

全球环境展望 5

——我们未来想要的环境：第2章

大气

GEO-5 Chapter 2: Atmosphere

联合国环境规划署（UNEP）于2012年9月正式发布了全球环境展望5（GEO-5）中文版，该报告评估了世界上最重要的90个环境目标的完成情况。最新发布的GEO-5中文版将为世界上人口最多国家的研究人员、学者、政府代表、行业和民间团体带来联合国最全面的环境评估。本刊自2012年06期起对其进行连载。报告来源：联合国环境规划署。

实现大气环境目标的进程进展喜忧参半

还有些实例表明在部分地区已经得到改善，但是其他地区则存在巨大困难，并且全球目标还远未实现。下面将会阐述四个主要的大气问题：硫、氮、微小颗粒物（常称为PM₁₀和PM_{2.5}）以及平流层臭氧。

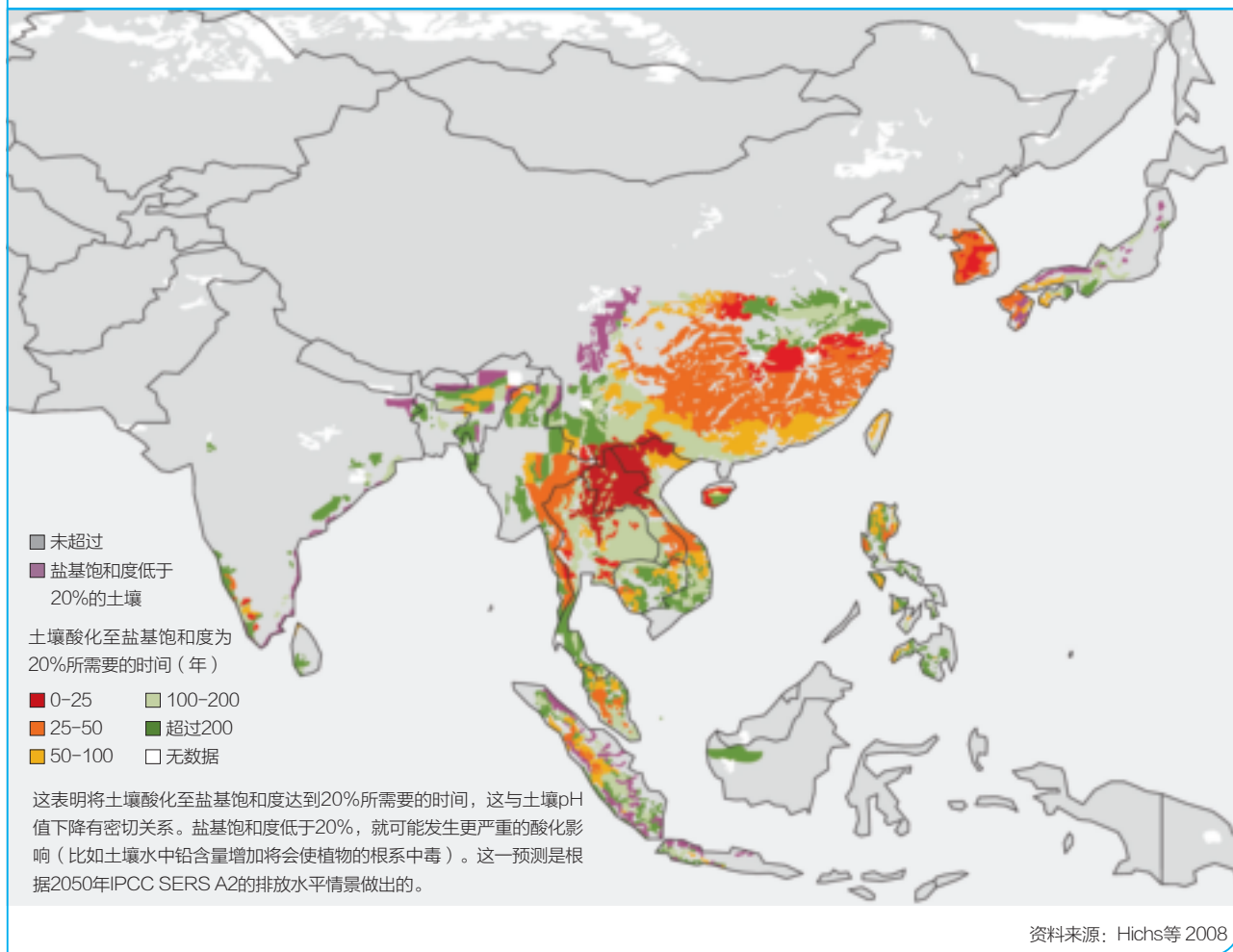
硫污染

二氧化硫（SO₂）排放主要来自发电、工业和交通等行业使用的化石燃料，会导致PM_{2.5}对人类健康产生不利影响，同时还导致酸化进而对陆地和淡水生态系统产生危害（Rodhe等1995），此外还会侵蚀人造材料和文化遗产（Kucera等2007），对生物多样性（Bobbink等1998）和森林（Menz and Seip 2004）也会带来危害。硫酸盐气溶胶可以降低气温（Forster等2007）。因此为了评估温室气体减排战略的整体效益，对硫酸盐气溶胶进行跟踪便非常重要。

自从《21世纪议程》（UNCED 1992）中强调了越界空气污染的问题以来，欧洲和北美洲排放的二氧化硫已经显著减少，实现了《长程越界空气污染公约》（CLRTAP）（UNECE 1979）、EU国家排放量限值（NEC）指令以及加拿大和美国的清洁空气立法中的目标。欧洲制定国家目标的关键在于使用临界负荷（超过这个沉积阈值后就会观测到有害影响）（Nilsson and Grennfelt 1988）。法律的成功实施使1980年至2000年期间的全球排放量降低了大约20%。2000年以前，欧洲和北美洲的排放量占大部分，而2000年开始东亚的排放量则占较大比例。根据代表性浓度路径（RCP）情景，预计到2005年全球二氧化硫排放量将会稳步减少，到2050年排放量比2000年的水平减少30%、50%和70%。这四个新的路径是作为短期-长期模型实验的基础为气候模型社区而制定的。

