

# 全国环境空气质量数值预报预警系统建立探析

解淑艳, 刘冰, 李健军  
(中国环境监测总站, 北京 100012)

**摘要:** 随着雾霾天气的大范围、长时间发生, 全国环境空气质量预报预警系统的建立迫在眉睫。集合数值预报模式成为当今预报预警模式发展的主流。介绍了现代化的环境空气质量预报预警系统框架, 该系统包括4个子系统, 并覆盖城市-区域-背景地区, 预报项目要尽量完善。同时应注意预报产品的开发和健康指导信息的发布。

**关键词:** 环境空气; 预报预警

中图分类号: X84

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2013)-04-0001-04

## A Brief Discussion on National Ambient Air Quality Forecast and Early Warning System

XIE Shu-yan, LIU Bing, LI Jian-jun  
(China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China)

**ABSTRACT:** With the occurrence of the wide range of haze for a long period of time, the establishment of the national ambient air quality forecasting and early warning system is urgent. Numerical model system on the air quality forecast is the main direction of development. The modern numerical model system should include 4 subsystems, and it should cover the urban-region-background regions and tend to reach perfection. Development of forecast products and release of health guidance should also be improved.

**KEY WORDS:** Ambient air quality; Forecast system

2013年1月, 全国接连发生了罕见的大范围、长时间的雾霾天气过程, 影响全国中东部和西南部的很多城市。受其影响, 北京、天津、石家庄等多个城市出现了连续数日的重污染天气, 给人们的健康和生产生活带来诸多不便, 引起政府和公众的广泛关注, 成为各大门户网站、微博、新闻媒体等报道和讨论的热点, 环境空气质量预报预警系统的建立也成为迫切需要。

### 1 环境空气质量数值预报的特点

环境空气质量数值预报预警系统是基于数值预报模式开发的, 用于评估和预测局地 and 区域环境空气质量状况、污染影响空间范围, 对潜在的重污染事件进行预警, 为管理部门及时采取科学防范控制措施、减少空气污染对人体健康和人们生产生活的影响提供科学与技术支持的平台系统。环境空气质量数值预报预警系统是一项复杂的系统工程, 是当今环境监测研究的热点与难题, 通过各类预报方法与手段相结合, 气象、物理、化学等多学科耦合研究, 对多种大气污染物在内的不同尺度下不同类型污染过程进行模拟预测研究。

城市空气质量预报涉及多物质、多界面、多种物理化学和生物过程, 同时还需要综合考虑地貌、气象条件、污染源排放规律等诸多因素的影响。数值预报模式具有科学性强、信息丰富等优点, 可以量化众多物理化学过程的综合作用, 解析不同过程和来源相对贡献的时空分布, 综合发挥城市地理环境、气象背景资料、大气条件等手段, 方便进行各种污染控制的效果评估, 能协助制定污染协同控制方案, 是大气污染预报的主流发展方向。

基于多模式集合预报系统 (NAQPMS、CMAQ 和 CAMx), 建立高时空分辨率的区域大气污染多模式集合数值预报预警系统, 开展 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 业务化预报, 可实现未来 0~2 h 至 3~7 d 的空气质量预报, 具有空间分辨率高的特点。同时, 预报系统引入区域大气化学资料同化模块 (RAQDAS), 实时同化区域大气复合污染监测网资料, 可提高污染预报预警准确率。

收稿日期: 2013-02-01

作者简介: 解淑艳 (1982—), 女, 工程师, 硕士, 从事空气质量监测及酸沉降监测工作。

## 2 国内外数值预报发展状况

国外对于空气污染预报的研究开始于20世纪60年代,美国、日本、荷兰等国家当时大都采用污染潜势预报进行定性分析,而不给出定量分析结果。20世纪80年代后,国际上开始致力于定量的空气污染预报,包括统计预报和数值预报。其中美国、荷兰和日本等发展了数值预报方法。

美国、日本、德国等一些工业发达国家采用先进的空气质量实时监测系统,包括边界层气象资料在内,开展了空气污染浓度预报和空气污染潜势预报。从20世纪70年代开始,美国国家气象局根据天气预报的风、涡度及天气状况、大气稳定度、混合层高度等气象因子,用数值预报模式对污染源强进行未来24 h的扩散计算,做出空气污染潜势预报。1988年12月,为了加强防治日趋严重的汽车尾气污染,日本对东京、大阪等城市大气中的氮氧化物进行污染预报。如果出现超过“警戒线”的污染天气,城市空气自动监测系统便通过媒体向社会发布“空气污染警报”,呼吁民众采取保护措施。

