

GIS在大气污染扩散模拟与评价系统中的应用

杨斌¹, 张峰², 何政伟³, 王青¹

(1. 西南科技大学环境与资源学院, 绵阳 621010; 2. 山西省太原第二外国语学校, 太原 030001;
3. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

摘要: 将GIS技术与环境模型相结合,集成应用于大气污染扩散评价中,不仅发挥了GIS强大的空间信息可视化管理和分析功能,也能将环境模型的分析预测功能直观应用于对各类污染源的宏观与微观模拟表达,实现了对大气污染扩散评价的可视化管理,为工程决策者和管理人员提供了一种强有力的决策支持方案。基于ArcEngine组件和.Net集成开发的大气污染扩散模拟与评价系统,实现了电子地图管理、大气污染扩散模拟、污染源评价及空气质量评价等功能。系统充分发挥了GIS的空间分析和空间数据处理的优势,实现了对大气污染源的可视化管理,从而为相关应用决策机构提供了一套面向应用、操作灵活的大气污染扩散模拟与评价专业软件平台。

关键词: GIS; 系统集成; 大气污染扩散; 模拟评价

中图分类号: P 208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2010)03-0130-06

0 引言

大气污染不仅会对人类身体健康造成重大的威胁,还对城市等基础设施造成巨大的经济损失,从而制约社会经济正常的发展^[1]。由于大气污染现象的独特性和不确定性,在研究此类问题中增添了不少的困难,其数据获取和数据分析往往采用原始的统计分析报告进行描述,这类问题的数据资源共享和更新已远远不能适应日益发展的城市环境管理工作需求^[2]。因此,将这些传统学科的分析结论与GIS空间分析手段结合起来,建立基于GIS技术的大气环境污染扩散模拟与评价系统必将能为环境管理部门和相关机构治理大气污染提供一个良好的解决方案。

大气污染扩散模拟与评价系统利用ArcEngine组件,运用C# 2005开发工具模拟评价城市大气环境的污染扩散情况。研究区选取山西省太原市,系统将研究区的空间与属性数据库存储于SQL Server 2000服务器中,采用ArcSDE数据引擎进行访问,实现数据的并发访问与管理。该系统能为城市大气污染源评价、大气质量评价、大气质量模拟、空气质量分析预测以及空气污染损失分析进行科学高效管理,为环境管理的信息化和现代化提供可靠的技术支持。

1 系统结构设计

首先收集研究区原有的地形、地貌、大气特征、污染源、气象及风向等数据资料,并按数据库规则将这些数据进行相应的综合、整理、筛选、归纳及转换,建立以ArcGIS数据结构为标准的多源空间数据库和相关属性数据库^[3]。多源数据库的建立为大气污染扩散模拟及大气质量评价分析提供数据支持。

系统开发设计的总体思想是采用.NET平台和ArcEngine组件开发,通过ArcSDE和专用开发数据接口,来管理和转换空间数据及属性数据,并为其提供动态的数据交换功能^[4]。系统从结构功能上由3大功能模块构成,即大气环境数据库系统、大气污染GIS操作平台和大气污染GIS应用平台。其中大气环境数据库系统是系统构建的基础,主要由数据获取、数据组织存储和数据管理等部分组成;大气污染GIS操作平台主要提供GIS基本功能及其基础操作环境,主要由空间数据查询、空间数据编辑、空间数据发布、空间分析、等值线分析以及数据管理等部分组成;大气污染GIS应用平台主要提供基于GIS的大气污染模拟应用和评价分析功能,该部分是系统构建的核心。系统的总体结构设计如图1所示。

