



DOI:10.14188/j.ajsh.2020.02.004

博斯腾湖鱼类资源组成、体长与体重关系及生长状况

王普泽^{1,2}, 宋 聃², 张尹哲², 钱 静², 龚 坤², 叶少文^{2*}, 刘家寿², 李钟杰²

(1. 大连海洋大学 水产与生命学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国科学院水生生物研究所 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430072)

摘要: 博斯腾湖为西北高原地区湖泊, 1958年开始商业化渔业生产, 1962年开始鱼类引种工作, 半个多世纪以来湖区鱼类资源组成处于不断的变动当中。本文围绕湖区鱼类群落组成动态、当前鱼类的体长与体重关系及种群生长状况开展研究, 于2019年春季(4月)、夏季(8月)、秋季(10月), 通过渔具采样和渔获物调查相结合的方法, 在博斯腾湖共发现鱼类17种, 隶属于4目8科, 其中鲢(*Hemiculter leucisculus*)、池沼公鱼(*Hypomesus olidus*)、鲫(*Carassius auratus*)为优势种, 鱼类资源结构小型化问题严重。描述了15种鱼类体长-体重关系与生长情况, 其中12种鱼类为正异速生长, 3种鱼类为负异速生长, 优势鱼类的体长-体重关系式参数 b 值范围2.95~3.56, 决定系数 r^2 值范围0.874~0.997。本研究所得结果可为博斯腾湖鱼类资源保护与可持续利用提供基础资料和科学支撑。

关键词: 博斯腾湖; 鱼类小型化; 体长-体重关系式; 鱼类资源保护

中图分类号: S932.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2020)02-0181-07

Resource composition, length-weight relationship and condition factor of fishes in Bosten Lake

WANG Puze^{1,2}, SONG Dan², ZHANG Yinzhe², QIAN Jing², GONG Kun², YE Shaowen^{2*}, LIU Jiashou², LI Zhongjie²

(1. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, Liaoning, China;

2. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, Hubei, China)

Abstract: Bosten Lake located in the Northwest plateau, where commercial fishery production began in 1958 and fish introduction began in 1962. The composition of fish resources in the lake has been constantly changing for more than half a century. This study focuses on the dynamic changes of fish composition, the current length-weight relationships and the population growth conditions in the Lake. In spring (April), summer (August) and autumn (October) 2019, a total of 17 species of fish belonging to 4 orders and 8 families were found in Bosten Lake through a combination of fishing gear sampling and catch investigation. Among them, the dominant species are *Hemiculter leucisculus*, *Hypomesus olidus* and *Carassius auratus*, and the problem of miniaturization of fish resource structure is still serious. This study described fifteen species's LWR and fatness, twelve species grow at positive allometry, and three species grow at negative allometry. In the Length-weight relationship parameters, the b value ranged between 2.95 and 3.56, and the value of the deter-

收稿日期: 2020-01-15 修回日期: 2020-02-26 接受日期: 2020-03-16

作者简介: 王普泽(1995-), 男, 硕士生, 研究方向: 渔业生态学。E-mail: wpz2139@163.com

* 通讯联系人: 叶少文(1979-), 男, 副研究员, 博士, 研究方向: 渔业生态学。E-mail: yeshw@ihb.ac.cn

基金项目: 西北地区重点水域渔业资源与环境调查项目; 国家重点研发项目“湖泊生态增殖技术与模式”项目(2019YFD0900603); 国家自然科学基金项目(51679230); 淡水生态与生物技术国家重点实验室自主研究项目(2019FBZ02)

引用格式: 王普泽, 宋聃, 张尹哲, 等. 博斯腾湖鱼类资源组成、体长与体重关系及生长状况[J]. 生物资源, 2020, 42(2): 181-187.

Wang P Z, Song D, Zhang Y Z, et al. Resource composition, length-weight relationship and condition factor of fishes in Bosten Lake [J]. Biotic Resources, 2020, 42(2): 181-187.

mination coefficient r^2 ranged between 0.874 and 0.997. The results of this study can provide basic data and scientific support for the conservation and sustainable utilization of fish resources in Bosten Lake.

