

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.01.016

河南崔家庄铅矿区四岔口组下段 地球化学特征及找矿意义

付中,李文超,高启荣

(河南省地质矿产勘查开发局第四地质矿产调查院,郑州 451464)

摘要: 崔家庄铅矿区地处黑沟—栾川断裂带与瓦穴子—乔端断裂带之间,成矿地质条件较好。矿区1:1万土壤化探剖面成果显示,宽坪群四岔口组下段主成矿元素Pb、Ag富集强烈,分布极不均匀,元素间相关性显著,成矿潜力大;单元素异常及综合异常均显示,异常与断裂构造关系密切;经异常查证及追索,目前发现3个铅矿体(伴生银、锌)及1个矿化点,丰富了东秦岭宽坪群铅锌银矿找矿信息。

关键词: 崔家庄铅矿;黑沟断裂带;瓦穴子断裂带;地球化学异常;宽坪群;豫西地区

中图分类号: P595;P618.4 **文献标识码:** A

0 引言

东秦岭地区是典型的贵金属、有色金属集中成矿区^[1],该区出露的宽坪群显示有较好的地球化学异常特征^[2-3]。崔家庄铅矿区位于河南省卢氏县东南约20 km处,属于瓦穴子—乔端断裂带和黑沟—栾川断裂带之间夹持地带,宽坪群受控于南北深大断裂,区内成矿地质背景较好。通过1:1万土壤化探剖面测量工作,圈定了新的化探异常区,并获得初步找矿成果。前期成果显示,东秦岭铅锌银矿多发现于华熊陆缘带、北秦岭构造带二郎坪群和宽坪群谢湾组,本次在宽坪群四岔口组下段发现铅矿床(伴生银、锌)具一定的研究价值。开展宽坪群四岔口组地球化学特征研究,对指导矿区及邻区铅银矿的勘查具有一定借鉴意义。

1 成矿地质背景

矿区大地构造位置处于华北陆块南缘北秦岭板内增生带,构造区划属北秦岭褶皱系。区域出露地

层有中一上元古界宽坪群四岔口组和谢湾岩组、下古生界陶湾岩群秋木沟组、下古生界二郎坪群火神庙组和上三叠统五里川组(图1)。其中,宽坪群四岔口组下段为崔家庄铅矿主要赋矿地层。

宽坪群形成于1850 Ma—1000 Ma^[4],为一套变质中基性火山岩—陆源碎屑岩建造^[5]。多期次的区域变质作用,为宽坪群中Pb、Zn、Ag等元素的活化迁移聚集提供了物质基础和动力条件^[6],变质程度达绿片岩相—低角闪岩相^[7];宽坪群物质来源于华北陆块、北秦岭陆块及扬子陆块^[8]。

黑沟—栾川断裂带和瓦穴子—乔端断裂带分别位于矿区北、南两侧,控制了该区总体构造格架,区内断裂构造线方向呈NWW向。黑—栾断裂带是东秦岭北部分割秦岭地槽与华北地台的边界断裂^[9],属造山带前缘斜向汇聚—拼合带,具有NE-SW向俯冲兼左旋走滑性质^[10],由多条脆性破碎带及韧性构造岩带组成。瓦—乔断裂带是由不同变形层次剪切带共同组成的变形—变质带^[11],早期表现为韧性特征,剪切面理多为向南陡倾;晚期为脆性特征,断面多为北倾^[12]。

区域岩浆活动强烈,侵入活动主要有加里东期、

收稿日期: 2021-07-30; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 河南省国土资源厅2017年度地勘基金项目(编号:豫国资发[2017]22号)资助。

作者简介: 付中(1966—),男,高级工程师,学士,从事固体矿产勘查及研究工作。通信地址:河南省郑州市郑东新区郑开大道67号,河南地矿郑东大厦15楼1533室地调院;邮政编码:451464;E-mail:fuzhong2782008@163.com

华力西期和燕山晚期。前人研究成果表明,华力西期与印支末期—燕山期是秦岭造山带成矿大爆发期^[13],东秦岭金、银、多金属矿床,受地层、构造、岩浆岩控制^[14]。多期岩浆大规模上侵,形成构造热蚀变成矿背景,区域成矿地质条件十分有利。

