

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2014.01.009

渤海湾主要渔业资源长度与体质量关系分析

徐海龙^{1,2}, 谷德贤³, 乔秀亭², 曹丹丹²

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 天津农学院水产科学系, 天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384; 3. 天津市水产研究所, 天津 300221)

摘要: 对2008年~2009年渤海湾渔业资源调查的22种主要渔获体长(叉长、头胸甲长、头胸甲宽、胴体长)和体质量数据进行统计, 并对各生物种类体长与体质量关系进行幂函数回归。结果显示, 22种主要渔获包括分属4目、7科的9种鱼类, 8种虾蟹类隶属十足目下的6个科, 4种软体类属于2个目、2个科, 以及1种虾蛄; 22个种类体长与体质量关系回归的指数 b 介于1.271~3.316, 主要集中在2.979附近, 其中10种是等速生长, 另10种是负异速生长, 还有2种是正异速生长; 除4种虾外, 其余种类的体长与体质量回归式的相关系数 R^2 均超过0.81, 幂函数对体长与体质量数据的拟合效果较好。

关键词: 渤海湾; 渔业资源; 体长与体质量关系; 生长类型

中图分类号: S 922.9⁺¹

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2014)01-0057-07

Analysis of length-weight relationship for major fishing species from Bohai Bay

XU Hailong^{1,2}, GU Dexian³, QIAO Xiuting², CAO Dandan²

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Lab. of Aquatic Ecology and Aquaculture, Faculty of Fisheries Science, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Fisheries Research Institute, Tianjin 300221 China)

Abstract: We described the relationship between length (fork length, carapace length, carapace width and carcass length) and weight for 22 species of fishing resources caught during 2008~2009 in Bohai Bay and conducted a regression analysis of power function. A total of 4 478 individuals belong to 8 orders and 16 families. The value of the exponent b in the length-weight relationship ranged from 1.271 to 3.316 and was mainly about 2.979. The t -test indicates that 10 species were of isometric growth pattern, 10 species were in negative allometry and 2 species were in positive allometry. The R^2 of length-weight of all species except 4 species were larger than 0.81. The present length-weight key for 22 species of fishing resources is a valuable tool for fishery managers.

Key words: Bohai Bay; fishery resources; length-weight relationship; growth type

渔业资源生物学研究是从从事渔业科研和管理的重要基础内容, 在所有生物学资料中, 体长和体质量数据最易获得。而建立体长与体质量关系是资源评估中最基础的资料, 根据体长预测体质量

[1], 已在形态比较、个体发育变化的分析、不同区系群体生活史的比较^[2-3]、渔获量估算、现存生物量的评估等方面得到广泛应用。

渔业资源种类的长度和质量(通常为体长和体

收稿日期: 2013-06-18; 修回日期: 2013-07-16

资助项目: 天津市科技计划项目(10ZCKFNC00600); 天津市科技兴海项目(KJXH2011-05); 上海地方高校大文科学术新人培育计划(B5201120003)

作者简介: 徐海龙(1980-), 男, 讲师, 从事渔业资源评估研究。E-mail: beiji80@163.com

质量)的关系常以幂函数方程式 $W = aL^b$ 表达^[4], 其中指数 b 提供了资源的生长信息, 当 $b = 3$ 时, 表示该种类为等速生长, 即个体从小到大的生长过程中, 长、宽、高方向的生长速度相等; 当 b 不等于 3 时, 表示异速生长, 即生长过程中 3 个线度方向的生长速度不等^[5]。国内外学者对渔业资源种类的体长和体质量关系的研究较多, 但与国外相比^[5-6], 中国的研究主要集中在对单一种类的体长-体质量关系分析, 系统地研究一个海区调查所有资源种类的长度与体质量关系的报道较少^[7]。文章通过对渤海湾渔业资源调查渔获物形态学数据分析, 系统地阐述该海区主要渔获物长度与体质量关系, 为丰富近海渔业资源基础生物学资料, 进行群体对比分析、资源评估、渔获产量预测等奠定基础。

1 材料与方法

研究所用数据为 2008 年 6 月和 9 月以及 2009 年 5 月渤海湾资源调查资料, 取样及生物学测定均根据《海洋调查规范》^[8] 进行, 每次网次渔获各种类样本数量少于 50 尾的全部取样, 多于 50 尾的则随机抽取 50 尾; 样品的生物学测定分网次进行, 测定项目包括体长、体质量、胃饱满度、性别和性腺成熟度等, 长度测量精确到 1 mm, 体质量精确到 0.01 g。

数据的统计分析主要采用 R 软件 (i386 3.0.2) 进行, 根据数据分析需求, 统计每一生物的样本量, 体长(叉长、头胸甲长、头胸甲宽或胴体长)和体质量的均值、范围、标准误, 基于体长和体质量的幂函数关系 ($W = aL^b$, 其中 a , b 为待估算参数和指数), 利用最小二乘法估算参数 a 和指数 b , 并对指数 b 的分布进行统计分析, 当 $b = 3$ 时为等速生长, $b < 3$ 为负异速生长, $b > 3$ 为正异速生长。

