

长江干流圆口铜鱼的年龄与生长研究

杨志, 万力, 陶江平, 蔡玉鹏, 张原圆, 乔晔

(水利部中国科学院水工程生态研究所, 湖北 武汉 430079)

摘要:采用鳞片材料对采自长江干流宜昌和重庆江段圆口铜鱼 (*Coreius guichenoti*) 的年龄进行鉴定, 并对其生长方程、生长拐点等生物学特征进行了研究。结果表明, 调查江段圆口铜鱼的年龄组成以 1、2 龄个体为主; 体长 (L) 和鳞径 (R) 呈线性关系, $L = 15.327R + 71.349$; 体重 (W) 与体长 (L) 呈幂指数关系, $W = 0.00002L^{2.9942}$; 体长 *von Bertalanffy* 生长方程为 $L_t = 730.15[1 - e^{-0.12(t+1.01)}]$; 体重生长方程为 $W_t = 7493.05[1 - e^{-0.12(t+1.01)}]^{2.9942}$; 其生长拐点年龄为 8.13 龄。圆口铜鱼体长生长 3 龄前为快速期, 之后生长减缓。为了保护长江干流圆口铜鱼资源, 建议以 278 mm 为最小捕捞个体的体长。

关键词:圆口铜鱼; 长江; 年龄; 生长

中图分类号:Q418 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2011)04-0046-07

圆口铜鱼 (*Coreius guichenoti*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes)、鮡亚科 (Gobioninae)、铜鱼属 (*Coreius*), 广泛分布于金沙江中下游、长江上游干流、嘉陵江中下游、沱江、岷江以及乌江下游等水域, 是长江上游重要的经济鱼类, 种群数量大, 是江河渔业的主要捕捞对象 (刘乐和等, 1990; 丁瑞华, 1994)。

对鱼类年龄的鉴定, 国内外采用的鱼体组织材料种类很多, 最常用的钙化组织有鳞片、耳石、脊椎骨等。苏家勋等 (1993) 对三道河马口鱼、段中华等 (1994) 对网湖鲫、徐钢春等 (2009) 对澄湖似刺鲃以及肖海和代应贵 (2011) 对北盘江光唇裂腹鱼等均采用鳞片进行年龄鉴定; 陈毅峰等 (2002) 对藏北高原色林错湖泊中色林错裸鲤、陈大庆等 (2006) 对青海湖裸鲤以及赵天和刘建虎 (2008) 对江津江段的中华金沙鳅等采用耳石作为年龄材料进行年龄鉴定; 段中华和孙建贻 (1999) 对长江中游嘉鱼至新滩口江段的瓦氏黄颡鱼、陈新军等 (2006) 对大西洋海域的金枪鱼等采用脊椎骨作为年龄材料进行年龄鉴定。这 3 种最常见的年龄鉴定材料中, 鳞片因取材方便、对鱼体的损伤小、处理过程和年龄读取简单等原因而得到广泛应用, 而耳石多应用于鱼类早期生活史方面的研究, 如鱼类日龄判别、产卵期、孵化期

和产卵场的推算等; 脊椎骨应用也较为广泛, 但多作为辅助鉴定材料, 主要用于鉴定无鳞鱼以及鳞片较小的年龄结构 (廖锐和区又君, 2008; 张学健和程家骅, 2009)。

国内外对圆口铜鱼的研究较少, 涉及到年龄分析的文献更少, 且这些文献的年龄材料均来自多个调查江段 (程鹏, 2008; 周灿等, 2010)。已有研究表明, 即使是同一种群, 因种群密度、饵料生物等因子的变动均会影响其种群的生长 (徐刚春等, 2009)。不同江段的同一鱼类采用相同方法得出的生长参数差异较大, 如长江干流的长鳍吻鮡在四川江津的 k 值为 $0.4758/a$ (段中华等, 1991), 在金沙江干流为 $0.3296/a$ (鲍新国等, 2009), 在长江上游攀枝花至宜宾段为 $0.24/a$ (辛建峰等, 2010), 在长江干流合江段为 $0.29/a$ (张松, 2003), 在三峡库区木洞段为 $0.3086/a$ (邓辉胜和何学福, 2005)。因此, 只有对不同江段相同鱼类的年龄生长分别进行研究, 才能得到该江段这种鱼类真实的生长情况。

