

河北省铅锌矿源层与地球化学块体*

师淑娟^{1,2}, 宫进忠², 张洁³

(1 中国地质科学院应用地球化学重点开放实验室, 河北 廊坊 065000; 2 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000; 3 河北省区域地质调查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要 文章以河北省岩石和水系沉积物地球化学调查成果为基础, 讨论了省内铅锌矿源层、地球化学块体的空间分布范围以及地球化学块体与矿源层的关系, 旨在为研究区内的铅锌矿产勘查提供指导。研究表明, 以高于该地区表壳岩石铅锌元素丰度的重要矿床的围岩作为铅锌矿源层的判别标志, 侏罗纪、白垩纪火山-沉积岩及燕山期侵入岩、遵化岩群、红旗营子岩群等可确定为铅锌矿源层。以 $25 \mu\text{g/g}$ 为异常下限, 圈定出水系沉积物铅地球化学块体 7 处; 以 $100 \mu\text{g/g}$ 为异常下限, 圈定出水系沉积物锌地球化学块体 4 处。在铅锌地球化学块体的内部及边缘, 有多处大、中型铅锌矿床产出。在丰宁、围场一带出现大范围的铅元素连续成片的岩石高背景分布, 锌元素的岩石高背景分布则位于崇礼和围场地区。铅锌高背景区主要分布于侏罗系-白垩系分布区内。侵入岩铅锌高背景区主要集中在乌龙沟-上黄旗岩浆岩带、军都山岩浆岩带及马兰峪复背斜东、西两端。经研究发现, 据水系沉积物所圈定出的异常与铅锌矿床分布的一致性要好于据岩石所圈定的异常。在一个地球化学块体分布范围内, 存在着多种地质体, 而其中对异常形成贡献最大者可能是矿源层和矿床。矿源层与地球化学块体都强调其在成矿作用中是物质的供应源, 不同之处在于, 前者与矿床关系更紧密, 而后者则与成矿省关系比较密切。

关键词 地球化学, 铅锌, 矿源层, 地球化学块体, 地球化学异常, 河北省

中图分类号: P618.42; P618.43

文献标志码: A

Lead-zinc source beds and geochemical blocks in Hebei Province

SHI ShuJian^{1,2}, GONG JinZhong² and ZHANG Jie³

(1 Key Laboratory for Applied Geochemistry, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China;

2 Hebei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, Hebei, China; 3 Hebei Institute of Regional Geological

Survey, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract

Some problems such as the lead-zinc source beds, the distribution of geochemical blocks and the relationship between geochemical blocks and source beds are discussed in this paper based on rock and stream sediment geochemical survey in Hebei Province. Studies show that the Jurassic and Cretaceous volcano-sedimentary rocks, Yanshanian intrusive rocks, and Zunhua Rock Group as well as Hongqiyingsi Rock Group can be regarded as lead-zinc source beds. The threshold of the Pb and Zn geochemical block is $25 \mu\text{g/g}$ and $100 \mu\text{g/g}$. Seven lead and four zinc stream sediment geochemical blocks have been delineated, which host a cluster of lead-zinc ore deposits. Lead lithochemical high background is distributed in Fengning-Weichang area, and zinc lithochemical high background in Congli and Weichang areas. The consistency of lead-zinc deposits distribution suggests that stream sediment geochemical anomalies are better than rock geochemical anomalies. It is also considered that a geochemical block could contain a variety of geological bodies, in which mineralization source beds and Pb-Zn deposits make the main contribution to geochemical anomalies. Source beds and geochemical blocks both emphasize the role of material supply source in the formation of ore deposits, but the difference is that the former

* 本文得到全国矿产资源潜力评价项目(国土资源部 2007 16 号文件)的资助

第一作者简介 师淑娟, 女, 1977 年生, 在读博士生, 地球化学专业。Email: shishujuan1113@sina.com

收稿日期 2009-04-18; 改回日期 2009-06-29。许德焕编辑。

has a close relationship with the deposits, whereas the latter has a close relationship with the metallogenic province. These results are useful to the exploration of lead and zinc deposits in Hebei Province.

