the Yellow Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1996, 3(3): 8-15.
- [9] Xue Y, Xu B D, Gao T X, Qiu T L, Lin L S. Preliminary Study on Feeding Ecology of *Liparis tanakae* in North Yellow Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(5): 1066-1074.
- [10] Honda, H. Diet Feeding Cycle in a Snailfish, *Liparis tanakai* (Gilbert et Burke). *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 1985, 36(2): 85-91.
- [11] 小林知吉, 檜山節久. 瀬戸内海周防灘におけるクサウオ *Liparis tanakai* の生息状況と食性. *魚類学雑誌*, 1991, 38(2): 207-210.
- [12] Jin X S, Zhang B, Xue Y. The Response of the Diets of Four Carnivorous Fishes to Variations in the Yellow Sea ecosystem. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2010, 57(11/12): 996-1000.
- [13] Kawasaki T, Hashimoto H, Honda H, Otake A. Selection of Life Histories and Its Adaptive Significance in a Snailfish *Liparis tanakai* from Sendai Bay. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1983, 49(3): 367-377.
- [14] 青山恒雄. クサウオ *Liparis tanakae* (Gilbert et Burke) の卵と仔稚魚. 西海区水産研究所研究報告, 1959, 49: 367-377.
- [15] 小島純一. クサウオ // 冲山宗雄编. 日本産稚魚図鑑. 東京: 東海大学出版会, 1988: 885-887.
- [16] Plaza-Pasten G, Katayama S, Nagashima H, Omori M. Early Life History of Larvae of the Snailfish *Liparis tanakai* (Gilbert et Burke) in Sendai Bay, Northern Japan. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 2002, 66(4): 207-215.
- [17] 小坂昌也. 仙台湾産クサウオ *Liparis tanakai* (Gilbert et Burke) の生態的地位について. 東海大学紀要海洋学部, 1971, (5): 27-41.
- [18] Chen D G. Fishery Ecology of the Bohai Sea and the Yellow Sea. Beijing: Ocean Press, 1991: 383-386.
- [19] Chen D G, Liu Q, Zeng X Q, Su Z M. Catch Composition and Seasonal Variation of Setnet Fisheries in the Yellow and Bohai Seas. *Fisheries Research*, 1997, 32(1): 61-68.
- [20] Zhan B Y. Fisheries Stock Assessment. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 20-21.
- [21] Yellow Sea Fishery Research Institute. Investigation Handbook of Marine Fisheries Resources Survey. 2nd ed. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press, 1981: 38-39. (
- [22] Du R Q. Biostatistics. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2003: 92-93.
- [23] Lu W D. SPSS for Statistical Analysis. 4th ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010: 293-293.
- [24] Zhang B. Preliminary Studies on Marine Food web and Trophodynamics in China Coastal Seas [D]. Qingdao: China Ocean University, 2005: 166-168.
- [25] Xue Y. Studies on the Feeding Ecology of Dominant Fishes and Food Web of Fishes in the Central and Southern Yellow Sea [D]. Qingdao: China Ocean University, 2005: 94-98.
- [26] Li Z L, Jin X S, Shan X J, Dai F Q. Inter-annual Changes on Body Weight-Length Relationship and Relative Fatness of Small Yellow Croaker (*Larimichthys polyactis*). *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(3): 602-610.
- [27] Stergiou K I, Fourtouni, H. Food Habits, Ontogenetic Diet Shift and Selectivity in *Zeus faber*. *Journal of Fish Biology* 1991, 39(4): 589-603.
- [28] Yin M C. Fishes Ecology. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [29] Luo B Z. Hairtail, *Trichiurus haumela* // Deng J Y, Zhao C Y, eds. Marine Fisheries Biology. Beijing: China Agriculture Press, 1991: 111-160.
- [30] Yin J S, Xu W, Cao D C, Jiang Z F, Kuang Y Y, Li Y F. Age Structure, Sex Ratio and Growth of the Taimen (*Hucho taimen*) in Wusuli River. *Acta Zoologica Sinica*, 2003, 49(5): 687-692.
- [31] Zhang X J, Cheng J H, Shen W, Liu Z L, Yuan X W. Reproductive Biology of Yellow Goosefish *Lophius litulon*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(2): 290-298.
- [32] Nikolsky G V. Theory of Fish Population Dynamics. Huang Z Q, Hong G C, Zhang S S, translated. Beijing: Agriculture Press, 1982: 205-227.

