

河北北岔沟门铅锌矿区地球化学特征

张 季 牲

(河北省质矿产勘探开发局, 河北 石家庄 050081)

摘要:通过对河北省隆化县北岔沟门铅锌矿区水系沉积物、岩石、近矿围岩、矿体中元素分布规律的分析,探讨了矿区内元素的相关性、元素组分分带及矿化意义和元素原生分带,阐明该矿区的地球化学特征,基本建立矿体剥蚀程度的评价指标,并对今后在该区进行地质普查提出了地球化学找矿标志。

关键词:水系沉积物,岩石,矿体,地球化学特征,找矿标志,铅锌矿,河北北岔沟门

中图分类号:P632 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2001)02-0123-09

北岔沟门矿区位于河北省隆化县西北部山区,是华北地台北缘中段最有远景的大型铅锌矿床。在该矿床的发现及勘查过程中,物化探方法发挥了不可替代的作用,是应用综合物化探方法找到大型矿床的典型实例。研究该矿区的地球化学特征,对矿区外围类似地区普查找矿工作有极其重要的指导意义。

1 地质概况

河北省隆化县北岔沟门矿区地处华北地台北缘中段,乌龙沟—上黄旗构造岩浆岩带北端东侧,出露地层以中生代碱性火山岩为主,岩性为粗安质火山熔岩、火山碎屑岩。

区内中生代构造岩浆岩活动强烈复杂。岩浆侵入体主要为中晚侏罗世角闪二长花岗岩及粗粒斑状花岗岩,二者空间上呈脉动接触关系。岩浆的长期、强烈活动为本区的金属元素成矿提供了充足的热源。

区内断裂构造发育,北东向上黄旗—棋盘山的深断裂斜穿本区,形成数百米宽的构造破碎带。次级的北东、北西及近南北向构造裂隙密布全区,构成本区主要的容矿构造。

铅锌矿体(V号)主要赋存在粗粒花岗岩与侏罗纪火山碎屑岩的接触带附近,受NE、NW向裂隙控制,目前发现3个矿体,平面上呈“Y”字型,单矿体延长400~600m,厚度20~80m,已控制最大斜深173m,铅锌矿石一般以稀疏侵染状为主。局部为稠密侵染状、细脉状,主要矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、铅钒矿、辉银矿等。与其伴生蚀变主要为黄铁绢英岩化、高岭土化、碳酸盐化、萤石化、绿泥石化。根据矿床的赋矿空间及构造控矿作用,其矿床成因初步定为以岩浆热液为主并有天然水加入的中温热液矿床。

