

技术·方法

森林沼泽景观元素存在形式及化探方法研究

金 浚,丁汝福,陈伟民
(北京矿产地质研究所,北京 100012)

[摘 要]对我国东北北部森林沼泽景观各种采样介质元素存在形式进行研究,确定这类地区元素存在形式有碎屑形式和元素活动态形式两类。实际资料表明,元素存在形式对采样介质、采样粒度、采样方法的确定有重要影响,对研究区景观地球化学特征、元素迁移富集机制研究和化探异常评价具有重要意义。通过试验研究确定了森林沼泽景观区中大比例尺化探工作方法。

[关键词]森林沼泽景观 元素存在形式 矿物相 元素活动态 地球化学勘查

[中图分类号]P632 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)04-0050-06

森林沼泽是我国东北北部地区一种重要的自然景观,分布面积约 70 万 km^2 。这些地区有得尔布干、大兴安岭、小兴安岭、辽吉东部等多条重要成矿带,成矿条件优越,找矿潜力巨大。由于森林覆盖,景观条件特殊,地质工作程度低,矿产资源勘查多年没有取得重大进展。研究这类地区的化探工作方法和有关技术问题十分迫切与必要。

1 景观地球化学特征

森林沼泽景观分布于我国东北北部的寒温带湿润区。冬季严寒漫长,结冰期长达 200~300 d。发育连续多年冻土。冻融作用强,山顶和山坡常分布石海、石流坡。沟谷宽缓,植被茂密,属中低山丘陵地貌。土壤剖面主要由腐殖层、坡积层、残积层和基岩组成。土壤富含有机质,背景区土壤 pH 值 4.7~6.3,矿化地段 pH 值 3.8~6.3,属强酸性—微酸性土壤。

该类地区地表水发育。一级水系水流缓慢,水系沉积物以粉砂、粘土、泥炭为主,有机质含量高;级以下水系径流通畅,水系沉积物粒度变粗,出现较多碎屑沉积物。根据地形地貌、水流、植被和水系沉积物成分,将水系—沟谷体系划分为径流水系、缓流水系、滞留水系、季节性干沟、掩埋型干沟、无水山坳、草皮沟、苔藓沟等 8 种主要类型。

由于大量腐殖质和有机酸进入水体,地表水呈弱酸性。水体中缺少游离氧, Fe^{2+} 和有机碳含量

高,形成弱酸性潜育地球化学环境。由于气候严寒,冻土层发育,在一定程度上限制了地表水对浅层矿物、岩石、土壤的分解和淋溶,地表水矿化度较低。

低温环境、植被茂密、地表水发育等景观条件,决定该区以物理风化为主,物质以碎屑形式、生物形式和水溶形式等多种形式迁移。

2 元素存在形式及迁移富集规律

2.1 残坡积层中元素分散富集

背景地段和矿化地段残坡积层中元素分散富集显示出不同的分散模式。背景地段残坡积层多数元素具有富集趋势,这与土壤富含具有较强吸附能力的有机质、Fe、Mn 氧化物和粘土矿物有关。总体上 Ag、Au、Hg、Zn、Cu 富集于腐殖层, Pb、As、W、Mo、Co、Ni 富集于残坡积层。其元素含量变化为 Pb、As:残坡积层 > 腐殖层 > 基岩; Ag、Au、Cu、Zn:腐殖层 > 残坡积层 > 基岩。富集系数 Pb 1.2~1.9, Zn 1.1~1.6, Ag 1.3~4.2, Au 1.1~5.3。不同基岩分布区元素分散富集略有差异。

矿化地段残坡积层成矿元素及与矿化密切相关的元素普遍贫化,除 Ag、Zn 在腐殖层中高于残坡积层外,其元素含量均为基岩 > 残坡积层 > 腐殖层。贫化系数 Pb 0.05~0.19, Zn 0.11~0.15, Ag 0.18~0.95, Au 0.39~0.57。

2.2 矿化异常水系中元素迁移分散

矿化岩石及其风化产物经过搬运,物质组分进

[收稿日期]2002-03-10;[修订日期]2002-06-15;[责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]国土资源大调查项目(编号 200120130087)资助。

