

美国海洋大气局的酸雨研究计划

(1980年1月, 草案)

1. 引言

酸雨是我们目前所面临的一个重大的环境问题。大量人为的和自然生成的物质排入大气, 最终又返回地面, 引起土壤和地面水的化学性质发生改变(有时甚至是永久性的)。做为这类沉降过程的一部分——酸雨, 近年来引起了科学家和广大公众的关注。欧洲的科学工作者是最早发现这一现象的存在的(Oden, 1968)。七十年代初, 美国的研究人员发现美国东北部的降水酸性同样在增强(Likens等, 1972年)。目前世界上许多地方都有酸雨出现, 它对环境的影响应加以重视。

由于测得的降水酸性比预想的强得多, 科学家们开始探索它可能产生的影响。阿迪龙达克(Adirondack)湖泊的鱼类减少, 就是酸性增强所造成的后果之一。酸雨还会降低土壤的肥沃程度, 使得农作物质量下降, 以及造成建筑物和石质纪念碑损坏等。最易因酸雨受到生态危害的是那些石灰岩成份较低的地区, 如美国东北部、加拿大东部以及欧洲北部的冰川作用地区。

象雨水这样一种溶液中的酸性与氢离子(H^+)的存在是具有同等意义的。通常以pH做为酸性的量度, 它被定义为氢离子含量的负对数(如图1所示)。pH值的范围从0至14, pH为7时表示中性, 低于7说明酸性强, 高于7说明碱性强。假如雨水生成在只含空气和 CO_2 (330ppm)的大气中, 那么与此 CO_2 平衡的雨的pH就是5.6, 即弱酸性。pH5.6被视为酸雨的上限(酸性最弱)。图1所示是世界不同地区的

各类pH值。南半球边远地区的pH大致为5。北半球不受海洋影响的边远地区的pH平均为4.5。美国东北部和北欧那些污染较严重的地区, pH值平均为4.0。个别的降水酸性达到了pH3。

使雨水变酸的物质是什么呢? 通过几年的降水化学分析我们认识到, 使雨变酸的物质60%是硫酸, 40%是硝酸, 还有一小部分是盐酸。前两者的来源是 SO_2 和 NO_2 。这两种物质先以气态进入大气, 经氧化形成酸的小滴或微粒, 这些粒子随降水过程落到地面。1955—1975年, SO_2 和 NO_2 的区域排放量不断增加, 产生的直接后果见图2表示的这20年间同一地区降水酸性的比较。测量表明, 不仅酸性增大, 而且范围也在扩大, 例如美国东北地区50年代初的酸雨核心区已向南和向西蔓延。欧洲也存在类似的趋势。

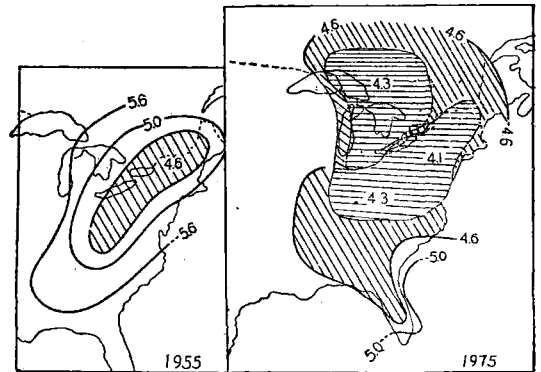


图2 美国东北部酸雨的分布(pH等值线)

象美国东北部出现的这种区域性酸雨, 可以部分地追踪到工业污染源。边远地区的酸雨则很难确定它的来源, 因为气象条件适宜时, 人为产生的 SO_2 和 NO_2 可以跨越州界、国界输送到几百甚至几千公里以外的地方。工业污染是主要源, 但可能不是唯一的源, 近期的研究表明这也许涉及到生物源和地质源。

酸雨/降水化学可以从大气和地球这两个不同的角度来考察。大气过程包括: 形成酸的物质扩散进入大气, 输送和混合到云中, 最后随干或湿沉降过程返回地面。沉降后的酸性物质同土壤和地面水的相互作用可以看作是酸雨的第二个阶段, 也就是酸性对地球生物圈的影响。对酸雨影响的研究正在顺利进行, 包括环境保护局和农业部本身的研究及合同研究。虽然

