

河南栾川地区陈南沟钼矿区土壤地球化学异常的特征与评价

孙社良¹, 徐青峰², 张寿庭¹, 高永璋¹, 顾文帅¹

SUN She-liang¹, ZHANG Shou-ting¹, XU Qing-feng², GAO Yong-zhang¹, GU Wen-shuai¹

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室/地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 河南省地质调查院, 河南 郑州 450007

1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources/ School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. *Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450007, Henan, China*

摘要:陈南沟钼矿区位于东秦岭钼矿带栾川矿集区内, 地处栾川断裂南侧, 属北秦岭褶皱系。将矿区成矿地质环境与土壤地球化学特征结合, 利用地质累积指数对研究区内的土壤地球化学元素组合进行评价, 综合分析后圈出找矿有利靶区, 并对靶区进行了野外检查和工程验证。研究结果表明: 陈南沟钼矿属于与老君山花岗岩体有关的热液矿床, 燕山期红岩寨花岗岩体边部及其外接触带是钼矿化富集的有利部位, 北东向小型构造对辉钼矿的形成起到一定的控制作用。本次工作完善了与花岗岩基有关的热液矿床研究, 对栾川矿集区内进一步的找矿工作具有一定的指导意义。

关键词:土壤地球化学异常; 花岗岩体; 接触带; 地质累积指数; 河南栾川地区

中图分类号: P595

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)11-1785-09

Sun S L, Xu Q F, Zhang S T, Gao Y Z, Gu W S. Characteristics and evaluation of soil geochemical anomalies of the Chennangou Mo deposit in Luanchuan County, Hennan Province. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(11): 1785-1793

Abstract: Located in the Luanchuan ore concentration area of the East Qinling molybdenum belt, the Chennangou molybdenum deposit lies on the south side of Luanchuan fault and belongs to the North Qinling fold system. Combining ore-forming geological environment in the ore district with soil geochemical characteristics, the authors evaluated the soil geochemical element association in the area by using the index of geoaccumulation. On the basis of a comprehensive analysis, favorable exploration targets were delineated, and field inspection and engineering verification were carried out. The results show that the Chennangou molybdenum deposit is a hydrothermal deposit related to Laojunshan granite rock, and both the edge and the outer contact zone of Yanshanian Hongyanzhai granite rock are favorable positions of molybdenum enrichment. In addition, the small NE-trending structure played a certain role in the formation of molybdenum ore. This study not only improves the research on the hydrothermal deposit related to granite rock but also has some significance for further exploration in the Luanchuan ore concentration area.

Key words: soil geochemical anomaly; granite rock; contact zone; index of geoaccumulation; Luanchuan area of Henan Province

栾川矿集区隶属于资源丰富的东秦岭钼矿带。前人对该矿集区的研究大都集中在栾川断裂带以北, 主要研究与燕山期侵入的中酸性花岗岩小岩体

有关的钼矿, 如南泥湖-三道庄、上房、马圈钼矿等典型矿床(图 1)。其中, 南泥湖-三道庄钼矿属斑岩-矽卡岩型矿床, 成因与燕山期斑状花岗岩(142

收稿日期: 2011-05-31; 修订日期: 2011-10-24

资助项目: 中国地质调查局矿产资源调查增量评价项目《河南杜关—云阳地区钼铅锌多金属矿评价》(编号: 1212010881001)和国土资源部公益性行业科研专项《河南省栾川矿集区深部找矿示范研究》(编号: 207111007-4)

作者简介: 孙社良(1987-), 男, 在读硕士, 矿产普查与勘探专业。E-mail: sunsl1987@163.com

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

Ma±15Ma,Rb-Sr)关系密切,与矿化有关的花岗岩是富碱富钾的钙碱性岩石^[1-4]。上房钼矿属砂卡岩-斑岩型矿床,成因与燕山期花岗斑岩(134Ma,Rb-Sr)密切相关,上房岩体具有富碱高钾的特征^[3-5]。前述钼矿床的形成均与花岗岩基派生的斑岩体关系密切,即花岗斑岩体是钼矿床的成矿母岩,区域巨大的花岗岩基又是花岗斑岩的母岩,三者空间展布上具有高度的一致性^[6]。

以往研究对与花岗岩基有关的钼矿的探讨较少,最近发现的鱼池岭钼矿(图1),成矿与合峪花岗岩基及其隐爆角砾岩密切相关,赋矿岩体属于富钾的铝质-过铝质碱质亚碱性岩系,与以往所认识的钼矿通常与中生代中酸性小斑岩体有关明显不同^[7],表明与花岗岩基有关的钼矿是存在的。近年来,在栾川断裂带南侧,大面积出露的老君山花岗岩基内部及其外接触带发现了部分钼矿床(点)(图1),如扫帚坡钼矿床、东沟口钼矿点、老界岭钼矿点等^[8-9],这些矿床(点)的发现为该区进一步工作奠定了基础。

