

# 黄海大头鳕(*Gadus macrocephalus*)种群特征的年际变化\*

李忠炉<sup>1, 2, 3</sup> 金显仕<sup>1</sup> 张波<sup>1</sup> 周志鹏<sup>1, 4</sup> 单秀娟<sup>1</sup> 戴芳群<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 中国科学院海洋研究所 青岛 266071; 3. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088;

4. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306)

**提要** 根据 1999—2002 年和 2007—2009 年各年冬季共 7 个航次的底拖网调查资料, 对黄海大头鳕的种群特征及其年际变化进行了研究。结果表明, 大头鳕种群相对密度升高, 优势年龄由 1 龄组升高到 3 龄组, 雌性性成熟比例升高; 两个调查阶段大头鳕的体长-体重关系分别为  $W = 4.564 \times 10^{-3} L^{3.333}$  和  $W = 1.550 \times 10^{-2} L^{2.994}$ ; 主要饵料均为甲壳类, 饵料多样性指数( $H'$ )从 1.0 升高到 1.9, 表明大头鳕生境宽度增加。大头鳕种群特征的变化可能与气候变化、黄海生态系统食物网结构的变化以及渔业保护有关。与 20 世纪 80 年代相比, 两个调查阶段的大头鳕年龄结构仍然较为简单, 且其分布范围较窄, 资源易受外界环境变化的影响。因此, 需关注环境因子和捕捞压力变化对黄海大头鳕资源的影响, 制定合理养护措施, 促进资源的可持续利用。

**关键词** 大头鳕, 生物学特征, 食性, 年际变化, 黄海

**中图分类号** S931.1

气候变化和人类活动对海洋渔业资源的影响日益引起人们关注(刘允芬, 2000; 樊伟等, 2001; Kim *et al.*, 2007; 陈宝红等, 2009), 由于近海环境独特和人文影响集中, 我国的相关研究主要以近海渔业资源为对象(唐启升等, 2005; Tang *et al.*, 2010)。大头鳕(*Gadus macrocephalus*)又名太平洋鳕, 为冷温性底层鱼类, 主要分布于北太平洋, 黄海是其分布最靠南的海区。大头鳕曾是黄海重要的渔业捕捞对象, 年产量最高达到 2.8 万 t(1959 年)。由于过度的捕捞, 其资源从 20 世纪 70 年代开始衰退, 至 1985 年只有 1776t 的资源量(唐启升等, 1990; 陈大刚, 1991)。目前, 国内外学者对大头鳕的繁殖、早期发育和摄食生态进行了较多研究(Alderdice *et al.*, 1971; 方明烈, 1982; Kihara *et al.*, 1988; 高天翔等, 2003; Yang, 2004; Laurel

*et al.*, 2008; 卞晓东, 2010<sup>1)</sup>), 但对其种群特征的年际变化报道较少。高天翔等(2003)通过分析大头鳕的胃含物并与历史资料比较, 发现其食性有低级化趋势; Jin 等(2010)认为大头鳕食性的年际变化是对黄海生态系统食物网和群落结构变化的适应性响应。研究种群特征的年际变化, 可以了解种群的发展趋势及其主要影响因子, 为更全面理解种群动态提供基础。例如, 郭旭鹏等(2006)发现 1960—2003 年渤海小黄鱼生长特征变化明显, 认为是由捕捞和个体的适应所引起; 张国政等(2010)同样发现黄海中南部小黄鱼生物学特征年代际变化明显, 灰色关联分析发现这种变化主要由捕捞因素造成。本文通过分析 1999—2009 年的十年间不同时段大头鳕底拖网调查数据, 对其种群分布、相对资源密度、种群生物学特征和摄食习

\* 全球变化研究重大科学研究计划项目, 2010CB951204 号; 国家高技术研究发展计划(863)项目, 2009AA09Z401 号; 国家自然科学基金项目, 40906086 号; 山东省泰山学者专项基金项目。李忠炉, 博士, E-mail: mreco.lizhonglu@gmail.com

1) 卞晓东, 2010. 鱼卵、仔稚鱼形态生态学基础研究——兼报黄河口海域鱼类浮游生物调查. 青岛: 中国海洋大学博士学位论文, 1—213

通讯作者: 金显仕, 博士, 研究员, E-mail: jin@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2010-11-15, 收修改稿日期: 2011-02-25

性的年际变化进行研究, 以期为黄海大头鳕种群动态研究、资源养护和可持续利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

材料来自于中国水产科学研究院黄海水产研究所“北斗”号渔业调查船在黄海进行的底拖网调查。调查分为两个阶段, 第一阶段从 1999 年到 2002 年连续 4 年冬季共 4 个航次(下文统称“第一调查阶段”), 第二阶段从 2007 年到 2009 年连续 3 年冬季共 3 个航次(下文统称“第二调查阶段”)。调查标准站位如图 1 所示, 实际站位随海上情况略有变动。调查昼夜连续进行, 逐站拖网, 每站 0.5—1h, 平均拖速 3.2kn/h。使用的底拖网网口周长 836 目×20cm, 网囊网目 2.4cm, 网口高度 5—7m。捕获的大头鳕样品冷冻保存, 带回实验室解冻后测定。第一调查阶段共测定大头鳕样品 69 尾, 第二调查阶段共测定大头鳕样品 103 尾。

