

· 大气污染防治 ·

近地面气象要素对金沙降水pH值的影响

周 登, 贺文煌, 吴涛涛
(咸宁市气象局, 湖北 咸宁 437100)

摘 要: 通过对金沙大气本底站 2012 年全年 140 场有效降水的酸雨观测资料和地面气象要素资料进行了分析。结果表明: 降水量对降水 pH 值、强酸性酸雨出现率有着显著影响; 风速在 4 ~ 9 月份与降水 pH 值的变化趋势接近, 即降水的 pH 值随风速的增大而升高; 大气压强变化趋势与 pH 值变化相反, 呈负相关; 湿度与降水 pH 值相关性较差, 这与金沙地理位置有关; 温度与降水 pH 值呈较好的正相关, 特别是 4~10 月随温度的升高 pH 值降低。pH 值与降水量、温度及大气压强关联, 其相关系数依次为 0.355、0.406 和 -0.446。最后本章对各气象因子进行逐步回归分析, 得出 pH 值与各气象因子的回归方程。

关键词: 金沙; pH; 酸雨; 气象要素

中图分类号: P404; X16

文献标志码: A

Influence of Near-surface Meteorological Factors on the pH Value of Rainfalls in Jinsha Region

Zhou Deng, He Wenhuan, Wu Taotao
(Xianning Meteorological Bureau, Xianning 437100, China)

Abstract: In this paper, analysis is performed on the basis of acid rain observation data and ground meteorological factors of 140 effective rainfalls at Jinsha Regional Atmospheric Background Station in 2012. The results indicate that precipitation has a significant influence on the pH value of the rainfalls and the occurrence rate of strong acid rain. The variation trend of wind velocity from April to September is close to that of the pH value of the rainfalls. That is, the pH value rises with the increase of the wind speed. The changing trend of atmospheric pressure is opposite to that of pH value, presenting negative correlation. The relevancy of humidity to pH value is comparatively unfavorable, which is related to the geological location of Jinsha. Correlation between temperature and pH value presents positive and favorable. Especially from April to October, the pH value decreases with the increase of the temperature. Therefore, pH value is related to precipitation, temperature and atmospheric pressure with the correlation coefficients of 0.355, 0.406 and -0.446 respectively. Finally, stepwise regression analysis is performed to each meteorological factor and regression equation between pH value and each meteorological factor is obtained.

Keywords: Jinsha; pH Value; Acid Rain; Meteorological Factors

CLC number: P404; X16

金沙区域大气本底站位于湖北省咸宁市崇阳县境内, 站址 $114^{\circ} 12.534' E$ 、 $29^{\circ} 38.156' N$, 海拔高度 750 m。地处武汉、长沙、南昌 3 座城市区域中心, 这些城市排入大气的酸性污染物对大气成分造成严重影响, 各季均有不同程度酸沉降现象。我国主要的 3 大酸雨区是为: 西南酸雨区、华中酸雨区、华东沿海酸雨区。其中华中

酸雨区已成为全国酸雨污染范围最大, 中心强度最高的酸雨污染区, 而且主要是硫酸型酸雨。而金沙区域大气本底站就位于华中酸雨区, 特殊的地理位置能够代表华中区域大气本底特性, 所以分析金沙降水 pH 值与近地面气象要素的关系对于酸雨防治具有一定的参考价值。

收稿日期: 2014-01-16

基金项目: 国家自然科学基金 (41103061) 资助

作者简介: 周 登 (1983-), 男, 硕士、工程师。研究方向: 大气成分监测。

1 数据来源

文中使用的所有资料和数据均来自咸宁市金沙区域大气本底站监测的2012年12个月有效降水酸度监测资料140个和地面气象要素资料。我站酸雨资料均按照中国气象局《酸雨观测业务规范》要求进行采样、分析和质量控制,且历年考核均为合格、优秀,充分的保证了酸雨数据的准确性。为了客观反映不同气象条件下酸雨的变化情况,文选择以下六个气象因子进行分析:气温、降水量、相对湿度、风向、风速、大气压强。本文中酸雨出现率是指酸雨出现次数占有效降水酸度样本总次数的百分比。降水pH值的平均值计算公式根据《酸雨观测业务规范》公式如下^[1]:

$$\text{pH} = -\log \left[\frac{\sum [10^{-\text{pH}_i}] \times V_i}{\sum V_i} \right] \quad (1)$$

