

“十二五”期间广西酸雨污染变化特征分析*

陆晓艳,黄增**,陈蓓,潘秋玲,潘润西

(广西壮族自治区环境监测中心站,广西南宁 530028)

摘要:为了解“十二五”期间广西酸雨污染特征及变化趋势情况,利用“十二五”期间广西全区14个市的大气降水监测数据,通过pH值、酸雨频率、降水离子组分3方面数据统计并分析其变化趋势。“十二五”期间广西酸雨污染主要为弱酸性酸雨,其次为酸性酸雨,重酸性酸雨污染占比不足20%,较少有严重酸性酸雨;降水酸度总体呈减弱趋势,酸雨频率呈波动下降趋势,5年期间城市酸雨污染整体呈减轻趋势;酸雨区域主要集中在桂北、桂西部地区,东南部由酸雨区域变为非酸雨区域,酸雨区域面积有所减少;降水中 SO_4^{2-} 离子当量浓度逐年下降, NO_3^- 离子当量浓度呈上升趋势, $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的比值呈现显著下降趋势,广西酸雨污染特征由硫酸型向硫酸与硝酸混合型酸雨过渡。广西的酸雨污染略有减轻趋势,这与广西近年来的环境治理取得的成效有关。

关键词:酸雨 pH值 酸雨频率 硫酸根离子 硝酸根离子 广西

中图分类号:X82 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2019)03-0341-06

0 引言

酸雨,一般是指pH值小于5.6的雨、雪、霜、雾或其他形式的大气降水^[1]。酸雨的形成因素主要是人为排放到大气中的酸性物质,以及机动车排放的酸性尾气。酸雨的危害主要在于它能严重破坏包括动植物、土壤以及大气在内的陆地生态系统,并且腐蚀建筑物。目前,酸雨污染已经成为全球十大环境问题之一^[2]。我国的酸雨区主要集中在华中、西南和华东沿海3个区域,广西属于西南酸雨区,曾经号称“酸雨之都”,是酸雨的重灾区之一^[3],因此,关注广西酸雨的变化趋势并做好应对措施显得尤为必要。近年来,

部分文献报道了广西个别城市的酸雨特征^[4-7],而关于“十二五”期间广西全区总体酸雨污染变化趋势及特征情况还鲜见报道。本文通过整理统计“十二五”期间广西14个设区市的酸雨监测分析结果,探讨分析2011—2015年广西酸雨污染特征及变化情况,为今后的酸雨污染防治和大气污染综合治理提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本文数据来源于广西14个设区市酸雨监测点位“十二五”期间有效监测样本,监测点位的分布见图

* 广西重点研发计划项目(桂科 AB16380292, AB16380340)资助。

【作者简介】

陆晓艳(1983—),女,工程师,硕士,主要从事环境质量综合分析工作。

【**通信作者】

黄增(1985—),女,工程师,硕士,主要从事大气降水、噪声环境质量综合分析工作,E-mail:27088895@qq.com。

【引用本文】

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20190621.001

陆晓艳,黄增,陈蓓,等.“十二五”期间广西酸雨污染变化特征分析[J].广西科学,2019,26(3):341-346.

LU X Y, HUANG Z, CHEN B, et al. Analysis about variation characteristics of acid rain pollution in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(3): 341-346.

1. 降水样品按照《酸沉降监测技术规范》(HJ/T 165-2004)方法进行采集与处理。

1.2 研究方法

降水 pH 均值采用氢离子浓度($[H^+]$)与雨量加权平均法^[8], 计算公式如下:

$$pH = -\log \left(\frac{\sum_{i=1}^n [H^+] \times V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \right),$$

