

Evaluation of Single-factor Water Quality Identification Index of Malodorous River—Taking Shenzhen, China as an Example

Xu Lai

PKU-HKUST Shenzhen-Hongkong Institution, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

By analyzing the pollution situation of malodorous rivers in Shenzhen, China, Do and $\text{NH}_3\text{-N}$ were used to calculate the single factor water quality identification index. The results showed that there were 12 rivers with P_{Do} values less than or equal to 6 in the 44 malodorous rivers, the other 32 were greater than 6, and all the $P_{\text{NH}_3\text{-N}}$ values were greater than 6. The pollution of Do and $\text{NH}_3\text{-N}$ were extremely severe in the malodorous rivers of Shenzhen. The malodorous rivers have been divided into “mild malodorous” and “severe malodorous”, which can be bounded approximately by $P_{\text{Do}}=6$ and $P_{\text{NH}_3\text{-N}}=10$.

Keywords

malodorous rivers; dissolved oxygen; ammonia nitrogen; single factor water quality identification index

黑臭河流单因子水质标识指数评价——以中国深圳市为例

赖旭

深港产学研基地（北京大学香港科技大学深圳研究院），中国·广东深圳 518000

摘 要

通过对中国深圳市2015年排查的44段黑臭河流进行溶解氧和氨氮的单因子标识指数评价，探讨单因子标识指数水质分析作用。结果显示，深圳市44段黑臭河流的 P_{Do} 值小于或等于6的有12段，大于6的有32段，而44段黑臭河流的 $P_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 值全部大于6，通过分析可以将 P_{Do} 值等于6和 $P_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 值等于10作为深圳市“轻度、重度”黑臭河流的分界线。

关键词

黑臭河流；溶解氧；氨氮；单因子水质标识指数

1 引言

由于向城市水体过度的排放污染物，黑臭水体已经成为中国城市生态环境污染普遍存在的问题之一，消除城区黑臭水体成为城市生态建设中的环境整治的重点工作^[1-3]。根据2015年国家住房城乡建设部和环保部对全国地级及以上城市建成区黑臭水体进行的排查结果显示，全国共有排查出黑臭水体1880个，其中重度污染613个，重度污染1267个，南方黑臭水体主要集中在广东、江浙等省份^[4]，其中深圳市也排查出黑臭水体44段。

2 基本情况

根据《水污染防治行动计划》和《城市黑臭水体整治工作指南》要求，深圳市加快推进城市黑臭水体整治，深圳市积极排查了全市9大流域和水系，全市建成区列入全国名单黑臭河流共黑臭河流36条（共计44段），其中轻度

黑臭15段，重度黑臭29段。从检测的水质指标来看，透明度、溶解氧、氧化还原电位、氨氮存在不同程度的超标问题。

3 评价方法

单因子水质标识指数法由徐祖信^[5]提出，该方法既能对水质类别进行评价，又能在同一水质类别中进行比较，对于劣V类水质可以区别超标水体的污染轻重程度^[6]。论文选取GB3838—2002《地表水环境质量标准》和《城市黑臭水体整治工作指南》中均含有的水质指标——溶解氧和氨氮，通过单因子标识指数分析深圳黑臭河流的溶解氧和氨氮污染状况，探讨单因子标识指数在水质分析过程中的重要作用。

3.1 单因子水质标识指数的组成

单因子水质标识指数 P 由整数 X_1 、小数点后第一位 X_2 和小数点后第二位或第二第三位 X_3 的一串数字组成^[7]，表示为：

$$P_i = X_1.X_2X_3 \quad (1)$$

其中， P_i 为第 i 项水质指标的标识指数； X_i 为第 i 项

【作者简介】赖旭（1988—），男，中国湖南醴陵人，硕士，工程师，从事生态环境管理与咨询研究。

水质指标的水质类别（水质介于Ⅰ类水和Ⅴ类水之间时， $X_1 = 1$ ，为Ⅰ类水； $X_1 = 2$ ，为Ⅱ类水；以此类推到 $X_1 = 5$ ，表示为Ⅴ类水）； X_2 为监测数据在 X_1 类水质变化区间中所处的位置，按四舍五入的原则计算确定； X_3 为水质类别与功能区划设定类别的比较结果，视评价指标的污染程度，为一位或两位有效数字。

