

内蒙古西部酸雨的监测和分析

杨淑娴 张荣良 姚素兰*

(内蒙古气象科学研究所)

提 要

本文对1983—1985年内蒙古西部部分地区966次降水样品的pH值进行了分析整理，发现了监测区pH值的一些时空变化特点，并结合内蒙古西部土壤、气候、大气环流及天气系统等方面的情况，对监测地区酸雨成因进行了探讨。主要结论是：1) 内蒙古西部已监测到酸雨；2) 呼和浩特西南黄河河谷一带是pH值的相对低值区；3) 监测区酸雨的形成既与当地污染条件有关，也与兰州地区污染物的远距离输送有关。

一、引言

内蒙古地处中纬度地带，干冷空气多来自荒漠、沙丘和草原，河套有大片碱性下垫面，大气中的碱性颗粒物多，对酸雨的产生可能有一定的抑制作用。但夏季季风的北上，可能将内地工业区的酸性污染物携带北上；内蒙古西部是主要产煤区，燃煤量逐年增长；伊盟水玻璃生产过程中释放出 SO_2 ，而且规模正在扩大，这些又都是形成酸性雨的有利条件。为弄清这些问题，为内蒙古的环境治理、酸雨的预防等措施的制定提供一些科学依据，在呼和浩特附近设置了监测网点。

二、监测选点及采样

1. 采样点：各站为全年观测，但冬、春、秋各季记录甚少，降水主要集中在5—9月份。这些站点除召河在大青山北坡，内蒙古科所和上高台在大青山南面沿山一带以外，其余几个点分布在呼和浩特市南郊和西南方的土默川平原，以及黄河河谷里。各观测点相对于附近城市方位见图1。

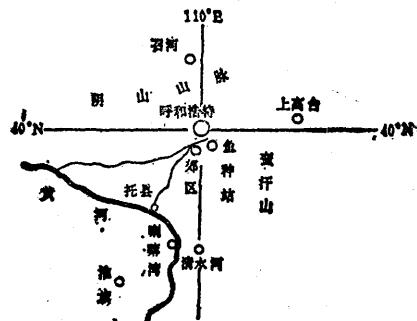


图1 观测网点分布图

2. 采样方法：在一次降水过程中每3小时采集一次雨水，采集雨水的仪器是统一的聚乙稀塑料盆。接雨前先用蒸馏水冲洗，然后将接到的雨水用定性滤纸过滤，再用国产pHs-29A型酸度计测定。这样共取得资料966个。其中5—9月各站取样次数如附表。

三、内蒙古西部监测区酸雨的一般情况

1. 出现了酸雨，但目前机率还不大。图2给出了1984—1985年6—8月pH值的频

* 参加此项工作的还有王丽春、宋雪峰等。

附表 1983—1985年5—9月pH值及采样次数

年份	项目	5月	6月	7月	8月	9月	合计
1983	均 值	7.13	6.69	7.26	6.80	7.02	6.92
	范 围	6.40—7.75	6.18—7.36	6.09—8.43	5.19—8.11	6.50—7.50	5.19—8.43
	样 品 数	9	16	18	44	11	98
1984	均 值	6.91	6.59	6.62	6.05	5.13	6.44
	范 围	5.20—8.50	3.40*—9.50	4.50—10.20	3.77—8.40	4.70—7.00	3.40*—10.20
	样 品 数	42	117	135	139	6	439
1985	均 值	7.14	7.10	7.42	6.82	6.65	7.00
	范 围	4.30—8.20	5.30—8.20	5.90—10.90	5.10—8.90	5.30—7.90	4.30—10.90
	样 品 数	38	32	89	166	41	366
3年平均		7.03	6.69	6.96	6.51	6.56	6.75

* 仅供参考

率分布，曲线是明显接近正态分布的，是比较连续的。5.6以下（即酸雨）共占16%。主要频率分布在5.7—8.6之间，可见呼和浩特地区确实出现过酸雨，但大部分（82%）降水的pH值接近中性。pH值大于8.6的只占2%（即偏于碱性的降水）。

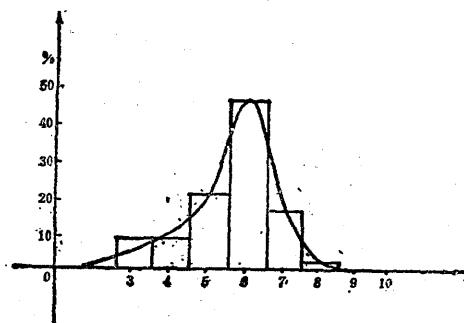


图2 pH值频率分布图

2. 酸雨相对集中在8月份。pH值年际变率大。从附表可以看出，在5—9月中以8月的pH值为最低（6.51），5月最高（7.03）。极值的情况同月平均一致。从年际的总体平均看，1984年为pH的低值年，为6.44，1985年最高，到达7.00。从这种年际变化看，还看不出酸雨有逐年变严重的趋势。这说明形成内蒙古监测地区酸雨的原因主要不是当地局地原因，可能还有其它外来因素的影响。但是个别站的情况应该引起