2 地球化学特征

2.1 水系沉积物元素地球化学分布特征

水系沉积物元素地球化学分布特征见图1。

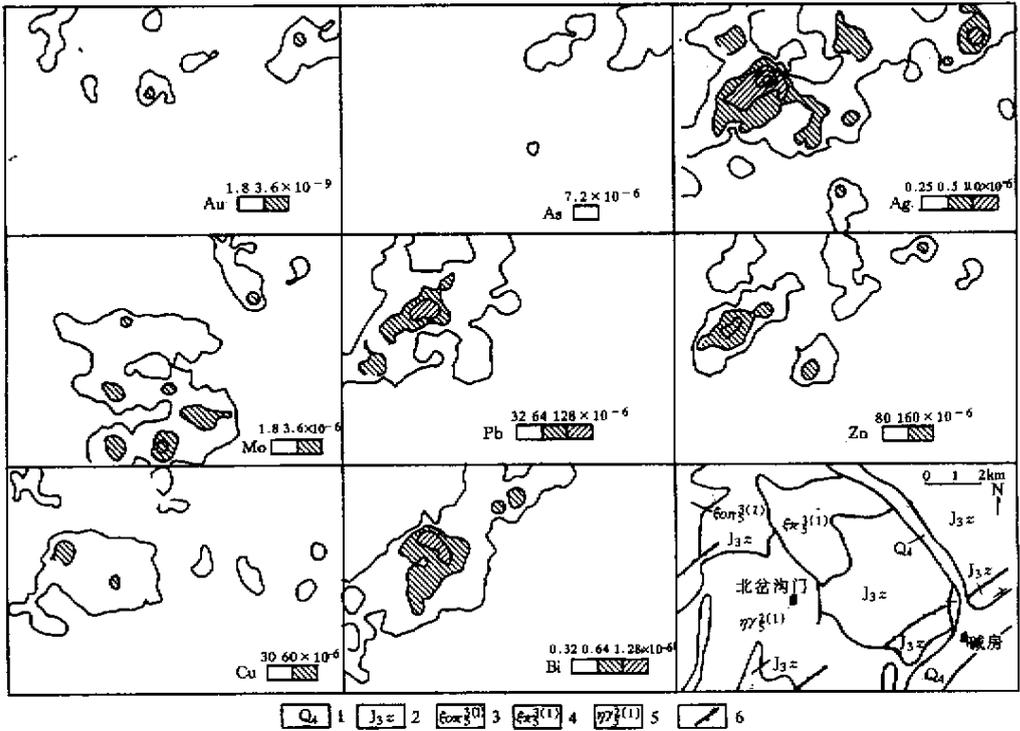


图 1 北岔沟门矿区地球化学异常

1—冲洪积砂砾石、粘土层 2—侏罗系张家口组流纹质晶屑凝灰岩 3—早白垩世石英正长斑岩；
4—早白垩世正长斑岩 5—早侏罗世二长花岗岩 6—实测逆断层

2.1.1 金、银元素分布特征

Au 和 Ag 的背景平均质量分数分别为 0.96×10^{-9} 和 0.125×10^{-9} ，皆高于河北北部及华北地台北缘的平均含量，依上述分类原则进行其分布特征的描述，Au、Ag 元素在矿区东北部多呈高背景或异常分布，其最高含量分别为： $u(Au) = 26.5 \times 10^{-9}$ ， $u(Ag) = 11.6 \times 10^{-6}$ 。高背景分布区面积约 50~60 km，低背景分布多在矿区中部及南部。

从 Au、Ag 元素高背景区分布的基本形态看，其高背景分布多呈北东向展布，与贯穿于矿区内的 NE 向构造带吻合，且与中晚侏罗世花岗岩及晚白垩世正长斑岩及侏罗纪火山岩、火山碎屑岩相吻合。说明 Au、Ag 元素在上述岩区较高浓集且受构造控制。

2.1.2 铜、铅、锌及砷、锑、铋、钼、汞的分布特征

矿区内 Cu、Pb、Zn、Bi 的地球化学分布和 As、Sb、Hg 元素的分布具有一定的相似性。Mo 元素的分布则显示出明显的独立性。Cu、Pb、Zn 元素在北岔沟门一带呈现出规模较大的高背景分布或异常分布，且其低背景分布主要在矿区西南部，并呈 NW 向带状展布，同时伴有 Bi、As、Sb、Hg 的低背景分布。与其地质背景对比，发现 Cu、Pb、Zn、Bi 的高背景分布主要与北岔沟门中侏罗世酸性侵入岩、白垩世酸性侵入岩相对应，且分布形态受构造控制。反映了高背景区在中晚侏罗世岩浆活动及构造活动所形成的多金属元素的富集及成矿地质作用。

Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg 在矿区西南侧呈 NW 向带状低背景分布，主要与区内白垩系花吉营组、西瓜园组火山沉积岩对应，同时在该低背景带的两侧发育有明显的 NW 向断裂构造。种种迹象表明，本区的 NW 向低背景带，可能为发育在该区的区域性断裂显示。北岔沟门 Cu、

Pb、Zn、Bi 等高异常区及矿床则位于其上侧。

Mo 元素的高背景分布主要位于矿区中部中晚侏罗世酸性侵入岩分布区,同时 Mo 元素高背景往往与 Au、Ag 元素的低背景吻合,空间上 Pb、Zn、Cu 的高背景区则位于 Mo 元素的高背景区一侧,与酸性侵入岩和火山岩接触带的 NE 向构造相对应。

As、Sb、Hg 元素的高背景分布,除受 NE 向区域构造影响沿 NE 向形成高背景带外,同时沿上述 NW 向低背景带在其北侧伴有明显的 NW 向高背景带分布。

2.2 矿化岩石地球化学特征

矿区侏罗世侵入岩中,Pb、Zn、Au、Ag、W、Mo、Bi、Cd 平均含量皆高于矿区外围侏罗世火山岩(表 1、表 2)。

对区内不同时代侵入岩的比较发现:Pb、Ag、W、Mo、Bi、Cu 多在区内中晚侏罗世花岗岩中显示较高的含量值,Zn、Cd 多在晚白垩世正长斑岩、潜安山岩内显示较高的含量值;As、

