

利用标准类别指数评价法评价北京主要水系河流水质

潘术香, 李莲芳, 张宝莉, 李国学, 牛绍辉

(中国农业大学资源环境学院, 北京 100094)

摘要: 2003 年春季对北京市五大水系的 12 条河流共 49 个监测断面的主要水质指标进行了取样监测, 并采用标准类别指数法进行了水质现状评价, 同时对污染原因作了分析。结果表明, 潮白河除牛栏山环岛桥下游水体为超 V 类外, 大部分河段满足相应水体功能要求; 永定河从官厅水库到珍珠湖以及永引入水口和妫水河中游大路以下水质较差, 为超 V 类, 其余河段基本满足相应水体功能要求; 蓟运河水系沟河上游(平谷镇)为 IV 类, 沟河下游(英城桥)为超 V 类; 北运河均不满足相应水体功能要求, 水质为 V 类或者超 V 类; 大清河水系除小清河以及大石河下游大营村和拒马河中游张坊镇以下河段被严重污染, 其余河段均满足水质功能要求。

关键词: 北京; 地表水; 水质; 评价

中图分类号: X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 – 2043(2004)03 – 0560 – 05

Utilizing Standard Category Index Method to Assess the Water Quality of Main Rivers of Beijing

PAN Shu-xiang, LI Lian-fang, ZHANG Bao-li, LI Guo-xue, NIU Shao-hui

(College of Resources and Environment, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

Abstract: In 2003, totally about forty – nine sections from twelve rivers of the five watersheds in Beijing were sampled and the main water quality indexes including COD, BODs, DO, Total – N and Total – P were monitored. Water quality was evaluated using standard category index method, and the reason for different pollution was analyzed. The results were just as follows: the water in most segments of Chaobai river satisfied the requirements of its corresponding function except the bridge Niulanshanhuandao and its backward position which exceeded V grade; the water quality from Guanting reservoir to Zhenzhu lake was bad with V grade, just like that from the entrance of Yongyin to middle position and below of Dalu in Guishui river, but the other sections of Yongding river generally reached the aim of related water function; the water quality of upper reaches of Ju river of Ji canal in Pinggu town was at IV grade level and that of Yingcheng bridge of Ju river exceeded V grade level; the water quality of Bei canal was V grade or over V grade and didn't fit for the corresponding water function standard; Some river segments of the branches of Daqing water system were severely polluted with water quality inferior to V grade water, including the whole Xiaoqing river and the Dashi river's lower reach down the Daying village, Juma river's lower reach down the Zhangfang village, the water quality of the other parts were relatively good and could meet the water quality criterions.

Keywords: Beijing; surface water; water quality; assessment

北京地处海河流域, 共有蓟运河、潮白河、北运河、永定河及大清河五大水系横贯其间, 除北运河发源于本市外, 蓟运河、潮白河、大清河水系发源于河北省, 永定河发源于山西省和内蒙古自治区。五大水系多年平均年入境水量 16.5 亿 m³, 其中永定河 8.5 亿 m³, 潮白河 7.1 亿 m³, 两河入境水量占入境水总量的

94.5%。自 20 世纪 50 年代以来, 由于上游工农业生产的发展, 用水量剧增, 永定河和潮白河的入境水量由 20 世纪 50 年代的近 40 亿 m³, 锐减至 20 世纪 90 年代的约 8 亿 m³, 呈现强烈的衰减趋势^[1]。北京入境水量减少而污水排放量却在逐年增多, 根据北京市环境状况公报, 2002 年北京市城近郊区平均日排污水量 227.34 万 t, 其中生活污水 148.07 万 t, 占 65.1%, 比上年增加 4.1 个百分点; 工业污水 73.13 万 t, 占 32.2%; 冷却水 6.14 万 t, 占 2.7%^[2]。水量的减少和水质恶化造成北京市水资源的供需矛盾日趋尖锐。怎样控制北京水体污染, 使之更好地为首都的经济发展

