

doi: 10.11720/wtyht.2015.6.05

杨宋玲,李方林,黄建军,等.碳酸盐岩风化过程中次生富集作用对土壤地球化学异常评价的影响——以浙江下铜山铅锌异常评价为例[J].物探与化探,2015,39(6):1124–1131.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.6.05>

Yang S L, Li F L, Huang J J, et al. The influence of the carbonate weathering secondary enrichment on soil geochemical anomaly evaluation: A case study of the evaluation of the Xiatong Mountain lead and zinc anomaly in Zhejiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(6): 1124–1131. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.6.05>

碳酸盐岩风化过程中次生富集作用对土壤地球化学异常评价的影响

——以浙江下铜山铅锌异常评价为例

杨宋玲¹, 李方林¹, 黄建军², 王娟¹, 黄梦妮¹, 王祥¹, 周青¹

(1. 中国地质大学(武汉) 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 浙江省地质矿产研究所, 浙江 杭州 310007)

摘 要: 浙江下铜山地处钦杭成矿带东段,在岩体接触带发现有钨钼矿化现象。2012 年在区内进行 1:5 000 土壤地球化学测量,发现区内板桥山组碳酸盐岩地层中土壤铅锌异常较高,且在大区域中,板桥山组地层是铅锌成矿的重点层位,因而将此处铅锌异常视为成矿重点异常。但考虑到铅锌异常浓集中心并未完全与岩体套合,而是在岩体南边碳酸盐岩地层内,且实地考察时地表未见矿化现象,局部可见不连续氧化帽,推测此处铅锌异常为次生富集成因。为了对异常成因进行进一步研究,选取探槽中岩石样和土壤样进行铅锌含量比较,发现土壤中铅锌含量明显高于岩石;而选取剖面土壤样进行铅锌与铁锰含量对比,也发现铅锌含量变化趋势与铁锰具有较好的一致性。综合分析后将该区的铅锌异常归为碳酸盐岩风化导致的铅锌次生富集产生的假异常,不具成矿意义。

关键词: 下铜山;土壤测量;铅锌异常;碳酸盐岩地层;次生富集

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2015)06-1124-08

钦杭结合带自提出越来越受到人们的关注,它是华南地区一条重要且具有独特特色的成矿带,沿着此带,分布有铜金钨锡多金属矿,且金铜铅锌等紧缺战略资源找矿前景良好^[1-7]。笔者所研究的辖区地理位置为浙江省杭州市余杭镇中泰乡的下铜山地区,区域地质背景位于钦杭成矿带东段,昌化—普陀断裂和萧山—球川断裂所辖的三角区旁,具有较好的成矿前景^[8-9]。

浙江下铜山矿权区位于由古元古界—古生界沉积型地层组成的呈北东向展布的杨桥头—上铜山背斜构造核部,其西侧见岩体出露,形成了杨桥头—上铜山—天井湾长约 5 km 的蚀变带,伴有广泛的白云岩化、矽卡岩化及硅化,形成铅、锌、铜、钼、钨矿化。1:5 000 土壤地球化学测量后发现勘查区存在多种元素异常,其中,铅锌异常在板桥山组地层中富集程度比在岩体及整个研究区中高,且异常规模大,分带性好;加之在大区域中板桥山组地层是重要的铅锌

矿赋矿层位^[10-14],因而此处的铅锌异常被视为成矿重点异常,有较大的成矿潜力。

研究区内铅锌异常若为矿化异常,则矿权区内除钨钼矿外,铅锌也是重要的成矿元素;若为非矿化异常,就可以排除其成矿可能性,可以不作为后期查证的目标。虽然研究区有极好的铅锌矿成矿条件,但考虑到该处地层岩性主要为碳酸盐岩,因此单纯的土壤化探数据分析还不够,还必须结合地层这一地质背景,考察异常是否为碳酸盐岩风化造成的次生富集形成。研究发现区内铅锌异常浓集中心并没有完全和岩体套合,而是在岩体南边的地层内,且实地考察时地表未见矿化现象,局部可见不连续的氧化帽,不太像矿体氧化形成的。因而有必要对比碳酸盐岩及其土壤中铁、锰、铅、锌等的变化规律,探讨探槽岩石样与土壤样中元素含量的比值,对此处铅锌异常形成机理进行解析,从而确定铅锌元素富集成因并对其成矿潜力进行评价。

1 地质背景

1.1 地层

研究区出露的地层主要为南华系、震旦系及寒武系。南华系雷公坞组为含砾砂质页岩、千枚岩。震旦系上统陡山沱组为粉砂岩、泥质粉砂岩及黑色页岩等碎屑岩;板桥山组为一套钙镁质碳酸盐岩夹陆源碎屑沉积建造;荷塘组为泥质、炭质—钙质页岩;大陈岭组为白云质灰岩、灰岩及白云岩团块。寒武系中统杨柳岗组为灰岩、泥质灰岩、页岩;华严寺组为灰岩、白云岩、白云质灰岩;西阳山组为灰岩。

1.2 侵入岩

矿区侵入岩呈岩株状侵入于矿区中部,长轴为北东向,出露长约 2.3 km,宽 530 m,由于第四系覆盖,其深部规模可能更大。沿岩体北东走向距矿区约 5 km 杨桥头一带出露有花岗闪长岩体,推测为同一岩体。

1.3 构造

矿区位于杨桥头—上铜山背斜南侧,核部为雷

公坞组及陡山沱组地层,翼部为板桥山组、荷塘组、大陈岭组、华严寺组及西阳山组地层。背斜北翼受 F2 断层破坏,地层残缺,仅出露杨柳岗组、华严寺组灰岩、泥质灰岩地层,与背斜核部雷公坞组地层呈断层接触。

