企业大气污染预报系统

伯 鑫[1*] 雷团团[2] 杨朝旭[3] 王 鹏[4] 桑敏捷[5] 屈加豹[2]

（1. 北京科技大学能源与环境工程学院 北京 1000831；2. 生态环境部环境工程评估中心 北京 100012；3. 吉林化工学院资源与环境工程学院 吉林 132022；4. 北京化工大学数理学院 北京 100029；5. 河北科技大学环境科学与工程学院 河北 050018）

摘 要 针对企业（钢铁、水泥、石化、医药等）、园区精准预报的需求，本研究基于国家气象局预报资源、WRF 等结果，结合 AERMOD 模型，建立了企业大气污染预报系统，系统具有快速开发、快速部署的特点，可开展未来 8 天重点企业对国控点和周围环境的污染预测，分析不同减排方案对城市空气质量改善程度，为大气污染应急、预警等提供预报服务（PC 端、手机 APP 端等）。案例结果显示，本系统的污染预报效果与实际效果较为吻合。

关键词 污染应急 污染预报 涉气企业

0 背景

目前，针对城市空气污染预报，我国常用污染预报模型为第三代空气质量模型（CMAQ、CAMx 等），这些模型可反映中等尺度范围空气污染物的排放、扩散、传输、沉降、化学反应等[1]。

我国经济快速发展，城市化加快，工业园区、重点排污企业排放的大气污染物逐渐成为关注热点，CMAQ、CAMx 等区域网格模型，需要大量污染源清单数据、气象数据、计算资源等支持，计算周期长，难以用来开展单个园区、单个企业的小尺度污染物精细预报（100 米～500 米分辨率）[2]。例如，预测未来几天，某医药企业、某石化企业排放恶臭污染物、VOCs 等对周围居民的影响；预测某钢铁厂排放大气污染物（CO、PM，NO_X，SO_2）对所在城市空气质量站点的贡献等。

针对上述问题，本研究基于国家气象局预报资源以及 WRF 等结果，采用 AERMOD 模型，建立了城市涉气企业空气质量小尺度预报系统（以下简称企业污染预报系统），开展未来 8 天重点企业对国控点和周围环境的污染预测，分析不同大气污染物防治方案对城市空气质量改善程度，为大气污染应急、污染预警等提供预报服务（PC 端、手机 APP 端等）。

目前，本研究开发的企业污染预报系统，可快速部署到我国任何一个城市，已投入实际案例应用，在城市钢铁厂、火电厂、化工等重点企业应急管控等，获得较好的效果，可预报城市单个或多个钢铁工厂、电厂、化工厂、道路或者工业园区排放大气污染物对国控点、居民区的污染贡献影响。

1 研究方法

1.1 需求分析

（1）用户仅提供涉气企业的排放源数据，不提供任何资源、硬件等（开发后台环境采用云

* 作者简介：伯 鑫（1983－），男，山东烟台人，高级工程师，主要从事大气环境质量模拟、排放清单研究；* 责任作者

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

服务器）；（2）用户需要预测未来 8 天，涉气重点企业的污染物排放对国控点、省控点、小型微站等污染物浓度贡献影响，并通过 PC 端、手机 APP 端来进行呈现；（3）用户采用手机、PC 访问系统；（4）要求每日定时推送；（5）要求自动形成分析报告，供用户会商。

1.2　数值模型

预报资源采用了国家气象局预报资源、WRF 模式等。国家气象局预报资源融合了多种全球数值模式产品 GRAPES（中国气象局）/GFS、T639（中国气象局）/GMF 等预报产品；WRF 模式是由美国国家大气研究中心（NCAR）、美国环境预测中心（NCEP）等部门联合开发研究的新一代中尺度数值天气预报系统，WRF 模型目前主要应用于业务预报等，WRF 模型系统具有方便高效、可移植、可扩充、易维护等优点[1]。

