

兴凯湖翘嘴 (*Culter alburnus*) 的生长特性*

战培荣 赵吉伟 董崇智 赵春刚

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 农业部黑龙江流域渔业生态环境监测中心 哈尔滨 150070)

提要 采用经典的 Von Bertalanffy 生长方程和数理统计的方法, 于 2001—2002 年在中俄界湖兴凯湖采集翘嘴, 对其生长特性进行了研究。结果表明, 翘嘴 体长和体重的关系为 $W = 0.0077L^{3.1}$ ($r = 0.9881$), Von Bertalanffy 生长方程为 $L_t = 153.2[1 - e^{-0.05(t+1)}]$; $W_t = 42000.3 \times [1 - e^{-0.06(t+1)}]^{3.1}$, 体重生长拐点 $t = 17.6$ 龄, 相应的体长为 95.3cm, 体重为 12706.6g。按生长指标值分析, 阶段生长可划分为两个时期, 即 17.6 龄前的生长迅速期和 17.6 龄后的生长减缓期。因此, 为了保护翘嘴 鱼类资源, 天然渔业的捕捞 个体规格应控制在 5000g 以上。

关键词 翘嘴, 生长速率, 生长方程, 兴凯湖
中图分类号 Q959.4

兴凯湖位于中国东北边境的黑龙江省密山市, 东经 $132^{\circ}10' - 132^{\circ}50'$, 北纬 $44^{\circ}31' - 45^{\circ}30'$, 总面积约为 4380km^2 。该湖为中俄界湖, 北属中国, 南属俄罗斯, 在中国境内面积约为 1200km^2 , 湖水最深处达 10m, 平均水深 4m, 海拔 69m。湖水溢出至松阿察河, 经乌苏里江和黑龙江注入北太平洋的鄂霍次克海。翘嘴 (*Culter alburnus* Basilewsky) 隶属于鲤形目、鲤科、亚科、属(陈宜瑜, 1998), 地方名为大白鱼, 曾用名翘嘴红 (*Erythroculter ilishaformis* Bleeker), 生活在大型湖泊及流水中, 栖息在水体的上层, 以食虾为主, 个体较大, 有经济价值。翘嘴 的渔业作用和生物学特性, 已经引起有关学者的重视(陆伟民等, 1995; 许品成, 1984)。兴凯湖虾类丰富, 独特的生态环境为翘嘴 提供了充足的饵料, 翘嘴 种群优势明显, 有区域性洄游规律, 生殖季节在北岸(中国境内)有沙质底产卵场, 卵呈漂浮性, 是黑龙江水系的主要产地。兴凯湖翘嘴 肉质细嫩洁白、品质好、产量高, 中外闻名, 成为深受人们欢迎的淡水名贵鱼类之一。据记载, 20 世纪 80 年代兴凯湖翘嘴 的捕捞产量, 占湖中鱼产量的 80% (张觉民等, 1985), 但是近年来由于湖区生态环境变化和人为因素的影响, 兴凯湖翘嘴 鱼类资源也发生了较大变化,

特别是迄今对其生长特性的研究较为缺乏。研究鱼类的生长过程是了解其生活史和利用管理生物资源的一个重要方面(吴贤汉等, 1995; 张健东, 2002; Johnson *et al.*, 1997; Beckman *et al.*, 1990), 为了保护兴凯湖翘嘴 的种质资源, 达到可持续利用的目的, 作者报道对兴凯湖翘嘴 生长特性的研究结果。

1 材料与方法

研究所用翘嘴 (*Culter alburnus* Basilewsky) 均采自兴凯湖(2001 年 6—7 月和 2002 年 7 月采集, 样品数量约 130 尾), 采样网具主要是三层定置挂网, 网目为 4.3—10.2cm, 网长 200—260m, 网高 3.5m。翘嘴 的年龄鉴定: 采取侧线鳞以上背鳍以下的鳞片 5—7 枚, 用清水浸泡后洗净擦干, 夹在载玻片内, 在显微读数仪及体视镜下观察, 根据鳞片上环纹形态特征鉴定年龄。体长与体重的相关分析采取 Keys 公式 $W = aL^b$ (W 为体重, L 为体长, a 、 b 为系数), 通过对数转换成直线方程, 计算出 a 、 b 值(张觉民等, 1991)。生长规律用 Von Bertalanffy 方程, 体长用 $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-K_L(t-t_0)}]$, 体重用 $W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K_w(t-t_0)}]^b$ (K_L 为体长生长系数, K_w 为体重生长系数, t 为年龄) 进行拟合计算, Excel 软件处理。相对增长率按 $(L_2 - L_1)/L_1 \times 100$ 、瞬

