

长江中游鱼类资源量的估算

董春燕^{①②} 李君轶^① 张辉^① 杨海乐^①
向浩^① 吴金明^{①*} 姜海波^②

① 中国水产科学研究院长江水产研究所 武汉 430223; ② 贵州大学动物科学学院 贵阳 550025

摘要: 为了解长江中游的鱼类资源现状, 于 2018 年 5 和 6 月以及 9 和 10 月在宜昌、石首、洪湖、武汉和湖口 5 个江段进行了渔获物调查工作。通过统计各江段的渔业捕捞情况, 计算年捕捞量。用体长股分析方法, 对铜鱼 (*Coreius heterodon*)、鳊 (*Parabramis pekinensis*) 和瓦氏黄颡鱼 (*Tachysurus vachelli*) 的资源量进行估算, 并以此推算各江段的鱼类总资源量。结果显示, 宜昌江段的鱼类年总资源量 1 077.36 t, 其中, 铜鱼为 623.25 t; 石首江段的年总资源量为 2 190.74 t, 铜鱼为 698.19 t; 洪湖江段的鱼类年总资源量为 58.57 t, 其中, 瓦氏黄颡鱼为 0.41 t; 武汉江段的鱼类年总资源量 1 010.54 t, 其中, 鳊为 148.65 t; 湖口江段的鱼类年总资源量 14.55 t, 瓦氏黄颡鱼为 0.032 t。估算结果可以为长江中游鱼类资源保护措施的制定提供数据参考。

关键词: 长江中游; 资源量; 体长股分析

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 01-073-07

Estimation of Fish Resources in Middle Reaches of Yangtze River

DONG Chun-Yan^{①②} LI Jun-Yi^① ZHANG-Hui^① YANG Hai-Le^①
XIANG-Hao^① WU Jin-Ming^{①*} JIANG Hai-Bo^②

① Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223;

② College of Animal Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China

Abstract: An investigation of commercial fishing was carried out in the middle reaches of the Yangtze River with the purpose to study the status of fish resources in May-June and September-October 2018. Total fish catch was estimated based on the fishery statistic data. The length-structure VPA method was applied to evaluate the stock size of *Coreius heterodon*, *Parabramis pekinensis* and *Tachysurus vachelli*. The biomass of the firstly five species were 1 077.36 tones, 2 190.74 tones, 58.57 tones, 1 010.54 tones, and 14.55 tones. The total fish biomass for reaches of Yichang City, Shishou City, Honghu City, Wuhan City and Hukou County were 623.25 tones, 698.19 tones, 0.41 tones, 148.65 tones and 0.032 tones (Table 2 - 6), respectively. The results may provide information for assessing protection potentiality and developing fish resource

基金项目 农业农村部财政专项, 九江市科技项目;

* 通讯作者, E-mail: jinming@yfi.ac.cn;

第一作者简介 董春燕, 女, 硕士研究生; 研究方向: 渔业资源; E-mail: 1455634293@qq.com。

收稿日期: 2020-07-13, 修回日期: 2020-11-13 DOI: 10.13859/j.cjz.202101009

conservation strategy.

Key words: The middle reaches of the Yangtze River; Fish resources biomass; Length-structure virtual population analysis

鱼类资源量评估是河流渔业管理和资源保护的基本工作,有许多不同的方法,包括繁殖性能推算法(冷永智等 1984)、标志重捕法(胡德高等 1992)、体长与年龄股分析法(邱顺林等 1988,虞功亮等 2002)、声学探测法(陶江平等 2010)和水下视觉探测法(Ruff et al. 1995)等。传统的体长股分析法通过人工计算,效率相对较低,且不能保证精度。2005年,联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)推出了专业的渔业评估软件 FISAT II,通过软件中的实际种群分析(virtual population analysis, VPA)模块,可以快捷地利用鱼类体长或年龄结构数据估算资源量(Gayanilo et al. 2005)。目前,已在国内多个水体的渔业资源评估中得到了应用(吴金明等 2011,熊飞等 2014,郭弘艺等 2017)。

