DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00262

长江上游圆筒吻鮈年龄与生长的研究

王美荣[1,2] 杨少荣[1,2] 刘 飞[1,2] 黎明政[1,2] 但胜国[1] 刘焕章[1]

(1. 中国科学院水生生物研究所, 水生生物多样性与保护重点实验室, 武汉 430072;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 于2008—2010年在长江上游四川合江和重庆木洞江段共采集圆筒吻鮈样本511尾, 研究了其年龄与生长特征, 并提出了合理的鱼类资源保护对策。结果表明, 所采集的圆筒吻鮈分 6 个年龄组, 2—4 龄居多, 占95.7%; 体长与鳞径为直线正相关, 雌雄群体间无显著差异, 表达式为 L= 51.28 R + 37.45(r = 0.85, n = 397); 各龄组、雌雄群体的实测体长均值和退算体长均值无明显差异(t = 0.751, P > 0.05); 体长与体重呈幂函数关系, 雌雄群体间无显著差异, 表达式为 W= 8×10^{-6} $L^{3.099}$ (r = 0.97, n = 397), 其生长属等速增长类型; 生长规律可以用 von Bertalanffy 方程表示, 分别为: L_t = 348.78 [1−$e^{-0.18\,(t+1.15)}$], W_t = 603.17 [1−$e^{-0.18\,(t+1.15)}$]$^{3.099}$; 生长拐点处的年龄为 5.12, 此时的体长和体重分别为 236.23 mm 和 180.33 g; 圆筒吻鮈个体出现小型化现象; 根据研究, 长江上游圆筒吻鮈处于不合理的开发状态, 应限制捕捞、加强保护。

关键词: 圆筒吻鮈; 长江上游; 年龄; 生长
中图分类号: Q958.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2012)02-0262-08

圆筒吻鮈(*Rhinogobio cylindricus* Günther), 地方名尖脑壳、尖尖鱼、尖嘴嘴、小眼吻鮈等, 属鲤科(Cyprinidae)鮈亚科(Gobioninae)吻鮈属(*Rhinogobio*), 是长江上游特有鱼类[1, 2]。圆筒吻鮈为底栖鱼类, 其肉味鲜美, 是其分布区主要经济鱼类之一[3], 具有一定的经济价值。

目前, 已有多位学者对圆筒吻鮈的生物学特性进行过研究[3−7]; 陈定福等[8]曾对吻鮈和圆筒吻鮈的6 种组织中的 8 种同工酶进行了研究; 孙玉苗等[9]以吻鮈、圆筒吻鮈和长鳍吻鮈为例, 研究了吻鮈属鱼类物种的分化; 温龙岚等[10]研究观察了吻鮈、圆筒吻鮈的组织学特点。

但是, 在三峡库区蓄水后, 长江上游的生态环境发生了极大的变化, 因而可能给喜流水生活的圆筒吻鮈带来影响。本文对长江上游圆筒吻鮈样本进行了年龄与生长的研究, 以积累圆筒吻鮈的基础生物学资料, 了解三峡蓄水后圆筒吻鮈的生长规律, 为长江上游圆筒吻鮈资源的保护和合理开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样本收集

研究所用圆筒吻鮈样本为2008—2010年每年的5—6月和 8—10 月, 在长江上游四川合江及重庆木洞江段, 用三层流刺网(内网目 5 cm, 外网目 52 cm)、四层流刺网(内网目 5.5 cm, 外网目 52 cm)、百袋网和船罾(网目 2 cm)等渔具捕获, 共计 511 尾, 总重 47.17 kg, 其中具有鳞片资料的样本为 397 尾。

1.2 样本处理

活体状态下测量并记录体长、体重等常规生物学数据(体长精确到 1.0 mm, 体重精确到 0.1 g); 参照殷名称等的六期划分标准确定性腺发育程度[11]。摘取 5—10 枚背鳍起点正下方与侧线上方中间的正常鳞片, 对鳞片进行清洗和装片, 在解剖镜下(放大

收稿日期: 2011-01-05; 修订日期: 2011-11-04
基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(No. KZCK1-YW-08-01); 国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境项目(No.SX2009-019)资助
作者简介: 王美荣(1986—), 女, 安徽巢湖人; 在读博士研究生; 主要从事鱼类生态与资源保护研究。E-mail: wangmr@ecologycn.org
通讯作者: 刘焕章, E-mail: hzliu@ihb.ac.cn

15 倍)进行观察并鉴定年龄。本研究参照邓中粦等[5]的方法进行年龄计数和确认, 以元月 1 日为年龄递增日期划分年龄组。如已有年轮数为 a, 若在第 a 个年轮的外侧新年轮形成后外缘有一部分环片出现, 将年龄计为$(a+1)^+$; 若在第 a 个年轮的外侧新年轮尚未完全形成但已出现较少密带的个体则年龄计为(a+1)。选择轮纹清晰、形状规则的鳞片测量鳞径 R 和轮径 r_n(精确到 0.01 mm), 鳞长的测量(图 1b、c)。鳞径是鳞焦到正侧区边缘之间的距离, 轮径是鳞焦至正侧区年轮之间的距离。

