

山东省大中型水库鱼产力的综合评估*

李德尚 焦念志 周春生 李 静
卢敬让 刘长安 任敬明 刘 新

(青岛海洋大学, 266003)

曹光辉

(山东省水利厅, 济南 250013)

提 要 1989、1990 两年调查了山东全省有代表性的 36 座大中型水库的鱼产力性状。根据调查结果用系统聚类法, 等级法和回归分析法进行了鱼产力评估。用等级法将这些水库根据鱼产力的高低分成了五级, 并以二座经营较好、放养充分的典型水库的多年连续平均鱼产量为基准, 根据浮游生物的平均丰度, 估计了各级水库的鱼产力依次为 440、370、290、220 和 150kg·ha⁻¹。回归分析法的评价结果表明影响这些水库鱼产力相对高低的主要因素是集雨区的土壤肥力、人口密度和植被覆盖率; 以及库水的总磷、总氮、电导率、化学耗氧量和浮游生物的丰度, 其中又以土壤肥力影响力最强。

关键词 水库, 鱼产力, 评估

水库鱼产力的评估可为水库的渔业开发提供理论依据和技术参考, 因此是水库渔业科学的一项重要研究内容。我国学者对此已做了不少工作, 但大多数是针对单一水库的评估的^[3, 5, 6, 11]。而对某一地区全部水库的系统评估则较少^[1, 10, 12]。

山东省现有各类型水库 5000 余座, 可养鱼总水面近 7 万公顷; 其中大中型水库 182 座, 可养鱼总水面约 4.7 万公顷, 是该省发展淡水渔业的重要物质基础, 潜力很大。为此, 已组织过一次全省规模的水库渔业资源普查^[2], 对所调查水库的鱼产力分别地进行过初步的分析。本文进一步研究了这些水库的鱼产力问题, 进行了总体的综合评估。研究于 1989 和 1990 两年进行, 共调查和评估了 36 座代表性的大中型水库。

材 料 和 方 法

1. 代表性水库的选择

所选水库都是: ① 水质是调和型(指水中各种物质的浓度对生物需求来说是调和的,

* 本研究为高校博士点专项科研基金及山东省自然科学基金资助项目。参加工作的还有田淑丽、吴隆智、于福永、林治保、张志秋、孙汝清、任永本和王健生。

收稿年月: 1992 年 10 月; 1993 年 1 月修改。

(1) 王绪昌、史为良, 1988. 辽宁省水库渔产性能的定量研究. 第二届全国数理生态学及其应用学术讨论会论文集, 52—55.

(2) 山东省水利厅 1990. 山东省水库渔业资源调查资料汇编. 水利渔业编辑部出版。

不存在浓度过大因而妨碍生产的物质,通俗地说即正常的淡水水质。);②无污染,不浑浊(透明度大于30cm);③水位在死库容以上,平均水深大于2m;④在形态、营养水平和分布地区等方面代表性较强(见表1)。

2. 调查项目及方法

(1) 集雨区性状 共调查集雨区面积(A_s, km^2)、土壤类型(亚类)、植被覆盖率($V_{cs}, \%$)及集雨区人口(P_{op})等4项;调查方法为查阅资料及访问。

(2) 水库形态 调查了养鱼面积(A, ha)、养鱼面积时的库容($V, 10^4 \text{m}^3$)、平均水深(\bar{Z}, m)等3项;调查方法为查阅资料。

(3) 水文状况 调查了水交换率(ρ)、水库年进水量($V_s, 10^4 \text{m}^3$);调查方法为查阅资料(均为近十年平均值)。

(4) 水化学状况 根据以往研究^[4]选择了水库水化学状况较稳定、代表性较强的季节,每年于3月份和11月份各采样一次。调查项目与分析方法为:总磷($TP, \text{mg/L}$)用 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 法消解,钼—锑—抗体系显色、分光光度法测定;总氮($TN, \text{mg/L}$),用 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 法消解,酸性条件下,紫外分光光度法测定;电导率($\lambda, \mu\Omega/\text{cm}$),用DDY-100型电导仪测定;化学耗氧量($COD, \text{mg/L}$),用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定。

(5) 生物学性状 根据以往的经验及有关研究⁽³⁾选择了代表性较强的时期,1985年5月下半月和9月上、下半月各采样1次,1990年只9月份采样1次,分析了浮游植物生物量($B_p, \text{mg/L}$)和浮游动物生物量($B_z, \text{mg/L}$);方法均按常规^[2]。