长江中游上起湖北宜昌,下至江西湖口,长 955 km,流域面积 68 万 km²。流经江汉平原,纳清江、汉江等支流,九曲回肠,又有洞庭湖、鄱阳湖等汇入,水系结构复杂,多样的生境条件孕育了丰富的水生生物,更是渔业资源的富集区域,是许多经济鱼类的繁殖地和栖息地。长江中游有多个水生生物自然保护区及水产种质资源保护区,具有较高的保护价值。近年来,因为过度捕捞、水体污染、水利枢纽建设和航道整治工程建设的影响,长江中游的鱼类资源呈现出明显下降的趋势(刘明典等 2018,胡兴坤等 2019,熊美华等 2019)。以往的研究主要侧重于某一江段的资源量或江段内的鱼类群落结构描述。2018年,在长江中游宜昌、石首、洪湖、武汉和湖口五个江段进行了渔获物的抽样调查,并使用 FISAT II 的实际种群分析(VPA)模块对这些江段的鱼类资源进行估算,以了解长江中游渔业资源的整体现状,

并为未来长江禁捕评估提供对照基础。

1 材料与方法

1.1 渔获物调查

2018年分别在长江中游的宜昌市江段(20 km)、石首市江段(20 km)、洪湖市江段(15 km)、武汉市江段(18 km)、湖口县江段(10 km)设立渔获物调查点(图 1)。随机抽取整船次的渔获物,测量鱼类体长、体重,记录种类、渔具、作业地点和水温,访问渔民,统计各江段的总渔船数、渔具以及全年作业的天数这些渔业捕捞信息。

1.2 数据处理

1.2.1 评估种的生长参数 根据渔获物中的优势种组成选择各江段的评估对象,其中,宜昌市和石首市江段为铜鱼(*Coreius heterodon*),武汉市江段为鳊(*Parabramis pekinensis*),洪湖市和湖口县江段为瓦氏黄颡鱼(*Tachysurus vachelli*)。3种评估对象的生长参数分别为,铜鱼 $L_{\infty} = 600.0229$ cm, $k = 0.2325$, $W = 0.005413 L^{3.113}$ (庄平等 1999);鳊 $L_{\infty} = 425$ cm, $k = 0.46$, $W = 0.003 L^{2.945}$ (赵晨等 2019);瓦氏黄颡鱼 $L_{\infty} = 31$ cm, $k = 0.298$; $W = 0.001701 L^{2.875}$ (陈大庆等 2002),式中, L_{∞} 表示极限体长(cm), k 表示生长参数, W 表示体重(g), L 表示体长(cm)。采用 FISAT II 中自然死亡率估算模块估算自然死亡率(M), $\ln M = 0.0152 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln k + 0.463 \ln T$, T 表示栖息江段平均水温。对于温带集群性鱼类, M 取上述所求值的 4/5(Pauly 1980)。

1.2.2 渔获物数据处理与年捕捞量的计算

渔获物抽样数据分江段录入 Excel 电子表格,并计算出每种渔具的日平均捕捞尾数和重量,及评估种在该渔具中的尾数比和重量比。根据抽样船次、年作业天数计算各江段年捕捞

