

袁慧香, 王杨刚, 任永强, 等. 基于 ArcGIS 的整装勘查信息系统设计与建立[J]. 中国地质, 2015, 42(1): 354–364.

Yuan Huixiang, Wang Yanggang, Ren Yongqiang, et al. Design and development of the information system for integrated exploration on ArcGIS[J]. Geology in China, 2015, 42(1): 354–364(in Chinese with English abstract).

# 基于 ArcGIS 的整装勘查信息系统设计与建立

袁慧香<sup>1,2</sup> 王杨刚<sup>1,2</sup> 任永强<sup>3,4</sup> 王春女<sup>1</sup> 刘娜<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 国土资源部矿产勘查技术指导中心, 北京 100120; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 3. 易智瑞(中国)信息技术有限公司, 北京 100028; 4. 首都师范大学, 北京 100048)

**摘要:** 实施找矿突破战略行动是保障我国经济社会可持续发展、提高矿产资源保障能力的重大举措, 整装勘查是实现找矿突破的重要途径。整装勘查信息系统利用地理信息系统技术、数据库技术, 整合全国、整装勘查区、重点工作区、实施项目等四层次的基础地理、地质、矿产地、矿业权、潜力评价成果等数据, 实现数据管理、信息浏览、地图浏览、查询检索、统计分析、数据输出、地图制作及动态评估跟踪等功能, 为全面了解掌握整装勘查区地质背景、找矿潜力及找矿进展, 开展整装勘查业务支撑与研究、整装勘查区进展与成果展示提供了平台支持。通过整装勘查信息系统建设, 笔者建议建设全国矿产勘查信息系统, 集成基础地质、物化遥、潜力评价预测成果、矿业权等, 及时跟踪补充重大进展地区的空间位置、地形地质图、重要勘探线剖面图、重要进展描述等矿产勘查数据, 为国内矿产勘查的宏观决策、微观工作部署提供信息支持。

**关键词:** 整装勘查; 信息系统; ArcGIS

中图分类号: P628<sup>+.4</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2015) 01-0354-11

## Design and development of the information system for integrated exploration on ArcGIS

YUAN Hui-xiang<sup>1,2</sup>, WANG Yang-gang<sup>1,2</sup>, REN Yong-qiang<sup>3,4</sup>, WANG Chun-nv<sup>1</sup>, LIU Na<sup>1</sup>

(1. Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China; Mineral Exploration Technical Guidance Center of Ministry of Land and Resources, Beijing 100120, China; 2. China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China; 3. Esri China Information Technology Co., Ltd., Beijing 100028, China; 4. Capital Normal University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The implementation of the National Exploration and Development Planning is the major measure for safeguarding China's economic and social sustainable development, and also for improving the guarantee capacity of mineral resources. The integrated exploration is an important way to perform the National Exploration and Development Planning. Based on GIS and database technologies, the authors have developed the Integrated Exploration Information System (IEIS). The IEIS includes geographic data, geological data, mineral deposit data, mining data, potential evaluation results and some other data at four performing levels. The

收稿日期: 2014-09-15; 改回日期: 2014-12-19

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011220854、1212011220855)联合资助。

作者简介: 袁慧香, 女, 1984年生, 硕士, 从事矿产勘查、GIS应用等方面的研究; E-mail: yhx0593@163.com。

IEIS supplies such data as management, information browsing, map browsing, query retrieval, statistical analysis, data output, map production and the evaluation of the dynamic tracking. IEIS could be widely used as a platform, on which researchers can fully grasp geological background, ore prospecting potential and progress, and on which Integrated Exploration work can be supported and its progress and achievements can be shown. On the basis of IEIS, the national ore exploration information system should be built, where the data on geology, geophysics, geochemistry, potential assessment result and mining right can be integrated, and the new achieved data on spatial information geological and geographic maps as well as profile can be traced and added. The system can be an important information support for the national general strategic decision and detailed work arrangement.

**Key words:** integrated exploration; information system; ArcGIS

**About the first author:** YUAN Hui-xiang, female, born in 1984, engineer, engages in the study of mineral exploration, GIS application and some other aspects; E-mail: yhx0593@163.com.

GIS(地理信息系统的简称)不仅能将统计数据、图形数据和影像数据等多种空间信息及空间位置输入、检索、显示,还能够进行编辑、运算和综合分析,目前已经广泛应用于土地管理、城市规划、环境监测、旅游等各个领域<sup>[1-4]</sup>。在地质领域的应用更加广阔,与地质制图、地质灾害预测、石油勘探、矿产资源预测等结合,开发了全国1:50万数字地质图数据库、地质灾害信息系统、地质遗迹管理信息系统、地质公园信息管理系统等等<sup>[5-15]</sup>,足见在空间信息表达和管理方面有很强的优势。在地质矿产勘查方面,地质图、地球化学、地球物理等各种专题管理信息系统实现了专题数据提取和制图<sup>[6,16-19]</sup>;中国地质调查信息网格平台实现了分布式空间数据信息资源共享,提供了“立体一张图”服务应用<sup>[20-22]</sup>;国土资源“一张图”综合集成土地、矿产、地质等数据信息,提供了全国土地、矿产国土资源监管与服务平台<sup>[23]</sup>。以上与矿产资源相关的数据库或侧重专业分析应用,或侧重国土资源管理服务。尚无集成基础地质、物化遥、潜力评价预测成果,及全国矿业权等数据,能够提供全国矿产勘查进展跟踪及工作部署的平台。