本文主要对位于东秦岭钼矿带内栾川断裂南侧

的陈南沟钼矿区开展工作,研究了其土壤地球化学特征,在此基础上圈定了有利的找矿靶区。

1 区域地质背景

陈南沟钼矿区位于华北地台南缘与北秦岭褶皱系的衔接部位,即东秦岭钼矿带栾川矿集区内,地处栾川断裂带南侧,属北秦岭褶皱系(图1)。

区域主构造线呈NW—NW向展布,主要发育栾川断裂、瓦穴子断裂、朱阳关-夏馆断裂等。栾川断裂带呈NW向展布,是在前2期逆冲推覆的基础上,叠加多期伸展与走滑的复合断裂构造,是华北地台南缘与北秦岭褶皱系的分界断裂^[10-11]。瓦穴子断裂呈NW向延伸,总体上分割宽坪群和二郎坪群,沿断裂带发育加里东期至燕山期侵入岩,断裂带及其附近的岩石变质程度较深,远离断裂带逐渐变浅^[11-12]。

区域地层褶皱变形明显。北秦岭褶皱系的沉积建造由中-新元古界宽坪群、秦岭群和下古生界二郎坪群组成^[16]。宽坪群是本区钼钨等多金属矿化的有利成矿围岩^[8],分布于栾川断裂与瓦穴子断裂之

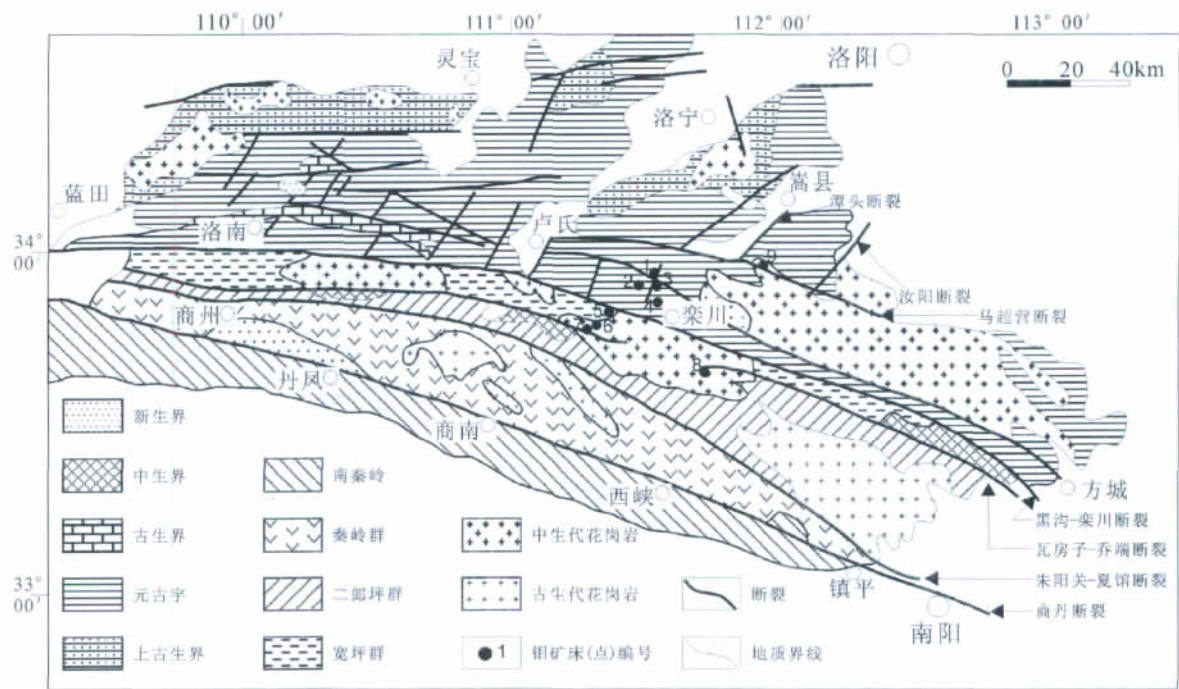


图1 东秦岭地区地质简图(据文献[13-15]修编)

Fig. 1 Geological sketch map of eastern Qinling area

1—马圈钼矿;2—上房钼矿;3—南泥湖钼矿;4—三道庄钼矿;5—陈南沟钼矿;
6—扫帚坡钼矿;7—东沟口钼矿点;8—老界岭钼矿点;9—鱼池岭钼矿

间,呈东西向窄条带状展布,是一套由绿片岩类、斜长角闪岩类、云母石英片岩类和大理岩类组成的变质岩系,变质程度达高绿片岩相—低角闪岩相,其原岩为基性火山岩、复理石杂砂岩和碳酸盐岩组合^[16-19]。

北秦岭地区大规模岩浆侵入活动集中在古生代和中生代,以酸性岩为主,往往形成大的岩基或者岩体,在区域上大致呈东西向带状分布^[12,17]。其中,老君山岩体位于栾川断裂南侧,呈近东西向展布,侵入于中—新元古界宽坪群,岩体的形成时代属早白垩世,是中国东部晚中生代大规模岩浆作用晚期的产物。根据岩石的矿物组成、结构构造及其相互关系,将该岩体划分为 3 期岩浆侵入活动,岩石为富钾铝质、过铝质碱质钙碱性岩系,3 个期次具同心环带分布和明显的同源岩浆演化特征^{[9]①}。老君山钼矿的形成与老君山岩体有密切的成因联系^[9]。