2 结果与分析

2.1 样本的统计学特征

研究对象共 22 种, 包括 9 种鱼类, 分属 4 目、7 科, 8 种虾、蟹类, 隶属十足目下的 6 个科, 4 种软体类, 属于 2 个目、2 个科, 以及 1 种虾蛄。样本数量差异较大, 范围从 19 尾(长蛸)到 1 168 尾(口虾蛄), 共计 4 478 尾。每种生物的样本量, 测量的项目, 体长、体质量的范围和

均值(\pm 标准误), 体长与体质量的幂函数回归结果, 以及指数 b 的 95% 置信区间等详见表 1。经统计分析, 鲷鱼长度和体质量的标准误均最大, 其次为长蛸, 其中鲷鱼长度和体质量的标准误均大于 10, 长蛸仅体质量的标准误超过 10, 长度的标准误为 2.98, 且鲷鱼的体质量变异系数(CV)达到了 2.58。除 4 种虾外, 其余种类的体长(叉长、头胸甲长、头胸甲宽或胴体长)与体质量回归式的相关系数 R^2 值均超过 0.81, 对回归方程进行 F 检验, 除鲜明鼓虾的 P 大于 0.001 外($P = 0.0015$), 其余种类的 P 均小于 0.001, 说明幂函数对体长(叉长、头胸甲长、头胸甲宽或胴体长)与体质量的拟合效果较好。

2.2 指数 b 的分布特点

22 种研究对象的体长(叉长、头胸甲长、头胸甲宽或胴体长)与体质量幂函数回归关系中, 指数 b 范围介于 1.271 ~ 3.316, 均值为 2.670 ($SE = \pm 0.565$), 5 个种类的指数 b 小于 2.5, 无指数 b 大于 3.5 的。分析 22 种研究对象的指数 b 密度分布(图 1-a), 指数 b 主要集中在 2.979 附近, 呈单峰右偏分布, 左侧有明显拖尾现象, 为 4 种虾类和火枪乌贼的指数 b 均未超过 2.2 造成。箱线图(图 1-b)显示指数 b 的中位数为 2.836, 上、下四分位数分别为 3.04 和 2.55, 即 50% 种类的指数 b 介于该区间, 占全部被测生物指数 b 分布区间的 23.96%; 且中位数距上四分位数较近, 同样可以说明指数 b 密度的右偏分布。生长类型根据对指数 b 进行 t 检验来确定^[5], 结果显示有 10 个种类(银鲳、矛尾鰕虎鱼、黄鲫、小黄鱼、焦氏舌鳎、隆线强蟹、日本蛸、三疣梭子蟹、短蛸和日本枪乌贼)是等速生长, 2 种(叫姑鱼、斑鲆)为正异速生长, 其余 10 种均为负异速生长。

3 讨论

渔业资源种类的体长和体质量数据是资源生物学资料中最基本的信息, 两者的关系不仅可以为研究资源的生长、种群分析等内容提供基础, 同时还可以间接反映生活空间条件变动^[9]。建立体长和体质量的回归关系, 从统计学角度讲, 样本数量特征和数据分布特点等对结果有明显影响, 通常样本的数量会直接影响到回归效果^[10], 研究的 22 种生物中, 有 6 种生物的样本量少于 50, 其中长蛸的

表 1 渤海湾 22 种主要种类长度与体质量回归统计

Tab. 1 Statistics of length-weight relationship for 22 main fishing species from Bohai Bay