Key words: geochemistry, lead-zinc, source bed, geochemical block, geochemical anomaly, Hebei Province

在当代成矿作用过程的研究中,成矿物质的来源和供应一直是最基本也是最复杂的问题,因此,成为矿床学家和地球化学家关注和研究的焦点。许多学者都从矿源层和地球化学块体的角度来探讨这一问题。

Knigh(1957)首次提出了“矿源层”的概念,他认为,许多金属硫化物矿床的成矿物质来源于沉积岩层中的某些共生沉积硫化物,当这些地层在温度升高时,促成成矿物质活化、转移,并在有利的构造部位和岩层中聚集成矿。这些地层通常被认为是成矿元素丰度较高的地层或矿质初步富集的矿胚层。许静(1992)认为,特定的沉积建造是判别矿源层的综合标志,尤其是成矿元素的丰度。翟裕生等(1999)认为,矿源体的确定既需要成矿的理论分析,更需要具体的由地质-地球化学方法所提供的测试数据。孙邦东(2002)通过区域地层元素丰度和已知矿床资料,研究了广西的铅锌矿源层。但研究表明,矿源层不一定是成矿元素含量高的地层,成矿元素含量接近地壳丰度甚至低于地壳丰度的地层也可成为矿源层。这是因为,决定地层是否提供成矿物质,不仅取决于地层中成矿元素的全量,更取决于成矿物质的可利用量——元素赋存状态和活化转移的可能性(王学求,1998)。

Do(1991)提出了地球化学块体的概念,将其解释为具有某种或某些元素高含量的大岩块,能为矿床的形成提供物质来源。谢学锦提出了利用区域化探扫面数据来圈定地球化学块体,并将地球化学块体定义为面积大于 1 000 km² 的地球化学异常,其在垂向上具有一定深度(谢学锦,1995;谢学锦等,1999)。在地球化学块体范围内,可利用套合的地球化学模式谱系来追溯成矿元素的浓集中心,从而较快速地圈定出成矿的有利地段。

河北省铅锌矿产勘查历史悠久,勘查程度较高,继兴隆高板河铅锌矿床之后,相继发现了张北蔡家营、涑源大湾、南赵庄、连巴岭及隆化北岔沟门等一大批大、中型铅锌矿床。但总体而言,资源尚嫌不足,找矿工作的难度和压力还很大。怎样才能更快速且可靠地圈定出预测靶区,即成为当务之急。

自 1976 年始,在河北省境内的基岩出露区开展了 1:20

万区域化探扫面工作。与此同时,还进行了系统的地层和岩体的岩石地球化学调查,取得了大量可靠资料。采样面积约 10 万 km²,采集了水系沉积物样品 22 万件,按 4 km² 进行组合,获得组合样 26 000 件,采集了岩石样品 2 600 件,其中,地层样品 1 800 件,岩浆岩样品 600 件,变质岩样品 200 件。本文以上述成果的数据为基础,讨论了河北省基岩出露区的铅锌矿源层、地球化学块体以及地球化学块体与矿源层的关系。这一研究成果对河北省境内地球化学块体评价、铅锌矿产勘查和资源潜力评价等工作具有切实的指导意义。

1 矿源层的厘定

关于矿源层的判别,在地学界存在着较大分歧及长期争论(宫进忠等,2004)。本文将河北省境内铅锌含量高于该地区表壳岩石元素丰度的重要铅锌矿床的围岩作为铅锌矿源层的地球化学判别标志。

河北省的区域岩石地球化学测量方法为地层标准剖面法,地层以组为基本采样单元,尽量选择岩相发育齐全、沉积厚度较大、地质研究程度较高的正层型或次层型地层组。侵入岩以岩体为采样对象,选择出露面积较大、具代表性和选择性的岩体进行采样。采样时尽量避免蚀变和矿化地段。含量的计算方法是,地层样品以厚度为权加权平均,侵入岩以面积为权加权平均。

由该省内重要铅锌矿床的赋存围岩(表 1)及区域地层铅锌元素的含量(表 2)可见,侏罗纪、白垩纪中酸性火山-沉积岩系及同期侵入岩、遵化群、陈庄群、五台群、红旗营子群是重要铅锌矿床的主要围岩,并且具有较高的铅锌元素含量,可初步确定其为该省内的铅锌矿源层。

