

热磁技术方法条件实验及相关问题

胡树起, 马生明, 刘崇民, 李冰, 席明杰

(中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要:热磁技术方法条件实验主要包括焙烧粒度、温度、时间及热磁组分分离等实验内容, 对各技术环节进行了设计、试验, 确立了一套合理的样品焙烧、热磁组分分选的技术流程, 并就实验中遇到的一些问题进行了分析探讨, 为热磁地球化学方法的引入、推广提供了基础技术支持。

关键词:热磁技术; 焙烧实验; 比磁化率; 热磁分选

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2011)02-0212-06

热磁技术是前苏联 A·H·波戈留波夫等人在 20 世纪 70 年代提出的一种偏提取技术^[1], 其基本原理是通过焙烧和磁选方式提取土壤中的铁锰氧化物, 分析其中的元素含量, 从而达到强化异常的目的。土壤中的铁锰氧化物多数为非晶质, 吸附能力强, 但比磁化系数低, 经过限氧焙烧后可转化为晶质, 比磁化系数大大提高。这时, 被铁锰氧化物吸附的元素仍呈原来的空间分布状态存在, 通过磁分选可将其富集 1 倍至几倍。

热磁技术作为一种找矿手段, 主要应用于常规化探方法勘查效果不佳的运积物覆盖区、运积物与残坡积物混合覆盖区, 国内这方面研究报导较少, 尚停留在试验阶段。20 世纪 90 年代, 丁汝福等在化探寻找隐伏矿方法研究中, 引入了热磁技术, 试验取得初步成果, 显示出热磁技术在找寻隐伏矿方面具有良好的前景^[2]。研究中笔者引入热磁技术, 并在覆盖区找矿、次生异常性质判别以及确定矿床有效指示元素组合等方面取得新进展, 尤其是湖北阳城铅锌矿湖积物覆盖区、河北蔡家营铅锌银矿风成砂覆盖区, 找矿试验效果显著, 其中风成砂覆盖区的试验成果极具推广价值。我国北方有很大区域为风成砂所覆盖, 由于风成砂的干扰, 区域化探扫面效果不佳, 而热磁技术能够有效解决运积层的屏蔽问题, 应用前景值得期待。

为使这一方法得以推广应用, 笔者对热磁技术方法条件实验过程进行梳理优化, 确立一套合理的样品焙烧、热磁分选的技术流程, 使之用于生产实践。方法条件实验主要包括焙烧粒度实验、焙烧温

度实验、焙烧时间实验及热磁组分分离实验等技术环节, 下面我们就实验每个环节进行分析探讨。

1 焙烧环境

创造还原气氛的焙烧环境是实验的第一步。实验设备为马弗炉和坩埚, 选择普通马弗炉和带盖的瓷坩埚即可, 笔者采用北京市永光明医疗仪器厂生产的 SX-4-10 型马弗炉。实验程序如下: ①取岩(矿)石样作为实验对象, 破碎磨至 20~60 目, 并测定其比磁化率(χ); ②分别称取样品 30 g 装入瓷坩埚, 不带盖, 叠置在马弗炉内室, 预热至 600℃, 在有氧条件下(炉膛后壁联通热电偶的圆孔未作密封处理, 氧可自由进入)焙烧 60 min; ③与步骤②对应称取样品 30 g 装入带盖的瓷坩埚, 叠置在马弗炉内室, 预热至 600℃, 在近还原条件下(用白水泥密封炉膛后壁联通热电偶的圆孔, 并在内室放置活性炭, 制造还原气氛)焙烧 60 min; ④对上述两种情况下焙烧的样品进行比磁化率(单位质量的磁化率)测定。

表 1 为上述实验测得的比磁化率数据。可以看出, 实验样品分别取自不同成矿带的斑岩型铜钼矿(化)体, 矿化特征不同, 焙烧环境不同, 测得的数据也有很大的差异。

1.1 比较 $\chi_{\text{焙烧前}}$ 与 $\chi_{\text{有氧焙烧}}$

丰山洞铜矿试验区, 样品焙烧后比磁化率大部分升高, 仅个别降低; 乌努格吐山铜矿试验区, 样品焙烧后比磁化率大部分降低, 仅个别略有升高。这可能与样品成分及焙烧前后结构变化的差异有关,