国际上,目前比较成熟的预报模式包括城市尺度模式(如UAM, GATOR, EKMA等)、区域尺度模式(如RADM, LOTOS, EURAD, ROM等)、全球尺度模式(如GOES - CHEM, CHASER, GEATM等)、多尺度(嵌套)模式(如CAMx, WRF - CHEM, CMAQ, NAQPMS等)<sup>[1,2]</sup>。

中国城市空气质量预报工作始于20世纪80年代<sup>[3]</sup>,北京、沈阳、兰州、天津、南京等城市利用城市环境观测资料和对的气象资料,通过统计方法建立了空气质量预报模型来预测城市内空气质量。20世纪90年代,城市空气质量的数值预报模型也有所发展。2000年开始,中国环境监测总站组织47个环境保护重点城市开展城市环境空气质量预报工作,仅少数城市进行数值预报。数值预报模型在中国主要分为3个发展阶段,第一代的数值模式主要是高斯烟流模型,第二代数值模式主要是HRDM、Monte - Carlo多源模式、CAPPS等城市尺度的空气质量预报模式以及区域尺度污染物欧拉模式<sup>[4,5]</sup>,第三代的数值模式主要包括中科院大气所发展的嵌套网格空气质量预报系统(NAQPMS)、全球环境大气输送模式(GEATM)、南京大学开发的区域大气环境模式系统(RegAEMS)等<sup>[1,6]</sup>。

近几年,数值预报模式在北京、上海、广州、济南、沈阳等许多城市蓬勃开展,实现了数值预报的

业务化运行,为北京奥运会、上海世博会、广东亚运会等重大赛事提供了有力的保障<sup>[4,7-10]</sup>。上海世博会历时6个月之久,数值预报模式发挥了重要作用,准确预测了空气污染的发生和变化趋势,便于政府部门及时启动大气污染应急减排措施,以最低经济成本实现最大的社会效益<sup>[11]</sup>。但是,目前还没有全国范围的环境空气质量数值预报预警系统,这项工作已成为“十二五”环境保护工作为民服务的重点项目之一。

## 3 中国空气质量预报系统存在的不足

尽管中国对发展数值预报模式已有一定的探索,但目前大部分预报模式还存在预报项目少、精度低等问题。同时,由于无区域背景监测数据,城市监测数据也不全面,数值预报受到较大局限,全国范围的数值预报工作尚未开展,预警系统更是很少开展。

### 3.1 很多城市预报还采用统计预报模式

中国空气污染问题已由单一的煤烟型污染向区域复合型污染转变,涉及大量非线性化学转化过程,同时大气边界层内三维输送、扩散和沉降过程也起着至关重要的作用。

统计预报方法主要是参考历史同时期主要大气污染物的演变趋势,并考虑气象条件变化对空气质量的影响来预测主要大气污染物的浓度变化。无法反映大气污染物在大气中的传输、扩散、沉降以及其他非线性化学转化过程。在污染排放源变化较大、区域性复合大气污染较强的地区,统计预报的预测结果准确度有限,无法满足城市空气质量的预报需求。

### 3.2 预报项目少

目前,全国范围的预报项目仅包括SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>3项污染物,不包括O<sub>3</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO、酸沉降和沙尘等项目,也无法对有毒有害气体及重金属等污染进行预报预警。目前的预报方式已经不能满足准确预测城市-区域-背景多尺度空气质量变化的需求。

### 3.3 覆盖范围有限

目前全国范围的空气质量预报仅覆盖92个环保重点城市,大多数的地级以上城市和背景地区的空气质量状况均未包含在内,不能全面预测城市空气质量状况,也不能反映复杂的区域性大气复合污染,跟不上环保发展和公众需求的步伐。

### 3.4 预报精度低

现有的预报时段为预报当日 20:00 时至次日 20:00 时,每日预报一次。同时,现有的预报系统受限于行政区划,在预报光化学污染、灰霾等区域空气污染问题时,存在源排放资料、监测资料和边界条件处理的困难,不能有效利用国家大量的实时监测网数据和环境卫星数据,预报时间和空间精度都达不到要求,难以为国家和区域的环境管理提供有效支持。