- [33] Detwyler R. Some Aspects of the Biology of the Seasnail, *Liparis atlanticus* (Jordan and Evermann) [D]. Durham: University of New Hampshire, 1963.
- [34] DeMartini E E. Apparent Paternal Care in *Liparis fucensis* (Pisces: Cyclopteridae). *Copeia*, 1978, 1978(3): 537-539.
- [35] Breder C M, Rosen D E. Modes of Reproduction in Fishes. New York: Nature History Press, 1966: 555-555.
- [36] Jin X S, Zhao X Y, Meng T X, Cui Y. Living Resources and Environment in the Yellow Sea and Bohai Sea. Beijing: Science Press, 2005.)
- [37] Wan R J, Jiang Y W. Studies on the Ecology of Eggs and Larvae of Osteichthyes in the Yellow Sea. *Marine Fisheries Research*, 1998, 19(1): 60-73.
- [38] Wan R J, Sun S. The Category Composition and Abundance of Ichthyoplankton in the Ecosystem of the Yellow Sea and the East China Sea. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(1): 28-44.
- [39] Li Y, Zhao X Y, Zhang T, Li X S, Wei H. Wintering Migration and Distribution of Anchovy in the Yellow sea and Its Relation to Physical Environment. *Marine Fisheries Research*, 2007, 28(2): 104-112.
- [40] Cheng J S. Structure and Diversity of Invertebrate Resources in the Yellow Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(1): 68-75.
- [41] Wan R J, Jiang Y W. The Species and Biological Characteristics of the Eggs and Larvae of Osteichthyes in the Bohai Sea and Yellow Sea. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2000, 9(4): 290-297.
- [42] Xu B D, Jin X S. Variations in Fish Community Structure During Winter in the Southern Yellow Sea Over the Period 1985—2002. *Fisheries Research*, 2005, 71(1): 79-91.
- [43] Zheng Y J. Bluefin leatherjacket, *Thamnaconus septentrionalis* // Deng J Y, Zhao C Y, eds. *Marine Fishery Biology*. Beijing: China Agriculture Press, 1991: 240-292.
- [44] Tang Q S. The Atlas of Biological Resources and Habitats Survey in Exclusive Economic Zone of China (Vol. 5). Beijing: China Meteorological Press, 2002: 293-296.
- [45] Liu L S, Li X Z. Distribution of Macrobenthos in Spring and Autumn in the Southern Yellow Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2003, 34(1): 26-32.
- [46] Tang Q S, Ye M Z. The Exploitation and Conservation of Nearshore Fisheries Resources off Shandong. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 26-28.
- [47] Weng X C, Zhang Y K, Wang C M, Zhang Q L. The Variational Characteristics of the Huanghai Sea (Yellow Sea) Cold Water Mass. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1988, 19(4): 368-379.
- [48] Yu F, Zhang Z X, Diao X Y, Guo J S, Tang Y X. Analysis of Evolution of the Huanghai Sea Cold Water Mass and its Relationship with Adjacent Water Masses. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(5): 26-34.
- [49] Xu B D, Ren Y P, Ye Z J, Zeng X Q. Fish Community Structure in the Coastal Waters off Qingdao in spring and Autumn. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 4224-4232.

参考文献:

- [1] 朱元鼎, 金鑫波. 中国杜父鱼类的地理分布和区系特征. *海洋与湖沼*, 1965, 7(3): 233-252.
- [4] 赵传纲. 中国海洋渔业资源. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990: 70-71.
- [5] 金显仕, 程济生, 邱盛尧, 李培军, 崔毅, 董婧. 黄渤海渔业资源综合研究与评价. 北京: 海洋出版社, 2006: 94-98.
- [6] 张波, 金显仕, 戴芳群. 黄海中南部细纹狮子鱼的摄食习性及其变化. *水产学报*, 2011, 35(8): 1199-1207.
- [7] 韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究. *海洋与湖沼*, 1992, 23(2): 182-192.
- [8] 姜卫民. 细纹狮子鱼的食性及其食物消耗量初探. *中国水产科学*, 1996, 3(3): 8-15.
- [9] 薛莹, 徐宾铎, 高天翔, 邱天龙, 林龙山. 北黄海细纹狮子鱼摄食生态的初步研究. *中国水产科学*, 2010, 17(5): 1066-1074.
- [18] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学. 北京: 海洋出版社, 1991: 383-386.
- [20] 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995: 20-21.
- [21] 黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册 (第二版). 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 38-39.
