

基于 GIS 的山东省地下水回灌补源管理信息系统

张保祥¹, 刘青勇¹, 马承新², 李进凯²

(1. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省水利厅, 山东 济南 250013)

摘要 :山东省地下水回灌补源管理信息系统是在 MapGIS 平台基础上开发完成的,它以山东省地下水回灌补源现状和前景预测及评价为主要研究内容。软件包括系统介绍、专业计算、信息查询、专题地图制作及帮助等模块,由数据库、图形库、属性库及模型库组成。该系统将有关山东省地下水回灌补源的所有信息包括文字、图形、影像、数据、声音等按时间、空间进行分类并做成不同的工程项目,进行空间分析和属性的汇总、统计、计算和查询。应用表明,系统通用性好,实用性强。

关键词 地下水;回灌补源;GIS;管理信息系统;山东省

中图分类号:P641.25

文献标识码:B

文章编号:1006-764X(2005)04-0049-04

GIS-based management information system for groundwater recharge of Shandong Province//ZHANG Bao-xiang¹, LIU Qing-yong¹, MA Cheng-xin², LI Jin-kai²(1. Water Conservancy Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, China; 2. Water Conservancy Department of Shandong Province, Jinan 250013, China)

Abstract : A groundwater recharge management information system was developed based on the MapGIS platform to study the current situation of groundwater recharge and to predict and evaluate its variation. The software developed includes such modules as the introduction to the system, specialized calculation, information query, thematic map drawing, and help center, which is composed of database, map base, attribute base, and model base. In the system, all the information about groundwater recharge of Shandong Province, including texts, maps, images, data, and sounds, is divided into different projects according to their spatial and temporal characteristics for further analysis, summary, statistics, calculation, and query. Applications show that the system is of high applicability.

Key words : groundwater; artificial groundwater recharge; GIS; management information system; Shandong Province

山东省地处干湿气候的过渡带,水旱灾害严重,水资源分配严重不均。全省水资源人均占有量只相当于全国人均占有量的 1/6。由于水资源的匮乏,许多地区连年超采地下水导致地下水位持续下降,形成了许多区域性地下水位降落漏斗区。采取地下水人工回灌措施,人为增加地下水的补给量,可以有效治理地下水超采引起的生态环境问题^[1]。

山东省地形复杂,地貌类型多样,不同水文地质区的回灌补源工程具有不同的特点。地下水回灌补源信息管理所涉及的地形、地貌、地质构造、水文地质条件、河流水系、水文气象、植被、土壤类型等各不相同,而且这些因素及各因素之间关系的数据量十分繁杂,传统的研究方法只能是数据与图纸的简单叠加,无法将它们有机结合起来综合研究,因此降低了研究成果的可靠性,也难以提高管理工作的水平。当前正在迅速发展的地理信息系统(GIS)为解决上