### 3.5 预报结果不能及时为公众和政府服务

现有的预报实行联合制作、统一发布制度,即由各城市气象台(站)与本市环境监测站将空气质量预报所需的气象观测和预测数据、空气污染物监测数据按照规定时间和数据交换方式进行交换,双方共同或分别运用预报模型完成环境空气质量预报,经双方会商后,以双方名义在当地媒体上联合发布,各重点城市环境监测站将预报数据发送到中国环境监测总站,经审核后传送到中央电视台等新闻媒体。这就需要大量的时间进行数据处理及多级审核,预报形式比较单一,提供的参考信息有限,不能为公众出行和政府决策提供及时、准确的预报预警依据。

## 4 全国环境空气质量数值预报预警系统框架

为预测复杂的区域复合型大气污染问题,需要充分利用国家环境空气监测网大量的实时监测数据,并覆盖到城市-区域-背景多尺度空间范围,建立一个全国环境空气质量数值预报预警系统。该系统以国家背景站和区域站为区域数据依托,以城市站为加密数据支持,以北京奥运会、上海世博会、广州亚运会三大赛事数值预报模式为系统研发基础,以监测资料同化为预警系统分析起点,反演源清单,对源清单进行印证,利用数值预报、大气环流、反应模式等开发过程预报和城市 AQI 预报预警产品,实现自动化作业和产品分发功能,提供给公众服务。

该系统应包括 4 个子系统,分别是资料采集子系统、信息处理子系统、预报产品加工制作子系统及产品发布子系统(图 1)。

资料采集子系统是整个预报预警系统的基础,包括下垫面资料、气象资料、污染物排放源资料、污染物监测实时数据资料、环境卫星数据资料等多个部分,其中污染物浓度数据至少应包括  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、

$\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  等。

信息处理子系统是利用多模式对采集到的数据信息进行处理和分析,解决不同模式系统的区域设置匹配问题,实现统一的区域网格嵌套设置,建立气象模式 WRF 与多个预报模式的接口,发展适用于多个大气预报预警模式的动态处理模块,集成多模式的集合预报结果。同时,发现对空气质量影响较大的关键因子及关键污染源,发展资料同化方法,提高预报模式的准确率。

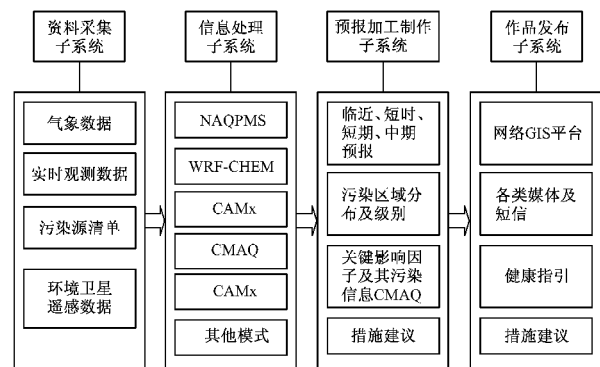


图1 全国环境空气质量数值预报预警系统框架

预报产品加工制作子系统是在信息处理子系统的基础上,使观测信息能快速集成到多模式系统中,完善预报系统的模拟分析功能,根据用户需要,快速调用多模式集合预报结果给出不同时间尺度、不同区域范围和形式灵活多样的报告信息,可以给出临近预报(0~2 h)、短时预报(0~6 h)、短期预报(0~72 h)和中期预报(3~7 d),并给出相应的对策建议和出行参考信息。

产品发布子系统是该系统能否为公众和政府部门提供参考信息的关键环节,在此部分可以建立基于 GIS 的预报产品可视化展示平台,公众可以在网络上点击关注区域空气监测点位的当前空气质量状况信息及不同时间尺度的预报信息。该平台的管理部门也可以根据需要,生成不同形式的预报预警产品信息,以网络、电视、广播或短信的形式自动发送给需要的部门和个人。

## 5 效益分析

全国环境空气质量数值预报预警系统平台的建立,能够评估和预测城市-区域-背景等不同空间尺度的环境质量现状、未来发展趋势和污染影响的空间范围,提供全国环境空气质量预报信息,并对

(下转第 21 页)