据历史资料, 葛洲坝坝下的圆口铜鱼均来自坝上江段, 而三峡蓄水后的 2006 年, 圆口铜鱼被迫上迁到万州及其以上江段 (刘乐和等, 1990; 吴强等, 2007); 因此, 本文将坝下个体以及能够补充到宜昌至重庆江段的圆口铜鱼样本合为一个大的样本进行研究, 同时采用最小二乘法对实测体长而非通常所采用的推算体长与年龄数据进行拟合, 从而对葛洲坝下宜昌江段及其上游重庆江段圆口铜鱼的年龄生长进行研究, 旨在了解三峡截流以后葛洲坝临近江段及其上游江段圆口铜鱼的生长情况, 为其资源保护提供基础资料。

收稿日期: 2010-09-21

基金项目: 科技部水利部公益性行业科研专项 (200701008); 水利部公益性行业科研专项 (200701029; 200801035; 201001003)。

通讯作者: 乔晔。E-mail: qiaoye@mail.ihe.ac.cn

作者简介: 杨志, 1982 年生, 男, 主要从事鱼类生态学及其保护工作。E-mail: yangzhi4626@163.com

1 材料与方法

2006 年 10 - 11 月、2007 年 11 - 12 月在长江干流宜昌江段进行渔获物调查采样。调查主要网具为三层流刺网和定置延绳饵钩,其他类型网具使用很少。2 年间共捕获圆口铜鱼标本共 1 549 尾,其中的 1 028 尾在背鳍起点下方与侧线中间摘取 5 ~ 10 枚鳞片作为年龄鉴定材料,同时对所有样本进行全长、体长和体重等常规生物学测量(殷名称,1995;黄道明等,1996)。选择形状规则、轮纹清晰的鳞片用于测量鳞径,以鳞焦至前区的最大距离作为鳞径,用于逆算各龄体长。根据环片形成情况判断年轮是否形成,若年轮数为 a ,且年轮外侧没有新的环片形成,将年龄计为 a ;如果在鳞片外侧有新的环片出现,将年龄计为 a^+ 。年龄鉴定采用 1 月 1 日为年龄递增日期划分年龄组(邓中彝等,1981),年龄记为 0^+ 和 1 的作为 1 龄组, 1^+ 和 2 的作为 2 龄组,依此类推。对采样鳞片在显微镜下用入射光观察,并用 YM200 数码成相系统保存图像。

生长方程采用粮农组织开发的鱼类种群评估软件包 FiSAT(Version 1. 2. 2) 进行拟合(Gayanilo et al, 2005);其他数据则用 Excel 进行处理。

2 结果与分析

2.1 鳞片的形态特征

圆口铜鱼的鳞片为较大的圆鳞(图 1A),前区

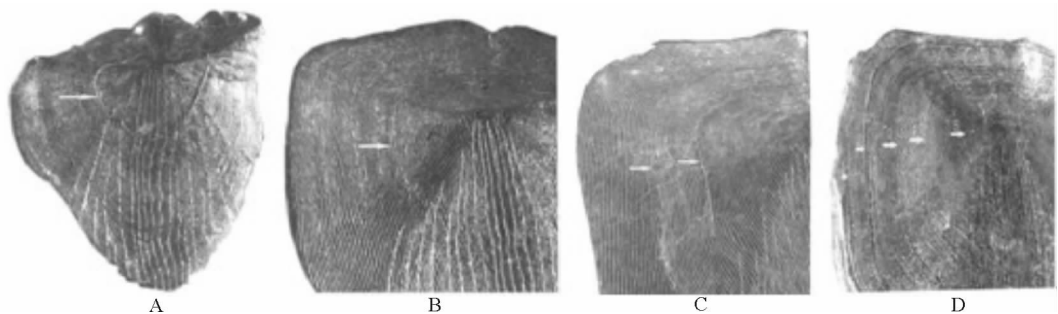
短且较宽,环纹紧密清晰;后区延长,环纹断续缺无,仅在靠近鳞焦处有少许纹带,后区具放射沟及稀疏的粒状突起;左右侧区年纹清晰,排列紧密,鳞焦位于前区,近侧线一侧稍宽。

2.2 年轮特征及副轮

鳞片的年轮特征以切割为主,主要有 3 种类型:

①疏密切割型,表现为环片的疏密和切割结构同时出现。一个生长年带临近结束时,下年的环片群和当年的环片群在侧区明显切割,该类型主要分布低龄个体的鳞片上,其中又以 2 龄个体鳞片上的出现次数最多(图 1B);②切割破碎型(图 1B、C),表现为环片切割和碎裂结构同时出现。在上一个生长年带临近结束时出现,有 2 ~ 3 个环片变粗靠近并碎裂,这些环片与内侧的环片群相切割,从而同时出现切割和碎裂结构,该类型主要出现在较高龄个体的年轮环带上,而在低龄个体的年轮环带上较少出现;③普通切割型,通常仅出现切割现象而无破碎和疏密特征或伴随稍微的环片断裂破碎(图 1D)。通常情况下,真实的年轮在前区以及左右侧区形成连续完整而清晰的条带,但在透射光的照射下可以看见后区也存在明显的年龄环带,如图 1A 所示。