表 1 矿区主要岩石地球化学统计参数

岩性	地质年代	参数	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb	W	Mo	Bi	Cd
粗安质 凝灰岩	J ₃	\bar{x}	10.79	29.7	65.79	1.63	0.26	3.29	0.52	2.98	0.99	0.27	0.43
		s	10.35	7.91	20.87	0.79	0.28	2.58	0.41	2.52	0.60	0.28	0.34
		C _v	0.96	0.27	0.32	0.48	1.06	0.78	0.78	0.85	0.60	1.01	0.79
粗安岩	J ₃	\bar{x}	12.17	31.74	73	3.03	0.13	1.55	0.27	1.98	0.82	0.24	0.62
		s	10.07	15.60	44.07	2.42	0.05	0.27	0.08	2.12	0.13	0.17	0.64
		C _v	0.82	0.49	0.60	0.80	0.42	0.17	0.29	1.07	0.16	0.71	1.02
安山玢岩 潜安山岩	K ₂	\bar{x}	6.0	58.91	113.86	1.04	0.10	1.48	0.27	1.33	1.01	0.14	0.29
		s	1.57	34.14	54.48	0.14	0.07	0.31	0.11	0.67	0.44	0.06	0.28
		C _v	0.26	0.58	0.48	0.13	0.70	0.21	0.41	0.50	0.44	0.44	0.98
细粒二长 花岗岩	J ₂₋₃	\bar{x}	32.32	45.54	57.19	1.24	0.36	2.64	0.34	6.42	1.43	0.99	0.30
		s	21.54	37.75	66.31	0.59	0.37	1.96	0.23	6.44	1.73	1.21	0.34
		C _v	0.67	0.83	1.16	0.48	1.03	0.74	0.67	1.01	1.12	1.13	1.14
正长斑岩	K ₂	\bar{x}	5.38	40.82	7.23	1.90	0.32	2.0	0.31	2.43	1.49	0.13	0.30
		s	2.54	23.02	35.59	1.63	0.51	1.40	0.21	1.70	1.08	0.03	0.20
		C _v	0.47	0.56	0.49	0.86	1.59	0.70	0.68	0.70	0.72	0.24	0.67
背景均值			13.32	41.34	76.42	1.76	0.23	2.19	0.34	3.02	1.15	0.35	0.39

注: \bar{x} 为元素含量平均值,s 为离差,C_v 为变化系数,表 2~3 同;单位: $\mu(\text{Au})/10^{-9}$, $\mu(\text{其余元素})/10^{-6}$ 。

表 2 河北省北部侏罗系火山岩、燕山期酸性岩地球化学参数统计

岩性	参数	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb	W	Mo	Bi	Cd
侏罗系火山岩	\bar{x}	16.5	23.8	67	0.52	7.25	6.2	0.47	1.34	0.85	0.17	114
	C _v	0.42	0.18	0.26	0.59	0.40	0.33	0.33	0.27	0.49	0.39	0.44
燕山期酸性岩	\bar{x}	16.8	24.9	74	0.70	76.2	5.6	0.43	1.49	0.88	0.22	151
	C _v	0.35	0.22	0.28	0.75	0.40	0.40	0.35	0.39	0.48	0.47	0.50

注:单位 $\mu(\text{Au}, \text{Ag}, \text{Cd})/10^{-9}$, $\mu(\text{其余元素})/10^{-6}$ 。

万方数据

Sb 元素无论在地层或侵入体中,其平均含量相对于区域岩石的偏低。

对矿区岩石变化系数的研究发现:Pb,Zn,Ag,Mo,Bi,Cd 多在中晚侏罗世二长花岗岩及晚白垩世正长斑岩中显示较大的变化系数。统计结果显示,区内变化系数较大的元素包含了该区主成矿元素及伴生元素,说明区内矿化作用主要与中晚侏罗世及晚白垩世热液活动有关。

