

某斑岩铜矿点土壤中铜的次生富集现象

四川冶金地质六〇五队四分队

该斑岩铜(钼)矿点是在评价分散流异常过程中发现的。矿点位于某地槽与台向斜接壤部分,某北东向大断裂旁侧。成矿母岩为花岗闪长斑岩(以下简称斑岩),围岩主要为闪长岩,次为混合岩和元古界变质火山-沉积岩。斑岩由北北西向排列的三个小岩株及矿点南部的一些小岩体组成,总面积约2.1平方公里(图1)。与铜矿化有关的蚀变为钾长石化、硅化、绢云母化和黑云母化、青盘岩化。前三种蚀变主要出现在斑岩和近接触带的围岩中;黑云母化出现在近接触带闪长岩、混合岩中;青盘岩化属外带远矿蚀变。矿化以脉状(含钾长石石英脉)和星点-稀疏浸染状为主,但矿化均较弱,目前尚未发现工业矿体。

工作区属强切割的中高山地貌;气候湿冷,年降雨量大于2000毫米,植被茂盛,覆盖普遍,厚度一般小于1米。地表水pH=6~6.5,地表基岩中的铜有淋失。

与铜矿化有关的次生晕异常元素组合为Cu、Ag(Mo),铜的弱、中、强异常下界分别为250Y/g、500Y/g、1000Y/g。铜异常主

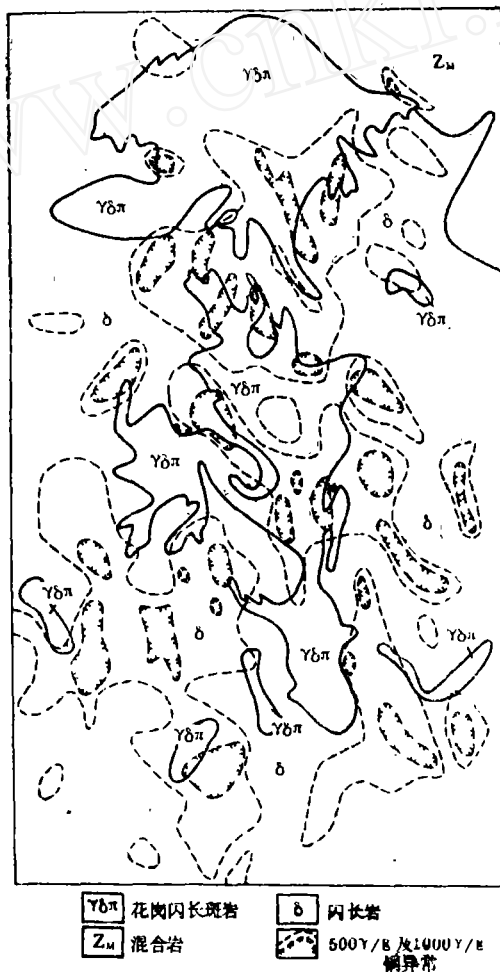


图1 中、南岩体铜次生晕平面图

要分布在斑岩及近接触带闪长岩中,其中强异常在中、南斑岩体的内、外接触带附近(见图1),弱异常呈一“外壳”,环绕斑岩体分布。土壤中铜的含量除与基岩中铜矿化强度有关外,还受基岩岩性、覆盖厚度、层位等因素影响。

一、问题的提出与分析

工作初期,根据1:1万次生晕测量中1000~2000Y/g的连续强铜异常布置了四个探槽,仅见到近接触带的蚀变闪长岩及石英脉内的微弱铜矿化。而地表地质工作却在具中强度铜异常的斑岩体中发现了明显的铜矿化。后经系统的岩石、土壤对比,

确证闪长岩(及以闪长岩类为基体的混合岩)形成的土壤中常发生铜的次生富集,而花岗闪长斑岩中则较少出现这种情况,背景区的闪长岩也不发生次生富集。这就使次生晕的异常评价工作复杂化,并产生两个问题:一是在如此大雨量地区为什么反而会发生铜在土壤中次生富集?这种次生异常的形成机理和铜的存在形式是什么?二是在次生晕异常评价中,如何鉴别直接由地表铜矿化

