

成 芸,赵晓莎,唐永忠,等. 基于标志回捕的赤水河河源段昆明裂腹鱼资源量评估[J]. 渔业研究,2023,45(5):473–479.

基于标志回捕的赤水河河源段昆明裂腹鱼资源量评估

成 芸¹, 赵晓莎^{2*}, 唐永忠², 张友钊²

(1. 昭阳区水务局, 云南 昭通 657000;

2. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区云南管护局, 云南 昭通 657000)

摘要: 本文采用荧光标记、背鳍 T 标、剪鳍标记 3 种标记放流方法, 对昆明裂腹鱼实施标记放流, 结合放流河段跟踪调查结果, 对赤水河河源段昆明裂腹鱼资源量进行评估。本次标记放流时间为 2016 年 4 月, 标记放流数量共计 11 000 尾, 放流地点为赤水河河源段。标记群体跟踪调查时间为 2016 年 5 月、6 月和 7 月, 共调查取样三次。调查结果表明, 剪鳍标记及背鳍 T 标均存在散失的问题, 其中背鳍 T 标的脱标率随着暂养时间的延长呈指数性上升。在调查评估赤水河河源段期间, 昆明裂腹鱼瞬时资源数量分别为 1.99×10^4 、 2.12×10^4 、 1.68×10^4 尾; 瞬时生物量分别为 467.6、726.1、909.3 kg。评估结果表明, 昆明裂腹鱼增殖放流效果显著。实施鱼类增殖放流有利于赤水河河源段自然保护区内鱼类资源的稳定增长、繁殖保护和可持续利用。

关键词: 标志回捕; 昆明裂腹鱼; 资源量评估; 赤水河

中图分类号: S93 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096–9848(2023)05–0473–07

赤水河是长江上游右岸一级支流, 起源于云南省镇雄县境西南场坝镇豆戛寨山箐, 在川、滇、黔三省交界处的梯子岩出省境, 干流在云南省境内长度约 74 km^[1–2]。赤水河河源段位于乌蒙山区腹地喀斯特地貌发育区, 伏流及洞穴密集, 水流湍急, 是南方亚热带山区激流性鱼类及华西鱼类区系成分交汇的区域, 具有独特的鱼类区系及水域环境特点^[3]。该区域是国务院 2005 年批准成立的长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的核心区^[4]。2010 年以来, 保护区管理机构在赤水河河源段开展了每年一次的增殖放流活动。

昆明裂腹鱼 (*Schizothorax grahami*) 是赤水河河源段主要优势种及主要捕捞对象^[5]。昆明裂腹鱼在野生环境下栖息于峡谷或流速较高的河流

中, 为冷水性底层鱼类, 生长温度在 12~20℃ 之间, 最适生长温度为 14~18℃; 冬季常潜于河道石缝或附近岩溶洞穴, 夏季常摄食于砾石滩处, 多食着生藻类, 以硅藻为主, 亦食少量水生昆虫; 繁殖期进行短距离洄游, 为一次性产卵鱼类, 雄鱼 3~4 龄成熟, 雌鱼 4~5 龄成熟^[6]。以昆明裂腹鱼作为指标物种, 可以了解赤水河河源段鱼类资源的现状和变化趋势^[7]。

目前, 对于赤水河鱼类资源量的研究主要是采用传统的捕捞方法调查某一河段的渔业资源, 得出其不同年份年龄组成的变化规律, 从而推测渔业资源的变化情况^[8], 但这种方法本身会对鱼类资源造成破坏。标志回捕法是估算动物种群密度的常用方法, 近年来其常被用于评估渔业资源^[9–11], 由于不同鱼类生活史型以及放流水域

收稿日期: 2022–09–02

基金项目: 昭通水保办〔2017〕新建铁路(成贵线)乐山至贵阳段对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区(云南段)生态补偿项目——增殖放流效果评价

