

英国空气污染的环境后果

S. J. Woodin

(英国科学家理事会主任, 自然保护委员会)

摘 要

1. 英国的空气污染问题已有几个世纪。这个问题的性质也发生了变化: 剧烈的局部烟雾污染已大为下降, 而污染物的总量以及扩散距离却增加了。
2. 空气污染造成的生态损害在污染源附近减少, 而在边远乡村增大。
3. 在英国, 空气污染引起淡水酸化、破坏动植物区系, 也许还使森林的生长状况恶化了。
4. 二氧化氮和氨排放量不断增加, 导致影响自然植物群落的氮沉降物的急剧生成。
5. 在被污染的英国乡村, 农作物受到臭氧和其它气体污染物的不利影响, 但是酸雨对英国农作物影响并不大。
6. 空气污染可以越过边境线, 因此空气污染问题要求国际合作。欧洲正在从生态标准出发考虑如何制定减少污染物排出量的战略。
7. 依据最近欧洲共同体协议, 英国需减少某些污染物排出量, 但是这也许并不足以保护生态系统和生物体。

关键词: 英国, 空气污染, 环境后果, 生态效应。

一、英国空气污染的历史

在英国, 空气污染不是新问题。在六个世纪以前, 伦敦就遭受燃煤引起的烟尘污染。为了尽力减少由于居民煤炉产生烟尘造成的损害, 1273年, 伦敦通过了第一个空气污染法。但是200年前, 随着工业的发展, 空气污染影响越来越广。为消除城市中的严重的空气污染问题, 1853—1856年通过了一系列“减小烟尘法令”, 随之而来的是1863年通过的“碱化法案”, 目的在于控制以制碱工程排出的酸性物质。后来任命了工业空气污染检查员, 第一个检查员 R·A·史密斯分析了英国许多城市中的空气和雨。1852年, 他发表了一篇科学论文^[1], 描述英国北部的一个大工业城市——曼彻斯特的空气和雨水的污染情况。他说: 发现降在该城市中所有的雨水都含有一定比例的硫酸。20年后, 在有关化学气候学的一本书中, 史密斯详细地描述了空气和雨水的污染状况, 并首次使用了“酸雨”这个词^[2]。

本世纪初, 城市烟尘污染虽然开始减少, 但是并不意味着问题的解决。1952年, 烟雾笼罩伦敦达5天之久。二氧化硫和烟雾浓度分别达到了 $2000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1500\mu\text{g}/\text{m}^3$, 能见度下降到5米。据记录, 发生烟雾这一周, 伦敦死亡人数比平时多了四千人。结果, 1956年通过了“清洁空气法案”, 由此建立了城市中的烟雾控制区。在这些区域, 禁止从烟囱中排放烟尘。政府拨款强迫改变家庭用燃煤炉采暖系统。城市旧式化石燃料电力站被废弃, 新一代电站设在远离城市的地方。烟囱中, 安置了静电除尘器以减少微粒排放量, 并且加高了烟囱以

注 * 本文由吴颢、赵秦涛译, 王思湧校。

便污染物更好地扩散到大气中。这些措施降低了英国城市中的烟雾浓度和二氧化硫浓度（见图1）。

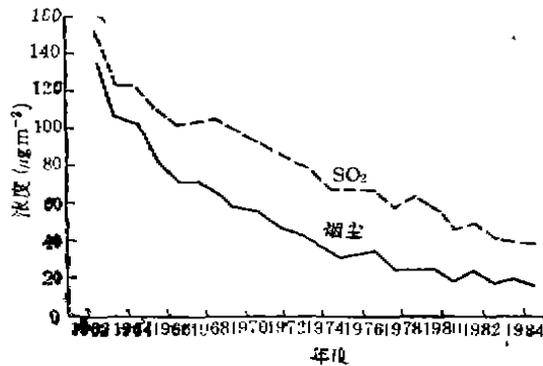


图1 英国城市硫氧化物和烟尘年平均浓度 (1962—1984年)

硫氧化物…… 烟尘—

数据来自环境部环境保护和水统计数字 (1987) 文摘

Fig.1 Mean annual concentrations of sulphur dioxide (---) and smoke (—) in urban areas in Britain in 1962—1984. Data from Digest of Environmental Protection and Water Statistics (1987). Department of the Environment.