1.3　数据处理

参考殷名称[11]的方法, 拟合出体长与鳞径和体重的相关方程。通过体长退算, 求出圆筒吻鮈体长、体重的生长方程及其生长速度和生长加速度方程。本文数据统计分析、图形绘制主要利用 Microsoft Excel 2007、SPSS13.0 和 Photoshop CS3 等软件完成。

体长与鳞径和体重的关系　　将指数、线性、多项式和幂函数关系下的体长与鳞径数据进行回归分析, 选择相关系数最大者为其最优方程。用 KEYS 公式[12]来表示鱼类体长与体重的关系, 运用幂函数进行拟合, 其表达式为: $W = a L^b$。式中, W—实测体重(单位: g); L —实测体长(单位: mm); a —生长的条件因子; b —幂函数指数。同时通过残差平方和[13]检验体长与鳞径、体重关系在雌、雄群体间有无差异。

生长退算　　运用 Lea 正比例公式[11]退算圆筒吻鮈各龄组的退算体长, 表达式为: $L_n = (L / R)r_n$ 。式中, L_n—任一年份的体长(mm); L—实测体长(mm); R—鳞径(mm); R_n—任一年份的实测鳞长(鳞径和轮径)(mm)。

生长方程　　用 von Bertalanffy 方程进行生长拟合[11], 其表达式如下:

$$L_t = L_\infty[1-e^{-k(t-t_0)}];$$
$$W_t = W_\infty[1-e^{-k(t-t_0)}]^b;$$

式中, L_t 、W_t —表示 t 龄时的理论平均体长(mm)、体重(g); L_∞、W_∞—表示平均渐近体长(mm)、体重(g); k —生长曲线的平均曲率; t —通常用年龄表示; t_0 —理论生长起点年龄; b —体长体重关系式中的幂函数系数。

2　结果

2.1　渔获物组成

体长和体重分布　　将 511 尾渔获物的体长和体重分布分析得出, 体长范围为 96—275 mm, 其中体长为 120—240 mm 的个体占大多数, 占 96.1% ; 160—200 mm 的个体占 58.5%。渔获物的体重范围为 10.0—334.2 g , 其中 180 g 以下的个体占渔获物总数的 97.1%。由此可见, 渔获物中小个体、低龄鱼和大个体、高龄鱼较少, 中间水平占大多数。

年龄组成和性比　　对 397 尾样本年龄组成进行分析表明, 圆筒吻鮈年龄由 1—6 龄组成, 主要为 2—4 龄, 约占 95.7% 。其中 3 龄鱼所占的比例最大, 达到 55.9% ; 其次是 4 龄鱼和 2 龄鱼, 分别占 23.2% 和 16.6% ; 5 龄以下的个体占 99.4% ; 6 龄鱼所占比例最低, 为 0.05% 。

解剖的 397 尾圆筒吻鮈样本中, 可肉眼直接判定雌雄的个体为 395 尾(雌性 228 尾, 雄性 167 尾), 群体性比为♀：♂=1.37：1。卡方检验表明雌性个体显著多于雄性个体($X^2 = 9.420$, $P<0.01$)。

2.2　年轮特征

圆筒吻鮈的鳞片(图 1a)为细小的圆鳞, 略呈倒三角形。前区宽而短, 鳞焦位于前区。环片在前区排列致密且纤细; 后区松散, 且被放射沟分割而破碎, 造成轮纹在后区不够完整或连续, 两侧区的环片排列整齐, 近似呈同心圆排列。

观察到的圆筒吻鮈鳞片上的年轮特征主要为疏密和碎裂结构, 碎裂结构主要表现为两种, 疏密碎裂型和切割碎裂型。在透射光下观察, 疏密碎裂型年轮(图 1d)表现为其内侧为密环彼此靠拢甚至黏合, 呈现粗黑的线状阴影结构, 其外的环片碎裂成短棒状凸出结构, 透光性增强; 切割碎裂型年轮(图 1e)表现为环片切割和碎裂结构同时出现在一个年轮上, 上一个生长年带临近结束时, 有 2—3 个环片变粗靠近并碎裂, 内侧的密环突然被碎裂的环片切割, 呈现典型的切割碎裂型年轮。除碎裂型年轮外, 还有普通疏密型(图 1f), 普通切割型(图 1g)。

鳞片上存在幼轮、副轮和生殖轮, 幼轮需要通过退算一龄体长和轮径以及环片数总和确定, 其外环是密环, 存在疏密型和切割型(图 1h)。副轮大多数仅出现在一侧, 轮纹不完整、无规律, 其外侧一般为密环; 而年轮在鳞片的两侧区基本对称, 轮纹完整、周期性的, 其外侧是疏环; 并且副轮(图 1i)与年轮间的距离较近。生殖轮出现处环片排列不规律, 并且环片扭曲变粗, 透光性增强, 环片间距增大。