作者简介: 成 芸 (1973—), 女, 副研究馆员, 主要从事档案管理和研究及环境保护。E-mail:451434576@qq.com

通信作者: 赵晓莎 (1986—), 女, 农艺师, 主要从事资源保护相关工作。E-mail:1063983505@qq.com

环境的差异，采用不同的标记方式回捕效果亦有所差异。鉴于保护区 2018 年实施全面禁渔政策后，依靠渔获物监测或累计渔获量法评估鱼类资源量将不再可行。为了解赤水河实施保护管理及增殖放流后的渔业资源状况，本研究以昆明裂腹鱼为指标物种，通过荧光标记、背鳍 T 标、剪鳍标记等方法对放流鱼类进行标记回捕，评估全

面禁捕前的赤水河河源段鱼类资源量，为赤水河全面禁捕后的鱼类资源保护提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2016 年 4 月 25 日在赤水河渡口段放流昆明裂腹鱼及其他鱼种，共计 16.14×10^4 尾（表 1）。

表 1 放流鱼种数量及标记率
Tab. 1 Quantity and marking rate of released species

种类 Species	放流数量/尾 Release number	标记量/尾 Mark quantity/ind			标记率/% Marking rate
		荧光标记 Fluorescence	背鳍 T 标 Dorsal fin – T mark	剪鳍 Fin cutting	
昆明裂腹鱼 <i>S. grahami</i>	28 543	5000	3 000	3 000	38.54
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	40 107	0	0	0	0
华鲮 <i>Sinilabeo</i>	21 028	0	0	0	0
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	61 160	0	0	0	0
岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i>	10 530	0	0	0	0
总计 Total	161 368	5 000	3 000	3 000	6.82

1.2 标记方法

含标记鱼种 11 000 尾，总标记率为 6.82%，其中作为标记鱼种的昆明裂腹鱼标记率为 38.54%；标记鱼种与未标记鱼种经充分混合后放流。标记鱼种选取大小适中规格，平均体长为 (120.0 ± 4.5) mm，平均体质量为 (21.2 ± 2.3) g。

剪鳍标记：选择昆明裂腹鱼 3 000 尾，沿支鳍骨末端剪去腹鳍内侧三根分枝鳍条。70% 酒精消毒及青霉素药浴。

背鳍 T 标：选择昆明裂腹鱼 3 000 尾，选择第二根背鳍不分枝鳍条基部作为挂标部位，悬系塑料质标牌（标记编号：赤 0001 ~ 3500）。70% 酒精消毒及青霉素药浴。

荧光标记：选择昆明裂腹鱼 5 000 尾，在含有浓度 150 mg/L 茜素络合物、pH 7.2 的暂养池中暂养 24 h 进行荧光沉积标记。

标记鱼种经标记及消毒处理后，暂养于贵州省毕节市鑫有农业综合开发有限责任公司鱼种场圆形流水池，池塘面积为 3.14 m^2 ，池水深度为 80 cm。静养 3 d 后装袋，用于放流。

1.3 标记脱标率测算

将标记后的对照组昆明裂腹鱼，分别置于赤水河岔河村小三峡内湾沱中的三个小体积网箱（1 m × 1 m × 0.8 m），每箱投放 500 尾。实验期间投喂草鱼鱼种全价配合饲料。放流后以月为单位捞取网箱中各对照组，进行成活率、标记检出率统计。

1.4 放流群体回捕

回捕时间及采集样区面积如表 2 所示，于 2016 年 5 月 10 日、6 月 8 日至 9 日、7 月 10 日各采集 1 次，采集样区面积分别为 15 000、20 000、28 000 m^2 。放流后，在放流点及上下游各 5、10 km 范围划定 5 个采样样区（图 1），样区范围为两岸即时水位线以下长度 200 m 河段，并且无电站、水坝相隔。样品采集采用电捕、地笼和刺网相结合的方式，运用噪声驱赶及重点区域低压直流电捕捞仪进行回捕，采用地笼和刺网来收集样品。地笼尺寸为 0.5 m × 0.5 m × 15.0 m 和 0.25 m × 0.25 m × 7.50 m，刺网网目尺寸采用内网衣 1.2 cm 和外网衣 4.5 cm 规格的三层刺网。地笼和刺网于采集日的下午放置到采样点，24 h 后取出。