- [22] 杜荣骞. 生物统计学 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2003: 92-93.
- [23] 卢纹岱. SPSS 统计分析 (第四版). 北京: 电子工业出版社, 2010: 293-293.
- [24] 张波. 中国近海食物网及鱼类营养动力学关键过程的初步研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005: 166-168.
- [25] 薛莹. 黄海中南部主要鱼种摄食生态和鱼类食物网研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005: 94-98.
- [26] 李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 戴芳群. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化. *中国水产科学*, 2011, 18(3): 602-610.
- [28] 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [29] 罗秉征. 带鱼 // 邓景耀, 赵传纲编. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 1991: 111-160.

- [30] 尹家胜, 徐伟, 曹顶臣. 乌苏里江哲罗鲑的年龄结构、性比和生长. 动物学报, 2003, 49(5): 687-692.
- [31] 张学健, 程家骅, 沈伟, 刘尊雷, 袁兴伟. 黄鲛繁殖生物学研究. 中国水产科学, 2011, 18(2): 290-298.
- [32] 尼科里斯基. 鱼类种群变动理论. 黄宗强, 洪港船, 张寿山, 译. 北京: 农业出版, 1982: 205-227.
- [36] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 崔毅. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2005.
- [37] 万瑞景, 姜言伟. 黄海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼及其生态调查研究. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 60-73.
- [38] 万瑞景, 孙珊. 黄东海生态系统中鱼卵、仔稚幼鱼种类组成与数量分布. 动物学报, 2006, 52(1): 28-44.
- [39] 李峤, 赵宪勇, 张涛, 李显森, 魏皓. 黄海鲈鱼越冬洄游分布及其与物理环境的关系. 海洋水产研究, 2007, 28(2): 104-112.
- [40] 程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性. 中国水产科学, 2005, 12(1): 68-75.
- [41] 万瑞景, 姜言伟. 渤、黄海硬骨鱼类鱼卵与仔稚鱼种类组成及其生物学特征. 上海海洋大学学报, 2000, 9(4): 290-297.
- [43] 郑元甲. 绿鳍马面鲀 // 邓景耀, 赵传编. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 1991: 240-292.
- [44] 唐启升. 中国专属经济区生物资源及其环境调查图集 (第五卷). 北京: 气象出版社, 2002: 293-296.
- [45] 刘录三, 李新正. 南黄海春秋大型底栖动物分布现状. 海洋与湖沼, 2003, 34(1): 26-32.
- [46] 唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 农业出版社, 1990: 26-28.
- [47] 翁学传, 张以恩, 王从敏, 张启龙. 黄海冷水团的变化特征. 海洋与湖沼, 1988, 19(4): 368-379.
- [48] 于非, 张志欣, 刁新源, 郭景松, 汤毓祥. 黄海冷水团演变过程及其与邻近水团关系的分析. 海洋学报, 2006, 28(5): 26-34.
- [49] 徐宾铎, 任一平, 叶振江, 曾晓起. 青岛近岸水域春、秋季鱼类群落结构. 生态学报, 2007, 27(10): 4224-4232.

CONTENTS

Conservation strategies for <i>Ulmus elongata</i> based on the analysis of biological and ecological factors	GAO Jianguo, ZHANG Yi, WU Yuhuan, et al (5287)
Vertical distribution of methanogen community structures in <i>Phragmites australis</i> marsh soil in the Min River estuary	SHE Chenxing, TONG Chuan (5299)
Energy balance closure and its effects on evapotranspiration measurements with the eddy covariance technique in a cropland	LIU Du, LI Jun, YU Qiang, TONG Xiaojuan, et al (5309)
Effects of soil water potential on the growth and physiological characteristics of <i>Populus tomentosa</i> pulpwood plantation under subsurface drip irrigation	XI Benye, WANG Ye, DI Nan, et al (5318)
Physiological indices of leaves of jujube (<i>Zizyphus jujuba</i>) damaged by <i>Apolygus lucorum</i>	GAO Yong, MEN Xingyuan, YU Yi, et al (5330)
Economic analysis of wetland resource protection: a case study of Beijing Wild Duck Lake	WANG Changhai, CUI Lijuan, MA Muyuan, et al (5337)
Comparative studies on the farmers' willingness to accept eco-compensation in wetlands nature reserve	WANG Changhai, CUI Lijuan, MAO Xufeng, et al (5345)
Remote sensing estimation models of <i>Suaeda salsa</i> biomass in the coastal wetland	FU Xin, LIU Gaohuan, HUANG Chong, LIU Qingsheng (5355)
Effects of N addition on soil organic carbon components in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau	ZHENG Jiaojiao, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (5363)
Estimating carbon emissions from forest fires during 2001 to 2010 in Daxing'anling Mountain	HU Haiqing, WEI Shujing, SUN Long (5373)
Predicting the effects of soil water potential on the growth of cut lily	DONG Yongyi, LI Gang, AN Dongsheng, et al (5387)
Rain enrichment-accelerated carbon emissions from soil in a <i>Nitraria sphaerocarpa</i> community in hyperarid region	LIU Dianjun, WU Bo, LI Yonghua, et al (5396)