在观察圆口铜鱼的鳞片时,有少数鳞片上有副轮出现。副轮通常表现为仅在鳞片的某一区域出现,通常为切割型,同时副轮所构成的“生长年代”与真实年轮的“疏带”和“密带”的比例不协调(图 1D,从左往右看,左边第 1 个箭头)。



A:鳞片完整形态(箭头示年轮,2 龄);B:疏密切割型(箭头示年轮);C:切割破碎型(从左往右看,第 2 个箭头)、疏密破碎型(从左往右看,第 1 个箭头);D:从左往右看,疏密切割型(第 4 个和第 5 个箭头)、普通切割型(第 3 个箭头)、切割破碎型(第 2 个箭头)、副轮(生长年代比例不协调,另一侧区无此结构,第 1 个箭头)。

图 1 圆口铜鱼鳞片的形态与年轮特征

A: Form of the whole scale (The annual ring is indicated by arrows, 2 age); B: Transected between a growth annual zone with a wide ring zone and a narrow ring zone and its conterminous growth annual zone (The annual ring is indicated by arrows); C: See from left to right, Transected and fragmented between two growth annual zones (2th arrow), Transected and fragmented between a growth annual zone with a wide ring zone and a narrow ring zone and its conterminous growth annual zone (1th arrow); D: Transected between a growth annual zone with a wide ring zone and a narrow ring zone and its conterminous growth annual zone (4th and 5th arrows), common transected between two growth annual zones (3th arrow), Transected and fragmented between two growth annual zones (2th arrow), false ring (1th arrow)

Fig. 1 Form of scale and annual ring of *Coreius guichenoti*

2.3 渔获物年龄组成和体长、体重分布

圆口铜鱼渔获物由1~5龄个体组成,其中优势年龄组为1~2龄,占鉴定年龄个体总数的89.55%,而3龄以上个体数量很少,仅占总尾数的10.45%(表1)。

表1 圆口铜鱼的年龄、体长和体重组成

Tab.1 Composition of age, mean body length and mean body weight					
年龄	比例/ %	平均体长/ mm	标准差/ mm	平均体重/ g	标准差/ g
1	63.41	134.97	45.70	49.83	37.86
2	26.14	219.16	27.50	172.95	63.39
3	8.42	290.69	23.82	392.43	93.26
4	1.74	333.83	16.70	590.89	84.26
5	0.29	376.67	5.86	757.10	93.04

渔获物中,圆口铜鱼($n=1\,549$)的体长范围为55~386 mm,平均体长为(179.51 ± 59.52) mm;其中,优势体长组为140~230 mm,平均体长为(183.37 ± 20.12) mm,占圆口铜鱼总渔获物尾数的66.11%(图2);圆口铜鱼的体重范围为2.1~817.1 g,平均体重为(121.41 ± 118.71) g;其中,优势体重组为2~150 g,平均体重为(73.46 ± 42.10) g,占圆口铜鱼总渔获物尾数的78.05%(图3)。

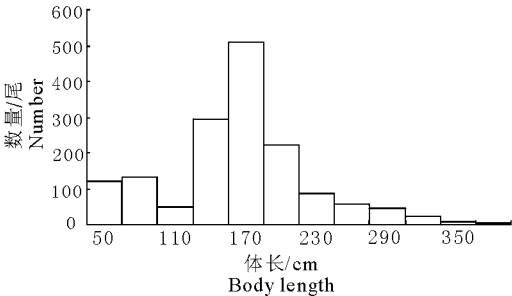


图2 圆口铜鱼的体长分布

Fig.2 Body length distribution of *Coreius guichenoti*

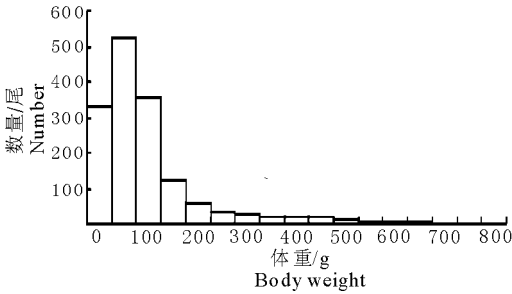


图3 圆口铜鱼的体重分布

Fig.3 Body weight distribution of *Coreius guichenoti*

2.4 体长与鳞径的关系

将鳞片结构清晰的370尾圆口铜鱼个体进行体长和鳞径关系拟合,选择相关系数最大者作为最佳

回归方程。结果显示,直线关系的相关系数最高。体长(L ; mm)与鳞径(R ; mm)关系方程为: $L=15.327R+71.349$, $R^2=0.9197$, $F=4216.714$, $P<0.001$ (图4)。

