基于 GIS 的重庆市酸雨时空分布及变化特征研究

刘灿[1] 李礼[21]

(1.重庆市生态环境监测中心,重庆 401147;

2.重庆文理学院化学与环境工程学院

环境材料与修复技术重庆市重点实验室,重庆 402160)

【摘 要】:利用重庆市 46 个酸雨监测站 2011～2016 年的酸雨监测数据,基于地理信息系统(GIS)技术,对重庆市 2011～2016 年的酸雨时空分布及变化特征进行了研究,旨在为环境管理和决策提供技术支持和科学依据。结果表明:重庆市酸雨区主要分布在西部、主城区、中部地区,非酸雨区主要分布在东北部和东南部;降水平均 pH 低值中心位于大足区、涪陵区,降水平均 pH 高值中心位于城口县、石柱县、武隆区、秀山县;2011～2016 年间,重庆市大部分地区酸雨强度明显减弱,酸雨频率明显下降,可见重庆市酸雨污染明显改善。

【关键词】:关键词 重庆 酸雨区 时空分布 GIS

【中图分类号】:X517 **【文献标识码】**:A **【文章 编号】**:1674-9944(2019)24-0110-05

1 引言

人类社会的迅速发展,导致大气中的污染物含量急剧上升,改变大气的理化性质,影响了大气降水的酸碱度。酸雨是指 pH 值小于 5.6 的雨、雪、雹等形式的大气降水[1]。其对生态环境具有极大的危害性,能污染水体、腐蚀金属和建筑、危害植被等,严重破坏生态平衡[2]。

东亚是世界三大酸雨区之一,其中中国酸雨区降水酸度最强、面积最大,已形成华东、华中、华南和西南四大酸雨区。重庆尤为严重,已成为西南地区的酸雨中心地带[3]。目前基于 GIS 技术开展的酸雨时空分布特征研究较多,赵艳霞研究了中国 2005 年的酸雨时空分布特征;王苗对湖北省 2007～2014 年的酸雨变化时空特征进行了分析;牟永铭基于 GIS 技术开展了浙江省酸雨区分布研究;唐信英分析了整个西南地区的酸雨时空分布特征;巴金基于降水监测数据分析了重庆市 1997～2006 年的酸雨时空分布和季节变化规律。本文利用重庆市生态环境监测的 46 个酸雨站点数据,探求重庆市的酸雨时空分布及变化趋势,以期为环境管理和决策提供技术支持和科学依据。

2 数据资料与技术方法

2.1 数据资料

[1]**作者简介**:刘灿(1987—),男,硕士,工程师,主要从事生态环境遥感与地理信息技术方面的研究工作。
通讯作者:李礼(1983—),男,博士,正高级工程师,主要从事生态环境质量监测技术研究工作。

本文的数据资料以重庆市 46 个酸雨站点 2011～2016 年降水数据为基础进行统计分析。年降水平均 pH 值为 2011～2016 年所有站点降水平均值;依照重庆的气候特点划分,春、夏、秋、冬四季降水平均 pH 值为所有站点 3～5 月份、6～8 月份、9～11 月份、12～次年 1 月份的数据计算得出;月降水 pH 值数据通过计算当月所有降水的 pH 数据计算获得。

2.2 平均 pH 值、酸雨频率

平均 pH 值的计算采用氢离子(H^+)浓度-降水量加权法,即将每次降水的 pH 值换算成氢离子浓度,乘以相应的降水量求其平均,具体计算公式如下:

$$C_i(H^+) = 10^{-PHi} \quad (1)$$

$$C(H^+)\ \text{平均} = \frac{\sum C_i(H^+) \times V_t}{} \quad (2)$$

$$pH_{\text{平均}} = -\log C\ (H^+)_{\text{平均}} \quad (3)$$

式(1)～(3)中:$C_i(H^+)$为氢离子摩尔浓度,单位为 mol/L;Vt 为每次降雨量,单位为 mm。酸雨频率是一年(月)出现酸性降水样品次数除以该年(月)降水样品总次数的百分率[4]。