3.2 水质优于Ⅴ类水指标时 X_2 的确定

水质好于Ⅴ类水溶解氧下限时，溶解氧的 X_2 的根据式（2）并按四舍五入的原则取一位整数确定：

$$X_2 = (C_{Doj-up} - C_{Do}) / (C_{Doj-up} - C_{Doj-down}) \times 10 \quad (2)$$

其中， C_{Do} 为溶解氧的实测值； C_{Doj-up} 为第 j 类水中溶解氧浓度的上边界值； $C_{Doj-down}$ 为第 j 类水中溶解氧浓度的下边界值，其中， $j = X_1$ 。

水质好于Ⅴ类水氨氮上限值时，氨氮的 X_2 的根据式（3）并按四舍五入的原则取一位整数确定：

$$X_2 = (C_{NH3-N} - C_{NH3-Nj-down}) / (C_{NH3-Nj-up} - C_{NH3-Nj-down}) \times 10 \quad (3)$$

其中， C_{NH3-N} 为溶氨氮的实测值； $C_{NH3-Nj-down}$ 为第 j 类水中氨氮浓度的下边界值； $C_{NH3-Nj-up}$ 为第 j 类水中氨氮浓度的上边界值，其中， $j = X_1$ 。

3.3 水质劣于或等于Ⅴ类水上限值时 X_1, X_2 的确定

当溶解氧实测值小于或等于2.0 mg/L时，其 X_1, X_2 可用式（4）按四舍五入的原则取小数点后一位确定：

$$X_1, X_2 = 6 + (C_{Do,5-down} - C_{Do}) / C_{Do,5-down} \times m \quad (4)$$

其中， $C_{Do,5-down}$ 为溶解氧Ⅴ类水浓度的下限值2.0 mg/L； m 为计算公式修正系数，根据研究取 $m=4$ 。

当氨氮实测值大于或等于2.0 mg/L时，其 X_1, X_2 可用式（5）按四舍五入的原则取小数点后一位确定：

$$X_1, X_2 = 6 + (C_{NH3-N} - C_{NH3-N,5-up}) / C_{NH3-N,5-up} \quad (5)$$

其中， $C_{NH3-N,5-up}$ 为氨氮Ⅴ类水质量浓度上限值2.0 mg/L。从式中可以看出，当氨氮浓度正好等于Ⅴ类水上限值时， X_1, X_2 的数值为6.0。

3.4 X_3 的确定

X_3 通过判断得出。当水质类别好于或达到功能区类别，则有 $X_3 = 0$ ；当如果水质类别差于功能区类别且 X_2 不为零，则有 $X_3 = X_1 - fi$ ，其中 fi 为水体的水环境功能区类别；当如果水质类别差于功能区类别且 X_2 为零，则有 $X_3 = X_1 - fi - 1$ 。对于劣Ⅴ类水来说， X_3 的值可能大于10，此时 X_3 由两位数字组成。

4 结果与分析

4.1 单因子标识指数评价结果

利用深圳市2015年开展的黑臭水体排查数据，根据各水体功能区划，对44段黑臭河流利用单因子标识指数法进行分析。结果显示，溶解氧的单因子标识指数小于或等于6的有12段，大于6的有32段，而氨氮的单因子标识指数全部大于6，见表1。

