

中国西南典型地区酸雨形成过程研究

黄美元 沈志来 刘帅仁 吴玉霞
肖 辉 雷恒池 白春红

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

提 要

本文根据云水和雨水化学特性的观测和雨水酸化模式的模拟计算, 研究了中国西南地区酸雨的形成过程。结果表明: 在重庆和贵阳等重污染城市, 云下过程对雨水的酸化起主要作用, 在污染较轻的中小城镇和乡村地区, 雨水酸度主要决定于云内过程。但是云下过程对雨水中的主要酸碱离子浓度都有不可忽视的明显影响, 雨水的酸化主要是由于 SO_2 与 H_2O_2 和 O_3 的氧化, 气溶胶起较弱的缓冲碱化作用。在重庆和贵阳等地, 当地 SO_2 浓度已高达饱和, 其值增减 50%, 都不会对该地雨水酸度有明显影响, 起控制作用的是氧化剂浓度。

关键词: 酸雨; 云和降水化学; 酸化数值模拟。

一、引 言

酸雨的形成一般可以分为云内过程和云下过程, 究竟那一个过程更重要, 应该说各地有所不同。在西欧和北美强调云内过程重要, 甚至认为云下过程可以不考虑。但在中国有不同的情况^[1], 根据一些资料^[2,3]的统计(见表 1), 在中国许多城市的近地面层大气中 SO_2 浓度和颗粒物浓度很高。 SO_2 浓度比北美和欧洲城市高 2—3 倍, 而颗粒物浓度则高一个量级, 我国西南的贵阳和重庆等城市地面 SO_2 浓度高达 $400\text{—}500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。雨滴从云底降落到地面, 要通过一层含有这样高浓度的 SO_2 和颗粒物的大气, 不可能不受影响。因此, 在中国特别是在西南一些城市地区应重视云下过程。本文通过对西南典型地区的实测资料分析和模式计算, 讨论云内和云下过程, 各种因素对酸雨形成和降水中离子组份的贡献和作用。

二、西南地区云水和雨水化学特性的比较

国内外对地面雨水化学特性已有许多观测研究^[4—10], 对空中云水化学特性也有研究^[11—15]。但是在相同时段内同时对云水和雨水进行对比观测分析的研究甚少。1985 年我们在重庆地区进行了空中和地面综合观测^[1], 取得了一批相同时段内空中云水和地面雨水的化学组分资料。1989 年我们扩大了观测地区范围, 先后在成都、重庆和贵阳地

区以及四川和贵州的中小城市和乡村地区进行了类似的观测,取得了更丰富的云水和雨水化学资料。表2和表3分别给出了1985年和1989年9—10月几个大城市地区相同时段内云水和雨水的一些平均化学特性。可以看到,1985年重庆地区云水不酸($\text{pH}=5.85$),地面雨水很酸(市区雨水 $\text{pH}=4.06$,郊区雨水 $\text{pH}=4.61$)。所以雨水的酸化主要发生在云下过程。文献[1]中的表5给出了1985年9月19日空中不同高度云水和地面雨水的化学特性,也说明雨水的酸化发生在1300m以下的大气过程中。另外云下过程对雨水中的 SO_4^{2-} , NO_3^- 和 NH_4^+ 的贡献也非常明显,占45%—75%,只有 Ca^{2+} 不一样,主要来自云内过程。1989年云水情况有所不同,云水中各种离子组分浓度都有明显增大,云水已变酸, pH 值在4.5左右。并且相应地面雨水中的离子浓度也有显著增加,所以云下酸化过程和离子浓度的增大仍然十分明显。对重庆地区来说,云下过程对 H^+ 的贡献虽然小于1985年的情形,但仍有70%,贵阳相仿,成都小些,云下贡献为28%。在这三地区云下过程对 NH_4^+ 的贡献都很大,为62%—100%,这是云下 NH_3 和气溶胶共同作用的结果。在重庆和贵阳地区,云下过程使雨水中的 SO_4^{2-} , NO_3^- 和总离子浓度增加了50%左右,在成都地区增加了20%—30%。云下过程对 Ca^{2+} 也有增加。以上分析表明在西南地区的几个大城市,由于地面附近大气污染严重,如重庆和贵阳城市地面 SO_2 浓度约150ppb,气溶胶浓度在2000个/ cm^3 左右。成都地面 SO_2 浓度为32ppb,云下过程起重要作用。