区内断层较为发育,大致可分为两组,一组与褶皱轴向一致,呈北东向走向,为早期构造,形成了本区构造格架;另一组为北西西向断层。少量近东西向、近南北向断层,规模小。

1.4 蚀变

研究区内的岩石蚀变特征明显,主要有矽卡岩化、大理岩化和硅化。矽卡岩化较为普遍,主要分布于岩体外接触带周围,其东北侧形成石榴子石、透辉石、绿帘石矽卡岩带,并与钨钼矿体关系密切;大理岩化主要分布于岩体与白云质灰岩的外接触带中;硅化主要表现为花岗闪长岩体外接触带碳酸盐岩地层中石英含量明显增加,部分砂岩层中也因硅化形成纯度较高的次生石英岩。

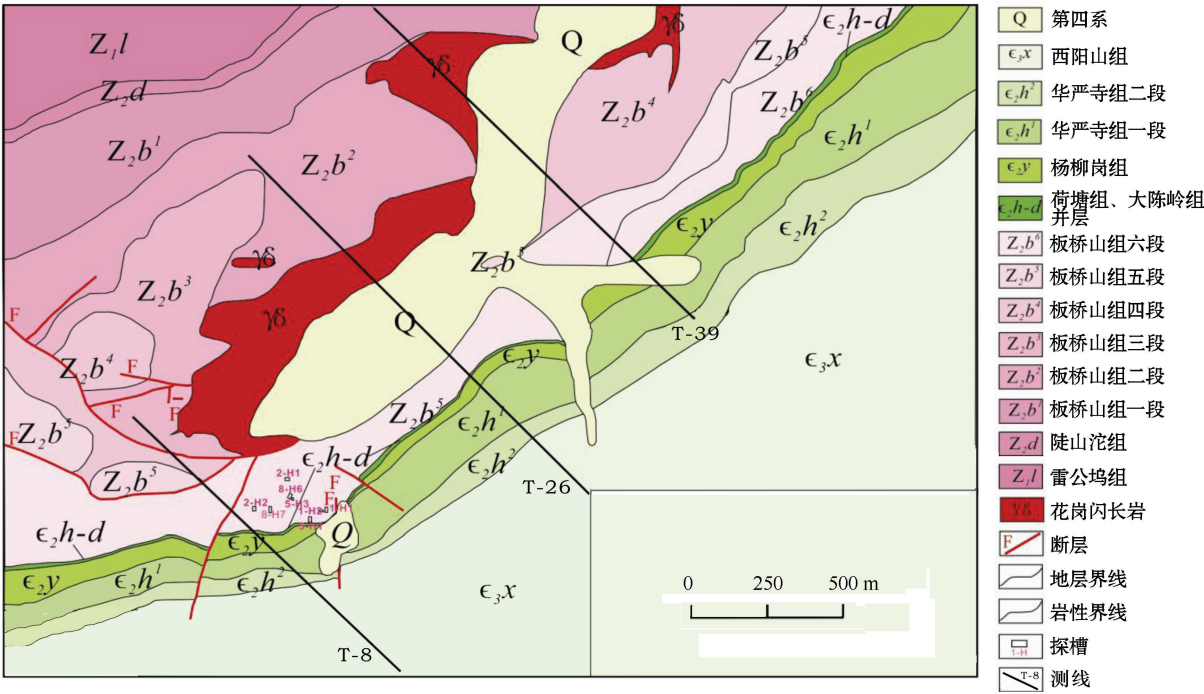


图 1 下铜山研究区地质简要^[15]

2 铅锌异常地球化学分析

2.1 样品测试

2012 年浙江省地质矿产研究所在研究区开展了 1:5 000 土壤地球化学测量,定量分析了 W、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb 九种元素,对 Fe、Mn 进行了近似定量分析,获了很好的找矿效果。钨钼异常评价已经见矿,铅锌异常也非常可观。其中探槽

岩石样送往湖北省地矿局鄂东北实验室检测,T-39、T-26、T-8 三条测线土壤中元素含量在中国地质大学(武汉)利用 X-荧光获得。

2.2 元素富集程度

通过表 1、表 2、表 3 可以看出,板桥山组地层与整个研究区及其岩体相比,Pb、Zn 富集程度明显增加,在整个震旦系上统板桥山组地层中 Pb、Zn 成矿前景好。

表 1 研究区相关元素的背景值及富集系数

参数	Cu	Bi	Zn	Sb	W	Ag	As	Mo	Pb
地壳元素丰度/ 10^{-6}	24	0.27	63	0.2	0.69	0.052	3.1	0.65	12.6
平均值/ 10^{-6}	24.67	0.61	125	1.69	5.18	0.19	12.4	2.07	22
富集系数	1.02	2.25	1.99	8.45	7.50	3.65	4	3.18	1.74

表 2 花岗闪长岩体相关元素的背景值及富集系数

参数	Cu	Bi	Zn	Sb	W	Ag	As	Mo	Pb
地壳元素丰度/ 10^{-6}	24	0.27	63	0.2	0.69	0.052	3.1	0.65	12.6
平均值/ 10^{-6}	126.46	3.16	167.62	2.4	18.25	0.84	15.7	6.23	30.44
富集系数	5.27	11.7	2.66	12	26.45	16.15	5.06	9.58	2.42

表 3 板桥山组相关元素的背景值及富集系数

参数	Cu	Bi	Zn	Sb	W	Ag	As	Mo	Pb
地壳元素丰度/ 10^{-6}	24	0.27	63	0.2	0.69	0.052	3.1	0.65	12.6
平均值/ 10^{-6}	58.01	3.57	256.73	4.2	9.49	0.42	24.31	4.28	73.72
富集系数	2.42	13.22	4.08	21	13.75	8.08	7.84	6.58	5.85