式(1) pH_i 为每次降水的pH值, V_i 为每次降水的降水量,单位为mm。

2 金沙酸雨pH值月季变化

不同季节月份金沙降水酸度、酸雨出现率分布结果见图1和图2。

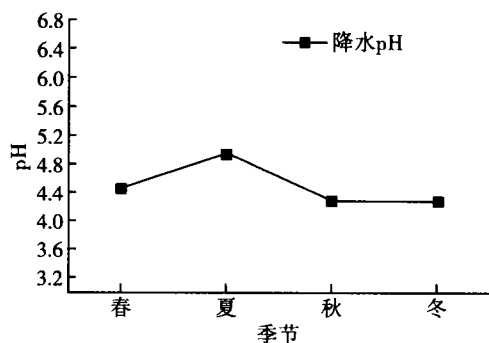


图1 不同季节降水pH值分布

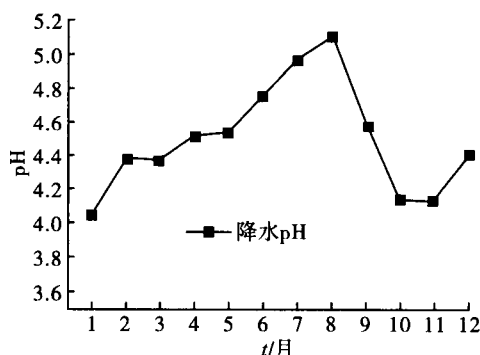


图2 pH值逐月变化趋势

图1图2可以看出:金沙四季pH平均值变化不很明显,冬季降水pH值最小,冬季、春季和秋季均达到强酸标准。pH值月份变化由大到小顺序为:8、7、6、9、5、4、12、2、10、11和1月。夏季降水较多,且持续时间长,入梅雨期后连续有效降水对大气中的污染物有较好的清除作用,而且强烈的对流作用有利于大气污染物的垂直扩散,故6月、7月、8月pH偏中性一点,但仍低于5.2。1月、2月属于冬季,降水过程受静止锋天气影响,系统较稳定且容易出现逆温层,在局部地区形成污染物堆集,不利于大气污染物的扩散^[2-3]。一旦降水出现,在雨水的“冲刷”作用下出现较强酸性的降水率大大增加,故降水pH值最小值一般出现在冬季。

3 降水pH值与各气象要素的关系

降水的pH值除了受当地大气污染物的影响外,气象条件的变化也至关重要。当大气污染的化学性质和源场相对恒定的条件下,气象要素的变化会影响降水的酸碱度^[4]。

3.1 降雨量对降水pH值的影响

文章按照降水量大小将金沙2012年140次降水分为4个等级(小雨: $1 \leq R < 10$, 中雨: $10 \leq R < 25$, 大雨: $25 \leq R < 50$, 暴雨: $R \geq 50$, R 的单位为mm),并对不同降水等级下降水pH平均值、酸雨出现概率、强酸雨出现概率的变化情况进行分析,结果见表1。

表1 不同降水等级下降水酸度、酸雨出现率的统计结果

降水等级	pH	酸雨出现概率/%	强酸雨出现概率/%
小雨	4.34	96	69
中雨	4.46	100	63
大雨	4.85	86	31
暴雨	4.85	88	38

由表1可见:4个降水等级下的降水酸度、酸雨出现率各不相同,每个降水等级里的pH值均低于5.60,随着降水等级的加大,其中小雨的降水最酸的pH值为4.34,强酸雨的出现概率随着降水量的增大而降低。可以看出,降水量与pH值的变化呈相反趋势,基本可以说明降水量越大,所测得pH值高,即随着降雨量的增加,暴雨的

pH值反而会降低而偏酸^[5]。说明降水量达到一定的级别的时候,强降水会使空气中颗粒物及碱性气态物浓度降低,对酸性物质的中和作用减弱而导致pH值偏酸^[6]。

3.2 风速对降水pH值的影响

同样气象条件下,静风或风速低于一定速度时,不利于金沙区域气溶胶扩散,而导致降水pH值偏酸;反之,在天气晴朗,湿度小、风速大的天气,气溶胶较难积聚,降水的pH值往往偏高。在统计的140场降水中,降水偏酸性时,风速大小不但决定着当地大气污染物对外扩散速度,同时也预示着当地受上游污染源污染影响的程度^[7-8]。只有当致酸污染物的输入量小于输出量时,风速对当地的降水酸度降低才起缓冲作用;反之,当地的降水酸度将升高。见图3。

