



嫩江的污染防治

张芳西

(哈尔滨建筑工程学院)

一、前言

嫩江是黑龙江省的重要河流，发源于大兴安岭的伊勒呼里山南麓，流经讷河、齐齐哈尔、泰来等地，于肇源县同第二松花江汇合而构成松花江（图1）。嫩江干流长925公里，江水量在齐齐哈尔江段最大为4420

立方米/秒，最小为14.4立方米/秒，结冰期为150天左右。它除供给沿途工、农业和人民生活用水外，水产资源也很丰富，盛产鲤、鲫等三十多种经济鱼，年产鱼为3~4万吨，占全省的鱼产量的一半左右。

嫩江自1958年起主要受城市废污水的污

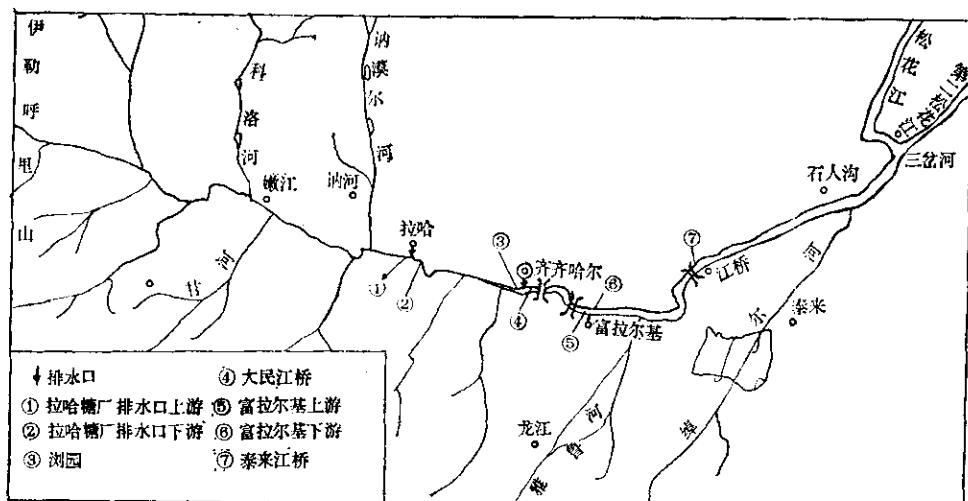


图1 嫩江流域与考察断面

染，1965年后又受有机废水为主的污染。

党和政府非常重视嫩江污染问题，除派人从事现场考察与试验研究外，还投入大量资金进行了嫩江治理工程。本文仅就主要成果加以介绍。

二、嫩江的酚污染与煤气站

含酚废水的封闭循环

1958~1960年期间，由于某些工厂把未经处理的煤气站等含有酚、氮、氰、硫、焦油等多种污染物的废水排入嫩江。加之废水

量很大，致使嫩江受到严重污染。1958年化验江水含酚量为3.166毫克/升，最高达24毫克/升。同年捕捞的鱼，多处半死状态，死鱼达10%，每100克鱼肉中含酚量在0.001~2.886毫克，酚味很大，严重地危害了渔业生产和人民健康。此外，因江水中含乳化焦油，也影响到下游热电厂的生产。

某钢厂建厂时，曾建废水净化站（由苏联设计），用以处理竖管系统废水，处理量为100立方米/日。处理流程包括混凝沉淀、铁屑过滤、焦炭吸附等构筑物。由于铁屑、

焦炭很易堵塞，且净化效果差，此净化站只运行很短时间。从1958年10月停止使用后，直接把酚水排入嫩江，导致嫩江酚污染的严重事件。

为了防止酚水污染嫩江，针对某钢厂的具体条件与特点，我们认为，使煤气发生站含酚废水实现封闭循环利用是完全可能的。为此，首先使非含酚水与含酚水进行严格的清浊分流，即把不与煤气接触的间接冷却水、生活用水、各装置的蒸汽冷凝水以及地面径流的水，使之同含酚水最大限度地分流。研究结果与实践表明：加强管理、清浊分流是保证循环系统水量平衡的首要条件；冷却塔的蒸发损失，是造成系统亏水的主要因素。

水质控制的重点是降低循环水中乳化焦油与悬浮物的含量，以防止堵塞管道和喷头。钢厂采用简便的水质调整法处理，有效地改善了洗涤塔循环水的水质。由于水质改善，减少了洗涤塔、凉水塔中填料和喷头的堵塞，提高了煤气质量，减少了用户车间的煤气喷嘴的堵塞和回火现象。这样，就使钢厂成为实现煤气站酚水封闭运行的企业。当某钢厂和某重机厂等使酚水循环利用后，嫩江江水中的酚含量从1961年以来已有了显著降低（表1）。