2011年,国务院办公厅发布《找矿突破战略行动纲要(2011—2020年)》,全国启动实施找矿突破战略行动。整装勘查作为找矿突破的重要抓手,全国已分批设立了109片整装勘查区。整装勘查区内按照“公益先行、商业跟进、基金衔接、整装勘查、快速突破”找矿新机制的要求,统筹中央、地方和企业各类勘查资金,集中力量开展矿产勘查工作。

随着找矿突破战略行动的深入,整装勘查区矿产勘查进展跟踪,全国矿产勘查战略部署、整装勘查区矿产勘查部署等研究的需求日渐旺盛。同时,整装勘查进展跟踪、统计分析、动态评估等日常工

作凸显。利用地理信息技术、数据库技术,以地质、矿产、物化探异常、矿业权、潜力评价成果等数据为基础,集成矿产勘查最新进展及整装勘查区相关资料数据,建立整装勘查信息系统,可以实现信息浏览、查询统计、地图制作等功能,便于生动了解掌握整装勘查工作进展,研究矿产勘查工作现状,开展整装勘查区找矿潜力、工作部署等分析研究,为整装勘查业务支撑与规划部署研究、找矿突破成果展示提供平台支持。

## 1 系统总体框架

### 1.1 系统设计原则

整装勘查信息系统在开发之初确立了相关原则:

基于满足整装勘查工作高级管理者、技术支撑人员、业务研究人员等多用户需求的原则。系统需汇总集成基础地理、基础地质、矿产地、物化探异常、矿业权、潜力评价成果等数据,建立整装勘查数据“一张图”,满足整装勘查高级管理者、技术支撑人员了解掌握勘查进展,业务研究人员开展综合研究等多层次的需求,系统实用性要求极强。

基于整装勘查资料数据实际情况的原则。整装勘查资料数据包括整装勘查区范围、实施项目点、基础图件等空间数据,实施方案、年度报告等文档数据,及整装勘查区、实施项目等各年度资金投入、实物工作量等表格,有ESRI shapefile、word、excel、PPT、jpg、tiff、mapgis、cdr等多种格式。系统应将各数据表之间相互关联,与空间数据关联,文档数据与空间数据关联,能够实现数据互浏览。

基于可扩展、通用性、易学易操作的原则。充分考虑系统的发展,系统稳定、可靠要求,系统维护和升级要较为简单;系统界面要求友好,功能清晰明了,易学易操作<sup>[7,15]</sup>。

### 1.2 系统总体框架

综合考虑整装勘查信息系统的应用范围、管理数据的情况、更新维护简单、易学易操作等多方面要求<sup>[24]</sup>,整装勘查信息系统采用B/S(浏览器/服务器)模式,基于ArcGIS Server10.1服务器提供后台空间计算服务进行开发。信息系统架设在数据库服务器上,客户端通过浏览器访问,对客户端数量没有限制。客户端设备无需安装ArcGIS软件即可浏览空间数据信息,利用客户端已安装文档、图片软件可打开电子文档<sup>[25,26]</sup>,系统维护和升级较为简单,只需在应用服务器端进行。系统空间数据用ArcGIS的空间数据模型Geo-database进行存储,属性数据用Microsoft SQL Server2012存储,二者通过关键字段进行关联。

综合考虑信息系统应用范围及管理数据安全保密等方面要求,系统部署在找矿突破战略行动支撑单位——国土资源部矿产勘查技术指导中心内网,系统使用者在指导中心内网,通过系统客户端浏览器访问数据库服务器。系统总体结构如图1所示。

## 2 系统数据模型

整装勘查信息系统管理的数据包括空间数据、属性数据、电子文档等3类。经过需求分析,最终形成了整装勘查信息系统管理数据的数据模型。

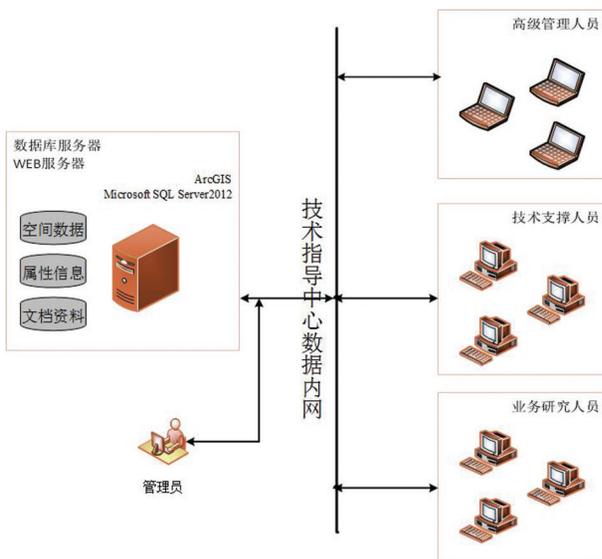


图1 系统部署

Fig.1 The deployment of the system

### 2.1 空间数据模型

空间数据分基础底图数据和整装勘查数据。基础底图数据包括收集的全国地理底图、地质图、成矿区带、工作程度、物化遥异常、潜力评价成果、矿业权、矿产地等。整装勘查数据包括全国109片整装勘查区块、勘查区内设置的重点工作区块及正在实施的项目,空间数据属性表名称见表1。整装勘查区空间实体通过整装勘查区编号(KCID)关联整装勘查区相关表格数据,包括预期成果表、资金投入与实物工作量表、新发现矿产地与新增资源量表、动态评估表等。重点工作区空间实体通过重点工作区编号(ZDID)关联重点工作区相关表格数据。实施项目空间实体通过实施项目编号(SSID)关联实施项目相关表格数据,包括资金与实物工作量表、新发现矿产地与新增资源量表。整装勘查数据中的整装勘查区、重点工作区、实施项目属性数据模型如图2所示。