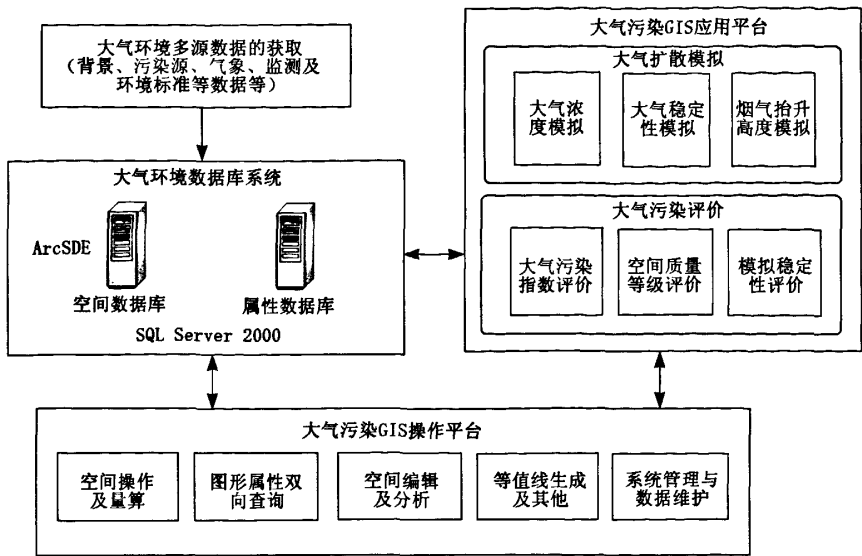


图 1 系统总体结构

Fig.1 Whole structure of the information system

2 系统数据库设计

系统数据库的设计主要遵循当前业务需求和中、远期目标相结合的原则,并充分考虑到大气环境保护工作保护机构职能的可调整性和可扩展性,同时还要注意到系统数据专用性和通用性的相结合^[5]。因而,系统数据库采用的面向对象的设计技术,以保证系统的灵活性,并使系统的各个模块可以方便地组合搭配,各职能部门可以灵活地配置功能。系统数据库的建立分为空间数据库和属性数据库,其中空间数据库主要包括基础地理信息(如道路网、学校、医院、街区、行政区划、河流等)和专题图数据(如污染源、监测点、排污口以及功能分区数据等),属性数据库主要包括污染源信息、排污口信息、监测站信息、污染物信息、污染源实时监测数据、监测站实时监测数据、污染源排放情况日数据、污染源排放警报数据、监测站监测警报数据、污染事故详细数据、空气质量分析数据、用户信息表等。

系统数据库的建立从结构功能上分为模型模块、数据模块和用户接口模块3大类。这样划分主要考虑到模型和用户接口之间并没有直接的联系,数据模块便为模型和用户接口提供数据链接。在系统数据库存储结构上,将收集整理到的所有空间数据与属性数据全部存储在 SQL Server 2000 数据仓库中,SQL Server 数据仓库中数据主要包括通过 ArcSDE 管理的空间数据和系统底层的属性数据(包括污染源数据、环境质量数据、气象数据3部分)。

系统数据库的具体构建流程如图 2 所示。

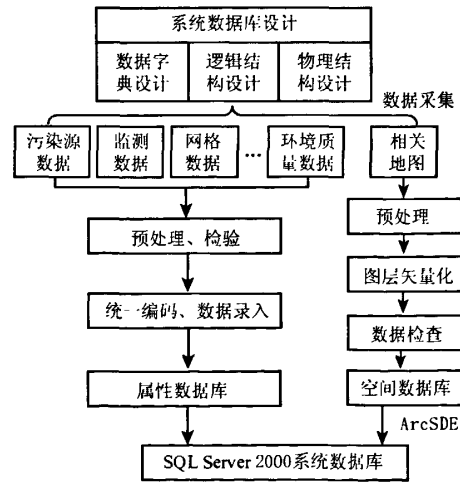


图 2 数据库构建流程

Fig.2 The flow of establishing the database

3 系统的主要功能模块

系统按功能划分主要分为 GIS 基本功能、污染源分析、大气质量评价、大气质量模拟、空气质量分析等。其中,GIS 的基本功能主要具备电子地图的基本功能,其他功能模块是本系统的专有特色功能模块。具体如图 3 所示。