三、嫩江的有机污染

1. 污染的状况与特点

从1965年起，齐齐哈尔到肇源江段（约300公里）又连年发生大量死鱼现象，主要在冰封季节（从12月下旬到翌年3月）。其特点是死鱼量大、范围广、种类多（有鲤鱼、鳌花鱼、草鱼、白鱼等20多种）。死鱼是先浮头，进而失去平衡，顺流飘下，最后沉于江底。经对死鱼解剖，仅发现少量线虫和吸虫胞囊，未发现有毒物质、中毒病变和鱼病。由于江鱼大批死亡，产量大幅度下降，1969年齐齐哈尔市产鱼量降为1000吨

嫩江齐齐哈尔江段的江水含酚量 表 1

年 度	酚 含 量 (毫克/升)	年 度	酚 含 量 (毫克/升)
1959	0.4~24.0	1969	0.007~0.01
1960	0.025~3.036	1970	0~0.003
1961	0.005~0.280	1972	0~0.0008
1962	0~0.1	1974	0~0.03
1963	0.004~0.01	1976	0~0.023
1964	0~0.01	1978	0~0.009
1965	0~0.12	1979	0.001~0.01
1967	0.002~0.02		

（1957年产为2559吨）。

嫩江的另一污染是1965年以后江水中有大量黄粘絮状物繁殖。经鉴定是由水节霉（图2）、缺刻丝细菌（图3）、白地霉（图4）等菌类所组成。白地霉占的比例小，水节霉、缺刻丝细菌是污染江域中的优势微生物，在江域中分布广、数量多、延续距离长，是引起一些工厂泵房滤网与管道堵塞的主要原因。

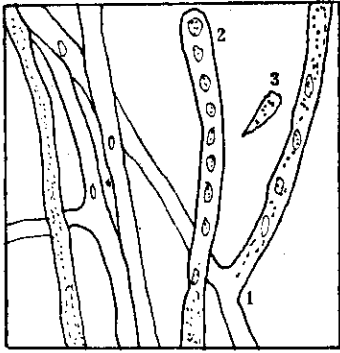


图 2 水节霉

1—水节霉分生状态； 2—游动孢子囊和游动孢子； 3—游动孢子静止时萌发生芽管

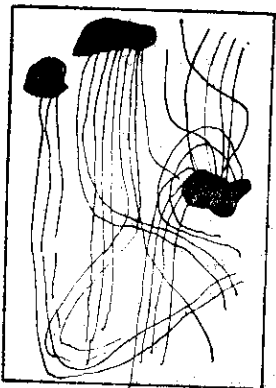
为查明死鱼的原因，于1967年~1971年期间在约500公里江段范围内（从讷河致肇源县）对嫩江水质情况作了考察，从而肯定了冰封季节，江水污染最严重。这期间的溶解氧低，而生化需氧量、氨氮等污染指标高。以1968年1~2月为例，各江段断面江水溶解氧的最低含量（以毫克/升计）分别为：洮园3.5，大民江桥2.3，富拉尔基上游0.9，

富拉尔基下游1.6, 泰来江桥0.4 (图5)。这同1965~1970年间齐市下游江段一月份发生大量死鱼的现象是一致的。

2. 污染的主要来源

通过对嫩江冰封期各主要江段的水质污染情况考察, 可以确认, 以齐市北市区的大量排污对江水的污染最为严重。嫩江流经齐市后, 生化需氧量和氨氮急剧增加, 而溶解氧则急剧下降 (1968年1~2月溶解氧在上游洮园断面为6~7毫克/升, 到下游富拉尔基断面降为0.9~1.6毫克/升)。

在齐市北市区排入嫩江的废、污水中, 又以有机污染为主, 而有毒物质 (酚、铬等) 则极微量。若以五日生化需氧量计算, 齐市北市区每日排入嫩江的有机物总量约为35000公斤, 占全市总量的80%以上, 其中齐市某糖厂废水、北市区城市污水、江岸纸厂废水分别占全市总量的53.7%、18.4%、11.5% (表2)。可见嫩江的有机污染主要是由于齐市某糖厂、纸厂等排放的大量有机废水、及城市污水造成的。