[第一作者简介]金 浚(1944 年-),男,1967 年毕业于中国科学技术大学,教授级高级工程师,主要从事矿产资源地球化学勘查研究工作。

入水系,其元素组合、含量、存在形式等矿化信息在水系碎屑沉积物中得到保存。与矿化岩石相比,近矿水系碎屑沉积物元素含量的保留量可为 Pb 24 %、Zn 26 %、As 20 % (表 1)。迁移搬运过程中介质元素含量不断衰减,据典型剖面计算,铅锌矿床矿化水系中元素含量衰减平均变化梯度为: Pb 1. 06 倍/ 200 m, Zn 0. 53 倍/ 200 m, Ag 0. 37 倍/ 200 m。水系沉积物异常流长 ≥2000 m。

水系泥炭沉积物携带、吸着、吸附不同形式金属元素的过程比较复杂,元素组合、含量、存在形式等原始矿化信息在样品中保留程度不如碎屑沉积物,且不同元素存在较大差异。与矿化岩石相比,近矿水系泥炭沉积物元素含量的保留量可为 Pb 6 %、Zn 20 %、As 10 %。迁移搬运过程中其元素含量变化梯度为 Pb 0. 2 倍/ 200 m, Zn 0. 42 倍/ 200 m, As 0. 18 倍/ 200 m。

表 1 得尔布尔铅锌矿床水系沉积物元素迁移及次生分散

采样部位	样品类别	采样位置	样品数	Pb	Zn	Ag	As	orgC
矿化地段	矿化岩石	矿体及围岩	14	3480	3867	5	139	
矿化上游水系	碎屑沉积物	距矿体 50 m	3	835	999	1. 1	28	3. 06
	泥炭沉积物		2	195	786	2. 5	14	14. 70
矿化中上游水系	碎屑沉积物	距矿体 150 m	2	412	917	0. 9	28	3. 62
	泥炭沉积物		2	253	780	1. 9	17	12. 20
矿化中游水系	碎屑沉积物	距矿体 800 m	2	205	718	1. 2	16	6. 24
	泥炭沉积物		2	178	632	1. 4	12	12. 33
矿化中下游水系	碎屑沉积物	距矿体 1200 m	4	354	597	2. 2	26	2. 20
	泥炭沉积物		2	146	405	1. 1	16	12. 33
矿化下游水系	碎屑沉积物	距矿体 1600 m	3	98	237	0. 37	7. 2	1. 20
	泥炭沉积物		1	120	234	0. 27	9. 5	10. 84