表1 中国和欧洲、北美城市地面 SO_2 和颗粒物浓度比较

地 区	城市数	SO_2 浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		颗粒物浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		平均值	变动范围	平均值	变动范围
北美	10	34	9—59	90	65—114
欧洲	19	69	11—207	49	13—160
中国	36	105	20—520	591	220—1910
中国北方	17	107	40—310	772	380—1910
中国南方	19	104	20—520	357	220—970
亚洲(除中国外)	10	46	18—75	211	61—411

表2 1985年9—10月重庆地区云水和雨水中平均离子浓度比较($\mu\text{eq}/\text{L}$)

	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}
空中雨水	1.4	95.6	7.8	34.1	86.4
市区雨水	87.1	195.2	19.3	138.3	87.2
来自云下的比例(%)	+98	+51	+60	+75	+1
郊区雨水	24.5	175.8	16.7	130.5	53.7
来自云下的比例(%)	+94	+46	+53	+74	-61

雨水降落时通过近地层的高浓度污染气体和气溶胶层时,产生一系列的化学和物理过程,使得雨水进一步酸化,雨水中的各种离子浓度显著地增加,近地层大气污染愈严重,云下过程愈显著,愈重要。在重庆和贵阳地区云下过程对雨水酸化更重要。

表4给出了我国西南地区几个小城市和乡村的云水和雨水化学特性。合川和夹江是四川省的小城市,四川省与贵州省交界处的四面山是一个旅游风景区,常住人口很少,夏季游客多一些,这里 SO_2 浓度很低(一般为1—2ppb)。可以看到,在这些小城市和乡村

地区，云下过程使 H^+ 虽有所增加，但增加不多，云水和雨水的酸度(pH 值) 差别较小。云下过程对雨水中的 SO_4^{2-} 浓度都有加强作用(+15%—+36%)，但主要来源是云内过程。雨水中的 Ca^{2+} 及四面山雨水中的 NH_4^+ 都来自云内过程，雨滴下降过程中浓度有所稀释。在夹江和四面山雨水中的 NO_3^- 有相当大的一部分(40%—62%)来自云下过程。总的说，与重污染的大城市不一样。在小城市和乡村地区，没有明显的工业污染，虽然云下过程对雨水中离子浓度仍有一定影响，但在多数情况下主要决定于云内过程。

表 3 1989 年 9—10 月西南几个大城市地区云水和雨水化学特性比较($\mu eq/L$)

地 区	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	离子总浓度
成都云水	26.3	306.9	24.2	94.6	125.2	785.7
成都雨水	36.3	431.5	30.4	250.7	192.0	1069.3
来自云下的比例(%)	+28	+29	+20	+62	+35	+27
重庆云水	27.5	192.4	22.9	40.6	97.3	481.2
重庆雨水	93.3	421.8	43.2	386.6	207.3	1316.8
来自云下的比例(%)	+71	+54	+48	+90	+53	+63
贵阳云水	24.0	49.6	5.3	0	31.9	163.1
贵阳雨水	102.3	122.4	9.7	15.8	36.9	344.7
来自云下的比例(%)	+77	+60	+45	+100	+14	+53

表 4 1989 年 9—10 月四川省几个小城市和乡村云水和雨水化学特性($\mu eq/L$)

地 区	pH	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}
合川云水	4.36	43.65	99.4	9.6	17.5	92.8
合川雨水	4.28	54.48	117.0	8.9	44.8	33.0
来自云下的比例(%)		+20	+15	-8	+61	-181
夹江云水	6.53	0.30	391.7	17.9	68.3	456.9
夹江雨水	5.64	2.29	579.6	47.4	146.7	201.9
来自云下的比例(%)		+87	+32	+62	+53	-127
四面山云水	4.47	34.12	56.0	5.6	43.8	31.4
四面山雨水	4.47	34.36	87.7	9.3	22.2	44.9
来自云下的比例(%)		+1	+36	+40	-97	+30

三、各种因素对西南雨水酸化的作用

前面提供的观测事实表明，在西南地区重污染的大城市，云下过程对雨水的酸化起重要作用。云下过程包括以下几种：雨滴吸收或释放气体及其化学反应，雨滴碰并气溶胶及其化学反应，雨滴的蒸发以及雨滴的长大。在一般降雨情况下，云底又不太高时，雨滴在云下的增长和蒸发都是很小的。