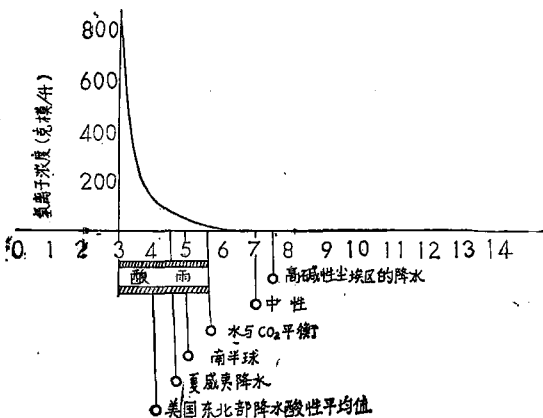


图1 世界不同地区降水的酸性

有些研究已经谈到了酸雨的大气过程，但要真正搞清楚酸雨问题还需要一项有组织的研究。

美国总统在他1979年8月的环境咨文中宣布了一项评定酸雨影响的十年计划。这项计划的内容之一就是组织酸雨研究协调委员会以指导联邦的酸雨研究工作。NOAA是这个委员会的成员。由于研究酸雨的大气过程涉及专门知识(如输送、云的生成和化学转换、清除过程以及补充气象测量等)，所以NOAA在本计划中必定要发挥重大的作用。本计划概述了NOAA将在这一重大环境问题的研究中做些什么贡献。

2. 科学背景

酸沉降循环是以污染物排入大气为起点的。制定任何一项大气评定计划，都须确定酸源的位置和强度。环境保护局已开展了对人为污染源的监测，年排放量即将公布。酸或酸的初始物的自然源叠加在人为源上。诸如火山、陆地和海洋上的生物活动、大气中的均相反应(Homogeneous reaction)就属于这类非人为的源。NOAA担负有世界范围的使命。收集污染源强度、位置及其随时间的变化趋向的资料，是确定自然酸源与人为酸源的相互关系的等一步。

物质进入大气后，就在对流层内扩散和输送。其输送的距离受下列情况制约：污染物所处的位置；当时的气象条件以及输送过程中所发生的化学反应等。酸性物质最后被“捕获”到云中并沉降在地面，也是一个复杂过程的结果。与雨一起沉降同样重要的，还有第二种沉降过程——干沉降，这就是无降水时物质降落在地面上。这两种过程对酸性都有贡献，但相对而言谁更为重要，至今尚未搞清。

大气酸雨过程的最后阶段是进行采样以供化学分析和气象解释之用。对酸雨的整个大气过程来说，气象资料、采样与分析之间的时间间隔以及说明资料所用的模式都是很重要的。

3. 计划的目的

NOAA酸雨研究计划的主要目的如下：

建立对降水的化学资料进行评定方法，也就是研究如何运用气象参数去辨别可能的污染源地区、输送路线以及沉降方式；

开展对酸的自然源、云的水化学及气溶胶(气雾)浓度变化的长期影响的调查，大气中酸循环的这些问题还从未做过评定；

向从事酸雨研究的其它科学家们(如在联邦、州和私人团体工作的)提供用以估价他们研究和测量成果的气象方法，这对今后管理工作是很重要的。

4. 计划内容

(1) 区域研究与测量

进行酸雨资料评定的困难之一，是缺乏与降水化学采样同时段的完整的气象测量。离开这种同时段的气象参数，就无法说明酸性物质的源与输送。本计划

建议在美国本土现有的NOAA设施中建立两至三个区域测量站从事下列工作：

气象(这类测站原来应该就有探空和雷达地面气象资料)；

模式(先以这些站为起点追踪酸性物的输送轨迹，再加入雨水冲洗模式(Washout and rainout models)和区域模式进行计算)；

降水化学(实时测量pH、导电率和主要离子)；

采样方法(除实时测量外，进行每周和每月采样)；

气溶胶(化学和物理特性)；

混浊度(太阳光度仪、太阳辐射)；

干沉降(方法还有待发展)；

径流化学；

外场资料取样中心；

特别研究(比如露、雾、霜的化学分析)。

(2) 全球测量

在夏威夷和考爱(Kauai)岛上发现比较高的酸性这一事实，使得科学家推想酸雨可能是一个全球性问题。1979年，NOAA协助弗吉尼亚(Virginia)大学建立了合作性边远地区测量站进行全球降水化学测量。目前在科罗拉多、阿拉斯加和阿姆斯特丹(Amsterdam)岛等地均已建起了这种测站。这些地方的测量结果可用于证实酸雨的分布范围。为了确定酸性物质的本底水平和它们的浓度趋势，还需要花费五年的时间对本计划提供支持。

特别研究将由NOAA的夏威夷和萨摩亚(Samoa)基准站与弗吉尼亚大学的测站共同承担。在可能的情况下，区域测站也应进行这类研究。特别是将进行pH值、导电率以及主要离子实时测量同获得的气象测量进行比较。

(3) 气象解释

除了对区域测站的资料评定时需要气象解释外，对于那些由环境保护局和农业部所支持的其它研究所的资料评定，也需要提供气象学方面的指导。随着空气资源实验室的轨迹程序在初始分析中积累的经验日益增多，将努力做更完善的应用。目前正在贝特莱(Battelle)西北部和环境保护局气象处进行的模拟研究，最终可用以分析区域站和附近研究网的资料。

