

# 西南岩溶地区水资源信息系统构建

周军红

(中航勘察设计研究院,北京 100086)

**【摘要】** 结合国内水资源与环境管理信息系统的前沿及面临的问题,着重从系统目的分析、结构设计和功能实现三个方面来论述西南岩溶地区水资源信息系统的构建。系统数据库由空间数据库和属性数据库两大部分组成。系统的功能主要包括:数据更新修订功能、信息资料查询功能、空间分析功能和绘图打印功能。

**【关键词】** 地理信息系统;西南岩溶;水资源空间数据库;水资源属性数据库

**【中图分类号】** P 642.25;P 641.8

## The Infrastructure of the Groundwater Resources and Environment Information System of Southwest Karst Area

Zhou Junhong

(Avic Institute of Geotechnical Engineering, Beijing 100086 China)

**【Abstract】** The infrastructure of the groundwater resources and environment information system of southwest Karst area is introduced. The aim is to analysis the spatial distribution of the groundwater resources, environment, geological calamity and hydraulic engineering by means of the database and spatial analysis method in GIS. The systemic database is made up of spatial database and attribute database. The functions of the groundwater resources and environment information system of southwest Karst area can be divided into four parts: datum updating, information querying, spatial analysis and plotting.

**【Key Words】** GIS; southwest Karst; water resources spatial database; water resources attribute database

### 0 引言

西南岩溶地区以贵州为中心,跨越云南、广西、四川、重庆以及湖南、湖北、广东西部一带,地理位置为纬度  $N22^{\circ}\sim 32^{\circ}$ , 经度为  $E102^{\circ}\sim 114^{\circ}$ 。“中国西南地区碳酸盐岩连片分布面积  $114\times 10^4\text{ km}^2$ , 出露面积  $78\times 10^4\text{ km}^2$ , 1999 年以来在涉及该地区约  $62\times 10^4\text{ km}^2$  的范围内开展了可有效开发利用的地下水资源勘查工作, 工作区地下水资源总量丰富, 可采资源量达  $(500\sim 600)\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ , 但其分布极不均一, 存在大片干旱缺水区和石漠化地带, 仅云南、贵州、广西在 1997 年就有 800 万人饮水困难, 湘、桂、滇、黔的 6 个地区石漠化面积达 30%<sup>[1]</sup>。”“区内岩溶面积占 30% 以上的县(含县级市)共 236 个, 其中贵州 69 个, 云南 61 个, 广西 50 个, 四川(含重庆)35 个, 湖南 11 个, 湖北 8 个, 广东 2 个; 岩溶面积超过 50% 的岩溶县在黔、滇、桂三省为 126 个, 占总数的 53.4%。西南岩溶区地下水资源为 1 766.7 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ , 占全国岩溶地下水资源总量的

22.1%。全区已知流量  $> 50\text{ l/s}$  的地下河 2 497 条、岩溶大泉 2 450 处, 占全国  $> 50\text{ l/s}$  岩溶水点总数 5 289 个的 93.5%, 其中特大型地下河(长度大于 30 km、汇水面积在  $300\text{ km}^2$  以上)有 27 条, 枯期总流量  $78.18\text{ m}^3/\text{s}$ , 均分布在黔、滇、桂境内<sup>[2]</sup>。”由于其多分布在经济不发达地区和其分布的极不均匀性, 使得岩溶地下水资源开发的尚不足 20%, 开发潜力很大。这一地区地下水资源问题和与地下水有关的生态环境地质问题已成为严重制约该地区社会发展的重要因素。为了配合西部大开发、提高中国水文水资源部门信息化建设和合理开发西部水资源使西部生态、社会经济系统处于良性循环当中, 建立西南岩溶地区水资源信息系统就显得格外重要。

西南岩溶地区水资源信息系统的构建主要包括前期系统所需数据资料收集和后期系统构建两个阶段。资料收集包括室内收集和室外收集两部分; 后期系统构建主要包括空间数据库和属性数据库建立

