

调查报告

沱江干流水体质量评价及调查

刘 天 厚

(四川省环境保护科研监测所)

THE WATER QUALITY EVALUATION OF TUO-JIANG
MAIN RIVER AND THE INVESTIGATION ABOUT
RESOURCES EXPLOITATION

Liu Tianhou

(Sichuan provincial Institute of Environmental protection)

Abstract

This article deals With the methods of evaluating the watershed ecosystem quality and works out an evaluation on water quality. Substrate, water ecological quality and water body quality of Tuo Jiang Main River. According to the investigation data, the author proposes nine measures for using the rich fish food resources of Tuo-Jiang to develop aquiculture and to increase the eqvironmental capacity.

将沱江干流划分为六个江段,另取绵远河上游作为清洁对照江段(见表1)。假定各江段交界处瞬时生态交换量相等,则每个江段可近似地作为独立的封闭系统来处理。生态质量和与生态质量有密切关系的五个参数间有同步增长的关系,当水质极洁净时水中生物种类和数量均趋近于零。由于水体被有机物、氮、磷等污染、生物的种类和数量有较快的增加,随有机污染加重,耐污的生物大量滋生而生物种逐渐减少。按照与这一趋势同步的原理选取五个参变量。

一、沱江干流水生生态
系统密度和生物量

根据1983~1984年现场调查的资料并参照历年来沱江水生生物主要是鱼类方面的研究成果等将不同营养层次的生物密度和生物量汇集于表1。

二、参数计算

1. 底栖动物的群落结构参数

为使取向符合生态质量评价要求,我们取描述底栖动物多样性的夏龙(Shannon)指数的倒数。

沱江干流水生生态
单位：密度个/m³、个/m²，

生态成员·生物类群			清 平 (对照点)		金 宝—— 简 阳	
			密 度	生 物 量	密 度	生 物 量
生 产 者	浮游藻类		4×10 ⁶	6×10 ⁻⁴	65.6×10 ⁷	1.3
	着生藻类		2.8×10 ⁶		10 ⁷	
	大型维管束植物					2340
自 养 层 消 费 者	浮游动物	甲 壳 类			2134	0.02854
		轮 虫 类	2125	0.00664	27560	0.00825
异 养 层 消 费 者	底栖动物、软体动物和甲壳类		21*		10*	
			1214		330	4.23
大型游动型 消 费 者	鱼 类				0.019	3.7
分 解 者 腐 食 者	细 菌		1.7×10 ⁵	0.17	1.2×10 ⁷	12

* 底栖生物种类数

$$D_j = \frac{1}{d_j}$$

$$d_j = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

d_j : j 断面的夏龙指数
 j : 断面号
 s : 种类数
 N : 个体总数
 n_i : 第 i 种的个体数

2.残毒系数

描述污染物质在复杂系统内的分布。根据沱江干流附生水绵体内所含的Cu、Cd、As、DDT、六六六共五种污染物的相对水平。这个指标反映在不同江段生态系统的污染强度。

$$Q_j = \sum_{i=1}^s \frac{A_{ji}}{\min A_{ji}}$$

Q_j : j 江段的残毒系数
 s : 参与评价的污染物种类数, 此处为5
 j : 断面号

i : 毒物种类

A_{ji} : j 江段, i 毒物的实测值

$\min A_{ji}$: 对照点或最小值

3.腐生生物量比率

那些以有机腐屑残渣为食的营养养生活的细菌微生物的生物量的相对值。其数量与有机污染、生活污染均有极密切的关系。在一般情况下, 有机污染重的水体其比率较大, 取向和生态质量评价方向相同。