表 2 回捕时间及采样区面积

Tab. 2 Recapture fishing time and sample area

采集日期 Collection date	采集样区面积/m ² Area of sampling area	采集次数 Collection times
05 - 10	15 000	1
06 - 08—06 - 09	20 000	1
07 - 10	28 000	1
合计 Total	63 000	3

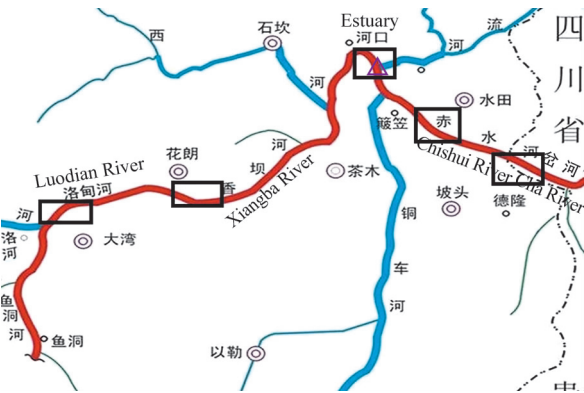


图 1 回捕采样区及调查河段分布

Fig.1 Distribution of recapture sampling areas and survey reaches

注：黑色边框表示回捕采样区；红色线条表示试验流域；蓝色线条表示旁系流域；紫色三角形所在位置为放流点。

Notes: The black border indicated the recapture sampling areas; the red line indicated the test basin; the blue line indicated the side drainage basins; the purple triangle indicated the discharge point.

1.5 渔获物分析

渔获物种类鉴定依据《云南鱼类志》^[12]，并统计渔获物数量及各种类在 5 个采样河段的出现频率。对每一尾采集的标本进行体长、体质量测量，其中昆明裂腹鱼标本检测外部（背鳍 T 型标记、腹鳍分枝鳍条缺失）标记；所有昆明裂腹鱼标本取出微耳石，送至实验室镜荧光检。其他种类个体在现场测量体长、体质量数据后放归水体。

1.6 资源量评估

1.6.1 标记脱标率及修正参数

以对照组不同养殖阶段各种标记的检出数量与初始投放数量的差值计算标记检出率：

$$A = (B/C) \times 100\%$$
 (1)

式 (1) 中：A 为标记检出率；B 为标记检出数量；C 为初始标记投放尾数，取值 500。

$$S = 1 - A$$
 (2)

式 (2) 中：S 为脱标率。

考虑到野外采集个体检出的标记是受伤、被捕食、标记脱落后剩余的个体标记，在计算时，应根据同期对照组计算的标记检出率进行修正：

$$X = Y(1/A)$$
 (3)

式 (3) 中：X 为修正系数；Y 为回捕渔获物中标记检出数量；A 为同期对照检出率。

1.6.2 资源量

运用 Peterson 模型计算赤水河河源段昆明裂腹鱼资源量：

$$N = M(n/m)$$
 (4)

式 (4) 中：N 为昆明裂腹鱼资源量；m 为回捕样品中有标志鱼种的数量或生物量；n 为回捕评估鱼种样本数或生物量；M 为标记鱼种数量或生物量^[13]。

2 结果与分析

2.1 标志鱼暂养试验结果

对照组养殖于管理站微流水救护池塘小体积网箱，5—7 月的每月 10 日对池塘网箱内的昆明裂腹鱼提箱检查 1 次，统计鱼类成活率及标记脱标率，并随机选择 30 尾进行体长测量，求其平均值（表 3）。根据对照养殖各组统计结果看，剪鳍组和背鳍 T 标组的成活率较低，其中标记鱼类的死亡主要出现在最初 15 d 内，养殖后期死亡率下降；死亡个体主要是感染了水霉病，这可能与伤口部位在水温较低的环境条件下较易感染水霉有关，养殖后期由于水温升高，病菌感染概率降低，养殖个体存活率趋于稳定。从标记检出效果看，剪鳍组及背鳍 T 标组均存在散失的问题，其中背鳍 T 标组的脱标率随养殖时间的延长呈指数性升高；至养殖后期，网箱内的鱼种背鳍 T 标大部分脱落。

