

# Worldview2 数据在西昆仑老井—赞坎矿集区 铁矿调查中的应用

范玉海<sup>1,2)</sup>, 王辉<sup>1)</sup>, 王俊峰<sup>2)</sup>, 张少鹏<sup>1)</sup>

1) 中煤航测遥感局煤航地质勘查院, 西安, 710199;

2) 长安大学地球科学与国土资源学院, 西安, 710054

**关键词:** Worldview 2; 铁矿; 老井—赞坎; 西昆仑

赞坎—老井矿集区位于新疆塔什库尔干县, 属于西昆仑成矿带塔合曼—西若达坂铁矿成矿区, 研究区高寒缺氧, 地形切割强烈, 人烟稀少, 交通极为不便, 面积性的野外矿产地质调查工作面临挑战, 难以获取系统、全面、翔实的资料(王俊峰等, 2013)。遥感技术作为当今矿产调查的主要技术手段之一, 越来越得到重视, 特别是高分辨率的 WorldView- II 数据能够提供全色 0.46 m 和多光谱 1.84 m 遥感数据, 拥有八个波段, 为其在矿产地质调查领域发挥更大作用提供了可能(杨金中等, 2015; 王辉等, 2016)。

本文在分析赞坎—老井矿集区成矿背景、矿床地质特征及成矿要素的基础上, 利用 WorldView- II 数据开展磁铁矿遥感地质调查和遥感矿化蚀变异常信息提取, 为进一步扩大找矿成果提供依据。

## 1 研究区地质背景

研究区位于西昆仑构造带与喀喇昆仑构造带结合部位西南侧的塔什库尔干陆块, 处于康西瓦断裂与塔阿西断裂之间, 构造线呈北西向, 断裂发育, 构造优势方位为 NW 向。结合带以北属中昆仑(中央地块) Fe-Cu-Pb-Zn 矿带(四级), 以南属慕士塔格—阿克赛钦(陆缘盆地) Fe-Cu-Au-Pb-Zn-RM 矿带(四级)。区内出露的地层主要有古元古界布伦阔勒岩群, 呈北西南东向展布, 与周围地层多呈断层接触, 为一套高绿片岩相的硅铁建造(西安地质矿产研究所, 2006; 冯荣昌等, 2011; 燕长海等, 2012)。

## 2 铁矿床地质特征

**含矿建造与赋矿层位:** 含矿岩系为古元古界布伦廓勒岩群, 岩性为一套富含石榴石、夕线石等特征变质矿物的变质岩系, 变质程度达高角闪岩相。主要岩石类型有黑云石英片岩、磁铁石英岩、角闪斜长片麻岩、石榴斜长角闪片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、夕线石榴黑云斜长片麻岩、大理岩及斜长石英岩等。

**矿床类型:** 对于矿床成因类型不同矿产学者有不同观点, 主要有沉积变质型、海相火山沉积-变质改造型(“帕米尔式”铁矿床)之争, 但二者均认为是裂谷裂陷背景, 海底火山活动间歇期喷流沉积成矿, 后来受区域变质变形改造。前者为主流观点, 为多数学者所接受, 后者观点新颖, 研究程度更趋深入。

**关键成/控矿要素:** ①矿体层控特征明显, 严格受地层控制, 产于古元古界布伦廓勒岩群(Pt<sub>1b</sub>)含铁岩段(a段), 岩性为(铁染)黑云母石英片岩为主, 次为二云母石英片岩、绢云母石英片岩、(含磁铁)黑云斜长片麻岩, 夹磁铁矿及少量斜长角闪片(麻)岩等。其中(铁染)黑云母石英片岩和(含磁铁)黑云斜长片麻岩与磁铁矿空间关系最为密切, 往往构成铁矿体的上下盘围岩; ②矿体与构造关系密切, 区内构造活动强烈, 次级断裂及褶皱发育, 矿体除了严格受地层控制外, 在次级断裂发育部位和褶皱构造的轴部有利于矿体厚度增大和矿石品位提高。此外, 区内燕山构造运动期岩浆活动虽较强烈, 但岩浆侵入活动期明显晚于铁矿形成期, 故铁矿形成与岩浆侵入活动关系不大, 仅在成