Key words: Bosten Lake; fish miniaturization; Length-weight relationships; fish conservation

0 引言

博斯腾湖是中国最大的内陆淡水吞吐湖,位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州博湖县境内。博斯腾湖于1958年开始进行商业化渔业生产,1962年开始鱼类的引种工作,其群落组成随之不断地发生改变^[1]。近年来,博斯腾湖流域出现各种生态与环境问题,如水生态系统平衡遭到破坏,环境容量降低等,与此同时博湖渔业产业也在快速发展,湖区目前鱼类小型化现象明显^[2,3]。如何保障水域的生态系统健康与渔业的可持续发展是博斯腾湖科学管理需要面对的问题。水域生态系统在人为与自然的压力下不断发生着改变,鱼类是最敏感的生物之一,位于食物网营养级顶端,因此在水域生态系统健康管理中是重要的指示生物^[4~6]。

鱼类体长与体重关系是具有种间差异的生物学指标,与种群生长和繁殖等生物学过程紧密相关^[7],其主要影响因素包括温度、食物来源和捕捞压力等^[8,9]。在一个特定的生态系统中,获得鱼类体长与体重关系式是鱼类保护与管理的重要基础^[10]。鱼类肥满度与体长-体重关系密切反映了鱼类生理与营养状况^[11~13],常用来比较不同水域环境中鱼类的生长状况^[14]。本研究为掌握博斯腾湖鱼类组成动态和资源现状,通过渔具采样和渔获物调查相结合的方法,于2019年春季、夏季和秋季开展野外采样,结合历史资料分析鱼类群落演变特征及原因;通过计算优势鱼类的体长与体重关系式和肥满度指数,评估鱼类种群生长状况及资源开发压力,以期为博斯腾湖鱼类保护和可持续利用提供基础资料和科学支撑。

1 材料与方法

1.1 调查地点

博斯腾湖(86°42'E~87°26'E, 41°49'N~42°09'N, 图1),海拔1 045.39 m,面积1 210.5 km²,地处欧亚大陆腹地,光照充足,雨量稀少,多年平均降水量68.2 mm,为内陆荒漠型气候。

1.2 调查方法

通过鱼类群落采样和渔获物调查,获取鱼类组成数据和种群分析样本,调查时间为2019年春季(4月)、夏季(8月)、秋季(10月)。采样渔具为定制多网目复合刺网(全长100 m,网高2 m,网目大小分为

10、12.5、16、20、25、31、39、48、58、70、86和100 mm共12种尺寸)和地笼(全长15 m,网目2a=5 mm)。鱼类采样时,以2条浮网、2条沉网和2条地笼为一个组合,于当日傍晚在沿岸带和敞水区放置,次日清晨起网收集。研究期间在渔业码头同步开展湖区渔业捕捞调查,现场对渔获物进行抽样分析,鉴定鱼类种类^[15,16],测量全长(total length, L)和体重(body weight, W)。另一方面,系统整理了博斯腾湖鱼类组成历年资料(1964年—2010年)^[1,2,17~20]。

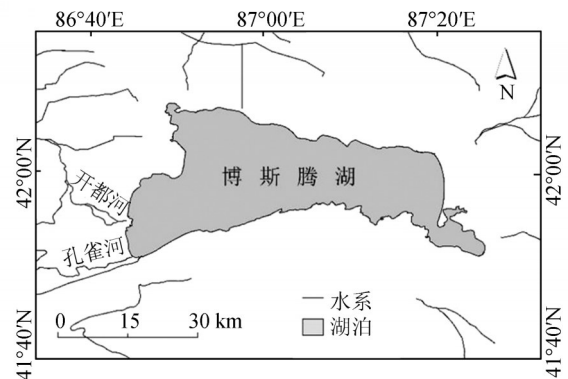


图1 博斯腾湖调查区域

Fig. 1 Survey area of Bosten Lake

1.3 数据分析

数据整理和分析采用Microsoft Excel和SPSS。统计和计算各种鱼类的样品数、平均全长、全长范围、平均体重和体重范围。

在鱼类体长与体重关系的研究中,采用的体长类型有全长、叉长、标准体长等,在本次研究中,全长与体重数据通过幂函数公式 $W=a \cdot L^b$ 进行拟合估算参数 a 和 b ^[21]。 t 检验用于比较 b 值是否与3(即等速生长状态下的 b 值)具有显著性差异,显著性水平 $\alpha=0.05$,由此判断鱼类生长异速情况,即当 t 检验无显著性差异时,表示该鱼类为等速生长;当检验有显著性差异时,表示异速生长(且当 $b>3$ 时为正异速生长, $b<3$ 时为负异速生长)。

鱼类生长状况用Fulton状态肥满度指数(K)和相对体重(W_r)来表示,分别使用公式 $K=(W/L^3) \times 100$ 和 $W_r=W/(a \cdot L^b) \times 100$ 计算,式中 W 为鱼体重(g), L 为鱼体全长(cm), a 与 b 为体长-体重关系参数。

