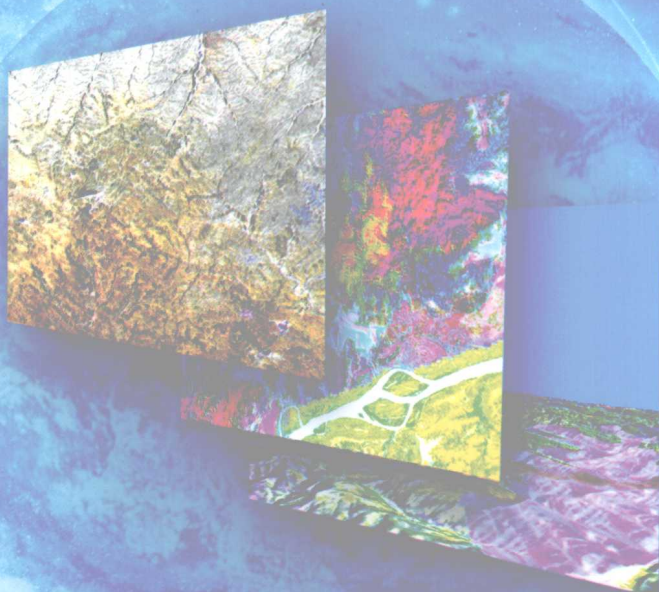


国家级遥感信息与图像分析技术重点实验室专著

后遥感 应用技术研究

Study on Post-Remote Sensing
Application Technology

刘德长 等著



中国宇航出版社

国家级遥感信息与图像分析技术重点实验室专著

后遥感 应用技术研究

Study on Post-Remote Sensing
Application Technology

刘德长 等著



中国宇航出版社

· 北京 ·

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

后遥感应用技术研究 / 刘德长等著. —北京: 中国宇航出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-80218-244-8

I. 后… II. 刘… III. 遥感技术—应用 IV. TP79

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第052342号

责任编辑 卢 珊

装帧设计 0315

出 版 中国宇航出版社
发 行

社 址 北京市阜成路8号 邮 编 100830
(010) 68768548

网 址 www.caphbook.com/www.caphbook.com.cn

发行部 (010) 68371900 (010) 88530478 (传真)
(010) 68768541 (010) 68767294 (传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010) 68371105 (010) 62529338

承 印 北京智力达印刷有限公司

版 次 2007年5月第1版
2007年5月第1次印刷

规 格 787×1092

开 本 1/16

印 张 14.75 (彩插16面)

书 号 ISBN 978-7-80218-244-8

定 价 36.00元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换



刘德长，研究员，博士生导师。1938年生，陕西三原县人。1965年西北大学地质系研究生毕业，师从我国著名的大地构造学家张伯声院士。早期从事铀矿构造研究，著有“中国铀矿构造与成矿演化”等专著。1965年参加了北京大学举办的全国第一届遥感学习班，之后，长期从事遥感技术在核资源和核军事等领域的应用研究工作。先后开拓了“以航放为主的多源地学信息图像数字综合技术”，“光-能谱集成技术”和“后遥感应应用技术”等，并对遥感技术在核军事上的应用做了开创性的工作。曾获国家级、部级科技成果奖共23项。被评为核工业系统有突出贡献的中青年专家；核工业系统劳动模范；享受国家级政府特殊津贴的科技人员。

目 录

概 述	(1)
遥感信息应用的新理念与地质实践	(1)
后遥感应用技术的开拓及其在铀资源勘查中的应用	(11)
后遥感应用技术的理念	(20)
后遥感应用技术理念的提出与思考	(20)
后遥感应用技术理念研究的新进展	
——《后遥感应用技术的提出与思考》续	(26)
矿产资源数字勘查区构建技术	(30)
数字地球的特殊应用与拓展	
——铀资源数字勘查区	(30)
鄂尔多斯盆地铀资源多源空间数据库的开发与应用	(36)
虚拟地质环境构建技术研究	(44)
光-能谱集成技术(单信息的深化与多信息的集成)	(56)
光-能谱集成技术系统及其地质应用	(56)
中国砂岩型铀矿区遥感影像特征研究的新发现	(62)
我国科学试验卫星相片的二次开发及应用	(68)
遥感技术与铀矿预测	(72)
江西相山铀矿田遥感影像呈现的新构造运动研究	(77)
相山铀矿田蚀变遥感异常及其找矿意义	(85)
鄂尔多斯盆地伊盟隆起东部微烃渗漏区的遥感识别	(90)
高光谱遥感数据的处理及其在铀资源勘查的应用	
——以广西苗儿山地区为例	(97)
地浸砂岩型铀矿床地物波谱特征分析	(109)
砂岩型铀矿高光谱遥感数据挖掘技术研究	(115)
多源地学信息数字图像综合技术及其在盛源盆地的应用	(123)
航空放射性伽马能谱数字图像综合技术在连山关地区的应用	(131)
以航空放射性测量为主的多源地学信息数字图像综合技术及应用	(135)
光-能谱集成技术在国土资源调查中的应用	(144)