### 2.2 属性数据模型

整装勘查区属性表反映主攻矿种与矿床类型、资金投入、工作部署、预期成果等信息,重点工作区属性表反映其基本情况,实施项目反映工作性质、承担单位、各阶段经费投入、新增资源量等基本信息及阶段进展。各表数据项较多,整装勘查区的各表格与实施项目的各表格数据项基本相同,在此仅列出整装勘查区资金投入与实物工作量表、新发现矿产地与新增资源量表、动态评估表的表结构(表2~5)。

### 2.3 电子文档存储模型

电子文档数据指整装勘查区设立、年度评估、

表1 整装勘查区、重点工作区、项目属性

Table 1 The integrated exploration area, key work areas, project property

整装勘查空间数据	表名	数据库文件名
整装勘查区	基本信息表	KCInfo
	预期成果表	KCExpResult
	资金投入与实物工作量表	KCProgress
	新发现矿产地与新增资源量表	KCResult
	动态评估表	KCEvaluate
重点工作区	基本信息表	ZDInfo
实施项目	基本信息表	SSInfo
	资金投入与实物工作量表	SSProgress
	新发现矿产地与新增资源量表	SSResult

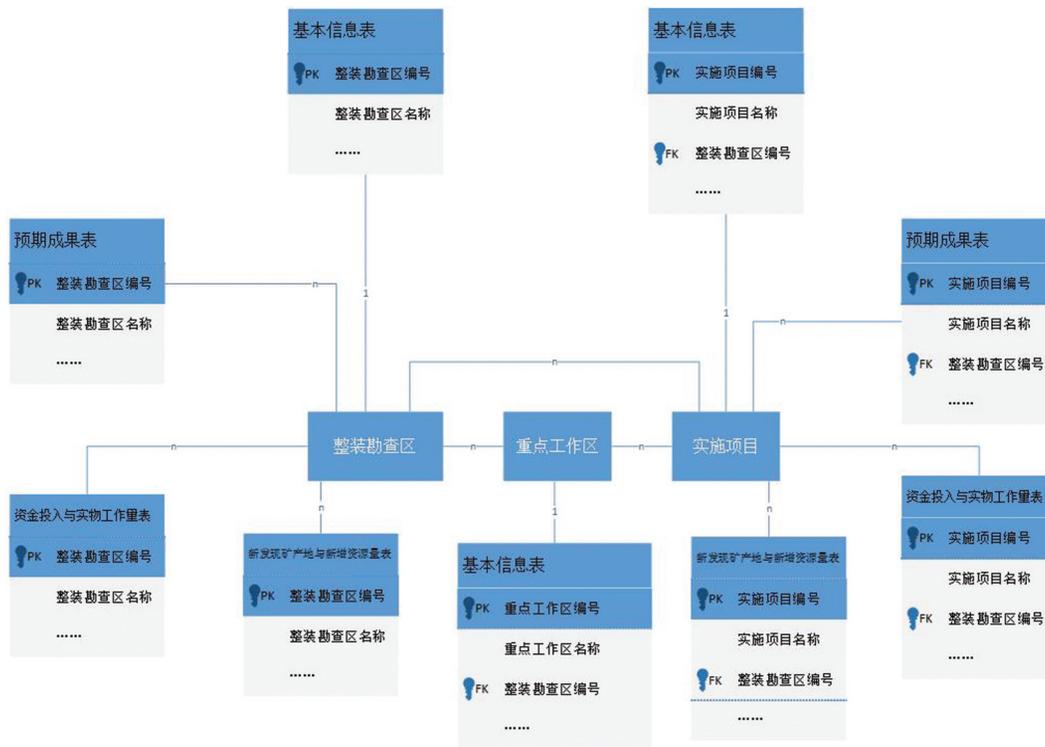


图2 表E-R模型

Fig.2 Attribute table of E-R model

表2 整装勘查区基本情况(KCInfo)

Table 2 The basic table of Integrated exploration area (KCInfo)

序号	数据项名称	数据项代码	数据类型	长度 /小数位	约束条件	单位	备注
1	ID	ID	Int	20	M		
2	整装勘查区编号	KCID	C	15	M		主键
3	整装勘查区名称	KCName	C	50	M		
4	面积	Area	F10.2	8	M	km <sup>2</sup>	
5	所在省(直辖市、自治区)	Province	C	15	M		
6	所在市	City	C	40	M		
7	所在县、区	County	C	40	O		
8	主攻矿种	MainOre1	C	15	M		
9	主攻矿种	MainOre2	C	15	O		
10	兼顾矿种	BothOre	C	15	O		
11	主攻类型	MainType1	C	40	M		
12	主攻类型	MainType2	C	40	C		
13	兼顾类型	BothType	C	40	C		
14	工作周期	WorkTime	C	40	M		
15	总经费预算	TotalCap	Int	15	M	万元	
16	中央财政经费预算	CentralCap	Int	15	M	万元	
17	地方财政经费预算	LocalCap	Int	15	M	万元	
18	社会资金经费预算	SocietyCap	Int	15	M	万元	
19	工作部署	WorkArrange	C	255	O		
20	重点工作区	KeyArea	C	255	O		