2 矿区地质特征

2.1 地 层

矿区内大面积出露中—新元古界宽坪群四岔口组变质岩系(图 2),整体上呈北西西向展布,与区域构造线方向基本一致。宽坪群四岔口组分为 2 个岩性段。下段主要分布于矿区南部,以二云石英片岩为主,夹黑云石英片岩、石英岩;浅灰白色,鳞片变晶结构,片状构造;主要矿物为黑云母、白云母、石英,局

部含有钙质矿物;产状为 0~10°∠50~78°。上段主要分布于矿区中北部,以黑云石英片岩为主,夹二云石英片岩、黑云母片岩、大理岩;灰白色,显微鳞片粒状变晶结构,片状构造;主要由石英、黑云母、白云母组成。大理岩主要由方解石组成,含有少量石英及白云石。北西西向延伸,倾向 10~30°,倾角 45~70°^②。

第四系主要分布在山谷、河流的低凹地带,为黄土、砂土、山坡堆积物及河床砂砾石^②。

2.2 构 造

区内构造较为简单,整体上为一北倾的单斜,呈北西西向展布。受构造作用的影响,局部地层发生褶皱变形,形成许多凸凹不平的次级小型褶曲和挠曲;同时,在四岔口组和红岩寨岩体中发育有北西西向、北东向小规模断层,倾向北东或北西,倾角 67~82°。小规模断层为成矿提供了良好的储存空间,断层附近见有金、银、铅、钼、铁等矿化现象,碎裂岩、褐铁矿、石英脉、方解石脉等发育^②。

2.3 岩浆活动

区内岩浆活动强烈,表现为燕山晚期侵入的红岩寨花岗岩体和前加里东期侵入的斜长角闪岩脉。红岩寨花岗岩体属于老君山岩体的一部分,侵入宽坪群四岔口组中,出露于矿区东南部。花岗岩呈自形晶粒状结构,块状构造,主要矿物成分为斜长石、钾长石、石英、角闪石,次为黑云母,与围岩呈侵入接触

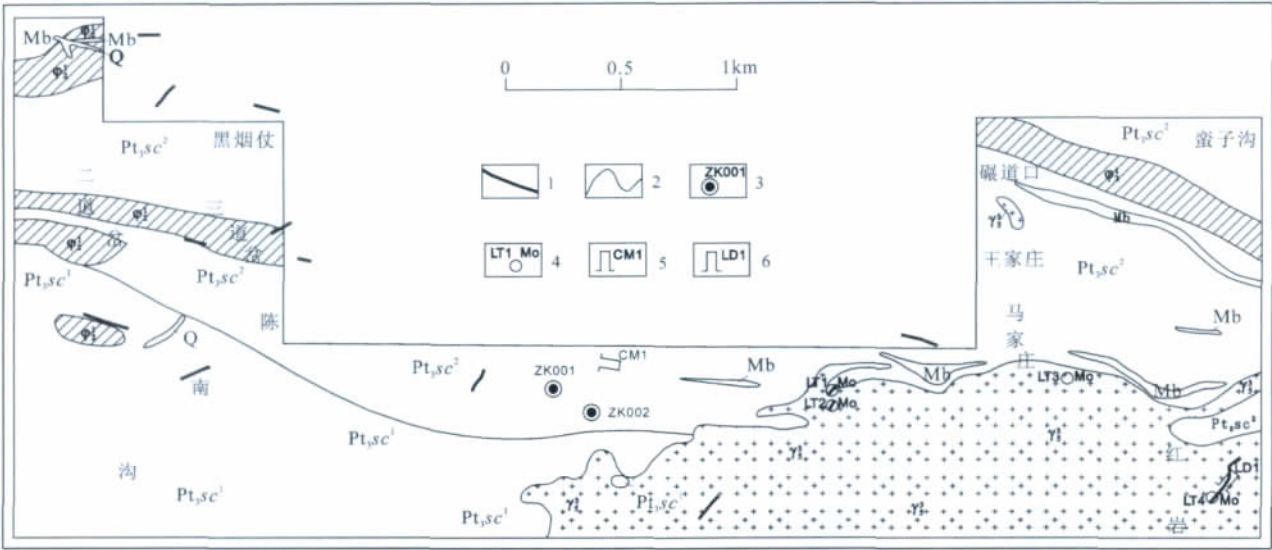


图 2 栾川县陈南沟钼矿区地质图(据参考文献②修编)

Fig. 2 Geological map of the Chennangou molybdenum deposit in Luanchuan County

Q—第四系;Pt₃sc²—宽坪群四岔口组上段;Pt₃sc¹—宽坪群四岔口组下段;Mb—石英大理岩;γ₃³—燕山期红岩寨花岗岩体;φ₂¹—前加里东期斜长角闪岩脉;1—小断层;2—地质界线;3—钻孔位置及编号;4—钼矿露头点及编号;5—穿脉及编号;6—老硐及编号