综合遥感地质勘查技术及其在铀、金成矿环境研究和 找矿靶区优选中的应用	(147)
后遥感应用技术在鄂尔多斯盆地铀资源勘查的应用	(151)
基于遥感信息延伸研究的东胜铀矿床区域地质背景分析	(151)
鄂尔多斯盆地北部断裂构造的遥感信息及其延伸研究	(158)
砂岩型铀矿区构造-地球化学障的后遥感应用技术研究	(169)
泊江海子油气环状构造的发现及其铀成矿的重要意义	(175)
一种新的砂岩铀矿成矿类型 ——构造-油气型	(181)
后遥感应用技术支持下断隆成矿观点的提出	(190)
其 他	(197)
后遥感应用技术与卫星遥感信息产业化	(197)
论地质科学研究创新思维 ——兼论后遥感应用技术理念的提出与地质实践	(203)
附彩图	(211)

CONTENTS

Summarization	(1)
New Concept of Remote Sensing Information Application and Its Geological Practice	(1)
Research on Post – Remote Sensing Application Technology and Its Application in Exploration of Uranium Resource	(11)
Post – Remote Sensing Application Technology	(20)
Proposing and Consideration of Post – Remote Sensing Application Technology	(20)
New Advance on Research of Post – Remote Sensing Application Technology – Series of 《Proposing and Consideration of Post – Remote Sensing Application Technology》	(26)
❧	
Constructing Technique of Digital Exploration Area of Mineral Resources	(30)
Special Application and Extension of Digital Earth – Digital Exploration Area of Uranium Resource	(30)
Development and Application of Uranium Resources Multi – Source Space Database in the Northern Ordos Basin	(36)
Discussion on Constructing Technique of Virtual Geological Environment	(44)
Integrated Technologic System of Remote Sensing Spectrum and Airborne Radioactive Gamma Energy Spectrum	(56)
Integrated Technologic System of Remote Sensing Spectrum and Airborne Radioactive Gamma Energy Spectrum and Its Geological Application	(56)
New discovery of Remote Sensing Image Characteristics Research on Sandstone – Type Uranium Deposits , China	(62)
Secondary Development of Scientific Experimental Satellite Image and Its Application	(68)
Remote Sensing technology and Prognosis of Sandstone – Type Uranium Deposits	(72)
Remote Sensing Image Tectonic Analysis of the XiangShan Uranium Field, JiangXi Province	(77)
Alteration Remote Sensing Anomalies of XiangShan Uranium Field and Its Geological Implications	(85)
Remote Sensing Detecting for Hydrocarbon Micro – Seepage Areas in the East YiMeng Uplift, Ordos Basin, China	(90)

Hyper - spectral Data Processing and Geological Application in MiaoErShan District, GuangXi Province	(97)
Study on the Spectral Analysis Approaches of Situ Leaching Sandstone - Type Uranium Deposits	(109)
Study on Hyper spectral Data Mining Technology of Sandstone Uranium Deposit ...	(115)
Digital Image Integration Technique of Multiple Geo - Science Information System and Its Application on ShengYuan Basin	(123)
Application of Airborne Gamma Spectrometry Data Integration Technique Based on Image Processing System in LianShanGuan Region	(131)
Digital Image Integration Technique of Multi - Geoscience Information Dominated by Aerial Radiometric Measurements and Its Application	(135)
Study on Integrated Technologic System of Remote Sensing Spectrum and Airborne Radioactive Gamma Energy Spectrum for Land & Resources	(144)
Comprehensive Exploration Technology of Remote Sensing Geology and Its Application of Studying Metallogenic Setting of U and Au Deposits and Selecting Targeting Area	(147)

Post - Remote Sensing Application Technology on Exploration Area of Uranium Resource in Ordos Basin, China (151)