虽然欧洲和北美洲的某些区域依然超过其临界负荷，但

图1 亚洲处于危险中的地区以及酸化损失时间表



是由于硫沉积已经减少，因此酸化也随之消失，淡水生态系统也已恢复（Wright 等 2005; Stoddard 等 1999）。在亚洲，排放量的增加已经将脆弱的生态系统置于土壤酸化的危险之中（图1）。但是，欧洲和北美洲出现的天然湖泊大范围酸化的现象在亚洲并未出现，可能是由于亚洲地区的土壤和地理性质不同（Hicks 等 2008）。据估算，2005年，在中国硫沉积超过临界负荷的土壤范围超过了该国领土总面积的28%，主要是中国东部和中南部地区。鉴于中国目前实施的减排计划，预计超过临界负荷的面积到2020年将会减少到20%（Zhao 等 2009）。

《哥德堡协议》修改后，欧洲进一步采取了减少硫排放的行动。亚洲同样也采取行动提高了能源利用效率，减少了二氧化硫的排放。比如，中国五年规划的一部分就是实施烟气脱硫和淘汰电力行业中的小型低效发电装置，以此来实现2005年至2010年二氧化硫减少10%的减排目标（Zhang 2010）。

全球也正在努力减少关键行业的硫排放，包括交通和海运行业。通过减少柴油燃料中硫的含量来减少直径小于或等于2.5微米的颗粒物（PM_{2.5}）对人类健康造划（PCFV）要求将车辆燃料中硫的含量降低到50ppm或者更低（UNEP 2012）。海运行业的硫排放是欧洲地区的一个重要政策问题，同时《国际防止船舶污染公约》（MARPOL）也致力于逐步减少全球硫和氮氧化物以及颗粒物的排放（MARPOL 2011）。

氮化合物

20世纪期间，与能源利用和食品生产有关的人类活动使环境中循环的活性氮数量增长了一倍以上（ENA 2011）。这些氮是以氮的氧化物（NO_x）（主要指交通和工业部门）、氨（NH₃）和氧化亚氮（N₂O）（主要指农业部门）形式排放到大气中。它们对大气、陆地生态系统、淡水系统和海洋系统以及人类健康等都有多重影响，即著名的“氮容器”现象（Galloway 等 2003）。氮的氧化物是PM_{2.5}的前体，PM_{2.5}对人类健康会产生重大影响。氧化亚氮和对流层臭氧还是重要的温室气体。硫沉积引起陆地和海洋生态系统的富营养化和酸化导致生物多样性丧失（Bobbink 等 1998）。但是，氮的氧化物对于提高农作物产量却有好处，可以刺激森林生长进而提高碳封存量。