2.3 矿区近矿围岩矿石地球化学特征

选择矿区 V 号、Ⅶ号矿体近矿围岩及矿石元素分析结果进行统计,结果如下(表 3)。

1. 近矿蚀变岩黄铁绢英岩所有元素原始衬值均较大,说明矿体周围微量元素均有较高的浓集,可形成较清晰的地球化学原生异常。

表 3 近矿蚀变围岩、矿石微量元素特征

岩 性		Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb	W	Mo	Bi	Cd
黄铁绢 英岩	\bar{x}	21.94	52.82	54.94	2.48	1.92	3.27	0.68	11.32	2.0	1.62	0.28
	s	20.37	40.58	38.55	2.91	1.98	2.83	0.67	11.67	1.86	1.83	0.34
	C_v	0.93	0.77	0.70	1.17	1.03	0.87	0.99	1.03	0.93	1.13	1.21
	C_t	1.65	1.28	0.71	1.41	8.34	1.49	2.0	3.75	1.74	4.63	0.72
矿化蚀变 凝灰岩	\bar{x}	77.02	1132.2	88.81	31.51	8.02	9.86	0.90	8.2	12.02	0.99	25.39
	s	137.08	2179.0	2095.2	142.94	19.46	28.24	1.21	10.36	46.46	1.57	63.24
	C_v	1.78	1.94	2.36	4.54	2.43	2.86	1.34	1.26	3.86	1.59	2.49
	C_t	5.78	27.38	11.62	17.90	34.87	4.5	2.65	2.72	10.45	2.83	65.10
铅锌矿石	\bar{x}	317.1	7188.3	12739.0	5.0	9.8	5.8	5.3	14.2	5.7	1.9	99.2
	s	311.1	372.28	7641.6	7.8	14.6	4.6	7.0	11.3	11.1	3.0	85.1
	C_v	0.98	0.52	0.60	1.56	1.49	0.79	1.32	0.80	1.95	1.58	0.86
	C_t	23.81	173.88	166.70	2.84	42.61	2.65	15.59	4.70	4.96	5.43	254.36
矿区背景值		13.32	41.34	76.42	1.76	0.23	2.19	0.34	3.02	1.15	0.35	0.39

注: C_t 为衬度;单位: μ (Au) $\times 10^{-9}$, μ (其余元素) $\times 10^{-6}$ 。

2. 比较近矿蚀变岩与矿石的变化系数时发现,矿石微量元素变化系数比近矿围岩小,这与矿石品位变化相关。研究认为,V 号、Ⅶ号矿体品位变化系数均在 100% 左右,属均匀型矿种。同时亦可判定,矿体在主成矿期后的热液作用并未对主成矿元素造成强烈的迁移或聚集。

3. 矿石原始衬度从大到小排序为 Cd-Pb-Zn-Ag-Cu-Sb-Bi-Mo-W-Au-As,这一排序大致显示出成矿物质的供给水平,亦可大致确定上述元素在元素分带序列中的位置。另外,Pb,Zn,Cd 的原始衬值在 150~250 之间,反映主成矿元素及伴生元素具较高的原始物质供给水平。

2.4 剖面及钻孔地球化学特征

选择具代表性的 27 勘探线绘制 10 种元素的地球化学异常(图 2),结合 ZK2501,ZK201 含量分布曲线(图 3、图 4),可总结出该区原生异常具以下分布特征。

1. 从勘探线剖面看,Pb,Zn,Cd,Ag,Cu,Sb,As,W,Mo,Bi 均显示明显异常并具明显的浓度分带。以异常下限的 $2n$ 倍进行分带,主成矿元素 Pb,Zn,Cd,Mo 在中带较发育,内带较差,说明主成矿期后主成矿元素进一步浓集作用不明显。

2. 从勘探剖面及钻孔原生晕分布曲线分析,Pb,Zn,Cd,Ag 均在铅锌矿体周围形成宽大清晰的异常,W,Mo,As,Bi 异常则主要发育在矿体下部,尤以 As,Mo 异常表现明显。