* 国家科技部“十五”重点资助项目, 2000DIB50183 号。战培荣, 副研究员, E-mail: xczjlm@mail.hrb.hl.cninfo.net

收稿日期: 2003-08-28, 收修改稿日期: 2004-03-09

时生长率按 $G_L = (\lg L_2 - \lg L_1) / 0.4343(t_2 - t_1)$ 、生长指标按 $G_L = [(\lg L_2 - \lg L_1) / 0.4343(t_2 - t_1)] L_1$ 、体长推算用 $L_n R = LR_n$ (R 为实测鳞径, R_n 为 n 龄鳞径; L 为实测体长, L_n 为 n 龄体长) 进行计算。

2 结果

2.1 翘嘴 捕捞种群体长组成

捕捞群体体长主要由 18—86cm 组成, 其中以 30—< 32cm 为主, 占 16.4%; 其次体长为 22—< 24cm, 占 13.9% (表 1)。

表 1 翘嘴 捕捞群体体长分布

Tab 1 Body length distribution of the catch population of *C. alburnus*

体长 (cm)	18—< 20	20—< 22	22—< 24	24—< 26	26—< 28	28—< 30	30—< 32	32—< 34	34—< 36	36—< 38	38—< 40	40—86	总计
样品数	3	5	17	16	15	16	20	9	8	2	2	9	122
百分比 (%)	2.4	4.0	13.9	13.1	12.3	13.1	16.4	9.4	6.5	1.6	1.6	9.4	100

2.2 捕捞种群体重组成

捕捞群体体重主要由 75—475g 组成, 其中以

125—< 175g 为主, 占 23.0%; 其次为 75—< 125g, 占 17.2% (表 2)。

表 2 翘嘴 捕捞群体体重分布

Tab 2 Body weight distribution of the catch population of *C. alburnus*

体重 (g)	75—< 125	125—< 175	175—< 225	225—< 275	275—< 325	325—< 375	375—< 425	425—< 475	475—8000	总计
样品数	21	28	19	10	10	9	7	7	11	122
百分比 (%)	17.2	23.0	16.0	8.2	8.2	7.4	5.7	5.7	9.0	100

2.3 捕捞种群年龄组成

捕捞种群的年龄主要由 1—7 龄组成, 以 2—3 龄为主, 占 40%; 其次是 4 龄占 18%, 7 龄和 7 龄以上占不到 10% (图 1)。

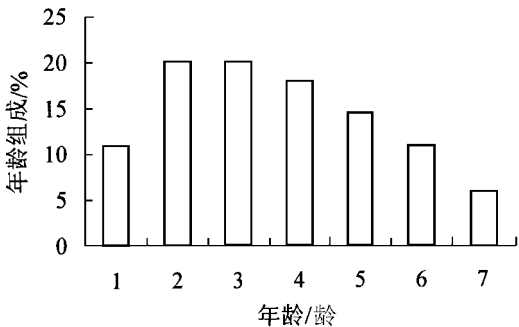


图 1 兴凯湖翘嘴 年龄组成

Fig. 1 Age composition of *C. alburnus* in Xingkai Lake

2.4 体长与体重的关系

兴凯湖翘嘴 体长与体重呈幂函数关系 $W = 0.0077L^{3.1}$ (1)
 ♀: $W = 0.0028L^{3.4}$; ♂: $W = 0.0071L^{3.1}$, $r = 0.9881$, 其关系曲线见图 2。

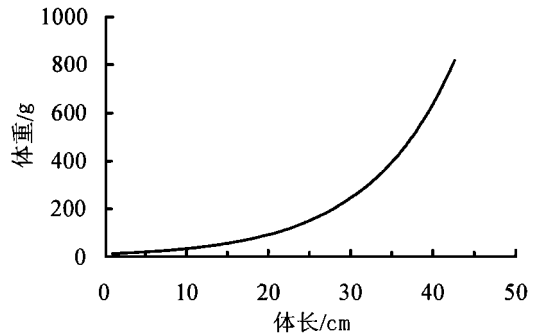


图 2 兴凯湖翘嘴 体长(L)和体重(W)关系曲线
Fig. 2 Correlation curves between body length (L) and body weight (W) of *C. alburnus* in Xingkai Lake

