

威海市环翠区 2015—2020 年 大气降水化学组分特征及来源分析

王丽霞¹, 刘军深²

(1. 山东省威海生态环境监测中心, 山东 威海 264200; 2. 鲁东大学 a. 化学与材料科学学院; b. 环境科学研究所, 山东 烟台 264039)

摘要: 以 2015—2020 年威海市环翠区大气降水化学组成监测数据为依据, 采用富集因子法和统计分析方法分析了该区域大气降水的化学组成特征、变化趋势及其来源。结果表明: 2015—2020 年, 威海市环翠区降水中 pH 年均值为 6.13, 均无酸雨出现; 电导率年均值为 $4.35 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$, 总体呈下降趋势; 降水离子组分中的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 和 NO_3^- 等 6 种离子是主要离子, 总离子当量浓度范围为 $464.5 \sim 873.4 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$, 除 SO_4^{2-} 当量浓度下降趋势较大外, 其余离子当量浓度变化趋势不大。 SO_4^{2-} 主要受到人为源的影响, 贡献率为 87.90%, NO_3^- 几乎全部受人为活动的影响; Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 主要来自于土壤源和人为源的贡献; Cl^- 为海盐性离子, 有 85.47% 来自海洋源, 人为源的贡献为 14.26%。

关键词: 大气降水; 化学组成; 威海市

中图分类号: X832 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-8020(2022)03-0248-06

大气降水是一种复杂的物理、化学反应过程, 与降水的 pH、化学组成与大气污染及气象条件、地理位置、地形地貌等因素密切相关。目前, 其研究领域涉及大气降水的时空分布、降水酸度大小及成因、降水离子的化学组成、降水污染物在环境中的迁移以及对生态环境的影响等。对大气降水进行监测与分析, 对于评估当地空气环境质量以及人为活动对大气的影响有着重要的指示作用^[1-4]。通过分析大气降水中化学组成的变化, 确定雨水的成分, 可提供不同污染物来源对雨水化学成分相对贡献的信息, 并有助于加深对污染物在当地和区域的扩散及其对生态系统的潜在影响的了解^[5-10]。当前大气降水水化学研究中用来判断离子来源的方法可分为定性和定量两种, 前者有富集因子法、后向轨迹法、潜在来源贡献函数(PSCF)、PMF 以及统计分析法等, 后者主要为同位素示踪法等^[11-17]。

威海市环翠区位于山东半岛东北部, 行政区域地处北纬 $37^\circ 15' \sim 37^\circ 35'$, 东经 $121^\circ 51' \sim 122^\circ 24'$, 辖区总面积 387.39 km^2 , 海岸线长 43 km。东、西、北三面濒临黄海, 北面隔海与辽东半岛的大连市遥相对应, 东面与朝鲜半岛隔海相望, 南和东南分

别与威海市文登区、荣成市相连, 西南与烟台市牟平区接壤, 是威海市政治、经济、文化、科技中心, 也是威海市中心区^[18]。通过文献调研可知, 关于威海市区大气降水化学组分特征及其来源分析研究比较欠缺, 因此, 本文以 2015—2020 年期间威海市环翠区(以下简称: 威海市区)大气降水化学组成监测数据为依据, 以富集因子法与统计分析法研究大气降水水化学组分的来源, 分析了威海市区大气降水化学组成特征、变化趋势及其来源, 以期对威海市大气环境质量持续稳定在国家二级标准提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 样品的采集、分析与质量控制

按照国家相关规范要求, 威海市区共布设了 3 个酸雨监测点位, 其中城区 2 个, 郊区 1 个(见表 1)。监测项目为 pH 值、电导率、降水量、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 F^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 和 K^+ 。样品采集、分析测试和质量控制按照《酸沉降监测技术规范》(HJ/T 165—2004) 执行, pH 值、电

收稿日期: 2022-02-18; 修回日期: 2022-04-08

第一作者简介: 王丽霞(1968—), 女, 山东威海人, 高级工程师, 研究方向为环境监测综合分析。E-mail: whzhs@wh.shandong.cn

通信作者简介: 刘军深(1964—), 男, 山东威海人, 教授, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向为环境分析化学。E-mail: liujunshen@