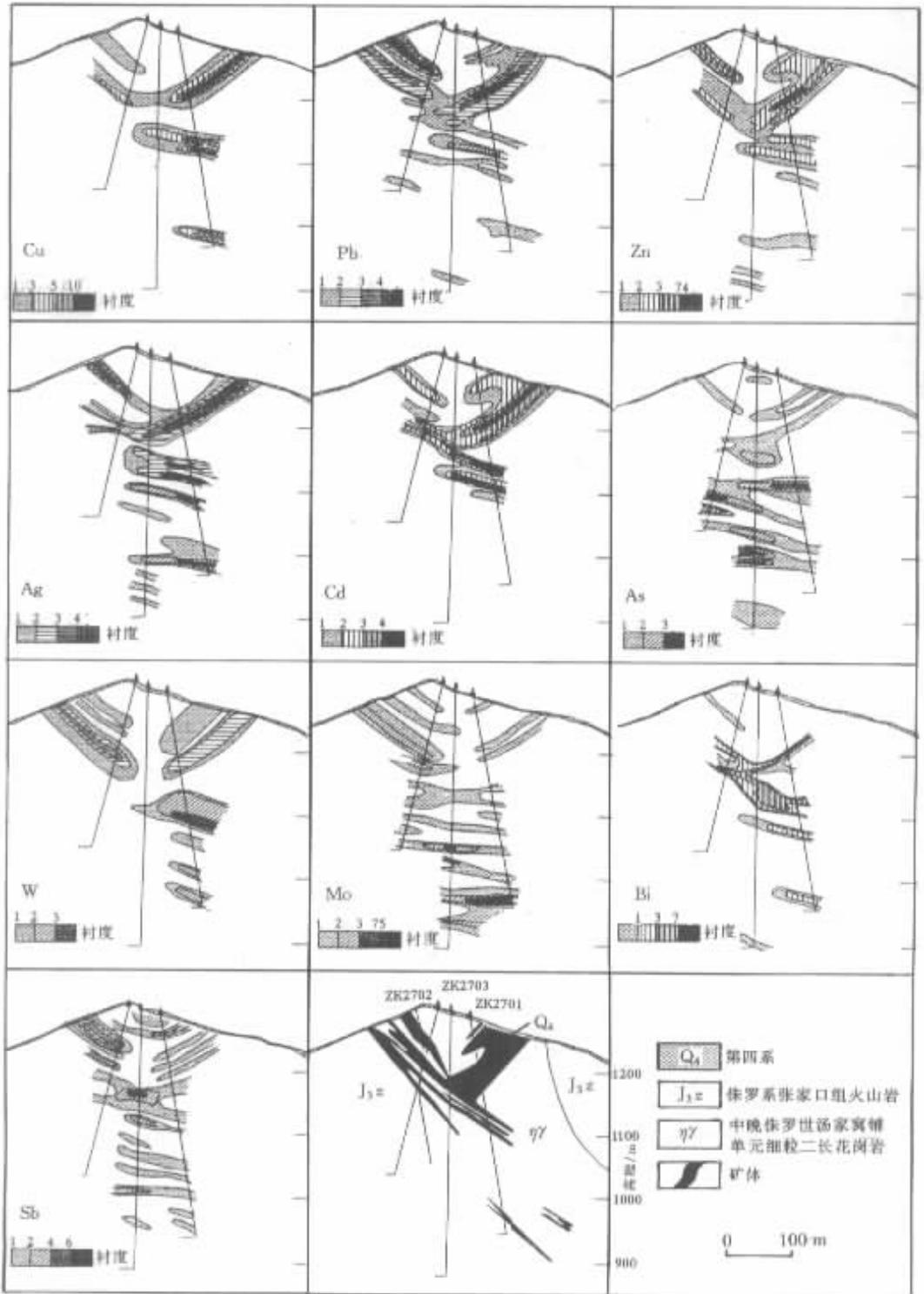


图 2 北岔沟门矿区 27 勘探线岩石地球化学异常

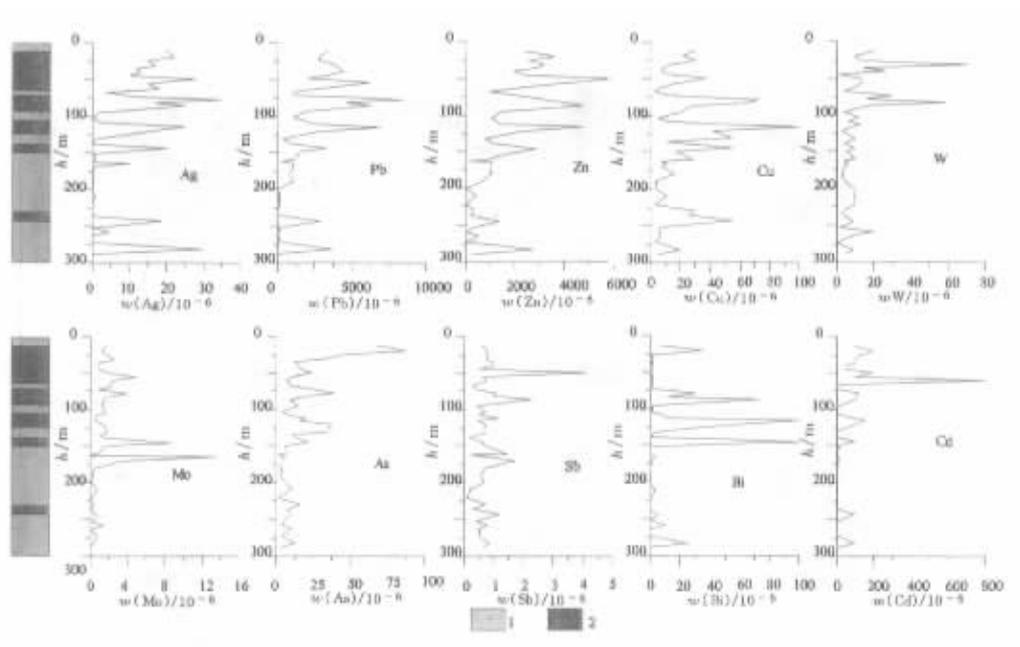


图 3 ZK2501 元素含量分布
1—围岩 2—铅锌矿体

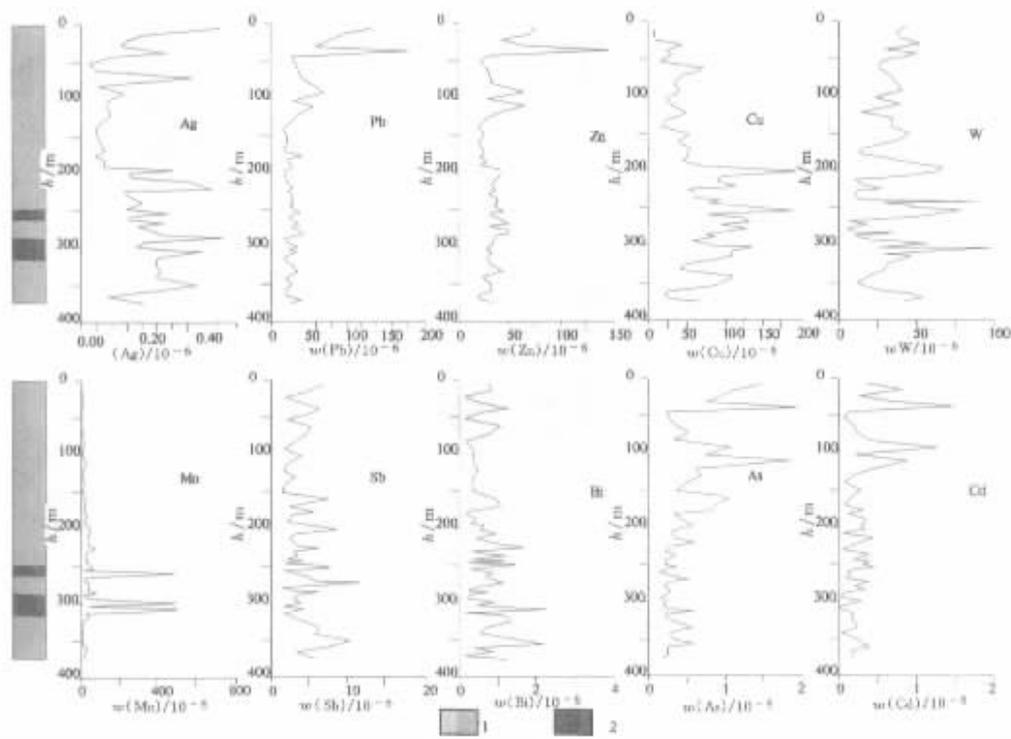


图 4 ZK201 元素含量分布
1—围岩 2—铅锌矿体

3. 从元素的分布特征可看出:不同类型的矿体元素的原生异常分布表现出一致性,即 Pb, Zn, Cd, Ag, Cu, Sb 异常发育在上部, W, Mo, Bi, As 异常发育在下部,从产出的地质环境分析认为 Mo 及 Pb, Zn 成矿的物理、化学及地质条件类似,应属同一成矿系列。

3 元素地球化学组分分布及成矿意义

3.1 元素相关性

抽取 24 件样品进行 R 型聚类分析,在相关系数 0.4 的水平上,10 个元素可分为 5 组:① Au ② Ag, Pb, Bi, Zn, Cu ③ Hg ④ As, Sb ⑤ Mo。

