

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15253

青岛胶州湾铠平鲷年龄、生长和种群繁殖力

张凤侠, 张秀梅, 李文涛, 张沛东

中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室, 山东 青岛 266003

摘要: 针对 2013 年和 2014 年采自青岛胶州湾的 209 尾铠平鲷(*Sebastes hubbsi*)样本开展了年龄、生长和种群繁殖力研究。耳石轮纹结构的年龄鉴定结果显示, 铠平鲷的年龄分布范围为 1⁺~7⁺龄, 2⁺~4⁺龄为优势年龄组(77.5%)。体长与体重呈幂函数关系: $W=8\times 10^{-5}L^{2.797}$ ($R^2=0.861$)。Von Bertalanffy 体长生长方程为 $L_t=131.4\times [1-e^{-0.269(t+2.697)}]$, 体重生长方程为 $W_t=63.6\times [1-e^{-0.269(t+2.697)}]^{2.797}$ 。其生长过程可分为 3 个阶段: (1)1⁺~3⁺龄为快速生长期; (2)3⁺~6⁺龄为成熟稳定期; (3)6⁺龄以后为高龄衰老期。所采样本的性比(2.12:1)明显偏离 1:1 ($P<0.05$), 雌性个体样本数在各体长段均高于雄性个体。性腺指数(GSI)和肝脏指数(HSI)变化趋势相反, 肝脏可能为其性腺发育提供物质基础和能量来源。绝对怀卵量波动于 482~6166 粒, 平均值为 3266 粒; 相对体长怀卵量显著低于卵生鱼类, 表明卵胎生鱼类体内胚胎发育、孵化的护卵方式可能使其以较少的怀卵量即可维持种的延续。结合拐点年龄对应的拐点体重及 50%性成熟体长, 建议以体长 80 mm、体重 20 g 作为铠平鲷的开捕标准, 以维护青岛胶州湾铠平鲷资源的可持续利用。

关键词: 胶州湾; 铠平鲷; 年龄; 生长; 繁殖

中图分类号: S931.1

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2016)03-0630-11

铠平鲷(*Sebastes hubbsi*)隶属于鲷形目(Scorpaeniformes), 鲷科(Scorpaenidae), 平鲷属(*Sebastes*), 是栖息在近海岩礁区的底层冷温性鱼类, 具有较高的经济价值, 主要分布在中国黄渤海和日本周边海域^[1]。作为沿岸地笼网渔业的常见渔获物, 因其味道鲜美^[2]而受到众多消费者的青睐。

针对铠平鲷的研究主要集中在分子生物学^[3-4]、生活史^[5]及摄食特征^[6-7]等领域, 在生长方面, Boehlert 等^[8]和 Woodbury 等^[9]曾指出平鲷属鱼类种间生长速率存在显著差异, 且同种鱼类不同生长阶段生长速率亦存在较大差别^[10]; 繁殖生物学方面, 仅见 2011 年王英俊等^[11]对海州湾车牛山岛铠平鲷群体怀卵量的相关报道, 并提出以大于 5 龄的铠平鲷个体作为捕捞对象不会对种群造成显著影响。而关于铠平鲷的生长特性及最小上岸规格等研究仍属空白, 且关于青岛胶州湾海域铠

平鲷种群繁殖力特征等也未见报道。因此, 本研究于 2013 年和 2014 年采集青岛胶州湾铠平鲷样本, 开展了其年龄组成、生长规律及繁殖特征等研究, 旨在为青岛胶州湾铠平鲷资源的合理开发利用与保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料处理

铠平鲷样本于 2013 年 4—7 月和 2014 年 4—7 月间采自青岛胶州湾海域地笼网。测量体长、体重、体净重等生物学指标后, 解剖取性腺、肝脏和耳石, 肉眼观察性腺发育状况, 其中性腺成熟度参照鱼类性腺 I~VI 期目测划分法并结合卵胎生鱼类卵巢的特殊发育特征进行划分^[12-13]。样本共计 209 尾, 体长范围为 51~131 mm, 体重范围为 4.5~63.5 g。

收稿日期: 2015-06-26; 修订日期: 2015-12-08。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31172447, 41176117)。

作者简介: 张凤侠(1990-), 女, 硕士研究生, 从事资源生物学研究。E-mail: fxzhang1003@163.com

通信作者: 张秀梅, 教授。E-mail: xiumei1227@163.com

1.2 生长研究

年龄鉴定先在 Nikon SMZ8000 型体式显微镜下透射光观察铠平鲈耳石, 耳石上的年轮数即为鱼类年龄, 其中一个完整的明带和暗带计为一个年轮, 鉴于年轮轮纹外一般存在新的未完全形成的轮纹, 本文使用 0^+ 、 1^+ 、 2^+ ……表示样本年龄, 依此类推。对于 4 龄及以上的样本通过载玻片固定磨片再次确定年龄。为避免误差, 对所有样品的左、右耳石均进行年轮鉴定。由作者观察 3 次, 每次时间相隔 1 个月。对于 3 次鉴定中出现分歧的年龄, 重新进行轮纹统计观察, 直至结果一致。

体长和体重的关系采用幂函数关系表示^[12]:

$$W = a \times L^b$$

生长选用 Von Bertalanffy 生长方程进行拟合^[12], 体长和体重生长方程分别为

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^3$$

式中, L_t 和 W_t 为 t 龄时的体长和体重, L_∞ 和 W_∞ 为渐近体长和渐近体重, k 为生长参数, t_0 为理论生长起点年龄。

采用相对生长率和生长指标分析铠平鲈的生长状况^[12], 计算公式为:

$$\text{相对生长率: } (R_n - R_{n-1}) / R_{n-1} \times 100\%$$

$$\text{生长指标: } (\lg R_n - \lg R_{n-1}) / 0.4343$$

式中, R_n 为 t_n 龄时的体长或体重, R_{n-1} 为 t_{n-1} 龄时的体长或体重。

1.3 繁殖力研究

性成熟系数(GSI)^[12]和肝脏指数(HSI)^[14]公式如下:

$$\text{性成熟系数(GSI)} = \frac{\text{性腺重}}{\text{体净重}} \times 100\%$$

$$\text{肝脏指数(HSI)} = \frac{\text{肝脏重}}{\text{体净重}} \times 100\%$$

以 10 mm 为间隔, 将铠平鲈样本进行分组, 并统计每个体长组中性腺发育处于 III~VI 期的性成熟个体比例^[15], 利用逻辑斯蒂方程估算 50% 个体性成熟体长, 公式如下^[15]:

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-(a+bl_i)}}$$

式中, p_i 为 III 期以上性成熟个体占组内个体数的百分比, l_i 为各体长组中值, 50% 性成熟体长为 $ML_{50\%} = -a/b$ 。

对性成熟度为 IV~V 期的成熟雌性个体进行繁殖力测定, 采用重量比例法进行, 即: 卵巢整体称重(性腺重 W_G)后测量 1 g 性腺所包含的鱼卵数(e)。然后计算绝对怀卵量和相对怀卵量, 公式如下^[12]:

$$\text{绝对怀卵量}(E) = e \times W_G$$

$$\text{相对体长怀卵量}(E/L) = \text{绝对怀卵量} / \text{体长}$$

$$\text{相对体重怀卵量}(E/W) = \text{绝对怀卵量} / \text{体净重}$$

2 结果与分析

2.1 群体组成

独立样本 T 检验显示, 青岛胶州湾铠平鲈的雌、雄体长组成差异不显著($t=0.096$, $P>0.05$), 209 尾铠平鲈的体长范围为 51~131 mm, 平均体长为 (95.84 ± 11.73) mm, 优势体长组为 80~110 mm, 占总样本数的 81.9%(图 1)。独立样本 T 检验显示, 雌、雄体重组成亦差异不显著($t=0.538$, $P>0.05$), 样本的体重范围为 4.5~63.5 g, 平均体重为 (30.49 ± 10.32) g, 优势体重组为 20~40 g, 占总样本数的 67.1%。

通过曲线拟合, 得到铠平鲈的体长(L)与体重(W)呈幂函数关系(图 2), 关系式如下:

$$W = 8 \times 10^{-5} L^{2.797} (R^2 = 0.861)$$

其中, 参照段中华等^[16]采用的 Pauly 的 t 检验方法, 得到铠平鲈体长与体重的幂指数 b 与“3”无显著差异, 说明青岛胶州湾铠平鲈为匀速生长。

2.2 年龄组成

通过计数耳石上的轮纹数, 鉴定了 209 尾铠平鲈的年龄。图 3 为显微镜透射光下直接观察所得的耳石轮纹图, 图 4 为磨片法再次确定的 4 龄及以上的耳石轮纹图。

图 5 为其年龄分布频率图, 可以看出铠平鲈的年龄分布范围为 1^+ ~ 7^+ 龄, 样本以 3^+ 龄最多, 占总样本量的 33.0%; 其中优势年龄组为 2^+ 龄和 3^+ 龄, 占总样本量的 58.6%。研究发现, 青岛胶州湾铠平鲈雌性个体的最小性成熟年龄为 1^+ 龄, 1^+ ~ 7^+ 龄的样本中, 性腺成熟度处于 III~VI 期个体的比例分别为 33.3%、75%、95.3%、76.2%、81.3%、100% 和 50%。

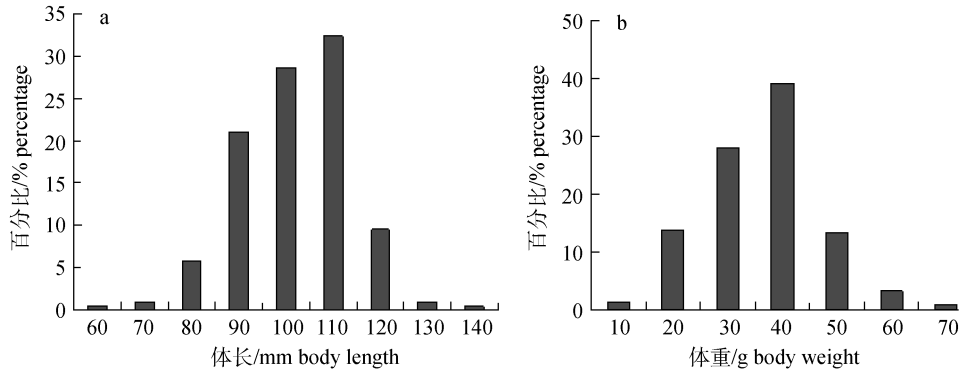


图 1 铠平鲷体长(a)和体重(b) 的分布频率

Fig. 1 The frequency distribution of body length and body weight of *Sebastes hubbsi*

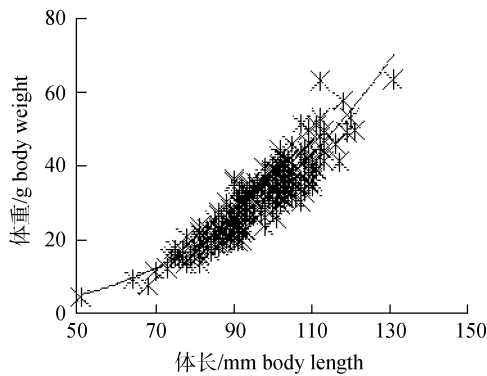


图 2 铠平鲷的体长-体重关系

Fig. 2 Relationship between body length and body weight of *Sebastes hubbsi*

2.3 生长方程

2.3.1 Von Bertalanffy 生长方程 拟合青岛胶州

$$\text{体长生长速度: } \frac{dL_t}{dt} = 35.35 \times e^{-0.269(t+2.697)}$$

$$\text{体长生长加速度: } \frac{d^2L_t}{dt^2} = -9.51 \times e^{-0.269(t+2.697)}$$

$$\text{体重生长速度: } \frac{dW_t}{dt} = 47.85 \times e^{-0.269(t+2.697)} \times [1 - e^{-0.269(t+2.697)}]^{1.797}$$

$$\text{体重生长加速度: } \frac{d^2W_t}{dt^2} = 12.87 \times e^{-0.269(t+2.697)} \times [1 - e^{-0.269(t+2.697)}]^{0.797} \times [2.797 e^{-0.269(t+2.697)} - 1]$$

2.3.3 相对增长率和生长指标 青岛胶州湾铠平鲷的生长状况如表 1 所示。可以看出, 铠平鲷在 $1^+ \sim 3^+$ 龄间生长最快, 体长、体重相对增长率均较高, $1^+ \sim 2^+$ 龄的生长指标最高, 为 0.17 mm/a; $2^+ \sim 3^+$ 龄的生长指标次之, 为 0.11 mm/a。 $3^+ \sim 6^+$ 龄时铠平鲷生长转为缓慢且较稳定, 在 $6^+ \sim 7^+$ 龄时体长、体重的相对生长率均出现了负值, 可能与高龄组铠平鲷样本数量较少有关, 同时也与高龄鱼新陈代

