

科学与社会

要进一步重视我国酸雨问题

黄 美 元

(大气物理研究所)

【摘要】 酸雨是当代世界上重大的环境问题之一，也严重地影响着我国人民的生产和生活。本文就酸雨对我国不同地区的影响程度和我国酸雨形成、输送的特征以及控制酸雨的策略问题进行了讨论。

大气中不同来源的酸性物质转移到地表面的过程，称为酸沉降，即通常所说的“酸雨”。“酸雨”这一术语，1892 年首先由英国化学家史密斯在其“空气和降雨：化学气候学的开端”一书中使用。19 世纪到 20 世纪 50 年代中期，在有关酸雨的形成和对生态的影响方面进行了不少研究，但没有受到应有的重视。随着工业的发展，直到本世纪 60 年代，瑞典土壤学家奥登对湖沼学、农学和大气化学的有关纪录进行了综合性研究，发现酸性降水是欧洲的一种大范围的现象，降水和地表水的酸度正在不断升高，含硫和氮的污染物在欧洲可以迁移上千公里。1967 年奥登确定了雨水酸度明显变化的地理范围及其与燃烧化石燃料使 SO_2 (二氧化硫) 排放量增加之间的关系。在 1970—1977 年间进行了一次大规模的研究：“跨越国境的空气污染：大气和降水中的硫对环境的影响”。它被作为实例研究报告提交给 1972 年在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境大会。从此更多的国家关注这一问题，研究规模不断扩大，相继发现酸雨对生态环境的严重危害：使水体酸化，危害鱼类和水生生物，使森林衰亡，土壤贫瘠化，伤害植物，腐蚀建筑材料和文物古迹，影响人体健康等等，并对酸雨的形成和输送过程的认识有相当大的进展。当前酸雨在欧洲、北美、日本以及全世界都被认为是一个重大的环境问题。

我国对于酸雨问题的注意和监测始于 80 年代初，中国科学院等单位的科学家首先开展了酸雨的研究。“六五”期间中国科学院和国家环保局都立题组织在川黔等地区进行研究，“七五”期间酸雨被列为国家科技攻关课题，分别对川黔和两广两个典型地区进行了较系统和深入的研究，极大地提高了对我国局部地区酸雨的来源、形成及危害的认识，并提出了相应的防治对策。下面对我国酸雨的状况和问题作些分析。

一、我国酸雨在发展

据监测，我国酸雨的分布形势大体为：长江以北(除青岛等个别地方以外)基本上没有酸雨，长江以南许多地区存在着酸雨，其中以重庆、贵阳、南昌、柳州等地最为严重。80 年代川、黔和两广四个省区酸雨形势在发展，表现为降水平均酸度在增加，酸雨出现的频率和面积在加

大。例如在“六五”期间,四川盆地的酸雨主要发生在成渝铁路线和长江沿岸附近地区,但到80年代末,酸雨范围已基本上扩大到整个四川盆地,贵州中部大部份地区也成为酸雨区。这与当地工业的发展和乡镇企业的兴起有关。在广州,以前基本上没有严重的酸雨,但1987年以来雨水酸度急剧增加,其pH值已低于4.5。有人分析指出,这与珠江三角洲及香港的电厂排放出的SO₂量急剧增加密切相关。重庆以南约100公里四面山,是一个风景旅游点,“六五”期间降水为中性,但近年来已变为酸性。据中国科学院进行的飞机空中采样和观测结果表明,1985年重庆上空的云水还是中性的,但到1989年重庆以及成都、贵阳等地上空的云水都已经酸化。

全国酸雨发展形势怎样?到本世纪末我国酸雨状况如何?这些都应进行很好的研究和估计。我国能源结构以煤为主,随着工业的不断发展和车辆的增多,燃煤量和燃油量也日益增加,带来大气中的致酸物SO₂和氮氧化物的浓度将相应增大,如不加以切实控制,可以预计我国酸雨问题会变得更加严重。对此,我们一定要予以重视。

二、酸雨危害令人注目

国际上对酸雨给生态环境造成危害的认识是一致的,但在危害程度的估计、危害的机理等方面仍有不同意见。我国在“七五”期间通过对四个省区酸雨的研究,已初步确定,酸雨对森林、农作物以及金属和建筑材料有危害作用,并造成了可观的经济损失。