导致的异常和次生富集造成的异常？

我们进行了如下分析：

1. 异常区内铜在各层位各粒级土壤中的分配

各土壤层位含铜量的关系为A层<B层<C层；斑岩土壤各层中铜含量差异较明显，其平均值的比值大致为 $\overline{A} : \overline{B} : \overline{C} = 1 : 1.1 : 3$ ；闪长岩中的差异不明显， $\overline{A} : \overline{B} : \overline{C} = 1 : 1.3 : 1.6$ 。这一现象表明，花岗闪长斑岩土壤中的主要含铜矿物随着风化程度的增强，迅速破坏，铜被淋失，而闪长岩土壤的主要含铜矿物，则分解淋失较慢。

据450个不同粒级样品统计得知，土壤中的铜并不富集于细粒中，说明次生富集现象不是粘土吸附所致。

在发生次生富集的地段，锰无明显增高，而且A层土壤中铜量最低，说明次生富集与土壤中铁锰质及腐植质均无直接关系。

因此可推测，发生次生富集的闪长岩土壤中的铜的主要存在形式可能是一种不太容易风化分解的、粒度较粗的物质，而斑岩土壤中的铜则是另一种存在形式。

2. 土壤中铜的相分析

①用NaCl溶液煮样，试图溶解粘土中以离子交换形式或吸附态铜。结果仅溶出总铜量（王水溶样）的几百分之一。

②用5% $H_2SO_4 + Na_2SO_3$ 溶解土壤中孔雀石类氧化物。在发生次生富集的闪长岩土壤中仅溶出10%左右的铜，而斑岩土壤中可溶出10~50%的铜。

③用饱和溴水和柠檬酸铵浸溶土壤中的硫化物和孔雀石类（称“易溶性铜”）。在发生次生富集的闪长岩土壤中，一般可溶出10~20%的铜，斑岩土壤中常溶出20~70%

的铜。闪长岩土壤中，“易溶性铜”所占比例自A层至C层规律性降低。

因此，发生次生富集的闪长岩土壤中，铜的主要存在形式可能是一种硅酸盐矿物。这种硅酸盐矿物随着风化程度的增高，转变为易溶性氧化物的比例增大。

3. 土壤的主要矿物成分

经双目镜观察，发生次生富集地段的闪长岩土壤中，主要矿物的含量为：斜长石10~40%，角闪石20~40%（最高50%），风化黑云母20~40%（最高50%），粘土类10~20%。其中“风化黑云母”系闪长岩中蚀变黑云母风化而成，包括风化程度不同的黑褐—金黄色风化云母。该类矿物无弹性，可能已变成水云母或蛭石等含水层状硅酸盐。“粘土类”中包括白色高岭石和黄色“粘土”，后者可能含大量极细的风化黑云母。

根据同地段岩石样品的双目镜观察、薄片鉴定和手标本观察，闪长岩中蚀变黑云母一般占5~20%，角闪石占20~50%，斜长石一般占50%以上。对照土壤矿物成分可知，风化成壤后云母类显著富集，斜长石则普遍贫化。

花岗闪长斑岩土壤成分主要是长石、石英及粘土矿物，暗色矿物很少。

4. 铜在土壤主要矿物中的分配

对闪长岩土壤的四种主要矿物进行了单矿物分析，结果如表1和图2。

由图、表中看出，土壤四种主要矿物中，风化黑云母含铜最高，为长石、角闪石的10倍，且所占比例也较大，应为铜的主要富集矿物和携带矿物。同时，如前所述，闪长岩风化过程中，黑云母本身发生富集，因

闪长岩中土壤主要矿物含铜量平均值

表1

矿 物	风化黑云母	斜长石	角闪石	“粘土”	土壤平均	备 注
Cu, γ/g	4506	439	435	1410	2775	王水溶样，半定量比色分析
样品数	8	8	2	2	8	

