# 环境与发展论文(通用5篇)

来源：网络 作者：蓝色心情 更新时间：2024-01-31

*生态环境是&ldquo由生态关系构成的环境&rdquo指与人类密切相关、影响人类生活和生产活动的各种自然力包括第二自然力或功能的总和。 以下是为大家整理的关于环境与发展论文的文章5篇 ,欢迎品鉴！第一篇: 环境与发展论文　　摘要：　　近年来...*

生态环境是&ldquo由生态关系构成的环境&rdquo指与人类密切相关、影响人类生活和生产活动的各种自然力包括第二自然力或功能的总和。 以下是为大家整理的关于环境与发展论文的文章5篇 ,欢迎品鉴！

**第一篇: 环境与发展论文**

　　摘要：

　　近年来，环境保护问题逐渐引起了人们的关注。随着我国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，环境问题日益严重，成为制约社会经济发展的瓶颈。在当前形势下，必须坚持绿色发展的理念

　　关键词：

　　社会法、环境保护、经济发展、社会标准、公共利益

>　　一、社会法中的环境保护

　　（1）环境保护的法律关系是社会法的调整对象

　　社会法是国家通过国家机关和有关主体干预和调整社会特定关系，平衡社会利益，保护社会权利的立法。自社会法诞生以来，其调整对象和性质引起了学术界的讨论。到目前为止，对社会法的理解主要有以下两种。一是社会法是不同于公法和私法的第三法领域；二是社会法是调整和解决实践中各种社会问题的法律规范的总称。就其调整对象而言，随着实践的不断发展，社会法调整对象也在扩大，主要有三种不同的理论：狭义、中义和广义。从狭义上讲，社会法仅指劳动法和社会保障法；中义认为，社会法调整的范围不仅包括劳动法和社会保障法，还包括保护弱势群体的法律，如残疾人保护法和妇女权益法。广义上说，除了狭义和中义，它还包括环境保护法、反不正当竞争法、消费者权益保护法等。

法调整的对象之一。

　　（二）作为社会权的环境权

　　社会权又称生存权或受益权，它是指社会成员对其所在的社会所享有的一些基本权利，主要包括经济权，受教育权和环境权三类。对社会权的概念进行剖析，可以看出社会权具有以下两个特征：一是社会权是公民“对社会享有”的基本权利，社会权只能在社会中实现，也就是说公民有依法从社会中获得满足其基本生活需求的权利；二是社会权以国家积极作为为价值诉求，社会权对应他人、社会和政府的负担。在公民的基本生活需求不能满足的情况下，公民有权要求国家满足这些基本需求。社会权不同于民法中的人身权等绝对权，排除他人干涉。相反，它要求国家能够积极作为，为公民实现社会权提供条件，充分保障公民享有的社会权。

　　环境权是社会权中的一项重要权利，指人类或其他有关主体对于影响其生存和发展的各种自然物质因素所享有的各种权利以及由此所承担的在他们之间产生的各种义务。公民环境权是伴随着生存权的发展而来的，是一种新型的人权，它是建立在人与自然和谐相处的基础之上的。环境权的主体不仅仅局限于公民，还包括国家与法人。我国目前的立法对于环境权虽然还没有明确的宣布，但已有对于环境权的法律规定。那么，为了保障公民、法人以及国家的环境权，在协调环境保护和社会及经济发展的关系时就必须注重整合国家、法人企业和公民等社会各阶层的力量，在促进经济发展的同时，保护好人类赖以生存的环境，保护各个主体享有的环境权，创造良好、舒适的社会生活环境。

>　　二、环境保护与社会及经济发展的关系

　　近年来，中国的经济飞速发展，人民的生活水平不断提高，物质生活也获得了极大的满足。与此同时，人民对于生存的环境也提出了更高的要求。然而，当前我国呈现出来的现象却是，在经济发展的同时，环境遭受了极大的破坏。环境问题已经成为了制约经济发展的瓶颈，也逐渐演变为我国当前社会发展中存在的主要社会问题。在这种情况下，建设环境友好的文明社会，关注人与自然的和谐发展，已经成为我国这样一个发展中国家的必然选择。如何更好地协调环境保护与社会及经济发展的关系也不得不引发我们的思考。党的十八大将生态文明建设提到了至关重要的位置，提出了建设包括生态文明在内的五位一体的中国特色社会主义总体布局，将生态文明与经济、政治、文化以及社会发展紧密结合起来。由此也可以看出当前以环境保护为主要内容的生态文明建设的重要性。环境保护与社会的发展息息相关，相辅相成。一方面，打造良好的生存环境，不仅关乎社会的发展，也已经成为社会文明与否的一个重要指标。

　　只有拥有了良好的环境，使人民群众享有基本生存的美好环境，才能调动人民群众的积极性，为实现社会的更大进步贡献力量。从另一方面来讲，社会的文明进步也为环境保护提供了重要的基础和有力的支撑。随着社会文明成都的提高，人民的环保意识也不断增强，这也为环境保护创造了有利的条件。环境保护与社会及经济发展呈现出既对立，又统一的关系，关系十分密切：一方面，如果盲目追求经济发展，不注重环境保护，必将会造成环境污染、资源浪费，从而影响经济发展；另一方面，只有经济发展了，技术不断地更新，才能促进环境保护，也就是说经济发展为实现环境保护提供了条件。因此，对于我国这样的发展中国家来说，不能片面地强调一方必须将环境保护与经济发展协调起来，只有这样，才能实现经济的持久发展，保持良好的生态环境。

>　　三、社会法在协调环境保护与社会及经济发展中的作用

　　社会法在协调环境保护与社会及经济发展的关系中起着积极的作用。维护社会公共利益是社会法的宗旨，社会法的产生和发展就是为了解决社会问题，维系民生。随着社会法理论的不断完善，这一法律部门在我国的法律体系中已经占据重要的地位。由于它本身立足于社会，是关注社会问题的法律，所以，社会法对于实现社会公平正义，维护社会稳定具有重大意义。社会法在保护环境，建设生态文明方面也发挥着关键性作用。生态文明建设已经成为我国特色社会主义社会建设格局的重要组成部分。我们不得不承认，伴随着现代工业的发展，世界的格局发生了重大的改变，人类社会向前飞跃了一大步。但我们也应该看到，在物质财富不断增长的同时，人类面临的环境问题也日益严峻。从立法层面来看，近年来，关于环境保护的立法不断出台。

　　由于环境法律关系是社会法的调整对象之一，所以，这些法律都属于社会法的范畴。这些法律法规的出台与实施，为保护环境，促进我国生态文明建设提供了立法依据，使政府各部门、企业以及群众能够做到有法可依，能够及时地预防环境污染，加快我国资源节约型、环境友好型社会的建设进程。另外，社会法在构建社会主义和谐社会的\'进程中也肩负着重要的使命。社会主义和谐社会的本质就是建设民主法治社会，强调依法治国，建设民主社会。这就要求正确地处理好社会公共利益与公民个人利益的关系，而社会法以社会公共利益为其本位，尊重公民个人权利，与和谐社会的要求具有高度的一致性。解决社会问题主要依靠，社会法作为我国法律体系中的重要组成部分，也与和谐社会相契合。总之，社会法对于构建和谐社会意义重大，也为保护环境提供了立法保障，在协调环境保护与社会及经济发展的关系时必然发挥关键的作用。

>　　四、社会法视阈下协调环境保护与社会及经济发展的有效对策

　　伴随着社会的不断发展，许多社会问题也涌现出来。当前，环境保护问题已成为制约我国社会及经济发展的主要社会问题。而社会法的目标就是解决社会问题，实现社会公平正义。因此，在社会法的视角下协调环境保护与社会及经济发展的关系就变得尤为重要。其中，不仅要坚持权利本位；又要坚持社会优位，处理好社会整体和公民利益的关系，确保社会的和谐进步。

　　（一）坚持社会本位，着力解决环境问题

　　社会本位原则是社会法的基本原则之一。在协调环境保护和社会及经济发展的关系时，要坚持社会本位，把社会公共利益放在首位，坚持以人为本，把人民群众的利益放在头等重要的位置，这也是我们正确处理环境保护与社会及经济发展必须坚持的方向。另外，我们要坚持科学发展观，做到统筹兼顾，使环境保护和社会、经济发展协调发展，实现社会公平，推进社会和谐，真正地建立人与自然和谐相处的文明社会。

　　（二）保护公民环境权，切实维护公民环境权益

　　环境权作为社会权中的一项重要权利，必须受到足够的保护。结合我国目前的现状，必须重视公民的环境权、生存权和发展权，为人民在环境良好的社会中生活创造条件。另外，要加强环境保护方面的法律制度建设，对于由于环境问题引起的各种矛盾和纠纷，要及时处理、化解。对于侵害公民环境权的行为，要运用民事和司法途径加以救济，建立和完善生态补偿和污染损害赔偿机制，切实维护人民群众的合法环境权益。

