

doi: 10.6046/gtzyyg.2012.01.23

宁夏区地质构造与围岩蚀变遥感信息提取

张永庭¹, 张晓东², 刘自增¹, 张永杰¹, 张慧娟¹

(1. 宁夏遥感测绘勘查院, 银川 750021; 2. 宁夏回族自治区地质调查院, 银川 750021)

摘要: 为了对宁夏回族自治区(以下简称宁夏区)矿产资源潜力进行评价,以ETM⁺遥感数据为基础信息源,首先采用人工目视解译和计算机自动提取方法提取了宁夏区线性、环形构造信息;然后应用主成分分析和光谱角法提取了铁染和羟基蚀变异常信息;最后结合区域地质构造条件,综合分析总结了宁夏区线性、环形构造特征和蚀变异常的分布特征及其示矿意义。研究结果表明:提取的区域线性构造与宁夏区地质研究确立的区域构造格架展布形态基本吻合;在卫宁北山、贺兰山北段等重点找矿远景区,构造和蚀变异常信息是矿产资源潜力评价的主要要素。根据提取的构造和蚀变异常信息圈定的找矿靶区(或称遥感最小预测区),为在以上地区开展矿产资源勘查和潜力评价提供了参考依据,并在局部地段得到了勘探结果验证。

关键词: 宁夏; 矿产资源; 潜力评价; 构造特征; 蚀变信息

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2012)01-0132-05

0 引言

随着遥感技术的进步,遥感在地质找矿中的应用越来越深入,利用遥感信息进行地质分析的能力也在不断提高^[1-3]。自20世纪80年代航空与卫星遥感技术广泛应用于地质找矿以来,空间遥感技术和信息处理技术水平不断提高,以定性和定量交互解译为基础的地质解译以及与多波段遥感图像处理相结合的方法已经成为寻找遥感地质异常的重要方法手段。遥感找矿是以现代成矿理论为指导,在查明地质异常形成机理的基础上,通过处理和解译各类遥感图像,提取与矿产相关的矿化蚀变异常信息,并结合物探、化探等资料,通过分析推理来圈定成矿远景区和找矿靶区^[4-7]。本文以ETM⁺遥感数据为基础,以“全国矿产资源潜力评价项目办公室”制定的《遥感资料应用技术要求》中的遥感地质解译和蚀变信息提取技术为主要方法,在宁夏回族自治区(宁夏区)开展了区域构造和矿化蚀变异常信息提取的遥感研究工作,其成果对宁夏区区域构造格架的认识和划分,以及重点多金属找矿靶区的圈定均具有很好的指导意义。

1 区域地质概况

宁夏区地处中国地质、地貌单元分界的“南北

中轴”的北段,位于华北台地、阿拉善台地与祁连褶皱山地之间。区内高原与山地交错,大地构造单元复杂。大地构造上,以牛首山—罗山—固原断裂为界,将宁夏区分为华北陆块西南缘和秦祁昆活动造山带两大构造单元,宁夏区东部和北部属华北陆块之鄂尔多斯地块,西侧与属于西域陆块的阿拉善地块(内蒙古境内)相接;西南部属于秦祁昆造山带之北祁连弧盆系(北祁连加里东造山带)。沿区内西部边界自北向南的贺兰山—卫宁北山—香山—南西华山一线为基岩山区,基岩出露面积大,植被覆盖度低,线性构造、岩性影像特征明显,遥感地质可解程度高,是自治区多金属矿的重点成矿区带。其他地区(主要包括北部平原农田分布区、中部干旱荒漠丘陵区、宁南黄土塬区)因受地表植被及黄土覆盖等的影响,地质信息可解译程度不高。

2 研究方法

2.1 遥感数据及影像图制作

本研究采用的遥感数据为2000年7—9月收录的覆盖宁夏及其周边地区的11景ETM⁺数据。数据总体质量较好,无云、雪覆盖,影像清晰,能满足研究要求。

收稿日期: 2011-06-02; 修订日期: 2011-07-01

基金项目: 中国地质调查局全国矿产资源潜力评价宁夏矿产资源潜力评价项目(编号: 1212010813029)资助。

遥感数据处理主要包括几何纠正、图像合成、融合及增强、调色等。本次几何纠正参照全区及周边省份的 1:5 万地形图选取控制点进行。结合解译目标,采用 ETM⁺7(R) 4(G) 1(B) 合成方案进行彩色合成,合成后的图像色彩层次强,地质信息和地表环境信息丰富,有利于构造信息的解译和提取。将经过以上处理的各景图像再进行镶嵌、增强和调色等处理,制作宁夏区卫星影像图(图 1),并以此作为遥感解译研究用的基础底图。