注:地壳元素丰度值引自 GERM(1998) [16]

2.3 铅锌异常层位

从统计数据(表 3)可以看出,区内铅锌异常主要位于震旦系板桥山组地层以及板桥山组与中央花岗闪长岩体接触带中。而该层位为铅锌矿成矿的有利层位,分别在湖南、湖北、江西、四川、浙江、云南、贵州等地都分布着以震旦系板桥山组地层为重点赋矿层位的铅锌矿床。

目前比较普遍的一种观点是,矿体严格受震旦系新元古界白云岩这一特殊层位的控制,因此通过研究已知矿床赋矿层位的岩性组合特征,寻找与此相似的地层岩性组合,可以找到相似的矿床。湖北省地质调查院在神农架断穹北缘发现了资源量可达大型的铅锌矿床;黄陵断穹北段也发现有望达中型规模的铅锌矿;此外,竹溪丰溪房县桥上一带以及鹤峰、咸丰、宣恩等地铅锌也都颇具远景。这些矿床主要赋存在震旦系与寒武系不同层位的白云岩中,受

特定的层位和岩性控制 [17]。

刘圣德等 [18] 研究了鄂西地区铅锌成矿条件、成矿规律,建立了区域成矿模式,指出层控铅锌矿是该区找矿的工作重点,主要找矿层位为震旦系及上寒武统地层。杨绍祥和劳可通 [19] 认为在湘西北地区下寒武统清虚洞组、中寒武统和下奥陶统是铅锌矿的主要控制层位,成矿物质来自于下覆地层,包括南华系、震旦系至寒武系。

对地层岩性、构造沉积组合进行分析研究,震旦系陡山沱组和灯影组等新元古代地层具备良好的岩性、构造沉积组合条件,因此具有较好的赋矿性。本研究区震旦系与寒武系碳酸盐岩地层分布广泛,成矿条件有利。

2.4 铅锌单元元素异常分布

图 2 和图 3 分别是铅和锌的地球化学异常分布,从中可以清晰地看出铅和锌的空间分布特征。

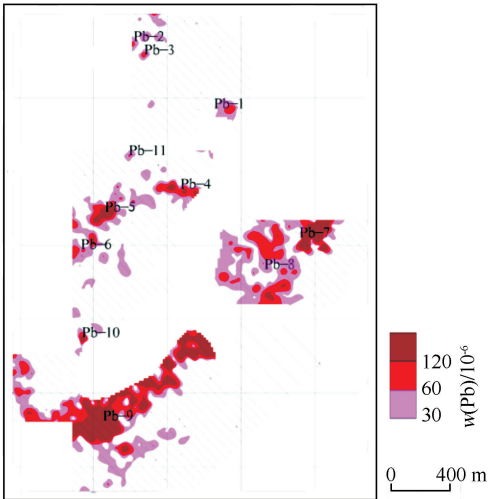


图 2 下铜山矿区土壤 Pb 异常分布

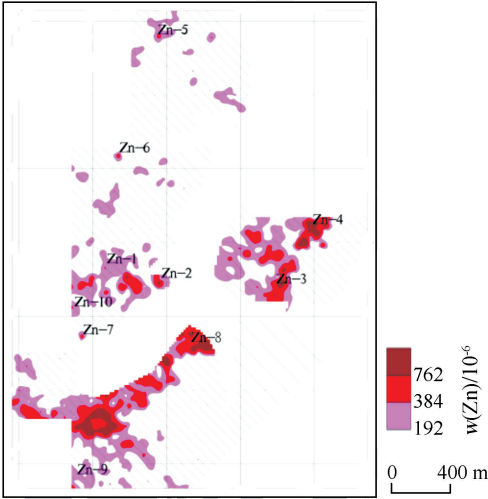


图 3 下铜山矿区土壤 Zn 异常分布

Pb 异常主要分布于图幅东部以及西南角,该异常沿着震旦及寒武地层展布,异常规模及面积均较大。位于西南角的 Pb-9 及东部的 Pb-8、Pb-7 号异常分带性明显且异常规模大,其中 Pb-9 的异常规模为 1.503 ,异常最大值为 $1\,250\times 10^{-6}$,平均值为 125.6×10^{-6} ,异常衬度为 4.3 ,异常面积达 0.349 km^2 ;Pb-8 异常规模为 0.284 ,异常面积仅次于 Pb-9,达 0.196 km^2 ;Pb-7 异常衬度最大,为 5.13 ,异常面积达 0.055 km^2 。Pb-4、Pb-5 及 Pb-6 位于中央的花岗闪长岩体与震旦系地层接触,异常分带性明显,异常衬度大,其中 Pb-5 异常衬度为 2.73 ,异常面积达 0.06 km^2 。其余异常规模及面积均较小。

Zn 异常主要分布于图幅的西南角以及东部、中部。西南角 Zn 异常规模以及面积均较大,东部次之,中部最小。其异常的分布除中部主要分布于岩体及其岩体接触带外,其余均分布于震旦系上统板桥山组和寒武系的地层中。位于西南角的 Zn-8 以及中部的 Zn-3、Zn-4 异常分带性明显且异常规模大,其中 Zn-8 最大值为 466.06×10^{-6} ,平均值 300.33×10^{-6} ,异常衬度 1.6 ,异常规模为 0.521 ,异常面积达 0.326 km^2 ;Zn-3 异常规模仅次 Zn-8,为 0.153 ,异常面积为 0.149 km^2 ;Zn-4 异常衬度最大,为 2.32 ,异常规模为 0.11 ,异常面积达 0.047 km^2 。Zn-1、Zn-2、Zn-10 及 Zn-7 位于中央的花岗闪长岩体与震旦地层接触带,总面积达到 0.121 km^2 。其余异常规模及面积均较小。