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号: 41302051)、国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号: 2015CB453000)及中国地质调查局地质调查项目(编号: 12120115011301、1212011120888)的成果。

收稿日期: 2019-01-10; 改回日期: 2019-03-20; 责任编辑: 费红彩。Doi: 10.16509/j.georeview.2019.s1.104

作者简介: 范玉海, 1983年生, 男, 工程师, 博士研究生, 沉积盆地分析专业, Email: 170269854@qq.com。

矿期后对铁矿体与岩体的接触带附近进行改造或破坏。

### 3 WorldView-2 成/控矿信息遥感解译

本研究以 WorldView-2 高分数据为主要信息源, 经过 B8 (R) B4 (G) B3 (B) 波段组合, 利用 DEM 数据进行正射校正, 经全色波段融合处理, 使融合影像分辨率达到 0.46 m, 并针对性的对其进行增强变换处理, 以突出地层岩性、构造、铁矿(化)带(体)信息。

#### 3.1 地层岩性信息

研究区磁铁矿赋存于布伦廓勒岩群 (Pt<sub>1b</sub>) 黑云石英片岩、磁铁石英岩、石英片岩、大理岩等岩性段。在 WorldView-2 高分数据 B8 (R) B4 (G) B3 (B) 波段组合影像上, (铁染) 黑云石英片岩呈暗灰黑色色调, 条带状影纹, 抗风化能力中等, 多形成缓坡微地貌 (图 1a)。大理岩色彩为灰黄色、灰白色, 不规则格块状, 一般以正地形为主, 抗风化能力较强等 (图 1b)。

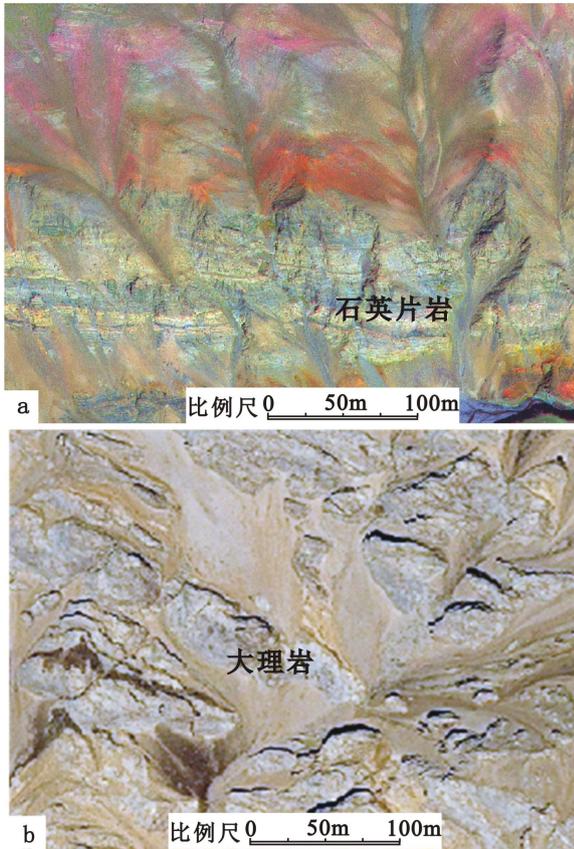


图 1 石英片岩 (a)、大理岩影像特征 (b)

#### 3.2 构造信息

区内断裂和褶皱构造十分发育, 断裂构造多以

压(扭)性为主, 影像上线性构造特征明显, 可形成线状色调影纹异常带, 多形成线状负地形; 断裂两侧色调、纹理等特征也显著不同, 往往构成不同影像体分界线 (图 2a), 褶皱构造在影像图上表现为同一套带状影像体或某一影像标志层在空间上呈镜像对称重复分布, 并沿向形扬起端或背形倾伏端连续, 特征明显, 易于识别 (图 2b)。