Analyzing Regional Geological Setting of DongSheng Uranium Deposit Based on the Extensional Research of Remote Sensing Information	(151)
Remote Sensing Information of Fault Tectonics in Nothern Ordos and Its Extensional Application	(158)
Study on Tectonic - Geochemical Barrier Type Sandstone Uranium Deposit Using Post - Remote Sensing Application Technology	(169)
Discovery of BoJiangHaiZi Gas - oil Circuit Structure and Its Important Significance for Uranium Mineralization	(175)
A New Sandstone Uranium Metallogeneic Type——Structure - Oil Gas Type	(181)
Proposing Metallogenic Viewpoint of Fault - Uplift Based on Post - Remote Sensing Technology	(190)

Others (197)

Post - Remote Sensing Application Technology and Industrialization of Satellite Remote Sensing	(197)
Study on Creative Thought of Earth Science——Advance and Practice of Post - Remote Sensing Application Technology	(203)

Attached Figures (211)

概述

遥感信息应用的新理念与地质实践

刘德长 叶发旺 赵英俊 黄贤芳

1 遥感信息应用现状

遥感技术作为实现“数字地球”的关键技术之一，以其特有的优势在国民经济建设的各个领域发挥着重要的作用。然而，随着我国经济的快速发展，能源短缺、环境恶化等问题的日益突出，各个领域研究问题的不断深入，遥感技术的优势发挥在新形势下受到了严重的挑战，其应用中存在的问题也愈来愈明显地显现出来。概括起来，主要有：（1）我国的遥感界存在“重上天，轻应用”的现象，造成遥感数据虽多，但应用程度低，对遥感数据的二次开发和深入应用尤显不足；（2）在遥感信息处理、解译与应用方面，目前的研究大多数注重对遥感信息本身的处理和单一应用模式，遥感信息应用的程度大多数还停留在把信息解译出来的层次，与各应用领域的传统研究方法提供的信息相结合，对遥感信息进行深化研究不够，直接影响到遥感信息向各应用领域的渗透，从而影响到遥感信息的产业化进程；（3）目前，在方法集成上有代表性的是遥感技术与 GIS 技术、GPS 技术相结合组成的 3S 技术，而与其他现代信息技术的最新进展（如三维可视化技术、虚拟现实技术等）以及各领域传统方法的集成技术还未更多地开发出来。

总之，怎样加强遥感信息的应用，突破当前以单一方式为主的遥感信息应用模式，开拓遥感技术与各应用领域传统方法技术相结合，与其他现代信息技术相结合，加强遥感信息及其延伸应用，直接关系到遥感技术真正成为实用化、产业化技术的程度，关系到其在构建和谐和谐社会中所起的作用。

2 后遥感应用技术理念的提出及其内涵

2.1 后遥感应用技术理念的提出

后遥感应用技术是在分析遥感信息应用现状的基础上，从地质勘查实践的角度，在对下面几个问题思考的基础上提出来的。

2.1.1 遥感技术在地质领域应用的优势和局限性

遥感技术在地质领域的应用，既有其技术优势，又有明显的局限性。它的优势主要

表现在：宏观性、多波段、立体感强、地形、地貌信息明显、便于定位，并具有识别断裂构造的长处（在裸露地区可区分岩性）等，能发现和解决用常规地质方法很难发现和解决的地质问题。这就是遥感技术一问世就引起地质工作者极大兴趣和热情的主要原因。但遥感技术在地质领域的应用有它明显的局限性，主要表现在遥感反映的信息主要是地表信息或地下信息在地表的反映，且受植被影响大，解译具有不确定性等。随着遥感技术在地质领域应用的深入，这些局限性便突出出来。如果不设法克服这些局限性，长期停留于线状、环状构造的解译、分析等的重复研究，遥感在地质领域的应用势必会逐渐被边缘化。特别是由于遥感反映的主要是地表信息，而地质找矿更多涉及的是地下问题，因此，单靠遥感技术本身很难解决复杂的地质找矿问题，这需要将遥感技术与反映地下不同深度和尺度的传统地学方法结合起来。

2.1.2 地质勘查工作的深入发展

随着地质勘查工作的深入发展，一方面，出露地表的矿明显减少，勘查的目标已由地表或近地表转向地下深处的隐伏矿床，找矿的难度愈来愈大。另一方面，各种地学手段取得的信息资源愈来愈丰富，这就为遥感信息与其他地学信息集成，最大限度地挖掘和利用这些信息资源，以提高勘查效果创造了条件。显然，利用现代信息技术进行信息系统集成，实现以遥感为主的信息化找矿道路是一条重要途径。