表1 热磁技术焙烧环境实验比磁化率数据对比

采样对象	样号	岩性及矿化特征	$\chi_{\text{焙烧前}}/10^{-6}$	$\chi_{\text{有氧焙烧}}/10^{-6}$	$\chi_{\text{限氧焙烧}}/10^{-6}$
湖北丰山洞 斑岩型铜钼 矿化体	FSY001	斑状花岗岩, 黄铜矿呈星散状分布	177	354	892
	FSY002	花岗岩, 可见辉钼矿化, 黄铜矿呈微细浸染状分布	204	437	1032
	FSY003	花岗岩, 黄铜矿局部呈脉状分布	787	425	1590
	FSY004	花岗岩, 黄铜矿呈脉状、星点状分布	173	340	974
	FSY005	接触带灰岩, 黄铁矿、黄铜矿呈微细浸染状分布	197	431	1407
	FSY006	花岗岩, 黄铜矿化强烈, 团状分布	1025	625	1520
	FSY007	花岗岩, 黄铁矿化、黄铜矿化强烈, 局部呈团状分布	150	505	1654
	FSY008	花岗岩, 可见绿泥石化, 黄铁矿浸染状分布	197	501	994
	FSY009	花岗岩, 黄铜矿局部呈团状、脉状分布	103	1065	1196
内蒙古乌努 格吐山斑岩 型铜钼矿	WZK654-1	黑云母花岗岩, 具铁染现象, 局部见孔雀石化	149	33	412
	WZK654-2	黑云母花岗岩, 铁染现象普遍, 可见孔雀石化	177	86	474
	WZK654-3	黑云母花岗岩, 具铁染现象, 偶见辉钼矿化	194	63	531
	WZK654-4	黑云母花岗岩, 具铁染现象, 断面见辉钼矿化	180	63	454
	WZK654-5	黑云母花岗岩, 具铁染现象, 偶见辉钼矿化	187	33	366
	WZK692-1	黑云母花岗岩, 具铁染现象, 见浸染状分布黄铜矿化	133	201	623
	WZK692-2	黑云母花岗岩, 硅化较强, 见浸染状分布黄铜矿化	149	61	306
	WZK692-3	黑云母花岗岩, 硅化强烈, 见网脉状分布黄铜矿化	104	126	1073
	WZK692-4	黑云母花岗岩, 硅化较强, 见细脉浸染状黄铜矿化	166	124	227
	WZK692-5	黑云母花岗岩, 硅化较强, 见浸染状黄铜矿化分布	140	115	763

注:样品比磁化率 χ 的单位为 cm^3/g ,表3同。

目前仅根据比磁化率数据无法作出更确切的解释。

1.2 比较 $\chi_{\text{焙烧前}}$ 、 $\chi_{\text{限氧焙烧}}$

全部样品焙烧后比磁化率均大幅度上升,由数倍至十几倍,丰山洞试验区尤为明显,说明可能有相当比例的磁性物质生成。对丰山洞试验区焙烧后的样品进行磁分选,并对磁性组分进行矿物鉴定,在绝大部分样品中发现了磁铁矿,近一半样品中发现了磁黄铁矿,而在未经焙烧的副样中未发现磁黄铁矿。推测引起比磁化率大幅升高的原因可能是新生的磁铁矿和磁黄铁矿,由于镜下只进行了一般定性的鉴定,尚不能计算出磁性物质的转化量。

1.3 比较 $\chi_{\text{有氧焙烧}}$ 、 $\chi_{\text{限氧焙烧}}$

比较发现,限氧条件下样品焙烧后比磁化率均大于有氧焙烧,一般高出1~2倍,甚者达10余倍。

综上分析,样品在还原条件下焙烧,是大幅提高比磁化率的一种可靠方法,而经过改造设计的焙烧环境能够成功限制氧气的供给,创造一种近还原的气氛。

2 焙烧实验

热磁技术方法条件实验包括样品焙烧和磁分选两部分,焙烧实验设计顺序为:粒度实验→温度实验→时间实验。

2.1 焙烧粒度实验

实验样品取自江西铜岭古铜矿遗址土壤,共计8件,样号 TLS001~TLS008,取样深度20 cm。将样品分为20~60目、60~100目、100~160目、>160