进一步的分析表明,在侏罗系、白垩系中,以张家口组的铅含量为最高(表 3)。该地层组厚度巨大且分布广泛,为火山-热液成矿提供了充足的物质供应。

据厚度加权算术平均计算的张家口组各段的均值表明,铅、锌等元素在二段流纹岩、粗面岩、斑流岩及石英粗面岩中

表 1 河北省重要铅锌矿床的赋存围岩

Table 1 Wall rocks of lead-zinc deposits in Hebei Province

典型矿床	成因类型	主要围岩
涑源南赵庄	接触交代型	侏罗系髫髻山组,寒武系-奥陶系,燕山期花岗闪长岩
张北蔡家营	火山热液型	红旗营子群,侏罗系张家口组,燕山期花岗斑岩
承德姑子沟	火山热液型	燕山期石英斑岩,红旗营子群,长城系,白垩系大北沟组
承德轿顶山	斑岩型	长城系常州沟组,侏罗系土城子组,燕山期花岗斑岩
隆化北岔沟门	岩浆热液型	侏罗系张家口组,燕山期花岗岩、正长斑岩
涑源连巴岭	岩浆热液型	蓟县系雾迷山组,燕山期花岗闪长岩、石英闪长岩
兴隆高板河	沉积型	长城系高于庄组,燕山期闪长岩脉

表2 河北省区域地层铅锌元素含量

Table 2 Lead and zinc content of regional strata in Hebei Province

地层	厚度/m	样品数	$w_B/(\mu\text{g/g})$		地层	厚度/m	样品数	$w_B/(\mu\text{g/g})$	
			Pb	Zn				Pb	Zn
第四系	122	25	12.6	45.8	滹沱群	4797	88	4.85	88.6
第三系	1587	72	10.1	55.4	五台群	4248	63	10.0	94.8
白垩系	4614	156	21.7	85.2	红旗营子群	2200	20	13.5	90.0
侏罗系	5467	160	24.3	81.6	单塔子群	5304	43	15.0	64.8
三叠系	1778	82	14.8	48.4	朱杖子群	898	19	14.4	73.0
二叠系	727	103	6.47	27.0	双山子群	2495	46	15.8	71.1
石炭系	153	33	13.5	33.0	龙泉关群	1880	29	11.0	52.8
奥陶系	1029	98	8.19	8.53	湾子群	3662	43	14.4	45.6
寒武系	543	91	14.4	33.2	陈庄群	2064	29	9.79	80.9
青白口系	737	44	14.6	55.4	遵化群	6437	55	10.3	89.3
蓟县系	4512	154	9.68	10.0	迁西群	3967	77	9.16	63.8
长城系	2262	66	11.3	30.9	河北表壳岩石元素丰度			15.9	57.8

测试单位：河北省地质勘查局保定实验测试中心。

表3 河北省侏罗系、白垩系各组铅锌元素含量

Table 3 Lead and zinc content of Jurassic and Cretaceous strata in Hebei Province

白垩系 地层组	符号	厚度/m	样品数	$w_B/(\mu\text{g/g})$		侏罗系 地层组	符号	厚度/m	样品数	$w_B/(\mu\text{g/g})$	
				Pb	Zn					Pb	Zn
土井子组	$K_{2,3t}$	1628	42	20.3	65.9	张家口组	J_{3z}	2903	37	28.8	84.6
洗马林组	$K_{2,3x}$	103	16	22.6	75.5	土城子组	J_{2tch}	1406	45	20.9	83.9
青石砬组	K_{1q}	504	9	25.4	90.6	髫髻山组	J_{2t}	289	18	18.5	51
南店组	K_{1n}	128	6	25.7	110	九龙山组	J_{2j}	237	12	15.4	57.6
义县组	K_{1y}	989	22	20.4	95.1	下花园组	J_{1x}	100	18	18.1	66.2
九佛堂组	K_{1jf}	966	31	23.7	104	南大岭组	J_{1n}	199	13	14.2	97.7
大北沟组	K_{1d}	296	20	19.2	79.4						

测试单位：河北省地质勘查局保定实验测试中心。

含量最高。锌、银、砷、锑、汞、钨、钼等元素在二段顶部板状石英粗面岩中含量较高，在三段顶部薄板状流纹质含角砾晶-玻屑凝灰岩中其含量也有所增高，构成地球化学异常层，是成矿的有利地段。