为了讨论重庆等地区雨水酸化的原因及各种因素的作用大小，我们采用考虑了气溶胶影响的云下雨水酸化模式^[16-17]进行了模拟计算。表 5 给出使用 1985 年 9 月 19 日重庆云水和雨水化学特性实测值的模拟计算。所取云下污染气体、氧化剂和气溶胶参数也来自实测。结果表明，在没有氧化剂的条件下，只靠 SO_2 的溶解—解离，雨水 pH 值下降不多，不能使雨水有明显酸化。重庆气溶胶略呈酸性，加上考虑气溶胶的作用，雨水 pH 值只达到 5.30，考虑 Mn^{2+} 的催化作用时，pH=4.83，也达不到实际雨水的 pH 值。再加上 O_3 的作用也还不够，只有当存在 H_2O_2 和 O_3 时，雨水才能酸化到实测的程

度(即 $\text{pH}=4.26$)。可见在实际的重庆地区等酸雨形成中, SO_2 与 H_2O_2 和 O_3 的氧化起了主要的作用, Mn^{2+} 的浓度较大时, 也有一定作用。

表 5 重庆雨水酸化实例模拟计算结果

1985 年 9 月 19 日 实测情况	云水 $\text{pH}=5.93$ $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^- = 15.0$	地面雨水 $\text{pH}=4.27$ $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^- = 10.1$
模拟计算情况	模拟计算条件	地面雨水酸化计算结果
1	$[\text{SO}_2] = 10\text{ppb}$ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0, [\text{O}_3] = 0$ $[\text{Mn}^{2+}] = 0$, 无气溶胶	$\text{pH} = 5.46$
2	$[\text{SO}_2] = 10\text{ppb}$ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0, [\text{O}_3] = 0$ $[\text{Mn}^{2+}] = 0$, 有气溶胶	$\text{pH} = 5.30$
3	$[\text{SO}_2] = 10\text{ppb}$ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0, [\text{O}_3] = 0$ $[\text{Mn}^{2+}] = 1\mu\text{mol}$	$\text{pH} = 4.83$
4	$[\text{SO}_2] = 10\text{ppb}$ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0$, $[\text{O}_3] = 50\text{ppb}$	$\text{pH} = 4.56$
5	$[\text{SO}_2] = 10\text{ppb}$ $[\text{H}_2\text{O}_2] = 2\text{ppb}$ $[\text{O}_3] = 50\text{ppb}$	$\text{pH} = 4.26$ $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^- = 10.2$

表 6 各种过程对雨水中 H^+ 的相对贡献(%)

地区	雨强(mm/h)	云内过程	云下过程	云下气溶胶
重庆 (1985)	1	7.8	120.4	-28.2
	10	8.6	111.4	-20.0
重庆 (1989)	1	26.9	127.4	-54.3
	10	41.4	88.4	-29.8
成都 (1989)	1	69.9	206.2	-176.1
	10	91.0	113.1	-104.1
贵阳 (1989)	1	22.0	108.1	-30.1
	10	36.2	80.8	-17.1

表 6 是根据 1985 年在重庆和 1989 年在重庆、成都和贵阳观测的云水化学资料和云下污染气体, 氧化剂和气溶胶等的典型资料, 模拟计算出的各种过程对地面雨水中 H^+ 的相对贡献, 以百分数计。由表可见, 1985 年重庆地区云下过程是酸化的, 地面雨水中的 H^+ 主要来自云下 SO_2 的氧化过程, 而从云水中带来的比例很小, 只占 7%—9%。重庆地区的气溶胶是消耗雨水中的氢离子, 即起缓冲、碱化作用, 因为气溶胶的 pH 值高于地面雨水的 pH 值。到 1989 年, 重庆地区云内过程的贡献明显增加, 但是在重庆和贵阳地区, 云内过程对 H^+ 的贡献在 1mm/h 雨强下不超过 30%, 10mm/h 雨强下不超过 42%。云下气溶胶都是消耗 H^+ 的。由于 1989 年云水已经酸化, 所以气溶胶的碱化作用变得明显起来。相对来说, 在贵阳, 这种作用最小。云下 SO_2 的氧化对 H^+ 的贡献在三地区都很明显。它不只是负担了气溶胶对 H^+ 的消耗, 且对雨水中 H^+ 仍有净的正贡献。在重庆和贵阳, 其贡献超过云内过程, 成为雨水中 H^+ 的主要来源。在成都,

