

泸州市降水监测布点优化研究

彭可, 易之煦, 刘春莉

(四川省泸州生态环境监测中心站, 四川 泸州 646000)

摘要:在泸州市2016—2020年大气降水监测数据的基础上,借助聚类分析、多元方差分析等统计分析手段,对原有降水监测点位进行优化研究,并验证优化结果。在遵循《酸沉降监测技术规范》(HJ/T 165—2004)点位布设要求的前提下,建立了降水监测点位评价体系,从原有7个降水监测点位中优化筛选出3个。优化后的点位对监测结果的影响显著性均 >0.05 ,表明优化前后全市降水数据无显著性差异,该优化方案不会影响区域整体代表性。

关键词:降水监测;点位优化;聚类分析;多元方差分析;泸州市

中图分类号:X831 文献标志码:B 文章编号:1006-2009(2023)03-0057-04

Research on Optimization of Precipitation Monitoring Sites in Luzhou

PENG Ke, YI Zhi-xu, LIU Chun-li

(Sichuan Luzhou Ecological Environment Monitoring Center Station, Luzhou, Sichuan 646000, China)

Abstract: Based on the precipitation monitoring data of Luzhou from 2016 to 2020, the original precipitation monitoring sites were optimized by cluster analysis and multivariate analysis of variance, and the results were verified. In accordance with the requirements in "Technical Specifications for Acid Deposition Monitoring" (HJ/T 165—2004), an evaluation system of precipitation monitoring sites was established, three sites were selected from the original seven monitoring sites. The significance of the influence of the optimized sites on monitoring results was greater than 0.05, indicating that there was no significant difference in the precipitation data in the whole city before and after optimization, and the optimization would not affect the overall representation in the region.

Key words: Precipitation monitoring; Site optimization; Cluster analysis; Multivariate analysis of variance; Luzhou

我国对酸沉降监测的研究始于20世纪70年代末,从1982年开始对酸沉降监测点位进行设置,到2004年原国家环境保护总局颁布《酸沉降监测技术规范》(HJ/T 165—2004)(以下简称《规范》),以行业规范的形式确定设置大气降水监测点位的技术规范,其间经历了较长的发展过程^[1-2]。降水监测通过酸性污染物沉降的浓度了解一定区域或城市大气中酸性物质的污染状况,在一定程度上掌握大气质量水平^[3-5]。泸州市现有降水监测点位布设可追溯到十多年前,受历史条件、城市建设、技术水平等因素的限制,其位置、数目的布设均具有一定主观性和不确定性,与《规范》中点位布设的要求存在差距。今通过对泸州

主城区多年来大气降水质量情况统计分析,并对采样点基础设施建设和点位周边环境情况进行实地踏勘,采用聚类分析、多元方差分析等手段对降水监测点位的优化进行研究,以期提高泸州市降水监测数据的区域代表性,提升监测效率。

1 研究区域和优化方案

1.1 研究区域概况

泸州市位于四川省东南向云贵高原的过渡地

收稿日期:2022-05-20;修订日期:2023-04-25

基金项目:泸州市哲学社会科学规划“泸州市大气降水变化趋势分析及监测布点优化研究”基金资助项目(LZ19B033)

作者简介:彭可(1984—),女,四川泸州人,高级工程师,硕士,从事环境监测工作。

带 (E105°08'~E106°28', N27°39'~N29°20'), 属亚热带湿润气候区, 四季分明, 地形上兼有盆地丘陵和盆周山地两种地貌类型。“十三五”期间, 泸州市年平均气温 18 ℃, 年降水量为 654.0 mm ~ 1 706.3 mm^[6], 主城区共设置 7 个降水环境监测点 (A—G), 其中 A、B、C、D 和 E 为城区监测点, 测点 F 和 G 为郊区监测点, 见图 1。



图 1 泸州市主城区降水监测点位

Fig. 1 Monitoring points in the urban area of Luzhou City

1.2 监测项目

研究所用数据均来源于 2016—2020 年降水例行监测所得的数据。监测频次为逢雨必测, 监测指标包括降水量、pH 值、电导率、硫酸根、硝酸根、铵

离子、钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、氯离子、氟离子等 12 个项目。依据《酸雨和酸雨区等级》(QX/T 372—2017) 的相关要求, 监测结果以降水 pH 值 5.60 作为划分酸雨的界限, pH 值 < 5.60 的降水为酸雨。区域酸雨污染状况评价标准: pH 值 < 4.50 评为重酸雨区; 4.50 ≤ pH 值 < 5.00 评为中酸雨区; 5.00 ≤ pH 值 < 5.60 评为轻酸雨区; pH 值 ≥ 5.60 评价为非酸雨区。