关系^②。该花岗岩体与矿化关系密切,岩体边部及其外接触带中发育辉钼矿化、黄铁矿化、硅化、矽卡岩化、石榴子石化、透辉石化、透闪石化、绿泥石化等矿化蚀变(图版)。

前加里东期斜长角闪岩脉侵入宽坪群中, 出露于矿区中北部。其与区内矿化基本无关,仅在矿区西部斜长角闪岩脉与四岔口组下段接触部位的小断层中见有磁铁矿化。

3 土壤地球化学样品采集和测试方法

野外工作采样网度为 200m×40m, 测线方向正南向;利用便携式 GPS 卫星定位仪,辅之以罗盘进行定点;对采样点及周围的地形地质情况作详细记录。样品采自无污染的 B 层或 BC 层,采样深度一般为 10~20cm。样品处理严格按照干燥-碎样-过筛(60 目)-拌匀-称重(≥80g)-装袋-装箱的工序,并严格防止样品的相互污染,最后送交化验室分析。

野外共采集样品 809 件, 化验分析由河南省地质矿产勘查开发局岩石矿物测试中心完成。分析项

目为 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、W、Mo、Fe 10 种元素。分析方法:As、Sb 用原子荧光分析法测定,Au 用化学光谱(微金分析)法,其余元素用光谱定量垂直电极法分析。

4 土壤地球化学测量结果

4.1 土壤地球化学特征

根据勘查地球化学中有关的定义和计算公式^[20],对土壤地球化学原始数据进行统计分析。结果(表 1)显示, 元素 Mo、W、Au、Ag、Cu 的变化系数较大,元素 Mo、Zn、Cu、W、Pb、Au 的标准差较大,元素 Mo、W、Cu、Pb、Zn、Au、Ag 等元素在土壤中的次生富集能力和富集强度比较高,而其它元素在土壤中的分布则较为均匀。

运用 SPSS 统计分析软件对土壤地球化学原始数据进行相关性分析(表 2)。主成矿元素 Mo 与伴生元素 W、Pb、Zn、Ag、Cu、As、Sb 呈正相关关系,其中 Mo 与 W、Pb、Zn、Ag 相关性较高,Mo 与 Pb 的

表 1 土壤地球化学测量数据统计^②
Table 1 Statistics of data from soil geochemical exploration

元素	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb	W	Mo	Fe
平均值	36.79	34.08	89.77	1.53	0.13	7.42	0.58	5.82	2.43	5.42
最大值	345.00	92.00	352.00	66.00	0.72	95.69	6.27	250.00	26.20	11.70
最小值	9.00	12.00	24.00	0.50	0.04	0.49	0.12	0.60	0.20	2.00
背景值	35.01	33.69	87.12	1.39	0.12	7.21	0.56	4.13	2.31	5.40
标准差	24.60	9.84	29.90	2.61	0.10	4.34	0.31	16.68	2.22	1.48
异常下限值	64.53	45.50	123.00	4.52	0.24	12.43	0.93	24.15	4.97	7.17
变化系数	0.67	0.29	0.33	1.71	0.73	0.59	0.53	2.87	0.91	0.27
异常强度	92.42	51.90	157.93	12.95	0.33	16.90	1.40	86.86	8.17	8.17

注:w(Au)/10⁻⁹,w(其它元素)/10⁻⁶

表 2 土壤地球化学数据相关系数矩阵^②
Table 2 Matrix of correlation coefficients of soil geochemical data

元素	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb	W	Mo	Fe
Cu	1.000									
Pb	-0.152	1.000								
Zn	0.492	0.184	1.000							
Au	0.063	-0.039	0.045	1.000						
Ag	0.311	0.080	0.349	0.036	1.000					
As	-0.190	0.379	-0.010	0.153	0.121	1.000				
Sb	-0.134	0.278	-0.030	0.027	0.043	0.491	1.000			
W	0.291	0.074	0.209	0.004	0.263	0.058	0.021	1.000		
Mo	0.111	0.292	0.172	-0.057	0.198	0.159	0.095	0.228	1.000	
Fe	0.529	-0.446	0.325	0.053	0.122	-0.315	-0.196	-0.028	-0.130	1.000

相关性系数最大;Mo 与 Au、Fe 则呈负相关关系, Mo 与 Fe 的相关性系数最小。

为了进一步了解不同元素之间的地球化学特征,对土壤地球化学数据进行 R 型聚类分析,得出聚类分析谱系图(图 3)。聚类过程中,元素 Cu 与 Fe 首先聚类,其次是 As 与 Sb 聚类;Zn、Ag、W、Mo、Pb 中间进行聚类;Au 最后聚类。按照元素聚类的顺序可将 10 个元素分为 3 个组合:第一组由 Cu、Fe、As、Sb 组成;第二组由 Mo、W、Pb、Zn、Ag 组成;第三组是单元素 Au。截取距离系数指标 5 和 15 进行分析,Cu、Fe、As、Sb 距离系数小于 5,Mo、W、Pb、Zn、Ag 距离系数在 5~15 之间,Au 距离系数大于 15,这与依据聚类顺序分成的 3 个元素组合一致。

4.2 单元素异常

土壤地球化学测量单元素异常图采用 Surfer 8.0 软件绘制完成(图 4)。在图 4 中,Mo、W、Pb、Zn、Ag、Cu、Fe 异常明显,As、Sb、Au 异常区较小。其中 Mo、W、Pb 异常较为集中,主要围绕红岩寨花岗岩体边部及其与围岩的接触带分布,与花岗岩体关系密切;Zn、Ag、As、Cu、Sb、Au 异常分布比较分散;Fe 异常则远离红岩寨花岗岩体分布,与花岗岩体关系不大。从整体上看,Mo、W、Pb、Zn、Ag 等元素异常强度高、规模大,异常分布相似,且具有一定的套合性,也说明主成矿元素 Mo 与伴生元素 W、Pb、Zn、Ag 之间相关性强。