2.2 渔获结果

放流后于 2016 年 5 月 10 日启动跟踪调查。截止 2016 年 7 月 25 日，在采样区内共计捕获鱼类样本三批次，共采集 21 种、总尾数 865 尾、总渔获量约 24.8 kg（表 4），渔获物中昆明裂腹鱼共计 124 尾、6 045.3 g（表 5）。

赤水河河源段各采样段渔获物结构差异不大，优势种类主要为昆明裂腹鱼及云南光唇鱼

(*Acrossocheilus yunnanensis*), 其次是宽鳍鱮 (*Zacco platypus*) 和泉水鱼 (*Semilabeo prochilus*) 等。反映出赤水河上游干流鱼类分布的格局无明显差异 ($P > 0.05$)。5 个采样河段在渔获种类数上的差异主要体现在水田新滩段缺乏鲤 (*Cyp-*

rinus carpio)、鲫 (*Carassius auratus*) 鱼类及小型适应静水或缓流水生活的中华鲮 (*Rhodeus sinensis*)、波氏吻虾虎鱼 (*Rhinogobius cliffordpopei*) 等, 这也表明水田新滩段深切峡谷及巨石激流更适宜激流底栖鱼类的栖息。

表 3 不同时间各标记方式组养殖对照试验结果统计

Tab. 3 Statistics of control group breeding experiment results for each marker group at different times				
组别 Groups	指标 Indices	日期 Date		
		05 – 10	06 – 10	07 – 10
标记后天数/d Marked days		15	45	75
剪鳍 Fin cutting	平均体长/mm	120 ± 7. 9	122 ± 3. 3	135 ± 1. 2
	存活数/尾	427	336	256
	存活率/%	14. 2	11. 2	8. 5
	标记检出数/个	401	276	207
	检出率/%	80. 2	55. 2	41. 4
	脱标率/%	19. 8	44. 8	58. 6
背鳍 T 标 Dorsal fin – T mark	平均体长/mm	120 ± 5. 1	121 ± 5. 6	129 ± 4. 4
	存活数/尾	413	302	248
	存活率/%	13. 8	10. 1	8. 3
	标记检出数/个	299	212	84
	检出率/%	59. 8	42. 4	16. 8
	脱标率/%	40. 2	57. 6	83. 2
荧光标记 Fluorescent labeling	平均体长/mm	124 ± 2. 2	127 ± 3. 9	129 ± 4. 4
	存活数/尾	486	455	429
	存活率/%	9. 7	9. 1	8. 6
	标记检出数/个	5	5	5
	检出率/%	97. 2	91. 0	85. 8
	脱标率/%	2. 8	9. 0	14. 2

注: 1) 8 月后因汛期涨水, 网箱拆除; 2) 检出率按检出携带标记的样本与原放养数量 (500 尾) 的比值计算; 3) 荧光标记组按随机取样 5 尾, 取耳石荧光显微镜检, 以发出荧光为检出。

Notes: 1) After August, due to the flood season, the cages were removed; 2) The detection rate was calculated as the ratio of the detected samples with marks to the original stocking number (500 individuals); 3) In the fluorescence labeling group, 5 randomly sampled otoliths were taken for fluorescence microscopy, and fluorescence was detected.

表 4 赤水河上游渔获物组成分析

Tab. 4 Catches of Chishui River upstream						
种类 Species	数量/ind Quantity	体质量/g Body mass	尾数占比/% Proportion of individuals	体质量占比/% Proportion of body mass	IRI	
红尾副鳅 <i>Paracobitis variegatus</i>	39	924. 4	4. 51	3. 73	823	
白甲鱼 <i>Onychostoma sima</i>	2	348. 2	0. 23	1. 40	25	
光泽黄颡 <i>Pelteobaggrus nitidus</i>	10	233. 2	1. 16	0. 94	178	
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	24	506. 8	2. 77	2. 04	482	
乌苏鲃 <i>Leiocassis ussuriensis</i>	8	235. 6	0. 92	0. 95	112	
泉水鱼 <i>S. prochilus</i>	122	1 677. 2	14. 10	6. 76	2 086	
墨头鱼 <i>Garra pingi pingi</i>	24	3 939. 1	2. 77	15. 87	1 585	
中华鲮 <i>R. sinensis</i>	46	185. 6	5. 32	0. 75	607	