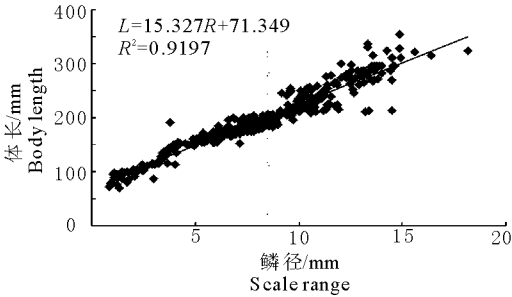


图4 圆口铜鱼体长与鳞径的关系

Fig.4 Relationship between body length and scale radius of *Coreius guichenoti*

2.5 各龄组的体长推算

按照所获得的体长与鳞径公式进行体长推算,其结果见表2。将实测的平均体长与采用体长-鳞径推算公式所获得的加权平均体长进行配对样本的 t 检验,结果表明二者之间在统计学上无显著差异($t=-0.782$; $P=0.491>0.05$)。

表2 圆口铜鱼的体长推算

Tab.2 Back-calculation body length of <i>Coreius guichenoti</i>						
年 龄	实测平 均体长/ mm	各龄逆算体长/mm				
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
1	134.97					
2	219.16	134.50				
3	290.69	106.49	230.16			
4	333.83	90.75	196.13	284.47		
5	376.67	91.44	197.61	286.63	379.53	
加权平均		128.65	223.89	285.01	379.53	

2.6 体长和体重的关系

据 Taylor 公式: $W=aL^b$ 可得圆口铜鱼的体长与体重生长方程(Amin et al, 2001);式中: W 为体重(g), L 为体长(mm), a 、 b 为系数。将圆口铜鱼所有样本的体长、体重资料进行回归分析,求得体长体重关系式为: $W=0.00002L^{2.9942}$, $n=1\,549$, $R^2=0.981$, $P<0.01$ (图5);其中,极少数数据为奇异值,偏离曲线较远,为采样误差所致。

2.7 生长方程

圆口铜鱼的体长与体重关系式中, $b=2.9942\approx3$,表明圆口铜鱼属于均匀生长型,因而可用 Von Bertalanffy 方程作为圆口铜鱼的生长方程(von Bertalanffy,1957)。

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

式中: L_t (mm) 和 W_t (g) 分别表示 t 龄时的平均体长和平均体重, L_{∞} 和 W_{∞} 分别表示渐进体长和渐进体重, k 为生长系数, t_0 为理论生长起点年龄, t 表示时间(年)。

通过 FiSAT (Version 1.2.2) 软件的体长-年龄数据拟合模块 (Gayaniilo et al, 2005), 以 14 年来渔获采样中圆口铜鱼的最大体长 (550 mm) 作为模型方法 L_{∞} 估计值的初始值 (中国科学院水生生物研究所, 1997-2010), 从而可得圆口铜鱼的 von Bertalanff 方程为 (图 6):

$L_t = 730.15 [1 - e^{-0.12(t+1.01)}]$
 $W_t = 7493.05 [1 - e^{-0.12(t+1.01)}]^{2.9942}$