严重注意，准旗1984年在44次取样中测得酸雨为6次（约占14%），1985年在站平均pH值普遍上升的时候，准旗酸雨出现的次数上升到17%（9/52）。对准旗来说，当地因素是重要的。

3. 呼和浩特西南沿黄河河谷一带是酸雨相对集中的地方。图3a、图3b分别给出了1984年8月和1985年8月平均pH值的地区分布。1984年是pH值的低值年，1985年是高值年，这两年的8月份都有较好的代表性。可以看出，不论是高值年，还是低值年，河湾地区—喇嘛湾、准格尔（托县）一带相对都是低值区。这一带维持低值区可能有多方面的原因：一是这里本来属于煤田开发区，燃煤非常方便；二是地势低，南面是鄂尔多斯高原，北面是大青山，东边是蛮汗山，污染物夜间受山风的影响容易向这里集中，白天没有足够大的谷风，不容易向远处扩散。从等值线的走向看，低值区有从喇嘛湾河谷一带向东北伸展的趋势，尤其1985年8月份更为明显。这说明这一带酸雨虽是多方面的原因造成的，但当地的因素也在起作用。

4. 雨水中硫酸根离子浓度大。对水样进行 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 测定的结果发现， SO_4^{2-} 离子浓度和相对于 NO_3^- 、 Cl^- 离子

的比值，都较高。以1983年上高台、小井沟为例， SO_4^{2-} 浓度最高达 4.200mg/l ，最低为 8.00mg/l 。平均为 19.83mg/l 。 NO_3^- 离子浓度最高为 12.70mg/l ，最低为 0.10mg/l ，平均 2.96mg/l 。两者平均浓度之比为 $6.70:1$ 。这比南京（ $5:1$ ）高，也比美国东部（ $2.17:1$ ）高。

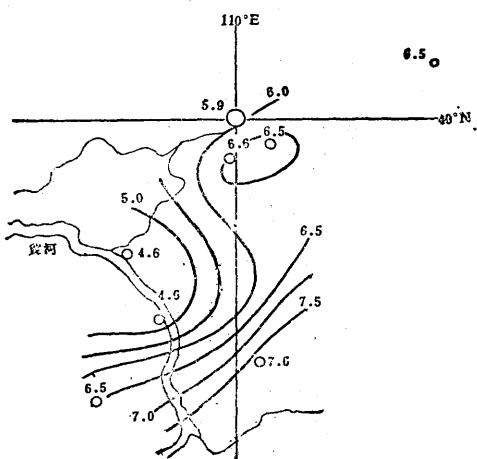


图3a 1984年8月平均pH值分布

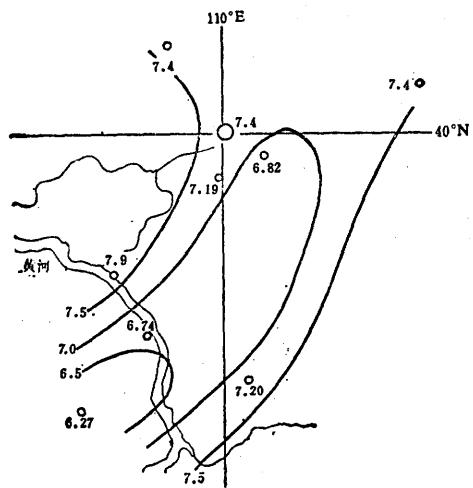


图3b 1985年8月平均pH分布

再以1985年清水河、气科所为例， SO_4^{2-} 最高浓度为 13.40mg/l ，平均为 7.11mg/l 。 CL^- 离子的最高浓度为 1.88 ，平均为 1.33 。两者平均浓度比值为 $5.35:1$ 。

根据以上4个站点测量的结果，把 SO_4^{2-} 离子的浓度与pH值点成相关曲线（图4）可看出，浓度同pH值成反比趋势。以当前呼和浩特地区的 SO_4^{2-} 离子平均浓度（ 19.83 ）计算，对应的平均pH值应在 6.3 上下，这同上面所说的当前呼和浩特地区酸雨状况的分析结果是一致的，因此这条曲线有一定的地区代表性。内蒙古西部属于大陆性气候，比较干燥，土壤盐碱地较多，土壤中的碱性粉尘很容易扩散到空中，对降水的酸度造成某种程度的中和。从而使酸雨的产生机会目前还不多。