(6) 渔业经营状况 最近十年平均放养量($N, \text{尾}\cdot\text{ha}^{-1}$),最近十年平均渔获量($Y, \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$);调查方法为查阅资料。

3. 本文所用特定复合指标及其求法

(1) 集雨区土壤肥力指数(SFI) 先根据各类型(亚类)土壤表层30cm中有机质(OM)、 TN 及 TP 的含量($\%$)^[7],计算各土壤亚类的相对肥度(SF),所用的计算式为 $SF = (OM \cdot TN \cdot TP)^{\frac{1}{3}}$ 然后再以该水库集雨区中各亚类土壤所占比例为权求集雨区中各亚类土壤 SF 之和,即为该水库的 SFI 。

(2) 浮游生物丰度指数(BI) 本指数的求法为:

$$BI_{(t)} = \frac{B_{p(t)}}{\bar{B}_p} + \frac{B_{z(t)}}{\bar{B}_z}$$

式中, $BI_{(t)}$ ——某水库的浮游生物丰度指数;

$B_{p(t)}$ ——该水库的浮游植物平均生物量;

$B_{z(t)}$ ——该水库的浮游动物平均生物量;

\bar{B}_p ——全部水库浮游植物平均生物量的平均值;

\bar{B}_z ——全部水库浮游动物平均生物量的平均值。

4. 评价方法

(1) 系统聚类 采用Q型聚类分析法。

(2) 等级评价 使用了本文部分作者另文中提出的系统评价法⁽⁴⁾。将全部影响因素

(3) 史为良等,1992。影响辽宁水库鲢鳙年生长差异的因素。

(4) 焦念志、李德尚,1999。水库鱼产力评价标准与模式的研究。

划分为基础因素、水化学因素和生物学因素三个层次。先求得各因素的鱼产力分指数(FPI_i)和各层次鱼产力综合指数(FPI_C), 然后综合三个层次的评价结果, 求得该水库的评价等级。集雨区性状鱼产力分指数(FPI_D)的求法是将各水库的 SFI 、 V_{eg} 和 P_{op}/A 等三项指标(经预分析表明起决定性作用)分别打分(0.0—1.0), 然后将各指标所得分数依次以 0.5、0.2 和 0.3 的权重求和。

(3) 回归分析法 使用了单相关分析、偏相关分析和逐步回归分析。

结 果

(一) 调 查 结 果

两年的调查结果汇总于表 1。

表 1 山东 36 座代表性水库鱼产力性状的调查结果
Table 1 The results of the investigation on features of fish productivity of 36 representative reservoirs in Shandong Province