二、空气污染今析

随着烟尘污染减少, 污染性质发生了变化。截止到1970年, 能源需求量和石油消耗量一直在增加。因而二氧化硫也在增多。英国70%的二氧化硫和40%的氮氧化物通常是由动力站排出来的(见图2), 这些气体从高烟囱中排出来, 被带到几百公里以外, 作为酸雨中的溶质而沉降下来。当前的污染混合物, 通过氮氧化物和碳氢化合物的光化学反应, 生成了臭氧。碳氢化合物来源有石油化学工业和汽车。欧洲本世纪以来, 汽车的迅猛增加所产生的碳氢化合物和氮氧化物使臭氧本底浓度增加了一倍⁽³⁾。工农业产生的氨氮也导致了污染问题。

与酸雨(湿沉降物)相比, 气体污染物(干沉降物)随污染源距离的增加而减少。然而, 英国空气污染类型既受距都市和工业区远近的影响, 又受气候因素影响。英国西北的降雨量是东南的六倍左右, 因而西北地区的湿沉降污染物是主要的。英国南部空气很少流动, 气体污染物不易扩散, 因而南部地区的干沉降物是主要的。

40年代以来, 英国城市地区的二氧化硫和浓度受到了监控。过去几年中, 英国整个乡村也设立了站网监控酸雨和气体污染物。表1表示英国乡村和城市地区空气污染的一般特征。

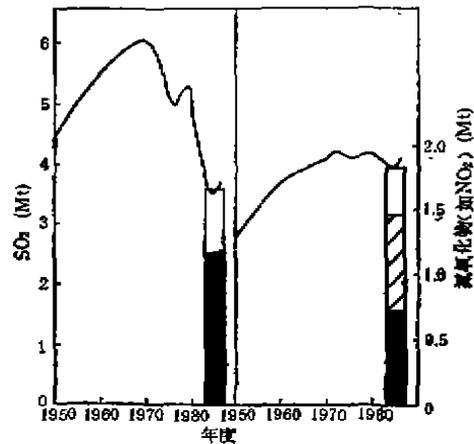


图2 1985年, 全英电站、汽车和其他来源排出的二氧化硫和氮氧化物(二氧化氮)

数据来自环境保护和水统计(环境部)以及Warren Spring实验室(贸易与工业署)的文摘⁽⁴⁾。

Fig.2 Total British emissions of sulphur dioxide and nitrogen oxides (as nitrogen dioxide) (—) with contributions of power stations (▨) motor vehicles (■) and other sources (□) to emissions in 1985. Data from Digests of Environmental Protection and Water Statistics (Department of the Environment), and Warren Spring Laboratory (Department of Trade and Industry).

三、空气污染的生态效应

过去, 空气污染造成局部地区重大的生态损害。在英国城市附近地区, 植被受到破坏, 许多敏感种类完全灭绝^[6]。现在, 这些地区的空气质量已经改善。譬如, 三十年前不能生

表 1 英国乡村和城市污染物浓度、污染物沉降的总特征

Table 1 General characteristics of rural and urban pollutant concentrations and pollutant deposition in Britain

指 标	乡 村	城 市
二氧化硫年均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3—40	30—60
氮氧化物年均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3—30	30—80
臭氧年均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	39	比乡村稍小
臭氧夏季平均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51	比乡村稍小
臭氧 (h/year)	100—200	
>118 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100—200	比乡村稍小
>157 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<100	比乡村稍小
<198 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10—50	比乡村稍小
雨水pH年均值	4.1—4.7	
硫沉降物 (kg/ha·year)	10—40	
酸沉降物 (kg/ha·year)	<0.2—>0.5	
氮沉降物 (kg/ha·year)	10—20	

长的树现可以生长^[8], 曾经消亡的地表现又重现^[7]。

然而, 当这些恢复迹象在局部地区开始显现时, 可是距污染源遥远地区却发生了显著的生态破坏。在70年代, 斯堪的纳维亚的科学家的结论认为: 英国和欧洲其它地方, 排放到高空中的污染物正以酸雨形式沉降在他们那里, 而且引起鱼类死亡^[9]。

四、淡水的酸化

挪威和瑞典南部, 岩石和土壤的缓冲能力很低, 欧洲各工业区产生的二氧化硫和一氧化氮经过盛行风的输送, 作为降雨中的酸性物质沉降在斯堪的纳维亚半岛, 引起了土壤和水的酸化。在英国, 大量排放的污染物也导致了远离工业中心的地区酸化, 这些地区的地质敏感程度与斯堪的纳维亚相似。通过对古生态的详细研究, 工业排放物在英国和斯堪的纳维亚地区淡水中的酸化作用得到了明确地证实。