对区内侵入岩岩石谱系的 Pb、Zn 元素含量进行统计后发现，鳌鱼口单元霞石正长岩 (Pt_2)、五道川单元花岗斑岩 (J_3)、达峪单元斑状花岗岩 (Pt_2)、北戴河单元变质花岗岩 (Ar_3)、沙厂单元环斑花岗岩 (Pt_2)、后中山单元霓辉正长岩 (Pt_2)、蛇盘兔单元二长花岗岩 (J_1)，铅含量均高，对成矿有利。鳌鱼口单元霞石正长岩 (Pt_2)、后沟单元石英闪长岩 (P_1)、清泉寺单元细粒角闪闪长岩 (J_2)、上孤山单元辉长岩 (Pt_2)、马剑子沟单元苏长岩 (Pt_2)、黄花沟单元正长花岗岩 (Pt_2)、柳各庄单元石英闪长岩 (Ar_3)，锌含量较高，对成矿有利。

对特定地层内所产出的工业矿床总储量与相应地层 500 m 厚度岩石块体金属总量之比——成矿系数进行了计算，结果表明，不同地层不同元素的成矿能力相差悬殊，从中可归纳出若干超量聚集的元素，如遵化群 Au、Fe、Pb，红旗营子群

Ag、Pb、Zn、Mo，长城系 Pb、Zn、Cu 等等，指示出其中可能存在着特定矿源层。

2 地球化学块体的分布

一个矿床的形成，不可或缺的首要条件是成矿所需的物质供应。地球化学块体正是把握着成矿物质这一前提(刘大文等 2002a)。在地球化学块体范围内，可利用套合的地球化学模式谱系来追索成矿元素的浓集中心，从而圈定出成矿的有利地段，以降低找矿风险，以及缩短找矿勘探周期。

2.1 水系沉积物地球化学块体

以河北省水系沉积物地球化学数据 64 km² 取一个平均值的数据集，绘制出铅、锌地球化学异常图(图 1)。采用 $X \pm 2s$ 以外的数据进行离群值反复剔除，直至无离群值出现的数值作为背景值，以背景值加两倍离差作为异常下限。

以 25 $\mu\text{g/g}$ 为异常下限，可识别和圈定出铅的地球化学块体 7 处，分别为：张北北地球化学块体，面积 1 278 km²；张家口-崇礼地球化学块体，面积 2 953 km²；丰宁地球化学块体，