2.3GIS 分析方法

地理信息技术是一种常用的空间数据分析技术,它具有强大的空间分析功能,能根据现有的酸雨资料和数据,按照酸雨分布机理,建立空间数值模拟模型计算出各地酸雨的分布情况,对空间信息数据进行图形化输出,形象直观,为科学准确地确定酸雨分布范围提供依据[5]。

在目前常用的 GIS 空间分析插值方法中[6,7,8,9],反距离权重插值法(IDW)是一种以数据点与网格点的距离 R 的平方倒数($1/R^2$)作为权值插值方法,其应用简便,插值数据精度较高,是一种广泛采用的插值方法,本文基于 IDW 法对降水平均 pH 值进行模拟来研究重庆市的酸雨时空分布及变化特征。

3 重庆市酸雨时空分布特征

3.1 重庆市酸雨强度时间分布特征

由重庆市 2011～2016 年月、季平均降水 pH 值图(图 1),可以看出,重庆市降水的 pH 值较低,酸雨程度较为严重。从月份上看,降水平均 pH 值在 4.50～5.10 之间,2 月份最低,酸雨强度最强,8 月份最高,酸雨强度最弱;从季节上看,四季降水平均 pH 值在 4.63～5.07 之间,pH 值由高到低依次为夏季、春季、秋季、冬季,与月平均 pH 值年内变化规律一致。年内降水平均 pH 值变化主要分为两个阶段,3～8 月份为 pH 上升阶段,9 月份至次年 2 月份为 pH 下降阶段,即春季-夏季 pH 值升高,秋季-冬季 pH 值下降。

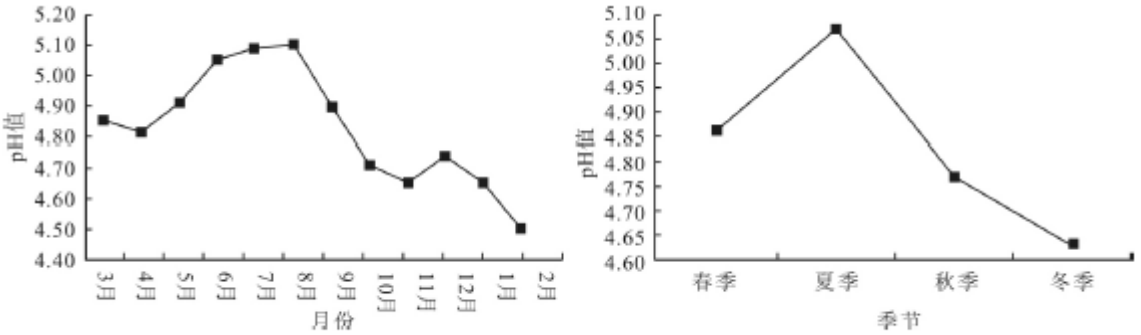

图 1　2011～2016 年 pH 值年内变化

3.2 重庆市酸雨强度空间分布特征

重庆市年内降水 pH 值差异较大,市内各区域降水 pH 值差异也较明显。由重庆市 2011～2016 年降水平均 pH 值及酸雨强度空间分布图(图 2)可知重庆市酸雨分布面积较广。渝西、主城区、西南部、东北部南部地区等为弱酸雨分布区[10];西部的大足区、西南部的涪陵区为主要的强酸雨分布区,并形成了两个 pH 低值中心;万州区、云阳县、开州区交界地区 pH 值也较低;非酸雨区主要分布在渝东南大部和渝东北北部地区,城口县、石柱县、武隆县、秀山县为降水 pH 值高值中心。