湾铠平鲷 Von Bertalanffy 体长生长方程为 $L_t = 131.4 \times [1 - e^{-0.269(t+2.697)}]$, 体重生长方程为 $W_t = 63.6 \times [1 - e^{-0.269(t+2.697)}]^{2.797}$ 。

2.3.2 生长速度和生长加速度 分别对体长和体重生长方程求一阶和二阶导数, 可得体长生长速度和加速度随年龄 t 变化曲线的方程以及体重生长速度和加速度随年龄 t 变化曲线的方程。

由图 6 可知, 铠平鲷的体长生长速度和加速度曲线未出现拐点, 体重生长速度和加速度曲线具有生长拐点。经计算, 铠平鲷的体重生长拐点年龄为 1.13 龄, 此时拐点体重为 18.47 g, 对应的体长为 84.46 mm。求得铠平鲷体长和体重生长速度、生长加速度的方程式分别为

谢减慢, 各器官开始衰老相关。

2.4 性比

对 2014 年采集的 152 尾铠平鲷样本进行雌雄鉴定, 结果显示, 共有雌性个体 87 尾, 占总数的 57.2%; 雄性个体 41 尾, 占总数的 27.0%; 雌雄不辨个体 24 尾, 占总数的 15.8%。性比为 2.12 : 1, 卡方检验结果明显偏离 1 : 1 ($\chi^2 = 16.531, P < 0.05$)。由图 7 可以看出, 不同体长组内铠平鲷的雌雄比

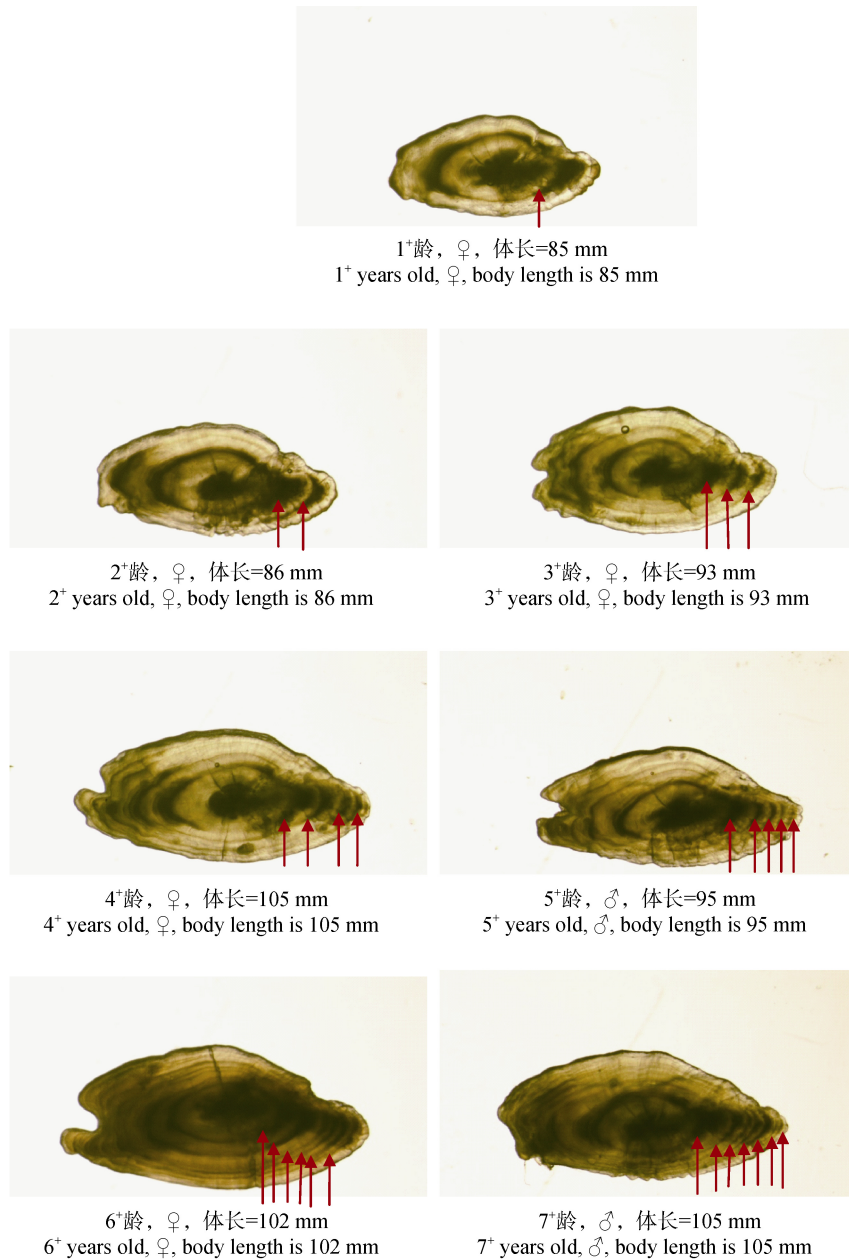


图 3 各年龄组铠平鲷的耳石轮纹——直接观察法

Fig. 3 The sagittal otoliths rings of different ages of *Sebastes hubbsi*—observed by the microscope with the sagittae in the water directly

有较大浮动, 性未成熟的铠平鲷仅出现在体长小于 110 mm 的样本中。随着体长的增加, 铠平鲷雌性个体所占比率逐步增加。在本实验取样的 4—7 月份中, 雌性个体样本数在各个体长段均高于雄性。

2.5 性成熟系数和肝脏指数

对 2014 年采集的 87 尾铠平鲷雌性个体进行性成熟系数和肝脏指数研究。单因素方差分析表明, 不同性腺发育阶段的铠平鲷个体性成熟系数

存在显著差异($F=203.897, P<0.05$); 由图 8a 可知, 其性成熟系数在性腺成熟度为 II 期时最低(0.212), 随着性腺逐渐发育成熟, 性成熟系数逐渐升高, 在 V 期达到最高(40.878), 之后开始下降, VI 期的性成熟系数又降至较低水平(1.593)。由图 8b 可知, 铠平鲷肝脏指数变化与其性成熟系数相反, 卵巢发育情况显示, 性腺成熟度处于 II 期的雌鱼 HSI 最高, 即肝脏中的能量最高, 此时期还未或者刚刚开始向卵巢转化; 性腺成熟度进入 III 期后 HSI