含量单位:Ag10⁻⁹,有机碳 10⁻²,其它 10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

2.3 表生迁移分散过程中元素存在形式演化

矿化异常区各类采样介质相态分析结果表明,成矿元素主要以矿物相形式(硫化物相、氧化物相和结合相)和元素活动态形式(铁锰吸附相、粘土吸附相和有机络合物相)两类。

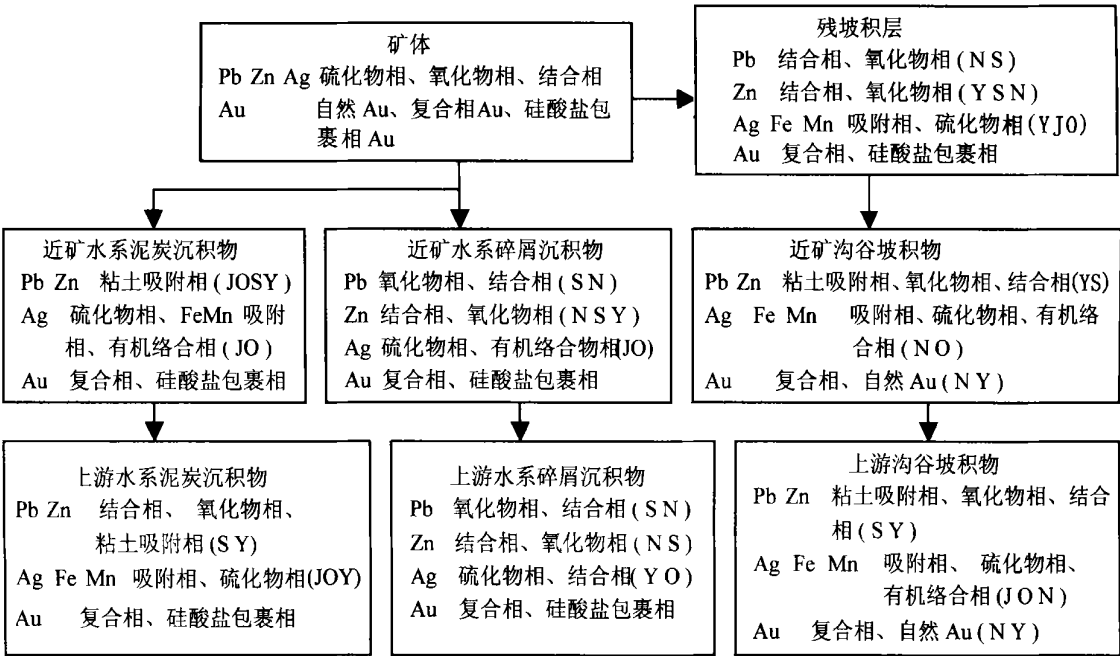


图 1 元素迁移分散过程中存在形式演化

S—硫化物相;O—氧化物相;J—结合相;N—粘土吸附相;Y—有机络合相

3 150000 化探方法研究

3.1 采样介质

森林沼泽区 150000 化探可以选择的采样介质
有水系碎屑沉积物、水系泥炭沉积物、沟谷坡积物、

残坡积物等 4 种。试验区 42 个采样点同点位、两种
不同采样介质分析资料表明,Pb Zn Mn As Sb Au
等元素富集于水系碎屑沉积物,Ag Cu 和部分 Au
Zn Hg 在泥炭中富集(表 2)。

表 2 同点位不同采样介质代表性分析结果对比

点 号	样 品	粒 度	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn	Mn	orgC
D48492	碎屑	4 种粒度均值	49	0.7	26	1.4	31	331	596	4111	2.1
	泥炭	- 60 目	26	1.5	27	0.87	34	166	551	2380	13.80
D47492	碎屑	2 种粒度均值	37	0.88	27	1.2	44	394	907	6165	3.58
	泥炭	- 60 目	499	2.3	14	0.84	194	200	752	2660	13.21
D47493	碎屑	3 种粒度均值	49	1.1	25	0.85	44	737	980	7467	2.52
	泥炭	- 60 目	46	2.1	14	0.62	53	195	773	1801	14.6
D45491	碎屑	3 种粒度均值	26	0.48	24	1.8	19	408	593	3895	1.35
	泥炭	- 60 目	78	2.3	11	1.4	26	270	765	2130	12.32
D45501	碎屑	3 种粒度均值	244	0.64	28	2	15	368	442	6324	2.42
	泥炭	- 60 目	49	1.6	18	1.4	49	202	519	2690	9.46

含量单位: Au10⁻⁹,有机碳 10⁻²,其它 10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

水系沉积物样品相态分析结果表明,元素主要赋存
于硫化物相、氧化物相、结合相(碎屑形式),粘土吸
附相、有机络合物相和 Fe Mn 吸附相等元素活动态
形式所占比例较小(表 3)。

表 3 同点位不同采样介质代表性分析结果对比

测区	样号	元素	硫化 物相	氧化 物相	结合相	有机络 合物相	粘土吸 附相
得尔布尔	0103	Pb	108	771	144	10	50
	0089		60	272	125	10	31
	0103	Zn	66	399	451	61	77
	0089		26	186	358	5	50
0103	Ag	0.63	0.08	0.12	0.39	0.02	
	0089	0.48	0.05	0.11	0.06	0.02	