黑色物为小铁毡
图3 缺刻丝细菌

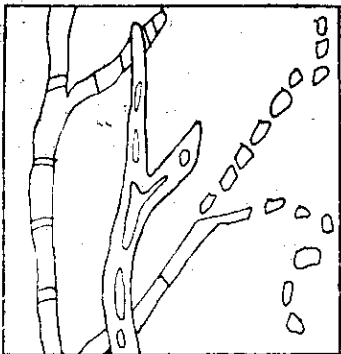


图4 白地霉

齐市主要污水排放口每天所排放五日

生化需氧量的计算 表2

排水口名称	日排放量 (米 ³ /日)	五日生化 需氧量 (毫克/升)	日排放量 中五日生化 需氧量 (公斤/日)	占全市总的 排放量的 例 (%)
齐市某糖厂	18000	1140	20500	53.7
江岸纸厂	12000	366	4392	11.5
北市区城市污水	40000	175	7040	18.4
齐市某纸厂	30000	103	3920	8.1
岗阿屯生活污水	12000	252	3024	7.9
小北屯生活污水	1200	110	132	0.4

3. 鱼的死亡、黄粘絮状物生长繁殖和江水污染间的相互关系

鱼的死亡、黄粘絮状物生长繁殖和江水

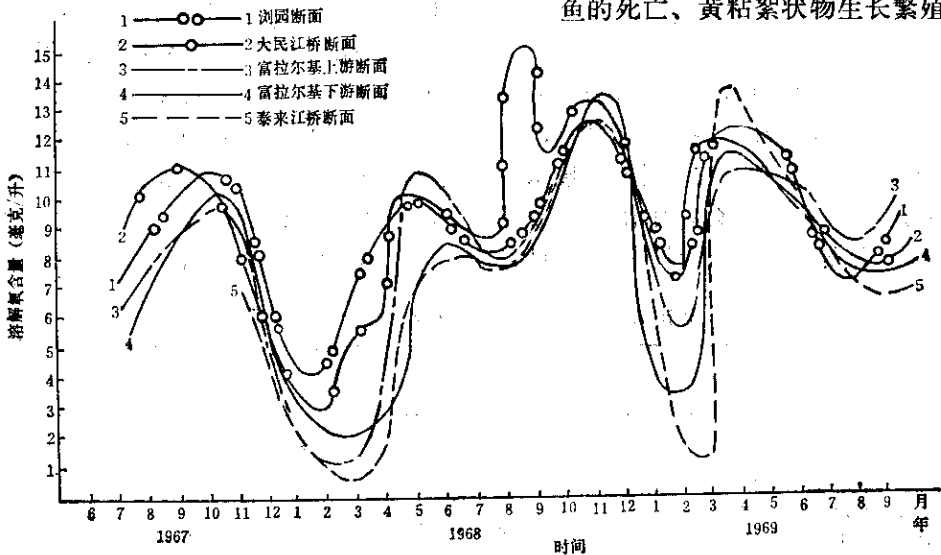


图5 嫩江各江段水中溶解氧的变化曲线

水质污染是相互联系和具有一定规律的。死鱼和黄粘絮状物大量出现是嫩江沿途大量污水，特别是齐市大量有机废水、污水排入江中，使水体污染日益严重的结果。由于糖厂、纸厂等废水以及城市污水中含有大量纸浆、糖质、菜丝等含碳、氮物质，这些有机物入江后进行分解，消耗江水中的溶解氧，同时产生低碳糖、氨基酸、有机硫等中间产物，为水生微生物水节霉、缺刻丝细菌等菌类生长繁殖提供了条件，从而使微生物类群按一定顺序分布，出现的顺序为细菌——原生动物——水节霉——缺刻丝细菌。

水节霉、缺刻丝细菌在生长繁殖过程中，耗氧能力很高（远大于正常水体），进一步降低了江水中溶解氧，加上冰封期间水体流量小，稀释与自净能力低，且水面冰封阻碍复氧，致使江水溶解氧迅速下降，有的江段甚至小于1毫克/升。而多数鱼类正常生活所需的溶解氧浓度不得少于3毫克/升，故造成鱼类缺氧而死亡。

齐市上游130公里处的拉哈糖厂，因外排废水，对嫩江水体有一定程度的污染，但其污染影响远不如齐市市区的大。

四、“引污入库治嫩”工程概况及其效果

为使齐市市区每日产生的10万立方米污水、废水不污染嫩江（根据水质特点，主要是制糖、造纸、酿造、皮革等有机废水与生活污水，其中含有许多对农作物有益成分，而酚、氰等有毒物质含量甚微，见表

3），并考虑到当时的投资、设备等条件，采用了引污入库治嫩的方案，即利用齐市市郊的低洼地带兴建一个污水库，把各工厂分散回收利用后排出的废水与城市污水引入污水库。在嫩江冰封季节，将全部污水、废水贮存在污水库，进行冬贮夏灌。