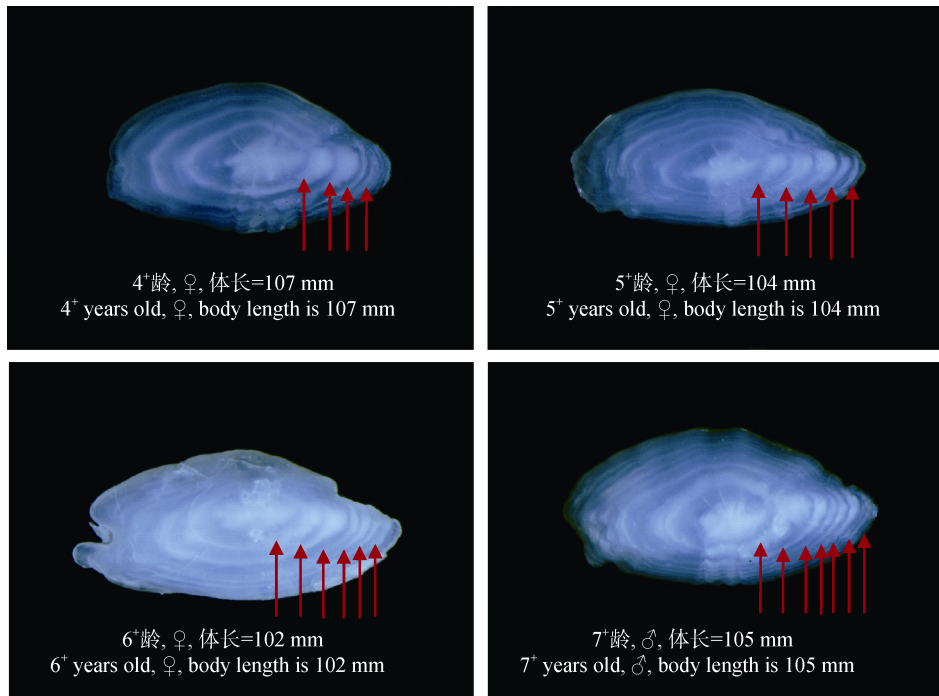


图 4 4⁺~7⁺龄铠平鲈的耳石轮纹——磨片法

Fig. 4 The sagittal otoliths rings of 4⁺-7⁺ years old of *Sebastes hubbsi*——observed by grinding method

开始逐渐下降。当卵巢发育到最佳状态时(V 期卵黄积累的高峰期), 其肝脏的能量消耗最大, HSI 降至最低。

2.6 50%性成熟体长

铠平鲈性腺发育达 III 期以上的个体中, 雌性最小个体体长为 64 mm, 最小体重为 9.5 g, 性成熟系数为 0.87, 肝脏指数为 1.21。经逻辑斯蒂方程拟合得到 50%性成熟体长公式: $p_i =$

$$\frac{1}{1 + e^{-(-11.432 + 1.581l_i)}} (R^2 = 0.965),$$

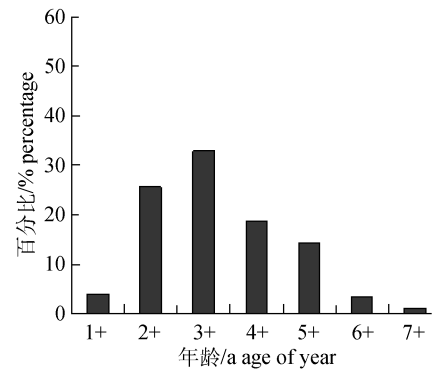


图 5 铠平鲈样本的年龄分布

Fig. 5 The age distribution of *Sebastes hubbsi*

表 1 青岛胶州湾铠平鲈的生长状况

Tab. 1 The growth conditions of *Sebastes hubbsi* in Jiaozhou Bay, Qingdao

年龄/a age	体长/mm body length	体重/g body weight	体长年增长量 /mm annual increment	体长相对增长率/% body length relative growth rate	体重年增长量/g annual increment	体重相对增长率/% body weight relative growth rate	生长指标 /(mm·a ⁻¹) growth index
1 ⁺	72.38	13.90					
2 ⁺	86.11	22.11	13.73	18.97	8.21	59.06	0.17
3 ⁺	96.46	31.61	10.35	12.02	9.50	42.97	0.11
4 ⁺	103.41	37.60	6.95	7.21	5.99	18.95	0.07
5 ⁺	104.47	37.53	1.06	1.03	-0.07	-0.19	0.01
6 ⁺	111.57	45.69	7.10	6.80	8.16	21.74	0.07
7 ⁺	106.00	32.90	-5.57	-4.99	-12.79	-27.99	-0.05

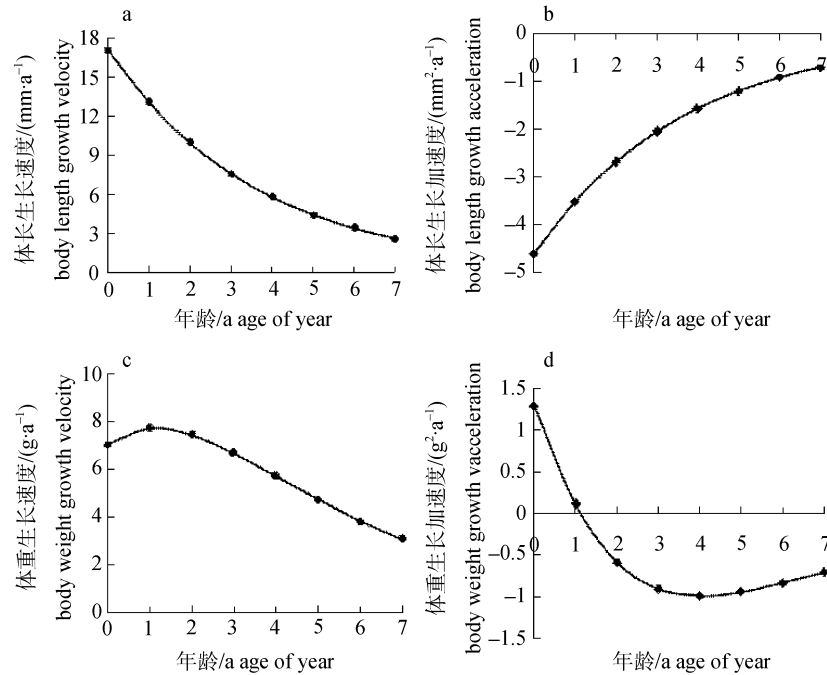


图 6 铠平鲷体长和体重的生长速度曲线及生长加速度曲线

Fig. 6 Growth rate curve and growth acceleration curve of body length and body weight for *Sebastes hubbsi*