2 矿区土壤地球化学特征

2.1 样品的采集与分析方法

土壤中微量元素的丰度主要取决于形成土壤的原岩，间接反映基岩的地球化学背景。土壤化探测

量是地球化学普查和地球化学详查的重要方法^[15]，可直接查明找矿有利地段。崔家庄矿区1:1万土壤化探剖面测量线距为200 m、点距20 m，样品均采自地表以下20~30 cm原地风化残积物或坡积物B层(淋积层)或C层(母质层)的细粒级物质，采样重量500~600 g，共计采集样品2716件(含重复样132件)。样品按照干燥—碎样—过筛(60目)—称重一分装—装箱程序进行处理。

测试工作由河南省地矿局第一地质矿产调查院完成。As、Sb、Bi 采用原子荧光分析法, Ag、Sn 为发射光谱法, Au 为化学-石墨炉原子吸收法, Cu、Pb、Zn、W、Mo 为电感耦合等离子体发射光谱法。

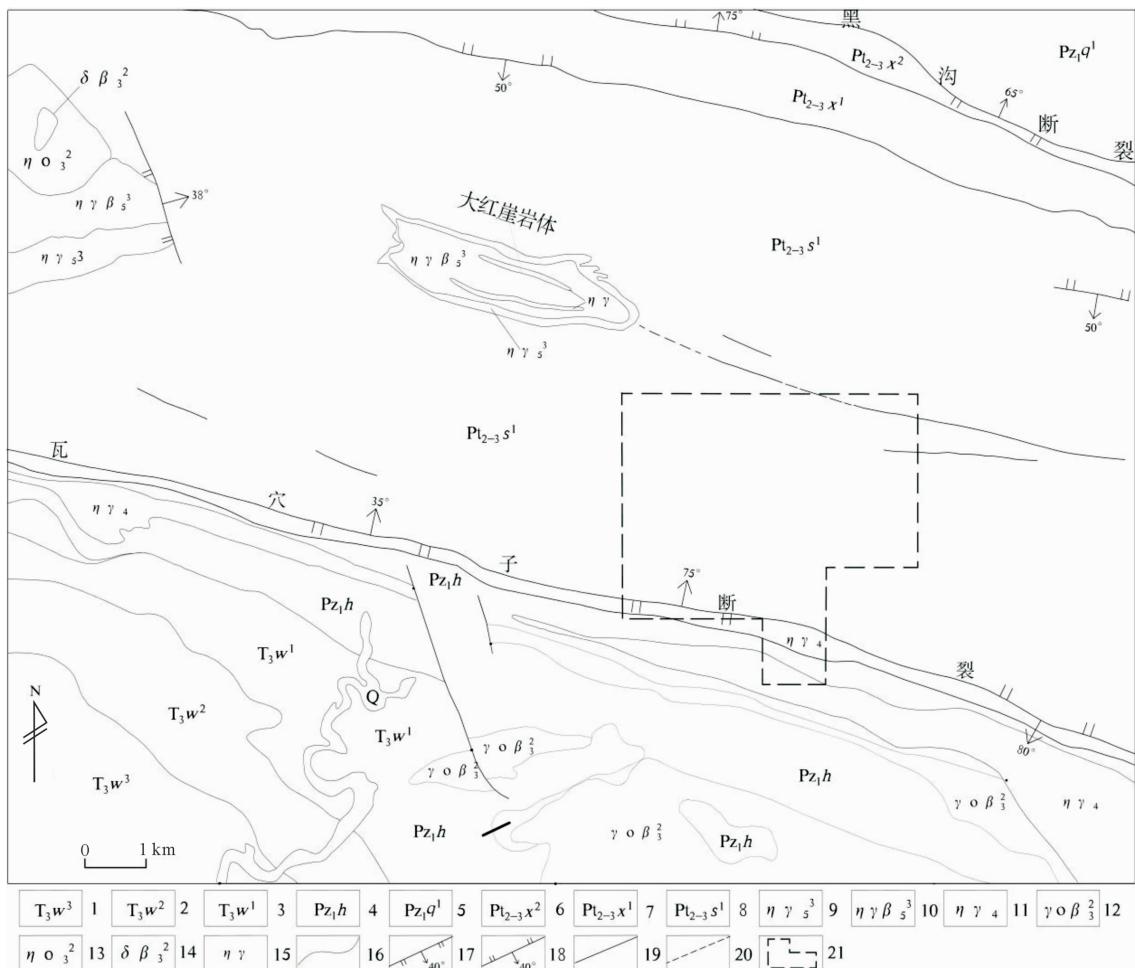


图 1 研究区区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch of study area

- 上三叠统五里川组上段；
 - 上三叠统五里川组中段；
 - 上三叠统五里川组下段；
 - 下古生界火神庙组；
 - 下古生界秋木沟组下段；
 - 中-新元古界谢湾组上段；
 - 中-新元古界谢湾组下段；
 - 中-新元古界四岔口组下段；
 - 燕山晚期二长花岗岩；
 - 燕山晚期黑云母二长花岗岩；
 - 华力西期二长花岗岩；
 - 加里东期黑云斜长花岗岩；
 - 加里东期石英二长岩；
 - 加里东期黑云母闪长岩；
 - 二长花岗岩脉；
 - 地质界线；
 - 正断层；
 - 逆断层；
 - 性质不明断层；
 - 推测断层；
 - 研究区

表 1 崔家庄矿区土壤元素地球化学参数统计结果

Table 1 Statistics of geochemical parameters of element in soil of the Cuijiazhuang area

项目	Au	As	Sb	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Sn	Mo	Bi
A	4.3	1.7	0.5	47	16	83	0.07	1.3	25	1.1	0.009
min	0.5	0.57	0.15	10.1	0.8	23.1	0.045	0.45	1.1	0.47	0.15
max	33.9	1600	7.49	316	5566	2547	14.91	192	16.4	12.1	17.2
\bar{X}	1.706	6.784	0.586	43.362	42.736	104.32	0.139	2.136	3.62	1.636	0.526
