

# 水 化 学 找 矿 一 例

張 玉 蓉

## 調查区概况

調查区的地质层巨厚的(一般大于30米)第四紀松散沉积物及近代山坡堆积物外,其余都属前孟且紀的古老变質片岩系。岩层自下而上按岩性可細分为:炭質絹云母片岩、綠泥石絹云母片岩、石英炭質片岩、碳酸盐化之炭質片岩及含矿之长英角岩数层。这些岩层均不利于含水,尤以炭質片岩为一良好隔水层。但因該区深受地質构造的影响,在变質片岩系中地下水沿普遍发育的构造裂隙分布,組成含水性致微的裂隙含水层(带)。其中长英角岩因近地表,遭受构造破坏作用甚剧,有深大断裂并充滿地下水,构成該区唯一良好的含水层。矿床即存在于該层中沿裂隙充填,呈細脉浸染层状及似层状黃銅矿富集。上部逐漸被氧化淋蚀生成孔雀石及褐铁矿,氧化带厚达十余米。

根据地質普查工作証实:层状及似层状銅矿体是沿裂隙呈不規則形状断續地分布在含矿母岩中。利用少量的山地和鑽探工作尚不能达到查明矿体的目的。

本区为一雨量充沛地区,全年降水量高达1400毫米,且分布极不均匀。常以暴雨形式集中于七、八两月內,这两月的降水量約占全年降水总量的三分之二以上。蒸发量为1200毫米。年温差較小,全年平均温差22°C,最高39°C,連最冷月份的气温也在2°C以上,故气候較为温和湿润。

在上述气候、地質和水文地質条件下,地下水得以通过矿体并和矿体及围岩有較长时间的接触,促使某些重金属元素及所含盐类的大量溶解,形成含硫酸盐类的高矿化酸性水。水中某些重金属元素的含量也較其原有基数含量有显著增高,形成金属元素的水分散量。

本区为一剧烈切割的山区。地形險峻崎嶇,地表水系相当发育。一般海拔高度均在2000米以上,幼年期冲沟及V形峡谷遍布全区,相对高差不下500米。含水层(带)多被深谷切割,沿谷两岸阶地有地下水天然露头,井泉及裂隙浸水地带星罗棋布。含水层(带)中地下水的唯一补給来源是靠大气降水沿裂隙下渗及渗入。其水量及动态变化受着大气降水及地形的绝对控制。

矿区附近水質为硫酸盐、氯化物、鈣、鎂質

( $\text{SO}_4^{2-}-\text{Cl}^--\text{Ca}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ )高矿化酸性水。水中盐类的含量、矿化程度是与距离产生金属可溶性盐类的母岩及矿体的远近有关;愈近者其盐类和金属含量愈多,矿化度亦愈高,氢离子浓度(pH值)愈低,远者則相反。但当达到一定距离时(在本区一般是在500—700米以外)即轉換为普通的地下水。

根据以上所述,水化学方法就成为該区普查找矿工作中的唯一有效手段,通过水化学方法,进一步証实已知矿体的延伸,以及在同一含矿母岩中发现和寻找新的矿体,扩大矿区远景。

## 水化学找矿工作中的几个問題

本区硫化矿床(主要是銅矿)地区的地下水具有其独特的化学性質,水中含有多量的硫酸盐离子及銅、鎳、鉛鋅、鉄、鋁等重金属元素。氢离子浓度(pH值)相对降低,形成游离硫酸和重金属含量极高的高矿化度酸性水。这种地下水,在自然地理、地質及水文地質条件有利于它們运动的情况下,便向矿床四周渗透扩散,形成这些特殊金属元素的水分散量。水量浓度(即金属的富集)是靠近矿床地段最高,到矿床四周逐漸减少,最后完全趋近于基数浓度。

我們在該矿区进行比例尺为1:50 000的水化学找矿时,按方格网平均每平方公里取水样0.8个,送化驗室作光谱半定量分析。根据水質分析資料查明:矿床周围的地下水有逐漸稀釋和过渡之特性。直接和矿体毗連地段的地下水与和矿床无关的普通地下水,有着截然不同的化学性質(表1)。前者一般为硫酸盐类

表 1

取样地点	水質类型	銅的含量 (毫克/升)	固形物 (毫克/升)	pH 值
矿床周围	硫酸盐、鈣、鎂水	0.10	12 000	4.6—5.8
距矿床 100公尺	重碳酸盐、硫酸盐、鈣水	0.04	2000	6.0—7.2
距矿床 200公尺	重碳酸盐、鈣水	0.02	800	7.5—8.5
距矿床 500公尺	重碳酸盐、鈣鎂水	0	< 200	7.9