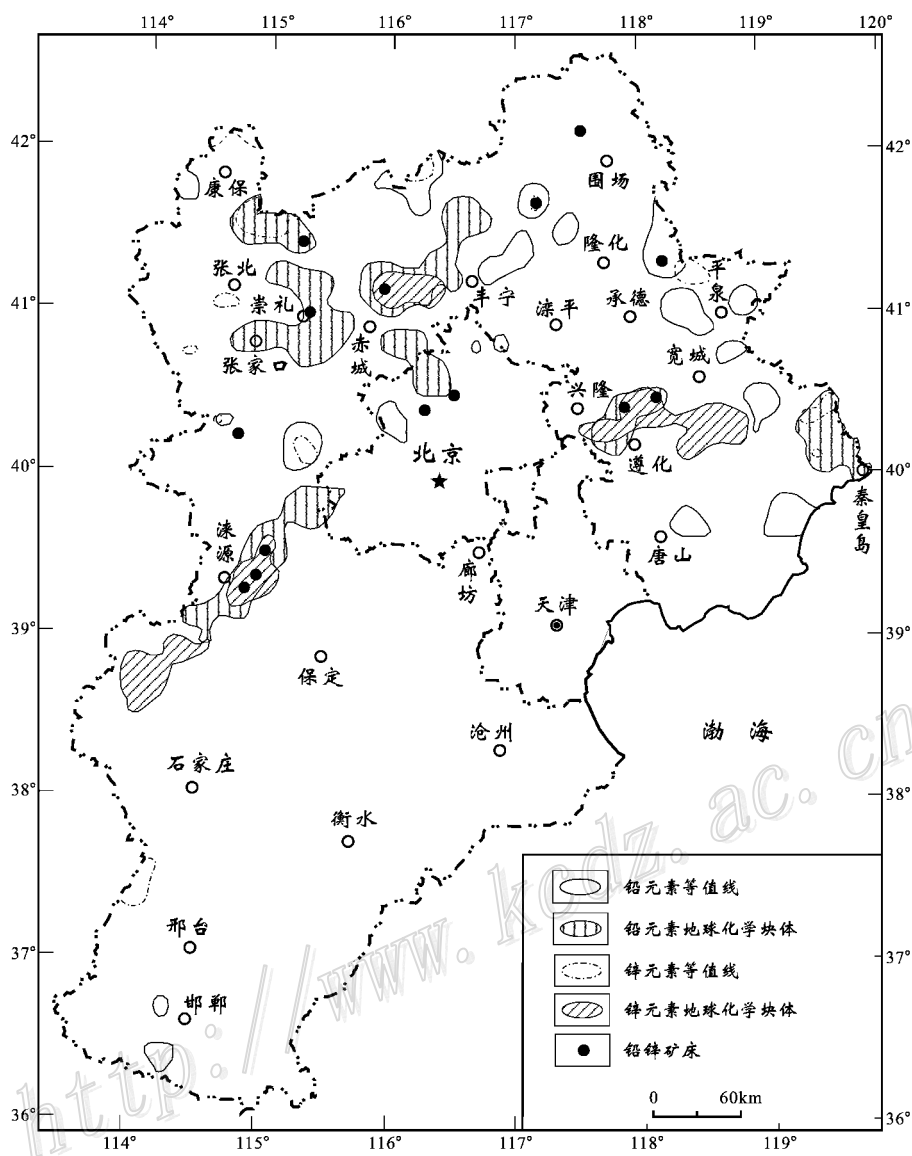


图 1 河北省水系沉积物铅锌地球化学异常分布图

以线条填充的异常区域的面积大于 1 000 km²

Fig. 1 Distribution of lead and zinc stream sediment geochemical anomalies in Hebei Province

面积 2 801 km² 赤城地球化学块体 ,面积 1 173 km² 遵化地球化学块体 ,面积 1 271 km² ;秦皇岛地球化学块体 ,面积 1 615 km² ;涿源地球化学块体 ,面积 3 101 km²。

以 100 μg/g 为异常下限 ,可圈定出 4 处锗地球化学块体 ,分别为 赤城北地球化学块体 ,面积 1 000 km² ;遵化地球化学块体 ,面积 2 456 km² ;涿源地球化学块体 ,面积 1 000 km² ;涿源南地球化学块体 ,面积 1 455 km²。在上述地球化学块体内部及边缘 ,有多处大、中型铅锌矿床产出。

2.2 岩石地球化学分布特征

据河北省区域岩石地球化学测量数据绘制出岩石地球化学图 ,其网格间距为 50 km×25 km ,搜索半径为 125 km。

区域岩石地球化学特征研究表明 ,在丰宁、围场一带 ,出

现大范围的铅元素连续成片的高背景分布(图 2),向燕山及太行山区逐渐过渡为中低背景 ;锌元素的高背景分布在崇礼和围场地区(图 3),向燕山、太行山区逐步过渡为中低背景。铅锌高背景区主要分布于侏罗系、白垩系分布区。侵入岩的铅锌高背景区主要集中在乌龙沟-上黄旗岩浆岩带、军都山岩浆岩带和木兰峪复背斜东、西两端。