从季节上看,四季降水平均 pH 的空间分布规律与年降水平均 pH 值的空间分布规律基本一致,略有差异。

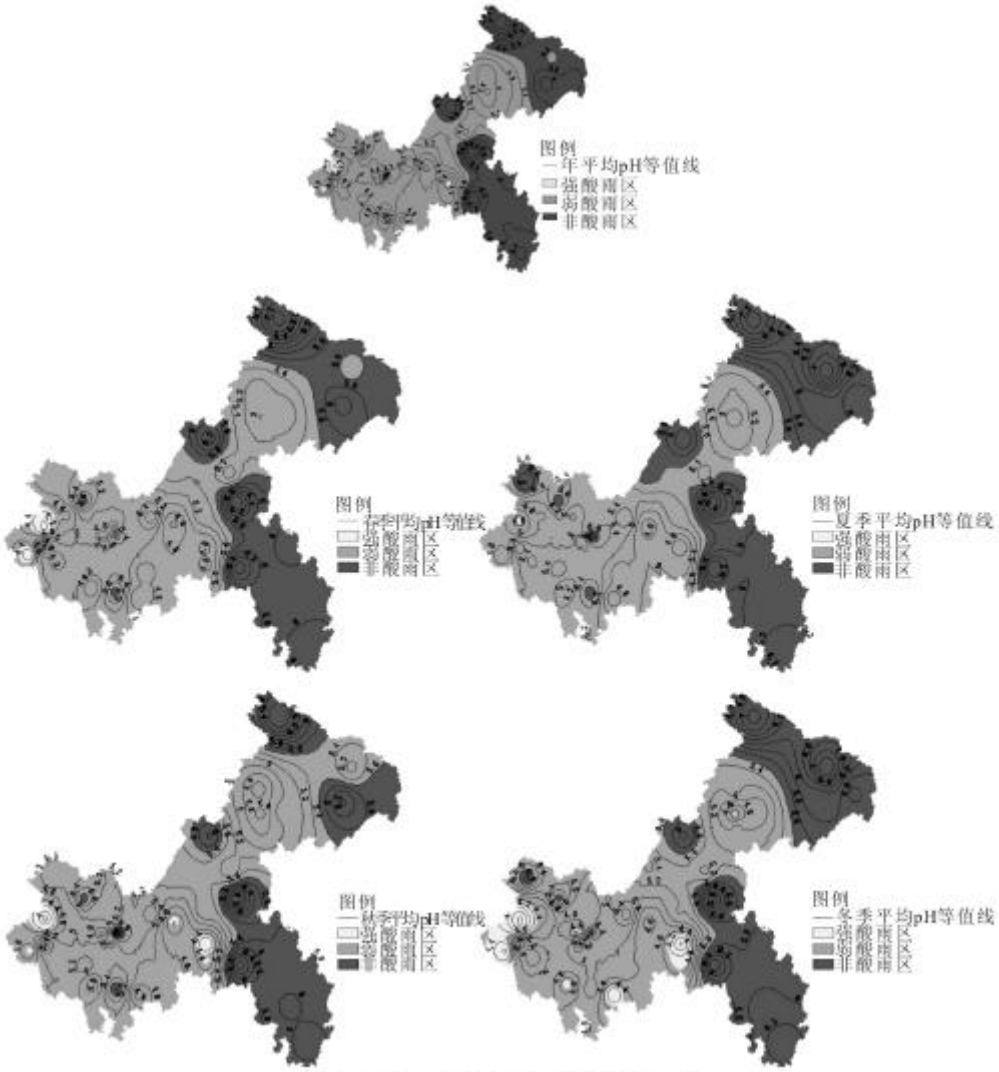

图 2　2011～2016 年酸雨强度空间分布

春季,酸雨低值中心位于大足区,涪陵区的酸雨低值中心消失,大足区的强酸雨区面积有所扩大,其他分布情况与年降水平均 pH 值的空间分布规律基本一致。

夏季,只有一个酸雨低值中心,位于大足区,分布面积极少,低值中心不明显,潼南区形成一个非酸雨区,开州区的非酸雨区面积有所增加。

秋季,大足区、武隆区、涪陵区分别形成酸雨低值中心,巫溪县、城口县、巫山县三个区县的部分区域形成弱酸雨区。

冬季,大足区、武隆区、万盛区分别形成酸雨低值中心,其他分布情况与年降水平均 pH 值的空间分布规律基本一致。

3.3 重庆市酸雨频率时间分布特征

