

## 成果与方法

## \* 沂沭断裂带地热资源管理信息系统的建设

王绪龙<sup>1</sup>, 王瑞波<sup>1</sup>, 李平<sup>2</sup>, 潘丰利<sup>1</sup>

(1. 山东省遥感技术应用中心, 山东 济南 250013; 2. 山东师范大学 人口资源与环境学院, 山东 济南 250014)

**摘要:**山东省沂沭断裂带地热资源管理信息系统是以 Mapinfo 为平台, 通过建立地热信息数据库及软件二次开发, 实现对山东沂沭断裂带地区地热资源空间多源信息数据的有效管理。该系统可为政府部门做好地热资源开发与管理工作提供空间信息技术支持。

**关键词:**沂沭断裂带; 地热资源; GIS; RS

**中图分类号:** P314.1

**文献标识码:** A

## 0 引言

地热作为一种清洁、环保、可再生的地下资源, 被广泛用于取暖、沐浴、疗养、温室生产、养殖、旅游等方面。在能源日趋紧张的今天, 地热资源的勘察与开发利用倍受各级政府部门重视。沂沭断裂带南起江苏入山东郯城, 过临沂、沂水, 经潍坊入渤海, 纵贯山东省中部, 具有较好的地热生成环境和赋存条件, 是一个以地壳薄、上地幔高、电导层浅为背景的高温地热带<sup>[1]</sup>。《山东省沂沭断裂带地下热水资源遥感调查与评价》项目在野外调查的基础上, 利用遥感技术解译沂沭断裂带地热资源的分布规律, 圈定了具有开发远景的地热资源分布范围。项目工作区范围跨潍坊、淄博、临沂、日照 4 个地级市, 面积约 2.8 万 km<sup>2</sup>, 获取了大量的地质解译和地热解译信息资料, 项目相关的信息资料还包括基础地理信息数据、多种遥感影像数据、多种解译标志影像、实地照片、水质化验结果、文字资料等等, 数据量庞大, 数据来源复杂。建立沂沭断裂带地热资源信息管理系统是项目的组成部分, 可以对上述信息资料实现矢栅一体化、图形文字信息一体化管理, 实现沂沭断裂带地热信息的快速查询、检索、可视化表达和多种地热图件的输出, 为沂沭地区地热资源的开发利用提供快捷有效的信息支持。

## 1 系统设计

## 1.1 系统设计思路

为了有效管理和利用沂沭断裂带地热资源信息数据, 沂沭断裂带地热资源管理信息系统是以地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 为基础来建立的, 并突出地热资源专题信息, 它的最终目的是实现《山东省沂沭断裂带地下热水资源遥感调查与评价》项目的预定目标, 是属于项目地理信息系统范畴<sup>[2]</sup>。地热资源信息管理系统应能够有条理地组织管理项目空间信息数据, 应合理划分系统功能模块, 系统功能模块应包括数据的采集、编辑、数据库建库、数据库管理功能、查询检索、维护功能及统计分析、制图功能。系统界面应使操作方便、灵活, 便于用户使用。数据库结构设置应按数据性质、用途的不同分为不同子库, 注意区分基础地理信息与专题信息、矢量数据格式与栅格数据格式之间的差别。各子库之间应做好链接工作, 协调统一。多源数据按照每层对应于一种地物或一个专题内容进行分层, 属性项应选择能充分反映地热资源特征的数据项。地热资源信息数据库是系统建设的重点部分。

## 1.2 系统结构

沂沭断裂带地热资源管理信息系统主要由 GIS

收稿日期: 2005-12-07; 修订日期: 2006-03-13; 编辑: 孟舞平

作者简介: 王绪龙 (1972-), 男, 山东东平人, 高级工程师, 主要从事遥感和地理信息系统研究工作。

管理软件和地热资源信息数据库两部分组成, GIS 管理软件的基本功能有数据采集、编辑、查询检索、维护等数据管理功能及统计分析、制图功能, 地热资源信息数据库包括基础地理信息数据库、地质地热解译数据库、卫星影像数据库等子库, 其系统结构如图 1 所示。

