

扬州市典型水体溶解氧的时间分布特征与相关分析

殷 浩

(河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 211100)

摘要: 扬州地处江苏中部, 境内河湖广布, 水系发达, 淮河、长江均从境内穿过。随着城市经济建设的快速发展, 扬州的河流、湖泊都受到了不同程度的污染。本次基于 2009 ~ 2013 年扬州市高邮湖(郭集)、万福闸下、仪征水厂、四水厂(瓜洲)四个站点的溶解氧浓度实时监测数据, 分析了扬州市典型水体的时空分布特征。并探讨了影响水体溶解氧动态分布特征的影响因子, 得出溶解氧浓度的影响因子为高锰酸盐指数和氨氮, 并分别总结出不同测站的回归方程。多因素相关分析结果显示, 高锰酸盐指数、氨氮的含量与水体中的溶解氧浓度呈显著性负相关关系。

关键词: 扬州; 溶解氧; 时间分布; 相关分析

中图分类号: [TV123] **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2017) 01-0045-06

Research on temporal distribution characteristics and correlation analysis of dissolved oxygen in typical water of Yangzhou

Yin Hao

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 211100, Jiangsu)

Abstract: Yangzhou, which contains large areas of rivers and lakes, is located in the middle of Jiangsu. Huaihe River and Yangtze River go through the territory of Yangzhou. With the rapid development of urban economy, the rivers and lakes have been polluted in varying degrees. Based on the real-time monitoring data of the dissolved oxygen in four sites, Gaoyou Lake (Guoji), under Wanfu Gate, Yizheng Waterworks, The Fourth Waterworks (Guazhou) during 2009 to 2013, the spatial and temporal distribution characteristics of typical water of Yangzhou are analyzed. The impact factors which influenced the dynamic distribution characteristics of the dissolved oxygen are discussed. The results show that the impact factors are potassium permanganate and ammonia nitrogen. Additionally, the different regression equations in four sites are calculated. The results of multiple linear regression showed that the dissolved oxygen was significant negative correlation with potassium permanganate and ammonia nitrogen.

Key words: Yangzhou; dissolved oxygen; temporal distribution; correlation analysis

1 扬州市典型水体溶解氧时空分布特性研究

氧气溶解在水中, 对于生物种类的生存是非常重要的。水体溶解氧(Dissolved Oxygen, DO)指的是溶解在水中的分子氧。水体中溶解氧对水生生物的

收稿日期: 2016-09-07

作者简介: 殷浩(1997-), 男, 本科在读, 主要研究方向为水文与水资源。

生长繁殖具有很大影响,例如鱼类的生存需要从水体中摄取溶解氧,一般要求溶解氧浓度不小于4 mg/L^[1]。对雨水中的各种藻类来说,一般在阳光能够照射到的水域中,能够进行光合作用而向水体中释放出 O₂。水体中的溶解氧主要来源于大气复氧及水生藻类的光合作用。水体溶解氧(DO)是一项重要的水质参数,也是鱼类等水生生物、微生物生长和繁殖的必要条件。溶解氧受到多种环境因素的影响,水中 DO 值变化很大。天然水体溶解氧的含量是各种环境因素综合作用的结果。除与水体中生物数量和有机物数量有关外,还与大气中的氧分压、水温、水层、水面状态、水的流动方式等因素有关^[2]。正常情况下,地表水的溶解氧含量一般为 5 mg/L ~ 10 mg/L,一般清洁河流、湖泊可大于 7 mg/L,有风浪时,水体溶氧量可达 14 mg/L,水藻繁生的水体,溶氧量常处于过饱和状态,地下水溶解氧较少,深层水中甚至无氧。

1.1 研究目的

测定扬州市水体溶解氧,了解城市典型水体溶解氧在时间上的分布特性并分析产生水体溶解氧时间分布的原因,揭示水体溶解氧分布规律。

1.2 典型水体及监测点选择

典型水体选择的原则有研究水体要包括大型河道、小型河道、浅水湖泊。

本次研究所采用的水体是,大型河道为长江(扬州段),监测站点为仪征水厂、四水厂(瓜洲)。小型河道为廖家沟,监测站点为万福闸下。浅水湖泊为高邮湖,监测站点为高邮湖(郭集)。