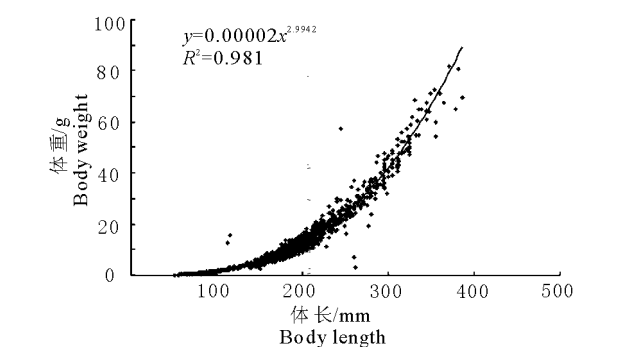


图 5 圆口铜鱼体长与体重的关系

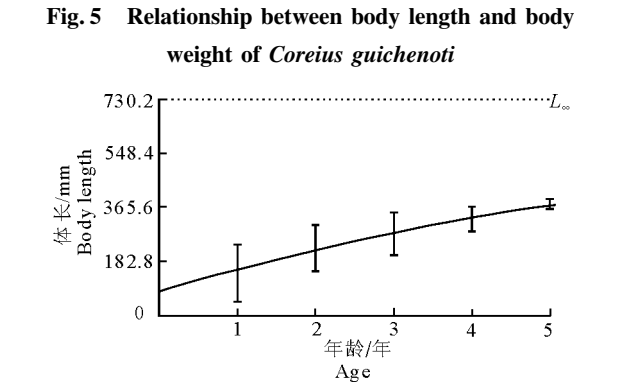


图 6 圆口铜鱼的生长方程拟合

Fig. 6 Fitting of growth equation of *Coreius guichenoti*

2.8 生长速度和生长加速度

通过对所得到的生长方程进行一次、二次微分, 分别得到圆口铜鱼的体长生长速度 (dL/dt)、体长生长加速度 (d^2L/dt^2) 和体重生长速度 (dW/dt)、体重生长加速度 (d^2W/dt^2) (殷名称, 1995):

体长生长速度为:
 $dL/dt = 87.6180e^{-0.12(t+1.01)}$
体重生长速度为:

$dW/dt = 2692.2830e^{-0.12(t+1.01)}$
 $[1 - e^{-0.12(t+1.01)}]^{1.9942}$
体长生长加速度为:
 $d^2L/dt^2 = 10.5142e^{-0.12(t+1.01)}$
体重生长加速度为:
 $d^2W/dt^2 = 323.0739e^{-0.12(t+1.01)}$
 $[1 - e^{-0.12(t+1.01)}]^{0.9942} [2.9942e^{-0.12(t+1.01)} - 1]$

根据上述 4 个方程, 分别作出体长和体重生长速度、生长加速度曲线 (图 7、图 8)。其中, 体重生长速度和体重生长加速度曲线均有明显的拐点。设拐点年龄为 t_i :

$t_i = \ln 2.9942/k + t_0 = 8.13$ 龄

圆口铜鱼体长的绝对增长随年龄的增加而下降, 其生长速度先以较快的趋势下降, 随后下降的速度变缓; 而体长生长加速度一直增加, 最后趋于平缓。体重的绝对增长约在 $t_i = 8.13$ 龄处有最大值, 此处即为生长拐点, 在此之前, 体重生长加速度值为正, 其后则为负值。根据陈赛斌等 (1988) 提出鱼类繁殖终止年龄 (t_m) 的理论估算公式:

$t_m = (\ln |1 - e^{kt_0}|)/(-k) + t_0$

可知圆口铜鱼繁殖终止年龄的理论估算值为 17.08 龄, 表明圆口铜鱼理论上在开始进入衰老期即 14 龄时仍有繁殖行为。

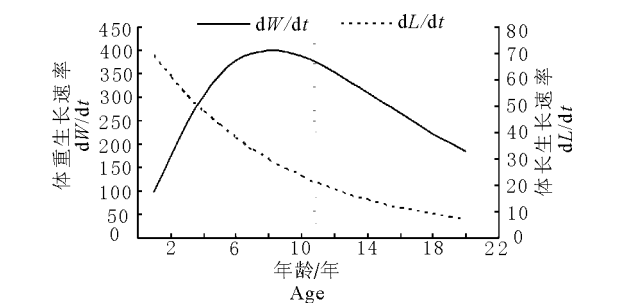


图 7 圆口铜鱼的体长和体重生长速率

Fig. 7 Growth speed curve of body length and body weight of *Cereous guichenoti*

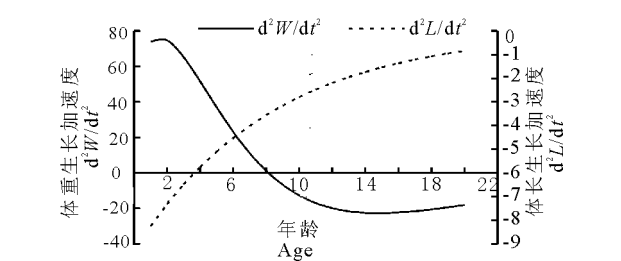


图 8 圆口铜鱼的体长和体重生长加速度

Fig. 8 Growth acceleration speed curve of body length and body weight of *Cereous guichenoti*