3 地球化学块体与矿源层的关系

铅锌元素水系沉积物地球化学块体与岩石地球化学高背景分布之间存在着较大的差异。出现这种差异的原因可能是 :①本次研究所用的岩石样品在采集时尽量避开了矿化或

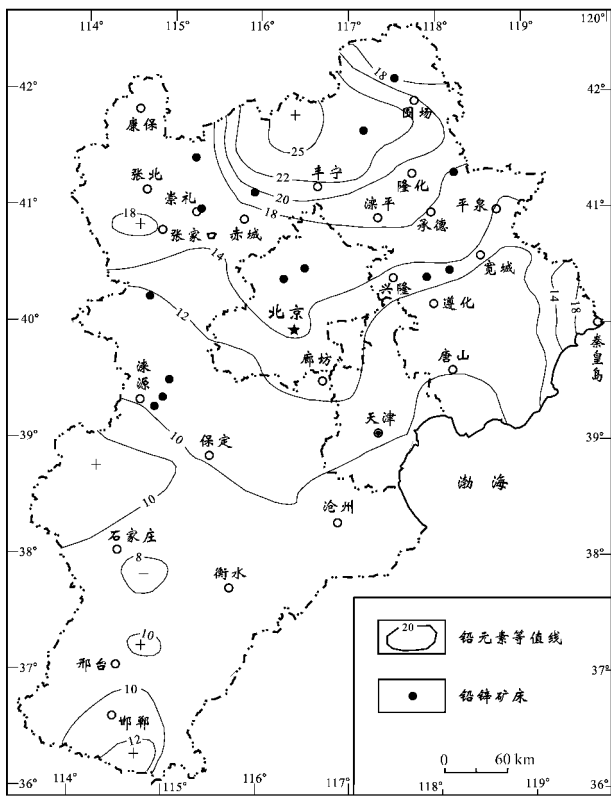


图2 河北省岩石铅地球化学背景图

Fig.2 Lead rock geochemical map of Hebei Province

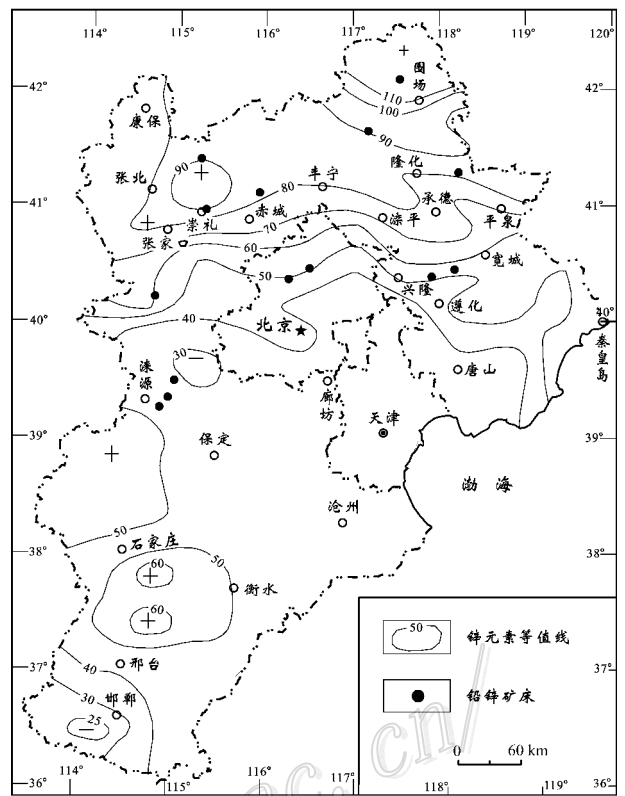


图3 河北省岩石锌地球化学背景图

Fig.3 Zinc rock geochemical map of Hebei Province

蚀变,所采样品的控制面积较大,实际上,在大面积范围内,地质情况可能很复杂,很难用几个样品来控制,因此,所产生的数据仅能近似地反映出铅锌元素在表壳岩石中的分布情况,而水系沉积物是岩石风化后的均匀化产物,其采样过程并不排除矿化或蚀变区域,② 水系沉积物异常的来源是多元的:有的异常反映的是岩石中元素的初始含量,即地球化学异常可能是由矿源层引起的;有的异常反映的岩石虽经元素活化或叠加,但并未达到最终形成具经济价值矿床的富集程度;有的异常是由矿床的分散形成的,即异常是成矿的终极产物(王学求,2001);③ 决定地层是否提供成矿物质,不仅取决于地层中成矿元素的全量,更取决于成矿物质的可利用量——元素赋存状态和活化转移的可能性(王学求,1998);④ 影响水系沉积物地球化学块体形成的外界因素很多,如气候、景观条件的差异等,水系沉积物与出露的岩石相比,其中大部分成矿元素的含量都有不同程度的富集,并与出露地壳的元素丰度有较好的相关性(刘大文等,2002b;迟清华,2003)。所以,通过研究这两者之间的关系,可追索大型矿床和矿集区的主要物质来源。