酸雨通过对叶片和根系的伤害,影响光合作用和树木生长率。受危害的林木长势衰弱后,容易引发病虫害,严重的使林木死亡,影响森林的生长量和生产力。最容易受害的树种有马尾松、冷杉、华山松等。川、黔二省受害的森林面积约有40万公顷,经济损失每年约为24亿元;两广地区约有50%的森林面积受到酸雨和SO₂污染影响而减产,造成每年约10亿元的经济损失。

农作物中对酸雨和SO₂污染比较敏感的有小麦、玉米和油菜籽,蔬菜比大田作物更容易受酸性降水的危害,比较敏感的品种有:萝卜、西红柿、黄瓜、茄子、芹菜等。据两广的初步估算,农作物和蔬菜受酸雨侵害的面积约占总种植面积的10%左右,粮食减产幅度为5%,蔬菜减产幅度在5—10%,经济损失每年大约2—3亿元。

川、黔地区大多数水体对酸性降水不太敏感,近期内也不太可能被酸化。两广地区有部分水体酸化,使渔业受到损失。

酸雨对金属材料、涂漆料、建筑材料等有腐蚀作用。腐蚀率在重酸雨区(pH ≤ 4.5)比非酸雨区高数倍到十几倍。重庆嘉陵江大桥所受的腐蚀比南京长江大桥严重得多。金属材料中被酸雨腐蚀影响最大的是碳钢和铝。据初步估算,材料腐蚀的经济损失约占该地区(省)国民经济生产总值的0.3—1.0%。

上面只是对南方四省研究的结果,全国情况怎样还有待研究。酸雨对生态环境的影响有直接的,其后果在短时期内会反映出来,但更多的是长期的、累积的影响,如对土壤的影响,不是短时期内能明显表现出来的。另外酸雨对生态环境的影响,常常与其它大气污染物如高浓度的SO₂和O₃(臭氧)等复合在一起,往往难于确定单一因子的作用,因此酸雨对生态环境的影响需要作进一步深入的研究。

三、我国酸雨形成和输送的特点

国际上有一个约定俗成的酸雨标准,即当雨水的 pH 值小于 5.6 时称酸性降水。但各国降水的化学特性、酸雨的形成和输送过程不尽相同。我国酸雨有其自己特点。几年来的分析研究已经确定,我国酸雨属硫酸型,降水中的离子浓度很高,其中较突出的是硫酸根和钙离子,其浓度比美国分别高约 3 倍和 10 倍。这与我国大气污染特点有关。我国能源结构以燃煤为主,SO₂ 的排放以民用面源和工业低烟囱排放为主,因此在我国大城市附近的近地层大气中 SO₂ 浓度很高,平均比欧美国家高 2—4 倍,而在广大农村 SO₂ 浓度还是很低的。另外我国大气中的气溶胶(或说尘埃、颗粒物等)浓度也很大,比欧美国家大约高 10 倍上下。

研究酸雨的形成过程,不仅有重要的科学意义,而且是制定正确的酸雨控制策略所不可缺少的理论基础。国外流行的观点认为,酸雨主要形成在云中,雨滴在云内生长过程中已经酸化。但在我国酸雨的形成既有云中过程,也有云下过程。在一些重酸雨地区,如重庆和贵阳等地,雨水的严重酸化主要发生在从云底降落到地面的云下过程中。在很多地方云下过程对雨水中多种离子浓度的增加起重要作用,特别是近地层高浓度的 SO₂ 和气溶胶对云下过程的影响最大。研究还表明,我国酸雨的形成主要是 SO₂ 通过氧化剂(过氧化氢和臭氧)的作用而形成硫酸。在一些 SO₂ 污染严重的大城市,相对于氧化剂浓度来说,SO₂ 的浓度是过量的,因此在那里 SO₂ 浓度的变化对雨水酸度不敏感,控制雨水酸度的关键因子是氧化剂浓度。但在广大农村 SO₂ 浓度很低,相对于该地的氧化剂来说是不足的,因此如果农村 SO₂ 浓度上升(由于乡镇企业的发展或城市污染物的扩散和输送),雨水酸度会迅速增加,形成酸雨。由于我国各地地形、气象条件不同,大气污染情况各异,各地上空的云水酸度也有差别。据最近的飞机采样分析表明,川、黔和两广上空的云水已基本酸化,上海云水有时呈酸性,北京基本为非酸性。但因观测资料还较少,而且随时间会有所变化,因此继续对我国若干典型地区云水、雨水进行监测,进一步研究雨水的酸化过程是十分必要的。

我国大气中气溶胶浓度很高,西南地区气溶胶呈弱酸性(pH = 5.0 左右),所以对有较重酸雨(pH < 5.0)的地方,气溶胶对雨水的酸化起缓冲或中和作用。我国北方气溶胶呈碱性(其 pH 值在 6—7),可能这是北方没有酸雨的重要原因之一,另一个重要原因是北方大气中氨的浓度很高,所以虽然在华北、东北 SO₂ 的排放量也很高,但目前还未出现酸雨。这样就提出一个问题,除尘虽然是净化大气的一个方面,但是否因此会加重酸雨出现的可能?

