

文章编号: 2095—0411 (2012) 04—0073—05

基于 GIS 的化工园区风险管理信息系统研究^{*}

徐士会¹, 周 宁¹, 刘晔亚², 王凯全³, 赵会军¹

(1. 常州大学 江苏省油气储运技术重点实验室, 江苏 常州 213016; 2. 公安部天津消防研究所, 天津 300381; 3. 常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 以化工园区为背景, 对园区重大危险源安全监管技术进行了研究, 开发了基于地理信息系统 (GIS) 的重大危险源事故预测预警与应急救援信息系统。系统采用 Delphi+MapX 集成方式开发, 主要包括重大危险源日常管理、监控预警、辅助应急救援三个方面。系统除可实现地图处理的基本功能外, 还可实现对重大危险源维护和查询功能; 视频监控与温度、浓度等综合参数监测的联动功能; 动态模拟各种泄漏、火灾、爆炸事故的发生、发展过程及影响区域; 根据模拟结果给出相应的应急救援方案。

关键词: 重大危险源; 地理信息系统 (GIS); 安全监控; 预警; 应急救援

中图分类号: TE 88

文献标识码: A

Research of Chemical Industry Park Risk Management System Based on GIS

XU Shi—hui¹, ZHOU Ning¹, LIU Xuan—ya², WANG Kai—quan³, ZHAO Hui—jun¹

(1. Jiangsu Key Laboratory of Oil and Gas Storage and Transportation Technology, Changzhou University, Changzhou 213016, China; 2. Tianjin Fire Research Institute, Tianjin 300381, China; 3. School of Environment and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Through studying of safety regulation technology to major hazard based on chemical industry park, an information system for forecasting, early warning and emergency response related to major hazard incidents was developed based on GIS (geographical information system). This system was developed with an integration of Delphi+MapX, mainly consisted of 3 aspects, which were routine management of major hazard, monitoring and early warning, and auxiliary emergent rescue. Besides basic functions of map processing, this system could also realize maintenance and inquiry of major hazard, linkage of video monitoring and comprehensive parameters detection (temperature, concentration, etc); it can also simulate dynamically the occurrence and development of various incidents such as leakage, fire and explosion and the influenced areas as well; and it can also provide rescue proposals according to the simulation results.

Key words: major hazard; geographical information system (GIS); safety supervisory control; early warning; emergency rescue

^{*} 收稿日期: 2012—10—11

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目 (2011BAK03B08); 国家自然科学基金项目 (51204026)

作者简介: 徐士会 (1987—), 男, 山东聊城人, 硕士生; 通讯联系人: 周宁。

1 GIS 在重大危险源管理中的研究现状

通过分析近年来发生的重特大事故可知，如何在重大事故发生前做好预防措施，如何在事故发生后尽可能的降低事故后果是我国乃至全世界所面临的难题。

基于 GIS 的重大危险源信息管理系统是集计算机技术、多媒体技术、地理信息系统于一体，为企业和政府安全管理部门及时、直观、准确地提供重大危险源的基本信息以及发生事故后的抢险、救援等多种信息，有利于管理者快速、准确地进行决策，从而最大限度地降低事故发生的可能性，并减轻事故造成的损失^[1]。

师立晨^[2]、王爽^[3]、沙锡东^[4]等通过对比国外重大危险源辨识的法规、标准，指出我国在该方面存在的问题，并针对重大危险源分级提出多种分级方法结合的组合式分级方法。崔超^[5]、周荣义^[6]等对 GIS 在城市重大危险源管理中的应用进行了分析总结，为市政府等部门进行安全检查、土地规划和紧急事故处理等提供了很大的方便。

目前在石化领域已经建立起一些基于 GIS 技

术的信息管理和风险评价平台，如王凯全^[7]建立了动态作业风险模型和叠加作业风险模型，并依据该模型设计了基于 GIS 的风险管理系统。辛琰等^[8]利用自动监测设备对重点污染源的实时排放浓度、累计排放量等情况进行监控，并将其与辅助救援系统集成在一起，建立了基于 GIS 的环境污染事故预警与应急指挥系统。王晓宇^[9]等开发了基于 GIS 的石化企业重大事故应急管理系统，钱新明^[10]等针对油品储罐区的危险特性，建立了基于 GIS 的油品储罐区风险评价及应急资源优化调运系统。