“引污入库治嫩”工程由明渠（长6公里）、水库（占地800公顷，目前实际水面约300公顷）、水泵站、浅水闸门等组成（图6）。将齐市糖厂、齐市纸厂、江岸纸厂、城市污水四个排水口的污水，经分散回收处理后，截流入引水明渠。水库尾端设一浅水闸门，污水库周围设有污水灌泵站，可灌二、三万亩农田。

“引污入库治嫩”工程自1970年11月使用以来，迄今已有九年，发挥了显著作用，获得了预期效果：

1.使嫩江水质显著好转 齐市污、废水截流入污水库后，江水中有機物质与耗氧物质急剧减少，溶解氧普遍提高，使齐市下游300公里江段的水质有了显著好转。据1971年和1976年考察，大民江桥、富拉尔基上游、泰来江桥三个江段江水的溶解氧与治理前（1970年）同期相比，提高5~10倍，生化需氧量降低4~10倍（表4）。

2.嫩江水产资源逐渐恢复 治理嫩江以来，未发现大量死鱼现象，鱼产量比治理前有了普遍提高，根据对石人沟渔场、东风渔业队的调查，捕捞鱼量比治理前增加了三倍以上。鱼的品种也逐渐增多，过去不见与少见的鳌花、红尾、鲢鱼、白鱼、甲鱼等已大量出现。

齐市城市污水及其与工业废水混合水的水质 表 3

污 水 种 类	pH	五日生化需氧量	氨 氮	硝酸盐氮	酚	氰化物	总 氮	磷	钾
城 市 污 水	7.85	206.00	6.0		0.08	0.35	27.30	5.64	1.00
	6.95	140.00	15.0	0.40	0.35	0.20	29.23	6.06	1.06
城市污水、糖厂、纸厂工业废水的混合污水		367.20	7.0	0.60	0.05	0.05	17.72	3.11	

注：除pH值外，单位均为毫克/升。

3.净化了污水:

截流入库的污水,由于沉淀、吸附以及各种微生物的作用,使污水废水中有机、有毒物质与悬浮物质得到不同程度的净化,可满足农业灌溉的要求。污水在库内流程越长,水质越好(表5)。

污水库中污水BOD₅的去除效果随温度升高而明显增加,以八、九月的最高去除率,可达80%左右。

4.利用污水灌田,支援了农业:利用污水库贮存的污水灌田,都获得了丰收。龙沙公社利用污水灌溉稻田,亩产由以前的二、三百斤,提高到五、六百斤。增产的主要原因是:污水含氮、磷、钾等肥分,污水比江水、地下水温度高,促进农作物早熟;污水含大量的有机物,可改变风沙地,提高肥力。此外,对污灌区的农作物和污水库周围地下水进行考察表明,污灌区的稻米中重金属(铜、铬、锌、汞)含量与清污区无明显差异,均符合粮食卫生标准;也未发现地下水受明显污染。

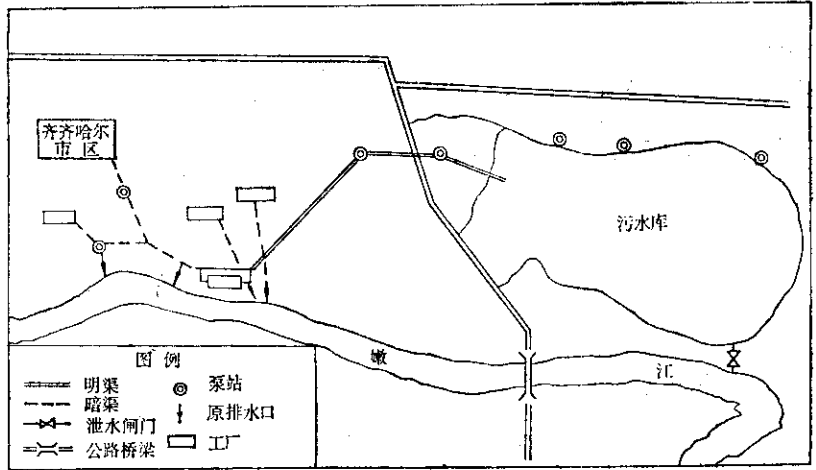


图6 齐齐哈尔市“引污入库治嫩”工程示意图

嫩江治理前后的水质比较 表4

断面	治理前后	五日生化需氧量	溶解氧	氨氮	亚硝酸盐	硝酸盐
大民江桥	治理前1970.1	12.15	1.50	0.16	0.03	0.04
	1971.1	3.80	8.07	0.02	0.001	0.08
	治理后1976.1	2.90	8.30	0.04	0.002	0.05
富拉尔基上游	治理前1970.1	16.20	1.00	0.15	0.018	0.05
	1971.1	3.39	9.03	0.02	0.002	0.03
	治理后1976.1	1.10	6.66	0.05	0.001	0.04
泰来江桥	治理前1970.1	12.15	0.80	0.16	0.03	0.04
	1971.1	2.62	9.74	0.06	0.070	0.01
	治理后1976.1		9.72	0.05	0.002	0.03