$$[H^+]_i = 10^{-pH_i},$$

其中, $[H^+]_i$ 为第 i 次降水氢离子当量浓度; V_i 为第 i 次降水量(mm); n 为降水样品数; pH_i 为第 i 次降水的 pH 值。

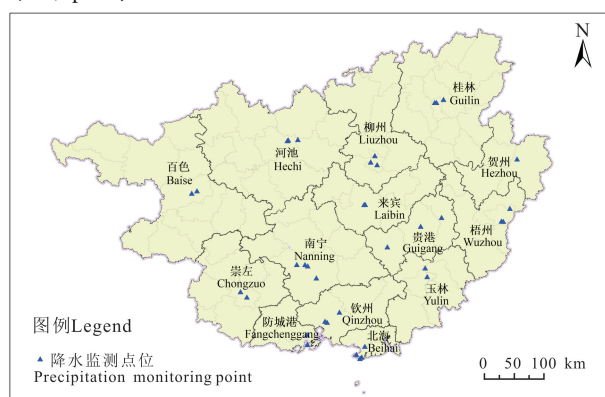


图1 降水监测点位分布示意图

Fig. 1 The distribution diagram of precipitation monitoring point

按照降水 pH 值范围, 降水酸度等级可分为严重酸性(pH 值 <4.00)、重酸性($4.00 \leq pH$ 值 <4.50)、酸性($4.50 \leq pH$ 值 <5.00)及弱酸性($5.00 \leq pH$ 值 <5.60)^[9]。

酸雨频率是指降水样品中 pH 值小于 5.6 的样品出现的概率, 计算公式为

酸雨频率 = (酸雨样品数/总降水样品数) \times 100%。

表1 “十二五”期间广西 14 个设区市降水 pH 值

Table 1 pH value of rain in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period

城市 City	pH value					秩相关系数 Rank correlation coefficient	变化趋势 Trends
	2011	2012	2013	2014	2015		
南宁 Nanning	6.21	5.87	6.09	6.34	6.52	0.7	不显著上升 No significant increase
柳州 Liuzhou	5.80	5.87	5.24	5.55	5.34	-0.6	不显著下降 No significant decrease
桂林 Guilin	4.80	4.67	5.04	4.84	5.23	0.8	不显著上升 No significant increase
梧州 Wuzhou	5.80	5.57	5.77	5.58	5.96	0.3	不显著上升 No significant increase
北海 Beihai	6.22	6.86	5.77	6.36	6.32	0.1	不显著上升 No significant increase

2 结果与分析

2.1 降水 pH 值变化趋势

“十二五”期间, 广西城市降水样本总数为 9 641 场, 其中 pH 值小于 5.6 的酸雨样本为 1 947 场, 占 20.2%。5 年间, 广西严重酸性酸雨占酸雨样本的 4.5%, 重酸性酸雨占 18.7%, 酸性酸雨占 29.7%, 弱酸性酸雨占 47.0%, 表明广西酸雨污染多为弱酸性酸雨(图 2)。

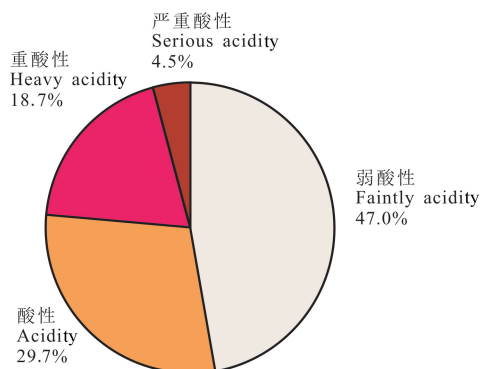


图2 “十二五”期间广西酸雨样本降水 pH 值分级占比

Fig. 2 The proportion of pH value of acid rain samples in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period

“十二五”期间, 广西总降水 pH 均值为 5.30~5.58, 5 年秩相关系数为 0.3, 总体呈现上升趋势, 即降水酸度呈减弱趋势, 但上升趋势不显著。各个设区市降水 pH 年均值为 4.34~6.86, 柳州、钦州、百色、贺州和崇左 5 个设区市 pH 年均值呈下降趋势, 下降趋势不显著; 其他 9 个设区市 pH 年均值呈上升趋势, 其中贵港上升趋势显著。“十二五”期间, 桂林 pH 年均值均小于 5.6, 处在酸雨区, 但酸雨污染程度有所缓解; 柳州、百色由非酸雨区变为弱酸性酸雨区, 防城港、贵港、来宾由酸雨区变为非酸雨区。14 个设区市降水 pH 均值及变化趋势详见表 1、图 3。