由重庆市 2011～2016 年年内月、季酸雨频率图(图 3)可以看出,重庆市酸雨频率较高。从月份上看,酸雨频率在 32.05%～63.46%之间,2 月份酸雨频率最高,8 月份酸雨频率最低;从季节上看,四季酸雨频率在 36.39%～43.04%之间,酸雨频率由高到低依次为冬季、秋季、春季、夏季,与月酸雨频率年内变化规律一致。年内酸雨频率的变化主要分为两个阶段,3～8 月份为酸雨频率

下降阶段,9 月份至次年 2 月份为酸雨频率上升阶段,即春季-夏季酸雨频率下降,秋季-冬季酸雨频率下降。

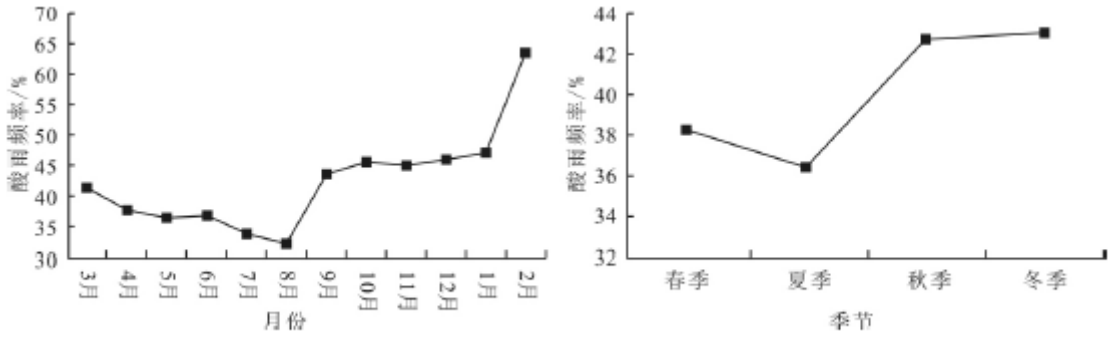

图 3　2011～2016 年酸雨频率时间分布

3.4 重庆市酸雨频率空间分布特征

酸雨频率是反映酸雨强度的一个重要指标,重庆市年、季酸雨频率与酸雨强度的空间分布规律基本一致,即降水酸度强的区域,酸雨频率较高,降水酸度弱的区域,酸雨频率较低,见图 4。