S	1.713	31.503	0.261	20.503	117.666	68.12	0.312	3.886	0.922	0.673	0.491
Cv	1.004	4.644	0.446	0.473	2.753	0.653	2.24	1.82	0.255	0.412	0.933
K	0.397	3.99	1.17	0.923	2.671	1.257	1.986	1.643	0.145	1.487	58.444

量单位: $w(Au)/10^{-9}$, $w_B/10^{-6}$; \bar{X} . 算术平均值; S. 标准离差; Cv . 变化系数; K. 浓度克拉克值; Max. 最大值; Min. 最小值; A. 地壳克拉克值(维诺格拉多夫, 1962)

2.2 元素富集特征

测试数据统计分析结果(表 1)显示,崔家庄矿区土壤中 Bi、As、Pb、Ag、W 元素富集强烈,Zn、Mo、Sb 元素相对富集;元素 As、Pb、Ag、W 变化系数 >1 ,表明其地球化学活动性极强,分布极不均匀,属强分异型,易于局部富集,成矿潜力大;元素 Zn、Bi 变化系数 0.5~1.0,区内分布不均匀,属分异型,成矿潜力中等;元素 Mo、Sb 变化系数 <0.5 ,分布均匀,化学活动性弱,属弱分异型,其成矿潜力小。

2.3 元素组合特征

相关分析是利用元素间的关系系数衡量元素间相关性的统计学算法^[16]。运用 SPSS 软件对样品测试数据进行相关性分析,可直接研究元素间的亲合性。崔家庄矿区土壤地球化学数据相关分析结果(表 2)显示,测区 Pb、Ag、As 元素间呈显著正相关,Zn 与 Ag、Pb、As 呈正强相关,显示中低温元素组合特征,推测该区主要为中低温热液成矿;Sb 与 Pb、Ag、As 相关性中等,可作为找矿指示元素;Au、Cu、Zn 元素间有一定的相关性。

R 型聚类分析能够揭示元素在成矿过程中的聚合趋势、成因联系,较好地说明元素在地质作用中的

亲疏关系^[17]。采用 SPSS 软件对崔家庄矿区土壤地球化学原始数据进行 R 型聚类分析,结合元素相关关系,相关系数水平值取 0.3,聚类过程中元素可划分为 5 类组合(图 2):①第 1 组 Ag、Pb、As、Zn、Sb、Au,②第 2 组 Cu、Bi,③第 3 组 Mo,④第 4 组 Sn,⑤第 5 组 W。由此可见,第 1 组为反映中低温热液活动有关的元素及矿化信息;第 2 组反映中温热液对成矿的改造;第 3、4、5 组为反映高温热液活动有关的元素及矿化信息,与岩浆活动有关。聚类过程中,Ag、Pb、As 最先聚类,空间联系最紧密,是成矿的主要阶段;随后 Zn、Sb 聚类,Cu、Bi 聚类,Au 次之。

