

## 城市环境地质调查信息化建设

张礼中,张永波,周小元,王乾,蔡子昭,梁国玲,霍志彬,王伟,张春英,石磊  
(中国地质科学院水文地质环境地质研究所,石家庄 050061)

**摘 要** 从提供全程支持城市环境地质调查评价主流程信息化的技术手段出发,依据城市环境地质调查评价规范,制定了统一的数据库标准,对城市环境地质调查信息化建设的总体框架进行了设计,分析了城市环境地质调查评价信息系统组成、功能及应用模式,重点研制了为调查评价各过程服务的相应计算机分析处理系统,并得到了实际的推广应用。

**关键词** 城市环境地质;信息化;数据库

### 1 前言

随着人类社会的进步和科学技术的飞速发展,城市化进程不断加快,人类的活动已经成为一种地质营力,强烈地作用于地质环境,使城市地质环境不断恶化,与城市土地利用、资源开发、废物处置、环境保护和灾害防治等有关的环境地质问题日益突出,甚至直接影响和制约着城市的发展和改造<sup>[1]</sup>。以往城市环境地质工作成果信息化水平低,缺乏为城市规划建设服务的快速响应机制,与城市化进程比较,成果在内容和形式上与应用结合不甚紧密,实用性较差,难以为城市规划、建设和管理提供有效服务<sup>[2]</sup>。结合中国地质调查局《城市环境地质调查评价规范》,分析城市环境地质调查的内容组成和调查过程,从提高调查过程的数字化程度考虑,笔者认为城市环境地质调查的信息化流程包括野外数据采集、空间数据库建设、空间数据库管理、数据应用(评价、分析)、数据共享。需要研究面向对象的城市环境地质调查数据库标准,解决全国性城市环境地质调查数据库的建设与集成问题;研制开发围绕数据库建设和管理的应用系统及相关评价模型,实现野外调查的数字化、数据采集、动态管理、实时动态评价、实时动态地学结论图的生成及输出;研究调查成果的共享形式,实现成果的社会共享。城市环境地质调查信息化建设的核心是探索城市环境地质调查评价的数字化流程,构建城市环境地质调查信息化环境,实现调查评价主流程的信息化,达到改变传统调查方式、提高工作效率和数据资料可持续利用性,随时参与城市地质环境管理,及时为城

市规划提供地学参考的目的。

### 2 城市环境地质调查信息化建设的总体框架

城市环境地质调查的目的是为城市规划和城市地质环境管理提供依据。城市环境地质调查主流程信息化体现为数据采集、数据管理、综合评价、成果编制、社会化服务等过程中的数字化形式。针对这些过程研制相应的计算机分析处理系统,使得贯穿该过程主要环节的数据连续传输,建立信息化工作环境,有效地提高城市环境地质调查、评价、服务的效率,实现整个调查流程的信息化工作过程。

城市环境地质调查信息化建设的总体框架设计充分考虑了如下因素:

(1) 力争在数据采集、数据管理、数据处理、数据服务等阶段实现数字化工作的衔接,充分发挥数据库建设的基础作用。

(2) 正确面对计算机 PC 机环境的广泛应用,把整个城市环境地质调查信息系统工作的重点放在 PC 机环境下的软件开发上,把数据库管理和基于数据库的分析系统在微机上全部实现。

(3) 适当考虑网络环境的信息化应用,力争建成基于局域网的数据库管理与应用分析系统,从而建立城市环境地质问题调查的信息化综合工作环境,同时实现基于 Internet 的数据信息发布机制与

收稿日期:2010-07-02

基金项目:国土资源部百名优秀青年科技人才计划资助(B07001),中国地质科学院水文地质环境地质研究所科研业务费资助(SK07027)

作者简介:张礼中,(1969-)男,研究员,博士,主要从事水工环信息工程技术和环境地质科研工作。

应用服务,落实地质调查工作的公益性特点。

从提供全程支持城市环境地质调查评价主流程信息化的技术手段出发,在统一的数据库标准前提下,需要基于大中型数据库来满足大规模的城市环境地质调查数据信息的管理,在城市环境地质调查评价的各个阶段,需要与之对应的应用系统来实现工作的数字化。需要研究各个阶段工作数字化的连贯一致性,实现无缝结合,同时也需要研究各种单因素评价和综合评价模型及方法,快速地提供城市规划和建设所需要的成果。城市环境地质调查信息化环境是一个多模块的复合系统构成的数字化工作环境,包括各种硬件设备和支撑软件。本次工作重点研制为调查评价各过程服务的相应计算机分析处理系统,即城市环境地质调查评价信息系统。它是城市环境地质调查信息化环境的重要组成部分,是围绕城市环境地质调查评价空间数据库的建设和应用进行设计和开发,由多个可独立运行的子系统构成。城市环境地质调查信息化建设总体框架如图 1 所示。