3 讨论

3.1 生长描述

3.1.1 生长方程 不仅水域中环境因子诸如饵料生物、水温、捕捞压力和种间竞争压力的不同会导致不同种群的鱼类生长参数出现一定的差异,而且采用不同方法对相同鱼类进行分析得到的生长参数也会造成差异(徐刚春等,2009)。将宜昌-重庆江段圆口铜鱼种群的有关生长参数与采自长江中上游或更广区域的圆口铜鱼种群进行了比较,结果见表3。除本文外,其他3篇文献建立生长方程所采用的方法分别为:电子体长频率分析法(ELEFAN)(陈大庆等,2002)、Ford-Walford 作图法(程鹏,2008)以及非线性混合模型(周灿等,2010)。相对于其他建立生长方程的方法,采用实测体长-年龄数据拟合得到生长参数与采用 Ford-Walford 作图法得到的结果更为接近,而与其他2种方法得到的结果差异较大。ELEFAN 法是通过分离体长频数形成的峰值,把每个峰态的出现看成一个年龄组来确定生长参数。若峰值清晰,叠加的部分较少,累积效应不严重,则可以准确的估计生长参数,因此渔业体长频数分析方法适用于生长快速、生命周期短的小型鱼类(李壮和刘群,2007),而不适用如圆口铜鱼等中、大型鱼类对生长规律的描述。由于圆口铜鱼呈现出较明显的 Lee 氏现象,高龄鱼退算体长往往小于较低龄鱼同龄退算体长,使得纵向数据间具有强相关关系;较低龄个体倾向于拥有较大的退算体长,较高龄个体倾向于拥有较小的退算体长。由于圆口铜鱼退算体长表现出的强相关性,因此应采用实测体长而非退算体长进行模型拟合。

3.1.2 生长模型 在描述鱼类生长规律的方程中,除 VBGF 外,Gompertz 生长方程,logistical 生长方程和 generalized VBGM 模型等也较为常用,其中 VBGF

因能够对生活史从早期到老龄阶段的变化有一个比较可信的理论解释而被普遍应用(费鸿年和张诗全,1990)。在许多情况下,VBGF 可能更适合描述鱼类后期生长的特点(Beckman et al,1990);Gompertz 生长模型则比 Von Bertalanffy 生长模型更适合拟合鱼类的早年增长规律(Ricker,1975);而其他模型因缺乏生态学意义或使用较为复杂也应用较少(陈毅峰等,2002)。圆口铜鱼在早期生长上表现为出体长生长速度逐渐增加的过程,因而 Gompertz 生长方程很可能更能适合反映其早期的生长特征。然而,圆口铜鱼又是一种寿命较长的鱼类,Gompertz 生长方程并不能很好地反映其后期的生长过程,而 VBGF 具有更接近实际情况的渐近体长值,因此应采用 VBGF 反映圆口铜鱼高龄个体的生长过程;由于在实际采样的过程中,圆口铜鱼的年龄组成结构狭窄,缺乏高龄个体,因此 VBGF 与 Gompertz 生长模型均适合描述当前调查渔获物中圆口铜鱼的生长规律。

3.1.3 样品选择 采样误差与数据处理方式的差异,也会引起计算结果与实际情况之间发生偏移。在本文中,由于调查抽样毕竟有限,因此只有在数据处理过程中减少误差。针对样本高龄个体数量较小的结构特征,参阅长江三峡工程生态与环境监测系统-鱼类和珍稀水生动物监测重点站 1997-2010 年度技术报告(中国科学院水生生物研究所,1997-2010),选取实际监测中出现的最大体长(550 mm)作为渐进体长的初始参数估计值进行拟合回归,得到了较好的适合描述圆口铜鱼生长规律的 VBGF。但由于圆口铜鱼在长江上游宜宾至宜昌江段的群体均为金沙江中下游产卵场出生的个体,而此江段的群体均不能自然繁殖(刘乐和等,1990);因此,对金沙江产卵场的圆口铜鱼种群进行生长规律的研究,很可能更能反映该鱼类的自然生长规律。

表3 不同采样江段、不同拟合方法的生长参数比较
Tab.3 Comparison of growth indices among different sampling sections by use of different fitting methods for *Cereous guichenoti*

采样江段	生长方程 拟合方法	拟合所 需数据	生长 系数	渐进 体长	渐进 体重	理论生长 起点年龄	参考文献
长江中上游	电子体长频率分析法 (ELEFAN)	实测体长 频率数据	0.2180	680.00	3 410.00	-0.1710	陈大庆等,2002
攀枝花 -都江段	Ford-Walford 作图法	退算体长- 年龄数据	0.1096	720.40	4 587.68	-0.7788	程鹏,2008
长江上游	非线性 混合模型	退算体长- 年龄数据	0.1693	602.90	-	-0.0239	周灿等,2010
宜昌-重庆	最小二乘法	实测体长- 年龄数据	0.1200	730.15	7 493.05	-1.0100	本文

