

一次酸性大暴雨分析*

陈德林 谷淑芳 李洪珍

(吉林省气象科学研究所)

(国家气象局气象科学研究所)

酸雨是当代世界上面临的主要环境问题,并已成为人们普遍关注的公害之一。近年来,我国各地区对大气污染和降水化学成分的分析表明,我国南方地区酸雨出现的频率大大高于北方地区^[1-3]。由于城市工业区排出的二氧化硫、氮氧化物等污染物,不只污染城市空气,而且可随着气流输送到很远的距离。加之污染物可以作为凝结核,在云滴、雨滴形成的时候,就可能具有酸的因素。云内的成雨过程,以及云下的冲洗,都可以使雨水中增加污染物,若雨水中酸性物质大于碱性物质的话,则雨水呈酸性。污染物的长距离输送,雨区的移动,在外来污染物与本地污染物的共同影响之下,就可能形成大量的酸性降水。1984年8月10日至11日吉林省受8407号台风减弱为低压的影响,中部和东南部降了暴雨到大暴雨,个别地区降了特大暴雨。本文对长春酸性大暴雨的整个降水过程的pH值、电导率的时空变化,雨水酸度与风向、风速等气象要素的关系;雨水酸度与雨滴微物理特征量的关系;以及雨水的化学组分进行了分析。

1. 资料的来源

1984年8月6日,8407号台风在21°N, 124.5°E生成,8日凌晨在我国福建省北部登陆以后,减弱为低气压,向西北方向移动。在9日500 hPa高空图上,这个台风低压的西部出现了两个西风波动小槽。这个低气压,在郑州附近,就转向东北方向,并产生了大范围的连续性降水,造成不少地区降了大到大暴雨和特大暴雨。这个台风低压影响吉林省以后,10日至11日,白城地区东南部、四平 and 长春地区、吉林地区北部下了暴雨到大暴雨,个别地方下了特大暴雨,降水量达200 mm以上。

在这次大暴雨降水过程中,分别在长春市区的西南方向,距市中心人民广场近2 km的吉林省气象科学研究所(以下简称为市区点),和在市区的西北偏西方向,距市中心人民广场约7 km的长春市气象站(以下简称为郊区点)各设一个点。对降水酸度进行了监测。市区从10日03时05分开始降水至11日04时06分降水结束,共采雨水样品126个。降水量为112.3 mm,其中酸性降水量为73.37%,弱酸性降水为26.63%。郊区从10日03时30分开始降水至11日05时30分降水结束,共采雨水样品17个。降水量为124.8 mm,其中酸性降水量占10%,弱酸性降水量占90%。

2. 资料分析

1) 酸雨出现的频率、pH值的变化范围和平均值

长春市8月10日07时以后,每隔10 min采水样一次,共采水样126个,其中酸雨样本为86个,酸雨出现的频率为68.3%。郊区从06时至21时,每隔1 h采水样一次,21时以后至次日降水结束采水样一次,共采水样17个,酸雨出现的频率为11.8%。

pH值的变化范围,市区为4.52—6.70,郊区为5.50—6.54。

pH平均值用氢离子浓度 $[H^+]$ —雨量 V 加权法计算^[3]

* 本文于1985年4月10日收到,1985年10月8日收到最后修改稿。

$$\text{pH}_i = -\log[\text{H}^+] \quad (1)$$

$$\overline{[\text{H}^+]} = \frac{\sum[\text{H}^+]_i V_i}{\sum V_i} \quad (2)$$

$$\overline{\text{pH}} = -\log \overline{[\text{H}^+]} \quad (3)$$

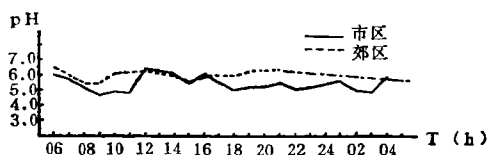


图 1 雨水酸度随时间的变化

式中： $[\text{H}^+]$ 为雨水样品氢离子当量浓度。

V 为降水量，单位为 mm。 i 为雨水样品序号。

据(1)、(2)、(3)式计算，得到市区 pH 平均值为 5.26，郊区 pH 平均值为 5.74。市区酸雨出现的频率高于郊区，雨水酸度的变化幅度大于郊区，并且 pH 平均值低于郊区，雨水酸度稍高。