2.3　生长

体长与鳞径的关系　　在选用的指数、线性、多项式和幂函数四种回归模型中, 线性回归的相关

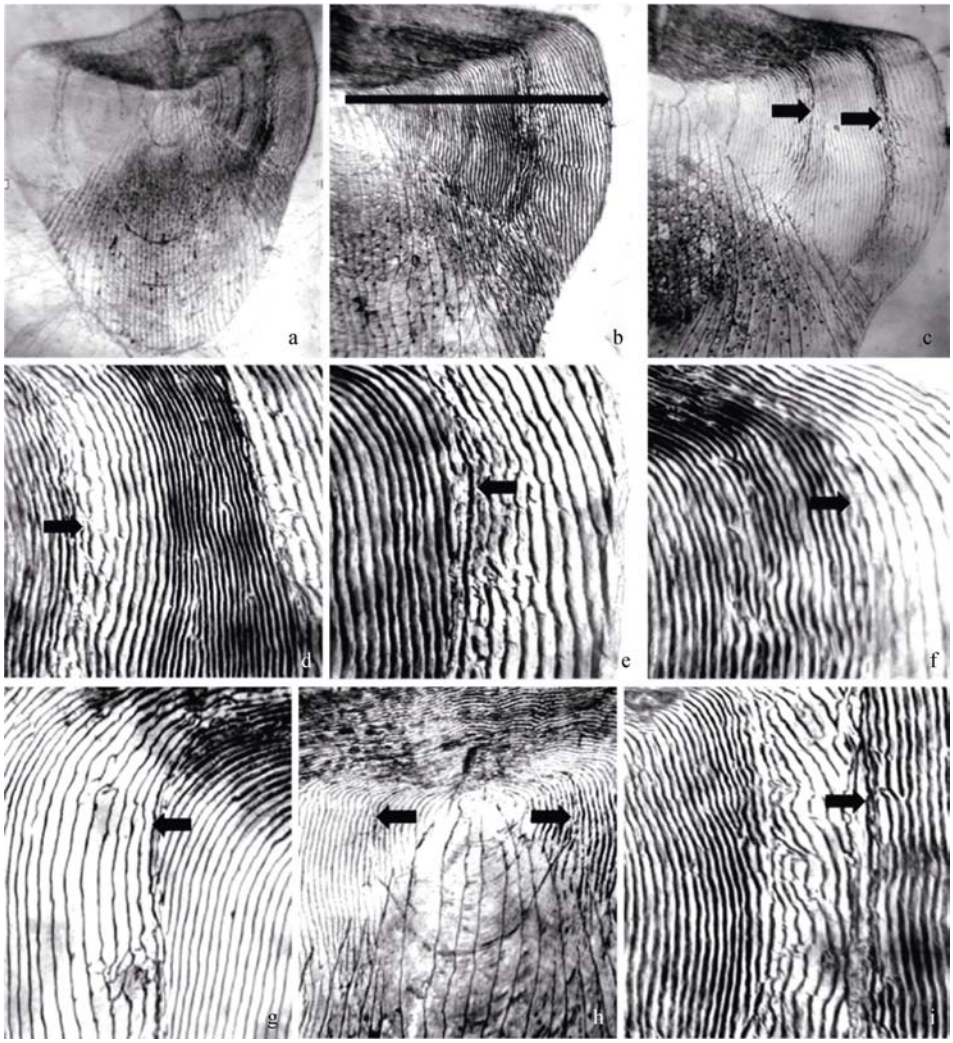

图 1 长江上游圆筒吻鮈的年轮类型

Fig. 1 The types of annuli of *R. cylindricus* in the upper reaches of the Yangze River

a. 圆筒吻鮈的鳞片; b. 鳞径的测量(箭头示测量方向); c. 年轮环片示意图(箭头示年轮); d. 疏密碎裂型年轮; e. 切割碎裂型年轮; f. 普通疏密型年轮; g. 普通切割型年轮; h. 切割型幼轮; i. 切割型副轮

a. Scales of *R. cylindricus*; b. Measurement direction of scale radius (black arrow shown direction); c. Annuli rings that black arrows shown; d. Loose-close and disintegrate type; e. Cut and disintegrate type; f. Cut type; g. Disintegrate type; h. Fry check of cut type; i. False ring of cut type

系数最大, 因此选用线性关系来拟合圆筒吻鮈样本的体长(L, mm)和鳞径(R, mm)的关系; 且经残差分析, 表明雌、雄群体间无显著差异(P>0.05)。因而, 体长与鳞径关系可以用雌、雄群体合并来拟合两者间的关系, 其表达式为:

$L = 51.28\ R + 37.45$($r = 0.85$, $n = 397$)(图 2)。

生长退算 采用 Lea 公式进行体长退算得到各龄组的退算体长(表 1)。根据原始数据用单因素方差分析检验同一性别内、各年龄间的退算体长及同一年龄、两性间的退算体长是否存在差异。结果表明在同一年龄组, 各退算体长在雌雄群体间无显著差异(P>0.05); 而在同一性别内, 不同年龄之间的各退算体长存在极显著的差异(P<0.01), 可能是由于不同世代圆筒吻鮈的生长发育、环境适应性等有

