

# 图们江地区水环境容量及其 对区域开发的影响研究<sup>\*</sup>

田 卫 俞穆清 刘桂琴

(中国科学院长春地理研究所 长春 130021)

**摘 要** 以 COD 为控制指标, 计算了图们江地区 5 条河流逐月环境容量以及污水达标排放时的允许污水排放量。结果表明, 各月环境容量分配极不均匀, 丰水期 2 个月约占 50%, 而长达 5 个月的枯水期环境容量很小, 不足全年的 10%; 即使以 1995 年污水排放量衡量, 污水达标排放时, 枯水期图们江干流等 5 条河流控制断面水质也达不到指定功能水质标准, 已无环境容量可利用。因此, 河流水环境容量已成为制约图们江地区开发的主要因素, 为了确保该地区经济建设与环境保护协调发展, 必须采取有效的污染防治措施和对策。

**关键词** 环境容量 允许排放量 区域开发 图们江

**分类号** X824

可持续发展已成为席卷全球的发展战略。实施可持续发展战略, 首先要把发展问题放在优先的位置加以考虑, 其次必须以保护环境为主要问题, 以实现资源、环境的承载能力与社会经济协调发展。图们江地区将是 21 世纪东北亚经济开发的热点区。本文通过图们江地区河流水环境容量和允许污水排放量的研究, 分析了水环境容量对区域开发的影响, 提出了污染防治对策。

## 1 图们江地区河流水环境容量估算及分析

### 1.1 区域水环境污染特征及控制指标的选择

地面水环境质量现状监测与评价结果表明<sup>[1]</sup>, 图们江干流、珲春河、嘎呀河、布尔哈通河和海兰河主要污染物是有机污染型指标和悬浮物, 大部分河段已不能满足指定的标准功能要求, 而且超标倍数较大, 尤其是图们江干流、嘎呀河、海兰河已不能满足地面水最低类别(V类)要求, 水质级别劣于 V 类, 水体污染较为严重。

“九五”期间, 国家决定对 12 种污染物进行总量控制, 其中废水污染物指标有 COD、石油类、氰化物、砷、汞、铅、镉、六价铬 8 项。多年的水质监测结果表明, 图们江水系各河流中砷、汞、铅、镉、六价铬等第一类污染物和氰化物的浓度很低, 大部分河段未检出。因此, 只要控制这 6 种污染物在车间排出口符合排放标准要求, 即浓度达标, 就可确保河流满足指定标准。河流中悬浮物不仅来源于污水, 而且地表径流和水土流失的贡献也较大; 此外, 地面水

<sup>\*</sup> 中国科学院《区域开发前期研究》资助项目——“图们江地区资源开发、建设布局与环境整治研究”项目子课题。

第一作者简介: 田卫, 男, 1962 年生, 高级工程师, 环境科学与工程专业。

收稿日期: 1997-09-11; 改回日期: 1997-12-10

环境质量标准中未规定悬浮物的标准值。解决河流水质污染主要是要控制废水中的有机污染物, COD 是衡量有机污染物污染程度的主要指标, 也是总量控制的主控污染物, 故选择 COD 作为控制指标, 计算其水环境容量。

## 1.2 研究的河段范围及控制断面

图们江干流(崇善至圈河)全长 288 km, 控制断面为南坪、三合、开山屯、图们、河东、甩弯子和圈河; 琿春河(琿春大桥至汇入图们江前的河口)全长 22 km, 控制断面为三家子和河口; 嘎呀河(石砚镇三道至汇入图们江前的河口)全长 16 km, 控制断面为下嘎桥和河口; 布尔哈通河(延吉至下嘎桥河口)全长 50 km, 控制断面为海兰河河口和下嘎桥河口; 海兰河(碧岩至河口)全长 40 km, 控制断面为汇入布尔哈通河之前的河口。

