

文章编号: 1005—8893 (2002) 04—0028—04

应用霍顿水质指数法评价官厅水库水质^{*}

张凤娥¹, 马登军², 吴泊人³

(1. 江苏石油化工学院 环境与安全工程系, 江苏 常州 213016; 2. 河北建筑工程学院, 河北 张家口 075024; 3. 安徽黄山市屯溪地质调查所, 安徽 黄山 245000)

摘要: 通过对官厅水库水质的几项相关指标的测定, 采用霍顿水质指数法对官厅水库水质进行现状评价。结果表明官厅水库水质现阶段主要超标的污染项目有 COD、氨氮及总磷。其中氨氮污染严重。
关键词: 官厅水库; 水质评价; 霍顿水质指数法
中图分类号: X 82 文献标识码: A

官厅水库位于北京市和河北怀来县交界处, 位于永定河上游, 控制流域面积 42 500 km², 是首都供水、防洪水产、发电等多功能的主要的供水水源地之一。每年向北京市供水约 3.5 亿 m³, 其主要入库河流是洋河、桑干河、妫水河 (图 1)。洋河

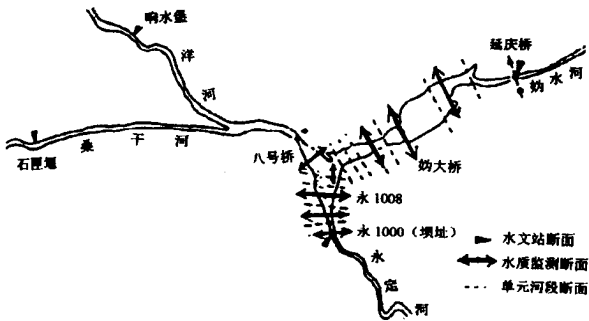


图 1 官厅水库取样控制点分布图

发源于山西、内蒙, 上游水质较好^[1], 基本未受污染, 但下游河段因接纳宣化、下花园和沙城的排污而受到较大的污染, 是环境污染物集中的河段。水库东部水质受妫水河的影响; 中间和坝前水质主要受洋河来水影响。2000 年 5 月北京和张家口两地签署协议, 共同投资综合治理官厅水库以及主要河段的污染, 使其成为工业用水和生活用水的两用水水源。本文在调查官厅水库水体污染基础上, 着重对其水质现状进行评价, 为进一步综合治理, 制定水资源优化方案提供科学依据。

1 官厅水库水质分析

1.1 水样采集

本研究用的水样从官厅水库的 8 个监测断面采集 (表 1、图 1), 取样深度均为 1 m。

表 1 水样采集分布点

水样编号	采样位置
1	坝址
2	坝址至 1008 间
3	1008 处
4	1008 至洋河入库口间
5	洋河入库口
6	1008 至妫水桥间
7	妫水桥
8	妫水桥至延庆桥间

1.2 水质分析仪器及试剂

水样分析仪器有: 721S 型分光光度法、pH—25 型酸度计、GDS—1 型比光式浊度仪、原子吸收分光光度计。试剂包括: 重铬酸钾; 硫酸亚铁铵; 氯化铵; 酒石酸钾钠; 磷酸钠; 钼酸铵; 氯化亚锡; 过硫酸钾; 邻二氮杂菲; 乙酸铵缓冲溶液; 乙二胺四乙酸二钠; 柠檬酸铵; 铜试剂等。所用试剂均为分析纯。

^{*} 收稿日期: 2002—09—17

作者简介: 张凤娥 (1964—), 女, 河北万全人, 副教授, 主要从事给排水及环境工程研究。

1.3 官厅水库水质状况

8 个断面采集水样水质分析，结果见表 2。

表 2 各水质分析结果^[3]

	mg/L							
项目	1	2	3	4	5	6	7	8
浊度	22.2	23.0	23.4	26.0	37.4	23.0	24.5	22.0
pH	8.7	8.7	8.5	8.5	8.2	8.4	8.7	8.7
COD	18.40	18.90	19.06	19.12	19.19	18.60	18.14	17.68
NH ₃ -N	0.457	0.480	0.446	0.474	0.707	0.168	0.263	0.057
ΣP	0.063 3	0.057 4	0.058 6	0.061 1	0.136 0	0.041 1	0.046 1	0.092 4
Fe	0.041 0	0.092 8	0.064 0	0.032 3	0.168 0	0	0.089 9	0.049 6
Cu	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Zn	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5
Hg	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵
Pb	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cd	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5