163.com

导率和无机离子分别使用酸度计(S210)、电导率仪(ST3100C)和离子色谱仪(Dionex ICS900)进行测定。

参照美国环境保护署(US EPA)的规定,确定所采集大气降水中总阴离子、总阳离子浓度差的接受范围:总离子浓度在 $50 \sim 100 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 时为

$30\% \sim 60\%$,总离子浓度 $>100 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 时为 $15\% \sim 30\%$ 。本研究6年间所有水样的总阴离子和总阳离子当量浓度均高于 $100 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$,故本文剔除掉不满足条件的降水样品后,所有样品均为有效样品^[6]。

表1 威海市区采样点基本信息

Tab.1 Basic information of sampling points in Huancui District, Weihai City

采样点名称	采样点位置	经度/(°)	纬度/(°)	采样口海拔高度/m	采样方式	点位性质
市环保监测站	威海生态环境监测中心办公楼顶	122.106 6	37.506 8	26	自动	城区
气象局	威海市气象局办公楼顶	122.127 8	37.471 3	35	自动	城区
所前泊水库	所前泊水库水质自动站屋顶	122.286 0	37.288 2	68	自动	郊区

1.2 分析方法

将富集因子法、Spearman 秩相关系数和 Pearson 相关系数法(通过 Origin 9.1 计算)等统计分析方法结合起来对大气降水化学组分及来源进行分析^[3-7]。

一般认为 Na^+ 全部来源于海洋,是海洋源的参考元素^[19]; Ca^{2+} 是典型的亲石元素,它的含量以及成分均不会轻易改变,因此可以作为土壤、地壳的参考元素^[20]。为了揭示研究地区降水化学成分来源特征,分别将 Na^+ 和 Ca^{2+} 作为海水和土壤的参考元素,通过公式(1)~(5)计算大气降水中离子相对于海洋源、土壤源的富集因子 EF_{marine} 、 EF_{soil} 及其所占比例。

$$EF_{\text{marine}} = \frac{(C_X/C_{\text{Na}^+})_{\text{rainwater}}}{(C_X/C_{\text{Na}^+})_{\text{marine}}}, \quad (1)$$

$$EF_{\text{soil}} = \frac{(C_X/C_{\text{Ca}^{2+}})_{\text{rainwater}}}{(C_X/C_{\text{Ca}^{2+}})_{\text{soil}}}, \quad (2)$$

$$SSF = \frac{(C_X/C_{\text{Na}^+})_{\text{marine}}}{(C_X/C_{\text{Na}^+})_{\text{rainwater}}} \times 100\%, \quad (3)$$

$$CF = \frac{(C_X/C_{\text{Ca}^{2+}})_{\text{marine}}}{(C_X/C_{\text{Ca}^{2+}})_{\text{rainwater}}} \times 100\%, \quad (4)$$

$$AF = 100 - SSF - CF, \quad (5)$$

式中: C_X 为降水离子 X 的浓度,单位为 $\mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$,海水中 C_X/C_{Na^+} 值、土壤中 $C_X/C_{\text{Ca}^{2+}}$ 值分别参照文献[19—20]结果。 SSF 、 CF 和 AF 分别指海洋源、土壤源和人为源对降水中离子组分的贡献率^[3]。

2 结果与讨论

2.1 大气降水组分特征分析

2.1.1 大气降水量及降水中pH值及电导率特征

降水pH值变化情况反映了大气中酸性物质与碱性物质的相对集聚情况的变化,电导率表示溶液传导电流的能力,在一定程度上能反映出降水中离子浓度总和的大小。表2为威海市区2015—2020年大气降水年均降水量及降水中的pH值、电导率与雨量加权计算后的年均值。

表2 威海市区2015—2020年降水统计

Tab.2 Statistics of precipitation in Weihai City during 2015—2020

项目	2015	2016	2017	2018	2019	2020	相关性系数	显著性
年均降水量/mm	594.6	516.6	550.5	596.8	310.5	764.2	0.257	不显著
年均pH	6.20	5.87	6.49	6.02	6.08	6.10	-0.086	不显著
年均电导率/($\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$)	6.1	3.6	3.4	4.7	5.3	3.0	-0.486	不显著

从表2中可以看出,这6年间大气降水量除2019年大幅下降外,总体为增加趋势,但显著性不强。降水中的pH年均值介于 $5.87 \sim 6.49$ 之间,加权年均值为6.13,均无酸雨现象发生。电导率年均值介于 $3.0 \sim 6.1 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ 之间,加权年

