

文章编号: 1009-6248(2009)04-0022-08

柴达木盆地北缘滩涧山金矿遥感综合找矿模式

鞠崎¹, 刘振宏², 王永³

(1. 中国煤炭地质总局青海煤炭地质局, 青海 西宁 810001; 2. 青海省国土资源厅项目管理中心, 青海 西宁 810001; 3. 中煤航测遥感局遥感应用研究院, 陕西 西安 710054)

摘要: 通过ETM 卫星图像的成矿信息提取, 获取滩涧山金矿的遥感地质标志信息和遥感矿化蚀变信息, 然后以遥感地质信息、遥感矿化蚀变信息和物化探信息等作为评价因子, 构建滩涧山金矿遥感综合成矿模式, 指导柴达木盆地北缘成矿带的金矿遥感成矿预测。预测结果表明: 秦川沟- 千枚岭、万洞沟、独龙沟3个地区具有较好的金矿遥感综合成矿条件。通过野外查证和采样化验证明: 秦川沟- 千枚岭滩涧山群(O₂ST)板岩及石英脉中的A_u: 0.30×10^{-6} ; 独龙沟北段滩涧山群(O₂ST)绿泥石化安山岩中石英脉样A_u: 1.22×10^{-6} ; 独龙沟南段断裂带内滩涧山群(O₂ST)绿泥石化安山岩及凝灰岩矿化带A_u: 0.37×10^{-6} ; 万洞沟断裂带内滩涧山群(O₂ST)安山岩夹凝灰岩矿化带中A_u: 0.48×10^{-6} 。具有较好的金矿找矿线索。因此, 应用滩涧山金矿(典型矿床)的遥感综合找矿标志模式在柴达木北缘成矿带(同一成矿带)进行遥感找矿预测取得了良好的效果。可作为一种地质找矿方法在西部地区推广。

关键词: 矿化蚀变信息; 容矿地层; 控矿构造; 物化探信息; 找矿模式; 柴北缘

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

1 前言

随着遥感地质找矿技术的发展, 遥感与地质、地球物理、地球化学勘查手段相结合的综合找矿方法成为现代地质找矿的方向。

以工作区的成矿地质条件为基础, 对化探异常信息和遥感异常信息与成矿的相关性作综合分析, 进而圈定找矿靶区, 为进一步地质勘查提供找矿依据和方向已成为现代地质找矿的有力手段之一。丁振举等(1996)对秦岭金矿遥感找矿模式进行了总结; 徐国端等(2003)在新疆沙泉子金矿区通过对化探和遥感找矿信息的综合分析, 圈定了4个具有金矿成矿地质异常的找矿靶区; 刘成等对辽南某区A_u化探散点数据进行了高精度的图像化, 并与遥感图像叠加, 发现已知的金矿床和未知的矿化点; 周

军等(2005)在新疆东准噶尔地区将化探数据与遥感数据融合, 经综合分析和部分实地查证, 提出一系列重要找矿地段。因此, 通过多源地学信息的综合分析, 可获取多种地质异常和综合信息, 建立金矿的找矿标志和概念模式, 提供新的找矿线索。

笔者在分析柴达木盆地北缘成矿带区域地质背景和成矿条件的基础上, 利用FR 便携式分光辐射光谱仪对主要矿化蚀变带的铁化、泥化、硅化等蚀变矿物进行了测试, 建立铁化、泥化和硅化光谱数据库, 确定矿化蚀变信息提取的最优波段组合, 采用比值、主成分分析和光谱角填图方法分别提取铁化、泥化和硅化信息, 并对上述3种方法所提取的异常信息图进行综合对比和可行性评估, 以确定可行性较好的一种提取方法, 综合其他两种方法所提取的信息, 编制矿化蚀变信息分布图, 并结合遥感

收稿日期: 2009-04-25; 修回日期: 2009-09-01

基金项目: 青海省2006年地质勘查项目[2006]02号资助。

作者简介: 鞠崎(1966-), 男, 江苏扬州人, 高级工程师。主要从事地质勘查及管理工作。Email: qhjuqi@163.com。

地质解译分析, 将遥感地质信息、矿化蚀变信息和物化探信息作为评价因子, 总结滩涧山金矿的遥感综合成矿信息标志, 构建遥感综合找矿模式, 指导柴北缘成矿带的遥感成矿预测。