$$F_i = \frac{G_i}{\bar{G}}$$

F_i : 腐生生物量比率
 G_i : i 断面细菌生物量
 $\bar{G}$: 各断面细菌生物量均值

4.细菌密度系数

细菌个体数量多少在一般情况下是反映水体被有机污染程度相当敏感的指标。有机污染轻细菌个体数量少, 有机污染重个体则多, 反映水体由自养型向异养型转化。

$$A_i = \frac{C_i}{C}$$

系统密度和生物量

表 1

生物量: g湿重/m³、g湿重/m²

资 阳		资 中		内 江		富 顺		泸 州	
密 度	生物量	密 度	生物量	密 度	生物量	密 度	生物量	密 度	生物量
51.8×10 ⁷	1.1	19.2×10 ⁷	0.2	14.8×10 ⁷	0.2	24.5×10 ⁷	0.23	21.6×10 ⁷	0.4
		1.7×10 ⁷		3.2×10 ⁸					
	957		1193		407		339		2750
5484	0.05685	6783	0.094	11717	0.086	11234	0.287	1200	0.01072
70090	0.021	22590	0.00675	20000	0.006	17500	0.0053	20000	0.006
25*		11*		11*		8*		9*	
107	10.86	171	4.58	647	13.77	566	4.02	468	3.32
0.04	8	0.026	4.9	0.023	4.5	0.015	3	0.065	1.39
2.8×10 ⁷	28	9.8×10 ⁶	9.8	2.4×10 ⁷	24	1.5×10 ⁷	15.2		

 A_i : i 断面细菌密度系数 C_i : i 断面细菌密度 $\bar{C}$: 各断面细菌密度均值

5. 腐生系数

我们选用浮游藻类代表自养生物, 而用细菌总数代表异养生物。在单位水体中如果营腐食性生活的细菌微生物的数量大于营自养生活的植物藻类, 则认为该水体已在相当程度上属异养水体, 是受到污染的一个重要标志, 这用腐生系数来表示。

$$S_i = \frac{C_i}{B_i}$$

 S_i —— i 断面的腐生系数 C_i —— i 断面细菌总数 B_i —— i 断面浮游藻类密度

三、生态质量评价

1. 沱江以氮、磷、有机物污染为主, 我们在对沱江水生生态系统各个营养层次大量现场调查资料基础上, 筛选上述五个参数进行综合计算, 评定其生态质量。

$$E = \left\{ \left[\left(- \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \right)^{-1} \right]^2 + \left(\sum_{i=1}^s \frac{A_{ji}}{\min A_{ji}} \right)^2 + \left(\frac{G_i}{G} \right)^2 + \left(\frac{C_i}{C} \right)^2 + \left(\frac{C_i}{B_i} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = (D_i^2 + Q_i^2 + F_i^2 + A_i^2 + S_i^2)^{\frac{1}{2}}$$

1. 计算结果

根据各江段实测值计算其生态质量(E)结果列表 2。其中泸州段由于数据不完整, 未作实测值计算。

2. 生态质量评价结果

根据生态质量评价(E)值计算结果, 参照水生生态系统实际现状调查资料, 将评价列表 3。

四、生态质量与污染的关系

1. 污染因子很多, 对环境的影响极复杂, 根据沱江污染的特点我们选取用以标度

沱江干流生态质量参变量结果表

表 2

评价参数	清 平	金堂—简阳	资 阳	资 中	内 江	富 顺
D	0.27	2.17	0.5	0.44	0.47	0.85
Q	0.33	1.67	0.85	1.12	1.74	0.52
F	0.01	0.81	1.88	0.66	1.62	1.02
A	0.01	0.81	1.89	0.66	1.62	1.01
S	0.0	0.36	0.96	1	3.18	1.20
ΣX^2	0.182	8.9386	9.0006	3.3192	18.6097	4.4934
$E=\sqrt{\Sigma X^2}$	0.43	2.99	3.00	1.82	4.31	2.12

沱江生态质量评价

表 3

E 值	污染等级	江 段	生 态 状 况
$0 < E < 1$	优	清 平	种类丰富、密度小、生物量小
$1 < E < 2$	良	资 中	生态系统中各层次结构正常，污染残毒在系统内有中等程度分布
$2 < E < 3$	及格	富 顺	异养生物已显出增加的趋势
$3 < E < 4$	轻污	金堂—简阳、资阳	群落结构明显改变，细菌增生、残毒较高
$4 < E < 5$	中污	内 江	异养生物占明显优势，残毒较高
$5 < E$	重污		生态结构明显破坏，异养生物成为优势群落，其余耐污种占优势。生物量明显下降