收稿日期: 2003 – 09 – 18

基金项目: 北京市重大自然科学基金“北京地区地表水环境激素污染状况与防治对策研究”(8000001)

作者简介: 潘术香(1976—), 女, 硕士研究生, 主要从事环境化学及污染综合治理研究。

联系人: 李国学, E – mail: ligx@cau.edu.cn

服务,缓解北京水资源严峻的形势,是我们当前的主要任务。因此,我们对地表水污染状况进行全面科学的评价,以期对北京市水环境的改善和水资源的合理开发利用提供帮助。

1 材料与方法

1.1 采样点确定

潮白河水系主要在潮河上游,白河上游、中游,潮白河中游和下游(出北京市)布点。永定河水系主要在永定河中、下游,妫河的上、中游布点。蓟运河水系主要在沟河上、下游(出北京市)布点。北运河水系主要在温榆河中、下游,小中河的上、中游,凤河上、中、下游布点。大清河水系主要在小清河上、中、下游,大石河上、中、下游,拒马河上、中游布点。

在 2003 年 3 月 26 日至 4 月 22 日对河流集中采样,并采用 GPS 技术进行准确定位。

1.2 监测项目与测定方法

监测项目有 pH、温度、电导率、DO、BOD₅、COD_{Cr}、总氮、总磷、铅、镉、铬、汞。除 pH、电导率、温度、DO 进行现场测定外,其余指标在实验室内进行分析测定。所有项目均按照国家环保局《水和废水监测分析方法》(第三版)中规定的方法进行测定^[3]。

1.3 标准类别指数评价法

以 DO、BOD₅、COD_{Cr}、总磷作为评价项目,采用《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)^[4],选择单指标评价法和标准类别指数法,对北京市主要河流进行水质评价。

1.3.1 评价原理

水体的标准类别指数可以通过单项标准类别指数乘以相应的权重然后求和得到^[5]。

(1) 单项标准类别指数的计算

$$G_i = G_{i,(j-1)} + (C_i - C_{i,(j-1)}) / (C_{i,j} - C_{i,(j-1)})$$

式中: G_i ——第 i 项类别指数,其物理意义为该项污染物的单项污染指数或对应于《地表水环境质量标准》的水质类别数,当第 i 项浓度值高于地表水 V 类评价标准值时,该项的 G_i 值为 6;

$G_{i,(j-1)}$ ——第 i 项达到类别的上一级类别数(如果第 i 项达到Ⅲ类,则上一级类别数为 2);

C_i ——第 i 项实测浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

$C_{i,(j-1)}$ ——第 i 项上一类别标准值, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

$C_{i,j}$ ——实测浓度达到某一标准类别的标准值, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

i ——项目的序号, $i = 1 \sim m$ (m 为污染物的项目

数);

j ——标准等级序号(1~6)。

(2) 计算污染物的污染分担率^[6]

$$P_i = C_i / C_{i0}$$

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

$$K_i = P_i / P \times 100\%$$

式中: C_i ——某污染物实测浓度值, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

C_{i0} ——与水体功能要求相对应的该污染物的评价标准值, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

P_i ——某污染物的单项污染指数;

P ——综合污染指数(n 为相应水体监测污染物的项目数);

K_i ——某污染物的污染分担率%。

(3) 计算污染物的权重系数

根据污染分担率计算污染物的权重系数:

$$W_i = K_i / \sum_{i=1}^m K_i$$

式中: W_i ——第 i 项主要污染物的权重系数;

K_i ——对应于各主要污染物的污染分担率;

m ——对应于各主要污染物的项目数。

(4) 计算水体标准类别指数

$$G = \sum_{i=1}^m G_i W_i$$

式中: G ——水体的类别指数;

G_i ——第 i 类污染物的单项标准类别指数;