1.3 测定结果与讨论

1.3.1 大型河道——长江溶解氧时间分布特性

共设监测站点两个,四水厂(瓜洲)测站的经纬度为(119° 21' 53.5", 32° 13' 48.5"),仪征水厂测站的经纬度为(119° 06' 05.7", 32° 14' 58.4")。各站点溶解氧年变化为为了避免因为年内季节变化的影响,所选取的数据均为各站点一月份 DO 含量。两个站点年变化情况见表 1、2 所示;分析季节变化为了水体溶解氧含量不受日变化的影响,所有数据均选择 2013 年各季节上午八点左右 DO 含量。季节变化如图 1、2。

(1) 溶解氧年变化^[3]

从表 1 和表 2 总体来看,在 2009 年~2013 年间,平均溶解氧的最大值均出现在 2012 年,分别为 11.3 mg/L 和 11.4 mg/L,饱和度分别为 88.6%和

表 1 2009 年~2013 年仪征水厂站点
一月份溶解氧监测数据

年度	日期	时间	溶解氧 mg/L	平均溶解氧 mg/L
2009 年	1/5	8:40:00	9.7	10
	1/7	9:40:00	8.9	
	1/15	8:30:00	11.3	
2010 年	1/5	8:40:00	9.2	9.6
	1/8	8:30:00	8.9	
	1/25	8:30:00	10.7	
2011 年	1/5	5:30:00	7.8	8.9
	1/5	9:00:00	7.8	
	1/25	9:00:00	11.1	
2012 年	1/5	7:05:00	10.9	11.3
	1/6	8:40:00	10.5	
	1/31	7:00:00	12.5	
2013 年	1/5	7:00:00	10.5	8.2
	1/7	8:15:00	6.7	
	1/25	7:08:00	7.3	

表 2 2009 年~2013 年四水厂(瓜洲)站点
一月份溶解氧监测数据

年度	日期	时间	溶解氧 mg/L	平均溶解氧 mg/L
2009 年	1/5	8:50:00	9.3	9.8
	1/7	9:10:00	9.4	
	1/15	8:50:00	10.7	
2010 年	1/5	9:00:00	12	10.5
	1/8	9:40:00	8.8	
	1/25	8:00:00	10.8	
2011 年	1/5	6:00:00	8.6	9.5
	1/5	8:30:00	8.6	
	1/25	9:40:00	11.3	
2012 年	1/5	8:00:00	10.8	11.4
	1/6	12:55:00	10.6	
	1/31	8:05:00	12.7	
2013 年	1/5	8:10:00	9.5	10.4
	1/7	13:07:00	11.1	
	1/25	8:16:00	10.7	

87.1%。而其他年份的溶解氧无较大差别。由此看出 2012 年长江(扬州段)的水质相对理想。分析表 1 数据,2009 年~2011 年间,溶解氧含量急剧下降,水质情况逐渐恶化,与此相对应的表 2 同时期的溶解氧含量也处于相对较低的范围。在 2012 年之后,2013 年长江(扬州段)溶解氧含量下降明显,水质有恶化的趋势。结合来看 2009 年~2013 年,溶解氧值总体符合Ⅰ类水质标准(GB3838-2002)。