(1) 污染源分析模块。该模块主要包括污染源管理、污染源识别和污染源浓度分析3部分。污染源管理主要登记与管理污染源(企业)基本信息以

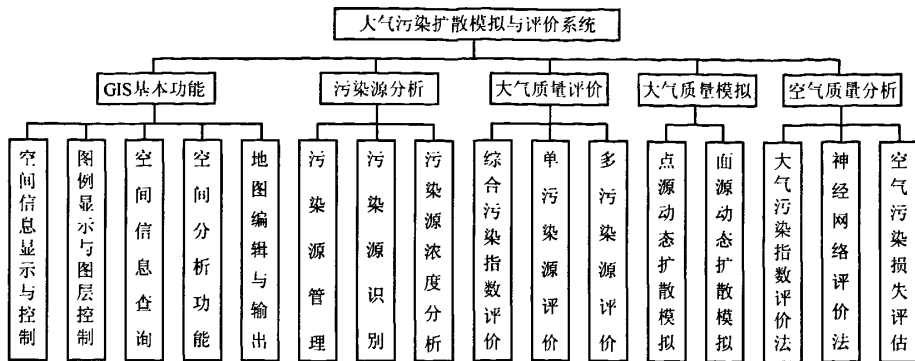


图 3 系统主要功能结构

Fig. 3 Frame of the information system in the designed development

及污染源内排污口信息；污染源识别将采集和存储各污染源排污口排污情况，并与预设的报警上下限进行实时比较，一旦浓度值超出预设标准，将立即产生报警信息，污染源也将高亮显示；污染源浓度分析主要通过一定的推算方法来判断出污染源信息，并绘制出污染因子贡献率图来分析判断污染浓度分布情况。

(2) 大气质量评价模块。该模块主要包括环境质量统计分析和区域浓度分析两部分。其中环境质量统计分析按其类型又可分为点状污染源、线状污染源和面状污染源 3 种类型。区域浓度分析是采用插值分析方法从而得到一定时期内某种污染物在各地区的浓度分布情况。由于质量评价涉及到的内容很多，在该系统主要采用基于网格的对各类污染源进行宏观和微观的浓度评价与分析。

(3) 大气质量模拟模块。该模块主要是通过数值方法对研究区内空气质量进行数值模拟，并采用 GIS 空间分析方法显示出来的一个过程。同时该功能还适用于重大危险污染源泄露时，对周围居民点、植被、建筑物的影响情况分析。该模块还能通过 ArcEngine 的时态分析功能，对污染源扩散进行动态模拟分析，并能得出每个时刻段污染源动态模拟扩散影响范围，为其相关部门进行应急决策支持提供服务。

(4) 空气质量分析模块。该模块包括大气污染指数评价法、神经网络评价法和污染损失分析 3 种分析方法。其中，大气污染指数评价法又分为两种模式，第一种模式是利用大气污染监测结果和大气环境质量标准来综合评价现实的大气环境质量对人类社会发展需要的满足程度；第二种模式是通过大气质量评价子系统得到的基于网格的评价结果，进行矢量叠加分析，创建包含多个评价因子的新图层后，再调用空气质量评价模型进行评价，最后以专题

图等形式得出评价分析结果。

神经网络评价法是将 BP 网络模型引入到大气污染评价预报中，并根据大气污染物含量与气象要素的关系建立大气污染物含量的神经网络预报模型^[6,7]。系统采用将图元区域的各项因素指标值，写入中间数据库，供人工神经网络分析模型直接调用，将分析预测结果通过 GIS 生成专题图，真正实现 GIS 数据与评价分析模型的无缝连接。污染损失分析法是在建立空气污染损失模型基础上，对人体健康损失、农作物损失、森林损失、建筑物材料损失和生态系统损失进行分析判断，从而得出相应的分析结果。该方法的实现能对环境影响情况做出较为综合客观的评估。

4 系统主要功能的实现

4.1 GIS 支持下的大气扩散模型综合应用

GIS 支持下的大气扩散模型，能使此类数学模型的预测结果通过可视化形式较逼真地展示出来，从而为环境保护决策者和管理者提供可靠的决策支持依据方案^[8]。GIS 的空间分析和空间数据管理的优势可以为大气扩散模型提供一整套基于 GIS 逻辑原理的空间操作规范，特别适用于具有空间分布特性的大气扩散模型此类问题的迁移、扩散、动态变化及相互作用研究等。因此，将 GIS 与大气扩散模型有机结合，不仅弥补了 GIS 不能进行复杂算法的缺陷，还能充分发挥其空间数据管理、分析和显示的优势；另一方面，GIS 的介入使大气扩散模型的检验、校正更加容易，GIS 的空间表现能力也使大气扩散模型的视觉效果有质的飞跃。在系统设计过程中，通过数据分类管理、模型调用和计算，并协助后台数据库通信，从而实现 GIS 与大气扩散模型的有机结合。该功能结合框架如图 4 所示。