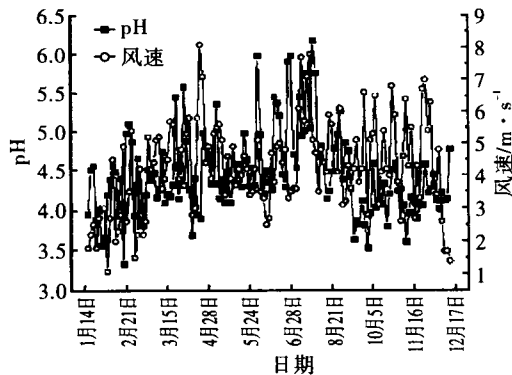


图3 风速与降水pH的关系

从图3中可以看出,2012年4~9月份风速与降水pH值的变化趋势比较接近,特别是5~7月,这一变化特征尤其明显,即当风速增大时,降水的pH值随之升高,其他几个月因为金沙的地理位置原因,变化不是很明显。

3.3 气压

金沙降水的pH的变化趋势与大气压强的变化趋势相反,大气压强的增加会直接影响气体分子的运动速度,即气压越大分子运动速度越慢,越不利于大气分子的扩散^[9]。另外高压控制下造成小风速和不稳定层结,不利于金沙大气中的酸性污染物的扩散^[10],因此,降水pH值与大气压强成反比。见图4。

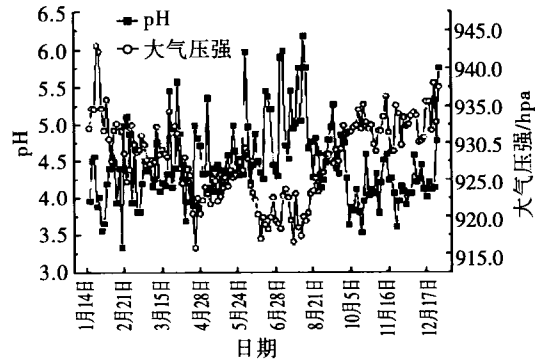


图4 气压(hPa)与降水pH的关系

3.4 相对湿度

通常认为相对湿度的变化趋势与pH值相反,相对湿度越高,降水pH值越低,因为湿度高时,空气中颗粒物重量增加,沉降速度加快,且大气中的 SO_2 、 NO_x 经化学转化后易于与水汽结合形成 H_2SO_4 或 HNO_3 ^[11]。湿度低的时候,空气较干燥,利于酸性物质的扩散^[11-12]。但金沙地理位置的原因,大部分有降水的时候,空气的湿度都接近95%,故这一特征在金沙体现不是很明显,见图5。

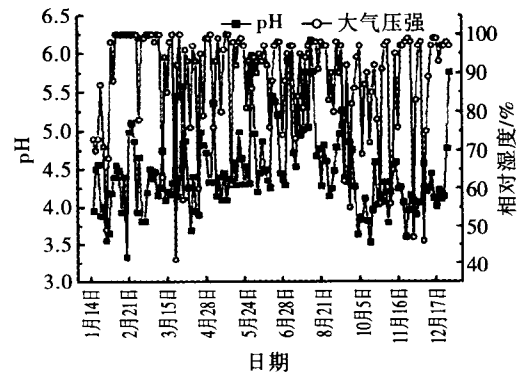


图5 相对湿度(%)与降水pH的关系

3.5 温度

总体上pH值与温度呈较好的负相关,见图6。

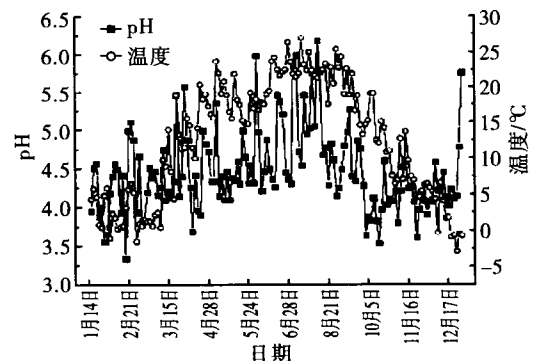


图6 温度(°C)与降水pH的关系

图6即随着温度的升高,降水pH值有减小的趋势。一般情况下,温度高、湿度大,酸雨容易形成。金沙5~9月份的气候条件正属于高温高湿,比较有利于SO₂和NO_x在大气或水滴中转化为硫酸和硝酸^[13]。但是春季也出现随着气温的升高pH值也升高的现象,可能是湿度小和气温高导致大气对流作用加强,气溶胶垂直作用增强,有利于污染物的扩散,最终使pH值随着温度的升高而变大^[14]。