测量沉积物中留存的硅藻和分析沉积物中金属和烟尘微粒的分布状况, 来重建湖水pH值历史。19世纪中叶以来, 许许多多湖泊pH值下降了, 而最近的几十年, 随着工业污染物注入湖泊, 湖泊开始受到工业污染^[9]。已经证明沉淀物中的含碳微粒和磁性矿物分别来自于石油燃烧和电站飞尘^[10]。

酸性强, 钙浓度低, 铝浓度高是典型的酸化淡水, 对鱼类有毒害作用^[11]。这现象在斯堪的纳维亚已经显示。曾经有报道说在英国敏感地质区由于酸化使鱼产量减少^[12], 淡水中

的其他生物也受到影响。pH值和硬度在内的水的化学特性影响着微生物系统和大型植物区系以及无脊椎动物群落的种类组成,这一点在 Ormerod Wade和Gee 所得的数据中得到了证实^[13]。酸化不仅能改变群落性质,而且能减少种类多样性^[14]。以水生生物为食的哺乳动物和鸟类也可能受到酸化的不利影响。例如在英国,有一种以水生无脊椎动物为食,而又善于潜水的鸟 *Cinclus cinclus* (L.) 由于河流酸化而使数量大大减少^[15]。还有人指出在某些高地,水獭 *Lutra lutra* (L.) 受到了鱼产量下跌的冲击^[16]。两栖动物在水中繁殖,所以对酸化也可能是敏感的。酸性水也不利于普通青蛙 *Rana temporaria* (L.) 卵的发育, Cummins 证实具有与苏格兰强酸沉降物区域相同的酸浓度和铝浓度对蝌蚪的发育不利^[17]。英国的一种濒临绝迹的黄条背蟾蜍 *Bufo calamita* (L.) 的繁殖力也受到酸化影响。污染沉降物使英格兰南部某些沙土石南灌丛池塘由于酸性太强,因而使黄条背蟾蜍不能顺利繁殖^[18]。

五、森林退化

在70年代,德国高地森林出现了死亡迹象。从此,受影响的种类越来越多,时常称这种新的破坏为 Waldsterben。这种现象已经在整个欧洲和北美部分地区发现。解释森林退化现象,已提出好几种假设,其中大部分假设都是把空气污染作为原因之一。提出的有关污染物对于森林影响有^[19]:

- (1) 二氧化硫、一氧化氮或各种气体协同混合物的直接破坏;
- (2) 臭氧的直接破坏,引起了营养物随雨雾从叶中丧失掉;
- (3) 酸雾、酸雨的单独直接破坏,与各种气体混合作用的破坏;
- (4) 土壤酸化和随后盐基阳离子损失及(或)铝迁移带来的破坏;
- (5) 富营养(常含氮)沉降物引起树木的生长型改变以及随后对逆境抗性下降;
- (6) 污染物使树木对病原体和气候的敏感性增加。

一般认为,树的生长不良与各式各样原因有关,其中包括污染、病原体和气候等因素。在不同区域,也表现不一样。所以森林退化不只表现为一种现象,它在不同区域表现为不同形式。不同退化型的成因已部分得到解决。例如,云杉 *Picea* 针叶枯黄说明了破坏型随地理位置而发生变化。在德国中部和南部,土壤酸化、树木采伐以及干旱引起的镁缺乏都可能与云杉损失有关。但是,英国不存在这个问题,因为海洋性气候使镁很快沉淀下来^[20]。

六、氮沉降物对植被的影响

在充分证实了硫污染物对当地和远距离地区影响后,各国政府认识到了硫污染所起的破坏作用。与之相比,氮污染物(一氧化氮和氨)对环境的威胁只在最近才着手研究,虽然一个世纪之前就有这样的评述:“已证明在雨水中有二种物质,值得特别注意的,因为它们影响植物生长,这两种物质是硝酸盐和铵”^[21]。

欧洲的氮氧化物大部分是由汽车和发电厂产生的。氮氧化物除具有肥沃土壤的作用外,在某些地方,当二氧化硫排出物减少时,还是酸雨中越来越重要的组成成份^[22],在低层大气中,氮氧化物在对植物具有毒害作用又破坏森林的臭氧的形成中亦起作用^[19]。下

厂排放氨, 动物排泄物和广大农村地区使用的化肥也排放出大量的氨。氨加速了二硫化物的氧化作用, 使硫化铵在雨水中的浓度大大增加。氨的分解和铵离子可能直接影响到某些土类的酸化。据估计1950年至1980年, 欧洲氨的排放量增加了50%^[24]。

