

刘劲松, 邹先武, 汤朝阳, 等. 大巴山地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 中国地质, 2016, 43(1): 249–260.

Liu Jinsong, Zou Xianwu, Tang Chaoyang, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Daba Mountain area[J]. *Geology in China*, 2016, 43(1): 249–260(in Chinese with English abstract).

大巴山地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向

刘劲松¹ 邹先武¹ 汤朝阳¹ 崔 森^{1,2} 夏 杰¹ 赵武强¹ 金世超¹ 龚银杰¹

(1. 武汉地质矿产研究所, 湖北 武汉 430205; 2. 中国地质大学研究生院, 湖北 武汉 430074)

摘要:大巴山地区跨秦岭、扬子两个一级构造单元, 基于 1:5 万水系沉积物测量成果, 统计计算了成矿元素地球化学参数, 分析研究了元素分布特征、元素相关性及异常元素组合特征, 认为研究区 Pb、Zn、Ba、Cu、Mn 找矿潜力较大, 推断研究区所在的秦岭构造单元成矿类型主要为与震旦系—下寒武统黑色岩系有关的低温热液锌铜矿和沉积型钡矿; 研究区所在的扬子构造单元成矿类型主要为与寒武系碳酸盐地层有关的低温热液铅锌矿和与震旦系碳酸盐岩有关的沉积型锰矿; 在此基础上, 划分出杨家坪—葛洞钡锌成矿远景区、镇坪钡锌成矿远景区、黄安坝—迷魂阵锌铜成矿远景区、百羊坪铅锌成矿远景区和修齐镇—石坊乡锰成矿远景区。

关键词:大巴山地区; 水系沉积物; 地球化学特征; 找矿方向

中图分类号: P632.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2016)01-0249-12

Geochemical characteristics of stream sediments and ore-prospecting orientation in Daba Mountain area

LIU Jin-song¹, ZOU Xian-wu¹, TANG Chao-yang¹, CUI Sen^{1,2}, XIA Jie¹, ZHAO Wu-qiang¹,
JIN Shi-chao¹, GONG Yin-jie¹

(1. *Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430205, Hubei, China*; 2. *Graduate School of China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*)

Abstract: The Daba Mountain passes through two tectonic units, namely, the Qingling orogenic belt and the Yangtze craton. Based on the 1:50 000 stream sediment survey, the authors calculated the geochemical parameters of ore-forming elements and analyzed the distribution characteristics, element correlation and element anomaly assemblages. The results show that the study area might be a potential area for Pb, Zn, Ba, Cu and Mn deposits. It is concluded that the main metallogenic types in Qinling unit of the study area are low temperature epithermal Zn–Cu deposits and sedimentary type Ba deposits connected with the Silian–lower Cambrian black rocks. The main metallogenic types in Yangtze unit of the study area are low temperature epithermal Pb–Zn deposit related to the Cambrian carbonaceous rocks and sedimentary type Mn deposits which are connected with Cambrian and Silian carbonaceous rocks respectively. On such a basis, five prospective areas were delineated. Yangjiaping–Gedong area and Zhenping area are expected to

收稿日期: 2014-11-28; 改回日期: 2015-02-24

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(1212010981042、12120113068000)资助。

作者简介: 刘劲松, 男, 1982年生, 硕士, 工程师, 主要从事矿产地质调查与研究; E-mail: pine20083@163.com。

be promising areas for Ba-Zn deposits, Huang'anba-Mihunzhen area for Zn-Cu deposits, Baiyangping area for Pb-Zn deposits and Xiuqi-Shifang area for Mn deposits.

Key words: Daba Mountain; stream sediments; geochemical characteristics; ore-prospecting orientation

About the first author: LIU Jin-song, male, born in 1982, engineer, master, mainly engages in geological investigation and study of mineral resources; E-mail: pine20083@163.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey Program (No. 1212010981042, No. 12120113068000).

秦岭造山带是中国重要的贵金属和有色金属成矿带,已发现各种金属矿床数百处^[1],大巴山地区位于秦岭造山带的南缘,具有较好的成矿条件,在其所处的南秦岭黑色岩系发育,产出沉积型含钼-钒矿和热水沉积大型毒重石-重晶石矿床^[2-4],其北部的旬阳地区发现了志留系沉积-改造型大型铅锌矿带^[5-6],在其南部的扬子地块北缘发现了大量低温热液铅锌矿床,如陕西马元、湖北竹溪—古城一带朝阳、贵子沟、老公峪等铅锌矿床^[7-9]。研究区跨陕、鄂、渝三省(市),涉及陕西镇坪县、岚皋县、平利县,湖北竹山县,重庆城口县,地理坐标:东经 108°45'00"~110°00'00"、北纬 31°40'00"~32°00'00",面积 3556 km²,区内已发现铁、锰、钒、铜、铅、锌、重晶石等大小矿床多处。

勘查地球化学自 20 世纪 30 年代诞生以来一直是基本的地质矿产勘查方法之一,其中水系沉积物测量技术是一门较为成熟的理论,并有效运用到找矿工作中^[10-14],笔者在完成 1:5 万水系沉积物测量的基础上,从元素分布、组合及异常特征等方面分析了大巴山地区水系沉积物的地球化学特征,进行了成矿远景区划分。

1 地质概况

大巴山地区位于上扬子地块北缘,跨秦岭褶皱系、扬子地台两个一级构造单元,处于二者的结合部位,以城口—钟宝巨型逆冲断裂为界(图 1),北部属秦岭褶皱系北大巴山褶皱带(秦岭区),南部为扬子地台北缘拗陷带(扬子区)^[9,15-16]。

研究区所在的秦岭区地层出露了震旦系—志留系下统,主要为震旦系—寒武系,奥陶系和志留系下统少量出露,震旦系下统包括耀岭河组和江西沟组,耀岭河组为一套火山碎屑岩和片岩,江西沟组主要为黑色炭硅质板岩,震旦系上统霍河组为厚层白云质灰岩;寒武系下统包括箭竹坝组、鲁家坪

组,为浅海相碳酸盐和炭泥质建造,中统包括八挂庙组和毛坝关组,八挂庙组以灰岩为主,夹泥质条带,毛坝关组下部以炭硅质板岩为主,上部为厚层泥灰岩或粉砂质白云岩,寒武系上统八仙群为一套角砾及条带状碳酸盐岩沉积。研究区所在的扬子区出露了震旦系—三叠系,以寒武系为主,其余地层小面积出露;震旦系包括陡山沱组和灯影组,陡山沱组为黑色板岩,灯影组为深灰色中层硅质岩和薄层状灰岩;寒武系下统包括水井沱组、石碑组、天河板组、石龙洞组,水井沱组为深灰色粉砂岩、砂质页岩,石碑组以砂页岩为主,天河板组为泥质条带灰岩,石龙洞组为中厚层灰岩;寒武系中统罩家庙组主要岩性为砖红色白云质泥岩、泥质白云岩,上统三游洞群主要为厚层白云岩。

区内岩浆岩主要分布在北大巴山秦岭区,侵入岩以基性岩为主,总体呈 NW-SE 向展布,与区域构造线一致,主要呈岩脉顺地层产出,该区侵入岩主要形成于加里东期,邹先武等^[17]对研究区内镇坪地区辉绿岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果为(439±6) Ma;火山岩在震旦系下统耀岭河组中产出,为一套绿片岩相基性火山碎屑岩。

研究区构造较为复杂,高观寺—钟宝巨型逆冲断裂横贯全区,呈一向南凸出的弧形,秦岭区由一系列紧密线型褶皱和逆冲断层组成,呈 NW-SE 向分布,扬子区由一系列弧形挤压面组成,包括弧形冲断和线型褶皱等^[18-19],向 NW 方向撒开,逐渐向 SE 方向收敛。

2 地球化学特征

2.1 样品采集分析及数据处理

工作区水系发育,降水及地表径流充沛,采样点大多布于一级水系口,少数样点布置在二级和三级水系中,平均采样密度为 4.3 个/km²,采样部位选择在细粒物质易于聚集处,样品介质为汇水域上游

