DOI:10.15928/j.1674-3075.2019.01.005

秦岭甘峪河鱼类资源现状及保护评析

张建禄[1],边 坤[1],马建林[2],苟妮娜[1],王开锋[1]

(1.陕西省秦岭珍稀濒危动物保育重点实验室,陕西省动物研究所,陕西 西安 710032;
2.户县渔政监督管理站,陕西 西安 710300)

摘要:为了解甘峪河秦岭细鳞鲑国家级水产种质资源保护区(下称"保护区")鱼类资源现状,评析保护区成立5年来的保护效果;在保护区内海拔每升高100 m设定1个样点,共计10个样点,采取电捕法分别于2011年5月和2016年8月在各样点进行采样调查。采用Shannon-Wiener指数(H')、Pielou均匀度指数(J')、Simpson指数(D')分析鱼类多样性,采用Pinkas相对重要性指数(IRI)研究鱼类物种优势度。结果表明,保护区鱼类组成单一,仅2目3科3种鱼类。鲤科、鲑科和鳅科鱼类各1种,拉氏鱥(*Phoxinus lagowskii*)为主要种,秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)为一般种,岷县高原鳅(*Triplophysa minxianensis*)为少见种。两次调查中,拉氏鱥分别占73.76%和71.73%,秦岭细鳞鲑分别占21.63%和26.18%,岷县高原鳅仅占4.61%和2.09%。较低的鱼类物种多样性指数反映出保护区鱼类群落结构简单、脆弱,极易受外界干扰。两次调查共捕获161尾秦岭细鳞鲑,均重(16.6 ± 17.1) g,最大个体重仅81.5 g。2016年采集标本的最大个体重和均重均小于2011年。保护区成立5年后,重点保护鱼类秦岭细鳞鲑占比增加,鱼类多样性指数有所升高,反映出保护区对该鱼种的保护效果显著。保护区内秦岭细鳞鲑个体呈明显小型化,岷县高原鳅的资源量有下降趋势。

关键词:甘峪河;鱼类资源;秦岭细鳞鲑;资源保护

中图分类号:Q145 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2019)01-0030-05

通过建立自然保护区来保护物种及其生境,是生物多样性保护中最直接、有效的方法。为保护秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)这一濒危物种,甘峪河秦岭细鳞鲑国家级水产种质资源保护区(以下简称"保护区")于2012年12月7日经中华人民共和国农业部公告(第1873号)审定批准建立,之后严格按照国家级保护区的管理措施,加强了保护力度。保护区位于秦岭北坡,地处西安市户县的西南部,为渭河支流——涝河流域的甘峪河及其支流,包括甘峪河东西2条主河道以及20条支流,河流总长度88.8 km;境内最高海拔2 719 m,最低海拔620 m,相对高差近2 100 m;保护区总面积618.7 hm^2,主要保护对象为秦岭细鳞鲑,其他保护对象包括岷县高原鳅(*Triplophysa minxianensis*)、山溪鲵(*Batrachuperus pinchonii*)、大鲵(*Andrias davidianus*)等,属水产种质资源保护区。

收稿日期:2017-04-05

基金项目:陕西省重点研发计划一般项目(2018NY-108);陕西省科学院科技计划项目(2015K-23);陕西省科技统筹创新工程计划项目(2013KTCL03-13)。

作者简介:张建禄,1985年生,男,助理研究员,主要从事鱼类资源研究。E-mail:469574548@qq.com

通信作者:王开锋,研究员。E-mail:wkf3231185@163.com

为全面了解保护区鱼类资源现状,受陕西省户县渔政监督管理站委托,在保护区成立前的2011年5月初步调查了保护区鱼类资源,并于保护区成立5年后的2016年8月完成第2次调查,掌握了本底资料,评估了保护区建成前后鱼类资源尤其是秦岭细鳞鲑的资源变化,对保护区下一步的建设与管理提供科学数据与理论指导。位于保护区最下游的甘峪河库区在保护区成立前受人为干扰严重,库内分布有鲤(*Cyprinus carpio*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)等人为引入物种,且库区不是保护物种秦岭细鳞鲑和岷县高原鳅等的分布区域,对评估保护区的效果意义不大,因此本研究不讨论库区的鱼类资源状况。