城市环境地质调查评价信息系统组成、功能及应用模式研究应考虑系统的整体性和子系统的独立性,并和现代信息技术的发展实现紧密结合,按全流程信息化设计,在不同的阶段使用不同的应用系统和应用模式。

(1)野外调查阶段:建立基于平板电脑(或掌上电脑)、GPS、GIS 和 RS 的城市环境地质问题调查野外数据采集系统,直接实现野外数据获取的数字化过程。数据录入方式依据数据建库标准表格进行,针对不同的数据类型,提供不同的数据录入方法。

(2)数据整理与数据库建设阶段:建立数据综合整理与数据录入系统,面向的数据对象是以前工作中已形成的数据资料,适用于大规模的数据综合整理与数据录入过程。配合目前正在开展的全国主要城市环境地质问题综合评价计划项目,实现各种相关数据信息的录入、编辑、管理、浏览和汇总等功能,为调查工作提供信息存储、管理、检索等过程的计算机处理软件工具;建立数据库检查验收系统,为数据库建设质量控制提供辅助工具。

(3)资料分析、研究、成果编制阶段:建立城市环境地质调查信息应用系统,以城市为单位对某一城市环境地质问题调查产生的数据信息及其相关成果进行综合管理,具有数据输入、存贮、管理、查询、

检索、统计、显示和更新、模型分析等功能,是整个城市环境地质调查信息系统的核心软件。

(4)调查评价成果为社会服务阶段:开发城市环境地质调查综合成果管理系统,旨在应用数据库技术、多媒体技术、GIS 技术实现城市环境地质调查综合成果数据信息的管理,包括调查的原始资料数据库、评价形成的综合成果数据库、技术文档资料的管理,并提供浏览、查询和输出功能;开发基础调查数据共享服务应用系统,对全部环境地质问题调查产生的数据信息及其相关成果通过 Internet 对外共享,包括调查评价数据、各种专题统计数据、各城市评价结果等数据内容,具有数据浏览、查询检索等功能。

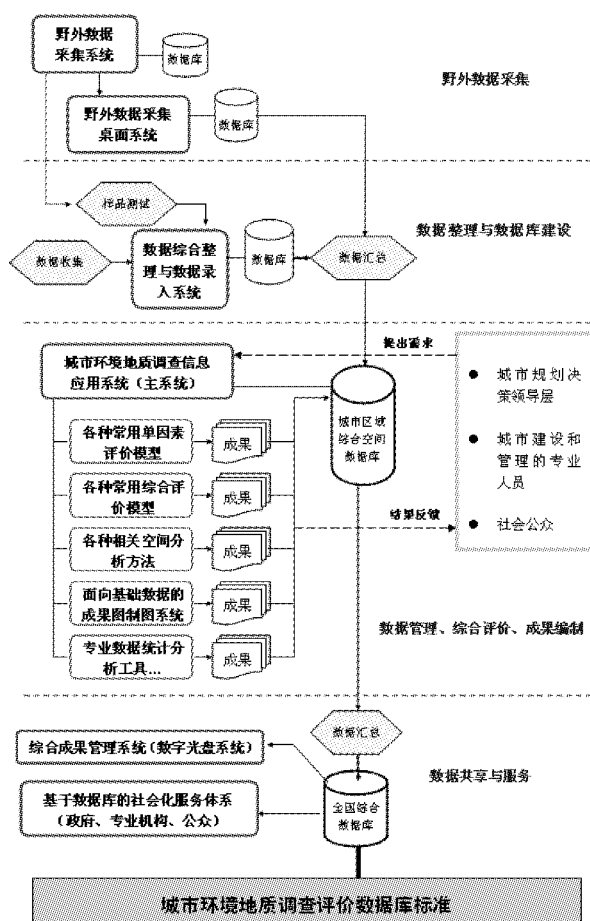


图 1 城市环境地质调查信息化建设总体框架  
Fig. 1 Overall framework of the urban environmental geological survey informatization