均值为 $4.35 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$,总体呈下降趋势,但尚未达到显著水平。

2.1.2 降水中主要离子浓度特征

2015—2020年威海市区降水监测的离子组分年均当量浓度情况见表3。从表3可以看出:

研究时段内, Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 和 NO_3^- 这6种离子是大气降水中主要的阴阳离子,其中, SO_4^{2-} 、 NO_3^- 是主要的致酸物质, Ca^{2+} 、 NH_4^+ 是主要中和因子; Cl^- 、 Na^+ 在离子组分中占比较大,一般认为 Cl^- 、 Na^+ 为海源性离子,表明沿海城市大气降水受海洋气溶胶影响较大,这与威海市区三面靠海的地形相符合;大气降水中总离子当量浓度范围为 $464.5 \sim 873.4 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$,其中阴离子当量

浓度范围为 $221.3 \sim 406.9 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$,阳离子当量浓度范围为 $243.2 \sim 466.5 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

采用 Spearman 秩相关系数法进行离子组分秩相关系数分析,结果见表3。从表3中还可以看出,2015—2020年降水各离子组分、阴阳离子组分、总离子组分的当量浓度中,除 SO_4^{2-} 当量浓度下降趋势较大,其余离子当量浓度变化趋势不大。

表3 威海市区降水离子组分年均当量浓度

Tab.3 Annual equivalent concentrations of ionic components in precipitation in Weihai City

	单位: $\mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$												
	SO_4^{2-}	NO_3^-	F^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	H^+	总离子	阴离子	阳离子
2015	144.0	73.2	3.2	102.8	75.8	103.4	64.5	71.1	11.9	0.6	650.5	323.2	327.3
2016	138.2	78.9	4.7	156.0	85.6	143.6	52.8	118.7	9.1	1.3	788.9	377.8	411.1
2017	90.2	60.9	4.5	65.7	78.0	74.7	31.0	52.5	6.7	0.3	464.5	221.3	243.2
2018	100.4	79.2	5.3	157.4	62.6	94.2	48.7	112.6	16.0	0.9	677.3	342.3	335.0
2019	137.8	114.4	6.8	147.9	123.1	149.7	54.8	125.9	12.2	0.8	873.4	406.9	466.5
2020	66.5	61.8	4.5	122.7	71.1	94.7	29.2	75.2	4.6	0.8	531.1	255.5	275.6
年均值	112.9	78.1	4.8	125.4	82.7	110.1	46.8	92.7	10.1	0.8	664.3	321.2	343.1
秩相关系数	-0.771	0.143	0.471	0.200	-0.143	-0.029	-0.600	0.314	-0.143	0.129	0.029	0.029	0.029

2.2 大气降水中离子来源分析

2.2.1 富集因子法分析

为了揭示研究区域内降水化学成分来源特征,分别将 Na^+ 和 Ca^{2+} 作为海水和土壤的参考元

素^[19-20],以2015—2020年大气降水中离子年均当量浓度为基数,采用富集因子分析法计算降水中主要离子的富集因子及其来源的相对贡献。通常认为 Na^+ 全部来自海洋, F^- 和 NH_4^+ 全部来自人为活动。对降水中主要成分海洋及土壤的富集因子进行估算,结果见表4。

表4 降水中离子组分相对于海洋和土壤的富集因子

Tab.4 Enrichment factors of ion components in precipitation relative to ocean and soil

项目	K^+/Na^+	$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$	Cl^-/Na^+	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$	$\text{NO}_3^-/\text{Na}^+$	项目	$\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$	$\text{NO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$
海洋	0.022	0.044	0.227	1.170	0.125	—	土壤	0.504	0.569	0.561	0.003	0.019	0.002
降水	0.11	1.19	0.51	1.35	1.22	—	降水	0.09	0.84	0.43	1.14	1.03	0.71
EF_{marine}	4.95	26.99	2.23	1.17	9.74	—	EF_{soil}	0.18	1.48	0.76	367.62	54.54	337.80