　　（三）建立政府主导、公众参与的环保新机制

　　社会法是国家为解决社会问题提供公力救济的法。政府干预是社会法的特征之一。因此，在协调环境保护和社会及经济发展的关系时，政府部门必须发挥应有的作用，加强监管力度，建立和完善信息公开制度，严格贯彻《环境保护法》的相关规定。对于企业，要进行政策上的引导，鼓励企业公开环境信息，积极履行社会责任。另外，保护环境要依靠人民群众的力量，立法要保障公民的知情权、参与权和决策权，使公众参与到保护环境的大潮中来。只有这样，才能建立政府主导、公众参与的新型环境保护综合机制，从而为环境保护提供良好的制度保障，形成环境保护的最大合力。

>　　五、结语

　　环境保护和社会及经济发展既对立统一又可以协调发展。在处理环境保护和社会及经济发展的关系时，要坚持社会本位原则，树立社会整体观念和社会全局观念，把人民群众的利益放在首位，坚持以人为本，保障人民群众的基本生存权利。另外，在协调这两者的关系是要充分地发挥政府部门的职能作用，将《环境保护法》的相关规定落到实处。总之，环境保护与社会及经济发展的协调、可持续发展，首先要依靠国家政策的引导，其次要加强政府的监督指导，更重要的是发挥群众的力量，使人民群众和各个企业树立保护环境的意识，真正地行动起来，从根本上解决环境污染这一社会问题。我相信，在当前建设中国梦的大背景下，只要社会各个阶层都为保护环境贡献出自己的力量，那么，不久的将来，我国的环境问题必定会得到解决，社会主义和谐社会必将朝着更好的方向发展。

　　参考文献：

　　[1]周珂.环境与资源保护法.中国政法大学出版社.20\_．

　　[2]董保华.社会法原论.中国政法大学出版社.20\_.[3]吴晓明.生态环境保护与经济发展的关系.现代营销.20\_(10)．

　　[4]任国峰、周雪梅、任碧秀,等.新形势下环境保护与经济发展的关系.北方环境.20\_(7)．

**第二篇: 环境与发展论文**

　　大气污染是指大气中一些物质的含量达到有害程度以至破坏生态系统和人类正常生存与发展的程度,对人或物造成危害的现象.它本质上是大气污染物通过一系列复杂的物理、化学和生物过程,造成对人体健康和人类生存环境的影响[1],时间尺度上从毫秒到世纪,空间尺度上从分子到全球,是一个典型的多尺度多相非线性复杂系统问题.这些污染物主体是化学成分,也含有一部分生物成分.化学成分可分为气体和气溶胶两部分,气溶胶主要有硫酸盐、硝酸盐、铵盐、氯化物、有机碳、元素碳和地壳物质等;气体主要有SO2,NOx,O3,CO等.生物成分也称为生物气溶胶,主要有细菌、病毒、真菌、微生物毒素、花粉和植物纤维等.大气污染物经过生成、传输扩散、转化、沉降等过程,形成一个源、汇与循环的复杂系统.传输扩散和沉降属于物理过程,受大气运动、地形、下垫面和云雨的控制.转化属于化学过程,大气污染通过一系列化学和光化学反应生成二次污染物.污染物的生成过程既有物理过程也有化学过程,同时还常常伴有生物过程.人们通过数学方法来定量描述这一系列复杂又相互作用的物理、化学和生物过程,给出了状态方程、质量守恒方程、动量守恒方程、热量守恒方程、物质属性守恒方程、辐射传输方程、化学反应和光化学反应方程、化学反应动力学方程等.但由于对这些物理、化学和生物过程的认识还有局限性,如复合污染中的大气颗粒物形成机理、边界层基础理论、化学生物物质对人体机能影响机理等,这些过程的很多部分目前只能借助于参数化或统计学来描述,甚至还只能定性描述或忽略.

　　大气具有一定的自净能力,也就是我们通常所说的大气环境容量,在自然净化能力所允许的污染物排放量是不至于破坏自然界物质循环的极限量,超过这一极限量时才构成了大气污染.大气污染物在空气中所占的比例非常小,几乎所有污染物都在ppm量级(1ppm=1/1000000)以下,人们把它们称为痕量物质.大气中各种物质处于动态平衡之中,由于人类活动产生的这些痕量物质破坏了大气自身的动态平衡,就会对人体和动植物产生危害,人们研究大气污染就是研究打破这种动态平衡的痕量物质生成、传输扩散、转化、沉降等过程及其对人体健康和生态系统的影响.据资料记载,早在12世纪的一位哲学家、科学家MosesMaimonides(1135~1204年)就指出城市空气与乡村空气有差别,空气的变化已对居民健康造成了影响.1761~1767年Marggraf实施了雨和雪的降水化学测定,1872年英国化学家SmithR.A.在其所著的《空气和降水:大气气象学的开端》一书中最早提出“酸雨”的概念[2].但人们真正对大气污染中的核心内容之一大气扩散科学研究始于战争目的,第一次世界大战期间化学武器的诞生和第二次世界大战期间核武器的诞生,为了更好地使毒剂云团和放射性烟羽达到杀伤效果,需要在有利气象条件下进行(对于大气污染则称为不利气象条件).第二次世界大战结束之后,冷战局势逐渐形成,国际上长时间被战争的阴云笼罩,为了防止核、生物和化学等大规模杀伤性武器的危害,军事上进行了大量的外场实验,研究核生化物质在大气中的传播、扩散和清除过程.由于洛杉矶烟雾事件、伦敦烟雾事件的发生和核能的有效利用,这些用于军事目的的大气扩散理论和技术方法逐渐转为民用,并随着计算机和电子技术的问世及快速发展,大大推动了大气污染科学研究和大气污染防治应用研究,尤其是我国最近几年发生的大范围、长时间的大气复合污染,进一步促进了对大气污染的广泛深入研究.这些研究首先是从物理过程开始的,洛杉矶烟雾事件发生之后,著名科学家Haagen-Smit(1952年)发现并证实了造成洛杉矶大气污染的原因是汽车尾气等一次污染物经过一系列光化学反应生产的二次污染物O3所致[3],至此人们开始系统地对化学过程进行研究,并成功地在数值模拟和预报中同时考虑物理和化学过程.但就大气污染对人体和生态环境中造成危害的生物过程研究还很不成熟,而且几乎与大气污染的物理和化学过程完全分离,导致了大气污染防治研究未能就将物理、化学和生物过程及其产生的危害形成一个有机的整体.

　　本文从物理过程、化学过程、生物过程、数值模式和防控策略等几个方面就人为源引起的大气污染对人体健康影响的研究进展进行了评述,并提出大气污染危害性识别与控制的核心科学问题及理论框架.

　>　1大气污染过程研究进展

　　大气污染是在大气边界层中发生的.大气边界层是指从地面到1~2km高度左右的大气低层,这一层中的风向、风速、温度、湿度、压强受下垫面、地形及其日变化影响,物理、化学和生物过程自身与相互作用呈现出极为复杂的状态[4~7].

　　1.1大气污染物理过程研究进展

　　人类最早对大气污染物理过程进行科学研究还要追溯到20世纪初,在第一次世界大战中,由于军用毒剂的诞生和在战场中的大量使用,科学家们开始研究有毒物质在空气中的传输扩散.1915年,德军在伊珀尔(Ypres)战线前沿使用了氯气,造成了约1.5万人中毒,近5000人死亡[8],当时没有科学的评估方法,主要靠经验获取气象条件对毒气扩散的影响.1936年,Bosanquet和Pearson[9]提出污染物扩散的浓度呈高斯分布.1943年,美军在澳大利亚一丛林小岛上进行了芥子气扩散实验,测得毒害剂量分布以及暴露人员和防护人员中毒情况.同年,英国也进行了芥子气外场扩散实验,测得大致影响范围.当时由于缺乏科学的计算方法,通常以危害纵深为基线,用扩散角包围的地域来表示危害范围,苏军、美军的扩散角定为40°,英军定为60°,我军1974年外场扩散实验测得扩散角为36°,表明苏军和美军的标准更接近实际[8].1947年,英国气象学家Sutton[10]根据Fick扩散方程在简化的大气条件下得到解析解(即高斯方程),给出了污染物在大气下风向空间分布的萨顿公式,它是假定污染物的水平和垂直方向都是呈正态(高斯)分布,浓度的数值由正态分布的标准差(或称扩散系数),其大小通过大气实验中示踪物(例如二氧化硫、硫化锌、六氟化硫等)的浓度分布测量决定.同一时期,苏联科学家Лайхтман在质量守恒的前提条件下假设气象场恒定、地形平坦、下垫面均一、湍流扩散与分子扩散相似且分子扩散可以忽略不计,推导出了另一描述大气污染扩散的典型方法——拉赫特曼方程[11],用于计算毒云浓度或毒害剂量的空间分布、危害纵深、危害地域、对不同防护水平人员的杀伤面积(即威力幅员),用于评价化学弹的设计水平及化学袭击的战斗效能.这两个经典方程均是根据污染物连续方程定常假设后得出的解析解,只是拉赫特曼对垂直扩散系数的表达形式更精细,在一定条件下二者可以相互转换.1961年Pasquill[12]把扩散参数确定为大气边界层中的稳定度函数,扩散系数随传输距离而增加的关系用图表方式列出.在高斯方程中,扩散系数计算使用了帕斯奎尔公式,而拉赫特曼方程中扩散系数使用了Γ函数,二者均可对地形平坦下垫面均匀的条件下进行扩散模拟,从而计算毒剂云团危害纵深和危害程度.陈金周等人[8]基于这两种方法建立了化学武器效能评价方法.20世纪50年代开始,欧美和苏联陆续建成了大批核反应堆.核工业常规运行中释放的放射性污染物总量是很小的,但其中某些放射性物质的毒性是工业排放物的3×105~2×109倍,一旦出现泄露事故其后果是灾难性的,在以后发生的切尔诺贝利和福岛核电站的事故影响中得以呈现.为此,美国在20世纪50年代起开展了多次大规模野外试验,如大草原计划[13].在1974~1976年,我国为了核反应堆的选址评价,在北京北部开展了一次大型野外实验[14],得到在山区地面几百米之内的风、温分布,复杂地形上的水平和垂直扩散系数.1975年核防护研究院、中国科学院、北京大学联合在宜昌为建核反应堆进行了大规模大气和长江水污染扩散试验,统计了当地10年的逐时气象观测资料,建立了100m气象塔,使用了当时最先进的微气象观测、采样和分析仪器,其成果为核反应堆建厂的可行性评价及安全性评价的提供了科学依据.20世纪80年代起我国核工业有了快速发展,采用了国际上通用的安全准则,在大亚湾、秦山、田湾等核电站选址评价和事故应急评估中都采用了数值模式.黄顺祥等人[15]从202\_年开始首次把数值模拟计算引入到毒云扩散研究,完成了哈尔巴岭日本遗弃在华化学武器挖掘回收和销毁工程风险评估,建立了包含102m气象塔的立体式综合性气象观测系统,进行了哈尔巴岭水槽扩散实验和复杂地形上SF6示踪扩散实验,建立了复杂地形上毒剂云团大气扩散模式(CDM),并进行了实验验证,20\_年将CDM与天气预报模式(WRF)进行耦合,实现了复杂地形上数据同化与高精度化学风险预报.20\_年,黄顺祥等人[16]建立了基于拉格朗日原理的核事故危害评估模式(NDM),实现了NDM与WRF离线耦合,在此基础上发展了大气污染核事故危害预测预警系统(NAPWS)[17,18].

