

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.05.001

图们江流域水环境质量变化规律

王 微,王 宁,袁 星

(东北师范大学城市与环境科学学院,吉林 长春 130024)

摘要 根据图们江流域干支流监测断面的常年水质监测数据,采用均值型综合污染指数法等方法对其水环境质量进行评价,同时对不同年份的图们江流域水质变化规律和影响因素进行分析。结果表明:1983—2007 年,图们江干流及支流嘎呀河水质总体呈恶化趋势;2005—2007 年间,布尔哈通河及海兰河污染水平控制较好,水质保持原有水平。总体来说,图们江地区地表水污染比较严重,主要污染物为 COD_{Mn}、石油类、挥发酚、BOD₅ 和 NH₃-N 等,而日益频繁的人类活动是影响图们江水质的主要原因。

关键词 图们江 水质 变化规律 影响因素

中图分类号 X824 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2010)05-0001-05

Change law of water environmental quality in Tumen River Basin

WANG Wei, WANG Ning, YUAN Xing

(College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract :Based on water quality monitoring data from monitoring sections of the main Tumen River and its tributary in normal years, their water environmental qualities were assessed using the mean-type comprehensive pollution index method, and the change law and factors of water quality in the Tumen River Basin were also analyzed for different years. The results showed that the water quality of the main stream of the Tumen River and the Gaya River had a deteriorating tendency from 1983 to 2007. Also, the water quality of the Buerhatong River and the Hailan River remained at their previous levels and their pollution levels were well controlled between 2005 and 2007. In summary, the pollution of surface water in the Tumen Region was serious, and the main pollutants were COD_{Mn}, petroleum, volatile phenol, BOD₅, and NH₄⁺-N. The increasingly frequent human activity was the main factor affecting the water quality of the Tumen River.

Key words :Tumen River ; water quality ; change law ; influencing factors

图们江为中、朝、俄 3 国界河,属国际河流。其出海口地处东北亚地区(即日本海地区)的中心部位,向外面对日本海沿岸各地,向内侧则为广阔的东北亚地区腹地,地理位置十分优越^[1]。图们江流域在行政上包括吉林省的延吉、和龙、龙井、图们、珲春等 5 市的全部和汪清、安图两县的部分地区。流域内山地广布、河谷纵横,自然资源十分丰富。近些年来,由于人口不断增长和不合理开发利用等因素的影响,流域内的生态环境逐渐恶化,尤其是水环境质量的变化,给该

地区的社会经济发展带来了不利影响。根据 2007 年图们江干、支流 15 个监测点的监测数据,运用多种评价方法进行水质评价,并以此为基础与该河流 20 世纪 80 年代、90 年代的水环境质量进行比较,分析水环境质量变化的规律及其主要影响因素。

1 流域概况

1.1 水系分布及其特点

图们江是中、朝、俄三国界河,也是贯穿图们江

基金项目 科技部‘973’项目(2009CB426305) 东北师范大学‘十一五’科技创新平台项目
作者简介 王微(1986—),女,吉林长春人,硕士研究生,主要研究方向为水环境污染及生态效应。E-mail :wangw014 @nenu.edu.cn
通讯作者 王宁,教授。E-mail :wang@nenu.edu.cn

地区的最大河流^[2],源于长白山麓,流向东北至密江折向东南,其干流流经和龙、龙井、图们、珲春 4 市,经珲春市防川以下土字界碑出境,出境后为朝、俄界河,经 15 km 注入日本海。图们江全长 510 km,干流全长 505.4 km,流域面积 33 168.4 km²,我国境内河长 495 km,流域面积 22 632 km²(占吉林省总面积的 11.9%)^[3]。河道总落差为 1 200 m,平均坡降为 0.64%^[4]。

图们江主要支流有嘎呀河、布尔哈通河、海兰河以及珲春河,其中一级支流为嘎呀河、珲春河,二级支流为布尔哈通河,海兰河为布尔哈通河的支流。图们江水量丰沛,每年 4 月左右为春汛,7—8 月为夏汛(丰水期),12 月至次年的 3 月为枯水期。受气候的影响,降水多在夏季,夏季常有较大的洪峰而春汛洪峰不大。各条河流均有较长的封冻期。因此,各条河流的径流量年内变化较大,丰、枯水期相差悬殊,其中圈河水文站历史最大洪水量为 11 300 m³/s,最小流量仅为 6.69 m³/s^[2,4]。