Pb、Zn 异常套合较好,主体上与板桥山组第六岩性段(白云岩)有关。异常较为发育,浓度分带明显,异常范围较大,总体呈北东向展布,与板桥山组碳酸盐岩地层空间分布密切相关,具有找矿前景,属于乙类异常。实地考察时地表未见矿化现象,局部可见氧化帽,但氧化帽不连续,不太像矿体氧化形成的。总体上看,异常特征可能反映矿体未出露,也可能为碳酸盐岩风化而形成的次生富集。建议对比岩石(碳酸盐岩)及其土壤中铁、锰、铅、锌和钼等的变化规律,对次生富集及异常形成机理进行解析。

3 铅锌异常成因

岩石及矿石风化后,主要以三种形式存在:残余的原生矿物、在表生环境中稳定存在的次生矿物以及能被循环水带走的可溶性物质。而风化产物的次生产物中,除了广泛分布的粘土矿物外,Fe、Mn、Al 的氧化物也十分常见。它们通常不在水体中出现,而是以结核、岩石表面的被膜以及黏土中的锈斑几种形式出现。含水的氧化物,特别是铁、锰的氧化

物,具有十分特征的地球化学性质,在其形成的过程中对其他微量元素具有强烈的吸附及沉淀作用。

多项研究表明,土壤中铁锰氧化物对金属具有较强的吸附能力。谭文峰等^[20]研究结果表明,土壤中的 Cd、Pb、Zn、Cu、Co 等重金属元素与铁氧化物和锰氧化物的含量具有显著正相关性,其中 Cd、Pb、Cu、Co 等主要富集在锰氧化物中。Li、Pan 等^[21]通过 EXAFS 方法研究 Zn(II)在锰氧化物中的吸附情况,发现随着 pH 值上升锰氧化物可以吸附更多的 Zn(II)。另有研究结果证明,铁锰复合氧化物吸附 Pb(II)也有相似的机理^[22-23]。

铁锰氧化物的吸附特征与粘土矿物不同,粘土矿物是结构性的,主要靠晶体边角上的 O^{2-} 来平衡电荷静电吸附以及其层间阳离子交换吸附的微量元素。而铁、锰氧化物是靠颗粒上附着的 H_2O 的电离或附着的 OH^- 电离吸附阳离子。图 4 为铁锰氧化物表面电荷和 pH 的关系示意。

由图 4 可见,锰的氧化物在 $\text{pH}>3$ 的弱酸性到中性溶液中表面带负电荷, $\text{pH}=0$ 时表面不带电荷,成为零点电位。而铁的氧化物在 $\text{pH}>8.5$ 碱性溶液中才带负电荷。因此,几乎所有自然水溶液条件下锰的氧化物都能吸附阳离子。

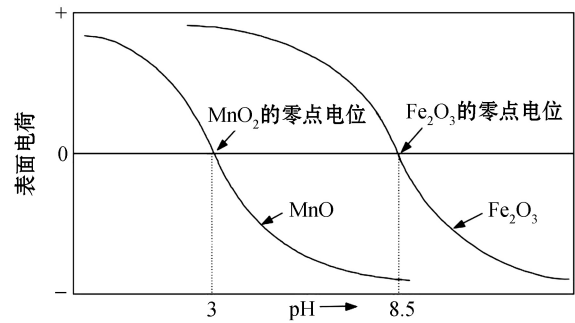


图 4 铁、锰氧化物表面电荷与 pH 关系^[1]

不同的铁锰氧化物对不同的重金属的吸附能力也有较大差异。刘凡^[24]研究发现,锰氧化物对不同重金属离子吸附能力顺序为: $\text{Pb}^{2+}>\text{Cu}^{2+}>\text{Co}^{2+}>\text{Ni}^{2+}>\text{Zn}^{2+}>\text{Cd}^{2+}>\text{Mn}^{2+}>\text{Ca}^{2+}>\text{Mg}^{2+}>\text{Na}^+$ 。陆雅海等^[25]研究结果显示:针铁矿对 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 的吸附能力大小为: $\text{Cu}^{2+}>\text{Zn}^{2+}>\text{Cd}^{2+}>\text{Ni}^{2+}>\text{Co}^{2+}$ 。

目前为止,众多国内外研究结果集中在铁氧化物或锰氧化物对重金属的吸附作用上,实际环境中,铁锰氧化物通常处于共生状态,因此,混合态的铁锰复合氧化物对重金属的富集作用能更确切地反映实际环境的真实情况。有研究表明,铁锰氧化物同时存在时对重金属的吸附能力较单一氧化物有所改变^[26]。

诺兰^[27]根据多元相关分析研究了铁锰氧化物吸附金属元素的差异,证明能被铁锰氧化物强烈吸附的元素有 As、In,被强吸附的有 Ba、Cd、Ni、Te、Zn,能吸附的有 Cu、Pb。铁锰氧化物的这种吸附作用,对于勘查地球化学来说有可能造成一种非矿异常^[1]。

由于碳酸盐类岩的化学分化强烈,在溶解了二氧化碳的水的作用下,Ca、Mg 大量溶解,残余物主要为 Fe、Mn 的氢氧化物以及少量的黏土微粒。碳酸盐岩风化产物呈现碱性环境,加之 Fe、Mn 氢氧化物的强烈吸附性,其中的重金属几乎能够全被残余富集,如广东凡口灰岩及其风化产物中的元素含量。