　　从20世纪60年代起,气象界开始对大气边界层开展研究,建立了“边界层气象学”学科,Stull[19]和蒋维楣等人[20]分别于1988年和1994年系统地分析了一系列大规模野外观测实验,观测近地面大气层中的风、温、湿及湍流的变化过程.中国科学院兰州高原大气物理研究所和北京大学联合在甘肃黑河地区开展了黑河试验[21].城市建筑、供暖、交通等动力热力作用引起城市热岛和风场辐合,对城市风场、温度场的研究促成“城市气象学”.把上述研究成果引入到城市边界层中,结合大气化学,成为“空气污染气象学”的基础[22].正态模式的计算方法虽然简单快捷,但应用到诸如山地、城市、沿海的复杂地形条件上时,难以体现污染烟云的散布形态与正态分布的明显差别.从20世纪60年代末污染浓度的计算开始采用数值模式方法,它是在气象场的数值预报基础上得到风场和温度场的时空变化,进而得到湍流场分布[23],再采用扩散方程的数值解得到在这个气象场中的浓度分布.1983年Piekle[24]提出了表达复杂地形的σ坐标系,从此之后的20年中数值模式研究有了长足的进展.例如美国科罗拉多州立大学的区域大气模拟系统(RAMS)[25]、北京大学大气环境模式(PUMA)[26],实现了大气区域尺度的复杂地形上模拟计算气象场分布.20世纪80年代结合数值模式进展,核安全准则也有相应的提升,它要求在核事故发生后,在10min内给出快捷的放射性浓度分布,可采用正态模式产生的图标,并在30min内给出数值模式计算结果.为此,美国原子能委员会属下的Livermore实验室、Hanword实验室、LosAlamos实验室等都发展出不同的数值模式[27].我国城市大气环境评价始于20世纪70年代初,1973年中国科学院大气物理研究所和北京大学在北京西郊开展一次大规模野外实验,除了气象观测还用照相法测得烟云的垂直扩散系数.20世纪末北京市开展了朝阳区中央商务区(CBD)建成后的大气环境评价.CBD几千米范围内已建和待建建筑物模型都放在风洞中,用颗粒物(例如米糠)的吹蚀法测得此区域街道上的风速分布,数值模式采用10m网格精度模拟出该区域三维温度场、风场和浓度场分布.结果表明风洞实验和数值模拟所得到的街区中风速分布有相当好的一致性,证明数值模式有能力计算出高大建筑群覆盖的城市大气边界层几千米范围内的气象场.20\_年,李磊等人[28]应用CFD软件Fluent对城市街区大气环境进行了研究,展现出在街区大气环境中的应用前景.遗憾的是这些研究成果没能在以后的大气污染扩散模拟中得到很好地发展应用.

　　用于大气扩散模拟的数值模式有拉格朗日模式和欧拉模式两类.拉格朗日模式是跟随流体移动的粒子来描述污染物浓度及其变化,能细致描述大气污染物在大气流场中的扩散和传输(Draxler),它是一种描述污染物扩散的自然方式,模式采用的坐标固定在气流微团上随气流一起移动,输送-扩散方程中不再出现平流项,因此这类模拟中也不会出现“数值伪扩散”现象.以拉格朗日为基础的扩散模式多适合模拟几千米至几十千米区域的污染扩散,是比较高级的扩散模式,需要三维随时间变化的气象数据,且能正确描述湍流扩散过程,因此目前基于拉格朗日方法的扩散模式得到较为广泛的应用,其代表的模式是混合单粒子拉格朗日综合轨迹模式(HYSPLIT)和拉格朗日粒子扩散模式(FLEXPART).由于拉格朗日模式是跟随质点或气团的运动轨迹来模拟的,因此对于持续源长时间、远距离传输扩散情况下,其计算量会急剧增加,影响了模式的使用和推广.欧拉方法是相对于固定坐标系描述污染物的输送与扩散,用欧拉流体速度的统计特征来表述浓度统计量.为了减小数值伪扩散误差,欧拉型模式求解方法包括有限差分、假谱、有限元等多种计算方案.差分法目前适用较多,其优点在于直接将输送-扩散方程离散化,然后再求解离散方程、思路简单、明了、非常直观便于程序化计算.但是,这类方法所面临的主要问题是计算的数值稳定性和计算过程中所出现的“数值伪扩散”问题,这些问题和所选用的差分方案密切相关.目前为了满足数值方案的稳定性和减小“数值伪扩散”的影响,这类模式大多采用隐式或半隐式方案.假谱法的基本思路是将浓度场从物理空间变换到谱空间中,在谱空间中计算浓度的导数(即?C和?2C),然后在物理空间中计算局地乘积项和时间积分求出浓度的空间分布和时间变化.这类模式的数学方法主要采用快速傅利叶变换技术,可以把平流扩散方程变换为谱空间的常微分方程,其计算精度很高(因为空间导数的计算是惟一的),在很大程度上消除了“数值伪扩散”造成的误差.但这种方法所遇到的一个困难是边界条件的确定相当复杂.有限元方法的核心是将所考虑的区域分为有限数目的子区,这些子区上的值用一系列简单的离散函数来表示,如低阶多项式等.然后,在各子区上求解多元方程组,在求解过程中要保证子区边界上值的连续性.这类方法的关键在于在各个子区上寻找恰当的离散函数来表示该子区上变量的值.有限元方法在模拟复杂地形扩散时比较方便,但存在子区上函数的确定有很大的主观性和子区分得太多计算量就非常大的缺陷.欧拉模式一般依据K理论(梯度理论)来实现方程的闭合,湍流通量一般假定与平均梯度成比例.水平和垂直K系数一般依赖于大气边界层结构.在模拟较大尺度区域的扩散问题时欧拉方法具有一定优势.它易于加入污染源变化、化学变化和其他迁移清除过程,适合处理较大尺度区域的大气输送和扩散问题.虽然欧拉型模式在近年来有巨大发展,但无论那种模式都摆脱不了计算过程中差分方案的数值稳定性问题.目前应用最为广泛的区域多尺度空气质量模拟系统(CMAQ)、空气质量综合模拟系统(CAMx)、新一代空气质量模式(WRF-Chem)、嵌套网格空气质量预报模式系统(NAQPMS)和全球尺度空气质量模式(GEOS-Chem)就是基于欧拉方法研发的.

