

环境保护热门话题丛书

孙崇基 编著

酸雨

中国环境科学出版社



《环境保护热门话题》丛书

酸 雨

孙崇基 编著

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

空中杀手——酸雨/孙崇基编著. —北京: 中国环境
科学出版社, 2000. 8

ISBN 7-80135-031-6

I. 空… II. 孙… III. 酸雨 - 污染防治
IV. X517

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 09839 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京市联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

2001 年 1 月第一版 开本 787×1092 1/32

2001 年 1 月第一次印刷 印张 7 1/2

印数 1—5 000 字数 168 千字

定价: 9.20 元

序 言

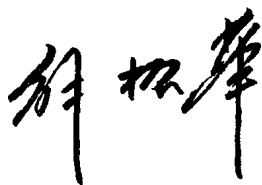
回首二十世纪，既是人类社会获得物质财富最多的世纪，也是人为破坏环境最严重的世纪。在品尝了自己酿成的恶果后，国际社会于1972年在瑞典斯德哥尔摩召开了人类环境会议，开始了防治污染，保护环境的征程，实现了人类环境认识史上的第一次飞跃。20年后的1992年，100多位国家首脑出席了在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，共同探讨环境与发展问题，明确提出摒弃传统增长模式，实施可持续发展战略，实现了环境认识史上的第二次飞跃。正是伴随人类对环境问题认识水平的不断提高，环境保护事业才得以不断深入和发展。

二十多年来，在党和国家的重视和领导下，我国环境保护工作从小到大，从弱到强，取得了很大的进展，与此同时，全民环境意识也有了很大的提高。刚刚过去的五年，是我国公众环境意识提高幅度最大的时期，是环境保护与经济发展结合最紧密的时期，也是环境保护发展最快的时期。正是由于各级党委、政府把环境保护作为一项基本国策落实到各项发展进程之中，加快产业结构调整，增加环保投入，加大环境执法力度，才使环境污染恶化的趋势得以基本控制，一些地区和城市的环境质量开始得到改善；正是由于工业企业界不断改革创新，采用清洁生产技术，淘汰落后设备工艺，加强污染治理，才使全国污染物排放总量得以控制并有所减少；新闻界环境宣传和舆论监督的日益广泛和深入，既揭露了破坏环境的行为，促进了环境问题的解决，又提高了

公众的环境意识；在自觉运用法律武器，维护自身环境权益的同时，广大群众也越来越多地参与到保护和改善环境的活动中，这为环境保护事业的深入发展奠定了极其重要的社会基础。

但是，必须承认，目前我国公众环境意识还不是很高。不顾环境承载能力，追求暂时片面发展的现象依然存在；为了企业短期利益，污染一条河，破坏一方土的行为在一些地方还比较普遍。江泽民总书记曾明确指出，环境意识和环境质量如何，是衡量一个国家和民族文明程度的一个重要标志。今后十年，我国将实现第三步战略目标，国民经济仍将保持较快的增长速度，人口也将持续地增长，生态环境面临着巨大的压力。只有尽快提高全民环境意识，形成一个全社会都来关心环境保护，全民都来参与环境保护的局面，我国的生态环境才能得到更加有效的保护，环境质量才能不断得到改善，天更蓝、地更绿、水更清，山川更加秀美的景象才能永驻中华大地。

相信这套丛书的出版将对增进公众环境科学知识，提高全民环境意识起到积极的促进作用。

A large, stylized handwritten signature in black ink, which appears to read '何平萍' (He Pingping).

二〇〇一年一月

目 录

第一章 酸雨的由来和初期研究	(1)
第一节 作家笔下的可怕景象	(1)
第二节 首创“酸雨”一词的 R. A. 史密斯	(2)
第三节 瑞典、挪威科学家的贡献	(5)
第四节 酸雨肆虐北欧	(8)
第二章 酸雨的蔓延日趋严重	(18)
第一节 发达国家酸雨的危害和国际纠纷	(18)
第二节 酸雨对发展中国家的危害	(65)
第三节 酸性物质飘向世界	(89)
第三章 我国酸雨的研究	(103)
第一节 我国酸雨的来源、现状和发展趋势	(103)
第二节 我国酸雨形成机理及二氧化硫排放、输送和沉降	(107)
第三节 实行具有中国特色的酸雨和 SO ₂ 污染控制对策	(123)
第四章 酸雨及其形成的机理	(143)
第一节 酸雨定义的来源和讨论	(143)
第二节 硫氧化物、氮氧化物和颗粒物的发生机制	(147)
第三节 影响酸性物质传输、扩散的主要因素	(157)