云内酸化过程为主，特别是在 10mm/h 雨强时，云下 SO₂ 的氧化作用产生的 H⁺只能维持气溶胶对 H⁺的消耗，在这种情况下，减少大气中的气溶胶浓度，会使雨水中 pH 值降低。

西南的重庆和贵阳等城市酸雨严重，而云下过程中 SO₂ 的氧化起了主要作用，随着工业的发展，SO₂ 排放量的增加，这里的酸雨是否会更严重？如果进行治理，削减 SO₂ 的排放量，要削减到什么程度才能显著减轻雨水的酸度？我们对重庆、贵阳和成都增减 SO₂ 浓度对雨水 pH 值的影响进行了计算，其中 SO₂ 浓度随高度呈指数递减分布，增减 SO₂ 主要对地面浓度而言，2km 高度上 SO₂ 浓度假定不变(为 1ppb)，结果见表 7。可以看到，对于重庆和贵阳来说，SO₂ 浓度已高达饱和范围，其浓度增加或减少 50%，对雨水 pH 值没有显著影响(变化<0.1)。如果以 pH=5.0 作为对生态环境影响较小的界限，则这二个城市的 SO₂ 浓度需要削减 95%。对于成都来说，目前 SO₂ 浓度不是很高，雨水 pH 值不算很低，增加 50%影响不大，但是减少 50%，pH 值就可达到 5.0，看来成都 SO₂ 浓度刚进入饱和范围。另一方面我们也计算了云下氧化剂(H₂O₂ 和 O₃)浓度的变化对雨水 pH 值的影响。结果见图 1。图中箭头位置是目前状况。可以看到，对于重庆和成都现有 SO₂ 浓度状况来说，氧化剂 H₂O₂ 和 O₃ 的浓度对雨水 pH 值变化都是敏感的。对于重庆等地，SO₂ 浓度已达饱和的情况下，控制雨水 pH 值的主要因素是氧化剂浓度。对于象四面山那样的乡村和中小城镇地区，雨水酸化的主要控制因素有所不同，那里 SO₂ 浓度很低，远没有达到饱和程度，如果 SO₂ 污染加重，雨水将明显酸化。

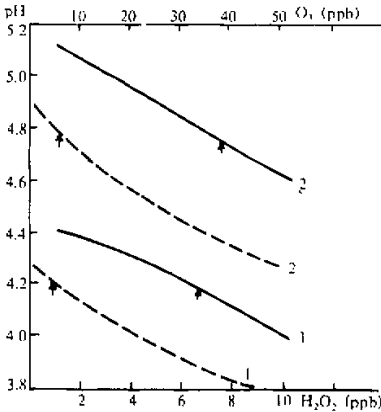


图 1 氧化剂 H₂O₂ 和 O₃ 浓度变化对雨水 pH 值的影响
图中实线表示 O₃，虚线表示 H₂O₂
曲线 1 是重庆，曲线 2 是成都

表 7 地面 SO₂ 浓度的变化对雨水 pH 的影响

地 面	SO ₂ 浓度 (ppb)		pH	
			1mm/h	10mm/h
重 庆	151	典型状况	4.21	4.35
	226	增加 50%	4.20	4.33
	77	减少 50%	4.22	4.40
	8	减少 95%	4.86	4.95
贵 阳	159	典型状况	4.13	4.30
	238	增加 50%	4.12	4.28
	79	减少 50%	4.14	4.34
	8	减少 95%	4.65	4.85
成 都	32	典型状况	4.78	4.82
	48	增加 50%	4.71	4.73
	16	减少 50%	4.95	5.02

图 2 给出了实测的重庆云水和雨水中 $S(IV)$ 和 H_2O_2 的含量。可以看到, 重庆云水中有二种情况, 多数情况是云水中 $S(IV)$ 和 H_2O_2 的浓度相当, 少数情况是云水中 $S(IV)$ 含量较多, H_2O_2 含量较少。而重庆雨水的 H_2O_2 含量比云水中 H_2O_2 含量小 1—2 个量级。这表明在云下 SO_2 氧化过程中, SO_2 浓度过大, 氧化剂 H_2O_2 不足。这观测事实支持了前面数值计算结果。