　　1.2大气污染化学过程研究进展

　　1872年英国化学家Smith提出的“酸雨”现象首次对大气污染中的化学问题进行了科学描述[2],但人类真正重视大气污染化学过程是在洛杉矶光化学烟雾事件和伦敦烟雾事件发生之后.1943年开始的洛杉矶光化学烟雾事件,造成了大量的人员伤亡和巨大的财产损失,严重破坏了生态环境.1952年发生的伦敦烟雾事件导致了3900人过早死亡,成为20世纪十大环境公害事件之一.伦敦烟雾事件的发生使人们注意到对人员造成严重危害的不仅是煤燃烧直接排放的SO2,而主要是由SO2经过化学反应生成的二次污染物硫酸.进一步的科学研究认为,这些污染物实质上是气体和气溶胶的混合物.由于人们在很长一段时间内对洛杉矶烟雾事件的科学认识不足,导致污染控制效果不佳.自Haagen-Smit等人提出汽车尾气导致洛杉矶烟雾事件后,1963年Altshuller等人[29]模拟汽车尾气排放在大气中几种烃和醛与一氧化氮的光化学反应,进一步揭示了大气污染化学过程的神秘面纱.20世纪70年代以欧美为主的酸雨席卷了全球众多国家,人类对酸雨的控制大大地促进了大气污染化学过程的研究.大气污染化学过程按影响方式可以分为以伦敦烟雾为代表的煤烟型(含硫化合物为主)、以洛杉矶光化学烟雾为代表的汽车尾气型(含O3和氮化合物为主)和以我国京津冀雾-霾污染为代表的复合型(含氮化合物和含硫化合物为主的混合物),还有具有明显自身特征的酸雨化学过程.

　　汽车尾气型光化学烟雾的研究是从洛杉矶光化学烟雾事件开始的.洛杉矶光化学烟雾是汽车、工厂等污染源排入大气的NOx和挥发性有机物(VOCs)等一次污染物在阳光作用下发生光化学反应生成O3、醛、酮、酸、过氧乙酰硝酸酯(PAN)等二次污染物,一次污染物和二次污染物的混合物形成的浅蓝色有刺激性的烟雾.在洛杉矶光化学烟雾事件中,人们发现污染物浓度与交通量的峰值有显著相关,推断大气污染的主要来源是汽车尾气排放.人们发现NO2早上的峰值滞后交通早高峰约3h,O3峰值滞后约5h.傍晚时NO2的峰值很弱只能勉强识别,而O3没有出现峰值.这就定性地解释了NO2和O3不是汽车直接排放的污染物,而是在白天阳光作用下经过化学反应生成的二次污染物.进一步研究发现,大气中的VOCs参与光化学反应,并在实验室中成功地多次重复了大气环境中发生的此类光化学反应.1961年Leighton[30]对大气中污染物的光化学反应做了比较完整的研究.Heicklen[31]提出了城市大气中NO通过光化学反应转化为NO2的机理,指出在光化学反应中OH自由基是重要载体,并给出了一系列光化学反应方程式,得出最终生成硝酸盐而终止反应.这些研究成果给出了汽车尾气型光化学烟雾的主要化学机理,对20世纪80年代以后洛杉矶烟雾污染控制起到了关键作用.在20世纪初期人们曾经认为大气中还原性气体是被O3和H2O2氧化的,后来认识到起氧化作用的是大气中存在高活性的自由基.由于自由基在其电子壳层的外层有一个不成对电子,它们对于增加第二个电子具有很强的亲和力,因此起到强氧化剂作用,也就是说大气具有很强的氧化性.大气中自由基主要包括OH,HO2,RO,RO2自由基,其中OH自由基起到支配作用.大气中OH自由基主要来自O3紫外光解产物的活性氧(O)与空气中水分子的反应,因此O3的浓度、空气湿度和紫外辐射强度决定着OH自由基生成速度,而各种消耗OH自由基物质的含量与反应活性则决定着OH自由基的去除速度[32].王明星[33]把NOx和VOCs的光化学反应分为烷烃类、烯烃类和芳香烃类,并给出了各类的化学反应方程式,充实了汽车尾气型光化学烟雾的化学机理.唐孝炎[34]研究指出燃烧产生的高温(>2100℃)同样可以将空气中的N2氧化成NOx.虽然夜间没有光化学反应,但Platt等人[35]研究发现夜间NO3,N2O5和O3等组分在对流层的化学过程也很活跃,在大气污染化学过程中同样起着重要作用,并给出了相应的化学反应方程及其反应动力学方程,开启了对夜间大气污染化学过程的研究.虽然对汽车尾气型污染的化学机理有了系统的认识,但部分化学反应和光化学反应方程式是研究者的推测,仍有待进一步验证.

　　1952~1962年期间,伦敦先后发生7次明显的烟雾事件,过早死亡累计人数达7390人[31].伦敦烟雾事件发生主要原因是燃煤产生的SO2及其被氧化形成硫酸盐与燃煤产生的粉尘相结合,导致表面大量吸附水成为凝聚核,使之形成浓雾[36].洛杉矶光化学烟雾是在高温低湿的条件下以汽车尾气为主,NOx和VOCs经过光化学反应形成,而伦敦烟雾是在低温高湿条件下主要因燃煤产生的SO2及其反应生成硫酸盐所致.相对于洛杉矶烟雾经过约30年才基本厘清其复杂的光化学机理不同,伦敦烟雾的化学过程相对简单.SO2在大气中氧化产生H2SO4,(NH4)2SO4和有机硫化物,包含SO2的光解作用、自由基与SO2的反应和表面上的反应或溶入水滴中发生的液相反应.SO2的光解生成SO3,进一步与水气生产H2SO4,1971年Bulfalini[37]在实验室中重复了这个光氧化过程.但光化学反应的机理未能得到直接证明,推断的反应方程式中出现了SO4,可是没有SO4中间产物的直接证据[30].20\_年Wallace和Hobbs[38]提出了SO2转化为H2SO4的两种反应机制:(1)SO2在OH自由基和载体物质M的作用下生成HSO3,HSO3与O2反应生成SO3和HO2,或者SO2在活性O和伴随反应物M的作用下生成SO3,然后SO3与水作用生成H2SO4;(2)SO2在云滴中生成SO2·H2O,HSO3-和SO32-,再快速生成H2SO4.Daniel[39]认为SO2·H2O生成HSO3-和H+后被H2O2氧化生成H2SO4.这几种反应机制中,H2O都起到重要作用,这些推断对伦敦烟雾事件往往发生在低温高湿的条件下是吻合的,但具体化学反应机理至今仍不十分清楚.

　　中国20\_年1月遭遇了严重的灰霾污染,污染面积达130km2,8亿人遭受到污染,监测结果表明74座城市PM2.5日平均浓度超过中国环境标准75μgm-3.Gustafsson等人[40]基于同位素方法研究指出生物质燃烧和化石燃料燃烧一次排放的碳质气溶胶是南亚灰霾形成的主要原因,但Huang等人[41]研究结果表明,北京、上海、广州和西安等4个城市中二次气溶胶和有机气溶胶分别占30%~77%和44%~71%,复杂的大气复合污染和二次细颗粒物才是我国灰霾形成的主要原因[42~45],20\_年Guo等人[46]指出中国雾霾污染与全球其他国家呈现出明显的不同特征.Molina组织的MILAGRO项目中对墨西哥城的霾问题进行了系统研究,研究者们一致认为一次排放细颗粒物,NOx,SOx,VOCs和NH3是致霾重点污染物[47~49],但对我国呈现的氮氧化物、硫氧化物和氨为主同时造成重霾污染仍然难以进行科学解释.目前,中国整体上以PM2.5和O3污染为主,O3污染主要发生在夏季,PM2.5主要发生在秋冬季,O3生成光化学反应机理基本清楚.虽然最近4年京津冀、长三角、珠三角PM2.5浓度下降了30%左右,我国PM2.5的污染已经得到一定程度的缓解,但污染程度仍明显超过其他污染物.PM2.5为机动车尾气、道路扬尘、工业粉尘、黑炭等一次污染物和经化学反应和光化学反应生成的硝酸盐、硫酸盐、铵盐等二次污染物的混合物,复杂的大气复合污染和二次细颗粒物才是我国灰霾形成的主要原因.NOx和SOx经OH,NO3和O3等自由基分别进行光化学氧化形成二次细颗粒物的机制基本清晰,1991年Luria和Sievering[50]给出了SO2在H2O2作用下在云滴中生成SO42-的液相氧化机理;202\_和20\_年,Kuimala等人[51]和Mauldin等人[52]先后给出了SO2在OH氧化基作用下和SO2在Criegee中间体作用下生成H2SO4的均相氧化机理;20\_年Harris等人[53]给出了SO2在TM催化作用下生成SO42-的非均相氧化机理;同期Ma等人[43,54]给出了NO2和SO2在OH自由基的作用下分别生成HNO3和H2SO4的光化学反应和化学反应机理.但在我国SO2-NO2复合致霾效应中SOx和NOx共存,SO2和亚硫酸盐向硫酸盐的转化速率显著加快,即NOx是促进SO2转化为硫酸盐的关键因素[55~57],He等人[57]在20\_年1月北京地区重霾期间的观测数据和烟雾箱模拟实验中证实了该结论.对于NOx,SOx和自由基混合在一起发生反应的研究一直就是一个热点和难点.早在1960年Renzetti和Doyle[58]发现,如果1ppmNO(而不是NO2)加到含有0.5ppmSO2的相对湿度为50%的空气中,在辐射时阻碍而不是增进气溶胶的生成,认为SO4在NO的作用下转化为SO3.1965年,Altshuller和Bufalini[59]提出了SO3与NO进一步反应生成SO2和NO2;1991年王明星[33]指出这个过程在实际大气中并不重要,因为NO浓度很低,反应过程需要SO2\*(激态SO2分子),而SO2\*与NO碰撞的概率很小.监测和实验结果均表明,在NOx,SOx,NH3和VOCs的混合物经过化学反应和光化学反应,相互之间表现为不是阻碍而是促进了颗粒物的生成,主要生成硝酸盐、硫酸盐、铵盐和二次有机气溶胶(SOA)[60,61].20\_年Wang等人[60]研究发现NO2在SO2液相氧发反应生成硫酸中发挥了关键作用,认为NO2(g)和SO2(g)在H2O(aq)中反应生成硫酸和HNO2,而NH3,NO2(g)和SO2(g)在H2O(aq)中反应生成硫酸铵和HNO2,这一新的反应机理的提出同时解释了伦敦烟雾和中国重霾污染中NO2所起的多重作用.20\_年Cheng等人[61]结合外场观测、模型模拟和理论计算,发现在雾霾的液态水中NO2可以作为氧化剂将SO2转化为硫酸盐.Wang等人[49]研究发现NH4+/(NH4++NH3)和硫酸盐、硝酸盐和铵盐(SNA)与PM2.5的浓度成明显的正相关,这表明NH3到SNA在PM2.5的形成中起到了重要作用,尤其是在低温高湿的条件下.SO2和NO2,SO2和NH3对典型矿物粉尘(α-Fe2O3和γ-Al2O3)的协同作用在实验室中得到了证实[57],但它们之间复杂的化学过程及光化学机理仍需进一步研究.