2) 雨水酸度随时间的变化

图 1 为每小时雨水酸度的变化曲线。从图 1 可以看出，市区和郊区 pH 值的变化趋势基本一致，但郊区 pH 值的波动没有市区大。

3) 电导率随时间的变化和平均值

在这次降水过程中，电导率 K 值的变化范围市区为 $3.8-45.0 \mu\Omega/\text{cm}$ ，郊区为 $5.4-80.0 \mu\Omega/\text{cm}$ ，平均电导率 \bar{K} 用电导率 K 、雨量 V 加权法计算^[3]

$$\bar{K} = \frac{\sum K_i V_i}{\sum V_i} \quad (4)$$

式中： K 为电导率，单位为 $\mu\Omega/\text{cm}$ 。

据(4)式计算得到市区平均电导率为 $8.69 \mu\Omega/\text{cm}$ ，郊区平均电导率为 $9.05 \mu\Omega/\text{cm}$ ，图 2 为长春市区和郊区电导率 K 值随时间的变化曲线。从图 2 可以看出，市区和郊区在降水开始时，由于雨水中含盐量较高，电导率 K 值也较高。降水结束时，经过雨水的冲洗，雨水中含盐量较低，电导率 K 值也较低。在降水过程中，随着雨水中含盐量的变化， K 值也相应的有些波动。但市区和郊区的变化趋势基本上一致。

4) pH 值与风向风速的关系

风对大气中 SO_2 和 NO_x 的扩散和输送起着重要的作用。一般风速较小时，湍流脉动较弱，污染物的湍流交换和混合作用就较小，这样不利于污染物的稀释和扩散，大气中的 SO_2 和 NO_x 的浓度就较高，酸雨出现的频率也就较高。在这次降水过程中，南风 and 东风时，出现酸雨的频率最高，各占 13%，平均风速分别为 1.0 和 1.3 m/s(图 3)。长春市环境保护部门根据污染源、污染排放时间、排放规律和大气扩散等因素综合分析，污染风频最高的是西南风，占 12.1%，其次是东北风。可见，酸雨风频的分布与污染风频的分布之间有一定的关系。雨水的酸度除了受气象因子的影响外，大气污染的程度对其有很大的影响。市区出现酸雨的频率高于郊区，也正说明了市区大气污染的程度要比郊区严重。

5) pH 值与雨滴微物理特征量的关系

每个时刻的降水量都是大小不同雨滴的聚合。长春市在每次采集雨水样品的同时，还用滤纸色斑法进行了雨滴谱观测^[4]，每隔 5 min 取雨滴谱一份，市区从 10 日 06 时 30 分开始，至 11 日 04 时 05 分共取雨滴谱 260 份。分别计算了逐时雨滴谱特征量的平均值，雨滴最大直径 D_1 、雨滴平均平方直径 D_2 、雨滴空间浓度 N_1 、直径大于等于 1 mm 的雨滴空间浓度 N_2 、降水强度 R 和雨水含水量 W 随时间的变化(图 4—图 9)，并统计了 pH 值与雨滴谱特征量的相关系数 r (表 1)。

从表 1 可知，pH 值与雨滴谱特征量之间相关不显著，相关系数 r 均为负值，当雨滴最大直径 D_1 、雨滴平均平方直径 D_2 、雨滴空间浓度 N_1 、大于等于 1 mm 的雨滴空间浓度 N_2 、降水强度 R 、雨水含水量 W 增加时，pH 值减小，也就是雨水酸度有增大的趋势，但 pH 值与雨滴谱特征量之间不能用简单的直线关