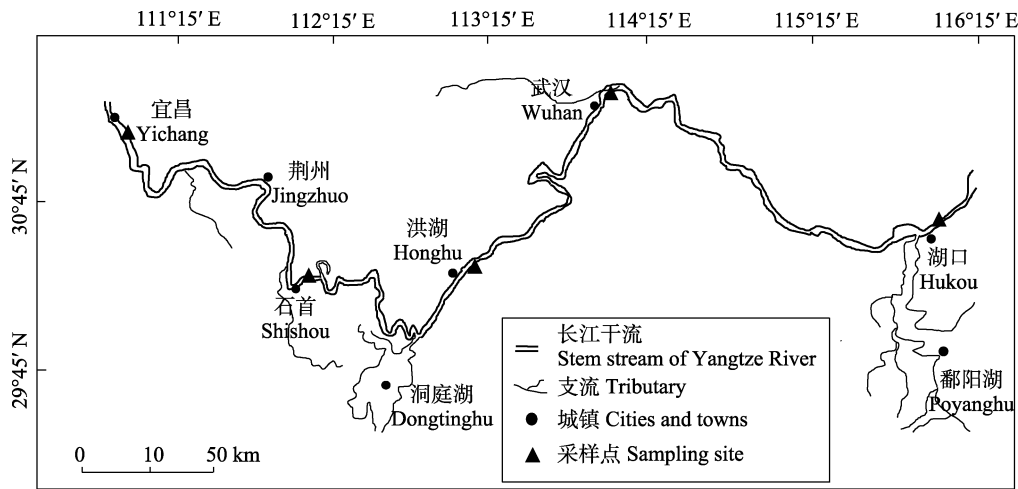


图 1 长江干流采样点

Fig. 1 Sampling point of Yangtze river main stream

量。评估种在年总渔获物中的尾数比 (p) 根据下列公式计算, $p = \sum_{i=1}^n (P_i N_i D_i) / \sum_{i=1}^n (N_i D_i)$, 式中, P_i 为评估种在某种渔具渔获物中尾数比, N_i 为该江段使用该渔具的渔船数量, D_i 为该渔具年作业天数, n 为渔具种类数。

1.2.3 资源量与最大持续产量的估算 分别将铜鱼、鳊、瓦氏黄颡鱼的年渔获物尾数按照体长分组录入到 VPA 模块中, 并输入极限体长 (L_{∞})、生长参数 (k)、自然死亡系数 (M)、最大体长组的捕捞死亡系数 (F_l) 以及体长与体重关系式中的条件系数 (a) 和指数系数 (b)。软件运行得出各体长组的捕捞死亡系数与年均资源量。最大体长组的捕捞死亡系数以 0.5 为初始值, 采用迭代法进行反复计算, 到 F_l 值与各体长组捕捞死亡系数的加权平均值收敛为止, 确定最终的 F_l 值。各体长组的资源量之和为评估种在此江段的年平均资源量, 假定抽样测量的渔获物比例近似反应该江段鱼类群落的比例, 依据评估种在渔获物抽样数据中的比例, 推算该江段其他鱼类的资源量与总体资源量。

评估种的最大持续产量 (maximum sustained yield, MSY) 采用 Cadima 经验公式

(詹秉义 1995) 估算, $Y_{MS} = 0.5 (Y + MB)$, 式中, Y_{MS} 为最大持续产量, Y 为年渔获量, M 为自然死亡率, B 为年资源量。

2 结果

2.1 各江段的年度捕捞情况

各江段的渔业捕捞情况统计结果见表 1。计算出宜昌江段、石首江段、洪湖江段、武汉江段和湖口江段的年捕捞重量分别为 17 136 kg、25 440 kg、187 920 kg、9 240 kg 和 237 480 kg, 总捕捞数量分别为 177 264 尾、4 215 052 尾、3 049 560 尾、75 300 尾和 315 120 尾。

2.2 评估种的年资源量与最大持续产量

根据各江段的年平均水温, 计算出铜鱼、鳊、瓦氏黄颡鱼的自然死亡率 (M) 分别为 0.197、0.807、0.343。在 VPA 模块中, 通过迭代法计算出 5 个江段 3 个评估种总体的最大体长组的捕捞死亡系数 (F_l) 分别为 3.082、2.542、4.810、1.105、4.710; 铜鱼、鳊、瓦氏黄颡鱼总体的年资源数量分别为, 宜昌 659 896 尾、石首 693 338 尾、洪湖 1 104 348 尾、武汉 1 083 322 尾、湖口 47 533 尾, 相应的重量为 623.25 t、698.19 t、0.41 t、148.65 t、0.032 t (表 2)。根据 Cadima 经验公式, 计算出 5 个江段中评估