　　随着计算和电子技术的发展,数值模式得到了快速发展,大气污染化学过程逐步引入到数值模式中.但由于受到计算能力的限制,1969年Friedlander和Seinfeld[62]提出了由7个主要反应方程式的光化学烟雾形成的化学动力学机理.1996年Jenkin等人[63]发展的光化学反应机理包括了120多种VOCs,7000多个反应和2500个物种.虽然计算机的容量和计算能力得到了大幅提升,但要细致地考虑这些化学过程仍然不现实,而且一些化学过程的反应机理仍然不清楚,因此目前在模式中不能直接使用待定化学机理,而是将它与烟雾箱实验结果进行对照,确定VOCs各种反应途径,并进行归纳合并,然后用于模式模拟计算.

　　1.3大气污染生物过程研究进展

　　大气污染生物过程主要体现为大气污染对人体健康的影响.大气污染物主要经过呼吸道进入体内,细粒子可进入肺泡,极细粒子甚至可进入血液,引起呼吸系统疾病、心血管疾病、癌症、胎儿发育异常等,导致过早死亡[64~67].Lelieveld等人[68]基于流行病研究评估了全球疾病负担,包括PM2.5和O3对健康的长期影响,虽然因不同地区污染物成分不同、监测数据缺乏等原因难以定量评估大气污染与过早死亡的直接关系,但通过使用全球大气化学模式模拟分析了城市和农村环境中过早失衡与七种排放源类型之间的联系,计算得出大部分PM2.5造成的环境空气污染导致全球每年330万人过早死亡.20\_年Liu等人[69]研究发现中国因PM2.5引起137万人过早死亡;Zhang等人[70]研究指出中国已成为全球环境空气质量最差的国家之一.Lim等人[71]研究表明,1990~20\_年全球疾病负担研究将环境PM2.5浓度排在所有健康危险因素的第9位.根据世界卫生组织(WHO)报告,20\_年有370万人的过早死亡与全球环境空气污染有关 .Zhang等人[72]研究结果表明仅国际贸易隐含的PM2.5跨界污染在20\_年就造成全球约76万人过早死亡,约占全球PM2.5污染造成的过早死亡人数的22%.WHO在20\_年的《空气质量准则》中指出,PM2.5年均浓度35μg/m3比10μg/m3的人员死亡风险约增加15%.Shi等人[73]研究结果表明,暴露≥6μg/m3比　2综合数值模式研究进展

　　2.1排放源

　　在早期的大气污染模拟中,排放源通常为单一污染物的点源、线源、面源和体源,分别应用于高斯扩散模式或拉赫特曼瞬时点源推导出来的连续点源、线源、面源和体源模式中.从20世纪80年代起,美国、欧洲和日本等逐步建立了本国或本地区较为完整的源清单,并对全球污染源排放清单进行了估算.Streets等人[119]对202\_年亚洲气体和气溶胶排放源清单进行了研究,估算了亚洲64个国家和地区主要排放源并进行了网格化;20\_年张强等人[120]对人为颗粒物排放源清单进行了系统估算.清华大学[81,121~123]开发了中国多尺度排放源清单模型(MEIC),先后完成了以20\_和20\_年为基准年分辨率为0.25度的亚洲人为源排放清单(MIX),该排放源清单集成了MEIC、日本和中国台湾地区源排放清单(REAS2)、中国氨排放清单(PKU-NH3)、韩国源排放清单(CAPSS)等成果.将MEIC清单根据季节、周和日变化的时间分配系数、路网、人口、地理信息等空间分配系数以及大气化学机制物种谱分配系数,将MEIC清单进行时间、空间和物种分配得到三维网格排放源,并与空气质量模式耦合.为了直接为空气质量模式提供排放源输入项,1996年美国北卡罗来纳大学环境模拟中心开始研发污染源排放模式(SMOKE),该模式通过时间、空间和物种分配,将各种形式的排放源清单转化为空气质量模式(如CMAQ,CAMx,WRF-Chem)需要的三维网格排放源强.由于污染源排放类型复杂,排放因子和活动水平较难选取,而且空间分布极不均匀,因此污染源排放清单及其时空分布具有较大的不确定性.排放因子的选取会直接影响污染物排放总量估算的准确性,由于排放因子一般是通过排放源测试获得一定数量样品计算出来的,仪器的测量误差、源测试的随机误差和代表性等将导致排放因子的不确定性,因此在排放源清单建立的过程中其不确定性是固有存在的[124].调查数据的时效性和准确性均难以得到保证,这也是自下而上方法计算的排放源清单固有的缺陷.这类排放源清单的优点是采集的数据比较直接,可与实际排放源进行一一对应,从而便于指导对排放源的控制,但也存在调查数据不确定性较大、某些数据来源缺乏客观性、更新周期过慢等非常明显的缺点.为了弥补上述缺点,基于卫星遥感和地面观测污染物监测资料反演排放源的自上而下的计算方法得到重视.基于卫星遥感资料的排放源反演方法是一种更新和改进基于自下而上方法建立的排放源清单的有效方法.卫星遥感观测被广泛认为是一种定量评估SO2,NO2大气污染时空分布特征的最重要工具之一,并广泛应用于评估和反演中国地区SO2,NOx排放源[54,125~129].由于NO2,SO2等对流层污染物主要分布在边界层以内,是卫星观测敏感度最低的部分,因此基于卫星观测反演的大气成分产品具有较明显的误差,基于卫星资料的污染源反演亦存在较大的不确定性.

　　采用自上而下方法间接估算排放源可为空气质量模式提供高时空分辨率、多排放参数、定期动态更新的排放源清单.大气污染排放源反演自20世纪80年代开始研究并逐渐发展,发展比较早的方法有受体模型和卡曼滤波法[2],利用数值模式反演污染源强度成为源反演的主要方法之一.传统的排放源反演方法共同的缺点是反演过程中没有充分考虑动态的物理化学过程,为此曾庆存和吴琳[130]近期提出基于伴随原理的排放源反演理论方法,并给出适当近似假设后的解析解.该方法最突出的特点是计算非常快捷,但对复杂的空气质量模式的适用性需要验证.上述国内外诸多研究表明,采用各种源反演模型可获得排放源的动态时空分布特征,减小排放源清单的不确定性.将自下而上的计算方法得出的排放源清单(真实的排放源清单)作为自上而下的计算方法的初始场,反演动态排放源清单(虚拟排放源源清单),可以有效提高预报准确率,同时将调查的真实源清单与反演的虚拟源清单进行耦合,实现大气污染控制的目的.但这些方法反演的准确性和时效性仍难以满足高精度空气质量预报的实际需求,同时满足准确性和时效性需求的排放源动态反演方法尚不成熟.