表 4 广东凡口灰岩及其风化产物中元素含量对比^[28] 10⁻⁶

项目	Cu	Pb	Zn	Ni	Fe
灰岩	32	32	141	13.6	9220
风化物	50	200	178	53	55000
富集系数	1.6	6.25	1.3	3.9	5.96

可见,灰岩风化产物中,金属元素往往能产生较大的富集。因此,勘查地球化学评价异常时,要特别注意原岩类型可能引起的非矿异常。

通过图 2、图 3 可以看出,研究区铅锌异常主要分布在矿区西南部,且与北东向分布的板桥山组地层密切相关。板桥山组地层主要为砂屑白云岩、白云质砂岩及砾屑灰岩、灰岩、白云岩等组成,在勘查过程中,发现在板桥山组地层的区域上,有很多类似铁帽的铁锰团块,很有可能是板桥山组地层中的碳酸盐类岩风化产物。因而土壤中的 Pb、Zn 异常也有可能由此富集,故需进行进一步的元素含量分析。

3.1 土壤与基岩中铅锌含量变化

在异常查证过程中对部分铅锌异常区进行了探槽揭露,并在探槽中采集了部分岩石样品以及土壤样品。探槽分布见图 1。选取探槽 TC01、TC02、TC05 及 TC08 中的 9 组岩石及土壤样品进行对比,如表 5 及表 6 所示,对应的富集系数如表 7 及图 5、图 6 所示。

表 5 下铜山矿区探槽岩石样品元素含量

探槽号	Cu	Pb	Zn	W	Mo	As	Sb	Bi	Ag
TC05-H ₁	5.22	17.8	49.9	4.01	0.63	3.93	0.34	0.92	86.3
TC05-H ₃	7.6	51.2	712	2.49	0.65	3.86	0.35	0.35	52.1
TC02-H ₁	5.66	5.12	16.4	1.28	1.44	12.8	1.35	0.04	<20
TC02-H ₂	2.83	4.75	13.2	0.88	1.77	3.69	0.24	0.02	<20
TC08-H ₆	11.4	46	327	1.89	0.72	4.45	0.53	0.91	115
TC08-H ₇	4.32	26.5	18.7	0.8	0.72	4.16	0.7	0.08	<20
TC01-H ₁	10.6	219	90.3	0.58	0.72	5.66	2.05	0.04	258
TC01-H ₂	4.7	104	70.4	0.52	0.94	8.73	1.9	0.06	158
TC01-H ₃	12.8	4790	949	0.95	26.2	766	42	0.72	4680

注:Ag 含量单位为 10⁻⁹,其余为 10⁻⁶。表 6 同

表 6 下铜山矿区探槽土壤样品各元素含量

探槽号	Cu	Pb	Zn	W	Mo	As	Sb	Bi	Ag
TC05-T ₁	33.9	936	2020	6.22	14.1	104	11.1	1.07	909
TC05-T ₃	33	832	1180	6.19	14.6	95.8	10.4	1.04	929
TC02-T ₁	49.3	2190	1570	6.14	25.2	145	22.4	2.57	1630
TC02-T ₂	31.2	1350	1100	6.52	21.2	99.3	13.4	1.39	2060
TC08-T ₆	16.6	466	674	1.97	2.74	26.1	3.29	0.68	352
TC08-T ₇	20.2	507	1630	2.14	4.27	41.6	4.82	1.01	1110
TC01-T ₁	32.7	2690	1370	2.86	21.2	105	13.9	0.96	730
TC01-T ₂	36.9	2810	1220	3.22	31.2	121	14.6	1.48	1240
TC01-T ₃	39.9	6080	2000	2.71	58.2	522	38.6	5.94	3030

表 7 下铜山矿区探槽样各元素富集系数

编号	Cu	Pb	Zn	W	Mo	As	Sb	Bi	Ag
TC05-1	6.49	52.58	40.48	1.55	22.38	26.46	32.65	1.16	10.53
TC05-3	4.34	16.25	1.66	2.49	22.46	24.82	29.71	2.97	17.83
TC02-1	8.71	427.73	95.73	4.80	17.50	11.33	16.59	64.25	
TC02-2	11.02	284.21	83.33	7.41	11.98	26.91	55.83	69.50	
TC08-6	1.46	10.13	2.06	1.04	3.81	5.87	6.21	0.75	3.06
TC08-7	4.68	19.13	87.17	2.68	5.93	10.00	6.89	12.63	
TC01-1	3.08	12.28	15.17	4.93	29.44	18.55	6.78	24.00	2.83
TC01-2	7.85	27.02	17.33	6.19	33.19	13.86	7.68	24.67	7.85
TC01-3	3.12	1.27	2.11	2.85	2.22	0.68	0.92	8.25	0.65
平均值	5.64	94.51	38.34	3.77	16.55	15.39	18.14	23.13	7.12

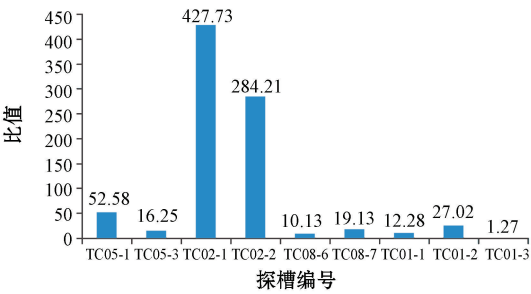


图 5 土壤与岩石中 Pb 含量比值

根据以上可以清晰地看出,各元素的富集系数均较高,表明此区具有明显的次生富集。在 Pb、Zn 异常很高且异常规模相对大的主体异常区 (Pb-9 和 Zn-8) 板桥山组第六段的探槽中,Pb、Zn 在土壤中的含量明显高于对应位置的岩石。探槽中 Pb、Zn 富集系数平均值分别达到 90 及 30 多,且 Pb 在土壤中的含量最高值可达到相对应位置岩石中含量值的 427.7 倍,最低也能达到 1.3 倍;而 Zn 在土壤中的含量最高值可以达到相对应位置岩石中含量值的 95.7 倍,最低也能达到 1.7 倍。相比于其他探槽位置的元素的富集系数具有一定的偶然性,TC02 和 TC05 均处于板桥山组碳酸盐地层所在处。