项 目 水 库	水库形态			集雨区性状				水文条件		水化学性状				生物学性状			渔业情况	
	A	V	Z	A _d	SFI	V _{eg}	P _{op}	ρ	V _d	TN	TP	λ	COD	B _p	B _s	BI	N	Y
龙门口	4900	1600	4.96	116	0.673	41	3.89	0.71	1538	1.79	0.015	0.28	14.75	3.72	0.67	1.57	104	4.8
勾山	3825	703	2.75	100	0.671	95	5.02	1.34	489.2	1.46	0.026	0.28	18.73	2.74	0.42	1.00		
里店	2640	400	2.5	104	0.794	90	3.36	2.37	1518.2	1.84	0.024	0.22	22.75	4.92	0.75	1.76	113	14.5
沐浴	8550	5500	9.5	455	0.805	70	1.67	1.15	4655.6	1.73	0.025	0.25	18.33	3.32	0.24	1.02	48	4.2
龙泉	1600	600	3.5	60	0.690	90	0.31	1.19	1060	1.79	0.025	0.10	10.00	0.94	0.24	0.44	67	4.6
米山	19500	5800	4.5	440	0.671	85	8.9	1.43	7305.6	1.38	0.034	0.17	10.53	4.47	0.63	1.66		
后龙河	2900	810	4.3	61	0.898	90	3.65	1.12	1019.1	1.80	0.029	0.23	17.60	3.47	0.98	1.74	120	22.3
龙角山	4875	1400	4.4	277	0.700	80	10.00	1.50	3371.8	1.80	0.019	0.22	8.50	3.90	1.38	2.25	60	6.0
彩山	1400	390	3.5	37.6	0.763	80	9.84	1.9	203.1	1.50	0.017	0.15	9.50	5.43	1.26	2.69	100	16.9
大河	2960	1000	5.3	8.5	0.817	63	5.34	0.83	1545.3	1.46	0.021	0.25	12.00	2.63	0.90	1.59	95	12.0
黄前	4800	2397	3.5	292	0.663	67	8.64	1.23	1662.8	1.74	0.021	0.18	18.50	2.90	0.74	1.51	146	7.2
光明	6400	1500	3.77	134	0.957	51	9.63	1.00	1562	2.02	0.046	0.22	16.50	3.87	2.57	3.20	83	7.7
金斗	3700	1200	5	87	0.625	45	2.77	1.24	1570.9	1.64	0.024	0.23	10.00	3.50	2.77	3.58	110	7.4
雪野	9800	2780	5.16	444	0.950	50	8.67	0.79	6635.8	2.38	0.045	0.25	15.00	4.82	3.35	4.37	60	11.2
东周	6747	2000	5.5	189	0.760	33	10.38	3.97	2710.6	1.84	0.027	0.18	10.00	2.01	1.2	1.55		
汶山头	2040	600	4.66	33	0.633	60	2.20	0.94	305.8	1.39	0.012	0.11	8.50	5.83	0.06	1.64	110	1.6
石泉湖	3780	1100	4.3	28	0.604	90	3.04	1.00	1100	1.64	0.018	0.16	12.00	5.38	1.10	2.36	59	4.9
沙沟	4725	2800	7.0	163	0.589	80	6.57	1.57	1712.7	1.52	0.022	0.22	14.00	9.84	0.90	3.25	42	5.7
青峰岭	2900	1500	7.4	770	0.734	30	7.60	1.43	7724	1.85	0.033	0.22	16.25	5.97	2.13	3.47	65	4.9
施庄	1660	265	2.3	17.4	0.696	60	0.55	0.89	250	1.53	0.029	0.12	11.5	1.66	0.76	1.18	131	1.3
古城	1630	380	3.4	16.7	0.661	70	1.20	0.63	279.9	2.06	0.026	0.12	11.8	4.22	0.45	1.41	84	13.6
唐村	10300	280	4.5	263	0.658	60	1.89	1.46	3383.3	1.64	0.019	0.16	16			2.22	46	1.7
许家崖	13350	4300	5.2	580	0.916	70	19.7	1.38	13274.7	1.44	0.026	0.22	15	5.79		2.87	59	7.8
岸堤	54600	22500	6.2	1690	0.610	70	48.0	1.34	20064.3	1.66	0.016	0.24	10	3.30	1.21	1.97		
跋山	334500	19000	8.7	1782	0.704	75	37.50	1.99	20205.0	1.77	0.014	0.31	15	6.28	0.59	1.87		
会宝岭	13500	4800	4.8	420	0.662	70	6.88	1.71	11000	1.72	0.009	0.19	10	2.78	0.71	1.32		

续上表

项目	水库形态			集雨区性状				水文条件		水化学性状				生物学性状			渔业情况	
	A	V	Z	A _d	SFI	V _{eg}	P _{ov}	ρ	V _d	TN	TP	λ	COD	B _p	B _z	BI	N	Y
日照	17000	4800	5.3	548	0.727	80	24.30	0.80	8560.7	1.95	0.020	0.16	10	8.51	0.81	2.48	55	9.8
冶源	10400	2620	3.8	786	0.846	80	26.50	1.90	2037.2	2.15	0.045	0.25	26	4.92	0.55	1.72	90	16.8
于家河	3600	1700	7.3	100	0.886	60	3.20	0.67	955.8	1.82	0.025	0.23	13	3.60	0.96	2.37	70	10.5
大关	1450	520	5.3	47.6	0.555	80	1.30	0.20	785.2	1.51	0.018	0.15	5	2.47	0.31	0.86	77	1.5
大绿汪	1800	320	2.5	59	0.625	80	1.95	5.75	589.2	1.28	0.027	0.20	15	6.93	1.76	3.32	45	5.8
学庄	953	400	6.3	34	0.555	40	0.54	0.89	208.5	1.85	0.016	0.17	13	6.22	0.24	1.80	100	2.5
三里庄	5850	800	2.2	240	0.671	80	8.47	1.75	594	1.47	0.022	0.21	18	5.67	1.11	2.35	95	5.5
吉利河	5350	1400	3.9	103	0.671	80	3.60	1.11	766.6	1.25	0.017	0.20	14.8	3.43	0.62	1.31	75	3.0
铁山	2850	1100	5.78	58	0.555	80	1.70	0.63	4807	1.68	0.016	0.19	12	4.70	0.44	1.52	85	2.6
陡崖子	4125	900	3.3	71	0.703	95	2.78	0.52	488	1.29	0.025	0.16	16.5	4.46	0.37	1.39	90	6.6