4 统计模型的建立与结果分析

4.1 相关性分析

因各气象因子单位和数值范围不同,在进行相关分析时,各气象因子均进行标准化处理,使

之变成无量纲量。标准化的计算公式如下:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \tag{2}$$

其中, $\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}$, $S_j = \sqrt{\frac{\sum (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{m-1}}$ ($i=1, 2,$

$L, j=1, 2, L, n$)

利用均数及标准差将各气象因子进行标准化后,采用pearson和spearman相关分析pH值与其余各气象因子的关联,表1显示相关系数及P值,结果表明,pH值与降水量、温度及大气压强关联($P<0.05$,P值指当原假设为真时所得到的样本观察结果或更极端结果出现的概率),其相关系数依次为0.355、0.406和-0.446见表2。

表2 标准化后pH值与其余标准化气象因子的关联分析

	降水量	温度	湿度	大气压强	风速	风向
相关系数	0.355	0.406	0.059	-0.446	0.157	0.094
P	<0.001	<0.001	0.490	<0.001	0.065	0.269

4.2 逐步回归分析

4.2.1 因子分析 由相关矩阵得出各气象因子之间非相互独立($P<0.05$)见,故在进行回归分析之前,利用因子分析消除气象因子之间的重复部分。由因子分析得知:KMO度量度量为0.509,Bartlett的球形度检验近似卡方=205.230, $P<0.001$,提示本研究样本可进行因子分析。

用因子分析的方法构造因子变量,对选取的

降水量、温度、湿度、大气压强、风速和风向进行公因子的提取。根据主成分个数的确定,选取特征根 ≥ 1 的因子作为提取的公因子,由表3可知,前3个因子的特征根 ≥ 1 ,但因子的累积贡献率74.318%,仅包含了各变量的74.318%的信息,到第3个特征根时,下降趋势明显,故选取前3个公共因子代替原始的变量。

表3 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	2.312	38.529	38.529	2.312	38.529	38.529
2	1.137	18.949	57.478	1.137	18.949	57.478
3	1.010	16.840	74.318	1.010	16.840	74.318
4	0.703	11.717	86.036			
5	0.660	11.002	97.037			
6	0.178	2.963	100<0.001			

4.2.2 因子载荷与因子旋转 经因子旋转后,得到6个新的公因子,因前述结合特征根及累积贡献率结果,仅选取前3个公因子,公因子1(F1)对温度、大气压的载荷量较大(其绝对值大于0.8),故F1主要反应的是温度和大气压的信

息;公因子2(F2)对湿度的载荷较大(其绝对值大于0.7),故F2主要反应的是湿度的信息;公因子3(F3)对风向的载荷较大(其绝对值大于0.7),故F3主要反应的是风向的信息。

4.2.3 因子得分 根据表4显示的各成分得分系

数,得到3个公因子的计算等式:

$$F1=0.289X1+0.360X2+0.067X3-0.377X4+0.269X5+0.009X6$$

$$F2=-0.187X1+0.265X2-0.671X3+0.160X4$$

$$+0.219X5+0.502X6$$

$$F3=0.009X1-0.140X2+0.584X3+0.081X4+0.120X5+0.780X6$$

表4 成份得分系数矩阵

气象要素	成 份					
	1	2	3	4	5	6
降水量(X1)	0.289	-0.187	0.009	-0.258	1.045	-0.017
温度(X2)	0.360	0.265	-0.140	-0.362	-0.354	1.547
湿度(X3)	0.067	-0.671	0.584	0.086	-0.253	0.698
大气压(X4)	-0.377	0.160	0.081	0.206	0.475	1.603
风速(X5)	0.269	0.219	0.120	1.039	0.079	0.035
风向(X6)	0.009	0.502	0.780	-0.308	0.053	-0.416