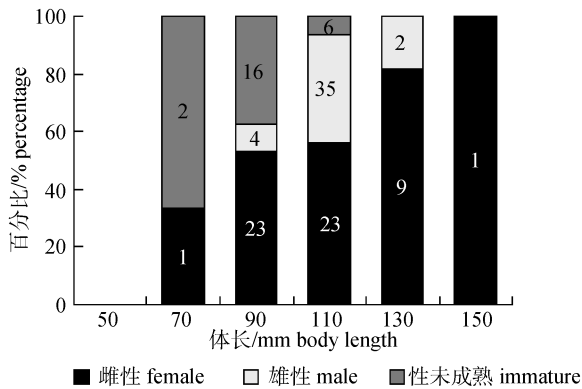


图 7 铠平鲷性比随体长的变化

Fig. 7 Sex ratio changes according to body length for *Sebastes hubbsi*

理论逻辑斯蒂方程曲线。经计算, 铠平鲷雌性个体 50%性成熟体长(ML_{50})为 72.3 mm。

2.7 怀卵量

本研究将未受精的成熟卵和已经处于发育期的受精卵共同作为统计怀卵量的数据来源。共采集到 36 尾性腺成熟度处于 IV 期和 V 期的铠平鲷成熟个体, 体长范围为 84~112 mm, 体重范围为 19.2~63.3 g。铠平鲷绝对怀卵量波动于 482~6166 粒, 平均 3266 粒; 相对体长怀卵量波动于 5~59 粒/mm, 平均值为 34 粒/mm; 相对体重怀卵量波动于 19~

160 粒/g, 平均值为 98 粒/g。

拟合铠平鲷的绝对怀卵量、相对体长怀卵量和相对体重怀卵量与体长和体重的关系, 可以看出, 随着铠平鲷体长、体重的增加, 其绝对怀卵量也随之升高(图 10a, 10b), 其相对体长怀卵量呈现先增高后逐步稳定的趋势(图 10c, 10d), 而相对体重怀卵量在一定范围内波动, 并无明显的变化趋势(图 10e, 10f)。

3 讨论

3.1 年龄鉴定与生长模型的确定

利用耳石鉴定鱼类年龄始于 20 世纪 70 年代^[17], 由于耳石易于保存且具有较高的可读性和准确性而得到广泛应用, 如大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[18]、日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)^[19]、地中海竹筴鱼(*Trachurus mediterraneus*)^[20]等许多鱼类均依据耳石完成年龄确定。Campana^[21]、Mendoza^[22]等学者认为通过辨认和计数耳石上的轮纹可以较好地分析鱼类的生长特性。本研究发现, 铠平鲷的耳石轮纹清晰, 经直接观测和磨片观测所得到的耳石年轮计数准确, 可用于分析青岛胶州湾铠平鲷的年龄与生长。

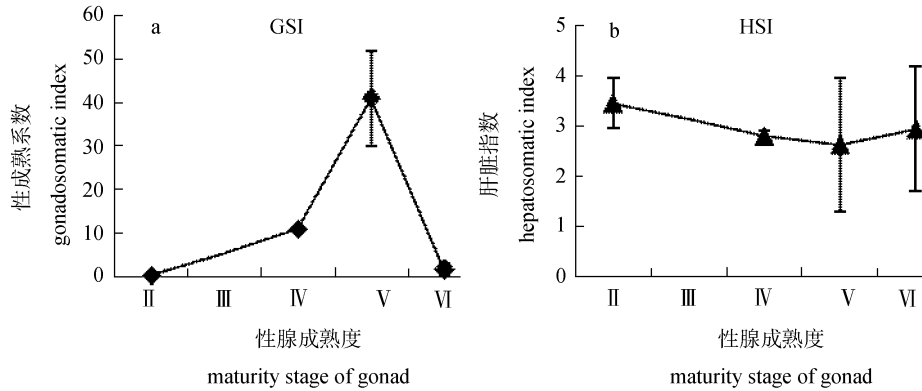


图 8 不同性腺发育期雌性铠平鲷的性成熟系数和肝脏指数的变化

Fig. 8 Changes in GSI and HSI of the female *Sebastes hubbsi* in different gonadal stages

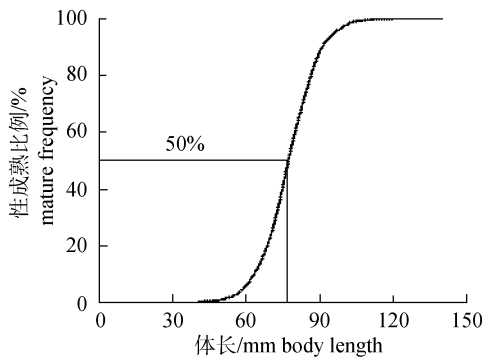


图 9 铠平鲷雌性性成熟比例与体长关系

Fig. 9 The relationship between body length and sex mature frequency of the female *Sebastes hubbsi* individuals

鱼类的年龄与生长是开展种群动力学研究的基础^[23],是合理管理和开发利用渔业资源的关键。而鱼类的生理学生长过程是同化和异化两种机制共同作用的过程,研究鱼类的种群动力学,需要量化即使用数学方程来描述鱼体的生长特性^[24],常用模型包括 VB、Logistic、Gompertz 等^[25],如何选择最适生长模型描述鱼体的生长受到许多学者的关注^[26-27]。Chen 等^[28]研究发现,在拟合鱼类的年龄和体长关系时 VB 生长方程使用较多,较其他生长方程更适合描述鱼体生长;区又君等^[29]研究表明 VB 生长方程可以对鱼类生活史从早期到老龄阶段的变化进行较为可信的理论解释。本研究在描述青岛胶州湾铠平鲷的生长时发现,其体长-体重为匀速生长关系, b 值约等于 3,满足 VB 生长方程的前提条件^[24]。因此,选用 VB 生长方程预测分析了铠平鲷的生长趋势。

3.2 年龄结构与生长特性

研究显示青岛胶州湾铠平鲷的年龄分布范围与海州湾铠平鲷^[11]2~8 龄且 4~5 龄为优势年龄组相比较小,原因可能为二者研究所使用的采样网具不同所致,近岸岩礁区地笼网网具可能对大个体的捕获能力较差。本研究将铠平鲷的生长过程分为 3 个阶段:(1)1⁺~3⁺ 龄为快速生长期,(2)3⁺~6⁺ 龄为成熟稳定期,(3)6⁺ 龄以后为高龄衰老期。3⁺ 龄前铠平鲷个体的快速生长可尽量减少敌害生物的危害,斑头鱼(*Hexagrammos agrammus*)也具有类似生长规律^[30]。