污染扩散模型主要采用 AERMOD，AERMOD 是稳定状态烟羽模型，常用于我国大气环评、大气评估等模拟，是目前《环境影响评价技术导则—大气环境》的推荐模型之一，可以模拟点源、面源、体源等。AERMOD 的地形数据资料来自美国地质勘探局（USGS，90m），地表参数采用作者开发的 AERSURFACE 在线服务系统[3-5]。

1.3　模块设计

本研究设计企业污染预报系统业务化运行方案，包含完整用户及系统权限管理、内部计算后台、数据库系统设计等，实现企业污染预报系统的业务化运行。

本研究模块设计图如图 1，主要分为所有企业总况（研究区域内所有涉气污染企业）、单企业污染扩散（单个污染企业分析）等。其中，所有企业总况功能包括了每个企业对国控点贡献的具体排名、企业分布图、气象分析、污染物扩散预报图（动画形式）。单企业污染扩散功能包括了单个企业对国控点日浓度趋势等。

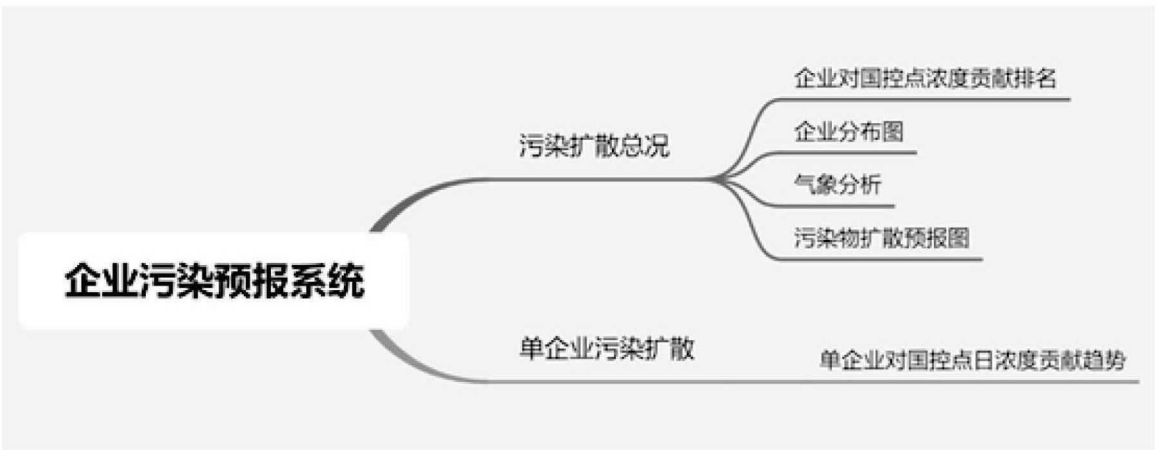


图 1　模块设计图

2　预报系统开发

2.1　数据库设计

本研究采用了 MySQL 数据库。数据库设计原则：（1）方便业务功能实现、业务功能扩展；（2）方便设计开发、增强系统的稳定性和可维护性；（3）保证数据完整性和准确性；（4）提高数据存储效率，在满足业务需求的前提下，使时间开销和空间开销达到优化平衡；（5）正常运行前提下，数据库中的业务数据表每日的数据增长量为固定数字，可便于维护、预测；（6）数据库中的业务数据表之间无交叉字段，建立表格时，可以针对不同的系统模块分别建立数据表，本系统中需要建立的表格为 8 张表。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnl

2.2 污染预报分析

本研究定时把基于国家气象局预报资源、WRF 模式等结果存入指定的 MySQL 数据库，生成 AERMOD 识别的气象文件，运行 AERMOD 模型，输出 PM，NO_X，SO_2 等未来日均最大浓度、小时最大浓度、长期最大浓度等，上传至平台服务器，展现污染物浓度扩散情况，更新成果展示。