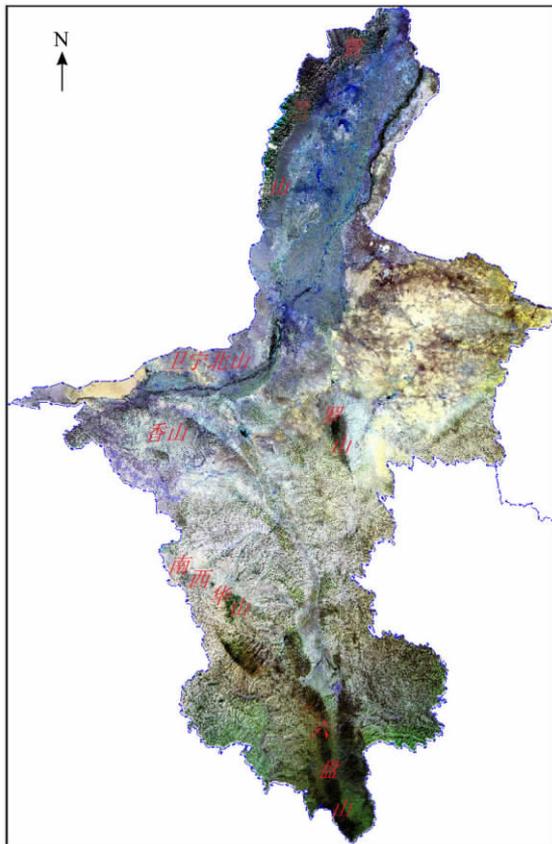


图 1 宁夏区 ETM⁺影像图
Fig.1 ETM⁺ image of Ningxia

2.2 构造解译

以宁夏区 ETM⁺影像图(图 1)为基础图像,采用人机交互模式进行综合目视解译,开展了全区线性、环形构造遥感信息提取。在遥感图像上,断裂两侧的地貌、色调和水系特征差异明显,线性影像特征突出。贺兰山地区的线性构造以直线型的山脊、直线排列的断层三角面、形态突变的水系和地貌色调明显差异为主要解译标志^[8]; 环形构造以具有封闭、半封闭环状或弧形影像特征为解译标志(图 2)。

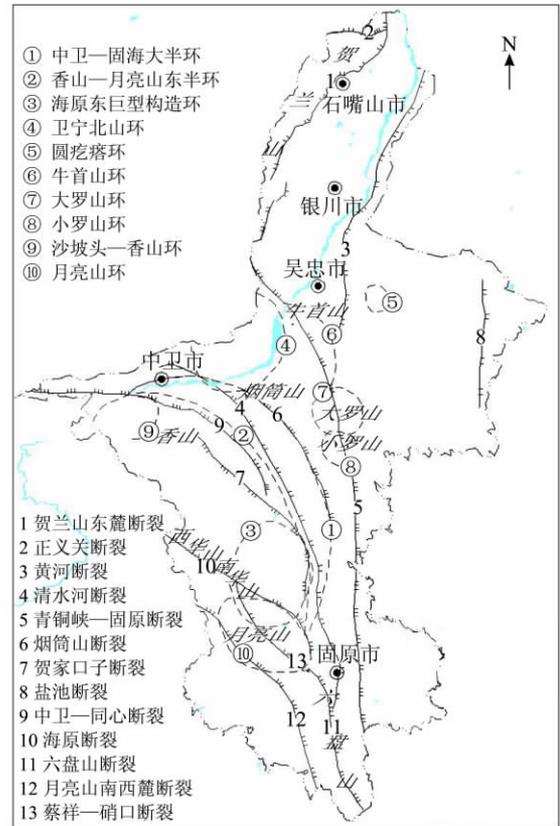


图 2 宁夏区大型遥感线、环构造分布示意图
Fig.2 The sketch map of large scale remote sensing linear and circle structures distribution in Ningxia

2.3 蚀变异常信息提取

岩石中常见的蚀变类型主要为绿泥石化、绢云母化、高岭土化、褐铁矿化以及黄铁矿化等,它们均含有 Fe²⁺、Fe³⁺ 离子或者 OH⁻、CO₃²⁻ 离子。由这些基团构成的岩石矿物与硅、铝、镁和氧形成的主要造岩矿物相比在 ETM⁺1—5 和 7 波段上存在有明显的特征谱带。其中,铁化和泥化是蚀变信息提取的主要目标。通过对 ETM⁺不同波段组合图像的增强处理,可圈定出蚀变异常的范围和强度,而这些信息常常与矿床的规模及矿化强度相关。因此,蚀变异常信息的提取可为地质找矿提供重要依据。