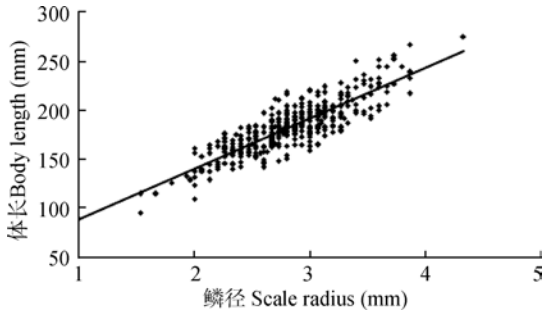

图 2 圆筒吻鮈体长与鳞径的关系

Fig. 2 The relationship between body length and scale radius of *R. cylindricus*

表 1　圆筒吻鮈各龄组的退算体长

Tab. 1　Back-calculated body length of *R. cylindricus* at each age group(mm)

年龄	样本量	实测体长 Measured BL		退算体长 Back-calculated BL				
Age	Sample size	变幅 Range	均值+标准差 Mean±SD	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
1	5	96—126	112.4±10.9					
2	67	124—181	155.4±13.8	103.8				
3	222	142—244	181.7±16.3	84.0	145.3			
4	92	178—252	206.4±16.7	78.4	125.5	175.9		
5	9	225—256	235.4±11.2	75.0	118.9	169.0	212.1	
6	2	267—275	271.0±5.7	72.8	114.8	158.8	200.5	244.5
加权平均体长 Weighted mean BL				82.8	126.1	167.9	206.3	244.5

所不同才会使其退算体长产生这样的差异。同时, 对各龄组、雌雄群体的实测体长均值和退算体长均值进行配对样本 t 检验, 显示实测体长和退算体长较为接近, 其差异没有达到显著水平($t = 0.751$, $P > 0.05$)。

体长与体重的关系　　将 397 尾样本中雌、雄的实测体长、体重数据分别进行拟合, 经残差平方和检验分析, 表明雌、雄群体间无显著差异($P > 0.05$)。因而可以用雌、雄群体合并来表示其体长与体重的关系, 其表达式为:

$W = 8\times10^{-6} L^{3.099}$($r = 0.97$, $n = 397$)(图 3)。

经 Sokal 和 Rohlf 的公式[14]检验上述公式中 b 值 3.099 与标准值 3 近似, 表明圆筒吻鮈的生长属于等速增长类型($b = 3$)[15]($P>0.05$)。

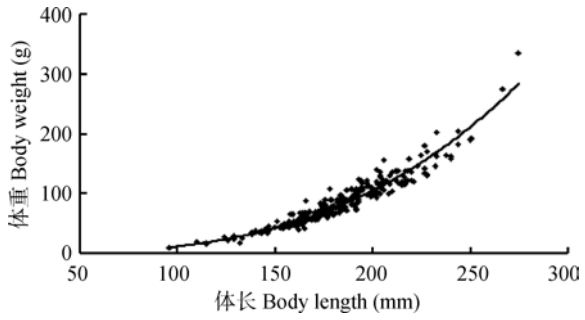

图 3　圆筒吻鮈体长与体重的关系

Fig. 3　The relationship between body length and weight of *R. cylindricus*

生长方程、生长速度和生长加速度方程　　如上文所述, 圆筒吻鮈的生长属于等速生长, 因而其生长方程的拟合可以用 von Bertalanffy 方程, 故用最小二乘法求得圆筒吻鮈生长方程式中各参数分别为: $k = 0.18$, $t_0 = -1.15$, $L_\infty = 348.78$ mm, $W_\infty = 603.17$ g。据此得出圆筒吻鮈体长和体重的生长方程(图 4)分别为:

$$L_t = 348.78\ [1- e^{-0.18\ (t + 1.15)}]$$

$$W_t = 603.17\ [1- e^{-0.18\ (t +1.15)}]^{3.099}$$

将上述方程分别求一阶和二阶微分, 得到体长和体重的生长速度方程和生长加速度方程:

体长生长速度方程: $dL/dt = 62.99\ e^{-0.18\ (t + 1.15)}$

体长生长加速度方程: $d^2L/d^2t = -11.37\ e^{-0.18\ (t + 1.15)}$

体重生长速度方程: $dW/dt = 337.56\ e^{-0.18\ (t +1.15)}\times [1-e^{-0.18\ (t + 1.15)}]^{2.099}$

体重生长加速度方程:

$d^2W/d^2t = 60.96\ e^{-0.18\ (t +1.15)}\times [1-e^{-0.18\ (t + 1.15)}]^{1.099}\ [3.099e^{-0.18\ (t + 1.15)}-1]$

将上述四方程分别绘制体长生长速度和生长加速度曲线图(图 5)以及体重的生长速度和生长加速度曲线图(图 6)。

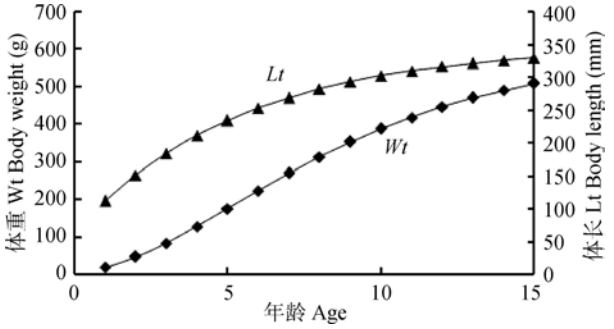

图 4　圆筒吻鮈体长和体重生长曲线

Fig. 4　Growth curve of body length and weight of *R. cylindricus*

圆筒吻鮈的体长生长曲线不具有拐点, 在一定范围内, 生长速度随着年龄的增加而逐渐减慢, 并趋于体长最大值(图 5)。而体重生长速度和加速度均具有明显拐点(图 6), 呈不对称的 S 形渐近曲线(图 4), 在一定范围内, 随着年龄的增加而出现慢-快-慢并趋于体重最大值的生长方式。由图 5 可知, 随着年龄的增加, dL/dt 不断递减, d^2L/d^2t 却逐渐上升, 由于 d^2L/d^2t 一直为负值, 由此可见随着体长生长速度