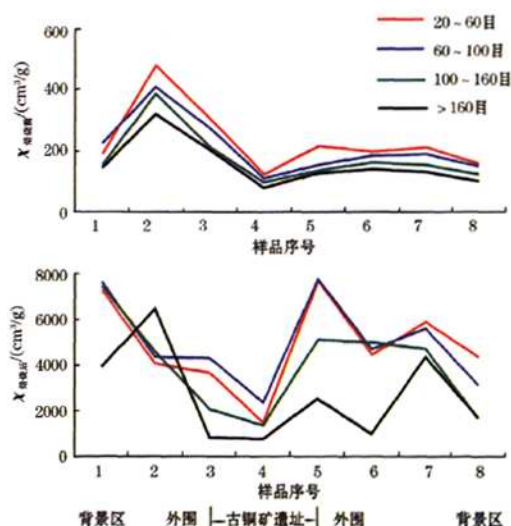


图1 江西铜岭地区不同粒级土壤焙烧前、后比磁化率变化目四组,分别测试其焙烧前、后比磁化率的变化,并绘制折线图(图1)。焙烧条件为样量30 g,焙烧温度850℃,焙烧时间60 min。

从图中可以看出,焙烧前各粒级比磁化率较低且变化趋势非常一致,焙烧后各粒级比磁化率均显著增大,最大值主要集中在20~60目、60~100目两个粒级,增大10余倍之多,而且这两个粒级的变化趋势也比较接近,其他粒级则出现了分异。考虑到土壤电磁分选的适宜粒级为20~60目,选择20~60目作为规范化焙烧粒级。国外的粒级要求小于或等于1 mm(20目)^[1],与我们的实验结果基本

表 2 铜岭地区土壤热磁组分部分元素分析数据

序号	样号	$w(\text{Cu})/10^{-6}$	$w(\text{Mo})/10^{-6}$	$w(\text{Ag})/10^{-9}$	$w(\text{Cd})/10^{-9}$	$w(\text{Zn})/10^{-6}$	$w(\text{Co})/10^{-6}$	热磁组分	
								含量/g	热磁/全量
1	TLS001	67.7	8.63	144	123	166.8	25.7	6.6	21.9%
2	TLS002	49	2.35	375	285	108.9	27.5	11.4	38.0%
3	TLS003	71.8	2.06	68	247	208.3	37.4	6.7	22.2%
4	TLS004	4886.7	7.65	2311	4523	1341.9	354.8	2.8	9.4%
5	TLS005	2311.1	6.27	1326	1498	990.3	78.3	7.1	23.8%
6	TLS006	77.7	4.22	73	79	43.9	6.5	5.9	19.6%
7	TLS007	47.9	0.78	19	83	110.8	31	16.2	54.1%
8	TLS008	36.2	1.18	77	151	94.7	27.8	11.7	39.0%

一致。4 号样、5 号样分别采于江西铜岭古铜矿遗址,焙烧后比磁化率的变化并未表现出与矿点对应的关系,尤其 4 号样比磁化率最低,甚至低于古铜矿遗址外围背景值。为进一步解析磁性物质与矿的关系,从上述焙烧样品(20~60 目)中分离出磁性组分并进行化学分析,分析结果列于表 2。

从表中可以看到,4 号样、5 号样热磁组分中 Cu 含量非常高,其中 4 号样达到 5 号样的 2 倍,与之伴生的 Mo、Ag、Zn、Cd、Co 等也表现出较高的含量,向外围则骤然降低,而热磁组分的含量特征却恰恰相反,4 号样最低,占样品全量的 9.4%,与比磁化率特点相一致,反映了该点磁性物质的匮乏。

研究认为,比磁化率的大小在一定程度上反映了某地磁性物质的多少,与地下有矿无矿没有必然的联系,而真正具指示意义的是磁性物质中所滞留

的成矿元素或伴生指示元素。

2.2 焙烧温度实验

实验样品取自湖北丰山洞铜矿试验区土壤,共计 9 件,样号为 FSS001~FSS009,取样深度 20 cm。选择 650、750、850℃进行焙烧,分别测试其焙烧前、后比磁化率的变化,结果列于表 3,并绘制柱状图(图 2)。焙烧条件为样量 30 g,焙烧粒度 20~60 目,焙烧时间 60 min。

图表显示,650℃时土壤比磁化率基本处于最大值,高出焙烧前数倍、10 余倍乃至更高。随着温度的升高,比磁化率绝大部分降了下来,温度越高,比磁化率越低,估计可能是磁性物质的成分或结构在更高温度下发生了某些改变。这样看来,650℃生成并保留的磁性物质相对要多些。另外,样品预热时间也是个需要关注的参数,以北京市永光明医疗