对铁染、羟基蚀变异常信息的提取统一采用“去干扰异常主分量阈值化技术”并结合光谱角监督分类技术进行一次性异常信息提取。提取时,首先以 ETM⁺图像的“景”为单位,分别对 ETM⁺1 3, 5 7 波段和 ETM⁺1 3 4 5 波段进行主成分分析,选择异常主分量,将异常区域提取出来并用白色突出显示;然后再进行强度分级并设置不同级别的颜色。利用该方法对羟基(泥化)和铁染(铁化)2种^[9-11]围岩蚀变异常信息进行提取(图 3)。光谱角法用 ETM⁺1—5, ETM⁺7 波段数据联合提取铁染、羟基蚀变异常信息。用光谱角监督分类法进行

异常信息提取时,首先以研究区具有大、中型成矿前景的相同成因的矿床作为参考;然后选用不同波段图像的比值分析、高端切割和低端切割等数学方法对研究区的每景图像分别进行植被、盐碱地、水体以及阴影等干扰地物的去除;最后,根据数理统计方法中的 $X + K\sigma$ (X 表示均值, σ 为标准方差) 值对异常主分量进行分级。本文将异常分为 3 级,提取的羟基异常采用 $K\sigma$ 数值进行分级,一、二、三级异常的 $K\sigma$ 值分别为 3.3、2.8 和 2.3;一、二、三级铁染异常的 $K\sigma$ 值分别为 3.0、2.5 和 2.0。

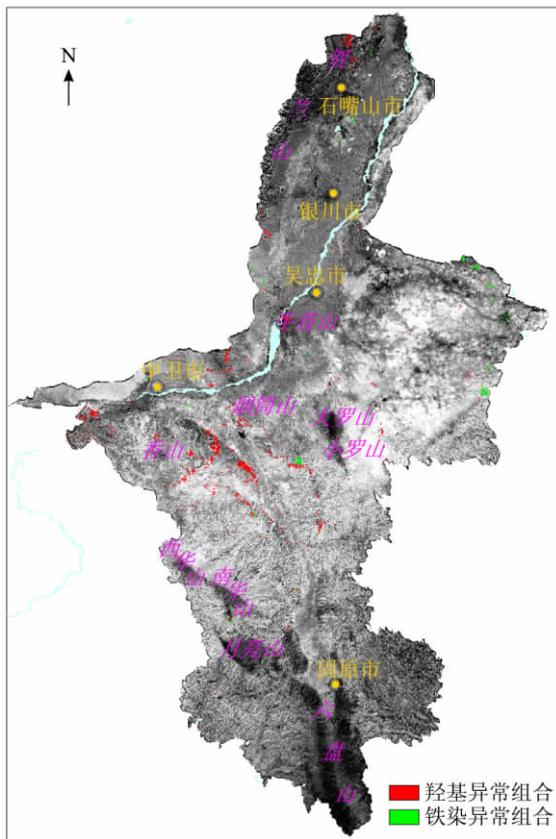


图 3 宁夏区遥感羟基铁染异常分布
Fig. 3 Distribution of hydroxide radical and iron alteration anomalies in Ningxia

3 区域构造遥感特征

构造解译是地质解译的重点,构造解译程度的高低,对岩性、地层和矿产的解译影响很大,它决定了地质解译效果的好坏^[12-14]。宁夏自治区地处华北台地、阿拉善台地与祁连山褶皱之间。区内高原与山地交错,大地构造单元复杂,区内沉积地层广布,岩浆岩出露较少。在遥感影像特征上反映出线性构造特征明显,环形构造相对较弱的特点(图 2)。