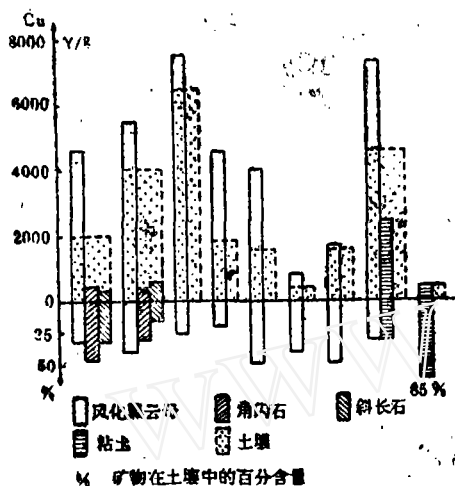


图2 闪长岩土壤各单矿物中铜含量

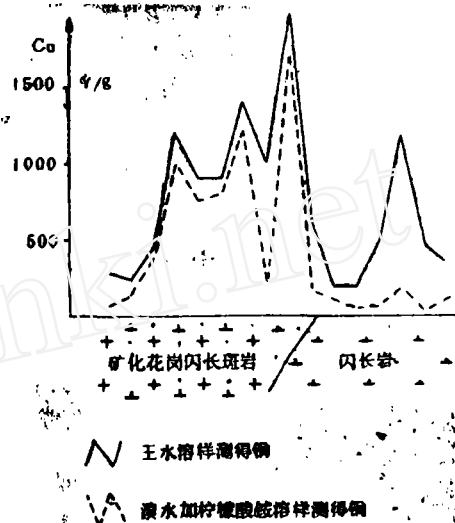


图3 剖面岩石样品物相分析结果

而推断黑云母的这种次生富集是土壤中铜发生次生富集的主要原因。

5. 岩石中铜的主要存在形式

用饱和溴水和柠檬酸铵浸溶岩样,在未发生次生富集的斑岩中,以“易溶性铜”为主,而发生次生富集的闪长岩地段,“易溶性铜”很少(图3),说明其中铜的主要存在形式不是硫化物、孔雀石类矿物。

近接触带蚀变闪长岩中的13个黑云母单矿物,其中有8个含铜大于1000Y/g(1250~11250Y/g),平均值为3400Y/g,其余5个平均值为450Y/g。看来,土壤中风化黑云母所含数千Y/g的铜,主要是继承蚀变黑云母中的铜。

综合上述五点,可对本区铜在土壤中发生次生富集的机理做如下推测:岩石中铜有两种主要存在形式,即以黄铜矿为主的硫化物和闪长岩中的含铜蚀变黑云母。闪长岩风化成壤时,若岩石中所含黄铜矿很少,黑云母变为含水层状硅酸盐后不易再分解,使其相对富集,则土壤中的铜量发生富化。若闪长岩中黄铜矿化较强或蚀变黑云母很少,就不会发生次生富集。花岗闪长斑岩中铜以硫化物形式为主,黑云母含铜也不高(几百Y/g),故土壤中不易发生次生富集。

