

文章编号:1005-8737(2000)04-0032-05

'95 溢洪对大伙房水库鲢、鳙渔业造成损失的估测

王宇庭¹, 史为良¹, 华东升², 张久国²

(1. 大连水产学院, 辽宁 大连 116023; 2. 大伙房水库养殖总场, 辽宁 抚顺 113007)

摘要:根据1990、1998年鲢、鳙渔获物的年龄组成, 相关年份的放养尾数及1995年后的历年捕获量, 结合可捕群体、补充群体等假设条件, 利用修正的“恒定参数系统法”拟合分析了1995年溢洪后大伙房水库鲢、鳙的残存率、死亡系数、回捕率, 探讨了'95溢洪对该水库鲢、鳙渔业的影响, 并根据理论捕获量推算出溢洪造成的损失分别为鲢250~350 t, 鳙237~436 t。

关键词:大伙房水库; 溢洪; 鲢; 鳙; 渔获量; 损失评估
中图分类号: S932.4 **文献标识码:** A

1995年夏发生溢洪后, 大伙房水库坝下直至辽河下游的营口, 都发现了大量的该水库主要牧养鱼类—鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*), 而其后几年该水库的捕获量大幅度下降, 从原来的年产超过1 000 t, 降为约500 t。同时杂鱼(繁殖力高、个体小的杂食性鱼类)、野鱼(繁殖力较低, 但个体大的捕食性鱼类)的捕获量逐年增加, 具体数据由大伙房水库养殖总场提供, 见图1。定量估测自然灾害给内陆养殖渔业造成的损失也是渔业生态学、水产资源学的课题, 但相关内容尚未见报道。鉴于此, 有必要对此次溢洪给该水库的优势群体—鲢、鳙造成的损失进行定量分析, 以便为进一步定量研究鲢、鳙与其它鱼类的关系及鱼类群落在有限环境中的演替规律积累材料。本文根据溢洪前后该水库鲢、鳙商品渔获物年龄组成, 以及历年的放养量, 结合“恒定参数系统法”^[1]的一般假设, 推测'95溢洪后各年应达到的产量, 并结合实际产量分析溢洪造成的损失。

根据年龄组成分析放养捕捞鱼类的报道中^[2~5], 仅限于根据自然种群的研究方法^[1, 6, 7]推测水域的一般渔业功能, 没有结合放养量推测捕获量。

收稿日期:2000-03-21

作者简介:王宇庭(1966—), 男, 辽宁黑山人, 大连水产学院讲师, 主要从事内陆渔业资源的研究。Email: wyuting@mail.dlptt.ln.cn

本文对这一方法的应用做了一般性论述和尝试。

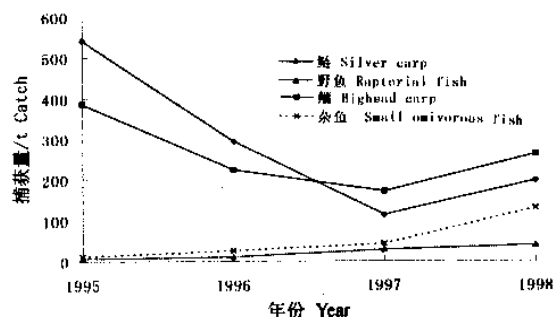


图1 1995年后大伙房水库鲢、鳙及野杂鱼的捕获量

Fig.1 Catches of silver carp, bighead carp, raptorial fish and small omnivorous fish in Dahofang Reservoir after 1995

1 材料和方法

根据大伙房水库养殖场提供的资料, 溢洪前后鱼种来源、规格、放养方式没有变化, 一直以来放养的都是大规格鱼种, 水体的生物条件、物理条件变化的影响也基本可以忽略, 因而可以假定鱼种的放养成活率不变, 并根据正常年份商品鱼中各年龄组的回捕率和捕捞规格, 推测受溢洪影响的年份应达到的正常捕获量。估算的正常捕获量与实际捕获量之

差即为溢洪给鲢、鳙放养渔业造成的损失。

1.1 溢洪前后的放养、捕捞数据和渔获物年龄组成

1990 年, 袁付^[3]、张建华^[8]和严朝晖^[4]分别对大伙房水库鲢、鳙渔获物组成进行了调查, 样本分别以 A、B 和 C 表示, 调查结果见表 1。

1998 年秋和 1999 年春, 作者对该水库进行了相同方法的调查, 结果见表 2。因 1999 年在冰开始融化时采样, 该数据反映的是 1998 年秋捕捞群体的组成情况, 故数据处理时将其和 1998 年秋的本一同作为 1998 年的渔获物组成。