W_i ——第 i 项主要污染物的权重系数;

i ——项目的序号, $i = 1 \sim m$ (m 为污染物的项目数)。

(5) 地表水环境质量与污染程度分级

为了直观地反映水体所达到的实际水质功能,这里把地表水环境质量或污染程度与《地表水环境质量标准》水质功能类别相对应,劣 V 类的为一个级别。见表 1。

根据计算所得的标准类别指数 G ,查表 1,即可得到该水体的水质类别。

1.3.2 应用举例

某水体主要监测项目的监测结果,见表 2。该水体相应水质功能要求(即水质类别)为《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)中的 II 类。试用标准类别指数法进行评价。

评价计算过程:

第一步:计算各污染物的单项标准类别指数。以

表 1 地表水环境质量或污染程度划分表

Table 1 Gradation on surface water quality or pollution

序号	质量级别	对应水质类别	类别指数
1	纯净	I类	$G \leq 1.0$
2	清洁	II类	$1.0 < G \leq 2.0$
3	尚清洁	III类	$2.0 < G \leq 3.0$
4	轻污染	IV类	$3.0 < G \leq 4.0$
5	中度污染	V类	$4.0 < G \leq 5.0$
6	重污染	劣V类	$5.0 < G \leq 6.0$

表 2 某水体主要监测项目的监测结果表

Table 2 Item of pollutants and its results for river

项目序号	监测项目	监测浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
1	DO	10.56
2	COD _{Cr}	15.6
3	BOD ₅	3.26
4	TP	0.052

COD_{Cr} 为例: COD_{Cr} 的项目序号是 2, 即 $i = 2$, 且其实测值介于地表水 II类和 III类之间, 即 $j = 3$, 所以该项的 $G_{2,(3-1)} = 2$, $C_2 = 15.6$, $C_{2,(3-1)} = 15$, $C_{2,3} = 20$, 将这些参数带入公式即可求得该指标的单项标准类别指数。本例 $G_2 = 2.12$ 。(注意: 当该项水质监测浓度达不到地表水 I类评价标准值时, 该项的 G_i 值为 0; 当该项水质浓度值高于 V类评价标准值时, 该项的 G_i 值为 6)。

以同样的方法计算其他污染物的单项标准类别指数。

第二步: 计算各污染物的污染分担率。计算过程是先计算各污染物的单项污染指数 P_i (注意这里计算单项污染指数时的评价标准是地表水 II类标准——因为该水体功能要求是 II级) 及综合污染指数 P , 然后利用上面公式计算出各污染物的污染分担率。

第三步: 计算污染物的权重系数。本例中, 共有四个污染物 $m = 4$ 。利用上面公式计算污染物的权重系数。

表 4 潮白河干、支流的标准类别指数法评价结果

Table 4 Assessment results for main and branch river of ChaoBai river system using standard index criterion method

编号	所属河流	采样地点	水质分类	经度	纬度	标准类别指数	评价结果
1	潮河上游	北甸子桥	II	E117°10'19.2"	N40°38'53.2"	0.00	I
2	潮河上游	石匣	II	E117°4'12.2"	N40.33'23.2"	0.00	I
3	白河上游	汤河口镇	II	E116°39'13.4"	N40°41'41.8"	0.00	I
4	白河中游	黑龙潭	II	E116°47'40.0"	N40.34'20.9"	0.00	I
5	潮白河中游	养山村	II	E116°58'0.1"	N40°24'20.4"	0.00	I
6	潮白河中游	檀营满族蒙古族乡	II	E116°50'32.9"	N40°23'44.2"	0.00	I
7	潮白河中游	河南寨西	II	E116°48'39.2"	N40°20'46.6"	2.85	III
8	潮白河下游	牛栏山环岛桥	IV	E116°40'35.8"	N40°12'35.7"	5.77	> V

第四步: 通过前面计算的单项标准类别指数和相应的权重系数求得该水体的标准类别指数值。本例 $G = 1.22$ 。列出评价结果, 见表 3。

表 3 某水体标准类别指数法评价结果表

Table 3 Assessment results for the river using standard index criterion method

统计量	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	TP
$C_i/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	10.56	15.6	3.26	0.052
$C_{i0}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	6	15	3	0.1
P_i	1.76	1.04	1.08	0.52
K_i	0.40	0.24	0.25	0.12
W_i	0.40	0.24	0.25	0.12
G_i	0.00	2.12	2.26	1.40
G	1.22			