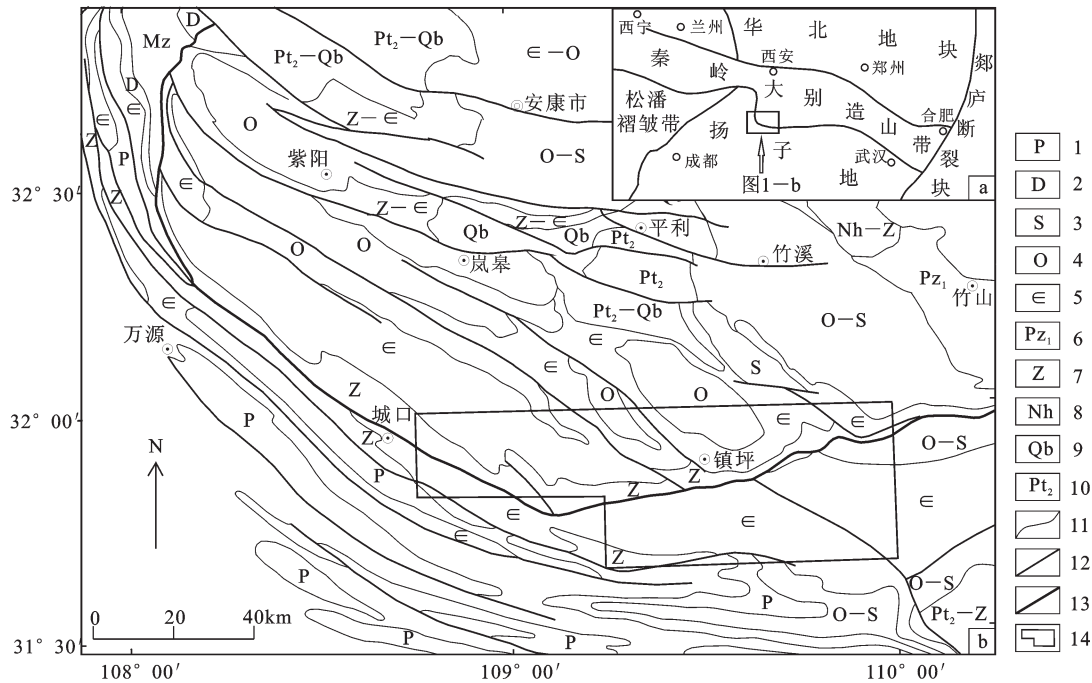


图1 大巴山地区构造位置图及地质简图

a—大巴山地区构造位置图;b—大巴山地区地质简图

1—二叠系;2—泥盆系;3—志留系;4—奥陶系;5—寒武系;6—下古生界;7—震旦系;8—南华系;9—青白口系;10—中元古界;11—地质界线;
12—一般断层;13—重要区域断层;14—研究区

Fig. 1 Simplified geological map of Daba area and location of the study area

a—Tectonic location of Daba area;b—Simplified geological map of Daba area

1—Permian; 2—Devonian; 3—Silurian; 4—Ordovician; 5—Cambrian; 6—Lower Paleozoic; 7—Silian; 8—Nanhuan; 9—Qingbaikouan; 10—Middle Proterozoic; 11—Geological boundary; 12—General fault; 13—Important regional fault; 14—Study area

基岩风化物质汇聚出的淤泥、粉砂, 所采原始样品重量满足过筛后取 60 目粒级 200 g 以上, 样品由国土资源部中南矿产资源监督检测中心加工至 200 目后采用 X 射线-荧光光谱法、等离子体质谱法、原子荧光光谱法等多元素分析方法, 分析了 Cu、Pb、Zn、Ni、Co、Mo、As、Sb、Hg、Ba、V、Au、Ag、U、Mn 15 个元素。按照质量管理规范要求共插入 668 件国家一级水系沉积物标准物质与样品同步分析, 除 Au 的合格率为 95.8% 外, 其他元素合格率均为 100%。

数据处理使用中国地质调查局发展研究中心研发的 GeoExpl、武汉中地数码科技有限公司研发的 MapGis67 软件在计算机上完成。采用元素含量最大值 (W_{Max})、平均值 (X)、标准差 (S_0)、浓集系数 (K)、变异系数 (Cv) 等参数来讨论研究区水系沉积物地球化学特征和规律。其中 K 为研究区水系沉积物元素含量几何平均值与中国半湿润低山丘陵区水系沉积物元素含量几何平均值的比值, Cv 为水系

沉积物元素含量标准差 (S_0) 与平均值 (X) 的比值。

2.2 区域地球化学特征

研究区跨秦岭、扬子两个一级大地构造单元, 秦岭区和扬子区二者地层沉积特征、变质和岩浆作用以及构造特征均存在很大差异, 地球化学特征存在显著差异。

秦岭区和扬子区两个构造单元水系沉积物中 15 种元素地球化学参数见表 1, 统计结果表明: 与中国半湿润低山丘陵区水系沉积物元素含量比较, 秦岭区除了 Pb、Ag、Mn 含量基本相当外, 其余 12 种元素含量均明显高于中国半湿润低山丘陵区水系沉积物元素含量, 说明这些元素处于高背景分布区, 扬子区除了 Pb 含量基本相当外, 其余元素均低于中国半湿润低山丘陵区水系沉积物元素含量, 可见扬子区这些元素总体处于低背景区, 两个地质单元元素含量明显不同。除 Pb 含量在两个构造单元基本相当 ($K=0.94\sim 1.09$) 外, 其余 14 种元素秦岭区含量

表1 研究区水系沉积物地球化学参数统计

Table 1 Geochemical parameters of stream sediments in the study area

构造单元	元素	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Mo	As	Sb	Hg	Ba	V	Au	Ag	U	Mn
秦岭区	X	48	21	159	53	22	8	14.3	2.1	2288	322	2.28	0.31	4.99	1030	94
	S_0	49.89	10.10	386.7	94.9	9.84	11.93	13.01	3.27	0.15	5344	324.86	6.41	0.55	6.80	1124
	C_v	0.98	0.47	2.12	1.67	0.44	1.45	0.89	1.54	1.47	2.01	0.97	2.53	1.68	1.27	1.03
	W_{Max}	1920	650	26400	8250	156	266.3	251	116	6.09	160000	5700	506	12.1	188	36200
	K	1.19	0.94	1.23	1.14	1.13	1.26	1.13	1.23	1.33	1.29	1.2	1.32	1.09	1.11	1.08
扬子区	X	29	25	100	38	16	3.5	10.2	1.01	929	137	159.89	0.13	3.7	4.3	76
	S_0	15.55	348.59	773.8	26.2	4.68	8.73	6.42	1.55	0.13	2220	169.81	1.30	0.55	3.54	281.66
	C_v	0.54	13.94	7.74	0.69	0.29	2.49	0.63	1.53	1.46	16.2	1.06	10.00	0.15	0.82	3.71
	W_{Max}	355	20000	59600	1420	149	248	176.1	42	3.18	127000	3900	35.5	15.1	88.5	6570
	K	0.72	1.09	0.78	0.8	0.81	0.55	0.8	0.61	0.54	0.55	0.71	0.57	0.81	0.83	0.87
半湿润 低山丘陵	平均 值*	22	22	64	27	13	0.72	7.4	0.54	29	605	84	1.31	0.083	1.98	685

注: Au、Hg的含量单位为 10^{-9} , 其余元素含量单位为 10^{-6} ; 样品数 15482 件; *采用中国半湿润低山丘陵区水系沉积物元素含量统计结果^[20]。

均高于扬子区, 其中 Zn、Mo、Sb、Ba、V、Au、Ag 在秦岭区明显富集 ($K \geq 1.2$); Cu、Zn、Mo、Sb、Ba、V、Au、Ag 在扬子区明显贫化 ($K < 0.8$)。