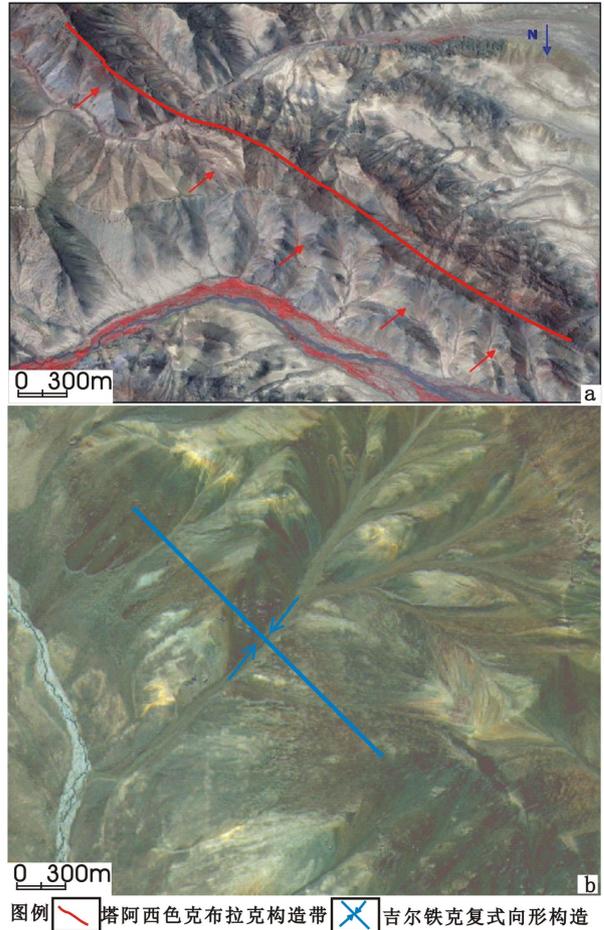


图 2 构造带遥感影像特征 (a 塔阿西-色克布拉克构造带; b 吉尔铁克复式向形构造)

#### 3.3 矿体、矿化带信息

根据野外观测结果, 磁铁矿矿石多为铁黑色、灰黑色, 矿体呈厚层块状、似层状、透镜状、不规则形态展布, 矿体产状与顶底板围岩产状基本一致。在 WorldView-2 高分数据 B8 (R) B4 (G) B3 (B) 波段组合影像上, 磁铁矿呈亮米黄色—黄绿色为主间灰(白)色调, 老井一带铁矿体沿片理走向呈斑块(点)状、串珠状断续分布 (图 3a); 吉尔铁克沟铁矿体一带, 沿片理走向呈扁豆状、条带状延伸; 走克本沟铁矿化带连续性较好, 呈规则细条带状分布 (图 3b)。

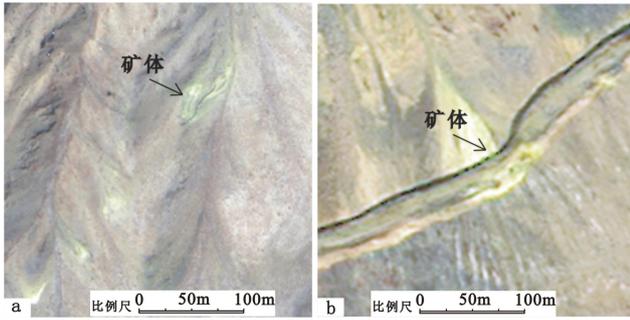
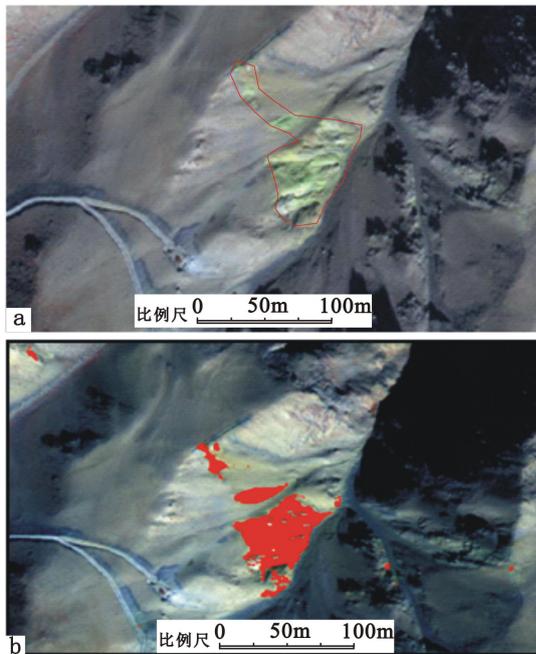