计算结果表明生态质量 E 与 BOD_5 有显著相关，其相关关系如图 1。

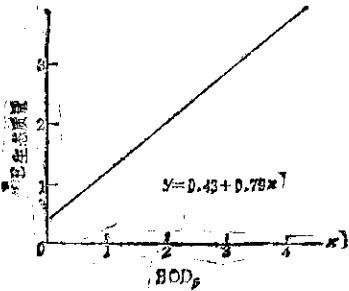


图 1 生态质量与 BOD_5 回归线

2.由 BOD 实测值推导生态质量(E)

根据生态质量(E)值与理论指标的相关分析查出，在沱江生态质量与 BOD 实测值之间有显著的相关性，并得出回归曲线。据此可以推导出各江段的生态质量理论值列于表 5。

并对实测值和理论值进行统计分析 t 检

有机污染的指标 BOD_5 和沱江突出的污染指标 NH_3-N 计算生态质量与其相关关系，结果见表 4。

生态质量与 BOD_5 、 NH_3-N 相关关系

表 4

生态质量 E	指 标	
	BOD_5 (x)	NH_3-N (x)
	相 关 系 数 γ	
$E(\gamma)$	$\gamma=0.883(P<0.05)$	$\gamma=0.701$
	$\gamma=0.43+0.79x$	$\gamma=2.153+0.273x$

生态质量的理论值

表 5

江 段	生态质量 实 测 值	根据回归公式推导 理 论 值		检 验
	E	BOD_5 (均值)	E 理论值	
清 平	0.43	0.5	0.83	$t=0.0164$ $F=2.4$ 无显著差异
金堂至简阳	2.99	3.85	3.46	
资 阳	3.00	2.47	2.38	
资 中	1.82	2.76	2.61	
内 江	4.31	3.38	3.10	
富 顺	2.12	2.37	2.30	
泸 州		2.47	2.38	

沱江干流水体质量综合评价结果

表 6

断面名称	绵远河清平	北河大桥下	中河越渡纸上	昆河大桥上	三皇庙	淮口	宏缘	石桥镇	简阳灰砖厂	新市	资阳新渡口	资阳大桥下	侯家坪	球溪河人沱前	球溪河口	球溪河人沱后	登瀛岩	资中自来水厂	资中纺配厂	银山镇上	银山镇下	内江棉纺厂	三元渡	龙门镇	富顺二中	釜溪河人沱前	釜溪河口	李家湾	瀘溪河人沱前	瀘溪河口	瀘溪河人沱后	泸州沱江大桥	
	断面编号	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	18	20	21	22	24	25	26	27	28	30	32	33	34	35	36	39	
	至河 口 距离 (公里)			503	503	489	480	452	415	408	400	349	342	336	306	306	305	287	254	251	226	224	206	199	154	112	101	101	100	17	17	0.4	
	枯水 期的 水质 评价	1		4	5	5		4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	3	5	
丰水 期的 水质 评价	2	2	2	5	5		5	4	5	3	5	3	5	3	3	4	5	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	
平水 期的 水质 评价	1	1	1	4	4		4	3	3	2	2	2	2	2	5	2	2	2	4	1	2	4	2	2	2	4	5	2	2	3	2	2	
全年水质 评价结果	I				IV		IV	III	IV	III	IV	IV	II	III	III	III	IV	III	V	II	IV	IV	III	V	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	
生态 评分	0.43						2.99					3.00						1.82					4.31			2.12						2.38*	
质量 评价	I						IV					IV						II					V			III						III	
底质 评分							0.86		0.75	0.72	1.87	1.98			1.41												0.95	1.09	1.57	1.08		1.04	2.70
评价 级别							I		I	I	II	II			II					IV	IV	II	II	III	II	I			II	II	II	III	
综合评价 结果	I	$W_s = (P_i^* \times P_i^* + P_i^*)^{\frac{1}{2}}$																III	V	IV	IV												
全江综合 评价结果	$W_s = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$ IV 显示沱江干流已受到明显污染																																