续表 4

种类 Species	数量/ind Quantity	体质量/g Body mass	尾数占比/% Proportion of individuals	体质量占比/% Proportion of body mass	IRI
昆明裂腹鱼 <i>Schizothorax grahami</i>	124	6 045.3	14.34	24.36	3 870
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	9	1 045.6	1.04	4.21	158
云南光唇鱼 <i>A. yunnanensis</i>	164	4 300.9	18.96	17.33	3 629
鲤 <i>C. carpio</i>	4	1 220	0.46	4.92	161
鲫 <i>C. auratus</i>	36	791.2	4.16	3.19	735
宽鳍鱲 <i>Z. platypus</i>	109	1 565.6	12.60	6.31	1 891
西昌华吸鳅 <i>Sinogastromyzon sichangensis</i>	14	59.9	1.62	0.24	112
短身白甲鱼 <i>Onychostoma breve</i>	1	94.7	0.12	0.38	7
鲈鲤 <i>Percocypris pingi</i>	2	623.6	0.23	2.51	41
石爬鮡 <i>Euchiloglanis</i> spp.	4	118.8	0.46	0.48	28
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	7	265.6	0.81	1.07	56
蛇鮈 <i>Saurogobio dabryi</i>	12	238.3	1.39	0.96	141
波氏吻虾虎鱼 <i>R. cliffordpopei</i>	104	396.3	12.02	1.60	1 362
合计 Total	865	24 815.9	100.00	100.00	

注：IRI >1 000 为优势种。
Note:IRI >1 000 is the dominant species.

表 5 昆明裂腹鱼回捕结果

Tab. 5 Results of catching *S. grahami*

采集时间 Collection time	采集尾数/尾 Collection individuals	生物量/g Biomass
05－10	66	1 785
06－08—06－09	42	2 009
07－10	16	2 250
合计 Total	124	6 045

注：样区河段相同，不同月份采样河宽有差异。
Notes:The river section in the sample area is the same,
but the sampling river width in different months is different.

2.3 标记回收

试验期间共计收回标记 54 个，其中剪鳍标记 13 个、背鳍 T 标 7 个、荧光标记 34 个。所有标记均采自赤水河岔河段。按修正系数计算，回捕期间渡口段标记鱼修正回收数 68.8 个，总回收率为 0.625%（表 6）。

2.4 资源量估算

如表 7 所示，赤水河河源段 2016 年 5—7 月调查河段内昆明裂腹鱼个体数量为 $1.68 \times 10^4 \sim 2.12 \times 10^4$ 尾；总生物量为 467.6 ~ 909.3 kg。

表 6 采样区内标记回收数量

Tab. 6 Statistical results of markers of sampling areas

标记回收日期 Mark recovery date	标志方式 Marking mode	回收数量/尾 Quantity	平均体长/mm Average body length	体质量/g Body mass	距放流日期天数/d Days from the release date	修正回收系数 Corrected recovery factor	修正回收数/个 Corrected recovery quantity
05－10	剪鳍标记	8	121.1	25.2	15	1.25	10.0
	背鳍 T 标	6	121.2	21.9		1.67	10.0
	荧光标记	16	124.4	26.1		1.03	16.5
06－10	剪鳍标记	4	131.4	24.9	45	1.82	7.3
	背鳍 T 标	1	136.5	29.6		2.38	2.4
	荧光标记	11	146.6	34.2		1.10	12.1
07－10	剪鳍标记	1	156.3	39.6	75	2.44	2.4
	荧光标记	7	173.4	56.2		1.16	8.1

表 7 昆明裂腹鱼资源量计算
Tab. 7 Assessment of *S. grahami* resource on quadrates

标记回收日期 Mark recovery date	标志鱼数量/尾 Marked fish quantity	尾均重/g Average weight	修正回收数/个 Corrected recovered quantity	瞬时资源量 Instantaneous resource	
				数量/尾 Quantity	生物量/kg Biomass
05 - 10	30	24.4	36.5	1.99×10^4	467.6
06 - 10	16	29.6	21.8	2.12×10^4	726.1
07 - 10	8	55.2	10.5	1.68×10^4	909.3