督导调研、实施勘查等过程中产生的实施方案、评估报告、督导调研报告、勘查成果文档,以及整装勘查区内实施项目的相关材料。通过对比数据库存

储、文件存储两种方式优劣势<sup>[24]</sup>,确定采用规范的结构化目录存储文档。在电子文档总库下按省份名称建立一级目录,其下按整装勘查区名称建立二级

表3 整装勘查区资金投入与实物工作量(KCProgress)  
Table 3 The integrated exploration area of investment and physical workload

序号	数据项名称	数据项代码	数据类型	长度 /小数位	约束条件	单位	备注
1	ID	ID	Int	20	M		主键
2	整装勘查区编号	KCID	Int	20	M		外键
3	整装勘查区名称	KCName	C	50	M		
4	年度	PYear	C	15	M		
5	季度	PQuarter	C	15	M		
6	总投入	TCap	Int	15	M	万元	
7	中央财政(小计)	TCCap	Int	15	O	万元	
8	矿产资源补偿费	CMinComps	Int	15	O	万元	
9	中央地勘基金	CExl	Int	15	O	万元	
10	中央政府补贴	CGov	Int	15	O	万元	
11	危机矿山找矿资金	CCrisis	Int	15	O	万元	
12	地质矿产调查评价专项	CMinSurvy	Int	15	O	万元	
13	其他(中央财政)	COCentral	Int	15	O	万元	
14	地方财政(小计)	TLCap	Int	15	O	万元	
15	属地化地勘费	LGeoCap	Int	15	O	万元	
16	矿产资源补偿费(地方)	LComps	Int	15	O	万元	
17	省级地勘基金	LCap	Int	15	O	万元	
18	危机矿山找矿资金(地方)	LCrisis	Int	15	O	万元	
19	其他(地方财政)	LOLocal	Int	15	O	万元	
20	社会资金(小计)	TSCap	Int	15	O	万元	
21	国有地勘单位投入	SSState	Int	15	O	万元	
22	国内企业投入	SDomes	Int	15	O	万元	
23	个人投入	SPersoal	Int	15	O	万元	
24	港澳台企业投入	SHMT	Int	15	O	万元	
25	其他涉外企业投入	SForeign	Int	15	O	万元	
26	其它(社会资金)	SOSociety	Int	15	O	万元	
27	钻探	Drilling	Int	15	O	m	
28	坑探	Pits	Int	15	O	m	
29	槽探	Trenching	Int	15	O	m <sup>3</sup>	
30	浅井	ShallowWell	Int	15	O	m	

表4 整装勘查区新发现矿产地与新增资源量(KCResult)

Table 4 The integrated exploration areas where new mineral resources were found and the amount of new resources

序号	数据项名称	数据项代码	数据类型	长度/小数位	约束条件	单位	备注
1	ID	ID	Int	20	M		主键
2	整装勘查区编号	KCID	Int	20	M		外键
3	整装勘查区名称	KCName	C	50	M		
4	年度	Year	C	15	M		
5	季度	Quarter	C	15	M		
6	矿种	Minerals	C	15	M		
7	矿产地规模	MinScale	C	15	O		
8	新发现矿产地数量	Deposits	Int	8	M	处	
9	资源量级别	ResLevel	C	15	M		
10	新增资源量	NewRes	F	15	M		
11	资源量单位	ResUnit	C	15	M		
12	重大进展	SignProg	C	255	O		

表 5 整装勘查区动态评估(KCEvaluate)

**Table 5 Dynamic evaluation of integrated exploration area (KCEvaluate)**

序号	数据项名称	数据项代码	数据类型	长度/小数位	约束条件	备注
1	ID	ID	Int	20	M	主键
2	整装勘查区编号	KCID	Int	20	M	外键
3	整装勘查区名称	KCName	C	50	M	
4	评估时间	Year	C	15	M	
5	推进情况	Advance	C	20	M	
6	找矿进展	Progress	C	20	M	
7	找矿前景	Prospect	C	20	M	
8	综合评价	Evaluate	C	20	M	
9	状态	Status	C	255	O	
10	备注	Remark	C	255	O	

注:约束条件中的M是必填项,O是可选项。

目录,三级目录共设成果、督导调研、年度评估、实施方案和实施项目五个文件夹,成果、督导调研、年度评估目录内按年度设立文件夹,实施项目按项目名称设立子目录。所有文档根据内容归档到相应的目录下。具体存储模型见图3。各级目录下存储的文档如表6所示。

2.4 数据访问模型

整装勘查区空间数据、属性数据包含唯一标识——整装勘查区编号(KCID),整装勘查区的文档数

据以整装勘查区名称命名文件夹存储。重点工作区空间数据、属性数据包含唯一标识——重点工作区编号(ZDID),并包含外键整装勘查区编号(KCID)。实施项目空间数据、属性数据包含唯一标识——实施项目编号(SSID),并包含外键整装勘查区编号(KCID),项目的文档数据以项目名称命名文件夹且存储在整装勘查区命名的文件夹下,通过项目名称与整装勘查区对应关系与整装勘查区空间实体关联。

整装勘查信息系统通过图4所示模式实现对空间数据、属性数据、文档数据的相互调用。系统数据的访问以属性数据为基础,通过属性信息关联空间信息及电子文档。以整装勘查区为例,系统根据整装勘查区名称读取属性表相应的整装勘查区在地图浏览页面进行空间定位;根据整装勘查区名称即时获取相关信息生成文件存放路径,传输电子文档到客户端并利用客户端相应软件打开;根据整装勘查区名称与实施项目名称关联读取实施项目的