2 结果

2.1 鱼类组成及变化

共采集鱼类 5 111 尾, 隶属于 4 目 8 科, 17 种(表 1), 其中鲤形目(Cypriniformes)比例最高, 共 11 种, 占比 64.7%; 鲈形目(Perciformes) 4 种, 占比 23.5%; 鲑形目(Salmoniformes)与鲇形目(Siluriformes)各 1 种, 各占比 12.5%。

20 世纪 60 年代湖区仅存在 4 种土著鱼类, 为长身高原鳅(*Triplophysa tenuis*)、叶尔羌高原鳅(*Triplophysa yarkandensis*)、塔里木裂腹鱼(*Schizothorax biddulphi*)和扁吻鱼(*Aspiorhynchus laticeps*)。1962 年开始鱼类引种工作, 70 年代与 80 年代鱼类种类数大幅增加(1977 年 21 种, 1987 年 22 种), 引进种类包括鲤、鲫、四大家鱼等为主的经济鱼类, 1977 年起没有再调查到长身高原鳅和叶尔羌高原鳅, 2000 年调查时, 塔里木裂腹鱼和扁吻鱼也未再被发现。

近十几年来, 博斯腾湖渔业放养的主要对象为鲢、鳙和草鱼等鲤科鱼类, 青鱼从 2000 年开始未再出现。鲮和池沼公鱼在 2000 年被发现, 目前已成为该湖优势鱼类。本次调查相比于 2010 年调查, 新发现鱼类 1 种, 即子陵吻虾虎鱼(*Rhinogobius giurnus*), 3 种鱼类未发现, 即贝加尔雅罗鱼(*Leuciscus baicalensis*)、东方欧鳊(*Abramis brama orientalis*)和李氏吻虾虎鱼(*Rhinogobius leavelli*)。

2.2 鱼类体长和体重分布

如表 2 所示, 在渔获物中, 池沼公鱼(*Hypomesus olidus*)、鲫(*Carassius auratus*)和鲮(*Hemiculter leuciscus*)占据优势, 数量百分比分别为 33.8%、13.8% 和 42.8%, 平均体全长分别为 102 mm、124 mm 和 132 mm, 平均体重分别为 7.98 g、45.0 g 和 26.0 g。鲤、鲢和鳙的个体较大, 但数量百分比比较低。可见目前博斯腾湖鱼类种类小型化和种群结构小型化问题明显。

2.3 鱼类体长与体重关系式和生长状况

共测量 15 种、2 286 尾鱼的体全长和体重, 用于体长-体重关系式的回归计算, 结果如表 3 所示, 决定系数 r^2 值在 0.874~0.997 之间, b 值的变化范围为 2.95~3.56 (中位数为 3.17), 其中 50% 分布在 3.07~3.32 之间。 t 检验结果表明, 12 种鱼的 b 值显著大于 3, 处于正异速生长状态(占比 73.3%); 3 种鱼的 b 值显著小于 3, 处于负异速生长状态(占比 26.7%)。鱼类的 Fulton 状态指数(K)变化范围为 0.57~1.45, 相对体重(W_r)变化范围为 100.08~104.21(表 4)。

3 讨论

博斯腾湖在 20 世纪 60 年代存在 4 种土著鱼类^[17,18], 70 年代和 80 年代调查时发现鱼类种类物种数大量增加, 其原因是 1958 年博斯腾湖开始进行商业化捕捞, 为增加湖区鱼类资源, 直接或间接地从长江流域引入鲤、鲫、鲢、鳙、草鱼、青鱼、鲂等鱼类, 从北疆额尔齐斯河流域引入贝加尔雅罗鱼、银鲫、赤鲈、丁鲷、拟鲤等鱼类^[19]。2000 年以后, 土著鱼类、鲂、鳊等种类消失, 鲮、池沼公鱼等占据优势, 一些鱼类如鲤和鲫等自引入后一直存在于湖内, 由此可见半个多世纪以来博斯腾湖经历着鱼类种类组成的不断演替, 究其主要原因, 一方面在于渔业引种和移植后, 鱼类群落结构由简单到复杂, 种间关系也相应复杂化, 从而使博斯腾湖不同鱼类的种群规模发生改变。另一方面在于鱼类的生存环境受到人类活动影响和破坏, 开都河提供了博斯腾湖 80% 的入湖水量, 在开都河上修建梯级水电站、调节入湖水量^[22,23], 导致河流性鱼类和洄游性鱼类(例如长身高原鳅和青鱼)的生活史过程受阻, 种群分布范围严重缩小乃至消失; 由于流域面源农业和生活污染, 博斯腾湖富营养化加剧, 湖泊水质条件和饵料生物组成发生变化, 对对策者的小型鱼类如鲮和池沼公鱼更为有利。