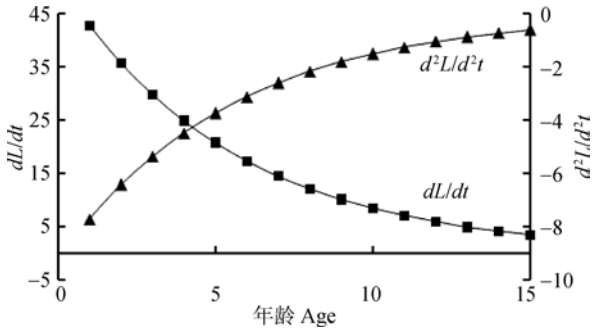

图 5 圆筒吻鮈体长生长速度和加速度曲线

Fig. 5 Growth rate curve and acceleration curve of body length of *R. cylindricus*

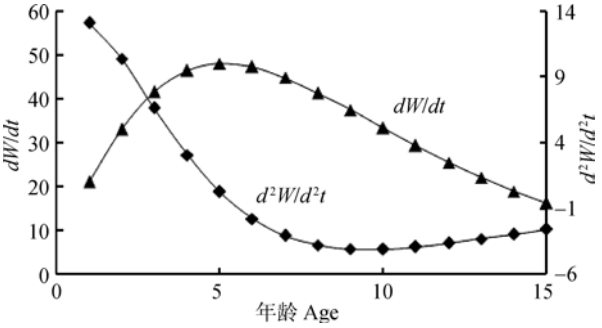

图 6 圆筒吻鮈体重生长速度和加速度曲线

Fig. 6 Growth rate curve and acceleration curve of body weight of *R. cylindricus*

下降, 其递减速度渐趋缓慢。由图 6 可知, 体重生长拐点处的年龄 t_i = 5.12, 此时的体长和体重分别为 L_t = 236.23 mm, W_t = 180.33 g 。当 t<5.12 龄时, dW/dt 上升, d^2W/d^2t 下降, 但两者均为正值, 表明此段时间是种群体重生长递增阶段; 当 t = 5.12 龄时, dW/dt 最大, d^2W/d^2t 为 0 , 表明体重增长至最大; 当 t>5.12 龄时, dW/dt 和 d^2W/d^2t 均下降, 且 d^2W/d^2t 呈现为负值, 表明此段时间是种群体重生长递减阶段; 约 10 龄, d^2W/d^2t 降至最低点, 而后又逐渐上升, 表明随着体重生长速度下降, 其递减速度趋于缓慢, 个体开始进入衰老期。此后, 鱼体体长和体重均趋向于渐近值。

圆筒吻鮈不同时期和地点生长特征的比较 将本研究和木洞江段(2000—2001)[6, 7] 圆筒吻鮈的生长参数进行比较(表 2)。本研究中的系数 b 值比木洞江段(2000—2001)的 b 值略大, 但是本研究和木洞江段(2000—2001)圆筒吻鮈的生长均是等速生长类型; 在本研究中 k 值比木洞江段的略小 0.03, 理论生长起点年龄 t_0 较木洞江段的略大 0.27 龄, 拐点年龄 t_i 比木洞江段的大 1.796 龄, 且渐近体长 L_∞ 较之大 12.5 mm。

将本研究所得的圆筒吻鮈各龄组实测体长均值和体重均值分别与四川嘉陵江[4]、汉江[5]和木洞江段(2000—2001)的结果[6, 7]进行比较发现(表 3、4), 在相同年龄的情况下, 本研究中的平均体长和体重均小于其他地点的种群, 特别是小于木洞江段(2000—2001)的数值, 说明本研究中的圆筒吻鮈个体出现了小型化现象。

表 2 各研究中圆筒吻鮈生长参数的比较

Tab. 2 The comparison of growth parameters of *R. cylindricus*

采样地点 Sampling site	b	k	t_0	t_i	L_∞/mm	样本量 Sample size	数据来源 Source
木洞江段 Mudong	2.731	0.21	–1.42	3.324	335.88	551	马惠钦(2004)
合江、木洞 (HJ and MD)	3.099	0.18	–1.15	5.120	348.78	397	本研究

注: 表中木洞江段的采样时间为 2000—2001

Note: The sampling time of *R. cylindricus* in Mudong was 2000—2001 in table

表 3 各研究中圆筒吻鮈各龄实测体长均值的比较

Tab. 3 The comparison of the average body length at each age group of *R. cylindricus*