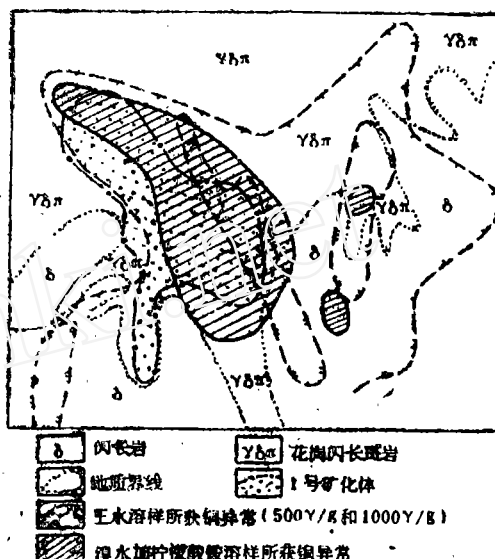
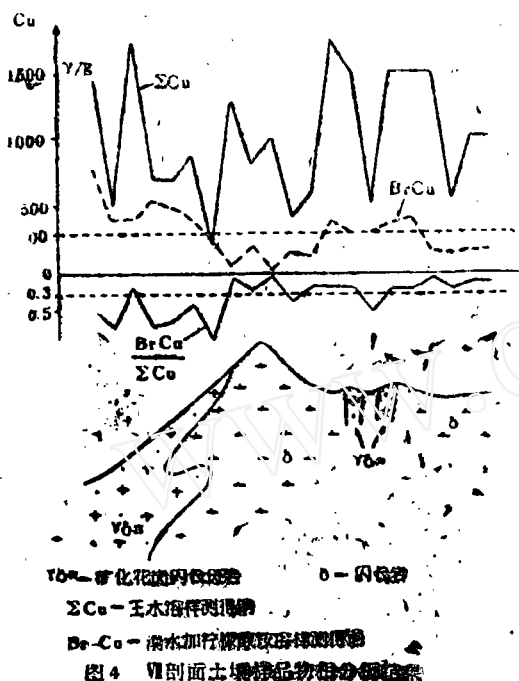
二、次生晕铜异常的评价方法

由上可知,土壤中的铜可分为两类:与地表铜矿化相联系的“易溶性铜”——硫化物、孔雀石等及与次生富集相联系的“难溶性铜”——风化黑云母中的铜。因而,在次生晕的异常评价中,除了研究基岩中矿致异常的元素组合和有利地质位置外,还有必要制定一种仅能溶解土壤中铜的硫化物、氧化物(孔雀石等),而不溶风化黑云母的分析方法,以“筛选”矿致异常。

对 H_2O_2 、 $H_2O_2 + Vc$ 、 $H_2O_2 +$ 柠檬酸铵、柠檬酸铵、饱和溴水等溶剂溶解黄铜矿、孔雀石、风化黑云母的性能进行对比后,发现各溶剂基本不溶风化黑云母,前三者对黄铜矿、孔雀石都溶解不完全(120目样品),柠檬酸铵可全溶孔雀石,饱和溴水可全溶黄铜矿。因此选用饱和溴水加柠檬酸铵溶样,用铜试剂铅盐显色的比色分析方法测定土壤中以硫化物和孔雀石等形式存在的铜。

用此法分析目前已做地质工作较多的一号矿化的土样,用“易溶性铜” $\geq 300Y/g$ 和 $\frac{\text{“易溶性铜”}}{\text{全铜}} \geq 0.3$ 圈定异常,

比用王水溶样所获全铜异常与地表矿化更吻合,并“滤掉”了次生富集造成的异常(图



4、图5)。对全区所有次生晕样品用新方案重新分析后,排除了大量闪长岩中次生富集异常,保留下的异常均应与地表硫化物矿化有关(未经地表工程验证,图6)。

通过上述工作,基本查明本区闪长岩土壤中发生的次生富集现象是风化过程中含铜黑云母的相对富集造成的。利用不同溶剂对风化黑云母和黄铜矿、孔雀石等铜矿物溶解能力的差异,可较好地地区分矿致异常和次生富集异常。

这又一次说明,次生晕找矿工作也要进行详细的地球化学研究,特别是景观差异对元素在表生条件下迁移、集散的影响,也只有在此基础上才能制定出合理的异常评价方法。不考虑元素的表生变化,单凭“强度”评价异常的含矿性,很容易导出错误结论。

因工作程度所限,尚有些问题的细节未搞清。如闪长岩土壤中各主要单矿物铜含量与“易溶性铜”之和略小于土壤中的总铜量;闪长岩中蚀变黑云母的铜含量低于土壤中风化黑云母的铜含量;这些差异是否仅由半定量分析误差引起?又如,在如此大雨量地区,花岗闪长斑岩中的铜为什么未发生强淋失贫化?斑岩土壤中的“易溶性铜”一般又占全铜的20~70%,其余的铜以什么状态存在等问题,均尚待研究。