本次调查发现 17 种鱼类, 鲤形目占较大比例, 相比于 2010 年新发现 1 种鱼类, 3 种鱼类未发现。捕获的鱼类中以池沼公鱼、鲫、鲮为主要种类, 鱼类体型较小, 结合博斯腾湖的鱼类捕捞情况, 池沼公鱼和鲫为主要经济种类, 表明博斯腾湖鱼类资源小型化问题突出。2010 年调查研究也报道了该湖鱼类群落小型化现象^[2]。鱼类资源小型化是国内外普遍存在的一个渔业和鱼类生态学问题, 鱼类小型化不仅使水体渔产力下降, 也会使水生生物群落组成发生改变, 进而对水域生态系统结构和功能产生影响^[24]。水利工程建设、过度捕捞、栖息地和产卵场的减少等多种因素均会造成鱼类资源小型化^[25,26]。

鱼类体长-体重关系是渔业生态学研究常用公式之一^[27], 式中 a 为条件因子(condition factor), 反映所处环境条件状况^[28], b 为异速生长因子(allometric factor), 反映生长发育的不均匀性^[29]。鱼类性别、生长发育以及生活环境等均会对 a 值和 b 值产生影响^[30,31]。 b 值的偏离方向和程度受鱼类生长环境和饵料生物生产力的影响, 高生产力倾向于促进正异速生长, 而低生产力区域例如深水区域则倾向于促进负异速生长^[32,33]。本次调查发现 12 种鱼类处于正异速生长, 其中 3 种为优势种鱼类。表明湖区大

表 1 博斯腾湖鱼类物种组成
Table 1 Fish species composition in Bosten Lake

目	科	物种	年份					
			1964 年	1977 年	1985— 1987 年	2000 年	2010 年	2019 年
鲤形目	鲤科	鲤(<i>Cyprinus carpio</i>)		+	+	+	+	+
		鲫(<i>Carassius auratus</i>)		+	+	+	+	+
		鲢(<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)		+	+	+	+	+
		鳙(<i>Aristichthys nobilis</i>)		+	+	+	+	+
		鲮(<i>Hemiculter leucisculus</i>)				+	+	+
		草鱼(<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)		+	+	+	+	+
		青鱼(<i>Mylopharyngodon piceus</i>)		+	+			
		贝加尔雅罗鱼(<i>Leuciscus baicalensis</i>)		+	+	+	+	
		高体鳊鲂(<i>Rhodeus ocellatus</i>)				+	+	+
		棒花鱼(<i>Abbottina rivularis</i>)		+	+	+	+	+
		麦穗鱼(<i>Pseudorasbora parva</i>)		+	+	+	+	+
		花鲢(<i>Hemibarbus maculatus</i>)		+	+	+	+	+
		东方欧鳊(<i>Abramis brama orientalis</i>)			+	+	+	
		拟鲤(<i>Rutilus rutilus</i>)		+	+			
		丁鲷(<i>Tinca tinca</i>)		+	+			
		三角鲂(<i>Megalobrama terminalis</i>)		+	+			
		团头鲂(<i>Megalobrama amblycephala</i>)		+	+			
		黄尾鲴(<i>Xenocypris davidi</i>)		+				
		细鳞鲴(<i>Xenocypris microlepis</i>)			+			
		犬首鮡(<i>Gobio cynocephalus</i>)			+			
		扁吻鱼(<i>Aspiorhynchus laticeps</i>)	+	+	+			
		塔里木裂腹鱼(<i>Schizothorax biddulphi</i>)	+	+	+			
	鳅科	长身高原鳅(<i>Triplophysa tenuis</i>)	+					
		叶尔羌高原鳅(<i>Triplophysa yarkandensis</i>)	+					
		条鳅(<i>Nemachilus</i> sp.)		+				
		北方泥鳅(<i>Misgurnus bipartitus</i>)				+	+	+
鲑形目	胡瓜鱼科	池沼公鱼(<i>Hypomesus olidus</i>)				+	+	+
鲇形目	鲇科	云斑鲇(<i>Ictalurus nebulosus</i>)				+		
	鲇科	大口鲇(<i>Silurus meridionalis</i>)					+	+
鲈形目	鲈科	河鲈(<i>Perca fluviatilis</i>)		+	+	+	+	+
	鳊科	乌鳊(<i>Channa argus</i>)					+	+
	塘鳢科	小黄鲷鱼(<i>Micropercops swinhonis</i>)				+	+	+
	虾虎鱼科	李氏吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius leavelli</i>)				+	+	
		子陵吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius giurinus</i>)						+
	鲈科	鳊(<i>Siniperca chuatsi</i>)		+	+			
颌针鱼	鲈科	青鲈(<i>Oryzias latipes</i>)		+	+			
合计			4	21	22	18	19	17