3.2 生长参数

生长参数 k 是决定鱼类达到其渐进体长 L_{∞} 的速度曲率参数。某些鱼类尤其是那些生命周期很短的种类,在1年或2年内就能够接近于渐进体长 L_{∞} ,这些种类的 k 值很高;而另外一些种类,其生长周期长, k 值低,需要很多年后其体长才能达到或接近渐进体长 L_{∞} ,如生长周期长的中华鲟(*Acipenser Sinensis*)、达氏鲟(*Acipenser dabryanus*)和施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)的 k 值均小于 $0.1/a$,而花骨鱼(*Hemibarbus maculatus*)和银鮡(*Squalidus argentatus*)等小型个体鱼类通常 k 值大于 $0.2/a$ (叶富良和陈刚,1998)。在本文中,圆口铜鱼的 k 值为 $0.12/a$,表明圆口铜鱼的生长周期较长,达到渐进体长 L_{∞} 的速度较慢,其种群的自然死亡系数 M 也低;一个方面说明和解释了圆口铜鱼应对不同种群鱼类竞争的适应策略,为其成为长江中上游江段主要优势种群的重要原因之一。

3.3 圆口铜鱼资源现状与保护

由于葛洲坝、三峡大坝以及长江上流干支流梯级电站的修建,长江上游特有鱼类特别是部分古老的种类可能面临生存威胁(罗小勇等,2004;Xie et al,2001)。Park 等(2004)根据长江上游特有鱼类生物学数据,并结合人工神经网络模型研究,推断三峡大坝完成后,包括圆口铜鱼在内的6种特有鱼类将会受到严重影响。由于这些水利工程的修建和运行,导致了径流分配时空格局的改变,改变了鱼类完成生活史各阶段特别是自然繁殖阶段所需要的生境条件,使之不能正常完成生活史(常剑波等,2006);而圆口铜鱼作为典型产漂流性卵的鱼类以及典型的喜急流性鱼类,水电开发所导致其生境的改变很可能对其造成较大的影响;同时,渔获物中圆口铜鱼多以低龄个体为主,表明宜昌至重庆江段的圆口铜鱼存在不合理的捕捞方式,其网具类型或网目大小需要调整。根据圆口铜鱼的生长拐点年龄以及繁殖初始年龄,当前调查江段的圆口铜鱼捕捞规格应限制在3龄即278 mm以上个体,才能起到较好的资源保护效果。

参考文献

鲍新国,谢文星,黄道明,等.2009.金沙江长鳍吻鲈年龄与生长的研究[J].安徽农业科学,37(21):10017-10019.
常剑波,陈永柏,高勇,等.2006.水利水电工程对鱼类的影响及减缓对策[C]//国家环境保护总局环境评价管理司.水利水电开发项目生态环境保护研究与实践[M].北

京:中国环境科学出版社:239-253.
陈大庆,刘绍平,段辛斌.2002.长江中上游主要经济鱼类的渔业生物学特征[J].水生生物学报,26(6):618-622.
陈大庆,张信,熊飞,等.2006.青海湖裸鲤生长特征的研究[J].水生生物学报,30(2):173-178.
陈赛斌,渡边精一,高本和德.1988.鱼类老龄期生长解析 繁殖终了年龄及寿命推定[J].日本水产学会杂志,54(9):1567-1572.
陈新军,许柳雄,宋利明,等.2006.大西洋海域大眼金枪鱼年龄与生长的初步研究[J].海洋渔业,28(2):20-24.
陈毅峰,何德奎,曹文宣,等.2002.色林错裸鲤的生长[J].动物学报,48(5):667-676,2002.
程鹏.2008.长江上游圆口铜鱼的生物学研究[D].武汉:华中农业大学.
邓辉胜,何学福.2005.长江干流长鳍吻鲈的生物学研究[J].西南农业大学学报:自然科学版,27(5):704-708.
邓中彝,余志唐,许蕴轩,等.1981.汉江主要经济鱼类的年龄和生长[C].鱼类学论文集[M].北京:科学出版社:97-116.
丁瑞华.1994.四川鱼类志[M].成都:科学技术出版社.
段中华,常剑波,孙建贻.1991.长鳍吻鲈年龄和生长的研究[J].淡水渔业,(2):12-14.
段中华,孙建贻,常剑波,等.1994.网湖鲫鱼的生长与资源评估[J].湖泊科学,6(3):257-266.
段中华,孙建贻.1999.瓦氏黄颡鱼年龄与生长的研究[J].水生生物学报,23(6):617-623.
费鸿年,张诗全.1990.水产资源学[M].北京:中国科学技术出版社.
黄道明,林永泰,万成炎.1996.金沙河水库鲴的年龄与生长[J].水利渔业,(5):16-21.
李壮,刘群.2007.应用渔业体长分析方法 ELEFAN 和 SLCA 估算鱼类生长参数的研究[J].海洋湖沼通报,(3):81-87.
廖锐,区又君.2008.鱼类耳石研究和应用进展[J].南方水产,4(1):69-74.
刘乐和,吴国犀,王志玲.1990.葛洲坝水利枢纽兴建后长江中上游铜鱼和圆口铜鱼繁殖生态[J].水生生物学报,14(3):205-215.
罗小勇,陈蕾,李斐.2004.金沙江干流梯级开发环境影响分析[J].水利水电快报,25(14):7-10.
苏家勋,邱发绪,周维祥,等.1993.三道河水库马口鱼的年龄与生长、繁殖和食性[J].水利渔业,62(1):15-18.
吴强.2007.长江三峡蓄水后渔业资源现状的研究[D].武汉:华中农业大学.
肖海,代应贵.2011.北盘江光唇裂腹鱼年龄结构、生长特征和生活史类型[J].生态学杂志,30(3):539-546.
辛建峰,杨宇峰,刘焕章.2010.长江上游长鳍吻鲈年龄与生长的研究[J].四川动物,29(3):352-356.