来自欧洲(包括英国)的报告把某些植物群落的变化归于氮氧化物和氨的排放而导致氮沉积物量过高(表2)。在英格兰南部的某些地方已经观察到了与所记载的在荷兰石南灌丛所记录的变化相似的变化。现在正在调查氮沉积物可能起到的作用。在英格兰北部和北威尔士的实验地进行的研究证实沉降在泥炭沼上的氮沉积物抑制泥炭藓(*Sphagnum*)的生长。南宾尼士是英格兰北部一个受到污染的地区, 那里的泥炭藓(*Sphagnum*)自工业革命以来由于受硫损失有关。

在整个欧洲进行的一年一次的调查, 探知森林的生长状况正在发生变化。联合王国森林委员会首次提出森林退化现象虽未发生在英国, 但1987年和1988年调查森林生长状况的结果说明英国森林生长情况恶化和欧洲其它地方是一样的。图3比较了英国和德国在1985—1988年针叶树冠、山毛榉树冠的厚度减少情况。污染物影响已经完全消失了^[6]。现硫污染物已有所减少, 泥炭藓的恢复现可能(至少, 部分地)受到氮沉积物的抑制。据测定, 在1980—1982年间, 宾尼士南部氮沉积量高达每年每公顷32公斤。北威尔士远离工业区和都市中心, 在某实验场的氮沉积物高达每年每公顷14公斤^[25]。从该处所作向泥炭藓增施氮的试验降低泥炭藓生长, 说明空气中供应的氮对该区域高地植被至少是充足的, 甚至可能超过了最适值^[26]。因为泥炭藓是泥炭地植物的优势种, 因此不利于泥炭藓生长的氮沉积物的少许增加都将引起整个植物群落稳定性发生重大变化。最近研究证明氮沉积物对胎毛藓*Racomitrium*也有同样影响。胎毛藓*Racomitrium*是高地石南灌丛群落中的重要部分^[27]。

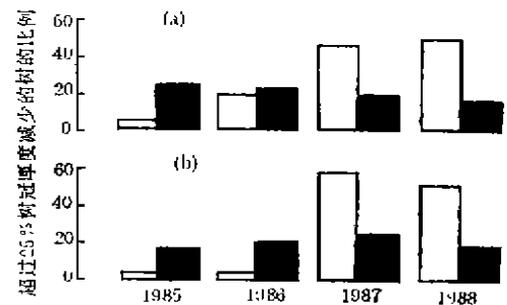


图3 英国(占调查树林百分比)、西德(占调查种类面积比)超过25%树冠厚度减少的比例^[21, 22]

注 (a) 针叶树林, 包括西德的挪威云杉、松树、冷杉、英国的Sitka云杉、挪威云杉、苏格兰松树
(b) 山毛榉林

Fig.3 Comparison between the proportion of (a) conifers and (b) beech trees with over 25% crown thinning (classes 2, 3 & 4) in Britain (□, percentage of trees surveyed) and West Germany (■, percentage of species area surveyed). Conifers include Norway spruce, pine and fir in West Germany and Sitka spruce, Norway spruce and Scots pine in Britain. Data from Innes & Boswell (1988) and Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1988)

七、空气污染对农作物的影响

在关于污染物对于英国农作物和园艺作物的影响, 只有少量数据。英国乡村大多数地方, 低浓度污染物确实对农作物也带来同样的影响, 1981—1985年间, 在农村测得的二氧化硫和二氧化氮最高平均浓度分别是 $35.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $42\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[33], 经作物熏气试验证明, 这些

表 2 氮的高沉降量对天然植被的影响

Table 2 Natural vegetation changes attributed to high nitrogen deposition

生 境	种 类 下 降	种 类 增 加	国 家	参 考
石南沼泽地	<i>Erica tetralix</i> L. <i>Galluna vulgaris</i> L.	<i>Malinia caerulea</i> L. <i>Peschampsia flexuosa</i> L.	荷兰	Roelofs (1986) [28]
石南池沼	<i>Littorella uniflora</i> L. <i>Lobelia dormanna</i> L. <i>Isoetes lacustris</i> L.	<i>Sphagnum</i> spp. <i>Juncus bulbosus</i> L. <i>Brachypodium pinnatum</i> L.	荷兰	Roelofs (1986) [28] Den Hartog (1986) [29] Bobbink and Willemis [30] (1987)
草 地 森林植物区系	Diverse flora	<i>Rubus idaeus</i> L. <i>Chamaenerion angustifolium</i> L. <i>Aegopodium podagraria</i> L. <i>Urtica dioica</i> L.	瑞典	Falkengen-Grerup (1986) [31] Tyler (1987) [32]
泥 潭	Ombrotrophic <i>Sphagnum</i> spp.		英国	Press, Woodin and Lee ^a (1986) [26] Woodin, Studholme and Lee (1987) [25]
石南灌丛	<i>Racomitrium</i>		英国	Lee, Woodin and Baddeley (1989) [27]