## 1.3 水环境容量计算模式及参数的确定

### 1.3.1 水环境容量计算模式

采用一维稳态河流水质模型, 控制断面水质符合规定标准时, 河流中 COD 环境容量计算模式如下:

$$W_j = 86.4 \cdot Q_{pj} [C_s \cdot \exp(K \cdot x_j / u_j) - C_{0j}] \quad (1)$$

式中  $W_j$  为  $j$  河段水污染物环境容量, kg/d;  $Q_{pj}$  为  $j$  河段的设计流量,  $m^3/S$ ;  $C_s$  为控制断面( $j$  河段下断面)水质标准值, mg/L;  $K$  为 COD 自净系数, 1/d;  $x_j$  为  $j$  河段间距, km;  $u_j$  为  $j$  河段设计流量下的流速, km/d;  $C_{0j}$  为  $j$  河段上断面污染物背景浓度, mg/L。

### 1.3.2 参数的确定

(1) 设计流量、流速及水温 设计流量采用 90% 保证率下的月平均流量,  $j$  河段的设计流量为该河段上、下断面设计流量平均值。根据各河流水文站多年的流量和流速的实测值, 建立相关关系式, 从而计算设计流量下的河流流速。河流水温取水文站的实测平均值。

(2) COD 的自净系数  $K$  值 粗略地视 COD 的自净系数与 BOD<sub>5</sub> 的降解系数相等, 即 COD 的自净系数  $K$  为耗氧系数  $K_1$  与 BOD 沉淀再悬浮系数  $K_3$  之和。根据东北师范大学杨秉康、李惠明的研究成果<sup>①</sup>, 图们江等河流的参数如下: 非封冻期(4~11月)  $K_1 = 2.635 \times 1.117^{(t-20)}$ ,  $t$  为水温, °C;  $K_3 = 3.859^{-0.136 \cdot \Phi} - 0.286$ 。封冻期为(12~3月)  $K_1 = 0.065$  1/d,  $K_3 = 0.185$  1/d。

(3) 河流对照断面 COD 浓度的确定 我国地面水环境质量常规监测中一般不监测 COD。为此, 根据河流对照断面近几年 BOD<sub>5</sub> 和高锰酸盐指数的实测浓度, 确定各河流对照断面 COD 浓度, 图们江崇善断面和嘎呀河三道断面为 12 mg/L, 琿春河琿春大桥断面为 10 mg/L, 布尔哈通河延吉上断面为 15 mg/L, 海兰河碧岩断面为 18 mg/L。

(4) 控制断面水质标准值 根据吉林省地方标准 DB22/60-90《吉林省主要江河水域功能分类》中的规定, 图们江崇善至琿春河入口、嘎呀河石岫至河口、布尔哈通海兰河入口至下嘎桥水质执行 GB3838-88 中 IV 类标准; 图们江琿春河入口至圈河、琿春河琿春大桥至河口执行 II 类标准; 布尔哈通河延西桥至海兰河入口执行 V 类标准。II 类、IV 类和 V 类水域的 COD 标准值依次为 15 mg/L, 20 mg/L 和 25 mg/L。

## 1.4 COD 环境容量计算结果及时空分布规律

90% 保证率月平均设计流量下, 各河流 COD 逐月环境容量计算结果见表 1, 图们江地

① 吉林省科学技术委员会, 吉林省环境保护局. 图们江水系污染与水资源保护的研究成果汇编. 1980.

区 5 条河流 COD 逐月环境容量柱状图见图 1, 各月环境容量占全年总容量的百分比见图 2。

表 1 90% 保证率时 COD 逐月环境容量计算结果

(t/d)

Table 1 Calculated results of monthly environmental capacity of COD

河 流	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
图们江干流	51.44	50.20	54.07	149.92	290.41	379.56	818.51	763.58	438.46	148.60	82.58	55.68
珲春河	2.36	1.94	3.79	25.42	34.65	45.59	40.69	66.34	51.45	31.25	11.77	4.63
嘎呀河	3.44	2.89	7.41	19.59	45.63	78.36	177.80	200.27	77.88	22.01	9.47	5.26
布尔哈通河	1.37	1.33	6.83	22.45	35.07	68.18	140.11	167.67	70.11	27.05	8.87	3.64
海兰河	0.54	0.50	1.32	5.06	6.11	7.98	10.15	24.82	9.20	6.67	2.16	0.91
合 计	59	57	73	169	411	580	1187	1222	647	235	115	70