两部分。

## 1 水资源信息系统构建简介

### 1.1 系统构建的现状及面临的问题

水资源时空分布是相当复杂的,其表现为以下两点:

1)反映水资源系统的信息数据量十分庞大,其存储、查询、处理非常费时费力。因此,在实际工作中长期积累和获取的大量资料往往得不到充分利用,人为地丢失了很多有用信息,这样导致有些水资源管理模型在数学上非常严格与精确,但是得出的结果却带有很大的局任性。

2)反映复杂系统特征的许多信息由于难以及时、直观、形象和全方位地在时空上展现出来,使研究者及其研究成果不能很好地与决策部门沟通,从而降低了研究成果的利用价值。

当今正在迅速发展的地理信息系统为解决上述问题提供了有力的工具。地理信息系统(Geographic Information Systems,简称GIS)是一种在计算机软硬件的支持下采集、存储、处理、查询、分析和表达地理空间数据的计算机信息系统。其由计算机硬件、软件、数据和用户四部分组成。其在最近的30年内取得飞速的发展,并广泛地应用于资源调查、环境评估、区域发展规划、公共设施管理、交通安全等领域。GIS与一般的作图工具(如AutoCAD)的最大不同之处在于其空间数据库的存在和其具有的各种空间分析功能,以此我们可以通过已有的数据和信息分析和提取新的数据和信息。

GIS在水资源环境方面的应用已经出现很好的趋势。目前,国内在这方面的实践主要集中在局部范围内:如许多城市已经建立的水资源环境管理信息系统,它们主要服务局部范围。目前国内在区域大范围内建立水资源环境管理信息系统的很少,到现在为止国内只有西北地下水资源信息系统,西南地区到目前为止没有类似的系统,尤其是西南岩溶地区<sup>[3]</sup>。西北地区地下水资源信息系统存在的很大不足之处是:其在空间数据库部分将地下水系统与地表水系统完全隔离开,另外,其数据库里没有包含该地区的地质、水利工程和环境生态三个对决策部门来说很重要的空间数据和属性数据。大量的案例表明,我国地学领域内建立信息系统存在以下两大缺陷:1)只仅仅将GIS视为图形可视化表现工具、数据存储的系统,没有充分利用GIS提供的空间分析功能;2)系统所需资料数据获取的困难性和不完整性。

我们在西南岩溶地区水资源信息系统的构建过程中积极吸取前人经验,使系统更加完善和实用,以便向各个部门尤其是科学研究部门和决策部门提供尽可能多的岩溶地区的基础地理数据和信息,同时还便于向它们提供经过GIS空间分析功能分析处理后所得到的新数据和信息<sup>[4]</sup>。

### 1.2 系统构建的目的

系统构建的成败很大程度上取决于其需求分析这一关键步骤。西南岩溶地区水资源信息系统构建的主要目的如下:

1)对西南岩溶地区各个领域业已获得的各种数据进行集中综合管理,以备研究部门做进一步的研究分析之用。

2)向政府部门提供西南岩溶地区的地下水、水利工程、地质灾害、生态环境和社会经济等方面的数据和信息,以便政府部门进行决策,即其通过可视化再现、空间分析、制图等功能达到辅助决策的目的。

### 1.3 系统构建平台和工具

信息系统是指为了某些明确的目的而建立的有人员、设备、程序和数据集合构成的统一整体。其包括数据处理系统、管理信息系统和决策支持系统等。地理信息系统与其它传统意义上的信息系统的根本差异在于,它不仅能够存储、分析和表达现实世界中各种对象的属性数据,而且能够处理其空间定位特征,能将其空间和属性信息有机地结合起来,从空间和属性两个方面对现实对象进行查询、检索和分析,并将结果以各种直观的形式,形象而不失精确地表达出来。因此,从对现实世界对象表达和分析手段的丰富性和有效性来看,GIS是比传统意义上的信息系统更高级的系统。