值都在造成损害的临界浓度之下^[34,35]。英国乡村当前二氧化硫和二氧化氮的环境浓度不大可能对作物直接造成重大破坏作用。但是,伦敦内部和周围进行的剖面实验结果证明乡村受污染区的污染混合物可能抑制作物生长^[36]。污染物与病原体和气候的相互作用也不应忽略^[37]。

英国南部一地方各种作物对臭氧的敏感性有很大差异,当臭氧浓度超过 $196\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,可以看到生长在这种空气中的敏感作物(*Vitis vinifera*、*Phaseolus vulgaris*、*Lycopersicon esculentum* mill、*Zea mays*、*Medicago sativa*、*Spinacia oleracea*)受到明显损害^[38]。对生长在空气中的作物和过滤空气中的作物所作实验进行比较表明,当臭氧浓度超过 $118\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,几种敏感作物生长缓慢^[3]。美国关于臭氧和作物损失之间关系的一项研究表明,虽然实验条件无法与英国田间条件相比较,但是对大多数敏感作物而言,使作物减产的臭氧临界浓度为 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。夏季,虽然英国乡村臭氧基值幅度为 $39-78\mu\text{g}/\text{m}^3$,但有许多时段浓度远高于此值。一般每年中浓度大于 $118\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的时间为 $100-200$ 小时,浓度大于 $196\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的时间为 $10-50$ 小时,这些时段主要集中在 $4-9$ 月^[3]。因此,臭氧很可能是英国作物减产的原因,特别是在干热的夏季。

北美关于酸雨对作物影响的研究比英国做的要多。在大多数有关叶受伤害或减产的报告中,其模拟降雨效应的pH值为 3.0 甚至更低,这比英国多数降雨中的酸度大得多^[39]。英国偶有酸性强的酸雨,已记录到的pH值最低时小于 3 ,但是,无论何处,这种雨在全年降雨中的比例很小^[40],在英国,酸雨导致作物减产的可能性不大。

八、全球行动

由于英国城市局部污染损害人体健康的事实已促使政府采取措施降低城市中的烟尘污

染, 所以长期污染引起生态损害的事实同样也促使政府采取措施减少跨越边境的硫和氮的污染。联合国欧洲监控和评价署 (EMEP) 对欧洲污染数值进行过校正和模拟。沉降模拟实验表明包括英国在内的一些国家, 其所产生的硫的大部分降在其本土之内, 而斯堪的纳维亚国家所接收的沉降污染物则大部分来自其边界之外。当前污染物的穿越国界意味着问题的解决必须采取国际合作。

联合国经济委员会签署的欧洲协议已使许多国家同意在 1980—1993 年间减少二氧化硫 30% 的排放量, 停止排放 NO_x , 当然这个目标还不足以保护自然环境, 科学讨论仍在继续提出进一步减低排放量的建议。有二个重要概念是这些讨论的基础:

(1) 临界负载量。斯堪的纳维亚科学家提出这个概念, 它包括利用生态学研究的数据来评价一个没有遭受化学或生物损害的敏感生态系统能接受多少硫、氮或酸性沉积物^[41]。然后利用这些数据制订负载目标并建议减少排放量直到使沉降物降到该负载值以下。确定临界负载值较为困难, 特别是对具有复杂生态循环的氮更为困难, 因为对排放量和沉降量之间的关系不完全了解, 特别是对于氧, 不易从沉降率的所需减少量推断出排放量的所需减少量。然而, 把生态需求将换成政治上的对策仍然是需要花气力予以解决的重要方法。

(2) 临界浓度。指空气中污染物浓度, 如果超过这个浓度, 就会对植物、生态系统或物质等等发生直接的、不利的影晌。临界浓度也可以作为建议减少排放量的目标。

表 3 表示所建议污染物临界负载和临界浓度。与表 1 中数据相比可知英国乡村污染物负

表 3 污染物临界负载和临界浓度*

Table 3 Critical loads and critical levels of pollutants. (Data compiled at meetings under the United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1988)