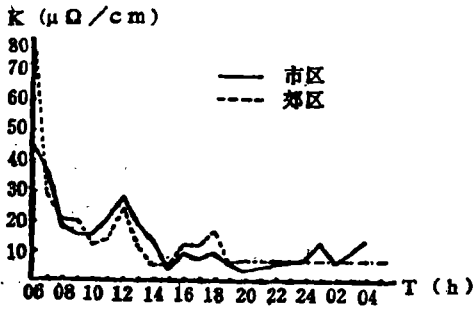


图 2 电导率随时间的变化

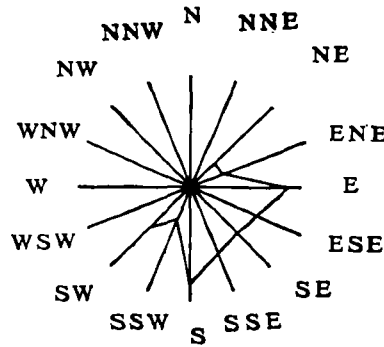


图 3 市区酸雨风频玫瑰图

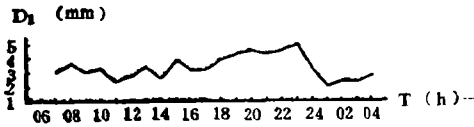


图 4 雨滴最大直径 D_1 随时间的变化

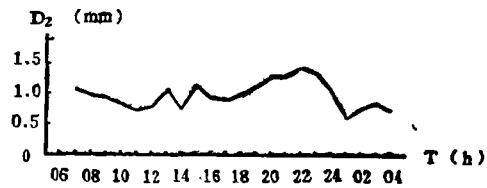


图 5 雨滴平均平方直径 D_2 随时间的变化

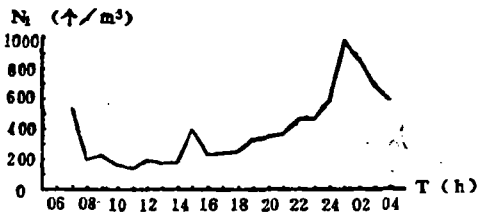


图 6 雨滴空间浓度 N_1 随时间的变化

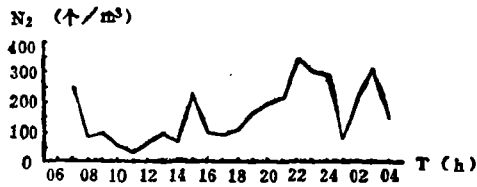


图 7 直径大于等于 1 mm 的雨滴空间浓度 N_2 随时间的变化

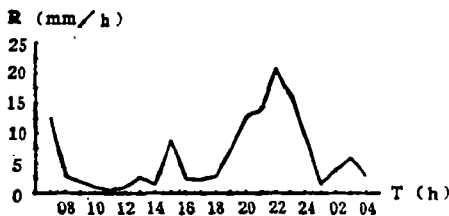


图 8 降水强度 R 随时间的变化

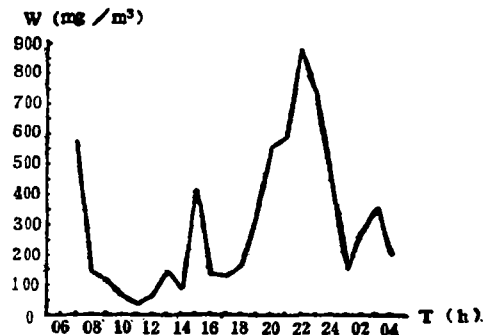


图 9 雨水含水量 W 随时间的变化

表 1 pH 值与雨滴谱特征量的相关系数

雨滴谱特征量	D_1	D_2	N_1	N_2	R	W
相关系数 r	-0.12	-0.11	-0.05	-0.20	-0.09	-0.14

系来拟合。

6) 雨水化学组分

将长春市区的 126 个雨水样品中, $\text{pH} > 5.6$ 和 $\text{pH} < 5.6$ 的雨水样品分别进行混合, 分析这两个合水样的阳离子 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , 阴离子 HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} (表 2)。并用氢离子浓度 $[\text{H}^+]$ 和雨量 V 加权法计算 pH 平均值为 5.32。用雨量加权法分别计算了阴、阳离子的平均值、一升雨水中的含量 (表 3)。

表 2 雨水化学组分 (单位: mg/l)

pH	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
> 5.60	3.54	1.4	0.12	4.91	3.03	3.09
< 5.60	4.84	1.4	0.49	4.91	3.86	6.18

表 3 平均雨水化学组分 (单位: mg/l)