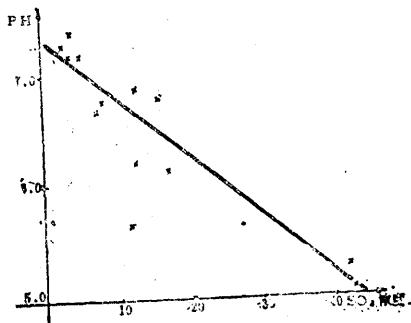


图4 pH与 SO_4^{2-} 浓度相关图

5. 在较大降水过程中，pH始值较高，然后有下降趋势。以几次较大的降水过程为例：

① 1984年7月25日，是一次中雨过程，25日晨（ $4^{40}-6^{38}$ ）断续有雷，阵雨只到7时前后，7时15分开始转为稳定性降雨。这次降水中，多数站（如上高台、鱼种站、气科所、准格尔等）的pH值是在25日上午出现明显下降的，显然不是当地的放电影响的。

② 1984年8月18日是一次中雨过程，无雷电，全过程均为稳定性降水，大部测站在降雨过程中，pH值出现明显下降。且多数站达到酸雨标准。

③ 1985年8月23日是一次大暴雨过程，无雷电，全过程为稳定性降水。降水开始后，准旗的pH值从 6.2 下降到 5.1 ，

23—24日，维持低值(<5.6)。除大青山北坡的召河站一直维持中性变化不大外，其余各站均有下降，有的明显，如上高台22日晚21时为8.2，23日晚22时30分pH值下降到5.9。

前面谈到内蒙古西部大气中的碱性颗粒物可能较多，对雨水中的酸根离子起到一定的中和作用，致使酸雨机率不大，但是随着降雨过程时间的延长，大气中的碱性颗粒物逐渐洗刷，含量减少，此时pH值却开始下降，酸度增加，这就说明高空的雨水本来就有较高的酸度。

四、内蒙古西部降雨酸度 同大气环流系统的关系

内蒙古西部监测地区沿黄河河谷地带有稳定维持的pH低值区，这是同当地的条件分不开的，但是这里还有其它许多特点不能用当地的条件给以说明。从宏观的角度看酸雨的成因有二：一是受当地特殊的污染源条件的影响，通过当地的物理、化学过程而形成酸雨，这就是局地成因。但是某一地区的天气从来都不是封闭的系统，在分析大气酸性污染源的时候，还要考虑有利的大气环流条件，对酸性污染物的远距离输送。

1. pH值变化同气候和降水过程的关系

从前面的分析中不难看出，平均pH最低值出现在8月份，这同内蒙古的气候可能有关系。内蒙古西、中部地处内陆，一年四季高空多西风，只有盛夏（其它季节中的较大降水过程）才有大范围的偏南气流吹向该区。内蒙古夏季降水的气候特点是，较大的降水多集中在7月末到8月份。从大气环流的平均情况看，8月是偏南气流最为活跃的时期之一。8月份pH值平均最低同这一点不无关系。另外我们从统计中发现8月份日降雨量 $\geq 20.0\text{mm}$ 降雨过程次数同逐年平均pH值变化有很好的相关关系：1983年为

4次(4天)，1984年为4次(5天)，1985年为1次(2天)。对应1984年平均pH值最低，1985年平均pH值最高。而每次较大大降水过程的出现，对内蒙古西部、中部地区来说，都少不了对流层中层的偏南气流，这就说明至少在对流层下半部偏南气流同pH平均值高低有较好的关系。

为了具体地弄清楚同偏南气流的关系，需要进一步考虑前面谈到的较大的降水过程。

2. 较大降雨过程的环流和系统

以前面谈到的3次比较明显的降水过程(1984.8.18, 1984.7.25, 1985.8.24)为例。由3次过程的500hPa平均形势图(图5)可以看出，监测区处在较强的海上

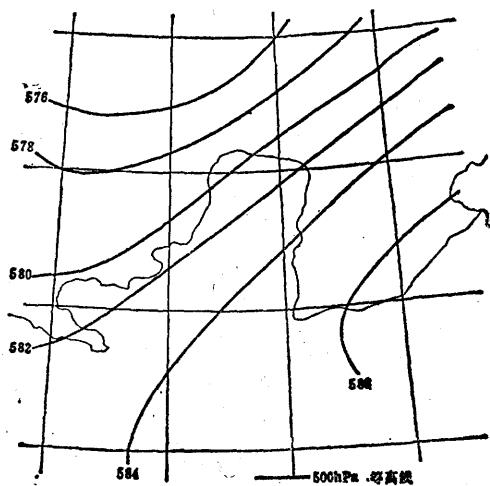


图5 酸雨个例平均500hPa形势图
图中数字为平均位势高度

高压(副热带高压)的后部，500hPa从青藏高原东北部有明显的西南气流伸向监测区，这是一支在对流层中层可以向内蒙输送污染物的通道。从700hPa同降水过程对应的低涡活动情况(图6)可以看出都有来自偏西、南地区的低涡配合，影响监测地区的降雨。