注：表中所用符号的含义及其单位见本文的“材料和方法”节。

(二) 对所调查水库鱼产力的评估

1. 系统聚类 以 $SFI, P_{ov}/A, V_{eg}, V_d/V, A, TN, TP, \lambda, COD, BI$ 为指标, 将原始数据加以标准化, 用相关系数作为相似尺度, 用类内平均法作 Q 型系统聚类(Q-CL)分析, 结果如下(图 1)。按图 1 取相关系数为 0.1, 可将该 36 座水库划分为如下五类: ①后龙河、冶源、光明、雪野、于家河等五座水库; ②彩山、大河、黄前、里店、许家崖、青峰岭等六座水库; ③东周、金斗、三里庄、大绿汪、勾山、龙角山、米山、沐浴、陡崖子、吉利河等十座水库;

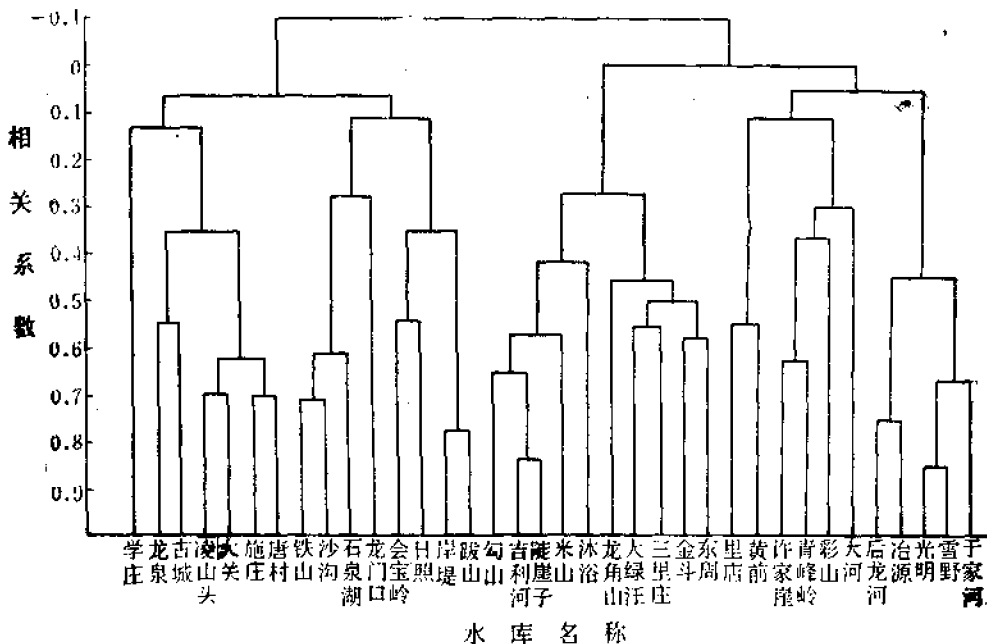


图 1 山东省 36 座代表性水库 Q-CL 分析结果

Fig. 1 The results of Q-cluster analysis of 36 representative reservoirs in Shandong Province

表2 36座水库鱼力等级评估结果
Table 2 The results of ranking assessment on fish productivity of 36 representative reservoirs