说明：其中浊度单位为度。

2 库区水质评价

官厅水库控制流域 42 500 km²，水库长宽比为 10∶1，宽深比为 200∶1，水库平均水深小于 10 m。依据 93 年全水系的工业生活和农业污染源调查，年接纳工业废水和生活污水总量 2.185 亿 m³，其中桑干河入河污水量占 61.9%，洋河占 35.2%，妫水河 1.9%。本次评价综合以上因素应采用一级评价等级。由于水库水作为生活用水，故其评价按照《地面水环境质量标准》《GB3838—99》的Ⅲ类水质标准进行。

2.1 加权水质指数评价法的建立

加权水质指数评价法指各项水质指标的实测质量浓度与该项水质指标的标准质量浓度的比值乘以相应的权值的和，然后除以所有权值的和，该值即

为加权水质指数见公式（1）。采用加权水质指数评价法首先要考虑水质指标对水库的污染程度，对其赋予权值。需要建立加权水质指数计算公式，本次采用公式如下：

$$I_q = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i} W_i \tag{1}$$

式中：C_i 为某项水质指标（i 因子）的实测质量浓度（mg/L）；S_i 为某项水质指标（i 因子）的标准质量浓度（mg/L）；W_i 为某项水质指标（i 因子）的权重值；I_q 为加权水质指数（也称霍顿指数）。

2.2 加权水质指数法评价官厅水库水质

本次研究在官厅水库布设了 8 个采样点，测试了 9 项水质指标，于是有 9×8 阶水质指标实测质量浓度矩阵为（2）式。

C _{9×8} =	1	2	3	4	5	6	7	8	
	18.40	18.90	19.06	19.12	19.19	18.60	18.14	17.68	COD
	0.457	0.480	0.446	0.474	0.707	0.168	0.263	0.057	NH ₃ -N
	0.063 3	0.057 4	0.058 6	0.061 1	0.136 0	0.041 1	0.046 1	0.092 4	ΣP
	0.041 0	0.092 8	0.064 0	0.032 3	0.168 0	0	0.089 9	0.049 6	Fe
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Cu
	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	Zn
	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	2×10 ⁻⁵	Hg
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Pb
	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	Cd

(2)

根据中华人民共和国国家标准《地面水环境质量标准》GB 3838—995 个级别，9 项水质指标可

得 9×5 阶分级标准质量浓度矩阵 (3); 将式 (2) 中每一个水样实测值 C_i 与相应 III 类标准中 S_i 值的比值 $P_i = C_i / S_i$ 组成水质质量系数矩阵 $P_{9 \times 8}$ 转换为水质质量矩阵 (4) 式。

$S_{9 \times 5} =$	I	II	III	IV	V		
	15	15	20	30	40	COD	
	0.02	0.02	0.02	0.20	0.20	NH ₃ -N	
	0.020	0.025	0.050	0.060	0.120	ΣP	
	0.3	0.3	0.5	0.5	1.0	Fe	
	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00	Cu	
	0.05	1.00	1.00	1.00	1.00	Zn	
	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.001 0	0.001 0	Hg	
	0.01	0.05	0.05	0.05	0.10	Pb	
	0.001	0.005	0.005	0.005	0.010	Cd	(3)

$P_{9 \times 8} =$	0.920	0.945	0.953	0.956	0.960	0.930	0.907	0.884
	22.85	24.00	22.30	23.70	35.35	8.40	13.15	2.85
	1.266	1.148	1.172	1.222	2.720	0.822	0.923	1.848
	0.082 0	0.185 6	0.128 0	0.064 6	0.033 6	0	0.179 8	0.099 2
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
								(4)

同样, 将式 (4) 每一个标准值作为实测值 C_i 与相应 II 类标准中 S_i 值的比值 $P_i = C_i / S_i$ 组成矩阵 $P_{9 \times 5}$ 转换为水质质量矩阵 (5) 式。

$P_{9 \times 5} =$	0.75	0.75	1.00	1.50	2.00
	1	1	1	10	10
	0.4	0.5	1	4	4
	0.6	0.6	1.0	2.0	2.0
	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.05	1.00	1.00	1.00	1.00
	1	1	1	10	10
	0.2	1.0	1.0	1.0	2.0
	0.2	1.0	1.0	2.0	2.0
					(5)

根据 Thomas 和坂本的判定标准^[4] 评价官厅水库的水质为中—富营养型, 有的采样点水域甚至达到富营养型。水库水体营养程度的大小与氮、磷多少有直接的关系。所以采用不等权方法确定每个指标的权值大小, 得出的权值见表 3。

表 3 III 类水质标准中的九项参数的权值

水质指标	COD	NH ₃ -N	ΣP	Fe	Cu	Zn	Hg	Pb	Cd	合计
权值	0.20	0.25	0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1