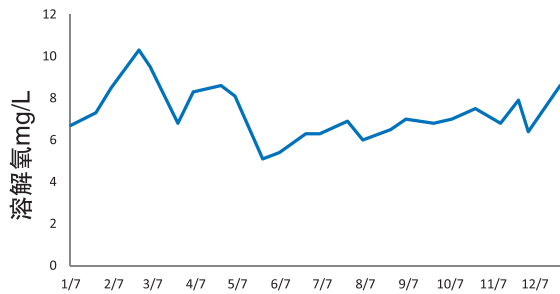


图1 2013年仪征水厂溶解氧变化图

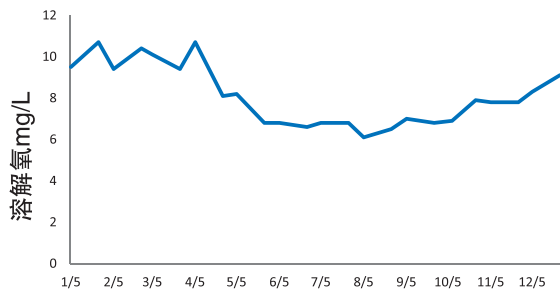


图2 2013年四水厂（瓜州）溶解氧变化图

(2) 溶解氧季节变化

由图 1、2 可以看出, 水体中溶解氧的变化趋势从一月份~十二月份先逐渐降低, 后逐渐升高。溶解氧含量在冬季较高, 分别可达 10.3 mg/L 和 11.7 mg/L, 饱和度为 82.9% 和 89.4%, 并基本处于稳定状态, 符合Ⅰ类水质标准 (GB3838-2002); 夏季较低, 最小值为 5.0 mg/L 和 6.1 mg/L, 处于稳定状态, 分别为Ⅲ类和Ⅱ类水质标准 (GB3838-2002), 年内变化很大, 变化幅度达到 5.3 mg/L 和 5.6 mg/L, 饱和度分别为 68.4% 和 78.0%。一方面由于溶解氧含量与温度有关, 温度越高, 水体中溶解氧的含量越低; 另一方面夏季微生物活动剧烈, 由于有机物被好气微生物氧化分解, 水中溶解氧将急速下降。

1.3.2 小型河道——廖家沟溶解氧时间分布特性

共设监测站点一个, 万福闸下测站的经纬度为 (119° 30′ 23.9″, 32° 25′ 10.7″)。此站点溶解氧年变化为为了避免因为年内季节变化的影响, 所选取的数据为此站点一月份 DO 含量。此站点年变化情况见表 3 所示; 分析季节变化为了水体溶解氧含量不受日变化的影响, 所有数据均选择 2013 年各季节中午十二点左右的 DO 含量。季节变化如图 3。

由表 3 万福闸下站点所测溶解氧含量与表 1、2 比较来看, 此站点相比而言相对较高, 平均溶解氧的含量在 11.2 mg/L ~ 12.9 mg/L 之间变化, 表明水质状况相对长江 (扬州段) 较好, 符合Ⅰ类水质标准 (GB3838-2002)。但是, 从 2009 年~2013 年, 水体

表 3 2009 年~2013 年万福闸下站点一月份溶解氧监测数据

年度	日期	时间	溶解氧 mg/L	平均溶解氧 mg/L
2009 年	1/5	9:00:00	12.5	12.9
	1/7	12:40:00	12.5	
	1/15	9:25:00	13.6	
2010 年	1/5	9:05:00	10.1	11.8
	1/8	13:05:00	12.7	
	1/25	10:30:00	12.7	
2011 年	1/5	8:00:00	10.9	11.3
	1/5	14:05:00	10.9	
	1/25	9:00:00	12.1	
2012 年	1/5	9:10:00	13.2	11.9
	1/6	14:30:00	11.7	
	1/31	9:12:00	10.7	
2013 年	1/5	12:05:00	11.2	11.2
	1/7	15:57:00	11.2	
	1/25	12:15:00	11.2	

溶解氧含量呈逐年下降趋势, 表明水质状况由于近

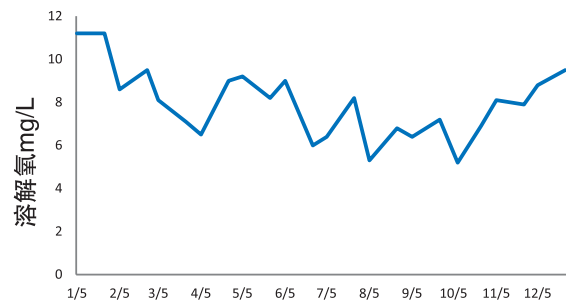


图3 2013年万福闸下溶解氧变化图

年来城市经济、人口等的快速发展也在不断的恶化。

由图 3 可以看出, 水体中溶解氧的全年总体变化趋势为先降低后升高。溶解氧含量在一月份达到最高值 11.2 mg/L, 饱和度为 85.6%, 为Ⅰ类水质标准 (GB3838-2002); 八月份降至最小值 5.2 mg/L, 饱和度为 71.2%, 符合Ⅲ类水质标准 (GB3838-2002), 年变化幅度达到 6.0 mg/L。同样的由于溶解氧含量与温度有关, 温度越高, 水体中溶解氧的含量越低。与长江 (扬州段) 不同的是, 此站点的监测值波动较大。