项 目	鱼 产 力 指 数											主 观				
	第一层次			第二层次			第三层次			平均综合指数 (FPI_c)	各层次评估结果			综合评价结果		
	FPI_D	FPI_P	FPI_Q	FPI_{TP}	FPI_A	FPI_{CB}	FPI_O	FPI_{TP}	FPI_B		FPI_C	第一层次	第二层次		第三层次	
龙门口	0.51	0.5	0.50	0.44	0.81	0.69	0.59	0.62	0.52	0.48	0.42	0.51	III	II	III	III*
勾山	0.70	0.5	0.56	0.56	0.72	0.82	0.67	0.68	0.48	0.21	0.94	0.53	III	II	III	III*
里店	0.88	0.7	0.72	0.54	0.83	0.67	0.74	0.68	0.68	0.29	0.49	0.63	III	II	III	II*
沐浴	0.66	0.5*	0.53	0.55	0.79	0.74	0.65	0.67	0.48	0.14	0.94	0.51	III	II	III	III*
龙泉	0.54	0.5	0.52	0.55	0.81	0.28	0.50	0.56	0.21	0.14	0.18	0.42	III	III	IV	III-
米山	0.54	0.5	0.56	0.63	0.69	0.52	0.51	0.62	0.58	0.27	0.46	0.55	III	II	III	III*
后龙河	0.89	0.5	0.74	0.59	0.82	0.70	0.67	0.69	0.59	0.43	0.53	0.65	II	II	III ^(a)	II
龙角山	0.76	0.5	0.67	0.49	0.82	0.67	0.48	0.62	0.54	0.41	0.49	0.59	III	II	III	III*
影山	0.88	0.7	0.73	0.44	0.73	0.46	0.50	0.55	0.76	0.39	0.56	0.61	II	III	III ^(a)	II-
大河	0.70	0.5	0.69	0.51	0.72	0.75	0.55	0.63	0.42	0.38	0.30	0.55	II	II	III	II-
黄前	0.70	0.7	0.57	0.51	0.80	0.55	0.68	0.63	0.44	0.29	0.38	0.53	III	II	III	III*
光明	0.70	0.7	0.78	0.72	0.88	0.67	0.64	0.75	0.44	0.57	0.49	0.67	II	II	III	II-
金斗	0.70	0.7	0.58	0.54	0.77	0.70	0.50	0.64	0.50	0.59	0.54	0.59	III	II	III	III*
雷野	0.70	0.7	0.78	0.71	0.98	0.75	0.62	0.79	0.62	0.65	0.68	0.73	II	II	II	II
东周	0.50	0.5	0.61	0.57	0.88	0.55	0.50	0.63	0.35	0.38	0.36	0.53	III	II	III	III*
凌山头	0.59	0.5	0.54	0.39	0.69	0.32	0.45	0.47	0.71	0.0	0.43	0.48	III	III	III	III
石泉湖	0.70	0.7	0.63	0.48	0.77	0.50	0.55	0.58	0.66	0.35	0.54	0.58	III	III	III	III
沙沟	0.57	0.5	0.54	0.53	0.74	0.76	0.59	0.63	0.99	0.33	0.73	0.63	III	II	III	II-
青峰岭	0.60	0.5	0.55	0.62	0.83	0.67	0.64	0.70	0.71	0.53	0.64	0.63	III	II	II	II-

续上表

项 目	鱼 产 力 指 数										平均综合指数 (\overline{FPI}_c)	类 型			
	第一层次			第二层次			第三层次					各层次评估结果			综合评估结果
	FPI_b	FPI_p	FPI_z	FPI_c	FPI_{TP}	FPI_{λ}	$FPI_{\phi_{20}}$	FPI_c	FPI_{IP}	FPI_{BZ}		FPI_c	第一层次	第二层次	
施庄	0.25	0.5	0.3	0.84	0.58	0.74	0.53	0.58	0.31	0.29	0.30	IV	III	V	V*
古城	0.50	0.5	0.7	0.54	0.56	0.89	0.52	0.60	0.60	0.22	0.44	III	IJI	IJI	III
磨村	0.37	0.7	0.7	0.54	0.48	0.77	0.62	0.59	0.90	0.19	0.61	III	III	III	IJI
许家崖	0.84	0.7	0.5	0.78	0.56	0.72	0.50	0.62	0.70	0.45	0.60	II	II	III	II*
岸堤	0.50	0.5	0.5	0.50	0.45	0.78	0.50	0.62	0.48	0.38	0.44	III	III	III	III
跋山	0.71	0.7	0.5	0.60	0.43	0.81	0.61	0.66	0.74	0.26	0.54	III	I	III	III*
舍宜岭	0.57	0.7	0.7	0.64	0.85	0.79	0.50	0.55	0.43	0.28	0.37	III	III	III	III
日照	0.82	0.7	0.9	0.72	0.50	0.87	0.50	0.60	0.75	0.32	0.58	II	III	III	III*
冶源	0.89	0.7	0.7	0.79	0.70	0.92	0.81	0.79	0.69	0.24	0.47	II	II	III ⁽¹⁾	II
于家河	0.89	0.7	0.5	0.75	0.66	0.82	0.87	0.70	0.51	0.34	0.44	II	IJ	III	II*
大关	0.42	0.5	0.5	0.46	0.47	0.73	0.46	0.52	0.39	0.18	0.30	III	III	IV	III*
大绿汪	0.63	0.7	0.	0.63	0.57	0.70	0.61	0.62	0.79	0.47	0.66	III	II	II	II*
学庄	0.33	0.5	0.5	0.41	0.45	0.83	0.56	0.59	0.73	0.18	0.51	IJI	IJI	IJI	III
三里庄	0.67	0.5	0.8	0.55	0.53	0.72	0.67	0.65	0.69	0.38	0.57	III	I	III	III*
吉利河	0.61	0.5	0.7	0.60	0.47	0.67	0.60	0.58	0.49	0.26	0.41	III	III	III	IJI
铁山	0.42	0.5	0.8	0.56	0.45	0.78	0.55	0.59	0.60	0.21	0.44	III	III	III	III
陡崖子	0.68	0.5	0.7	0.63	0.55	0.66	0.64	0.58	0.59	0.19	0.43	III	IJI	IJI	III