表 1 1990 年的渔获物组成及对应年份的放养数量

Table 1 Catch composition in 1990 and stocking number together with corresponding years

世代 Pastured year	鲢 Silver carp					鳙 Bighead carp				
	放养量/ 10^4 ind Stocked number	捕捞规格/kg Mean catch size	样本数/ind Sample numbers			放养量/ 10^4 ind Stocked number	捕捞规格/kg Mean catch size	样本数/ind Sample numbers		
			A	B	C			A	B	C
1988	266	0.69	69	437	209	176	0.79	27	133	46
1987	326	1.53	530	264	156	215.3	2.68	147	78	2
1986	269	2.72	308	132	123	177.6	4.17	84	39	37
1985	352	4.14	176	56	28	232.6	6.7	51	51	26
1984	427	6.06	83	50	11	284.9	9.83	54	51	21
1983	729	7.36	61	11	6	485.7	10.94	56	10	7
1982	273	9.61	12	0	0	182.1	12.67	14	0	0
1981	180	12.2	1	0	0	145	14.3	2	0	0
合计 Sum			1240	950	533			435	362	209

表 2 1998 年秋及 1999 春渔获物组成及对应年份的放养数

Table 2 Catch composition in autumn 1998 and spring 1999 together with corresponding years

世代 Pastured year	鲢 Silver carp				鳙 Bighead carp			
	放养量/ 10^4 ind Stocked numbers	捕捞规格/kg Mean catch size	样本数/ind Sample numbers		放养量/ 10^4 ind Stocked numbers	捕捞规格/kg Mean catch size	样本数/ind Sample numbers	
			1998's	1999's			1998's	1999's
1996	683	2.285	27	122	273	2.285	328	125
1995	203	2.63	233	486	822	2.63	693	161
1994	373	3.304	107	116	166	3.304	130	70
1993	522	3.391	28	11	223	3.391	23	14
1992	532	5.2	3	1	220	5.201	2	1
合计 Sum	2313		398	736	1704		1176	371

1.2 放养群体渔获物年龄组成调查研究方法

1.2.1 一般参数的估算 根据年龄组成推测自然种群的发展趋势预报捕获量的方法, 被称为“恒定参数系统法”。该方法中对残存率(Survival rate, S)或死亡系数(Z)的推测, 需要下列假设条件:

- (1) 各鱼龄组补充群体的数量历年保持不变;
- (2) 样本取自瞬时的现存捕捞群体总体, 能够反映一段时间的渔获物年龄组成;
- (3) 某年龄组的鱼当回捕率最大时, 假定其全部成为可捕群体;
- (4) 各鱼龄组在其成为补充群体后, 自然死亡系数(M), 捕捞死亡系数(F)历年保持不变;
- (5) 迁入、迁出忽略不计。

对于人工放养群体的资源估测应用该方法时,

只要将上述“假设(1)”改为: “放养成活率, 即从放养到成为主要捕捞群体的成活率(Pasture alive rate, a), 在各鱼龄组保持一致。”

放养群体不同于自然种群的一个重要指标是回捕率(Recapture rate, R), 即回捕尾数与放养尾数之比。基于上述方法, 可以得到下列不同于自然种群的放养群体年龄组成分析的一般方法。

即: 当 $j - i \geq t_c$ 时, $\frac{C_{S_{j-1,i}}}{P_{i-1}} > \frac{C_{S_{i,i}}}{P_i} > \dots >$

$$\frac{C_{S_{t_c+i,i}}}{P_{t_c+j}}$$

$$R_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{P_i}, S_{i,j} = \frac{R_{i+1,i}}{R_{i,j}}, E(S_{i,j}) =$$

$$\sum_{i=j+tc+1}^{j+tm} S_{i,j} \cdot \frac{R_{i,j}}{\sum_{i=j+tc+1}^{j+tm} R_{i,j}}, Z = -\ln S$$