临界负载(kg/ha·a)	标准母岩	硫	酸 (H^+)
土壤风化能力			
很 慢	花岗岩, 片麻岩	< 3	< 0.2
慢	花岗岩, 片麻岩	3—8	0.2—0.5
中 等	辉长岩, 玄武岩	8—16	0.6—1.0
快	辉长岩, 玄武岩	16—32	1.0—2.0
很 快	石灰石	> 32	> 2.0
生态系统类型		氮	
浅水塘、高位沼泽、石南沼泽		3—10	
针叶树林		3—15	
落叶林		5—20	
临界浓度	均值时间	浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
二氧化硫	1 年	20—30	
	24 小时	70	
氮氧化物 (与 SO_2 、 O_3 相结合)	1 年	30	
	4 小时	90	
臭氧	夏季	50	
	8 小时	60	
	4 小时	80	
	1 小时	150	
氨	1 个月	100	
	24 小时	600	
	1 小时	10000	

* 数据来自 1988 年联合国欧洲经济共同体召开的关于跨越边境大面积空气污染会议。

荷超出了临界负载,例如最大的硫沉降速率超过最低临界负载10倍以上,二氧化硫和臭氧浓度也超出了临界浓度。

欧洲经济共同体已经达成协议减少汽车和大工厂排放污染物。根据对大型燃油工厂的协议,以1980年排放量为基线,英国将这些厂SO₂排放量在1993、1998、2003年分别减少20%、40%、60%。电站氮氧化物排放量(占英国排放总量的40%)在1993年、1998年分别减少15%、30%。汽车排放量协议规定依据汽车发动机大小以制氮氧化物、碳氢化物和一氧化碳排放限度。这个协议有效性取决于汽车总数和汽车分布状况。据统计,从长期来看,这个协议有效性将被汽车总数增加抵消^[4]。

虽然二氧化硫规定的排放量减少得不小,但是仍未达到科学家研究的临界负载所应达到的减少量^[40]。欧洲协议的实施使氮氧化物排放减少量的作用将比二氧化硫的作用小得多,而且也不可能满足保护天然生态系统的要求。英国现还没有关于减少氮排放的计划,而其它一些欧洲国家正在考虑降低排放的措施,他们认为氮是个特别严重的问题。

九、英国对污染实行控制

英国由皇家污染检查团(HMIP)控制空气中的工业污染物。一些工厂需经检查团同意才能开工。检查团负责确保工厂污染排放量在限定范围内。检查团准则是用一切最切实可行的方法阻止污染源的产生。作为应当怎样减少污染的决议中,应该考虑两方面因素:减少污染物的环境效益和采取减少排放的方法所需成本,检查团决定什么是可行的,工厂则承担控制所需成本。政府运输部门负责实施对汽车排放量的合法控制。

减少从主要污染源的工业大锅炉所产生的硫的技术已有很大提高,但是费用昂贵。在电站安装的燃气脱硫装置,除硫率为90%,有效地减少了污染,使硫降到欧洲协议所要求的量。同时在工厂中安装了除氮率为30—40%的低氮氧化物燃烧机装置,有效地减少了这些工厂排出的氮氧化物,为大锅炉设计的选择性催化技术使氮氧化物排放量减少两倍,但费用昂贵,没有被HMIP采用。由于在排放系统安装了三式催化转化装置或不严格地说由于使用了更有效的“不完全燃烧”发动机结合二式氧化催化,汽车减少了污染排放量。这两种方法中,任何一种都能保证英国大多数汽车都能符合欧洲协议标准。

十、讨 论

本世纪,空气污染性质在英国、西欧发生了很大变化,局部烟尘和烟雾问题被污染物长途迁移问题代替,后者造成了远离污染源区域的环境问题。酸雨引起了大面积淡水酸化,当前污染混合物是造成森林退化的部分原因,氮沉降物增多改变了生态系统组成成分,据说欧洲的臭氧在增加,可能引起英国作物减产。跨越国境的空气污染问题只有国际合作才能有效解决。如果要使空气污染降到能充分地保护生态系统和生物的话,生态学家需设计制订出降低排放物的战略。许多生态数据表明为了保护自然环境,欧洲一定要大力减少污染物的排放。

本文讨论的空气污染问题几乎只限于一个大陆上。虽然科学家已认识和了解了上述问

题, 但政府官员才开始着手努力解决这些问题。所以新的, 甚至更大规模的空气污染问题已变成十分明显的问题。我们已经认识到了由人为排放物而部分造成的全球气候变化可能对我们环境产生的深刻变化。正如其它污染问题一样, 全球污染毫无疑问是许多预测生态学, 实验生态学, 考察生态学的课题。从这个问题研究中获得的信息和了解非常有助于我们进一步制订发展战略来避免、解决或减少污染问题, 不管它是局部问题还是全球问题。