注: (1) 表1中的 ρ 是按 V_d/V 计算的, 但近十年去早, 实际养鱼库容约为 V 的 55% 左右, 故按 $V_d/V \times 1.8$ 计算 FPI_p 。

(2) 计算 COD 分指数系以锰法为准, 而本研究用铬法, 所得数值均约大两倍, 故将表1中 COD 数值 $\times 1/2$ 用于计算 $FPI_{\phi_{20}}$ 。

(3) 因放养量显著大, 因而水库中鱼磷密度大, 浮游生物量因被滤食而偏低, 故此处 III 按 II 计。

④龙门口、铁山、沙沟、石泉湖、会宝岭、日照、跋山、岸堤等八座水库; ⑤唐村、凌山头、古城、施庄、学庄、大关、龙泉等七座水库。

2. 等级评估

(1) 等级划分 经过计算, 36 座水库的评估结果列入表 2。由表 2 可见这 36 座水库的鱼产力按系统评价法中提出的标准大都属于 II 类和 III 类, 即中等和较高。根据各水库在同一类型中的相对优劣(表 2 中用正负号标出), 可进一步细分成五级。此外, 由于这一结果只是根据各水库三个层次分别评估的结果粗略综合而得出的, 其中有些水库按其平均综合指数衡量, 所排等级不尽合理, 因此又进行了适当调整, 最后结果如下。下文中, 带星标的水库为根据平均综合指数在相邻级别间作了调整者。

一级(II) 雪野、冶源、后龙河、光明*和许家崖*等五座水库;

二级(II⁻) 彩山、里店、于家河、大绿汪、青峰岭、沙沟、日照*和跋山*等八座水库;

三级(III⁺) 大河*、金斗、黄前、东周、勾山、龙角山、三里庄、米山、石泉湖*、唐村*和学庄*等十一座水库;

四级(III) 沐浴*、龙门口*、铁山、陡崖子、吉利河、古城、岸堤、会宝岭、凌山头、等九座水库;

五级(III、IV⁺) 龙泉、大关、施庄等三座水库。

(2) 鱼产力估计 根据上次普查和这次调查的结果, 以及以往的有关资料得知, 到目前为止, 山东省的绝大多数水库都是放养不足且不稳定的, 因而实际鱼产量都远远低于鱼产力。只有后龙河水库和冶源水库经营较好, 以往有较长一段时间水位正常, 放养量较高而且较稳定。其时水库的鱼产量也较高而且较稳定, 放养鱼的生长速度接近或低于适宜放养量下的正常值。因此可以认为该两水库该期间的放养量是充分的, 因而其连续多年的平均鱼产量可以作为该水库鱼产力的标志。这一数值是: 后龙河水库 $451.5\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1971—1980, 10 年平均 $386.7\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 1986—1991, 6 年平均 $561.0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ^[5]), 冶源水库 $418.5\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1977—1981, 5 年平均鱼产量, 按该期间实有养鱼水面 333.3ha 计)^[2]。现在我们就以这两座水库的平均值 $435\approx 440\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, 作为一级水库鱼产力的平均值。

对于其他等级, 我们依据在相同的气候条件下鱼产力与浮游生物丰度成比例的原理^[3,5,6,9], 根据各等级间浮游生物丰度(以平均 BI 值表之)的差别, 以一级水库的鱼产力 $440\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 为基准, 加以推算, 结果如下(表 3)。

3. 回归分析 将表 1 中有鱼产量资料的 30 座水库的各影响因素对多年平均鱼产量(Y)作相关与回归分析如下:

(1) 各因素对鱼产力影响的相对强度 经过偏相关分析, 得出各层次有关因素影响强度的顺序如下:

第一层次: $SFI > P_{00}/A > V_{00} > \rho > A > \bar{Z}$

第二层次: $TN > COD > TP > \lambda$

第三层次: $BI > B_p > B_z$

(2) 单回归模型 相关显著($\rho = 0.05$)的单回归模型有:

(5) 林治宝等, 1992。后龙河水库的渔业评价及今后发展展望。

表3 36座代表性水库鱼产力的分级估计(kg·ha⁻¹)
Table 3 Fish productivity estimations of each rank of
36 representative reservoirs (kg·ha⁻¹)

鱼产力级别		一	二	三	四	五
BI 平均值	实际数值	3.04	2.65	2.03	1.39	0.81
	按等差处理后的数值	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
鱼产 力估 计	基本值	440	370	290	220	150
	幅度	400—480	330—400	250—330	190—250	110—190

注: 一级水库 BI 平均值实际数值“3.04”系去掉一个偏低值(后龙河水库, 鱼的密度显著较大, 因而 BI 显著偏低)后的平均数

$$Y = 18.2118SFI^{0.2} \quad (N=30 \quad r=0.7170) \quad (1)$$

$$Y = -1.0891 + 4.0510 \log(P_{op}/A) \quad (N=30 \quad r=0.6015) \quad (2)$$

$$Y = 5.6242\rho^{0.61} \quad (N=30 \quad r=0.4297) \quad (3)$$

$$Y = -6.7004 + 8.3583 TN \quad (N=30 \quad r=0.4766) \quad (4)$$

$$Y = 370.7733P^{1.11} \quad (N=30 \quad r=0.5010) \quad (5)$$

$$Y = 41.0795\lambda^{1.18} \quad (N=30 \quad r=0.5010) \quad (6)$$

$$Y = 1.3975 + 0.4374 COD \quad (N=30 \quad r=0.4533) \quad (7)$$

$$Y = 3.8232BI^{0.89} \quad (N=30 \quad r=0.4104) \quad (8)$$

(3) 复回归模型 经演算, 结构较简单, 回归效果又较好的有如下两模型:

$$Y = -24.3494 + 17.6985SFI + 0.0802V_{op} + 0.1691(P_{op}/A) + 6.6415TN \quad (9)$$

$$R = 0.7941, S = 7.1515, P = 0.01, N = 30$$

$$Y = -22.2003 + 18.5011SFI + 0.0617V_{op} + 0.1770(P_{op}/A) + 5.8865TN - 16.8413\lambda + 0.2334COD \quad (10)$$

$$R = 0.8078, S = 7.2329, P = 0.01, N = 30$$

讨 论

(一) 关于本文所采用的水库鱼产力评估方法

本文在评估山东省大中型水库鱼产力中使用了系统聚类法、等级评价法和回归分析法, 其中第一种方法只是用作参考, 所依靠的主要是后两种方法。

等级评价法是根据水库的全面性状进行综合的鱼产力评价, 结果常具有较高的可靠性。本文所做等级评估的结果与聚类分析的结果基本一致, 只有一小部分水库在相邻等级中互有交叉; 各级水库浮游生物的平均丰度大致上成等差级数; 另外, 这一评估结果与生产界原有的认识也基本一致。这些都表明了本法的可靠性。这一方法的主要缺点是要求所研究水库的各个鱼产力等级中都有一些渔业经营合理、放养充分, 因而连续多年鱼产量能代表鱼产力的水库, 用以作为估计同一等级中其他水库鱼产力的依据。这在实践中常有困难。其次是这一方法给出的鱼产力估计值常是一个大致范围, 精密度不足。以往

还有一个固有的缺点,就是在划分等级和拟定产量标准时主要根据定性的指标,因而常带有一定的主观性。本文在划分等级中使用了基于定量运算的系统评价法,在拟定产量标准时利用了典型水库的实际鱼产量资料,并遵循鱼产力与饵料基础成比例的原理进行了推算,因而在一定程度上克服了上述主观性。

至于回归分析法,它是一种经验性的方法,其实用性取决于因变量(鱼产量、 Y)的性质。如果所选取的水库都是经营水平较高, Y 接近于鱼产力,则可用以估计鱼产力。反之,则只能估计在当前经营水平下的可能鱼产量,而不是鱼产力本身。本文用本法进行的估计也是如此。

(二) 关于山东省大中型水库的鱼产力

据本文研究结果,山东省大中型水库的鱼产力按全国标准衡量大都属中等(III)和较高(II)两类。看来这是符合实际的。这是因为,这些水库位于暖温带,气候(能量)条件较好;又多是人口稠密的发达农业区,土壤肥力大致处于全国的中上等^[7],所以土壤(肥力)条件也较好。由于基本上分布于同一个自然地理区域,所以不同等级水库的地区分布未显示出规律性。这就是说这些水库鱼产力的高低不取决于所在地区,而取决于各水库的具体条件。