采样地点 Sampling site	各龄组平均实测体长 The average of body length at each age group						本研究 The present study
	1	2	3	4	5	6	
嘉陵江 Jialing River	—	166.6	186.6	241.6	240.0	295.0	P=0.06>0.05
汉江 Han River	116.0	175.0	215.0	245.0	278.0	—	* P=0.02<0.05
木洞江段 Mudong	132.8	174.9	199.3	225.6	249.3	—	** P=0<0.01
HJ and MD	112.4	155.4	181.7	206.4	235.4	271.0	

注: 表中木洞江段的采样时间为 2000—2001

Note: The sampling time of *R. cylindricus* in Mudong was 2000—2001 in table

表 4　各研究中圆筒吻鮈各龄实测体重均值的比较
Tab. 4　The comparison of the average body weight at each age group of *R. cylindricus*

采样地点 Sampling site	各龄组平均实测体重 The average of body weight at each age group						本研究 The present study
	1	2	3	4	5	6	
嘉陵江 Jialing River	—	58.8	93.7	138.7	210.0	325.0	* P=0.02<0.01
汉江 Han River	25.0	75.0	125.0	180.0	265.0	—	* P=0.03<0.05
木洞江段 Mudong	32.1	65.7	93.3	140.6	198.1	—	** P=0<0.01
HJ and MD	17.3	48.0	84.2	122.0	173.3	304.8	

注: 表中木洞江段的采样时间为 2000—2001
Note: The sampling time of *R. cylindricus* in Mudong was 2000—2001 in table

3　讨论

3.1　长江上游圆筒吻鮈的年轮特征

鳞片上环片的排列特点反映了鱼类在过去年份的生长情形。通过观察长江上游圆筒吻鮈的鳞片年龄结构, 其轮纹特征与邓中粦等[5]和马惠钦[6, 7]的基本一致, 主要表现为环片的疏密和碎裂结构, 也有疏密与切割的情形。作者所观察到的碎裂结构中有切割碎裂型年轮, 与马惠钦[6, 7]的结果一致。同时还发现了与许蕴轩等[16]在铜鱼鳞片上所观察到的相似的年轮重叠现象, 多出现在第 2 年轮以外, 而第 1 年轮处没有观察到此种现象, 此与马惠钦[6, 7]的观察结果不一致, 可能与性腺成熟有关。此外, 在所观察的鳞片中, 有小部分出现了生殖轮, 环片边缘残缺不全, 这与邓中粦[5]等描述的生殖轮特征相似, 此种轮纹易误判为年轮, 需仔细辨认。

鳞片作为鉴定年龄的材料既有优点也有缺点。取材方便, 易于观察获得数据, 是其优点; 但是随年龄的增长, 鳞片存在磨损现象, 容易产生次生鳞, 因而在取样时要注意。针对以上的问题此后可以尝试选择用耳石、脊椎骨等作为鉴定年龄的材料。

3.2　长江上游圆筒吻鮈的生长特征

鱼类体长与体重存在一定的关系, 这种关系有利于研究鱼类在生长过程中的营养状况和环境条件, 对鱼类生态学基础理论研究和发展渔业生产具有重要作用。体长-体重关系公式中系数 b 值是物种的特征性参数[17], 反映了不同发育阶段和生长环境中鱼类的生长发育情况[18]。如表 2 所示, 长江上游木洞和合江江段的圆筒吻鮈的 b 值比马惠钦[6, 7]的结果略大, 但两者均是等速生长, 说明 2008—2010 年木洞和合江江段鱼体的生长状况较好, 水体中的浮游生物丰富, 使其能够较好的生长。渐近体长 L_∞ 是鱼体所能达到的最大理论体长, 生长参数 k 值是决定鱼类达到其渐近体长 L_∞ 的速度的曲率参数。生命周期长的鱼类需要较长的时间才能达到其渐近体长 L_∞ 的水平, k 值较低。因而当合江和木洞江段的圆筒吻鮈生长至渐近体长 L_∞ 时, 其年龄较大, 鱼体生长速率较慢, 故相应的拐点年龄也较大; 而且本研究中圆筒吻鮈的理论生长起点年龄 t_0 略大, 因此在相同年龄的条件下, 木洞和合江江段圆筒吻鮈的体长均值和体重均值较小(表 3、4)。

以上结果的差异可能是采样时间和水域的不同造成的。其他几位学者分别选取长江上游木洞、汉江和嘉陵江合川段为采样水域, 采集水域环境条件的差异以及采样周期较短都可能使圆筒吻鮈的生长特征不一致。然而在本研究中长江上游合江和木洞两个采样水域的渔获物中有大量铜鱼、圆口铜鱼和长鳍吻鮈出现, 而这四种鱼主要摄食无脊椎动物, 与圆筒吻鮈食性大致相同, 从而加剧了种间竞争, 致使圆筒吻鮈的生长较缓; 同时本研究选用 2008—2010 年三年采样水域的多个断面所得的样本数据来研究圆筒吻鮈年龄结构与生长特征, 数据充足且采样范围较大, 故对长江上游圆筒吻鮈资源现状的反映具有代表性, 弥补了在短期内单一采样点所得数据的不足。另外由于渔具规格的选择性使得所选样本中缺少小个体、低年龄的个体, 并且渔获物中高龄鱼个体极少, 这种现象在各研究中均有不同程度的出现; 但是本研究中除流刺网以外, 还有百袋网和船罾等渔具, 因而又比其他几位学者由单一渔具所捕获的样本个体大小更全面。