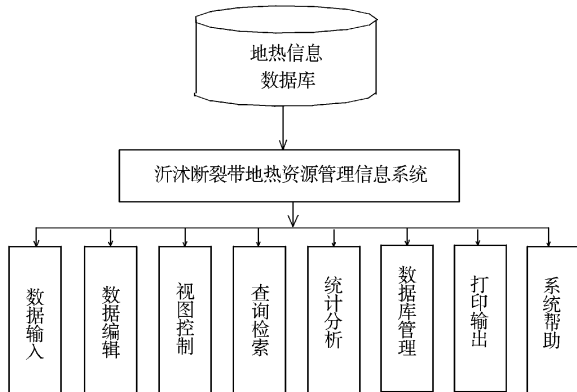


图 1 系统结构图

## 2 系统功能实现

沂沭断裂带地热资源管理信息系统选用 Mapinfo 软件作为基础 GIS 平台, 开发模式是以 MapBasic 作为开发语言对其进行二次开发。Mapbasic 是一种类似 basic 的解释性语言, 比较适合用于扩展 mapinfo 功能<sup>[3]</sup>。系统功能实现包括修改界面, Mapinfo 软件功能重新组织, 创建图像链接工具、数据转换工具等, 以简化界面操作, 增强 GIS 平台软件功能。目前系统主要实现了地热数据库管理、数据查询检索、分析、制图输出等 4 大功能。系统主界面如图 2 所示。

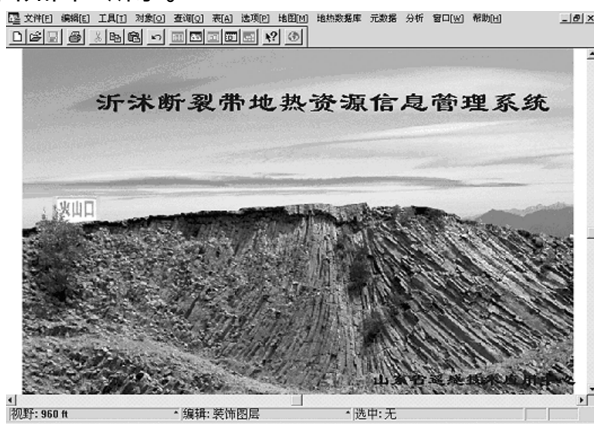


图 2 系统主界面

### 2.1 地热数据库管理功能

地热数据库管理功能包括数据采集与输入、数据处理、数据库管理等模块。数据采集与输入模块将基础地理信息、地热解译信息等不同来源、不同尺度的图形、图像、属性数据通过数字化、数据录入等方式以 Mapinfo 格式输入地热数据库。数据处理是将数据按项目的要求进行各种处理, 具有图形、属性数据修改、数据的空间坐标变换、投影变换、数据交换格式变换、数据的合并、裁切功能等等。数据库管理包括地热数据库等矢量数据库的管理、遥感影像库等图像数据库的管理及元数据库的管理, 能够完成空间数据库的基本操作, 实现数据的存储、组织、集成与矢栅一体化管理, 使系统更加灵活。

### 2.2 数据查询检索功能

数据查询检索主要通过两种不同的查询方式实现。一种是基于空间关系特征的查询方式, 即通过空间实体查询属性。另一种是基于属性特征的查询方式, 即通过属性查询空间实体。用户可根据鼠标所指的空间位置, 查找出该位置处的空间实体及其属性信息, 显示该空间实体的属性列表, 并可进行统计分析。利用结构化查询语言 (SQL), 可以在属性数据库中实现属性的复合条件查询, 筛选出符合条件的空间实体的标识值, 再到地热空间数据库中检索到对应的空间实体。数据查询检索还可以实现查询元数据、按图形查询遥感解译影像或图片等功能, 所查询的内容以图形、图像、文字等形式予以显示, 可以全方位多层次地提取感兴趣的信息。例如查询沂南靶区取水井的过程可以利用查询语言 (SQL) 查找沂南靶区的空间位置, 进而找到铜井镇新王沟村取水井, 再通过信息工具查看其属性信息, 如该取水井的编号为 7、pH 值为 7.8、深度为 276 m 等。通过图片工具查看其照片信息, 查询结果如图 3 所示。