种类 species	样本量 quantity of sample	长度类型 type of length	体长/mm length		体质量/g weight		幂函数参数 coefficient of nonlinear regression		
			范围 range	均值 ± 标准误 $\bar{X} \pm SE$	范围 range	均值 ± 标准误 $\bar{X} \pm SE$	a	b ± 95% CI	R ²
银鲱 <i>Pampus argenteus</i>	98	FL	43 ~ 102	81.06 ± 1.11	1.86 ~ 30.21	16.20 ± 0.59	1.477e-05	3.151 ± 0.004	0.969
矛尾𧀮虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	640	BL	26 ~ 167	89.49 ± 1.10	0.20 ~ 40.21	9.28 ± 0.29	1.710e-05	2.884 ± 0.004	0.967
斑尾复𧀮虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	76	BL	91 ~ 214	134.86 ± 2.64	7.84 ~ 99.43	25.82 ± 1.65	9.580e-05	2.534 ± 0.010	0.811
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	161	BL	33 ~ 155	80.94 ± 1.91	0.38 ~ 33.90	5.43 ± 0.48	8.207e-06	2.985 ± 0.007	0.963
叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>	53	BL	67 ~ 121	94.83 ± 1.59	4.57 ~ 36.50	15.65 ± 0.91	5.018e-06	3.271 ± 0.010	0.870
斑鱈 <i>Konosirus punctatus</i>	168	BL	64 ~ 143	89.95 ± 0.91	2.46 ~ 38.34	9.19 ± 0.37	2.832e-06	3.316 ± 0.004	0.935
鲮鱼 <i>Platycephalus indicus</i>	44	BL	25 ~ 383	104.34 ± 11.78	0.55 ~ 435.08	30.92 ± 12.03	6.635e-05	2.583 ± 0.034	0.930
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	296	BL	55 ~ 191	84.51 ± 1.42	2.23 ~ 92.50	11.54 ± 0.67	2.560e-05	2.884 ± 0.003	0.977
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus (Areliscus) joyneri</i>	149	BL	54 ~ 162	108.12 ± 1.93	0.71 ~ 28.50	8.54 ± 0.43	3.054e-06	3.137 ± 0.005	0.966
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>	35	CL	33 ~ 54	45.54 ± 0.93	13.53 ~ 37.31	26.18 ± 0.89	2.023e-01	1.271 ± 0.012	0.593
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	30	CL	15 ~ 24	20.47 ± 0.38	2.17 ~ 8.89	5.88 ± 0.32	1.101e-02	2.066 ± 0.035	0.375
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	73	CL	7 ~ 16	11.95 ± 0.24	0.40 ~ 3.53	1.53 ± 0.07	2.698e-02	1.603 ± 0.033	0.408
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	182	CL	5 ~ 23	10.17 ± 0.26	0.17 ~ 6.32	1.03 ± 0.07	1.457e-02	1.767 ± 0.021	0.707
隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>	153	CW	11 ~ 42	28.25 ± 0.42	0.99 ~ 34.02	12.76 ± 0.55	1.035e-03	2.787 ± 0.012	0.832
日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>	32	CW	17 ~ 27	22.77 ± 0.44	3.61 ~ 11.22	7.05 ± 0.40	1.290e-03	2.743 ± 0.013	0.886
日本蚌 <i>Charybdis (Charybdis) japonica</i>	124	CW	17 ~ 78	45.94 ± 1.29	0.78 ~ 114.50	27.41 ± 2.15	1.945e-04	3.026 ± 0.008	0.971
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	222	CW	27 ~ 171	79.07 ± 1.54	1.31 ~ 342.95	32.35 ± 2.88	4.873e-05	2.993 ± 0.009	0.905
长蛸 <i>Octopus cf. minor</i>	19	ML	39 ~ 81	66 ± 2.98	20.32 ~ 163.01	106.61 ± 10.54	1.314e-03	2.678 ± 0.025	0.878
短蛸 <i>O. fangsiao</i>	31	ML	25 ~ 56	42.61 ± 1.24	7.75 ~ 87.04	42.98 ± 3.53	4.318e-04	3.044 ± 0.018	0.901
日本枪乌贼 <i>Loliolus japonica</i>	99	ML	43 ~ 102	81.27 ± 1.12	1.86 ~ 48.30	16.52 ± 0.67	1.220e-05	3.196 ± 0.004	0.963
火枪乌贼 <i>L. beka</i>	625	ML	11 ~ 67	42.17 ± 0.39	0.54 ~ 19.98	5.54 ± 0.12	1.901e-03	2.109 ± 0.005	0.868
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1168	CL	8 ~ 35	22.46 ± 0.14	1.00 ~ 61.44	15.81 ± 0.26	3.133e-03	2.699 ± 0.006	0.824

注：FL. 叉长；BL. 体长；CL. 头胸甲长；CW. 头胸甲宽；ML. 胴体长

Note: FL. fork length; BL. body length; CL. carapace length; CW. carapace width; ML. mantle length

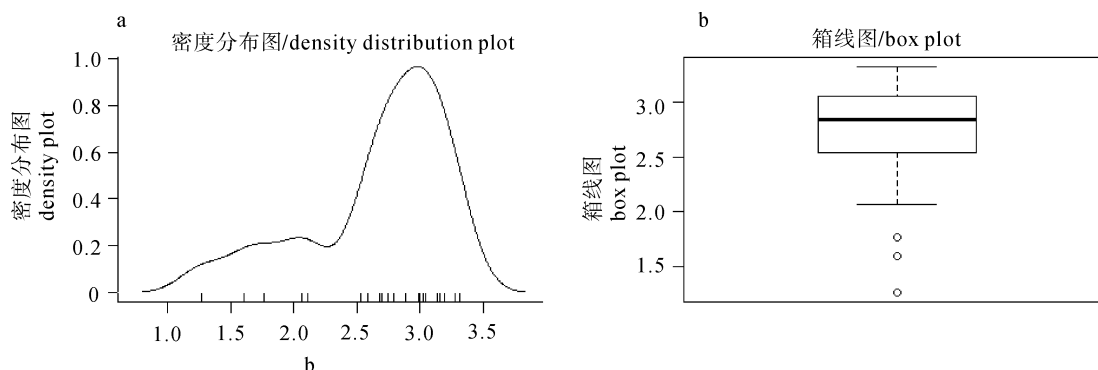


图 1 体长与体质量拟合关系中指数 b 的分布密度 (a) 及箱线图 (b)