3.3　长江上游圆筒吻鮈的资源保护

圆筒吻鮈是长江上游的主要经济鱼类之一, 其经济及生态价值不容忽视。虽然我国从 2003 年开始, 每年 2 月至 4 月对长江上游天然水域实施春季禁渔, 但是长江上游渔获物个体大小等并没有因春禁表现

出增大趋势[19]; 而且三峡工程蓄水对长江上游圆筒吻鮈的生长必定产生一定的影响。鉴于本研究中圆筒吻鮈个体小型化现象严重, 为了保护长江上游圆筒吻鮈自然资源, 我们建议延长禁渔期, 加大对长江上游圆筒吻鮈资源的保护力度, 正如曹文宣院士等专家呼吁的: “长江禁捕 10 年[20], 让资源逐渐恢复。”实施“两手抓”的政策, 一方面禁止一切以商业为目的的捕捞; 对于从事天然捕捞业的渔民, 政府等部门要做好禁渔的宣传工作, 讲清利弊, 同时相关部门要做好转产、补贴等措施。另一方面必须加强对圆筒吻鮈生物学, 如繁殖特性等方面的研究, 以使这一资源得到更快地恢复和保护。

致谢:

中国科学院水生生物研究所生态组朱秀芳、胡玉婷等同学在样本采集上给予了很大帮助, 谨致谢意!

参考文献:

[1] Research Laboratory in Institute of Hydrobiology in Hubei. Fishes in Yangtze River [M]. Beijing: Science Press. 1976, 72 [湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类, 北京: 科学出版社. 1976, 72]

[2] Wu X W, Luo Y L, Yue P Q, *et al.* Cyprinoid Fish of China (Book Two) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers. 1977, 510 [伍献文, 罗云林, 乐佩琪, 等. 中国鲤科鱼类志(下卷). 上海: 上海科学技术出版社. 1977, 510]

[3] Shi B N. The study of biology of *Rhinogobio cylindricus* [J]. *Journal of Southest Agricultural University* (Natural Science), 1980, (2): 123—126 [施白南. 圆筒吻鮈的生物学资料. 西南师范学院学报(自然科学版), 1980, (2): 123—126]

[4] Yu Z T, Deng Z L, Xu Y X, *et al.* The fishery resources of the Han River after the Danjiangkou key water control project [A]. In: Transactions of the Chinese Ichthyological Society (No.1) [C]. Beijing: Science Press. 1981, 77—96 [余志堂, 邓中粦, 许蕴轩, 等. 丹江口水利枢纽兴建以后的汉江鱼类资源. 鱼类学论文集(第一辑). 北京: 科学出版社, 1981, 77—96]

[5] Deng Z L, Yu Z T, Xu Y X, *et al.* Age and growth of major commercial fishes of Han River [A]. In: Transactions of the Chinese Ichthyological Society (No.1) [C]. Beijing: Science Press. 1981, 97—111 [邓中粦, 余志堂, 许蕴玕, 等. 汉江主要经济鱼类的年龄和生长. 鱼类学论文集(第一辑). 北京: 科学出版社, 1981, 97—111]

[6] Ma H Q. A study on the biology of *Rhinogobio cylindricus* Günther in the Changjiang River [D]. Thesis for Master of Science. Southwest China Normal University, Chongqing. 2001 [马惠钦. 长江干流圆筒吻鮈生物学的初步研究. 硕士学位论文, 西南师范大学, 重庆. 2001]

[7] Ma H Q, He X F. Age and growth of *Rhinogobio cylindricus* in the Mainstream of Yangtze River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2004, **39**(3): 55—59 [马惠钦, 何学福. 长江干流圆筒吻鮈的年龄与生长. 动物学杂志, 2004, **39**(3): 55—59]

[8] Chen D F, Yang Q F. Electrophoretic study on some isozymes in tisses of *Rhinogobio typus* (Bleeker) and *Rhinogobio cylindicus* (Günther) [J]. *Journal of Southest Agricultural University* (Natural Science), 1997, **22**(2): 162—168 [陈定富, 阳清发. 吻鮈和圆筒吻鮈同工酶的电泳分析. 西南师范大学学报(自然科学版), 1997, **22**(2): 162—168]

[9] Sun Y M. Speciation of fish genus Rhinogobio [D]. Thesis for Master of Science. Shandong University, Jinan. 2005 [孙玉苗. 吻鮈属鱼类物种分化的研究. 硕士学位论文, 山东大学, 济南. 2005]

[10] Wen L L, Yao Y H, Wang Z J. The comparatively histological structures of the spleen of *Rhinogobio typus*, *Rhinogobio cylindricus* and *Glyptothorax fukiensis* [J]. *Journal of Zunyi College*, 2006, **8**(6): 49—51 [温龙岚, 姚艳红, 王志坚. 吻鮈、圆筒吻鮈和福建纹胸鮡脾脏的组织学初步研究. 遵义师范学院学报, 2006, **8**(6): 49—51]