当 EF 值小于或大于1时,通常认为降水离子组成被稀释或富集^[3]。由表4可见, K^+ 的 EF_{marine} 和 EF_{soil} 分别为4.95和0.18,说明其海洋的贡献非常低,主要受到非海源的影响。 Ca^{2+} 的 EF_{marine} 较高,海洋贡献通常可以被忽略。 Mg^{2+} 的 EF_{marine} 和 EF_{soil} 分别为2.23和0.76,说明既存在海洋的贡献,也有来自陆源的贡献。 Cl^- 的 EF_{marine} 值在1附近波动,而 EF_{soil} 值远远偏离1,表明 Cl^- 相对于海水被稀释,相对于土壤被富集,其主要来自海洋的贡献。此外, SO_4^{2-} 和 NO_3^- 的 EF_{marine} 和 EF_{soil} 均远高于1,说明基本上没有来自海洋和陆源的贡献,主要为人为活动造成的^[3]。

为进一步考察降水中不同离子源的贡献程

度,做表5,对离子组分的源贡献率进行了估算。

由表5可知, SO_4^{2-} 主要受到人为源的影响,贡献率为87.90%,可能主要来自于燃烧和工业排放; NO_3^- 几乎全部受人为活动的影响,大部分来源于矿物燃料燃烧过程的二次转化、机动车的排放物以及化工、冶炼企业的生产过程。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 主要来自于土壤源和人为源的贡献,但两种源的相对贡献比例无法确定,有研究认为 K^+ 是生物质燃烧产物,同时也存在于土壤的粗颗粒和木材燃烧的细颗粒中; Ca^{2+} 主要来自空气中悬浮的土壤颗粒、建筑活动以及来往机动车和风所带起的路边尘土;部分 Mg^{2+} 和少量的 K^+ 来自海盐贡献。 Cl^- 为海盐性离子,有

85.47% 来自海洋源,不可忽视的是人为源对 Cl^- 的贡献率达 14.26%,这可能与研究区域内工业生产废气中 Cl_2 和 HCl 等污染物对其有较大影响^[3]。

表5 降水中不同离子组分来源的相对贡献

Tab.5 Relative contributions of different ion component sources in precipitation

离子组分	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	F^-
SSF	0.00	100.00	20.24	3.71	44.84	10.27	0.00	85.47	0.00
CF	0.00	0.00	79.76*	96.29*	55.16*	1.83	0.30	0.27	0.00
AF	100.00	0.00	—	—	—	87.90	99.70	14.26	100.00

注: “—”表示无相应值 “*”表示 CF 和 AF 之和。

2.2.2 相关性分析法

为了考察威海市区降水中各离子之间的内在关联性及其来源,采用 Pearson 相关系数计算出

2015—2020年大气降水中10种主要离子间的相关性系数,结果见表6。

表6 2016—2020年威海市区降水中各离子相关性分析

Tab.6 Correlation analysis of ions in precipitation in Weihai City from 2016 to 2020

组分	SO_4^{2-}	NO_3^-	F^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	H^+
SO_4^{2-}	1.000	0.773	0.602	0.532	0.692	0.866	0.911	0.784	0.487	0.526
NO_3^-		1.000	0.965	0.577	0.843	0.798	0.821	0.804	0.594	0.292
F^-			1.000	0.457	0.799	0.624	0.684	0.676	0.604	0.082
Cl^-				1.000	0.176	0.689	0.791	0.929	0.622	0.872
NH_4^+					1.000	0.755	0.527	0.465	0.108	0.050
Ca^{2+}						1.000	0.821	0.840	0.272	0.690
Mg^{2+}							1.000	0.952	0.750	0.654
Na^+								1.000	0.705	0.768
K^+									1.000	0.284
H^+										1.000

从表6可以看出,受海洋气溶胶影响,大气降水中 Cl^- 与 Mg^{2+} 、 Na^+ 均呈显著性相关,三者主要来源于形成海盐气溶胶的海水喷溅,反映出海水离子组成特征,表明受单一海洋源影响大。从 NO_3^- 与致碱离子 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 相关系数分别为 0.843、0.798、0.821,可知,它们可能主要以 NH_4NO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 形式存在,但离子间的相关系数有差异,表明它们的来源可能不同。 NO_3^- 可能与汽车尾气排放、工业废气排放、海上交通工具燃料释放有关; NH_4^+ 可能主要源于排泄物释放、生物质焚烧等,而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 之间可能源于土壤、建筑扬尘及粉尘等。 SO_4^{2-} 与 Mg^{2+} 相关性最高 ($R>0.9$),其次与 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 之两者的相关度较高 ($R>0.6$),表明 SO_4^{2-} 多以 MgSO_4 的形式存在,辅以 CaSO_4 及 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。 SO_4^{2-} 与 NO_3^- 的相关度较高 ($R>0.7$),表明二者的前体 SO_2 及 NO_x 在降水中有相同的释放来源,如汽车尾气排放、工业废气排放、燃煤燃烧及生物质燃烧等人为来源^[4]。