1.3 优化方案

优化所采用的统计学方法包括聚类分析法和多元方差分析法 (MANOVA)^[7-8]。聚类分析是按照物以类聚的思想, 将多个变量的集合分组为由类似的对象组成的多个集合的分析过程, 把相似程度高的数据合并为一类, 相似度低的分为不同的类, 可用于衡量不同数据间的相似性。多元方差分析法亦称为多变量方差分析, 用于分析数据组内存在两个或多个存在相关性的因变量时, 不同数据组对多个响应变量整体的影响是否存在显著性差异。以上两种方法均通过 SPSS 软件编程实现。依据《规范》中点位布设的要求, 选择对监测有影响意义的环境、管理及监测条件, 建立点位优劣判定的评价指标体系。监测点位状况评价得分 = Σ 指标权重 × (评价指标得分 × 100), 各指标的含义及权重见表 1。

表 1 降水监测点位评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of precipitation monitoring site

指标名称	权重	计算方法
取水保证	0.1	单个点位取水率 = 单个点位采集有效降水的月份 / 评价时段内的总月份 × 100%。
区位	0.1	监测点位属于城区或郊区范围, 为 100%, 否则为 0。
土地使用影响	0.05	监测点附近土地使用情况基本不变, 为 100%, 否则为 0。
气象条件影响	0.05	监测点受局地气象条件影响不明显, 为 100%, 否则为 0。
污染源影响	0.3	污染源影响为下列 3 项指标的和: ①监测点不受局地污染源的影响, 距局部污染源 1 km 以上, 为 40%, 否则为 0; ②郊区点距大污染源 20 km 以上, 为 30%, 否则为 0, 城区点不评价, 为 30%; ③郊区点距主干道公路 (车流量 500 辆/d) 500 m 以上, 为 30%, 否则为 0, 城区点不评价, 为 30%。
人类活动影响	0.3	郊区点污染源影响为下列 8 项指标的和, 城区点不评价, 为 100%: ①监测点不应受大量人类活动的影响 (如城镇), 为 20%, 否则为 0; ②不受工业影响, 为 20%, 否则为 0; ③不受排灌系统影响, 为 10%, 否则为 0; ④不受水电站影响, 为 10%, 否则为 0; ⑤不受炼油厂影响, 为 10%, 否则为 0; ⑥不受商业影响, 为 10%, 否则为 0; ⑦不受机场影响, 为 10%, 否则为 0; ⑧不受自然资源开发的影响, 为 10%, 否则为 0。
运维管理	0.1	监测点运维管理正常, 能提供采样器使用的电源, 且监测点便于采样器的操作及维护, 为 100%, 否则为 0。

2 结果与讨论

2.1 监测结果

各监测点降水统计结果见表 2。由表 2 可知, 2016—2020 年, 全市共采集降水样品 1 963 个, 其中酸雨样品 700 个, 总采雨量达到 28 355.04 mm。全市降水年均 pH 值为 5.10~5.56, 呈波动上升趋势,

年均酸雨频率为 26.1%~40.9%, 呈波动下降趋势, 全市降水质量总体无明显变化, 均属于轻酸雨区。

2.2 优化目标

按《规范》中点位布设的要求: 人口 50 万以下的城市布设 2 个点, 降水点位分为城区、郊区和清洁对照 (远郊) 3 种, 清洁对照点宜以省为单位考虑。

表 2 各监测点降水统计结果

Table 2 Statistical results of precipitation at each monitoring site

监测点位	降水样品 n/个	酸雨样品 n/个	采雨量 h/mm	pH 值范围	酸雨频率/%	评价
A	333	151	4 651.16	4.94~5.17	31.8~58.8	中酸雨区-轻酸雨区
B	283	66	4 272.15	5.39~5.75	15.7~31.5	轻酸雨区-非酸雨区
C	292	105	4 197.56	5.07~5.46	21.6~49.2	轻酸雨区
D	237	78	3 876.68	5.01~5.68	21.4~41.4	轻酸雨区-非酸雨区
E	293	113	4 001.01	5.04~5.40	21.2~45.2	轻酸雨区
F	265	107	3 658.92	4.91~5.77	17.9~58.5	中酸雨区-轻酸雨区
G	260	80	3 697.56	4.78~5.46	26.1~37.3	中酸雨区-轻酸雨区
全市	1 963	700	28 355.04	5.10~5.56	26.1~40.9	轻酸雨区