分析认为该区 Ag, Pb, Bi, Zn, Cu 关系密切,为该区岩浆活动的期后热液作用所构成中高温成矿元素组合。Au, Hg, Mo 单为一组,说明其往往形成独立矿物与其它元素的载体矿物关系不密切。

3.2 元素组分分带及矿化意义

由上述元素地化分带及元素相关性讨论认为,区内 Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mo 元素的高背景带或异常分布,多受 NE 向构造带控制。在空间上,上述元素的高背景分布相互叠合,但自南向北存在着明显的地球化学组分分带。由元素分布特征(图 2)中可直观看出:南部以 Mo 的高背景为主体,向北依次为 Pb, Zn, Cu, Bi, Ag, Au, 这一次序实际上勾绘出宏观上的组分分带特征,体现了由高温向中高温再向中低温元素自南向北的分布特点,这也是成矿作用所引发的矿化类型从地球化学角度的体现。

3.3 元素原生分带

利用 V 号矿体 27 勘探线,以不同标高划分中段,按 C·B·格里戈良等(1975)提出的方法,计算各中段元素的平均线金属量,经标准化后计算分带指数、变化指数见表 4。

确定该矿床的分带系列为(由上至下):Pb-Cd, Cu, Zn, Ag, Sb;矿下指示元素为 W, Bi, As, Mo。研究分带系列还可看出近矿指示元素即为该区主成矿元素或伴生元素。矿床前缘晕元素的研究在一定程度上受分析元素的影响,使其丢失部分信息。但从矿床的分布及分带序列对比上可大致认为该矿床已受到一定程度的剥蚀。

4 矿床剥蚀程度评价

由于矿床指示元素存在明显分带,因而计算元素组的线金属量累加(或累乘)比值能够定量的评价矿床的剥蚀水平。同时,利用不同中段前、尾元素累加(或累乘)指数的分布,可初步判定矿化或分散矿化。

选择 27 线不同标高近矿或矿下指示元素组进行分带累加比值计算表现,不同标高近矿和矿下指示元素累加比值自矿至矿下呈数量级变化如表 5,即由几至几十至几百以上的变化。

由图 5 的累加指数晕分布中看出,在铅锌矿体周围形成了变化较大的累加指数晕(一般为 0.5~6),矿下部位累加指数晕变化较小(一般 0.5~2),说明具代表性的 V 号矿体已遭受中等剥蚀,而其深部已不存在一定规模的铅锌矿体。

由 27 线不同中段线金属量统计发现,随深度的不断增加,Mo 元素线金属量呈规律性增加,故应注意铅锌矿体下部是否有 Mo 元素富集成矿的可能。对比 Mo 和铅锌矿体,二者同属一个成矿系列,因此有理由认为矿区南部剥蚀程度远大于北部,表现在矿区南部大量高温元素的出露,而矿区北部虽有一定的剥蚀,但仍以主成矿和伴生元素异常较发育。

表 4 V 号矿体 27 线中段各元素线金属量和标准化后的统计结果

元 素		Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Cd	Bi	W	Mo	Σ
平 均 值		54.00	1531	1361	7.60	9.6	0.875	38.42	14.15	22.00	9.60	
线金属量	地表~1200 m	14626.5	339562.51	199009.17	1785.78	194.27	93.3985	10650.08	1507.4675	3235.40	160.945	
	1200~1100 m	4591.635	130153.84	113544.23	1420.21	1112.25	85.953	4869.55	6194.48	2190.73	126.996	
	1100~1000 m	466.98	7190.79	14362.26	187.31	1207.51	33.815	577.55	134.28	543.74	308.11	
	1000~900 m	2493.88	7168.3	6655.44	434.47	381.92	5.3911	115.62	642.528	337.82	576.74	
标准化值	地表~1200 m	14.6265	33.95625	19.900917	17.8578	19.427	93.3985	10.65008	15.074675	32.3540	16.0945	273.3401
	1200~1100 m	4.59164	13.015384	11.354423	14.2021	111.225	85.953	4.86955	61.9448	21.9073	12.6996	341.762757
	1100~1000 m	0.46698	0.719079	1.436226	1.8731	120.751	33.851	0.57755	1.3428	5.4374	30.811	197.2301
	1000~900 m	2.49388	0.71683	0.665544	4.3447	38.192	5.3911	0.11562	6.42528	3.3782	57.674	119.39715
分带指数	地表~1200 m	0.0535	0.1242	0.0728	0.0653	0.0711	0.3417	0.03897	0.551	0.1184	0.05888	
	1200~1100 m	0.0134	0.0381	0.0332	0.0416	0.3254	0.2515	0.0142	0.1813	0.0641	0.0372	
	1100~1000 m	0.0024	0.0036	0.0073	0.0095	0.6122	0.1714	0.0029	0.0068	0.0276	0.0276	
	1000~900 m	0.0209	0.0060	0.0056	0.0364	0.3199	0.0452	0.0010	0.0538	0.0283	0.4830	
变化指数	地表~1200 m	28.844	58.46	25.90	10.24		10.91	55.15		10.32		
	1200~1100 m								26.74			
	1100~1000 m					-8.587						
	1000~900 m										-38.68	
分带序列		Pb-Cd-Cu-Zn-Sb-Ag-W-Bi-As-Mo										