1.3.3 浅水湖泊——高邮湖溶解氧时间分布特性

共设监测站点一个, 高邮湖 (郭集) 测站的经纬度为 (119° 21′ 57.7″, 32° 43′ 11.1″)。此站点溶解氧年变化为为了避免因为年内季节变化的影响, 所选取的数据为此站点一月份 DO 含量。此站点年变化情

况见表4所示;分析季节变化为了水体溶解氧含量不受日变化的影响,所有数据均选择2013年各季节中午十二点左右的DO含量。季节变化如图4。

表4 2009年~2013年高邮湖(郭集)站点一月份溶解氧监测数据

年度	日期	时间	溶解氧 mg/L	平均溶解氧 mg/L
2009年	1/7	9:10:00	13	13
2010年	1/8	8:00:00	14.6	14.6
2011年	1/5	11:59:00	11.1	11.1
2012年	1/6	11:10:00	13.1	13.1
2013年	1/7	13:20:00	11.1	11.1

由表4高邮湖(郭集)站点所测溶解氧含量与前三张表各个站点数据比较来看,此站点所测得的溶解氧含量都处于较高水平,符合Ⅰ类水质标准(GB3838-2002),表明水质相对较好。最高值出现在2010年的14.6 mg/L。但由2011年~2013年,水体溶解氧含量与之前相比有明显的下降,说明水质产生恶化。

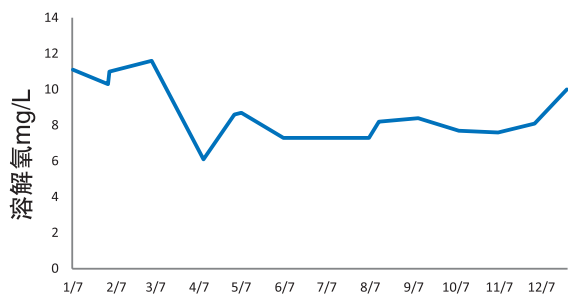


图4 2013年高邮湖(郭集)溶解氧变化图

由图4可以看出,水体中溶解氧的全年总体变化趋势为先降低后升高,在3~4月份有显著下降,并于之后趋于稳定状态。溶解氧含量在一月份达到最高值11.1 mg/L,饱和度为82.5%,符合Ⅰ类水质标准(GB3838-2002)。同样的由于溶解氧含量与温度有关,温度越低,水体中溶解氧的含量越高。

1.4 本章小结

选择扬州市典型水体研究溶解氧的年、季节变化规律。选取的大型河道为长江(扬州段);小型河道为廖家沟;浅水湖泊为高邮湖。溶解氧年变化:总体含量较高,但呈逐年下降趋势。溶解氧季变化:冬季含量最高,平均饱和度为85.1%,夏季含量最小,平均饱和度为72.5%。

2 高锰酸盐指数、氨氮与溶解氧的回归方程

高锰酸盐指数和氨氮常被作为水体受还原性有机

物和无机物污染程度的综合标志^[4],由于水体中存在的还原性物质能消耗溶解在水中的氧,降低DO浓度。

2.1 研究目的

对仪征水厂、四水厂(瓜州)、万福闸下、高邮湖(郭集)四个站点2013年监测的数据进行分析,得出溶解氧浓度的影响因子为高锰酸盐指数和氨氮,并分别总结出相应的回归方程。揭示高锰酸盐指数、氨氮的含量与水体中的溶解氧浓度所呈的相关关系。

2.2 典型水体及监测点选择

本次研究所采用的水体是,大型河道为长江,监测站点为仪征水厂、四水厂(瓜洲)。小型河道为廖家沟,监测站点为万福闸下。浅水湖泊为高邮湖,监测站点为高邮湖(郭集)。由以上分析可知,温度的高低对于水中溶解氧含量有很大影响^[5],所以此次分析均取用20℃及以上的水体,由此尽量避免温度带来的影响。

2.3 测定结果与讨论

2.3.1 长江(扬州段)高锰酸盐指数、氨氮与溶解氧相关关系

2013年仪征水厂站点高锰酸盐指数与溶解氧回归图^[6]如图5,氨氮与溶解氧回归图如图6;四水厂(瓜州)站点高锰酸盐指数与溶解氧回归图,如图7,氨氮与溶解氧回归图,如图8。