表 1 各江段的捕捞数据统计

Table 1 Fishery statistic data of three reaches in the Yangtze River

项目 Item	宜昌 Yichang			石首 Shishou			洪湖 Honghu			武汉 Wuhan			湖口 Hukou		
	定置刺网 Fixed net	流刺网 Drift net	地笼 Cage net	定置刺网 Fixed net	流刺网 Drift net	地笼 Cage net	定置刺网 Fixed net	流刺网 Drift net	地笼 Cage net	定置刺网 Fixed net	流刺网 Drift net	地笼 Cage net	定置刺网 Fixed net	流刺网 Drift net	地笼 Cage net
作业船数 Number of boats	11	41	8	25	75	66	53	181	66	100	82	18			
年作业时间 Annual working time (d)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
抽样统计船次 Number of sampling boats	27	9	6	9	15	13	1	10	13	20	5	26			
日均捕捞重量 Average weight of daily catch (kg)	1.54	0.52	0.32	0.82	1.30	2.77	0.23	2.22	2.77	4.62	3.04	16.75			
日均捕捞数量 Average number of daily catch (ind)	16	5	3	16	26	45	4	36	45	38	4	22			
评估种的重量 Weight of assessed species (%)	78.30	3.13	93.06	0.01	0.04	0.78	0.00	0.19	0.78	14.71	0.00	4.37			
评估种的数量 Number of assessed species (%)	68.72	24.32	3.13	17.24	43.58	47.08	0.00	0.23	47.08	31.52	0.00	18.47			
年捕捞总重量 Annual total weight of catch (kg)	11 066.70	3 751.67	2 317.63	9 887.71	15 552.29	99 737.18	8 319.13	79 863.69	99 737.18	55 440	36 535.38	20 944.62			
年捕捞总数量 Annual total number of catch (ind)	114 480	38 809	23 975	1 638 256	2 576 796	161 855	13 500	129 604	161 855	45 180	48 480	266 640			
评估种年捕捞数量 Annual catch number of assessed species (ind)	78 667	9 440	749	282 458	1 122 897	1 435 752	0	7 059	1 435 752	14 239	0	49 250			

表 2 五个江段评估种资源量

Table 2 Resource of evaluation species in the five river reach

江段及评估种 River reach and evaluation species	体长组中值 Mid length (mm)	抽样调查 Number of sampling (ind)		百分比 Percentage (%)	渔获数量 Number of catch (ind)		捕捞死亡率 Fishing mortality rate (%)	资源数量 Resource of resources (ind)		资源重量 Resource weight (t)
		Number of sampling (ind)	Percentage (%)		Number of catch (ind)	Fishing mortality rate (%)		Number of resources (ind)	Resource weight (t)	
宜昌 Yichang	51	1	0.17	173	0.003 0	154 745	4.13			
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	101	0	0.00	0	0.000 0	143 057	29.65			
	151	1	0.17	173	0.002 9	131 381	101.63			
	201	48	8.09	8 301	0.141 0	119 352	239.58			
	251	483	81.45	83 525	3.368 1	99 430	200.32			
	301	55	9.27	9 511	3.245 3	11 010	41.54			
	351	5	0.84	865	3.081 7	920	6.41			
合计 Total		593	100.00	102 547	—	659 896	623.25			
石首 Shishou	101	1	0.36	585	0.006 6	215 163	44.53			
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	151	0	0.00	0	0.000 0	197 041	152.52			
	201	121	44.00	70 843	0.992 5	179 248	290.49			
	251	141	51.27	82 553	3.889 1	94 314	171.46			
	301	12	4.36	7 026	2.541 6	7 571	39.18			
合计 Total		275	100.00	161 007	—	693 338	698.19			