根据回归分析可以看出影响该省水库鱼产力相对高低的主要因素是集雨区的土壤肥力、人口密度和植被覆盖率,库水的总磷、总氮、电导率、化学耗氧量、以及浮游生物的丰度,其中又以土壤肥力影响最强。通常被认为影响力较大的水库形态因素(A 、 \bar{Z})和水交换率(ρ)在这里作用较小。作者认为这并不说明这些因素不重要,而是由于这些水库位于同一气候地带、而且绝大部分都属于同一类型,即丘陵型的蓄洪灌溉水库,又是相同年份的横向比较;因而在这些性状上分歧不大,不能表现其影响。

通过比较所调查水库的现有鱼产量和鱼产力,可以看出大多数水库的鱼产量尚有2—4倍的潜力。这说明该省的水库养鱼业还大有发展的余地,大多数水库只要提高鱼种的放养量和成活率就可以大幅度地提高鱼产量。这里还要补充说明一下,本文所提出的估计值只是各级水库的一个大体的标准(或基本范围),必要时可根据各水库在本级别中的相对地位做出更为具体的估计;而且,鉴于水库的天然鱼产力有明显的年度波动,还需要根据各年份(或多年周期)有关条件的变化进行相应的调整。

参 考 文 献

- [1] 水库渔业研究所等,1987。广东省水库渔业生产性能的评价及提高水库鱼产力技术措施的研究。水利渔业,(4):20—33。
- [2] 全国主要湖、库富营养化课题组,1987。湖泊富营养化调查规范,199—208。中国环境科学出版社(京)。
- [3] 李振泉,1984。汾河水库渔业资源调查报告。水库渔业,(4):11—18。
- [4] 李德尚等,1991。浅水水库中磷的周年变动及其影响因素。海洋与湖沼,22(2):104—110。
- [5] 何志辉、李永函,1983。清河水库的浮游生物。水生生物学集刊,8(1):71—84。
- [6] 张来发等,1981。龙头水库浮游植物初级产量、浮游生物生物量和鲢鳙鱼产力的研究。水产学报,5(2):171—177。
- [7] 张俊民,1986。山东省山地丘陵区土壤。山东科学技术出版社(济南)。
- [8] 徐铭忠,1985。对冶源水库渔业生产的评价及建议。齐鲁渔业,(1):84—88。

- [9] 曹维孝、王尊富, 1983。流水水库浮游植物原初生产力的测定及鲢鳙鱼生产力的估算。淡水渔业, (3): 24—27。
- [10] 曹富康, 1979。浙江省中型水库的渔业类型和合理放养问题的初步探讨。淡水渔业, (7): 8—12。

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF FISH PRODUCTIVITY OF LARGE- AND MIDDLE-SIZED RESERVOIRS IN SHANDONG PROVINCE

Li Desheng, Jiao Nianzhi, Zhou Chunsheng, Li Jing
Lu Jingrang, Liu Chang'an, Ren Jingming and Liu Xin

(*Ocean University of Qingdao, 266003*)

Cao Guanghui

(*The Water Conservancy Department of Shandong Province, Jinan 250013*)

ABSTRACT Fish productivity characteristics of 36 representative large- and middle-sized reservoirs in Shandong Province were investigated in 1989 and 1990. 17 items concerning characters of the drainage areas, morphological, hydrological, hydrochemical and biological features, and the status of reservoir fishery were completely included in the investigation. On the basis of these results, fish productivity of the reservoirs was assessed with systematic cluster analysis, ranking method and regression analysis.

In assessing with the ranking method a systematic approach was followed to classify the reservoirs into five ranks, and on the basis of the average fish production of 2 well-managed typical reservoirs over a number of successive years and in accordance with the average plankton abundance of the reservoirs in each rank the fish productivity of each rank was estimated to be 440, 370, 290, 220 and 150 kg·ha⁻¹ respectively. From the results of regression analysis it was shown that the major factors affecting the levels of reservoir fish productivity were, the soil fertility, the density of population and the rate of vegetation cover within the drainage area; and the total phosphorus, the total nitrogen, the electric conductivity, the chemical oxygen demand and the plankton abundance of the reservoir water. Among all of them soil fertility was the strongest one.

KEYWORDS fish productivity, assessment, reservoir