述问题提供了强有力的技术支持,而山东省地下水回灌补源工作所需数据的空间特性,决定了 GIS 可以在该领域得到广泛应用^[2]。

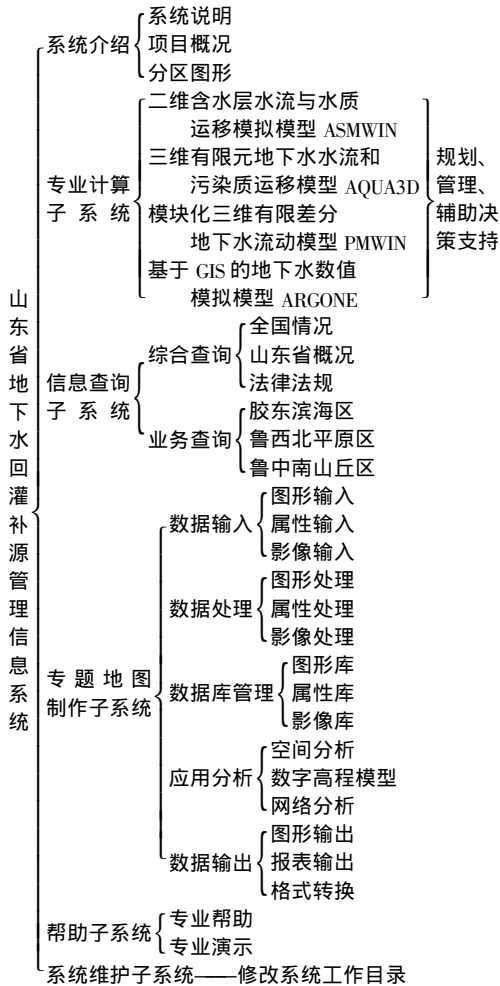
国外利用 GIS 进行地下水管理较早,国内 GIS 平台的应用与开发起步相对较晚,但进展很快。国产优秀的 GIS 平台已经在地下水资源信息管理中得到了应用,并取得了良好的效果^[3]。创建基于 GIS 的地下水回灌补源规划与管理信息系统,建立地下水回灌补源规划与管理空间数据库及属性库,可以为行政管理部门全面参与地下水回灌补源规划与管理提供良好的技术平台。

1 系统设计

山东省地下水回灌补源管理信息系统引入 GIS 的概念,针对地下水回灌补源信息管理的专业特点及技术要求,利用 MapGIS 的空间分析技术实现对地

1.1 系统组成

山东省回灌补源管理信息系统主要由系统介绍、专业计算子系统、信息查询子系统、专题地图制作子系统、帮助子系统、系统维护子系统等六部分组成,其总体框架结构见图 1.



1.2 系统功能

a. 图形管理.图形库以山东省地下水回灌补源专题地图和数字化数据为基础,图形输入以点状、线状及面状地物为基本组成部分.图形输入还提供了将图形直接从其他系统(如 Arc/Info,MapInfo,AutoCAD 等)转入的功能.图形编辑是将图形信息更新的过程,它主要具有对图形进行编辑、修改、检索、造区、分层管理等功能.

b. 属性管理.系统可方便地建立动态属性库,可随时扩充、精简和修改库的字段,属性定义功能可定义属性结构,修改属性域,并对已有的属性进行管理、维护等操作;多媒体属性库定义功能可定义、编辑、插入、修改多媒体属性数据,包括文字、图像、地图、日期、声音、影像等数据,并将其与相应的图形文件链接起来.

c. 数据管理.山东省地下水回灌补源规划与管理工作中数据量大,以往地下水回灌补源项目的研究、规划及设计工作,积累了大量的数据、图形和建设方法,为形成比较完整的地下水回灌补源数据库奠定了基础.系统具有强大的数据兼容性,能够兼容 FoxBase, FoxPro, Excel 等的数据库,通过 ODBC 链接,可支持各种大型数据库如 Oracle, Sybase 等.

d. 业务查询.该模块在系统中占有很大比重,与以往数据库查询方式不同之处在于该系统的查询是基于 GIS 的,具有数据与图形紧密结合的特点,查询时可将各要素的空间属性叠加在一起,综合分析各要素之间的相互关系.以山东省不同类型回灌补源区为基础,查询各地自然地理和社会经济状况、地下水回灌补源规划与管理业务及相关法律法规和政策、标准等,各项查询结果可利用文字、数据、地图、图像、影像和声音来显示.

e. 专题地图制作.在从事山东省地下水回灌补源规划与管理工作中,需要用到各种类型的专题地图,系统提供了完备的专题地图输入、编辑、输出功能,并能实现与其他 GIS 及 AutoCAD 等常用软件的数据互换.以空间数据和属性数据为依据,可实现缓冲区分析、叠置分析、数字高程模型、网络分析及影像分析等.

f. 专业计算.山东省地下水回灌补源涉及内容较多,需要专业计算软件的支持进行辅助管理,系统链接了 4 套地下水水流与溶质运移模拟模型,专业计算模块的功能就是将专业计算软件与 GIS 有机结合起来实现数据共享.

g. 系统维护.系统具有开放性,通过数据库、属性库和方法库的修改,可应用于不同层次的用户.