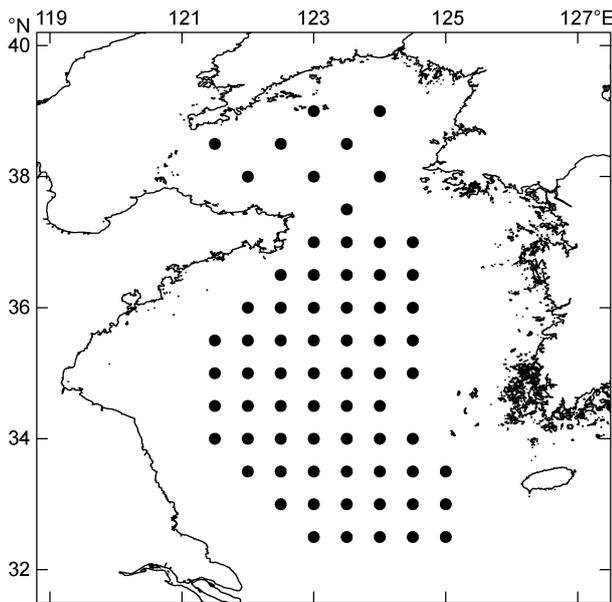


图 1 调查站位图

Fig.1 Sampling stations in the Yellow Sea

### 1.2 分析方法

**1.2.1 种群密度指数与分布** 各站位的拖网时间均标准化为 1h, 各站位大头鳕种群密度指数以单位时间渔获量(kg/h)和单位时间渔获尾数(ind/h)表示; 各年的种群密度指数以大头鳕出现率(%)、年均渔获量(当年所有站位单位时间渔获量的均值)和年均渔获尾数(当年所有站位单位时间渔获尾数的均值)表示; 每个调查阶段的种群密度指数以平均出现率(该阶段

所有年份的大头鳕出现率平均值)、平均渔获量(年均渔获量的均值)和平均渔获尾数(年均渔获尾数的均值)表示。由于大头鳕有昼夜垂直移动摄食的习性(方明烈, 1982), 按金显仕(1997)的方法调整夜间(18:00—6:00)渔获量和渔获尾数。

种群的分布使用拖网调查法结合渔获量和渔获尾数确定。由于各年调查站位覆盖范围略有差异, 为便于比较, 选择 1999 年冬季和 2009 年冬季的调查分别作为第一和第二调查阶段大头鳕分布的代表航次, 大头鳕在各海区的分布量根据底拖网每站位调整后的渔获量和调整后的渔获尾数计算。

**1.2.2 种群特征** 体长和体重分别测量到 0.1cm 和 1.0g, 性别和性腺成熟度划分采用目测法, 性腺成熟等级分为 I—VI 期(黄海水产研究所, 1981), 规定 IV 期以上(IV—VI 期)为性成熟。

体长-体重关系用幂指数方程表示:  $W = aL^b$ , 式中,  $W$  为体重(g),  $L$  为体长(cm), 参数  $b$  为异速生长因子, 反映了个体生长的不均匀性(李忠炉等, 2011)。使用协方差分析(AVCOVA)检验雌、雄体长-体重关系的差异显著性, 无显著差异则合并雌、雄和性腺未发育个体以拟合混合群体的体长-体重关系。

**1.2.3 摄食生态学分析** 胃含物尽可能鉴定到最低分类单元。各种类在解剖镜或显微镜下计数, 称重精确到 0.0001g。按张波等(2003)的方法计算空胃率、饵料的质量百分比( $W\%$ )、个数百分比( $N\%$ )、出现频率( $F\%$ )和重要性指数( $IRI$ ), 并规定  $IRI > 100$  为主要饵料。用饵料 Shannon-Wiener 多样性指数  $H'$  表示大头鳕生境宽度, 计算方法见 Jin 等(2010)。由于不可辨认的饵料会使生境宽度分析结果产生误差(Schafer *et al.*, 2002), 本文在分析前将其除去。

## 2 结果

### 2.1 种群密度与分布

根据各航次拖网数据, 大头鳕种群均分布在 35°N 以北海区。为避免非大头鳕分布区对研究结果造成影响, 本研究在计算种群密度指数时将研究区域限定在 35°N 以北。1999 年冬季和 2009 年冬季的大头鳕的渔获量和渔获尾数分布如图 2 所示, 其中 1999 年冬季调查范围为整个黄海, 2009 年冬季为黄海中南部。1999 年冬季大头鳕渔获量高值区在石岛以东和以南海域(图 2, A1), 该区域的渔获量占总渔获量的 69.4%; 渔获尾数高值区为石岛东南部海域(图 2, A2), 该海区渔获尾数占总渔获尾数的 73.5%。

2009 年冬季大头鳕渔获量高值区和渔获尾数高值区都在海州湾青岛外海(图 2, B1 和 B2), 该区域捕获的大头鳕占总渔获量的 87.3%, 占总尾数的 71.4%。