泸州市为地级市,城区人口约 150 万,不需要单独设置清洁对照点。为确保点位设置的稳定性和连续性,将在原有点位的基础上优化保留 3 个监测点位,包含 2 个城区点位和 1 个郊区点位。

2.3 监测点位聚类分析

以 pH 值、电导率和 9 个阴阳离子为参数,采用 SPSS 软件对原降水点位监测结果进行聚类分析(测点 F 和 G 作为郊区对照点不纳入统计)。结果表明,各监测点监测结果的整体同质性较高,表明泸州市主城区的污染分布总体比较均匀,多个点位呈现出相似的区域特征,有必要将点位合并、优化。测点 A、B 和 C 相似,归为城区 I 组;点位 D 和 E 相似,归为城区 II 组;点位 F 和 G 归为郊区组。

2.4 组内数据差异性比较

以 pH 值、电导率和 9 个阴阳离子为参数,采用 SPSS 软件进行多元方差分析,比较数据差异性。分析结果的显著性以 0.05 为临界值,若显著性 > 0.05,则数据组不存在显著差异;反之,则存在显著差异。多元方差分析结果表明,城区 I 组、城区 II 组和郊区组内各监测点位的指标 P 值均 > 0.05,说明各组内监测点均呈相似特征。

2.5 监测点位状况评价

依据降水监测点位评价指标体系,在现场踏勘的基础上,对各监测点位状况进行评价,评价结果见表 3(各点位研究期间内土地使用情况无明显改变,土地使用影响权重为 0.05,得分均为 100)。

表 3 降水监测点位评价结果

Table 3 Results of multivariate analysis of variance

点位	评价指标(权重)					
	取水保证(0.1)	区位(0.1)	气象条件影响(0.05)	污染源影响(0.3)	人类活动影响(0.3)	运维管理(0.1)
A 描述	60 个月中有 3 个月没有采集到有效降水	属主城区范围	临近忠山山顶,受局地气象条件影响明显	5 km 范围内无工业生产区域		安装降水自动采样器,并能保证用电,交通方便,便于运维管理
得分	95.0	100	0	100	100	100
B 描述	60 个月中有 5 个月没有采集到有效降水	属主城区范围	临近山顶,且距离沱江不足 300 m,受局地气象条件影响明显	东北面距四川(泸州)长江经济开发区约 2.5 km (>1 km)		安装降水自动采样器,并能保证用电,交通方便,便于运维管理。受点位所在地单位管理要求的影响,寒暑假不便开展采样工作
得分	91.7	100	0	100	100	0
C 描述	60 个月中有 5 个月没有采集到有效降水	属主城区范围	距离长江约 260 m,受局地气象条件影响明显	距离局地污染源较近,距泸州纳溪经济开发区直线距离 650 m		安装降水自动采样器,并能保证采样器用电,交通方便,便于运维管理
得分	91.7	100	0	60	100	100
D 描述	60 个月中有 8 个月没有采集到有效降水	属主城区范围	距沱江 360 m,受局地气象条件影响明显	临近自贸区,无工业生产区域		安装降水自动采样器,能保证采样器用电。受点位所在地单位管理要求的影响,寒暑假不便开展采样工作