1.3 主要特点

系统以 MapGIS 为基础,除了直接调用 MapGIS 的部分功能之外,全部通过二次开发实现地下水回灌补源管理信息系统专业技术要求.系统的工程文件采用树状目录进行组织,从而可以清楚地描述和表达项目的内容.系统具有通用性强、智能化程度高、与专业联系密切、系统稳定性好、维护方便和用户界面友好等特点,能够对地下水回灌补源图形、图像的属性信息进行统计和汇总,做到图、文、声、像并茂的一体化信息查询,全面反映山东省地下水回灌补源的实际情况.

1.4 实现方法

系统用 TAB Window 对应文、图、数据库类别的查询,管理方便;对文字、图形、图像、数据库分别以树形视图进行列表,层次分明;在 Visual C++ 中采用 ODBC 和 DAO 技术实现多种属性数据库

(FoxBase, FoxPro, Access, SQL Server, Oracle 等) 的挂接, 具有较强的适应性, 动态设置 ODBC 数据源进行数据库链接, 不需要人工操作; 采用通用的 SQL 结构化动态查询, 多样化的查询方法(空间、条件) 使用方便灵活; 多文档、视图结构便于查询结果的对比。

1.5 运行环境

系统对运行环境没有特殊要求, 一般情况下, 可以运行 Windows 98 的计算机均可, 操作系统要求 Windows 98 及以上; 输入设备主要是数字化仪和扫描仪, 输出设备为各种带 Windows 驱动的绘图仪、支持 HP RTL 的喷墨绘图仪、带 Windows 驱动的各种打印机及各种带标准 PostScript RTL 的照排机。

2 系统使用

系统采用一个高级对话框对各应用程序进行管理, 在对话框的下部为应用程序组名的列表。系统的应用程序从开发方式上可以分为两种: 一种是直接调用 MapGIS 应用程序; 另一种为利用 MapGIS 提供的类库进行二次开发。从应用程序功能上看, 系统包含地下水回灌补源管理信息系统的各个方面, 从信息的录入、编辑到信息按不同方式或方法进行查询以及以不同的格式(表格、图形) 进行输出的全过程。

当用户执行“系统介绍”、“业务查询”、“综合查询”、“专业演示”功能时, 相应的应用程序界面大都一致。左边为项目管理窗口, 右边为相应的视图窗口。当项目文件的类型不同时, 所对应的视图窗口也不同, 可以是图形、超文本页、数据库等形式的视图窗口, 不同的视图窗口对应不同的菜单。

2.1 专业计算

地下水回灌补源工作离不开地下水模拟运算, 为此, 系统挂接了二维含水层水流与水质运移模拟模型 ASMWIN、三维有限元地下水水流和污染质运移模型 AQUA3D、模块化三维有限差分地下水流动模型 PMWIN 和基于 GIS 的地下水数值模拟模型 ARGONE。龙口市黄水河地下水库数值模拟运算使用 ASMWIN 模型进行了模拟计算。

龙口市在对地下水库进行管理调度时, 不仅需要考虑到实际供水需要, 还要综合考虑来水、降水、地下水运动、上下游工程状况及管理运用等多种因素。这些因素之间的相互关系非常复杂, 对管理人员素质有较高的要求, 单纯依靠个别人的经验来进行决策难免出现问题。为了避免不应有的失误或造成不必要的损失, 有必要借助模型来提高管理水平, 为管理人员提供必要的决策支持。