秦岭区仅有 Pb、Co 为均匀分布 ($C_v < 0.5$), 其余 13 种元素为强分异型 ($C_v \geq 0.8$); 扬子区 Pb、Zn、Mo、Sb、Hg、Ba、V、Au、U、Mn 为强分异型 ($C_v \geq 0.8$), Cu、Ni、As 为明显分异型 ($0.5 \leq C_v < 0.8$), 其余 2 种元素为均匀分布 ($C_v < 0.5$)。分别利用全区两个构造单元的水系沉积物中各元素含量的原始数据集变异系数 (C_{v1}) 和通过平均值加 3 倍方差别除后的数据集变异系数 (C_{v2}), 反映两个不同构造单元

内各自数据集的相对离散程度 (图 2, 表 2), 秦岭区数据集中 Zn、Au、Ni、Ba 变化程度较大, 扬子区 Pb、Ba、Au、Zn、Mn 变化程度较大, 反映了这些元素高含量数据较多, 富集成矿可能性大。

研究区位于两个大地构造单元的接触部位, 处于构造活动带, 秦岭区 As、Sb、Hg 等构造热液活动指示元素局部富集, 震旦系、寒武系等炭质地层 (黑色岩系) 对金属元素具有强烈的吸附作用, 龚银杰等^[21]认为炭硅质地层中 Zn、Cu 等金属元素含量高, 为矿化提供了金属物质来源, Zn、Cu 在矿源层中以胶体形式存在, 同时有机质对于成矿元素的活化、

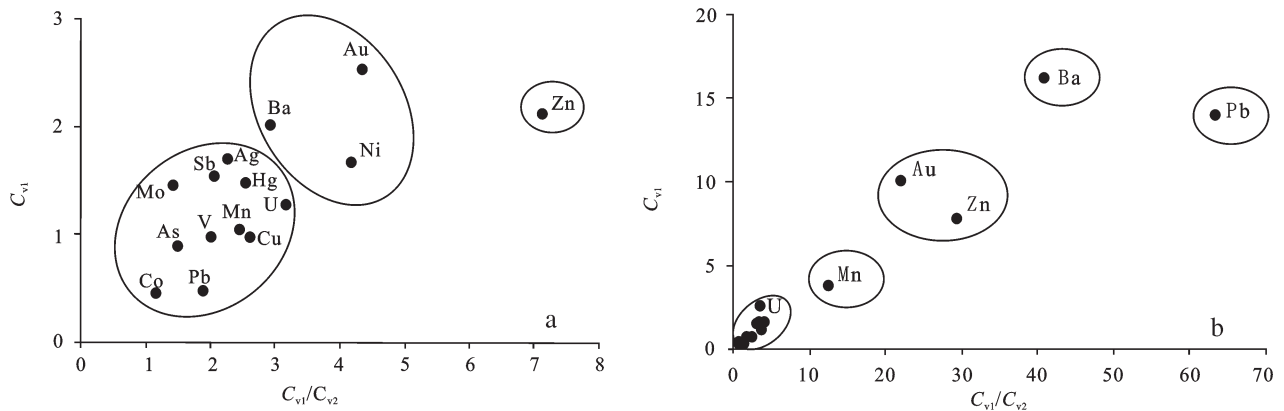


图2 研究区成矿元素离散程度图

a—秦岭区; b—扬子区

Fig.2 Variation coefficients of ore-forming elements in the study area

a—Qinling unit; b—Yangtze unit

表2 大巴山地区水系沉积物元素变异系数及其比值

Table 2 Elements variation coefficients and their ratios in Daba area

构造单元	元素	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Mo	As	Sb	Hg	Ba	V	Au	Ag	U	Mn
秦 岭 区	Cv ₁	0.98	0.47	2.12	1.67	0.44	1.45	0.89	1.54	1.47	2.01	0.97	2.53	1.68	1.27	1.03
	Cv ₂	0.37	0.25	0.30	0.40	0.38	1.01	0.59	0.74	0.58	0.69	0.48	0.58	0.74	0.40	0.42
	Cv ₁ /Cv ₂	2.62	1.88	7.14	4.18	1.16	1.43	1.50	2.07	2.56	2.93	2.01	4.36	2.27	3.16	2.46
扬 子 区	Cv ₁	0.31	0.22	0.26	0.28	0.19	0.70	0.34	0.37	0.47	0.39	0.28	0.45	0.37	0.21	0.30
	Cv ₂	0.54	13.9	7.74	0.69	0.29	2.49	0.63	1.53	1.46	16.2	1.06	10.0	0.15	0.00	3.71
	Cv ₁ /Cv ₂	1.75	63.5	29.5	2.48	1.54	3.54	1.87	4.18	3.13	41.1	3.81	22.2	0.41	0.02	12.5

迁移和富集起到了重要的作用,目前在这些炭质地层中已发现大量Ba、Zn、Cu等矿化信息;在扬子区的碳酸盐地层中已发现Mn和Pb、Zn矿化显示。结合研究区成矿地质条件和地球化学特征确定Pb、Zn、Ba、Cu、Mn为研究区主要成矿元素,其中秦岭区主成矿元素为Zn、Ba、Cu,扬子区为Pb、Zn、Mn。

2.3 元素组合及分类特征

采用R型聚类分析,研究两个地质单元各元素之间的相关程度(图3-a、b)。

秦岭区元素组合主要可分为两类:(1)Zn-Ni-Cu,为一组热液多金属成矿元素和成矿指示元素组合,从工作区来看,主要反映了秦岭区构造、热液活动,尤其是Zn和Cu,在工作区下寒武统黑色岩系中可见二者与石英脉共生;(2)V-U-Mo-Sb-Ag-Hg-As-Ba,总体为一组与热液活动有关的元素,尤其是Sb、As、Hg是热水沉积作用最主要的标志^[22],

从工作区已有研究来看,与该区震旦系一下寒武统炭质地层(黑色岩系)吸附富集有关,区域上黑色岩系发育、尤其是早寒武世硅质岩与热水沉积作用密切相关^[23-25]。除了以上两组元素外,Au、Pb、Mn、Co呈独立分布的地球化学特征。扬子区元素组合可分为四类:(1)Sb-V-Ag-Cu-As-Au-Hg,为一组与沉积地层有关的元素,在研究区表现为与扬子地块北缘下寒武统黑色岩系有关;(2)Mo-U-Ni,可能为一组与热水沉积作用有关的元素,与该区下寒武统水井沱组炭质页岩有关;扬子陆块的下寒武统黑色岩系底部中Mo、Ni普遍含量较高,黑色岩系底部普遍认为受到热水作用影响^[26-28],矿床成因多认为与热水作用有关^[29-31];(3)Pb-Zn,为一组低温热液矿床元素组合,二者常密切共生,与寒武系碳酸盐岩有关,在工作区异常查证中已见到矿化显示;(4)Co-Mn,结合工作区来看,可能与该区震旦系碳酸