(4) 干沉降

除了降水造成的酸沉降外，另一个机制——干沉降在影响到达地面的物质量方面也很重要。这可以通过沉降在地上的物质来确定。问题是迄今还没有建立评定干沉降的方法。要解决这个问题，需要设计一些包括灵敏的风速仪和化学分析仪器的新方法，并把它们用于外场研究。

(5) 云水分析(Cloud water analysis)

云对酸性物质的化学清洗(scavenging)和浓缩起着关键的作用(见图3)。这些作用如何在云中发生

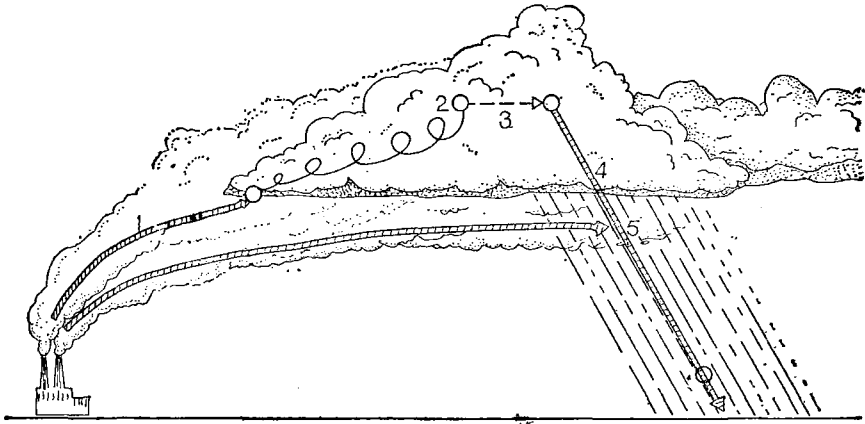


图3 湿位过程

1. 输入云中; 2. 云内输送; 3. 附着在云滴上, 云滴生成; 4. 云滴移位; 5. 在云外附着在云滴上

以及在整个源—输送—沉降过程中的重要性, 至今知道得很少。在 NOAA 倡导下, 将对云水采样器的捕获效应及其获得有代表性样本的能力进行检验。一旦采样技术的可靠性得到解决, 就将开始一项完整的云水采样计划, 还包括气溶胶测量在内。这项计划的目的是不仅要将对个别云的化学特性做出描述, 而且要研究各种气象条件下的云化学的气候学特征。

(6) 气溶胶

气溶胶的排放、形成和输送也是大气中酸循环过程的重要环节。总的说来, 固体的和液体的气溶胶对初始云的形成都具有重要意义, 在降水过程中它们在云中或云下被清洗。所以气溶胶的物理性质和化学性质都很重要。区域台站进行云水采样时也将包括气溶胶化学成份、尺度以及光散射在内的各种气溶胶特性的测量。一旦表明这类测量有助于酸雨测量, 就将向其它测站推广, 以获得较好的地区分辨性 (Careal resolution)。

(7) 自然源

环境保护局已对人为的酸性物质源有所记述。大气中酸循环全程中尚未搞清楚的因素, 是自然源在这种循环中起的作用如何。自然源一般是指来自生物、火山或海洋, 它们在大面积地区排放, 排放的物质质量很少。本计划将有助于对诸如硫酸和硝酸之类物质的全球性源的研究。

(8) WMO—EPA—NOAA 的研究网

自1972年以来 EPA (环境保护局) 和 NOAA 在美国本土的十个区域测站和夏威夷与萨摩亚两个本底站开展了一项每月采样和分析的合作计划。目前, 这个研究网已把每月采样改为每周采样, 而且安装了新的采样器。由于 WMO 研究网得到改进, 区域站将开展特别研究以对它们的代表性做出进一步评定。

(9) 技术保障

1975年, 盖洛韦 (Galloway) 和莱肯斯 (Lkens) 曾集中研究过降水化学中的两个领域——采样器的比较和化学分析。

从采样到分析的时间间隔内可能发生的化学变化, 是人们重点关注的问题。解决这个问题的方法之一, 就是使用近期发展起来的诸如离子色谱分离之类的技术进行现场分析。科学家们已对这样的外场直接分析做了检验, 所以应该做好准备, 使这种方法能在1982财政年度开始时即投入外场使用。

另一项有希望的外场采样技术是使用离子交换柱 (column), 它不必处理雨水样品。雨水流经离子交换柱时, 离子就被捕集在柱中, 然后此离子交换柱被送到控制实验室进行分析。假如此方法完善, 便可以做到在野外安放大量的离子交换柱, 这样就会得到更好的地区分辨性。