综合成矿地质背景、元素富集分异和组合特征表明,矿区成矿具阶段性,Pb、Ag 为该区主要成矿元素,属中低温热液成矿。

3 地球化学异常特征

3.1 背景值及异常下限的确定

本次依据矿区地质及地球化学特征,利用 3 倍方差循环迭代剔除法对化探原始数据进行处理,确

表 2 崔家庄矿区土壤地球化学数据相关系数矩阵

Table 2 Matrix of correlation coefficient of soil geochemical data of the Cuijiazhuang area

元素	Au	Ag	Sn	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	W	Mo
Au	1										
Ag	0.33	1									
Sn	0.137	0.039	1								
As	0.205	0.942	0.02	1							
Sb	0.259	0.552	-0.063	0.572	1						
Bi	0.276	0.177	0.16	0.028	0.102	1					
Cu	0.31	0.286	0.184	0.225	0.056	0.416	1				
Pb	0.276	0.959	0.026	0.929	0.556	0.065	0.251	1			
Zn	0.392	0.793	0.097	0.714	0.425	0.086	0.423	0.809	1		
W	0.126	0.132	0.037	0.11	0.053	0.073	0.107	0.126	0.162	1	
Mo	0.15	0.12	0.067	0.048	0.122	0.271	0.344	0.08	0.179	0.032	1

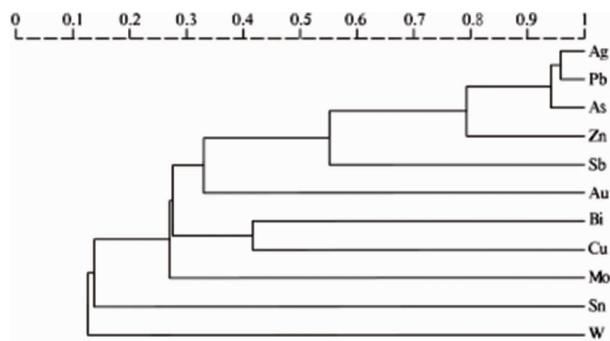


图2 元素R型聚类分析谱系图

Fig. 2 Pedigree of element R type cluster analysis

定元素背景值。采用背景值加2倍标准离差($T = \bar{X} + 2S$)，选择 $88\% \sim 95\%$ 累频含量值与 $+2S$ 接近的值定为异常下限。

3.2 单元素异常特征

为探讨元素异常分布特征及规律,绘制了崔家庄矿区单元素地球化学异常图(图3),浓度分带按

异常下限的1、2、4倍划分外中内带。从图3可见, Pb、Ag、Au、As、Zn元素异常吻合较好,异常主要分布于F₂构造带,显示与断裂构造关系密切。其中,Pb最高 5566×10^{-6} ,平均 42.736×10^{-6} ,异常下限为 59×10^{-6} ,强异常明显;Ag最高 14.91×10^{-6} ,平均 0.139×10^{-6} ,异常下限为 0.22×10^{-6} ,亦呈强异常。主成矿元素Pb、Ag异常强度大、浓集中心明显、异常套合好、浓度分带清晰,异常分布于成矿有利部位。As异常面积小,分布零星,可作为铅银矿找矿指示元素。

3.3 综合异常圈定

结合成矿地质背景、元素共生组合关系、空间套合程度,测区共圈出7处土壤化探综合异常(图4),并依据异常面积、异常平均衬度、规格化面金属量、总序数进行评序。AP6因异常面积小、异常强度低,找矿前景小未做评述。综合异常特征,见表3。



图3 崔家庄矿区土壤地球化学测量单元素异常图

Fig. 3 Single element anomalies' map of soil geochemical survey

through the deposit of the Cuijiazhuang area

1. 斜长黑云石英片岩; 2. 钠长二云石英片岩; 3. 石英岩; 4. 石英岩;
5. 碎裂岩; 6. 断层; 7. 二长花岗岩; 8. 二长闪长岩; 9. 矿体; 10. 矿区

