

森林沼泽景观元素次生分散富集特征

丁汝福¹, 金浚¹, 陈伟民¹, 蔡继宏², 郑子东²

(1. 北京矿产地质研究院, 北京 100012; 2. 黑龙江有色地质勘查研究总院 703 队, 阿城 150300)

[摘要] 得尔布干森林沼泽区的景观特征是冬季寒冷, 夏季降雨集中, 中低山沟谷长而平缓, 植被发育, 土壤 A 层和水系沉积物中富泥炭, 土壤呈弱酸性、弱还原环境。铅锌矿床形成的异常从岩石、土壤 C 层、土壤 A 层到水系沉积物元素含量降低, 呈逐步分散。水系沉积物中 Pb、Zn 元素含量随粒度变细而降低, Ag、有机碳含量增高。水系中泥炭沉积物可吸附活动态金属元素, 在背景地段可形成次生富集和“假异常”。有机质影响水系沉积物异常, 为干扰因素, 应消除有机质影响。水系沉积物中碎屑沉积物能较好反映矿化异常。确定合理采样介质、密度, 采样到位, 可提高中大比例尺地球化学勘查效果。

[关键词] 森林沼泽景观 次生异常 分散富集作用

[中图分类号] P595 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2005)06-0080-04

0 引言

得尔布干铜铅锌多金属和金银矿成矿带北段为森林沼泽景观, 表生地球化学作用特殊, 地质化探工作条件较差, 本区地质勘查程度较低。近年来在相邻地区发现多处大型、超大型金铀多金属矿, 在本区找矿也取得进展。调查研究本区森林沼泽景观特征和元素次生分散富集作用, 是确定中大比例尺化探方法技术、实施化探勘查进行找矿评价的基础。

1 区域和矿床地质地球化学特征

1.1 区域地质特征

研究区处于古亚洲成矿域和滨太平洋成矿域汇合部位, 是西伯利亚板块东南缘与中朝板块北缘接合部, 属大兴安岭海西造山带的一部分。

区域地层主要有: 下元古界新华渡口群片岩、片麻岩、角闪质岩石, 上元古界加疙瘩群和额尔古纳群云母石英片岩、变粒岩、砂板岩、炭质板岩、大理岩夹变质火山岩等浅变质岩石。古生代海相地槽型碎屑岩、中酸性火山岩、碳酸盐岩, 中生界下侏罗统南平组碎屑岩, 上侏罗统塔木兰沟组基性、中基性火山岩, 下白垩统木瑞组碎屑岩, 上库力组酸性、中酸性火山岩, 伊里克得组中基性火山岩。

岩浆岩有海西中期侵入体以酸性花岗岩岩基形

式产出。燕山早期侵入岩规模较大, 多出露在前中生代基底隆起带边缘或地垒式断隆带中, 以 Mo 含量高为特点; 燕山晚期侵入体规模较小, 多为浅成侵入岩, 受火山构造或交叉断裂控制, 与 Cu、Mo、Ag、Pb、Zn、Au 矿化关系密切。

区域主干断裂呈北东向展布, 主要有得尔布干深断裂和额尔古纳深断裂。

1.2 得尔布尔铅锌银矿矿床地质地球化学特征

矿区及外围出露侏罗系上统塔木兰沟组上库力组火山岩。侵入岩主要为燕山晚期花岗斑岩、石英斑岩和长石斑岩。

断裂构造发育, 在矿区南部有北东走向的得尔布干断裂, 矿区内多为得尔布干断裂的次级断裂。

矿体多产于石英斑岩、长石斑岩和花岗斑岩与塔木兰沟组安山岩接触带部位, 受断裂构造控制。矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿, 脉石矿物以石英为主, 方解石、绿泥石、绢云母次之。矿床形成与次火山岩关系密切, 属次火山岩型铅锌银矿床。

矿区及外围水系沉积物地球化学异常元素组合为 Pb、Zn、Ag、Cu、Sb、As、Au, 异常总体上呈北东向展布, 面积约 100km²。异常含量 Ag $0.2 \times 10^{-6} \sim 5.4 \times 10^{-6}$, Pb $50 \times 10^{-6} \sim 520 \times 10^{-6}$, Zn $130 \times 10^{-6} \sim > 1000 \times 10^{-6}$ 。

[收稿日期] 2005-07-05; **[修订日期]** 2005-08-20; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 国土资源地质大调查项目(编号: 2000120130087)资助。

[第一作者简介] 丁汝福(1962年-), 男, 1999年毕业于中国地质大学, 获博士学位, 教授级高工, 现主要从事矿产地质地球化学研究和勘查工作。

2 景观地质地球化学特征

2.1 地理位置、气候、海拔高程

研究区位于冰缘地貌分布区,属森林沼泽景观。该区纬度高,气候寒冷,一月份平均气温在 -30°C 以下,为大兴安岭气候严寒雨水较多地区。年降雨量 $350\sim 400\text{mm}$,雨水主要集中在7~8月份。