其中: $C_{i,j}$ 为 i 世代鱼在 j 年渔获物样本中出现的尾数; $C_{i,j}$ 为 j 全年捕到 i 世代鱼的尾数; P_i 为 i 世代鱼, 当初被放养的总尾数; t_c 为成为完全捕捞群体的年龄; t_m 为群体的最大年龄; $E(S)$ 为残存率的数学期望(expectation, E)^[7]。

大于 t_c 龄各年龄组的回捕率拟合为:

$$R_{i-j} = a \cdot \frac{F}{Z} e^{-z(i-j-t_c)} \cdot (1 - e^{-z})$$

设 $a \cdot \frac{F}{Z} (1 - e^{-z}) = b$, 称之为回捕系数, 可通过回归分析求得, 也可通过下式求得:

$$b = \frac{R_{i-j}}{e^{-(i-j-t_c) \cdot z}} = E\left(\frac{R_{i,j}}{e^{-(i-j-t_c) \cdot z}}\right) = \frac{\sum_{i=j+tc+1}^{j+tm} \frac{R_{i,j}}{e^{-(i-j-t_c) \cdot z}} \cdot \frac{R_{i,j}}{\sum_{i=j+tc+1}^{j+tm} R_{i,j}}}{\sum_{i=j+tc+1}^{j+tm} \frac{R_{i,j}}{e^{-(i-j-t_c) \cdot z}}}$$

低于 t_c 龄各年龄组的回捕率用样本回捕率。因为其本身在总渔获量中占的比例很小(数量少、规

格小), 所以其误差对总的估测结果影响不大。

1.2.2 其它年份捕获量及损失量的估测 用上述参数拟合其它年份的捕获量为: $Y_j = P_{A_j} \cdot R \cdot W$ 。其中: Y_j 为 j 年回捕量重量, R - 回捕率矩阵, P_{A_j} - 放养量矩阵, W 捕捞规格(各龄组的平均捕捞重量)矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 & & & \\ & R_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & R_{tm} \end{bmatrix}, P_{A_j} = \begin{bmatrix} P_{j-1} \\ P_{j-2} \\ \vdots \\ P_{j-tc-tm} \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_{tm} \end{bmatrix}$$

损失量等于拟合捕获量和实际捕获量的差, 而不等于溢洪当年流失鱼的重量。

表 3 1990、1998 年鲢、鳙回捕率和残存率及期望值

Table 3 R, S and their expected values of silver carp and bighead carp in 1990 and 1998

鱼龄 Age	回捕率 R				残存率 S			
	鲢 Silver carp		鳙 Bighead carp		鲢 Silver carp		鳙 Bighead carp	
	1990	1998	1990	1998	1990	1998	1990	1998
2	0.010 8	0.001 42	0.009 28	0.007 05				
3	0.011 8	0.023 0	0.010 9	0.044 11				
4	0.008 44	0.003 88	0.007 14	0.005 117	0.718	0.168	0.653	0.116
5	0.002 98	0.000 485	0.004 36	0.000 704	0.353	0.125	0.611	0.138
6	0.001 36	4.88E - 05	0.003 51	5.79E - 05	0.456	0.101	0.804	0.082
7	0.000 431		0.001 19		0.318		0.340	
8	0.000 18		0.000 61		0.410		0.512	
9	2.24 E - 05		0.000 11					
合计 Sum	0.036 0	0.028 9	0.037 1	0.057 0				
期望值 E					0.593	0.163	0.646	0.118

2 结果

2.1 有关参数

根据 1990 年的 3 次样本以及 1998 年的 2 次样本, 估算的鲢、鳙回捕率、残存率见表 3。得到: $S_{1990H} = 0.593$; $Z_{1990H} = -\ln(0.593) = 0.526$; $S_{1990A} = 0.646$; $Z_{1990A} = 0.437$; $S_{1998H} = 0.163$; $Z_{1998H} = 1.814$; $S_{1998A} = 0.118$; $Z_{1998A} = 2.137$ 。

回捕系数见表 4。

2.2 溢洪损失估测

把上述 1990 和 1998 的相关数据(捕捞规格、 Z 和 b 及不完全捕捞群体的回捕率), 结合相应年份的放养量, 可以根据回捕率拟合公式和捕捞量拟合公式拟合出 1996~1997 年的捕捞量(S_p), 与实际捕捞量的差即为溢洪给逐年造成的损失(A_p), 见表 5。