将式 (5) 中每一个水质指标的 P_i 与相应的权值 W_i 按照式 (1) 分别求得各类标准水质质量指数见表 4。

表 4 以 III 类为标准的地面水环境质量加权水质指数标准

水质类别	I	II	III	IV	V
加权水质指数值	0.603	0.805	1.000	4.630	4.800

将式 (4) 中每一个水质指标的 P_i 与相应的权值 W_i 按照式 (1) 分别求得相应的综合水质指数矩阵见 (6) 式。

对矩阵 (6) 中每一列分别按照公式 (1) 求权值指数, 得到 8 个水样的加权水质指数值大小; 与表 4 中所对应的指标标准值比较, 得出相应的等级, 为该采样点所代表水域的水质级别, 各水样所属等级见表 5。

表 5 各采集点水样加权指数及评价等级

水样断面	1	2	3	4	5	6	7	8
水质指数	6.24	6.50	6.09	6.45	9.73	2.52	3.72	1.38
等级类型	V	V	V	V	V	IV	IV	IV

为了进行比较, 本文同时用标准型指数单元分项评价水质法对水质进行评价, 该方法不考虑水的用途, 仅用于污染的定性判断, 无论评价水体有多少项水质指标, 只要其中有一种指标达到或超过水质标准的某级标准, 即认为该水体为该类水质, 即

不能全面分析水质指标。由于金属离子含量很小，小于地面水环境Ⅰ类标准，所以表中仅列出质量浓度比较高的 COD、NH₃—N、ΣP，将它们的浓度与《地面水环境质量标准》《GB3838—99》的水质标准对照，3 者最高值属于哪类即为那类水质，具体见表 6。

A9×8=

0. 184	0. 179	0. 191	0. 191	0. 192	0. 186	0. 181	0. 177
5. 712	6. 000	5. 575	5. 925	8. 837	2. 100	3. 275	0. 712
0. 316	0. 287	0. 293	0. 305	0. 680	0. 205	0. 231	0. 462
0. 004 0	0. 009 3	0. 006 4	0. 003 2	0. 001 7	0	0. 009 0	0. 005 0
0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5	0. 000 5
2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵	2. 5×10 ⁻⁵
0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01
0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01
0. 005	0. 005	0. 005	0. 005	0. 005	0. 005	0. 005	0. 005

结果与表 5 非常接近，但由于单项水质评价法以点概面的缺点。所以两者又有个别差异。而加权水质评价法与其他几种评价方法相比该评价方法能综合反映水体总的污染程度，同时考虑了各种组分对水体危害性的排序，其结果比较真实全面。

3 结果与讨论

由表 5、表 6 表明：现阶段官厅水库主要超标的污染项目有 COD、氨氮及总磷。水库水质富营养化程度较严重。总磷的含量也超过了Ⅲ类标准，有的水域已接近Ⅴ类标准。

有机物仍是水库的主要污染物，只有 8 号水样

表6 标准单项评价法及等级

指标	1	2	3	4	5	6	7	8
COD	18. 40	18. 90	19. 06	19. 12	19. 19	18. 60	18. 14	17. 68
NH ₃ —N	0. 457	0. 480	0. 446	0. 474	0. 707	0. 168	0. 263	0. 057
ΣP	0. 063	0. 057	0. 059	0. 061	0. 136	0. 041	0. 046	0. 092
等级 _{max}	V	V	V	V	V	V	IV	V

点（妣水桥至延庆桥间）的 COD 较小。官厅水库的有机物污染主要是上游河流汇入，同时，库区附近村庄的生活污水也直接排入水库，所以要达标必须联合根治上游污水排放源^[4]。

参考文献:

[1] 梁新阳, 金耀华. 山西省大中型水库水质变化状况及分析评价 [J] . 水文, 1999, 10 (2): 58.
[2] 杜贵森, 张为华, 孟繁艳, 等. 密云水库水质现状及发展趋势 [J] . 环境科学, 1999, 20 (2): 110.
[3] 魏复盛. 水和废水监测分析方法 [M] . 北京: 中国环境科学技术出版社, 1989.
[4] 李明, 肖立川, 奚士光. 废物的综合治理之一 [J] . 江苏石油化工学院, 1998, 10 (3): 8.

The Use of a Horton Water Quality Index Assessment to Evaluate the Water Quality Guanting Reservoir

ZHANG Feng—e¹, MA Deng—jun², WU Bo—ren³

(1. Department of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Institute of Pertochemical Technology, Changzhou 213016, China; 2 Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering, Zhangjiakou 075024, China)

Abstract: This paper uses a synthesizing menthol of blurred optimum model to evaluate the water quality of Guanting reservoir. We come to a conclusion: the major pollution matter of Guanting reservoir is NH₃—N, Pand COD, especially NH₃—N.

Key words: Guanting reservoir; water quality evaluation; Horton water quality index assessment