含量单位:10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

泥炭沉积物由径流途中水系携带的泥质沉积物
和植物组织分解后形成的泥炭、腐泥组成,具有粒度
小、比重轻、容易迁移、有机质含量高、吸附性强等特

点。泥炭沉积物对金属元素携带、吸着和吸附,使其
元素背景含量增高,并可以形成中等以上含量地球
化学异常;泥炭沉积物还会使异常含量、元素组合、
相关关系和异常结构发生变化,浓集中心发生较大
偏移,对原有地球化学异常产生较强干扰,增加了异
常评价和异常查证难度。

金属元素在泥炭沉积物中的分布状态及泥炭富
集金属元素有以下三种途径和方式: 植物生长过
程中吸收矿化地段土壤、岩石和地表水中的成矿元
素,在植物体内富集。植物枯萎后随溪水迁移、沉
积,并将这部分元素转入泥炭沉积物(生物成因异
常); 泥炭携带、吸着各种金属矿物和载体矿物
微粒(碎屑形式)。相态分析结果表明这些矿物微粒
中元素存在形式主要为硫化物相、氧化物相、结合
相; 泥炭有机质对水系中活动态金属吸附、缔合
(水成异常),相态分析资料显示这种元素活动态主
要为有机络合物相、粘土吸附相、Fe Mn 吸附相。

表 4 泥炭沉积物样品 Au 物相分析结果

测区	采样部位	样号	Au 全量	复合相 Au	硅酸盐 包裹 Au	粘土吸附 Au	有机络 合物 Au	相 合	有机碳
得尔布尔	近矿水系	0098	499	492	5.3	1.6	0.4	499.3	13.21
牛尔河脑	水系上游	0071	822	685	122	8.6	6.1	821.7	9.66
	水系下游	0065	157	124	31	1.5	0.7	157	16.58
莫尔道嘎	近矿水系	0014	74	64	8.1	1.8	0.6	74.5	11.11
	水系中游	0005	83	47	32	2.3	1.6	82	8.31

含量单位: Au10⁻⁹,有机碳 10⁻²;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

表 5 泥炭沉积物样品 Zn Ag 物相分析结果

测 区	采样部位	样号	元素	全量	硫化物相	氧化物相	结合相	有机络合物相	粘土吸附相	FeMn 吸附相	相合	有机碳
得尔布尔	近矿	0102	Zn	647	70	148	312	16	122		668	13.51
	下游	0203	Zn	1250	97	140	148	82	801		1268	16.00
	近矿	0102	Ag	2.1	0.4	0.15	0.16	0.12	0.05	0.94	1.82	13.51
	近矿	0217	Ag	2.0	1.09	0.07	0.09	0.24	0.03	0.25	1.77	13.62

含量单位:10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

得尔布尔铅锌矿水系沉积物测量试验剖面资料显示,矿化地段水系碎屑沉积物异常信息明显,自水系下游至上游 Pb Zn Ag 等指示元素含量有规律增高,异常衬度大,变化梯度明显,元素相关性好,并在成矿地段达到最高值,对矿化有较好指示作用;泥炭沉积物 Ag Au 有异常显示,但异常范围较宽,异常浓集中心不明显,Pb、Zn 等元素异常变化梯度小,异常中心有位移(图 2)。上述结果表明,水系碎屑沉积物是森林沼泽景观 150000 化探最佳采样介质。