2.2.1 假定 1 1981~1996, a 不变; 1983~1998 年, F 、 M 不变; 除 1995 年外, 放养鱼类没有发生大规模的迁出。根据 1990 年数据拟合的 1995~1998 年的捕捞量估测结果为:

(1) 鲢、鳙的损失量分别为 254 t 和 237 t;

(2) 其中 1995 年的鲢和鳙损失量均为负值, 原因是洪水使鱼活动加剧, 上网率比正常年份增高所致(活动在中上层的鲢表现得更为明显), 该负值为比正常年份多捕的量;

(3) 到 1998 年, 溢洪对鳙造成的损失已经基本消失, 对鲢的仍没有完全消失。

表 4 1990 年、1998 年鲢、鳙的回捕系数

Table 4 Recapture coefficients of silver carp and bighead carp in 1990 and 1998

年龄 Age	1990		1996	
	鲢 Silver carp	鳙 Bighead carp	鲢 Silver carp	鳙 Bighead carp
3	0.011 75	0.010 94	0.023 02	0.044 11
4	0.014 23	0.011 05	0.023 80	0.043 27
5	0.008 46	0.010 45	0.018 26	0.050 34
6	0.006 50	0.012 99	0.011 28	0.034 99
7	0.003 48	0.006 83		
8	0.002 41	0.005 41		
期望值 E	0.011 70	0.010 85	0.023 03	0.044 10

表 5 1995 年后拟合的与实际的捕获量及损失量

Table 5 Simulated production (S_p) and loss, actual production (A_p) and loss each year after 1995

年 Year	种类 Species	实际捕获量/ (10^4 kg) S_p	1990 年拟合值/ (10^4 kg) A_p	损失量/ (10^4 kg) Loss	1998 年拟合值/ (10^4 kg) A_p	损失量/ (10^4 kg) Loss
1995	Silver carp	54.15	37.68	-16.47	42.26	-11.89
	Bighead carp	38.59	34.24	-4.35	45.61	7.02
1996	Silver carp	29.36	37.58	8.22	40.90	11.54
	Bighead carp	22.34	33.83	11.49	44.36	22.02
1997	Silver carp	11.31	33.83	22.52	31.13	19.82
	Bighead carp	17.14	31.61	14.47	33.96	16.82
1998	Silver carp	19.83	30.91	11.08	20.48	0.65
	Bighead carp	26.27	28.36	2.09	24.02	-2.25
合计 Sum				49.04		63.73

2.2.2 假定 2 溢洪给鲢、鳙造成的损失到 1998 年已基本消失; 1989~1996 年, a 不变; 1991~1998 年, F 、 M 不变; 除 1995 年外, 放养鱼类没有发生大规模的迁出。根据 1998 年数据拟合的 1995~1998 年的捕获量估测结果为:

(1) 鲢、鳙的损失量分别 201 t 和 436 t;

(2) 虽然 1998 年测定的捕捞强度比 1990 年测定的大, 但对应 1995 年洪水造成的鲢的高回捕率仍然偏小, 所以鲢的损失量仍为负值, 即比正常年份多捕的量。

3 讨论

3.1 估测结果的基本误差

“恒定参数系统法”对自然种群估测的假设条件中, 常和实际情况不符的是“补充量历年相等”。因为自然种群的繁殖力除了受资源现存量影响外, 还受到饵料、水文及环境的物理化学条件的影响, 因此实际每年的补充量可能差别较大。“恒定参数系统

法”用在放养捕捞群体, 用每个年龄组的回捕率代替尾数, 这个假设条件就和实际情况完全一致了。

但捕捞死亡系数会因捕捞努力量和水文条件影响起水率而发生变化^[9], 自然死亡系数、放养成活率也会随环境条件、生产操作的变化而变化。这些都不同程度地造成估测上的误差。因此需要一次以上的观测结果来估测实际数据的可能区间。

3.2 二次数据估测结果的综合

已知 Z 、 R , 求得: $a_{1990H} \cdot F_{1990H} = 0.013\ 8$, $a_{1998H} \cdot F_{1998H} = 0.049\ 9$ 。假设: $a_{1990H} = a_{1998H}$, 则: $F_{1998H} = 3.62F_{1990H}$; $M_{1998H} = 3.62M_{1990H} - 0.080$ 。