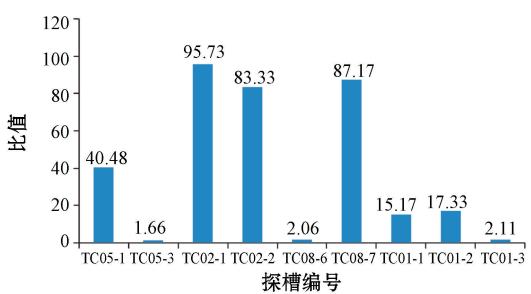


图 6 土壤与岩石中 Zn 含量比值

由此可见,无论是铅还是锌,在土壤中的含量值都比相对应位置的岩石高,即具备极高的富集系数,这样的结果在一定程度上否定了铅锌异常来源于岩石这一猜想,因而我们认为铅锌异常是 Fe、Mn 等的吸附作用而产生的次生富集造成的假异常。

3.2 土壤中铁锰与铅锌含量对比

为了判定土壤中的铅锌异常是否来源于碳酸盐岩强烈风化所导致的次生富集,抽取了横跨研究区西南部 Pb-9、Zn-8 异常及中东部 Pb-8、Zn-3 异常的 T-39、T-26 和 T-8 三条剖面线的土壤数据进行 Pb、Zn 及 Fe、Mn 测试分析。各测线相关的趋势变化如图 7、图 8 及图 9 所示。