酸雨是一种区域性的污染,酸污染在大气中随气流可以传输到几百公里以至成千公里以上。如:英国的污染物可以输送到北欧、中欧广大地区,美国“硅谷”的污染物可以输送到加拿大。我国和邻国之间是否有污染物的相互输送?是值得加以重视和研究的课题。我国领土辽阔,因复杂的地形和气象条件的影响,各大区和省之间酸污染的输送情况也十分复杂。几年来国内已建立了一些数值模式和分析方法,可以研究污染物在大气中的传输。初步研究表明,川、黔两省的酸污染以本地区来源为主,外来输送影响为辅;在上海和江浙地区则长距离输送的影响不可忽视,两广的污染物可以输送到上海。但到目前为止,全国酸污染的输送状况还没有一个清晰的图象,如各省区之间的输送量是多少?哪些地方是最敏感的酸污染源?有哪些主要的输送路径?这些都是酸雨研究中亟待解决的问题,不弄清楚它们,就无从确立全国控制酸雨

的策略。

四、要深入研究控制酸雨的策略

表面看来,控制酸雨并不难,既然酸雨是由于 SO_2 和氮氧化物的人为排放造成的,那么控制或削减 SO_2 和氮氧化物的排放,就能达到控制酸雨的目的。其实不那样简单。例如 70 年代以来美国 SO_2 的排放量已减少了 30% 左右,但是美国雨水中的酸度并没有明显降低,欧洲、日本也有类似情况。酸雨的控制当然有技术和工艺问题,但首先是科学问题。提到控制,就有一系列问题要解决,如控制什么? 控制(削减)到什么程度? 在哪里(哪个地区,哪些污染源)和什么时间控制效果最佳? 为此就要进行几个方面的研究: 第一,要弄清楚源和受体之间的关系,具体说要研究 SO_2 等污染物的排放量与雨水酸度或酸沉降量之间的关系。已有的研究指出,二者之间一般是复杂的非线性关系。减少 SO_2 的排放量并不一定使酸沉降量按比例减小。国内的研究进一步表明,对有些重污染城市,如重庆、贵阳等, SO_2 浓度相对氧化剂来说是大大超量的,即使 SO_2 浓度降低 50%, 那里的雨水酸度也不会有明显降低。但在另外一些地方,降低 SO_2 浓度将会显著减轻酸沉降量。第二,要明确各地酸污染的来源和全国酸污染输送情况。有的地区以局地源为主,则削减本地的排污量会有良好效果。有的地区外来输送占相当大的比例,考虑治理的范围就不能局限于本地。就全国来说,可能有些地区的污染可以影响下风方向很大范围,就不能在那里建重污染的工厂。另外污染物在大气输送过程中会逐渐扩散、转化、沉降而稀释,在一定条件下可以使污染物浓度降低到无害的程度,要充分利用大气的这种自净能力,就要研究各地区对于酸污染的大气容量和稀释能力。第三,要确定各地区对生态环境产生危害的酸沉降量阈值,了解全国酸沉降临界负荷的分布。各地的土壤、水体性质有异,森林和农作物的品种不同,加上气象条件(雨量、温度、湿度等)的差别,酸沉降的临界负荷量也是不同的。这是确定污染物的控制标准和削减量必需考虑的依据。如在我国南方的红壤地区,对酸沉降比较敏感,对其控制就要严;北方土壤多呈碱性,增加些酸沉降可能还有好处。综合以上几方面的研究,就可以制订全国和地区性的控制酸雨的策略,进而建立最优化方案,并在此基础上再认真考虑适合我国国情的治理技术。

我国对酸雨问题的研究起步较晚,经过这几年的努力虽然取得了一些成绩,但很多问题仍缺少全面深刻的认识,还谈不上建立全面的对策。希望主管部门予以重视,加强组织酸雨问题的攻关和对这方面研究的支持。