2 成矿地质背景

滩涧山金矿位于柴达木地块北缘西段中元古界万洞沟群 ($P_{t2}W$) 与中奥陶统一志留系滩涧山群 (O_2ST) 构成的区域北西向韧性剪切带中 (图1)。下元古界达肯大坂群 ($P_{t1}D$) 由角闪岩相变质岩类组成, 构成区域地壳结晶基底, 中元古界万洞沟群为一套浅变质的碳泥质岩、富镁碳酸盐岩建造。其中

碳质泥岩富含金、砷等成矿元素, 为金的矿源层。

中奥陶世—志留纪, 区域地壳经历了强烈的伸展, 柴北缘地区北西向陆内裂谷形成, 沉积了厚达 5 000 m 的滩涧山群中基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩。加里东末期, 裂谷闭合造山, 滩涧山群与万洞沟群拼贴在一起, 沿交接带的挤压推覆, 导致区域北西向韧性剪切带强烈活动, 叠加在万洞沟群的含金碳质岩石之上, 形成滩涧山金元素的首次矿化富集。华力西期, 区域地壳又经历了一次较小规模的开合演化, 华力西晚期侵入岩浆活动使滩涧山地区遭受 1 强烈的改造和叠加, 金元素再次富集, 滩涧山金矿床形成 (于凤池等, 1998)。

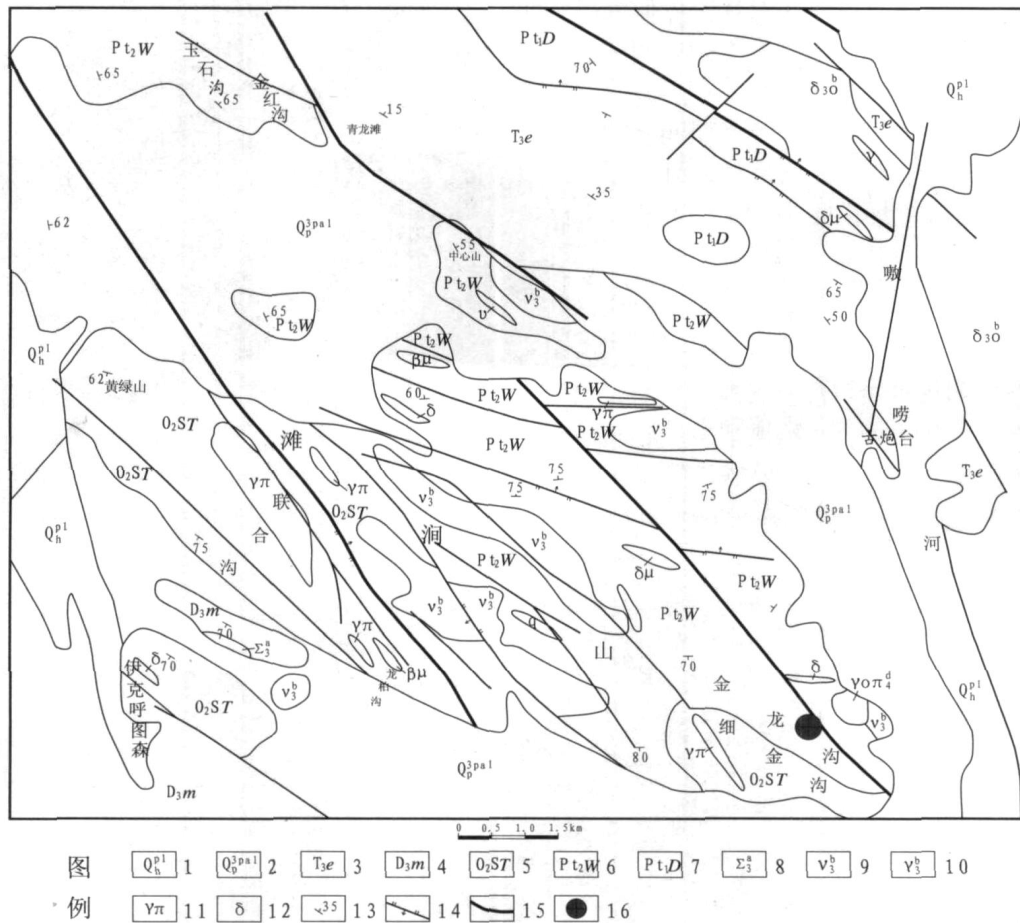


图1 滩涧山金矿床区域地质构造略图

Fig. 1 Regional geological sketch of the Tanjianshan gold mine

1. Q_p^1 全新统冲积层; 2. Q_p^{pal} 更新统冲洪积层; 3. T_{3e} 晚三叠统鄂拉山组; 4. D_{3m} 晚泥盆统牦牛山组; 5. O_2ST 中奥陶统一志留系滩涧山群; 6. $P_{t2}W$ 中元古界万洞沟群; 7. $P_{t1}D$ 早元古界达肯大坂群; 8. Σ_3^a 加里东期超基性岩; 9. U_3^b 加里东期基性岩; 10. Y_3^b 加里东期花岗岩; 11. $Y\pi$ 花岗斑岩脉岩; 12. δ 闪长岩脉; 13. 地层产状; 14. 逆断裂; 15. 解译断裂; 16. 金龙沟金矿