该区海拔高度 $600\sim 1200\text{m}$,相对高差 $350\sim 550\text{m}$,属中低山区,局部地段地形切割剧烈。研究区土壤不发育,地表植被覆盖,冻土层发育。受冻融作用影响,山顶和山坡常有岩块和碎石堆积,形成石海、石流坡,地面为陆生苔藓。山谷下游或洼地沼泽发育,夏季通行困难。土壤和水系沉积物中富含有机质。

2.2 景观特征

由于腐殖质层具有很高的热容,即使到温度较高的7~8月份其下冻土层仍处于冻结状态,特别是山的北坡,常年处于冰冻状态,减缓了地下水的循环速度,和减弱基岩风化强度。而在南坡,与北坡有一定差别,当一年内气温较高时腐殖层和冻土层上部解冻,溶水渗出汇聚,部分形成地表径流。

由于常年气温较低,基岩以物理风化作用为主,基岩风化形成岩块,堆积在斜坡即为石流坡,堆积在河沟山谷为石海,分布面积很广,有些裸露,大部分又被疏松沉积物、植被覆盖。岩块大小变化范围大,磨圆度变化大,从角砾状到次浑圆状,依搬运距离和搬运方式而变化。岩块搬运可能为水或冰川搬运^[1]。

本区地形为中低程度切割,有永冻层,地表水不易渗漏,所以在低洼宽缓河谷地段地表水储积形成沼泽。沼泽的形成和发展由洼地中的水量、水位等

因素决定,沼泽的不同发展阶段又决定了沼泽区植物、淤积物的组合类型和特点,也影响其中水的化学性质,从而影响元素的迁移沉淀。

该区水系-沟系形态可以分为两种:(1)多条平行水系汇聚到一条大水系,形成侧向羽毛状水系;(2)多条水系汇聚到一个汇水盆地,形成汇聚型树枝状水系。

岩石土壤剖面有如下特点:基岩之上有碎石层,一般为原地或近距离搬运的坡积物,B层不发育,往往缺失;A层发育,富含腐殖质^[2~4]。

3 元素次生分散富集特征

3.1 土壤

本区土壤层腐殖层(A)发育、B层缺失、C层不发育为特点。

根据得尔布尔铅锌矿体上方土壤垂直剖面元素含量分布表明,从矿体到土壤,成矿及相关元素趋于分散。从土壤C层到A层,成矿元素趋于分散贫化。背景地段与矿化地段相比,成矿元素总体含量较低,从岩石,土壤C层到A层,Pb、Zn元素含量略有增高(表1)。

土壤中成矿元素Cu、Pb、Zn含量呈负偏斜分布,异常形态相似,浓集中心一致。反映矿化地段土壤中成矿元素相关性好。土壤有机络合物Ag异常与土壤Ag异常形态相似,浓集中心一致。土壤中有有机银含量与土壤银含量比值平均值为0.25,在矿化地段有机银与土壤银含量比值较高。

土壤中pH范围 $3.6\sim 6.5$,电导率 $30\sim 250\mu\text{s}/\text{cm}^2$,土壤pH和电导率值在含矿地段变化最大。

表1 得尔布尔银铅锌矿残破积层与下伏岩石元素含量对比

土壤层位或基岩岩性(样品数)		元素含量/ $\omega(\text{Au})/10^{-9}, \omega_{\text{B}}/10^{-6}$							
		Cu	Pb	Zn	Ag	Au	As	Sb	Mo
背景地段	土壤A层(5)	17.1	40.4	117	0.42	14.2	8.8	0.7	2.1
	土壤C层(7)	14.6	39.3	96.3	0.13	8.5	11.7	1.4	2.4
	凝灰熔岩(8)	13.1	30.8	85.0	0.08	2.6	5.0	1.2	1.4
矿化地段	土壤A层(8)	18	188	434	1.33	43	20	1.6	1.3
	土壤C层(19)	17	650	589	0.90	30	49	3.0	1.2
	矿化体(14)	90	3480	3867	5	12	139	6.3	7.2

注:样品由西北有色地质测试中心测试,2001。

3.2 水系沉积物异常

水系沉积物按粒度划分:(1)泥质沉积物-泥炭沉积物($<0.002\text{mm}$);(2)粉砂质沉积物($0.002\sim 0.02\text{mm}$);(3)细砂粗砂沉积物($0.02\sim 2.0\text{mm}$);(4)砂砾($>2.0\text{mm}$)。通过对得尔布干矿

区及外围水系沉积物测量样品对比,显示从粗粒到细粒,有机碳含量增高,Ag含量也增高。粒度从粗到细Pb、Zn元素含量降低。水系沉积物有机碳含量较高,有机碳含量平均值7.5%(图1)。