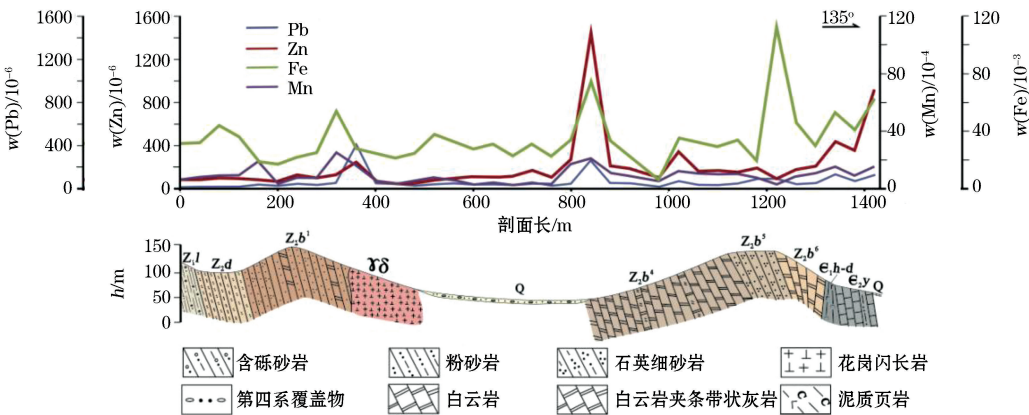


图 7 T-39 线 Pb、Zn 及 Fe、Mn 关系趋势

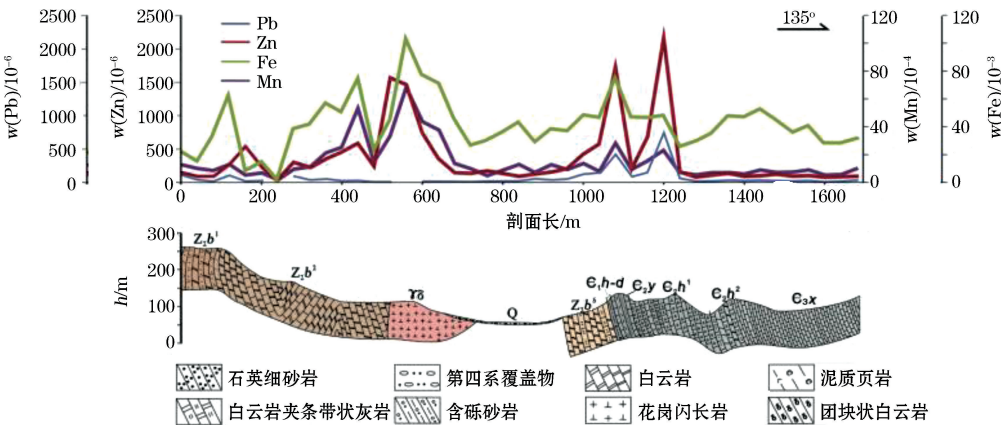


图 8 T-26 线 Pb、Zn 及 Fe、Mn 关系趋势

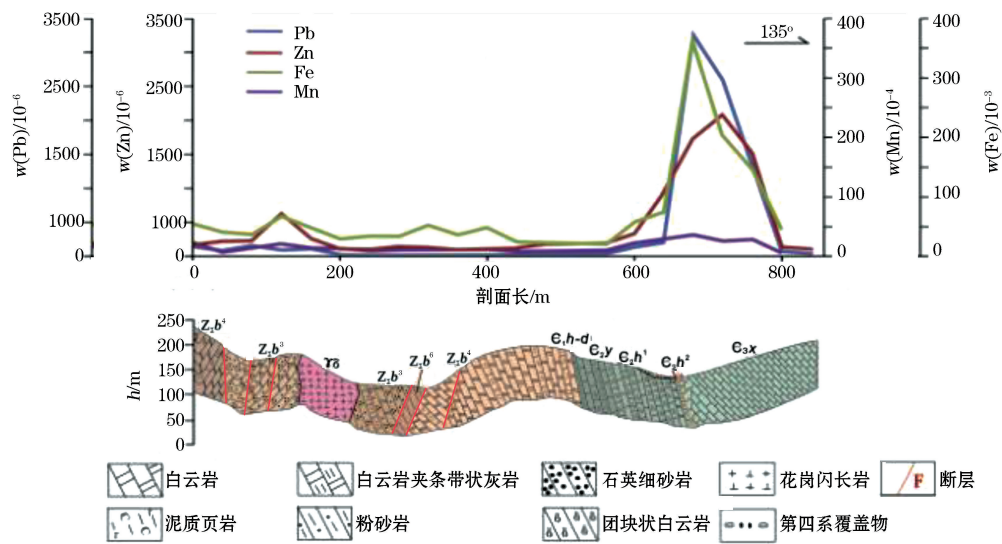


图9 T-8线Pb、Zn及Fe、Mn关系趋势

从T-39线的Pb、Zn及Fe、Mn趋势图上可以看出,各元素的异常相互套合较好,异常规模及位置基本同步。趋势图上从左至右共出现了3次强烈的叠加峰,第一次在震旦系板桥山组 Z_2b^3 的厚层白云岩与花岗闪长岩体的交界处,峰值较其他两次低,但套合较好;第二次出现在板桥山组 Z_2b^4 厚层状白云岩及白云质灰岩处,套合好,且叠加峰值高;第三次出现在板桥山组与寒武系地层相交处,套合一般,对比Fe、Mn、Pb、Zn含量较高些。从趋势图上看, Pb、Zn的高值区与Fe、Mn的高值区相套合,且一般出现在白云岩及白云质灰岩处,应是由白云岩及白云质灰岩风化产生的Fe、Mn吸附物对Pb、Zn造成次生富集而产生的假异常。

T-26线的Pb、Zn及Fe、Mn趋势图与T-39线大致相似,异常规模及位置同步。但较T-39线,T-26线有高峰及低峰,低峰范围较小,仅出现在几个点。高峰区同样出现在板桥山组及寒武系白云岩、白云质灰岩地层,以及板桥山组碳酸盐岩与花岗闪长岩体交界处。

T-8线较T-39及T-26线可以十分清楚地看到各元素套合好且位置同步。整条T-8线共出现2个异常高峰,分别在板桥山组地层及寒武系白云岩地层中,后者较前者Pb、Zn及Fe、Mn的含量更高。土壤中铁锰氧化物对重金属离子的吸附过程比较复杂,吸附量与重金属离子的浓度、pH值、矿物表面积、矿物的粒度、离子强度等都有关系。此外,风化的强度和有机物的存在对吸附也有影响。

综上可知,研究区内铅锌异常主要位于图幅西南部,沿着北东向分布的板桥山组及寒武系的白云岩、白云质灰岩展布,异常分带明显,强度大,Pb有

一处异常规模较大,Zn有两处异常规模较大。通过代表性探槽样中土壤与岩石Pb、Zn比值及研究区域T-39、T-26及T-8线的Pb、Zn及Fe、Mn趋势图分析,得出如下结论。

1) 探槽样的岩石及土壤富集系数显示,板桥山组及寒武系白云岩、白云质灰岩中,Pb、Zn及Fe、Mn的富集系数异常高;比值图显示,Pb、Zn在土壤中含 量明显高于相对应位置的岩石。体现了因碳酸盐岩风化造成Pb、Zn次生富集的特点。

2) T-39、T-26及T-8线的Pb、Zn及Fe、Mn趋势图显示,Pb、Zn异常与Fe、Mn含量分布密切相关,充分体现了Fe、Mn吸附物对于Pb、Zn的吸附作用。

因此,研究区内的Pb、Zn异常是由于板桥山组及寒武系地层中白云岩、白云质灰岩的风化作用所产生的Fe、Mn吸附物对Pb、Zn的强烈吸附作用而形成的,是由于次生富集作用而造成的非矿致异常。此外不同地方显示的Pb、Zn异常强弱与其风化强度有关,还可能与所在地的地形及地貌有关。

4 结语

碳酸盐岩分布区开展土壤地球化学测量时要注意次生富集作用对异常评价的影响。研究区内的铅锌异常虽然具有较好的成矿地质背景和异常规模,但该异常是由于震旦系板桥山组及寒武系地层中碳酸盐岩强烈风化导致的铅锌元素次生富集,为非矿致异常。

参考文献:

[1] 蒋敬业,程建萍,祁士华,等.应用地球化学[M].武汉:中国地

质大学出版社,2006: 48-54.

[2] 徐德明,蒯志永,龙文国,等. 钦杭成矿带的研究历史和现状[J]. 华南地质与矿产, 2012,28(4): 277-289.

[3] 毛景文,陈懋弘,袁顺达,等. 华南地区钦杭成矿带地质特征和矿床时空分布规律[J]. 地质学报, 2011,85(5): 636-658.

[4] 周永章,曾长育,李红中,等. 钦—杭成矿带典型矿种及其矿床分布总体特征[J]. 矿床地质,2010,29(增刊): 34.

[5] 胡国成,吕文超,黄颖. 钦—杭结合带金属矿产分布综述[J]. 中山大学研究生学刊:自然科学.医学版,2010,31(2): 48-58.

[6] 陈立峰. 浙江省沿海北东向断裂活动性研究[D]. 杭州:浙江大学, 2010.

[7] 贺菊瑞,王爱国,芮行健,等. 钦—杭结合带东段成矿作用初探[C]//地球科学与社会可持续发展——2005年华东六省一市地学科技论坛论文集,2005:6.