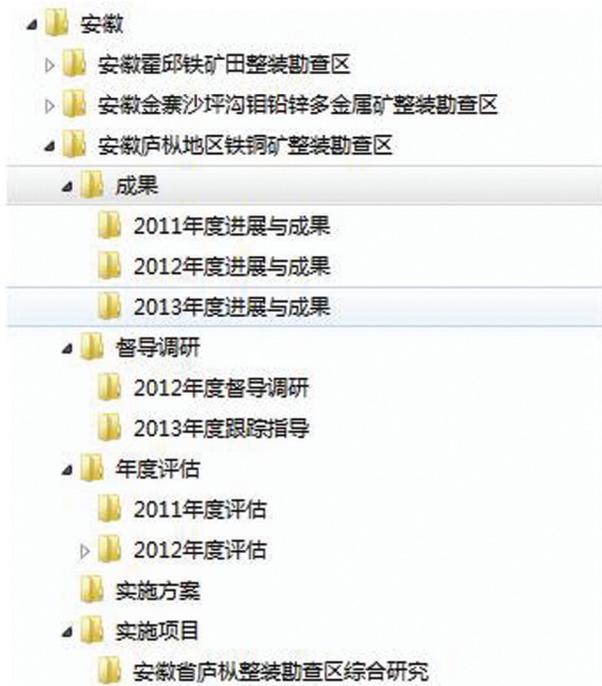


图3 文档数据存储模型

Fig.3 The document data storage model

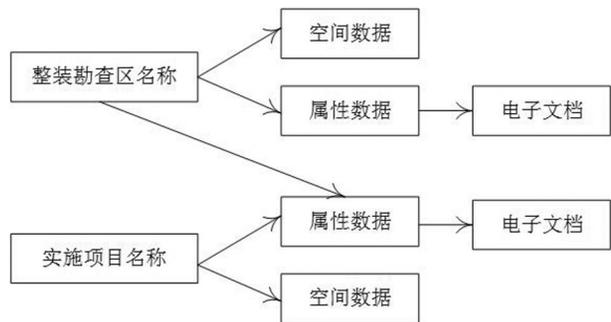


图4 数据访问模型

Fig.4 Data access model

表6 各级目录下文档内容(示例)

Table 6 The contents of the document in sub directory

阶段	三级目录名称	四级目录名称	电子文档
遴选、审查、批复	实施方案	实施方案文本、	
		实施方案附图(栅格)	
		实施方案附图	矢量格式
		新设遴选论证	汇报 PPT、论证意见
进展跟踪	督导调研	2012 年度督导调研	调研报告、汇报 PPT 及其他文档
		2013 年度跟踪指导	调研报告、汇报 PPT 及其他文档
	实施项目	项目名称	项目设计、附图
阶段评估	年度评估	2011 年度评估	2011 年度进展报告、评估汇报 PPT、评估意见
		2012 年度评估	2012 年度自评报告、2013 年度工作方案、评估汇报 PPT、评估意见
成果综合	成果	2011 年度进展与成果	重大成果 txt、重大成果重要勘探线剖面图、地形地质图等
		2012 年度进展与成果	重大成果 txt、重大成果重要勘探线剖面图、地形地质图等

相关文件。

### 3 系统功能

整装勘查信息系统主要有数据管理、信息浏览、地图浏览、查询检索、统计分析、数据下载、地图制作、动态评估跟踪等 8 个功能模块,功能结构见图

5,主界面见图6。

系统能够以“一张图”模式对全国地理底图、地质图、成矿区带、工作程度、物化遥异常、潜力评价成果、矿业权、矿产地等各类空间数据进行自定义的组合专题叠加浏览,动态关联浏览相关的属性数据和电子文档;定制了模糊字段查询并定位整装勘