截止2000年，全球氮的氧化物排放量都一直在增加，但是预计此后将会保持恒定，不会有太大变动，而且欧洲和北美洲还有所降低，可以抵消在亚洲和其他地区排放量的增长。2005

年，欧洲来自道路运输的排放量占有所有排放总量的40%。1990年至2005年间，欧洲采取的控制措施已经成功地将氮的氧化物排放量降低了32%（Vestreng 等 2009），1990年至2008年间，美国采取措施将排放量降低了36%（IJC 2010）。过去二十年间，亚洲国家的排放量一直在增加，并且在这段时间内增加速度还有所加快。

全球氨的排放主要来自农业部门，自上世纪中叶起，其排放量已经增加了五倍，并且所有地区的排放量还在继续攀升，只有欧洲可能是个例外，欧洲的氨排放量出现了微小的降低，并且可能会保持稳定（EEA 2009）。但是，在欧洲对这一问题缺乏关注和关心，通常农业社区对进行重大改变都持抵抗态度。在其他大多数地区，氨的排放并未受到主要排放法律的约束。但是《长程越界空气污染公约》（CLRTAP）（UNECE 1979）的《哥德堡协议》修改后提出了更为严格的目标，有望使欧洲排放量进一步减少。

虽然有了上述进展，城市地区农业、工业和交通行业排放的基于氮的空气污染对PM_{2.5}浓度有很大的贡献，是第二大硝酸盐和铵盐基颗粒，这些颗粒使中欧地区的人均寿命减少了几个月（ENA 2011）。非洲、亚洲和拉丁美洲并未将氨排放控制放在优先位置，据预计这些地区氮的氧化物和氨的排放都出现了增长。在部分地区，尤其是非洲，缺少监测能力是主要问题。为了解决这个问题，需要这些地区对这些物质给予更多的政策关注，尤其是在确保食品生产有充足氮肥条件下，关注来自农业、能源、工业和交通部门的排放。

目前的技术可以显著减少氮的氧化物的排放，但是特定行业尤其是交通行业排放量的增长抵消了这些控制措施的效果。为了减少氨的排放，需要改变管理规范，如果需要达到较高水平的减排，还需要着重考虑农业政策和规范，并改变对肉类和奶制品的消费模式。大气中固氮量不断增加会导致与氮容器有关的环境影响（Galloway 等 2003），包括对植物多样性的影响。《生物多样性公约》（CBD）将固氮视为生物多样性威胁的一个指标（CBD 2010b），尤其是对于敏感的生态系统而言，因为它们每年每公顷总共会接收超过10kg的固氮。

颗粒物

欧洲和北美洲、以及拉丁美洲和亚洲的部分城市，PM₁₀的排放量有所减少，但是它依然是亚洲和拉丁美洲其他众多城市中最主要的污染物。非洲只有很少几个城市对空气污染物进行监测，而是监测结果显示，这些城市中大部分PM₁₀浓度都超过

表1 颗粒物空气污染导致的全球疾病负荷

空气污染类型	过早死亡	发病率 (DALYs)
城市室外	115万= 全球死亡的2.0% 61万男性和54万女性 8%死于肺癌 5%死于与心肺有关的疾病 3%死于呼吸系统感染	870万DALY
室内	197万=全球死亡的3.3% 89万男性和108万女性 21%死于下呼吸道感染 35%死于慢性阻塞性肺部疾病 3%死于肺癌 90万五岁以下儿童死于肺炎	4100万DALY
空气污染总计	312万-全球死亡的5.3%	4970万DALY

备注: DALYs -伤残调整生命年, 疾病导致的健康生命年的可能损失之和
资料来源: WHO 2009

了WHO指南 (WHO 2012)。高收入国家的室外PM₁₀浓度接近WHO指南中的每立方米20微克。非洲最常见的问题是室内颗粒物的水平。对这些污染物进行管制非常复杂, 因为它们都是初级排放和二次污染物混合而成的, 二次污染物指的是排放的原始污染物的形态在大气中发生了改变。城市面临的另一个挑战就是消除微粒热区。