3 遥感综合找矿信息

3.1 线-环构造信息

滩涧山在ETM 图像上整体呈“梭形”，“块状山”地貌(图2)，周围为第四系冲洪积层所环绕。其东部呈深蓝色，色调较暗，平行羽状水系影纹结构，地层时代为中元古界万涧沟群(PtW)；西部呈深棕色彩，色调较暗，树枝状水系影纹结构，地层时代为中奥陶统一志留系滩涧山群(O₂ST)。滩涧山的线性构造发育，走向主要为北西向和北北西向，具有向南东散开，向北西收敛的“帚状”构造影像特征。同时，可见规模较小的近东西向线性构造与北西向线性构造相交，构造“网格状”构造影像。北东向韧性剪切带发育，在滩涧山的外围有环状水系构成的巨型环形构造。

3.2 遥感矿化蚀变信息

滩涧山矿区基岩除有少量的坡残积物覆盖外，全部裸露。矿化蚀变信息以铁化信息最为发育(图3)，其次为泥化及碳酸盐化信息(图4)，最次为硅化信息(图5)。

其中万涧沟群中最低值铁化异常约占60%，最低值泥化及碳酸盐化异常约占70%，最低值硅化异常约占15%；滩涧山群中高值铁化异常约占50%，中、低值铁化异常约占20%，高值和中、低值泥化及碳酸盐化异常均占10%左右；最低值硅化异常分布面积小于5%。金龙沟金矿床主要位于万涧沟群最

低值铁化、泥化及碳酸盐化异常区内。

3.3 侵入岩信息

滩涧山矿区侵入岩以加里东期和华力西晚期为主，主要分布在矿区周边，呈小岩体或岩脉产出，出露面积多在1 km²以下。由于区域韧性剪切带的长期活动，原始侵入关系已被片理化带取代。加里东期侵入岩以蚀变辉长岩为主(γ_3)，未见矿化现象。华力西晚期侵入岩以浅成、超浅成斜长花岗斑岩($\gamma_{\text{斑}}$)、闪长玢岩(δ_1)为主，其次有少量花岗斑岩($\gamma_{\text{斑}}$)和云煌岩。他们在控矿剪切带中呈石香肠或构