3.1 线性构造分布特征

在全区共解译断裂 276 条,按照其规模大小分

为 3 级,其中大型断裂 11 条(图 2),中型断裂 16 条,小型断裂 249 条。以宁夏区两大构造单元的分界线——牛首山—罗山—固原断裂为界,全区遥感解译的线性构造分布具明显的分带特征。该断裂以南,以呈北东(NE)方向拱突的北西西(NWW)—南北(SN)向大中型弧形推覆构造为主,其间沿山间盆地发育北西(NW)向、南北(SN)向中小型断裂。在遥感图像上,断裂两侧的地貌、色调差别较大。宁北地区构造以近北东(NE)至南北(SN)向的贺兰山东麓大断裂和黄河大断裂为主体,在贺兰山地区则发育一系列与大断裂近垂直的北西(NW)向中、小型断裂。在鄂尔多斯台地西缘的盐池地区发育少量近南北(SN)向中、小型隐伏断层。通过与区内已知实测及通过物探手段推断的大型断裂的分布形态进行对比分析,本次解译的区域线性构造与宁夏区区域构造格架的展布形态基本吻合。这也对黄河大断裂、车道—阿色浪大断裂等推测断裂给予了有效验证。遥感解译的线性构造对牛首山—罗山断裂、清水河断裂等已知断裂的分布位置和形态也进行了修正。这为今后进一步开展本区区域构造格架的研究提供了更加丰富的参考依据。

3.2 环形构造分布特征

全区共解译出 6 种成因类型的共 73 个环形构造(图 2),按照规模可分为巨型、大型、中型和小型 4 类。宁夏区以沉积岩分布为主,火山活动、岩浆侵入活动较弱,岩浆岩分布面积小,环形构造主要与构造穹窿、构造盆地和褶皱有关,与古生代花岗岩侵入有关的环形构造和与隐伏岩体有关的环形构造较少。如区内海原县大红尖山、中卫市香山—月亮山与南华山交汇处的环形构造以及牛首山、大罗山等地区分布的大型环形构造均与构造穹窿或构造盆地有关。

另有部分成因不明的中小型环形构造。这些环形构造主要沿贺兰山、卫宁北山、香山、南西华山以及月亮山等基岩山区分布,在区内构造活动强烈的西南部——秦祁昆造山带的走廊过渡带地区分布较为集中。

4 蚀变异常分布特征

4.1 铁染异常特征

应用遥感数据提取的宁夏区铁染异常分布面积较小(图 3),总面积为 33.02 km²。异常强度以二、三级较弱异常为主。在宁夏区北部,主要分布在银川平原沙湖南北两侧的盐碱地和沙地中,是地表物质氧化引起的非矿化异常。卫宁北山地区的铁染异

常主要分布在西北部的麦堆山、西半部的石墩水及色井沟一带,虽然异常分布面积不大,但与该地区已知金属矿(化)点位置较为吻合,且分布区构造发育,应该与铁矿有关的矿化蚀变有关。而同心东北部地区的丁家二沟、西部黄谷川地区和海原县盐池地区的零星铁染异常,则是高盐分地层或地表物质氧化导致,推测与该地区分布的石膏、石灰岩等非金属矿体有关,有待于下一步查证。

4.2 羟基异常特征

全区羟基异常分布面积相对较大(图3),达126.55 km²。其中一、二、三级强度异常均有分布。异常分布区域相对较为集中,分布面积较大的异常主要分布于贺兰山北段、中南段和卫宁北山、香山等基岩山区。

卫宁北山区的羟基蚀变异常具有明显的分布规律,主要呈EW和SN两条带状,沿石炭系臭牛沟组地层边缘接触带分布。该异常分布区内断层、褶皱发育。香山地区的羟基蚀变异常分布面积较大,主要分布在香山西麓北长滩下石炭统与香山群接触带交汇部位,和已知铁矿点位置吻合,推测这些异常为与构造有关的热液蚀变异常。在同心县西部的喊叫水—王团—高崖一带和同心县东部的刘家沟湾—窑山—李旺一带,羟基异常呈带状分布,主要分布在古近系、新近系地层的接触带和断裂带处,推测与该地区第三系高含盐地层有关,对该地区石膏等非金属矿具有一定的示矿意义。

本次提取的铁染、羟基异常信息作为主要要素在卫宁北山、贺兰山北段及香山地区等重点找矿预测区的多金属矿产预测评价中发挥了重要作用。依据蚀变异常信息圈定的遥感最小预测区,在该地区开展矿产资源调查评价,起到了指导作用。

5 结论

1) 以覆盖宁夏全区的ETM⁺遥感数据为基础信息源,提取了全区范围1:50万比例尺的区域遥感线性、环形构造,为部分推断性的区域性大型断裂的空间展布形态和位置提供了遥感依据,从而进一步提高了对该区构造特征的认识。本次提取的大型区域性遥感线性构造大多与已知的地质实测和物探推测的断裂构造吻合。对于一些中小型遥感线性影