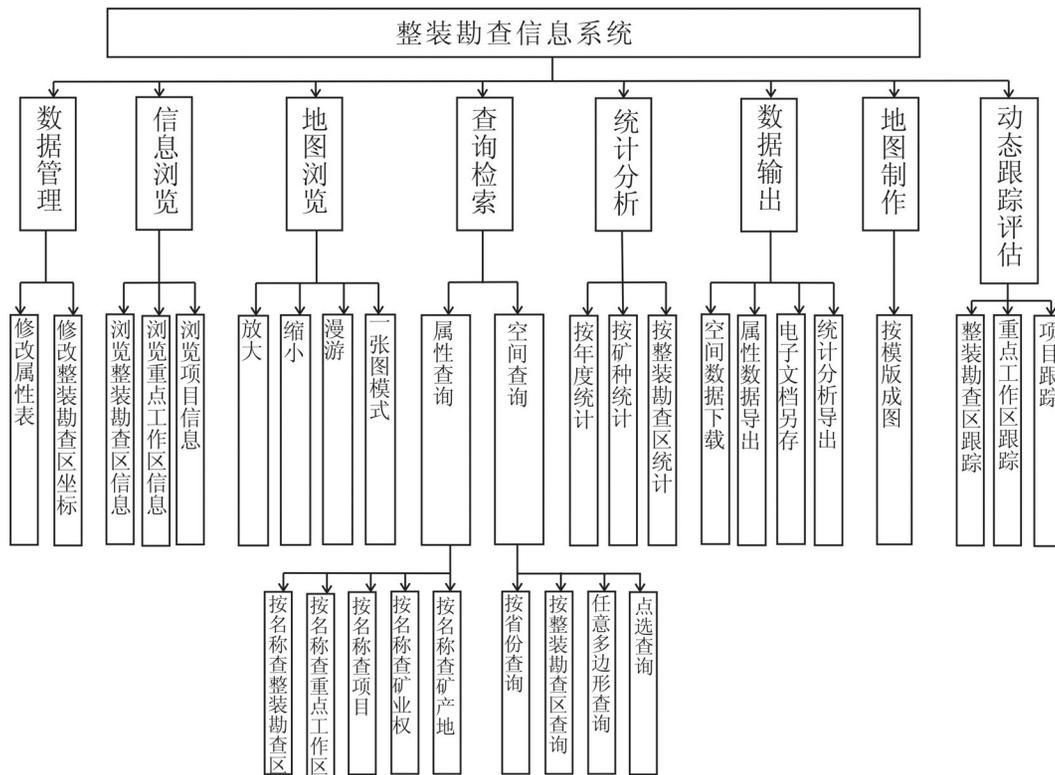


图5 系统功能结构图

Fig.5 Function structure of the system



图6 系统主界面  
Fig.6 Main interface of the system

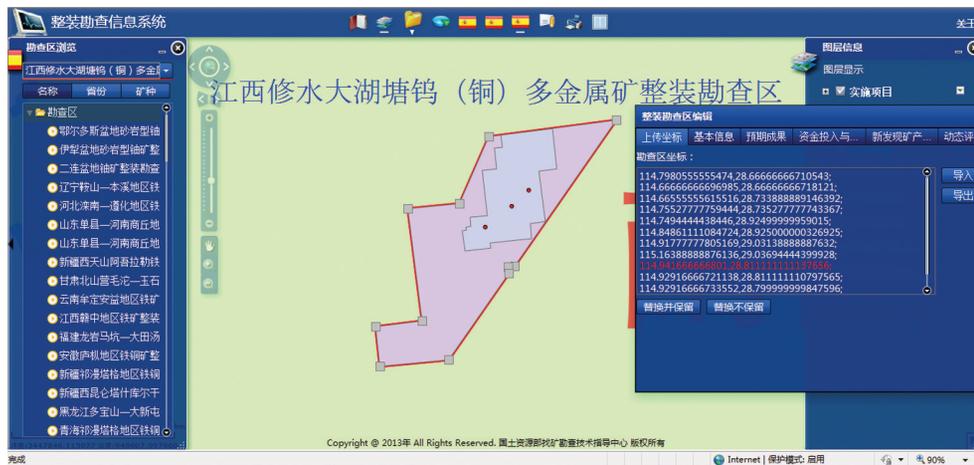


图7 动态修改整装勘查区范围  
Fig.7 Modification of integrated exploration area

查区、矿业权等关键信息,查询检索结果可方便地制图输出多种格式。系统提供时间轴,通过移动定位时间节点往后追溯查看已被评估退出的整装勘查区及其内重点工作区、实施项目的空间数据、表格、文档等,为整装勘查区动态跟踪提供了极大的便利。

#### 4 系统应用案例

整装勘查信息系统能够动态载入地质、矿产、

矿业权、潜力预测等多类空间数据,进行“一张图”模式的多专题叠加,通过人机交互操作,对空间数据显示、对比、分析,能够直观地反映整装勘查区的地质背景、地质特征、资源潜力、工作部署、找矿进展等,满足了整装勘查高级管理者、技术支撑人员、业务研究人员的实际需求。

在整装勘查区拟设论证、阶段评估阶段,可根据专家论证、评估结果,利用动态评估跟踪功能隐藏退出的整装勘查区,及时显示最新整装勘查区分

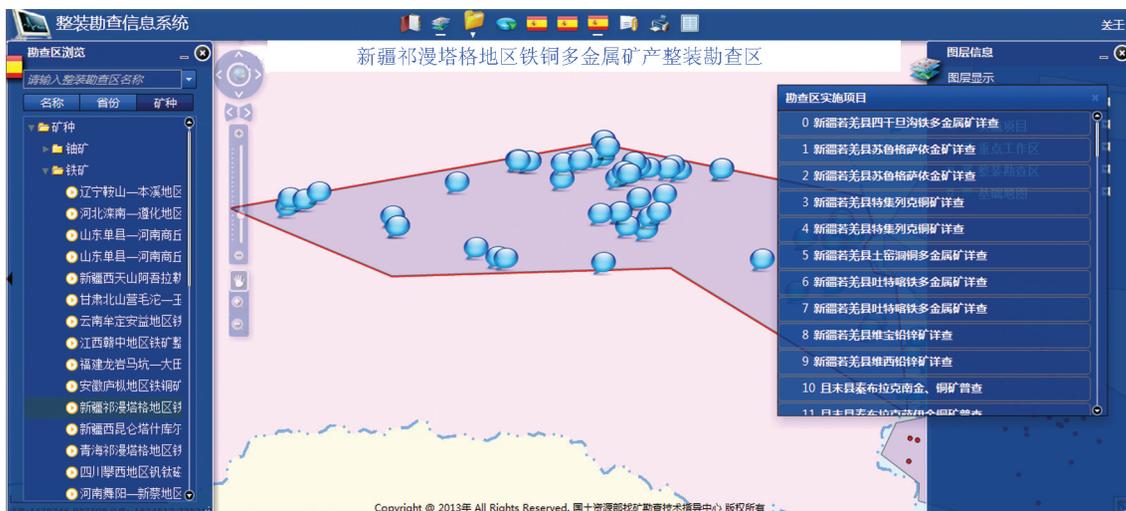


图8 整装勘查区查看实施项目

Fig.8 Viewing the implementation of the project of integrated exploration area



图9 数据下载

Fig.9 Data download

布;利用数据编辑功能,通过鼠标捕捉、坐标输入、导入等方式修改整装勘查区拐点坐标以实时修改整装勘查区空间数据。也可配合专家论证、评估工



图10 地图制作

Fig.10 Map making

作,如根据生态功能区等要素调整整装勘查区范围,系统自动生成最新坐标串,新坐标串可按照指定格式导出用于整装勘查区范围对外发布(图7)。

在整装勘查实施中,实时跟踪整装勘查区内重点项目进展,可利用系统定制的快速检索功能,以整装勘查区为单元快速定位区内实施项目,进行相关信息浏览(图8)。

在对整装勘查区或其他区域开展综合研究时,可进行“一张图”模式的多专题叠加浏览,了解分析区域地质背景、地质特征、资源潜力、矿业权设置情况等,根据需要以任意多边形、行政区、浏览视图等