4.3 逐步回归分析

以pH标准化值为因变量,3个公因子(F1、F2、F3)为自变量通过逐步回归分析(前进法)拟合线性方程,进入标准 $F=3.84$,剔除标准

$F=2.71$,分析结果显示,该回归方程有统计学意义($P<0.001$),且 $R^2=0.805$,见表5。纳入方程的变量为F1、F2和F3,那么回归方程 $Y=15.077+12.810F1+4.633F2-2.186F3$ 。

表5 逐步回归分析结果

模型	平方和	df	均方	F	Sig.	R^2
回归	26264.890	3	8754.963	186.121	<0.001	0.805
残差	6350.265	135	47.039			
总计	32615.155	138				

注:df:自由度,F:统计量,sig:显著性, R^2 :拟合优度。

将F1、F2、F3代入回归方程中,

$$Y=15.077+12.810(0.289X1+0.360X2+0.067X3-0.377X4+0.269X5+0.009X6)+4.633(0.187X1+0.265X2-0.671X3+0.160X4+0.219X5+0.502X6)-2.186(0.009X1-0.140X2+0.584X3+0.081X4+0.120X5+0.780X6)$$

那么

$$Y=15.077+2.816X1+6.145X2-3.527X3-4.265X4+4.198X5+0.740X6$$

4.4 统计结果

pH值与降水量、温度及大气压强关联,其相关系数依次为0.355、0.406和-0.446。

pH值与其余各因子的回归方程为

$$Y=15.077+2.816X1+6.145X2-3.527X3-4.265X4+4.198X5+0.740X6$$

(X1:降水量X2:温度X3:湿度X4:大气压强X5:风速X6:风向)

5 总结

(1)通过对金沙的酸雨数据分析,基本可以看出降水基本上都是较强酸性,呈明显的季节性变化,酸雨强度秋、冬、酸性最强,夏季最弱。

(2)与pH相关性最强的因子是降水量(相关系数为0.355)、温度(相关系数为0.406)、大气压强(相关系数-0.446)。

(3)不同等级的降水对pH值有一定的影响,随着降水量的增加,所测得pH值增高,达到一定的降水量时,强降水会使空气中颗粒物及碱性气态物浓度降低,对酸性物质的中和作用减弱而导致pH值降低^[15]。

(4)湿度与pH值相关性较低,原因可能与金沙地理位置有关,雨季湿度较大,大部分降水日期的湿度接近95%。故与其他参考文献得出的结论略有不同。

(5) 温度与pH值正相关,即随着温度的升高,降水pH值有减小的趋势。但春季湿度小的时候,随着温度的升高,大气对流作用增强,有利于酸性物质的扩散,会使pH值随着温度的升高而有所变大。

参考文献

- [1]中国气象局监测网络司.酸雨观测业务规范[M].北京:中国气象出版社,2005:23-25.
- [2]汤洁,徐晓斌,巴金,等.近年来京津地区酸雨形势变化的特点分析[J].中国科学院研究生院学报,2007,24(5):668-669.
- [3]商兆堂.江苏降水pH值的特征分析[J].环境科学与技术,2009,32(3):100-101.
- [4]姜勇,沈红军.江苏省酸雨形势与污染状况分析[J].江苏环境科技,2006,19(1):55-56.
- [5]石敏.辽宁省大气湿沉降化学特征分析[J].环境保护科学,2012,36:33-37.

- [6]Migliavacca D, Teixeira E C, Pires M, et al. Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil[J].Atmospheric Environment, 2004, 38(11):1641-1656.
- [7]冯砚青.中国酸雨状况和自然成因综述及防治对策探究[J].云南地理环境研究,2004,(1):25-28.
- [8]胡倬.酸雨的气象解释及可能性探讨[J].环境科学,1984,5(1):73-76.
- [9]连东英,李白良,林长城,等.厦门市酸雨分布特征与气象条件的关系分析[J].环境科学与技术,2009,5:108-109.
- [10]李艳.辽中地区酸沉降对气象要素及气团轨迹的响应[D].济南:山东师范大学,2009:29-37.
- [11]张小曳.大气成分与大气环境[M].北京:气象出版社,2010:18-20.
- [12]林长城,林祥明,邹燕,等.福州气象条件与酸雨的关系研究[J].热带气象学报,2005,21(3):330-336.
- [13]张宝贵,孙丽华.秦皇岛市空气污染与气象要素的关系[J].气象与环境学报,2009,25(4):43-47.
- [14]李明明,王雁,韩照宇,等.大同市酸雨变化特征及其与气象要素的关系[J].气象与环境学报,2011,27(4):31-33.
- [15]郑美秀,周学鸣.厦门空气污染指数与地面气象要素的关系分析[J].气象与环境学报,2010,26(3):54-57.