注:单位均为毫克/升。

污水库各断面的水质 表5

项 目	污水库各断面	明渠入口	明渠末端	库上游	库中游	库下游	库末端	总去除率(%)
悬浮物(毫克/升)		307	207	14.5	72	68	65	77.2
总固体(毫克/升)		697	540	422	349	316	312	55.4
五日生化需氧量(毫克/升)		77.4	65.2	54.9	48.0	45.6	48.7	34.4
耗氧量(毫克/升)		83.4	51.7	47.7	34.8	33.5	29.5	64.7
氨氮(毫克/升)		3.83		2.05	1.24	1.12	1.39	63.7
酚(毫克/升)		0.052	0.035	0.028	0.027	0.026	0.009	82.6
氯(毫克/升)		0.019	0.008	0.005		0.004	0.005	73.6
铬(毫克/升)		0.035	0.019	0.012	0.008	0.006	0.005	85.8
透明度(厘米)		10	12	17	30	34	39	

注:表中数值为1979年3、4、6、8、10月的平均值。

(下转第70页)

线, 37°C培养 2 天后长出菌落, 挑取单个菌落转移到新鲜的完全培养基平板上培养 5 天, 整个平板都长满绿色的孢子。用湿的小铲刮取分生孢子, 尽量不要菌丝, 收集在冷的缓冲溶液中制成悬液, 振荡 15~20 分钟, 打碎孢子链, 通过棉花过滤到离心管中, 进行镜检, 看到单个的孢子而没有菌丝。

在孢子悬液中加入乙醚 (1% V/V), 高速振荡 10 分钟, 3500rpm 离心 10 分钟, 沉淀孢子, 用冷的缓冲液洗三次, 每次 5 毫升, 用血球计数板计算孢子数, 浓度大约 $1 \times 10^7 - 1 \times 10^8$ 个/毫升。

按次序在试管中加入缓冲液、孢子悬液、NADPH₂、动植物组织提取液, 待测化学试剂。在室温下振荡一定的时间、3500 rpm 离心沉淀 10 分钟, 并用冷缓冲液洗孢子 2 次。将孢子重新悬浮在缓冲液中, 孢子浓度要保持在 10^6 个/毫升左右。取 0.1 毫升悬液加到只加生物素的基本培养基平板上 (每 1 升基本培养基加 10 毫升生物素溶液), 在 37°C 培养 5 天, 然后分别计算 A、B、C 型菌落为 M_t , 同时做对照为 M_0 , 将孢子悬液按 $1:10$ 逐级稀释到 10^2 个/毫升, 也取 0.1 毫升铺平板, 该平板是在 1 升基本培养基中加 10 毫升生物素溶液、100 毫克甲硫氨酸、800 毫克脱氧胆酸钠。移入 37°C 培养箱中, 2 天后

计算菌落为 N_t , 同时做对照为 N_0 。每个处理要做十五个平板, 用不同的浓度或处理时间。最后计算存活率、突变频率、自发频率及诱导频率, 并经过统计处理, 以确定是否有致突变性。

主要参考文献

- [1] B.R.Scott, A.H.Sparrow, S.S.Schwemmer and L.A.Schairer, *Mutation Research*, 49 (1978) 203~212.
- [2] Thomas Alderson, A.M.Clark, *Nature*, 210, 593~595, (May 7, 1966)
- [3] Lorna J.Lilly, *Mutation Research* 2, 192~195, (1965).
- [4] B.R.Scott and T.Alderson, *Mutation Research*, 12, 29~34, (1971).
- [5] B.R.Scott, T.Alderson and D.G.Papworth, *Radiation Botany*, 12, 45~50, (1972).
- [6] B.R.Scott, T.Alderson and D.G.Papworth, *J.General Microbiology*, 75, 235~239, (1973).
- [7] B.R.Scott, T.Alderson, *J.General Microbiology* 85, 173~176, (1974)
- [8] Prasad, I. *Canadian Journal of Microbiology*, 16, 369~732 (1970).