### 2.3 分析功能

主要有空间叠加分析、缓冲区分析、统计分析功能。空间叠加分析将有关主题层组成的数据层进行叠加, 通过空间包含、相交等逻辑运算, 提取出新的数据层, 有图层叠加显示<sup>[4]</sup>、多边形与点、线、面叠加运算等。缓冲区分析是对地物按缓冲的距离条件建立缓冲区多边形图, 然后将这一图层与需要进行缓冲区分析的图层进行叠加分析, 得到所需要的结果<sup>[5]</sup>。统计分析主要用于空间数据的分类与综合评



图 3 沂南靶区取水井信息查询图

价,统计结果可以按照表格形式、专题图形式直观地显示,使用户对工作区的地热信息有直观的了解,便于决策使用。例如可根据地热异常区信息表中标准煤热量值对地热异常区的热储含量进行分级比较。在项目应用过程中常常需要多种分析功能的交叉运用。

#### 2.4 制图输出功能

制图输出功能可实现数据可视化表达、普通制图、专题制图、绘图打印、数据导出等操作,用于项目的地热解译图编制、调查路线图制作、报告书统计图表的生成等等。

### 3 数据库设计

#### 3.1 设计原则

##### 3.1.1 满足任务要求原则

地热资源信息管理系统的数据库结构应满足项目任务的要求,应反映出沂沭断裂带地下热水资源的分布情况,地下热水的理化性质等,能够有条理地组织空间信息数据,使数据库操作方便、灵活,便于用户使用。

##### 3.1.2 标准化、规范化原则

地热资源信息管理系统的数据库内容、数据分层与属性编码、质量控制、作业规程等采用或部分采用国家标准、行业标准和地方标准,便于不同用户群使用,利于系统维护与扩充。

##### 3.1.3 成本效益优化原则

充分利用现有的数据资料,如山东省 1:25 万地形数据库,地质解译资料等,按照项目任务书的要求,对其进行解译、修改、更新。避免重复建设,提高信息资源利用率。

#### 3.2 资料准备与数据源分析

收集数据库建库的有关标准和规范,包括遥感影像平面图制作规范、基础地理信息数字产品元数据、地热资源地质勘查规范等。沂沭断裂带地热资源数据库包括多种项目成果资料,应分别对各种数据源进行分析,为设计数据库的子库结构、分层信息、属性结构提供依据。数据源分析内容包括:山东省 1:25 万地形图数据库的成图时间、数学基础、高程基准、投影、属性数据内容等;卫星影像的种类、时相、分辨率、合成波段等;实地照片的分类、成像地点、成像时间等;地质、地热解译资料的图形与属性信息,包括地层信息、侵入岩分布、断裂构造分布、地热异常区、靶区异常范围、温泉、热水井、取水井分布、野外调查数据、水质分析数据等。

#### 3.2 主要技术指标

地热资源信息管理系统数据库主要包括以下技术指标:数据库范围:基础数据库、山东省卫星影像为山东省全省范围,地质、地热解译数据库和 6, 5, 4 波段 TM 影像为沂沭断裂带地热调查范围(东经 118°08' ~ 119°50', 北纬 34°15' ~ 37°20')。数据库内容:包含山东省 1:25 万地形图数据库,全省范围的 TM 卫星影像、临沂汤头地区 ETM, SPOT 融合影像,外业调查照片,地质、地热解译资料,元数据等。数据格式:矢量数据为 Mapinfo Tab 格式,影像为 tif, bmp 格式。数学基础:采用高斯-克吕格投影,1980 西安坐标系,1985 国家高程基准,等高距为 50 m。