注：“+”表示采集到标本
Note: “+” represents the specimen collected

部分鱼类可能生活在具有较高生产力的环境中。有研究发现当鱼类个体或群体的相对体重 (W_r) 小于 100 时表明可能存在诸如食物可获得性低或被捕食

压力高等问题,而当相对体重 (W_r) 大于 100 时意味着食物充足或较低捕食压力^[34]。本研究结果表明博斯腾湖鱼类的相对体重趋于 100,提示鱼类群落中

表2 博斯腾湖鱼类全长和体重分布
Table 2 Distribution of total length and body weight of fishes in Bosten Lake

种名	样本数/ 尾	全长/mm				样本数/ 尾	体重/g			
		平均值	标准误	最小 值	最大 值		平均值	标准误	最小 值	最大 值
鲤(<i>Cyprinus carpio</i>)	60	170	13.83	44	456	62	179.90	32.02	0.90	1086.5
鲫(<i>Carassius auratus</i>)	703	124	1.56	47	269	494	45.00	2.11	1.43	276.8
鲢(<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	19	252	9.84	185	355	19	158.50	20.10	60.07	389.7
鳊(<i>Aristichthys nobilis</i>)	32	250	11.03	169	409	32	188.00	27.54	44.80	644.1
鲮(<i>Hemiculter leuciscus</i>)	2 189	132	0.65	28	265	387	26.00	1.04	4.03	170.5
草鱼(<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	—	—	—	—	—	14	133.30	58.50	18.60	852.8
高体鳊(<i>Rhodeus ocellatus</i>)	5	51	1.96	45	55	5	1.58	0.25	0.94	2.2
棒花鱼(<i>Abbottina rivularis</i>)	98	86	1.11	55	118	99	5.84	0.24	1.41	14.5
麦穗鱼(<i>Pseudorasbora parva</i>)	57	58	1.83	34	89	57	1.86	0.19	0.23	5.8
花鲮(<i>Hemibarbus maculatus</i>)	32	165	9.26	20	285	31	53.50	8.78	7.24	235.3
北方泥鳅(<i>Misgurnus bipartitus</i>)	8	164	6.27	133	185	8	26.10	3.19	9.10	39.0
池沼公鱼(<i>Hypomesus olidus</i>)	1 726	102	0.41	28	164	940	7.98	0.13	0.10	31.5
大口鲶(<i>Silurus meridionalis</i>)	6	197	28.93	98	308	7	152.70	88.78	5.72	662.7
河鲈(<i>Perca fluviatilis</i>)	45	133	8.00	11	311	43	30.20	7.44	5.19	304.0
小黄鲮鱼(<i>Micropercops swinhonis</i>)	3	39	2.60	35	44	3	0.63	0.11	0.44	0.8
子陵吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius giurinus</i>)	114	49	0.82	24	75.5	114	1.25	0.07	0.11	4.1

表3 博斯腾湖鱼类体长-体重关系式参数
Table 3 Parameters of length-weight relationships for fish species in Bosten Lake