H^+ 与致酸性组分 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 和 F^- 的相关性都较小,说明 H^+ 并不依赖于某种单一组分,降水酸性是由多种阴阳离子共同中和作用的结果。

3 结论

2015—2020年,威海市区降水中 pH 年均值为 6.13,均无酸雨出现;电导率年均值为 $4.35 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$,总体呈下降趋势;降水离子组分中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 和 NO_3^- 6种离子是主要离子,总离子当量浓度范围为 $464.5 \sim 873.4 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$,降水各离子组分、阴阳离子组分、总离子组分的当量浓度,除 SO_4^{2-} 当量浓度下降趋势较大,其余离子当量浓度变化趋势不大。 SO_4^{2-} 主要受到人为源的影响,贡献率为 87.90%, NO_3^- 几乎全部受人为活动的影响; Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 主要来自于土壤源和人为源; Cl^- 为海盐性离子,有 85.47% 来自海洋源,人为源的贡献为 14.26%。

大气降水化学组分来源受多种因素影响,今

后可将水化学与同位素技术相结合,实现对大气降水化学组分的来源研究从定性到定量;还可监测大气降水中的重金属及有机物的含量,深入研究降水中化学组分随降水时间的变化规律,以更加准确地识别污染物的来源。

参考文献:

- [1] 王国祯,刘偲嘉,于兴娜.珠海市降水化学与沉降特征[J].环境科学研究,2021,34(7):1612-1620.
- [2] 韩力慧,王红梅,向欣.北京市典型区域降水特性及其对细颗粒物影响[J].中国环境科学,2019,39(9):3635-3646.
- [3] 黎彬,王峰.上海青浦地区大气降水的化学特征[J].中国环境监测,2016,32(5):24-29.
- [4] 蒋冰艳,吴尧,李少艾,等.深圳市2010—2017年降水中化学组分特征及来源解析[J].环境化学,2019,38(8):1872-1881.
- [5] 曹晏凤.兰州市大气降水水化学时空变化及影响因素研究[D].兰州:西北师范大学,2021.
- [6] 赛买提·阿布都热合曼,王涛,张建中,等.乌鲁木齐市米东区大气降水的化学特征及来源分析[J].环境化学,2022,41(1):135-143.
- [7] 陈魁,肖致美,李鹏,等.天津市大气降水化学组分变化趋势及来源研究[J].环境科学学报,2015,35(4):956-964.
- [8] 侯思宇,邱晨晨,丁铖,等.西安市降水化学组成及来源解析[J].环境化学,2020,39(9):2384-2394.
- [9] 张清华,黎永珊,于爽.桂林市大气降水的化学组成特征及来源分析[J].环境化学,2020,39(1):229-239.
- [10] 何微娜,谢松青,杨小涛,等.2010—2019年台州市市区降水化学组成特征及变化趋势[J].中国环境监测,2021,37(5):140-147.
- [11] ZHOU X D, XU Z F, LIU W J, et al. Chemical composition of precipitation in Shenzhen, a coastal mega-city in South China: influence of urbanization and anthropogenic activities on acidity and ionic composition [J]. Science of the Total Environment, 2019, 662: 218-226.
- [12] ARINDAM R, ABHIJIT C, SURESH T, et al. Precipitation chemistry over urban, rural and high altitude Himalayan stations in eastern India [J]. Atmospheric Research, 2016, 181: 44-53.
- [13] GARCIA M G, LECOMT K L, DEPETRIS P J. Natural and anthropogenic sources of solutes in the wet precipitation of a densely populated city of Southern South America [J]. Chemosphere, 2022, 287: 132307.
- [14] WU Y, XU Z F, LIU W J, et al. Chemical compositions of precipitation at three non-urban sites of Hebei Province, North China: influence of terrestrial sources on ionic composition [J]. Atmospheric Research, 2016, 181: 115-123.
- [15] 侯思宇,于兴娜,龚克坚.重庆市大气降水污染及其沉降特征[J].中国环境科学,2019,39(10):4100~4107.
- [16] 徐虹,毕晓辉,林丰妹,等.杭州市大气降雨化学组成特征及来源分析[J].环境污染与防治,2010,32(7):75-81.
- [17] 丁慧明,姚芳芳,陈静静,等.浙江宁波天童地区酸性降水化学特征研究[J].环境科学学报,2012,32(9):2245-2252.
- [18] 威海市环翠区地方史志研究中心.环翠年鉴(2020)[M].北京:线装书局,2021.
- [19] KEENE W C, PSZENNY A A P, GALLOWAY J N, et al. Sea-salt corrections and interpretation of constituent ratios in marine precipitation [J]. Journal of Geophysical Research: Atmosphere, 1986, 91(D6):6647-6658.
- [20] TAYLOR S R. Abundance of chemical elements in continental crust: a new table [J]. Geochimica Cosmochimica Acta, 1964, 28(8):1273-1285.