2.1.3 现代信息技术的迅速发展

进入 20 世纪以来，现代信息技术得到了迅速发展，为以遥感为主的信息找矿提供了重要的技术支持。怎样将这些新进展（如 GIS 技术、三维可视化技术、仿真模拟技术、虚拟现实技术等）引入地质勘查领域，遥感技术不仅要与传统的地学方法相结合，而且还要与上述现代信息技术相结合。

基于上述考虑，作者提出了“后遥感应用技术”的新理念^[1]。

2.2 后遥感应用技术理念的内涵

后遥感应用技术，是指将遥感技术与各学科传统的方法技术相结合，与其他现代信息技术相结合，对遥感信息进行综合理解、全面挖掘和深入应用的遥感信息深化应用技术。其研究内容涵盖信息处理、信息解译、信息分析、信息表述和信息应用等一整套方法技术体系。它的核心是遥感信息的延伸应用和信息化，它的目的是最大限度地利用信息资源，它的目标是加速遥感信息产业化的进程。

根据上述内涵可以看出，后遥感应用技术的理念虽然是从地质勘查的角度提出来的，但可以应用于农业、林业、海洋、城市、环境、灾害等广泛领域。

3 地质勘查后遥感应用技术的方法技术

下面从技术构成、研究内容、应用思路和程序等三个方面具体论述一下地质勘查后遥感应用技术的方法技术。

3.1 地质勘查后遥感应用技术的构成

在地质勘查领域，后遥感应用技术的技术构成是指，在信息源上集遥感信息、地质

信息、地球物理信息、地球化学信息等多元地学信息于一体,在技术方法上集图像处理技术、GIS 技术、GPS 技术、数据库技术、三维可视化技术、多媒体技术、仿真模拟技术、虚拟现实技术及传统地学方法于一体的信息综合、方法集成、表达多维的应用技术。

从技术构成上看,后遥感应用技术既不同于遥感技术本身的应用,因为它融入了传统的地学方法和信息,也不同于多元地学信息集成技术,因为它引入了仿真-虚拟技术等现代信息技术的新进展。因此,它不仅强调了对信息的综合分析,而且强调了实现过程和环境的再现,是对多源信息集成技术的发展和升华。另外,后遥感应用技术比多源信息集成技术在提法上体现出“遥感”一词,这就意味着后遥感应用技术涉及的信息集成不能没有遥感信息源(通常所讲的多源信息集成不一定要有遥感信息源)。

3.2 地质勘查后遥感应用技术的研究内容

3.2.1 矿产资源数字勘查区构建技术

矿产资源数字勘查区的概念是在数字地球框架下,将遥感技术与 GIS 和虚拟现实技术相结合,在矿产资源勘查领域提出的一个新概念^[2,3]。它是数字地球理论和方法的特殊应用与拓展,是我国数字地球典型应用系统建设的组成部分。矿产资源数字勘查区构建涉及的主要技术有数据库技术和虚拟现实技术。

(1) 矿产资源勘查数据库的开发

在数据库开发方面,对下述内容进行了研究:

- 数据库开发的技术思路、原则和体系结构;
- 数据模型与数据结构;
- 数据库综合管理系统;
- 数据库应用分析系统。

在上述研究的基础上,将东胜地区的地质、遥感、地球物理、地球化学等与铀资源勘查有关的信息数字化、整合,建立了东胜地区铀资源数字勘查区的多元地学数据库。图 1 是该数据库的架构图。