1 研究方法

1.1 样点布设与采样

参照《内陆水域渔业自然资源调查手册》采集鱼类样本(张觉明和何志辉,1991)。由于保护区河流较小,难以下网捕捞,因此两次调查均采用电捕法,原则上以海拔每升高100 m选择1个调查点,具体调查时根据地形稍作调整。本调查所选10个样点位置见图1。每个调查点处在长约100 m的河段内来回电捕,尽量将鱼捕尽,具体操作时调整电捕器电

压，瞬间电击，使鱼短期昏迷，迅速分类统计和称重，除保存少量标本外，其余用 3%食盐水浸泡处理后就地放生。2016 年 8 月调查时，采用便携式多功能水质分析仪（HORIBA-U52）对每个调查点水质现场测定。

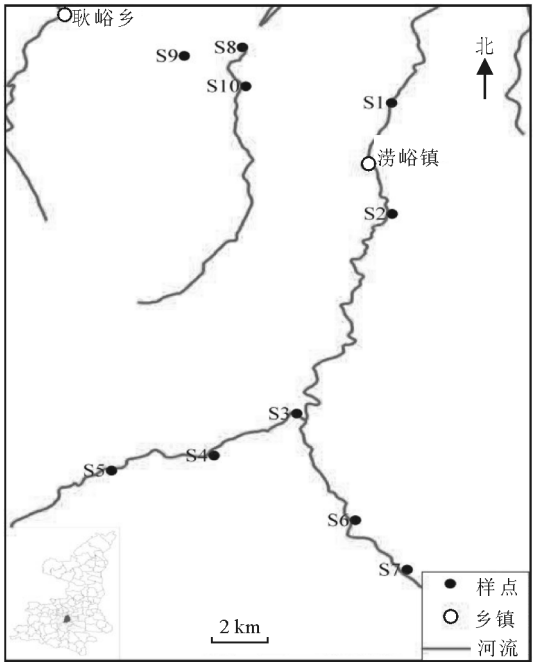

图 1　调查样点分布

Fig.1　Location of the sampling sites

1.2　统计分析

鱼类多样性统计参考孙儒泳（2001）的方法，采用 Shannon-Wiener 指数（H'）、Pielou 均匀度指数（J'）和 Simpson 指数（D'）进行多样性分析。Pinkas 相对重要性指数（Index of relative importance；IRI）用来研究渔获物中鱼类物种优势度（Pinkas，1971）。计算公式如下：

$$H'=-\sum_{i=1}^{S} P_i \cdot \log_2 P_i \tag{1}$$

$$J'=\frac{H'}{\log_2 S}=\frac{H'}{H_{\max}} \tag{2}$$

$$D'=1-\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\right) \tag{3}$$

式中：S 为物种总数；P_i 为第 i 种个体数占群落总个体数的比例；n_i 为某采样点中第 i 种的个数；N 为所有鱼类物种总个体数。

$$\mathrm{IRI}=(W_i+N_i)\times F_i \tag{4}$$

式中：W_i 为物种 i 的重量占总重量的比值；N_i 为物种 i 个体数占总个体数（N）的比值；F_i 为物种 i 出现的样点数占调查总样点数的百分比。

选 IRI≥500 为优势种；100≤IRI<500 为主要种；10≤IRI<100 为一般种；IRI<10 则为少见种。

相对数量 ＝ 某种鱼渔获物总尾数/所有渔获物尾数　　(5)

相对质量 ＝ 某种鱼渔获物总重量/所有渔获物总重量　　(6)

2　结果与分析

2.1　水质参数

2011 年初次调查时，由于条件所限，并未检测水质参数；2016 年 8 月的检测结果显示，甘峪河流域水体 pH 呈弱碱性，为 7.26～7.86。库区浊度和总溶解固体值均较低，分别为 0.8～5.5 NTU 和 0.160～0.207 mg/L。