1.2 监测断面分布

根据图们江干流两岸的工业分布情况以及干、支流水文状况,共布设 15 个监测断面,其具体位置如图 1 所示。

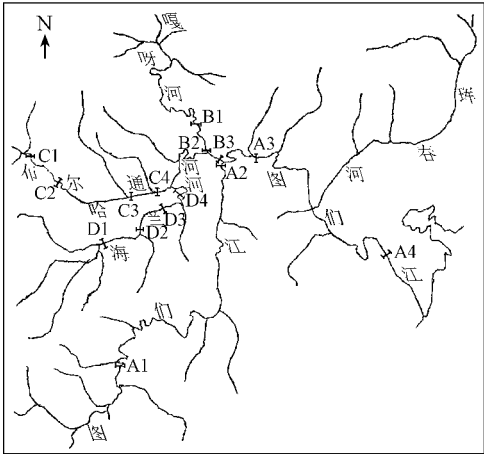


图 1 图们江干支流水质监测断面示意图

图们江干流监测断面为 :南坪(A1)、图们(A2)、河东(A3)和圈河(A4) ;

嘎呀河监测断面为 :三道沟(B1)、下嘎桥(B2)和八叶桥(B3) ;

布尔哈通河监测断面为 :安图下(C1)、榆树川(C2)、延吉(C3)和溪洞(C4) ;

海兰河监测断面为 :关门(D1)、碧岩(D2)、东盛桥(D3)和河龙(D4)。

1.3 水质监测与评价方法

1.3.1 评价标准

根据图们江水体功能,确定其水质采用 GB

3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ类水体标准^[5]进行评价。

1.3.2 评价参数

在布设的 15 个断面中,不同时期多位环保工作者对 COD_{Mn}、NH₃-N 等 14 个项目进行监测和数据分析、评价,因不同年度的资料和监测项目有所缺失,考虑资料的可比性,选取 6 个监测项目进行评价,分别为 :COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N、挥发酚(AR-OH)、Cr⁶⁺ 和石油类。

1.3.3 评价方法

采用单因子评价法、均值型综合污染指数法和等标污染负荷法^[6]进行评价。

a. 单因子评价法。计算出各环境指标的分指数 I_i。

$$I_i = \frac{\rho_{ci}}{\rho_{oi}}$$

式中 : ρ_{ci} 为 i 项指标的实测值,mg/L ; ρ_{oi} 为 i 项指标的标准值,mg/L。

b. 均值型综合污染指数法。将分指数进行简单算术平均得到均值型综合污染指数 M₁,即 :

$$M_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i$$

式中 :n 为评价指标总数。

M₁ 值按表 1 所列分类标准^[6]进行水质类别评价。

表 1 地表水质分级标准

水质类别	污染程度	M ₁ 值
I	清洁	<0.2
II	尚清洁	0.2~0.4
III	轻污染	0.4~0.7
IV	中污染	0.7~1.0
V	重污染	1.0~2.0
劣 V	严重污染	>2.0

c. 等标污染负荷法

(1) 项污染物的等标污染负荷计算公式为 :