3.3 繁殖和能量代谢

性比是种群繁殖力的重要决定因素之一,是物种适应性的表现^[31]。铠平鲷各体长组的雌性个体均多于雄性,且所搜集的大个体铠平鲷均为雌性。分析原因可能受采样季节的影响,研究用样本采自 4—7 月份,此时恰处于铠平鲷繁殖期,雌性样本数量占据优势,且处于生殖期的雌性个体逃逸能力较差,更容易被地笼网所捕获。黄海南部的鲷鱼(*Platycephalus indicus*)繁殖群体^[32]、黄渤海蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)繁殖群体^[33]的研究中也有类似报道。

鱼类肝脏是营养物质储存、吸收和运输的场所,它能够合成卵黄蛋白原,且在类固醇激素的作用下为卵母细胞发育与成熟提供物质基础和能量来源^[34]。研究发现铠平鲷雌性个体在繁殖期间空胃比例极高,肝脏指数(HSI)降至最低,推测性腺发育所需能量主要来自于肝脏的营养转化。这

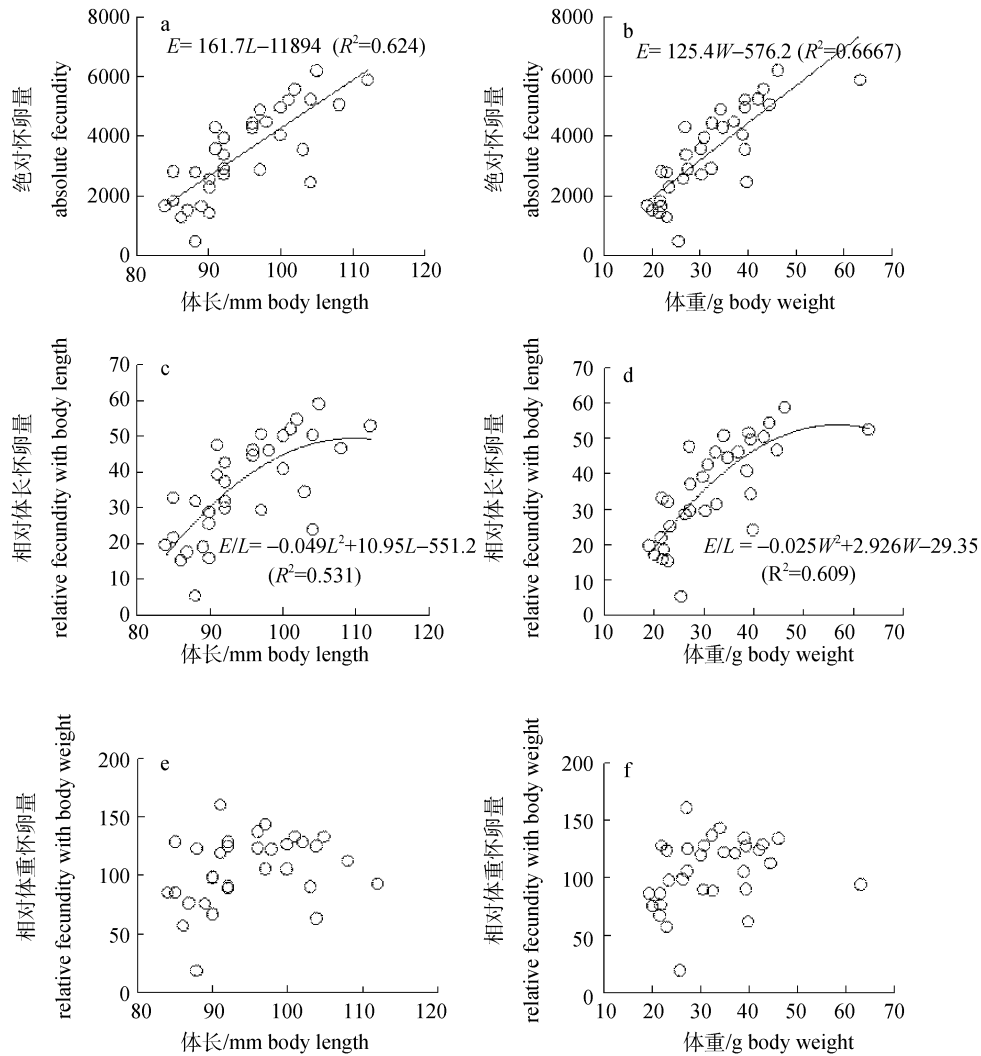


图 10 铠平鲈绝对怀卵量(E)、相对体长怀卵量(E/L)、相对体重怀卵量(E/W)与体长(左)、体重(右)的关系
 Fig. 10 Relationship between absolute fecundity(E), absolute fecundity/length(E/L), absolute fecundity/weight(E/W) with body length (left) and body weight (right) of *Sebastes hubbsi*

一规律也同样体现在野生鲈(*Silurus asotus*)^[35]和黄盖鲈(*Pleuronectes yokohamae*)^[36]的繁殖过程中。

个体绝对怀卵量可以用来比较不同时期同一鱼种的繁殖力^[12]。青岛胶州湾海域铠平鲈的绝对怀卵量与海州湾车牛山岛铠平鲈^[11]相比较,其范围稍小。这可能由于青岛胶州湾与海州湾环境不同或者采集季节不同造成的影响。铠平鲈的绝对怀卵量(E)与体长、体重均呈现线性关系,与东海带鱼(*Trichiurus haumela*)^[37]个体绝对怀卵量的线性关系相一致。其相对体长怀卵量(E/L)与体长、体重分别呈二次项关系,但个体相对体重怀卵量(E/W)与体长、体重无显著相关,基本稳定在一定

范围内,符合鱼类繁殖力的一般特征,舟山凤鲚(*Coilia mystus*)个体相对体重怀卵量也有类似结论^[38]。个体相对怀卵量可用于比较规格相异的不同种类或者不同种群鱼类的繁殖力,它代表了鱼类的繁殖策略^[12]。铠平鲈的个体相对怀卵量与卵生鱼类银鲳(*Stromateoides argenteus*)^[39]、凤鲚^[38]、海鳗(*Muraenesox cinereus*)^[40]等相比较低,推测由于铠平鲈的生殖方式为卵胎生,仔鱼成活率较高,其不需要较高的怀卵量即可维持种的延续。