续表 2

江段及评估种 River reach and evaluation species	体长组中值 Mid length (mm)	抽样调查 Number of sampling (ind)	百分比 Percentage (%)	渔获数量 Number of catch (ind)	捕捞死亡率 Fishing mortality rate (%)	资源数量 Number of resources (ind)	资源重量 Resource weight (t)
洪湖 Honghu	51	8	1.57	3 482	0.091 9	307 093	0.053
瓦氏黄颡鱼 <i>Tachysurus vachelli</i>	61	52	10.20	22 636	0.658 4	278 460	0.080
	71	102	20.00	44 402	1.582 2	233 014	0.101
	81	158	30.98	68 779	3.748 8	169 992	0.096
	91	143	28.04	62 249	8.482 2	89 039	0.054
	101	39	7.65	16 977	10.186 3	21 921	0.016
	111	6	1.18	2 612	7.364 1	3 838	0.005
	121	2	0.39	871	4.810 0	991	0.003
合计 Total		510	100.00	222 008	—	1 104 348	0.410
武汉 Wuhan	151	14	5.96	9 176	0.119 7	358 703	18.20
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	181	45	19.15	29 493	0.451 3	287 630	26.38
	211	40	17.02	26 216	0.507 7	205 385	32.68
	241	63	26.81	41 290	1.178 3	137 487	32.77
	271	53	22.55	34 736	2.094 9	67 913	21.89
	301	15	6.38	9 831	1.693 9	19 793	10.43
	331	4	1.70	2 622	1.390 8	5 277	4.48
	361	1	0.43	655	1.104 8	1 134	1.82
合计 Total		235	100.00	154 019	—	1 083 322	148.65
湖口 Hukou	71	7	5.47	677	0.319 7	16 146	0.007 6
瓦氏黄颡鱼 <i>Tachysurus vachelli</i>	81	24	18.75	2 322	1.296 0	14 064	0.009 4
	91	49	38.28	4 741	4.142 0	10 553	0.008 4
	101	36	28.13	3 483	7.899 5	5 053	0.004 4
	111	9	7.03	871	7.393 0	1 277	0.001 5
	121	2	1.56	194	5.458 7	328	0.000 6
	131	1	0.78	97	4.709 9	111	0.000 4
合计 Total		128	100.00	12 384	—	47 533	0.032 0

种铜鱼、鳊、瓦氏黄颡鱼总计的最大持续产量分别为 114.90 t、228.95 t、117.60 t、178.10 t 和 124.61 t。

2.3 各江段的资源量

根据评估种在各江段渔获物中的重量和尾数比例,计算出长江中游宜昌、石首、洪湖、武汉、湖口江段 2018 年的鱼类资源量分别 929 300 尾、2 324 298 尾、4 401 546 尾、3 436 935 尾和 304 114 尾,相应的重量为 1 077.36 t、2 190.74 t、58.57 t、1 010.54 t 和 14.55 t。在宜昌江段,铜鱼和瓦氏黄颡鱼的生物量及尾数较高,分别占全部资源重量的 71.01% 和全部资源尾数的 57.85%,而其他种类在总资源量的比例均不高;在石首江段,铜鱼的重量比例最高,占全部资源重量的 29.85%,并且铜鱼的数量也是最多,占全部资源尾数的 31.87%;在洪湖江段,瓦氏黄颡鱼占总资源尾数的 25.09%;在武汉江段,青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 的重量比最高,占全部资源总量的 17.22%,鳊的数量占 31.52%;在湖口江段,鳊鱼 (*Aristichthys nobilis*) 的重量比最高,占全部资源重量的 56.54%,瓦氏黄颡鱼的数量比最高,占总资源尾数的 15.63%。

3 讨论

3.1 资源量估算的准确性

在实际种群分析 (VPA) 模块中,年渔获量的统计结果直接影响了资源量估算的精度。本文评估的 5 个江段,年渔获量的计算基于抽样调查期间的单船捕捞产量和访问渔民所获得的年捕捞天数,调查期间的单船捕捞产量与年平均单船产量可能存在一定程度的偏差,年捕捞天数也并非实测值,因此计算的年渔获量只是实际值的近似估算。此外,调查江段除定置刺网,流刺网和地笼这 3 种渔具使用频率较高之外,还有其他多种渔具,因其年作业时间较短、抽样数较少,没有纳入统计。由于渔具的选择性以及作业季节的不同,也会造成对鱼类