$$P_i = \frac{Q_i}{\rho_{oi}} \times 10^9$$

式中 :P_i 为 i 项污染物的等标污染负荷,L/d 或 L/a ; Q_i 为含 i 项污染物的废水排放量,t/d 或 t/a。

(2) n 个污染物的等标污染负荷之和即为某流域的等标污染负荷

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

(3) 污染负荷比

$$K_i = \frac{P_i}{P} \times 100\%$$

根据 K_i 值大小即可确定主要污染物和主要污染源。

表 2 2007 年图们江流域采样断面各污染物的分指数 I_i 及评价结果

河流	断面	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	AR-OH	Cr ⁶⁺	石油类	M_i 值	水质类别
图们江干流	南坪	1.07	0.36	0.16	0.18	0.02	1.16	0.49	Ⅲ
	图们	7.94	5.84	1.29	2.74	0.02	2.92	3.46	> V
	河东	3.31	2.56	0.62	7.78	0.02	2.60	2.81	> V
	圈河	2.97	2.13	0.52	0.98	0.02	2.08	1.42	V
嘎呀河	三道沟	0.71	0.17	0.34	0.20	0.04	0.20	0.28	Ⅱ
	下嘎桥	0.84	0.65	1.09	0.54	0.32	1.70	0.86	Ⅳ
	八叶桥	1.60	0.70	0.81	1.32	0.64	3.98	1.50	V
布尔哈通河	安图下	0.67	0.35	0.94	0.30	0.08	0.92	0.54	Ⅲ
	榆树川	0.63	0.36	0.59	0.02	0.02	0.02	0.27	Ⅱ
	延吉	0.68	0.42	0.51	0.02	0.02	0.32	0.33	Ⅱ
	溪洞	1.10	0.78	2.22	1.78	0.02	2.34	1.37	V
海兰河	关门	0.72	0.57	0.36	0.14	0.02	0.02	0.31	Ⅱ
	碧岩	0.90	0.42	0.26	0.25	0.02	0.66	0.42	Ⅲ
	东盛桥	0.68	0.34	0.64	0.34	0.02	0.56	0.43	Ⅲ
	河龙	0.68	0.43	0.96	0.24	0.02	0.60	0.49	Ⅲ

表 3 2007 年图们江地区水质现状等标污染负荷比评价结果 K_i %

河流	断面	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	AR-OH	Cr ⁶⁺	石油类	合计	断面污染程度排序
图们江干流	南坪	36.23	12.14	5.43	6.11	0.68	39.40	3.28	8
	图们	38.26	28.14	6.22	13.21	0.10	14.08	23.08	1
	河东	19.58	15.15	3.67	46.08	0.12	15.40	18.78	2
	圈河	32.70	25.04	6.11	11.51	0.23	24.42	9.47	4
嘎呀河	三道沟	42.95	10.09	20.47	12.04	2.41	12.04	1.85	14
	下嘎桥	16.32	12.62	21.21	10.51	6.23	33.08	5.72	6
	八叶桥	17.64	7.71	8.96	14.60	7.08	44.01	10.06	3
布尔哈通河	安图下	20.65	10.66	28.83	9.20	2.45	28.21	3.63	7
	榆树川	38.48	22.03	35.85	1.22	1.22	1.22	1.82	15
	延吉	34.51	21.24	25.94	1.02	1.02	16.28	2.19	12
	溪洞	13.30	9.42	26.97	21.63	0.24	28.43	9.16	5
海兰河	关门	39.4	31.18	19.61	7.63	1.09	1.09	2.04	13
	碧岩	35.88	16.68	10.33	10.09	0.79	26.22	2.79	11
	东盛桥	26.50	12.99	24.82	13.19	0.78	21.72	2.87	10
	河龙	23.10	14.63	32.85	8.21	0.68	20.53	3.25	9
总 计		27.05	17.88	12.58	18.72	1.44	22.33	100.0	
污染指标排序		1	4	5	3	6	2		

2 水质现状评价

2.1 现状评价

利用上述方法,根据 2007 年图们江水系 15 个断面的水质监测数据,进行综合评价,结果如表 2、表 3 所示(数据来源于吉林省环境保护监测中心站,评价代表值采用各年水质数据的年平均值)。

2.2 评价结果分析

由表 2、表 3 可知,图们江流域水质污染大多较为严重,只有海兰河水质相对较好,可达Ⅲ类水体标准。多数河流上游与下游水质相对优于中游。所评价的 15 个断面中水质最差的是图们和河东断面,最好的是三道沟、榆树川、延吉和关门断面,干流水质较支流水质差。主要污染物依次是 COD_{Mn}、石油类、AR-OH、BOD₅ 和 NH₃-N, 污 染 负 荷 比 分 别 为 27.05%、22.33%、18.72%、17.88%、12.58%。