[11] Yin M C. Fish Ecology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House. 1995, 57 [殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社. 1995, 57]

[12] Keys A B. The weight-length relation in fishes [J]. *Zoology*, 1928, **14**: 922—925

[13] Y Chen, D A Jackson, H H Harvey. A comparison of von bertalanffy and polinomial functions in modeling fish growth data [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1992, **49**: 1228—1235

[14] Sokal R R, Rohlf F J. Introduction to Biostatistics [M]. 2nd Edition. New York: Freeman. 1987, 363

[15] Santos M N, Gaspar M B, Vasconcelos P, *et al.* Weight–length relationships for 50 selected fish species of the Algarve coast (southern Portugal) [J]. *Fisheries Research*, 2002, **59**: 289—295

[16] Xu Y X, Deng Z L, Yu Z T, *et al.* The biological aspects of *Coreius heterodon* (Bleeker) and the effects of proposed sanxia hydroelectric project on its resource [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 1981, **7**(3): 271—294 [许蕴轩, 邓中粦, 余志堂, 等. 长江的铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响. 水生生物学集刊, 1981, **7**(3): 271—294]

[17] Mayrat A. Allométrie et taxinomie [J]. *Révue de Statistique Appliquée*, 1970, **18**: 47—58

[18] Xin J F, Yang Y F, Liu H Z. Study on the age and growth of *Rhinogobio ventralis* in the upper reaches of the Yangtze River [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2010, **29**(3): 352—356 [辛建峰, 杨宇峰, 刘焕章. 长江上游长鳍吻鮈年龄与生长的研究. 四川动物, 2010, **29**(3): 352—356]

[19] Duan X B, Liu S P, Xiong F, *et al*. Analysis of fishing structure and biodiversity in the upper mainstream of the Yangtze River before and after three years' spring fishing off [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, **17**(6): 878—885 [段辛斌, 刘绍平, 熊飞, 等. 长江上游干流春季禁渔前后三年渔获物结构和生物多样性分析. 长江流域资源与环境, 2008, **17**(6): 878—885]

[20] Cao W X. Several issues concerning protection of the Yangtze River Basin fish resources [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, **17**(2): 163—164 [曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题. 长江流域资源与环境, 2008, **17**(2): 163—164]

AGE AND GROWTH OF *RHINOGOBIO CYLINDRICUS* GÜNTHER IN THE UPPER REACHES OF THE YANGTZE RIVER

WANG Mei-Rong[1, 2], YANG Shao-Rong[1, 2], LIU Fei[1, 2], LI Ming-Zheng[1, 2], DAN Sheng-Guo[1] and LIU Huan-Zhang[1]

(1. *Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation, Institute of Hydrobiology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Wuhan* 430072, *China*; 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049, *China*)

Abstract: *Rhinogobio cylindricus* Günther is a cyprinid fish endemic to the upper reaches of the Yangtze River. The upper Yangtze River basin is experiencing critical changes to its ecosystem through multiple ecological threats in recent years, especially the impoundment of the Three Gorges Reservoir. *R. cylindricus* is a rheophilics species requiring diverse habitats to fulfill its life cycle. Otherwise the habitat once changed, life of *R. cylindricus* would be deeply affected. Therefore the study of age and growth, using scale, which is a basic and important aspect of fish biology and ecology, was essential to find out the growth characteristic of *R. cylindricus* after filling. The purpose of this study was to determine age structure and growth characteristics of *R. cylindricus*, and to propose reasonable measures to manage and protect this species. A total of 511 samples of *R. cylindricus* were collected from the upper reaches of the Yangtze River in Hejiang of Sichuan and Mudong of Chongqing from 2008 to 2010. The results showed that there were 6 age groups of our collected samples, and most individuals were 2—4 year-old accounting for about 95.7 percent of the total. According to the comparison of coefficient among linear function, exponential function, polynomial function and power function, and the relationship between body length (L) and scale radius (R) showed no significant difference between females and males, which could be expressed as L=51.28R+37.45 (r = 0.85, n = 397). And there was no significant difference between measured body length and back-calculated body length at each age group between females and males (t = 0.751, P > 0.05). Meanwhile, the relationship between body length (L) and body weight (W) showed no significant difference between females and males, and could be expressed as $W= 8\times10^{-6}L^{3.099}$ (r = 0.97, n = 397). Von Bertalanffy growth function was $L_t = 348.78\ [1-e^{-0.18\ (t+1.15)}]$ and $W_t = 603.17\ [1-e^{-0.18\ (t+1.15)}]^{3.099}$. In addition, the age at the inflection point of body weight growth was 5.12 years old, when body length and body weight were 236.23 mm and 180.33 g, respectively. Besides, *R. cylindricus* was isometric growth and individual miniaturization. The exploitation of *R. cylindricus* in the upper of the Yangtze River was unreasonable, so we should take action to strictly ban catching in the future and strengthen scientific research on *R. cylindricus* to protect better.

Key words: *Rhinogobio cylindricus* Günther; The Yangtze River; Age; Growth