参 考 文 献

- [1] Smith, R. A. 1852, On the air and rain of Manchester. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, 10, 207—217.
- [2] Smith, R. A., 1872, *Air and Rain The Beginnings of a Chemical Climatology*. Longmans, Green and Co., London.
- [3] U.K.P.O.R. G., 1987, *Ozone in the United Kingdom*. U.K. Photochemical Oxidants Review Group, Interim Report. Harwell Laboratory.
- [4] Warren Spring Laboratory, 1987, *Calculation of emissions from UK petrol-engined vehicles*. Warren Spring Laboratory, Stevenage.
- [5] Press, M.C., Ferguson, P. & Lee, J. A. 1983, 200 years of acid rain. *Naturalist*, 108, 125—129.
- [6] Lines, R., 1984, Species and seed origin trials in the Industrial Pennines. *Quarterly Journal of Forestry*, 78, 9—23.
- [7] Henderson-Sellers, A., & Seaward, M.R.D., 1979, Monitoring lichen invasion of ameliorating environments. *Environmental Pollution*, 19, 207—213.
- [8] Hendrey, G.R. & Wright, R.F., 1978, Acid precipitation in Norway, Effects of aquatic fauna. *Journal of Great Lakes Research*, 2, 192—207.
- [9] Battarbee, R.W., Flower, R.J., Stevenson, A.C. & Rippey, B., 1985, Lake acidification in Galloway: a palaeoecological test of competing hypotheses. *Nature*, 314, 350—352.
- [10] Battarbee, R.W., Anderson, N.J., Appleby, P.G., Flower, R.J., Fritz, S.C., Haworth E. Y., Higgitt, S., Kreiser, A., Munro, M. A.R., Natkanski, J., Oldfield, F., Patrick, S.T., Raven, P. J., Richardson, N., Rippey, B. & Stevenson, A.C., 1988, *Lake Acidification in the United Kingdom Palaeoecology Research Unit*, University College London. ENSIS Publishing, London.
- [11] Howells, G., 1983, Acid waters—the effect of low pH and acid-associated factors on fisheries. *Advances in Applied Biology*, 9, 143—255.
- [12] Harriman, R. & Wells, D.E., 1985, Causes and effects of surface acidification in Scotland. *Water Pollution Control*, 84, 215—222.
- [13] Ormerod, S.J., Wade, K.R. & Gee, A.S., 1987, Macro-floral assemblages in upland Welsh streams in relation to acidity, and their importance to invertebrates. *Freshwater Biology*, 18, 546—557.
- [14] Stoner, J.H., Gee, A.S. & Wade, K.R., 1984, The effects of acidification on the ecology of streams in the upper Tymi catchment in west Wales. *Environmental Pollution, Series A*, 35.
- [15] Ormerod, S.J., Tyler, S.J. & Lewis, J.M.S., 1985, Is the breeding distribution of dippers influenced by stream acidity? *Bird Study*, 32, 32—39.
- [16] Mason, C.F. & MacDonald, S.M., 1987, Acidification and otter (*Lutra lutra*) distribution on a British river. *Mammalia*, 51, 81—87.
- [17] Cummins, C.P., 1988, Effects of aluminium and low pH on growth and development in *Rana temporaria* tadpoles. *Oecologia*, 69, 248—252.
- [18] Flower, R.J., Battarbee, R.W., Stevenson, A.C., Patrick, S.T., Appleby, P., Beebee, T.C.J., Fletcher, C., Marsh, C. & Natanski, J., 1988, *A Palaeoecological Evaluation of the Acidification of Cranmer Pond, Hampshire*. Report to the Nature Conservancy Council. ENSIS Publishing, London.
- [19] Blank, L.W., 1985, A new type of forest decline in Germany. *Nature*, 314, 311—314.
- [20] Blank, L.W., Roberts, T.M. & Skeffington, R.A., 1988, New perspectives on forest decline. *Nature*, 336, 27—30.
- [21] Innes, J.L. & Boswell, R.C., 1988, *Forest Health Surveys 1988 Preliminary Results* Research Information Note 139. Forestry Commission, Farnham.
- [22] Bundesministers, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1988. *Waldschadenserhebung*. Bonn