3.4 铠平鲈捕捞规格的探讨

在渔业管理中,制定合理的可捕规格对于资源可持续开发与利用具有重要意义。有研究显示,

性成熟拐点年龄可以作为鱼类的开捕年龄^[41]，杨代勤等^[41]研究发现月鳢(*Channa asiatica*)性成熟年龄与体重拐点年龄相一致，因而制定捕捞标准时，以性成熟时年龄对应的体重(200 g)作为可捕标准来保护月鳢资源。本研究表明，铠平鲷的体重生长拐点年龄为 1.13 龄，与初次性成熟年龄(1⁺龄)基本一致，此时拐点体重为 18.47 g，对应的体长为 84.46 mm；而逻辑斯蒂曲线得出铠平鲷 50% 性成熟体长为 77.3 mm。经综合分析，建议以体长 80 mm、体重 20 g 作为可捕标准来保护铠平鲷资源，以维护其资源的可持续开发利用。

参考文献：

- [1] Jin X B. Fauna Sinica. Osteichthyes-Scorpaeniformes[M]. Beijing: Science Press, 2006: 143-160.[金鑫波. 中国动物志. 硬骨鱼纲-鲷形目[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 143-160.]
- [2] Zhou C W, Cheng Q T. Ichthyography of Shangdong[M]. Jinan: Shangdong Science and Technology Press, 1997: 400-420.[周才武, 成庆泰. 山东鱼类志[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1997: 400-420.]
- [3] Kai Y, Park K D, Nakabo T. The incomplete history of mitochondrial lineages between two rockfishes, *Sebastes longispinis* and *Sebastes hubbsi* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae)[J]. J Fish Biol, 2012, 81(3): 954-965.
- [4] Zhang H, Zhang Y, Zhang Z, et al. DNA barcodes of eight species in genus *Sebastes*[J]. Biochem Syst Ecol, 2013, 48: 45-50.
- [5] Nagasawa T. Early life history of Yoroi-mebaru, *Sebastes hubbsi*, in the Sado Strait, Sea of Japan[J]. Bull Japan Sea Natl Fish Res Inst(Japan), 1999, 3(49): 97-108.
- [6] Horinouchi M, Sano M. Food habits of fishes in azostera marina bed at aburatsubo, central Japan[J]. Ichthyol Res, 2000, 47(2): 163-173.
- [7] Li C, Wang L, Qin L Z, et al. Comparison study of four species of coral-reef teleosts(Scorpaeniformes) with photoreceptor cells and the angle of minimum resolution[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(3): 400-409.[李超, 王亮, 覃乐政, 等. 4 种岩礁性鱼类视网膜感光细胞和最小分辨角的比较[J]. 水产学报, 2014, 38(3): 400-409.]
- [8] Boehlert G W, Yoklavich M M. Effects of temperature, ration, and fish size on growth of Juvenile Lack rockfish, *Sebastes melanops*[J]. Environ Biol Fish, 1983, 8(1): 17-28.
- [9] Woodbury D, Ralston S. Interannual variation in growth rates and back-calculated birthdate distributions of pelagic Juvenile rockfishes(*Sebastes* spp.) off the central California coast[J]. Fish Bull, 1991, 89(3): 523-533.
- [10] Love M S, Carr M H, Halderson L J. The ecology of substrate-associated juveniles of the genus *Sebastes*[J]. Environ Biol Fish, 1991, 30(1-2): 225-243.
- [11] Wang Y J, Ye Z J, Zhang C, et al. The fisheries biology of *Sebastes hubbsi* in Che-Niushan island[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 41(12): 46-52.[王英俊, 叶振江, 张弛, 等. 车牛山岛铠平鲷繁殖群体生物学研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2012, 41(12): 46-52.]
- [12] Chen D G. Fishery Resources Biology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 1-100.[陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 1-100.]
- [13] Chen X J. Fishery Resource and Oceanography[M]. Beijing: China Ocean Press, 2004: 60-371.[陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 60-371.]
- [14] Htun-Han M. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor[J]. J Fish Biol, 1978, 13(3): 369-378.
- [15] Zhang X J, Cheng J H, Shen W, et al. Reproductive biology of yellow goosefish *Lophius litulon*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(2): 290-298.[张学健, 程家骅, 沈伟, 等. 黄鮟鱇繁殖生物学研究[J]. 中国水产科学, 2011, 18(2): 290-298.]
- [16] Duan Z H, Sun J Y. Studies on the age and growth of *Pelteobagrus vachelli*(Richardson)[J]. Acta Hydrobiological Sinica, 1999, 23(6): 617-624.[段中华, 孙建贻. 瓦氏黄颡鱼年龄与生长的研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 617-624.]
- [17] Hubert W A, Baxter G T, Harrington M. Comparison of age determinations based on scales, otoliths and fin rays for cutthroat trout from Yellowstone Lake[J]. Northw Sci, 1987, 61(1): 32-36.
- [18] Lan Y L, Luo B Z. Relationship among body length, otolith and age of the large croker *Pseudosciaena crocea*[J]. Oceanologia et limnologia Sinica, 1996, 27(3): 323-329.[兰永伦, 罗秉征. 大黄鱼耳石、体长与年龄的关系[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 323-329.]
- [19] Tzeng W N. Relationship between growth rate and age at recruitment of *Anguilla japonica* elvers in a Taiwan estuary as inferred from otolith growth increments[J]. Mar Biol, 1990, 107(1): 75-81.
- [20] Karlou-Riga C. Otolith morphology and age and growth of *Trachurus mediterraneus* (Steindachner) in the Eastern Mediterranean[J]. Fish Res, 2000, 46(1): 69-82.