2.5 生长特征与生长方程

描述鱼类体长和体重随时间(年龄)的变化规律时, 广泛应用 Von Bertalanffy 方程, 根据所得资料用 Von Bertalanffy 生长方程进行拟合, 求得兴凯湖翘嘴 的各项生长参数为: 渐近体长 $L_{\infty} = 153.2$ cm, 渐近体重 $W_{\infty} = 42000.3$ g, 体长生长系数 $K_L = 0.05$, 体重生长系数 $K_W = 0.06$, 理论生长起点年龄 $t_0 = -1$, 由上述参数值得出兴凯湖翘嘴

的体长、体重生长方程为:

$$L_t = 153.2[1 - e^{-0.05(t+1)}] \quad (2)$$

$$W_t = 42000.3[1 - e^{-0.06(t+1)}]^{3.1} \quad (3)$$

体长和体重增长描述情况见图 3。

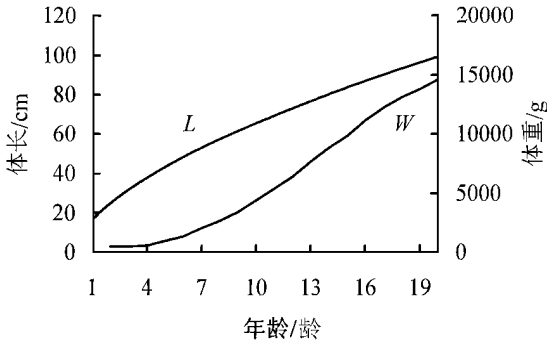


图 3 兴凯湖翘嘴 体长和体重生长曲线

Fig. 3 Growth curves of body length and body weight of *C. alburnus* in Xingkai Lake

2.6 生长速度和生长加速度

将公式(2)、(3)对 t (年龄) 求一阶导数, 得到体长、体重的生长速度方程分别为:

$$dL/dt = 7.655[1 - e^{-0.05(t+1)}] \quad (4)$$

$$dW/dt = 7560[1 - e^{-0.06(t+1)}]^2 e^{-0.06(t+1)} \quad (5)$$

体长和体重速度变化见图 4。

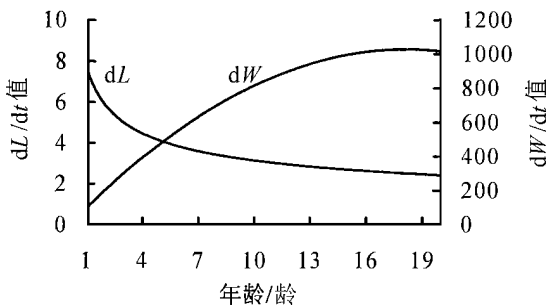


图 4 兴凯湖翘嘴 体长和体重生长速度曲线

Fig. 4 Growth rates of body length and body weight of *C. alburnus* in Xingkai Lake

将公式(2)、(3)对 t 求二阶导数, 得到体长、体重生长的加速度方程:

$$d^2L/dt^2 = -0.3828[1 - e^{-0.05(t+1)}] \quad (6)$$

$$d^2W/dt^2 = 453.6[1 - e^{-0.06(t+1)}] e^{-0.06(t+1)}$$

$$(3e^{-0.06(t+1)} - 1) \quad (7)$$

兴凯湖翘嘴 体长、体重生长的加速度变化情况见图 5、图 6。

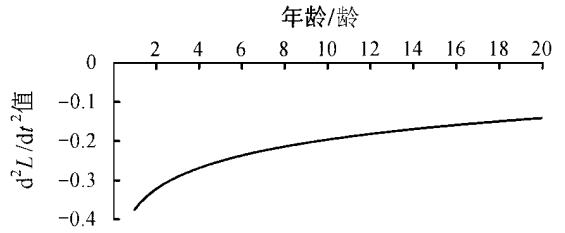


图 5 兴凯湖翘嘴 体长生长加速度曲线

Fig. 5 Growth acceleration curves of body length of *C. alburnus* in Xingkai Lake