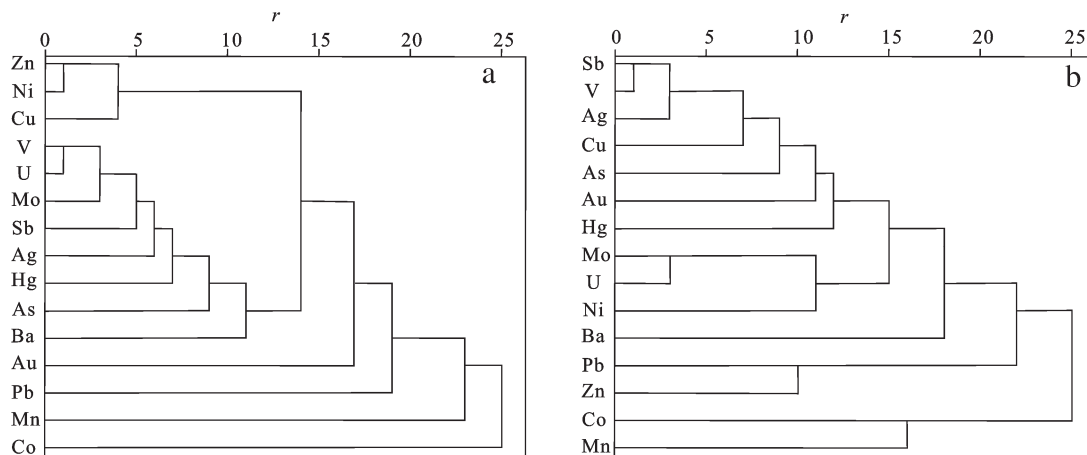


图3 研究区水系沉积物元素R型聚类分析谱系图

a—秦岭区;b—扬子区

Fig. 3 Cluster analysis diagrams of elements from stream sediments of the study area

a—Qinling unit;b—Yangtze unit

盐岩有关,在震旦系陡山沱组中已见到矿化;Ba总体呈独立分布的地球化学特征。

研究区两个地质单元的元素组合类型,既有相似之处,也有较大差别,结合区域地质背景和野外工作来看,秦岭区总体表现为与黑色岩系紧密相关的元素组合,与地层的吸附作用和构造热液活动有关;扬子区既有与黑色岩系和碳酸盐地层沉积有关的成矿元素,也有与碳酸岩地层中构造热液活动有关成矿元素。

3 异常圈定及异常特征

3.1 异常圈定

研究区跨秦岭、扬子两个一级大地构造单元,两个区地质背景和元素背景值存在显著差异,异常下限的确定以秦岭区和扬子区分别进行计算。采用 $X \pm 3S_0$ 迭代剔除特高、低值后所获得的平均值加2倍标准差求得两个区理论异常下限,再根据各元素的具体情况确定出异常下限的实用值(表3),然后由计算机直接圈定各元素异常。

按照上述元素的相关性和分布特征,分为3类组合异常:铜、锌、镍、钒、金异常组合,钼、铀、银、钡、砷、锑、汞异常组合,铅、锰、钴异常组合。在三类组合异常图基础上,根据异常元素组合、面积、强度、地质环境等因素进行筛选,将在某一地质环境、空间、成因上有明显联系的一组元素异常迭加部分进行综合圈定,全区共圈定综合异常164处,研究区综合异常图见图4。

3.2 异常总体特征

研究区异常总体与区域构造格局相一致,西部呈NW向带状展布,从西向东依次为修齐镇—石坊乡、北屏乡—岚天乡—黄安坝、朝阳河—渭道河—花池子、天生寨—罐子沟、张家坪—吴家包异常带;东部异常总体呈近EW向展布,从北到南依次为磁器沟—黄草山—黄土垭、向家湾—姚家坪—花岩寨、观音岩—关顶—佷晴山异常带。

从异常分布的地质背景看,多数异常沿高观寺—钟宝断裂北侧分布,异常与地层有显著关系,除Mn—Co、Pb—Zn异常类外,其他元素组合异常多与震旦系—下寒武统地层中炭质岩系有关。秦岭区Zn、Cu、Ba、Ni、Mo、As、Sb、Hg、V、Ag、U异常多见于震旦系上统和寒武系下统鲁家坪组,Co、Mn异常大多出现在辉绿岩脉及特定的地层中,Cu、Co、Ni、Au仅分布于工作区东北角辉石岩体中;扬子区Mn、Ag、U、V、Sb多见于震旦系、寒武系下统水井坨组及天河板组,其中Mn异常仅分布在工作区西部修齐镇—石坊乡一带,与震旦系地层密切相关;Pb、Zn多与已知矿点有关,为该区一组低温热液成矿元素组合,与下寒武统碳酸盐地层有关。

4 找矿远景区划分

综合研究区地球化学背景、地球化学异常及地质、矿产特征,将分布集中、规模大、处于相近地质环境的一组异常划分为成矿远景区,圈定出规模大、找矿潜力突出的远景区5处,其中秦岭区3处:杨家坪—葛洞钡锌成矿远景区、镇坪钡锌成矿远景区、黄安坝—迷魂阵锌铜成矿远景区;扬子区2处:百羊坪铅锌成矿远景区、修齐镇—石坊乡锰成矿远景区。

4.1 杨家坪—葛洞钡锌成矿远景区

该远景区位于杨家坪—葛洞一带,面积24 km²,断裂较为发育,处于区域上钟宝断裂和曾家坝断裂交汇处,出露地层有上震旦统及下寒武统鲁家坪组,侵入岩为辉绿岩和辉石岩脉。

远景区主要由4B-2综合异常组成(图5),该异常是工作区规模较大组合最复杂的综合异常,异常形态不规则,与NW向断裂方向一致,各元素异常重合较好,具有明显的浓集中心及浓度分带,以Zn、Ba为主,异常强度高,规模大,为该远景区主成矿元素,伴有Ni、Cu、Sb、Hg、U等异常,含量高,其中Zn异常面积为9.25 km²,平均值为 1.732×10^{-6} ,最高值

表3 研究区元素地球化学异常下限值

Table 3 Threshold of element geochemical anomaly values in the study area

构造单元	元素	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Mo	As	Sb	Hg	Ba	V	Au	Ag	U	Mn
秦岭区	异常下限	100	35	350	120	40	30	35	6	0.3	7500	850	6	1.2	15	2000
扬子区	异常下限	50	35	150	60	25	15	25	2	0.2	2000	250	3	0.3	6	1500

注: Au、Hg的含量单位为 10^{-9} ,其余元素含量单位为 10^{-6} 。

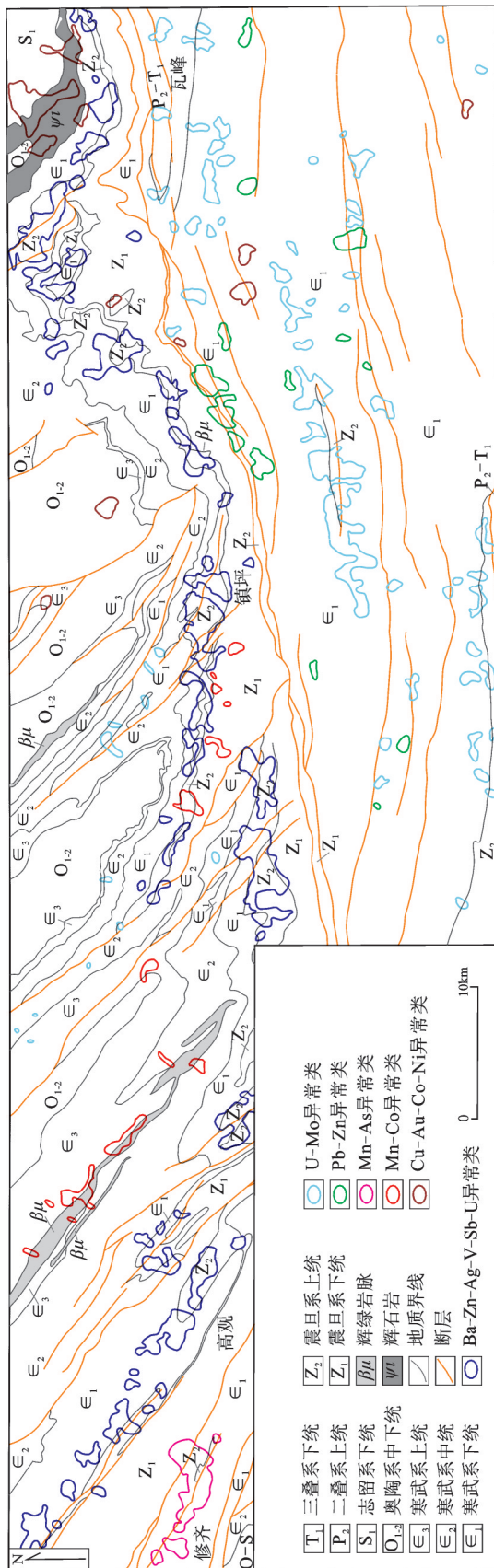


图4 研究区水系沉积物地球化学综合异常图
Fig.4 Integrated anomaly map of stream sediments of the study area