第五步: 根据计算所得的标准类别指数 G , 查表 1, 即可得到该水体的水质类别。本例中, 该水体的评价结果为 II类。

2 结果与讨论

2.1 潮白河水系水质评价

潮白河干、支流共设 8 个监测断面。
由表 4 可看出, 潮白河大部分河段水质良好, 达到地表水质 I类标准。潮白河中游河南寨西为 III类水, 轻微污染。潮白河下游牛栏山环岛桥水质被严重污染, 为超 V类水体。

随着两岸经济的发展, 潮白河除上游牛栏山酒厂等排放的工业污水外, 其生活污水排放量也在逐年增加。经初步调查, 全河范围内约有 31 个排污口, 其中密云管段 7 个, 怀柔管段 3 个, 顺义管段 5 个, 通州管段 16 个。年排放废水约 2 578 万 t, 其中工业污水年 827.9 万 t, 生活污水 1 750 万 t^[7]。大量污水的排放, 使得潮白河下游水体受到污染。

综上所述, 除牛栏山环岛桥下游水体表现为超 V类外, 潮白河大部分河段基本满足相应水体功能要求。潮白河下游污染来源主要为城市生活污水, 其次

是工业污水。

2.2 永定河水系水质评价

永定河水系共监测 2 条河流,设 12 个监测断面。
用标准类别指数法对永定河水系进行评价,结果见表 5。妫水河老君堂和大路河段水质超标;永定河大部分河段符合水质功能要求,只有珍珠湖、永引入水口水质超标。

表 5 永定河水系标准类别指数法评价结果

Table 5 Assessment results for YongDing river system using standard index criterion method							
编号	所属河流	采样地点	水质分类	经度	纬度	标准类别指数	评价结果
9	妫水河上游	永宁镇	Ⅱ	E116°7'44. 4"	N40°31'7. 3"	0. 76	I
10	妫水河上游	老君堂	Ⅱ	E116°4'25. 5"	N40°28'46. 3"	2. 29	Ⅲ
11	妫水河中游	延庆五中	Ⅱ	E115°59'25. 3"	N40°27'16. 3"	1. 52	Ⅱ
12	妫水河中游	大路	Ⅱ	E115°52'57. 6"	N40°26'50. 3"	5. 07	> V
13	永定河上游	珍珠湖	Ⅱ	E115°50'5. 3"	N40°2'16. 7"	3. 18	Ⅳ
14	永定河上游	雁翅镇	Ⅱ	E115°53'53. 0"	N40°2'8. 8"	1. 79	Ⅱ
15	永定河上游	雁翅	Ⅱ	E115°56'6. 9"	N40°0'16. 3"	1. 44	Ⅱ
16	永定河上游	下苇甸	Ⅱ	E116°1'10. 0"	N39°59'58. 1"	0. 00	I
17	永定河中游	永引入水口	Ⅱ	E116°5'9. 6"	N39°58'28. 0"	4. 38	V
18	永定河中游	八大处	Ⅲ	E116°10'30. 9"	N39°56'20. 5"	0. 11	I
19	永定河中游	十王坟	Ⅲ	E116°14'43. 9"	N39°56'23. 0"	0. 93	I
20	永定河下游	玉渊潭	Ⅲ	E116°18'16. 7"	N39°54'48. 2"	1. 14	Ⅱ

入水口和妫水河中游大路以下水质较差,为超 V 类,其余河段基本满足水体功能要求。

2.3 蓟运河水系水质评价

蓟运河水系监测 1 条河流,设两个监测断面。
沟河的标准类别指数法评价结果,见表 6,评价结果与单指标功能评价法基本相同。

表 6 蓟运河水系标准类别指数法评价结果

Table 6 Assessment results for JiYun river system using standard index criterion method							
编号	所属河流	采样地点	水质分类	经度	纬度	标准类别指数	评价结果
21	沟河上游	平谷镇	Ⅳ	E117°7'05. 4"	N40°7'43. 3"	3. 55	Ⅳ
22	沟河下游	英城桥	V	E117°0'45. 6"	N40°4'18. 2"	6. 00	> V