Response of soil organic carbon sequestration to the "Grain for Green Project" in the hilly Loess Plateau region	XU Mingxiang, WANG Zheng, ZHANG Jin, et al (5405)
Temporal and spatial variability in soil respiration in five temperate forests in Xiaoxing'an Mountains, China	SHI Baoku, JIN Guangze, WANG Zhaoyang (5416)
Distributions pattern of phosphorus, potassium and influencing factors in the upstream of Shule river basin	LIU Wenjie, CHEN Shengyun, HU Fengzu, et al (5429)
COI1 is involved in jasmonate-induced indolic glucosinolate biosynthesis in <i>Arabidopsis thaliana</i>	SHI Lu, LI Mengsha, WANG Lihua, et al (5438)
Modeling canopy rainfall interception of a replanted <i>Robinia pseudoacacia</i> forest in the Loess Plateau	WANG Yanping, WANG Li, WEI Sanping (5445)
The differences of plant community diversity among the different altitudes in the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir	LIU Weiwei, WANG Jie, WANG Yong, et al (5454)
Low-frequency drought variability based on SPEI in association with climate indices in Beijing	SU Hongxin, LI Guangqi (5467)
Response of upland jujube tree trunk diameter to different ecological factors	ZHAO Ying, WANG Youke, HAN Lixin, et al (5476)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a young <i>Caragana korshinskii</i> plantation	ZHANG Fan, CHEN Jianwen, WANG Mengben (5484)
Interspecific segregation of species in tree and shrub layers of the <i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl. community in the Wulu Mountains, Shanxi Province, China	WANG Lili, BI Runcheng, YAN Ming, et al (5494)
Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon and nitrogen and enzyme activities during maize growing season	MA Xiaoxia, WANG Lianlian, LI Qinghui, et al (5502)
A model to predict dry matter accumulation dynamics in wheat based on the normalized method	LIU Juan, XIONG Shuping, YANG Yang, et al (5512)
Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt	ZHANG Kaixuan, LING Huanran, DA Liangjun (5521)
Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions; a case study in Hengshan	DOU Yindi, LIU Yunpeng, LI Bohua, et al (5532)
An urban ecosystem assessment method and its application	SHI Huichun, LIU Wei, HE Jian, et al (5542)
Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish <i>Liparis tanakae</i> in the central and southern Yellow Sea	ZHOU Zhipeng, JIN Xianshi, SHAN Xiujuan, et al (5550)
Effects of cyanobacterial accumulation and snail grazing on the growth of <i>vallisneria natans</i>	HE Hu, HE Yuhong, JI Yachan, et al (5562)
The structure and thermal insulation capability of <i>Mustela sibirica manchurica</i> winter pelage in Heilongjiang Province	LIU Yu, ZHANG Wei (5568)
Ontogenetic shifts in selected body temperature and thermal tolerance of the tiger frog, <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	FAN Xiaoli, LEI Huanzong, LIN Zhihua (5574)
The influence of tubificid worms bioturbation on organic phosphorus components and their vertical distribution in sediment of Lake Taihu	BAI Xiuling, ZHOU Yunkai, ZHANG Lei (5581)
Review and Monograph	
Research advances in ecological assessment of urban greenspace	MAO Qizheng, LUO Shanghua, MA Keming, et al (5589)
Ecological hot topics in global change on the 2 nd International Young Ecologist Forum	WAN Yun, XU Lili, GENG Qifang, et al (5601)
Scientific Note	
Screening trial for the suitable plant species growing on sand dunes in the alpine valley and its recovery status in the Yarlung Zangbo River basin of Tibet, China	SHEN Weishou, LI Haidong, LIN Naifeng, et al (5609)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 17 期 (2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 17 (September, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元