的高矿化酸性水,并含有大量的銅、鎳、鉛鋅、鉄、鋁等元素。而后者却为重碳酸盐、鈣質微硷性淡水,水中不含或少含上述重金属元素。就岩性而言,同为一种长英角岩,只是前者含矿后者不含矿而已。产生

这种异常现象的原因是由于硫化矿床周围含大量重金属元素的酸性地下水，沿着各种不同岩石的孔隙裂隙运动，并不断地改变着自身的化学成分。特别是流经碳酸盐岩石（碳酸盐化之炭质片岩）时，被十分迅速地中和稀释，成为重碳酸盐之微硷性淡水。水中重金属元素的含量亦随之显著减少。下边具体谈一下我们在该区进行水化学找矿中的几个问题。

1. 根据在不同地层及同一地层的不同深度中取水样分析的结果，确定了调查区域内地下水中重金属元素（Cu<sup>++</sup>）及硫酸盐离子（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）的含量在长英角岩中最高，且为高矿化度之酸性水；而在其它各层中则几乎不含或少含这种金属元素和盐类，多呈重碳酸盐之弱硷性淡水（表2）。

表2

岩层名称	铜的含量 (毫克/升)	盐类含量 (毫克/升)	固形物 (毫克/升)	pH值
长英角岩	0.08—0.12	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 187	12000	4.6—5.8
碳酸盐化炭质片岩	0.01—0.02	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 380	500	6.5—7.4
石英炭质片岩	0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 219	350	7.5—8.5
绿泥石絹云母片岩	0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 75	800	8.2—8.5
炭质絹云母片岩	0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 97	800	7.3—7.8

因此就水化学观点而言，该区的长英角岩分布地区系一水化学异常区。其中很可能有着铜矿的广泛分布。因而在本区进一步普查找矿的方向，应该是在长英角岩分布地区内寻找和发现新的矿体。

2. 鉴于上述情况，加之本区絕大多数的地下水天然露头均出自含矿长英角岩与其下伏不透水底板之碳



图1. 水化学找矿异常图

1—铜矿露头点；2—铜含量大于0.10毫克/升之水化学异常区；3—铜含量为0.04—0.06毫克/升；4—铜含量为0.02—0.03毫克/升；5—铜含量小于0.01毫克/升。6—地表溪流及其流向

酸盐化炭质片岩相接触地带，我们又在长英角岩分布地区，按照50×50米方格网间距取水样分析，其目的是在于更进一步地查明具体的矿床或矿体，以及有远景的地段，以便进行更详细的普查勘探工作。根据水分析结果初步确定了矿体的位置和大致范围，并作出了调查区域内的矿床远景预视图（图1）。证明黄铜矿在长英角岩中是沿其裂隙呈细脉浸染层状及似层状铜矿富集。

3. 在含矿长英角岩分布地区，根据已有的地质调查资料及铜矿露头点，在已知矿体的四周依照一定间距（开始时为50米取水样一个，以后逐渐增大距离，但到最后也不应小于500米，当发现异常时应加密取样，以便圈定矿体）采取了大批的地下水和地表水样品，进行光谱及化学全项分析。

根据野外水化学调查资料编制了整个调查区域内的含矿远景预视图（图1）。后经地质勘探资料所作出的矿床地质图（图2），基本上与水化学找矿中所发现的异常区相吻合，每个水分散晕都紧密地与其所反映出的矿体相毗邻，只是前者所圈定的矿床范围和厚度较后者为大而已。这主要是因为矿床周围的地下水能沿各种不同岩层的孔隙裂隙运动的结果所致。



图2. 矿床地质示意图

1—近代冲积坡积层；2—上震旦纪灯影灰岩；3—长英角岩；4—炭质絹云母片岩；5—绿泥石絹云母片岩；6—石英炭质片岩；7—碳酸盐化之炭质片岩；8—輝长岩；9—铜矿体；10—断层；11—地表溪流及其流向；12—地质界线

因此，不难理解，利用水化学方法在该区进行普查找矿是适宜而有效的。而且在一定程度上指导了勘探工作的顺利进行，节省大量不必要的投资，缩短矿床勘探的时间。

4. 如图4所示，矿体埋藏于地下较深处，地表很

难找出其矿化现象和天然露头(但有厚达十余米的氧化带存在),致使勘探工作(主要是钻孔)无法布置,更难确定其深度。根据水化学调查的资料,结合区域地质特点初步确定了矿体的位置和范围后,布置了数个控制钻孔,经几个钻孔的揭露证实:矿体恰与图中所示的水化学异常区一致(图3,4)。