徐钢春,顾若波,闻海波,等. 2009. 澄湖似刺鲃的年龄和生长特征[J]. 中国水产科学, 16(3): 307–315.

叶富良,陈刚. 1998. 19种鱼类的生活史模式研究[J]. 湛江海洋大学学报, 8(3): 11–16.

殷名称. 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社.

张松. 2003. 长江上游合江江段渔业现状评估及长鳍吻鲈的资源评估[D]. 武汉: 华中农业大学.

张学健,程家骅. 2009. 鱼类年龄鉴定研究概括[J]. 海洋渔业, 31(1): 92–99.

赵天,刘建虎. 2008. 长江江津江段中华沙鳅耳石及年龄生长的初步研究[J]. 淡水渔业, (5): 46–50.

中国科学院水生生物研究所. 1997–2010. 鱼类和珍稀水生动物重点站年度报告[R].

周灿,祝茜,刘焕章. 2010. 长江上游圆口铜鱼生长方程的分析[J]. 四川动物, 29(4): 510–516.

Amin S M N, Haroon A K Y, Alam M. 2001. A study on the population dynamics of *Labeo rohita* (Ham.) in the Sylhet basin, Bangladesh[J]. Fish, 48: 291–296.

Beckman D W, Stanley A L, Render J H, et al. 1990. Age and growth of black drum in Louisiana waters of the gulf of

Mexico[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 119: 537–544.

Gayanilo F C, Sparre P, Pauly D. 2005. FAO-ICLARM stock assessment tools II user's guide[M]. Rome: World – fish Center Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Park Y S, Chang J, Lek S, et al. 2004. Conservation strategies for endemic fish species threatened by the three gorges dam[J]. Conserv Biol, 17(6): 1748–1758.

Ricker W E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull[J]. Fish Res Bd Can, 191: 1–382.

Von Bertalanffy L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth[J]. Q Rev Biol, 32: 217–231.

Xie Y, Li Z, Gregg W P, et al. 2001. Invasive species in China: an overview[J]. Biodiversity and Conservation, 19: 1317–1341.

(责任编辑 万月华)

Age and Growth of *Coreius guichenoti* in the Mainstream of the Yangtze River

YANG Zhi, WAN Li, TAO Jiang-ping, CAI Yu-peng, ZHANG Yuan-yuan, QIAO Ye

(Institute of Hydroecology, MWR & CAS, Wuhan 430079, China)

Abstract: Based on the scale materials fetched from the samples of *Coreius guichenoti* being collected from the Yichang section and the Chongqing section in the mainstream of the Yangtze River during the autumns of 2007 and 2008, *Coreius guichenoti* were aged by determining the annuli of scale. Moreover, information on growth features of *Coreius guichenoti*, including growth functions, growth index and inflexion point were studied. The relationship between body length and scale radius was lineal, which expression equation was $L = 15.327R + 71.349$ and the relationship between body length and body weight was functionally power, which expression equation was: $W = 0.00002L^{2.9942}$. The von Bertalanffy growth function, was used to model the standard length growth of *Coreius guichenoti* using the original survey body length. The von Bertalanffy growth function were $L_t = 730.15 [1 - e^{-0.12(t+1.01)}]$ and $W_t = 7493.05 [1 - e^{-0.12(t+1.01)}]^{2.9942}$. The von Bertalanffy growth function could provided a high goodness of fit and accurately described the growth of *Coreius guichenoti* by methods of the least square. The inflection point of body weight growth curve was 8.13 age. This fish grow rapidly in the first three years, then had slow growth after age 3 years. For the purpose of resource conservation of *Coreius guichenoti*, it should be restricted to bigger than 278 mm for the captured individuals in all sections.

Key words: *Coreius guichenoti*; Yangtze River; age; growth