35°N 以北范围内, 第一调查阶段和第二调查阶段大头鳕的种群密度指数如表 1 所示。在第二调查阶段, 大头鳕的年均渔获量范围和年均渔获尾数范围较第一调查阶段均有较大的升高; 第二调查阶段大头鳕的平均出现率、平均渔获量和平均渔获尾数均显著

增大, 说明近年来大头鳕种群密度有较明显的升高。

2.2 体长分布特征

两个调查阶段的大头鳕体长分布频率如图 3 所示。第一调查阶段大头鳕的体长范围为 16.8—67.2cm, 平均体长 29.2cm, 优势体长范围 15.0—25.0cm, 占总体的 57.8%。其中雌性的体长范围为 16.8—62.0cm, 平均体长 31.1cm, 优势体长范围分别为 15.0—25.0cm, 占雌性群体的 50.0%; 雄性的体长范围 16.9—67.2cm,

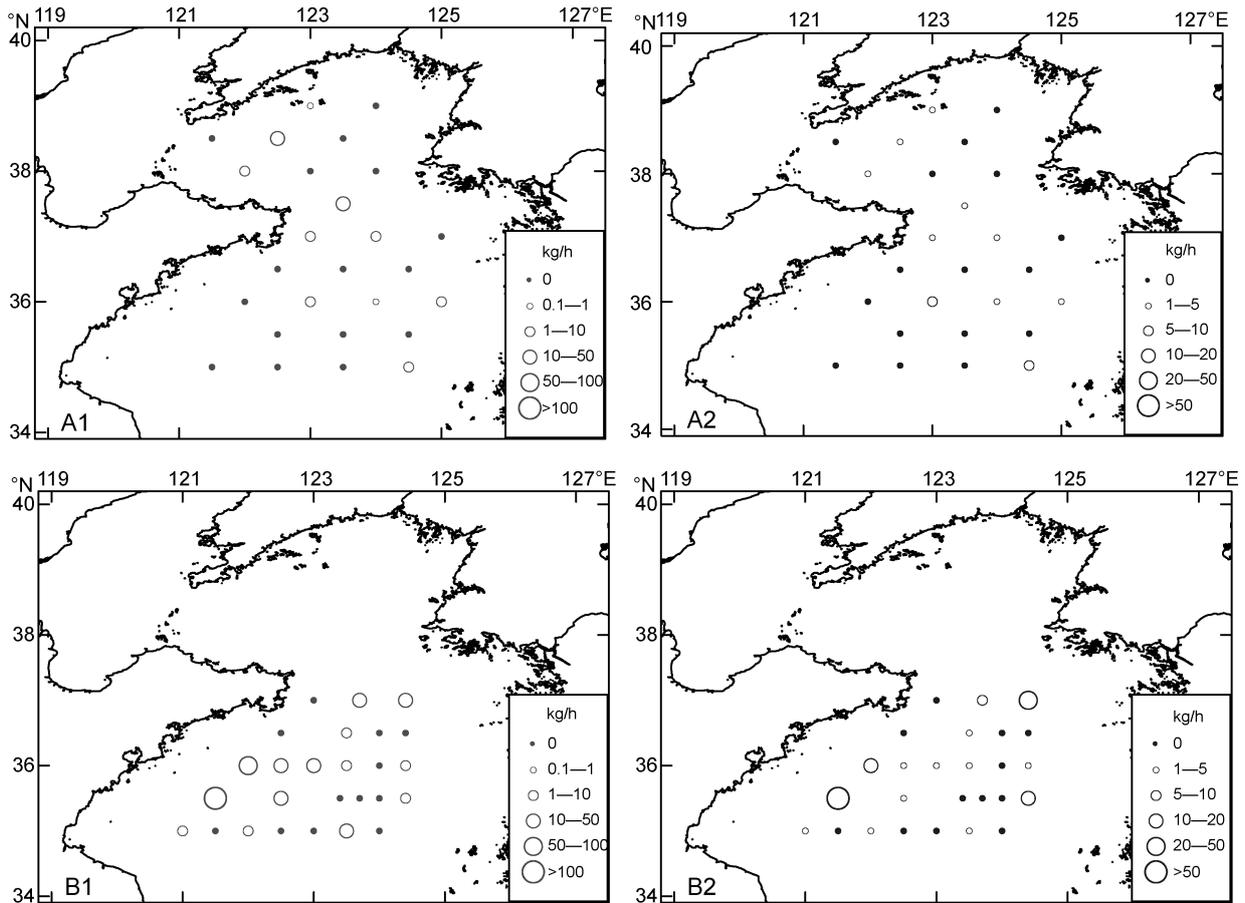


图 2 大头鳕种群相对密度分布图

Fig.2 Relative population density of the Pacific cod in the Yellow Sea

A1、A2: 1999 年冬季大头鳕的单位时间渔获量和单位时间渔获尾数; B1、B2: 2009 年冬季大头鳕的单位时间渔获量和单位时间渔获尾数

表 1 大头鳕种群密度指数比较

Tab.1 Comparison of stock density indices of the Pacific cod between two the survey periods