同理: $F_{1998A} = 8.14F_{1990A}$; $M_{1998A} = 8.14M_{1990A} - 1.42$ 。

F 的大幅度提高, 说明溢洪后的捕捞强度有了大幅度增加。

对比相同年份的鲢、鳙之间的回捕率发现, 1990 年二者的回捕率接近, 而 1998 年二者鲢的回捕率明

显比鳊的小,特别表现在对3龄鱼回捕率上。这说明鳊的放养捕捞过程中,3龄鱼发生了额外的损失。

实际调查了解到:95溢洪以后,渔场为了保持原来的市场分额,增加了捕捞强度,大量使用疏目拖网作业,而疏目拖网的大网目形状会在作业时受流速的影响发生变化而将鱼刮伤,增加了鱼的死亡机会,特别对中上层栖息的小规格鳊影响更大。这就使得用1998年资料估测鳊的损失比实际偏小,而用1990年资料估测的可能又偏大(其中的部分损失可能是捕捞方式造成的)。粗略估计溢洪造成的鳊直接损失量共为250~350 t。

栖息在水下中层的鳊受拖网的影响较小,估测结果也显示出1998年高捕捞强度对应较高的回捕率,因此估计其损失量介于二者的结果之间,即:鳊237~436 t。

4 结语

因鳊、鳙500~800 t的损失量,使水库的浮游生物过剩,导致杂鱼、野鱼的滋生,出现了图1的情况。随着水库大规格鱼种放养量的增加,这种情况将会被遏止。但鱼种放养量、捕获量、现存量等达到多少,鳊、鳙的放养比例为何时,野杂鱼的数量呈现零增长,尚需要进一步探讨和监测。另外,溢洪主要使低龄鱼顺水游动流失,高龄鱼则逆水集群游动加剧,这使得溢洪当年的捕捞量比正常年份大,而溢洪后

几年的捕捞量会明显降低,因而将洪水当年的捕捞量按正常情况对待,直观估计损失会有较大误差。

致谢:大连水产学院95级淡水渔业学生黄勇、张丰富在1999年春的采样及测定中做了大量工作,大连水产学院养殖系史可玉同志参加了部分测定。

参考文献:

- [1] Per Sparre, Sieben C Venema. Introduction to tropical fish stock assessment Part 1 - Manual[A]. Rome: FAO Fish Tech Pap[C]. 1991, 125-128.
- [2] 李久奇,史为良,于喜洋. 汤河水库鳊、鳙资源的合理利用的研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 275-281.
- [3] 袁付,史为良. 大伙房水库鳊、鳙资源评估及合理放养捕捞的探讨[J]. 大连水产学院学报, 1993, (1): 21-27.
- [4] 严朝晖,史为良. 大伙房水库鳊的生长及生长模型[J]. 水产学报, 1995, 19(1): 28-34.
- [5] 董双林. 清河水库鳊、鳙种群动态研究[J]. 应用生态学报, 1992, 3(2): 160-164.
- [6] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 363-517.
- [7] Bagenal T. Methods for assessment of fish population in fresh waters[M]. Oxford: Blackwell Publication, 1978. 156-161, 202-207.
- [8] 张剑华. 大伙房水库鳊、鳙的生长及与环境因子的关系[D]. 大连水产学院, 1991.
- [9] 杜荣寿. 生物统计学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 52-54.
- [10] 严朝晖,史为良,夏德昌,等. 影响大伙房水库鳊、鳙渔获量的环境因子分析[J]. 水产学报, 1997, 19(增刊): 31-38.

Loss evaluation of silver carp and bighead carp due to overflow in Dahuofang Reservoir 1995

WANG Yu-ting¹, SHI Wei-liang¹, HUA Dong-sheng², ZHANG Jiu-guo²

(1. Dalian Fisheries College, Dalian 116023, China;

2. Fish Farm of Dahuofang Reservoir in Liaoning Province, Fushun 113007, China)

Abstract: By analyzing the captured age structures in 1990 and 1998, and the corresponding years' pasture and captured amounts after 1995 when the overflowing happened, the survival rate, mortality coefficient, recapture rate of silver carp and bighead carp were simulated and analyzed using constant coefficient system method under the hypothetical conditions including catchable population, recruit population and so on. The influence of the overflowing in 1995 on the resources of the 2 species was evaluated that the losses of both species due to the overflowing were 250~350 t and 237~436 t, respectively.

Key words: Dahuofang Reservoir; overflow; silver carp; bighead carp; catch; loss evaluation