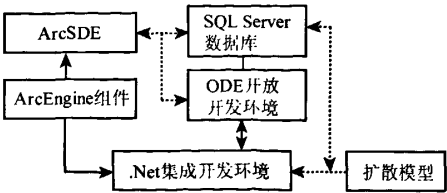


图 4 GIS 与扩散模型的结合框架

Fig.4 The combined framework of GIS and the diffusion model

4.2 GIS 在大气污染扩散数值模拟中的应用

污染物在大气中的浓度和分布,不仅决定于污染物的排放量和距离排放源的远近,而且决定于大气对污染物的扩散能力^[9]。大气的扩散能力主要受风(风向、风速等)和大气稳定度的影响。风向决定着污染物在大气中的扩散方向,通常是在水平风的作用下将气载污染物不断地向下风向输送^[10]。

以点扩展模式为例,利用现阶段国家环保局推荐的高斯模型作为数值模拟的基础。在 GIS 支持下的大气污染扩散模拟实现过程中,关键在于将 GIS 空间分析手段与大气污染物扩散模型进行系统集成。

大气污染扩散数值模拟过程主要分为预处理、模拟计算和 GIS 输出 3 个阶段。其中预处理部分包括空间网格的剖分、参数的读取与处理、坐标系的转换和变量的初始化等内容;模拟计算部分采用循环遍历的方式进行,在运算中遍历每一个污染源,并调用相关的评价模型进行计算,最后通过栅格计算器进行数据的叠加得到每个网格单元的浓度值;GIS 模拟输出部分主要给用户 提供网格分级、栅格分级和等值线分级 3 种输出方式^[11]。图 5 为基于网格的城市点源大气污染扩散的一次浓度分布模拟情况,其中模拟输出结果选择了网格分级方式。

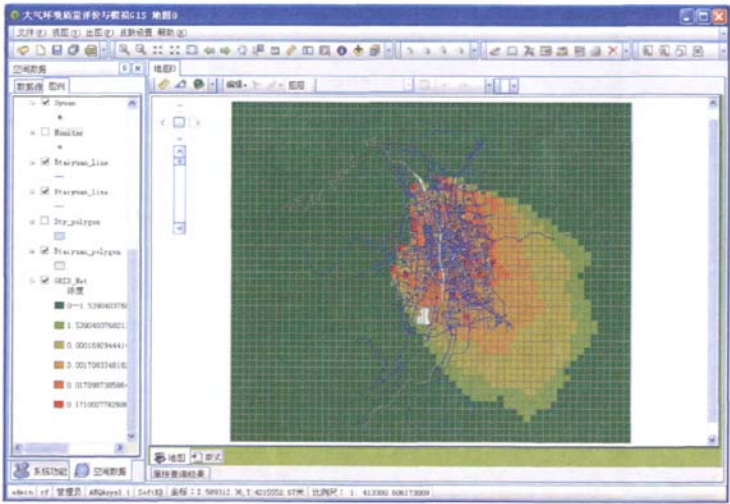


图 5 给定条件下一次大气浓度网格

Fig.5 The arrow diagram of atmospheric concentration in given state

4.3 GIS 环境下大气质量评价功能的实现

在选定了大气环境质量评价参数之后,收集整理待评价的样本及对应的参数数据,将大气质量评价样本与规定的各级环境质量标准进行比较辨识,判定与哪一级环境标准最接近,从而得出相应的大气环境质量评价结论^[12];然后在 GIS 系统的支持下基于网格数据,通过空气污染指数法对大气空气质量进行等级评价;最后在 GIS 系统平台下利用专题图分析功能实现对大气质量的评价分析。