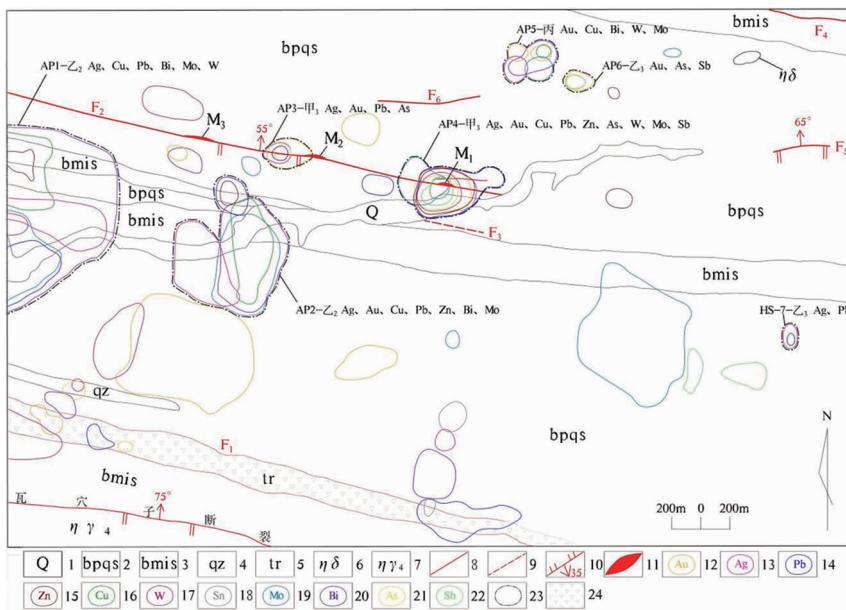


图 4 崔家庄矿区综合异常简图

Fig. 4 Integrated geochemical anomaly map of Cuijiazhuang area

1. 第四系; 2. 四岔口组下段斜长黑云石英片岩;
3. 四岔口组下段钠长二云石英片岩; 4. 四岔口组下段石英岩;
5. 四岔口组下段碎裂岩; 6. 二长闪长岩; 7. 燕山晚期二长花岗岩;
8. 性质不明断层; 9. 推测断层; 10. 逆断层;
11. 矿化带; 12. 金异常; 13. 银异常; 14. 铅异常; 15. 锌异常; 16. 铜异常; 17. 锡异常; 18. 锡异常; 19. 钽异常; 20. 铊异常; 21. 砷异常; 22. 铋异常; 23. 综合异常区; 24. 碎裂岩

表 3 崔家庄矿区土壤地球化学综合异常特征

Table 3 Characteristics of integrated soil geochemically anomalies of the deposit area