种群密度指数	第一调查阶段(1999—2002)		第二调查阶段(2007—2009)	
	范围	均值	范围	均值
出现率(%)	5.30—47.4	29.4	9.1—51.9	33.6
最大渔获量(kg/h)	0.20—18.4	—	31.9—375.0	—
年均渔获量(kg/h)	0.01—2.6	1.0 ± 0.5	2.6—20.8	11.7 ± 9.1
最大渔获尾数(ind/h)	2.80—72.0	—	18.5—175.0	—
年均渔获尾数(ind/h)	0.10—4.3	2.3 ± 1.7	3.5—10.8	6.1 ± 4.1

平均体长 29.1cm, 优势体长范围 15.0—25.0cm, 占雄性群体的 62.1%。第二调查阶段大头鳕的体长范围为 13.9—81.8cm, 平均体长 40.6cm, 优势体长范围 40.0—50.0cm, 占总体的 55.3%。其中雌性的体长范围为 13.9—81.8cm, 平均体长 42.5cm, 优势体长范围为 40.0—50.0cm, 占雌性群体的 40.7%; 雄性的体长范围 17.4—71.8cm, 平均体长 40.1cm, 优势体长范围 40.0—50.0cm, 占雄性群体的 72.4%。与第一调查阶段相比, 第二调查阶段大头鳕的雌性、雄性和混合群体的平均体长均显著增大, 优势体长范围均转变为较大体长组。

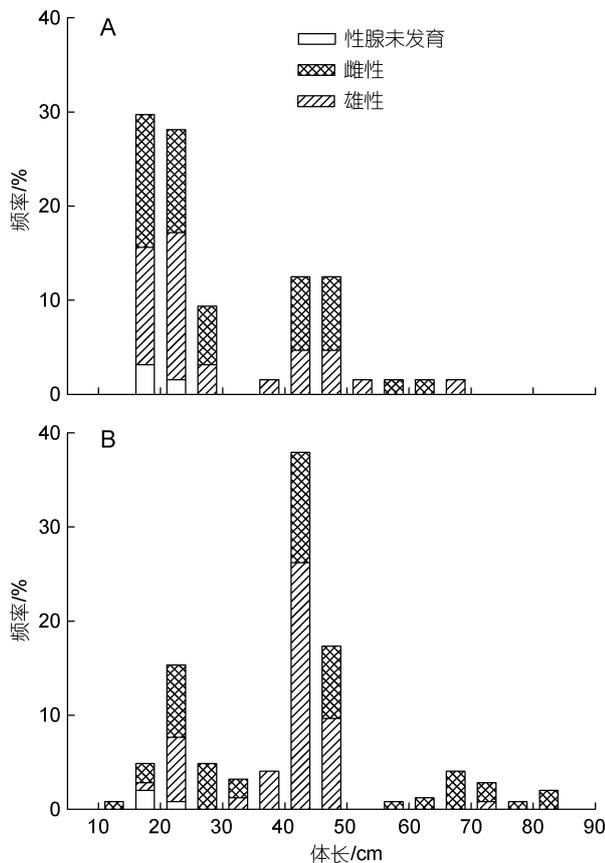


图 3 大头鳕体长频率分布

Fig.3 Body length-frequency distribution of the Pacific cod A. 第一调查阶段(1999—2002), B. 第二调查阶段(2007—2009)

### 2.3 体长-体重关系

两个调查阶段雌、雄大头鳕的体长-体重关系如图 4 所示。拟合的公式如下:

第一调查阶段(图 4A)

$$\text{♀: } W = 4.762 \times 10^{-3} L^{3.317} (R^2 = 0.994, n = 32)$$

$$\text{♂: } W = 3.882 \times 10^{-3} L^{3.382} (R^2 = 0.994, n = 29)$$

第二调查阶段(图 4B)

$$\text{♀: } W = 1.641 \times 10^{-2} L^{2.982} (R^2 = 0.958, n = 49)$$

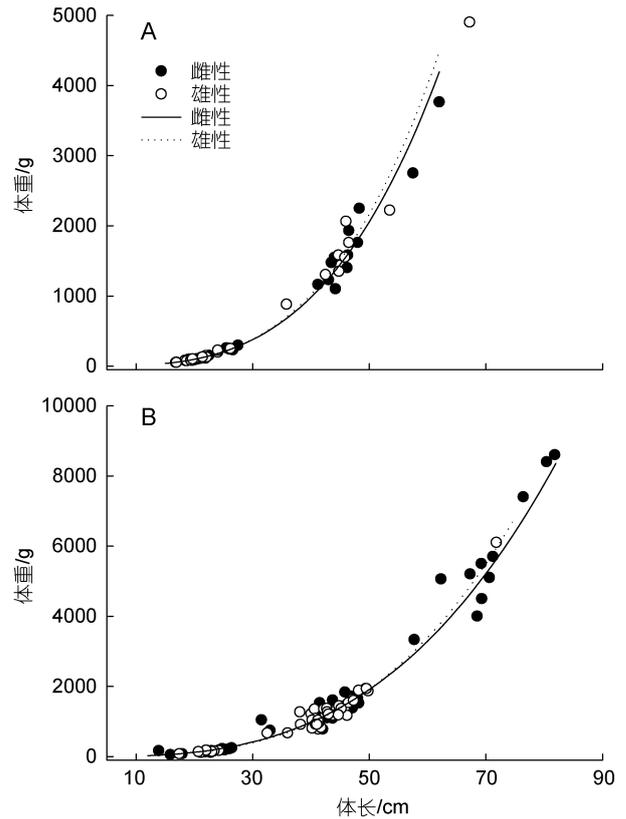


图 4 大头鳕体长-体重关系

Fig.4 Body weight-length relationships of the Pacific cod A. 第一调查阶段(1999—2002), B. 第二调查阶段(2007—2009)