由计算结果可以看出, 图们江等河流对进入水体的有机污染物具有较大的稀释和自净能力, 但由于影响水环境容量的主要因素是河流径流量, 对于北方河流, 其径流量季节性变化较大, 故各月环境容量分配极不均匀, 相差较大。图们江地区河流全年的丰水期 8 月份容量最大, 枯水期 2 月份容量最小, 两者相差 20 倍之多, 丰水期 2 个月约占全年 50%, 而长达 5 个月的枯水期( 封冻期) 环境容量不足全年总容量的 10%。

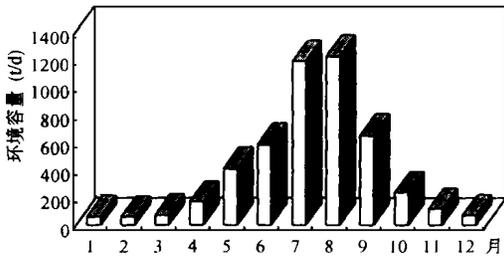


图 1 COD 逐月环境容量分布

Fig. 1 Distributions of monthly environmental capacity of COD

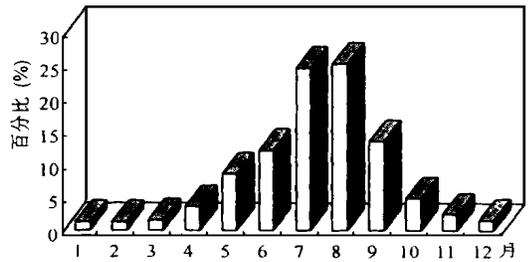


图 2 各月环境容量百分比分布

Fig. 2 Distributions of percentage of monthly environmental capacity

5 条河流 COD 年环境总容量约为  $15.55 \times 10^4$  t/a, 但各河流相差是较大的, 图们江干流为最大, 约为 106 550 t/a, 珲春河约为 9 780 t/a, 嘎呀河约为 19 950 t/a, 布尔哈通河约为 16 960 t/a, 海兰河为最小, 约为 2 310 t/a, 与图们江干流相差近 45 倍。

图们江干流是中朝界河, 崇善至开山屯全长约 287 km 江段流域内无我国城镇, 这一江段的水环境容量基本上是朝鲜一方所利用。我国各地区可利用的水环境容量的河段: 开山屯镇为图们江的开山屯断面至图们断面, 图们市区为图们江的图们断面至河东断面和嘎呀河的下嘎桥断面至河口, 珲春市区为珲春河的珲春大桥断面至河口和图们江的河东断面至甩弯子断面, 敬信地区( 尚未开发) 为图们江的甩弯子断面至圈河断面, 石岘镇为嘎呀河的石岘断面至下嘎桥断面, 延吉市区为布尔哈通河的延吉断面至海兰河河口, 龙井市区为海兰河的碧岩断面至河口。

经验表明, 丰水期近一半的水环境问题由非点源造成<sup>[2]</sup>, 即与农田面源和水土流失有关, 也就是说, 丰水期河流大部分环境容量难以被各城镇所利用。故本文中视 5~ 9 月的水

环境容量仅能被各城镇利用 50%。图们江地区我国一侧各城镇封冻期(12~3 月 4 个月平均)和非封冻期(4~11 月 8 个月平均)可利用的 COD 环境容量值见表 2。

表 2 各地区可利用的 COD 环境容量、污水允许排放量及比值  $I$   
Table 2 Environmental capacity of usable COD in regions, the permitted discharge capacity of the wastewater and ratio  $I$