续表 1

Continued table 1

城市 City	pH value					秩相关系数 Rank correlation coefficient	变化趋势 Trends
	2011	2012	2013	2014	2015		
防城港 Fangchenggang	5.42	5.90	5.72	5.86	5.62	0.1	不显著上升 No significant increase
钦州 Qinzhou	6.30	5.86	5.35	5.63	5.72	-0.6	不显著下降 No significant decrease
贵港 Guigang	5.07	5.60	5.65	5.65	5.78	1.0	显著上升 Significant increase
玉林 Yulin	6.14	6.10	6.09	6.16	6.16	0.6	不显著上升 No significant increase
百色 Baise	6.06	6.26	5.16	4.34	5.41	-0.6	不显著下降 No significant decrease
贺州 Hezhou	6.36	6.57	5.93	6.21	5.77	-0.8	不显著下降 No significant decrease
河池 Hechi	5.18	5.05	5.73	5.07	5.34	0.3	不显著上升 No significant increase
来宾 Laibin	4.97	5.28	5.57	5.51	5.66	0.9	不显著上升 No significant increase
崇左 Chongzuo	6.18	6.17	4.92	5.27	5.61	-0.6	不显著下降 No significant decrease
广西全区 Guangxi Region	5.37	5.32	5.50	5.30	5.58	0.3	不显著上升 No significant increase

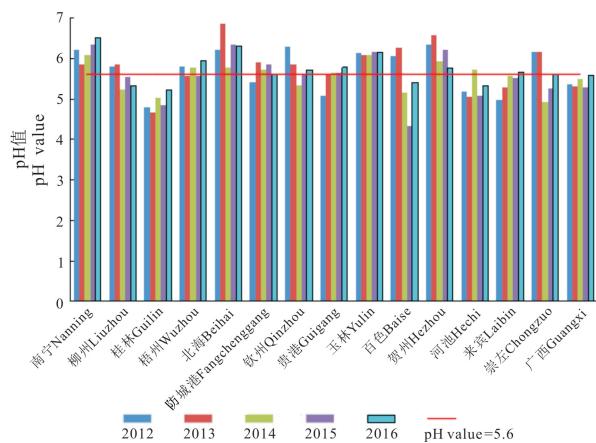


图3 “十二五”期间广西各设区市降水 pH 值变化趋势图

Fig. 3 The variation trend of annual average pH value during the Twelfth Five-Year Plan period

2.2 酸雨频率变化趋势

广西 14 个设区市酸雨频率均值为 16.9%~23.9%, 5 年秩相关系数为 -0.5, 呈现下降趋势, 但下降趋势不显著。表明 5 年期间广西城市酸雨污染整体上呈现减轻的趋势, 2015 年为“十二五”期间酸雨污染最轻的一年。14 个设区市降水酸雨频率为 0%~78.7%。柳州、钦州、百色、贺州和崇左 5 个设区市酸雨频率呈上升趋势, 玉林连续 5 年酸雨频率为 0, 其余 8 个设区市酸雨频率呈现下降趋势, 各设区市酸雨频率变化趋势均不显著。“十二五”期间 14 个设区市酸雨频率详见表 2、图 4。

表 2 “十二五”期间 14 个设区市酸雨频率

Table 2 The acid rain frequency in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period

城市 City	酸雨频率 Acid rain frequency (%)					秩相关系数 Rank correlation coefficient	变化趋势 Trends
	2011	2012	2013	2014	2015		
南宁 Nanning	1.8	7.7	1.1	0.0	0.0	-0.9	不显著下降 No significant decrease
柳州 Liuzhou	17.9	11.3	39.5	22.0	23.1	0.6	不显著上升 No significant increase
桂林 Guilin	72.8	78.7	56.3	64.8	42.5	-0.8	不显著下降 No significant decrease
梧州 Wuzhou	7.5	19.9	6.7	3.6	5.1	-0.8	不显著下降 No significant decrease
北海 Beihai	11.1	0.0	5.1	1.8	1.5	-0.4	不显著下降 No significant decrease
防城港 Fangchenggang	39.4	16.1	10.5	15.0	24.2	-0.3	不显著下降 No significant decrease
钦州 Qinzhou	0.0	8.1	28.0	25.0	11.1	0.6	不显著上升 No significant increase

续表 2

Continued table 2

城市 City	酸雨频率 Acid rain frequency (%)					秩相关系数 Rank correlation coefficient	变化趋势 Trends
	2011	2012	2013	2014	2015		
贵港 Guigang	20.9	14.0	7.1	6.0	9.6	-0.7	不显著下降 No significant decrease
玉林 Yulin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	显著下降 Significant decrease
百色 Baise	17.7	10.8	43.3	41.3	28.3	0.5	不显著上升 No significant increase
贺州 Hezhou	1.5	0.0	7.8	8.1	12.4	0.9	不显著上升 No significant increase
河池 Hechi	26.8	33.8	9.2	38.1	25.0	-0.1	不显著下降 No significant decrease
来宾 Laibin	38.9	50.4	24.4	33.5	22.1	-0.8	不显著下降 No significant decrease
崇左 Chongzuo	1.0	0.9	20.0	22.6	16.9	0.6	不显著上升 No significant increase
广西全区 Guangxi Region	20.9	23.9	17.9	21.6	16.9	-0.5	不显著下降 No significant decrease

