



“酸雨”

莫天麟

(南京大学气象系)

在对流层大气中经常存在着尘埃等悬浮粒子，这些微粒有的来自自然界，有的是人类活动所产生的，它们既能反射太阳光线，又能吸收太阳光，还可以起水汽的凝结核作用。这些粒子对太阳光的反射、吸收以及起凝结核的作用取决于它们的谱分布和化学成分。从大气中通过降水清除这些微粒物质基本上有下列的几个过程：(1) 当云素形成时，气溶胶粒子作为凝结核而被消耗；(2) 布朗运动的结果，使气溶胶粒子随后粘附于云素；(3) 气溶胶粒子被下降雨滴所捕获。因此，这些过程对降水的化学成分都有一定的贡献。一般认为，80—90% 的气溶胶粒子（按质量计）是在各种降水过程中排出大气的。由此可知，降水化学成分既与云雾降水过程有关，又与大气污染程度密切相联，是大气污染物的迁移、转化研究中必不可少的一个环节。

据文献报道，降水中污染物主要有三类：(1) 影响雨水酸度（“酸雨”）的离子物质；(2) 营养物例如溶液或悬浮物中磷和氮；(3) 有毒的痕量元素——金属（例如铅）或有机化合物（例如多氯联苯）。现在降水的 pH 和大气、降水中的痕量金属元素都已成为大气化学的研究课题。

大家知道，溶液酸度的通用量度是 pH 值，它定义为氢离子浓度对数的负值。pH 值的大小范围由 0 至 14，数值 7 表示溶液呈中性，低于 7 表示酸性，高于 7 表示碱性。pH 值的尺度是对数的，所以 pH 值为 6、5、4 的溶液分别表示每升中含有 1、10、100 个微当量酸度 (H^+)。

顾名思义，“酸雨”就是酸性的降水（包括雨和雪）。那末自然降水是不是酸性？自然降水到何程度才称酸雨？酸雨又是什么原因造成的？酸雨对自然界环境又有何影响？这些都是我们要讨论的问题。

要想知道自然降水是否酸性，首先得了解降水的化学性质是由什么决定的。我们知道，由蒸发和蒸腾而来的水蒸汽，凝结得到的是纯水或蒸馏水。然而，实际上当水蒸汽进入大气时，它就在一些固体粒子（凝结核）上凝结，并与大气气体达到平衡。当大气中二氧化碳溶于水中时就形成碳酸，它是一种弱酸，在蒸馏水中稍稍离解，产生氢离子和碳酸氢盐离子 (HCO_3^-)。大气中二氧化碳浓度在 150 和 400 ppm 之间，结果降水 pH 值在 5.5 和 5.7 之间；一般认为，在标准的大气二氧化碳浓度和压力下，降水的 pH 值为 5.6。

然而，进入大气的其它物质会以各种方式改变降水的 pH 值。例如，风把地面的尘埃粒子吹入低层大气，土壤粒子在蒸馏水中通常略具碱性，它向含有碳酸氢盐（通常为相应的阴离子）的溶液中释放碱性阳离子，如钙、镁、钾和钠 (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ 和 Na^+)，主要来源于土壤和腐烂有机物的因微生物作用产生的氨气，也能使降水的 pH 值增大；沿海岸地区海水浪花对降水的化学性质影响很大，这时增加的大量离子都是海水中最丰富的离子，即阳离子 Na^+ 和 Mg^{++} （钠和镁）、阴离子 Cl^- （氯）以及少量钙和钾的阳离子 (Ca^{++} , K^+) 和硫酸盐阴离子 (SO_4^{--})。

来自火山和其它自然源的气体，例如二氧化硫 (SO_2) 和硫化氢 (H_2S) 也能局部改变降水的化学性

质。二氧化硫和硫化氢经氧化后在大气中与水蒸气化合为硫酸；同样，氮的氧化物也可以转变成硝酸，它们都会使降水的pH值减小。

因此，降水的化学性质完全取决于大气中这些不同物质的相对含量。这些物质的相对含量却是因时因地而异的，例如在沿海地区，风向海岸时的降水一般可看作很稀的海水；在风大、植被稀少的地区（如沙漠），降水会含有较多数量的碱性阳离子；钙质土壤地区的降水常含有钙和碳酸氢盐，大概是由于加入了尘土的缘故，降水的pH值常常远大于6。当然，随气团远距离输送来的物质对降水的pH值也有其作用。

冰川和大陆冰层中保存着产业革命以前降落的雨水，其pH值一般在5以上。瑞士的科学工作者最近在格陵兰测量了那里冰的pH值，这些冰是由大约180年以前的雪变成的，其pH值在6—6.7之间。