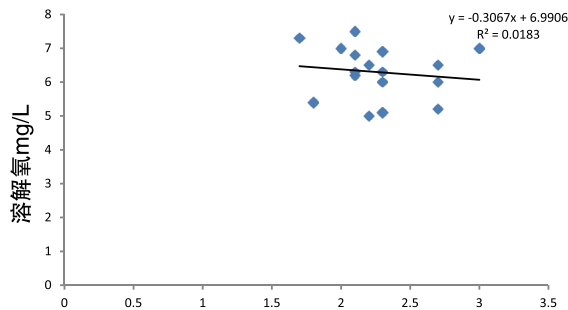


图5 高锰酸盐指数mg/L

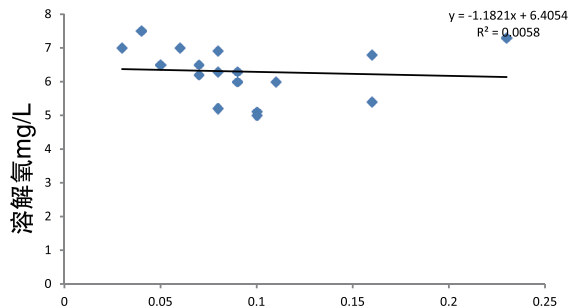


图6 氨氮mg/L

高锰酸盐指数、氨氮与溶解氧的回归方程:

$$Y = -0.6393X_1 - 3.7928X_2 + 8.1027 \quad (X_1 \text{ 为高锰酸盐}$$

指数, X_2 为氨氮)

Multiple R (复相关系数 R , 又称相关系数) $=0.2383$

由图 5 可知, 所研究的 2013 年仪征水厂站点监测数据, 水体中的高锰酸盐指数的含量与溶解氧之间呈负相关关系, 这与历史数据及其他水体的特征相同。由图 6 可知, 2013 年氨氮也与溶解氧呈负相关关系。由 2013 年数据的一元回归方程可知: 水体中高锰酸盐指数浓度增加 1 mg/L, 会导致溶解氧下降 0.31 mg/L 左右; 氨氮浓度每增加 1 mg/L, 溶解氧大约降低 1.2 mg/L。

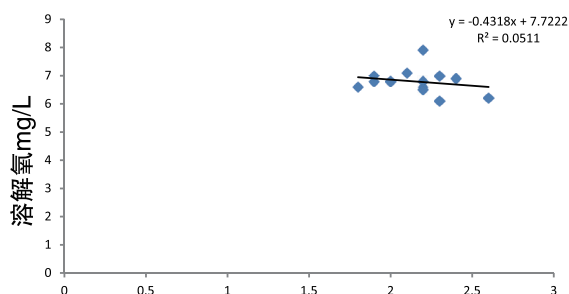


图7 高锰酸盐指数mg/L

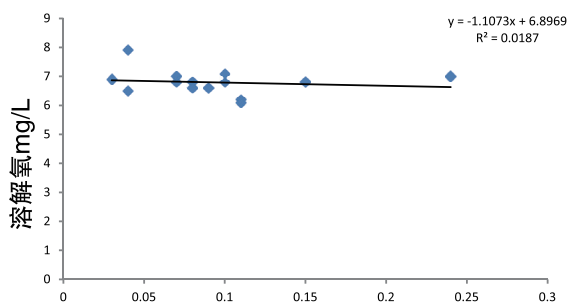


图8 氨氮mg/L

$Y = -0.4065X_1 - 0.9027X_2 + 7.7518$ (X_1 为高锰酸盐指数, X_2 为氨氮)

Multiple $R=0.2517$

由图 7 可知, 所研究的 2013 年四水厂 (瓜州) 站点监测数据, 水体中的高锰酸盐指数的含量与溶解氧之间呈现负相关关系。由图 8 可知, 2013 年氨氮与溶解氧呈负相关关系。由 2013 年数据的一元回归方程可知: 水体中高锰酸盐指数浓度增加 1 mg/L, 会导致溶解氧降低大约 0.43 mg/L; 氨氮浓度每增加 1 mg/L, 溶解氧大约下降 1.1 mg/L。