$$\text{♂: } W = 0.961 \times 10^{-2} L^{3.120} (R^2 = 0.973, n = 51)$$

协方差检验发现体长-体重关系在雌、雄群体间无显著差异( $P > 0.05$ ), 各调查阶段混合群体的体长-体重关系为:

$$\text{第一调查阶段: } W = 4.564 \times 10^{-3} L^{3.333} (R^2 = 0.993, n = 69)$$

$$\text{第二调查阶段: } W = 1.550 \times 10^{-2} L^{2.994} (R^2 = 0.964, n = 103)$$

大头鳕雌、雄和混合群体的异速生长因子  $b$  在第一调查阶段均极显著大于 3 ( $t$  检验,  $P < 0.01$ ), 个体呈正异速生长; 在第二调查阶段均与 3 无显著差异( $t$  检验,  $P > 0.05$ ), 个体呈等速生长。

### 2.4 繁殖

第一调查阶段和第二调查阶段大头鳕的性比(♀♂)分别为 1.10 1 和 0.96 1, 均与 1 1 无显著差异( $\chi^2$  检验,  $P > 0.05$ )。

大头鳕性腺成熟度各期的比例见图 5。第一调查阶段雌性大头鳕以性腺成熟度 II 期为主, 占 75.0%; 雄性大头鳕的性腺成熟度未测定。第二调查阶段大头鳕雌、雄群体均以性腺成熟度 V 期为主, 分别占各群体的 40.8% 和 62.7%。第一和第二调查阶段大头鳕雌

性群体的性成熟比例分别为 21.9%和 67.3%; 第二调查阶段大头鳕雄性群体的性成熟比例为 84.3%。第二调查阶段雌性大头鳕性成熟个体的比例明显升高。

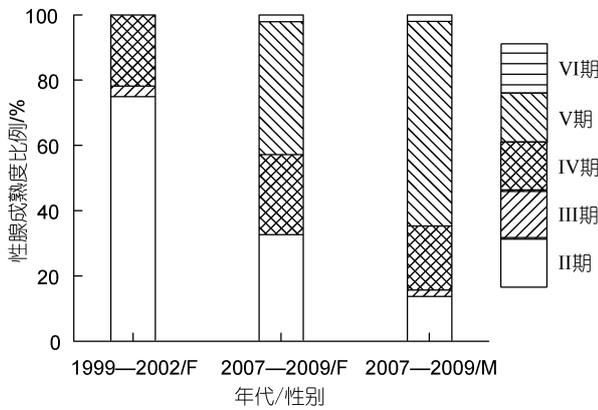


图 5 大头鳕性腺成熟度百分比组成

Fig.5 Percentiles of sexual maturity of the Pacific cod  
注: F 雌性; M 雄性

### 2.5 摄食

第一和第二调查阶段分别分析大头鳕胃含物样品 27 个和 58 个, 空胃率分别为 14.8%和 44.8%。胃含物分析表明大头鳕摄食甲壳类、鱼类和头足类三种饵料类群(表 2)。第一调查阶段鉴定的饵料生物 7 种, 均属于甲壳类和鱼类。其中主要的甲壳类饵料有太平洋磷虾( $IRI = 6800.4$ )、脊腹褐虾( $IRI = 337.4$ )和中华安乐虾( $IRI = 104.4$ ); 鱼类相对重要性最高的为叫姑鱼( $IRI = 300.1$ ), 但其出现频率较低(4.3%)。第二调查阶段鉴定的饵料生物 14 种, 不可辨认的幼鱼 1 种。甲壳类和鱼类相对重要性依然较高, 头足类相对重要性较小。主要的甲壳类饵料有脊腹褐虾( $IRI = 4537.8$ )、中华安乐虾( $IRI = 217.5$ )和戴氏赤虾( $IRI = 122.9$ ); 主要的鱼类饵料是方氏云鳚( $IRI = 430.5$ )和小黄鱼的幼鱼( $IRI = 222.8$ )。第二调查阶段大头鳕的饵料种类较第一调查阶段的增多, 饵料 Shannon-Wiener

表 2 大头鳕在第一调查阶段和第二调查阶段的食物组成

Tab.2 Diet compositions of the Pacific cod during the winters of 1999—2002 and 2007—2009