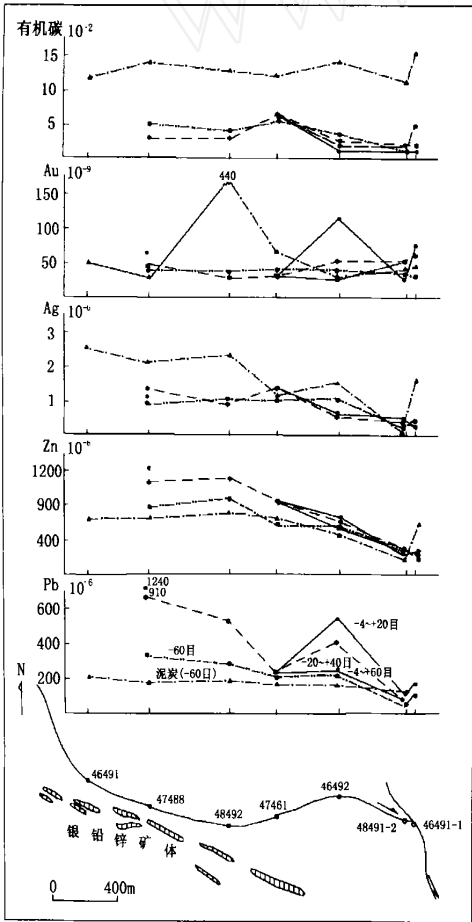


图 2 得尔布尔银铅锌矿水系沉积物地球化学测量试验 剖面

处于山脊、山坡的岩石、残坡积物、土壤经一定距离的搬运后沉积于沟谷底部形成沟谷坡积物,它

汇集了沟谷两侧一定范围内的物源,对确定矿化范围有一定指示作用。在没有水系的地段,沟谷坡积物可以作为 150000 化探第二采样介质。沟谷坡积物的元素存在形式在一定程度上保留了原生矿化形式,同时粘土吸附相、Fe Mn 吸附相、有机络合物相等元素活动态形式也有所增加。

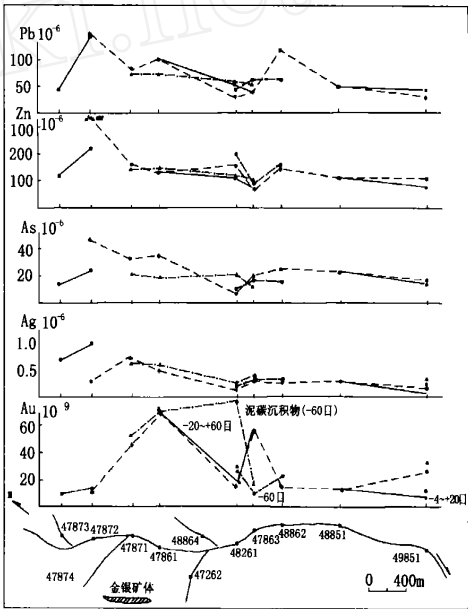


图 3 莫尔道嘎金(银)矿水系沉积物地球化学测量试验剖面

3.2 采样粒度

元素富集粒度与元素地球化学行为、存在形式和异常性质密切相关。据 4 个试验区 34 个测点 135 件样品试验结果统计,Pb As Sb Mn Mo、部分 Au Ag Zn 主要富集于 - 4 ~ + 20 目、- 20 ~ + 40 目、- 40 ~ + 60 目粒级(概率 46 % ~ 71 %); Ag Cu Zn Hg 和部分 Au 富集于 - 60 目(概率 46 % ~ 56 %)。

得尔布尔铅锌矿水系沉积物测量方法试验剖面显示,- 4 ~ + 20 目、- 20 ~ + 40 目、- 40 ~ + 60 目粒级水系沉积物样品 Pb Zn Ag As Sb Au 等有关指

示元素异常显示良好,对确定矿化地段有明显指示作用;- 60 目粒级矿化地段异常反映不佳(图 2)。综合不同矿段、不同试验剖面结果,取 - 4 ~ + 60 目可以概括主要有用信息。作为该类地区寻找铅锌矿产最佳采样粒度。

莫尔道嘎金矿水系沉积物测量方法试验结果显示,- 20 ~ + 60 目粒级水系沉积物样品 AuAgAs 等有关指示元素异常显示良好(图 3),对确定矿化地段有明显指示作用,可以作为该类地区寻找火山岩型金矿的最佳采样粒度。

表 6 沟谷坡积物样品 Pb Ag 物相分析结果

测区	采样部位	样号	元素	全量	硫化物相	氧化物相	结合相	有机络合物相	粘土吸附相	FeMn 吸附相	相合
得尔布尔	近矿	0222	Pb	660	66	187	156	35	202		646
	上游	0634		1890	192	463	260	203	580		1698
	上游	0222	Ag	1.5	0.26	0.1	0.11	0.23	0.05	0.61	1.36
	上游	0634		5.2	0.61	0.21	0.08	0.6	0.39	3.79	5.69
牛尔河脑	上游	0331	Ag	6.9	0.66	0.32	0.27	0.83	0.13	3.86	6.07
太平川	上游	0423	Ag	1.6	0.21	0.07	0.3	0.21	0.09	0.65	1.53