3 讨论

3.1 标记回捕方法

运用标记回捕方式评估放流效果，其前提是水体相对封闭，无迁入和迁出。赤水河河源段的水田新滩至岔河约 3 km 属于跌水区域，河床比降系数大，局部河道高差超过 40 m，来自下游的鱼类洄游很难越过该河段进入上游，因此位于镇雄、威信两县的赤水河河源段约 74 km 河道水域环境相对封闭，适宜采用标记回捕方式进行评估。从标记回捕情况来看，较大的背鳍 T 标在小规格鱼种标记中，存在对鱼体伤害较严重的问题，因此建议标记对象体长规格应不小于 16 cm。用于背鳍挂牌标记的鱼种应选择背鳍第一根不分枝鳍条为硬棘的鱼类，如中华倒刺鲃、岩原鲤等。而昆明裂腹鱼背鳍前两根不分枝鳍条柔弱，使用背鳍挂标，难以固定标签，脱落率较高，因此建议选择荧光标记方式。

本文的标志回捕法是较为传统的方法，操作简单，成本较低，易于识别和回收，但标志可能脱落或消失，也易对鱼体产生不良影响。随着技术的发展，标记方法逐渐多样化，出现了耳石标记、微型编码标记和基因标记等。目前还有利用构建数学模型的方法进行渔业资源评估，比如基于单位补充量渔获量（YPR）模型的评估方法，该模型结构简单，仅需要生长、死亡和体长-体质量关系等数据，估算增殖放流种类的生长参数及自然死亡系数，评价放流群体残存量、回捕量、回捕率和回捕效益等。YPR 模型可以方便地估算放流群体生物量随着时间推移的变化，通过与增殖放流成本相结合，能够较好地反映增殖项目的总体效益。另一方面，YPR 模型方法简化了放流目标种的生物学特征，未考虑群体的补充过程、密度制约及其他影响因素，难以反映放

流群体与自然群体的相互作用^[14]。还有声学手段进行渔业资源评估，数字回声探测仪如 Bio Sonics DT - X，在鱼群集群现象比较突出以及调查区域鱼类体长普遍较短时，可以发挥比较大的优势，此外在测区水深较浅时，其受气泡等因素干扰较大^[15]。

3.2 渔获物分析

春季放流后正处于鱼类繁殖季节，资源群体中存在生殖补充的新增个体，造成监测及统计结构存在一定的误差。在秋、冬季节放流，可避免鱼类繁殖造成的数据干扰。此外，在春、夏交季时节放流后，河流进入汛期，径流量增大，流速增加，加之放流规格偏小，鱼类游泳能力较弱，放流鱼类大多被冲向下游。秋、冬季节河流处于枯水期，流量及流速均较小，可为放流鱼类提供一个较长的适应期。

赤水河河源段渔获物中，除了云南光唇鱼、泉水鱼、宽鳍鱲等生活史相对简单的小型鱼类外，昆明裂腹鱼、岩原鲤、中华倒刺鲃等长江上游特有鱼类占有较大比例，这与黎良^[16]等研究的 2010—2013 年赤水市江段共调查到鱼类 58 种，其中唇鲮、中华倒刺鲃、蛇鮈、瓦氏黄颡鱼、大鳍鱮（*Mystus macropterus*）、吻鮈（*Rhinogobio typus*）、粗唇鲃（*Leiocassis crassilabris*）、银鮈（*Squalidus argentatus*）、鲤、鳊（*Siniperca chuatsi*）、切尾拟鲃（*Pseudobagrus truncates*）、鲫和鲇（*Silurus asotus*）等底层鱼类为该江段的主要优势种类略有不同，这可能是因为渔民的大量捕捞导致鱼类优势种类减少及数量降低。为保护渔业资源，实施“十年禁渔”很有必要，本次增殖放流促进了渔业资源恢复。根据监测和评估结果显示，持续利用昆明裂腹鱼等鱼类进行增殖放流，对保持赤水河河源段的鱼类资源及水生生态系统的稳定性具有重要的作用。