异常编号	元素组合	面积/km ²	异常特征	评序
AP4	Ag、Au、Cu、Pb、Zn、As、W、Mo、Sb	0.19	异常处于 F ₂ 断裂带, 出露岩性为斜长黑云石英片岩、角砾岩。异常呈卵圆形, 空间分布上异常元素套合好, 元素异常强度较高, 有一个明显浓集中心, Ag、Pb、Au 具二级浓度分带。Pb 异常均值 1826.50×10^{-6} , 最大值 5566.00×10^{-6} , 衬度 15.5; Ag 异常均值 2.74×10^{-6} , 最大值 14.91×10^{-6} , 衬度 12.4。Au 异常均值 11.22×10^{-9} , 最大值 33.90×10^{-9} , 衬度 3.5	1
AP3	Ag、Au、Pb、As	0.05	异常处于 F ₂ 断裂带, 出露岩性为斜长黑云石英片岩、角砾岩, 异常呈椭圆形, 空间分布上异常元素套合好, 异常强度高, 有一个浓集中心。Ag 异常均值 0.65×10^{-6} , 最大值 1.11×10^{-6} , 衬度 2.95。Au 异常均值 7.7×10^{-9} , 最大值 19.9×10^{-9} , 衬度 2.4; Pb 异常均值 127.67×10^{-6} , 最大值 153.00×10^{-6} , 衬度 2.2	6
AP1	Ag、Cu、Pb、Bi、Mo、W	0.77	异常位于 F ₂ 断裂带西南, 出露岩性为钠长二云母片岩和斜长黑云石英片岩。异常呈半圆形, 西侧未封闭延出区外。异常中心 Pb、Ag、Bi 套合较好。Ag 异常均值 0.47×10^{-6} , 最大值 1.71×10^{-6} , 衬度 2.14。Pb 异常均值 227×10^{-6} , 衬度 3.8	2
AP2	Ag、Au、Cu、Pb、Zn、Mo、Bi	0.51	异常位于 F ₂ 断裂带南, 出露岩性为钠长二云母片岩和斜长黑云石英片岩, 硅化强烈。异常大致呈心形。具两个浓集中心, Bi、Mo、Cu 单元素异常套合较好, 其次为 Pb、Zn。Pb 异常均值 161.26×10^{-6} , 最大值 512×10^{-6} , 衬度 2.7; Zn 异常均值 756.00×10^{-6} , 最大值 756.00×10^{-6}	3
AP5	Au、Cu、Bi、W、Mo	0.09	异常位于 F ₆ 断裂带东北, 出露岩性为斜长黑云石英片岩。Au、Cu、Bi 元素套合较好, 有一个浓集中心。Cu 异常均值 155.33×10^{-6} , 最大值 316×10^{-9} , 衬度 2.1。Au 异常均值 23.5×10^{-9} , 最大值 $\times 10^{-9}$, 衬度 7.3	5
AP7	Pb、Ag	0.02	异常位于矿区东部, 岩性为斜长黑云石英片岩, Pb、Ag 元素套合好, 有一个浓集中心。Pb 异常均值 1492×10^{-6} , 最大值 1492×10^{-6} , 衬度 25.3; Ag 异常均值 1.22×10^{-6} , 最大值 2.01×10^{-6} , 衬度 5.5	4

量单位: $w(Au)/10^{-9}, w_B/10^{-6}$

4 异常查证

AP1、AP2 经踏勘未发现矿化线索。推测为深部矿化体在地表的反映。AP7 经槽探工程揭露发现斜长黑云石英片岩的面理中存在硅化、弱铅矿化。

经过分析 AP4、AP3 异常均与断裂相关。通过槽探工作揭露,分别在 AP4、AP3 内发现了 M1、M2 铅矿体,并沿断裂构造追索发现了 M3 铅矿体(图 4)。

AP4 检查。经检查在异常中心北约 30 m 发现铅银矿化,通过槽探工程控制 M1 铅矿体长度 60 m,平均厚度 1.05 m,单工程品位 $w(Pb)$ 为 0.45%~1.31%,平均为 0.90%,伴生 Ag、Zn、Au。铅矿体赋存于构造破碎带中,围岩蚀变类型为硅化、黄铁矿化、方铅矿化、辉银矿化、闪锌矿化^[18]。

AP3 检查。经踏勘在异常中心东部约 160 m 发现铅银矿化,通过槽探工程控制 M2 铅矿体长度 90 m,平均厚度 1.07 m;经工程控制 M3 矿体长度 150 m。单工程品位 $w(Pb)$ 为 0.79%~8.91%,平均为 4.71%,伴生 Ag、Zn。

5 结语

(1) 崔家庄矿区宽坪群四岔口组下段土壤中 Bi、As、Pb、Ag、W 富集强烈,Zn、Mo、Sb 相对富集。元素 As、Pb、Ag、W 分布极不均匀,易于富集成矿,成矿潜力大;Zn、Bi 分布不均匀,属分异型,成矿潜力中等;Mo、Sb 分布较均匀,属弱分异型,成矿潜力小。

(2) 矿区 Pb、Ag、As 元素间呈显著正相关,Zn 与 Ag、Pb、As 呈正强相关,成矿元素组合以中低温为特征;R 型聚类分析显示主成矿元素 Ag、Pb 最先聚类,空间联系最紧密,依次为 Zn 及 Au。

(3) 矿区单元素异常及综合异常均显示与断裂构造关系密切。通过异常查证追索发现 3 个铅(主要伴生银、锌)矿体和 1 处铅矿化点。圈定的 AP4、AP3、AP7 化探综合异常范围与矿(化)体位置基本