第四节	酸性降水的形成机理	(167)
第五章	酸雨的危害和防治	(174)
第一节	酸雨对水体的危害	(174)
第二节	酸雨对林地和耕地的危害	(190)
第三节	酸雨对植物的危害	(198)
第四节	酸雨对我国文化古迹和材料的危害	(211)
第五节	酸性物质对动物和人体健康的危害	(213)
第六节	酸雨及其前驱物的防治对策和动向	(223)
第六章	通力合作制伏酸雨	(225)
第一节	从酸雨纠纷中逐步达成共识	(225)
第二节	联合国环境与发展会议后的进展	(232)

第一章 酸雨的由来和初期研究

第一节 作家笔下的可怕景象

酸雨这种空中杀手往往是缓慢地使人在不知不觉中逐步受其危害,但嗅觉灵敏的作家和思想家,却敏锐地觉察出其危害,从而唤醒人们加以警惕。

在 17~18 世纪,作家们虽然还不知道酸雨是何物时,但他们以锐敏的眼光,看到了酸雨的景象。

远在 1661 年,约翰·伊布林在《驱逐烟气》中生动地描写道:“地狱般阴森森的烟气,像西西里岛火山和巴尔干(火与冶炼之神)神殿似地笼罩着伦敦。”烟气腐蚀坚硬的石头层层剥落,钢铁也锈迹斑斑,肺结核和感冒广泛流行,人们不堪其苦。

18 世纪英国变本加厉地发展工业,煤炭消耗量大为增加,危害愈加严重。1772 年博物学家吉尔巴特·怀特出版了新版《驱逐烟气》,他在序言中写道:“伦敦周围庭院中的水果树不结果子,连树叶也纷纷凋零,生长发育中的孩子,不到两岁就有半数夭折了。”

到了 19 世纪烟雾已不只弥漫在英国,它已随风飘

落到北欧的挪威南部，以关心人民生活而闻名的挪威剧作家亨利·易卜生 (Henrik Johan Ibsen 1828—1906) 在其诗剧《布朗德》中指斥英国以邻为壑，他揭露说：

“英国令人毛骨悚然的煤烟飘然而至，
黑沉沉地降落在这个国家里，沾污了鲜嫩的绿色，
所有美丽的嫩枝纷纷凋零。

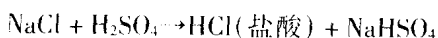
混杂着毒物的烟气在低空飘荡，从地球夺走了太阳之光。

城市宛如正在接受封建审判，灰色之雨倾盆而降。”

过了不久，挪威科学家 W. C. 布罗加 1881 年在其报告书《污雪》中就印证了易卜生的观察结果，说明引起当时降下的污雪的原因，就是来源于英国的大气污染。

第二节 首创“酸雨”一词的 R·A·史密斯

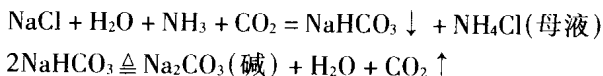
产业革命以后的英国，拼命发展工业，尤其是 1791 年法国化学家吕布兰 (路布兰或鲁布朗) 发明了碱灰法制碱以后，英国爆炸性地勃然兴起了制碱工业。因为碱是生产肥皂和玻璃的原料，所以受到重视。但这种制碱法最大的缺点是在硫酸和食盐作用时会产生大量的盐酸 (HCl)：



盐酸在空气中发烟,有刺激臭味,对许多金属有强烈的腐蚀作用,随雨水下降就成了“酸雨”。于是制碱工业发达的格拉斯哥和纽卡斯尔附近农作物和森林全部枯亡。1862年5月12日伦敦《时报》报道:“过去曾经是肥沃的田园,现在已完全变成了死海沿岸似的凄凉的光景。随意环视一下四周,带有树叶子的树木连一棵也看不见”。

在这种情况下,人民群众忍无可忍,不断向工厂主抗议,英国议会在人民的压力下不得不在1862年组织了特别委员会,次年又为控制大气污染而制定了《碱法》,并任命史密斯为监督官。但工厂主们不甘心失败进行了抵制,甚至进行了猛烈的反击,根本不让史密斯进入工厂,然而史密斯在人民群众的支持下坚持斗争,终于迫使工厂主在排放源处设置了盐酸吸收装置。直到19世纪末,在不排出盐酸的索尔维制碱法普及之后,这场盐酸公害斗争,才算平息下来。

索尔维(Ernest Solway 1838—1922),比利时化学家。他发明的制碱法称为氨碱法,是以食盐、石灰石氨为主要原料,石灰石在石灰窑中分解为石灰和二氧化碳,把氨和二氧化碳先后通入饱和的盐水中,生成碳酸氢钠,沉淀,再经过滤、煅烧等步骤制得轻质纯碱:



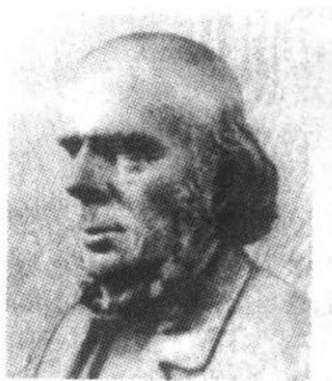
这种制碱法很快被各国采用,也解决了英国盐酸

污染问题。但这种方法也并非完美无缺,直到我国化学家侯德榜(1890—1964)于1939年首先提出联合制碱法的连结过程,可同时制造出纯碱和氯化铵(化肥),这种方法能充分利用食盐中的钠和氯,避免产生含氯化钙的废液,是世界制碱工艺上的新突破。

此法是在索尔维法的基础上,将母液(NH_4Cl)中再加入食盐(NaCl)降温,使 NH_4Cl 沉淀,即:



史密斯的贡献,不仅在于他同工厂主进行了不屈不挠的斗争,这在为官者是难能可贵的,而且他还不解地进行科学研究,他观察到,在工业城市曼彻斯特市内和周围地区有“三种空气”。他把它们描绘为“——远处田地里含有碳酸铵的空



Smith, R. A. 安加思·史密斯

气,——郊区含有硫酸铵的空气,——市内含有硫酸或酸式硫酸盐的空气”。他还在英国各地建立了大气监测网,根据测定的结果,除氯以外,还能知道雨水中会有异常多的氨和硫。他叙述道:“所有的雨水都含有硫酸,越靠近城区,雨水的硫酸浓度越高”,特别是,使大城市

雨水酸化的气体到处都弥漫着,这些气体都是燃烧煤炭时排出来的。

1872年史密斯在其巨著《空气中降雨:化学气候学的开端》一书中,首先使用了“酸雨”这个词,记载了“大气被酸严重污染时,一加仑(约4.5升)的雨中含有2~3格令(一格令为0.065克)的酸……”。因此,植物和白铁皮全都很快地烂掉了,连石头和砖瓦也变得疏松。”并讨论了一些与酸化有联系的现象:煤的燃烧,有机物的分解,风的轨迹,距海洋的远近,当地降水量以及酸雨远距离输送的问题。

第三节 瑞典、挪威科学家的贡献

继挪威科学家W.C布罗加在《污雪》中指出污雪源于英国之后,20世纪初挪威南部河湖中一再发生大量死鱼事件,特别是曼达尔河是挪威鲑鱼逆流回游最多的河流,可是鱼群几乎再也不能往上回游了,接着连内陆鱒鱼的捕捞量也一再下降。南部各河在世纪之初每年捕鱼量为3万吨,到了70年代就几乎无鱼可捕了。现在,总面积达13 000公里²内1 700个湖泊已经没有鱼了。(图1-2)为挪威鲑鱼捕捞量的变化。

鱼类为什么不能在酸性水中生存?经研究发现,鱼血中钠极少,原因是鱼鳃被酸性水侵蚀后无法呼吸,不能从水中吸收盐分,因而无法维持体内的钠浓度。对于

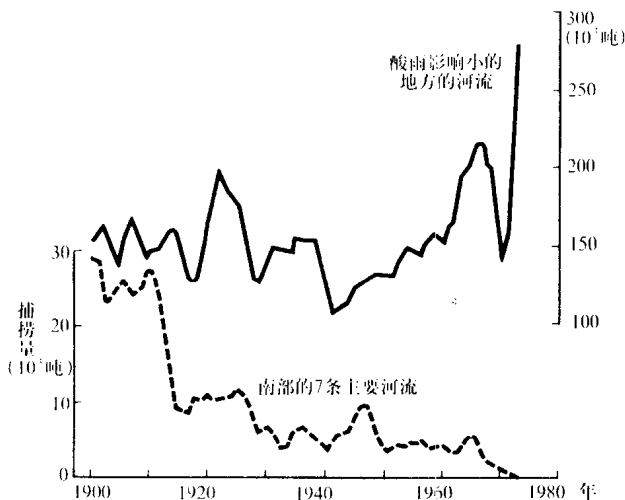


图 1-2 挪威鲑鱼捕捞量的变化(1900--1973 年)

摘自:挪威渔业部统计

鱼来说最危险的时期是初春冰雪融化的时候,长达 5 个月的积雪其中积存的酸性物质一旦融化都流了出来, pH 值在短时间降到 4.6 以下,甚至降为 4.0 的强酸性,鱼类当然就不能生存了。但有一个有趣的现象,就是在湖泊酸化的初期,见到的多是 20 厘米以上较大的斑点鲑鱼,原因何在?这是因为抵抗不了酸性而死去的鱼苗成了强壮成鱼的饵料。而且酸雨中硝酸盐还起到了催肥的作用,促进了水生植物等鱼饵的增殖,导致了鱼的大型化。但好景不长,到后来连较大的鱼也适应不了这种酸性水了,结果只有死亡。