以1984年8月18日为例：16—17日

低涡经过兰州附近，兰州的高空风，由 17 日 08 时的西南风到 18 日 08 时转成西北风，说明兰州曾经一度处在低涡前。17 日 20 时低涡再经过银川，18 日 08 时到达伊盟西部，18 日白天正是低涡迫近监测地区的时候，也正是这个时候，监测区 pH 值出现明显降低而到达酸雨标准。18 日 20 时低涡已移到乌盟东北部，pH 值又转为上升。

再以 1985 年 8 月 23—25 日的大暴雨过程为例。低涡源于兰州以南，23 日 08 时兰

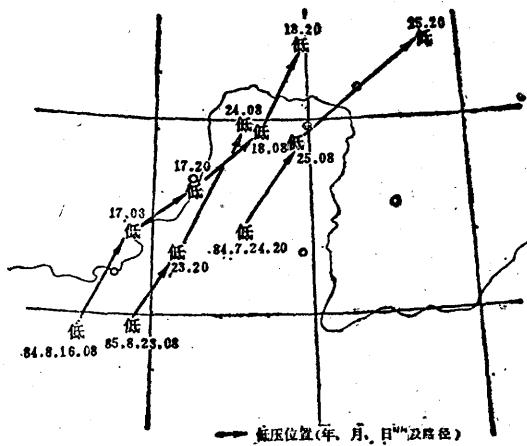


图 6 3 次酸雨过程低涡活动路径图

州 700hPa 为东南风，23 日 20 时为西北风，说明低涡途经兰州附近时兰州曾处于低涡的前部。23 日 20 时低涡到达伊盟西部，维持 12 小时少动，24 日 08 时伊盟西部还有低涡存在，而分裂的低涡 24 日 08 时已移到西苏旗附近，准旗也是在 23 日夜间到 24 日晨 pH 值明显下降到达酸雨标准的。

从这里看到监测区 pH 值的变化，同环流系统有密切的关系，这种关系主要表现为通过有利的环流系统，可以把上游地区（如兰州）的工业酸性污染物向监测区输送。

3. 典型过程的质点轨迹和酸性污染物质传输的可能机制

为了进一步检查上面关于酸性物通过远距离输送影响我区酸雨的看法，我们进一步以一次典型酸雨降雨过程（1984 年 8 月 18 日）为例，追踪监测地区上空的空气质点。由于资料所限，不能进行三维的追踪，只能在等压面上作准水平的追踪。图 7 给出了这次过程 700hPa 和 500hPa 降酸雨时监测地区上空的空气质点的轨迹。18 时 08 时在伊盟上空 500hPa 的质点，24 小时前（17 日 08 时）在甘肃北部。18 日 08 时呼和浩特上空 500hPa 的质点，36 小时前（16 日 20 时）在甘肃南部。东胜、呼和浩特间的空气质点正是大批地来自兰州一带。700hPa 的空气质点主要来自陕西。

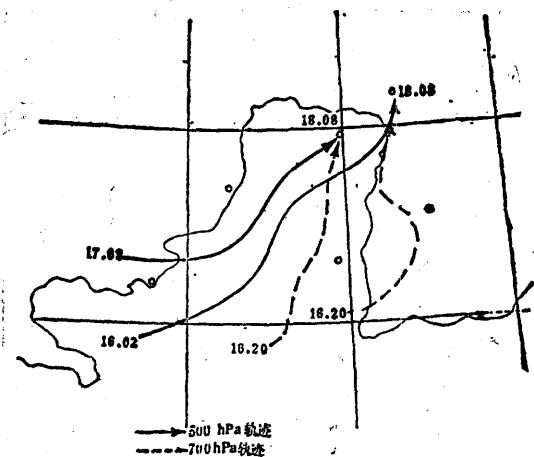


图 7 空气质点轨迹图

是否可以这样设想，16 日 08 时—17 日 08 时经过兰州的低涡，其前部的上升运动把这个工业城市排放的酸性污染物逐渐带到对流层中层，然后顺着对流层中层向内蒙古伸展的气流通道输送到监测地区，并随着降雨过程降落到地面。