用标准类别指数法对北运河各条河流评价,见表 7。除小中河桥为Ⅲ类水体,其余监测断面均为 V 类和超 V 类。

由于北运河是北京城近郊区的主要排污河道,接纳了北京城近郊区大量的城市污水,所以水体被严重污染。

综上所述,北运河均不满足水体功能要求,水质为 V 类或者超 V 类,污染原因是接纳了大量的北京城近郊区的城市污水。

2.5 大清河水系水质评价

大清河水系共监测 3 条河流,设 17 个监测断面。

妫水河上游水质良好,在下游延庆城关镇接纳污水之后水质变差,表现水质为超 V 类。永定河上游是官厅水库向北京的输水河道,由于官厅水库水质较差,导致永定河上游珍珠湖河段水质超标。但是由于进入沿岸污染源比较少,加之河流湍急,有一定的自净能力,所以雁翅镇水质已有明显好转^[8]。

综上所述,永定河从官厅水库到珍珠湖以及永引

综上所述,蓟运河水系沟河上游(平谷镇)为Ⅳ类,沟河下游(英城桥)为超 V 类水质,主要是因为接纳了平谷城关以及顺义部分地区废水,导致水体被污染。

2.4 北运河水系水质评价

北运河监测 3 条河流,共 10 个监测断面。

标准类别指数法评价结果,见表 8。其中,大石河下游以及小清河水体严重污染,为超 V 类,其余河段达到水体功能要求。

拒马河中游接纳了张坊镇排放的污水,导致水体被严重污染;大石河的支流受燕山石化公司以及房山区工业废水和生活污水的污染,注入大石河后对水质影响很大;大石河还受琉璃河镇排放污水的影响,导致大营村以下河段水体被严重污染;小清河支流刺猬河流经房山的良乡镇时接纳了大量污水,而另一条支流长辛店明沟是长辛店地区的污水沟,日接纳污水总量 5. 19 万 t^[8],两条支流的汇入导致小清河水体受到严重污染。

表 7 北运河水系标准类别指数法评价结果

Table 7 Assessment results for north canal river system using standard index criterion method							
编号	所属河流	采样地点	水质分类	经度	纬度	标准类别指数	评价结果
23	小中河上游	西范各庄	V	E116°36′59.1″	N40°12′38.0″	5.71	> V
24	小中河中游	小中河桥	V	E116°37′18.4″	N40°9′32.0″	2.58	Ⅲ
25	温榆河中游	小汤山	Ⅳ	E116°24′4.3″	N40°10′21.3″	5.70	> V
26	温榆河下游	西泗上	V	E116°29′7.7″	N40°5′36.5″	4.16	V
27	温榆河下游	孙河大桥	V	E116°32′19.1″	N40°3′21.8″	6.00	> V
28	凤河上游	大兴黄村镇	V	E116°22′20.3″	N39°43′15.2″	6.00	> V
29	凤河上游	南大红门桥	V	E116°27′26.1″	N39°43′33.0″	6.00	> V
30	凤河中游	长子营镇	V	E116°30′51.9″	N39°41′2.8″	6.00	> V
31	凤河中游	采育镇	V	E116°36′54.2″	N39°39′9″	4.52	V
32	凤河下游	凤河营桥	V	E116°41′16.0″	N39°36′53.8″	4.37	V