为范围,下载地质、矿产地、最小预测区等空间数据,输出为shapfile等指定的格式(图9)。也可以对所需数据以指定制图模板快速制作图件,并输出为PDF、JPG、EPS等任意格式(图10)。

## 5 总结与建议

整装勘查信息系统集成了空间、文档、属性等数据,目前,系统已经入库相关空间数据、文档数据、表格数据,数据量达100 GB、197个字段、近5000条记录。经多次测试,系统界面友好,功能明了,易学易操作,实现了统计分析、数据下载、地图制作等功能,图-文-数联动,直观反映整装勘查区地质矿产概况、物化遥异常、潜力及矿产勘查进展,能够辅助开展整装勘查进展跟踪、动态评估、规划部署等工作,为支撑找矿突破战略行动提供了便捷的信息化手段。今后将进一步丰富重点地区矿产勘查数据和其他专题数据,使系统更实用更完善。

通过整装勘查信息系统建设,笔者建议建设全国矿产勘查信息系统,集成基础地质、物化遥、潜力评价预测成果、矿业权等,及时跟踪补充重大进展地区的空间位置、地形地质图、重要勘探线剖面图、重要进展描述等矿产勘查数据,为国内矿产勘查的宏观决策、微观工作部署提供信息支持。

**致谢:**本文是全国整装勘查规划部署研究与全国重要矿产远景区找矿预测与评价两个项目阶段性成果,李玉龙、韩振哲、路玉林、李永胜、郭少峰及其他项目成员等在系统建设中给予了指导、支持与帮助;审稿专家及责任编辑杨艳老师对论文提出了宝贵修改意见,在此一并致以诚挚的谢意!

## 参考文献(References):

- [1] 吴信才. 地理信息系统的基本技术与发展动态[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 329-330.  
Wu Xincan. Basic technology and development of geographic information system[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(4): 329-330(in Chinese with English abstract).
- [2] Zhang Guangyu, Liu Yongqing. The overall design of land-use information system based on GIS[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 1999, 10(1): 11-16.
- [3] Fu Yang, Guangming Zeng, Chunyan Du, et al. Spatial analyzing system for urban based on GIS and multi-criteria land-use management assessment modeling[J]. Progress in Natural Science, 2008, 18: 1279-1284.
- [4] 罗琼, 罗永常, 李璐. GIS在国内旅游业中的应用现状及展望[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4842-4843, 4846.  
Luo Qiong, Luo Yongchang, Li Lu, et al. Study on application and prospect of GIS to tourism industry in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(8): 4842-4843, 4846(in Chinese with English abstract).
- [5] 赵永军, 傅晓宁, 杨雯雯. 地理信息系统在地质领域中的应用[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2008, 30(3): 68-71.  
Zhao Yongjun, Fu Xiaoning, Yang Wenwen. The application of geographic information system in geology[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2008, 30(3): 68-71(in Chinese with English abstract).
- [6] 张庆合, 曹邦功, 姜兰, 等. 1:50万地质图数据库的研建[J]. 中国地质, 2002, 29(2): 208-212.  
Zhang Qinghe, Cao Bangong, Jiang Lan, et al. Development and construction of the 1:500000 geological map database[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 208-212(in Chinese with English abstract).
- [7] 韩坤英, 张庆合, 丁孝忠, 等. 中国1:100万地质图数据库管理系统的设计与应用[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1215-1223.  
Han Kunying, Zhang Qinghe, Ding Xiaozhong, et al. The design and application of the management system for 1:1M geological map database of China[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1215-1223(in Chinese with English abstract).
- [8] 左仁广, 方世明. 基于MapGIS的地质遗迹管理信息系统的设计与实现[J]. 地质通报, 2007, 26(2): 223-230.  
Zuo Renguang, Fang Shiming. Design and realization of the geoheritage management information system based on MapGIS[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(2): 223-230(in Chinese with English abstract).
- [9] 陈志军, 陈建国. 基于MAPGIS的全国地质工作程度数据库应用系统设计与实现[J]. 物探化探计算技术, 2006, 28(4): 381-386.  
Chen Zhijun, Chen Jianguo. Design and implementing system of China geological survey extent spatial database based on MapGIS techniques[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2006, 28(4): 381-386(in Chinese with English abstract).
- [10] 何文娜, 路来君, 王永志, 等. 整装勘查区矿业权设置编审辅助系统(DRASMRs)[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(S3): 285-294.  
He Wenna, Lu Laijun, Wang Yongzhi, et al. Development and review aided system for mining rights set in the key geological exploration area[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2012, 42(S3): 285-294(in Chinese with English abstract).
- [11] 陈平, 丛威青. GIS支持下的湖南省地质灾害气象预警系统建设探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2006, 33(5): 532-535.  
Chen Ping, Cong Weiqing. Construction of the geological hazard meteorological warning system in Hunan Province supported by GIS[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science &