种名	数量/ 尾	体长-体重关系式参数			生长 类型
		$a(95\% \text{ CL})$	$b(95\% \text{ CL})$	r^2	
鲤(<i>Cyprinus carpio</i>)	50	$8.83 \times 10^{-6} (6.76 \times 10^{-6} \sim 1.15 \times 10^{-5})$	$3.07 (3.02 \sim 3.12)$	0.997	P
鲫(<i>Carassius auratus</i>)	494	$7.65 \times 10^{-6} (6.63 \times 10^{-6} \sim 8.83 \times 10^{-6})$	$3.13 (3.10 \sim 3.16)$	0.989	P
鲢(<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	19	$1.21 \times 10^{-5} (3.51 \times 10^{-6} \sim 4.14 \times 10^{-5})$	$2.95 (2.73 \sim 3.17)$	0.979	N
鳊(<i>Aristichthys nobilis</i>)	32	$5.45 \times 10^{-6} (2.61 \times 10^{-6} \sim 1.13 \times 10^{-5})$	$3.11 (2.98 \sim 3.24)$	0.987	P
鲮(<i>Hemiculter leuciscus</i>)	387	$2.44 \times 10^{-6} (1.85 \times 10^{-6} \sim 3.23 \times 10^{-6})$	$3.20 (3.15 \sim 3.26)$	0.971	P
高体鳊(<i>Rhodeus ocellatus</i>)	5	$9.91 \times 10^{-8} (1.84 \times 10^{-10} \sim 5.34 \times 10^{-5})$	$4.22 (2.61 \sim 5.82)$	0.959	P
棒花鱼(<i>Abbottina rivularis</i>)	97	$6.23 \times 10^{-6} (2.17 \times 10^{-6} \sim 1.79 \times 10^{-5})$	$3.08 (2.84 \sim 3.32)$	0.874	P
麦穗鱼(<i>Pseudorasbora parva</i>)	57	$2.57 \times 10^{-6} (1.33 \times 10^{-6} \sim 4.95 \times 10^{-6})$	$3.28 (3.12 \sim 3.44)$	0.967	P
花鲮(<i>Hemibarbus maculatus</i>)	31	$1.42 \times 10^{-6} (5.52 \times 10^{-7} \sim 3.65 \times 10^{-6})$	$3.35 (3.16 \sim 3.53)$	0.979	P
北方泥鳅(<i>Misgurnus bipartitus</i>)	8	$3.19 \times 10^{-7} (3.42 \times 10^{-11} \sim 2.97 \times 10^{-3})$	$3.56 (1.77 \sim 5.36)$	0.797	P
池沼公鱼(<i>Hypomesus olidus</i>)	940	$1.52 \times 10^{-6} (1.28 \times 10^{-6} \sim 1.80 \times 10^{-6})$	$3.30 (3.26 \sim 3.34)$	0.971	P
大口鲶(<i>Silurus meridionalis</i>)	6	$2.59 \times 10^{-6} (3.10 \times 10^{-7} \sim 2.17 \times 10^{-5})$	$3.17 (2.76 \sim 3.57)$	0.992	P
河鲈(<i>Perca fluviatilis</i>)	43	$3.09 \times 10^{-5} (7.38 \times 10^{-6} \sim 1.29 \times 10^{-4})$	$2.72 (2.43 \sim 3.01)$	0.896	N
小黄鲮鱼(<i>Micropercops swinhonis</i>)	3	$3.63 \times 10^{-5} (5.90 \times 10^{-14} \sim 22324)$	$2.65 (0 \sim 8.17)$	0.974	N
子陵吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius giurinus</i>)	114	$2.83 \times 10^{-6} (1.66 \times 10^{-6} \sim 4.82 \times 10^{-6})$	$3.32 (3.18 \sim 3.45)$	0.953	P

注: P, 正异速生长; N, 负异速生长

Note: P, positive allometry; N, negative allometry

各种群存在栖息地可获得的食物与捕食者的平衡。在博斯腾湖鱼类资源保护和可持续捕捞管理方面,建议开展长期的鱼类资源监测、群落和种群动态分

析,综合评估湖泊生态环境与渔业资源关系,在此基础上进行科学的渔业放养和捕捞管理,使湖泊具有可持续的渔业生产同时保障其他生态服务价值。

表 4 博斯腾湖鱼类肥满度指数
Table 4 Condition factors of fishes in Bosten Lake

种名	Fulton 状态指数(K)				相对体重(W_r)			
	平均值	标准误	最小值	最大值	平均值	标准误	最小值	最大值
鲤(<i>Cyprinus carpio</i>)	1.25	0.022	0.94	1.75	100.64	1.63	77.62	137.50
鲫(<i>Carassius auratus</i>)	1.45	0.010	0.79	4.55	100.84	0.70	56.19	354.24
鲢(<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	0.91	0.015	0.80	1.02	100.24	1.62	87.70	111.58
鳙(<i>Aristichthys nobilis</i>)	0.99	0.016	0.88	1.17	100.36	1.53	87.65	116.10
鲈(<i>Hemiculter leucisculus</i>)	0.67	0.005	0.35	1.04	100.78	0.64	52.89	173.01
高体鲈(<i>Rhodeus ocellatus</i>)	1.17	0.067	0.99	1.32	100.23	3.43	90.66	111.02
棒花鱼(<i>Abbottina rivularis</i>)	0.89	0.014	0.50	1.49	101.19	1.59	56.73	171.21
麦穗鱼(<i>Pseudorasbora parva</i>)	0.80	0.019	0.59	1.42	101.15	2.22	79.37	180.25
花鲢(<i>Hemibarbus maculatus</i>)	0.84	0.022	0.50	1.05	100.81	2.32	65.72	143.20
北方泥鳅(<i>Misgurnus bipartitus</i>)	0.57	0.041	0.39	0.75	101.81	7.34	77.48	134.91
池沼公鱼(<i>Hypomesus olidus</i>)	0.61	0.003	0.29	1.47	100.84	0.44	52.69	290.74
大口鲶(<i>Silurus meridionalis</i>)	0.62	0.033	0.52	0.73	100.52	4.51	83.56	113.91
河鲈(<i>Perca fluviatilis</i>)	0.83	0.041	0.41	1.44	104.21	3.17	51.68	172.93
小黄鲈鱼(<i>Micropercops swinhonis</i>)	1.02	0.037	0.95	1.08	100.08	2.91	97.02	105.90
子陵吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius giurinus</i>)	0.97	0.013	0.58	1.27	100.93	1.28	63.94	145.12