稍晚于挪威,20世纪40至50年代,瑞典出现一种奇怪的现象,人们发现农作物不施肥,庄稼也能长得很好,这是过去不曾有过的,农民高兴极了,以为这是“天赐氮肥”。可惜他们高兴得太早了,没过多久,不但庄稼长不好了,就连千年前海盗所建的石头城寨和古老教堂的青铜塑像都变得疏松,甚至纷纷剥落了。建筑物的损害,引起各地人们的议论。瑞典土壤学家汉斯·爱古奈尔(Hans Egner)博士认为这是从大气中来的。为了证明这一点,他发起组织了“降水分析监测网”,对植物通过大气沉降物而接受更多的营养物质,即所谓“天赐氮肥”,进行系统调查,先在地面上进行对降水和空气的系统监测。结果表明:远离污染源的瑞典,由于大气污染,也降了酸雨,终于揭穿了“天赐氮肥”的秘密。降水分析监测网也并逐步发展,到1956年为斯德哥尔摩“国际气象研究所”所接管,并定名为“欧洲大气化学站网”。东欧各国也及时地进行了测量。由于有了这个欧洲监测系统,才有现在约40年不间断的降水数据。

在20世纪50年代以前,人们所注意的污染物在大气中的传输,主要是局地性的传输与扩散,瑞典的研究人员们不局限于这种观点继续进行研究。1968年瑞典土壤学家史邦泰·奥丹(Svante Odén)利用这些背景材料,把孤立的数据与由此必然产生的假说结合起来,又向前迈出了决定性的一步。他综合几个学科的研究成果,又加上他本人多年对地表水化学的观察数据,

结果得出一个模式,在这个模式中,许多迹象都倾向说明同一问题——在斯堪的纳维亚污染物的排放,这些污染物在大气中的传输以及环境的受害(主要是鱼类和湖泊中植物的受害),这三者之间存在着明确的相关性。奥丹在他的论文中,证明了斯堪的纳维亚国家内的降水酸度越来越大,还证明了大量酸性物质(硫的化合物)是从中欧和英国的工业区排放出来的,并警告说:“酸雨今后将危及水质、土壤、森林和各种建筑物,对于人类来说这也许是一个化学战场”。奥丹不愧为“酸雨解释之父”,他的学术论文是可以称做酸雨研究的里程碑的。

第四节 酸雨肆虐北欧

英国和中欧的工厂主们为了应付人民群众的抗议,就采取加高烟囱,实行高架排放的策略,这样的确减少了烟尘与二氧化硫和氮氧化物等污染物在当地的沉降,却把危害转嫁给了北欧等国家,为什么会这样呢?因为英国和中欧地区纬度较北欧低,正处于大气环流的盛行西风带内,二、三百米的高烟囱,排出的污染物除少量在当地沉降外,大部分随西风飘向东北,这样首当其冲的首先是挪威,然后就是瑞典等北欧国家了。(图 1-3)

瑞典挪威污染之所以如此严重，大部分来源于英国和中欧国家，也有当地地质地理的原因，这里和北美一样，因受冰河影响残留的是岩性地质层，不但地面破碎，湖泊众多，更重要的是无论土壤和河湖底质都很薄，而且缺乏石灰，雨的危害特别严重。而最先显现受害现象的也是河流湖泊。因为溶于雨雪中的酸性物质汇集到湖泊中，当酸性物质蓄积到一定程度时，就开始出现酸化。当 pH 值低于 5 时，鱼类便急剧减少，对 pH 敏感的浮游生物和水生植物首先受到影响而衰亡，食物链因此中断。pH 降到 4.5 以下，鱼类就难以孵化，成鱼也受到损害，能够存活下来的鱼类只局限于极少的一部分品种，如鳗和河鳟等。

被白桦林围绕的已经酸化了的湖泊清澈见底，一般清洁的湖水能见度不过 5 米左右，这种酸化的湖泊能见度可达 15~20 米，如果再能配合上“沙鸥翔集、锦鳞游泳，岸芷汀兰，郁郁青青”，那就一定会令人流连忘返的美景了。可惜这里不仅水中无鱼，空中无鸟，岸边无草，而且水中开着白花的嗜酸植物山梗菜和岸边铺着嗜酸植物泥炭苔藓一舟叶，使人感到的是一种凄凉景象。1972 年在联合国人类环境会议上，瑞典代表悲痛地诉说道：“湖水的 pH 值如果这样持续地下降，50 年内全国就会有一半的湖泊毁掉。

瑞典全国有面积在一公顷以上的湖泊 85