含量单位:10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

部分样品 Au Ag As Sb Pb Zn Cu 等元素富集于 - 60 目粒级水系沉积物,有时还出现高含量点。物相分析显示,其元素存在形式主要为复合相 Au、氧化物相、结合相 Pb Zn 等矿物相形式。虽然这部分样品数量较少,不能作为代表性采样粒级,但有时会提供重要的找矿信息,在异常查证中应给予重视。

一步做粒度试验,并对采样粒度和采样方法进行适当调整。

3.3 采样方法

150000 沟谷坡积物测量试验结果表明,指示元素多富集于碎屑层顶部,富集粒度 - 4 ~ + 60 目或 - 10 ~ + 60 目。

150000 地球化学普查工作面积较小,找矿目标比较明确,不需要像 120 万区域化探那样在较大区域内采用统一粒度,可根据每个工作区具体情况确定采样粒度。特别是在以铜、银、锌等矿床为主要勘查目标、金属元素活动态在水系沉积物中占较大比例的地区,开展 150000 地球化学普查,工作前应进

针对森林沼泽区景观特点,为了消除有机质对地球化学异常数据的影响,研制了适用于该类地区水系沉积物测量的采样方法“漂洗法”。试验结果表明,样品经过漂洗,有机碳含量大幅度降低,与矿化有关的异常信息得到明显增强。部分样品经过漂洗,虽然样品中被有机质吸附、缔合的金属元素被去除,元素总量有所降低,但仍保留较强的有效信息。试验结果还证实,漂洗法与水下筛样法效果基本相近,但漂洗法操作简便易行,并可以针对不同矿种、矿化类型、介质成分特点和元素赋存形式上的差异,在操作上适当掌握和妥善处理,优化找矿效果。

表 7 水系沉积物采样方法对比试验结果

测区	点号	方法	样品粒度	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn	Mn	有机碳
得尔布尔	45501	混合	5 种粒度均值	44	1.19	10	1.3	25	196	503	1501	4.48
		漂洗	3 种粒度均值	244	0.64	28	2.0	15	368	442	6325	2.41
	48492	混合	5 种粒度均值	25	1.28	18	0.97	23	185	585	2590	8.65
		漂洗	4 种粒度均值	49	0.7	26	1.4	31	331	596	4106	2.06
	47492	混合	5 种粒度均值	56	1.92	18	1.4	51	252	778	3501	10.23
		漂洗	2 种粒度均值	37	0.88	27	1.2	44	394	915	6165	3.58
	45491	混合	5 种粒度均值	54	1.72	11	1.4	26	272	732	3196	7.91
		漂洗	3 种粒度均值	26	0.48	24	1.8	19	408	593	3895	1.14

含量单位: Au10⁻⁹,有机碳 10⁻²,其它 10⁻⁶;分析单位:有色金属西北矿产地质测试中心。

3.4 森林沼泽景观 150000 化探方法

野外取样沿 - 级水系 - 沟谷布点,采用以水系沉积物测量为主、沟谷坡积物测量为辅的基本

工作方法。水系沉积物测量采样部位是径流水系、缓流水系、滞留水系、季节性干沟、掩埋型干沟。采样介质为水系碎屑沉积物样品(含粘粒级泥质沉积

物),采样中使用漂洗法,尽量去除泥炭和腐泥。采样粒度可以根据工作区基岩种类、主攻矿种、自然景观等因素,选择-4~+60目、-10~+60目和-20~+60目等粒度,也可以通过试验确定;当无法采集碎屑沉积物时,可取-60目泥质—泥炭沉积物,用Me/orgC比值对元素含量进行校正。采样密度4~6点/km²。沟谷坡积物测量采样部位是无水山坳或沟谷底部,采用剖面式多点采样法。采样层位应穿过腐殖层,取碎屑层顶部样品。采样粒度可根据工作区基岩种类、主攻矿种、沟谷沉积物及坡积物发育情况,选择-4~+60目、-10~+60目等粒度,也可以通过试验确定。采样密度4~8点/km²。