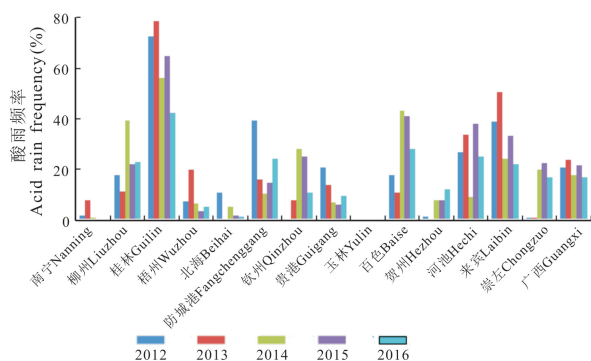


图4 “十二五”期间广西各设区市酸雨频率变化趋势图

Fig. 4 The variation trend of annual acid rain frequency during the Twelfth Five-Year Plan period

2.3 酸雨污染区域分布变化趋势

“十二五”期间,广西城市酸雨污染最严重的是2014年,酸雨城市比例达50.0%。2015年,广西酸雨分布区域主要集中在桂北、桂西部地区,主要包括桂林、柳州、河池、百色,与2014年相比,酸雨城市比例降低7.1个百分点,西北部酸雨区域面积有所减少,东南部由酸雨区域变为非酸雨区域。其中,桂林市酸雨的来源主要有燃煤释放、汽车尾气排放和其他工业生产和生活污染。柳州、河池、百色等城市为工业企业较多的城市,一方面由于工业企业布局欠合理、工业生产能源以煤炭为主,排放的污染物较多;另一方面由于所处地理位置及气候条件特殊,导致污染物难以长距离输送出去^[10-12]。酸雨污染区域分布变化趋势表明随着近年来国家对环保的重视,大气污染治理力度的增大,酸雨的污染略有减轻趋势^[13]。广西酸雨分布格局有较为明显的变化,酸雨区域面积有

所减少。

2014年和2015年广西各设区市降水pH值、酸雨频率时空变化情况详见图5~8。

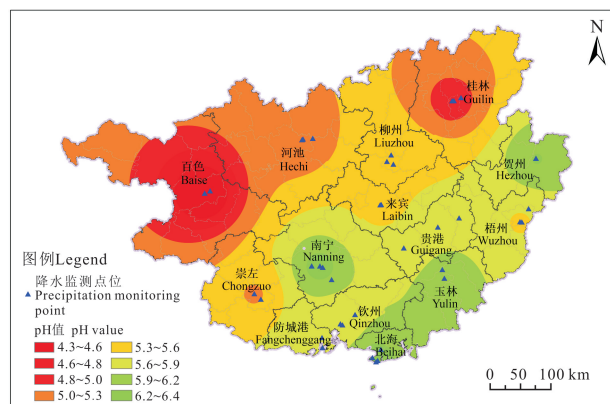


图5 2014年广西各设区市酸雨污染程度时空变化
Fig. 5 Spatiotemporal variation of acid rain pollution degree in various districts and cities of Guangxi in 2014

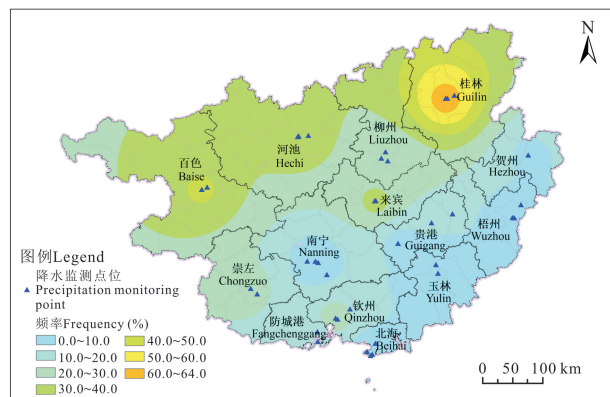


图6 2014年广西各设区市酸雨频率时空变化
Fig. 6 Spatiotemporal variation of acid rain frequency in various districts and cities of Guangxi in 2014