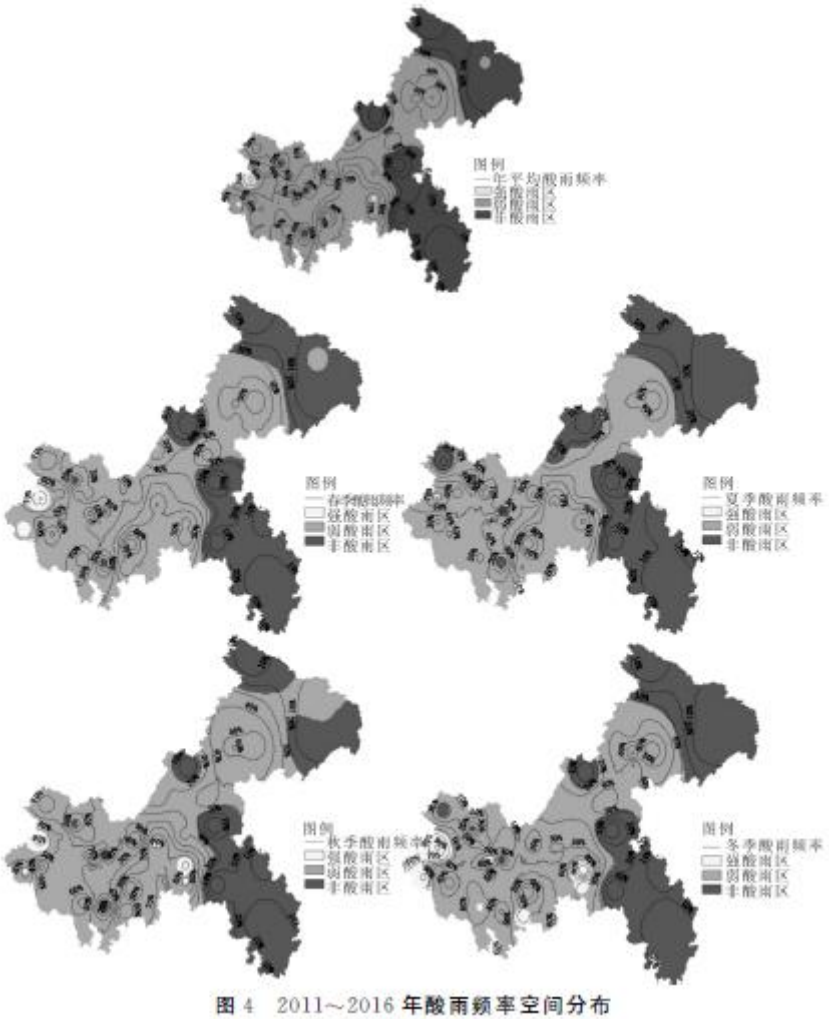

图 4　2011～2016 年酸雨频率空间分布

4 重庆市酸雨变化时空分布特征

4.1 重庆市酸雨强度变化时间分布特征

由重庆市 2011～2016 年、季降水平均 pH 值图(图 5)可知,2011-2016 年重庆市年降水平均 pH 值呈现明显的上升趋势,四季降水平均 pH 值也呈上升趋势,各季变化趋势略有差异,这表明重庆市酸雨强度有所下降。

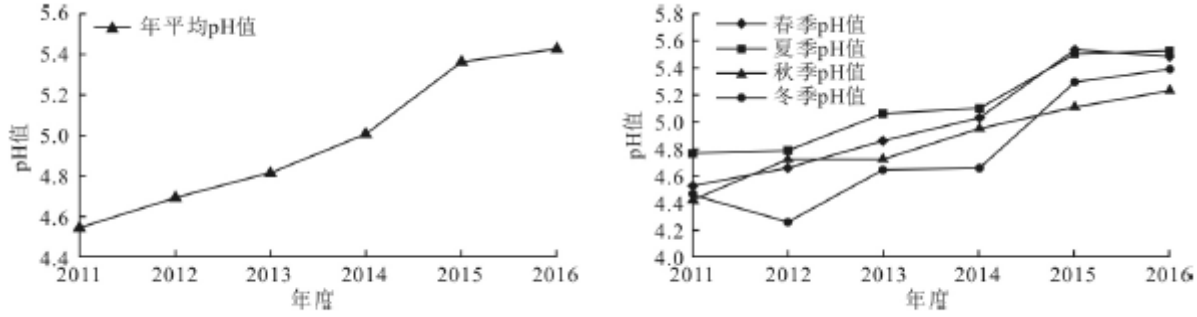

图 5　2011～2016 年季 pH 值年际变化

4.2 重庆市酸雨强度变化空间分布特征

重庆市 2011～2016 年酸雨强度变化量在-1.35～2.32 之间,全市绝大部分地区酸雨强度有不同程度的减弱,极小部分区域酸雨强度有一定程度的增强,酸雨强度减弱最明显的为开州区,酸雨强度增强最明显的为永川区。酸雨强度减弱较明显的区域为西部的荣昌区、大足区、铜梁区,主城的北碚区、沙坪坝区、渝北区、江北区、巴南,中部涪陵区、长寿区、垫江区、丰都县,西南部的武隆区,渝东北的忠县、万州区、开州区及巫溪县;酸雨强度增强的区域主要分布在永川区、綦江区、奉节县、巫山县,少部分区域分布在九龙坡区和大渡口区(图 6)。