4.3 元素组合异常

矿床分布往往受多种因素的影响,为了更为准确地圈定异常范围,采用多种元素组合来进行异常的圈定。综合考虑各元素在土壤中的次生富集性,主成矿元素 Mo 与伴生元素之间的相关性,元素 R 型聚类分析的特征,各元素异常面积和展布情况等因

素后,选取 Mo、W、Pb、Zn、Ag 来进行组合。
本文引入“地质累积指数”^[21-23](Index of geoaccumulation, I_{geo}),对矿区内的土壤地球化学数据进行处理与评价。地质累积指数是 20 世纪 70 年代晚期在欧洲发展起来的一种定量评价指标^[24],国内一些学者将其应用于矿产勘查评价中^[25-26]。其表达公式为:

$$I_{geo}=\log_2\left[\frac{C_n}{1.5\cdot BE_n}\right]$$

式中, C_n 为样品中元素 n 的浓度; BE_n 为地球化学背景浓度;1.5 为常数,是考虑到由于成岩作用可能会引起背景值的变动。

基于主成矿元素 Mo 与伴生元素 W、Pb、Zn、Ag 对异常的综合影响和矿床统计预测中特征分析的方法,计算时采用“综合地质累积指数(I_{GEO})”对矿区内的 Mo、W、Pb、Zn、Ag 元素组合进行评价。本次计算用到的公式如下:

$$I_m=\frac{g_m}{\sum_{i=0}^n g_i} \tag{1}$$

$$C_{nm}=X_{nm}\times I_m \tag{2}$$

$$I_{geoM}=\log_2\left[\frac{C_{nm}}{1.5\cdot B_m}\right] \tag{3}$$

$$I_{GEO}=I_{geoMo}+I_{geoW}+I_{geoPb}+I_{geoZn}+I_{geoAg} \tag{4}$$

式中: g_m 为元素 m 的原始相关系数, I_m 为标准化相关系数;考虑到主成矿元素 Mo 的重要作用,其原始相关系数取值 1,其它 4 个元素 W、Pb、Zn、Ag 原始相关系数取其与 Mo 元素的相关系数。 n 为样品编号, X_{nm} 为元素 m 第 n 个样品的土壤地球化学含量原始值, C_{nm} 为元素 m 第 n 个样品进行标准化之后的土壤地球化学含量值。 B_m 为元素 m 的土壤地球化学含量异常下限值, I_{geoM} 为元素 m 的地质累积指数。 I_{GEO} 为综合地质累积指数^[25-26]。

依次将相关数据带入(1)、(2)、(3)、(4)式便可以计算出各个采样点的综合地质累积指数。其中,综合地质累积指数最大值为-8.21,最小值为-29.70,平均值为-22.82。本次选取综合地质累积指数 $I_{GEO}>-20$ 时,确定为异常,并用 Surfer 8.0 软件作出综合地质累积指数异常图(图 5)。

4.4 元素组合异常解释

综合地质累积指数异常图(图 5)显示,元素组合异常主要在矿区东南部围绕燕山期红岩寨花岗岩体边部及其外接触带呈不规则状展布,且异常强度

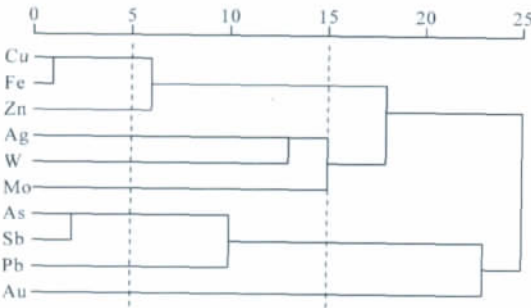


图 3 土壤地球化学元素 R 型聚类分析谱系图
Fig. 3 Pedigree chart of R-type clustering analysis of soil geochemical elements