氧化还原电位（Oxidation reduction potential，ORP）就是还原剂和氧化剂之间的电位差，是反映水体氧化还原能力的量度，可以理解为水质的“活力”，是反映水体的一个综合性指标，虽不能明确表明某种氧化物质与还原物质的浓度，但有助于了解水质状态，水体的氧化能力或还原能力，当水体的 ORP 值高时，表示水体氧化能力强，即处理生物代谢的还原性有机物能力强，系统可更快更有效地处理污染物（赵夕旦等，2000）。由表 1 可知，保护区水体溶氧量高，ORP 值为正。浊度处于较低水平，最高值仅 5.5 NTU，这与同处秦岭水系的黑河流域水体浊度值相当（苟妮娜等，2016）。

表 1　2016 年 8 月各样点水质检测结果

Tab.1　Water quality parameters at each sampling site，August 2016

样点	温度/℃	pH	氧化还原电位/mV	电导率/mS·cm^{-1}	浊度/NTU	溶解氧/mg·L^{-1}	总溶解固体/g·L^{-1}
S1	23.14	7.43	122	0.26	0.8	9.31	0.169
S2	20.26	7.26	171	0.285	1.1	9.52	0.185
S3	21.23	7.86	156	0.247	1.0	9.57	0.161
S4	20.80	7.55	166	0.246	1.3	9.47	0.160
S5	20.56	7.31	145	0.237	3.3	10.16	0.154
S6	17.89	7.57	172	0.296	3.3	10.22	0.193
S7	18.61	7.72	163	0.309	1.6	9.15	0.201
S8	19.33	7.81	158	0.318	5.5	10.23	0.207
S9	20.30	7.41	147	0.284	1.1	9.53	0.185
S10	21.18	7.33	152	0.302	2.1	9.36	0.196

2.2　渔获物组成

两次调查发现，甘峪河保护区鱼类组成简单，10 个样点只有 3 种鱼类，隶属 3 目 3 科 3 种（表 2）。在种类组成方面，鲤科、鲑科和鳅科鱼类各 1 种，分别占 33.3%。数量组成方面，以鲤形目（CYPRINIFORMES）、鲤科（Cyprinidae）的拉氏鱥（*Phoxinus*

lagowskii)和鲑形目(SALMONIFORMES)、鲑科(Salmonidae)的秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenoktsinlingensis*)为主;两次调查中拉氏鱥分别占比73.76%和71.73%,秦岭细鳞鲑分别占21.63%和26.18%,而鲤形目(CYPRINIFORMES)、鳅科(Cobitidae)的岷县高原鳅(*Triplophysa minxianensis*)仅占4.61%和2.09%(图2)。

两次调查共捕获161尾秦岭细鳞鲑,最大个体体重81.5 g,均重(16.6±17.1) g。对比两次调查结果,尽管2016年渔获物中秦岭细鳞鲑绝对数量和相对数量均高于2011年,但不论是最大个体体重还是体均重,2016年均小于2011年;拉氏鱥绝对数量有所上升,体均重和最大个体重变化不大,两次调查的渔获物组成与分析结果见表3。

表2 各采样点鱼类种类组成及数量分布

Tab.2 Fish species composition and quantity at each sampling site

种名	不同采样点2011年/2016年鱼类尾数										分布海拔/m
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
秦岭细鳞鲑	4/2	6/11	16/22	13/19	2/7	12/10	3/6	0/1	6/5	5/10	743～1302
拉氏鱥	25/38	11/35	29/18	20/38	12/7	26/33	28/32	21/13	8/16	28/44	619～1302
岷县高原鳅	4/1	2/4						3/2	2/0	2/1	619～783