2.2.1 图们江干流

图们江干流水质污染严重,布设的 4 个监测断面中,自上而下,仅南坪监测断面为Ⅲ类水质,图们和河东监测断面均为劣 V 类水质,圈河监测断面为 V 类水质。

图们江干流水体中最主要的污染物是有机污染物,主要是受到流域内生活污水及工厂排放的造纸和制浆废水等的影响,水体中含有大量的有机物,从而使水体的 COD_{Mn}、BOD₅ 值均偏高。其中图们监测断面污染最为严重,其 COD_{Mn} 的超标倍数为 6.94 倍,BOD₅ 超标倍数为 4.84 倍。这主要是受图们市排放的生活污水与工业污水的影响,该断面上游开山屯化学纤维制浆厂排放的废水对其也有一定的影响。其次是河东监测断面,其 COD_{Mn} 超标倍数为 2.21 倍,BOD₅ 超标倍数为 1.56 倍。这正是受到了上游开山屯化学纤维制浆厂所排放废水的影响。

图们江干流水体中其次的污染物是石油类,来源于图们市工业污水的排放,各断面水体中石油类浓度均超标,其中尤其以图们监测断面浓度最高,超标倍数为 1.92 倍。河东和圈河断面超标倍数分别为 1.60 和 1.08 倍。

各断面水体中挥发酚浓度河东最高,图们次之,这主要是因为上游流域中有阿吾地化工厂,该厂所排放的废水含酚量超出地面水标准至少 23 倍,使下游断面的水体含酚量严重超标,而图们断面浓度高则是受到上游开山屯化学纤维制浆厂的含酚废水影响。

2.2.2.2 嘎呀河

嘎呀河 3 个监测断面中八叶桥污染最为严重,为Ⅴ类水质。而各断面最主要的污染物均为石油类,其次为有机污染物和挥发酚。而这 3 种污染物正是石岘造纸厂所排放废水中的主要污染物。由此可见,石岘造纸厂是嘎呀河主要的污染源。

2.2.2.3 布尔哈通河

布尔哈通河的 4 个监测断面中,安图下断面为Ⅲ类水质,榆树川、延吉断面为Ⅱ类水质;溪洞断面污染严重,为Ⅴ类水质。即上游与下游水质较中游差。这主要是因为上游安图下断面位于安图化工厂下游,受其影响较大;而溪洞断面位于延吉市下游,受其排放的工业废水及生活污水影响,因而水质污染严重。

2.2.2.4 海兰河

海兰河 4 个监测断面的水质均较好,各单因子项目指标均未超标。其中关门断面为Ⅱ类水质,其他断面均为Ⅲ类水质,水域功能达标。这与水系内污染源较少、污染低是分不开的。

3 不同年份水质变化规律分析

3.1 水质评价

根据均值型综合污染指数法,对 2005—2007 年图们江干支流 15 个断面的水质监测数据年均值进行评价,与 20 世纪八九十年代的评价结果^[4,7]进行对比,结果如表 4、表 5 所示(由于资料的限制,布尔哈通河及海兰河八九十年代未评价)。

表 4 图们江水环境质量评价结果

断面名称	图们江干流				嘎呀河		
	南坪	图们	河东	圈河	三道沟	下嘎桥	八叶桥
20 世纪 80 年代	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅴ	Ⅴ
20 世纪 90 年代	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ
2005 年	Ⅱ	> Ⅴ	> Ⅴ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅴ
2006 年	Ⅱ	> Ⅴ	> Ⅴ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅴ
2007 年	Ⅲ	> Ⅴ	> Ⅴ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅴ

表 5 图们江水环境质量评价结果

断面名称	布尔哈通河				海兰河			
	安图下	榆树川	延吉	溪洞	关门	碧岩	东盛桥	河龙
2005 年	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
2006 年	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ
2007 年	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

3.2 水质变化分析

3.2.1 干流水质特征的变化规律

南坪断面 20 世纪八九十年代的水质评价结果为Ⅴ类,主要是受上游茂山铁矿的影响,使其 SS 严重超标所致。目前,根据均值型污染指数法的评价,南坪断面的水质为Ⅲ类。而图们和河东断面的水质均由Ⅴ类恶化为劣Ⅴ类,圈河断面则由Ⅳ类恶化为Ⅴ类。总体上,从 80 年代至今,图们江干流污染一直都比较严重,除南坪断面的水质有所改善外,其他断面的污染状况均有所恶化。