注:根据 27 勘探线钻孔原生晕资料计算。

表 5 不同标高元素分带累加比值

元素组比值	地表 ~ 1200 m	1200 ~ 1100 m	1100 ~ 1000 m	1000 ~ 900 m
$(w_{Cu} + w_{Pb} + w_{Zn} + w_{Cd})(w_W + w_{Bi} + w_{As} + w_{Mo})$	110.6	26.30	10.30	10.26
$(w_{Pb} + w_{Zn})(w_W + w_{Mo})$	158.57	105.145	25.30	15.12
w_{Pb}/w_{Mo}	2 109.80	1 024.87	23.24	12.43

5 地球化学找矿标志

Pb、Zn、Ag 矿体分布在金属元素的低背景(或负异常)带一侧的金属元素的高背景区中,反映出区域隐伏断裂的活动将其深部热液及围岩矿化组分活化运移,并在断裂带一侧富集成矿的地质作用过程。因此,区域隐伏断裂为区域成矿的重要标志。

已知矿床上方地球化学异常呈现出主成矿元素和伴生元素的高值区,主成矿元素含量高背景值几到几十倍。

中、晚侏罗世酸性岩体、晚白垩世岩体内部以 Mo 的成矿为主导,表现在以 Mo 的 NAP 值居首,异常多分布在岩体内部,而 Pb、Zn 矿床多分布在岩体与火山岩接触带附近。

Pb、Zn 矿床异常元素组合主要为 Ag、Pb、Zn、Bi、Mo、Cu,主成矿元素衬值一般大于 5,伴生元素一般小于 5,且异常具明显的浓集中心。

元素组合的复杂程度与成矿关系密切,即异常元素组合多,成矿前景好,反之则差。

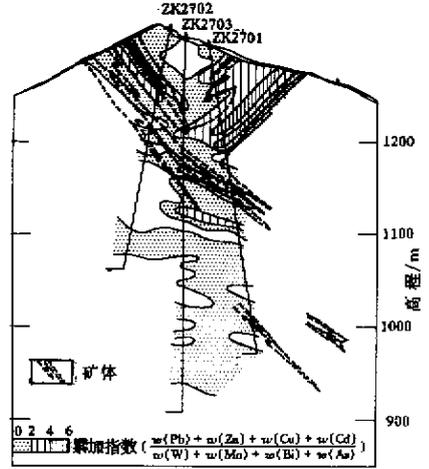


图 5 27 勘探线累加指数分布

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE BEICHAGOUMEN LEAD-ZINC ORE DISTRICT, HEBEI PROVINCE

ZHANG Ji-shen

(Hebei Bureau of Geological Exploration, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: Based on an analysis of the distribution of elements in stream sediments, rocks, near-ore wallrocks and orebodies within the Beichagoumen lead-zinc ore district, this paper has probed into the correlations, compositional zoning and primary zoning of elements as well as their mineralization significance, described geochemical characteristics of the ore district, and established the basic criteria for evaluating the denudation extent. In addition, geochemical ore-prospecting indicators are put forward for future geological reconnaissance in this area.

Key words: stream sediment; rock; orebody; geochemical characteristics; ore-prospecting criteria; lead-zinc deposit; Beichagoumen in Hebei

作者简介:张季牲(1944-),男,1968年毕业于北京地质学院地质专业,地球化学高级工程师。长期从事区域化探工作,已发表论文数篇。