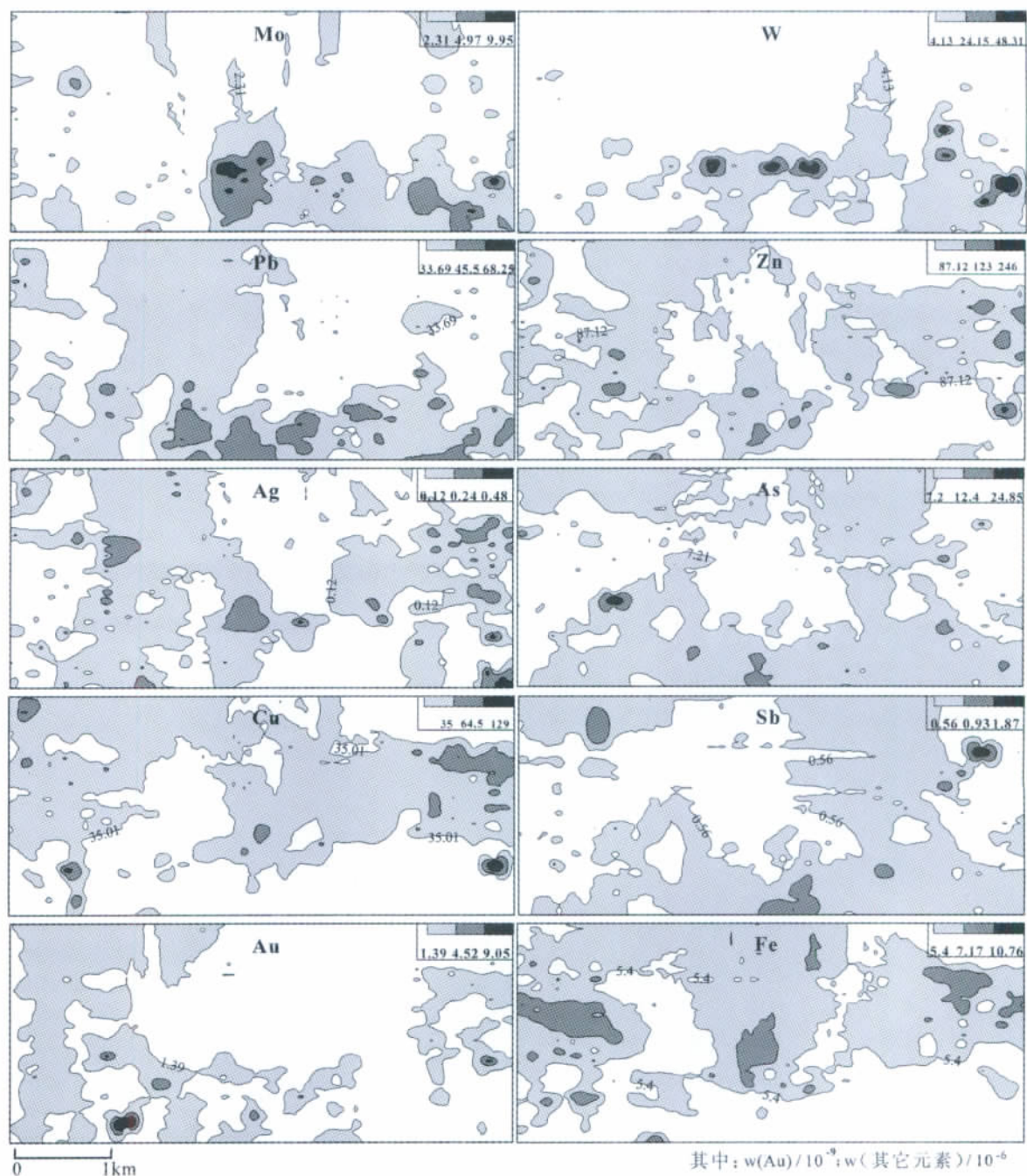


图 4 陈南沟钼矿区土壤地球化学测量单元元素异常图

Fig. 4 Single element anomalies of soil geochemical survey in the Chennangou molybdenum deposit

高、规模大。远离花岗岩体的四岔口组中也见有少量异常,但规模小、强度低。元素组合异常分布特征表明土壤地球化学异常与红岩寨花岗岩体关系密切。

老君山花岗岩体附近发育的钼矿床(点)与老君山花岗岩体关系密切,如扫帚坡钼矿床和东沟口钼矿点发育于老君山花岗岩体外接触带内,老界岭钼

矿点则赋存于老君山岩体内^[9]。对扫帚坡钼矿的研究表明,扫帚坡钼矿是与老君山岩体密切相关的热液矿床,宽坪群与岩体的接触部位及其两侧为矿化的有利部位,辉钼矿主要赋存于细粒花岗岩与外接触带二云石英片岩中;北西西向、近南北向、北东向构造为矿区有利的含矿构造,往往形成脉状、浸染状

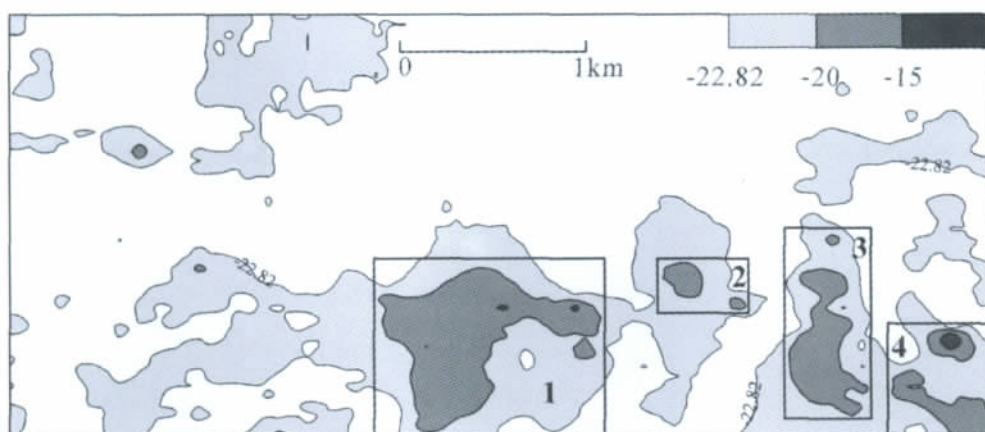


图 5 陈南沟钼矿区综合地质累积指数异常图

Fig. 5 Anomaly map of aggregative I_{GEO} in the Chennangou molybdenum deposit

多金属矿化^[8-9]。这些钼矿床(点)的成矿过程可简单地描述为:岩浆侵入过程中,携带的成矿物质从岩浆中分离出来,沿着岩体与围岩接触部位的构造薄弱地带运移,在适当的温度、压力条件下,于岩体边部、接触带、围岩中裂隙及小断层破碎带内富集成矿,部分则在岩体内随着岩浆的固结而富集。此外,部分岩浆在运移过程中可能与围岩发生交代作用,形成矽卡岩化。