像,是否为断裂构造有待于今后地质研究工作的进一步分析验证。

2) 以ETM⁺影像为数据源,采用主成分分析法进行宁夏全区范围的铁染、羟基遥感异常信息提取,并对异常分布特征进行了描述。尤其是在贺兰山北段、卫宁北山等重点多金属找矿勘查区,遥感提取的线、环构造以及铁染、羟基异常信息,为在该地区圈定找矿靶区,有效缩小找矿目标提供了很有价值的参考资料,有的遥感异常信息已在现有的勘探成果中得到了有效验证。建议对尚未进行验证的遥感最小预测区和异常分布区在今后的矿产勘查工作中给予重点关注。

参考文献:

- [1] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 李红, 朱谷昌, 张远飞, 等. 矿化蚀变区典型地物光谱特征分析与空间结构研究——以内蒙古突泉县—扎鲁特旗成矿带为例[J]. 国土资源遥感, 2010(1): 89-96.
- [3] 刁海, 张达, 狄永军, 等. 基于主成分分析和分形模型的ASTER蚀变异常信息提取[J]. 国土资源遥感, 2011(2): 75-81.
- [4] 赵鹏大, 陈建平. 地质异常理论与遥感地质研究[J]. 大自然探索, 1996(2): 29-34.
- [5] 胡波, 朱谷昌, 张远飞, 等. 空间U统计量法在遥感蚀变信息提取中的应用研究[J]. 国土资源遥感, 2011(3): 71-77.
- [6] 龙晓君, 何政伟, 刘严松, 等. 西藏羌多地区遥感蚀变与构造信息提取及成矿预测[J]. 国土资源遥感, 2010(2): 63-69.
- [7] 刘吉平, 赵鹏大, 胡光道. 遥感影像地质异常分析及其应用[J]. 地质科技情报, 1997(1): 111-117.
- [8] 卢映祥, 陈德友, 袁平. 战略性矿产远景调查[M]. 北京: 中国地质调查局, 2007.
- [9] 张玉君, 杨建民, 陈薇. ETM⁺(TM)蚀变遥感异常提取方法研究与应用——地质依据和波谱前提[J]. 国土资源遥感, 2002(4): 30-38.
- [10] 张玉君, 曾朝铭, 陈薇. ETM⁺(TM)蚀变遥感异常提取方法研究与应用——方法选择和技术流程[J]. 国土资源遥感, 2003(2): 44-51.
- [11] 杨金中, 方洪宾, 张玉君, 等. 中国西部重要成矿带遥感找矿异常提取的方法研究[J]. 国土资源遥感, 2003(3): 50-53.
- [12] 何凯涛, 甘甫平, 王永江, 等. 高空间分辨率卫星遥感地质微构造及蚀变信息识别[J]. 国土资源遥感, 2009(1): 97-100.
- [13] 王润生. 遥感地质技术发展的战略思考[J]. 国土资源遥感, 2008(1): 1-5.
- [14] 刘玉英, 郝福江. 遥感地质学[M]. 北京: 地质出版社, 2010.

The Extraction of Fault Structure and Wall Rock Alteration Remote Sensing Information in Ningxia

ZHANG Yong - ting¹ , ZHANG Xiao - dong² , LIU Zi - zeng¹ , ZHANG Yong - jie¹ , ZHANG Hui - juan¹

(1. *Ningxia Remote Sensing Center , Yinchuan 750021 , China*; 2. *Ningxia Geological Survey Institute , Yinchuan 750021 , China*;))

Abstract: In order to evaluate mineral resources in Ningxia , the authors used ETM⁺ satellite remote sensing data to extract linear and circular structure information of Ningxia by means of manual visual interpretation and computerization. At the same time , information of iron and hydroxide radical anomalies was collected by the principal components analysis and spectral - angle mapper. In combination with regional geological structure conditions , the authors made an integrated analysis of remote sensing linear character , circular structure and distribution characteristics and anomaly information in Ningxia and its indicative significance for mineral resources. The results show that remote sensing linear structure is almost identical with regional structure distribution of Ningxia , and the remote sensing linear structure and anomaly information can be employed to act as the main forecast factors for mineral resource potential evaluation in Weining North Mountain and Helan Mountain. The identified prospecting targets have provided an ideal indicative reference for mineral exploration , and some targets has already been verified by exploration results.

Key words: Ningxia; miner resource; potential evaluation; structural characteristics; alteration information

第一作者简介: 张永庭(1975 -) 男 , 高级工程师 , 主要从事资源环境遥感应用研究。E - mail: zhangyt2911@ sina. com。

(责任编辑: 刁淑娟)