为2.64%, Ba异常面积为8.25 km², 平均值为3.62%, 最高值为9.52%。

据异常特征和所处地质环境推测异常为热液矿化所致, 是寻找钡矿及闪锌矿的有利地段。

4.2 镇坪钡锌成矿远景区

该远景区位于镇坪县城南, 面积22 km², 位于区域上钟宝断裂北侧, 断层较为发育, 呈NW向平行排列, 区内大面积出露上震旦统, 其次为下震旦统耀岭河组和下寒武统鲁家坪组, 中寒武统毛坝关组仅在北部零星出露; 辉绿岩脉较为发育, 呈NW向、NWW向分布, 北部发育少量NW向闪长岩脉。

远景区主要由4A-7综合异常组成(图6), 该异常是该区规模较大组合较复杂的异常, 以Ba、Zn为主, 伴有Sb、Cu、Hg、Ag等异常, 各元素异常形态各异, 中心显著, 其中Ba异常面积4.75 km², 平均值为2.83%, 最高值为9.06%, 异常强度达四级; Zn异常面积6.75 km², 平均值为840×10⁻⁶, 最高值为1790×10⁻⁶, 异常强度达四级。

据异常特征及地质背景推断异常与断裂构造及震旦系、寒武系炭质岩系有关, 该异常处于构造部位, 经受多次构造变形、热液改造, 成矿地质条件有利, 是寻找钡矿及闪锌矿的良好地段。

4.3 黄安坝—迷魂阵锌铜成矿远景区

该远景区位于黄安坝—迷魂阵一带, 面积80 km², 紧邻区域上钟宝断裂, 地层主要出露上震旦统, 南面出露少量下统耀岭河组, 北面出露部分下寒武统鲁家坪组; 岩浆岩主要为辉绿岩脉, 顺地层侵入。

远景区主要由3D-1综合异常(图7)组成, 异常形态不规则, 近EW向展布, 所分析的15种元素均有异常显示, 以Zn、Cu、Ni、Sb为主, 规模较大, 强度高, 重合好, 浓集中心位于NW向断裂与辉绿岩脉交汇处, Zn、Cu异常达到了四级, Ni异常为三级, Sb、U、V为二级异常。Zn异常面积12.75 km², 平均值为658×10⁻⁶, 最高值为4 896×10⁻⁶, Cu异常面积9.75 km², 平均值为171×10⁻⁶, 最高值为918×10⁻⁶。

推断异常为热液矿化所引起, 是寻找锌铜多金属矿的有利地段。

4.4 百羊坪铅锌成矿远景区

该远景区位于百羊坪一带, 面积约21 km²; 近EW向断层发育, 区内主要出露下寒武统水井沱组,

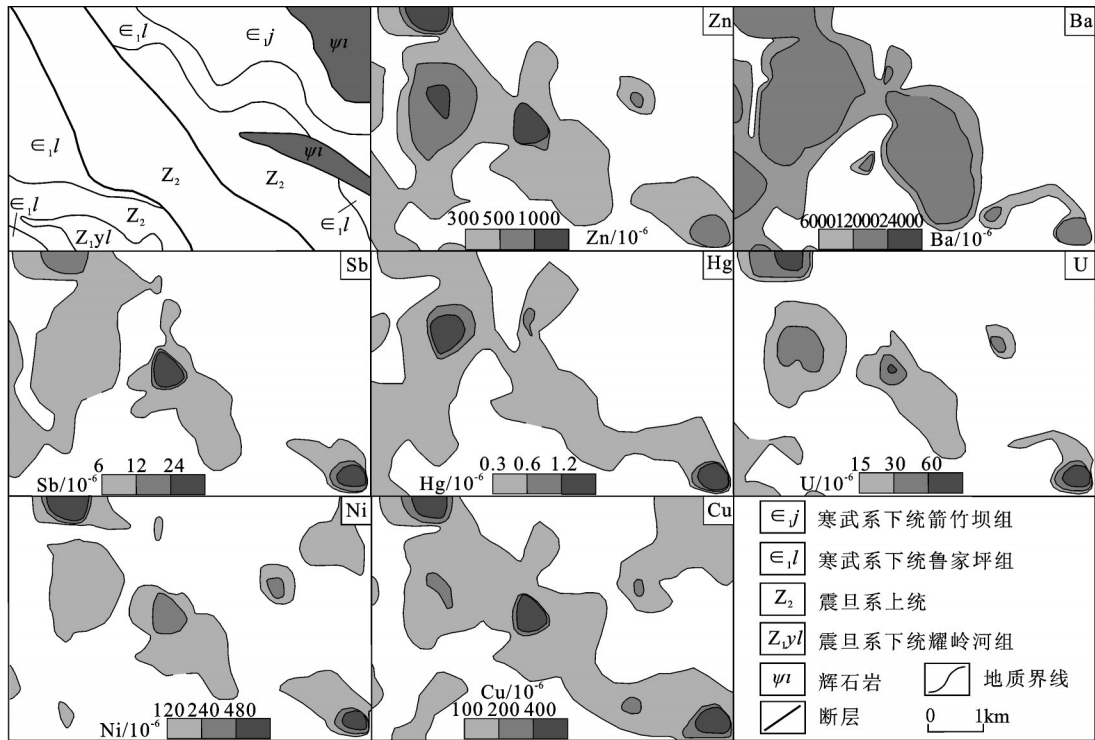


图5 杨家坪—葛洞钡锌成矿远景区单元元素异常分布

Fig.5 Distribution of single element anomalies in Ba-Zn prospective area at Yangjiaping and Gedong

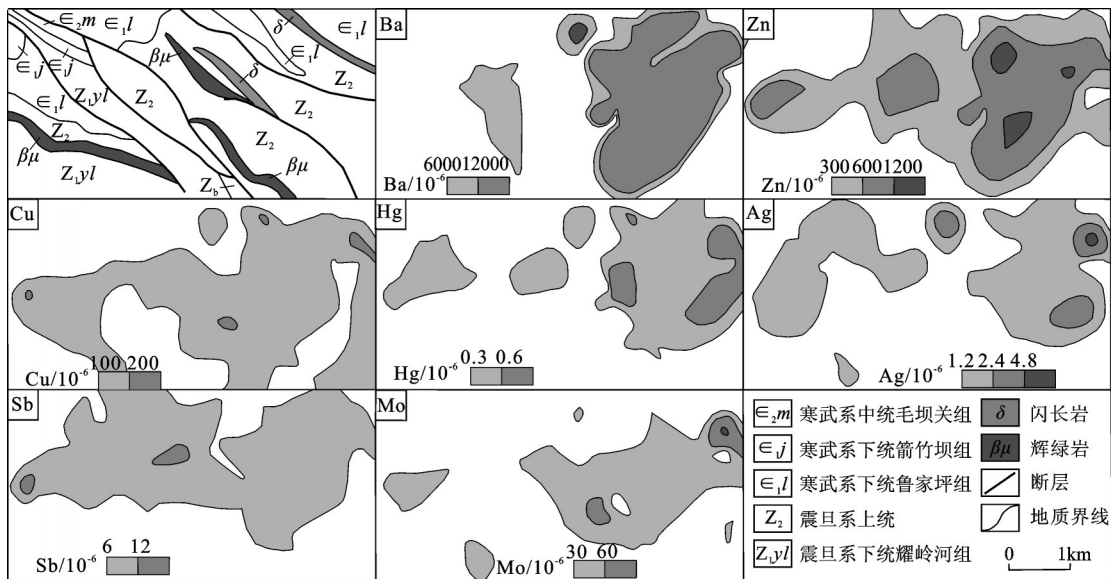


图6 镇坪钡锌成矿远景区单元元素异常分布

Fig.6 Distribution of single element anomalies in Ba-Zn prospective area at Zhenping