研究表明:陈南沟钼矿与老君山花岗岩体范围内发育的钼矿床(点)成矿地质背景相似,均属于与花岗岩侵入有关的热液矿床,推测陈南沟钼矿也应当产于花岗岩体内部或者花岗岩体外接触带,即红岩寨花岗岩体内及其外接触带;岩体边部北东向小型构造发育部位也应当是较为有利的含矿构造。地质推测钼矿产出部位与元素组合异常分布位置基本吻合,说明其为有效地质异常。

在综合分析元素土壤地球化学特征、单元素异常分布特征、异常赋存的地质环境、综合地质累积指数异常分布特征等因素的基础上,圈出 4 个找矿靶区(图 5)。其中,靶区 1 异常强度高、规模大,结合矿区地质情况分析,靶区 1 为最为有利的找矿地段。

4.5 异常检查与验证

对圈定的 4 个找矿靶区进行野外异常检查发现,地表出露的花岗岩体中发育明显的辉钼矿化、黄铁矿化、硅化。外接触带宽坪群变质岩系中裂隙发育,硅化较强,并有石英团块、石英细脉充填。石英团

块周围和石英脉两侧辉钼矿化、透闪石化、绿泥石化明显。此外,在多处辉钼矿化部位,北东向小断层发育(图 2),表明北东向小断层与辉钼矿的形成有一定的联系。

在靶区 1 施工 ZK001、ZK002 两个钻孔进行工程验证(图 2)。ZK001 孔深 283.10m,见矿较好,单个样品中钼最高含量为 1.14%,最低含量为 0.002%。化验结果显示,个别样品中伴生有钨。钻孔中辉钼矿化十分发育,并伴随有黄铁矿化、绿泥石化、透闪石化现象。黑云石英片岩中裂隙较为发育,部分裂隙被后期石英细脉充填。辉钼矿化主要有 2 种赋存形式:沿黑云石英片岩中的裂隙发育,主要呈薄膜状赋存于裂隙面上;在石英细脉附近发育,主要呈薄膜状、星点状、细脉状赋存于石英细脉两侧。ZK002 孔深 214.00m,见矿一般,单个样品中钼最高含量为 0.068%,最低含量为 0.000%。ZK002 中除看到有跟 ZK001 类似的矿化现象外,钻孔深部还见有辉钼矿化花岗斑岩,花岗斑岩中辉钼矿化主要呈星点状、薄膜状产出,并伴随有黄铁矿化。

靶区 1 内有一穿脉 CM1(图 2),对其进行野外观察,洞内矿化体为辉钼矿化黑云石英片岩、辉钼矿化矽卡岩化大理岩、辉钼矿化石英脉,岩石裂隙面上亦见有薄膜状辉钼矿,矿化围岩为黑云石英片岩。矿化蚀变特征主要有辉钼矿化、黄铁矿化、硅化、矽卡岩化、石榴子石化、透辉石化、透闪石化、绿帘石化、绿泥石化等(图版)。矿化体走向北西,倾向北北东,倾角 70°左右,与围岩产状一致。矿化体由 ZK001

图版 I Plate I



A. 裂隙面辉钼矿化



B. 辉钼矿化沿斜切片理的裂隙发育



C. 硅化、黄铁矿化



D. 砂卡岩化、辉钼矿化



E. 石榴子石化



F. 透辉石化

和 CM1 控制,出露长度大于 300m,厚度大于 2m,矿石品位 0.010%~0.126%^②。但由于探矿工程较少,该矿化体缺乏系统控制。靶区 4 内有一老硐 LD1 (图 2),硐口附近见有辉钼矿化花岗岩、辉钼矿化石

英细脉和黄铁矿化现象。

5 结论与建议

将矿区成矿地质环境与土壤地球化学特征结合

起来进行综合分析能够有效地选出土壤化探组合元素;利用地质累积指数对土壤地球化学测量中的主成矿元素 Mo 与伴生元素 W、Pb、Zn、Ag 的元素组合进行评价可以快速圈定有利的找矿靶区,指导矿产勘查工作。

与已发现的老君山岩体附近的钼矿床(点)类似,陈南沟钼矿是与老君山岩体有关的热液矿床;燕山期红岩寨花岗岩体(γ_5^3)边部及其外接触带往往是钼矿化富集的有利部位,北东向小型构造对辉钼矿的形成起到一定的控制作用;黄铁矿化、硅化、矽卡岩化、石榴子石化、透辉石化、透闪石化、绿帘石化、绿泥石化等矿化蚀变可作为寻找本区钼矿的间接找矿标志。