现将研究区内铅锌地球化学异常划分为若干个集中区,并简要叙述其产出地质情况(表4)。

由表4可见,铅锌地球化学异常区内都产出一个或多个矿源层。在一个地球化学块体分布范围内存在多种地质体,而其中对异常形成贡献最大者可能是矿源层和矿床。

矿源层与地球化学块体都强调其在成矿作用中是物质的供应源,不同之处在于:前者强调矿体周围几十米或几百米甚至几千米内富含成矿元素的地质体与成矿的关系,而后者则把成矿物质供应系统置于更大的范围下去分析研究(松权衡等,2006),前者强调微观的时间序列,与矿床的关系更紧密,而后者则注重宏观的空间分布,与成矿省的关系比较密切。

4 结论

侏罗纪、白垩纪中酸性火山-沉积岩系及同期侵入岩、遵化群、陈庄群、五台群、红旗营子群是河北省境内重要铅锌矿床的主要围岩,且具有较高的铅锌元素含量,可确定为该区内的铅锌矿源层。在侏罗系、白垩系中,尤以张家口组铅含量最高,成矿的可能性最大。区内侵入岩中的鲮鱼口单元霞石正长岩、五道川单元花岗斑岩、达峪单元斑状花岗岩、北戴河单元变质花岗岩、沙厂单元环斑花岗岩、后中山单元霞辉正长岩、蛇盘兔单元二长花岗岩,铅含量较高,对成矿有利。鲮鱼口单元霞石正长岩、后沟单元石英闪长岩、清泉寺单元细粒角闪闪长岩、上孤山单元辉长岩、马剑子沟单元苏长岩、黄花沟单元正长花岗岩、柳各庄单元石英闪长岩,锌含量较高,对成矿有利。

表 4 河北省水系沉积物铅锌地球化学异常集中区地质概况

Table 4 Geological settings of concentration areas of lead and zinc stream sediment geochemical anomalies in Hebei Province

地球化学异常集中区	地 质 概 况
张北 Pb-Zn 地球化学异常区	产于侏罗系和红旗营子群中,与板申图火山盆地关系密切
丰宁 Pb-Zn 地球化学异常区	产于侏罗系及红旗营子群中,与赤城白草、东猴顶、围场半截塔及丰宁化吉营等火山盆地有关
兴隆-遵化 Pb-Zn 地球化学异常区	产于中-上元古界与燕山期中酸性侵入岩的接触带
涞源 Pb-Zn 地球化学异常区	产于中-上元古界、阜平超群及其与燕山期中酸性侵入岩的接触带
秦皇岛 Pb-Zn 地球化学异常区	产于侏罗系及太古宙中酸性变质岩区
张家口-崇礼 Pb 地球化学异常区	产于侏罗系张家口组、白垩系、迁西群及燕山期中酸性侵入岩区
赤城 Pb 地球化学异常区	产于中-上元古界及侏罗系分布区

以 25 $\mu\text{g/g}$ 为异常下限,圈定出水系沉积物铅地球化学块体 7 处;以 100 $\mu\text{g/g}$ 为异常下限,共圈定出水系沉积物锌地球化学块体 4 处。在铅锌地球化学块体内部及边缘有多处大、中型铅锌矿床产出。在丰宁、围场一带,出现大范围的铅元素连续成片的岩石地球化学高背景分布,向燕山及太行山区逐渐过渡为中低背景。锌元素的岩石地球化学高背景分布在崇礼和围场地区,向燕山及太行山区逐步过渡为中低背景。侵入岩的铅锌高背景主要集中在乌龙沟-上黄旗岩浆岩带、军都山岩浆岩带和木兰峪复背斜东、西两端。

铅锌元素水系沉积物地球化学块体与岩石地球化学高背景分布之间存在着较大的差异。据水系沉积物所圈定的异常与铅锌矿床分布的一致性要好于据岩石所圈定的异常。在一个地球化学块体分布范围内,可能存在多种地质体,而其中对异常形成贡献最大者可能是矿源层和矿床。矿源层及地球化学块体都强调其在成矿作用中是物质的供应源,但前者强调微观的时间序列,与矿床的关系更紧密,而后者则注重宏观的空间分布,与成矿省的关系比较密切。如果在地球化学块体范围内,再选择有利的矿源层,就可以更快速可靠地圈定出成矿靶区。

志 谢 在论文完成过程中,得到了中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所王学求研究员的指导,在此表示感谢!