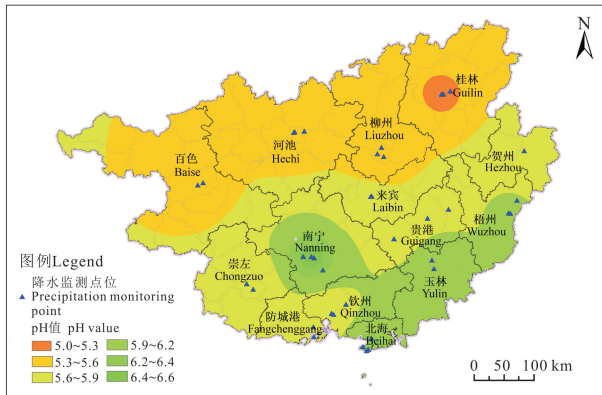


图7 2015年广西各设区市酸雨污染程度时空变化

Fig. 7 Spatiotemporal variation of acid rain pollution degree in various districts and cities of Guangxi in 2015

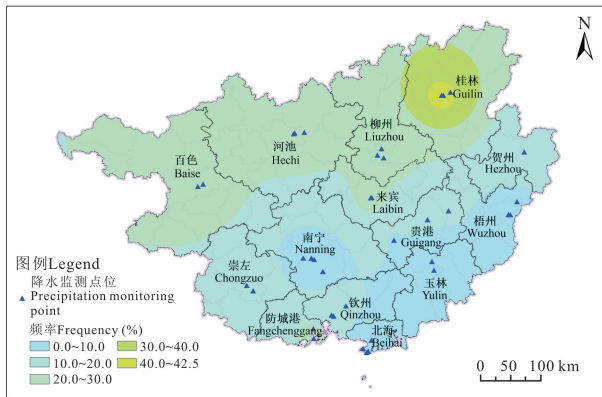


图8 2015年广西各设区市酸雨频率时空变化

Fig. 8 Spatiotemporal variation of acid rain frequency in various districts and cities of Guangxi in 2015

2.4 降水离子组分变化趋势

“十二五”期间,广西城市降水中的 SO_4^{2-} 离子当量浓度为 $32.14 \sim 49.63 \text{ mg/L}$, SO_4^{2-} 离子当量浓度呈逐年下降趋势,5年间下降 35.2% ; NO_3^- 离子当量浓度为 $10.28 \sim 17.25 \text{ mg/L}$, NO_3^- 离子当量浓度呈上升趋势,5年间上升 55.7% 。 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ (当量浓度比)为 $2.01 \sim 4.83$,5年秩相关系数为 -1.0 ,表明降水致酸的主要离子仍是 SO_4^{2-} ,但是 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的比值呈现显著下降趋势,广西酸雨污染特征由硫酸型酸雨逐渐过渡为硫酸与硝酸混合型酸雨,这与城市快速发展及城市环境空气污染特征由燃煤型向燃煤型与机动车尾气污染的复合型转变具有一定的相关性。“十二五”期间广西降水中离子组成变化趋势详见图9。

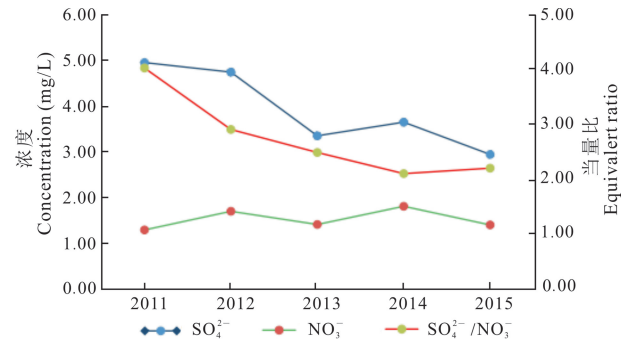


图9 “十二五”期间广西降水中离子组成变化趋势

Fig. 9 Trends of ion composition in precipitation in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period

3 结论

“十二五”期间,广西14个城市酸雨污染主要有以下特征:

(1)酸雨污染多为弱酸性污染,占酸雨样本的 47.0% ,酸性酸雨占 29.7% ,重酸性酸雨 18.7% ,少有严重酸性酸雨发生。

(2)降水pH均值为 $5.30 \sim 5.58$,总体呈现上升趋势,即降水酸度呈减弱趋势,但趋势不显著。酸雨频率均值为 $16.9\% \sim 23.9\%$,呈现波动下降的趋势,表明5年期间城市酸雨污染整体上呈现减轻的趋势。