Fig. 1 Density distribution (a) and box-plot (b) of b-value in length-weight regression curve

样本量仅 19 尾，尽管其回归方程显著相关 (F 检验, $P < 0.001$)，拟合效果很好 ($R^2 = 0.878$)，但

样本数量较少的情况下：1) 存在不一定能够代表总体的可能；2) 基于已建立的体长体质量关系式，

对样本覆盖范围内的体质量进行预测可得到相对准确的结果,对超出样本范围的体质量进行预测,准确度是难以得到保证的^[5]。因此,调查取样过程中对于样本数量相对少的种类,可以通过增加样本量,扩大数据的跨度范围,使数据更具代表性,从而提高拟合效果和方程的预测准确性。

样本数量影响回归效果的同时,数据的分布特点也会影响到回归效果,当体质量数据的 CV 偏大时,利用回归方程和平均体长进行平均体质量的估算,估计值与对应体长水平下通过观察值计算得到的体质量均值偏差较大,且通常偏小^[11]。笔者研究中也存在此现象,22种生物体质量的 CV 分析中鲮鱼体质量 CV 值最大(2.58),尽管鲮鱼体长与体质量的幂函数回归相关系数 R^2 达到 0.930,处于 22 个回归方程第 8 位, F 检验的 P 远小于 0.001 ($P = 2.2e-16$),从统计学角度讲曲线对数据的拟合效果非常好,但利用回归方程和平均体长进行平均体质量估算时,估计值较对应体长水平下通过计算观察值得到的体质量均值偏小 20.068,为全部研究对象中的最大者。造成体质量数据 CV 偏大的原因:1) 与长度水平下体质量的离散程度有关;2) 与样本特征值的范围有关。该研究中鲮鱼体长跨度达 358 mm,体质量跨度超过 400 g,两者均为 22 种研究对象对应性状的最大值。从利用回归关系进行预测的适用范围和准确度的角度来讲,样本特征值跨度大,回归结果具有更广的应用空间^[5],即鲮鱼的拟合关系较其他生物的会有更好的应用基础。

与鱼类的长度和体质量关系拟合相比,虾、蟹类以及口虾蛄的蜕皮生长对长度和体质量关系的拟合效果亦会产生影响。就单个个体而言,蜕皮使其呈现出阶梯式生长,但因蜕皮只是给虾、蟹类以及口虾蛄提供了生长的机会,是否生长主要取决于饵料条件,且蜕皮与生长的生理调节方式是各自独立的^[12],同时群体内的个体蜕皮非刀刃型,时间上存在非同步性,因此对群体而言,体长、体质量数据仍具有连续性^[13],可应用 $W = aL^b$ 进行分析,但样本中蜕皮个体数量所占比例会成为影响回归效果的关键,笔者研究中中国明对虾、鲜明鼓虾和日本鼓虾回归方程拟合效果较差可能与此有关,认为可以通过选择恰当的取样

时间(如越冬期、生殖前期等)或增加样本数量来减小这种影响。

有报道指出对同一种鱼类而言,尽管采样区域不同,但鱼的体长-体质量幂指数关系参数 a 的对数与指数 b 呈显著负线性关系^[14-15]。对已报道的关于银鲳^[16-17]、斑尾复鰕虎鱼^[18-20]、黄鲫^[21-24]、鲮^[25-26]、小黄鱼^[27-35]、中国明对虾^[13,36-38]、葛氏长臂虾^[39]、日本蛄^[40]、口虾蛄^[41-44] 的长度和体质量关系信息进行整理(表 2),经统计分析该研究及已报道的各种生物长度和体质量关系参数 a 的自然对数与指数 b 的线性关系,斑尾复鰕虎鱼体长-体质量关系参数 a 的对数与指数 b 的数据分布均较分散,且与日本蛄和口虾蛄均呈现出正相关关系明显不同,这可能是由于性状特征值测量过程中测量者差异造成的,同时亦不能排除与样本的数值分布、样本量、性别以及地理群体生活区域的差异因素^[45-47] 相关。在不计明显影响回归效果的张孟海等^[23] 报道的黄鲫幼鱼、任一平等^[33] 报道的小黄鱼、张乃禹^[13] 报道的中国明对虾中(图 2 中实线),呈负相关种类的体长-体质量关系参数 a 的自然对数与指数 b 均具有较好的拟合关系,相关系数介于 0.845~0.999。因部分报道中样本数据的基本信息缺失(样本量、数值范围等),致使难以进行深入的统计分析^[48]。