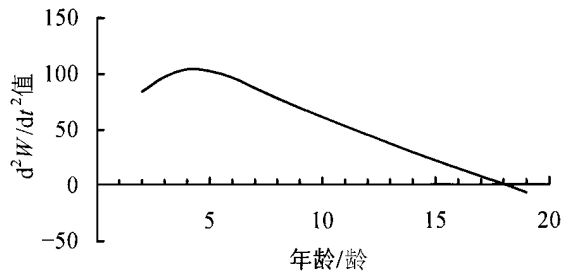


图 6 兴凯湖翘嘴 体重生长加速度曲线

Fig. 6 Growth acceleration of body weight of *C. alburnus* in Xingkai Lake

从图 6 中可以看出, 5 龄是体重生长加速度生长最快的时期, 5 龄前是生长加速度上升阶段, 5 龄后生长加速度开始缓慢下降, 接近 18 龄时为零。

兴凯湖翘嘴 的生长情况详见表 3。

表 3 兴凯湖翘嘴 生长率

Tab. 3 Growth rates of *C. alburnus* in Xingkai Lake

年龄	平均体长 (cm)	相对增长率 (%)	瞬时增长率	生长指标
1	20.1			
2	24.0	19.1	0.18	3.64
3	29.3	22.0	0.21	5.04
4	32.4	11.2	0.10	3.01
5	36.2	12.4	0.12	3.86
6	42.5	17.1	0.16	5.71

采用鱼鳞片鳞径推算兴凯湖翘嘴 的年平均体长生长速度: L_1 为 15.6cm, L_2 为 20.6cm, L_3 为 26.0cm, L_4 为 28.5cm, L_5 为 34.5cm, L_6 为 41.6cm。

(表4)。

对渔获物的观察统计,在繁殖季节,翘嘴 在三层挂网捕捞群体中占有明显的优势,尾数约占52%,重量约占70%。2龄、3龄、4龄占捕捞主体。

表4 兴凯湖翘嘴 各龄退算体长

Tab. 4 Body length of back calculation of *C. alburnus* in Xingkai Lake

年龄 (龄)	样本数 (n)	退算体长(cm)					
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
1	16	15.6					
2	16	14.4	20.6				
3	17	13.8	20.0	26.0			
4	18	11.4	17.6	23.3	28.5		
5	13	11.0	18.0	25.1	30.3	34.5	
6	8	11.1	18.8	16.8	31.7	36.6	41.6
平均	15	12.9	19.0	22.8	30.2	35.5	41.6

3 讨论

3.1 兴凯湖翘嘴 的生长潜力

翘嘴 是分布较广的种类,在我国黑龙江、长江和太湖等水域均有分布(陆伟民, 1995; 许品成, 1984; 张觉民等, 1995)。但是由于兴凯湖所处高纬度地区,水质清新,湖中有丰富的食物,使兴凯湖翘嘴 在生长等性状上显示出了一些独具的特点,在湖中占有绝对的优势。兴凯湖现存有较多的亚科鱼类,除翘嘴 外,还有蒙古 、兴凯 等。相比之下,翘嘴 属于大型鱼类,个体最大,即使是在资源量减少的情况下,作者在2001年也捕到体长86cm、体重8000g的个体。翘嘴 在性成熟后仍保持着生长较快的势头,最快的生长时期在5龄。理论上推算最大个体体长可达153cm,体重可达42000g。现捕捞群体体长主要是在30—31cm,占16%,体重125—174g,占23%,可以看出,翘嘴 的生长潜力还远没有发挥出来。另外,翘嘴 以食虾类和小型成鱼为主,近年来兴凯湖中小型鱼类数量有增加的趋势,这可能与翘嘴 在湖中的资源量衰退有一定关系,其在兴凯湖中所产生的渔业作用还有待于进一步研究。

3.2 翘嘴 生长与种群变动

兴凯湖翘嘴 在淡水中属较大型的经济鱼类,捕捞个体有达到25000g的记载(张觉民等,

1995),本次调查中也采捕到体重达8000g的个体,这可能与兴凯湖位于较高纬度和湖中有营养丰富的虾类食物有关。在繁殖季节兴凯湖中翘嘴

仍占有优势,但5000g以上的个体已不多见。调查发现体长在35cm个体已经性成熟,这与张觉民等(1995)报道的翘嘴 在4—5龄,最小个体为40cm有所提前,繁殖个体趋于小型化。兴凯湖翘嘴 渔获年龄主要由1—7龄组成,7龄以上的个体只是零星见到,其中以2—3龄为主要捕获对象。这一方面说明翘嘴 幼鱼捕捞量过大和捕捞方式不甚合理,另一方面说明兴凯湖还有补充恢复翘嘴 资源的幼鱼群体和适宜的育肥条件。今后应该通过科学的研究,利用兴凯湖尚还具备恢复翘嘴 鱼类资源的基础,采取相应的措施,加速种群恢复。根据兴凯湖翘嘴 体重加速度生长曲线分析,生长加速度最快的时期是在5龄,5龄以后逐渐减缓,17.6龄是生长拐点,生长加速度为零,翘嘴 体长和体重增长是一个持续的过程,10龄以后生长明显减缓。

