

· 研究报告 ·

基于 GIS 的河流污染应急监测方案自动生成研究

吴秀丽, 陈锁忠*, 钱谊*, 陈文君, 丁佳
(南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046)

摘 要:通过对河流污染事故应急监测工作流程的分析,研究了基于 GIS 的河流污染应急监测方案中所涉及的关键技术问题,包括对事故发生地点的空间定位、事故发生地周围应急监测单位及专家组分布信息的查询、应急监测队伍及仪器设备到达事发地最短路径的确定,以及重点研究的一维水质模型与 GIS 的集成技术。以昆山市河流突发性污染事故为例,探讨了基于 GIS 的河流污染应急监测优化方案的自动生成原型系统。

关键词:地理信息系统; 河流污染; 应急监测; 水质模型

中图分类号: X830.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2010)01-0020-05

Research on Automatic Emergency Monitoring Plan of River Pollution Based on GIS

WU Xiu-li, CHEN Suo-zhong, QIAN Yi, CHEN Wen-jun, DING Jia
(School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210046, China)

Abstract: Based on analysis of emergency monitoring work flow for river pollution incidents, key technical problems of GIS were studied, including spatial orientation of accident site, inquiry for distribution of monitoring stations and experts, determination of the shortest path of emergency monitoring researchers and equipments arriving to the accident site, as well as the integrated technology of one-dimensional water quality model with GIS. The automatic prototype system was designed to optimize emergency monitoring plan of river pollution based on GIS with a case of river pollution accident in Kun Shan.

Key words: GIS; River pollution; Emergency monitoring; Water quality model

环境安全隐患具有不可预测性,可能瞬间大量泄露污染物,在短时间内对环境构成威胁。如 2009 年 2 月 20 日,含酚类化工废水偷排至江苏盐城市蟒蛇河,导致盐城饮用水源地受污染,20 万居民的生活受到影响。为有效应对、合理处置该类事故,最大程度降低其环境风险,建立全面、高效、具有可操作性的应急监测机制已是当务之急。

传统的应急监测程序是监测人员直接仓促上阵,人为判断到达事故现场的路径,布设监测点获取水文、水质监测信息。其既不能保证反应时间最短,又存在着监测断面或监测点布设的盲目性,监测工作比较被动。同时,监测所得数据仅是污染物在监测断面或监测点上的浓度,不能实现对整个污染扩散过程的可视化模拟,此已经不能适应当前应急监测、抢险的需求。

GIS 是一种集先进性、形象性并综合多媒体信息为一体的技术手段,通过适当的途径和方法将 GIS 的空间分析功能应用于突发性水污染事故中^[1-2],解决应急监测过程中所涉及的空间技术问题,从而自动生成应急监测方案,为应急部门提供空间辅助决策支持。现以昆山市河流突发性环境污染事故为例,研究了基于 GIS 的河流污染应急监测方案自动生成的技术方法。

收稿日期: 2009-11-06; 修订日期: 2009-12-25

基金项目: 国家“八六三”高科技基金资助项目(2009AA12Z223)

作者简介: 吴秀丽(1984—),女,河北邯郸人,硕士生,研究方向为环境评价与规划。

* 通讯作者: 陈锁忠, E-mail: 09153@njnu.edu.cn; 钱谊, E-mail: njqianyi@163.com

1 河流污染应急监测流程

河流污染事故应急监测流程见图 1。

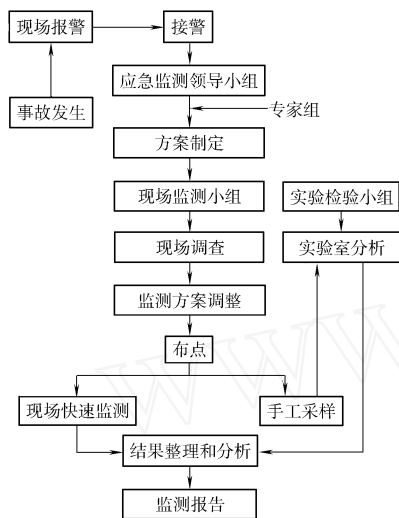


图 1 河流污染事故急监测流程

Fig 1 Flow chart of emergency monitoring for river pollution accident

图 1 中的应急监测流程,在监测人员和专家初步制定应急监测方案的环节,如果有应急监测管理地理信息系统的支持,监测方案制定人员则可快速查询污染物毒性、污染物扩散的难易程度及污染河

流的空间位置、监测单位与监测仪器设备的空间分布情况,借助 GIS 的空间分析功能可获得监测队伍及监测仪器到达事故现场最短路径,且利用系统中应急监测方案自动生成功能模块快速自动生成应急监测方案,可以减少现场应急监测布置的盲目性,为应急监测指挥提供空间辅助决策支持。

2 河流污染事故应急监测方案自动生成

在基于河流相关信息的属性数据库和基础地理信息及相关专题图的空间数据库的基础上,利用空间定位功能,快速确定事故发生地点并在地图上高亮显示;通过访问数据库,查询危险化学品的理化性质、风险源类型等信息,分析事故现场监测方法;利用缓冲区分析功能查询事故发生地周围一定范围内所需的应急监测单位及专家组的分布情况;利用最短路径分析功能,在图上显示应急监测队伍和仪器设备到达事故现场的最短路径示意图、沿途流路名称及总路程;根据河流相关参数、污染源类型(点源、非点源)、污染物理化性质等选择合适的水质污染模型,通过模拟运算比较结果,生成河流监测断面空间布置图,直观表达监测点、面的布设情况,并通过模拟计算各监测断面任一时间点污染物浓度,获知污染物的实时扩散信息。河流污染应急监测方案自动生成流程见图 2。

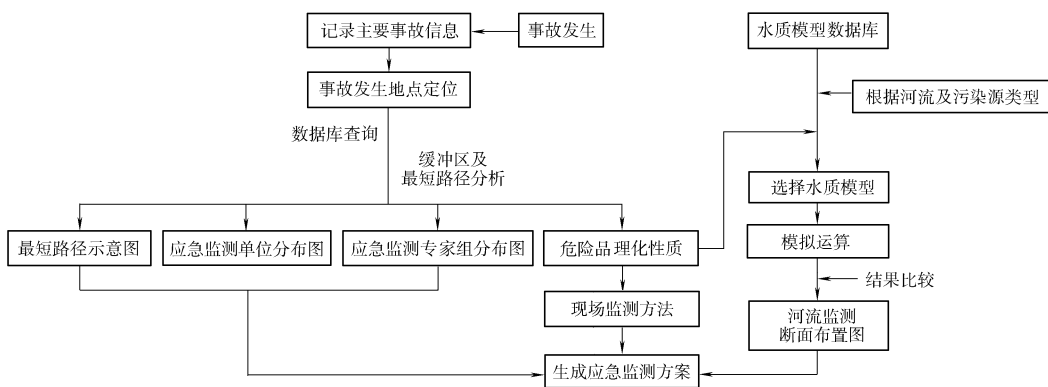


图 2 河流污染应急监测方案自动生成流程

Fig 2 Flow chart of automatic generation process for emergency monitoring plan of river pollution accident

2.1 河流污染事故发生地的快速定位

事故风险源分为固定风险源和移动风险源。系统根据接警情况记录表中的信息,如果是固定风险源,通过数据库查询可直接确定事故发生地;对于移动风险源,使用距离量测和绘制点工具在图上

确定事故发生地,并存储其信息,以便在以后案例分析中可以在地图上快速定位到该事故发生地。

2.2 缓冲区分析

缓冲区分析是对空间特征进行度量的一种重要手段,其可以定义为: $P = \{x | d(x, A) \leq r\}$

式中, d 一般是欧式距离, 也可以是其他的距离, 其中 r 为邻域半径或缓冲区建立的条件^[3]。

现研究的是对单个图层点要素的缓冲区分析, 即在事故发生所在地相关要素空间分布图的基础上, 输入适当的缓冲区分析半径进行缓冲区分析, 从而获知该范围内应急监测单位、仪器设备和应急专家分布信息, 并在空间分布图上高亮度显示。其流程见图 3。

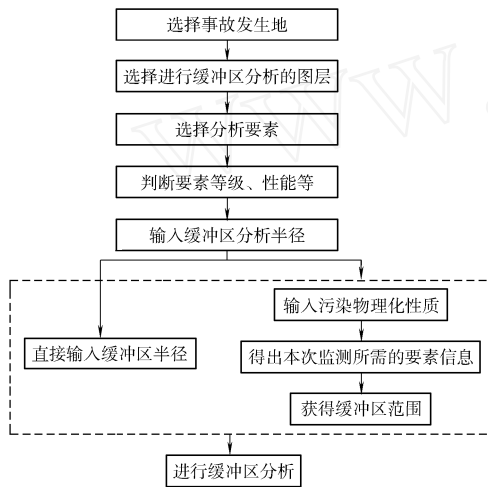


图 3 缓冲区分析流程

Fig 3 Analysis chart of buffer zone

2.3 最短路径分析

河流污染事故发生后, 为保证应急监测时间的高效性, 要进行最短路径分析。

在进行最优路径分析前, 首先需要利用 ArcGIS 对道路图层按照实际的连通规则建立网络模型。采用 ArcGIS 中 GeoDatabase 的几何网络和逻辑网络模型创建道路网络拓扑结构, 生成道路网络图。最短路径的设计与实现采用微软 Net 编程环境, 利用基于 Dijkstra 算法优化设计后的 ArcEngine 中最短路径分析组件开发^[4-6]。

最短路径分析概念模型见图 4。

2.4 河流水质模型与 GIS 集成技术

结合应急监测方案快速生成的特点与环境影响评价导则, 根据河流类型、污染源类型、污染物性质等选择污染扩散数学模型。对于宽深比不大的中小型顺直河流, 排放的污染物能在较短时间内在断面上均匀混合, 可采用一维水质模型进行污染物浓度预测。它主要研究污染物浓度沿程的变化及各个断面上的污染物浓度随时间的变化, 是最为常

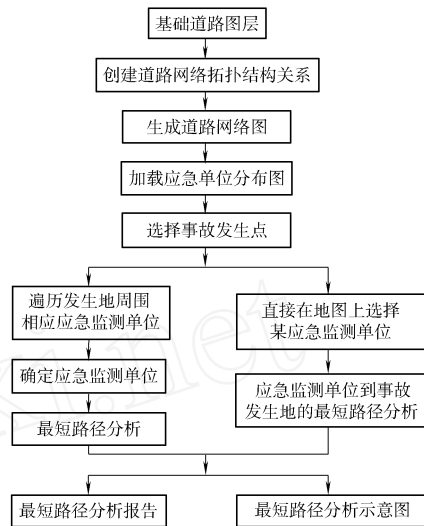


图 4 最短路径分析概念模型

Fig 4 Conception model for the shortest path analysis

见的数学模型^[7-9]。

污染物进入河流, 迅速在断面上混合。其左端 $x = 0$, 充满污染液体, 右端 $x > 0$ 段为清水, 在 $t = 0$ 时刻突然向右端 (下游) 排放, 左边上游的污染液体则向下游对流 - 扩散, 从而污染下游的清水, 其概念模型见图 5^[9-12]。

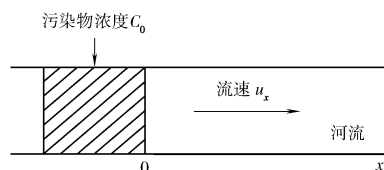


图 5 河流污染概念模型

Fig 5 Conception model for river pollution analysis

一维水质模型表达为:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u_x \frac{\partial C}{\partial t} & (0 < x < L, 0 < t < T) \\ C(x, 0) = 0 & (x > 0) \\ C(0, t) = C_0 & (t > 0) \\ C(L, t) = 0 & (t > 0) \end{cases}$$

式中: C_0 ——基准断面污染物的本底, mg/L;
 C ——计算断面污染物的质量浓度, mg/L;
 D ——河床的扩散系数, m^2/s ;
 u_x ——河水流速, m/s;
 x ——计算断面至基准断面的距离, m;
 t ——计算时间, s

在一维水质模型数值计算过程中, 首先基于

GIS对河流进行空间离散,采用正方形网格的有限差分法求解,即对评价河段进行时间、空间等距剖分。根据河流污染源坐标和终点坐标,自动截取评价河段,并对河段进行简化处理计算得出河段长度,通过计算机对评价河段空间数据自动重采样,采集剖分结点的坐标 (X, Y),经过模型计算结果比较,得出合适的空间步长和河段下游的监测断面采样点坐标,再通过弧分算法,自动生成各个计算结点及其相应的空间坐标。

向水质模型中输入污染物排放质量浓度、河流流速及扩散系数、空间、时间步长等基本参数后,运行该模型,所得数据生成一个新的数据库,记录监测断面、监测时间点的污染信息。

3 基于 GIS 的河流应急监测方案自动生成的实现

在分析河流污染事故应急监测过程空间问题的基础上,依据河流污染事故应急监测实际工作流程,以信息系统建设的基本要求为指导思想,采用 Visual C# 开发语言、Microsoft SQL Server 数据库系统、ArcEngine GIS 平台,开发了河流污染事故应急监测系统,实现了对危险化学品、应急监测单位、应急监测部门组织与专家、应急监测布点采样原则、应急监测设备等空间数据的快速查询,构建了河流污染事故应急监测方案自动生成原型系统。

昆山某河流中心一突发性污染源连续排放恒定的污染物质,污染液体质量浓度为 20 mg/L,河流水深 4.0 m,流速 0.3 m/s,流向从北向南,河流扩散系数 0.724 m²/s,采样空间步长 15 m,时间步长 15 min,采样数目 15,采样次数 10 次,污水在较短时间内与河水完全混合。结果基于浏览器的部分可视化内容见图 6—图 9。

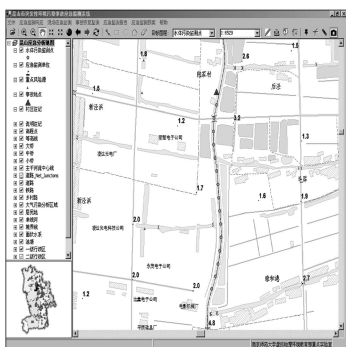


图 6 监测点布设示意

Fig 6 Sampling sites distribution

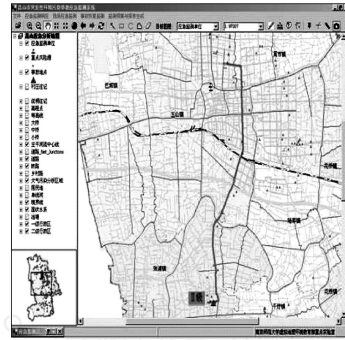


图 7 最短路径分析示意

Fig 7 Analysis for the shortest path

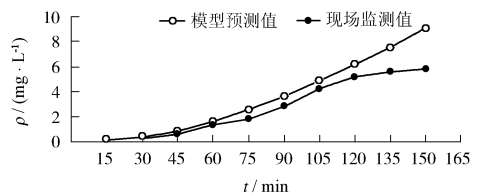


图 8 某监测点污染物浓度随时间变化及与该点实际监测值的对比

Fig 8 Comparison of a site pollutant concentration change over time and with the actual monitoring value

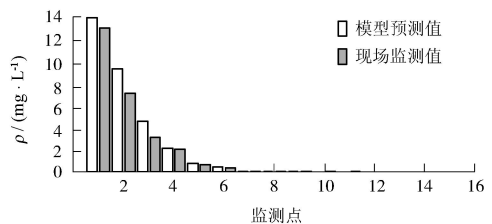


图 9 所有监测点在某一时间点污染物浓度变化与该点实际监测值的对比

Fig 9 Comparison of pollutant concentrations of all sites at certain time and with the each actual monitoring value

4 结论

在 GIS 技术的支持下,研究了河流污染事故应急监测过程中涉及的空间技术问题,实现了河流污染应急监测优化方案的自动生成。

(1) 基于电子地图,利用 GIS 的空间定位功能,准确定位河流污染事故发生地;利用已经成熟的缓冲区分析和最短路径分析功能,快速查找事故发生地周围的应急监测单位及专家组的分布情况,确定监测队伍、仪器设备到达事故现场的最短路径,并在地图上高亮显示。

(2) 研究了河流污染扩散模型与 GIS 的集成

技术,成功模拟了河流污染物浓度随时空变化的扩散规律。

(3) 基于 GIS 建立了事故现场监测方案自动生成模块,实现了河流污染应急监测方案的自动生成。

一维水质模型比较简单,它与 GIS 的集成相对较容易实现。而适用于大型河流的二维、三维水质模型相对比较复杂,与 GIS 的集成也较困难,特别是基于 GIS 的三维空间可视化的表达形式、表达技术等还有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] BAKUCZ P. Water pollution control with help of pattern analysis in GIS[J]. Global Resource Information Database, 1994, 1 (3): 9 - 13.
- [2] BOSTOCK E H A. GIS approach to potable water protection on the Lower Mississippi River [J]. American Water Resources Association Technical Publication Series TPS, 1991, 1 (3): 29 - 34.
- [3] 张超. 地理信息系统 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [4] 张强, 丰江凡, 阎国年, 等. 环境应急监测最短路径分析系统的开发与实现 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18 (3): 35 - 38.
- [5] MICHAEL Z. Modeling our world-ESR: A guide to geo-database design [M]. Beijing: People's Telecom Publishing House, 2004.
- [6] 王宏勇, 卢战伟. 嵌入式 GIS 最短路径分析中 Dijkstra 法改进 [J]. 测绘学院学报, 2005, 22 (1): 43 - 45.
- [7] 孙耀, 杨武年, 李刚. 基于 GIS 技术的河流污染动态模拟系统 [J]. 测绘科学, 2007, 32 (3): 86 - 87.
- [8] 许强, 张琪. 基于多维参数估计的河流水质数学模型研究 [J]. 科学技术与工程, 2009, 9 (16): 4865 - 4867.
- [9] 陈锁忠, 陶芸, 陆海英. 基于 WebGIS 的一维水质模型研究 [J]. 水文, 2003, 23 (2): 11 - 14.
- [10] 陈玲. 基于 GIS 的湖泊水源地突发性污染事故应急预案自动生成研究——以昆山市傀儡湖为例 [D]. 南京: 南京师范大学, 2007.
- [11] 韩龙喜, 陆建华. 基于均匀混合假设的天然河流水质模拟方法 [J]. 水文, 2002, 22 (4): 5 - 7.
- [12] 金鑫, 张丹宁. 提升应对突发性环境污染事故处置能力的思考 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21 (3): 4 - 6.
- [16] XU J Y, HU Y, SONG L, et al Preparation and characterization of poly(vinyl alcohol)/graphite oxide nanocomposite [J]. Carbon, 2002, 40 (3): 450 - 451.
- [17] KACZMAREK H, PODGORSKI A. Photochemical and thermal behaviours of poly(vinyl alcohol)/graphite oxide composites [J]. Polymer Degradation and Stability, 2007, 92 (6): 939 - 946.
- [18] BISSESSUR R, LIU P K Y, WHITE W, et al Encapsulation of polyanilines into graphite oxide [J]. Langmuir, 2006, 22 (4): 1729 - 1734.
- [19] HAN Y, LU Y. Preparation and characterization of graphite oxide/polypyrrole composites [J]. Carbon, 2007, 45 (12): 2394 - 2399.
- [20] 丁宗庆, 吕丽丽, 徐晖. 纳米材料在痕量重金属离子测定中的应用 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21 (2): 14 - 17.
- [21] VALENTINIL, CANTALONIC, ARMENTANO I, et al Highly sensitive and selective sensors based on carbon nanotubes thin films for molecular detection [J]. Diamond and Related Materials, 2004, 13 (4 - 8): 1301 - 1305.
- [22] LEE J H, KM J, SEO H W, et al Bias modulated highly sensitive NO₂ gas detection using carbon nanotubes [J]. Sensors and Actuators B, 2008, 129 (2): 628 - 631.
- [23] ARSATH R, BREEDON M, SHAFIEIM, et al Graphene-like nano-sheets for surface acoustic wave gas sensor applications [J]. Chemical Physics Letters, 2009, 467 (4 - 6): 344 - 347.
- [24] HUANG B, LI Z, LU Z, et al Adsorption of gas molecules on graphene nanoribbons and its implication for nanoscale molecule sensor [J]. J. Phys. Chem. C, 2008, 112 (35): 13442 - 13446.
- [25] SCHEDIN F, GEMAK, MOROZOV S V, et al Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene [J]. Nature Materials, 2007, 6 (9): 652 - 655.
- [26] ZENG Z, WANG K, ZHANG Z, et al The detection of H₂S at room temperature by using individual indium oxide nanowire transistors [J]. Nanotechnology, 2009, 20 (4): 045503 - 045507.
- [27] QAZIM, VOGT T, KOLEY G Trace gas detection using nanostructured graphite layers [J]. Applied Physics Letters, 2007, 91 (23): 233101 - 233104.

本栏目责任编辑 姚朝英

(上接第 19 页)