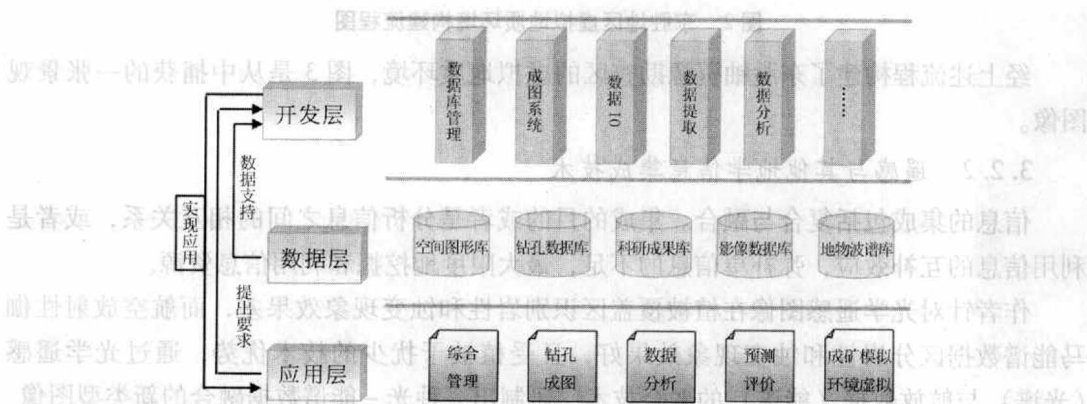


图 1 东胜地区铀资源多元地学信息系统架构图

该数据库与一般数据库的主要区别是要实现两方面的服务,一是为信息的综合分析服务,二是为构建虚拟地质环境服务。

(2) 数字勘查区虚拟地质环境的构建

构建的地质环境,不仅要显示勘查区的地形、地貌,而且要有地层、岩石、断层、褶皱、矿化蚀变等地质要素。

虚拟地质环境的构建需要经过数据准备,虚拟地质环境建模,并与数据库连接进行虚拟地质环境功能开发,最后是应用。整个构建流程如图2所示。

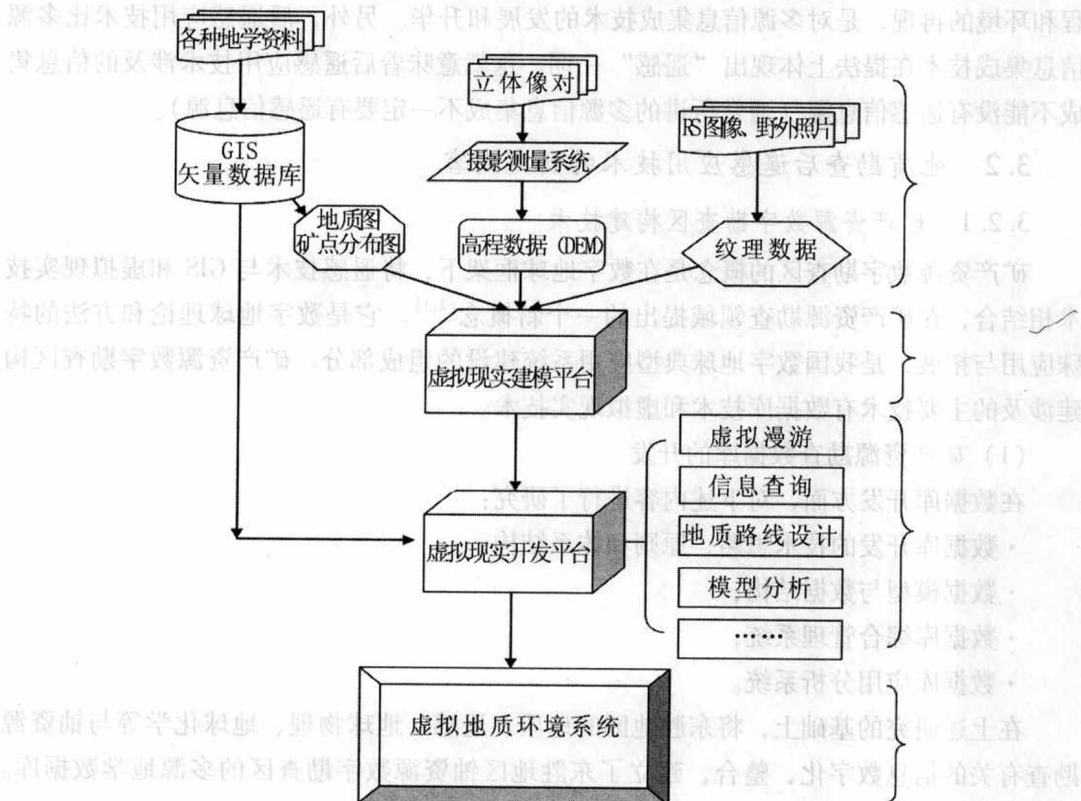


图2 东胜地区虚拟地质环境构建流程图

经上述流程构建了东胜铀资源勘查区的虚拟地质环境,图3是从中捕获的一张景观图像。

3.2.2 遥感与其他地学信息集成技术

信息的集成包括复合与融合。集成的目的或者是分析信息之间的相互关系,或者是利用信息的互补效应,弥补单信息的不足,最大限度地挖掘和利用信息资源。

作者针对光学遥感图像在植被覆盖区识别岩性和蚀变现象效果差,而航空放射性伽马能谱数据区分岩性和蚀变现象效果好,且受植被干扰少的技术优势,通过光学遥感(光谱)与航放数据(能谱)的融合技术,研制出一种光-能谱数据融合的新类型图像。这种图像既具有多光谱遥感图像地形信息丰富、立体感强、便于定位和解决构造问题的长处,又有能谱图像便于区分岩性、蚀变和铀及其他矿化的优点。在此基础上,再与地