水 期	项目	开山屯镇	图们市区	珲春市区	敬信地区	石岘镇	延吉市区	龙井市区
封冻期	$W$	5.84	17.75	6.04	4.94	1.48	1.95	0.80
	$q_{允}$	1.8	13.5	4.5	3.7	0.5	1.6	0.6
	$I$	5.53	0.17	1.15	0	16.46	1.53	6.47
非封冻期	$W$	38.48	85.86	35.72	15.30	15.05	30.71	5.38
	$q_{允}$	11.6	71.0	26.4	11.3	4.5	24.3	4.9
	$I$	0.86	0.03	0.20	0	1.83	0.23	0.78

注:  $W$  单位为  $t/d$ ,  $q_{允}$  单位为  $10^4 m^3/d$ ,  $I$  无量纲。

## 2 图们江地区河流水质功能标准可达性分析

以 COD 为控制指标,根据河流水环境容量,计算污水达标排放时的污水允许排放量,并与现状污水量相比较,从而对河流控制断面指定功能标准的可达性进行分析。污水允许排放量计算公式如下:

$$q_{允} = 100 \cdot W / [C_p - C_s \cdot \exp(KX/u)] \quad (2)$$

式中  $q_{允}$  为污水排放量,  $10^4 m^3/d$ ;  $W$  为某地区可利用的水环境容量  $t/d$ ;  $C_p$  污水中 COD 排放浓度,  $mg/L$ ; 其它符号意义同(1)式。

位于开山屯镇的开山屯化学纤维浆厂和位于石岘镇的石砚造纸厂目前正在筹建污水处理厂,届时,其外排废水中 COD 排放浓度将会达到  $350 mg/L$  的行业排放标准;其它地区污水中 COD 排放浓度按符合 GB8978—88 中一级(现有)排放标准计算,即  $C_p$  为  $150 mg/L$ 。1995 年各地区工业废水和生活污水日平均排放量如下:开山屯镇为  $9.96 \times 10^4 m^3$ ,图们市区为  $2.25 \times 10^4 m^3$ ,珲春市区为  $5.19 \times 10^4 m^3$ ,石岘镇为  $8.23 \times 10^4 m^3$ ,延吉市区为  $5.66 \times 10^4 m^3$ ,龙井市区为  $3.88 \times 10^4 m^3$ 。根据各地区可利用的 COD 环境容量,污水达标排放时的允许排放量及其与现状实际污水排放量的比值  $I(q_{实}/q_{允})$  见表 2。若  $I > 1$ ,即现状实际污水排放量超过允许污水排放量,则表明河流水质(控制断面)功能不能保证。

由表 2 中可以看出,以 1995 年污水排放量衡量,封冻期开山屯镇、珲春市区、石岘镇、延吉市区和龙井市区的  $I$  值均大于 1。开山屯镇、石岘镇、延吉市区和龙井市区均位于图们市区和敬信地区的图们江上游区,将占用图们市区以下江段的环境容量,1995 年 5 个区(不包括珲春)的污水日排放量约为  $30 \times 10^4 m^3/d$ ,将超过 5 个区污水的允许排放量,同时,也超过包括敬信地区在内的污水允许排放量。由此可见,即使污水达标排放,封冻期图们江干流嘎呀河、布尔哈通河、海兰河和珲春河 5 条河流控制断面水质也达不到指定功能水质标准,嘎呀河下嘎控制断面在非封冻期也不能达标。

## 3 对区域开发建设的影响及防治对策

### 3.1 对区域开发建设的影响分析

环境容量是环境目标管理的基本依据,是环境规划的主要环境约束条件,也是区域环境

保护中实行污染物总量控制的关键参数。水环境容量也是资源,其价值表现在,通过容量所包含对污染物缓冲作用的潜能,水体即可满足指定标准功能要求,这样可以部分代替污水的人工净化,从而节约水污染治理的投资。但水环境容量资源是有限的,是可以被耗尽的,必须合理利用,既要充分利用水体的稀释自净能力,又不能盲目地、自由地向水体排放污染物,如果污染物排放量超过容量限值,水体功能就不能保证。