就渔业资源而言,体长和体质量主要受生物自身的生长规律及生态学因素的影响^[49],从而作用于回归的结果。通常情况下,随着生物体生活阶段、饵料基础、水文条件、胃肠饱满度、性腺发育、繁殖活动等影响^[50],体长与体质量回归关系的参数 a 和指数 b 都会发生变化,其中指数 b 主要受生物体身体 3 个方向(长、宽、高)的生长速度影响,即体形和比重在生长过程中是否发生变化,对于绝大多数种类而言,指数 b 的年度变化不显著^[11];参数 a 受生活阶段、环境条件、采样时间等因素影响,较易发生改变^[10],该次调查时间跨度较大,造成样本各自所处的生理状态及环境特征存在差异;同时,回归方程采用最小二乘法进行参数估算,此方法仅以残差平方和最小为唯一标准。因此拟合过程中,参数 a 和指数 b 受数据的分布特点影响会产生联动效应,故而有些种类的指数 b 估算效果不好。

表 2 已发表文章中与笔者研究相同种类的采样、性状及回归信息

Tab. 2 Same data of sampling, traits and regression from the published paper

种类 species	时间 time	海域 sea	样本量 quantity of sample	数据特征 trait		回归结果 result of regression			文献和备注 references & note
				长度/mm length	体质量/g weight	A	b	R	
银鲱 <i>Pampus argenteus</i>	2007	渤海		54.5 ~ 246.1	4.4 ~ 465	6.389e-05	2.856 6		[16]
	2007	渤海	179			1.85e-05	3.098 3	0.993 3	[17]
斑尾复眼虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	1986 ~ 1988	东海	950			0.0173 9	2.827 9		[18]
	1997 ~ 1999, 2001 ~ 2002	渤海	1 291	65 ~ 452	4.3 ~ 365	2e-04	2.39	0.977 1	[19]
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1973 ~ 1974	黄海	365			0.037 3	2.565 8		[20]
	2000 ~ 2002	东海	315	59 ~ 191	2 ~ 68	3.3e-06	3.192 11	0.975 1	[21]
	2005 ~ 2006	黄海	1 477	70 ~ 110	0 ~ 15	1.144e-05	2.976 6	0.983 1	[22]
	1991 ~ 1992	渤海	7 764			5.4e-05	3.100 8	0.898	[23]成鱼
鲚鱼 <i>Platycephalus indicus</i>	1984 ~ 1986	渤海				2.1e-04	2.16	0.987	[23]幼鱼
	2000	黄海	115	79 ~ 165	5 ~ 54	1.77e-02	2.73		[24]
	1966	黄海	742	167 ~ 500	29 ~ 971	2.48e-06	3.195 9	> 0.9	[25]
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	2010	渤海	202	62 ~ 327	3.7 ~ 318.1	2e-06	3.225 3	0.994 6	[26]
	1960	渤海	833	181 ~ 230	91 ~ 200	1.186e-05	3.046	0.977 0	[27]
中国明对虾 <i>Penaeus chinensis</i>	1982	渤海	461	111 ~ 150		1.315e-05	3.042	0.975 8	
	1993	渤海	604	111 ~ 130		1.667e-05	2.986	0.985 8	
	2003	渤海	405	111 ~ 150	21 ~ 60	3.351e-05	2.836	0.957 3	
	2002 ~ 2003	东海, 黄海	804			9.4288e-06	3.116 1	0.98	[28]