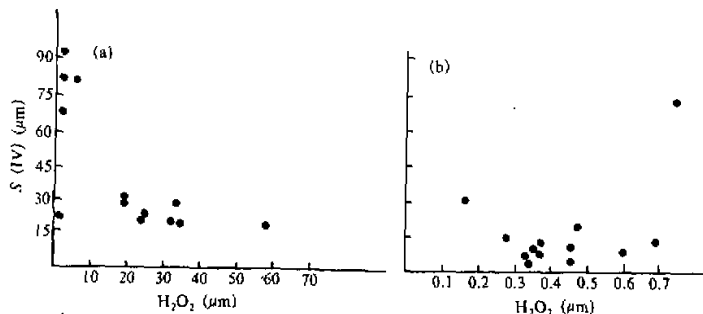


图 2 重庆云水和雨水中 $S(IV)$ 和 H_2O_2 含量

(a) 重庆云水, (b) 重庆雨水

四、不同过程对雨水中几种离子的贡献

地面雨水中的离子组分来自云内过程和云下过程, 云下过程中又可分为来自污染气体的化学反应和气溶胶的影响。我们结合西南地区 1985、1989 年典型情况, 用云下雨水酸化模式^[16]进行了计算, 结果见表 8。对于 1985 年重庆地区, 雨水中的 SO_4^{2-} 半数来自云内过程, 云下 SO_2 的氧化作用占 34%, 而云下气溶胶的贡献只占 13%。看来, 以前有人认为雨水中 SO_4^{2-} 主要来自气溶胶的估计是过高的。在不同雨强情况下, 云内过程和云下气体的贡献相对大小有所不同。雨强小时, 云下气体吸收较多, SO_2 的氧化作用较大。对于雨水中 NH_4^+ 来说, 在 1985 年重庆地区, 气溶胶的贡献最大, 约占一半左右。对于 NO_3^- 来说, 气溶胶的贡献占 30% 左右, 在雨强较小时, HNO_3 起较大作用, 贡献占 40% 以上, 云内过程占 25.5%, 雨强大时, 云内过程的作用相对大一些。1989 年重庆地区云内过程对雨水中各种离子的贡献都有所增加, 尤其是 NO_3^- 。云下气体的作用也有明显的加大, 而相应的气溶胶的影响显著减小。对于 SO_4^{2-} 来说, 1989 年重庆地区云下气体的贡献提高到 42%, 在贵阳则为 70%, 成为主要的贡献者。在成都地区云内过程对雨水中 SO_4^{2-} 的贡献为 70%, 气溶胶对 SO_4^{2-} 的贡献在三地方都较小, 一般不到 10%。气溶胶对 NH_4^+ 的贡献仍然较显著, 在重庆和成都是首要的贡献者。云内过程对雨水中的 NO_3^- 浓度影响较大。由于各地大气中 NH_3 和 HNO_3 等气体浓度不同, 所以影响各因子对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的相对贡献。总的来说, 地面雨水中的各种离子浓度受来自云内过程, 云下气体的化学反应和云下气溶胶的影响, 这三种作用都是不能忽视的, 其相对贡献大小各地有所不同, 也随雨强和离子种类而变化。

表 8 不同过程对雨水离子成分的贡献

地 区	过程	SO_4^{2-}	NH_4^+	NO_3^-
重 庆 (1985)	云内过程	53.0	21.5	25.5
	云下气体	34.1	23.0	44.4
	云下气溶胶	12.9	55.5	30.1
重 庆 (1989)	云内过程	55.3	32.4	42.1
	云下气体	42.3	27.6	52.5
	云下气溶胶	2.4	40.0	5.4
成 都 (1989)	云内过程	69.8	35.9	54.1
	云下气体	24.0	13.9	19.5
	云下气溶胶	6.2	50.2	26.4
贵 阳 (1989)	云内过程	27.3	0	44.2
	云下气体	69.7	63.2	35.8
	云下气溶胶	3.0	36.8	20.0

五、结 论

(1) 云水和雨水化学特性观测表明, 在我国西南地区的重庆和贵阳等重污染城市, 云下过程对雨水的酸化起主要作用, 对雨水中的主要酸碱离子浓度也有不可忽略的、明显的影响。在污染较轻的中小城市和乡村地区, 雨水酸度主要决定于云内过程。

(2) 重庆等西南地区酸雨形成过程中, 都以 SO_2 与 H_2O_2 和 O_3 的氧化作用为主。气溶胶起较弱的缓冲(碱化)作用。

(3) 对重庆和贵阳等一些酸雨严重的城市来说, 当地 SO_2 浓度很高, 已达饱和, 其值增减 50%, 都不会对该地雨水 pH 值有明显影响, 对雨水酸度起控制作用的是氧化剂浓度。