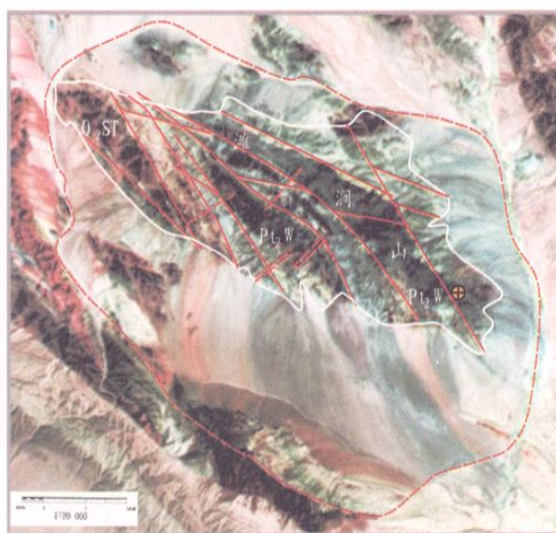


图2 滩涧山金矿ETM 卫星影像图

Fig.2 ETM Satellite image of Tanjianshan gold mine

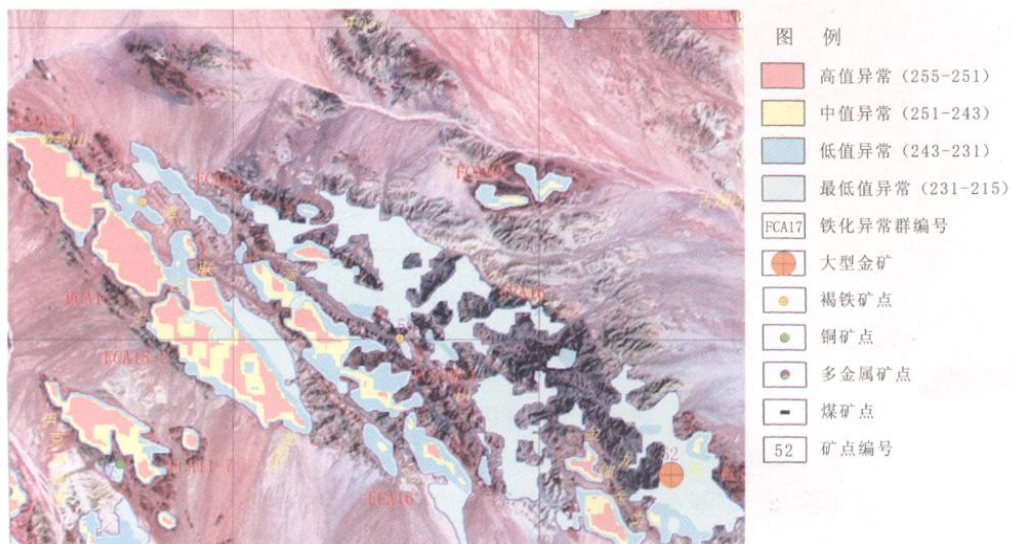


图3 滩涧山铁化异常信息图

Fig.3 Sketch for iron mineralization unusual information extract

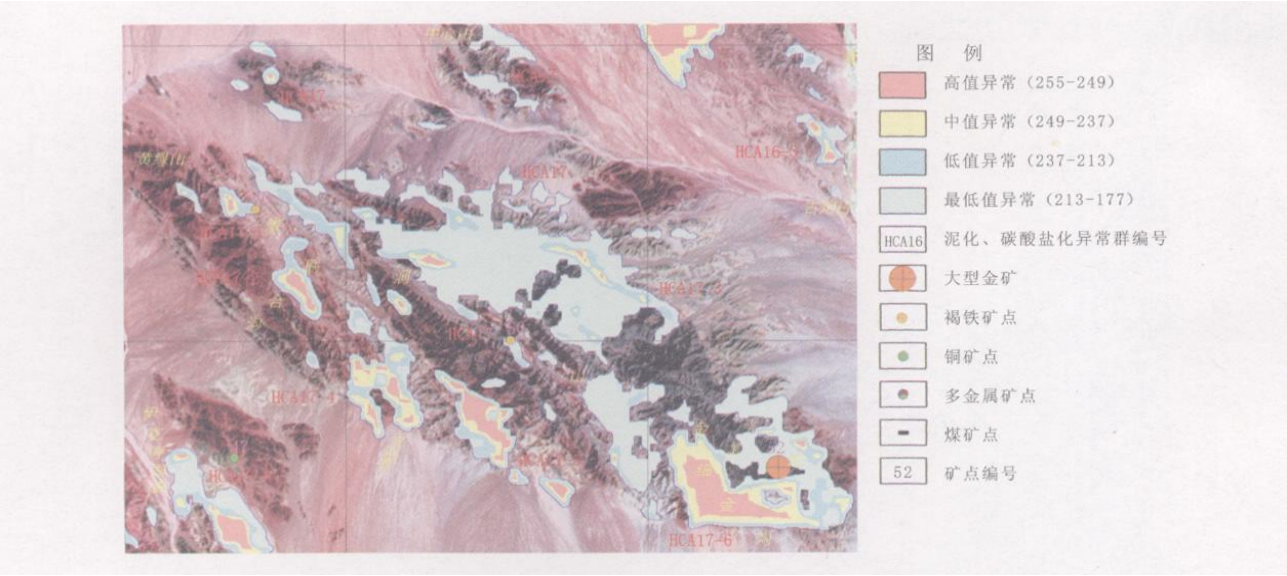


图 4 滩涧山泥化、碳酸盐岩化异常信息图

Fig. 4 Sketch for clay and carbonate mineralization unusual information extract



图 5 滩涧山硅化异常信息图

Fig. 5 Sketch for silicon mineralization unusual information extract

造透镜体产出, 矿体中直径约数厘米的浑圆角砾也可见到, 普遍遭受不同程度的蚀变和矿化。其中, 偏基性的闪长玢岩和云煌岩可以形成显著的矿化富集。

3.4 化探信息

滩涧山矿区化探异常信息十分丰富, 元素组合为Au、Mo、Co、W、As、Cu、Bi、Zn。万洞沟群含Au元素均值 $(2 \sim 7.8) \times 10^{-9}$, 峰值 $(2.8 \sim 35) \times 10^{-9}$ 。

4 遥感综合找矿标志模式

滩涧山金矿床位于柴达木地块北缘的内侧, 处于稳定地块和构造活动带之间的过渡带。是在热水沉积、区域变质、热变质等预富集的基础上, 与区域绿片岩相韧性剪切带的退化演化同步, 经历了脆韧性、韧脆性和脆性剪切变形成矿阶段的演化, 并遭受华力西晚期侵入岩浆活动的叠加改造形成的。成矿物质来自容矿黑色岩系和华力西晚期侵入岩,

其成因属以构造蚀变岩型为主的多因复成矿床。遥感找矿标志模型可概况为地层标志、构造标志、侵入岩标志、矿化蚀变信息标志和物化探异常辅助标志(图6)。

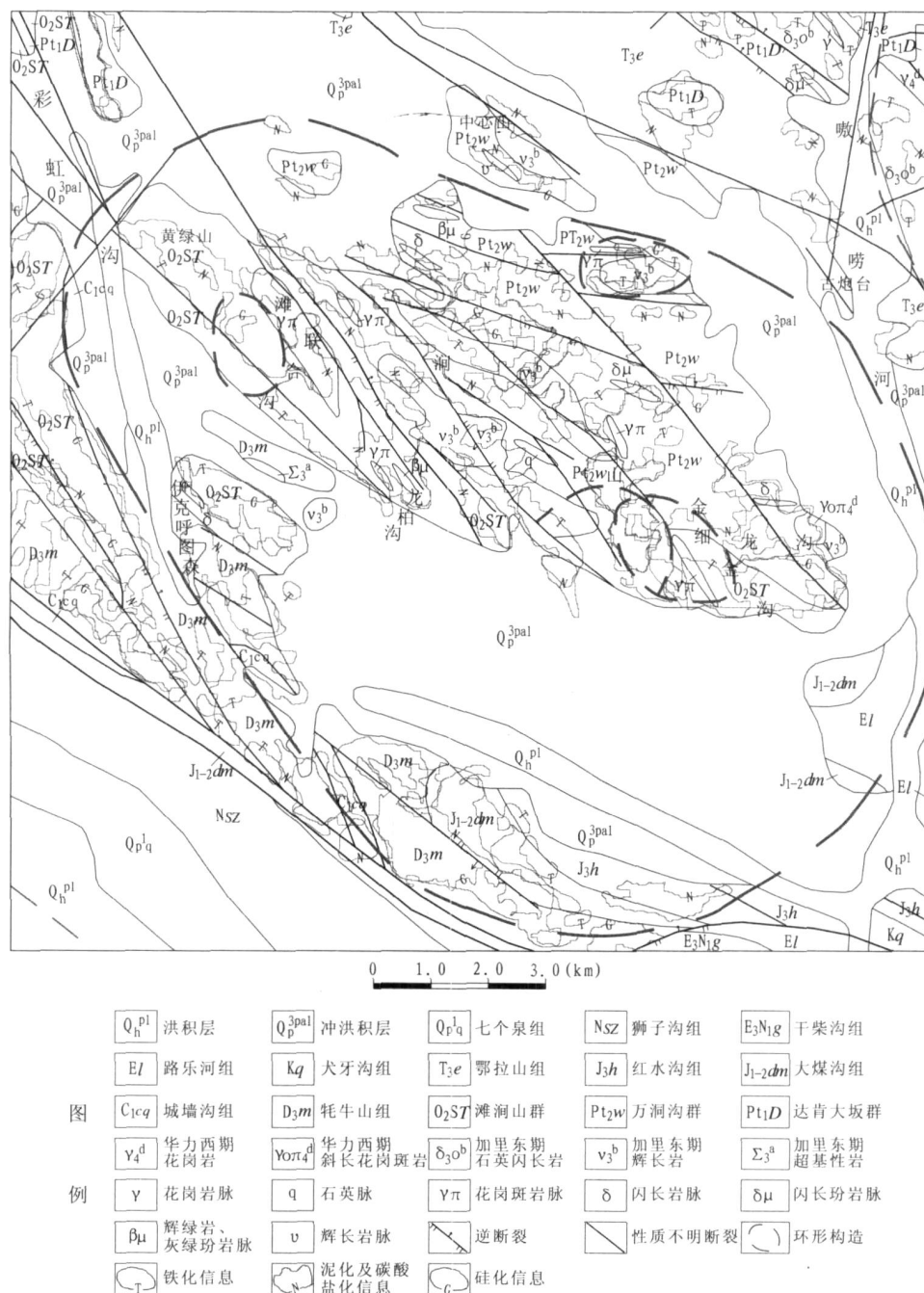


图6 滩涧山金矿遥感综合成矿信息图

Fig. 6 Sketch for synthesis ore-forming information with remote sensing of Tanjianshan gold ore

4.1 地层标志

万洞沟群是滩涧山金矿的容矿地层, 由于强烈的剪切变形, 原始层理已被置换, 根据区域对比, 其层位相当于万洞沟群中部的黑色岩系, 以碳质糜棱

片岩为主, 属含金碳质岩石。遥感影像标志清晰, 可作为滩涧山金矿遥感找矿的基本标志。

4.2 构造标志

滩涧山区域北西向线性构造发育, 其次为小型

的北东向、近南北向韧性剪切带,不同走向的线性构造在ETM卫星图像上呈“菱形”构造块体和“帚状”、“格状”构造影像。其中北西韧性剪切带宽约1 km,叠加在碳质泥岩之上,覆盖了所有已知矿体、矿点的分布。北东向韧性剪切带宽约500 m,夹持于区域北西向韧性剪切带之中,为区域北西向韧性剪切带递进演化的产物。由于区域北西向韧性剪切带多次左型、右型剪切活动,北东向韧性剪切带经历了多次强烈的挤压收缩和伸展扩容,为矿化流体的循环和汇聚提供了有利条件,矿体主要产于北西、北东向韧性剪切带和断裂破碎带内。因此,北西向断裂破碎带、北东向、近南北向韧性剪切带是找矿的重要标志,环形、帚状、菱形等遥感构造也是滩涧山遥感找矿的主要标志。

4.3 侵入岩标志

滩涧山华力西期侵入岩普遍遭受了不同程度的蚀变和矿化,其中偏基性的闪长玢岩和云煌岩可形成显著的矿化富集。氢氧同位素研究表明成矿介质水位于岩浆水和变质水范围,矿石中高能成矿元素(Ta、Nb、Zr)有不同程度的富集,黄铁矿铅同位素比值位于碳质糜棱片岩和华力西晚期侵入岩之间,更靠近侵入岩一侧,这些事实表明华力西晚期侵入岩浆活动对成矿物质也作出了重要的贡献。

因此,岩浆侵入活动是滩涧山遥感找矿的直接标志。

4.4 遥感矿化蚀变异常信息标志

滩涧山金矿的矿化蚀变类型主要为黄铁矿化、硅化、绢云母化、碳酸盐化。遥感矿化蚀变信息提取显示,异常信息值以最低值异常为主。其中,泥化及碳酸盐化异常分布面积最大,其次为铁化异常,硅化异常面积最小。金龙沟金矿、细金沟金矿均位于矿化异常区内。

因此,矿化信息异常区是滩涧山遥感找矿的直接标志。

4.5 物、化探异常标志

高强度的物、化探异常通常与矿体直接有关,工程揭露易于发现矿体。如赛什腾山大型重力梯度带对应着赛什腾山加里东、印支期铅、锌、金、钨、锡(铜、钴、稀土)成矿带,滩涧山大型金矿位于其中。柴北缘老磁性基底的边界和沿此边界发育的磁异常带控制了赛什腾山金成矿带。其中,滩涧山金矿位于航磁异常边缘。

滩涧山化探异常为Au、As、Cu组合,异常区已发现金龙沟、细金沟金矿床。

因此,物、化探异常信息也是滩涧山遥感找矿的主要辅助标志。

5 结论

根据遥感地质解译和矿化信息提取成果,应用遥感综合找矿标志模式在柴北缘成矿带确定了秦川沟—千枚岭、万洞沟、独龙沟等地具有较好的成矿综合信息特征。野外查证和采样化验表明,通过遥感综合找矿标志模式优选的成矿远景区均具有较好的找矿线索。其中:

(1) 秦川沟-千枚岭滩涧山群(O₂ST)板岩及石英脉中的Au: 0.30×10^{-6} 、 0.64×10^{-6} 、 0.87×10^{-6} ,具有Au找矿线索;

(2) 独龙沟北段滩涧山群(O₂ST)绿泥石化安山岩中石英脉样Au: 1.22×10^{-6} ;独龙沟南段断裂带内滩涧山群(O₂ST)绿泥石化安山岩及凝灰岩矿化带Au: 0.37×10^{-6} 、Ag: 3.16×10^{-6} , TFe: 32.75%;具有Au、Ag、Fe找矿线索;

(3) 万洞沟断裂带内滩涧山群(O₂ST)安山岩夹凝灰岩矿化带中Au: 0.48×10^{-6} , Ag: 3.06×10^{-6} , Cu: 5.00%,具有Au、Ag、Cu找矿线索;

总之,应用滩涧山金矿(典型矿床)的遥感综合找矿标志模式在柴北缘成矿带(同一成矿带)进行遥感找矿预测取得了良好的效果。可作为一种地质找矿方法在西部地区推广。

参考文献 (References):

- 谭衡霖, 翟建平, 徐光平. 试论遥感地质找矿的进展 [J]. 地质找矿论丛, 1999, 14 (4): 29-34.
- 丁振举, 盛吉虎, 贾建业, 谭铁龙. 金矿遥感找矿模式探讨 [J]. 河南地质, 1996, 14 (2): 132-137.
- 何国金, 薛重生. 赣东北地区遥感找矿影像模式及预测 [J]. 遥感与地质, 1994, 37 (1, 2): 25-30.
- 吕永昌. 浙东南金(银)矿的遥感影像地质模式 [J]. 矿产与地质, 1993, 34 (2): 127-132.
- 卫万顺. 金矿遥感找矿信息模型研究——以山海关地区为例 [J]. 黄金地质, 1995, 1 (2): 52-59.
- 吴顺发. 试论岩金矿化区的遥感解译模型 [J]. 黄金地质科

- 技, 1990, 24 (2): 50-55.
- 西安煤航信息产业有限公司. 青海省柴北缘成矿带1/5万遥感地质调查解译及成矿信息提取报告[R]. 2008: 112-116.
- 于凤池, 魏刚锋, 孙继东, 王永样, 梅安静. 青海滩涧山金矿床成矿模式[J]. 西安工程学院学报, 1998, 20 (1): 29-32.
- 杨世喻. 云南锡矿遥感地质找矿模型[J]. 国土资源遥感[J]. 1995, 24 (2): 36-47.
- 张侍威, 和志军. 北秦岭构造带(河南段)金、铜遥感地质综合找矿模式研究[J]. 地质与勘探, 2003, 39 (01): 52-55.
- 罗朝舜, 赵志芳, 许东, 李文昌. 成矿区带(矿田)赋矿遥感模型[J]. 云南地质, 2004, 23 (03): 378-384.
- 王日冬, 邢立新. 矿床蚀变信息的遥感提取方法[J]. 世界地质, 2000, 19 (04): 397-401.
- 王永, 王亚红. 利用细分光谱仪数据提取矿化蚀变信息的方法研究——以柴达木盆地北缘为例[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23 (02): 165-168.
- 康高峰, 刘池阳, 王永, 王亚红, 吕录仕. 柴北缘成矿带矿化蚀变信息提取的方法研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2007, 37 (06): 887-892.
- 杨金中, 方洪宾, 张玉君, 陈薇. 中国西部重要成矿带遥感找矿异常提取方法研究[J]. 国土资源遥感, 2003, 57 (3): 50-53.
- TAN Qulin, ZHA I Jianping, XU Guangping. A Tentative Discussion on the Progress of Remote Sensing Prospecting [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1999, 14 (4): 29-34.
- DING Zhenju, SHENG Jihu, JIA Jianye, TAN Tielong. Study of Prospecting Model of Gold Deposits by Remote Sensing [J]. Henan Geology, 1996, 14 (2): 132-137.
- HE Guojin, XUE Chongsheng. Prospecting Prediction and Image Models with Remote Sensing, in Northeastern Jiangxi Province [J]. Remote Sensing and Geology, 1994, 37 (1, 2): 25-30.
- LU Yongchang. Remote Sensing Image Geological Model on Gold (Silver) Deposits in Southeastern Zhejiang Province [J]. Mineral Resources and Geology, 1993, 34 (2): 127-132.
- WEI W anshun. A Study on Information Model of Remote Sensing for Prospecting Gold Deposit: an Example From Shanhaiguan District [J]. Gold Geology, 1995, 1 (2): 52-59.
- WU Shunfa. Interpretation Model of Remote Sensing On the mineralized zone of rock gold [J]. Gold Geological Technology, 1990, 24 (2): 50-55.
- Xi'an ARSC Information Industry Ltd. Reports on Image Interpretation and extraction of ore-forming information with Remote Sensing in metallogenic belt of North margin of Qaidamu Basin, Qinghai Province [R]. 2008: 112-116.
- YU Fengchi, WEI Gangfeng, SUN Jidong, WANG Yongxiang, MEI Anjing. Metallogenic Model of the Tanjianshan Gold Deposit in Qinghai Province [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 1998, 20 (1): 29-32.
- YANG Shiyu. The Remote Sensing Geologic Prospecting Model for The Tin Deposits in Yunnan [J]. 1995, 24 (2): 36-47.
- ZHANG Shiwei, HE Zhijun. Gold and Copper Integrative Prospecting Model in Henan Section of The Qinling Tectonic Belt. [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39 (01): 52-55.
- LUO Chaoshun, ZHAO Zhifang, XU Dong, LI Wenchang. Remote Sensing Model of Ore-Bearing in Metallogenetic Area (Orefield) [J]. Yunnan Geology, 2004, 23 (03): 378-384.
- WANG Ridong, XING Lixin. The Alteration Information Extraction by Remote Sensing [J]. World Geology, 2000, 19 (04): 397-401.
- WANG Yong, WANG Yahong. Methodological Study on Mineralization-Alteration Information Extraction from Spectral Data: A Case of the North Margin of Chaidamu Basin [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008, 23 (02): 165-168.
- KANG Gaofeng, LIU Chiyang, WANG Yong, WANG Yahong, LI Lushi. The method and practice on extracting of the mineralization alternation information with ETM image in the northern marginal mineralization belt of Chaidamu Basin [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2007, 37 (06): 887-892.
- YANG Jinzhong, FANG Hongbin, ZHANG Yujun, CHEN Wei. Remote Sensing Anomaly Extraction in Important Metallogenic Belts of Western China [J]. Remote Sensing For Land & Resources, 2003, 57 (3): 50-53.