参考文献：

- [1] 危起伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区科学考察报告 [M]. 北京：科学出版社，2012：13–14.
- [2] 曹文宣，常剑波，乔晔，等. 长江鱼类早期资源 [M]. 北京：中国水利水电出版社，2007：35–37.
- [3] 李思发. 长江重要鱼类生物多样性和保护研究 [M]. 上海：上海科技出版社，2001.
- [4] Barbour M T, Gemtsen J, Snyder B D, 等. 溪流及浅河快速生物评价方案——着生藻类、大型底栖动物及鱼类 [M]. 郑丙辉，刘录三，李黎，译. 北京：中国环境科学出版社，2011：37–38.
- [5] 陈小勇. 云南鱼类名录 [J]. 动物学研究，2013，34 (4)：281–343.
- [6] 杨梅. 昆明裂腹鱼胚胎发育及早期抗氧化能力研究 [D]. 贵阳：贵州大学，2020.
- [7] 潘炯华，刘成汉，古华民，等. 利用聚类分析法对我国淡水鱼类分布区划的初步探讨 [J]. 华南师范大学学报，1985 (1)：86–95.
- [8] 蔡庆华，唐涛，刘建康. 河流生态学研究中的几个热点问题 [J]. 应用生态学报，2003，14 (9)：1573–1577.
- [9] 陈丕茂. 渔业资源增殖放流效果评估方法的研究 [J]. 南方水产，2006 (1)：1–4.
- [10] 韩书煜，邹建伟，陈剑锋，等. 人工增殖放流石斑鱼类的标识技术研究 [J]. 现代渔业信息，2010，25 (1)：12–17.
- [11] 周永东，徐汉祥，戴小杰，等. 几种标志方法在渔业资源增殖放流中的应用效果 [J]. 福建水产，2008 (1)：6–12.
- [12] 褚新洛. 云南鱼类志——上册 [M]. 北京：科学出版社，1989.
- [13] Hyslop E J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application [J]. Journal of Fish Biology, 1980, 17 (4)：411–429.
- [14] 张崇良，徐宾铎，薛莹，等. 渔业资源增殖评估研究进展与展望 [J]. 水产学报，2022，46 (8)：1509–1524.
- [15] 沈蔚，陈明，童剑锋，等. 用于渔业资源调查评估的两种声学手段的比较 [J]. 淡水渔业，2018，48 (1)：34–40.
- [16] 黎良，袁维林，刘飞. 赤水河赤水市江段鱼类资源现状 [J]. 长江流域资源与环境，2015，24 (11)：1884–1890.

Assessment of the resources of *Schizothorax grahami* in the headwaters of Chishui River based on the marking and recapture

CHENG Yun¹, ZHAO Xiaosha^{2*}, TANG Yongzhong², ZHANG Youzhao²

(1. Zhaoyang District Water Bureau, Zhaotong 657000, China;

2. Yunnan Administration and Conservation Bureau of Rare and Endemic Fish National Nature Reserve in the Upper Reaches of the Yangtze River, Zhaotong 657000, China)

Abstract: In order to understand the status of fishery resources after the implementation of conservation management and stocking of the Chishui River, and to provide a data base for future fish conservation and stocking work, this study was conducted in 2016 by using three methods of fluorescent tagging, dorsal fin T-tagging, and fin clipping tagging to mark and recapture *S. grahami* as an indicator species, and using breeding experiments to deduce the marker loss rate. Three samples were taken in May, June and July to assess the fish resources in the source section of the Chishui River. The results showed that the instantaneous resource numbers of *S. grahami* in the source section of the Chishui River during the assessment period were 1.99×10^4 , 2.12×10^4 and 1.68×10^4 individuals, respectively; the instantaneous biomass was 467.6 kg, 726.1 kg and 909.3 kg, respectively. Both the clipped fin marker group and the dorsal fin T marker group suffered from fall off and loss, with the loss rate of the dorsal fin T marker increasing exponentially with the increase of breeding time. The evaluation results showed that the continuous proliferation and release had a significant effect on the stability of fish resources in the headwaters of Chishui River and was conducive to the recovery of fish resources.

Key words: marking and recapture; *Schizothorax grahami*; assessment of resources; Chishui River