(4) 西南几个城市地区雨水中的 SO_4^{2-} 主要来自云内和云下的 SO_2 氧化过程, 云下气溶胶的贡献一般不超过 20%, 但气溶胶对雨水中的 NH_4^+ 和 NO_3^- 的贡献大一些, 可达 20%—60%。

(5) 总的来说, 地面雨水中的各离子浓度受来自云内过程, 云下气体的化学反应和云下气溶胶的影响, 这三种作用都是应该考虑的, 其相对贡献大小在各地有所不同(污染情况不同), 也随离子种类, 降雨强度和气象条件等而变化。

参 考 文 献

- [1] 黄美元, 沈志来, 吴玉霞等, 1988, 重庆地区云水和雨水酸度及其化学组分的观测分析, 大气科学, 12(4), 389—395.
- [2] 中国科学院自然资源综合考察委员会译, 世界资源, 1986, 能源出版社, 1987.
- [3] 王玉庆, 1993, 中国环境污染的状况和对策, 中国环境科学, 13(4), 241—245.
- [4] 西南酸雨研究课题组, 1984, 重庆和贵阳地区酸雨状况和分析, 酸雨, 1, 1—7.
- [5] 王瑞斌等, 1989, 我国南北方降水化学组分的某些特征研究, 酸雨文集, 中国环境科学出版社, 227—239.
- [6] 李洪珍, 1989, 我国酸雨的区城化研究, 酸雨文集, 中国环境科学出版社, 208—216.
- [7] 黄美元, 植田洋匡, 刘仲仁, 1993, 中国和日本降水化学特性的分析比较, 大气科学, 17(1), 27—38.
- [8] 玉置元则, 1985, 日本酸性雨水化学成分, 环境技术, 14(2), 2—16.

- [9] Bowersox, V.C. and de Pena, R.G., 1980, Analysis of precipitation chemistry at a central Pennsylvania site, *J. Geophys. Res.*, **85**, 5614—5620.
- [10] Galloway, J.N. et al., 1982, The composition of precipitation in remote areas of the world, *J. Geophys. Res.*, **87**, 8771—8776.
- [11] 沈志来、黄美元、吴玉霞, 1989, 上海地区云水和雨水酸度及化学组分分析, *大气科学*, **13**(4), 460—466.
- [12] 沈志来等, 1993, 我国西南地区云水化学的某些基本特征, *大气科学*, **17**(1), 87—96.
- [13] Petrenchuk, O. P. and Drozdova, V. M., 1966, On the chemical composition of cloud water, *Tellus*, **18**, 280—286.
- [14] Dean, A.H. et al., 1981, Cloud water and production of sulfates in cloud, *Atmos. Environ.*, **15**(9), 1597—1604.
- [15] Strapp, J.W. 1988, Winter cloud water and production sulfate, *J. Geophys. Res.*, **93**(4), 3760—3772.
- [16] 刘帅仁、黄美元, 1988, 云下雨水酸化过程数值模拟及重庆酸雨形成机理的探讨, *大气科学(特刊)*, 245—257.
- [17] 刘帅仁、黄美元, 1990, 二氧化硫的垂直分布对云下雨水酸化的影响, *环境科学学报*, **10**(3), 36—42.

A Study on the Formation Processes of Acid Rain in Some Areas of Southwest China

Huang Meiyuan, Shen Zhilai, Liu Shuairan, Wu Yuxia,
Xiao Hui, Lei Hengchi and Bai Chunhong

(*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract

Based on the observations on chemical characteristics of cloud water and rain water and the modeling calculations of rain water acidification, the formation processes of acid rain in the southwestern area of China were studied in this paper. The results show that in the seriously polluted cities like Chongqing and Guiyang, the below-cloud process plays a major role in rain water acidification, and in slightly polluted towns and rural areas, the acidification of rain water are determined predominantly by in-cloud processes. However, below-cloud processes a ways have an evident influence on the concentrations of main acid and basic ions in rain water. The acidification results are mainly from the oxidization of SO_2 with H_2O_2 and O_3 . Atmospheric aerosols only play a weaker buffer and basification role. In the areas of Chongqing, Guiyang and so on, local SO_2 concentrations have got a saturation state, therefore variations with 50% of their values do not have any obvious impacts on local rain water acidity, in this case, the concentrations of oxidizers become the most important control factor.

Key words: acid rain; cloud and precipitation chemistry; modelling of acidification.