3.3 资源增殖与保护

翘嘴 原为兴凯湖主产鱼类,在汛期占捕捞量的90%以上,但现在即使在繁殖季节也形成不了群体,资源量明显下降。因此,应积极采取措施,促进资源的恢复。首先,要加强对捕捞业的管理,改变捕捞幼鱼的现状,根据翘嘴 的生长生物学特点,科学控制捕捞网目;对现有的自然产卵场要进行保护,对受破坏的产卵场进行修复和恢复。其次,要进一步研究翘嘴 的生活史,了解掌握其生命周期和繁殖饲养技术,建立放流站,培育一定规格的幼鱼,开展人工放流,增殖资源,保护这一名贵物种;并通过科学的方法对生态环境和放流效果进行评估,逐步有效地恢复其资源,进而达到可持续利用的目的(常建波等, 1999; 战培荣等, 2000; Busacker *et al.*, 1990)。另外,兴凯湖翘嘴 在水温为23℃左右时,即向湖的北岸集群,产卵时间为6—7月。目前捕捞的翘嘴 大部分是刚刚性成熟的个体,远没有达到生长及产卵繁殖的最盛时期,根据研究得出的生长特性,捕捞个体体重至少应控制在5000g以上。为保证汛期鱼类能够充分的繁殖,禁捕期应适当提前和延长,控制在6月上旬—7月下旬较为适宜。

参 考 文 献

陈宜瑜, 1998. 中国动物志. 硬骨鱼纲鲤形目(中卷). 北

- 京: 科学出版社, 185—186
- 陆伟民, 董合一, 1995. 翘嘴红 和蒙古红 在太湖渔业中的作用. 上海水产大学学报, 4(3): 231—237 [Lu W M, Tong H Y, 1995. The roles of *Erythroculter ilishaeformis* and *Erythroculter mongolicus* in the fishery of Taihu lake. Journal of Shanghai Fisheries University, 4(3): 231—237]
- 许品成, 1984. 太湖翘嘴红 的生物学及其增殖问题的探讨. 水产学报, 8(4): 275—287 [Xu P C, 1984. Discuss on biology and multiplication of *Culter alburnus* in Taihu Lake. Journal of Fisheries of China, 8(4): 275—287]
- 吴贤汉, 张士瑾, 王永元等, 1995. 青岛文昌鱼的生活史——年龄、生长和死亡研究. 海洋与湖沼, 26(2): 175—178 [Wu X H, Zhang S C, Wang Y Y *et al*, 1995. The life history *Branchiostoma belcheri tsingtaense*: age, growth and death. Oceanologia et Limnologia Sinica, 26(2): 175—178]
- 张觉民, 任慕莲, 李怀明, 1985. 黑龙江省渔业资源. 哈尔滨: 黑龙江朝鲜民族出版社, 119—120
- 张觉民, 何志辉, 1991. 内陆水域渔业自然资源调查手册. 北京: 农业出版社, 260—290
- 张觉民, 李怀明, 董崇智, 1995. 黑龙江省鱼类志. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 103—110
- 张健东, 2002. 中华乌鳢的生长模型和生活史类型. 生态学报, 22(6): 841—846 [Zhang J D, 2002. The growth models and life-history pattern of black chinese sleeper, *Bostrichthys sinensis*. Acta Ecologica Sinica, 22(6): 841—846]
- 常剑波, 曹文宣, 1999. 中华鲟物种保护的历史与前景. 水生生物学报, 23(6): 712—720 [Chang J B, Cao W X, 1999. History and prospect of conservation on chinese sturgeon in the Yangze River. Acta Hydrobiologica Sinica, 23(6): 712—720]
- 战培荣, 夏重志, 2000. 黑龙江呼玛河大麻哈鱼产卵场状况及水质评价. 见: 中国水产学会编. 21世纪渔业科技创新. 北京: 海洋出版社, 128—131
- 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. Trans Amer Fisheries Soc, 119: 537—544
- Busacker G P, Adelman I R, Goolish E M, 1990. Growth. In: Schreck C B, Moyle P B ed. Methods for Fish Biology. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 363—387
- Downing J A, Plante C, 1993. Production of fish populations in lakes. J Fish Aquat Sci, 50(1): 110—120
- Johnson B L, Noltie D B, 1997. Demography, growth, and reproductive allocation in streamspawning Longnose Gar. Trans Amer Fisheries Soc, 126: 438—466