图们江干流污染主要来自工业废水和城市生活污水的排放,主要工业污染源为朝方的茂山铁矿和中方的开山屯化学纤维制浆厂,主要污染源城市为图们市。随着科学技术和生产力的不断发展,图们江流域工厂规模增长较快,废水排放量增加。虽然图们江流域的主要污染物和污染源都没有太大的变化,废水处理的方法和技术也在不断的进步,使多数工业废水能够达标排放,但随着时间推移,图们江水环境容量越来越少,枯水期甚至已无环境容量可利用^[8]。因此,图们江干流水质没有得到改善,现已恶化为严重污染状态。

此外,生活污水及沿岸乡镇的陆源输送也是导致该流域水质污染加重的直接原因。

3.2.2 图们江支流水质特征的变化规律

a. 嘎呀河。由表 4 可见,嘎呀河水质总体呈恶化趋势,其中三道沟断面的水质有所恶化,由 80 年代的Ⅰ类水转化为现在的Ⅱ类水,而期间的 90 年代水质为Ⅳ类(中污染)水。主要是由于 90 年代大部分工业废水和生活污水未得到有效治理,工业废水达标率低,致使河流水质受到较严重的污染。此外,2005—2007 年下嘎桥断面水质较 80 年代和 90 年代有所好转,但仍为Ⅳ类水;八叶桥水质状况很差,几乎没有变化。下嘎桥断面位于石岘造纸厂下游,八叶桥断面位于图们市下游,其水质主要受石岘造纸厂排放的废水与图们市排放的污水影响。

b. 布尔哈通河。由表 5 可见,2005—2007 年,布尔哈通河除安图下断面的水质由Ⅱ类转化为Ⅲ类外,榆树川和延吉断面水质均未发生变化,表明这 2 个断面的污染控制水平较高;但其下游溪洞断面污染很重,一直为Ⅴ类水体。

c. 海兰河。由表 5 可知,2005—2007 年,关门

断面水质有所好转,由Ⅲ类转化为Ⅱ类。碧岩断面的水质则有所恶化,由Ⅱ类转化为Ⅲ类。东盛桥和河龙断面的水质几乎没有变化。总体来看,海兰河目前水质相对较好,水域功能达标。

4 水质影响因素分析

影响图们江水环境质量的因素有 2 个^[9]: ①自然因素,包括气候、水文、地质等; ②人为因素,包括城镇工业和生活污水、农田灌溉等。对于人类活动较集中、经济较发达的地区,水体污染往往更严重,说明人为因素是影响该区域水环境质量的主要因素。

4.1 自然因素

图们江流域水体受气候、水文、地质、地形等诸多因素的综合影响,天然水质具有一定的规律性。一般来讲,山区水质好于平原区水质,丰、平期水质优于枯水期水质。但是,琿春河与嘎呀河的枯水期水质较优^[7],主要因为这两条河流的悬浮物污染较严重,枯水期水量少、流速小,有利于悬浮物沉淀的结果。

另外,水土流失情况也影响图们江的水质。图们江地处河源区,区域内由于多年的无序采伐,大面积开荒种地,森林面积逐步减少,水土流失较重,大量泥沙被带入河流,使河流由原来的清水变成了浑水,引起河流水质的下降^[10]。

4.2 人为因素

流域内人类的工、农业活动及生活污水的排放是图们江水污染的主要来源,其中又以工业污染源为主。污染源以其进入水体的形式可分为点污染源和面污染源。

点污染源主要为城镇和工矿企业排放的工业废水和生活污水,又以工业废水为主。根据 2003 年延边朝鲜族自治州入河排污口的调查结果^[3], 开山屯镇和图们市每年排放污水 3 364 万 t, 其中 COD 70 926 t 和 NH₃-N 441 t, 都直接进入了图们江干流。此外,明月镇、延吉市、和龙市、龙井市、汪清镇和石岘镇排放的 6 006 万 t 污水, 其中, COD 47 782 t 和 NH₃-N 1 395 t 也通过嘎呀河、布尔哈通河与海兰河排入了图们江。可见, 仅中方的排污就已经使图们江不堪重负。