### 3 城市环境地质调查评价空间数据库

城市环境地质调查评价空间数据库是城市环境地质调查评价信息系统的重要组成部分,也是城市环境地质调查评价信息系统的基础,包括空间(图

形)数据库和外挂属性数据库,通过内外属性表的结合应用,实现图形数据与属性数据的有机关联。

### 3.1 空间数据库组成

城市环境地质野外调查数据基本是野外点状调查,所获得的数据对应的是野外空间调查点。从关联关系上来讲,用于描述一个空间图元的属性信息可以是简单的一个属性表,也可以是并列的多个属性表。由于城市环境地质野外调查数据的时间动态性和调查内容的多样性,导致同一调查点涉及多类数据表或有多条记录,出现图 2 多重结构的树枝状多表复杂结构。

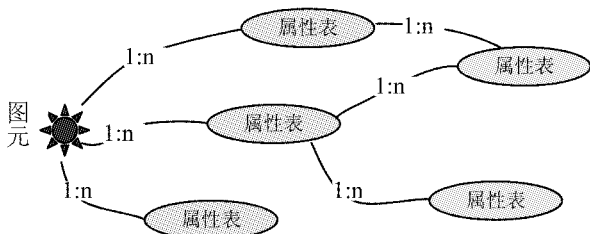


图 2 图元与属性的关联关系

Fig. 2 Relations of graphic element and its property

“1:n”表示数据表中记录的 1 对 1 或 1 对多的关系,在实际问题中还经常出现的是数据表之间的交叉关系。对于评价成果,通常图元对象的属性较简单,采用内部属性方案。

据此,城市环境地质调查评价空间数据库组成如图 3 所示。

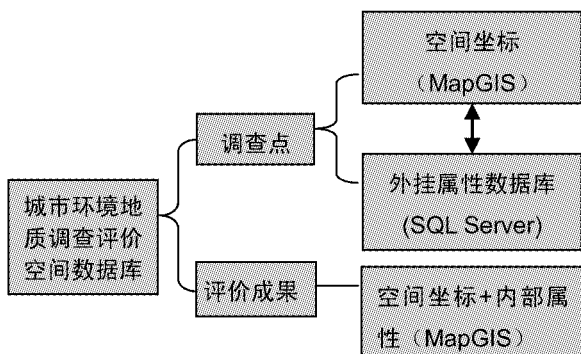


Fig. 3 Composed of urban environmental geological survey spatial database

### 3.2 图元编码方案

图元编码是图元的唯一标识,在属性数据库中作为关键字(主键)处理,要求同一图层内的所有图元编码不能重复出现。根据城市环境地质调查空间数据模型的基本思路,对点图元数据进行编码规定,

线图元和多边形图元因不存在外挂属性表问题,使用软件系统给定的内部编码。

点图元的编码方案采用复合坐标方式,以保证这些野外调查点编码的唯一性。城市环境地质调查数据库的图元编码采用如下方案(图 4):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

图 4 城市环境地质调查空间数据库图元编码方案

Fig. 4 Graphic element encoding scheme of urban environmental geological survey spatial database

(1)采用 17 位数字图元编码方案,做到所有地质调查点编码的唯一性;

(2)17 位数字码格式组成:经度(8 位数) + 纬度(7 位数) + 识别码(2 位数);

(3)经度、纬度按“度分秒”表示,位数不足,用 0 补充,其中秒包括 1 位小数。

## 4 城市环境地质调查评价信息系统开发

城市环境地质调查评价信息系统是地理信息系统技术在城市环境地质调查评价中的应用,是一种运用计算机硬件、软件、数据库及网络技术,实现对城市环境地质调查评价用的各种空间、非空间地质数据和信息的采集、输入、存储、管理、查询检索、处理分析、显示和应用,以处理城市各种空间地质实体及其关系为主的技术系统。城市环境地质调查主流信息化体现为数据采集、数据管理、综合评价、成果编制、社会化服务等过程中的数字化形式。针对这些过程研制的城市环境地质调查评价信息系统由多个可独立运行的子系统构成,包括野外数据采集系统、数据综合整理与数据录入系统、城市环境地质调查信息应用系统、综合成果管理系统、基于数据库的社会化服务系统等子系统。