#### 3.3 数据库结构

地热资源数据库按内容分为 1:25 万基础库、地热解译数据库、地热影像数据库、解译标志图片库、元数据库等子库。本系统的数据类型不同,组织结构也不同,影像数据以文件的形式组织,元数据以关系表的形式组织,空间数据以层的形式组织,每层对应于一种地物或一个专题内容。数据库存储组织结构如图 4 所示。

#### 3.4 数据库分层与属性项设计

按照项目要求、数据库存储结构、软件特点等分别对 1:25 万基础库、地热解译数据、地热影像数据、解译标志图片库、元数据库等子库进行数据分层、属性项设计及地物编码。如 1:25 万基础库选取道路、水系、居民地、境界等层;地热解译数据库分

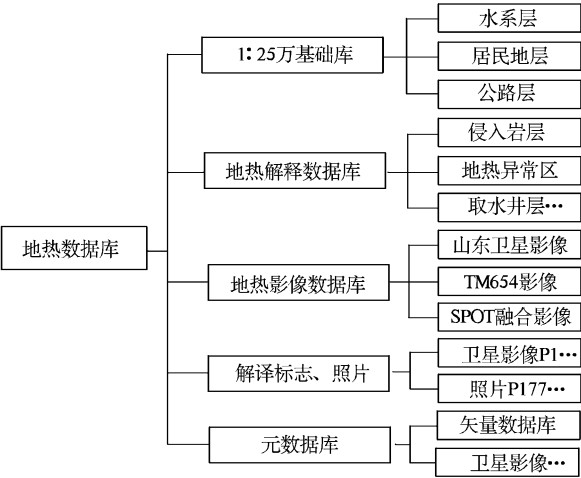


图 4 数据库存储组织结构图

为热储分级层、地热异常区、地热靶区等。属性项包括各图层的属性信息、字段类型、字段长度等。部分数据层与属性项信息如表 1 所示。元数据是对各数据库的描述和定义,包括数据集、标识信息、数据质量、数据源和处理说明、数据内容摘要、空间参照系统、数据分发信息、生产单位信息及其他相关信息。

表 1 部分数据层与属性项信息

数据层	属性项
公路	编号 1,编号 2,代码
水系	名称,编号 1,代码
面状居民地	名称,代码
县区	名称,代码
地层	名称,岩石组成,代码,ID 码
断裂构造	名称,类别,长度,代码,ID 码
褶皱构造	名称,类别,长度,岩石组成,孔隙度,代码,ID 码
地热异常区	名称,面积,形态,遥感影像特征,地质特征,物探特征,预测千米温度( ),级别,热储面积,热储厚度(m),热储温度( ),热资源量...
地热靶区	名称,面积,代码,ID 码
温泉热水井	名称,温度,代码,ID 码
取水井	编号,地理位置,地质特征,水质,水质类型,深度(m),测温深度,测量温度,预测千米水温( ),镉(mg),锂,矿化度,偏硅酸,pH 值...

3.5 符号库扩充

Mapinfo 提供的符号数量有限,且与图示习惯相差较大,需要按照图式进行符号库补充,以满足数

据库显示、输出的要求。

4 数据库实施

按照地热资源信息数据库设计要求,收集与分析资料,对山东省 1 25 万地形图数据库进行整理,并进行遥感图像处理,配准遥感影像与 1 25 万基础数据库,矢量化地质解译数据和地热解译数据,并将解译标志遥感影像、照片通过 Mapinfo 配准入库,按目录要求存储,建立地热资源信息数据库。数据采集及建库工艺流程如图 5 所示。具体技术方法如下:

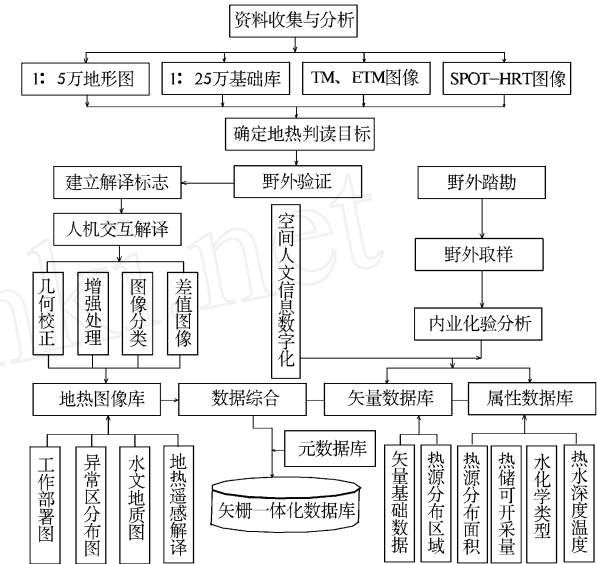


图 5 地热数据库技术路线框架图

4.1 山东省 1 25 万地形图数据库整理

按照 1 25 万基础数据库的分层及属性表设计要求,整理山东省 1 25 万地形图数据库,包括选取相关图层,地理坐标去带号,图层合并、要素删减,属性项修改,属性项赋值,公里格网赋值等工作,建立 1 25 万基础库。

4.2 遥感图像处理

利用遥感图像处理软件 PCI,在 1 25 万地形图和 1 5 万地形图上采集控制点,对 TM,ETM,SPOT 影像进行几何校正,对影像进行图像增强、假彩色合成、融合处理、密度分割、滤波处理等,生成 TM6,5,4 波段合成影像,ETM 5,4,3 波段合成影像,SPOT 融合影像,ETM 第六波段密度分割影像,其他波段合成影像等。

### 4.3 建立地热影像数据库

利用 Mapinfo 软件的配准功能将 TM, ETM, SPOT 遥感影像与 1:25 万基础数据库配准,使其具有与 1:25 万基础数据库相同的坐标系统,便于地质解译与地热解译数据的矢量化。将配准生成的表文件与影像文件存储到对应目录,建立地热影像数据库。

### 4.4 建立地质解译与地热解译数据库

扫描解译成果图件,以 1:25 万基础数据库和地热影像数据库为基底,按照分层及属性项要求,矢量化解译资料,建立地质与地热解译数据库。矢量数据包括侵入岩层、断裂构造层、褶皱构造层、水文地质分区层、热储分级层、地热异常区、地热靶区等图形信息,属性信息录入包括岩性、断裂构造名称、地热异常区面积、取水井水质化验结果等。

### 4.5 建立解译标志遥感影像照片库

将解译标志遥感影像、实地拍摄照片通过 Mapinfo 配准入库,按目录要求存储,并建立图片库与地质地热数据库链接,使图片与对应的地质地热数据信息相关联。

### 4.6 建立元数据库

在 Mapinfo 中以表格形式分别建立矢量数据和影像数据的元数据,便于用户对地热数据库的了解与应用。

## 5 数据库质量控制

数据质量的好坏直接影响着数据库应用分析结果的可靠程度和系统应用目标的真正实现,对于沂沭断裂带地热资源信息数据库,由于其功能目标明确,操作对象具体,比例尺较小,在数据质量方面的要求较高,所以必须进行质量控制与检查。

地热资源信息数据库数据质量的内容包括:数据情况说明,指对数据说明的全面准确性。位

置精度,包括平面精度与高程精度。属性精度:包括属性要素分类与代码的正确性、属性值的正确性等。一致性:包括数据结构、内容、空间属性、拓扑一致性等。时间精度:指数据的现势性。

数据质量控制过程包括资料选取、数据预处理、图像处理、基础库坐标转换、解译资料矢量化、属性录入、数据库合成等关键步骤。

## 6 结束语

山东省沂沭断裂带地热资源管理信息系统有效集成了山东省 1:25 万基础地理信息数据及山东省沂沭断裂带地区的地质信息数据、地热调查与评价信息、遥感影像等多源、多尺度数据,构成了一个以空间数据库管理为核心的专题地理信息系统。利用该系统可以充分发挥 GIS 的优势,对该地区地热资源进行有效的管理,实现了地热资源信息的快速检索、分析与处理,达到了利用计算机对项目空间信息进行统一管理的目的。系统的建立可以为该地区做好地热资源开发规划、地热资源利用前景预测等工作提供空间信息技术支持,供相关企业及主管部门决策参考,同时也为山东省实现地下热水资源工作信息化管理奠定了基础。