西南岩溶地区水资源信息系统的构建采用国产优秀地理信息系统软件MapGIS 6.1和美国ESRI公司的ArcViewGIS3.2a地理信息系统软件。

MapGIS是具有国际先进水平的完整地理信息系统,它分为“输入”、“图形编辑”、“库管理”、“空间分析”、“输出”以及“实用服务”六大部分。根据地学信息来源多种多样、数据类型多、信息量庞大的特点,该系统采用矢量和栅格数据混合的结构,力求矢量数据和栅格数据形成一整体的同时,又考虑栅格数据既可以和矢量数据相对独立存在,又可以作为矢量数据的属性,以满足不同问题对矢量数据、栅格数据的不同需要。基于上述MapGIS优点,本次构建系统过程中的基础制图部分选用了它。利用MapGIS6.1的文件转换子系统完成不同文件格式

的转换:

1)空间数据在转换过程中首先转成 Arcinfo 内部的一种交换格式 E00 格式,然后利用 Arcinfo 中的 ArcTools 子模块进行 E00 格式向 shp 格式的转化;

2)属性数据的转化过程中,为了防止属性数据的丢失,先将其转为 MapGIS 的明码格式,然后生成 .dbf 格式,在 ArcView 中利用关键字段直接 join 生成属性数据表。

Arcview GIS 3.2a 是最新版本桌面 GIS 工具软件,采用 Windows 图形用户界面,易于使用,多语言支持带来中文信息处理能力,便于二次开发,丰富的图形图像功能使地理信息表现能力更强。其出现标志着桌面制图与 GIS 的新的转折点,在功能上远远超过了一般桌面制图系统。该软件的模块化可扩展性为 GIS 应用提供了一个具有伸缩性的软件平台,利用这些可扩展性的模块进行组合可以明显地扩展 ArcviewGIS3.2a 的功能,从而使桌面 GIS 发展到一个新的水平。其由 Views(有地图显示、信息查询和空间分析功能)、Tables(具有数据库管理、电子表格功能)、Charts(具有统计图形制作的功能)、Layouts(具有地图组合设计以供绘制的功能)和 Scripts(or Avenue)(其是面向对象的程序设计、调试、开发工具)多个 Documents 组成,各个 Document 都有其相应的图形用户界面,包括 Menu、Bar、Button Bar 和 Tool Bar 等组成,简单直观使用方便,另外,各个 Document 动态相连即任一的信息被操作或改动其余都自动更新,以反映其结果。ArcviewGIS3.2a 突出的空间分析功能为我们研究解决问题提供了很大的方便,这些功能包括:

1)基于属性的要素合并——此功能可以基于某一属性对该图层进行要素合并。

2)合并图层——此功能可以把两张或更多图层

合并成一个图层,生成的结果将包含所有的属性内容。

3)基于另一图层的图层裁剪——此功能可以用裁剪图层切割输入图层,生成的结果保存输入图层的属性。

4)图层相交——此功能将两个图层进行地理相交运算,并将结果加到 view 之中,输入图层可以是多边形或线,但是相交图层必须是多边形。

5)图层联合——此功能将两个图层进行联合运算。输出图层的属性包含两张图层的属性。

6)基于地理位置的空间连接——此功能针对两个图层数据的空间位置进行空间连接。

正是基于解决问题的需要和 ArcviewGIS3.2a 上述诸多优点,我们在系统的构建工程中选取了它。

除使用上述软件工具之外,后期属性数据库的完善和合理化分类还用到 Office 系列中的 Excel 软件、Word 软件及 Access 软件和 Foxpro 系列软件。

水资源信息系统运行对计算机系统的基本要求:

1)奔腾 II 以上 PC 机;

2)至少 10G 硬盘;

3)微软 Windows 操作系统;