参考文献

[1] 郭焱, 张人铭, 蔡林刚, 等. 博斯腾湖鱼类资源及渔业 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2005.
Guo Y, Zhang R M, Cai L G, *et al.* Bosten Lake fish resources and fisheries [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 2005.

[2] 陈朋, 马燕武, 谢春刚, 等. 博斯腾湖鱼类群落结构的初步研究[J]. 淡水渔业, 2014, 44(2): 36-42.
Chen P, Ma Y W, Xie C G, *et al.* Preliminary study on community structure of fishes in Bositeng Lake [J]. Freshwater Fisheries, 2014, 44(2): 36-42.

[3] 杜新宪, 许月英. 博斯腾湖流域污染治理与生态环境保护对策浅析[J]. 干旱环境监测, 2009, 23(2): 113-116, 121.
Du X X, Xu Y Y. Bosten Lake basin pollution control and ecological response of the environmental protection [J]. Arid Environ Monit, 2009, 23(2): 113-116, 121.

[4] Emmrich M, Pédrón S, Brucet S, *et al.* Geographical patterns in the body-size structure of European lake fish assemblages along abiotic and biotic gradients [J]. J Biogeogr, 2014, 41(12): 2221-2233.

[5] Karr J R. Assessment of biotic integrity using fish communities [J]. Fisheries, 1981, 6(6): 21-27.

[6] Olin M, Rask M, Ruuhijärvi J, *et al.* Development and evaluation of the Finnish fish-based lake classification method [J]. Hydrobiologia, 2013, 713(1): 149-166.

[7] Le Cren E D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch

(*Perca fluviatilis*) [J]. J Anim Ecol, 1951: 201-219.

[8] Froese R, Thorson J, Reyes R. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes [J]. J Appl Ichthyol, 2014, 30(1): 78-85.

[9] Kimmerer W. Open water processes of the San Francisco Estuary: from physical forcing to biological responses [J]. San Francisco Estuary and Watershed Science, 2004, 2(1): 1-142.

[10] Nallathambi M, Arumugam U, Jayasimhan P, *et al.* Length-weight relationships of six tropical estuarine fish species from Pulicat lagoon, India [J]. J Appl Ichthyol, 2020, 36(1): 125-127.

[11] Bolger T, Connolly P L. The selection of suitable indexes for the measurement and analysis of fish condition [J]. J Fish Biol, 1989, 34(2): 171-182.

[12] 戴强, 戴建洪, 李成, 等. 关于肥满度指数的讨论[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(5): 715-718.
Dai Q, Dai J H, Li C, *et al.* Discussion on relative fatness [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2006, 12(5): 715-718.

[13] 李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 等. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化[J]. 中国水产科学, 2011, 18(3): 602-610.
Li Z L, Jin X S, Shan X J, *et al.* Inter-annual changes on body weight-length relationship and relative fatness of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) [J]. J Fish Sci China, 2011, 18(3): 602-610.

[14] Wiener J G, Hanneman W R. Growth and condition of bluegills in Wisconsin lakes: effects of population densi-