References

Chi Q H. 2003. The significance of element abundances of rocks in the study of geochemical blocks[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 27(6): 428-430 (in Chinese with English abstract).

Doe B R. 1991. Source rock and the genesis of metallic mineral deposits [J]. *Global Tectonics and Metallogeny*, 4(1-2): 13-19.

Gong J Z and Yang C. 2004. Gold ore source beds and geochemical blocks of Hebei[J]. *Gold Geology*, 10(4): 55-56 (in Chinese with English abstract).

Knight C L. 1957. Ore genesis: The source bed concept[J]. *Economic*

Geology, 5(7): 808-817.

Liu D W, Xie X J, Yan G S, Lian C Y and Wang Q M. 2002a. The application of geochemical methods to gold resources assessment in Shandong Province[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(2): 169-174 (in Chinese with English abstract).

Liu D W, Xiang Y C, Lian C Y, Yan G S and Xie X J. 2002b. The distribution of metals in stream sediment in different tectonic zones, eastern China[J]. *Geology and Prospecting*, 38(Supp.): 156-163 (in Chinese with English abstract).

Song Q H, Yu C, Li J and Qin H L. 2006. On the exploration geochemical regional models and their prospecting significance[J]. *Jilin Geology*, 25(2): 28-35 (in Chinese with English abstract).

Sun B D. 2002. Discussion on source bed of Pb-Zn deposits in Guangxi [J]. *Guangxi Geology*, 15(1): 37-42 (in Chinese with English abstract).

Wang X Q. 1998. Geochemical methodology and application in exploration for large/giant ore deposits[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 22(2): 81-89 (in Chinese with English abstract).

Wang X Q. 2001. Geochemical patterns and their geneses[J]. *Mineral Deposits*, 20(3): 216-222 (in Chinese with English abstract).

Xie X J. 1995. New concepts and technology of exploration for giant ore deposits[J]. *Scientific Chinese*, (5): 15-17 (in Chinese with English abstract).

Xie X J and Xiang Y C. 1999. Geochemical prediction method for giant ore deposit[A]. In: Xie X J, Shao Y and Wang X Q, eds. *Exploration geochemistry into the 21st Century*[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 61-91 (in Chinese).

Xu J. 1992. The source bed of gold[J]. *Geological Review*, 38(4): 311-315 (in Chinese with English abstract).

Zhai Y S, Deng B and Li X B. 1999. *Essentials of metallogeny*[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 97p (in Chinese).

附中文参考文献

迟清华. 2003. 岩石化学元素丰度在地球化学块体研究中的意义[J]. *物探与化探*, 27(6): 428-430.

- 宫进忠,杨春. 2004. 河北省金的矿源层与地球化学块体[J]. 黄金地质, 10(4):55-56.
- 刘大文,谢学锦,严光生,连长云,王全明. 2002a. 地球化学块体的方法技术在山东金资源潜力预测中的应用[J]. 地球学报, 23(2):169-174.
- 刘大文,向云川,连长云,严光生,谢学锦. 2002b. 水系沉积物中的金属元素在中国东部不同构造单元的分布特征[J]. 地质与勘探, 38(增刊):156-163.
- 松权衡,于城,李军,秦洪莲. 2006. 论勘查地球化学区域模式及找矿意义[J]. 吉林地质, 25(2):28-35.
- 孙邦东. 2002. 广西铅锌矿矿源层探讨[J]. 广西地质, 15(1):37-42.
- 王学求. 1998. 寻找和识别大型特大型矿床的勘查地球化学理论方法与应用[J]. 物探与化探, 22(2):81-89.
- 王学求. 2001. 地球化学模式及成因初探[J]. 矿床地质, 20(3):216-222.
- 谢学锦. 1995. 用新观念与新技术寻找巨型矿床[J]. 科学中国人, (5):14-16.
- 谢学锦,向运川. 1999. 巨型矿床的地球化学预测方法[A]. 见:谢学锦,邵跃,王学求,主编. 走向21世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京:地质出版社. 61-91.
- 许静. 1992. 金的矿源层讨论[J]. 地质论评, 38(4):311-315.
- 翟裕生,邓波,李晓波. 1999. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社. 97页.

<http://www.kcdz.ac.cn/>