表 8 大清水系水质现状标准类别指数法评价结果

Table 8 Assessment results for DaQing river system using standard index criterion method							
编号	所属河流	采样地点	水质分类	经度	纬度	标准类别指数	评价结果
33	拒马河上游	平峪	Ⅱ	E115°32′26.8″	N39°39′21.1″	0.00	I
34	拒马河上游	西河桥	Ⅱ	E115°34′16.1″	N39°38′1.7″	0.00	I
35	拒马河中游	穆家口	Ⅱ	E115°39′44.1″	N39°31′16.7″	1.13	Ⅱ
36	拒马河中游	张坊镇	Ⅱ	E115°42′28.6″	N39°33′48.3″	4.16	V
37	大石河上游	霞云岭水库	Ⅲ	E115°44′26.0″	N39°44′14.5″	0.00	I
38	大石河上游	霞云岭	Ⅲ	E115°44′52.2″	N39°44′.50.4″	0.00	I
39	大石河中游	山川	Ⅲ	E115°47′45.9″	N39°49′29.7″	0.00	I
40	大石河中游	陈家台	Ⅲ	E115°53′43.5″	N39°49′03.6″	0.00	I
41	大石河中游	磁家务 2 号桥	Ⅳ	E115°59′20.9″	N39°47′31.1″	1.49	Ⅱ
42	大石河下游	大营村	Ⅳ	E116°2′ 2.3″	N39°42′36.3″	5.22	> V
43	大石河下游	窦店田家村	Ⅳ	E116°2′42.1″	N39°39′21.9″	6.00	> V
44	大石河下游	琉璃河桥	Ⅳ	E116°1′27.6″	N39°36′9.2″	6.00	> V
45	小清河上游	长辛店	Ⅳ	E116°11′15.2″	N39°47′57.6″	6.00	> V
46	小清河中游	张家厂	Ⅳ	E116°11′16.2″	N39°44′58.1″	5.66	> V
47	小清河中游	葫芦堡	Ⅳ	E116°11′31.3″	N39°42′38.0″	4.64	V
48	小清河下游	二间房	Ⅳ	E116°9′58.8″	N39°38′10.1″	6.00	> V
49	小清河下游	小陶村	Ⅳ	E116°9′30.4″	N39°36′12.4″	3.91	Ⅳ

综上所述,大清水系除小清河以及大石河下游大营村和拒马河中游张坊镇以下河段被严重污染,其余河段均满足水质功能要求。

3 小结

(1)潮白河水系除牛栏山环岛桥下游水体表现为超 V 类外, 其余大部分河段均满足相应水体功能要求。潮白河下游污染源主要为城市生活污水,其次是工业污水。

(2)永定河水系从官厅水库到珍珠湖以及永引入水口和妫水河中游大路以下水质较差, 表现为超 V 类,其余河段基本满足相应水体功能要求。

(3)蓟运河水系沟河上游(平谷镇)为Ⅳ类,沟河下游(英城桥)为超 V 类水质,主要是因为接纳了平谷城关以及顺义部分地区废水,导致水体被严重污染。

(4)北运河水系均不满足相应水体功能要求,表

现水质为 V 类或者超 V 类, 污染原因是接纳了大量的北京城近郊区的城市污水。

(5)大清水系除小清河以及大石河下游大营村和拒马河中游张坊镇以下河段被严重污染,其余河段均满足水质功能要求。

参考文献:

[1] 谭奇林. 北京水源地保护的意義及措施[J]. 河北工程技术高等专科学校学报, 2002, (2): 5-7.

[2] 北京市环境保护局. 2002 年北京市环境状况公报.

[3] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第三版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.

[4] GB3838—2002, 地表水环境质量标准[S].

[5] 范 瑜, 师 培. 标准类别指数法在地表水环境质量评价中的应用[J]. 江苏环境科技, 2001, 14(3): 20-22.

[6] 范 瑜. 根据污染物污染分担率进行地面水污染程度划分的探讨[J]. 环境科学进展, 1998, (增刊): 88-92.

[7] 刘建生. 潮白河排污情况调查[J]. 北京水利, 1999, (3): 22-23.

[8] 北京市环境保护局. 北京市环境质量报告书(1996-2000 年). 2001. 75-83.