面污染源大多由农田灌溉和大量使用化肥、农药等因素造成。存在于流域表面的各种污染物质, 在地表径流或农田排水系统汇集过程中被带入河道, 形成污染。我国是一个农业大国, 耕地面积不到世界的 10%, 但是近年来氮肥的使用量却占世界总量的近 30%^[11]。全国化肥的施用量 2002 年为 4 124 万 t, 占世界平均消费量的 1/4, 达 400 kg/hm², 远远超过国际上为防止水体污染而设置的 225 kg/hm² 的化肥使用安全上限。2006 年图们江流域中, 图们市机耕田化肥施用量为 813.9 kg/hm², 琿春市、和龙市、

汪清县的机耕田化肥施用量分别为 503.7 kg/hm²、495.5 kg/hm² 和 767.6 kg/hm², 而安图县单位机耕面积上的化肥施用量则高达 1 096.8 kg/hm²^[12]。

此外, 由于图们江为中、朝、俄 3 国界河, 在共享水资源方面存在着诸如怎样公平合理开发利用、流域如何协调管理和如何维护生态环境等问题^[13], 这也是影响图们江水质的一个原因。

5 结 论

a. 图们江干流自南坪断面以下污染严重, 从 20 世纪 80 年代至今均未得到改善, 而且水质特征的变化总体有恶化趋势; 干流水质较支流水质差。主要污染物为有机污染物和石油类; 主要污染源为朝鲜的茂山铁矿和我国延边龙井市的开山屯化学纤维制浆厂。

b. 图们江主要支流不同年份的水质变化情况: 嘎呀河水水质总体呈恶化趋势; 布尔哈通河及海兰河污染水平控制较好, 水质几乎没有变化; 海兰河水水质可达Ⅲ类水体。

c. 工农业活动是影响图们江水质的主要因素, 这与图们江地表水中的 COD_{Mn}、石油类、AR-OH、BOD₅ 和 NH₃-N 等主要污染项目的评价结果相互印证。

参考文献:

- [1] 林哲浩, 郑梅花, 李永奎. 图们江流域生态环境及其对策[J]. 延边大学学报, 1999, 25(1): 70-74.
- [2] 朱颜明, 黎劲松. 图们江地区开发的水环境问题与保护对策[J]. 中国环境科学, 2000(S1): 12-15.
- [3] 时淑英, 昌镜伟. 图们江干流水质状况评价分析[J]. 吉林水利, 2006(7): 31, 35.
- [4] 李惠明. 图们江环境质量评价[R]. 图们: 图们江环境保护科研协作组, 1980: 18-24.
- [5] GB 3838—2002 地表水环境标准[S].
- [6] 姜建祥. 环境影响评价[M]. 吉林: 吉林人民出版社, 2005: 74-75, 87-90.
- [7] 朱颜明, 王稳华, 卢学强, 等. 图们江地区水环境质量研究[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 215-222.
- [8] 田卫, 俞穆青, 刘桂琴, 等. 图们江地区水环境容量及其对区域开发的影响研究[J]. 地理科学, 1998, 18(2): 169-174.
- [9] 马超, 杨春, 李万刚. 新疆水环境质量影响因素浅析[J]. 干旱环境监测, 2007, 21(4): 216-220.
- [10] 高文义, 张守伟. 图们江流域泥沙特性分析[J]. 吉林水利, 2008(4): 13-14.
- [11] 蔡明凯, 邓春光. 我国农业面源污染调控办法分析[J]. 农机化研究, 2008, 2(2): 211-213.
- [12] 吉林省统计局. 吉林统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007: 232.
- [13] 李志群, 董增川. 松辽流域国际界河水资源保护适应性框架[J]. 水资源保护, 2008, 24(3): 77-81.

(收稿日期: 2009-10-21 编辑: 徐娟)