	2001	东海	3 771	58 ~ 220	7 ~ 194	2.6611e-05	2.951 3	0.956 5	[29]
	1963	东海	520	110 ~ 330	26 ~ 605	3.5651e-05	2.870 5	0.981 1	[30]
	1983	东海	524	109 ~ 277	25 ~ 330	7.2046e-05	2.729 9	0.970 4	
	2001	东海	894	58 ~ 191	13 ~ 146	2.6594e-05	2.912 6	0.956 9	
	1988	东海	161			1.765e-05	2.957 4	0.996 4	[31]
	2004	渤海		101 ~ 250	5 ~ 170	4.007e-05	2.693 0		[32]
	2000	黄海	358	8.4 ~ 16.9	8.11 ~ 64.4	0.020 38	2.791	0.957	[33]
	1960	黄海	2 000	13 ~ 34.5	25 ~ 775	1.22e-05	3.246	0.956 7	[34]
	1985	黄海	1 500	8.7 ~ 24.0	9.2 ~ 240	1.10e-05	3.079	0.961 0	
	1998	黄海	2 000	7.8 ~ 17.0	9.6 ~ 102	1.66e-05	3.008	0.977 0	
	2008	黄海	2 000	7.4 ~ 20.5	9 ~ 131	3.91e-05	2.831	0.972 0	
2004	东海				2e-04	2.450 0	0.998 5	[35]	
2005	东海	127			5.91e-05	2.750 2	0.953 1		
2006	东海	126			3.27e-05	2.875 7	0.990 7		
2007	东海	126			1.92e-05	2.992 4	0.931 1		
中国明对虾 <i>Penaeus chinensis</i>	1957	渤海	9	1.51 ~ 18.05	0.037 ~ 67.38	0.011 73	3.009 5		[13]♀
	1957	渤海	9	1.51 ~ 14.4	0.04 ~ 37.00	0.012 1	2.979 5		[13]♂
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1971, 1984, 1985	黄海				6.0195e-06	3.125 8	0.997	[36]
	1990	东海	449			1.429e-05	2.954	0.985 9	[37]♀
	1990	东海	507			1.446e-05	2.951	0.982 3	[37]♂
	2010	黄海	312			1.14e-05	2.997	0.994 0	[38]♀
	2010	黄海	247			1.05e-05	3.012	0.989 9	[38]♂
日本鲷 <i>Charybdis japonica</i>	1986 ~ 1992	东海	1 927	24 ~ 76	0.1 ~ 8.8	6.6415e-06	3.209 4	0.999 6	[39]♀
	1986 ~ 1992	东海	987	26 ~ 58	0.1 ~ 2.8	2.3727e-05	2.868 6	0.999 3	[39]♂
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1998 ~ 1999	东海				3.0274e-04	2.891 0	0.994	[40]♀
	1998 ~ 1999	东海				6.5280e-03	3.201 1	0.982	[40]♂
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	2004 ~ 2005	黄海	2 378	58.7 ~ 169.1	2.8 ~ 68.0	0.015 6	2.986 4	0.978 2	[41]
						0.01558	2.91	0.981	[42]
						0.0156	2.91	0.981	[43]
	2007 ~ 2008	黄海	1 608	35 ~ 154	0.59 ~ 53.00	0.0133	3.058 2	0.989 8	[44]