表1 深圳市黑臭河段溶解氧和氨氮评价结果

名称	黑臭级别	P_{Do}	P_{NH3-N}	名称	黑臭级别	P_{Do}	P_{NH3-N}
深圳河（罗湖段）	轻度	8.83	7.92	木墩河	重度	8.13	9.74
深圳河（福田段）	轻度	9.05	9.05	石岩河	重度	7.92	14.010
福田河	轻度	3.80	9.84	楼村水	重度	4.40	12.37
南约河	轻度	6.00	8.33	新陂头水	重度	7.62	11.46
布吉河（罗湖段）	轻度	9.34	10.75	白花河	重度	7.12	11.76
沙湾河	轻度	4.60	8.43	龙华河	重度	9.24	15.011
新洲河	轻度	6.71	10.75	四联河	重度	9.24	16.012
鹅颈水	轻度	6.00	10.06	大康河	重度	6.41	9.44
田坑水	轻度	7.82	10.06	新和水	重度	8.33	11.26
汤坑水	轻度	8.43	6.71	飞西水	重度	7.62	17.512
赤坳水	轻度	7.42	6.81	双界河（宝安南山）	重度	2.60	11.86
西乡河	轻度	2.30	12.27	后海河	重度	9.54	16.00
铲湾渠（南山段）	轻度	5.90	9.94	新圳河（1）	重度	8.23	20.016
铲湾渠（前海段）	轻度	5.90	9.94	新圳河（2）	重度	6.02	18.513
南澳河	轻度	5.80	7.92	福永河	重度	8.23	19.514
双界河（前海段）	重度	2.60	11.86	桂庙渠（南山段）	重度	9.05	12.37
布吉河（龙岗段）	重度	8.73	17.212	桂庙渠（前海段）	重度	9.05	12.37
茅洲河（光明段）	重度	9.64	15.011	君子布河（龙华段）	重度	6.71	16.31
茅洲河（宝安段）	重度	5.90	10.95	君子布河（龙岗段）	重度	7.22	14.89
罗田水	重度	9.05	12.57	油松河	重度	9.05	15.011
沙井河	重度	8.13	11.56	坂田河	重度	8.73	15.011
排涝河	重度	8.53	12.57	沙福河	重度	8.73	18.713

对结果以福田河和福永河为例进行说明。福田河溶解氧的标识指数 $P_{Do} = 3.80$ ，即 $X_1 = 3$ ，表示溶解氧溶度达到地表水Ⅲ类， $X_2 = 8$ 表示溶解氧溶度排在地表水Ⅲ类标准上限的80%的位置， $X_3 = 0$ 表示溶解氧浓度优于该处地表水水环境功能区类别。福永河的氨氮的标识指数 $P_{NH3-N} = 19.514$ ，即 $X_1 = 19$ （ $X_1 > 5$ ）表示氨氮溶度超过地表水Ⅴ类， $X_1, X_2 = 19.5$ 表示氨氮溶度约为地表水Ⅴ类氨氮上限值的14.5倍（ $X_1, X_2 - 5 = 14.5$ ）， $X_3 = 14$ 表示氨氮浓度劣于Ⅴ类水的14个类别。

4.2 溶解氧评价分析

对溶解氧评价表明：在15段轻度黑臭河流中， P_{Do} 值小于或者等于6的有8条，即超过一半的河段溶解氧达到或者优于地表水Ⅴ类；而在29段重度黑臭河流中， P_{Do} 值小于

或者等于6的有4段(见图1)。说明深圳市黑臭水体中的溶解氧浓度相对较好,与河流的自身水流量、水深等特性有一定的关系,河流通过大气复氧的能力较强。

4.3 氨氮评价分析

在氨氮评价表明:氨氮浓度均为劣V类,氨氮污染程度和黑臭程度呈正相关性,在15段轻度黑臭河流中, P_{NH_3-N} 值普遍小于29段重度黑臭河流,其中新圳河 P_{NH_3-N} 值达到20.016,氨氮溶度超过V类水体的15倍。以 P_{NH_3-N} 值大于10(即氨氮浓度为V类标准5倍)作为分界线,15段轻度黑臭河流中 P_{NH_3-N} 值大于10的占比为33.3%,29段重度黑臭河流中 P_{NH_3-N} 值大于10占比达到了93.1%(见图2)。