表 3 热磁技术焙烧温度实验比磁化率数据对比

序号	样号	样品性质	$\chi_{\text{未加热}}/10^{-6}$	$\chi_{650^{\circ}\text{C}}/10^{-6}$	$\chi_{750^{\circ}\text{C}}/10^{-6}$	$\chi_{850^{\circ}\text{C}}/10^{-6}$	热磁组分 _{650℃} /%
1	FSS001	土壤	1665	15222	9042	5114	48.6
2	FSS002	土壤	7757	20852	17746	8457	53.3
3	FSS003	土壤	303	548	823	373	7.4
4	FSS004	土壤	608	3307	903	252	9.8
5	FSS005	土壤	141	9225	5668	4600	26.6
6	FSS006	土壤	729	10619	14465	11823	28.4
7	FSS007	土壤	826	8926	2735	1977	34.1
8	FSS008	土壤	836	10277	2117	1231	33.8
9	FSS009	土壤	652	12646	2919	1726	34.1

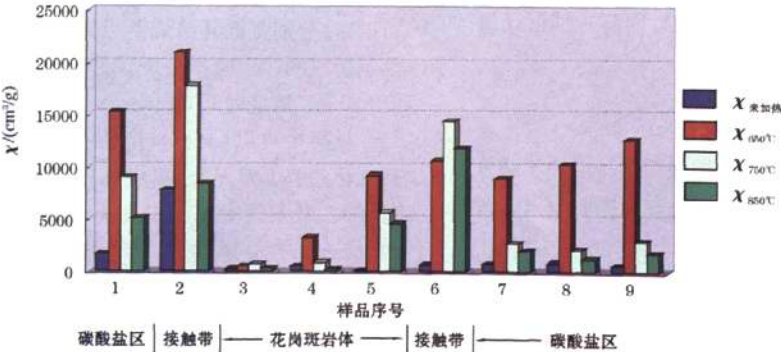


图 2 丰山洞铜矿区不同焙烧温度土壤比磁化率

仪器厂生产的 SX-4-10 型马弗炉为例, 正常工作状态下, 达到 650、750、850 °C 的大致预热时间分别是 50、55、75 min, 很显然, 焙烧温度越高, 功耗越大。

综合考虑, 选择 650 °C 作为规范化焙烧温度比较合适, 比磁化率高, 功耗又低。国外焙烧温度一般采用 850 °C^[1], 与我们的实验结果有一定差异。

比磁化率的大小取决于磁性矿物的成分、含量、颗粒大小、内部结构等, 从图 2 可以明显看出, 3 号样、4 号样比磁化率很低, 焙烧后也没什么显著变化, 推测生成的磁性物质非常少, 不足以大幅影响磁化率的变化, 单从热磁组分 (650 °C) 的低含量 (不足 10%) 即可反映出这一点。

图 3 是 650 °C 焙烧温度下土壤热磁组分 Cu 含量曲线图, 从图中可以看出, Cu 矿化主要集中在花岗斑岩体与碳酸盐岩的接触带上, 与地质勘探情况相符。丰山洞铜矿^[3]主体为矽卡岩型铜矿, 花岗斑岩体矿化作用不强, 未形成工业矿体。

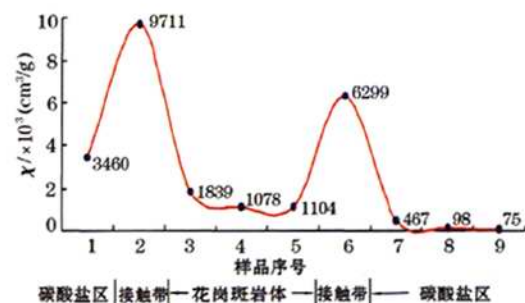


图 3 丰山洞铜矿区土壤 650 °C 焙烧热磁组分 Cu 含量

图 2、图 3 比较而言, 通过热磁组分金属量测定矿化部位的方法是可靠的, 而比磁化率的变化是不确定的。

焙烧温度对磁化率有一定影响, 是否对热磁组分中元素含量也有影响? 为此, 在湖北阳城铅锌矿^[4]选择一条剖面进行了焙烧实验。图 4 是阳城铅锌矿 7 线土壤不同焙烧温度热磁组分中 Pb、Zn、Cu 含量曲线。从图中可以看出, 750、850 °C 时, 元素含量基本一致, 略低于 650 °C。分析可能与磁性组分的减少有关, 理论上, 滞留在铁锰氧化物中的元素加热后仍呈原来的分布状态存在, 不会因焙烧温度不同而发生太大的含量变化。