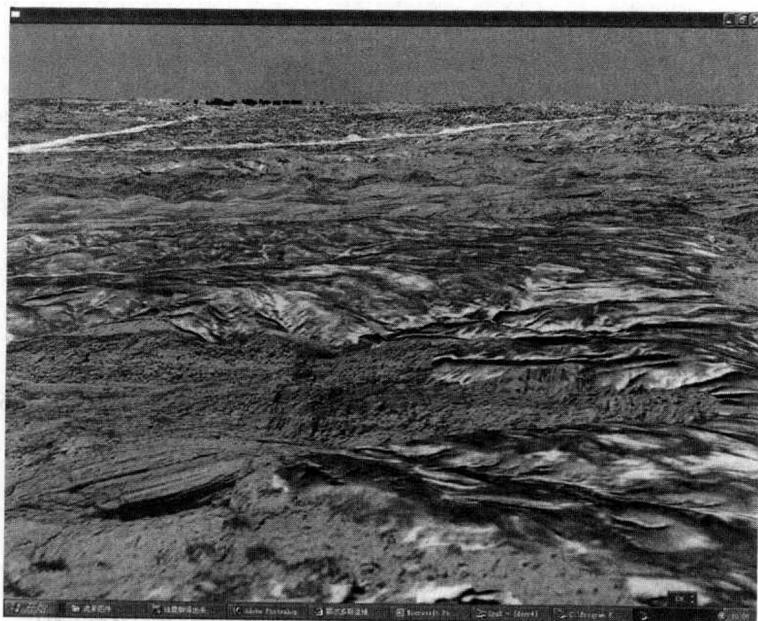


图3 东胜铀资源勘查区虚拟地质环境的一角(视角向北)

球物理(航磁、重力、地震)、地球化学、地质、水文等多源地学信息集成,建成光-能谱集成技术系统,为植被覆盖区的遥感地质填图和找矿开拓出新途径^[4]。

3.2.3 地学信息三维可视化分析技术

地质体一般是三维的,传统的研究方法常将其简化为二维,从而影响研究者对地质体真实状态的直观分析、对比和深层次的理解。三维可视化分析技术是指在三维环境下,将地学信息的表达与三维图形可视化结合起来,对地学数据的多种属性进行三维直观显示和分析的技术。

在鄂尔多斯盆地铀资源勘查中,先后对重力数据(图4)、航磁数据、钻孔数据以及多种数据集成进行了三维可视化显示与分析,并结合钻孔数据的三维可视化,自主开发了钻孔自动成图与信息综合分析系统。

3.2.4 成矿过程与作用的计算机模拟技术

应用计算机(多媒体技术和仿真模拟技术)对各种地质过程(包括构造变动、沉积演化等)和铀成矿作用进行计算机模拟,在一定范围内替代传统用物理、化学方法进行的构造模拟和成矿实验,再现地质过程或铀成矿过程,以提高研究者对铀成矿作用和其他地质作用的分析水平和认识能力,从而使铀成矿理论的研究更符合实际,更具科学性。