水系沉积物按有机碳含量高低分为水系碎屑沉

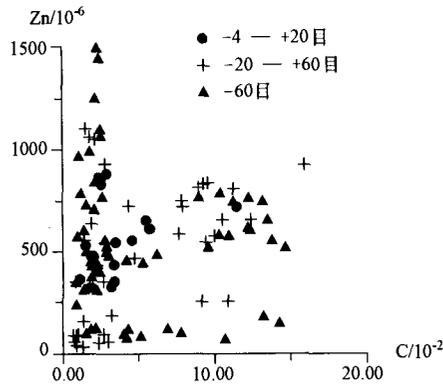


图1 得尔布尔铅锌矿及外围水系沉积物 Zn、有机碳 (C) 散点图

积物和水系泥炭沉积物。得尔布干银铅锌矿水系沉积物中有泥炭沉积物与泥质碎屑质沉积物,不同粒级元素含量分布表明泥炭沉积物相对富集有机质和银;铅锌一部分富集在泥质沉积物,一部分富集在碎屑沉积物。

矿化岩石及其风化产物经搬运进入水系,形成水系沉积物。靠近矿体的水系沉积物成矿元素含量相当于矿化岩石中的 20%,从水系上游到下游,成矿元素含量衰减,含量变化梯度较大,水系沉积物流长大于 2000m。

在背景区,成矿元素在泥炭沉积物中含量通常高于碎屑沉积物含量,形成“假异常”。

3.3 地表水地球化学参数

在得尔布尔铅锌矿,莫尔道嘎金矿点和牛耳河脑金矿点、太平川铜异常区测定了水样的成矿微量元素和 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等,水样中微量元素接近或低于河水微量元素平均值。本区水系中水的阳离子主要为 Ca^{2+} ,其次为 Mg^{2+} ,阴离子主要为 HCO_3^- ,其次为 SO_4^{2-} ,水的离子类型属 $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^- \text{SO}_4^{2-}$ 型(表 2)。沟系水的离子类型有助于重金属离子沉淀。

表 2 研究区河水化学特征表

测区	水样号	电导率/ $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	有机碳
莫尔道嘎	5001B	44	5.2	1.9	12.9	15.2	0.26	13
莫尔道嘎	5002B	42	5.2	1.3	12.9	11.9	0.32	13
莫尔道嘎	5003B	34	7.3	0	16.1	8.4	0.32	11.4
太平川	5004B	82	18.6	1.9	54.8	6.7	0.32	16.3
太平川	5005B	87	20.7	1.9	67.6	6.7	0.32	15.4
太平川	5006B	96	19.7	3.1	70.9	5.6	0.32	13.8
太平川	5007B	52	9.3	1.6	22.5	1.9	0.48	21.1
太平川	5008B	184	28	8.8	108	10.9	0.97	10.6
牛耳河脑	5009B	135	23.8	5	99.8	8.4	0.32	4.1
得尔布尔	5010B	125	21.8	2.5	287	29	0.65	6.5
得尔布尔	5011B	94	15.5	2.5	41.9	15.2	0.32	9.8
得尔布尔	5012B	73	12.4	2.5	56.7	5	0.29	6.5
本区平均		87	15.6	2.8	71	10.4	0.41	11.8
河水平均值			15	4.1	58.8	11.2	7.8	

测试单位:电导率由北京矿产地质研究所测定,其余由湖北省地质实验研究所测定 2001 年;河水平均值据阮天健等,1985 年。

4 元素次生分散富集规律

4.1 元素次生分散富集制约因素

该区成矿元素次生迁移沉淀控制因素主要为(1)疏松覆盖物类型;(2)地形陡缓情况;(3)水系沉积物种类;(4)植被发育程度;(5)气候包括温度、降雨量;(6)水流、水量,矿化度、氧化还原性质、酸碱度。

4.2 有机碳吸附和元素次生异常形成机理

森林沼泽覆盖区由于雨水充沛,植被繁茂,土壤主要为有机质土。有机质土分为:①泥炭:微腐解、未腐解的有机沉积物;②腐泥:分解显著的有机沉积

物。

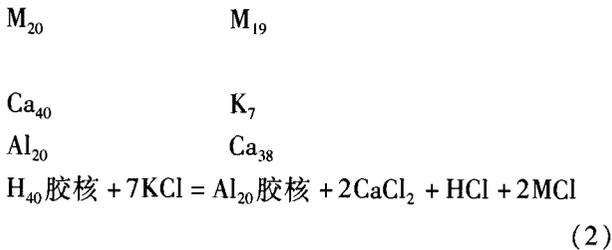
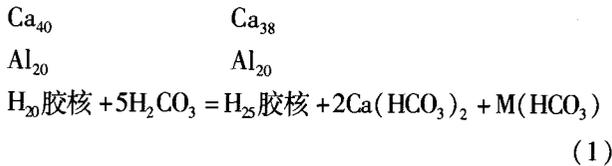
泥炭和腐泥中主要有机物为腐殖质。腐殖质是一种复杂的抗分解能力强的无定形胶体物,是由原来植物组织改变而成或者由各种土壤微生物合成。腐殖质的胶体特性很强,它的表面积和吸附量远远超过任何粘粒,在通常情况下腐殖质胶体带有许多负电荷。腐殖质对阳离子的吸附量为矿物质胶体吸附量的 2~30 倍,酸性腐殖质能从矿物中提取某些成分^[5,6]。