综上，前人对危险源监管与事故预警结合的研究还不完善。为此，笔者开发了一套基于 GIS 的重大危险源监测预警与应急救援管理系统。

2 系统概述

2.1 系统结构设计

基于本系统的主要硬件结构如图 1 所示。利用这些监测设备可以动态监测企业现场危险源参数的变化情况，并将监测到的数据传输至 GIS 服务器。政府或企业安全管理部门在监控端根据监测到的数据实现对重大危险源的监管。

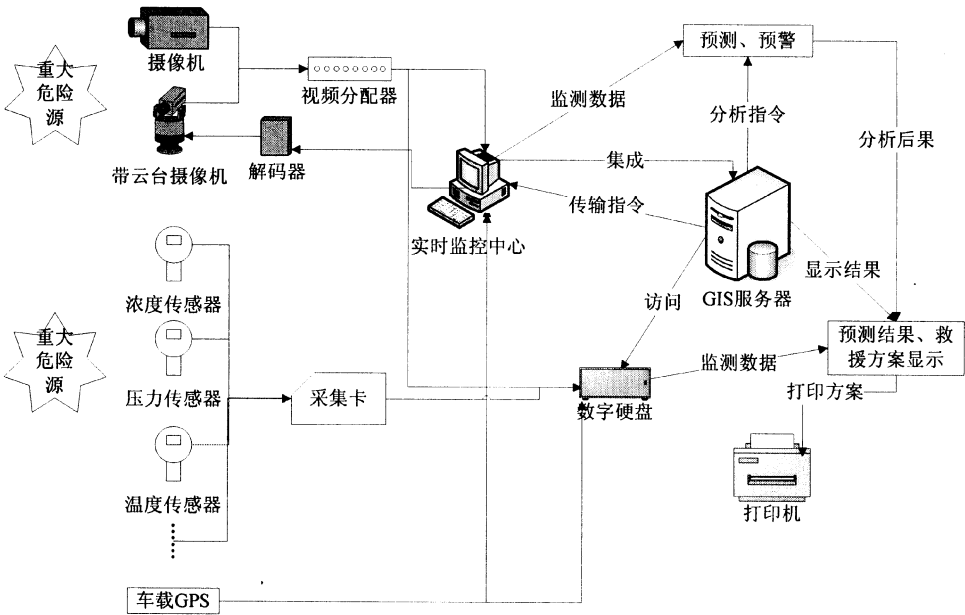


图 1 系统结构设计

Fig. 1 System architecture design

2.2 系统开发方式

考虑到采用集成方式开发的系统具有更强大的数据库功能，而且可靠性好、易于移植、便于维护，因此本系统采用 MapInfo 公司的 MapX 控件

和可视化编程语言 Delphi 集成开发。

系统启动界面共包括 7 个区域，主菜单栏、常用工具栏、主图形窗口区、鹰眼区、基本信息显示区、现场视频监控显示区、现场数据采集曲线显示区。主界面如图 2。



图 2 系统主界面示意图

Fig. 2 Sketch map of the system main—interface

3 系统功能设计

该系统主要包括园区基本信息管理系统、重大危险源事故预警系统和事故应急救援系统。

3.1 园区基本信息管理系统

园区基本信息管理系统包括园区基本信息数据库、重大危险源管理模块、消防设施信息库。园区基本信息数据库包括园区电子地图信息库、园区内各企业基本信息数据库、应急资源数据库等。重大危险源管理模块是所开发系统的核心，它的完整与否决定整个系统能否对重大危险源实施有效的管理，该模块主要实现以下功能。

3.1.1 重大危险源的辨识与分级

为防止重大事故的发生，首要任务就是辨识可能引起重大事故的危险源。本系统采用《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218—2009）提供的标准进行辨识。

重大危险源分级方法采用国家安全生产监督管理总局第 40 号令，分级指标确定方法见式（1）：

$$R=\alpha\left(\beta_1\frac{q_1}{Q_1}+\beta_2\frac{q_2}{Q_2}+\cdots+\beta_n\frac{q_n}{Q_n}\right)\quad(1)$$

式中： q ——每种化学品实际存在量（单位：吨）； Q ——与各危险化学品相对应的临界量（单位：吨）； β ——与各危险化学品相对应的校正系数； α ——该危险化学品重大危险源厂区外暴露人员的校正系数。