* 理论值

验和F检验，结果表明实测值和理论值之间是完全一致的。

五、沱江水体质量综合评价

1. 水体质量综合评价根据沱江干流水体质量总的情况和变化趋势，水质理化指标是比较敏感的，水生生态质量较水质指标变化有一个滞后期，但水质和生态质量关系密切同时对水体质量的影响占的地位更重一些，沱江底质一般较好，对排渣反应较敏感，但对水体质量影响不如前二者。

故本综合评价级别，计算结果四舍五入取整。

$$w_i = (P_{i水}^2 \cdot E_{i生}^2 + P_{i底}^2)^{\frac{1}{2}}$$

w_i : 水体综合评价结果

$P_{i水}$: 水质评价结果。

$E_{i生}$: 生态质量评价结果

$P_{i底}$: 底质评价结果

水体质量综合评价结果见表6、图2。

2. 全江总评价

全江综合评价结果计算，四舍五入取整。

$$w_{\text{全}} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

全江综合评价 $w_{\text{全}} = IV$ ，显示沱江干流已受到明显污染，其中资阳侯家坪至银山镇上水体总的状况是比较好的，内江龙门镇以下至胡市为次。银山镇下至龙门镇是全江水体质量最差的江段，工业污染，生活污染，废渣下河都是相当严重的，水体已出现异养趋势，仅仅由于沱江复氧能力强，溶解氧水平较高，而未出现严重的恶臭，而历年多次发生死鱼现象及局部时段的缺氧现象均说明这一段的污染已相当严重，应引起有关部门密切关注。上游金堂至简阳主要受青白江化

工区排污影响，尤其 $\text{NH}_3\text{-N}$ 负荷太重再加上沿江工厂，城镇的污染，情况亦不可忽视。

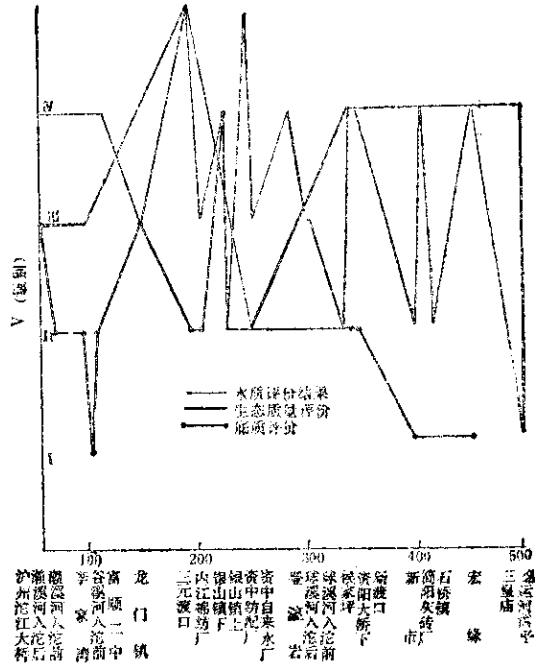


图2 沱江水质、生态质量和底质评价沿程变动图

参考文献

- [1] 波鲁茨基等，长江三峡水库库区水生生物调查和渔业利用的规划意见，水生生物学集刊，(1)，(1959)。
- [2] 饶钦止等，湖泊调查基本知识，科学出版社，北京(1964)。
- [3] 曹维勤等，河流污染的生物学评价，环境保护生物监测与治理资料汇编，科学出版社，北京(1978)。
- [4] 西条八束(日)，湖沼调查法，古今书院，北京，(1962)。
- [5] 巴甫洛夫斯基 E.H.，与B.N. 查金，淡水生物研究法，科学出版社，北京，(1962)。
- [6] 津田松苗(日)，水生昆虫学，北隆馆，(1962)。
- [7] 津田松苗(日)，水质汚染の生态学，(1972)。