通过对层间氧化带型铀成矿观点和作者提出的断隆成矿观点分别进行了计算机模拟研究,再现了铀成矿的地质过程,直观地对比了两种成矿观点的异同,丰富了砂岩型铀成矿理论。

3.2.5 虚拟找矿与虚拟勘探技术

构建数字勘查区虚拟地质环境的目的是探索对矿产资源的虚拟勘查。

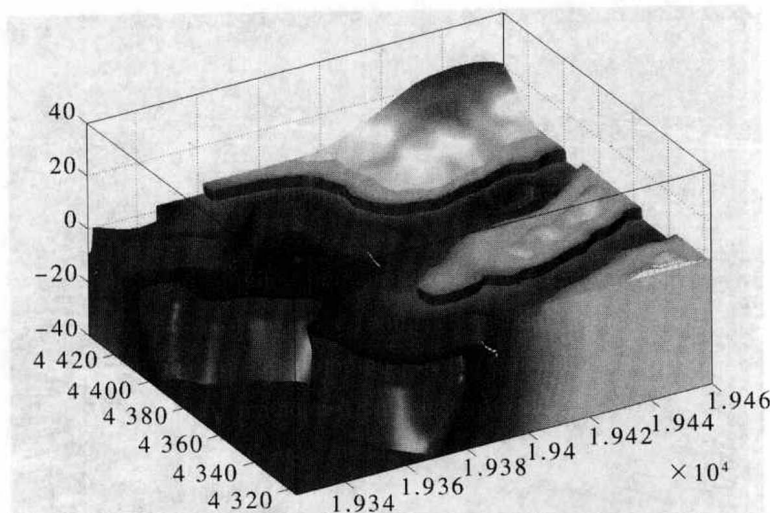


图4 鄂尔多斯盆地北部中生代构造层断块构造格局立体图

(据 1:20 万重力 2 km, 1 km, 0.5 km, 0.25 km 不同延拓深度重力数据绘制)

虚拟勘查的构想:

(1) 在构建的虚拟地质环境基础上,借助虚拟现实系统,在计算机上对野外地质情况进行观察,观察研究区的地形、地貌、河流、交通、地层、构造、矿化等地理和地质现象。

(2) 在观察的过程中,通过点击,对感兴趣的地区和目标进行查询,对其地表和深部地质情况进行了解。

(3) 通过对地质情况的了解,然后对成矿条件进行对比、分析、综合,发现规律,得出认识,圈定有利成矿地区和勘探靶区,并进行评估。

(4) 在有利成矿地区进行找矿部署,或在勘探区内进行进位设计,虚拟野外找矿与勘探。通过虚拟对不满意的方案可以随时修改和调整,直到满意为止。

(5) 在上述虚拟勘查的基础上,开展野外地质调查和决策。

针对虚拟勘查的需要,有针对性地开发了虚拟漫游、信息查询、目标搜索、线路布置、参数测量等功能。

虚拟找矿和虚拟勘探技术将可能深刻改变矿产资源勘查的现有方式,大大促进地质工作的现代化。

3.2.6 建立地质勘查后遥感数字勘查技术系统

综合上述研究内容,经进一步系统化和集成化,构建地质勘查后遥感应应用技术平台,并经深化、集成、拓展与提高,建立地质勘查后遥感数字勘查技术系统,实现对矿产资源快速、有效的勘查与评价。