图 3 WorldView-II 图像上矿体出露影像特征 (a 老井一带铁矿, b 吉尔铁克沟谷铁矿)

#### 4 基于 WorldView2 高分数据矿化蚀变遥感异常信息提取

铁染信息是铁矿(化)体特征的遥感异常信息,其吸收特征波谱中心分别为  $0.45\ \mu\text{m}$ 、 $0.55\ \mu\text{m}$ 、 $0.85\ \mu\text{m}$  和  $0.90\ \mu\text{m}$ , 反射特征波谱为  $0.60\sim 0.80\ \mu\text{m}$ 。对应于 WorldView 2 数据的 B1、B2、B3 和 B7、B8 呈吸收特征, B4、B5、B6 呈反射特征。采用主成分分析法进行 WorldView 2 数据 B1、B4、B8、B6 等 4 个波段进行主成分变换, 对代表铁染主分量的判断准则是构成该主分量的本征向量, 其 B4 系数应与 B1、B8 系数相反, 一般与 B6 系数相同(表 1)。

按照均值+ $3\delta$  (标准差) 确定异常下限, 提取的铁染异常特征明显, 与铁矿体吻合度较高(图 4)。



图例   铁矿体  铁染异常

图 4 铁矿 WorldView-2 异常提取对比图(a 铁矿体高分影像; b 铁染异常)

表 1 铁染异常特征矩阵

| 特征向量 | Band1 | Band 4 | Band 8 | Band 6 |
|------|-------|--------|--------|--------|
| PC 1 | 0.276 | 0.548  | 0.545  | 0.572  |
| PC 2 | 0.813 | 0.234  | -0.520 | -0.120 |
| PC 3 | 0.508 | -0.590 | 0.582  | -0.234 |
| PC 4 | 0.076 | -0.545 | -0.306 | 0.777  |

#### 5 小结

(1) WorldView2 数据分辨率达  $0.46\ \text{m}$ , 对地层岩性、断裂构造、褶皱构造的解译更为有利, 特别是铁矿矿体、矿化带的遥感解译效果较为明显, 为高分数据应用积累经验。

(2) 采用主成分分析法对 WorldView 2 数据进行铁染异常的提取研究表明, WorldView 2 数据所含信息量更丰富, 空间分辨率更高, 遥感异常提取效果佳、精度高, 往往能直接找到铁矿(化)体, 值得推广应用。

#### 参 考 文 献 / References

冯荣昌, 吴海才, 陈勇. 2011. 新疆塔什库尔干县赞坎铁矿地质特征及成因浅析. 大地构造与成矿学, 35(3): 404~409.

王辉, 范玉海, 张少鹏等. 2016. 运用高分遥感技术圈定西昆仑黑恰铁多金属矿化带. 中国地质调查, 3(5):13~20.

王俊峰. 2013. 西昆仑老井-赞坎矿集区铁矿成矿条件遥感研究. 西北地质, 46(2): 167~173.

西安地质矿产研究所编. 2006. 西北地区矿产资源找矿潜力. 北京: 地质出版社.

燕长海, 陈曹军, 曹新志等. 2012. 新疆塔什库尔干地区“帕米尔式”铁矿床的发现及其地质意义. 地质通报, 31(4): 549~557.

杨金中, 赵玉灵. 2015. 遥感技术的特点及其在地质矿产调查中的作用. 矿产勘查, 6(5): 529~534.

FAN Yuhai, WANG Hui, WANG Junfeng, ZHANG Shaopeng: The application of Worldview 2 in the iron ore of Laobing-Zankan ore cluster area, West Kunlun Mountains  
 Keywords: Worldview 2; iron ore; Laobing-Zankan ore cluster area; West Kunlun Mountains