其次为石碑组、天河板组和石龙洞组中一厚层状灰岩。

远景区主要由4D-6综合异常组成(图8), 该异常呈椭圆状SN向展布, 面积为3.75 km², 元素组合

好, 以Pb、Zn、Ag、Hg为主, 伴有Sb、Cu、As、V等异常, 其中Pb、Zn、Ag强度高、规模大, 浓集中心突出, Pb异常面积2.75 km², 平均值为3 644×10⁻⁶, 最高值

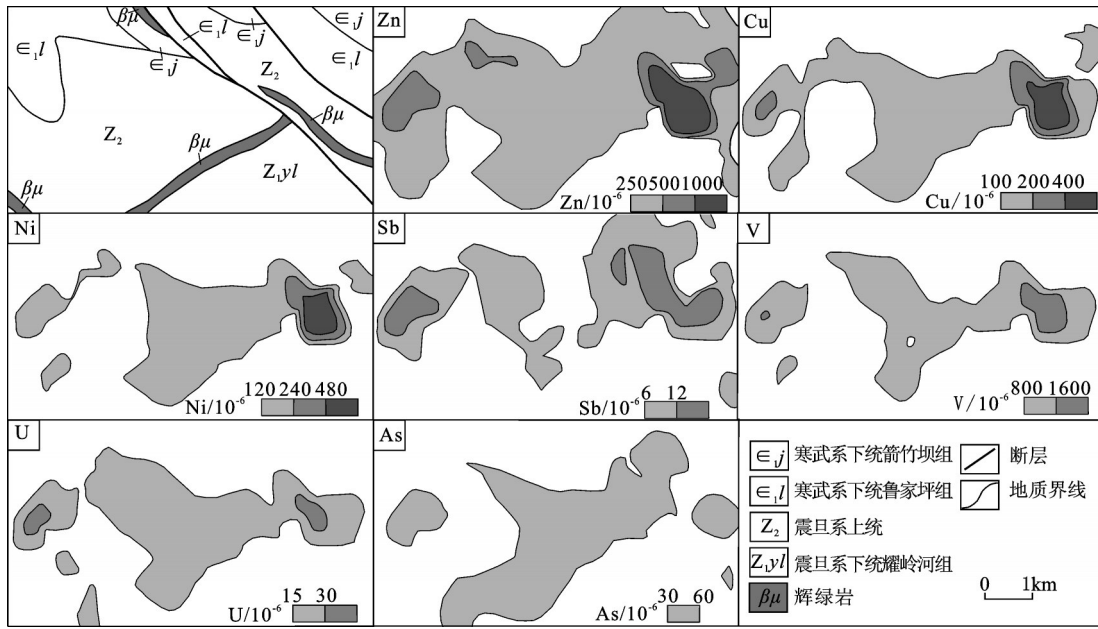


图7 黄安坝—迷魂阵锌铜成矿远景区单元元素异常分布

Fig.7 Distribution of single element anomalies in Zn-Cu prospective area at Huanganba and Mihunzhen

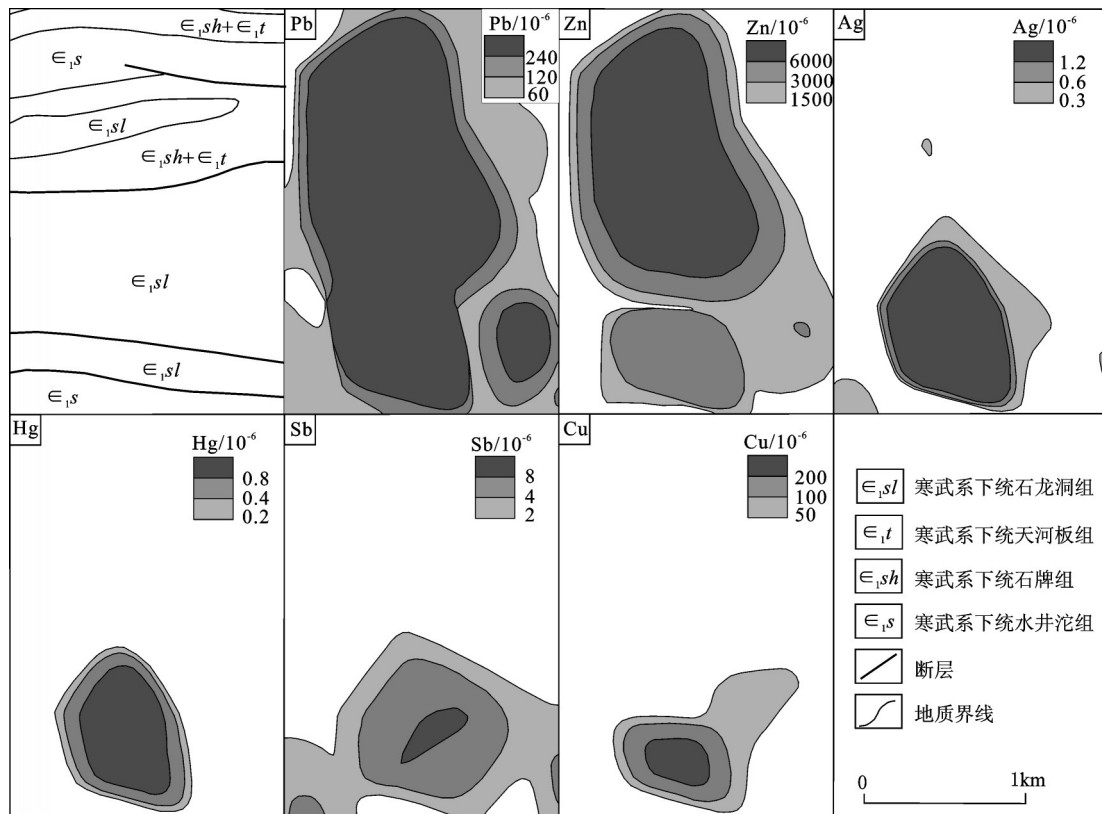


图8 百羊坪铅锌成矿远景区单元元素异常分布

Fig.8 Distribution of single element anomalies in Pb-Zn prospective area at Baiyangping

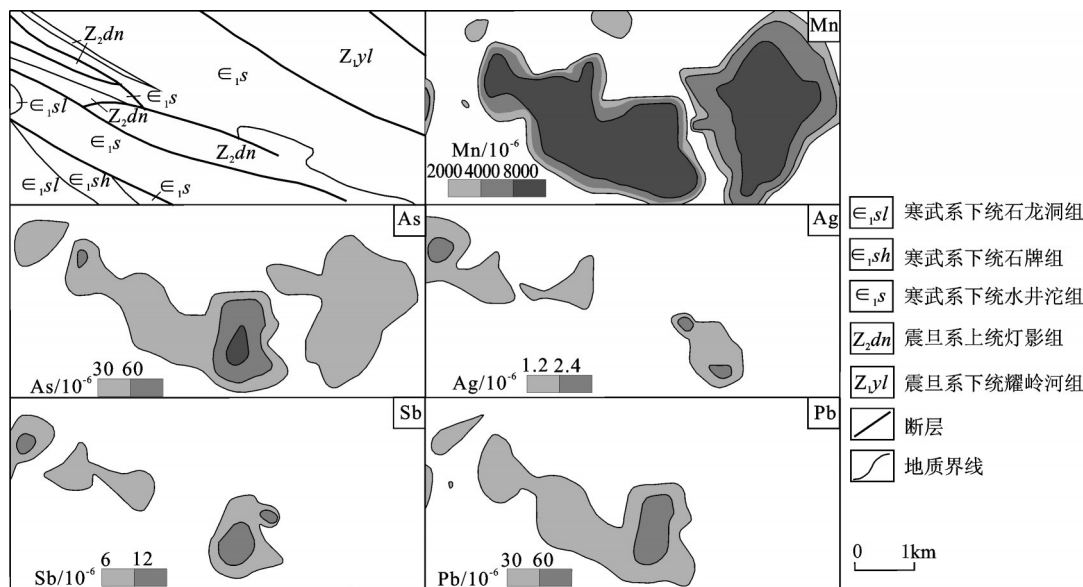


图9 修齐镇—石坊乡锰成矿远景区单元元素异常分布

Fig.9 Distribution of single element anomalies in Mn prospective area at Xiuqi and Shifang