吉林省环保局、计委、经贸委编制的《吉林省“蓝天·碧水·绿色”工程规划》中规定:嘎呀河、布尔哈通河、海兰河、琿春河水质(按控制断面计)在 2000 年以前控制在 III-IV 类标准以内,到 2010 年要达到 II 类标准;图们江到 2000 年要达到 V 类标准,到 2010 年达到功能区划水质标准。

目前,延边州大部分工业废水和生活污水未得到有效治理,工业废水达标率仅为 13% 左右,致使河流水质受到较严重的污染。1995 年水质监测结果表明,布尔哈通河和琿春河控制断面超过地面水 IV 类标准,图们江干流、嘎呀河、海兰河 3 条河流控制断面已不能满足地面水环境质量最低类别——V 类标准功能要求,超标主要污染物是高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)和 BOD<sub>5</sub>,且超标倍数较大(表 3,表中超标倍数的评价标准为 V 类)。

表 3 1995 年 3 条河流主要超标污染物监测浓度及超标倍数\*

Tbale 3 Concentration and overstandard times of major excessive standard pollutants in three rivers in 1995

河流	控制断面	COD <sub>Mn</sub> 浓度(mg/L)及超标倍数		BOD <sub>5</sub> 浓度(mg/L)及超标倍数	
		最大值	平均值	最大值	平均值
图们江干流	图们	157.30(14.73)	49.21(3.92)	43.76(3.38)	12.69(0.27)
	河东	98.61(8.86)	29.73(2.97)	34.26(2.43)	9.65(不超标)
	圈河	88.91(7.89)	28.10(1.81)	22.46(27.38)	6.69(不超标)
嘎呀河	下嘎桥	608.0(59.80)	148.62(13.86)	283.80(27.38)	64.68(5.47)
海兰河	河龙	55.20(4.52)	21.41(1.41)	26.48(1.65)	9.88(不超标)

\* 括号内数字代表超标倍数。

《国务院关于环境保护若干问题的决定》中要求:“到 2000 年,全国所有工业污染源排放污染物要达到国家或地方规定的标准”。本文根据河流水环境容量,以 COD 为控制指标,计算了污水达标情况下的允许污水排放量。由计算结果可看出,由于图们江干流及支流为中河和小河,稀释能力较小,且长达 5 个月的枯水期环境容量不足全年总容量的 10%,即使按 1995 年的污水排放量计算,污水达标排放时,图们江干流等 5 条河流枯水期水质也达不到规定的水质功能标准要求。也就是说,枯水期已无环境容量可利用。而图们江地区的开发建设,不论是实行适度联合、独立开发(低速)模式,还是实行双边合作、积极开发(中速)模式和多国合作、联合开发(高速)模式,区域工业废水和生活污水排放量都将明显增加,特别是在高速开发强度下,污水排放量将随着经济的腾飞而以非常快的速度递增<sup>[1]</sup>。因此,随着图们江地区的开发建设,污水排放量的大幅度增加,不但枯水期河流水质不能达标,就是平水期河流功能也将不能保证。

为了增加河流的水环境容量,可适当降低河流水质标准。但图们江下游区(密江河口至入海口约 80 km 的江段)是马苏大马哈鱼、滩头鱼等洄游性经济鱼类洄游的必经之路,特别

是距入海口约 60 km 的珲春河几乎成了图们江特有经济鱼类唯一可溯入寻找产卵场进行繁殖的水域,也就是说,珲春河已变成保留图们江贵重和珍稀鱼类种群的唯一重要水域。如果降低河流水质标准,势必会污染和毁坏经济鱼类的产卵场,加速图们江主要经济鱼类种群的灭绝。因此,不能用降低河流水质标准来提高河流水环境容量。