### 4.1 野外数据采集系统

由桌面系统和采集子系统两部分组成。桌面系统负责维护地下水资源野外数据采集数据库,为采集系统提供历史参考数据,准备地理底图,同时也接受和汇总野外采集的数据入库;采集系统以调查点数据采集为主,实现主要工矿企业排污情况调查、入河排污口情况调查、地下水水质现场测试、取岩土样、取水样、垃圾场调查、污染源调查、地面塌陷调查、崩塌滑坡灾害调查等信息的野外现场采集(图 5)。系统支持多尺度多源参考底图,包括:Google Map 交通

图、卫星影像图、1:20 万水文地质图、标准图幅的 DRG 图等。

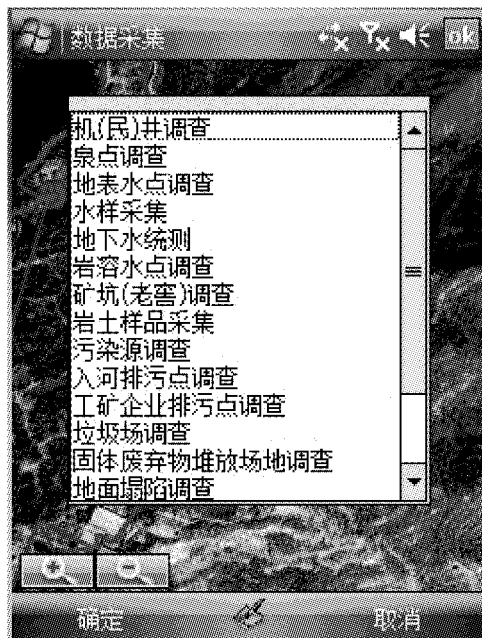


图5 基于 PDA 的野外数据采集

Fig.5 Groundwater field data collection system based on PDA

#### 4.2 数据综合整理与数据录入系统

数据综合整理与数据录入系统是专门为属性数据的录入而设计开发,面向的数据对象是以前工作中已形成的数据资料,适用于大规模的数据综合整理与数据录入过程(图6)。城市环境地质调查数据录入系统是配合目前正在开展的全国主要城市环境地质问题综合评价计划项目,实现各种相关数据信息的录入、编辑、管理、浏览和汇总等功能,为调查工作提供信息存储、管理、检索等过程的计算机处理软件工具。



图6 综合整理与数据录入系统主界面

Fig.6 Main interface of consolidate and data input system

从用户需求上,既要满足各基层单位进行数据库建设的需要,又要满足上级部门进行数据库汇总和集成的需要。系统设计采用 C/S 结构, Windows 多文档风格的界面,主界面如图6所示,由标题条、菜单条、工具条、状态栏、数据信息的目录管理区、数据编辑浏览区等部分组成。其中,数据信息的目录管理区、数据编辑浏览区两区域的大小可通过鼠标拖拽区域边界改变。

工具栏可以停靠和浮动,工具栏上提供了增加记录、删除当前记录、保存记录、记录定位、显示当前统计编号等功能,这些是数据录入过程必须的常用功能。

数据信息的目录管理区提供城市环境地质调查数据表的目录树方式管理。目录树中的数据项对应数据库中的表,目录树也体现了数据库各数据表间的层次关系。数据信息的目录管理区也是数据表浏览和编辑的入口。

数据编辑浏览区是显示和编辑城市环境地质调查数据的区域。以卡片或表格方式显示数据及其录入界面。数据编辑浏览区可针对数据的关联关系,以分视的形式显示上下关联表,也可以活页卡片界面方式显示同一级别的多个数据表。

#### 4.3 城市环境地质调查信息应用系统

城市环境地质调查信息应用系统以城市为单位对某一城市环境地质调查数据信息及其相关成果进行综合管理,具有数据输入、存贮、管理、查询、检索、统计、显示和更新、模型分析、成果图编制等功能,是整个城市环境地质调查评价信息系统的核心软件。

城市环境地质调查信息应用系统的运行基础是调查评价空间数据库。在系统的设计与功能结构关系的处理上,强调数据信息管理是系统设计的主题,实现对空间数据库数据的编辑、浏览与管理,提供多功能的数据检索与查询服务。模型分析评价子系统主要从该数据库获得数据,并将处理与评价结果交给数据管理子系统管理。

在程序设计上,该系统以 Windows XP 为操作系统,以 MapGIS 为 GIS 支撑环境平台,使用 MapGIS 的 API 函数进行二次开发,以 Visual C++ 为开发编译工具。