4)16MB RAM(Windows 系列)。

## 2 水资源信息系统数据库构建

地理信息系统数据库一般可以进一步划分为空间数据库、属性数据库和图像数据库三个子库。空间数据库存储地理实体的空间形态、几何特征描述及其空间拓扑关系。属性数据库存储地理实体的属性、特征描述及其分析结果。图像数据库存储地理空间的遥感影像、摄影图片等。西南岩溶地区水资源信息系统数据库主要由空间数据库和属性数据库两部分构成(见表 1)。

表 1 西南岩溶地区水资源信息系统数据库组成和结构

西南岩溶地区水资源信息系统数据库		
空间数据库		属性数据库
1)西南地区 1:50 000 地质图 2)西南地区八省市县级行政区划图 3)西南地区地表水系分布图 4)西南地区地下水分区分布图 5)西南地区水利工程分布图 6)西南地区部分省市地貌分布图(今后需完善) 7)西南地区地质灾害分布图 8)西南地区生态环境分布图(今后需完善) 9)西南地区水资源规划分区图 10)西南地区人口分布及工农业产值分布图(今后需完善)	通过关键字段连接	1)西南地区地质图属性数据表 2)西南地区行政区划属性数据表 3)西南地区地表水系属性数据表 4)西南地区地下水属性数据表 5)西南地区水利工程属性数据表 6)西南地区部分省市地貌属性数据表(今后完善) 7)西南地区地质灾害属性数据表 8)西南地区生态环境属性数据表(今后需完善) 9)西南地区水资源规划属性数据表 10)西南地区人口分布及工农业产值属性数据表(今后需完善)

2.1 系统空间数据库构建

西南岩溶地区水资源信息系统空间数据库构建以西南八省市县级 1:20 万水文地质图为基础(其中丹巴、小金、康定和宝兴幅的水文地质图比例尺为 1:50万),它们的名称及经纬度分布见表 2。

整个空间数据库底图构建所需的不同县市的水文地质图在数字化仪上进行数字化后经 MAPGIS 预处理后均以地理坐标为标准进行坐标转换、坐标配准和校核并进行图幅拼接,最终形成西南地区全区水文地质图底图。

表 2 西南地区八省市县名及经纬度位置

Table with 13 columns and 10 rows listing geographical locations in Southwest China with codes like H-47-[5], H-47-[6], etc.

西南岩溶地区水资源信息系统空间数据库除包括全区水文地质图外,还包括全区行政区划图、水利工程分布图、地下水系统分区图、生态环境分布图、环境地质灾害分布图、土地资源分布利用图、人口和工农业产值等社会经济数据分布图。

2.2 系统属性数据库构建

西南岩溶地区水资源信息系统的构建在已有数据资料的基础上本着结构合理清晰、查询更新方便、资料详实全面、数据冗余量少等原则来进行。该系统属性数据库中的主要属性数据表及其数据项见表 3。

表 3 西南地区属性数据库中的主要属性数据表及其数据项

Table with 2 columns: '西南地区主要属性数据表名称' and '西南地区主要属性数据表所包含的数据项目'. It lists various data tables like '西南地区泉水数据表', '西南地区暗河数据表', etc.

续表

西南地区主要属性数据表名称	西南地区主要属性数据表所包含的数据项目
西南地区地质灾害数据表(今后需要完善)	ID号、名称、类型、.....
西南地区社会经济数据表(今后需要完善)	ID号、面积、周长、县名、国内生产总值、人均国内生产总值、工业总产值、总人口、耕地面积、农作物播种面积、农业总产值、粮食产量、粮食亩产、人均粮食占有量、备注

水资源信息系统属性数据库中各属性数据表中的数据项的选取和分类,综合参考了各种相关文献资料。各个属性数据表在系统中都以.dbf文件形式存在,其形成技术过程为:

1)将所需要的西南地区相关方面的数据资料以县为单位从相关文献书籍上分类摘录出并在Excel下以电子数据表格的形式录入且存储为相应的文件。

2)将上述以Excel格式存储的文件转换成.dbf格式存储。

3)将以县为单位分类存储的.dbf格式文件以编号为相同关键字段通过Arcview GIS 3.2中的JOIN功能生成相应的内部.dbf属性表。

4)通过Arcview GIS 3.2a中属性数据表的编辑诸功能将其数据项补充、添加和完善,同时对部分数据项进行汉化。通过上述技术过程和步骤初步形成了和西南岩溶地区水资源信息系统空间数据库相对应的属性数据库。

### 3 水资源信息系统功能简介

西南岩溶地区水资源信息系统的建立,无论对基础研究、应用基础研究,还是对应用研究、决策支持都具有十分重要的意义,另外,其为今后的深度开发也提供了灵活的余地和框架结构。系统的功能也比较完善和实用,其具体功能分述如下:

#### 3.1 数据更新修订功能

利用ArcView GIS 3.2a的ARCEEDIT模块,根据空间要素的变化,对图层进行持续更新。另外,通过野外考察或利用航空像片、陆地卫星TM遥感等多种数据来源,可以使数据库中数据的质量、精度进一步提高,正确解译和再现西南地区水土资源、环境灾害和社会经济现状,达到修订原有地图图层的目的。

#### 3.2 信息查询功能

本系统的查询功能包括地图查询和属性要素查询(单要素或多要素)。

地图查询,包括对信息系统所有空间数据库中的地图图层的查询。在Arcview GIS 3.2a的桌面地理信息系统软件平台上可以很方便地观察空间数据

库中已有的各种地图图层和每个地图图层中的内容及其它们的可视化空间展布规律,从而很方便查询自己所需的信息。例如,可以很方便地查询西南地区上升泉、下降泉和暗河出口的空间展布规律,西南地区水利工程的空间展布规律、西南地区地质灾害和生态环境的空间展布规律、西南地区人口和工农业产值等的空间展布规律。地图内容的查询,可以作单要素的,也可以作多要素的查询,也可选择满足待约束条件的多要素的查询。例如,可以很方便地查询到一定出露标高以上或一定岩性中或一定流量以上的泉水的空间展布情况,也可以很方便地查询到同时满足上述诸条件的泉水的空间展布情况。

在ArcView中,打开本系统的APR文件,再打开View视窗,即可选择有关图层加以观察。可以为图层中的点、线和多边形选择不同的符号、线型和颜色,从而使欲查询的内容更加突出地显示出来。用鼠标器点击某一地图图形要素,即可弹出该图形要素所代表的空间特征的完整属性列表。选择某一地图图层,即可调出该图层的特征属性表,如选择西南地区上升泉图层即可调出该地区所有上升泉的完整属性列表,选择西南地区地质图层即可显示所有地质地层方面的完整属性列表,选择分析模块调用Stastic功能之后,还可以对它们进行多种统计分析工作。

#### 3.3 空间分析功能

与计算机辅助设计(CAD)及常规制图系统相比,GIS的突出优势在于其提供了空间分析功能,这种功能使用户在对原始数据进行适当的建模和处理之后得到所需的结果或辅助决策的依据。ArcView GIS 3.2a提供了十分完善的空间分析功能,其叠置分析功能,可以将不同类型的图层叠置在一起,通过逻辑分析和数值计算,建立多种资源环境因素间的相互关系。例如,可以将西南地区地表水系分布图、地下水展布图、西南地区的水利工程分布图、人口分布图、工农业产值分布图、环境地质灾害分布图进行

(下转第280页)

泥石流流通区及堆积区完全占据了沟底,今后再度发生泥石流仍将具有毁灭性的破坏。鉴于该沟泥石流规模大、破坏力强,很难防治,建议该沟废弃,不再利用。

## 6 结 语

1)该厂建于“文革”期间,由于众所周知的原因,在选择和确定厂址及工厂总平面布置时,均未充分考虑泥石流的危害,以致建厂后不久即遭到泥石流的侵袭,造成巨大损失,教训是沉重的。事实表明:在泥石流地区工程建筑的选址必须有工程地质人员参加,而且要对泥石流进行专门调查。大规模及强度大的泥石流分布区不宜作为建筑场地。