由公式 1 计算出 R ，分级标准见表 1。

表 1 重大危险源分级判据

Tab. 1 Major hazard classification criterion

危险化学品重大危险源级别	R
1	$R\geq 100$
2	$50\leq R<100$
3	$10<R\leq 50$
4	$R<10$

3.1.2 实现危险源的定位与查询

利用该模块可以在地图上查询危险源所处地理位置及其周边情况，并实现逻辑查询和空间查询功能。

3.1.3 重大危险源信息的维护与更新

对特定危险源，随着时间的变化、设备的更新和周围环境条件的变化，其风险值也会发生变化。利用该系统能动态的更新数据文件和数据库中所包含的信息数据项，确保系统真实、准确的反应危险源现状。

消防设施信息库包括园区内所有消防设备（消防栓、消防水源、灭火设备、消防所等）的地理位置及属性信息，便于在应急救援时对消防资源的合理调度。

3.2 重大危险源事故预警系统

化工企业绝大多数事故的发生都是由于对危险源的监管不力或责任人的误操作等引起的，因此，对危险源实施安全、可靠的监控预警措施可以从源头上避免事故的发生。该模块分为以下两个子模块：现场安全监控模块、事故后果模拟模块。

3.2.1 现场安全监控

该模块采用视频监控、光纤测温传感器、可燃气体浓度传感器、有毒气体探测器等手段对重大危险源、高危工艺、移动危险源进行实时监控。结合 FMEA、HAZOP 系统安全分析理论预测重大危险源、高危工艺的风险变化，当重大危险源和高危工艺的风险值达到所设定阈值时，系统自动报警，提醒操作人员和管理人员进行现场安全确认。如监测到火灾发生，系统还可实现报警与消防控制系统的联动，以便迅速控制和消灭事故。该模块能够自动保存实时监测数据和录像，为事故调查分析提供基

础数据，也为系统自学习提供基础数据。

3.2.2 事故后果模拟模块

重大危险源引起的主要事故有毒物泄漏扩散、火灾、爆炸事故，不同类型的事故采用不同的伤害模型进行事故后果模拟。

系统集成多种事故后果模型：气体泄漏、两相泄漏、池火、喷射火、碎片爆炸等。衡量毒物泄漏对人体伤害程度的方法主要有浓度法和毒负荷法，系统采用毒负荷法作为毒物致死致伤的判断依据。在火灾事故模拟中，采用辐射热入射通量作为致死致伤的判断依据。爆炸模拟则根据爆炸冲击波大小来划分伤害区域。

在事故后果模拟预测模块点击泄漏模拟，会出现如图 3 所示的对话框。在图中可以选择泄漏物质名称、泄漏物质状态及方式、天气情况等，选择完以上情况后还须输入致死、重伤、轻伤浓度下限值，泄漏时间及总量等参数。以上参数输入完成后，系统根据输入参数或传感器等监测设备所监测到的参数变化预测事故的影响范围，如图 4 所示。图中红色区域为死亡范围，绿色为重伤范围，紫色为轻伤范围。

泄漏参数设置

泄漏物质参数

泄漏物质名称

请选择泄漏物质名称：

乙二醇

丙酮

泄漏物质毒性

致死浓度 (mg/m³): 无

重伤浓度 (mg/m³): 无

轻伤浓度 (mg/m³): 1000.0

上一步

下一步

取消

泄漏形式参数

泄漏物质状态

☒ 气体 ☐ 两相流

泄漏方式

☒ 连续泄漏 ☐ 瞬时泄漏 (动态) ☐ 瞬时泄漏 (静态)

连续泄漏时间 (h):

泄漏总量 (kg):

瞬时泄漏时间 (s):

泄漏规模

泄漏口面积 (m²):

装置内压力 (百pa):

泄漏环境参数

风流情况

风速 (m/s):

风向 (与正东夹角, °):