由于 NOAA 没有足够的实验室设施, 无法把降水样品的化学分析作为日常业务来进行, 因此将通过与合同的中心实验室来承担这项工作。本计划的预算已把这项合同以及改进采样技术和分析方法所需要的专门研究所需的开支考虑了。

(10) 资料的获取及归档

NOAA 的环境资料与情报服务局 (EDIS), 将建立一个综合的酸雨资料管理系统, 以适应 NOAA 以及其它研究机构中科学家研究之需。这个系统能够向用户的终端提供快速的、自动的、灵活的存取最新的酸雨资料, 还将可以从国家气候中心获得附带的气象资料。

这个系统的功能设计, 要与1979年2月电力研究所和国家大气沉降计划署联合召开的资料管理讨论会上定的要求相一致。EDIS 将进行系统的概念设计和详细逻辑设计, 同时还要进行输入—更新—答疑系统组件 (modules) 的研制和检验。这个系统应包括质量控制和确认 (validation) 程序, 以保证建立一个

高质量的可靠的酸雨资料库。

5. 与其它联邦机构协调工作

本计划总的内容曾和联邦其它在解决酸雨问题中积极活动的机构协调过。合作的例子包括：

环境保护局 (EPA)。如本文 4.(8) 节所述, NOAA 将继续同 EPA 密切配合积极从事 WMO—EPA—NOAA 研究网的活动。NOAA 还将向 EPA 提供用于解释酸雨水平的气象学指导, 特别是如果要求进一步管理的话;

农业部 (DOA)。NOAA 将继续与之合作进行酸雨生态学影响的监测计划;

能源部 (DOE)。NOAA 将继续为它进行放射性沉降采样提供测站, 并按其需要提供气象学方面的专门知识;

美国地质调查局以及田纳西流域当局等机构。预期这些机构将依靠 NOAA 的酸雨资料和大气参数以解释它们的观测。

6. 计划进度表 (1982—1984 财政年酸雨研究活动见表 1)。

表 1 1982—84年酸雨研究进度表

项 目	任 务	财 政 年 度		
		1982	1983	1984
区域研究	第一测站的选址和建设			
	第二测站的选址和建设			
	第三测站的选址和建设			
气象解释	轨迹分析			
	雨雪清洗和清除模式			
	区域化学模式			
云水分析	现有采样器的评定			
	新型采样器的设计			
	常规测量			
干 沉 降	检验新的干沉降方法			
	常规干沉降			
	同原来方法进行比较			
气 溶 胶	充分的气溶胶测量			
	在区域站 在其它测站			
自 然 源	对可能源的评定			
	在需要方面的合同研究			
WMO-EPA- NOAA测量网	专门研究与站址检查			
	同 EPA 合作的测量			

7. 财政要求

表 2 为 NOAA 酸雨研究计划 1982 年度追加的预算详细情况。计划新投资 264 万美元来补充已有的设

施, 预计在 1982 年 (三年计划的头一年) 新增投资的 80% 左右将用在区域的和全球的研究和测量方面, 其余的用于实验室化学分析、资料归档和计划管理等方面。将同一些大学和外界团体实行合同, 以获得必要的协作 (如实验室化学分析) 和 NOAA 内部缺少的专门技术。

NOAA 的酸雨研究计划的人员将在现有基础上做一番调整, 并将增加 5 名工作人员 (详见表 2)。

表 2 1982 年度酸雨研究的资源要求

项 目	新增人数	财政预算 (万美元)
区域研究和测量	4	60
全 球 测 量		27
气 象 解 释		11
干 沉 降		20
云 水 分 析		15
气 溶 胶		30
自 器 源		45
WMO-EPA-NOAA 测量网		25
技 术 保 障		25
资料获取及归档		21
计 划 管 理	1	75
合 计	5	264

李丽译 郝望校

* 原认为赤道上空中层大气在 7 月约 -70°C, 但是参加国际中层大气计划的苏联希尔绍夫院士号探测在这个高空 (50—60 公里高) 得到的气温记录是 18°C。

* 1980 年 5 月 18 日美国华盛顿州圣海伦斯喷出的火山灰, 在 11 天之后 (29 日) 已绕北半球一周, 火山灰飘浮在 12—18 公里高空, 形成厚 1—2 公里的带, 比平常浓 30 倍的微粒云幕, 成环状包围北半球。

* 火山喷发引起地面天气反常的例子很多。1883 年 5 月印尼的克拉卡托火山喷发的第二年 (1884), 日本东北遇到冷害, 东京的年平均为历史最低记录。1963 年印尼巴厘岛的阿贡火山发生据说是本世纪最大的喷发, 当时大气透明度下降大约 1.5%, 但影响大的还是第二年, 两年平均气温就下降 0.5°C。