## 参考文献:

- [1] 李锋,孔庆友. 山东地堪读本[M]. 济南:山东科学技术出版社,2002,9:212-213.
- [2] 述彭. 地理信息系统导论[M]. 北京:科学出版社,2005,1:198-201.
- [3] 修文群. 地理信息系统 GIS 数字化城市建设指南[M]. 北京:北京希望电子出版社,2001,9:330-332.
- [4] 乌伦. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,2001,2:172-174.
- [5] 龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京:科学出版社,2001,6:243-245.

## Primary Study on Construction of Management Information System of Geothermal Resources in Yishu Fault Belt

WANG Xu-long<sup>1</sup>, WANG Rui-bo<sup>1</sup>, LI Ping<sup>2</sup>, PAN Fen-li<sup>1</sup>

- (1. Shandong Remote Sensing Center of Technology and Application, Shandong Jinan 250013, China;
2. Population Resource and Environment School of Shandong Normal University, Shandong Jinan 250014, China)

(下转第 60 页)

较理想的效果,与土地生态详查的结果非常吻合,并在分析科学化定量化方面有所突破。

由表 2 知,土地生态分类结果总体上与生态级指数相吻合,但表现出部分不对应性。例如,Ⅰ类生态级指数低于同类。地类Ⅰ为农田,Ⅲ为灌木林,系统聚类中聚为大类Ⅱ。农田处于中下坡位,作为农田利用的历史不仅与垦荒前的灌木林地类有较多的一致性,同时在位置上与灌木林地类相连,因此与灌木林地类聚为一大类。但作为农田利用后,其植被被覆状况显著恶化,水土流失加剧,据在农田以下灌草丛上的土壤剖面调查,其中土壤的分层与一般剖面有显著差异,其土壤上层的颜色较下层浅,说明上层的土壤是上部农田侵蚀后被下部灌草丛挂淤的土壤,农田水土流失很显著,降低了其生态级指数,因此控制水土流失是提高生态地位级的一个重

要环节。

## 5 结束语

应用系统论的观点进行土地生态评价,科学地反映了土地系统多层次、多因素的特点,所建立的评价系统较合理地解决了定性、定量、定位三结合的问题。原始数据直接应用和对生态环境具有重大影响的因子的定量分析与 Q 型系统聚类、主成分分析法相结合,客观的反映了土地生态质量和特征,评价结果有其科学性和实用性。这一思想和方法同样也适合于土地适宜性评价、水土保持规划方案评价等。

## 参考文献:

- [1] 钱学森.论系统工程[M].长沙:湖南科技出版社,1982.

# Study on Quantitative Model of Land Ecological Evaluation System in Bashan Reservoir Area

YANG Yong - sheng , TIAN Bao - zhen

(Yishui Service Center of Land Keeping , Shandong Yishui 276400 , China)

**Abstract :** Land ecological model system is set up by using systematic idea , and multi - factors are analysed quantitatively. In mathematical model of quantitative evaluation , land ecological types are divided by using cluster analysis of Q system , and position ratio of all ecological types are determined by using major composition analysis method.

**Key words :** Bashan reservoir area ; ecological evaluation ; Q type cluster ; major composition analysis

(上接第 56 页)

**Abstract :** The management information system for geothermal resources of Yishu fault belt was studied on the basis of Mapinfo software. Through establishing geothermal information database and second development of software , effective management for multi - source spatial datas of geothermal resource in Yishu fault belt has been realized. This system can provide technology for development and management of geothermal resource. Framework design , basic function and establishment of spacial database are introduced in this paper.

**Key words :** Yishu fault belt ; geothermal resource ; geographic information system ( GIS ) ; remote sensing ( RS )