由此可见,河流水环境容量已成为制约图们江地区开发建设的主要因素。由于图们江地区河流水环境容量月分配极不均匀,特别是长达 5 个月的枯水期环境容量很小,这将限制区域工业布局和产业结构,如果仅考虑经济发展,忽视环境保护,则随着区域的开发建设,该区域地面水环境质量势必会进一步恶化,使水体丧失其使用功能,可利用的水资源减少,从而影响和制约区域的经济的发展。因此,必须采取有效的污染防治措施和对策。

### 3.2 防治对策

(1) 图们地区的开发建设必须走经济、社会、资源和环境相互协调的可持续发展的道路,摒弃那种通过高消耗追求经济增长的传统发展模式,避免重复西方发达国家工业化过程中“先污染、后治理”的老路。开发建设中必须注重环境保护,要提高项目的技术起点,采用能耗、物耗、水耗小的清洁生产工艺,使污染物的产生量最小。

(2) 区域内的工业废水和生活污水必须达标排放,特别是吉林省两个最主要工业废水污染源——开山屯化学纤维浆厂和石砚造纸厂的废水必须进行有效治理;随着区域的开发建设,珲春、延吉、图们、龙井等城市必须修建城市污水集中处理厂。

(3) 鉴于枯水期河流水环境容量很小,为此,一方面要进行污水量的宏观调节,减少封冻期的污水排放量;另一方面要进行河流的径流调节,增加封冻期河流水环境容量。具体措施是:城市污水集中处理厂应增加深度处理工艺,使部分出水达到回用标准,节约水资源,减少排放量;珲春市、开山屯镇和石砚镇等要充分利用自然环境条件,修建氧化塘,使部分污水冬储春排;在图们江干流南坪至开山屯江段、珲春河老龙口以上河段上修筑梯级水库,拦蓄洪水,提高枯水期的河流流量,增加河流的纳污能力。

(4) 海洋对于污染物的稀释自净能力要比河流大得多。如果图们江地区实行高速开发模式,污水排放量显著增加,为了切实保护图们江干流下游和珲春河水质不受污染、功能不受破坏,建议实施污水直排日本海防治方案,即将珲春、敬信等地区的污水通过管道排入日本海。

## 4 结 论

图们江等河流对进入水体的有机污染物具有较大的稀释和自净作用。但由于影响水环境容量的主要因素河流径流量季节性差异很大,致使各月环境容量分配极不均匀,特别是长达 5 个月的枯水期环境容量很小,不足全年总容量的 10%。以地面水 IV 类或 V 类标准衡量,枯水期(封冻期)已无剩余环境容量可利用。这将成为制约图们江地区开发建设的主要因素。必须采取有效的污染综合防治措施和对策,以确保图们江地区经济建设与环境保护协调发展。

### 参 考 文 献

- 1 朱颜明,等.图们江地区水环境质量研究.地理科学,1996,16(3):215~222
- 2 傅国伟,等.城市水污染物排放总量核定方法的研究.中国环境科学,1997,17(1):1~5

## STUDY ON AQUATIC ENVIRONMENTAL CAPACITY AND ITS INFLUENCE ON REGIONAL EXPLOITATION IN THE TUMEN RIVER REGION

Tian Wei Yu Muqing Liu Guiqin

(*Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

### ABSTRACT

Using COD as a control index, this paper calculated the monthly environmental capacity and the permitted wastewater discharge capacity of wastewater within discharge standards of five rivers in the Tumen River region. The results indicate that the distribution of every month environmental capacity was very uneven, during the two-month abundant-water period, the environmental capacity was about 50% of the year, but during five-month less-water period, the environmental capacity was less than 10% of the year; even judged by wastewater discharge quantity in 1995, during the less-water period, the water quality of the five rivers controlling sections of the mainstream of the Tumen River did not reach the appointed functional water quality standards and there was no environmental capacity to use. Therefore, the river water environmental capacity has become the major restricting factor of exploitation in the Tumen River region, for keeping coordinate development between economic construction and environmental protection in this region, the effective pollution control countermeasures and steps must be taken.

**Key Words:** Environmental Capacity; Permitted discharge capacity; Regional exploitation; The Tumen River