总体来看, 不同焙烧温度热磁组分测量均能很好的反映矿化情况, 选择 650 °C 作为规范化焙烧温度, 无论从经济角度还是效果上, 均是最佳选择。

2.3 焙烧时间实验

关于焙烧时间, 前人采用的时长并不统一, 有的采用 20 min^[4], 有的采用 60 min^[2], 有的选择 20 ~

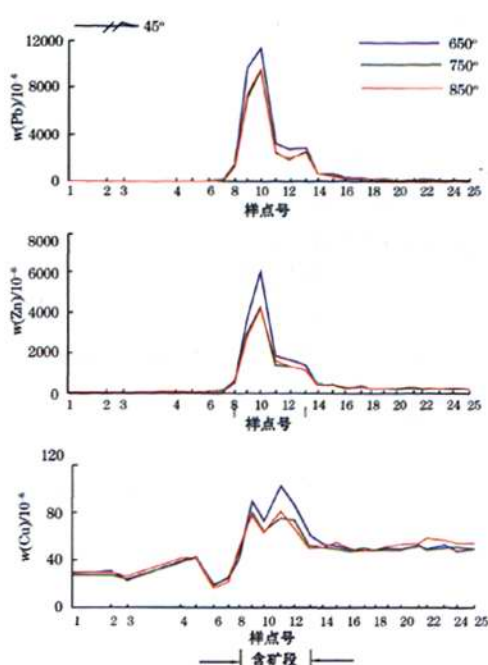


图 4 阳城铅锌矿土壤不同焙烧温度热磁组分中元素含量

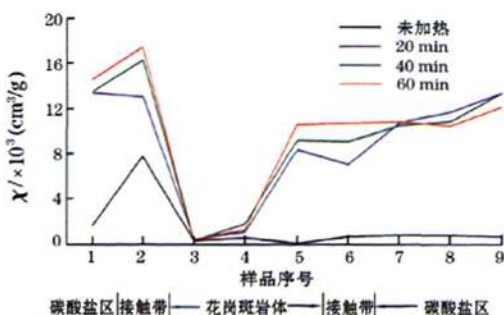


图 5 丰山洞铜矿区土壤不同焙烧时间比磁化率变化

40 min^[5]之间, 多长时间会更合理些呢? 为此, 选择 20、40、60 min 时间段进行焙烧实验, 实验样品同焙烧温度实验一致, 取其副样。测试其焙烧前、后比磁化率的变化, 并绘制折线图 (图 5)。焙烧条件为样量 30 g, 焙烧粒度 20 ~ 60 目, 焙烧温度 650 °C。

从图 5 可以看出, 样品预热至 650 °C, 然后焙烧 20 min、40 min、60 min, 磁化率总体呈上升趋势, 但变化幅度不大。焙烧 40 min 和 60 min, 土壤磁化率比较接近, 略高于 20 min, 说明 40 min 时间基本上可以使大部分非晶质铁锰氧化物完成晶化, 与 20 min 相比, 晶化程度应更高一些。

从磁分选角度分析, 20 min 和 40 min 所造成的磁性差异对磁分选应该不会有太大影响, 选择 20 min 似乎比较合适, 但随着样量的增大, 比如增大到

50 g, 要达到相同的晶化程度, 焙烧时间可能会增加, 折中考虑, 我们选择 40 min 作为规范化焙烧时间。

从图中还可以看出, 斑岩体上部比磁化率很低, 随时间的增长并没有实质的变化, 也就是说, 这个部位铁锰氧化物含量很少, 焙烧时间的长短不会从根本上改变磁性物质的含量。

综上焙烧实验结果, 热磁技术规范化焙烧要求可确定如为: 土壤 30 ~ 50 g, 20 ~ 60 目; 焙烧温度 650 ℃; 焙烧时间 40 min。对于岩石, 焙烧温度可采用前人实验成果^[6], 即 600 ℃。