　　2.2气象模式

　　大气污染扩散过程实质上取决于气象条件或扩散条件,受天气系统和大气边界层稳定度的控制,它遵循着自身规律,人们意识到其具有可预报性,并在20世纪初描述它的斜压流体力学方程组.早在1901年,天气预报奠基人之一Abbe[131]提出了大气运行状态由非常复杂的空气流体力学方程所控制.1904年,挪威著名气象学者Bjerknes[132]基于Abbe的理论首次明确提出了数值天气预报理论基础,认为原则上大气初始状态、边界条件和各种大气动力学方程共同决定了大气未来状态.1910年,英国科学家Richardson[133]首次提出基于Bjerknes理论直接采用“数值积分”的办法来求解这一问题,并付诸试验,但因没有充分考虑天气系统中对流、阵风、重力波、湍流等物理因素和时间步长对预报结果影响的数学因素,导致预报结果是虚假噪音[134].针对这个问题,Rossby[135]和Kibel’(Кибелъ)[136]分别于1939年和1940年提出了“滤波”概念,考虑声波、重力波和Rossby波的影响,将大尺度涡旋运动分离出来单独计算,成功进行了数值天气预报.第二次世界大战以后,全球地面和高空观测密度和范围大大增加,随着1946年美国第一台电子计算机ENIAC的诞生,迎来了高速计算的电子计算机时代,数值模式的初值条件和积分有了强有力的支持.20世纪50年代,Charney等人[137,138]和Rossby[139,140]相继采用当时世界上最先进的ENIAC和BESK计算机基于滤波方法构建数值天气预报模式,成功地制作了现代数值天气预报产品,1954年美国率先实现了业务化数值天气预报.在滤波模式取得成功后,1951年Charney[141]意识到虽然滤波模式对副热带大尺度大气动力过程的认识比较有效,但其模式原理太过简单,其精度不足以满足日益发展的数值预报发展需求,从滤波模式到原始方程模式是未来数值预报模式的发展方向.Zeng[142]于1961年在苏联提出了半隐式差分方法,首次实现了应用天气系统原始方程进行数值天气预报,克服了滤波方法固有物理和数学上的缺陷;1966年美国基于该方法实现了业务预报.随着湍流、辐射、非绝热、摩擦、水汽凝结等物理过程的发展,众多的气象学家逐步认识到次网格物理过程参数化对模式的重要的影响,越来越多的气象学家将大气物理参数化方案加入到数值天气预报的模式中来,并逐步走向成熟.1965年,Smagorisky等人[143]构建了原始方程数值天气预报模式及其物理过程参数化方案,虽然模式还比较简单,参数化方案也不够完善,但因在数值天气预报模式设计上的重大突破,为现代数值天气预报模式的研究和应用奠定了坚实的理论基础.

　　全球数值天气预报的蓬勃发展始于20世纪80年代.得益于高性能计算机的发展,各主要气象大国的数值天气预报模式从低分辨率到高分辨率,从简单到复杂,从单一尺度到多尺度模式得到快速发展.在过去30多年期间,大气科学研究在以下几个方面经历了非常巨大的进步,包括观测资料日益丰富(卫星、雷达、航测等)、物理过程参数化方案日益成熟、海气耦合蓬勃发展、云微物理、陆面过程等研究进一步完善成熟.科学家将这些成熟的技术应用到数值天气预报模式中,逐步提高了预报技巧.进入21世纪后,集合预报和资料同化技术改进了数值预报模式的准确率.在20世纪80年代,中尺度气象数值模式取得了很好的发展,90年代以来一些中尺度模式及模拟系统在世界各国得到广泛应用,如美国国家环境预报中心(NCEP)研发了业务预报中尺度模式(Eta)、海军舰队数值气象和海洋中心(FNMOC)耦合了海洋-大气中尺度预报系统(COAMPS)、科罗拉多州立大学(CSU)研发了区域大气模拟系统(RAMS)、美国国家大气研究中心(NCAR)和美国宾州大学(PSU)发展的新一代中尺度非流体静力模式(MM5)、英国气象局研发了业务中尺度模式(UKMO)、法国研发了中尺度非静力模式(MESO-NH)、日本研发了区域谱模式(JRSM)、加拿大研发了中尺度可压缩共有模式(MC2)等.到20世纪末,由于世界各地气象研究机构开发的气象模式相对独立,缺少通用性,科研和业务应用都很不方便.为此,NCEP和美国国家大气研究中心(NCAR)等科研机构从20世纪90年代后期在MM5模式基础上开始研发统一的气象预报模式(WRF),由于WRF为完全可压缩非静力模式,自202\_年研发以来很快成为全球应用最为广泛的区域模式.21世纪以来,中国气象局开始了自主研发全球预报系统GRAPES新一代数值预报系统的新征程[144],全球模式GRAPES\_GFS在20\_年完成了前期试验,发布了准业务版本1.0.20\_年GRAPES\_GFS顺利实现了业务化,其预报技巧较T639模式有了较为明显的改进和提升.GRAPES\_Meso是GRAPES区域中尺度数值预报系统的英文名缩写,模式核心部分是GRAPES预报模式动力框架以及经过优化选取和改进的物理过程参数化方案.20\_年3月2.0版本开始业务应用,20\_年GRAPES版本升级为2.5版本,在20\_年升级为3.0版本并对面向高分辨率模式进行了多项改进,在地形处理方面,后者对高分辨率地形数据采取滤波方法,使预报降水的量级分布更为合理.在垂直分层方案中,后者通过对历史预报结果分析发现模式预报在某些地区存在系统偏差,对大气下层模式的分层进行改进,使模式动力框架与陆面过程参数化方案之间耦合更为协调,减少了系统预报偏差.20\_年6月升级为3.3版本,20\_年6月升级为4.0,目前已具备较好的预报能力.

　　2.3空气质量模式

　　空气质量数值模拟是进行大气污染预报、大气污染过程研究以及大气污染治理对策研究的主要手段.空气质量模式大致可以分为两类,一类是无化学反应的预报模式,主要由扩散模式和统计模式组成;另一类是既考虑气象场影响又考虑复杂化学反应的大气化学模式.空气质量数值模式一般由气象模块、排放源处理模块和大气化学模块组成,包括污染物的传输、扩散、迁徙、转化、干湿沉降等物理和化学过程.

　　目前常用的空气质量模式主要包括WRF-Chem,CMAQ,CAMx等.美国国家海洋和大气管理局(NOAA)和其他部门联合开发的在线耦合空气质量数值模式WRF-Chem[145],是在NCAR开发的WRF中加入大气化学模块发展而成.由于WRF-Chem将气象模式与化学传输模式在时间和空间分辨率上实现了双向耦合并在线反馈,用于模拟气体和气溶胶排放、输送、混合扩散和化学转化过程,主要用于区域尺度空气质量研究、云化学研究等,是目前发展最迅速最具发展前景的空气质量模式之一.美国国家环境保护局(EPA)大气模型和分析部开发的第三代空气质量模拟系统(Models-3),通用CMAQ是Models-3的核心部分,适于研究不同尺度大气污染物化学和输送扩散过程[146].CMAQ模式化学传输模块(CCTM)包含了干沉降清除、气溶胶-云滴相互作用和降水清除、硫酸/水汽系统二元均质核化、粒子凝结和凝固增长、气相前体物产生的有机气溶胶组分等化学反应机制和气溶胶过程,具有很强的二次污染预报能力,其气溶胶模式从Binkowski和Shankar[147]基于区域酸沉降模型(RADM)建立的区域粒子模式(RPM)演化而来.通过热力学平衡原理计算无机气溶胶的化学成分,从而计算H2SO4,NH3,HNO3,海盐和H2O等大气无机物种中气相、气溶胶相内的组成及各组分的平衡浓度.由于CMAQ模式具有通用性、灵活性、开发性等突出优点,逐渐发展起来的WRF-CMAQ成为国际上目前应用最为广泛的空气质量模拟系统之一.美国ENVIRON公司在UAM-V模式基础上开发了CAMx实现了在城市和区域多种尺度上大气污染物(包括气态和颗粒物态)综合性模拟、预报、评估及分析,CAMx中的双向嵌套及弹性嵌套、颗粒物源分配技术(PSAT)、臭氧源分配技术(OSAT)、网格烟羽(PiG)模块是其最突出的特点.由于CAMx从外部定义垂直结构,各层高度可以定义为任意空间或时间的函数,因此在水平和垂直网格结构方面非常灵活,大大增强了CAMx与各种气象模型联用的适应性,同样得到了较为广泛的应用.1998年中国科学院设立“九五”重大科研项目,在天津开创了我国城市大气污染数值预报的先例[148].中国科学院大气物理研究所发展的NAQPMS[149,150],对污染形成关键要素选取与动力学关联、双向嵌套、资料同化、污染溯源与过程追踪等,实现了各类复合污染从全球、区域、城市群到城市的全尺度嵌套耦合,成为国内较为广泛应用的空气质量模式之一.近几年,中国人民解放军陆军防化学院等单位研发了全国空气质量高分辨率预报与污染控制决策支持系统(NARS,简称“呐思系统”),该系统具有排放源清单动态反演、气象场预报、空气质量预报、化学过程数据同化、网格化逆向污染溯源和动态优化控制等功能,实现了基于伴随原理的定点、定量、理论误差为零的快速大气污染溯源,可同步对大气污染预报结果进行精细化来源解析,构建了大气污染应急控制的环境效应、经济效益、社会效益等模型,发展了基于自然控制论原理的动态优化控制方法,为大气污染防治提供了新的思路.

　　2.4排放源解析与溯源

　　排放源种类识别、排放源时空分布及其对污染物浓度的贡献和相互之间的化学和动力学关系是大气污染防治的核心工作之一.通常我们把排放源的成分分析、区域和行业贡献称为源解析,把追溯大气污染来源及贡献率时空分布称为溯源.在排放源区域贡献解析中需要用到溯源结果,对溯源结果进一步分析也需要用到排放源成分解析结果,二者可互为补充.