5 结语

通过对深圳市2015年排查的44段黑臭河流的分析,单因子标识指数法能有效开展黑臭河流的溶解氧和氨氮评价,结果显示,深圳市黑臭河流的溶解氧污染程度相对较低,

而氨氮污染程度较高,氨氮污染是深圳市黑臭河流污染的最主要污染因素。

参考文献

- [1] 王旭,王永刚,孙长虹,等.城市黑臭水体形成机理及评价方法研究进展[J].应用生态学报,2016,27(4):53-56.
- [2] 李继洲,牛城,嵇浩然.南京城区典型河道水体黑臭现象评价[J].徐州工程学院学报(自然科学版),2013,28(2):1331-1340.
- [3] 赵越,姚瑞华,徐敏,等.中国黑臭水体治理实践及思路探讨[J].中国环境管理,2015,7(2):74-78.
- [4] 朱品文.全国多半城市存在黑臭水体[J].生态经济,2016,32(5):10-13.
- [5] 徐祖信.中国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报(自然科学版),2005,33(3):321-325.
- [6] 张宇红,胡成.单因子水质标识指数法在浑河抚顺段水质评价中的应用[J].环境科技与技术,2011,34(6):276-279.
- [7] 耿慧,谢建治,刘树庆.水质标识指数法在白洋淀水质评价中的应用[J].河北农业大学学报,2011,34(3):93-98.

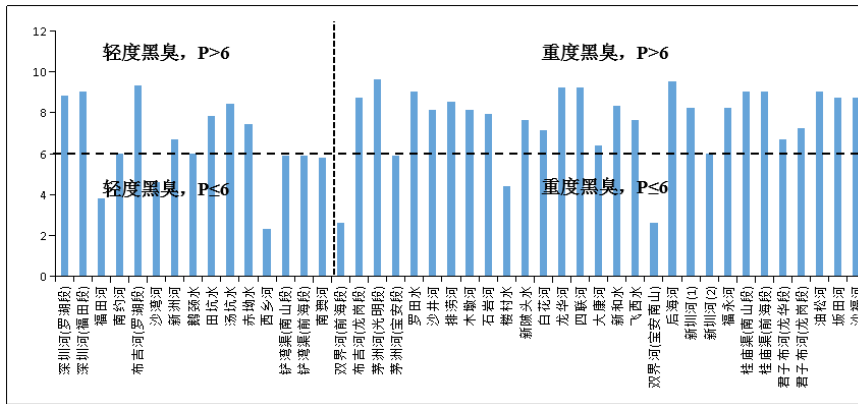


图1 溶解氧单因子标识指数结果

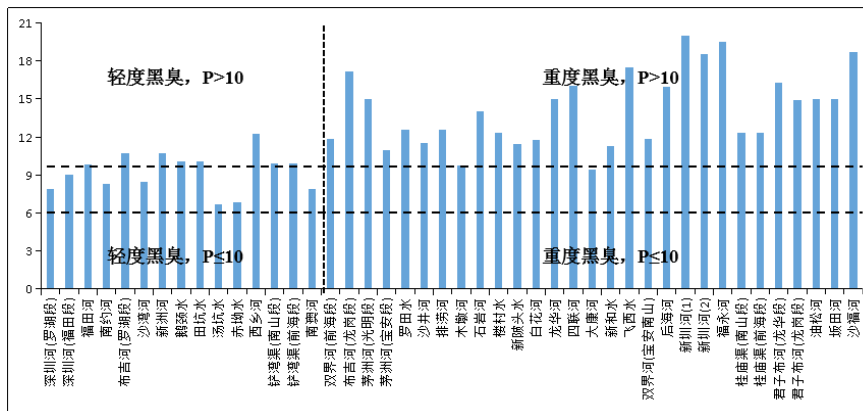


图2 氨氮单因子标识指数结果