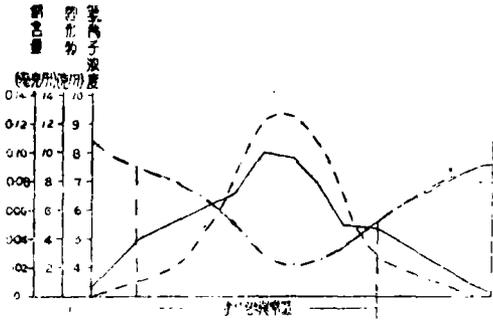


图3

1—铜含量; 2—固形物; 3—氢离子浓度(pH值)

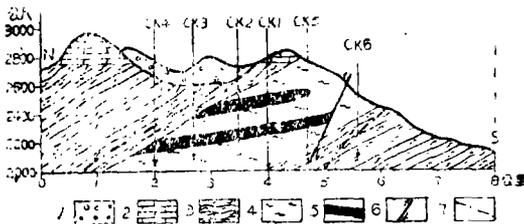


图4

1—近代冲积层; 2—上震旦纪灯影灰岩;  
3—前震旦纪变质片岩系; 4—含矿之长英  
角岩; 5—据水化学资料推测之矿体; 6—  
断层; 7—水化学异常区

5.在水质分析中,我们曾发现水中含有高浓度的 $CO_2$ 及 $O_2$ 。这是由于该地区正处于一氧化地质环境下,同时岩浆尚在活动,影响到岩层的普遍变质。水中所含 $CO_2$ 及 $O_2$ 等气体是否可作为硫化矿床地区的水化学找矿标志,尚待进一步研究和从实际工作中加以论证。

### 几点初步认识和体会

#### (一) 水化学找矿的应用条件

水化学找矿法并非唯一的找矿手段。它只有在下列条件下应用,才获得预期效果。

1.调查区域内必须具有良好发育的氧化带,使矿床中的矿物得以迅速地分解。从而产生可溶性的

硫酸盐溶于水中,使水中重金属元素及硫酸盐离子含量增高和氢离子浓度(pH值)相对降低,这就有可能形成金属元素的水分散量,借以作为找矿标志寻找原生矿体。

2.在气候温和潮湿,矿体及围岩透水性微弱(巨大裂隙中水的迅速流动有碍于矿体的形成)的情况下,特别是在雨量充沛分布不均匀,水矿化度不高的地区,利用水化学方法找矿最为有效。

因为在这种条件下,地下水才能通过矿体,并和矿体及围岩有较长时间的接触和进行缓慢的交替,使水中溶解多量的硫酸盐离子和重金属元素,产生水化学异常。

#### (二) 硫化矿床(铜矿)地区的水化学找矿标志

##### I. 直接(主要)找矿标志:

水中某些重金属元素(例如铜、镍、铅、锌、铁、铝等)含量的增高(与基数含量相比),一般增高能达到几十倍乃至百余倍。

##### II. 间接(辅助)找矿标志:

1.水中游离硫酸盐离子含量的增高(具体表现为硫酸根与氢离子浓度 $SO_4^{2-}/Cl^-$ 比值的增大)及氢离子浓度(pH值)的相对降低(均与基数相比)。

2.具有高矿化度之硫酸盐酸性水(pH值小于5—6)。

3.分布于硫化矿床氧化带及次生富集带中的某些稳定的硫酸氢钙水(仅在在该区局部地方发现,故作为水化学找矿标志尚待进一步研究)。

必须说明,在具有以上特点(异常)的地区,很可能有矿床(铜矿)的富集,但在某些情况下矿床富集地段会由于遭受到不同自然地理、地质及水文地质条件的影响,而使周围地下水失去这些应有的异常特性。在这种情况下水化学方法就减低了它应有的效能(例如在草原及沙漠地区)。

### 结 语

由于矿床的种类、类型及所处地区的自然地理、地质及水文地质条件的不同,使矿床周围的地下水化学成分和水质类型亦各异。作为硫化矿床地区的水化学找矿标志亦随之各异。因而本文在某种程度上是具有颇大的局限性。

同时水化学方法必须和其它的找矿方法(如地质的、地貌的及地球物理的等)密切配合协作,进行综合性的普查找矿工作,才能获得更大的效果,并大大地减轻金属矿床的普查工作。

★ ★ ★ ★