饵料种类	第一调查阶段				第二调查阶段			
	W%	N%	F%	IRI	W%	N%	F%	IRI
甲壳类 Crustacea	29.7	98.8	—	7246.9	59.1	78.9	—	4957.7
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	14.4	89.9	65.2	6800.4	—	—	—	—
脊腹褐虾 <i>Crangon affini</i>	6.5	4.6	30.4	337.4	34.8	45.8	56.3	4537.8
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>	8.1	3.9	8.7	104.4	3.9	13.5	12.5	217.5
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	—	—	—	—	10.1	9.4	6.3	122.9
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	—	—	—	—	1.9	3.1	6.3	31.5
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	—	—	—	—	2.5	1.0	3.1	10.9
细巧拟对虾 <i>Parapenaeopsis tenellus</i>	—	—	—	—	1.3	1.0	3.1	7.1
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.7	0.4	4.3	4.7	—	—	—	—
枯瘦突眼蟹 <i>Oregonia gracilis</i>	—	—	—	—	1.9	1.0	3.1	9.0
尖额蟹(幼体) <i>Rhynchoplax</i> spp. (larva)	—	—	—	—	1.3	1.0	3.1	7.1
双斑螳 <i>Charybdis bimaculata</i>	—	—	—	—	1.3	1.0	3.1	7.1
双壳类(幼体) Bivalvia (larva)	—	—	—	—	0.1	2.1	3.1	6.8
鱼类 Pisces	70.3	1.2	—	307.4	35.9	18.9	—	678.7
叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>	69.4	0.4	4.3	300.1	—	—	—	—
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>	0.6	0.4	4.3	4.3	—	—	—	—
玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>	0.3	0.4	4.3	3.0	—	—	—	—
方氏云鳚 <i>Enedrias fangi</i>	—	—	—	—	11.4	11.5	18.8	430.5
小黄鱼(幼鱼) <i>Larimichthys polyactis</i> (Juvenile)	—	—	—	—	17.4	6.3	9.4	222.8
不可辨认的鱼类 Unidentified fish	—	—	—	—	7.1	1.1	3.1	25.4
头足类 Cephalopoda	—	—	—	—	5.0	2.2	—	22.4
日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	—	—	—	—	2.5	1.1	3.1	11.2
曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>	—	—	—	—	2.5	1.1	3.1	11.2

注: “—”表示无该种类

多样性指数从 1.0 升高到 1.9, 表明第二调查阶段大头鳕的生境宽度较第一调查阶段有明显增宽。

### 3 讨论

#### 3.1 大头鳕种群密度和分布的变化

同海区多次大范围的重复取样可以有效减小海上调查的误差, 增加数据的可信度(唐启升, 1991)。本研究各调查阶段大头鳕年均渔获量变化范围相对较小(表 1), 因此各阶段样本的合并可提高结果的准确性。根据分析, 大头鳕第二调查阶段的种群相对密度较第一调查阶段显著升高, 其原因可能有以下三个方面: 首先与黄海伏季休渔有较大的关系。大头鳕资源的严重衰退, 主要由对冬季产卵亲体和春、夏季未成熟群体的大量捕捞所引起(唐启升等, 1990; 陈大刚, 1991), 从 20 世纪 90 年代中期开始的伏季休渔管理, 使大头鳕未成熟群体得到了保护。其次, 由于秋季渔业种类主要分布在黄海西南部, 与之相应的是黄海南部的捕捞强度要高于黄海北部的捕捞强度(徐宾铎等, 2003), 为大头鳕种群密度的升高创造了条件。此外, 近年来冬季较低的海水温度也会对大头鳕的种群密度产生影响, 第二调查阶段 2007/2008 世代占据的比例较大, 可能是 2007 年冬季较低的海水温度对大头鳕产卵和孵化的影响所导致, 因为温度的变化会对大头鳕幼鱼的孵化和生长产生直接影响, 并可能通过影响捕食关系进而影响到幼鱼的残存率(Laurel *et al*, 2008); 卞晓东(2010)<sup>1)</sup>发现自然水域中大头鳕受精卵发育对温度较敏感, 实验室研究中低温对大头鳕受精卵孵化率有增效作用。

冬季大头鳕一般聚集在石岛附近的产卵场产卵, 4 月份开始向黄海北部洄游(陈大刚, 1991), 依此推论冬季黄海北部大头鳕的密度较低。本研究中 1999 年

冬季黄海北部大头鳕的分布(图 2, A1 和 A2)也证明了该推论。因此, 尽管第二调查阶段未对黄海北部进行调查, 现有结果对大头鳕种群分布的研究仍具有代表意义。两个调查阶段大头鳕的分布均以 35°N 为南限, 较 1959 年同期向北部移动了约 0.5°<sup>2)</sup>, 这可能反映了全球气候变暖对黄海冷温性鱼类分布的影响。此外, 这种明显的分布界限与大头鳕的发育对海水温度敏感有关(Alderdice *et al*, 1971; 卞晓东, 2010<sup>1)</sup>), 35°N 以南海域受到黄海暖流的影响(王荣等, 2003), 不适合大头鳕的分布。而 2009 年冬季大头鳕主群分布区域与往年的差异, 可能由当时的海水温度所决定。不过, 由于调查月份稍有差异, 完全了解引起该分布变化的原因需进一步的调查和分析。