为 $20\ 000 \times 10^{-6}$, Zn 异常面积 2.25 km^2 , 平均值为 $7\ 294 \times 10^{-6}$, 最高值为 $59\ 600 \times 10^{-6}$, Ag 异常面积 1 km^2 , 平均值为 4×10^{-6} , 最高值为 7.9×10^{-6} ; Hg、Sb、Cu、V 强度也在二级以上, 其余元素强度一级。

异常处于构造发育地段, 成矿环境有利, Pb、Zn 在水系沉积物中有较强的异常显示, 是寻找铅锌多金属矿的良好地段。

4.5 修齐镇—石坊乡锰成矿远景区

远景区位于研究区西部的修齐镇—石坊乡, 异常位于钟宝大断裂上, 跨扬子和秦岭两个地层区, 其中秦岭区出露下震旦统跃岭河组, 扬子区主要出露下寒武统水井沱组和震旦系灯影组, 少量石牌组和石龙洞组。

远景区包含 2B-14、2B-13、2B-12、2B-15 四处综合异常, 元素组合以 Mn 为主, 其中 2B-14 异常规模大(图 9), 强度高, 有明显浓集中心, 形态不规则, 元素组合复杂, Mn、As、Ag 异常达三级, Sb、Pb 等达到二级, 其中 Mn 异常面积 8.75 km^2 , 平均值为 $14\ 281 \times 10^{-6}$, 最高值为 $36\ 200 \times 10^{-6}$, As 异常面积 6.75 km^2 , 平均值为 58×10^{-6} , 最高值为 165×10^{-6} , Ag 异常面积 3 km^2 , 平均值为 2.4×10^{-6} , 最高值为 4.8×10^{-6} 。

从异常特征及地质环境分析, 异常受地层、构造控制, 有寻找沉积型锰矿前景。

5 结论

(1) 研究区异常主要沿高观寺—钟宝大断裂北侧分布, 总体与区域构造格局相一致, 与地层有显著关系, 异常受到构造和地层的控制。

(2) 研究区所在的秦岭构造单元元素异常主要表现为与震旦系一下寒武统黑色岩系有关的 Ba、Zn、Cu 多金属元素组合, 成矿类型主要为低温热液型 Zn、Cu 矿和沉积型 Ba 矿; 研究区所在的扬子构造单元元素异常组合主要表现为 Pb、Zn 和 Mn 异常, 成矿类型主要为与寒武系碳酸盐地层有关的低温热液 Pb、Zn 矿和与震旦系碳酸盐岩有关的沉积型 Mn 矿。

(3) 圈定了 5 处成矿远景区: 杨家坪—葛洞钨锌成矿远景区、镇坪钨锌成矿远景区、黄安坝—迷魂阵锌铜成矿远景区、百羊坪铅锌成矿远景区和修齐镇—石坊乡锰成矿远景区。

致谢: 武汉地质矿产研究所陈希清教授级高工在成文过程中给予了热心指导和帮助, 审稿专家及责任编辑李亚萍老师对本文提出了宝贵的修改意见和建议, 在此一并表示衷心的感谢!

参考文献(References):

[1] 王东生, 王瑞廷, 代军治, 等. 秦岭造山带金属矿床的“二元控

- 矿”特征[J]. 地质学报, 2009, 83(11): 1719-1729.
Wang Dongsheng, Wang Ruiting, Dai Junzhi, et al. “Dual ore controlling factors” characteristics of metallic deposits in the Qinling orogenic belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(11): 1719-1729(in Chinese with English abstract).
- [2] 张复新, 王立社, 侯俊富. 秦岭造山带黑色岩系与金属矿床类型及成矿系列[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 694-704.
Zhang Fuxing, Wang Lishe, Hou Junfu. Black rock series, types of ore deposits and ore-forming systems in Qinling orogenic belt[J]. Geology in China, 2009, 36(3): 694-704(in Chinese with English abstract).
- [3] 唐永忠, 杨兴科, 张宝荣, 等. 南秦岭造山带安康石梯—旬阳神河早古生代热水沉积盆地构造—沉积相与热水聚矿特征[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1261-1270.
Tang Yongzhong, Yang Xingke, Zhang Baorong, et al. Structure-sedimentary facies and hydrothermal mineralization characteristics of Shiti (in Ankang)—Shenhe (in Xunyang) Early Paleozoic hydrothermal basin in South Qinling orogenic belt[J]. Geology in China, 2012, 39(5): 1261-1270(in Chinese with English abstract).
- [4] 王立社, 张复新, 侯俊富, 等. 秦岭山阳水沟口组黑色岩系微量元素地球化学及其沉积成矿背景的指示意义[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 311-325.
Wang Lishe, Zhang Fuxin, Hou Junfu, et al. Trace element geochemical characteristics of the Shuigoukou Formation black rock series in Shanyang area of the Qinling Mountains and their indication significance for sedimentation-mineralization[J]. Geology in China, 2012, 39(2): 311-325(in Chinese with English abstract).
- [5] 宋小文, 侯满堂, 朱经祥, 等. 陕西旬阳地区志留系铅锌矿矿集区特征及其成因初探[J]. 陕西地质, 2003, 21(1): 1-9.
Song Xiaowen, Hou Mantang, Zhu Jingxiang, et al. The genesis and the lead-zinc mineralized zones in the Silurian system in Xunyang area of Shaanxi province[J]. Geology of Shaanxi, 2003, 21(1): 1-9(in Chinese with English abstract).
- [6] 齐文, 侯满堂. 镇旬矿田泥盆系和志留系铅锌矿的成矿地质条件分析[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 452-462.
Qi Wen, Hou Mantang. Metallogenic conditions of Devonian-Silurian lead-zinc deposits in the Zhenxun ore field[J]. Geology in China, 2005, 32(3): 452-462(in Chinese with English abstract).
- [7] 齐文, 侯满堂, 汪克明, 等. 陕西南郑县马元一带发现大型层控型铅锌矿带[J]. 地质通报, 2004, 23(11): 1139-1142.
Qi Wen, Hou Mantang, Wang Keming, et al. A large-scale stratabound lead-zinc metallogenic belt discovered in the Mayuan area, Nanzheng County, Shaanxi[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(11): 1139-1142(in Chinese with English abstract).
- [8] 芮宗瑶, 叶锦华, 张立生, 等. 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床[J]. 中国地质, 2004, 31(4): 337-346.
Rui Zongyao, Ye Jinhua, Zhang Lisheng, et al. Pb-Zn deposits on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts[J]. Geology in China, 2004, 31(4): 337-346(in Chinese with English abstract).
- [9] 林长谦, 温礼琴, 马文胜. 湖北竹溪—谷城一带铅锌矿地质特征及找矿方向[J]. 资源环境与工程, 2005, 19(2): 76-82.
Lin Changqian, Wen Liqin, Ma Wensheng. The characteristics of lead-zinc deposits along Zhuxi-Gucheng and the prospecting targets[J]. Resources Environment & Engineering, 2005, 19(2): 76-82(in Chinese with English abstract).
- [10] 王瑞廷, 毛景文, 任小华, 等. 区域地球化学异常评价的现状及其存在的问题[J]. 中国地质, 2005, 32(1): 168-175.
Wang Ruiting, Mao Jingwen, Ren Xiaohua, et al. Facts and problems of the evaluation of regional geochemical anomalies[J]. Geology in China, 2005, 32(1): 168-175(in Chinese with English abstract).
- [11] 王学求. 勘查地球化学 80 年来重大事件回顾[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 322-330.
Wang Xueqiu. Landmark events of exploration geochemistry in the past 80 years[J]. Geology in China, 2013, 40(1): 322-330(in Chinese with English abstract).
- [12] 赵君, 乔树岩, 戴慧敏. 水系沉积物测量在阿巴通德拉扎卡地区找矿应用[J]. 物探与化探, 2011, 35(1): 24-27.
Zhao Jun, Qiao Shuyan, Dai Huimin. The application of stream sediment survey to ore-prospecting work in Ambatongdelazhaka area of Madagascar[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2011, 35(1): 24-27(in Chinese with English abstract).
- [13] 汤正江, 程治民, 洪大军. 太平沟水系沉积物异常特征及找矿效果[J]. 物探与化探, 2011, 35(5): 584-587.
Tang Zhengjiang, Cheng Zhimin, Hong Dajun. Characteristics of Taipinggou stream sediment anomaly and prospecting effect[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2011, 35(5): 584-587(in Chinese with English abstract).
- [14] 赵武强, 崔森, 邹先武, 等. 湖南禾库地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 中国地质, 2014, 41(2): 638-647.
Zhao Wuqiang, Cui Sen, Zou Xianwu, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and metallogenic prognosis of Heku area, Hunan Province[J]. Geology in China, 2014, 41(2): 638-647(in Chinese with English abstract).
- [15] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1-705.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hubei Province. Regional Geology of Hubei Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 1-705(in Chinese).
- [16] 沈传波, 梅廉夫, 徐振平, 等. 大巴山中—新生代隆升的裂变径迹证据[J]. 岩石学报, 2007, 23(11): 2901-2910.
Shen Chuanbo, Mei Lianfu, Xu Zhenping, et al. Fission track thermochronology evidence for Mesozoic-Cenozoic uplifting of Daba Mountain, central China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(11): 2901-2910(in Chinese with English abstract).
- [17] 邹先武, 段其发, 汤朝阳, 等. 北大巴山镇坪地区辉绿岩锆石