表3 渔获物组成分析

Tab.3 Catch composition analysis

种名	数量/尾		均体重/g		最大个体重/g		IRI值	
	2011年	2016年	2011年	2016年	2011年	2016年	2011年	2016年
秦岭细鳞鲑	61	100	18.8±17.6	15.2±14.3	81.5	52.5	56.17	67.17
拉氏鱥	208	274	7.6±1.9	7.8±1.8	17.5	18.5	129.97	129.37
岷县高原鳅	13	8	6.5±0.8	6.3±1.0	8.0	7.5	3.81	1.38

由相对优势度指数(IRI)可见,无论是2011年还是2016年,保护区均无优势种鱼类,相对数量最多的拉氏鱥为主要种,秦岭细鳞鲑为一般种;而相对数量最少的岷县高原鳅为少见种,且这一少见种资源量有继续下降的趋势。

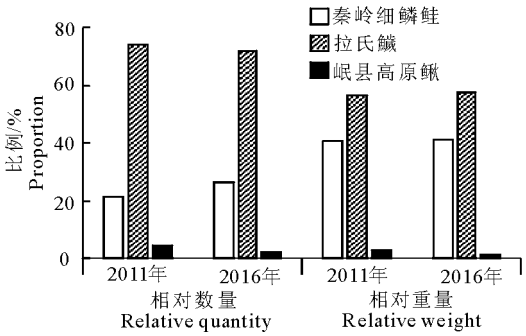

图2 渔获物相对数量与相对重量分布

Fig.2 Relative quantity/weight distribution of each fish catch

2.3 鱼类多样性

保护区鱼类多样性指数见表4。Shannon-Weaver指数(H')、物种丰富度指数(D')和Pielou均匀度指数(J)是反映群落结构稳定性的重要指标,种数越多、分布越均匀,指示群落的多样性越高,群落越稳定。由表4可知,保护区鱼类物种组成单一且分布不均匀,很多河段仅有秦岭细鳞鲑和拉氏鱥,甚至仅有其中1种。保护区鱼类物种多样性指数均较低,反映出保护区鱼类群落结构简单、脆弱,极易受外界干扰。

表4 保护区鱼类群落特征指数

Tab.4 Diversity indices of the fish community in the Conservation Zone

调查年份	物种数	H'	D'	J
2011	3	0.89	0.10	0.66
2016	3	0.96	0.13	0.57

2.4 秦岭细鳞鲑全长与体重的关系

自1966年在秦岭水域发现秦岭细鳞鲑后,其亚种地位一度存在争议。后期研究发现,秦岭细鳞鲑和细鳞鲑生物学性状存在明显差异,如不同的幽门盲囊(65～75 vs. 91～111)、侧线鳞(123～135 vs. 132～175)、鳃耙(19～23 vs. 24～26)以及遗传学方面的研究等(Zhao & Zhang, 2009)。研究保护区内秦岭细鳞鲑全长-体重的回归关系有助于进一步了解其生物学性状,目前还未见这方面报道。

保护区南高北低,南界是甘峪河水源发源地,北界被甘峪水库大坝阻隔,东、西两岸山林植被良好,是一个封闭水域系统。系统内主河道和各支流之间连通性好,各河段间相同鱼种可进行基因交流,秦岭细鳞鲑属于一个种群,能在保护区内能完成其全部生活史并维持其种群规模。两次调查共测得其中92尾秦岭细鳞鲑个体的全长(TL)、体重(W)等生物学指标。通过比较拟合决定系数R^2值来确定全长-体重的回归方程,R^2值越接近1优度越好。本研究发现幂函数曲线的R^2最大,其值为0.974,其

次为二次曲线和线型，R^2 值分别为 0.966 和 0.941。秦岭细鳞鲑全长-体重关系式为：$W = 4 \times 10^{-5} TL^{2.7023}$（$R^2 = 0.974$）；见图 3。