4.3 重庆市酸雨频率变化的时间分布特征

重庆市 2011～2016 年酸雨频率在 23.15%～54.97%之间,2011 年酸雨频率最高,2016 年酸雨频率最低,酸雨频率年均减少 7%,酸雨频率的变化趋势可分为三个阶段,第一阶段为 2011～2014 年,酸雨频率减少较为平缓;第二阶段为 2014～2015 年,酸雨频率明显降低;第三阶段为 2015～2016 年,酸雨频率降低不明显。从季节上看,重庆市酸雨频率逐年降低,整体变化趋势与年际变化趋势一致,各季节间的变化趋势略有差异,2016 年各季节的酸雨频率均较低(图 7)。

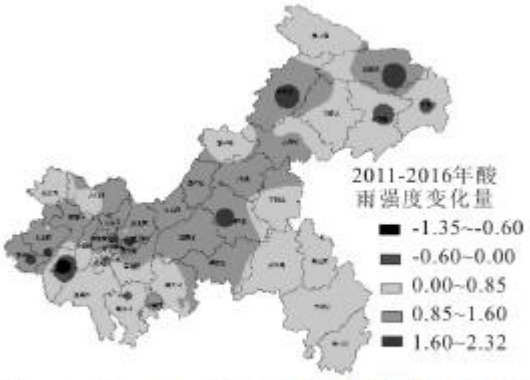

图 6　2011～2016 年 pH 值年际变化空间分布

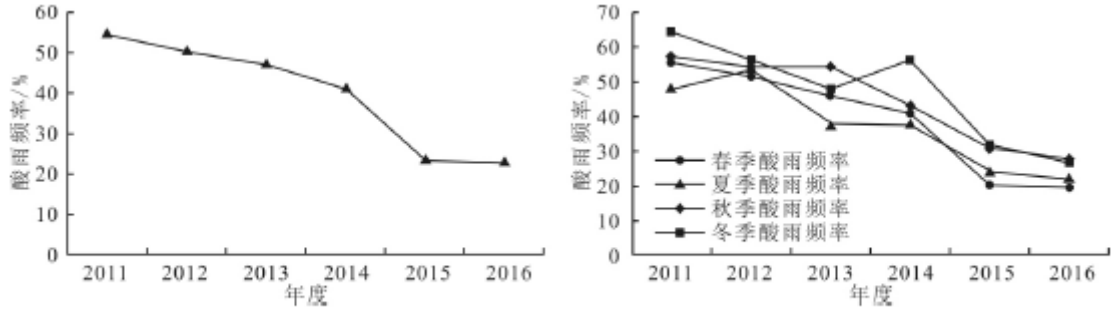

图 7　2011～2016 年酸雨频率年际变化

4.4 重庆市酸雨频率变化的空间分布特征

重庆市 2011～2016 年酸雨频率变化量在-97%～45%之间,全市绝大部分地区酸雨频率有不同程度的下降,极小部分区域酸雨频率有一定程度的上升,酸雨频率下降最明显的为丰度区县,酸雨频率上升最明显的为永川区。酸雨频率下降较明显的区域为西部的铜梁区、大足区,主城的北碚区、沙坪坝区,中部长寿区、丰都县、涪陵区,西南部的万盛区,渝东北的开州区、忠县、万州区及云阳县;酸雨强度增强的区域主要分布在永川区、綦江区,少部分区域分布在九龙坡区和江津区(图 8)。