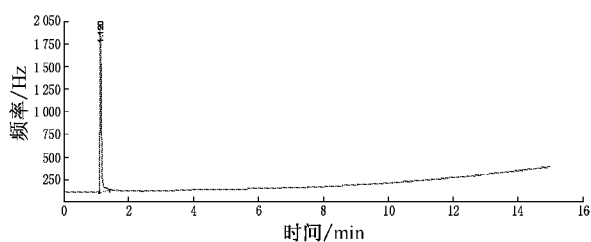


图8 DB-1701柱检测谱图

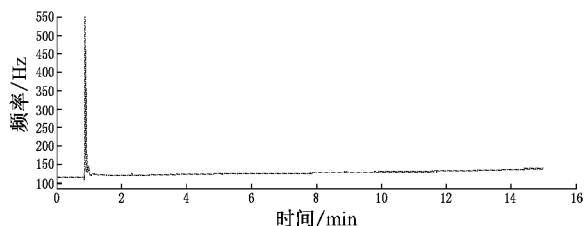


图9 HP-5柱检测谱图

### 3 结语

建立了液液萃取—气相色谱法(GC-ECD)测

定水体中多氯联苯 Aroclor 系列方法。操作快速有效,方法定量线性良好、灵敏度高,精密度和准确度均达到要求,结果令人满意。

#### [参考文献]

- [1] 孔祥吉,李冬,张杰,等. SPE-GC-MS方法分析城市生活污水中多氯联苯的研究[J]. 北京工业大学学报,2009,35(8):1084-1088.
- [2] 曹先仲,陈花果,申松梅,等. 多氯联苯的性质及其对环境的危害[J]. 中国科技论文在线,2008,3(5):375-380.
- [3] 阎吉昌. 环境分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 俞是聃. 快速溶剂萃取-气相色谱-质谱联用法测定土壤中多氯联苯 Aroclor 系列[J]. 理化检验,2009,45(3):288-295.
- [5] 俞是聃,曾子安,林达. 快速溶剂萃取、色质联机法及气相色谱法测定土壤中多氯联苯[J]. 干旱环境监测,2009,23(1):1-5.
- [6] 常爱敏,宗栋良,梁栋,等. 水中多氯联苯的检测方法研究[J]. 中国给水排水,2009,25(16):84-87.

(上接第3页)

潜在的重污染事件进行预警。预报预警系统可为环保部门提供科学的管理和政策咨询建议,使管理部门能够及时采取控制措施,如控制大型污染源排放、进行交通管制等措施,并可通过电视、媒体、短信等多种途径提醒公众减少外出活动时间,以避免重大空气污染对人类健康的影响,为管理部门环境政策制定、环境外交、环境国际合作、环境科学研究等提供科学依据和技术支持。

#### [参考文献]

- [1] 罗淦,王自发. 全球环境大气输送模式(GEATM)的建立及其验证[J]. 大气科学,2006,30(3):504-518.
- [2] SCHERE K L, WAYLANDR A. EPA Regional Oxidant Model (Rom2.0): Evaluation on 1980 NEROS Data Bases [R]. 1989.
- [3] 任万辉,苏枫枫,赵宏德. 城市环境空气污染预报研究进展[J]. 环境保护科学,2010,36(3):9-11.
- [4] 中国科学院大气物理研究所大气边界层物理与大气化学国家重点实验室. 空气污染数值预报模式系统[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [5] 朱蓉. 城市空气污染数值预报系统 CAPPs 及其应用[J]. 应用气象学报,2001,12(3):267-278.
- [6] 王自发,谢付莹,王喜全,等. 嵌套网格空气质量预报模式系统的发展与应用[J]. 大气科学,2006,30(5):778-790.
- [7] 韩志伟,杜世勇,雷孝恩,等. 城市空气污染数值预报模式系统及其应用[J]. 中国环境科学,2002,22(3):202-206.
- [8] 符春. 数值预报方法在广州空气质量预报中的应用[J]. 环境科学与管理,2006,31(7):161-165.
- [9] 邓雪娇,邓涛,吴兑,等. 珠江三角洲空气质量与能见度数值预报模式系统[J]. 广东气象,2000,32(4):18-22.
- [10] 杜世勇,谭晓哲,田勇,等. 济南市空气质量数值预报研究[J]. 环境科学研究,2002,15(4):20-23.
- [11] 王茜,付晴艳,王自发,等. 集合数值预报系统在上海市空气质量预测预报中的应用研究[J]. 环境监控与预警,2010,2(4):1-7.

(本栏目编辑 周立平)