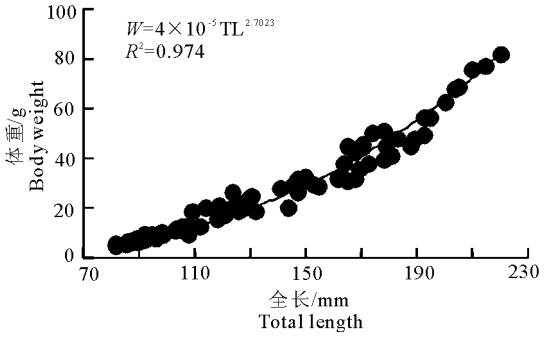

图 3　秦岭细鳞鲑全长与体重的关系

Fig.3　Length-weight relationship for all *B. lenok tsinlingensis*

3　讨论

3.1　保护区鱼类资源现状与分布海拔高度的变化

保护区水质呈弱碱性，溶氧丰富，水质优良。河流多砾石，多数河段水流湍急，适宜秦岭细鳞鲑和拉氏鱥等偏冷水性鱼类生活。然而，由于其山涧溪流型的生境，河面较窄，多在 5 m 以内，且水流量小，水深较浅，其本身环境承载力较小，属于脆弱性水生生态系统。两次调查发现，保护区鱼类组成非常单一，仅 2 目 3 科 3 种鱼类，拉氏鱥占 70%以上，秦岭细鳞鲑分别占 20%以上，而岷县高原鳅仅占比不足 5%，属于少见种，易受滥捕乱捞等外界干扰而消失。据历史资料记载，秦岭细鳞鲑分布于秦岭山脉海拔 900～2 300 m（陕西省水产研究所等，1992）；而本次调查发现，保护区内秦岭细鳞鲑分布最低海拔为 743 m，并且发现秦岭黑河流域秦岭细鳞鲑海拔分布也有降低趋势（张建禄等，2016）。

3.2　鱼类资源下降与个体小型化的原因

鱼类资源下降的现状在国内普遍存在，如李仙江（杨剑等 2010）、漓江（韩耀全等，2010）、黄河干流宁蒙段（刘晓锋等，2010）以及雅砻江支流安宁河（茹辉军等，2016）等。由于保护区内鱼类资源并无历史资料可供参考，因此很难评估其历史变动情况。本研究对比了保护区建成前 1 年（2011 年）和建成运行 5 年后（2016 年）的数据，发现保护区鱼类资源量基本稳定，尤其是秦岭细鳞鲑种群规模维持稳定，反应出保护区良好的保护效果。少见种岷县高原鳅占比略有降低，推测可能是由于秦岭细鳞鲑这一肉食性鱼类数量的上升造成岷县高原鳅资源下降；此外，还发现保护区内秦岭细鳞鲑个体小型化非常明显。近年来的调查显示，秦岭细鳞鲑个体小型化甚至超小型化普遍存在，如陕西黑河流域（张建禄等，2016）和千河流域（任剑和梁刚，2004）。

水温随海拔降低而升高，这将促进鱼类性成熟过程。结合保护区内秦岭细鳞鲑分布海拔明显降低的事实，推测分布海拔下降后水温升高也是保护区秦岭细鳞鲑小型化的原因之一。过度捕捞、食物缺乏等因素引起的生长受阻是导致鱼类个体小型化的主要原因（刘其根等，2005）。保护区水质优良，天然饵料丰富，可排除食物缺乏这一因素。大个体鱼类是捕捞的主要对象，人为捕捞可能是造成保护区秦岭细鳞鲑个体小型化的另一原因。建议进一步加强保护区的宣传和巡查力度，限制进入保护区的车辆和人员的数量，严禁下河捕捞。

参考文献

苟妮娜，边坤，靳铁治，等，2016. 秦岭水域底栖动物初步调查与分析[J]. 西北农业学报，25(2)：188－194.

韩耀全，2010. 漓江鱼类物种多样性及其演变态势研究[J]. 水生态学杂志，3(1)：22－28.

刘其根，沈建忠，陈马康，等，2005. 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，14(1)：79－83.

刘晓锋，李科社，高宏伟，等，2010. 黄河干流宁蒙段渔业资源调查及保护对策[J]. 水生态学杂志，3(4)：135－141.

任剑，梁刚，2004. 千河流域秦岭细鳞鲑资源调查报告[J]. 陕西师范大学学学报，32 (9)：65－168.