龙口市黄水河地下水库总库容 5 359 万 m^3 , 最大调节库容 3 929 万 m^3 , 设计回水面积 51.82 km^2 。库

区范围内共建造人工渗井 2 218 眼、机钻渗井 300 眼、集水渗盆 773 个、集水渗沟 448 条, 总入渗能力为 15.5 万 m^3/d 。根据地下水库的水文地质条件, 通过对工作区进行矩形剖分离散处理, 建立了相应的数学模型。利用 ASMWIN 模型可以对黄水河地下水库不同控制运行方案进行数值模拟计算, 提供地下水库的运行状况并发现运行中存在的问题。

ASMWIN 为二维含水层水流与水质运移模拟模型, 主要应用于水文地质、土木工程及环境工程等领域, 软件图形界面友好, 具有水流与水质运移模拟功能, 包含有限差分水流模拟计算模型、水流模型自动校准工具、质点流线追踪模型、随机运移模型、有限差分溶质运移模拟模型等。ASMWIN 采用有限差分法, 离散单元网格最多 150 × 150 个, 时间步长可达 1 000 次, 可以生成等值线图, 图形文件可以存为 Surfer, DXF, HPGL 和 BMP 格式。ASMWIN 主要用于解决以下地下水问题: 稳定流/非稳定流、均质/非均质含水层、承压/非承压/半承压含水层、定流量/变流量的抽水井抽水/回灌井注水、随时空变化的降雨入渗、工作区的水量均衡、水头计算、流线计算、绘制等时线、地下水污染等。

根据 1961 ~ 2001 年 41 年的降雨资料分析, 龙口市出现的连续枯水年份分别在 20 世纪 80 年代末和 90 年代末, 其中以 80 年代末最为典型, 连续枯水期长达 4 年。因此, 可将四枯一丰作为地下水库的调蓄调控周期。根据实际开采量和模型识别所取得的参数, 对四枯一丰的地下水库调蓄调控周期进行了模拟。由模拟结果可见, 地下水库在现行运行方式下, 枯水年超采量较大, 导致地下水位大幅度下降, 这与实际情况相符。要解决上述问题, 一方面需要修建新的入渗补源工程; 另一方面, 还要充分发挥地表水工程的拦蓄调节作用, 此外, 还可通过加强用水管理, 制定应急对策及预备方案等措施来调节地下水开采量。应急预备方案为: 第一、第二枯水年, 削减地表水供水量; 第三、第四枯水年, 压缩工农业生产及生活用水, 削减地下水开采量 5% ~ 10%, 为城区供水储备应急用水。

采取应对措施后, 依据所建立的地下水量优化模型, 对四枯一丰的地下水库调蓄调控周期重新进行了模拟。经计算, 丰水年可使地下水人工补给量达到原设计值, 枯水年则可增加地下水入渗补给量 300 万 m^3 , 要达到此目标, 需要在现有集中开采地段及其他河流渠道修建新的人工补源工程, 补给能力约 5 万 m^3/d 。由此可见, 地下水库在新的运行方式下, 4 个枯水年超采量在 1 个丰水年基本能得到补偿, 超采部分不超过多年平均开采量的 15%, 不会

导致地下水位大幅度下降。

地下水数值模拟模型可以帮助决策者进行来水预测,并提供不同管理决策的调度方案模拟结果,给出不同方案下的水量平衡、水位变化过程以及地下水位空间分布等信息。通过数值模拟可以判断地下水库的运行状态,可作为地下水调控及地下水库与地表水库联合运用的参考依据。

2.2 信息查询

信息查询是系统的重点之一,包含内容较多,分为综合查询和业务查询两部分。

a. 综合查询。包括全国情况、山东省概况和法律法规三部分。“全国情况”显示全国及不同地区和省份的地下水开发利用及回灌补源情况;“山东省概况”可查询与山东省地下水回灌补源模式研究与示范项目有关的全省基本概况、水资源状况、回灌补源情况、水资源数据资料、影像图、数字化图等;“法律法规”主要查询全国及山东省的相关法律、法规、规章和办法。