- [21] Campana S E. Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean[M]. Ottawa, Ontario: NRC Research Press, 2004: 284.
- [22] Mendoza R P R. Otoliths and their applications in fishery science[J]. Ribarstvo Croatian Journal of Fisheries, 2006, 64(3): 89–102.
- [23] Uçkun D, Taşkavak E, Toğulga M. A Preliminary study on otolith-total length relationship of the Common Hake (*Merluccius merluccius* L., 1758) in İzmir Bay, Aegean Sea[J]. Pak J Biol Sci, 2006, 9(9): 1720–1725.
- [24] Yang Y R, Hou G, Lu H S, et al. Age and growth of pawak croaker *Pennahia pawak* in Beibu Gulf[J]. Journal of fishery sciences of China, 2011, 18(1): 145–155.[颜云榕, 侯刚, 卢伙胜, 等. 北部湾斑鳍白姑鱼的年龄与生长[J]. 中国水产科学, 2011, 18(1): 145–155.]
- [25] Urban H J. Modeling growth of different developmental stages in bivalves[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2002, 238: 109–114.
- [26] Imai C, Sakai H, Katsura K, et al. Growth model for the endangered cyprinid fish *Tribolodon nakamurai* based on otolith analyses[J]. Fish Sci, 2002, 68(4): 843–848.
- [27] Porch C E, Wilson C A, Nieland D L. A new growth model for red drum (*Sciaenops ocellatus*) that accommodates seasonal and ontogenic changes in growth rates[J]. Fish Bull: Natl Oceanic Atmos Admin, 2002, 100(1): 149–152.
- [28] Chen Y, Jackson D A, Harvey H H. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1992, 49(6): 1228–1235.
- [29] Ou Y J, Liao R, Li J E, et al. Age and growth characteristics of *Cromileptes altivelis*[J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(5): 624–632.[区又君, 廖锐, 李加儿, 等. 驼背鲂的年龄与生长特征[J]. 水产学报, 2007, 31(5): 624–632.]
- [30] Ji D P. Study on the fishery biology of *Hexagrammos agrammus* and *Hexagrammos otakii* in Lidao Rongcheng[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.[纪东平. 荣成俚岛斑头鱼和大泷六线鱼的渔业资源生物学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.]
- [31] Huang Y C. Reproductive biology of *Spinibarbus caldwelii*[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2009, 24(1): 14–18.[黄永春. 黑脊倒刺鲃繁殖生物学特性的研究[J]. 福建农业学报, 2009, 24(1): 14–18.]
- [32] Guan S Q, Ye Z J, Zhang C, et al. The fisheries biology of breeding stocks of *Platycephalus indicus* in Southern Yellow Sea[J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(suppl): 175–180.[管双全, 叶振江, 张驰, 等. 黄海南部鲷鱼繁殖群体的生物学特征[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 41(增刊): 175–180.]
- [33] Qiu S Y, Ye M Z. Studies on the reproductive biology of *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1996, 27(5): 463–470.[邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学研究[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(5): 463–470.]
- [34] Zhang S C, Sun X T, Li H Y. Review on vitellogenin[J]. Marine Sciences, 2002, 26(7): 32–35.[张士瑾, 孙旭彤, 李红岩. 卵黄蛋白原研究及其进展[J]. 海洋科学, 2002, 26(7): 32–35.]
- [35] Zhu L, Wen H S. Study on the gonadal development of *Silurus asotus* and the relationship between the gonadosomatic index and hepatosomatic index[J]. Reservoir Fisheries, 2002, 22(5): 26–27.[朱玲, 温海深. 野生鮎性腺发育及其与肝重指数关系的研究[J]. 水利渔业, 2002, 22(5): 26–27.]
- [36] Tanda M, Nakamura Y, Okamoto S. Seasonal changes in gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Harima-Nada to Osaka Bay, Seto Inland Sea, Japan[J]. Aquac Sci, 2007, 55(1): 91–96.
- [37] Ling J Z, Cheng J H, Ren Y P, et al. Relationships between main physical characters and individual fecundities of hairtail *Trichiurus japonicus* in the East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(2): 116–120.[凌建忠, 程家骅, 任一平, 等. 东海带鱼主要特征与个体繁殖力的关系[J]. 中国水产科学, 2004, 11(2): 116–120.]
- [38] Xu K D, Zhou Y D. The individual fecundity of *Coilia mysus*(Linnaeus) in the coastal waters of Zhoushan[J]. Marine Fisheries, 2006, 27(4): 271–275.[徐开达, 周永东. 舟山近海凤鲚个体繁殖力的研究[J]. 海洋渔业, 2006, 27(4): 271–275.]
- [39] Ni H E, Gong Q X. A study of individual fecundity of silver pomfret *Stromateoides argenteus* from the east China sea[J]. Periodical of Zhejiang Fishery College, 1995, 14(2): 118–122.[倪海儿, 龚启祥. 东海银鲧个体生殖力的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(2): 118–122.]
- [40] He Z T, Zhou Y D, Xu K D, et al. Analyzing on the relationship between the individual fecundity and the biological indicators of *Muraenesox cinereus*(Forsk.)[J]. Marine Fisheries, 2007, 29(2): 134–139.[贺舟挺, 周永东, 徐开达, 等. 海鳗个体繁殖力与生物学指标的关系分析[J]. 海洋渔业, 2007, 29(2): 134–139.]
- [41] Yang D Q, Chen F. Study on age and growth of *Channa asiatica*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1999, 6(3): 10–13.[杨代勤, 陈芳. 月鳢年龄与生长的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 10–13.]

Age composition, growth, and fecundity of *Sebastes hubbsi* in Jiaozhou Bay, Qingdao

ZHANG Fengxia, ZHANG Xiumei, LI Wentao, ZHANG Peidong

Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education; Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: The age composition, growth, and fecundity of *Sebastes hubbsi* was studied based on 209 samples collected in Jiaozhou Bay, Qingdao, in 2013 and 2014. Age was determined from the otoliths, which showed that the age of *S. hubbsi* ranged from 1⁺ to 7⁺ years, with a dominant age group of 2⁺–4⁺ years (77.5%). The relationship between the body length and bodyweight of *S. hubbsi* can be expressed by the power function, $W = 8 \times 10^{-5} L^{2.797}$ ($R^2 = 0.861$). The von Bertalanffy growth equations for the body length and bodyweight of *S. hubbsi* were $L_t = 131.4 \times (1 - e^{-0.269[t+2.697]})$ and $W_t = 63.6 \times (1 - e^{-0.269[t+2.697]})^{2.797}$, respectively. The growth of *S. hubbsi* was initially rapid and then gradually stabilized. Its growth history could be divided into three stages: (1) rapid growth at 1⁺–3⁺ years old; (2) mature and stable growth at 3⁺–6⁺ years old; and (3) aged period at > 6⁺ years old. The sex ratio of *S. hubbsi* deviated significantly from 1:1 (χ^2 test, $P < 0.05$), and at every growth stage, the number of females was higher than that of males. The gonadal index and hepatosomatic index displayed opposite trends, suggesting that the liver of *S. hubbsi* provides material and energy for gonadal maturation. The absolute fecundity of *S. hubbsi* individuals ranged from 482 to 6166 grains (mean 3266 grains) and the individual relative fecundity was lower than that of oviparous fish, suggesting that this kind of reproductive strategy allows *S. hubbsi* to maintain its population continuity with lower fecundity. Based on the age at inflection point and the body length at 50% sexual maturity, we suggest that a body length of 80 mm and a bodyweight of 20 g be set as the minimum landing standards for *S. hubbsi*, to protect the fishery resource in Jiaozhou Bay, Qingdao.

Key words: Jiaozhou Bay; *Sebastes hubbsi*; age; growth; reproductive

Corresponding author: ZHANG Xiumei. E-mail: xiumei1227@163.com