- 1988.
- [23] Brimblecombe, B. & Stedman, D.H., 1982, Historical evidence for a dramatic increase in the nitrate component of acid rain. *Nature*, 298, 460—462.
- [24] ApSimon H. M. Kruse M. & Bell, J.N.B., 1987, Ammonia emissions and their role in acid deposition *Atmospheric Environment*, 21, 1939—1946.
- [25] Woodin, S.I., Studholme, C.J. & Lee, J.A., 1987, Effects of acid deposition on ombrotrophic peatlands. *Acid Rain: Scientific and Technical Advances* (Ed. by R. Perry, J.N.B. Bell & J.M. Lester), pp.554-561, Selper Ltd., London.
- [26] Press, M.C., Woodin, S.I. & Lee, J.A., 1986, The potential importance of an increased atmospheric nitrogen supply to the growth of ombrotrophic *Sphagnum* species. *New Phytologist*, 103, 45—55.
- [27] Lee, J.A., Woodin, S.I. & Baddeley, J., 1989, Effects of acidic deposition on semi-natural vegetation. *Acidification in Scotland* (Ed. by I. Helm), in press. Scottish Development Department, Edinburgh. 125—157.
- [28] Roelofs, J.G.M., 1986, The effect of airborne sulphur and nitrogen deposition on aquatic and terrestrial heathland vegetation. *Experientia*, 42, 372—377.
- [29] den Hartog, C., 1986, The effects of acid and ammonium deposition on aquatic vegetation in the Netherlands. *Proceedings of the First International Symposium on Water Milfoil (Myriophyllum spicatum) and Related Holargaceae Species*, pp.51—58. Vancouver B. C., Canada.
- [30] Bobbink, R. & Willems, J.H., 1987, Increasing dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grasslands: A threat to a species rich ecosystem. *Biological Conservation*, 40, 301—314.
- [31] Falkengren-Grerup, U., 1986, Soil acidification and vegetation changes in deciduous forest in southern Sweden. *Oecologia*, 70, 339—347.
- [32] Tyler, G., 1987, Probable effects of soil acidification and nitrogen deposition on the floristic composition of oak (*Quercus robur* L.) forest. *Flora*, 179, 165—170.
- [33] U.K.R.G.A.R., 1987, *Acid Deposition in the United Kingdom 1981—1985. U.K. Review Group on Acid Rain, Second Report. Watten Spring Laboratory, Stevenage.*
- [34] Roberts, T.M., 1984, Long term effects of sulphur dioxide on crops: an analysis of dose-response functions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 305, 299—316.
- [35] Pande, P.C & Mansfield, T.A., 1985, Responses of winter barley to SO₂ and NO₂ alone and in combination. *Environmental Pollution. Series A*, 39, 281—91.
- [36] Ashmore, M.R., Bell, J.N.B. & Mimmack, A., 1988, Crop growth along a gradient of air pollution *Environmental Pollution*, 53, 99—121
- [37] Dohmen, G.P., 1988, Indirect effects of air pollutants: changes in plant/parasite interactions. *Environmental Pollution*, 53, 197—207.
- [38] U.K.T.E.R.G., 1988, *The Effects of Acid Deposition on the Terrestrial Environment in the United Kingdom*. U.K. Terrestrial Effect Review Group, First. Report. HMSO, London.
- [39] Amthor, J.S., 1984, Does acid rain directly influence plant growth? Some comments and observations *Environmental Pollution. Series A*, 36, 1—8.
- [40] Fowler, D. & Cape, N., 1984, On the episodic nature of wet deposition of sulphate and acidity. *Atmospheric Environment*, 18, 1859—1866.
- [41] Nilsson, I., (Ed.), 1986, *Critical Loads for Nitrogen and Sulphur* Nordisk Ministerrad Stockholm.

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF AIR POLLUTION IN BRITAIN

S.J.Woodin

*(Chief Scientist Directorate, Nature Conservancy Council, Northminster House,
Peterborough PE1 1UA, UK)*

(1) There have been air pollution problems in Britain for several centuries. The nature of such problems has changed: intense local smoke pollution has been largely reduced, whilst total emissions of pollutants and their dispersal over long distances have increased.

(2) Ecological damage by air pollutants has been reduced in areas close to emission sources but has increased in remote rural areas.

(3) Air pollution has caused freshwater acidification in Britain, with consequent damage to flora and fauna. It may also be implicated in tree health decline.

(4) Emissions of nitrogen oxides and ammonia are an increasing problem, resulting in high rates of nitrogen deposition, which is affecting natural vegetation communities.

(5) Crops in Britain may be adversely affected by ozone and, in polluted rural areas, by other gaseous pollutants. Acid rain is unlikely to affect crop production in Britain.

(6) Air pollution crosses national boundaries and so air pollution problems demand international action. Ecological criteria are now being considered in the development of emission reduction strategies for Europe.

(7) Some emissions are to be reduced in Britain, in compliance with recent European Community agreements, but this may not be sufficient for the protection of ecosystems and organisms.