　　排放源解析主要分为受体模型法、源模型(扩散模型)法、排放源清单法、特定化学物种比值法、同位素法、后向轨迹法、卫星反演法等[151].受体模型也叫受体定位模型,1967年由Blifford和Meeker[152]提出,是基于受体样品物理化学信息来反推各种排放源及贡献的方法,其基本思想是受体与源之间的污染物呈质量平衡关系,认为受体处污染物及其中元素的来源和质量是周围不同污染源输送过来叠加的结果,主要分为物理法和化学法.物理方法包括显微镜法、X射线衍射法等,可进行定性或半定量来源解析;化学法是将污染物中对源有指示意义的化学示踪物信息与数学统计方法相结合的方法,主要包括化学质量平衡模型法(CMB)、因子分析法(FA)、正定矩阵因子分解法(PMF)、主成分分析法(PCA)、多元线性模型(UNMIX)等方法,这些方法均是基于质量平衡原理.1972年Miller等人[153]提出了化学元素平衡法(CEB),在此基础上Cooper和Watson[154,155]发展了CMB法,认为某受体点污染物的浓度等于源贡献浓度值与源成分谱中该物种质量分数乘积的线性和,利用最小二乘法原理根据源谱信息和受体点成分谱信息求解排放源贡献率,因此依赖于源谱信息的准确性,需要输入本地化源成分谱信息,且存在共线性问题.CMB-LGO,CMB-MM等一些改进方法的发展在一定程度上降低了CMB的不确定性[156,157].为了避免输入本地源谱,1993年Paatero和Tapper[158]提出了PMF方法,该方法仅需要输入受体点成分谱信息就可利用最小二乘法解出源贡献量和源谱信息.虽然PMF不需要CMB中输入本土源谱,但增加了大量样本的对源类别有指征作用的示踪物种[159],且存在生成的源谱可能具有“老化”特征、源类个数确定和源类判别有一定的主观性和不确定性等不足.为了避免PMF的不足,Liu等人[160]对PMF进行改进,发展了PMF-new方法.源模型法是基于排放源清单、气象场预报模式和空气质量模式[161~163],通过源开关或污染物示踪的方法进行大气污染物来源解析,该方法充分考虑了污染物在大气中传输、扩散、转化、沉降等物理化学过程,Miao等人[162]基于呐思系统(NARS)气象场模拟结果和源模型法评估了京津冀地区颗粒物排放对沈阳地区空气质量的影响.源模型法的不确定性一方面来自于排放源清单的不确定性、气象场模拟物理过程的误差和空气质量模拟化学过程的误差,另一方面来自于源开关法和示踪法理论上的缺陷,比如源开关法难以充分考虑非线性过程、示踪法难以考虑所有污染物的物理化学过程等,其计算量随样本数增加而增加.1996年Dunker等人[164]发展了通过开关或削减某一污染物而进行敏感性分析的强力法,该方法考虑了污染物在大气中复杂的物理化学过程,但仍存在计算量大、高度非线性污染物的截断误差较大等缺陷.为了避免强力法的不足,1997年Yang等人[165]发展了去耦合直接方法(DDM),该方法基于空气质量模式直接求解模型的敏感度方程组得到浓度对某些参数的斜率,在一定程度上提高了来源解析的准确性和计算效率,能够准确地反映局部灵敏度.1987年Henry[166]指出因子分析类受体模型因为需要有明确现实意义的约束条件,普遍存在不适定问题,发现经过空间维度变换后用来解析数据集,本身就可以为源解析提供所需要的约束条件,于20\_年提出了多元受体模型,但该方法也存在需要大量样本数的缺点.基于空气质量模式的示踪物法,如臭氧和颗粒物源解析技术(OSAT/PSAT)、标记追踪物的源解析方法(TSSA)等,可以对不同行业和地区的来源进行解析,但计算量与源标识的种类正相关,且没有充分反应非线性化学过程.为了综合上述源解析方法的优点,规避各自的缺点,20\_年Lee等人[167]提出了集合模型,该方法本质上把CMB,PMF,CMAQ及其改进模型的解析方法所得结果的不确定性来确定各方法的权重,通过提高适用性好的解析方法的权重,改善整体源解析效果.但因对源解析的基本原理没有突破,这些方法固有的弊端仍然存在.20\_年Hu等人[168]提出一种大气颗粒物混合源解析方法,该方法基于扩散模型敏感性分析、受体模型和实测数据,在一定程度上克服了CBM共线性、PMF未能充分考虑物理化学过程等弊端,但是由于该方法用到了空气质量模式敏感性分析工具,从而无法克服该工具引起的不确定性.20\_年高健等人[169]指出动态源解析方法可以实现针对大气颗粒物污染过程来源的定性或半定量解析,认为该技术在实际应用中还存在多个技术问题和科学问题需要解决.

　　大气污染溯源研究相对于源解析少得多.大气污染溯源本质上是从受体出发追溯排放源,无论物理过程还是化学过程均为逆向求解问题.上述部分源解析方法可以定性或半定量实现污染溯源,如PSAT,OSAT,后向轨迹等,因为这些方法实质上是通过正向模拟通过示踪物标记进行统计分析,在数学上属于抽样调查,要获得真实的结果必须样本数足够大,由于计算速度和计算机容量的限制,只能牺牲准确性,而且基于示踪物标记原理不能充分考虑非线性化学过程,因此基本上是定性或半定量的.为了实现真正意义上的大气污染溯源,呐思系统发展了基于伴随算子原理的溯源方法(NARS-IS)[170],该方法通过逆向求解大气污染物理过程和化学过程的伴随模式,实现同时对各个网格、各个时段的污染源排放贡献进行追溯.该方法不需要引入额外的假设,因此理论上其溯源的误差只来源于空气质量模拟或预报的误差.应用该方法实现了排放源动态反演和网格化定量溯源,可快速定量追溯导致目标区域未来1~7天网格化大气污染来源及其贡献率时空分布,结合调查排放源清单,可以追溯每个具体的排放源及贡献率.20\_年Zhang等人[171]发展了基于GEOS-Chem的伴随模式,将PM2.5污染归因于模型分辨率下来自不同来源部门和化学物种的排放.这两种伴随溯源模式分别实现了对城市-区域尺度、区域-全球尺度的污染物溯源,所采用的物理化学机制不同,使用范围和适用对象也不同.NARS-IS模式可同步对大气污染预报结果进行来源解析,定点定量地追溯污染来源及贡献率时空分布,但要追溯具体排放源还需要跟调查排放源清单结果相结合.

　　表1给出了WRF-Chem,CMAQ,CAMx,NAQPMS和NARS等几个典型空气质量数值模式/系统的基本功能,其中WRF-Chem集气象场预报和空气质量预报于一体,实现了气象场预报与空气质量预报双向耦合;CMAQ和NAQPMS实现了与WRF的在线耦合;CAMx属于离线预报,CAMx和NAQPMS实现了正向溯源;NARS在集成WRF-Chem,CMAQ和CAMx的基础上发展了排放源动态反演、伴随方法逆向溯源、化学过程数据同化和基于自然控制论减排限排优化调控等核心功能.

　>　3空气质量监测现状与进展

　　空气质量监测是获取大气污染物种类与浓度分布和判别大气污染程度的直接依据,是验证和矫正数值模拟与预报准确性的基础,是研究大气污染物理过程、化学过程和生物过程的基本条件.用于大气环境监测的技术主要有质谱技术、色谱技术和光学技术.可利用红外激光光声光谱、激光诱导荧光法、紫外差分吸收光度法等实现对含氮化合物的监测,利用光谱和质谱方法等实现含硫化合物的监测,利用化学发光技术、红外差分及紫外差分吸收光谱等方法实现对O3的监测,利用色谱、质谱以及与电子捕获(ECD)、热导(TCD)联用方法实现对VOCs的监测.

　　中国空气质量监测是从20世纪70年代开始的,最初采取手工采样-实验室分析的方法.20世纪80~90年代开始建立环境空气质量标准和方法标准,实现了全国范围内SO2,NOx和总悬浮颗粒物(TSP)的监测,但部分城市采用“五日法”,部分城市实现自动监测,干法设备和湿法设备并存.202\_年开始,监测项目调整为SO2,NO2和PM10.从20\_年开始,城市空气环境质量监测项目调整为SO2,NO2,CO,O3,PM2.5和PM10,监测站点由661个调整至1436个,20\_年338个地级以上城市1436个自动监测站点联网并实时发布.自此,形成了国家、省级、市级三级环境空气质量监测网,国家环境空气质量监测网包括对城市空气、背景空气、区域空气、温室气体、酸雨、沙尘暴等内容的监测,省级和市级环境空气质量监测网包括城市站(部分地区在县域设置监测子站)、超级站等,基本形成了地面气象、环境空气质量多角度观测网,包括大气成分、大气辐射及空气质量等观测台站,但这些基本上是以地面参数和整层总量参数观测为主.为了更精细地反映大气污染物时空分布特征及污染程度,立体式综合性监测网格在一些国家先后建立[172],如大气成分变化监测网络(NDACC)、全球气溶胶监测网络(AERONET)、欧洲气溶胶雷达观测网(EARLINET)、美国能源部大气辐射观测网(ARM)、德国对流层大气观测网(BERDOM)等.中国科学院自主研发了大气探测激光雷达(LIDAR)、调谐半导体激光吸收光谱仪(TDLAS)、紫外可见差分吸收光谱仪(DOAS)、傅立叶变换红外光谱仪(FTIR)等系列环境光学监测设备,并应用这些设备初步建立了城市大气污染时空分布监测技术系统[118],在一定程度上弥补了常规业务监测网络在监测手段、监测内容和监测范围的不足.为了获得全方位监测结果,北京大学牵头于20\_~20\_年组织开展了北京及周边地区大气化学观测(CAREBEIJING),20\_和20\_年又在北京及华北区域组织实施大型综合观测实验(CAREBEIJING-NCP),构建了完整、系统的大气污染综合立体观测网,实现了地面固定观测网站、地面流动观测、卫星遥感、激光雷达、飞机航测相结合的观测技术体系集成[173~177].目前正在建立京津冀及周边地区大气污染综合立体观测网并进行天地空一体化大气环境跨学科综合观测实验.