#### 3.2 种群结构变化

大头鳕种群的优势体长范围从第一调查阶段到第二调查有明显的升高, 但与 20 世纪 80 年代中期相比, 优势体长范围仍然较为单一(表 3)。根据陈大刚(1991)的研究, 大头鳕 1 龄鱼的平均体长为 21.0cm, 3 龄鱼的平均体长为 55.0cm。因此, 由优势体长范围估算第一调查阶段大头鳕以 1 龄组占优势, 第二调查阶段以 3 龄组占优势, 而 20 世纪 80 年代中期 2 龄组和 3 龄组都有较高的比例。所以大头鳕种群年龄结构依然较为脆弱, 种群还处于不稳定状态。由于大头鳕性成熟从 2 周龄开始, 生殖力较大(陈大刚, 1991), 使得第二调查阶段性成熟比例比第一调查阶段的高, 为大头鳕的补充提供了较强的世代。

两个调查阶段性比未发生显著变化, 表明在较低年龄范围内, 大头鳕的性比不随年龄而变化。而相同时间内, 异速生长因子  $b$  显著减小, 但同 20 世纪 80 年中期相比仍较高(表 3), 这可能与大头鳕的食性转换有关。Stergiou 等(1991)发现个体食性的转换可

表 3 大头鳕体长优势范围和异速生长因子  
Tab.3 Dominant body length ranges and allometric parameter of the Pacific cod

时间	体长		$b$	数据来源
	优势范围(cm)	比例(%)		
20 世纪 80 年代中期	25—35; 40—50	40.3; 33.2	2.391	陈大刚, 1991
第一调查阶段 1999—2002	15.0—25.0	57.8	3.333	本研究
第二调查阶段 2007—2009	40.0—50.0	55.3	2.994	本研究

1) 卞晓东, 2010. 鱼卵、仔稚鱼形态生态学基础研究——兼报黄河口海域鱼类浮游生物调查. 青岛: 中国海洋大学博士学位论文, 1—213

2) 水产部黄海水产研究所, 1959. 渤、黄、东海调查试捕渔获物分布图——大头鳕. 黄海水产研究所油印本

以引起异速生长因子  $b$  值的改变, 大头鳕的食性从 20 世纪 80 年代中期到 21 世纪初发生了较大的改变(Jin *et al.*, 2010), 且近十年也有部分的变化(表 2)。

### 3.3 饵料变化

从第一调查阶段到第二调查阶段, 大头鳕主要饵料的变化反映了黄海生态系统食物网结构的改变。例如, 1986—2000 年山东半岛南部海域鳀的优势度明显下降而脊腹褐虾的生物量密度明显增大时(金显仕, 2003), 大头鳕的饵料从以鳀为主转换成以脊腹褐虾为主(Jin *et al.*, 2010)。此外, 大头鳕分布区的变化也会对饵料种类产生影响, 方明烈(1982)发现黄海不同海区的大头鳕食性存在差异; Kihara 等(1988)通过对东白令海大头鳕摄食关系的分析, 认为相似差异由不同海区底层水温所决定。本研究中大头鳕主要饵料太平洋磷虾的丰欠, 主要由大头鳕主群的分布引起, 因为太平洋磷虾一般分布于外海高盐水域(王荣等, 2003), 与第一调查阶段大头鳕主群分布区相重叠。第二调查阶段方氏云鳀和小黄鱼幼鱼作为大头鳕主要饵料出现, 则可能由于这两种鱼类越冬场与大头鳕分布区存在重叠且其资源密度升高。第一调查阶段叫姑鱼在饵料中的相对重要性指数较高主要得益于其较高的质量百分比, 因此不能说明其为大头鳕的主要饵料。

综上所述, 黄海大头鳕种群在过去的 10 年间相对资源密度升高, 生境宽度增大, 得益于近期较冷的冬季温度、黄海海洋生态系统的变化和渔业保护措施。但目前种群分布较为集中, 年龄结构依然较为简单。因此, 需要继续关注捕捞和环境变化对大头鳕可能造成的影响, 促进该种资源的可持续利用。