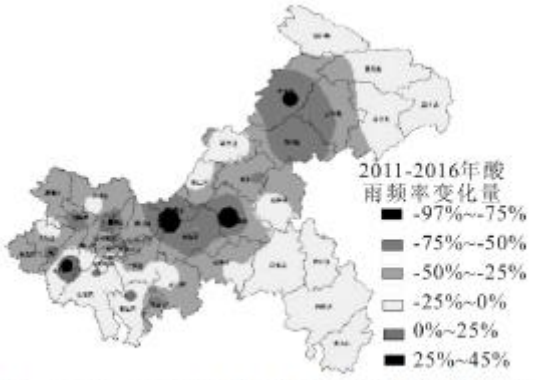

图 8　2011～2016 年酸雨频率年际变化空间分布

5 结论与讨论

5.1 结论

(1)酸雨强度时间分布及变化特征。

2011～2016年年内降水平均pH值在4.50～5.10之间,2月份最低,8月份最高;从季节上看,四季降水平均pH值在4.63～5.07之间,四季降水平均pH值由低到高依次为冬季、秋季、春季、夏季;2011～2016年重庆市年降水平均pH值呈现明显的上升趋势,年降水平均pH值由4.55上升至5.43,酸雨强度明显减弱。

(2)酸雨强度空间分布及变化特征。

渝西、主城区、西南部、东北部南部地区等为弱酸雨分布区;大足区、涪陵区为主要的强酸雨分布区,并形成了两个pH低值中心,万州区、云阳县、开州区交界地区 pH 值也较低;非酸雨区主要分布在渝东南大部和渝东北北部地区,城口县、石柱县、武隆县、秀山县为降水平均pH值的高值中心;2011～2016年重庆市降水平均pH值的变化量在-1.35～2.32之间,绝大部分地区降水平均pH上升,极小部分区域降水平均pH值上下降,降水平均pH值上升最明显的为开州区,降水平均pH值下降最明显的为永川区。

(3)酸雨频率时间分布及变化特征。

2011～2016年酸雨频率在54.97%～23.15%之间,2011年酸雨频率最高,2016年酸雨频率最低。2011～2016年重庆市酸雨频率变化量在-97%～45%之间,其中2011～2015年酸雨频率明显下降,2015～2016年酸雨频率变化不明显。

(4)酸雨频率空间分布及变化特征。

全市绝大部分地区酸雨频率有不同程度的下降,极小部分区域酸雨频率有一定程度的上升,酸雨频率下降最明显的为丰度区县,酸雨频率上升最明显的为永川区。

5.2 讨论

本文利用46个站点的降水pH值监测数据,对重庆市2011～2016年的酸雨分布、变化特征进行了分析,较好的揭示了近年来重庆市酸雨的分布情况及变化规律,但是未对酸雨中的离子组分变化进行分析与研究,无法揭示重庆市酸雨中离子组分的变化情况,难以分析出重庆市酸雨变化的成因,因此,在后续的研究中将开展酸雨离子组分的变化分析,以期能为环境管理决策提供科学技术支撑。

参考文献:

[1]GB/T19117-2003 酸雨观测规范[S].

[2]秦鹏,杜尧东,刘锦銮,等.广东省酸雨分布特征及其影响因素[J].热带气象学报,2006,22(3):297～300.

[3]Fujishim A,Honda K.Elect ro chemical Photolysisof Wat errata Semicon doctor Elect rode[J]. Nature, 1972, 238 (5358):37～38.

[4]董蕙青,黄海洪,高安宁,等.南宁市酸雨频率特征分布[J].气象科技,2003,31(2):101～104.

[5]朱求安,江洪,宋晓东.基于空间插值方法的中国南方酸雨时空分布格局模拟及分析[J].环境科学研究,2009,22 (11):1237～1244.

[6]马轩龙,李春娥,陈全功.基于 GIS 的气象要素空间插值方法研究[J].草业科学,2008,25(11):13～18.

[7]李军龙,张剑,张从,等.气象要素空间插值方法的比较分析[J].草业科学,2006,23(8):6～11.

[8]范银贵.空间插值方法在绘制降水量等值线中的应用[J].水利水电科技进展,2002,22(3):48～50.

[9]李娜.基于 GIS 的酸沉降对农作物损害的经济损益分析研究[D].长春:吉林大学,2009.

[10]中国气象局.酸雨观测业务规范[M].北京:气象出版社,2005.