4 大比例尺土壤测量方法试验

大比例尺化探测量采集残坡积层样品,样品取自残积层,采样粒度-4~+40目,试验剖面矿体上部异常显示良好,可有效指示矿化部位。腐殖层取样矿体上部异常不明显。

矿体上部残坡积层中元素较好地保存了原生矿化形式,Pb、Zn以氧化物相、结合相为主,比例分别为19.75%~39.87%和45.48%~68.08%。Pb在粘土吸附相、Zn在有机络合物相占有一定比例。Ag以Fe、Mn吸附相、硫化物相、有机络合物相为主,比例为53.94%~59.47%、7.05%~21.78%和8.81%~11.62%。Au在残坡积层中仍以复合相和硅酸盐包裹相为主,分别为74.07%~89.39%和7.27%~24.07%。

5 结论

1) 水系碎屑沉积物是森林沼泽景观区1:50000地球化学普查最佳采样介质,在没有水系分布的地段可以采集沟谷坡积物。

2) 1:50000化探工作面积较小,勘查目标和矿种比较明确,其采样粒度可以针对测区的具体情况制

定。寻找铅锌、金、钨钼等矿床可将-4~+60目、-10~+60目或-20~+60目作为最佳采样粒度;以铜、银、锌、汞矿床为主要勘查目标的测区粒度可以适当放细;勘查目标矿种不明确或包含上述两类矿床时,可同时取-4~+60目和偏细粒度两种粒度,分析相应的指示元素;沼泽发育区无法采集碎屑沉积物时,可采集泥质—泥炭沉积物,使用Me/orgC对元素含量进行校正。

3) 漂洗法可以有效消除样品中有机质干扰,增强与矿化有关的信息。对目标矿种不同的测区可适当掌握漂洗程度,以适应于采样粒度的需要。

4) 森林沼泽景观水系碎屑沉积物、水系泥炭沉积物、沟谷坡积物、残坡积层等采样介质中,元素存在形式有两类:继承矿体和矿化围岩中原有的矿物相形式(如硫化物相、氧化物相、结合相Pb、Zn、Ag、复合相Au、自然Au、硅酸盐包裹Au等),形成碎屑异常;在地表水、生物、微生物参与下形成的元素活动态形式(如粘土吸附相、有机络合物相、Fe、Mn吸附相等),形成生物成因异常和水成异常。元素在介质中的存在形式,对研究元素迁移富集机制和研究评价化探异常具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] 龚美菱.相态分析与地质找矿[M].北京:地质出版社,1994.
- [3] 金 浚,龚美菱.覆盖区隐伏矿床快速勘查评价的化探方法技术研究[A].“九五”全国地质科技重要成果论文集[C].北京:地质出版社,2000.
- [4] 王学求,卢荫麻,程志中,等.金属活动态测量的理论与方法.走向21世纪矿产勘查地球化学[M].北京:地质出版社,1999.
- [5] 丁明波,等.天然水、土壤和岩石中金与腐植质的相互作用(地球化学和分析综述)[J].地质地球化学,1994(2):1~7.

AN INVESTIGATION ON THE MODE OF ELEMENT OCCURRENCE AND GEOCHEMICAL PROSPECTING METHODS IN FOREST - BOG AREA, NORTHEASTERN CHINA

JIN Jun, DING Ru - fu, CHEN Wei - min

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012)

Abstract: An investigation on the mode of element occurrence in various samples collected from forest - bog area in northeastern China has been carried out. The mode of elements in the area includes detrital and mobile forms. The results show that the element form is a key factor for selecting the sample materials and grain size as well as sampling method. It is also very helpful for the researches on landscape geochemistry, mechanism of element transformation and enrichment, and evaluation of geochemical anomalies. A suitable geochemical prospecting method of middle - large scale is suggested in the forest - bog area.

Key words: forest - bog landscape, mode of element occurrence, mineral phase, mobile forms of metals, geochemical prospecting method