**致谢** 中国水产科学研究院黄海水产研究所韦晟研究员和程济生研究员在胃含物种类鉴定和分析中提供了大力帮助, 谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 王 荣, 高尚武, 王 克等, 2003. 冬季黄海暖流的浮游动物指示. 水产学报, 27(增刊): 39—48
- 方明烈, 1982. 黄海鳕鱼(*Gadus macrocephalus* Tilesius)摄食习性的初步研究. 海洋湖沼通报, 2: 46—54
- 刘允芬, 2000. 气候变化对我国沿海渔业生产影响的评价. 中国农业气象, 21(4): 1—5, 28
- 李忠炉, 金显仕, 单秀娟等, 2011. 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, 18(3): 602—610
- 张 波, 唐启升, 2003. 东、黄海六种鳀的食性. 水产学报, 27(4): 307—314
- 张国政, 李显森, 金显仕等, 2010. 黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化. 生态学报, 30(24): 6854—6861
- 陈大刚, 1991. 黄渤海渔业生态学. 北京: 海洋出版社, 230—232
- 陈宝红, 周秋麟, 杨圣云, 2009. 气候变化对海洋生物多样性的影响. 台湾海峡, 28(3): 437—444
- 金显仕, 1997. 底拖网资源调查的昼夜误差分析. 海洋水产研究, 18(1): 42—46
- 金显仕, 2003. 山东半岛南部水域春季游泳动物群落结构的变化. 水产学报, 27(1): 19—24
- 徐宾铎, 金显仕, 梁振林, 2003. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化. 中国水产科学, 10(2): 148—154
- 高天翔, 杜 宁, 张义龙等, 2003. 大头鳕 *Gadus macrocephalus* Tilesius 摄食习性的初步研究. 海洋湖沼通报, 4: 74—78
- 郭旭鹏, 金显仕, 戴芳群, 2006. 渤海小黄鱼生长特征的变化. 中国水产科学, 13(2): 243—249
- 唐启升, 1991. 渔业生物学研究方法概述. 见: 邓景耀, 赵传纲等. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 33—94
- 唐启升, 叶懋中, 1990. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 农业出版社, 151
- 唐启升, 苏纪兰, 孙 松等, 2005. 中国近海生态系统动力学研究进展. 地球科学进展, 20(12): 1288—1299
- 黄海水产研究所, 1981. 海洋水产资源调查手册. 第 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 38—39
- 樊 伟, 程炎宏, 沈新强, 2001. 全球环境变化与人类活动对渔业资源的影响. 中国水产科学, 8(4): 91—94
- Alderdice D F, Forrester C R, 1971. Effects of salinity, temperature, and dissolved oxygen on early development of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus*). J Fish Res Board Can, 28(6): 883—902
- Jin X, Zhang B, Xue Y, 2010. The response of the diets of four carnivorous fishes to variations in the Yellow Sea ecosystems. Deep-Sea Research II, 57: 996—1000
- Kihara K, Shimada A M, 1988. Prey-predator interactions of Pacific cod *Gadus macrocephalus* and water temperature. Nippon Suisan Gakkaishi, 54(12): 2085—2088
- Kim S, Zhang C I, Kim J Y *et al.*, 2007. Climate variability and its effects on major fisheries in Korea. Ocean Science Journal, 42(3): 179—192
- Laurel B J, Hurst T P, Copeman L A *et al.*, 2008. The role of temperature on the growth and survival of early and late hatching Pacific cod larvae (*Gadus macrocephalus*). J Plankton Res, 30(9): 1051—1060
- Schafer L N, Platell M E, Valesini F J *et al.*, 2002. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters. J Exp Mar Biol Ecol, 278(1): 67—92
- Stergiou K, Fourtouni H, 1991. Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. J Fish Biol, 39: 589—603
- Tang Q, Su J, Zhang J, 2010. China GLOBEC II: A case study of

the Yellow Sea and East China Sea Ecosystem Dynamics. Deep-Sea Research II, 57: 993—995  
Yang M S, 2004. Diet changes of Pacific cod (*Gadus macro-*

*cephalus*) in Pavlof Bay associated with climate changes in the Gulf of Alaska between 1980 and 1995. Fish Bull, 102(2): 400—405

## INTERANNUAL VARIATIONS IN THE POPULATION CHARACTERISTICS OF THE PACIFIC COD *GADUS MACROCEPHALUS* IN THE YELLOW SEA

LI Zhong-Lu<sup>1,2,3</sup>, JIN Xian-Shi<sup>1</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>, ZHOU Zhi-Peng<sup>1,4</sup>,  
SHAN Xiu-Juan<sup>1</sup>, DAI Fang-Qun<sup>1</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; 3. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, 524088; 4. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

**Abstract** Variations in population characteristics of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Yellow Sea were studied using data from seven winter surveys in 1999—2002 and 2007—2009. The results showed that the relative population density increased from 1.0kg/h to 11.7kg/h, and the dominant age increased from 1 year old to 3 years old over the surveyed periods. Moreover, proportions of females at sexual maturity increased from 21.9% to 67.3%. Body weight-length relationships of male and female individuals were insignificantly different ( $P>0.05$ ), and the pooled data for these two periods can be fitted using two exponential functions, i.e.,  $W = 4.564 \times 10^{-3} L^{3.333}$  in 1999—2002 and  $W = 1.550 \times 10^{-2} L^{2.994}$  in 2007—2009. Stomach contents analysis showed that crustaceans were the dominant diet in both periods, although with more species foraged by the Pacific cod in recent years. This may have caused an increase in its niche width. The changes in population characteristics were attributed to the climate changes, variations in food web and the fishery management strategies enforced in the Yellow Sea. Compared to the data from 1980s', the distribution of the Pacific cod in the Yellow Sea is still limited and their age structure is simple. Therefore, the Pacific cod stock is sensitive to the changes in fishing intensity and the environment stressors, thus rational protective measures should be developed for the sustainable utilization of this species.

**Key words** Pacific cod *Gadus macrocephalus*, Biological characteristics, Feeding habits, Interannual changes, Yellow Sea