腐殖质通常由三类物质组成:

- 1) 富里酸:分子量最低,能溶于酸与碱。
- 2) 腐殖酸:具有中等分子量,溶于碱,不溶于水。

酸。

3) 胡敏素:分子量最大,不溶于酸与碱。
腐殖质具有强的离子交换能力:



化学式(1)、(2)中的 M 代表金属元素^[7]。

阳离子与腐殖质结合能力顺序:重金属离子大于 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{1+}$ 或 Na^+ 。

因此,在酸碱性变化条件下,腐殖质部分溶解,释放阳离子;腐殖质能与重金属离子形成较稳定组成。由于森林沼泽区大部分沟系沉积了大量有机质,腐殖质对重金属元素有强的吸附能力,从而形成大范围的异常。

5 结论

得尔布干森林沼泽区以冬季寒冷,夏季降雨集中,中低山沟谷长而平缓,植被发育,土壤 A 层和水系沉积物中富泥炭等特征构成特殊景观,土壤呈弱

酸性、弱还原环境,成矿元素次生分散。铅锌矿床形成的异常从岩石、土壤、水系沉积物元素含量降低,呈逐步分散。由于有机质的吸附作用,在背景地段从基岩到腐殖层 Pb、Zn、Ag 元素含量增高;在矿化地段由于矿质风化形成酸性淋滤从基岩到腐殖层 Pb、Zn、Ag 元素含量降低,土壤 C 层异常衬度比 A 层小。水系中泥炭沉积物可吸附活动态金属元素,在背景地段可形成次生富集和假异常。有机质影响水系沉积物异常,为干扰因素,应消除有机质影响。水系沉积物中碎屑沉积物较好反映矿化异常,采集水系沉积物碎屑组分,可提高异常信噪比。因有机质的吸附作用在地表水中 Pb、Zn、Ag 元素含量低,异常不明显。

[参考文献]

- [1] 金 浚,丁汝福,陈伟民. 森林沼泽景观元素存在形式及化探方法研究[J]. 地质与勘探, 2002, 7(4): 50 ~ 55.
- [2] 汪明启,刘应汉,任天祥,等. 中国东北大兴安岭森林沼泽区永冻条件下多金属矿床周围元素表生分散规律和区域地球化学勘查方法研究[A]. 第 30 届国际地质大会论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 杨少平,孔 牧,刘华忠,等. 大兴安岭森林沼泽景观区水系沉积物的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2002, 10(增刊): 193 ~ 198.
- [4] 马晓阳,崔玉军,李祥佑, 大兴安岭北部森林沼泽区 1:5 万水系沉积物测量方法研究[J]. 物探与化探, 2002, 12(6).
- [5] 孔 牧,杨少平,刘应汉. 森林沼泽景观区腐殖土的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2002, 10(增刊): 189 ~ 192.
- [6] 朱颜明,霍文毅,陈定贵. 大兴安岭泥炭微量元素分布特征及其环境意义[J]. 地理科学, 1997(2): 158 ~ 162.
- [7] N C 布雷迪. 土壤的本质与性状[M]. 北京: 科学出版社, 1982.

CHARACTERISTICS OF SECONDARY DISPERSION AND ENRICHMENT OF ELEMENTS IN THE FOREST - SWAMP AREA, NORTHEASTERN CHINA

DING Ru - fu¹, JIN Jun¹, CHEN Wei - min¹, CAI Ji - hong², ZHENG Zi - dong²

(1. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012;

2. No. 703 Team, Heilongjiang Institute of Non - ferrous Metal Geological Survey, Acheng 150300)

Abstract: The north part of Deerbagan metallogenic belt in the northeastern China is located in the frigid zone, where vegetation growth are well developed and peat is rich in soils and stream sediments. Metallogenic element contents decrease from rocks, soils to stream sediments. When grain size gets from coarse to fine in stream sediments, lead and zinc contents reduce, and organic carbonate and silver contents increase. Peat in stream sediment can adsorb activity metal element to form false anomaly. Detrital sediments in stream can well reflect anomaly related with mineralization.

Key words: forest - swamp landscape, secondary anomaly, dispersion and enrichment