$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
3.67	1.40	0.18	4.91	3.16	3.59

以上雨水化学分析资料缺测 F^- 和 NO_3^- 阴离子。国家气象局气象科学研究院化学实验室分析了这次降水的两个 pH 值为 5.78 和 5.48 的雨水样品, 其 Cl^- 的相对浓度为 47.74% 和 48.32%, SO_4^{2-} 的相对浓度为 41.09% 和 28.99%; F^- 的相对浓度为 9.08% 和 18.28%, 其次 NO_3^- 的相对浓度为 3.09% 和 4.41%。从混合水样和单个雨水样品分析可知, 阴离子 Cl^- , HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 无论在绝对浓度, 还是在相对浓度中, 都占有很大的比重, 其次为 F^- 和 NO_3^- 。前者是形成这次酸性大暴雨的主要因素。

7) 外地污染源的输送的影响

这次受 8407 号台风低压影响形成的酸性大暴雨, 从台风生成到影响长春, 历时六天, 途经十多个省, 路程达数千里。这次雨区移到吉林省时, 先经过怀德县, 然后再到达长春市。怀德年平均 pH 值, 1983 年为 5.79, 1984 年为 5.69。怀德这次过程降水量为 65.8 mm, 平均 pH 值为 5.31, 低于 1983 年、1984 年年平均 pH 值。可见怀德这次酸性暴雨, 除受本地酸性物质影响外, 也受到了外来酸性物质的影响。长春市郊区这次降水的平均 pH 值为 5.74, 而 pH 年平均值 1983 年为 6.06, 1984 年为 5.50, 低于 1983 年平均值, 高于 1984 年平均值。长春市区 pH 年平均值, 1983 年为 5.20, 1984 年为 5.15, 而这次酸性大暴雨的 pH 平均值为 5.26, 都略高于 1983 年、1984 年 pH 年平均值。这三个点这次降水的平均 pH 值与其年平均值比较, 虽有不同, 但实际上差别不是很大的。局地源仅影响雨水酸度的微量变化, 主要还是取决于远距离的污染源的影响。如果在台风经过的路径上多设一些监测点, 可能对污染物输送的问题, 会有更多的了解。大气污染物的排放、迁移、转化、水汽的凝结、蒸发等, 这种大气变化和化学变化交错在一起, 使酸雨的成因非常复杂, 有关这方面的机理, 还待进一步探讨。

3. 小 结

通过上述分析,初步结果如下:

1) 1984年8月10日长春市酸性大暴雨 pH 值变化范围为 4.52—6.70,平均值为 5.26,酸雨出现的频率为 68.3%。

2) 电导率变化范围为 3.8—45.0 $\mu\Omega/cm$,平均值为 8.69 $\mu\Omega/cm$ 。

3) 市区酸雨出现的风频与污染风频基本上一致,市区酸雨出现的频率高于郊区,市区的大气污染要比郊区严重。

4) pH 值与雨滴微物理特征量之间不能用简单的直线关系来拟合。

5) 这次酸性大暴雨的化学组分阴离子以 Cl^- , HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 为主,其次为 F^- 和 NO_3^- ; 阳离子以 $K^+ + Na^+$ 和 Ca^{2+} 为主,其次为 Mg^{2+} 。

长春地质学院曹玉清同志提供雨水化学分析资料,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 李洪珍,我国酸雨的概况,气象科技,1983,第6期,55。
- [2] 赵殿五,从能源和降水化学看我国的酸雨,酸雨,3,第1期,1983。
- [3] 国务院环境保护委员会,降水测报技术要求,3—4,1984。
- [4] 陈德林、谷淑芳,地面雨滴谱观测方法,吉林省气象科学研究所科研报告,1983,第3期,31—44。

A CASE STUDY OF AN ACID RAINSTORM

Chen Delin Gu Shufang

(*Institute of Meteorological Research of Jilin Province*)

Li Hongzhen

(*Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration*)

Abstract

In this paper, we analysed an acid rainstorm on August 10—11, 1984 in Changchun, and its time-space change of pH and electric conductivity, and the relation between the pH and the meteorological factors and amount of drop size. We also analysed chemical composition of precipitation.