上述六个方面的技术方法前后衔接,构成一个整体。随着后遥感应应用技术研究的深入,它的内容会更加丰富和实用。

3.3 后遥感应用技术的应用思路 and 程序

3.3.1 应用思路

(1) 先对遥感图像上与铀成矿有关的信息进行充分理解和分析,发现问题,提出问题(不排除从其他角度发现问题、提出问题)。

(2) 结合其他地学信息源,对发现的问题进行深化研究。

(3) 对发现和得出的认识进行三维可视化分析,并实现对地学过程 and 环境的再现,提高对铀成矿过程和规律的认识。

(4) 进行铀资源的虚拟勘查,从而为铀成矿预测提供更加有力的决策支持。

3.3.2 应用程序

概括起来,地质勘查后遥感应用技术的工作程序涉及数据准备、数据挖掘、知识发现、虚拟再现、决策和检验等六个步骤。其流程如图 5 所示。

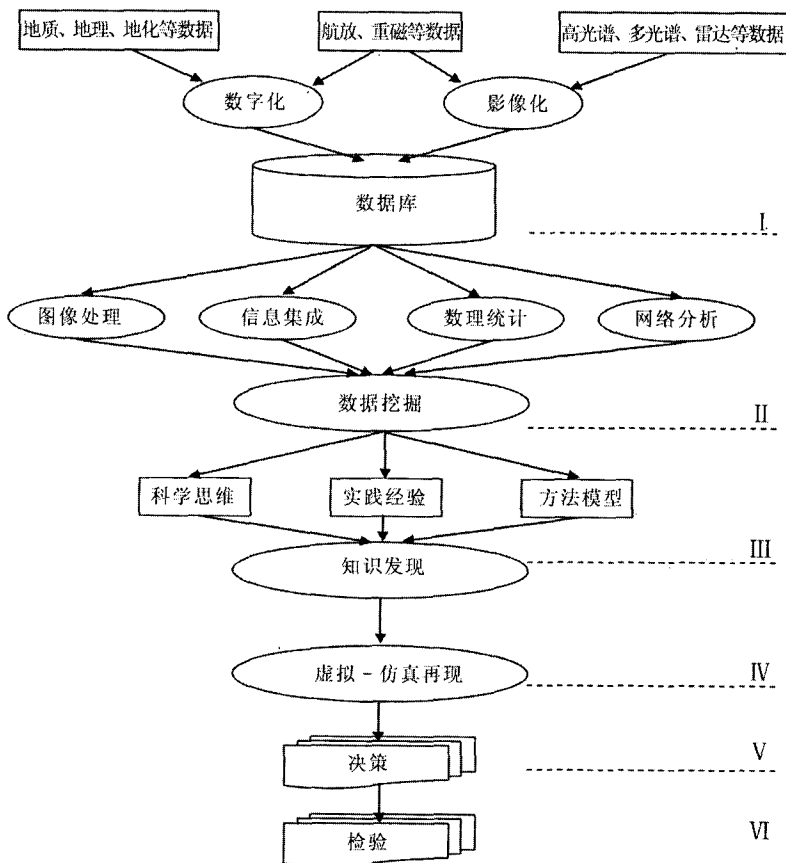


图 5 地质勘查后遥感应用技术工作流程图

后遥感应用技术在应用思路和工作程序中,特别强调了在知识发现之后,对过程和环境进行仿真-虚拟再现,然后进行决策和检验。

4 后遥感应用技术的地质应用实例

鄂尔多斯盆地不仅是我国油、气、煤的重要基地,而且有可能成为铀资源的重要基地。以鄂尔多斯盆地铀资源勘查为例,采用上述后遥感应用技术的理念和方法技术,对盆地北部已知矿区的几个铀成矿的关键地质问题进行了研究,取得了用常规地质方法难以获得的几点重要成果。

4.1 含矿层的快速追索

砂岩型铀矿床含矿层是矿体的一级载体,因此,含矿层的追索与评价是该类型铀矿勘查的首要问题。东胜地区含矿层为中侏罗统直罗组下段的辫状河砂岩。为了提高勘查效果,需要从地面和深部对该含矿层进行追索。

4.1.1 含矿层的地面追索

利用上述的光-能谱集成技术对含矿层进行地面追索。根据该地区含矿层的颜色、物质组成、裂隙发育程度和放射性强度等特点,通过多光谱遥感数据进行主成分分析,将原图像的高维空间像元亮度值投影到新的低维空间,使信息分解,并提取特征信息。然后从中选出最能体现含矿层特征的光谱信息,与铀的伽马能谱影像图融合,快速提取出东胜地区含矿层地面影像的信息,从而获得一种从区域上快速查明含矿层的新方法。

4.1.2 含矿层深部地质要素的快速追索

在对研究区大量钻孔剖面逐一解译的基础上,建立研究区钻孔信息(辫状河、泛滥平原、曲流河、泥岩、砂岩、岩石颜色、不整合面等)数据库,并借助自主开发的钻孔数据自动成图和分析系统,实现了对含矿层的多维(二维和三维)追索,包括对含矿层沉积相的分布、厚度变化、砂百分含量等单要素追索和含矿层砂体厚度的分布与古河道的关系等多要素的追索。

4.2 构造-地球化学障研究

通过遥感图像解译,发现东胜地区的铀矿床不仅受含矿层控制,而且受断裂构造控制^[4]。控矿断裂为 NWW 向的断裂带。经野外检验,在地面表现为陡崖、裂隙带和断层等。对其进行厘定后,在建立的 GIS 多源地学数据库的基础上,应用 GIS 空间分析功能,研究了该断裂的切割深度、力学性质、活动时限、与油气的关系,以及对已知铀矿床的控制等。认为该断裂为一深位贯通性的含油气断裂,是一条铀的控矿构造,导致了该区铀矿床的沿断裂同方向展布。进一步研究认为,深位贯通性断裂在铀成矿中起着如下重要作用:

- (1) 减压带作用。导致含铀、含氧地下水向压力低的断裂带方向驱动。
- (2) 排泄带作用。保证了含铀、含氧地下水不断地向断裂带定向的流动,从而形成了有利铀成矿的地下水循环系统。
- (3) 沟通带作用。沟通了深部的气、水、油等还原性流体,形成了有利于铀沉淀富集的环境。
- (4) 活动带作用。断裂的多次活动,导致了铀成矿的多期性(经夏毓亮同位素年龄