- ty and lake pH [J]. T Am Fish Soc, 1982, 111(6): 761-767.
- [15] 陈宜瑜. 中国动物志:硬骨鱼纲 鲤形目 (中卷)[M]. 北京:科学出版社, 1998.
- Chen Y Y. Fauna Sinica (Osteichthyes Cypriniformes) II [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [16] 郭焱. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社, 2012.
- Guo Y. Xinjiang Fish [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 2012.
- [17] 伍献文. 中国鲤科鱼类志(上卷)[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1964.
- Wu X W. Ichthyography of Cyprinidae in Chinese (volume 1) [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1964.
- [18] 严安生. 额尔齐斯河、乌伦古湖、博斯腾湖的主要经济鱼类[C]//新疆动物学会论文选集. 1964: 1-20.
- Yan A S. The main economic fishes of the Irtysh River, Wulungu Lake, and Bosten Lake [C]//Selected Papers of Xinjiang Zoological Society [C]. 1964: 1-20.
- [19] 上海水产学院, 新疆维吾尔自治区水产局. 新疆博斯腾湖渔业资源调查报告[M]. 泰州:江苏泰州人民印刷厂, 1979: 9-40.
- Shanghai Fisheries University, Xinjiang Uygur Autonomous Region Fisheries Bureau. Investigation report on fishery resources of Xinjiang Bosten Lake [M]. Taizhou: Jiangsu Taizhou People's printing House, 1979: 9-40.
- [20] 中国科学院新疆资源开发综合考察队科技成果编辑委员会. 新疆水生生物与渔业[M]. 北京:科学出版社, 1989: 109-127.
- Xinjiang Resources Exploitation Team of Chinese Academy of Sciences. Xinjiang aquatic life and fishery [M]. Beijing: Science Press, 1989: 109-127.
- [21] 朱立新, 刘金殿, 梁振林. 一种稳健的贝叶斯方法在威海近海白姑鱼体长与体重关系研究中的应用[J]. 海洋湖沼通报, 2017(1): 109-121.
- Zhu L X, Liu J D, Liang Z L. Application of a robust Bayesian method in studying on the weight-length relationship of silver croaker *Pennahia argentata* inhabiting the coastal water of Weihai [J]. Trans Oceanol Limnol, 2017(1): 109-121.
- [22] 庄希明. 援建新疆大山口水电站建设[J]. 水力发电, 1991, 17(10): 72-73.
- Zhuang X M. Construction of Dashankou hydropower station in Xinjiang [J]. Water Power, 1991, 17(10): 72-73.
- [23] 马玉其, 王军郑, 程勇, 等. 基于生态基流分析的开都河水资源调度管理研究[J]. 水资源研究, 2019, 8(5): 445-455.
- Ma Y Q, Wang J Z, Cheng Y, et al. Water resources management of kaidu river using ecological baseflow analysis [J]. J Water Resour Res, 2019, 8(5): 445-455.
- [24] 刘其根, 沈建忠, 陈马康, 等. 天然经济鱼类小型化问题的研究进展[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 79-83.
- Liu Q G, Shen J Z, Chen M K, et al. Advances of the study on the miniaturization of natural economical fish resources [J]. J Shanghai Fish Univ, 2005, 14(1): 79-83.
- [25] Olson M H, Carpenter S R, Cunningham P, et al. Managing macrophytes to improve fish growth: a multi-lake experiment [J]. Fisheries, 1998, 23(2): 6-12.
- [26] Allan J D, Abell R, Hogan Z E B, et al. Overfishing of inland waters [J]. BioScience, 2005, 55(12): 1041-1051.
- [27] Anderson R O. Length, weight, and associated structural indices. In: Fisheries Techniques, 2nd ed [M]. Maryland: American Fisheries Society, 1996: 447-482.
- [28] 林学群. 粤东近海雄性条尾鲱鲤体长与体重关系研究[J]. 汕头大学学报(自然科学版), 1999, 14(2): 64-71, 80.
- Lin X Q. Study on the relationship between body length and body weight of male stripe herring in East Guangdong [J]. Journal of Shantou University(Natural Science Edition), 1999, 14(2): 64-71, 80.
- [29] Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations [J]. J Appl Ichthyol, 2006, 22(4): 241-253.
- [30] Stergiou K I, Fourtouni H. Food-habits, ontogenic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758 [J]. J Fish Biol, 1991, 39(4): 589-603.
- [31] Bolger T, Connolly P L. The selection of suitable indexes for the measurement and analysis of fish condition [J]. J Fish Biol, 1989, 34(2): 171-182.
- [32] Philip K P, Mathew K. Length-weight relationships and relative condition factor in *pricanthus hamrur* (Forsskal) [J]. Fishery Technol, 1996, 33(2): 79-83.
- [33] Thomas J, Venu S, Kurup B M. Length-weight relationship of some deep-sea fish inhabiting the continental slope beyond 250 m depth along the West Coast of India [J]. NAGA, 2003, 26(2): 17-21.
- [34] Rypel A L, Richter T J. Empirical percentile standard weight equation for the blacktail redhorse [J]. N Am J Fish Manage, 2008, 28(6): 1843-1846.

□

(编辑:张丽红)