基于 GIS 环境下的大气质量评价流程如图 6 所示。

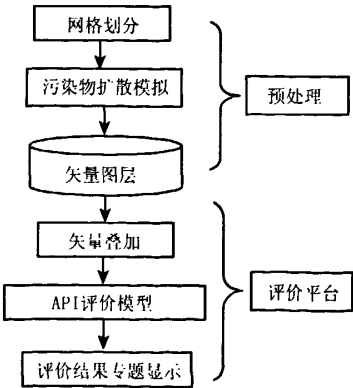


图 6 GIS 环境下的大气质量评价分析流程

Fig.6 The analysis flow of air quality assessment based GIS

首先将研究区进行网格划分,在划分结果的基础上通过大气扩散模型对研究区内的大气污染进行数值模拟,待模拟完成后即可得到基于网格下的不同污染物浓度值图层;然后通过 GIS 的叠加分析功

能将所有因素图层进行合并,从而得到包含不同污染物浓度值信息的新图层;在此基础上调用 API 评价参数模型进行综合评价;最后利用 GIS 专题分析功能生成基于网格的评价专题图(图 7)。

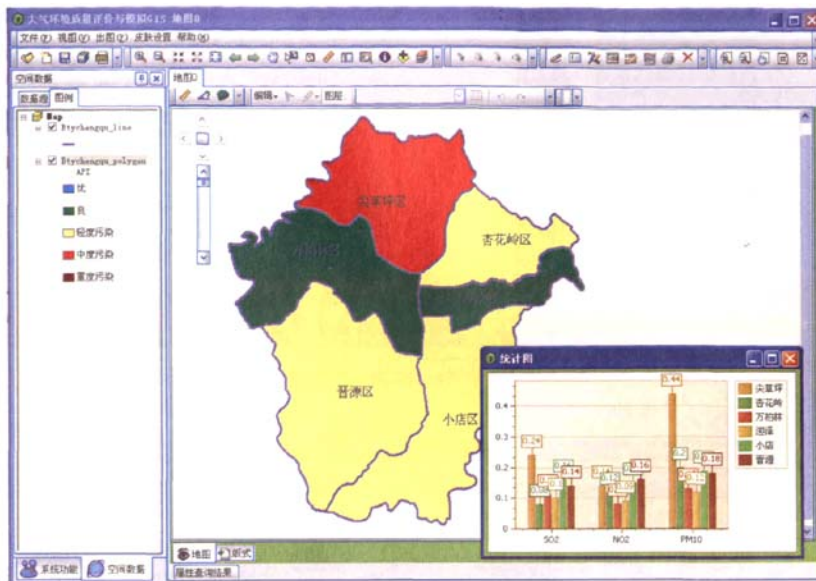


图 7 基于 GIS 模拟数据的评价结果

Fig. 7 The estimated results of analog data based on GIS

5 结论

大气污染扩散模拟与评价系统选取太原市系统研究区,利用 ArcEngine 组件和 C# 2005 集成开发技术,将数学模型与 GIS 空间分析手段集成,应用到大气环境污染治理、模拟与评价中。系统不仅实现了 GIS 支持下的大气污染扩散模拟结果的可视化表达,并在此基础上完成了城区空气质量的评价,为城市区域大气环境管理与质量评价提供有效的辅助手段。系统在收集整理城区大气环境基础信息的基础上,根据数据特点及用户要求建立了空间数据库、属性数据库与模型数据库,实现了对大气污染源的管理、查询和分析等功能,并基于网格对各类污染源进行了宏观和微观的浓度预测与分析,为大气污染扩散的模拟及防治提供了操作分析平台。系统的实现充分体现出 GIS 空间分析手段与专业模拟综合集成应用的强大功能,为其他相关污染扩散模拟与评价提供了可靠的解决途径。

参考文献:

- [1] 赵萍,胡友彪,桂和荣. 基于 GIS 技术的城市大气环境质量评价——以淮南市为例[J]. 环境科学与技术,2002,25(4):

21-23.

- [2] 赵同谦,胡斌. 基于 GIS 的城市大气 TSP 污染空间分析[J]. 环境工程,2002,20(3):68-69.
- [3] 赵凤琴,汤洁,等. GIS 的空间分析技术在长春市大气环境功能分区中的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2002,32(3):265-268.
- [4] 王雄. 基于 GIS 的区域大气环境信息系统研究与应用[D]. 广州:广东工业大学,2004.
- [5] 朱政. 通过 ArcGIS Engine 构建 GIS 应用[Z]. ESRI 中国(北京)有限公司,2004.
- [6] 刘小勇,董新光. 农业工程水资源管理中 GIS 区域分析方法的应用[J]. 农业机械学报,2004,35(4):196-197.
- [7] 盛业华,刘平,袁林旺,等. 地学现象三维空间模拟——以点源烟气扩散为例[J]. 地球信息科学,2005,34(9):16-20.
- [8] 郑继东,李东艳,胡斌,等. 基于 GIS 的大气环境系统分析与模拟[J]. 焦作工学院学报,2003,22(2):133-135.
- [9] 盛业华,刘平,袁林旺,等. 地学现象三维空间模拟——以点源烟气扩散为例[J]. 地球信息科学,2005,34(9):16-20.
- [10] 王显红,田孝聪,等. GIS 在描述某城区大气二氧化硫分布中的应用初探[J]. 生物数学学报,2002,18(1):57-60.
- [11] 张峰. 基于 GIS 的大气污染扩散模拟与评价系统研究及应用[D]. 成都:成都理工大学,2009.
- [12] 吴卫华,石冰,等. GIS 在大气污染预警系统中的应用[J]. 济南大学学报,2004,18(3):232-235.
- [13] Lubos M. A GIS Based Approach to Spatio Temporal Analysis of Environmental Pollution in Urban Areas: A Case Study of Prague's Environment Extended by LIDAR Data[J]. Ecological Modeling,

2006, 199(3):261-277.

Turbulent Gas Flow [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2006, 49(23):4290-4304.

[14] Derevich I V. Statistical Modeling of Particles Relative Motion in a

The Application of the Atmospheric Dispersion Simulation and Evaluation System Based on GIS

YANG Bin¹, ZHANG Feng², HE Zheng-Wei³, WANG Qing¹

(1. College of Environment and Resource, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;
2. Taiyuan Second Foreign Language School, Taiyuan 030001, China; 3. State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention
and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The combination of GIS and environmental models to evaluate the quality of atmospheric pollution dispersion modeling and assess the atmosphere air quality has become a hot research point, which has the advantages of GIS spatial analysis and spatial data visual management. This technique can express the analysis and prediction of all kinds of pollution sources macroscopically and microscopically and can thus realize the visual management of atmospheric pollution dispersion evaluation and provide a plan of decision support for engineering decision-maker and management personnel. The atmospheric pollution dispersion simulation and evaluation system utilizes the integration technology of ArcEngine and .Net to achieve the management of maps, atmospheric pollution dispersion simulation, evaluation and so on. The system brings the advantages of spatial analysis and data processing based on GIS into full play, and accomplishes the visual management of atmospheric pollution. The authors have developed a set of application-oriented and operation-flexible software of atmosphere evaluation and simulation systems for evaluation and decision institutions.

Key words: GIS; System integration; Atmospheric pollution dispersion; Simulation and evaluation

第一作者简介: 杨斌(1979-),男,博士,讲师,主要从事GIS、RS集成开发技术在国土资源、生态环境等领域的教学与科研工作。

(责任编辑:李瑜)

《国土资源遥感》网站开通运行!

为提升期刊质量,扩大期刊影响,提高期刊服务水平,适应期刊改革和发展的需要,《国土资源遥感》网站现已开通运行。今后,编辑部的各项日常工作将陆续转到该平台上,通过网站实现。

目前,该系统已实现了作者在线投稿、专家在线审稿和编辑在线办公。

作者可通过“作者投稿”模块进行在线投稿,查询稿件所处的阶段、审稿时间、审稿意见和审稿结果等;

专家可通过“专家审稿”模块进入系统,在线查看稿件信息,填写审稿意见,完成审稿工作;

编辑部通过“编辑办公”模块实现日常稿件处理、送审、退改、编辑加工、费用管理及校样处理等工作;

“主编审稿”模块能使主编对审稿过程进行全程监督和管理,查阅各个阶段编辑、专家审稿日志和作者的反馈意见。

“期刊在线阅读模块”内容还在整理中,我们将会尽快完善。

欢迎广大科研工作者登陆 <http://www.gtzyyg.com> 访问我刊网站,《国土资源遥感》编辑部期待您的踊跃投稿,并对网站内容、服务等提供宝贵的意见和建议。

(本刊编辑部)