天气情况

☒ 晴 ☐ 少云 ☐ 多云 ☐ 阴

时间分区

☒ 白天 ☐ 夜晚

图 3 泄漏参数设置对话框

Fig. 3 The leakage parameter settings dialog box

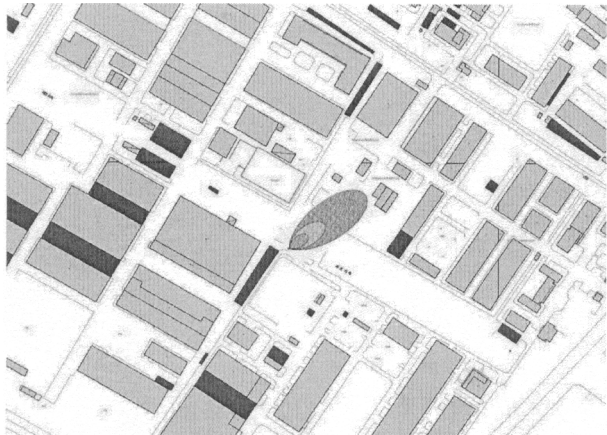


图 4 事故模拟影响范围
Fig. 4 The scope of the accident simulation

3.3 事故应急救援系统

事故应急救援系统包括针对企业员工的安全教育培训模块、针对不同事故的应急预案分析模块、事故应急辅助决策模块。

安全教育培训选择更利于受训人员接受的生动形象的方式，结合地理图对救援人员讲解园区内重大危险源所在区域、危险源的理化特性、应急处置方案等知识。

应急预案是为保证迅速、有序、高效地开展应急与救援行动，消除、减少事故危害和防止事故恶化，最大限度降低事故损失而预先制定的有关计划或方案。应急预案编制流程如图 5 所示。

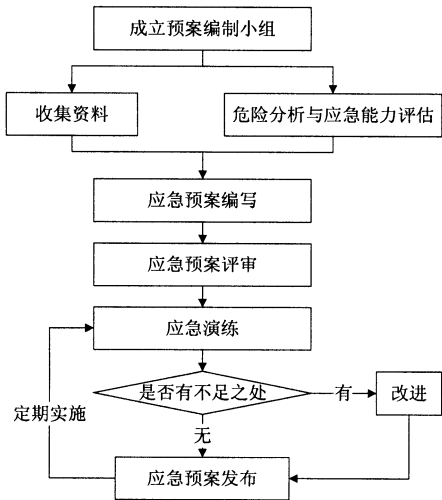


图 5 应急预案编制流程
Fig. 5 The process of emergency plan preparation

应急预案分析模块集成了大量事故应急救援预案，在事故发生时，系统根据所发生的事故类型及规模可以自动生成最佳救援方案。

事故应急辅助决策模块能根据接警信息模拟事故的大小，结合救援预案，自动生成救援作业任务书。系统管理员根据事故发生地点及周边消防队信息，合理安排救援小组，并及时向救援队发送救援信息。救援小组根据管理员提供的最佳救援路径可以最快速度抵达事故发生地点，最大限度地减少事故损失。

4 结 论

将 GIS 技术应用到化工园区重大危险源的辨识、分级、监控与预警工作中，必将使重大危险源的安全管理、政府安全监督部门的跟踪监督以及全社会的安全保障都能提升到一个新的层次，使重大危险源的监控提高到一个新的水平。本系统可实现以下功能：

- (1) 除可实现地图操作基本功能外，还可实现对重大危险源的辨识、分级、定位与查询等功能。
- (2) 通过实时监控参数可以实现对重大危险源的日常监管、事故预测、预警功能。
- (3) 系统应急辅助决策模块为应急指挥人员提供应急辅助决策信息，为决策者提供强有力的支撑作用，具有极强的实用价值。

参考文献：

[1] 张明广，蒋军成，张巍，等. 基于组件式 GIS 的重大危险源管理系统的设计与开发 [J]. 中国安全科学学报，2002，15 (2)：25—28.

[2] 师立晨，魏利军，罗艾民，等. 重大危险源辨识中存在问题探讨 [J]. 安全与环境学报，2008，8 (2)：163—166.

[3] 王爽，王志荣. 危险化学品重大危险源辨识中存在问题研究与探讨 [J]. 中国安全科学学报，2010，20 (5)：120—124.

[4] 沙锡东，姜虹，李丽霞. 关于危险化学品重大危险源分级的研究 [J]. 中国安全生产科学技术，2011，7 (3)：37—41.

[5] 周荣义，彭伟. 城市重大危险源管理中的 GIS 应用研究 [J]. 中国安全科学学报，2008，18 (8)：150—155.

[6] 崔超产，黎忠文. GIS 在城市重大危险源管理中的应用 [J]. 安全与环境工程，2001，8 (4)：32—34.

[7] 王凯全，刘华月. 化工厂建设期作业风险定量研究 [J]. 常州大学学报：自然科学版，2012，24 (2)：35—39.

[8] 辛琰，魏振钢，巩丽丽. 基于 GIS 的环境污染事故预警与应急指挥系统 [J]. 计算机应用，2008，28：393—395.

[9] 王晓宇，王凯全，周宁. GIS 在大型石化企业事故应急管理中的应用 [J]. 中国安全科学学报，2007，17 (9)：73—77.

[10] 钱新明，刘牧，郭臣，等. 基于 GIS 的油品储罐区风险评价及应急资源优化调运系统 [J]. 安全与环境学报，2010，10 (6)：206—210.