Chemical Composition Characteristics and Sources of Atmospheric Precipitation in Huancui District, Weihai City from 2015 to 2020

WANG Lixia¹, LIU Junshen²

(1. Weihai Eco-Environment Monitoring Center of Shandong Province, Weihai 264200, China;

2. a. School of Chemistry and Materials Science; b. Institute of Environmental Science, Ludong University, Yantai 264039, China)

Abstract: The chemical composition of atmospheric precipitation is closely related to atmospheric pollution, and the monitoring of urban atmospheric precipitation can not only reflect acid rain pollution, but also be an impor-

tant indicator of atmospheric environmental quality. In order to master the chemical composition characteristics of atmospheric precipitation in Huancui District of Weihai City and to provide theoretical reference for the control of atmospheric pollution in this region, based on the monitoring data of atmospheric precipitation chemical composition in Huancui District of Weihai City from 2015 to 2020, the chemical composition characteristics, variation trend and sources of atmospheric precipitation were analyzed by means of enrichment factor method, Spearman rank correlation coefficient and Pearson correlation coefficient method. The results show that no acid rain happened and the annual average pH of precipitation is 6.13 from 2015 to 2020 in Huancui District of Weihai city. The annual average conductivity was $4.35 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$, showing a general downward trend. Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ , NH_4^+ and NO_3^- ions are the main ions in precipitation. The equivalent concentration of total ions in precipitation ranges from $464.5 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ to $873.4 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$. Except for SO_4^{2-} , the equivalent concentrations of other ions show a large decreasing trend, and the change trend of the equivalent concentrations of other ions is not very large, and SO_4^{2-} was mainly affected by human sources, with a contribution rate of 87.90%, while NO_3^- was almost all affected by human anthropogenic activities. Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^+ mainly came from soil sources and anthropogenic activities. Cl^- is a marine salt ion, with 85.47% of Cl^- coming from marine sources and 14.26% from anthropogenic activities.

Keywords: atmospheric precipitation; chemical composition; Weihai City

(责任编辑 李维卫)

(上接第224页)

Abstract ID: 1673-8020(2022)03-0218-EA

Centralized Drug Purchase Price Index of Shandong Province Based on ARIMA and Holt Index Smoothing Model

CAI Wending, WEI Xinjiang

(School of Mathematics and Statistics Science, Ludong University, Yantai 264039, China)

Abstract: This paper realizes the dynamic analysis and forecast of the centralized drug purchase prices in Shandong Province during the 13th Five-Year Plan period. By using the data provided by the procurement platform, the chain Laspeyres price index and Paasche price index were compiled, and the price index was used as an important index basis for the prediction and analysis of centralized drug purchase price, so as to carry out quantitative evaluation. Combining the ARIMA with Holt exponential smoothing model to predict the existing drug price index data, the average absolute errors of the two models are 0.361 1 and 0.372 3, respectively, which indicates that the models effectively fit the overall trend of the sequence, and extract well the dynamic and persistent characteristics of price index series. With the trend prediction of the price index, the implementation effect of drug price stabilization policies of the government and relevant departments are evaluated, and scientific decision-making basis is provided for the government and platform managers.

Keywords: centralized drug purchase in Shandong Province; price index; ARIMA; Holt two-parameter exponential smoothing

(责任编辑 顾建忠)