群落结构描述的偏差。综上,由于年渔获量的计算偏差以及抽样渔具较少,会造成本文估算的鱼类资源量与实际值存在偏差。

3.2 渔业资源保护建议

通过计算评估种的最大持续产量发现,铜鱼的年捕捞量超过了最大持续产量,其他 2 种的年捕捞量均低于最大持续产量。鳊的捕捞群体多集中在体长 241 ~ 271 mm 之间,处于快速生长期 (赵晨等 2019); 瓦氏黄颡鱼捕捞群体的体长多在 91 ~ 101 mm 之间。由此可见,长江中游的鱼类资源面临着过度开发的情况。根据农业农村部关于长江流域重点水域禁捕范围和时间的通告,长江干流及鄱阳湖、洞庭湖及汉江等重点流域最迟将于 2021 年 1 月 1 日全面禁止商业捕捞 (农业农村部 2019),在全面禁渔措施实施后,渔业资源所面临的捕捞压力将会释放,长江中游鱼类资源的恢复是可期待的。需要指出的是,鱼类资源的衰退,除了捕捞压力外,还有污染、航运、涉水工程建设等一系列的压力源,因此,建议相关部门继续推进“长江大保护”这一国家战略,对长江中游的涉水活动加强管理,以促进长江中游鱼类资源的恢复。

参 考 文 献

- Gayanilo F C Jr, Sparre P, Pauly D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. Rome: FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, Revised version. Rome, FAO, 168.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39(2): 175-192.
- Ruff B P, Marchant J A, Frost A R. 1995. Fish sizing and monitoring using a stereo image analysis system applied to fish farming. *Aquacultural Engineering*, 14 (2): 155-173.
- 陈大庆, 刘绍平, 段辛斌, 等. 2002. 长江中上游主要经济鱼类的渔业生物学特征. *水生生物学报*, 26(6): 618-622.
- 郭弘艺, 魏凯, 唐文乔, 等. 2017. 长江靖江段沿岸似鳊生长及种群参数估算. *长江流域资源与环境*, 26(9): 78-86.
- 胡德高, 柯福恩, 张国良, 等. 1992. 葛洲坝下中华鲟产卵的调查.

- 淡水渔业, (5): 6-10.
- 胡兴坤, 高雷, 杨浩, 等. 2019. 长江中游黄石江段鱼类早期资源现状. 长江流域资源与环境, 28(1): 62-69.
- 冷永智, 何立太, 魏清和. 1984. 葛洲坝水利枢纽截流后长江上游铜鱼的种群生物学及资源量估算. 淡水渔业, (5): 21-25.
- 刘明典, 高雷, 田辉伍, 等. 2018. 长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状. 中国水产科学, 25(1): 147-158.
- 农业农村部. 2019. 农业部关于长江流域重点水域禁捕范围和时间通告. (农业农村部通告(2019)4号). [EB/OL]. [2019-12-27]. http://www.moa.gov.cn/ztl/cjbtb/zcwj_26287/202007/t20200722_6349069.htm
- 邱顺林, 陈大庆. 1988. 长江鲟鱼世代分析及资源量的初步评估. 淡水渔业, (6): 3-5.
- 陶江平, 艾为明, 龚昱田, 等. 2010. 采用渔业声学方法和 GIS 模型对楠溪江鱼类资源量及空间分布的评估. 生态学报, 30(11): 2992-3000.
- 吴金明, 娄必云, 赵海涛, 等. 2011. 赤水河鱼类资源量的初步估算. 水生态学杂志, 32(3): 99-103.
- 熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 等. 2014. 长江上游江津和宜宾江段圆口铜鱼资源量估算. 动物学杂志, 49(6): 852-859.
- 熊美华, 杨志, 胡兴坤, 等. 2019. 长江中游监利江段鱼类群落结构研究. 长江流域资源与环境, 28(09): 2109-2117.
- 虞功亮, 刘军, 许蕴珩, 等. 2002. 葛洲坝下游江段中华鲟产卵场食卵鱼类资源量估算. 水生生物学报, 26(6): 591-599.
- 詹秉义. 1995. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社.
- 赵晨, 陈锦辉, 尹增强, 等. 2019. 黄河小浪底水库长春鳊 (*Parabramis pekinensis*) 生长特征研究. 安徽农学通报, 25(1): 70-73.
- 庄平, 曹文宣. 1999. 长江中、上游铜鱼的生长特性. 水生生物学报, 23(6): 577-583.