GROWTH CHARACTERISTICS OF SKYGAZER *CULTER ALBARNUS* IN XINGKAI (KHANKA) LAKE

ZHAN Pei-Rong, ZHAO Ji-Wei, DONG Chong-Zhi, ZHAO Chun-Gang

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences;

Heilongjiang Basin Fishery Ecology Monitoring Center, Ministry of Agriculture, Harbin, 150070)

Abstract Xinkai (Khanka) Lake is situated near Mishan City, Heilongjiang Province, Northeast China. The lake strides across the China/Russia border, between $132^{\circ}10' - 132^{\circ}50'$ and $44^{\circ}31' - 45^{\circ}30'$ and 69 above sea level. Total area of the lake is 4380km^2 of which 1200km^2 is in Chinese side where average depth is 4m with the deepest 10m. The lake water runs into the Okhotsk Sea via Wusuli (Ussuri) River and Heilongjiang River. *Culter alburnus* Basilevsky is an important natural and commercial pikes in the lake. However, research on the species is so far insufficient. In this paper, 130 fish specimens were collected and investigated during 2001—2002. To determine fish age, bio-statistical analysis was used. For each fish, 5—7 scales from fish backs were taken and put in clear water for microscopic observations on scale annularity rings. In order to analyze relationship between weight and length, a formula $W = aL^b$ was used. Growth rate was calculated using Von Bertalanffy equation, for body length by $L_t = L_{\infty}[e^{K_L(t-t_0)}]$ and body weight by $W_t = W_{\infty}[e^{K_W(t-t_0)}]^b$. Weight instantaneous growth rates were calculated by $G_W = (\ln W_2 - \ln W_1)/(t_2 - t_1)$, length instantaneous growth rates by $G_L = (\ln L_2 - \ln L_1)/(t_2 - t_1)$, growth index by $G_{L_t} = [(\lg L_2 - \lg L_1)/0.4343(t_2 - t_1)]L_1$, length backward calculation by $L_n R = LR_n$. Results show that relationship between body length, L (cm), and body weight, W (g), can be expressed in $W = 0.0077L^{3.1}$ ($r = 0.9881$). Lengths of the fish caught were between 18 and 86 cm, of which 30 to 31cm ones occupied 16.4%, 22 to 23cm 13.9%. Weights of the fish were between 75 and 475g, of which 125 to 174g ones accounted for 23.0%, and 75 to 124g 17.2%. Ages of the fish were from 1 to 7 years, among them 2 to 3 constituted 40%, and 4 year old fish 18%. Through observation and statistical analysis of the total catch, *C. alburnus* was found to be the main species. During the spawning season *C. alburnus* accounted for 52% of the catch and accounted for 70% of the total catch weight. The Von Bertalanffy equations for the species were as follows: $L_{\infty} = 153.2\text{cm}$, $W_{\infty} = 42000.3\text{g}$, length growth coefficient $K_L = 0.05$, weight growth coefficient $K_W = 0.06$. Starting point age $t_0 = -1$. $L_t = 153.2[1 - e^{-0.05(t+1)}]$; $W_t = 42000.3[1 - e^{-0.06(t+1)}]^{3.1}$, the growth inflection point was at $t = 17.6$ years, corresponding to $L = 95.3\text{cm}$, and $W = 12706.6\text{g}$. This data suggests that fish grow was much faster before 17.6 years of age than after 17.6 years of age. Differences in relative growth rate, instantaneous growth and growth indexes also show the same trend. Based on these research results, it is suggested that in order to sustainably utilize and protect fishery resources, catch weight of *C. alburnus* should be above 5000g in Xingkai Lake.

Key words *Culter alburnus* Basilevsky, Growth rate, Growth equation, Xingkai (Khanka) Lake