(上接第21页)

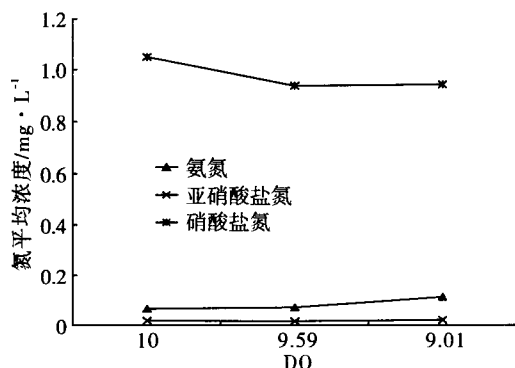


图4 不同溶解氧氮平均浓度

2.5.3 水库水体中氮的来源研究探讨 ①地表径流:水库水质受到上游入库河流水质的直接影响^[6]。一方面,周边地区的生活污水和农业化肥等污染通过地表径流流入水库。另一方面汇入水库的河流在产流和汇流过程中溶蚀了土壤中可溶性的含氮盐分进入水库水体中成为水库水体中氮的来源。②降水:降水量和降水强度对水库水体中氮的分布也有一定的影响。由于降水中氮含量较大,降水进入水库水体后,产生生物作用、硝化和反硝化作用使水体中的氮含量增加。③底泥:水库底泥沉积物是水库生态系统重要组成部分,在水库环境演变过程中,进入水库的大部分污染物通过物理化学生物等过程,不断沉积在水库底部,在适宜条件下,重新进入水体,对水体造成二次污染。所以说水库底泥是水库水体氮的重要来源^[7]。

3 结论

(1) 该水库水体中各种形态氮以硝酸盐氮

为主,平均占总氮的71.6%,氨氮及亚硝酸盐氮各占总氮的4.39%及0.95%。

(2) 相关分析表明,水体中的温度、光照条件、溶解氧、点位位置分布、水深等是影响各氮形态含量与分布的重要环境因子。

(3) 该水库水体中氮的主要来源包括上游入库河流水质,降雨以及底泥与水体中氮的交换。

(4) 根据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)^[8]水源地水质控制标准二类水域标准,该水库水体的硝酸盐氮、亚硝酸盐氮及氨氮均符合国家标准,即表明此水源地的水质较为良好。但总氮超过相应类别的标准,但其指标不直接影响到水体功能效应,水体功能没有受到明显损害,但在一定程度上受到总氮污染的制约。

参考文献

- [1]王健.淮北市水源地保护与污染对策研究[J].淮北煤炭师范学院学报,2009,30(3):55-57.
- [2]梁秀娟,肖长来,杨天行,等.密云水库中氮分布及迁移影响因素研究[J].中国科学,2005,35:272-280.
- [3]刘相超,吕平毓,吴林键,等.三峡库区箭滩河硝酸盐氮及亚硝酸盐氮分布特征[J].重庆交通大学学报,2011,30(6):1379-1383,1387.
- [4]李萍.水中氨氮、亚硝酸盐氮及硝酸盐氮相互关系探讨[J].上海环境科学,2006,25(6):245-246,250.
- [5]陈穗玲,李锦文,崔明超,等.广州大学城某校园地表水“三氮”浓度的时间变化特征及自净状态分析[J].环境化学,2013,32(4):704-705.
- [6]李宗逊,丁宏伟.昆明市松华坝水库氮、磷主要来源的间接证据[J].西南农业学报,2007,20(3):430-434.
- [7]杜春富,董昌伟,崔维本.田庄水库氮素转化机理和水质改善研究[J].中国农村水利水电,2010,(5):87-88.
- [8]中华人民共和国环境保护部.GB3838—2002《地表水环境质量标准》[S].北京:中国环境科学出版社,2002.