通常城市大气中含有工厂废烟的二氧化硫和氧化硫以及汽车尾气中的氮氧化物，这些氧化物在大气中可以转化成强酸，并含在降水中降落到地面，因此城市降水就呈酸性。特别燃烧炉内生成的SO₂与水蒸汽(H₂O)结合，成为硫酸(H₂SO₄)蒸气，从燃烧炉进入烟道冷却时，吸附在微粒的表面，生成浓硫酸的液滴，与废气同时从烟囱直接排放到大气中。如果它们大量出现，就能使降水酸化到pH值在5.6以下。酸雨的标准就是降水的pH值小于5.6。

近数十年来，很多地区的降水酸度明显增加，一般认为，其主要原因是由于燃烧化石燃料产生硫和氮的氧化物所引起的。

美国东部和西欧部分地区的降水，在以前曾是近乎中性的，而今已变为硫酸和硝酸的稀溶液了。

现在世界广大地区的降水酸度要比未污染大气的最低期望值(pH=5.6)大5—30倍，个别风暴中雨水的酸度甚至比期望值大数百倍到数千倍。

据报道，在英格兰东部和西威尔斯农村，雨水是酸性（一般pH=4.2）的；在美国东部、加拿大东南部和西欧的广大地区，降水的年平均pH值为4—4.5；在1973—1978年期间，日本东京地区降水的平均pH值为4.52。迄今所报道的欧洲单个风暴的降水最低pH值是2.4，其酸度竟和醋酸相当，这是1974年4月10日在苏格兰的皮特洛赫里测到的。在同一个月里，分别在挪威的西海岸和遥远的冰岛测站报道了2.7和3.5的pH值。迄今记录到的pH年最低值是1967年在荷兰的德比尔特测到的3.78。

通常，降水的pH值在污染排放源附近最小，并随距离的增加而增大。

目前在有些地区例如在印度中部森林中，降水的平均pH为7.31±0.11，呈碱性；部分原因也许是森林地区降水中溶解的CO₂比在其它地区中的少；而这些降水中溶解较多的来自土壤、腐败植物中因微生物

作用产生的氨可能是主要原因。

据我们的观测，自1979年11月至1980年5月，南京市区降水的pH平均值为6.00，变化幅度从4.10—7.93。从我们已作的分析来看，降水中还存在Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Mn⁺⁺和Fe⁺³阳离子以及阴离子Cl⁻等。

那末酸雨对环境和人类究竟有何影响呢？从已有的报道来看，酸雨会改变湖泊和河流的水质，危害动植物，影响土壤的性质以及森林和淡水的生态系统，还可能要腐蚀金属等物品。目前已有资料表明酸雨会影响森林的生长。由于酸性降水的结果，已发现挪威南部、瑞典南部、英国、荷兰、东德和美国佛罗里达等地的淡水都被酸化到pH值小于5。这种淡水生态系统的酸化导致很多变化，其中大部分包含生物学作用降低和营养物循环的重要改变。例如，在酸水中分解有机物作用小些，结果增加有机物的积累；浮游植物、浮游动物和鱼类都将发生变化，它们的种属的数目全都将减少。实际上，在这些地区的酸化湖泊内，鱼类已经严重减产甚至灭绝。

由于担心酸雨对环境造成威胁，挪威、瑞典、美国和加拿大都对此加以重点研究。

据观测，自1979年11月至1980年5月，我们在南京市区收集的54份降水样品中，有14份样品的pH值小于5.6，即酸雨。这说明南京市区接受酸雨的概率为25.93%，具有一定程度的酸性离子物质的污染，应该引起我们足够的重视。

我国其它城市和地区降水的酸度如何？也应该引起我们的关切，逐步开展观测研究。

《水利水电技术》(水文副刊) 更改刊名启事

《水利水电技术》(水文副刊)原为季刊，限国内发行。现经水利部批准，自1981年1月起改名为《水文》，为双月刊，每逢双月25日出版，对国内外公开发行。

《水文》为我国水文科技方面的综合性刊物。刊登内容包括：水文基础理论的实验研究，水文站网，测验，资料处理与服务，水文分析与计算，水文预报与水情传递，水资源的调查与评价，水质的监测与预测，电子计算机、遥感及其他新技术在水文及水资源上的应用，测验仪器设备的研制，国内外水文科技情报与动态等。以介绍国内经验为主，也适当介绍国外先进技术。本刊读者对象主要是我国广大水文工作者、水利水电单位以及其他有关部门的科技人员、水利水电大专院校和中技学校师生等。

《水文》期刊为16开本，每期48—64页，每期定价0.30元。需订本刊者请到全国各地邮局办理订阅手续。

水利部《水文》编辑部