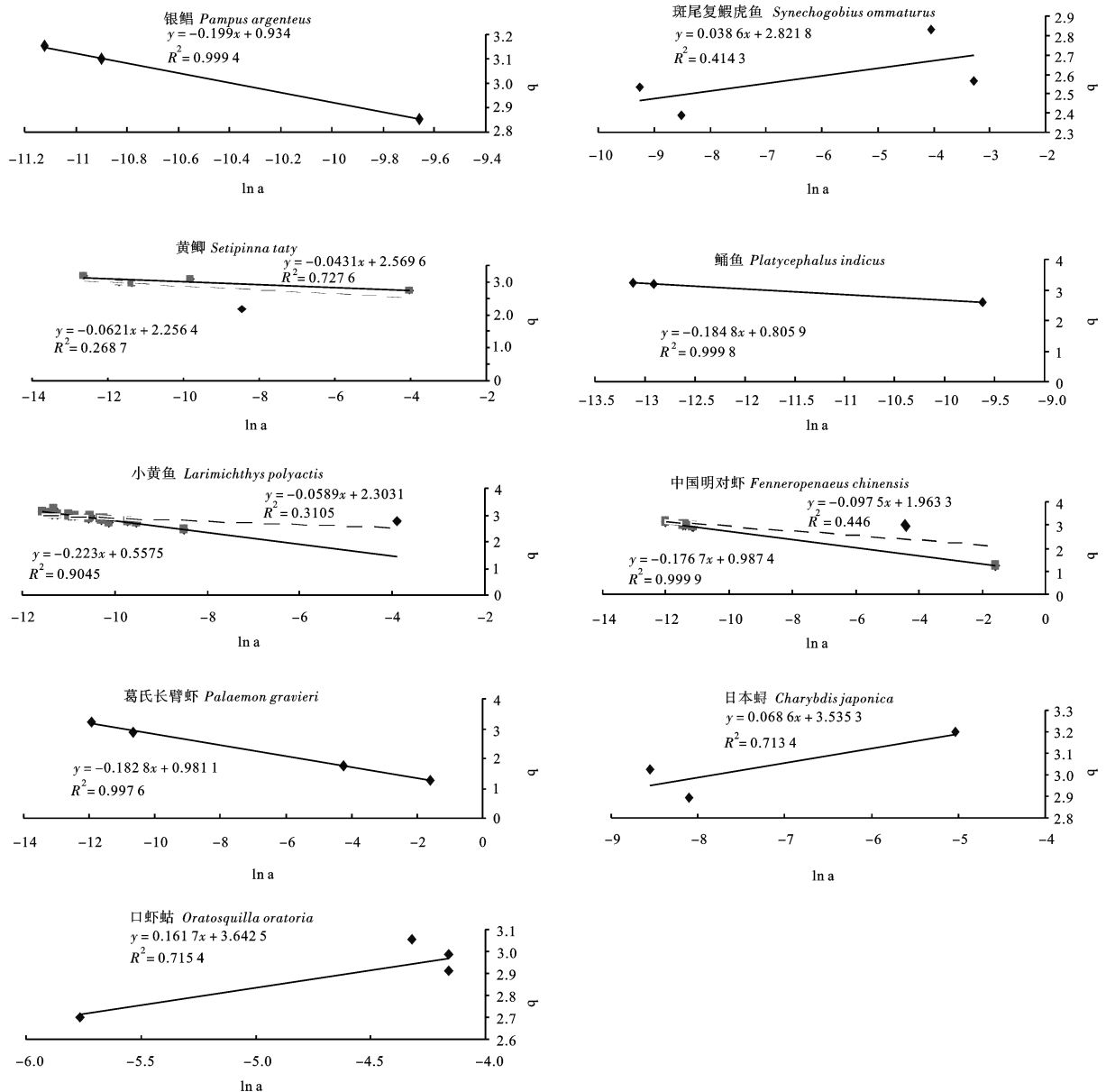


图2 长度与体质量关系参数 a 的自然对数与指数 b 的线性关系
Fig. 2 Linear relationship between $\ln a$ and b for length-weight relationship

参考文献:

- [1] GARCIA C B, DUARTE J O, SANDOVAL N, et al. length-weight relationships of demersal fishes from the Gulf of Salamanca, Colombia[J]. Naga, ICLARM Quarterly, 1998, 21(3): 30-32.
- [2] WEATHERLEY A H, GILL H S, CASSELMAN J M. The biology of fish growth[M]. London: Academic Press, 1987: 36-42.
- [3] PETRAKIS G, STERGIU K I. 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters[J]. Fish Res, 1995, 21(3/4): 465-469.
- [4] RICKER W E. Linear regressions in fishery research[J]. J Fish Res Board Can, 1973, 30(3): 409-434.
- [5] MOREY G, MORANTA J, MASSUTI E, et al. Weight length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean[J]. Fish Res, 2003, 62(1): 89-96.
- [6] ECOUTIN J M, ALBARET J J, TRAPE S. Length weight relationships for fish populations of a relatively undisturbed tropical estuary: the Gambia[J]. Fish Res, 2005, 72(2/3): 347-351.
- [7] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松. 南海北部主要经济鱼类体长与体重关系[J]. 台湾海峡, 2006, 25(2): 262-266.
- [8] 张玉生, 杨清良, 陈瑞祥, 等. GB/T12763.6-2007, 海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 38-44.
- [9] SPARRE P, VENEMA S C. Introduction to tropical fish stock assessment (Part I. Manual)[J]. FAO Fisheries Technical Paper, 1989(306): 18-20.
- [10] HUXLEY J S. Constant differential growth-ratios and their significance[J]. Nature, 1924, 114(2877): 895-896.
- [11] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:

- 18-24.
- [12] FREEMAN J A. Molt increment, molt cycle duration, and tissue growth in *Palamonetes pugio* Holthuis larvae[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1990, 143(1/2): 47-61.
- [13] 张乃禹. 中国对虾生长的数理分析[J]. 海洋科学, 1985, 9(4): 1-6.
- [14] STERGIU K I, MOUTOPOULOS D K. A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine waters[J]. Naga, 2001, 24(1/2): 23-39.
- [15] 李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 等. 小黄鱼体长-体质量关系和饱满度的年际变化[J]. 中国水产科学, 2011, 18(3): 602-610.
- [16] 许玉甫, 周军, 张国胜, 等. 河北沿海银鲳渔业资源现状分析[J]. 河北渔业, 2009(6): 4-6, 15.
- [17] 崔青曼, 袁春营, 董景岗, 等. 渤海湾银鲳年龄与生长的初步研究[J]. 天津科技大学学报, 2008, 23(3): 30-32.
- [18] 孙幅英, 陈建国. 斑尾复鰕虎鱼的生物学研究[J]. 水产学报, 1993, 17(2): 146-153.
- [19] 范海洋, 纪毓鹏, 张士华, 等. 黄河三角洲斑尾复鰕虎鱼渔业生物学的研究[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(5): 733-736.
- [20] 陈大刚. 鱼港内斑尾复鰕虎鱼生物学的初步调查[J]. 动物学杂志, 1979, 14(1): 3-6.
- [21] 刘勇, 程家骅, 李圣法. 东海区黄鲫资源的利用现状及合理利用探讨[J]. 中国水产科学, 2006, 13(3): 485-491.
- [22] 熊瑛, 汤建华, 刘培廷, 等. 黄海南部黄鲫(*Setipinna taty*)资源利用分析[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(4): 500-505.
- [23] 张孟海, 王勇, 张军. 渤海南部黄鲫生长与死亡特性的研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2004, 23(1): 31-36.
- [24] 孙蜀东, 任一平. 黄海南部黄鲫 *Setipinna taty* (Cuvier et Valenciennes) 渔业生物学研究[J]. 海洋湖沼通报, 2003(1): 62-65.
- [25] 陈万青, 赵维谦. 黄海鲷鱼年龄和生长的初步研究[J]. 水产学报, 1998, 22(3): 289-304.
- [26] 秦岩, 高天翔. 东营近海鲷鱼渔业生物学及资源丰度的季节变化[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(7/8): 106-111.
- [27] 郭旭鹏, 金显仕, 戴芳群. 渤海小黄鱼生长特征的变化[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 243-249.
- [28] 严利平, 胡芬, 凌建忠, 等. 东北北部和黄海南部小黄鱼年龄与生长的研究[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(1): 95-100.
- [29] 林龙山, 程家骅. 东海区小黄鱼渔业生物学现状的分析[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 34(4): 565-570.
- [30] 林龙山, 程家骅, 任一平, 等. 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 333-338.
- [31] 柳卫海, 郭振华, 詹秉义. 东海区小黄鱼资源利用现状分析[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(2): 105-111.
- [32] 周军, 李怡群, 张海鹏, 等. 河北省近海海域小黄鱼分布和生物学特征[J]. 河北渔业, 2006(10): 46-48.
- [33] 任一平, 高天翔, 刘群, 等. 黄海南部小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* (Bleeker) 渔获群体结构与繁殖特征的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 2001(1): 41-46.
- [34] 张国政, 李显森, 金显仕, 等. 黄海中部小黄鱼生物学特征的变化[J]. 生态学报, 2010, 30(24): 6854-6861.
- [35] 尹增强, 章守宇, 汪振华, 等. 浙江嵊泗人工鱼礁区小黄鱼生长特征与资源合理利用的初步研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 588-594.
- [36] 陈宗尧, 刘永昌, 邱盛尧, 等. 黄海中部沿岸放流增殖对虾生长特性初步研究[J]. 海洋学报, 1990, 12(6): 758-764.
- [37] 张澄茂. 闽东海区中国对虾放流虾的生长特性[J]. 水产学报, 2001, 25(2): 116-119.
- [38] 徐炳庆. 山东近海中国对虾增殖放流的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011: 26-27.
- [39] 丁天明, 宋海棠. 东海葛氏长臂虾 *Palaemon gravieri* 生物学特征研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2002, 21(1): 1-5.
- [40] 俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海日本鲷的数量分布和生物学特性[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 40-45.
- [41] 徐海龙, 张桂芬, 乔秀亭, 等. 黄河北部口虾蛄体长及体质量关系研究[J]. 水产科学, 2010, 29(8): 451-454.
- [42] 王春琳, 徐善良, 梅文襄, 等. 口虾蛄的生物学基本特征[J]. 浙江水产学院学报, 1996, 15(1): 60-62.
- [43] 王波, 张锡烈, 孙丕喜. 口虾蛄的生物学特征及其人工苗种生产技术[J]. 黄渤海海洋, 1998, 16(2): 64-73.
- [44] 盛福利. 青岛近海口虾蛄 *Oratosquilla oratoria* 渔业生物学的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009: 27.
- [45] OLURIN K B, SAVAGE O D. Reproductive biology, length-weight relationship and condition factor of the African snake head, *Parachanna obscura*, from River Oshun, South-west Nigeria[J]. Int J Fish Aquac, 2011, 3(8): 146-150.
- [46] BOSILJKA M, GORENKA S. Reproduction, length-weight relationship and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the eastern Middle Adriatic Sea (Croatia)[J]. Periodicum Biologorum, 2010, 112(2): 133-138.
- [47] KUMOLU-JOHNSON C A, NDIMELE P E. Length-weight relationships of nine fish species from Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria[J]. Afr J Biotechnol, 2011, 10(2): 241-243.
- [48] PEREIRAL J N, SIMAS A, ROSA A, et al. Weight-length relationships for 27 demersal fish species caught off the Cape Verde archipelago (eastern North Atlantic)[J]. J Appl Ichthyol, 2011, 24(1): 1-4.
- [49] CHERIF M, ZARRAD R, GHARBI H, et al. Length-weight relationships for 11 fish species from the Gulf of Tunis (SW Mediterranean Sea, Tunisia)[J]. Pan-Am J Aquat Sci, 2008, 3(1): 1-5.
- [50] KUMOLU-JOHNSON C A, NDIMELE P E. Length-weight relationships and condition factors of twenty-one fish species in Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria[J]. Asian J Agric Sci, 2010, 2(4): 174-179.