　　非常高的时间和空间限制性污染以及暴露影响仍然知之甚少.空气质量监测的传统方法是基于静态和稀疏测量站的网络.然而,捕获速度空间异质性和识别污染热点这些是非常昂贵的,这是开发强大的实时暴露控制策略所必需的.目前在开发低成本微观尺度传感技术方面的进展正在改变传统的方式来实现毛细管形式的实时信息.但问题仍然在于它们产生的数据不太准确.

　　上述监测技术、监测方法和监测设备均是对空气质量浓度监测,而我们最终关注的大气污染物对人体健康的影响,大气颗粒物包含了若干种化学物质和微生物,其成分随不同地点和时间而变化,而且对人体健康的影响也随环境要素(温度、湿度、辐射强度等)变化而变化.因此,对大气污染直接进行毒性监测成了必由之路.针对该问题,Wei等人[105,178]建立了集成空气采样、微流控以及绿色荧光蛋白(GFP)标记的模式酿酒酵母菌的生物传感芯片与荧光动态监测系统(SLEPTor),从原理上实现了在单活体分子水平对于大气颗粒物的生物毒性进行全方位的实时检测.利用GFP标记的酿酒酵母菌特定功能蛋白在颗粒物刺激下的表达,对大气颗粒物的生物毒性进行半定量表征.利用SLEPTor筛选出分别与氧化应激和DNA修复有关且对大气颗粒物刺激有灵敏响应的氧化损伤蛋白(HSP60)和DNA修复蛋白(SSA1)两种基因蛋白,结合酶标仪检测及细菌掺杂实验的手段,研究了大气中的生物成分(细菌及内毒素)对于大气颗粒物整体毒性的影响,并对颗粒物中可溶性成分的生物毒性进行了分析.但该方法还在实验阶段,应用技术和设备及毒性分析方法均需要进一步研究.

　　>4大气污染控制研究进展

　　对于大气污染,排放源是根本,物理过程和化学过程是关键,生物过程是核心.排放源、气象条件是导致大气污染的两个基本条件.如果没有排放源也就不存在大气污染,有了排放源如果没有大气为载体在空气中进行传播扩散,也不存在大气污染.理论上大气污染防治只要将两个必要条件中的任何一个切断就可以达到目的.由于大气是一个开放系统,受大气环流、局地环流、下垫面等共同影响,人为改变气象条件非常困难.因此,大气污染防治的主要方法是控制排放源,长期效应通过产业结构、能源结构、重污染布局的优化来实现,短期效应通过减排限排的应急措施得以实现.排放源分为自然源和人为源两类,大气污染防控对象是人为源.

　　大气污染控制分为控制技术和控制方法两个方面.控制技术指脱硫、脱硝、除尘等技术,而控制方法指对通过一系列减排限排措施进行调控的策略或方法.本文主要针对大气污染控制方法进行评述.由于大气污染的成因不同,有效控制对策也会不同.当伦敦烟雾事件发生后,人们很快发现和确定当地的大气污染是燃煤燃烧生成SO2及硫酸盐所致[36],政府所采取的控制措施很快发挥有效作用.对于洛杉矶光化学烟雾事件,在大气污染防治早期,由于此类光化学烟雾的来源、成分和形成机制没有被完全了解,开始很长一段时间都只把VOCs认作为生成O3的成因,后来随着科学家发现NOx也是生成臭氧的重要前体物,同时研发了针对各种污染源的减排技术,如机动车尾气净化、燃煤电厂的脱硝、除尘等,并提出科学的控制方案,才有效控制了光化学烟雾污染.1971年开始对NOx进行了控制,洛杉矶的空气质量才得到真正改善[31].

　　洛杉矶烟雾事件的控制经历告诉我们,控制方法的有效性很大程度上取决于大气污染的成因及来源解析.大气污染在形成机理和空间分布上均呈明显的区域性特征[179,180].到目前为止,中国严重雾霾的主要成因已被广泛研究,当前空气污染特征从传统的煤烟型硫化物污染、汽车尾气光化学烟雾污染转变为“复合型”污染已得到共识[181],但形成机理尚未完全阐明.普遍认为影响雾霾形成和演变的关键主要包括一次污染物的排放、二次气溶胶形成均相和非均相反应以及气溶胶吸湿生长[182,183].对于来源解析,不同的研究者和不同的研究方法常常得出不尽相同的结论.中国政府采取了一系列控制措施,加上经济下行等因素,致使北京、上海和珠江三角洲地区的排放量大幅减少,在一定程度上改善了空气质量.

　　大气污染控制涉及到自然、人文、社会等各个方面,直接跟经济发展相关.在大气污染控制过程中,一些产业的淘汰造成了相应的经济损失,同时另一些产业的兴起又开始创造经济价值.一方面我们采取控制措施付出了经济代价(如企业的停工停产造成的损失),另一方面大气环境得到改善又创造了效益,比如发病率降低使医疗费用减少、雾霾影响正常生产生活(高速公路关闭、交通事故增加、飞机航班取消等)的损失降低,因空气质量改善提高人们的工作效率也增加了正面效应.根据大气污染对人类健康的影响,1967年Ridker[184]估计美国每年约付出20亿美元的健康代价.1970年Lave和Seskin[185]估算认为美国大气污染物减少50%就会节约20亿美元左右的医疗费用.USEPA1974年估计,美国每年大气污染总损失约123亿美元,为了改善空气质量,认为每年支付100亿美元是合理的.20\_年白韫雯和杨富强[186]研究表明中国空气污染每年造成的经济损失仅疾病成本就相当于国内国内生产总值(GDP)的1.2%.京津冀地区空气污染损失估计为1259亿元,占该地区GDP的3.41%.但如何控制既能达到目的又能使损失最小甚至呈正收益呢?显然需要从理论和技术进步、社会和经济发展等方面综合考虑.由于大气污染防治是一个涵盖多领域的复杂庞大系统,有效实施大气污染控制,首先需要找到主要矛盾,然后找到主要矛盾的主要方面,找准污染源头,实现靶向治理就是主要矛盾的主要方面,在这个方面呐思系统研发团队做了一些有益的探索.

　　>5危害性识别与控制的理论框架及核心科学问题

　　大气污染应急控制的核心问题是如何采取恰当的调控措施,使其在达到环境健康风险控制目标的前提条件下实现经济代价、社会效益和健康效应整体最优,本质问题是在大气污染物传输、扩散、转化、沉降等条件约束下提出一套对污染源的调控方案,涉及到排放源反演、气象场预报、空气质量预报、污染溯源、污染控制的经济代价、社会效益和健康效应评估等内容.

　　5.1理论框架

　　针对基于毒性监测预报的大气污染应急控制需求,探索大气污染毒性监测预报和动态优化控制的理论、技术和方法,理论框架如图1所示.发展毒性监测的传感技术,研发毒性监测设备,建立大气污染物毒性监测网络.发展基于伴随原理的排放源动态反演方法,建立动态排放源清单,提高预报的准确性.在毒性监测的基础上,建立毒性指标体系,在动态排放源清单、气象预报模式的驱动下,实现空气质量毒性预报.

　　发展大气污染溯源模式和多目标优化控制方法,建立基于大气环境健康风险的重污染动态优化控制模型得出空气质量控制的优化方案,实现对排放源的动态优化控制.对动态优化控制的社会效益、健康效应和经济代价进行效果评估,并对污染天气动态优化控制进行应用示范.

　　5.2核心科学问题

　　大气污染危害性识别的核心科学问题有排放源清单动态反演、大气颗粒物毒性识别、大气污染物毒性指标体系、化学过程数据同化、基于毒性的健康风险预报、大气污染优化控制等.

　　源排放清单可分为调查源清单和反演源清单两大类.调查源清单存在更新频率低、更新速度慢、主观性强等固有缺陷,以之对应的反演源清单正好可以弥补这些缺陷.因此,发展基于监测结果和空气质量模式的反演源清单是一个非常有效的办法.但由于反演源清单是从受体到源的逆过程,从数学上将复杂非线性的物理化学过程反向描述并快速求解存在瓶颈,伴随方法是破解这一瓶颈的有效途径.关键问题在于如果将非线性化学过程及其新发现的机理从数学上描述清楚,这也是在该方向上需要重点发展的核心内容,这一问题得到有效解决,可以直接推动大气化学数据过程同化的发展.

　　对于颗粒物毒性监测,利用基因荧光探针标记控制活体酵母菌氧化应激等

本DOCX文档由 www.zciku.com/中词库网 生成，海量范文文档任你选，，为你的工作锦上添花,祝你一臂之力！