[8] 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志[M]. 北京:地质出版社.1989:1-50.

[9] 黄建军,吴建勇,王娟,等. 余杭中泰下铜山多金属成矿区地球化学特征及其找矿方向[J]. 科技通报,2014,30(5): 60-65.

[10] 何进忠,姚书振,彭德启. 西秦岭铅锌矿区域地球化学成矿预测模式[J]. 物探与化探,2006,30(6): 488-492.

[11] 郭欣. 滇东北金沙厂铅锌矿成矿特征及其深部、外围远景预测[J]. 矿产与地质,2007,21(6): 636-641.

[12] 齐文,侯满堂,王根宝. 上扬子地台震旦系铅锌矿床类型及找矿方向[J]. 地球科学与环境学报,2006,28(2): 30-36.

[13] 秦德先, 孟清. 滇中铅锌矿床地球化学与成因研究[J]. 地质科学,1994,29(1): 29-40.

[14] 朱建东,刘源骏,祝敬明,等. 扬子地台北缘鄂西铅锌矿成因类型与地学思维[J]. 资源环境与工程,2008,22(3): 281-287.

[15] 黄建军. 地质填图[R]. 浙江省地质矿产研究所. 2011.

[16] Gao S, Luo T C, Zhang B R, et al. Chemical composition of the continental crust as revealed by studies in East China [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1998,62(11): 1959-1975.

[17] 段其发. 湘西—鄂西地区震旦系—寒武系层控铅锌矿成矿规律研究. [D]. 武汉:中国地质大学.2014:1-7

[18] 刘圣德,李方会,廖宗明,等. 鄂西铅锌矿成矿规律及区域成矿模式[J]. 资源环境与工程 2008,22(4): 417-422.

[19] 杨绍祥,劳可通. 湘西北铅锌矿床碳氢氧同位素特征及成矿环境分析[J]. 矿床地质,2007,26(3): 330-340.

[20] 谭文峰,刘凡,李永华. 等. 土壤铁锰结核中锰矿物类鉴定的探讨[J]. 矿物学报,2000,20(1): 63-67.

[21] Li X, Pan G, Qin Y, Hu T, et al. EXAFS studies on adsorption-desorption reversibility at manganese oxide-water interfaces II. Reversible adsorption of zinc on MnO₂ [J]. J. Colloid Interface Sci., 2004,271(1): 35-40.

[22] 王强,魏世强,黄玉明,等. 赤铁矿对砷的吸附解吸及氧化特征[J]. 环境科学学报,2008,28(8): 1-6.

[23] 袁林. 铁锰复合氧化物对重金属铅镉吸附解吸作用研究[D]. 重庆:西南大学,2011:22-25.

[24] 刘凡,谭文峰,刘桂秋,等. 几种土壤中铁锰结核的重金属离子吸附与锰矿物类型[J]. 土壤学报,2002,39(5): 699-706.

[25] 陆雅海,朱祖祥,袁可能,等. 针铁矿对重金属离子的竞争吸附研究[J]. 土壤学报,1996,33(1): 76-84.

[26] 庞禄. 铁锰复合氧化物对重金属铬(Ⅲ)、砷(Ⅲ)吸附/氧化特征研究[D]. 重庆:西南大学,2014

[27] Nowlan G A. Concretionary manganese-iron oxides in streams and their usefulness as a sample medium for geochemical prospecting [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1976, 6(1): 193-210.

[28] 朱有光,胡国俊,祁士华. 广东凡口铅锌矿区灰岩风化土壤指示元素富集粒度及存在形式研究[J]. 地球科学. 1986,11(4): 403-409.

The influence of the carbonate weathering secondary enrichment on soil geochemical anomaly evaluation: A case study of the evaluation of the Xiatong Mountain lead and zinc anomaly in Zhejiang Province

YANG Song-Ling¹, LI Fang-Lin¹, HUANG Jian-Jun², WANG Juan¹, HUANG Meng-Ni¹, WANG Xiang¹, ZHOU Qing¹

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Zhejiang Institute of Geology and Mineral Resources, Hangzhou 310007, China)

Abstract: The Xiatong Mountain in Zhejiang Province is in the eastern part of the Qin-Hang metallogenic belt, where tungsten molybdenum mineralization phenomena have been found in the contact zone of the rock mass. According to the 1:5000 soil measurements in 2012, lead and zinc content is very high in carbonate formation which belongs to Banqiao Mountain strata, which are the key strata of lead and zinc deposits in the region. The results obtained show that lead and zinc anomalies in this area could be considered as the key anomalies related to mineralization. In consideration of the facts that the anomaly concentration areas of lead and zinc are distributed in the south of carbonate formation instead of having to do with the rock mass, mineralization phenomena at the surface are not obvious, and discontinuous oxidation cap could be observed, it is inferred that the lead and zinc anomalies might be caused by secondary enrichment. In order to make a further study of the genesis of the anomaly, the authors chose exploratory trench rock and soil samples to make a comparative study of lead and zinc values. It is found that the content of lead and zinc in soil is significantly higher than that in the rock. Then the authors chose three section lines to conduct a soil element content research, and the results show that the distribution of Pb, Zn and Fe, Mn has much to do with the concentration-dilution relationship. On such a basis, it is concluded that the Pb, Zn anomalies here have no mineralization significance, and they are false anomalies caused by the carbonate weathering secondary enrichment.

Key words: Xiatong Mountain; soil measurement; lead and zinc anomaly; carbonate formation; secondary enrichment

作者简介: 杨宋玲 (1991-), 女, 中国地质大学 (武汉) 在读硕士研究生, 研究方向为勘查地球化学。