颗粒物主要来源于能源、交通和工业部门, 但是固体废物和农作物秸秆的露天燃烧也是其重要来源。全球健康研究表明暴露于颗粒物并没有安全的阈值, 即使是很低的暴露水平也可能导致健康损害 (WHO 2006, 1999)。根据2004年暴露于颗粒物的情况, WHO 估计每年全球因此造成的过早死亡人数比例为5.3%, 即在空气污染导致310万过早死亡的人中, 其中2%是由室外城市污染导致, 另外3.3%是由室内污染导致, 这一数字比其他所有环境风险导致的死亡人数之和还多 (表1) (WHO 2009)。但是更近的一项研究估计370万过早死亡的人是由室外的人为PM_{2.5}导致, 这一估计使用的是不同的方法, 包括农村地区的暴露, 并没有低浓度阈值, 使用最新的浓度-反应关系 (Annenberg 等 2010)。家用能源干预可以减少烹饪和取暖对传统燃料的依赖, 明显具有提高健康水平和促进实现MDGs的可能。即使是在诸如英国这样的高收入国家, 虽然降低PM_{2.5}浓度已经取得了重大进展, 但是在2008年, PM_{2.5}还是导致了29,000人过早死亡和340,000个生命年的损失 (COMEAP 2010)。

对空气污染的长距离传播的评估显示颗粒物的洲际传播是导致超过公共健康标准和能见度目标的原因。颗粒物的长距

离传播可能需要对全球380,000人的过早死亡承担责任, 其中75% 应归咎于 (矿物) 粉尘PM_{2.5} (HTAP 2010)。自然资源导致的空气污染的影响是新出现的一个大气问题, 应当引起关注。

发达国家和某些程度上的发展中国家已经成功采取了多种措施, 包括对车辆进行技术改进, 提高交通和能源效率以及清洁燃料和过滤器。虽然发展中国家在清洁技术的使用方面正在迎头赶上, 但是这种效率提高的效果又被快速增加的排放源所抵消, 比如, 能源和交通行业使用的燃料。对于室内颗粒物污染比较严重的地方而言, 全球合作伙伴可以推进清洁能源和改进烹饪厨具。虽然大部分发达国家和发展中国家都制定了环境空气质量标准, 但是许多城市的颗粒物浓度都超过了WHO空气质量指南中为了保护人类健康和生态环境而建议的浓度水平。大部分发展中国家的PM₁₀标准不如WHO为了逐步减少空气污染而设定的中期目标严格。WHO还制定了PM_{2.5}的指南, 但是许多国家并未制定有关标准, 也未进行监测管理。比如, 2010年, 亚洲22个国家中仅有4个国家通过监测对PM_{2.5}制定了标准。现在人们越来越关注微米和亚微米级颗粒物对健康的影响, 下文新出现的问题章节中会对此进行进一步讨论。

据预计, 欧洲PM_{2.5}的排放量到2020年将会减少20%, 进而会使损失的生命年比2000年减少40%; 但是PM 导致的空气污染依然会导致统计人均寿命缩短4.6个月 (Amann 等. 2011)。如果欧洲的国家排放量限值得以实施, 根据不同的估值方法计算, 所获得的收益可能达到所付出成本的12-37倍 (AEA 2010), 并且根据不同的测量组合, PM_{2.5}的排放量将会减少35%-50%。同时, 美国环境保护局报告称由于通过了《美国清洁空气法案》, 2010年大气中PM_{2.5}浓度降低和臭氧层保护会避免价值1.2万亿美元的死亡, 2020年将会避免价值1.8万亿美元的死亡 (根据2006年美元价值计算)。颗粒物暴露的减少所获得的收益占有预计和已实现收益的90% 以上 (USPEA 2010)。

有关颗粒物与健康的政策决策还需要解决一些不确定性。这些不确定性包括颗粒物大小的浓度和影响, 通过监测、制定排放名录和模拟、以及使用源解析和评估健康影响的经济价值, 从而更好地理解不同地区的初级和二次PM污染的性质。保持环境空气质量标准与加强能力建设的一致性有可能更快减少发展中国家的PM, 使在欧洲、北美洲以及部分亚洲和拉丁美洲城市实施的成功政策和技术得以推广。🇨🇳 (未完待续)