根据《城市环境地质调查评价规范》提出的技术方案,考虑计算机辅助评价计算的可行性,开展地下水质量综合评价、地下水污染现状评价、地下水防

污性能评价、地质灾害危险性分区评价、垃圾处置场地适宜性评价等分析模型的研制工作。模型评价界面采用非模式对话框方式实现,如图 7 所示。

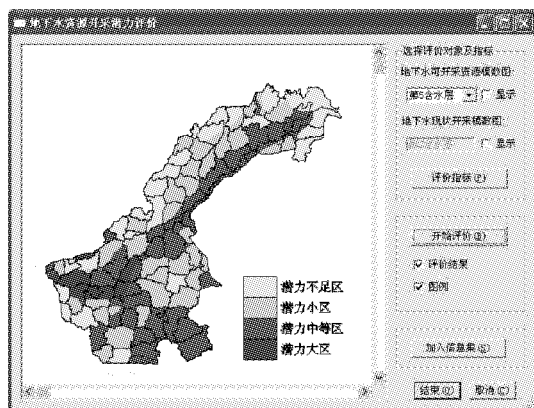


图 7 应用系统模型评价界面风格  
Fig. 7 Interface style of evaluation model  
for application system

#### 4.4 城市环境地质调查综合成果管理系统

实现城市环境地质调查综合成果的有机管理,包括调查原始资料数据库、评价形成的综合成果数据库、技术文档资料的管理,并提供浏览、查询和输出功能。

系统通过信息项目索引、信息内容索引来实现数据索引管理。信息项目索引采用目录树形式管理信息项目。信息项目包含四大类:技术文档资料、多媒体演示、电子图集、图片集。通过双击信息项目索引下的目录树项,系统将根据该索引搜索并打开相应的信息内容,在信息内容索引区显示出来。对于电子地图,采用目录树方式显示,单击某目录树项可以打开或关闭对应的地图,其他内容采用数据列表方式显示,双击数据列表某项,可打开所选内容。

#### 4.5 网络数据管理与共享服务

建立运行于网络环境的城市环境地质调查信息化工作环境,实现数据库和软件资源的共享,达到协同工作之目的。

#### (1) 基础调查数据共享服务应用系统

基础调查数据共享服务应用系统是对全部环境地质调查产生的数据信息及其相关成果通过 Internet 对外共享,包括调查评价数据、各种专题统计数据、各省市评价结果等数据内容,具有数据浏览、查询检索等功能。

#### (2) 综合数据成果查询服务

主要数据对象是经过加工的综合成果图形和技术文档资料,提供目录和内容查询服务,在必要的情况下可直接下载。

#### (3) 用户注册管理及访问限制系统

根据国家的相关规定以及部门级到对数据共享的要求,设定不同用户权限级别。对不同用户群体的可访问内容采用不同级别的控制,包括注册、审批、角色指定、访问限制等。

## 5 结语

城市环境地质调查信息系统主要在中国地质调查局启动的除港澳台之外的中国大陆主要城市的城市环境地质调查项目中推广应用。通过平均一年一次的集中培训班推广、逐个省的走访调研和服务、建立技术支持网站等手段,使城市环境地质调查信息系统在每个城市的城市环境地质调查中得到一定程度地应用,有力地支持了各项的调查工作,提高了调查评价的信息化程度,同时,通过用户反馈,不断地完善城市环境地质调查信息系统。现在已有 188 个城市完成了城市环境地质调查评价工作,并建立了城市环境地质调查评价数据库和信息系统。

#### 参考文献

- [1] 唐辉明. 地质环境与城市发展研究综述[J]. 工程地质学报, 2006, 14(6): 728 - 733.
- [2] 刘映, 尚建嘎, 杨丽君, 等. 上海城市地质信息工作新模式初探[J]. 上海地质, 2009, (1): 55 - 58.

## Informationization Construction in Urban Environmental Geological Survey

Zhang Li-zhong, Zhang Yong-bo, Zhou Xiao-yuan, Wang Qian, Cai Zhi-zhao, Liang Guo-ling  
Huo Zhi-bin, Wang Wei, Zhang Chun-ying, Shi Lei  
(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang 050061, China)

**Abstract:** With the informationization techniques supporting urban environmental geological survey and evaluation, we developed a unified database standards according to related specification, designed an overall framework of urban environmental geological survey informationization, its constitution, function and application were analyzed as well. For practical application, we also developed corresponding computer processing system for investigation and evaluation.

**Key words:** urban environmental geological; informationization; database