企业污染贡献排名分析是基于预报结果，分析研究区域内所有企业贡献值排名，并通过日期切换排名信息，为用户精准治霾提供决策依据。

2.3 气象分析

通过展示未来研究区域内的风速、风向、温度等气象要素，本研究为用户分析具体每个企业的污染贡献，提供气象数据支持。

2.4 污染物扩散预报图

本研究基于 AERMOD 模型的网格点输出结果，用 Python 给出插值，并画出 GIS 污染物浓度扩散图，并载入系统页面中进行展示。

3 案例分析

3.1 城市钢铁企业小尺度预报实例（网页端）

基于国家气象局气象预报数据、WRF 等，以某城市的钢铁等重点企业为例，开展了未来 8 天小尺度预报，预测城市钢铁等重点企业业排放的大气污染物扩散对该县的 PM、NOx、SO_2 浓度贡献，形成贡献排名，进行动态管控。图 2 所示。

本研究对某钢铁厂的预报数据、空气质量实测数据做了统计分析图 3 所示，结果显示，某钢铁厂的预报数据与空气质量实测数据变化规律有较为显著的相关性，相关系数最高为 0.93，此外某钢铁厂对国控点的贡献程度最高。



图 2 多个企业贡献排名－空气质量小尺度预报系统（网页端）

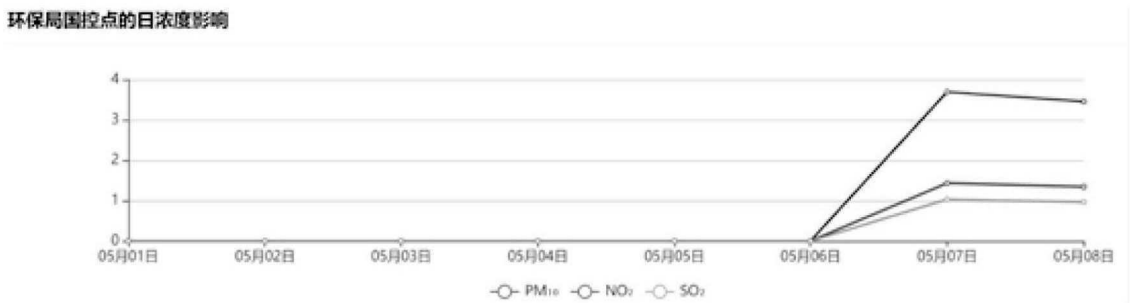


图 3 某钢厂未来 8 天对某国控点的具体贡献日均浓度情况－空气质量小尺度预报系统（网页端）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnl

3.2　区县重点企业小尺度预报实例（手机 APP 端）

基于国家气象局气象预报数据、WRF 等，以某区县的重点企业为例，开展了未来 8 天小尺度预报，预测区县的重点企业排放的大气污染物扩散对该县的 PM、NO_x、SO_2 浓度贡献（可预测企业对国控点等未来每天的日均贡献浓度、每小时贡献浓度），并推送到县政府、县环保局管理人员的手机 APP，如图 4 所示。



图 4　空气质量小尺度预报系统（手机 APP）

4　结论

本研究基于国家气象局预报资源、WRF 等结果，结合 AERMOD 模型，完成企业污染预报业务系统构建，建立了预报系统业务流程设计，具有快速开发、快速部署的特点，可快速部署到我国任何一个城市。

参 考 文 献

[1] 伯鑫. 空气质量模型（SMOKE、WRF、CMAQ 等）操作指南及案例研究［M］. 北京：中国环境出版集团，2019：1－30.

[2] 成国庆，伯鑫，李时蓓，等. 基于多源异构数据的沧州市大气环境管理 APP 平台的构建与应用［J］. 环境科学研究，2019，32（10）：1747－1754.

[3] 张尚宣，伯鑫，周甜，等. AERMOD 模式在我国环境影响评价应用中的标准化研究［J］. 环境影响评价，2018，40（02）：51－55.

[4] 伯鑫，王刚，田军，等. AERMOD 模型地表参数标准化集成系统研究［J］. 中国环境科学，2015，35（09）：2570－2575.

[5] 生态环境部环境工程评估中心. AERSURFACE 在线服务系统［EB/OL］. https://ieimodel.org/

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnl