[文章编号] 1671-9727(2011) 04-0463-08

多元信息分析技术在西藏林周地区找矿中的应用

郭 娜[1,2] 郭 科[1,2] 胡敬仁[3] 唐菊兴[4]
陈建平[5,6] 张廷斌[2] 钟婉婷[2]

(1. 数学地质四川省重点实验室, 成都 610059; 2. 成都理工大学 管理科学学院, 成都 610059;
3. 西藏工程勘查施工(集团) 有限公司, 拉萨 851400; 4. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037;
5. 中国地质大学 国土资源与高新技术研究中心, 北京 100083;
6. 北京市国土资源信息开发研究重点实验室, 北京 100083)

[摘要] 西藏林周盆地已经成为冈底斯东段重要的找矿远景区。在综合分析线性体密度的基础上, 提取 2 个隐伏环形穹窿构造, 以及 NW 向为主的各种断裂构造; 通过比值分析+ 主成分分析提取研究区的围岩蚀变信息, 为遥感找矿建立了标志; 运用马氏距离+ 多元统计的方法剔除了化探异常中的背景值数据, 确定了区域内的地球化学异常等值线图。在地质、遥感、化探的 GIS 叠加综合分析的基础上, 圈定了 3 个找矿远景区, 提出了林周盆地典型火山岩出露区的找矿技术方法的组合。

[关键词] 林周盆地; 遥感; 化探; 多元信息综合分析; 找矿远景区
[分类号] P627 [文献标识码] A

西藏林周位于青藏高原中南部, 大地构造位置处于冈底斯- 念青唐古拉板片中部, 属于冈底斯构造火山岩浆弧中段的新生代陆缘岩浆弧一部分, 是拉萨地块的重要组成部分[1]。测区成矿区划上属冈底斯火山+ 岩浆弧铜金多金属成矿带之尼木- 工布江达铜、钼、金次级成矿带。由于区域内经历了多期构造变动, 尤其是喜马拉雅期的构造、变质和岩浆活动十分发育, 从而形成复杂而有规律的构造格局控制着该区域多金属矿的生成和分布。林周盆地是以断裂为边界的伸展火山岩盆地, 是冈底斯成矿带的一个著名火山盆地, 65~ 38 Ma B. P. 形成的强烈的火山岩喷发、岩浆侵位等形成了一系列与之有关的成矿作用造就了该区域的巨大成矿潜力。作者在野外工作的基础上, 对地质的、遥感的、化探的资料进行了定量化的研究和分析, 试图通过在多元信息综合分析的基础上开展对该区域成矿预测的综合研究, 并对有利成矿地段进行分析, 圈定找矿远景区。

1 研究区概况

研究区位于东经 91°45′ ~ 92°00′, 北纬 29°50′ ~ 30°00′, 属于 1∶ 50 000 林周地区地质矿产调查的唐家幅范围。研究区在二叠纪之前, 以米拉山断裂为界表现为 2 种特征, 其北为早石炭世至晚二叠世碎屑岩和碳酸盐岩夹泥岩及火山碎屑岩的陆棚碎屑岩建造, 之南为晚二叠世碎屑岩和碳酸盐岩及中基性火山岩的局限裂谷盆地建造。晚三叠世呈现为碳酸盐岩夹碎屑岩及中性火山岩局限台地建造, 早侏罗世至中侏罗世则呈现为大面积的中性- 中酸性- 酸性火山熔岩、火山碎屑熔岩与火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩的火山岛弧建造, 中侏罗世至晚白垩世表现为较稳定的陆源碎

[收稿日期] 2010-10-09
[基金项目] 西藏工程勘查施工(集团) 有限公司横向合作项目(2008452); 国家资源地质大调查项目(1212010733803); 青藏专项(1212010818089); 西藏自治区矿产资源潜力评价项目(1212010830 25)
[作者简介] 郭娜(1979-), 女, 讲师, 主要从事地球探测信息技术及 3S 找矿预测研究, E-mail: guona06@cdut.cn。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

屑岩与碳酸盐岩夹火山碎屑岩的弧内盆地建造,古新世至渐新世显露为大范围的陆相中性- 中酸性- 酸性火山碎屑岩与熔岩及湖相碎屑岩建造。该地区石炭系为裂陷环境背景下形成的一套海进- 海退过程[2];二叠纪的沉积环境以浅海为主,并有早期的基性火山喷溢[3];三叠纪和侏罗纪时期,冈底斯地块演化为海陆过渡相和局部的陆相,同时伴随酸性岩浆活动[4,5]。

研究区的火山活动强烈而又频繁,分布面积较大,呈东西向带状分布,岩性复杂,从基性- 酸性均有出露。根据火山岩的赋存层位和与地层的共生关系,认为中冈底斯带构造火山运动主要形成于 3 个时期:中二叠世、早- 中侏罗世和古近纪。前者赋存于洛巴堆组中,在唐家乡的剖面测量中也发现一套厚约 480 m 的变玄武岩,并出露于拉萨河的两岸(图 1),其上部以正断层与上三叠统麦隆冈组泥岩、灰岩接触,顶部出露不全[3],总体具板内(裂谷)碱性玄武岩特征;早中侏罗世主体由叶巴组构成,为一套浅海相- 滨岸相的晶屑凝灰岩、碎屑熔岩和火山角砾岩的火山岩组合,古近纪陆相火山岩赋存于典中组、年波组、帕那组中,主要为安山岩、晶屑岩屑凝灰岩、火山角砾岩,为陆缘山弧火山岩系。

研究区的岩浆活动剧烈,绝大多数侵入体呈复式套叠状产出,主要是中酸性花岗岩类,分布面积大。中侏罗世叶巴岩浆岛弧为由中基性辉长岩-辉长闪长岩类组成,古新世- 始新世岛弧钙碱性花岗岩类建造广布于研究区北部和南部,主要

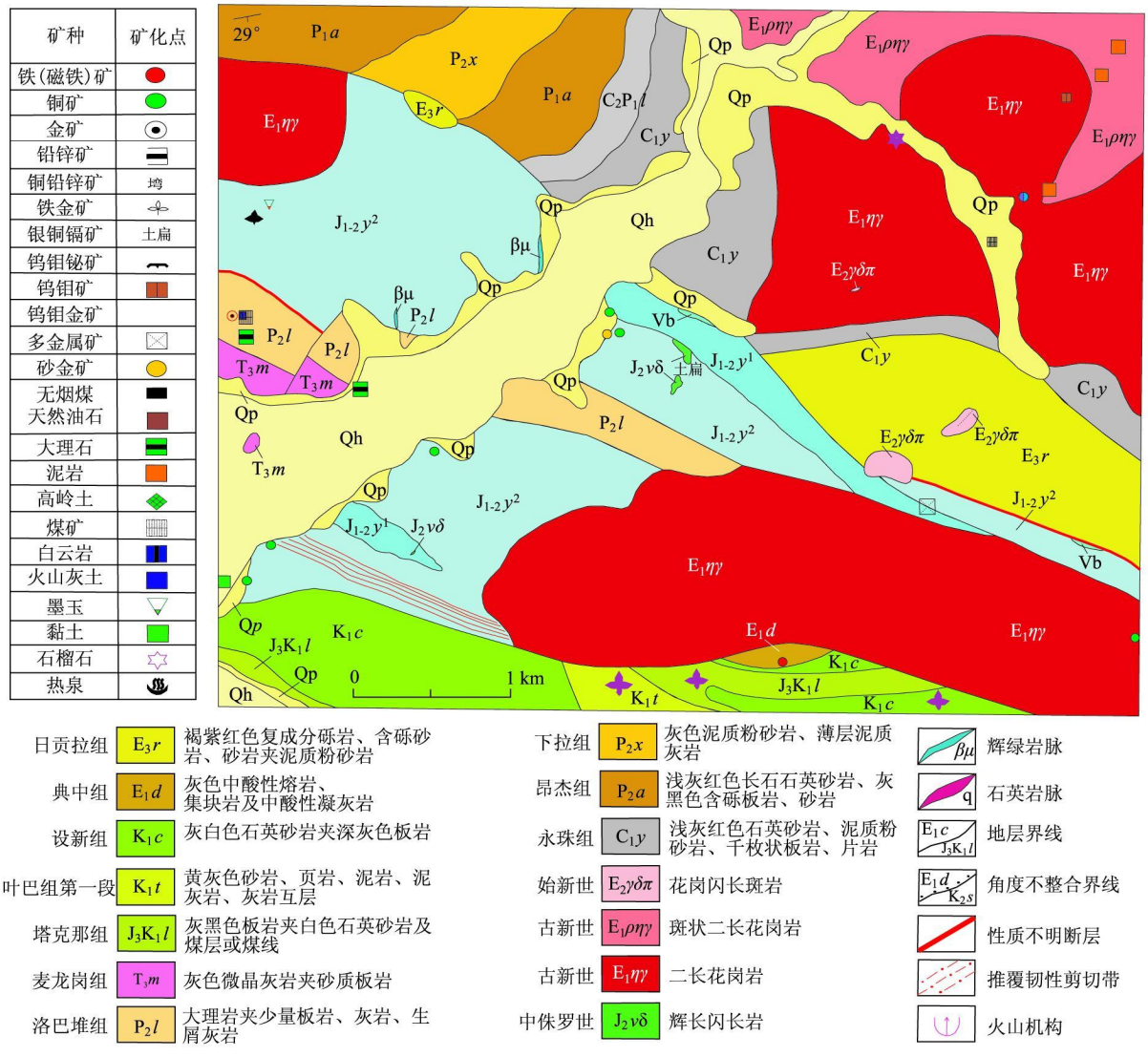


图 1 研究区地质图

Fig. 1 Geologic map of study area

(据胡敬仁等,2008)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由二长花岗岩和花岗闪长岩组成。中新世- 上新世碱性花岗岩类和斑岩类建造, 多呈岩滴状或岩瘤状侵入花岗岩中, 主要岩性为花岗斑岩及花岗闪长斑岩。

该带内矿产具有点多、面广, 矿化分段相对集中, 后期叠加改造强烈, 矿床类型复杂多样, 成矿时代较新之特点, 主要类型为斑岩型、夕卡岩型、复合热液型等。总体来说, 测区已发现的矿床、矿(化) 点较多, 成矿地质背景有利, 找矿潜力较大。

2　遥感构造分析

对林周 1∶50 000 唐家幅数据处理, 不能直接采用滤波的方式提取构造线性体, 原因在于数据处理结果与山谷(负地形) 不对应。因此, 在进行线性体增强时, 首先要将能够丰富表现线性体信息的 TM5 波段进行代数运算: 255- TM5, 得到原始 5 波段图像的负片(图 2), 从而提取正地形。然后再进行方向滤波及相关的掩膜处理。由于区域内构造总体走向呈现 NWW 方向, 因此设置 110°(顺时针) 卷积滤波, 采用 3 × 3 的卷积核进行增强。之后, 对增强图像实行掩膜处理, 提取值大于 80 的部分作为线性体影像区, 再对图像进行栅矢转换, 进而提取研究区的线性体信息[10] (图 3)。

线性体的等密度分析可直接反映其空间分布的数字特征和结构特征, 这些特征可提供深部构造信息的找矿线索。高密度区可能是成矿的有利地带, 同时, 密度等值线的环形结构还能够进一步反映深部的穹窿构造[11]。分析结果显示, 研究区的高密度异常区域主要成带状或环状分布(图 4)。带状分布特征可能是矿化或储水的有利部

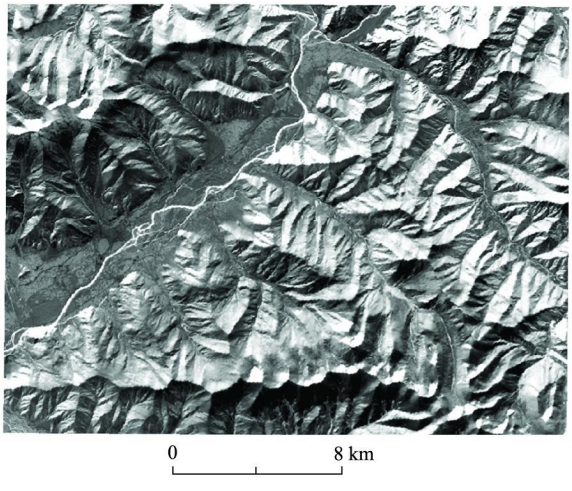


图 2　TM5 正地形图像

Fig. 2　The image of TM5 positive relief

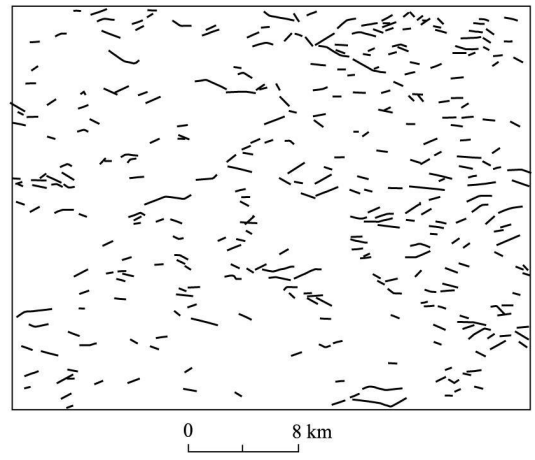


图 3　线性体信息提取结果

Fig. 3　Result of linear information extraction

位, 也可能是断裂或褶皱的发育部位[12]。与野外调查结果进行对比后发现, 高密度异常分布带主要表现为各种形式的断裂。从断裂规模上来看, 均属于规模不大的北西向和北东向断裂。野外工作结合遥感线性构造解译成果共同进行分析认为, 北西- 南东向断裂属控矿构造、北东向构造为导矿构造、南北向断裂为赋矿构造。

环形构造特征的提取主要是通过对 ETM+ 1, 2, 3, 4, 5, 7 波段进行主成分变换, 然后利用 PC6、PC5 与 TM6 进行 RGB 彩色合成而获得的。经解译判断, 研究区存在大、小两个环形构造, 并且二者交叉相连。可以看出, 在环形体的边界分布着高密度的线性体, 说明环形体所表现出的隐伏穹窿构造由于受到挤压力的作用而使得其边界区域的微地貌特征发生了变化。

3　遥感矿化蚀变分析

蚀变是热液矿床的重要找矿标志, 利用 ETM 资料可识别的矿物有: (1) 铁的氧化物、氢氧化物和硫酸盐, 包括褐铁矿、赤铁矿、针铁矿和黄钾铁钒等; (2) 羟基矿物, 包括黏土矿物和云母; (3) 水合硫酸盐矿物(石膏和明矾石) 和硫酸盐矿物(方解石和白云母等)[13]。一般情况下, 在植被覆盖比较少的地方通过比值分析和主成分分析可以有效提取矿化蚀变信息。该研究区的围岩蚀变主要表现为夕卡岩化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化和绢云母化。绢云母化是寻找 Cu 矿的重要标志, 与黄铁矿化同时出现称黄铁绢云母化, 这在斑岩铜矿中极为常见; 青磐岩化是浅成 Au 低温热液矿床中最常见的蚀变, 也是斑岩铜矿 Cu- Mo-

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

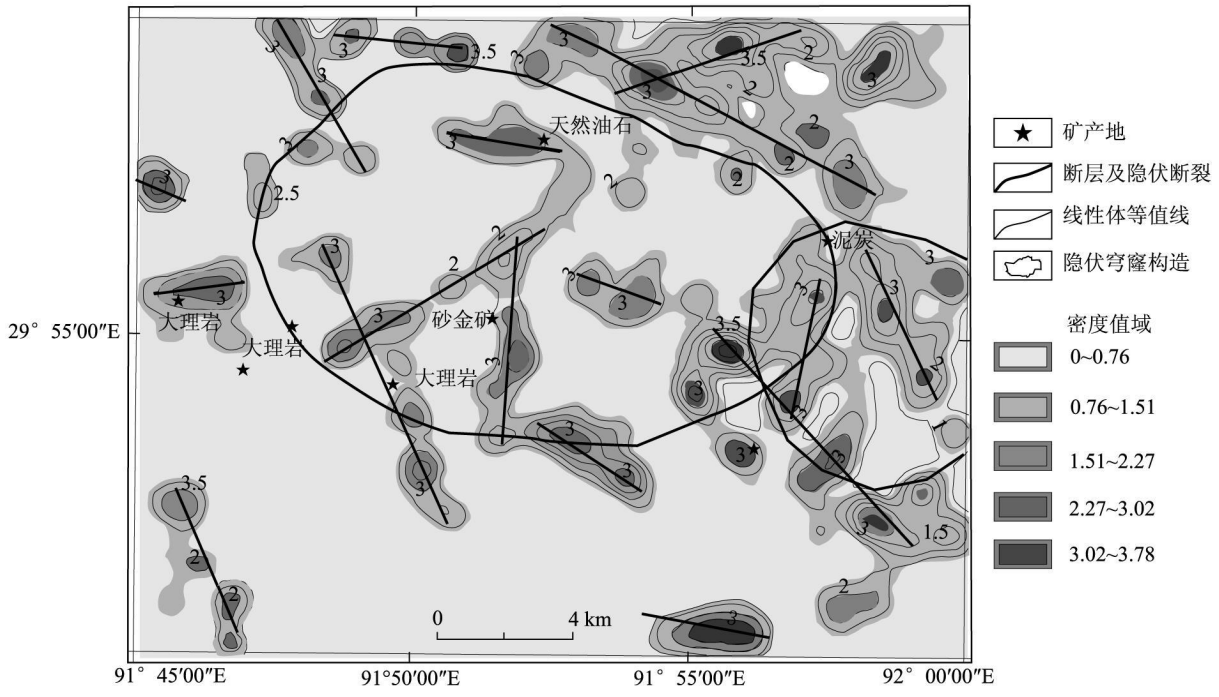


图 4 线性体等密度分析与遥感推断构造叠加图

Fig. 4 Stacking chart of linear density analysis and concluded structure

Au 矿化的外围蚀变之一; 钾长石亦是常见的早期蚀变之一; 碳酸盐化则主要见于基性超基性岩中; 夕卡岩化主要分布在中酸性侵入体的内外接触带附近[14]。富含 OH^- 或 CO_3^{2-} 的绿泥石、白云石、方解石、高岭石、明矾石等在 TM5 具有反射峰, 在 TM7 具有吸收谷。同样, 含有 Fe^{3+} 的褐铁矿在 TM3 波段存在反射峰, 在 TM1 具有吸收谷。作者曾利用比值分析、主成分分析、HLS 变换、密度分割在西藏东部、中部等地区已经有效地提取了相关的矿化蚀变信息[15-17]。通过图像亮度值的概率分布(图 5)来选择能够充分表现地物种类和数量的波段组合。从图 5 可看出 ETM5、ETM7、ETM4 的辐亮度分布域最宽, 其次是 ETM3。由于 ETM5 主要表现地形信息, 因此可取 ETM74 与 ETM3 组合来作为研究区的遥感影像图(图 6)开展更深一步的研究。

同时, 利用 ETM1+ ETM2、ETM3/ETM1、ETM4/ETM3、ETM5/ETM7 做主成分分析, 提取铁染蚀变信息(表 1); 利用 ETM1+ ETM2、ETM5/ETM7、ETM4/ETM3、ETM7 做主成分分析, 提取羟基蚀变信息(表 2)。表 1 显示, PC3 主要增强了铁染蚀变信息, 特征值为 0.889 975; 表 2 显示, PC4 主要增强了羟基蚀变信息, 特征值为 0.998 213。而其他相关信息在铁染主成分图像和羟基主成分图像中的特征值均较低, 说明在主成分变换的过程中有效地抑制了其他信息, 从而增强了铁染和羟基的有效信息。

表 1 提取铁染蚀变信息 PCA 特征向量矩阵和特征值

Table 1 PCA eigenvector matrix and eigenwert used in Fe alteration information extraction

	ETM4/ ETM3	ETM3/ ETM1	ETM5/ ETM7	ETM1+ ETM2
PC1	0.001862	-0.009693	0.002321	0.999949
PC2	0.909443	-0.415050	-0.024804	-0.005660
PC3	0.411563	0.889975	0.196231	0.007405
PC4	0.059382	0.188640	-0.980241	0.003993

表 2 提取羟基蚀变信息 PCA 特征向量矩阵和特征值

Table 2 PCA eigenvector matrix and eigenwert used in OH alteration information extraction

	ETM4/ ETM3	ETM5/ ETM7	ETM1+ ETM2	ETM7
PC1	0.002841	0.001470	0.692255	0.721646
PC2	-0.016555	0.003256	0.721576	-0.692130
PC3	-0.998082	-0.059646	-0.009762	0.013415
PC4	-0.059588	0.998213	-0.003956	0.001997

利用密度分割的方法对铁染主分量图像 PC3 和羟基主分量图像 PC4 进行 Fe 蚀变和 OH 蚀变异常信息的提取。并按照 $\pm 4\sigma$ 进行门限值的确定(张玉君, 2007)。按照 1.5σ、2σ、3σ 分别确定羟基和铁染的三级异常, 再将 2 种异常信息进行叠加, 即可确定研究区综合蚀变异常(图 7)。从最佳波段组合 ETM7、ETM4、ETM3 图像上看到的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

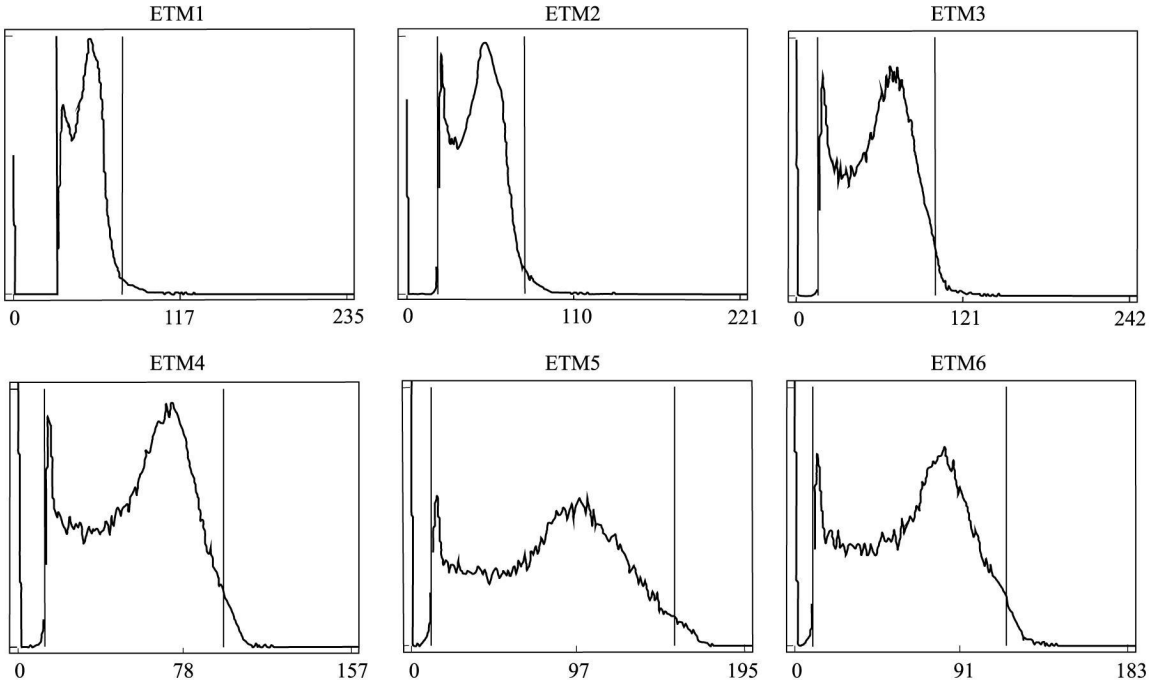


图 5　研究区遥感影像直方图

Fig. 5　Histogram of remote sensing images in study area

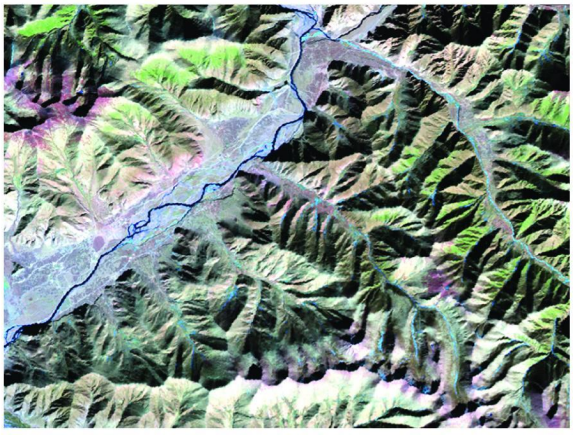


图 6　ETM7, ETM4, ETM3 组合遥感影像图

Fig. 6　Remote sensing image of ETM7, ETM4 and ETM3 association

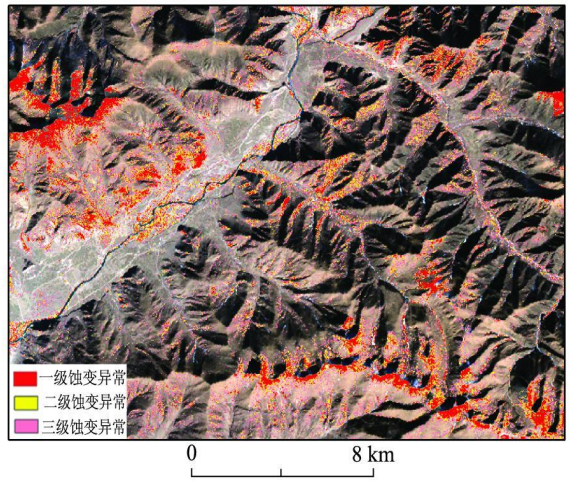


图 7　研究区综合蚀变异常解译图

Fig. 7　Interpretation chart of alterations

红色部分为铁帽, 这与解译出的蚀变信息非常吻合。

4　地球化学特征分析

对研究区1: 50 000岩石地球化学数据的处理中, 首先计算各元素的平均值, 然后求取所有样本的方差(表 3)和协方差矩阵。经计算样品数据的协方差矩阵呈降序方式排列, 使得S^{-1}无法求

表 3　原始化探数据统计结果

Table 3　Statistical result of original geochemical data

	Cu	Pb	Zn	As	V	W	Mo	Sn	Ag	Sb	Bi	Cd	Hg	Au	Fe_2O_3
平均值	33.17	50.87	77.42	21.15	84.12	3.78	1.16	3.94	0.12	1.54	0.74	0.19	36.22	4.32	5.16
方差	2852.07	190320.87	9125.94	1413.26	1146.27	44.25	3.12	1.13	0.11	7.43	2.71	0.37	1826.97	506.62	1.92
标准偏差	53.40	436.26	95.53	37.59	33.86	6.65	1.77	1.06	0.33	2.73	1.65	0.61	42.74	22.51	1.38

计量单位: w(Au, Hg)/10^{-9}, w(B)/10^{-6}, w(Fe_2O_3)/10^{-2}; 检测仪器: XRF, GFAAS, ES 等; 检测环境: 温度 24℃, 湿度 40%。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

取,因此采用主成分分析(表 4)解决 S 求逆过程中的困难。利用 MatLAB 编写程序来完成马氏距离 D^2 的计算。最后比较每一个样品中 D_i^2 是否大于 $D_a^2(m, n, -m)$,(其中 m 为元素数量, n 为样本数量, i 为信度)。大于 D_i^2 的则作为背景值被剔除,重复 F 判别检验,直到无剔除为止。在对研究区内 2 106件样品的分析处理中,共剔除背景值数据 2 021个,最终确定异常样本 85 个(图 8)。

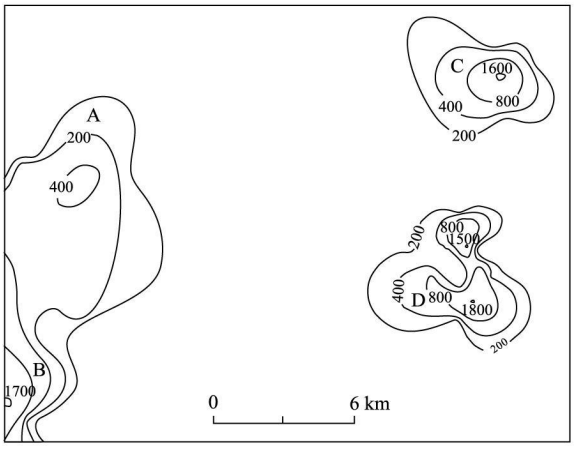


图 8 化探综合异常与样本点叠加图

Fig. 8 The stacking chart of geochemical prospecting anomalies and sample points

异常值主要分布在 4 个区域,其中 A 区高值异常主要是 Hg、Cu、Sn 异常,同时具有 Cd、Bi 异常;B 区高值异常主要是 W 异常;C 区高值异常主要是 Au、Sn、As 异常;D 区高值异常主要是各元素的综合异常,包含元素较多,涉及 Cu、Mo、Au、Ag、Pb、Zn、W、Sn、Fe、Cd、Hg、As、Bi、Sb 等所有元素,是寻找多金属矿床的重要指示标志。同时,研究区内具有 Fe 高值异常,这主要与区域内广布的褐铁矿化有关。

5 综合成矿信息分析

将地球化学、遥感的综合信息在计算机上进行 GIS 叠加分析,可以看出化探异常峰值与遥感构造信息、蚀变信息吻合(图 9)。分析结果表明:

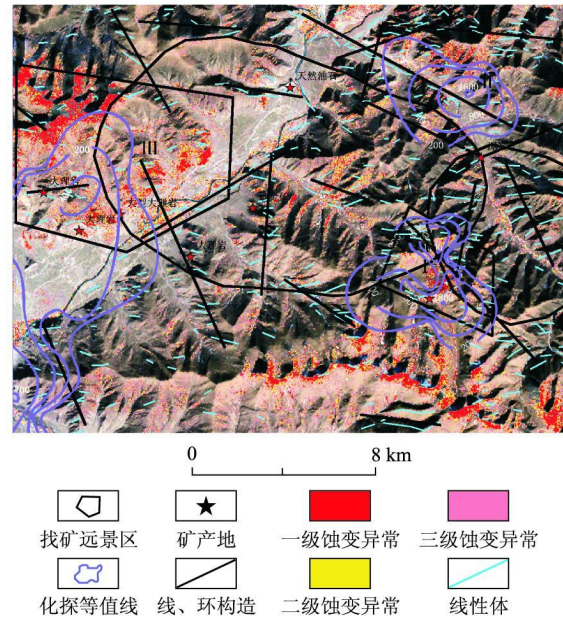


图 9 遥感构造、蚀变、化探信息综合叠加图

Fig. 9 Stacking chart of stucture and alteration, geochemical prospecting anomaly

表 4 原始化探数据 PCA 特征向量矩阵和特征值

Table 4 PCA eigenvector matrix and eigenwert of original geochemical prospecting data

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15
Cu	-0.46	-0.30	-0.38	-0.31	0.20	-0.18	0.02	0.16	0.54	-0.21	0.18	-0.05	0.02	-0.02	0.01
Pb	-0.79	0.20	0.33	-0.15	-0.08	0.00	0.07	0.20	0.08	0.25	0.11	0.17	0.14	0.02	-0.10
Zn	-0.91	0.07	0.26	-0.09	-0.05	-0.02	0.05	0.15	-0.04	-0.02	-0.12	0.10	0.03	-0.07	0.17
As	-0.81	0.08	0.32	-0.06	-0.16	0.04	0.05	-0.01	-0.01	0.19	0.29	-0.21	-0.18	0.04	0.01
V	-0.25	-0.93	-0.02	0.06	-0.09	0.09	0.01	0.02	-0.09	0.02	-0.02	0.03	0.06	0.21	0.03
W	-0.05	0.13	-0.30	-0.22	-0.64	0.16	-0.63	0.11	0.01	-0.03	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Mo	-0.18	0.09	-0.50	-0.61	0.01	-0.28	0.22	-0.16	-0.42	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00
Sn	-0.06	0.36	-0.38	0.26	-0.39	0.26	0.56	0.28	-0.02	-0.19	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00
Ag	-0.87	0.12	-0.17	0.04	0.10	-0.01	-0.02	-0.13	0.08	-0.10	-0.26	0.17	-0.22	0.06	-0.05
Sb	-0.62	0.06	-0.04	0.21	-0.15	0.13	-0.01	-0.67	0.05	-0.15	0.20	0.04	0.10	-0.03	0.01
Bi	-0.56	0.14	-0.57	0.24	0.14	0.10	-0.02	-0.06	0.12	0.40	-0.22	-0.13	0.08	-0.01	0.02
Cd	-0.81	0.10	0.26	-0.06	0.05	-0.06	-0.06	0.07	-0.17	-0.33	-0.25	-0.21	0.10	0.01	-0.06
Hg	-0.07	-0.02	-0.04	0.40	-0.32	-0.85	-0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Au	-0.46	0.08	-0.29	0.36	0.43	0.04	-0.35	0.26	-0.32	-0.09	0.28	0.05	0.00	-0.01	0.00
Fe_2O_3	-0.35	-0.85	-0.10	0.09	-0.19	0.11	0.13	0.06	-0.14	0.04	-0.03	0.00	-0.04	-0.20	-0.05

计量单位: $w(Au, Hg)/10^{-9}$, $w(B)/10^{-6}$, $w(Fe_2O_3)/10^{-2}$。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

a. 从区域内和周边已知矿床、矿点来看, 矿床主要赋存在中二叠统洛巴堆组、上三叠统麦隆冈组的深灰色薄- 中层状灰岩以及中下侏罗统叶巴组中呈不规则的灰色中层状灰岩透镜体中。矿体与夕卡岩或夕卡岩化的灰岩关系密切。

b. 区域内的中二叠统洛巴堆组、上三叠统麦隆冈组, 其中的碳酸盐岩为岩浆热液交代作用和成矿作用提供了良好的条件。区域内 NW 向构造及 SN 向构造控制着岩浆活动和空间展布, 为矿床的形成提供了导矿和容矿构造。

c. 研究区内目前仅存在 1 个已知的邦浦铜、钼、铅、锌多金属矿矿床, 该矿点处于 2 个环形穹窿构造的外边界, 周边线性体极其发育(高密度线性体异常区域) , 并受到 NW 向和近 SN 向交叉断裂的控制。矿点处于化探异常的峰值区域内, 是多金属矿成矿与找矿的重要远景区。

d. 遥感蚀变异常综合信息提取结果显示, 一级蚀变异常集中区主要分布在山脊处, 而化探异常则主要分布在山体底部, 这主要是受到研究区山高谷深的自然地理特点的影响。化探异常往往由于元素迁移而出现一定距离的偏移, 从而形成矿化体→遥感异常→化探异常的距离差[23]。

6　成矿有利地段

通过以上分析可知, 线性构造密集交汇处、环形构造边缘区域、化探异常高值分布地段为首选成矿有利地段。在研究区内圈出 3 个成矿有利地段, 并按照赋矿可能性的大小将其分为三级。

a. 一级找矿远景区(Ⅰ) 处于东经 91°55′ ~ 91°58′, 北纬 29°53′ ~ 29°55′ 的区域范围内, 涉及面积 16. 2 km^2。该区域线性体极其发育, 处于 2 个大环形构造的交叉位置, 并受北西向米拉山断裂和一条 NNE 向断裂的控制。出露地层主要是早中侏罗世的叶巴组和渐新世日贡拉组, 以及少量的呈火山溶蚀残块的晚三叠世麦隆冈组和早石炭世永珠组, 并有始新世的钾硅化比较强烈的小岩珠状花岗闪长斑岩侵入体。区内 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 等多元素化探异常均十分突出, 而遥感蚀变特征也显示出了区域内所具有的强硅化和褐铁矿化蚀变特征。该区是地质、遥感、化探等的多元信息综合集中反应区, 应作为寻找多金属矿的一级找矿远景区。

b. 二级找矿远景区(Ⅱ) 处于东经 91°54′ ~ 92°00′, 北纬 29°57′ ~ 29°59′ 的区域范围内, 涉及面积 39 km^2。该区内大范围出露古新世二长花岗岩类侵入岩, 早石炭世永珠组碎屑岩类呈残块出露于该异常区的西边和南西面, 并有岩滴状花岗闪长斑岩侵入到其中。该区域具有 Au、W、Mo、Sn、Bi、Cd 等元素的化探高异常值, 并受 NW 向和 SN 向交叉断裂的控制, 处于 2 个环形构造的外边界位置, 找矿远景比较大, 可作为寻找金、钨、镉等矿产的二级找矿远景区。

c. 三级找矿远景区(Ⅲ) 处于东经 91°45′ ~ 91°51′, 北纬 29°54′ ~ 29°59′ 的区域范围内, 涉及面积 62 km^2。该区出露地层主要是叶巴组、洛巴堆组及麦隆冈组, 北西部被大范围的始新世二长花岗岩体侵截并伴有辉绿玢岩的侵入。该异常区北界为区域性的米拉山逆冲推覆断裂所阻隔, 南部边缘为一条与其平行的规模较大的右旋推覆韧性剪切带; 该区南部还受 3 条近东西向断裂的分割, 同时受 1 条 NE 向断裂的控制, 阻挡了热液流体向外的运移。围岩蚀变主要有夕卡岩化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、绢云母化等, 化探结果显示该区域是 Cu 元素的高值富集区, 因此可作为铜矿三级找矿远景区开展更进一步的查证。

[参　考　文　献]

[1] 孟宪刚, 邵兆刚, 杨朝斌, 等. 西藏林周地区新生代水热成矿地质模型[J]. 地质通报, 2004, 23(4): 381-389.

[2] 耿全如, 王立全, 潘桂堂, 等. 西藏冈底斯带石炭纪陆缘裂陷作用: 火山岩和地层学证据[J]. 地质学报, 2007, 81(9): 1259- 1276.

[3] 耿全如, 王立全, 潘桂堂, 等. 西藏冈底斯带洛巴堆组火山岩地球化学及构造意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(11): 2699- 2714.

[4] 李才, 王天武, 李惠民, 等. 冈底斯地区发现印支期巨斑花岗闪长岩——古冈底斯造山的存在证据[J]. 地质通报, 2003, 22(5): 364- 366.

[5] 杨德明, 黄映聪, 戴琳娜, 等. 西藏嘉黎县措麦地区含石榴子石二云母花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义[J]. 地质通报, 2005, 24(3): 235- 238.

[6] 李光明, 高大发, 黄志英. 西藏当雄纳龙晚古生代裂谷盆地的识别及其意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(1): 83- 87.

[7] 张林奎, 范文玉, 高大发. 西藏林周县勒青拉铅锌多金属矿床地质特征及成因[J]. 地质与勘探, 2008, 44(5): 10- 16.

[8] 赵鹏大, 陈永清, 刘吉平, 等. 地质异常成矿预测理论与实践[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.

[9] 李志军, 陈建平, 唐菊兴, 等. 兰坪盆地成矿预测中的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

多元信息综合分析研究[J]. 物探化探计算技术, 2000, 22(1): 59- 63.
[10] 李长江. 浙江省国土资源遥感调查与综合研究[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
[11] 庄培仁, 赵不亿. 遥感技术及地质应用研究[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
[12] 朱亮璞. 遥感地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
[13] 吴锡生. 化探数据处理方法[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
[14] 周可发, 孙莉, 张楠楠. 中亚地区高光谱遥感地物蚀变信息识别与提取[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
[15] 郭娜, 陈建平, 唐菊兴, 等. 遥感技术在西藏东部找矿中的应用研究[J]. 地质找矿论丛, 2007, 22(4): 303 - 305.
[16] 郭娜, 陈建平, 唐菊兴, 等. 藏东东达山地区遥感找矿地质异常提取方法研究[J]. 地质与勘探, 2008, (4): 69- 73.
[17] 郭娜, 唐菊兴. 基于 GIS 的遥感综合信息识别在西藏东部矿产勘查中的应用[D]. 成都: 成都理工大学档案馆, 2006.
[18] 罗先熔. 勘查地球化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
[19] 彭省临, 杨中宝, 李朝艳, 等. 基于 GIS 确定地球化学异常下限的新方法[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3): 28- 31.
[20] 赵荣军, 和向丽, 李俊芳. 基于 EXCEL 的马氏距离计算方法[J]. 物探化探计算技术, 2005, 27(4): 358 - 360.
[21] 李建忠, 王高明, 高大发, 等. 西藏林周县勒青拉铅锌矿床矿田构造特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(4): 59- 65.
[22] 邹光富, 郑荣才, 陈华安, 等. 西藏林周县普琼朗铁矿地质特征及找矿方向[J]. 物探化探计算技术, 2008, 30(2): 128- 134.
[23] 杨自安, 彭省临, 刘悟辉, 等. 高寒山区遥感与化探综合找矿信息的提取[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2009, 40(4): 1121- 1126.

Technology of multielement information analysis used for seeking ore deposits in Linzhou area of Tibet, China

GUO Na[1,2], GUO Ke[1,2], HU Jing-ren[3], TANG Ju-xing[4]
CHEN Jian-ping[5,6], ZHANG Ting-bin[2], ZHONG Wan-ting[2]

1. *Geomathematics Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610059, China;*
2. *Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*
3. *Tibet Engineering Exploration Construction (Group) Co., LTD, Lhasa 851400, China;*
4. *Institute of Mineral Resources, Beijing 100037, China;*
5. *Institute of Land Resources and High Techniques, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*
6. *Laboratory of Beijing Land Resources Information Development, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*

Abstract: In recent years, because the prospective study of 1∶50 000 minerals is spread and unceasingly carried out in depth, the Linzhou basin has been another significant prospective area for seeking ore deposits and also presents enormous potential. By using the remote sensing techniques to extract and learn the region lineament, annular solid, wall rock alteration information and so on, combined with the geochemical anomaly results, the prospective area of seeking ore deposit is located. Based on the synthetic analysis of lineament density, the authors extract two insidious annular dome structures and all sorts of major N-W trend rift structures. By both specific value analysis and principal component analysis, they gain the wall sock alteration information, so as to supply symbol for seeking ore deposits by remote sensing. By using the methods of Mahalanobis Distance and Multivariate Statistics, they get rid of the geochemical background value so that to ensure the geochemical anomaly contour map. Finally, based on the GIS compositive and comprehensive analysis of geology, remote sensing, and geochemical prospecting, they determine 3 prospective areas for seeking ore deposits, present the combination of skills for seeking ore deposits in the typical volcanic emergence areas of Linzhou basin, and point out the range of reconnaissance.

Key words: Linzhou basin; remote; sensing; geochemical prospecting; multielement information analysis; prospective area

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net