本次工作完善了与花岗岩基有关的热液矿床的研究,有助于栾川断裂带南侧钼矿资源的勘查工作,对在栾川矿集区乃至东秦岭钼矿带内寻找更多的钼矿资源有一定的借鉴作用。但由于探矿工程较少,缺乏系统控制,为了有效地圈出钼矿体范围,还需要进一步布置工程进行加密勘探;接下来应从矿床成矿理论的角度对陈南沟钼矿矿床成因进行深入研究。此外,在东秦岭钼矿带内,除了寻找与小型花岗岩体有关的钼矿资源外,同时还应当加强对与花岗岩基有关的钼矿的关注,加强对栾川矿集区南部尤其是栾川断裂带以南钼矿资源的勘查工作。

致谢:河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院曹月怀、刘永春、孟怀忠同志在资料收集和野外工作中给予帮助,成文过程中得到韦昌山、王长明、申玉科等老师的指导,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]刘孝善,吴澄宇,黄标.河南栾川南泥湖-三道庄钼(钨)矿床热液系统的成因与演化[J].地球化学,1987,3:199-207.
- [2]瓮纪昌,张云政,黄超勇,等.栾川三道庄特大型钼钨矿床地质特征及矿床成因[J].地质与勘探,2010,46(1):41-48.
- [3]罗铭玖,董群英,张辅民,等.中国钼矿床[M].郑州:河南科技出版社,1991:108-131.
- [4]罗铭玖,黎世美,卢欣祥,等.河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M].北京:地质出版社,2000:81-111.
- [5]徐兆文,陆现彩,杨荣勇,等.河南省栾川县上房斑岩钼矿床地质地球化学特征及成因[J].地质与勘探,2000,36(1):14-16.
- [6]卢欣祥,于在平,冯有利.东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J].矿床地质,2002,21(2):170.
- [7]周珂,叶会寿,毛景文,等.豫西鱼池岭斑岩型钼矿床地质特征及其辉钼矿铼-钨同位素年龄[J].矿床地质,2009,28(2):170-184.
- [8]孟芳.豫西扫帚坡钼矿床地质特征[J].矿物学报,2009,(增刊):75-79.
- [9]孟芳.豫西老君山花岗岩体特征及其成矿作用[D].北京:中国地质大学(北京)硕士学位论文,2010.
- [10]张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大陆动力学[M].北京:地质出版社,2001.
- [11]林潜龙,石铨曾,符光宏.河南东秦岭板块构造轮廓与矿产分布初探[J].中国区域地质,1985,13:77-86.
- [12]河南省地矿局区域地质调查队.河南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [13]张正伟,张中山,董有,等.东秦岭钼矿床及其深部构造制约[J].矿物学报,2007,(3/4):372-378.
- [14]张正伟,朱炳泉,常向阳,等.洛南-栾川钼矿带成岩成矿背景及时空统一性[J].高校地质学报,2001,7(3):307-315.
- [15]胡受溪,林潜龙.中国南北板块拼合带地质与成矿[M].南京:南京大学出版社,1988:1-558.
- [16]符光宏.河南省秦岭-大别造山带地质构造与成矿规律[M].郑州:河南科技出版社,1994:192-202.
- [17]张宗清,刘敦一,付国民.北秦岭变质地层同位素年代研究[M].北京:地质出版社,1994:67-108.
- [18]杨荣勇,任启江,胡受溪.东秦岭地区宽坪群的时代及其意义[J].地层学杂志,1993,17(4):272-276.
- [19]王振东,单振刚.北秦岭古裂谷带地质特征及其在大地构造中的意义[J].中国区域地质,1985,16:20-39.
- [20]刘英俊,邱德同等.勘查地球化学[M].北京:科学出版社,1987:11-21.
- [21]滕彦国,虞先国,倪师军,等.应用地质累积指数评价沉积物中重金属污染:选择地球化学背景的影响[J].环境科学与技术,2002,25(2):7-9.
- [22]尚英男,倪师军,张成江,等.应用地质累积指数评价成都市河流表层沉积物重金属污染[J].广东微量元素科学,2005,12(10):12-16.
- [23]Rantitsch G. Geochemical exploration in a mountainous area by statistical modeling of poly populational data distributions [J].Journal of Geochemical Exploration,2004,82(1/3):79-95.
- [24]Förstner U, Ahlf W, Calmano W, et al. Sediment criteria development—contributions from environmental geochemistry to water quality management[M]//Helwig D, Rothe P, Förstner U, et al. Sediments and environmental geochemistry: selected aspects and case histories. Springer Verlag, Berlin Heidelberg,1990:311-338.
- [25]崔敏,刘志宏,吴国学.黑龙江省乌拉嘎金矿外围土壤地球化学找矿信息评价[J].世界地质,2007,26(2):192-198.
- [26]严成文,李文铅.粤北梅子窝钨矿外围土壤地球化学找矿信息评价[J].中国钨业,2010,25(5):18-21.
- ① 河南省地质调查院.1:25 万内乡县幅区域地质调查报告.2002.
- ② 河南省地勘局第二勘查院.河南省栾川县陈南沟矿区多金属矿普查.2008.