- Technology Edition), 2006, 33(5): 532–535(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄少芳, 杜子图, 谢晓波. 区域地质调查信息系统的结构与设计——集数据与应用为一体的全国区域地质调查信息系统[J]. 地质通报, 2007, 26(12): 1703–1706.  
Huang Shaofang, Du Zitu, Xie Xiaobo. The design and structure of information system on regional geological survey[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (12): 1703–1706(in Chinese with English abstract).
- [13] 侯春堂, 冯翠娥, 王轶, 等. 全国 1: 50 万环境地质调查信息系统开发初探[J]. 地质通报, 2003, 22(7): 540–544.  
Hou Chuntang, Feng Cui'e, Wang Yi, et al. Development of the national 1: 500000 environmental–geological survey information system[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(7): 540–544(in Chinese with English abstract).
- [14] 张耀宇, 杨德明, 李建国, 等. 基于 GIS 的区域地质调查信息系统设计与建立[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34: 165–168.  
Zhang Yaoyu, Yang Deming, Li Jianguo et al. Design and formation of information database system in area geological survey on GIS[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2004, 34: 165–168(in Chinese with English abstract).
- [15] 韩术合, 田明中, 武斌, 等. 基于 GIS 的地质公园信息管理系统设计与实现[J]. 中国矿业, 2010, 19(S1): 180–182, 198.  
Han Shuhe, Tian Mingzhong, Wu Bing, et al. Design and implementation of geopark information management system based on GIS[J]. China Mining Magazine, 2010, 19(S1): 180–182, 198(in Chinese with English abstract).
- [16] 陆华里, 黄宗霞. 矿产数据库的建设及应用[J]. 南方国土资源, 2006, 9: 28–30.  
Lu Huali, Huang Zongxia. Construction and application of mineral lands database[J]. Land and Resources in Southern China, 2006, 9: 28–30(in Chinese).
- [17] Zhang Minghua, He Hao, and Wang Chengxi. The launch of a large regional gravity information system in China[J]. Applied Geophysics, 2011, 8(2): 170–175.
- [18] 向运川. 区域地球化学数据管理信息系统的实现技术[J]. 物探与化探, 2002, 26(3): 209–217.  
Xiang Yunchuan. Implementation and techniques of regional geochemical data management and information system[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2002, 26(3): 209–217 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王斌, 陈杰, 张立海, 等. 关于地质钻孔基本信息数据库服务利用的思考[J]. 中国矿业, 2013, 22(10): 13–136.  
Wang bing, Chen Jie, Zhang Lihai, et al. Thinking on the service use of the fundamental database of geological drilling[J]. China Mining Magazine, 2013, 22(10): 13–136(in Chinese with English abstract).
- [20] 吕霞, 刘畅, 耿燕婷, 等. 中国地质调查信息网格平台构建和地质图数据服务的实现[J]. 地质通报, 2011, 20(9): 1462–1472.  
Lv Xia, Liu Chang, Geng Yanting, et al. Building of China Geological Survey Information Grid Platform and realization of geological map data service[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(9): 1462–1472(in Chinese with English abstract).
- [21] 李丰丹, 李健强, 吕霞, 等. 基于中国地质调查信息网格的“立体一张图”服务构建与应用[J]. 中国地质, 2014, 41(3): 1028–1036.  
Li Fengdan, Li Jianqiang, Lv Xia, et al. The construction and application of ‘3D– one– map’ based on China Geological Survey Information Grid[J]. Geology in China, 2014, 41(3): 1028–1036(in Chinese with English abstract).
- [22] 吕霞, 李丰丹, 李健强, 等. 中国地质调查信息网格平台的分布式空间数据服务技术[J]. 地质通报, 2012, 31(9): 1520–1530.  
Lv Xia, Li Fengdan, Li Jianqiang, et al. The techniques of distributed spatial data services of China geological Survey information grid platform[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(9): 1520–1530(in Chinese with English abstract).
- [23] 张爱明. 国土资源“一张图”数据管理及服务平台的设计与研究[J]. 现代测绘, 2010, 33(4): 41–42.  
Zhang Aiming. Design and research of land resources "A Map" data management and service platform[J]. Modern Surveying and Mapping, 2010, 33(4): 41–42(in Chinese with English abstract).
- [24] 王杨刚, 李玉龙, 王新春, 等. 基于 GIS 的地质项目管理系统研究与实现——以战略性矿产远景调查专项项目管理系统为例[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 542–549.  
Wang Yanggang, Li Yulong, Wang Xinchun, et al. Research and realization of the Geologic Projects Management System based on GIS: A case study of the Strategic Mineral Prospect Survey projects management system[J]. Geology in China, 2010, 37(2): 542–549(in Chinese with English abstract).
- [25] 和正民, 王建超, 范景辉, 等. 基于 ArcGIS 的青藏高原生态地质环境遥感监测系统[J]. 国土资源遥感, 2006, 68(2): 75–78.  
He Zhengmin, Wang Jianchao, Fan Jinghui, et al. The Qingzang Plateau environmental and geological information monitoring system based on ArcGIS[J]. Remote Sensing Land & Resources, 2006, 68(2): 75–78(in Chinese with English abstract).
- [26] 王杨刚, 吴晓红, 李玉龙, 等. 基于 GIS 的地质项目管理系统平台研究[J]. 中国地质, 2011, 38(5): 1396–1404.  
Wang Yanggang, Wu Xiaohong, Li Yulong, et al. A study of the geological project management platform based on GIS[J]. Geology in China, 2011, 38(5): 1396–1404(in Chinese with English abstract).