茹辉军，张燕，李云峰，等，2016. 雅砻江支流安宁河鱼类群落组成及资源现状[J]. 水生态学杂志，37(5)：68－74.

陕西省水产研究所，1992. 陕西鱼类志[M]. 西安：陕西科学技术出版社.

孙儒泳，2001. 动物生态学原理[M]. 北京：北京师范大学出版社.

杨剑，潘晓赋，陈小勇，等，2010. 李仙江鱼类资源的现状与保护对策[J]. 水生态学杂志，3(2)：54－60.

张建禄，边坤，靳铁治，等，2016. 秦岭黑河流域鱼类资源现状调查[J]. 淡水渔业，46(1)：103－108.

张觉民，何志辉，1991. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京：农业出版社：242－298.

赵夕旦，张和森，宋宇然，2000. 氧化还原电位的测定及在水族中的应用[J]. 北京水产，(6)：44－45.

Pinkas L，Oliphant M，Iverson I，1971. Food habits of albacore，bluefin tuna and bonito in California waters[J]. Fishery Bulletin，152：5－10.

Zhao Y H，Zhang C G，2009. Threatened fishes of the world：*Brachymystax lenok tsinlingensis* Li，1966 (Salmonidae)[J]. Environ Bio Fish，86：11－12.

（责任编辑　万月华）

Fish Resource Status and Assessment of Protection Measures in the Qinling Ganyu River

ZHANG Jian-lu[1], BIAN Kun[1], MA Jian-lin[2], GOU Ni-na[1], WANG Kai-feng[1]

(1.Shaanxi Key Laboratory for Animal Conservation, Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, P.R.China;
2.Huxian Fishery Supervision and Management Station, Xi'an 710030, P.R.China)

Abstract: Ganyu River Qinling Lenok National Aquatic Germplasm Resources Conservation Area (hereinafter referred to as the Conservation Zone) was established in December 2012. The Conservation Zone encompasses the main stem of Ganyu River and its 20 tributaries, with a total river length of 88.8 km and total area of 618.7 hm^2. This study investigated the status of fish resources in the Conservation Zone and evaluated the protective measures carried out over the past five years, aiming to provide scientific data and theoretical guidance for further managing the area. The study was based on the fish resource investigations of May 2011, before establishing the Conservation Zone, and in August 2016, after five years of operation. Ten samples were set over each 100 m change in elevation within the Conservation Zone, carried out by electro-shocking. Water quality parameters were measured in-situ at each sampling site. Shannon-Wiener diversity index (H'), Pielou evenness index (J'), and Simpson index (D') were used to characterize diversity and the Pinkas Index of Relative Importance (IRI) was used to describe species dominance. Fish composition in the Conservation Zone is very simple, consisting of one fish species from each of three families, Cyprinidae, Salmonidae and Cobitidae. *Phoxinus lagowskii* (Cyprinidae) was the dominant species, *Brachymystax lenok tsinlingensis* (Salmonidae) was common and *Triplophysa minxianensis* (Cobitidae) was rare, accounting, respectively, for 73.76%, 21.63% and 4.61% in the first survey and 71.73%, 26.18% and 2.09% in the second. The low fish species diversity indicates that the fish community structure in the Conservation Zone is simple and fragile, and highly vulnerable to external disturbances. A total of 161 *Brachymystax lenok tsinlingensis* specimens were captured in the two surveys, with an average weight of (16.6±17.1) g and a maximum of 81.5 g. By 2016, the proportion of protected species and the species diversity index had increased, but the maximum and average body weight of specimens were less than in 2011. These results indicate that the protection measures taken in the Conservation Zone were successful, but miniaturization of *Brachymystax lenok tsinlingensis* was also evident and the *Triplophysa minxianensis* population is trending downward. We recommend enhancing propagation in the Conservation Zone and imposing strict limits on fishing.

Key words: Ganyu River; fish resources; *Brachymystax lenok tsinlingensis*; protection assessment