2.3.2 扬州入江水道高锰酸盐指数、氨氮与溶解氧相关关系

2013 年高邮湖 (郭集) 站点高锰酸盐指数与溶解氧回归图, 如图 9; 氨氮与溶解氧回归图, 如

图 10; 万福闸下站点高锰酸盐指数与溶解氧回归图, 如图 11; 氨氮与溶解氧回归图, 如图 12。

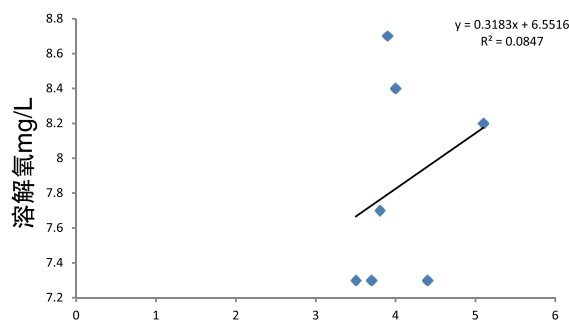


图9 高锰酸盐指数mg/L

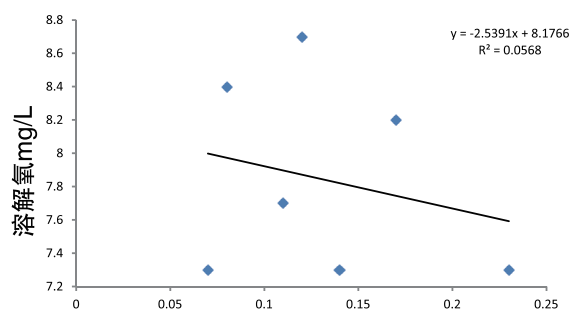


图10 氨氮mg/L

$Y = 0.2838X_1 - 2.0956X_2 + 6.9669$ (X_1 为高锰酸盐指数, X_2 为氨氮)

Multiple $R=0.3498$

由图 9 可知, 所研究的 2013 年高邮湖 (郭集) 站点监测数据, 水体中的高锰酸盐指数的含量与溶解氧之间呈现正相关关系; 由图 10 可知, 2013 年氨氮与溶解氧呈负相关关系, 与历史数据及其他水体的特征相同。由 2013 年数据的一元回归方程可知: 水体中高锰酸盐指数浓度增加 1 mg/L, 会导致溶解氧上升大约 0.32 mg/L; 氨氮浓度每增加 1 mg/L, 溶解氧大约降低 2.54 mg/L。

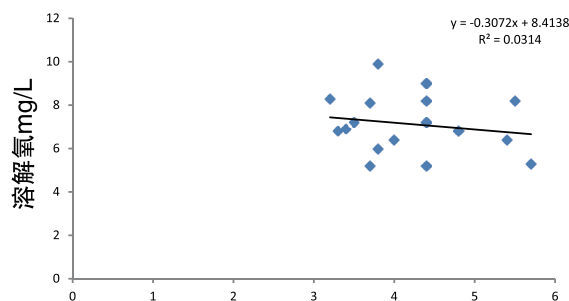


图11 高锰酸盐指数mg/L

$Y = -0.3699X_1 + 14.4662X_2 + 7.1962$ (X_1 为高锰酸盐指数, X_2 为氨氮)

Multiple $R=0.3521$

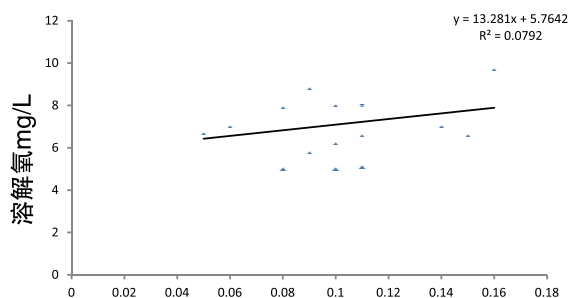


图12 氨氮mg/L

由图 11 可知, 所研究的 2013 年万福闸下站点监测数据, 水体中的高锰酸盐指数的含量与溶解氧之间呈现负相关关系; 由图 10 可知, 2013 年氨氮与溶解氧呈正相关关系。由 2013 年数据的一元回归方程可知: 水体中高锰酸盐指数浓度增加 1 mg/L, 会导致溶解氧下降大约 0.31 mg/L; 氨氮浓度每增加 1 mg/L, 溶解氧大约上升 13.28 mg/L。