2)在泥石流分布区,泥石流发展趋势预测决定今后对泥石流是否要防治以及如何防治。只有根据科学地预测,才能正确地作出决策。如果未经过专

门调查而盲目地进行防治,可能修筑不必要的防护工程造成浪费,或因采取防护措施不当而起不到应有的效果。

3)泥石流分布地区可利用的场地在总平面布置上要考虑泥石流的运动路径、影响的范围、破坏的形式与强度。防治泥石流应以绕避为主,有条件时可采取拦挡等防护措施(仅限于规模及强度不大的泥石流)。

## 参 考 文 献

- 1 陈景武. 降雨预报泥石流原理及方法. 见:唐邦兴 主编. 第二届泥石流学术会议论文集. 北京:科学出版社, 1991. 84~85
- 2 陈光曦,等. 泥石流防治. 北京:中国铁道出版社,1983. 34

收稿日期:2005-08-30

(上接第 275 页)

叠加生成一个新的专题图来再现上述诸因素的内在联系和规律,为该地区的水资源持续利用、社会经济生态协调发展进行合理规划和布局。可以完成特定类型的水土资源评价和规划,满足某些约束条件的水资源规划区选址、人口发展预测、区域可持续发展研究等一系列研究项目。由于数据资料所限,上述全部功能还不能都实现。

ArcView GIS 3.2a 还提供了缓冲区分析和网络分析功能,对于研究城市带动乡村发展能力、交通辐射能力、水资源的开发利用潜力、优势区位等问题提供了有力的工具。目前我们可以实现暗河、上升泉和下降泉等水资源点的缓冲区分析,以此我们可以很好地对这些水资源点进行空间布局优化和开采潜力开挖。

### 3.4 制图打印功能

这是本系统不同于其它系统的一个重要特点。在系统上挂接打印机、绘图机,即可输山符合专题地图规格的各种专题图。这些输出的专题图,既可以是已建好的专题图,也可以是经过叠置分析、缓冲区分析新创作的专题图;同时也可以输出各种报表和柱状图、饼图等一般的图件。

西南岩溶地区水资源信息系统所具备的上述诸功能皆是本着辅助决策、尽量满足各种需求的目的出发的,事实证明其基本上能满足系统设计的目的。

## 4 结 论

地理信息系统技术在综合研究一个地区资源环境社会经济诸方面的问题时具有巨大的潜力和特殊

的优势,但是由于长期以来的部门分割、部门所有,数据获取成为一个十分困难的问题,对于建立综合性的资源环境社会经济信息系统造成了许多的人为障碍。本信息系统的建立就面临这样的问题,致使信息系统的许多功能都发挥不出来。本信息系统今后需要完善和补充的数据:西南地区人口分布和工农业产值等社会经济方面的数据、西南地区生态环境方面的数据、西南地区地质灾害方面的数据和西南地区地形地貌方面的数据。如何解决数据资源的获取问题,实现信息共享,是建立资源环境社会经济信息系统的一个重要问题,而建立政府办公决策支持系统,更需要有真实、准确、及时的数据获取途径。唯有如此才能真正发挥决策支持系统的效能。

## 参 考 文 献

- 1 袁丙华,毛 郁. 岩溶石山地区地下水资源. 水文地质工程地质,2001(5):46
- 2 吴应科,毕于远,郭纯青. 西南岩溶区岩溶基本特征与资源、环境、社会、经济综述. 中国岩溶,1998,17(2):142~145
- 3 刘 勇,郭晓寅,陈发虎. 甘肃河西地区资源与环境基础信息系统的初步研究. 兰州大学学报(自然科学版), 1998,34(3):125~131
- 4 Sweeting M M. Reflections on the development of Karst geomorphology in Europe and a comparison with its development. In China, Z. Geomorph. 1993,37:127~136

收稿日期:2005-08-17