续表

点位	评价指标(权重)					
	取水保证(0.1)	区位(0.1)	气象条件影响(0.05)	污染源影响(0.3)	人类活动影响(0.3)	运维管理(0.1)
得分	86.7	100	0	100	100	0
E 描述	60 个月中有 5 个月没有采集到有效降水	属主城区范围	不临近山谷、山顶,距离长江>550 m,受局地气象条件影响不明显	点位南面距离泸州国家高新区江南科技产业园约 1.2 km (>1 km)		安装降水自动采样器,并能保证用电,交通方便,便于运维管理
得分	91.7	100	100	100	100	100
F 描述	60 个月中有 8 个月没有采集到有效降水	属郊区范围	临近山谷,受局地气象条件影响明显	围边环境自然禀赋较好,远离局地污染源和人类活动影响	围边环境自然禀赋较好,远离局地污染源和人类活动影响	安装有降水自动采样器,并能保证采样器用电,交通方便,便于运维管理
得分	86.7	100	0	100	100	100
G 描述	60 个月中有 7 个月没有采集到有效降水	远离主城区,属于远郊范围	紧邻沱江,受局地气象条件影响明显	周边主要为农村环境,5 km 范围内无工业集中生产区域,受局地污染源和人类活动的影响较小	周边主要为农村环境,5 km 范围内无工业集中生产区域,受局地污染源和人类活动的影响较小	虽安装降水自动采样器,并能保证采样器用电,但交通不便,不利于日常运维管理
得分	88.3	0	0	100	100	0

由表 3 可知,A、B、C、D、E、F、G 点位合计得分分别为 94.5、84.2、82.2、83.7、99.2、93.7、73.8,城区 I 组(A、B、C)中点位 A 为最优,城区 II 组(D、E)中点位 E 为最优,郊区组(F、G)中点位 F 为最优。

2.6 优化结果及验证

综合聚类分析、组内差异性分析和监测点位评价结果,在原 7 个监测点位中优选出 A、E 和 F 共 3 个监测点位。采用测点 A、E 和 F 的监测数据计算全市 2016—2020 年的平均 pH 值范围为 4.98~5.48,全市降水质量评价仍为轻酸雨区,与优化前无明显变化。以 pH 值、电导率和 9 个阴阳离子为参数,利用 SPSS 软件进行多元方差分析,比莱轨迹、威尔克 Lambda、霍特林轨迹、罗伊最大根多变量检验结果表明,点位优化对监测结果的影响显著性均为 0.998,>0.05,说明该优化方案对监测结果没有显著影响。主体间效应检验结果表明,优化前后 pH 值、电导率、硫酸根、硝酸根、铵离子、钙离子、镁离子、氯离子、氟离子、钾离子和钠离子 11 个指标监测结果的显著性分别为 0.839、0.939、0.807、0.746、0.906、0.623、0.825、0.622、0.988、0.544 和 0.934,均>0.05,说明优化后的监测数据与优化前无显著差异。综上,优化前后全市平均降水质量无显著差异,此次点位优化方案不会影响区域整体代表性。

3 结语

对泸州市多年降水数据进行科学分析后进行

点位优化,将原有 7 个降水监测点位优化为 3 个,并对优化结果做了验证。上述优化采用理论分析和实地踏勘相结合的方式,遵循相关技术规范的要求,借助聚类分析、多元方差分析等统计分析手段,创新性地建立了降水监测点位评价体系,对同类点位优化工作具有一定的借鉴意义。优化成果在规范泸州市降水监测点位布设的同时,实现了监测效率的提升,保证了区域降水监测数据的可靠性和可比性,对“十四五”期间泸州市降水工作的开展具有参考和应用价值。

[参考文献]

- [1] 郑皓皓,徐浩,李健军,等.我国例行酸雨监测网点位设置探讨[J].中国环境监测,2008,24(5):1-3.
- [2] 国家环境保护总局《空气和废气监测分析方法》编委会.空气和废气监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2003.
- [3] 罗俊,薛京洲,张洪文,等.泸州市城市环境空气质量及其变化趋势[J].广州化工,2016,44(12):150-152.
- [4] 罗永宏,扈正权,伍丽娟,等.2011—2015 年泸州市大气降水离子特征分析[J].四川环境,2017,36(5):72-75.
- [5] 赵芯,周薇,彭霞,等.2012—2016 年泸州市城区大气降水变化趋势研究[J].四川环境,2017,36(S1):57-61.
- [6] 《泸州统计年鉴—2021》编辑委员会.泸州统计年鉴—2021[M].泸州:泸州市统计局,2021.
- [7] 杨小兵.聚类分析中若干关键技术的研究[D].杭州:浙江大学,2005.
- [8] 董海燕,姜伟,陈魁,等.天津市大气降尘污染特征及监测点位优化研究[J].环境与可持续发展,2011(2):63-66.

本栏目编辑 吴珊