3 磁分选实验

磁分选是以提高磁性较强部分的回收率和满足分析要求为前提, 尽量保证磁性组分的强度和无磁性组分的“纯净”。因为有些元素可能富集在无磁性组分中^[7], 在勘查地球化学中无磁性组分有时也可以作为一种研究介质。

磁分选设备包括永久磁铁和电磁分选仪, 笔者采用黑龙江省地质仪器组生产的 LZC-1B 型带式矿物电磁分选仪。磁分选流程见图 6。流程中 C1、C3 即为实验所要提取的组分。

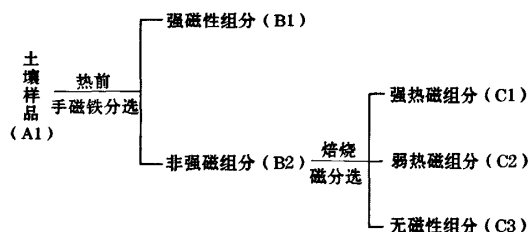


图 6 磁分选流程

热磁分选设计步骤为:

(1) 强磁选

用永久磁铁对焙烧样品(50 g)进行磁分选, 吸上部分为强磁, 吸剩部分再进行电磁选。

(2) 电磁选

①将第(1)步吸剩部分分离成两部分, 即电磁性和无磁性。电流在 1 A 时, 将电磁仪吸剩部分作为无磁性部分, 若电磁部分较少, 可将电流加大到 3 A, 剩余部分为无磁。

②对上述电磁部分再进行磁分选, 电流在 0.2 A 时, 将电磁仪吸上部分作为强电磁性部分, 若这部分过少, 目估低于 5 g(机械细磨最低样量要求 7 ~ 8 g; 分析 Au 最低样量要求 6 ~ 7g), 可将电流加大到 0.3 ~ 0.4 A。

③将第②步吸剩部分为弱磁性组分。

(3) 对强热磁组分、无磁组分进行称重

实验中采用的 1 A 和 0.2 A 阈值是专业磁分的经验参数, 在此基础上根据分选量的大小及加工测试的要求, 对个别样品磁分电流进行了上调(主要从批量研磨考虑)。若强热磁量依然很小, 取副样进行二次焙烧磁分。

强磁和强电磁部分, 即为所要提取的热磁组分。从实验结果来看, 通过第(1)步选取的强磁组分, 吸取量很小(可能与采样地区、样品性质等因素有关), 达不到分析要求, 因此, 这一步可略去, 直接进入电磁分选环节。

实验焙烧分选土壤样品 295 件(焙烧条件: 样量 50 g, 焙烧粒度 20 ~ 60 目, 焙烧温度 650 ℃, 焙烧时间 40 min), 对强热磁组分及无磁性组分含量分布情况进行统计(表 4), 并绘制柱状图(图 7)。

表 4 焙烧土壤样品强热磁组分及无磁性组分含量分布

强热磁组分		无磁性组分	
含量比例/%	样品比例/%	含量比例/%	样品比例/%
<10	5.1	<10	9.5
10~20	13.2	10~20	23.4
20~30	28.8	20~30	18.3
30~40	20.3	30~40	19.7
40~50	14.6	40~50	14.6
50~60	9.8	50~60	7.8
60~70	6.2	60~70	3.7
70~80	1.7	70~80	1.4
>80	0.3	>80	1

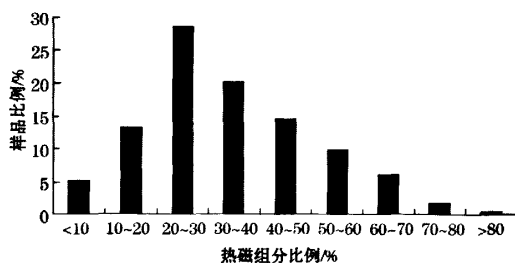


图 7 焙烧土壤样品热磁组分含量分布

结合图表观察热磁组分的含量分布状况。从图中可以直观看出, 热磁组分在 20% ~ 30% 的样品数最多, 向两侧依次降低。统计发现, 80% 以上的样品, 热磁组分含量小于 50%, 可以推算, 矿化地段热磁组分测量至少可使异常衬度提高 1 倍以上; 而不足 20% 的样品, 热磁组分含量大于 50%, 热磁测量富集作用不明显或达不到富集目的。