吻合,化探找矿指示作用显著。

(4) 崔家庄矿区宽坪群四岔口组下段地球化学特征及铅(伴生银、锌)矿床的发现,丰富了东秦岭地区铅锌银矿的找矿信息。

参考文献:

- [1] 张正伟,杨怀洲,朱炳权,等.东秦岭内生成矿系统与成矿组合特征[J].地质通报,2002,21(8/9):567~572.
- [2] 朱广彬,刘国范,姚新年,等.东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):44~52.
- [3] 朱广彬,刘国范,刘伟芳.东秦岭铜矿床地质特征及找矿标志[J].地质与勘探,2007,43(1):8~16.
- [4] 杨荣勇,任启江,胡受奚.东秦岭地区宽坪群的时代及其意义[J].地层学杂志,1993,13(4):272~276.
- [5] 李建领,郑明泓,李红超,等.河南土地庙沟铅锌矿床地质地球化学特征[J].矿产勘查,2017,8(4):599~605.
- [6] 张自森,李毅,刘国印,等.河南省卢氏县葫芦山铅锌矿控矿条件分析[J].华东理工大学学报:自然科学版,2015,38(1):37~48.
- [7] 周鼎武,刘良,华洪,等.北秦岭中、晚元古代地质演化特征及其有关问题的讨论[J].高校地质学报,1996,2(2):166~172.
- [8] 李承东,赵利刚,许雅雯,等.北秦岭宽坪岩群变质沉积岩年代学及地质意义[J].中国地质,2018,45(5):992~1010.
- [9] 邓清录.黑沟断裂带及其对东秦岭北坡构造演化的控制[J].陕西地质,1991,9(2):39~40.
- [10] 宋传中,张国伟,牛漫兰,等.秦岭造山带北缘的斜向碰撞与汇聚因子[J].中国地质,2006,33(1):48~55.
- [11] 涂文传,宋传中,任升莲,等.北秦岭瓦穴子—乔端断裂带的构造特征及形成温度—压力条件探讨[J].地质评论,2013,59(4):760~768.
- [12] 苏小岩,赵志强,李自民,等.河南省大青一带地球化学特征及找矿前景[J].华南地质与矿产,2008(3):1~6.
- [13] 姚书振,周宗桂,吕新彪,等.秦岭成矿带成矿特征和找矿方向[J].西北地质,2006,39(2):156~178.
- [14] 刘国范.东秦岭金、银、多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J].地质找矿论丛,2003,18(3):178~184.
- [15] 陈国光,马振东,奚小环,等.矿产地球化学勘查体系的探讨[J].物探与化探,2015,39(3):437~442.
- [16] 许栋,庞绪成,庞开元,等.河南槐树坪金矿成矿物质共生组合规律及成矿期次[J].物探与化探,2016,40(6):1~7.
- [17] 蒋敬业,程建萍,祁士华,等.应用地球化学[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.
- [18] 李文超,刘俊伟,建林青,等.河南省卢氏县崔家庄金多金属矿预查报告[R].郑州:河南省地矿局第四地质矿产调查院,2019.

Geochemical characteristics and the ore prospecting significance of Lower stage of Sichakou formation in Cuijiazhuang Pb deposit, Henan province

FU Zhong, LI Wenchao, GAO Qirong

(No. 4 Institute of Geological and Mineral Resources Survey of Henan province, Zhengzhou 451464, China)

Abstract: Cuijiazhuang Pb deposit is located between Heigou-Luanchuan fault belt and Waxuezi-Qiaoduan fault belt. Here took place active regional magmatism with advantageous metallogenic and geological background. Results of soil geochemical section at scale 1:10000 through the deposit area show that ore elements of Pb and Ag are strongly enriched, extremely and unevenly distributed in Lower stage of Sichakou formation of Kuanping group, correlation between the elements distinct and metallogeny potential. Both single element anomaly and integrated anomaly are closely related to fault. During the anomaly check and tracing 3 Pb ore bodies and 1 ore occurrence were discovered with the by-product of Ag and Zn. The discovery will provide more information and guidance for further prospecting of Pb-Zn-Ag deposits in Kuanping group in East Qinling mountain area.

Key Words: Cuijiazhuang Pb deposit; Heigou-Luanchuan fault; Waxuezi-Qiaoduan fault; geochemical anomaly; Kuanping group; the west Henan province