(3)酸雨分布格局有较为明显的变化,东南部由酸雨区域变为非酸雨区域,酸雨区域主要集中在桂北、桂西部地区,酸雨区域面积有所减少。

(4)降水中 SO_4^{2-} 离子当量浓度呈逐年下降趋势, NO_3^- 离子当量浓度呈上升趋势。 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的比值呈现显著下降趋势,广西酸雨污染特征由硫酸型向硫酸与硝酸混合型酸雨过渡。

(5)随着近年来国家对环保的重视,大气污染治理力度的增大,全区酸雨的污染程度略有减轻趋势。

参考文献

- [1] 中国气象局. 酸雨观测业务规范[M]. 北京:气象出版社,2005.
- [2] 张俊茹. 浅谈酸雨的形成与危害及其防治方法[J]. 吉林气象, 2006(4):35-42.
- [3] 李世勇,钟善锦. 广西酸雨现状及其变化趋势分析[C]//广西壮族自治区科学技术协会. 第三届广西青年学术年会论文集(自然科学篇). 南宁:广西壮族自治区科学技术协会, 2004:819-821.
- [4] 黄磊,王庆国. 广西南宁市酸雨特征及影响因素分析[J]. 贵州气象, 2014, 38(6): 52-54.
- [5] 张瑀琳,龙凤翔. 广西壮族自治区桂林市酸雨特征分析[J]. 北京农业, 2014,21:207-208.

- [6] 杜裕, 梁骏, 梁驹. 基于 GIS 广西酸雨区域分布及变化特征分析[J]. 环境工程, 2012, 30(S2): 371-374.
- [7] 张近扬, 黄石磊, 黄跃武, 等. 基于气流轨迹聚类分析方法浅析桂林市酸雨来源[J]. 环境监测管理与技术, 2015, 27(2): 22-25.
- [8] 中国气象局. 酸雨观测业务规范[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [9] 杨雪, 张祥志, 汤莉莉, 等. 江苏省酸雨控制区内城市酸雨污染变化特征分析[J]. 污染防治技术, 2017, 30(5): 25-27.
- [10] 黄淑娟, 唐毓勇. 百色酸雨状况及成因分析[J]. 云南地理环境研究, 2018, 20(12): 20-23.
- [11] 郭雅思, 于爽, 黎泳珊, 等. 桂林市酸雨变化特征及来源分析[J]. 环境科学, 2016, 37(8): 2897-2905.
- [12] 况雪源, 苏志, 涂方旭. 广西气候区划[J]. 广西科学, 2007, 14(3): 278-283.
- [13] 檀庆瑞. 广西生态文明建设和环境保护的新思路、新举措[J]. 环境保护, 2017, 45(22): 44-46.

Analysis about Variation Characteristics of Acid Rain Pollution in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan

LU Xiaoyan, HUANG Zeng, CHEN Bei, PAN Qiuling, PAN Runxi

(Guangxi Environmental Monitoring Center, Nanning, Guangxi, 530028, China)

Abstract: In order to understand the characteristics and trends of acid rain pollution in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period, using the monitoring data of atmospheric precipitation in 14 cities in Guangxi during the Twelfth Five-Year Plan period, the change trend were analyzed by three data: pH value, acid rain frequency and precipitation ion composition. The results showed during the Twelfth Five-Year Plan period, the acid rain pollution in Guangxi was mainly weak acid rain, secondly was the acid rain. The proportion of heavy acid rain pollution was less than 20%, and there was less severe acid rain. The acidity of precipitation generally showed a weakening trend, and the frequency of acid rain showed a fluctuating downward trend. During the five-year period, the overall acid rain pollution in the city showed a trend of reduction. The acid rain area was mainly concentrated in the north of Guangxi and the western part of Guangxi. The southeastern part was transformed from acid rain area to non-acid rain area, and the area of acid rain area was reduced. The concentration of SO_4^{2-} ion equivalent in precipitation decreased year by year, the concentration of NO_3^- ion equivalent showed an upward trend, and the ratio of $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ showed a significant downward trend. The characteristics of acid rain pollution in Guangxi were changed from sulfuric acid type to mixed acid rain of sulfuric acid and nitric acid. The acid rain pollution in Guangxi has reduced slightly, which is related to the effectiveness of environmental governance in Guangxi in recent years.

Key words: acid rain, pH value, acid rain frequency, sulfite, nitrate, Guangxi

责任编辑: 符支宏



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>