- SHRIMP U-Pb定年和岩石地球化学特征[J].中国地质, 2011, 38(2):282-291.
- Zou Xianwu, Duan Qifa, Tang Chaoyang, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating and litho-geochemical characteristics of diabase from Zhenping area in North Daba Mountain[J]. Geology in China, 2011, 38(2): 282-291(in Chinese with English abstract).
- [18] 胡明, 陈蓉, 陈华生, 等. 南大巴山造山带构造特征及油气勘探方向[J]. 天然气工业, 2008, 28(11):26-28.
- Hu Ming, Chen Rong, Chen Huasheng, et al. The tectonic feature and oil & gas exploring field in the orogenic zone of south Daba mountain[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(11):26-28(in Chinese with English abstract).
- [19] 董云鹏, 查显峰, 付明庆, 等. 秦岭南缘大巴山褶皱-冲断推覆构造的特征[J]. 地质通报, 2008, 27(9):1493-1508.
- Dong Yunpeng, Cha Xianfeng, Fu Mingqing, et al. Characteristics of the Dabashan fold-thrust nappe structure at the southern margin of the Qinling[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(9):1493-1508(in Chinese with English abstract).
- [20] 任天祥, 伍宗华, 羌荣生. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 1-138.
- Ren Tianxiang, Wu Zonghua, Qiang Rongsheng. Science and Technology of Assessment and Investigation on Anomalies of Geochemical Surveys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 1-138(in Chinese).
- [21] 龚银杰, 邹先武, 崔森, 等. 北大巴山震旦系中铜锌矿特征及找矿前景[J]. 地质与勘探, 2013, 49(1):113-122.
- Gong Yinjie, Zou Xianwu, Cui Sen, et al. Geological characteristics and prospecting of the copper and zinc ore deposits in the Sinian and Cambrian Systems of the northern Daba Shan[J]. Geology and Exploration, 2013, 49(1): 113-122(in Chinese with English abstract).
- [22] 李胜荣, 高振敏. 华南下寒武统黑色岩系中的热水成因硅质岩[J]. 矿物学报, 1996, 16(4):416-422.
- Li Shengrong, Gao Zhenmin. Silicalite of hydrothermal origin in the Lower Cambrian black rock series of south China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 1996, 16(4): 416-422(in Chinese with English abstract).
- [23] 吕志成, 刘丛强, 刘家军, 等. 北大巴山下寒武统毒重石矿床赋矿硅质岩地球化学研究[J]. 地质学报, 2004, 78(3):390-406.
- Lu Zhicheng, Liu Congqiang, Liu Jiajun, et al. Geochemical studies on the Lower Cambrian Witherite-bearing Cherts in the northern Daba Mountains[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(3): 390-406(in Chinese with English abstract).
- [24] 李晓彪, 罗远良, 罗泰义, 等. 重庆城口地区早前寒武系黑色岩系研究:(2)早寒武世硅质岩的沉积环境研究[J]. 矿物学报, 2007, 27(3/4):302-314.
- Li Xiaobiao, Luo Yuanliang, Luo Taiyi, et al. Pre-early Cambrian black rock series in Chengkou district, Chongqing(2) sedimentary environment study of chert in Lower Cambrian Bashan formation[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2007, 27(3/4): 302-314(in Chinese with English abstract).
- [25] 刘劲松, 邹先武, 段其发, 等. 北大巴山镇坪地区早寒武世硅质岩的地球化学特征及成因[J]. 地质与勘探, 2014, 50(4): 725-734.
- Liu Jinsong, Zou Xianwu, Duan Qifa, et al. Geochemical characteristics and origin of the Lower Cambrian siliceous rocks from Zhenping area in north Daba Mountains[J]. Geology and Exploration, 2014, 50(4): 725-734(in Chinese with English abstract).
- [26] 曹双林, 潘家永, 马东升, 等. 湘西北早寒武世黑色岩系微量元素地球化学特征[J]. 矿物学报, 2004, 24(4): 415-419.
- Cao Shuanglin, Pan Jiayong, Ma Dongsheng, et al. Trace element geochemical characteristics of the Lower Cambrian black rock series in northwestern Hunan, south China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2004, 24(4): 415-419 (in Chinese with English abstract).
- [27] 杨剑, 易发成, 刘涛, 等. 黔北黑色岩系稀土元素地球化学特征及成因意义[J]. 地质科学, 2005, 40(1):84-94.
- Yang Jian, Yi Facheng, Liu Tao, et al. REE geochemical characters of the Lower Cambrian black shale series in northern Guizhou and their original significance[J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(1): 84-94(in Chinese with English abstract).
- [28] 杨兴莲, 朱茂炎, 赵元龙, 等. 黔东震旦系一下寒武统黑色岩系稀土元素地球化学特征[J]. 地质论评, 2008, 54(1):3-15.
- Yang Xinglian, Zhu Maoyan, Zhao Yuanlong, et al. REE geochemical characteristics of the Ediacaran-Lower Cambrian black rock series in eastern Guizhou[J]. Geological Review, 2008, 54(1):3-15(in Chinese with English abstract).
- [29] Jiang Shaoyong, Chen Yongquan, Ling Hongfei, et al. Trace and rare-earth element geochemistry and Pb-Pb dating of black shales and intercalated Ni-Mo-PGE-Au sulfide ore in Lower Cambrian strata, Yangtze Platform, South China[J]. Mineralium Deposita, 2008, 41:453-467.
- [30] 周洁, 胡凯, 边立曾, 等. 贵州遵义下寒武统黑色岩系 Ni-Mo 多金属矿地球化学特征及成矿作用[J]. 矿床地质, 2008, 27(6): 742-750.
- Zhou Jie, Hu Kai, Bian Lizeng, et al. Geochemical characteristics and ore-forming processes of Ni-Mo polymetallic deposits in Lower Cambrian black shale, Zunyi, Guizhou Province[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(6):742-750 (in Chinese with English abstract).
- [31] 施春华, 曹剑, 胡凯, 等. 华南早寒武世黑色岩系 Ni-Mo 多金属矿床成因研究进展[J]. 地质论评, 2011, 57(5): 718-730.
- Shi Chunhua, Cao Jian, Hu Kai, et al. A review on origin of Ni-Mo polymetallic deposits in Lower Cambrian black rock series in south China[J]. Geological Review, 2011, 57(05):718-730 (in Chinese with English abstract).