2.4 本章小结

由以上四个站点 2013 年高锰酸盐指数与氨氮对于溶解氧含量的分析, 高锰酸盐指数与氨氮均为扬州典型水体中溶解氧的影响因子, 且它们大多与溶解氧呈负相关关系, 尤其是做双因素分析时, 相关性达到显著水平。

(1) 本文选择扬州市典型水体研究溶解氧的年、季节变化规律。选取的大型河道为长江(扬州段); 小型河道为廖家沟; 浅水湖泊为高邮湖。

以长江(扬州段)四水厂(瓜州)站点为例:

年变化: 在 2009 年~2013 年间, 平均溶解氧的最大值均出现在 2012 年, 为 11.4 mg/L, 饱和度分别为 87.1%。而其他年份的溶解氧无较大差别。由此看出 2012 年长江(扬州段)的水质相对理想。2009 年~2011 年间, 溶解氧含量急剧下降, 水质情况逐渐恶化, 溶解氧含量处于相对较低的范围。在 2012 年之后, 2013 年长江(扬州段)溶解氧含量下降明显, 水质有恶化的趋势。结合来看 2009 年~2013 年, 溶解氧值总体符合 I 类水质标准(GB3838-2002)。

季节变化: 水体中溶解氧的变化趋势从一月份~十二月份先逐渐降低, 后逐渐升高。溶解氧含量在冬季较高, 可达 11.7 mg/L, 饱和度为 89.4%, 并基本处于稳定状态, 符合 I 类水质标准(GB3838-2002); 夏季较低, 最小值为 6.1 mg/L, 处于稳定状态, 分别为 III 类和 II 类水质标准(GB3838-2002), 年内变化很大, 变化幅度达到 5.6

mg/L, 饱和度分别为 78.0%。一方面由于溶解氧含量与温度有关, 温度越高, 水体中溶解氧的含量越低; 另一方面夏季微生物活动剧烈, 由于有机物被好气微生物氧化分解, 水中溶解氧将急速下降。

(2) 高锰酸盐指数与氨氮均为扬州典型水体中溶解氧的影响因子, 且它们大多与溶解氧呈负相关关系, 尤其是做双因素分析时, 相关性更为显著。

3 对策和建议

(1) 扬州作为经济发达地区, 城区内水道需承载生活用水、农业用水甚至工业用水的排放。应对不同水源进行分类处理, 控制面源及流动性水污染。

(2) 由于近些年城市的快速发展, 河道中有机物含量有明显增加迹象, 应及时监测并采取生物工程及化学工程相结合的方式控制有机物在河道与浅水湖泊中的富集。

(3) 根据不同季节的水质特点, 采取相应的技术手段。尤其在接近夏季时加大管控力度, 防止蓝藻等在良好气候条件下的爆发式增长。

(4) 加强环境保护宣传教育, 提高全民环境意识^[7]。

(5) 制定保护河道与湖泊的地方性法律法规, 加大环境执法力度。

参考文献:

- [1] 李东俊. 溶解氧在河流水质污染中的作用与分析[J]. 河南水利与南水北调, 2014, 14: 7-8
- [2] 苏春雅. 扬州市城区典型水体溶解氧分布特性及充氧技术研究[D]. 扬州大学工学硕士学位论文, 2011, 4: 13-18, 28-32
- [3] 马锦, 张珉. 从溶解氧含量变化分析博斯腾湖水质现状[J]. 干旱环境监测, 2007, 6: 92-95
- [4] 黄震, 余静. 长江芜湖段水体中溶解氧现状及其影响因素[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2005, 9: 348-351
- [5] 殷燕, 吴志旭, 刘明亮, 何剑波, 虞左明. 千岛湖溶解氧的动态分布特征及其影响因素分析[J]. 环境科学, 2014, 7: 2539-2546
- [6] 姜希敏, 陈家厚. 松花江同江断面溶解氧含量的相关分析[J]. 环境科学与管理, 2010, 4: 130-132
- [7] 华迎春, 陈勤, 任晓梅, 高荣. 长江扬州段水环境保护研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(5): 16-18

(责任编辑: 华智睿)