Integrated Remote Sensing Metallogenic Mode of Tanjianshan Gold Deposit In the Northern Marginal Mineralization Belt of Qaidam Basin

JU Qi¹, LIU Zhen-hong², WANG Yong³

(1. Qinghai Province Coal Geology Bureau, Xining 810001, China; 2. Qinghai

Province Department of Land and Resources, Xining 810001, China;

3. Remote Sensing Application Institute of ARSC, Xi'an 710054, China)

Abstract: The integrated remote sensing prospecting mode can be built through the comprehensive analysis of remote sensing images information, mineralized alteration information, ore formation, ore-control tectonic information, and united intrusive rocks information, geophysical and geochemical unusual information in Tanjianshan gold mine, and guide mineralization prediction with remote sensing in the northern margin of mineralization belt of Qaidam Basin. The prediction results show that there are good gold metallogenic conditions in integrated remote sensing information in Qinchuangou to Qianmeiling, Wandonggou and Dulonggou. The field verification and sampling tests prove that the Au metal grade purity is 0.30g/t in slate and quartz vein of Tanjianshan group of Ordovician to Silurian in Qinchuangou to Qianmeiling, 1.22g/t in quartz veins of andesite and 0.37g/t in mineralization zone of andesite and tuff of Tanjianshan group of Ordovician to Silurian in Dulonggou, 0.48g/t in mineralization zone of andesite and tuff of Tanjianshan group of Ordovician to Silurian in Wandonggou fault zone. Therefore, the application of the integrated remote sensing prospecting mode of Tanjianshan gold mine (typical deposit) for remote sensing exploration prediction achieved good results in the northern margin of Qaidam metallogenic belt (the same metallogenic belt). So, this method can be used as a remote sensing prospecting way to generalize and apply in mineral prediction in the western areas, China.

Key words: mineralization alteration information; ore stratum; ore-control tectonics; geophysical and geochemical unusual information; remote sensing prospecting model; northern marginal of Qaidam Basin

《西北地质》投稿注意事项

近期很多作者在投稿时均未留下详细通信地址, 导致《西北地质》编辑部与其本人联系不上, 延误论文的发表, 现提醒作者在投稿时注意以下几点。

- 1 作者在投稿之前最好先阅读一下《西北地质》征稿简则, 一般符合《西北地质》规范的论文比较容易刊登。
- 2 作者投稿时应声明稿件专投本刊, 且未正式发表, 切忌一稿多投。
- 3 投稿时请另附纸张提供3~5位水平较高的具有高级职称的审稿候选人的通讯地址、电话或手机、Email等, 供编辑部参考。
- 4 来稿在语言文字、专业术语、国家标准、行业规范及国家机密等方面请作者务必仔细斟酌, 稿件一经发表, 文责自负, 编辑部不负连带责任。
- 5 来稿务必写清楚详细通讯地址及工作单位, 一定要留下联系电话, 以便及时与作者联系。作者在投稿的过程中若工作单位有变动, 敬请迅速通知编辑部。
- 6 编辑部收到来稿后将会给作者打电话对来稿进行沟通约定, 此回复电话即为来稿答复, 编辑部不再进行书面来稿答复。