b. 业务查询。根据山东省水文地质分区状况,山东省回灌补源模式分为胶东滨海区、鲁西北平原区和鲁中南山丘区 3 种类型,可查阅 3 个分区内各回灌补源点的有关情况。该部分涉及全省 12 个地(市)的近 30 个县(市、区)。“胶东滨海区”针对胶东地区的基本特点,主要查询龙口黄水河、莱州王河、青岛大沽河及烟台夹河地下水库的管理、建造及调蓄调控资料;“鲁西北平原区”的查询涉及广饶、邹平、博兴、桓台、寿光、临清等县(市、区)的回灌补源情况;“鲁中南山丘区”查询涉及淄博、济南、枣庄、邹城、薛城、兖州等市(县、区)的回灌补源情况。

2.3 专题地图制作

主要是调用 MapGIS 的数据输入、数据处理、应用分析、数据库管理和数据输出五部分功能^[4]。

a. 数据输入。包括图形输入、属性输入、影像输入三部分。在建立数据库时,需要有转换各种类型的空间数据为数字数据的工具。数据输入方式主要有数字化仪输入、扫描矢量化输入、GPS 输入和其他数据源的直接转换。

b. 数据处理。输入计算机后的数据及分析、统计等生成的数据在入库、输出的过程中常常要进行数据校正、编辑、图形整饰、误差消除、坐标变换等工作。通过图形处理、属性处理及影像处理系统来完成。

c. 应用分析。包括空间分析、数字高程模型、网络分析三部分。空间分析是通过空间叠加分析方法、属性分析方法、数据查询检索来实现 GIS 对地理数据的分析和查询。数字高程模型具有网格化功能,可

以对离散、随机采样的高程数据点进行网格化处理,生成规则的高程数据点,具有数据插密功能,可以绘制等值线图及彩色立体图;具有剖面分析、面积和体积量算功能及专业分析功能。网络分析可以建立与网络元素相关的属性数据库,可对网络元素及其属性进行查询、编辑及更新等。

d. 数据库管理。包括图形库、属性库和影像库管理三部分。在数据获取过程中,图形数据库用于存储和管理地图信息;在检索和输出过程中,它是形成绘图文件或各类地理数据的数据源。根据用户的要求能随时扩充和精简属性项,修改字段的名称及类型,具备动态库及动态检索功能。支持影像数据库的管理、显示、浏览及打印,支持栅格数据与矢量数据的叠加显示。

e. 数据输出。可通过图形输出、报表输出和格式转换来实现文本、图形、图像、报表等的输出。图形输出系统可将编排好的图形显示到屏幕上或在指定的设备上输出。应用报表输出系统可以方便地构造各种类型的表格及编排文字信息,还可以接收由其他应用程序输出的属性数据。格式转换功能可使 MapGIS 图形格式实现与其他软件所用数据文件的交换,从而达到数据共享的目的。

3 结 语

运用 GIS 开发工具,结合山东省地下水回灌补源的基本特性,对山东省地下水回灌补源管理信息系统进行了研究,提出了系统的基本框架、主要功能、组成部分以及使用方法,建立了一套操作简便、通用性好、信息表达清楚、界面美观、系统组成结构合理、内容全面、可视化程度高、实用性强的山东省地下水回灌补源管理信息系统。利用该系统可改变传统的管理模式,大幅度提高管理水平和工作效率,为地下水回灌补源提供技术支撑和规划、设计与管理的平台。

参考文献:

- [1] 刘青勇,马承新,张保祥,等.地下水回灌补源模式研究与示范[J].水利水电技术,2004,35(2):57—59.
- [3] 朱芳,荀蔚.地理信息与水利的关系及其应用[J].中国农村水利水电,2002(增刊):226—227.
- [3] 刘青勇,张保祥,程善福,等.基于 GIS 的青岛市水资源信息管理与辅助决策支持系统[J].山东农业大学学报(自然科学版),2003,34(4):537—542.
- [4] 吴信才.地理信息系统原理及方法[M].北京:电子工业出版社,2002.

(收稿日期 2004-11-08 编辑 熊水斌)