为进一步提高热磁技术的富集倍数, 使其达到 2 ~ 3 倍或更高, 建议将热磁组分分选电流阈值设定为 0.1 A, 预计绝大部分样品热磁组分含量小于

50%, 80% 左右的样品热磁组分含量可能集中在 20% ~ 30%。

观察表 4 中无磁性组分的含量分布情况, 与热磁组分类似, 80% 以上的样品, 无磁性组分含量小于 50%, 即趋于在无磁性组分中富集的元素含量衬度可能会提高 1 倍以上。同样, 为了增大无磁组分的富集倍数, 建议将其分选电流阈值设定为 2 A。

根据上述实验结果, 将 0.1 A 作为强热磁组分的分选电流, 2 A 作为无磁组分的分选电流, 是可行的; 根据分选量的大小, 个别样品磁分电流可进行上调, 或取副样进行二次焙烧磁分。

4 结论

(1) 焙烧环境。实验选择普通马弗炉和带盖的瓷坩埚即可。首先对马弗炉内室进行相对密封处理, 然后将瓷坩埚加盖, 限制氧气与样品大量接触, 最后在马弗炉内室中置入活性炭, 以消耗多余的氧。实验表明, 经过处理后的焙烧环境能够满足实验要求。

(2) 焙烧粒度、温度、时间要求。粒度实验显示, 焙烧后土壤比磁化率最大值主要集中在 20 ~ 100 目, 考虑到电磁分选的适宜粒级, 选择 20 ~ 60 目作为规范化焙烧粒级。温度实验显示, 650 °C 时土壤比磁化率、热磁组分元素含量基本处于最大值, 而且功耗低, 无论从经济角度还是效果方面, 650 °C 作为规范化焙烧温度均是最佳选择。时间实验显

示, 焙烧 40 min 和 60 min, 土壤磁化率相近, 略高于 20 min 时的磁化率。说明 40 min 时间基本上可以使大部分非晶质铁锰氧化物完成晶化, 可作为规范化焙烧时间。

(3) 磁分离的原则是以提高磁性较强部分的回收率和满足分析要求为前提, 尽量保证磁性组分的强度和无磁组分的“纯净”。通过试验, 可确定 0.1 ~ 0.2 A 作为强热磁组分的分选电流, 1 ~ 2 A 作为无磁组分的分选电流。

参考文献:

- [1] 陈玉明, 邱郁文. 找金属矿床的一种新方法——热磁地球化学法[J]. 国外地质勘查技术, 1992, (4): 29 - 31.
- [2] 丁汝福, 张西平. 热磁地球化学方法试验研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(2): 102 - 106.
- [3] 钟汉, 林金泉, 穆惠民. 湖北丰山洞铜矿矿化类型及其演化模式[J]. 长春地质学院学报, 1984, (1): 1 - 19.
- [4] 刘焕然. 化探和电法配合发现和扩大湖北广济阳城铅锌矿的经过[G]//勘查地球物理勘查地球化学文集: 第 11 集. 北京: 地质出版社, 1990.
- [5] 龚美菱. 相态分析与地质找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 185 - 187.
- [6] 潘兆橹. 结晶学及矿物学(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 221.
- [7] William C. Overstreet, Sherman P. Marsh. 地球化学应用于矿产勘查的一些典型技术实例[C]//金属矿床成矿理论及找矿方法——美国《经济地质》杂志创刊 75 周年论文集摘编. 冶金工业出版社北京冶金地质研究所, 1983.

EXPERIMENTS ON TECHNICAL CONDITIONS OF THE THERMOMAGNETIC TECHNOLOGY AND SOME RELATED PROBLEMS

HU Shu-qi, MA Sheng-ming, LIU Chong-min, LI Bing, XI Ming-jie

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: Experiments on technical conditions of thermomagnetic methods include such contents as roasting granularity, temperature, time and thermomagnetic component separation. Based on conducting technical design and experiments on various technical aspects, the authors established a set of reasonable technical processes for sample roasting and thermomagnetic component separation. Some problems encountered in the experiments were also analyzed, which provides the basic technical support for the introduction and promotion of thermomagnetic geochemical methods.

Key words: thermomagnetic technology; roasting experiment; susceptibility rate; thermomagnetic separation

作者简介: 胡树起(1968 -), 男, 高级工程师, 1992 年毕业于桂林冶金地质学院, 现从事矿产勘查地球化学方法技术研究工作。